VANJ

Mạng lưới Học thuật người Việt Nam tại Nhật Bản

Vietnamese Academic Network in Japan

Tuyển tập Khoa học và Công nghệ Nhật Bản

Science and Technology in Japan

2024

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

CHỊU TRÁCH NHIỆM XUẤT BẢN
GIÁM ĐỐC - TỔNG BIÊN TẬP: BÙI MINH CƯỜNG

CHỊU TRÁCH NHIỆM NỘI DUNG
TS. NGUYỄN HUY TIẾN

BIÊN TẬP
NGUYỄN MINH CHÂU

THIẾT KẾ MAKET NỘI DUNG
NGUYỄN MINH CHÂU

THIẾT KẾ BÌA
VŨ ĐỨC HUY

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo - Hoàn Kiếm - Hà Nội
ĐT: 024 3942 3172 Fax: 024 3822 0658
Email: nxbkhkt@hn.vnn.vn
Website: https://nxbkhkt.com.vn

CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
28 Đồng Khởi - Quận 1 - TP Hồ Chí Minh
ĐT: 028 3822 5062

In 100 bản, khổ 20.5 x 29 cm, tại Công ty TNHH Phát triển dịch vụ Minh Vương.
Địa chỉ: C13, khu 2,5ha, tổ 28, P. Dịch Vọng Hậu, Q. Cầu Giấy, Tp. Hà Nội.
Số ĐKXB: 4126-2024/CXBIPH/4-211/KHKT.
Quyết định xuất bản số: 220/QĐ-NXBKHKT, ngày 21 tháng 11 năm 2024.
In xong và nộp lưu chiểu năm 2024.
ISBN: 978-604-67-3105-4

LỜI MỞ ĐẦU

Mạng lưới Học thuật người Việt Nam tại Nhật Bản (VANJ) hân hạnh giới thiệu tới quý độc giả Tuyển tập Khoa học và Công nghệ Nhật Bản 2024. Đây là thành quả của ba năm chuẩn bị kể từ khi ra mắt lần đầu của Tuyển tập vào năm 2021, từ khâu xây dựng nội dung đến quá trình thu thập và đánh giá bài viết, với sự tham gia của đông đảo các nhà khoa học từ nhiều lĩnh vực. Tuyển tập tiếp nối sứ mệnh kết nối tri thức và thúc đẩy hợp tác khoa học công nghệ giữa cộng đồng học thuật Việt Nam, Nhật Bản và quốc tế.

Điểm nhấn nổi bật của Tuyển tập 2024 là sự thành lập Hội đồng Khoa học, bao gồm hơn 40 nhà khoa học đang công tác tại Nhật Bản, Việt Nam và một số quốc gia khác. Hội đồng không chỉ định hướng nội dung mà còn trực tiếp thẩm định, lựa chọn các bài viết đảm bảo chất lượng khoa học cao nhất. Tuyển tập lần này gồm 23 bài viết, chia thành các nhóm lĩnh vực: Xây dựng, Kiến trúc; Điện, Điện tử, Năng lượng; Khoa học và Kỹ thuật Vật liệu; Kỹ thuật và Công nghệ Môi trường; Khoa học Máy tính và Công nghệ Thông tin; Nông nghiệp - Thú y; Sinh học, Công nghệ Sinh học; Y, Dược, Sinh lý học; Kinh tế, Chính sách và Pháp luật. Các bài viết không chỉ phản ánh các tiến bộ khoa học mà còn mang tính ứng dụng cao, gợi mở các giải pháp thiết thực cho những thách thức đang tồn tại ở Việt Nam.

Trong bối cảnh Việt Nam và Nhật Bản đều đặt trọng tâm vào phát triển khoa học và công nghệ làm động lực cho tăng trưởng bền vững, Tuyển tập này trở nên đặc biệt ý nghĩa. Việt Nam đang thúc đẩy đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số, và ứng dụng công nghệ cao để giải quyết các vấn đề về môi trường, y tế và kinh tế. Nhật Bản, với chiến lược "Xã hội 5.0", nhấn mạnh tầm quan trọng của công nghệ xanh, y học tái tạo và năng lượng sạch. Tuyển tập Khoa học và Công nghệ Nhật Bản 2024, phản ánh sự tương đồng trong định hướng phát triển của hai quốc gia và đóng vai trò là cầu nối khoa học để hiện thực hóa các mục tiêu chung.

Trong quá trình xây dựng cuốn Tuyển tập này, chúng tôi đã nhận được rất nhiều sự động viên, giúp đỡ và đồng hành từ rất nhiều cá nhân và tổ chức. Trước tiên, VANJ xin trân trọng cảm ơn sự tham gia đóng góp viết bài của các tác giả từ là nhà khoa học và chuyên gia người Việt Nam, Nhật Bản và người nước ngoài tới từ nhiều lĩnh vực, ngành nghề, vị trí công tác khác nhau. Chúng tôi cũng trân trọng cảm ơn sự tham gia quý báu của các thành viên Hội đồng khoa học. Kiến thức chuyên môn cùng sự tâm huyết dành cho khoa học và công nghệ của các tác giả và thành viên Hội đồng khoa học đã đóng góp cho Tuyển tập những bài viết chất lượng cũng như giá trị mà nó mang lại cho sự phát triển của Việt Nam sau này.

Đặc biệt, Tuyển tập lần này nhận được sự hỗ trợ mạnh mẽ từ các cơ quan và cộng đồng khoa học tại cả Việt Nam và Nhật Bản, thể hiện sự tin tưởng vào giá trị của dự án. Chúng tôi trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ và giúp đỡ từ Mạng lưới Đổi mới sáng tạo Việt Nhật (VJOIN) với tư cách nhà tài trợ vàng và đơn vị đồng tổ chức. VANJ cũng xin chân thành cảm ơn các nhà tài trợ bạc của dự án gồm có Công ty Kirin Holdings, Hội Trí thức Việt Nam tại Nhật Bản, nhà tài trợ đồng là Công ty Rikkei Japan.

VANJ cũng xin dành những lời cảm ơn trân trọng nhất tới sự hỗ trợ và những lời góp ý quý giá của đội ngũ cố vấn của dự án bao gồm chuyên gia kinh tế Phạm Chi Lan, GS. Hồ Tú Bảo (Giáo sư danh dự Viện JAIST, Nhật Bản, Giáo sư của Viện Nghiên cứu cao cấp về Toán - VIASM), GS. Trần Văn Thọ (Giáo sư danh dự tại Trường Đại học Waseda, Nhật Bản), PGS. TS. Lê Bộ Lĩnh (nguyên Phó Chủ nhiệm Ủy ban Khoa học, Công nghệ và Môi trường của Quốc hội).

Hy vọng rằng Tuyển tập Khoa học và Công nghệ Nhật Bản 2024 sẽ tiếp tục là nguồn cảm hứng và tri thức quý báu, không chỉ cho cộng đồng học thuật mà còn cho các nhà hoạch định chính sách và doanh nghiệp. Chúng tôi mong nhận được sự quan tâm và phản hồi từ quý độc giả để tiếp tục hoàn thiện và phát triển hơn nữa các ấn phẩm sau này.

Trân trọng.

Ngày 20 tháng 11 năm 2024

Nagasaki, Nhật Bản
Tokyo, Nhật Bản

PGS. TS. Đào Thị Ngọc Anh
TS. Vũ Đức Cảnh

Cùng toàn thể thành viên
Hội đồng Khoa học và Ban điều hành dự án

LỜI TỰA

Tuyển tập Khoa học và công nghệ Nhật Bản 2024 là một nhịp cầu tri thức, nối liền những nỗ lực nghiên cứu, phát triển và đổi mới sáng tạo giữa Việt Nam và Nhật Bản. Quyển sách này tập hợp các bài viết chuyên sâu của những chuyên gia hàng đầu từ cả hai quốc gia, đại diện cho các lĩnh vực khoa học, công nghệ và kỹ thuật đang có tác động quan trọng đến sự phát triển của từng quốc gia nói riêng và khu vực nói chung. Thông qua các bài viết này, quý độc giả sẽ thấy rõ những tiến bộ đáng kể trong nhiều lĩnh vực như công nghệ thông tin, kiến trúc và xây dựng, môi trường, vật liệu tiên tiến, trí tuệ nhân tạo và nhiều ngành khác.

Không chỉ đơn thuần là những kiến thức mới, nội dung trong quyển sách còn mang lại những gợi mở và khơi dậy những ý tưởng hợp tác sáng tạo giữa các nhà khoa học, doanh nghiệp và tổ chức Việt - Nhật. Những thành tựu và phương pháp nghiên cứu của các chuyên gia sẽ là những gợi mở quý báu cho Việt Nam trong quá trình ứng dụng và cải tiến công nghệ, đồng thời tạo động lực cho các doanh nghiệp, nhà nghiên cứu tại Việt Nam định hướng nghiên cứu, phát triển sản phẩm và đóng góp vào nền khoa học, kỹ thuật toàn cầu.

Chúng tôi hy vọng rằng quyển sách này sẽ không chỉ là nguồn tài liệu hữu ích cho các nhà khoa học, nhà nghiên cứu và sinh viên, mà còn là nguồn cảm hứng mạnh mẽ cho những ai đang và sẽ đóng góp vào sự phát triển của hai quốc gia trong thời đại công nghiệp 4.0. Chúng tôi tin tưởng rằng những ý tưởng và giá trị từ quyển sách này sẽ góp phần thúc đẩy mối quan hệ hợp tác bền vững và tiến bộ giữa Việt Nam và Nhật Bản, trên con đường phát triển khoa học và kỹ thuật vượt bậc trong tương lai.

Mạng lưới Đổi mới sáng tạo Việt Nam tại Nhật Bản - VJOIN

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Đơn vị chủ trì

Vietnamese Academic Network in Japan
一般社団法人在日ベトナム人学術ネットワーク
VANJ

Mạng lưới Học thuật người Việt Nam tại Nhật Bản

Đơn vị đồng tổ chức

Vietnam Japan Open Innovation Network (VJOIN)

Mạng lưới Đổi mới sáng tạo Việt Nhật

NHÀ TÀI TRỢ

Nhà tài trợ bạc

Joy brings us together
KIRIN

Công ty Kirin Holdings

HỘI TRÍ THỨC VIỆT NAM TẠI NHẬT BẢN
Association of Vietnamese Intellectuals in Japan

Hội Trí thức Việt Nam tại Nhật Bản

Nhà tài trợ đồng

RIKKEI®
where the dream begins

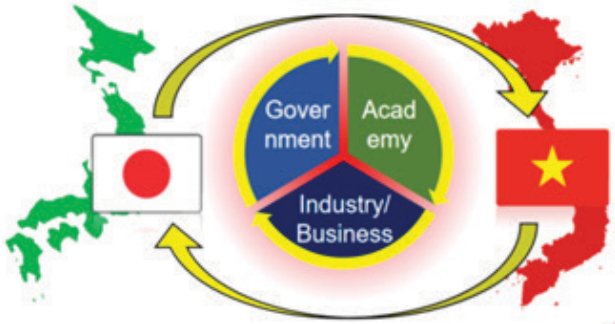
Công ty Rikkeisoft

Đơn vị đồng tổ chức & Nhà tài trợ vàng

Mạng lưới Đổi mới Sáng tạo Việt Nhật
Vietnam Japan Open Innovation Network (VJOIN)

Established : 5/2020 Website: https://vjoin.org Email: info@vjoin.org

Vision



Open platform bridging the professional and intellectual solutions with the industrial and academic needs in Vietnam and Japan

Missions

Network
- Vietnamese intellectuals in Japan
- Connect industries between VN-JP
- Bridging academic worlds VN-JP
- Science and technology events

One-Stop-solutions
- Tech transfer
- R&D
- Training Vietnamese students and staff in JP
- Search for solutions for industrial and local need

Support
- Direct Support to NIC Vietnam
- Advice scholarships for students
- Exchange students and staff
- Facilitate Japanese academici and professionals to VN

Activities

Seminar, Webinar, Mentoring program

Collection of Papers about Japan's Technology and Science

- Number of papers: 35 (about 300pages)
- Establish: Nov. 2021

Series Webinar - "Vietnam Technology ~LIVE" with JETRO

Introduce Vietnamese Startups Fintech - Medtech - Edutech - Agritech - AI - Ecommerce - Mobility - Logistic - HR/CRM/ERP - Telehealth to Japanese Enterprises

18 times

Nhà tài trợ bạc

Joy brings us together

KIRIN

Công ty Kirin Holdings

About Kirin Holdings

Kirin Holdings Company, Limited is an international company that operates in the Food & Beverages domain (Food & Beverages businesses), Pharmaceuticals domain (Pharmaceuticals businesses), and Health Science domain (Health Science business), both in Japan and across the globe.

Kirin Holdings can trace its roots to Japan Brewery which was established in 1885. Japan Brewery became Kirin Brewery in 1907. Since then, the company expanded its business with fermentation and biotechnology as its core technologies, and entered the pharmaceutical business in the 1980s, all of which continue to be global growth centers. In 2007, Kirin Holdings was established as a pure holding company and is currently focusing on boosting its Health Science domain.

Under the Kirin Group Vision 2027 (KV 2027), a long-term management plan launched in 2019, the Kirin Group aims to become A global leader in CSV*, creating value across our world of Food & Beverages to Pharmaceuticals. Going forward, the Kirin Group will continue to leverage its strengths to create both social and economic value through its businesses, with the aim of achieving sustainable growth in corporate value.

* Creating Shared Value: combined added value for consumers as well as for society at large.

Company's WEB site

https://www.kirinholdings.com/jp/

Nhà tài trợ bạc

HỘI TRÍ THỨC VIỆT NAM TẠI NHẬT BẢN
Association of Vietnamese Intellectuals in Japan

Hội Trí thức Việt Nam tại Nhật Bản

Hội Trí thức Việt Nam tại Nhật Bản (Hội Trí thức), tên tiếng Anh là Association of Vietnamese Intellectuals (AVIJ), được thành lập với mục tiêu kết nối tất các cá nhân và nhóm trí thức của người Việt tại Nhật, không phân biệt tuổi tác, chuyên môn, vùng miền địa lý. Thông qua hội, mỗi thành viên sẽ có cơ hội tiếp cận với các chuyên gia người Việt cùng lĩnh vực tại Nhật Bản, Việt Nam cũng như các nước khác trên thế giới; tiếp cận các thông tin về chủ trương chính sách, các dự án trong nước, các bài toán công nghệ, nhu cầu tại Việt Nam; tiếp cận các cơ quan, đơn vị để hỗ trợ việc thực hiện hóa những ý tưởng đóng góp cho đất nước và quốc tế.

Hội Trí thức cũng đóng vai trò tạo ra những cơ hội hợp tác giữa các cá nhân và nhóm riêng lẻ, tạo nên sức mạnh tập thể để triển khai những dự án mà mỗi cá nhân và nhóm không dễ dàng thực hiện. Thông qua những hoạt động này, hội Trí thức mong muốn tạo ra tiếng nói thống nhất và nâng tầm vị thế, vai trò của cộng đồng Trí thức người Việt tại Nhật.

Hội Trí thức hiện tại là nơi hội tụ của các hội nhóm trí thức trên toàn nước Nhật, nổi bật là các tổ chức như Cộng đồng các nhà khoa học đang giảng dạy/nghiên cứu (VANJ), Cộng đồng các chuyên gia đang công tác trong các công ty/tập đoàn (VPJ), và Cộng đồng thanh niên sinh viên (VYSA), cộng đồng trí thức người Việt tại các địa phương trên khắp Nhật Bản, và Mạng lưới đổi mới sáng tạo Việt Nam tại Nhật Bản (VJOIN). Hội Trí Thức đóng vai trò kết nối, hỗ trợ và nhân rộng hoạt động của các hội nhóm nêu trên.

Các hoạt động của Hội trí thức bao gồm:

- Tổ chức định kỳ các Diễn đàn Trí thức, kết nối cộng đồng Trí thức người Việt trên khắp mọi miền Nhật Bản.
- Hỗ trợ các cá nhân, nhóm hội tổ chức các hoạt động hội thảo, diễn đàn, và các sự kiện giúp phát triển cộng đồng Trí thức Việt Nam tại Nhật Bản.
- Kết nối, truyền tải thông tin, bài toán, nhu cầu trong nước đến các thành viên. Hỗ trợ thành viên triển khai các dự án giải quyết các bài toán, nhu cầu trên.
- Hỗ trợ đẩy mạnh hợp tác, chuyển giao công nghệ, kỹ thuật, văn hóa, giáo dục giữa Việt Nam và Nhật Bản.

BAN CỐ VẤN

Bà Phạm Chi Lan
Chuyên gia kinh tế độc lập

GS. Trần Văn Thọ
Giáo sư danh dự, Đại học Waseda

GS. Hồ Tú Bảo
Giáo sư danh dự, Viện JAIST

PGS. Lê Bộ Lĩnh
Chuyên gia kinh tế và chính sách, Nguyên Phó Chủ nhiệm Ủy ban KHCN & MT của Quốc hội

BAN ĐIỀU HÀNH DỰ ÁN

Trưởng dự án
Vũ Thị Mỹ Hạnh
Đại học Gifu

Điều phối viên
Trần Phương Thảo
Viện nghiên cứu môi trường quốc gia (NIES)

Cố vấn vận hành
Nguyễn Thành Vinh
VANJ & VJOIN

Cố vấn vận hành
Nguyễn Xuân Tiến
VJOIN

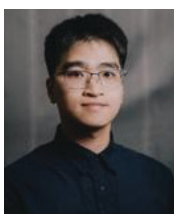
Nguyễn Hạnh Nhung
Đại học Nông nghiệp Tokyo

Nguyễn Hằng Nga
Đại học Rikkyo

Lê Thùy Dương
Đại học Kyoto

Phùng Huyền Trang
Đại học Nagoya

Tạ Đức Tùng
Đại học Tokyo



Nguyễn Kim Chung
Đại học Nagoya

Hoàng Trọng Thức
Đại học Điện Tử Viễn Thông (UEC)

Lê Phương Anh
Đại học Waseda

Nguyễn Thị Nga
Đại học Tokyo

Lê Đăng Khoa
Đại học Kanto Gakuin

Trần Thị Hồng Vân
VANJ

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC

Trưởng ban
PGS. TS. Đào Thị Ngọc Anh
Đại học Nagasaki

Phó ban
TS. Vũ Đức Cảnh
Đại học Tokyo

Trợ lý
TS. Ngô Minh Chữ
Viện Khoa học và Công Nghệ Công nghiệp Tiên tiến Quốc Gia (AIST)

TS. Cao Văn Sơn
Viện nghiên cứu khoa học và giáo dục liên ngành Quy Nhơn

TS. Lý Hoàng Hiệp
Đại học Tokyo

TS. Nguyễn Bình Minh
Đại học Tokyo

PGS. TS. Nguyễn Đình Hòa
Đại học Kyushu

TS. Nguyễn Văn Triết
Đại học Tsukuba

TS. Nguyễn Ngọc Mai Khanh
Đại học Tokyo

TS. Trần Huỳnh Ngọc
Công ty cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2

TS. Phạm Hùng Cường
Đại học Kyushu

TS. Phạm Quang Trung
Cty cổ phần Araya

TS. Chử Đức Hoàng
Quỹ Đổi mới công nghệ quốc gia

TS. Ngô Huỳnh Thiện
Viện Vật Liệu Quốc Gia Nhật Bản (NIMS) - Trung Tâm R&D Khu Công Nghệ Cao Saigon

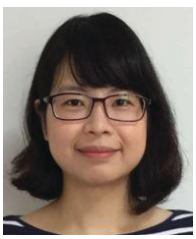
TS. Nguyễn Đăng Khoa
Trường Đại học Văn Lang

TS. Nguyễn Tuấn Hưng
Viện Nghiên Cứu Liên Ngành, Đại Học Tohoku

TS. Tôn Nữ Thanh Nhàn
Viện Khoa học và Công nghệ Tiên tiến Nhật Bản

PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn
Học viện công nghệ Nhật Bản - Cao đẳng Kushiro

TS. Nguyễn Duy Khánh
Đại học Tokyo



TS. Nguyễn Cẩm Ly
Criteo K.K.

GS.TS. Nguyễn Lê Minh
Viện Khoa học và Công nghệ Tiên tiến Nhật Bản (JAIST)

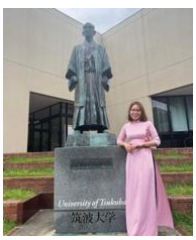
TS. Tạ Đức Tùng
Đại học Tokyo

TS. Hoàng Trọng Thức
Đại Học Điện Tử - Truyền Thông

TS. Nguyễn Huệ Minh
Trường Đại Học Kinh Tế TP.HCM

TS. Trần Anh Đức
Đại học Hiroshima

TS. Đỗ Thị Thùy Quyên
Đại học KHTN Tp.HCM



TS. Ngô Thị Lan Phương
Vietmap ATE

TS. Phạm Việt Dũng
Đại học Tokyo

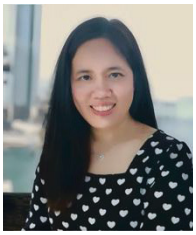
TS.Trần Phương Thảo
Viện nghiên cứu môi trường quốc gia

PGS.TS. Vòng Bính Long
Trường Đại học quốc tế

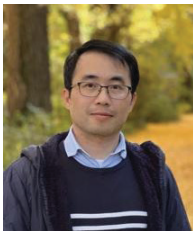
GS.TS. Trần Đăng Xuân
Đại học Hiroshima

TS. Nguyễn Vũ Sơn
Khoa Thú y - Học viện Nông nghiệp Việt Nam

TS. Phạm Thị Dung
Học viện Nông nghiệp Việt Nam



TS. Trần Thị Thanh Thỏa
Trường đại học y khoa Indiana (Indiana University, School of Medicine)



TS. Bùi Ngọc Kiên
Đại học Tokyo

TS. Nguyễn Thị Thảo Vân
Công ty Tư vấn Kiso-Jiban

TS.Tô Kiên
Tập đoàn tư vấn EJEC, Nhật Bản, Đại học UEH, Việt Nam

PGS. TS. BS. Lê Thị Thanh Thủy
Khoa Y, Trường đại học thành phố Osaka, Nhật bản

TS. BS. Nguyễn Hải Nam
Khoa U Gan, Trung tâm Ung Bướu, Bệnh viện Chợ Rẫy

TS. BS. Vũ Thị Mỹ Hạnh
Đại học Gifu

TS. Vương Cát Khánh
Đại học Tsukuba

MỤC LỤC

QUAN TRẮC VÀ DỰ BÁO TIẾNG ỒN HÀNG KHÔNG – BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG SỐNG QUANH SÂN BAY 1
Nguyễn Thu Lan, Keishi Sakoda

THIẾT KẾ THỤ ĐỘNG (PASSIVE DESIGN) - BÀI HỌC TỪ KIẾN TRÚC NHÀ Ở TRUYỀN THỐNG ĐẾN ỨNG DỤNG THỰC TIỄN VÀO THIẾT KẾ NHÀ Ở ĐƯƠNG ĐẠI THÍCH ỨNG KHÍ HẬU NÓNG ẨM MIỀN NAM VIỆT NAM 14
Huỳnh Văn Khang

PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA KHÔNG PHÁ HỦY WIST ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG BÊ TÔNG 20
Nguyễn Hữu May

TỔNG QUAN VỀ TÒA NHÀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG BẰNG KHÔNG VÀ KINH NGHIỆM TỪ NHẬT BẢN 25
Kenzo Take, Kyoko Take

KINH NGHIỆM CỦA NHẬT BẢN TRONG VIỆC THÚC ĐẨY PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ SINH THÁI VÀ BỀN VỮNG, HƯỚNG TỚI NET ZERO 33
Tô Kiên

GIỚI THIỆU DỰ ÁN THU GIỮ VÀ LƯU TRỮ CARBON TẠI NHẬT BẢN VÀ TIỀM NĂNG ÁP DỤNG TẠI VIỆT NAM 44
Phùng Quốc Huy

MÔ HÌNH ĐÀO TẠO VÀ NGHIÊN CỨU XUYÊN NGÀNH HƯỚNG TỚI SỰ PHÁT TRIỂN CỦA Ô-TÔ ĐIỆN Ở KHOA NĂNG LƯỢNG TIÊN TIẾN, ĐẠI HỌC TOKYO 54
Nguyễn Bình Minh

TỔNG QUAN VỀ TỔNG HỢP HẠT NANO BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÓNG ĐIỆN QUA DÂY MỎNG 64
Nguyễn Duy Hiếu, Ngô Minh Chữ

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA VẬT LIỆU MỚI - BARI ĐISILIC ($BaSi_2$) - NHẰM THAY THẾ VẬT LIỆU SILIC TRUYỀN THỐNG TRONG CHẾ TẠO PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI 73
Mai Thị Kiều Liên

GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ MEMS/NEMS TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM ONO-TOÀN, ĐẠI HỌC TOHOKU 83
Trương Thị Kim Tươi, Nguyễn Văn Toàn, Takahito Ono

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CẢM BIẾN QUANG INGAP/GAAS PHOTOTRANSISTOR TRONG KHÔNG GIAN 91
Thân Hồng Phúc, Yasushi Takaki, Thân Quang Thọ, Nguyễn Thị Phước Vân, Takahiro Makino, Takeshi Ohshima

SKYRMION TỪ TÍNH: CƠ CHẾ HÌNH THÀNH, ĐẶC TRƯNG VÀ CÁC TRIỂN VỌNG 98
Nguyễn Duy Khánh

TÁI SỬ DỤNG TÀI NGUYÊN TỪ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ CHO SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP BỀN VỮNG 104
Phùng Đức Lực, Phạm Viết Dũng và Watanabe Toru

CƠ HỘI GIẢM PHÁT THẢI CÁCBON RÒNG VỀ MỨC "0" VÀO NĂM 2050 TỪ CÁC SÁNG KIẾN CỦA ĐỊA PHƯƠNG - NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG 112
Naoki Mori, Phạm Ngọc Bảo, Đỗ Nam Thắng, Shom Teoh

TRÍCH XUẤT TÍN HIỆU ĐIỆN TIM TỪ TÍN HIỆU ĐIỆN NÃO CHO THIẾT BỊ CẢNH BÁO SỨC KHỎE TẤT CẢ TRONG MỘT 122
Ma Phạm Nhựt Tân, Tạ Viết Tài, Nguyễn Việt Hà, Trần Thị Thảo Nguyên

GIẢI PHÁP BỘ ĐỆM ĐỂ CẢI THIỆN HIỆU SUẤT MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY TUYẾN TÍNH DAO ĐỘNG 129
Bùi Ngọc Thanh Bình, Nguyễn Trường Giang, Trần Thị Thảo Nguyên, Nguyễn Việt Hà

VACCINE - GIẢI PHÁP TỐI ƯU TRONG PHÒNG BỆNH THUỶ SẢN TẠI NHẬT BẢN 137
Trương Đình Hoài

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIẢI TRÌNH TỰ THẾ HỆ MỚI KHÁM PHÁ CÁC ĐỘT BIẾN DI TRUYỀN HIẾM LIÊN QUAN ĐẾN NĂNG SUẤT SINH SẢN Ở BÒ ĐEN NHẬT BẢN 142
Lê Nữ Anh Thư

CÔNG NGHỆ GEEP (GENOME EDITING ELECTROPORATION OF CAS9 PROTEIN) CHỈNH SỬA GENOME TRÊN TẾ BÀO ĐỘNG VẬT 149
Nguyễn Thị Nhiên, Takeshige Otoi

TUỔI THỌ KHỎE MẠNH VÀ PHONG TRÀO 8020 153
Lâm Đại Phong, Phạm Nguyên Quân

TỐI ƯU HÓA CHĂM SÓC ĐIỀU TRỊ BỆNH UNG THƯ Ở CAO TUỔI: TÌNH HÌNH VÀ KINH NGHIỆM TẠI NHẬT BẢN 158
Phạm Nguyên Quý, Sugimoto Ryoko

KINH NGHIỆM CỦA NHẬT BẢN TRONG BẢO HỘ TÀI SẢN TRÍ TUỆ TRÊN MÔI TRƯỜNG SỐ VÀ HÀM Ý KHUYẾN NGHỊ CHO VIỆT NAM 163
Nguyễn Hoàng Nam

MỘT SỐ CÔNG NGHỆ NỔI BẬT CỦA TÀU CAO TỐC SHINKANSEN 172
Nguyễn Chí Đạt

NGUYỄN THU LAN

Tác giả hiện là giảng viên khoa Kiến trúc tại Đại học Công nghệ Osaka, Nhật Bản, phụ trách lab nghiên cứu về Âm học Kiến trúc. Thu Lan nghiên cứu về chính sách và các biện pháp giảm thiểu tác động tới cộng đồng của tiếng ồn trong đô thị và công trình kiến trúc. Cô tiến hành nhiều nghiên cứu liên quan đến tiếng ồn hàng không và đã đóng góp vào việc ban hành hướng dẫn đánh giá môi trường âm thanh tại các sân bay ở Việt Nam. Đóng góp của cô được công nhận bằng giải thưởng Nghiên cứu tiêu biểu năm 2015 từ Hiệp hội Kỹ thuật hạn chế Tiếng ồn của Nhật Bản. Cô cũng đảm nhiệm vai trò thành viên phụ trách lĩnh vực ồn và rung trong Ủy ban Đánh giá Tác động Môi trường tỉnh Shimane và tỉnh Tottori, đề xuất các phương pháp giảm thiểu tác động môi trường của các dự án xây dựng. Với vai trò Chủ tịch của Team 6 thuộc Ủy ban Quốc tế về Tác động Sinh học của Tiếng ồn (ICBEN) từ năm 2021, cô tham gia thành lập cơ sở dữ liệu quốc tế, thúc đẩy việc tích lũy và so sánh các khảo sát về môi trường âm trên toàn thế giới.

Link CV
https://researchmap.jp/nguyen
https://www.researchgate.net/profile/Thulan-Nguyen
Website của lab
lanlaboratory.wixsite.com

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0315

QUAN TRẮC VÀ DỰ BÁO TIẾNG ỒN HÀNG KHÔNG – BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG SỐNG QUANH SÂN BAY

Nguyễn Thu Lan[1,*] and Keishi Sakoda[2]

[1] Khoa Kiến trúc, Đại học Công nghệ Osaka, 5-15-1 Ohmiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585, Nhật Bản

[2] Công ty TNHH RION, 3-20-41, Higashi-motomachi Kokubunji, Tokyo 185-8533, Nhật Bản

TÓM TẮT:

Trong thế kỷ qua máy bay đã trở thành cầu nối các quốc gia và lục địa. Tuy nhiên, sự phát triển vận tải hàng không với mật độ bay tăng cao gây ra ô nhiễm tiếng ồn xung quanh các sân bay.Việc giảm tiếng ồn để bảo vệ môi trường sống mâu thuẫn với nhu cầu phát triển kinh tế và vận tải hàng không. Bài viết này giới thiệu kinh nghiệm của Nhật Bản trong quản lý tiếng ồn hàng không cũng như các biện pháp quản lý tiếng ồn được Nhật Bản áp dụng thành công. Kỹ thuật quan trắc và dự đoán tiếng ồn được Nhật Bản phát triển để đánh giá tác động môi trường cũng như làm rõ tác động tiềm tàng khi triển khai các kế hoạch sử dụng đất và xây dựng mới, mở rộng sân bay hay thay đổi hoạt động bay. Tiếp theo, bài viết đề cập đến kết quả áp dụng kỹ thuật quan trắc và dự đoán tiếng ồn của Nhật Bản tại sân bay Nội Bài. Kết quả cho thấy biến động của môi trường âm thanh xung quanh Nội Bài trong thời gian đại dịch và tình trạng phơi nhiễm tiếng ồn vào ban đêm. Cuối cùng, bài viết nêu lên sự cần thiết của việc phát triển mô hình và phương pháp dự đoán tiếng ồn hàng không thích hợp với thực trạng và nhu cầu của Việt nam.

Từ khóa: *tiếng ồn hàng không, quan trắc, bản đồ tiếng ồn, quy hoạch, môi trường đô thị, mô phỏng*

1. GIỚI THIỆU

Máy bay là phương tiện giao thông đi đầu kết nối các quốc gia và lục địa trong các thập kỷ qua. Phát triển vận tải hàng không để đáp ứng nhu cầu du lịch, giao lưu thương mại và phát triển kinh tế là yêu cầu cấp thiết của tất cả các nước trên thế giới. Theo Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng hàng không, sân bay toàn quốc giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, mạng lưới sân bay tại Việt Nam được định hướng phát triển lên hơn 30 cảng hàng không, bao gồm cả sân bay quốc tế và nội địa [1]. Hiện tại, Việt Nam có 22 sân bay đang khai thác, trong đó có 10 sân bay quốc tế [2].Với hình dáng kéo dài từ bắc xuống nam và sự phân bố dân cư tập trung ở 2 đầu đất nước, riêng đường bay nội địa giữa Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh đã được xếp hạng là đường bay nội địa bận rộn thứ tư trên thế giới. Sân bay Long Thành mới bắt đầu được xây dựng và trong các năm tới giao thông hàng không tại Việt Nam sẽ còn phát triển hơn nữa với các dự án mở rộng quy mô và xây dựng sân bay khắp cả nước.

Tuy nhiên, sự phát triển này cũng đi đôi với biến đổi môi trường sống xung quanh các sân bay, đặc biệt là vấn đề âm thanh. Theo báo cáo của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), tiếng ồn môi trường, bao gồm tiếng ồn hàng không, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe, chẳng hạn như tăng nguy cơ mắc bệnh tim mạch, rối loạn giấc ngủ, và các vấn đề về sức khỏe tâm thần [3] . Tiếng ồn máy bay có thể gia tăng căng thẳng, hạn chế khả năng tập trung và nhận thức, làm suy giảm chất lượng cuộc sống của cộng đồng sống xung quanh sân bay. WHO nhấn mạnh sự cần thiết phải giảm tiếng ồn xuống dưới các ngưỡng khuyến nghị để bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Ở Việt nam cũng như nhiều nước khác, số lượng khiếu nại liên quan tới ô nhiễm tiếng ồn ngày càng tăng của người dân sống xung quanh sân bay là một thách thức đối với tiến trình phát triển bền vững ngành hàng không.

Không khó để thấy việc giảm ồn bằng cách cắt giảm hoạt động bay để bảo vệ môi trường sống cho nhân dân sẽ mâu thuẫn với nhiệm vụ tăng cường vận tải hàng không và đi ngược với nhu cầu phát triển kinh tế đất nước. Để dung hòa mâu thuẫn này, Việt Nam phải khẩn trương thiết lập các biện pháp quản lý hiệu quả tiếng ồn hàng không như quy hoạch sử dụng đất cho các khu vực xung quanh sân bay và dưới đường bay, thiết kế đường bay để giảm thiểu tác động môi trường. Việc cần làm đầu tiên là theo dõi tình hình tiếng ồn thực tế, đánh giá các khả năng thay đổi khi thực hiện các giải pháp. Trong tình hình đó, việc thiếu thông tin, công nghệ, nhân lực để quan trắc, dự báo tiếng ồn đang được các nhà chức trách quan tâm và tìm kiếm sự hỗ trợ kỹ thuật từ phía Nhật Bản, quốc gia đã có bề dày kinh nghiệm và sở hữu vốn kỹ thuật đồ sộ đối với vấn đề này.

Tại Việt Nam, các biện pháp chống ồn tại sân bay hiện vẫn còn bỏ ngỏ, chưa có khung chính sách hay chế tài để bắt buộc áp dụng các biện pháp cắt giảm tiếng ồn cho khu vực dân cư gần sân bay hay phải sử dụng các thiết bị đo lường tiếng ồn định kỳ. Hệ thống quan trắc tiếng ồn đóng vai trò thiết yếu trong việc đánh giá và kiểm soát các tác động của tiếng ồn hàng không đến cộng đồng và môi trường. Ngoài hệ thống quan trắc tiếng ồn ở sân bay Nội Bài được trang bị trong khuôn khổ dự án tác giả tham gia và giới thiệu trong bài viết này, chưa có sân bay nào ở Việt Nam được đầu tư hệ thống quan trắc có khả năng theo dõi, đánh giá và kiểm soát tiếng ồn tự động. Việc triển khai hệ thống quan trắc hiện đại, tích hợp công nghệ cao có thể giúp cung cấp dữ liệu chính xác, liên tục, góp phần hoạch định các chính sách giảm thiểu tiếng ồn. Hơn nữa, thông tin khai thác từ hệ thống còn giúp nâng cao ý thức của các bên liên quan, bao gồm cả các hãng hàng không, nhà quản lý sân bay và cộng đồng dân cư, trong trong việc quản lý tiếng ồn.

Trong bài viết này, tác giả sẽ tóm tắt ngắn gọn kinh nghiệm giải quyết vấn đề tiếng ồn hàng không, sau đó giới thiệu các kỹ thuật đo đạc và dự báo tiếng ồn hàng không được áp dụng tại Nhật Bản. Sau cùng, tác giả trình bày kết quả bước đầu của việc ứng dụng kỹ thuật này ở Việt Nam và gợi mở hướng đi tiếp theo trong tương lai.

2. KINH NGHIỆM CỦA NHẬT BẢN VỀ VẤN ĐỀ TIẾNG ỒN HÀNG KHÔNG

2.1 Tiến trình phát triển

Tiếng ồn hàng không trở thành vấn đề đáng lo ngại ở Nhật Bản từ năm 1950 khi máy bay chiến đấu và máy bay vận tải lớn của quân đội Mỹ bắt đầu hoạt động tại các căn cứ quân sự của Nhật [4]. Tiếp đó, máy bay chở khách dùng động cơ phản lực như B707 hay DC8 bắt đầu hoạt động với tiếng ồn lớn hơn nhiều so với máy bay chạy bằng động cơ quạt thịnh hành trước đó. Từ đó, tình trạng gia tăng khiếu nại từ cư dân xung quanh sân bay gia tăng ở Tokyo dẫn tới việc hoạt động bay tại sân bay Haneda bị cấm vào khoảng thời gian từ 23 giờ đến 6 giờ sáng vào năm 1963. Sau đó, xung đột giữa người dân và chính quyền trở nên trầm trọng do vấn đề tiếng ồn xảy ra tại sân bay Itami, Osaka. Tình hình này bắt buộc chính phủ phải xây dựng các sân bay mới như Narita tại Chiba cách trung tâm Tokyo khoảng 60 km về phía đông, hay Kansai xây dựng trên đảo nhân tạo trên vịnh Osaka. Xung đột sau đó cũng xảy ra do người dân ở Narita phản đối kế hoạch xây dựng sân bay do lo ngại các ảnh hưởng trên đất ở của họ.

Nhật Bản ban hành Luật Chống tiếng ồn hàng không vào năm 1967 và thiết lập Tiêu chuẩn Môi trường về tiếng ồn hàng không vào năm 1973 [5]. Cần bổ sung ở đây là Việt Nam hiện nay chưa có tiêu chuẩn này. Kết quả là Nhật Bản đã triển khai được hệ thống chính sách hỗ trợ cách âm cho nhà dân sống gần sân bay, hay xác định các khu vực cần cải thiện hay di dời đền bù xung quanh sân bay, cùng các biện pháp khác bắt đầu được triển khai một cách hệ thống trên cả nước. Có thể nói những năm 1960 đến 1970 là giai đoạn thực thi mạnh mẽ các chính sách về tiếng ồn hàng không tại Nhật Bản.

2.2 Các biện pháp chống tiếng ồn hàng không được Nhật Bản áp dụng

Do điều kiện hạ tầng và môi trường rất khác nhau giữa các sân bay, chính sách quản lý tiếng ồn được khuyến nghị thực hiện theo quan điểm “airport by airport”, tức là quản lý tùy theo điều kiện mỗi sân bay. Trong Tài liệu Doc. 9829 về tiếp cận cân bằng đối với quản lý tiếng ồn hàng không (Balanced approach to aircraft noise management), ICAO đã cung cấp các các biện pháp quản lý tiếng ồn hàng không hiệu quả [6]. Theo đó, cần nắm bắt tình trạng thực tế của việc phơi nhiễm với tiếng ồn của khu vực xung quanh sân bay, trên cơ sở đó nhà chức trách đưa ra những biện pháp ứng phó phù hợp. Khái niệm này yêu cầu kiểm tra vấn đề tiếng ồn ở từng sân bay cụ thể và mục tiêu là đối mặt với vấn đề tiếng ồn bằng cách kết hợp bốn yếu tố: 1) Giảm tiếng ồn tại nguồn (máy bay); 2) Quy hoạch và quản lý sử dụng đất quanh sân bay; 3) Thay đổi phương pháp vận hành để giảm tiếng ồn; và 4)

Giới hạn hoạt động hàng không, chọn ra phương án hiệu quả nhất. Dựa trên quan điểm "airport by airport", tức là xác định các biện pháp theo từng sân bay thay vì áp dụng một quy trình cố định. Nhật Bản thực thi theo phương châm Tiếp cận Cân bằng (Balanced Approach). Có thể tổng hợp thành 3 biện pháp chính: (1) Cắt giảm nguồn ồn; (2) Quy hoạch thiết kế sân bay; và (3) Cải thiện môi trường sống xung quanh sân bay. Vì thời lượng hạn chế, tác giả xin giới thiệu một cách tổng quan:

(1) Cắt giảm nguồn ồn

Nguyên tắc của biện pháp này là giảm tiếng ồn ngay từ giai đoạn sản xuất máy bay và vận hành bay, bao gồm việc đẩy mạnh sử dụng các loại máy bay ít gây ồn, giới hạn thời gian cất hạ cánh, và áp dụng phương pháp vận hành có hiệu quả giảm tiếng ồn. Các ví dụ tiêu biểu như:

- Hệ thống chứng nhận tiếng ồn hàng không (Noise Certificate): hệ thống chứng nhận tiếng ồn hàng không được ICAO ban hành và được áp dụng ở Nhật Bản dựa trên Luật Hàng không. để khuyến khích sự phát triển của máy bay ít gây ồn [7]. Giá trị tiêu chuẩn chứng nhận tiếng ồn dựa trên trọng lượng cất cánh tối đa, do đó, các máy bay lớn có giá trị tiêu chuẩn lớn hơn. Giá trị chứng nhận tiếng ồn của máy bay lớn cũng lớn hơn so với máy bay nhỏ hơn. Giá trị này giảm đáng kể theo thời gian trong các tiêu chuẩn áp dụng được đổi mới dần dần, tức là thế hệ máy bay mới sản xuất càng về sau thì càng trở nên ít ồn hơn. Hệ thống này được các cơ quan quản lý sân bay áp dụng vào việc tính phí hạ cánh. Lợi nhuận thu được từ việc thu phí này sau đó có thể dùng vào các chính sách hỗ trợ đền bù liên quan tới môi trường như có đề cập ở trên.

- Hạn chế thời gian hạ cánh và cất cánh: Tại các sân bay nội địa, đặc biệt là để kiểm soát tiếng ồn ban đêm, thường áp dụng hạn chế về thời gian hạ cánh và cất cánh. Ví dụ, tại Sân bay Narita, từ 23 giờ đến 6 giờ sáng hôm sau, trừ trường hợp khẩn cấp, không cho phép các chuyến bay hạ cánh và cất cánh. Từ năm 2013, các máy bay ít tiếng ồn được phép hoạt động đến 24 giờ mà không cần phải trả thêm phí hạ cánh. Sân bay Itami (Osaka) có thời gian hoạt động từ 7 giờ sáng đến 9 giờ tối và bị giới hạn về số chuyến bay có thể vận hành là 370 chuyến một ngày. Sân bay Fukuoka cho phép bay từ 7 giờ sáng đến 10 giờ tối. Sự kiện mới nhất minh chứng cho sự tuân thủ nghiêm túc chính sách này là việc biện pháp này là sự kiện một máy bay của Cebu Pacific Air xuất phát từ Manila, Philippine, đã không thể hạ cánh xuống sân bay Fukuoka và phải quay đầu quay trở lại Manila vì tới khi đã quá 22h, tức là giờ giới nghiêm của sân bay Fukuoka (Ngày 4 tháng 9 năm 2023, theo Mainichi Shinbun).

- Thay đổi phương thức bay: các phi công sẽ điều khiển máy bay bay theo phương thức có thể giảm thiểu ảnh hưởng tiếng ồn đối với mặt đất. Ví dụ như "Phương pháp tăng độ dốc" giúp giảm tiếng ồn đối với mặt đất bằng cách tiếp tục tăng độ dốc nhanh hơn so với phương pháp thường khi cất cánh, hoặc "Phương pháp góc phớt thấp" giúp giảm công suất động cơ cần thiết bằng cách hạ xuống với góc phớt nhỏ hơn so với phương pháp thông thường khi hạ cánh. Ngoài ra, còn có các phương pháp như "Phương pháp đường băng ưu tiên" để giảm thiểu ảnh hưởng tiếng ồn bằng cách thay đổi đầu đường băng cất hạ cánh hay sử dụng đường bang phù hợp, hoặc "Phương pháp tuyến đường ưu tiên" để thiết lập lộ trình bay có thể tránh đi qua các khu dân cư có mật độ cao phía dưới.

(2) Quy hoạch thiết kế sân bay

Nguyên tắc là phải tách sân bay, nơi phát sinh tiếng ồn, khỏi các khu đô thị bị ảnh hưởng càng xa càng tốt.

- Di dời sân bay ra ngoài khơi hoặc xây dựng sân bay trên biển: Ví dụ tiêu biểu là sân bay quốc tế Kansai bắt đầu vận hành từ năm 1994 với vị trí cách bờ biển 5 km. Ban đầu, Kansai được xây dựng để giải quyết vấn đề tiếng ồn tại sân bay Itami, có vị trí trung tâm thành phố Osaka. Việc xây dựng sân bay mới trên biển sau đó được Nhật Bản áp dụng như một giải pháp toàn diện để giải quyết vấn đề tiếng ồn. Nhật Bản đã xây dựng mở rộng sân bay quốc tế Haneda với diện tích chủ yếu nền đất nhân tạo ngoài khơi vịnh Tookyo. Cùng với đó là xây dựng sân bay quốc tế Chubu vào năm 2005, để giảm tải cho sân bay Nagoya, ngoài khơi Tokoname cách đất liền 3 km, có thể hoạt động 24 giờ.

- Bố trí tường chắn âm: các bức tường cách âm có tác dụng ngăn tiếng ồn từ sân bay lan ra khi máy bay cất cánh hoặc hạ cánh, hay sử dụng đường lăn. Ví dụ là sân bay Narita có các bức tường cách âm cao khoảng 10m xây dựng xung quanh sân bay, và phía bên cạnh đường băng. Theo kết quả đo đạc, tường chắn âm có hiệu quả giảm tiếng ồn khoảng 10dB ở vị trí 100m phía sau tường chắn [8]. Sân bay Itami tường chắn âm cao khoảng 7m ở phía tây của đường băng. Mặt dốc của bức tường này được tận dụng để xây dựng công viên Sky Park, là nơi được cư dân và du khách yêu thích, đến thăm quan để quan sát máy bay ở cự ly gần.

(3) Cải thiện môi trường sống xung quanh sân bay

Từ năm 1973, sau khi có Tiêu chuẩn môi trường liên quan đến tiếng ồn hàng không và Luật Chống Tiếng Ồn được sửa đổi [9,10], Nhật Bản đã thiết lập hệ thống nhằm cải thiện môi trường sống cho dân cư xung quanh sân bay bay được chỉ định, hiện tại, có 14 sân bay trên khắp cả nước là đối tượng áp dụng luật này. Theo đó ,tại mỗi sân bay, các khu vực được phân loại dựa trên mức ồn đo bằng mức âm thanh trung bình ngày - tối - đêm, L_{den}. Hình 1 minh họa các khu vực đi kèm giá trị đánh giá tiêu chuẩn và nội dung các biện pháp cụ thể được áp dụng. Việc xác định các khu vực này được xác định dựa trên bản đồ dự đoán tiếng ồn, được kiểm tra thông qua quan trắc liên tục tiếng ồn từ máy bay và đo đạc định kỳ. Phương pháp đo đạc và tính toán dự báo sẽ được trình bày trong các mục phía dưới. Ví dụ với khu vực loại 1 ($L_{den} \geq 62$ dB) tiến hành hỗ trợ lắp đặt cửa sổ cách âm cho nhà dân, hỗ trợ chi

Hình 1: Chính sách môi trường tại khu vực xung quanh các cảng hàng không căn cứ theo Luật Chống Tiếng Ồn

Chú thích: Ký hiệu mầu phân loại theo khu vực: Xanh: Khu vực 1, Vàng: Khu vực 2, Cam: Khu vực 3, theo mức ồn đánh giá bằng chỉ số L_{den} và biện pháp yêu cầu với mỗi khu vực)

phí lắp đặt và sử dụng điều hòa. Ngoài ra, thi công chống ồn cho các cơ sở như trường học, bệnh viện, và các công trình khác cũng được tiến hành cho khu vực $L_{den} \geq 57$ dB

Đối với các sân bay được quy hoạch xây dựng trong tương lai, Nhật Bản áp dụng Luật Đặc biệt về tiếng ồn hàng không. Tuy nhiên cho tới nay, duy nhất sân bay Narita được chỉ định áp dụng đạo luật này. Với Việt Nam có thể tham khảo chính sách này để áp dụng cho sân bay Long Thành và các sân bay khác đang được dự kiến xây dựng. Theo đó để ngăn chặn vấn đề tiếng ồn hàng không tại các đô thị dự kiến sẽ phát triển quanh sân bay, cần kiểm soát và đảm bảo việc sử dụng đất đai nhằm đảm bảo chất lượng môi trường sống của người dân sống xung quanh sân bay. Cụ thể, với khu vực đặc biệt cần ngăn chặn tiếng ồn ($L_{den} \geq 66$dB): không được xây dựng những công trình mới như nhà ở, trường học, bệnh viện. Đối với những công trình hiện đã tồn tại trong khu vực này, người điều hành sân bay sẽ phải đền bù và mua lại đất đai những hộ muốn chuyển đổi. Với khu vực cần ngăn chặn tiếng ồn ($L_{den} \geq 62$dB), khi xây dựng những công trình mới cần áp dụng các thiết kế chống tiếng ồn hiệu quả.

Tóm lại, với nhiều nỗ lực phát triển kỹ thuật, khung pháp luật, tổ chức các đơn vị thực thi chính sách, sự phối hợp giữa nhà chức trách hàng không, các cơ quan địa phương và tổ chức chính phủ, Nhật Bản đã thực hiện thành công các dự án về môi trường sân bay đạt hiệu quả giảm thiểu ảnh hưởng của tiếng ồn tại khu vực xung quanh sân bay. Kinh nghiệm của Nhật Bản gợi ý chúng ta về cách cải thiện môi trường sống và thúc đẩy sự phát triển khu vực, đảm bảo sự phát triển hòa hợp và tương hỗ giữa sân bay và khu vực lân cận, đồng thời duy trì tiến trình phát triển bền vững ngành hàng không của Việt Nam.

3. HỆ THỐNG KỸ THUẬT QUAN TRẮC TIẾNG ỒN HÀNG KHÔNG

Hệ thống quan trắc tiếng ồn tàu bay bao gồm một trung tâm dữ liệu, một số trạm quan trắc tiếng ồn tàu bay và một hoặc hai trạm giám sát đường bay (Hình 2). Trung tâm dữ liệu và trạm giám sát đường bay thường nằm gần sân bay, trong khi đó, trạm quan trắc tiếng ồn thường được đặt nằm trong và xung quanh đối tượng sân baycó hoạt động hàng không dân dụng. Ngoài ra, hệ thống quan trắc tiếng ồn tàu bay được kết nối với hệ thống trực tuyến bên ngoài như Hệ thống thu thập dữ liệu chuyến bay (FDAS) để thu thập nhật ký chuyến bay, dữ liệu khí tượng sân bay (METAR) qua mạng có dây hoặc không dây như mạng LAN diện rộng, Internet, hoặc VPN (Virtual Private Network).

3.1 Các trạm quan trắc tiếng ồn

Các trạm quan trắc tiếng ồn về cơ bản bao gồm một bộ thiết bị quan trắc tiếng ồn và một vài thiết bị ngoại vi như một bộ ghi dữ liệu khí tượng và một nguồn cung cấp điện. Các thiết bị ngoại vi cần thiết cho một trạm quan trắc tiếng ồn có thể khác nhau, phụ thuộc vào mục đích lắp đặt cũng như các tình huống khi tàu bay bay qua và các điều kiện về môi trường. Trang bị bộ ghi dữ liệu khí tượng có thể được bỏ qua tại một số trạm khi điều kiện thời tiết tại trạm được coi là đồng nhất với thời tiết tại sân

bay. Hệ thống quan trắc tiếng ồn của tàu bay được thiết kế với một số trạm quan trắc tiếng ồn nhất định được bố trí trong và/hoặc xung quanh các sân bay có hoạt động hàng không dân dụng, tùy vào quy mô và đặc điểm của sân bay

3.2 Trung tâm dữ liệu

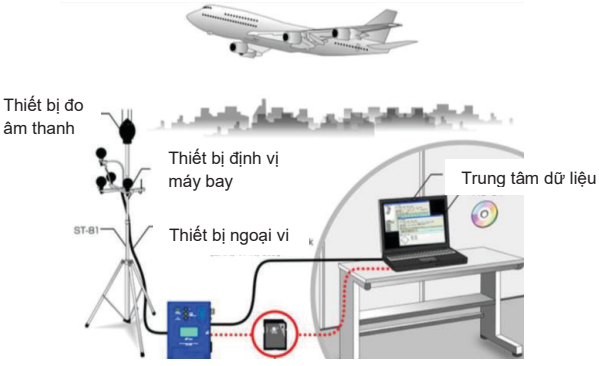
Trung tâm dữ liệu là hệ thống quản lý dữ liệu để thu thập, lưu trữ và xử lý thống kê tất cả các phép đo và thông tin về nhật ký chuyến bay, dữ liệu khí tượng sân bay (METAR). Trung tâm dữ liệu phải bao gồm một máy chủ truyền thông tin, một máy chủ cơ sở dữ liệu, một mô-đun quản lý dữ liệu, các trạm điều khiển, một mô-đun lưu trữ dự phòng và một hệ thống sao lưu nguồn. Máy chủ truyền thông tin là thiết bị để thu thập các phép đo từ các trạm quan trắc tiếng ồn và đường bay cũng như thông tin về nhật ký chuyến bay, dữ liệu METAR từ bên ngoài của hệ thống quan trắc tiếng ồn của tàu bay. Máy chủ cơ sở dữ liệu là một thiết bị, được xây dựng như RDBMS (relational database management system: hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu có liên quan), để thực hiện lưu trữ và quản lý tất cả các phép đo và tính toán, trong khi đó, hệ thống lưu trữ dự phòng là thiết bị sao lưu tất cả dữ liệu để tránh mất mát đột ngột và đảm bảo độ tin cậy của trung tâm dữ liệu để phòng bị khi có lỗi hệ thống không mong muốn. Sao lưu được thực hiện bằng phương tiện ghép các vùng lưu trữ dữ liệu và lưu các bản sao vào phương tiện bên ngoài.

3.3 Trạm giám sát đường bay

Trạm giám sát đường bay là nơi giám sát đường bay của tàu bay, được đặt gần hoặc bên trong sân bay. Trạm giám sát đường bay thường bao gồm máy giám sát đường bay, bộ thu sóng vô tuyến có ăng-ten, thiết bị liên lạc và nguồn điện. Các trạm giám sát đường bay phải được đặt ít nhất tại một điểm, hoặc tốt nhất là tại hai điểm gần hoặc bên trong sân bay. Trong một số trường hợp, các trạm quan trắc tiếng ồn có thể đáp ứng cả chức năng của trạm giám sát đường bay. Có ba phương pháp đo lường đường bay của tàu bay: phương pháp sử dụng thông tin ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast: Quan trắc phụ thuộc tự động), phương pháp giả radar và phương pháp ước tính đường bay bằng MLAT (multilateration: đa phương tiện). Trong ba phương pháp này, ADS-B là phương pháp đơn giản nhất để thu thập thông tin đường bay bằng cách sử dụng bộ thu sóng vô tuyến với ăng-ten nhỏ và giá thành rẻ nhất có thể trang bị tại trạm giám sát đường bay nhưng không bao gồm tàu bay quân sự.

3.4 Quy hoạch các trạm quan trắc tiếng ồn

Các trạm quan trắc tiếng ồn, nói chung, thường nằm rải rộng xung quanh các sân bay có hoạt động hàng không dân dụng, chẳng hạn nằm dưới hoặc phía bên cạnh đường bay để theo dõi tình hình tiếp xúc với tiếng ồn. Việc bố trí các trạm quan trắc tiếng ồn cần được quyết định sau khi điều tra các điều kiện địa lý của sân bay có hoạt động



Hình 2: Sơ đồ bố trí thiết bị và thành phần của hệ thống quan trắc tiếng ồn hàng không

hàng không dân dụng và môi trường cũng như đặc điểm hoạt động của sân bay và tàu bay: số lượng và vị trí bố trí đường băng, tình hình đô thị hóa và phân bố dân cư, tình hình sử dụng đường băng và đường bay tùy thuộc vào điều kiện khí tượng, hiện trạng và quy hoạch phát triển sân bay và môi trường trong tương lai. Chi tiết cụ thể về quy hoạch bố trí tổng thể các trạm quan trắc tiếng ồn xung quanh đối tượng sân bay, hay phương pháp xác định vị trí của từng trạm quan trắc tiếng ồn cụ thể trong thực tế và phương pháp lắp đặt thiết bị micro sẽ được trình bày trong các bài viết khác.

4. KỸ THUẬT DỰ BÁO TIẾNG ỒN HÀNG KHÔNG

4.1 Giới thiệu

Dự báo tiếng ồn đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện môi trường âm thanh xung quanh sân bay tại Nhật Bản, như đã đề cập ở phần trước. Kỹ thuật này giúp đánh giá chính xác mức độ tiếng ồn hiện tại và xác định những tác động có thể xảy ra khi quy hoạch sử dụng đất, xây dựng hoặc mở rộng sân bay, hoặc thay đổi hoạt động bay trong tương lai. Ban đầu, kỹ thuận dự báo tiếng ồn bắt đầu với việc tính toán mức ồn tại từng điểm. Quy trình này được thực hiện bằng cách chia khu vực xung quanh sân bay thành một mạng lưới ô vuông và tính toán mức tiếng ồn tại mỗi điểm trong mỗi ô. Sau đó, các giá trị này được kết nối lại với nhau để tạo ra các đường đồng mức tiếng ồn (noise contour lines). Những đường đồng mức này giúp cung cấp cái nhìn toàn diện về tình trạng tiếng ồn xung quanh sân bay, thay vì chỉ tập trung vào một vài điểm riêng lẻ. Nhờ đó, các nhà quản lý có thể dễ dàng xác định các khu vực bị ảnh hưởng nhiều nhất và đưa ra giải pháp phù hợp.

Thời kỳ đầu, phương pháp dự báo tiếng ồn phổ biến dựa vào dữ liệu đo đạc thực tế, tuy nhiên, phương pháp này yêu cầu quy mô đo lường rất lớn. Nhật Bản đã áp dụng kỹ thuật này vào đầu thập niên 1970 để xây dựng các đường đồng mức tiếng ồn cho khu vực xung quanh sân bay quốc tế Osaka. Cụ thể, khu vực dự báo được chia thành mạng lưới các ô có kích thước 500m x 1000m, với dữ liệu được thu thập từ 230 đến 250 vị trí khác nhau. Tuy nhiên, thay vì đo đồng thời tại tất cả các điểm (điều kiện lý tưởng), chỉ khoảng 10 điểm được đo mỗi ngày trong

suốt 3 tháng. Do đó, kết quả thu được là các đường đồng mức tiếng ồn không đều và thiếu sự mượt mà. Nguyên nhân chính là số lượng điểm đo, số ngày đo, và khoảng cách giữa các điểm đo không đủ lớn. Hơn nữa, vì các phép đo không được thực hiện đồng thời, các yếu tố như thời tiết và tình trạng hoạt động bay tại từng thời điểm đã ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác của kết quả dự báo. Để khắc phục những hạn chế này, việc tăng số điểm đo và thực hiện đo đồng thời có thể cải thiện kết quả. Tuy nhiên, cách tiếp cận này đòi hỏi nguồn nhân lực và chi phí rất lớn, khó thực hiện trong thực tế. Vì vậy, Nhật Bản đã chuyển sang sử dụng kỹ thuật tính toán để tạo bản đồ tiếng ồn. Các phép đo thực tế sau đó chỉ sử dụng để kiểm chứng tính chính xác của việc tính toán dự báo.

4.2 Cơ sở kỹ thuật

Để dự đoán sự giảm âm thanh khi truyền qua môi trường ngoài trời, Ủy ban Kỹ thuật TC43 của Tổ chức Tiêu chuẩn hóa quốc tế (ISO), đây đã thiết lập hai tiêu chuẩn vào năm 1995. Đó là, ISO9613-1 mô tả cách tính sự giảm dần của âm thanh do không khí hấp thụ trong các điều kiện thời tiết thay đổi theo nhiệt độ và độ ẩm tương đối [11]. Thứ hai, ISO9613-2 cung cấp phương pháp tính toán tổng quát cho việc giảm dần âm thanh trong quá trình truyền âm thanh ngoài trời, trong đó có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự giảm dần âm thanh như sự phân tán hình học, sự hấp thụ của khí quyển, kết hợp với tác động của bề mặt đất, vật cản và các yếu tố khác như công trình xây dựng, cây cối, cơ sở nhà máy [12]. Tổ chức Hàng không Dân dụng Quốc tế (ICAO) cũng công bố Circular 205 vào năm 1988 để hướng dẫn về phương pháp dự đoán tiếng ồn hàng không để lập quy hoạch sử dụng đất quanh sân bay [13]. Năm 1986, Hoa Kỳ công bố «Quy trình tính toán tiếng ồn hàng không quanh sân bay" SAE AIR 1845 [14], và cùng năm đó, Ủy ban hàng không dân dụng Châu ÂU (European Civil Aviation Conference, viết tắt là ECAC) đã phát hành «Phương pháp tính toán tiếng ồn quanh sân bay dân sự" ECAC.Doc. 29 [15]. Dựa vào những hướng dẫn này, các quốc gia bắt đầu phát triển các mô hình dự đoán tiếng ồn khác nhau, được áp dụng phổ biến nhất là mô hình INM (Integrated Noise Model) được công bố bởi Cục Hàng không Liên bang Mỹ [16]. Tham khảo INM, Cục Hàng không Dân dụng thuộc Bộ Giao thông Vận tải Nhật Bản (JCAB) phát triển mô hình dự đoán tiếng ồn máy bay cho sân bay tại Nhật Bản gọi là mô hình JCAB. Về cơ bản, quy trình dự đoán tiếng ồn của INM và JCAB không thay đổi, nhưng JCAB đã cải thiện độ chính xác, phù hợp để sử dụng cho các sân bay trong nước. Trong Phần 5 tác giả sẽ giới thiệu kết quả tính toán cho sân bay ở Việt Nam sử dụng hai mô hình này.

4.3 Mô hình tính toán hiện nay Nhật Bản đang áp dụng

Để dự đoán mức đồ phơi nhiễm tiếng ồn xung quanh sân cần xử lý rất nhiều thông tin và thực hiện nhiều tính toán phức tạp. Để đơn giản hóa, có thể áp dụng các phép tính dựa trên quá trình bay của mỗi máy bay từ khi cất cánh đến khi hạ cánh. Chỉ số L_{den} được sử dụng để hiện thị kết quả tính trên bản đồ tiếng ồn. Trong mô hình JCAB, phương pháp "mô hình phân đoạn" (segment model) được sử dụng. Mô hình phân đoạn chia đường bay thành nhiều phần (đoạn), ước tính năng lượng tiếng ồn mà máy bay gây ra tại từng điểm tiếng ồn trong suốt quá trình bay, sau đó tính toán mức ồn đơn vị (L_{AE}) mà mỗi máy bay gây ra khi thực hiện một chuyến bay (Hình 3).

Mức ồn đơn vị L_{AE} được tính bằng tổng năng lượng âm (SE) từ các đoạn máy bay bay thẳng dưới các điều kiện bay xác định có chiều dài hữu hạn theo công thức (1). Sau đó, mức ồn trung bình trong ngày, xác định theo chỉ số L_{den}, được tính toán dựa trên công thức (2):

$$L_{AE} = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{n} SE_i\right] \quad (1)$$

$$L_{den} = 10\log_{10}\left\{\frac{T_0}{T}\left(\sum_i 10^{\frac{L_{AE,di}}{10}} + \sum_j 10^{\frac{L_{AE,ej}+5}{10}} + \sum_k 10^{\frac{L_{AE,nk}+10}{10}}\right)\right\} \quad (2)$$

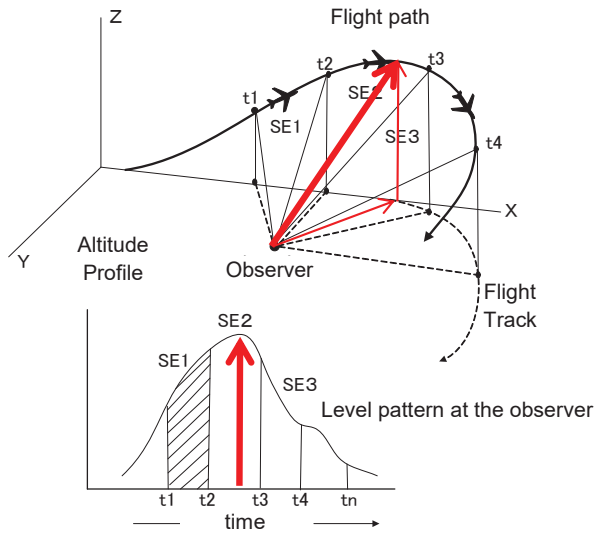
Trong đó:

- L_{den} là chỉ số mức ồn trung bình trong ngày
- LE là mức ồn đơn vị tính toán cho mỗi chuyến bay.
- To là đơn vị thời gian dùng để tính toán ví dụ như giây

T là thời gian một ngày theo đơn vị của To (trong trường hợp To theo giây, là 86400) (được chia thành các khoảng thời gian khác nhau, ví dụ: ban ngày, buổi tối, buổi đêm).

Tiếp theo, đường đồng mức tiếng ồn được xác định bằng phương pháp lưới (mesh method) với các bước: (b1) Tính toán giá trị L_{den} tại tất cả các điểm quan sát thông thường trong một mạng lưới với khoảng cách thông thường không quá 50m. (b2) Xác định các cặp điểm trong mạng lưới mà giá trị L_{den} lớn hơn hoặc nhỏ hơn ngưỡng cắt (ví dụ: 57dB, 62dB). Sau đó, dùng phương pháp nội suy tuyến tính để tính toán vị trí ngang của ngưỡng tại các cặp điểm này trên đoạn thẳng nối chúng. (b3)Kết nối toàn bộ các vị trí ngang của ngưỡng cắt để tạo thành đường đồng mức tiếng ồn.

Dữ liệu tính toán đầu vào chia thành hai loại chính: (1) Dữ liệu cơ bản bao gồm các dữ liệu về mối quan hệ giữa khoảng cách từ máy bay đến các điểm quan sát và giá trị L_{AE} (tiếng ồn từng chuyến bay) tương ứng cho từng loại máy bay và công suất động cơ, được gọi là dữ liệu NPD (Noise-Power-Distance) và dữ liệu hiệu suất bay (performance data). Dữ liệu cơ bản này được tạo sẵn cho từng loại máy bay và có thể sử dụng chung cho nhiều sân bay. (2)Dữ liệu về điều kiện tính toán được tạo ra cho từng sân bay cụ thể và bao gồm thông tin về sân bay (chiều dài của các đường cất hạ cánh, hướng của các đường cất hạ cánh, tỷ lệ sử dụng đường cất hạ cánh), thông tin về đường bay (đường bay cụ thể, sự phân tán đường bay, đường bay trên mặt đất, vị trí của máy bay khi



Hình 3. Mô hình phân đoạn

đứng yên trên mặt đất, thời gian hoạt động của máy bay khi đứng yên), và thông tin về hoạt động bay (cấu hình máy bay, số lần cất hạ cánh trong từng khoảng thời gian). Dữ liệu này là duy nhất cho từng sân bay cụ thể và nó có vai trò quyết định đặc điểm của khu vực dự đoán tiếng ồn xung quanh sân bay đó.

Theo tiêu chuẩn môi trường mới sửa đổi, tiếng ồn phát ra từ máy bay khi đang lăn trên đường băng cũng phải được đưa vào tính toán. Vì vậy, quy mô dữ liệu phải xử lý tăng lên và việc tính toán đòi hỏi nhiều thời gian hơn. Tuy việc bao gồm tiếng ồn do hoạt động ở mặt đất của máy bay đã được thực hiện ở Nhật Bản thông qua việc sửa đổi tiêu chuẩn, nhưng yếu tố này chưa được đưa vào mô hình các nước khác. Trong tương lai khi Việt Nam học tập kinh nghiệm của Nhật Bản trong việc xây dựng mô hình tính toán áp dụng cho Việt Nam vẫn cần đảm bảo tính nhất quán quốc tế trong việc cải thiện tính chính xác của mô hình. Ngoài ra, những năm gần đây, việc phát triển công nghệ chế tạo máy bay cùng công nghệ điều khiện vệ tinh đã khiến đường bay thực tế trở nên ít sai lệch so với đường bay thiết kế tiêu chuẩn. Thay đổi này phát sinh thêm vấn đề là gia tăng tần suất phơi nhiễm với các âm thanh tần số thấp từ các hoạt động bay. Thiết kế máy bay cũng biến đổi dần và do đó cần phải tổ chức và xây dựng lại dữ liệu cơ bản hoặc xem xét tính toán bằng cách thay thế. Ngoài ra, thêm vào việc vẽ đường đồng mức, việc tính toán diện tích khu vực trong đường đồng mức, số dân ảnh hưởng, và các chỉ số đánh giá bổ sung khác cũng được Nhật Bản xem xét trong các nghiên cứu và phát triển mô hình tính toán cho tương lai.

Đóng góp chính của hệ thống dự báo này không chỉ nằm ở việc cải thiện độ chính xác của bản đồ tiếng ồn, mà còn ở khả năng đánh giá tác động dài hạn. Các thông tin như diện tích vùng ảnh hưởng, số dân bị phơi nhiễm, và các chỉ số đánh giá bổ sung đã giúp Nhật Bản đưa ra các giải pháp quy hoạch sử dụng đất, thiết kế các biện pháp giảm tiếng ồn, và điều chỉnh hoạt động bay một cách tối ưu. Ngoài ra, sự phát triển công nghệ chế tạo máy bay và hệ thống điều khiển vệ tinh đã làm tăng độ chính xác của đường bay thực tế, đồng thời đặt ra yêu cầu cập nhật dữ liệu và xây dựng mô hình tiên tiến hơn trong tương lai. Những cải tiến này không chỉ có ý nghĩa đối với Nhật Bản mà còn cung cấp kinh nghiệm quý báu cho các quốc gia khác như Việt Nam trong việc xây dựng hệ thống dự báo tiếng ồn hiệu quả và phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế.

5. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT QUAN TRẮC VÀ DỰ BÁO TIẾNG ỒN HÀNG KHÔNG Ở VIỆT NAM

Dự án hợp tác về Bảo vệ môi trường sân bay và Giám sát tiếng ồn hàng không, với sự tham gia của Cục Hàng không Dân dụng Việt Nam (CAAV), RION và Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA), đã giới thiệu công nghệ đo đạc, thiết bị và sổ tay hướng dẫn giám sát và đánh giá tiếng ồn hàng không tại Việt Nam [17]. Từ năm 2019, hệ thống thiết bị và xử lý dữ liệu nhằm phân tích và đánh giá tình trạng tiếng ồn xung quanh Sân bay Quốc tế Nội Bài (NIA) đã được thiết lập. Tác giả trình bày kết quả cho thấy tính hiệu quả của hệ thống giám sát trong việc theo dõi những thay đổi dài hạn của môi trường âm thanh quanh NIA, đặc biệt trong đại dịch COVID-19 từ năm 2019 đến năm 2023. Ngoài ra, tác giả xin trình bày kết quả tính toán dự đoán tiếng ồn bằng cách sử dụng dữ liệu từ hệ thống giám sát.

5.1 Sơ lược về hệ thống giám sát

NIA có hai đường băng song song theo hướng Đông Tây: 11L-29R và 11R-29L. Để giám sát hướng bay và

Hình 4: Vị trí lắp đặt 4 trạm giám sát tại Cảng hàng không quốc tế Nội Bài.

hoạt động trên các đường băng cũng như ước tính thông tin chuyến bay dựa trên kết quả quan trắc tiếng ồn, ba trạm quan trắc được đặt gần đầu mỗi đường băng. Ngoài ra, một trạm nằm bên ngoài sân bay, gọi là VOR/DME, nhằm thu dữ liệu để xác thực kết quả tính toán dự đoán và hoạt động song song với hệ thống giám sát. Hình 4 minh họa vị trí hai đường băng của NIA và bốn trạm giám sát. Trung tâm xử lý dữ liệu cho hệ thống giám sát được đặt trong tòa nhà trụ sở NIA. Việc xây dựng và lắp đặt hoàn thành vào tháng 12 năm 2018. Hệ thống bắt đầu hoạt động từ tháng 1 năm 2019.

Trong nghiên cứu này, bản đồ tiếng ồn được ước tính bằng cách sử dụng Mô hình tiếng ồn tích hợp (Integrated Noise Model). Dữ liệu đầu vào bao gồm nhiều yếu tố khác nhau quyết định mức ồn, chẳng hạn như loại máy bay, đặc điểm chuyến bay, cách sử dụng đường băng và điều kiện môi trường xung quanh. Sau đó, đường đồng mức tiếng ồn được so sánh tương quan với dữ liệu thu được từ hệ thống giám sát. Ngoài ra, phương pháp giám sát tiếng ồn mặt đất taxi/hold/APU đang được nghiên cứu phát triển và sẽ được trình bày trong một bài khác.

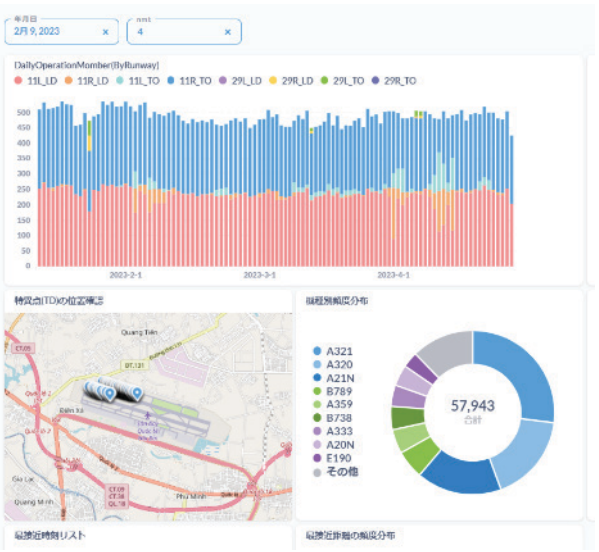
5.2 Biểu diễn hoạt động của máy bay và mức độ tiếp xúc với tiếng ồn tại NIA

Tần suất sử dụng đường băng là yếu tố quanh trọng trong mô hình tính toán vì đây là yếu tố ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng đường bay của máy bay và phạm vi ảnh hưởng tới các cộng đồng xung quanh. Hình 5 cho thấy tỷ lệ sử dụng đường băng của máy bay cất cánh về phía đông dựa trên dữ liệu thu được từ trạm VOR/DME. Như đã nói ở trên, trạm này thu thập dữ liệu để so sánh với mô hình dự đoán tiếng ồn. Trước khi đại dịch Corona bùng phát, hành khách đi máy bay đã tăng với tốc độ tăng trưởng trung bình 16% mỗi năm, thể hiện qua số lượng chuyến bay cao vào năm 2019. Sau đó, trong giai đoạn sụt giảm do các lệnh đóng cửa vào năm 2020 và 2021, mới đây, từ giữa năm 2022, hoạt động bay dần hồi phục. Kết quả thu được từ trạm VOR/DME hoàn toàn này phù hợp với tình hình này. Ngoài ra mức ồn đo được ở các trạm K1 và 11R cũng thể hiện đúng xu hướng thay đổi của tần suất bay (Hình 6 và 7).

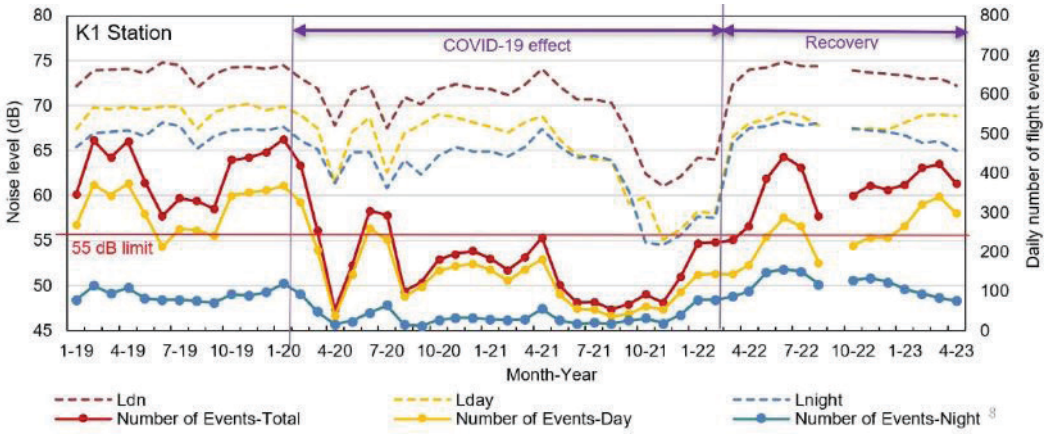
Đặc biệt, dữ liệu theo dõi số chuyến bay cho thấy sân bay Nội Bài có sự sụt giảm hoạt động và độ ồn trong thời kỳ đại dịch, đặc biệt có thể thấy sự sụt giảm sâu vào thời điểm cụ thể khi lệnh cấm đi lại được tăng cường. Đến đầu năm 2023, sân bay Nội Bài đã khôi phục được 70-80% công suất tối đa trước đại dịch. Tuy nhiên, việc phục hồi công suất tối đa cũng dự báo mức ồn sẽ tăng lên so với thời kỳ đại dịch. Các nhà chức trách có thể nắm bắt tình hình tiếng ồn trong giai đoạn phục hồi và thực hiện các biện pháp thích hợp để quản lý và giảm thiểu tác động đến các cộng đồng bị ảnh hưởng. Hơn nữa, dữ liệu về hoạt động bay do hệ thống giám sát cung cấp hứa hẹn khả năng phát triển mô hình dự đoán tiếng ồn được thiết kế riêng cho Việt Nam.

5.3 Biến đổi mức độ phơi nhiễm tiếng ồn trong ngày

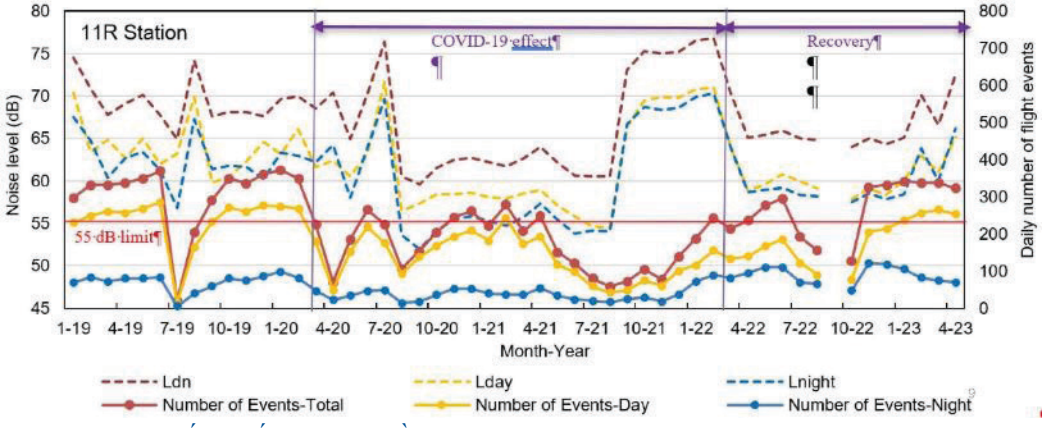
Mức độ tiếp xúc với tiếng ồn trong ngày thay đổi vào các thời điểm khác nhau trong ngày. Hiểu được những biến đổi này là rất quan trọng khi đánh giá tác động tiềm ẩn của tiếng ồn hàng không đối với sức khỏe và tinh thần của con người. Việc tiếp xúc kéo dài với mức ồn cao, đặc biệt là vào ban đêm khi mọi người đang cố gắng ngủ, có thể ảnh hưởng chất lượng giấc ngủ, khả năng nhận thức và sức khỏe nói chung. Hình 8 hiển thị tổng số sự kiện tiếng ồn theo giờ tại trạm VOR/DME. Mặc dù có ít chuyến bay hơn trong khoảng thời gian từ 2 giờ sáng đến 5 giờ sáng nhưng hoạt động của máy bay diễn ra suốt cả ngày, kể cả nửa đêm và sáng sớm. Thông tin này có thể thu từ văn phòng kiểm soát không lưu, ở đây giới thiệu dữ liệu từ hệ thống giám sát tiếng ồn. Lưu lượng hàng không tại NIA đạt đỉnh điểm vào lúc 1 giờ chiều và 8 giờ tối. Do đó, mức ồn gần sân bay hoặc dọc đường bay có xu hướng cao hơn trong thời gian này. Tiếng ồn tạo ra khi cất cánh, hạ cánh và động cơ máy bay góp phần làm tăng mức độ tiếp xúc với tiếng ồn trong những giờ cao điểm này. Đáng chú ý, vào ban đêm, đặc biệt là từ 10 giờ tối đến 1 giờ sáng và sáng sớm từ 5 giờ sáng, tần suất bay đáng kể dẫn đến mức độ ồn vào ban đêm cao. Sự thay đổi về mức độ tiếp xúc với tiếng ồn theo thời gian trong ngày, theo quan sát của hệ thống giám sát lắp đặt tại NIA, xác định các giai đoạn nhạy cảm khi cần thực hiện các biện pháp giảm thiểu tiếng ồn. Các đề xuất bao gồm cách nhiệt cho các tòa nhà dân cư và khả năng thực hiện lệnh giới nghiêm vào ban đêm hoặc hạn chế hoạt động chuyến bay để giảm thiểu tác động của tiếng ồn hàng không đối với các cộng đồng lân cận trong thời gian người dân có nhiều khả năng ngủ hơn.



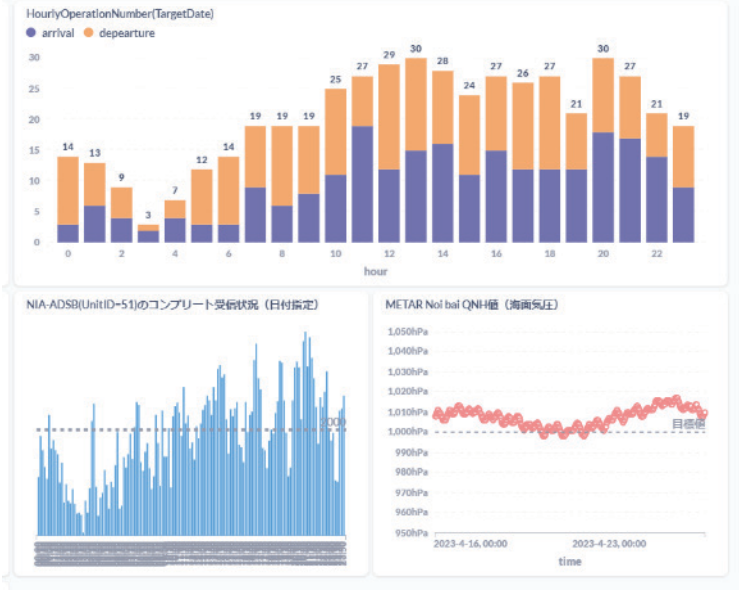
Hình 5: Tỷ lệ sử dụng đường băng của máy bay cất cánh hướng đông dựa trên dữ liệu thu được từ Trạm VOR/DME



Hình 6: Số chuyến bay và độ ồn quan sát được trong năm 2019-2023 tại Trạm K1



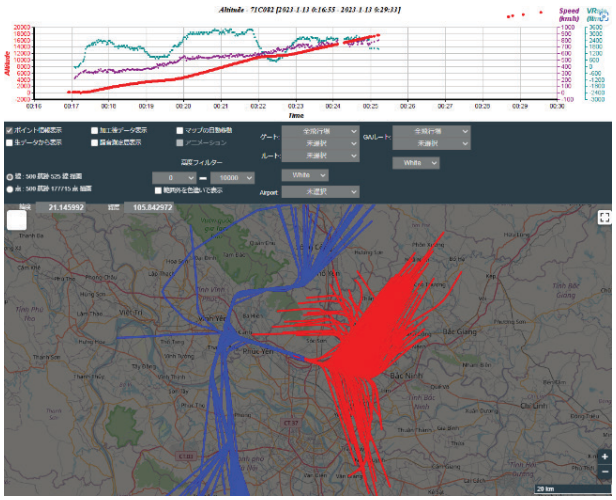
Hình 7: Số chuyến bay và độ ồn quan sát được trong năm 2019-2023 tại Trạm 11R



Hình 8: Tổng số sự kiện tiếng ồn theo giờ tại trạm VOR/DME

5.4 Mức độ thay đổi của môi trường âm thanh tùy theo phương thức vận hành máy bay khác nhau

Hình 9 thể hiện kết quả phân tích việc sử dụng đường băng, hoạt động bay và mức ồn được quan sát bởi hệ thống giám sát từ tháng 1 năm 2019 đến tháng 8 năm 2021. Dữ liệu do hệ thống giám sát giúp tạo ra bản đồ có thể đánh giá tác động từ những thay đổi trong đường bay, cách sử dụng đường băng hoặc các yếu tố vận hành khác có thể ảnh hưởng như thế nào đến mức ồn ở các khu vực cụ thể xung quanh sân bay hoặc dọc theo phía dưới các đường bay. Trong tương lai, khi nhà ga và đường băng mới dự kiến xây dựng cho NIA tới năm 2030, bản đồ dự đoán tiếng ồn có thể giúp tiên liệu trước thay đổi mức độ phơi nhiễm tiếng ồn đối với các cộng đồng sống xung quanh sân bay.



Hình 9: Dữ liệu về kiểu bay, việc sử dụng đường băng hoặc các yếu tố vận hành khác được hệ thống quan sát đối với các khu vực xung quanh sân bay hoặc dọc theo đường bay của NIA.

Bằng cách mô phỏng các kịch bản vận hành khác nhau và nhập dữ liệu tương ứng vào bản đồ, có thể ước tính mức ồn phát sinh và xác định các khu vực có thể gặp những thay đổi đáng kể trong môi trường âm thanh. Trong trường hợp NIA, việc sử dụng bản đồ dự đoán tiếng ồn cho phép đánh giá định lượng mức độ thay đổi của môi trường âm thanh trong các tình huống vận hành máy bay khác nhau. Điều quan trọng là phải hạn chế tiếp xúc để không vượt quá mức tiếng ồn được quy định của Việt Nam cũng như hướng dẫn mới nhất của WHO [3,18]. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về tiếng ồn của Việt Nam (QCVN 26:2010/BTNMT) quy định giới hạn tiếng ồn vào ban ngày và ban đêm lần lượt là 55 và 45 ở các khu vực đặc biệt và 70 và 55 ở khu vực thông thường (Bảng 1). Tron khi đó, WHO khuyến nghị giảm mức tiếng ồn do máy bay tạo ra xuống dưới 45 dB L_{den}, vì tiếng ồn hàng không trên mức này có liên quan đến những ảnh hưởng xấu đến sức khỏe. Họ cũng khuyến nghị mức dưới 40 dB đối với mức ồn vào ban đêm, vì tiếng ồn hàng không vào ban đêm trên mức này có thể gây ảnh hưởng xấu đến giấc ngủ. Kết quả dự đoán bản đồ tiếng ồn cho thấy đường đồng mức mức ồn ban đêm mở rộng trên 45 dB trong khi mức ban ngày giảm (Hình 10 và 11).

5.5. Ý nghĩa đối với chính sách và quản lý tiếng ồn sân bay

Theo kết quả từ bản đồ tiếng ồn, hiện tượng các khu vực có mức ồn ban đêm cao lan rộng xung quanh NIA cần được quan tâm. Cần thiết phải so sánh các đường đồng mức tiếng ồn, sự phân bố không gian của mức ồn xung quanh sân bay để hiểu mức độ tác động của tiếng ồn đối với người dân. Nhận thức được tác động của tiếng ồn vào ban đêm đối với người dân có ý nghĩa đối với chính sách và quản lý tiếng ồn của sân bay. Vần thiết phải thực hiện các hạn chế tiếng ồn vào ban đêm hoặc lệnh giới nghiêm để hạn chế hoạt động của máy bay trong những giờ cụ thể khi cư dân dễ bị ảnh hưởng nhất. Xây dựng các chiến lược giảm thiểu tiếng ồn, chẳng hạn như cải thiện khả năng cách âm cho các tòa nhà bị ảnh hưởng, tường chống ồn hoặc các biện pháp quy hoạch sử dụng đất để giảm thiểu tiếp xúc với tiếng ồn cho người dân. Cần thiết lập và thực thi các quy định, tiêu chuẩn về tiếng ồn để quản lý và giảm mức ồn ban đêm gần các sân bay, cân bằng giữa nhu cầu vận tải hàng không với việc bảo vệ chất lượng cuộc sống của cộng đồng.Tuy nhiên, việc so sánh các đường n tiếng ồn giữa các địa điểm đặt ra những thách thức do sự khác biệt về các yếu tố như mật độ dân số, đặc điểm tòa nhà và quy định của địa phương. Hơn nữa. dữ liệu đăng ký cư trú có thể cho thấy mức độ ô nhiễm môi trường âm dựa trên số dân bị ảnh hưởng. Ở Nhật Bản, có thể đưa dữ liệu đăng ký cư trú vào dự đoán tiếng ồn, nhưng hiện nay chưa có dữ liệu tương tự ở Việt Nam. Cần tiến hành các cải thiện về kỹ thuật để thích ứng vơi bối cảnh cụ thể của Việt Nam nhằm đánh giá tác động của tiếng ồn ban đêm đối với người dân ở Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Để hỗ trợ sự phát triển hệ thống giám sát và dự báo tiếng ồn hàng không của Việt Nam trong tương lai, cần mở rộng hoàn thiện hệ thống với các thiết bị và chức năng bổ sung. Bất chấp quá trình đô thị hóa, trừ sân bay Tân Sơn Nhất, mật độ dân số quanh các sân bay lớn ở Việt Nam vẫn tương đối thấp. Các biện pháp sử dụng đất hiệu quả nhằm giảm thiểu ô nhiễm tiếng ồn thông qua các kỹ thuật đo lường phù hợp và thiết lập các phương pháp đánh giá, có thể được thực hiện như một biện pháp phòng ngừa hiệu quả. Nhìn chung, tác giả muốn nhấn mạnh tầm quan trọng của việc giám sát liên tục, nhân rộng hệ thống và nghiên cứu phát triển các kỹ thuật phù hợp với tình hình của Việt Nam, đồng thời nhấn mạnh tầm quan trọng của việc cân bằng giữa phát triển hoạt động bay với phúc lợi của cộng đồng xung quanh sân bay.

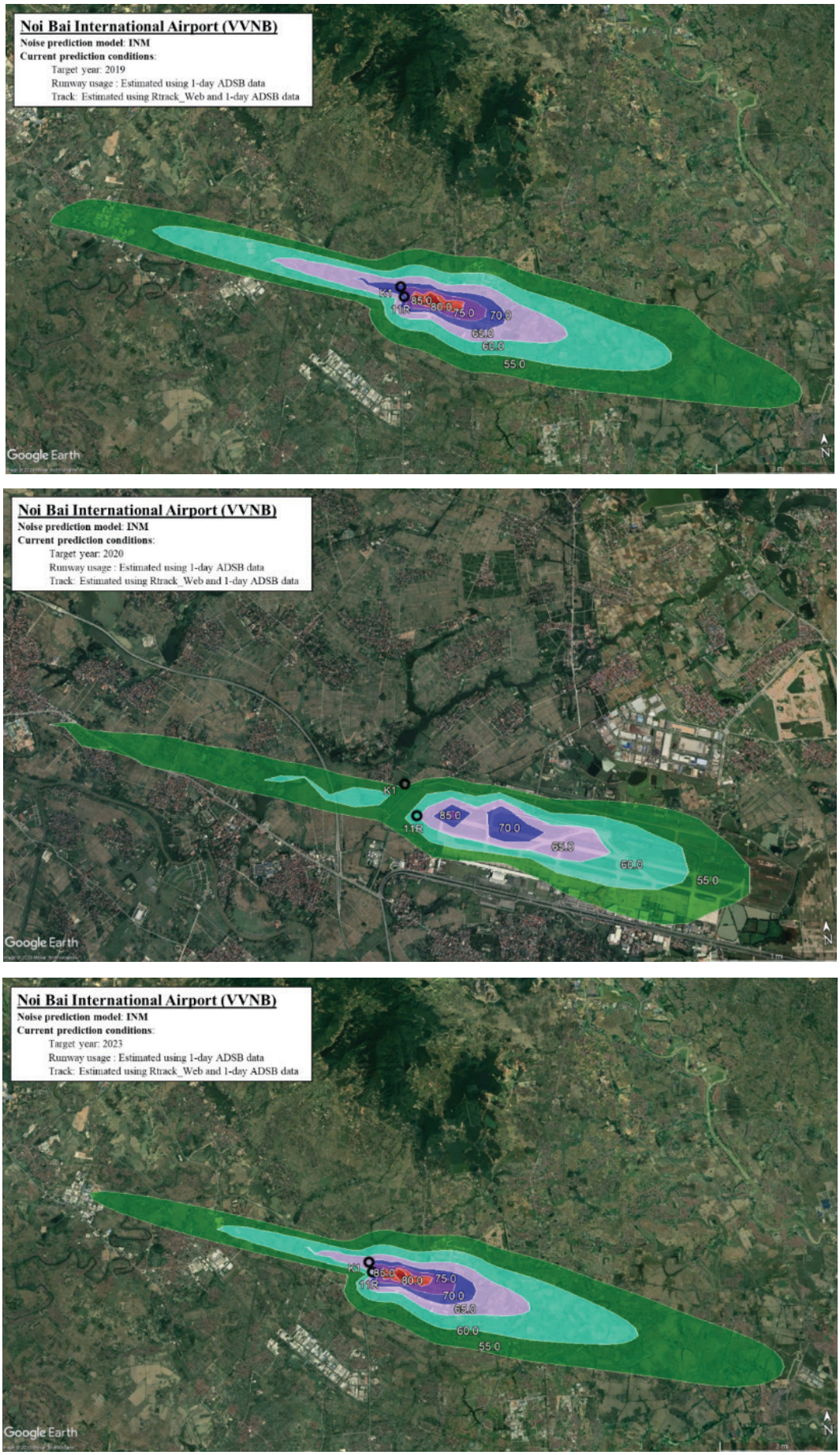
7. LỜI CẢM ƠN

Bài viết có sử dụng các tài liệu liên quan tới các hoạt động thực hiện trong khuôn khổ chương trình hợp tác kỹ thuật và hợp tác hướng tới thiết lập công nghệ giám sát và đo tiếng ồn hàng không tại Việt Nam giữa JICA, RION Co., Ltd. và CAAV mà tác giả có tham gia. Xin cám ơn sự đóng góp của các đồng nghiệp trong dự án này từ cả hai nước.

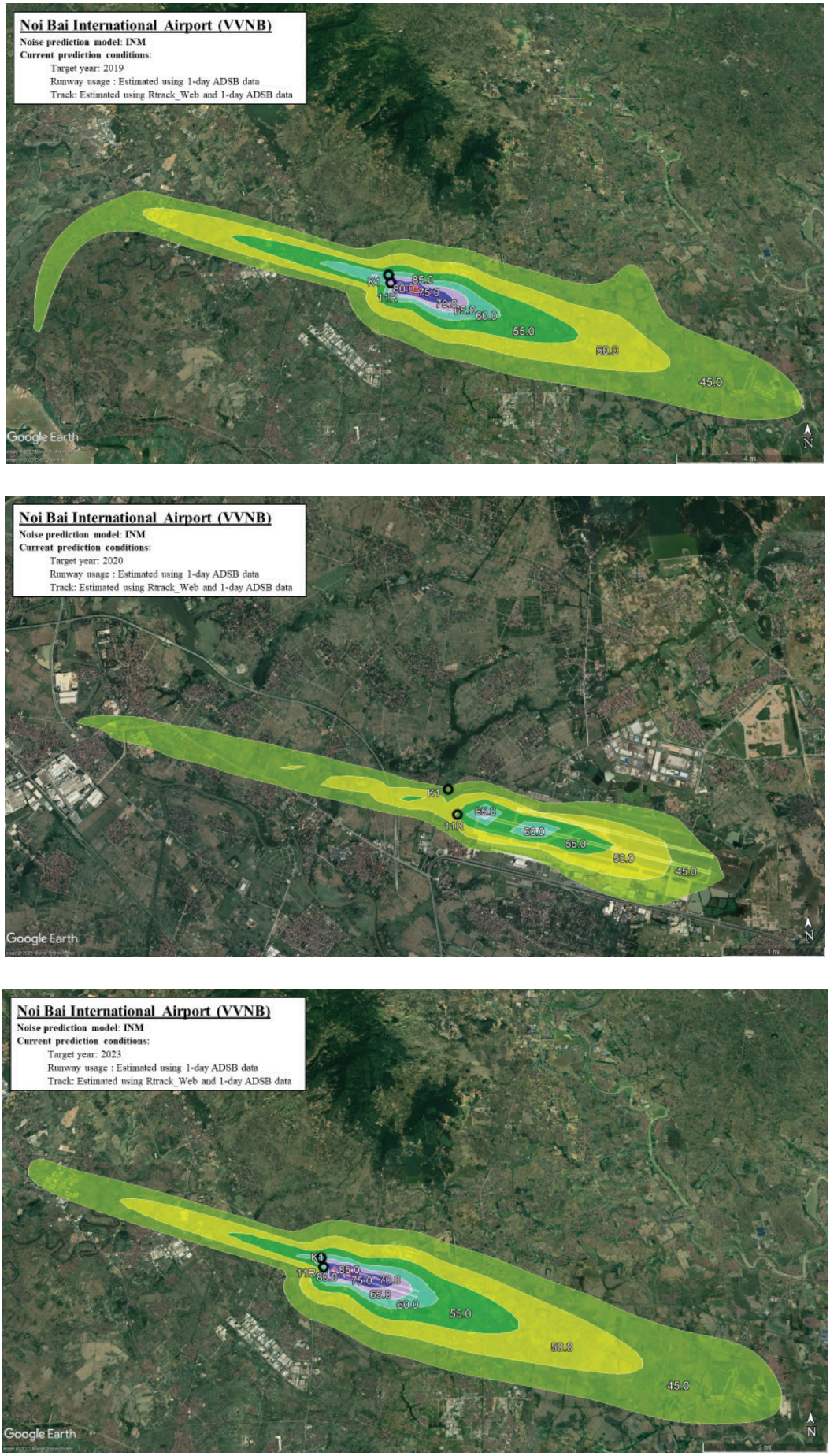
Bảng 1: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia Việt Nam về tiếng ồn (QCVN 26:2010/BTNMT) - giới hạn tiếng ồn cho phép (tính bằng decibel), LA (dB).

No.	Area	From 6:00 to 21:00	From 21:00 to 6:00
1	Special areas	55	45
2	Usual (general*) areas	70	55

*noted by the authors.



Hình 10: Bản đồ dự báo tiếng ồn của NIA cho mức ồn ngày đêm sử dụng mô hình IN



Hình 11: Bản đồ dự đoán tiếng ồn của NIA cho mức ồn ban đêm (L_{night}) sử dụng mô hình INM

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Thủ tướng Chính phủ. (2023). Quyết định số 648/QĐ-TTg ngày 07 tháng 6 năm 2023 về việc phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng hàng không, sân bay toàn quốc thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Hà Nội, Việt Nam.

[2] Tổng công ty Cảng hàng không Việt Nam. (2023). Báo cáo thường niên 2023. Phụ lục 01: Danh sách các cảng hàng không.

[3] World Health Organization. (2018). Environmental noise guidelines for the European region. Retrieved from https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf.

[4] Kusumoto, A. (2003). The history and challenges of policies related to aircraft noise. Noise Control, 27(1), 29–31 (Japanese).

[5] Japan Aviation Environment Research Center. (2017). Countermeasures against aircraft noise and change in noise exposure around airport and in Japan. Kōkū Kankyō Kenkyū (Journal of Aviation Environment Research), 21, 70–79 (Japanese).

[6] ICAO International Standards and Recommended Practices ENVIRONMENTAL PROTECTION ANNEX16, 1971.

[7] Shinohara, N. (2009). Noise Labeling for Aircraft—Case Studies of Aircraft Noise Certification and Noise Abatement Measures. Noise Control Engineering Journal, 57(2), 142-148.

[8] Shinohara, N., Saito, T., & Yamada, I. (1997). Effects of Noise Barriers and Noise-Reducing Trees on Aircraft Noise. Noise Control Engineering Journal, 45(3), 179-188.

[9] "Tiêu chuẩn môi trường liên quan đến tiếng ồn từ máy bay" (Thông cáo của Cơ quan Môi trường Nhật Bản), tháng 12 năm 1973.

[10] "Tiêu chuẩn môi trường liên quan đến tiếng ồn từ máy bay" (Bộ Môi trường Nhật Bản), tháng 12 năm 2007.

[11] ISO9613-1 Tiếng ồn - Sự giảm dần của âm thanh trong quá trình truyền âm thanh ngoài trời - Phần 1: Tính toán về sự hấp thụ âm thanh bởi không khí

[12] ISO9613-2 Tiếng ồn - Sự giảm dần của âm thanh trong quá trình truyền âm thanh ngoài trời - Phần 2: Phương pháp tính toán tổng quát

[13] ICAO Circular 205 "Phương pháp đề nghị cho việc tính toán đường đồng mức tiếng ồn xung quanh sân bay", 1988.

[14] SAE AIR 1845 "Thủ tục để tính toán tiếng ồn hàng không trong khu vực xung quanh sân bay", SAE A-21, 1986.

[15] ECAC Doc.29, ấn bản lần thứ 3: Báo cáo về Phương pháp Tiêu chuẩn để tính toán đường đồng mức tiếng ồn xung quanh Sân bay

[16] "Mô hình Tiếng ồn Tích hợp (INM) Phiên bản 1 Hướng dẫn sử dụng cho người dùng", FAA-AEE-72-02, 1972.

[17] Guidance Manual for the Monitoring and Evaluation of Aircraft Noise around Airports in Vietnam, Homepage of Civil Aviation Authority of Vietnam, Ministry of Transport. Available online: https://caa.gov.vn/van-ban/ 554-qd-chk-13217/ (accessed on 27 March 2020).

[18] National Technical Regulation QCVN 26: 2010/BTNMT; National Technical Regulation on Noise; Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam: Hanoi, Vietnam, 2010

HUỲNH VĂN KHANG

TS.KTS Huỳnh Văn Khang là giảng viên tại Viện Đô thị Thông minh và Quản lý (ISCM) thuộc Đại học Kinh tế TP. HCM. Anh cũng là người sáng lập công ty thiết kế kiến trúc môi trường Passive Design Laboratory (PDL) có trụ sở tại TP. HCM. Khang đã theo học Thạc sĩ, Tiến sĩ và nghiên cứu sinh hậu tiến sĩ tại Khoa Kiến trúc và Thiết kế thuộc Đại học Shiga Prefecture Nhật Bản. Khang từng giữ chức vụ Phó Trưởng Khoa Kiến trúc Mỹ thuật, kiêm Trưởng Bộ môn Kiến trúc tại Trường Đại học Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh. Anh cũng là thành viên của Hiệp hội Thiết kế Kiến trúc Nippon (ADAN) và Viện Kiến trúc Nhật Bản (AIJ).

Chuyên môn của anh bao gồm kiến trúc thích ứng khí hậu, tính toán hiệu quả năng lượng, mô phỏng vật lý kiến trúc, nghiên cứu dân tộc học và bảo tồn di sản văn hóa. Những đồ án thiết kế của anh chủ yếu là thiết kế kiến trúc khí hậu sinh học, tập trung vào việc ứng dụng các nguyên tắc Thiết kế Thụ động Passive Design. Bằng cách tích hợp và tối ưu các nguồn năng lượng tự nhiên như gió, ánh sáng mặt trời và nhiệt, cùng với sự hài hòa với bối cảnh địa phương, những thiết kế kiến trúc đều hướng đến việc giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường. Những thiết kế của anh tìm kiếm sự cân bằng giữa cảm hứng từ chủ nghĩa tối giản và các đặc trưng độc đáo về bản chất của kiến trúc bản địa Việt Nam. Anh đã nhận được các giải thưởng thiết kế và chứng nhận công trình xanh, bao gồm Giải thưởng Thiết kế Good Design Award Nhật Bản cho các công trình thụ động thích ứng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm.

Ngoài các hoạt động chuyên môn, Khang có sở thích vẽ ký họa, thư pháp và nhiếp ảnh. Anh đã tổ chức các triển lãm nghệ thuật cá nhân tại Thành phố Hồ Chí Minh, Yokohama và Osaka, cũng như tham gia các triển lãm nghệ thuật dành cho các nghệ sĩ trẻ Nhật Bản.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0293

THIẾT KẾ THỤ ĐỘNG (PASSIVE DESIGN) - BÀI HỌC TỪ KIẾN TRÚC NHÀ Ở TRUYỀN THỐNG ĐẾN ỨNG DỤNG THỰC TIỄN VÀO THIẾT KẾ NHÀ Ở ĐƯƠNG ĐẠI THÍCH ỨNG KHÍ HẬU NÓNG ẨM MIỀN NAM VIỆT NAM

Huỳnh Văn Khang

Giảng viên, Viện đô thị thông minh và quản lý,
Đại học Kinh tế Tp. Hồ Chí Minh
Email: khanghv@ueh.edu.vn

TÓM TẮT:

Tại các đô thị trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng, loại hình nhà ở luôn chiếm một tỉ lệ lớn trong mảng xây dựng đô thị. Bên cạnh đó, quá trình vận hành và sử dụng công trình là một trong những nguyên nhân gây nên sự khủng hoảng năng lượng và biến đổi khí hậu. Việc thiếu quan tâm đến thích ứng môi trường trong nhà ở đô thị Việt Nam gây ra sự khó chịu trong tiện nghi nhiệt, hao tổn năng lượng trong quá trình vận hành, làm tăng lượng phát thải CO_2, làm ảnh hưởng đến sự nóng lên toàn cầu. Một trong những nguyên nhân chính là sự thiếu nghiên cứu ứng dụng các giải pháp thiết kế thích ứng với khí hậu.

Trong khi đó, kiến trúc truyền thống luôn chứa đựng những bài học về cách đối ứng hài hòa với môi trường. Do đó, việc tìm hiểu, kế thừa và biến đổi kinh nghiệm truyền thống trong giải pháp thiết kế các mô hình sống mới, là điều cần thiết như một hướng giải quyết bài toán về bản sắc và bền vững trong bối cảnh hiện nay. Bài nghiên cứu tóm lược các nguyên tắc chính trong việc thích ứng môi trường trong nhà ở truyền thống (thông gió tự nhiên, chắn bức xạ nhiệt, sử dụng vật liệu nhẹ...), ứng dụng vào thực tiễn thiết kế nhà ở đương đại miền Nam Việt Nam. Ngoài ra, tác giả trình bày những ứng dụng này qua công trình thực tế mà tác giả và cộng sự đã thực hiện nhằm mục tiêu góp phần xây dựng và thúc đẩy mô hình kiến trúc nhà ở thích ứng với vùng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm..

Từ khóa: *Thiết kế thụ động; Nhà ở bản địa; Nhà ở đô thị; Khí hậu nóng ẩm; Việt Nam*

1. GIỚI THIỆU

1.1 Bối cảnh và mục tiêu nghiên cứu

Các quốc gia vùng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, nơi có dân số phát triển nhanh và nhu cầu xây dựng nhà ở rất cao, đang phải đối mặt với những tác động tiêu cực đến môi trường, sự thay đổi khí hậu và ô nhiễm, bởi sự lạm dụng quá mức nguồn năng lượng hóa thạch dùng cho năng lượng, đặc biệt là trong mảng nhà ở đô thị. Tại Việt Nam, số lượng nhà ở tư nhân chiếm 86,1% trong tổng số đơn vị nhà ở trên toàn quốc; và chiếm 80,8% tại các đô thị. Ngoài ra số đơn vị nhà ở tại thành thị tăng từ 4,0 triệu năm 1999 đến 6,8 triệu năm 2009. Bên cạnh đó, tính từ năm 2000, tốc độ tăng trưởng dân

số đô thị trung bình hằng năm đang ở mức 3,5%, cho thấy Việt Nam là một trong những quốc gia có quá trình đô thị hóa nhanh nhất trong khu vực (1). Tuy vậy, chất lượng môi trường sống trong nhà ở chưa được quan tâm, thiếu tính nghiên cứu trong quá trình thiết kế nhà ở. Để đạt được tiện nghi nhiệt, hầu như mọi người chỉ sử dụng quạt và máy điều hòa để làm mát, mà không có một giải pháp thiết kế mang tính khoa học. Theo khảo sát năm 2016, các ngôi nhà tại các thành phố lớn như Hồ Chí Minh và Hà Nội không được che nắng và bức xạ phù hợp, không gian sống bị đóng kín, thiếu thông gió và nắng tự nhiên, dẫn đến tiêu hao nhiều năng lượng cho máy điều hòa (3). Hệ quả là việc tăng phát thải CO_2 ngày càng trở nên trầm trọng, đồng thời chất lượng không khí trong nhà cũng gây ra nhiều bệnh ảnh hưởng đến sức khỏe của người dân (4). Do đó, nhằm giúp giảm thiểu các tác động lên môi trường và kiến tạo chất lượng sống, việc nghiên cứu và đề xuất các giải pháp thiết kế nhằm cải thiện chất lượng nhà ở đô thị là vô cùng cấp thiết.

Trong lịch sử, những ngôi nhà cổ truyền đều được xây dựng theo lối kiến trúc bản địa đã tồn tại một cách hài hòa với tự nhiên, cũng như mang rất nhiều bài học về sự thích ứng với sinh khí hậu, tạo nên một bản sắc riêng cho kiến trúc dân tộc. Những chiến lược thiết kế thụ động trong ngôi nhà truyền thống, chẳng hạn như xây hướng Nam, mái dốc cao, hàng hiên dài, sân trong, và các khoảng mở lớn bằng cửa lá sách… vốn là những nguyên lý cơ bản, không tiêu tốn nhiều năng lượng, được đánh giá là hầu như phù hợp với điều kiện khí hậu địa phương, đảm bảo sự tiện nghi nhiệt và sức khỏe cho con người (5). Trong khi đó, các ngôi nhà đô thị, đặc biệt là nhà ống, đã xuất hiện từ thế kỷ 15, và được xây dựng ồ ạt từ thời kỳ đổi mới năm 1986 lại có chất lượng môi trường sống chưa tốt, phụ thuộc nhiều vào các thiết bị điều hòa (6). Do đó, việc đúc kết những giải pháp thiết kế thụ động tương thích khí hậu đã dùng trong nhà ở truyền thống là rất quan trọng trong việc tạo dựng nền tảng, để từ đó đưa ra những ứng dụng mới, phong phú cho nhà ở đô thị đương đại nhưng vẫn đảm bảo đúng các nguyên tắc về vật lý, phù hợp với lối sống hiện đại mới. Các đề xuất này sẽ là những tham khảo cho những người làm thiết kế và cả người dân trong việc xây dựng và cải tạo những ngôi nhà nhằm được cải thiện chất lượng môi trường sống, góp phần kiến tạo một tương lai bền vững không chỉ tại Việt Nam, mà còn cho các khu vực có khí hậu nóng ẩm lân cận.

1.2. Phạm vi nghiên cứu

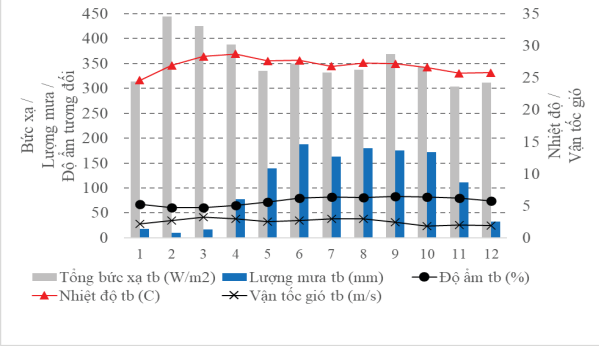
Bài viết tập trung vào các vấn đề và chiến lược thiết kế tại vùng khí hậu nóng ẩm phía Nam Việt Nam, mà đại diện là thành phố Hồ Chí Minh có dân số 9.166.800 người (chiếm 9,3% dân số Việt Nam) với mật độ dân số trung bình cao nhất cả nước (4.375 người/km²) (2) và là một trong những đô thị lớn nhất khu vực Đông Nam Á (7).

2. KHÁI QUÁT KHÍ HẬU NÓNG ẨM VÀ NHỮNG ĐẶC TRƯNG CỦA THIẾT KẾ KHÍ HẬU VÀ NGUYÊN LÝ SINH KHÍ HẬU THÍCH ỨNG VỚI KHÍ HẬU NÓNG ẨM TẠI VIỆT NAM

2.1 Điều kiện khí hậu Việt Nam

Việt Nam nằm ở phía đông Bán đảo Đông Dương giữa các vĩ độ 8°30’ và 23°22’Bắc, và các kinh độ 102° và 110°Đông. Việt Nam có khí hậu nhiệt đới gió mùa với nhiệt độ trung bình hàng năm dao động từ 12,8°C đến 27,7°C. Lượng mưa trung bình hàng năm từ 1400 đến 2400 mm dẫn đến độ ẩm cao suốt năm. Do sự khác biệt về vĩ độ và sự đa dạng về địa hình, khí hậu có xu hướng thay đổi đáng kể từ nơi này sang nơi khác. Trong suốt mùa đông hoặc mùa khô, kéo dài khoảng từ tháng 11 đến tháng 4, gió mùa thường thổi từ hướng đông bắc dọc theo bờ biển Trung Quốc và qua Vịnh Bắc Bộ, mang theo lượng hơi ẩm đáng kể (8).

Trong khi đó, ở vùng đồng bằng phía Nam khu vực thành phố Hồ Chí Minh (10.47 độ vĩ Bắc, 106.4 độ kinh Đông) và đồng bằng sông Cửu Long có hai mùa rõ rệt: mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 4) và mùa mưa (từ tháng 5 đến cuối tháng 10). Tháng 4 thường là tháng nóng nhất trong năm với nhiệt độ trung bình cao đến 35°C và trung bình thấp khoảng 26.3°C (9) (Biểu đồ 1).



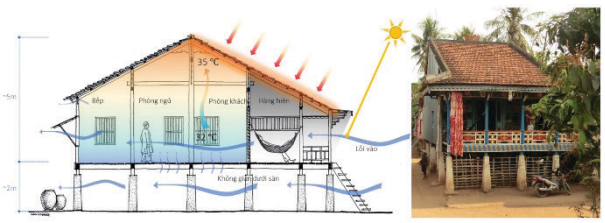
Biểu đồ 1: Điều kiện khí hậu tại Tp. Hồ Chí Minh (9) (Nguồn: tác giả đã thể hiện lại biểu đồ dựa trên việc tích hợp dữ liệu từ các trị số: nhiệt độ trung bình, độ ẩm tương đối trung bình, lượng mưa trung bình, tổng lượng bức xạ trung bình, vận tốc gió trung bình)

Ở vùng khí hậu này, nhiệt độ trong năm có biên độ thay đổi nhỏ, dao động từ trên 20°C đến khoảng 27°C, với độ ẩm trung bình khoảng 78%. Vào mùa mưa, thì độ ẩm tăng lên 75-80%, và có khi đạt 100% trong những ngày mưa. Trung bình mỗi năm, thành phố có từ 2.400 đến 2.700 giờ nắng, với lượng bức xạ mặt trời trung bình 354W/m². Về hướng gió chủ đạo, miền Nam chịu ảnh hưởng của 2 hướng gió chính là Tây - Tây Nam và Tây Bắc. Gió Tây - Tây Nam thổi vào mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 10) với vận tốc trung bình 3,6m/s, còn gió Bắc - Đông Bắc vào mùa nắng (từ tháng 11 đến tháng 2) với vận tốc trung bình là 2,4m/s. Bên cạnh đó, gió mùa thổi theo hướng Nam - Đông Nam từ tháng 3 đến tháng 5 với tốc độ trung bình 3,7 m/s (9). Như vậy, đặc trưng của

khí hậu nóng ẩm là nhiệu độ và độ ẩm cao, lượng mưa dồi dào, mật độ mây nhiều, chuyển động khí lưu nhẹ, số giờ nắng và bức xạ lớn (10). Do đó, thách thức đối với việc thiết kế không gian sống là phải giảm tác động nhiệt vượt ngưỡng cho phép, giảm độ ẩm trong không khí để đảm bảo tiện nghi nhiệt cho người sinh sống bên trong công trình.

2.2 Các nguyên tắc sinh khí hậu cơ bản thích ứng với khí hậu vùng khí hậu nóng ẩm và bài học kinh nghiệm về thiết kế thụ động trong nhà ở truyền thống Việt Nam

Đối với khí hậu nóng ẩm, có bốn nguyên tắc chính cần phải chú ý trong quá trình thiết kế: 1) Đảm bảo thông gió tự nhiên tối đa cho không gian sinh hoạt (làm mát bay hơi); 2) Che chắn và hạn chế bức xạ mặt trời thâm nhập trực tiếp và gián tiếp vào không gian bên trong nhà bằng các cấu kiện chắn nắng; 3) Sử dụng vỏ bao che bằng vật liệu nhẹ (nhằm giảm quá trình tích nhiệt trong lớp vỏ bên ngoài và các nguồn nhiệt từ bên trong nhà) ; 4) Đảm bảo che chắn và thoát nước mưa từ mái nhà (10) (11). Các giải pháp này đều hiện hữu trong các căn nhà truyền thống Việt Nam (Hình 2).



Hình 2. Hình thức và mặt cắt không gian thể hiện các đặc trưng của kiến trúc thụ động trong nhà sàn truyền thống Việt Nam (vùng Nam Bộ) (Nguồn: tác giả, minh họa dựa vào khảo sát điền dã năm 2018) (12)

Bên dưới là các chiến lược thiết kế thụ động trong thiết kế nhà truyền thống được tổng hợp dựa theo bốn nguyên tắc đã nêu ở trên:

A. THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN

Các ngôi nhà truyền thống thường nằm trong khuôn viên lớn, nhiều cây xanh tạo bóng mát giảm bức xạ vào kết cấu bao che và giảm nhiệt cho mặt đất. Nhà thường hướng về phương Nam nên đón được nhiều gió thịnh hành nhất mà không bị cản trở bởi những khối nhà xung quanh. Ở các khu vực gần sông ngòi, sàn nhà được nâng lên khỏi mặt đất khoảng 2m, giúp tăng hiệu quả lưu thông gió. Ngoài ra, các khoảng mở rộng toàn bộ mặt tiền, kết hợp cùng hệ cửa gỗ lá sách giúp tối ưu hóa thông gió xuyên phòng (5). Trần nhà cao khoảng trên dưới 5m tạo tác dụng thông gió trọng lực làm phân tầng không khí giữa không gian gần sàn và mái nhà. Do đó không khí nóng bốc lên cao và thoát ra khe hở giữa mái và tường/vách, do đó không gian sinh hoạt gần sàn được làm mát. Một số nhà còn làm sàn thưa, để tận dụng gió từ dưới sàn thổi lên để thoáng hơn. Ngoài ra vật dụng nội thất trong nhà truyền thống thường làm bằng gỗ có nhiều lỗ rỗng, hoặc bằng đan lát mây tre, cũng như sử dụng mùng lưới để ngủ (và chống côn trùng), giúp thông thoáng và không cản trở đối lưu gió trong không gian sinh hoạt.

B. CHẮN BỨC XẠ NHIỆT

Nhà luôn có mái hiên rộng về phương Nam, nhiều nhà còn có hành lang bao quanh để tạo bóng đổ và chắn bức xạ nhiệt trực tiếp. Hàng hiên là nơi sinh hoạt trong mùa nắng và mùa mưa, đóng vai trò là vùng đệm nhiệt giữa không gian trong nhà và ngoài trời. Ngoài ra nhà trải dài mặt tiền ở hướng Nam, kết hợp hệ lam gỗ chắn nắng, do đó ít bị ảnh hưởng bức xạ của nắng Tây và Đông. Ngoài ra bếp và kho vật dụng (vốn là không gian ít sử dụng cho việc nghỉ ngơi) thường được bố trí ở hai cạnh đầu hồi, tạo vùng đệm, giúp phần không gian trung tâm được mát mẻ.

C. SỬ DỤNG VẬT LIỆU NHẸ

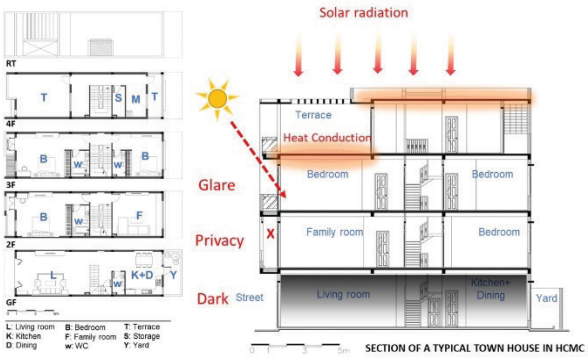
Các ngôi nhà xưa hầu như được làm bằng các tấm gỗ nhẹ không sơn, do đó hạn chế trữ nhiệt và làm mát hiệu quả vào ban đêm. Các vách gỗ nếu sơn cũng được sử dụng màu sáng (như màu xanh da trời, hoặc màu kem nhạt ở đa số căn nhà miền Nam) có tác dụng phản xạ bức xạ mặt trời, giảm thiểu sự hấp thụ sóng ngắn (10).

D. THOÁT NƯỚC MƯA

Mái dốc lớn giúp thoát nước mưa hiệu quả, giúp nước mưa không đọng lại trên mái khi lưu lượng mưa lớn, gây thấm dột không gian bên trong và tránh hư hại kết cấu mái. Mái dốc nằm cách xa tầng không gian sinh hoạt, do đó sẽ không gây bức xạ nhiệt đến người ở. Ngoài ra mái dốc cũng giúp cho gió được di chuyển dễ dàng trong không gian sinh hoạt.

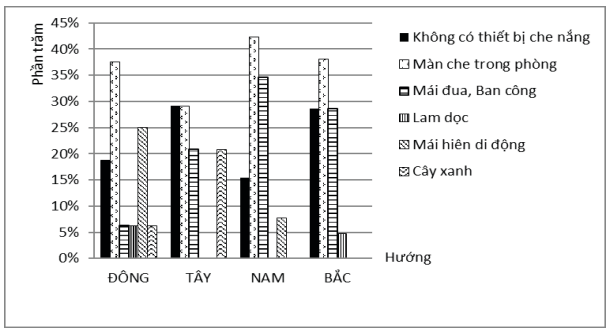
3. CÁC VẤN ĐỀ TRONG VIỆC THÍCH ỨNG KHÍ HẬU TRONG NHÀ Ở ĐÔ THỊ TẠI VIỆT NAM

Trong những năm gần đây, quá trình đô thị hóa ở Việt Nam đã nhanh chóng thay đổi kể từ thời kỳ đổi mới kinh tế năm 1986. Sự xuất hiện của nhiều loại hình nhà ở mới gọi là nhà ống, nhiều tầng, mặt tiền hẹp được mở rộng nhanh chóng ở nhiều thành phố và cả nông thôn. Đất xây dựng ở đô thị đã được phân lô thành các lô hình chữ nhật hẹp dành cho nhà ống dọc hai bên đường phố. Nhà ở Việt Nam đương đại bao gồm ba nguyên mẫu: nhà phố, biệt thự và nhà chung cư, đang nổi lên nhanh chóng ở các khu vực đô thị trong đó nhà phố chiếm tỉ lệ khoảng 80% (13). Các ngôi nhà ở sau cải cách, một tầng hoặc nhiều tầng, được xây dựng chủ yếu bằng khung kết cấu bê tông cốt thép, tường bao bằng khối xi măng hoặc gạch xây, hầu như không có lớp cách nhiệt, trong một quá trình mà không có bất kỳ sự hỗ trợ nào của xây dựng quy định. Nhà càng cao thì không gian sống bên trong càng ít được thông gió và chiếu sáng tự nhiên (Hình 3). Ngoài ra, hầu hết người dân đã thay đổi cách tổ chức không gian sống, cố gắng tăng tối đa số lượng sàn và diện tích sàn để nới rộng không gian ở và cho thuê (14). Hầu hết nhà ở thời gian sau này ít quan tâm việc thích ứng với điều kiện khí hậu và giá trị văn hóa, mà chỉ ưu tiên trên hết là vấn đề kinh tế và diện tích sàn.



Hình 3. Mặt bằng và mặt cắt nhà phố tại TP.HCM (Nguồn: tác giả, 2022)

Theo một khảo sát của tác giả vào năm 2016 (15), các căn nhà phố tại TP.HCM dù ở hướng nào, thì giải pháp che nắng được sử dụng nhiều nhất là rèm vải lắp trong phòng, tiếp theo là mái ô-văng che mưa và ban công (Đồ thị 4). Vị trí thứ hai là phần che nắng theo phương ngang (ban công hoặc ô văng), nhưng các chiến lược này đã không được hiểu đúng cách, vì dùng để che nắng ở phía Bắc, điều này là không cần thiết. Kết quả cũng cho thấy, những ngôi nhà có mặt tiền hướng Đông, đặc biệt là hướng Tây, vốn chịu nhiều bức xạ nhất (16) không được lắp đặt lam chắn nắng hoặc sử dụng sai thiết bị che nắng (như mái hiên di động) vì chúng không cản được tia nắng ở góc chiếu thấp vào buổi sáng và buổi chiều. Các chiến lược thụ động khác, chẳng hạn như cây xanh và lam dọc chiếm một tỉ lệ rất nhỏ. Số liệu cũng cho thấy khoảng 30% số người khảo sát cho biết căn hộ của họ không có bất kỳ thiết bị che nắng nào cho cửa sổ.



Đồ thị 4. Tình trạng sử dụng giải pháp che nắng tại nhà ở TP.HCM (Nguồn: tác giả, năm 2016)

Nói tóm lại, vấn đề sử dụng năng lượng hiệu quả bằng chiến lược kiến trúc trong các công trình nhà ở hiện nay ở Việt Nam là chưa hiệu quả. Việc thiết kế và xây dựng không đạt những tiêu chuẩn về việc thích ứng khí hậu dẫn đến tạo ra một môi trường sống không thoải mái và tiêu hao năng lượng trong quá trình sử dụng.

4. GIẢI PHÁP KIẾN TRÚC THỤ ĐỘNG QUA SỰ ỨNG DỤNG THỰC TIỄN VÀO NHÀ PHỐ ĐƯƠNG ĐẠI

4.1 Tình trạng nhà phố Việt Nam hiện nay

Những vấn đề trong nhà phố đô thị mặc dù vẫn không thể giải quyết được trên một diện rộng, và vẫn là một thách thức trong việc xây dựng đô thị bền vững. Trong khoảng thời gian gần đây, đã có một vài sự thay đổi về hình thức và bố cục không gian dạng nhằm cải thiện chất lượng không gian sống, chẳng hạn qua các khoảng mở thoáng, tận dụng chiếu sáng tự nhiên và đối lưu gió xuyên phòng (17). Tuy vậy, hầu hết các thiết kế vẫn mang tính kinh nghiệm và chưa có những giải pháp mang tính khoa học ngay từ giai đoạn tiền thiết kế. Trong bối cảnh đó, với mong muốn đóng góp vào sự phát triển bằng các giải pháp khoa học, tác giả và cộng sự đã ứng dụng các chiến lược thụ động kết hợp với các kỹ thuật hiện đại (như sử dụng các phần mềm mô phỏng khí động học và chiếu sáng tự nhiên) trong việc thiết kế những công trình nhà ở tại đô thị TP.HCM.

4.2 Các giải pháp thụ động đã được ứng dụng qua một công trình nhà phố cụ thể:

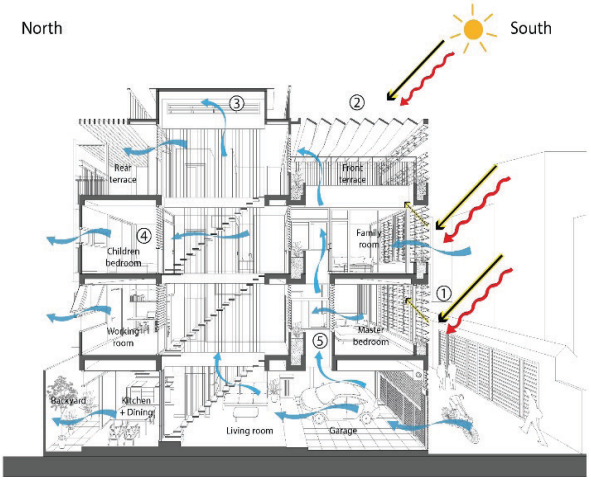
Tác giả chọn và giới thiệu sơ lược một công trình nhà phố tại TP.HCM có tên Nhà Lam Trắng (hình 5) như một ví dụ thực tế của mô hình nhà ở thích ứng khí hậu nóng ẩm trong bối cảnh đô thị hiện nay. Ngôi nhà được thiết kế dựa vào những nguyên lý khoa học cơ bản thích ứng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, và đã được công nhận chất lượng với giải thưởng Good Design Award Nhật Bản năm 2022 (18).

Hình 5. Nhà Lam trắng (Nguồn: tác giả, 2022)

Ngôi nhà có quy mô điển hình của nhà ống Việt Nam. Với chiều ngang 4m, sâu 16m và cao 14m, không gian nhà ở có dạng hình ống kéo dài xuyên suốt từ mặt trước ra mặt sau. Do đó, chỉ có 3 mặt thoáng trước, sau và trên là đón được nắng và gió tự nhiên. Ngoài ra, tầng càng ở dưới thấp thì ánh sáng tự nhiên càng ít. Về bố cục không gian, ngôi nhà gồm 4 tầng. Phòng khách, khu bếp, không gian ăn và chỗ đậu xe nằm ở tầng trệt. Các phòng ngủ, không gian làm việc và phòng gia đình được đưa vào tầng 2 và 3. Sân thượng tầng 4 được sử dụng làm sân vườn ngoài trời.

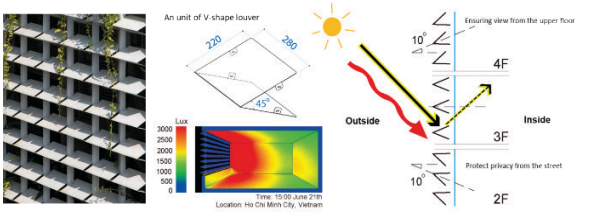
Để tăng tiện nghi nhiệt, nhà Lam trắng được áp dụng các chiến lược thiết kế thụ động của thông gió tự nhiên để đối lưu, kiểm soát ánh sáng mặt trời và che nắng để giảm thiểu sự tác động bức xạ nhiệt trực tiếp vào không gian bên trong. Mặt bằng các tầng được thiết kế kéo dài theo chiều dọc nhà, tạo hành lang dẫn gió, kết hợp với hệ lam

kính và cầu thang xương cá cho phép tối ưu hóa chiếu sáng và thông gió xuyên phòng cho tất cả các không gian sinh hoạt (hình 6).



Hình 6: Các giải pháp thụ động qua mặt cắt nhà Lam trắng: 1. Hệ lam chắn nắng chữ V; 2. Các tấm chắn bức xạ mái; 3. Cửa sổ mái; 4. Cửa sổ lam kính; 5. Các khoảng thông tầng (Nguồn: tác giả, 2022)

Mặt tiền chính hướng Nam được thụt vào sau các ban công trồng cây xanh, đóng vai trò như vùng đệm nhiệt. Phía ngoài nhà được gắn với hệ lam thép trắng hình chữ V xuyên suốt như một bức màng cản bức xạ mặt trời, cho phép đối lưu gió, đảm bảo sự riêng tư, đồng thời lọc tạo nên nét đặc trưng cho ngôi nhà (hình 6). So với cửa sổ không che nắng (nơi lượng ánh sáng và nhiệt độ vượt quá ngưỡng cho phép để tạo sự thoải mái và cửa chớp thông thường ngăn cản ánh sáng mặt trời và nhiệt vào không gian bên trong, đồng thời cản tầm nhìn), cấu kiện lam hình chữ V có nhiều ưu điểm.



Hình 7. Nguyên lý chiếu sáng, cấu tạo và kết quả mô phỏng tác dụng điều tiết ánh sáng của hệ lam chữ V (Nguồn: tác giả, 2022)

Các lam chữ V được thiết kế xoay ở các góc khác nhau ở mỗi tầng, hoạt động như một bộ lọc giúp điều hòa hiệu quả nắng từ hướng Nam, bảo vệ sự riêng tư mà vẫn đảm bảo tầm nhìn. Ngoài ra, kết quả mô phỏng (19) và thực tế cho thấy chúng còn cho phép tận dụng sự phản xạ ánh sáng gián tiếp và tản nhiệt nhanh (vì mỏng và sơn màu trắng), cũng như không cản trở thông gió xuyên phòng (Hình 7).

Bên cạnh đó, hệ thống cửa sổ rộng, cao từ trần đến sàn kết hợp với lam kính và các khoảng giếng trời xuyên suốt từ sân thượng xuống tận tầng trệt đã giúp tăng cường hiệu quả đối lưu gió theo phương ngang và dọc, cũng như tận dụng hiệu quả chiếu sáng tự nhiên từ trên cao. Tất cả các cửa sổ đều được tính toán để chứa lượng ánh sáng. Cửa sổ ở các tầng dưới to và rộng để tăng hiệu quả lấy sáng và gió. Trong khi cửa sổ phòng ngủ tầng 3 được thiết kế nhỏ hơn nhằm giảm bớt ánh sáng, giảm nhiệt cho phòng ngủ. Trên đỉnh của tầng sân thượng, các tấm che nắng ngang có chức năng chắn bức xạ mặt trời, tuy nhiên vẫn đảm bảo thông gió tự nhiên, giúp làm mát không gian bên dưới (Hình 6).

6. KẾT LUẬN

Do giới hạn của bài báo và độ rộng của đề tài, tác giả chỉ tóm lược tổng quát các nguyên tắc lý thuyết và nhận xét định tính dựa vào các tiền nghiên cứu của tác giả và các nhà nghiên cứu khác. Mục đích để các học giả ngoài ngành và độc giả phổ thông có một cái nhìn tổng thể hiện trạng về nhà ở miền Nam Việt Nam. Những giải pháp kiến trúc thụ động trong kinh nghiệm truyền thống được đúc kết dựa theo các nguyên tắc khoa học cơ bản. Bên cạnh đó, tác giả mong rằng các giải pháp thực tiễn trong việc cải tiến không gian nhà phố qua ví dụ nhà Lam trắng có thể được tham khảo như một cách giải quyết những vế đề môi trường sống trong nhà ở Việt Nam.

Để tổng kết, tác giả đề xuất 27 chiến lược thụ động có thể ứng dụng cho thiết kế nhà ở thích ứng khí hậu nóng ẩm tại Việt Nam (xem bảng 8). Trong những bài viết sau này, tác giả sẽ có những phân tích định lượng cho từng chủ đề chuyên sâu hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hồ sơ nhà ở Việt Nam - Ban thư ký Liên Hiệp Quốc UN-Habitat, Số HS: HS/019/14E, Số ISBN (Volume): 978-92-1-132609-3, Số ISBN (Series): 978-92-1-131927-9, Số (License): 508-2014/CXB/171-30GTVT

[2] Tổng cục Thống kê (2022). Niên giám Thống kê Việt Nam năm 2021. Nhà Xuất bản Thống kê. Lưu trữ bản gốc ngày 1 tháng 8 năm 2022. Truy cập ngày 25 tháng 4 năm 2023

[3] Van Khang HUYNH, ITAMI Kiyoshi: Research on architectural design strategies for energy efficiency in residential buildings in Vietnam - focused on two main cities Hanoi and HCMC, Annual Conference of the Kinki Branch Research (Osaka - Japan), No.57 (Environmental sector), 2017.09

[4] Holger Koch-Nielsen: Stay Cool a design guide for the built environment in hot climate, James & James Ltd, 2002

[5] Anh Tuan Nguyen, Quoc Bao Tranb, Duc-Quang Tranc, Sigrid Reitera: An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam, Building and Environment, Vol. 46, No.10, pp 2088-2016, 2011.10

[6] Yen Khang Nguyen Tran, Mizuho Ueyama, Ryo Murata: Passive design seen from spatial openness and airflow in contemporary tube houses of Ho Chi Minh City, Vietnam, Journal of Architecture and Planning (Transaction of AIJ), Vol.88, No.806, 1249-1258, 2023.04

[7] Tôn Nữ Quỳnh Trân (2002): Vấn đề phát triển đô thị bền vững, Phát triển đô thị bền vững, NXB Khoa học Xã hội, Thành phố Hồ Chí Minh, 2002, tr. 19, 650 tr

[8] Ministry of Construction: Vietnam Building Code Natural Physical & Climatic Data for Construction QCVN 02:2009/BXD

[9] Dữ liệu thời tiết, https://www.weather-atlas.com/en/vietnam/ho-chi-minh-city-climate. Truy cập ngày 28 tháng 4 năm 2023

[10] Heerwagen, Dean: Passive and Active Environmental controls: informing the schematic designing of buildings, 1st ed, Mc Graw Hill, 2004

[11] Lechner, Norbert: Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects, 3rd Edition, Wiley, 2008

[12] Van Khang Huynh, Juan Ramon Jimenez Verdejo: The formation and transformation of Cham Muslim villages and traditional housing in the Mekong Delta, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), Vol.85, No.770, pp. 869-876, 2020.04

[13] Phuong Ly, Janis Birkeland, Nur Demirbilek: Towards sustainable housing for Vietnam, Queensland University of Technology, Scientific Report, 2010

[14] Susan Balderstone, William Logan: Vietnamese dwellings: tradition, resilience, and change, Chapter 6 of the book "Asia's old dwellings Tradition, resilience, and change", Oxford University Press, New York, 2003

[15] Van Khang, H. and Itami K. (2017) Research on architectural design strategies for energy efficienct in residential buildings in Vietnam. Annual Symposium of the Architectural Institute of Japan, 141-144

[16] Baruch Givoni: Passive Low Energy Cooling of Buildings (Architecture), Wiley, 1st edition, 1994

[17] Hasegawa Yui, Ryo Murata, Nguyen Tran Yen Khang: Wind and light environment of in-space of living space in contemporary houses in Ho Chi Minh City, Journal of Architecture and Planning (Transaction of AIJ), Vol.85, No.772, 1173-1181, 2020.06

[18] https://www.g-mark.org/gallery/winners/12534 (Nhà Lam trắng, nhà ở vùng đô thị nóng ẩm, giải thưởng Good Design Award Nhật Bản 2022)

[19] VELUX Daylight Visualizer3 Ver3.0.89 2021(Available at https://www.velux.com/)

Bảng 8: Tổng kết 27 chiến lược thiết kế thụ động có thể ứng dụng cho thiết kế nhà ở thích ứng khí hậu nóng ẩm tại miền Nam Việt Nam (nguồn: tác giả, 2023)

CÁC CHIẾN LƯỢC THỤ ĐỘNG THAM KHẢO CHO THIẾT KẾ NHÀ Ở THÍCH ỨNG KHÍ HẬU NÓNG ẨM TẠI MIỀN NAM VIỆT NAM		NẮNG	GIÓ	NHIỆT
QUY HOẠCH	1. Kiểm soát bức xạ mặt trời bằng cây xanh và hệ thực vật	●		
	2. Xem xét quy hoạch ngoài trời có tính toán đến thông gió		●	
	3. Trồng cây xanh theo sự thay đổi bóng râm theo thời gian			●
	4. Ngăn nhiệt vào nhà bằng cách cản bức xạ mặt trời từ bên ngoài			●
THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH	5. Thiết kế công trình dựa theo hướng gió và vị trí mặt trời	●		●
	6. Tối ưu hóa thông gió tự nhiên hết mức có thể		●	
	7. Bố trí không gian phòng để tối ưu thông gió và hạn chế bức xạ	●	●	●
	8. Xem xét hướng của mặt tiền chính	●		●
	9. Tạo các không gian trung gian làm vùng đệm		●	●
	10. Kiểm soát nhiệt lượng mặt trời ở hướng Đông Tây Nam Bắc	●		●
	11. Xem xét hiệu ứng đổ bóng từ biểu kiến mặt trời	●		●
	12. Xem xét hình dạng ngôi nhà liên thông không gian ngoài trời	●	●	●
	13. Giảm tiêu hao năng lượng bằng cách tiết giảm hình khối của tòa nhà			●
THIẾT KẾ VỎ BAO CHE	14. Cần hiểu các tính chất về hiệu suất nhiệt của vật liệu			●
	15. Sử dụng vật liệu nhẹ			●
	16. Xem xét để cách nhiệt phù hợp			●
	17. Xem xét hiệu quả cửa sổ (số lượng, vị trí, hình dạng, vật liệu kính)	●	●	●
	18. Cân đối kích thước cửa sổ qua yếu tố ánh sáng, thông gió và nhiệt	●	●	●
	19. Tận dụng ánh sáng tự nhiên từ trên cao	●	●	●
	20. Tận dụng cửa sổ nhỏ (để tăng hiệu quả thông gió và chiếu sáng)	●	●	●
	21. Xem xét kỹ các đầu vào và đầu ra của gió tại vị trí các khoảng mở		●	
	22.Hình dạng mái nhà và vật liệu bề mặt cần được cân nhắc			●
	23. Cần giảm nhiệt độ cho mái nhà			●
	24. Khi lựa chọn hình dáng, màu sắc, chất liệu tường ngoài, cần lưu ý đến vấn đề nhiệt			●
	25. Kiểm soát bức xạ mặt trời bằng cấu kiện gắn ở mặt ngoài	●		●
	26. Thiết kế lớp vỏ tòa nhà phù hợp theo từng hướng			●
	27. Tận dụng ánh sáng tự nhiên nhưng phải giảm ảnh hưởng của nhiệt			●

NGUYỄN HỮU MAY

Tiến sĩ Nguyễn Hữu May đang là trợ lý giáo sư tại chương trình Kỹ thuật Xây dựng và Môi trường, trường Đại học Hiroshima, Nhật Bản. Các hướng nghiên cứu chính của tác giả tập trung vào lĩnh vực vật liệu xây dựng, đặc biệt tập trung vào độ bền lâu của bê tông, chất lượng lớp bê tông bảo vệ, bê tông và chất kết dính xanh và thân thiện với môi trường, các phương pháp thử nghiệm không phá hủy đối với bê tông và ứng dụng của trí tuệ nhân tạo trong kỹ thuật dân dụng. Là một nhà nghiên cứu trẻ, tác giả luôn mong muốn được kết nối, học tập và hợp tác với các nhà nghiên cứu có cùng hướng quan tâm. Thông tin thêm về tác giả có thể tham khảo tại website: https://nguyenhuumay.com/; Email liên hệ: nguyenhuumay@hiroshima-u.ac.jp

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0294

PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA KHÔNG PHÁ HỦY WIST ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG BÊ TÔNG

Nguyễn Hữu May[1]

[1]Chương trình Kỹ thuật Xây dựng và Môi trường, Đại học Hiroshima, 1-4-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8527, Nhật Bản
Email: nguyenhuumay@hiroshima-u.ac.jp

TÓM TẮT:

WIST (Water Intentional Spraying Test) là một phương pháp không phá hủy mới, nhanh và kinh tế đã và đang được áp dụng tại Nhật Bản để đánh giá chất lượng của bê tông bảo vệ. Bài báo này tập trung giới thiệu, mô tả phương pháp và quy trình sử dụng phương pháp WIST để đánh giá và phân loại chất lượng lớp bê tông bảo vệ. Một số kết quả nghiên cứu và ứng dụng chính của phương pháp WIST được trình bày trong bài báo. Bên cạnh đó, bài báo cũng đề cập đến khả năng áp dụng phương pháp WIST tại Việt Nam và khuyến nghị hướng nghiên cứu và cơ hội hợp tác giữa nhóm nghiên cứu tại Nhật Bản và Việt Nam.

Từ khóa: *chất lượng bê tông bảo vệ; kiểm tra không phá hủy; độ bền lâu của bê tông; đánh giá chất lượng ngoài hiện trường; WIST.*

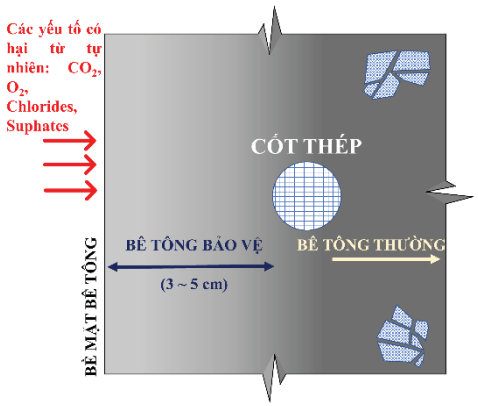
1. GIỚI THIỆU

Bê tông đã và đang được sử dụng như loại vật liệu chính trong ngành xây dựng (ví dụ: xây dựng dân dụng, cầu, đường) với các ưu điểm nổi bật như nguồn nguyên liệu sản xuất phong phú, dễ chế tạo, và giá thành thấp. Do vậy, đánh giá chất lượng là công tác quan trọng để đảm bảo khả năng sử dụng và độ bền lâu của các kết cấu bê tông trong suốt vòng đời sử dụng.

Trong công tác đánh giá chất lượng, độ bền lâu của kết cấu bê tông (concrete durability) là một tiêu chí quan trọng để đánh giá tuổi thọ của kết cấu. Độ bền lâu được xem là khả năng của bê tông chống lại các tác động của môi trường như thời tiết, xâm nhập hóa học và mài mòn, trong khi vẫn duy trì các đặc tính kỹ thuật thiết kế. Độ bền lâu của kết cấu bê tông đã được nghiên cứu rộng rãi trên thế giới, nhưng vẫn còn rất hạn chế ở Việt Nam [1], [2].

Để bảo vệ kết cấu bê tông, lớp bê tông bảo vệ đóng vai trò quan trọng như lớp bảo vệ đầu tiên (Hình 1) [3], [4]. Trong suốt vòng đời sử dụng của kết cấu bê tông, các tác nhân có hại từ môi trường xung quanh có thể xâm nhập vào lớp này qua cấu trúc rỗng xốp của nó và gây ra hư hỏng (ví dụ: ăn mòn cốt thép, xâm nhập các bon) [4], [5]. Công tác đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ có thể tiến hành trong phòng thí nghiệm hoặc ngoài hiện trường. Đánh giá trong phòng thí nghiệm là phương pháp truyền thống diễn ra trong phòng thí nghiệm với sự hỗ trợ của nhiều thiết bị thí nghiệm và điều kiện thí nghiệm được kiểm soát. Trong khi đó, đánh giá ngoài hiện

trường được tiến hành trực tiếp trên cấu kiện bê tông và bị ảnh hưởng trực tiếp từ các điều kiện tự nhiên. Một số ưu điểm nổi bật của phương pháp này là phản ánh đúng tình trạng của kết cấu thực, cung cấp một đánh giá nhanh, tổng quan cho kết cấu, và linh hoạt trong việc kiểm tra.



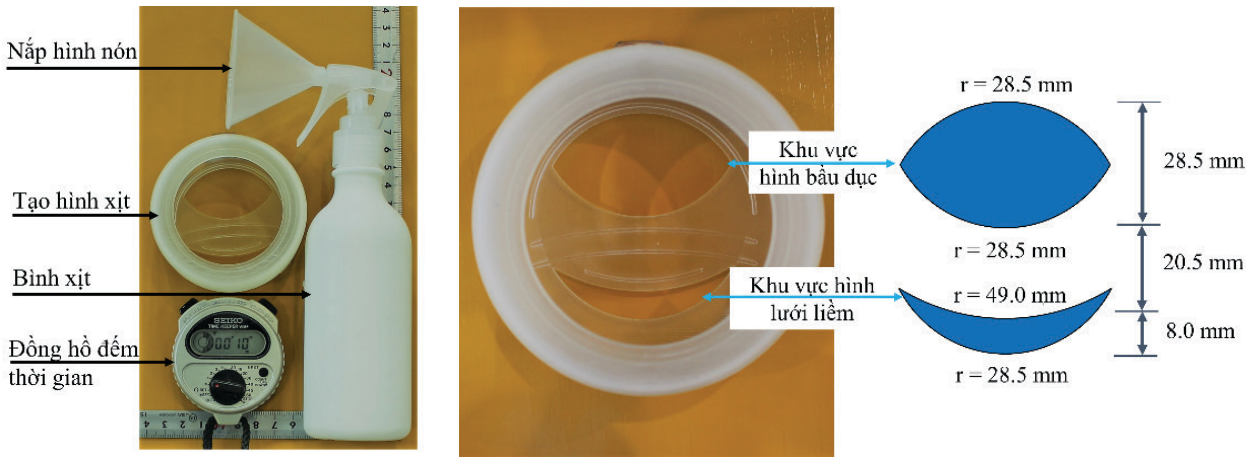
Hình 1. Lớp bê tông bảo vệ

Tại hiện trường, chất lượng bê tông có thể đánh giá bằng nhiều cách khác nhau, nhưng có thể chia thành hai nhóm phương pháp chính: phương pháp kiểm tra phá hủy và phương pháp kiểm tra không phá hủy. Phương pháp phá hủy đánh giá chất lượng bê tông thông qua việc phá hoại một phần hoặc hoàn toàn mẫu/kết cấu. Trong khi đó, phương pháp không phá hủy đánh giá chất lượng bê tông mà không phá hủy, ảnh hưởng đến mẫu/kết cấu, ví dụ như hệ thống đánh giá thấm Autoclam, bài kiểm tra PERMIT [6], [7]. Kết quả là phương pháp không phá hủy đang được quan tâm, áp dụng rộng rãi đặc biệt đối với các kết cấu bê tông đang được khai thác sử dụng.

Tuy nhiên, việc áp dụng các phương pháp này còn nhiều hạn chế như phải dùng nguồn điện ngoài, các thiết bị hiện đại, lắp đặt và vận hành phức tạp, chiếm dụng không gian thí nghiệm, chi phí cao, và mất nhiều thời gian. Hơn nữa, độ chính xác của các phương pháp này bị ảnh hưởng nhiều do chịu tác động trực tiếp từ các yếu tố môi trường. Do vậy mong muốn về một phương pháp đánh giá không phá hủy mới, đơn giản, nhanh, và hiệu quả ngày càng tăng lên trong khoa học bê tông.

Gần đây, một phương pháp không phá hủy để đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ được đề xuất bởi Tiến sĩ Nishio, một chuyên gia Nhật Bản, có tên gọi là thử nghiệm xịt nước có chủ ý (tên tiếng Anh: Water Intentional Spraying Test (WIST)) [8]. Phương pháp này dựa trên nguyên lý về khả năng hấp thụ nước của bê tông và đánh giá thông qua việc quan sát bằng mắt thường khi lượng nước nhỏ được xịt và chảy trên bề mặt của kết cấu bê tông cần kiểm tra (Hình 2).

Qua quá trình phát triển, phương pháp WIST đã thể hiện tính ưu việt về tính đơn giản, nhanh, và hiệu quả [10]. Bên cạnh đó, kết quả của phương pháp còn được đề xuất và xác nhận như một chỉ số độ bền mới để phân loại chất lượng bê tông [11] và đánh giá nhanh chất lượng bê tông ở tuổi sớm [9]. Các đặc điểm chính của phương pháp này là: (i) không yêu cầu nguồn điện ngoài, đây



a) *b)*

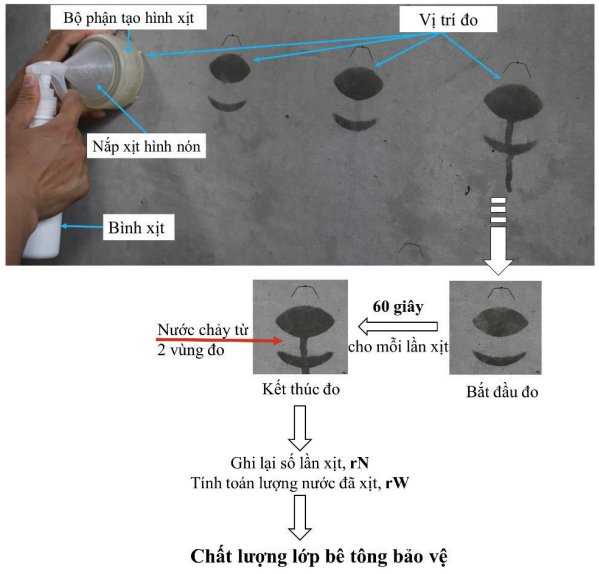
Hình 2. Cấu tạo phương pháp WIST: a) các bộ phận của phương pháp; b) bộ phận tạo hình xịt [9]

là điểm quan trọng giúp phương pháp WIST có thể áp dụng ở nhiều vị trí khác nhau; (ii) tiết kiệm nhân công và không cần các thiết bị hỗ trợ, dẫn đến giảm kinh phí và tính đơn giản; (iii) dễ dàng thí nghiệm và có kết quả nhanh. Những đặc điểm nổi bật này cho thấy WIST là một phương pháp tiềm năng để kiểm tra chất lượng bê tông ngoài hiện trường.

Do vậy, mục tiêu của bài báo là giới thiệu phương pháp WIST trong việc đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ. Đầu tiên bài báo giới thiệu chi tiết cấu tạo các bộ phận, và nguyên lý làm việc của phương pháp. Tiếp theo, bài báo giới thiệu các nghiên cứu và ứng dụng chính của WIST. Các hướng nghiên cứu tiếp theo và tiềm năng áp dụng WIST ở Việt Nam được trình bày trong phần tiếp theo của bài báo.

2. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA PHƯƠNG PHÁP WIST

Về cấu tạo: Bộ dụng cụ của phương pháp WIST bao gồm bình xịt nước, bộ phận tạo hình xịt, đồng hồ đếm ngược (Hình 3a). Bình xịt bao gồm một bình chứa nước, được phun ra ngoài qua nắp hình nón có đường kính 60 mm. Lượng nước mỗi lần xịt được hiệu chuẩn trước và được thu thập trong quá trình thí nghiệm để theo dõi hiệu suất của bình xịt. Bộ phận tạo hình xịt cho phép cố định các vị trí đo và chia chúng thành các khu vực hình bầu dục phía trên và khu vực lưỡi liềm phía dưới (Hình 3b).



Hình 3. Nguyên lý đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ bằng phương pháp WIST.

Về nguyên lý làm việc: Đối với mỗi khu vực đo lường, bốn vị trí đo được chọn và đánh dấu. Sau đó, bộ phận tạo hình xịt được sử dụng để kiểm soát việc phun nước tại vị trí đo. Nắp hình nón được đặt lên bộ phận tạo hình xịt và nước được xịt vào trị trí cần đo (Hình 3). Khoảng thời gian 60 giây được duy trì giữa các lần xịt liên tiếp, được xác định dựa trên các khảo sát tối ưu [8]. Mỗi lần đo kết thúc khi nước chảy từ vùng hình bầu dục phía trên xuống vùng "nụ cười" phía dưới, theo quan sát bằng mắt thường (Hình 2b). Số lần xịt tại một vị trí được đếm (bằng đồng hồ đếm) từ khi bắt đầu xịt đến khi quan sát thấy hiện tượng "nước chảy" từ khu vực hình bầu dục xuống khu vực hình lưỡi liềm (Hình 2b). Giá trị trung bình cộng của số lần xịt trên bốn vị trí thử nghiệm cho mỗi khu vực đo được tính toán được gọi là rN. Giá trị rN đánh giá khả năng hấp thụ nước của bê tông, và do đó phản ánh chất lượng bê tông bảo vệ (Hình 3). Cụ thể, giá trị rN cao phản ánh bê tông hấp thụ nước cao, cho thấy chất lượng lớp bê tông bảo vệ kém và ngược lại. Dựa trên số lần xịt (rN), tổng lượng nước đã xịt lên phần diện tích bầu dục, rW, được tính toán theo công thức 1 [11].

$$rW = rN \times W \quad (1)$$

Trong đó, W là lượng nước xịt lên vùng bầu dục tại mỗi lần xịt (gram).

Dựa trên giá trị rW, chất lượng của lớp bê tông bảo vệ được phân loại theo Bảng 1 [11].

Bảng 1. *Phân loại chất lượng bê tông bảo vệ theo chỉ số rW [11]*

Chất lượng lớp bê tông bảo vệ	Tổng lượng nước đã xịt lên phần bầu dục, rW, theo phương pháp WIST	
	Phương pháp xịt đơn	Phương pháp xịt kép[1]
Cao	< 0,20	Không áp dụng
Trung bình	0,20 – 0,70	0,10 – 0,40
Thấp	> 0,70	> 0,40

[1] *Phương pháp xịt kép: nước sẽ được xịt 2 lần liên tiếp (kép), đợi 60 giây và lặp lại.*

3. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG PHÁP WIST

Tại Đại học Hiroshima và Viện nghiên cứu kỹ thuật đường sắt Tokyo, khả năng sử dụng của WIST đã được nghiên cứu và kiểm chứng giai đoạn 1- tại phòng thí nghiệm. Các kết quả thu được có thể được tóm tắt như sau (xem Hình 4).

1) Nghiên cứu đầu tiên [10] tập trung vào việc chứng minh khả năng sử dụng của WIST với các loại bê tông có chất lượng khác nhau. Đối với mục tiêu này, mối quan hệ giữa kết quả WIST và hệ số thấm khí được xác định bằng phương pháp Torrent đã được thiết lập. Kết quả đã chứng minh WIST là một phương pháp đơn giản và đầy hứa hẹn để đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ. Đặc biệt, khả năng của phương WIST trong việc phát hiện bê tông chất lượng kém là rất phù hợp.

2) Nghiên cứu thứ hai [11] tập trung vào mở rộng khả năng sử dụng của phương pháp WIST. Các kết quả chính đã được kiểm chứng, bao gồm: (i) thiết lập công thức chuyển đổi giữa các thiết bị WIST có lượng nước xịt khác nhau; (ii) phát triển và xác nhận quy trình đánh giá nhanh hơn bằng cách sử dụng kỹ thuật xịt kép; và (iii) đề xuất một chỉ số độ bền mới để phân loại chất lượng lớp bê tông bảo vệ.

3) Nghiên cứu thứ ba [9] sử dụng phương pháp WIST để đánh giá chất lượng của bê tông tuổi sớm. Kết quả chỉ ra rằng phương pháp WIST rất phù hợp trong việc phát hiện bê tông chất lượng kém và bê tông chất lượng bình thường vào ngày thứ 1 và thứ 7 tương ứng sau khi tháo khuôn. Kết quả góp phần thiết lập một đánh giá nhanh chất lượng lớp bê tông bảo vệ ở giai đoạn rất sớm ngay sau khi tháo ván khuôn. Nghiên cứu giải quyết vấn đề điển hình của các phương pháp không phá hủy liên quan đến độ ẩm cao trong bê tông tuổi sớm. Trong thực tế, phương pháp WIST có thể được sử dụng để đánh giá chất lượng tay nghề trong quá trình thi công các kết cấu bê tông.

Hình 4. *Một số nghiên cứu và ứng dụng của WIST [9], [10], [11]*

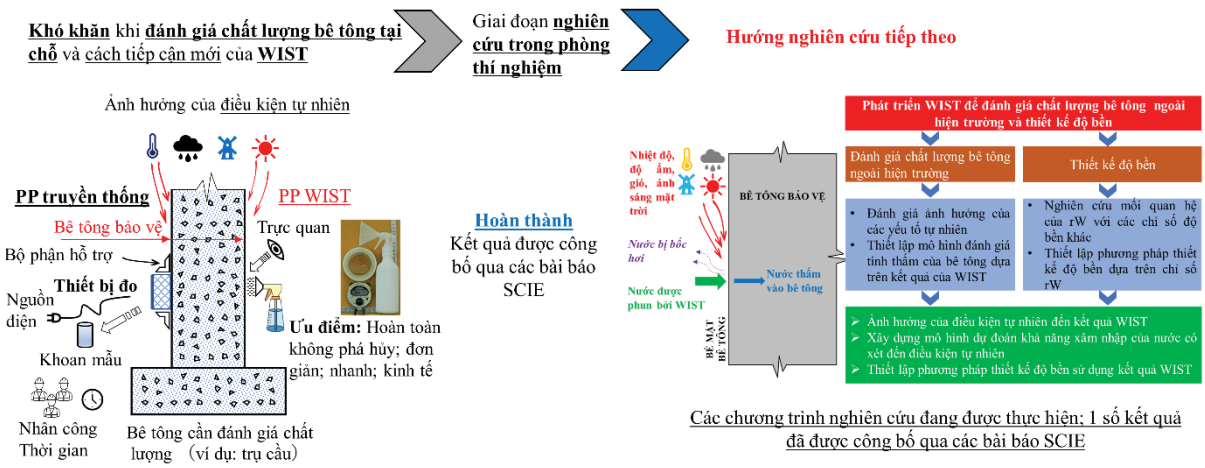
4. HƯỚNG NGHIÊN CỨU/ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG WIST TẠI VIỆT NAM

Trong giai đoạn tiếp theo, nhóm nghiên cứu đang phát triển các ứng dụng mới của phương pháp WIST để đánh chất lượng bê tông ngoài hiện trường và thiết kế độ bền. Các mục tiêu được tóm tắt trong Hình 5.

Mục tiêu nghiên cứu thứ 1: Xây dựng mô hình dự đoán độ thấm nước của kết cấu bê tông sử dụng kết quả WIST có xét đến ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên. Mảng nghiên cứu này gồm ba giai đoạn sau: Giai đoạn đầu: đánh giá ảnh hưởng của từng điều kiện tự nhiên đến kết quả của phương pháp WIST trong phòng thí nghiệm. Giai đoạn thứ hai: nghiên cứu ảnh hưởng của các điều kiện đo tại hiện trường. Kết quả thu được sẽ được so sánh với kết quả của giai đoạn đầu. Giai đoạn thứ ba: thiết lập mô hình dự đoán độ thấm nước có xét đến ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên. Mô hình dựa trên trí tuệ nhân tạo sẽ được thiết lập dựa trên các thông số đầu vào bao gồm vật liệu cấu thành (loại và lượng xi măng, tỷ lệ nước/xi măng), điều kiện tự nhiên (nhiệt độ, độ ẩm tương đối, gió, bức xạ mặt trời), điều kiện kết cấu tại thời điểm đo (độ ẩm bề mặt và nhiệt độ bề mặt) và kết quả phương pháp WIST. Kết quả mô hình đề xuất sau đó sẽ được kiểm chứng thông qua kết quả thu được ở giai đoạn 1 và 2. Một số kết quả của phần này đã được phân tích công bố [12], [13].

Mục tiêu nghiên cứu thứ 2: Nghiên cứu phương pháp thiết kế độ bền mới sử dụng kết quả phương pháp WIST. Đối với mục tiêu này, kết quả phương pháp WIST sẽ được thu thập cùng với các đặc tính khác của bê tông như tốc độ cacbonat hóa, hệ số khuếch tán clorua, độ thấm khí và khả năng chống đóng băng-tan băng. Mối tương quan giữa kết quả phương pháp WIST và các thông số này sẽ được thiết lập và thảo luận để đề xuất một phương pháp thiết kế độ bền mới.

Quá trình xây dựng, sử dụng các công trình bê tông đã phát triển mạnh ở Việt Nam. Việc bảo trì, bảo hành và đánh giá chất lượng kết cấu bê tông trong suốt quá trình sử dụng đang đòi hỏi nhiều trang thiết bị, kỹ thuật và kinh phí. Việc chứng minh tính khả thi của phương pháp WIST sẽ mở ra một cách tiếp cận đơn giản, tiết kiệm, hiệu quả, và nhanh chóng để đánh giá chất lượng bê tông ngoài hiện trường. Nghiên cứu này có ý nghĩa thực tế, đặc biệt cho các nước đang phát triển như nước ta hiện nay.



Hình 5. *Các khó khăn trong đánh giá chất lượng bê tông tại hiện trường, nghiên cứu trước đây và các hướng nghiên cứu tiếp theo*

Hiện tại, phương pháp WIST đã và đang được áp dụng trong công tác đánh giá chất lượng bê tông tại Nhật Bản. Các hướng nghiên cứu giai đoạn tiếp theo cũng đang được hỗ trợ bởi quỹ tài trợ cho nghiên cứu khoa học Kakenhi, Nhật Bản. Nhóm nghiên cứu luôn sẵn sàng trao đổi, chia sẻ và hợp tác các hướng nghiên cứu với các nhà nghiên cứu và các tổ chức tại Việt Nam để có thể áp dụng phương pháp WIST về nước trong tương lai.

5. LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến giáo sư hướng dẫn Kenichiro Nakarai, Tiến Sĩ Sohei Nishio đã hướng dẫn thực hiện nghiên cứu. Tác giả gửi lời cảm ơn đến học bổng MEXT, quỹ nghiên cứu Kakenhi và trường Đại học

Hiroshima đã hỗ trợ kinh phí và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. Cuối cùng, tác giả hi vọng bài viết sẽ đóng góp vào việc tăng cường mối quan hệ giữa Nhật Bản và Việt Nam nhân dịp kỷ niệm 50 năm quan hệ ngoại giao và là kênh kết nối nhóm nghiên cứu với các nhà nghiên cứu và tổ chức tại Việt Nam quan tâm đến phương pháp WIST.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. W. Tang, Y. Yao, C. Andrade, and Z. J. Li, "Recent durability studies on concrete structure," Cement and Concrete Research, vol. 78. Elsevier Ltd, pp. 143–154, Dec. 01, 2015. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.05.021.

[2] H. Beushausen, R. Torrent, and M. G. Alexander, "Performance-based approaches for concrete durability: State of the art and future research needs," *Cement and Concrete Research*, vol. 119, pp. 11–20, May 2019, doi: 10.1016/j.cemconres.2019.01.003.

[3] P. A. M. Basheer and É. Nolan, "Near-surface moisture gradients and in situ permeation tests," *Construction and Building Materials*, vol. 15, no. 2–3, pp. 105–114, 2001, doi: 10.1016/S0950-0618(00)00059-3.

[4] Z. Cui and A. Alipour, "Concrete cover cracking and service life prediction of reinforced concrete structures in corrosive environments," *Construction and Building Materials*, vol. 159, pp. 652–671, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.224.

[5] A. E. Long, G. D. Henderson, and F. R. Montgomery, "Why assess the properties of near-surface concrete?," *Construction and Building Materials*, vol. 15, no. 2–3, pp. 65–79, 2001, doi: 10.1016/S0950-0618(00)00056-8.

[6] "P.A.M. Basheer, F.R. Montgomery, A.E. Long 'CLAM' tests for measuring in situ permeation properties of concrete Nondestruct. Test. Eval., 12 (1995), pp. 53-73".

[7] P. A. M. Basheer, R. J. Andrews, D. J. Robinson, and A. E. Long, "'PERMIT' ion migration test for measuring the chloride ion transport of concrete on site," *NDT & E International*, vol. 38, no. 3, pp. 219–229, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.ndteint.2004.06.013.

[8] S. Nishio, "Simple Evaluation of Water Permeability of Cover-concrete Using a Water Spray Method.," *Quarterly Report of RTRI*, vol. 58, no. 1, pp. 36–42, 2017, doi: 10.2219/rtriqr.58.1_36.

[9] M. H. Nguyen, K. Nakarai, Y. Kai, and S. Nishio, "Early evaluation of cover concrete quality utilizing water intentional spray tests," *Construction and Building Materials*, vol. 231, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117144.

[10] M. H. Nguyen, K. Nakarai, Y. Kubori, and S. Nishio, "Validation of simple nondestructive method for evaluation of cover concrete quality," *Construction and Building Materials*, vol. 201, pp. 430–438, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.109.

[11] M. H. Nguyen, K. Nakarai, and S. Nishio, "Durability index for quality classification of cover concrete based on water intentional spraying tests," *Cement and Concrete Composites*, vol. 104, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2019.103355.

[12] M. H. Nguyen, S. Nishio, and K. Nakarai, "Effect of temperature on nondestructive measurements for air permeability and water sorptivity of cover concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 334, p. 127361, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127361.

[13] M. H. Nguyen, K. Nakarai, and R. Torrent, "Service life prediction of steam-cured concrete utilizing in-situ air permeability measurements," *Cement and Concrete Composites*, vol. 114, p. 103747, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103747.

KENZO TAKE

Kiến trúc sư Kenzo Take hoàn thành luận án tiến sĩ tại Đại học Kyoto năm 2011. Tác giả hiện là phó giám đốc tại Công ty Nghiên cứu Kiến trúc AAR tại Osaka Nhật Bản, Trưởng văn phòng đại diện công ty AAR+ SINGAPORE PTE. LTD. tại thành phố Hà Nội, Việt Nam.

TỔNG QUAN VỀ TÒA NHÀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG BẰNG KHÔNG VÀ KINH NGHIỆM TỪ NHẬT BẢN

Kenzo Take[1,*], Kyoko Take[2]

[1] Kenzo Take, Tiến sĩ, Công ty nghiên cứu Kiến trúc AAR, Nhật Bản

[2] Kyoko Take, Tiến sĩ, Viện Chiến lược Môi trường Toàn cầu Nhật Bản

Email: take.kenzo.h84@kyoto-u.jp or kenzo.dna@gmail.com

TÓM TẮT:

Các tòa nhà nói riêng và ngành xây dựng nói chung đóng một vai trò quan trọng trong cuộc chiến chống biến đổi khí hậu, chiếm 30% năng lượng tiêu thụ cuối cùng trên quy mô toàn cầu và 27% lượng khí CO_2 phát thải của toàn bộ ngành năng lượng. Diện tích sàn xây dựng toàn cầu đang phát triển và ngày càng tăng một cách nhanh chóng, nhu cầu năng lượng từ các công trình và ngành xây dựng tiếp tục tăng. Các tòa nhà hiện tại tiêu thụ tới 40% tổng năng lượng toàn cầu, và có xu hướng tăng lên 50% vào năm 2030. Do đó, thế giới đối mặt với một thách thức lớn trong việc giải quyết những vấn đề liên quan đến sản xuất năng lượng. Sau Hiệp ước Paris năm 2015 và Hội nghị Biến đổi khí hậu của Liên Hiệp Quốc tại Glasgow COP26, Nhật Bản, cùng với nhiều quốc gia khác, đã cam kết phát triển và thực hiện các biện pháp giảm lượng khí thải nhà kính một cách mạnh mẽ, sử dụng tài nguyên của nước mình. Nhật Bản đã tuyên bố kế hoạch đạt được trung hòa carbon vào năm 2050. Để thực hiện điều này, việc cải thiện hiệu suất năng lượng phải đóng vai trò mấu chốt cơ bản của chính sách năng lượng. Điều này bao gồm các biện pháp như quy định việc sử dụng điện, áp dụng hạn chế về đặc điểm thiết kế liên quan đến môi trường xây dựng và nguyên liệu thô, thúc đẩy việc sử dụng nguồn năng lượng bền vững để giảm thiểu tác động môi trường trong các dự án xây dựng. Những nỗ lực này đã dẫn đến khái niệm về các tòa nhà sử dụng năng lượng bằng không (ZEB). Mục tiêu chính của bài viết này là cung cấp một bài đánh giá toàn diện về ZEB trong bối cảnh chung và đánh giá việc ứng dụng trong thực tế tại Nhật Bản cũng như tính khả thi của mô hình ZEB ở Việt Nam.

Từ khóa: *Tòa nhà cân bằng năng lượng, ngành xây dựng, năng lượng tái tạo, phát thải carbon, Nhật Bản*

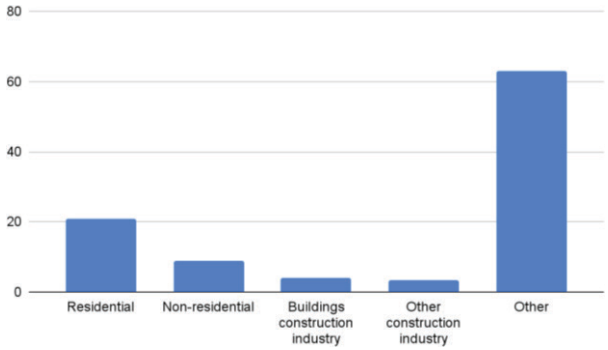
1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu đã đến mức báo động nghiêm trọng, đe dọa không chỉ tương lai của thế hệ sau mà còn cả thế hệ hiện tại của chúng ta. Thiệt hại được dự đoán sẽ trở nên ngoài tầm kiểm soát trừ khi chúng ta kịp thời thay đổi cách ứng phó. Nhiều quốc gia đã công bố các mục tiêu xã hội về trung hòa khí carbon để hỗ trợ mục tiêu của Hiệp ước Paris về giới hạn sự nóng lên toàn cầu dưới mức 1,5°C [1]. Nhật Bản, cùng với nhiều quốc gia khác, cam kết phát triển và thực hiện các biện pháp mạnh mẽ để giảm lượng khí thải nhà kính sử dụng tài nguyên của riêng họ, bắt đầu từ Hiệp ước Paris năm 2015 và tiếp tục thông qua Hội nghị Biến đổi khí hậu của Liên Hiệp Quốc tại Glasgow (COP26). Mục tiêu là đạt được trung hòa khí carbon vào năm 2050, một mục tiêu được chia sẻ bởi hầu

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0295

hết các quốc gia trên thế giới để giảm nguy cơ biến đổi khí hậu. Đạt được khí thải net-zero vào năm 2050 là mấu chốt quan trọng để giới hạn sự tăng trung bình nhiệt độ toàn cầu lên 1,5°C [2]

Ngành năng lượng đóng một vai trò quan trọng trong việc thực hiện trung hòa khí carbon, phát thải đáng kể lượng khí thải nhà kính, bao gồm 93% khí CO_2 và 85% khí thải nhà kính khác [3]. Chính sách giảm tiêu thụ năng lượng của Nhật Bản tập trung vào đảm bảo nguồn cung cấp năng lượng ổn định bằng cách tăng cường sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo và mở rộng năng lượng hạt nhân, với sự đảm bảo an toàn là ưu tiên hàng đầu. Nguồn cung cấp năng lượng quốc gia được chia thành các ngành công nghiệp, tiêu dùng và vận tải, ngành xây dựng bao gồm nhà ở và các tòa nhà văn phòng. Năm 2019, nhu cầu năng lượng tại Nhật Bản đã phát ra 14% lượng khí thải CO_2 từ khu vực tiêu dùng và 17% từ khu vực kinh doanh [4]. Do đó, việc giảm tiêu thụ năng lượng trong hai khu vực này là cần thiết để đạt được trung hòa khí carbon, một xu hướng không chỉ xuất hiện tại Nhật Bản mà còn tại nhiều quốc gia khác. Các tòa nhà chiếm một phần lớn 30% tổng lượng năng lượng tiêu thụ trên toàn cầu. Năng lượng nhiên liệu và điện có nguồn gốc hóa thạch chiếm 30% tổng năng lượng tiêu thụ toàn cầu, trong khi nguồn năng lượng tái tạo chỉ chiếm 3% [5].

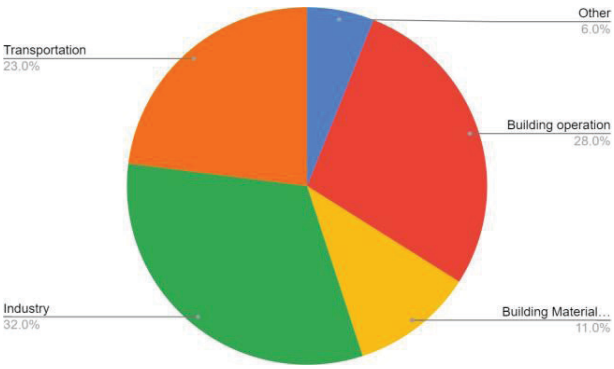


Hình 1. *Mức tiêu thụ năng lượng cuối cùng toàn cầu của các tòa nhà so với các lĩnh vực khác vào năm 2022 (IEA)*

Năng lượng là động lực phát triển của hầu hết các nền kinh tế toàn cầu, và nhu cầu về năng lượng tiếp tục tăng lên hàng năm. Con người dành phần lớn thời gian trong nhà, đặc biệt là trong thời kỳ và sau đại dịch COVID-19. Do đó, cần phải xem xét cách các tòa nhà có thể góp phần vào việc đảm bảo nguồn năng lượng. Theo báo cáo năm 2023 của Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA) [5], các công trình và ngành xây dựng đóng một vai trò quan trọng trong cuộc chiến đấu chống lại biến đổi khí hậu, chiếm 30% lượng năng lượng tiêu thụ cuối cùng toàn cầu và 27% tổng lượng khí thải CO_2 trong ngành năng lượng. Với nhu cầu diện tích sàn toàn cầu tăng lên nhanh chóng, nhu cầu năng lượng cho ngành xây dựng công trình đang tăng lên, với các tòa nhà hiện tiêu thụ lên đến 40% tổng lượng năng lượng tiêu thụ trên toàn cầu. Dự kiến con số này sẽ tăng lên 50% vào năm 2030 [6].

Đến nay, đã có nhiều nghiên cứu chỉ rõ mối quan hệ giữa đô thị hóa nhanh chóng, gia tăng dân số, tăng trưởng kinh tế và tiêu thụ năng lượng. Tăng trưởng dân số và đô thị hóa liên quan đến việc tiêu thụ năng lượng của các tòa nhà. Các chủ đề thảo luận về biến đổi khí hậu thường nhấn mạnh việc các hoạt động của con người đóng vai trò hàng đầu trong việc suy giảm đột ngột của tầng ozone. Do những lo ngại quan trọng này, chúng ta đã xem xét các chiến lược khác nhau để giảm thiểu tác động môi trường của nhiên liệu hóa thạch thông qua việc tăng cường hiệu suất của các phương pháp chuyển đổi năng lượng truyền thống, phát triển thiết bị chuyển đổi năng lượng hiệu quả với tác động môi trường thấp, và sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo bền vững và có tác động môi trường thấp hoặc không tác động môi trường.

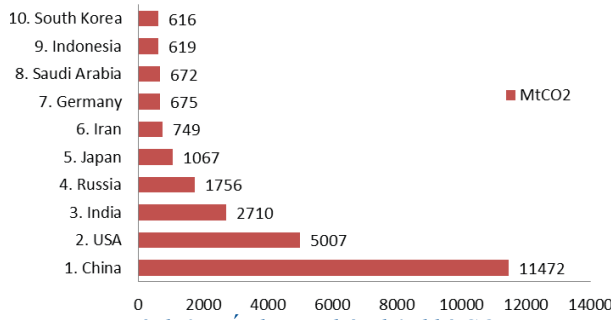
Đáng lưu ý là ngành xây dựng chiếm khoảng 39% lượng khí CO_2 thải ra hàng năm trên toàn thế giới [7] (xem Hình 2). Các nghiên cứu cho thấy hơn một phần ba tổng tiêu thụ năng lượng và lượng khí CO_2 thải ra có thể được tính cho ngành xây dựng cả ở các nước phát triển và đang phát triển.



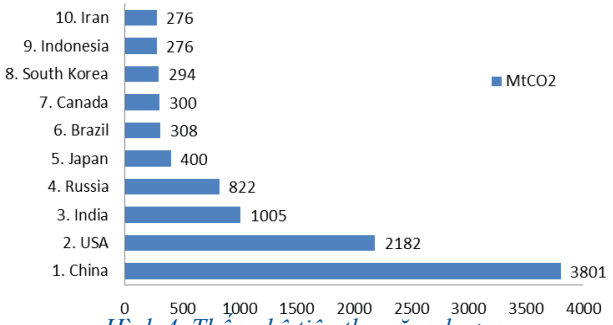
Hình 2. Phát thải CO_2 toàn cầu theo ngành (IEA)

Ngành xây dựng, bao gồm xây dựng công trình, sưởi ấm, điều hòa và chiếu sáng cho các công trình nhà ở và thương mại, cũng như các trang thiết bị trong nhà, chiếm hơn 1/3 tổng tiêu thụ năng lượng toàn cầu và lượng khí thải liên quan. Sự gia tăng liên tục của diện tích sàn xây dựng trên toàn thế giới, đặc biệt ở các nước đang phát triển, đã dẫn đến nhu cầu cao hơn về các thiết bị như máy điều hòa không khí. Với tuổi thọ dài của các tòa nhà, hệ thống sưởi ấm và làm mát, và các thiết bị, quyết định được thực hiện trong thiết kế và mua sắm ngày hôm nay sẽ tác động sâu sắc đến việc sử dụng năng lượng trong nhiều năm tới.

Nhật Bản đứng thứ năm trên toàn cầu về lượng khí CO_2 thải ra. Hình 3 và Hình 4 minh họa lượng khí CO_2 thải ra (Mt- CO_2) vào năm 2020 và tiêu thụ năng lượng chính (Mtoe) cho năm 2022 của 10 quốc gia hàng đầu trên thế giới [8]. Nhật Bản đã đặt ra những mục tiêu tham vọng để giảm lượng khí CO_2 thải ra theo các thỏa thuận quốc tế, đòi hỏi các biện pháp hiệu quả và thực tế. Hình 5 cho thấy tự cung cấp năng lượng của Nhật Bản vào năm 2019, mức này thấp hơn đáng kể so với các quốc gia khác. Để cắt giảm lượng khí CO_2 thải ra và nâng cao an



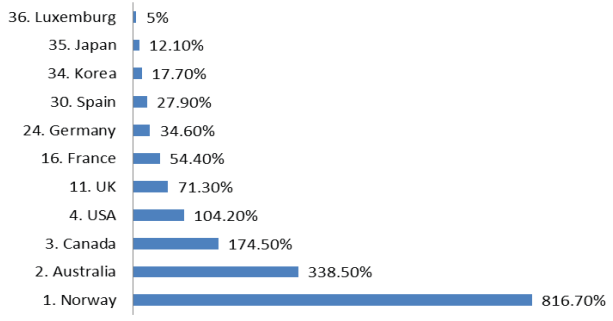
Hình 3. Xếp hạng phát thải khí CO_2 toàn cầu năm 2020 [8]



Hình 4. Thống kê tiêu thụ năng lượng toàn cầu năm 2022 [8]

ninh năng lượng cho tương lai, Nhật Bản cần giảm tiêu thụ năng lượng trong nhiều ngành và tăng sản xuất điện từ các nguồn năng lượng tái tạo.

Năng lượng góp phần quan trọng trong cuộc sống hàng ngày và các hoạt động của xã hội. Tuy nhiên, Nhật Bản đối mặt với thách thức trong việc tự cung cấp năng lượng, với tỷ lệ chỉ 12,1% vào năm tài chính 2019, thấp hơn đáng kể so với các quốc gia OECD khác. Vào năm tài chính 2010, trước thảm họa động đất ở Tohoku phía Đông Bắc Nhật Bản, tỷ lệ này đứng ở mức 20,2% [9]. Mặc dù tăng dần trong những năm gần đây nhưng vẫn chưa đạt đến mức như trước đây.



Hình 5. So sánh việc tự cung cấp năng lượng của Nhật Bản với các nước (2019) [9]

2. TÒA NHÀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG BẰNG KHÔNG

Khái niệm về các cấu trúc tiêu thụ zero-energy đầu tiên được giới thiệu vào năm 1976 và các tòa nhà tiêu thụ năng lượng zero-energy được phát triển ban đầu tại Đại học Kỹ thuật Đan Mạch bởi Esbensen và Korsgaard trong quá trình nghiên cứu việc sử dụng năng lượng mặt trời để sưởi ấm nhà ở trong mùa đông [10]. Có nhiều định nghĩa về các tòa nhà tiêu thụ năng lượng zero-energy, với sự biến đổi ở giữa các quốc gia, khu vực và cộng đồng, chẳng hạn như "các tòa nhà gần như tiêu thụ năng lượng bằng không" ở châu Âu [11], "các tòa nhà tiêu thụ năng lượng bằng không" ở Hoa Kỳ [12], "các tòa nhà không thải ra khí thải" ở Úc [13], và "các tòa nhà không thải ra khí CO_2" của Nhóm Lãnh đạo Khí hậu của 40 thành phố C40 [14].

Bộ Năng lượng của Hoa Kỳ (DOE) định nghĩa các tòa nhà dân dụng hoặc thương mại tiêu thụ năng lượng net-zero là những tòa nhà giảm tiêu thụ năng lượng đáng kể thông qua các biện pháp nâng cao hiệu suất và đáp ứng nhu cầu năng lượng còn lại bằng sản xuất năng lượng tái tạo [15].

Ở Nhật Bản, các tòa nhà tiêu thụ năng lượng bằng không được phân loại thành ba nhóm: tòa nhà thấp tầng, tòa nhà cao tầng và thị trấn tiêu năng lượng bằng không. "Chiến lược Công nghệ Tiết kiệm Năng lượng 2011" đã được chính thức áp dụng tại Nhật Bản, mục tiêu là giảm cả tiêu thụ năng lượng và khí thải về net-zero. CASBEE của Nhật Bản (Hệ thống Đánh giá Toàn diện cho Hiệu suất Môi trường Xây dựng) là công cụ chính để đánh giá và xếp hạng hiệu suất năng lượng của các ngôi nhà riêng lẻ, xem xét tác động môi trường và chất lượng trong nhà. Nhà gần như tiêu năng lượng zero ZEH và ZEH có thể đạt được mức hiệu suất tiết kiệm năng lượng xây dựng cao nhất [16].

Khái niệm về các tòa nhà tiêu thụ năng lượng bằng không (ZEB) đã thu hút sự chú ý toàn cầu, nhưng định nghĩa nói trên nên được thích nghi với từng tình huống đặc thù của mỗi quốc gia. Sử dụng năng lượng trong xây dựng mạnh mẽ bởi các yếu tố như điều kiện thời tiết, thiết kế tòa nhà, hệ thống năng lượng, trang thiết bị cơ sở, hiệu suất môi trường trong nhà và hành vi của cư dân. Đạt được sự cân bằng giữa thiết kế tòa nhà, công nghệ năng lượng xanh và thực hành quản lý tòa nhà vẫn chưa được thực sự nghiên cứu sâu trong các khái niệm ZEB hiện tại. Cần lưu ý rằng các tòa nhà ZEB không chỉ phụ thuộc vào hiệu suất xây dựng mà còn đòi hỏi sự hợp tác tích cực từ người sử dụng.

Các biến số ảnh hưởng đến hiệu suất của các tòa nhà tiêu thụ năng lượng bằng không nói chung có thể được phân loại thành ba loại: các yếu tố môi trường, phương pháp xây dựng và hành vi của người sử dụng. Các biến số này bao gồm điều kiện thời tiết, loại tòa nhà, mối quan hệ giữa nhu cầu năng lượng của tòa nhà và các hoạt động của con người, thiết kế tòa nhà sáng tạo và thiết kế vỏ tòa nhà, bao gồm tường, cửa, cửa sổ, mái và sàn.

3. XÂY DỰNG CÁC TÒA NHÀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG BẰNG KHÔNG TẠI NHẬT BẢN

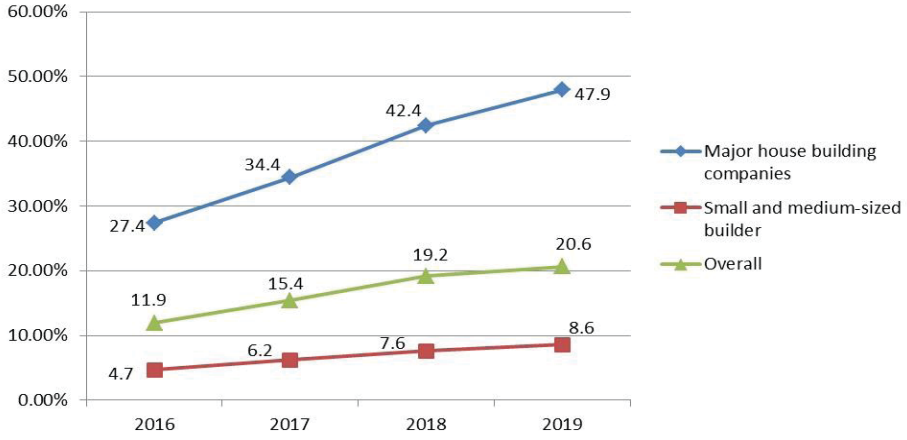
Vào ngày 13 tháng 6 năm 2022, Nhật Bản đã thông qua Luật Bảo tồn Năng lượng Xây dựng được sửa đổi,

đặt ra một nghĩa vụ bắt buộc đối với tất cả các tòa nhà dân cư và công trình công cộng tuân thủ các tiêu chuẩn bảo tồn năng lượng vào năm tài chính 2025. Đối với các tòa nhà mới, mục tiêu là đạt được mức hiệu suất tiết kiệm năng lượng tương đương với các tòa nhà cân bằng năng lượng ZEH/ZEB vào năm 2030, và vào năm 2050, hiệu suất tiết kiệm năng lượng trung bình cho các tòa nhà hiện có cũng phải đáp ứng các tiêu chuẩn này.

Tên chính thức của luật này là "Sửa đổi một phần của Luật về việc cải thiện hiệu suất tiêu thụ năng lượng của các tòa nhà để thực hiện xã hội khử carbon". Sửa đổi này đã tổng hợp và cập nhật bốn luật khác nhau, bao gồm Luật Bảo tồn Năng lượng Xây dựng, Luật Tiêu chuẩn Xây dựng, Luật về Cơ quan Tài chính Nhà ở Nhật Bản và Luật về Kiến trúc sư và Kỹ sư Xây dựng. Ngoài ra, luật đã mở rộng hệ thống tối ưu hóa để thúc đẩy hiệu suất năng lượng cao hơn cho các tòa nhà dân cư và thiết lập một hệ thống tài trợ lãi suất thấp để hỗ trợ việc cải thiện tiết kiệm năng lượng cho các khu nhà dân cư và công cộng hiện có. Các kiến trúc sư cũng được yêu cầu giải thích những lợi ích của việc sử dụng năng lượng tái tạo cho chủ sở hữu tòa nhà trong các khu vực được chính quyền địa phương chỉ định để thúc đẩy việc sử dụng năng lượng tái tạo. Việc sử dụng năng lượng tái tạo cũng được khuyến khích mạnh mẽ trong ngành xây dựng. Luật Tiêu chuẩn Xây dựng đã được sửa đổi và Luật về Kiến trúc sư và Kỹ sư Xây dựng nhằm mục tiêu làm tiết chế quy định về phòng cháy và kết cấu.

Nhận thức về tác động dài hạn của các ngành xây dựng và các công trình, Nhật Bản đã có lộ trình để tăng cường quá trình chuyển đổi để đảm bảo rằng 100% các ngôi nhà và tòa nhà mới được xây dựng đáp ứng các tiêu chuẩn không phát thải (ZEH, ZEB) vào năm 2025. Đối với các ngôi nhà và tòa nhà hiện có, khí thải phải được giảm thông qua các công trình cải tạo và việc sử dụng năng lượng tái tạo, với tốc độ giảm ít nhất 2% mỗi năm. Hơn nữa, cần thực hiện cải tiến đáng kể trong hiệu suất của cấu trúc tòa nhà và trang thiết bị liên quan để giảm tiêu thụ điện năng hơn nữa. Những hành động này nhằm mục tiêu giảm lượng khí thải từ khu vực dân cư ít nhất là 65% vào năm 2030 và 80% vào năm 2040, và từ khu vực thương mại ít nhất là 70% vào năm 2030 và 85% vào năm 2040. Dự kiến cả hai khu vực sẽ đạt được việc loại bỏ hoàn toàn khí thải carbon vào năm 2050 [17].

Nhật Bản đã tăng cường nỗ lực để cải thiện hiệu suất tiêu thụ năng lượng, dẫn đến sự giảm tiêu thụ năng lượng tương đương khoảng 62 triệu kl dầu thô. Mục tiêu của Nhật Bản là đạt được cải thiện 40% về hiệu suất tiêu thụ năng lượng [18]. Trong lĩnh vực xây dựng, đã có những nỗ lực để làm cho tiêu chuẩn hiệu suất năng lượng bắt buộc tại mức ZEH/ZEB cho các công trình mới được xây dựng sau năm 2030. Những nỗ lực này cũng bao gồm việc nâng cao tiêu chuẩn cho các vật liệu xây dựng và thiết bị. Các ngôi nhà ZEH đạt được sự cân bằng net-zero về tiêu thụ năng lượng chính hàng năm trong khi vẫn duy trì sự tiện nghi vi khí hậu trong nhà bằng cách sử dụng lớp cách nhiệt hiệu suất cao, thiết bị và hệ thống hiệu suất cao, và nguồn năng lượng tái tạo.



Hình 6. Xu hướng xây dựng ZEH và tỉ lệ trong toàn bộ các công trình xây dựng mới tại Nhật Bản. [9]

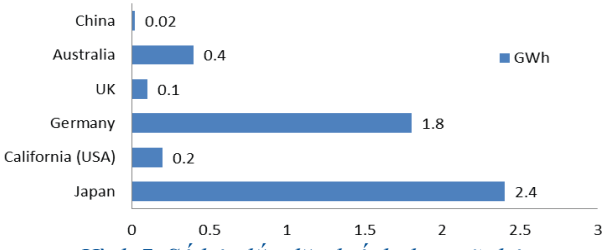
4. MỤC TIÊU VÀ GIẢI PHÁP

Để đạt được cam kết như đã nêu ở trên, Nhật Bản đã đưa ra các mục tiêu rõ ràng và tầm nhìn về khử carbon và cam kết thực hiện. Hầu hết các biện pháp và công nghệ cần thiết đã có sẵn ở trong nước. Trong số những biện pháp này có việc tăng cường quy định về nhà ở, công trình và thiết bị. Như đã đề cập ở trên, Nhật Bản đặt mục tiêu chuyển đổi thành tiêu chuẩn ZEH/ZEB cho nhà ở mới vào năm 2025. Bên cạnh đó là tăng cường việc áp dụng chính sách cho các công trình công cộng và nhà ở để thúc đẩy cải thiện tiết kiệm năng lượng và việc sử dụng năng lượng tái tạo trong các ngôi nhà và tòa nhà hiện có, dẫn đến giảm khí thải 2% mỗi năm. Mục tiêu là khuyến khích việc sử dụng năng lượng tái tạo trong khi đồng thời tập trung vào tiết kiệm năng lượng, từ đó thúc đẩy việc thực hiện nhanh chóng của việc khử carbon. Tất cả các bên liên quan được khuyến khích tích cực tham gia

và hành động để đảm bảo rằng quá trình biến đổi không bị trì hoãn bởi một trong số các yếu tố đó.

4.1. Thúc đẩy đổi mới trong quá trình khử carbon

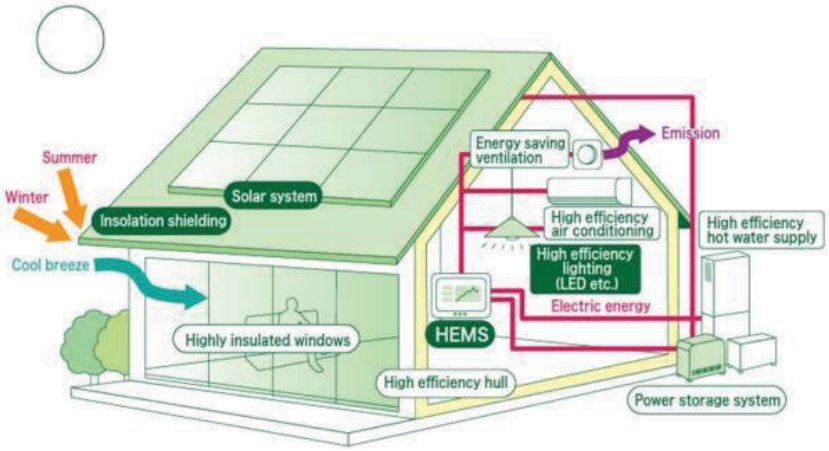
Nhật Bản đã và đang tích cực theo đuổi các sáng kiến để đạt được khử carbon. Điều này bao gồm việc tạo ra một xã hội dựa trên hydrogen, bao gồm việc sản xuất hydrogen không CO_2 từ các nguồn năng lượng tái tạo và sử dụng rộng rãi trong các phương tiện chạy bằng tấm pin nhiên liệu, thiết bị, amoniac nhiên liệu và tái chế carbon. Nhật Bản cũng cam kết thúc đẩy việc sử dụng hydro trong nhiều lĩnh vực khác nhau, như sử dụng các tấm pin nhiên liệu cho các phương tiện giao thông, sử dụng trong các hộ gia đình, đồng thời thiết lập chuỗi cung ứng cho sự sản xuất hydrogen quy mô lớn và thương mại quốc tế. Nhật Bản đã dẫn đầu trong việc phát triển và triển khai các hệ thống lưu trữ năng lượng để mở rộng việc sử dụng tấm pin nhiên liệu, đặc biệt là Ene-Farm (xem Hình 7).



Hình 7. Số liệu lắp đặt thiết bị lưu trữ điện tại nhà ở các quốc gia [9]

Ene-Farm, một hệ thống tấm pin nhiên liệu dựa trên hydrogen, đã được thương mại hóa lần đầu tiên tại Nhật Bản vào năm 2009, khiến Nhật Bản trở thành nước đầu tiên trên thế giới giới thiệu công nghệ này. Tính đến tháng 6 năm 2021, đã có hơn 400.000 thiết bị được lắp đặt. Các tiến bộ công nghệ tiếp tục nhằm mục tiêu giảm số lượng thành phần và giảm giá thành hơn nữa. Các nỗ lực cũng được hướng đến việc tối đa hóa tiềm năng của tấm pin nhiên liệu, bao gồm khả năng góp phần vào sự ổn định và điều chỉnh lưới điện. Tấm pin nhiên liệu Ene-Farm sản xuất điện qua phản ứng hóa học giữa oxy trong không khí và hydrogen chiết xuất từ khí đô thị. Quá trình này cũng tạo ra nhiệt, được sử dụng để sưởi ấm nhà cửa và cung cấp nước nóng. Vì điện được sản xuất và sử dụng tại chỗ, không có tổn thất truyền tải. Ngoài ra, toàn bộ nhiệt độ sinh ra trong quá trình sản xuất điện được sử dụng hiệu quả. So với phương pháp truyền thống sử dụng điện từ nhà máy nhiệt điện và khí đô thị để sưởi ấm và cung cấp nước nóng, hệ thống pin nhiên liệu giảm tiêu thụ năng lượng gốc khoảng 35% và khí thải CO_2 khoảng 48%. Người dùng cũng có thể tiết kiệm khoảng 50.000 ÷ 60.000 ¥ trên hóa đơn tiện ích hàng năm và giảm khí thải CO_2 khoảng 1,5 tấn mỗi năm [9].

Nhiệt độ dư thừa sinh ra trong quá trình sản xuất điện cũng có thể được sử dụng hiệu quả trong sưởi ấm sàn, bình nóng lạnh và cung cấp nước nóng. Vào tháng 4 năm 2005, hệ thống hợp sinh tấm pin nhiên liệu đầu tiên đã được Nhật Bản giới thiệu ra thế giới. Tỷ lệ năng lượng tái tạo của Nhật Bản vào năm tài khóa 2019 là 18%, và nước này đứng thứ 6 trên toàn cầu về năng lực tạo ra năng lượng tái tạo và đứng thứ 3 về việc tạo ra năng lượng mặt trời [17].



Hình 8. Mô hình tòa nhà năng lượng net-zero [9]

Xem xét tác động dài hạn của ngành xây dựng và xây dựng, cần tăng cường việc chuyển đổi để có 100% tòa nhà mới xây dựng trở thành không phát thải carbon ZEH/ZEB vào năm 2025. Đối với các tòa nhà hiện có, khí thải phải giảm đi thông qua việc sửa chữa và sử dụng năng lượng tái tạo, với tốc độ tăng 2% mỗi năm. Ngoài ra, cần phải có cải tiến đáng kể về hiệu suất của cấu trúc và thiết bị liên quan để giảm tiêu thụ điện năng một cách thêm nữa. Tất cả những điều này phải dẫn đến việc giảm khí thải từ ngành công nghiệp xây dựng so với năm 2013 ít nhất 65% vào năm 2030 và ít nhất 80% vào năm 2040, và từ ngành thương mại, ít nhất 70% vào năm 2030 và ít nhất 85% vào năm 2040. Cả hai ngành này đều phải đạt được sự loại bỏ hoàn toàn khí thải carbon vào năm 2050 [17].

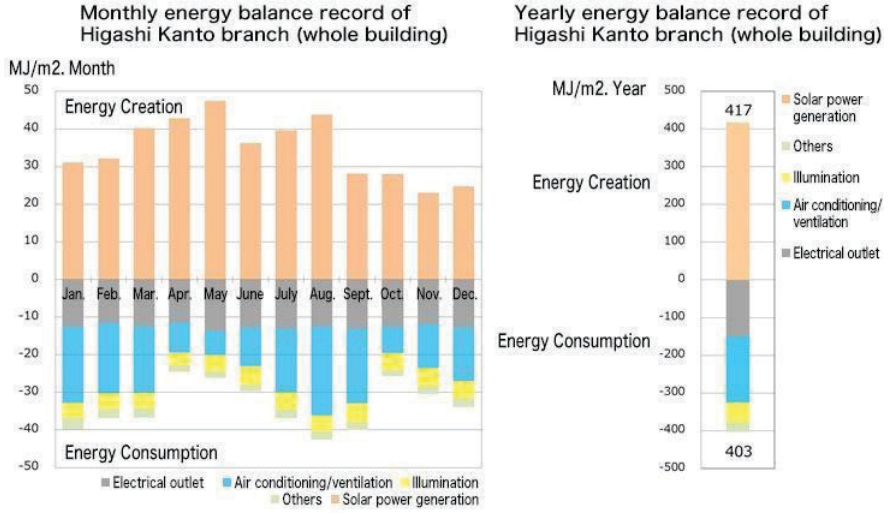
4.2. Cộng đồng dân cư năng lượng net-zero

Nhật Bản đã xây dựng một cộng đồng dân cư cân bằng năng lượng thế hệ mới đầu tiên tại Thành phố Sakai,

tỉnh Osaka, khởi động từ năm 2011 do Tập đoàn Daiwa House thực hiện. Dự án nhằm giải quyết các thách thức môi trường như biến đổi khí hậu, thiếu điện sau thảm họa động đất tại phía Đông Nhật Bản và thúc đẩy lối sống thân thiện với môi trường và tạo nhận thức về vấn đề này trong cộng đồng. Dự án được yêu cầu xây dựng các ngôi nhà phải thân thiện với môi trường, mang lại môi trường sống tiện nghi, chất lượng cuộc sống cao và là một phần của khu đô thị phát thải carbon thấp. Tất cả các ngôi nhà được xây dựng trong cộng đồng này đều phải tuân thủ tiêu chuẩn ZEH [18].

4.3. Cải tạo các công trình hiện có thành các công trình năng lượng net-zero

Cơ quan Năng lượng và Tài nguyên Thiên nhiên của Nhật Bản định nghĩa một công trình là "gần như năng lượng net-zero" (gần như ZEB) khi lượng năng lượng chính yếu tiêu thụ hàng năm ít hơn 25% so với một công trình thông thường cùng kích thước, và một công trình là "sẵn sàng cho cân bằng năng lượng" (công trình cân bằng năng lượng) khi lượng năng lượng tiêu thụ ít hơn 50% so với một công trình thông thường. Vì công trình xây dựng lại chỉ diễn ra một lần trong vài thập kỷ, việc cải thiện hiệu suất năng lượng trong các công trình hiện có là cực kỳ quan trọng. Để đạt được mục tiêu này, cần phải giảm lượng khí thải đáng kể trong các ngành thương mại và các ngành khác, làm cho các sáng kiến giảm lượng khí thải trong những ngành này trở thành một ưu tiên hàng đầu. Chính vì vậy, đã có một sự tập trung đáng kể vào việc cải thiện hiệu suất năng lượng trong các tòa nhà văn phòng trên khắp Nhật Bản. Ví dụ, chi nhánh Higashi Kanto của tập đoàn Takenaka, hoàn thành vào năm 2003, đã được cải tạo thành một công trình năng lượng net-zero trong khi vẫn được sử dụng làm văn phòng. Công trình đã đạt được cân bằng năng lượng hàng năm dương, với lượng năng lượng sản xuất hàng năm vượt quá lượng năng lượng tiêu thụ [19].



Hình 9. Số liệu về cân bằng năng lượng của tòa nhà theo tháng/năm [19]

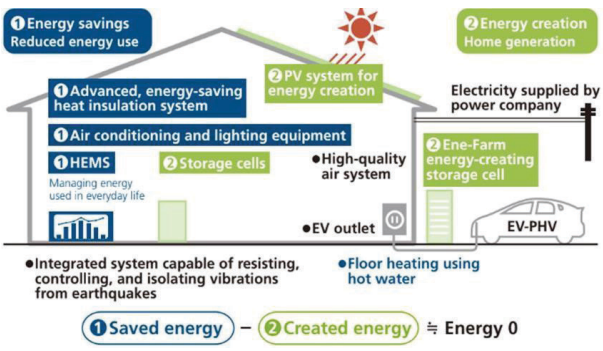
Trong thời gian một năm vận hành, tòa nhà sau khi được cải tạo đã mang lại nhiều hiệu quả tích cực bao gồm (1) tăng cường hiệu suất cách nhiệt: Việc cải tạo đã cải thiện đáng kể hiệu suất cách nhiệt tổng thể của tòa nhà, giảm tải trọng từ bên ngoài và đảm bảo sự thoải mái quanh năm bằng cách giảm thiểu biến đổi nhiệt độ, ngay cả trong các khu vực có cửa sổ; (2) ánh sáng tự nhiên và kiểm soát ánh sáng tiết kiệm năng lượng: sử dụng ánh sáng tự nhiên và kiểm soát tự động của rèm bên ngoài giúp duy trì một không gian nội thất được chiếu sáng tốt trong khi giảm đáng kể việc tiêu thụ điện năng cho chiếu sáng; (3) hệ thống điều hòa không khí tiết kiệm năng lượng: hệ thống điều hòa không khí mới được phát triển và hệ thống điều hòa không khí bức xạ, được cung cấp bởi năng lượng địa nhiệt và năng lượng mặt trời, đã giảm lượng năng lượng tiêu thụ cho điều hòa không khí trong khi duy trì không gian nội thất tiện nghi; (4) kiểm soát sức khỏe cá nhân: thông qua thiết bị đeo cho phép kiểm soát sức khỏe để tối ưu hóa điều kiện nhiệt độ và luồng không khí; (5) nâng cao khả năng kéo dài vận hành khi có sự số: tối thiểu hóa sự phụ thuộc vào các nguồn năng lượng bên ngoài đã đảm bảo rằng tòa nhà có thể duy trì hoạt động trong khoảng thời gian dài hơn, ngay cả trong trường hợp có sự cố về cơ sở hạ tầng, cải thiện đáng kể kế hoạch kinh doanh không bị gián đoạn.

Việc cải tạo của tòa nhà đã là một dự án tiên phong tại Nhật Bản, bao gồm việc biến đổi một tòa nhà văn phòng thành một công trình cân bằng năng lượng trong khi vẫn đang được sử dụng. Dự án bao gồm việc thay thế vật liệu ngoại thất bằng vật liệu cách nhiệt hiệu suất cao, tích hợp các công nghệ năng lượng net-zero, sử dụng công nghệ kiểm soát môi trường được thiết kế cẩn thận và cải tiến các phương pháp làm việc.

Hình 10, 11. Tòa nhà chi nhánh Higashi Kanto của tập đoàn Takenaka [19]

4.4. Thúc đẩy sự lồng ghép giữa chiến lược môi trường và kinh doanh

Năm 2008, Sekisui là một trong những công ty Nhật Bản đầu tiên giới thiệu tuyên bố về giảm khí nhà kính, kêu gọi không có khí thải carbon từ các ngôi nhà vào năm 2050. Họ đã cho ra mắt mô hình Green First cho các ngôi nhà thân thiện với môi trường vào năm 2009, mô hình Green First HYBRID - ngôi nhà thông minh sẵn sàng ứng phó với thiên tai vào năm 2011, Green First Zero (GFZ) - ngôi nhà năng lượng net-zero vào năm 2013 và tuyên bố tuân thủ Hiệp định Paris vào năm 2015. Trong năm tài chính 2020, 91% trong số các ngôi nhà liên kết mới xây dựng là ZEH, so với tỷ lệ 13% của cả nước Nhật [20]. Những ngôi nhà GFZ, như được thể hiện trong Hình 12, để đạt được nguồn cung cấp năng lượng trung hòa carbon qua việc cải thiện cách nhiệt và thiết bị tiết kiệm năng lượng, cùng với hệ thống điện mặt trời và các thiết bị tạo năng lượng tiên tiến khác.



Hình 12. Mô hình nhà Green First Zero [20]

Những dự án trên đây thể hiện trách nhiệm của các doanh nghiệp trong ngành xây dựng Nhật Bản đóng góp vào việc giải quyết các vấn đề xã hội quan trọng bao gồm vấn đề năng lượng và môi trường trong khi đồng thời thúc đẩy kinh doanh bền vững, nhận thức về mục tiêu phát triển bền vững (SDGs) bao gồm năng lượng giá rẻ và sạch; các thành phố và cộng đồng bền vững; và hành động về biến đổi khí hậu.

5. TÍNH KHẢ THI CỦA ZEB TẠI VIỆT NAM

Các công trình xây dựng hiện tiêu thụ lên đến 40% tổng lượng năng lượng tiêu thụ trên toàn cầu, dự kiến con số này sẽ tăng lên 50% vào năm 2030. ZEB sẽ trở thành hình thức xây dựng cơ bản trên mọi nền kinh tế, đóng góp tích cực vào xu hướng phát triển bền vững toàn cầu.

Là một trong những nước châu Á đặt tham vọng lớn nhất, quyết tâm thực hiện cam kết net-zero vào 2050 đồng thời cam kết đến năm 2030 sẽ giảm 43,5% lượng phát thải [21], do đó, việc nghiên cứu và vận dụng ZEB là cần thiết để có thể mang lại những cải cách lớn đối với lĩnh vực kiến trúc xây dựng nhằm góp phần thực hiện các cam kết của chính phủ Việt Nam.

Hiện tại các quy định hoặc ưu đãi cụ thể hướng tới các tòa nhà cân bằng năng lượng còn hạn chế tại Việt Nam. Bên cạnh đó là một số thách thức cản trở việc áp dụng rộng rãi ZEB bao gồm năng lực thiết kế, chuyên môn kỹ thuật đặc biệt là hạn chế về công nghệ bao gồm chế tạo lắp đặt thiết bị có mức tiêu thục năng lượng thấp, làm chủ các phần mềm chuyên dụng và trang bị những chuyên ngành đòi hỏi khả năng tính toán và thiết kế công trình tiêu thụ năng lượng bằng không trong điều kiện khí hậu môi trường tại Việt Nam.

Việt Nam đã đưa ra các cam kết và kế hoạch hành động bao gồm mục tiêu giảm phát thải nhà kính, tăng tỉ trọng nguồn điện năng lượng tái tại lên 33% [22] cùng với việc hợp tác với các tổ chức quốc tế để trao đổi kiến thức và thực tiễn tốt nhất trong thiết kế và xây dựng công trình bền vững. Động lực phát triển các tòa nhà sử dụng năng lượng bằng không ở Việt Nam dự kiến sẽ tiếp tục tăng khi nhận thức, tiến bộ công nghệ tăng lên và chính phủ đưa ra nhiều chính sách và ưu đãi hỗ trợ hơn để lồng ghép các hoạt động xây dựng net-zero trong nước. Việc ưu tiên mô hình các tòa nhà sử dụng năng lượng bằng không phù hợp với cam kết của Việt Nam về tính bền vững và có thể đóng vai trò then chốt trong việc đạt được các mục tiêu kinh tế và môi trường dài hạn.

6. KẾT LUẬN

Biến đổi khí hậu đang ở mức báo động và đặt con người vào tình thế rủi ro không chỉ cho các thế hệ tương

lai, mà còn cho chúng ta ở thế hệ hiện tại. Sau Hội nghị Biến đổi Khí hậu Liên Hợp Quốc tại Glasgow (COP26), Nhật Bản đã tuyên bố mục tiêu đạt sự cân bằng carbon vào năm 2050.

Nghiên cứu này đã đánh giá tổng quan định nghĩa về các tòa nhà năng lượng net-zero (ZEB/ZEH), vai trò của chúng trong cuộc chiến chống biến đổi khí hậu và cung cấp một cái nhìn tổng quan về việc tiêu thụ năng lượng và phát thải CO_2 toàn cầu và tại Nhật Bản liên quan đến các tòa nhà và ngành xây dựng. Để đáp ứng các mục tiêu cam kết này, có nhiều biện pháp và công nghệ có thể áp dụng, bao gồm việc củng cố quy định, chuyển đổi sang các tiêu chuẩn ZEB/ZEH cho các công trình xây dựng mới, đẩy nhanh việc thông qua chính sách cho nhà ở công cộng, và thúc đẩy việc cải thiện năng lượng và việc áp dụng năng lượng tái tạo trong cấu trúc hiện có. Các biến thể ảnh hưởng đến hiệu suất của ZEB/ZEH bao gồm các yếu tố môi trường, phương pháp xây dựng, hoạt động của cư dân, thiết kế vỏ tòa nhà và việc sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo hiệu quả. Việc sử dụng sản xuất hydrogen từ năng lượng tái tạo, như công nghệ ene-farm, cũng đã thu hút sự chú ý như một giải pháp lưu trữ năng lượng để giảm chi phí năng lượng.

Những nỗ lực này cùng đóng góp vào sự phát triển của một xã hội công trình cân bằng năng lượng và điều này phù hợp với mục tiêu đạt sự cân bằng carbon vào năm 2050.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Prime Minister's Office, Japan. Available online: https://japan.kantei.go.jp/tyoukanpress/202010/26_p.html (accessed on 15 August 2023)

[2] K. Take, L. Nguyen, T. Ota, T. Hirayama, Y. Motoki, G. Hibino, Y. Ochi, and T. Masui, "Net Zero Emission Scenarios in Vietnam", Global Environmental Research Journal, Vol. 26, No. 1&2, pp.49-56, 2022.

[3] The Basic Environment Plan, Cabinet decision on April 17, 2018

[4] Ministry of the Environment, Japan: Greenhouse Gas Emissions. Available online: https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg. html (accessed on 3 June 2021)

[5] World Energy Outlook 2022 Report, IEA (International Energy Agency), France, 2022

[6] IEA. Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations, International Energy Agency; Organisation for Economic Cooperation and Development: Typeset, France, 2017.

[7] K. Ahmed Ali, M. I. Ahmad, and Y. Yusup, "Issues, Impacts, and Mitigations of Carbon Dioxide Emissions in the Building Sector," Sustainability, vol. 12, no. 18, p. 7427, Sep. 2020, doi: 10.3390/su12187427.

[8] World Energy and Climates Statistic Yearbook – 2023

[9] Japan's Energy 2021

[10] Torben V. Esbensen, Vagn Korsgaard, Dimensioning of the solar heating system in the zero energy house in Denmark, Solar Energy, Volume 19, Issue 2, 1977, Pages 195-199,

[11] E. Recast, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), Off. J. Eur. Union 18 (2010) 2010.

[12] B. Obama, Federal leadership in environmental, energy, and economic performance, Executive Order (13514) of October, 5 (2009)

[13] C. Riedy, A. Lederwasch, N. Ison, Defining zero emission buildings-review and recommendations, (2011).

[14] J. Kurnitski, Cost Optimal and Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB): Definitions, Calculation Principles and Case Studies, Springer Science & Business Media, 2013.

[15] Rajkovich, N. B., Miller, W. C., and Risser, R. J. (2013). The Prospect of Zero Net Energy Buildings in the United States. Energy Effic. Editor F. P. Sioshansi (Boston: Academic Press), 253–274. doi:10.1016/b978-0-12-397879-0.00010-4

[16] Oki, R., Tsuneoka, Y., Yamaguchi, S., Sugano, S., Watanabe, N., Akimoto, T., et al. (2019). Renovating a House to Aim for Net-Zero- energy, Thermal Comfort, Energy Self-Consumption and Behavioural Adaptation: A Method Proposed for ENEMANE HOUSE 2017. Energy Build. 201, 183–193. doi:10.1016/j.enbuild.2019.06.041

[17] Japan's Path to Net Zero by 2050: 2030 and 2040 GHG Reduction Targets and Policy Recommendations, KikoNetwork Report, Japan, March 2021.

[18] Japan's first, next-generation Net-Zero Energy community, Daiwa House Group, Available online: https://www.daiwahouse.com/English/about/community/case/harumidai/ (accessed on 10 September 2023)

[19] Takenaka's technology for net-zero energy building renovation. Available online: https://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/solution/asset/higashikanto-zeb/ (accessed on 15 September 2023)

[20] Sekisui House Sustainability Report 2018.

[21] COP 26 và dấu ấn Việt Nam, Nhan Dan online, Available online: https://special.nhandan.vn/COP26_Vietnam/index.html (accessed on 25 January 2024)

[22] Việt Nam quyết tâm thực hiện cam kết Net Zero vào 2050, Tuoitre online, Available online: [1]. https://tuoitre.vn/viet-nam-quyet-tam-thuc-hien-cam-ket-net-zero-vao-2050-20231129094442211.htm (accessed on 25 January 2024)

TÔ KIÊN

TS. KTS. Tô Kiên là Quy hoạch sư Cao cấp kiêm Quản lý tại Tập đoàn Tư vấn Phát triển Hạ tầng Eight-Japan (Tokyo), kiêm Giảng viên Cao cấp Đại học UEH (TP HCM) và Giảng viên Thỉnh giảng ĐH Quốc gia Yokohama. Trước đó, từ 1996 tới 2017, anh là Giảng viên Đại học Xây dựng Hà Nội, Học giả Khách mời tại Đại học Kumamoto, Phó Giáo sư và Nghiên cứu viên Postdoc (JSPS) Đại học Kyushu, Nghiên cứu viên và Giảng viên Cao cấp Đại học Công nghệ và Thiết kế Singapore. Anh tốt nghiệp Kiến trúc sư Quy hoạch tại Việt Nam (1996), Thạc sỹ Thiết kế Đô thị tại CHLB Đức (2000) và Tiến sỹ Kiến trúc tại Nhật Bản (2008). Anh đã viết trên 100 bài báo các loại về nhiều chủ đề liên quan tới phát triển bền vững trên cả phương diện môi trường và văn hóa-xã hội, thuyết trình tại hơn 100 đại học và hội thảo trên thế giới, đồng chủ trì một số dự án quy hoạch-thiết kế dựa vào cộng đồng tại Việt Nam và Singapore, và nhận một số giải thưởng, bằng ghi nhận cống hiến từ nhiều tổ chức trong và ngoài nước.

Link profile với trường đại học: https://www.iscm.ueh.edu.vn/vi/members/dr-to-kien/

Link Google scholar: https://scholar.google.com/citations?user=XfeLlLcAAAAJ&hl=en
Link Academia: https://sutd.academia.edu/ToKien
Link ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Kien-To

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0296

KINH NGHIỆM CỦA NHẬT BẢN TRONG VIỆC THÚC ĐẨY PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ SINH THÁI VÀ BỀN VỮNG, HƯỚNG TỚI NET ZERO

Tô Kiên [1]

[1] *Quy hoạch sư Cao cấp, Tập đoàn Tư vấn Phát triển Hạ tầng Eight-Japan (EJEC), Nhật Bản*
(kiêm) Giảng viên Cao cấp, Viện Đô thị Thông minh và Quản lý, Đại học UEH
Giảng viên Thỉnh giảng, Đại học Quốc gia Yokohama
Email: tokien@ueh.edu.vn

TÓM TẮT:

Bài báo này tập trung giới thiệu những kinh nghiệm của Nhật Bản trong việc thúc đẩy phát triển đô thì sinh thái và bền vững, hướng tới tương lai "Net Zero". Bài bắt đầu với phần tổng quan về những vấn đề ô nhiễm khí thái toàn cầu từ các ngành trọng điểm trong đó nhấn mạnh vào phát thải công nghiệp, giới thiệu hai cách tiếp cận cơ bản về phát triển xanh và đô thị sinh thái (xanh sinh thái tự nhiên và "xanh" phát thải thấp), sau đó đi vào giới thiệu các kinh nghiệm về chính sách và sáng kiến và các mô hình thí điểm phát triển đô thị sinh thái của Nhật Bản. Trong phần cuối, tác giả giới thiệu những nỗ lực của Nhật Bản trong việc quảng bá và thúc đẩy các nỗ lực xanh hóa đô thị ra các nước trong khu vực, giới thiệu minh họa ngắn gọn một số dự án gần đây mà tác giả cùng các đồng nghiệp Nhật thực hiện ở ngoại vi Bangkok và TP Hồ Chí Minh, và chia sẻ một số quan điểm và kiến nghị cho vấn đề này tại Việt Nam.

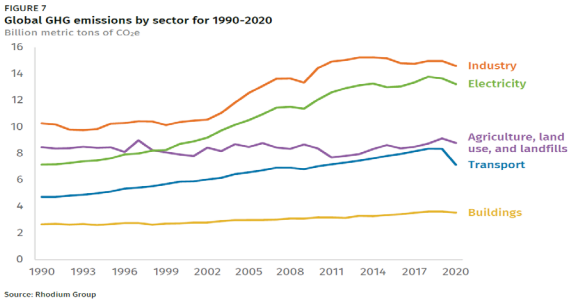
Từ khóa: *Đô thị sinh thái, phát triển xanh, phát triển bền vững, net zero, Nhật Bản*

1. XU HƯỚNG MỚI VỀ PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ SINH THÁI THEO HƯỚNG BỀN VỮNG

1.1. Tổng quan

Thế kỷ 21 là thế kỷ của đô thị hóa. Các đô thị là nơi tập trung ngành nghề, kinh tế, sản xuất và dịch vụ, là động lực phát triển của mỗi quốc gia. Dù chỉ chiếm chừng 2% diện tích thế giới, các thành phố là nơi tiêu thụ tới hơn 80% tài nguyên thiên nhiên [1] và thải ra một lượng khí thải nhà kính khổng lồ. Hình 1 cho thấy xu hướng thay đổi tổng tỉ trọng khí nhà kính (GHGs) toàn cầu trong giai đoạn từ 1990 tới 2020, đến từ một số nguồn chủ đạo như nguồn công nghiệp, sản xuất điện, nông nghiệp và một số chức năng sử dụng đất liên quan, giao thông và công trình dân dụng.

Từ hình 1 ta có thể rút ra hai điều. Thứ nhất là nhìn chung xu hướng phát thải đều tăng theo các năm. Thứ hai là các nguồn thải lớn nhất đến từ công nghiệp và sản xuất điện, tức là nguồn kiểu công nghiệp. Thực tế phải đối mặt này dẫn tới vô vàn hệ quả xấu về môi trường, như hủy hoại môi trường sinh thái, ô nhiễm, tăng nguy cơ và mức độ nghiệm trọng của thiên tai,...



Hình 1. Tỉ trọng khí nhà kính (GHGs) toàn cầu theo lĩnh vực trong giai đoạn 1990-2020 (Nguồn: Rhodium Group, 2021)

Tuy nhiên, nó cũng là tiền đề để cho những mục tiêu phát triển bền vững trên phạm vi toàn cầu ngày một quyết liệt và hoàn thiện hơn, trong đó phải kể tới Sustainable Development Goals (SDGs) và "Net Zero". Kể từ khi được Liên Hợp Quốc ban hành vào năm 2015 cho mục tiêu tới năm 2030, SDGs được thúc đẩy mạnh mẽ vào sâu rộng trên toàn cầu. Và đạt được Net Zero (Phát thải ròng bằng Không) chính là một trong những mục tiêu sống còn của rất nhiều quốc gia để giúp các nước và toàn cầu có được sự phát triển bền vững hơn.

1.2. Hai tiếp cận cơ bản về phát triển xanh và đô thị sinh thái

Trong số những mô hình phát triển đô thị hướng tới phát triển bền vững nổi bật nhất có thể kể đến mô hình đô thị sinh thái. Tương tự như thuật ngữ "xanh" có thể được hiểu theo 2 nghĩa cơ bản là xanh sinh thái tự nhiên (mảng xanh) và "xanh" về phát thải thấp, đô thị sinh thái cũng có 2 cách tiếp cận cơ bản như vậy. Bảng 1 giới thiệu khái quát về hai cách tiếp cận cơ bản này và mối liên hệ với bối cảnh Việt Nam.

Bảng 1. Hai tiếp cận cơ bản về mô hình đô thị sinh thái hướng tới phát triển bền vững (Nguồn: Tác giả)

Mô hình	Bối cảnh	Mục tiêu
Đô thị sinh thái kiểu 1: Trọng tâm vào môi trường sinh thái tự nhiên và hạ tầng xanh (green infrastructure)	Biến đổi khí hậu gia tăng, môi trường ô nhiễm xuống cấp, sức khỏe cộng đồng sa sút, sự ngột ngạt của đời sống mật độ cao dẫn tới nhu cầu sống mới gần gũi với thiên nhiên tăng mạnh. [1]	Phát triển hệ sinh thái tự nhiên như không gian xanh và mặt nước ("green and blue"), hướng tới xây dựng hệ thống hạ tầng xanh đô thị như công viên, hành lang/ vành đai xanh, tường xanh, vườn mái, sông ngòi kênh rạch, hồ điều hòa, mương lọc sinh học (bioswale)...Hạ tầng xanh giúp cải thiện môi trường sống đô thị và tăng cường sức chống chịu (resilience)
Đô thị sinh thái kiểu 2: Trọng tâm vào phát thải thấp, trung hòa carbon, Net Zero, tuần hoàn tài nguyên và tái sinh năng lượng	Biến đổi khí hậu gia tăng, môi trường ô nhiễm xuống cấp, sức khỏe cộng đồng sa sút, khủng hoảng chất thải, thiếu hụt tài nguyên, khủng hoảng năng lượng, vv.	Thúc đẩy tái sử dụng, tái chế và tái chế sáng tạo (upcycling) theo hướng tuần hoàn tài nguyên thiên nhiên, thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn, thúc đẩy năng lượng tái tạo, hướng tới trung hoà carbon…Các nhà máy công nghiệp và phương tiện giao thông có lượng xả thải vào hàng cao nên cần tập trung nhắm tới.

Hình 2. Khu đô thị sinh thái tích hợp thông minh Kashiwa-no-ha, Nhật Bản (443 ha, đã xây dựng cơ bản) (hình trái) và Tengah, Singapore (700 ha, đang xây dựng) (hình phải)

Trên thực tế, nhiều dự án phát triển đô thị và nhiều chính sách nhắm tới đồng thời cả hai kiểu "xanh" nói trên, hoặc đặt trọng tâm thiên về một trong hai kiểu.

Mô hình đô thị sinh thái kiểu 1 nhìn chung là hữu hình, vì những cảnh quan cây xanh và mặt nước, hệ sinh thái tự nhiên, hạ tầng xanh… là những thứ ai cũng có thể

nhìn thấy, cảm thụ, tận hưởng, và ít nhiều ý thức được tầm quan trọng. Một dự án phát triển đô thị mới mà có nhiều công viên, hành lang xanh, tường xanh, vườn mái, sông hồ thì vừa tốt về mặt sinh thái tự nhiên và vi khí hậu, vừa dễ dàng marketing cho khách hàng với giá cao hơn (tức là làm tăng giá trị bất động sản), điều các bên đều mong muốn.

Còn mô hình đô thị sinh thái kiểu 2 thì thường khá "vô hình" vì phát thải thấp là thứ khó thấy. Nó liên quan tới hệ thống hạ tầng kĩ thuật (tài nguyên, nước, điện, nhiệt vv.) là những thứ thuộc về "bề chìm", cộng thêm với tính kĩ thuật cao (và chưa kể là đầu tư tài chính cũng cao) nên khó tiếp cận và khó thực hiện hơn. Vì thế ở Việt Nam, kiểu 2 chưa được quan tâm thỏa đáng, dù rằng tầm ảnh hưởng quan trọng của nó tới tính bền vững sống còn của đô thị và địa cầu là rất lớn [2].

Trong câu chuyện về đô thị sinh thái kiểu 2 có một nhánh lĩnh vực quan trọng đang nổi lên là công nghiệp sinh thái, vì tỉ trọng phát thải công nghiệp là rất lớn như đã nói trên. Trong lĩnh vực này, việc phát triển các các khu công nghiệp (KCN) sinh thái (eco-industrial park, viết tắt EIP, hoặc eco-industrial estate) là quan trọng. Một phiên bản cao hơn, hoàn thiện hơn nữa là các khu đô thị công nghiệp sinh thái (eco- industrial town), tức là các EIP có tích hợp thêm các khu vực nhà ở (nhất là cho công nhân và các chuyên gia), đi kèm với thương mại dịch vụ, nghỉ ngơi giải trí.

Bản thân các KCN cũng muốn cải tổ để đạt được các chứng chỉ về KCN sinh thái, giúp cho việc quảng bá, marketing và kêu gọi đầu tư dễ dàng hơn. Sinh thái hóa các KCN không chỉ là chuyện đầu tư xây dựng các cơ sở xử lý nước, rác thải cục bộ và tập trung trong toàn khu trước khi thải ra hệ thống chung, mà còn đi vào những cải tổ quan trọng hơn như thúc đẩy "cộng sinh công nghiệp" (industrial symbiosis), là một phần của mô hình kinh tế tuần hoàn đang nổi lên. Khái niệm cộng sinh công nghiệp không mới ở các nước công nghiệp phát triển nhưng còn khá mới mẻ ở nước ta. Bản chất của nó là quy hoạch và thúc đẩy hợp tác giữa các nhà máy trong nội khu hoặc giữa các KCN gần nhau nhằm tối ưu hóa việc sử dụng các yếu tố đầu vào, đầu ra trong quá trình sản xuất, kinh doanh của các doanh nghiệp. Sản phẩm phụ (co-product) hoặc chất thải được tạo ra trong quá trình sản xuất ra một sản phẩm chính của nhà máy A sẽ trở thành nguyên liệu đầu vào cho quá trình sản phẩm chính của nhà máy B, qua đó tạo mối quan hệ win-win. Nhờ đó cả hai nhà máy giảm được chi phí sản xuất, giảm sử dụng tài nguyên, nâng cao hiệu quả hoạt động, bảo vệ môi trường theo hướng phát triển bền vững. Về mặt concept thì nguyên lý này có nét tương tự như nguyên lý Vườn-Ao-Chuồng (VAC) trong phát triển nông thôn ở Việt Nam. Rất nhiều nước đã và đang xúc tiến và triển khai các KCN sinh thái, và các tổ chức quốc tế có uy tín toàn cầu như Liên Hợp Quốc, Ngân hàng Thế giới,... đã và đang hỗ trợ để quảng bá, vinh danh và công bố những hướng dẫn có tính tiêu chuẩn chung để tham khảo toàn cầu (tham khảo: UNIDO, World Bank & GIZ, 2021) [2].

2. KINH NGHIỆM VỀ CHÍNH SÁCH VÀ CÁC MÔ HÌNH THÍ ĐIỂM PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ SINH THÁI CỦA NHẬT BẢN

Nhật Bản từng chịu những thách thức lớn về môi trường từ sau Thế chiến thứ hai (sau 1945) tới cuối thập niên 1980. "Điều thần kỳ kinh tế Nhật Bản" đã kéo theo sự tăng vọt của chất thải và ô nhiễm. Nhưng chính phủ Nhật Bản đã sớm nhận ra và quyết tâm chuyển đổi sang chính sách và công nghệ quản lý rác thải tiên tiến với phương thức cốt lõi 3R (giảm thiểu- tái sử dụng-tái chế) và gần đây thêm tái chế sáng tạo. Chính phủ Nhật Bản cũng đẩy mạnh phát triển kinh tế tuần hoàn, xây dựng các đô thị sinh thái lớn, nhỏ trên cả nước theo hướng "xanh-chồng-xanh".

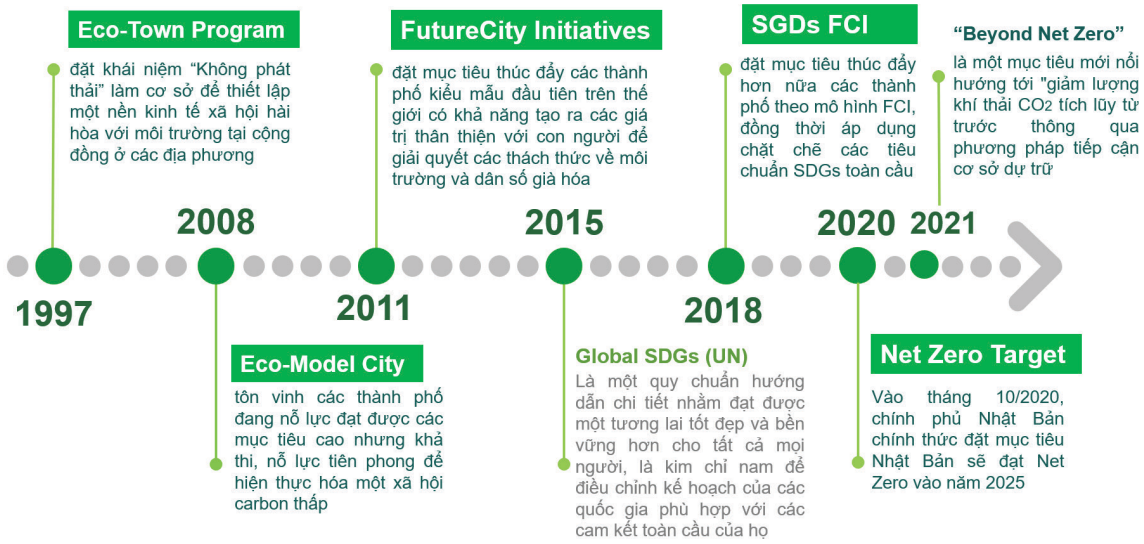
Cụm từ này có hai cách hiểu. Cách hiểu thứ nhất, "xanh - chồng - xanh" là chuyển ngữ của "green - and - blue" để chỉ hai không gian sinh thái quan trọng trong đô thị: mảng xanh và mặt nước. Một đô thị sinh thái cần có nhiều công viên, mảng xanh, hành lang xanh, đồng thời cả hồ ao, kênh rạch hay sông biển. Cách hiểu thứ hai, "xanh - chồng - xanh" là xanh (phát thải thấp) lồng ghép cùng xanh (cây cỏ). Ngày nay, chúng ta đều quen thuộc những khái niệm "xanh" phát thải thấp, như tăng trưởng xanh, công trình xanh hay công nghệ xanh [3].

Trước hết, chúng ta cùng tìm hiểu về các chính sách vĩ mô của chính phủ Nhật về phát triển các đô thị sinh thái (trong đó chú trọng vào sinh thái kiểu 2) và xa hơn là thúc đẩy hướng tới Net Zero.

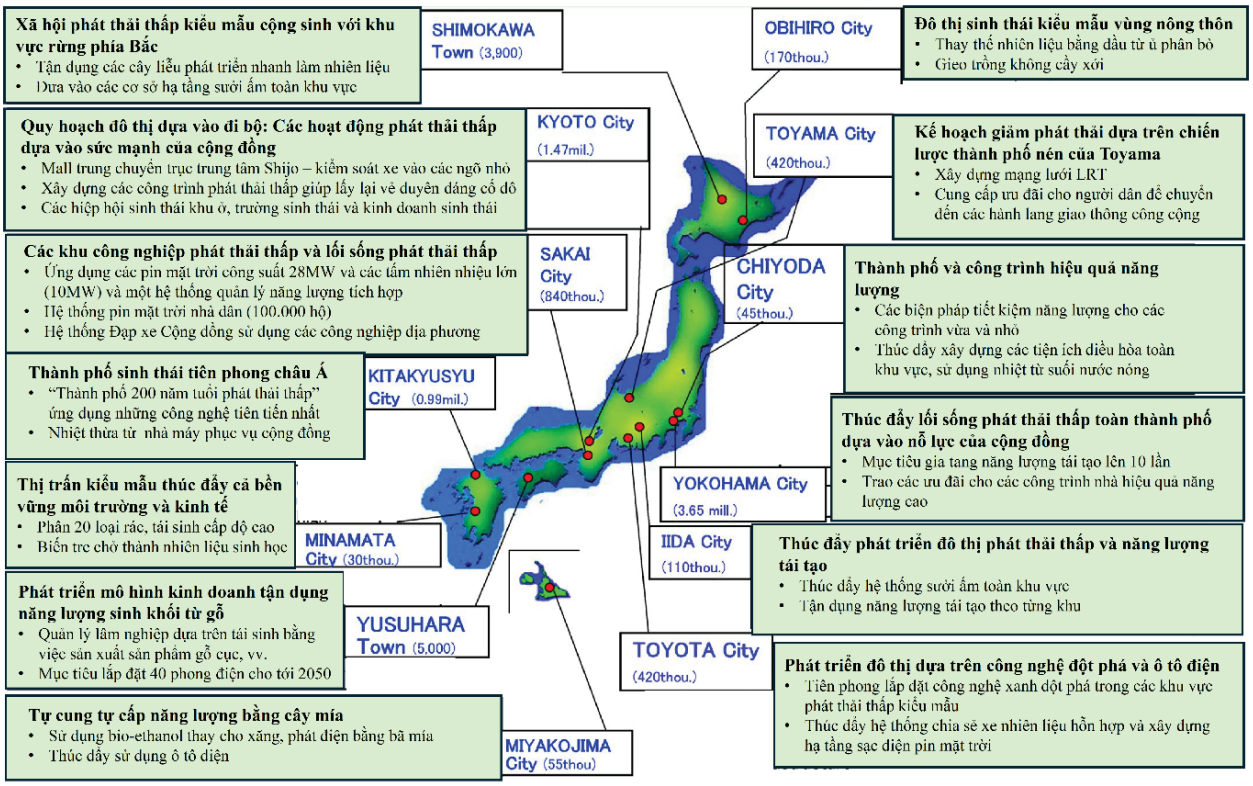
Phần dưới đây tóm tắt nội dung một số dấu mốc trong hình 3.

Chương Trình Đô thị Sinh thái (Eco-town Program)

Chương trình này được thành lập lần đầu tiên vào năm 1997 và được 2 bộ thúc đẩy là Bộ Kinh Tế, Thương Mại và Du lịch (METI) và Bộ Môi Trường (MOE). Chương trình này đặt khái niệm Net Zero làm cơ sở để thiết lập một nền kinh tế xã hội hài hòa với môi trường ở các địa phương. Ngoài ra, chương trình cũng nhắm mục đích thúc đẩy các đô thị tiên tiến, hài hòa về môi trường bằng cách được lồng ghép vào một chương trình trụ cột để thực hiện việc phục hồi sức sống ở các địa phương vốn đã bị rơi vào suy thoái nhiều thập kỉ. Nếu một kế hoạch do các tỉnh thành kết hợp với các doanh nghiệp tư nhân trình lên chính phủ trung ương mà được hai bộ METI và MOE duyệt, thì sẽ được hai bộ này hỗ trợ toàn diện bao gồm cả tài chính để thực hiện các dự án thành phần trong bản kế hoạch đó. Về mặt phân vai, METI sẽ tập trung vào hỗ trợ đầu tư và xây dựng "phần cứng" là cơ sở vật chất, trang thiết bị tiên tiến mà chủ yếu liên quan tới tái chế, xử lý chất thải, trang thiết bị phục vụ nghiên cứ và phát triển (R&D), và mảng này cũng thiên về hợp tác cùng các doanh nghiệp. Còn MOE sẽ tập trung hỗ trợ "phần mềm"



Hình 3. Biểu đồ tóm tắt các mốc chính sách quan trọng của chính phủ Nhật theo thời gian

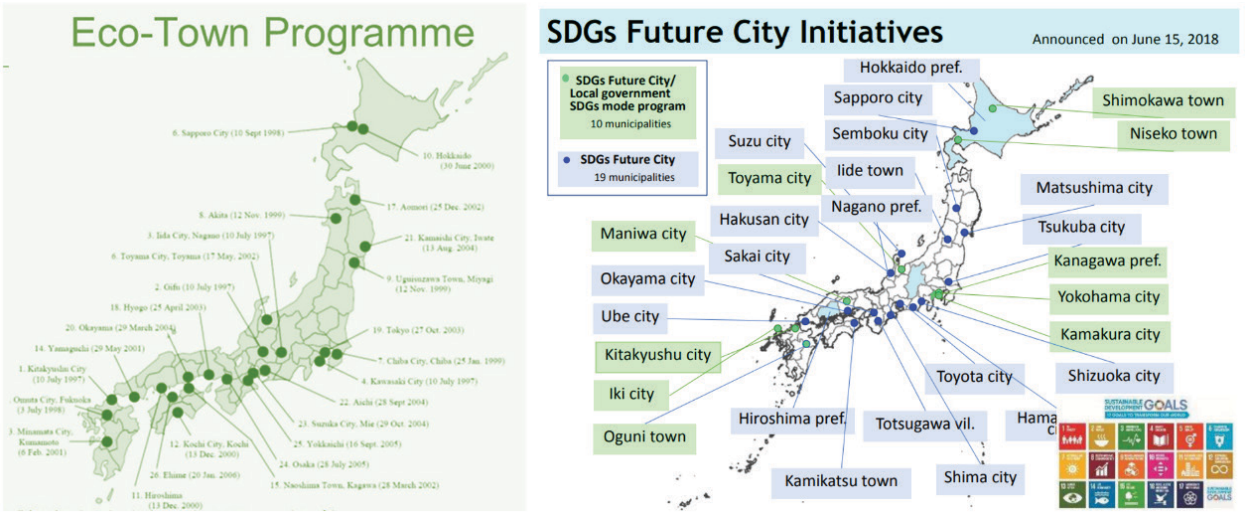


Hình 4. Bản đồ tên và vị trí 13 thành phố được chọn cho Sáng kiến Đô thị Sinh thái Kiểu mẫu và các hướng tiếp cận mỗi nơi (Nguồn: Trang web tổng hợp của Văn phòng Nội các Nhật Bản - www.chisou.go.jp/sousei/)

là điều tra, khảo sát, nghiên cứu, lên kế hoạch, thông tin, truyền thông, quảng bá, xuất bản…, và mảng này sẽ thiên về hợp tác với các cộng đồng dân cư. Cho tới 2007, đã có 26 khu đô thị sinh thái được phê duyệt trên khắp cả nước. Hình 5 (trái) thể hiện bản đồ các đô thị sinh thái (eco-town) đã được thúc đẩy bởi các chính quyền địa phương và được chính phủ Nhật Bản phê duyệt.

Sáng kiến Đô thị Sinh thái Kiểu mẫu (Eco-Model City Initiative)

Sáng kiến đô thị sinh thái kiểu mẫu được đưa ra để cụ thể hóa và thực thi toàn diện xã hội carbon thấp trong tương lai. Trong năm tài khóa 2008, đã có 13 thành phố đã được chọn để thực hiện với các phương pháp tiếp cận tiên phong. Mỗi thành phố đã tạo ra các Kế hoạch Hành động (Action Plan) cụ thể để đạt được các mục tiêu của mình và thực thi chúng, đồng thời nhận những tham vấn từ Ủy ban Đánh giá Nghiên cứu và Đánh giá Thành phố Sinh thái Kiểu mẫu. Các thành phố kiểu mẫu này đã và đang nỗ lực thực hiện các kế hoạch hành động của mình theo phương thức xuyên suốt và thực hiện một cách tiếp cận toàn diện để vượt qua các rào cản giữa các bên liên quan khác nhau. Đồng thời, họ luôn hợp tác với người



Hình 5. Bản đồ các đô thị trong chương trình "Đô thị Sinh thái" (hình trái, thời điểm 2011), và bản đồ các thành phố trong Sáng kiến Đô thị Tương Lai SDGs

dân và các doanh nghiệp, tổ chức tư nhân để tạo ra sức sống cho các thành phố đó và hướng tới xã hội carbon thấp, cũng như phấn đấu trở thành hình mẫu về các thành phố tự chủ trên toàn quốc.

Sáng kiến Đô thị Tương Lai (FutureCity Innitiatives, hay FCI)

Được thành lập vào năm 2011, Sáng kiến này được thúc đẩy bởi Văn phòng Nội các của chính phủ Nhật Bản và hỗ trợ tài chính bởi chính phủ trung ương kết hợp với các tập đoàn tư nhân. Mục đích của FCI hướng tới là tạo ra các thành phố áp dụng các giá trị mới, giải quyết tốt các vấn đề mấu chốt mà Nhật Bản và thế giới đang phải đối mặt, trong đó nổi bật nhất là các vấn đề về môi trường và sinh thái.

Mỗi thành phố ứng cử viên FCI phải quyết định tầm nhìn chiến lược trong tương lai của mình để hiện thực hóa các mục tiêu cơ bản của FCI. Đồng thời, họ được khuyến khích thực hiện các thách thức bổ sung trong các lĩnh vực đặc thù ở địa phương để nâng cao lợi cạnh tranh khi hợp tác với các thành phố khác ở Nhật Bản và nước ngoài. Mỗi thành phố được chọn sẽ thành lập một liên minh với các tập đoàn, công dân, trường đại học và chính quyền địa phương có liên quan. Tại thời điểm ra đời Sáng kiến, có 11 thành phố trên toàn Nhật được chọn để thực hiện. Sau khi SDGs ra đời vào năm 2015, thì tới năm 2018, chương trình FCI được phát triển thêm thành SGDs FCI, trong đó các thành phố thành viên FCI sẽ cần đối chiếu các chương trình của mình với các tiêu chí cụ thể của SGDs, và phải công bố công khai báo cáo kết quả. Tới đây, chính phủ Nhật sẽ còn tiếp tục phát triển chương trình FCI này thêm lên với nhiều đột phá mới.

Điểm đáng lưu ý là trong tất cả các chương trình nói trên, điểm đặc sắc là sự hợp tác sâu rộng giữa các bên liên quan như chính phủ trung ương, chính quyền tỉnh-thành phố địa phương, các đại học-viện nghiên cứu, tập đoàn, doanh nghiệp tư nhân, cộng đồng, vv. Để đảm bảo nguồn tài chính, ngoài nguồn vốn từ ngân sách trung ương và một phần ngân sách địa phương, chính phủ Nhật đã khôn khéo mời gọi các nhà đầu tư tư nhân tham gia theo cơ chế hợp tác công-tư (PPP), cho họ thấy được cơ hội đầu tư, quảng bá cho doanh nghiệp hoặc thấy được thị trường, nhất là mảng nghệ môi trường. Sự tham gia của các đại học và viện nghiên cứu góp phần tạo nên thành công.

Mốc công bố mục tiêu đạt được Net Zero vào năm 2050

Vào tháng 10/2020, Nhật Bản cam kết đạt được Net Zero vào năm 2050. Tháng 4 năm sau đó, nước này tuyên bố sẽ đặt mục tiêu cắt giảm 46% lượng phát thải khí nhà kính vào năm 2030 so với mức năm 2013. Điều này có nghĩa là Nhật Bản sẽ đóng vai trò dẫn đầu trong quá trình khử carbon trên quy mô toàn cầu thông qua việc tạo ra các công nghệ tiên tiến và chia sẻ kiến thức cho phép các quốc gia khác tìm ra những cách mới để giảm lượng khí thải carbon của họ. Điều này sẽ được thực hiện kết hợp với sáng kiến "Beyond Zero", vượt ra ngoài mục tiêu Net Zero và tích cực tìm cách giảm lượng khí thải carbon đã thải ra từ trước.

Để kiến tạo những không gian đáng sống, sinh thái và bền vững, không thể thiếu đóng góp của giới quy hoạch đô thị và kiến trúc bên cạnh chính quyền, doanh nghiệp, chuyên gia đa ngành và cộng đồng dân cư. Họ tham gia vào quá trình "quy hoạch thiết kế tham dự" (participatory planning) với tinh thần dân chủ, hài hòa lợi ích hướng tới đồng thuận, và giúp nâng cao nhận thức cho cộng đồng về phát triển bền vững. Mô hình hợp tác chủ đạo "Nhà nước-Nhà doanh nghiệp-Nhà trường" đã thu hút sự tham gia của nhiều tập đoàn tư nhân, trường đại học và viện nghiên cứu mạnh để đạt được thành công.

3. CÁC MÔ HÌNH THÍ ĐIỂM PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ SINH THÁI THÔNG MINH CỦA NHẬT BẢN

Phần 3 này sẽ giới thiệu 4 case studies gần đây theo hướng đô thị sinh thái (cả kiểu 1 và kiểu 2) tích hợp

thông minh tại Nhật Bản. Case số 1 ở quy mô lớn gần như nguyên một thành phố, còn case số 2 thì ở quy mô nhỏ hơn là một khu lõi trung tâm đô thị.

3.1. Case study 1 – Khu đô thị công nghiệp sinh thái Kitakyushu, tỉnh Fukuoka

Thành phố Kitakyushu ngày nay thường được mệnh danh là "thủ đô sinh thái" của Nhật Bản và cả phạm vi quốc tế, một trong những thí dụ điển hình về chuyển hóa ngoạn mục "từ Thành phố Xám thành Thành phố Xanh" (from Grey City to Green City) (theo một báo cáo năm 1985 của Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế OECD). Là một trong những thành phố công nghiệp hàng đầu của Nhật, Kitakyushu đóng góp lớn vào sự tăng trưởng kinh tế của Nhật Bản kể từ trước Thế chiến thứ hai, nhờ vào vị trí địa lý gần với các nước châu Á khác và có cảng biển.

Tuy nhiên, vào những năm 1960, ô nhiễm môi trường nổi lên và trở thành vấn đề nghiêm trọng ở Kitakyushu. Sau nhiều thập kỷ đấu tranh và hợp tác giữa nhiều bên trong đó có người dân, doanh nghiệp và thành phố, Kitakyushu đã giải quyết thành công những vấn đề môi trường này.

Phong trào đấu tranh của phụ nữ là các bà mẹ ở Kitakyushu lo lắng cho sức khỏe của con cái do môi trường ô nhiễm nặng đã nổi lên bằng việc kêu gọi các nhà máy ngăn chặn tình trạng ô nhiễm, giám sát dân sự và đưa ra ánh sáng các nhà máy gây ra ô nhiễm. Điều này là dũng cảm, bởi có những trường hợp chính chồng của họ làm công nhân tại đó. Phong trào đã giúp hối thúc thành phố, các doanh nghiệp và cả chính phủ trung ương có những hành động tích cực để giải quyết ô nhiễm. Các nhà máy bắt đầu buộc phải tìm cách ngăn ngừa ô nhiễm và cải tổ toàn bộ quy trình sản xuất của họ. Sau ba thập kỷ tranh đấu và hợp tác giữa nhiều bên liên quan, Kitakyushu đã giải quyết thành công vấn nạn môi trường và được Liên Hợp Quốc trao giải Global 500 Award.

Khác với các thành phố sinh thái khác chỉ tập trung một hai phương diện, một "cuộc cách mạng xã hội" đã và đang "xanh hóa" Kitakyushu trên mọi mặt trận: giao thông xanh với đi bộ và đạp xe; năng lượng xanh với điện mặt trời, gió và hydro; công trình và môi trường thì triển khai cả trồng cây và đẩy mạnh quản lý rác thải tiên tiến với công nghệ tái chế rác hiện đại nhất. Đây là trọng tâm đầu tư của thành phố với nguồn ngân sách 120 tỷ yên, tạo việc làm cho 1.300 công dân. Công nghiệp xanh với sản xuất sạch và cộng sinh công nghiệp - chất thải nhà máy này thành nguyên liệu đầu vào nhà máy khác - ở quy mô lớn. Kitakyushu cũng đã theo đuổi phát triển độ thị tập trung vào năng lượng địa phương, chẳng hạn như như năng lượng tái tạo, hydrogen và quản lý năng lượng. Kitakyushu đã thiết lập một xã hội các-bon thấp mà họ gọi là "cuộc cách mạng xã hội", đòi hỏi hành động toàn diện từ cấu trúc đô thị, cấu trúc công nghiệp, lối sống của người dân, giao thông và các yếu tố cụ thể khác. Không chỉ sinh thái, Kitakyushu triển khai nhiều công nghệ thông minh. Cuộc cách mạng xanh đã giúp thu hút đầu tư, tăng trưởng kinh tế, tạo việc làm và thu hút dân cư tới sinh sống làm việc.

Động lực cho những thay đổi mang tính cách mạng này là quyền lực của công dân đối với các vấn đề môi trường. Họ đã tự nâng tầm vai trò của họ bằng những đóng góp lớn trong việc giải quyết các vấn đề môi trường khác, cả trong nước và quốc tế. Những tiến bộ đáng kể về công nghệ môi trường mới đã được chuyển giao cho các nước khác, nhất là ở châu Á. Thí dụ, tới nay, thành phố đã tiếp nhận hơn 5.000 thực tập sinh nước ngoài trong các lĩnh vực liên quan đặc biệt là về môi trường.

Năm 2011, Kitakyushu được chính phủ Nhật chọn là một trong các Thành phố Tương lai (Future City). Kể từ

Hình 6. Khu Đô thị Công nghiệp Sinh thái Kitakyushu, tỉnh Fukuoka (Tổng hợp: Tác giả)

khi SDGs ra đời, Kitakyushu đã nhanh chóng thúc đẩy các hành động gắn chặt với các mục tiêu cụ thể của SDGs. Thành phố cũng giành được Giải thưởng SDGs Nhật Bản lần thứ nhất vào năm 2017, được vinh danh là Thành phố Tương lai SDGs vào năm 2018 để thực hiện một loạt thí điểm hàng đầu về SDGs. Các quần thể công nghiệp và dân dụng ở Kitakyushu cũng nhanh chóng được đầu tư và thực thi tích hợp nhiều tính năng thông minh, đặc biệt là trong mảng quản lý năng lượng và phòng chống thiên tai (Tóm tắt từ trang web của Kitakyushu Asia Center for Carbon Neutrality).

Với vai trò tiên phong chuyển hóa "xám-sang-xanh", tham gia tích cực vào mạng lưới toàn cầu để chia sẻ kinh nghiệm và đóng góp sáng kiến, Kitakyushu truyền cảm hứng cho nhiều quốc gia đang phát triển "xám" trong đó có Việt Nam.

Ngày nay, Kitakyushu đang đối mặt với nguy cơ dân số giảm, tỷ lệ sinh thấp và một xã hội già hóa, những thay đổi trong cơ cấu công nghiệp, biến đổi khí hậu, vv. Vì thế, thành phố Kitakyushu sẽ thúc đẩy việc tạo ra một xã hội carbon thấp theo bốn hạng mục chính là: 1) Thay đổi cấu trúc đô thị, 2) cải tổ lĩnh vực công nghiệp theo hướng công nghiệp sinh thái và cộng sinh công nghiệp, 3) phát triển nguồn nhân lực có ý thức cao về môi trường, và 4) đóng góp vào sự phát triển xanh chung ở khu vực [2], [4].

3.2. Case study 2 – Khu trung tâm đô thị mới Minato Mirai, thành phố Yokohama

Năm 2010, Yokohama được Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp (METI) chọn là một trong bốn "Khu vực thí điểm hệ thống xã hội và năng lượng thế hệ tiếp theo". Mục tiêu của Yokohama là trở thành một thành phố tái chế năng lượng có môi trường lành mạnh, có khả năng chống chọi với thiên tai và có nền kinh tế vững mạnh. Thông qua Dự án Thành phố thông minh Yokohama (YSCP), thành phố đang nỗ lực cung cấp một hệ thống tối ưu hóa cung và cầu năng lượng tại từng hộ gia đình, tòa nhà thương mại và khu vực đô thị. Vào năm 2015, một tổ chức công-tư mới có tên Hiệp hội doanh nghiệp thông minh Yokohama (YSBA) đã được thành lập để thúc đẩy dự án từ giai đoạn thí điểm đến triển khai. Minato Mirai 21 là một phần của dự án này (Trang chủ Thành phố Yokohama, 2016).

Thông qua YSCP, thành phố hợp tác với 34 công ty để cung cấp một hệ thống tối ưu hóa cung và cầu năng lượng tại từng hộ gia đình, tòa nhà thương mại và khu vực đô thị. Những công ty này bao gồm công ty năng lượng hàng đầu của Nhật Bản, một nhà sản xuất điện và các công ty xây dựng. Yokohama đặt mục tiêu trở thành một thành phố tái chế năng lượng bền vững về môi trường, có khả năng chống chọi với thiên tai và có nền kinh tế vững mạnh.

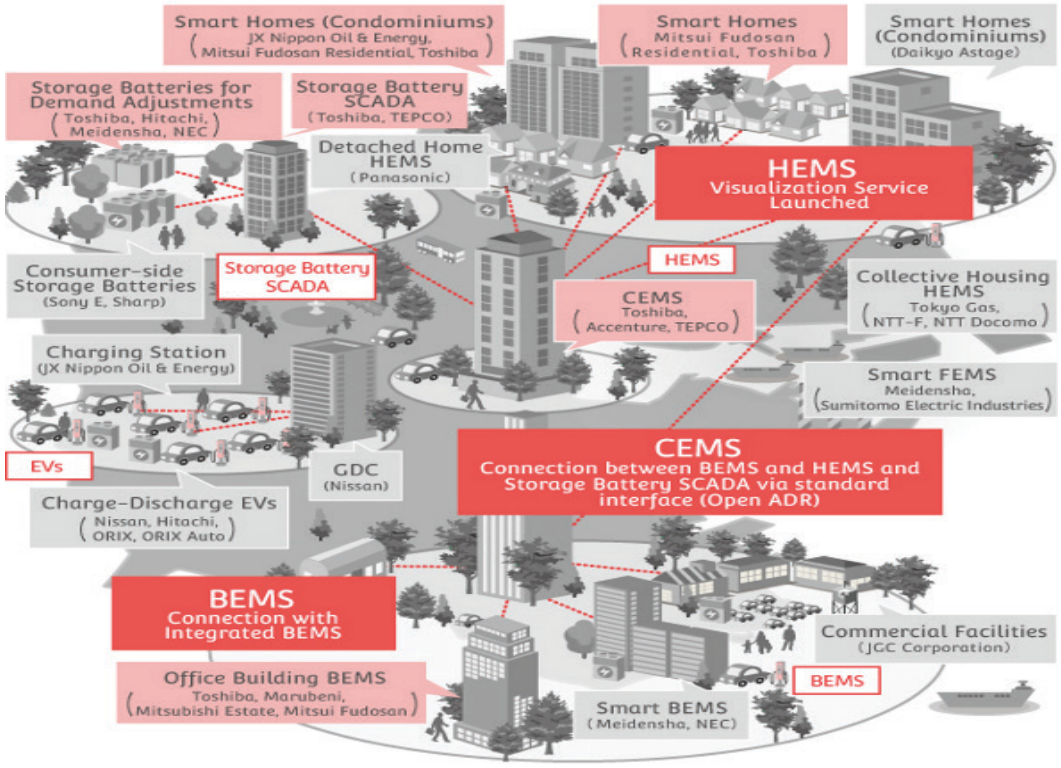
Quận Minato Mirai sử dụng hệ thống sưởi và làm mát cục bộ được thiết kế để cân bằng tải nhiệt và giảm tiêu thụ năng lượng. Thành phố cũng tạo ra năng lượng từ các nguồn tái tạo và sử dụng năng lượng trong cơ sở hạ tầng địa phương, chẳng hạn như lối đi di động (travelator) hàng trăm mét nối trung tâm hội nghị với nhà ga gần đó.

Các giải pháp theo mô hình Yokohama chủ yếu dựa trên mô hình hợp tác công tư, trong đó thành phố chịu trách nhiệm thu hồi đất, điều chỉnh đất, xây dựng cơ sở hạ tầng và công trình công cộng, trong khi các công ty tư nhân đảm nhiệm việc đầu tư phát triển kinh doanh và nhà ở sau khi cơ sở hạ tầng được xây dựng, và MM21 chịu trách nhiệm lập kế hoạch dự án và vận hành các cơ sở công cộng. Mục tiêu của dự án là đạt mục tiêu giảm 30% lượng khí thải CO2 vào năm 2025, phát triển nhà thông minh và xe điện (EV) cũng như triển khai Hệ thống Quản lý Năng lượng Gia đình (HEMS) với sự tham gia của người dân, thể hiện ở các quận nội thành hiện có sau: khu vực Minato Mirai 21, khu vực thị trấn mới Kohoku và khu Green Valley Yokohama (Thành phố Yokohama, 2016).

Trong giai đoạn làm thí điểm mẫu từ 2010-2014, thông qua dự án YSCP, Yokohama đã triển khai thành công HEMS, BEMS/FEMS (Hệ thống quản lý năng lượng tòa nhà/nhà máy), SCADA (Kiểm soát giám sát và thu thập dữ liệu) và EV (Xe điện). HEMS có quy mô lớn nhất trong số đó và nó cho phép người dùng biết chính xác lượng năng lượng mà ngôi nhà của họ đang sử dụng để cải thiện các tính năng tiết kiệm năng lượng và thúc đẩy cải tạo sinh thái. Nó đã được giới thiệu tới 4.200 hộ gia đình trong thành phố và thực hiện thí nghiệm cho 3.500 hộ gia đình trong số đó. Người ta đã chứng minh rằng sống trong một ngôi nhà siêu cách nhiệt rất thoải mái nhưng lại tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường, đồng thời sống trong một ngôi nhà sử dụng năng lượng mặt trời có thể được hưởng lợi nhiều nhất ở mức cắt giảm tối đa 15,2%. Vào năm 2015, một cơ quan công tư mới có tên là Hiệp hội Doanh nghiệp Thông minh Yokohama (YSBA) đã được thành lập để thúc đẩy dự án từ giai đoạn thí điểm đến triển khai (Thành phố Yokohama, 2016) [5].

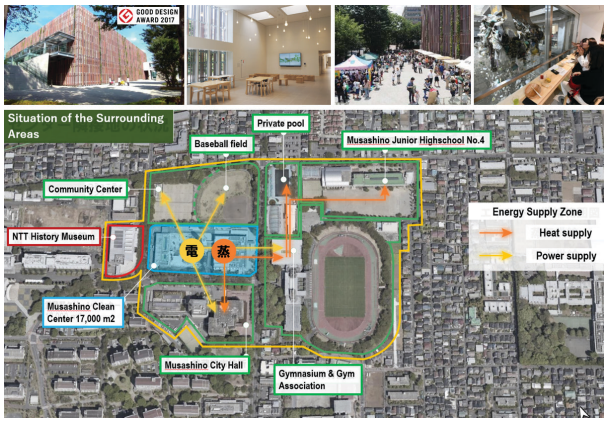
3.3. Case study 3 – Khu trung tâm đô thị sinh thái (kiểu 2) Musashino, vùng Thủ đô Tokyo

Thành phố Musashino ở ngoại vi Tokyo, cách ga Tokyo chừng 25 km về phía tây đã có những bước tiến ngoạn mục trong việc thúc đẩy phát triển mô hình đô thị sinh thái theo cả hai hướng. Đầu tiên là về phát triển mảng xanh (kiểu 1), thành phố xác định cần bảo tồn hệ sinh thái tự nhiên và đất nông nghiệp, cải thiện cảnh quan đô thị, mở rộng diện tích cây xanh công viên, phủ xanh các công trình công cộng, trồng cây xanh trên đất tư nhân, hàng rào, tường công trình và hạ tầng kĩ thuật... Thành phố cũng thúc đẩy thiết lập mạng lưới cây xanh, chẳng hạn không gian bên bờ sông và đường cho người đi bộ, tăng cường giáo dục về môi trường sinh thái tự nhiên. Tuy nhiên, những cải tổ và sáng kiến về phát triển sinh thái theo kiểu 2 mới chính là điểm đặc sắc gây tiếng



Hình 7. Thí điểm hệ thống mẫu về quản lý năng lượng tiên tiến nhất [6]

vang. Chính quyền địa phương đã cùng với doanh nghiệp và người dân hợp tác chặt chẽ trong suốt quá trình từ chủ trương, lập kế hoạch cho tới thực thi một hệ thống tái chế và tuần hoàn tài nguyên cũng như năng lượng tái tạo mới theo hướng win-win, tự chủ (tự cung tự cấp) về năng lượng, hướng tới xã hội carbon thấp và bền vững.



Hình 8. Tổng thể trung tâm thành phố Musashino và một số hình ảnh công trình Musashino Clean Center ở ngoại vi Tokyo, Nhật Bản (Nguồn: Tập đoàn Tư vấn Phát triển Hạ tầng Eight-Japan).

Điểm nhấn của sáng kiến này là dự án Musashino Clean Center do tập đoàn Kajima chủ trì thiết kế, cải tạo hoàn toàn nhà máy đốt rác cũ (từ 1984) nằm ở vị trí trung tâm thành phố, và hoàn thành vào năm 2017, giành giải Good Design Award cùng năm. Dự án này là một thí dụ thú vị về việc lật ngược 180 độ tâm lý NIMBY ("Not In My BackYard" – tạm dịch là "Không đặt ở sân sau nhà tôi") phổ biến trong phát triển đô thị. Trong xây dựng đô thị luôn có những khu chức năng hạ tầng đặc thù mà người ta "vừa cần, vừa ghét", thí dụ như bãi rác, nghĩa trang, kho tàng độc hại... Không ai muốn chúng được đặt trong khu vực họ ở, mà muốn chúng được "đẩy đi" đâu đó càng xa càng tốt, thường là các khu vực hẻo lánh trong đô thị.

Nhưng ở Musashino, nhà máy điện rác (incineration plant) lại tọa lạc ở vị trí trung tâm thành phố trong một quần thể khoảng 14ha, vây quanh bởi tòa thị chính, tổ hợp thể thao lớn, trường học, sân thể thao, các khu ở..., nhờ đó có thể cung cấp điện và nhiệt với khoảng cách ngắn nhất tới các cơ sở dân dụng quan trọng vây xung quanh, kể cả khi có thiên tai xảy ra. Thí dụ, khi có động đất lớn và toàn bộ khu vực bị cắt điện lưới thì nhà máy này vẫn cung cấp được điện dự trữ để cấp cho các công trình trọng yếu như tòa thị chính và sở chỉ huy các biện pháp đối phó thảm họa. Điều này là tối quan trọng ở nước Nhật vốn nhiều thiên tai. Ngoài ra, một phần điện và nhiệt dư cũng được cung cấp cho các hộ dân. Tro sinh ra sau đốt rác được phân loại và vận chuyển đến một cơ sở riêng biệt để chế biến thành xi măng sinh thái. Chất thải không cháy, cồng kềnh và có hại được nghiền nhỏ và phân loại. Sắt và nhôm được chất lên xe tải và vận chuyển đến các nhà máy tái chế khác,...

Bằng cách điều chỉnh cách bố trí máy móc và xây dựng phần công trình thu gom rác và đường xe tải chở rác đi ngầm dưới lòng đất để chống mùi hôi và tiếng ồn, còn

Hình 9. "Trung tâm Không Rác" hình dấu hỏi (trái), cửa hàng cho khách "đổi đồ" miễn phí (giữa) và cảnh em bé tham quan học cách phân 45 loại rác (phải) tại làng Kamikatsu

chiều cao công trình được giữ trong phạm vi 15m để hòa hợp tốt với bối cảnh công trình xung quanh. Khu trung tâm đốt rác và năng lượng mới đã được hình thành đầy vẻ mỹ quan, hiện đại và rất sạch sẽ. Công trình được trang bị thiết bị tân tiến nhất, vận hành an toàn dựa trên các quy định nghiêm ngặt về khí thải, và có công nghệ chống rò rỉ mùi hôi và ô nhiễm tiếng ồn. Nhìn bề ngoài, công trình trông như một công trình dân dụng bắt mắt, với các lam kinh loại sơn giả gỗ để làm dàn cây leo, nhìn từ xa như một rừng cây. Bên trong có cảm giác như một bảo tàng hay gallery trưng bày, và mở cửa cho du khách tham quan miễn phí trong giờ làm việc, với cả robot và người quản lý thuyết minh hướng dẫn. Các chỉ số về năng lượng và môi trường đều được hiển thị công khai minh bạch và theo thời gian thực (real-time) trên một số màn hình cảm biến lớn ở những vị trí dễ thấy cho mọi người. Bên ngoài công trình có những không gian mở để tổ chức các hoạt động cộng đồng như lễ hội, hay hội chợ.

Ngoài điện rác, thành phố cũng thu gom dầu đã qua sử dụng từ các hộ gia đình để tái sử dụng. Người dân nhìn thấy được quyền lợi khi rác của họ thì được tái chế thành năng lượng để phục vụ cho chính họ, trong khi các tiêu chuẩn về không gây ô nhiễm khí, mùi và tiếng ồn đều được đảm bảo, lại tạo được một cơ sở giáo dục về môi trường tốt cho con em họ, nên đa phần đều đồng thuận ủng hộ dự án, góp phần vào thành công chung. Những sáng kiến về thúc đẩy bền vững sinh thái tại Musashino đã nhanh chóng trở thành một hình mẫu mới ở Nhật Bản trong lĩnh vực này [2].

3.4. Case study 4: Kamikatsu: Làng Không Rác

Nằm ở tỉnh Tokushima, làng Kamikatsu nhỏ bé với hơn 1300 dân đã trở nên nổi tiếng trên thế giới và được ca ngợi như một thị trấn sinh thái mẫu mực hàng đầu của Nhật.

Năm 2003, Kamikatsu trở thành địa phương đầu tiên ở Nhật đưa ra tuyên bố không rác thải (Zero Waste). Kể từ đó, làng đã chuyển đổi các hoạt động đốt rác ngoài trời thành một hệ thống mua, tiêu thụ và loại bỏ, với mục tiêu đạt được mức trung hòa carbon. Chính quyền địa phương đã đề ra quy định thải rác chi tiết nhất nước Nhật, với tổng cộng 45 loại rác mà người dân cần phân loại rác. Sau đó, chính quyền và doanh nghiệp địa phương nỗ lực tái sử dụng và tái chế hầu hết lượng rác thải ra.

Không chỉ vậy, Kamikatsu còn mở "Trung Tâm Không Rác" (Zero Waste Center) có tích hợp chức năng khách sạn, nơi tổ chức hội thảo và chương trình đào tạo về phân loại và tái chế chất thải cho người dân và khách tham quan, trao quyền cho công dân tham gia tích cực vào các chiến dịch, cũng như thúc đẩy ý thức trách nhiệm về môi trường. Mặt bằng công trình độc đáo với hình "dấu hỏi", như thể đặt ra cho mỗi khách tham quan những suy nghĩ trăn trở về môi trường.

Tới nay, làng Kamikatsu đã đạt được hơn 80% mục tiêu đề ra và đang hướng tới đạt 100% vào năm 2030. Các địa phương khác ở Nhật Bản cũng học hỏi và tiến dần theo hướng tới tương lai không rác này [7].

4. TỪ NHẬT BẢN HƯỚNG RA NƯỚC NGOÀI VÀ LỜI KẾT

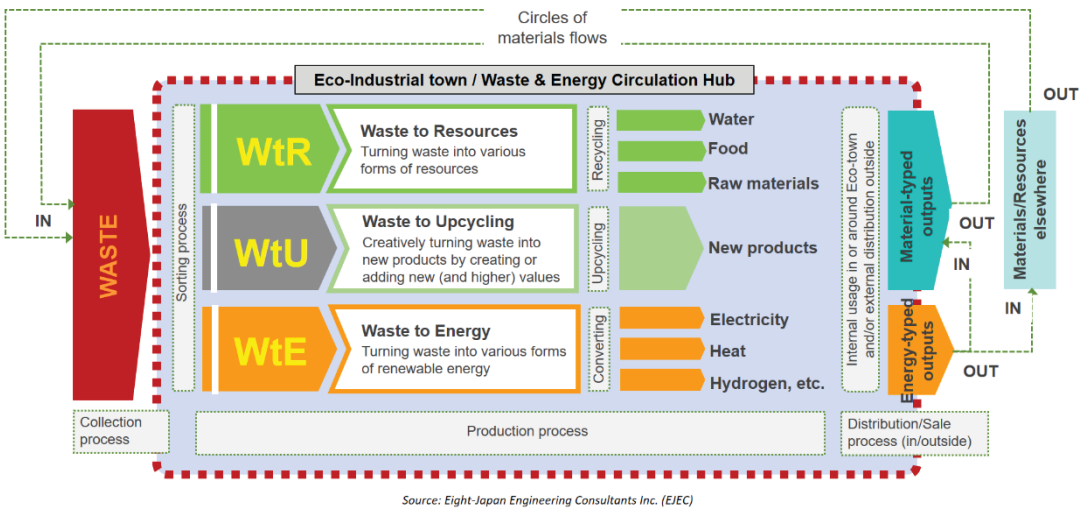
Không chỉ thúc đẩy các nỗ lực xanh hóa các đô thị và chuỗi đô thị trong nước, chính phủ và các công ty tư vấn và hãng kĩ thuật Nhật Bản cũng nỗ lực quảng bá mạnh các kinh nghiệm, mô hình đô thị và công nghệ sinh thái ra nước ngoài.

Chính phủ Nhật Bản quảng bá và hợp tác với chính phủ các nước để thực thi, thông qua nhiều loại hình dự án như hỗ trợ kĩ thuật và chuyển giao công nghệ, viện trợ không hoàn lại, ODA của Nhật cũng như các dự án lấy vốn từ chính phủ hay khối tư nhân ở các nước. Để hiệu quả được lâu dài, họ chú trọng vấn đề nâng cao năng lực cán bộ và chuyên gia thông qua đào tạo và tham quan kiến tập tại Nhật Bản (tại các điểm hình mẫu như Kitakyushu).

Cùng với chính phủ, khối tư nhân trong đó có các nhà cung cấp công nghệ, nhà đầu tư và nhà tư cũng có nhiều nỗ lực tiến ra nước ngoài. Là một mảnh ghép nhỏ trong bức tranh lớn này, với vai trò là quy hoạch sư cao cấp của Tập đoàn tư vấn Eight-Japan Engineering Consultants Inc. (EJEC), Nhật Bản, tác giả cùng các đồng nghiệp vừa hoàn tất quy hoạch thiết kế một khu trung tâm đô thị thông minh - sinh thái 15 ha trong vùng Kanto (Hình 10), một khu đô thị công nghiệp sinh thái 200 ha ở ngoại ô Bangkok (Hình 11 và 12), và từng đề một xuất mô hình đô thị sinh thái và thông minh ven đô (loại vừa tầng) cho các thành phố lớn ở Việt Nam (hình 13). Do tất cả các chức năng cơ bản như ở, làm việc, học tập, vui chơi, gắn kết cộng đồng đều có trong nội khu, cộng thêm hạ tầng mạng tiên tiến, các khu ven đô này sẽ vô cùng hấp dẫn và

Hình 10. Một khu trung tâm đô thị thông minh - sinh thái 15 ha trong vùng Kanto do tập đoàn EJEC lập phương án quy hoạch năm 2023 (Nguồn: EJEC)

Hình 11. Phối cảnh tổng thể một dự án Khu đô thị Công nghiệp Sinh thái ở ngoại ô Bangkok, do tập đoàn Eight-Japan Engineering Consultants Inc. (EJEC) cùng đối tác đề xuất năm 2023 (Nguồn: EJEC)



Hình 12. Biểu đồ mô tả 3 tiếp cận nhánh cơ bản (WtR, WtU, WtE) trong hệ thống quản lý rác thải tiên tiến tại Khu đô thị Công nghiệp Sinh thái ở ngoại ô Bangkok, do tập đoàn Eight-Japan Engineering Consultants Inc. (EJEC) cùng đối tác đề xuất năm 2023 (Nguồn: EJEC)

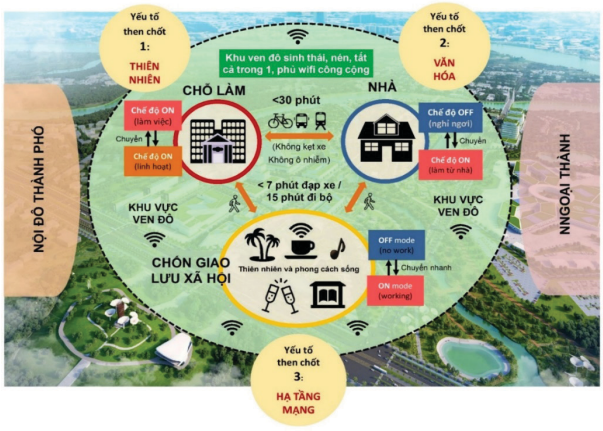
đáng sống, giúp giãn dân và giảm tải cho thành phố [8]. Cả ba dự án này đều được thực hiện dựa trên các kinh nghiệm từ các dự án phát triển đô thị sinh thái và công nghiệp sinh thái ở trong nước Nhật (Do khuôn khổ bài báo có hạn nên chỉ trích đăng một số hình ảnh minh họa).

Tóm lại, nhìn từ góc độ phát triển các khu đô thị sinh thái tích hợp thông minh, chúng ta có thể học hỏi nhiều nước tiên tiến trên thế giới, mà Nhật Bản là tiêu biểu ở khu vực châu Á.

Thông qua việc tìm hiểu các kinh nghiệm từ Nhật Bản, từ chính sách tới các case study, có thể thấy Nhật Bản đã có những kinh nghiệm đáng kể trong việc thúc đẩy và phát triển các thành phố sinh thái. Chính sách và sáng kiến như đầu tư vào giao thông công cộng, sử dụng nguồn năng lượng tái tạo, phát triển công nghệ xanh và khuyến khích sự tham gia của cộng đồng đã tạo ra một môi trường sống bền vững và lành mạnh cho người dân. Nhật Bản là một ví dụ mẫu mực về cách chính phủ, khối doanh nghiệp tư nhân và cộng đồng có thể hợp tác để xây dựng các thành phố sinh thái thành công và góp phần vào sự phát triển bền vững của quốc gia. Những chính sách và sáng kiến được triển khai tại các thành phố này đều tập trung vào sử dụng năng lượng tái tạo, tối ưu hóa giao thông công cộng và thúc đẩy ý thức cộng đồng. Chính phủ Nhật Bản đã tạo ra một môi trường thuận lợi và hỗ trợ để các thành phố có thể phát triển, thi đua và đóng góp vào mục tiêu phát triển bền vững của quốc gia.

Thêm vào đó, Nhật Bản đã cho chúng ta những bài học về tầm quan trọng của ý chí chính trị mạnh mẽ, chính sách đa dạng, bài bản và khả thi với những hướng dẫn rất cụ thể và tài chính dồi dào, hợp tác công tư và đa phương hiệu quả, và tầm nhìn dài hạn. Ngoài ra, việc tích hợp các biện pháp khuyến khích, khung pháp lý và các chiến dịch nâng cao nhận thức cộng đồng tỏ ra hiệu quả trong việc thúc đẩy sự thay đổi bền vững.

Từ Nhật Bản nhìn về Việt Nam, có thể thấy ý nghĩa, tiềm năng và cơ hội về phát triển đô thị sinh thái tích hợp thông minh theo hướng bền vững nói riêng ở nước ta là lớn. Những bài học về chính sách vĩ mô, bao gồm cả vấn đề hợp tác đa bên (trong đó có công-tư) và huy động vốn để thực hiện, cũng như các case study dự án cụ thể đã giới thiệu ở trên có thể hữu ích cho Việt Nam tham khảo.



Hình 13. Mô hình khu ven đô sinh thái, nén tất cả trong 1 thời đại 4.0 và hậu Covid cho các thành phố lớn ở Việt Nam (do tác giả cùng các đồng nghiệp tại Tập đoàn EJEC và đối tác đề xuất năm 2019)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tô Kiên (2019). Phát triển đô thị Việt Nam bắt kịp với xu hướng toàn cầu. Tạp chí Kiến trúc, số 2-2019.

[2] Tô Kiên (2022). Xu hướng toàn cầu mới về phát triển đô thị sinh thái, thông minh và bền vững - Kinh nghiệm từ nhật bản và tiêm năng áp dụng tại Việt Nam. Kỷ yếu Hội nghị Đô thị Toàn quốc 2022 (tr. 750-765).

[3] Tô Kiên (2023). Trùng điệp xanh trong bức tranh đô thị Nhật Bản. Báo Nhân Dân Cuối Tuần ngày 28/7/2023. Bản online: https://nhandan.vn/trung-diep-xanh-trong-buc-tranh-do-thi-nhat-ban-post764591.html

[4] Kitakyushu Asia Center for Carbon Neutrality. URL: https://asiangreencamp.net/eng/

[5] Kien To, Miho Miyoshi và Atsuyuki Nakaseko (2018). Smart plus livable: How public space should be designed towards smart and livable districts. Tham luận tại Hội thảo Quốc tế của Hiệp hội các Hội Quy hoạch Châu Á-Thái Bình Dương APPS, Đại học Kiến trúc TP HCM, tháng 8/2018

[6] Yokohama Smart City Project. URL: https://www.city.yokohama.lg.jp/business/kokusaikoryu/yport/material/pf_jica.files/0039_20181016.pdf

[7] Hiroshi Nakamura. Kamikatsu Zero Waste Center. URL: https://www.nakam.info/en/works/kamikatsu0/

[8] Tô Kiên (2020). Phát triển đô thị: Từ bất cập luẩn quẩn đến cơ hội bứt phá – Tạp chí "The Leader", đăng tải ngày 17/08/2020.

PHÙNG QUỐC HUY

Phùng Quốc Huy là một nghiên cứu viên trong lĩnh vực năng lượng hóa thạch. Ông tốt nghiệp chuyên ngành Khai thác mỏ tại trường Đại học mỏ địa chất năm 1999. Sau đó, ông làm việc tại Viện Khoa học Công nghệ Mỏ và tham gia dự án do JICA (Nhật Bản) tài trợ liên quan đến An toàn khí mỏ than. Năm 2004, Ông sang Nhật Bản thông qua học bổng của chính phủ Nhật Bản để theo học sau đại học và bảo vệ thành công luận án Tiến sỹ chuyên ngành tài nguyên trái đất tại Đại học Kyushu (Nhật Bản) vào năm 2010. Trở về nước, Ông làm nghiên cứu và quản lý tại Trung tâm An toàn Mỏ - Viện Khoa học Công nghệ Mỏ cho đến 9.2019.

Phùng Quốc Huy hiện là Nghiên cứu viên cao cấp của Trung tâm Nghiên cứu Năng lượng Châu Á - Thái Bình Dương (APERC), đơn vị nghiên cứu trực thuộc Nhóm làm việc về Năng lượng của APEC.

Thông tin chi tiết: https://www.researchgate.net/profile/Phung-Quoc-Huy

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0297

GIỚI THIỆU DỰ ÁN THU GIỮ VÀ LƯU TRỮ CARBON TẠI NHẬT BẢN VÀ TIỀM NĂNG ÁP DỤNG TẠI VIỆT NAM

Phùng Quốc Huy

Trung tâm Nghiên cứu Năng lượng Châu Á - Thái Bình Dương (APERC)

Email: huy.phung@aperc.or.jp

TÓM TẮT:

Thu giữ và lưu trữ carbon (Carbon Capture and Storage-CCS) là công nghệ tiềm năng giúp giảm phát thải CO_2, góp phần giới hạn mức tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu ở mức dưới 1.5oC so với thời kỳ tiền công nghiệp. Tầm quan trọng và vai trò của công nghệ CCS đã được đề cập trong báo cáo triển vọng công nghệ năng lượng 2020 và báo cáo phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 của Tổ chức Năng lượng Quốc tế IEA. Báo cáo gần đây nhất của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu của Liên hợp quốc tái khẳng định vai trò quan trọng của công nghệ CCS trong việc hiện thực hóa mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào giữa thế kỷ này.

Nhật Bản là một trong những quốc gia tiên phong ở Châu Á trong trình diễn công nghệ CCS. Dự án CCS Tomakomai đã được nghiên cứu và triển khai từ năm 2012. Trong quá trình thử nghiệm và trình diễn, dự án đã đạt được mục tiêu thu giữ 0,3 triệu tấn CO_2 và lưu trữ lâu dài dưới các tầng chứa dưới đáy đại dương. Dự án sẽ tiếp tục được theo dõi, hoàn thiện và sẵn sàng cho việc lưu trữ khí CO_2 quy mô lớn từ năm 2030. Bài báo này sẽ giới thiệu chi tiết về quá trình thực hiện dự án trình diễn công nghệ CCS Tomakomai và tiềm năng áp dụng công nghệ CCS nhằm giảm phát thải CO_2 từ các nhà máy nhiệt điện cũng như các nhà máy công nghiệp nặng tại Việt Nam..

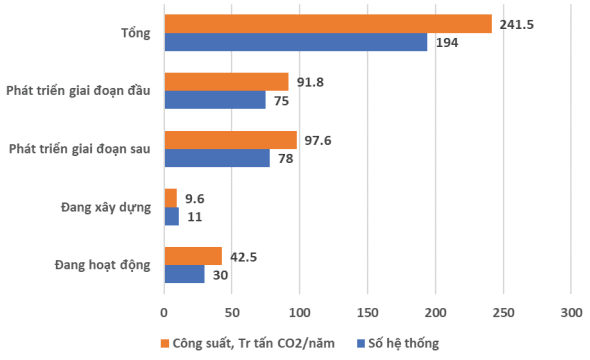
Từ khóa: *Thu giữ và lưu trữ carbon, giảm phát thải, nhiên liệu hóa thạch.*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Thu giữ và lưu trữ carbon hay CCS (Carbon Capture and Storage) là một trong những công nghệ tiềm năng có thể góp phần vào mục tiêu trung hòa các bon. Trong lĩnh vực năng lượng, công nghệ CCS có thể được áp dụng theo nhiều cách khác nhau. Bao gồm (1) thu giữ CO_2 từ các nhà máy công nghiệp hoặc các nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch; (2) cho phép sản xuất khí hydro từ nhiên liệu hóa thạch với phát thải thấp; và (3) kết hợp CCS với phát điện sinh khối hoặc thu CO_2 trực tiếp từ khí quyển nhằm loại bỏ CO_2 khỏi khí quyển.

Công nghệ CCS đã được triển khai ở một số quốc gia trên thế giới như Na uy, Anh Quốc, Hoa Kỳ, Canada, Úc, Nhật, Trung Quốc

và một số quốc gia khác. Tính đến tháng 9 năm 2022, có 30 dự án CCS đang hoạt động trên toàn cầu với tổng công suất 42,5 triệu tấn mỗi năm (Mtpa). Ngoài ra, 164 dự án khác với công suất 199 Mtpa đang trong các giai đoạn phát triển khác nhau (xem hình 1).

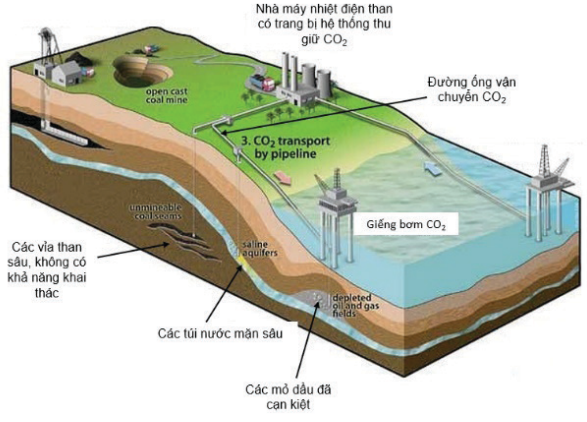


Nguồn: Tổng hợp của tác giả dựa trên số liệu từ Global CCS Institute (2022).

(Các dự án phát triển giai đoạn đầu bao gồm các dự án đang nghiên cứu tiền khả thi hoặc nghiên cứu khả thi. Các dự án phát triển giai đoạn sau gồm các dự án đã nhận được quyết định đầu tư hoặc ít nhất là đã nhận được nguồn tài chính chắc chắn để thực hiện thiết kế thi công)

Hình 1: Các hệ thống CCS thương mại trên thế giới tính đến tháng 9/2022

Công nghệ CCS bao gồm 3 công đoạn chính: (1) thu giữ CO_2 từ các nguồn phát thải, (2) vận chuyển đến nơi lưu trữ, và (3) bơm vào các tầng chứa dưới lòng đất. Khí CO_2 được thu giữ trực tiếp từ các nguồn phát thải lớn (các nhà máy nhiệt điện, sản xuất thép, sản xuất xi măng, chế biến khí tự nhiên…), vận chuyển đến nơi lưu trữ và sau đó bơm vào các vị trí lưu trữ tiềm năng dưới lòng đất (các mỏ dầu đã cạn kiệt; các túi nước mặn, sâu; các vỉa than mỏng, sâu không thể khai thác) để lưu giữ lâu dài tại đó (xem hình 2). Ngoài ra, nếu có phương án sử dụng, một phần CO_2 sẽ được dùng cho các mục đích khác nhau như nâng cao khả năng thu hồi dầu, phối trộn để làm vật liệu xây dựng, hoá chất, và nhiên liệu tổng hợp.



Nguồn: Carbon Brief

Hình 2: Sơ đồ hệ thống CCS

Dự án trình diễn công nghệ CCS Tomakomai là dự án CCS đầu tiên tại Nhật Bản. Khí CO_2 được thu giữ từ một nhà máy lọc dầu nằm ven biển thuộc tỉnh Hokkaido ở Nhật Bản, với công suất 0,1 triệu tấn CO_2/năm, sau đó được bơm xuống các tầng chứa nước mặn nằm dưới đáy đại dương. Trong 3 năm (2016-2019), dự án đã đạt được mục tiêu trình diễn là thu giữ và lưu trữ được 0,3 triệu tấn. Sau đây là các nội dung chi tiết về dự án này.

2. TỔNG QUAN VỀ DỰ ÁN TRÌNH DIỄN CCS TOMAKOMAI

2.1 Giới thiệu tổng quan

Dự án trình diễn công nghệ CCS Tomakomai do Công ty Japan CCS Co., Ltd. (JCCS) thực hiện. Công ty JCCS được thành lập vào năm 2008 bởi các công ty lớn của Nhật Bản quan tâm đến việc thử nghiệm công nghệ và đánh giá mức độ an toàn của công nghệ CCS. Mục tiêu của JCCS là trình diễn và triển khai các dự án CCS tại Nhật Bản. Dự án CCS Tomakomai đã được Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp Nhật Bản (METI) ủy quyền cho JCCS và tổ chức Phát triển Công nghệ, Công nghiệp và Năng lượng mới (NEDO) thực hiện.

Dự án trình diễn CCS Tomakomai được triển khai từ năm 2012 tại địa phận thuộc thành phố Tomakomai với dân số 175.000 người. Kinh tế của thành phố này chủ yếu nhờ vào ngành công nghiệp, thủy sản, sản xuất giấy và dầu khí. Cảng Tomakomai là cảng quốc tế và đóng vai trò là cảng chính của tỉnh Hokkaido.

Vị trí dự án và sơ đồ hệ thống CCS được thể hiện trong hình 3. Nguồn CO_2 cho dự án trình diễn là khí thải thoát ra từ hệ thống làm giàu khí hydro bằng phương pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi (Pressure Swing Adsorption - PSA), thuộc bộ phận sản xuất hydro của nhà máy lọc dầu nằm gần cảng Tomakomai. Khí thải sau đó được chuyển đến thiết bị thu giữ CO_2 ở gần đó thông qua đường ống. Khí CO_2 được tách thông qua quá trình hấp thụ bằng dung môi amine có độ tinh khiết lên tới 99% với sản lượng 0,1 triệu tấn CO_2/năm.

Sau đó, khí CO_2 tinh khiết này được chuyển đến các giếng khoan gần đó. Tại khu vực đặt thiết bị bơm, khí CO_2 được nén và bơm xuống 02 tầng chứa khác nhau nằm dưới đáy biển thông qua các lỗ khoan định hướng đã được khoan trước đó.

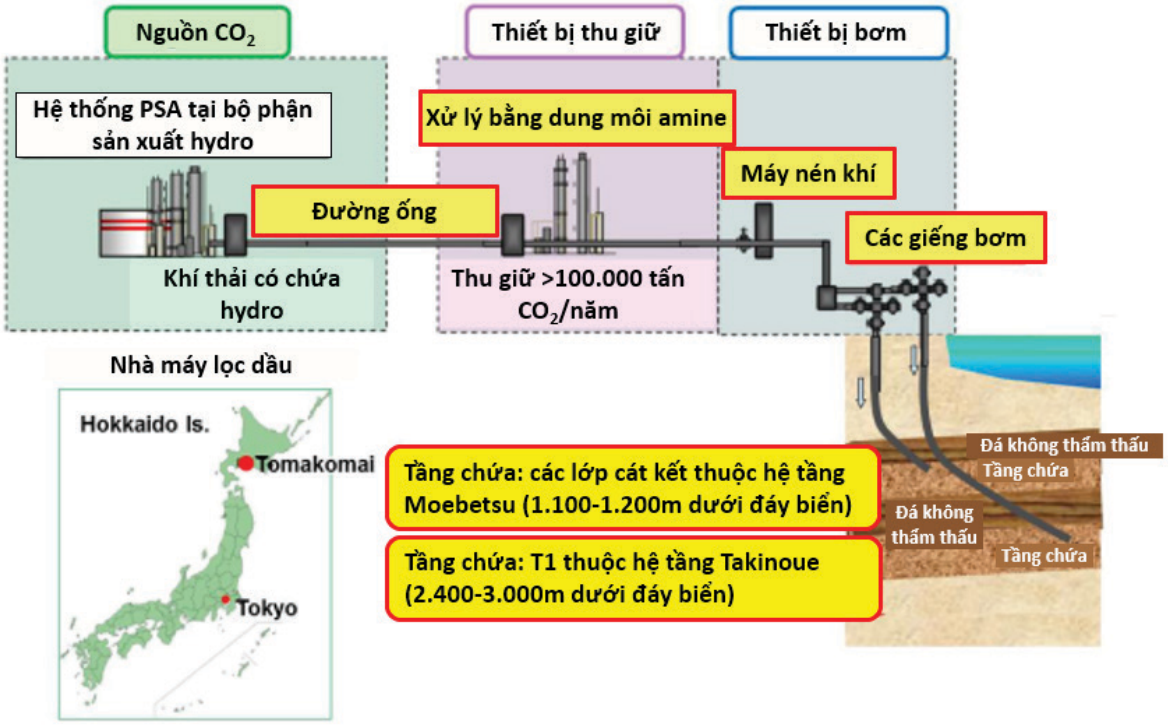
Các mục tiêu và nhiệm vụ chính của dự án:

- Chứng minh tính khả thi của toàn bộ dây chuyền hệ thống CCS, từ công đoạn thu giữ, bơm, và lưu trữ CO_2;

- Xác nhận các công nghệ được áp dụng trong hệ thống hoạt động bình thường và hiệu quả;

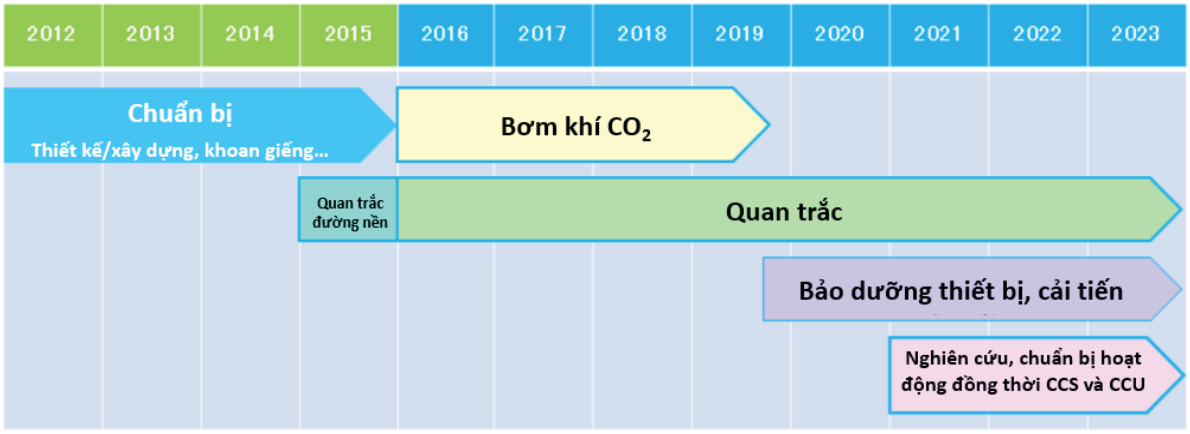
- Chứng minh rằng hệ thống CCS quy mô lớn là an toàn và đáng tin cậy;

- Xác nhận tính hiệu quả của hướng dẫn lựa chọn địa điểm lưu trữ do METI ban hành (bằng cách chứng minh



Nguồn: JCCS

Hình 3: Vị trí dự án và sơ đồ hệ thống CCS



Ghi chú: *Năm được tính là năm tài chính của Nhật, bắt đầu từ tháng 4 đến cuối tháng 3 năm tiếp theo*

Nguồn: JCCS

Hình 4: Kế hoạch thực hiện tổng thể dự án

khí CO_2 không bị rò rỉ);

- Chứng minh rằng sự lo ngại về nguy cơ động đất liên quan đến CCS là không chính đáng, cụ thể là:

+ Động đất tự nhiên không ảnh hưởng hoặc tác động tiêu cực đến CO_2 được lưu trữ; và

+ Điệc bơm CO_2 không gây ra bất kỳ sự gia tăng đáng kể nào về chấn động trái đất;

- Xác nhận hướng dẫn xây dựng và hoàn thiện mô hình địa chất;

- Xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật và hướng dẫn vận hành và an toàn trong dự án;

- Chia sẻ thông tin và dữ liệu từ dự án với công chúng và các nhóm cộng đồng có liên quan để nâng cao nhận thức về lợi ích và tính khả thi của công nghệ CCS;

- Các định rõ những lĩnh vực cần cải thiện hơn nữa hoặc những vấn đề cần giải quyết để cho phép công nghệ CCS chuyển sang quy mô thương mại.

2.2. Tiến độ thực hiện tổng thể dự án

Kế hoạch năng lượng cơ bản lần thứ 4 của Nhật Bản được nội các phê duyệt vào tháng 4 năm 2014, tuyên bố thúc đẩy phát triển các công nghệ nhiệt điện than hiệu suất cao thế hệ tiếp theo và công nghệ CCS để sử dụng hiệu quả và ổn định nhiên liệu hóa thạch. Để áp dụng thực tế công nghệ CCS vào những năm 2020, các nghiên cứu

và phát triển đã được tiến hành. METI và Bộ Môi trường (Ministry of the Environment - MOE) đã bắt đầu một dự án chung vào năm 2014 để khảo sát địa chất các khu vực có thể sử dụng cho các dự án CCS quy mô thương mại trong tương lai. Khả năng lưu trữ CO_2 trong các tầng địa chất ở Nhật Bản đã được ước tính bởi Viện RITE (Nhật Bản) với tổng cộng khoảng 146 tỷ tấn.

Hình 4 trình bày kế hoạch thực hiện tổng thể của dự án trình diễn từ năm 2012 đến năm 2023.

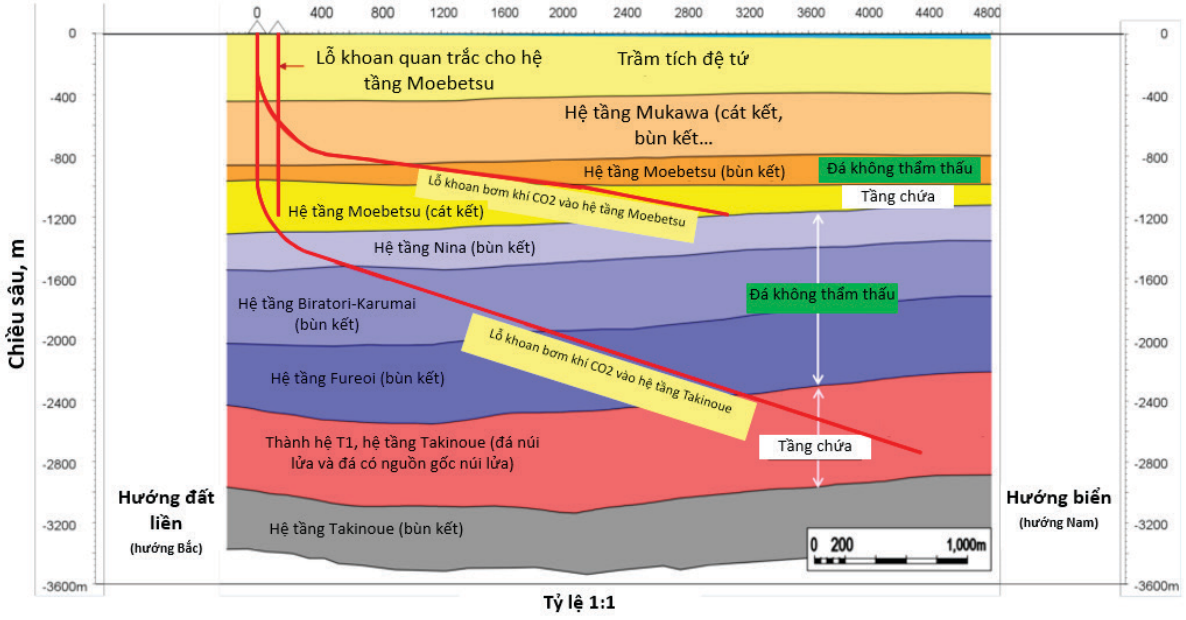
- Giai đoạn chuẩn bị (từ 2012 đến 2015): Tất cả các thiết bị và hệ thống cần thiết sẽ được thiết kế, chuẩn bị và xây dựng, bao gồm: hệ thống thiết bị thu giữ CO_2, hệ thống bơm CO_2, 02 lỗ khoan để bơm CO_2, 03 lỗ khoan quan trắc và các hệ thống giám sát khác nhau bao gồm cả máy đo địa chấn trên bờ và ngoài khơi. Dữ liệu đường nền từ tất cả các hệ thống quan trắc cũng sẽ được thu thập trong khoảng thời gian này.

- Giai đoạn bơm và quan trắc (từ 2016 đến 2019): Trong giai đoạn này, tổng cộng 300.000 tấn CO_2 đã được bơm xuống các tầng chứa dưới đáy đại dương. Công tác theo dõi, quan trắc các thông số của hệ thống được thực hiện liên tục ngay cả trong quá trình bơm và sau khi bơm.

- Giai đoạn bảo dưỡng và cải tiến thiết bị (từ 2019 đến 2023): Các thiết bị được bảo dưỡng, sửa chữa và cải tiến nếu cần. Đồng thời nghiên cứu công đoạn sử dụng carbon trong chuỗi giá trị của dự án CCUS (Carbon Capture, Utilisation and Storage).

2.3. Khu vực lưu giữ và các điểm bơm

Dự án Tomakomai sử dụng 02 tầng chứa để lưu trữ CO_2. Tầng đầu tiên là tầng T1, thuộc hệ tầng Takinoue, nằm ở độ sâu khoảng 2.400 m đến 3.000 m dưới đáy biển. Tầng chứa này là một tầng chứa nước mặn kỷ đệ tam bao gồm các loại đá núi lửa và đá có nguồn gốc núi lửa dày khoảng 600 m. Hệ tầng có độ rỗng ước tính từ 3% đến 19% và độ thẩm thấu ước tính từ 0,01 md đến 7 md. Hệ tầng Takinoue được bao phủ bởi khoảng 1.100 m đá bùn kết kỷ đệ tam (hệ tầng Fureoi, Biratori-Karumai và hệ tầng Nina) đóng vai trò như lớp đá không có tính thấm, như minh họa trong hình 5. Vị trí lưu giữ CO_2 theo kế hoạch cho hệ tầng Takinoue nằm ở phía đông bắc của đường nếp lồi và nằm cách bờ khoảng 4 km.



Nguồn: JCCS

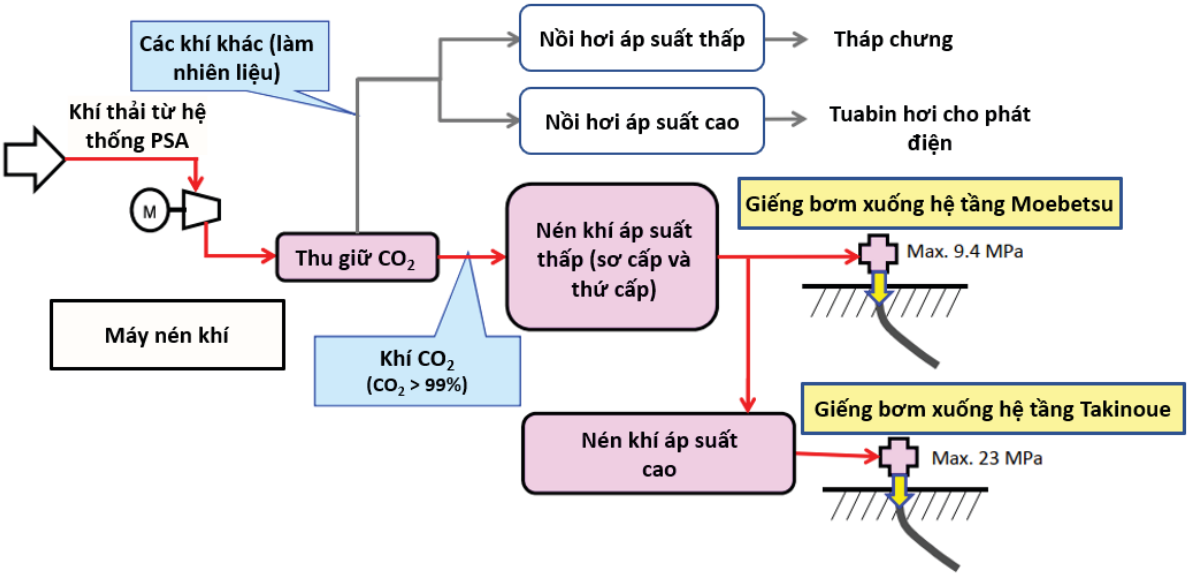
Hình 5: Sơ đồ mặt cắt địa chất khu vực lưu trữ CO_2 tại Tomakomai

Tầng chứa thứ hai là một lớp cát kết thuộc hệ tầng Moebetsu, nằm ở độ sâu khoảng 1.100 m đến 1.200 m dưới đáy biển. Tầng chứa này chứa nước mặn nằm trong kỷ đệ tứ hạ và có chiều dày khoảng 100 m. Hệ tầng có độ rỗng ước tính từ 20% đến 40% và độ thẩm thấu ước tính từ 9 md đến 25 md. Tầng chứa được bao phủ bởi lớp bùn kết dày của hệ tầng Moebetsu (ước tính khoảng 200 m) đóng vai trò như lớp đá không có tính thấm. Hệ tầng Moebestu có cấu trúc đơn, nghiêng nhẹ với độ nghiêng Đông Bắc từ 1 đến 3 độ tại địa điểm lưu trữ CO_2 dự kiến (nằm cách bờ khoảng 3 km).

3. CÔNG TÁC CHUẨN BỊ

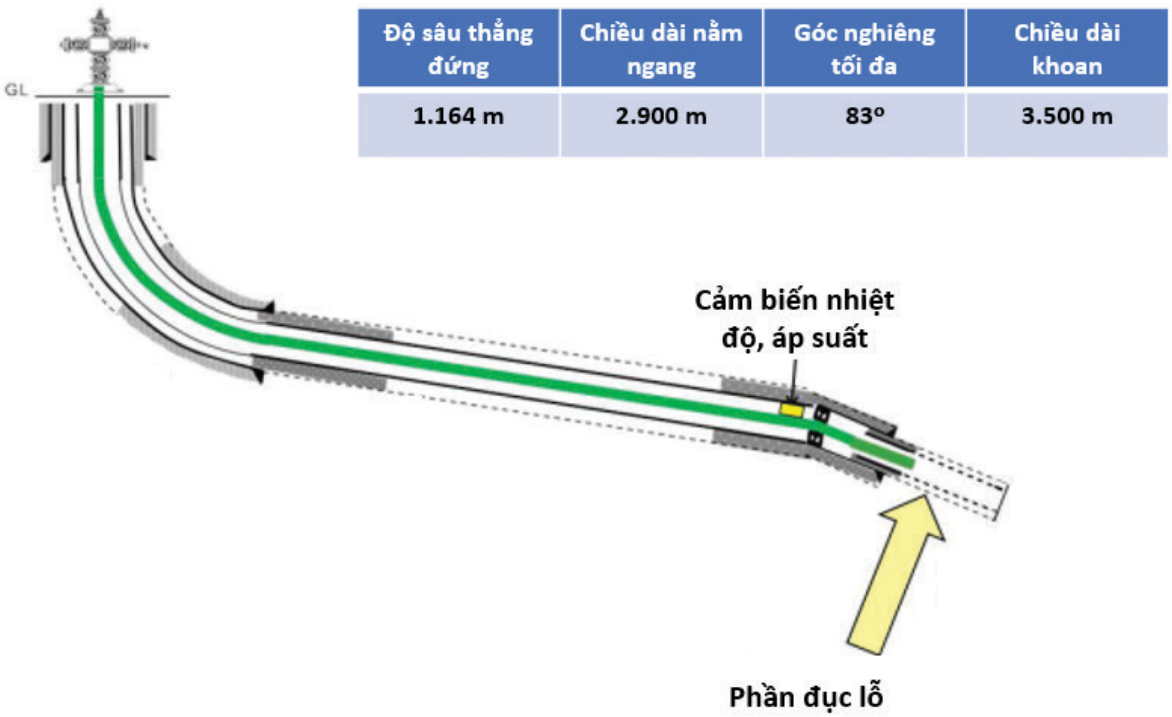
3.1. Hệ thống thu giữ và bơm

Nguồn CO_2 cho dự án CCS Tomakomai là từ khí thải từ một nhà máy lọc dầu nằm gần Cảng Tomakomai. Bên trong nhà máy lọc dầu, khí hydro có độ tinh khiết cao được thu hồi bằng hệ thống PSA. Khí còn lại từ hệ thống PSA hay khí thải PSA, chứa H_2, CH_4, CO và một lượng lớn CO_2 (từ 44% đến 59% theo thể tích). Khí này hiện đang được sử dụng như một phần của nhiên liệu cho lò nhiệt hóa. Trong dự án trình diễn, có tới 60% khí thải



Nguồn: JCCS

Hình 6: Sơ đồ nguyên lý quá trình di chuyển của dòng khí CO_2



Độ sâu thẳng đứng	Chiều dài nằm ngang	Góc nghiêng tối đa	Chiều dài khoan
1.164 m	2.900 m	83°	3.500 m

Nguồn: JCCS

Hình 7: Sơ đồ giếng bơm CO2 vào hệ tầng Moebetsu (IW-2)

PSA được chuyển đến hệ thống thu giữ CO_2 gần đó thông qua một đường ống.

Hình 6 trình bày quá trình chuyển động của dòng khí CO_2 từ hệ thống thu giữ đến hệ thống bơm. Tại hệ thống thu giữ, khí CO_2 có độ tinh khiết 99% được thu hồi từ khí thải PSA thông qua quá trình hấp thụ bằng dung môi amine với công suất 100.000 tấn/năm (giải đoạn trình diễn). Một hệ thống hấp thụ hai giai đoạn với tháp chưng áp suất thấp đã được chọn để giảm tiêu thụ năng lượng trong hệ thống thu giữ. Kết quả là tổng mức tiêu thụ năng lượng giảm xuống còn 1,5 GJ/tấn-CO_2 hoặc ít hơn. Sau khi thu được CO_2 thì khí còn lại (chứa H_2, CH_4 và CO) sẽ được sử dụng làm nhiên liệu cho các cơ sở sản xuất điện và hơi nước của chính tổ hợp nhà máy này.

Tại khu vực bơm, khí CO_2 được bơm vào 02 tầng chứa ngoài khơi khác nhau thông qua các giếng khoan. Áp suất bơm được điều chỉnh theo các điều kiện của từng chứa, áp suất thấp cho tầng chứa Moebetsu và áp suất cao cho tầng chứa Takinoue. Tất cả các máy bơm ép được chọn là loại ly tâm. Việc phân bổ lưu lượng CO_2 bơm vào mỗi tầng chứa phụ thuộc vào công suất vận hành thực tế

của nhà máy lọc dầu và các điều kiện các tầng chứa.

3.2. Giếng bơm CO_2

Hai giếng bơm CO_2 được khoan từ đất liền và hướng đến điểm lưu trữ của từng tầng chứa. Các điểm lưu trữ cách xa bờ từ 3 đến 4 km. Giếng bơm cho hệ tầng Takinoue (IW-1) được đề xuất có độ nghiêng tối đa là 72 độ và chiều sâu khoan dự kiến là 5.800 m, độ sâu thẳng đứng 2.754 m và chiều dài nằm ngang 4.347 m. Giếng bơm cho hệ tầng Moebetsu (IW-2) là giếng khoan tầm với mở rộng với góc nghiêng tối đa là 83 độ và tổng chiều dài khoan dự kiến là 3.500 m, độ sâu thẳng đứng là 1.161 m và chiều dài nằm ngang 2.900 m (xem hình 7). Trong giếng bơm IW-2, lớp lót đục lỗ sẽ được bao phủ bởi lưới chắn cát tại tầng chứa. Lớp lót và lưới chắn sẽ giúp giảm thiểu cát chảy ngược vào giếng.

3.3. Hệ thống quan trắc

Để khẳng định CO_2 được bơm vào và lưu trữ an toàn và ổn định, cần theo dõi tác động của CO_2 trong các tầng chứa và thiết lập hệ thống phát hiện rò rỉ CO_2. Do dự án được đặt tại Nhật Bản, một khu vực rất dễ bị ảnh hưởng bởi động đất, nên các hệ thống để đo lường và xác minh bất kỳ mối tương quan nào giữa lưu trữ CO_2 và địa chấn đã được lắp đặt. Bảng 1 trình bày các hạng mục quan trắc và hình 8 minh họa cách bố trí các phương tiện quan trắc.

Bảng 1: Các hạng mục phục vụ việc quan trắc

Hạng mục	Mục tiêu quan trắc	Tần suất quan trắc
Giếng bơm	+ Đáy lỗ khoan: nhiệt độ và áp suất + Miệng lỗ khoan: áp suất, lưu lượng bơm CO_2	Liên tục
Giếng quan trắc	Đáy lỗ khoan: nhiệt độ và áp suất, vi chấn động và động đất tự nhiên	Liên tục
Cáp dưới đáy biển (OBC)	+ Vi chấn động và động đất tự nhiên + Tín hiệu khảo sát địa chấn 2D	Liên tục
Cảm biến địa chấn dưới đáy biển (OBS)	Vi chấn động và động đất tự nhiên	Liên tục
Cảm biến địa chấn trên đất liền	Vi chấn động và động đất tự nhiên	Liên tục
Khảo sát địa chấn 2D	Sự phân bố CO_2	Định kỳ
Khảo sát địa chấn 3D	Sự phân bố CO_2	Định kỳ
Quan trắc môi trường biển	Các dữ liệu về hóa chất, vật lý và sinh học	Định kỳ

Tại các giếng bơm, lưu lượng CO_2, nhiệt độ và áp suất sẽ được theo dõi liên tục. Cảm biến nhiệt độ và áp suất cùng với máy đo địa chấn được lắp đặt tại 03 giếng quan trắc. Cáp dưới đáy biển được lắp đặt với chiều dài 3,6 km, bao gồm 72 cảm biến địa chấn được lắp đặt ngay trên và xung quanh các điểm lưu trữ. Cảm biến địa chấn hoạt động liên tục để ghi lại các sự chấn động và các trận động đất tự nhiên.

Khảo sát địa chấn 3D của tại khu vực với kích thước 3,8 km × 4,1 km lần đầu tiên được thực hiện vào năm 2009 và được thực hiện trong suốt vòng đời của dự án. Khảo sát địa chấn 2D cũng sẽ được sử dụng để bổ sung dữ liệu trống giữa các khảo sát địa chấn 3D. Tổng cộng, bốn khảo sát địa chấn 2D và hai cuộc khảo sát địa chấn 3D sẽ được lên kế hoạch thực hiện cho đến khi dự án kết thúc vào năm tài chính 2020. Hệ thống cáp ngầm dưới đáy biển (Ocean Bottom Cable - OBC) do viện RITE phát triển đã được chọn để cải thiện độ chính xác của dữ liệu thu được từ các khảo sát địa chấn 2D.

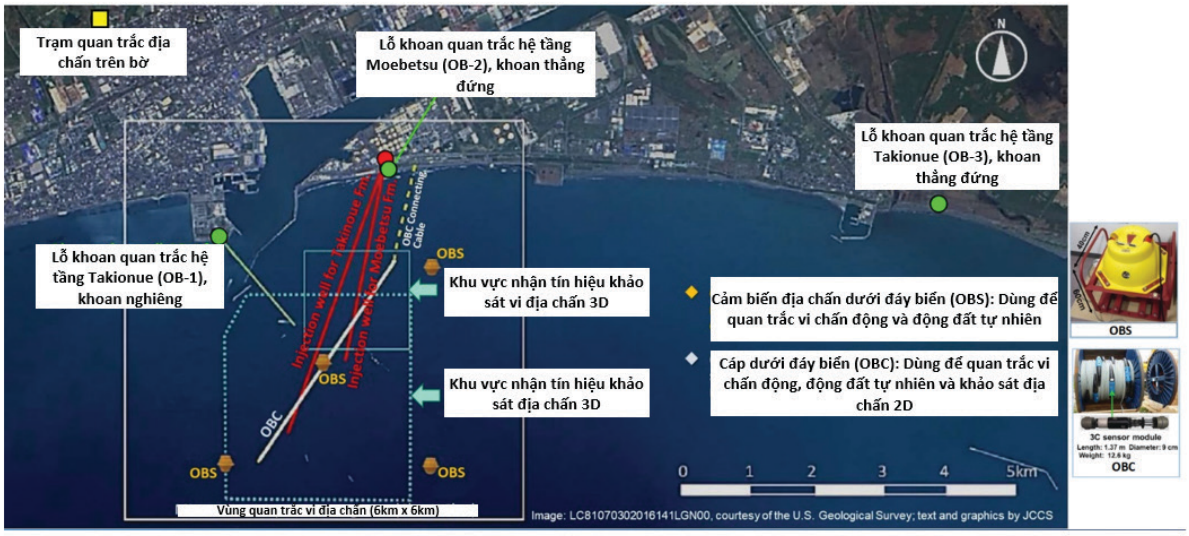
Dữ liệu thu được từ các hệ thống quan trắc trong giai đoạn chuẩn bị sẽ được sử dụng để cải thiện và tinh chỉnh các mô hình để mô phỏng hoạt động của CO_2 trong các tầng chứa trong suốt vòng đời của dự án.

Các giếng quan trắc đối với hệ tầng Moebetsu (OB-2) và đối với hệ tầng Takinoue (OB-3) lần lượt được hoàn thành vào tháng 3 năm 2013 và tháng 4 năm 2014. Giếng quan trắc được trang bị thêm cho tầng chứa Takinoue (OB-1) từ giếng khảo sát hiện có đã được hoàn thành vào tháng 1 năm 2014.

3.4. Quan trắc môi trường biển

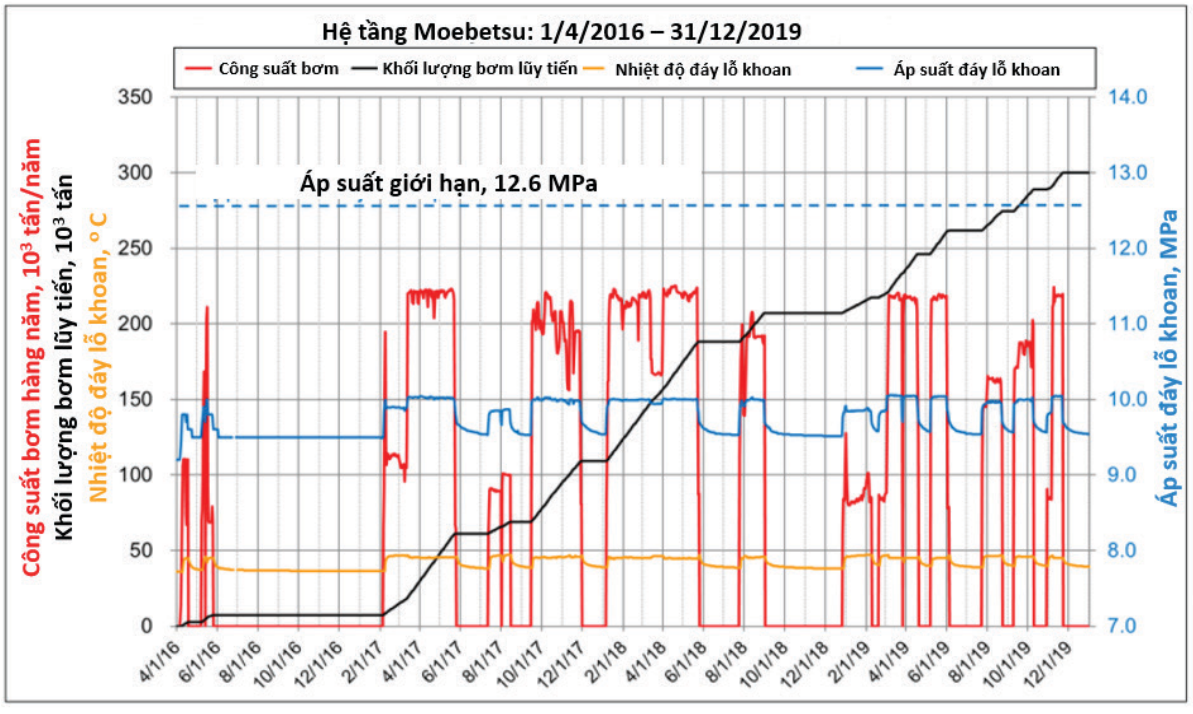
Tại Nhật Bản, việc lưu trữ CO_2 địa chất dưới đáy biển được quy định bởi Luật phòng chống ô nhiễm biển và thảm họa hàng hải (được sửa đổi vào năm tài chính 2007 để phản ánh những thay đổi đối với Nghị định thư Luân Đôn cho phép lưu trữ CO_2 dưới đáy biển). Theo luật này, cần phải đánh giá môi trường biển trước khi nộp đơn xin cấp giấy phép lưu trữ CO_2. Để hoàn thành việc đánh giá, khảo sát đường nền (bao gồm lĩnh vực hóa chất, vật lý và sinh học) đã được chuẩn bị cho mỗi mùa. Những khảo sát này được bắt đầu vào tháng 8 năm 2013 và được hoàn thành vào tháng 5 năm 2014.

Theo yêu cầu của luật, các đánh giá định kỳ phải được thực hiện trong suốt thời gian hoạt động trình diễn (từ năm tài khóa 2016 đến 2020) và trong những năm sau khi hoàn thành dự án.



Nguồn: JCCS

Hình 8: Sơ đồ hệ thống thiết bị quan trắc



Nguồn: JCCS

Hình 9: Dữ liệu ghi lại trong quá trình bơm khí CO_2 xuống tầng chứa Moebetsu

4. KẾT QUẢ

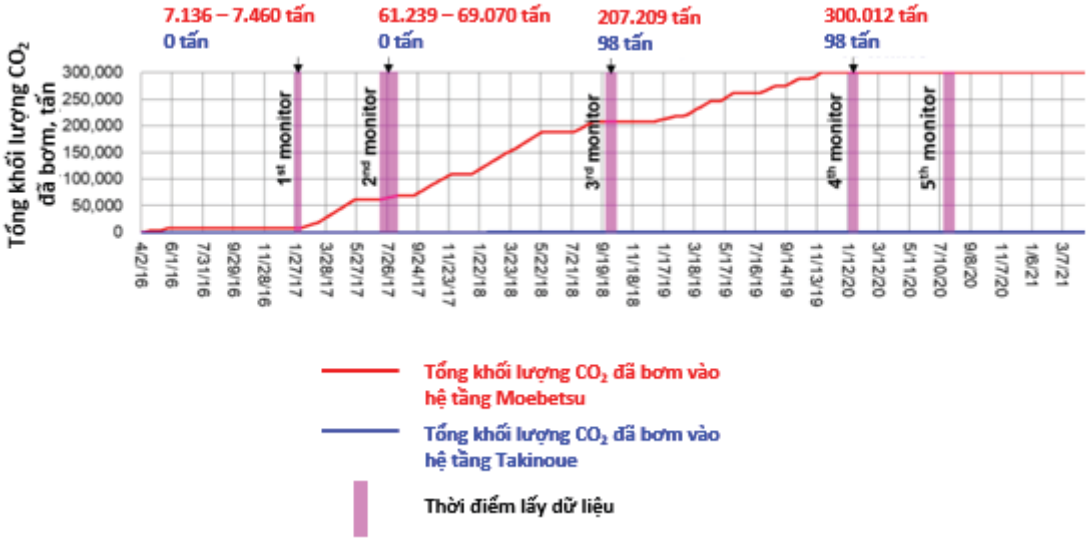
4.1 Công tác bơm CO_2

Từ tháng 4/2016 đến tháng 12/2019, tổng cộng 300.000 tấn CO_2 đã được bơm xuống 02 tầng chứa. Chủ yếu lượng CO_2 được bơm xuống địa tầng Moebetsu.

4.2 Công tác theo dõi vi địa chấn và quan trắc môi trường biển

Đợt khảo sát định kỳ đã được tiến hành vào tháng 6/2016 cho thấy một số thông số đã vượt quá ngưỡng thiết lập ban đầu, sau đó một số cuộc khảo sát bổ sung đã được tiến hành. Vào tháng 10 năm 2016, METI đã báo cáo tất cả các kết quả cho MOE. Sau khi đánh giá kết quả, MOE đánh giá rằng vượt quá ngưỡng không phải do rò rỉ CO_2 và đã hướng dẫn METI sửa đổi kế hoạch quan trắc bằng cách bổ sung việc triển khai các hạng mục điều tra mới như khảo sát cảm biến pH và phát hiện bọt biển. Đơn xin phép bổ sung với kế hoạch quan trắc sửa đổi đã được MOE chấp nhận vào ngày 1 tháng 2 năm 2017, và việc bơm CO_2 đã được nối lại vào ngày 5 tháng 2 năm 2017, sau sáu tháng tạm dừng.

Sau đó, trong các cuộc khảo sát môi trường biển định kỳ theo mùa đều không phát hiện thấy sự bất thường về



Nguồn: JCCS

Hình 10: Các đợt khảo sát địa chấn

Nguồn: JCCS

Hình 11: Cư dân địa phương đến thăm và tìm hiểu về công trình dự án CCS Tomakomai

độ pH, bong bóng từ đáy biển hoặc sự vượt quá ngưỡng cho phép cũng như không phát hiện thấy sự rò rỉ của CO_2. Về đo đạc hóa học trầm tích đáy biển, quan trắc sinh vật phù du, sinh vật đáy không có gì bất thường. Không phát hiện vi địa chấn hoặc động đất tự nhiên xảy ra do việc bơm khí CO_2 xuống lòng đất tại những khu vực xung quanh khu vực bơm (xem hình 10).

4.3 Công tác nâng cao nhận thức cộng đồng

Tiếp cận công chúng và nâng cao nhận thức cộng đồng có tầm quan trọng sống còn đối với sự thành công của các dự án CCS. Ở dự án CCS Tomakomai, tham vấn với địa phương các bên liên quan (chẳng hạn như chính quyền địa phương, các tổ chức liên quan bao gồm hợp tác xã của ngư dân địa phương và người dân địa phương) đã bắt đầu trước cuộc khảo sát 3D đầu tiên vào năm tài chính 2009.

Trong suốt quá trình triển khai dự án, nhiều hoạt động truyền thông được triển khai liên tục trong cộng đồng địa phương và các vùng khác của Nhật Bản nhằm nâng cao hiểu biết về dự án và sự chấp nhận công nghệ CCS của công chúng. Những hoạt động này bao gồm các chuyến đi thực tế, triển lãm, gian hàng, phòng thí nghiệm dành cho trẻ em, bài giảng, thuyết trình và diễn đàn CCS. Từ năm 2012 đến 2019, hơn 57 000 người đã tham dự các hoạt động này (JCCS).

5. THẢO LUẬN

Dự án trình diễn công nghệ CCS Tomakomai đã được triển khai từ năm 2012 đến nay. Dự án nhằm trình diễn và khẳng định tính khả thi của toàn bộ chuỗi công nghệ của hệ thống CCS quy mô lớn, từ việc thu giữ, bơm và lưu trữ CO_2. Dự án CCS Tomakomai đã thu giữ và lưu trữ tổng cộng 300.000 tấn CO_2 trong thời gian trình diễn. Nguồn CO_2 được lấy từ hệ thống sản xuất hydro trong nhà máy lọc dầu nằm gần cảng Tomakomai, tỉnh Hokkaido. Khí CO_2 với hàm lượng 99% sẽ được thu giữ và bơm vào hai tầng chứa ngoài khơi (nằm trong hệ tầng Takinoue và hệ tầng Moebetsu).

Công tác quan trắc các thông số cần thiết được thực hiện liên tục nhằm theo dõi ảnh hưởng của việc bơm khí CO_2 xuống lòng đất cũng như ảnh hưởng của nó tới môi

trường biển. Việc sử dụng các lỗ khoan định hướng được khoan từ đất liền xuống các địa tầng dưới đáy biển đã góp phần giảm chi phí khoan, tránh phá vỡ môi trường biển và các hoạt động gần bờ biển.

Ưu điểm lớn nhất của Dự án là trong quá trình thực hiện, hệ thống thiết bị và các lỗ khoan bơm khí CO_2 đã trải qua 01 trận động đất có cường độ 6.6 xảy ra tại Iburi ngày 6/9/2018, cách vị trí dự án CCS Tomakomai khoảng 30km. Tại thời điểm đó, cường độ động đất được ghi nhận khoảng gần 5 độ richter tại khu vực triển khai dự án. Sau khi xảy ra động đất, giá trị áp suất và nhiệt độ được đo tại hệ tầng Moebetsu vẫn được đo và ghi nhận. Căn cứ vào các kết quả quan trắc, nhóm chuyên gia của dự án kết luận rằng trận động đất này không ảnh hưởng đến công tác bơm CO_2 của dự án.

Để có thể triển khai dự án ở quy mô thương mại, Nhật Bản cần bổ sung và hoàn thiện các luật, quy định liên quan đến vấn đề chôn lấp CO_2 dưới lòng đất hoặc dưới đáy đại dương.

Trong những năm tới, ngoài việc duy trì quan trắc các thông số, dự án sẽ tiếp tục triển khai nghiên cứu, chế tạo tàu vận chuyển CO_2 lỏng với công suất lên đến 10.000 tấn/năm để vận chuyển CO_2 lỏng thu được từ các nhà máy nhiệt điện, nhà máy công nghiệp trên toàn nước Nhật đến Tomakomai. Ngoài ra, mô hình kinh doanh vận chuyển CO_2 lỏng cũng sẽ được nghiên cứu và xem xét để trong tương lai có thể vận chuyển CO_2 sang các nước Đông Nam Á và lưu giữ tại các khu vực có tiềm năng.

6. TIỀM NĂNG ÁP DỤNG CCS TẠI VIỆT NAM

Tại Việt Nam, công nghệ CCS đã và đang nhận được sự quan tâm rất lớn của các nhà hoạch định chính sách trong những năm gần đây. Đặc biệt sau cam kết đưa phát thải ròng về "0" vào năm 2050 và ủng hộ "Tuyên bố chuyển đổi từ than sang điện sạch toàn cầu" của Việt Nam tại Hội nghị lần thứ 26 các Bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (COP26) năm 2021.

Công nghệ CCS đã được đề cập trong nhiều văn bản, chính sách quan trọng của chính phủ. Cụ thể, tại quyết định phê duyệt Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050, số 896/QĐ-TTg ngày 26 tháng 7 năm 2022, mục 2.b (thuộc mục IV. Nhiệm vụ và giải pháp) có nêu: "…Nghiên cứu, ứng dụng công nghệ thu giữ, lưu trữ các bon (CCS) cho các nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch và các cơ sở sản xuất công nghiệp." Quyết định phê duyệt Đề án về những nhiệm vụ, giải pháp triển khai kết quả Hội nghị lần thứ 26 các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu, số 888/QĐ-TTg ngày 25 tháng 7 năm 2022, mục 2 (thuộc mục II. Nhiệm vụ và giải pháp) có nêu: "…nghiên cứu phát triển và sử dụng nhiên liệu amonia xanh, hydro xanh; lưu trữ năng lượng và phát triển công nghệ thu hồi, lưu giữ và sử dụng các-bon…". Ngoài ra, trong bản đóng góp do quốc gia tự quyết định (Nationally Determined Contribution – NDC) cặp nhật tháng 10/2022, có nhiều mục đề cập đến công nghệ CCS như một giải pháp để giảm phát thải carbon từ các nhà máy nhiệt điện than và các nhà máy công nghiệp nặng (mục 5.1.4, mục 5.1.6 và mục 6.2.4).

Trong lĩnh vực sản xuất điện và công nghiệp, khí CO_2 phát thải từ các nhà máy nhiệt điện than chiếm tỷ trọng lớn trong tổng phát thải từ các hộ sử dụng than. Tuy nhiên, hiện nay Việt Nam chưa có công nghệ để giảm phát thải CO_2 từ các nhà máy nhiệt điện than. Việc loại bỏ điện than hoàn toàn vào những năm 2040 theo cam kết sẽ là sự lãng phí tài sản trong khi nhiều nhà máy nhiệt điện vẫn chưa hết thời gian khấu hao, tuổi thọ kinh tế và kỹ thuật vào thời điểm đó. Ngoài ra, một số nhà máy nhiệt điện than mới sẽ được xây dựng thêm từ nay cho đến 2030.

Với công suất nhiệt điện than là 21.5 GW năm 2020 (EVN, 2021), hàng năm các nhà máy nhiệt điện than phát thải ra khí quyển khoảng 141 triệu tấn CO_2. Theo dự thảo quy hoạch điện 8, công suất điện than dự kiến đạt 37.4 GW vào năm 2030, như vậy khí CO_2 phát thải sẽ vào khoảng 208 triệu tấn (APEC Outlook 8th). Đây là nguồn phát thải CO_2 rất lớn, cần phải loại bỏ để đạt mục tiêu phát thải ròng về "0" vào năm 2050.

Việt Nam có tiềm năng về vị trí lưu trữ CO_2, có khả năng lưu trữ khoảng 12 tỷ tấn CO_2 trong các vỉa dầu đã cạn kiệt, các túi nước mặn, các vỉa than mỏng, sâu không thể khai thác [3]. Ngoài ra, nghiên cứu của tác giả cho thấy rằng, khả năng lưu giữ CO_2 của một số vỉa than vùng Quảng Ninh dao động từ 12 m^3/tấn đến 22 m^3/tấn [8].

Như vậy, Việt Nam có thể hình thành các khu vực lưu trữ CO_2 theo vùng và theo cụm để giảm tối đa chi phí xây dựng và chi phí vận chuyển. Đối với các nhà máy nhiệt điện than khu vực miền Nam, CO_2 được thu giữ tại các nhà máy, vận chuyển qua đường ống (hoặc xe bồn) và bơm xuống các vỉa dầu đã cạn kiệt hoặc các túi nước mặn ngoài khơi. Đối với các nhà máy nhiệt điện than tại miền Bắc, CO_2 được thu giữ và vận chuyển qua đường ống (hoặc xe bồn) và bơm xuống các vỉa than sâu, không thể khai thác tại vùng Quảng Ninh, Thái Nguyên và lưu giữ lâu dài ở đó.

Mặc dù vậy, vẫn còn có nhiều rào cản dẫn đến công nghệ CCS chưa được triển khai ở Việt Nam cho dù ở quy mô phòng thí nghiệm hoặc dự án thử nghiệm.

Nguyên nhân đầu tiên phải kể đến là chi phí đầu tư lớn. Tổng mức đầu tư sẽ từ hàng trăm triệu đến hàng tỷ đô la Mỹ để phát triển và vận hành dự án CCS, bao gồm chi phí đầu tư cho các công đoạn thu giữ, vận chuyển và lưu trữ CO_2. Ngày nay, hầu hết các dự án CCS thương mại đang hoạt động đều dựa vào hỗ trợ của các chính phủ thông qua thuế, tín chỉ carbon và các ưu đãi tài chính. Ví dụ như hệ thống tín chỉ thuế 45Q ở Hoa Kỳ và Quỹ Giảm phát thải (Emissions Reduction Fund) ở Úc. Ngoài ra, doanh thu cũng có thể đến từ sản lượng dầu khai thác

tăng thêm khi sử dụng công nghệ tăng cường thu hồi dầu bằng cách bơm ép CO_2 xuống vỉa dầu. Theo Global CCS Institute, 70% dự án CCS đang hoạt động trên toàn thế giới sử dụng CO_2 thu được cho mục đích tăng cường thu hồi dầu [5]. Tuy nhiên, hiện nay Việt Nam chưa có hình thức hỗ trợ hoặc ưu đãi tương tự nào từ chính phủ để phát triển các dự án CCS.

Nguyên nhân thứ 2: các nền kinh tế APEC Đông Nam Á: Mặc dù có tiềm năng lưu trữ CO_2, nhưng Việt Nam đang thiếu các địa điểm lưu trữ CO_2 đã được xác minh, một yếu tố vô cùng quan trọng để đưa ra quyết định đầu tư cuối cùng cho các dự án CCS. Các nhà đầu tư tiềm năng rất ngần ngại đầu tư và phát triển các dự án CCS nếu không có thông tin chi tiết về các địa điểm lưu trữ đã được xác minh này.

Nguyên nhân thứ 3: tại Việt Nam, các công cụ chính sách hỗ trợ cho CCS còn thiếu, gây trở ngại đáng kể đối với việc phát triển và triển khai CCS.

7. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

CCS Tomakomai là một dự án trình diễn rất thành công tại Nhật Bản cũng như toàn khu vực Châu Á, mở ra cơ hội để tiến đến vận hành thương mại hệ thống này vào năm 2030, đóng góp vào mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050. Thành công của dự án này sẽ mở ra cơ hội xây dựng các hệ thống CCS khác trong khu vực Đông Nam Á, đặc biệt là các nước lệ thuộc nhiều vào nhiên liệu hóa thạch trong lĩnh vực sản xuất điện và công nghiệp nặng như Indonesia và Việt Nam.

Công nghệ CCS đã được kiểm chứng và thương mại hoá rộng rãi trên thế giới. Vì vậy, áp dụng công nghệ CCS sẽ giúp Việt Nam giảm phát thải khí CO_2 từ các nhà máy nhiệt điện than, các nhà máy công nghiệp, đóng góp vào mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 như đã cam kết tại hội nghị COP26. Ngoài ra, các nhà máy nhiệt điện than có thể sử dụng cho đến hết tuổi thọ kinh tế và kỹ thuật của nhà máy nhằm tránh lãng phí và giúp nhà đầu tư thu hồi vốn hiệu quả.

Tuy nhiên, có rất nhiều rào cản cùng với chi phí thực hiện rất lớn nên cần có quá trình nghiên cứu, thử nghiệm, đánh giá cụ thể cho từng loại hình lưu trữ CO_2 tại Việt Nam. Sau đây là một số đề xuất.

- Giao nhiệm vụ cho các Viện nghiên cứu chuyên ngành để tiến hành nghiên cứu, thử nghiệm công nghệ này tại một số vị trí lưu trữ CO_2 khác nhau (bể chứa dầu khí đã cạn kiệt, vỉa than không thể khai thác, tầng nước mặn sâu…). Sau đó đánh giá khả năng lưu trữ và kiểm soát rò rỉ CO_2 từ các khu vực lưu trữ.

- Phối hợp với các tổ chức nước ngoài để tham quan học tập và chuyển giao công nghệ. Tranh thủ nguồn lực hỗ trợ từ các nước phát triển cho vấn đề chuyển dịch năng lượng và giảm phát thải.

- Xây dựng chính sách hỗ trợ triển khai các dự án CCS, dần hoàn thiện thị trường các bon và thuế các bon để tạo nguồn lực đầu tư cho lĩnh vực này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] APEC Outlook 8th. APEC Energy Demand and Supply Outlook 8th Edition 2022.

[2] Carbon Brief. https://www.carbonbrief.org/everything-you-wanted-to-know-about-ccs-but-were-afraid-to-ask/

[3] Christopher P. Consoli, Neil Wildgust, Current status of global storage resource. Energy Procedia 114 (2017) 4623-4628.

[4] EVN, 2021. Vietnam Electricity Annual Report 2021.

[5] Global CCS Institute, 2022. Global Status of CCS 2022.

[6] JCCS, Japan CCS Co.,Ltd. https://www.japanccs.com/en/business/demonstration/monitoring.php

[7] Jiro Tanaka, 2022. Tomakomai CCS Demonstration Project – Key Results and Future Outlook

[8] Phung Quoc Huy, Kyuro Sasaki, Yuichi Sugai, Nguyen Van Hau. Fundamental parameters for CO2 enhanced coalbed methane recovery in deep and unminable coal seams in Quang Ninh coalfield, Viet Nam. Proceeding of International Mining Conference, 2010. P 419-424.

NGUYỄN BÌNH MINH

Nguyễn Bình Minh nhận bằng Kỹ sư tại Đại học Bách Khoa Hà Nội, bằng Thạc sĩ và Tiến sĩ tại Đại học Tokyo, lần lượt vào các năm 2007, 2012 và 2015. TS. Minh hiện là giảng viên (Assistant Professor) tại Khoa Năng lượng tiên tiến, Đại học Tokyo. Hướng nghiên cứu chính của anh bao gồm xe điện, phương tiện bay sử dụng điện, hệ thống năng lượng, kỹ thuật điều khiển và điều khiển chuyển động. TS. Minh nhận giải thưởng bài báo xuất sắc của hội nghị IEEE International Conference on Mechatronics năm 2015. Anh nhận Giải thưởng Kurata của Quỹ Hitachi, và Tài trợ nghiên cứu của Quỹ Nagamori năm 2022. TS. Minh hiện là Associate Editor phụ trách mục Điện tử ô-tô của tạp chí IEEE Vehicular Technology Magazine. Anh làm Guest Editor cho Tạp chí Đo lường, Điều khiển và Tự động hóa (Hội Tự động hóa Việt Nam).

Research-gate: [https://www.researchgate.net/profile/Binh-Minh-Nguyen]

Google scholar: [https://scholar.google.com.vn/citations?user=L11vQbwAAAAJ&hl=vi]

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0298

MÔ HÌNH ĐÀO TẠO VÀ NGHIÊN CỨU XUYÊN NGÀNH HƯỚNG TỚI SỰ PHÁT TRIỂN CỦA Ô-TÔ ĐIỆN Ở KHOA NĂNG LƯỢNG TIÊN TIẾN, ĐẠI HỌC TOKYO

Nguyễn Bình Minh

Đại học Tokyo

E-mail: nguyen.binhminh@edu.k.u-tokyo.ac.jp

TÓM TẮT:

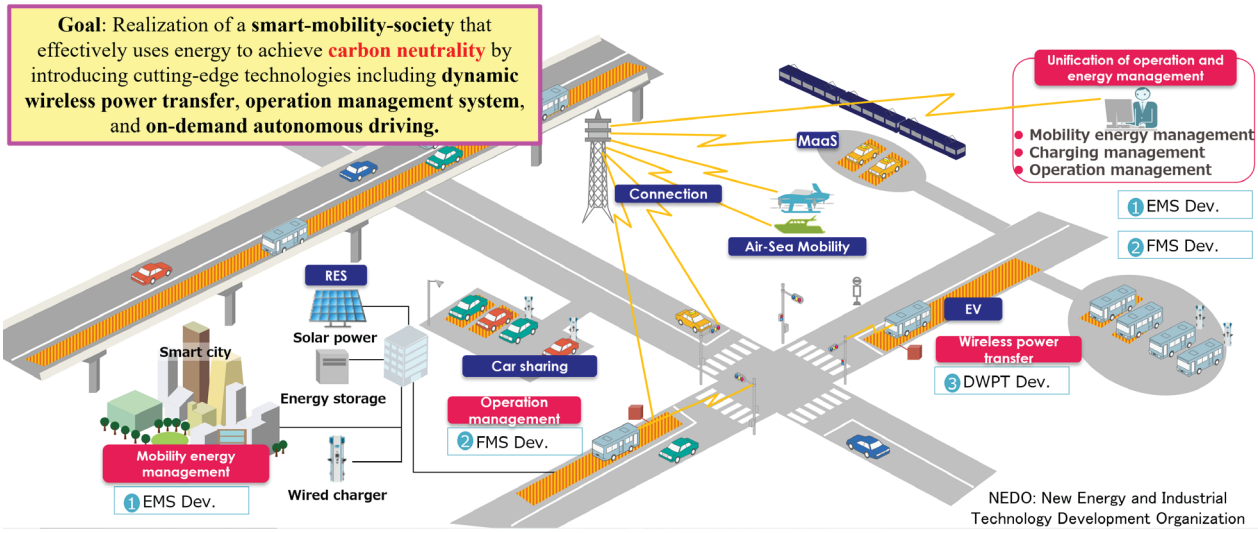
Đào tạo và nghiên cứu xuyên ngành thông qua việc sử dụng một cách có hiệu quả các nguồn lực xã hội cần phải được nhìn nhận là một chiến lược quan trọng nhằm xây dựng đội ngũ kỹ sư và chuyên gia trong lĩnh vực ô tô điện. Để làm rõ luận điểm trên, bài viết này giới thiệu mô hình đào tạo và nghiên cứu tại khoa Năng lượng tiên tiến, thuộc nhóm Khoa học xuyên ngành, Đại học Tokyo, Nhật Bản. Một số thành tựu nghiên cứu tiêu biểu về ô-tô điện được giới thiệu để minh họa cho hình thức đào tạo ở đó cần sự kết hợp và vượt qua ranh giới của các ngành khoa học khác nhau. Để đạt được các kết quả đó, không ai có thể làm việc đơn độc. Các sinh viên cần làm việc dưới sự hỗ trợ của nhiều giảng viên có chuyên môn khác nhau, chủ động phối hợp với các sinh viên cùng phòng thí nghiệm hoặc ở các đại học khác trên thế giới, và thường xuyên hợp tác với các chuyên gia đến từ công nghiệp. Bằng cách đó, sinh viên để làm rõ vấn đề nghiên cứu và biết cách đặt câu hỏi nghiên cứu có tính thực tiễn. Bài viết sẽ tổng kết một số bài học kinh nghiệm và khuyến nghị tới các Đại học Việt Nam, đặc biệt là các trường có đào tạo ngành kỹ sư ô-tô.

Từ khóa: *nghiên cứu xuyên ngành, ô-tô điện, truyền điện không dây, điều khiển học, điện tử công suất.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự nóng lên toàn cầu và nguy cơ cạn kiệt nguồn năng lượng hóa thạch đã thực sự trở thành những thách thức nghiêm trọng nhất đối với loài người. Theo báo cáo của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu, nhiệt độ trung bình của Trái đất đã tăng 0.87°C so với thời kỳ tiền cách mạng công nghiệp, và ngưỡng tăng nhiệt độ cho phép là 2°C [1]. Để không vượt ngưỡng nhiệt độ cho phép, loài người phải giảm dần lượng khí thải CO_2 và hướng đến mục tiêu phát thải ròng khí nhà kính bằng 0 (Net Zero Carbon Emission) vào năm 2050 [1], [2]. Để đạt mục tiêu này, một trong những giải pháp quan trọng là xây dựng lộ trình ngừng sản xuất ô-tô xăng và dần dần thay thế ô-tô xăng bằng ô-tô điện.

Nhằm hiện thực hóa xã hội sử dụng ô-tô điện, nhiều quốc gia đã đặt mục tiêu và xây dựng lộ trình bài bản từ những thập kỷ trước, tiêu biểu như các nước Bắc Âu, Đức, Nhật Bản, Trung Quốc, Canada. Tại Nhật Bản, tổ chức Phát triển công nghệ công nghiệp và năng lượng mới (NEDO) đã triển khai những dự án lớn cấp quốc gia



Hình 1. Hình ảnh về hệ thống giao thông sử dụng điện năng trong tương lai.

(Nguồn: Chương trình nghiên cứu "Innovative Technology Development for City and Mobility Energy Using Power Supply for Moving Electric Vehicles" của NEDO).

nhằm xây dựng hệ thống giao thông với những phương tiện sử dụng điện năng (Hình 1). Trong hệ thống này, khái niệm ô-tô điện được phát triển theo nghĩa rộng, bao gồm cả những ô-tô bus, ô-tô cá nhân vận hành trên mặt đất cho đến những ô-tô bay vận hành trong không trung. Lấy ô-tô điện làm trung tâm, hệ thống giao thông này tích hợp nhiều công nghệ mới như truyền điện không dây, quản lý năng lượng và điều khiển xe tự hành.

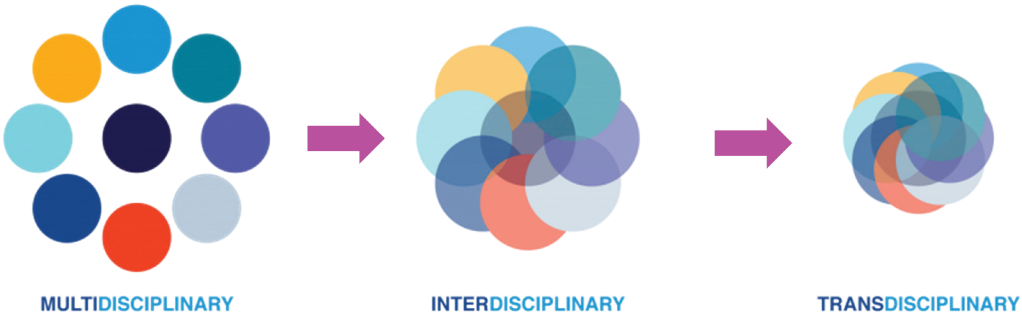
Tại hội nghị thượng đỉnh về biến đổi khí hậu của Liên hợp quốc năm 2021 (COP26), Việt Nam đã cam kết giảm lượng khí thải CO2 về con số không vào năm 2050. Quy hoạch điện 8 vừa được ban hành đã xác lập mục tiêu rất khắc nghiệt hạn chế nhiệt điện than và phát triển năng lượng tái tạo [3]. Đến năm 2030, nhiệt điện than chỉ còn chiếm 19% tổng công suất phát điện (hiện là 33%), trong khi tỷ lệ điện gió trên bờ là 13.8%, điện gió ngoài khơi là 3.8%, và điện mặt trời là 13%.

Tình hình mới đặt ra những cơ hội và thử thách cho ngành ô-tô điện Việt Nam. Tuy nhiên, Việt Nam chưa có một chiến lược và lộ trình cụ thể để xây dựng xã hội sử dụng ô-tô điện. Tầm quan trọng của ô-tô điện cũng như những khó khăn về chính sách và công nghệ chưa được xã hội nhận thức một cách rõ ràng. Một số thành tựu của VinFast là những kết quả bước đầu đáng tự hào, nhưng còn rất nhiều công việc cần được làm một cách đồng bộ bởi Nhà nước, các Đại học, và các Công ty sản xuất-kinh doanh. Chúng ta chưa có kế hoạch xây dựng cơ sở hạ tầng trong đó có hệ thống sạc năng lượng cho ô-tô điện. Các nhà sản xuất Việt Nam mới đạt mức nội địa hóa trung bình 7-10% với các dòng xe cá nhân [4]. Gần đây, Thủ tướng Phạm Minh Chính đã yêu cầu Bộ Công Thương và các bộ ngành liên quan khẩn trương nghiên cứu, đề xuất chính sách cho sự phát triển của ô-tô điện [5].

Bài viết này đóng góp một số ý kiến cho sự phát triển của ô-tô điện Việt Nam từ góc nhìn của những người làm công tác nghiên cứu và đào tạo trong trường Đại học. Để hiện thực hóa xã hội sử dụng ô-tô điện, điều quan trọng nhất vẫn là yếu tố con người. Chúng ta cần xây dựng đội ngũ kỹ sư và chuyên gia có trình độ cao, có khả năng đưa ra lời giải cho các bài toán khó, thích ứng nhanh nhạy với những biến đổi của công nghệ ô-tô. Để có thể thực hiện mục tiêu đó, mô hình đào tạo và nghiên cứu xuyên ngành cần được triển khai tại các đại học trên cả nước với sự tận dụng một cách có hiệu quả các nguồn lực xã hội. Trong mô hình này, người học tại các bậc học khác nhau (đại học, thạc sĩ, tiến sĩ) vừa là trung tâm của quá trình đào tạo, vừa là lực lượng căn bản để thực hiện các đề tài nghiên cứu. Luận điểm trên sẽ được làm rõ thông qua việc giới thiệu mô hình đào tạo và nghiên cứu tại khoa Năng lượng tiên tiến thuộc Đại học Tokyo (Nhật Bản) cùng với một số thành tựu nghiên cứu tiêu biểu về ô-tô điện.

2. KHÁI NIỆM XUYÊN NGÀNH

Nghiên cứu đa ngành (multidisciplinary research) là sự tiếp cận vấn đề từ nhận thức của một số ngành khoa học, nhưng mỗi ngành làm việc theo cách tương đối độc lập và ít bổ sung cho nhau. Nghiên cứu liên ngành (interdisciplinary research) là hình thái làm nghiên cứu mang tính hợp tác giữa các ngành khoa học khác nhau. Nghiên cứu xuyên ngành (transdisciplinary research) được đặt ra khi chúng ta đối diện những vấn đề có độ phức tạp cao, không thể nắm bắt hay giải quyết trọn vẹn thông qua việc hợp tác đơn thuần giữa các ngành khoa học. Hơn thế, chúng ta cần sự triển khai nghiên cứu bằng cách vượt qua ranh giới giữa các ngành, các bộ môn, vừa hợp tác vừa tranh luận, để tạo ra những tri thức mới (Hình 2) [6].



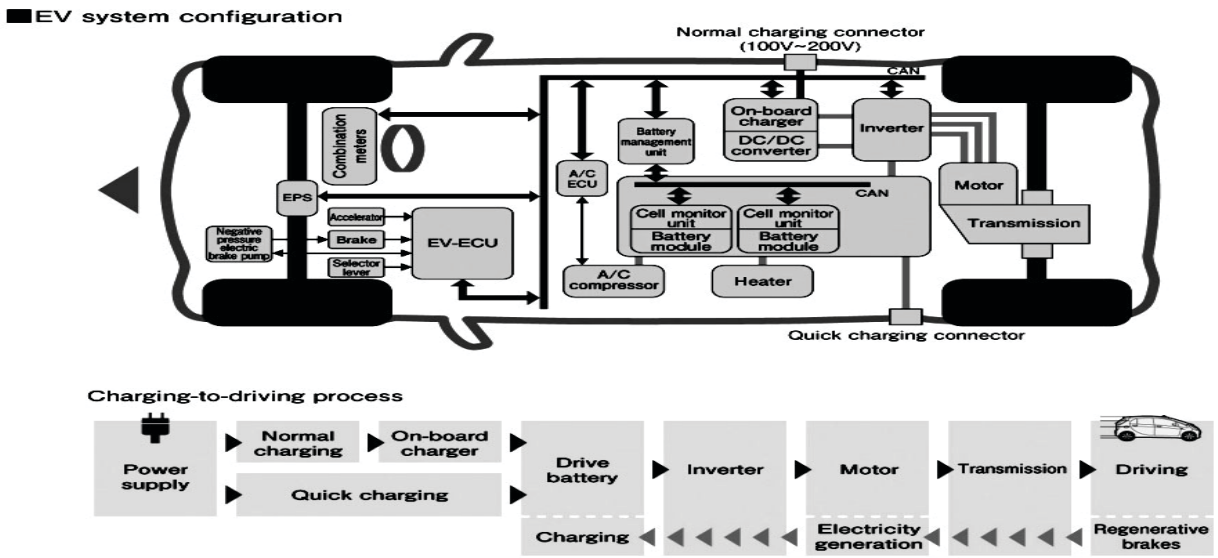
Hình 2. Nghiên cứu đa ngành, liên ngành, xuyên ngành.

3. TÍNH TẤT YẾU CỦA VIỆC ĐÀO TẠO VÀ NGHIÊN CỨU XUYÊN NGÀNH VỀ Ô-TÔ ĐIỆN

3.1. Phân tích hệ thống ô-tô điện

Phân tích cấu trúc của ô-tô điện, chúng ta có thể thấy đây là một sản phẩm xuyên ngành điển hình trong xã hội hiện đại. Trong hệ thống này, các cơ cấu cơ khí được kết hợp với các bộ phận điện như động cơ, mạch công suất và hệ thống lưu trữ năng lượng (Hình 3). Nếu chúng ta chỉ dừng lại ở mức độ liên kết ngành Cơ khí và Điện, chúng ta sẽ không thể giải quyết hết các vấn đề mà thực tiễn sản xuất đặt ra. Để thấy tính tất yếu của nghiên cứu xuyên ngành Điện-Cơ khí, chúng ta tìm hiểu một ví dụ như sau: Điều khiển tốc độ quay của động cơ truyền động ô-tô điện. Từ góc nhìn của ngành Điện, điều khiển tốc độ quay động cơ là một bài toán cơ bản và đơn giản. Tuy nhiên, nếu chúng ta chỉ sử dụng kiến thức của ngành Điện, chúng ta không thể giải thích được hiện tượng tốc độ động cơ bị "dao động" thậm chí mất ổn định. Nguyên nhân của hiện tượng dao động có thể được lý giải như sau: Hệ thống mà chúng ta cần điều khiển không phải chỉ là một động cơ điện, mà là một hệ điện-cơ phức tạp, bao gồm động cơ, hộp số, thân xe, và bánh xe tiếp xúc với mặt đường có hệ số ma sát thường xuyên thay đổi trong quá trình hoạt động. Để điều khiển hệ thống này, chúng ta cần bước qua ranh giới của ngành Điện và ngành Cơ khí để xây dựng một mô hình đối tượng điều khiển mới. Bằng cách đó, chúng ta tạo ra những kiến thức mới về cách thiết kế điều khiển tốc độ kết hợp chống dao động, nâng cao cảm giác thoải mái cho người lái xe [7].

Ô-tô điện là một hệ thống phức tạp, bao gồm nhiều cơ cấu như truyền động, hệ thống lái, kiểm soát an toàn, tiện ích người dùng... Quá trình vận hành của ô-tô điện được quản lý bởi một hệ thống điều khiển sử dụng các bộ điều khiển điện tử (Electronic Control Unit, ECU). Các ECU cùng với các cơ cấu chấp hành và các cảm biến trên ô-tô điện được kết nối thông qua mạng truyền thông với yêu cầu cao về chất lượng truyền tin. Do đó, nghiên cứu về ô-tô điện cần kiến thức của ngành Công nghệ thông tin và Điện tử viễn thông. Từ Hình 1, chúng ta thấy ô-tô điện không phải là một hệ thống độc lập, mà là một phần tử tiêu thụ năng lượng của hệ thống điện quốc gia đang có sự tham gia ngày càng nhiều của năng lượng tái tạo. Ô-tô điện cũng là một phần tử chuyển động trên hệ thống giao thông công cộng, một phần tử của hệ thống tòa nhà. Để ô-tô điện vận hành một cách hiệu quả trong các hệ thống lớn và đa mục tiêu, cần sự tích hợp tri thức của các ngành như giao thông, kinh tế, hệ thống điện, dự báo khí tượng, dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo, internet vạn vật... Đặc biệt, chúng ta cần lý thuyết điều khiển các hệ thống đa tác



Hình 3. Cấu trúc ô-tô điện (Mitsubishi).

tử có quy mô cực kỳ lớn để đảm bảo toàn hệ thống hoạt động ổn định, bền vững và tối ưu [8].

3.2. Thực trạng đào tạo và nghiên cứu ô-tô điện ở Việt Nam

Thông qua việc phân tích hệ thống ô-tô điện, chúng ta nhận thấy tính tất yếu của việc đào tạo và nghiên cứu xuyên ngành nhằm cung cấp đội ngũ kỹ sư và chuyên gia có chất lượng cao, đáp ứng được yêu cầu phát triển của ô-tô điện. Tuy nhiên, tại các đại học ở Việt Nam, ô-tô điện vẫn đang được đào tạo và nghiên cứu một cách độc lập bởi các khoa, viện truyền thống [9].

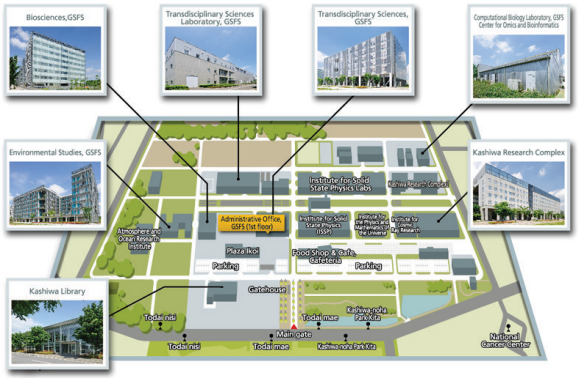
Chúng ta hãy xem xét việc đào tạo và nghiên cứu ô-tô điện tại Đại học Bách khoa Hà Nội, một trong những đại học công nghệ hàng đầu của Việt Nam. Trong giai đoạn từ 2012-2015, Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng và Sáng tạo Công nghệ (CTI) đã thực hiện đề tài KC.03.08/11-15, đề tài cấp Nhà nước đầu tiên về ô-tô điện tại Việt Nam [9]. Đề tài tập trung vào các vấn đề kinh điển của ngành điện như thiết kế hệ truyền động động cơ và quản lý năng lượng. Một số bài toán kết nối ô tô điện với lưới điện đã được triển khai nghiên cứu ở Bộ môn Hệ thống Điện (Khoa Điện). Gần đây, Viện Cơ khí động lực đã hợp tác với Tập đoàn Toyota trong việc nghiên cứu kiểm nghiệm hiệu suất sử dụng nhiên liệu và tác động đến môi trường của xe lai điện Corolla Cross. Viện cũng đã xây dựng chương trình đào tạo ô-tô tiên tiến, hướng đến mục tiêu trang bị kiến thức, kỹ năng về các dòng ô-tô điện hiện đại. Tuy nhiên, Viện mới chỉ cung cấp mộtsố kiến thức về ô ô tô điện, như truyền động điện, điện tử công suất, pin nhiên liệu và quản lý năng lượng. Các kiến thức này được giảng dạy dưới hình thức module tự chọn cho bậc thạc sĩ.

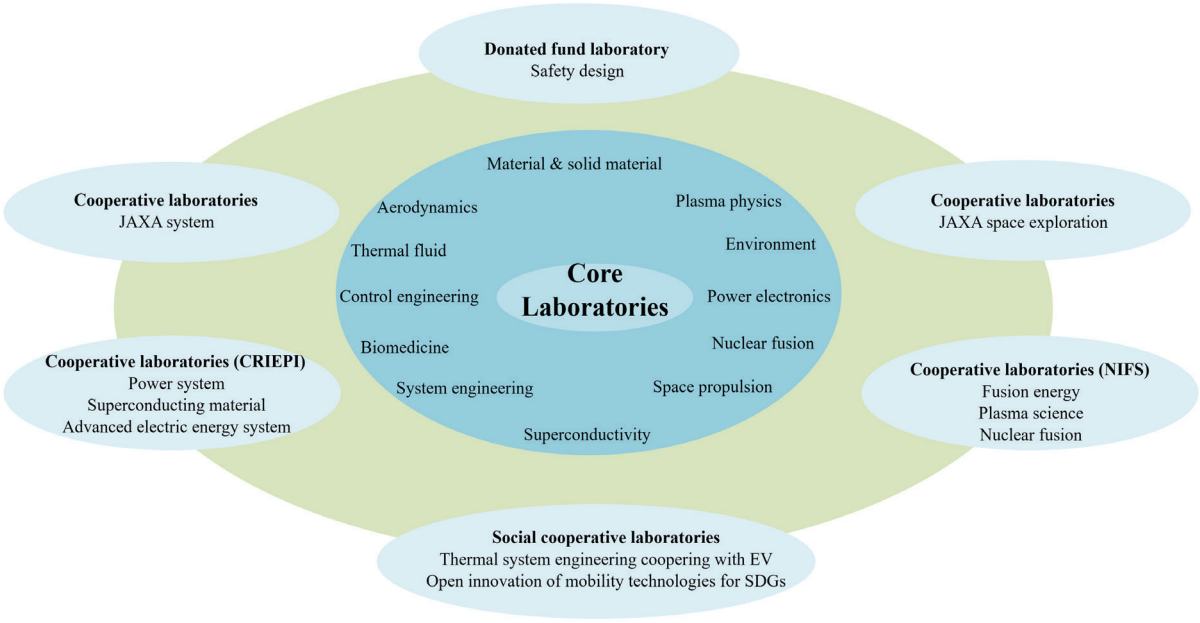
Trong năm 2021, với việc thành lập Trường Cơ khí, Trường Công nghệ thông tin và Truyền thông, Trường Điện- Điện tử, Đại học Bách khoa Hà Nội đã bắt đầu những bước đầu tiên trong quá trình tái cơ cấu và tạo cơ hội cho sinh viên một cách tiếp cận đa ngành trong học tập-nghiên cứu. Tuy nhiên, việc tái cơ cấu này về cơ bản là kết hợp các đơn vị cũ thành một đơn vị mới với cái tên mới. Đại học Bách khoa Hà Nội vẫn chưa có những mô hình đào tạo và nghiên cứu nhằm tạo động lực cho việc giải quyết các vấn đề xuyên ngành như ô-tô điện. Quá trình đào tạo còn gặp nhiều khó khăn như sau:

- Sinh viên chủ yếu làm nghiên cứu dưới sự hướng dẫn của một giảng viên với một lĩnh vực chuyên môn nhất định, không có cơ hội được sự hướng dẫn của nhiều giảng viên với các chuyên môn khác nhau.

- Việc lấy người học làm trung tâm chưa được quan tâm đúng mức. Sinh viên chưa được giao những đề tài mới có tính xuyên ngành. Sinh viên bậc t hạc sĩ và tiến sĩ chưa thực sự đóng vài trò lực lượng nghiên cứu cơ bản.

- Quá trình đào tạo chưa nhận được sự hỗ trợ đủ lớn từ các nguồn lực xã hội. Cụ thể, chưa có nhiều học bổng để khuyến khích sinh viên nghiên cứu và theo đuổi con đường khoa học. Nhà trường và các công ty công nghệ


Biosciences,GSFS
Transdisciplinary Sciences Laboratory, GSFS
Transdisciplinary Sciences, GSFS
Computational Biology Laboratory, GSFS Center for Omics and Bioinformatics
Environmental Studies, GSFS
Kashiwa Research Complex
Kashiwa Library
Administrative Office, GSFS (1st floor)
Plaza Ikoi
Parking
Food Shop & Cafe, Cafeteria
Gatehouse
Todai-iwai
Todai-nishi
Main gate
Todai-mae
Kashiwa-no-ha Park City
Kashiwa Campus Station
Kashiwa-no-ha Park City
Kashiwa Research Complex
Kashiwa Library



Hình 5. Sơ đồ tổ chức của Khoa Năng lượng tiên tiến (Nguồn: Đại học Tokyo).

tiến bộ của nền văn minh nhân loại thông qua việc sáng tạo những tri thức mới và kỹ thuật mới liên quan đến năng lượng [10]. Các tri thức và kỹ thuật mới phải đảm bảo sự phát triển hài hòa của xã hội. Vì vậy, khoa chọn cách giải quyết các vấn đề năng lượng trọng điểm bằng phương pháp toàn diện, tích hợp và vượt qua ranh giới của nhiều ngành khoa học khác nhau. Sản phẩm của khoa không chỉ là những bài báo khoa học hay bằng phát minh-sáng chế, mà còn là những con người có kỹ năng xuyên ngành. Sinh viên của khoa không chỉ học các khóa học cốt lõi và nền tảng của kỹ thuật năng lượng, mà còn được nuôi dưỡng trong tinh thần "tích hợp kiến thức" để sáng tạo và hình thành những tri thức mới. Từ đó, sinh viên của khoa có kỹ năng đa dạng và cơ hội trở thành những chuyên gia có năng lực giải quyết các vấn đề lớn của xã hội.

4.3. Cơ cấu tổ chức

Khoa Năng lượng tiên tiến được cấu thành từ nhiều phòng thí nghiệm (**Hình 5**). Mỗi phòng thí nghiệm theo đuổi một hướng nghiên cứu chính, và phụ trách giảng dạy một số môn học có liên quan. Mỗi phòng thí nghiệm được lãnh đạo bởi một giáo sư. Đội ngũ cán bộ của phòng thí nghiệm còn có các phó giáo sư, giảng viên, các trợ giảng và nghiên cứu viên. Họ phụ trách nhiệm vụ giảng dạy, nghiên cứu khoa học, và hướng dẫn sinh viên làm luận văn tốt nghiệp các chương trình từ bậc đại học cho đến tiến sĩ. Khoa được cấu thành từ các phòng thí nghiệm như sau.

- Phòng thí nghiệm cốt lõi (Core laboratory): Các phòng thí nghiệm được dẫn dắt bởi các giáo sư đến từ các khoa/viện truyền thống của Đạihọc Tokyo. Các phòng thí nghiệm này chịu tráchnhiệm về các lĩnh vực như điện tử công suất (power electronics), vật lý plasma (plasma physics), kỹ thuật điều khiển (control engineering), khí động lực học (aerodynamics), vật liệu (material)... Lĩnh vực kỹ thuật điều khiển được phụ phụ trách bởi giáo sư Hiroshi Fujimoto, người đang lãnh đạo các hướng nghiên cứu liên quan đến ô tô điện tại Đại học Tokyo [11].

- Phòng thí nghiệm sử dụng quỹ quyên góp (Donated fund laboratory): Các phòng thí nghiệm được xây dựng dựa trên nguồn quỹ quyên góp từ xã hội. Hiện nay khoa có một phòng thí nghiệm về côngnghệ thiết kế an toàn (safety design).

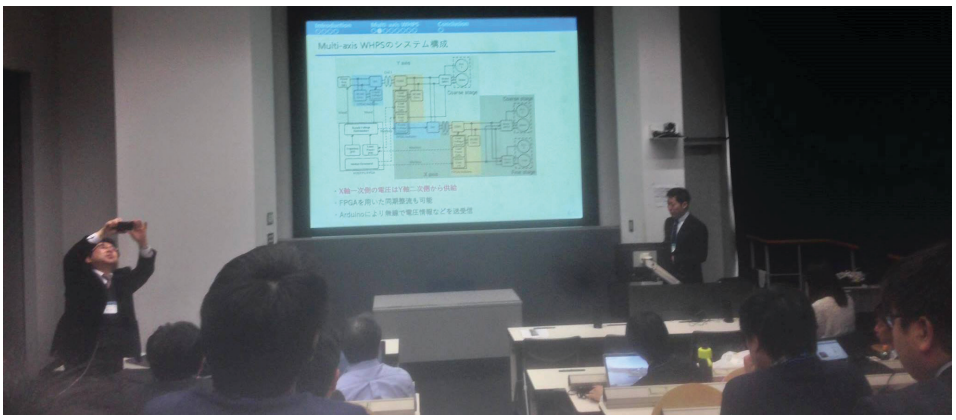
- Phòng thí nghiệm hợp tác (Cooperative laboratory): Các phòng thí nghiệm cốt lõi không thể đảm đương toàn bộ các lĩnh vực và môn học liên quan đến năng lượng tiên tiến. Vì vậy, một số phòng thí nghiệm hợp tác đã được thành lập với đội ngũ giáo sư và cán bộ đến từ các viện nghiên cứu khác ở Nhật Bản. Ba viện nghiên cứu hàng đầu Nhật Bản đã hợp tác cùng với khoa Năng lượng tiên tiến là Cơquan nghiên cứu và phát triển hàng không vũ trụ Nhật Bản (JAXA), Viện nghiên cứu điện lực trung ương (CRIEPI), Viện nghiên cứu khoa học nhiệt hạch quốc gia (NIFS).

- Phòng thí nghiệm hợp tác xã hội (Social cooperative laboratory): Các phòng thí nghiệm này được điều hành bởi các giảng viên là các chuyên gia đến từ các công ty công nghệ, hoặc các giảng viên được bổ nhiệm để sử dụng nguồn quỹ nghiên cứu của các công ty công nghệ. Đội ngũ giảngviên này có thể truyền cho sinh viên nhiều kiến thức và kinh nghiệm thực tế sâu sắc, và phụ trách các nghiên cứu có tính thực tiễn cao, hợp tác chặt chẽ với công nghiệp.

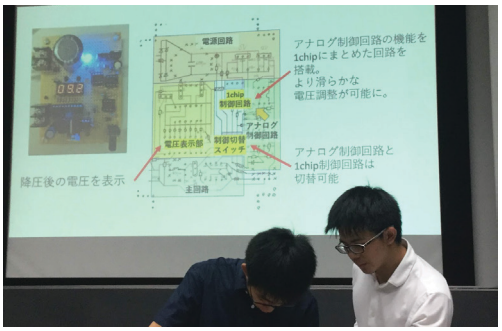
5. ĐÀO TẠO VÀ NGHIÊN CỨU XUYÊN NGÀNH VỀ Ô-TÔ ĐIỆN TẠI KHOA NĂNG LƯỢNG TIÊN TIẾN

5.1. Hình thức đào tạo và nghiên cứu

Đào tạo và nghiên cứu là hai hoạt động chủ yếu của Khoa. Lấy người học làm trung tâm, hai hoạt động này



Hình 6. Ảnh chụp tại một xê-mi-na về ô-tô điện.



Hình 7. Ảnh chụp tại buổi phát biểu báo cáo kết quả của lớp học nhóm "Thiết kế mạch điện tử."

không thể tách rời, luôn bổ sung và hỗ trợ lẫn nhau. Hình thức của hai hoạt động này được đặc trưng bởi các Môn học, Xê-mi-na, Lớp học nhóm, Thực tập và hợp tác nghiên cứu với các công ty công nghiệp, Hợp tác quốc tế, Nghiên cứu-viết luận văn tốt nghiệp.

Môn học: Khoa Năng lượng tiên tiến cung cấp cho sinh viên rất nhiều lựa chọn về các môn học. Bài giảng được soạn dựa trên những kết quả nghiên cứu của các giáo sư. Do đó, nội dung bài giảng thường xuyên được cập nhật, giúp sinh viên tiếp cận với những kiến thức mới và có tính thực tiễn cao. Các giáo sư thường mời các nhà nghiên cứu và các chuyên gia trong ngành đến giảng bài cho sinh viên. Sinh viên chủ động lựa chọn các môn học để lấy đủ số tín chỉ cần thiết và phục vụ cho địnhhướng nghiên cứu của bản thân. Ví dụ, một sinh viên tiến sĩ lựa chọn điều khiển chuyển động ô-tô điện làm đề tài nghiên cứu. Sinh viên này có thể lựa chọn một số môn học cốt lõi như: Hệ thống giao thông, Điều khiển ứng dụng, Hệ thống năng lượng và truyền động, Khí động lực học, Mô phỏng tốc độ cao.

Xê-mi-na: Sinh viên trong Khoa còn có điều kiện tham gia phát biểu và thảo luận tại các xê-mi-na xuyên ngành. Các xê-mi-na này được tổ chức hàng tuần cho toàn bộ sinh viên trong khoa, với lịch trình do các sinh viên bậc tiến sĩ chuẩn bị và điều phối. Tham gia chuỗi xê-mi-na này, sinh viên có điều kiện nghe những bài thuyết trình từ những lĩnh vực nghiên cứu khác nhau, như hệ thống thu năng lượng tia sét, robot thám hiểm sao Hỏa, thiết kế động cơ máy bay, lò phản ứng nhiệt hạch, động cơ từ vật liệu siêu dẫn, máy bay điện… Từ đó, sinh viên có cơ hội trải nghiệm việc bước qua ranh giới của các ngành khoa học khác nhau và mở mang vốn kiến thức và ý tưởng nghiên cứu. Hình 6 được tác giả chụp lại tại một xê-mi-na về ô-tô điện của sinh viên trong khoa.

Lớp học nhóm: Lớp học nhóm hay benkyoukai là một hoạt động thường xuyên của các phòng thí nghiệm trong Khoa Năng lượng tiên tiến nói riêng và Đại học Tokyo nói chung. Tuy không tính vào tín chỉ để tốt nghiệp, nhưng lớp học nhóm có vai trò quan trọng trong việc bổ trợ kiến thức cho sinh viên. Lớp học nhóm do các sinh viên trong phòng thí nghiệm tự tổ chức, với sự dẫn dắt của một sinh viên bậc tiến sĩ hoặc một trợ lý giáo sư. Thông qua lớp học, sinh viên sẽ hình thành mối quan hệ với các thành viên khác trong phòng thí nghiệm và tiếp thu được kinh nghiệm từ người đi trước. Ví dụ, sinh viên tham gia nhóm nghiên cứu về ô-tô điện có thể tham gia các lớp học nhóm như sau: Lý thuyết điều khiển, Điện tử công suất, Thiết kế mạch điện tử, Robot, Mô hình hóa và điều khiển ô-tô điện. Hình 7 được chụp tại buổi phát biểu kết thúc lớp học Thiết kế mạch điện tử. Tại buổi báo cáo kết quả này, các giảng viên sẽ chấm điểm và trao giải cho những sinh viên có thiết kế xuất sắc nhất.

Thực tập và hợp tác nghiên cứu với các công ty công nghiệp: Thông qua sự giới thiệu của các giáo sư, sinh viên trong Khoa có cơ hội thực tập tại các nhà máy xí nghiệp để làm quen với các vấn đề thực tiễn. Tác giả của bài viết đã đi thực tập và tìm hiểu công nghệ chống bó cứng phanh tại Trung tâm nghiên cứu và phát triển công nghệ ô-tô của Mazda trong thời gian học thạc sĩ. Sinh viên làm nghiên cứu về ô-tô cũng có cơ hội tham gia các dự án hợp tác nghiên cứu với các công ty lớn như Honda, Hitachi, Toyota... Tài liệu tham khảo số [7] của bài viết này chính là một kết quả của việc hợp tác nghiên cứu giữa Khoa Năng lượng tiên tiến và Trung tâm

nghiên cứu Mitsubishi. Tham gia hoạt động nghiên cứu này, sinh viên chính là nguồn nhân lực cơ bản thực hiện nghiên cứu với sự tư vấn của các giảng viên và sự giúp đỡ của các chuyên gia đến từ công nghiệp. Từ đó, sinh viên học được cách làm việc của "chuyên gia", cách tư duy "xuyên ngành" để đặt vấn đề và giải quyết vấn đề thực tiễn.

Hợp tác quốc tế: Thông qua mối quan hệ của các giảng viên, sinh viên trong khoa cũng có cơ hội tham gia các khóa du học ngắn ngày để làm nghiên cứu tại các Đại học và Trung tâm nghiên cứu trên thế giới như ở Pháp, Đức, Ý. Khoa cũng đón các nhà nghiên cứu và sinh viên quốc tế đến thực tập và làm nghiên cứu. Nhờ đó, sinh viên trong khoa có điều kiện hợp tác với sinh viên quốc tế, vừa rèn luyện khả năng trao đổi bằng ngoại ngữ, vừa học hỏi từ lĩnh vực nghiên cứu của sinh viên quốc tế. **Hình 8** là ảnh chụp tại một buổi thí nghiệm điều khiển ô-tô điện và drone, một nghiên cứu hợp tác giữa Khoa năng lượng tiên tiến và Trung tâm công nghệ ô-tô thuộc Đại học công nghệ Ilmenau (Đức). Để thực hiện nghiên cứu xuyên ngành này, sinh viên trong khoa phụ trách phần điều khiển chuyển động ô-tô, và các sinh viên đến từ Đại học công nghệ Ilmenau phụ trách phần điều khiển drone.

Nghiên cứu-viết luận văn tốt nghiệp: Với những vấn đề nghiên cứu mới và có độ phức tạp cao như ở khoa Năng lượng tiên tiến, không ai có thể làm nghiên cứu một cách đơn độc. Vì vậy, làm việc nhóm là một yêu cầu bắt buộc. Ở Việt Nam, sinh viên thường làm luận văn tốt nghiệp dưới sự hướng dẫn của một giảng viên với một số chuyên môn nhất định. Nhưng với những nghiên cứu có tính xuyên ngành, sinh viên tại Khoa năng lượng tiên tiến sẽ thực hiện nghiên cứu và chuẩn bị luận văn tốt nghiệp với sự hướng dẫn của nhiều giảng viên trong và ngoài khoa. Nghiên cứu của sinh viên thường là một phần trong các chương trình nghiên cứu lớn của các giảng viên. Như đã trình bày ở trên, các nghiên cứu này thường có sự hợp tác chặt chẽ với các công ty công nghệ và các đại học/trung tâm khác trên thế giới. Kết quả nghiên cứu được xuất bản dưới hình thức các bài báo hội nghị và các tạp chí chuyên ngành trong và ngoài Nhật Bản, và các phát minh/sáng chế. Các công trình đó sẽ được tổng kết thành luận văn tốt nghiệp. Các sinh viên tiến sĩ tại khoa Năng lượng tiên tiến thường thực hiện một đề tài phụ bên cạnh đề tài chính, và được yêu cầu tham gia công tác giảng dạy/hướng dẫn sinh viên bậc đại học/thạc sĩ cùng các giảng viên trong khoa. Tác giả bài viết xin giới thiệu luận văn tốt nghiệp của TS. Fuse, một luận văn xuất sắc về ô-tô điện được thực hiện tại Khoa năng lượng tiên tiến trong thời gian vừa qua [12].

5.2. Sự hỗ trợ đa dạng đến từ các nguồn lực xã hội

Để có thể triển khai các hoạt động đào tạo và nghiên cứu, Khoa Năng lượng tiên tiến đã nhận được rất nhiều sự hỗ trợ đến từ các nguồn lực xã hội khác nhau. Bên cạnh các phòng thí nghiệm cốt lõi, rất nhiều phòng thí nghiệm được xây dựng dựa trên nguồn quỹ quyên góp hay dựa trên các dự án nghiên cứu có quy mô lớn với công nghiệp (Hình 5). Bên cạnh đó, các nghiên cứuvề ô-tô điện nói riêng và năng lượng nói chung nhận được rất nhiều nguồn quỹ khác nhau:

Hình 8. Ảnh chụp kỷ niệm sau một thí nghiệm hợp tác điều khiển ô-tô và drone giữa sinh viên Khoa Năng lượng tiên tiến và sinh viên đến từ Đại học công nghệ Ilmenau.

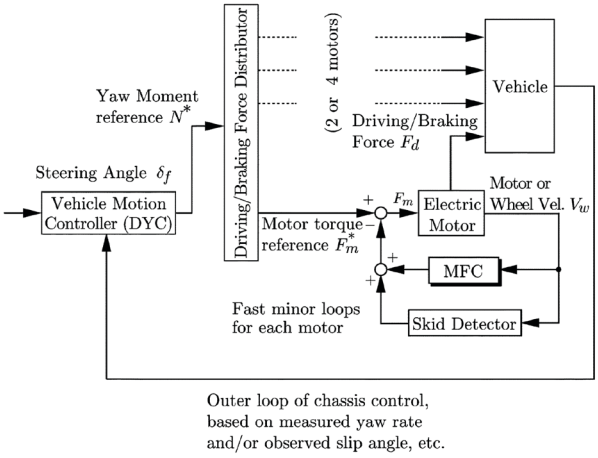
Quỹ trợ cấp nghiên cứu khoa học của Nhà nước: Đây là nguồn quỹ có uy tín bậc nhất và tính cạnh tranh cao nhất, được cấp bởi Hội phát triển khoa học Nhật Bản (JSPS), Bộ Giáo dục, Văn hóa, Thể thao, Khoa học và Công nghệ (MEXT), hay Quỹ Khoa học và Công nghệ Nhật Bản (JST). Từ nguồn quỹ này, các giáo sư có thể mua thiết bị thí nghiệm, trả lươngcho các trợ lý nghiên cứu hay nhà nghiên cứu sau tiến sĩ (Postdoc), mời các nhà nghiên cứu quốc tế đến làm việc.

Quỹ trợ cấp nghiên cứu khoa học của tư nhân: Các quỹ tư nhân thường do các công ty công nghệ thành lập. Các nghiên cứu liên quan đến ô-tô điện có thể nhận được nguồn quỹ từ các công ty như Nagamori, Hitachi, Tatematsu, Tepco... Nguồn quỹ này có thể được sử dụng để thực hiện các đề tài nghiên cứu, xuất bản các công trình nghiên cứu, trang trải kinh phí tham gia các hội nghị trong và ngoài nước, tổ chức các hội nghị khoa học.

Học bổng cho sinh viên: Đây là nguồn tài trợ quan trọng giúp sinh viên tập trung vào học tập và nghiên cứu. Sinh viên quốc tế có thể tìm kiếm các nguồn học bổng MEXT, học bổng JICA, học bổng từ các công ty như Panasonic,Kobayashi...

5.3. Một số thành tựu tiêu biểu

Nghiên cứu về ô-tô điện tại khoa Năng lượng tiên tiến được triển khai trong một tổ chức có hình thức tổ chức xuyên ngành đa dạng, có hình thức đào tạo phong phú và linh hoạt và nhận được sự ủng hộ to lớn từ các nguồn lực xã hội. Nhờ đó, Khoa đã quy tụ được những giáo sư, những nhà nghiên cứu và sinh viên xuất sắc từ trong và ngoài Nhật Bản. Giáo sư Yoichi Hori lãnh đạo những



Hình 9. Hệ thống điều khiển ô-tô điện với IWM đề xuất bởi giáo sư Hori [13].

Hình 10. Wireless-in-wheel-motor, thành tựu nghiên cứu xuất sắc nhất trong những năm gần đây của nhóm ô-tô điện.

nghiên cứu về ô-tô điện trong 25 năm, từ năm 1995 đến năm 2020. Từ năm 2021, giáo sư Hiroshi Fujimoto tiếp quản vị trí lãnh đạo nhóm nghiên cứu ô-tô điện.

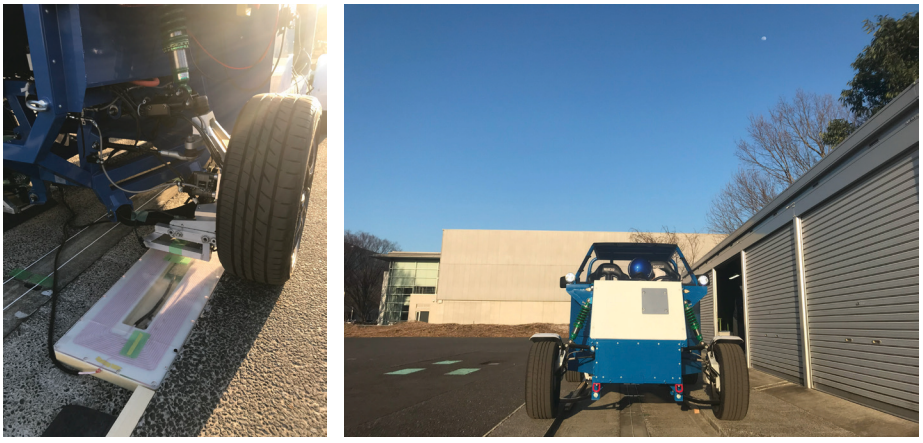
Bài viết này xin giới thiệu đến quý độc giả một chương trình nghiên cứu lớn, có ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự phát triển của ô tô điện trong Nhật Bản và trên thế giới. Đó là nghiên cứu về điều khiển chuyển động ô tô điện sử dụng động cơ trong bánh xe (in-wheel-motor, IWM). Thông qua bài báo đăng trên IEEE Transactions on Industrial Electronics năm 2004, giáo sư Hori là người đầu tiên tổng kết những tính năng vượt trội của IWM [13]. Những tính năng này đã đặt nền tảng lý luận cho lĩnh vực điều khiển chuyển động ô tô điện, một lĩnh vực được khai phá từ năm 1995 và cho đến nay vẫn còn tiếp tục được nghiên cứu và phát triển (Hình 9). Đó là các tính năng: Khả năng đáp ứng mô-men nhanh và chính xác; có thể biết chính xác mô-men truyền động; có khả năng điều khiển phân tán mô-men ở các bánh xe. Những kết quả nghiên cứu của giáo sư Hori cho thấy, ô tô điện sử dụng IWM là một thiết bị chuyển động ở trình độ khác biệt so với ô-tô xăng và ô-tô điện truyền thống. Ô-tô điện với IWM có thể dùng để nghiên cứu nhiều kỹ thuật điều khiển hiện đại như điều khiển bền vững, điều khiển tối ưu, điều khiển thích nghi, tích hợp cảm biến... Các tri thức thu nhận được từ việc điều khiển ô-tô điện có thể được áp dụng cho nhiều hệ thống điều khiển chuyển động khác như thiết bị máy bay điện và các thiết bị bay không người lái.

Trong thời gian gần đây, giáo sư Fujimoto đã kết hợp IWM với công nghệ truyền điện không dây để cho ra đời thế hệ ô-tô điện có khả năng sạc điện ngay khi đang vận hành trên đường (**Hình 10**). Công trình nghiên cứu về wireless-IWM của nhóm nghiên cứu đã được trao giải Bài báo xuất sắc của tạp chí IEEE Transactionson Industrial Electronics năm 2017 [14].

5.4. Một số nghiên cứu xuyên ngành đang triển khai với sự tham gia của tác giả

Nghiên cứu xuyên ngành kết hợp điều khiển chuyển động và truyền điện không dây: Hình 11 là hình ảnh hệ thống thí nghiệm của nghiên cứu về truyền điện không dây cho ô-tô điện mà tác giả bài viết đang thực hiện tại Khoa Năng lượng tiên tiến thông qua việc hướng dẫn sinh viên thạc sĩ làm nghiên cứu. Để tối ưu hiệu suất truyền năng lượng không dây, cần giảm độ lệch theo phương ngang giữa hai cuộn dây. Người lái xe có thể dùng mắt của mình để nhận biết vị trí của cuộn dây phát năng lượng trên mặt đường, rồi đánh lái để điều khiển vị trí của xe. Cách này không khả thi, vì có sai số lớn. Mặt khác, khi trời tối hay khi mặt đường phủ tuyết hoặc lá vàng, con người không thể nhìn thấy ký hiệu đánh dấu vị trí của cuộn dây. Một giải pháp khác là chúng ta sử dụng on-board camera để xác định vị trí cuộn dây truyền năng lượng. Giải pháp này cũng không khả thi khi mặt đường bị phủ tuyết, lá vàng… hay xe chạy trong điều kiện thời tiết và khí hậu mà hệ thống on-board camera không làm việc tốt. Giải pháp dùng hệ thống định vị GPS cũng rất tốn kém, và có thời gian trễ khi truyền thông tin qua mạng không dây. Chúng tôi chọn giải pháp "xuyên ngành" như sau: Độ lệch vị trí làm thay đổi hỗ cảm của cuộn phát và cuộn nhận năng lượng. Sự thay đổi của hỗ cảm có thể được phát hiện thông qua sự thay đổi của dòng điện hay điện áp ở phía thu năng lượng. Kết hợp cảm biến dòng, cảm biến điện áp với các cảm biến đo chuyển động của xe (gia tốc, góc quay thân xe…) và sử dụng các thuật toán ước lượng trạng thái chúng ta có thể ước lượng chính xác độ lệch vị trí giữa xe và cuộn dây phát năng lượng. Nhờ đó, chúng ta có thể điều khiển vị trí xe thông qua hệ thống lái chủ động và các động cơ truyền động trên xe. Như vậy, có thể thấy chúng ta có một đề tài nghiên cứu xuyên ngành lấy ô-tô điện làm đối tượng. Sinh viên thực hiện đề tài này sẽ phải học kiến thức của nhiều lĩnh vực: điện tử công suất, điều khiển động cơ, động lực học ô-tô, điều khiển chuyển động, xử lý tín hiệu số, lập trình, thiết kế mạch. Kết quả bước đầu của nghiên cứu này sẽ được trình bày tại hội nghị IFAC World Congress vào tháng 7 năm 2023 [15].

Nghiên cứu xuyên ngành kết hợp điều khiển chuyển động và xử lý ảnh: Nghiên cứu này được thực



Hình 11.Thí nghiệm kết hợp điều khiển chuyển động và truyền điện không dây [13].

hiện thông qua sự hợp tác giữa Khoa Năng lượng tiên tiến và các nhà nghiên cứu đến từ Đại học công nghệ Compiegne (Pháp). Chúng tôi sử dụng camera trên xe và thuật toán xử lý ảnh để xác định hệ số ma sát của mặt đường. Các thông tin này được gửi đến bộ điều khiển lực ma sát bánh xe để giúp xe chạy an toàn trên mặt đường trơn trượt (**Hình 12**). Hơn thế nữa, chúng ta có thể giảm thiểu lượng điện năng hao phí do hiện tượng trượt của bánh xe. Kết quả bước đầu của nghiên cứu này sẽ được trình bày tại hội nghị IEEE/ASME Advanced Intelligent Mechatronics năm 2023 [16].

6. KẾT LUẬN

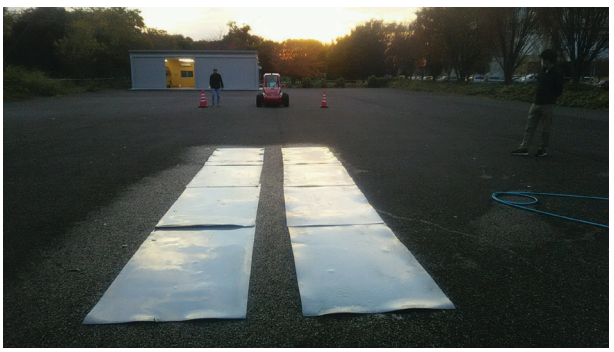
Công nghệ ô-tô điện đã được xác định là một chiến lược quan trọng đối với mọi quốc gia, và là công nghệ quan trọng trong cả giao thông vận tải và an ninh năng lượng. Việt Nam chúng ta không thể chậm chân, cũng không thể đứng ngoài cuộc với suy nghĩ một cách đơn giản: "Chúng ta cứ phát triển kinh tế rồi lấy tiền mua xe điện, công việc kỹ thuậtcứ để nước ngoài lo." Kể cả khi có tiền mua ô-tô điện, chúng ta vẫn cần có đội ngũ chuyên gia để quản lý và sử dụng ô-tô điện một cách hiệu quả trong hệ thống điện và hệ thống giao thông.

Để có thể phát triển và xây dựng xã hội tương lai sử dụng ô-tô điện, chúng ta cần có đội ngũ kỹ sư, chuyên gia, các nhà khoa học có trình độ cao. Vì thời gian từ bây giờ đến 2050 không còn nhiều, chúng ta không thể duy trì cách nghĩ cũ, cách làm cũ trong môi trường đào tạo và nghiên cứu khoa học. Chúng ta cần phải nhanh chóng học tập cách mà các quốc gia tiên tiến xây dựng lộ trình, chiến lược phát triển ô tô điện và cách họ đào tạo đội ngũ chuyên gia.

Là một sản phẩm của sự tích hợp nhiều ngành khoa học, ô-tô điện cần phải được đào tạo và nghiên cứu bằng phương pháp xuyên ngành. Tại Nhật Bản, mô hình đào tạo và nghiên cứu xuyên ngành đã được triển khai ở nhiều trường đại học. Viện công nghệ Toyota đã thành lập Trung tâm nghiên cứu ô-tô thông minh (Research Center for Smart Vehicles). Đại học Nagoya có Trung tâm hợp tác nghiên cứu giao thông xanh (Green Mobility CollaborativeResearch Center). Đại học Nông - Công nghiệp Tokyo đã xây dựng Trung tâm nghiên cứu về giao thông thông minh (Smart Mobility ResearchCenter). Mô hình nghiên cứu và đào tạo xuyên ngành về ô-tô điện cũng được thực hiện tại nhiều quốc gia khác trên thế giới với quy mô khác nhau và tên gọi khác nhau, như ở Mỹ, Canada, các quốc gia châu Âu, Trung Quốc, Hàn Quốc. Ví dụ, Đại học McMaster ở Canada đã xây dựng CERC@MARC, một trong những chương trình nghiên cứu lớn về giao thông sử dụng điện năng và giao thông minh [17]. Chương trình nghiên cứu có đội ngũ hơn 60 giáo sư và cán bộ nghiên cứu, cùng với hơn 250 sinh viên các bậc học. Tại Mỹ, Đại học UC Berkeley đã xây dựng trung tâm nghiên cứu kỹ thuật giao thông tiên tiến (California Partners for Advanced Transportation Technology) từ năm 1986 [18]. Do giới hạn về số trang, tác giả chỉ có thể giới thiệu mô hình của Đại học Tokyo trong bài viết này. Tác giả xin được giới thiệu các mô hình nghiên cứu-đào tạo khác trong các bài viết tiếp theo.

Các đại học công nghệ tại Việt Nam hoàn toàn có thể xây dựng những mô hình đào tạo và nghiên cứu xuyên ngành bằng nguồn lực nội tại. Tất nhiên, điều này đòi hỏi các sự hợp tác cao độ của các thầy cô đang giảng dạy trong các khoa, viện truyền thống. Quy hoạch điện 8 vừa được ban hành chính là thử thách và cũng là cơ hội để chúng ta triển khai đào tạo và nghiên cứu xuyên ngành về ô-tô điện. Chúng ta cần tìm câu trả lời cho những câu hỏi như sau:

- Các thầy cô có sẵn sàng nhận thêm một vị trí mới trong một khoa, viện mới bên cạnh khoa, viện truyền thống? Các thày cô có sẵn sàng đặt người học làm trung



Hình 12.Thí nghiệm chống trượt cho ô-tô điện bằng cách kết hợp điều khiển chuyển động và xử lý ảnh [16].

tâm của quá trình đào tạo và nghiên cứu khoa học? Các thày cô có tích cực tìm kiếm đề tài hợp tác quốc tế và hợp tác với công nghiệp để tạo điều kiện phát triển cho sinh viên?

- Các công ty công nghệ có sẵn sàng để các chuyên gia của mình tham gia đào tạo và nghiên cứu trong trường đại họctrong một khoảng thời gian nhất định?

- Chính phủ, Bộ Khoa - học công nghệ, Bộ Giáo dục đào tạo và các trường đại học có thể xây dựng chính sách để tạo ra sự chung sức chung lòng của các trung tâm nghiên cứu quốc gia, các viện nghiên cứu, các công ty công nghệ?

- Chúng ta có thể huy động nguồn quỹ nghiên cứu dồi dào hơn hay không? Bên cạnh Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) hay Quỹ Đổi mới sáng tạoVingroup (VinIF), chúng ta còn cần rất nhiều quỹ khoa học công nghệ khác và nhiều loại học bổng để hỗ trợ các sinh viên, học viên, nghiên cứu sinh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change, "The Fifth Assessment Report," 2014. [https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/]

[2] Nguyễn Bình Minh và Tạ Cao Minh, "Kiến tạo tương lai của ô-tô với kỹ thuật điều khiển và một số khuyến nghi về lộ trình phát triển ô-tô điện ở Việt Nam," Website Mạng lưới học thuật người Việt Nam tại Nhật Bản, 2019. [https://vanj.jp/vi/kien-tao-tuong-lai-cua-o-to-voi-ky-thuat-dieu-khien-va-mot-so-khuyen-nghi-ve-lo-trinh-phat-trien-o-to-dien-o-viet-nam/]

[3] Cổng thông tin điện tử chính phủ, "Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch điện VIII," [xaydungchinhsach.chinhphu.vn/thu-tuong-chinh-phu-phe-duyet-quy-hoach-dien-viii-119230516154841435.htm]

[4] Đức Toàn, "Thực trạng phát triển của CNHT ngành ô-tô Việt Nam," Website Bộ Công Thương Việt Nam, 2021. [https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-cong-nghiep/thuc-trang-phat-trien-cua-cnht-nganh-o-to-viet-nam.html]

[5] Anh Minh, "Thủ tướng yêu cầu nghiên cứu phát triển xe nhiên liệu sạch," Vnexpress, 2021. [https://vnexpress.net/thu-tuong-yeu-cau-nghien-cuu-phat-trien-xe-nhien-lieu-sach-4400896.html?fbclid=IwAR1CGUo0WM29sv1eA1NMLSVu74gB6BoD-Bx8d-aO5c5EDF1abX-jrVJaQa6Y]

[6] G. H. Hadorn et al., "Handbook of Transdisciplinary Research," Springer Dorrecht, ISBN 978-1-4020-669806, 2008.

[7] G. Yu *et al.*, "Feedback Control Design for Drive Shaft Vibration Suppression Based on Frequency Domain Analysis of Two-Input-Two-Output Motor Drive System," *48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2022.

[8] S. Hara, J. Imura, K. Tsumura, T. Ishizaki and T. Sadamoto, "Glocal (global/local) Control Synthesis for Hierarchical Networked Systems," *2015 IEEE Conference on Control Applications*, pp. 107-112, 2015.

[9] Nguyễn Bình Minh và Tạo Cao Minh, "Đào tạo nhân lực cho ngành ô-tô điện Việt Nam: Kinh nghiệm từ Đại học Tokyo," Tạp chí Tự động hóa ngày nay, số 251-252, tháng 1+2/2022.

[10] Website của Khoa Năng lượng tiên tiến: [https://www.ae.k.u-tokyo.ac.jp].

[11] Website của nhóm nghiên cứu ô-tô điện tại Khoa Năng lượng tiên tiến: [https://hflab.edu.k.u-tokyo.ac.jp/home]

[12] H. Fuse, "Comprehensive Modeling of Drive System and Design of Independent Lef-and-Right Wheel Control for Electrified Vehicles", PhD Thesis (The University of Tokyo), 2022.

[13] Y. Hori, "Future vehicle driven by electricity and Control-research on four-wheel-motored "UOT electric march II"," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 51, No. 5, pp. 954-962, 2004.

[14] M. Sato, G. Yamamoto, D. Gunji, T. Imura and H. Fujimoto, "Development of Wireless In-Wheel Motor Using Magnetic Resonance Coupling," *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 31, No. 7, pp. 5270-5278, 2016.

[15] T. Koishi, B-M. Nguyen, O. Shimizu, S. Yamada, and H. Fujimoto, "Lateral Misalignment and Yaw Angle Control Considering Vehicle Dynamics Based on Receiving Energy in Dynamic Wireless Power Transfer," IFAC World Congress, 2023.

[16] T. Ueno, H. Pousseur, B-M. Nguyen, A. C. Victorino, and H. Fujimoto, "Proposal of On-board Camera-Based Driving Force Control Method for Autonomous Electric Vehicles," IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2023.

[17] Website of CERC@MARC: [https://electrification.mcmaster.ca]

[18] Website of PATH: [https://path.berkeley.edu/home].

NGUYỄN DUY HIẾU

Nguyễn Duy Hiếu nhập học đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh khoa Điện-Điện tử năm 2012, chuyển tiếp sang học tại trường Đại học Công nghệ Nagaoka năm 2015 và tốt nghiệp kỹ sư năm 2017 tại đây. Năm 2021, anh tốt nghiệp Tiến sĩ chương trình Tiến sĩ tích hợp 5 năm tại trường Đại học Công nghệ Nagaoka dưới sự hướng dẫn của giáo sư Suematsu Hisayuki. Từ năm 2021 đến tháng 11/2022, anh là nghiên cứu viên sau tiến sĩ tại Viện Vật liệu Quốc gia Nhật Bản (NIMS). Từ tháng 12/2022 đến nay, anh là nghiên cứu viên thuộc chương trình JSPS postdoctoral fellowship tại Viện Vật liệu Quốc gia Nhật Bản. Đề tài nghiên cứu nghiên cứu khi còn là nghiên cứu sinh tiến sĩ xoay quanh sản xuất, phân tích vật liệu, hạt nano dùng phương pháp phóng điện qua dây mỏng và phương pháp thiêu kết spark plasma. Đề tài nghiên cứu hiện tại xoay quanh chủ đề phát triển phương pháp đo độ dẫn nhiệt của vật liệu ở kích thước nano dùng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM).

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6938-6517

Google scholar: https://scholar.google.com/citations?user=zM08b3IAAAAJ&hl=en

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0299

TỔNG QUAN VỀ TỔNG HỢP HẠT NANO BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÓNG ĐIỆN QUA DÂY MỎNG

Nguyễn Duy Hiếu[1], Ngô Minh Chữ[2]

Nghiên cứu viên sau tiến sĩ JSPS,
Viện Vật liệu Quốc gia Nhật Bản (NIMS), Tsukuba
Email: NGUYEN.DuyHieu@nims.go.jp; duyhieu1304@gmail.com
[2]Nghiên cứu viên sau tiến sĩ, Viện Khoa học và Công nghệ Công nghiệp tiên tiến Quốc Gia (AIST), Nagoya
Email: ngominh-chu@aist.go.jp

TÓM TẮT:

Các hạt nano là các hạt có kích thước vô cùng nhỏ bé với đường kính nhỏ hơn 80,000 đến 100,000 lần kích thước của một sợi tóc. Với sự khác biệt về diện tích bề mặt riêng so với các hạt có kích thước lớn hơn, hạt nano có các tính chất đặc biệt về vật lý và hóa học, ví dụ: nhiệt độ nóng chảy, khả năng phản ứng hóa học… Chính vì những tính chất đặc biệt này, hạt nano đã được ứng dụng phổ biến trong các lĩnh vực đời sống thực tiễn gồm y tế, điện tử, năng lượng, môi trường và vật liệu. Có rất nhiều phương pháp để có thể tổng hợp những hạt nano, ví dụ như, phương pháp vật lý (sử dụng năng lượng nhiệt/cơ), phương pháp hóa học (sử dụng các phản ứng hóa học). Trong số đó, tổng hợp hạt nano bằng phương pháp phóng điện qua dây mỏng là một phương pháp vật lý được biết đến nhiều trên thế giới. Nguyên lý của phương pháp này tương đối đơn giản và không yêu cầu trang thiết bị phức tạp. Hạt nano được tạo thành từ sự bay hơi và ngưng tụ đột ngột của hơi kim loại bằng việc phóng một xung có điện áp vài kilovolt vào một dây dẫn mỏng đường kính cỡ mm trong môi trường khí trơ (cho ra hạt nano kim loại nguyên chất), khí oxygen (cho ra hạt nano oxide), khí nitrogen hoặc ammonia (cho ra hạt nano nitride), hơi hydrocarbon (cho ra hạt nano carbide). Bằng việc sử dụng năng lượng điện xung, phương pháp có thể đạt được hiệu suất năng lượng cao và tránh hao phí. Ngoài ra, đây còn là một phương pháp có thể tùy biến các giá trị về điện áp, áp suất môi trường, và loại khí nhằm điều khiển các đặc tính của hạt nano như kích thước hạt, loại vật liệu (kim loại nguyên chất, oxide, nitride, carbide). Với kĩ thuật này, hạt nano kim loại nguyên chất và ceramic có thể được sản xuất với quy mô công nghiệp với hiệu suất cao và giá thành cạnh tranh..

Từ khóa: *(Thiếu)*

1. ĐÔI NÉT VỀ HẠT NANO

"There's a Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics" (Tạm dịch: Có rất nhiều chỗ trống ở phía dưới: Lời mời gọi để bước vào một lĩnh vực mới của vật lý) là tựa đề một bài giảng do nhà vật lý lỗi lạc Richard Feynman phát biểu ở hội nghị thường niên của hiệp hội vật lý Hoa Kỳ tại Caltech vào

tháng 12 năm 1959. Thời điểm đó, ông dự đoán khả năng con người có thể điều khiển vật liệu ở cấp độ nguyên tử. Tuy nhiên, mãi đến thập niên 1980, lĩnh vực công nghệ nano mới thực sự được khai sinh nhờ sự ra đời của kính hiển vi quét xuyên hầm (Scanning Tunneling Microscope), và đến những năm 2000 mới thực sự phát triển mạnh. Đối tượng nghiên cứu của công nghệ nano là những vật liệu có kích thước của ít nhất 1 chiều nằm trong khoảng từ 1 đến 100 nanometer (1 nanometer = 1/1 tỷ meter), ví dụ: tấm nano, hạt nano, ống nano, dây nano, chấm lượng tử… Ở bài viết này, tác giả xin giới hạn trong phạm vi vật liệu hạt nano.

Hạt nano (nanoparticles) được biết đến là các hạt vật liệu có đường kính từ 1 đến 100 nanometer. Khi ở trong khoảng kích thước này, vật liệu bộc lộ những thay đổi đáng kể so với những vật liệu thô (bulk materials) về nhiều tính chất, ví dụ: nhiệt độ nóng chảy, bandgap, tính chất từ/quang, vv. Tất cả những tính chất này có được đến từ sự tăng lên đáng kể của diện tích bề mặt riêng (specific surface area) của vật liệu. Diện tích bề mặt riêng được tính bằng công thức S/m, trong đó S là diện tích bề mặt, m là khối lượng của hạt nano. Theo đó, giả sử hạt nano có dạng hình cầu, diện tích bề mặt được tính bằng công thức $S = 4\pi r^2$ và $m = V \times D = r^3 \times D$, trong đó r, V, D lần lượt là bán kính, thể tích, và khối lượng riêng của hạt nano. Vì vậy, ta có diện tích bề mặt riêng $\frac{S}{m} = \frac{4\pi}{D}\frac{1}{r}$. Dễ thấy diện tích bề mặt riêng tỉ lệ nghịch với bán kính hạt nano, do đó, khi hạt nano có bán kính càng nhỏ thì diện tích bề mặt riêng sẽ càng lớn. Khi nhắc đến vật liệu được cấu trúc bởi nhiều nguyên tử hợp lại với nhau, ta có thể hình dung ra sự tăng lên của tỉ lệ số nguyên tử ở bề mặt so với tổng số nguyên tử trong hạt nano. Chính sự gia tăng tỉ lệ số nguyên tử ở bề mặt này là nguyên nhân chủ đạo dẫn tới sự khác biệt về những tính chất về nhiệt, điện, từ, quang.

Những nghiên cứu về hạt nano bắt đầu từ khoảng những năm đầu của thế kỉ 21 và hiện tại vẫn đang tiếp tục phát triển rất mạnh mẽ. Sau khoảng 2 thập kỉ nghiên cứu và phát triển, hạt nano đã được ứng dụng nhiều trong cuộc sống thường ngày. Tiêu biểu trong số đó phải kể đến là hạt nano bạc. Hạt nano bạc từ lâu đã được biết tới với khả năng diệt và kháng khuẩn, kháng nấm, và kháng virus [1], nên được ứng dụng trong y tế (các loại thuốc sát khuẩn, khử trùng dụng cụ, bệnh viện…), gia dụng (máy giặt, điều hòa, tủ lạnh, dụng cụ/bao bì thực phẩm, nước rửa rau…), và may mặc (khẩu trang, tất, quần áo, nước giặt…). Ngoài hạt nano bạc, hạt nano titanium oxide, hạt kẽm oxide cũng được sử dụng trong mỹ phẩm vì có khả năng hấp thụ tia cực tím có hại cho da [2]. Đặc biệt, hạt nano titanium oxide và kẽm oxide được phát hiện là vật liệu xúc tác quang (photocatalysis), có khả năng phân hủy các chất thải hữu cơ và là vật liệu tiềm năng trong xử lý chất thải công nghiệp [3]. Ngoài những đặc tính kể trên, hạt nano vẫn đang được nghiên cứu để tạo ra những loại vật liệu ưu việt hơn về các tính chất vật lý, hóa học, tiềm năng cho các ứng dụng về dự trữ năng lượng (pin), tiết kiệm và chuyển hóa năng lượng hao phí (vật liệu nhiệt điện), môi trường, và sức khỏe. Có thể nói, trong tương lai, những vật liệu siêu nhỏ này sẽ có khả năng giải quyết những vấn đề lớn như thiếu hụt năng lượng và phát triển bền vững.

Có 2 hướng chính để chế tạo hạt nano: từ trên xuống (top-down) và từ dưới lên (bottom-up). Hướng từ trên xuống sử dụng các phương pháp cơ, nhiệt, điện để giảm kích thước của vật liệu có kích thước thô xuống kích

Bảng 1. So sánh ưu/nhược điểm của một số phương pháp sản xuất hạt nano tiêu biểu

Phương pháp		Ưu điểm	Nhược điểm
Top-down	Nghiền cơ học (Ball-milling)	Phù hợp với sản xuất số lượng lớn.	Hạt nano dễ bị lẫn tạp chất (từ bi nghiền và môi trường) và dễ bị kết dính.
	Đốt laser (Laser ablation)	Có thể điều khiển được kích thước của hạt nano.	Hiệu suất sử dụng năng lượng thấp do sử dụng tia laser làm nguồn nhiệt.
	Phóng điện hồ quang (Arc Discharge)	Đơn giản và có thể điều khiển được kích thước của hạt nano.	Tốc độ sản xuất hạt nano không cao. Với quy mô sản xuất lớn, yêu cầu hệ thống làm mát để giảm nhiệt độ điện cực và buồng, khiến quá trình sản xuất tốn kém nhiều năng lượng hơn.
Bottom-up	Bay hơi lắng đọng vật lý (Physical Vapor Deposition-PVD)	Có thể kiểm soát được cấu trúc và kích thước hạt một cách chặt chẽ.	Hiệu suất chuyển hoá năng lượng thấp do một lượng lớn nhiệt mất đi trong quá trình sản xuất.
	Bay hơi lắng đọng hoá học (Chemical Vapor Deposition-CVD)	Có thể kiểm soát được cấu trúc và kích thước hạt một cách chặt chẽ.	Giống như bay hơi lắng đọng vật lý, hiệu suất chuyển hoá năng lượng của CVD cũng không cao.
	Nhiệt phân (Pyrolysis)	Phù hợp với sản xuất số lượng lớn.	Khó khăn trong việc chọn vật liệu thô thích hợp và giá thành cao.

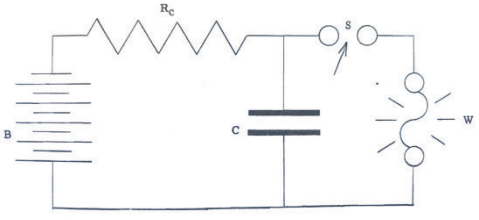
cỡ nano. Tiêu biểu trong các phương pháp theo hướng từ trên xuống gồm có: phương pháp nghiền cơ học (Mechanical milling), đốt laser (Laser ablation), phóng điện hồ quang (Arc discharge)… Hướng từ dưới lên sử dụng các phương pháp vật lý, hóa học để tạo ra hạt nano từ thể khí hoặc thể lỏng. Tiêu biểu trong các phương pháp từ thể khí có thể kể đến như phương pháp bay hơi lắng đọng vật lý (Physical Vapor Deposition-PVD), bay hơi lắng đọng hóa học (Chemical Vapor Deposition-CVD), hay nhiệt phân (Pyrolysis). Phương pháp từ thể lỏng có thể kể đến là phương pháp sol-gel, dùng các phân tử nhỏ để sản xuất nên vật liệu nano. Nhìn chung, các phương pháp trên đều có ưu điểm để chế tạo những loại hạt nano khác nhau, khả năng công nghiệp hóa khác nhau, cũng như các nhược điểm cố hữu khác nhau. Các đặc điểm này được tổng hợp trong Bảng 1.

Nắm bắt được tiềm năng to lớn của hạt nano và ưu/nhược điểm của các phương pháp chế tạo hạt nano, dựa trên nền tảng kỹ thuật sẵn có, Trung tâm Nghiên cứu Năng lượng Mật độ cao (viết tắt là EDI) thuộc Trường Đại học Công nghệ Nagaoka, Nhật Bản đã bắt đầu những nghiên cứu chế tạo hạt nano bằng kỹ thuật phóng điện qua dây mỏng (Pulsed Wire Discharge-PWD) từ những năm đầu thập niên 2000. Bài viết dưới đây xin được giới thiệu với độc giả kỹ thuật này từ những kiến thức góp nhặt được trong khoảng thời gian làm nghiên cứu sinh tại trường Đại học Công nghệ Nagaoka, Phòng thí nghiệm Giáo sư Suematsu.

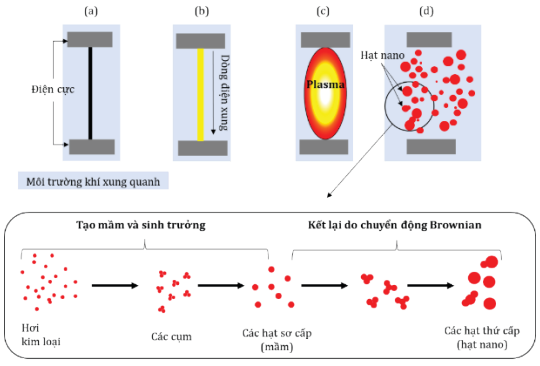
2. KỸ THUẬT PHÓNG ĐIỆN QUA DÂY MỎNG

2.1. Lịch sử

Trước khi giới thiệu về lịch sử của kỹ thuật phóng điện qua dây mỏng, tác giả xin được miêu tả ngắn gọn về thí nghiệm này. Thí nghiệm sử dụng một mạch điện như Hình 1, bao gồm nguồn điện, tụ điện, điện trở, công tắc, và dây mỏng. Ban đầu, ta để công tắc mở và nạp điện vào tụ điện. Sau khi nạp đầy tụ điện, ta đóng công tắc. Trong tíc tắc, một dòng điện lớn phóng qua dây mỏng làm dây phát nổ. Quá trình dây phát nổ và thành phẩm là những đối tượng nghiên cứu của kỹ thuật này. Kỹ thuật phóng điện qua dây mỏng lần đầu tiên được thí nghiệm bởi nhà khoa học M. Faraday vào năm 1857. Ông nối những dây mảnh nhỏ bằng vàng và những kim loại khác vào bình Leyden-một loại tụ điện ngày xưa-và thu được những hạt rất nhỏ. Tuy nhiên, tại thời điểm đó, ông không



Hình 1. Mạch điện cơ bản dùng trong thí nghiệm phóng điện qua dây mỏng (Exploding wires, Vol.1, Chace và Moore, trang 15)



***Hình 2**. Quá trình phóng điện qua dây mỏng. (a) dây mỏng được mắc vào giữa 2 đầu điện cực, (b) dòng điện lớn được phóng qua dây mỏng, (c) dây mỏng được nung nóng, nóng chảy, và bay hơi, tạo thành trạng thái plasma, (d) hơi/plasma kim loại nguội đi trong môi trường khí tạo thành hạt nano.*

thể đánh giá kích thước của những hạt này do hạn chế về độ phân giải của kính hiển vi quang học [4]. Mãi cho đến những năm 1920, thí nghiệm phóng điện qua dây mỏng một lần nữa được chú ý khi Anderson và cộng sự báo cáo nhiệt độ thu được trong thí nghiệm có thể bằng với nhiệt độ trên bề mặt Mặt trời [5]. Nhiều nghiên cứu sau đó được tiến hành với nhiều mục đích khác nhau, ví dụ: nghiên cứu vật chất hay phản ứng ở nhiệt độ cực cao, nghiên cứu về plasma, sóng xung kích trong vụ nổ, hay nghiên cứu cho những mục đích quân sự. Trong số đó, nghiên cứu để chế tạo vật liệu bằng kỹ thuật này hầu như chiếm thiểu số. Tuy nhiên, đã có những báo cáo đầy đủ về khả năng tạo ra hạt nano bằng kĩ thuật này từ rất sớm [6-7]. Hiện nay, kỹ thuật phóng điện qua dây mỏng được biết đến với nhiều tên gọi như Pulsed Wire Discharge-PWD, Electrical Wire Explosion-EWE, Wire Explosion Process-WEP tùy từng nhóm nghiên cứu trên thế giới, tuy nhiên, tất cả đều giống nhau về mặt nền tảng kỹ thuật. Theo tìm hiểu của tác giả, kỹ thuật phóng điện qua dây mỏng chủ yếu được thực hiện bởi những nhóm nghiên cứu ở Liên Bang Nga, Trung Quốc, Ấn Độ, và Nhật Bản. Trong đó nhóm nghiên cứu Giáo sư Sarathi tại Ấn Độ thuộc Học viện Kỹ thuật Madras (IIT-Madras) có mối liên hệ chặt chẽ với nhóm nghiên cứu Giáo sư Suematsu thuộc Đại học Công nghệ Nagaoka, Nhật Bản.

2.2. Nguyên lý

Quá trình phóng điện qua dây mỏng và hình thành nên hạt nano được miêu tả ở Hình 2. Theo đó, khi công tắc nối giữa tụ điện và dây mỏng được đóng, trong một thời gian ngắn (khoảng vài chục micro giây), một dòng điện lớn được phóng từ cực dương sang cực âm của tụ điện, đi qua dây mỏng và làm nổ dây (Hình 2(b)). Quá trình nổ dây bắt đầu khi dòng điện làm nóng dây mỏng theo hiệu ứng Joule, dây mỏng nhanh chóng lần lượt đạt nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ bay hơi, và hóa thành hơi/plasma kim loại. Khối hơi/plasma này giãn nở ra không gian xung quanh (Hình 2(c). Cùng với quá trình giãn nở ra xung quanh, khối hơi/plasma kim loại tiếp

xúc với khí xung quanh và nguội đi. Quá trình làm nguội cực nhanh này làm hơi kim loại đạt trạng thái siêu bão hòa (supersaturation), và khởi đầu quá trình tạo mầm (nucleation), theo sau bởi quá trình sinh trưởng (growth), và kết lại với nhau (coagulation) do chuyển động Brownian (Brownian motion). Sản phẩm cuối cùng tạo ra chính là những hạt nano của vật liệu mà dây mỏng đã dùng (Hình 2(d)).

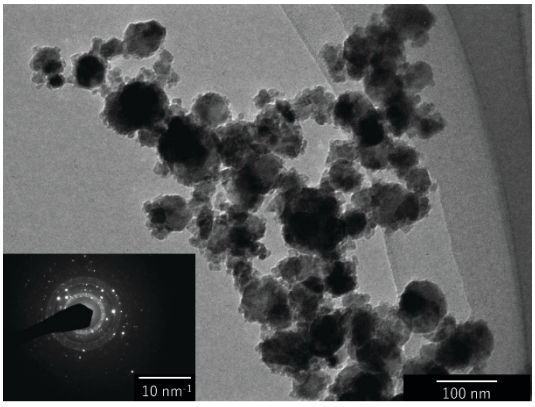
Ngoài ra, tùy vào loại khí mà sản phẩm thu được sẽ khác nhau do vật liệu phản ứng với khí ở nhiệt độ cao, ví dụ: với khí trơ (Ar) ta thu được hạt nano kim loại nguyên chất, với khí N_2 hay NH_3 ta thu được hạt nano nitride, với khí O_2 ta thu được hạt nano oxide… Có thể thấy quá trình phóng điện qua dây mỏng là một quá trình đơn bước (single step), vì vậy nhìn chung đơn giản và nhanh hơn đáng kể những quá trình hóa học sử dụng nhiều bước. Ngoài ra, vì sử dụng năng lượng xung thông qua việc nạp-xả tụ điện, hiệu suất năng lượng trên thành phẩm của phương pháp này cũng cao hơn những phương pháp vật lý khác khi phải dùng nhiệt liên tục để đốt nóng vật liệu song song với việc làm nguội thiết bị để tránh hư hỏng.

3. CÁC NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN CHO ỨNG DỤNG Ở ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ NAGAOKA

Quá trình phóng điện qua dây mỏng đã được nghiên cứu tại phòng thí nghiệm Giáo sư Suematsu qua gần 2 thập kỉ, trong đó, có nhiều nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu khác nhau với các mục đích tổng hợp hạt nano và phát triển phương pháp tối ưu. Trong bài giới thiệu này, tác giả xin được giới thiệu một số nghiên cứu tiêu biểu cũng như kết quả đã được đăng trên các tạp chí khoa học quốc tế. Các nghiên cứu đó bao gồm: Tổng hợp nhiều loại hạt nano, Chống oxy hóa hạt nano, Lập mô hình kiểm soát kích thước hạt nano, Sản xuất hạt nano ở quy mô công nghiệp.

3.1. Chế tạo nhiều loại hạt nano

Bảng 2 tóm tắt các loại hạt nano đã được tổng hợp thành công tại phòng thí nghiệm Giáo sư Suematsu. Theo đó tùy vào loại dây và khí mà ta có thể thu được các loại hạt nano khác nhau. Ví dụ, nếu ta phóng điện qua dây Zn mỏng trong môi trường khí Ar, ta có thể thu được hạt nano Zn (Hình 3). Có thể thấy, hầu như nếu có sẵn dây kim loại mỏng, ta có thể tổng hợp được hạt nano của những vật liệu tạo thành dây mỏng của kim loại đó. Ngoài ra, nếu xoắn 2 dây mảnh lại với nhau và cho nổ đồng thời, ta thu được hạt nano hợp kim. Tài liệu tham khảo [8] miêu tả phương pháp xoắn dây để thu được hạt nano hợp kim Al-Ni, cùng với sự thay đổi các điều kiện về số vòng dây quấn, năng lượng điện phóng, và áp suất khí xung quanh để đạt được những hạt nano hợp kim có tỉ lệ Al:Ni khác nhau. Ngoài ra, phương pháp phóng điện qua dây mỏng còn có thể điều chỉnh được pha của vật liệu của hạt nano. Ví dụ, vật liệu TiO_2 có 2 pha là anatase và rutile, trong đó pha anatase có đặc tính quang xúc tác mạnh hơn pha rutile [9]. Áp dụng phương pháp phóng điện qua dây



Hình 3. Ảnh hiển vi điện tử truyền qua (TEM) của hạt nano Zn từ phương pháp PWD cùng ảnh nhỏ là hình ảnh nhiễu xạ điện tử ở vị trí tương ứng.

mỏng, Tokoi và cộng sự đã chế tạo thành công hạt nano TiO_2 bằng việc cho nổ dây Ti trong khí O_2, ngoài ra cũng xác nhận khả năng kiểm soát thành phần pha rutile trong sản phẩm bằng cách điều chỉnh năng lượng giải phóng trên dây Ti[10]. Trong tài liệu tham khảo [10], relative energy là tỉ số năng lượng được nạp vào tụ điện và năng lượng cần thiết để hóa hơi dây mỏng. Đây là một tham số quan trọng trong phương pháp và sẽ được nhắc tới trong các phần tiếp theo. Một ví dụ khác là báo cáo của Ngo và cộng sự về khả năng thiết lập các tham số thí nghiệm thích hợp để thu nhiều hạt nano thuộc pha β-MoO_3 nửa bền đơn nghiêng (monoclinic metastable β-MoO_3)[11]. Pha β-MoO_3 nửa bền đơn nghiêng được cho là vượt trội hơn về đặc tính xúc tác và các ứng dụng về điện hóa học hơn pha α-MoO_3 [12]. Theo báo cáo của Ngo và cộng sự, áp suất khí thấp cộng với năng lượng nạp vào thấp tạo điều kiện cho phản ứng giữa Mo và O_2 xảy ra ở nhiệt độ dưới 450°C và hình thành pha β-MoO_3 nửa bền đơn nghiêng. Có thể thấy, loại khí sử dụng, năng lượng nạp vào, và áp suất khí là những tham số quan trọng giúp tạo ra các loại hạt nano khác nhau và các pha khác nhau của vật liệu tạo thành.

3.2. Chống oxy hóa hạt nano

Một trong những yếu tố quan trọng khi chế tạo hạt nano đó là phải làm sao để hạt nano không bị oxy hóa, nhất là hạt nano kim loại. Kim loại chuyển tiếp thông thường để trong môi trường tự nhiên có thể bị oxy hóa bề mặt tạo thành một lớp oxide. Lớp oxide này giúp cho quá trình oxy hóa không tiếp tục nữa và bảo vệ lớp kim loại chuyển tiếp bên trong. Hạt nano kim loại cũng giống như vậy, nếu để trong môi trường tự nhiên sẽ ngay lập tức hình thành một lớp oxide kim loại bao quanh hạt nano. Mặt khác, hạt nano được tổng hợp ra để tận dụng lợi thế diện tích bề mặt. Vậy nên việc chống oxy hóa cho hạt nano là một vấn đề đã được đặt ra và nghiên cứu với phương pháp phóng điện qua dây mỏng. Với thí nghiệm phóng điện qua dây mỏng để thu hạt nano kim loại nguyên chất, buồng thí nghiệm được hút hết không khí ra bằng 1 máy bơm chân không và cho những khí trơ như Ar, N_2, hoặc

Bảng 2. Một số hạt nano đã được chế tạo thành công bởi nhóm nghiên cứu Giáo sư Suematsu

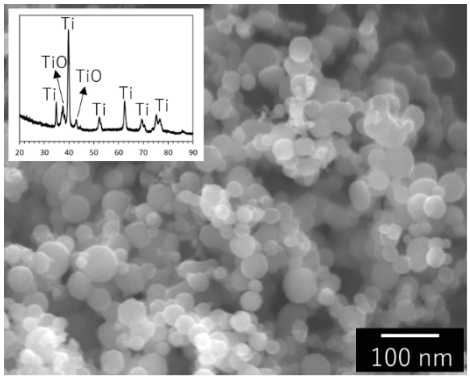
Khí gas / Loại dây	Ar	O_2	N_2, NH_3	CH_4
Al	Al	Al_2O_3	AlN	$Al+Al_4C_3$
Cu	Cu	$CuO+Cu_2O$	Cu	_
Fe	Fe	Fe_2O_3	$Fe+Fe_4N$	_
Mo	_	MoO_2+MoO_3	Mo	_
Ni	Ni	NiO	Ni	_
Pb	_	PbO	_	_
Sn	_	SnO_2	_	_
Ta	_	Ta_2O_3	Ta_2N	_
Ti	Ti	TiO_2	TiN	TiC
Zr	_	ZrO_2	ZrN	_
Ti+Fe	TiFe	_	_	_
Ti+Al	TiAl	_	_	_
Fe+Ni	_	$NiFe_2O_4$	_	_
C	_	_	Fullerene, CNTs	_
Au	Au	_	Au	_

He vào. Về cơ bản, dù cố gắng hút chân không thì luôn có một lượng oxy nhỏ còn lại. Vì vậy, với những vật liệu dễ bị oxy hóa, hơn thế nữa với kích cỡ nano, việc bị oxy hóa ngay từ những bước đầu tiên khi hình thành hạt là không thể tránh khỏi. Ví dụ, khi ta phóng điện qua dây Ti mỏng trong khí Ar, ta thu được hạt nano Ti (hình 4). Tuy nhiên những hạt này bị oxi hoá ở bề mặt, phát hiện qua kết quả phân tích nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction/XRD).

Đối mặt với vấn đề này, nhóm nghiên cứu đã đi đến giải pháp tạo một lớp màng hữu cơ bao bọc quanh hạt nano ngay khi hạt nano hình thành. Tokoi và cộng sự đã thành công trong việc chế tạo hạt nano Ti nguyên chất được bao bọc bởi một lớp oleic acid bằng việc thực hiện thí nghiệm trong khí He trộn lẫn hơi oleic acid. Theo đó, kết quả kiểm tra phổ nhiễu xạ tia X cho thấy lớp bọc oleic acide có tác dụng bảo vệ hạt nano Ti không bị oxy hóa sau 1 tháng. Hình kính hiển vi điện tử truyền qua (Transmission Electron Microscopy-TEM) xác nhận tác dụng của việc sử dụng oleic acid khi có một lớp vật chất dày khoảng vài nm bao quanh hạt nano Ti. Phổ phân bố kích thước hạt cho thấy hạt nano Ti có kích thước theo phân phối loga chuẩn. Ngoài ra, hạt có đường kính trung vị (D_{50} đã được sửa thành D_1) có giá trị 19.4 nm và độ lệch chuẩn phân bố hình học là 1.54 [13]. Ngoài ra, để tạo 1 lớp bọc bảo vệ hữu cơ xung quanh hạt nano, ta có thể thực hiện thí nghiệm phóng điện qua dây mỏng ở trong môi trường chất lỏng của hợp chất mà ta muốn bọc xung quanh hạt nano. Tanaka và cộng sự đã thành công trong việc chế tạo hạt nano Mg-một loại vật liệu rất dễ bị oxy hóa-được bọc 1 lớp hydrocarbon khi cho phóng điện qua dây mỏng Mg trong môi trường dầu khoáng (mineral oil)[14].

3.3. Lập mô hình kiểm soát kích thước hạt nano

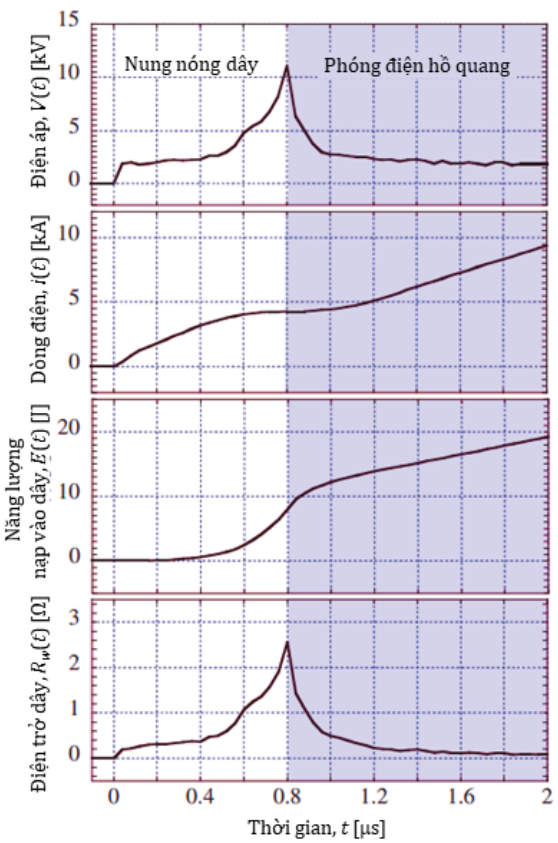
Kích thước của hạt nano có ảnh hưởng lớn đến tính chất của hạt. Ví dụ, hạt nano Ti oxide pha anatase được tính toán là bộc lộ tính chất quang xúc tác tối ưu ở trong khoảng kích thước 15-20 nm[15]. Ngoài ra, như ta đã



Hình 4. Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) của hạt nano Ti từ phương pháp PWD cùng ảnh nhỏ là phổ nhiễu xạ tia X

biết, hạt nano của những kim loại quý như vàng hay bạc được ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu về chẩn đoán hay vận chuyển thuốc (drug delivery) nhờ vào tính chất cộng hưởng plasmon bề mặt cục bộ (localized surface plasmon resonance). Trong ứng dụng này, kích thước hạt ở khoảng 50 nm được cho là tối ưu và độc tính cũng là ít nhất với những phân tử sinh học ở nồng độ sinh học[16]. Vậy nên, với bất kì phương pháp chế tạo hạt nano nào, việc kiểm soát được kích thước hạt là rất quan trọng. Từ những nghiên cứu sơ khai của phương pháp phóng điện qua dây mỏng, người ta đã biết kích thước hạt tỉ lệ nghịch với năng lượng phóng điện, có nghĩa là, nếu ta phóng một năng lượng điện càng lớn qua dây mỏng, thì ta sẽ thu được hạt nano có kích thước càng nhỏ[6],[17]. Tuy nhiên, việc đào sâu về vấn đề này được quan tâm hơn bởi nhóm nghiên cứu Giáo sư Suematsu tại Nhật Bản. Ngoài tham số năng lượng phóng điện, áp suất khí của môi trường phóng điện cũng chi phối kích thước của hạt nano. Nhiều kết quả của nhóm nghiên cứu đã chỉ ra rằng kích thước của hạt tỉ lệ thuận với áp suất khí [18,19]. Khả năng kiểm soát hạt nano trong phương pháp phóng điện qua dây mỏng bằng cách thay đổi các tham số về năng lượng và áp suất khí được diễn giải chi tiết trong tài liệu tham khảo [20]. Theo đó, bằng cách sử dụng camera tốc độ cao để ghi hình quá trình phóng điện qua dây mỏng, Tokoi và cộng sự đã phát hiện sự thay đổi của thể tích khối hơi/plasma kim loại khi thay đổi các tham số về năng lượng và áp suất khí của môi trường, Cụ thể, thể tích của khối hơi/plasma kim loại sẽ tăng khi năng lượng tăng và áp suất khí giảm. Quan sát này mở ra một hướng đi để lập nên mô hình kiểm soát kích thước hạt nano bằng phương pháp phóng điện qua dây mỏng. Theo đó, thực nghiệm trên hạt nano kim loại nguyên chất cho thấy tỉ số mP/Ec tỉ lệ với mật độ của khối plasma/kim loại (D_{exp}) theo công thức $D_{exp} = 106\left(\frac{mP}{E_c}\right)^{0.6}$ (1), trong đó, m là khối lượng của dây mỏng (tính theo g), P là áp suất của môi trường khí (tính theo kPa), Ec là năng lượng phóng vào dây (tính theo J), và D_{exp} được tính bằng m/V trong

đó V là thể tích cực đại của khối hơi/plasma kim loại. Mặt khác, thực nghiệm trên nhiều loại hạt nano kim loại nguyên chất cho thấy đường kính trung vị D_1 tỉ lệ với D_{exp} theo công thức $D_1 = 3.8\left(D_{exp}\right)^{0.4}$ (2). Vậy, dựa trên 2 công thức trên, ta có mối quan hệ giữa đường kính trung vị hạt nano và các tham số biết trước là $D_1 = 3.8\left(106\left(\frac{mP}{E_c}\right)^{0.6}\right)^{0.4}$ (3). Công thức này được chứng minh thực nghiệm đúng với hạt nano đồng, nickel, và bạc. Về mặt lý thuyết, trên cơ sở hạt nano kim loại nguyên chất được hình thành dựa trên quá trình tạo mầm, sinh trưởng, và kết lại với nhau theo chuyển động Brownian, kích thước trung bình của hạt ở cuối quá trình D sẽ tỉ lệ với nồng độ số hạt ban đầu trước quá trình N_0 theo công thức $D \propto N_0^{0.4}$ (4)[20]. Dựa vào tính tương đồng của công thức (3) và (4), ta có thể thấy, mô hình kiểm soát kích thước hạt nano của nhóm nghiên cứu là phù hợp với lý thuyết và các ý nghĩa vật lý. Mô hình kiểm soát hạt nano kim loại nguyên chất được mở rộng với các loại kim loại có nguyên tử khối lớn, ví dụ: W, Mo, Pt, Pd. Có thể thấy đây là những kim loại chuyển tiếp có nguyên tử khối, mật độ, nhiệt độ và nhiệt nóng chảy/bay hơi tương đối cao. Các nghiên cứu về phương pháp phóng điện qua dây mỏng đã chỉ ra đây là những vật liệu khó hóa hơi bằng phương pháp phóng



Hình 5. Từ trên xuống, dạng sóng của điện áp, dòng điện, năng lượng tiêu hao trên dây, và điện trở của dây trong giai đoạn đầu của quá trình phóng điện qua dây mỏng [20].

điện qua dây mỏng. Cụ thể, khi tính toán năng lượng được tiêu hao trên dây mỏng thông qua dạng sóng điện áp và dòng điện bằng giao động kí điện tử, ta so sánh thấy năng lượng tiêu thụ trên dây nhỏ hơn năng lượng để hóa hơi dây mỏng của những vật liệu này. Để hiểu rõ hơn, ta phân tích dạng sóng của điện áp, dòng điện trong quá trình. Hình 5 (từ trên xuống) thể hiện lần lượt điện áp, dòng điện, năng lượng tiêu thụ trên dây mỏng, và điện trở của dây kim loại mỏng và/hoặc dây đã hóa thành khối hơi/plasma kim loại trong quá trình phóng điện qua dây đồng mỏng. Có thể thấy quá trình phóng điện qua dây mỏng được chia làm 2 giai đoạn chính gồm nung nóng dây và phóng điện hồ quang. Quá trình nung nóng dây được bắt đầu khi dây ở thể rắn và được nung nóng bằng tác dụng nhiệt của dòng điện thông qua điện trở của dây. Ở giai đoạn này, ta thấy điện áp và điện trở gần như không đổi, dòng điện tăng gần như tuyến tính theo thời gian. Khi dây được nung nóng đến nhiệt độ nóng chảy, điện áp tăng lên đột ngột do điện trở tăng vì dây đã bắt đầu chuyển sang thể lỏng. Trong khi đó, dòng điện gần như không đổi do điện trở của dây kim loại lỏng lớn hơn nhiều so với dây kim loại ở thể rắn. Ngay sau giai đoạn này, năng lượng của dòng điện tiếp tục tiêu thụ trên dây, đẩy dây đến nhiệt độ bay hơi. Quá trình này kết thúc khi điện áp và điện trở tăng nhanh đến đỉnh điểm. Song song với quá trình hóa lỏng-hóa hơi, dây cũng nở ra theo hướng bán kính và đạt kích thước cực đại sau khi điện áp tăng đến đỉnh điểm. Sau điểm cực đại của sóng điện áp, quá trình chuyển sang giai đoạn phóng điện hồ quang. Tại thời điểm này, dây kim loại ở thể rắn ban đầu đa phần đã hóa thành trạng thái hơi/plasma, nên dòng điện dễ dàng truyền qua. Có thể thấy điện áp giữa 2 đầu điện cực giảm rõ rệt cùng với sự tăng lên của dòng điện. Dòng điện sau đó dao động theo sóng hình sin và suy hao theo thời gian. Thời gian suy hao và biên độ được quyết định bởi các thông số điện trở, điện dẫn, và tụ điện của mạch điện [20]. Năng lượng tiêu thụ trên dây được tính toán dựa trên dạng sóng điện áp và dòng điện và được trình bày cụ thể trong tài liệu tham khảo[20]. Quay trở loại vấn đề so sánh năng lượng tiêu thụ trên dây và năng lượng để hóa hơi dây, ở các kim loại tương đối dễ bay hơi như đồng, nhôm, bạc, năng lượng tiêu thụ trên dây thường bằng hoặc lớn hơn năng lượng hóa hơi. Tuy nhiên, với các kim loại có nhiệt độ và nhiệt hóa hơi cao đã đề cập ở trên (W, Mo, Pt, Pd…), thực nghiệm cho thấy năng lượng tiêu thụ trên dây nhỏ hơn năng lượng để hóa hơi dây mặc dù năng lượng nạp vào tụ điện lớn hơn nhiều lần so với năng lượng hóa hơi dây. Một trong những giải thích hợp lý cho hiện tượng này chính là sự bức xạ những electron nhiệt (thermal electron) trên bề mặt dây mỏng khi nhiệt độ dây (ở thể rắn) tăng cao. Trong quá trình phóng điện, dòng điện thay vì truyền qua dây kim loại để làm nóng, thì nó lại được truyền qua những electron nhiệt, sau đó các electron này sẽ di chuyển từ cực này sang cực kia. Hiện tượng này giải thích khả năng chi phối dòng điện của các electron nhiệt. Do đó, có thể hiểu, chỉ một phần của dây là được hóa hơi và trở thành hạt nano, phần không được hóa hơi thường

tạo thành những giọt chất lỏng (droplet) nguội đi, ngưng tụ và tạo thành những hạt có kích cỡ micro. Vì lý do này, Sato và cộng sự đã thí nghiệm phóng điện qua dây mỏng Pd và mở rộng mô hình kiểm soát kích thước hạt bằng cách thêm hệ số $K_p = \frac{E_p}{E_v}$, trong đó E_p là năng lượng thực tế được tiêu thụ trên dây và E_v là năng lượng tính toán lý thuyết để hóa hơi dây. Công thức sau khi mở rộng sẽ trở thành $D_1 = 3.8\left(106\left(\frac{mPK_p}{E_c}\right)^{0.6}\right)^{0.4}$ (5). Công thức mở rộng này cho phép mô hình hóa kích thước hạt nano dựa trên các thông số của quá trình khả dụng cho nhiều loại hạt nano kim loại chuyển tiếp.

Ở công thức (3), ta thấy tham số khối lượng của dây mỏng có thể gần bằng nhau ở các kim loại chuyển tiếp do khối lượng riêng tương đối tương đồng (8~10 g/cm^3). Tuy nhiên, xét về tính tổng quát, tham số khối lượng của dây nên được thay thế bằng 1 đại lượng đặc trưng hơn cho những kim loại khác nhau. Vấn đề này được đặt ra khi thí nghiệm tạo hạt nano Mg và nghiên cứu phân bố kích thước hạt được thực hiện. Nguyen và cộng sự đã báo cáo về khả năng giảm kích thước hạt nano Mg trong phương pháp phóng điện qua dây mỏng bằng cách tăng năng lượng nạp vào tụ điện (năng lượng phóng điện) và giảm áp suất khí của môi trường khí Ar xung quanh [21]. Kết quả cho thấy xu hướng giảm kích thước của hạt nano Mg khi điều chỉnh các thông số về năng lượng phóng điện và áp suất khí của môi trường tương đồng với những loại hạt kim loại nguyên chất còn lại. Tuy nhiên, khi áp dụng mô hình theo công thức (3) ở trên, kích thước thực nghiệm của hạt nano Mg lớn hơn đáng kể so với kích thước hạt được dự đoán bởi mô hình. Như đã đề cập ở trên, mô hình được thử nghiệm thêm một tham số nguyên tử khối ở mẫu số ở công thức (3), khi đó tham số biết trước sẽ là $\frac{mP}{E_c A}$, với A là nguyên tử khối. Do đó, về mặt ý nghĩa vật lý, thay vì có thứ nguyên là mật độ khối lượng, tham số biết trước sẽ có thứ nguyên là mật độ số nguyên tử, nghĩa là số nguyên tử trên 1 đơn vị thể tích. Vì vậy, tham số biết trước này phù hợp với mô hình lý thuyết khi hạt được sinh trưởng và kết thành theo chuyển động Brownian như đã đề cập ở công thức (4). Mặt khác, Mg có nhiệt độ bay hơi thấp hơn đáng kể so với những kim loại khác đã áp dụng với phương pháp. Ví dụ: nhiệt độ bay hơi của Mg là 1091°C trong khi nhiệt độ bay hơi của đồng, bạc, nickel lần lượt là 2562, 2162, 2730°C. Nhiệt độ bay hơi này có ảnh hưởng đến kích thước tới hạn của mầm (nuclei) tạo ra trong quá trình tạo mầm (nucleation), và kích thước của mầm có ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước của hạt nano được tạo thành trong quá trình kết lại (coagulation). Trong quá trình tạo mầm, đơn vị nhỏ hơn như nguyên tử hợp lại với nhau tạo thành các cụm (cluster). Các cụm này liên tục tăng và giảm kích thước do quá trình hợp lại và phân ra. Song song với đó, sự chênh lệch của năng lượng tự do Gibbs (Gibbs free energy) cũng tăng lên hay giảm đi. Khi sự chênh lệch năng lượng này tăng đến một ngưỡng nhất định thì mầm được tạo thành. Kích thước cụm ở thời điểm này gọi là kích thước tới hạn (critical size) và chính thức trở thành 1 mầm. Nguyen và cộng sự đã tính toán kích thước tới hạn của mầm dựa trên tính toán trạng thái thủy động lực học (hydrodynamic behavior) của hệ hơi/plasma kim loại sử dụng các phương trình thủy động lực học cổ điển và các hình ảnh được chụp bởi camera tốc độ cao trong quá trình phóng điện qua dây mỏng. Kết quả cho thấy, trong quá trình nguội đi, ở kim loại có nhiệt độ bay hơi thấp như Mg có nhiệt độ khi đạt kích thước tới hạn bằng khoảng 0.7 lần nhiệt độ bay hơi, trong khi ở những kim loại có nhiệt độ bay hơi cao hơn như đồng, bạc, nickel, nhiệt độ đó chỉ bằng khoảng 0.56 lần nhiệt độ bay hơi. Nhờ đó, kích thước tới hạn của từng loại vật liệu được tính toán. Giả sử mầm có dạng hình cầu, thể tích của mầm là $V_{cr}=r_{cr}^3$, với r_{cr} là kích thước tới hạn của mầm. Tham số này và tham số khối lượng nguyên tử được mở rộng vào công thức (5) để trở thành $D_1 = 3.8\left(106\left(\frac{mPK_pV_{cr}}{E_c A}\right)^{0.6}\right)^{0.4}$ (6). Tính toán lý thuyết ở công thức (4) được rà soát lại để kiểm chứng sự hợp lý của việc bổ sung thêm tham số V_{cr} và cho thấy $D \propto \left(v_{g0}N_0\right)^{0.4}$, với D là kích thước hạt trung bình ở cuối quá trình, v_{g0} là thể tích trung bình hình học của hạt ban đầu (mầm), và N_0 là tỉ lệ với nồng độ số hạt ban đầu. Bằng việc so sánh kết quả đo thực nghiệm với kết quả tính toán, nhóm tác giả đã chứng minh được rằng với mô hình tính toán mới này, kích thước của các hạt nano của các kim loại khác nhau được tổng hợp bằng phương pháp phóng điện qua dây mỏng đã được dự đoán chính xác hơn và mang tính tổng quát hơn.

Do tính chất giới thiệu của bài viết, tác giả xin phép được tóm gọn nội dung trong các đoạn văn trên, độc giả hứng thú với vấn đề này vui lòng tham khảo thêm ở trích dẫn [22] hoặc liên hệ với tác giả để thảo luận thêm.

3.4. Sản xuất hạt nano ở quy mô công nghiệp

Trong bất kì phương pháp tổng hợp hạt nano nào, vấn đề sản xuất ở quy mô công nghiệp luôn luôn đươc chú trọng để phát huy tính ứng dụng của phương pháp. Với phương pháp phóng điện qua dây mỏng, do khối lượng hạt nano thu được ở 1 lần phóng điện là tương đối nhỏ, khoảng vài mg, nên vấn đề tổng hợp hạt nano ở quy mô công nghiệp, đồng thời phải đảm bảo chất lượng của hạt nano là vấn đề quan trọng và đã được nghiên cứu ngay từ thời kì đầu phát triển phương pháp. Giáo sư Suematsu và cộng sự đã phát triển một thiết bị thử nghiệm sản xuất hạt nano với số lượng lớn. Theo đó, hệ thống cuốn dây để cung cấp dây liên tục cho việc phóng điện được điều khiển bằng một motor và chương trình trên máy vi tính. Hệ thống cung cấp dây có tốc độ tối đa là 1.4 Hz. Với tốc độ trên, dây đồng mỏng với đường kính 0.25 mm được

dùng làm nguyên liệu trong môi trường phóng điện là khí N_2, sau 90 giây vận, hành, thiết bị tạo ra 2 g bột nano đồng. Thiết bị thử nghiệm sản xuất hạt nano với số lượng lớn được minh họa ở tài liệu tham khảo [23]. Hạt nano đồng tạo ra bởi thiết bị, được quan sát bằng kính hiển vi điện tử truyền qua cho thấy hạt có kích thước khoảng 50 nm. Kết quả phân tích cho thấy hạt có được tạo thành có kích thước theo phân phối xác suất loga chuẩn với kích thước trung vị hạt là 41 nm. Kết quả này tương tự như kết quả thu được từ thiết bị tạo hạt nano dùng để thí nghiệm. Đáng chú ý, với điều kiện như sản xuất trong báo cáo, thiết bị có khả năng tạo ra hạt nano với hiệu suất chuyển hóa năng lượng là 362 g/kWh, nghĩa là có thể sản xuất một lượng 362 g hạt nano thành phẩm trong khi chỉ tiêu tốn 1 kWh. Vì vậy, có thể nói đây là một phương pháp hiệu quả để sản xuất các loại hạt nano kim loại nguyên chất, ceramic…

LỜI KẾT

Phương pháp phóng điện qua dây mỏng là một phương pháp đơn giản và hiệu quả để sản xuất nhiều loại hạt nano có tính ứng dụng cao trong cuộc sống. Với đặc điểm không yêu cầu nhiều nguyên vật liệu và thiết bị phức tạp và cùng với lợi ích về chi phí, phương pháp có khả năng được nghiên cứu, áp dụng để sản xuất ở những quốc gia đang phát triển như Việt Nam.

THÔNG TIN VỀ NHÓM NGHIÊN CỨU GIÁO SƯ SUEMATSU Ở ĐẠI HỌC KỸ THUẬT NAGAOKA

Website: https://etigo.nagaokaut.ac.jp/suematsu/

Giáo sư chủ nhiệm: Suematsu Hisayuki

Giáo sư trợ lý: Đỗ Thị Mai Dung

Các đề tài nghiên cứu chính:

1) Nghiên cứu chế tạo các loại hạt nano bằng phương pháp phóng điện qua dây mỏng (Pulsed Wire Discharge)

2) Nghiên cứu chế tạo vật liệu siêu dẫn bằng phương pháp tổng hợp áp suất cao

3) Nghiên cứu vật liệu áp dụng cho y học hạt nhân.

4) Nghiên cứu vật liệu Geopolymer cho các ứng dụng về an toàn hạt nhân.

5) Nghiên cứu dùng máy gia tốc hạt xung cho các ứng dụng về vật liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Ge, L., Li, Q., Wang, M., Ouyang, J., Li, X., & Xing, M. M. (2014). Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. International journal of nanomedicine, 9, 2399–2407. https://doi.org/10.2147/IJN.S55015

[2] McIntyre R. A. (2012). Common nano-materials and their use in real world applications. Science progress, 95(Pt 1), 1–22. https://doi.org/10.3184/003685012X13294715456431

[3] Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K., & Saint, C. (2010). Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review. Water Research, 44(10), 2997-3027. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.02.039

[4] Faraday, M. (1997). X. The Bakerian Lecture. —Experimental relations of gold (and other metals) to light. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 147,145-181. https://doi.org/10.1098/rstl.1857.0011

[5] JA Anderson. Spectra of explosions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 6(1):42, 1920.

[6] FG Karioris, BR Fish, and GW Royster. Aerosols from exploding wires. In Exploding Wires, pages 299-311. Springer, 1962.

[7] MJ Joncich and DG Ren. Synthesis of inorganic binary compounds using exploding wire techniques in exploding wires. Plenum Press/edited by WG Chace, HK Moore-NY, 1964.

[8] Nagasawa, S., Koishi, T., Tokoi, Y., Suzuki, T., Nakayama, T., Suematsu, H., & Niihara, K. (2014). Determining factor of median diameter in intermetallic compound nanoparticles prepared by pulsed wire discharge. Japanese Journal of Applied Physics, 53, 02BD07. https://doi.org/10.7567/JJAP.53.02BD07

[9] Luttrell, T., Halpegamage, S., Tao, J., Kramer, A., Sutter, E., & Batzill, M. (2014). Why is anatase a better photocatalyst than rutile? - Model studies on epitaxial TiO2 films. Scientific Reports, 4(1), 4043. https://doi.org/10.1038/srep04043

[10] Tokoi, Y., Suzuki, T., Nakayama, T., Suematsu, H., Jiang, W., & Niihara, K. (2008). Synthesis of TiO2 Nanosized Powder by Pulsed Wire Discharge. Japanese Journal of Applied Physics, 47(1S), 760. https://doi.org/10.1143/JJAP.47.760

[11] Chu, N. M., Hieu, N. D., Do, T. M. D., Nakayama, T., Niihara, K., & Suematsu, H. (2020). Synthesis of metastable monoclinic beta molybdenum trioxide nanoparticles by pulsed wire discharge. Japanese Journal of Applied Physics, 59(SC), SCCC02. https://doi.org/10.7567/1347-065/ab48b8.

[12] Mariotti, D., Lindström, H., Bose, A. C., & Ostrikov, K. (2008). Monoclinic β-MoO3 nanosheets produced by atmospheric microplasma: application to lithium-ion batteries. Nanotechnology, 19(49), 495302. https://doi.org/10.1088/0957-4484/19/49/495302.

[13] Tokoi, Y., Suzuki, T., Nakayama, T., Suematsu, H., Kaneko, F., & Niihara, K. (2010). Preparation of titanium nanopowders covered with organics by pulsed wire discharge. Scripta Materialia, 63(9), 937-940. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2010.07.008

[14] K. Tanaka, D.H. Nguyen, T. Suzuki, T. Nakayama, H. Suematsu, and K. Niihara. National Science and Nanotechnology Letters, Vol. 10, No. 5-6, 2018, pp. 858-861.

[15] Li, Y.-F., & Liu, Z.-P. (2011). Particle Size, Shape and Activity for Photocatalysis on Titania Anatase Nanoparticles in Aqueous Surroundings. Journal of the American Chemical Society, 133(39), 15743-15752. https://doi.org/10.1021/ja206153v

[16] Aldosari, F. M. M. (2022). Characterization of Labeled Gold Nanoparticles for Surface-Enhanced Raman Scattering. Molecules, 27(3).

[17] Kotov, Y. A. (2009). The electrical explosion of wire: A method for the synthesis of weakly aggregated nanopowders. Nanotechnologies in Russia, 4(7), 415-424. https://doi.org/10.1134/S1995078009070039

[18] Murai, K., Cho, C., Suematsu, H., Jiang, W., & Yatsui, K. (2005). Particle Size Distribution of Copper Nanosized Powders Prepared by Pulsed Wire Discharge. IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials, 125(1), 39-44. https://doi.org/10.1541/ieejfms.125.39

[19] Kinemuchi, Y., Sato, K., Watari, K., Cho, C., Murai, K., Suematsu, H.,... Yatsui, K. (2004). Particle Size Distribution of SnO_2 Nano-Particles Synthesized by Pulsed Wire Discharge. Journal of the Ceramic Society of Japan, 112(1307), 355-362. https://doi.org/10.2109/jcersj.112.355

[20] Tokoi, Y., Cho, H.-B., Suzuki, T., Nakayama, T., Suematsu, H., & Niihara, K. (2013). Particle Size Determining Equation in Metallic Nanopowder Preparation by Pulsed Wire Discharge. Japanese Journal of Applied Physics, 52(5R), 055001. https://doi.org/10.7567/JJAP.52.055001

[21] Hieu, N. D., Tokoi, Y., Tanaka, K., Sasaki, T., Suzuki, T., Nakayama, T.,... Niihara, K. (2018). Size reduction of submicron magnesium particles prepared by pulsed wire discharge. Japanese Journal of Applied Physics, 57(2S2), 02CC04. https://doi.org/10.7567/JJAP.57.02CC04 [22] Nguyen, H. D., Sasaki, T., Ngo, C. M., Tokoi, Y., Do, T.-M.-D., Nakayama, T.,... Niihara, K. (2021). Equation to determine the sizes of various light and heavy metallic nanoparticles prepared by pulsed wire discharge. Journal of Applied Physics, 130(18), 185901. https://doi.org/10.1063/5.0064989

[23] Suematsu, H., Nishimura, S., Murai, K., Hayashi, Y., Suzuki, T., Nakayama, T.,... Niihara, K. (2007). Pulsed wire discharge apparatus for mass production of copper nanopowders. Review of Scientific Instruments, 78(5), 056105. https://doi.org/10.1063/1.2721419

MAI THỊ KIỀU LIÊN

1. Quá trình đào tạo:

Đại học: Hệ đào tạo: Chính quy

Nơi đào tạo: Trường Đại học Sư phạm – Đại học Đà Nẵng.

Ngành học: Sư phạm Vật lý

Năm tốt nghiệp: 2009

- Sau đại học

+ Thạc sĩ:

Chuyên ngành: Khoa học và Công nghệ Nano (Nhật Bản)

Nơi đào tạo: Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Nhật Bản (JAIST)

Năm cấp bằng: 2012

+ Tiến sĩ:

Chuyên ngành: Khoa học và Công nghệ Nano (Nhật Bản)

Nơi đào tạo: Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Nhật Bản (JAIST)

Năm cấp bằng: 2015

2. Quá trình nghiên cứu:

- 10/2015 – 3/2016: Nghiên cứu viên tại Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Nhật Bản (JAIST)

- 7/2017 – 8/2018: Nghiên cứu viên tại Trường đại học kĩ thuật – Đại học Nagoya, Nhật Bản

3. Công việc hiện tại: Giảng viên tại Khoa Vật lý – Trường Đại học Sư phạm – Đại học Đà Nẵng

4. Lĩnh vực quan tâm:

- Chế tạo và khảo sát tính chất của màng mỏng ứng dụng trong các thiết bị điện tử như transistor, pin mặt trời,...

- Khoa học vật liệu và công nghệ nano

5. Điện thoại: +84 704482369

https://scholar.google.com/citations?hl=vi&user=qWK9GqIAAAAJ

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0300

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA VẬT LIỆU MỚI - BARI ĐISILIC ($BaSi_2$) - NHẰM THAY THẾ VẬT LIỆU SILIC TRUYỀN THỐNG TRONG CHẾ TẠO PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Mai Thị Kiều Liên[1,*]

[1] *Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng*
Email: mtkien@ued.udn.vn

TÓM TẮT:

Pin năng lượng mặt trời đã và đang được nghiên cứu và khai thác nhằm ứng dụng trên phạm vi toàn cầu. Tuy nhiên, khi triển khai ứng dụng cần phải chú ý đến các vấn đề về sự an toàn, rẻ, bền, và thân thiện với môi trường. Do đó, việc giảm sự tiêu hao năng lượng bằng cách tăng hiệu suất của các pin mặt trời và giảm chi phí sản xuất cần phải được nghiên cứu kĩ. Hiện tại, các pin mặt trời hầu hết đều dựa trên vật liệu truyền thống là silic (Si) vì nó an toàn, ổn định, có sẵn với số lượng lớn trong tự nhiên. Tuy nhiên, có hai nhược điểm chính khi sử dụng Si. Thứ nhất, Si là chất bán dẫn có vùng cấm xiên nên nó có hệ số hấp thụ tương đối thấp. Để hấp thụ được ánh sáng mặt trời thì màng Si chế tạo phải đủ dày, điều này dẫn đến chi phí sản xuất cao. Thứ hai, độ rộng vùng cấm của Si khá hẹp nên hạn chế hiệu suất của các pin mặt trời làm từ Si. Hiệu suất tối đa theo lý thuyết chỉ có thể đạt 30%. Hiện nay, một số nhóm nghiên cứu đã đạt được hiệu suất rất gần với giá trị lý thuyết. Như vậy, việc cải thiện hơn nữa hiệu suất của các pin mặt trời làm từ Si trở nên không đáng kể. Để cải thiện các nhược điểm của Si, các pin mặt trời màng mỏng sử dụng các vật liệu mới có vùng cấm rộng hơn đã và đang được nghiên cứu và phát triển mạnh mẽ. Các vật liệu mới này phải an toàn, ổn định, thân thiện với môi trường, và có sẵn với số lượng lớn như Si. Một vật liệu thay thế Si lí tưởng trong chế tạo pin mặt trời màng mỏng phải có hệ số hấp thụ cao, thời gian sống của hạt tải không cơ bản dài, và vùng cấm gần với giá trị lí tưởng 1,4 eV. Bari đisilic (BaSi2) có đủ các tính chất trên và là vật liệu đầy hứa hẹn có thể thay thế Si trong chế tạo pin mặt trời màng mỏng.

Từ khóa: *Bari đisilic, pin mặt trời, chất bán dẫn, thời gian sống, điều chỉnh đế, bốc bay nhiệt.*

1. GIỚI THIỆU

Bán dẫn hợp chất $BaSi_2$ gần đây nhận được nhiều sự quan tâm trong ứng dụng pin năng lượng mặt trời màng mỏng. Ưu điểm của $BaSi_2$ so với vật liệu Si tinh thể (c-Si) truyền thống bao gồm (i) độ rộng vùng cấm ~1,3 eV [1−6], cao hơn của c-Si (~1,12 eV) và gần với giá trị lí tưởng (~1,4 eV) đối với pin mặt trời tiếp xúc đơn; và (ii) hệ số hấp thụ cao (~ 3×10^4 cm^{-1} ở 1,5 eV) [1, 6, 7], cao hơn 30 lần so với c-Si. Các đặc tính đáng chú ý khác của $BaSi_2$ là các thành phần Ba và Si có sẵn dồi dào trong tự nhiên và rẻ tiền, độ dài khuếch tán và thời gian sống của hạt tải không cơ bản dài (lần lượt

~ 10 µm và ~ 14 µs) [8, 9]. $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi là cấu trúc thích hợp nhất cho các ứng dụng quang điện [10] vì nó có độ lệch mạng tinh thể so với Si nhỏ, ổn định ở nhiệt độ phòng và áp suất khí quyển.

Cho đến nay, nhiều nghiên cứu về phương pháp (PP) chế tạo màng mỏng $BaSi_2$ đã được tiến hành, ví dụ như epitaxy chùm phân tử (MBE) [1, 6, 8, 10−16], phún xạ [17-20], và bốc bay nhiệt [7, 21-25]. Tại Nhật Bản, nhóm nghiên cứu đứng đầu là Giáo sư Takashi Suemasu thuộc Viện Vật lý ứng dụng, Đại học Tsukuba đã có nhiều công trình khảo sát, chế tạo pin mặt trời màng mỏng từ $BaSi_2$ bằng PP MBE và phún xạ. Kết quả nổi bật của nhóm là đã chế tạo thành công pin mặt trời tiếp xúc dị thể n-$BaSi_2$/p-Si với hiệu suất lượng tử bên trong đạt 67% ở bước sóng 870 nm, mức hiệu suất cao nhất từng đạt đối với loại pin này [26]. Trong số các PP chế tạo kể trên, bốc bay nhiệt là PP đơn giản nhất để chế tạo màng $BaSi_2$ trên quy mô lớn. Sử dụng PP này, các nhóm nghiên cứu tại phòng thí nghiệm của Giáo sư Noritaka Usami và Yasuyoshi Kurokawa, Đại học Nagoya đã lắng đọng màng mỏng $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi trên các đế phẳng khác nhau như Si [21, 22, 25], thủy tinh [7], CaF_2 [23], và Ge [24] nhằm chế tạo pin mặt trời ứng dụng trên quy mô rộng lớn. Để đạt được màng đơn pha, nhiệt độ bề mặt phải bằng hoặc cao hơn 500 °C [7, 21, 25]. Thông thường, nhiệt độ càng cao thì chất lượng màng càng tốt. Tuy nhiên, khi nhiệt độ bề mặt cao đến 600 °C, các vết nứt xuất hiện trên màng $BaSi_2$ do sự chênh lệch lớn về hệ số giãn nở nhiệt giữa màng $BaSi_2$ và đế [7, 25]. Vì vậy, để có được chất lượng màng tốt mà không hình thành vết nứt trên màng, chúng tôi đã chọn nhiệt độ bề mặt là 500 °C và đã đề xuất một kĩ thuật xử lí bề mặt trước khi lắng đọng màng $BaSi_2$, đó là kĩ thuật điều chỉnh đế. Việc thay đổi bề mặt đế cũng có tác dụng làm giảm phản xạ ánh sáng và tăng khả năng hấp thụ trong màng $BaSi_2$, đây là một yếu tố then chốt trong việc cải thiện hiệu suất của thiết bị quang điện tử.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng đế Si và thử nghiệm trên đế Ge. Đồng thời, chúng tôi điều chỉnh bề mặt của chúng bằng PP ăn mòn hóa học. Việc điều chỉnh bề mặt đế trước khi lắng đọng màng $BaSi_2$ có tác dụng làm giảm sự phản xạ ánh sáng và tăng khả năng hấp thụ cho màng, đây là vấn đề then chốt trong việc cải thiện hiệu suất của thiết bị quang điện tử. Mục đích của nghiên cứu này là lắng đọng và xác định đặc tính của màng $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi trên đế Si và đế Ge đã điều chỉnh bề mặt nhằm khảo sát tiềm năng ứng dụng của màng $BaSi_2$ trên hai loại đế này và tính khả thi của kĩ thuật điều chỉnh đế. Thông thường màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Si vì độ lệch hằng số mạng giữa chúng nhỏ, chi phí chế tạo rẻ, quy trình chế tạo đơn giản. Chúng tôi thử nghiệm trên đế Ge vì hệ số giãn nở nhiệt của Ge gần với $BaSi_2$ hơn là Si, điều này có thể làm giảm sự hình thành vết nứt trong màng $BaSi_2$ khi chế tạo ở nhiệt độ cao. Hơn nữa, pin mặt trời tiếp xúc dị tiếp $BaSi_2$/Ge có thể hấp thụ ánh sáng ở dải bước sóng rộng hơn do vùng cấm của Ge (E_g = 0,67eV) nhỏ hơn so với Si. Ge cũng có cấu trúc kim cương giống như Si và hằng số mạng của nó gần với Si, nghĩa là độ lệch hằng số mạng giữa Ge và $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi nhỏ. Tuy nhiên, chi phí tạo đế Ge đắt hơn nhiều so với đế Si và quá trình tạo màng $BaSi_2$ trên đế Ge cũng phức tạp hơn nên cần được xem xét khi ứng dụng trên quy mô rộng lớn. Để thấy ưu điểm của việc điều chỉnh đế, chúng tôi so sánh các đặc tính của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên các đế đã được điều chỉnh với các đặc tính của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên các đế phẳng. Điều kiện điều chỉnh đế cũng được tối ưu hóa.

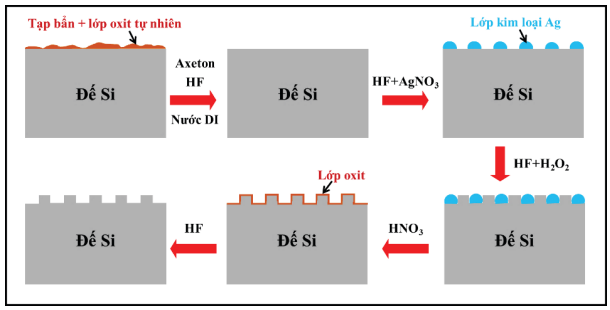
2. THÍ NGHIỆM

2.1 Chế tạo màng $BaSi_2$ trên đế Si

Để khảo sát chất lượng tinh thể và tính chất của màng $BaSi_2$, chúng tôi sử dụng ba loại đế Si. Loại đầu tiên, p-Si (111) điện trở suất thấp ($\rho < 0{,}02$ Ω.cm), được sử dụng để khảo sát chất lượng tinh thể và các đặc tính quang học. Loại thứ hai, p-Si (111) điện trở suất cao ($\rho > 1000$ Ω.cm), được sử dụng để đánh giá các đặc tính điện và thời gian sống của hạt tải. Và loại cuối cùng, n-Si (111) điện trở suất thấp ($\rho < 0{,}02$ Ω.cm), được sử dụng để đo hồi đáp quang học.

Việc làm sạch sơ bộ bề mặt đế Si (1,7×1,7 cm^2) được thực hiện theo quy trình bốn bước theo trình tự axeton, nước khử ion (DI), dd HF 5% và nước DI. Sau đó, bề mặt của đế Si được điều chỉnh bằng PP ăn mòn hóa học với sự hỗ trợ của kim loại (metal-assisted chemical etching - MACE) như minh họa trong hình 1. Cần lưu ý rằng PP MACE thường được sử dụng để chế tạo dây nano Si. Trong trường hợp của chúng tôi, bằng cách giảm thời gian ăn mòn hoá học, chúng tôi chỉ điều chỉnh một chút bề mặt của đế. Bạc (Ag) được phủ trên bề mặt đế bằng dung dịch (dd) hỗn hợp gồm H_2O:HF 46%:$AgNO_3$ (40 ml: 10 ml: 0,12 g). Tiếp theo, các đế đã phủ Ag được nhúng vào dd ăn mòn, là dd hỗn hợp HF 46%:H_2O_2 30%: H_2O (20 ml: 1,4 ml: 80 ml). Thời gian ăn mòn hoá học rất ngắn, thay đổi từ 2 đến 10 giây. Sau khi rửa sạch bằng nước DI, dd HNO_3 loãng (70%) được dùng để loại bỏ lượng Ag còn sót lại trên bề mặt Si ở nhiệt độ phòng trong 10 phút. Sau quá trình MACE, bề mặt của đế trở nên thô ráp và hình thái của nó thay đổi từ phẳng sang dạng đồi hoặc hình dạng dây nano tùy thuộc vào thời gian ăn mòn. Cần lưu ý rằng cả ba loại đế Si được sử dụng cho các phân tích khác nhau như đã đề cập ở trên đều được đưa vào quá trình ăn mòn trong cùng một khoảng thời gian từ 2 đến 10 giây. Chúng tôi đã kiểm tra ảnh hưởng của thời gian ăn mòn đối với các loại đế Si và nhận thấy rằng hình thái bề mặt của đế Si gần như giống nhau tại cùng một thời điểm ăn mòn bất kể điện trở suất và loại pha tạp. Điều này là do thời gian ăn mòn rất ngắn (≤ 10 giây), ảnh hưởng của điện trở suất và loại pha tạp của đế Si hầu như không đáng kể. Cuối cùng, các đế Si được làm sạch trong dd HF (5%) pha loãng trong 1 phút để loại bỏ lớp oxit và trong nước DI trước khi chuyển vào buồng bốc bay. Các hạt $BaSi_2$ có kích thước cỡ 0,06 g được sử

dụng làm vật liệu nguồn và được nấu chảy bằng cách nung nóng vật liệu đựng nguồn làm bằng vonfram để tạo màng dày cỡ 170 nm ở nhiệt độ nền 500 °C và áp suất nền $1,0\times10^{-5}$ mbar. Để so sánh, màng $BaSi_2$ cũng được lắng đọng trên bề mặt đế Si phẳng trong điều kiện tương tự mà không có quá trình MACE.



Hình 1. Sơ đồ minh họa quy trình điều chỉnh bề mặt đế Si bằng phương pháp MACE.

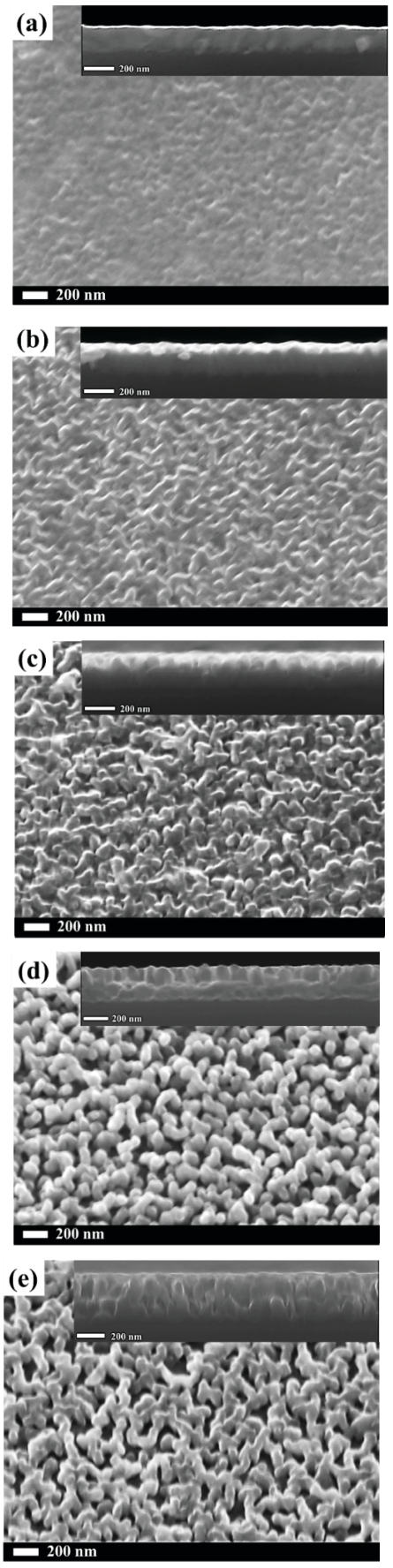
2.2 Chế tạo màng BaSi2 trên đế Ge

Đế Ge (100) pha tạp loại P (điện trở suất ρ = 1–10 Ω.cm), sau khi làm sạch bằng axeton và nước DI để loại bỏ các tạp chất hữu cơ, được nhúng vào dd HNO_3 (70%) để tạo thành các vòm trên bề mặt. Thời gian nhúng thay đổi từ 5 đến 20 phút. Sau đó, các đế được nhúng vào dd HF pha loãng (5%) trong 3 phút để loại bỏ lớp oxit. Cần lưu ý rằng PP điều chỉnh đế Ge sử dụng hoá chất khác so với PP điều chỉnh đế Si. Chúng tôi đã thử sử dụng PP MACE cho đế Ge nhưng không có tác dụng. Sau khi tìm hiểu về các axit có khả năng ăn mòn đế Ge kết hợp với điều kiện phòng thí nghiệm, chúng tôi sử dụng dd HNO_3. Do tốc độ ăn mòn của dd HNO_3 trên đế Ge là khá chậm, chúng tôi đã thử thay đổi thời gian nhúng đế Ge vào dd HNO_3 từ rất nhanh như đế Si (tức là 2 s, 4 s, 8 s, 10 s) đến dài hơn (1 phút, 2 phút, 5 phút,...) và nhận thấy bề mặt đế Ge bắt đầu thay đổi hình thái khi thời gian nhúng từ 5 phút. Vì vậy, chúng tôi chọn thời gian nhúng thay đổi từ 5 đến 20 phút cho những khảo sát tiếp theo với đế Ge. Vì dùng hoá chất ăn mòn khác nên hình thái bề mặt của Ge sẽ khác so với đế Si như thể hiện ở phần 3 (Kết quả và thảo luận). Sau khi làm sạch bằng nước DI, các đế Ge được đưa vào buồng phún xạ RF để lắng đọng lớp a-Si dày 50 nm ở nhiệt độ đế 300 °C. Ar được sử dụng làm khí phún xạ. Các nghiên cứu trước đây đã báo cáo rằng thành phần hơi được tạo ra từ nguồn $BaSi_2$ là giàu Ba ở giai đoạn đầu [7, 21] và cần cung cấp các nguyên tử Si ở giai đoạn này để đạt được màng $BaSi_2$ cân bằng hoá học. Tuy nhiên, khác với đế Si, ở đây chúng tôi sử dụng đế Ge nên thiếu nguyên tử Si. Do đó, trước khi lắng đọng màng $BaSi_2$ bằng phương pháp bốc bay nhiệt, một lớp Si vô định hình (a-Si) được lắng đọng trên đế Ge bằng phương pháp phún xạ. Sau đó, màng $BaSi_2$ dày 200 nm được lắng đọng bằng phương pháp bốc bay nhiệt ở nhiệt độ nền 500 °C và áp suất cơ bản $1,0 \times 10^{-5}$ mbar. Các hạt $BaSi_2$ có kích thước ~0,07 g được sử dụng làm nguồn và nấu chảy bằng cách đốt nóng dụng cụ đựng làm bằng vonfram. Để so sánh, màng $BaSi_2$ cũng được lắng đọng trên đế Ge phẳng trong điều kiện tương tự.

2.3 Các thiết bị sử dụng để khảo sát màng $BaSi_2$ trên đế Si và Ge

Chúng tôi sử dụng kính hiển vi điện tử quét (SEM; JEOL JSM-7001-FA) với điện áp gia tốc 20 kV để quan sát hình thái bề mặt và giao diện cũng như độ dày của các màng bốc bay. Để khảo sát tính chất kết tinh của màng $BaSi_2$, chúng tôi sử dụng phổ Raman (Máy đo Nanofinder của Tokyo Instruments) sử dụng laser ion Ar^+ với bước sóng kích thích 488 nm và nhiễu xạ tia X (XRD; Bruker Discover D8) với bức xạ Cu Kα. Trong phân tích phổ Raman, chúng tôi ước tính gần đúng chất lượng tinh thể từ toàn bộ chiều rộng ở nửa cực đại (FWHM) của chế độ A_1 trong tứ diện Si. Trong phép đo XRD, chúng tôi sử dụng kĩ thuật quét θ-2θ và góc tới nhỏ (GI). Máy quang phổ JASCO Ubest V-570 với một bộ đơn sắc sử dụng đèn halogen được dùng để đo phổ phản xạ (R) và độ truyền qua (T) của các mẫu. Phổ hấp thụ (A) thu được bằng công thức $A(\omega) = 1 - R(\omega) - T(\omega)$, trong đó ω là tần số của sóng tới. Dải bước sóng cần quan tâm là từ 300 nm (~4,13 eV) đến 1200 nm (~1,03 eV). Các đặc tính điện bao gồm loại hạt tải điện, nồng độ hạt tải điện và độ linh động Hall được xác định tại nhiệt độ phòng bằng phép đo hiệu ứng Hall sử dụng phương pháp Van der Pauw. Điện cực vàng (Au) pha tạp Antimon (Sb) được tạo ra bằng phương pháp bốc bay nhiệt. Trong phép đo, từ trường có biên độ 0,55 T được đặt vuông góc với bề mặt mẫu.

Động học phân rã của hạt tải không cơ bản được đánh giá bằng phương pháp μ-PCD (KOBELCO LTA-1512EP). Các hạt tải được tạo ra bởi một xung laser 5 ns với bước sóng kích thích 349 nm và kích thước điểm có đường kính 2 mm. Hơn 95% ánh sáng được hấp thụ trong vòng 50 nm tính từ bề mặt của màng $BaSi_2$ vì hệ số hấp thụ của nó ở bước sóng 349 nm cao hơn 5×10^5 cm^{-1} [6]. Để khảo sát ảnh hưởng của mức độ tiêm hạt tải lên thời gian sống của chúng, chúng tôi sử dụng hai điều kiện mật độ photon là $1,1\times10^{15}$ cm^{-2} và $1,1\times10^{14}$ cm^{-2}. Sự phân rã quang dẫn được đo bằng cách sử dụng hệ số phản xạ của bức xạ vi sóng có tần số 26 GHz. Đối với phép đo hồi đáp quang học, màng $BaSi_2$ dày 300 nm được lắng đọng trên các đế phẳng và đế điều chỉnh. Tiếp theo, điện cực bề mặt indi-thiếc oxit (ITO) dày 80 nm với diện tích ~1,6 cm^2 và điện cực phía sau bằng nhôm (Al) được lắng đọng bằng phương pháp phún xạ lần lượt ở 200 °C và nhiệt độ phòng (room temperature - RT). Đặc tính hồi đáp quang học được đo tại nhiệt độ phòng bằng hệ thống khảo sát sử dụng đèn xenon 450 W và halogen 400 W với bộ đơn sắc để tạo ra ánh sáng đơn sắc ở công suất không đổi 50 μW/cm^2 (JASCO YQ-250BX). Các thiết bị sử dụng khảo sát trong nghiên cứu này là các thiết bị trong phòng thí nghiệm của Giáo sư Noritaka Usami và Yasuyoshi Kurokawa, Đại học Nagoya, Nhật Bản kết hợp với phòng thí nghiệm Khoa học vật liệu của Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng.



Hình 2. Hình ảnh SEM nhìn từ mặt bên và mặt cắt ngang của màng bốc bay BaSi2 lắng đọng trên (a) đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh với thời gian ăn mòn te khác nhau: (b) 2 giây, (c) 4 giây, (d) 8 giây, và (e) 10 giây.

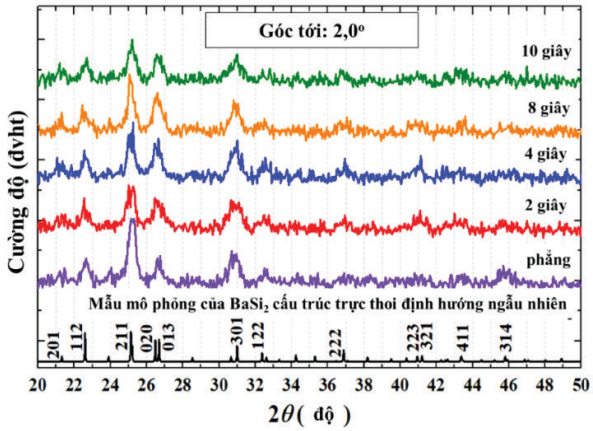
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả khảo sát màng $BaSi_2$ lắng đọng trên đế Si

3.1.1 Cấu trúc và tính chất kết tinh của màng $BaSi_2$ lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh

Hình 2 là hình ảnh SEM nhìn từ mặt bên và mặt cắt ngang của màng bốc bay $BaSi_2$ lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh với thời gian ăn mòn t_e khác nhau. Bề mặt của màng $BaSi_2$ lắng đọng trên đế Si phẳng khá mịn và không xuất hiện vết nứt như trong hình 2(a). Đối với các màng được lắng đọng trên đế Si điều chỉnh, hình thái bề mặt thay đổi từ dạng đồi [hình 2(b) và 2(c)] sang dây nano [hình 2(d) và 2(e)]. Từ các hình 2(b) và 2(c) có thể thấy rằng độ cao của các đồi tăng lên theo t_e và diện tích phủ của màng $BaSi_2$ trên các đế Si vẫn tốt cho đến hình 2(d). Mặt khác, tại t_e = 10 s [hình 2(e)], các đỉnh của dây nano được bó lại sau khi màng $BaSi_2$ lắng đọng, điều này cho thấy sự mất đi hình thái của từng dây nano. Những bó này cũng dẫn đến sự hình thành các khoảng trống (tức là không có $BaSi_2$) ở phần dưới cùng của dây nano và sự phát triển không đồng đều của màng $BaSi_2$.

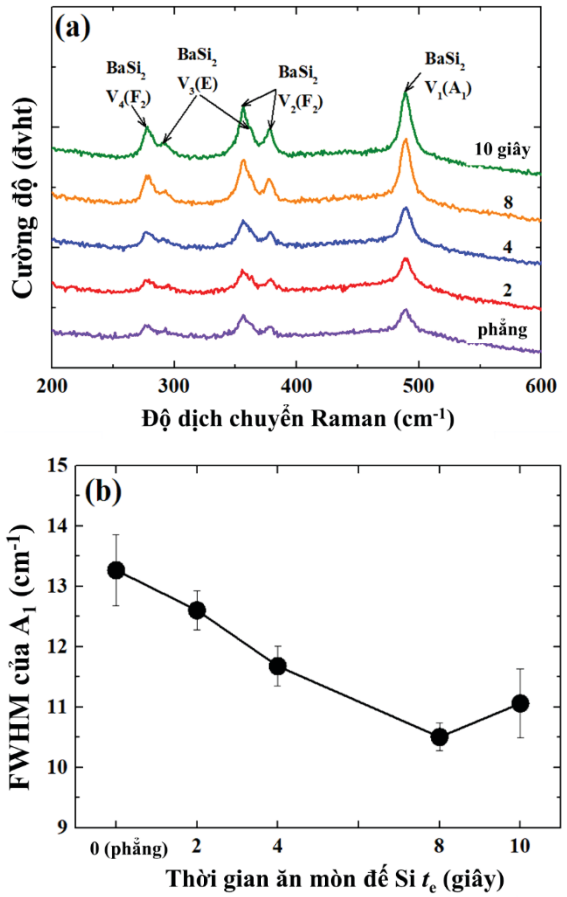
Các mẫu GI-XRD của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh ở góc tới 2,0° được thể hiện trong hình 3. Có thể thấy rằng tất cả các đỉnh của màng $BaSi_2$ bốc bay đều khớp với các đỉnh từ mẫu mô phỏng. Điều này chứng tỏ màng $BaSi_2$ bốc bay là màng đơn pha không có tạp chất, đặc biệt là trên các đế Si điều chỉnh mặc dù các đế này đã trải qua quá trình MACE. Đối với các màng trên đế Si điều chỉnh, tất cả các đỉnh hiển thị cường độ tương đối tương tự với dạng mô phỏng, cho thấy rằng các màng $BaSi_2$ này được định hướng ngẫu nhiên. Quan sát kĩ, có thể thấy rằng đỉnh tinh thể (211) đối với màng lắng đọng trên đế Si điều chỉnh ở t_e = 8 giây cao hơn ở các t_e khác và hẹp hơn đối với màng lắng đọng trên đế Si phẳng. Điều này cho thấy rằng độ kết tinh của nó được cải thiện so với những màng khác.



Hình 3. Hình ảnh GI-XRD của màng BaSi2 được lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh ở góc tới 2,0°.

Hình 4(a) và 4(b) lần lượt cho thấy các phổ Raman và giá trị FWHM của chế độ A_1 của màng $BaSi_2$ bốc bay trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh ở các t_e khác nhau. FWHM được xem như một trong những chỉ tiêu đánh giá

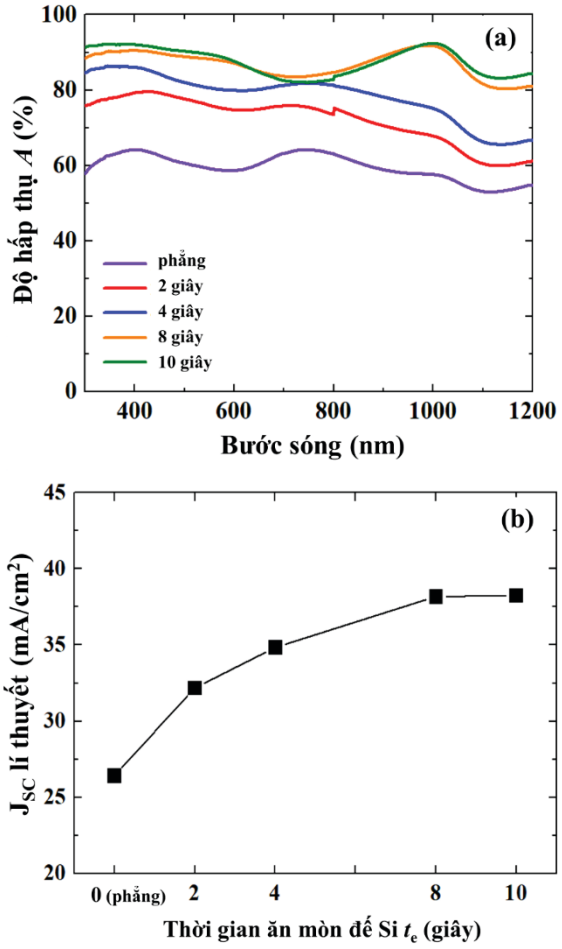
chất lượng kết tinh của các hạt $BaSi_2$, FWHM càng thấp thì chất lượng kết tinh càng tốt. Các đỉnh quan sát được từ phổ tương ứng với các chế độ dao động của anion $[Si_4]^{4-}$ trong $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi. FWHM của các màng trên đế Si điều chỉnh nhỏ hơn, cho thấy chất lượng kết tinh tốt hơn, so với trên đế Si phẳng như thể hiện trong hình 4(b). Điều này có thể được giải thích là do sự giảm ứng suất màng khi bốc bay trên đế Si điều chỉnh ở nhiệt độ cao nhờ vào sự gia tăng diện tích bề mặt so với màng bốc bay trên đế Si phẳng. Xem xét các màng được lắng đọng trên đế Si điều chỉnh, FWHM giảm theo t_e cho đến 8 giây, sau đó tăng nhẹ. Kết quả cho thấy rằng 8 giây là thời gian ăn mòn tối ưu cho việc điều chỉnh đế Si trong việc cải thiện chất lượng tinh thể của màng $BaSi_2$ bốc bay. Ở thời gian ăn mòn dài hơn (tức là t_e = 10 giây), do sự thay đổi hình thái và sự phát triển không đồng đều, chất lượng tinh thể của màng bắt đầu suy giảm.



Hình 4. (a) Phổ Raman và (b) FWHM của A_1 của màng $BaSi_2$ bốc bay trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh ở các t_e khác nhau.

3.1.2. Các tính chất quang học của màng $BaSi_2$ trên đế Si

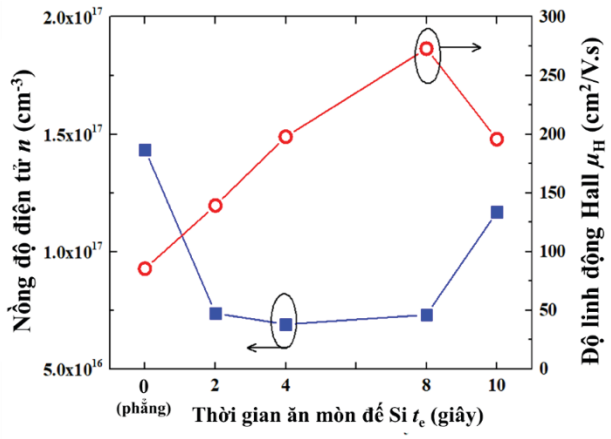
Hình 5(a) cho thấy phổ hấp thụ (A) của màng $BaSi_2$ bốc bay trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh ở các t_e khác nhau, được suy ra từ phổ phản xạ và truyền qua đo được (không được hiển thị). Có thể thấy rằng giá trị của màng được lắng đọng trên đế Si điều chỉnh cao hơn so với trên đế Si phẳng. Điều này cho thấy ảnh hưởng của việc điều chỉnh đế đối với việc cải thiện khả năng giam hãm ánh sáng. Đối với màng $BaSi_2$ trên đế Si điều chỉnh, A tăng theo t_e lên đến 8 giây, và sau đó gần như bão hòa ở t_e dài hơn (10 giây). Kết quả này gợi ý rằng 8 giây là thời gian ăn mòn hoá học được tối ưu hóa cho các đặc tính quang học. Từ phổ hấp thụ, chúng ta có thể xác định mật độ dòng ngắn mạch lí thuyết (J_{sc}) nhằm xác định hiệu suất thiết bị tiềm năng của vật liệu được sử dụng như thể hiện ở đồ thị hình 5(b). Từ đồ thị, ta có thể thấy giá trị J_{sc} lí thuyết của màng được lắng đọng trên đế Si điều chỉnh (> 32 mA/cm²) cao hơn của màng trên đế Si phẳng (~ 26 mA/cm²), đạt 38 mA/cm² ở t_e = 8 giây và 10 giây. Điều này cho thấy tiềm năng rất lớn của việc điều chỉnh đế trong việc cải thiện dòng điện tối đa được cung cấp bởi pin mặt trời làm từ vật liệu $BaSi_2$ trên đế Si điều chỉnh.



Hình 5. (a) Phổ hấp thụ A và (b) sự phụ thuộc của Jsc lí thuyết vào te của các màng BaSi2 được lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh.

Hình 6 cho thấy sự phụ thuộc vào thời gian ăn mòn hoá học t_e của nồng độ hạt tải điện n và độ linh động Hall μ_H của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh. Tất cả các màng $BaSi_2$ tinh khiết đều dẫn điện loại n. μ_H của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Si điều chỉnh cao hơn nhiều so với trên đế Si phẳng, điều này được cho là do chất lượng màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Si điều chỉnh tốt hơn. Tập trung vào các đế Si điều chỉnh, μ_H tăng theo t_e lên đến 8 giây và sau đó

giảm ở 10 giây. Kết quả này phù hợp với kết quả về chất lượng tinh thể và tính chất quang học ở trên. μ_H đạt giá trị cực đại là 273 $cm^2/V.s$ tại t_e = 8 giây.



Hình 6. Sự phụ thuộc vào thời gian ăn mòn hoá học t_e của nồng độ hạt tải điện n và độ linh động Hall μ_H của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Si phẳng và đế Si điều chỉnh

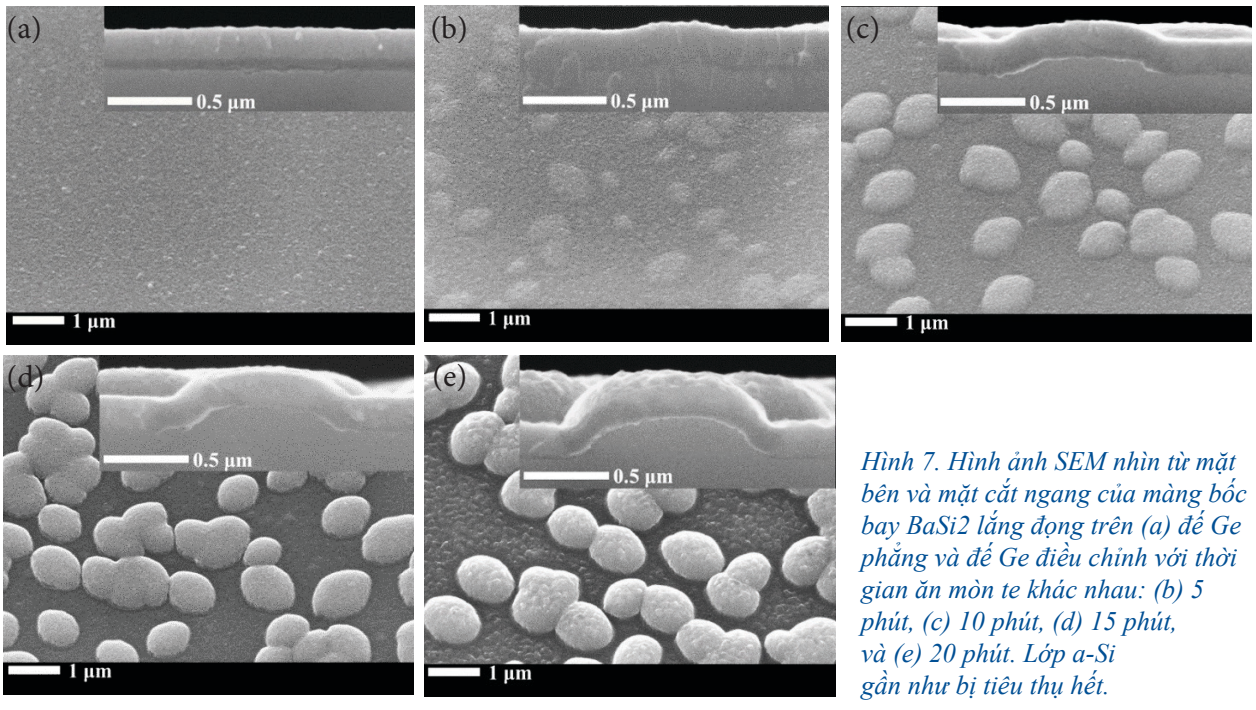
3.2 Kết quả khảo sát màng BaSi2 lắng đọng trên đế Ge

3.2.1 Cấu trúc và tính chất kết tinh của màng BaSi2 lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh

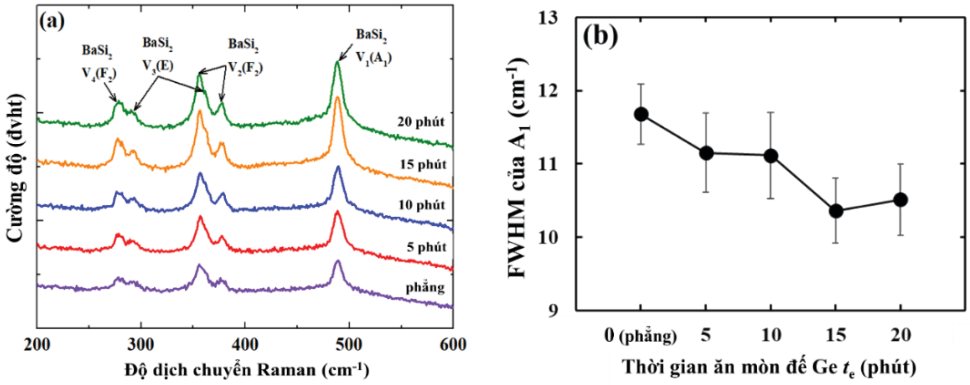
Hình 7 là hình ảnh SEM nhìn từ mặt bên và mặt cắt ngang của màng bốc bay $BaSi_2$ lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh với thời gian ăn mòn t_e khác nhau. Trong hình 7(a), có thể thấy màng $BaSi_2$ trên đế Ge phẳng có bề mặt khá mịn và không hình thành vết nứt trên bề mặt cũng như dọc theo bề dày màng, phù hợp với các nghiên cứu trước đây. Đối với các màng được lắng đọng trên đế Ge điều chỉnh, hình thái bề mặt dạng mái vòm của đế Ge sau khi màng $BaSi_2$ được lắng đọng vẫn được duy trì. Lớp a-Si (có tác dụng cung cấp nguyên tử Si) gần như bị tiêu thụ hết, điều này được thể hiện ở chỗ mặt phân cách giữa $BaSi_2$ và đế Ge tương đối mịn và rõ ràng cho tất cả các mẫu.

Như được hiển thị ở các hình nhỏ bên trong các hình 7(b)-(e), chiều cao và đường kính của các mái vòm tăng theo t_e. Ở thời gian t_e = 20 phút, bề mặt màng $BaSi_2$ trở nên thô ráp do độ xốp tăng lên. Trong cùng một điều kiện bốc bay của màng $BaSi_2$, các mái vòm càng cao và càng lớn thì diện tích mặt phân cách $BaSi_2$/Ge càng lớn và màng $BaSi_2$ càng xốp. Xu hướng xốp khi tiếp xúc lâu với dd ăn mòn là hệ quả điển hình của việc sử dụng phương pháp ăn mòn hóa học. Diện tích bề mặt lớn có thể làm giảm ứng suất tạo thành trong màng, một trong những nguyên nhân hình thành vết nứt khi bốc bay ở nhiệt độ cao nhưng lại làm tăng độ xốp (và do đó tăng khuyết tật tinh thể) của màng. Vì vậy, chúng tôi cân nhắc sự cân bằng giữa hai yếu tố này và tối ưu hóa t_e khi sử dụng đế Ge điều chỉnh.

Phổ Raman của màng $BaSi_2$ bốc bay trên đế Ge phẳng và điều chỉnh ở các t_e khác nhau được thể hiện trong hình 8(a). Các đỉnh quan sát được xác định là chế độ dao động của anion $[Si_4]^{4-}$ trong $BaSi_2$, cho thấy rằng tất cả các màng đều là $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi. Hình 8(b) cho thấy các giá trị FWHM của chế độ A_1, được sử dụng làm thước đo chất lượng tinh thể. Có thể thấy rằng FWHM của các màng trên điều chỉnh nhỏ hơn so với trên đế phẳng, thể hiện các màng được lắng đọng trên đế Ge điều chỉnh có chất lượng tốt hơn so với trên đế Ge phẳng. Điều này có thể được giải thích bởi sự giảm ứng suất màng khi bốc bay trên đế điều chỉnh ở nhiệt độ cao do tăng diện tích bề mặt so với bốc bay trên đế phẳng. Đối với các màng được lắng đọng trên đế điều chỉnh, FWHM dường như không thay đổi cho đến t_e = 10 phút. Mặc dù hình thái



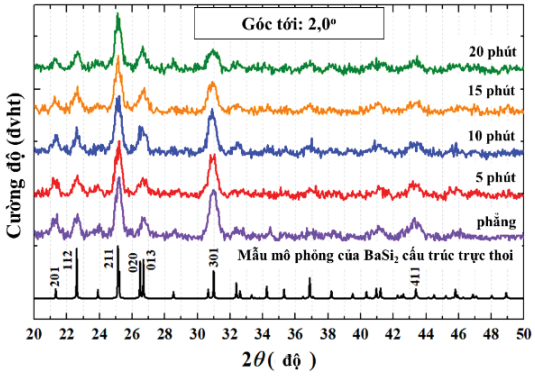
Hình 7. Hình ảnh SEM nhìn từ mặt bên và mặt cắt ngang của màng bốc bay BaSi2 lắng đọng trên (a) đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh với thời gian ăn mòn te khác nhau: (b) 5 phút, (c) 10 phút, (d) 15 phút, và (e) 20 phút. Lớp a-Si gần như bị tiêu thụ hết.



Hình 8. (a) Phổ Raman và (b) FWHM của A_1 của màng $BaSi_2$ bốc bay trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh ở các t_e khác nhau.

bề mặt của màng ở t_e = 10 phút [hình 7(c)] khá khác so với t_e = 5 phút [hình 7(b)], t_e = 10 phút vẫn chưa phải là thời gian tối ưu để cải thiện chất lượng kết tinh. Sau đó, FWHM giảm dần theo t_e lên đến 15 phút và tăng lên sau đó. Điều này cho thấy rằng 15 phút là thời gian tối ưu cho việc điều chỉnh đế Ge trong việc cải thiện chất lượng tinh thể của màng $BaSi_2$ bốc bay. Ở thời gian ăn mòn lâu hơn (tức là t_e = 20 phút), do sự gia tăng độ xốp và do đó các khuyết tật tinh thể như đã đề cập ở trên, chất lượng tinh thể của màng bắt đầu giảm.

Hình 9 cho thấy các mẫu GI-XRD của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh ở góc tới 2,0°. Nhìn vào hình có thể thấy rằng tất cả các đỉnh của màng trùng với các đỉnh từ các mẫu lí thuyết của $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi, chứng tỏ rằng các màng là $BaSi_2$ đơn pha.



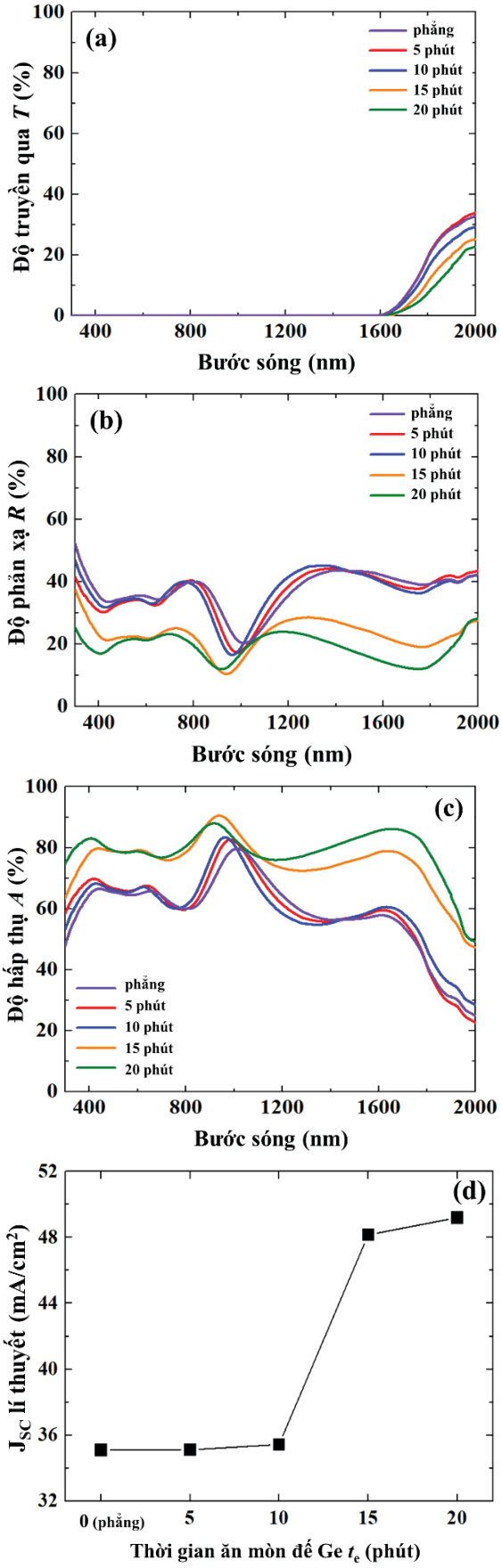
Hình 9. Phổ GI-XRD của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh ở góc tới 2,0°. Mẫu lí thuyết của $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi cũng được hiển thị để so sánh.

3.2.2. Các tính chất quang học của màng $BaSi_2$ trên đế Si

Hình 10 cho thấy các đặc tính quang học bao gồm các phổ (a) *T*, (b) *R*, và (c) *A* của màng $BaSi_2$ bay hơi trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh ở các t_e khác nhau. Có thể thấy từ hình 10(a) rằng, trong vùng bước sóng dài (> 1800 nm), khi năng lượng photon tới thấp hơn và gần với năng lượng vùng cấm của màng $BaSi_2$ và đế Ge, photon tới có thể dễ dàng xuyên qua màng, dẫn đến độ truyền qua cao. Ngược lại, khi năng lượng của ánh sáng tới trong vùng có bước sóng ngắn hơn thì có thể so sánh được với độ rộng vùng cấm của màng $BaSi_2$ và đế Ge. Kết quả là, khả năng giam hãm ánh sáng được tăng lên đáng kể và sự truyền qua của ánh sáng tới bị triệt tiêu. Có thể nhìn thấy rõ ràng là các tính chất quang học của các màng $BaSi_2$ có t_e = 5 và 10 phút gần giống như các màng $BaSi_2$ lắng đọng trên đế phẳng. Điều này cho thấy rằng việc điều chỉnh đế với thời gian ăn mòn ngắn không có tác dụng làm giảm sự phản xạ ánh sáng và tăng khả năng hấp thụ của màng $BaSi_2$. Ngược lại, *R* và *A* của các màng được lắng đọng trên đế điều chỉnh với t_e = 15 phút và 20 phút lần lượt thấp hơn và cao hơn so với màng lắng đọng trên đế phẳng. Điều này cho thấy rằng hiệu ứng giam hãm ánh sáng hoạt động tốt khi $t_e \geq$ 15 phút.

Hình 10(d) cho thấy sự phụ thuộc vào t_e của mật độ dòng ngắn mạch lí thuyết J_{sc} của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh. J_{sc} lí thuyết của các màng $BaSi_2$ có t_e = 5 và 10 phút gần giống như của màng $BaSi_2$ trên đế phẳng, đạt giá trị ~ 35 mA/cm^2. Ngược lại, J_{sc} lí thuyết của các màng được lắng đọng trên đế Ge điều chỉnh với t_e = 15 và 20 phút lần lượt là ~ 48 và 49 mA/cm^2, cao hơn nhiều so với các màng khác. Điều này cho thấy tiềm năng to lớn của các màng $BaSi_2$ trên đế điều chỉnh với $t_e \geq$ 15 phút trong việc cải thiện dòng điện cực đại của các pin mặt trời làm từ $BaSi_2$ trên đế Ge điều chỉnh.

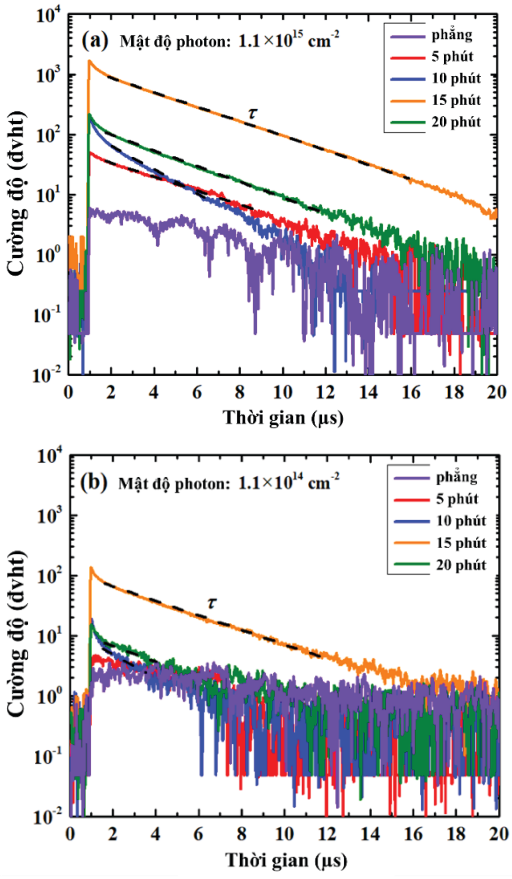
Hình 11 cho thấy các đường cong phân rã quang dẫn của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh với các t_e khác nhau ở mật độ photon là (a) 1,1×10^{15} cm^{-2} và (b) 1,1×10^{14} cm^{-2}. Thời gian sống của hạt tải không cơ bản τ được thể hiện bằng các đường đứt nét trong hình 11. Sự phụ thuộc của τ vào thời gian ăn mòn t_e ở hai mật độ photon được thể hiện trong hình 11(c). Có thể thấy rằng τ màng $BaSi_2$ trên đế Ge điều chỉnh dài hơn so với màng trên đế Ge phẳng đối với cả hai loại mật độ photon, cho thấy chất lượng tinh thể của màng $BaSi_2$ trên đế Ge điều chỉnh tốt hơn so với màng $BaSi_2$ trên đế Ge phẳng. Tập trung vào các đế Ge điều chỉnh, τ tăng lên theo t_e lên đến 15 phút và sau đó giảm ở



Hình 10. Các phổ (a) độ truyền qua T, (b) độ phản xạ R, và (c) độ hấp thụ A; và (d) sự phụ thuộc của J_{sc} lí thuyết vào thời gian ăn mòn đế Ge, t_e, của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh.

t_e 20 phút. Xu hướng này giống nhau đối với cả hai loại mật độ photon và phù hợp với phân tích về chất lượng màng đã được trình bày ở các phần trên.

Ở mật độ photon thấp hơn, τ ngắn hơn đối với tất cả các màng, cho thấy rằng các màng này có mật độ khuyết tật cao và sự tái tổ hợp SRH chiếm ưu thế. Vì mật độ khuyết tật là nhất định, τ tăng khi mật độ photon tăng lên. Ở t_e = 15 phút và mật độ photon $1{,}1\times10^{15}$ cm^{-2}, τ đạt giá trị 3,17 µs. Giá trị này là một trong những giá trị cao nhất thu được đối với màng mỏng $BaSi_2$ (bề dày < 300 nm) bốc bay trên các đế khác nhau. Những kết quả này cho thấy rằng sự điều chỉnh bề mặt của đế Ge có tác động tích cực và thời gian ăn mòn 15 phút là điều kiện tối ưu để thu được màng $BaSi_2$ với chất lượng tinh thể tốt cũng như các đặc tính quang học đáp ứng được các yêu cầu trong ứng dụng pin mặt trời màng mỏng.



Hình 11. Các đường cong phân rã quang dẫn của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên đế Ge phẳng và đế Ge điều chỉnh ở mật độ photon (a) $1{,}1\times10^{15}$ cm^{-2} và (b) $1{,}1\times10^{14}$ cm^{-2}. Các đường đứt nét dùng để xác định thời gian sống của hạt tải không cơ bản τ. (b) Sự phụ thuộc của τ vào thời gian ăn mòn t_e ở hai mật độ photon là $1{,}1\times10^{15}$ cm^{-2} và $1{,}1\times10^{14}$ cm^{-2}.

4. KẾT LUẬN

Màng $BaSi_2$ cấu trúc trực thoi đơn pha có bề dày ≤ 200 nm đã được lắng đọng trên các đế Si, Ge phẳng và đế Si, Ge điều chỉnh bằng phương pháp bốc bay nhiệt ở 500 °C. Chất lượng tinh thể thu được cũng như các đặc tính

quang và điện của màng $BaSi_2$ được lắng đọng trên các đế Si, Ge điều chỉnh tốt hơn so với chất lượng của màng trên đế Si, Ge phẳng. Trên cơ sở các kết quả thực nghiệm, thời gian ăn mòn t_e = 8 giây được chọn làm điều kiện tối ưu cho sự điều chỉnh bề mặt của đế Si vì nó cho thấy chất lượng tinh thể, tính chất quang học, tính chất điện, thời gian sống của hạt tải điện và hồi đáp quang tốt nhất trong số các điều kiện mà chúng tôi đã khảo sát. J_{sc} lí thuyết, độ linh động Hall μ_H và thời gian sống của hạt tải điện không cơ bản τ của màng $BaSi_2$ tại t_e = 8 giây lần lượt là 38 mA/cm^2, 273 cm^2/Vs và 2,3 µs.

Đối với đế Ge, ở thời gian ăn mòn ngắn (dưới 15 phút), việc điều chỉnh đế có tác động không đáng kể trong việc cải thiện chất lượng tinh thể và tính chất quang học của màng $BaSi_2$ so với việc sử dụng đế Ge phẳng. Khi t_e = 15 phút, chất lượng tinh thể cũng như tính chất quang học được cải thiện đáng kể. Thời gian sống của hạt tải không cơ bản thu được tại t_e = 15 phút là 3,17 µs, đây là một trong những giá trị cao nhất từng được báo cáo đối với màng mỏng $BaSi_2$. Khi t_e > 15 phút, chất lượng tinh thể của màng $BaSi_2$ bị suy giảm mặc dù tính chất quang học của nó vẫn được cải thiện. Do đó, t_e = 15 phút được chọn làm điều kiện tối ưu để điều chỉnh bề mặt của đế Ge. Các kết quả thu được trong nghiên cứu này xác nhận rằng màng mỏng $BaSi_2$ bốc bay trên các đế Si và Ge điều chỉnh là chất hấp thụ đầy hứa hẹn cho các ứng dụng pin mặt trời màng mỏng.

Hiện nay, Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm-Đại học Đà Nẵng đang hợp tác với phòng thí nghiệm của Giáo sư Noritaka Usami và Yasuyoshi Kurokawa, Đại học Nagoya, Nhật Bản tiếp tục nghiên cứu về vật liệu mới $BaSi_2$ và các vật liệu tương tự nhằm chế tạo pin mặt trời thay thế vật liệu Si truyền thống trên quy mô công nghiệp. Tuy nhiên, để triển khai chế tạo và ứng dụng độc lập ở Việt Nam thì cần xây dựng hệ thống phòng thí nghiệm đạt chuẩn quốc tế, trang bị thêm nhiều thiết bị cần thiết để khảo sát đặc tính của vật liệu cũng như hiệu suất của thiết bị chế tạo được trước khi ứng dụng rộng rãi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] K. Morita, Y. Inomata, and T. Suemasu, "Optical and electrical properties of semiconducting $BaSi_2$ thin films on Si substrates grown by molecular beam epitaxy," *Thin Solid Films*, vol. 508, pp. 363–366, 2006. Available: https://doi.org/10.1016/j.tsf.2005.07.344.

[2] J. Evers and A. Weiss, "Electrical properties of alkaline earth disilicides and digermanides," *Mater. Res. Bull.,* vol. 9, pp. 549-553, 1974. Available: https://doi.org/10.1016/0025-5408(74)90124-X.

[3] T. Nakamura et al., "Investigation of the energy band structure of orthorhombic $BaSi_2$ by optical and electrical measurements and theoretical calculations," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 81, pp. 1032, 2002. Available: https://doi.org/10.1063/1.1498865.

[4] L. I. Ivanenko et al., "Electronic properties of semiconducting silicides: fundamentals and recent predictions," *Thin Solid Films*, vol. 461, pp. 141, 2004. Available: https://doi.org/10.1016/j.tsf.2004.02.088.

[5] S. Kishino et al., "Electronic and optical properties of bulk crystals of semiconducting orthorhombic $BaSi_2$ prepared by the vertical Bridgman method," *J. Alloys Compd.*, vol. 428, pp. 22-27, 2007. Available: https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2006.03.074.

[6] K. Toh, T. Saito and T. Suemasu, "Optical Absorption Properties of $BaSi_2$ Epitaxial Films Grown on a Transparent Silicon-on-Insulator Substrate Using Molecular Beam Epitaxy," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 50, pp. 68001, 2011. Available: https://doi.org/10.1143/JJAP.50.068001.

[7] K.O. Hara, Y. Nakagawa, T. Suemasu, and N. Usami, "Realization of single-phase $BaSi_2$ films by vacuum evaporation with suitable optical properties and carrier lifetime for solar cell applications," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 54, pp. 07JE02, 2015. Available: https://doi.org/10.7567/JJAP.54.07JE02.

[8] M. Baba, K. Toh, K. Toko, N. Saito, N. Yoshizawa, K. Jiptner, T. Sakiguchi, K. O. Hara, N. Usami, and T. Suemasu, "Investigation of grain boundaries in $BaSi_2$ epitaxial films on Si(1 1 1) substrates using transmission electron microscopy and electron-beam-induced current technique," *J. Cryst. Growth*, vol. 348, pp. 75, 2012. Available: https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2012.03.044.

[9] K. O. Hara, N. Usami, K. Nakamura, R. Takabe, M. Baba, K. Toko, and T. Suemasu, "Determination of Bulk Minority-Carrier Lifetime in $BaSi_2$ Earth-Abundant Absorber Films by Utilizing a Drastic Enhancement of Carrier Lifetime by Post-Growth Annealing," *Appl. Phys. Express*, vol. 6, pp. 112302, 2013. Available: https://doi.org/10.7567/APEX.6.112302.

[10] R. A. Mackee, F. J. Walker, J. R. Conner, and R. Raj, "$BaSi_2$ and thin film alkaline earth silicides on silicon," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 63, pp. 2818, 1993. Available: https://doi.org/10.1063/1.110297.

[11] H. H. Weitering, "New barium-induced surface reconstructions on Si (111)," *Surf. Sci.*, vol. 355, pp. L271, 1996. Available: https://doi.org/10.1016/0039-6028(95)01348-2.

[12] Y. Inomata, T. Nakamura, T. Suemasu, and F. Hasegawa, "Epitaxial Growth of Semiconducting $BaSi_2$ Thin Films on Si (111) Substrates by Reactive Deposition Epitaxy," *Japan. J. Appl. Phys.*, vol. 43, pp. 4155, 2004. Available: https://doi.org/10.1143/JJAP.43.4155.

[13] K. Toh, K. O. Hara, N. Usami, N. Saito, N. Yoshizawa, K. Toko and T. Suemasu, "Molecular beam epitaxy of $BaSi_2$ thin films on Si(001) substrates," *J. Cryst. Growth*, vol. 345, pp. 16, 2012. Available: https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2012.01.049.

[14] R. Takabe, K. Nakamura, M. Baba, W. Du, M. A. Khan, K. Toko, M. Sasase, N. Usami and T. Sueamsu, "Fabrication and characterization of $BaSi_2$ epitaxial films over 1 µm in thickness on Si(111)," *Japan. J. Appl. Phys.*, vol. 53, pp. 04ER04, 2014. Available: https://doi.org/10.7567/JJAP.53.04ER04.

[15] M. Baba, K. Nakamura, W. Du, M. A. Khan, S. Koike, K. Toko, N. Usami, N. Saito, N. Yoshizawa, T. Suemasu, "Molecular beam epitaxy of $BaSi_2$ films with grain size over 4 µm on Si (111)," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 51, pp. 098003, 2012. Available: https://doi.org/10.1143/JJAP.51.098003.

[16] R. Takabe, S. Yachi, D. Tsukahara, K. Toko, T. Suemasu, "Growth of $BaSi_2$ continuous films on Ge (111) by molecular beam epitaxy and fabrication of p-$BaSi_2$/n-Ge heterojunction solar cells," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 56, pp. 05DB02, 2017. Available: https://doi.org/10.7567/JJAP.56.05DB02.

[17] Z. Yang, Z. Hao, and Q. Xie, "Effects of annealing temperature on the structure and surface feature of $BaSi_2$ films grown on Si (111) substrates," *Phys. Procedia*, vol. 11, pp. 118–121, 2011. Available: https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.01.018.

[18] T. Yoneyama, A. Okada, M. Suzuno, T. Shibutami, K. Matsumaru, N. Saito, N. Yoshizawa, K. Toko, and T. Suemasu, "Formation of polycrystalline $BaSi_2$ films by radio-frequency magnetron sputtering for thin-film solar cell applications," *Thin Solid Films*, vol. 534, pp. 116–119, 2013. Available: https://doi.org/10.1016/j.tsf.2013.02.003.

[19] N. A. A. Latiff, T. Yoneyama, T. Shibutami, K. Matsumaru, K. Toko, and T. Suemasu, "Fabrication and characterization of polycrystalline $BaSi_2$ **by RF sputtering,**" *Phys. Status Solidi c*, vol. 10, pp. 1759, 2013. Available: https://doi.org/10.1002/pssc.201300333.

[20] R. Alvarez, J.M. Garcia-Martin, M.C. Lopez-Santos, V. Rico, F.J. Ferrer, J. Cotrino, A.R. Gonzalez-Elipe, A. Palmero, "On the deposition rates of magnetron sputtered thin films at oblique angles," *Plasma Process. Polym.*, vol. 11, pp. 571–576, 2014. Available: https://doi.org/10.1002/ppap.201300201.

[21] Y. Nakagawa, K. O. Hara, T. Suemasu, and N. Usami, "Fabrication of single-phase polycrystalline $BaSi_2$ thin films on silicon substrates by vacuum evaporation for solar cell applications," *Japan. J. Appl. Phys.*, vol. 54, pp. 08KC03, 2015. Available: https://doi.org/10.7567/JJAP.54.08KC03.

[22] Y. Nakagawa, K. O. Hara, T. Suemasu, and N. Usami, "On the Mechanism of $BaSi_2$ Thin Film Formation on Si Substrate by Vacuum Evaporation," *Energy Proc.*, vol. 141, pp. 23, 2016. Available: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.219.

[23] K. O. Hara, J. Yamanaka, K. Arimoto, K. Nakagawa, T. Suemasu, and N. Usami, "Structural and electrical characterizations of crack-free $BaSi_2$ thin films fabricated by thermal evaporation," *Thin Solid Films*, vol. 595, pp. 68, 2015. Available: https://doi.org/10.1016/j.tsf.2015.10.025.

[24] C.T. Trinh, Y. Nakagawa, K.O. Hara, Y. Kurokawa, R. Takabe, T. Suemasu, and N. Usami, "Growth of $BaSi_2$ film on Ge (100) by vacuum evaporation and its photoresponse properties," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 56, pp. 05DB06, 2017. Available: https://doi.org/10.7567/JJAP.56.05DB06.

[25] C. T. Trinh, Y. Nakagawa, K.O. Hara, R. Takabe, T. Suemasu, N. Usami, "Photoresponse properties of $BaSi_2$ film grown on Si (100) by vacuum evaporation," *Mater. Res. Express*, vol. 3, pp. 76204, 2016. Available: https://doi.org/10.1088/2053-1591/3/7/076204.

[26] S. Aonuki, Y. Yamashita, G. Limodio, S. Narita, K. Takayanagi, A. Iwai, K. Toko, M. Zeman, O. Isabella, T. Suemasu, "Device operation of P-ion-implanted n-$BaSi_2$/p-Si heterojunction solar cells," Progress in Photovoltaics, vol. 31, issue 12, pp. 1360-1368, 2023. Available: https://doi.org/10.1002/pip.3658.

NGUYỄN VĂN TOÀN

Nguyễn Văn Toàn nhận bằng Cử nhân (B.S.) vào năm 2006 và bằng Thạc sĩ (M.S.) vào năm 2009 trong lĩnh vực Vật lý và Điện tử tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Anh nhận bằng Tiến sĩ với đề tài nghiên cứu về bộ cộng hưởng silicon có khả năng tích hợp vào hệ thống LSI để ứng dụng trong thiết bị tạo dao động tại Đại học Tohoku vào năm 2014. Hiện anh là phó giáo sư tại Khoa Kỹ Thuật Cơ Học, Đại học Tohoku. Các lĩnh vực nghiên cứu hiện tại bao gồm MEMS/NEMS, thiết bị điều chế quang học, cảm biến sinh học và máy phát nhiệt điện.

Email: nguyen.van.toan.c6@tohoku.ac.jp

Website: https://www.nme.mech.tohoku.ac.jp/

GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ MEMS/NEMS TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM ONO-TOÀN, ĐẠI HỌC TOHOKU

Trương Thị Kim Tươi[1], Nguyễn Văn Toàn[1,*]
Takahito Ono[1,2]

[1]Trương Thị Kim Tươi, Giáo Sư Trợ Lý, Tiến Sĩ, Đại Học Tohoku
Email: nguyen.tuoi.b6@tohoku.ac.j

[2]Nguyễn Văn Toàn, Phó Giáo Sư, Tiến Sĩ, Đại Học Tohoku
Email: nguyen.van.toan.c6@tohoku.ac.jp

[3]Takahito Ono, Giáo Sư, Tiến Sĩ, Đại Học Tohoku
Email: takahito.ono.d4@tohoku.ac.jp

TÓM TẮT:

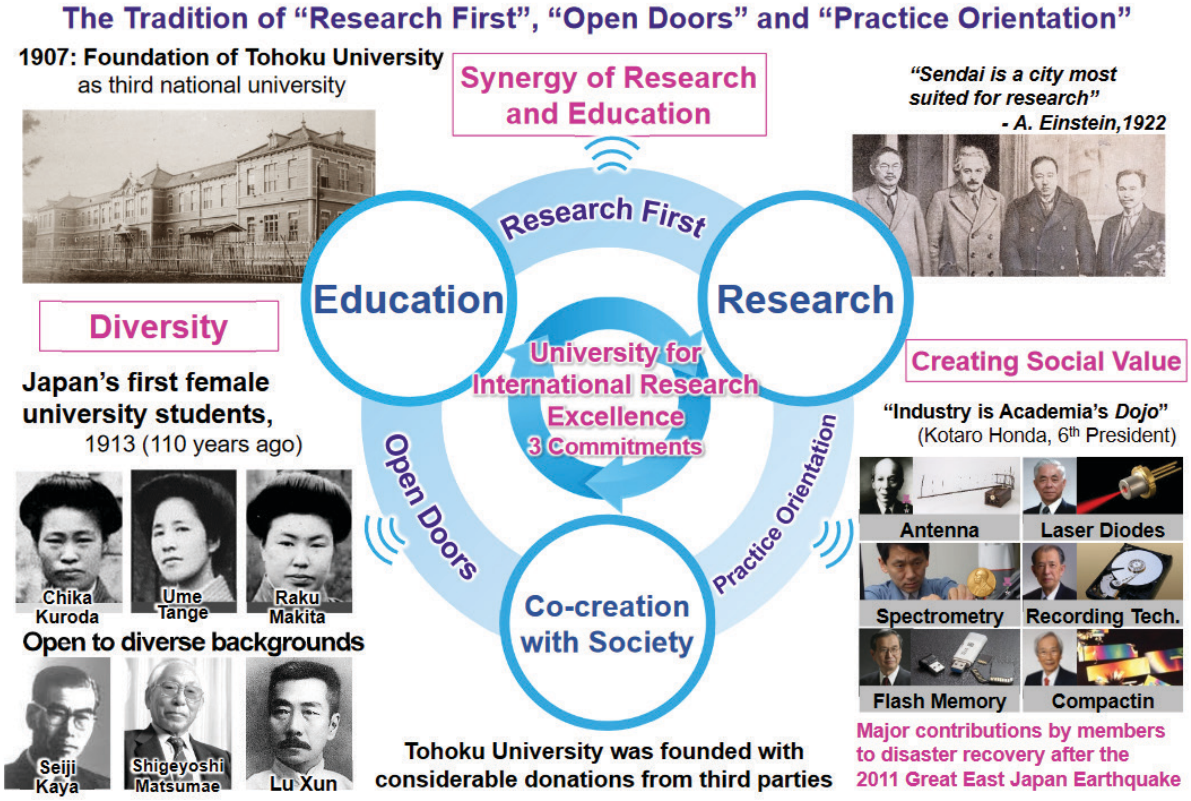
Kỹ thuật vạn vật kết nối Internet (Internet of things - IoT) đã được phát triển nhanh chóng và có tầm quan trọng đối với các vấn đề cấp bách trên toàn thế giới bao gồm xã hội lão hóa, môi trường, an ninh và năng lượng, trong đó hệ thống vi cơ (MEMS/NEMS) và vi cảm biến nhiều chức năng và có độ nhạy cao là những công nghệ then chốt cho IoT. MEMS/NEMS là những hệ thống thu nhỏ có đặc tính hoạt động cao và tiêu tốn ít năng lượng được chế tạo bằng công nghệ Micro và Nano bên cạnh các công nghệ bán dẫn thông thường. Bài viết giới thiệu sơ lược về công nghệ MEMS/NEMS tại phòng thí nghiệm Ono-Toàn, Đại học Tohoku, Nhật Bản. Hướng nghiên cứu của phòng thí nghiệm trải rộng từ tổng hợp vật liệu, công nghệ chế tạo, và ứng dụng trong các lĩnh vực cụ thể.

Từ khóa: *IoTs, MEMS, NEMs.*

1. GIỚI THIỆU ĐẠI HỌC TOHOKU

Trường đại học Tohoku là một trong những trường đại học hàng đầu ở Nhật Bản, và thuộc top trường đại học hàng đầu trên toàn thế giới, là trường luôn đi đầu trong các lĩnh vực nghiên cứu, đặc biệt là các ngành khoa học vật liệu và kỹ thuật chế tao. Trường được xếp hạng 1 trong số các trường đại học tiêu biểu của Nhật Bản, theo đánh giá của Times Higher Education (THE) [1]. Trường được thành lập vào năm 1907 và tọa lạc tại thành phố Sendai, tỉnh Miyagi, khu vực Đông Bắc, Nhật Bản. Năm 2017, trường đại học Tohoku được chính phủ Nhật Bản chọn vào nhóm ba trường "National designated universities" với mức đầu tư mới hàng tỉ yên để thúc đẩy phát triển khoa học công nghệ và quốc tế hóa [2]. Theo thông cáo báo chí được Bộ Giáo dục, Văn hóa, Thể thao, Khoa học và Công nghệ (MEXT) công bố vào 01/09/2023, Đại học Tohoku hiện là ứng viên duy nhất còn cơ hội được chọn là "Đại học cho Sự Xuất Sắc trong Nghiên Cứu Quốc Tế" (University for International Research Excellence) [3]. Đây là chương trình này để nâng cao khả năng nghiên cứu của các trường đại học Nhật Bản. Các ứng viên thành công được kỳ vọng sẽ có quyền truy cập vào nguồn tài chính từ quỹ trị giá 10 nghìn tỷ JPY được chính phủ quản lý, để thúc đẩy hoạt động giáo dục và nghiên cứu.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0301



Hình 1. Giới thiệu đại học Tohoku [3].

Từ lúc thành lập cho đến nay, trường luôn theo đuổi chính sách "ưu tiên nghiên cứu" và "mở cửa". Số lượng sinh viên theo học khoảng 20,000 và số lượng nhân viên khoảng 6,500. Số lượng tiến sĩ tốt nghiệp mỗi năm nhiều nhất Nhật Bản, khoảng 500 người đáp ứng nhu cầu phục vụ xã hôi. Đại học Tohoku tự hào là trường đại học đầu tiên tại Nhật bản tiếp nhận sinh viên nữ và sinh viên quốc tế theo học [4]. Trường đại học Tohoku có bốn cơ sở chính là: Aobayama, Katahira, Kawauchi và Seiryo [5]. Hệ thống kiến túc xá được trang bị đầy đủ tiện nghi phục vụ cho sinh viên và nhân viên với hệ thống giao thông vô cùng thuận lợi, tạo điều kiện tối đa cho học tập và nghiên cứu. Ngoài ra, trường có tuyến xe buýt riêng để phục vụ sinh viên di chuyển qua lại giữa các cơ sở học và trung tâm nghiên cứu. Trường thường xuyên tổ chức các hoạt động ngoại khóa để tăng cường hoạt động giao lưu dành cho sinh viên quốc tế. Trường đào tạo các bậc bao gồm cao đẳng, đại học, thạc sĩ, tiến sĩ với nhiều ngành học như sau:

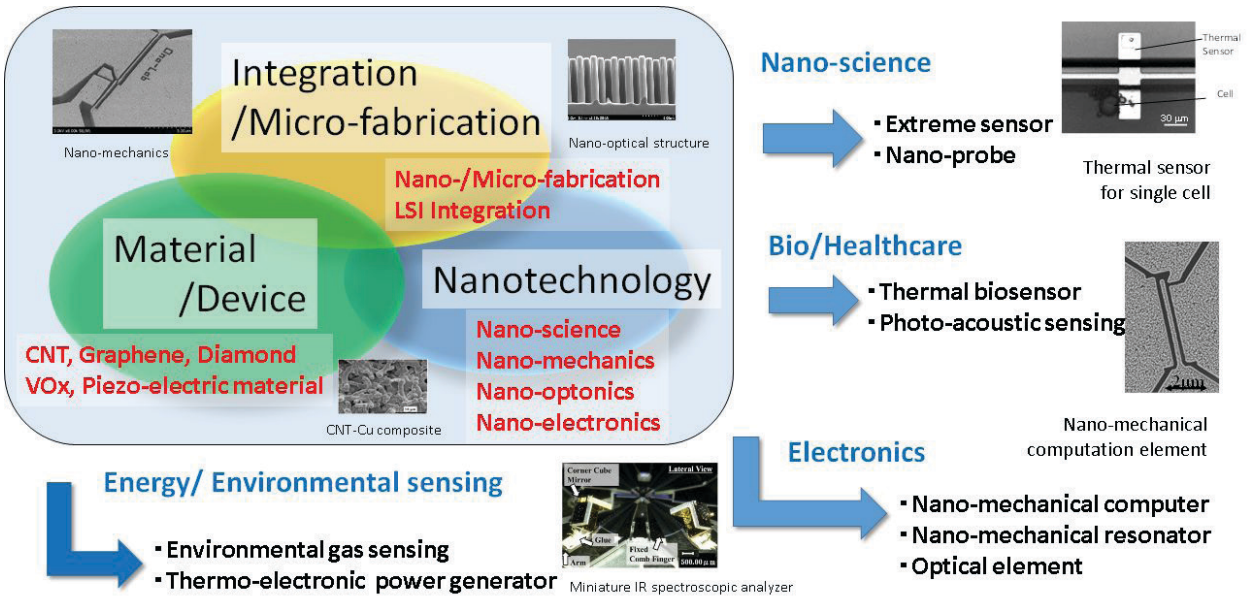
- Cơ khí và công nghệ
- Giáo dục và đào tạo
- Khoa học xã hội và truyền thông
- Kiến trúc
- Y tế và sức khỏe
- Nhân văn
- Luật
- Kinh doanh và quản trị
- Xây dựng và quy hoạch
- Khoa học ứng dụng và khoa học cơ bản.

Hội Cựu Sinh viên Đại học Tohoku tại Việt Nam (TUAAV - https://overseas-alumni.bureau.tohoku.ac.jp/regional-activities/) được thành lập 2019 để tụ họp các thế hệ cựu sinh viên Việt Nam đã và đang học tại Đại học Tohoku, nhằm tạo nên một nền tảng cơ sở dữ liệu cho việc trao đổi thông tin, hỗ trợ lẫn nhau giữa cựu sinh viên, sinh viên hiện tại và các hoạt động của Hội, cũng như giới thiệu các cá nhân thành công trong mọi lĩnh vực. Hội Cựu Sinh viên Đại học Tohoku sẽ tổ chức các hội thảo và diễn đàn hàng năm. Tại hội thảo, các nghiên cứu và kinh nghiệm sẽ được trình bày, và báo cáo tổng kết về các hoạt động trước đây, hướng đi và hoạt động của Hội trong những năm sắp tới sẽ được thông qua. Ngoài ra, diễn đàn sẽ là nền tảng để trao đổi kinh nghiệm chuyên nghiệp, trao đổi văn hóa, nghệ thuật, hoạt động thể thao, sự kiện... dành cho cựu sinh viên, nhằm tạo ra sự hiểu biết, đoàn kết và kết nối giữa các thế hệ cựu sinh viên Đại học Tohoku." Bên cạnh đó, để duy trì mối quan hệ và hợp tác thành công hơn giữa TUAAV và Đại học Tohoku, "Đội liên lạc Việt Nam" (Vietnam Liaison Team) đã được thành lập 2022 nhằm hỗ trợ việc trao đổi thông tin một cách suôn sẻ hơn. Thêm vào đó, đội cũng hỗ trợ sinh viên, nhà nghiên cứu muốn học tập và làm việc tại Đại học Tohoku. Địa chỉ Email liên hệ: vietnamliaisonteam@grp.tohoku.ac.jp

2. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU TIÊU BIỂU CỦA PHÒNG THÍ NGHIỆM ONO-TOÀN

2.1. Giới thiệu tổng quan

Phòng thí nghiệm đã và đang tiến hành những nghiên cứu trên lĩnh vực vi cơ điện tử và các công nghệ liên quan



Hình 2. Hướng nghiên cứu của phòng thí nghiệm Ono-Toàn [6].

dựa trên kỹ thuật chế tạo nano và micro hướng đến ứng dụng trong lĩnh vực như công nghệ thông tin, y học, sinh học, chuyển đổi năng lượng, và môi trường. Ngoài ra, những công nghệ và cảm biến đã được phát triển thành công đã và đang được sử dụng trong những lĩnh vực mới. Gần đây, kỹ thuật vạn vật kết nối Internet (Internet of things - IoT) đã được phát triển nhanh chóng và có tầm quan trọng đối với các vấn đề cấp bách trên toàn thế giới bao gồm xã hội lão hóa, môi trường, an ninh và năng lượng, trong đó hệ thống vi cơ (MEMS/NEMS) và vi cảm biến nhiều chức năng và có độ nhạy cao là những công nghệ then chốt cho IoT. MEMS/NEMS là những hệ thống thu nhỏ có đặc tính hoạt động cao và tiêu tốn ít năng lượng được chế tạo bằng công nghệ Micro và Nano bên cạnh các công nghệ bán dẫn thông thường. Hướng nghiên cứu của phòng thí nghiện trải rộng từ tổng hợp vật liệu, công nghệ chế tạo, và ứng dụng trong các lĩnh vực cụ thể (Hình 1).

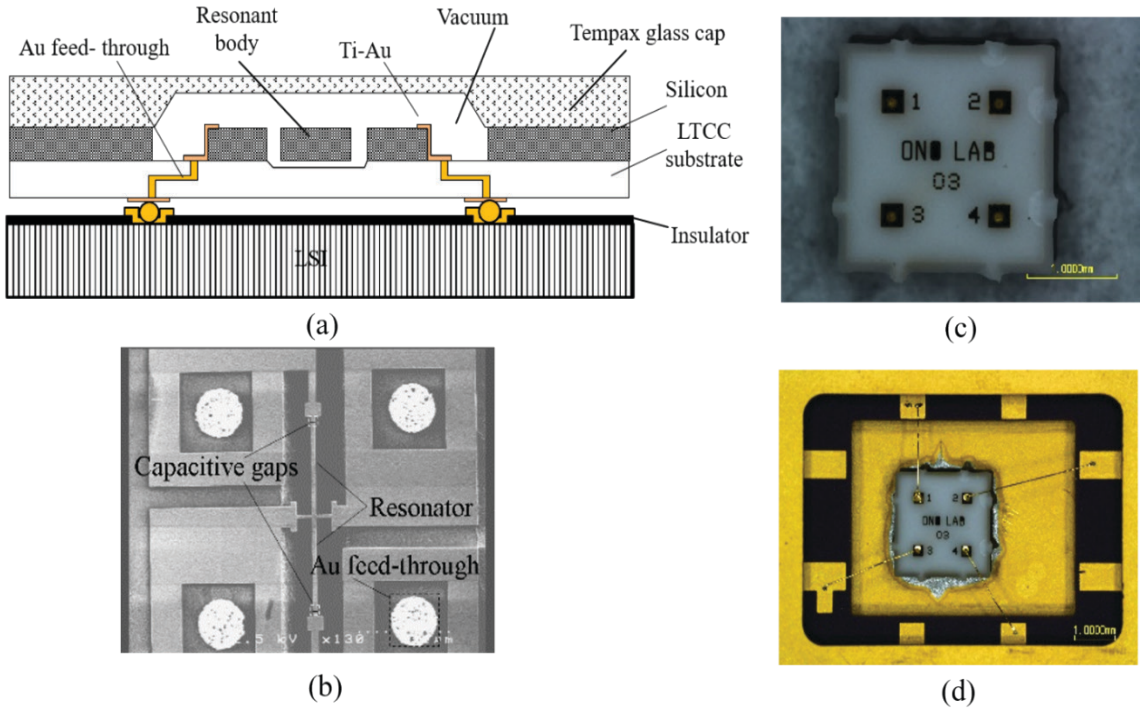
2.2. Một số nghiên cứu tiêu biểu

- Các bộ dao động cộng hưởng chế tạo bằng công nghệ Micro/Nano (Micro/Nanofabricated resonators)

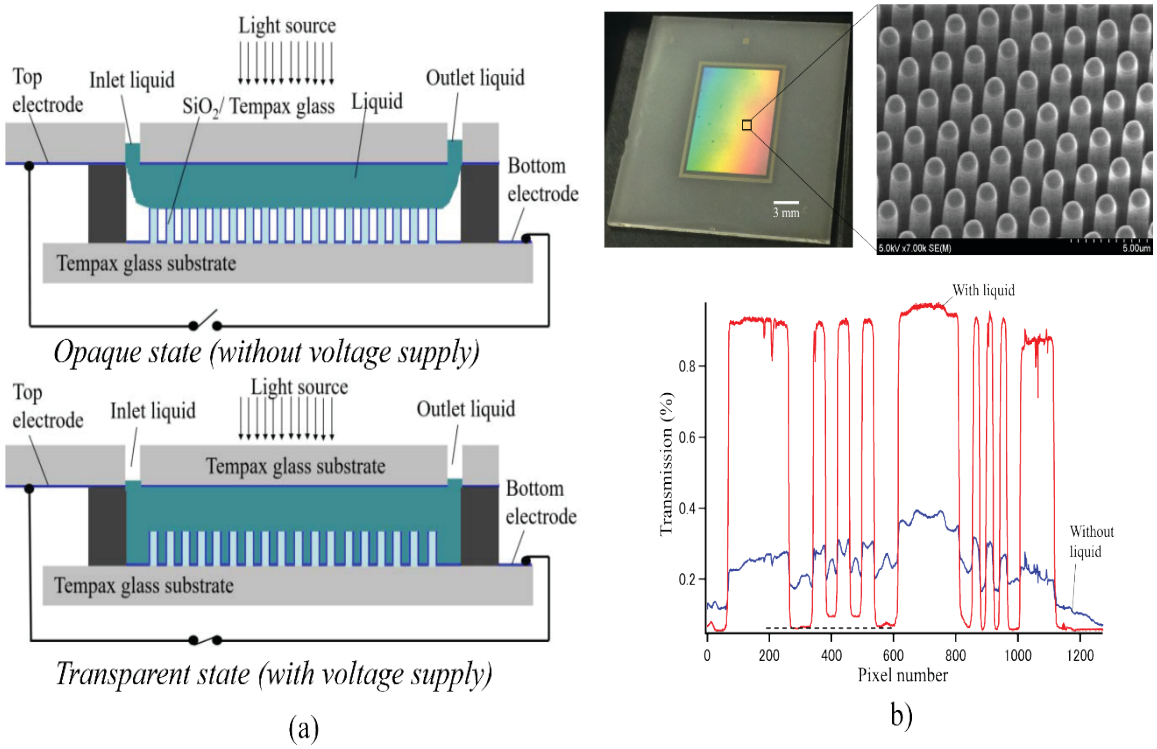
Các bộ dao động được gia công siêu nhỏ đóng một vai trò quan trọng trong nhiều ứng dụng khác nhau [7-14]. Ví dụ như, sử dụng các bộ cảm ứng dao động để đo khối lượng hấp thụ trên bề mặt của chúng dựa trên sự thay đổi tần số dao động của bộ cảm ứng. Các ứng dụng liên quan đến tạo tín hiệu đồng hồ trong hệ thống điện tử đã được chứng minh qua nhiều nghiên cứu. Các bộ dao động được gia công siêu nhỏ cũng được sử dụng trong các ứng dụng lọc sóng, có thể hữu ích trong các mô-đun truyền và thu sóng tần số radio hiện nay. Đã nghiên cứu nhiều cơ chế chuyển đổi, bao gồm cơ chế áp điện (piezoelectric), áp trở (piezoresistive) và cơ chế điện dung (capacitive), để kích thích và phát hiện chuyển động của các bộ dao động. Tất cả các phương pháp trên đều có ưu điểm và nhược điểm riêng.

Phòng thí nghiệm tập trung vào phương pháp đo điện dung, dựa trên việc đo sự thay đổi trong điện dung giữa một điện cực cảm ứng và cơ thể dao động. Các bộ dao động điện dung thường được sử dụng cho các ứng dụng đo và tạo xung. Các bộ dao động điện dung có hệ số Q cao, dẫn đến tính ổn định và ma sát nội bộ thấp. Tuy nhiên, nhược điểm của chúng là khá nhiều trở kháng dao động và tổn thất chèn lọc lớn, làm cho việc đáp ứng điều kiện dao động trở nên khó khăn. Ngoài ra, trở kháng dao động lớn dẫn đến nhiễu pha đáng kể trong bộ dao động; do đó, trở kháng dao động nên được giữ thấp nhất có thể.

Hình 3 (a) mô tả phần cắt ngang của bộ dao động silicon điện dung được đề xuất, có khả năng tích hợp LSI cho ứng dụng tạo dao động (timing device). Cấu trúc dao động này, được tạo ra bằng cách kết hợp electron beam lithography và conventional photolithography, cùng với quá trình deep reactive ion etching trên một wafer silicon on insulator, được chuyển sang mặt nền LTCC thông qua quá trình liên kết anodic bonding giữa silicon và LTCC (low temperature co-fired ceramic) để kết nối điện. Hình 3(b) là kết quả chế tạo của bộ dao động trên mặt nền LTCC. Kết nối điện được thực hiện bằng Ti-Au để kết nối các điện cực silicon với LSI thông qua cổng dẫn kim loại của LTCC (Hình 3(a)). Cấu trúc bộ dao động được đóng gói kín (Vacuum) thông qua quá trình liên kết anodic lần thứ hai giữa silicon và kính Tempax, như được thể hiện trong Hình 3 (c). Thiết bị đã được đóng gói được gắn trên gói đóng dạng dual in-line gồm tám chân và cuối cùng là quá trình kết nối bằng dây vàng (Hình 3 (d)). Như vậy, phương pháp mới cho các bộ dao động silicon đóng gói kín đã được phát triển và chứng minh. Quá trình đóng gói bằng cách sử dụng LTCC đã được thực hiện thành công, và sự dao động với hệ số Q cao đã được quan sát. Chúng tôi tin rằng các bộ dao động được đề xuất được đóng kín bằng LTCC có thể giúp đơn giản hóa việc tích hợp LSI



Hình 3. Bộ dao động cộng hưởng chế tạo bằng công nghệ Micro/Nano. (a) Cấu trúc bộ cộng hưởng. (b) Kết quả chế tạo. (c) Linh kiện được đóng gói. (d) Linh liện được chuẩn bị cho đánh giá. [7-14].



Hình 4. Cửa sổ quang học để điều khiển việc truyền ánh sáng. (a) Cấu trúc được đề xuất. (b) Kết quả chế tạo và kết quả đo. [15-21]

cho ứng dụng thiết bị tạo dao động. Chi tiết về cấu trúc, nguyên lý, và đánh giá khả năng hoạt động có thể được tìm thấy trong công bố của chúng tôi [7-14].

- Cửa sổ quang học để điều khiển việc truyền ánh sáng (Optical modulator window)

Một trong những cơ chế phổ biến nhất để điều chỉnh ánh sáng không gian là sử dụng vật liệu phân tử lỏng (liquid crystal). Mặc dù tỷ lệ tắt sáng của mô-đun điều chỉnh ánh sáng không gian chất lỏng thực tế là khá cao, khả năng truyền sáng của nó không đủ cho các ứng dụng

chụp hình do cơ chế chuyển đổi quang học sử dụng sự cắt sáng dựa trên cảm ứng ánh sáng và khó khăn trong việc thu nhỏ kích thước để có tỷ lệ khẩu độ lớn (large aperture ratio). Ngoài ra, đã báo cáo về việc truyền sáng thấp của ánh sáng do hiện tượng phân tán Rayleigh xảy ra giữa trường điện của ánh sáng chiếu vào và các electron trong phân tử chất lỏng tinh khiết. Hơn nữa, việc tích hợp vật liệu phân tử lỏng lên trên cảm biến hình ảnh đặt ra thách thức công nghệ bổ sung cho ngành công nghiệp bán dẫn để sản xuất hàng loạt.

Trong chủ đề này, chúng tôi đã thực hiện việc chế tạo cấu trúc trụ sâu SiO_2 *và kính Tempax bằng sự kết hợp của pholithography, mạ niken và quá trình deep reactive ion etching. Chúng tôi đã nghiên cứu yếu tố chính ảnh hưởng đến hình dạng quá trình ăn mòn. Các* cấu trúc trụ kính Tempax được tạo ra sử dụng kỹ thuật deep RIE bằng cách sử dụng hỗn hợp khí SF_6 *và* O_2. Chúng tôi đã chế tạo các cấu trúc trụ sâu SiO_2 *và Tempax với kích thước tương tự cảm biến hình ảnh và đánh giá tính chất quang học của chúng có và khô*ng có sự thâm nhập của chất lỏng bằng cách sử dụng một cảm biến hình ảnh.

Khái niệm linh kiện điều khiển quang học được minh họa như Hình 4 (a). Khu vực cửa sổ quang học có kích thước 7,2 mm x 9,6 mm bao gồm các cấu trúc trụ sâu SiO_2 hoặc kính được lắp ráp với bể chứa chất lỏng (liquid resorvoir). Các điện cực ở trên và dưới là các vật liệu trong suốt như indium tin oxide (ITO) hoặc aluminum doped zinc oxide (AZO). Thiết bị này có thể được gắn trực tiếp lên vi mạch cảm biến hình ảnh và có một phạm vi biến đổi quang học lớn cho các ứng dụng cảm biến hình ảnh chức năng.

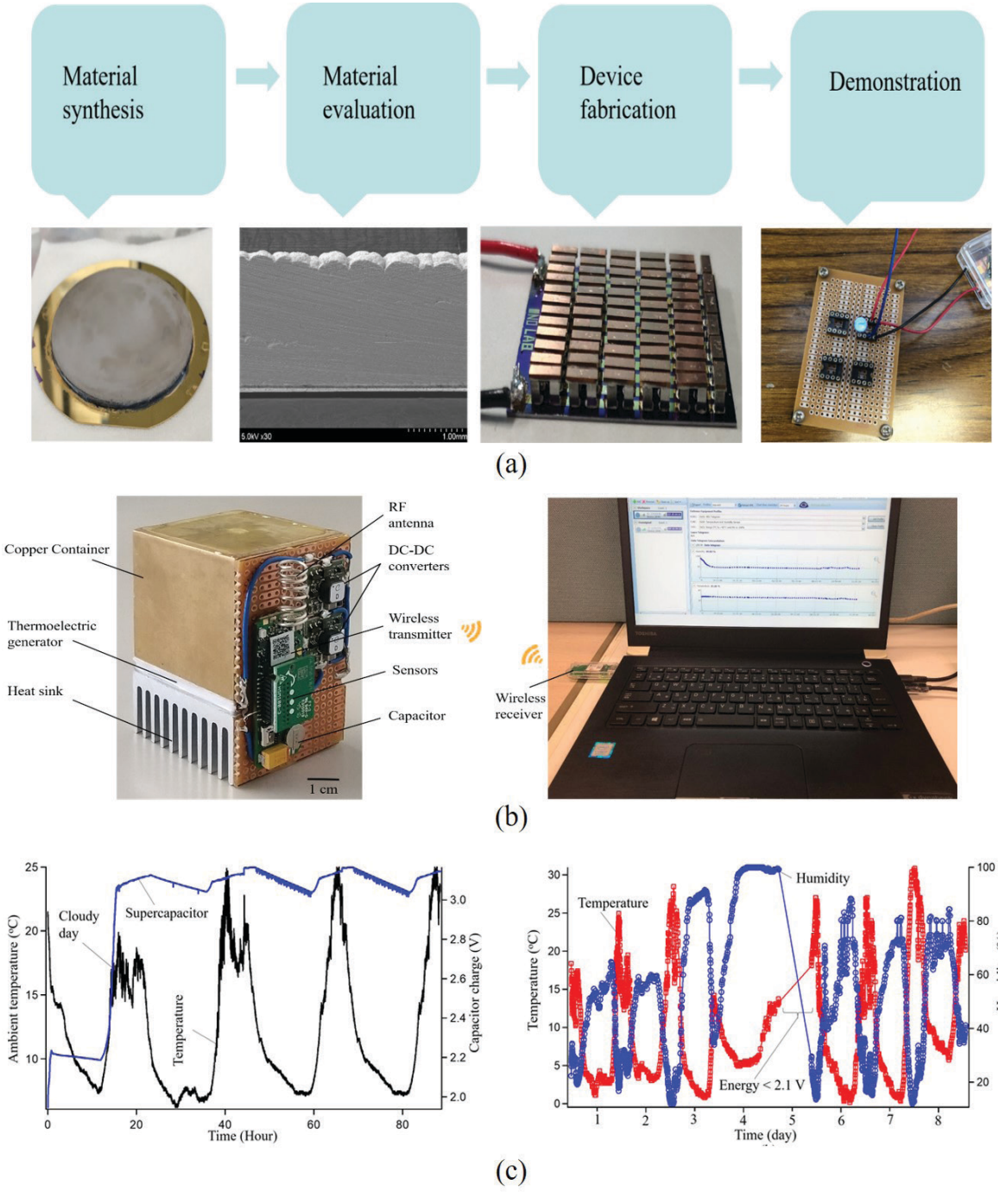
Cửa sổ quang học sẽ được vận hành bằng cách thay đổi góc độ tiếp xúc đảo chiều của chất lỏng trên bề mặt của các micro-pillar. Khi một điện áp được áp dụng vào cấu trúc, chất lỏng di chuyển vào các khoảng trống giữa các pillar. Việc phản xạ ánh sáng tại các bề mặt bên của pillar sẽ bị loại bỏ do sự phù hợp chỉ số khúc xạ tại giao diện; do đó, mảng pillar trở nên trong suốt. Do đó, một lưu lượng truyền sáng quang học cao sẽ được thu được. Trong trường hợp không có chất lỏng ở giữa các pillar, độ truyền sáng của thiết bị thấp hơn so với khi có chất lỏng do phản xạ và phân tán ánh sáng bởi bề mặt của pillar và nó hoạt động một cách lý tưởng như trạng thái không trong suốt. Do đó, bằng cách di chuyển chất lỏng vào và ra khỏi mảng pillar bằng cách sử dụng hiện tượng điện động học, độ truyền sáng có thể được điều khiển điện tử.

Hình 4 (b) minh họa cho kết quả chế tạo của linh kiện điều khiển quang học. Một so sánh lượng hóa về sự truyền sáng có và không có sự thâm nhập của chất lỏng bằng cách sử dụng một cảm biến hình ảnh đã được kiểm tra. Một lượng truyền sáng thấp của cửa sổ quang học đã được quan sát khi đo mà không có sự thâm nhập của chất lỏng. Sự truyền sáng thấp trong trường hợp này là do sự phản xạ và phân tán ánh sáng bởi các bề mặt của các pillar như đã giải thích trước đó. Ánh sáng truyền qua rất cao, khoảng 90%, có thể được đạt được bằng cách sử dụng chất lỏng phù hợp. Nguyên nhân có thể là sự phù hợp chỉ số khúc xạ với các pillar SiO_2. Do đó, phạm vi điều chế lớn, khoảng 65%, cho cả trường hợp có và không có dung dich đã đạt được. Chi tiết về cấu trúc, nguyên lý, và đánh giá khả năng hoạt động có thể được tìm thấy trong công bố của chúng tôi [15-21].

- Chuyển đổi sự thay đổi nhiệt năng thành điện năng sử dụng cho ứng dụng IoT (IoT sensing systems driven by daily ambient thermal energy fluctuations)

Trong thời kỳ khủng hoảng toàn cầu, dịch bệnh hoành hành, Internet of Things (IoT) đóng một vai trò rất quan trọng trong việc chẩn đoán sớm nhiễm virus, thời gian cách ly và sau phục hồi. IoT cho phép tạo kết nối giữa người và vật, thời gian và không gian để mở ra một kỷ nguyên mới. Một loạt các ứng dụng đã và đang được triển khai sử dụng IoT, bao gồm hệ thống chăm sóc sức khỏe, giao thông vận tải, cơ sở hạ tầng dân dụng, tòa nhà thông minh, giám sát môi trường, và sản xuất. Hầu hết tất cả các thiết bị IoT đều được thiết kế để trở thành thiết bị điện tử tiêu dùng nhỏ, không dây và di động. Chúng được cung cấp năng lượng bởi nhiều loại và kích cỡ pin tùy thuộc vào yêu cầu ứng dụng. Thật không may, pin có một lượng năng lượng hữu hạn và chúng cần được sạc lại hoặc thay thế, điều này tỏ ra bất tiện và tốn kém. Việc sử dụng pin làm nguồn cung cấp năng lượng cho IoT có những nhược điểm khác, bao gồm giảm mật độ năng lượng và hiện tượng phóng điện ngay cả khi nó không được sử dụng. Một mối quan tâm khác liên quan đến môi trường vì pin có chứa các hóa chất độc hại và chất độc làm cho quá trình xử lý phức tạp hơn. Mặc dù hầu hết các loại pin có thể được tái chế, nhưng các phương pháp tái chế rất tốn kém và cần được cải thiện. Do những lý do này, vấn đề cấp nguồn cho các thiết bị IoT cần phải được giải quyết. Một giải pháp thay thế để thay thế pin là thu năng lượng có sẵn trong môi trường xung quanh thiết bị IoT để tạo điện. Cách tiếp cận này có tiềm năng làm cho thiết bị IoT không cần bảo trì và được cung cấp năng lượng vĩnh viễn.

Không giống như các nguồn năng lượng xung quanh linh kiện IoT như cơ học, ánh sáng mặt trời và tần số vô tuyến, nguồn năng lượng nhiệt đã thu hút nhiều sự chú ý hơn như một sự lựa chọn khả thi để hỗ trợ các thiết bị IoT vì nó tồn tại ở khắp mọi nơi. Để chuyển đổi nhiệt năng thành điện năng, máy phát nhiệt điện dựa trên hiệu ứng Seebeck thường được sử dụng. Phòng thí nghiệm không chỉ tập trung vào nghiên cứu phát triển vật liệu nhiệt điện mới và chế tạo máy phát nhiệt điện, mà còn tập trung việc sử dụng nó trong những ứng dụng cụ thể (hình 5 (a)). Chúng tôi đã chế tạo thành công một hệ thống tích hợp bao gồm máy phát nhiệt điện (chuyển đổi dao động nhiệt ở môi trường xung quanh thiết bị IoT thành điện năng), mạch điện tử, bộ lưu năng lượng, khối tích trữ và giải phóng nhiệt năng (hình 5 (b)). Linh kiện chế tạo đã được vận hành thành công và có khả năng hoạt động ở bất



Hình 5. (a) Nghiên cứu từ tổng hợp vật liệu, chế tạo linh kiện cho đến những ứng dụng cụ thể. (b) Thiết bị IoT sử dụng nguồn năng lượng của sự thay đổi nhiệt môi trường. (c) Dao động nhiệt môi trường được chuyển đổi thành điện năng và sử dụng như là một nguồn điện cung cấp cho thiết bị IoT. [22-35].

kỳ môi trường hay không gian nào, hứa hẹn mở ra một kỷ nguyên mới cho linh kiện IoT không cần bảo trì và được cung cấp năng lượng vĩnh viễn. Chi tiết về cấu trúc, nguyên lý, và đánh giá khả năng hoạt động có thể được tìm thấy trong công bố gần đây của chúng tôi [22-35].

3. MỘT SỐ LAB NGHIÊN CỨU TIÊU BIỂU CỦA ĐẠI HỌC TOHOKU TRONG LĨNH VỰC MEMS/NEMS

3.1 Lab nghiên cứu về MEMS/NEMS

Website: http://www.medmems.bme.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Yoichi Haga

Đề tài nghiên cứu chính: Small, highly functional, multifunctional endoscopes, catheters, surgical instruments based on Micro/Nano technologies

3.2 Lab nghiên cứu về MEMS/NEMS

Website: http://www.mems.mech.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Shuji Tanaka

Đề tài nghiên cứu chính: Research and Development

of Micro/Nanosystems for Robot Control, Advanced Communication, Healthcare, Safety, Energy Saving etc

3.3 Lab nghiên cứu về cảm biến lực từ

Website: https://www.nme.mech.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Masaya Toda

Đề tài nghiên cứu chính: Magnetic Resonance Force Sensors Based on Nanomechanical Cantilever

3.4 Lab nghiên cứu về future light manipulation technology

Website: https://web.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Yoshiaki Kanamori

Đề tài nghiên cứu chính: Future technologies and applications of optical manipulation by fusing "nanophotonics, metamaterials, biomimetic optics" and "microfabrication, optical MEMS".

3.5 Lab nghiên cứu về renewable energy conversion engineering

Website: https://www.renewable.energy.mech.tohoku.ac.jp

Giáo sư chủ nhiệm: Hiroo Yugami

Đề tài nghiên cứu chính: Energy systems by controlling thermal radiation, Energy conversion devices based on solid-states Ionics.

3.6 Lab nghiên cứu về biomedical engineering

Website: http://www.lbc.mech.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Tetsu Tanaka

Đề tài nghiên cứu chính: Intelligent Si neural probe, fully-implantable retinal prosthesis, 3D-IC technology and analog/digital LSI design.

3.7 Lab nghiên cứu về Molecular robotics

Website: http://www.molbot.mech.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Satoshi Murata

Đề tài nghiên cứu chính: DNA nanostructure, DNA computing, Molecular robotics, and Artificial cell.

3.8 Lab nghiên cứu về advanced material systems

Website: https://web.tohoku.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm: Hironori Tohmyoh

Đề tài nghiên cứu chính: Thermoelectric generator based thin plate, ultrasonic materials, and micro/nano materials.

4. HỢP TÁC NGHIÊN CỨU GIỮA PHÒNG THÍ NGHIỆM ONO-TOÀN VÀ ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN TP.HCM, VIỆT NAM

Phòng thí nghiệm Ono-Toàn và Khoa Vật Lý-Kỹ Thuật, Đại Học Khoa Học Tự Nhiên thuộc Đại Học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh, đang hợp tác trong việc đào tạo nguồn nhân lực, trao đổi và triển khai nghiên cứu trong lĩnh vực MEMS/NEMS. Phòng thí nghiệm Ono-Toàn đã tiếp nhận nhiều sinh viên Việt Nam cho chương trình học thạc sĩ và tiến sĩ. Hội thảo khoa học công nghệ thường niên được tổ chức hàng năm. Thông tin về hội thảo có thể tìm thấy tại đường link: https://phys.hcmus.edu.vn/ICEBA2024. Phòng thí nghiệm Ono-Toàn luôn chào đón hợp tác và trao đổi nghiên cứu cũng như đào tạo nguồn nhân lực trong lĩnh vực MEMS/NEMS với các trường đại học, viện nghiên cứu và trung tâm nghiên cứu ở Việt Nam. Hãy liên hệ trực tiếp với chúng tôi về vấn đề này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] https://www.tohoku.ac.jp/en/news/university_news/tohoku_university_ranked_number_one_in_japan.html [Accessed September 10, 2023].

[2] https://www.tohoku.ac.jp/en/about/designated_national_university.html [Accessed September 10, 2023].

[3] https://www.tohoku.ac.jp [Accessed September 10, 2023].

[4] https://www.tohoku.ac.jp/en/news/university_news/women_in_university_day2020.html [Accessed September 10, 2023].

[5] https://www.tohoku.ac.jp/en/about/map_directions.html [Accessed September 10, 2023].

[6] https://www.nme.mech.tohoku.ac.jp/ [Accessed September 10, 2023].

[7] N.V. Toan, H. Miyashita, M. Toda, Y. Kawai, and T. Ono, "Fabrication of an hermetically packaged silicon resonator on LTCC substrate", Microsystem Technologies, 19(8), 1165-1175, 2013.

[8] N.V. Toan, M. Toda, Y. Kawai, and T. Ono, "A long bar type silicon resonator with a high quality factor", IEEJ Transactions on sensors and micromachines, 134(2), 26-31, 2014.

[9] N.V. Toan, M. Toda, Y. Kawai, and T. Ono, "Capacitive silicon resonator with movable electrode structure for gap width reduction", Journal of micromechanics and microengineering, 24, 025006, 2014.

[10] N.V. Toan, T. Kubota, H. Sekhar, S. Samukawa, and T. Ono, "Mechanical quality factor enhancement in silicon micromechanical resonator by low-damage process using neutral beam etching technology", Journal of micromechanics and microengineering, 24(8), 085005 (11 pages), 2014.

[11] N.V. Toan, T. Shimazaki and T. Ono, "Single and mechanically coupled capacitive silicon nanomechanical resonator", Micro & Nano letters, 11(10), 591-594, 2016.

[12] N.V. Toan, N.V. Nha, and T. Ono, "Fabrication and evaluation of capacitive silicon resonators with piezoresistive heat engines", Sensor and Actuator A: Physical, 262, 99-107, 2017.

[13] N.V. Toan, T. Shimazaki, N. Inomata, Y. Song, and T. Ono,

"Design and fabrication of capacitive silicon nanomechanical resonators with selective vibration of a high-order mode", Micromachines, 8, 312, 2017.

[14] N.V. Toan and T. Ono, "Progress in performance enhancement methods for capacitive silicon resonators", Japanese Journal of Applied Physics, 56, 110101, 2017.

[15] N.V. Toan, S. Sangu, and T. Ono, "Glass Capillaries Based on a Glass Reflow into Nano-trench for controlling light transmission", Microsystem Technologies, 22(12), 2835-2840, 2016.

[16] N.V. Toan, S. Sangu, and T. Ono, "Fabrication of deep SiO_2 and Tempax glass pillar structures by reactive ion etching for optical modulator", Journal of microelectromechanical systems, 25(4), 668-674, 2016.

[17] N.V. Toan, S. Sangu, and T. Ono, "Design and fabrication of large area freestanding compressive stress SiO2 optical window", Journal of micromechanics and microengineering, 26, 075016, 2016.

[18] N.V. Toan, S. Sangu, and T. Ono, "High aspect ratio SiO2 pillar structures capable of the integration of an image sensor for application of optical modulator", IEEJ Transactions on sensors and micromachines, 136(2), 41-42, 2016.

[19] N.V. Toan, S. Sangu, and T. Ono, "Glass reflow process for microsystem applications", Journal of micromechanics and microengineering, 26(11), 115018, 2016.

[20] N.V. Toan, S. Sangu, T. Saito, N. Inomata, and T. Ono, "Fabrication of a SiO2 optical window for controlling light transmission", Microsystem Technologies, 23(4), 919-927, 2017.

[21] N.V. Toan, T.T.K. Tuoi, N. Inomata, M. Toda, and T. Ono, "Aluminum doped zinc oxide based on atomic layer deposition and its applications to micro/nano devices", Scientific reports, 11, 1204, 2021.

[22] N.H. Trung, K. Sakamoto, N.V. Toan, and T. Ono, "Synthesis and Evaluation of Thick Films of Electrochemically Deposited Bi2Te3 and Sb2Te3 Thermoelectric Materials", Materials, 10, 154, 2017.

[23] N.H. Trung, N.V. Toan, and T. Ono, "Electrochemical deposition based flexible thermal electric power generator with Y-type structure", Applied Energy, 210, 467-476, 2018.

[24] N.H. Trung, N.V. Toan, and T. Ono, "Fabrication of π-type flexible thermoelectric generators using an electrochemical deposition method for thermal energy harvesting applications at room temperature", Journal of Micromechanics and Microengineering, 27, 125006, 2017.

[25] N.V. Toan, M.M.I.M. Hasnan, D. Udagawa, N. Inomata, M. Toda, S.M. Said, M.F.M. Sabri, and T. Ono, "Thermoelectric power battery using 10 nm diameter of Al2O3 nanochannels for low-grade waste heat energy harvesting", Energy Conversion and Management, 199, 111979, 2019.

[26] T. Ono, T.H. Nguye, K.F. Samat, J. Li, and N.V. Toan, "Nanoengineered thermoelectric energy devices for IoT sensing applications", ECS Transactions, 92, 163-168, 2019.

[27] Y. Li, N.V. Toan, Z. Wang, K.F. Samat, and T. Ono, "Thermoelectrical properties of silicon substrates with nanopores synthesized by metal-assisted chemical etching", Nanotechnology, 31, 455805, 2020.

[28] N.V. Toan, T.T.K. Tuoi, and T. Ono, "Thermoelectric generators for heat harvesting: from material synthesis to device fabrication", Energy Conversion and Management, 225, 113442, 2020.

[29] N.V. Toan, T.T.K. Tuoi, N.V. Hieu, and T. Ono, "Thermoelectric generator with a high integration density for portable and wearable self-powered electronic device", Energy conversion and management, 245, 114571, 2021.

[30] T.T.K. Tuoi, N.V. Toan, and T. Ono, "Theoretical and experimental investigation of a thermoelectric generator (TEG) integrated with a phase change material (PCM) for harvesting energy from ambient temperature changes", Energy reports, 6, 2022-2029, 2020.

[31] T.T.K. Tuoi, N.V. Toan, and T. Ono, "Heat storage thermoelectric generator as an electrical power source for wireless IoT sensing systems", International journal of energy research, 45, 15557-15568, 2021.

[32] T.T.K. Tuoi, N.V. Toan, and T. Ono, "Self-powered wireless sensing system driven by daily ambient temperature energy harvesting", Applied Energy, 311, 118679, 2022.

[33] N.V. Toan, T.T.K. Tuoi, H. Sui, N.H. Trung, K.F. Samat, and T. Ono, "Ultra-flexible thermoelectric generator based on silicone rubber sheet and electrodeposited thermoelectric material for waste heat harvesting", Energy reports, 8, 5026-5037, 2022.

[34] N.V. Toan, T.T.K. Tuoi, and T. Ono, "High-performance flexible thermoelectric generator for self-powered wireless BLE sensing systems", Journal of Power Sources, 536, 231504, 2022.

[35] N.V. Toan, T.T.K. Tuoi, N. Inomata, M.M.I.M. Hasnan, M. Toda, I. Voiculescu, S.M. Said, and T. Ono, "Nanoengineered nanochannels for thermally ionic nanofluidic energy harvesting", Energy conversion and management, 264, 115760, 2022t.

MỘT SỐ THUẬT NGỮ TIẾNG ANH

- Microelectromechanical system (MEMS): Hệ thống vi cơ
- Nanoelectromechanical system (MEMS): Hệ thống vi cơ siêu nhỏ
- Piezoelectric materials: Vật liệu áp điện – là vật liệu có thể sản sinh ra điện do biến đổi cơ học hoặc ngược lại
- Thermo-electric materials: Vật liệu nhiệt điện – là vật liệu có thể sản sinh ra điện do nhiệt độ chênh lệch hai đầu vật liệu hoặc ngược lại
- Capacitive resonator: Bộ dao động dựa trên hiệu ưng điện dung
- Transparent state: Trạng thái trong suốt – ánh sáng có thể truyền qua với cường độ cao
- Opaque state: Trạng thái mờ - ánh sáng không thể truyền qua hoặc truyền yếu
- Ambient temperature fuctuation energy harvesting: Tạo năng lượng điện từ sự thay đổi nhiệt độ môi trường

THÂN HỒNG PHÚC

Thân Hồng Phúc đã nhận bằng Kỹ sư, Thạc sĩ, và Tiến sĩ Khoa học tại Đại học Thông tin – Truyền thông (University of Electro – Communications - UEC), Tokyo, Nhật Bản vào các năm 2011, 2013 và 2016. Từ năm 2016 đến năm 2017, chị Phúc là nghiên cứu viên về vật lý bán dẫn và thiết kế linh kiện bán dẫn công suất IGBT ứng dụng trong ô tô điện tại Công ty Fuji Electric tại Matsumoto, Nhật Bản. Vào năm 2018, chị Phúc gia nhập Viện Công nghệ Thông tin và Truyền thông Quốc gia (NICT), Tokyo, Nhật Bản là nghiên cứu viên sau Tiến sĩ thực hiện nghiên cứu và phát triển công nghệ cơ bản thiết bị bán dẫn công suất Ga2O3. Hoạt động nghiên cứu chính của chị Phúc tập trung vào sự phát triển tinh thể hợp chất và chế tạo linh kiện bán dẫn. Chị Phúc hiện đang giảng dạy tại Trường Đại học Duy Tân (DTU), thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. Lĩnh vực nghiên cứu hiện nay của chị Phúc bao gồm phát triển công nghệ quy trình sản xuất và thiết kế các linh kiện bán dẫn làm bằng vật liệu Si, SiC và GaN, chẳng hạn như SBD, BJT, MOSFET và IGBT.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0302

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CẢM BIẾN QUANG INGAP/GAAS PHOTOTRANSISTOR TRONG KHÔNG GIAN

Thân Hồng Phúc[1*], Yasushi Takaki[2], Thân Quang Thọ[3], Nguyễn Thị Phước Vân[4], Takahiro Makino[5], Takeshi Ohshima[5]

[1]Thân Hồng Phúc, Giảng viên Trường Đại học Duy Tân, số 03 Quang Trung, Quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng, Việt Nam
Email: thanhongphuc@duytan.edu.vn

[2] Yasushi Takaki, Kỹ sư công ty Power Device Works, Mitsubishi Electric Corporation, Kumamoto, Nhật Bản

[3] Thân Quang Thọ, Kỹ sư Phòng Kỹ thuật, Tổng công ty Điện lực miền Trung (EVNCPC), 78A Duy Tân, Phường Hòa Thuận Đông, Quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng, Việt Nam

[4] Nguyễn Thị Phước Vân, Nghiên cứu viên sau Tiến sĩ, Trường đại học Nam Queensland Úc, St Lucia QLD 4072, Australia

[5] Takahiro Makino và Takeshi Ohshima, Nghiên cứu viên chính Viện nghiên cứu Quốc gia về Khoa học và Công nghệ Lượng tử (National Institutes for Quantum Science and Technology - QST), Takasaki, Nhật Bản

TÓM TẮT:

Vào năm 1947, linh kiện bóng bán dẫn kiểu tiếp xúc điểm được phát minh bởi nhà khoa học Bardeen và Brattain của Bell Lab (Hoa Kỳ), sau đó vào năm 1948, nhà khoa học Shockley đã phát minh ra bóng bán dẫn kiểu tiếp xúc p-n đánh dấu sự ra đời của thời đại linh kiện bóng bán dẫn. Linh kiện bóng bán dẫn đóng vai trò rất quan trọng của ngành công nghiệp bán dẫn. Không chỉ được sử dụng trong các sản phẩm máy tính, thiết bị truyền thông, thiết bị âm thanh mà còn được sử dụng trong các thiết bị gia dụng, ô tô, máy móc công nghiệp và các sản phẩm điện tử khác. Cuối thập kỷ 1980 và đầu thập kỷ 1990, ngành công nghiệp bán dẫn của Nhật Bản đã đứng đầu thế giới. Những năm gần đây, các lĩnh vực như IoT, xe tự hành và ô tô điện đang thu hút sự quan tâm rất lớn và có triển vọng phát triển trong tương lai, làm cho ngành công nghiệp bán dẫn càng trở nên quan trọng hơn. Trong bài viết này, nhóm tác giả giới thiệu về linh kiện bóng bán dẫn quang, là một loại bóng bán dẫn được sử dụng làm các cảm biến quang trong không gian và khảo sát về sự ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ lên hiệu năng của bóng bán dẫn quang.

Từ khóa: *vật liệu và linh kiện bán dẫn, bóng bán dẫn quang, lớp bảo vệ vùng phát, không gian, tia điện tử phóng xạ.*

1. GIỚI THIỆU

Trong các mạng cục bộ (LAN) và các mô-đun đa chip (MCM), có các loại cảm biến ánh sáng như Điốt quang PIN, Điốt quang Avalanche (APD), bóng bán dẫn quang, v.v. Tuy nhiên, Điốt quang PIN không có hệ số khuếch đại nên dẫn đến độ nhạy yếu khi ánh

sáng đầu vào thấp. Thêm vào đó, APD có hệ số khuếch đại lớn nhưng lại gây ra nhiễu. Ngược lại, bóng bán dẫn quang, đặc biệt là loại dị tiếp xúc (HPT) dựa trên vật liệu GaAs đã được pha tạp nồng độ cao, có lợi thế về độ lợi cao ở điện áp thấp, ít nhiễu, và độ tin cậy cao [1-3]. Vì vậy, cảm biến ánh sáng HPT được kỳ vọng là cảm biến ánh sáng thay thế Điốt quang PIN và APD trong truyền thông quang, dây cáp quang trong khu vực ánh sáng nhìn thấy được như mạng cục bộ (LAN). Đặc biệt, HPT còn có thể tích hợp được với các mạch tương tự và mạch kỹ thuật số có sử dụng bóng bán dẫn lưỡng cực siêu tần (HBT). Do đó, sự kết hợp giữa HPT và HBT trên cùng một lớp đế bán dẫn đã được nghiên cứu và phát triển rất mạnh mẽ, tạo ra các thiết bị thu sóng có băng thông siêu rộng với tín hiệu thu sóng HPT được khuếch đại bởi bộ khuếch đại HBT.

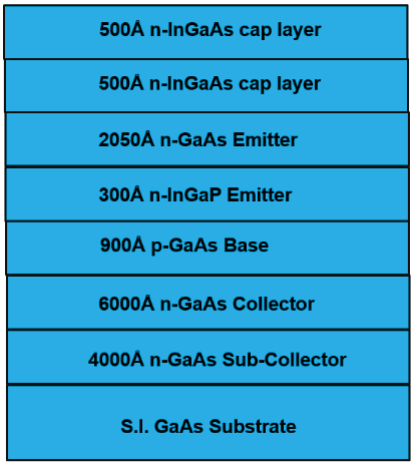
Ứng dụng của HPT trong lĩnh vực truyền thông quang đã được đề cập ở trên, trong đó ứng dụng cho ánh sáng đơn sắc rất quan trọng. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, chúng tôi xem xét về cảm biến phản ứng ánh sáng cho ánh sáng trắng, không giống như ứng dụng trong lĩnh vực truyền thông quang sử dụng ánh sáng đơn sắc đã có trước đây. Tương tự như bóng bán dẫn lưỡng cực HBT, cảm biến quang HPT cũng dựa chủ yếu vào vật liệu AlGaAs/GaAs với vùng phát làm bằng vật liệu AlGaAs. Tuy nhiên, để giảm thiểu độ lệch của vùng dẫn tạo ra rào cản cho nguồn điện tử thông qua giao diện vùng phát – vùng gốc thì cần phải có quá trình làm giảm độ lệch này. Ngoài ra, việc sản xuất AlGaAs và GaAs không thể tạo ra sự tương thích cao, do đó nghiên cứu tạo ra HPT dựa trên vật liệu InGaP/GaAs đã trở nên phổ biến hơn trong những năm gần đây [4].

Với mục tiêu phát triển bộ điều chỉnh đèn LED tiết kiệm năng lượng có khả năng điều chỉnh độ sáng của đèn LED màu trắng được sử dụng trong chiếu sáng nội thất và đèn pha của xe hơi để phù hợp với cường độ ánh sáng nền, cùng với việc sử dụng cảm biến ánh sáng không cần pin trong ứng dụng trong không gian, như việc cài đặt trên các con tàu vũ trụ trong không gian, nơi cần phát hiện ánh sáng mặt trời mà không cần sử dụng pin, chúng tôi đã phân tích sự ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ có năng lượng cao lên HPT một cách chi tiết. Hiện tại, ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ có năng lượng cao lên đặc tính bóng bán dẫn lưỡng cực HBT làm bằng vật liệu InGaP/GaAs đã được nghiên cứu và được báo cáo rất nhiều [5-9], tuy nhiên chưa có nhiều nghiên cứu về sự ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ có năng lượng cao lên đặc tính cảm biến quang của HPT làm bằng vật liệu InGaP/GaAs. Do đó, trong bài báo này, chúng tôi đã nghiên cứu về tác động của tia điện tử phóng xạ năng lượng cao lên các đặc tính của InGaP/GaAs HPT. Ngoài ra, lớp bảo vệ vùng phát đã được thấy là có hiệu quả trong việc tăng khả năng truyền dòng điện của GaAs HBT và ức chế quá trình suy giảm do ảnh hưởng của ứng suất điện [10-18]. Tuy nhiên, hiện vẫn chưa có nhiều hoặc không có nghiên cứu nào về tác động của hiệu quả lớp bảo vệ này lên HPT trong trường hợp chịu tác động của tia điện tử phóng xạ. Do đó, chúng tôi cũng tiến hành so sánh hiệu suất của các InGaP/GaAs HPT có và không có lớp bảo vệ vùng phát và đánh giá hiệu quả của lớp bảo vệ lên HPT bị tác động của tia điện tử phóng xạ.

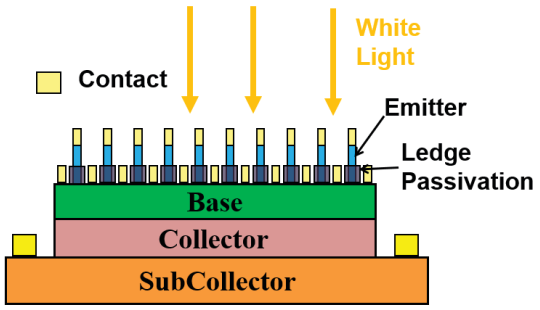
2. THÍ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CẢM BIẾN QUANG

2.1 Quy trình chế tạo cảm biến quang trong phòng sạch

Cảm biến quang HPT được sản xuất dựa trên đế bán dẫn được chế tạo bằng phương pháp bay hơi lắng đọng hóa học kim loại hữu cơ (MOCVD) trên bề mặt S.I. GaAs (100) như được mô tả trong Hình 1. Cấu trúc đế bán dẫn này là giống với cấu trúc InGaP/GaAs HBT dành cho các ứng dụng cao tần phổ biến khác.



Hình 1. Mặt cắt ngang cấu trúc đế bán dẫn của InGaP/GaAs HPT.



Hình 2. Mặt cắt ngang của cảm biến quang InGaP/GaAs HPT có lớp bảo vệ vùng phát [19].

Để làm tăng diện tích vùng nhận ánh sáng và gia tăng dòng điện quang của HPT, kích thước vùng cực phát được thiết kế lớn hơn so với các bóng bán dẫn lưỡng cực HBT. Thông thường, việc tăng diện tích vùng cực phát sẽ dễ gây ra sự tập trung quá mức của dòng điện quanh vùng cực phát, vì vậy hình dạng của điện cực đối với cực phát được thiết kế như một mạch chằng ngang có chiều rộng 4 µm và chiều dài 2100 µm, với tổng cộng là 10 mạch. Đối với điện cực của vùng cực gốc, hình dạng điện cực cũng được thiết kế là một mạch chằng ngang với chiều rộng

4 µm và chiều dài 2100 µm, với tổng cộng là 11 mạch. Diện tích vùng cực phát của các mẫu InGaP/GaAs HPT là 300,000 μm^2, lớn hơn khoảng 3000 lần so với diện tích vùng cực phát của HBT thông thường có kích thước là 100 μm^2. Hình 2 là mặt cắt ngang của InGaP/GaAs HPT có lớp bảo vệ vùng phát đã được chúng tôi chế tạo.

Khi ánh sáng chiếu vào cảm biến quang nếu thỏa mãn phương trình (1) thì xuất hiện dòng điện quang được tạo ra do hiện tượng quang điện bên trong linh kiện.

$$E_\varepsilon \in \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

Ở đây, E_g là độ rộng vùng cấm tức là khoảng cách giữa các vùng năng lượng, h là hằng số Planck, c là tốc độ ánh sáng, λ là bước sóng của ánh sáng chiếu vào.

Chúng tôi đã chế tạo hai loại HPT làm bằng vật liệu InGaP/GaAs nhằm mục tiêu nghiên cứu về tính hiệu quả của lớp bảo vệ vùng phát lên tính chất phản ứng ánh sáng của InGaP/GaAs HPT. HPT có lớp bảo vệ được gọi là L-HPT và HPT không có lớp bảo vệ được gọi là N-HPT.

Tiếp theo, quy trình chế tạo HPT trong phòng sạch sẽ được tóm tắt một cách ngắn gọn. Đầu tiên, điện cực vùng phát bằng Ti/Au được tạo ra thông qua phương pháp lift-off trên bề mặt của vật liệu đế bán dẫn InGaP/GaAs, sau khi đã rửa sạch bề mặt đế bán dẫn bằng dung dịch Acetone và Ethanol. Điện cực vùng phát sau đó được sử dụng như một mặt nạ để thực hiện việc cắt lớp InGaAs và GaAs bằng dung dịch $H_3PO_4 : H_2O_2 : H_2O$ và dung dịch $NH_4OH : H_2O_2 : H_2O$, còn lớp InGaP được cắt bằng dung dịch HCl để lộ ra bề mặt của vùng gốc. Bởi vì lớp vật liệu vùng gốc mỏng nên chúng tôi đã sử dụng dung dịch HCl có tốc độ cắt có sự khác biệt lớn giữa InGaP và GaAs mà không gây hiện tượng cắt lớp quá mức cho vùng gốc.

Điện cực vùng gốc bằng Ti/Pt/Au đã được tạo thành bằng phương pháp lift-off trên bề mặt vùng gốc. Sau đó, việc cắt lớp cho cả vùng gốc và vùng thu được tiến hành để lộ ra bề mặt của lớp vật liệu vùng thu phụ. Trên bề mặt này, chúng tôi tạo điện cực vùng thu bằng Ni/AuGe/Ni/Au. Để làm cho việc lộ ra bề mặt của vùng thu phụ được dễ dàng hơn, chúng tôi đã chèn một lớp InGaP pha tạp chất có nồng độ cao và mỏng giữa vùng thu và vùng thu phụ.

Sau khi cắt xong lớp InGaP bằng dung dịch HCl và cắt xong 20 nm lớp vùng thu phụ, điện cực vùng thu đã được tạo ra. Như vậy, chúng tôi đã tạo xong mẫu N-HPT không có lớp bảo vệ.

Lớp bảo vệ vùng phát được thực hiện bằng cách cắt lớp vùng phát làm bằng vật liệu InGaAs và GaAs bằng dung dịch $3H_3PO4 : H_2O_2 : 25H_2O$ và $3NH_4OH : H_2O_2 : 150H_2O$, bằng cách sử dụng mặt nạ tạo điện cực của vùng phát. Tốc độ cắt cho cả InGaAs và GaAs lúc này đều là 200 nm/phút. Sau đó, chúng tôi sử dụng mặt nạ tạo lớp bảo vệ vùng phát để cắt toàn bộ lớp InGaP có độ dày 30 nm bằng dung dịch HCl. Mẫu L-HPT có lớp bảo vệ trong Hình 2 đã được tạo ra. Như chúng ta thấy trong hình vẽ, chiều rộng là 5 µm, che phủ khoảng 50% vùng gốc lộ ra. Các bước tiếp theo của quy trình tạo mẫu này giống như quy trình tạo mẫu N-HPT.

2.2 Đánh giá hiệu năng của cảm biến quang

Đặc tính của HPT thường được đánh giá dựa trên hai tham số chính. Tham số đầu tiên là hệ số khuếch đại dòng điện β và tham số thứ hai là độ lợi quang G.

Trong trường hợp bóng bán dẫn mắc theo kiểu cực phát chung thì hiệu suất của HBT/HPT thường được đánh giá bằng hệ số khuếch đại dòng điện β được biểu diễn theo công thức (2).

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} \quad (2)$$

Ở đây, I_B là dòng gốc và I_C là dòng thu.

Với mục tiêu ứng dụng HPT vào cảm biến ánh sáng trắng trong không gian, chúng tôi đã sử dụng một nguồn sáng Halogen của hãng PHILIPS (điện áp 15 V, công suất 150 W) với cường độ ánh sáng chiếu vào được duy trì ổn định trong suốt quá trình chiếu sáng. Nguồn sáng có một hệ thống chiếu sáng dạng vòng có đường kính 74 cm để đảm bảo cường độ ánh sáng được phân bố đồng đều trên các mẫu HPT. Trong thí nghiệm, chúng tôi đã sử dụng cùng một nguồn sáng để đo dòng thu của HPT mắc theo kiểu cực phát chung ở các giá trị dòng gốc I_B khác nhau thông qua máy phân tích tham số bán dẫn HP4155.

Hiệu suất của HPT được đánh giá bằng tham số độ lợi quang G được biểu diễn theo công thức (3).

$$G = \frac{hc}{q\lambda} \cdot \frac{\Delta I_c}{P_{in}} \quad (3)$$

Ở đây, h là hằng số Plank, c là tốc độ ánh sáng, q là hằng số điện tích, λ là bước sóng ánh sáng đầu vào, P_{in} là cường độ ánh sáng đầu vào, ΔI_C là giá trị chênh lệch giữa dòng thu ở trạng thái tối và trạng thái sáng, tức là sự gia tăng ΔI_C của dòng thu do ánh sáng gây ra. Do cường độ ánh sáng chiếu vào được giữ ổn định, ta có thể giả định P_{in} là không đổi, từ đó có thể coi ΔI_C tương đương với độ lợi quang G. Trong nghiên cứu của chúng tôi, ΔI_C được sử dụng để đánh giá hiệu năng của HPT thay cho độ lợi quang G.

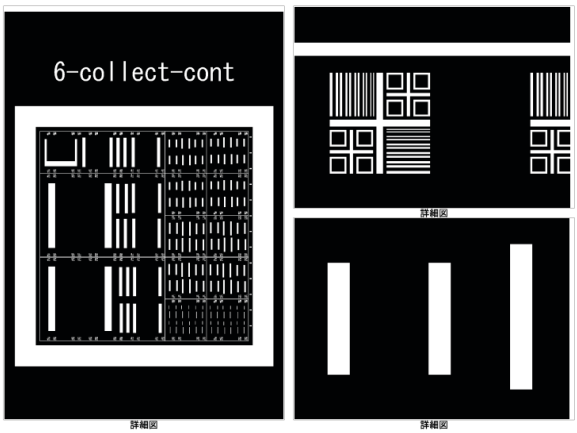
Các thí nghiệm về tác động của tia điện tử phóng xạ năng lượng cao lên cảm biến quang HPT được tiến hành tại Viện nghiên cứu Quốc gia về Khoa học và Công nghệ Lượng tử (National Institutes for Quantum Science and Technology - QST) tại Takasaki, Nhật Bản. Các điện tử được tăng tốc lên 1 MeV và được chiếu trực tiếp lên các mẫu HPTs. Mật độ tia là 1.0×10^{14}, 5.0×10^{14} và 1.0×10^{15} cm^{-2} bằng cách giữ dòng điện ở mức 1 mA, tương ứng với tốc độ chiếu xạ là 1.65×10^{12} $cm^{-2}s^{-1}$. Tốc độ này đủ thấp để không làm tăng nhiệt độ của các mẫu trong suốt quá trình chiếu tia điện tử phóng xạ. Các đặc tính

DC của HPTs đã được đo trong trạng thái tối và chiếu ánh sáng trước và sau khi chiếu tia thông qua máy phân tích tham số bán dẫn HP4155A.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thiết kế mặt nạ cho thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ lên InGaP/GaAs HPT

Để phân tích chi tiết ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ lên HPT, chúng tôi đã tiến hành thiết kế bộ mặt nạ dùng để sản xuất ra các mẫu InGaP/GaAs HPT dành riêng cho nghiên cứu chiếu tia điện tử. Diện tích bề mặt vùng phát (A) được giữ nguyên là 160,800 μm^2, chỉ thay đổi chu vi xung quanh vùng phát (P) thành 13,516, 22,287, 43,192, 57,534, 68,779, 85,636 µm, tương ứng với P/A lần lượt là 0.08, 0.14, 0.27, 0.36, 0.43, 0.53. Chúng tôi đã thiết kế 6 mẫu mặt nạ cho các loại HPT khác nhau. Hình 3 là mặt nạ dùng để tạo ra điện cực vùng thu.



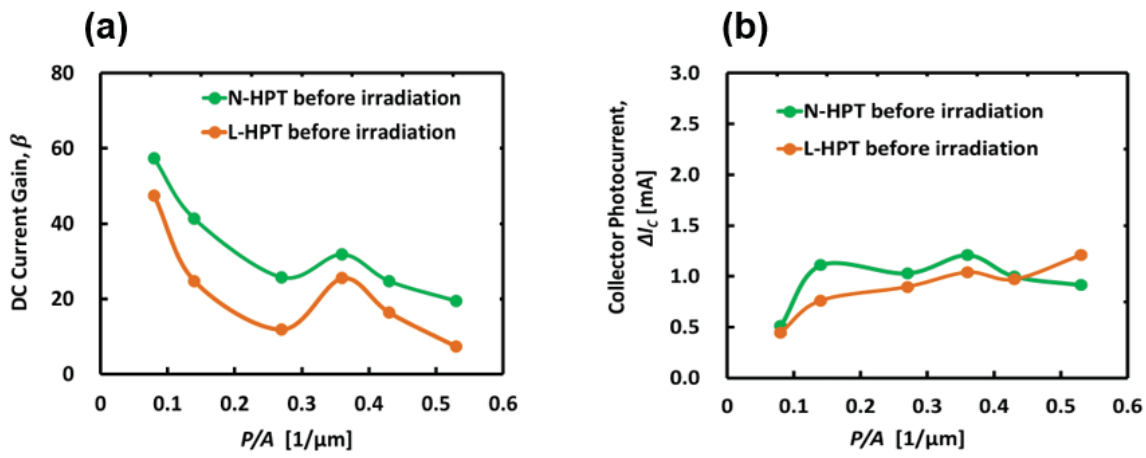
Hình 3. Mặt nạ dùng để chế tạo điện cực vùng thu.

3.2 Kết quả ảnh hưởng của tia điện tử lên HPT

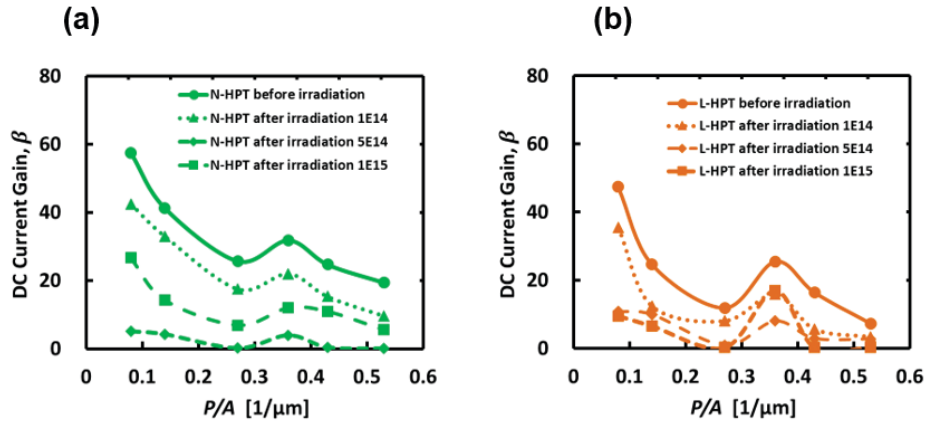
Dòng gốc I_B được thay đổi theo các giá trị lần lượt là 1, 2, 3, 4 và 5 µA, và mỗi giá trị I_B được giữ không đổi trong khi điện áp giữa cực phát và cực thu là V_{CE} được tăng lên từ 0 đến 3.5 V, sau đó đo dòng thu I_C tương ứng với V_{CE}. Trước và sau khi chiếu tia điện tử phóng xạ năng lượng cao, chúng tôi đã đo đặc tính dòng điện - điện áp của HPT trong trạng thái tối và trạng thái chiếu sáng. Dưới đây là phân tích các kết quả thí nghiệm để có cái nhìn tổng quan về sự ảnh hưởng của tia điện tử phóng xạ lên HPT.

Trước hết, chúng tôi sẽ phân tích sự phụ thuộc của hệ số khuếch đại dòng điện β và ΔI_C vào P/A trước khi chiếu tia điện tử phóng xạ trong trường hợp diện tích vùng phát A được giữ không đổi, chỉ thay đổi chu vi P để đo hệ số khuếch đại dòng điện β và ΔI_C của HPT. Hình 4a và hình 4b tương ứng là sự phụ thuộc của hệ số khuếch đại dòng điện β và ΔI_C vào P/A (I_B = 5 µA). Trong hình cũng cho thấy giá trị trung bình và thanh lỗi cho mỗi P/A. Thanh lỗi này thể hiện giá trị trung bình ± σ (σ: độ lệch chuẩn). Trước khi chiếu tia điện tử phóng xạ, chúng tôi đã tính giá trị trung bình và thanh lỗi cho N-HPT (11 mẫu) và L-HPT (10 mẫu) ở P/A 0.08, N-HPT (10 mẫu) và L-HPT (7 mẫu) ở P/A 0.14, N-HPT (8 mẫu) và L-HPT (8 mẫu) ở P/A 0.27, N-HPT (7 mẫu) và L-HPT (10 mẫu) ở P/A 0.36, N-HPT (6 mẫu) và L-HPT (7 mẫu) ở P/A 0.43, N-HPT (5 mẫu) và L-HPT (7 mẫu) ở P/A 0.53.

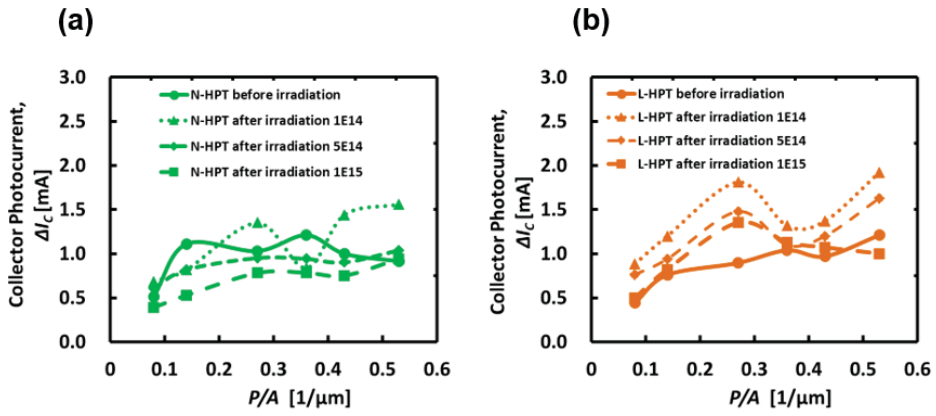
Khi P/A tăng lên, cả N-HPT và L-HPT đều cho thấy hệ số khuếch đại dòng điện β giảm đi. Trong tất cả các mẫu, vì diện tích vùng phát A không đổi và chỉ thay đổi chu vi P cho nên khi P/A lớn hơn thì chu vi P sẽ trở nên dài hơn. Tại P/A 0.36, hệ số khuếch đại dòng điện β có sự gia tăng, nhưng tổng thể từ P/A 0.08 đến 0.27, cả N-HPT và L-HPT đều cho thấy hệ số khuếch đại dòng điện β giảm, và ở các giá trị P/A cao hơn, không có sự thay đổi lớn trong β. Điều này được giải thích là khi P/A tăng, dòng điện sản sinh ra do sự tái kết hợp của điện tử và lỗ trống tại vùng xung quanh vùng phát tăng, dẫn đến sự giảm của β. Tuy nhiên, tác động của hiện tượng Burn-in vào β và hiệu ứng lớp bảo vệ bằng Hydro đã làm giảm sự gia tăng của β. Ảnh hưởng của hiện tượng Burn-in vào β sẽ càng lớn khi P/A lớn. Do đó, ở P/A từ 0.27 trở lên, tác động của hiện tượng Burn-in làm gia tăng β sẽ giúp ổn định β bằng cách ngăn chặn sự gia tăng của dòng điện sản



Hình 4. Sự phụ thuộc của (a) hệ số khuếch đại dòng điện β và (b) ΔIC vào P/A trước khi chiếu tia điện tử [19].



Hình 5. Sự phụ thuộc hệ số khuếch đại dòng điện β của (a) N-HPT và (b) L-HPT vào P/A sau khi chiếu tia điện tử [19].



Hình 6. Sự phụ thuộc ΔIC của (a) N-HPT và (b) L-HPT vào P/A sau khi chiếu tia điện tử [19].

sinh ra do sự tái kết hợp của điện tử và lỗ trống tại vùng xung quanh vùng phát. Cần lưu ý rằng, dòng gốc I_B được đo trong thí nghiệm này là rất nhỏ. Tuy nhiên, khi P/A lớn hơn thì β của L-HPT thấp hơn β của N-HPT như trong hình 4 (a), còn trong hình 4 (b) thì không có sự khác biệt đáng kể giữa ΔI_C của L-HPT và N-HPT. Điều này xảy ra là do L-HPT có diện tích vùng phát hiệu quả lớn hơn nhờ vào tác động của lớp bảo vệ, và mật độ dòng gốc I_B hiệu quả thấp hơn khiến cho hiệu năng vùng phát giảm đi khi dòng gốc thấp. Mặc dù β của L-HPT thấp hơn β của N-HPT, nhưng do có thể có sự gia tăng thêm từ dòng hạt tự do được tạo ra bởi ánh sáng chiếu vào dẫn đến ΔI_C của L-HPT sẽ tương đương với ΔI_C của N-HPT.

Tiếp theo, chúng ta sẽ phân tích sự phụ thuộc hệ số khuếch đại dòng điện β và ΔI_C của HPT vào P/A sau khi chiếu bởi tia điện tử phóng xạ. Hình 5 thể hiện sự phụ thuộc của hệ số khuếch đại dòng điện β vào P/A sau khi chiếu tia điện tử cho cả N-HPT và L-HPT (I_B = 5 μA).

Như chúng ta thấy trong hình 5, hệ số khuếch đại dòng điện β và ΔI_C của cả hai loại HPT đều giảm khi P/A tăng lên. Ở mức chiếu xạ thấp như 1.0×10^{14} cm^{-2}, sự tạo thành khuyết tật diễn ra dễ dàng hơn quanh vùng mép vùng phát do liên kết của các nguyên tử tại đây rất yếu dẫn đến việc β giảm khi P/A tăng. Tuy nhiên, ở mức chiếu xạ cao hơn, các khuyết tật diễn ra đồng đều trên toàn bộ mẫu nên β không phụ thuộc nhiều vào P/A. Tuy nhiên, với L-HPT, liên kết của các nguyên tử ở vùng mép của vùng phát nhờ có lớp bảo vệ vẫn còn khá mạnh nên β không phụ thuộc nhiều vào P/A ngay cả ở mức chiếu xạ thấp.

Hình 6 thể hiện sự phụ thuộc của ΔI_C vào P/A. Mặc dù có một số biến đổi nhỏ nhưng nhìn chung ΔI_C không có sự phụ thuộc đáng kể nào vào P/A.

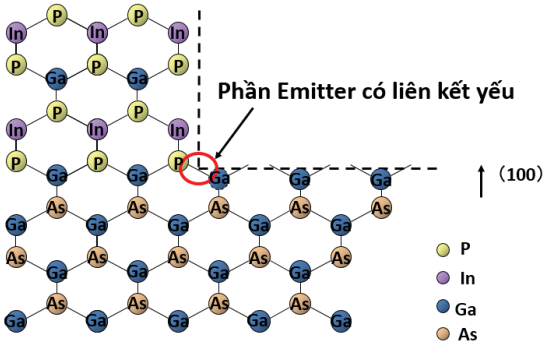
3.3 Cơ chế suy giảm β và ΔI_C của HPT do tia điện tử phóng xạ

Dựa trên tác động của tia điện tử phóng xạ đối với β và ΔI_C trong HPT đã trình bày ở trên, chúng ta có thể tổng hợp tác động của việc tạo ra khuyết tật do tia điện tử phóng xạ và tác động lên đặc tính của HPT trong hình 7. Trong phân tích này, chúng ta loại bỏ tác động của hiệu ứng Burn-in.

Ở các mức chiếu xạ thấp, cả N-HPT và L-HPT đều tạo ra khuyết tật, nhưng khuyết tật được tạo ra dễ dàng tại bề mặt gần bề mặt vùng gốc. Trong N-HPT, vùng phát có độ dày 305 nm nằm trên lớp InGaP dày 30 nm ở phần xung quanh, dẫn đến tia điện tử phóng xạ ảnh hưởng mạnh đến khu vực xung quanh mép vùng phát, và khuyết tật được tạo ra tại các khu vực có sự kết nối yếu của nguyên tử.

Vì vậy, sự giảm β do tia điện tử phóng xạ ở N-HPT trở nên rõ ràng, tương tự như tác động của các thí nghiệm về ảnh hưởng của ứng suất điện với cường độ dòng điện lớn trong thời gian ngắn và đột ngột.

Ở các mức chiếu xạ cao, tác động của tia điện tử phóng xạ trở nên tương tự ở cả N-HPT và L-HPT. Điều này xảy ra vì lúc này, không chỉ khu vực xung quanh mép vùng phát mà cả lớp vùng phát – vùng gốc dưới lớp điện cực vùng phát cũng có nhiều khuyết tật được tạo ra, dẫn đến sự gia tăng của dòng tái kết hợp của điện tử và lỗ trống làm cho dòng gốc I_B tăng lên. Ở L-HPT, vì lớp dưới lớp điện cực vùng phát được bao phủ mỏng hơn do tác động của lớp bảo vệ vùng phát, cho nên sự tạo ra ứng suất điện trong quá trình chiếu tia điện tử phóng xạ hoặc đo lường là nhỏ hơn, và cũng nhờ vào kết nối của nguyên tử ở L-HPT cũng mạnh hơn. Do đó, β của L-HPT cao hơn N-HPT, nhưng khi sự ảnh hưởng của khuyết tật trong tinh thể sản sinh ra nhiều hơn thì sự khác biệt giữa β của cả hai loại HPT trở nên không rõ rệt. Hiệu ứng của tia điện tử phóng xạ với mức chiếu xạ cao trong HPT cũng tương tự như hiệu ứng của ứng suất điện với cường độ dòng điện nhỏ trong thời gian dài.

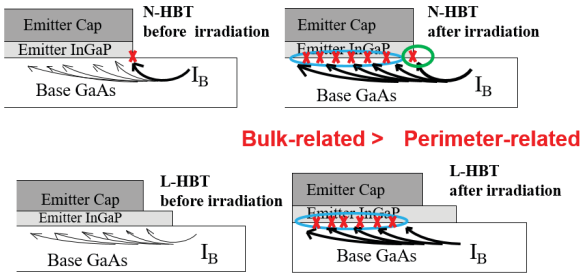


Hình 7. *Cấu trúc mạng tinh thể giữa vùng phát và vùng gốc.*

Ngoài ra, ở mức chiếu xạ thấp, khuyết tật có xu hướng hình thành dễ dàng gần vùng phát như chúng ta thấy trong hình 8, dẫn đến sự gia tăng của dòng điện quang bị hạn chế. Nói cách khác, sự suy giảm ΔI_C trong HPT do tia điện tử phóng xạ ở mức chiếu xạ thấp là do sự suy giảm β. Hơn nữa, ở mức chiếu xạ cao, khuyết tật hình thành nhiều hơn trong lớp vùng gốc, dưới bề mặt vùng gốc và vùng thu phía dưới. Tuy nhiên, đối với L-HPT, nhờ có sự mở rộng của vùng nghèo do có lớp bảo vệ vùng phát, cho nên dòng tái kết hợp của điện tử và lỗ trống bị hạn chế. Từ đó làm cho sự suy giảm của dòng quang thuộc nhóm L-HPT do tia điện tử phóng xạ ít hơn so với N-HPT.

Bên cạnh đó, khoảng cách giữa điện cực vùng phát và điện cực vùng gốc là 10 μm, do đó độ dài lan truyền cần thiết để các hạt tự do được tạo ra bởi ánh sáng hấp thụ ở vùng gốc và vùng thu, và di chuyển được đến vùng nghèo của liên kết vùng gốc – vùng thu giảm đi do sự hình thành của khuyết tật. Ở L-HPT, chiều rộng của lớp bảo vệ là 5 μm và khoảng cách giữa điện cực vùng phát và điện cực vùng gốc ngắn hơn 5 μm. Do đó, cho dù có khuyết tật hình thành, thì các hạt tự do được tạo ra từ ánh sáng vẫn không tái hợp và có thể di chuyển được đến vùng nghèo của liên kết vùng gốc – vùng thu. Khi di chuyển tới được vùng nghèo, do cảm ứng của điện trường, lỗ trống di chuyển đến vùng gốc nhiều hơn, tạo ra sự tự hình thành điện trường giữa vùng phát và vùng gốc tăng lên, dẫn đến sự gia tăng của dòng thu. Tuy nhiên, khi khoảng cách giữa các điện cực lớn lên thì tác động của lớp bảo vệ vùng phát giảm đi.

Dựa vào các kết quả thí nghiệm đã trình bày bên trên, lớp bảo vệ vùng phát đã được chứng minh là có hiệu quả tốt đối với tác động của tia điện tử phóng xạ lên cảm biến quang HPT, đặc biệt là đối với dòng điện quang. Vì vậy, lớp bảo vệ vùng phát được coi là không thể thiếu đối với HPT ứng dụng làm cảm biến quang trong không gian.



Hình 8. Cơ chế hình thành khuyết tật sau khi chiếu tia điện tử phóng xạ của HPT.

4. KẾT LUẬN

Các tác động của tia điện tử phóng xạ năng lượng cao lên hiệu năng của các cảm biến quang InGaP/GaAs HPT đã được nghiên cứu trong báo cáo này. Hiệu năng của cả N-HPT và L-HPT đều suy giảm đáng kể sau khi chiếu tia điện tử phóng xạ năng lượng cao. Nghiên cứu cũng đã xem xét hiệu quả của lớp bảo vệ vùng phát trong trường hợp chiếu tia điện tử phóng xạ. Để xác định xem sự hình thành khuyết tật xảy ra chủ yếu ở vùng mép cực phát hay ở bên trong khối tinh thể, chúng tôi đã thay đổi các giá trị khác nhau của A (diện tích vùng phát) và P (chu vi lề vùng phát) để thay đổi tỷ lệ P/A tương ứng với 0.08, 0.14, 0.27, 0.36, 0.43, và 0.53. Chúng tôi đã thay đổi mức chiếu xạ của tia điện tử từ 1.0×10^{14}, 5.0×10^{14} đến 1.0×10^{15} cm^{-2}. Dòng gốc I_B được thay đổi theo các giá trị 1, 2, 3, 4, và 5 μA để đảm bảo rằng không có ứng suất điện lên HPT trong quá trình đo lường sau khi chiếu tia điện tử phóng xạ.

Trước khi chiếu tia điện tử phóng xạ, chúng tôi đã nhận thấy rằng tỷ lệ P/A tăng từ 0.08 đến 0.27 dẫn đến sự giảm của hệ số khuếch đại dòng điện β cho cả N-HPT và L-HPT, và không có sự biến đổi đáng kể của β ở tỷ lệ P/A lớn hơn. Tuy nhiên, đối với dòng quang ở vùng thu ΔI_C, không có sự khác biệt đáng kể nào giữa L-HPT và N-HPT được quan sát trong tất cả các mức chiếu xạ và tỷ lệ P/A.

Khi mức chiếu xạ của tia điện tử phóng xạ tăng lên, ở tất cả các mẫu với tỉ lệ P/A khác nhau, cả N-HPT và L-HPT đều thấy sự giảm của hệ số khuếch đại dòng điện β. Trong trường hợp của N-HPT, β giảm cho đến 5.0 × 10^{14}, nhưng tăng lên ở 1.0 × 10^{15} cm^{-2} hoặc cao hơn. Trong khi đó, ở L-HPT, β giảm từ 5.0 × 10^{14} cm^{-2}, nhưng sau đó thì không có sự biến đổi đáng kể. Ở cả hai loại HPT, đối với hầu hết các giá trị P/A, tỷ lệ thay đổi ΔI_C tăng dần khi ở mức 1.0 × 10^{14} cm^{-2} và sau đó giảm dần. Tuy nhiên, ở mức 1.0 × 10^{15} cm^{-2}, N-HPT lại có tỷ lệ thay đổi đảo ngược thành âm ở tất cả các giá trị P/A, trong khi ở L-HPT nó vẫn duy trì dương. Sự khác biệt về tỷ lệ thay đổi β giữa cả hai loại HPT có thể được giải thích bằng sự khác biệt về mật độ dòng gốc hiệu quả do sự khác biệt về diện tích, trong khi sự khác biệt về dòng quang ở vùng thu khi có ánh sáng chiếu vào được cho là phụ thuộc vào sự khác biệt về dòng quang gốc hiệu quả và mật độ dòng tương ứng của β. Sự suy giảm dường như là hiện tượng liên quan đến sự hình thành khuyết tật bên trong tinh thể hơn là liên quan sự hình thành khuyết tật xung quanh vùng mép cực phát hay liên quan đến sự suy giảm do ứng suất điện. Lớp bảo vệ vùng phát được chứng minh là có hiệu quả trong việc kiềm chế sự suy giảm hiệu năng của cảm biến quang HPT do tia điện tử phóng xạ gây nên.

5. LỜI CẢM ƠN

Kết quả được trình bày trong bài báo này dựa trên các thí nghiệm được thực hiện tại Đại học Thông tin – Truyền thông (University of Electro – Communications - UEC), Tokyo, Nhật Bản. Thí nghiệm chiếu xạ tia điện tử năng lượng cao được tiến hành tại Viện nghiên cứu Quốc gia về Khoa học và Công nghệ Lượng tử (National Institutes for Quantum Science and Technology - QST) tại Takasaki, Nhật Bản. Nhóm tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Giáo sư Shinji Nozaki và Giáo sư Kazuo Uchida của Đại học Thông tin – Truyền thông (University of Electro – Communications - UEC), Tokyo, Nhật Bản đã chỉ đạo chính cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. Chandrasekhar, "High-speed monolithic p—i—n/HBT and HPT/HBT photoreceivers implemented with simple phototransistor structure," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 5, no. 11, pp. 1316–1318, Nov. 1993.

[2] H. Kamitsuna, Y. Matsuoka, S. Yamahata, and N. Shigekawa, "Ultrahighspeed InP/InGaAs DHPTs for OEMMICs," IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 49, no. 10, pp. 1921–1925, Oct. 2001.

[3] K. H. Ha et al., "High-speed Ga0.51In0.49P/GaAs heterojunction phototransistors," Electron. Lett., vol. 31, no. 16, pp. 1386–1387, Aug. 1995.

[4] C-K. Song et al., "Optical characteristics of InGaP/GaAs HPTs," IEEE Electron Device Lett., vol. 22, no. 7, pp. 315–317, Jul. 2001.

[5] S. Vuppala, C. Li, P. Zwicknagl, and S. Subramanian, "Neutron, proton, and electron irradiation effects in InGaP/GaAs single heterojunction bipolar transistors," IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 50, pp. 1846,-1851 Dec. 2003.

[6] A. Sarkar, S. Subramanian, and S. M. Goodnick, "Electron irradiation effects in AlGaAs/GaAs single heterojunction bipolar transistors," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 47, pp. 2024-2030, Nov. 2000.

[7] A. Bandyopadhyay, S. Subramanian, S. Chandrasekhar, A. G. Dentai, and S. M. Goodnick, "Degradation of DC characteristics of InGaAs/InP single heterojunction bipolar transistors under electron irradiation," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 46, pp. 840-849, May 1999.

[8] A. Shatalov, S. Subramanian, S. Chandrasekhar, A. Dentai, and S. M. Goodnick, "Electron irradiation effects in polyimide passivated InP/InGaAs single heterojunction bipolar transistors," IEEE Trans.Nucl. Sci., vol. 46, pp. 1708-1715, Dec. 1999.

[9] A. Bandyopadhyay, S. Subramanian, S. Chandrasekhar, A. G. Dentai, and S. M. Goodnick, "Degradation of InGaAs/InP double heterojunction bipolar transistors under electron irradiation," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 46, pp. 850-858, May 1999.

[10] S-W. Tan et al., "Characterization and modeling of three-terminal heterojunction phototransistors using an InGaP layer for passivation," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 52, no. 2, pp. 204–210, Feb. 2005.

[11] W. Liu, E. Beam, T. Henderson, and S-K. Fan, "Extrinsic base surface passivation in GaInP/GaAs heterojunction bipolar transistors," IEEE Electron Device Lett., vol. 14, no. 6, pp. 301–303, Jun. 1993.

[12] O. Ueda et al., "Current status of reliability of InGaP/GaAs HBTs," SolidState Electron., vol. 41, no. 10, pp. 1605–1610, Oct. 1997.

[13] A. A. Rezazadeh et al., "Bias and temperature stress reliability of InGaP/GaAs HBTs," in Proc. IEEE 38th Annu. Int. Rel. Phys. Symp., 2000, pp. 250–257.

[14] M. G. Adlerstein and J. M. Gering, "Current induced degradation in GaAs HBT's," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 47, no. 2, pp. 434–439, Feb. 2000.

[15] N. Pan et al., "High reliability InGaP/GaAs HBT," IEEE Electron Device Lett., vol. 19, no. 4, pp. 115–117, Apr. 1998.

[16] A. Kurokawa et al., "Effects of surface recombination on dc characteristics of InGaP/GaAs heterojunction bipolar transistors," Inst. Electron., Inf. Commun. Eng. (IEICE), Tokyo, Japan, Tech. Rep. ED2005-198, MW2005-152, Jan. 2006.

[17] F-Y. Yang, S. Nozaki, K. Uchida, and A. Koizumi, "Improvement in reliability of InGaP/GaAs HBT's by ledge passivation," Inst. Electron., Inf. Commun. Eng. (IEICE), Tokyo, Japan, Tech. Rep. ED2007-217, MW2007-148, Jan. 2008.

[18] C-K. Song and P-J. Choi, "Effects of InGaP heteropassivation on reliability of GaAs HBTs," Microelectron. Rel., vol. 39, no. 12, pp. 1817–1822, Dec. 1999.

[19] Phuc Hong Than, "A Study on Fabrication and Reliability of the InGaP/GaAs Heterojunction Phototransistor Powered by an On-Chip GaAs Solar Cell," Ph. D Thesis in EE, Department of Engineering Science, Graduate School of Information and Engineering Sciences, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, March 2016 (Writen in Japanese).

NGUYỄN DUY KHÁNH

TS. Nguyễn Duy Khánh tốt nghiệp đại học tại Khoa Vật lý, Đại học Khoa học Tự nhiên Thành phố Hồ Chí Minh, Thạc sĩ và Tiến sĩ tại Đại học Tohoku, Nhật Bản. Hiện tại TS. Nguyễn Duy Khánh công tác tại Khoa Vật lý Ứng dụng, Đại học Tokyo với hướng nghiên cứu tập trung vào một số lĩnh vực của vật lý chất rắn như vật liệu lượng tử, vật liệu đa sắt từ và các cấu trúc từ có tính chất tôpô.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0303

SKYRMION TỪ TÍNH: CƠ CHẾ HÌNH THÀNH, ĐẶC TRƯNG VÀ CÁC TRIỂN VỌNG

Nguyễn Duy Khánh

Khoa Vật lý Ứng dụng, Đại học Tokyo
Email: khanh@ap.t.u-tokyo.ac.jp

TÓM TẮT:

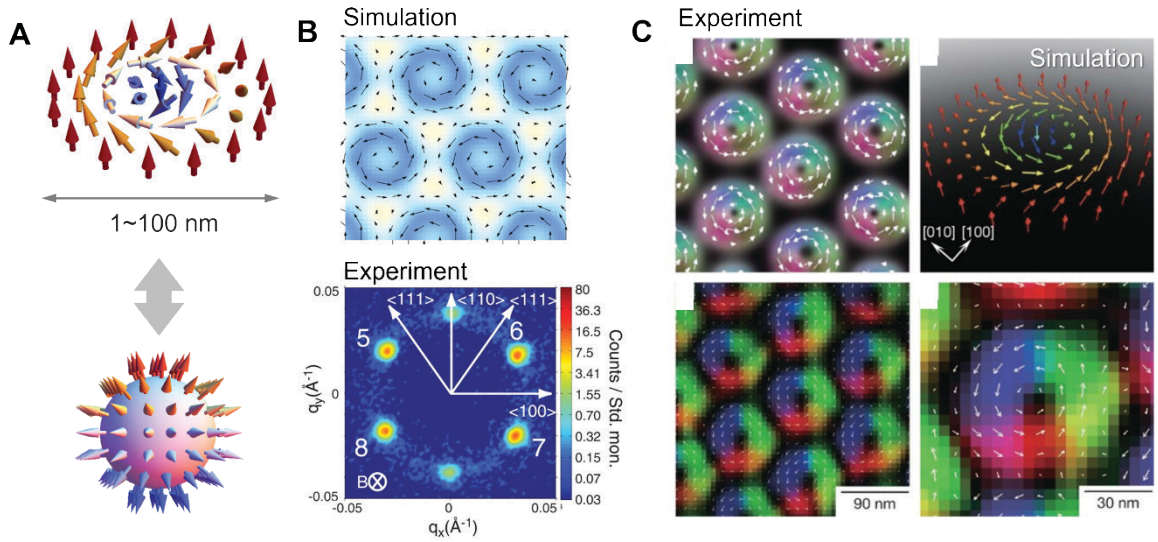
Các đối tượng có tính chất tôpô trong vật lý chất rắn thu hút nhiều sự quan tâm, được xem là nguồn gốc của các hiện tượng phong phú. Một ví dụ điển hình là skyrmion từ tính, một cấu trúc dạng xoáy mang các đặc tính tương tự các hạt, có vai trò quan trọng trong việc thiết kế các bit thông tin mật độ cao. Việc tìm kiếm các hệ vật liệu mới, cũng như các cơ chế mới giúp ổn định và điều khiển skyrmion một cách hiệu quả đóng vai trò quan trọng, hướng tới đưa skyrmion ứng dụng trong các thiết bị điện tử tiên tiến đa chức năng. Trong bài viết này, chúng tôi xin điểm qua một số đặc điểm tiêu biểu về tính chất vật lý, các vật liệu cũng như một số khía cạnh trong triển vọng ứng dụng loại giả hạt thú vị này.

Từ khóa: *Skyrmion; spin texture; tôpôlogy; emergent magnetic field; racetrack memory*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các vật liệu từ tính đóng vai trò quan trọng trong đời sống thường ngày cũng như các thiết bị điện tử thiết yếu. Trong các vật liệu như vậy, tính chất từ được hình thành sự sắp xếp của các mô-men từ (spin) thành các cấu trúc trật tự, chẳng hạn như vật liệu sắt từ (các mô-men từ song song, cùng hướng) hay phản sắt từ (mô-men từ song song, ngược hướng). Trong một số trường hợp (do cấu trúc tinh thể, cạnh tranh tương tác, các nhiễu loạn trường ngoài …), các mô-men từ này không được ổn định trong các cấu trúc đơn giản, mà thay vào đó hình thành nên một số cấu trúc đặc biệt, được gọi là các cấu trúc không đồng hướng (non-collinear) hoặc không đồng phẳng (non-coplanar), có vai trò quan trọng trong việc tạo ra các tính chất mới. Trong đó, một trong những đặc tính nổi bật của các cấu trúc spin không đồng phẳng là các các cấu trúc này có thể tạo ra một từ trường hiệu dụng (emergent magnetic field) thông qua cơ chế scalar spin chirality gắn liền với một số hiện tượng độc đáo, chẳng hạn như hiệu ứng Hall tôpô, giúp cung cấp một cơ chế mới để điều khiển các đặc tính điện tử trong vật liệu từ tính. Ngoài ra, các cấu trúc spin không đồng phẳng thường liên kết với các đặc tính cấu trúc tôpô giúp chúng đặc biệt ổn định trước các nhiễu loạn, đóng vai trò quan trọng đối với các ứng dụng tiềm năng trong lưu trữ dữ liệu. Nhìn chung, các kết cấu spin không đồng phẳng có thể mở ra những định hướng thú vị cho cả nghiên cứu cơ bản lẫn ứng dụng.

Một trong những cấu trúc không đồng phẳng được quan tâm nhất là các skyrmion từ tính, trong đó các mô-men từ được sắp xếp theo một trật tự tương tự như các xoáy nước. Khái niệm skyrmion được Tony Skyrme đề xuất lần đầu tiên vào những năm 1960 trong lĩnh vực vật lý hạt để giải thích tính ổn định của các hadron như là các khiếm khuyết tôpô được lượng tử hóa trong một trường liên



Hình 1. *(A) Cấu trúc của skyrmion gồm các spin được sắp xếp theo dạng xoáy nước, trong đó spin ở lõi hướng xuống còn các spin ở rìa hướng lên (hoặc ngược lại). Các spin này có thể phủ kín bề mặt của một hình cầu đơn vị. (B) Quan sát không trực tiếp skyrmion bằng nhiễu xạ neutron góc nhỏ, trong đó mạng lục giác của skyrmion được thể hiện thông qua cấu trúc tán xạ dạng lục giác. (C) Quan sát trực tiếp mạng lưới skyrmion bằng kính hiển vi điện tử truyền quan Lorentz. (Hình ảnh được trích dẫn từ tài liệu tham khảo [4,5] với sự cho phép của American Association for the Advancement of Science và Springer Nature)*

tục. Sau đó, khái niệm này dần trở nên phổ biến để mô tả các trật tự tôpô trong nhiều lĩnh vực của vật lý chất rắn và các trạng thái ngưng tụ, chẳng hạn như tinh thể lỏng, ngưng tụ Bose-Einstein, hiệu ứng Hall lượng tử... Gần đây, trong lĩnh vực từ học và vật liệu từ tính, khái niệm skyrmion được dùng để mô tả các cấu trúc spin cục bộ có tính chất hạt và thu hút được sự quan tâm mạnh mẽ trong cộng đồng vật lý chất rắn, spintronics cũng như vật liệu lượng tử [1-3].

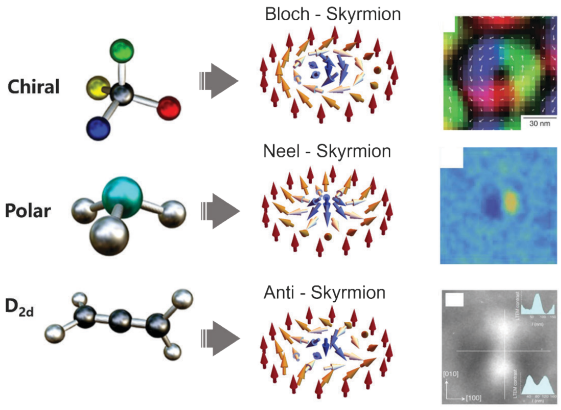
Hình 1(A) giới thiệu sơ lược 1 cấu trúc skyrmion, trong đó các mũi tên ứng với định hướng của các spin $\boldsymbol{n}(\boldsymbol{r})$ tại vị trí không gian $\boldsymbol{r} = (x, y)$. Spin ở lõi skyrmion hướng xuống, còn các spin ở rìa của skyrmion hướng lên (hoặc ngược lại). Các skyrmion được đặc trưng bởi số tôpô skyrmion N_{sk}, định nghĩa số lần hướng của các spin $\boldsymbol{n}(\boldsymbol{r})$ bao quanh một mặt cầu đơn vị. Về mặt toán học, số skyrmion được định nghĩa:

$$N_{sk} = \frac{1}{4\pi}\int \boldsymbol{n}\left(\frac{\partial \boldsymbol{n}}{\partial x}\times\frac{\partial \boldsymbol{n}}{\partial y}\right)dxdy$$

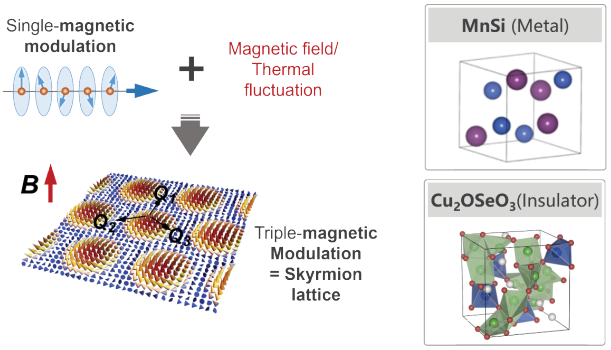
Trong đó, $\boldsymbol{n(r)} = \boldsymbol{m(r)}/|\boldsymbol{m(r)}|$ là vectơ đơn vị hướng dọc theo mômen từ cục bộ m(r). Điều này cho thấy các skyrmion từ tính có các đặc tính của một hạt đếm được. Thông thường, các skyrmion có kích thước dao động trong khoảng từ hàng trăm đến vài nanomet. Trong vật liệu kim loại, chuyển động của các skyrmion có thể được điều khiển một cách hiệu quả bởi dòng điện thông qua cơ chế spin transfer torque. Trong cơ chế này, động lượng của các electron dẫn được truyền cho các mô-men từ cục bộ (localized moment) của vật liệu. Khi có dòng điện truyền qua, các electron dẫn sẽ bị phân cực spin. Nếu các electron phân cực spin này di chuyển qua một vùng có từ trường cục bộ không đồng nhất, chẳng hạn như của skyrmion, chúng tác dụng một mô-men xoắn (torque) lên các mô-men từ cục bộ, khiến skyrmion (hay các cấu trúc từ với từ trường cục bộ không đồng nhất) di chuyển hoặc thay đổi hình dạng. Ngoài ra, sự tương tác giữa các electron dẫn và skyrmion thông qua pha Berry lượng tử cũng dẫn đến các hiện tượng truyền vận độc đáo, chẳng hạn như hiệu ứng Hall tôpô. Với bản chất hạt ổn định, kích thước nhỏ và khả năng điều khiển hiệu quả bằng dòng điện, skyrmion từ tính được kỳ vọng là đóng vai trò tiềm năng trong việc truyền thông tin cũng như lưu trữ từ tính mật độ cao [1-3].

2. CƠ CHẾ HÌNH THÀNH VÀ CÁC HỆ VẬT LIỆU

Skyrmion trong các vật liệu từ được quan sát thành công lần đầu tiên vào năm 2009 thông qua một phương pháp gián tiếp là nhiễu xạ neutron góc nhỏ trên vật liệu MnSi [4], sau đó được quan sát trực tiếp bằng kính hiển vi điện tử ngay sau đó vào năm 2010 trên cùng hệ vật liệu [5]. Cho đến nay, các skyrmion từ tính chủ yếu được hình thành trong một nhóm các vật liệu đặc biệt có đối xứng nghịch đảo không gian (*inversion symmetry*) bị phá vỡ [6]. Trong các vật liệu như vậy tồn tại một loại tương tác đặc biệt, gọi là tương tác Dzyaloshinskii-Moriya (DM interaction) đóng vai trò quan trọng đối với sự hình thành skyrmion. Ở trạng thái cơ bản, tương tác DM sẽ cạnh tranh với các tương tác trao đổi (*exchange interaction*), hình thành nên trật tự xoắn ốc của các spin (*helical order*). Khi áp từ trường ngoài, các cấu trúc xoắn ốc tương tác với nhau, hình thành nên mạng lưới lục giác của các skyrmion từ tính. Trong cơ chế này, các skyrmion thường có kích thước trong khoảng từ vài chục đến hàng



Hình 2. *Các dạng skyrmion khác nhau được hình thành trong các hệ có cấu trúc tinh thể khác nhau. Skyrmion dạng Bloch trong các hệ lập thể (chiral), dạng Neel trong các hệ phân cực (polar) hoặc anti-skyrmion (các hệ D_{2d}). (Hình ảnh được trích dẫn từ tài liệu tham khảo [5,8,9] với sự cho phép của Springer Nature)*



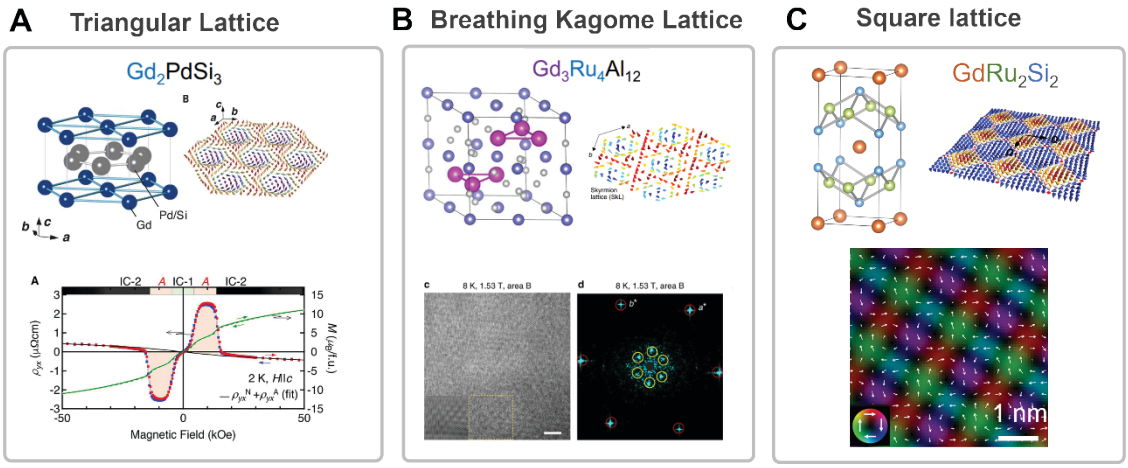
Hình 3. Nguyên tắc cơ bản hình thành mạng skyrmion. Ở trạng thái cơ bản, các spin được sắp xếp theo trật tự có cấu trúc xoắn ốc (helical state) trên một trục nhất định. Dưới tác động của các trường ngoài (từ trường, dao động nhiệt), các cấu trúc này kết hợp với nhau tạo nên mạng lưới skyrmion lục giác hoặc tứ giác. Một số vật liệu skyrmion tiêu biểu không có đối xứng tâm có thể kể đến MnSi (kim loại) hay Cu_2OSeO_3 (điện môi).

trăm nanomet. Bên cạnh đó, trong các hệ vật liệu này, cấu trúc tinh thể đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định cấu trúc các skyrmion. Về cơ bản, skyrmion trong các hệ không có đối xứng nghịch đảo được chia thành 3 loại chính, tùy thuộc tính đối xứng trong cấu trúc tinh thể [6], bao gồm: (i) Bloch skyrmion trong các hệ đối xứng lập thể (*chiral symmetry*) [4,5,7], (ii) Neel skyrmion trong các hệ có đối xứng phân cực (*polar symmetry*) [8] và anti-skyrmion (trong các hệ không có đối xứng tâm, không phân cực nhưng cũng không lập thể, được gọi là các hệ có đối xứng D_{2d} hoặc S_4) [9]. Mỗi loại skyrmion nói trên có cấu trúc và tính chất đặc trưng, được tóm tắt trong Bảng 1.

Mặt khác, các nghiên cứu lý thuyết gần đây cho thấy skyrmion có thể được hình thành ngay cả trong các hệ có đối xứng tâm thông qua các cơ chế vi mô mới [10-14]. Trong đó có thể kể tới cơ chế bất ổn định hình học (*geometrical frustration*) [10-12], cho phép hình thành mạng lục giác của các skyrmion do cạnh tranh tương tác trao đổi cục bộ trên mạng tinh thể có cấu trúc tam giác hoặc kagome. Một cơ chế tiềm năng khác là tương tác đa spin (thường là 4) do các electron tự do trong kim loại hoặc hợp kim, giúp hình thành mạng skyrmion theo lưới vuông hoặc lục giác trên các hệ tinh thể có tính đối xứng cao (như lục giác hoặc tứ giác) [13,14].

Song song với các nghiên cứu lý thuyết mới, việc tìm kiếm một hệ vật liệu thích hợp để xác định bằng thực nghiệm các cơ chế này là một thách thức quan trọng. Gần đây, một nghiên cứu phát hiện rằng có thể tồn tại một mạng lục giác của skyrmion trong một vật liệu có cấu trúc mạng tam giác có đối xứng tâm Gd_2PdSi_3 [15]. Các skyrmion trong vật liệu mới này có kích thước siêu nhỏ $\lambda_{sk} \sim 2,4$ nm. Về nguyên tắc, skyrmion có kích thước càng nhỏ thì từ trường hiệu dụng sinh ra càng lớn, tương ứng với hiệu ứng Hall tôpô khổng lồ quan sát được trong vật liệu này ở pha skyrmion. Sự hình thành mạng lưới skyrmion lục giác cũng được báo cáo với vật liệu $Gd_3Ru_4Al_{12}$, cũng là một hệ có đối xứng trung tâm với mạng kagomé bất đối xứng [16]. Trong các vật liệu này, sự bất định hình học (*geometrical frustration*) được coi là điểm mấu chốt đóng vai trò thiết yếu đối với sự hình thành skyrmion. Tuy nhiên, các vật liệu nói trên cũng được đặc trưng bởi các đặc tính vận chuyển kim loại và cơ chế tương tác 4 spin nói trên cũng có thể đóng vai trò quan trọng. Do đó, vẫn còn một câu hỏi quan trọng là liệu có thể hình thành skyrmion trong các hệ có đối xứng tâm mà nhưng không tồn tại sự bất định hình học (lưới tam giác, lưới kagome) hay không. Ngoài ra, hiện tượng bất định hình học thường xảy ra ở nhiệt độ tương đối thấp, trong khoảng từ millikelvin tới vài chục kelvin. Do đó, skyrmion hình thành theo cơ chế này sẽ hình thành trong khoảng nhiệt độ nói trên, tương ứng với sự hình thành các trật tự từ, khiến ứng dụng skyrmion vào các linh kiện điện tử bị giới hạn.

Nghiên cứu của chúng tôi tập trung giải quyết vấn đề nói trên, tập trung vào cơ chế hình thành skyrmion hoàn toàn mới thông qua một hệ vật liệu có mạng tinh thể tứ phương, giúp loại trừ yếu tố bất định hình học [13,14]. Cơ chế này sử dụng các tương tác do các electron dẫn trong kim loại đóng vai trò trung gian. Thông qua việc phân tích sự tương tác vi mô của các spin trong vật liệu này bằng phương pháp tán xạ công hưởng tia X kết hợp với kính hiển vi điện tử, nghiên cứu này phát hiện ra rằng hệ vật liệu tứ phương $GdRu_2Si_2$ với cấu trúc tinh thể đơn giản có thể hình thành mạng lưới vuông các skyrmion có đường kính chỉ 1,9 nm. Các kết quả trên cho thấy các skyrmion siêu nhỏ có thể được ổn định phổ biến trong các vật liệu có cấu trúc đối xứng cao (tứ phương, lục phương hay lập phương) với các tương tác được trung gian bởi các electron dẫn, giúp xây dựng một nguyên tắc mới trong việc thiết kế vật liệu skyrmion [17]. Khi xem xét skyrmion với vai trò là hạt mang thông tin, việc giảm kích thước có thể trực tiếp dẫn đến việc nâng cao mật độ



Hình 4. Một số hệ vật liệu skyrmion tiêu biểu sử dụng các hợp chất liên kiêm loại đất hiếm có đối xứng tâm. Trong các hệ này, mạng lưới skyrmion được ổn định thông qua các cơ chế mới như bất định hình học hoặc tương tác đa spin. (A) Mạng lưới tam giác trong hệ lục phương Gd_2PdSi_3, trong đó mạng lục giác của skyrmion gây ra hiệu ứng Hall tôpô khổng lồ. Hiện tượng tương tự cũng được ghi nhận trong mạng kagome bất đối xứng $Gd_3Ru_4Al_{12}$ (B). (C) Mạng skyrmion vuông được phát hiện trong hệ tứ phương $GdRu_2Si_2$. Điều này cho thấy trong các hợp chất có đối xứng tâm, cấu trúc của mạng skyrmion được quyết định bởi cấu trúc tinh thể, một hoàn toàn khác với skyrmion trong các hệ không có đối xứng tâm. Trong các hệ này, mạng skyrmion luôn có cấu trúc lục giác, bất kể cấu trúc tinh thể. (Hình ảnh được trích dẫn từ tài liệu tham khảo [15-17] với sự cho phép của American Association for the Advancement of Science và Springer Nature)

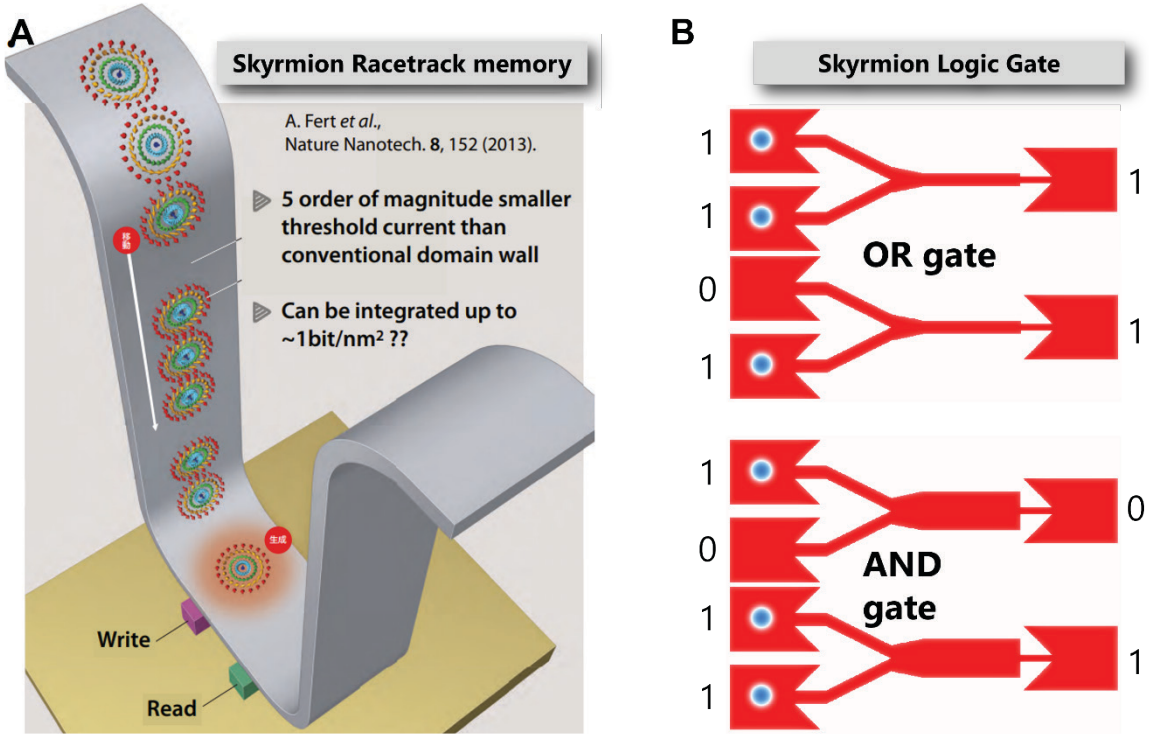
thông tin. Do đó, nghiên cứu trên có ý nghĩa khá quan trọng đối với việc đưa skyrmion vào ứng dụng thực tế. Bên cạnh đó, các hợp chất liên kim loại đất hiếm là một lớp vật liệu rất rộng. Phát hiện nói trên giúp mở rộng phạm vi các vật liệu có thể hình thành skyrmion, chứ không chỉ giới hạn ở một số ít các vật liệu không có đối xứng tâm. Cuối cùng, hiện tượng bất định hình học chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất thấp, do đó phát hiện skyrmion có thể được tạo ra mà không cần thông qua cơ chế này khiến gia tăng khả năng ổn định skyrmion ở nhiệt độ phòng, có vai trò thúc đẩy to lớn hướng tới việc đưa skyrmion vào các ứng dụng.

3. TRIỂN VỌNG VÀ CÁC ỨNG DỤNG

Việc đọc thông tin cũng như điều khiển các skyrmion có ý nghĩa quan trọng. Trong vật liệu kim loại, skyrmion tương tác với các electron dẫn thông qua cơ chế *spin transfer torque*, giúp skyrmion có thể chuyển động tịnh tiến theo dòng điện với mật độ dòng tới hạn cực thấp. Mặt khác, trường điện từ hiệu dụng sinh ra từ các skyrmion cũng liên quan đến hiệu ứng Hall tôpô và hiệu ứng Hall skyrmion. Ở đây, hiệu ứng Hall tôpô (*tôpôlogical Hall*) hoặc hiệu ứng Hall đồng phẳng (*planar Hall*) được xem phương pháp để phát hiện skyrmion một cách hiệu quả, còn lực động học spin (spin motive force) có thể cho phép tạo ra năng lượng hiệu quả thông qua chuyển đổi giữa spin và điện tích. Do cường độ của trường điện từ hiệu dụng tỷ lệ thuận với mật độ skyrmion, nên việc sử dụng skyrmion có kích thước nhỏ hơn là rất quan trọng. Các quá trình sinh và hủy skyrmion cũng liên quan đến các khái niệm nền tảng như đơn cực từ (*emergent magnetic monopole*), và việc nghiên cứu sâu hơn về tính chất của chúng cũng là các đối tượng nghiên cứu thú vị. Ngoài ra, điều khiển skyrmion bằng các trường ngoài, chẳng hạn như dòng điện, sóng spin, nhiệt, anh sáng … cũng có nhiều ý nghĩa hướng tới việc phát triển các ứng dụng tương lai.

Đối với các vật liệu cách điện, cấu trúc skyrmion có thể sinh ra phân cực điện trường (*polarization*) và động lực học của chúng thể được điều khiển bởi điện trường ngoài mà không bị tổn hao do hiệu ứng Joule thông qua cơ chế kết hợp điện từ (*magnetoelectric coupling*) [7]. Hiện tượng kết hợp điện từ mạnh cũng có thể đóng vai trò quan trọng trong việc khám phá tính chất lan truyền không thuận nghịch của dòng các giả hạt khác nhau, chẳng hạn như photon (ánh sáng) hay magnon (kích thích tập thể của các spin). Cho tới nay, số lượng vật liệu cách điện chứa skyrmion vẫn còn hạn chế so với các vật liệu kim loại, một phần là do tương tác trao đổi ở trạng thái cách điện thường là phản sắt từ. Việc khám phá và tìm hiểu các skyrmion đa sắt từ ở nhiệt độ phòng với độ phân cực điện trường lớn là một thách thức quan trọng.

Liên quan đến các ứng dụng thực tế, một trong những hướng nghiên cứu thu hút nhiều sự quan tâm nhất là sử dụng các skyrmion cho bộ nhớ racetrack. Thiết bị này có nguyên tắc hoạt động tương tự đối với bộ nhớ racetrack cho các vách domain (*domain wall*) [3,18]. Thông qua việc khai thác đặc tính solitonic của skyrmion, thông tin có thể được mã hóa bằng một chuỗi các skyrmion riêng biệt trong một dải vật liệu từ 1 chiều (*racetrack*). So với các vách domain, skyrmions có lợi thế hơn vì mức độ tích hợp cao cao. Bằng cách giảm chiều rộng của dải, trong quá trình chuyển động khi áp dòng điện, skyrmion di



Hình 5. *Một số đề xuất về ứng dụng thực tế của skyrmion đối với công nghệ lưu trữ và truyền dữ liệu. (A) Bộ nhớ skyrmion racetrack, trong đó các skyrmion được truyền dọc theo một dải vật liệu từ bằng dòng điện. Skyrmion có thể được nhận ra và điều khiển thông qua các cổng "Read" và "Write" lắp đặt ở một số vị trí nhất định. (B) Các cổng logic dựa trên thiết bị có cấu trúc nano sử dụng sự chuyển đổi giữa skyrmion và vách domain. (Hình ảnh được trích dẫn từ tài liệu tham khảo [3,18] với sự cho phép của Springer Nature)*

chuyển theo chính xác dọc theo dải này. Các nghiên cứu mô phỏng cho thấy khoảng cách giữa các skyrmion lân cận trên một dải có thể được xác định dựa trên kích thước của chúng, do đó so với vách domain, bộ nhớ racetrack sử dụng skyrmion có thể có mật độ cao hơn. Sự dịch chuyển của các skyrmion trên dải này có thể được phát hiện bằng cách sử dụng các thiết bị từ điện trở xuyên hầm tiêu chuẩn (tunnelling magnetoresistance), tương tự như đối với vách domain, hoặc thông qua các nguyên tắc khác dựa trên các hiện tượng truyền vận cụ thể liên quan đến bản chất cấu trúc của skyrmions, chẳng hạn như từ điện trở phi tuyến tính, hoặc hiệu ứng Hall tôpô. Về mặt tiêu thụ năng lượng, mặc dù tỷ lệ vận tốc và mật độ dòng điện giữa skyrmion và vách domain được cho là không có sự khác biệt đáng kể, tuy nhiên hình dạng và quỹ đạo linh hoạt cho phép skyrmion di chuyển với dòng điện điều khiển tương đối nhỏ. Một điểm nổi bật khác là bộ trớ ractrack skyrmion có thể dễ dàng điều chỉnh để tạo ra skyrmion transistor có kích thước nano. Bằng cách bổ sung thêm cổng vào một số phần nhất định của dải và điều chỉnh cục bộ các tính chất từ thông qua việc áp điện trường, việc truyền skyrmion có thể được cho phép hoặc bị cấm, tương ứng với các trạng thái "1" và "0" trong các transistor.

Bên cạnh đó, skyrmion có thể được xem là một 'hạt' độc lập khiến chúng có khả năng được áp dụng trong các thiết bị logic spin [19]. Kết quả các mô phỏng đối với các dải vật liệu từ có kích thước nano với chiều rộng khác nhau cho thấy một skyrmion có thể được chuyển đổi thành một cặp vách domain và ngược lại. Về nguyên tắc, cơ chế chuyển đổi này cho phép sao chép hoặc hợp nhất các skyrmion theo ý muốn thông qua việc thiết kế các cấu trúc nano cụ thể, khiến chúng có thể thực hiện các tính toán logic cơ bản. Dựa trên các nguyên tắc này, các nghiên cứu gần đây đề xuất xây dựng các cổng logic Skyrmion AND và OR, bước đầu tiên trong việc hiện thực hóa một cấu trúc logic hoàn chỉnh nhằm mục tiêu vượt qua các thiết bị logic quay hiện có cũng như đạt được chức năng tương tự với mức độ tích hợp cao hơn.

4. NGHIÊN CỨU SKYRMION TẠI NHẬT BẢN

Trong bối cảnh đó, Nhật Bản là một trong những quốc gia tiên phong trong các nghiên cứu liên quan đến skyrmion trên nhiều khía cạnh từ lý thuyết đến thực nghiệm, bao gồm cơ chế hình thành, các nghiên cứu thực nghiệm về tính chất và quan sát cấu trúc skyrmion, phát triển vật liệu và các nghiên cứu ứng dụng. Trong số này có thể kể đến một số công trình tiêu biểu như quan sát skyrmion và các cấu truc spin tôpô bằng kính hiển vi điện tử Lorentz (L-TEM) của nhóm giáo sư Yoshinori Tokura và Tiến sĩ Xiuzhen Yu thuộc viện RIKEN, các nghiên cứu nền tảng về lý thuyết – cơ chế hình thành và điều khiển skyrmion của nhóm giáo sư Naoto Nagaosa (RIKEN) và giáo sư Yukitoshi Motome (Đại học Tokyo), Satoru Hayami (Đại học Hokkaido) hay các nghiên cứu về phát triển vật liệu, bao gồm skyrmion trong các vật

liệu multiferroic (đa sắt từ) đến các hệ đất hiếm liên kim loại của giáo sư Shinichiro Seki (Đại học Tokyo). Song song với các nghiên cứu cơ bản, một số công trình ứng dụng skyrmion trong trong các lĩnh vực điện tử và spintronics, tiêu biểu có thể kể đến các công trình về skyrmion trong các cấu trúc màng mỏng dị thể của nhóm giáo sư Yoshichika Otani (RIKEN, Đại học Tokyo) hay nghiên cứu về ứng dụng skyrmion trong tính toán mạng neuron của giáo sư Tomoyuki Yokouchi (RIKEN, Đại học Tokyo), cùng các công trình nổi bật khác của nhiều nhóm nghiên cứu trên cả nước.

Nhóm nghiên cứu tác giả hiện đang công tác (giáo sư Shinichiro Seki, Đại học Tokyo) tập trung vào thiết kế và phát triển vật liệu lượng tử dựa trên tính đối xứng và cấu trúc tôpô (bao gồm skyrmion, các cấu trúc phản sắt từ tôpô, altermagnetism…). Nhóm đặt mục tiêu phát hiện những hiện tượng lượng tử độc đáo thông qua thiết kế và tổng hợp các vật liệu mới bằng kỹ thuật tiên tiến, song song với tìm hiểu các chức năng điện tử mới sử dụng cho nhiều ứng dụng khác nhau.

5. KẾT LUẬN

Tóm lại, skyrmion là một giả hạt (*quasi particle*) ổn định về mặt cấu trúc, có thể được quan sát trong một số hệ vật liệu đặc biệt. Do skyrmion được tạo thành từ nhiều spin nên các nhiễu loại do nhiệt hay các quá trình lượng tử khá nhỏ, có lợi cho các ứng dụng bộ nhớ. Bên cạnh đó, hiện vẫn còn nhiều vấn đề hấp dẫn và quan trọng cần được giải quyết, chẳng hạn như các quá trình tạo và hủy skyrmion, sự hình thành các cấu trúc phức hợp như meron, anti-meron, các cấu trúc skyrmion ba chiều (*hedgehog*), cũng như các hiện tượng không cân bằng dưới tác dụng của dòng điện. Từ góc độ ứng dụng, việc chế tạo các mẫu có kích thước nano, song song với việc thiết kế và đánh giá khả năng hoạt động của các mạch logic skyrmion thông qua các hiểu biết về tính chất vật lý cơ bản của skyrmion có vai trò quan trọng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Rößler, U. K. et. al. “Spontaneous skyrmion ground states in magnetic metals”, Nature vol. 442, pp. 797–801 (2006).

[2] Schulz, T. et al. “Emergent electrodynamics of skyrmions in a chiral magnet”, Nat. Phys. vol. 8, pp. 301–304 (2012).

[3] Fert, A., Cros, V. & Sampaio, J. “Skyrmions on the track”, Nat. Nanotechnol. vol. 8, pp. 152–156 (2013).

[4] Mühlbauer, S. et al. “Skyrmion lattice in a chiral magnet”, Science vol. 323, pp. 915–919 (2009).

[5] Yu, X. Z. et al. “Real-space observation of a two-dimensional skyrmion crystal”, Nature vol. 465, pp. 901–904 (2010).

[6] Kanazawa, N. Seki, S. & Tokura, Y. “Noncentrosymmetric magnets hosting magnetic skyrmions”, Adv. Mater. vol. 29, pp. 1603227 (2017).

[7] Seki, S., Yu, X. Z., Ishiwata, S. & Tokura, Y. “Observation of skyrmions in a multiferroic material”, Science vol. 336, pp. 198–201 (2012).

[8] Kézsmárki, I. et al. “Néel-type skyrmion lattice with confined orientation in the polar magnetic semiconductor GaV_4S_8”, Nat. Mater. vol. 14, pp. 1116–1122 (2015).

[9] Nayak, A. K. et. al. “Magnetic antiskyrmions above room temperature in tetragonal Heusler materials”, Nature vol. 548, pp. 561–566 (2017).

[10] Okubo, T., Chung, S. & Kawamura, H. “Multiple-q states and the skyrmion lattice of the triangular-lattice Heisenberg antiferromagnet under magnetic fields”, Phys. Rev. Lett. vol. 108, pp. 017206 (2012).

[11] Leonov, A. O. & Mostovoy, M. “Multiply periodic states and isolated skyrmions in an anisotropic frustrated magnet”, Nat. Commun. vol. 6, pp. 8275 (2015).

[12] Lin, S.-Z., Saxena, A. & Batista, C. D. “Skyrmion fractionalization and merons in chiral magnets with easy-plane anisotropy”, Phys. Rev. B vol. 91, pp. 224407 (2015).

[13] Ozawa, R., Hayami, S. & Motome, “Y. Zero-field skyrmions with a high tôpôlogical number in itinerant magnets”, Phys. Rev. Lett. vol. 118, pp. 147205 (2017).

[14] Hayami, S., Ozawa, R. & Motome, “Y. Effective bilinear-biquadratic model for noncoplanar ordering in itinerant magnets”, Phys. Rev. B vol. 95, pp. 224424 (2017).

[15] Kurumaji, T. et al. “Skyrmion lattice with a giant tôpôlogical Hall effect in a frustrated triangular-lattice magnet”, Science vol. 365, pp. 914-918 (2019).

[16] Hirschberger, M. et al. “Skyrmion phase and competing magnetic orders on a breathing kagomé lattice”, Nat. Commun. vol. 10, pp. 5831 (2019).

[17] Khanh, N. D. et al., “Nanometric square skyrmion lattice in a centrosymmetric tetragonal magnet”, Nat. Nanotechnol. vol. 15, pp. 444 (2020).

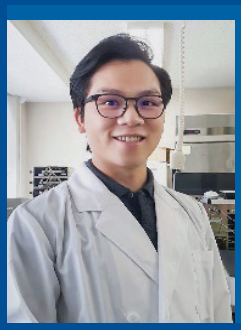
[18] Yu, G. et al., “Room-Temperature Skyrmion Shift Device for Memory Application”, Nano Lett. vol. 17, pp. 261–268 (2017).

[19] Zhang, X. et al., “Magnetic skyrmion logic gates: conversion, duplication and merging of skyrmions”, Sci. Rep. vol. 5, pp. 9400 (2015).

TÁI SỬ DỤNG TÀI NGUYÊN TỪ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ CHO SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP BỀN VỮNG

Phùng Đức Lực[1,*], Phạm Viết Dũng[2] và Watanabe Toru[3]

[1] Giáo sư Trợ lý, Khoa Nông nghiệp, Đại học Yamagata
Email: lucphung@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp
[2] Giáo sư Trợ lý, Khoa Kỹ thuật Đô thị, Đại học Tokyo
Email: dphamviet@env.t.u-tokyo.ac.jp
[3] Giáo sư, Khoa Nông nghiệp, Đại học Yamagata
Email: to-ru@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp



PHÙNG ĐỨC LỰC

Tiến sĩ Phùng Đức Lực đang nghiên cứu phát triển các giải pháp bền vững trong sản xuất nông nghiệp và quản lý môi trường nước, tập trung vào việc tái sử dụng nước thải đô thị đã qua xử lý và chất hữu cơ trong sản xuất cây trồng.

TS. Phùng Đức Lực đã nhận bằng tiến sĩ ngành Kỹ thuật Môi trường và Nông nghiệp tại Đại học Iwate, Nhật Bản vào năm 2021. Trước đó, anh đã nhận bằng Thạc sĩ Khoa học về Kỹ thuật và Các Hệ thống Nông nghiệp từ Viện Công nghệ Châu Á, Thái Lan vào năm 2016, và tốt nghiệp chương trình cử nhân Khoa học Cây trồng từ Chương trình Đào tạo Tiên Tiến tại Đại học Nông nghiệp Hà Nội, Việt Nam vào năm 2013.

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Luc-Phung

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6720-8365

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0304

TÓM TẮT:

Tận dụng tài nguyên từ các hệ thống xử lý nước thải đô thị trong sản xuất nông nghiệp không chỉ giúp giảm bớt lượng chất ô nhiễm thải vào môi trường mà còn tạo ra giá trị mới của nước thải cho ngành nông nghiệp. Sáng kiến này thúc đẩy tính bền vững của hệ thống sản xuất nông nghiệp dựa trên những nguyên tắc kinh tế tuần hoàn, nơi mà nước thải đô thị và bùn hoạt tính đã qua xử lý được tái sử dụng một cách hiệu quả và an toàn như một nguồn nước tưới và chất dinh dưỡng cho cây trồng. Chiến lược này có tiềm năng giảm bớt áp lực lên nguồn nước tự nhiên và giảm sự phụ thuộc vào phân bón tổng hợp, loại phân bón tiêu tốn nhiều năng lượng và là nguyên nhân chính gây ra lượng lớn khí nhà kính trong quá trình sản xuất. Bài viết này giới thiệu những sáng kiến và ứng dụng tiên phong tại Nhật Bản trong lĩnh vực tái sử dụng tài nguyên từ hệ thống nước thải đô thị cho sản xuất nông nghiệp. Nó đề xuất một mô hình đổi mới và linh hoạt, phù hợp với Việt Nam, một quốc gia đang tích cực định hình lại và cải thiện hạ tầng hệ thống thoát nước trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng. Việc áp dụng mô hình này tại Việt Nam được kỳ vọng sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc củng cố an ninh lương thực, thúc đẩy quản lý nguồn nước hiệu quả, xây dựng xã hội tuần hoàn, và giảm lượng carbon phát thải, từ đó hướng tới một tương lai bền vững và thịnh vượng hơn.

Từ khóa: *nông nghiệp bền vững, tuần hoàn tài nguyên nước thải, giảm phát thải khí nhà kính, kinh tế tuần hoàn*

1. GIỚI THIỆU

Hệ thống thu gom và xử lý nước thải đóng một vai trò thiết yếu trong việc duy trì môi trường sạch sẽ và khỏe mạnh trong các xã hội hiện đại, bao gồm cả các khu vực thành thị và nông thôn. Tại Nhật Bản, những hệ thống thoát nước này đang phục vụ khoảng 80% dân số, mặc dù tiêu thụ năng lượng cao và chi phí bảo dưỡng lớn [1]. Trong bối cảnh quốc gia này đang đối mặt với cơ sở hạ tầng xuống cấp và sự giảm dân số, đặc biệt ở khu vực nông thôn, việc duy trì và mở rộng những hệ thống này đến các khu vực có mật độ dân số thấp đang trở nên kém hiệu quả về chi phí. Tình hình này đánh dấu một nhu cầu cấp bách để đổi mới những hệ thống thoát nước này,

vượt qua những vai trò truyền thống của chúng trong việc ngăn ngừa lũ lụt và bảo vệ môi trường thông qua quản lý nước thải. Những thách thức mới về xã hội và kinh tế đòi hỏi một sự đánh giá lại về chức năng của những hệ thống này và những đóng góp tiềm năng của chúng đối với cộng đồng.

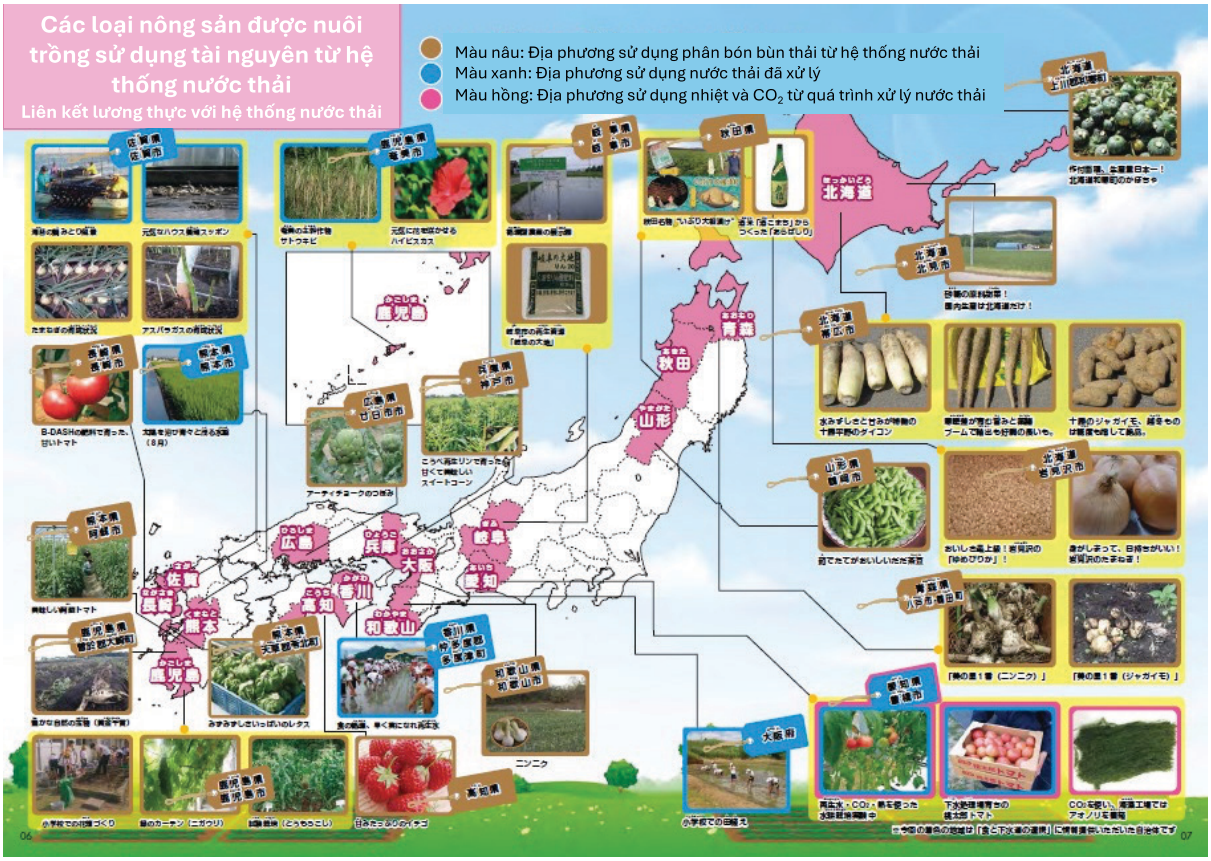
Chuyển đổi hệ thống thoát nước thành các trung tâm tái tạo tài nguyên nhằm khuyến khích nông nghiệp bền vững đánh dấu một bước tiến sáng tạo hướng tới nền kinh tế tuần hoàn. Chiến lược này đề xuất sử dụng hệ thống thoát nước và các nhà máy xử lý nước thải đô thị để biến chất thải thành nguồn tài nguyên quý giá, hỗ trợ sản xuất nông nghiệp và thắt chặt mối quan hệ giữa cơ sở hạ tầng đô thị và phát triển nông thôn. Sự kết hợp này hứa hẹn giảm bớt chi phí năng lượng và bảo dưỡng liên quan đến hệ thống thoát nước, đánh dấu bước đi tiên phong hướng tới một tương lai xanh hơn, nơi các nguồn tài nguyên được tận dụng tối đa, khuyến khích một xã hội tuần hoàn bền vững.

Bài viết này khám phá các sáng kiến và những nghiên cứu tiêu biểu trong việc tái sử dụng nguồn tài nguyên nước thải phục vụ xuất nông nghiệp trong chiến dịch "BISTRO GESUIDO" tại Nhật Bản. Thông qua việc phân tích những kết quả nghiên cứu ở Nhật Bản, chúng tôi hy vọng giải thích rõ tiềm năng to lớn của việc sử dụng cơ sở hạ tầng hệ thống thoát nước hiện có tại Việt Nam như một chất xúc tác để thúc đẩy sự phát triển nông nghiệp bền vững và bảo vệ môi trường.

2. CHIẾN DỊCH BISTRO GESUIDO TẠI NHẬT BẢN

Bắt đầu từ năm 2010, Bộ Đất đai, Cở sở hạ tầng, Giao thông và Du lịch (MLIT) phối hợp với Hiệp hội Công trình thoát nước Nhật Bản (JSWA) đã khởi xướng sáng kiến "BISTRO GESUIDO". Dự án này bao gồm việc thành lập "Đội Chiến lược Thúc đẩy Nước thải BISTRO" và xây dựng một mạng lưới hợp tác bao gồm các chính quyền địa phương và các đơn vị liên quan, đồng lòng trong việc khuyến khích sử dụng nguồn tài nguyên nước thải một cách hiệu quả [2]. "BISTRO GESUIDO", được dịch là "Hệ thống thoát nước BISTRO". Từ "BISTRO" có nguồn gốc tiếng Pháp và có ý nghĩa là một nhà hàng nhỏ, ấm cúng, cung cấp thực đơn đơn giản trong một không gian ấm áp, mời gọi, cùng với từ "GESUIDO", một thuật ngữ chỉ "hệ thống thoát nước thải" trong tiếng Nhật, thể hiện sự kết hợp độc đáo giữa sự tinh tế của ẩm thực và quản lý tài nguyên bền vững tiến bộ. Chiến dịch này là một sáng kiến mới trong phát triển đô thị bền vững và quản lý môi trường, được Chính phủ Nhật Bản ủng hộ và đang triển khai tại 17 trong số 47 tỉnh của Nhật Bản (như được mô tả trong Hình 1).

Sáng kiến này tập trung vào ba khía cạnh chính: (1) tận dụng nước thải đô thị đã qua xử lý, giàu dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng như nitơ (N) và photpho (P), để trồng lúa và tảo biển; (2) sử dụng bùn thải đã ủ làm phân hữu cơ cho cây trồng; và (3) sử dụng khí CO_2 và nhiệt sinh ra trong quá trình phân hủy kỵ khí của bùn thải



Hình 1. *Phân bố của các địa phương đang áp dụng mô hình BISTRO GESUIDO (các vùng màu hồng) với các loại cây trồng khác nhau tại Nhật Bản [3].*

để trồng trọt trong nhà kính [2]. Bên cạnh đó, mô hình BISTRO GESUIDO đang được triển khai một cách linh hoạt và đa dạng, thích ứng với nhu cầu cụ thể và điều kiện thực tế của mỗi địa phương. Trong các phần tiếp theo, chúng tôi sẽ đi sâu hơn vào việc áp dụng mô hình này tại thành phố Tsuruoka, tỉnh Yamagata, Nhật Bản.

3. DỰ ÁN BISTRO GESUIDO TẠI THÀNH PHỐ TSURUOKA

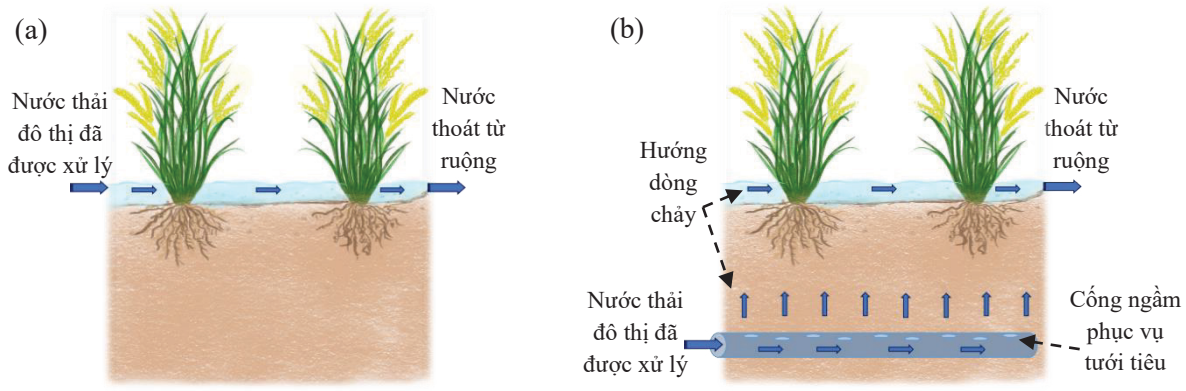
Từ năm 2017, nhóm nghiên cứu của chúng tôi tại Khoa Nông nghiệp, Đại học Yamagata, dưới sự lãnh đạo của Giáo sư Watanabe Toru, thông qua mô hình liên kết SAN-GAKU-KAN (Doanh nghiệp-Đơn vị nghiên cứu-Chính phủ), đã hợp tác với chính quyền thành phố Tsuruoka và các doanh nghiệp liên quan tại địa phương để nghiên cứu, khai thác, và áp dụng mô hình BISTRO GESUIDO. Tsuruoka là một thành phố nằm trên bờ biển phía tây bắc của đảo Honshu, thuộc tỉnh Yamagata, có diện tích hành chính là 1,312 km^2 và dân số tính đến tháng 6/2024 vào khoảng hơn 117,000 người. Thành phố này có mùa hè ngắn và mùa đông rất lạnh với nhiệt độ dao động từ -1–28 °C. Tsuruoka được UNESCO công nhận là một trung tâm văn hóa ẩm thực sáng tạo vào năm 2014, và hiện nay đang nỗ lực để tiến hành chuyển đổi sang một xã hội tuần hoàn, kết nối khu vực đô thị và nông thôn thông qua việc triển khai các kết quả nghiên cứu của chúng tôi trong mô hình BISTRO GESUIDO (Hình 2).

Dự án này đặc biệt tập trung vào việc tái sử dụng tài nguyên từ nhà máy xử lý nước thải đô thị trong sản xuất các nông sản thế mạnh và đặc trưng của Tsuruoka [4]. Phương pháp bón tưới (fertigation) sử dụng nước thải đô thị đã được xử lý để tưới cho những cây trồng quan trọng, như cây lúa nước, cũng như ứng dụng kỹ thuật thủy canh để trồng rau muống, húng tây, và các loại rau ăn lá khác, đang được chúng tôi nghiên cứu và thử nghiệm. Một hướng tiên tiến khác là việc sử dụng nước thải đã qua xử lý để nuôi cá Ayu, một loài cá đặc biệt thơm ngon và có giá trị kinh tế cao tại Nhật Bản.

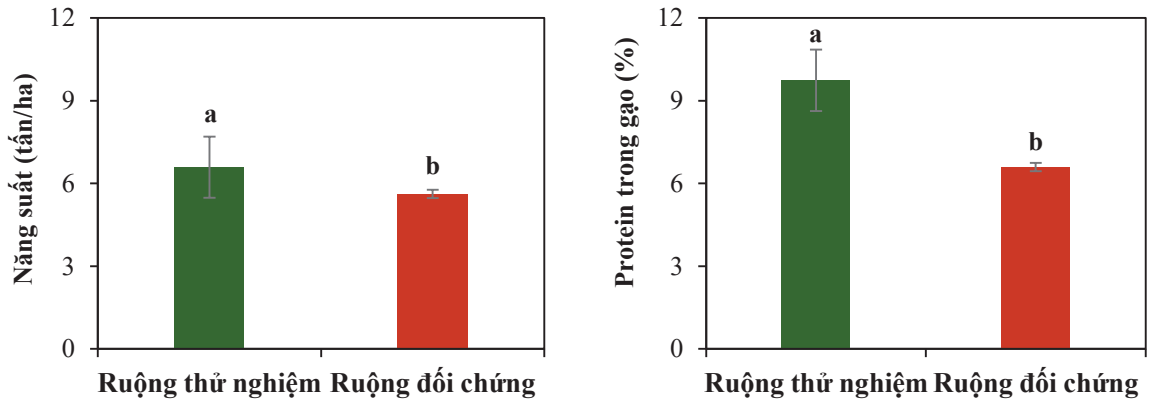
Bên cạnh việc tái sử dụng nước thải đã qua xử lý, bùn sau quá trình xử lý nước thải cũng đóng vai trò quan trọng như một nguồn tài nguyên sinh học vô giá. Quá trình ủ yếm khí biến đổi bùn thải thành khí sinh học (biogas) để phát điện, cung cấp năng lượng điện cho các hộ gia đình và nhà máy xử lý nước thải. Nhiệt lượng từ việc phát điện bằng biogas được sử dụng để làm nóng bể xử lý sinh học trong nhà máy xử lý nước thải và những nhà kính phục vụ trồng trọt, mang lại lợi ích đặc biệt trong mùa đông khi nhiệt độ giảm xuống dưới 0°C. Bùn thải sau giai đoạn lên men được ủ để sử dụng làm phân hữu cơ, hỗ trợ trong việc sản xuất cây trồng như ngô và các loại cây trồng giá trị cao khác.

Các nông sản như gạo và ngô có hàm lượng protein cao được dùng để thay thế nguyên liệu thức ăn gia súc nhập khẩu có giá thành cao và nguồn cung không ổn định. Điều này đã mang lại tác động tích cực lớn đối với sự ổn định nguồn cung thức ăn gia súc, cũng như cải thiện tỉ lệ tự cung tự cấp lương thực thực phẩm, hỗ trợ cho nền kinh tế địa phương thông qua mô hình kinh tế tuần hoàn hiệu quả và bền vững. Một số thành tựu nổi bật trong quá trình nghiên cứu sẽ được trình bày cụ thể trong phần tiếp theo.

Hình 2. Vận hành mô hình BISTRO GESUIDO tại thành phố Tsuruoka, Nhật Bản [4].



Hình 3. Mô phỏng phương pháp bón tưới bề mặt (a) và bón tưới ngầm (b) sử dụng nước thải đô thị đã xử lý trong canh tác lúa nước



Hình 4. Năng suất hạt (tấn/ha) và hàm lượng protein trong gạo (%) trên ruộng thử nghiệm (bón tưới liên tục bằng nước thải đô thị đã được xử lý) và ruộng đối chứng (bón bằng phân hóa học và tưới nước mương).

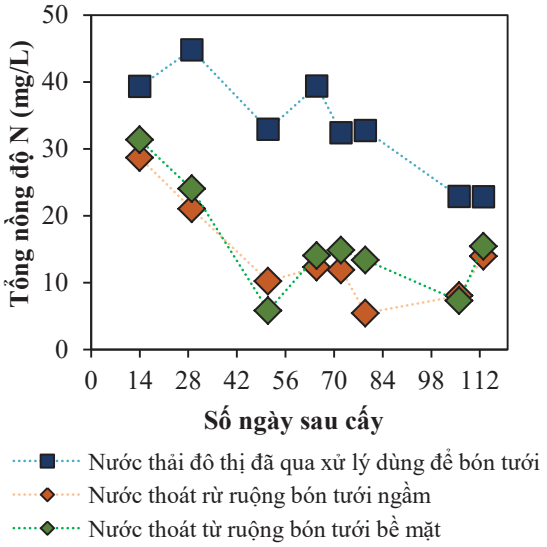
4. MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐÁNG CHÚ Ý

4.1. Áp dụng phương pháp bón tưới sử dụng nước thải đô thị đã qua xử lý trong canh tác lúa

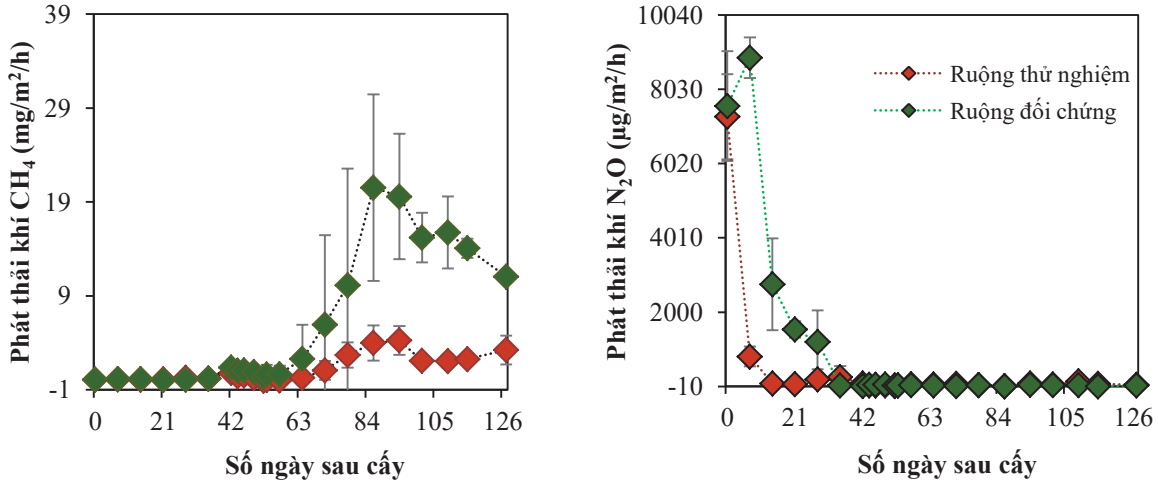
Dự án nghiên cứu của chúng tôi đã phân tích và đánh giá hiệu quả của việc sử dụng nước thải đô thị đã qua xử lý để tưới cho cây lúa, thay vì sử dụng phân bón hóa học truyền thống. Qua quá trình nghiên cứu trong quy mô phòng thí nghiệm, chúng tôi đã phát hiện rằng nước thải đô thị đã qua xử lý có thể cung cấp đủ chất dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của cây lúa, mà không cần phải sử dụng phân bón hóa học. Trong phương thức canh tác mới này, nước thải đã qua xử lý được đưa vào ruộng lúa bằng phương pháp tưới bề mặt hoặc tưới ngầm (Hình 3), và là nguồn duy nhất cung cấp cả nước tưới và dinh dưỡng thiết yếu cho cây lúa trong suốt quá trình sinh trưởng và phát triển [5, 6].

Gần đây, chúng tôi đã thực hiện thử nghiệm này trên một loạt các ruộng lúa thực tế có diện tích từ 300 đến 3000 m^2, và kết quả cho thấy năng suất cây lúa tương đương hoặc cao hơn so với phương pháp canh tác truyền thống sử dụng phân bón hoá học (Hình 4). Đặc biệt, lúa thu hoạch từ các ruộng thử nghiệm có giá trị gia tăng cao hơn lúa được trồng theo phương pháp truyền thống trên các ruộng đối chứng, bởi chúng có hàm lượng protein cao hơn đáng kể (Hình 4), do đó có tiềm năng sử dụng làm thức ăn chăn nuôi giá trị cao [6].

Năng suất cao và chất lượng dinh dưỡng vượt trội của hạt gạo là kết quả của việc cây lúa và đất liên tục hấp thu các chất dinh dưỡng cây trồng có trong nước thải, bao gồm N và P. Phương pháp canh tác mới này là một



Hình 5. Tổng nồng độ N (mg/L) trong nước thải đô thị đã qua xử lý dùng để bón tưới và nước thoát ra từ các ruộng áp dụng phương pháp bón tưới ngầm và bón tưới bề mặt [6].



Hình 6. Phát thải khí CH_4 and N_2O từ ruộng ruộng thử nghiệm (bón tưới liên tục bằng nước thải đô thị đã qua sử lý) và ruộng đối chứng (bón bằng phân hóa học và tưới nước mương) trong một thí nghiệm mô hình phòng thí nghiệm [5]

cách hiệu quả để loại bỏ các chất dinh dưỡng cây trồng có trong nước thải đô thị đã qua xử lý [5]. Trong thực tế, chúng tôi đã quan sát thấy một sự giảm đáng kể lượng N trong nước thải tại các ruộng thử nghiệm đang áp dụng các phương thức bón tưới khác nhau (Hình 5).

Một khía cạnh đáng chú ý khác của phương pháp canh tác này là khả năng giảm phát thải khí nhà kính đáng kể (Hình 6). Kết quả từ thử nghiệm cho thấy phương pháp bón tưới sáng tạo này giảm lượng khí methane (CH_4) và nitrous oxide (N_2O) phát thải lần lượt lên tới 80% và 66% so với phương pháp canh tác truyền thống [5]. Điều này được cho là do ảnh hưởng của phương thức bón tưới liên tục bằng nước thải đô thị đã qua xử lý đến hệ vi sinh vật trong đất, đặc biệt đối với các nhóm vi sinh vật có tác động trực tiếp lên việc sản sinh các khí nhà kính [7].

4.2. Sử dụng gạo giàu protein trồng từ nước thải đã qua xử lý trong ngành chăn nuôi

Nghiên cứu gần đây đã chỉ ra khả năng dùng gạo giàu protein, được trồng từ nước thải đô thị đã qua xử lý, để thay thế ngô trong chế độ dinh dưỡng phổ thông (ngô + bánh đậu tương) dành cho gà đẻ. Chế độ ăn thử nghiệm (gạo giàu protein + bánh đậu tương) đã giúp cắt giảm lượng đậu tương tiêu thụ lên tới 30%, nhờ vào hàm lượng protein cao trong loại gạo mới này. Việc tiêu thụ đậu tương, một sản phẩm nhập khẩu thường có giá thành cao, có thể giảm đi đáng kể, mang lại lợi nhuận tăng trưởng cho người chăn nuôi. Đồng thời, khẩu phần thử nghiệm này có thể duy trì sản lượng và chất lượng trứng gà ở mức tương đương so với khẩu phần đối chứng [8].

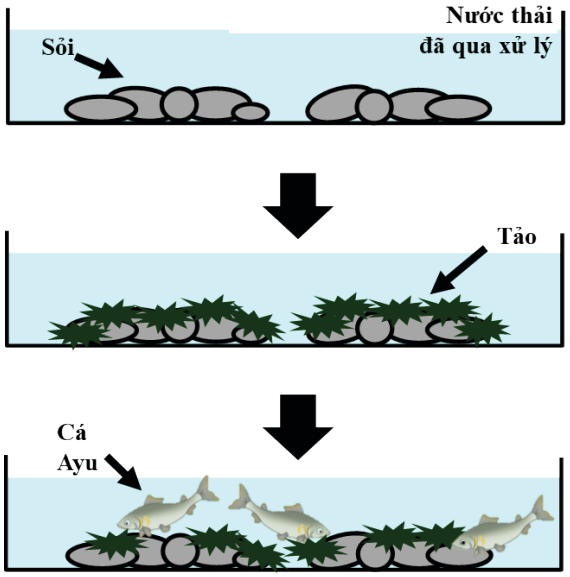
Kết quả này cũng được ghi nhận trong thử nghiệm chăn nuôi heo, nơi mà chế độ thức ăn thử nghiệm đã giảm bớt lượng tiêu thụ đậu tương lên tới 56%, ggiảm đáng kể chi phí chăn nuôi và không ảnh hưởng đến năng suất thịt [9]. Điều đặc, chất lượng thịt heo được cải thiện rõ rệt khi dùng khẩu phần thử nghiệm. Cụ thể, lượng thịt xẻ đã đạt được tỷ lệ tốt hơn (65.6%) so với chế độ ăn truyền thống (63.8%), với chất lượng cao hơn (60% loại A và 40% loại B) so với chế độ ăn thông thường (20% loại A, 60% loại B và 20% loại C). Kết quả này không chỉ đồng nghĩa với việc nâng cao sản lượng và chất lượng thịt có thể bán ra, mà còn giúp tiết kiệm chi phí thức ăn, tạo ra lợi nhuận cao hơn, ước tính khoảng 9%, cho người chăn nuôi [9].

4.3. Nuôi cá Ayu sử dụng nước thải đã qua xử lý

Cá Ayu, có tên khoa học *Plecoglossus altivelis* hay còn được biết đến với tên gọi khác như cá hương hay "cá ngọt" (sweetfish), thường sống ở những vùng nước tinh khiết, trong lành, chủ yếu là ở các con sông, hồ và các vùng nước ven biển ở phía tây đảo Hokkaido. Đặc trưng bởi hương vị thịt độc đáo, mang vị ngọt dịu, cá Ayu chiếm vị trí cao cấp trên thị trường Nhật Bản, với giá thành khá cao.

Trong một thử nghiệm nuôi trồng loại cá quý này, đầu tiên, chúng tôi đặt nhiều hòn sỏi vào trong các bể chứa nước thải đô thị đã được xử lý. Sự giàu dinh dưỡng từ nước thải đô thị đã qua xử lý kích thích sự phát triển của tảo trên bề mặt các hòn sỏi, tạo ra môi trường sống lý tưởng cho cá Ayu. Khi lượng tảo đạt đến mức thích hợp, cá con Ayu sẽ được thả vào bể, sau đó chúng bắt đầu ăn tảo trên bề mặt sỏi và phát triển (Hình 7) [4].

Nhiều thí nghiệm đã được tiến hành để đánh giá kỹ lưỡng về tính an toàn và chất lượng của cá ở thời điểm thu hoạch. Kết quả ban đầu cho thấy, cá Ayu nuôi trong môi trường này đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn an toàn thực phẩm theo quy định của Nhật Bản, mở ra triển vọng mới cho ngành nuôi trồng thủy sản bền vững và hiệu quả cao. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đánh giá hiệu quả kinh tế của thử nghiệm này. Kết quả là, tổng lợi nhuận từ quá trình nuôi trồng cá Ayu theo phương pháp mới này có thể đạt đến 500,000 Yên (tương đương khoảng 82,000,000 Đồng) trên mỗi 50 m^3 hồ nuôi, hứa hẹn mang lại lợi ích kinh tế đáng kể cho người nuôi trồng.



Hình 7. Mô hình nuôi trồng cá Ayu bằng nước thải đô thị đã qua sử lý tại thành phố Tsuruoka, Nhật Bản [4].

5. ĐÓNG GÓP CỦA MÔ HÌNH BISTRO GESUIDO CHO CÁC MỤC TIÊU PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (SDGs)

Những sáng kiến từ mô hình BISTRO GESUIDO phù hợp với các nguyên tắc của nền kinh tế tuần hoàn, thúc đẩy việc tái sử dụng một cách hiệu quả và an toàn các nguồn tài nguyên từ nước thải đô thị, qua đó đóng góp vào việc đạt được đồng thời nhiều mục tiêu phát triển bền vững (SDGs) quan trọng, bao gồm nước sạch và vệ sinh (SDG 6), tiêu thụ và sản xuất có trách nhiệm (SDG 12), hành động về khí hậu (SDG 13), không còn nạn đói (SDG 2), xóa nghèo (SDG 1), và phát triển công nghiệp, sáng tạo và hạ tầng (SDG 9).

5.1. SDG 6: Nước sạch và vệ sinh

Dự án này góp phần trực tiếp vào SDG 6 thông qua việc tái sử dụng nước thải đô thị đã xử lý một cách sáng tạo cho các hoạt động sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản, từ đó thúc đẩy việc quản lý bền vững nguồn tài nguyên nước. Bằng cách tạo ra một chu kỳ quay vòng, nơi nước thải đô thị được lọc sạch và sau đó được sử dụng để canh tác gạo giàu protein và nuôi dưỡng môi trường sống của cá Ayu, nó giúp giảm ô nhiễm nước và bảo tồn các nguồn nước tự nhiên. Mô hình này trình bày một phương pháp quản lý tài nguyên nước tích hợp, giảm lãng phí nguồn nước và thúc đẩy việc tái sử dụng an toàn nguồn tài nguyên nước thải.

5.2. SGD 12: Tiêu thụ và sản xuất có trách nhiệm

Bằng cách sử dụng hệ thống thoát nước như một trung tâm tái tạo nguồn tài nguyên, dự án này đóng góp vào việc tạo ra một nền kinh tế tuần hoàn, khuyến khích sản xuất có trách nhiệm trong nông nghiệp và thủy sản, giảm sự phụ thuộc vào phân bón tổng hợp và khuyến khích sử dụng chất dinh dưỡng hữu cơ tìm thấy trong nước thải đã qua xử lý. Hơn nữa, bằng cách giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu và tạo ra hệ thống sản xuất và cung cấp thực phẩm chất lượng cao ngay tại địa phương, những mô hình này khuyến khích tiêu thụ có trách nhiệm, giảm thiểu lãng phí và góp phần tạo ra và củng cố các hệ thống thực phẩm bền vững.

5.3. SDG 13: Hành động về khí hậu

Dự án này đóng góp lớn vào việc đạt được các mục tiêu trong SDG 13 bằng cách trình bày một cách tiếp cận canh tác nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản sáng tạo và hiệu quả cao, có thể có lượng carbon thấp hơn, do giảm sản xuất và vận chuyển phân bón tổng hợp và thức ăn nhập khẩu. Phương pháp canh tác lúa bằng bón tưới với nước thải đô thị đã qua xử lý đóng góp trực tiếp vào việc giảm phát thải khí nhà kính từ ruộng lúa. Hơn nữa, bằng cách tạo ra các phương pháp quản lý đất và nước bền vững, nó giúp tăng cường khả năng chống chịu đối với các hiểm họa liên quan đến biến đổi khí hậu như khô hạn và sâm nhập mặn.

5.4. SDG 2: Không còn nạn đói

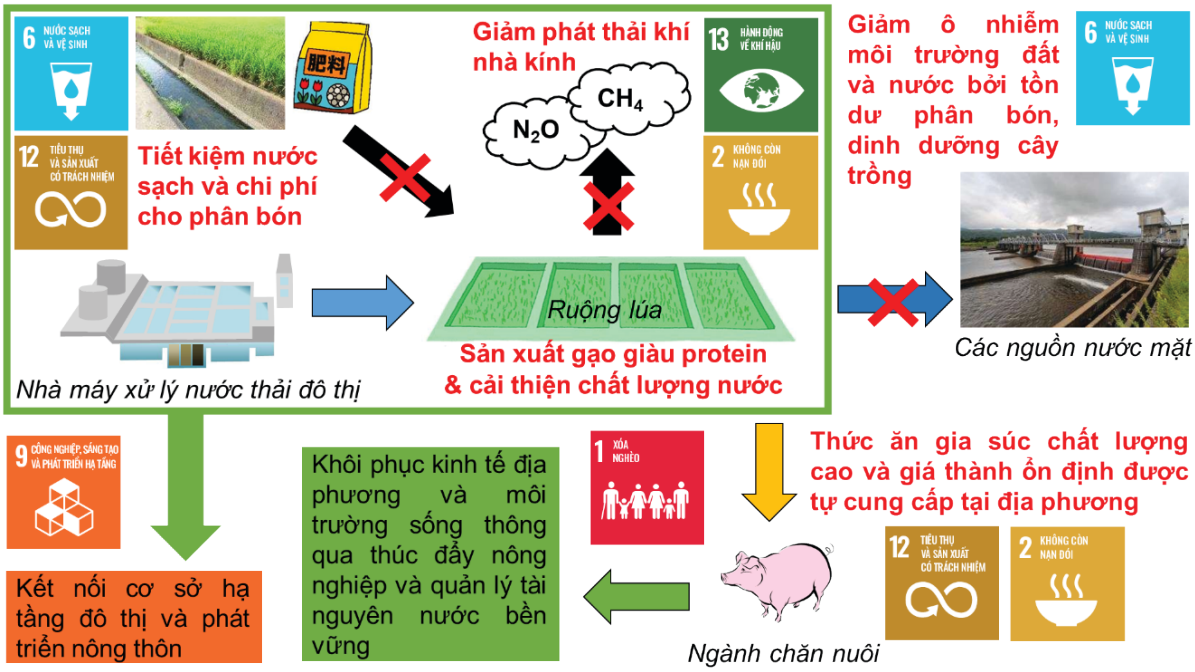
Những chiến lược trong dự án này góp phần vào SDG 2 bằng cách thúc đẩy các phương canh tác nông nghiệp và nuôi trồng thuỷ sản bền vững, nhằm tăng cường an ninh lương thực. Ví dụ, sáng kiến thay thế ngô nhập khẩu bằng gạo giàu protein và giảm lượng tiêu thụ đậu nành trong thức ăn gia súc và gia cầm không chỉ đảm bảo cung cấp đều các chất dinh dưỡng thiết yếu cho vật nuôi mà còn có khả năng tăng sản lượng và chất lượng các sản phẩm như thịt và trứng, từ đó giải quyết vấn đề đói kém và thúc đẩy các hệ thống sản xuất thực phẩm bền vững ngay tại địa phương.

5.5. SDG 1: Xóa nghèo

Thông qua việc đánh giá kinh tế của dự án, các kết quả đã tiết lộ rằng việc áp dụng những phương pháp bền vững này có thể tăng đáng kể khả năng sinh lời từ các hoạt động nuôi trồng và chăn nuôi, tăng lợi nhuận và cân cao sinh kế cho người nông dân. Lợi ích về gia tăng kinh tế này đóng góp trực tiếp vào SDG 1 bằng cách cải thiện mức sống của người nông dân và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế địa phương, từ đó làm giảm nguy cơ nghèo đói.

5.6. SDG 9: Công nghiệp, sáng tạo và phát triển hạ tầng

Cuối cùng, dự án này thể hiện sự đóng góp tích cực vào SDG 9 bằng cách trình bày các giải pháp công nghiệp sáng tạo và bền vững. Việc thực hiện công nghệ tiên tiến và các phương pháp sáng tạo trong xử lý nước thải và tái sử dụng các nguồn tài nguyên từ nhà máy sử lý nước thải đô thị trong sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thuỷ sản cho thấy một bước tiến lớn về cơ sở hạ tầng kiên cố, không chỉ tập trung ở khu vực đô thị mà còn cả các vùng nông thôn, thúc đẩy đổi mới và liên kết cơ sở hạ tầng giữa



Hình 8. Một số đóng góp của mô hình BISTRO GESUIDO cho các mục tiêu phát triển bền vững (SGDs).

hai vùng này, phát triển công-nông nghiệp toàn diện và thân thiện với môi trường.

6. TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH BISTRO GESUIDO TẠI VIỆT NAM

Trong bối cảnh khủng hoảng thiếu nước và ô nhiễm toàn cầu đang gia tăng, nhu cầu cải tiến quy trình thu gom, xử lý, và tái sử dụng nước thải đang trở thành vấn đề cấp thiết hơn bao giờ hết. Việt Nam đang trải qua quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa nhanh chóng, đứng trước yêu cầu cấp bách về việc phát triển, xây mới và cải tiến cơ sở hạ tầng hiện có của các hệ thống xử lý nước thải trên toàn quốc. Các hệ thống thoát nước hiện nay tại Việt Nam chưa hiệu quả trong việc thu gom, xử lý, và tái sử dụng tài nguyên từ nước thải, dẫn đến nguy cơ cạn kiệt nhanh chóng nguồn nước ngọt quý giá và đẩy mạnh quá trình ô nhiễm môi trường đất và nước, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe cộng đồng. Thêm vào đó, ngành nông nghiệp hiện nay đang phụ thuộc vào phân bón tổng hợp, điều này không chỉ ảnh hưởng đến tính màu mỡ lâu dài của đất canh tác, mà còn gây ra nhiều rủi ro môi trường, bao gồm ô nhiễm nước và sự gia tăng phát thải khí nhà kính.

Tuy nhiên, Việt Nam có thể rút kinh nghiệm quý giá từ Nhật Bản, nơi đã và đang trải qua giai đoạn già hóa dân số ở khu vực nông thôn và sự suy giảm chức năng của hệ thống thoát nước sau nhiều năm hoạt động. Những nhu cầu cấp bách về việc tái tạo, phục hồi, và duy trì sự ổn định của các hệ thống này mang lại bài học quý giá cho Việt Nam trong bối cảnh hiện nay. Nắm bắt và tận dụng những sáng kiến từ dự án BISTRO GESUIDO ngay trong giai đoạn phát triển cơ sở hạ tầng hiện nay ở Việt Nam có thể mang đến một sự thay đổi đột phá, mở ra tiềm năng lớn trong việc quản lý tài nguyên nước và bảo vệ môi trường một cách hiệu quả và bền vững. Việc này không chỉ khuyến khích sự bền vững trong nông nghiệp, mà còn góp phần chuyển đổi xã hội theo một mô hình kinh tế tuần hoàn. Khi thúc đẩy ứng dụng dự án này, Việt Nam không chỉ giải quyết được những vấn đề môi trường hiện hữu mà còn đóng góp vào sự phồn thịnh dài hạn của cộng đồng nông nghiệp và nông thôn, làm gia tăng tác động tích cực trong việc xây dựng và phát triển nông thôn mới trên phạm vi toàn quốc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. Endo and S. Koga. (2021). "Johkasou – Wastewater Management in a Local Municipality in Japan." ADBI Development Case Study No. 2021-4 (October), Asian Development Bank Institute. (Online airticle). https://www.adb.org/sites/default/files/publication/743241/adbi-cs2021-04.pdf. p.9 (accessed September 18, 2023).

[2] BISTRO (Bistro Gesuido). Japan Sewage Works Association (JSWA). https://www.jswa.jp/recycle/bistro/ (accessed September 18, 2023).

[3] BISTRO Recipe Ver. 2.0. Japan Sewage Works Association (JSWA). https://www.jswa.jp/wp2/wp-content/uploads/pdf/bistro_recipe_002.pdf (accessed September 18, 2023).

[4] T. Watanabe. (2021). "Tiền đề của việc sử dụng tài nguyên hệ thống cống nước thải cho nông nghiệp – Chương trình hệ thống cống nước thải mô hình BISTRO kết hợp ở thành phố Tsuruoka, tỉnh Yamagata." Vietnam-Japan Seminar on Tackling Climate Change in Drainage and Sewerage Sector, Online, December 14, 2021.

[5] L.D. Phung, D.V. Pham, Y. Sasaki, et al. (2010). "Continuous sub-irrigation with treated municipal wastewater for protein-rich rice production with reduced emissions of CH4 and N2O." Scientific Reports 10, 5485. (Online airticle). https://doi.org/10.1038/s41598-020-62247-w

[6] L.D. Tran, L.D. Phung, D.V. Pham, et al. (2019). "High

yield and nutritional quality of rice for animal feed achieved by continuous irrigation with treated municipal wastewater." Paddy and Water Environment 17, p. 507-513. https://doi.org/10.1007/s10333-019-00746-x

[7] L.D. Phung, M. Miyazawa, D.V. Pham, et al. (2021). "Methane mitigation is associated with reduced abundance of methanogenic and methanotrophic communities in paddy soils continuously sub-irrigated with treated wastewater." Scientific Reports 11, 7426. (Online airticle). https://doi.org/10.1038/s41598-021-86925-5

[8] K. Horiguchi, T. Watanabe, H. Matsuyama, et al. (2020). "Experiment on layer feeds comprising of protein-rich rice cultivated by treated municipal wastewater." Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser G (Environmental Research), 76 (3). p. 28-35. https://doi.org/10.2208/jscejer.76.3_28

[9] H. Matsuyama, S. Urakawa, D. Sutani, et al. (2021). "Pig farming using protein-rich forage rice cultivated with treated municipal wastewater and its economic evaluation." Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser G (Environmental Research), 77 (7). p. III_169-III_178. https://doi.org/10.2208/jscejer.77.7_III_169

PHẠM NGỌC BẢO

Tiến sĩ Phạm Ngọc Bảo nhận bằng Tiến sĩ từ Khoa Kỹ thuật Đô thị, thuộc Đại học Tokyo, Nhật Bản. TS. Bảo có hơn 15 năm kinh nghiệm làm việc và quản lý các dự án hợp tác quốc tế liên quan đến xây dựng, đề xuất chính sách môi trường, và các dự án hỗ trợ kỹ thuật tại châu Á; đặc biệt trong lĩnh vực nước sạch & vệ sinh môi trường ở các nước đang phát triển, quản lý nước thải phân tán, cách tiếp cận kinh tế tuần hoàn trong quản lý chất thải rắn, và đặc biệt là rác nhựa, sản xuất và tiêu thụ bền vững, cắt giảm phát thải & ứng phó với biến đổi khí hậu. Hiện tại, TS. Bảo đang giữ chức Phó Giám đốc Ban Nước và Thích ứng với Biến đổi Khí hậu tại Viện Chiến lược Môi trường Toàn cầu (IGES). Tiến sĩ Bảo cũng là thành viên lâu năm của Ban Thư ký Chương trình Đối tác Môi trường Nước tại châu Á (WEPA), do Bộ Môi trường Nhật Bản tài trợ.

Để biết thêm thông tin, xin truy cập:

https://www.iges.or.jp/en/about/staff/ngoc-bao-pham

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0305

CƠ HỘI GIẢM PHÁT THẢI CÁCBON RÒNG VỀ MỨC "0" VÀO NĂM 2050 TỪ CÁC SÁNG KIẾN CỦA ĐỊA PHƯƠNG - NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

Naoki Mori[1], Phạm Ngọc Bảo[1], Đỗ Nam Thắng[2], Shom Teoh[1]

[1] Viện Chiến lược Môi trường Toàn cầu (IGES)
[2] Đại học Quốc gia Úc
Email: ngoc-bao@iges.or.jp

TÓM TẮT:

Tại Hội nghị lần thứ 26 về Biến đổi Khí hậu của Liên Hợp Quốc (COP26), Việt Nam và hơn 140 quốc gia đã cam kết giảm phát thải carbon ròng về mức "0" vào giữa thế kỷ 21. Để đạt được mục tiêu trên, có thể nói chính quyền địa phương đóng một vai trò quan trọng trong việc hiện thực hóa các giải pháp, nhằm giúp đạt được mục tiêu chung của quốc gia, thông qua sự phối hợp chặt chẽ với người dân, cộng đồng doanh nghiệp và các bên liên quan. Dựa trên việc đánh giá kinh nghiệm quốc tế và hiệu quả từ các giải pháp đã được triển khai tại một số thành phố ở châu Á, đặc biệt là ở thành phố Yokohama và Kitakyushu của Nhật Bản, cũng như ở thành phố Kuala Lumpur của Malaysia, và nghiên cứu điển hình tại thành phố Đà nẵng của Việt Nam, nhóm nghiên cứu đưa ra một số kiến nghị và đề xuất cụ thể liên quan đến cách tiếp cận và các chính sách phù hợp nhằm giúp thành phố Đà Nẵng tăng cường hơn nữa trong việc giảm phát thải cácbon ở cấp thành phố, bao gồm một số khuyến nghị như: (i) đặt mục mục liên quan đến tiết kiệm năng lượng tham vọng hơn nữa, phù hợp với cam kết quốc gia; (ii) phát triển mạnh năng lượng mặt trời PV, giúp tăng tốc mức độ cắt giảm phát thải cácbon; (iii) đưa ra mục tiêu cụ thể trong việc phát triển xe điện; (iv) tăng cường bảo vệ tài nguyên rừng và biển; (v) nâng cao năng lực cho cán bộ địa phương và thành lập bộ phận chuyên trách về kiểm kê phát thải khí nhà kính. Đà Nẵng cũng nên hướng tới việc trở thành đầu tàu trong việc giảm phát thải ròng về "0" vào năm 2050, góp phần vào mục tiêu chung của quốc gia.

Từ khóa: *cắt giảm phát thải cácbon, Đà Nẵng, khí nhà kính, sáng kiến địa phương, phát thải ròng*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Tại Hội nghị lần thứ 26 của các bên tham gia Công ước Khung của Liên Hợp Quốc về Biến đổi Khí hậu (COP26) diễn ra ở Glasgow (COP26) vào tháng 11 năm 2021, Chính phủ Việt Nam đã cam kết dừng sản xuất điện từ than vào năm 2040 hoặc sớm hơn nếu khả thi, và đặt mục tiêu đưa phát thải ròng về mức "0" vào năm 2050. Vào ngày 26 tháng 7 năm 2022, Chính phủ Việt Nam tiếp tục khẳng định cam kết trên thông qua việc ban hành Chiến lược Quốc gia về Biến đổi Khí hậu giai đoạn đến năm 2050, thể hiện sự cam kết mạnh mẽ trong việc giảm lượng khí thải nhà kính (GHG). Mục tiêu của Chiến lược là giảm 43,5% lượng khí thải so với kịch bản thông thường vào năm 2030, đạt đỉnh lượng khí thải vào năm 2035

Bảng 1: *Ước tính tổng lượng phát thải khí nhà kính của Việt Nam từ 2014-2050 (tTriệu tấn CO_2eq)*

Nguồn phát thải	Năm							
	2014	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Sản xuất và xây dựng	49.4	66.9	114.2	257.5	301.4	359.9	407.4	455.8
Giao thông	33.2	47.7	65.1	89.1	118.4	152.7	192.5	241.4
Thương mại, nông nghiệp và dịch vụ	13.6	18.1	25.1	41.2	56.1	73.3	89.5	109.3
Ngành năng lượng	75.4	214.8	296.3	290.6	355.2	386.8	413.0	403.8
Tổng lượng phát thải	171.6	347.5	500.7	678.4	833.8	972.7	1102.4	1210.3

(Nguồn: [1])

và không phát thải vào năm 2050. Nếu các chính sách cắt giảm phát thải cácbon không được thực hiện hiệu quả, lượng khí thải nhà kính của Việt Nam dự kiến sẽ tăng gấp bốn lần vào năm 2050, theo như Bảng 1 [1].

Trong khi đó, chính quyền các địa phương, dù ở cấp thành phố hay cấp tỉnh, đều có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc giúp đạt được mục tiêu chung của quốc gia. Tuy nhiên, để làm được điều này, cần có sự phối hợp chặt chẽ trong việc đề xuất và triển khai các biện pháp giảm phát thải carbon trong nhiều lĩnh vực khác nhau, dựa trên các sáng kiến từ địa phương. Hơn nữa, để có thể triển khai các biện pháp này một cách có hiệu quả và lâu dài, cần có sự phối hợp và hợp tác chặt chẽ từ người dân, cộng đồng doanh nghiệp và các bên liên quan.

Thành phố Đà Nẵng đã và đang tạo ra một nền móng vững chắc cho các nỗ lực giúp cắt giảm phát thải cácbon, thông qua việc triển khai thành công Đề án "Xây dựng Đà Nẵng - Thành phố Môi trường", được thành phố ban hành và triển khai từ năm 2008. Thành phố cũng cam kết giảm lượng phát thải khí nhà kính thông qua Quyết định 2609/QĐ-UBND năm 2021 của Ủy Ban Nhân Thành phố phê duyệt "Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu thành phố Đà Nẵng giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050". Thành phố Đà Nẵng cũng thiết lập mối quan hệ đối tác chặt chẽ với Thành phố Yokohama từ năm 2013, thông qua nhiều dự án hợp tác nhằm thúc đẩy sự phát triển bền vững và cắt giảm phát thải cácbon.

Thành phố Đà Nẵng cũng đã thể hiện sự cam kết mạnh mẽ trong việc xây dựng kế hoạch giúp cắt giảm phát thải cácbon, dựa trên nền tảng kinh nghiệm sẵn có trong hoạt động bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu. Bài viết trình bày một số đề xuất về mặt chính sách, chiến lược và cách tiếp cận mang tính khả thi, nhằm hỗ trợ cho thành phố Đà Nẵng trong việc xây dựng một kế hoạch khả thi giúp cắt giảm phát thải ròng cácbon về mức "0", đóng góp vào mục tiêu chung của quốc gia.

2. CẬP NHẬT VỀ CAM KẾT CỦA CHÍNH PHỦ VIỆT NAM CẮT GIẢM PHÁT THẢI RÒNG VỀ MỨC "0" TẠI COP26

Tại Hội nghị lần thứ 26 của các bên tham gia (COP26) về Công ước Khung của Liên Hợp Quốc về Biến đổi Khí hậu, Thủ tướng Việt Nam, ông Phạm Minh Chính, đã thông báo rằng Việt Nam sẽ hướng tới mục tiêu không phát thải vào năm 2050. Với quyết định này, Việt Nam đã tham gia nhóm gồm khoảng 140 quốc gia cam kết không phát thải vào giữa thế kỷ 21. Ngoài cam kết không phát thải, Việt Nam cũng cam kết việc loại bỏ điện than vào những năm 2040 hoặc sớm hơn nếu khả thi, giảm 30% lượng methane vào năm 2030 so với mức năm 2020, và chấm dứt các hoạt động phá rừng vào năm 2030.

Để thực hiện những cam kết này, Chính phủ Việt Nam đã thành lập Ủy ban Chỉ đạo Quốc gia, do Thủ tướng chủ trì và được Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE) phối hợp triển khai. Chính phủ Việt Nam đã ban hành các văn bản pháp lý sau:

- Nghị định số 06/2022/ND-CP của Chính phủ, quy định việc giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ozone.

- Quyết định số 876/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí các-bon và khí mê-tan của ngành giao thông vận tải.

- Quyết định số 882/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Kế hoạch hành động quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 – 2030

- Quyết định số 888/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án về những nhiệm vụ, giải pháp triển khai kết quả Hội nghị lần thứ 26 các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (COP26).

- Quyết định số 896/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050, ban hành ngày 26 tháng 7 năm 2023.

- Quyết định số 942/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Về việc phê duyệt Kế hoạch hành động giảm phát thải khí mê-tan đến năm 2030

Bảng 2: So sánh cấu trúc đô thị của 4 thành phố từ góc độ lượng phát thải khí nhà kính

Mục	Tp. Đà Nẵng	Tp. Yokohama	Tp. Kitakyushu	Tp. Kuala Lumpur
Diện tích	1,283 km^2	438 km^2	492 km2	243km^2
Dân số (2020)	1,200,000	3,770,000	940,000	1,900,000
Mật độ dân số	945/km^2	8,616/km^2	1,910/km2	8,159/km^2
Tỷ lệ dân số đô thị	86.9%	80%	90.8%	N.A.
Cơ cấu công nghiệp	Sản xuất (máy móc, điện tử, đóng tàu, hóa chất, dệt may), du lịch	Ngành thương mại và dịch vụ (chiếm gần 80%), sản xuất	Ngành thương mại và dịch vụ (chiếm 70%), sản xuất (thép, hóa chất, gốm sứ)	Ngành thương mại và dịch vụ (chiếm gần 80%), sản xuất và xây dựng
Tổng lượng phát thải khí nhà kính (tấn-CO_2 eq.)	2.67 triệu tấn/năm (2013)	16.47 triệu tấn/năm (2020)	14.47 triệu tấn/năm (2019)	25.09 triệu tấn/năm (2017)
Các ngành phát thải khí nhà kính nhiều nhất (từ cao đến thấp)	Công nghiệp, giao thông, hộ gia đình	Hộ gia đình, giao thông, các tòa nhà thương mại, rác thải	Công nghiệp, giao thông, các tòa nhà thương mại, hộ gia đình	Giao thông, các tòa nhà thương mại, hộ gia đình
Lượng phát thải khí nhà kính bình quân trên đầu người	2.7 tấn/năm	4.4 tấn/năm	15.4 tấn/năm	14.0 tấn/năm

(Nguồn: [3])

Nghị quyết số 148/NQ-CP ngày 11/11/2022 của Chính phủ ban hành Chương trình hành động của Chính phủ thực hiện Nghị quyết số 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 của Bộ Chính trị về Quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

Đáng chú ý, vào tháng 12 năm 2022, Chính phủ Việt Nam cùng đại diện cấp cao của các nước G7 đã công bố thông qua Tuyên bố chính trị thiết lập quan hệ Đối tác Chuyển đổi Năng lượng Công bằng (JETP) với các đối tác quốc tế. Theo Tuyên bố JETP, nhóm các đối tác quốc tế sẽ huy động khoản hỗ trợ ban đầu ít nhất là 15,5 tỷ USD trong vòng 3-5 năm tới, nhằm giúp Việt Nam đẩy nhanh tốc độ cắt giảm lượng phát thải khí nhà kính từ hoạt động sản xuất điện, với mục tiêu giảm lượng khí thải từ ngành này xuống dưới 170 triệu tấn CO2 vào năm 2030. Dự kiến, công suất sản xuất điện từ than sẽ giảm từ 37 GW xuống còn khoảng 30 GW. Theo JETP, Việt Nam đã cam kết đạt đỉnh lượng khí thải nhà kính vào năm 2030, sớm hơn 5 năm so với mục tiêu đã đề ra trong Chiến lược Quốc gia về Biến đổi Khí hậu [2]. Điều này mở ra cơ hội và nền tảng vững chắc cho Việt Nam hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050.

3. ĐÓNG GÓP VÀO MỤC TIÊU CẮT GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH THÔNG QUA CÁC SÁNG KIẾN ĐỊA PHƯƠNG – KINH NGHIỆM TỪ MỘT SỐ THÀNH PHỐ Ở CHÂU Á

Mục này sẽ đánh giá sơ bộ những kinh nghiệm từ việc triển khai các chính sách và kế hoạch giảm phát thải carbon ở cấp độ thành phố, thông qua nghiên cứu điển hình tại các thành phố Yokohama và thành phố Kitakyushu ở Nhật Bản, cùng với thành phố Kuala Lumpur ở Malaysia. Ba thành phố trên đều đã cam kết đạt mục tiêu không phát thải carbon vào năm 2050 và xây dựng các kế hoạch cụ thể để đạt được mục tiêu này.

Thành phố Yokohama, cũng giống như thành phố Đà Nẵng, là một thành phố cảng. Trong khi Đà Nẵng chủ yếu phát triển dựa vào ngành công nghiệp sản xuất, Yokohama lại tập trung vào ngành thương mại và dịch vụ. Tuy nhiên, ở cả hai thành phố, lượng khí thải nhà kính từ giao thông và hoạt động thương mại & hộ gia đình chiếm tỷ lệ đáng kể.

Trong khi đó, Kitakyushu, thành phố lớn thứ 13 ở Nhật Bản, đã trở thành một trong những khu công nghiệp hàng đầu của nước này. Tuy nhiên, do sự phát triển mạnh vào những năm 1950 và 1960 đã gây ra tình trạng ô nhiễm không khí và nguồn nước nghiêm trọng. Thành phố Kitakyushu đã được ghi nhận trên toàn cầu vì những nỗ lực thành công của mình trong việc giải quyết các vấn đề môi trường. Với những nỗ lực mạnh mẽ, thành phố cũng đã thành công trong việc giảm lượng khí thải nhà kính, chủ yếu trong ngành công nghiệp sản xuất. Do vậy, kinh nghiệm từ thành phố Kitakyushu có thể giúp đề xuất những cách tiếp cận hữu ích cho Đà Nẵng trong các nỗ lực cắt giảm khí thải nhà kinh trong thời gian tới.

Bên cạnh đó, trong tháng 12 năm 2021, thành phố Kuala Lumpur của Malaysia cũng đã công bố Kế hoạch Hành động Khí hậu 2050 (Kuala Lumpur Climate Action

Plan 2050) nhằm đạt mục tiêu không phát thải carbon và tăng khả năng chống chịu và thích ứng trước biến đổi khí hậu. Lượng khí thải nhà kính tại thành phố này chủ yếu từ giao thông và dịch vụ thương mại. Cách tiếp cận ưu tiên trong việc đề xuất các giải pháp ứng phó với biến đổi khí hậu trong "Kế hoạch Hành động Khí hậu 2050" của Kuala Lumpur cũng có thể là bài học hữu ích cho thành phố Đà Nẵng trong quá trình xây dựng kế hoạch hành động chi tiết, nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu.

Bảng 2 so sánh cấu trúc đô thị của bốn thành phố dưới góc độ lượng phát thải khí nhà kính.

3.1 Thành phố Yokohama, Nhật Bản

"Kế hoạch Hành động của Thành phố Yokohama về Biện pháp Ứng phó với Biến đổi Khí hậu" (được sửa đổi vào năm 2018) [4] đã đặt mục tiêu không phát thải khí nhà kính (giảm carbon) vào năm 2050. Kế hoạch đề cập đến 8 chính sách cơ bản để đạt được mục tiêu này, cụ thể là: 1) Khuyến khích các sáng kiến dựa trên nỗ lực của người dân và hợp tác với doanh nghiệp, 2) Hiện thực hóa trong việc xây dựng một thành phố thông minh hàng đầu, 3) Tạo ra một liên hệ gắn kết tích cực giữa môi trường và kinh tế, 4) Thúc đẩy sự hợp tác giữa với các thành phố khác và tăng cường giao lưu quốc tế, 5) Triển khai các nỗ lực nhằm tiết kiệm năng lượng toàn diện, 6) Quy hoạch đô thị bền vững, 7) Tối đa hóa việc áp dụng năng lượng tái tạo và thúc đẩy việc phát triển năng lượng hydro, và 8) Tăng cường việc triển khai các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu.

Kế hoạch Hành động của Thành phố Yokohama nhấn mạnh sự cần thiết của việc gắn kết giữa các hành động giảm carbon, hoặc nỗ lực nhằm tạo ra lợi ích song song với sự phát triển bền vững. Ví dụ, quy hoạch đô thị bền vững cần bao gồm các hành động giúp tạo nên sự hài hòa giữa các giải pháp giao thông ít phát thải carbon với sự di chuyển thuận tiện, khuyến khích cải thiện hiệu suất sử dụng năng lượng tại cảng biển và các hoạt động logistics bằng cách giảm lượng khí thải từ tàu và áp dụng các giải pháp năng lượng tái tạo, tăng cường các biện pháp giúp hấp thụ khí nhà kính và thích ứng với biến đổi khí hậu, dựa trên việc bảo tồn và sử dụng hiệu quả rừng và đất nông nghiệp, khuyến khích việc chuyển đổi sang giải pháp ít phát thải cácbon trong tất cả các giai đoạn, từ thu gom, vận chuyển và xử lý rác thải.

Để hỗ trợ việc thực hiện «Kế hoạch Hành động của Thành phố Yokohama về Biện pháp Ứng phó với Biến đổi Khí hậu», thành phố Yokohama đã chuẩn bị «Chiến lược của thành phố về việc sử dụng năng lượng tái tạo» ([5]) trong năm 2019 và ban hành "Đạo luật của thành phố về việc khuyến khích xây dựng xã hội không phát thải carbon" trong năm 2021 ([6]). "Chiến lược của thành phố về việc sử dụng năng lượng tái tạo" đề cập đến ba điểm, mỗi điểm đều có các mục tiêu và giải pháp cụ thể, bao gồm: (i) Thực hiện các biện pháp giúp tiết kiệm năng lượng tối đa, (ii) Mở rộng chiến lược về năng lượng tái tạo, và (iii) Triển khai các giải pháp cụ thể tại Tòa Thị chính Thành phố Yokohama, bao gồm áp dụng các giải pháp sử dụng năng lượng tái tạo đối với các công trình công cộng được cải tại, mở rộng và xây mới.

Trong khi đó, "Đạo luật của thành phố về việc khuyến khích xây dựng xã hội không carbon" đã giúp làm rõ trách nhiệm của chính quyền địa phương, doanh nghiệp và người dân, và thảo luận các vấn đề cơ bản cho các biện pháp cần thiết nhằm khuyến khích xây dựng một xã hội giảm phát thải carbon ở Yokohama. Đạo luật đề cập đến việc tiêu thụ và sử dụng hiệu quả năng lượng tái tạo được tạo ra ngay trong phạm vi thành phố, trong khi tăng cường việc tạo ra nhiều hơn nữa năng lượng tái tạo từ bên ngoài thành phố. Đạo luật cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của việc cung cấp thông tin liên quan đến doanh nghiệp và người dân để khuyến khích cắt giảm phát thải thông qua việc phát triển và bảo tồn rừng, giúp hấp thụ một lượng khí nhà kính tương đương ở nơi khác, trong trường hợp việc cắt giảm lượng khí thải là khó khăn.

Dựa trên kinh nghiệm từ việc đề xuất và triển khai các chính sách, kế hoạch của thành phố Yokohama trong việc cắt giảm phát thải cácbon, một số điểm lưu ý và kiến nghị sau có thể hữu ích cho Thành phố Đà Nẵng, bao gồm:

- Cố gắng triển khai tối đa các giải pháp tiết kiệm năng lượng, trong khi khuyến khích việc sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo. Nếu không thể cung cấp đủ năng lượng tái tạo để đáp ứng nhu cầu năng lượng tổng thể, thành phố có thể xem xét việc đầu tư các cơ sở sản xuất năng lượng tái tạo tại các đô thị khác liền kề, bên cạnh việc đem lại lợi nhuận cho họ.

- Cần đảm bảo rằng các nỗ lực giảm phát thải carbon gắn kết chặt chẽ với nỗ lực phát triển đô thị bền vững chung, bao gồm việc đem lại một cuộc sống đô thị thoải mái, giao thông thuận tiện, tái chế tài nguyên, bao gồm quản lý rác thải.

- Hợp tác chặt chẽ với người dân, doanh nghiệp và các trường đại học trong việc phát triển và thực hiện các kế hoạch giảm phát thải carbon. Xem xét việc xây dựng các chương trình giúp nâng cao nhận thức, trao đổi và chia sẻ thông tin, cũng như tổ chức sự kiện nhằm giúp khuyến khích thay đổi hành vi (bao gồm cả thay đổi lối sống) hướng tới việc giảm phát thải cácbon.

- Chính quyền thành phố có thể đi đầu trong việc thực hiện các biện pháp giúp giảm phát thải carbon và chia sẻ thông tin đến với người dân và doanh nghiệp. Ví dụ, thành phố có thể chủ động xuất triển khai các giải pháp tiết kiệm năng lượng và năng lượng mặt trời tại các tòa nhà, cở sở trực tiếp dưới sự quản lý của thành phố, triển khai các giải pháp công nghệ giúp chuyển đổi chất thải thành năng lượng và tái chế tài nguyên.

- Để cung cấp thêm thông tin chi tiết về các điểm kiến nghị nêu trên, chúng ta hãy cùng xem xét chi tiết hơn về một dự án mô hình do Thành phố Yokohama triển khai

Bảng 3: Thông tin sơ bộ về Quận Minato Mirai 21

Quận MM21		Tham khảo toàn bộ Tp. Yokohama
Diện tích	1.86 km^2	437 km^2
Số lượng doanh nghiệp trên địa bàn	1,820	155,000
Số lượng nhân viên	117,000	1,690,000
Tổng lượng phát thải khí nhà kính	286,000 tấn/năm	16,470,000 tấn/năm

(Nguồn: [7])

tại Quận Minato Mirai, nhằm giúp giảm phát thải cácbon. Dự án với tên gọi: «Mô hình giảm phát thải cácbon đô thị tại Quận Minato Mirai 21 dựa trên hợp tác công-tư». Dự án tập trung vào các hộ gia đình, cộng đồng doanh nghiệp và lĩnh vực giao thông; bởi đây là những khu vực cũng có lượng phát thải khí nhà kính tương đối cao ở Thành phố Yokohama.

Quận Minato Mirai 21 (MM21), nằm ở khu vực bên bờ biển của thành phố, là một khu vực đi đầu tropng các nỗ lực liên quan đến cắt giảm phát thải cácbon. Ngoài các khu vực như văn phòng, cơ sở thương mại và nhà ở, MM21 còn là một khu vực tập trung nhiều cơ sở chức năng, như trụ sở công ty, cơ sở nghiên cứu và phát triển, hội trường âm nhạc, trường đại học và khu tổ chức các hội nghị quốc tế. Khoảng 10% năng lượng tiêu thụ của thành phố là dành cho khu vực doanh nghiệp, kinh doanh tập trung trong khu vực này. Dự án mô hình nhắm đến 32 trong số 64 cơ sở này trong phạm vi quận MM21.

Trong phần này, chúng ta cùng xem xét các giải pháp cắt giảm phát thải cácbon đã đươch triển khai tại quận MM21 có thể hữu ích cho thành phố Đà Nẵng xem xét:

(1) Khu vực MM21 với diện tích hạn chế, gặp khó khăn trong việc lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời do sự xuất hiện của nhiều tòa nhà cao tầng. Mặc dù nhiều doanh nghiệp đang tìm kiếm các nguồn năng lượng tái tạo, tiềm năng của khu vực này vẫn còn hạn chế. Do đó, bên cạnh việc áp dụng biện pháp tiết kiệm năng lượng, thành phố cũng hướng tới việc hợp tác với các quận ngoại ô và các chính quyền địa phương khác, nhằm tạo ra cơ chế chi trả lợi nhuận hợp lý cho những khu vực này.

(2) Khuyến khích thay đổi hành vi của người lao động, du khách và cư dân nhằm giảm lượng khí thải nhà kính. Một số biện pháp bao gồm: giảm lượng chất thải phát sinh, tham gia vào các sáng kiến tái chế và tuần hoàn tài nguyên. Ví dụ, việc tái sử dụng chất thải thực phẩm từ các nhà hàng và khách sạn để sản xuất khí sinh học và phân ủ, sau đó sử dụng phân này cho nông nghiệp và tiêu thụ các sản phẩm nông nghiệp này tại các nhà hàng trong thành phố, giúp hình thành một nền kinh tế tuần hoàn.

(3) Kết hợp nỗ lực giảm carbon với việc chuẩn bị ứng phó thiên tai, bằng cách đảm bảo nguồn cung cấp điện trong trường hợp mất điện thông qua việc sử dụng xe điện (EV) và các nguồn điện dự trữ. Đồng thời, khuyến khích sử dụng EV thông qua việc cải thiện hạ tầng sạc pin và giới thiệu dịch vụ chia sẻ xe EV.

(4) Tối ưu hóa hệ thống giao thông công cộng, như đường sắt và xe buýt, để giảm phát thải và sử dụng giải pháp số hóa nhằm nâng cao tiện ích di chuyển. Ví dụ, MaaS (dịch vụ di động) kết nối nhiều phương tiện giao thông và dịch vụ di chuyển khác, giúp người dân và du khách dễ dàng tìm kiếm, đặt chỗ và thanh toán.

3.2 Thành phố Kitakyushu, Nhật Bản

Bên cạnh những kinh nghiệm từ thành phố Yokohama, những kinh nghiệm, chính sách và giải pháp hiệu quả từ thành phố Kitakyushu trong việc cắt giảm phát thải cácbon cũng nên được thành phố Đà Nẵng cân nhắc và xem xét.

Thành phố Kitakyushu đã cập nhật "Kế hoạch hành động Kitakyushu về Biện pháp Ứng phó với Biến đổi Khí hậu" và "Kế hoạch hành động của thành phố về Mô hình Eco-Kitakyushu" [8]. Kế hoạch hành động sửa đổi này đặt ra các mục tiêu giảm lượng khí thải nhà kính dựa trên sự dự đoán về một xã hội giảm carbon và xác định các biện pháp cụ thể để giảm thiểu phát thải và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Vào năm 2017, ngành công nghiệp đóng góp khoảng 60% lượng phát thải khí thải nhà kính của toàn thành phố, tương đương với 15 triệu tấn khí nhà kính, với hoạt động vận tải và từ các hộ gia đình chiếm tỷ lệ 10% và 7%, tương ứng. Thành phố Kitakyushu đặt mục tiêu trở thành một xã hội giảm phát thải cácbon vào năm 2050 và đã xây dựng một mô hình riêng của thành phố Kitakyushu để đạt được mục tiêu này, trong khi tiếp tục khuyến khích đổi mới & sáng tạo, thay đổi lối sống và xây dựng một thành phố có khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu. Bằng cách nhân rộng mô hình này ra các khu vực khác ở Nhật Bản và nước ngoài, thành phố Kitakyushu hy vọng sẽ đóng góp vào nỗ lực chung của toàn cầu.

Ngành công nghiệp chịu trách nhiệm gần 60% lượng khí thải nhà kính của thành phố chính là trọng tâm của "Chiến lược Tăng trưởng Xanh" của thành phố Kitakyushu, với việc tập trung vào lĩnh vực năng lượng và đổi mới & sáng tạo. Đây cũng có thể coi là kế hoạch chiến lược của ngành, nhằm đảm bảo một cách chiến lược nguồn năng lượng ít phát thải cácbon và tăng tốc về mức độ đổi mới & sáng tạo trong tương lai.

Thành phố Kitakyushu đang giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch bằng cách ưu tiên tiết kiệm năng lượng và điện hóa trong các lĩnh vực như điện, nhiệt và

vận tải. Đồng thời, thành phố tối ưu việc sử dụng năng lượng tái tạo và năng lượng hydro, không phát thải CO_2. Điện hóa được xem là chiến lược quan trọng trong việc ứng phó với biến đổi khí hậu, vì nó thay thế cho nhiên liệu hóa thạch gây ô nhiễm. Thành phố Kitakyushu mong muốn, thông qua việc khuyến khích sử dụng năng lượng tái tạo và tiết kiệm năng lượng, kết hợp với điện hóa, sẽ giảm lượng khí thải nhà kính một cách hiệu quả hơn.

Thành phố Kitakyushu cũng đã xây dựng tầm nhìn chiến lược cho năng lượng tương lai, tập trung vào ba mảng chính: 1) Hệ thống lưu trữ năng lượng hiện đại, 2) Đẩy nhành việc phát triển và tận dụng nguồn năng lượng gió và 3) xây dựng cơ sở sản xuất và cung cấp nhiên liệu hydro. Trong mảng đầu tiên, thành phố sẽ tập trung vào việc phát triển nguồn năng lượng tái tạo ổn định, sản xuất điện từ năng lượng mặt trời và pin lưu trữ, giảm thiểu tác động của cúp điện và xây dựng hệ thống tái chế vật liệu sản xuất sử dụng trong các tấm pin năng lượng mặt trời và pin lưu trữ. Với điều kiện gió tối ưu ở khu vực gần biển, các khu vực được chọn sẽ trở thành trung tâm cho ngành công nghiệp năng lượng gió. Hydro sẽ được sản xuất từ năng lượng dư thừa và sử dụng như một nguồn năng lượng thay thế nhiệt điện và các tấm pin nhiên liệu.

Những nỗ lực của thành Kitakyushu trong việc khuyến khích điện hóa và phát triển năng lượng tái tạo có thể là một nguồn tham khảo có giá trị cho thành phố Đà Nẵng, nơi mà các hoạt động công nghiệp đóng vai trò là nguồn phát thải chính.

3.3 Thành phố Kuala Lumpur, Malaysia

Thành phố Kuala Lumpur đã ban hành "Kế hoạch Hành động Khí hậu 2050" vào tháng 12 năm 2021 để thiết lập một lộ trình rõ ràng nhằm đạt được mục tiêu trung hòa cácbon và tăng khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu vào năm 2050. Kế hoạch này dựa trên "Lộ trình hướng tới một xã hội phát thải cácbon thấp Kuala Lumpur 2030" được công bố vào năm 2017, với 245 biện pháp và hành động để đạt được mục tiêu giúp giảm 70% lượng khí thải cácbon trên đơn vị GDP vào năm 2030 ([9]).

Năm 2017, Kuala Lumpur đã phát thải khoảng 25 triệu tấn CO_2e. Trong đó, hoạt động giao thông vận tải chiếm 56% tổng lượng khí thải, với vận tải đường bộ là chủ yếu, đóng góp tới 99,4%. Nguyên nhân chủ yếu là do việc sử dụng xăng, dầu diesel, biodiesel và khí tự nhiên trong các phương tiện như xe cá nhân, taxi, xe máy, xe buýt và xe tải. Các tòa nhà thương mại và cơ sở hành chính đứng thứ hai với 24%, tiếp theo là các khu dân cư chiếm khoảng 10%, chủ yếu từ việc tiêu thụ điện ([9]).

"Kế hoạch Hành động Khí hậu 2050" đã xác định 15 hành động khí hậu ưu tiên trong năm lĩnh vực chiến lược, dựa trên bối cảnh kinh tế xã hội, hồ sơ phát thải carbon, rủi ro khí hậu và các biện pháp đang được triển khai. Các tiêu chí đánh giá bao gồm: (i) tiềm năng tạo ra lợi ích xã hội rộng lớn, đặc biệt là cho cộng đồng dễ bị tổn thương; (ii) tiềm năng cắt giảm phát thải và/hoặc giảm thiểu các rủi ro khí hậu; (iii) sự phù hợp với các hành động khác trên danh sách; (iv) tính khả thi trong việc triển khai trên thực tế; và (iv) rủi ro đầu tư kém.

Dựa vào kết quả đánh giá, 15 hành động khí hậu chính đã được xác định trong năm lĩnh vực chiến lược. Các lĩnh vực này, được lựa chọn sau quá trình tham vấn với các bên liên quan, bao gồm: 1) Di động & Cơ sở hạ tầng, 2) Tòa nhà Hiệu quả Năng lượng & Chống lại Biến đổi Khí hậu, 3) Quản lý Rác thông minh, 4) Thành phố Thích nghi Xanh, và 5) Quản lý Thảm họa.

Ví dụ, dưới lĩnh vực 1) Di động & Cơ sở hạ tầng, các hành động khí hậu ưu tiên bao gồm việc chuyển đổi xe chạy bằng nhiên liệu hóa thạch sang xe điện, thiết kế đường phố nhằm đảm bảo di chuyển thuận tiện (giảm tắc nghẽn giao thông), tạo ra mạng lưới đường giúp người đi bộ cảm thấy thoải mái và an toàn, cung cấp nhà ở giá rẻ có thể tiếp cận với phương tiện giao thông công cộng, và phát triển một mạng lưới làn xe buýt chuyên dụng. Các hành động này được kỳ vọng sẽ khuyến khích người dân và du khách chuyển sang giao thông công cộng, đồng thời cung cấp cơ hội lưu trữ nước mưa và xanh hóa đô thị như những lợi ích phụ bằng cách dành nhiều không gian hơn cho người đi bộ và người đi xe đạp.

Dưới lĩnh vực 2) Tòa nhà hiệu quả năng lượng & ứng phó với biến đổi khí hậu, các hành động ưu tiên bao gồm việc xác nhận danh sách các tòa nhà phát thải carbon thấp, đánh giá và xếp hạng hiệu suất của tòa nhà, và phát triển một lộ trình xây dựng gần như không phát thải.

Để giám sát, đánh giá và báo cáo về tiến trình thực hiện, thành phố Kuala Lumpur đã thiết lập các chỉ số chính cho mỗi hành động khí hậu ưu tiên. Bảng 4 cho thấy một số ví dụ về các chỉ số này.

Có thể nói, thành phố Đà Nẵng có thể cân nhắc việc tham khảo "Kế hoạch Hành động về Khí hậu 2050" của Kuala Lumpur để áp dụng cách tiếp cận tương tự trong việc ưu tiên các biện pháp và hành động về khí hậu. Mục tiêu chính là giảm lượng khí thải nhà kính và tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu.

Quan trọng hơn hết, cần phải mang lại những lợi ích xã hội từ các nỗ lực này, đặc biệt là cho những cộng đồng dễ bị tổn thương, và những người sống trong hoàn cảnh khó khăn hoặc thiếu tài nguyên. Điều này không chỉ giúp giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu, mà còn đảm bảo rằng mọi tầng lớp trong xã hội đều hưởng lợi từ những nỗ lực này.

3.4 Tóm lược các giải pháp tiềm năng cho thành phố Đà Nẵng từ kinh nghiệm quốc tế

Khi tìm hiểu kinh nghiệm của ba thành phố về chiến lược và kế hoạch phát triển giảm carbon, Đà Nẵng có thể tham khảo các điểm sau:

(1) Đặt mục tiêu tham vọng về tiết kiệm năng lượng và cung cấp năng lượng tái tạo & năng lượng sạch, cùng

Bảng 4. Ví dụ về các hành động khí hậu được ưu tiên và chỉ số chính được thành phố Kuala Lumpur đề xuất

Hành động khí hậu được ưu tiên	Chỉ số chính
Thiết kế đường phố cho di chuyển chủ động	▪ Tổng lượng khí thải từ phương tiện giao thông cơ giới (t CO_2e) ▪ Nồng độ PM2.5 và PM10
Xác nhận danh sách kiểm tra tòa nhà phát thải carbon thấp	▪ % diện tích sàn của tất cả các tòa nhà tuân thủ các chính sách liên quan đến khí hậu ▪ % tất cả các tòa nhà mới áp dụng chính sách đánh giá
Bảo vệ công viên và tăng diện tích khu vực đa dạng sinh học	▪ Diện tích phủ bóng được tạo ra (m^2) ▪ % thay đổi quy hoạch sử dụng đất thành không gian mở (tập trung vào giảm lượng khí thải hoặc dễ bị ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu)

(Nguồn: [9])

với việc thúc đẩy điện hóa để giảm thiểu việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch.

Khi xác định mục tiêu giảm lượng khí nhà kính từ năm 2035 đến 2050, thành phố nên ưu tiên việc khuyến khích tiết kiệm năng lượng và chuyển sang năng lượng tái tạo, cũng như các nguồn năng lượng sạch. Cần xác định các khu vực tiềm năng để điện hóa trong các ngành, như sản xuất, vận tải và xây dựng, nhằm thay thế năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch trong các quá trình sản xuất công nghiệp, sản xuất điện, sưởi ấm và làm mát. Sau khi xác định khả năng sản xuất năng lượng tái tạo & năng lượng sạch tối đa, thành phố cần đặt mục tiêu cung cấp năng lượng. Nếu không thể đạt được mục tiêu này do giới hạn về khả năng cung cấp, một giải pháp khác là mua năng lượng tái tạo hoặc năng lượng sạch từ các thành phố hoặc đô thị khác. Trong trường hợp chi phí mua năng lượng thấp hơn chi phí sản xuất ngay tại Đà Nẵng, có thể sử dụng dư lượng tiết kiệm để tạo ra quỹ phát triển, hỗ trợ cho thành phố hoặc đô thị cung cấp năng lượng tái tạo & năng lượng sạch.

(2) Ưu tiên các hành động về khí hậu, xem xét lợi ích đồng thời, đặc biệt là cho cộng đồng dễ bị tổn thương.

Việc ưu tiên các hành động về khí hậu, trong điều kiện nguồn lực hạn chế, nhằm đạt được hiệu quả cao là rất quan trọng. Khi xác định các hành động ưu tiên, cần xem xét không chỉ tác động dự kiến từ việc giảm lượng khí nhà kính và khả năng phục hồi trước biến đổi khí hậu, mà còn những lợi ích xã hội và lợi ích đồng thời mà những hành động này mang lại, góp phần vào sự phát triển bền vững của thành phố. Chẳng hạn, việc điện hóa các ngành như công nghiệp, vận tải và xây dựng sẽ giảm ô nhiễm không khí và lượng khí nhà kính bằng cách thay thế nhiên liệu hóa thạch bằng nguồn điện sạch. Sản xuất năng lượng sinh học, biogas hoặc phân hữu cơ từ chất thải hữu cơ của ngành công nghiệp chế biến thực phẩm, chợ, nhà hàng và hộ gia đình sẽ giảm lượng chất thải đổ vào bãi rác, nơi gây ra phát thải khí nhà kính. Hệ thống sản xuất và cung cấp năng lượng tái tạo tại cấp địa phương có khả năng phục hồi nhanh chóng trước các tình huống khẩn cấp, như khi lưới điện quốc gia bị gián đoạn do thiên tai như bão hoặc lũ lụt. Các công viên và không gian xanh trong thành phố không chỉ hấp thụ carbon mà còn giúp giảm nhiệt đô thị, hấp thụ nước mưa và tạo ra môi trường sống thoáng đãng cho người dân. "Kế hoạch hành động về khí hậu cho thành phố Đà Nẵng - Một khung cơ cấu cho các hành động về khí hậu theo ngành", do IGES xuất bản gần đây, đề xuất các hành động về khí hậu mang lại lợi ích đồng thời cho sự phát triển bền vững của thành phố trong lĩnh vực năng lượng, vận tải, thực phẩm và nông nghiệp. Đồng thời, cũng cần xem xét cách thức mà những lợi ích này sẽ được chia sẻ đến những người dân và cộng đồng dễ bị tổn thương trong thành phố.

(3) Tăng cường các biện pháp nhằm hướng dẫn thay đổi lối sống đóng góp vào Net Zero

Để xây dựng một xã hội giảm phát thải carbon, việc thay đổi lối sống của người dân trong thành phố là cần thiết. Chẳng hạn, hiện nay, nhiều người dân sử dụng xe máy hoặc ô tô chạy bằng nhiên liệu hóa thạch. Làm sao để chúng ta chuyển hướng sang việc sử dụng giao thông công cộng và xe điện? Đầu tiên, người dân cần nhận thức rõ tầm quan trọng của việc xây dựng một xã hội giảm cácbon và sau đó là việc giúp họ hiểu rõ về các lựa chọn hiện nay. Các lựa chọn này, dĩ nhiên, phải phù hợp và thuận tiện cho người dùng. Đối với giao thông công cộng như xe buýt, việc cung cấp dịch vụ chất lượng với chi phí hợp lý sẽ thu hút nhiều người sử dụng hơn. Điều này đòi hỏi việc phải có các làn đường riêng cho xe buýt để tránh kẹt xe, cải thiện việc tiếp cận các bến xe buýt và tăng cường kết nối với các phương tiện giao thông khác, giúp hành khách di chuyển một cách suôn sẻ.

Những lĩnh vực khác liên quan đến việc thay đổi lối sống bao gồm việc ưu tiên mua sắm sản phẩm phát thải cácbon thấp, giảm lượng thực phẩm bị lãng phí và bảo vệ môi trường tự nhiên giúp giảm phát thải khí nhà kính. Những thay đổi này cũng sẽ thúc đẩy sự biến đổi trong cách doanh nghiệp cung cấp sản phẩm và dịch vụ cho người tiêu dùng. Do đó, kế hoạch hành động hướng tới Net Zero (trung hòa cácbon, hay gaimr mức phát thải

ròng về 0) cần phải bao gồm các biện pháp cụ thể nhằm hướng dẫn sự thay đổi lối sống của người dân trong thành phố.

(4) Trình diễn một dự án mô hình giúp giảm phát thải cácbon trong một khu vực mục tiêu

Việc xây dựng và triển khai dự án mô hình tại một khu vực mục tiêu cho phép chúng ta có thể rút ra bài học kinh nghiệm về đổi mới công nghệ, mô hình kinh doanh phù hợp, mô hình hợp tác công-tư, sự tham gia của cộng đồng và các biện pháp tài chính cần thiết. Dự án mô hình cũng giúp minh họa tác động của việc giảm phát thải cácbon đối với xã hội. Tại Đà Nẵng, một khu công nghiệp là địa điểm lý tưởng để triển khai dự án giảm phát thải, đặc biệt là tại các nhà máy và tòa nhà có lượng phát thải lớn. Ban Quản lý Khu Công nghệ cao và các Khu công nghiệp Đà Nẵng (DHPIZA), đơn vị quản lý các khu công nghiệp trong thành phố, có thể đóng vai trò quan trọng trong việc điều phối và hỗ trợ việc triển khai dự án mô hình này. Với mối quan hệ chặt chẽ với các doanh nghiệp và khả năng huy động công nghệ tiên tiến, DHPIZA có thể giúp thúc đẩy việc triển khai thành công dự án giảm phát thải cácbon tại các khu công nghiệp và nhà máy, có lượng phát thải lớn khí nhà kính.

4. NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

4.1 Bối cảnh chung

Thành phố Đà Nẵng là một trong ba đô thị loại 1 trực thuộc trung ương, bao gồm 6 quận nội thành, 1 huyện ngoại thành và 1 huyện đảo. Thành phố có thẩm quyền tương đương một tỉnh [10]). Đà Nẵng có hệ sinh thái đa dạng như núi, rừng, khu đô thị, nông thôn và vùng ven biển. Đây cũng là cửa ngõ ra biển của khu vực Tây Nguyên, Việt Nam, cũng như của Lào - một quốc gia không có lối ra biển. Thành phố Đà Nẵng đóng vai trò quan trọng như một cảng biển và trung tâm kinh tế của miền Trung Việt Nam.

Một nghiên cứu trước đây do Viện Chiến lược Toàn cầu về Môi trường (IGES) thực hiện vào năm 2016, phối hợp với Đại học Kyoto, E-konzal, Viện Quốc gia về Nghiên cứu Môi trường (NIES), Viện Thông tin và Nghiên cứu Mizuho (MHIR), Viện Chiến lược và Chính sách về Tài nguyên và Môi trường (ISPONRE), và Văn phòng Điều phối Biến đổi Khí hậu Đà Nẵng (CCCO), chỉ ra rằng theo kịch bản thông thường, tổng lượng khí thải nhà kính sẽ tăng gấp bốn lần, từ 2,665 ktCO2eq trong năm 2013 lên 13,563 ktCO2eq vào năm 2030. Tuy nhiên, tổng lượng khí thải nhà kính có thể giảm 16%, tương đương khoảng 2,226 ktCO2eq, theo kịch bản biện pháp đối phó, được mô phỏng bởi Mô hình Tích hợp Châu Á-Thái Bình Dương (AIM) nếu thành phố thực hiện các sáng kiến hành động về khí hậu. Các sáng kiến này có thể được phân loại thành năm nhóm chính: (i) nhà thông minh, (ii) công nghiệp thông minh, (iii) hiệu quả năng lượng, (iv) giao thông thông minh và (v) năng lượng xanh ([11]).

Phân tích chỉ ra rằng năm nhóm hành động về khí hậu có thể giúp giảm 2,226 ktCO2eq vào năm 2030. Các kết quả từ nghiên cứu này cho thấy ngành giao thông và công nghiệp tại Đà Nẵng có tiềm năng lớn để giảm lượng khí thải nhà kính.

Là một thành phố đang phát triển nhanh chóng, Đà Nẵng cũng đang phải đối mặt với nhiều thách thức trong việc đáp ứng nhu cầu năng lượng ngày càng tăng và giảm lượng khí thải từ hệ thống năng lượng. Hiện tại, thành phố Đà Nẵng phụ thuộc vào nguồn điện nhập khẩu từ các tỉnh lân cận, như Quảng Nam (đối với thủy điện) và Quảng Trị (đối với điện than) ([10]), vì hiện tại thành phố không có nhà máy điện quy mô lớn. Tổng Công ty Điện lực Việt Nam (EVN) là đơn vị quản lý trực tiếp việc phân phối và bán lẻ điện trên toàn quốc, bao gồm cả các thành phố như Đà Nẵng ([10]). Do đó, Đà Nẵng hiện tại có quyền kiểm soát hạn chế về loại điện mà thành phố tiêu thụ.

Ngoài ra, thành phố Đà Nẵng cũng có thể tăng cường việc tự cung tự cấp điện, bằng cách phát triển điện mặt trời, vì thành phố có tiềm năng lớn về điện mặt trời, bao gồm 1,138 MW trên mái, 394 MW trên mặt đất, và 163 MW trên mặt nước ([10]). Trong số tiềm năng điện mặt trời trên mặt đất, 250 MW có thể đến từ các mỏ khoáng sản đã được đóng sau khi khai thác. Nhờ giá mua điện ưu đãi quốc gia (FIT) ([10]), Đà Nẵng đã đạt được 81 MW điện mặt trời vào cuối năm 2020 ([10]). Các nguồn năng lượng tái tạo khác, như sinh khối, rác thải cứng và khí sinh học, có tiềm năng nhỏ hơn, khoảng 15 MW, 36 MW và 6 MW tương ứng ([13]), nhưng vẫn có thể góp phần cung cấp năng lượng cho Đà Nẵng một cách thân thiện với môi trường.

4.2 Chiến lược và kế hoạch hành động của thành phố Đà Nẵng về việc cắt giảm phát thải khí nhà kính đến năm 2050

Đà Nẵng đã ban hành một số văn bản liên quan đến việc giảm phát thải khí nhà kính, bao gồm:

- Quyết định số 4929/QD-UBND ngày 16 tháng 12 năm 2020 của Ủy ban Nhân dân về việc tăng cường việc thực hiện tiết kiệm năng lượng và hiệu quả.

- Quyết định số 104/QD-UBND ngày 12 tháng 1 năm 2021 của Ủy ban Nhân dân về chương trình điện mặt trời trên mái cho Đà Nẵng đến năm 2025, với tầm nhìn đến năm 2035.

- Quyết định số 1099/QD-UBND ngày 2 tháng 4 năm 2021 của Ủy ban Nhân dân về chương trình phát triển Đà Nẵng thành thành phố môi trường trong giai đoạn 2021-2030.

- Quyết định số 1737/QD-UBND ngày 20 tháng 5 năm 2021 của Ủy ban Nhân dân về năng lượng tái tạo và

năng lượng sạch.

- Quyết định số 2609/QD-UBND ngày 28 tháng 7 năm 2021 của Ủy ban Nhân dân về kế hoạch hành động đáp ứng biến đổi khí hậu trong giai đoạn 2021-2030, với tầm nhìn đến năm 2050.

Tuy nhiên, do những văn bản này được ban hành trước COP26, do vậy mục tiêu đưa ra chưa thực sự tham vọng so với mục tiêu quốc gia mới cập nhật. Cụ thể, mục tiêu về năng lượng tái tạo và năng lượng sạch của Đà Nẵng dành cho năm 2025 và 2050 chỉ chiếm 9,71% và 9,69% tổng nguồn cung cấp năng lượng chính, tương ứng, theo Quyết định 1737 ([14]). Chỉ có điện mặt trời và năng lượng sinh khối được đặt mục tiêu cụ thể, dự kiến chiếm khoảng 9% tổng sản lượng điện của Đà Nẵng vào năm 2035 ([14]). Trong khi đó, mục tiêu quốc gia cho điện tái tạo là 47% tổng sản lượng điện vào năm 2030, theo cam kết của Việt Nam với Đối tác Chuyển đổi Năng lượng Công bằng (JETP) công bố vào tháng 12 năm 2022 ([2])

Mục tiêu về điện mặt trời vẫn chưa phản ánh đúng tiềm năng sẵn có. Cụ thể, mục tiêu cho điện mặt trời trên mái là 170 MW (chiếm khoảng 4% tổng sản lượng điện), 293 MW (5%) và 402 MW (5%) vào các năm 2025, 2030 và 2035, tương ứng. Mục tiêu cho điện mặt trời trên mặt đất cũng chưa đạt mức mong muốn, với Quyết định 1737 chỉ đặt ra con số 75 MW và 175 MW vào năm 2025 và 2035, tương ứng ([15]). Không có mục tiêu nào dành cho điện mặt trời nổi, mặc dù Đà Nẵng có diện tích mặt nước lớn rất phù hợp cho việc này. Tổng mục tiêu cho điện mặt trời chỉ đạt khoảng 577 MW vào năm 2035, chiếm 34% tiềm năng thực tế ([15]). Mục tiêu cho điện mặt trời cần được đặt ở mức cao hơn, bằng cách tăng mục tiêu cho điện mặt trời trên mặt đất và đưa ra mục tiêu tham vọng cho điện mặt trời nổi.

Các biện pháp khuyến khích phát triển năng lượng tái tạo dường như vẫn chưa rõ ràng. Nghị quyết số 149/2019/NQ-HĐND của Hội đồng Nhân dân Thành phố, ban hành ngày 12 tháng 7 năm 2018, về chính sách hỗ trợ lãi suất cho các dự án đầu tư quan trọng dường như chưa đủ mạnh để thúc đẩy đầu tư vào năng lượng mặt trời, đặc biệt sau khi giá mua điện ưu đãi quốc gia cho điện mặt trời kết thúc vào năm 2020 ([13]). Việc áp dụng một giá mua điện ưu đãi mới dựa trên cơ chế đo đếm có thể khích lệ người tiêu thụ sử dụng điện mặt trời, giúp tăng khả năng tự cung cấp điện và giảm nhu cầu mở rộng lưới truyền tải.

Hơn nữa, từ góc độ chu kỳ chính sách, mục tiêu tham vọng chỉ có giá trị khi được hỗ trợ bởi các kế hoạch, chính sách, chiến lược và công cụ giám sát ở cấp thành phố, ví dụ như việc có một bảng tổng hợp lượng khí thải nhà kính cấp thành phố. Thực tế, theo Nghị định số 06/2022/ND-CP của Chính phủ và Quyết định liên quan số 01/2022/QĐ-TTg, các đối tượng/cơ sở tiêu thụ năng lượng lớn từ các ngành giao thông, công nghiệp và xử lý rác thải đều phải thực hiện bảng tổng hợp khí thải và lập kế hoạch giảm lượng khí thải để định kỳ báo cáo cho Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thành phố Đà Nẵng, nhận thức rõ lợi ích của việc hợp tác chặt chẽ với những đối tượng/cơ sở này, đã tăng cường chuyên môn và nâng cao năng lực tổ chức để đảm bảo việc thực hiện đúng quy định về báo cáo lượng khí thải, cũng như hỗ trợ kế hoạch của khu vực tư nhân trong việc giảm lượng khí thải.

5. ĐỀ XUẤT CHÍNH SÁCH VÀ GIẢI PHÁP NHẰM GIÚP THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG ĐẠT MỤC TIÊU GIẢM PHÁT THẢI RÒNG BẰNG "0"

Đà Nẵng có vị trí thuận lợi trong việc đóng góp vào mục tiêu chung của quốc gia về việc giảm mức phát thải ròng về mức "0" vào năm 2050. Trước tiên, thành phố nên tăng mức độ tham vọng của các mục tiêu tiết kiệm năng lượng để phù hợp với cam kết quốc gia mới cập nhật. Để nhận được sự ủng hộ từ công chúng cho việc tăng giá điện, việc tư vấn và nâng cao nhận thức của người dân về tiết kiệm năng lượng là cần thiết. Việc điều chỉnh giá điện cũng sẽ khuyến khích việc sử dụng năng lượng một cách hiệu quả hơn.

Thứ hai, việc đặt ra mục tiêu tham vọng cho năng lượng mặt trời sẽ giúp tăng tốc quá trình giảm lượng phát thải cácbon. Thành phố Đà Nẵng có thể xem xét việc đàm phán với EVN để áp dụng giá mua điện ưu đãi riêng, nhằm khuyến khích việc phát triển năng lượng mặt trời. Ngoài ra, các cơ chế như hợp đồng mua điện trực tiếp (DPPA) có thể cho phép các doanh nghiệp lớn tại Đà Nẵng mua điện mặt trời và điện gió từ các tỉnh khác. Ví dụ, Đà Nẵng có thể mua điện mặt trời từ tỉnh Gia Lai và điện gió ngoài khơi từ tỉnh Bình Định. Để triển khai DPPA tại Đà Nẵng, việc thảo luận với EVN và Bộ Công Thương là bắt buộc, vì cơ chế này hiện chỉ được thử nghiệm trên cơ sở linh hoạt ([16]). Việc nâng cấp lưới truyền tải kết nối với các tỉnh lân cận là cần thiết để nhập khẩu điện mặt trời và điện gió. Đà Nẵng có hơn 30 địa điểm tiềm năng với dung lượng lưu trữ năng lượng thủy điện bơm 2 GWH-6 giờ trong bán kính 50 km ([17]), giúp giải quyết vấn đề gián đoạn của năng lượng mặt trời và gió, đồng thời tăng khả năng tiếp nhận năng lượng tái tạo ([18]).

Thứ ba, việc đặt ra mục tiêu tham vọng cho xe điện sẽ giúp định hướng việc xanh hóa ngành giao thông. Điện hóa có thể bắt đầu từ các phương tiện công và giao thông công cộng, bao gồm cả taxi. Mục tiêu hiện tại là 25% xe buýt chạy bằng điện vào năm 2030 ([14]) có thể được tăng lên. Đặt mục tiêu 100% phương tiện công và đội xe giao thông công cộng chạy bằng điện vào năm 2030 là một hướng đi đáng cân nhắc.

Thứ tư, Đà Nẵng nằm ở vị trí thuận lợi để tăng cường khả năng hấp thụ cácbon cho cả nước thông qua các nỗ lực bảo vệ và trồng mới rừng. Thành phố hiện đang sở hữu khoảng 64.000 hecta rừng, chiếm khoảng 47% diện tích toàn thành phố. Đà Nẵng có thể xem xét việc mở rộng diện tích rừng nhằm tăng cường khả năng hấp thụ cácbon. Bên cạnh đó, việc bảo tồn hệ sinh thái biển cũng

góp phần quan trọng vào việc hấp thụ cácbon. Thành phố có thể xác định mục tiêu cụ thể cho việc bảo tồn trên cạn và dưới biển, thông qua một tài liệu hướng dẫn riêng hoặc tích hợp vào các văn bản pháp lý hiện hành, như kế hoạch hành động thích ứng với biến đổi khí hậu. Ví dụ, có thể xem xét việc mở rộng khu vực bảo vệ biển. Đồng thời, việc kiểm soát ô nhiễm từ nước thải công nghiệp và đô thị là không thể thiếu. Trong số đó, việc giảm lượng rác thải nhựa biển nên được đặt lên hàng đầu. Đà Nẵng là một trong những thành phố có tiềm năng hấp thụ cácbon thông qua cả hệ sinh thái trên cạn và dưới biển.

Thứ năm, để phát triển chuyên môn liên quan đến bảng tổng hợp khí thải, nhóm tác giả đề xuất Đà Nẵng nên bắt đầu bằng việc xây dựng một 'Bảng tổng hợp phát thải khí nhà kính từ hoạt động của chính quyền địa phương (LGO)'. Bảng tổng hợp này sẽ chỉ bao gồm lượng khí thải từ hoạt động của chính quyền thành phố, thường chỉ chiếm 3-7% tổng lượng khí thải của toàn thành phố, giúp giám sát tiến trình giảm khí thải. Một trong những lợi ích của bảng tổng hợp LGO là giúp xác định vấn đề và cơ hội để cải thiện hiệu quả dịch vụ đô thị. Ví dụ, trong dự án thử nghiệm thành phố ít phát thải cácbon, Hội đồng thành phố Shah Alam (Malaysia) đã tiến hành kiểm toán năng lượng cho tòa nhà văn phòng chính vào năm 2015. Kết quả này đã tạo ra tiền đề để giới thiệu các biện pháp tiết kiệm năng lượng và cải tạo, giảm lượng khí thải của tòa nhà xuống 4,4% và tiết kiệm khoảng 350.000 USD vào năm 2017. Thông qua việc này, nhân viên thành phố đã nâng cao năng lực về việc xây dựng bảng tổng hợp phát thải khí nhà kính, hiệu quả năng lượng và phương pháp quản lý dự án PDCA.

Thành phố Đà Nẵng có tiềm năng lớn để trở thành một ví dụ điển hình trong việc thúc đẩy các sáng kiến giảm mức phát thải ròng xuống mức "0". Đây là thành phố đầu tiên tại Việt Nam triển khai kế hoạch hành động hướng tới một thành phố thân thiện với môi trường từ năm 2008. Động lực này đã được duy trì, với kế hoạch hành động tiếp theo cho giai đoạn 2021-2030. Kế hoạch này có thể được cập nhật để phản ánh các mục tiêu mới phù hợp với mục tiêu quốc gia về giảm phát thải ròng xuống mức "0" vào năm 2050.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] GoV (Government of Vietnam) (2022). Quyết định số 896/QĐ-TTg, phê duyệt Chiến lược Quốc gia về Biến đổi Khí hậu giai đoạn đến năm 2050, ký ngày 26/07/2022 [https://vksndtc.gov.vn/KND/TT/Lists/TinTuc/Attachments/10457/Quy%E1%BA%BFt%20%C4%91%E1%BB%8Bnh%20s%E1%BB%91%20896%20TTg.pdf]

[2] Do, T.N, Burke, P.J. (2023). Phasing out coal power in a developing country context: Insights from Vietnam. Energy Policy 176, 113512. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113512.

[3] Da Nang city: Wikipedia, "A study on Da Nang low carbon city, 2016", Yokohama city: "Yokohama open data portal", Kitakyushu city: Kitakyushu open data", Kuala Lumpur: World data atlas, "Climate Action Plan 2050"); City of Yokohama (2018). Yokohama City Action Plan for Global Warming Countermeasures, revised 2018 https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/en/climate/cap_and_trade/icap_tokyo_2017.files/170614icapsymposium_session3_yokohama_ci.pdf

[4] City of Yokohama (2018). Yokohama City Action Plan for Global Warming Countermeasures, revised 2018 https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/en/climate/cap_and_trade/icap_tokyo_2017.files/170614icapsymposium_session3_yokohama_ci.pdf

[5] City of Yokohama (2019). Yokohama City Strategy on the Use of Renewable Energy, 2019

[6] City of Yokohama (2021). Yokohama City Ordinance for Promotion of Formulating Carbon Neutral Society, 2021

[7] City of Yokohama (2022). Proposal of "Urban Decarbonisation Model in Minato Mirai 21 District based on public-private partnership", 2022

[8] City of Kitakyushu (2022). Kitakyushu Action Plan for Global Warming Countermeasures and Kitakyushu Eco-Model City Action Plan, 2022.

[9] City of Kuala Lumpur (2021). Kuala Lumpur Climate Action Plan 2050 [https://www.dbkl.gov.my/wp-content/uploads/2021/07/C40_KLCAP2050_viewing-only-MR-single_compressed.pdf]

[10] UBND TP Đà Nẵng (2022). Dự thảo Quy hoạch thành phố Đà Nẵng thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.

[11] Hoa, N. T., and Ochi, Y (2016). A Study on Danang Low Carbon City. Available on: https://2050.nies.go.jp/report/file/lcs_asialocal/Danang_brochure_Eng.pdf

[12] Do, T.N., Burke, P.J., Baldwin, K.G.H. & Nguyen, C.T. (2020). Underlying drivers and barriers for solar photovoltaics diffusion: The case of Vietnam. Energy Policy 144, 111561. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111561.

[13] Do, T.N., Burke, P.J., Nguyen, N.H., Overland, I., Suryadi, B., Swandaru, A. & Yurnaidi, Z. (2021). Vietnam's solar and wind power success: Policy implications for the other ASEAN countries. Energy for Sustainable Development 65, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.09.002

[14] UBND TP Đà Nẵng (2021). Quyết định số 1737/QD-UBND của UBND Thành phố Đà Nẵng, ban hành ngày 20/5/2021 về năng lượng tái tạo và năng lượng sạch

[15] UBND TP Đà Nẵng (2021). Quyết định số 104/QĐ-UBND phê duyệt Đề án Phát triển điện mặt trời trên mái nhà thành phố Đà Nẵng đến năm 2025, tầm nhìn đến 2035. [https://danang.gov.vn/chinh-quyen/chi-tiet?id=42219&_c=3,9,33]

[16] Do, T.N., Burke, P.J., Hughes, L., Ta, D.T. (2022). Policy options for offshore wind power in Vietnam. Marine Policy 141, 105080. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105080.

[17] Blakers, A., Stocks, M., Lu, B., Cheng, C., Nadolny, A. (2019). Global PHES atlas - RE100 - ANU [WWW Document]. http://re100.eng.anu.edu.au/global.

[18] Lu, B., Blakers, A., Stocks, M. & Do, T. N. (2021). Low-cost, low-emission 100% renewable electricity in Southeast Asia supported by pumped hydro storage. Energy 236, 121387. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121387.

MA PHẠM NHỰT TÂN

Ma Phạm Nhựt Tân hiện là sinh viên năm cuối chương trình chất lượng cao tại khoa Điện tử-Viễn thông, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam. Hiện tại anh đang là hổ trợ nghiên cứu tại phòng thí nghiệm Impact Communications Technology. Nhưng lĩnh vực nghiên cứu chính của anh là tạo ra các thuật toán và thiết bị cải tiến nhằm tăng cường theo dõi và phân tích tình trạng y tế.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0306

TRÍCH XUẤT TÍN HIỆU ĐIỆN TIM TỪ TÍN HIỆU ĐIỆN NÃO CHO THIẾT BỊ CẢNH BÁO SỨC KHỎE TẤT CẢ TRONG MỘT

Ma Phạm Nhựt Tân[1], Tạ Viết Tài[2], Nguyễn Việt Hà[3]
Trần Thị Thảo Nguyên[4]

[1] Ma Phạm Nhựt Tân, Sinh viên năm 3, Khoa Điện tử-Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh, Email: 20207096@student.hcmus.edu.vn

[2] Tạ Viết Tài, Nghiên cứu viên, Khoa Điện tử-Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam Email: tvtai@hcmus.edu.vn

[3] Nguyễn Việt Hà, Giảng viên, Khoa Điện tử-Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh Email: nvha@hcmus.edu.vn

[4] Trần Thị Thảo Nguyên, Giảng viên, Khoa Điện tử-Viễn Thông, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh Email: tttnguyen@hcmus.edu.vn

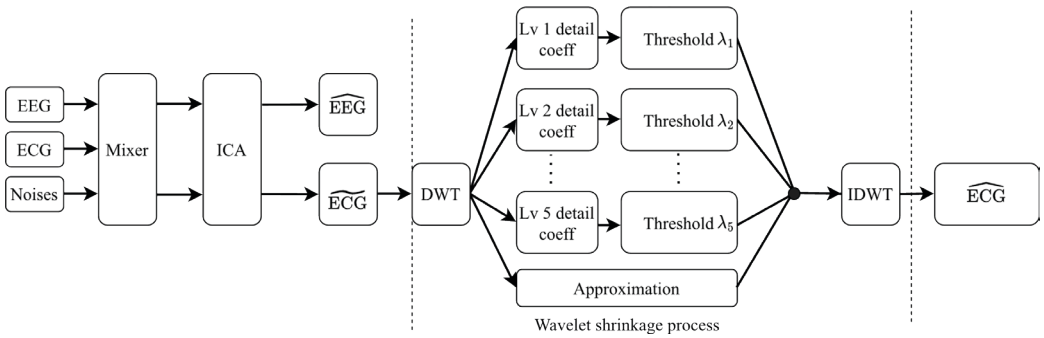
TÓM TẮT:

Đột quỵ và bệnh tim thiếu máu cục bộ là nguyên nhân gây tử vong hàng đầu; do đó các căn bệnh này cần được chẩn đoán và điều trị kịp thời. Hai phương pháp không xâm lấn có độ nhạy cao có thể hỗ trợ chẩn đoán sớm là đo Điện não đồ (EEG) và Điện tâm đồ (ECG). Tuy nhiên, các phép đo truyền thống thường được thực hiện tại bệnh viện và yêu cầu nhiều điện cực đặt ở các vị trí khác nhau trên cơ thể, điều này khó có thể đo và xác định sức khỏe một cách liên tục. Vì vậy, cần có một thiết bị đeo nhỏ gọn có thể đo cả tín hiệu ECG và EEG. Bài báo này đề xuất một mô hình trích xuất có tên là EEG-ECG Extraction (EEE), kết hợp giữa kỹ thuật Phân tích thành phần độc lập (ICA) và kỹ thuật Wavelet Shrinkage để xác định đồng thời cả EEG và ECG từ một loại tín hiệu điện sinh học từ một số cảm biến ở đầu. Kết quả cho thấy những thông tin quan trọng như nhịp tim, phức hợp QRS, khoảng QT có thể được xác định từ tín hiệu EEG thông qua trích xuất ECG. Mối tương quan giữa tín hiệu trích xuất và tín hiệu gốc cũng được sử dụng để đánh giá kỹ thuật đề xuất..

Từ khóa: *ECG Extraction, ECG, EEG, ICA, Wavelet shrinkage*

1. GIỚI THIỆU

Điện tim (ECG - Electrocardiography) và điện não (EEG - Electroencephalography) là hai phương pháp không xâm lấn có giá trị cao trong việc quản lý sức khỏe và phát hiện sớm các vấn đề bất thường. ECG giúp xác định các bất thường trong phức hợp QRS, trong khi EEG đo lường hoạt động điện của não, cung cấp thông tin về nhiều vấn đề sức khỏe. Việc tích hợp cả hai phương pháp này vào một thiết bị duy nhất giúp tăng cường khả năng theo dõi sức khỏe liên tục và chính xác, cũng như giảm tỉ lệ tử vong của một số bệnh nguy hiểm, chẳng hạn như đột quỵ [1], một vấn đề sức khỏe



Hình 1. Mô hình trích xuất EEG-ECG

toàn cầu nghiêm trọng, cướp đi sinh mạng của hàng triệu người mỗi năm [2]. Tuy nhiên, việc thu thập và xử lý hai tín hiệu này cùng lúc gặp nhiều khó khăn do sự khác biệt về vị trí điện cực: EEG thường được đặt trên da đầu để đo hoạt động điện của não, trong khi ECG được đặt trên ngực để đo hoạt động điện của tim. Điều này gây cản trở cho việc theo dõi liên tục và đồng thời cả hai tín hiệu, đặc biệt khi cần theo dõi 24/7. Xu hướng hiện nay là phát triển các thiết bị 'all-in-one' nhỏ gọn, có thể đeo được, nhằm giúp đo lường đồng thời cả ECG và EEG từ một số ít cảm biến, mang lại sự tiện lợi và chính xác cao cho người sử dụng.

Phát triển một thiết bị nhỏ gọn có thể đo nhiều tín hiệu cùng một lúc là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng. Để giải quyếtt vấn đề này, mô hình đề xuất trong bài viết này nhằm mục đích trích xuất tín hiệu ECG từ tín hiệu EEG, loại bỏ nhu cầu đo tín hiệu ECG một cách độc lập. Vị trí điện cực đặt ở vùng đầu được chọn để mô phỏng việc trích xuất tín hiệu ECG từ tín hiệu EEG do biên độ của EEG [µV] nhỏ hơn biên độ của ECG [mV] [3]. Hơn nữa, người ta đã chứng minh rằng việc đặt điện cực ở đầu có thể đo tín hiệu ECG trong [4], trong đó các tác giả đã chứng minh rằng hai điện cực đặt ở tai đối diện có thể đo được tín hiệu ECG. Tuy nhiên, nghiên cứu trước đây về chủ đề này đã tập trung vào việc loại bỏ các thành phần giả ECG khỏi tín hiệu EEG.

Trong nhiều năm, một số nghiên cứu [5-8] đã khám phá tác động của tín hiệu ECG lên tín hiệu EEG. Ví dụ, trong [5], các tác giả đã sử dụng kênh ECG làm tín hiệu tham chiếu, tín hiệu này sau đó được trừ khỏi tín hiệu EEG để loại bỏ các tạo tác ECG ảnh hưởng đến tín hiệu EEG. Tương tự, trong [6], các tác giả đã thực hiện việc loại bỏ tạo tác ECG mà không cần thêm kênh ECG, họ thực hiện điều này bằng cách áp dụng biến đổi wavelet để xác định dải tần có chứa tạo tác ECG và sau đó trừ nó khỏi tín hiệu EEG. Một nghiên cứu khác [7] đã cung cấp một phương pháp xử lý tín hiệu EEG được gọi là Biểu đồ khoảng thời gian loại bỏ (EIH-Elimination Interval Histogram), giúp phát hiện và loại bỏ các thành phần ECG mà không cần dựa vào thông tin từ kênh ECG. Mặc dù các nghiên cứu này cho thấy kết quả đầy hứa hẹn nhưng sự hiện diện hoặc chất lượng của tín hiệu ECG tách biệt khỏi tín hiệu EEG là không đủ tốt và do đó, chúng được coi là các tín hiệu giả cần được loại bỏ. Ngoài ra, trong [8], tác giả đã đo tín hiệu ECG bằng thiết bị đeo trên tai dành cho hệ thống nhận dạng người dùng, nhưng chất lượng của tín hiệu này vẫn cần được cải thiện cho các ứng dụng lâm sàng. Để giải quyết khoảng trống này, mô hình Trích xuất EEG-ECG (EEE-EEG-ECG Extraction) được đề xuất kết hợp Phân tích thành phần độc lập (ICA-Independent Component Analysis) và Wavelet Shrinkage [9], ICA được sử dụng để tách tín hiệu đo được thành tín hiệu ECG và EEG, nhưng tín hiệu ECG sau quá trình đó vẫn chưa tốt nên Wavelet shrinkage được áp dụng để khử nhiễu và thu được tín hiệu ECG chất lượng tốt hơn với các thông tin cần thiết, chẳng hạn như phức hợp QRS và khoảng QT được trích xuất từ điện não đồ. Cách tiếp cận này có thể cung cấp thông tin cần thiết để chẩn đoán bệnh tim, khiến nó trở thành một sự phát triển đầy hứa hẹn cho nghiên cứu trong tương lai trong lĩnh vực này.

Bài viết này đề xuất mô hình Trích xuất EEG-ECG (EEE) sử dụng Phân tích thành phần độc lập (ICA) và độ co rút Wavelet để có tín hiệu ECG chất lượng tốt hơn được trích xuất từ EEG. Đặc biệt, thuật toán Infomax được sử dụng trong ICA để tách tín hiệu ECG khỏi tín hiệu EEG. Thuật toán Infomax là một phương pháp phổ biến được sử dụng trong ICA vì khả năng tối đa hóa tính phi Gaussianity của các tín hiệu tách biệt [10]. Bằng cách kết hợp ICA với tính năng co rút Wavelet, chúng tôi mong muốn cải thiện độ chính xác của tín hiệu ECG được trích xuất. Tín hiệu ECG thu được từ mô hình đề xuất có thể được sử dụng để phát hiện sớm bệnh tim thiếu máu cục bộ, đòi hỏi những thông tin cần thiết như phức hợp QRS và khoảng QT [11]. Trong khi đó, các thông tin EEG như sóng alpha, beta, gamma, delta sẽ được xử lý để dự đoán đột quỵ [2].

2. HỆ THỐNG TRÍCH XUẤT TÍN HIỆU ĐIỆN TIM TỪ TÍN HIỆU ĐIỆN NÃO

2.1 Mô hình trích xuất điện não điện tim (EEG-ECG Extraction)

Để đạt được mục đích lấy tín hiệu ECG từ tín hiệu EEG, chúng tôi đề xuất mô hình EEE sử dụng ICA để tách tín hiệu hỗn hợp thành $\widehat{EEG}$ và $\widehat{ECG}$, sau đó là thu nhỏ Wavelet để giảm nhiễu để thu được $\widehat{ECG}$. Mô

hình này được trình bày trong Hình 1. Nó có hai chức năng thiết yếu, được thực hiện bởi sự co rút của ICA và Wavelet. Để thực hiện thuật toán ICA, số lượng đầu vào phải lớn hơn một; do đó, vì chúng tôi đang thực hiện mô phỏng nên cần có cách tái tạo hỗn hợp tín hiệu thực tế với tỷ lệ công suất thích hợp. Chúng tôi sẽ trộn tín hiệu EEG với ECG và nhiễu ngẫu nhiên để mô phỏng tình huống thực tế trong đó hai tín hiệu từ hai điện cực được đặt gần nhau. Chi tiết hơn, các tham số mô phỏng được thiết lập với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) của nhiễu ngẫu nhiên nằm trong khoảng từ 10 đến 30 [dB], được sử dụng để đánh giá hệ số tương quan. Thuật toán Infomax ICA được sử dụng để phân tách các tín hiệu. Trong [12], tác giả đã mô hình hóa cơ thể con người như một kênh truyền, với tần số ECG dao động từ 0,05 đến 100 [Hz] và giả sử khoảng cách truyền là 55 [cm] từ tim đến các cảm biến ở não, kênh phản ứng sau đó có thể được tính toán. Từ thông tin đó, công suất nhận được tín hiệu ECG trong não từ hai cảm biến gần đó sẽ bị suy giảm lần lượt ở mức -12 [dB] và -14 [dB]. Sau đó, tín hiệu ECG được xử lý bằng phương pháp thu nhỏ Wavelet để giảm hiệu ứng nhiễu và tăng độ chính xác của tín hiệu. Sử dụng mô hình EEE này, tín hiệu hỗn hợp có thể được tách thành hai thành phần riêng biệt, sau đó có thể được xử lý riêng để loại bỏ mọi hiệu ứng không mong muốn.

2.2. Phân tích thành phần độc lập (ICA-Independent Component Analysis)

Ta mô hình hóa tín hiệu đo được bằng tích hai ma trận

$$X = AS + N \quad (1)$$

trong đó, **S** là mảng chứa tín hiệu EEG và ECG. **N** là ma trận nhiễu ngẫu nhiên tại cảm biến. X là tập hợp các tín hiệu sao chép các tín hiệu đo được từ các cảm biến. Vì vậy, để tính tín hiệu ước tính $\hat{\mathbf{S}}$, chứa các tín hiệu độc lập như EEG và ECG. Mục tiêu của ICA là tách tín hiệu ECG khỏi tín hiệu EEG đo được. Thuật toán ICA hoạt động bằng cách giảm thiểu sự phụ thuộc thống kê giữa các thành phần của tín hiệu để phát hiện các nguồn độc lập cơ bản. bài báo này sẽ ước lượng ma trận $\boldsymbol{W} \simeq \boldsymbol{A}^{-1}$. Khi đó, ma trận độc lập thu được bằng cách nhân W với X như (2). Ma trận **W** có thể được tìm thấy bằng cách giải tương quan và chuẩn hóa. Trong bước giải tương quan, vì mỗi thành phần tín hiệu trong ma trận X có tương quan với nhau nên chúng ta phải giải tương quan để các thành phần tín hiệu trở nên độc lập với nhau. Kỹ thuật Phân tích thành phần chính (PCA- Principal Component Analysis) thường được sử dụng để tìm giá trị riêng và vectơ riêng tương ứng với giá trị riêng đó. Mỗi vectơ riêng tương ứng với một tín hiệu độc lập trong tín hiệu nhận được. Trong bước chuẩn hóa, do các giá trị riêng được sắp xếp theo thứ tự giảm dần nên công suất của các thành phần tín hiệu không bằng nhau. Vì vậy, bắt buộc phải chuẩn hóa công suất của từng tín hiệu. Giả sử ma trận W được ước lượng một cách hoàn hảo, khi đó tín hiệu ước lượng có dạng

$$\hat{S} = WX = S + A^{-1}N, \quad (2)$$

trong đó thành phần thứ hai của phương trình (2) đại diện cho nhiễu nên tín hiệu ECG sau khi thực hiện ICA cần thêm một bước xử lý chính là wavelet shrinkage để tăng tính chính xác của tín ECG.

2.3. Wavelet Shrinkage

Biến đổi Wavelet là một phương pháp toán học được dùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, bao gồm trong xử lý ảnh, nén dữ liệu, và phân tích tín hiệu. Biến đổi Wavelet dựa trên việc biểu diễn các tín hiệu dưới dạng tổng của các hàm wavelet, trong các hàm wavelet là các hàm toán học ứng với các mức phân giải khác nhau. Biến đổi Wavelet có nhiều thích hợp hơn trong ứng dụng phân tách tín hiệu vì nó cho phép cung cấp thông tin của miền thời gian và tần số cùng một lúc. Biến đổi Wavelet rời rạc của một tín hiệu sẽ được phân thành một thành phần ước lượng và các thành phần chi tiết được mô tả trong (3) và (4), trong đó N là số lượng mẫu

$$W_\varphi(j_0,k) = \frac{1}{\sqrt{N}}\sum_n x[n]\varphi_{j_0},k(n), \quad (3)$$

$$W_\psi(j_0,k) = \frac{1}{\sqrt{N}}\sum_n x[n]\psi_{j_0},k(n). \quad (4)$$

Wavelet shrinkage là sự kết hợp của biến dổi Wavelet rời rạc và các mức ngưỡng để khử nhiễu. Mục tiêu của kỹ thuật này là chia tín hiệu ra nhiều khoảng tần số khác nhau và dùng ngưỡng để khử nhiễu trên từng bằng tần. Hình 1 diễn ta một cách hoạt động của quá trình, tín hiệu đầu vào sẽ được chia thành năm thành phần chi tiết và một thành phần ước lượng. Sau đó một ngưỡng sẽ được tính cho mỗi thành phần chi tiết. Trong (5), một ngưỡng λ_i được đề xuất bởi Donoho [13]

$$\lambda_i = \sigma_i\sqrt{2logN}, \quad (5)$$

trong đó σ_i là biên độ nhiễu tại mức thứ *i* của thành phần chi tiết

$$\sigma_i = \frac{median|DC_i|}{C_i} \quad (6)$$

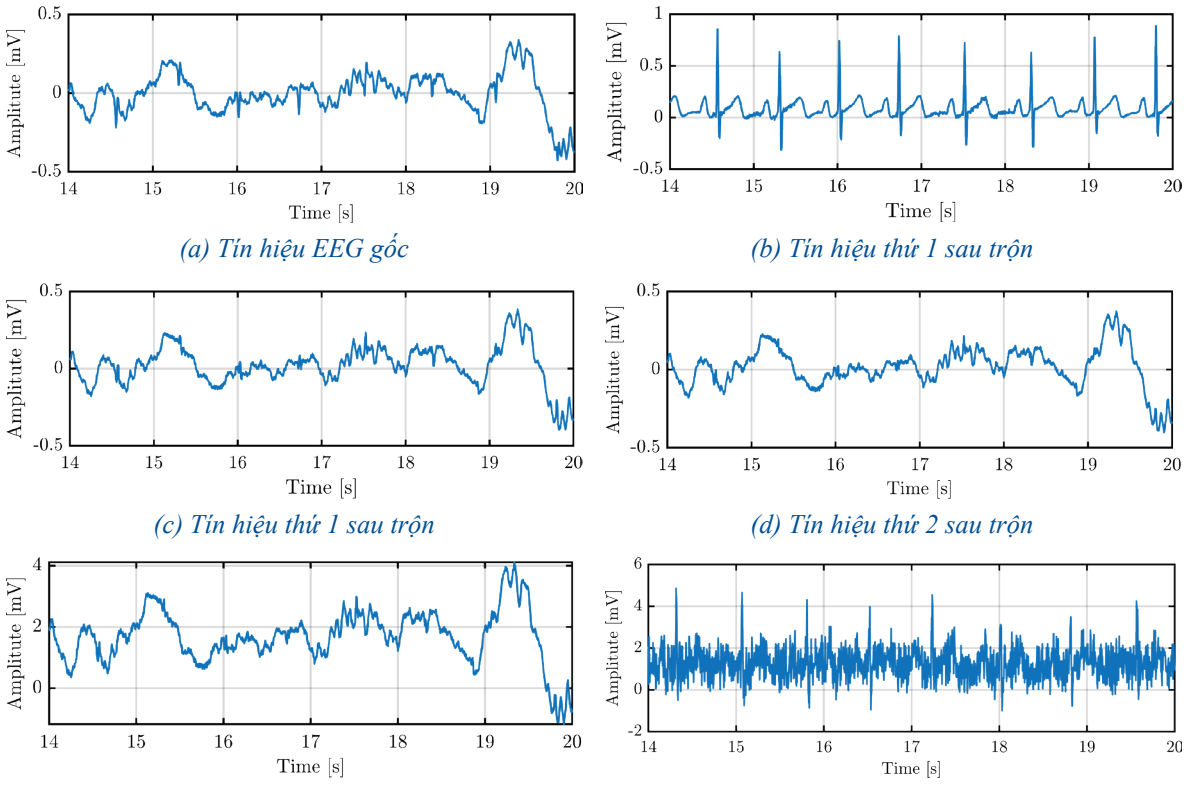
trong đó, C_i là hằng số được chọn dựa trên các mức DC_i. Thông thường, với các công suất nhiễu không biết thì hằng số sẽ được chọn là 0,6745. Khi đó tín hiệu sau khi khử nhiễu có dạng:

$$\delta(x_i) = \begin{cases} 0, & (|x_i| \le \lambda)_i \\ x_i - (\lambda_i^2 / x_i), & (|x_i| > \lambda)_i \end{cases} \quad (7)$$

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1 Thông số mô phỏng

Bài báo này sử dụng dữ liệu EEG từ các vị trí điện cực khác nhau để thực hiện thí nghiệm này. Cụ thể, bài báo sử dụng dữ liệu từ các vị trí như spl02b (vị trí O_2-A_1), spl4 (vị trí C_3-O_1), và spl32 (vị trí C_4-O_1) từ Cơ sở dữ



(a) Tín hiệu EEG gốc

(b) Tín hiệu thứ 1 sau trộn

(c) Tín hiệu thứ 1 sau trộn

(d) Tín hiệu thứ 2 sau trộn

(e) Tín hiệu $\widehat{EEG}$

(f) Tín hiệu $\widehat{ECG}$

Hình 2. Kết quả thuật toán tại SNR = 14 [dB]

liệu MIT-BIH Polysomnographic [14], trong đó có hơn 80 giờ ghi âm với bốn, sáu và bảy kênh, cung cấp cả tín hiệu ECG và tín hiệu ECG cùng lúc. Điều này thích hợp để so sánh kết quả thí nghiệm với tín hiệu gốc. Các tham số mô phỏng được thiết lập với SNR dao động từ 10 đến 30 [dB], điều này được sử dụng để đánh giá hệ số tương quan giữa tín hiệu đã trích xuất và tín hiệu gốc.

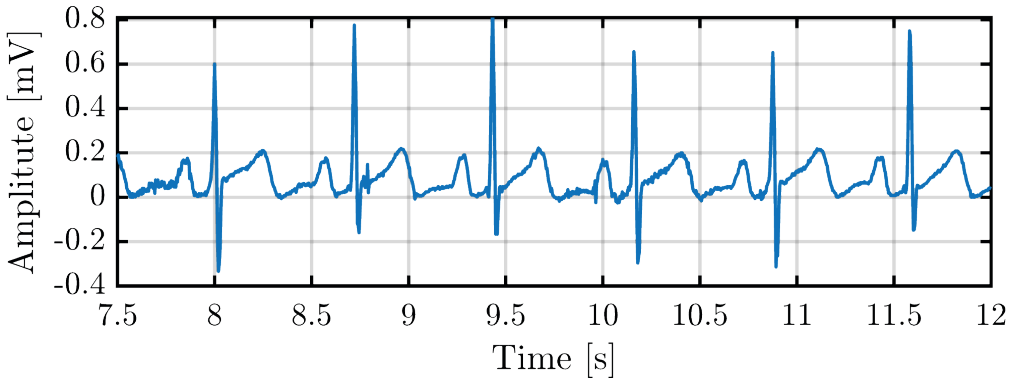
3.2 Kết quả trích xuất EEG và ECG bằng ICA

Hình 2 thể hiện kết quả sau mỗi bước của mô hình Trích xuất EEG-ECG (EEE). Hình 2a và Hình 2b thể hiện tín hiệu EEG và ECG gốc từ Cơ sở dữ liệu MIT-BIH Polysomnographic [14]. Hình 2c và Hình 2d thể hiện kết quả của quá trình trộn tín hiệu, mục tiêu của bước này là đảm bảo rằng tín hiệu tương tự tín hiệu thu được từ một cặp cảm biến gần nhau càng nhất. Điều này bao gồm tín hiệu gốc với tỷ lệ phù hợp và nhiễu ngẫu nhiên với SNR ở mức 14 [dB]. Hình 2c thể hiện tín hiệu mô phỏng tại cảm biến thứ nhất và Hình 2d là cảm biến thứ hai. Sau thuật toán ICA, chúng ta sẽ có kết quả được hiển thị trong Hình 2e và Hình 2f. Các tín hiệu trộn được tách thành $\widehat{EEG}$ và $\widehat{ECG}$. Tuy nhiên, tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên vẫn ảnh hưởng đến tín hiệu $\widehat{ECG}$ do nhược điểm của kỹ thuật ICA. Trong ICA, nếu số thành phần tín hiệu nhỏ hơn số cảm biến, các tín hiệu được xử lý sẽ chứa thông tin của dữ liệu khác, trong trường hợp này là nhiễu ngẫu nhiên. Để giảm thiểu tác động của nhiễu, trong bước tiếp theo, chúng tôi sử dụng kỹ thuật Wavelet Shrinkage để làm giảm tác động của nhiễu.

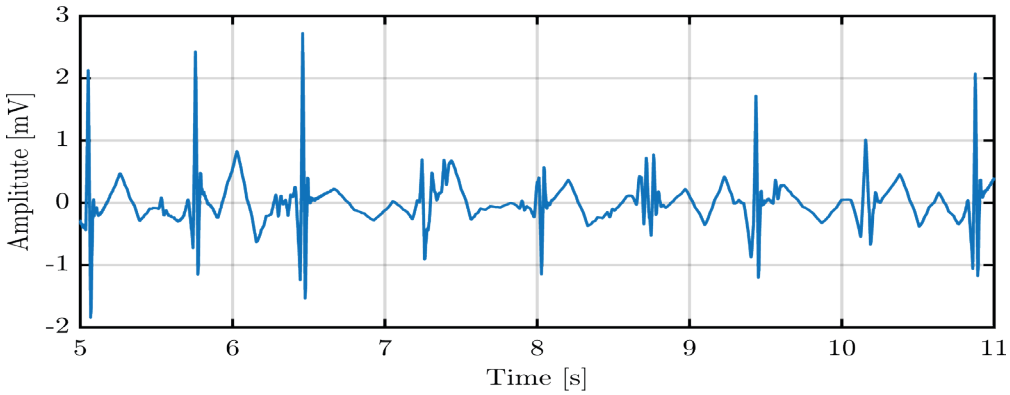
3.3 Kết quả cải thiện ECG bằng Wavelet Shrinkage

Tín hiệu $\widehat{ECG}$ trong Hình 2d sẽ được xử lý bằng kỹ thuật Wavelet Shrinkage để tạo ra tín hiệu $\widehat{ECG}$. Hình 3 thể hiện quá trình phát hiện nhịp tim được áp dụng lên tín hiệu trên dữ liệu spl02b. Hình 3a và Hình 3b thể hiện sự so sánh giữa tín hiệu ECG gốc và tín hiệu $\widehat{ECG}$. Những đặc điểm quan trọng như phức hợp QRS và khoảng thời gian QT, cần thiết cho chẩn đoán bệnh tim, có thể nhìn thấy. Nhịp tim sau đó có thể được phát hiện bằng cách sử dụng thuật toán Pan-Tompkins [15]. Pan-Tompkins là một thuật toán được thiết kế để phát hiện chính xác các phức hợp QRS, đại diện cho các đỉnh nổi bật trong tín hiệu ECG tương ứng với sự khử cực tâm thất. Nó thường được sử dụng cho các ứng dụng khác nhau, bao gồm theo dõi nhịp tim, phát hiện loạn nhịp và phân tích tín hiệu ECG. Kết quả của thuật toán phát hiện đỉnh R được biểu diễn trong Hình 3c và Hình 3d. Đường liền thể hiện tín hiệu đầu vào và đường đứt thể hiện các đỉnh R được đánh dấu bởi thuật toán Pan-Tompkins. Để đánh giá chất lượng tín hiệu, hệ số tương quan giữa EEG, ECG và $\widehat{EEG}$, $\widehat{ECG}$ lần lượt được tính toán và kết quả được hiển thị trong Hình 4.

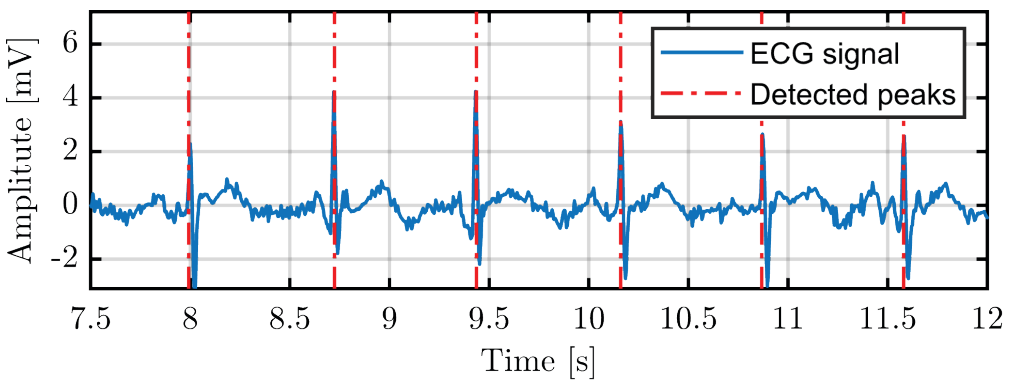
Khi SNR tăng, tương quan của tín hiệu cũng tăng. Tương quan trong tất cả ba kênh EEG khoảng 0,9 với SNR từ 10 [dB] đến 30 [dB]. Điều này cho thấy rằng kỹ thuật ICA không ảnh hưởng đến độ chính xác của tín hiệu EEG. Hệ số tương quan của ECG là khoảng 0,9 ở 20 [dB] với vị trí C_3-O_1 và lớn hơn 0,8 với O_2-A_1. Kết quả



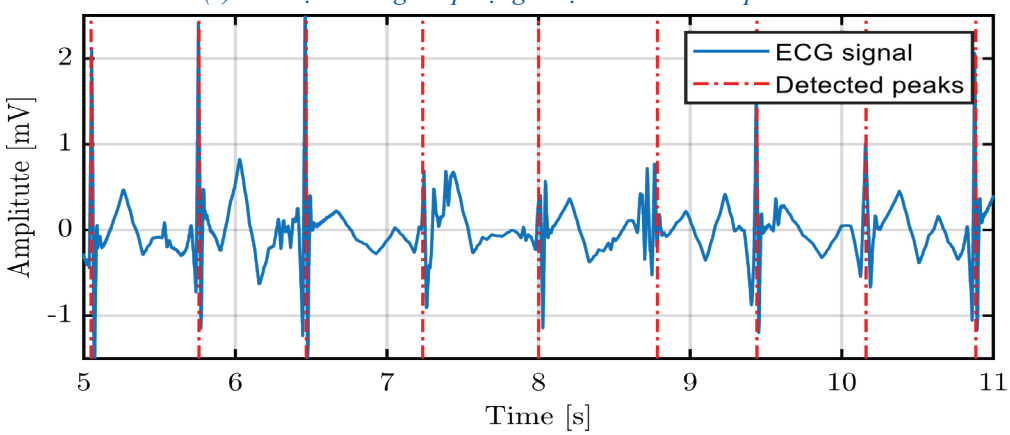
(a) Tín hiệu ECG gốc



(b) Tín hiệu ECG gốc áp dụng thuật toán Pan-Tompkins



(c) Tín hiệu ECG gốc áp dụng thuật toán Pan-Tompkins



(d) Tín hiệu ECG trích xuất áp dụng thuật toán Pan-Tompkins

Hình 3. So sánh giữa ECG gốc và $\widetilde{\text{ECG}}$ với SNR = 14 [dB]

Bảng I. Nhịp tim của ECG và $\widehat{ECG}$

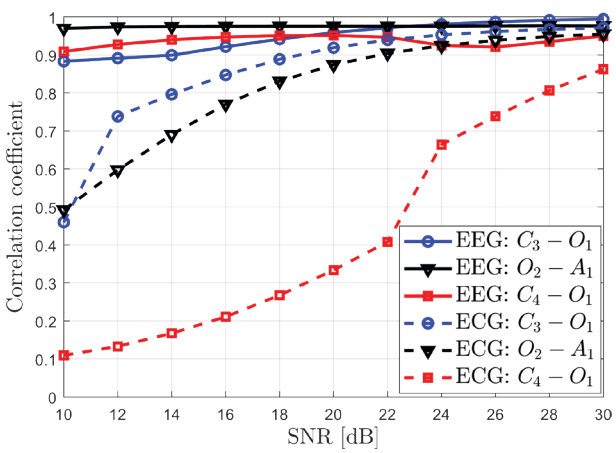
Cơ sở dữ liệu	Nhịp tim trung bình [bpm]		
	ECG	$\widehat{ECG}$	Error
Spl02a (O_2 - A_1)	94	94	0
Spl02b (O_2 - A_1)	77	75	2
Spl03 (C_3 - O_1)	71	71	0
Spl04 (C_3 - O_1)	63	63	0
Spl14 (C_3 - O_1)	69	69	0
Spl16 (C_3 - O_1)	89	89	0
Spl32 (C_4 - O_1)	68	65	3

của ECG không tốt bằng EEG tại C_4 - O_1. Từ kết quả này, chúng ta có thể thấy rằng hệ số tương quan biến đổi dựa trên vị trí của cảm biến. Kết quả tốt nhất được đạt được khi cảm biến được đặt tại vị trí C_3 - O_1. Kết quả này là cơ sở cho việc nghiên cứu vị trí cảm biến thích hợp để đo và trích xuất tín hiệu EEG và ECG cho thiết bị y tế.

Bảng I trình bày một so sánh toàn diện về số nhịp tim trên mỗi phút thu được từ tín hiệu ECG và tín hiệu bằng thuật toán Pan-Tompkins [15]. Dữ liệu được sử dụng cho phân tích được thu thập từ nhiều tín hiệu khác nhau từ Cơ sở dữ liệu MIT-BIH Polysomnographic, sử dụng một loạt các vị trí điện cực đa dạng. Bộ dữ liệu đa dạng này đảm bảo tính *đáng tin* của kết quả. Cuộc so sánh cho thấy rằng tín hiệu *được trích xuất từ dữ liệu EEG thể hiện sai số không đáng kể. Những nhịp tim được phát hiện thể hiện một độ* sai lệch chỉ trong khoảng ba nhịp. Những kết quả này tiếp tục củng cố tính khả thi và hiệu quả của việc trích xuất tín hiệu ECG từ EEG, không phụ thuộc vào vị trí cụ thể của điện cực được sử dụng.

4. KẾT LUẬN

Mô hình EEE đề xuất đã mô phỏng một tình huống thời gian thực với hai điện cực EEG được đặt gần nhau để trích xuất một lượng thông tin lớn nhất từ tín hiệu kết hợp bằng cách kết hợp thuật toán ICA với thuật toán Wavelet Shrinkage. Để đánh giá hiệu quả của thuật toán đề xuất, chúng tôi tính toán sự tương quan giữa tín hiệu trích xuất và tín hiệu gốc. Kết quả cho thấy rằng tín hiệu EEG được xử lý bằng ICA có hệ số tương quan lớn hơn 0,85 so với tín hiệu gốc. Hơn nữa, tín hiệu ECG được trích xuất có thể phát hiện các phức hợp QRS và khoảng QT. Những kết quả này cho thấy tiềm năng của mô hình đề xuất của chúng tôi trong việc trích xuất tín hiệu ECG một cách chính xác từ tín hiệu EEG, giúp phát hiện sớm các bệnh tim mạch như bệnh đau tim cục bộ và các tình trạng tim mạch khác. Ngoài ra, chất lượng tín hiệu phụ thuộc SNR, vì vậy một thuật toán để tăng SNR của tín hiệu ECG có thể được phát triển trong tương lai. Hơn nữa, kết quả này giúp điều tra vị trí điện cực mới có thể trích xuất thông tin một cách chính xác hơn, mở ra cơ hội cho việc tạo ra một thiết bị nhỏ gọn có thể đo lường một loạt tín hiệu điện sinh học.



Hình 4. Chỉ số tương quan giữa EEG, ECG và $\widehat{EEG}$, $\widehat{ECG}$

Đây là một thuật toán có nhiều ứng dụng tiềm năng trong y tế và chăm sóc sức khỏe. Hệ thống này có thể được tích hợp vào các thiết bị đeo nhỏ gọn như đồng hồ thông minh, vòng đeo tay sức khỏe, hoặc các thiết bị theo dõi y tế cá nhân để theo dõi liên tục tình trạng sức khỏe tim mạch và não bộ của bệnh nhân, giúp phát hiện sớm các bệnh lý như đột quỵ và các vấn đề tim mạch khác. Ngoài ra, hệ thống này còn có thể được sử dụng trong nghiên cứu khoa học, giúp các nhà nghiên cứu thu thập dữ liệu chính xác về hoạt động điện sinh học của não và tim, từ đó hiểu rõ hơn về mối quan hệ giữa hai hệ thống này. Các vận động viên cũng có thể sử dụng thiết bị đeo tích hợp hệ thống này để theo dõi sức khỏe tim mạch và hoạt động não bộ trong quá trình tập luyện, giúp tối ưu hóa hiệu suất và giảm nguy cơ chấn thương. Dữ liệu thu thập từ hệ thống này có thể được truyền đến ứng dụng di động để phân tích và theo dõi, cung cấp các cảnh báo sớm về các vấn đề sức khỏe cũng như các khuyến nghị dựa trên dữ liệu thời gian thực. Hơn nữa, các thiết bị này có thể được tích hợp vào hệ thống quản lý y tế từ xa, giúp các bác sĩ theo dõi tình trạng bệnh nhân từ xa và cung cấp sự can thiệp kịp thời khi cần thiết.

5. LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ một phần bởi công ty cổ phần ITR-VN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] WHO, the top 10 causes of death. [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death.

[2] Y.-A. Choi, S. J. Park, J.-A. Jun, C. Ho, C.-S. Pyo, H. Lee, and J. Yu, "Machine-learning-based elderly stroke monitoring system using electroencephalography vital signals." Applied Sciences, vol. 11, p. 1761, 02 2021.

[3] C.-C. Hung and S.-H. Wang, Introduction to Biomedical Signals and Their Applications. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 1–22. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-88845-9

[4] J. W. Ahn, Y. Ku, and H. C. Kim, "A novel wearable EEG and ECG recording system for stress assessment," Sensors, vol. 19, no. 9, 2019. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1424-8220/19/9/1991

[5] M. Nakamura and H. Shibasaki, "Elimination of EKG artifacts from EEG records: a new method of non-cephalic referential EEG recording," Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, vol. 66, no. 1, pp. 89–92, 1987. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001346948790143X

[6] M. Grobbelaar, S. Phadikar, E. Ghaderpour, A. F. Struck, N. Sinha, R. Ghosh, and M. Z. I. Ahmed, "A survey on denoising techniques of electroencephalogram signals using wavelet transform," Signals, vol. 3, no. 3, pp. 577–586, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2624-6120/3/3/35

[7] H.-J. Park, D.-U. Jeong, and K.-S. Park, "Automated detection and elimination of periodic ECG artifacts in EEG using the energy interval histogram method." IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 49, no. 12, pp. 1526–1533, 2002.

[8] Q. Zhang and D. Zhou, "Deep arm/ear-ecg image learning for highly wearable biometric human identification," Annals of Biomedical Engineering, vol. 46, pp. 122 – 134, 2018.

[9] C. Taswell, "The what, how, and why of wavelet shrinkage denoising." Computing in Science Engineering, vol. 2, no. 3, pp. 12–19, 2000.

[10] A. J. Bell and T. J. Sejnowski, "An Information-Maximization Approach to Blind Separation and Blind Deconvolution," Neural Computation, vol. 7, no. 6, pp. 1129–1159, 11 1995. [Online]. Available: https://doi.org/10.1162/neco.1995.7.6.1129

[11] ECG interpretation: Characteristics of the normal ECG (P-wave, QRS complex, ST segment, T-wave). [Online]. Available: https://ecgwaves.c-om/topic/ecg-normal-p-wave-qrs-complex-st-segment-t-wave-j-point/

[12] J. Ruiz, J. Xu, and S. Shimamoto, "Propagation characteristics of intrabody communications for body area networks," in CCNC 2006. 2006 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2006., vol. 1, 2006, pp. 509–513.

[13] D. Donoho, "De-noising by soft-thresholding." IEEE Transactions on Information Theory, vol. 41, no. 3, pp. 613–627, 1995.

[14] Mit-bih polysomnographic database v1.0.0. [Online]. Available: https://physionet.org/content/slpdb/1.0.0/

[15] J. Pan and W. J. Tompkins, "A real-time qrs detection algorithm," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. BME-32, no. 3, pp. 230–236, 1985

GIẢI PHÁP BỘ ĐỆM ĐỂ CẢI THIỆN HIỆU SUẤT MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY TUYẾN TÍNH DAO ĐỘNG

Bùi Ngọc Thanh Bình [1], Nguyễn Trường Giang [2], Trần Thị Thảo Nguyên [3] và Nguyễn Việt Hà [4]

[1] Bùi Ngọc Thanh Bình, sinh viên, Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam (Email: 19207049@student.hcmus.edu.vn)

[2] Nguyễn Trường Giang, sinh viên, Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam (Email: 19200288@student.hcmus.edu.vn)

[3] Trần Thị Thảo Nguyên, Giảng viên, Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam (Email: tttnguyen@hcmus.edu.vn)

[4] Nguyễn Việt Hà, Giảng viên, Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam (Email: nvha@hcmus.edu.vn)

BÙI NGỌC THANH BÌNH

Bùi Ngọc Thanh Bình hiện là sinh viên năm cuối chương trình chất lượng cao tại khoa Điện tử - Viễn thông, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam. Hiện tại anh đang là hỗ trợ nghiên cứu tại phòng thí nghiệm Impact Communication Technology (ICTLAB). Những lĩnh vực nghiên cứu chính của anh bao gồm các giao thức mạng và mạng máy tính.

TÓM TẮT:

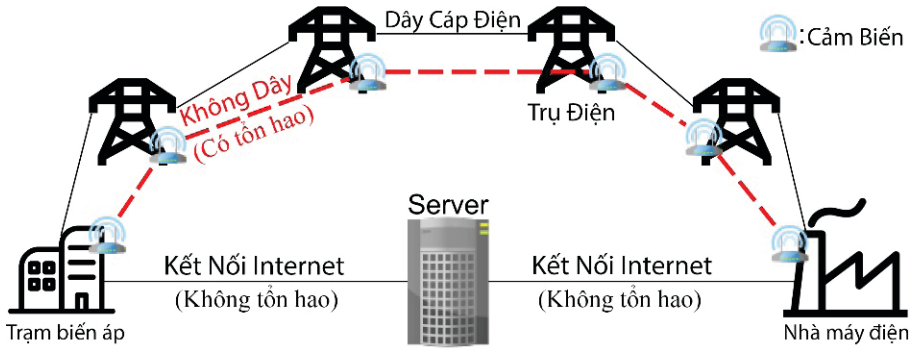
Mạng cảm biến không dây tuyến tính có nhiều ứng dụng tiềm năng, bao gồm các phương tiện giám sát và giám sát sự kiện cục bộ. Ví dụ, chúng phù hợp trong các tình huống như lưới phân phối điện ở các khu vực đang phát triển nơi không có kết nối cáp thông thường. Trong các mạng này, mỗi nút cảm biến tạo ra các gói thông tin và chuyển tiếp chúng một cách tuần tự qua các nút khác tới các cổng ở cuối mạng. Sau đó, các cổng này truyền dữ liệu đến máy chủ. Những nỗ lực nghiên cứu trước đây đã giới thiệu khung lập kế hoạch dựa trên TDMA không tranh chấp để đảm bảo phân phối hiệu quả và chủ động khôi phục các gói tin bị mất nhằm mục đích triển khai và vận hành ổn định và tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, đôi khi, sự biến động trong việc tạo gói tại một cảm biến vượt quá khả năng được phân bổ của các liên kết, dẫn đến mất gói không thể khôi phục được. Bài viết này giải quyết vấn đề biến động gói bằng cách tập trung vào việc cải thiện xác suất phân phối thành công bằng cách sử dụng phương pháp bộ đệm để nâng cao độ tin cậy của việc truyền dữ liệu. Kết quả mô phỏng chứng minh rằng phương pháp này làm tăng tỷ lệ phân phối thành công lên tới 17% so với phương pháp trước đó.

Từ khóa: *Cảm biến không dây tuyến tính, TDMA, phục hồi gói tin bị mất chủ động, bộ đệm.*

1. GIỚI THIỆU

Mạng không dây tuyến tính [1] đã thu hút sự chú ý đáng kể trong vài thập kỷ trở lại đây do hiệu quả về chi phí, triển khai nhanh chóng và khả năng kết nối, bao phủ các nút ở các khu vực mà mạng không dây đơn chặng không đáp ứng được (vị dụ như khoảng cách xa). Loại mạng này rất hữu ích trong việc giám sát các khu vực lớn và thu thập dữ liệu khi cơ sở hạ tầng truyền thông không có sẵn

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0307



Hình 1: Giám sát hệ thống lưới phân phối và sự kiện cục bộ trong các khu vực có hạ tầng đang phát triển bằng cách sử dụng các cảm biến không dây.

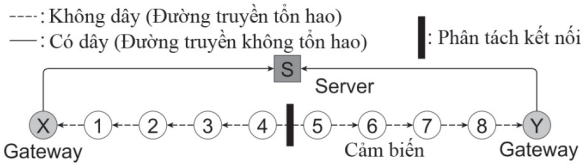
hoặc có chi phí lắp đặt đắt đỏ. Một ứng dụng tiềm năng là việc giám sát cơ sở hạ tầng và giám sát sự kiện cục bộ cho lưới phân phối điện bằng các cảm biến tại cột điện trong các khu vực mạng hạ tầng đang phát triển, nơi cáp kết nối không có sẵn, như được thể hiện trong Hình 1. Trong môi trường như vậy, mất gói dữ liệu có thể xảy ra do sự suy giảm, pha-đinh trên mỗi liên kết và nhiễu giữa các nút cảm biến kế cận. Để giảm thiểu các vấn đề này, thông thường các gói dữ liệu bị mất được khôi phục thông qua các phương pháp tiếp cận chủ động như Forward Erasure Correction (FEC) hoặc các phương pháp Automatic Repeat-reQuest (ARQ). Việc truyền gói dữ liệu đồng thời được điều chỉnh bằng các cơ chế Kiểm soát truy cập phương tiện (Media Access Control – MAC), có thể đạt được thông qua các phương pháp dựa trên lịch trình như Time Division Multiple Access (TDMA) [2], [3] hoặc các phương pháp dựa trên đụng độ như Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [4].

Với ứng dụng trong Hình 1, chỉ cần một cấu trúc liên kết đơn giản nhất của mạng không dây đa bước là đủ. Các cảm biến giám sát được lắp đặt tại mỗi cột điện, thiết lập một kết nối không dây giữa chúng, và định kỳ tạo ra các gói dữ liệu giám sát và cuối cùng chuyển tiếp đến máy chủ quản lý trung tâm. Các cảm biến cố định được sắp xếp theo hàng và kết nối liên tiếp thông qua các liên kết không đáng tin cậy và dễ mất dữ liệu. Mỗi cảm biến hoạt động như một thiết bị gửi dữ liệu, tạo ra một gói dữ liệu trong mỗi chu kỳ và đồng thời là một thiết bị chuyển tiếp dữ liệu, truyền các gói dữ liệu với số lần truyền dự phòng giới hạn đến đầu cuối của mạng nối tiếp. Hai cổng được đặt ở hai đầu của mạng và kết nối với máy chủ quản lý trung tâm thông qua một mạng tin tưởng.

Vấn đề chính là việc trao đổi các gói tin diễn ra độc lập giữa các nút cảm biến lân cận bằng cách sử dụng các liên kết không dây giới hạn khoảng cách, chi phí thấp và bị mất mát trong khi vẫn đảm bảo tính ổn định của cấu trúc mạng tổng thể. Trong các cấu trúc liên kết mạng tổng quát, nhiều nghiên cứu đã tập trung vào việc kiểm soát các luồng gói tin liên quan đến thời gian (lập lịch) và không gian (định tuyến hoặc phân bổ băng tần) để ngăn sự xung đột giữa các truyền dẫn đồng thời. Đồ thị xung đột thường được sử dụng để mô tả tình huống xung đột giữa các liên kết [5]; tuy nhiên, việc tạo lịch trình và/hoặc định tuyến tối ưu từ những đồ thị này có thể rất phức tạp. Ngược lại, trong các liên kết mạng tuyến tính, mô hình đường dẫn cho việc định tuyến và đồ thị xung đột có thể được xử lý đơn giản hơn, cho phép công thức tối ưu hóa đơn giản hơn trong việc lập lịch và định tuyến.

Công trình nghiên cứu trước đây [6]-[8] đã giới thiệu một khung lịch trình trung tâm để thiết kế việc phân bổ khe thời gian tĩnh cho việc truyền gửi gói tin dự phòng. Trong khung lịch trình này, một bộ lập lịch trung tâm biết tất cả các tham số điều kiện, như cấu trúc mạng, thời gian chu kỳ thu thập dữ liệu, băng thông truyền gửi (dung lượng), tỷ lệ mất gói dữ liệu trên từng liên kết và số gói tin được tạo ra tại mỗi nút (cảm biến). Bộ lập lịch xác định một lịch trình tối ưu dựa trên xác suất thành công trong việc truyền dữ liệu từ tất cả các cảm biến đến một trong các cổng và thiết lập lịch trình đó tới từng nút. Phương pháp được đề xuất có thể xử lý các liên kết không đồng nhất, tỷ lệ mất gói dữ liệu khác nhau và tỷ lệ tạo gói tin khác nhau tại các nút. Là một phương pháp truyền gửi gói tin dự phòng chủ động để ứng phó với các liên kết mất gói, phương pháp này có thể tích hợp một phương pháp truyền lại đơn giản trong đó cùng một gói tin được truyền lại liên tục và một phương pháp dựa trên FEC trong đó các gói tin dự phòng đa dạng được tạo ra thông qua mã hóa XOR giữa các gói tin. Tuy nhiên, tối ưu hóa của phương pháp này phụ thuộc vào tính ổn định của các điều kiện. Tỷ lệ mất gói dữ liệu trên từng liên kết là xác suất và về cơ bản là một giá trị trung bình, vì vậy nó có thể được coi là ổn định trong trường hợp hệ thống mạng cố định. Tuy nhiên, số lượng gói tin mà một cảm biến tạo ra có thể thay đổi từ chu kỳ này sang chu kỳ khác tùy thuộc vào loại dữ liệu cảm biến, ngay cả khi giá trị trung bình của nó ổn định. Khi một biến động gói tin tại một cảm biến xảy ra, đôi khi số lượng gói tin cần truyền vượt quá khả năng của các liên kết được phân bổ bởi lịch trình tối ưu, làm tăng tỷ lệ mất gói tin và không thể phục hồi. Bài báo này giải quyết vấn đề này bằng cách sử dụng một chiến lược đệm gói tin.

Phần còn lại của bài báo được tổ chức như sau. Phần II giới thiệu về lập lịch TDMA. Phần III giải thích về phương pháp đệm gói tin. Kết quả mô phỏng được trình bày trong Phần IV, và kết luận được đưa ra trong phần V.



Hình 2: Mô hình mạng cảm biến không dây tuyến tính

2. LẬP LỊCH TDMA

2.1. Mô hình hệ thống

Mô hình trong bài báo này là một môi trường trong đó có nhiều nút (Cảm biến) được kết nối đến một máy chủ (Server) thông qua các cổng (Gateway) dựa trên môi trường được giả định như trong Hình 1. Đây được gọi là mô hình truyền thông không dây đa chặng tuyến tính và mục tiêu là cấu trúc liên kết mạng với các cổng được đặt ở cả hai đầu, như được thể hiện trong Hình 2. Giữa hai cổng, tồn tại một số lượng tùy ý các nút (được ký hiệu là N, trong trường hợp này, N = 8). Mục tiêu cuối cùng là thu thập thông tin từ các nút cảm biến đến máy chủ. Các điều kiện cần thiết cho mô hình truyền thông không dây đa bước nhảy tuyến tính được mô tả như sau và trong Bảng I.

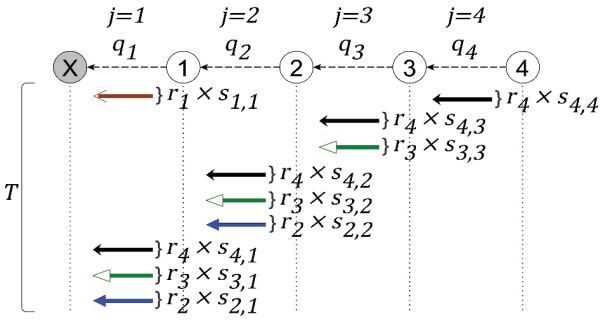
- Có nút được đánh số từ đến theo từ tự bên trái.

- • Tổng cộng có N + 1 liên kết không dây. j là chỉ số liên kết với j = (1,2,...,N +1) giữa các nút và giữa các nút và cổng ở cả hai đầu..

- • Trong một khe thời gian của một chu kỳ, N nút tạo ra các gói tin một cách độc lập (r_i gói tin cho mỗi nút). Số khe thời gian trong một chu kỳ là T. Hai nút kế cận không truyền các gói tin đồng thời theo cùng một hướng để tránh nhiễu vô tuyến.

- Trong một khoảng thời gian nhất định, các gói tin được chuyển tiếp từ các nút tạo ra đến một trong hai Cổng (X hoặc Y) ở hai đầu của mạng bằng cách sử dụng phương pháp lưu trữ và chuyển tiếp (store-and-forward), và chúng được truyền đến máy chủ trung tâm S thông qua một mạng cơ sở đáng tin cậy (không gây ra mất gói tin).

- • Tỷ lệ mất gói tin trên mỗi liên kết được biểu thị bằng q_j, trong đó $0 < q_j \leq 1$. Lưu ý rằng máy chủ S và các



Hình 3: Phần bên trái của liên kết tách biệt trong Mô hình 4-4.

Cổng được kết nối thông qua một mạng cơ sở đáng tin cậy (không gây ra mất gói tin), ví dụ như mạng internet với kết nối có dây..

Một "liên kết tách biệt" tạo ra hai đường dẫn riêng biệt: đường dẫn bên trái và đường dẫn bên phải. Bất kỳ liên kết nào cũng có thể được chọn là liên kết tách biệt, miễn là không có lỗi vật lý hoặc gián đoạn. Bằng cách sử dụng các kế hoạch được giải thích trong các Chương II-B và II-C, một lịch trình tối ưu và hiệu suất tương ứng của từng trường hợp vị trí liên kết tách biệt được tính toán. Do đó, sau khi xem xét tất cả các vị trí có thể, vị trí tốt nhất của liên kết tách biệt có thể được lựa chọn. Ví dụ, trong Hình 2, liên kết tách biệt nằm giữa các nút 4 và 5. Các nút nằm bên trái của liên kết tách biệt sẽ gửi gói tin của họ đến Cổng X, trong khi các nút nằm bên phải của liên kết tách biệt sẽ gửi gói tin của họ đến Cổng Y. Mô hình này được gọi là một mô hình *l* - r, trong đó *l* đại diện cho số lượng nút nằm bên trái của liên kết tách biệt, và đại diện cho số lượng nút nằm bên phải. Hình 2 là một ví dụ về một mô hình 4-4.

Trong mô hình này, tổng cộng $\sum_{i=1}^{N} r_i$ gói tin cần được gửi đến máy chủ S. Đối với mỗi nút i, xác suất để tất cả r_i gói tin đến cổng GW trong một chu kỳ thời gian cần được tối ưu; nhưng cũng cần xem xét tính công bằng giữa tất cả các nút. Do đó, chúng tôi thiết kế một lịch trình tối ưu để tối đa hóa tích của xác suất gửi thành công cho tất cả các nút. Tích này bằng với xác suất gửi thành công của tất cả các gói tin bất kể các nút tạo ra chúng nếu tất cả

Bảng 1: Miêu tả thuật ngữ

Tên gọi	Mô tả
N	Tổng số nút có trong liên kết mạng.
i	Thứ tự của nút ($0 < i < N$).
j	Thứ tự của liên kết ($0 < I \leq N + 1$).
r_i	Số lượng gói tin được tạo ra tại nút trong một chu kỳ thời gian.
q_j	Tỉ lệ rớt gói trong liên kết j.
T	Số khe thời gian trong một chu kỳ.
$s_{(i,j)}$	Số lần truyền dư thừa cho một gói tin duy nhất được tạo ra tại nút i trên liên kết j.

các mất mát gói trên bất kỳ liên kết nào xảy ra độc lập. Trong các phần tiếp theo, tích này đôi khi được gọi tắt là tỷ lệ thành công (success rate). Xin lưu ý rằng một bộ lập lịch trung tâm tính toán lịch trình dựa trên TDMA. Để thu được một lịch trình tối ưu, tất cả các thông số điều kiện cần thiết như số lần chạy T của các khe trong một chu kỳ, tỷ lệ mất kết nối trên liên kết q_j và tỷ lệ tạo gói r_i đều được có sẵn thông qua bộ lập lịch. Bài báo này không bàn về cách cài đặt một lịch trình tạo ra cho từng nút..

2.2. Phân bổ khe thời gian

Phân bổ khe thời gian được thiết kế để ngăn chặn nhiễu vô tuyến bằng cách đảm bảo rằng các liên kết lân cận (liên kết nằm trong phạm vi nhiễu) không truyền cùng lúc trong cùng một hướng và trong cùng một khe thời gian. Như một phương pháp truyền gói tin dự phòng chủ động để khắc phục mất mát gói tin trên các liên kết, bài báo này áp dụng một phương pháp lặp đơn giản vì chúng tôi tập trung vào việc nghiên cứu tác động cơ bản của phương pháp bộ đệm được đề xuất. Trong phương pháp lặp, nút i truyền các gói tin mà nó đang giữ, có thể là nhận từ nút kế tiếp trước đó hoặc được tạo ngay tại nút i. Các gói tin được truyền lại nhiều lần để đảm bảo việc truyền tải đáng tin cậy. Gọi $s_{i,j}$ đại diện cho số lần truyền lại được lên lịch trên liên kết j cho một gói tin duy nhất được tạo ra tại nút i. Để phù hợp với việc truyền $s_{i,j}$ lần, các khe thời gian $r_j \times s_{i,j}$ phải được phân bổ trên liên kết j cho tất cả các gói tin được tạo ra tại nút i. Hình 3 minh họa một ví dụ về phân bổ khe thời gian cho phía trái của liên kết tách biệt trong Mô hình 4-4. Lưu ý rằng phương pháp phân bổ khe thời gian của chúng tôi có thể áp dụng cho bất kỳ mô hình l - r nào..

2.3. Tối đa hóa xác suất phân bổ thành công

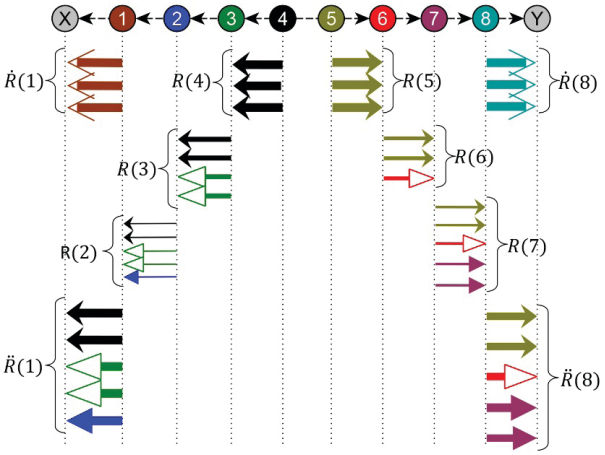
Lịch trình tối ưu cho mỗi đoạn (phía trái và phía phải) được tính toán độc lập cho mọi phân chia cụ thể. Phía trái được gán $i \le n$, và phía phải được gán $i > n$, trong đó n là số lượng nút phía trái. Chúng tôi sử dụng trường hợp mô hình 4-4 như được thể hiện trong Hình 3 để giải thích cách thu được phân bổ khe tối ưu, đặc biệt là trên phân đoạn phía trái. Đối với mỗi nút i trên phân đoạn phía trái, xác suất của nút i gửi thành công tất cả các gói tin đến máy chủ S là (1). Tích của những xác suất đó cho tất cả các nút trên phân đoạn phía trái là (2).

$$M(i) = \prod_{j=1}^{i} \left(1 - q_j^{s_{i,j}}\right)^{r_i} \#(1)$$

$$M_{left} = \prod_{i=1}^{n} M(i) \#(2)$$

Trong trường hợp cho phép truyền cùng lúc bởi các nút cách xa hai bước, tổng số khe thời gian T trong một chu kỳ là bằng (3) trên phân đoạn phía trái. Ví dụ, trong Hình 3, các khe thời gian của $r_1 \times s_1,1 = r_4 \times s_4,4$ được sử dụng cho các truyền cùng lúc bởi cả các nút 1 và 4, và do đó chúng chỉ nên được tính một lần trong T.

$$T = \sum_{i=n-2}^{n} \sum_{j=1}^{i} r_i \times s_{i,j} \#(3)$$



Hình 4: Ví dụ về truyền tải đồng thời trong mô hình 4-4.

Để tìm một phân bổ khe thời gian tối ưu, tức là một tập hợp $\{s_{i,j}\}$ tối đa hóa (2) với điều kiện (3), chúng ta áp dụng phương pháp hệ số nhân Lagrange [9] cho một bài toán nới lỏng bằng cách cho phép một giải pháp số thực của $\{s_{i,j}\}$ trong đó giải pháp nới lỏng được biểu thị bởi (4) bằng cách sử dụng biến trung gian α. Lưu ý rằng hoặc $s_1,1$ hoặc $s_4,4$ nên được biểu diễn bằng (4), không phải cả hai. Do đó, chúng ta cần chia thành hai trường hợp; một trường hợp trong đó liên kết j = 4 nên được ưu tiên hơn liên kết j = 1 và trường hợp ngược lại. Giải pháp tối ưu tồn tại trong một trong hai trường hợp. Đối với mạng lưới lớn hơn (với một số lượng lớn các nút), chúng ta cần một phân chia thành nhiều trường hợp. Tuy nhiên, điều này có thể được thực hiện theo cách có hệ thống và đệ quy.

$$s_{i,j} = -\frac{log\left(1 - \alpha log\, q_j\right)}{log\, q_j} \#(4)$$

Sau đó, chúng ta tìm kiếm nghiệm số nguyên tối ưu của $\{s_{i,j}\}$ xung quanh giải pháp số thực đã thu được. Lưu ý rằng ràng buộc nghiêm ngặt của giải pháp số nguyên có thể tạo ra khoảng cách so với tối ưu. Đối với một giải pháp số thực, như đã chỉ ra bởi (4), một giải pháp tối ưu $s_{i,j}$ là giống nhau cho tất cả các i. Tuy nhiên, đối với một giải pháp số nguyên, tổng số lượng khe thời gian được phân bổ cho tất cả các truyền trên liên kết j nên được chia cho tất cả các gói tin được tạo ra tại một số nút, nhưng đôi khi chúng không thể được chia đều; do đó, số lượng khe thời gian được phân bổ có thể khác nhau giữa các gói tin khác nhau được truyền trên cùng một liên kết. Hình 4 là một ví dụ minh họa. Tổng số khe thời gian R̈(1) được phân bổ trên liên kết 1 cho các gói tin được tạo ra tại nút 2,3 và 4, nhưng số khe thời gian được phân bổ cho các gói tin được tạo ra tại nút 2 nhỏ hơn so với các gói tin khác.

III. PHƯƠNG PHÁP ĐỆM GÓI TIN

Lập lịch tối ưu được giải thích trong phần trước dựa trên số lượng gói tin r_i được tạo ra tại nút i nên là ổn định. Khi một biến động về việc tạo ra gói tin xảy ra, tức là, số r_i của một số nút i thay đổi theo chu kỳ, số lượng gói tin

Bảng 2: Ba kịch bản (tương ứng trường hợp A, B và C) với số lượng tạo gói trung bình khác nhau tại mỗi nút (i)

Nút i / Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7	8
A	3	3	3	3	3	3	3	3
B	5	4	2	1	1	2	4	5
C	1	2	4	5	5	4	2	1

Bảng III: Phân bổ khe thời gian cho từng trường hợp.

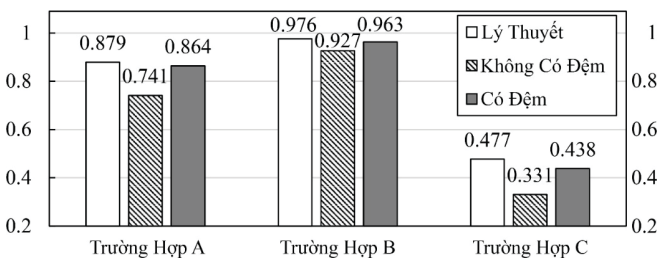
Trường hợp / Khe thời gian	A	B	C		Trường hợp / Khe thời gian	A	B	C
R ̈(1)	15	32	20		R(5)	15	32	20
R ̈(1)	47	44	43		R(6)	32	19	35
R(2)	46	45	42		R(7)	46	45	42
R(3)	32	19	35		R ̈(8)	15	32	20
R(4)	15	32	20		R ̈(8)	47	44	43

Bảng IV: Các biến động gói tin với một sự thay đổi nhỏ.

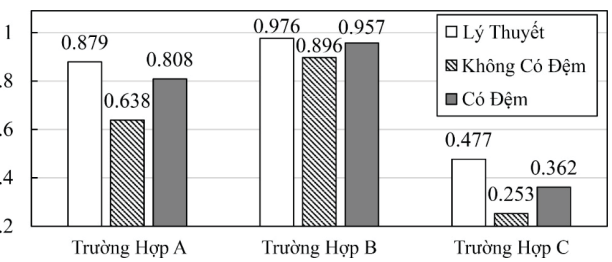
Nút i / Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7	8
A	±1	0	±1	±1	±1	±1	0	±1
B	±1	±1	±1	0	0	±1	±1	±1
C	0	±1	±1	±1	±1	±1	±1	0

Bảng V: Các biến động gói với những thay đổi đáng kể.

Nút i / Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7	8
A	±1	±1	±1	±2	±2	±1	±1	±1
B	±2	±2	±1	0	0	±1	±2	±2
C	0	±1	±2	±2	±2	±2	±1	0



Hình 5: Tỷ lệ thành công trong việc phân bổ tất cả các gói tin đến máy chủ S trong trường hợp biến động đáng kể của gói tin.



Hình 6: Tỷ lệ thành công trong việc phân bổ tất cả các gói tin đến máy chủ S trong trường hợp biến động đáng kể của gói tin.

cần giao vượt quá khả năng của các liên kết được phân bổ bởi lịch trình tối ưu, và do đó nó có thể không còn là tối ưu nữa, dẫn đến việc tăng số lượng gói tin không được khôi phục. Lưu ý rằng mỗi nút không thể biết được liệu gói tin được truyền thành công đến nút kế tiếp hay bị mất trên liên kết. Trong phần này, để giải quyết vấn đề này, chúng tôi nghiên cứu việc sử dụng bộ đệm gói tin tại các nút, cho phép lưu trữ tạm thời các gói tin mà số lần truyền lại không đủ để khôi phục lại các gói tin bị mất trong chu kỳ hiện tại. Các gói tin được đệm có thể được xử lý trong các chu kỳ tiếp theo. Tại mỗi nút, các gói tin được đệm tại nút nhưng chưa được truyền theo số lần tối ưu $s_{i,j}$, cùng với các gói tin mới nhận hoặc được tạo ra trong chu kỳ hiện tại, được truyền đến nút kế tiếp theo theo trình tự tuần hoàn sử dụng phương pháp round-robin.

Cụ thể hơn, tại một số nút i, khi số lượng gói tin được tạo ra trong chu kỳ hiện tại lớn hơn so với r_i ban đầu, có một số gói tin k trong số những gói tin được tạo ra đó, số lần truyền lại x_k đến nút tiếp theo ít hơn so với số lần được phân bổ tối ưu s_{ij} cho gói tin k. Tương tự, khi số lượng gói tin được nhận trong chu kỳ hiện tại lớn hơn số lượng tổng kế hoạch ban đầu $\sum_h r_h$ của các gói tin được tạo ra tại các nút nguồn ở phía trên, có một số gói tin k trong số những gói tin được nhận đó, số lần truyền lại x_k đến nút tiếp theo ít hơn so với số lần được phân bổ tối ưu s_{ij} cho gói tin k. Trong cả hai trường hợp này, gói tin k được lưu trữ tại nút i. Trong chu kỳ tiếp theo, nếu tổng số lượng gói tin được tạo ra và nhận tại nút i nhỏ hơn so với số lượng tổng kế hoạch ban đầu $r_i + \sum_h r_h$, có thể có chỗ cho các khe thời gian được phân bổ cho gói tin được đệm k được truyền đi lại ($s_{i,j}$ - x_k) lần. Sau những lần truyền bù đắp đó trong chu kỳ tiếp theo, gói tin k sẽ được loại bỏ khỏi bộ đệm.

Trong bài báo này, chúng ta giả định rằng, trong biến động về gói tin, số lượng gói tin được tạo ra biến động xung quanh r_i và xấp xỉ bằng r_i trung bình qua vài chu kỳ. Chúng ta quyết định rằng một gói tin có thể được lưu trữ trong bộ đệm trong vòng tối đa hai chu kỳ trước khi bị xóa. Cụ thể, tại chu kỳ thứ n, bộ đệm chỉ có thể chứa các gói tin được tạo ra trong chu kỳ (n - 2) và (n - 1). Cơ chế này tránh tình trạng bộ đệm bị chiếm bởi các gói tin cũ. Ngoài ra, thời gian trễ tối đa cho việc phân bổ gói tin bị giới hạn trong 2T khe thời gian. Bất kỳ gói tin nào được tạo ra trong chu kỳ n có thể bị mất trên đường đi hoặc được chuyển tới cổng vào cuối cùng của chu kỳ muộn nhất (n + 2).

IV. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

4.1. Thiết Lập Mô Phỏng

Mô phỏng và đánh giá hiệu suất được thực hiện bằng cách sử dụng mô hình mạng 4-4 được hiển thị trong Hình 4. Chương trình Python được sử dụng cho việc mô phỏng. Mô hình mạng này bao gồm 8 nút được đặt giữa hai cổng. Tất cả các giá trị q_j được đặt thành 0.3, T được đặt thành 140 khe thời gian, và các mô phỏng được tiến hành trong khoảng thời gian 10.000 chu kỳ.

Ba kịch bản khác nhau được đánh giá bằng cách thay đổi số lượng trung bình của gói tin được tạo ra tại mỗi nút. Các kịch bản này được tóm tắt trong Bảng II. Trong Trường hợp A, tất cả các nút tạo ra cùng một số lượng gói tin trung bình. Trong Trường hợp B và Trường hợp C, số lượng trung bình của gói tin được tạo ra tăng và giảm từ các nút xa cổng đến các nút gần cổng. Số lượng khe thời gian được phân bổ cho mỗi nút được tối ưu hóa bằng cách sử dụng phương pháp được giải thích trong Mục II-C, và kết quả được trình bày trong Bảng III. Để mô phỏng biến động trong việc tạo ra gói tin tại mỗi nút, mẫu với cả biến động nhỏ (±1 gói tin) và biến động đáng kể (±2 gói tin) được xem xét. Phạm vi của biến động gói tin tại mỗi nút được xác định trong Bảng IV và Bảng V cho các kịch bản tương ứng. Các mô phỏng được thực hiện cho cả các trường hợp có đệm và không có đệm để so sánh tác động của chúng, đặc biệt là đối với xác suất phân bổ thành công.

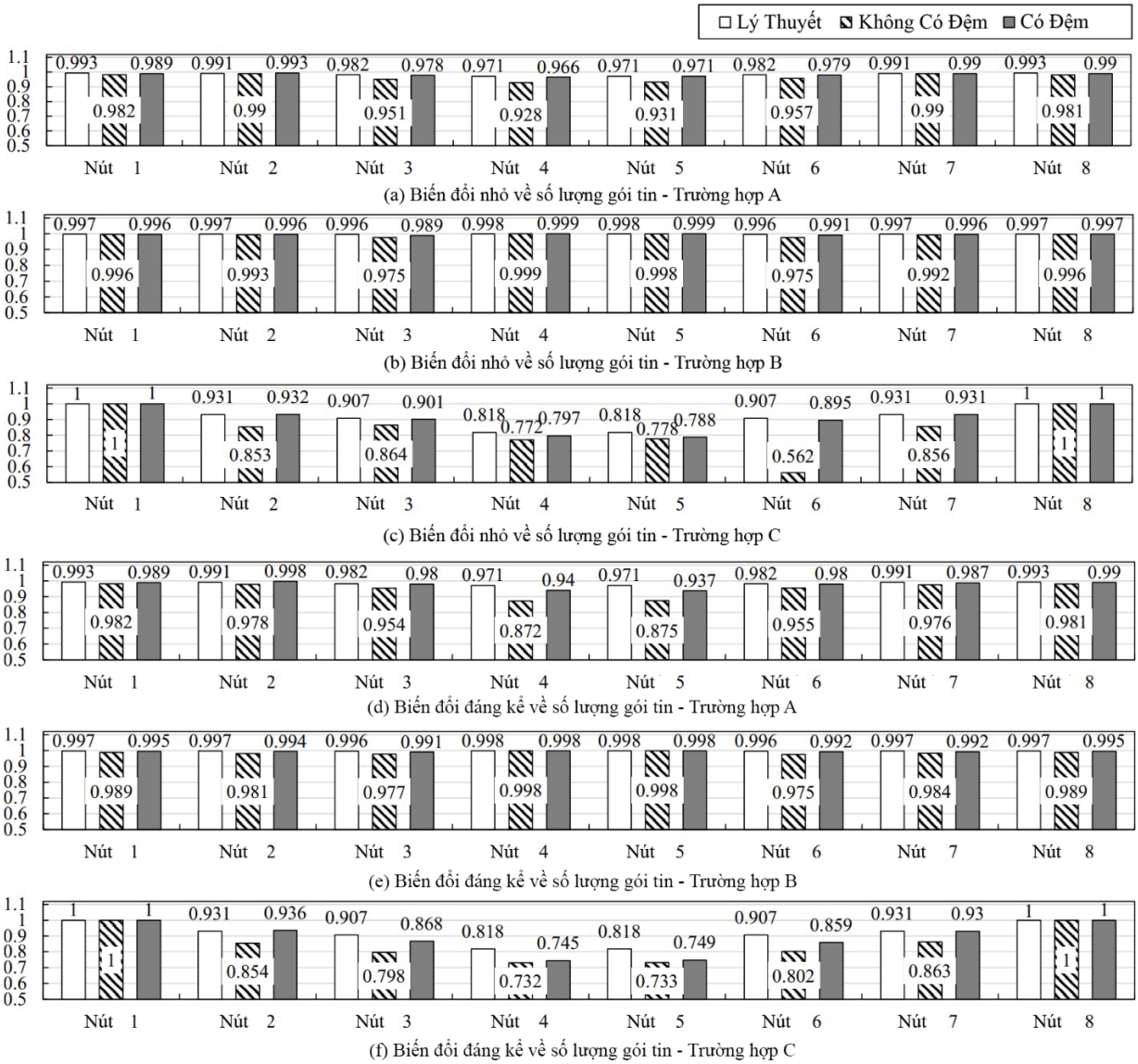
4.2. Đánh giá xác suất phân bổ thành công

Xác suất thành công trong việc phân bổ tất cả các gói tin từ tất cả các nút tới máy chủ S được biểu đồ trong Hình 5 cho biến động gói tin nhỏ và Hình 6 cho biến động gói tin đáng kể trong ba trường hợp A, B và C. Trong các biểu đồ này, "Lý thuyết" là giá trị tính toán trong trường hợp không có biến động gói tin. "Không có đệm" và "Có đệm" là các giá trị thực nghiệm trong mô phỏng trong các trường hợp khác nhau về biến động gói tin, mà không có và có sử dụng bộ đệm gói tin.

Đầu tiên, kết quả cho thấy rằng Trường hợp B (trong đó số lượng gói tin được tạo ra tại máy chủ xa máy chủ S ít hơn so với những nơi gần máy chủ S) đạt được tỷ lệ thành công cao nhất trên tất cả các điều kiện biến động gói tin. Điều này được quyết định bởi khả năng cao hơn của việc không phục hồi được mất gói tin tại các nút nguồn do sự tăng cường liên kết.

Thứ hai, kết quả cho thấy rằng một phạm vi lớn hơn của biến động gói tin được liên kết với tỷ lệ thành công thấp hơn. Điều này có thể được quyết định bởi việc khi phạm vi biến động tăng, giá trị tối đa được đặt cho các khe thời gian cũng tăng lên, dẫn đến sự giảm tỷ lệ thành công. Ngoài ra, khi có một số lượng lớn các nút nguồn, sự giảm tỷ lệ thành công trở nên đáng kể hơn khi số lượng nút được tạo ra biến động. Điều này do số lượng lần truyền lại trên mỗi gói tin giảm khi số lượng gói tin biến động, kết hợp với việc gói tin từ các nút nguồn đi qua một số lượng lớn liên kết, do đó tăng khả năng mất gói tin.

Thứ ba, giá trị tỷ lệ thành công thực nghiệm được quan sát thấp hơn so với giá trị lý thuyết. Sự sai khác này có thể được quyết định bởi biến động gói tin, dẫn đến sự biến động trong số lượng gói tin được tạo ra trong mỗi chu kỳ. Khi số lượng gói tin được tạo ra trong một chu kỳ vượt quá số lần truyền đã được lên kế hoạch, số lượng gói tin dự phòng bị giảm xuống, ảnh hưởng xấu đến việc khôi



Hình 7: Tỷ lệ phân bố thành công tại mỗi nút so với sự biến động của gói tin.

phục mất gói tin và dẫn đến tỷ lệ thành công thấp hơn. Tuy nhiên, tỷ lệ thành công có thể được cải thiện thông qua việc sử dụng đệm gói tin, đặc biệt là ở các trường hợp A và B. Đệm gói tin đền cho sự thiếu hụt trong số lần truyền do biến động trong số lượng gói tin được tạo ra. Do đó, các gói tin ban đầu không được giao tới cổng có thể được truyền thành công tới cổng trong các chu kỳ tiếp theo. Bộ đệm cho phép sử dụng hiệu quả hơn các khe thời gian có sẵn, từ đó tăng tỷ lệ thành công. Trong Trường hợp A của Hình 6, tỷ lệ thành công của phương pháp đệm là 0,808 so với 0,638 của không có đệm, sự khác biệt 0,17.

Trong Hình 7, kết quả cho thấy việc sử dụng bộ đệm làm cho giá trị cao hơn cho tất cả các nút trừ những nút không thay đổi. Hơn nữa, tổng tỷ lệ phân bổ gói tin được cải thiện khi số lượng nút tăng. Như đã đề cập trước đó, gói tin được tạo ra bởi các nút dễ mất hơn, dẫn đến việc giảm tỷ lệ thành công tổng thể khi số lượng gói tin được tạo ra tăng lên. Tuy nhiên, với đệm, tỷ lệ thành công đối với gói tin được tạo ra bởi các nút được cải thiện tổng thể về tỷ lệ thành công rõ rệt hơn.

V. KẾT LUẬN

Bài báo này đề xuất và nghiên cứu việc sử dụng việc bộ đệm gói tin tạm thời (packet buffering) để cải thiện độ tin cậy của việc truyền dữ liệu được lên lịch tối ưu dựa trên TDMA (Time Division Multiple Access) trong các mạng cảm biến không dây đa bước tuyến tính. Phương pháp này mang lại lợi ích đáng kể trong trường hợp gói tin có sự biến động. Kết quả mô phỏng cho thấy tỷ lệ phân bố gói tin thành công tăng lên đến 17% so với tỷ lệ của phương pháp trước đây mà không sử dụng bộ đệm tạm thời.

Trong tương lai, công việc của chúng tôi bao gồm đánh giá và tối ưu hóa hệ thống dưới các điều kiện và tham số thực tế hơn bằng cách xem xét khả năng chấp nhận được của độ trễ cho phép và kích thước của bộ đệm. Hơn nữa, chúng tôi sẽ tích hợp một cơ chế hiệu quả dựa

trên FEC (Forward Error Correction) bằng cách tận dụng phương pháp mã hóa mạng [10]. Khung tối ưu hóa của chúng tôi giả định một bộ lập lịch trung tâm trong đó tất cả các tham số điều kiện cần thiết đều có sẵn. Chúng tôi sẽ thiết kế triển và khai một hệ thống thu thập, ước tính hoặc cập nhật thông số đó đúng lúc và cách cài đặt lịch tối ưu cập nhật tại mỗi nút.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] I. Jawhar, N. Mohamed, and D. P. Agrawal, "Linear wireless sensor networks: Classification and applications," Journal of Network and Computer Applications, vol. 34, no. 5, pp. 1671–1682, 2011, dependable Multimedia Communications: Systems, Services, and Applications.

[2] J. Yeo, H. Lee, and S. Kim, "An efficient broadcast scheduling algorithm for TDMA ad-hoc networks," Computers & Operations Research, vol. 29, no. 13, pp. 1793–1806, 2002.

[3] M. Tummala and S. Saha, "Concurrent transmission-based data sharing with run-time variation of TDMA schedule," in 2020 IEEE 45th Conference on Local Computer Networks (LCN), 2020, pp. 461–464.

[4] J. Sobrinho and A. Krishnakumar, "Quality-of-service in ad hoc carrier sense multiple access wireless networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 8, pp. 1353–1368, 1999.

[5] W. Li, J. Zhang, and Y. Zhao, "Conflict graph embedding for wireless network optimization," in IEEE INFOCOM 2017 - IEEE Conference on Computer Communications, 2017, pp. 1–9.

[6] Agussalim and M. Tsuru, "Message transmission scheduling on tandem multi-hop lossy wireless links," in Wired/Wireless Internet Communications, L. Mamatas, I. Matta, P. Papadimitriou, and Y. Koucheryavy, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 28–39.

[7] R. Yoshida, M. Shibata, and M. Tsuru, "Transmission scheduling for tandemly-connected sensor networks with heterogeneous packet generation rates," in Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems, L. Barolli, K. F. Li, and H. Miwa, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 437–446.

[8] R. Kimura, M. Shibata, and M. Tsuru, "Scheduling for tandemly connected sensor networks with heterogeneous link transmission rates," in 2020 International Conference on Information Networking (ICOIN), 2020, pp. 590–595.

[9] R. Weatherwax, "General Lagrange multiplier theorems," Journal of Optimization Theory and Applications, vol. 14, no. 1, pp. 51–72, Jul. 1974.

[10] N. V. Ha, T. T. T. Nguyen, and M. Tsuru, "TCP with network coding enhanced in bi-directional loss tolerance," IEEE Communications Letters, vol. 24, no. 3, pp. 520–524, 2020.

TRƯƠNG ĐÌNH HOÀI

Trương Đình Hoài tốt nghiệp Đại học tại Khoa Thú y, Học viện Nông nghiệp Việt Nam năm 2007;Thạc sĩ ngành Thuỷ sản, chuyên ngành Bệnh thuỷ sản, Đại học James Cook, Úc năm 2012; Tiến sĩ Thuỷ sản, chuyên ngành Bệnh Thuỷ sản tại Đại học Miyazaki, Nhật Bản năm 2018. Từ tháng 10/2007 là Giảng viên tại Khoa Thuỷ sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Hiện nay là Trưởng Bộ môn Môi trường và Bệnh Thuỷ sản, Phó Trưởng Khoa Thuỷ sản, Trưởng nhóm Nghiên cứu mạnh Bệnh Thuỷ sản tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

Link CV: https://khoathuysan.vnua.edu.vn/ly-lich/truong-dinh-hoai

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2271-849X

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0308

VACCINE - GIẢI PHÁP TỐI ƯU TRONG PHÒNG BỆNH THUỶ SẢN TẠI NHẬT BẢN

Trương Đình Hoài[1,2*]

[1] Cựu nghiên cứu sinh tiến sĩ, Đại học Miyazaki, Nhật Bản

[2] Khoa Thuỷ sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Email: tdhoai@vnua.edu.vn

TÓM TẮT:

Thuỷ sản và sản phẩm thuỷ sản đóng một vai trò to lớn trong đời sống của con người, cung cấp nguồn thực phẩm quan trọng và tạo sinh kế cho người dân trên toàn thế giới. Đối với Nhật Bản, ngành thuỷ sản không chỉ là một ngành kinh tế đơn thuần tạo ra giá trị kinh tế rất lớn cho đất nước, mà sản phẩm tạo ra từ ngành này mang giá trị văn hoá ẩm thực đặc trưng, mang bản sắc dân tộc. Dịch bệnh trên động vật thuỷ sản là một vấn đề tất yếu khi các mô hình nuôi thâm canh, mật độ cao ngày càng phát triển. Việc quản lý thuốc, hoá chất sử dụng nghiêm ngặt và yêu cầu chất lượng sản phẩm rất cao tại Nhật Bản đã chính là động lực lớn giúp cho việc nghiên cứu và phát triển vắc xin phòng bệnh thuỷ sản ở đây mạnh mẽ và mang lại nhiều kết quả nổi bật. Vắc xin đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi để phòng chống dịch bệnh thuỷ sản một cách chủ động, giảm thiểu thiệt hại kinh tế, giảm tồn dư hoá chất và kháng sinh trong sản phẩm và đảm bảo môi trường sinh thái, giúp ngành thuỷ sản của Nhật Bản phát triển bền vững. Bài viết này đề cập đến các thành tựu về nghiên cứu, phát triển vắc xin tại Nhật Bản và ứng dụng trong thực tiễn sản xuất, cũng như gợi mở những hướng đi trong nghiên cứu và ứng dụng vắc xin thủy sản tại Việt Nam trong thời gian tới.

Từ khóa: *Thuỷ sản, dịch bệnh, phòng bệnh, vắc xin, Nhật Bản.*

1. GIỚI THIỆU

Vắc xin có vai trò quan trọng và là giải pháp phòng bệnh tối ưu cho nhiều bệnh trên người, động vật trên cạn và thuỷ sản, đặc biệt là các bệnh truyền nhiễm nguy hiểm. Đối với bệnh do vi khuẩn, tình trạng kháng kháng sinh ngày càng nghiêm trọng và phổ biến làm cho các giải pháp sử dụng kháng sinh trong điều trị bệnh ít mang lại hiệu quả, gây ra nhiều hậu quả cho sức khoẻ con người như tồn dư kháng sinh trong sản phẩm, trong môi trường và làm suy thoái môi trường sinh thái [1].

Thuỷ sản là một trong những lĩnh vực kinh tế quan trọng của Nhật Bản, đặc biệt có vai trò rất lớn trong việc đa dạng hoá văn hoá ẩm thực Nhật Bản như các món Sushi, sashimi. Cá biển, tôm he Nhật Bản và lươn là những đối tượng nuôi quan trọng, mang lại giá trị kinh tế rất lớn. Tuy nhiên, trong quá trình phát triển thuỷ sản, những vấn đề khó khăn do các bệnh truyền nhiễm trên cá là điều không thể tránh khỏi, gây thiệt hại về kinh tế và giảm sản lượng thuỷ sản. Nhiều loại vắc xin vì thế đã được nghiên cứu như

vắc xin phòng bệnh truyền nhiễm nguy hiểm nhằm giảm thiểu việc sử dụng hoá chất, thuốc, đặc biệt là kháng sinh trong phòng trị bệnh [2, 3]. Các loại vắc xin được phát triển cũng khá đa dạng như vắc xin vô hoạt, vắc xin sống nhược độc, DNA vắc xin [4-6]. Để phát triển vắc xin phòng bệnh trên diện rộng, cần phải trải qua nghiên cứu cơ bản để đánh giá tác nhân, mức độ đa dạng về kiểu gen, serotype và đặc điểm dịch tễ của tác nhân gây bệnh [7, 8]. Điều này tiêu tốn rất nhiều thời gian và kinh phí để thực hiện. Do vậy, cùng với việc nghiên cứu chuyên sâu, giải pháp tối ưu là tạo ra vắc xin tại chỗ (autogenous vắc xin), tác nhân gây bệnh cho cá của trang trại nào sẽ được sử dụng làm chủng giống để chế tạo vắc xin cho chính trại nuôi đó để phòng bệnh. Phương pháp này đã tạo ra sự đột phá trong phòng bệnh chủ động, tăng hiệu quả bảo hộ của vắc xin cho từng trại nuôi thuỷ sản và là biện pháp tốt nhất để phòng bệnh truyền nhiễm khi các vắc xin chưa được thương mại hoá hoặc các vắc xin thương mại chưa đạt được mức độ bảo hộ cao và bảo hộ chéo trên quy mô rộng như mong muốn.

2. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU TIÊU BIỂU CỦA NHẬT BẢN VỀ VẮC XIN THUỶ SẢN

Vắc xin phòng bệnh được nghiên cứu và phát triển khá mạnh ở Nhật Bản, đặc biệt là trường Đại học Miyazaki, Viện nghiên cứu quốc gia Nhật Bản, Đại học Khoa học và công nghệ biển Tokyo. Các loại vắc xin đã được nghiên cứu và ứng dụng trong phòng bệnh thuỷ sản tại Nhật Bản rất đa dạng như vắc xin vô hoạt, vắc xin sống nhược độc, vắc xin tái tổ hợp, DNA vắc xin.

Miyazaki là tỉnh thuộc phía Nam của Nhật Bản, có vị trí địa lý thuận lợi như phía đông của đảo Kyushu và được bao bọc bởi biển Thái Bình Dương. Tỉnh Miyazaki là một trong những vùng kinh tế trọng điểm của Nhật Bản, có địa hình đồi núi, trung du và đồng bằng, do vậy nền nông nghiệp phát triển bậc nhất tại Nhật bản. Thuỷ sản là một trong bốn ngành nghề mũi nhọn của vùng. Để phòng chống dịch bệnh trên thuỷ sản, các hoạt động về nghiên cứu dịch bệnh, phát triển vắc xin và thương mại hoá của các nhà khoa học ở Đại học Miyazaki cũng vì thế trở nên nổi bật. Một số công trình như vắc xin phòng bệnh do vi khuẩn *Streptococcus iniae* và *Lactococcus garviae* trên cá bò biển (*Stephanolepis cirrhifer*) [8, 9], vắc xin phòng bệnh *L.garviae* trên cá cam Nhật Bản (*Seriola quinqueradiata*) [10, 11], vắc xin phòng bệnh do vi khuẩn *S. agalactiae* serotype Ia và III [12], phát triển vắc xin phòng bệnh do *Vibrio harveyi* trên cá mú (*Epinephelus coioides*) [13], vắc xin phòng bệnh do *Aeromonas hydrophila* trên cá rô phi [14], *A. salmonicida* trên cá hồi vân [15], vắc xin phòng bệnh *Norcardia seriolae* trên cá cam, cá bơn [3, 16, 17] và hiện tại vắc xin phòng bệnh do *Weissella ceti* trên cá hồi vân (unpublished data). Ngoài ra, một số trung tâm nghiên cứu khác cũng đã có nhiều thành tựu trong nghiên cứu vắc xin như vắc xin phòng bệnh virus trên cá biển [18, 19], cá cảnh [2], tôm he Nhật Bản [20], cá nước lạnh [5], cá bơn [21], vắc xin phòng bệnh do *Edwarsiella tarda* trên cá diếc, vắc xin tái tổ hợp phòng bệnh do *Norcardia seriolae* trên cá [6, 22], vắc xin theo phương pháp cho ăn phòng bệnh do vi khuẩn trên cá nước lạnh [23], vắc xin DNA phòng bệnh do *Norcardia seriolae* trên cá [4]. Để tạo ra được các vắc xin và ứng dụng vào sản xuất, các nghiên cứu cơ bản, thử nghiệm và ứng dụng vắc xin tại Nhật Bản được đầu tư một cách bài bản trong thời gian dài, có sự liên kết chặt chẽ giữa các nhà khoa học, nghiên cứu có tính kế thừa rất cao. Mặt khác, trong quá trình nghiên cứu và thương mại hoá vắc xin để sử dụng trên diện rộng, autogenous vắc xin đã được ứng dụng ngay trong quá trình nghiên cứu để giải quyết vấn đề gặp phải trong từng trang trại. Điều này giúp cho việc sử dụng vắc xin phòng bệnh trở nên chủ động, từ cấp độ trang trại, vùng và toàn đất nước trước khi thương mại hoá ra các nước có cùng đặc điểm dịch bệnh tương đồng.

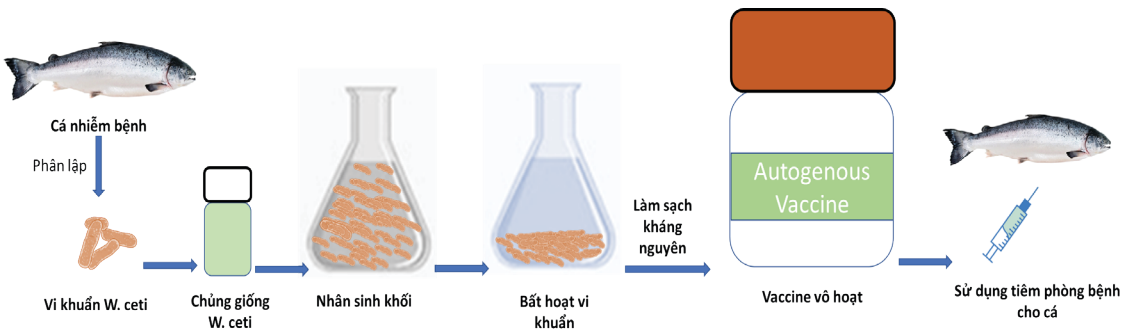
3. MỘT SỐ LAB NGHIÊN CỨU TIÊU BIỂU CỦA NHẬT BẢN TRONG LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN VẮC XIN THUỶ SẢN

3.1. Fish pathology Laboratory – Đại học Miyazaki (Phòng thí nghiệm bệnh thuỷ sản)

Website: https://www.miyazaki-u.ac.jp/english/

Địa chỉ: Nhật Bản, 889-2155 Miyazaki, Gakuenkibanadainishi, 1 Chome −1

Phòng thí nghiệm bệnh thuỷ sản thuộc Khoa Nông nghiệp, Đại học Miyazaki Nhật Bản. Phòng thí nghiệm là trung tâm chẩn đoán, xét nghiệm, nghiên cứu các giải



Hình 1: Quy trình nghiên cứu, chế tạo vắc xin để phòng bệnh W. ceti trên cá hồi vân

(Nguồn: Trương Đình Hoài)

Hình 2: Một số hình ảnh hoạt động nghiên cứu, thử nghiệm và ứng dụng vắc xin tại trang trại nuôi cá hồi vân tại Miyazaki, Nhật Bản

(Nguồn: Trương Đình Hoài)

pháp phòng, trị bệnh tại đảo Kyushu. Tại đây các đối tượng được nghiên cứu gồm bệnh các loài cá biển, tôm he Nhật Bản, cá koi, cá nước lạnh (cá hồi vân, cá tầm). Với nguồn mẫu phong phú, phòng thí nghiệm thu hút được nhiều sinh viên quốc tế đến theo học và nghiên cứu. Tại đây, các loại vắc xin đã được phát triển thành công và được thương mại hoá. Điển hình như vắc xin phòng bệnh do *L. garviae* trên cá biển đã được thương mại hoá, các loại autogenous vắc xin đã được phát triển thành công và ứng dụng trực tiếp vào việc phòng bệnh cho cá biển và cá hồi vân (Hình 1 và Hình 2).

3.2. Research Center of Fish Diseases, National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Research and Education Agency (Trung tâm nghiên cứu bệnh thuỷ sản, Viện nghiên cứu thuỷ sản quốc gia).

Website: http://nria.fra.affrc.go.jp/e/RCFD.html

Địa chỉ: 422-1 Nakatsuhamaura, Minami-ise, Mie 516-0193, JAPAN

Viện nghiên cứu quốc gia có các trung tâm nghiên cứu chuyên sâu

- Trung tâm nghiên cứu bệnh thuỷ sản
- Trung tâm chẩn đoán và đào tạo bệnh thuỷ sản
- Trung tâm nghiên cứu sản xuất giống thuỷ sản
- Trung tâm nghiên cứu hệ thống nuôi thuỷ sản
- Trung tâm nghiên cứu duy trì và phát triển lươn

Tại đây, nhiều nghiên cứu và ứng dụng vắc xin đã được thực hiện thành công tại Nhật Bản.

3.3 Laboratory of Fish Diseases, the University of Tokyo

Địa chỉ: 1-1-1, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657

Website: http://fishparasite.fs.a.u-tokyo.ac.jp/LFD/home_en.html

Các hướng nghiên cứu chính

- Nghiên cứu đặc điểm bệnh học của bệnh truyền nhiễm động vật thuỷ sản
- Nghiên cứu đặc điểm sinh học của tác nhân gây bệnh
- Cơ chế hình thành khả năng kháng bệnh của động vật thuỷ sản, phát triển vắc xin phòng bệnh.

4. HƯỚNG NGHIÊN CỨU/ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VẮC XIN TRONG PHÒNG BỆNH THUỶ SẢN TẠI VIỆT NAM

4.1 Thực trạng nghiên cứu/ứng dụng vắc xin tại Việt Nam hiện nay

Phát triển vắc xin phòng bệnh thuỷ sản ở Việt Nam đã

được ưu tiên và bước đầu có những nghiên cứu và ứng dụng, nhưng kết quả nghiên cứu hoặc khả năng áp dụng chưa thực sự đáp ứng được yêu cầu kể cả chất lượng và ứng dụng thực tiễn. Một số lý do chính gồm:

+ Nguồn kinh phí cho nghiên cứu vắc xin thuỷ sản còn rất hạn chế.

+ Đội ngũ có kiến thức về nghiên cứu và sản xuất vắc xin thuỷ sản còn mỏng hoặc chưa có cơ hội phát huy khả năng.

+ Kết quả nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn còn chưa được đánh giá. Trong số 6 loại vắc xin đang lưu hành thì hầu hết là các vắc xin tiêm, tuy nhiên đối tượng ứng dụng lại có giá bán khá thấp (cá tra, rô phi) nên chưa được ứng dụng rộng rãi và chưa được nhiều người dân chấp nhận sử dụng do vấn đề chi phí hoặc không có cơ sở hạ tầng (hệ thống tiêm) để triển khai.

+ Bệnh diễn biến phức tạp, các loại vắc xin đơn giá không giải quyết được một cách triệt để vấn đề dịch bệnh mà thực tiễn yêu cầu. Do vậy cần phải có vắc xin đa giá để phòng bệnh.

+ Các loại thuốc và hoá chất rất dễ mua và người dân chưa tiếp cận hoặc không muốn tiếp cận theo hướng phòng bệnh bằng vắc xin do hiệu quả chưa cao vì vậy vắc xin phòng bệnh chưa phải là lựa chọn ưu tiên hiện nay.

+ Quy mô trang trại nhỏ chiếm đa số, cơ sở hạ tầng để sử dụng vắc xin còn rất hạn chế nên rất khó áp dụng sử dụng vắc xin đại trà.

4.2 Đề xuất các phương thức áp dụng vắc xin thuỷ sản tại Việt Nam

Việt Nam có ngành thuỷ sản phát triển, có sản lượng và kim ngạch xuất khẩu sản phẩm thuỷ sản đứng tốp đầu thế giới, do vậy để phát triển bền vững, công tác phòng chống dịch bệnh cần phải được chú trọng và thực hiện một cách chủ động, đặc biệt là các bệnh truyền nhiễm nguy hiểm, công tác nghiên cứu và ứng dụng vắc xin trong phòng bệnh thuỷ sản của Việt Nam thời gian tới cần có định hướng cụ thể và lộ trình vững chắc. Một số đề xuất:

+ Tăng cường đầu tư cho nghiên cứu vắc xin, công nghệ vắc xin và ứng dụng vào sản xuất.

+ Ưu tiên sử dụng autogenous vắc xin để phòng bệnh trực tiếp ở trang trại khi chưa có vắc xin thương mại để phòng bệnh chủ động.

+ Cần thực hiện nghiên cứu cơ bản về kiểu hình (serotype) của tác nhân để tăng cường khả năng bảo hộ diện rộng của vắc xin và tạo vắc xin đa giá để phòng nhiều bệnh cùng lúc.

+ Cần tiếp cận đúng lộ trình, đầu tiên cần tiếp cận những đối tượng nuôi có giá trị kinh tế cao, người dân dễ chấp nhận sử dụng vắc xin (cá hồi, cá tầm, cá biển) để tăng tính khả thi của việc nghiên cứu, sử dụng vắc xin và tạo thói quen sử dụng vắc xin của người nuôi, tạo nền tảng kiến thức của của đội ngũ khoa học, từ đó tiếp tục triển khai trên các đối tượng nuôi phổ biến, có giá thành thấp hơn về sau này.

+ Ưu tiên nghiên cứu, phát triển vắc xin sử dụng theo phương pháp ngâm, cho ăn để tăng tính khả thi trong ứng dụng thực tiễn.

+ Xây dựng các mô hình điểm sử dụng vắc xin phòng bệnh mang lại hiệu quả để có cơ sở nhân rộng mô hình.

5. LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn GS.TS Terutoyo Yoshida, Trưởng phòng thí nghiệm Bệnh Thuỷ sản, Khoa Nông nghiệp, Đại học Miyazaki, Nhật Bản, đã hỗ trợ trong quá trình nghiên cứu, tham gia các hoạt động nghiên cứu bệnh, phát triển vắc xin và đánh giá vắc xin phòng bệnh trên một số đối tượng thuỷ sản tại Nhật Bản trong quá trình làm nghiên cứu sinh tại Nhật Bản để có kiến thức, thông tin phục vụ hoàn thành bài viết này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Chevalier-Cottin, E.-P., et al., Communicating benefits from vaccines beyond preventing infectious diseases. Infectious Diseases and Therapy, 2020. 9: p. 467-480.

[2] Ito, T. and M. Ototake, Vaccination against cyprinid herpesvirus 2 (CyHV-2) infection in goldfish *Carassius auratus*. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 2013. 33(5): p. 158-164.

[3] Itano, T., et al., Live vaccine trials against nocardiosis in yellowtail *Seriola quinqueradiata*. Aquaculture, 2006. 261(4): p. 1175-1180.

[4] Kato, G., et al., Development of DNA vaccines against *Nocardia seriolae* infection in fish. 2014. 49(4): p. 165-172.

[5] Rahman, M.H., et al., Efficacy of oil-adjuvanted vaccine for coldwater disease in ayu *Plecoglossus altivelis*. Fish Pathology, 2000. 35(4): p. 199-203.

[6] Yamasaki, M., et al., Comparative analysis of adaptive immune response after vaccine trials using live attenuated and formalin-killed cells of *Edwardsiella tarda* in ginbuna crucian carp (*Carassius auratus* langsdorfii). Fish & Shellfish Immunology, 2015. 45(2): p. 437-442.

[7] Nishiki, I., et al., Epidemiological study on *Lactococcus garvieae* isolates from fish in Japan. Fisheries Science, 2011. 77: p. 367-373.

[8] Minami, T., et al., Pathogenicity of *Streptococcus iniae* and *Lactococcus garvieae* in farmed thread-sail filefish and efficacy of the formalin-killed vaccines against these bacteria. Gyobyo Kenkyu= Fish Pathology, 2013. 48(3): p. 81-87.

[9] Minami, T., et al., The route of administration, initiation of protective immunity, and clinical field trial of a commercial *Streptococcus iniae* vaccine for farmed thread-sail filefish. Aquaculture Science, 2015. 63(2): p. 119-125.

[10] Ooyama, T., et al., The protective immune response of yellowtail *Seriola quinqueradiata* to the bacterial fish pathogen *Lactococcus garvieae*. Diseases of aquatic

organisms, 1999. 37(2): p. 121-126.

[11] Ooyama, T., et al., Application of attenuated *Lactococcus garvieae* strain lacking a virulence-associated capsule on its cell surface as a live vaccine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* Temminck and Schlegel. Journal of Applied Ichthyology, 2006. 22(2): p. 149-152.

[12] Suwannasang, A., et al., Growth, immune responses and protection of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* immunized with formalin-killed *Streptococcus agalactiae* serotype Ia and III vaccines. Songklanakarin Journal of Science & Technology, 2017. 39(4).

[13] Maekawa, S., et al., Transcriptome analysis of immune response against *Vibrio harveyi* infection in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). Fish & Shellfish Immunology, 2017. 70: p. 628-637.

[14] Ruangpan, L., T. Kitao, and T. Yoshida, Protective efficacy of *Aeromonas hydrophila* vaccines in Nile tilapia. Veterinary Immunology and Immunopathology, 1986. 12(1-4): p. 345-350.

[15] Kitao, T. and Y. Yoshida, Effect of an immunopotentiator on *Aeromonas salmonicida* infection in rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. Veterinary Immunology and Immunopathology, 1986. 12(1-4): p. 287-296.

[16] Shimahara, Y., Detection of antibody response against Nocardia seriolae by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and a preliminary vaccine trial in yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. Bull Eur Ass Fish Pathol, 2005. 25: p. 270-275.

[17] Kato, G., et al., Mycobacterium bovis BCG vaccine induces non-specific immune responses in Japanese flounder against *Nocardia seriolae*. Fish & shellfish immunology, 2012. 33(2): p. 243-250.

[18] Nakajima, K., et al., Effectiveness of a vaccine against red sea bream iridoviral disease in a field trial test. Diseases of Aquatic Organisms, 1999. 36(1): p. 73-75.

[19] Nakajima, K., et al., Effectiveness of a vaccine against red sea bream iridoviral disease in various cultured marine fish under laboratory conditions. Fish Pathology, 2002. 37(2): p. 90-91.

[20] Satoh, J., T. Nishizawa, and M. Yoshimizu, Protection against white spot syndrome virus (WSSV) infection in kuruma shrimp orally vaccinated with WSSV rVP26 and rVP28. Diseases of aquatic organisms, 2008. 82(2): p. 89-96.

[21] Takano, T., et al., The efficacy of five avirulent Edwardsiella tarda strains in a live vaccine against Edwardsiellosis in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Fish & shellfish immunology, 2010. 29(4): p. 687-693.

[22] Matsumoto, M., et al., Adjuvant effect of recombinant interleukin-12 in the Nocardiosis formalin-killed vaccine of the amberjack *Seriola dumerili*. Fish & Shellfish Immunology, 2017. 67: p. 263-269.

[23] Kondo, M., et al., Efficacy of oral vaccine against bacterial coldwater disease in ayu *Plecoglossus altivelis*. Diseases of aquatic organisms, 2003. 55(3): p. 261-264.

LÊ NỮ ANH THƯ

Lê Nữ Anh Thư tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Công nghệ sinh học tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế năm 2009. Thạc sĩ Nông nghiệp năm 2014, Đại học Kyoto, Nhật Bản. Tiến sĩ Nông nghiệp năm 2020, Đại học Okayama Nhật Bản. Giáo sư trợ giảng (Special Assistant Professor) năm 2021 – 2022, Khoa Thú y, trường Đại học Khoa học Okayama, Nhật Bản. Từ năm 2009 – hiện tại là giảng viên Khoa Chăn nuôi Thú y, Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0309

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIẢI TRÌNH TỰ THẾ HỆ MỚI KHÁM PHÁ CÁC ĐỘT BIẾN DI TRUYỀN HIẾM LIÊN QUAN ĐẾN NĂNG SUẤT SINH SẢN Ở BÒ ĐEN NHẬT BẢN

Lê Nữ Anh Thư[1]

[1] *Giảng viên, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*
Email: lenuanhthu@huaf.edu.vn

TÓM TẮT:

Bò Đen là giống bò bản địa được nuôi phổ biến ở Nhật Bản và có giá trị kinh tế cao do sỡ hữu hàm lượng mỡ giắt cao. Tuy nhiên, gần đây do năng suất sinh sản của bò Đen ngày càng giảm nên số lượng bê sinh ra giảm và giá bê gia tăng. Do vậy, cần có giải pháp để cải thiện năng suất sinh sản của bò Đen Nhật Bản vì nó là một trong những tính trạng kinh tế quan trọng nhất trong sản xuất chăn nuôi. Giải pháp hiệu quả cho vấn đề này là cải thiện các đặc điểm di truyền bằng phương thức xác định các alen nguy cơ ảnh hưởng đáng kể đến năng suất sinh sản. Vì vậy, mục tiêu của bài báo là giới thiệu những tiến bộ gần đây về ứng dụng công cụ di truyền phân tử để khám phá ra các đột biến hiếm liên quan đến tính trạng sinh sản ở bò đen Nhật Bản. Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng ứng dụng GWAS và công nghệ giải trình tự thế hệ mới đã cho phép phát hiện ra nhiều đa hình nucleotide đơn (SNPs) và đột biến chèn/xóa (Indels) có tác động lớn đến năng suất sinh sản. Những biến dị di truyền hiếm này được đề nghị sử dụng làm chỉ thị phân tử để sàn lọc và cải thiện khả năng sinh sản ở bò đen Nhật Bản..

Từ khóa: *Bò đen Nhật Bản, biến dị di truyền, giải trình tự thế hệ mới (NGS), năng suất sinh sản, SNPs/Indels.*

1. GIỚI THIỆU

Sinh sản là một trong những tính trạng kinh tế quan trọng nhất quyết định sự thành công của sản xuất chăn nuôi [1]. Trong đó, tỷ lệ thụ thai là một trong những chỉ tiêu quan trọng đo lường năng suất sinh sản của bò [2]. Các yếu tố về sinh lý sinh sản và môi trường khác nhau có thể ảnh hưởng đến tỷ lệ thụ thai của bò. Thêm vào đó, quá trình hình thành giao tử và sự chết phôi là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tỷ lệ thụ thai. Diskin và cs (2012) ước tính tỷ lệ chết phôi ở bò sữa ~40% và ảnh hưởng trực tiếp của sự chết phôi được phản ánh qua tỷ lệ thụ thai thấp [3]. Trong những thập kỷ gần đây, tỷ lệ thụ thai ở bò đen Nhật Bản ngày càng giảm dần dẫn đến hiệu quả sản xuất bê thấp và giá bê tăng dần [4], [5] Vì vậy, việc cải thiện năng suất sinh sản bằng cách giảm tỷ lệ chết phôi là vấn đề quan trọng trong chăn nuôi bò đen Nhật Bản. Ở người, nhiều nghiên cứu cho thấy rằng tỷ lệ chết phôi cao ở thời kỳ đầu của thai kỳ, xấp xỉ 70% tổng số ca thụ thai. Đáng lưu ý, nguyên nhân gây tỷ lệ chết phôi thai ở người do các bất thường trong di truyền nhiễm sắc thể (NST). Yahaya và cs (2021) báo cáo rằng tỷ lệ 2-15% vô sinh ở nam và >10% vô sinh ở nữ đến từ nguyên nhân này [6]. Lee và Kieesling (2016) chỉ ra rằng khoảng 25% NST bất thường

về số lượng do những rối loạn trong quá trình phát sinh giao tử gây ra [7]. Có nhiều gen mã hóa các protein tham gia vào quá trình phát sinh giao tử bao gồm phân chia nguyên nghiễm và giảm nhiễm để tạo ra các giao tử bình thường và một số gen này đã được chứng minh là có liên quan đến khả năng sinh sản ở chuột và người [8]–[10]. Vì vậy, giải pháp hiệu quả để cải thiện khả năng sinh sản là khám phá các biến dị di truyền hiếm trong các gen liên quan đến năng suất sinh sản. Phương pháp tiếp cận gần đây ứng dụng công nghệ giải trình tự thế hệ mới (NGS) đã khám phá một số lượng lớn các biến dị di truyền bao gồm các đột biến đa hình nucleotide đơn (SNPs), các đột biến chèn/xóa đoạn nhỏ (Indels), và các đột biến chèn/xóa kích thước lớn (CNV) [11]. Nhờ tiến bộ của công nghệ NGS kết hợp với GWAS (nghiên cứu liên kết trên toàn bộ gen) đã góp phần phát hiện các đột biến hiếm gây ra rối loạn sinh sản và làm thay đổi những hiểu biết của chúng ta về đặc điểm của tính trạng phức tạp này. Vì vậy, trong bài báo này, tình hình về năng suất sinh sản của bò đen Nhật Bản, lợi ích của ứng dụng công nghệ NGS để phát hiện các biến dị di truyền hiếm liên quan đến năng suất sinh sản ở bò đen Nhật Bản sẽ được thảo luận nhằm làm sáng tỏ tác động của các biến dị này đến khả năng sinh sản ở bò, đồng thời thảo luận về những triển vọng của ứng dụng công nghệ này ở Việt Nam.

2. NĂNG SUẤT SINH SẢN CỦA BÒ ĐEN NHẬT BẢN

Bò Đen là giống bò được nuôi phổ biến nhất ở Nhật Bản, chiếm đến 97% tổng đàn bò nội địa. Thịt bò Đen nổi tiếng với hương vị thơm ngon đặc trưng và hàm lượng mỡ giắt cao (>50%) [12]. Tuy nhiên năng suất sinh sản của bò Đen, một trong những tính trạng kinh tế quan trọng nhất trong sản xuất bò thịt, đã giảm dần trong những thập kỷ gần đây mặc dù các tính trạng kinh tế quan trọng khác như sinh trưởng và chất lượng thịt đã được cải thiện đáng kể [13]. Hiện trạng về năng suất sinh sản như tuổi phối giống lần đầu, số lần phối giống thành công, tỷ lệ phối giống thành công (tỷ lệ thụ thai) ở bò Đen Nhật Bản được thể hiện chi tiết qua bảng 1. Trong đó, tỷ lệ thụ thai bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như lứa đẻ, thời gian phối lại giống thành công sau khi đẻ, số lần phối giống.

Bảng 1. Năng suất sinh sản của bò Đen Nhật Bản [14]

Chỉ tiêu	Bò mẹ M ± SEM
Lứa đẻ	4,8 ± 0,1
Tuổi phối giống lần đầu, ngày	-
Thời gian phối giống lại sau khi đẻ, ngày	77,0 ± 0,2
Tỷ lệ thụ thai, %	47,8 ± 0,2
Số lần phối giống	1,7 ± 0,01

(M: giá trị trung bình, SEM: sai số chuẩn của giá trị trung bình)

Hình 1. Bò đen Nhật Bản

Irikura và cs (2018) [5] đã báo cáo rằng tỷ lệ thụ thai của bò Đen giảm từ 55,1% xuống 34,4% khi lứa đẻ gia tăng. Thêm vào đó, khi thời gian phối lại giống lần đầu >90 ngày, tỷ lệ thụ thai ở lần phối giống thứ 4 (51,3%) giảm đáng kể so với tỷ lệ thụ thai ở lần phối giống lần đầu (23,8%). Sasaki và cs (2015) đã báo cáo rằng thời gian phối lại giống thành công sau khi đẻ của bò Đen là 115 ngày. Tuy nhiên, trong chăn nuôi bò sinh sản, chỉ tiêu này không được vượt quá 80 – 85 ngày [13]. Gần đây, Setiaji và cs (2020) cũng đã báo cáo rằng thời gian phối lại giống lần đầu sau khi đẻ là 73,81 ngày và thời gian phối lại giống thành công là 102,63 ngày ở bò đen Nhật Bản [15]. Kết quả tỷ lệ thụ thai thấp đã dẫn đến số bê sinh ra giảm và giá bê trở nên tăng dần. Giá bê trung bình năm 2013 cao hơn 20% so với giá bê năm 2012. Việc thực hiện phối giống (AI) lần thứ 2 trở đi cũng làm tăng chi phí liên quan đến tinh dịch, điều trị nội tiết tố, phí kỹ thuật viên AI cũng như khâu chăm sóc bò cho đến lần phối giống tiếp theo. Vì vậy, việc cải thiện tỷ lệ thụ thai là vấn đề cấp thiết để cải thiện hiệu quả sản xuất chăn nuôi bò sinh sản. Có nhiều yếu tố tác động đến sự thành công của chăn nuôi bò sinh sản bao gồm quản lý, chế độ chăm sóc dinh dưỡng, và yếu tố di truyền. Tuy nhiên, tỷ lệ thụ thai được báo cáo có hệ số di truyền thấp và do đó cải thiện di truyền tính trạng sinh sản bằng phương pháp nhân giống truyền thống có thể không hiệu quả. Do vậy, cách thức tiếp cận được áp dụng phổ biến gần đây là ứng dụng chỉ thị phân tử trong chọn lọc giống nhằm chọn lọc giống chính xác và có thể cải thiện được các đặc điểm di truyền giống.

3. GIẢI TRÌNH TỰ THẾ HỆ MỚI

Giải trình tự thế hệ mới (next generation sequencing) hay còn gọi là công nghệ giải trình tự thông lượng cao (high-throughout sequencing) đã phát triển nhanh chóng và tác động đáng kể đến cách tiến hành nghiên cứu di truyền. Việc quét đồng thời tất cả các gen ứng dụng NGS đã giúp xác định được một số lượng lớn các biến dị di truyền bao gồm những đột biến hiếm, đột biến nguy cơ trong các gen chức năng liên quan đến bệnh và rối loạn di truyền, từ đó đã làm thay đổi những chiến lược cải tiến nông nghiệp. Bước đột phá của NGS trong nghiên cứu bộ gen là sự ra đời của các phương pháp giải trình tự mục tiêu cho phép giải trình tự có chọn lọc các vùng quan tâm

Bảng 2. Các hệ thống giải trình tự phổ biến hiện nay

Công ty sản xuất	Illumina			Pacific Bioscience		Oxford Nanopore	
Hệ thống giải trình tự	Miseq	Nextseq2000	Novaseq 6000	Sequel	Sequel II	MinION	PromethION
Nguyên lý giải trình tự	Giải trình từ bằng phương pháp tổng hợp			Giải trình tự đơn phân tử Pacbio		Giải trình tự đơn phân tử Nanopore	
Hệ thống phát hiện	Huỳnh quang					Tính dẫn điện	
Độ dài trình tự	2 x 300 bp	2 x 300 bp	2 x 250 bp	300 kb		4 Mb	
Flow cell / thiết bị	1	1	2	12		1	24 hoặc 48
Ưu điểm	Độ chính xác cao			Đầu đọc dài, không cần khuyếch đại DNA		Đầu đọc dài, giải trình tự nhanh, hệ thống máy nhỏ gọn	
Nhược điểm	Giải trình tự lâu			Tỷ lệ lỗi cao			

(*Flow cell: một thiết bị nhỏ chứa thư viện các phân đoạn DNA, nơi xảy ra giải trình tự*)

và từ đó làm giảm đáng kể số lượng trình tự cần được tạo ra. Giải trình tự exome (whole exome sequencing - WES) cho phép giải trình tự tất cả các vùng mã hóa protein và nhanh chóng đã trở thành phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất, đặc biệt được sử dụng để khám phá những rối loạn di truyền Mendel. Phương pháp này cũng trở nên phổ biến để khám phá các đột biến trong các gen liên quan đến chức năng sinh sản ở cả người và gia súc. Ở người, các alen nguy cơ thường nằm trong vùng mã hóa protein và vùng mã hóa này chỉ chiếm khoảng 2% của bộ gen. Cách tiếp cận này cũng cho phép phát hiện các biến dị tại các vị trí ghép nối RNA (splicing donor/splicing acceptor sites) có tác động lớn đến quá trình dịch mã protein. Ở người, hệ exome chứa khoảng 85% đột biến có ảnh hưởng lớn đến các đặc điểm liên quan đến bệnh. Trong đó các đột biến nhầm nghĩa và vô nghĩa chiếm khoảng 60% các đột biến gây bệnh [16]. Việc sử dụng WES trong sàn lọc biến dị di truyền đã dẫn đến sự gia tăng đáng kể trong việc khám phá ra các biến dị hiếm gây ra những rối loạn di truyền Mendel [16]–[18]. Điều này được phản ánh qua dữ liệu di truyền trong OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man) [19] và OMIA (Online Mendelian Inheritance in Animals) [20]. Thêm vào đó, cách thức tiếp cận khác trong nghiên cứu di truyền ứng dụng NGS là giải trình tự bộ gen (Whole genome sequencing - WGS). Ưu điểm của công nghệ này so với WES là độ bao phủ cao, giúp xác định được một lượng lớn SNPs và Indels trong bộ gen, nhiều biến dị tiềm năng còn lại khác ngoài vùng exon cũng sẽ được phát hiện. Điển hình như, hơn 2 triệu SNPs đã được khám phá ở bò đực Fleckvieh nhờ ứng dụng WGS [21]. Kawahara-Miki và cs (2011) đã xác định được 6,3 triệu SNPs, trong đó có hơn 5,5 triệu SNPs tiềm năng (chiếm 87% của bộ gen) được phát hiện ở bò Kuchinoshima (bò bản địa Nhật) nhờ ứng dụng WGS [22]. Choi và cs (2014) đã báo cáo rằng bò Hanwoo Hàn Quốc, bò Heugu Jeju, và bò Hà Lan sỡ hữu xấp xỉ 10,4 triệu SNPs, trong đó phát hiện 54,12% là SNPs tiềm năng và 1.063.267 Indels trong những bộ gen này [2]. Như vậy, những kết quả này đã chỉ ra rằng WES/WGS là chìa khóa để khám phá các đột biến nguy cơ/tiềm năng liên quan đến những tính trạng kinh tế quan trọng.

4. CÁC HỆ THỐNG VÀ CÔNG CỤ PHÂN TÍCH DỮ LIỆU GIẢI TRÌNH THỰ THẾ HỆ MỚI

4.1. Các hệ thống giải trình tự thế hệ mới

Hiện tại có nhiều hệ thống giải trình tự thế mới bao gồm giải trình tự thế hệ mới các đầu đọc ngắn (short read NGS) và đầu đọc dài (long read NGS). Trong đó, giải trình tự đầu đọc ngắn đang thống trị thị trường giải trình tự thế hệ mới. So với giải trình tự đầu đọc dài, giải trình tự đầu đọc ngắn có độ chính xác cao hơn, nhiều công cụ phân tích dữ liệu được thiết kế và dành riêng cho dữ liệu đầu đọc ngắn. Tuy nhiên, thời gian chạy lâu hơn và gặp khó khăn hơn khi lắp ráp *de novo*, xác định các dạng đồng phân phiên mã và cấu trúc của các biến thể. Một số hệ thống giải trình tự được mô tả như ở bảng 2.

4.2. Công cụ phân tích dữ liệu giải trình tự thế hệ mới

Ứng dụng các công cụ tin sinh học, quy trình phân tích dữ liệu giải trình tự thế hệ mới bao gồm các bước phân tích sơ cấp và thứ cấp. Phân tích sơ cấp được thực hiện bằng cách sử dụng các phần mềm như FastQC, Trimmomatic để kiểm tra chất lượng sau khi giải trình tự, lọc và cắt xén đầu đọc. Phân tích thứ cấp bao gồm sắp xếp và căn chỉnh trình tự đọc sử dụng công cụ BWA (Burrows-Wheeler Aligners) và phân loại biến thể (SNPs,

Bảng 3. Các công cụ tin sinh học được ứng dụng để phân tích dữ liệu NGS

Phân tích	Công cụ / Phần mềm được sử dụng phổ biến
Kiểm tra chất lượng sau khi giải trình tự	FastQC, MultiQC, FASTX-toolkit
Cắt xén đầu đọc và các trình tự chất lượng thấp	Trimmomatic, Cutadapt, Fastp
Lọc và loại bỏ các đầu đọc lặp lại	Picard
Sắp xếp và căn chỉnh trình tự đọc	BWA, Bowtie
Phân loại biến thể	GATK, freeBayes
Lọc và hợp nhất các biến thể	Bcftools
Phân tích biến thể theo chức năng	ANNOVAR, SnpEff, EnsemblVEP
Hiển thị kết quả	IGV, Genome Browser, Varseq, Geneious

Bảng 4. Phân loại biến dị di truyền theo tác động sử dụng SNPEff

Tác động	Biến dị di truyền
Cao	Tạo bộ ba kết thúc, thay đổi chức năng của bộ ba kết thúc, thay đổi chức năng của bộ ba khởi đầu, xóa vùng mã hóa, lặp vùng mã hóa, thay đổi vùng ghép nối ở hai đầu exon
Trung bình	Đột biến nhầm nghĩa, đột biến ở trình tự mã hóa, chèn/xóa một bộ ba
Thấp	Đột biến đồng nghĩa
Sữa đổi	Đột biến xảy ra tại vùng không mã hóa, vùng không dịch mã ở đầu 5’ và 3’

Indel, CNV) sử dụng công cụ GATK. Kết quả sắp xếp trình tự đọc và định dạng biến thể sẽ được lưu lại ở dạng BAM và VCF. Để mở các định dạng này có thể sử dụng các phần mềm miễn phí như IGV (Inter Genome Viewer) hoặc Genome Browser. Sau các bước phân tích sơ cấp và thứ cấp, công cụ ANOVAR và VAT được sử dụng phổ biến để phân tích chức năng sinh học và bệnh lý của các biến thể. Bảng 3 trình bày tổng hợp các công cụ và các bước để phân tích dữ liệu NGS

4.3. Một số công ty và trường học tại Nhật phân tích giải trình tự thế hệ mới

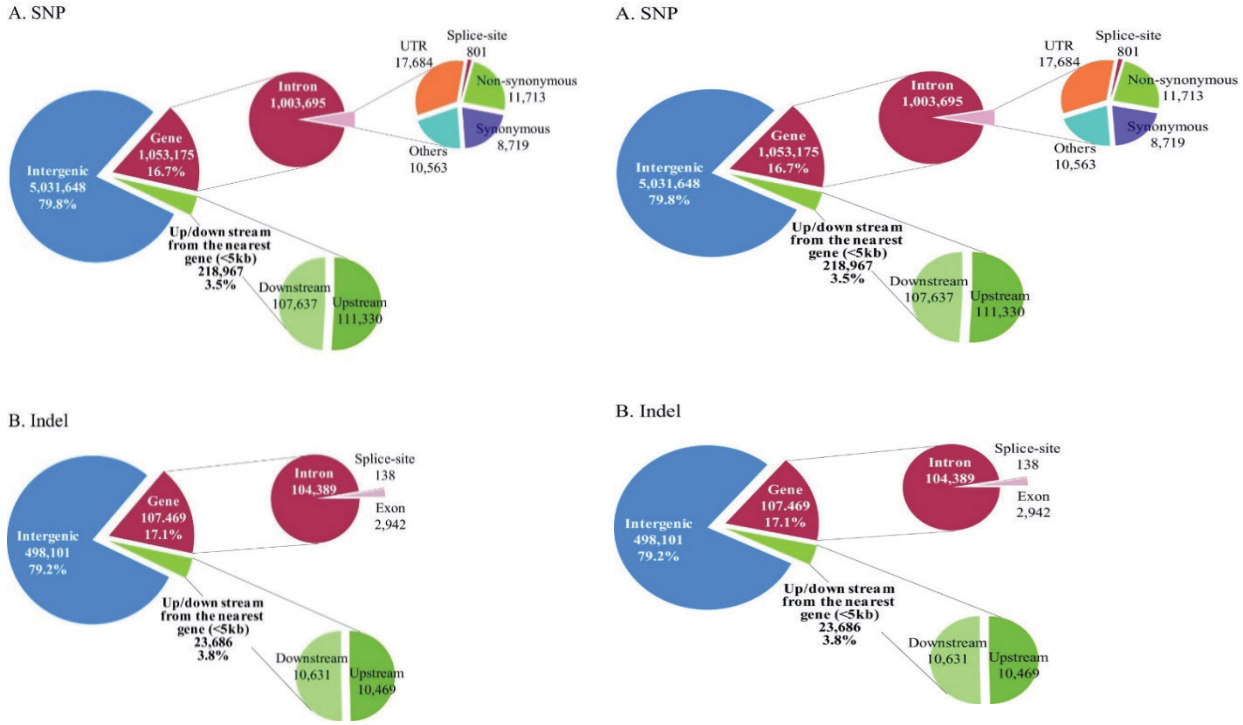
Trong những năm gần đây, công nghệ giải trình tự thế hệ mới đã được ứng dụng phổ biến trong nghiên cứu để phát hiện các biến thể chức năng liên quan đến các tính trạng năng suất, thích nghi, và bệnh tật trên động vật bản địa. Một số trường đại học (Khoa Thú Y, trường Đại học Khoa học Okayama; Phòng thí nghiệm di truyền động vật ứng dụng, Trường sau đại học về Khoa học Tự Nhiên, Sự sống, Môi trường, và Công nghệ, Đại học Okayama) có các hệ thống giải trình tự đã đưa vào giảng dạy và nghiên cứu, bên cạnh đó, nhiều nhà nghiên cứu cũng chọn lựa các công ty giải trình tự để gửi mẫu nhằm đạt được kết quả nhanh, chính xác, và tiết kiệm được kinh phí nếu số lượng mẫu phân tích ít.

5. CÁC ĐỘT BIẾN NGUY CƠ LIÊN QUAN ĐẾN NĂNG SUẤT SINH SẢN ĐÃ ĐƯỢC PHÁT HIỆN Ở BÒ ĐEN NHẬT BẢN NHỜ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIẢI TRÌNH TỰ THẾ HỆ MỚI

5.1. Phân loại các biến dị di truyền theo tác động đến chức năng sinh học của gen

Ứng dụng NGS để khám phá dữ liệu nguồn gen của cá thể sẽ trích xuất dữ liệu trình tự bộ gen dưới định dạng FastQ. Sau đó, bộ dữ liệu trình tự này sẽ được lắp ráp và căn chỉnh theo trình tự tham chiếu. Để phát hiện và phân loại các biến dị di truyền từ bộ dữ liệu đã xử lý này, một số công cụ tinh sinh học như VEF (Variant Effect Predictor) [23]và SNPEff [24] sẽ được áp dụng. Các biến dị di truyền được phát hiện sẽ được phân loại theo tác động bao gồm các biến dị tác động cao, tác động trung bình, tác động thấp, và tác động sữa đổi (Bảng 4).

Các SNPs/Indels xảy ra ở vùng mã hóa mà có thể tạo ra bộ ba kết thúc dẫn đến quá trình dịch mã kết thúc sớm hơn, thay đổi bộ ba khởi đầu dẫn đến quá trình dịch mã không được bắt đầu, thay đổi chuỗi trình tự axit amin, thay đổi nucleotide ở vùng ghép nối RNA ảnh hưởng đến quá trình phiên mã và dịch mã được xếp loại là các đột biến tác động cao. Những đột biến tác động cao được cho rằng có thể làm mất chức năng sinh học của gen [25], [26]. Ứng dụng WES/WGS cho phép xác định được sự có mặt hay không của các đột biến tác động cao này trong bộ gen của cá thể/quần thể. Kawahara-Miki và cs (2011) đã ứng dụng WGS để khám phá các biến dị di truyền ở bò Kuchinoshima đã phát hiện 801 SNPs nằm trong vùng ghép nối, 8.719 đột biến đồng nghĩa, và 11.713 đột biến nhầm nghĩa. Trong số các Indels, có 2.942 Indels trong vùng exon và 138 trong vùng ghép nối (Hình 1). Dựa vào kết quả phân tích này, ứng dụng GWAS (nghiên cứu



Hình 2. Tỷ lệ các biến dị di truyền SNPs/Indels ở bộ gen của bò Kuchinoshima Nhật Bản [22]

liên kết trên bộ gen giữa cá thể đối chứng và cá thể mang bệnh) có thể khám phá được những biến dị nguy cơ liên quan đến khả năng sinh sản thấp ở bò đen Nhật Bản. Từ đó, có thể có những chiến lược quản lý giống phù hợp.

5.2. Các đột biến hiếm/nguy cơ đã được phát hiện liên quan đến năng suất sinh sản thấp ở bò đen Nhật Bản

Ứng dụng tiến bộ của di truyền phân tử trong chăn nuôi, nhiều SNP/Indels đã được phát hiện và nhanh chóng được lựa chọn làm chỉ thị phân tử trong chọn lọc giống chính xác, có thể loại bỏ được nguy cơ sự lan rộng của các alen lặn gây chết hay ảnh hưởng nghiêm trọng đến chức năng sinh học của gen. Để khám phá được những SNPs/Indels nguy cơ đó cũng như tần suất của chúng trong quần thể, cách tiếp cận gần đây được ứng dụng rộng rãi là sự kết hợp giữa GWAS và WES/WGS

Bảng 5. Một số SNPs/Indels đã được khám phá liên quan đến năng suất sinh sản ở bò đen Nhật Bản

Gen	*Vị trí	Loại đột biến	Phenotypes
CDC45	7474351	SNPs	Chết phôi [27]
PID1	117,836,406 - 118,104,185	SNPs	Tuổi đẻ lứa đầu [29]
DNER	118,193,385 - 118,581,892	SNPs	
FBXO36	118,773,130 - 118,879,541	SNPs	
SLC16A14	118,886,691 - 118,909,613	SNPs	
SP140	118,927,758 - 118,962,090	SNPs	
SP110	119,055,328 - 119,059,88	SNPs	
TRIP12	118,622,220 - 118,729,375	SNPs	
ANXA10	NST8: 378,127 to 412,061	CNV	Chết phôi [14]
ACVR2A	48476925	SNPs	Tỷ lệ thụ thai [30]
ACVR2A	48476943_48476946	Indels	Tỷ lệ thụ thai [30]
PTH2R	97,359,632 97,361,855 97,363,758 97,364,399 97,365,727 97,368,169	SNPs	Thời gian phối giống lại thành công [13]

**Vị trí của đột biến được sắp xếp theo bộ gen tham chiếu UMD-3.1.1*

cho phép phát hiện nhiều SNPs/Indels quan trọng. Bước đầu tiên trong cách tiếp cận này là thu thập các thông tin về kiểu hình, được đề cập chủ yếu trong bài này ở đây là năng suất sinh sản của bò đen Nhật Bản bao gồm các chỉ tiêu như số lần giao phối của cá thể qua mỗi lứa đẻ, tỷ lệ chết phôi sớm/muộn, tỷ lệ thụ thai, sau đó ứng dụng WES hay WGS để xác định các SNPs/Indel tác động cao ở các cá thể trong quần thể có hiệu suất sinh sản thấp và cao để từ đó tìm ra mối liên quan giữa kiểu gen và kiểu hình. Sử dụng WES/WGS cho phép xác định được những SNPs/Indels đã được phát hiện trước đây trong quần thể và cả những đột biến mới có trong quần thể bò khảo sát. Sasaki và cs (2021) [27] đã ứng dụng công nghệ GWAS và WES nhằm xác định tần suất của alen nguy cơ ở quần thể bò đen Nhật Bản và đã khám phá được một đột biến nguy cơ trong vùng ghép nối với khoảng cách 5 bp từ exon 14 của gen *CDC15* liên quan đến tỷ lệ chết phôi ở bò đen Nhật Bản. *CDC45* mã hóa phức hợp enzyme khởi đầu helicase và preIC trong quá trình tổng hợp và sao chép DNA ở pha S. Yoshida và cs (2001) đã báo cáo rằng sự chết phôi đã được phát hiện ở chuột mang đột biến gen *Cdc45*$^{-/-}$ [28]. Sasaki và cs cũng đề nghị rằng sự thay thế nucleotide G>T ở vị trí g.74743512 trong gen *CDC15* ảnh hưởng đáng kể đến sự ghép nối trong giai đoạn tạo RNA trưởng thành và tính ổn định của RNA trưởng thành. Tại thời điểm khám phá ra đột biến này, tần suất alen nguy cơ này đã có thể chiếm một tần suất khá cao trong quần thể bò đen Nhật Bản. Tần suất alen T được khảo sát ở một trung tâm giết mổ gia súc là 0,066. Kết quả này chỉ ra rằng alen nguy cơ này đã sẵn sàng lan rộng trong quần thể bò đen Nhật Bản. Mặc dù hiện tại không có cá thể mang kiểu gen đồng hợp lặn TT, nhưng tần suất mong đợi cá thể mang đồng hợp lặn TT được ước tính là 8,02 cá thể trong 1,137 cá thể dựa trên tần suất alen T khảo sát [27]. Cách tiếp cận nghiên cứu này có thể quản lý hiệu quả sự di truyền của các alen nguy cơ trong quần thể. Ưu điểm khác nữa của cách tiếp cận phương pháp này là xác định được nhiều SNP/Indels khác trong các gen liên quan đến tính trạng sinh sản như tỷ lệ thụ thai, tuổi đẻ lứa đầu, khoảng cách lứa đẻ. Bảng 5 liệt kê một số SNPs/indels đã được phát hiện liên quan đến tính trạng sinh sản ở bò đen Nhật Bản [13], [29]–[31].

Những kết quả này đề nghị rằng các đột biến nguy cơ này có thể được sử dụng như chỉ thị phân tử trong chọn lọc giống sinh sản để cải thiện tính trạng sinh sản ở bò đen Nhật Bản. Như vậy, để cải thiện tính trạng sinh sản, điều quan trọng là phải khai thác hay phân tích bộ gen để thiết lập cơ sở dữ liệu nguồn gen gồm các SNPs/Indels/CNV nhờ ứng dụng công nghệ NGS

6. TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIẢI TRÌNH TỰ THẾ HỆ MỚI TRONG CHĂN NUÔI TẠI VIỆT NAM

Hiện nay, công nghệ NGS đã được ứng dụng khá phổ biến trong lĩnh vực y tế ở Việt Nam. Sử dụng NGS trong các xét nghiệm sàn lọc trước sinh không xâm lấn, sàn lọc ung thư di truyền, xác định các đột biến hiếm gặp và bệnh lý di truyền đa gen. Đặc biệt, NGS hiện đang là xu hướng và là tiêu chuẩn về công nghệ trong sàn lọc di truyền phôi, góp phần tăng tỷ lệ thành công cho các ca IVF ở người. Theo Đỗ Tân Khang và cs (2019), trên cả nước có trên 25 hệ thống giải trình tự từ các công ty khác nhau đã được trang bị và vận hành tại nhiều viện, trường, trung tâm cũng như bệnh viện. Riêng ở thành phố Hồ Chí Minh và khu vực Đồng bằng sông Cửu Long hiện có khoảng 15 máy NGS. Nhiều máy đã đưa vào sử dụng cho các công tác nghiên cứu và chẩn đoán, nhưng vẫn còn nhiều máy đang trong tình trạng không sử dụng [32]. Tuy nhiên, thông tin này cho thấy tiềm năng ứng dụng NGS ở Việt Nam đang ngày càng được chú trọng và phát triển. Trong chăn nuôi, mặc dù ứng dụng NGS để cải thiện di truyền giống còn khá mới mẻ và đa số các nghiên cứu được thực hiện dựa trên sự hợp tác với các viện, trường đại học tại các quốc gia phát triển bao gồm Nhật Bản, nơi đáp ứng được cơ sở vật chất cũng như kinh phí để thực hiện nghiên cứu, nhưng việc áp dụng được NGS trong cải thiện di truyền vật nuôi bản địa sẽ là mang lại những thách thức và triển vọng mới cho sự phát triển bền vững chăn nuôi ở Việt Nam. Bên cạnh đó, giới hạn và khó khăn chính trong việc áp dụng công cụ này để phát hiện ra các đột biến tiềm năng hay nguy cơ liên quan đến các tính trạng kinh tế quan trọng ở gia súc là thông tin kiểu hình. Hiện tại hệ thống chăn nuôi ở Việt Nam vẫn chưa đồng bộ, các tính trạng sinh trưởng, sinh sản của gia súc được nuôi tại các hộ gia đình vẫn chưa được ghi lại, và chưa có hệ thống định dạng cá thể gia súc. Việc thiếu dữ liệu thông tin kiểu hình dẫn đến khó khăn trong xác định sự liên quan của kiểu gen được phát hiện với kiểu hình của cá thể/quần thể. Do vậy, để có thể áp dụng hiệu quả những công nghệ tiên tiến này nhằm cải thiện di truyền giống để nâng cao hiệu quả chăn nuôi, cần thiết lập định dạng cá thể và ghi lại thông tin kiểu hình của cá thể qua mỗi lứa đẻ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] T. Pinto De Melo, G. M. F. De Camargo, L. G. De Albuquerque, and R. Carvalheiro, 'Genome-wide association study provides strong evidence of genes affecting the reproductive performance of Nellore beef cows', PLoS One, vol. 12, no. 5, May 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0178551.

[2] J. W. Choi et al., 'Whole-genome analyses of Korean native and Holstein cattle breeds by massively parallel sequencing', PLoS One, vol. 9, no. 7, Jul. 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0101127.

[3] M. G. Diskin, M. H. Parr, and D. G. Morris, 'Embryo death in cattle: An update', Reprod Fertil Dev, vol. 24, no. 1, pp. 244–251, 2012, doi: 10.1071/RD11914.

[4] K. Sato and T. Fujita, 'Elucidation of genes involved in the conception rates of cows decrease.', Bulletin of the Oita Prefectural Animal Industry Experiment Station, vol. 39, pp. 17–19, 2010.

[5] N. Irikura, M. Uematsu, G. Kitahara, T. Osawa, and Y. Sasaki, 'Effects of service number on conception rate in Japanese Black cattle', Reproduction in Domestic Animals, vol. 53,

no. 1, pp. 34–39, Feb. 2018, doi: 10.1111/rda.13049.

[6] T. O. Yahaya et al., 'Chromosomal abnormalities predisposing to infertility, testing, and management: a narrative review', Bull Natl Res Cent, vol. 45, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s42269-021-00523-z.

[7] A. Lee and A. A. Kiessling, 'Early human embryos are naturally aneuploid—can that be corrected?', J Assist Reprod Genet, vol. 34, no. 1, pp. 15–21, 2017, doi: 10.1007/s10815-016-0845-7.

[8] S. A. Yatsenko and A. Rajkovic, 'Genetics of human female infertility', Biology of Reproduction, vol. 101, no. 3. Oxford University Press, pp. 549–566, Sep. 01, 2019. doi: 10.1093/biolre/ioz084.

[9] M. G. Butler, S. K. Rafi, A. McGuire, and A. M. Manzardo, 'Currently recognized clinically relevant and known genes for human reproduction and related infertility with representation on high-resolution chromosome ideograms', Gene, vol. 575, no. 1, pp. 149–159, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.gene.2015.08.057.

[10] Q. Sang, P. F. Ray, and L. Wang, 'Understanding the genetics of human infertility'. [Online]. Available: https://www.science.org

[11] T. Tozaki et al., 'Rare and common variant discovery by whole-genome sequencing of 101 Thoroughbred racehorses', Sci Rep, vol. 11, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-95669-1.

[12] M. Motoyama, K. Sasaki, and A. Watanabe, 'Wagyu and the factors contributing to its beef quality: A Japanese industry overview', Meat Sci, vol. 120, pp. 10–18, 2016, doi: 10.1016/j.meatsci.2016.04.026.

[13] S. Sasaki, T. Ibi, T. Kojima, and Y. Sugimoto, 'A genome-wide association study reveals a quantitative trait locus for days open on chromosome 2 in Japanese Black cattle', pp. 102–105, 2015, doi: 10.1111/age.12360.

[14] S. Sasaki, T. Ibi, T. Akiyama, M. Fukushima, and Y. Sugimoto, 'Loss of maternal ANNEXIN A10 via a 34-kb deleted-type copy number variation is associated with embryonic mortality in Japanese Black cattle', BMC Genomics, vol. 17, no. 1, Nov. 2016, doi: 10.1186/s12864-016-3312-z.

[15] A. Setiaji and T. Oikaw, 'Genetics of heifer reproductive traits in Japanese Black cattle', Asian-Australas J Anim Sci, vol. 33, no. 2, pp. 197–202, 2020, doi: 10.5713/ajas.19.0118.

[16] Y. Zhao et al., 'Whole genome and exome sequencing reference datasets from a multi-center and cross-platform benchmark study', Sci Data, vol. 8, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41597-021-01077-5.

[17] H. Satam et al., 'Next-Generation Sequencing Technology: Current Trends and Advancements', Biology, vol. 12, no. 7. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Jul. 01, 2023. doi: 10.3390/biology12070997.

[18] B. S. Petersen, B. Fredrich, M. P. Hoeppner, D. Ellinghaus, and A. Franke, 'Opportunities and challenges of whole-genome and -exome sequencing', BMC Genetics, vol. 18, no. 1. BioMed Central Ltd., Feb. 14, 2017. doi: 10.1186/s12863-017-0479-5.

[19] J. S. Amberger, C. A. Bocchini, F. Schiettecatte, A. F. Scott, and A. Hamosh, 'OMIM.org: Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM®), an Online catalog of human genes and genetic disorders', Nucleic Acids Res, vol. 43, no. D1, pp. D789–D798, Jan. 2015, doi: 10.1093/nar/gku1205.

[20] F. Nicholas, I. Tammen, and S. I. Hub, 'Online Mendelian Inheritance in Animals (OMIA)'. The University of Sydney, 1995. [Online]. Available: https://omia.org;

[21] S. H. Eck, A. Benet-Pagès, K. Flisikowski, T. Meitinger, R. Fries, and T. M. Strom, 'Whole genome sequencing of a single Bos taurus animal for single nucleotide polymorphism discovery.', Genome Biol, vol. 10, no. 8, 2009, doi: 10.1186/gb-2009-10-8-r82.

[22] R. Kawahara-Miki et al., 'Whole-genome resequencing shows numerous genes with nonsynonymous SNPs in the Japanese native cattle Kuchinoshima-Ushi', BMC Genomics, vol. 12, Feb. 2011, doi: 10.1186/1471-2164-12-103.

[23] C. Zhang and I. Ochoa, 'VEF: A variant filtering tool based on ensemble methods', Bioinformatics, vol. 36, no. 8, pp. 2328–2336, Apr. 2020, doi: 10.1093/bioinformatics/btz952.

[24] P. Cingolani et al., 'A program for annotating and predicting the effects of single nucleotide polymorphisms, SnpEff: SNPs in the genome of Drosophila melanogaster strain w1118; iso-2; iso-3', Fly (Austin), vol. 6, no. 2, pp. 80–92, 2012, doi: 10.4161/fly.19695.

[25] D. G. MacArthur and C. Tyler-Smith, 'Loss-of-function variants in the genomes of healthy humans', Hum Mol Genet, vol. 19, no. R2, Oct. 2010, doi: 10.1093/hmg/ddq365.

[26] D. G. MacArthur et al., 'Guidelines for investigating causality of sequence variants in human disease', Nature, vol. 508, no. 7497. Nature Publishing Group, pp. 469–476, 2014. doi: 10.1038/nature13127.

[27] S. Sasaki et al., 'Identification of deleterious recessive haplotypes and candidate deleterious recessive mutations in Japanese Black cattle', Sci Rep, vol. 11, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-86225-y.

[28] K. Yoshida, F. Kuo, E. L. George, A. H. Sharpe, and A. Dutta, 'Requirement of CDC45 for Postimplantation Mouse Development', Mol Cell Biol, vol. 21, no. 14, pp. 4598–4603, Jul. 2001, doi: 10.1128/mcb.21.14.4598-4603.2001.

[29] S. Sasaki, T. Ibi, S. Ikeda, and Y. Sugimoto, 'A genome-wide association study reveals a quantitative trait locus for age at first calving in delta/notch-like EGF repeat containing on chromosome 2 in Japanese Black cattle', Anim Genet, vol. 45, no. 2, pp. 285–287, 2014, doi: 10.1111/age.12109.

[30] S. Sasaki, T. Ibi, T. Matsuhashi, K. Takeda, S. Ikeda, and M. Sugimoto, 'Genetic variants in the upstream region of activin receptor IIA are associated with female fertility in Japanese Black cattle', BMC Genet, vol. 16, no. 123, pp. 1–14, 2015, doi: 10.1186/s12863-015-0282-0.

[31] T. Arishima et al., 'Maternal variant in the upstream of FOXP3 gene on the X chromosome is associated with recurrent infertility in Japanese Black cattle', BMC Genet, vol. 18, no. 1, p. 103, Dec. 2017, doi: 10.1186/s12863-017-0573-8.

[32] Đ. Tấn Khang, T. Thị, T. Khương, N. Phạm, A. Thi, and M. Duyên, 'TIỀM NĂNG MỞ RỘNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIẢI TRÌNH TỰ GEN THẾ HỆ MỚI Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG Title: Potential in developing application of next generation sequencing technology in the Mekong Delta', doi: 10.22144/ctu.jsi.2019.001.

NGUYỄN THỊ NHIÊN

Nguyễn Thị Nhiên tốt nghiệp bác sĩ Thú y, Đại học Nông nghiệp I Hà Nội (nay là Học viện Nông nghiệp Việt Nam – VNUA) năm 2012; Thạc sĩ Thú y tại Học Viện Nông nghiệp Việt Nam năm 2016; Tiến sĩ Công nghệ sinh học, Đại học Tokushima, Nhật Bản năm 2020. Từ tháng 01/2013 là giảng viên tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Năm 2019 là một trong ba đại diện sinh viên Đại học Tokushima tham gia cuộc thi "HIRAKU 3 MT" tổ chức tại Hiroshima, Nhật Bản.

CÔNG NGHỆ GEEP (GENOME EDITING ELECTROPORATION OF CAS9 PROTEIN) CHỈNH SỬA GENOME TRÊN TẾ BÀO ĐỘNG VẬT

Nguyễn Thị Nhiên[1,*], Takeshige Otoi[2],

[1]Nghiên cứu sinh tiến sĩ, Đại học Tokushima, Nhật Bản (2017 - 2020) (Email:ntnhien@vnua.edu.vn)

[*] Khoa Công nghệ sinh học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Trâu Quỳ, Gia Lâm, Hà Nội, Việt Nam.

[2] Khoa Khoa học sinh học và công nghệ sinh học, đại học Tokushima, tỉnh Tokushima 779-3233, Nhật Bản

TÓM TẮT:

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu khoa học và ứng dụng tiến bộ kỹ thuật trong lĩnh vực di truyền học đạt được nhiều thành tựu; trong đó thành tựu quan trọng nhất là việc phát hiện và phát triển thành công một công nghệ mới với tên gọi là phương pháp CRISPR để thực hiện biến đổi di truyền của sinh vật sống một cách nhanh chóng với giá cả hợp lý. Phương pháp CRISPR với bản chất là công nghệ chỉnh sửa bộ genome dựa trên cơ chế hóa học, có ưu điểm là cho phép cắt DNA tại các vị trí được xác định bởi sự nhận dạng trình tự của RNA. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp CRISPR/Cas9 trong nghiên cứu này là có thể gây ra hiện tượng off-target (cắt nhầm mục tiêu) hoặc đôi khi tạo ra những đột biến không mong muốn. Tại Đại học Tokushima, Nhật Bản chúng tôi đã cải tiến phương pháp CRISPR bằng phương pháp GEEP, theo đó chúng tôi sử dụng xung điện đưa Cas9 và gRNA vào hợp tử của lợn; cải tiến này giúp cho việc chỉnh sửa bộ genome một cách chính xác hơn và hiệu quả cao. Phương pháp GEEP đã mở ra hướng đi mới trong nghiên cứu chỉnh sửa genome ở lợn, có thể thúc đẩy nhanh quá trình tạo ra các thể "khảm" trên lợn, phục vụ cho quá trình nghiên cứu cấy ghép tạng trong tương lai.

Từ khóa: *chỉnh sửa genome, GEEP, phôi lợn.*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

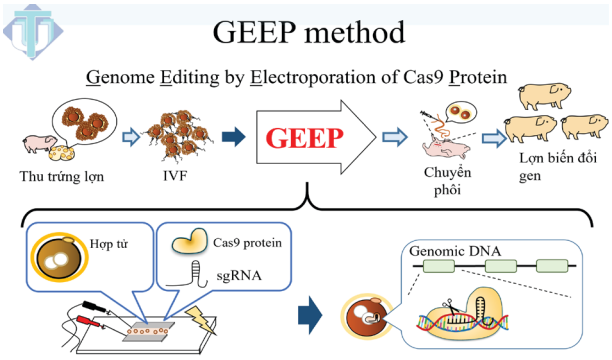
Trong nhiều năm qua, ngành y tế toàn cầu luôn phải đối mặt với việc khan hiếm nguồn tạng do không có đủ người hiến, làm cho hàng triệu bệnh nhân phải chờ đợi để được ghép tạng. Trước thực trạng này, lợn được hy vọng sẽ là nguồn cung cấp tạng chủ yếu để cấy ghép cho người, vì nhiều bộ phận cơ thể của chúng có kích thước, cấu trúc và chức năng rất giống con người như tụy, tim, thận, gan, phổi. Để hiện thực hóa ý tưởng đó, các nhà khoa học trên toàn thế giới luôn nỗ lực tìm kiếm một phương pháp chỉnh sửa genome để tạo ra nguồn tạng lợn tương thích và có thể chống được hiện tượng đào thải mảnh ghép khi ghép cho người. Công nghệ chỉnh sửa genome bằng phương pháp CRISPR/Cas9 được phát triển từ những năm 2010 là một trong những công cụ hữu ích để nghiên cứu tạo ra nguồn tạng lợn phục vụ cho y học và giúp mở ra nhiều

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0310

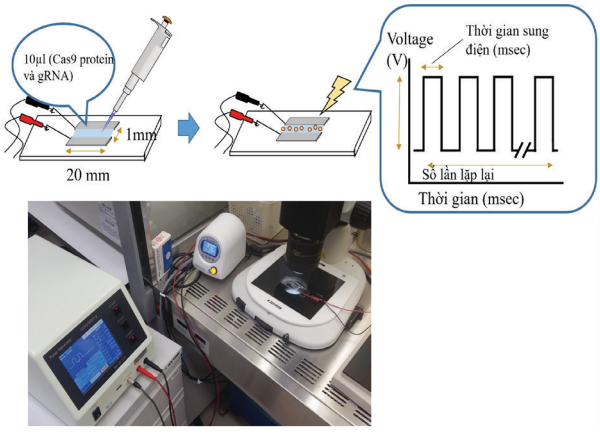
hy vọng sống hơn cho những bệnh nhân trong tương lai. Phương pháp CRISPR/Cas9 gồm có 2 thành phần chính là enzyme Cas9 nuclease và RNA hướng dẫn. Nhờ đoạn trình tự bổ sung của RNA hướng dẫn tới trình tự đích mà phức hợp này có thể tìm thấy vị trí cần chỉnh sửa trên hệ gene. Khi phức hợp enzyme Cas9 nuclease và RNA hướng dẫn bám vào trình tự đích, enzyme Cas9 nuclease sẽ cắt đoạn DNA trên cả 2 chuỗi. Khi cả 2 chuỗi DNA bị cắt đứt, tế bào sẽ sửa chữa bằng cách chèn hoặc xóa thêm các nucleotide. Do đó, phương pháp CRISPR cực kỳ hữu ích để phá vỡ gene (chèn hoặc xóa) trên đoạn DNA lớn. Tuy nhiên, rất khó sử dụng phương pháp CRISPR tiêu chuẩn này để thực hiện các chỉnh sửa tinh vi hơn, chẳng hạn như thay đổi base T thành base A và dễ gây ra các đột biến điểm Indels. Điều này có thể gây ra những đột biến không mong muốn, thậm chí nguy hiểm. Do vậy, phương pháp GEEP ra đời với hy vọng sẽ khắc phục được những nhược điểm của phương pháp CRISPR tiêu chuẩn.

Genome Editing Electroporation of cas9 Protein – GEEP

Phương pháp GEEP được mô phỏng thông qua sơ đồ 1 sau đây:



Sơ đồ 1: Sơ đồ mô phỏng phương pháp GEEP chỉnh sửa genome trên hợp tử lợn [1]



Hình 1: Hình ảnh hệ thống xung điện tạo hợp tử biến đổi gen

Để tiến hành phương pháp GEEP, chúng tôi thiết kế sgRNA nhắm mục tiêu vào những đoạn genome mong muốn chỉnh sửa; sau đó dùng hệ thống xung điện (hình 1) để đưa Cas9 protein và sgRNA vào hợp tử lợn. Những hợp tử sau khi được chỉnh sửa genome sẽ được chuyển vào lợn mẹ mang thai. Những cá thể lợn con sinh ra sẽ được đánh giá mức độ chỉnh sửa genome thành không hay không trước khi tiến hành các bước tiếp theo.

2. MỘT SỐ THÀNH TỰU CỦA CÔNG NGHỆ CHỈNH SỬA GENOME THEO PHƯƠNG PHÁP GEEP VÀ MỘT SỐ LƯU Ý

Công nghệ chỉnh sửa genome để tạo ra động vật biến đổi genome được nghiên cứu và phát triển nhanh chóng tại Nhật Bản, trong đó có phòng thí nghiệm đặc biệt tại Khoa Khoa học sinh học và công nghệ sinh học của trường Đại học Tokushima Nhật Bản. Nhiều công trình nghiên cứu chỉnh sửa genome trên lợn, bò và một số loài động vật khác đã được công bố, bao gồm: Lợn đột biến TP53 được thiết kế để có khả năng kháng bệnh ung thư [2] [3]. Lợn đột biến CD163, một thụ thể dung hợp giả định đối với virus gây hội chứng rối loạn sinh sản và hô hấp ở lợn, được thiết kế để có khả năng chống lại các bệnh truyền nhiễm do virus [4] [5]. Lợn loại MSTN được thiết kế để tăng khối lượng thịt cơ xương tế bào [6]. Lợn thiếu genome GGTA1 là yếu tố chính gây đào thải mảnh ghép cấp tính khi ghép tạng lợn [7]. Lợn chỉnh sửa genome PDX-1 (pancreas duodenum homeobox 1), một genome rất quan trọng cho sự phát triển tuyến tụy trong thời kỳ bào thai và sự gián đoạn đơn alen của nó làm suy yếu việc tiết insulin [8] [9].

Phân tích tiêu bản vi thể về kết quả của chỉnh sửa MSTN (Hình 3).

Bên cạnh những thành tựu đạt được, phương pháp GEEP đòi hỏi các nhà khoa học phải tiến hành thử nghiệm và xác định điều kiện xung điện phù hợp cho từng đối tượng nghiên cứu. (Một thí nghiệm đã được nhóm nghiên cứu của chúng tôi tiến hành cho thấy, hợp tử lợn nhạy cảm hơn với xung điện so với hợp tử của chuột)

3. PHÒNG THÍ NGHIỆM NGHIÊN CỨU CHỈNH SỬA GENOME TRÊN TẾ BÀO ĐỘNG VẬT TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC TOKUSHIMA, NHẬT BẢN

Phòng thí nghiệm hỗ trợ sinh sản thuộc Viện nghiên cứu Đổi mới sinh học của Đại học Tokushima, Nhật Bản

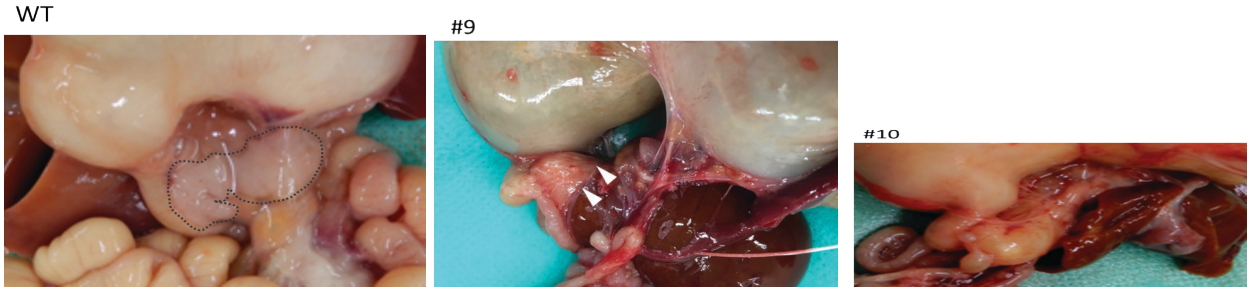
Website: https://www.birc.tokushima-u.ac.jp/

Giáo sư chủ nhiệm:

Takeshige Otoi; Otoi@tokushima-u.ac.jp

Địa chỉ: 2272-2 Ishii, Myozai, Tokushima 779-3233, Nhật Bản.

Viện nghiên cứu Đổi mới sinh học của Đại học Tokushima được thành lập với mục đích tạo ra các ngành công nghiệp sinh học mới bằng cách tập trung nghiên cứu đổi mới mở liên quan đến sinh vật sống và các ngành công nghiệp chính trong khu vực. Viện nghiên cứu có nhiều trụ sở, trụ sở chính đặt tại Ishii, Myozai, Tokushima. Tại Viện nghiên cứu có nhiều đơn vị chức



a) *b)* *c)*

Hình 2: *Tạo lợn biến đổi genome PDX -1, a) là lợn đối chứng (vị trí tuyến tụy được đánh dấu) ; b), và c) là lợn biến đổi genome PDX-1 (không còn tuyến tụy) [8]*

Bảng 1: Một số kết quả chỉnh sửa genome bằng phương pháp GEEP

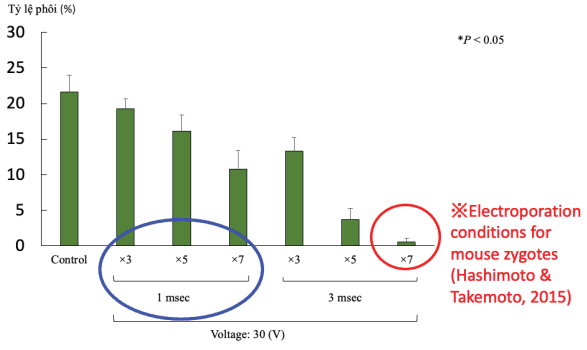
Loại gene chỉnh sửa	Số lợn nhận phôi chuyển	Số lợn mang thai	Số lợn sảy thai	Số lợn mang thai đến khi sinh	Số lợn con sinh ra	Số mutant lợn con (%)
MSTN [6] (Liên quan đến phát triển cơ)[1]	2	1 (50%)	0	1 (50%)	10	9 (90%)
TP53 [2] (Liên quan đến sinh ung thư)	2	2 (100%)	0	2 (100%)	11	8 (72.7%)
CD163 [4] (receptor của PRRS virus)	2	1 (50%)	0	1 (50%)	8	1 (12.5%)

năng chuyên nghiên cứu về các lĩnh vực như sản xuất côn trùng, sản xuất thịt, hỗ trợ sinh sản,... trong đó nghiên cứu về hỗ trợ sinh sản đang là một lĩnh vực mũi nhọn. Ngoài việc nghiên cứu chỉnh sửa genome trên động vật, Trung tâm còn thành lập một phòng thí nghiệm đào tạo y tế thực hành; theo đó các bác sĩ được thực hành trên những động vật đã được chỉnh sửa genome với các thiết bị y tế được trang bị như các dụng cụ phẫu thuật cơ bản, hệ thống đèn

-GCTCGCTGTTCTCATTCAGATCCACGGGGA-

-GCTCGCTGTTCTCATTCAGATTCCACGGGGA-
-GCTCGCTGTTCTCATTCAGAGAACCACGGGGA-

Hình 3. Phân tích tiêu bản vi thể về kết quả của chỉnh sửa MSTN



mổ, hệ thống nội soi, chụp X-quang CT và thiết bị chụp X-quang phẫu thuật (C-arm)... nhằm nâng cao tay nghề, thực hành lâm sàng, thử nghiệm thuốc.

4. NHỮNG TRIỂN VỌNG CỦA NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI GENOME TẠI VIỆT NAM

Ở Việt Nam, công nghệ chỉnh sửa genome sử dụng phương pháp CRISPR và phương pháp GEEP đang được một số cơ quan nghiên cứu tiếp cận, ứng dụng triển khai vào thực tiễn và bước đầu mang lại kết quả khả quan. Đẩy mạnh hướng nghiên cứu ứng dụng công nghệ chỉnh sửa genome theo các phương pháp này, chúng ta có thể tạo ra những giống cây trồng có sức chống chịu cao đối với dịch bệnh và các điều kiện bất lợi, thích ứng với môi trường khắc nghiệt; hoặc cũng có thể ứng dụng để tạo ra các giống vật nuôi như giống bò vàng bản địa có hệ cơ phát triển, có khối lượng và tỷ lệ thịt xẻ tăng nhưng không làm mất đi tính ưu việt của giống bò này (tính mắn đẻ, khả năng chống chịu tốt với bệnh tật và điều kiện bất lợi của thời tiết, chăn nuôi dễ dàng...), đồng thời giúp giảm đáng kể chi phí nhập khẩu giống mới và góp phần bảo tồn giống động vật bản địa.

Công nghệ chỉnh sửa genome còn là công cụ cho phép các nhà nghiên cứu kiểm soát gen biểu hiện trên thực vật, động vật và cả con người. Nhưng bên cạnh đó, phương pháp CRISPR có thể gây ra các đột biến ngoài mục tiêu, dẫn đến tình trạng mất ổn định gen.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Maki Hirata, Fuminori Tanihara, Manita Wittayarat, Takayuki Hirano, Nhien Thi Nguyen, Quynh Anh Le, Zhao Namula, Masahiro Nii and Takeshige Otoi. Genome mutation after introduction of the gene editing by electroporation of Cas9 protein (GEEP) system in matured oocytes and putative zygotes. In Vitro Cellular & Developmental Biologycal - Animal, 55 (4): 237–242, April, 2019.

[2] Tanihara, F., Hirata, M., Nguyen, T.N., Le A.Q, Hirano, T., Takemoto, T., Nakai, M., Fuchimoto, D. and Otoi T. Generation of a TP53-modified porcine cancer model by CRISPR/Cas9-mediated gene modification in porcine zygotes via electroporation. PLOS ONE, 13(10): e0206360, 2018

[3] Tanihara, F., Hirata, M., Nguyen, T.N., Le A.Q, Hirano, T., Takemoto, T., Nakai, M., Fuchimoto, D. and Otoi T. Generation of a TP53-modified porcine cancer model by CRISPR/Cas9-mediated gene modification in porcine zygotes via electroporation. PLOS ONE, 13(10): e0206360, 2018

[4] Fuminori Tanihara, Maki Hirata, Nhien Thi Nguyen, Quynh Anh Le, Manita Wittayarat, Mokhamad Fahrudin, Takayuki Hirano and Takeshige Otoi. Generation of CD163-edited pig via electroporation of the CRISPR/Cas9 system into porcine in vitro-fertilized zygotes. Animal Biotechnology, DOI: 10.1080/10495398.2019.1668801, Sept., 2019.

[5] Tanihara, F., Hirata, M., Nguyen, T.N., Le A.Q., Hirano, T. and Otoi T. Generation of CD163-edited pig via electroporation of the CRISPR/Cas9 system into porcine in vitro-fertilized zygotes. Anim. Biotechnol, 32, 147-154, 2021.

[6] Quynh A Le, Maki Hirata, Nhien T Nguyen, Koki Takebayashi, Manita Wittayarat, Yoko Sato, Zhao Namula, Masahiro Nii, Fuminori Tanihara, Takeshige Otoi. Effects of electroporation treatment using different concentrations of Cas9 protein with gRNA targeting Myostatin (MSTN) genes on the development and gene editing of porcine zygotes. Animal Science Journal, 91 (1): e13386, Jan., 2020

[7] Fuminori Tanihara, Maki Hirata, Nhien Thi Nguyen, Osamu Sawamoto, Takeshi Kikuchi, Masako Doi, Takeshige Otoi. Efficient generation of GGTA1-deficient pigs by electroporation of the CRISPR/Cas9 system into in vitro-fertilized zygotes. BMC Biotechnology 20 (1), Aug., 2020.

[8] Fuminori Tanihara, Maki Hirata, Nhien Thi Nguyen, Quynh Anh Le, Takayuki Hirano, Takeshige Otoi. Generation of viable PDX1 gene-edited founder pigs as providers of nonmosaics. Molecular Reproduction and Development, 87 (4): 471-481, April, 2020

[9] Tanihara, F., Hirata, M., Nguyen, T.N., Le A.Q, Hirano, T., Takemoto, T., Nakai, M., Fuchimoto, D. and Otoi T. Generation of PDX-1 mutant porcine blastocysts by introducing CRISPR/Cas9-system into porcine zygotes via electroporation. Animal Science Journal, 90 (1): 55-61, January, 2019.

LÂM ĐẠI PHONG

Tiến sĩ Bác sĩ Lâm Đại Phong hiện đang là giảng viên tại khoa Răng Hàm Mặt, Đại Học Y Dược Tp. Hồ Chí Minh. Anh là đồng sáng lập của dự án Y học cộng đồng, một tổ chức thiện nguyện thành lập từ 2012 với hơn 300 bác sĩ, nhân viên y tế và cộng tác viên với mục tiêu nâng cao dân trí về y tế của người Việt. Anh cũng là đồng sáng lập của tổ chức thiện nguyện BETOAJI-Hương vị Việt, nơi chia sẻ các hoạt động giao lưu văn hóa Việt tại Nhật, đặc biệt là các hoạt động nấu ăn giới thiệu món Việt cho bạn bè người Nhật và bạn bè quốc tế đang sinh sống tại Nhật, được thành lập từ năm 2012 đến nay. Hiện tại anh đang đeo đuổi việc triển khai các hoạt động chăm sóc sức khỏe răng miệng theo khuynh hướng dự phòng/tăng cường sức khỏe răng miệng trong mối liên hệ với sức khỏe toàn thân như phong trào 8020 tại Nhật Bản.

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0311

TUỔI THỌ KHỎE MẠNH VÀ PHONG TRÀO 8020

Lâm Đại Phong[1], Phạm Nguyên Quân[2]

[1] Khoa Răng Hàm Mặt, Trường Đại Học Y Dược Tp. Hồ Chí Minh

Email: phonglam@ump.edu.vn

[2] Khoa Răng Hàm Mặt, Trường Đại Học Quốc Tế Hồng Bàng

Email: quanpn@hiu.vn

TÓM TẮT:

Già hóa dân số là một trong những xu hướng nổi bật của thế kỷ 21. Thống kê dân số về số lượng người cao tuổi đang tăng đáng kể trên toàn thế giới. Xu hướng già hóa dân số đặt ra nhiều thách thức to lớn trong vấn đề chăm sóc và bảo vệ sức khỏe cho người cao tuổi. Lão hóa không chỉ tác động đến toàn thân, mà còn ảnh hưởng đến sức khỏe răng miệng làm giảm chất lượng cuộc sống. Trong số các quốc gia có tình trạng già hóa dân số, Nhật Bản là một đất nước có tuổi thọ trung bình cao, có tuổi thọ khỏe mạnh kéo dài thông qua các chương trình chăm sóc sức khỏe toàn dân: Health Japan 21, phong trào 8020...Những chương trình hoạt động này đã mang lại hiệu quả cũng như có nhiều bài học kinh nghiệm cho các nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam.

Từ khóa: *Tuổi thọ khỏe mạnh, tăng cường sức khỏe, Health Japan 21, phong trào 8020, chất lượng cuộc sống.*

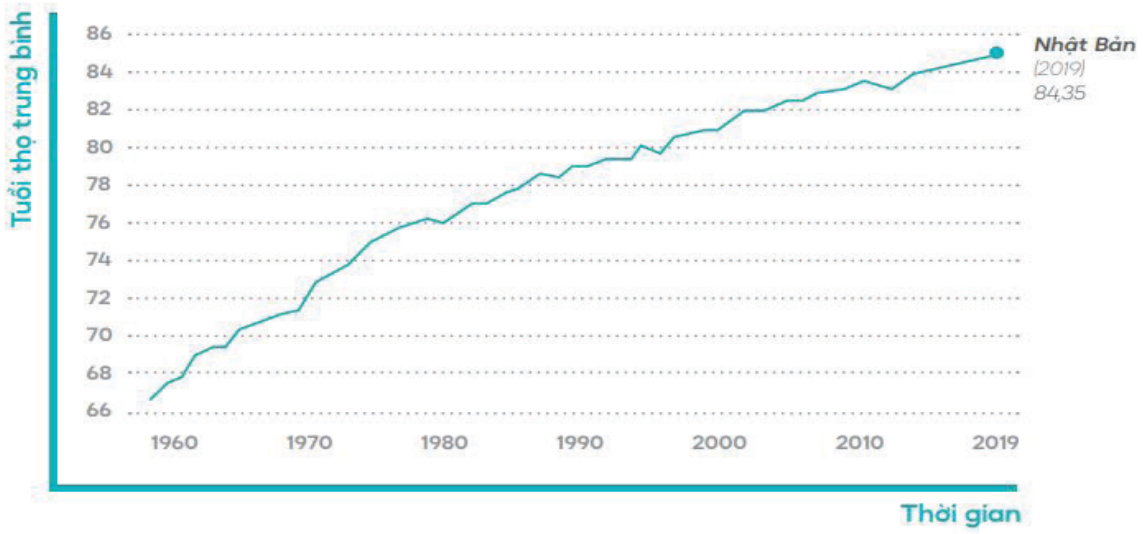
1. XU HƯỚNG GIÀ HÓA DÂN SỐ THẾ GIỚI

Dân số thế giới có xu hướng ngày càng già đi. Theo dự đoán, nhóm người trên 60 tuổi sẽ gia tăng từ 739 triệu người năm 2009 lên đến 2 tỉ người vào năm 2050. Làm thế nào để nhóm dân số này có thể đồng hành với sự phát triển của xã hội, không những tự chăm sóc mình mà còn có thể tham gia vào các hoạt động khác là một bài toán mà nhiều tổ chức, cơ quan chính phủ và phi chính phủ cần quan tâm. Nhiều nước đã và đang có nhiều dự án, chương trình để giải quyết vấn đề này. Trong đó, việc duy trì và cải thiện sức khoẻ cho người lớn tuổi là một trong những việc làm được ưu tiên. [1]

Theo thống kê từ Ngân hàng thế giới (World Bank) vào năm 2019, Nhật Bản là quốc gia thuộc nhóm dẫn đầu các nước có tuổi thọ trung bình cao nhất thế giới (84.35 tuổi) và con số này luôn tăng đều đặn so với những năm trước đó. [2] Ngoài ra, ở một thống kê khác của Bộ Nội vụ và Truyền thông Nhật Bản công bố vào năm 2017, có trên 2 triệu người Nhật sống thọ trên 90 tuổi, và đây cũng là số liệu đạt kỷ lục cao nhất từ trước đến nay. [3] Điều đáng thú vị để học hỏi ở đây là họ không dừng lại ở những con số trung bình liên quan đến tuổi mà còn chú ý đến nhiều điều cần quan tâm khác.

2. SỰ BIẾN ĐỔI SỨC KHỎE Ở NGƯỜI CAO TUỔI [4]

Việc kéo dài tuổi thọ con người là một điều luôn được nhân loại mong muốn và hướng đến từ lâu. Nhìn ra phạm vi toàn thế giới,



Hình 1: Tuổi thọ bình quân của người Nhật (Nguồn World Bank)

tuổi thọ bình quân ở các quốc gia cũng đều đang tăng dần, dù có thể chưa đạt được mức cao như Nhật Bản. Nhưng khi đó sẽ có một vấn đề đáng quan tâm không kém, đó là khi tuổi thọ tăng cao thì tình trạng sức khoẻ của con người sẽ biến đổi thế nào, quá trình đó có làm biến đổi đến cơ thể trong tương lai ra sao, từ đó có ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống và phụ thuộc vào những người xung quanh và xã hội hay không?

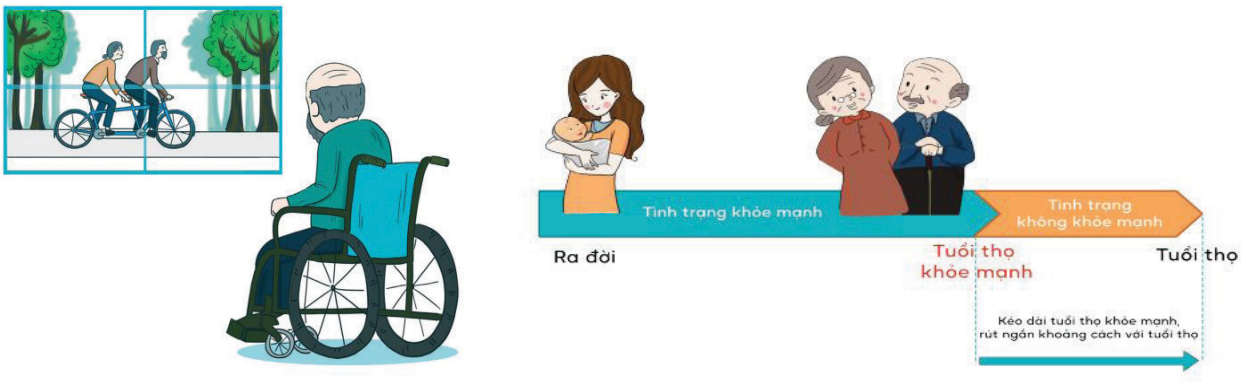
Tình trạng sức khỏe của người lớn trên 65 tuổi có thể khá khác nhau, từ độc lập về chức năng đến yếu ớt hoặc suy giảm nhận thức. Hầu hết người cao tuổi có ít nhất một bệnh mãn tính và nhiều người mắc nhiều bệnh. Một báo cáo năm 2015 của Tổ chức Y tế Thế giới đã liệt kê các tình trạng bệnh thường gặp ở người lớn tuổi, bao gồm mất thính giác, đục thủy tinh thể và tật khúc xạ, đau lưng và cổ và viêm xương khớp, bệnh phổi tắc nghẽn mãn tính, tiểu đường, trầm cảm và mất trí nhớ. Những thay đổi sinh lý liên quan đến tuổi tác bao gồm những thay đổi đối với cân bằng nội mô tế bào, điều chỉnh nhiệt độ cơ thể, máu và thể tích dịch ngoại bào; giảm khối lượng cơ quan; và suy giảm hoặc mất dự trữ chức năng của hệ thống cơ thể. Những thay đổi đối với hệ tiêu hóa bao gồm giảm lưu lượng máu trong ruột và nhu động dạ dày và tăng pH dạ dày. Các hệ thống thận, tim mạch, hô hấp, thần kinh trung ương và/hoặc miễn dịch có thể bị suy giảm chức năng. Những thay đổi này có thể ảnh hưởng đến thuốc hấp thu và chuyển hóa hoặc độ nhạy cảm của một cá nhân đối với một số loại thuốc.

Những thay đổi về thể chất liên quan đến lão hóa bao gồm giảm khối lượng xương và cơ. Viêm xương khớp có thể dẫn đến hạn chế khả năng vận động. Những thay đổi về thị giác có thể bao gồm thoái hóa điểm vàng do tuổi tác, viễn thị, đục thủy tinh thể, tăng nhãn áp hoặc bệnh võng mạc do tiểu đường. Bệnh nhân có thể bị lão hóa-mất thính giác, có thể ảnh hưởng đến khả năng giao tiếp của họ. Phản xạ tư thế có thể bị giảm sút và té ngã trở nên phổ biến hơn ở người cao tuổi.

Người cao tuổi cũng có thể biểu hiện nhiều mức độ nhạy bén về nhận thức, từ hoàn toàn không bị ảnh hưởng đến suy giảm nhận thức nhẹ đến sa sút trí tuệ thực sự. Sa sút trí tuệ là một hội chứng được đặc trưng bởi sự suy giảm tiến triển trong nhiều lĩnh vực nhận thức, đủ nghiêm trọng để cản trở hoạt động hàng ngày. Những bệnh nhân cao tuổi có nhận thức kém sẽ gặp khó khăn trong việc quản lý thuốc, điều kiện y tế hoặc các hoạt động tự chăm sóc khác, bao gồm cả vệ sinh răng miệng.

Già hóa dân số có khả năng ảnh hưởng lớn đến việc thực hành nha khoa trong những năm tới. Mặc dù điều kiện y tế tốt hơn, nhưng tình trạng sức khỏe cơ bản của người cao tuổi có thể phức tạp hơn do các bệnh nền đi kèm (ví dụ: tăng huyết áp, đái tháo đường) và những thay đổi sinh lý liên quan đến lão hóa. Người cao tuổi có thể thường xuyên sử dụng một số loại thuốc kê đơn và/hoặc không kê đơn, khiến họ dễ bị nhầm thuốc, tương tác thuốc hoặc phản ứng có hại của thuốc. Khả năng suy giảm về thể chất, giác quan và nhận thức liên quan đến lão hóa có thể khiến việc chăm sóc sức khỏe răng miệng tại nhà và giáo dục/giao tiếp cho bệnh nhân trở nên khó khăn. Các tình trạng răng miệng liên quan đến lão hóa bao gồm khô miệng (xerostomia), sâu răng và viêm nha chu; bệnh nhân có thể tăng nhạy cảm với các loại thuốc được sử dụng trong nha khoa, bao gồm thuốc gây tê tại chỗ và thuốc giảm đau.

Người cao tuổi có nguy cơ sâu răng cao hơn do cả tình trạng tụt nướu gia tăng làm lộ bề mặt chân răng và tăng sử dụng các loại thuốc gây khô miệng; khoảng 50% người trên 75 tuổi bị sâu chân răng ít nhất một răng. 10% bệnh nhân từ 75 đến 84 tuổi bị sâu răng thứ phát; điều này có thể liên quan đến tỷ lệ phục hình ở người lớn tuổi. Người cao tuổi được khuyến nghị thực hiện vệ sinh răng miệng tốt, bao gồm sử dụng bàn chải đánh răng xoay/dao động, và sử dụng chất fluor tại chỗ (nước súc miệng hàng ngày, kem đánh răng có hàm lượng fluor cao hoặc bôi vecni fluor), cũng như chú ý đến cải thiện chế độ ăn uống.



Hình 2: Sự khác nhau giữa tuổi thọ và tuổi thọ khỏe mạnh

3. TUỔI THỌ KHỎE MẠNH

Có thể thấy rằng, cùng ở độ tuổi thất thập cổ lai hy, bên cạnh những người phải nằm một chỗ hoặc chỉ chống gậy, hoặc nhờ người nâng đỡ để có thể đi lại được trong nhà và luôn cần có người chăm sóc, thì lại có nhiều người ngoài 80 tuổi vẫn duy trì được cuộc sống khỏe mạnh, có thể cùng giao lưu với mọi người xung quanh, cũng như đủ sức khỏe để có thể làm được những điều mình thích, tiếp tục các hoạt động xã hội trong khả năng cho phép, ít hoặc không phụ thuộc vào mọi người...(Hình 2) Đây chính là sự khác nhau rất lớn về chất lượng cuộc sống và đó cũng chính là điều mà những người hoạch định chương trình "Health Japan 21" hướng đến [5]. Điểm then chốt và đóng vai trò kim chỉ nam xuyên suốt trong chương trình này là cải thiện tuổi thọ khỏe mạnh (tức là khoảng thời gian sống khỏe mạnh và thực hiện được đầy đủ các hoạt động sống bình thường, không trở ngại, không phụ thuộc)

Với mục tiêu nâng cao tuổi thọ khỏe mạnh, người Nhật đã đề cao một nhận thức tưởng chừng như ai cũng đã biết nhưng không phải ai cũng thực hiện được. Đó là không phải chỉ coi trọng và phát triển khả năng điều trị bệnh, mà chính là nâng cao khả năng phòng ngừa trước khi mắc bệnh (hay còn gọi là y học dự phòng), hay ở mức cao hơn là tăng cường sức khỏe (để ngăn chặn bệnh từ xa). Nhận thức này đã được phổ biến rộng rãi tại Nhật Bản từ nhiều năm trước qua nhiều kênh thông tin khác nhau, từ các phương tiện truyền thông đại chúng đến các hoạt động của các tổ chức xã hội và dĩ nhiên là không thể không kể đến các đơn vị y tế công lập lẫn tư nhân.

Đáng chú ý hơn là tại Nhật Bản, tầm quan trọng của y học dự phòng/tăng cường sức khỏe không chỉ được nhận thức tốt bởi đội ngũ các y bác sĩ và những người có liên quan trong ngành y tế, mà còn được người dân Nhật quan tâm và tìm hiểu sâu sắc. Nhiều người đã có ý thức cao về việc giữ gìn sức khỏe, bắt đầu có thói quen xem và tìm hiểu các kiến thức về sức khỏe qua tivi, sách báo, tạp chí và internet, từ đó áp dụng thực tế phù hợp với từng hoàn cảnh, điều kiện của mỗi người để có lối sống khỏe mạnh.

Theo đó, để có thể kéo dài tuổi thọ khỏe mạnh thì hầu hết những việc cần làm đều liên quan đến lối sống hằng ngày mà ai cũng có thể bắt tay vào việc thực hiện ngay như: cải thiện thực đơn ăn uống, tăng cường vận động điều độ, ngủ đúng và đủ, vệ sinh răng miệng, giảm thiểu stress. Làm được những điều này thì có thể coi như tạo được một trong những nền tảng cơ bản vững chắc để kéo dài tuổi thọ khỏe mạnh. Đối với những người trẻ tuổi, việc thực hiện những bước chuẩn bị ban đầu từ lúc còn khỏe sẽ giúp ích rất nhiều khi đến tuổi về già.

4. CHƯƠNG TRÌNH "HEALTH JAPAN 21"

Năm 2011, Nhật Bản vừa kết thúc giai đoạn đầu tiên của chương trình nâng cao sức khỏe toàn quốc "Health Japan 21" và chuẩn bị bước vào giai đoạn hai bắt đầu từ năm 2013. Chương trình "Health Japan 21" đặt ra 5 mục tiêu cơ bản: kéo dài tuổi thọ khỏe mạnh và giảm chênh lệch sức khỏe, ngăn ngừa bệnh không lây nhiễm, cải thiện chức năng cho đời sống xã hội, tạo ra một môi trường xã hội cho sức khỏe và cải thiện lối sống.

Chương trình này có nhiều điểm quan trọng, trong đó có một điểm nhấn đáng chú ý là sự quan tâm đặc biệt của chính phủ Nhật Bản đối với sức khỏe răng miệng. Sức khỏe răng miệng không chỉ xem xét đơn độc một mình mà đặt trong bối cảnh chung với sức khỏe toàn thân. Từ những nền tảng nghiên cứu kết hợp với thực tế lâm sàng mà đưa ra các giải pháp, khuyến nghị giúp đạt được mục tiêu chăm sóc sức khỏe răng miệng một cách toàn diện. Theo chương trình "Health Japan 21", duy trì sức khỏe răng miệng tốt giữ vai trò rất quan trọng để duy trì chất lượng cuộc sống trong những năm về sau, đặc biệt là giai đoạn trưởng thành và lúc lớn tuổi hơn sau này. Chính vì vậy, chương trình "Health Japan 21" đưa ra một loạt tiêu chí về việc cải thiện sức khỏe răng miệng, trong đó bao gồm những điểm chính sau:

1. Duy trì và cải thiện chức năng răng miệng (tăng tỷ lệ cá nhân ở độ tuổi 60 có khả năng ăn nhai tốt).

2. Ngăn ngừa mất răng:

(a) Tăng tỷ lệ người 80 tuổi còn lại trên 20 răng

(b) Tăng tỷ lệ người 60 tuổi còn lại trên 24 răng

(c) Tăng tỷ lệ người 40 tuổi còn lại tất cả các răng

Một trong những phong trào được biết đến rộng rãi ở

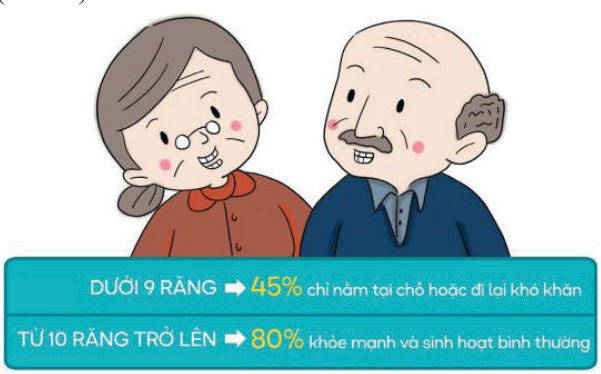
Nhật Bản cho đến hiện nay chính là "phong trào 8020", để làm sao trên 80 tuổi vẫn còn giữ lại được hơn 20 chiếc răng khỏe mạnh. Phong trào này được bắt đầu cách đây trên 30 năm và đã mang lại những kết quả to lớn góp phần nâng cao sức khỏe của người Nhật hiện nay.

Chương trình "Health Japan 21" đề ra 9 lĩnh vực quan trọng cần thực hiện bao gồm:

1. Dinh dưỡng tốt hơn
2. Thể dục thể thao
3. Nghỉ ngơi đầy đủ và nâng cao sức khoẻ tinh thần
4. Phòng chống các bệnh tim mạch, tuần hoàn
5. Phòng chống ung thư
6. Phòng ngừa và kiểm soát bệnh đái tháo đường
7. Kiểm soát việc sử dụng rượu
8. Hạn chế hút thuốc
9. Sức khỏe răng miệng

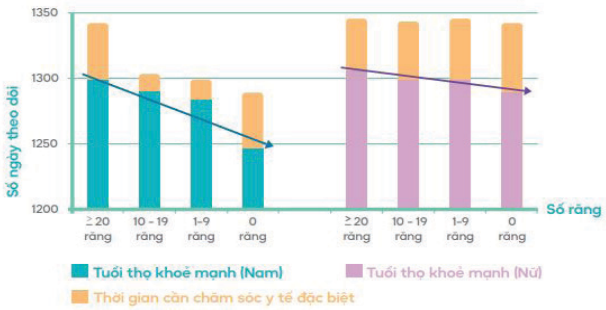
Trong đó, chương trình "Health Japan 21" đặt ra một tiêu chí vô cùng quan trọng trong việc cải thiện tuổi thọ khỏe mạnh của người dân và liên tục được triển khai từ giai đoạn đầu cho đến hiện nay, đó là "chăm sóc sức khỏe răng miệng là yếu tố cốt lõi để có được sự khỏe mạnh ở mọi độ tuổi".

Một báo cáo của giáo sư Shinsho Fumiaki và cộng sự (Nhật Bản) về tình hình sức khỏe của người cao tuổi tại Nhật Bản được công bố trên tạp chí "International Dental Journal" năm 2001, đã đưa ra số liệu cho thấy rằng, trong số những người cao tuổi có từ 9 chiếc răng tự nhiên trở xuống và không đeo răng giả, có đến 45% là nằm một chỗ hoặc chỉ đủ sức đi lại trong nhà. Tuy nhiên, trong số những người có từ 10 chiếc răng tự nhiên trở lên đảm bảo việc thực hiện được chức năng, có đến 80% người vẫn sinh hoạt bình thường và có thể tự đi ra ngoài. [6] (Hình 3).



Hình 3: Mối liên quan giữa số lượng răng khỏe mạnh trên cung hàm và sức khỏe toàn thân

Ngoài ra còn có một nghiên cứu rất thú vị khác do Trường Đại học Tohoku (Nhật Bản) công bố trên tạp chí nghiên cứu nha khoa "Journal of Dental Research" của Mỹ năm 2017. Theo đó, nhóm nghiên cứu của Đại học Tohoku đã tiến hành khảo sát và theo dõi 77.397 người Nhật có độ tuổi từ trên 65 trong vòng 3 năm, và kết quả



Hình 4: Mối liên quan giữa số răng và tuổi thọ khỏe mạnh

cho thấy rằng những người còn số răng tự nhiên trên 20 cái có tuổi thọ cũng như tuổi thọ khỏe mạnh dài hơn những người không còn răng tự nhiên nào. Đồng thời, những người còn răng tự nhiên cũng ít cần sự chăm sóc đặc biệt hơn so với những người không còn răng. [7] (Hình 4)

Nhiều năm trước, mặc dù tuổi thọ của người dân Nhật Bản ngày càng tăng, nhưng tình trạng mất răng vẫn không được cải thiện nhiều. Có rất nhiều người chưa đến 60 tuổi đã mất gần một nửa số răng. Điều này ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống hàng ngày. Khi có nhiều người sống lâu hơn, những nhu cầu trong cuộc sống cũng cao hơn và khi đó kỳ vọng đối với ngành nha khoa là cần thay đổi từ việc điều trị sang cải thiện khả năng giữ răng.

4. PHONG TRÀO 8020

Vì những mối liên quan giữa số răng và tuổi thọ khỏe mạnh đã được nghiên cứu và minh chứng trong thực tế cuộc sống, chính phủ Nhật Bản đã thông qua "Health Japan 21" để đặt ra nhiều mục tiêu cần đạt đối với vấn đề chăm sóc sức khỏe răng miệng, qua đó thúc đẩy tăng cường sức khỏe toàn thân. Bên cạnh đó, để duy trì chất lượng cuộc sống của người dân khi về già, chính phủ Nhật yêu cầu các dịch vụ sức khỏe răng miệng cần được cung cấp cho cộng đồng bởi các phòng khám nha khoa và chính quyền địa phương. Một trong những tiêu chí hàng đầu được tóm tắt thành một thông điệp nổi tiếng có thể dễ truyền tải ở Nhật Bản ngày nay là Phong trào 8020 [8]. Cái tên 8020 đại diện cho hàm ý mục tiêu của phong trào này rằng mỗi người khi thọ đến 80 tuổi vẫn còn duy trì được trên 20 răng thật hoạt động tốt. Để thúc đẩy thực hiện phong trào 8020, Bộ Y tế và Phúc lợi Nhật Bản khuyến khích các hành động tích cực như đầu tư cho các chương trình nghiên cứu về cải thiện sức khỏe răng miệng, giáo dục sức khỏe răng miệng, tăng cường khám sức khỏe răng miệng và chăm sóc răng miệng tích cực cho người già yếu, bao gồm các dịch vụ nha khoa bên ngoài cộng đồng - nha sĩ gia đình, tài trợ cho các hoạt động của chính quyền địa phương và hiệp hội nha khoa.

Theo nghiên cứu của Cho EP và cộng sự [9], sức khỏe là một trong những yếu tố hàng đầu trong việc nâng cao tuổi thọ và cải thiện chất lượng sống của con người. Trong

đó, sức khỏe răng miệng cụ thể là chức năng nhai, nuốt lành mạnh và chế độ dinh dưỡng đóng vai trò không nhỏ trong phòng ngừa, điều trị các bệnh mãn tính liên quan đến tuổi tác. Bởi vì chức năng nhai – nuốt có ảnh hưởng trực tiếp đến việc lựa chọn thức ăn và chế độ dinh dưỡng của con người, qua đó gián tiếp tác động đến sức khỏe và nguy cơ mắc các bệnh toàn thân.

Đây là một chương trình có tính chiến lược lâu dài bắt đầu từ những năm 1989, tính đến nay đã diễn hơn 30 năm. Có rất nhiều nghiên cứu khác nhau đề cập đến vai trò và ảnh hưởng của chương trình này lên sức khỏe của cộng đồng. Không chỉ là vấn đề ăn nhai mà còn thể hiện ở sự thoải mái của mỗi cá nhân và khả năng tham gia vào các hoạt động cộng đồng của các cá thể còn số lượng trên 20 răng khỏe mạnh trên cung hàm.

Hình 5: Phong trào 8020

6. BÀI HỌC CHĂM SÓC SỨC KHỎE TỪ NHẬT BẢN

Không chỉ ở Nhật Bản, sức khỏe răng miệng có ảnh hưởng quan trọng đến tuổi thọ khỏe mạnh cũng đã được nhiều chuyên gia y tế trên toàn thế giới xác nhận. Do đó, nhiều nước phương Tây hiện cũng đang đề cao việc chăm sóc răng miệng để làm tiền đề quan trọng duy trì sức khỏe toàn thân.

Với những kết quả nghiên cứu khoa học rõ ràng mà thế giới đã tìm được về mối liên quan giữa sức khỏe răng miệng với tuổi thọ khỏe mạnh, có thể thấy được rằng một trong những con đường lý tưởng và thật ra không khó để thực hiện nhằm tăng cường tuổi thọ khỏe mạnh cho người Việt chúng ta chính là phải chăm sóc sức khỏe răng miệng thật tốt. Đây không phải là một việc quá khó mà mỗi người có thể thực hiện dễ dàng hàng ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] https://www.economist.com/graphic-detail/2011/05/13/the-world-in-2100

[2] https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN-?locations=JP

[3] https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1031.html

[4] https://www.ada.org/resources/research/science-and-research-institute/oral-health-topics/aging-and-dental-health

[5] https://www.nibiohn.go.jp/eiken/kenkounippon21/en/kenkounippon21/

[6] Shinsho F. New strategy for better geriatric oral health in Japan: 80/20 movement and Healthy Japan 21. Int Dent J. 2001 Jun;51(3 Suppl):200-6.

[7] Matsuyama Y, Aida J, Watt RG, Tsuboya T, Koyama S, Sato Y, Kondo K, Osaka K. Dental Status and Compression of Life Expectancy with Disability. J Dent Res. 2017 Aug;96(9):1006-1013.

[8] https://www.8020zaidan.or.jp/english/#:~:text=After%20the%20Foundation%20set%20the,other%20countries%20of%20the%20world.

[9] Cho EP, Hwang SJ, Clovis JB, Lee TY, Paik DI, Hwang YS. Enhancing the quality of life in elderly women through a programme to improve the condition of salivary hypofunction. Gerodontology. 2012 Jun;29(2):e972-80.

PHẠM NGUYÊN QUÝ

Phạm Nguyên Quý, MD, Ph.D. là Bác sĩ trưởng tại Khoa Ung thư Nội khoa, Kyoto Miniren Bệnh viện Trung ương và nhà nghiên cứu lâm sàng tại Khoa Ung thư Điều trị, Trường Cao học Y học, Đại học Kyoto, Nhật Bản. Ông đã làm việc rất nhiều trong lĩnh vực y học chính xác bằng cách sử dụng hồ sơ bộ gen/Thử nghiệm bảng đa gen. Ông cũng quan tâm đến việc phát triển mạng lưới hợp tác và ứng dụng di động để đáp ứng nhu cầu cá nhân của bệnh nhân cũng như nâng cao kiến thức liên quan đến ung thư trong cộng đồng. Với quyết tâm nâng cao khả năng chẩn đoán và điều trị sớm ung thư đường tiêu hóa, bác sĩ Quý cùng các cộng sự đang chuyển giao kiến thức về kỹ thuật nội soi từ Nhật Bản sang Việt Nam thông qua các hoạt động khác nhau. Ông cũng đã đưa ra lời khuyên y tế cho bệnh nhân Việt Nam và gia đình họ về phương pháp điều trị tiêu chuẩn ở Nhật Bản.

LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/quy-pham-nguyen-13386564/

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5866-1958

Website: https://yhoccongdong.com/

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0312

TỐI ƯU HÓA CHĂM SÓC ĐIỀU TRỊ BỆNH UNG THƯ Ở CAO TUỔI: TÌNH HÌNH VÀ KINH NGHIỆM TẠI NHẬT BẢN

Phạm Nguyên Quý[1], Sugimoto Ryoko[2]

[1]Bác sĩ Trưởng, Khoa Ung thư Nội khoa, Bệnh viện Trung ương Kyoto Miniren, Email: beequy@kuhp.kyoto-u.ac.jp

[2]Điều dưỡng chính, Khoa Ung thư Nội khoa, Bệnh viện Trung ương Kyoto Miniren, Email: sugimoto_ryouko@kyoto-hokenkai.jp)

TÓM TẮT:

Tại Nhật Bản, dân số từ 65 tuổi trở lên đã chiếm 29% tổng dân số và số lượng bệnh nhân ung thư ở người cao tuổi ngày càng gia tăng. Thực trạng này nảy sinh một yêu cầu tự nhiên là tất cả các bác sĩ điều trị ung thư đều phải là bác sĩ ung thư lão khoa. Hiện nay tại Nhật Bản, ngày càng có nhiều bác sĩ, điều dưỡng, dược sĩ và nhân viên y tế phụ trách điều trị ung thư quan tâm đến việc quản lý, chăm sóc cho bệnh nhân ung thư lớn tuổi. Tuy nhiên, hiện vẫn còn nhiều vấn đề cần giải quyết: đánh giá toàn diện lão khoa (Geriatric Assessment) bằng bộ công cụ vẫn chưa được chuẩn hóa và chỉ mới bắt đầu được chú ý; số bác sĩ lão khoa chuyên điều trị ung thư còn rất ít; và hệ thống giáo dục về ung thư lão khoa chưa nhiều. Để khắc phục những vấn đề này, đã có những nỗ lực phổ biến công cụ đánh giá lão khoa và khởi động các chương trình đào tạo phù hợp. Hi vọng rằng những hoạt động này sẽ trở nên phổ biến và đẩy mạnh hơn trong tương lai với các mô thức hỗ trợ toàn diện: không chỉ cung cấp thuốc điều trị chính xác mà còn là chương trình hỗ trợ sinh hoạt, xã hội tương thích với nhu cầu cụ thể của từng người bệnh.

Từ khóa: *Ung thư ở người cao tuổi; Đánh giá lão khoa toàn diện, chăm sóc đa ngành.*

1. LỜI MỞ ĐẦU

Nhật Bản là một xã hội siêu già, được xếp hạng số một thế giới về tuổi thọ trung bình, số lượng người già và tốc độ già hóa. Theo báo cáo của Cục Thống kê, Bộ Nội vụ và Truyền thông Nhật Bản, dân số già từ 65 tuổi trở lên hiện chiếm 26,6% tổng dân số vào năm 2015 và được dự đoán sẽ vượt quá 30% vào năm 2025 [1]. Mặt khác, ung thư vẫn là nguyên nhân gây tử vong hàng đầu ở người Nhật trong hơn 30 năm qua, với tỷ lệ tử vong tiếp tục gia tăng. Với tỉ lệ người bệnh ung thư tuổi trên 65 là hơn 75%, các bác sĩ điều trị ung thư Nhật Bản luôn ở trong tình trạng phải điều trị nhiều bệnh nhân ung thư lớn tuổi và hầu hết bác sĩ ung thư nội khoa đều phải là bác sĩ ung thư lão khoa.

Tuy nhiên, ở Nhật Bản, số các bác sĩ chuyên về lão khoa có chuyên môn đặc biệt về ung thư là rất ít so với các nước phương Tây; nhiều bệnh viện chuyên điều trị ung thư cũng chưa thành lập

khoa lão chuyên biệt. Do đó, người ta dự đoán rằng vẫn có nhiều trường hợp điều trị dưới mức (tức điều trị nhẹ tay hơn chỉ vì độ tuổi) hoặc điều trị quá mức (tức điều trị mạnh tay với các phác đồ vốn chỉ dành cho bệnh nhân còn trẻ khỏe mà không tính đến các rủi ro do tuổi tác). Để cải thiện tình trạng này, các bác sĩ và nhân viên y tế điều trị ung thư ngày càng quan tâm hơn về các phương thức đánh giá lão khoa để xác định chiến lược điều trị phù hợp cho bệnh nhân ung thư cao tuổi mà đánh giá rủi ro của hóa trị là một chủ đề rất quan trọng.

Năm 2022 vừa qua, Nhật Bản đã phát hành hướng dẫn về đánh giá lão khoa cho người cao tuổi mắc ung thư chuẩn bị điều trị hóa trị, nhưng hệ thống giáo dục tiện dụng, thông minh về chăm sóc y tế cho nhóm bệnh nhân này vẫn còn thiếu. Trong bài viết này, tôi xin giới thiệu về Đánh giá Lão khoa Toàn diện (Comprehensive Geriatric Assessment, CGA) và Đánh giá rủi ro khi hóa trị bằng công cụ sàng lọc đang được khuyến cáo và thực hiện tại các bệnh viện lớn tại Nhật Bản. Phần cuối của bài báo sẽ đề cập đến những vấn đề trong chăm sóc y tế đa ngành đối với bệnh nhân ung thư cao tuổi, giới thiệu những nỗ lực giải quyết những vấn đề này tại Nhật Bản.

Các vấn đề chính về chăm sóc y tế cho bệnh nhân ung thư cao tuổi

Với ảnh hưởng đa dạng trong quá trình lão hóa, một người cao tuổi có thể gặp nhiều vấn đề sức khỏe khác nhau như liệt kê trong Bảng 1. Tuy nhiên, ảnh hưởng của tuổi tác là khác nhau đối với mỗi cá nhân; có người 75 tuổi vẫn còn khỏe mạnh minh mẫn nhưng cũng có người mới 65 tuổi đã lú lẫn, suy yếu gần như nằm liệt giường. Tuổi tác số học khác với tuổi tác sinh học và mỗi người cũng sẽ có thể có những vấn đề riêng của mình. Do đó, cần đánh giá tổng thể một người bệnh qua các công cụ/thang đo khác nhau để nắm rõ các vấn đề đa dạng của bệnh nhân, từ đó phân tầng nguy cơ và bàn bạc về các chiến lược điều trị thích hợp.

Để thực hiện điều này, đã có nhiều loại Đánh giá Lão khoa toàn diện được phát triển và áp dụng trên thế giới. Như mô tả trong Bảng 2, tương ứng với một lĩnh vực/domain sẽ có một vài công cụ và cách đánh giá được khuyến khích sử dụng. Trong số đó, có những mục dễ đánh giá như số thuốc (bao gồm viên bổ sung, thực phẩm chức năng) đang sử dụng phản ánh tình trạng uống quá nhiều thuốc (polypharmacy). Có những mục cần đánh giá phức tạp hơn và cần nhiều thời gian hơn như khả năng thực hiện các hoạt động trong cuộc sống hàng ngày (ADL) và ADL có sử dụng công cụ (IADL). Đánh giá về hỗ trợ xã hội cũng là một mảng khó vì người cao tuổi có thể gặp nhiều vấn đề xã hội đa dạng như sống một mình, ít tiền lương hưu,... và hiện không có bảng đánh giá thống nhất, tiện dùng. Để nắm bắt và giải quyết các vấn đề về xã hội cho người bệnh, điều dưỡng và nhân viên công tác xã hội cần thực hiện một loạt phỏng vấn/trò chuyện với chính bệnh nhân và người chăm sóc. Bác sĩ và các nhân viên y tế khác cũng cần nhận thức tầm quan trọng của việc chăm sóc y tế theo nhóm đa ngành để hỗ trợ toàn diện bệnh nhân cao tuổi.

Cá thể hóa và tối ưu hóa kế hoạch chăm sóc và điều trị

Vào tháng 1 năm 2015, Hoa Kỳ đã khởi động chương trình thúc tiến y học chính xác (Precision Medicine) bằng cách phân tích, mô tả đặc điểm của ung thư trên từng bệnh nhân dựa trên kết quả xét nghiệm giải trình tự gen khối u. Tiếp cận này đã phát triển nhanh chóng trong những năm gần đây với những kho dữ liệu đồ sộ, tiếp tục tích hợp với các phương pháp phân tích mạnh mẽ khác để mô tả đặc điểm của ung thư chi tiết hơn như biểu hiện protein, RNA, sơ đồ chuyển hóa,... [2]. Phân tích gene, protein với sự tiến bộ của công nghệ xét nghiệm vì thế đang đóng vai trò quan trọng trong việc cá thể hóa kế hoạch điều trị ung thư và thường được coi là cốt lõi của y học chính xác.

Tuy nhiên, không phải chỉ có xét nghiệm gene rồi truyền thuốc nhắm đích ngay mà phải chứng minh lợi ích của việc làm đó trên mỗi loại ung thư, hoặc một phân nhóm bệnh nhân có đặc điểm chung cụ thể. Để đưa các loại thuốc chính xác vào sử dụng đại trà cho bệnh nhân ung thư cao tuổi, cần thực hiện thử nghiệm lâm sàng nhưng tỷ lệ bệnh nhân ung thư cao tuổi tham gia thử nghiệm lâm sàng là rất thấp. Trên thực tế, số lượng thử nghiệm lâm sàng dành cho những bệnh nhân ung thư cao tuổi trên toàn thế giới chiếm chưa đến 5% số thử nghiệm lâm sàng về ung thư khi tìm kiếm trên trang web của ClinicTrials.gov [3]. Singh H và cộng sự đã đề cập một khoảng cách đáng kể giữa thực tế và thử nghiệm lâm sàng trong cuộc họp thường niên của ASCO [4]. Trong số các thử nghiệm lâm sàng đối với bệnh nhân ung thư phổi đã đăng ký tại FDA Hoa Kỳ, chỉ có 9% bệnh nhân đã đăng ký ở độ tuổi trên 75, trong khi tỷ lệ bệnh nhân ung thư phổi nhóm tuổi này tại các cơ sở điều trị thực tế của Hoa Kỳ là 37 %.

Định nghĩa rộng hơn của "y học chính xác" là cung cấp dịch vụ chăm sóc y tế phù hợp nhất cho người bệnh. Vì thế, việc cá thể hóa điều trị-chăm sóc không chỉ dựa vào thông tin về gene của khối u, hay của người bệnh mà còn phải dựa vào đặc điểm lâm sàng, sự phân tầng các đặc điểm cơ thể, nhu cầu xã hội và mong muốn của người bệnh.

Như vậy, việc chăm sóc y tế cho bệnh ung thư ở người cao tuổi thường có tính đa dạng cao và trước tiên phải bắt đầu từ việc đánh giá, phân tầng người bệnh, sau đó đánh giá các phương pháp điều trị được đội ngũ y tế điều chỉnh cho từng bệnh nhân. Hơn nữa, cần đẩy mạnh thử nghiệm lâm sàng trên người cao tuổi để có bằng chứng khoa học về phác đồ điều trị phù hợp với từng nhóm. Hy vọng rằng việc phản ánh những kết quả này trong thực hành lâm sàng hàng ngày sẽ dẫn đến sự tiến bộ của y học chính xác giúp tối ưu hóa chăm sóc y tế cho bệnh nhân ung thư lớn tuổi.

Hướng dẫn sử dụng đánh giá lão khoa trong chăm sóc y tế cho bệnh nhân ung thư cao tuổi

Từ năm 2017 và 2018, Hiệp hội Ung thư lâm sàng Hoa Kỳ (ASCO) đã xuất bản những Hướng dẫn chi tiết về phương pháp tiếp cận hỗ trợ việc ra quyết định cho bệnh nhân ung thư cao tuổi [5]. Các hướng dẫn này sử dụng biểu đồ để giải thích rằng dự đoán tiên lượng cho bệnh nhân được đưa ra trước tiên, sau đó đánh giá khả năng người bệnh nhận thức về tình trạng bệnh của mình cũng như hiểu biết về phương pháp điều trị liên quan. Sau đó các mục tiêu của bệnh nhân và phương pháp điều trị sẽ được thảo luận sâu hơn cùng với đánh giá rủi ro từ điều trị, từ đó cùng bác sĩ lựa chọn phương pháp điều trị.

Đánh giá lão khoa được phân ra nhiều lĩnh vực như tình trạng chức năng, các bệnh đi kèm, chức năng nhận thức, tình trạng dinh dưỡng và tình hình dùng nhiều loại thuốc, kèm theo phần giới thiệu về các công cụ đánh giá mà tính hữu ích đã được báo cáo chứng minh. Trong trường hợp người bệnh có vấn đề về chức năng nhận thức, bác sĩ ung thư nên tham khảo ý kiến bác sĩ lão khoa, bác sĩ nội thần kinh có kinh nghiệm trong việc này để việc lập kế hoạch chăm sóc cho bệnh nhân ung thư cao tuổi được sát sao hơn và sẽ có lợi cho bệnh nhân. Nếu bệnh nhân có vấn đề về dinh dưỡng, bác sĩ ung thư cần tham vấn ý kiến của chuyên viên dinh dưỡng để lên kế hoạch hỗ trợ phù hợp. Nếu bệnh nhân đang uống quá nhiều thuốc, dược sĩ lâm sàng cần tham gia nhiều hơn để bàn luận về các thuốc không cần dùng và cải thiện an toàn thuốc.

Liên quan đến việc đánh giá rủi ro của hóa trị, chỉ số MAX2 [6] và điểm CRASH [7] thường được nhắc đến. Điểm CRASH là cách đánh giá nguy cơ xảy ra các tác dụng phụ nghiêm trọng liên quan đến hóa trị, được chia thành độc tính về huyết học (huyết áp tâm trương, IADL, lactate dehydrogenase) và độc tính không liên quan tới huyết học (tình trạng hoạt động, chức năng nhận thức, tình trạng dinh dưỡng) rất hữu ích trong thực hành hàng ngày. Tuy nhiên, thang điểm này được công bố vào năm 2012 không bao gồm các loại thuốc nhắm đích và thuốc ức chế điểm kiểm soát miễn dịch (ICIs). Các EGFR-TKIs đã trở thành thuốc chủ chốt trong lĩnh vực ung thư phổi không phải tế bào nhỏ trong những năm gần đây và các thuốc ICIs đã trở thành trụ cột mới của hóa trị cho rất nhiều bệnh ung thư khác. Vì chưa thể đánh giá nguy cơ hóa trị cho những bệnh nhân sẽ sử dụng những loại thuốc này, người ta dự đoán rằng một công cụ đánh giá rủi ro mới cho những loại thuốc này sẽ được phát triển trong tương lai.

Ngoài ra, Hiệp hội Ung thư Lão khoa Quốc tế (SIOG) cũng đã công bố các khuyến nghị liên quan đến các công cụ đánh giá lão khoa [8] bao gồm đánh giá chi tiết về nhiều thử nghiệm lâm sàng đã kiểm định tính hữu ích của các công cụ đánh giá chức năng. Hơn nữa, có thể tải xuống phần giải thích về từng công cụ, mô tả về giá trị ngưỡng và bảng đánh giá thực tế từ trang chủ SIOG để sử dụng trong môi trường lâm sàng [9]. Hơn nữa, SIOG cũng tổ chức khóa học nâng cao kéo dài bốn ngày hàng năm cùng và công khai nội dung học tập online, cũng như các chương trình giáo dục về ung thư lão khoa cho nhân viên y tế [9].

Như vậy, trong thực hành điều trị hàng ngày, sự khiếm khuyết hay dễ bị tổn thương của bệnh nhân được xác nhận đầu tiên bằng các công cụ sàng lọc như G8, TRUST, VES-13,.... Từ đó, việc đánh giá chuyên sâu, toàn diện hơn sẽ được thực thi. Dựa trên các kết quả này và dự đoán nguy cơ tác dụng phụ do hóa trị, các y bác sĩ sẽ xem xét, đề xuất phác đồ phù hợp hơn cho người cao tuổi, cũng như cân nhắc một số biện pháp can thiệp hỗ trợ qua chăm sóc nhóm đa ngành.

Tình hình hiện nay tại Nhật Bản

Như đã đề cập trong phần mở đầu, tình trạng già hóa dân số ở Nhật Bản đang diễn ra nhanh nhất thế giới, với nhóm người từ 65 tuổi trở lên được dự đoán là sẽ vượt qua mốc 30% vào năm 2025. Tại nhiều bệnh viện địa phương, số bệnh nhân cao tuổi mắc bệnh ung thư từ 65 tuổi trở lên đã chiếm khoảng 70% tổng số bệnh nhân [10]. Tuy nhiên, việc thực hiện đánh giá lão khoa để sàng lọc phát hiện các vấn đề ở bệnh nhân ung thư cao tuổi vẫn chưa phổ biến rộng rãi ở Nhật Bản. Một số nguyên nhân bao gồm:

- Có nhiều công cụ sàng lọc và việc xác nhận hiệu quả trên người Nhật chưa được tiến hành;
- Các bác sĩ ung thư nội khoa tại Nhật khám nhiều bệnh nhân ngoại trú mỗi ngày hơn so với các bác sĩ Âu Mỹ nên rất khó tiến hành đánh giá lão khoa;
- Không có điều dưỡng chuyên sâu về lão khoa để tiến hành đánh giá lão khoa ở phòng khám ngoại trú lẫn khi nhập viện;
- Chưa có hệ thống đào tạo về ung thư lão khoa trước hoặc sau khi tốt nghiệp.
- Ngay cả khi có vấn đề được xác định qua Đánh giá lão khoa, phương pháp can thiệp vẫn chưa rõ ràng, không chuẩn hóa vì có rất ít bác sĩ lão khoa chuyên về ung thư có thể tham vấn;
- Bảo hiểm y tế chi trả đúng và đủ để khuyến khích việc Đánh giá lão khoa

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, Takeshi Isobe và cộng sự tại Bệnh viện Đại học Shimane, đã nghĩ ra cách tiến hành sàng lọc nhanh bằng cách tích hợp các công cụ sàng lọc như G8, VES-13, CGA7,... trong hồ sơ bệnh án điện tử để bất kỳ nhân viên y tế nào cũng có thể dễ dàng tiến hành. Những công cụ này bao gồm hệ thống tính toán tự động và trong trường hợp kết quả yêu cầu triển khai đánh giá sâu hơn hoặc can thiệp, một cảnh báo sẽ được hiển thị trên màn hình [11].

Trong một nghiên cứu về tính khả thi của tiếp cận này, một điều dưỡng đã tích cực sử dụng hệ thống cho những bệnh nhân ung thư phổi từ 65 tuổi trở lên được

Bảng 1. Những vấn đề thường gặp ở người cao tuổi.

1	Sự lão hóa của các cơ quan và giảm trao đổi chất
2	Suy giảm chức năng thể chất
3	Suy giảm chức năng nhận thức
4	Mắc các bệnh đi kèm, Hội chứng lão khoa
5	Suy dinh dưỡng
6	Uống nhiều thuốc
7	Vấn đề xã hội (người chăm sóc, tài chính, bảo hiểm)

Bảng 2. Đánh giá toàn diện lão khoa cho người cao tuổi mắc ung thư.

Lĩnh vực	Công cụ đánh giá	Can thiệp (Ví dụ)
Tình trạng Chức năng Functional Status	Instrumental Activities of Daily Living (IADL) Number of falls	Giới thiệu thêm chuyên viên phục hồi chức năng Chương trình ngừa té ngã
Bệnh đi kèm	Số bệnh đang mắc phải Charlson Comorbidity Index	Hợp tác với Bác sĩ gia đình, dược sĩ và người chăm sóc trong nhà
Uống quá nhiều thuốc	Số thuốc đang uống hằng ngày	Như trên
Chức năng nhận thức	Mini-Cog, Mini-Mental State Exam (MMSE)	Đánh giá khả năng ra quyết định Hợp tác với Bác sĩ Nội thần kinh, Lão khoa Chương trình ngừa lú lẫn và sảng
Trầm cảm	Geriatric Depression Scale (GDS)	Hợp tác với Bác sĩ tâm thần, tư vấn tâm lý và các phương pháp không dùng thuốc
Dinh dưỡng	Sụt cân > 10%, BMI < 21 kg/m2	Giới thiệu chuyên viên dinh dưỡng Kết nối với dịch vụ cung cấp thức ăn phù hợp
Hỗ trợ xã hội	MOS social support survey	Phối hợp với nhân viên công tác xã hội

chẩn đoán mắc bệnh ung thư phổi. Trong khi đó, đối với những bệnh nhân sắp trải qua hóa trị, nhóm nghiên cứu đã tiến hành đánh giá rủi ro do điều trị bằng cách sử dụng điểm CCI và CRASH. Kết quả cho thấy 63% dương tính với CGA7, 39% qua bảng hỏi VES-13 và 84% qua bảng hỏi G8. Tỷ lệ bệnh nhân dễ bị tổn thương (dương tính với cả ba loại đánh giá) cao hơn đáng kể ở nhóm không trị liệu tiêu chuẩn (n = 19) so với nhóm trị liệu tiêu chuẩn (n =81; 78,9% so với 21,0%, p <0,001). Trong số những bệnh nhân dễ bị tổn thương được điều trị bằng liệu pháp tiêu chuẩn, 47% đã ngừng hóa trị do tác dụng phụ. Ngay cả khi một bệnh nhân được coi là dễ bị tổn thương dựa trên điểm đánh giá lão khoa, hóa trị vẫn có thể an toàn cho những người có đột biến EGFR [11].

Dù kết quả báo cáo cho thấy tiềm năng của việc ứng dụng tiếp cận này, vẫn còn rất ít bệnh viện triển khai được hệ thống chăm sóc y tế nhóm dành cho bệnh nhân ung thư lớn tuổi ở Nhật Bản. Thêm vào đó, các chuyên gia vẫn chưa thống nhất với nhau độ tuổi mà bệnh nhân cần sàng lọc bằng tiếp cận trên. Theo hướng dẫn chẩn đoán và điều trị ung thư phổi của Hiệp hội Ung thư phổi Nhật Bản, những người từ 75 tuổi trở lên được gọi là "người cao tuổi" nhưng đối với các loại ung thư khác, mốc "cao tuổi" được tính là từ độ tuổi trên 65. Ngoài ra, hiện Nhật Bản có rất ít bác sĩ lão khoa dành toàn thời gian cho hỗ trợ điều trị ung thư và hệ thống giáo dục cũng cần được thay đổi và thúc đẩy trên khắp Nhật Bản. Một nhóm làm việc về giáo dục liên quan đến chăm sóc bệnh ung thư cho người cao tuổi đã được thành lập trong Hiệp hội Ung thư Lâm sàng Nhật Bản vào năm 2018 và đã mở thêm vài chương trình đào tạo về lão khoa cho các bác sĩ điều trị ung thư.

2. KẾT LUẬN

Ung thư là nguyên nhân gây tử vong hàng đầu ở người cao tuổi không chỉ ở Nhật Bản mà trên toàn thế giới. Vì số người cao tuổi mắc ung thư sẽ càng ngày càng gia tăng, trong khi nhóm bệnh nhân này có nhiều vấn đề và

nhu cầu đa dạng không chỉ về thể chất, tinh thần mà còn về tài chính - gia đình - xã hội, cần lưu ý đến Đánh giá Toàn diện Lão khoa để cá nhân hóa chương trình chăm sóc và điều trị. Việc này giúp phân tầng bệnh nhân và đưa ra chiến lược điều trị phù hợp với tình trạng riêng của từng người, giúp quản lý bệnh nhân ung thư cao tuổi hiệu quả và an toàn hơn. Trong khi đó, Đánh giá Toàn diện Lão khoa cũng giúp báo động và triển khai các dịch vụ hỗ trợ sinh hoạt thiết thực cho người bệnh kịp thời hơn. Việc cải thiện hệ thống giáo dục về ung thư lão khoa, phổ biến các công cụ đánh giá lão khoa và triển khai các hoạt động hỗ trợ sẽ thúc đẩy hơn nữa y học chính xác ở bệnh nhân ung thư cao tuổi.

3. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] http://www.stat.go.jp/data/topics/topi721.htm

[2] Collins FS, Varmus H. A new initiative on precision medicine. N Engl J Med. 2015;399:793-5.

[3] https://clinicaltrials.gov

[4] Singh H, Kanuparu B, Smith C, Fashoyin-Aje LA, Myers A, Kim G, et al. FDA analysis of enrollment of older adults in clinical trials for cancer drug registration: A 10-year experience by the US food and drug administration. J Clin Oncol. 2017;35(15):10009.

[5] https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/senior.pdf

[6] Extermann M, Bonetti M, Sledge GW, O'Dwyer PJ, Bonomi P, Benson AB. MAX2--a convenient index to estimate the average per patient risk for chemotherapy toxicity; Validation in ECOG trials. Eur J Cancer. 2004;40(8):1193-8.

[7] Extermann M, Boler I, Reich RR, Lyman GH, Brown RH, DeFelice J, et al. Predicting the risk of chemotherapy toxicity in older patients: The chemotherapy risk assessment scale for high-age patients (CRASH) score. Cancer. 2012;118(13):3377-86.

[8] Decoster L, Van Puyvelde K, Mohile S, Wedding U, Basso U, Colloca G, et al. Screening tools for multidimensional health problems warranting a geriatric assessment in older cancer patients: An update on SIOG recommendations. Ann Oncol. 2015;26(2):288-300.

[9] http://siog.org/content/comprehensive-geriatric-assessment-cga-olderpatient-cancer

[10] Nagashima F, Furuse J. Treatments for elderly cancer patients and reforms to social security systems in Japan. Int J Clin Oncol. 2022; 27(2): 310-315.

[11] Tsubata Y, Honda T, Okimoto T, Miura K, Karino F, Iwamoto S, et al. A retrospective analysis comparing the safety and efficacy of chemotherapy in elderly and non-elderly non-small-cell lung cancer patients. Geriatr Gerontol Int. 2012;12(3):499-505.

KINH NGHIỆM CỦA NHẬT BẢN TRONG BẢO HỘ TÀI SẢN TRÍ TUỆ TRÊN MÔI TRƯỜNG SỐ VÀ HÀM Ý KHUYẾN NGHỊ CHO VIỆT NAM

Nguyễn Hoàng Nam

Trường Kinh tế, Luật và Quản lý Nhà nước, Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh (UEH)

Email: nguyenhoangnam2506@gmail.com

TÓM TẮT:

Dần thay thế phương thức giao dịch truyền thống, nền kinh tế số đang phát triển mạnh mẽ tại hầu khắp các quốc gia, trong đó có Nhật Bản và Việt Nam. Tại Nhật Bản, bảo hộ tài sản trí tuệ trên môi trường số rất được chính quyền quan tâm. Những quy định liên quan đến bảo hộ tài sản trí tuệ được ban hành và sửa đổi, bổ sung dưới các Đạo luật nhằm nỗ lực trong việc phòng chống hành vi xâm hại các tài sản trí tuệ, minh bạch trong trách nhiệm bồi thường thiệt hại, góp phần hoàn thiện pháp luật về quyền sở hữu trí tuệ trên không gian số. Trong phạm vi bài viết này sẽ phân tích những quy định của Nhật Bản về chính sách bảo hộ tài sản trí tuệ trên môi trường số thông qua khía cạnh pháp luật và những kinh nghiệm phát sinh trong thực tế. Qua đó, đưa ra một số kiến nghị cho Việt Nam trong việc xây dựng và hoàn thiện các quy định pháp luật về bảo hộ tài sản trí tuệ trên môi trường số.

Từ khóa: *kinh tế số, không gian số, môi trường số, quy định pháp luật, quyền sở hữu trí tuệ, tài sản trí tuệ.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phát triển tài nguyên số được xem là mục tiêu dài hạn của nhiều quốc gia. Nhật Bản là một trong những quốc gia dẫn đầu về cơ sở hạ tầng kỹ thuật số trên thế giới và có sự phổ biến mạnh mẽ các công nghệ tiên tiến (Aujirapongpan và cộng sự, 2020). Thông qua việc ủng hộ các vấn đề kỹ thuật số tại G20 và G7, Chính phủ Nhật Bản thể hiện cam kết trong việc khai thác dữ liệu cho Xã hội 5.0 (Carolina và cộng sự, 2021).

Chuyển đổi kỹ thuật số mang đến cho các quốc gia nhiều cơ hội để phát triển tài sản trí tuệ (TSTT). Theo báo cáo tóm tắt chính sách Nhật Bản của OECD vào tháng 04/2019, Nhật Bản chỉ đứng sau Hàn Quốc về mật độ robot trong sản xuất. Số lượng doanh nghiệp sử dụng điện toán đám mây vào khoảng 47%. Trong suốt nhiều năm qua, Chính phủ Nhật Bản đầu tư ngân sách hơn 6% GDP vào thiết bị công nghệ số, phần mềm máy tính, xây dựng cơ sở dữ liệu, hoạt động nghiên cứu và phát triển (R&D), trong đó có phát triển các TSTT trong nhu cầu thúc đẩy và thích ứng với quá trình chuyển đổi kỹ thuật số. Nhật Bản cũng đã bắt đầu thực hiện các bước để khuyến khích đổi mới kỹ thuật số, bao gồm cung cấp và mở rộng hỗ trợ tài chính cho các doanh nghiệp vừa và nhỏ (SME) muốn đầu tư vào công nghệ mới (Hiroki và cộng sự, 2020). Cho đến nay, tỷ lệ chi tiêu cho R&D trên %GDP ở Nhật Bản được báo cáo là khoảng 3,26% vào năm 2020.

NGUYỄN HOÀNG NAM

Nguyễn Hoàng Nam năm nay 28 tuổi, đang sinh sống và làm việc tại Thành phố Hồ Chí Minh. Anh theo học chuyên ngành Tài chính - Kế toán ở bậc Đại học. Sau khi tốt nghiệp, anh tiếp tục chương trình học MBA. Năm 2022, anh lấy bằng cử nhân Luật, chuyên ngành Luật Kinh doanh tại Trường Kinh tế, Luật và Quản lý Nhà nước, Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh (UEH).

Là một trong những học giả trẻ tuổi, nhưng tác giả đã có nhiều bài nghiên cứu khoa học được đăng tải trên các Tạp chí, Hội nghị, Hội thảo và diễn đàn trong và ngoài nước.

Thời gian tới, tác giả mong muốn sẽ tiếp tục nâng cao hiểu biết trên hành trình nghiên cứu, đóng góp tích cực trong giới khoa học nói chung và góp phần lan toả tri thức đến với cộng đồng ở hai lĩnh vực kinh tế và pháp luật nói riêng.

Google scholar: https://scholar.google.com/citations?user=ziI9lw4AAAAJ&hl=en

Research gate: https://www.researchgate.net/profile/Nguyen-Hoang-Nam-3

ORCID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-7399-1353

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0313

Một số các nghiên cứu liên quan đã được thực hiện trước đây. Nghiên cứu của Kohei Suzuki (2021) phân tích góc độ minh bạch trong quy định về nền tảng kỹ thuật số được xem xét thông qua việc so sánh pháp luật giữa EU và Nhật Bản. Về giao dịch xuyên biên giới, Patvakan Giulazian (2021) cho rằng hầu hết các nền kinh tế đều cho rằng thương mại TSTT trên môi trường số nên áp dụng nguyên tắc lãnh thổ. Tuy nhiên, môi trường mạng lại là mảnh đất màu mỡ cho các hoạt động vi phạm TSTT. Theo Toshiya và Yuji (2017), việc sử dụng dữ liệu hiệu quả giữa các bên liên quan là chìa khóa thành công, tuy nhiên cũng phát sinh nhiều thách thức khi áp dụng chuyển đổi kỹ thuật số đối với khai thác dữ liệu. Bổ sung cho ý kiến trên, Tsukasa Aso và Christoph Rademacher (2022) quan điểm nền tảng kỹ thuật số tồn tại nhiều rủi ro, là một trong những nguyên nhân dẫn đến độc quyền do sự thiếu minh bạch và công bằng của các giao dịch, công khai nội dung vi phạm, xử lý sai dữ liệu và thông tin cá nhân.

Ngày nay, với nhu cầu ngày càng gia tăng của bảo hộ TSTT trên các kênh truyền thông đa phương tiện, các loại TSTT đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của nền kinh tế Nhật Bản (Futoshi, 2007). Có thể kể đến nhiều nền tảng công nghệ số thông dụng như: AI (trí tuệ nhân tạo); Cloud (điện toán đám mây); Blockchain (công nghệ chuỗi khối); Big data (dữ liệu lớn); IoT (vạn vật kết nối). Trong quá trình duy trì ổn định trật tự kinh tế - xã hội, Nhật Bản đã xây dựng các chính sách quản lý và thực thi dựa trên việc đảm bảo hài hòa giữa quyền lợi của tác giả/chủ sở hữu TSTT và lợi ích chung của xã hội theo 3 cơ sở: (1) tăng cường năng lực cạnh tranh công nghiệp; (2) cân bằng giữa bảo vệ và sử dụng; (3) quan điểm toàn cầu. Theo đó, các kế hoạch hành động được liệt kê trong chương trình hàng năm của Nhật Bản được phân thành 5 yếu tố, bao gồm: (1) sáng tạo; (2) bảo vệ; (3) khai thác; (4) lành mạnh nội dung truyền thông và (5) duy trì và nâng cao nguồn nhân lực (Futoshi, 2009).

Là một trong những quốc gia đang phát triển của khu vực châu Á, Việt Nam ngày càng tiếp cận nhiều hơn với môi trường số trong các hoạt động sinh hoạt và công việc. Tại Việt Nam, những chính sách liên quan đến bảo hộ TSTT đã được triển khai trong suốt những năm qua. Tuy nhiên vẫn còn tồn tại nhiều lỗ hổng cần khắc phục để duy trì ổn định nền kinh tế công nghiệp nước nhà, hướng đến phát triển vững bền. Với phương thức chuyển giao công nghệ như hiện nay vẫn còn tồn tại các bất cập trong chính sách quản lý. Tiêu biểu như trong nội dung Nghị định số 70/2018/NĐ-CP ngày 15/05/2018 của Chính phủ quy định việc quản lý, sử dụng tài sản hình thành thông qua thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ sử dụng vốn nhà nước được ngân sách hỗ trợ trên 30% thuộc quyền sở hữu của Nhà nước và người chủ trì thực hiện không được tự phép chuyển giao cho doanh nghiệp. Điều này gây khó khăn cho doanh nghiệp trong việc chuyển giao công nghệ. Đồng thời, việc định giá TSTT cũng được xem là hoạt động phức tạp. Thông qua việc tìm hiểu các quy định pháp luật của Nhật Bản về bảo hộ TSTT trên môi trường số kết hợp với phân tích những quy định tiến bộ, sáng tạo và đổi mới của Nhật Bản đã đạt được, bài viết sẽ đưa ra những kiến nghị chính sách đối với cơ quan nhà nước có thẩm quyền tại Việt Nam. Qua đó, góp phần lan tỏa giá trị của bảo hộ TSTT trên môi trường số đến với cộng đồng người Việt trong và ngoài nước.

2. PHÁP LUẬT CỦA NHẬT BẢN VỀ BẢO HỘ TSTT TRÊN MÔI TRƯỜNG SỐ

Nhìn chung, hệ thống quyền sở hữu trí tuệ Nhật Bản hiện tại phân làm 3 nhóm là: (1) bản quyền; (2) quyền sở hữu công nghiệp và (3) các hệ thống khác như giống cây trồng. Trong đó, các loại quyền TSTT chính, phổ biến bao gồm: bản quyền; bằng sáng chế; nhãn hiệu; quyền cơ sở dữ liệu; quyền của người biểu diễn; quyền thiết kế.

2.1. Bảo hộ bản quyền trên nền tảng số

Trong bối cảnh các tác phẩm văn học, nghệ thuật, khoa học ngày càng bị xâm phạm một cách phổ biến trong môi trường số, Nhật Bản cũng đã có những nỗ lực đáng kể trong việc phòng chống hành vi xâm hại bản quyền bằng việc sửa đổi Đạo Luật bản quyền. Trong đó, hành vi sao chép và phát hành tác phẩm trên nền tảng số được quy định là trái luật; dù cho hành vi thực hiện là mục đích công việc hay cá nhân, quy định tại Điểm 3 khoản 1 Điều 39 Đạo luật bản quyền Nhật Bản.

Về các biện pháp bảo vệ bằng công nghệ, được quy định tại mục 20, khoản 1 Điều 2 Đạo luật bản quyền 2018. Đây là các biện pháp sử dụng phương tiện điện tử, phương tiện từ tính hoặc các phương tiện khác mà giác quan con người không thể cảm nhận được nhằm ngăn chặn hoặc ngăn cản một người tham gia vào một hành động cấu thành hành vi xâm phạm quyền nhân thân của tác giả hoặc quyền tác giả được đề cập tại khoản 1 Điều 17 như: quyền công khai tác phẩm, quyền ghi công, quyền bảo vệ sự toàn vẹn, quyền sao chép, quyền nhân thân của người biểu diễn và các quyền lân cận tại Điều 89.

Theo quy định tại khoản 2 Điều 31 Đạo luật bản quyền thì một bản ghi điện tử hoặc từ tính (có nghĩa là một bản ghi sử dụng trong quá trình xử lý dữ liệu máy tính được tạo ở định dạng điện tử, định dạng từ tính hoặc định dạng khác mà không thể cảm nhận được bằng giác quan của con người) được tạo ra tại Thư viện Quốc hội, để cung cấp đến công chúng sử dụng thay cho bản gốc thì một người được phép ghi lại một tác phẩm nằm trong số các tài liệu của Thư viện Quốc hội vào một phương tiện ghi âm, trong phạm vi được coi là cần thiết.

Về quyền ghi công trong Luật bản quyền của Nhật Bản, ghi công ở đây được hiểu là việc chỉ tên tác giả trên tác phẩm gốc và các tác phẩm liên quan đến tác phẩm gốc. Việc ghi công có thể thực hiện trên tài liệu giấy, tài liệu điện tử hoặc các tài liệu khác (âm thanh, hình ảnh). Theo khoản 1 Điều 19 Đạo luật bản quyền, vào thời điểm

tác phẩm được cung cấp hoặc trình bày cho công chúng, tác giả của tác phẩm có quyền quyết định việc sử dụng hay không sử dụng tên thật hoặc bút danh của tác giả để ghi công tác giả trên tác phẩm gốc hoặc liên quan đến tác phẩm gốc. Đối với những tác phẩm bắt nguồn từ tác phẩm gốc (tác phẩm phái sinh), việc ghi công cũng phải thông qua quyết định của tác giả. Trong quá trình cung cấp hoặc trình bày tác phẩm ra công chúng, không ít lần những tác phẩm khuyết danh xuất hiện trên môi trường số, vì vậy, theo khoản 3 Điều 19 Đạo luật bản quyền thì tên tác giả có thể được bỏ qua, nếu thấy rằng làm như vậy không có khả năng gây tổn hại đến lợi ích của tác giả trong yêu cầu quyền tác giả, xét về mục đích của tác phẩm và hoàn cảnh khai thác tác phẩm, đánh giá dựa trên điều kiện về sự thiếu sót là tương thích với thực tiễn công bằng.

Tuy nhiên, một ngoại lệ khác đến từ tác phẩm được cung cấp hoặc giới thiệu tới công chúng bởi người đứng đầu cơ quan hành chính hoặc cơ quan hành chính hợp nhất, cơ quan chính quyền địa phương hoặc cơ quan hành chính hợp nhất địa phương, ghi lại trong tài liệu hành chính liên quan đến yêu cầu tiết lộ thông tin không có khả năng gây thiệt hại cho quyền và lợi ích của một cá nhân, quy định tại Sắc lệnh tiết lộ thông tin thì được quyền sử dụng mà không cần nêu tên tác giả theo khoản 2 Điều 6 Đạo luật về Tiếp cận thông tin của các cơ quan hành chính.

2.2. Bảo hộ quyền sở hữu công nghiệp trên nền tảng số

Về đăng ký bảo hộ sáng chế, quy định tại khoản 5 Điều 43 Đạo luật bằng sáng chế 2019 Nhật Bản thì các tài liệu, giấy tờ trong đơn đăng ký yêu cầu ưu tiên có thể được thực hiện thông qua các phương tiện điện tử, phương tiện từ tính và các phương tiện khác mà tri giác con người không thể nhận biết được tại các quốc gia là thành viên của Công ước Paris. Nhật Bản áp dụng hệ thống cấp bằng sáng chế theo cơ chế "first-to-file", nghĩa là bằng sáng chế sẽ được cấp cho người đầu tiên nộp đơn xin bảo hộ bằng sáng chế. Văn phòng Sở hữu trí tuệ (JPO) là cơ quan Chính phủ Nhật Bản duy nhất chịu trách nhiệm cấp nhãn hiệu, bằng sáng chế, mô hình tiện ích/giải pháp hữu ích và kiểu dáng thiết kế.

Bên cạnh đó, Nhật Bản còn ban hành Luật về giới hạn trách nhiệm bồi thường thiệt hại của người cung cấp dịch vụ thông tin điện tử đặc định và sự công khai thông tin của người truyền tin. Trường hợp dùng sáng chế cho hoạt động thí nghiệm nghiên cứu, sáng chế trong phương tiện giao thông đi qua lãnh thổ Nhật Bản, hay người có quyền sử dụng trước sáng chế (Điều 79 Luật Sáng chế) thì không bị coi là vi phạm quyền của chủ sở hữu sáng chế, dù bằng phương thức trực tiếp hay trực tuyến trên không gian số. Thời hạn bảo hộ bằng sáng chế tại Nhật Bản là 20 năm, kể từ ngày nộp đơn đăng ký sáng chế (khoản 1 Điều 67 Luật Sáng chế). Riêng đối với các sáng chế về dược phẩm hoặc nông dược thì có thể xin kéo dài thời hạn bảo hộ thêm tối đa 5 năm (khoản 4 Điều 67 Luật Sáng chế).

Đối với nhãn hiệu, quy định tại điểm (vii), (viii) khoản 3 Điều 2 Đạo luật nhãn hiệu 2019 Nhật Bản, hành vi sử dụng nhãn hiệu liên quan đến nền tảng kỹ thuật số bao gồm: (1) Trong quá trình cung cấp dịch vụ thông qua việc sử dụng màn hình, bằng phương tiện điện tử hoặc từ tính hoặc phương tiện khác không thể nhận biết chỉ bằng các giác quan của con người để cung cấp các dịch vụ đó bằng cách hiển thị một nhãn hiệu trên trình duyệt ảnh; (2) hiển thị hoặc phân phối tài liệu quảng cáo, bảng giá và tài liệu giao dịch liên quan đến hàng hóa hay dịch vụ được gắn nhãn hiệu, hoặc cung cấp thông tin về nội dung này mà nhãn hiệu được gắn bằng phương tiện điện tử hoặc từ tính.

Đối với bí mật thương mại, việc bảo vệ bí mật thương mại có ý nghĩa quan trọng đối với doanh nghiệp và thị trường chung trên không gian số. Nhật Bản sửa đổi Đạo luật ngăn ngừa cạnh tranh không lành mạnh (UCPA) năm 2016 để phòng chống hành vi vi phạm bí mật thương mại. Đối với pháp luật quốc tế, theo quy định tại Điều 10bis của Công ước Paris 1883 và Hiệp định TRIPS 1995 thì việc bảo vệ bí mật thương mại không đòi hỏi phải bảo vệ dưới hình thức quyền, như bằng sáng chế và bản quyền, mà là bảo vệ chống lại các hành vi cạnh tranh không lành mạnh, bao gồm các hành vi cụ thể như mua lại và sử dụng trái phép. Trong thời đại kỹ thuật số, bí mật thương mại đang trở thành hình thức chính của 2 đối tượng (1) bảo vệ dữ liệu và (2) trí tuệ nhân tạo. Hội đồng cạnh tranh thị trường kỹ thuật số được Chính phủ Nhật Bản thành lập vào năm 2019 để giải quyết các vấn đề mâu thuẫn trên thị trường.

Các đạo luật khác của quyền sở hữu công nghiệp quy định về bảo hộ TSTT trên nền tảng môi trường số tương tự như sáng chế, nhãn hiệu và bí mật thương mại, có thể kể đến như Đạo luật mô hình tiện ích 2019, Đạo luật thiết kế 2019, Đạo luật hạt giống và bảo hộ giống cây trồng 2021.

2.3. Bảo hộ TSTT trong giao dịch điện tử

Nhật bản chưa có đạo luật cụ thể trong việc áp dụng thương mại điện tử B2B. Tuy nhiên, pháp luật Nhật Bản ghi nhận các quy định liên quan đến thương mại điện tử thông qua Bộ luật dân sự (nội dung điều chỉnh về hợp đồng tiêu dùng thương mại điện tử), Đạo luật về giao dịch thương mại (ASCT), Đạo luật truyền thư điện tử được chỉ định (ARTSEM), Đạo luật bảo vệ thông tin cá nhân (APPI), Đạo luật cơ bản về an ninh mạng 2014.

Các quy định về dữ liệu TSTT trên môi trường số trong pháp luật của Nhật Bản nhằm 2 mục tiêu: (1) thúc đẩy sử dụng dữ liệu và (2) nâng cao sáng tạo về trí tuệ nhân tạo. Các loại TSTT có liên quan đến dữ liệu lớn, tiêu biểu như: bản quyền, bằng sáng chế, nhãn hiệu, quyền cơ sở dữ liệu, quyền của người biểu diễn, quyền thiết kế (Rafik và Hilmil, 2022).

Bảng 1: Tổng hợp các chương trình phát triển TSTT tại Nhật Bản

Thời gian	Nội dung chương trình
Năm 2016	Chương trình chiến lược sở hữu trí tuệ của Nhật Bản đánh giá về sự cần thiết của việc bảo vệ quyền sở hữu trí tuệ và thiết lập quy định sở hữu trí tuệ đối với các tài sản mới liên quan đến cơ sở dữ liệu như dữ liệu do AI tạo ra, dữ liệu in 3D.
Năm 2017	Phân tích tổng quan hệ thống sở hữu trí tuệ Nhật Bản đối với tài sản dữ liệu, bao gồm: dữ liệu tạo bởi AI và dữ liệu đào tạo được trình bày trong báo cáo Đánh giá quyền sở hữu trí tuệ về tài sản liên quan đến dữ liệu mới.
Năm 2018	Hướng dẫn hợp đồng sử dụng AI và dữ liệu, giải thích thách thức về những vấn đề chưa được giải quyết, điều khoản hợp đồng mẫu và các điểm chính khác trong hợp đồng sử dụng dữ liệu; hợp đồng phát triển và sử dụng phần mềm gắn với công nghệ AI.
	Ban hành (1) Luật Bản quyền; (2) Luật Chống cạnh tranh không lành mạnh; (3) Đạo luật cơ bản về chính sách người tiêu dùng; (4) Đạo luật về quyền riêng tư của người tiêu dùng.
Năm 2020	Thông qua Đạo luật số 57 năm 2003 được sửa đổi vào năm 2020 về bảo vệ thông tin cá nhân (APPI).
Năm 2021	Chương trình chiến lược sở hữu trí tuệ 2021, chỉ ra (1) hiện trạng, (2) các vấn đề và (3) định hướng chính sách liên quan đến việc cải thiện môi trường nhằm thúc đẩy việc sử dụng dữ liệu, xác định dữ liệu là cơ sở sở hữu trí tuệ quan trọng nhất trong thế kỷ 21. Chiến lược dữ liệu quốc gia 2021 bao gồm các mục tiêu, nguyên tắc hành động của bộ và vai trò của Chính phủ trong việc tập trung, xây dựng kế hoạch hành động cụ thể, rõ ràng để thực hiện.

(Nguồn: Tác giả tổng hợp thông tin)

Pháp luật của Nhật Bản quy định về dữ liệu khá chặt chẽ, bao gồm các vấn đề liên quan đến nền tảng công nghệ kỹ thuật số như trí tuệ nhân tạo, dữ liệu in 3D,... Tổ chức quản lý các nền tảng kỹ thuật số, với tư cách là trung gian trực tuyến, chiếm một vị trí đặc biệt quan trọng liên quan đến quá trình xử lý các dữ liệu, thông tin. Trong khoảng thời gian từ năm 2016 đến năm 2021, Nhật Bản đã ban hành nhiều quy định và triển khai các chương trình, dự án để thiết lập quy trình, hướng dẫn và giám sát "câu chuyện dữ liệu" về TSTT.

2.4 Các quy định khác về bảo hộ TSTT trên môi trường số

Đạo luật Cải thiện tính minh bạch và công bằng của các nền tảng kỹ thuật số 2020 Nhật Bản (TFDPA) quy định dựa trên quyền tự chủ của mỗi nhà khai thác. Điều này có thể hiểu là Chính phủ Nhật Bản chỉ đưa ra một khuôn khổ pháp lý còn quá trình thực thi pháp luật sẽ phụ thuộc nhiều vào những nỗ lực tự nguyện của mỗi nhà điều hành ở một mức độ nhất định. Các thiết lập dựa trên sự thống nhất nghiêm ngặt nhưng không hạn chế cản trở sự đổi mới tự thân của thị trường kỹ thuật số. Quy định của TFDPA xem xét các doanh nghiệp được chỉ định là "Nhà cung cấp nền tảng kỹ thuật số được chỉ định" với ba loại nghĩa vụ: (1) thực hiện thông báo trước về các thay đổi cho nhà cung cấp; (2) thiết lập quy trình để đảm bảo sự công bằng, chẳng hạn như phương thức vận chuyển, chính sách hàng nhập khẩu, chính sách bảo mật, chính sách đổi trả, xử lý khiếu nại, quy trình thanh toán; và (3) báo cáo hàng năm cho Chính phủ Nhật Bản. Đạo luật TFDPA với mục đích cải thiện tính minh bạch và công bằng của các giao dịch được xử lý trên nền tảng kỹ thuật số, trong đó có các hoạt động thương mại liên quan đến việc thực thi quyền sở hữu trí tuệ tại Nhật Bản (Takamitsu và cộng sự, 2022).

Các quy định về Nhà cung cấp nền tảng kỹ thuật số được chỉ định trong TFDPA phân thành 2 nhóm tiêu chí đi kèm: (1) Nhà điều hành trung tâm mua sắm trực tuyến có doanh thu nội địa trong một năm tài chính từ 300 tỷ JPY (khoảng 3 tỷ USD) trở lên; (2) Nhà điều hành cửa hàng ứng dụng có doanh thu bán hàng trong nước trong một năm tài chính từ 200 tỷ JPY (khoảng 2 tỷ USD) trở lên. Trên thực tế, 6 doanh nghiệp có danh tiếng về thương mại kỹ thuật số được chỉ định là Nhà cung cấp nền tảng kỹ thuật số được chỉ định, bao gồm: Nhà điều hành trung tâm mua sắm trực tuyến: Amazon Japan GK, Rakuten Group, Inc. và Yahoo Japan Corporation; Nhà điều hành cửa hàng ứng dụng: Apple Inc., iTunes KK và Google LLC.

Tại Nhật Bản, Đạo luật Cạnh tranh 1947 đặt ra sự tương tác giữa luật chống độc quyền và luật sở hữu trí tuệ[1]. Tại Điều 21 quy định không áp dụng nội dung trong Đạo luật chống độc quyền cho các hành vi đã được công nhận tại các quyền theo Đạo luật bản quyền, Đạo luật bằng sáng chế, Đạo luật mô hình tiện ích, Đạo luật thiết kế và Đạo luật nhãn hiệu. Vì vậy, về cơ bản các Đạo luật

[1] Hay còn được gọi là Đạo luật Chống độc quyền của Nhật bản. Đạo luật Đạo luật cấm độc quyền tư nhân và duy trì thương mại công bằng số 54, ban hành ngày 14/04/1947.

Bảng 2: Mô tả các quy trình kinh doanh điện tử

Kinh doanh điện tử	Mô tả
Thu hút và giữ chân khách hàng	Quản lý quan hệ khách hàng (CRM); quản lý, lập kế hoạch và thực hiện chiến dịch tiếp thị; tiếp thị cơ sở dữ liệu, tiếp thị trực tiếp và tiếp thị qua điện thoại; danh mục điện tử; phân tích hoạt động web và quảng cáo web; phân tích dữ liệu lớn khác; các trung tâm cuộc gọi; sắp xếp sửa chữa và bảo trì; xử lý khiếu nại của khách hàng.
Thương mại điện tử	Bán hoặc mua/thu mua hàng hóa hoặc dịch vụ (bao gồm ước tính, đàm phán, đặt hàng, sắp xếp hợp đồng); trao đổi dữ liệu điện tử (EDI); thương mại di động; tích hợp hệ thống đặt hàng với hệ thống của khách hàng/nhà cung cấp; tích hợp hóa đơn và thanh toán của khách hàng; tích hợp đầy đủ với các hệ thống back-end; sử dụng extranet; giao dịch an toàn; thanh toán tự động của nhà cung cấp.
Thực hiện đơn hàng và theo dõi đơn hàng	Kiểm soát đơn hàng, kiểm soát sản phẩm, theo dõi đơn hàng; xử lý dữ liệu liên quan đến thực hiện hoặc theo dõi đơn hàng; tự động hóa lực lượng bán hàng.
Hậu cần (trong và ngoài nước) và kiểm soát hàng tồn kho	Quản lý chuỗi cung ứng (SCM); kiểm soát sản xuất và hàng tồn kho (bao gồm nguyên vật liệu, bộ phận, thành phẩm), kiểm soát phân phối, quản lý hàng tồn kho, quản lý hàng tồn kho của khách hàng, vận chuyển và giao hàng, kho hàng tự động; sắp xếp và quản lý vận tải, gửi hàng hóa, theo dõi, cung cấp dịch vụ.
Quản lý tài chính, ngân sách và tài khoản	Lập kế hoạch nguồn lực doanh nghiệp (ERP); quản lý, lập kế hoạch và đánh giá tài chính; hệ thống hóa đơn và thanh toán; các hệ thống phần mềm.
Quản trị nhân sự	Tuyển dụng nội bộ và bên ngoài, ứng tuyển việc làm trực tuyến; tự động hóa các nhiệm vụ hành chính như báo cáo thời gian, thanh toán tiền lương và chế độ hưu trí, hoàn trả chi phí đi lại, theo dõi giờ làm việc và thời gian sản xuất; đào tạo; làm việc từ xa.
Sản xuất sản phẩm	Sử dụng robot, in 3D, giao tiếp giữa máy với máy.
Dịch vụ và hỗ trợ sản phẩm	Hỗ trợ trang web, câu hỏi thường gặp (FAQ), có thể tải xuống sách hướng dẫn; truy vấn trực tuyến; hỗ trợ sau bán hàng.
Nghiên cứu và phát triển, đổi mới	Nghiên cứu, phát triển và thiết kế sản phẩm, dịch vụ hoặc quy trình; thiết kế có sự hỗ trợ của máy tính (CAD), sản xuất có sự trợ giúp của máy tính (CAM) và thiết kế hợp tác.
Điện toán đám mây	Sử dụng các dịch vụ công nghệ thông tin và truyền thông qua số để truy cập kho lưu trữ, các thành phần mạng và ứng dụng phần mềm.
Quản lý kiến thức	Tổng hợp và phổ biến thông tin, kiến thức trong doanh nghiệp một cách có hệ thống; hệ thống quản lý nội dung; e-learning.

(Nguồn: UNCTAD, 2021)

không có sự xung đột hay loại trừ lẫn nhau. Trường hợp Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp (METI) phát hiện bất kỳ nghi ngờ nào về hành vi vi phạm độc quyền trên môi trường số trong quá trình giám sát, METI có thể yêu cầu các biện pháp từ Ủy ban Thương mại Công bằng Nhật Bản (JFTC) dựa trên Đạo luật chống độc quyền của Nhật Bản. Nếu JFTC thấy rằng một nhà điều hành đã vi phạm Đạo luật chống độc quyền của Nhật Bản, thì nhà điều hành đó có thể phải chịu lệnh nộp phạt hành chính bằng tiền.

3. KINH NGHIỆM BẢO HỘ TSTT TRÊN MÔI TRƯỜNG SỐ TẠI NHẬT BẢN

Việc hoàn thiện các quy định về TSTT trong pháp luật Nhật Bản có thể được điều chỉnh từ 3 khía cạnh: (1) Bảo vệ thông tin cá nhân dựa trên các nguyên tắc cơ bản và quy định chung về tính minh bạch; (2) tuân thủ quá trình xử lý thuật toán tự động được sử dụng trong thương mại hóa TSTT trên nền tảng kỹ thuật số nhằm đảm bảo sự cân bằng cần thiết; và (3) thiết lập các yêu cầu đối với báo cáo nhằm nâng cao tính minh bạch và thúc đẩy cạnh tranh lành mạnh trên thị trường.

Gần đây, Chính phủ Nhật Bản đã công bố Chương trình kế hoạch xúc tiến sở hữu trí tuệ 2022 vào ngày 03/06/2022. Chương trình đưa ra các chính sách và kế hoạch hành động, nội dung về việc thúc đẩy quá trình thực thi, tạo lập, bảo vệ và khai thác TSTT một cách tập trung và có hệ thống, với các chiến lược cụ thể, bao gồm: (1) củng cố hệ sinh thái sở hữu trí tuệ cho các doanh nghiệp khởi nghiệp và trường đại học; (2) tăng cường cơ chế thúc đẩy đầu tư, sử dụng sở hữu trí tuệ và tài sản vô hình; (3) thúc đẩy sử dụng chiến lược theo tiêu chuẩn quốc tế; (4) cải thiện môi trường phân phối và sử

dụng dữ liệu để hiện thực hóa xã hội kỹ thuật số; (5) xây dựng chiến lược cho nội dung số; (6) tăng cường sử dụng TSTT của các doanh nghiệp vừa và nhỏ, khu vực địa phương và trong các lĩnh vực nông nghiệp, lâm nghiệp và thủy sản; (7) tăng cường hệ thống hoạt động và cơ sở hạ tầng nguồn nhân lực để hỗ trợ sử dụng TSTT; (8) xem xét khởi động lại Cool Nhật Bản sau khi đại dịch coronavirus mới (Covid-19) được kiểm soát[2].

Dựa vào đó, JPO lên chiến lược sở hữu trí tuệ cạnh tranh bằng cách tạo ra các rào cản gia nhập đối với các loại TSTT; đồng thời, thiết lập chiến lược sở hữu trí tuệ sáng tạo mang tính cộng tác, nhằm thúc đẩy quan hệ đối tác thông qua việc mở rộng phạm vi đối tượng sở hữu trí tuệ. Đơn cử như các TSTT như bằng sáng chế, kiểu dáng thiết kế hay nhãn hiệu, tên thương mại mang lại lợi thế cạnh tranh cho các doanh nghiệp trong xây dựng và phát triển các sản phẩm số, phổ biến nhất là kinh doanh thương mại trên các nền tảng số hóa, gọi tắt là kinh doanh điện tử. Kinh doanh điện tử đề cập đến việc sử dụng công nghệ thông tin để tạo thuận lợi cho các quy trình kinh doanh.

Những năm gần đây, các TSTT tại Nhật Bản bắt đầu xu hướng chuyển dần sang nền tảng số hóa (Abbott và cộng sự, 2019). Các doanh nghiệp giao dịch TSTT có thể sử dụng công nghệ thông tin và truyền thông liên lạc với các tổ chức Chính phủ, nhà cung cấp và khách hàng để mua bán hàng hóa và dịch vụ trực tuyến. Ngoài ra, các TSTT cũng có thể được kiểm tra, quản lý, thống kê tự động hóa dưới hình thức các quy trình kinh doanh, quản lý tài nguyên và thực hiện các chính sách kinh doanh trong tiếp thị, nhân sự và tài chính.

Bản quyền được cấp tự động khi nội dung được tạo trên hệ thống của Văn phòng Bản quyền Nhật Bản, trực thuộc Cục Văn hóa, Bộ Giáo dục, Văn hóa, Khoa học và Công nghệ Nhật Bản. Không giống như Hoa Kỳ và các quốc gia khác cho phép sử dụng hợp lý mà không được phép trong một số trường hợp nhất định, tại Nhật Bản, việc chia sẻ thứ cấp tài liệu có bản quyền bị cấm nếu không có sự đồng ý của chủ sở hữu quyền. Một trong những tác phẩm công nghệ nhận được nhiều sự quan tâm tại Nhật Bản là bản gốc của phần mềm. Ở đây, bản gốc phần mềm được hiểu là một bộ hướng dẫn sẽ được sử dụng trong thiết bị máy tính để mang lại một kết quả cụ thể, có thể được bảo vệ và cấp phép dưới dạng TSTT. Sau đó, bằng bảo hộ có thể được cấp li-xăng chuyển nhượng.

Hoạt động cấp li-xăng TSTT trên môi trường số cũng nhận được sự quan tâm từ Chính phủ Nhật Bản. Theo nội dung Hội nghị Liên hợp quốc về thương mại và phát triển (UNCTAD), dịch vụ cấp phép TSTT (li-xăng) trên nền tảng thương mại số, bao gồm: (1) Dịch vụ li-xăng quyền sử dụng nhãn hiệu và nhượng quyền thương mại; (2) Dịch vụ li-xăng quyền sử dụng sản phẩm R&D; (3) Dịch vụ cấp giấy phép sử dụng bản gốc giải trí, văn học nghệ thuật; (4) Dịch vụ cấp giấy phép sử dụng thăm dò, đánh giá khoáng sản; (5) Dịch vụ li-xăng quyền sử dụng các sản phẩm sở hữu trí tuệ khác như: phương án kiến trúc công trình, kiểu dáng công nghiệp; (6) Dịch vụ cấp phép quyền sử dụng cơ sở dữ liệu. Qua đó, JPO sẽ phối hợp với các doanh nghiệp tham gia vào hoạt động cấp phép li-xăng nói riêng và bảo hộ sở hữu trí tuệ nói chung. Cụ thể, JPO thiết lập các đường dây báo cáo và thực hiện các hoạt động được phối hợp chặt chẽ với một số doanh nghiệp tiến hành các hoạt động sở hữu trí tuệ một cách độc lập.

Hay trong lĩnh vực sức khỏe kỹ thuật số, Nhật Bản công nhận phần cứng, phần mềm, các chương trình thiết bị chăm sóc sức khỏe y tế, văn bản và hình ảnh y khoa dưới hình thức bảo hộ sáng chế, nếu các sản phẩm đáp ứng về tính mới, trình độ sáng tạo và khả năng áp dụng công nghiệp; đồng thời không trái với trật tự công cộng và đạo đức.

Ngoài ra, việc áp dụng các công nghệ mới như thiết bị thực tế ảo (VR) và thực tế tăng cường (AR), thiết bị đeo cảm ứng sức khỏe và trí tuệ nhân tạo giúp người tiêu dùng tiếp cận gần gũi hơn với thương mại đa trải nghiệm đang khá phát triển thông qua trải nghiệm khách hàng trên nhiều loại công nghệ và nền tảng dưới các phương thức thông dụng như hình ảnh, giọng nói, cảm ứng và văn bản sống động (El Miedany, 2018). Đây là một trong những chính sách nhằm khuyến khích việc áp dụng công nghệ thông tin trong thời đại 4.0, cụ thể là khuyến khích các cá nhân, tổ chức tìm tòi, sáng tạo thêm nhiều phương thức trao đổi mới qua môi trường số, thúc đẩy thương mại toàn cầu.

Trong hoạt động tư pháp, Nhật Bản số hóa các thủ tục tố tụng trong xử lý các vụ kiện vi phạm bằng sáng chế. Hệ thống tòa án Nhật Bản xây dựng theo phương thức phân cấp. Ngoài Tòa án Quận (Osaka hoặc Tokyo), Tòa án cấp cao (Osaka hoặc Tokyo) và Tòa án tối cao thì Tòa án cấp cao về sở hữu trí tuệ (IP High Court) là tòa án chuyên giải quyết các vụ việc liên quan đến sở hữu trí tuệ (Tilt, 2021). Tòa án cấp cao về sở hữu trí tuệ Nhật Bản đã xây dựng nền tảng dữ liệu từ những năm 1969 đến nay, tranh chấp phân thành các loại quyền TSTT như sau: Bằng sáng chế; mô hình tiện ích/giải pháp hữu ích; Nhãn hiệu; Bản quyền; Cạnh tranh không lành mạnh và các quyền khác. Đối với các vụ tranh chấp phức tạp cần kết quả thẩm định từ JPO thông qua cơ chế hội đồng, gồm các thẩm nghiệm viên có kinh nghiệm trong lĩnh vực liên quan để thực hiện xem xét, đánh giá.

Hiện nay, pháp luật về thuế tại Nhật Bản quy định mức thuế suất đối với các hoạt động liên quan đến tài sản mã hóa trên môi trường số, dựa trên thu nhập thực tế của nhà đầu tư. Theo đó, mức thấp nhất là 5% và cao nhất là 45% tính trên lợi nhuận thu được. Ngoài ra, nhà đầu tư còn phải nộp thuế cư trú (inhabitant tax) tương ứng với 10% lợi nhuận thu được cho chính quyền địa phương. Bên cạnh thuế, khía cạnh xuất nhập khẩu thông qua hải quan cũng được Chính phủ Nhật Bản quy định trong Luật hải quan Nhật Bản 2018. Theo đó, cơ quan hải quan có

[2] Cool Japan là một sáng kiến nhằm tăng cường hơn nữa mối quan hệ giữa Nhật Bản và các quốc gia khác trong các lĩnh vực về kinh tế, văn hóa và ngoại giao.

thẩm quyền áp dụng các biện pháp tạm dừng làm thủ tục hải quan đối với hàng hóa có dấu hiệu nghi ngờ xâm phạm quyền sở hữu trí tuệ và kiểm tra, giám sát để ngăn chặn hàng hóa xuất, nhập cảnh.

4. HÀM Ý KHUYẾN NGHỊ CHO VIỆT NAM

Dựa trên mối hợp tác giữa Việt Nam và Nhật Bản, một số đơn vị nghiên cứu của Nhật Bản đã không ngừng hỗ trợ nước ta thông qua những dự án công nghệ. Nhiều dự án đã được triển khai tại các địa phương, đơn cử như trong suốt những năm vừa qua, Chính phủ Nhật Bản và Cục Sở hữu trí tuệ Việt Nam đã phối hợp nhiều dự án công nghệ nhằm phát triển TSTT nói chung và sở hữu công nghiệp tại Việt Nam nói riêng (Nam, 2023). Giai đoạn 12/1999 - 06/2004, dự án Hiện đại hóa quản trị sở hữu công nghiệp (MOIPA)[3]. Cục Sở hữu trí tuệ Việt Nam phối hợp với Chính phủ Nhật Bản chính thức khởi động dự án MOIPA – Dự án Hiện đại hóa Quản trị Sở hữu công nghiệp được xây dựng nhằm cải tiến công nghệ xử lý đơn sở hữu công nghiệp và hạn chế sai sót trong quá trình xử lý đơn vào năm 2000. Thành công của dự án MOIPA đã đặt nền móng cho hoạt động tích hợp dữ liệu khoa học công nghệ và chuyển đổi số mà Cục Sở hữu trí tuệ Việt Nam xây dựng cho quá trình chuyển đổi số. Từ năm 2005 cho đến nay, Nhật Bản đã liên tục hỗ trợ Việt Nam trong các dự án liên quan đến phát triển TSTT. Giai đoạn 01/2005 - 03/2009, dự án Ứng dụng thông tin sở hữu trí tuệ tại Việt Nam (UTIPINFO)[4]. Giai đoạn 06/2012 - 03/2017, dự án Tăng cường thực thi quyền sở hữu trí tuệ tại Việt Nam[5]. Theo đó, Bản ghi nhớ hợp tác giữa Cục Sở hữu trí tuệ, Bộ Khoa học và Công nghệ và JPO đã được ký vào tháng 10/2014. Từ Bản ghi nhớ hợp tác, một số thành tựu được ghi nhận như trong lĩnh vực chỉ dẫn địa lý với Cục Công nghiệp thực phẩm Nhật Bản (FIAB), Cục Sở hữu trí tuệ Việt Nam đã cấp chứng nhận chỉ dẫn địa lý cho thịt bò Kagoshima Wagyu vào ngày 25/12/2020, hay hồng khô Ichidagaki vào ngày 14/06/2021. Ngược lại, JPO đã cấp chứng nhận chỉ dẫn địa lý cho vải thiều Lục Ngạn vào ngày 12/03/2021. Giai đoạn 05/2021 - 03/2023, dự án Nâng cao năng lực xử lý đơn sở hữu công nghiệp tại Cục Sở hữu trí tuệ[6]. Bên cạnh hỗ trợ sửa đổi, bổ sung quy chế thẩm định sáng chế và xây dựng các tài liệu về quản lý chất lượng cho hoạt động thẩm định sáng chế, dự án cũng tập trung triển khai đào tạo các thẩm định viên sáng chế, góp phần tích cực trong việc nâng cao năng lực giám sát, thẩm định của nhà quản lý TSTT tại Việt Nam. Ngoài ra, từ tháng 03/2022 đến tháng 03/2023, dự án Củng cố việc thực thi quyền sở hữu trí tuệ ở Việt Nam được Viện Văn hóa Nghệ thuật quốc gia Việt Nam đề xuất và nhận được sự hỗ trợ của Quỹ quốc tế vì Đa dạng văn hóa của UNESCO[7]. Bên cạnh đó, từ năm 2005 đến năm 2019, Nhật Bản mời các diễn giả giàu kinh nghiệm chia sẻ những thông tin hữu ích tới Việt Nam thông qua 8 buổi Hội thảo. Trong đó, "Bảo vệ và thực thi quyền sở hữu trí tuệ trong thời đại công nghiệp 4.0" diễn ra vào tháng 10/2019 tại Hà Nội và TP.HCM đã chia sẻ những kinh nghiệm xử lý các vấn đề mới phát sinh từ trí tuệ nhân tạo, bao gồm các chủ đề sở hữu trí tuệ mới, chủ thể quyền sở hữu trí tuệ, thực thi quyền sở hữu trí tuệ trên môi trường số.

Về mặt hỗ trợ hợp tác, Nhật Bản đã triển khai đào tạo đội ngũ nguồn nhân lực trong lĩnh vực TSTT, cung cấp tài liệu (cẩm nang) liên quan đến quản lý hàng hóa, công nghệ trên thị trường cho các cơ quan chức năng của Việt Nam để sử dụng trong đào tạo và thực hành kiểm soát hàng giả và nâng cao năng lực, nghiệp vụ chuyên môn. Gần đây, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 319/QĐ-TTg ngày 29/3/2023 phê duyệt "Đề án chống hàng giả và bảo vệ người tiêu dùng trong thương mại điện tử đến năm 2025" nhằm tăng cường quản lý thị trường hàng hóa trong nước. Trước đó, Tổng cục Quản lý thị trường ban hành Quyết định số 888/QĐ-TCQLTT ngày 22/03/2021 về Kế hoạch đấu tranh phòng chống hàng giả, không rõ nguồn gốc xuất xứ và xâm phạm quyền sở hữu trí tuệ giai đoạn từ năm 2021 đến 2025. Hiện nay, pháp luật sở hữu trí tuệ tại Việt Nam đã thiết lập cơ bản những quy định liên quan đến TSTT trên nền tảng kỹ thuật số đối với hành vi sao chép (khoản 10, Điều 4); quyền tài sản (điểm đ khoản 1 Điều 20); sưu tập dữ liệu (khoản 2 Điều 22); hành vi xâm phạm quyền tác giả (khoản 13 Điều 28); hành vi xâm phạm các quyền liên quan (khoản 6, khoản 8 Điều 35); phương thức đăng ký xác lập quyền sở hữu công nghiệp (khoản 3 Điều 89). Tuy nhiên, trước tình hình tội phạm công nghệ cao, tình trạng hàng giả và nhu cầu thương mại trên không gian số của các loại TSTT trong thời gian tới, Việt Nam vẫn cần xây dựng và hoàn thiện hơn nữa cơ sở bảo hộ TSTT trên môi trường số.

Một là, sửa đổi quy định về định nghĩa tác phẩm văn học, nghệ thuật dân gian tại khoản 1 Điều 23 theo hướng bổ sung nền tảng kỹ thuật số. Cụ thể "tác phẩm văn học, nghệ thuật dân gian là sáng tạo tập thể trên nền tảng truyền thống của một nhóm hoặc các cá nhân..." đổi thành "tác phẩm văn học, nghệ thuật dân gian là sáng tạo tập thể trên nền tảng truyền thống hoặc nền tảng kỹ thuật số của một nhóm hoặc các cá nhân..." Ngoài ra, nhiều vụ tranh chấp chưa có hồi kết liên quan đến vấn đề về quyền ghi công của tác giả đối với tác phẩm. Đơn cử như vụ tranh chấp cho hành vi ký tên lên tranh chép của họa sĩ Phạm Hồng Minh đối với 2 tác phẩm tranh vẽ của họa sĩ Lê Thế Anh. Qua đó, quyền ghi công cũng là một khía cạnh mà Việt Nam có thể xem xét bổ sung quy định trong pháp luật sở hữu trí tuệ hiện hành nói chung và luật quyền tác giả nói riêng.

Hai là, ghi nhận quy định về quyền tiếp cận, sử dụng dữ liệu liên quan đến TSTT trên môi trường số trong một số môi trường công cộng như: Thư viện quốc hội (Thư viện số) và hệ thống thư viện công cộng (Thư viện quốc gia Việt Nam, Thư viện khoa học tổng hợp TP.HCM, Thư viện Thành phố Hà Nội,...).

[5] Mục tiêu nâng cao hiệu quả thực thi quyền sở hữu trí tuệ nói chung và trên không gian mạng nói riêng.

Ba là, xây dựng và hoàn thiện nền tảng giao dịch trực tuyến đáp ứng những nhu cầu về thương mại TSTT. Với thông điệp "Openlive NFT là nơi lưu giữ và bảo tồn di sản văn hóa Việt", Công nghệ Openlive NFT của Việt Nam là nền tảng giao dịch phi tập trung, trong đó, NFT là một loại tài sản kỹ thuật số, duy nhất và chỉ thuộc về 1 chủ sở hữu, được đảm bảo an toàn và minh bạch qua nền tảng chuỗi khối. Để giao dịch NFT, người sử dụng cần OPV Token, dự kiến thị trường sẽ phát triển có tính khoản cao, thanh toán nhanh và thay đổi cách thức giao dịch trong tương lai. NFT có thể được giao dịch trực tuyến (mua, bán, trao đổi) dưới hình thức tiền điện tử. Tác phẩm The First 5000 Days được bán với giá 69.3 triệu Đô la, Zombie Crypto Punk được bán với giá 6.6 triệu Đô la,... Các giao dịch tài sản kỹ thuật số sẽ được giao dịch thông qua nền tảng Sàn giao dịch sở hữu trí tuệ Openlive NFT Marketplace. Tuy nhiên, bất lợi là giới hạn quyền sở hữu của người có nhu cầu tiếp cận vì chỉ có chủ sở hữu NFT mới có quyền đối với tài sản kỹ thuật số này. Sản phẩm của NFT có thể là đoạn phim, hình ảnh, tác phẩm nghệ thuật, trò chơi, âm nhạc,…

Hiện nay, ngoài chợ công nghệ Việt Nam Techmart, TP.HCM cũng xây dựng riêng chợ thiết bị công nghệ trên cổng Techport.vn với cơ quan chủ quản là Sở Khoa học và công nghệ TP.HCM. Tại Nhật Bản, bản quyền được cấp tự động khi nội dung được tạo trên hệ thống của Văn phòng Bản quyền Nhật Bản. Nước ta nên thiết lập cơ chế cấp bằng bảo hộ trực tuyến, thí điểm là bằng bảo hộ quyền tác giả gắn với tác phẩm, nhãn hiệu và tên thương mại. Cùng với đó, Việt Nam cần thiết lập các quy định chặt chẽ hơn cho hành vi sử dụng đối với nhãn hiệu, tên thương mại liên quan trên nền tảng kỹ thuật số, đơn cử như nội dung về việc gắn nhãn hiệu, tên thương mại bằng phương tiện điện tử hoặc từ tính.

Bốn là, xây dựng quyền cơ sở dữ liệu về TSTT. Dữ liệu lớn và thông tin cá nhân có giá trị kinh tế quan trọng, cần có sự bảo vệ pháp lý phù hợp cho cả bên cung cấp và bên sử dụng thông tin. Tuy nhiên, các nền tảng kỹ thuật số có thể gây tác động bất lợi cho các cá nhân và xã hội nếu chúng không hoạt động tối ưu, phù hợp. Bên cạnh những lợi ích mang lại, thực hiện bảo hộ TSTT trên nền tảng kỹ thuật số lại dễ bị ảnh hưởng bởi tác động người dùng, gây những ảnh hưởng xấu đến thị trường như độc quyền do hiệu ứng mạng, các vấn đề tiềm ẩn bao gồm sự thiếu minh bạch và công bằng của các giao dịch, phân phối nội dung vi phạm, xử lý sai dữ liệu và thông tin cá nhân, cũng là những lo ngại cần thiết..

Để sẵn sàng cho quá trình chuyển đổi số quốc gia và xa hơn là phát triển đô thị thông minh, Việt Nam có thể tham khảo Đạo luật Cải thiện tính minh bạch và công bằng của các nền tảng kỹ thuật số 2020 Nhật Bản (TFDPA). Một trong những giải pháp được khuyến nghị cơ bản là việc đăng ký chứng chỉ SSL cho tên miền nhằm xác nhận tính an toàn và uy tín của tên miền trên không gian số.

Năm là, xây dựng Tòa án chuyên trách cấp tỉnh và cấp cao về sở hữu trí tuệ trong tương lai để phục vụ giải quyết những tranh chấp về các loại TSTT có tính phức tạp và đòi hỏi chuyên môn cao. Nâng cao sự chuyên nghiệp trong thủ tục hòa giải, thủ tục khởi kiện và thi hành án với các tranh chấp liên quan đến quyền sở hữu trí tuệ nói chung và TSTT trên nền tảng số nói riêng. Hơn nữa, xem xét vận dụng cơ chế hội đồng cho các loại hình TSTT nhằm đảm bảo tính công bằng, cải thiện và nâng cao nền tảng nhân sự ngành tư pháp trong lĩnh vực sở hữu trí tuệ.

Sáu là, ban hành những quy định về thuế suất đối với giao dịch TSTT, đặc biệt là giao dịch thương mại có yếu tố nước ngoài. Trong giai đoạn đầu, nước ta chỉ nên thiết lập mức thuế suất trên tinh thần khuyến khích, hỗ trợ hoạt động thương mại TSTT. Khi thị trường đã đi vào ổn định, Chính phủ và cơ quan thuế mới nên đánh thuế TSTT với mục tiêu đảm bảo công bằng giữa các đối tượng chịu thuế và gia tăng nguồn ngân sách quốc gia. Sự liên kết giữa cơ quan sở hữu trí tuệ, cơ quan thuế, cơ quan hải quan và các cơ quan kiểm tra, giám sát khác cần có sự phối hợp nhịp nhàng, tránh giải quyết công việc trùng lặp, gây mất thời gian cho các cá nhân, doanh nghiệp.

5. KẾT LUẬN

Nhìn chung, bài viết đã tập hợp những quy định pháp luật cơ bản của Nhật Bản về bảo hộ TSTT trên môi trường số và phân tích những kinh nghiệm thực tế của Nhật Bản trong quá trình kinh doanh, thương mại điện tử. Từ đó đúc kết một số kiến nghị cho Việt Nam nhằm xây dựng và hoàn thiện khung pháp lý sở hữu trí tuệ nói chung và bảo hộ TSTT trên môi trường số nói riêng.

TSTT là một trong những lĩnh vực nhận được sự quan tâm của Chính phủ Nhật Bản. Nhật Bản đã ban hành nhiều Đạo luật liên quan đến bảo hộ TSTT trên nền tảng kỹ thuật số. Việc thiết lập các quy định giúp cá nhân, tổ chức hoạt động trên lãnh thổ Nhật Bản dễ dàng áp dụng pháp luật, tạo điều kiện thu hút nguồn vốn đầu tư nước ngoài và hỗ trợ cơ quan nhà nước trong thực thi pháp luật. Việt Nam có thể tham khảo kinh nghiệm của Nhật Bản về bảo hộ TSTT trên môi trường số để áp dụng trong xây dựng chính sách và hoàn thiện khung pháp lý về quyền sở hữu trí tuệ.

Tuy nhiên, nhìn nhận tổng quan bài viết vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế. Đầu tiên, các quy định trong pháp luật sở hữu trí tuệ của Nhật Bản được tác giả tìm hiểu thông qua những văn bản quy định công bố công khai trên các trang điện tử Chính phủ Nhật Bản. Tác giả chưa có cơ hội liên hệ để kiểm tra những văn bản pháp luật đã được sử dụng trong bài viết là bản cập nhật mới nhất hay chưa, cũng như có văn bản nào bị thay thế hay hủy bỏ gần đây không. Thứ hai, tác giả cho rằng nội dung về kinh nghiệm của Nhật Bản trong bảo hộ TSTT trên môi trường số có thể phân tích sâu sát và mở rộng hơn, nếu có thời gian nghiên cứu và khảo sát thực tiễn tại địa phương. Thứ ba, phạm vi không gian nghiên cứu của bài viết chỉ đang tập trung ở Nhật Bản, tác giả chưa có những tìm hiểu và phân

tích quy định bảo hộ TSTT trên môi trường tại các quốc gia trong khu vực Châu Á, để so sánh và đưa ra đánh giá một cách khách quan nhất. Đây là các hạn chế có thể nhận thấy, các nghiên cứu sau nên khắc phục để nội dung bài viết đạt chất lượng cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Abbott, F. M., Cottier, T. and Gurry, F. (2019). International intellectual property in an integrated world economy (Fourth edition). Published: New York Wolters Kluwer, 997p.

[2] Aujirapongpan, S., Songkajorn, Y., Ritkaew, S. and Deelers, S. (2020). Japan's digital advance policy towards performance in multilateral ASEAN's innovation business. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 8(1), pp.1081-1094. https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8.1(72)

[3] Carolina, N. R., Gustavo, A. A. P., Diego, F. L. B. and Carlos, A. T. R. (2021). Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society. Sustainability, 13(6567). https://doi.org/10.3390/su13126567

[4] Đạo luật Cạnh tranh Nhật Bản, ban hành ngày 14/04/1947.

[5] Đạo luật Hải quan Nhật Bản số 61, ban hành ngày 02/04/1954, sửa đổi, bổ sung năm 2018.

[6] Đạo luật Sáng chế Nhật Bản số 121, ban hành ngày 13/04/1959, đã được sửa đổi 3 lần, lần sửa đổi gần nhất là Đạo luật số 3, ban hành ngày 17/05/2019.

[7] Đạo luật Nhãn hiệu Nhật Bản số 127, ban hành ngày 13/04/1959, đã được sửa đổi 3 lần, lần sửa đổi gần nhất là Đạo luật số 3, ban hành ngày 12/07/2019.

[8] Đạo luật Mô hình tiện ích Nhật Bản số 123, ban hành ngày 13/04/1959, sửa đổi 3 lần, lần sửa đổi gần nhất là Đạo luật số 3, ban hành ngày 01/04/2019.

[9] Đạo luật Thiết kế Nhật Bản số 125, ban hành ngày 13/04/1959, sửa đổi 3 lần, lần sửa đổi gần nhất là Đạo luật số 3, ban hành ngày 17/05/2019.

[10] Đạo luật Bản quyền Nhật Bản số 48, ban hành ngày 06/05/1970, đã được sửa đổi 50 lần, lần sửa đổi gần nhất là Đạo luật số 70, ban hành ngày 06/07/2018.

[11] Đạo luật Hạt giống và bảo hộ giống cây trồng Nhật Bản số 83, ban hành ngày 29/05/1998, đã được sửa đổi 3 lần, lần sửa đổi gần nhất là Đạo luật số 37, ban hành ngày 01/01/2021.

[12] Đạo luật Nhật Bản số 137 năm 2001 - (Đạo luật về Giới hạn trách nhiệm pháp lý đối với thiệt hại của các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông được chỉ định và tiết lộ thông tin người gửi).

[13] Đạo luật Cải thiện tính minh bạch và công bằng của các nền tảng kỹ thuật số Nhật Bản, ban hành ngày 27/05/2020 và có hiệu lực kể từ ngày 01/02/2021.

[14] El Miedany, Y. (2019). Virtual Reality and Augmented Reality. Rheumatology Teaching, pp.403-427. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98213-7_20

[15] Futoshi, Y. and Hiroshi, K. (2007). Impact of the Intellectual Property System on Economic Growth: Fact-Finding Surveys and Analysis in the Asian Region. WIPO - UNU Joint Research Project (Country Report - Japan). Available at https://www.wipo.int/export/sites/www/about-ip/en/studies/pdf/wipo_unu_07_japan.pdf

[16] Hiroki, I., Teruyuki, B. and Masatsugu, T. (2020). Disruptive Technology: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. Chapter 77: Impact of ICT on innovation: the case of Japanese SMEs, Information Resources Management Association, pp.1624-1651. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9273-0.ch077

[17] Kohei, S. (2021). A Study of Transparency Provisions in Digital Platform Regulations: A Comparison of EU and Japanese Law. Journal of Information and Communications Policy, 5(1), pp.145-166.

[18] Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam số 50/2005/QH11, ban hành ngày 29/11/2005, sửa đổi 3 lần, lần sửa đổi gần nhất là Luật số 07/2022/QH15, ban hành ngày 16/06/2022.

[19] Nam, N. H. (2023). Dữ liệu số tài sản trí tuệ: Từ xây dựng đến quản trị. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Truy cập tại https://vjst.vn/vn/tin-tuc/7554/du-lieu-so-tai-san-tri-tue--tu-xay-dung-den-quan-tri.aspx

[20] Patvakan, G. (2021). Protection of Intellectual Property Rights in Digital Content Trade. Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). Available at https://www.apec.org/docs/default-source/Publications/2021/9/Protection-of-Intellectual-Property-Rights-in-Digital-Content-Trade/221_CTI_Protection-of-Intellectual-Property-Rights-in-Digital-Content-Trade.pdf

[21] Rafik, H. and Hilmil, P. (2022). A Survey of Intellectual Property Rights Protection in Big Data Applications. Algorithms, 15(11). https://doi.org/10.3390/a15110418

[22] Toshiko, T. (2009). Success or Failure? Japan's National Strategy on Intellectual Property and Evaluation of Its Impact from the Comparative Law Perspective. Washington University Global Studies Law Review, 8(2), pp.382-383.

[23] Toshiya, W. and Yuji, T. (2017). New Intellectual Property Supporting Digital Transformation: Vital Knowledge and Strategies for Data Utilization. Available at https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_06/issues/index.html

[24] Tilt, D. (2021). Comparative Perspectives on Specialised Intellectual Property Courts: Understanding Japan's Intellectual Property High Court Through the Lens of the US Federal Circuit. Asian Journal of Comparative Law, 16(2), pp.238-258. https://doi.org/10.1017/asjcl.2021.17

[25] Tsukasa, A. and Christoph, R. (2022). Regulation of Digital Platforms and the Digital Economy in Japan. GRUR International, 71(10), pp.980-995.

[26] Takamitsu, S., Toshiya, F. and Takashi, H. (2022). The Intellectual Property and Antitrust Review: Japan. Available at https://thelawreviews.co.uk/title/the-intellectual-property-and-antitrust-review/japan#footnote-045

[27] United Nations Conference on Trade and Development (2021). Manual for the Production of Statistics on the Digital Economy. United Nations. Available at https://unctad.org/system/files/official-document/dtlstict2021d2_en.pdf

MỘT SỐ CÔNG NGHỆ NỔI BẬT CỦA TÀU CAO TỐC SHINKANSEN

Nguyễn Chí Đạt

Sở Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

Email: ncdat.sgtvt@tphcm.gov.vn, nguyenchidat@gmail.com

NGUYỄN CHÍ ĐẠT

Tác giả từng là kỹ sư thiết kế cầu đường tham gia các dự án giao thông có vốn vay ODA Nhật Bản, hiện là chuyên viên thuộc Sở Giao thông vận tải có nhiệm vụ theo dõi, tham mưu về lĩnh vực đường sắt, các dự án hỗ trợ kỹ thuật và các dự án vốn vay ODA Nhật Bản. Tác giả đã đạt Chứng chỉ đào tạo chuyên nghiệp về Kỹ thuật đường sắt, đồng thời đang làm nghiên cứu sinh với đề tài phát triển đường sắt đô thị tại Thành phố Hồ Chí Minh.

https://www.linkedin.com/in/dat-chi-nguyen-35ba28169

TÓM TẮT:

Nhật Bản là nước đầu tiên đưa tàu cao tốc vào sử dụng trên thế giới, kéo theo sự phát triển của công nghệ tàu cao tốc. Các công nghệ tiên tiến được trang bị trên tàu cao tốc Shinkansen (sau đây viết tắt tàu Shinkansen) thể hiện rõ nét nền khoa học kỹ thuật phát triển cao của Nhật Bản. Đây là những công nghệ để giúp đoàn tàu vận hành an toàn, tiết kiệm năng lượng, giảm khí thải, giúp hành khách thoải mái, phát triển kết cấu bền vững và hài hòa với môi trường xung quanh. Bài viết cung cấp cái nhìn về tổng quan các thế hệ tàu Shinkansen, các công nghệ xây dựng nên tên tuổi tàu Shinkansen và tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam.

Từ khóa: *Nhật Bản, đường sắt cao tốc, tàu Shinkansen, công nghệ, tiên tiến.*

1. GIỚI THIỆU

Trước nhu cầu bùng nổ về giao thông khi nền kinh tế phục hồi và phát triển mạnh mẽ sau chiến tranh, vào năm 1958 chính phủ Nhật Bản quyết định xây dựng một tuyến đường sắt mới khổ tiêu chuẩn nối giữa hai thành phố Tokyo và Osaka [1]. Sau hàng loạt nghiên cứu và thử nghiệm, vào năm 1964 tuyến đường sắt cao tốc đầu tiên trên thế giới và tàu Shinkansen ra đời, đã mở ra một cuộc đua mới về phát triển tàu cao tốc trên thế giới. Theo sau Nhật Bản, các quốc gia khác lần lượt phát triển tàu cao tốc vào các năm 1981 (Pháp), 1988 (Ý), 1991 (Đức), 1992 (Tây Ban Nha), 2003 (Trung Quốc), 2004 (Hàn Quốc),...[2].

Tàu Shinkansen ảnh hưởng sâu sắc đến các khái niệm về tàu cao tốc trên thế giới. Tốc độ vận hành đầu tiên của tàu Shinkansen được UIC (Liên minh đường sắt quốc tế) lấy làm tiêu chuẩn định nghĩa tàu cao tốc: tốc độ ≥ 200km/h [3], [4]. Đồng thời, một trong các quy định đầu tiên về tải trọng trục tàu Shinkansen (hiện nay đã không còn áp dụng) đã được các quốc gia phát triển tàu cao tốc về sau lấy làm tiêu chí thiết kế: tải trọng trục ≤ 17 tấn [5]. Sau khi thế hệ đầu tiên ra đời, các thế hệ tàu Shinkansen tiếp theo liên tục có bước cải tiến, phát triển để giảm tải trọng tàu, nâng cao độ an toàn, tăng hiệu suất sử dụng năng lượng và đặc biệt tăng tốc độ chạy tàu (Bảng 1) [1], [6], [7].

Khi so sánh với các đoàn tàu có tốc độ lớn hơn 300kmh trên thế giới, tàu Shinkansen có các ưu điểm vượt trội về tải trọng trục, năng lực chuyên chở và hiệu suất tiêu thụ năng lượng.

Tàu Shinkansen có tải trọng trục nhẹ nhất (13 tấn) sẽ làm giảm tải trọng xuống kết cấu bên dưới như đường ray, nền đường, cầu

https://doi.org/10.15625/vap.2024.0314

Bảng 1. Một số thông số chính của các thế hệ tàu Shinkansen

Thế hệ Shinkansen	Năm bắt đầu hoạt động	Cấu hình đoàn tàu*	Chiều dài đoàn tàu (m)	Chiều rộng (m)	Số ghế	Tải trọng trục (T)	Công suất động cơ (kW)	Tốc độ vận hành (km/h)
0	1964	16M	400.3	3.38	1391	16	185	210
200	1982	12M	300.3	3.38	885	16.4	230	210
100	1985	12M4T	402.1	3.38	1321	15	230	220
300	1992	10M6T	402.1	3.38	1323	12	300	270
400	1992	6M1T	148	2.95	399	13	210	240
E1	1994	6M6T	302	3.38	1235	17	410	240
500	1997	16M	404	3.38	1324	11.7	285	300
E2	1997	6M2T	201.4	3.38	630	13	300	275
E3	1997	4M2T	128.2	2.95	338	12.3	300	275
E4	1997	4M4T	201.4	3.38	817	16	420	240
E3-1000	1999	5M2T	148.7	2.95	402	12.2	300	275
700	1999	12M4T	404.7	3.38	1323	11.4	275	285
700-7000	2000	6M2T	204.7	3.38	571	11.4	275	285
E2-1000	2002	8M2T	251.4	3.38	814	13	300	275
800	2004	6M	154.7	3.38	378	11.4	275	260
N700	2007	14M2T	404.7	3.36	1323	11.4	305	300
E3-2000	2008	5M2T	148.7	2.95	394	12.5	300	275
500-7000	2008	8M	204	3.38	557	11	275	285
800-1000	2009	6M	154.7	3.38	378	11.4	275	260
E5	2011	8M2T	253	3.35	723	13	300	320
N700-7000	2011	8M	204.7	3.36	546	11.4	305	300
E6	2013	5M2T	148.7	2.95	332	10.9	300	320
N700A	2013	14M2T	404.7	3.36	1323	11.4	305	300
E3-700	2014	6M2T	128.2	2.95	143	12.3	200	275
E7/W7	2014	10M2T	302	3.38	912	11.3	300	260
H5	2016	8M2T	253	3.35	723	13	300	320
N700S	2020	14M2T	404.7	3.36	1323	11.4	305	300
E8	2024	5M2T	148	2.95	355	11	300	300

(*) M: toa động cơ; T: toa kéo theo.

hay hầm. Điều này sẽ làm giảm khối lượng xây dựng của nền đường, móng cầu, móng hầm và giảm chi phí xây dựng, giảm chi phí bảo dưỡng. Năng lực chuyên chở tàu Shinkansen cao nhất khi chở đến 723 khách cho đoàn tàu 10 toa và hiệu quả nhất khi chỉ cần công suất khoảng 13kW để chuyên chở 01 hành khách (Bảng 2) [8].

Ở phần tiếp theo, bài viết sẽ làm rõ hơn các ưu điểm, công nghệ tiên tiến được trang bị trên tàu Shinkansen. Đây cũng là các nội dung chủ yếu được các quốc gia khác tham khảo khi muốn tiếp nhận hoặc tự phát triển công nghệ đường sắt cao tốc. Nếu Việt Nam muốn từng bước tự chủ về công nghệ tàu đường sắt cao tốc, các trung tâm nghiên cứu và đào tạo, nhà máy công nghiệp, công ty đường sắt tại Việt Nam cần phải thấu hiểu, nắm bắt được các nguyên lý thiết kế, phương pháp chế tạo các công nghệ này.

2. MỘT SỐ CÔNG NGHỆ NỔI BẬT CỦA TÀU SHINKANSEN

2.1 Mũi tàu

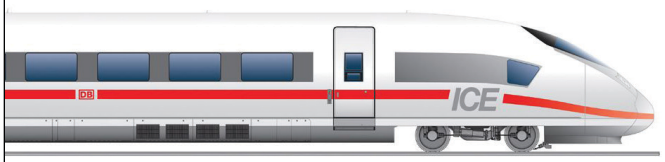
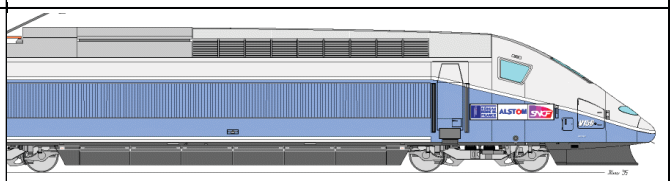
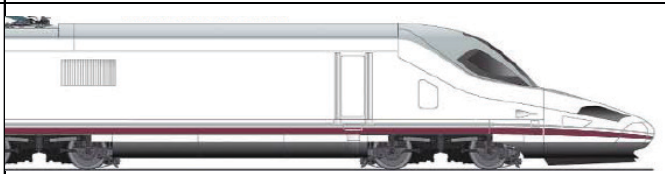
Bảng 2. Các thông số chính tàu cao tốc vận hành trên 300km/h trên thế giới [8]

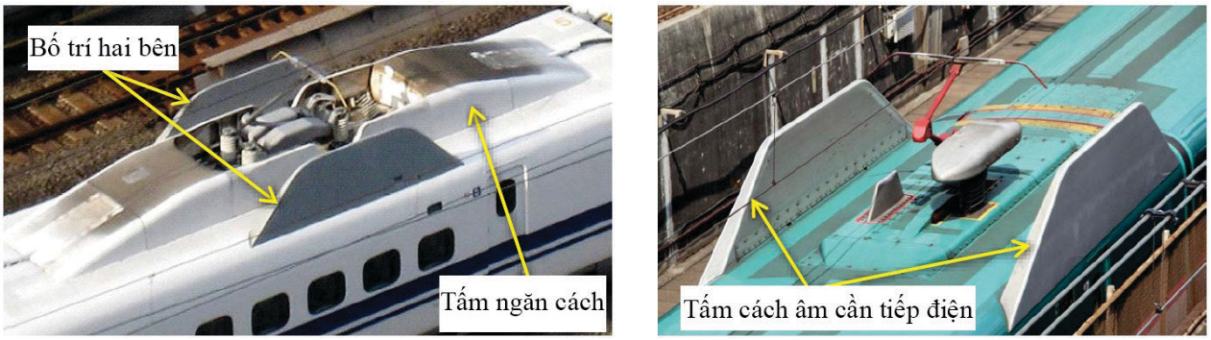
Đoàn tàu tiêu biểu	Nhật Bản	Đức	Pháp	Tây Ban Nha	Ý	Trung Quốc
	Shinkansen E5	ICE 3/ Velaro	TGV POS /EST	Talgo 350	Frecciarossa 1000	CR400 AF
Dạng động lực	Phân tán	Phân tán	Kéo-Đẩy	Kéo-Đẩy	Phân tán	Phân tán
Đoàn tàu điển hình	10 toa	8 toa	10 toa	14 toa	8 toa	8 toa
Cấu hình đoàn tàu*	8M2T	4M4T	2L8T	2L12T	4M4T	4M4T
Đặc điểm riêng **	T		A	A, T		
Chiều dài (m)	253	200,84	200,2	200,25	202	209
Chiều rộng (m)	3,35	2,95	2,904	2,96	2,924	3,36
Số ghế	723	444	357	365	457	576
Tải trọng trục (T)	13	17	17	17	17	17
Tổng công suất động cơ (kW)	9600	8000	9280	8000	9800	9750
Tốc độ vận hành (km/h)	320	320	320	330	300	350
Cự ly tim đường (m)	4.3	4.5	4.5	4.7	5	5

(*) L: Đầu máy kéo (đẩy); M: toa động cơ; T: toa kéo theo.

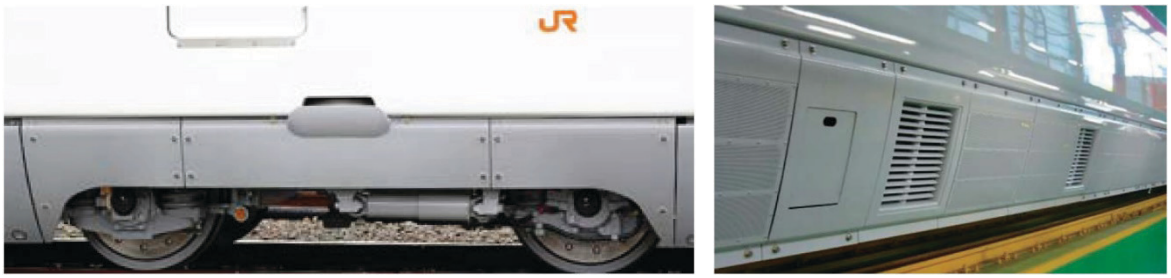
(**) A: Giá chuyển hướng nối khớp; T: tàu tự nghiêng.

Bảng 3. Hình dáng các đoàn tàu cao tốc vận hành trên 300km/h trên thế giới [8]

Đoàn tàu	Xuất xứ	Hình dáng	Chiều dài mũi tàu (m)
Shinkansen E5/H5	**Nhật Bản**		**15**
ICE 3/ Velaro	**Đức**		6
TGV POS/ EST	**Pháp**		6.5
Talgo 350	**Tây Ban Nha**		6.9
Frecciarossa 1000/ Zefiro V300	**Ý**		6
CR400 AF	**Trung Quốc**		9



Hình 1. Tấm chắn ồn cần tiếp điện



Hình 2. Tấm chắn ồn cho giá chuyển hướng tàu N700S và E5

Vào những năm 1930s và 1940s Nhật Bản đã thiết kế, lên kế hoạch xây dựng một số hầm để phục vụ cho tuyến đường sắt cao tốc (có diện tích mặt cắt ngang hầm khoảng 64m^2) và công việc xây dựng hầm được tái khởi động sau khi kết thúc chiến tranh vào những năm 1950s đến 1960s [9]. Thiết kế tàu shinkansen phải bảo đảm vận hành an toàn khi thông qua các hầm này, trong đó có phần mũi tàu.

Thiết kế tàu Shinkansen có mũi tàu thuôn dài nhất so với các tàu vận hành trên 300km/h. Đặc điểm này giúp tàu Shinkansen có thể hoạt động gần nhau hơn (thu hẹp khoảng cách tim hai đường sắt - Bảng 2) và trong điều kiện có tiết diện đường hầm nhỏ hơn. Điều này làm giảm chi phí đầu tư xây dựng hạ tầng (Bảng 3).

Không chỉ có hình dạng khí động học, mũi tàu dài còn có hiệu quả trong việc giảm ồn khi tàu vận hành ở tốc độ cao.

2.2 Giảm tiếng ồn

Để giảm thiểu tiếng ồn, tàu Shinkansen có các thiết kế tiên phong như tấm chắn gió cho cần tiếp điện, tấm che giá chuyển hướng, che phủ toàn bộ khớp nối giữa các toa. Đồng thời, các tấm che này cũng làm giảm sức cản gió khi tàu vận hành ở tốc độ cao [10], [11], [12], [13] (Hình 1, 2, 3).

2.3 Khung vỏ tàu

Khung vỏ tàu được cấu tạo từ 2 lớp nhôm, giữa 2 lớp có hệ giàn rỗng. Cấu tạo này vừa hấp thụ tiếng ồn, tăng cường tính cứng cáp của thân vỏ, đồng thời giúp giảm khối lượng tàu [14] (Hình 4).

Hình 3. Che phủ khớp nối giữa các toa

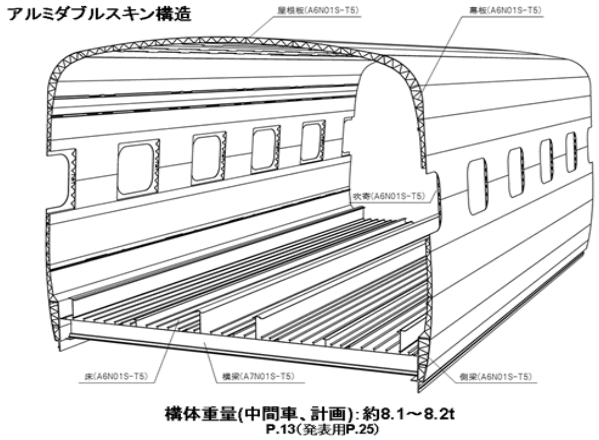
2.4 Hệ thống giảm rung lắc

Sau thành công của hệ thống giảm rung lắc bán chủ động, hiện nay các tàu Shinkansen thế hệ mới đã trang bị giảm rung lắc chủ động hoàn toàn, làm giảm rung động, tăng tối đa sự thoải mái cho hành khách [15] (Hình 5).

3. AN TOÀN

Tàu Shinkansen nổi tiếng thế giới vì chưa từng xảy ra tai nạn làm thương vong, trong khi các tàu cao tốc ở các quốc gia khác đã gặp phải (Pháp, Anh, Đức, Ý, Tây Ban Nha, Trung Quốc) [1].

Không dừng lại ở đó, dù chỉ ghi nhận một lần đoàn tàu bị trật bánh do động đất vào năm 2004, tàu Shinkansen đã



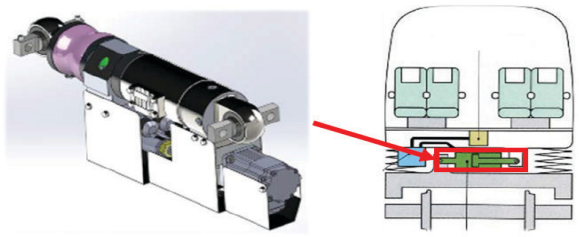
Hình 4. Cấu tạo lớp vỏ thân tàu hai lớp nhôm

phát triển hệ thống cảnh báo động đất hiệu quả và thiết kế ngăn cản đoàn tàu rời xa đường ray trong trường hợp trật bánh.

3.1 Cảnh báo động đất

Hệ thống các địa chấn kế được bố trí dọc bờ biển. Khi xảy ra động đất, địa chấn kế sẽ ghi nhận sóng sơ cấp, phát tín hiệu về trạm biến áp cung cấp điện, nguồn điện sẽ tự động ngắt. Đoàn tàu khi phát hiện nguồn điện bị ngắt sẽ kích hoạt hãm khẩn cấp để dừng tàu [16] (Hình 6.a).

Liên tiếp cải tiến để tăng hiệu quả hệ thống cảnh báo này, từ tháng 3 năm 2024 đã áp dụng cách tính toán mới,



Hình 5. Trang bị hệ thống giảm rung lắc chủ động hoàn toàn

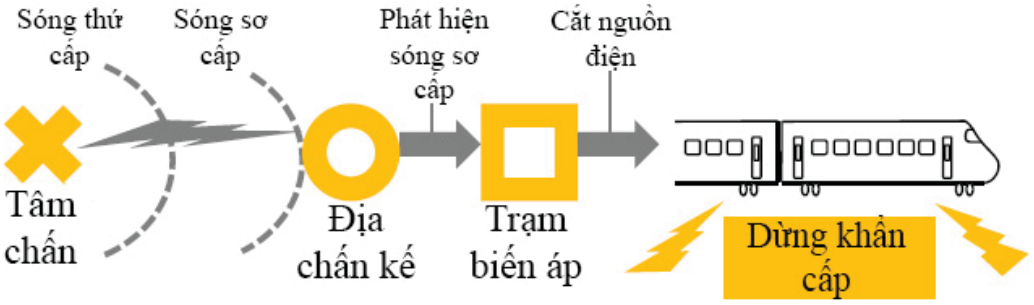
chỉ mất 1,3 giây để nhận biết động đất, phát lệnh hãm tàu sớm nhằm giảm thiểu thiệt hại gây ra với tàu Shinkansen [17] (Hình 6.b).

3.2 Chống rời đường ray khi trật bánh

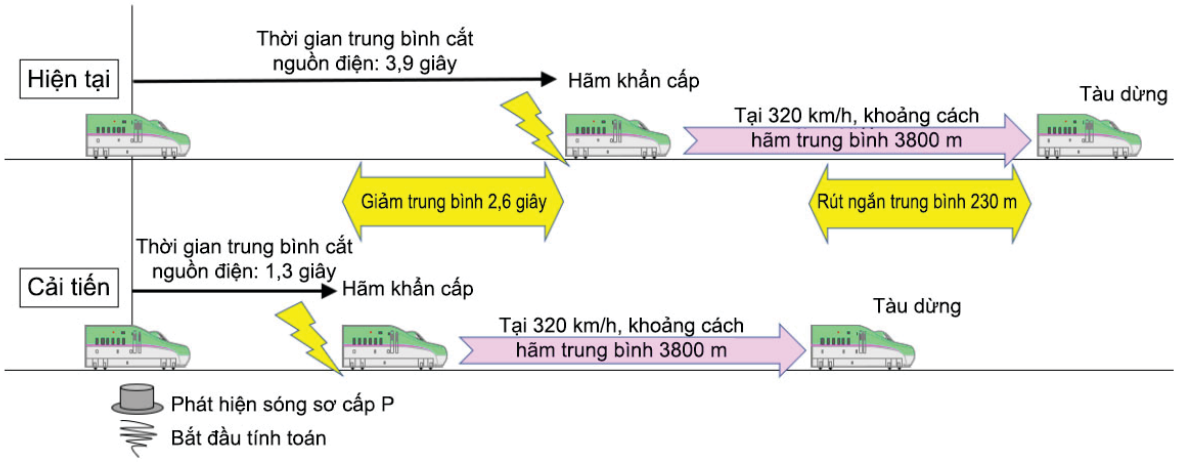
Trong trường hợp có động đất làm trật bánh, một thiết kế tấm thép dạng chữ "L" được gắn ở mặt dưới giá chuyển hướng, để ngăn tàu rời xa đường ray khi xảy ra trật bánh, tránh nguy cơ bị lật tàu [18] (Hình 7).

4. XUẤT KHẨU RA THẾ GIỚI

Hiện nay tàu Shinkansen đã được khai thác tại Đài Loan từ năm 2007, trên tuyến đường sắt dài 350km nối từ Đài Bắc đến Cao Hùng. Vào thời điểm đó, liên danh sử dụng công nghệ Shinkansen Nhật Bản đã thắng thầu liên danh của Alstom và Siemens. Thống kê đến năm 2019



a) Nguyên lý bảo vệ



b) Phương pháp cải tiến mới để rút ngắn thời gian cảnh báo động đất

Hình 6. Cơ chế bảo vệ tàu Shinkansen khi có động đất

Hình 7. Tấm thép chữ "L" gắn ngoài trục bánh ngăn tàu rời xa đường ray

trước khi xảy ra đại dịch COVID-19, đường sắt cao tốc đã chuyên chở hơn 67 triệu lượt khách, gấp hơn 4 lần so với năm đầu tiên khai thác [19].

Ấn Độ bắt đầu triển khai xây dựng tuyến đường sắt cao tốc Mumbai - Ahmedabad dài 508km vào năm 2020. Công nghệ sử dụng trên tuyến hoàn toàn là công nghệ Shinkansen Nhật Bản, đoàn tàu dự kiến là thế hệ E5 với tốc độ vận hành 320km/h [20].

Là quốc gia có mạng lưới đường sắt cao tốc lớn nhất hiện nay và trong thời kỳ đầu tiếp thu công nghệ đường sắt cao tốc trên thế giới, Trung Quốc đã học hỏi từ công nghệ Nhật Bản. Trong thế hệ đoàn tàu mang tên Hexie (có công nghệ từ các nước Nhật Bản, Đức, Pháp, Canada), số lượng tàu cao tốc của Trung Quốc biến thể từ tàu Shinkansen E2 lên tới 330 đoàn tàu (CRH2A, CRH2B, CRH2C, CRH2E, CRH2G, CRH2-380A, CRH380AL, CRH380AN) có số lượng nhiều nhất, chiếm đến 1/3 số lượng đoàn tàu cao tốc Hexie tại Trung Quốc [21].

5. TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG Ở VIỆT NAM

5.1 Hợp tác giữa Nhật Bản và Việt Nam trong lĩnh vực đường sắt

Trong lĩnh vực đường sắt nói chung, Nhật Bản đã hỗ trợ kỹ thuật và vốn vay hỗ trợ phát triển chính thức (ODA) cho Dự án nâng cao an toàn cầu đường sắt trên tuyến Hà Nội - Thành phố Hồ Chí Minh; Các tuyến đường sắt đô thị như tuyến số 1 Ngọc Hồi - Yên Viên, tuyến số 2 Nam Thăng Long - Trần Hưng Đạo ở Hà Nội, tuyến số 1 Bến Thành - Suối Tiên ở Thành phố Hồ Chí Minh; Hỗ trợ thành lập các Công ty vận hành và quản lý đường sắt đô thị,.. [22], [23]. Đây là tiền đề để các công ty thiết kế, công ty xây dựng công trình đường sắt, công ty quản lý đường sắt tại Việt Nam làm quen và bắt nhịp với đường sắt hiện đại.

Trong lĩnh vực đường sắt cao tốc, Nhật Bản đã nhiều lần hỗ trợ kỹ thuật lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam, với chiều dài tuyến hơn 1500km, nối từ Thủ đô Hà Nội đến Thành phố Hồ Chí Minh [21].

Các công ty sản xuất đầu máy toa xe đường sắt của Việt Nam hiện nay còn nhiều hạn chế về kỹ thuật, công nghệ, máy móc, thiết bị. Tuy nhiên, cùng với sự hợp tác với các công ty Nhật Bản, các công ty của Việt Nam đã dần nâng cao năng lực sản xuất, có thể chế tạo các bộ phận của đường sắt hiện đại, cũng như cho đường sắt Shinkansen [24], [25].

5.2 Thuận lợi và thách thức

Điều kiện địa hình Việt Nam trải dài theo hướng Bắc - Nam, các thành phố có dân cư trên 1 triệu người nằm cách nhau từ 100 km trở lên (Hà Nội - Hải Phòng: 120 km, Hà Nội - Đà Nẵng: 770 km, Tp. Hồ Chí Minh - Cần Thơ: 160 km, Tp. Hồ Chí Minh - Đà Nẵng: 860 km), rất phù hợp phát triển các tuyến đường sắt tốc độ cao.

Việt Nam có đội ngũ lao động trẻ, ham học hỏi, có lợi thế tiếp thu kỹ thuật, công nghệ nhanh. Tuy nhiên trình độ nguồn nhân lực còn chưa đáp ứng được đòi hỏi của công nghệ đường sắt cao tốc.

Nền công nghiệp sản xuất, công nghiệp phụ trợ cho đường sắt nói chung và đường sắt cao tốc nói riêng tại Việt Nam còn nhiều hạn chế, Việt Nam rất cần hợp tác và nhận chuyển giao công nghệ từ các nước có nền công nghiệp đường sắt cao tốc phát triển cao như Nhật Bản.

Việc đầu tư và xây dựng đường sắt cao tốc đòi hỏi nguồn vốn lớn, cần sự tham gia đa dạng của nhiều nguồn vốn: vốn đầu tư công, vốn vay ODA, vốn trái phiếu, vốn huy động từ chính dự án (đấu giá đất, đấu giá kinh doanh dịch vụ), vốn tư nhân,…

5.3 Một số giải pháp phát triển đường sắt cao tốc tại Việt Nam

Nghiên cứu hoàn thiện cơ sở pháp lý cho đường sắt cao tốc, tương tự Luật phát triển đường sắt Shinkansen của Nhật Bản.

Hợp tác phát triển nguồn nhân lực đường sắt tốc độ cao thông qua đào tạo trực tiếp và đào tạo gián tiếp qua các dự án, đề nghị Nhật Bản hỗ trợ nghiên cứu tuyến đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam [26].

Khuyến khích các công ty, doanh nghiệp Việt Nam hợp tác sâu rộng với các công ty, doanh nghiệp Nhật Bản trong lĩnh vực công nghiệp đường sắt. Việt Nam có thể trở thành cơ sở sản xuất, chi nhánh sản xuất của các công ty Nhật Bản trong lĩnh vực công nghiệp đường sắt [27].

Tìm cách thức mới, đổi mới tư duy trong đầu tư xây dựng đường sắt cao tốc. Phát triển mô hình TOD kết hợp đường sắt cao tốc và đường sắt đô thị. Thu lại các giá trị tăng thêm từ đất và dịch vụ xung quanh các ga đường sắt. Trao quyền quyết định và chịu trách nhiệm cho đối tác công - tư.

6. LỜI KẾT

Bài viết đã giới thiệu sơ lược về các thế hệ tàu cao

tốc Shinkansen và một số công nghệ đặc trưng. Đây đều là các đặc điểm tiên tiến, thể hiện công nghệ ưu việt của Nhật Bản trang bị cho hệ thống đường sắt cao tốc. Những công nghệ thiết kế đoàn tàu này nhằm đạt hiệu quả tối đa về chuyên chở, êm thuận, sử dụng năng lượng tối ưu, đồng thời mang tính bền vững cho kết cấu và môi trường xung quanh. Để có thể phát triển đường sắt tốc độ cao ở Việt Nam, chúng ta không chỉ cần thiết học hỏi từ các nước tiên phong, đặc biệt là các mô hình quản lý, kỹ thuật, công nghệ, kinh nghiệm của Nhật Bản, mà còn cần hợp tác theo hướng các bên cùng có lợi để có thể phát triển bền vững công nghiệp đường sắt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Shimomae. T, "Birth of the Shinkansen - The Origin Story of the World-First Bullet Train", Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2022.

[2] UIC, "High-speed around the world - Historical, geographical, and technological development", International Union of Railways - Paris, 2023.

[3] Luật phát triển đường sắt Shinkansen toàn quốc (Nhật Bản), Điều 2 Chương 1, 18/5/1970 (chỉnh sửa cập nhật 18/12/2002)

[4] Bản tin UIC (Online), "The definition of High Speed Rail", 26/4/2018. Truy cập tại: https://www.uic.org/com/enews/nr/596-high-speed/article/the-definition-of-high-speed-rail (Accessed: Feb 14, 2023).

[5] Railway Bureau (MILT), "Technical Regulatory Standards on Japanese Railways (Rolling Stock)", Japan Railway Technical Service, p67, 2013.

[6] UIC, "Atlas High-Speed Rail 2023", International Union of Railways - Paris, 2023.

[7] Straszak. A, Tuch. R, "The Shinkansen High-speed Rail Network of Japan", International Institute for Applied Systems Analysis, Proceedings of an IIASA Conference, June 27-30, 1977.

[8] Nguyễn Chí Đạt, "Đường sắt tốc độ cao và một số công nghệ đặc trưng", Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 6 năm 2021.

[9] Shigeru. O, "A History of Railway Tunnels in Japan", Japan Railways & Transport Review No. 66, Oct 2015.

[10] Mitsumoji. T, Ikeda. M, Sueki. T, Usuda. T, Fukagata.K, "Giảm tiếng ồn cần tiếp điện", Railway Research Review, Vol 75 No.7, 07/2018.

[11] Giới thiệu đường sắt JR Tokai (Online) "Các điểm cải tiến của tàu N700S". Truy cập tại: https://railway.jr-central.co.jp/n700s/ (Accessed: Feb 14, 2023).

[12] Sakata. S, Muto. D, Oku. T, Tanii. Y, Hirose. S, Okuma. K, "Công nghệ tàu cao tốc hiện nay và thiết kế tàu tạo ra giá trị mới", Hitachi Review, Vol.92 No.02, 2010.02.

[13] Minh họa giới thiệu kỹ thuật, "Thiết kế tàu Shinkansen thế hệ E5 tuyến Tohoku cho tốc độ tối đa và êm thuận vận hành với mục tiêu tốc độ 320km/h", Kawasaki News 164, p8-9, 2011.10.

[14] Hiệp hội nhôm Nhật Bản, mục Toa xe, "Thông tin kỹ thuật đường sắt Đông Nhật Bản - Tổng quan tàu E7/W7 cho tuyến Hokuriku". Truy cập tại: https://www.aluminum.or.jp/railway_vehicle/meeting/12/1201.html (Accessed: Feb 14, 2023).

[15] Fukushima. T, "Tổng quan về Tokaido Shinkansen N700S", Công ty JR Tokai, 30/9/2021.

[16] Cục đường sắt (MLIT), "Shinkansen Japanese High-speed rail". Truy cập tại: https://www.mlit.go.jp/en/tetudo/tetudo_fr2_000000.html (Accessed: Feb 14, 2023)

[17] Công ty Đường sắt Đông Nhật Bản (JR East), 05/12/2023.

[18] Koizumi. S, "Advance in Railway Vehicle Technology and Future Prospects Mainly in Relation to Bogie", Nippon Steel & Sumitomo Metal Technical Report No.105, 2013.12.

[19] Website đường sắt cao tốc Đài Loan (Online), "Tình hình vận tải", Truy cập tại: https://corp.thsrc.com.tw/corp/9571df11-8524-4935-8a46-0d5a72e6bc7c (Accessed: Feb 14, 2023).

[20] Website Công ty đường sắt quốc gia Ấn Độ (Online). Truy cập tại: https://www.nhsrcl.in/index.php/en/project/project-highlights (Accessed: Feb 14, 2023).

[21] Website tổ hợp xe điện động lực hiệu Hòa Hài (Online). Truy cập tại: https://baike.baidu.com/item/%E5%92%8C%E8%B0%90%E5%8F%B7%E7%94%B5%E5%8A%9B%E5%8A%A8%E8%BD%A6%E7%BB%84/23722123 (Accessed: Feb 14, 2023).

[22] Website Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA). Truy cập tại : https://www.jica.go.jp/vietnam/vietnamese/activities/projectmap.html (Accessed: Feb 14, 2023).

[23] Website Báo điện tử Chính phủ (Online). Truy cập tại: https://baochinhphu.vn/khanh-thanh-du-an-nang-cao-an-toan-cau-duong-sat-bac-nam-102197042.htm (Accessed: Feb 14, 2023).

[24] Bộ Giao thông vận tải, Tờ trình số 1281/TTr-BGTVT ngày 14/02/2019 về Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi Dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam.

[25] Website Đảng Cộng sản Việt Nam (Online), "Công ty Cổ phần Xe lửa Dĩ An hướng tới tầm cao mới". Truy cập tại: https://dangcongsan.vn/kinh-te-va-hoi-nhap/cong-ty-co-phan-xe-lua-di-an-huong-toi-tam-cao-moi-489249.html (Accessed: Feb 14, 2023).

[26] Website Báo điện tử Chính phủ (Online). Truy cập tại: https://baochinhphu.vn/de-nghi-nhat-ban-ho-tro-viet-nam-nghien-cuu-xay-dung-duong-sat-cao-toc-bac-nam-102230113202618936.htm (Accessed: Feb 14, 2023).

[27] Website Công ty Kyosan Kogyo (Online). Truy cập tại: http://www.kyosankogyo.co.jp/ (Accessed: Feb 14, 2023).