

宇都宮大学 地域創生推進機構
イノベーション支援センター イノベーション部門

令和6年度 活動成果報告書

1. 令和6年度 非常勤研究員研究成果報告書
2. 令和6年度 招聘外国人研究者事業報告書
3. 令和6年度 海外派遣若手研究者事業報告書

令和6年度 非常勤研究員研究成果報告書

Development and application of fluorescent surfactants for the study of intermolecular interactions in biomimetic systems

Jamuna KANNAN (Postdoctoral)

宇都宮大学 イノベーション支援センター イノベーション部門

jamuna@cc.utsunomiya-u.ac.jp

(指導教員) Ken-ichi IIMURA (教授), Yuna KIM (助教)

宇都宮大学工学部基盤工学科 emlak@cc.utsunomiya-u.ac.jp

1. Introduction

Organic fluorophores have received great attention due to their widespread application in the fields of chemical sensors, organic light-emitting diodes, and biological applications. Fluorescent surfactants, which contain fluorescent molecules incorporated within their structures, and possess both hydrophilic and hydrophobic offer unique advantages and applications due to their ability to emit light when excited by a particular wavelength, which uses sensing and detection, bio-imaging, drug delivery. Surfactant-based self-assemblies have attracted great attention in the last two decades owing to their important role in biomimetic systems and material science such as proteins, DNA interaction, and peptides, possessing the ability to penetrate cell membranes. Studying self-organized structures formed by surfactants plays a crucial role in understanding their behavior in different environments. [1]

There is a wide range of commercially available fluorescent surfactants using various fields of applications that are fluorescein, Rhodamine, BODIPY, Nile Red, coumarin-based surfactants, and lipid NBD (7-nitrobenz-2-oxa-1,3-diazol-4-yl), which is conjugated to various lipid molecules to create fluorescently labeled lipid probes with certain limitations such as stability, limited solubility, compatibility issues, manufacturing challenges, biocompatibility, toxicity, and cost considerations concerns. [2] Organic surfactants, derived from carbon-based compounds, hold significant importance over other types of surfactants for several reasons, biodegradability and environmental impact, milder and safer formulations, versatility and compatibility, customization and tailoring. In recent years imidazole-based surfactants are cationic, anionic, and non-ionic surfactants are developed to avoid the mentioned limitations that play vital roles in many applications such as labels for biomolecules drug delivery systems, biomedical applications, nanotechnology, electronics, and high-performance coatings. [3]

This study focused on a development of new fluorescent imidazole-based organic surfactants with variable electro-negativity and studies their self-assembly behavior with a bio-mimic system analogous to organic surfactants such as sodium dodecyl sulfate (SDS), sodium dodecylbenzene sulphonate (SDBS), and sodium bis (2-ethylhexyl) sulfosuccinate (AOT). We examined the photophysical and morphological changes using a fluorescence spectrometer and scanning electron microscopy (SEM).

2. Experimental section

Synthesis of compound 3,3'-(10-phenyl-8b,10-dihydro-9H-pyreno[4,5-d]imidazole (IMPYDZs)

Ammonium acetate (1 g) was added to 50 ml of glacial acetic acid and stirred well, then substituted

aldehyde (0.5 g) was added and stirred well until completely dissolved. After that, a mixture of pyrene dione (0.5 g) and was slowly added the color of the solution changed to orange and the resulting solution was heated and refluxed. The reaction was allowed until the color of the reaction mixture changed from bright orange to pale yellow. The mixture was then cooled to room temperature and ice-cold water was used to quench the reaction; the immediately yellow precipitate IMPYDZs was formed. The residue was washed three times with water and hexane and collected yield (80-82 %).

Synthesis of compound 3,3'-(10-phenyl-8b,10-dihydro-9H-pyreno[4,5-d]imidazole-11-ium-9,11-diy)bis(propane-1-sulfonate) SPYs

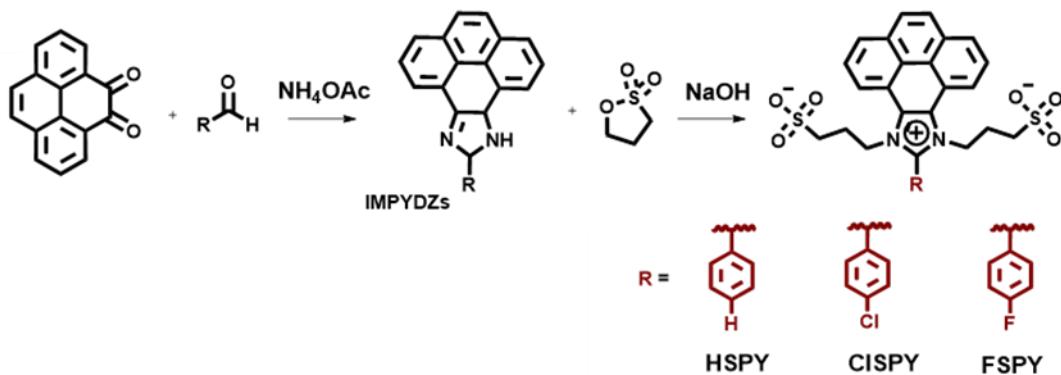
10 mL of DMF and 0.5 g of IMPYDZs were added into the 100 mL round bottom flask. Then sodium hydroxide 0.06 g was added into the flask and 0.38 g of 1,3-propane sultone was added drop by drop into the flask under stirring at 10 °C for 24 h. After that reaction, the liquid was transferred to 50 mL of acetone followed by the addition of 0.5 ml of HCl under stirring to obtain a greenish-yellow SPYs solid. After filtration and washing with three times water and acetone, the pure pale-yellow solid was collected at 85%.

Methods and Instrumentation

The ^1H , ^{13}C NMR spectra were recorded on a Varian-500 & 400 MHz Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer (Japan Electronics JNM-ECS400) NMR spectrometer in DMSO-d_6 solvent using TMS (tetramethyl silane) as internal standard. The mass spectral analysis was performed by Matrix-Assisted Laser Deionization Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometer (Bruker Daltonics autoflex maX).

3. Results and discussion

Scheme 1a shows the schematic synthetic route for synthesizing fluorescence chromophore SPYs. The synthesis of the target probes is a two-step reaction. The first step is to react 4,5-pyrene dione with the substituted aldehydes to provide the imidazole compound IMPYDZs. The second step is to react compound IMPYDZs with 1,3-propane sultone followed by the acidic treatment to give a target probe, SPYs.



Scheme 1: a) Synthetic route of zwitterionic SPYs derivatives.

Optical studies of SPYs with surfactants

The initial emission studies of SPYs were carried out in ethanol and water. In ethanol, sharp and shorter wavelength emission peaks have appeared at 383, 404, and 427 nm which likely originated from the SPYs monomers. The free single-bond rotation or intramolecular rotations are mainly responsible for the shorter wavelength, in the diluted state. In a water medium excimer emission peak was formed at 480 nm with low intensity along with the monomeric emission peaks, due to the self-aggregation formed via loosely or less stable. The initial studies confirmed the SPYs self-assembly behavior in water.

To study the intermolecular interaction with surfactants, the three anionic surfactants (SDS, SDBS, and AOT) with diverse head groups, critical micelle concentration (CMC), and hydrocarbon tails, were selected. The influence of surfactants and their concentration on the fluorescence characteristics of SPYs were investigated by emission spectra. The emission spectra of SPYs coupled with surfactants have changed dramatically, with enhanced fluorescence intensity at 480-500 nm and the absence of a pyrene monomer peak. Emission studies revealed luminescent aggregates are strengthened by surfactants through strong electrostatic interaction along with π - π interactions, making a dramatic increment of emission properties.

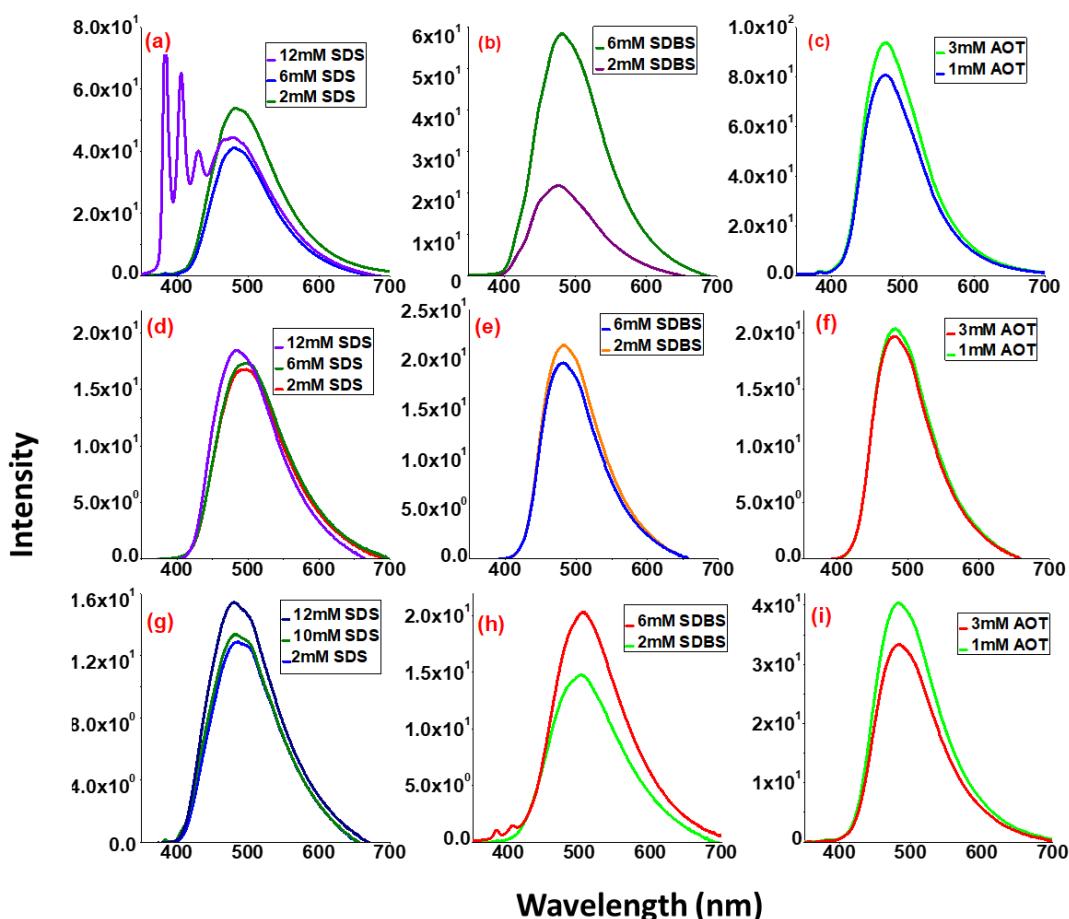


Figure 1: Emission spectra (a)-(c) HSPY (d)-(f) ClSPY (g)-(i) FSPY in three surfactants concentrated water medium (50 μ M of SPYs used, $\lambda_{exc}= 282$ nm)

Morphological changes of SPYs induced by surfactants

To investigate the morphological changes of the self-assembly regulated by surfactant structure, the aggregates are characterized by SEM technique with the presence and absence of surfactants.

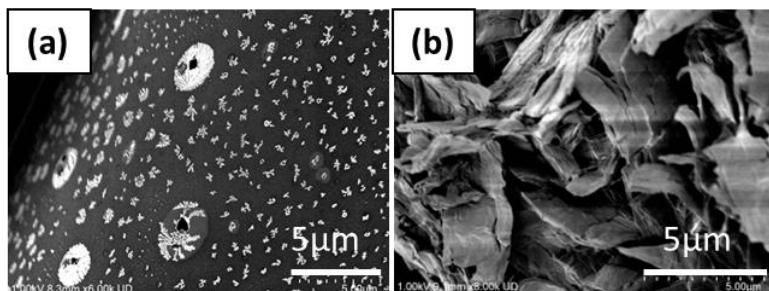


Figure 2: SEM images of aggregates of (a) HSPY and (b) HSPY-AOT.

In Figure 2, as examples, SEM images observed for (a) HSPY film drop-casted on silicon wafer from its aqueous dispersion and (b) a residue filtered from a HSPY-AOT aqueous solution. The SEM images revealed that SPYs without surfactants formed irregular shapes like those shown in Figure 2(a), whereas SPYs with surfactants assembled into micro structures like those shown in Figure 2b. This phenomenon of morphology transformation from irregular aggregation structures to regular micro rods, plates, and layered structures demonstrates that surfactants successfully regulated the self-assembly integration.

4. Conclusion

In conclusion, we designed and synthesized a series of novel imidazolium-functionalized pyrene salts SPYs with various electronegativity. And thoroughly investigated the influence of the surfactant structure. The emission behavior of SPYs could be tuned to intense green fluorescence by controlling the aggregates by surfactants structure and its CMC. These studies provided valuable insights into molecular behavior in simplified systems, these results serve as a foundation for future investigations into more complex biomimetic systems.

5. Acknowledgement

I would like to express my gratitude for the 3C fund research grants provided by the Collaboration Department for Innovation, Center for Industry-University Innovation Support, Utsunomiya University, Japan.

6. References

- [1]. Liu, Y., Man, X., et al., *CCS Chem*, **2022**, 4, 214–227. [2]. Ameri, M., T., Elkington, D. C., et al., *ACS Appl Mater Interfaces*, **2019**, 11, 10088. [3]. Hayashi, K., et al., *J. Phys. Chem. B*, **2021**, 125, 6192.

赤外光重合の高効率化と自己形成自動光接続の展開に関する研究

寺澤 英孝（非常勤研究員）

宇都宮大学 イノベーション支援センター イノベーション部門

terasawa@cc.utsunomiya-u.ac.jp

（指導教員）杉原 興浩（卓越教授）

宇都宮大学 大学院地域創生科学研究科 oki-sugihara@cc.utsunomiya-u.ac.jp

1. はじめに

ネットワークインフラは現代の生活に欠かせない社会インフラであり、さらに最近では生成AIなどの新技術の活用によってデータ流通量は爆発的に増加している。爆発的なデータ流通量の増加に対応可能な低消費電力、高品質、大容量、低遅延な情報通信ネットワークの実現に向けて、シリコンフォトニクスを活用した超短距離での光配線などが注目されている [1-2]。シリコンフォトニクスは、シリコン半導体の微細加工技術を用いてシリコン基板上に受発光素子や光変調器、光導波路、光スイッチといった素子を集積する技術である。シリコンフォトニクス技術を用い、1つのシリコン基板上に光と電子の回路を形成する光電融合は、超短距離での光配線実現へ向けたキー技術である。

シリコンフォトニクスで光配線として用いられるシリコン光導波路は、コア断面サイズは数100 nmと微小である。そのため、入出射端ではスポットサイズ変換器 (SSC: Spot size converter)などによってモードフィールド径 (MFD: Mode-field diameter) を約3~4 μm程度に拡大している。しかし、シリコン光導波路と外部光部品であるシングルモード光ファイバ (SMF: Single-mode fiber)との接続においては、MFDの不整合による接続損失と、数百 nmオーダの実装精度が課題となっている。光デバイス間の接続は、電子部品とは接続原理が異なり、高精度な位置合わせが要求されることから、低損失かつ高スループットな光接続技術の確立には至っていない [3-4]。

光素子間を簡易的に接続することができる3次元光配線技術として自己形成光導波が提案されている。自己形成光導波路技術は、光硬化性樹脂中に配置した光ファイバなどから光を出射させ、光の伝搬方向に自動的に光導波路を形成することができる。また、対向配置した光ファイバの双方向からの光照射による自己形成光導波路の形成方法は光はんだと呼ばれ、軸ずれのある光素子間も自動的に接続することができる。これにより、光ファイバと受発光素子間を自己形成光導波路によって無調芯かつ低損失で接続することができる [5-12]。そこで、本研究では波長1310 nmや1550 nmといった光通信波長帯用の光デバイスに向けた、近赤外光重合開始システムを用いた自己形成光導波路を検討してきた。本報告では、近赤外光重合開始システムを用いたシリコンフォトニクスデバイス間の自己形成光導波路接続について報告する。SSCと同程度のMFDを持つ高NAファイバ (HNAF: High numerical aperture fiber)とSMF間、およびSSCを搭載したシリコンフォトニクスチップとSMF間に自己形成光導波路コアを形成し、挿入損失評価を行った。

2. 自己形成光導波路の形成原理

自己形成光導波路の形成原理を図 1(a) に示す。光硬化性樹脂中に光ファイバを挿入し、光ファイバを介して重合開始波長の光を照射する。光ファイバ先端から出た光は回折し、拡がって伝播する。そのため、光ファイバ先端の光強度の高い部分でのみ重合が起こり硬化する。硬化領域は分子密度の上昇により、屈折率が上昇する。これにより、重合体は周囲の未反応の樹脂より屈折率が高くなる。結果として、重合体がレンズのような効果を発揮し、光の収束（自己収束効果）が誘発され、重合体の先端で光エネルギー強度が上昇し再び重合が起こる。つまり、屈折率上昇による自己収束効果と光重合の繰り返しにより、重合体は均一な径で成長していく [5-12]。

光はんだによる光ファイバ間の接続原理を図 1(b) に示す。まず、光ファイバを光硬化性樹脂中で向かい合わせて配置する。両光ファイバを介して光を照射すると、両光ファイバ先端から自己形成光導波路が成長していく。光ファイバ間中心付近の、両光ファイバからの出射光が重なり合っている領域では、重なっていない領域に比べて光強度が高く、屈折率の上昇も速い。そのため、光ファイバからの出射光は、自己収束効果により屈折率の高いほうへ向かっていく。結果として、自己形成光導波路は、両ファイバ間の中心付近で、自動的に接続される [5-12]。

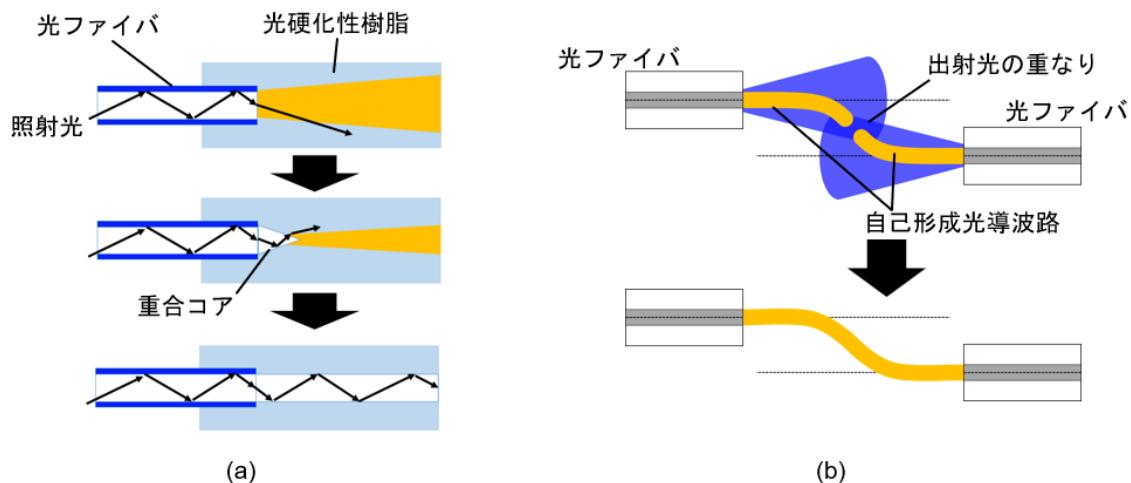


図 1. 自己形成光導波路の原理. (a) 形成プロセス, (b) 光はんだの形成プロセス

3. 実験

近赤外光重合開始システムを用いた自己形成光導波路材料は、アクリルモノマー・近赤外光吸収色素・光ラジカル重合開始剤・硬化助剤を混合して調整した。SMF と HNAF 間接続においては、ガラス製の V 溝基板に SMF と HNAF を端面間の距離 $80\mu\text{m}$ 空けて対向設置した。使用した SMF の MFD は $10.4\pm0.5\mu\text{m}$ (@1550 nm), クラッド径は $125\pm0.7\mu\text{m}$, NA は 0.14 であり, HNAF の MFD は $4.1\pm0.3\mu\text{m}$ (@1550 nm), クラッド径は $125\pm1.5\mu\text{m}$, NA は 0.35 である。それぞれ片端には FC コネクタが付いている。SMF と HNAF 間に自己形成光導波路材料を充填し、自己形成光導波路コアの形成には波長 1310 nm のレーザを使用した。レーザ光は、 1×2 分岐光ファイバカ

プラ (分岐比 50:50) を用いて SMF と HNAF に結合した。SMF 側には照射光強度調整のため可変光減衰器を挿入した。レーザの照射光強度は、SMF 側 0.9 mW, HNAF 側 1.5 mW で、2 分間照射して自己形成光導波路コアの形成を行った。

SSC 搭載のシリコンフォトニクスチップと SMF 間の接続では、ガラス基板上にシリコンフォトニクスチップを接着固定し、一方の SSC には HNAF を間隙なく突き合わせて配置し、もう一方の SSC には SMF を端面間の距離 80 μm 空けて対向設置した。SMF と HNAF の片端には FC コネクタが付いている。自己形成光導波路コアの形成には、波長 1310 nm のレーザを使用し、偏光スクランブラー、1×2 分岐光ファイバカプラ (分岐比 50:50) と接続して、SMF と HNAF に結合した。SMF 側には照射光強度調整のため可変光減衰器を挿入した。HNAF からの出射光は、SSC を介してシリコンフォトニクスチップに結合し、もう一方の SSC から出射される。この SSC からの出射光と、SMF からの出射光によって SSC-SMF 間の自己形成光導波路接続を行った。レーザの照射光強度は、SMF 側 0.9 mW, HNAF 側 2.5 mW で、1 分間照射して自己形成光導波路コアの形成を行った。SMF-HNAF 間および SSC-SMF 間接続における挿入損失測定には、波長 1550 nm のレーザを使用した。一方の FC コネクタにレーザを接続し、もう一方の FC コネクタにパワーメータを接続して測定した。空気間隙時および自己形成光導波路コア形成後の挿入損失を測定し、損失変化について検討した。

4. 結果

図 2(a) に、波長 1310 nm レーザの照射によって SMF-HNAF 間に形成した自己形成光導波路コアの顕微鏡画像を示す。SMF と HNAF 間が空気間隙の場合の挿入損失は 7.2 dB であり、自己形成光導波路コア形成後の挿入損失は 1.0 dB であった。双方向からの近赤外光の照射によって自動的にテーパ形状の自己形成光導波路コアが形成され、6.2 dB の損失改善が得られた。

図 2(b) に、波長 1310 nm レーザの照射によって SSC-SMF 間に形成した自己形成光導波路コアの顕微鏡画像を示す。SSC と SMF 間が空気間隙の場合の挿入損失は 17.6 dB であり、自己形成光導波路コア形成後の挿入損失は 10.4 dB であった。SSC-SMF 間接続においても双方向からの近赤外光の照射によって自動的にテーパ形状の自己形成光導波路コアが形成され、7.2 dB の損失改善が得られた。

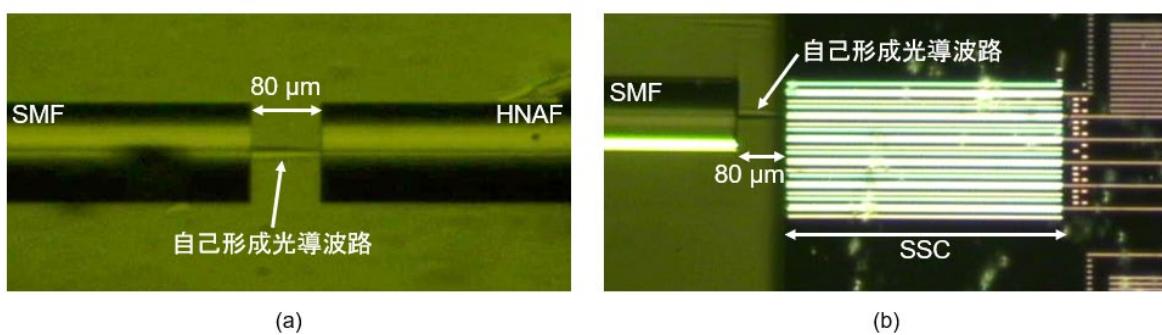


図 2. 自己形成光導波路接続の顕微鏡画像。(a) SMF-HNAF 間接続, (b) SSC-SMF 間接続。

5. 考察

SMF-HNAF 間接続において波長 1550 nm のレーザは、FC アダプタを用いて HNAF に接続し、SMF 側の FC コネクタはパワーメータに接続した。また、HNAF には MFD 変換ファイバを使用し、HNAF と SMF が Thermally-diffused Expanded Core (TEC) 融着されている。挿入損失は、FC アダプタ接続 1 か所 (~ 0.2 dB) と、TEC 融着 1 か所 (~ 0.2 dB) の損失を含み、自己形成光導波路接続部の接続損失は 1 dB 未満であると推測される。

SSC-SMF 接続では、SMF-HNAF 間接続よりも大きな損失改善が得られた。シリコンフォトニクスチップは、ウエハから個々のチップにダイシングされるため、SSC 端面の粗さは、クリーブした光ファイバ端面よりも粗い。SSC 端面の粗さによる散乱損失の影響が低減されたことが要因であると考えられる。

6. まとめ

本報告では、近赤外光重合開始システムを用いた自己形成光導波路によるシリコンフォトニクスデバイス間接続について検討を行った。双方向からの近赤外光の照射のみで、自動的にテーパ形状の自己形成光導波路コアが形成され、大幅な挿入損失の改善が得られた。本手法は、MFD の異なる光素子間も簡易的に接続することができ、多チャネルのシリコンフォトニクスチップとファイバアレイ間の接続に適用した場合には、各チャネルから近赤外光を照射するのみで接続でき、タクトタイムがチャネル数によらない。本研究成果が、光デバイス分野のみならず、フォトポリマー分野の発展にも大きく貢献するものと期待している。

謝辞

本研究の遂行には、杉原興浩教授、近藤圭祐助教をはじめ、多くの方々のご協力をいただいた。関係各位に感謝する。

参考文献

- [1] “Cisco Global Cloud Index : Forecast and Methodology, 2016-2021, ”Cisco White paper, 2018.
- [2] 藏田和彦、竹村浩一：“シリコン(Si)フォトニクス技術とその光電子集積システムへの応用,”エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 20, No. 5, pp. 296–301, September 2017.
- [3] T. Tsuchizawa, K. Yamada, H. Fukuda, et al., “Microphotonics devices based on silicon microfabrication technology,” IEEE J. Sel. Top. Quantum. Electron., vol.11, no.111, pp.232-240, 2005.
- [4] I. Ogura, K. Kurata, R. Pitwon, “Silicon photonics economic feasibility and optical fiber interconnect relative cost analysis for automotive applications,” IEEE 802.3 Multi Gigabit Automotive Optical PHY Task Force, September 2021 Interim Teleconference Task Force Meeting, Oct. 2021.
- [5] M. Kagami, T. Yamashita, and H. Ito: “Light-induced self-written three-dimensional optical waveguide,” Appl. Phys. Lett. 79 (2001) pp.1079–1081.
- [6] Y. Kamiura, T. Kurisawa, C. Fujikawa, and O. Mikami: “Polymer tapered pillar grown directly from an SMF core enables high efficiency optical coupling with a silicon photonics chip,” Opt. Lett. 48 (2023) pp.16701–1673.
- [7] Y. Saito, K. Shikama, T. Tsuchizawa, N. Sato: “Tapered self-written waveguide for a silicon photonic

- chip I/O," Opt. Lett. 47 (2022) pp.2971–2974.
- [8] H. Terasawa, F. Tan, O. Sugihara, et al., "Light-induced self-written waveguide fabrication using 1550 nm laser light," Opt. Lett., vol.42, no.11, pp. 2236-2238, 2017.
- [9] F. Tan, H. Terasawa, O. Sugihara, et al., "Two-Photon Absorption Light-Induced Self-Written Waveguide for Single-Mode Optical Interconnection," J. Lightwave Technol., vol.36, no.12, pp. 2478-2483, 2018.
- [10] H. Terasawa, and O. Sugihara, "Near-Infrared Self-Written Optical Waveguides for Fiber-to-Chip Self-Coupling," J. Lightwave Technol. vol.39, no.23, pp.7472-74781, 2021.
- [11] H. Terasawa, T. Namekawa, K. Kondo, O. Sugihara, "Cladding solidification process by fiber guided light: Fabrication of low-loss light-induced self-written optical waveguide," Opt. Laser Technol., vol.175, 110786, 2024
- [12] T. Namekawa, H. Terasawa, K. Kondo, O. Sugihara, "Simultaneous Multi-Core Fiber-to-Fiber Self-Coupling With Near-Infrared Light-Induced Self-Written Optical Waveguide," IEEE Access., vol.12, 95634, 2024.

令和6年度 招聘外国人研究者事業報告書

International Collaboration on Problem-Based Learning Innovation

Human Resource Development Program

Name: Mohd Ridha bin Muhamad, Associate Professor

Affiliation: Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia

Visiting time: 10 to 25th February 2025

Supervisor: Kei Horio, Lecturer

Supervisor's affiliation: School of Engineering, Department of Fundamental Engineering, Utsunomiya University

1. Analysis of airflow using ANSYS and Flowsquare+ computational fluid dynamic software.

As part of the technical contribution to the Mombetsu Symposium 2025, a detailed study on airflow dynamics was conducted using ANSYS Fluent and Flowsquare+ computational fluid dynamics (CFD) software. The objective was to simulate and analyze airflow behavior in various enclosed and semi-open environments in bench structure for applications during disaster in the Temporary Relief Centers. Using 3D modeling, different scenarios were created to evaluate the effectiveness of natural and mechanical ventilation systems. Simulations incorporated turbulence models such as k- ϵ and k- ω SST to capture realistic flow behavior. ANSYS Fluent was used for high-precision modeling of complex flows, while Flowsquare+ supported quick visualization and educational applications. A mesh sensitivity study was carried out to ensure the reliability of the results, and findings were validated using benchmark cases. Comparative analysis between the two software platforms helped assess accuracy and usability. The simulations provided insights into airflow distribution, stagnation zones, and ventilation efficiency, leading to practical recommendations for airflow design improvement of the bench. The work not only contributes technically to the field of indoor environmental control but also demonstrates the educational value of integrating CFD tools into STEM learning, supporting the goals of international PBL programs focused on developing practical, innovative-driven human capital.

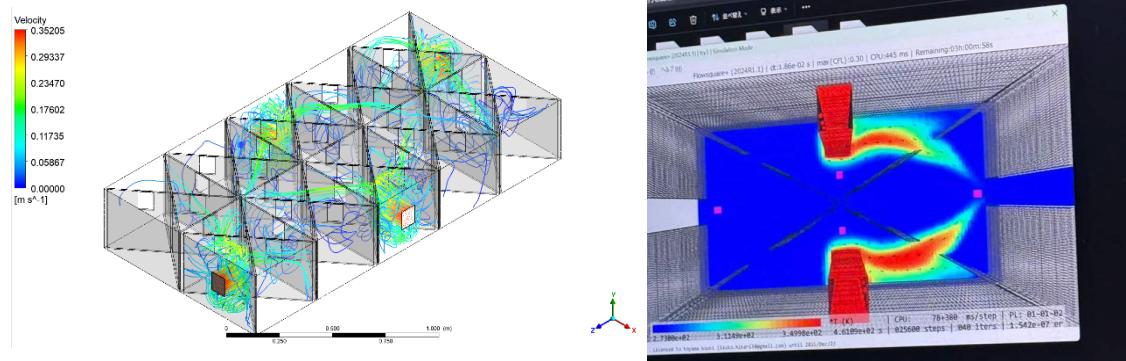


Photo 1. Analysis results that were achieved using ANSYS Fluent (left) and Flowsquare+ (right).

2. Preparation of manuscript submission to Mombetsu Symposium 2025 and manuscript for the International Conference on Smart and Advanced Manufacturing 2024 (ICSAM'24) that was submitted for the project.

In support of ongoing research dissemination, two key manuscripts were prepared and submitted as part of the international collaboration activities. The first manuscript, targeted for the Mombetsu Symposium 2025, focused on computational fluid dynamics (CFD) simulation of airflow in educational and manufacturing environments using ANSYS Fluent and Flowsquare+ software. The paper detailed methodology, simulation setup, results comparison, and practical implications, aligning with the symposium's themes on sustainable and intelligent systems. Simultaneously, a second manuscript was prepared for submission to the International Conference on Smart and Advanced Manufacturing 2024 (ICSAM'24). This paper presented outcomes from an integrated research project related to advanced joining technologies and innovation in manufacturing processes, specifically focusing on aluminum material behavior and process optimization. The manuscript incorporated both experimental and simulation-based findings, highlighting interdisciplinary collaboration and data-driven manufacturing improvements. The ICSAM'24 paper was successfully submitted within the required deadline, reinforcing the project's academic visibility and commitment to contributing to high-impact conferences. Both submissions reflect the team's continuous efforts to share research outcomes with the global academic and industrial community and to build strong links through international platforms for knowledge exchange and capacity building in the field of smart manufacturing and engineering education.

3. Student supervision on presentation slides preparation and rehearsal for Mombetsu Symposium 2025.

In preparation for the Mombetsu Symposium 2025, comprehensive supervision and mentoring were provided to a team of undergraduate students to support their participation in delivering a technical presentation in English. The students involved were Namie Umezaki, Mohd Najib Roslan, Yamaguchi Reo, Chinari Watanabe, and Koki Toyama. Their presentation focused on key project activities related to international project-based learning (PBL), collaborative research, and technical analysis, including CFD simulations and STEM education development. Guidance was given throughout the process of preparing the presentation slides—starting from the organization of content, visual design, and logical flow of information, to ensure that the technical data were communicated effectively and accurately. Special attention was given to enhancing the students' English communication skills, as the symposium required all presentations to be delivered in English. Multiple rehearsal sessions were conducted to improve pronunciation, pacing, tone, and confidence in public speaking. These rehearsals also included simulated Q&A practice to prepare the students for audience interaction. Feedback was provided iteratively, allowing students to make refinements to both the content and delivery style. Through this process, the students gained valuable experience in academic communication, technical presentation, and intercultural engagement. Their final presentation was well received by the audience and reflected a high level of professionalism and preparedness. The supervision not only contributed to the success of their presentation but also supported the broader educational objective of nurturing globally competent engineering students capable of participating actively in international academic forums.



Photo 2. Presentation slides preparation and rehearsal with the students (left) and the presentation in Mombetsu Symposium 2025 (right).

4. Preparation of Memorandum of Understanding between Universiti Malaya and Utsunomiya University.

As part of ongoing efforts to strengthen international academic collaboration, preparations were actively carried out for the signing of a Memorandum of Understanding (MoU) between Universiti Malaya and

Utsunomiya University, scheduled for March 2025. This initiative builds upon a solid foundation of joint activities, including research collaborations, student exchange programs, and shared participation in international events such as the Mombetsu Symposium and international PBL programs. The MoU aims to formalize the partnership and facilitate a wide range of cooperative activities such as joint research projects, faculty and student mobility, co-supervision of postgraduate students, and shared access to academic resources.

The preparation process involved drafting and reviewing key documents, aligning institutional objectives, and ensuring compliance with the legal and administrative frameworks of both universities. Continuous communication was maintained with representatives from Utsunomiya University International Office, to finalize the terms of agreement. Input was also gathered from relevant departments within Universiti Malaya, including the Office of International Relations and the Faculty of Engineering.

Efforts were made to highlight existing collaborative achievements and propose new areas of synergy, particularly in the fields of smart manufacturing, STEM education, and advanced joining technologies. The signing of the MoU is expected to deepen bilateral academic relations, enhance student and staff mobility, and open doors for collaborative grant applications and publications. This marks a significant milestone in fostering long-term, impactful engagement between the two institutions.



Photo 3. Presentations on collaboration between Utsunomiya University and Universiti Malaya (left) and potential international connections built at the Mombetsu symposium (right).

令和6年度
海外派遣若手研究者事業報告書

CDI 海外派遣若手研究者事業報告書

— 生活の質を担保した地域の持続可能性に資する 都市開発手法の検討 —

—ベトナム第3の都市・ダナン市近郊に位置するフォンナム村での調査を通じて—

竹澤 くるみ (博士後期課程2年)

Kurumi TAKEZAWA (Ph.D Student)

地域創成科学研究科 先端融合科学専攻 グローバル地域デザインプログラム

博士後期課程2年・修士（工学）・kurumi.takezawa.uu@gmail.com

1. はじめに

アジアの諸都市においては急速な経済成長に伴う都市の急速な発展が顕在化している。特にベトナムの第3の都市であるダナン市は、近年の観光産業の進展や開発、工業・輸出部門の拡大による港湾の整備、等、経済の発展とともに、都市の急速な拡大が確認できる。一方で、都市の急速な拡大は、観光地開発、河川流域の開発、港湾の開発等に関連する農山漁村集落の生活に大きな変化をもたらしている。また開発中心から取り残された旧市街地においても、生活環境の変化がもたらされる。我が国の高度経済成長時の都市開発と照らし合わせると、開発の影響を受ける農山漁村集落では、歴史・文化的な生活環境の喪失、経済発展から取り残された産業構造、生活の格差の発生等、また旧市街地においては、建物群の更新開発の不介入に伴う建築物や生活環境の質の低下、治安の悪化等が懸念される。これらの変化に対応するには、的確に変化を捉えた政策や支援、適切な更新開発等の介入の必要性が必須であることが経験的に把握されている。

そこで本調査研究では、ダナンの都市開発の動向と農山漁村および旧市街地の生活環境の質に着目し、都市開発に関連する統計的な分析、および住環境の実態調査、アンケート・ヒアリング調査を行う。都市全体の生活環境の質に言及する調査研究を行うことで、アジア地域の生活と文化を担保する持続可能な都市開発手法の創出に向けた知見を得ることを目的とする。

2. 研究の方法

令和7年1月22日から1月30日の9日間、および令和7年2月8日から2月27日の19日の合計28日間、ベトナム・ダナンに滞在し、以下の4つの調査を行った。

1) 都市開発に関連する統計的な分析・今後の都市計画の方針について

- 2) 生活が表出する住環境の実態調査（都市部）
- 3) 生活が表出する住環境の実態調査（農村部），ヒアリング調査
- 4) フォンナム村の住民へのアンケート調査

また，本研究の受け入れ機関はダナン工科大学であり， Nguyen Xuan Trung 淄教授を中心に，ダナン工科大学の教員，学生方に協力をいただいた。

3. 調査結果

1) 都市開発に関連する統計的な分析・今後の都市計画の方針について

ダナン市およびダナン市郊外に位置するフォンナム村の人口，年収，土地利用状況等の統計情報や，都市開発動向や今後の都市計画の方針についての資料を収集した。また， Nguyen Xuan Trung 淄教授は，2011年度に修士論文として，ダナン市郊外部の農山漁村の生活，住宅の質についての調査研究をまとめている。それらの研究蓄積をもとに，ダナン市およびフォンナム村において，2011年時と，2025年時での生活に関わる大容量データ群を比較分析する。収集した統計情報のうち，ベトナム国内全体・都市部・農村部別での平均年収に関する統計情報は，調査4のフォンナム村住民へのアンケート調査の設問項目に組み込んだ。現在，収集した統計情報や資料等の翻訳及び分析中である。

2) 生活が表出する住環境の実態調査（都市部）

ダナン市街地中心部で，3軒の住宅訪問を行った。また，市街地郊外の開発地で，3か所の住宅開発地への訪問も行った。

都市部では，通りに対して間口が狭く，3階建て程度の細長い住宅形式が多くみられた。これは，ベトナムがフランスに統治されていた時代に，通りに対しての間口の広狭で税金を決める間口税の制度があった名残である。仏教を信仰している人が多く，住宅の最上階には祭壇室が設けられていた（写真1）。



写真1：市街地中心部の住宅の様子

3か所の住宅開発地の訪問では，建設途中に資金ショートし開発が止まり放置されている事例や，開発は終了しているものの土地価格の上昇を見込んで居住開始（販売開始）されていない事例などを見学した。また，近年地価が急速に上昇している影響で，投資対象として土地購入のみがされ，開発されず放置されている土地も多いことをヒアリング調査から明らかにした（写真2）。



写真2：市街地郊外の住宅開発地の様子

3) 生活が表出する住環境の実態調査（農村部），ヒアリング調査

住居の形式の変化，集落構成の変化，就労環境の変化，地域コミュニティの変化等，物理的／非物理的な生活の変化を捉るために，フォンナム村の住宅を訪問し，住宅の実測調査およびヒアリング調査を行った。2011年時と，2025年時の比較分析を行うため，Nguyen Xuan Trung准教授が2011年度に修士論文中で取り上げたフォンナム村の住宅9軒と，今回の調査で新たに対象とした7軒の合計16軒の住宅を調査した。

住宅の訪問調査では，2011年調査時の作成図面をもとに，2025年調査時までの住宅の改修履歴やその理由についてヒアリングし，改修箇所の実測調査を行った。また，ヒアリングでは，家族構成や就労環境の変化，暮らしの困りごと等について伺った。

訪問調査した結果として，洪水時の避難のために平屋を2階建てとする増築や，土地のかさ上げ対応など，洪水に備えた改修をしている事例が数件見られた（写真3）。また，親が所有する土地を一部子供に分け与え，分け与えられた土地に子供が家を建て，結婚した家族と住んでいる事例が多くみられた。土地の分割と贈与が，フォンナム村の人口と世帯数の上昇に寄与していると考えられるが，狭い土地に2～3階建ての住宅が建設されている事例が多く，伝統的な農村の風景が失われつつある。

ヒアリング調査では，かつて農業を営んでいたが現在は高齢を理由に継続していない事例が多くみられた。そのうちのほとんどの人が，農地は継続的に所有しており，村の他の人に無償で貸しているとのことであった。機械化が進んでいるものの，依然として農業は体力的に負担のある仕事であり，収入は平均よりも低く，社会保障費を払えない人が多いため，農業を継ぐ若者は少なく，後継者不足が課題となっていると伺った（写真4）。



写真3：フォンナム村の住宅の2011年時と2025年時の比較事例

また、2011年時の調査では、住宅敷地内で養豚を営んでいる住民が多かったが、今回の調査時には養豚を継続している住宅は0軒であった。匂いや糞等で近隣住民とのトラブルが多く、村の方針としてやめる決断をしたそうで、現在は養鶏が盛んに行われていた。



写真4：フォンナム村の住宅でのヒアリング調査の様子

4) フォンナム村の住民へのアンケート調査

フォンナム村の全世帯を対象として、生活や住宅に関するアンケート調査を行った。アンケートは紙に印刷し、フォンナム村の村長の協力をいただき住民に配布した。アンケートでは、世帯構成や家族の職業および収入などの家族に関すること、築年数や改修履歴、間取り等の住宅に関すること、所有している農地や宅地などに関すること、地域コミュニティへの参画に関すること、住環境の満足度や今後の居住継続意向に関するなどの設問を設定した。現在、ダナン工科大学の Nguyen Xuan Trung 准教授と学生方による回収作業中であり、並行して集計作業を行っている。

4. おわりに

今回の調査1)～4)から、都市部の住環境や住宅開発動向を把握するとともに、農村部の生活を取り巻く、住宅、コミュニティ、仕事、農業などの諸環境についての実態を把握することができた。ベトナムおよびダナン市は都市開発の進行に対して、福祉や社会保障の仕組みや、農村の存続に寄与する農村の生活・文化を守る仕組みの構築が追い付いていない現状である。福祉や社会保障の仕組み、農村の生活・文化を守る仕組みを含めた都市開発手法について、今後も研究を進めていきたい。

5. 謝辞

今回の海外派遣において、資金援助をいただいたイノベーション支援センターイノベーション部門海外派遣若手研究者事業に心より謝意を表する。また、受け入れ先であるダナン工科大学、Nguyen Anh Tuan 学科長、Nguyen Xuan Trung 准教授、調査に協力いただいた学生3名の方々、受け入れ体制を円滑に整えて頂いた事務の方々、各種調査にご協力くださったみなさまに、ここに記して謝意を表する。

**宇都宮大学地域創生推進機構イノベーション支援センターイノベーション部門
令和6年度活動成果報告書**

発 行:宇都宮大学イノベーション支援センター イノベーション部門
〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2
TEL 028-689-6322/7006 FAX 028-689-7006
<https://www.sic.utsunomiya-u.ac.jp/innov>

発行日:令和7年4月