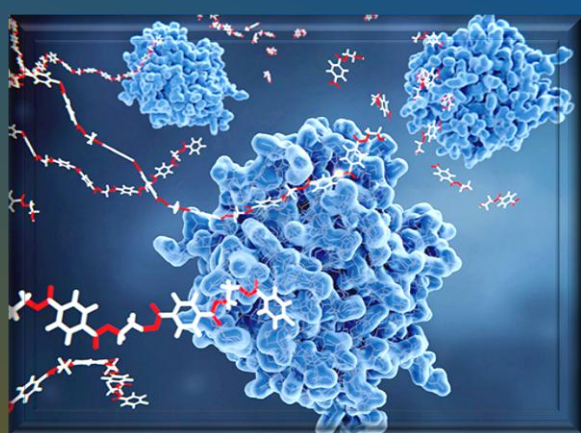
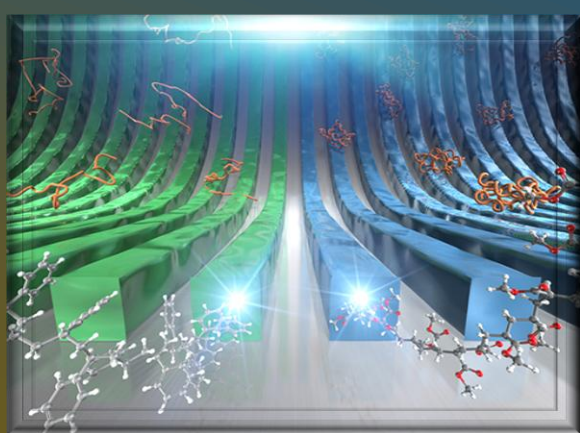
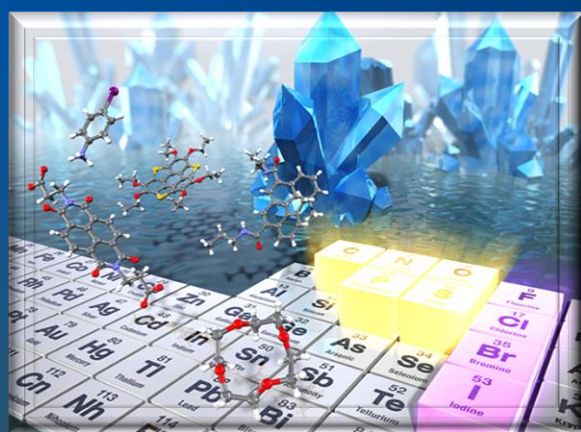
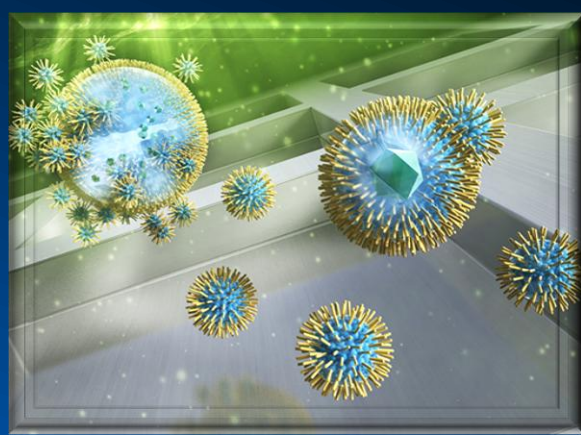
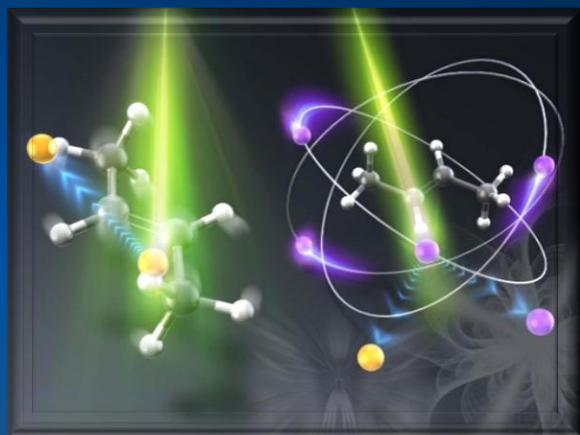


国立大学法人 東北大学 多元物質科学研究所
マテリアル・計測ハイブリッド研究センター
令和7年度報告書



Material-Measurement Hybrid Research Center
Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials
Tohoku University
Annual Report 2025

国立大学法人 東北大学 多元物質科学研究所

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター

令和七年度研究報告書

目 次

報告書公表にあたって	2	
マテリアル・計測ハイブリッド研究センター構成	3	
各研究分野の活動報告		
量子電子科学研究分野（高橋正彦研究室）	6	
ナノ・マイクロ計測化学研究分野（(兼) 笠井研究室）	15	
ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野（西原研究室）	20	
ハイブリッド材料創製研究分野（芥川研究室）	38	
光機能材料化学研究分野（中川研究室）	51	
有機・バイオナノ材料研究分野（笠井研究室）	64	
令和七年度 マテリアル・計測ハイブリッド研究センター プロジェクト研究報告		77
センター主催・共催講演会	84	
進行中の外部資金プロジェクト	91	

報告書公表にあたって

2025 年度（令和 7 年度）のマテリアル・計測ハイブリッド研究センターの研究報告書を WEB を通じて公表いたします。

多元物質科学研究所は、「多元的な物質に関する学理及びその応用研究」を目的に 2001 年に発足し、材料や計測を主軸とした多元物質科学の研究拠点として、多くの成果を挙げてきています。より活力のある、特徴のある研究所としてのさらなる発展を目的として、発足後 20 年を経た 2021 年に新たな研究組織体制へと変更が行われました。

この組織変更にあたり、ユニークな物質・材料と独自の計測を推進し、これまで優れた成果を挙げている、計測研究部門の 2 研究室と高分子・ハイブリッド材料研究センター（令和 3 年 3 月廃止）の 4 研究室が参集し、「物質創成の学理及び計測評価による材料開発研究を行うことにより、新機能高分子材料及び有機・無機ハイブリッドナノ材料の開発並びに応用研究を推進するとともに、材料開発ニーズと連携した新たな計測技術開発及びそれらの融合研究をすることを目的」として、6 研究分野からなる当センターは 2021 年 4 月に発足いたしました。

発足 5 年目にあたる 2025 年度には、7 月 11 日（金）に「第 5 回マテリアル・計測ハイブリッド研究センターシンポジウム」を、11 月 19 日（水）～20 日（木）に若手教員が企画した「第 5 回マテリアル・計測ハイブリッド研究センター若手フォーラム」をハイブリッド開催いたしました。これらの中心行事の他、2 回の講演会を開催いたしました。当研究センターでは、センター独自の研究を介した若手育成を推進するために、MMH 研究センタープロジェクトを毎年行っています。本年度は各研究室からの応募があり、下記の 6 つの研究提案を採択しました。

- ◆(e, e⁺ion)分光による共鳴遷移の研究
- ◆タンパク質凝集体測定のためのマイクロ流体システム開発
- ◆分子固溶によるプロトンフィリング変調に基づく伝導性制御
- ◆内外非対称性表面を持つ中空環状炭素材料の創製
- ◆紫外共鳴体キラルメタセンシング
- ◆極微小プロドラッグナノ粒子の作製とその薬効評価

当研究センターは、論文 91 報、受賞 34 件、特許出願 35 件、国内学会発表 186 件、国際会議発表 155 件の研究成果を 2025 年度に発信して参りました。詳細は、本報告書を御覧下さい。本研究センター教員が一丸となって、ユニークな研究の推進、学部・大学院生の教育、若手研究者の育成、社会との連携に取り組んでまいります。今後も多くの皆様のご協力、ご支援をお願いいたしましてご挨拶とさせていただきます。

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター長

令和七年度 マテリアル・計測ハイブリッド研究センター構成

量子電子科学研究分野



高橋 正彦 教授



渡邊 昇 准教授



峰本 紳一郎 助教

ナノ・マイクロ計測化学研究分野



福山 真央 准教授



LI Yao 助教



LIU Hao 助教

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野



西原 洋知 教授



吉井 丈晴 助教



中辻 博貴 助教

ハイブリッド材料創製研究分野



芥川 智行 教授



出倉 駿 助教



佐藤 鉄 助教



笠原 遥太郎 助教

光機能材料化学研究分野



中川 勝 教授



押切 友也 准教授



新家 寛正 助教

有機・バイオナノ材料研究分野



笠井 均 教授



岡 弘樹 准教授



谷田 恵太 助教



勢井 宏居 助教



大窪 航平 助教



柴田 暁貴 助教

各研究分野活動報告

量子電子科学研究分野

教員構成：高橋 正彦（教授）、渡邊 昇（准教授）、峰本 紳一郎（助教）

【活動報告】

本研究分野は、反応性や機能性の起源の解明を目指して、電子散乱を利用した新規計測法の開発とその多元物質科学への応用を進めている。2025 年の主たる研究活動は、以下のように概括される。

1. 分子内原子の運動量を定量的に評価する分光法の開発

物質の物性や反応性、機能性は構成原子の運動やその変化により発現する。そのような原子の運動量を定量的に観測する手法として、我々は原子運動量分光を開発してきた[1.1]。本年は、 C_{2v} 対称性を持つ分子である H_2O 、 H_2S 、 H_2CO に注目して H 原子の運動量を観測し、昨年までに開発した多原子分子の原子運動量分光理論とよく一致することを実証した[1.2]。また、原子運動量分光を分析法として応用

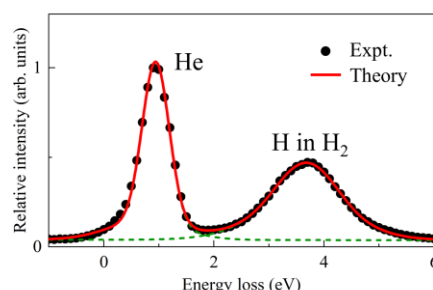


図 1. H_2/He 混合ガスのエネルギー損失スペクトル

するにあたって懸念となる Hydrogen anomaly problem の解決を目指して、 H_2/He 混合ガスを用いた場合における各原子種の信号の強度比を観測した（図 1）。その結果、観測値と理論値が一致することが確認できた。この結果は、電子後方散乱に Hydrogen anomaly problem が存在しないことを示している[1.3]。

[1.1] S. Kanaya, Y. Onitsuka, M. Takahashi *et al.*, to be published in *J. Phys. B*.

[1.2] D. Jones, S. Kanaya, Y. Onitsuka, M. Takahashi, *J. Phys. Chem. Lett.* **17**, 166 (2025).

[1.3] S. Kanaya, S. Minemoto, Y. Onitsuka, M. Takahashi *et al.*, in preparation.

2. 運動量空間波動関数を用いた創薬化学の試み

近年、薬理活性の膨大なデータベースを元にして、機械学習による創薬の効率化が盛んに研究されている。ただし、機械学習による予測は薬効の機序を与えるものではない。そこで我々は、分子科学的観点から薬理の発現機構を解明するために、分子軌道の形状と薬理効果との関係を調べている。本年は、フラボノイド類に対して分子軌道計算を行い、各分子軌道の実空間・運動量空間における形状とその抗酸化能との関係を調べたところ、

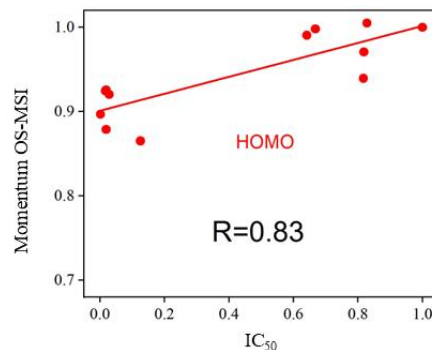


図 2. フラボノイド類における IC_{50} と HOMO の OS-MSI との関係

HOMO の分子軌道類似性 OS-MSI と抗酸化能 IC₅₀ との間に相関があることを見出した (図 2). この結果は, 求核置換反応である抗酸化作用において, HOMO が主要な役割を担っていることと整合的である[2.2].

[2.1] S. Long, Y. Onitsuka, S. Nagao, M. Takahashi, *Molecules* **30**, 2947 (2025).

[2.2] S. Long, M. Takahashi *et al.*, *in preparation*.

3. 分子振動による電子波動関数の歪みの研究

分子振動と電子運動との相関である振電相互作用が, 分子の性質にしばしば顕著な影響を与えることが知られている. 我々は分子軌道形状を運動量空間で可視化する電子運動量分光を用いることで, 振電相互作用の起源である核変位に応じた電子波動関数の歪みそのものを観測しうることを示してきた. ここで, 分子軌道形状が示す核配置依存性に着

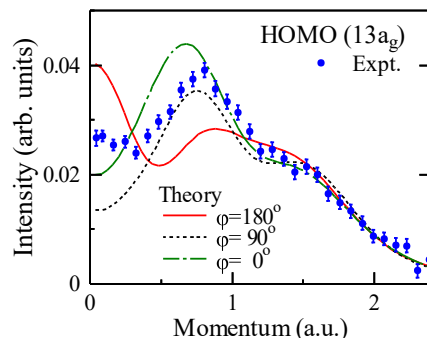


図 3. シュウ酸ジメチル最高被占有軌道の電子運動量分布

目すれば, 電子運動量分光を新たな構造解析法として利用できる. その有効性を検証する為, 気相での分子構造が 1940 年代より議論されてきたシュウ酸ジメチルに対し, 本分光を適用した. 最高被占有軌道の電子運動量分布は C-C 結合軸周りのねじれ角 (ϕ) に対して高い依存性をもち, その測定結果から, 本分子の構造が広い ϕ 領域にわたって分布していることを明らかにしている (図 3). また, 電子波動関数の歪みが CF_{4-m}Cl_m ($m = 1-4$) の電子励起確率に与える影響を理論の観点から調査し, オゾン層破壊に關与するこれら分子からの Cl 放出に分子振動効果が大きく影響することを示した[3.1].

[3.1] N. Watanabe and M. Takahashi, *Chem. Phys.* **594**, 112676 (2025).

4. 配向分子の電子エネルギー損失分光法の開発

励起電子波動関数の 3 次元的形状の探索と電子・分子衝突の立体ダイナミクスの研究を目的に, 配向分子の電子エネルギー損失分光の開発を進めてきた. 非弾性散乱電子に加え, 生成励起分子の後続解離過程で生じる解離イオンを同時計測し, その反跳方向から分子の空間配向を特定する. 本年は電子衝撃イオン化立体ダイナミクスの移行運動量 (K) 依存性を調査すべく, N₂O に対する実験を行った.

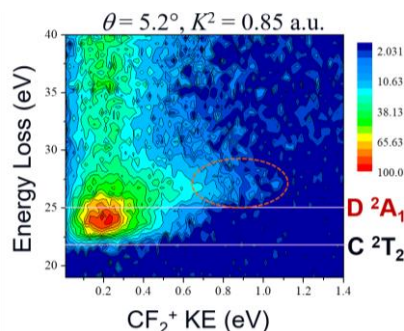


図 4. CF₄ の電子衝撃イオン化で生じた CF₂⁺ の運動エネルギーと電子エネルギー損失の相関

また, 本手法の応用として CF₄ のイオン化連続状態中に存在する共鳴状態の研究も実施している. C²T₂ (3t₂⁻¹) と D²A₁ (4a₁⁻¹) 状態へのイオン化より限定的に放出される CF₂⁺ に着目して解析を行った結果 (図 4), D²A₁ イオン化閾値近傍において, 光イオン化では観測されない双極子禁制な共鳴遷移をとらえることに初めて成功した[4.1].

[4.1] N. Watanabe and M. Takahashi, *Phys. Rev. A* **112**, 062805 (2025).

【研究業績一覧】

発表論文 (7 報)

1. Isao Nakajima, Masakazu Yamazaki, Yuri V. Popov, Salim Houamer, Masahiko Takahashi
Testing reachability of the plane-wave impulse approximation in terms of the ratio of spectroscopic factors for (e , $2e$) ionization of Ne $2s$ and $2p$ electrons
Physical Review A **111**, 052816-1-9 (2025)
2. Sihan Long, Yuuki Onitsuka, Soichiro Nagao, Masahiko Takahashi
Observation of a Relationship Between Orbital-Specific Molecular Similarity Index and Toxicity of Methylcarbamate Derivatives
Molecules **30**, 2947-1-14 (2025)
3. Shinichirou Minemoto, Naoki Hara, Md. Maruf Hossain, Hirofumi Sakai
All-optical field-free molecular orientation with higher order parameters
Physical Review A **112**, L061103-1-6 (2025)
4. Noboru Watanabe, Masahiko Takahashi
Resonance transitions in electron-impact ionization of CF_4 studied by angle-resolved (e , e^+) ion spectroscopy
Physical Review A **112**, 062805-1-7 (2025)
5. Ochbadrakh Chuluunbaatar, Yuri V. Popov, Satoru Kanaya, Yuuki Onitsuka, Masahiko Takahashi
Electron-Hydrogen Quasi-Elastic Scattering at High Momentum Transfer: Calculations of Second Born Singular Integrals
Physics of Particles and Nuclei, **56**, 1400-1406 (2025)
6. Takumi Sato, Masahiko Takahashi, Yasuhiro Ohshima, Masakazu Yamazaki
A binary (e , $2e$) spectroscopy investigation and detailed analysis of the $4d_{5/2}$ and $4d_{3/2}$ inner shell ionization of Xe
The Journal of Chemical Physics **163**, 114301-1-9 (2025)
7. Darryl B. Jones, Satoru Kanaya, Yuuki Onitsuka, Masahiko Takahashi
Hydrogen Atomic Motions in Different Intramolecular Environments: H_2O , H_2S , and Formaldehyde (H_2CO)
The Journal of Physical Chemistry Letters **17**, 166-171 (2026)

著書・解説記事

なし

特許

公開件数 0 件

登録件数 1 件

申請件数 0 件

受賞等, 特記事項

1. Sihan Long

New insights to predict biological activity: momentum-space frontier-orbital based similarity index

21st QSAR Workshop Poster Prize, 21st International Workshop on Quantitative Structure-Activity Relationships in Environmental and Health Sciences (QSAR2025) (2025.06.03-06)

学会発表 国際会議 22 件 (うち、招待 2 件)、国内会議 13 件 (うち、招待 3 件)

国内学会

(招待講演)

1. 渡邊 昇

電子散乱分光で探る分子内電子挙動

第 64 回分子科学若手の会夏の学校, 金沢 (2025.8.18-22)

2. 峰本 紳一郎

分子配向技術の基礎と応用

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会, 仙台 (2025.9.3)

3. 高橋 正彦

電子衝突で探る分子の世界: 電子と原子核の運動の直接観測

分子科学若手の会東北支部セミナー, 仙台 (2026.3.5)

(一般講演)

1. 原直樹, 峰本紳一郎, M. M. Hossain, 酒井広文

全光学的手法による外場のない空間における配向分子アンサンブルの生成

AMO 討論会, 岡崎 (2025.06.13)

2. 佐藤 巧, 高橋 正彦, 大島 康裕, 山崎 優一

アニリンの(e, 2e)電子運動量分光

原子衝突学会第 50 回年会, 八王子(2025.8.18-20)

3. 久世 景悟, 高橋 正彦, 大島 康裕, 山崎 優一

イオン選別電子運動量分光に向けた飛行時間型質量分析器の開発

原子衝突学会第 50 回年会, 八王子(2025.8.18-20)

4. 金谷 諭, 鬼塚 侑樹, Salim Houamer, Ochbadrakh Chuluunbaatar, Yuri V. Popov, 高橋 正彦

電子後方散乱における” hydrogen anomaly problem”の検証

第 19 回分子科学討論会, 広島 (2025.09.09-12)

5. 荒木 章, 鬼塚 侑樹, 渡邊 昇, 高橋 正彦
分子軌道3次元イメージングに向けた電子運動量分光装置の開発
第19回分子科学討論会, 広島 (2025.09.09-12)
6. 渡邊 昇, 高橋 正彦
CF₄の電子衝撃イオン化に現れる共鳴遷移
第19回分子科学討論会, 広島 (2025.09.09-12)
7. 坂口 颯太, 児玉 知優, 小西 英, 高橋 正彦, 大島 康裕, 山崎 優一
炭素および窒素原子に関する電子-原子コンプトン散乱
第19回分子科学討論会, 広島 (2025.09.09-12)
8. 佐藤 巧, 高橋 正彦, 大島 康裕, 山崎 優一
アニリンの電子運動量分光: 三重項励起状態の分子軌道可視化へ向けて
第19回分子科学討論会, 広島 (2025.09.09-12)
9. 峰本紳一郎, 原直樹, M. M. Hossain, 酒井広文
外場のない空間における高い配向度をもつ分子アンサンブルの生成
第19回分子科学討論会, 広島 (2025.09.09-12)
10. 荒木 章, 鬼塚 侑樹, 渡邊 昇, 高橋 正彦
分子軌道3次元イメージング用電子運動量分光装置の開発
第25回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台 (2025.09.24)

国際会議

(招待講演)

1. Masahiko Takahashi
Atomic and molecular science using electron Compton scattering
Faculty Lecture, Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei, China (2025.9.18)
2. Shinichirou Minemoto
Challenge to Direct Observation of Structure Dynamics in Photochemical Reactions by Using Soft X-ray FEL of PAL-XFEL
27th International Conference on Accelerators and Beam Utilizations, Pohang, Korea (2025.11.12-14)

(一般講演)

1. S. Long, M. Takahashi
New insights to predict biological activity: momentum-space frontier-orbital based similarity index
21st International workshop on QSAR in Environmental and Health Sciences (QSAR2025), Milan, Italy (2025.06.03-06)

2. S. Kanaya, Y. Onitsuka, S. Houamer, O. Chuluunbaatar, Yu. V. Popov, D. Fursa, I. Bray, M. Takahashi
A joint experimental and theoretical study of inelastic electron backscattering by He
40th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Kobe, Japan (2025.06.04-06)
3. S. Kanaya, Y. Onitsuka, M. Takahashi
Anomalous shortfall of elastic electron backscattering from H revisited
40th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Kobe, Japan (2025.06.04-06)
4. M. Yamazaki, S. Sakaguchi, T. Sato, A. Kurosu, T. Kodama, H. Konishi, T. Hasegawa, M. Takahashi, Y. Ohshima
Development of a highly-sensitive electron spectrometer for studying electronic and nuclear motion in a molecule
40th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Kobe, Japan (2025.06.04-06)
5. T. Sekikawa, R. Oshima, F. Aksay S. Minemoto Y. Takahashi R. Hasegawa
Photoelectron circular dichroism using a reflective phase retarder in the extreme ultraviolet
16th Femtochemistry Conference (FEMTO16), Trieste, Italy (2025.06.22-27)
6. S. Kanaya, Y. Onitsuka, S Houamer, O. Chuluunbaatar, Yu. V. Popov, D. Fursa, I. Bray, M. Takahashi
Elastic and inelastic electron backscattering spectroscopy of He
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025), Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
7. S. Kanaya, Y. Onitsuka, M. Takahashi
The hydrogen anomaly problem in elastic electron backscattering revisited
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025), Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
8. S. Kanaya, D. B. Jones, Y. Onitsuka, M. Takahashi
Hydrogen atomic motions in different intramolecular environments
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025), Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
9. N. Watanabe, M. Takahashi
Angle-resolved (e, e^+ ion) study on electron-impact dissociative ionization of SF₆
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025), Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
10. N. Watanabe, M. Takahashi
Theoretical study of valence excitations in CF_{4-m}Cl_m ($m = 1-4$) on the basis of generalized oscillator strengths
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025), Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)

11. S. Minemoto, N. Hara, M. M. Hossain, H. Sakai
Orientation dynamics of OCS molecules in a field-free space
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025),
Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
12. R. Oshima, R. Hasegawa, Y. Takahashi, F. Aksay, S. Minemoto, T. Sekikawa
Photoelectron circular dichroism using a reflective phase retarder in the extreme ultraviolet
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025),
Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
13. I. Nakajima, M. Yamazaki, Yu. V. Popov, S. Houamer, M. Takahashi
Testing reachability of the plane wave impulse approximation in terms of the ratio of
spectroscopic factors for (e, 2e) ionization of Ne 2s and 2p electrons
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025),
Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
14. T. Sato, M. Takahashi, Y. Ohshima, M. Yamazaki
A detailed analysis and binary (e, 2e) study on the inner-shell ionization of Xe 4d orbitals
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025),
Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
15. D. B. Jones, S. Kanaya, Y. Onitsuka, M. Takahashi
Hydrogen atomic motions in different intramolecular environments
34th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC2025),
Sapporo, Japan (2025.07.29-08.05)
16. S. Kanaya, Y. Onitsuka, S. Houamer, O. Chuluunbaatar, Yu.V. Popov, D. Fursa, I. Bray, M.
Takahashi
Crucial role of second-order terms of the plane-wave Born series scattering model in electron
backscattering by He
*23rd International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and
Molecular Collisions (COPIAMC 2025)*, Hachioji, Japan (2025.08.07-09)
17. S. Kanaya, Y. Onitsuka, M. Takahashi
Revisiting the hydrogen anomaly problem in electron backscattering by H₂-D₂ mixture
*23rd International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and
Molecular Collisions (COPIAMC 2025)*, Hachioji, Japan (2025.08.07-09)
18. T. Sato, M. Takahashi, Y. Ohshima, M. Yamazaki
A detailed analysis and binary (e, 2e) spectroscopy investigation of the 4d_{5/2} and 4d_{3/2} inner-
shell ionization of Xe
*23rd International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and
Molecular Collisions (COPIAMC 2025)*, Hachioji, Japan (2025.08.07-09)
19. S. Sakaguchi, T. Kodama, H. Konishi, M. Takahashi, Y. Ohshima, M. Yamazaki

Development of a highly sensitive electron-atom Compton scattering apparatus for studying atomic momentum distributions in molecules

23rd International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and Molecular Collisions (COPIAMC 2025), Hachioji, Japan (2025.08.07-09)

20. S. Minemoto, N. Hara, M. M. Hossain, H. Sakai

Preparation of oriented molecular samples in a field-free environment

23rd International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and Molecular Collisions (COPIAMC 2025), Hachioji, Japan (2025.08.07-09)

その他

(研究助成)

1. 高橋 正彦

森野基金国際学術集会助成金 (公益信託分子科学奨励森野基金)

2. Sihan Long

東北大学高等大学院博士後期課程学生挑戦的研究支援プロジェクト (JST 事業「次世代研究者挑戦的研究プログラム」)

3. 金谷 諭

特別研究員奨励賞 (日本学術振興会・科学研究助成事業)

(政府あるいはそれに準じる組織の委員や役員等)

1. Masahiko Takahashi

National Facility for Relativistic Ultrafast Electron Diffraction & Imaging (RUEDI), UK;
Scientific advisory board

2. 高橋 正彦

JST 創発的研究支援事業; アドバイザー (創発 AD)

(学協会等の役職)

1. Masahiko Takahashi

International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and Molecular Collisions (COPIAMC); International Scientific Committee

2. Masahiko Takahashi

Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics (AISAMP); International Advisory Committee

3. Masahiko Takahashi

International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters, and Surfaces (MPS); International Advisory Committee

4. Masahiko Takahashi

International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC); Executive Committee

5. Masahiko Takahashi

Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics Advisory Committee; Advisory Committee

6. Masahiko Takahashi

XXXIV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (XXXIV ICPEAC); Cochair

7. Masahiko Takahashi

23rd International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and Molecular Collisions (COPIAMC 2025); Cochair

ナノ・マイクロ計測化学研究分野

教員構成：笠井 均（教授、兼任） 福山 真央（准教授） LI Yao（助教） LIU Hao（助教）

【活動報告】

本研究分野では、ナノ・マイクロ空間を利用した化学・生化学の集積化と高度化に関する研究分野開拓を中心に研究を進めている。具体的には、マイクロ流体デバイスやマイクロ水滴を利用する分析前処理操作集積化手法の研究、その分析応用研究などを推進している。2025年の主たる研究活動は、以下のように概括される。

1. タンパク質濃縮相からのアミロイド核生成の定量的解析法の確立

アミロイド形成は、アルツハイマー病、パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症など、さまざまな疾患で見られる。アミロイド形成では、最初期の核生成は起こりにくいが、ひとたび核が生成すると、不可逆的にアミロイドが成長する。そのため、アミロイド核生成メカニズムの解明が、疾患発症や抑制の理解につながると考えられている。近年、さまざまなアミロイド形成タンパク質が、液液相分離により液状の濃縮相（細胞内液滴とも呼ばれる）を形成することが報告されている。さらに、濃縮相はタンパク質濃度が非常に高く（～数十%）、アミロイド核生成の場になりうるということがわかってきた。しかし、アミロイド核生成は低頻度かつ微細な集合状態変化であるため、その定量的計測は困難だった。本研究では、マイクロ流体デバイスを用いたタンパク質濃縮相からのアミロイド核生成機構の理解を目指している。本年度は、引き続き2024年度に確立した実験系を用いて、酵母プリオンタンパク質 Sup35 濃縮相からのアミロイド核生成を解析した。その結果、よく知られたアミロイド阻害剤である (-) -エピガロカテキン-3-ガラレートが、低濃度では準安定状態の凝集体の形成を抑制することにより、逆説的にアミロイド形成を促進することを示した。これらの知見は、細胞環境におけるタンパク質相転移に関する基礎的理解を深めるとともに、アミロイド形成タンパク質の準安定凝集体を標的とした新規治療戦略の開発に資するものと期待される。

2. タンパク質濃縮相からのアミロイド核生成の定量的解析法の確立

タンパク質凝集体は生体内において普遍的にみられる現象であり、分子貯蔵などの生理的機能を担う一方で、神経変性疾患をはじめとする病的状態とも関連している。タンパク質凝集体形成では、核生成が律速過程であり、一度安定な核が生成すると凝集体が成長することが知られている。タンパク質凝集体の核生成に関してシンプルな溶液系における研究が多く進められてきた。しかし、細胞内のような非常に複雑な環境において同様の理論がどこまで適用できるかは明らかになっていない。そこで我々は、蛍光タンパク質 Xpa の細胞内における結晶化に着目し、生細胞内におけるタンパク質結晶核生成検出・解析法を確立した。大規模イメージング装置 AMATERAS を用いて、細胞に発

現した Xpa 由来の蛍光を 33 時間観察した。取得した蛍光画像から、自作の python スクリプトを用いて Xpa 発現細胞と結晶を検出し解析した。その結果、細胞内の Xpa 結晶の核生成は、古典的核生成理論では記述できないことが分かった。また、核生成速度は細胞状態によって変化し、Xpa 濃度のみでは記述できないことが分かった。今後、核生成速度の細胞活性に関連するパラメータ依存性を調べることにより、細胞内のタンパク質凝集体核生成を調節する因子が明らかになると期待する。

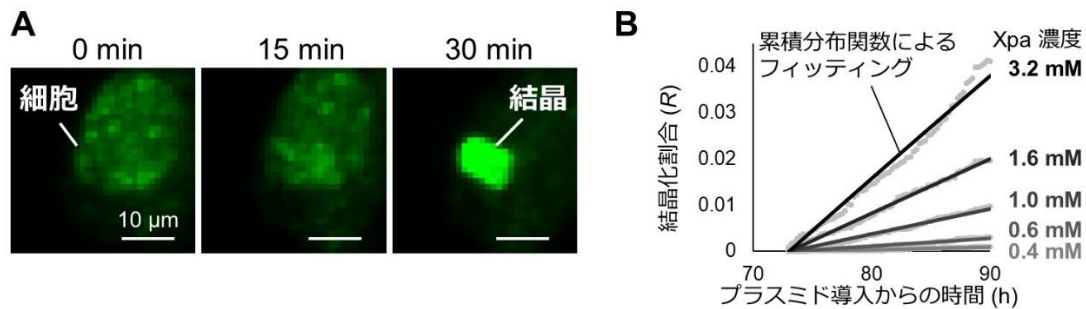


図 細胞内タンパク質結晶の核生成解析。(A) Xpa の結晶化の様子。(B) 濃度範囲ごとの結晶化割合の時間変化

3. 可搬型蛍光偏光解消法デバイスの開発

ナノ・マイクロ流体化学デバイス応用には、微小空間検出に適した検出法の研究が欠かせない。われわれは、偏光光学系として液晶ディスプレイパネルを利用する新しい蛍光偏光分析装置を、北海道大学渡慶次学教授、東京科学大学火原彰秀教授や企業と共同で開発した。本年度は、これまで進めてきた蛍光偏光免疫アッセイのポイントオブケアテストングへの応用可能性の拡大を目指し、汗中のタンパク質定量を実証した。ナノセルロースファイバーのスポンジを用いることで、サンプリングの難しい味覚性発汗に由来する汗中のヒト血清アルブミンを定量することに成功した。

4. フルオロアルキルシラン表面を用いた有機フッ素化合物の吸着特性の解明

有機フッ素化合物（ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物 (PFAS) と総称される）は、環境中での高い残留性や生体影響の観点から大きな課題となっている。一方で、その高い化学的安定性ゆえに、効率的な検出や吸着を実現するための界面設計指針は十分に確立されていない。われわれは、フルオロアルキルシランをシリコンウェハ上にサブ単分子膜から単分子膜まで制御して修飾し、PFAS の例として PFOA 吸着特性に及ぼす表面被覆率の影響を検討してきた。本年度は、1H,1H,2H,2H-ペルフルオロオクチルトリクロロシランおよび 1H,1H,2H,2H-ペルフルオロドデシルトリクロロシラン修飾表面について、接触角測定から表面自由エネルギー変化を評価し、Szyszkowski-Langmuir モデルを用いて最大表面過剰量 Γ_{\max} および Langmuir 係数 K_L を算出した。その結果、いずれの修飾表面においても、 Γ_{\max} および K_L はサブ単分子膜領域で最大となり、緻密な単分子膜ではむしろ低下した。さらに、PFOA 吸着にはフルオロアルキル鎖上面ではなく側面の $-\text{CF}_2-$ 部位が重要であることが示唆され、PFAS の高効率検出・分離に向けた機能性界面設計の新たな指針を得た。

【研究業績一覧】

発表論文 (5 報)

1. Keita Tanita, Ryuju Suzuki, Hitoshi Kasai, Mao Fukuyama, Akihide Hibara, Takayuki Ishizaka
Temperature-triggered microfluidic fabrication of monodisperse organic particles via LCST-mediated phase transition
RSC advances 16, 14049-14053 (2026)
2. Hiroka Sugai, Shunsuke Tomita, Mariko Toyoda, Kota Watanuki, Mao Fukuyama, Takashi Kajitani, Kazushi Kinbara
Emergence of Anisotropic Subcompartments via Coassembly of Hierarchically Ordered G-Quadruplexes and Fluid Polylysine in Droplet-Based Compartments
ACS Nano accepted. doi.org/10.1021/acsnano.5c21437
3. Chang Yu-Ting, Rigel Suzuki, Yoichiro Fujioka, Akihiko Ishida, Ayuko Imai, Mao Fukuyama, Motohiro Kasuya, Yusuke Ohba, Takasuke Fukuhara, Koji Shigemura, Akihide Hibara, Masatoshi Maeki, Manabu Tokeshi
Noncompetitive Fluorescence Polarization Aptamer Assay for Detecting SARS-CoV-2 Variants
ACS Omega 10,43, 51228-51235 (2025)
4. Yao Li, Mao Fukuyama, Takeshi Hasegawa, Motohiro Kasuya, Akihide Hibara
High Perfluorooctanoic Acid Adsorption Performance of Sub-monolayer Fluoroalkylsilane on Silicon Wafers
Langmuir 41, 27, 17566-17572 (2025)
5. Carlos Baptista, Masao Gen, Mao Fukuyama, Derrick M Mott, Akihide Hibara
Simplified fitting method for quasi-elastic light scattering spectra on circular gas-liquid interfaces
Japanese Journal of Applied Physics 64, 3, 03SP10 (2025)

著書・解説記事

なし

特許

登録件数 1 件

新聞等広報

なし

受賞等, 特記事項

1. 小林恒一

細胞内における蛍光タンパク質 Xpa の結晶化の大規模観察

2025 年度 生物物理学会北海道支部-東北支部合同例会 優秀発表賞 (2026.3.6)

学会発表 国際会議 5 件 (うち、招待 1 件)、国内会議 11 件 (うち、招待 3 件)

国内学会

(招待講演)

1. 福山真央

私はなぜ蛋白質を研究対象にするに至ったのか

第1回蛋白質科学 若手研究者交流会, 仙台(2026.2.24)

2. 福山真央

マイクロ流体を用いたタンパク質凝集体核生成定量技術

JASIS 2025, 千葉 (2025.9.5)

3. 福山真央

アミロイド形成におけるタンパク質濃縮相のサイズの影響

第42回無機・分析化学コロキウム, 東松島 (2025.5.16)

(一般講演)

4. 小林恒一, 垣塚太志, 徳永恵津子, シャバスレオナルド, 永井健治, 福山真央

細胞内における蛍光タンパク質 Xpa 結晶化の大規模観察

2025 年度日本生物物理学会 北海道支部・東北支部合同例会, オンライン
(2026.3.6)

5. 岩月櫻, 山内 皓太, 福山 真央

Observation of protein fibrils in microdroplets using fluorescence spectroscopy

第1回蛋白質科学 若手研究者交流会, 仙台(2026.2.24)

6. 小林恒一, 垣塚太志, 徳永恵津子, シャバスレオナルド, 永井健治, 福山真央

画像解析による蛍光タンパク質 Xpa の細胞内結晶化の検出

第1回蛋白質科学 若手研究者交流会, 仙台(2026.2.24)

7. 押田 悠都, 川上 純佳, 丸山 洋子, 石川 帆乃果, 小林 恒一, 山内 皓太, 大橋 祐美子, 福山 真央

Observation of Amyloid formation from Sup35 Condensates of different sizes using Microdroplets

第1回蛋白質科学 若手研究者交流会, 仙台(2026.2.24)

8. 石川帆乃果, 川上 純佳, 丸山 洋子, 大橋 祐美子, 梶本真司, 福山 真央

Discrimination of Sup35 Amorphous Aggregates and Amyloid Fibrils in Microdroplets Using Raman Spectroscopy

第1回蛋白質科学 若手研究者交流会, 仙台(2026.2.24)

9. 山内 皓太, 川上 純佳, 丸山 洋子, 大橋 祐美子, 福山 真央
アガロースゲルを用いたマイクロ水滴内での濃縮相の合一抑制
第1回蛋白質科学 若手研究者交流会, 仙台(2026.2.24)
10. 福山 真央, 川上 純佳, 丸山 洋子, 大橋 祐美子
マイクロ水滴を用いた酵母プリオンタンパク質の線維形成におけるサイズ依存の
解析
日本分析化学会第74年会, 札幌 (2025.9.26)
11. 石川帆乃果, 川上 純佳, 丸山 洋子, 大橋 祐美子, 梶本真司, 福山
Measurement of Sup35 Aggregates in Microdroplets by Raman Spectroscopy
令和7年度 化学系学協会東北大会, 山形 (2025.9.6)

国際会議

(招待講演)

1. Mao Fukuyama
Droplet microfluidics for investigating size-dependent fibril formation of a yeast prion
protein
Asianalysis 2025, Sapporo (2025.9.24)

(一般講演)

2. Kota Yamauchi, Junka Kawakami, Yoko Maruyama, Yumiko Ohhashi, Mao Fukuyama
Fixation of submicron condensates in microdroplets using agarose gels
Pacificchem 2025, Hawaii (2025.12.16)
3. Koichi Kobayashi, Etsuko Tokunaga, Leonard Chavas, Mao Fukuyama
Quantitative analysis of intracellular nucleation of protein crystals
Pacificchem 2025, Hawaii (2025.12.16)
4. Sakura Iwatsuki, Kota Yamauchi, Mao Fukuyama
Single-Fibril Fluorescence Spectroscopy of Insuline Amyloid
RSC-JAIMA Symposium on Analytical Chemistry 2025, Chiba (2025.9.5)
5. Yuto Oshita, Junka Kawakami, Yoko Maruyama, Honoka Ishikawa, Koichi Kobayashi,
Kota Yamauchi, Yumiko Ohhashi, Mao Fukuyama.
Size Control of Sup35 Condensates using Microdroplets
RSC-JAIMA Symposium on Analytical Chemistry 2025, Chiba (2025.9.5)

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野

教員構成：西原 洋知（教授）、吉井 丈晴（准教授）、中辻 博貴（助教）

【活動報告】

本研究分野では、従来は構造制御も構造描写も困難であった非晶質を主体とするカーボン系材料に関し、有機合成や化学気相蒸着の手法を用いて原子・分子レベルからのボトムアップ的な材料合成を行い、種々の新しいカーボン系構造体および複合材料の調製を進めている。また、先進のカーボン材料分析技術を利用し、カーボン系材料の反応性、耐食性、触媒能等、様々な化学的特性を分子論的に理解し、その精密制御を行っている。さらに、調製した新規材料を様々なエネルギーデバイス、機能性吸着材、触媒、ヘルスケアなど幅広い分野へ応用する検討を、国内外の多数の研究機関および企業と連携しつつ進めている。2025年の研究活動は以下のように概括される。

1. Rational fabrication of sulfur-rich porous carbons and their application of catalyst support for single-atomic platinum species

Single-atomic metal catalysts are attractive because of their outstanding catalytic performance and savings in precious metal usage owing to maximized metal utilization. Heteroatom-doped porous carbons are extensively used for their supports, where the heteroatoms contribute to immobilize single-atomic metals. However, high-content doping of heteroatoms, especially sulphur (S), into carbon supports is still challenging. Herein, we present a bottom-up fabrication approach for S-rich porous carbons from molecular precursors via thermal polymerization process (Fig.1). A simple carbonization of S-containing molecules with polymerizable ethynyl moieties at 900 °C yields microporous carbon materials with record-high S content (over 15 wt%). The abundant S species function as an effective anchoring site for single-atomic platinum (Pt) species.

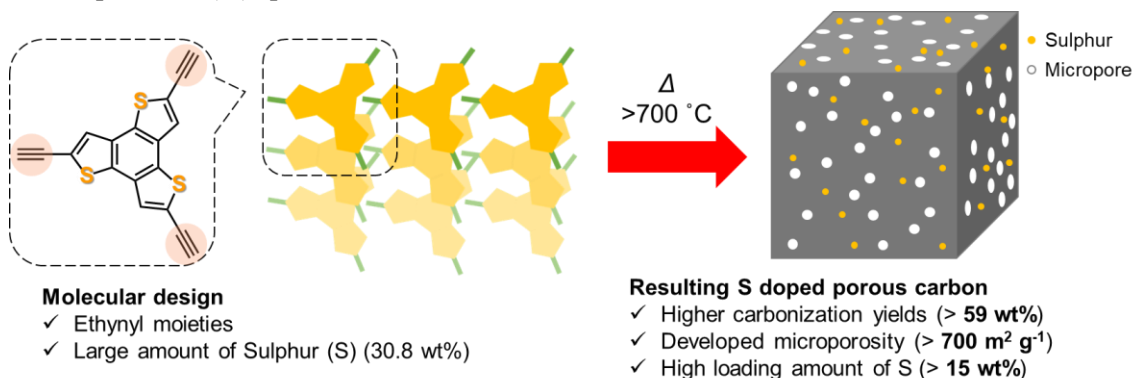


Fig. 1 Synthetic scheme of S-rich porous carbons by the carbonization of precursor molecules.

Toward anode catalysts in polymer electrolyte fuel cells, the prepared single-atomic Pt catalysts efficiently promote the electrochemical hydrogen oxidation reaction, whose activity is comparable to that of commercial Pt/C, despite the significantly low Pt loading amount.

2. Multifunctional Carbon Monolith with Enhanced Strength and Low Pressure Loss

Macroporous materials have found broad applications in catalysis, and water treatment due to their efficient fluid-solid interfaces, reducing fluid pressure loss and allowing the fluid to permeate more easily through the material. Especially, macroporous carbon materials, known for their excellent electrical and thermal conductivity as well as their thermal stability, have significant potential. However, the challenge with macroporous materials lies in achieving both low-pressure loss and mechanical strength to process large volumes of fluid rapidly. In fact, several macroporous carbon monoliths with low pressure loss have been reported. However, either their mechanical strength per weight has not been mentioned, or still at a low level. To address the problem of low mechanical strength, we constructed a carbon-based microhoneycomb structure. This was achieved by freeze-casting mixture of cellulose nanofiber, phenolic resin, and carbon black, followed by heat treatment. Our results demonstrate that the carbon monoliths were successfully fabricated (Figure 2a and b) and equipped with penetrated channels (Figure 1c), which offer a low fluid pressure loss. Compared to other carbon materials, the carbon monoliths prepared in this work showed low density and high mechanical strength (Figure 2d), surpassing other works. In water filtration tests, the monolith exhibited a high filtration efficiency for rhodamine B of >99% at water fluxes exceeding 20,000 L m² h⁻¹, surpassing conventional porous materials. Additionally, the low fluid pressure loss and high thermal conductivity of the monoliths make them an excellent candidate for heat exchange applications.

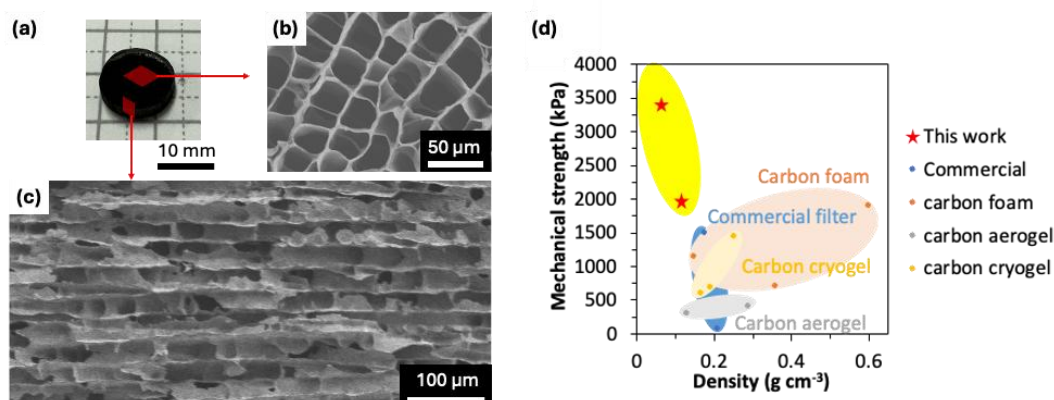


Figure 2. Characterizations of carbon monoliths. (a) Optical image of the carbon monolith. (b) The cross-section SEM image of carbon monolith. (c) The longitudinal section SEM image of carbon monolith. (d) Comparison of compression strength of the monoliths prepared in this work with other carbon porous materials.

【研究業績一覧】

発表論文 (25 報)

1. Tianshu Liu, Ayako Kawase, Zheng-Ze Pan, Koki Fujita, Takuma Kuroda, Shinichiroh Iwamura, Hiroto Nishihara
Superior sulfur infiltration into carbon mesosponge via chemical reaction for enhanced cycling stability in lithium-sulfur batteries
EES Batteries, **1**, 640-651 (2025)
2. Wang Zhou, Dan Wang, Ying Mo, Rui Tang, Peng Gao, Miaomiao Han, Shi Chen, Keigo Wakabayashi, Takeharu Yoshii, Hiroto Nishihara, Jilei Liu
Tuning surface reactivity towards high-performance hard carbon in Li/Na/K-ion batteries
Journal of Energy Chemistry, **103**, 27-36 (2025)
3. Kaining Li, Hanami Shimomura, Yasutaka Kuwahara, Takeharu Yoshii, Hiroto Nishihara, Hiromi Yamashita
Reversible Adsorption and Light-Driven Release of CO₂ Using Hollow Carbon Sphere-Based Adsorbents with Photothermal Conversion Feature
ACS Sustainable Chemistry & Engineering, **13**, 7418-7429 (2025)
4. Akiko Yoshida, Zheng-Ze Pan, Mutsuhiro Ito, Kenichi Izawa, Yuka Minegishi, Yusuke Sakuda, Yukinori Noguchi, Yasuhisa Hasegawa, Tetsuji Itoh, Hiroto Nishihara
Environmentally Sustainable, Noble-Metal-free Enzyme Sensors Capable of Functioning in the Presence of Ascorbic Acid
ACS Electrochemistry, **1**, 1176-1183 (2025)
5. Kosuke Sakamoto, Koki Chida, Shinya Masuda, Takeharu Yoshii, Hiroto Nishihara, Tatsuya Tsukuda
Aqueous phase synthesis of benzyl ester over partially thiolated Au₂₅ nanocluster catalysts: improving selectivity with hydrophobic carbon support
Green Chemistry, **27**, 8133-8142 (2025)
6. Rei Okuno, Tetsuya Kinjo, Zen Maeno, Hirooki Kajiwara, Ayaka Ishi, Naoto Kuwamura, Yohei Onodera, Shinji Kohara, Koji Yazawa, Kenzo Deguchi, Shinobu Ohki, Shunsuke Shimizu, Toshimasa Seki, Hiroki Nagai, Yuto Okawara, Ryuichi Maekawa, Takeharu Yoshii, Kiyoshi Nakahara, Toshinori Okura, Hideki Hashimoto
Amorphous alumina: an ideal material for advancing pentacoordinated aluminum chemistry and verifying its catalytic properties
Applied Materials Today, **44**, 102710 (2025)
7. Ryosuke Shinozuka, Kazuya Kanamaru, Shinichiroh Iwamura, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Ami Ikura, Yasushi Ichikawa, Kazuki Sone, Hiroto Nishihara
Suitable nanoporous materials and refrigerants for a force-induced heat pump applicable to

mesoporous materials

Energy Materials and Devices, **3**, 9370064 (2025)

8. Akiko Yoshida, Koki Chida, Takeharu Yoshii, Shunsuke Shimizu, Hirotaka Nakatsuji, Kazuhide Kamiya, Yasuhisa Hasegawa, Tetsuji Itoh, Hirotomo Nishihara
Next-generation hydrogen peroxide sensors based on ordered carbonaceous frameworks derived from iron porphyrin
Science and Technology of Advanced Materials, **26**, 2506979 (2025)
9. Hiroshi Matsutaka, Aya Kashifuku, Takaaki Orii, Daigo Miyajima, Naoki Uchiyama, Satoshi Wada, Hirotomo Nishihara
Densification of cellulose acetate-derived porous carbons for enhanced volumetric hydrogen adsorption performance
Journal of Materials Chemistry A, **13**, 22392-22405 (2025)
10. Yoshimitsu Itoh, Tengfei Fu, Pier-Luc Champagne, Yudai Yokoyama, Kunita Numabe, You-lee Hong, Yusuke Nishiyama, Hsiao-Fang Wang, Akemi Kumagai, Hiroshi Jinnai, Hirohmi Watanabe, Teiko Shibata-Seki, Asutaka Nagao, Tsutomu Suzuki, Yukie Saito, Keigo Wakabayashi, Takeharu Yoshii, Atsushi Izumi, Katsumi Hagita, Junichi Furukawa, Takuzo Aida
Electric double-layer synthesis of a spongelike, lightweight reticular membrane
Science, **389**, 73-77 (2025)
11. Peng Wang, Hirotaka Nakatsuji, Takeharu Yoshii, Hitoshi Kasai, Hirotomo Nishihara
Biocompatibility of size-controllable giant hollow carbon tubes: dispersibility, cytotoxicity and cellular internalization
Nano Materials Science, , in press (2025)
12. Chaehun Lim, Seongmin Ha, Seongjae Myeong, Ryo Kawaguchi, Takeharu Yoshii, Hirotomo Nishihara, Yu Rim Choi, Min Kang, Ji Woo Kim, Hyungwoo Kim, Yoong Ahm Kim, Young-Seak Lee
Engineering Active Edge Sites via Fluorination-Defluorination Cycles in Activated Carbon
Carbon, **244**, 120698 (2025)
13. Marwa Atwa, Shicheng Xu, Xiaoan Li, Samuel Dull, Zhaoxuan Wang, Haoyang Yu, Rui Tang, Timothy Goh, Yunha Jung, Mehrdad Kiani, Markus Lid, Hirotomo Nishihara, Fritz B. Prinz, Viola Birss
Controlled distribution of both Pt nanoparticles and ionomer in self-supported nanoporous carbon scaffolds significantly enhances oxygen reduction kinetics and stability
Journal of Materials Chemistry A, **13**, 33587-33600 (2025)
14. Péter B. Nagy, Márton Szabados, Dániel Seboek, Kadosa Sajdik, Tian Xia, Takeharu Yoshii, dam Pıto, Akos Szamosvolgyi, Hirotomo Nishihara, Tamas Szabo
Insight into the structural changes upon ultrasonic fragmentation and dispersion of carbon

- nanomaterials of different dimensions and bulk moduli
Carbon, **244**, 120616 (2025)
15. Yuki Sano, Daichi Nakajima, Biplab Manna, Koki Chida, Ryojun Toyoda, Shinya Takaishi, Kazuyuki Iwase, Koji Harano, Yuta Nishina, Takeharu Yoshii, Ryota Sakamoto
Thermally polymerizable phthalocyanine realizes a metal–nitrogen-doped carbon material featuring a defined single-atom catalyst motif with CO₂RR activity
Journal of Materials Chemistry A, **13**, 28887-28895 (2025)
16. Zeke Coady, Samuel G., H. Brookes, Zhaohan Shen, Benjamin J. Rhodes, Grace Mapstone, Zhen Xu, Wei Yu, Hirotomo Nishihara, Christoph Schran, Angelos Michaelides, Alexander C. Forse
Unexpected Oversolubility of CO₂ Measured at Electrode-Electrolyte Interfaces
Journal of the American Chemical Society, **147**, 36310-36319 (2025)
17. Hongyu Liu, Zheng-Ze Pan, Hiroshi Yuzawa, Hirotaka Nakatsuji, Zyun Siroma, Hirotomo Nishihara
Probing Pore Length-Dependent Polysulfide Diffusion in One-Dimensional Nanochannels
CCS Chemistry, , 1-11 (2025)
18. Amrita Jain, Chandini Kumar, Peter Skorna, Hirotaka Nakatsuji, Hirotomo Nishihara, Tamas Szabo, Olena Ivashchenko, Monika Michalska, Eva Scholtzova
Graphene mesosponge: a novel material for the sequestration of azo dyes in water
Journal of Advanced Research, , in press (2025)
19. Ryota Akai, Showa Kitajima, Kohei Okubo, Nobuyuki Serizawa, Hirotomo Nishihara, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Water-resistant redox-active metal–organic framework
Nature Communications, **16**, 10798 (2025)
20. Bo Song, Rungkiat Nganglumpoon, Suthasinee Watmanee, Joongjai Panpranot, Takeharu Yoshii, Shunsuke Shimizu, Hirotomo Nishihara, Zhanhua Wei, Gregorio F. Ortiz
N/S co-doped sheet-like structure graphitic carbon quantum dots sodium ion battery anode enabling excellent kinetic response and long-term cyclability
Journal of Energy Storage, **139**, 118876 (2025)
21. Minghao Liu, Masataka Inoue, Hirotaka Nakatsuji, Rui Tang, Zheng-Ze Pan, Hirotomo Nishihara
Ultralight and mechanically robust carbon monoliths with aligned microchannels
Materials Horizons, , in press (2025)
22. Daniel Moreno-Rodríguez, Eva Scholtzová, Hirotomo Nishihara
The interplay between topological defects and CO₂ and NH₃ adsorption in graphene
Materials Chemistry Frontiers, **24**, 9, 3548-3558 (2025)
23. Natsumi Takemori, Daiki Tanaka, Shunsuke Shimizu, Takeharu Yoshii, Hirotomo

Nishihara, Koki Urita, Yoshihiro Kamimura, Yoshihiro Kubota, Satoshi Inagaki
Enhanced Electric Double-Layer Capacitance of 1,10-Phenanthroline-Derived Mesoporous
Carbon CMK-1 Electrodes via Selective Elimination of Pyridinic Nitrogen during
Carbonization

ACS Applied Energy Materials, **8**, 24, 18000-18010 (2025)

24. Thidarut Laochai, Hiroto Nishihara, Jiaqian Qin, Manunya Okhawilai, Joseph Wang,
Nadnudda Rodthongkum, Wiwittawin Sukmas

Dual-mode sweat urea sensor based on Ti₃C₂T_x MXene/CuO nanocomposite:
Colorimetric-electrochemical detection optimized by machine learning and genetic
algorithms

Sensors and Actuators B: Chemical, **447**, 138882 (2026)

25. Shunsuke Ohtani, Tatsuki Sobue, Koki Chida, Takeharu Yoshii, Keisuke Wada, Kenichi
Kato, Kazuhide Kamiya, Hiroto Nishihara, Tomoki Ogoshi

Sub-Angstrom Level Pore-Size Tuning in Porous Carbon Materials through Single-Step
Carbonization of Precursors Rationally Designed through π -Conjugation Extension

Langmuir, **42**, 2, 2056-2064 (2026)

著書・解説記事

1. Hanzhang Zhou, Mengxuan Zhang, Takeharu Yoshii, Devis Di Tommaso,
Hiroto Nishihara
Mechanism of methane activation and graphene growth on oxide ceramics
Nanoscale, **17**, 13646-13652 (2025)
2. 吉井文晴
超高温真空昇温脱離分析法の開発
表面と真空, **68**, 468 (2025)
3. Akiko Yoshida, Tetsuji Itoh, Hiroto Nishihara
Carbon-based electrodes and sensors for miniaturized blood gas analyzers
Carbon Reports, **4**, 164-178 (2025)
4. Koki Chida, Takeharu Yoshi, Yuta Nishina, Kazuhide Kamiya, Ryota Sakamoto,
Fumito Tani, Tomoki Ogoshi, Hiroto Nishihara
Synthesis and applications of porous carbonaceous materials with inherited molecular
structural features from the precursor molecules
Carbon Reports, **4**, 179-187 (2025)
5. 吉井文晴, 若林佳吾, Shen Zhaohan
3次元グラフェンを基盤とした空気電池・キャパシタ中のリチウム・酸素・ホウ
素・窒素の XPS・軟 X 線 XAS 解析
九州シンクロトロン光研究センター県有ビームライン利用報告書, 2404002P

(2025)

6. 吉井丈晴, Tianshu Liu, Zhaohan Shen
3次元グラフェンを用いた Na イオン電池・Li 空気電池・電気二重層キャパシタ
電極の軟 X 線 XAS 解析
九州シンクロトロン光研究センター県有ビームライン利用報告書, 2409061P
(2025)
7. Tianshu Liu, Wei Yu, Heather Au, Yoshikiyo Hatakeyama, Kazuma Gotoh, Toshihiro
Kondo, Maria-Magdalena Titirici, Hiroto Nishihara
Recent Progress in the Design of Functional Carbon Materials for Energy Storage
ACS Applied Energy Materials, **8**, 17155-17179 (2025)
8. Akiko Yoshida, Tetsuji Itoh, Hiroto Nishihara
Miniaturization of oxygen and enzyme sensors for blood gas analyzers using highly
crystalline graphene electrodes
TANSO, **2026**, 209-309 (2026)

特許

申請件数 7 件
公開件数 3 件
登録件数 6 件

新聞等広報

1. “血糖値測定用の電極を開発 血液ガス分析装置の小型化に貢献する貴金属フリーか
つ夾雑物除去機構フリーのグルコースセンサー”
東北大学ウェブページ (2025.5.12)
2. “グラフェンメソスポンジ”
化学工業日報 (2025.5.20)
3. “グラフェンメソスポンジ”
河北新報朝刊 (2025.9.5)
4. “常識を覆す「柔らかいナノスポンジ」”
note (2025.9.5)
5. “炭素材料の常識を変え、社会実装まで切り拓く”
note (2025.9.20)
6. “超高温の熱分析で窒素ドーパカーボンの高感度定性・定量分析を達成”
Chem-Station(ケムステ) (2025.9.23)
7. “Unmasking the Culprits of Battery Failure with a Graphene Mesosponge”
東北大学ウェブページ (2025.10.20)
8. “Carbon-material analysis: Ultra-high-temperature TPD identifies hidden nitrogen

environments”

AIMR ウェブページ (2025.11.25)

9. “水に強くリサイクルできる MOF 電極を実証”
東北大学ウェブページ (2025.12.3)
10. “高配向性マクロチャンネルを備えた 超軽量かつ強靱なハニカム炭素材料を開発 —
環境・エネルギー技術を支える材料構造設計—”
東北大学ウェブページ (2026.1.22)

受賞等, 特記事項

1. 吉井 丈晴
超高温・高感度な真空昇温脱離法による軽元素キャラクタリゼーション
日本表面真空学会 若手学会賞 (2025. 5. 31)
2. 西原 洋知
ナノメートルオーダーで細孔径制御した ZTC によるプロパン・プロピレンの吸着
分離
第 7 回物質・デバイス共同研究賞 (2025. 6. 27)
3. 高橋 慧起
グラフェンメソスポンジ改質セルロースセパレータによる水系亜鉛イオン電池の
高出力・長寿命化
第 27 回先端研究発表会 探究賞 (2025. 7. 5)
4. 藤田 拓樹
単層グラフェンから成る規則性メソポーラスカーボン
第 27 回先端研究発表会 最優秀発表賞 (2025. 7. 5)
5. 藤田 拓樹
単層グラフェンから成る規則性メソポーラスカーボン
第 27 回先端研究発表会 探究賞 (2025. 7. 5)
6. 湯澤 浩
エクソソームをサイズ選択的に分離する多孔炭素電極の開発
炭素材料夏季セミナー ポスター賞 (2025. 9. 12)
7. 川口 遼
単原子 Fe 含有規則性炭素構造体の合成と酸素還元触媒への応用
第 52 回炭素材料学会年会 優秀ポスター賞 (2025. 11. 27)
8. 清水 俊介
機械学習ポテンシャルを用いた ポリマー結晶の炭素化シミュレーション
第 52 回炭素材料学会年会 優秀発表賞 (2025. 11. 27)
9. 吉井 丈晴
超高温領域を利用した無機固体表面分析法の開発

日本化学会 進歩賞 (2026. 3. 18)

学会発表 国際会議 58 件 (うち、招待 19 件)、国内会議 35 件 (うち、招待 9 件)
国内学会

(招待講演)

1. Hirotomoto Nishihara

カーボン材料研究の進展

第二回超空間シンポジウム, 小樽 (2025. 6. 23-24)

2. 西原 洋知

3次元グラフェン多孔体の研究開発と実用化

化学プロセス研究コンソーシアム ナノ材料プロセス研究グループ 講演会, web
(2025. 7. 31)

3. 吉井 丈晴

Ultra-High Temperature TPD: A Frontier Tool for Light Element Characterization

2025年日本表面真空学会学術講演会, つくば (2025. 10. 20-22)

4. 西原 洋知

湾曲グラフェンから成る多孔体 Graphene MesoSponge®

分離技術会年会2025, 東京 (2025. 10. 31-11.1)

5. 吉井 丈晴

レドックスが関わる炭素材料の化学

第1回レドックスフロンティアセミナー, 仙台 (2025. 11. 6)

6. 西原 洋知

グラフェンから成るナノポーラス材料

第19回技術開発フォーラム: ナノポーラス材料開発の最前線, web (2026. 2.9)

7. 吉井 丈晴

触媒化学的視点に基づく炭素材料研究

第147回黒鉛化合物研究会, オンライン (2026. 1. 30)

8. 吉井 丈晴

超高温域を利用した熱分析法の進展: 測定対象の拡張と材料創製

日本表面真空学会東北・北海道支部 令和7年度学術講演会, 山形 (2026. 3. 9)

9. 吉井 丈晴

超高温領域を利用した無機固体表面分析法の開発

日本化学会第106春季年会(2026), 千葉 (2026. 3. 17-20)

(一般講演)

1. Zhaohan Shen, Wei Yu, 吉井丈晴, 西原洋知

高純度¹³C メソポーラス正極を用いた Li-O₂電池副反応の分離解析

- GteX* 若手交流会, つくば (2025. 6. 25-27)
2. 藤田 拓樹, Wei YU, 西原洋知
単層グラフェンから成る 規則性メソポーラスカーボン
第27回先端研究発表会, 東北大学青葉山キャンパス (2025. 7. 5)
 3. 高橋慧起, Yu Wei, 西原洋知, Liubing Dong
グラフェンメソスポンジ改質セルロースセパレータによる 水系亜鉛イオン電池の
高出力・長寿命化
第27回先端研究発表会, 東北大学青葉山キャンパス (2025. 7. 5)
 4. Hanzhang Zhou, Mengxuan Zhang, Takeharu Yoshii, Hiroto Nishihara
Investigation of the Mechanism of the CH₄-CVD Initial Step on Oxide Ceramics
第15回 次世代天然ガス利用を考える若手勉強会, 青葉山 (2025. 7. 26)
 5. 黒木開, 西原洋知, 宮脇仁, 井殿大
新規炭素材料における触媒吸着サイトの定量
触媒学会「夏の研修会」, 滋賀 (2025. 7. 30-8.1)
 6. 類家忠大, 吉井丈晴, 川口遼, 千田晃生, 井上真隆, 谷文都, 西原洋知
規則性炭素構造体のCO₂転換触媒機能開拓
触媒学会「夏の研修会」, 滋賀 (2025. 7. 30-8.1)
 7. 湯澤浩, Liu Hongyu, Pan Zheng-Ze, 中辻博貴, 田中良和, 安井隆雄, 西原洋知
エクソソームをサイズ選択的に分離する多孔炭素電極の開発
第61回炭素材料夏季セミナー, 草津 (2025. 9. 11-12)
 8. 坂本 光翼, 千田 晃生, 増田 晋也, 吉井 丈晴, 西原 洋知, 佃 達哉
炭素担体の疎水性を利用したAu₂₅クラスター触媒による水中下でのアルコールの
選択的エステル化
第136回触媒討論会, 東北大学 (2025. 9. 17-19)
 9. 吉井丈晴, 千田晃生, 川口遼, 井上真隆, 文都, 祖父江健貴, 大谷俊介, 加藤研一, 生越友樹,
中畑祥子, 神谷和秀, 西原洋知
高濃度S含有炭素を担体とした単原子Pt触媒の合成と電気化学的水素酸化反応への
応用
第136回触媒討論会, 東北大学 (2025. 9. 17-19)
 10. 類家忠大, 吉井丈晴, 川口遼, 千田晃生, 井上真隆, 谷文都, 西原洋知
電気化学的CO₂転換を駆動する単原子Co固定化炭素触媒の合成
多元研発表会, 東北大学 (2025. 9. 24)
 11. A. Yoshida, T. Itoh, H. Nishihara
Development of Miniaturized Sensors Based on Graphene-coated Porous Silica Spheres for
Blood Gas Analyzers
第35回 日本MRJ年次大会, 北九州 (2025. 11. 10-12)
 12. 松鷹宏, 櫻福亜矢, 折井孝彰, 宮島大吾, 内山直樹, 和田智之, 西原洋知

- 高密度水素貯蔵を指向した酢酸セルロース由来 多孔質カーボンペレットの作製と吸着特性評価
第38回日本吸着学会研究発表会, 大分 (2025. 11. 12-13)
13. Junlong Huang, Wei Yu, Hiroto Nishihara
Reactive Polymer Enables Anion-Directed Interphase Engineering for Fast-Charging Sodium-Ion Batteries
第66回電池討論会, ウィンクあいち (2025. 11. 18-20)
14. Minghao Liu, Wei Yu, Hiroto Nakatsuji, Hiroto Nishihara
Ultra-Thick Carbon Microhoneycomb Cathodes for High-Capacity Lithium-Oxygen Batteries
第66回電池討論会, ウィンクあいち (2025. 11. 18-20)
15. 川口遼, 吉井丈晴, 千田晃生, 井殿大, 井上真隆, 谷文都, 丸山純, 西原洋知
単原子Fe含有規則性炭素構造体の合成と 酸素還元触媒への応用
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
16. 清水俊介, 吉井丈晴, 田中秀樹, 西原洋知
機械学習ポテンシャルを用いた ポリマー結晶の炭素化シミュレーション
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
17. 竹森夏海, 吉井丈晴, 清水俊介, 西原洋知, 窪田好浩, 稲垣怜史
規則性メソポーラスシリカの細孔内における 含窒素多環芳香族化合物の炭素化挙動
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
18. 高橋慧起, Wei Yu, Liubing Dong, 西原洋知
グラフェンメソスポンジによる 亜鉛イオンハイブリッドキャパシタ用セパレータの改質
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
19. 若林佳吾, 吉井丈晴, 千田晃生, 阿久津周平, 笹野裕介, 岩淵好治, 平澤典保, 瀬川良佑, 金野智浩, 藤仁, 伊倉亜美, 内村允宣, 西原洋知
常温常圧下における気相酸化反応を実現する 有機ラジカル担持炭素触媒系の構築
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
20. Hong-Han HUANG, Tian XIA, Takeharu Yoshii, Chun-Hu CHEN, Hiroto Nishihara
Deformation-Responsive Graphene spherical structure: Comparative Study of Mesoporous and Macroporous Architectures
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
21. 丸山 純, 丸山翔平, 品川 勉, 高月 晃, 吉澤徳子, 井上真隆, 西原洋知, 今井菜月, 田中秀樹, 谷 文都
針状中空ナノ炭素材料における電気化学的キラル識別能
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)

22. 佐野 雄紀,豊田 良順,高石 慎也,岩瀬 和,至,仁科 勇太,吉井 丈晴,坂本 良太
熱重合可能な金属フタロシアニンを利用したNi-N4構造を有する金属-窒素ドーパ
炭素材料の開発とそのCO₂還元活性
第52回炭素材料学会年会, 長野 (2025. 11. 26-28)
23. 今村心,浦谷浩輝,清水俊介,吉井丈晴,佐藤啓文
昇温脱離分析における窒素ドーパグラフェンからのN₂生成機構に関する理論的研
究
第15回量子化学スクール, 愛知 (2025. 12. 9-11)
24. 今村心,浦谷浩輝,清水俊介,吉井丈晴,佐藤啓文
窒素ドーパグラフェンからの N₂ 生成過程における窒素原子移動の役割
第21回京都大学福井謙一記念研究センターシンポジウム, 京都 (2026. 2. 10)
25. 佐々木啓太,神永健一,村上響,清水俊介,吉井丈晴,菊地帆,丸山伸伍,西原洋知,松本祐
司,手島史綱,田中清尚
無機液晶層状化学ポロフェンの真空製膜プロセスの開発
日本表面真空学会東北・北海道支部 令和7年度学術講演会, 山形 (2026. 3. 9)
26. 今村心,浦谷浩輝,清水俊介,吉井丈晴,佐藤啓文
高温条件下での窒素ドーパグラフェンからの N₂ 生成挙動の理論的検討
研究会「凝縮系の理論化学」, 沖縄 (2026. 3. 11-12)
27. 今村 心,浦谷 浩輝,清水 俊介,吉井 丈晴,佐藤啓文
昇温脱離分析における窒素ドーパグラフェンからのN₂生成機構に関する理論的研
究
日本化学会第106春季年会(2026), 千葉 (2026. 3. 17-20)
28. 吉井丈晴,千田晃生,井上真隆,清水俊介,Qi Zhao,Devis Di Tommas,西原洋知
単原子Cu活性点を有する規則性炭素化物構造体による電気化学的CO還元反応
第137回触媒討論会, 東京 (2026. 3. 23-24)

国際会議

(招待講演)

1. Takeharu Yoshii,Hiroto Nishihara
Advanced Temperature-Programmed Desorption for Graphene-Based Materials
*12th International Forum on Graphene in Shenzhen & 1st International Conference on 2D
Materials, Shenzhen, China* (2025. 4. 11-13)
2. Hiroto Nishihara
Three-dimensional graphene frameworks synthesized via zipping reactions for durable
electrode applications
2nd International Conference on Materials for Green Future, Chiang Mai, Thailand
(2025. 4. 28-5.1)

3. Hirotomo Nishihara
MESOPOROUS 3-D GRAHENE MATERIALS FOR ENERGY STORAGE
NT'25, Kyoto (2025. 6. 15-20)
4. Takeharu Yoshii
Advanced temperature programmed desorption up to 2100 °C as a new characterization technique for heteroatoms
Japanese German Symposium on Frontiers in Future Materials Design, シュツットガルト (2025. 7. 3-5)
5. Hirotomo Nishihara
3D graphene materials for advanced batteries
The 6th International Conference on Energy Storage Materials, Shenyang (2025. 9. 21-24)
6. Takeharu Yoshii
Advanced 3D Graphene Materials: From Design to Applications
1st International Symposium on Carbon Resource Utilization and Advance Carbon Materials, 中国 (2025. 9. 24-26)
7. Hiroshi Matsutaka, Aya Kashifuku, Takaaki Orii, Daigo Miyajima, Naoki Uchiyama, Satoshi Wada, Hirotomo Nishihara
Cellulose Acetate-Derived Carbon Pellets for High-Density Hydrogen Storage
Chemeeet2025, ギリシア (2025. 9.29)
8. Takeharu Yoshii, Hirotomo Nishihara
Advanced temperature-programmed desorption for ultra-sensitive analysis in inorganic materials
Satellite Workshop - Albania, Japan and Spain in NanoBalkan2025, アルバニア (2025. 9. 29-10.3)
9. Hirotomo Nishihara
Three-dimensional mesoporous graphene for energy applications
nanoBalkan, アルバニア (2025. 9. 29-10.3)
10. Mengxuan Zhang, Takeharu Yoshii, Wijk Yospanya, Reiko Oda, Hirotomo Nishihara
Size-controlled graphene growth on oxide ceramics
Exploring chiral Field-Matter Interaction Throufh Spacio-Temporal Phenomena, ボルドー (2025. 11.16)
11. Hirotomo Nishihara
3D graphene materials for advanced capacitors
8th International Conference on Advanced Capacitors, 台北 (2025. 11. 30-12.3)
12. Hirotomo Nishihara
From 2D to 3D: Architecting Mesoporous Graphene Frameworks for Scalable Energy

Applications

2025 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston (2025. 11. 30-12.5)

13. Hirotomo Nishihara

Mass-producible three-dimensional graphene for energy-related applications

60th Singapore Scientific Conference, シンガポール (2025. 12. 8-11)

14. Takeharu Yoshii

Ultra-High Temperature TPD: A Frontier Tool for Heteroatom Characterization

International Symposium: Advanced Materials and Characterizations for Energy Storage Devices, 東北大学 (2025. 12. 8)

15. Hirotomo Nishihara

Architecting Three-Dimensional Carbon Structures for Versatile Applications

The 2025 International Conference on Green Chemical Engineering and New Energy, 武漢 (2025. 12. 15-16)

16. Takeharu Yoshii

Ultra-high temperature TPD for heteroatom characterization

International Symposium of Materials and Devices 2025 (ISMD 2025), 鳴子 (2026. 2. 23-25)

17. Hirotomo Nishihara

Development of Nanocarbon Materials and Collaboration with Thailand

AIMR x CU Mini Symposium in Japan-Thailand Young Researcher Collaboration, 仙台 (2026.2.27)

18. Hirotomo Nishihara

Graphene mesosponge for energy applications

Green Materials 2026, Vienna (2026. 3. 16-18)

19. Hiroshi Matsutaka, Aya Kashifuku, Takaaki Orii, Daigo Miyajima, Naoki Uchiyama, Satoshi Wada, Hirotomo Nishihara

Porous Carbon Pellets from Cellulose Acetate for High-Volumetric Hydrogen Storage

Green Materials 2026, Vienna (2026. 3. 16-18)

(一般講演)

1. Mengxuan Zhang, Hanzhang Zhou, Takeharu Yoshii, Hirotomo Nishihara

Effect of Surface Acid-Base Properties of Metal Oxides on Graphene Growth via Low-Temperature Acetylene CVD

2nd International Conference on Materials for Green Future, Chiang Mai, Thailand (2025. 4. 28-5.1)

2. Wei Yu, Hirotomo Nishihara

Graphene Mesosponge: A New Choice for Lithium-Oxygen Batteries

- The 14th Early Career Researchers Ensemble Workshop*, 片平キャンパス (2025. 5.13)
3. Hiroshi Matsutaka, Aya Kashifuku, Takaaki Orii, Daigo Miyajima, Naoki Uchiyama, Satoshi Wada, Hiroto Nishihara
Porous Carbon Pellets for High Volumetric Hydrogen Storage Capacity using Cellulose Acetate as a Precursor
FOA15, Porto (2025. 5.18-23)
 4. Wei Yu, Keiki Takahashi, Liubing Dong, Hiroto Nishihara
Multifunctional Separator for Zn Metal Anode Protection
247th ECS Meeting, Montréal, Canada (2025. 5.18-22)
 5. Hirotaka Nakatsuji, Masataka Inoue, Minghao Liu, Zhenze Pan, Hiroto Nishihara
Development of High-Strength Honeycomb Structural Polymer
M3-S "Applied polymers, nanomaterials, membranes, and composites", ポーランド (2025. 5. 27-30)
 6. Takeharu Yoshii
Synthesis, Analysis and Catalytic Applications of 3D Graphene Materials
M3-S "Applied polymers, nanomaterials, membranes, and composites", ポーランド (2025. 5. 27-30)
 7. Koki Chida, Takeharu Yoshii, Hiroto Nishihara, Fumito Tani
Synthesis and Application of Carbonaceous Materials Derived from Well-Designed Organic Crystals
ISMSC2025, 京都 (2025. 5.25-30)
 8. Takeharu Yoshii
3D Graphene Materials: Synthesis, Characterization, and Application
Special Seminar at Yunnan University, 中国 (2025.6.10)
 9. Wei YU, Zhaohan SHEN, Minghao LIU, Hiroto NISHIHARA
Advances in carbon-based cathodes for high-performance Li-O₂ batteries
First AACG Carbon Symposium, Istanbul (2025. 6.25-26)
 10. Keigo Wakabayashi, Takeharu Yoshii, Koki Chida, Shuhei Akutsu, Sasano Yusuke, Yoshiharu Iwabuchi, Noriyasu Hirasawa, Ryosuke Segawa, Tomohiro Konno, Masashi Ito, Ami Ikura, Masanobu Uchimura, Hiroto Nishihara
Innovative organic radical/carbon catalysts for efficient gas-phase oxidation under ambient conditions
Carbon 2025, サン=マロ (2025. 6.29-7.4)
 11. Eva Scholtzová, Daniel Moreno-Rodríguez, Hiroto Nishihara
Model study of the enhanced adsorption of CO₂ and NH₃ on defected graphene
Carbon 2025, サン=マロ (2025. 6.29-7.4)
 12. Wei Yu, Tianshu Liu, Hiroto Nishihara

- High-Surface-Area Porous Carbon Anodes for Fast Na-Ion Storage
Carbon2025, サン=マロ (2025. 6.29-7.4)
13. Takeharu Yoshii, Koki Chida, Ryo Kawaguchi, Masataka Inoue, Fumito Tani,
Tatsuki Sobue, Shunsuke Ohtani, Kenichi Kato, Tomoki Ogoshi, Shoko Nakahata,
Kazuhide Kamiya, Hiroto Nishihara
High-Content Sulfur-Doped Porous Carbons as Supports for Single-Atomic Platinum
Catalysts
Carbon2025, サン=マロ (2025. 6.29-7.4)
14. Peng Wang, Hirota Nakatsuji, Takeharu Yoshii, Hitoshi Kasai, Hiroto Nishihara
Selective Amino Functionalization of Inner Surfaces in Giant Hollow Carbon Tubes
Carbon2025, サン=マロ (2025. 6.29-7.4)
15. Akiko Yoshida, Tetsuji Itoh, Hiroto Nishihara
Graphene-coated porous silica spheres for compact biosensors
Carbon2025, サン=マロ (2025. 6.29-7.4)
16. Takeharu Yoshii
Three-dimensional Graphene for Catalysis: Design, Characterization, and Application
Special Seminar at University of Poitiers, フランス (2025. 7.7)
17. Hiroshi Yuzawa, Hongyu Liu, Zheng-Ze Pan, Hirota Nakatsuji, Hiroto Nishihara
Carbon-Based Transparent Electrodes with Tunable Nanoporous Architecture
The World Congress of Chemical Engineering 2025, 北京 (2025. 7.14-18)
18. Hiroto Nishihara
Thermochemistry enabled by deformation of elastic nanoporous materials
WCCE 12 & APCCChE 2025, 北京 (2025. 7.14-18)
19. Hiroto Nishihara
Three-dimensional graphene frameworks synthesized via zipping reactions for durable
electrode applications
The 4th International Conference on Energy and Environment, 楚雄 (2025. 7.16-19)
20. Takeharu Yoshii
Ultra-High temperature TPD for Advanced Characterization of Carbon Materials
17th National Academic Symposium on New Carbon Materials, 西安 (2025. 8.17-19)
21. Koki Fujita, Tianshu Liu, Wei Yu, Ayako Kawase, Zheng-Ze Pan, Hiroto Nishihara
Superior sulfur infiltration into carbon mesosponge via chemical reaction for enhanced
cycling stability in lithium-sulfur batteries
Faraday Institution Conference 2025, Coventry, UK (2025. 9.9-11)
22. Tianshu Liu, Wei Yu, Yoshikiyo Hatakeyama, Hiroto Nishihara
Deciphering solid electrolyte interface formation on porous carbon in sodium-ion batteries
Faraday Institution Conference 2025, Coventry, UK (2025. 9.9-11)

23. Jun Maruyama,a,Shohei Maruyama,Tsutomu Shinagawa,a,Akira Takatsuki,
Noriko Yoshizawa,Masataka Inoue,c,Natsuki Imai,Koichi Matsuo,
Tani Fumito,Hiroto Nishihara,c,Hideki Tanaka
Hollow-needle-like Nanocarbon with Electrochemical Chiral Discriminating Ability
76th Annual ISE Meeting, Mainz, Germany (2025. 9.7-12)
24. Wei Yu,Zhaohan Shen,Alex Aziz,Thomas Kress,Alexander C. Forse,Hiroto Nishihara
Isotopic ¹³C mesoporous carbons decouple degradation in lithium-oxygen batteries
Faraday Institute Conference 2025, Coventry, UK (2025. 9.9-11)
25. Shunsuke Shimizu,Takeharu Yoshii,Ryota Osuga,Hiroto Nishihara
Comprehensive Analysis of Hydroxyl Groups in Zeolites Using Advanced
Temperature-Programmed Desorption
e-MRS Fall Meeting, Warsaw (2025. 9.15-18)
26. Wei Yu,Tianshu Liu,Hiroto Nishihara
The Influence of SEI on Porous Carbon Anodes on Sodium-Ion Storage
ELLIPSE Conference, Ulm, Germany (2025. 9.15-16)
27. Tian Xia,Takeharu Yoshii,Keita Nomura,Keigo Wakabayashi,Zheng-Ze Pan,Takafumi Ishii,
Hideki Tanaka,Takashi Mashio,Jin Miyawaki,Toshiya Otomo,Kazutaka Ikeda, Yohei Sato,
Masami Terauchi,Takashi Kyotani,Hiroto Nishihara
Graphene Zipping Reactions in Mesoporous Carbon for Energy Materials
BACCARA POWER DAY 2025, Munster (2025. 9.24)
28. Keigo Wakabayashi,Takeharu Yoshii,Hiroto Nishihara
Boron- and nitrogen-doped 3D graphene: synthesis and capacitive behavior
BACCARA POWER DAY 2025, Munster (2025. 9.24)
29. Takeharu Yoshii
Design, Analysis, and Catalytic Application of 3D Graphene Materials
Special Seminar at China University of Mining and Technology (Beijing), 北京 (2025. 9.25)
30. Junlong Huang,Dingcai Wu
Topological Defect-Regulated Porous Carbon Anodes with Fast Interfacial and Bulk Kinetics
for High-Rate and High-Energy-Density Potassium-Ion Batteries
CSE2025, 宫崎 (2025. 10.29)
31. Tianshu Liu,Ayako Kawase,Zheng-Ze Pan,Shinichiro Iwamura,Hiroto Nishihara
Controlled sulfur loading via chemical reaction in mesoporous carbon for enhanced
cycling stability in lithium-sulfur batteries
CSE2025, 宫崎 (2025. 10.29)
32. Meng Wang,Wei Yu,Hiroto Nishihara
Multiscale Design of Carbon Cathodes for Li-O₂ Batteries
CSE2025, 宫崎 (2025. 10.29)

33. Wei Yu, Minghao Liu, Hiroto Nishihara
Carbon Microhoneycomb Cathodes for Li-O₂ Batteries with Ultra-High Areal Capacities
ABAA-16, Padova, Italy (2025. 11.4)
34. B. Song, R. Nganglumpoon, S. Watmanee, J. Panprano, T. Yoshii, S. Shimizu, H. Nishihara, Z. Wei, G. F. Ortiz
Long-term cyclability and superior kinetic response sodium ion battery anode enabled by selective N/S co-doping of graphitic carbon quantum dots
IBA2025, Singapore (2025. 11.10)
35. Zhaohan Shen, Wei Yu, Alex Aziz, Alexander C. Forse, Hiroto Nishihara
The “Weakest Link” in Li-O₂ Batteries Based on Ru Catalysts
2nd National Conference on Energy Chemistry, Shanghai (2025. 11.22)
36. Takeharu Yoshii, Ginga Nishikawa, Shunsuke Shimizu, Hiroto Nishihara
Advanced temperature-programmed desorption analysis up to 2100 °C for the characterization of heteroatoms in carbon and oxides
2nd International Symposium on Solid State Chemistry, 島根 (2025. 12.3)
37. Sasaki Keita, Kaminaga Kenichi, Murakami Hibiki, Shimizu Shunsuke, Yoshii Takeharu, Teshima Fumitsuna, Kikuchi Ayumu, Maruyama Shingo, Tanaka Kiyohisa, Nishihara Hiroto, Matsumoto Yuji
One-step vacuum deposition synthesis of layered borophene oxide films from alkali metal borohydrides
Pacifichem, ハワイ (2025. 12.17)
38. Junlong Huang, Hiroto Nishihara
Fast Charging and High Energy Density Sodium-Ion Batteries Enabled by Reactive Polymer-Coated Hard Carbon Anodes
Pacifichem, ハワイ (2025. 12.17)
39. Takeharu Yoshii, Ginga Nishikawa, Shunsuke Shimizu, Hiroto Nishihara
High-temperature TPD up to 2100 °C for nitrogen speciation in carbon and oxide materials
Pacifichem, ハワイ (2025. 12.17)

ハイブリッド材料創製研究分野

教員構成：芥川 智行（教授）、出倉 駿（助教）、佐藤 鉄（助教）、
笠原 遥太郎（助教）

【活動報告】 本研究分野では、有機分子の設計自由度に着目した分子集合体の多重機能性の開拓を試みている。有機合成化学、錯体化学、物性化学の手法を駆使して、導電性・磁性・発光・強誘電性・強弾性の観点から、分子性材料の電子・スピン構造や動的な運動自由度を設計し、その集合状態と機能発現を制御する事で、マルチファンクショナル材料に関する研究を行っている。新規なプロトン伝導性分子性結晶、多機能性強誘電体の開発、発光センサ、ダイナミックなイオン運動ユニットを含む機能性結晶、スイッチングを示す有機半導体などに関する研究を実施した。2025年度の研究活動の中から、光応答性強誘電体と強誘電性柔粘性結晶の開発に関する研究実施例を紹介する。

1. 光応答性有機強誘電体の開発

有機材料の物性は、分子配列様式やその運動性により支配され、適切な分子間相互作用の設計により物性制御が可能となることから、これまで実現不可能であった機能の複合化により、メモリの高密度化や高感度センシング機能の発現が期待できる。例えば、外部電場による分極反転を示す有機強誘電体では、双極子モーメントを反転可能とする設計が可能である。有機強誘電体にさらなる外場応答性を付与できれば、新しい動作メカニズムによるメモリ材料の創製が考えられる。有機強誘電体における双極子モーメントに対する運動自由度の設計と光に対する外場応答性は、有機分子の緻密な分子設計から可能である。代表的な光反応性の π 電子系有機分子に $-C=C-$ 結合が分子中心に存在するスチルベンがあげられ、古くからその光二量化反応が検討されている。超分子化学の手法を用いてスチルベンの分子配列様式を制御することにより、固体中での $-C=C-$ 結合の[2+2]光二量化反応が設計可能となる。新たにアルキルアミド鎖 $(-CONHC_nH_{2n+1})$ を有するスチルベン誘導體(C14SDA)を設計した(図1)。強誘電性の実現に有利に働くと考えられる分子間アミド水素結合鎖に着目し、同時にアルキル鎖の熱運動状態の違いを反映した可逆的な連続相転移(S1→S2→S3→L)を示す新規化合物の開発に成功した。

C14SDA の高温固相であるS3相では、アルキル鎖が部分的に融解し、一次元的な分子間アミド水素結合と外部電場による双極子モーメントの

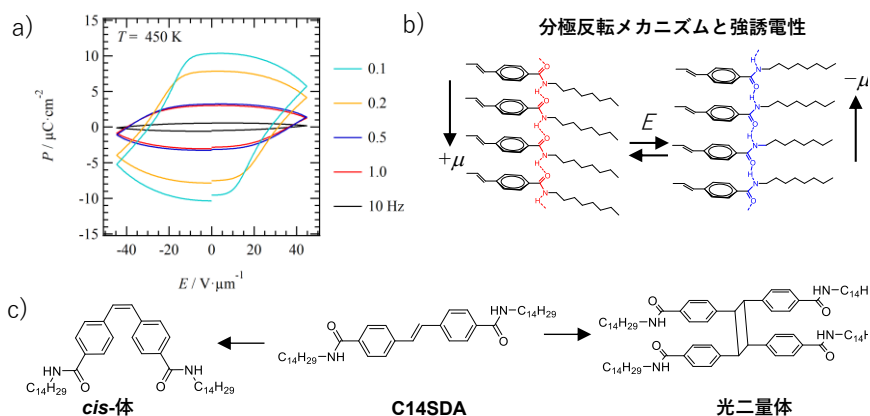


図1 C14SDAの高温固相S3相で観測されたa)電場一分極(P - E)曲線のヒステリシス挙動とb)アルキルアミド鎖の反転運動による分極反転。c)C14SDAの固体中における光二量化生成物(右)と光異性化反応物(左)。

分極反転に起因する $P-E$ 曲線のヒステリシスを伴う強誘電挙動を示した (図 1a)。C14SDA の低温固相である S1 相では光二量化反応を示さなかったのに対し、熱的に揺らいだ高温相である S2 相と S3 相は[2+2]光二量化反応を示し、固体中で反応生成物であるシクロブタン環を形成した (図 1c)。強誘電体となる高温固相である S3 相では、光二量化生成物の生成と同時にスチルベンのトランス-シス異性化反応も観察され、S3 相に電場を印加して光二量化反応を試みたところ、分子の熱的な揺らぎが電場によって抑制されることで、 $-C=C-$ 二重結合間の距離と対応した光反応収率の変化が観測された。

2. 強誘電性柔粘性結晶の開発

本研究では”柔粘性結晶 (PC)”と呼ばれる固体と液体の両方の性質を併せ持つユニークな中間相に注目した。この PC 相で安定した電気応答、特にメモリ機能に繋がるような性質を発見することは挑戦的な課題である。今回、単純な構造を持つ有機分子スクシノニトリル (SN) の柔粘性結晶相に着目した (図 2 左)。SN に外部から電圧を加えたとき、電圧の加え方によって電気分極の大きさが異なる $P-E$ ヒステリシスが観測された。興味深い事に、この SN の PC 相が示したヒステリシスは、通常の強誘電体とは異なり、二重 $P-E$ ヒステリシスループという非常に珍しい形をしていた (図 2 右)。この電気応答の起源を詳しく調べた結果、SN 分子が持つ二つの異なる自由度が関与していることが明らかになった。一つは、分子全体の配向変化であり、もう一つは、分子の配座変化であった。SN 分子は、一部が折れ曲がった極性ゴーシュ型構造と非極性のトランス型構造の二つの配座異性体をとることができる (図 2 左)。電場を加えると、これらの分子の配向が揃うだけでなく分子の形も変化し、それらが組み合わさることで、二重のヒステリシスという特異な現象が生じたと考える (図 2)。二重 $P-E$ ヒステリシスは、分子の配向と配座という複数の自由度が協同することで発現する新しい物理現象であり、物質科学における新しい指導原理となる可能性がある。これまで主に固体結晶で研究されてきた強誘電性や分極現象の理解を、よりダイナミックな分子系へと拡張し、今後、様々な PC 材料においても、同様の多段階応答や新しい電気的機能が見出されると期待できる。一方、この二重 $P-E$ ヒステリシスを利用することで、従来の 0, 1 の二値メモリよりも多くの情報 (例えば 0, 1, 2 の三値) を一つの素子で

区別できる多値メモリの実現に繋がる可能性がある。これにより、情報記録デバイスの大幅な高密度化や省エネルギー化が期待でき、ニューロモルフィックコンピューティングなど、AI 技術の発展に貢献する可能性が期待される。

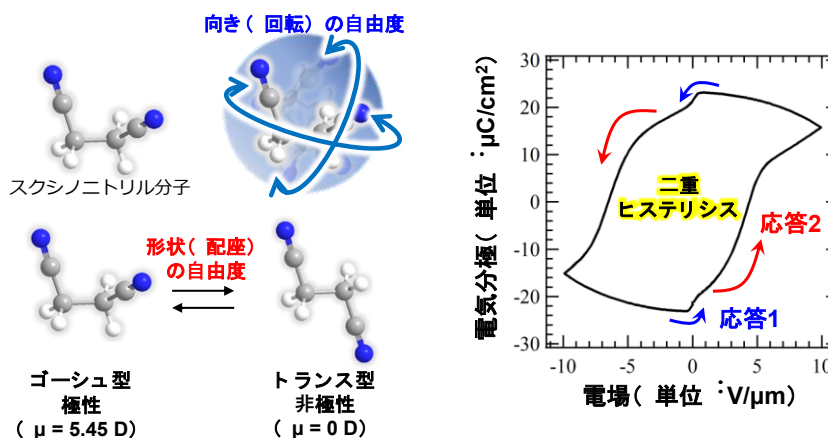


図 2 SN の PC 相が持つ配向と配座の自由度 (左)。特異な二重 $P-E$ ヒステリシスループ (右)。電圧によって、分極が二段階に変化する様子を示しており、多値記録の可能性を示唆している。

【研究業績一覧】

発表論文 (22 報)

1. Sadafumi Nishihara, Mizuki Ito, Jun Manabe, Katsuya Inoue, Yin Qian, Xiao-Ming Ren, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura, Solid-state Ion Exchange of Organic Ammonium Cations in Molecular Crystals, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **28**, e202400675 (2025).
2. Mizuki Ito, Jun Manabe, Katsuya Inoue, Takehiro Hirano, Takeharu, Haino, Tomoyuki Akutagawa, Kiyonori Takahashi, Takayoshi Nakamura, Sadafumi Nishihara, Single-crystal-to-single-crystal transformation based on ionophore-like transport, *Chem. Lett.*, **54**, upae252 (2025).
3. Yuki Kotani, Ryosuke Katsuno, Kohei Sambe, Seiya Terasaki, Taisuke Matsuno, Koki Ikemoto, Tomoyuki Akutagawa, Hiroyuki Isobe, Manipulating the dynamics of chiral molecular bearings through subtle structural changes of guest molecules, *Angew. Chem. Int. Ed.* **64**, e202425308 (2025).
4. Yunya Zhang, Takashi Takeda, and Tomoyuki Akutagawa, Photodimerization of Ferroelectric N, N'-Ditetradecyl-stilbenediamide Derivative, *J. Am. Chem. Soc.* **147**, 7983 (2025).
5. Yuxuan Zhao, Norihisa Hoshino, Keigo Yano, Shotaro Hayashi, Tomoyuki Akutagawa, Elastic Properties of Dichloro- and Dibromo-anthracene Crystals, *Crystal Growth & Design.*, **25**, 1952 (2025).
6. Yumi Matsuda, Rentarou Asai, Jumpei Moriguchi, Tomoyuki Akutagawa, Atsuko Masuya-Suzukia, and Ryo Tsunashima, Synthesis, crystallographic study and solid-state properties of metal-free perovskites with P-atom containing A-site cations, *CrystEngComm.*, **27**, 2824 (2025).
7. Masayuki Gon, Shun Dekura, Tomoyuki Akutagawa, Kazuo Tanaka, Geometry-Dependent Dynamic Control of Energy Gaps Based on Hypervalent Silicon(IV)-Fused Azomethine π -Conjugated Systems, *Chem. Eur. J.* **31**, e202500506 (2025).
8. Mayu Kaneko, Masahiro Masuda, Ryota Teruya, Tetsu Sato, Tomoyuki Akutagawa, Masaki Matsuda, Insulator–Metal Transition Induced by Band-Filling Modulation in Molecular Mott Insulators. *Dalton Transaction*, **54**, 8331 (2025).
9. Haruto Morishita, Kohei Sambe, Shun Dekura, Hiroki Sugishita, Chitoshi Kitamura, Taisuke Matsumoto, Takashi Takeda, Rika Uesugi, Takayuki Ishida, Tomoyuki Akutagawa, Shuichi Suzuki, and Shin-Ichiro Kato, Spin and Structural Dynamics of Persistent π -Mer and π -Dimer of a Tethered S,C,C-Bridged Triphenylamine Dimer, *Chem. Eur. J.* **31**, e202500576 (2025).
10. Yuki Ohishi, Atsuko Masuya-Suzuki, Yoko Tatewaki, Sadafumi Nishihara, Shun Dekura, Tomoyuki Akutagawa, Ryo Tsunashima, Ferroelectricity and phase transition of halide solid-solution $\text{dabcoH}(\text{Br}_x\text{I}_{1-x})$. *Dalton Transaction*. **54**, 9631 (2025).

11. Nozomi Onodera, Shun Dekura, Tetsu Sato, Miyu Mashiko, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, and Tomoyuki Akutagawa, Ferroelectric-like Polarization Switching in Plastic Crystalline Succinonitrile, *J. Am. Chem. Soc.*, **147**, 19200 (2025).
12. Yotaro Kasahara, Takashi Takeda, Shun Dekura, Yoshiki Ishii, Hayato Anetai, Atsuro Takai, Ichiro Hisaki, Masayuki Takeuchi, and Tomoyuki Akutagawa, Supramolecular Polymorphism of Hydrogen-Bonded C₃-Symmetrical Hexadehydrotribenzo[12]annulene Derivative, *J. Am. Chem. Soc.*, **147**, 18783 (2025).
13. Shuichi Suzuki, Sota Uno, Tsuyoshi Murata, Yasushi Morita, Shinichiro Kato, Shun Dekura, Tomoyuki Akutagawa, Soichiro Kawamorita, and Takeshi Naota, Synthesis and Near-Infrared to Infrared Absorption Properties of a Hexabenzocoronene Radical Cation with a Double-Concave Structure, *ChemistryEurope*. **3**, e202500089 (2025). 10.1002/ceur.202500089
14. Mizuki Matsuzaka, Kotaro Kashima, Koki Terai, Takumi Ueda, Ryunosuke Miyamoto, Takashi Yamamoto, Kohei Sambe, Tomoyuki Akutagawa, Hideo Kaiju, Magnetoresistance effect based on spin-selective transport in nanodevices using chiral molecules, *Nanoscale* **17**, 18866 (2025).
15. Mizuki Matsuzaka, Ryunosuke Miyamoto, Chika Hashimoto, Mari Taniguchi, Kotaro Kashima, Shun Dekura, Takumi Ueda, Yusuke Nomura, Tomoyuki Akutagawa, Kazuya Ando, and Hideo Kaiju, Observation of magnetoresistance effect in Ni₇₈Fe₂₂/tris-(8-hydroxyquinoline) erbium (Erq₃)/FeCo organic spin valves, *J. Magn. Magn. Mater.* **630**, 173465 (2025).
16. Yotaro Kasahara, Takashi Takeda, Shun Dekura, Hayato Anetai, Atsuro Takai, Ichiro Hisaki, Masayuki Takeuchi, and Tomoyuki Akutagawa, Ring-Size Effect on Molecular Assembly Structures and Optical Properties of C₃-Symmetrical Dehydrobenzoannulene Derivatives, *J. Phys. Chem. B*, **129**, 8603 (2025).
17. Daiki Tauchi, Aoba Kanesaka, Takuya Shiga, Tomoyuki Akutagawa, Nobuki Kuwabara, Masashi Hasegawa, and Hiroyuki Nishikawa, Synthesis and Physical Properties of Salphen-conjugated TTF-metal Complex [Cu^{II}(TTF-Salphen)]₂PF₆, *Asian J. Org. Chem.* **14**, e00590 (2025).
18. Yotaro Kasahara, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa, Molecular Design and Physical Properties of Alkylamide-Substituted Threefold Symmetric Molecules, *Chemistry Letters*, **54**, upaf184 (2025). Invited review
19. Mu Li, Takashi Takeda, Shun Dekura, Tetsu Sato, and Tomoyuki Akutagawa, Proton Conductivities of Stepwise Protonated Imidazole-fused Tetraphenylene Derivatives, *Chem. Eur. J.*, **31**, e02622 (2025).
20. Shun Dekura, Motohiro Mizuno, and Hatsumi Mori, Isotropic proton conduction in an anisotropic crystal: the role of molecular rotational dynamics in imidazolium dihydrogen

phosphate, *Chem. Sci.* **16**, 19601 (2025).

21. Kei Kobayashi, Ken-ichi Sakai, Tomoyuki Akutagawa, Takashi Nakanishi, Harnessing inhomogeneous π -aggregates: A new path to optical modulation in methyl salicylate-based solvent-free liquids, *Chem. Sci.* **16**, 21797 (2025).

22. Genki Saito, Takashi Takeda, Shun Dekura, Jumpei Moriguchi, Tetsu Sato, Ryo Tsunashima, and Tomoyuki Akutagawa, Porous Organic Frameworks Utilizing Halogen···Halogen Interactions of X4-tetra[2,3]thienylene (X = Br, I): Guest Dynamics and Dielectric Response. *Chem. Eur. J.*, **31**, e02872 (2025).

著書・解説記事

該当なし

特許

該当なし

新聞等広報

1. 強誘電性と光反応性が共存する固体有機材料を開発 ―新規の高密度メモリなどへの応用に期待― 東北大学プレスリリース、2025年2月27日
2. 電気でぐるぐる回る分子の“向き”と“形”を変えて保持できる現象を発見 ―従来より多くの情報を記憶できる素子への応用に期待―、東北大学プレスリリース、2025年5月26日
3. 構造変換機能を示す三回対称性の超分子集合体開発に成功 ―センサー、メモリ、省エネデバイスなどへの応用展開に期待―、東北大学プレスリリース、2025年5月28日
4. キラル分子を用いた磁気ナノデバイスにおいて室温磁気抵抗効果を観測 ―キラル誘起スピン選択性(CISS)効果に関して新たな知見―東北大学プレスリリース、2025年7月30日 慶応大学との共同

受賞等、特記事項

1. 檜井 駿稀、Structure and physical properties of organic polar thin films, of C8-BTBT derivatives with fluoroalkyl chain、令和7年度 化学系学協会東北大会ポスター賞、2025年9月7日
2. 小笠原琢匡、カンファースルホン酸テトラデシルアンモニウムからなる棒状キラル分子集合体の相転移挙動、分子集合体構造および分子ダイナミクス、第25回 東北大学多元物質科学研究所研究発表会、所長賞
3. Shunki Kashii, Structure and functionalities of organic polar thin films of C8-BTBT derivative with fluoroalkyl amide groups, The 15th China-Japan Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (第15回

日中有機半導体シンポジウム) , Worldhotel Grand Dushulake Suzhou (Suzhou, China), 2025 10 24-27. 優秀ポスター賞

4. Genki Saito, Crystal Structure and Vapochromic Behavior Coupled with Structural Dynamics of HOFs Consisting of Tetra[2,3]thienylene with Carboxyphenyl Groups, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27. 優秀ポスター賞
5. Tetsu Sato, Crystal Polymorphism-Induced Intramolecular Electron Transfer and Magnetic Behavior in Cerium Double-Decker Complexes, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27. 優秀ポスター賞
6. Nozomi Onodera, H/D isotope effects on the dynamics and dielectric property of succinonitrile, National Taipei University of Technology & Tohoku University (IMRAM), Joint Symposium 2025, Taipei Tech., Taipei, Taiwan, Nov 13-14 2025 Best Poster Award

学会発表 国際会議 24 (うち、招待 2 件)、国内会議 55 (うち、招待 3)

国内学会

(招待講演)

1. 芥川智行、柔粘性結晶相における極性秩序状態の設計、日本液晶学会「物理・物性 F-ソフトマターF 合同講演会 ～極性相の新展開～」東陽テクニカ本社、東京 (2026 1. 9)
2. 芥川智行、中間相を利用した非線形応答材料の開発、第 21 回バイオオプティクス研究会プログラム、小豆島 (2025 12.19-20)
3. 出倉駿、分子の内部自由度に立脚した無水超プロトン伝導体の開拓、第 19 回分子科学討論会、広島 (2025 9.9)

(一般講演)

4. Shunki Kashii, Tetsu Sato, Yotaro Kasahara, Kohei Sambe, Shun Dekura, Shingo Maruyama, Takashi Takeda, Yuji Matsumoto, and Tomoyuki Akutagawa, Structure and physical properties of organic polar thin films of C8-BTBT derivatives with fluoroalkyl chain, 令和 7 年度化学系学協会東北大会, 米沢 82025 9.6-7)
5. Takumasa Ogasawara, Shun Dekura, Chisato Sato, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, Tomoyuki Akutagawa, Chirality Effects on Molecular Assembly Structure, Phase Transitions, and Dynamic Properties in Liquid-crystalline Tetradecylammonium Camphorsulfonate Salts, 令和 7 年度化学系学協会東北大会, 米沢 82025 9.6-7)
6. 佐藤 千慧, 小笠原 琢匡, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 武田 貴志, 高井 淳朗, 姉帯 勇人, 竹内 正之, 谷口 卓也, 芥川 智行, ピレンスルフォンアミド誘導体の基底状態/励起状態分子間プロトン移動を介した光学特性の変調, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)

7. 眞邊 潤, 越川 雄太, 芥川 智行, 中村 貴義, 西原 禎文, クラウンエーテル・金属イオン交換を利用した 分子性結晶の構造変換制御, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
8. 齋藤 元輝, 武田 貴志, 佐藤 鉄, 出倉 駿, 芥川 智行, Br, I 基を有するテトラ[2,3]チエニレンが形成するホスト-ゲスト結晶のゲストダイナミクスに対するハロゲン置換基効果, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
9. 原田 史織, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 芥川 智行, ビストリアゾール-p-ベンゾキノン配位子に有する 金属錯体結晶の合成、構造及び物性, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
10. 大島 佳弥, 羽田 将人, 加藤 智佐都, 眞邊 潤, 芥川 智行, 高橋 仁徳, 中村 貴義, 西原 禎文, 超分子チャンネル構造を有する Ni(dmit)₂ 結晶に導入された α -アミノ- ε -カプロラクタムの結晶内重合, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
11. 久保和也, 山崎伊吹, 森田匠, 芥川智行, 中村貴義, ピリジンおよびジアジン誘導体のプロトン化体からなる 超分子カチオン結晶の作製と構造決定, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
12. 小笠原 琢匡, 出倉 駿, 佐藤 千慧, 佐藤 鉄, 栗原 拓也, 水野 元博, 芥川 智行, カンファースルホン酸テトラデシルアンモニウム塩の分子集合体 構造、相転移挙動および分子ダイナミクスに対するキラリティ効果, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
13. 金子 茉由, 佐藤 鉄, 芥川 智行, 高橋 仁徳, 松田 真生, リチウムフタロシアニン系 Mott 絶縁体の バンド充填率制御による絶縁体-金属転移, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
14. 小野寺 希望, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 笠井 均, 岡 弘樹, 栗原 拓也, 水野 元博, 芥川 智行, 柔粘性結晶スクシノニトリルの誘電物性に対する H/D 同位体効果, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
15. 梶井 駿輝, 佐藤 鉄, 三部 宏平, 笠原 遥太郎, 出倉 駿, 丸山 伸伍, 武田 貴志, 松本 祐司, 芥川 智行, フルオロアルキル基を導入した C8-BTBT 誘導体が形成する 有機極性薄膜の構造と物性, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
16. 原田 翔矢, 宮武 理沙, 羽田 将人, 加藤 智佐都, 眞邊 潤, 芥川 智行, 中村 貴義, 西原 禎文, イミノニトロキシドラジカル誘導体の結晶内分子回転の実現と誘電物性, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
17. 笠原 遥太郎, 若松 佳苗, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 陳 秀慧, 芥川 智行, グルタル酸フッ素置換アリアルエステル誘導体の形成する 液晶相の分子集合体構造と物性, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
18. 松田 裕海, 朝井 廉太郎, 森口 順平, 鈴木 敦子, 芥川 智行, 綱島 亮, 1,3,5-トリアザ-7-ホスファアダマンタンを用いたペロブスカイト型 分子結晶のハライド固溶化, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)

19. 佐藤 鉄, 出倉 駿, 加藤 恵一, 芥川 智行, 希土類フタロシアニン二元系イオン結晶 : アニオン配列が拓く多機能物性, 第 19 回分子科学討論会、広島国際会議場 (2025 9. 9-12)
20. Shiori Harada, Shun Dekura, Tetsu Sato and Tomoyuki Akutagawa, Synthesis, structures, and physical properties of metal complex crystals with triazole-fused p-benzoquinone ligand, 錯体化学会 第 75 回討論会、長崎大学 (2025 9.15-17)
21. Tetsu Sato, Shun Dekura, Keiichi Katoh, Tomoyuki Akutagawa, Structure and Physical Properties of Phthalocyanine Complexes Incorporating Redox-Active Lanthanoid Ions, 錯体化学会 第 75 回討論会、長崎大学 (2025 9.15-17)
22. 小林 圭, 赤池 真颯, 坂井 賢一, 原田 史織, 芥川 智行, 分子内 NH- π 相互作用の設計による ESIPT 蛍光の制御, 2025 年光化学討論会、立教大学 (2025 9.4-6)
23. 小林 圭, 坂井 賢一, 芥川 智行, 中西 尚志. サリチル酸メチル誘導体からなる分子液体の不均一構造に由来した蛍光特性. 第 46 回 光化学若手の会. 定山溪、2025 6. 15-1
24. 佐藤千慧, 出倉駿, 佐藤鉄, 芥川智行, ダンベル型分子スルホンアミド誘導体が形成する柔粘性結晶相における分子ダイナミクスと電氣的応答, 第 33 回有機結晶シンポジウム、信州大学 (2025 11 1-2)
25. 祖父江 駿也, 三部 宏平, 相澤 啓太, 庄司 衛太, 武田 貴志, 星野 哲久, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 芥川 智行, 丸山 伸伍, 神永 健一, 松本 祐司, 液晶性 C8-BTBT-NHCOC14H29 薄膜の異なる液晶相における先行膜成長挙動の観察, 第 86 回応用物理学会春季学術講演会、名城大学 (2025 9.7-10)
26. 織部 太智, 長谷川 裕之, 山田 俊樹, 大友 明, 芥川 智行, 原田 潤, 松田 真生, ナノ電解法による新規有機ナノ材料の開発と電子機能, 第 86 回応用物理学会春季学術講演会、名城大学 (2025 9.7-10)
27. 原田 翔矢, 宮武 理沙, 羽田 将人, 加藤 智佐都, 眞邊 潤, 芥川 智行, 中村 貴義, 西原 禎文, N-メチルピリジニウムをもつイミノニトロキシドラジカルの結晶内分子回転の実現と誘電物性評価, 2025 年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会, 岡山大学 (2025 7.26)
28. 大島 佳弥, 羽田 将人, 加藤 智佐都, 眞邊 潤, 芥川 智行, 高橋 仁徳, 中村 貴義, 西原 禎文, 超分子チャンネル構造を有する Ni(dmit)₂ 結晶を利用した α -アミノ- ε -カプロラクタムの結晶内反応, 2025 年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会, 岡山大学 (2025 7.26)
29. 佐藤千慧・出倉駿・佐藤鉄・芥川智行, ダンベル型分子スルホンアミド誘導体が形成する柔粘性結晶相における分子ダイナミクスと電氣的応答, 第 33 回有機結晶シンポジウム、信州大学長野キャンパス (2025 11.1-2)
30. 上田 空・斎藤 元輝・芥川 智行・武田 貴志, ジアリアルメチレン基を有するキナクリドン誘導体およびその酸化体の結晶構造と物性、第 33 回有機結晶シンポジウム、信州大学長野キャンパス (2025 11.1-2)

31. 武田 貴志・三浦 孝太・芥川 智行、折れ曲がり π 分子からなる結晶の異方的な熱伸縮とサーモサリエント効果、第 33 回有機結晶シンポジウム、信州大学長野キャンパス (2025 11.1-2)
32. 西 遼介・齋藤 元輝・芥川 智行・武田 貴志、カルボキシアリール基を有するテトラ[3,4]チエニレンの結晶構造、第 33 回有機結晶シンポジウム、信州大学長野キャンパス (2025 11.1-2)
33. 小林圭, 坂井賢一, 原田史織, 芥川智行, イミダゾールの分子特性を活用した光機能創出, 第 11 回錯体化学若手の会北海道支部勉強会
34. 小林圭, 坂井賢一, 原田史織, 芥川智行, プロトン受容性・供与性を併せ持つイミダゾール骨格を活用した光機能性材料の開発, 日本化学会 第 106 回春季年会
35. 柿山晃廣, 坂井賢一, 芥川智行, アルキル鎖修飾による液相キンヒドロロン型 CT 錯体の形成の検討, 化学系学協会北海道支部 2026 年冬季研究発表会, 2026 年 1 月 20~21 日, 北海道大学学術交流会館
36. 佐藤 愛斗, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 笠原 遥太郎, 芥川 智行, キラルなカンファーキノンイミン誘導体の集合体構造, 光異性化挙動および物性, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
37. 小笠原 琢匡, 出倉 駿, 佐藤 千慧, 佐藤 鉄, 栗原 拓也, 水野 元博, 高井 淳朗, 竹内 正之, 芥川 智行, カンファースルホン酸テトラデシルアンモニウムの液晶相における Anti-Wallach 挙動, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
38. 建部 奈瑠, 佐藤 鉄, 出倉 駿, 芥川 智行, フェロセンを用いた還元型ポリオキソメタレート塩の合成, 構造および物性, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
39. 原田 史織, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 芥川 智行, ビストリアゾール-p-ベンゾキノン配位子に有する二次元 MOF の合成, 集合体構造及び物性, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
40. 芳岡 玄大, 廣田 恭佳, 芥川 智行, 中村 貴義, 井上 僚, 吾郷 友宏, 久保 和也, 1,2-シクロヘキサンジアミンのジプロトン化体とクラウンエーテル誘導体から構築される超分子カチオン結晶の構造, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
41. 越川 雄太, 眞邊 潤, 羽田 将人, 加藤 智佐都, 芥川 智行, 中村 貴義, 西原 禎文, [15]crown-5 を利用した $\text{Li}_2([\text{18}]crown-6)_3[\text{Ni}(\text{dmit})_2]_2(\text{H}_2\text{O})_4$ 結晶のイオン交換制御, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
42. 小野寺 希望, 出倉 駿, 佐藤 鉄, 笠井 均, 岡 弘樹, 栗原 拓也, 水野 元博, 芥川 智行, H/D 同位体置換されたスクシノニトリルの柔粘性結晶相における誘電緩和および分子ダイナミクス, 日本化学会第 106 春季年会 (2026) 、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)

43. 武田 貴志、三浦 孝太、芥川 智行、折れ曲がり π 分子からなる結晶の異方的な熱伸縮とサーモサリエント効果、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
44. 原田 翔矢、宮武 理沙、羽田 将人、加藤 智佐都、眞邊 潤、芥川 智行、中村 貴義、西原 禎文、イミノニトロキシドラジカル誘導体の結晶内分子回転の実現と物性評価、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
45. 勝田 里奈、出倉 駿、佐藤 鉄、芥川 智行、キラルなカンファー酸-DABCO 共結晶の分子集合体構造および物性、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
46. 佐藤 千慧、出倉 駿、佐藤 鉄、芥川 智行、キラルダンベル状分子が示す柔粘性結晶相における分子運動と電気的応答、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
47. 森口 順平、綱島 亮、芥川 智行、ハライド固溶型金属フリーペロブスカイト $A(NH_4)(X,X')_3$ の構造と相転移挙動、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
48. 齋藤 元輝、武田 貴志、佐藤 鉄、出倉 駿、芥川 智行、チエニルカルボン酸を有するテトラ[2,3]チエニレンからなる水素結合有機構造体の結晶構造およびハロゲン吸着特性、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
49. 柿山 晃廣、坂井 賢一、芥川 智行、キンヒドロンの液化: 協奏的プロトン-電子移動系、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
50. 藏野 雅洋、廣瀬 史哉、綱島 亮、西原 禎文、南 豪、芥川 智行、中村 貴義、帯刀 陽子、3 回対称性 TTF 誘導体と F4TCNQ 錯体からなる 1 次元分子集合体の作製と電気物性評価、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
51. 長江 咲輝、久保本 莉湖、秋山 雄貴、綱島 亮、南 豪、西原 禎文、芥川 智行、中村 貴義、帯刀 陽子、電荷移動錯体からなる分子性ナノコイルの配向性制御と電磁物性評価、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
52. 大島 佳弥、長友 里央菜、羽田 将人、加藤 智佐都、眞邊 潤、芥川 智行、高橋 仁徳、中村 貴義、西原 禎文、超分子チャンネル構造を利用した結晶内重合によるポリリジン合成、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
53. 上田 空、石崎 千晴、齋藤 元輝、芥川 智行、武田 貴志、ジアニシルメチレン基を有するキナクリドンの化学酸化によるジアザペンタセنجカチオン誘導体の合成と物性、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
54. 小林 圭、坂井 賢一、原田 史織、芥川 智行、プロトン受容性・供与性を併せ持つイミダゾール骨格を活用した光機能性材料の開発、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス (2026 3.17-20)
55. 溝上 裕作、齋藤 元輝、芥川 智行、武田 貴志、イミダゾロンが縮環したテトラフェニレンの合成と結晶構造、日本化学会第 106 春季年会 (2026)、日本大学舟橋キャンパス

(2026 3.17-20)

国際会議

(招待講演)

1. Tomoyuki Akutagawa, Chemical Control of Polarization and Switching Voltage in Molecular Ferroelectrics, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27. Invited Talk
2. Tomoyuki AKUTAGAWA, Chemical controls in P-E Hysteresis for Liquid Crystal and Plastic Crystal Ferroelectrics, 1st Symposium on ferroelectrochemistry: applications and structure-property correlations of molecular ferroelectric, Yamaguchi Japan (2025 9.2) Invited Talk

(一般講演)

3. Rika Ochi, Yuta Chabatake, Tomoki Tanigawa, Yuto Hirayama, Ryo Taniguchi, Akitaka Ito, Kiyonori Takahashi, Shin-ichiro Noro, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura, Masayuki Izumi, 15-Crown-5-ether-based supramolecular hydrogel with detection ability for potassium cation via gelation and colour change, The 9th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry 2025 (ISMSC2025), Kyoto, Japan (2025 6.25-30).
4. Nozomi Onodera, Shun Dekura, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, Tomoyuki Akutagawa, Ferroelectric-like double P-E hysteresis in plastic crystalline phase of succinonitrile, 2025 KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2025), Osaka, Japan (2025 8.25-28).
5. Genki Saito, Takashi Takeda, Tetsu Sato, Shun Dekura, and Tomoyuki Akutagawa, Solvent Inclusion Behavior and Molecular Dynamics of Host-guest Crystals with Tetra[2,3]thienylene with Halogen Groups, 2025 KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2025), Osaka, Japan (2025 8.25-28).
6. Takumasa Ogasawara, Shun Dekura, Chisato Sato, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, Tomoyuki Akutagawa, Chirality Effects on Molecular Assembly Structure, Phase Transition Behavior, and Dynamics in Rod-shaped Tetradecylammonium Camphorsulfonate Salts, 2025 KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2025), Osaka, Japan (2025 8.25-28).
7. Takumasa Ogasawara, Shun Dekura, Chisato Sato, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, Tomoyuki Akutagawa, Chirality Effects on Molecular Assembly Structure, Phase Transition Behavior, and Dynamics in Rod-shaped Tetradecylammonium Camphorsulfonate Salts, Workshop 2025 for young scientists on crystalline organic materials, Okazaki Conference Center, Japan (2025 9.27-28).
8. Shiori Harada, Shun Dekura, Tetsu Sato, and Tomoyuki Akutagawa, Crystal structures and physical properties of bistriazole-*p*-benzoquinone and its metal complexes, Workshop 2025 for

- young scientists on crystalline organic materials, Okazaki Conference Center, Japan (2025 9.27-28).
9. Nozomi Onodera, Shun Dekura, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, and Tomoyuki Akutagawa, Exploration of novel dielectric properties based on rotational and conformational degrees of freedom in plastic crystalline dinitrile, Workshop 2025 for young scientists on crystalline organic materials, Okazaki Conference Center, Japan (2025 9.27-28).
 10. Chisato Sato, Takumasa Ogasawara, Shun Dekura, Tetsu Sato, Takashi Takeda, Atsuro Takai, Hayato Anetai, Masayuki Takeuchi, Yasuyuki Araki, Takehiko Wada, Takuya Taniguchi, and Tomoyuki Akutagawa, Modulation of optical property based on intermolecular proton transfer in sulfonamide-substituted pyrene, Workshop 2025 for young scientists on crystalline organic materials, Okazaki Conference Center, Japan (2025 9.27-28).
 11. Shunki Kashii, Tetsu Sato, Yotaro Kasahara, Kohei Sambe, Shun Dekura, Shingo Maruyama, Takashi Takeda, Yuji Matsumoto and Tomoyuki Akutagawa, Structure and functionalities of organic polar thin films of C8-BTBT derivative with fluoroalkyl amide groups, The 16th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2025), Toyohashi, Japan (2025 9.28 – 10. 3).
 12. Shun Dekura, Sakura Tsutsumi, Tetsu Sato, and Tomoyuki Akutagawa, Guest-induced Switching of Structures and Electronic/Protonic Functionalities in Cu(II)-Pyrazolecarboxylate 2D MOFs, The 16th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2025), Toyohashi, Japan (2025 9.28 – 10. 3).
 13. Shiori Harada, Shun Dekura, Tetsu Sato, and Tomoyuki Akutagawa, Assembly structures and physical properties of bistriazole-p-benzoquinone and its metal complexes, The 16th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2025), Toyohashi, Japan (2025 9.28 – 10. 3).
 14. Chisato Sato, Takumasa Ogasawara, Shun Dekura, Tetsu Sato, Takashi Takeda, Atsuro Takai, Hayato Anetai, Masayuki Takeuchi, Yasuyuki Araki, Takehiko Wada, Takuya Taniguchi, and Tomoyuki Akutagawa, Controlling three-way absorption/fluorescence mechanism utilizing ground- and excited-states intermolecular proton transfer in sulfonamide-substituted pyrene, The 16th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2025), Toyohashi, Japan (2025 9.28 – 10. 3).
 15. Nozomi Onodera, Shun Dekura, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, and Tomoyuki Akutagawa, Ferroelectric-like double P–E hysteresis in plastic crystalline succinonitrile, The 15th China-Japan Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, Worldhotel Grand Dushulake Suzhou (Suzhou, China), 2025 10 24-27.
 16. Yotaro Kasahara, Takashi Takeda, Shun Dekura, Yoshiki Ishii, Atsuro Takai, Hayato Anetai, Ichiro Hisaki, Masayuki Takeuchi, Tomoyuki Akutagawa, Supramolecular Polymorphic Behavior of the Hydrogen-Bonded C3-Symmetrical Hexadehydrotribenzo[12]annulene

- Derivative, The 15th China-Japan Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, Worldhotel Grand Dushulake Suzhou (Suzhou, China), 2025 10 24-27.
17. Shunki Kashii, Tetsu Sato, Yotaro Kasahara, Kohei Sambe, Shun Dekura, Shingo Maruyama, Takashi Takeda, Yuji Matsumoto and Tomoyuki Akutagawa, Structure and functionalities of organic polar thin films of C8-BTBT derivative with fluoroalkyl amide groups, The 15th China-Japan Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, Worldhotel Grand Dushulake Suzhou (Suzhou, China), 2025 10 24-27.
 18. Takumasa Ogasawara, Shun Dekura, Chisato Sato, Tetsu Sato, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, and Tomoyuki Akutagawa, Effects of Chirality on Phase Behavior, Assembly Structures, and Dynamic Properties of Rod-shaped Tetradecylammonium Camphorsulfonate, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27.
 19. Genki Saito, Takashi Takeda, Tetsu Sato, Shun Dekura, Tomoyuki Akutagawa, Crystal Structure and Vapochromic Behavior Coupled with Structural Dynamics of HOFs Consisting of Tetra[2,3]thienylene with Carboxyphenyl Groups, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27.
 20. Shiori Harada, Shun Dekura, Tetsu Sato, Tomoyuki Akutagawa, Crystal structures, water sorption, and dielectric properties of bistriazole-p-benzoquinone and its alkali metal salts, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27.
 21. Chisato Sato, Shun Dekura, Hiroyasu Sato, Kohei Sambe, Takashi Takeda, Takuya Kurihara, Motohiro Mizuno, Takuya Taniguchi, Jiabing Wu, Takayoshi Nakamura, Tomoyuki Akutagawa, Effect of Chirality on Proton Conduction in Azolium–Camphorsulfonate Salts, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27.
 22. Tetsu Sato, Dekura Shun, Shinya Takaishi, Keiichi Katoh, Masahiro Yamashita, Tomoyuki Akutagawa, Crystal Polymorphism–Induced Intramolecular Electron Transfer and Magnetic Behavior in Cerium Double-Decker Complexes, 10th Asian Conference on Coordination Chemistry - ACCC10, Hanoi National University of Education (Hanoi, Vietnam), 2025 10.23-27.

光機能材料化学研究分野

教員構成：中川 勝（教授） 押切 友也（准教授） 新家 寛正（助教）

【活動報告】

本研究分野では、有機分子や高分子と無機の酸化物や金属との界面を分子レベルで設計して新機能を創製することを目的とし、界面分子の科学を追究するとともに最先端の微細加工に関わる工法や計測法を立案して、ものづくりにおける極限ナノ造形・構造物性の工学の創成を目指している。特に、電子線リソグラフィ、マスクレスリソグラフィ、ナノインプリントリソグラフィ(NIL)の微細加工技術を基に研究を展開し、各微細加工法での新規な材料とプロセスの開発や、中規模生産に適した NIL デバイスの応用研究を進めている。これらを利用し、新たな光学・電子機能を示すシングルナノからマイクロ領域のデバイスや、金属・誘電体ナノ構造近傍で生じる未知の光物理化学現象の研究を進めている。2025年の研究活動としては、以下のように概括される。

1. Mie 共鳴体配列体を用いた偏光光学顕微鏡視野での重ね合わせ精度の検証法の開発

多層構造や三次元ナノ構造体を高精度に作製するためには、複数回にわたる成形加工であるマルチパターンニングの重ね合わせ精度の向上およびその検証が不可欠である。本研究では、シリコンナノディスク (Si-ND) 配列体の Mie 共鳴を利用した、NIL 多重パターンニングにおける重ね合わせ精度検出の新しい手法を提案した。電磁界シミュレーションにより Si-ND 配列体の光学スペクトルを解析し、重ね合わせ誤差を定量化した。ここで、真円を底面とする円筒状のアレイパターンを有するモールドを用いて複数回の NIL を行う場合を考えると、第一および第二 NIL 工程間の重ね合わせ位置のずれ量により ND が楕円形の異形状となり、入射光の直線偏光の方向に依存した特徴的な光学応答を示す。特に、Mie 共鳴の磁気双極子モードのスペクトルシフトとずれ量の間には高い線形関係が得られ、一桁ナノメートル精度での検出が可能であることを明らかにした (図 1)。

本手法は顕微分光法に組み込むことが可能であるため非破壊かつスケールラブルであり、異形状がその光学特性に寄与するメタサーフェスやメタ光学素子の大面積製造への応用が期待される。

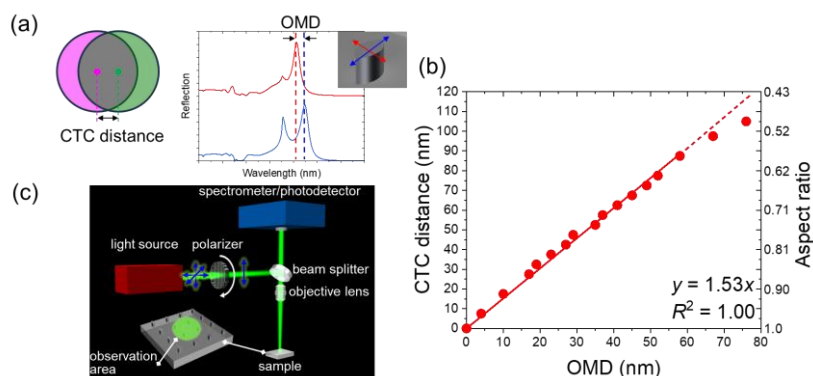


Fig. 1 (a) Concept of quantification of overlay precision. (b) Schematic of measurement equipment for overlay-precision measurement by linearly-polarized-light microscopic observation. (c) Gain curve of center-to-center (CTC) distance as a function of orthogonal method distance (OMD). The linear fitting was performed in regions with OMDs from 0 to 55 nm.

2. モード結合下での光カソード中の酸化ニッケル層の形態制御とホール輸送能評価

本研究では、白金反射膜 (Pt), 酸化ニッケル (NiO_x) 薄膜, 金ナノ粒子 (Au-NPs) からなる光カソードを作製し, NiO_x/Pt が形成する Fabry-Pérot ナノ共振器モードと Au-NPs の局在プラズモン共鳴 (LSPR) とのモード結合状態を構築した. ここで, NiO_x の結晶性および緻密性がホール移動特性に与える影響を体系的に解明することを目的とし, ゼルゲル湿式法 (w- NiO_x) と原子層堆積法 (ALD, a- NiO_x) を用いて NiO_x 層のホール輸送特性を評価した. さらに湿式成膜後に ALD (w-a-ALD) および追加湿式成膜を施す二段階プロセス (w2- NiO_x) についても評価した. 光電気化学特性計測の結果, 結晶性と緻密性の双方を具備した w-a- NiO_x および w2- NiO_x が高い入射高電流変換効率 (IPCE) を示し, 粒界や空隙がキャリア散乱・トラップサイトとしてホール移動を阻害することが示唆された. これを用いて作製されたモード結合型光カソードは, 硫酸ナトリウム水溶液中で, 800 nm

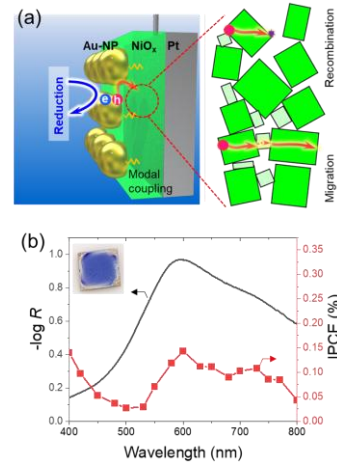


Fig. 2 (a) Schematic illustration of reaction pathways via plasmon-induced hot-hole injection and migration in a Au-NPs/w2- NiO_x/Pt -film. (b) Absorption and IPCE action spectra of a Au-NPs/w2- NiO_x/Pt -film. The applied potential was -0.6 V vs. Ag/AgCl reference electrode.

までの可視光領域で還元電流を示し, 600 nm において最大 0.16% の IPCE を達成した (図 2). 以上より, モード結合によるホール注入効率の向上に加え, NiO_x 層内でのホール移動特性が電荷分離効率の決定因子であることが実証された.

3. 未知の水—同素不混和水—の屈折率計測に向けたメタフォニクスに基づく新規高圧下局所領域その場屈折率計測技術の開発

人類にとって最も重要な液体である水の隠された性質の解明は, 広範な理工系科学領域において重要である. 最近, 我々は, 高圧下における氷および高圧氷と水の非平衡界面において巨視的に水から分離する未知の水を発見し, 同素不混和水と命名した. しかしながら, 同素不混和水はアンビル型高圧発生装置の試料室という閉鎖された空間内の水/氷界面において数 μm の厚さで局所的かつ過渡的に現れるため, 既存の高圧物質屈折率計測法ではその屈折率計測は困難である. 本研究では, 高屈折率誘電体ナノ陥没空孔構内の光共鳴である Mie 空孔共鳴に着目し, 炭化ケイ素アンビル表面に作製した Mie 空孔共鳴体の共鳴波長の変化から空孔内媒質の屈折率変化を検出することで, 局所領域の屈折率を簡便かつ高感度にその場計測する同素不混和水の屈折率測定に向けた新規高圧下屈折率計測法を開発した (図 3).

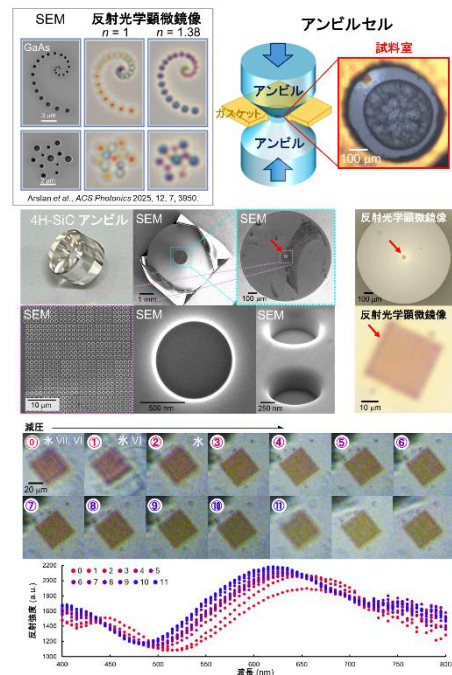


Fig. 3. Simple, sensitive and local *in-situ* refractive index change sensing of water under high-pressure based on spectral shift of Mie voids fabricated on a silicon carbide anvil.

【研究業績一覧】

発表論文 (7 報)

1. Daisuke Tojima, Iori Morita, Kaori Sato, Tomoko Hasegawa, Hiromasa Niinomi, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa*
Hyperspectral imaging of Si submicron-hole arrays fabricated by electron beam lithography and ultraviolet laser writing lithography
Japanese Journal of Applied Physics, accepted
2. Kenji Setoura*, Tomoya Oshikiri, Mamoru Tamura, Ken Morita, Hideki Fujiwara, Satoshi Ishii, Yusuke Fujii, Yasutaka Matsuo, Takuya Iida, Kohei Imura
Chiral Plasmonic Surface Temperature Switching by Several Tens of Kelvins in Titanium Nitride Nanostructures
Nano Letters, **26**(1), 351-357 (2026)
3. Yen-En Liu, Xu Shi, Yaolong Li, Tomoya Oshikiri, Yasutaka Matsuo, Soshun Inoue, Hajime Ishihara, Keiji Sasaki, Hiroaki Misawa*
Asymmetric Hot-Carrier Transfer Mediated by Quantum Coherence in Au Nanodisk–Nanotriangle Arrays
ACS Photonics, **12**(12), 6994–7001 (2025)
4. Tomoya Oshikiri*, Tomoki Kawase, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa*
Overlay Detection for Multiple Nanoimprint Lithography in Optical Microscopic Fields of View Using Mie Resonator Arrays
Optics Continuum, **4**(11), 2570-2578 (2025)
5. Hiromasa Niinomi*, Hiroki Nada, Tetsuya Hama, Kazuhiro Gotoh, Yumiko Kodama, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa, Yuki Kimura
Mie Voids for High-Pressure Refractive Index Sensing
The Journal of Physical Chemistry C, **129**(46), 20676-20683 (2025)
6. Tomoya Oshikiri*, Takashi Katsurahara, Noriko Kubota, Takahiro Tezuka, Kai Araki, Shi Xu, Yasutaka Matsuo, Hiromasa Niinomi, Hiroaki Misawa, Masaru Nakagawa*
Influence of Compactness and Crystallinity on Hole Transfer Ability of Nickel Oxide Layer in Modal Coupling Regime
Chemistry–A European Journal, **31**(39), e202501332 (2025)
7. Hiromasa Niinomi*, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
Enantioselective Optical Force as a Potential Cause of Large Chiral Bias in Chiral Crystallization on a Mie-Resonant Metasurface
The Journal of Physical Chemistry C, **129**(25), 11397-11406 (2025)

著書・解説記事

1. 新家寛正*
同素不混和水の動力学が示唆する水の多様な液晶性
日本液晶学会誌「液晶」, **29**(2), 119-125 (2025)
2. 新家寛正*
光の電場と磁場が共創する超キラル場中でのキラル結晶化
日本結晶成長学会誌, **52**(1), 52-1-03 (2025)
3. 押切友也*, 中川勝
ナノサイズのパラボラアンテナによる光強度の増強
機能材料, **45**(4), 15-21 (2025)
4. 中川勝*
ナノ加工技術ハンドブック=Handbook of Nanofabrication (共著)
第4章ナノインプリント技術 4.2 レジスト材料 (担当)
大阪公立大学出版会 (ISBN: 9784909933973) 2025年11月21日

特許

申請件数 7件 (うち PCT2件, 台湾1件)
公開件数 3件
登録件数 4件

公開

1. 押切友也, 中川勝, 早川俊昭
集光デバイス、集光デバイスの製造方法
国立大学法人東北大学
WO2025/070220 (2025/04/05 公開)
2. 金杉駿介, 梶谷俊一, 中川勝, 早川俊昭
位置合わせ方法、製造方法、リソグラフィ方法、位置合わせ方法、及びプログラム
デクセリアルズ株式会社 国立大学法人東北大学
WO2026/029106 (2026/02/05 公開)
3. 金杉駿介, 梶谷俊一, 中川勝, 早川俊昭
位置合わせ方法、製造方法、リソグラフィ方法、位置合わせ方法、及びプログラム
デクセリアルズ株式会社 国立大学法人東北大学
特開 2026-21940 (2026/02/12 公開)

登録

1. 山崎裕之, 安藤雅郎, 竹内正樹, 中川勝, 伊東駿也
再生インプリントモールドの製造方法

信越化学工業株式会社 国立大学法人東北大学

特許 7737105 (2025/09/02 登録)

2. 安藤雅郎, 山崎裕之, 竹内正樹, 中川勝, 伊東駿也

個体認証用構造体及びその製造方法並びに個体認証方法

信越化学工業株式会社 国立大学法人東北大学

大韓民国 KR-B-10-2879942 (2025/10/29 登録)

3. 中川勝, 原田スバル, 早川俊昭

位置合わせ方法、積層体の製造方法、位置合わせ装置、積層体製造装置、及び積層体

国立大学法人東北大学

特許 7768564 (2025/11/04 登録)

4. 中川勝, 原田スバル, 早川俊昭

位置合わせ方法、積層体の製造方法、位置合わせ装置、積層体製造装置、及び積層体

国立大学法人東北大学

米国 US-B-012485604 (2025/12/02 登録)

新聞等広報

1. “ナノサイズの熱源を光で制御、微細な電子材料など向け” 日本経済新聞 (2026. 2. 5)
2. “日本東北大学开发出高压环境下折射率测量法, 有望推动行星科学发展” 客観日本 (2025, 12, 9)
3. “High-pressure refractive index measurement method developed by Tohoku University” Science Japan (2025. 11. 24)
4. “東北大など成果 高压環境下の屈折率計測法開発 惑星科学発展に期待” 科学新聞 (2025. 11. 21)
5. “東北大・北大など、誘電体メタ表面を用いた新規高压物性計測技術を開発” 日本経済新聞 (2025. 11. 10)
6. “東北大など、左右を選別するナノ光ピンセットによるキラル結晶化制御の可能性を示唆” 日本経済新聞 (2025. 6. 13)

受賞等, 特記事項

1. 新家寛正

日本結晶成長学会 第42回論文賞 (2025.11.12)

学会発表 国際会議 27 件 (うち、招待 6 件)、国内会議 37 件 (うち、招待 8 件)

国内学会

(招待講演)

1. 新家寛正

超キラル場と同素不混和水から探るキラル結晶化
結晶表面・界面での相転移ダイナミクスに関するその場観察と理論の新展開, 札幌
(2026. 2. 16-17)

2. 新家寛正
キラル近接場を励振するナノ構造体を核形成サイトとしたキラル結晶化
第29回プラズモニク化学研究会, 東京 (2025. 12. 5)
3. 新家寛正
光と同素不混和水に基づいたキラル結晶化に関する研究
第54回結晶成長国内会議, 金沢 (2025. 11. 11-13)
4. 新家寛正
近接場を駆使したキラル結晶化と同素不混和水の研究
第9回ナノ材料研究会, 東京 (2025. 10. 25)
5. 中川勝
ナノインプリント技術の有型成形加工の基礎と将来展望
第15回CSJ化学フェスタ2025, 船橋, 2025. 10. 20-22)
6. 新家寛正
氷/水界面で水から巨視的に分離する未知の水の構造多様性
公益財団法人クリタ水・環境科学振興財団国内研究助成贈呈式ポスターセッション, 東京 (2025. 8. 29)
7. 押切友也
湿式法とALDの融合に基づく酸化ニッケル膜の作製: 光学・電気化学デバイスへの展開
2025年度第1回ARIM量子・電子マテリアル領域セミナー, オンライン (2025.8.6)
8. 東島大介, 森田伊織, 長谷川友子, 新家寛正, 押切友也, 中川勝
紫外線レーザーリソグラフィによるサブマイクロホールアレイを有するシリコンモールドの作製とサイズ均一性の光学検出
NGLワークショップ2025, 東京 (2025.7.3-4)
(一般講演)
1. 東島大介, 小野奈瑠美, 大沼晶子, 中川勝
マイクロプリント・ナノインプリント法で作製した位置合わせ用マイクロ棒状配列体とナノ円盤配列体の蛍光レジストの形状評価
第73回応用物理学会春季学術講演会, 東京 (2026.3.15-18)
2. 山川好汰, 押切友也, 森田伊織, 佐藤香織, 新家寛正, 中川勝
サブミクロンサイズのシリコン椀状構造配列体の作製と反転形状複製
第73回応用物理学会春季学術講演会, 東京 (2026.3.15-18)
3. 池内泰士, 小澤咲季, 新家寛正, 小川智史, 栗原真人, 平松光太郎, 李旭, 田川美穂

- 生体内 SERS センシングに向けた DNA-NP 結晶の作製と評価
第 73 回応用物理学会春季学術講演会, 東京 (2026.3.15-18)
4. 押切友也、石旭、喬琳、Li Yaolong、劉言恩、新家寛正、三澤弘明、中川勝
プラズモンキラル配列体の近接場光学応答
第 73 回応用物理学会春季学術講演会, 東京 (2026.3.15-18)
 5. 池内泰士, 小澤咲季, 新家寛正, 小川智史, 栞原真人, 平松光太郎, 李旭, 田川美穂
SERS センシングを目的とした DNA-NP 結晶の作製と特性評価
プラズモニクス研究会関西若手交流会, 大阪 (2026. 1. 26)
 6. 東島大介, 森田伊織, 長谷川友子, 新家寛正, 押切友也, 中川勝
紫外線レーザーリソグラフィで作製されるシリコンサブマイクロホールアレイの均一性光学検出
応用物理学会東北支部第 80 回学術講演会, 山形 (2025. 12. 4-5)
 7. 新家寛正, 押切友也
キラル選択的光学力による Mie 共鳴メタ表面での結晶鏡像異性体過剰の可能性
学術変革領域研究(A)キラル光物質科学領域会議, 京都 (2025. 10. 31-11. 1)
 8. 中川勝, 高野修綺, 新家寛正, 押切友也
シリコンメタオプティクスに資する光ナノインプリントレジストの乾式酸化的トリミングで起こるレジストの内部組成と形状の変化
第 74 回高分子討論会, 大阪 (2025. 9.16-18)
 9. 東島大介, 森田伊織, 長谷川友子, 中川勝
紫外線レーザー直接描画に資するポジ型フォトレジストの各プロセス温度条件での薄膜構造, サブミクロンサイズのレジストパターン形状と転写されたシリコンホール構造
第 74 回高分子討論会, 大阪, (2025.9.16-18)
 10. 池内泰士, 小澤咲季, 張力東, 新家寛正, 小川智史, 栞原真人, 平松光太郎, 田川美穂
n-vivo センシングに向けた金-銀コアシェルナノ粒子超格子の単結晶作製
第 86 回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋 (2025. 9. 7-10)
 11. 新家寛正, 灘浩樹, 兒玉裕美子, 羽馬哲也, 押切友也, 中川勝, 木村勇氣
Mie 空孔共鳴による高圧液体の屈折率変化検出
第 86 回応用物理学会秋季学術講演会, 名古屋 (2025. 9. 7-10)
 12. 押切 友也, 新家 寛正, 中川 勝
種々の対称性を有する二次元キラル配置プラズモン構造体のモード結合下でのキラル光学応答
2025 年光化学討論会, 東京 (2025. 9. 4-6)
 13. Yen-En Liu, Xu Shi, Tomoya Oshikiri, Yasutaka Matsuo, Soshun Inoue, Hajime Ishihara, Keiji, Sasaki, Hiroaki Misawa

Hot-Electron Transfer in Au Nanodisk-Nanotriangle Mixed Structures under Quantum Coherence and Modal Strong Coupling Conditions

2025 年光化学討論会, 東京 (2025. 9. 4-6)

14. 新家寛正, 山崎智也, 灘浩樹, 羽馬哲也, 押切友也, 中川勝, 木村勇氣
水と氷 I_h ベーサル面との界面における同素不混和水の過加圧に対する応答
日本地球惑星科学連合大会 2025 年大会, 千葉 (2025. 5. 25-30)
15. 新家寛正, 灘浩樹, 山崎智也, 羽馬哲也, 香内晃, 押切友也, 中川勝, 木村勇氣
水/氷界面で水から分離する 同素不混和水の過加圧に対する応答
第 74 回高分子学会年次大会, オンライン (2025. 5. 19-23)
16. 池内泰士, 小澤咲季, 張力東, 小島懂子, 新家寛正, 小川智史, 栗原真人, 平松光太郎, 田川美穂
in-vivo SERS センシングに向けた DNA 修飾ナノ粒子超格子単結晶の作製
ナノ学会第 23 回大会, 東京 (2025. 5. 14-16)

(ポスター発表)

1. 小澤咲季, 張力東, 小島懂子, 新家寛正, 塚本勝男, 鳥取直友, 山西陽子, 田川美穂
微小液滴法による空間制限が DNA 修飾ナノ粒子の結晶化に及ぼす効果
第 73 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, (2026.3.15-18)
2. 新家寛正, 橋谷田俊, 後藤和泰, 長谷川友子, 押切友也, 中川勝
キラル Mie 空孔の円偏光励起フォトルミネッセンス強度非対称性
第 73 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, (2026.3.15-18)
3. 瀬戸浦健仁, 田村守, 押切友也, 飯田琢也, 松尾保孝
プラズモニクナノ構造の局所キラリティによる光加熱スイッチング
第 73 回応用物理学会春季学術講演会, 東京, (2026.3.15-18)
4. 山川好汰, 押切友也, 森田伊織, 東島大介, 長谷川友子, 湖海結菜, 新家寛正, 中川勝
マスクレスレーザー描画と現像を利用した椀状構造配列体の作製
半導体研究・産学交流会, 仙台市, (2026.1.14)
5. 東島大介, 森田伊織, 長谷川友子, 新家寛正, 押切友也, 中川勝
UV laser lithography and hyperspectral imaging of silicon imprint molds with submicron hole arrays
半導体研究・産学交流会, 仙台市, (2026.1.14)
6. 茅嶋由侑, 新家寛正, 押切友也, 中川勝
リゾチームの光誘起結晶・凝集体形成における光強度依存性
第 54 回結晶成長国内会議, 金沢 (2025. 11. 11-13)
7. 小澤咲季, 張力東, 小島懂子, 新家寛正, 塚本勝男, 鳥取直友, 山西陽子, 田川美穂

DNA 修飾ナノ粒子超格子の液滴内結晶化のメカニズム解明

第54回結晶成長国内会議, 金沢 (2025. 11. 11-13)

8. 茅嶋由侑, 新家寛正, 押切友也, 中川勝
光誘起されるリゾチーム凝集体形成と結晶化における照射強度の影響
第25回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台 (2025. 9. 24)
9. 山川好汰, 押切友也, 森田伊織, 東島大介, 長谷川友子, 湖海結菜, 新家寛正, 中川勝
マスクレスレーザー描画と現像を利用した椀状構造配列体の作製
第25回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台, (2025.9.24)
10. 川合敬脩, 福澤健二, Yuxi Song, 伊藤伸太郎, 東直輝, 張賀東, 中川勝, 鈴木涼平, 関淳一
ナノすきまに閉じ込められた紫外線硬化性液体のせん断抵抗力増加メカニズムの添加剤吸着に着目した解明
日本機械学会2025年度年次大会, 札幌, (2025.9.7-10)
11. 山本寛太, 伊藤伸太郎, 福澤健二, 中川勝, 鈴木涼平, 関淳一, 東直輝, 張賀東
ナノ隙間における光硬化性液体の濡れ現象に対するUVオゾン洗浄の影響
日本機械学会2025年度年次大会, 札幌, (2025.9.7-10)
12. 山川好汰
パラボラ型ナノ共振器の実現に向けたマスクレスレーザーリソグラフィによる椀状構造体の作製と形状
第52回高分子学会東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール, 岩手, (2025.7.4-5)
13. 東島大介, 森田伊織, 長谷川友子, 中川勝
紫外線レーザー描画で作製されるサブミクロンスケールのホール配列体シリコンモールド
2025年第2回ナノインプリント技術研究会, 東京 (2025.5.16)

国際会議

(招待講演)

1. Tomoya Oshikiri
Nitrogen fixation under modal coupling regime between plasmon and optical cavity modes
248th ECS Meeting, Chicago, USA, (2025.10.12-16)
2. Hiromasa Niinomi, Hiroki Nada, Tomoya Yamazaki, Tetsuya Hama, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa, Yuki Kimura
Dynamics of homoiimmiscible water at the interface between water and ice
The 21st International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-21), Xi'an, China (2025. 8. 3-8)
3. Tomoya Oshikiri

Collective behavior of a plasmonic particle array with a chiral arrangement under modal coupling regime

The 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2025), Maraga, Spain (2025. 7. 22-25)

4. Hiromasa Niinomi, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
Chiral Symmetry Breaking in Chiral Crystallization on Mie-resonant Metasurface
The 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2025), Maraga, Spain (2025. 7. 22-25)
5. Hiromasa Niinomi
Superchiral Metaphotonics and Hommoimmiscible Water Explored by Chiral Crystallization
International Institute for Sustainability with Knotted Chiral Meta Matter Weekly Seminar, Hiroshima, Japan (2025. 5. 8)
6. Hao-Tse Su, Hiromasa Niinomi, An-Chieh Cheng, Yoshito Y. Tanaka, Keiji Sasaki, Teruki Sugiyama
Optical trapping with gold nanoparticles for chiral crystallization: Size-dependent enantioselectivity switch
The 12th Optical Manipulation and Structured Materials Conference (OMC2025), Yokohama, Japan (2025. 4. 21-25)

(一般講演)

1. Tomoya Oshikiri, Takashi Katsurahara, Noriko Kubota, Kota Yamakawa, Toshiaki Hayakawa, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa
Design and fabrication of visible active photocathode under modal coupling regime between plasmon and nanocavity modes
The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2025 (Pacifichem 2025), Hawaii, USA (2025. 12. 15-20)
2. Hiromasa Niinomi, Naoki Takano, Akiko Onuma, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
Chiral Crystallization on a Mie-resonant Dielectric Metasurface
The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2025 (Pacifichem 2025), Hawaii, USA (2025. 12. 15-20)
3. Tomoya Oshikiri, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa
Far-field and near-field chiroptical properties of plasmonic nanostructures with various geometric symmetries
The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2025 (Pacifichem 2025), Hawaii, USA (2025. 12. 15-20)
4. Saki Kozawa, Lindong Zhang, Shoko Kojima, Hiromasa Niinomi, Katsuo Tsukamoto,

- Naotomo Tottori, Yoko Yamanishi, Miho Tagawa
Controlled Droplet Crystallization of DNA-Functionalized Nanoparticles
International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2025 (ICMaSS2025),
Nagoya, Japan (2025. 12. 12-14)
5. Taito Ikeuchi, Saki Kozawa, Lidong Zhang, Hiromasa Niinomi, Satoshi Ogawa, Makoto Kuwahara, Kotaro Hiramatsu, Miho Tagawa
Fabrication of high-quality single crystals of DNA-functionalized Au@Ag nanoparticle superlattices
International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2025 (ICMaSS2025),
Nagoya, Japan (2025. 12. 12-14)
6. Lianhong Lang, Shintaro Itoh, Kenji Fukuzawa, Masaru Nagawa, Ryohei Suzuki, Junichi Sseki, Naoki Azuma, Hedong Zhang
Measurement of the curing process of nano-thickness photocurable liquid films using nano-rheology measurements
38th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2025), Tokyo, Japan (2025.11.17-20)
7. Masaru Nakagawa
Fluorescent UV-curable liquids and UV-cured Resists and Their Usefulness for Nanoimprint Lithography
The 24th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (NNT2025), Dana point, USA (2025.10.12-15)
8. Kenji Fukuzawa, Yuxi Song, Shintaro Itoh, Masaru Nakagawa, Ryo Nawata
Measurement of Shear Resistance Force Generated by Liquids Confined in Nanometer Gaps Using Vertical-Objective-Type Ellipsometric Microscopy
The International Technical Conference on Packaging and Integration of Electronic and Photonic Microsystems (InterPACK2025), Anaheim, USA, (2025.10.28-30)
9. Saki Kozawa, Lidong Zhang, Shoko Kojima, Chandan Kumar, Hiromasa Niinomi, Katsuo Tsukamoto, Naotomo Tottori, Yoko Yamanishi, Miho Tagawa
Crystallization of DNA-functionalized nanoparticles in microdroplet
The 21st International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-21), Xi'an, China (2025. 8. 3-8)
10. Hiromasa Niinomi, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
Chiral Crystallization Directed by Superchiral Near-Field
The 21st International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-21), Xi'an, China (2025. 8. 3-8)
11. Shoko Kojima, Saki Kozawa, Lidong Zhang, Chandan Kumar, Hiromasa Niinomi, Katsuo

- Tsukamoto, Naotomo Tottori, Yoko Yamanishi, Miho Tagawa
 Effect of DNA base sequence on the crystal growth of DNA- functionalized nanoparticles
The 21st International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-21), Xi'an, China
 (2025. 8. 3-8)
12. Tomoya Oshikiri, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa
 Chiroptical responses on plasmonic array under modal coupling regime
The 32nd International Conference on Photochemistry (ICP2025), Aachen, Germany (2025.
 7. 13-18)
13. Hiromasa Niinomi, Hiroki Nada, Tomoya Yamazaki, Tetsuya Hama, Tomoya Oshikiri,
 Masaru Nakagawa, Yuki Kimura
 Homoimmiscible Water: Unknown Water Separated from Bulk Water at Interfaces between
 Water and Ices Grown or Melted under Pressure
21st International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL2025), Napoli, Italy
 (2025. 6. 23-27)
14. Hiromasa Niinomi, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma,
 Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
 Mie-resonant Nanophotonic-Induced Chiral Symmetry Breaking in Sodium Chlorate Chiral
 Crystallization from a Solution and its Possible Relevance to Superchiral Field
The 9th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP2025), Ise,
 Japan (2025. 6. 10-13)
15. Hiromasa Niinomi, Kazuhiro Gotoh, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y.
 Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
 Possibility of Enantioselective Optical Force Exerted on Chiral Crystalline Clusters near a Si
 Metasurface as a Cause of the Large Crystal Enantiomeric Excess
The 12th Optical Manipulation and Structured Materials Conference (OMC2025), Yokohama,
 Japan (2025. 4. 21-25)
16. Tomoya Oshikiri, Yasutaka Matsuo, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa
 Chiroptical response of a plasmonic particle array with a chiral arrangement under modal
 coupling regime
The 12th Optical Manipulation and Structured Materials Conference (OMC2025), Yokohama,
 Japan (2025. 4. 21-25)

(ポスター発表)

1. Kenji Setoura, Mamoru Tamura, Tomoya Oshikiri, Takuya Iida
 Plasmonic Chirality-Driven Photothermal Switching in Low-Thermal-Conductivity Titanium
 Nitride Nanostructures
The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2025 (Pacifichem 2025),

- Hawaii, USA (2025. 12. 15-20)
2. Tomoya Oshikiri, Tomoki Kawase, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa
Overlay Detection Method for Multiple Nanoimprint Lithography Using Mie Resonance of Silicon Nanodisk Array
38th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2025), Tokyo, Japan (2025. 11. 17-20)
 3. Daisuke Tojima, Iori Morita, Tomoko Hasegawa, Hiromasa Niinomi, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
UV laser lithography and hyperspectral imaging of silicon imprint molds with submicron hole arrays
38th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2025), Tokyo, Japan (2025. 11. 17-20)
 4. Taito Ikeuchi, Lidong Zhang, Saki Kozawa, Shoko Kojima, Hiromasa Niinomi, Makoto Kuwahara, Kotaro Hiramatsu, Miho Tagawa
Self-assembly of High-Quality Single Crystals of DNA-functionalized Gold Nanoparticle Superlattices for In-vivo SERS Detection
The 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2025), Maraga, Spain (2025. 7. 22-25)
 5. Kenji Setoura, Mamoru Tamura, Tomoya Oshikiri, Takuya Iida
Switching of Surface Temperature of Plasmonic Titanium Nitride Nanostructures by Circularly Polarized Light
The 12th Optical Manipulation and Structured Materials Conference (OMC2025), Yokohama, Japan (2025. 4. 21-25)

有機・バイオナノ材料研究分野

教員構成：笠井均（教授）、岡弘樹（准教授）、谷田恵太（助教）
大窪航平（助教）、柴田暁貴（助教）、勢井宏居（助教）

【活動報告】

可視光駆動型の有機光触媒ナノ粒子に高殺菌性を付与する要件解明

細菌内で作用する抗菌薬を長期間使用すると、細菌が形質変化を起こし薬剤耐性（AMR）を発現するリスクがある。AMR 菌による関連死者数が将来的に年間 1,000 万人に達する可能性が指摘されている中、抗菌薬を用いずに殺菌できる光触媒は、AMR の発現リスクを回避する有効な方法である。光触媒では、光励起により生成する活性酸素種（ROS）が細菌膜を酸化分解するため、実利用に向け可視光下で電子励起することが望ましい。同要件を満たす有機光触媒として、ポリ（3-ヘキシルチオフェン-2,5-ジイル）（P3HT）に着目した。P3HT には立体規則性の高いレジオレギュラー（rrP3HT）と低いレジオランダム（rraP3HT）が存在する。P3HT は難水溶性であることから、水環境において ROS を発生させ細菌と効率よく反応させるためには、反応面を増大できるナノ粒子化が不可欠である。そこで本研究では、rrP3HT と rraP3HT のナノ粒子（NPs）を作製し、立体規則性および比表面積と殺菌性との相関解明を通じて、可視光駆動型の P3HT NPs に高殺菌性を付与する要件の解明を目指した（図 1A）。

再沈法により調製した P3HT NPs は、NPs 分散液の濃度に応じて粒径 40–100 nm に制御可能であった。殺菌性は大腸菌懸濁液に可視光（385–740 nm）を照射し評価した結果、粒径約 80 nm において rrP3HT NPs は 47 % の殺菌率を示し、rraP3HT NPs（30%）の約 1.6 倍高かった（図 1B）。これは、rrP3HT の狭いバンドギャップによる広範な可視光吸収と、高い立体規則性に由来する電荷移動度および励起電子寿命の増大により、ROS 生成効率が向上したためと考えられる。さらに、rrP3HT NPs では粒径の減少に伴い殺菌性が向上し、粒径 42 nm で最大 99 % の殺菌率を達成した（図 1C）。これは rrP3HT NPs の比表面積の増加により ROS 生成および細菌との接触効率が高まったためである。

以上より本研究では、P3HT NPs を作製し、その立体規則性および比表面積の向上により NPs の殺菌性が増加することを解明した。加えて、同知見が AMR 菌に対する可視光駆動型の殺菌材料の開発に有用であることを示した[Nanoscale, *In press*]

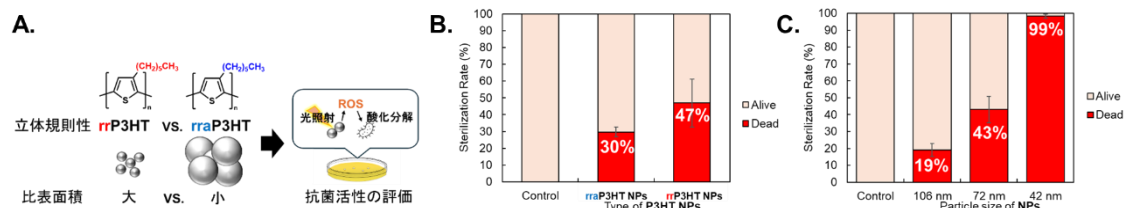


図 1. (A) 本研究の概要図、(B) 立体規則性の異なる P3HT NPs (粒径約 80 nm) の殺菌率 ($n = 3$)、(C) 粒径の異なる rrP3HT NPs の殺菌率 ($n = 3$)

膵臓がん間質を透過する極微小ナノ・プロドラッグの開発

近年、Enhanced Permeation and Retention (EPR) 効果に基づく高い腫瘍集積性を利用し、粒径 200 nm 以下のナノ薬剤をがん病巣へ効率的に集積させる研究が活発に行われてきた。一方で、難治性がん（膵臓がん等）では、線維化が進行した間質が有するバリア機能のため、30 nm より大きいナノ薬剤の送達が制限されることが報告されている。

我々は独自の有機ナノ粒子作製手法である「再沈法」を用いることで、プロドラッグのみで構成されるキャリアフリーなナノ薬剤「ナノ・プロドラッグ (NPDs)」を開発し、その医薬品としての有用性を明らかにしてきた。特に図 2 に示す SN-38 二量体プロドラッグ (SNC4DC) は、がん細胞内に高濃度で存在するグルタチオンをトリガーとして開裂する「ジスルフィド結合」が分子設計に導入され、高い薬理活性と低い副作用を両立することを報告している。

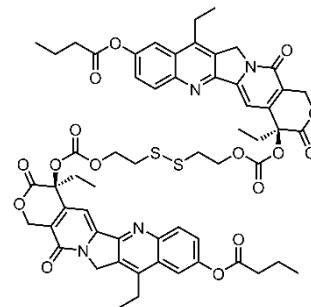


図 2 SNC4DC の分子構造

本研究では、SNC4DC を再沈法に供する際の作製条件を最適化することで、粒径分布の異なる NPDs を作製し、膵臓がんに対するサイズ依存性と薬理効果を評価した。粒径分布は主に過飽和度によって制御され、①良溶媒と貧溶媒の温度、および②再沈殿時の溶媒組成を調整することで 30 nm から 400 nm の範囲で SNC4DC の安定な球状ナノ粒子を作製した (図 3A)。10 mM GSH 存在下での薬物放出挙動を評価したところ、粒径 200 nm のナノ粒子では 24 時間で 20% しか SN-38 が放出されなかったのに対し、粒径 30 nm の極微小ナノ粒子では表面積の増大により、ほぼ全ての SN-38 が放出された (図 3B)。さらに、膵臓がんの同所性移植モデルマウスを用いた実験では、粒径 200 nm, 100 nm のナノ粒子が抗腫瘍活性を示さなかったのに対して、粒径 30 nm の極微小ナノ粒子のみが高い抗腫瘍活性を示した (図 3C)。以上より、NPDs を極微小化することで、間質透過性と膵臓がんへの送達効率、抗腫瘍活性が増加することを明らかにした。

[RSC Pharm., published online, doi: 10.1039/D5PM00364D]

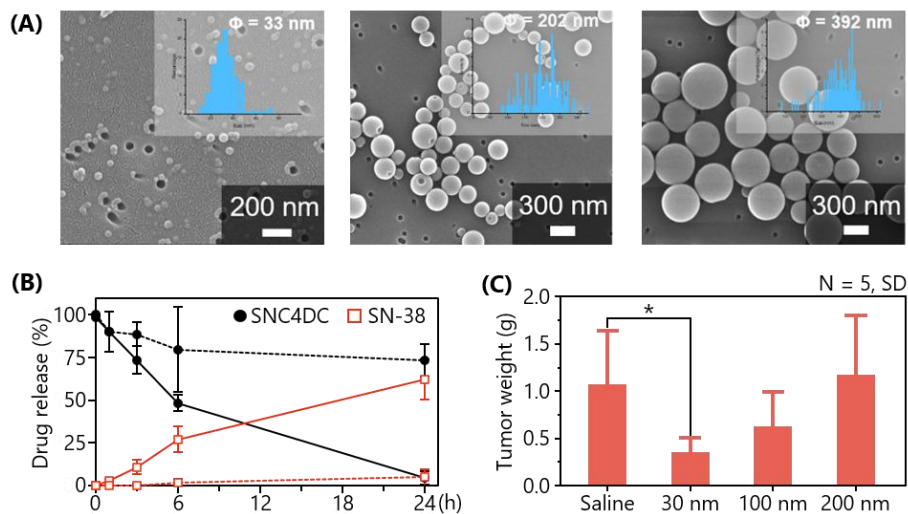


図3 (A) サイズの異なるSNC4DCのSEM像, (B) 薬物放出試験, (C) *in vivo*抗腫瘍活性試験

【研究業績一覧】

発表論文 (25 報)

1. Zhixiang Liu, Yoshitaka Koseki, Mengheng Yang, Keita Tanita, Hitoshi Kasai
SN-38-cholesterol NPs-loaded PDA NPs/agarose & pluronic F-127 hydrogel system for controlled chemo-phototherapy in tumor-localized treatment
J. Mater. Chem. B, **13**, 10584–10599 (2025)
2. Yoshinori Yamanoi, Yongjin Zhao, Toyotaka Nakae, Kaito Segawa, Masaki Yoshida, Masako Kato, Kazuma Kikuchi, Hiroaki Imoto, Kensuke Naka, Showa Kitajima, Hitoshi Kasai, Kouki Oka, Suguru Ito
A disilane-bonded bis(methylpyridine) Cu(I) complex exhibiting reversible trigonal–tetrahedral switch with stimuli-responsive luminescence
Dalton Trans., **54**, 17425–17429 (2025)
3. Takahiro Ami, Kouki Oka, Hitoshi Kasai, Tatsuo Kimura
Developing porous electrocatalysts to minimize overpotential for the oxygen evolution reaction
Chem. Commun., **61**, 1533–1558 (2025)
4. Kouki Oka, Hitoshi Kasai
Recyclable Organic Redox Molecules for Sustainable Batteries
ChemSusChem, **18**, e202402707 (2025)
5. Sanjay Kumar, Yoshitaka Koseki, Keita Tanita, Hitoshi Kasai
Newly acylated SN-38 homodimers: carrier-free nano-prodrugs for chemotherapy
Mendeleev Commun., **35**, 278–281 (2025)
6. Yo Kinoshita, Kiyotaka Maruoka, Yuta Takahashi, Yoko Teruuchi, Minoru Takeuchi, Kazuhiko Igarashi, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Hydrophilization of guaiazulene-based blue pigment: improving its stability in acidic conditions by substitution with polyallylamine
New J. Chem., **49**, 9578 (2025)
7. Takumi Ichimura, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Hydrogen gas production & storage cycle with organic hydrides based on hydrogen fixing and release
Energy **360**, **3**, 100028 (2025)
8. Showa Kitajima, Ryota Tanaka, Takumi Ichimura, Hitoshi Kasai, Kensuke Naka, Norimitsu Tohnai, Hiroaki Imoto, Kouki Oka
Rechargeable organic molecule-air battery
Cell Reports Physical Science, **6**, 102620 (2025)
9. Tomoki Yasui, Aki Shibata, Tomoka Ishikawa, Yukako Fujita, Chihiro Okochi, Yoshitaka Koseki, Hitoshi Kasai, Kouki Oka, Kensuke Naka, Hiroaki Imoto

Cytotoxicity Study of π -Conjugated Arsenic Compounds

ChemistrySelect, **10**, e02502 (2025)

10. Mengheng Yang, Anh T. N. Dao, Hisayuki Nakatani, Yuki Eguchi, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, Kouki Oka, Hitoshi Kasai
Silk protein-based injectable hydrogel to deliver nano-prodrugs toward localized cancer treatment
MRS Communications, **15**, 598–605 (2025)
11. Kaiya Nakasone, Showa Kitajima, Hitoshi Kasai, Kouki Oka, Daisuke Takimoto
Micropore-Confined Organic Solid for a High-Rate and Durable Electrode
ACS Appl. Mater. Interfaces, **17**, 44631–44638 (2025)
12. Kouki Oka, Showa Kitajima, Kohei Okubo, Kiyotaka Maruoka, Yuta Takahashi, Yoko Teruchi, Minoru Takeuchi, Kazuhiko Igarashi, Hitoshi Kasai
Hydroquinone-substituted polyallylamine: redox capability for aqueous polymer–air secondary batteries and recyclability
Polymer Journal, **57**, 1239–1244 (2025)
13. Hiroi Sei, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Zeolitic imidazolate framework-22: high hydrophilicity, water resistance, and proton conduction
Nanoscale Adv., **7**, 5501 (2025)
14. Peng Wang, Hirotaka Nakatsuji, Takeharu Yoshii, Hitoshi Kasai, Hirotomo Nishihara
Biocompatibility of size-controllable giant hollow carbon tubes: dispersibility, cytotoxicity and cellular internalization
Nano Materials Science, *in press*. doi: 10.1016/j.nanoms.2025.07.011
15. Enzo Ohkubo, Mitsuharu Suzuki, Naoya Aizawa, Osamu Ikeda, Showa Kitajima, Tomoyuki Koganezawa, Kaoru Ohta, Kouki Oka, Norimitsu Tohnai, Keisuke Tominaga, Ken-ichi Nakayama
Highly Porous, Electrically Conductive Two-Dimensional Nickel–Hexaaminodehydrobenzoannulene Frameworks
J. Am. Chem. Soc., **147**, 31940–31951 (2025)
16. Ryota Akai, Showa Kitajima, Kohei Okubo, Nobuyuki Serizawa, Hirotomo Nishihara, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Water-resistant redox-active metal–organic framework
Nat. Commun., **16**, 10798 (2025)
17. Yutaka Maeda, Atsushi Suwa, Kentaro Kawada, Pei Zhao, Masahiro Ehara, Yasuhiro Suzuki, Yui Iguchi, Yasunari Taki, Yui Konno, Michio Yamada, Hitoshi Kasai, Koji Kimoto, Koji Harano
Role of Second Halogen Atoms of Dihalobenzene in Controlling the Photoluminescence

- Properties of Single-Walled Carbon Nanotubes by Reductive Arylation
ACS Nanosci. Au, in press. doi: 10.1021/acsnanoscienceau.5c00152
18. Mengheng Yang, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, Shuto Kodera, Ken Saijo, Hisato Kawakami, Keita Tanita, Sanjay Kumar, Kouki Oka, Hitoshi Kasai
Overcoming stromal barriers in pancreatic cancer via size-engineered carrier-free nano-prodrugs
RSC Pharm., Advance Article. doi:10.1039/d5pm00364d
19. Sebin Kariachan, Joshin Shibu, Prajitha Velayudhan, Sisanth Krishnageham Sidharthan, Pravitha Velayudhan, Sanu Mathew Simon, Hitoshi Kasai, Kohei Okubo, Sabu Thomas, Kouki Oka, Jibin Keloth Paduvilan
Exploring the advances in 2D materials as a quest for energy storage electrode materials
RSC Adv., **16**, 10847–10886 (2026)
20. Ryota Akai, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Redox-active metal–organic framework as an anode-active material for rechargeable aqueous manganese dioxide batteries with very high-rate capabilities
J. Mater. Chem. A, **14**, 6839–6845 (2026)
21. Keita Tanita, Ryuju Suzuki, Hitoshi Kasai, Mao Fukuyama, Akihide Hibara, Takayuki Ishizaka
Temperature-triggered microfluidic fabrication of monodisperse organic particles via LCST-mediated phase transition
RSC Adv., **16**, 14049–14053 (2026)
22. Kohei Okubo, Showa Kitajima, Hitoshi Kasai, Kiyotaka Maruoka, Yuta Takahashi, Yoko Teruuchi, Minoru Takeuchi, Kazuhiko Igarashi, Kouki Oka
Anion size-dependent carbon dioxide adsorption capacity in high-purity diallyldimethylammonium-based poly(ionic liquid)s
React. Chem. Eng., Advance Article. doi: org/10.1039/D5RE00535C
23. Riku Sawada, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Molecular Design Strategy of π -Conjugated Polymers for Efficient Visible-Light-Driven Photoelectrocatalytic O₂ Reduction to H₂O₂ Production
ChemSusChem, **19**, e202502396 (2026)
24. Tomoyuki Ito, Takumi Ichimura, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Hydrogen Gas Production and Storage Cycle with Benzyl Alcohol/Benzaldehyde
Sustain. Energy Fuels, doi: org/10.1039/D5SE01721A
25. Kohei Okubo, Kotaro Omote, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Synthesis of High-Purity Porous Organic Polymers and Exploration of Their Inherent Functionality
ACS Appl. Mater. Interfaces, doi: org/10.1021/acсами.6c00001

著書・解説記事

該当なし

特許

申請件数 21 件

公開件数 2 件

登録件数 1 件

受賞等, 特記事項

1. 岡 弘樹
有機半導体の高移動度化に向けた分子配列制御法の開発
公益信託 小澤・吉川記念エレクトロニクス研究助成基金「小澤・吉川記念賞」
(2025.4.1)
2. 岡 弘樹
環境適合な有機ハイドライドの創出とグリーン水素の製造・貯蔵法の構築
第 24 回インテリジェント・コスモス奨励賞 (2025.5.9)
3. 藤田 悠華子
環境適合な有機ハイドライドの創出とグリーン水素の製造・貯蔵法の構築
日本接着学会 若手交流シンポジウム 2025 最優秀発表賞 (2025.6.29)
4. 石川 朋佳
 π 共役高分子の立体規則性が粒子表面と抗菌活性に与える影響の解明
日本接着学会 若手交流シンポジウム 2025 優秀賞 (2025.6.29)
5. 岡 弘樹
高純度な π 共役高分子薄膜の創製とその界面制御に関する研究
日本接着学会 令和 7 年度 (第 47 回) 奨励賞 (2025.6.30)
6. 北嶋 奨羽
Organic Redox Polymer with High Discharge Capacity and Cycleability
Applied Materials & Interfaces Conference (AMIC 2025) Best Poster Award
(2025.7.3)
7. 赤井 亮太
耐水性が高く酸化還元活性な金属有機構造体の創製
2025 年度 科学計測振興基金 多元物質科学奨励賞 (2025.9.24)
8. 岡弘樹
Reconstruction of Design Guidelines for π -Conjugated Polymer Materials through ‘High Purification’
Core Research Cluster for Materials Science Award 2025: CRC-MS Award 2025
(2025.11.4)

9. 岡弘樹
Special issue: Rising Stars in Polymer Science 2025
Polymer Journal (Springer Nature)
(2025.11.5)
10. 伊藤 知遊
第 1 級アルコール/アルデヒドを用いた環境適合な水素ガス製造・貯蔵サイクルの構築
第 45 回 水素エネルギー協会 (HESS) 大会 学生優秀発表 (ポスター) 賞
(2025.12.11)
11. 岡弘樹
Emerging Investigator, RSC Advances (Royal Society of Chemistry)
(2026.2)
12. 岡弘樹
Emerging Investigator, Nanoscale (Royal Society of Chemistry)
(2026.3)
13. 岡弘樹
Emerging Investigator, Reaction Chemistry & Engineering (Royal Society of Chemistry)
(2026.3)
14. 岡弘樹
高純度な π 共役高分子の創製と機能開拓に関する研究
2025 年度(令和 7 年度) 研究奨励賞・實吉雅郎記念賞
(2025.3.17)
15. 岡弘樹
Emerging Investigator, Sustainable Energy & Fuels (Royal Society of Chemistry)
(2025.3)
16. ソン ジンウ
Elucidation of Intracellular Metabolic Mechanism of Organic Nanoparticle
在日韓国科学技術者協会 第 16 回合同分科会 学術優秀賞 (2026.3.7)

学会発表 国際会議 19 件 (うち、招待 9 件)、国内会議 35 件 (うち、招待 9 件)

国内学会

(招待講演)

1. 岡 弘樹
エネルギー製造・貯蔵・変換・活用を担う革新的な機能性有機材料の開発
名古屋大学大学院工学研究科学術講演, 愛知 (2025.4.30)
2. 岡 弘樹
社会問題解決に貢献できる機能性有機材料の創製

JACI 先端化学・材料技術部会 新素材分科会/高選択性反応分科会 現地分科会
宮城 (2025.5.13)

3. 岡 弘樹
有機物から電池・触媒・エネルギーをつくる
日本技術士会 統括本部化学部会 講演会 (2025.6.28)
4. 岡 弘樹
高純度な π 共役高分子薄膜の創製とその界面制御に関する研究
2025 年度 第 63 回日本接着学会年次大会, 宮城 (2025.6.30)
5. 岡 弘樹
持続可能な社会に向けた革新的な機能性有機材料の開発
公益社団法人化学工学会東北支部 第 33 回東北支部若手の会セミナー
山形 (2025.9.4)
6. 岡 弘樹
最新の PFAS 対策ソリューション
PFAS 対策のグローバルトレンドと技術の最前線, 東京 (2025.9.18)
7. 岡 弘樹
30 代以降での学びを博士課程で～後悔のない人生にするために～
第 15 回 CSJ 化学フェスタ 2025, 東京 (2025.10.22)
8. 岡 弘樹
持続可能な社会実現に向けた革新的な有機材料の開発
2025 年度現代の生命医科学 (2025.10.24)
9. 岡 弘樹
高分子材料の高純度化による潜在機能の開拓
山田科学振興財団 2025 年度研究交歓会, 東京 (2025.10.25)

(一般講演)

1. 谷田 恵太, 北本 雄一
Fabrication of Planar Triphenylborane Nanoparticles for Highly Efficient BNCT Therapy
第 14 回東北大学若手アンサンブルワークショップ, 宮城 (2025.5.13)
2. 藤田 悠華子, 勢井 宏居, 笠井 均, 岡 弘樹
アミンを内包した配位高分子の O₂遮蔽効果と CO₂吸着能
日本接着学会 若手交流シンポジウム 2025, 宮城 (2025.6.29)
3. 石川 朋佳, 柴田 暁貴, 笠井 均, 岡 弘樹
 π 共役高分子の立体規則性が粒子表面と抗菌活性に与える影響の解明
日本接着学会 若手交流シンポジウム 2025, 宮城 (2025.6.29)
4. 藤田 悠華子, 勢井 宏居, 笠井 均, 岡 弘樹
アミンの O₂劣化の抑制に向けた配位高分子へのカプセル化とその界面での CO₂吸

着能

2025 年度 第 63 回日本接着学会年次大会、宮城 (2025.6.30)

5. 石川 朋佳, 柴田 暁貴, 笠井 均, 岡 弘樹
比表面積を制御した光触媒ナノ粒子の抗菌力の最大化
2025 年度 第 63 回日本接着学会年次大会、宮城 (2025.6.30)
6. ソン ジンウ, テーマイトリイ ファーサイ, 鈴木 龍樹, 小関 良卓, 雲林院 宏,
若宮 淳志, 笠井 均
有機ナノ粒子のリソソーム溶解謝機構
日本接着学会 若手交流シンポジウム 2025、宮城 (2025.6.29)
7. ソン ジンウ, テーマイトリイ ファーサイ, 鈴木 龍樹, 小関 良卓, 雲林院 宏,
若宮 淳志, 笠井 均
有機ナノ粒子の細胞内動態の究明
2025 年度 第 63 回日本接着学会年次大会、宮城 (2025.6.30)
8. 菅野 長貴, 加賀谷 理人, 小関 良卓, 笠井 均
低酸素環境を標的とした抗がんプロドラッグナノ粒子の開発
日本接着学会 若手交流シンポジウム 2025、宮城 (2025.6.29)
9. 菅野 長貴, 加賀谷 理人, 小関 良卓, 笠井 均
低酸素活性化プロドラッグのキャリアーフリーナノ粒子の開発
2025 年度 第 63 回日本接着学会年次大会、宮城 (2025.6.30)
10. 伊藤 知遊, 市村 拓弥, 笠井 均, 岡 弘樹
Hydrogen Gas Production & Storage Cycle by Primary Alcohols/Aldehydes
日本化学会東北支部 令和 7 年度化学系学協会東北大会、山形 (2025.9.7)
11. 菅野 長貴, 加賀谷 理人, 小関 良卓, 谷田 恵太, 笠井 均
Development of Tumor Hypoxia Triggered Prodrug Nanoparticles
日本化学会東北支部 令和 7 年度化学系学協会東北大会、山形 (2025.9.7)
12. 石井 邦和, 小関 良卓, 谷田 恵太, 佐藤 孝太, 中澤 徹, 若宮 淳志, 笠井 均
Analysis of Dissolution and Intraocular Behavior of Nano Eye-drops
日本化学会東北支部 令和 7 年度化学系学協会東北大会、山形 (2025.9.7)
13. 表 光太郎, 大窪 航平, 笠井 均, 岡 弘樹
Development of Carbazole-Based Porous Organic Polymers via Iodine-Based Chemical
Polymerization
日本化学会東北支部 令和 7 年度化学系学協会東北大会、山形 (2025.9.7)
14. 藤田 悠華子, 勢井 宏居, 笠井 均, 岡 弘樹
アミンの金属有機構造体への内包による O₂ 劣化の抑制と CO₂ 吸着能
化学工学会 第 56 回秋季大会、東京 (2025.9.16)
15. 石川 朋佳, 柴田 暁貴, 笠井 均, 岡 弘樹

- 高い抗菌活性を示す有機光触媒の創製
化学工学会 第 56 回秋季大会、東京 (2025.9.16)
16. 石川 朋佳, 柴田 暁貴, 笠井 均, 岡 弘樹
水中の有機半導体ナノ粒子に高い抗菌活性を与える要件の解明
第 25 回東北大学多元物質科学研究所研究発表会、宮城 (2025.9.24)
17. ソン ジンウ, テューマイトリイ ファーサイ, 鈴木 龍樹, 小関 良卓, 若宮 淳志,
雲林院 宏, 火原 彰秀, 勝部 哲, 海原 大輔, 濱口 祐, 川上 恵典, 米倉 功治, 笠
井 均
Unveiling Intracellular Metabolic Mechanisms of Water-insoluble Organic
Nanotherapeutics
第 47 回日本バイオマテリアル学会大会、東京 (2025.11.10)
18. 伊藤 知遊, 市村 拓弥, 笠井 均, 岡 弘樹
第 1 級アルコール/アルデヒドによる水素製造・貯蔵サイクルの構築
第 25 回東北大学多元物質科学研究所研究発表会、宮城 (2025.9.24)
19. 伊藤 知遊, 市村 拓弥, 笠井 均, 岡 弘樹
第 1 級アルコール/アルデヒドを用いた環境適合な水素製造・貯蔵サイクルの構築
第 45 回 水素エネルギー協会 (HESS) 大会、東京 (2025.12.11)
20. ソン ジンウ, テューマイトリイ ファーサイ, 鈴木 龍樹, 小関 良卓, 若宮 淳志,
雲林院 宏, 火原 彰秀, 勝部 哲, 海原 大輔, 濱口 祐, 川上 恵典, 米倉 功治, 笠
井 均
Elucidation of Intracellular Metabolic Mechanism of Organic Nanoparticle
在日韓国科学技術者協会 第 16 回合同分科会、東京 (2026.3.7)
21. 増井 優貴, 柴田 暁貴, 石川 朋佳, 笠井 均, 岡 弘樹
抗菌活性と低毒性を併せもつアミンポリマーの創製
第 28 回化学工学会学生発表会、オンライン (2026.3.7)
22. 田中 優多, 藤田 悠華子, 勢井 宏居, 笠井 均, 岡 弘樹
かご型金属有機構造体へのアミンのカプセル化による CO₂ 吸着剤の創製
第 28 回化学工学会学生発表会、オンライン (2026.3.7)
23. 田中 優多, 藤田 悠華子, 勢井 宏居, 笠井 均, 岡 弘樹
大気中の CO₂ 回収を目指したアミンをカプセル化した CO₂ 吸着剤の創製
化学工学会第 91 年会、京都 (2026.3.18)
24. KIM MINSANG, 谷田 恵太, 若宮 淳志, 笠井 均
FRET ナノ粒子の開発および生体内でのナノ粒子分解過程の解析
日本化学会第 106 春季年会、東京 (2026.3.18)
25. EMILE WEJROCH, 谷田 恵太, 笠井 均
Synthesis and Characterization of SN-38 Nanoparticles via Surface Modification with
Covalent Bond

日本化学会第 106 春季年会、東京 (2026.3.18)

26. 増井 優貴, 柴田 暁貴, 石川 朋佳, 笠井 均, 岡 弘樹
高い抗菌活性を有する低毒性ポリマーの開発
化学工学会第 91 年会、京都 (2026.3.18)

国際会議

(招待講演)

1. Hitoshi Kasai
Newly Designed Drug Delivery System Using Nano-Prodrugs without Carrier And The Cellular Pharmacodynamics
The 19th International Symposium on Advanced Organic Photonics (ISAOP-25)
El Jadida, Morocco (2025.5.21)
2. Kouki Oka
Novel Solid-State Organic Catalysts Towards Water-Splitting
Applied Materials & Interfaces Conference (AMIC 2025), Singapore (2025.7.3)
3. Kouki Oka
Innovative Organic Energy Materials For Sustainable Society
SIIT ANSCSE28, Bangkok, Thailand (2025.7.31)
4. Kouki Oka
High-Purity Organic Polymers as a Photoelectrochemical Catalyst towards Water-Splitting
2025 International Conference on Green Electrochemical Technologies (2025 ICGET-Tw), Taiwan (2025.11.1)
5. Kouki Oka
Reconstruction of Design Guidelines for π -Conjugated Polymer Materials through "High Purification"
The 9th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics and the 8th Symposium on International Joint Graduate Programs in Materials Science and Spintronics, Miyagi, Japan (2025.11.4)
6. Kouki Oka
Development of Organic Energy Materials
2025 PIERS-Chiba, Chiba, Japan (2025.11.6)
7. Kouki Oka
Development of Organic Energy Materials (Keynote Lecture)
2025 JOINT SYMPOSIUM-National Taipei University of Technology and Tohoku University (IMRAM), Taiwan (2025.11.14)
8. Kouki Oka

Highly Purified and Powered-up Organic Energy Materials for New Functions
The 2nd International Frontier Interdisciplinary Forum on Crystalline Porous Particles
(iPOPA2), Kyoto, Japan (2025.11.17)

9. Kouki Oka
 π -Conjugated Polymers as a Photoelectrocatalyst for Solar Fuel Production
Pacifichem 2025, Hawaii, USA (2025.12.15)

(一般講演)

1. Ryota Akai, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Rechargeable Aqueous MOF-Manganese Batteries
Organic Battery Days 2025, Adelaide, Australia (2025.4.22)
2. Showa Kitajima
Organic Redox Polymer with High Discharge Capacity and Cycleability
Applied Materials & Interfaces Conference (AMIC 2025), Singapore (2025.7.3)
3. Tomoka Ishikawa, Aki Shibata, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Experimental study to enhance antibacterial activity of organic semiconductor polymers
SIIT ANSCSE28, Bangkok (2025.7.30)
4. Yukako Fujita, Sei Hiroi, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
Amines encapsulated in porous materials as a CO₂ capture material
SIIT ANSCSE28, Bangkok (2025.7.30)
5. Kotaro Omote, Kohei Okubo, Hitoshi Kasai, Kouki Oka
High-Purity Carbazole-Based Porous Organic Polymers toward Efficient Iodine Capture
Chemistry Summer School 2025, Miyagi, Japan (2025.10.24)
6. Kunikazu Ishii, Yoshitaka Koseki, Keita Tanita, Kota Sato, Toru Nakazawa, Atsushi Wakamiya, Hitoshi Kasai
Investigation of Dissolution and Intraocular Behavior of Nano Eye-drops
Chemistry Summer School 2025, Miyagi, Japan (2025.10.24)
7. Jinwoo Sung, Farsai Taemaitree, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, Atsushi Wakamiya, Hiroshi Uji-I, Akihito Hibara, Satoshi Katsube, Daisuke Unabara, Tasuku Hamaguchi, Keisuke Kawakami, Koji Yonekura and Hitoshi Kasai
Discovering intracellular dissolution mechanism of water-insoluble organic nanoparticle
Chemistry Summer School 2025, Miyagi, Japan (2025.10.25)
8. Nagaki Sugeno, Riido Kagaya, Yoshitaka Koseki, Keita Tanita, Hitoshi Kasai
Development of Prodrug Nanoparticles for Tumor-selective Delivery and Drug Release Under Hypoxia
Chemistry Summer School 2025, Miyagi, Japan (2025.10.25)
9. Kotaro Omote, Kohei Okubo, Hitoshi Kasai, Kouki Oka

Development of Iodine-Based Chemical Polymerization for High-Purity Porous Organic Polymers

2025 JOINT SYMPOSIUM-National Taipei University of Technology and Tohoku University (IMRAM), Taiwan (2025.11.13)

10. Tomoyuki Ito, Takumi Ichimura, Hitoshi Kasai, Kouki Oka

Hydrogen Gas Production & Storage Cycle by Primary Alcohols/Aldehydes

2025 JOINT SYMPOSIUM-National Taipei University of Technology and Tohoku University (IMRAM), Taiwan (2025.11.13)

令和七年度 マテリアル・計測ハイブリッド研究センタープロジェクト
採択課題一覧

「 (e, e^+ion) 分光による共鳴遷移の研究」

(渡邊 昇)

「タンパク質凝集体測定のためのマイクロ流体システム開発」

(福山 真央)

「分子固溶によるプロトンフィリング変調に基づく伝導性制御」

(出倉 駿)

「内外非対称性表面を持つ中空環状炭素材料の創製」

(中辻 博貴)

「紫外共鳴体キラルメタセンシング」

(新家 寛正)

「極微小プロドラッグナノ粒子の作製とその薬効評価」

(谷田 恵太)

($e, e+\text{ion}$)分光による共鳴遷移の研究

量子電子研究分野 渡邊 昇

連続状態にある電子が分子の有効ポテンシャルへ一時的にとらわれ、疑似的な束縛状態（共鳴準位）が形成されることで、イオン化断面積の急増や化学結合の選択的切断が生じる。本過程は物質の放射線損傷で重要な役割を果たすことに加え、電子相関を介した連続状態と束縛状態間での干渉発現として、基礎科学の観点からも興味を集めてきた。特に光イオン化における共鳴遷移の研究は盛んであり、様々な分子に対する実験および理論計算が報告されている。同様の現象は電子衝撃イオン化でも起こるため、電子衝突誘起による分子過程でも共鳴遷移が重要な役割を果たしている筈だが、それに関する知見は甚だ限られているのが現状である。特に電子衝突では、光イオン化ではみられない双極子禁制な共鳴準位への遷移が起こり得るが、その観測例は報告されていない。

高速電子の非弾性散乱を観測する電子エネルギー損失分光（EELS）は、分子の励起・イオン化過程を研究する上で強力な実験手法である。しかしながら、通常のEELS実験では異なる軌道準位からの電離によるイオン化連続バンドが重なり合うことで、共鳴遷移が埋もれてしまう。そこで本研究では、イオン化後の後続解離過程に着目した。放出されるイオン種やその運動エネルギーは、生成親イオンの電子状態に依存して変化するため、散乱電子に加え解離イオンを同時計測することでイオン化チャンネルの寄与を分離でき、明瞭な共鳴バンドの観測が可能となる[1]。以上の原理に基づき、散乱電子と解離イオンを同時計測する角度分解($e, e+\text{ion}$)分光を用い、 CF_4 の共鳴遷移を調査した。

$3t_2$ と $4a_1$ 軌道からの電離で限定的に放出される CF_2^+ に着目した解析結果を、Fig. 1に示す。 CF_2^+ の運動エネルギー（KE）分布が親イオン状態に応じて大きく異なることを利用し、 $\text{C } ^2\text{T}_2$ ($3t_2^{-1}$)と $\text{D } ^2\text{A}_1$ ($4a_1^{-1}$)イオン化チャンネルの寄与を分離した。 $\text{C } ^2\text{T}_2$ イオン化で ~ 24 eVに観測された共鳴バンドは、移行運動量 K の増加と共に強度が減じる双極子許遷移に特有の傾向を示しており、 $3t_2 \rightarrow \epsilon t_2$ 遷移に帰属できる。一方、 $\text{D } ^2\text{A}_1$ イオン化閾値近傍（ ~ 27 eV）で観測された共鳴遷移は、 K の増加とともに一度強度を増した後、緩やかな強度減少に転じる振る舞いを示していた。この K 依存性は、双極子禁制な離散遷移でよく見られるものである。本結果は、分子における双極子禁制な共鳴遷移の観測に初めて成功したことを意味している[2]。

[1] N. Watanabe *et. al.*, *Phys. Rev. A* **108**, 042814 (2023).
N. Watanabe *et. al.*, *Phys. Rev. A* **112**, 062805 (2023)

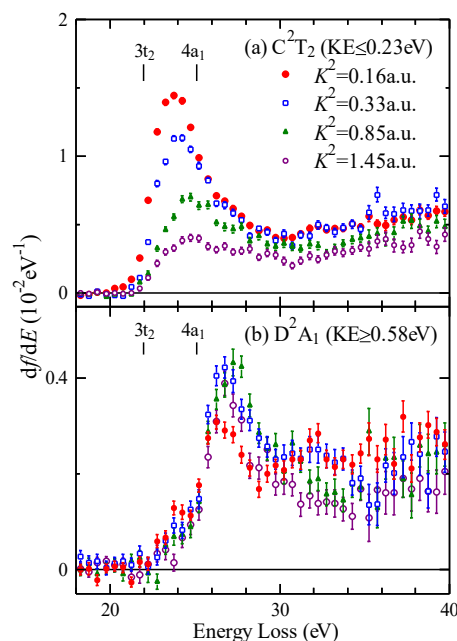


Fig. 1 CF_4 の $\text{C } ^2\text{T}_2$ ($3t_2^{-1}$) と $\text{D } ^2\text{A}_1$ ($4a_1^{-1}$)イオン化の寄与

タンパク質凝集体測定のためのマイクロ流体システム開発

ナノ・マイクロ計測化学研究分野 福山真央

【背景】

アミロイド線維とはタンパク質の 1 次元的集合体であり、様々な神経変性疾患の発症メカニズムや症状に関連していると考えられている。例えば、パーキンソン病、レビー小体型認知症、多系統萎縮症では、 α シヌクレインと呼ばれるタンパク質の線維が観察されるため、これらの疾患は α シヌクレイノパチーと呼ばれている。近年、血液・脳脊髄液などの体液中に存在するごく微量の α シヌクレイン線維がバイオマーカーとして使える可能性が示唆された[1]。さらに最近、疾患によって α シヌクレイン線維の多型が異なることが明らかになった[1,2]。 α シヌクレイン線維の多型を簡易的に識別できるようになれば、 α シヌクレイノパチーの鑑別診断が可能になると期待できる。以上の背景を踏まえ、本研究では、患者体液中の線維多形識別のためのマイクロ流体プラットフォームの開発を目的とする。

【研究成果】

本年度は、まずインスリン線維をモデル物質として用いて、384 ウェルプレート内での線維のスペクトル取得を実証した。99 $\mu\text{g/mL}$ のインスリン線維および 20 μM のチオフラビン T を含む水溶液を調製し、384 ウェルプレートに導入した。共焦点顕微鏡を用いて、励起波長 440 nm、蛍光波長 454–584 nm の範囲で蛍光スペクトルを 10 nm 刻みで取得した。続く画像解析により、個々のインスリン線維の蛍光スペクトルを得た。

その結果、各線維から 490 nm 付近に極大をもつ蛍光スペクトルが得られた (図 1)。これらの結果は、アミロイド線維に結合したチオフラビン T の既知のスペクトル[3]と一致している。今後、本研究で確立した単一线維の蛍光スペクトル取得とマイクロ流体操作を組み合わせ、アミロイド線維の多型識別に適用する予定である。

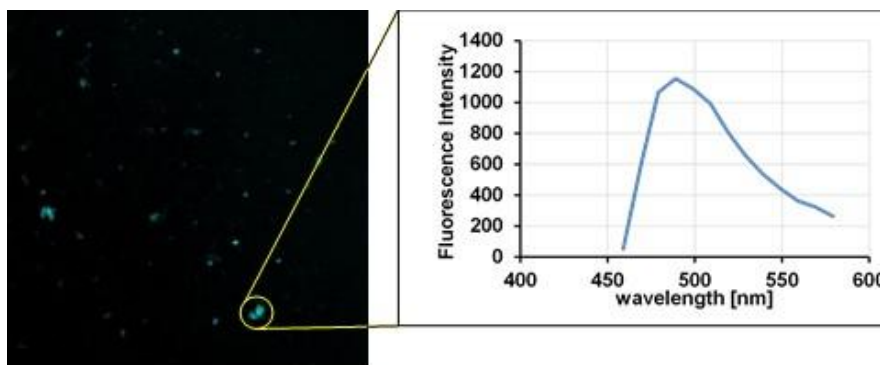


図 1 チオフラビン T 染色したインスリン線維のスペクトル。

【参考文献】

- 1) A. Okuzumi *et al.*, *Nature Medicine* **29**, 1448, (2023),
- 2) Y. Yang *et al.*, *Nature*, **610**, 791 (2022),
- 3) H. Naiki *et al.*, *Analytical biochemistry* **177**, 244 (1989).

分子固溶によるプロトンフィリング変調に基づく伝導性制御

ハイブリッド材料創製研究分野 出倉駿

有機固体中の電子の自在制御は実現されている一方、プロトン (H^+) を自在制御する学術基盤は確立しておらず、包括的な基礎研究の重要性が増している。従来物質のプロトン伝導は分子運動が必須であったが、本研究代表者が近年見出した“プロトン互変異性”に基づく新伝導機構^[1]を活用すれば、エレクトロニクス理論のように①水素結合部位の官能基（原子/分子軌道に相当）、②水素結

合ネットワーク構造（バンド構造に相当）、③プロトンフィリング（軌道占有率、バンドフィリングに相当）に基づく有機固体中プロトンの自在制御の学理構築の可能性が見えてくる。そこで本研究課題では、その制御手法を含めて未開拓であった③プロトンフィリングの効果解明に着目し、類似した分子骨格を有しつつプロトン授受部位数の異なる異種分子を固溶させることで、化学的なプロトンフィリングの変調を試みた。

本研究課題では、五員環の分子骨格上に2つの窒素原子を有するピラゾール (= Pyz) と、Pyzの炭素原子をさらに1つ窒素原子に置換した1,2,4-トリアゾール (= Trz)に着目した (Fig. 1a)。Pyzを含む結晶構造中で、分子固溶によって結晶構造を保ちながらPyzをTrzに置き換えることで、プロトン欠陥を導入できると期待される。そこで、前段階としてPyzおよびTrzのリン酸塩、 $(HPyz^+)(H_2PO_4^-)$ および $(HTrz^+)(H_2PO_4^-)$ を作製し、その単結晶構造を明らかにすることに成功した (Fig. 1b,c)。 $(HPyz^+)(H_2PO_4^-)$ および $(HTrz^+)(H_2PO_4^-)$ の結晶構造は、それぞれ $P2_1/n$ および $Pna2_1$ の空間群であり、共通して $H_2PO_4^-$ の一次元水素結合鎖が存在し、鎖間をアゾリウムが水素結合で繋いでいる、互いに類似した構造を有することが明らかになった。無機合金分野では、固溶体や金属間化合物の形成指標として Hume-Rothery 則が知られているが、分子性結晶でも同様に、構造類似性が高いほど固溶体を形成しやすいと考えられる^[2]。

得られた $(HPyz^+)(H_2PO_4^-)$ および $(HTrz^+)(H_2PO_4^-)$ の単結晶または多結晶粉末試料を用いて、無加湿プロトン伝導度を交流インピーダンス法で評価したところ、いずれも約370 Kで 10^{-3} S/cm程度の伝導度に達し、超プロトン伝導性を示すことが明らかになった。以上の結果から、 $(HPyz^+)(H_2PO_4^-)$ および $(HTrz^+)(H_2PO_4^-)$ は分子固溶によるプロトンフィリング制御の出発物質として適していることが明らかになった。今後、これらの固溶体結晶の作製条件を検討し、伝導度評価を行う。

[1] K. Nishioka *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2026**, e20785. [2] R. Tsunashima, *CrystEngComm* **2022**, *24*, 1309.

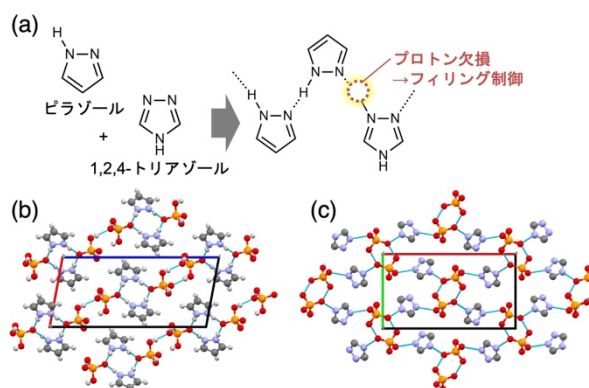


Figure 1. (a) 本研究で着目する Pyz/Trz 分子固溶によるプロトンフィリング変調の概念図。(b) $(HPyz^+)(H_2PO_4^-)$ および(c) $(HTrz^+)(H_2PO_4^-)$ の結晶構造

内外非対称性表面を持つ中空環状炭素材料の創製

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野 中辻博貴

1. 背景と目的

中空構造を持つナノマテリアルのナノ空間内部の化学的環境の制御は、その空間特性を利用した次世代材料開発に向けて極めて重要な課題である。本研究では、陽極酸化アルミナ (AAO) テンプレートを用いて合成される巨大中空カーボンチューブ (gHCT) に注目した。gHCT は、ナノスケールの細孔を有する AAO テンプレートに対して化学気相成長法で炭素層を形成し、テンプレートを除去することで得られる。従来のカーボンナノチューブは、内径が小さく、その内空の利用や選択的修飾にも限界があったが、gHCT ではテンプレート除去前に表面修飾を行うことで、内面だけに選択的かつ高精度に官能基を導入できる利点がある。本研究では、gHCT の内面にアミン基を導入し、内部局所的にカチオン性表面を持つ gHCT の作製を目的とする。また、こうしたナノ空間内の局所化学環境の評価は、従来の表面分析手法では困難であるため、本研究では複数の分析手法を組み合わせ、内面化学状態の解析手法の確立とその最適化を目指す。

2. 研究成果

まず、平滑化したアルミニウム基板に対し、リン酸電解液中で二段階陽極酸化を行うことで、直径約 200 nm の細孔を有する陽極酸化アルミナ (AAO_{AI}) を作製した。これを C₂H₂ で Chemical Vapor Deposition を行うことで、細孔内部に炭素層を形成した。この炭素層を H₂O₂ による温和な酸化処理を施した後、エチレンジアミンをアミド結合によって修飾を行った。(図 1a)。その後、テンプレートである AAO_{AI} を除去することにより、内部表面選択的にアミン修飾された gHCT を得た。得られた gHCT の内面の化学状態は、温度プログラム脱離分析 (CVD) (図 1b) 及び、XPS 測定によって行われた。CVD 測定の結果から、得られた gHCT には十分なアミン基が含まれていることが確認された。一方で、XPS 測定では gHCT からアミン基はほぼ検出されなかった。これは XPS では、カーボン層を X 線が透過せず、内部の元素を検出できないためだと考えられる。これらの結果から、本手法によって内外非対称性表面を持つ gHCT の作製に成功したことが示された。

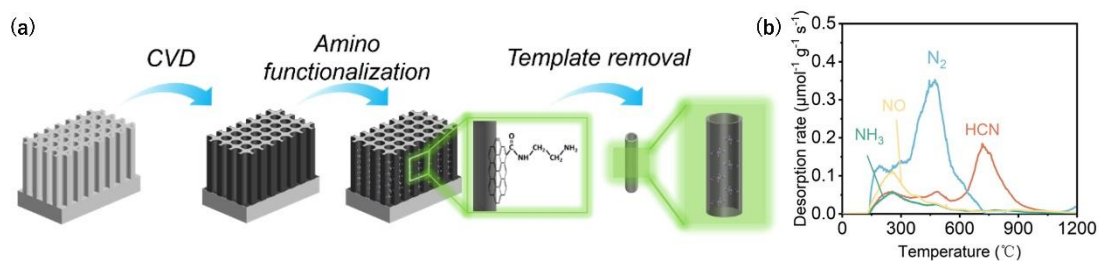


図 1 (a) 内部選択的アミン修飾 gHCT の作製 (b) その TPD 測定結果

2025 年度マテリアル・計測ハイブリッド研究センター
プロジェクト研究報告書

テーマ名：紫外共鳴体キラルメタセンシング

所属：光機能材料化学研究分野 代表者氏名：新家寛正

背景と目的：近年、金属や誘電体のナノ構造体への光照射により励振する局在型表面プラズモン共鳴や Mie 共鳴により構造体近傍の物質を超高感度に検出・識別する技術が注目を集めている。周辺媒質の屈折率変化に伴う共鳴波長の変化を利用した物質や屈折率のセンシング、電場増強を伴う近接場中の物質のラマンシグナル増強や光学キラリティ増強近接場による高感度物質キラリティセンシングなど、事例において枚挙に暇がない。これらの事例は、一般的な表面プラズモン共鳴や Mie 共鳴の共鳴波長に対応する可視波長帯であるのが一般的である。一方で、紫外域での共鳴場の開拓は、共鳴体を構成する物質そのものの紫外光吸収により阻まれている。最近、高屈折率誘電体基板にナノ陥没空孔構造を設けることで、構造内の空気中で共鳴が生じる Mie 空孔共鳴が注目されている。Mie 空孔共鳴は、物質内部で励振する Mie 共鳴と異なり空気中で励振する共鳴であるため、紫外光でも低損失な共鳴が起きることが特徴として挙げられる。Mie 空孔共鳴を活用し紫外共鳴場を創成することで、分子の電子遷移と共鳴場との結合に基づいた新たな物質センシングの舞台が拓かれることが期待できる。そこで、本研究では、紫外 Mie 空孔共鳴による物質センシングの開拓を目的とし、紫外 Mie 空孔共鳴場による分子の電子遷移増強に基づいた新奇現象の探索を特にキラリティの観点から行う。

研究成果：深紫外域波長に対応した顕微反射分光器を構築した (図 1)。構築した顕微反射分光器は、光源を円偏光化することで、測定試料の左右円偏光に対する応答の差を原理上測定することができる。空孔配列体がパターンニングされた合成石英モールドを用いた光ナノインプリントリソグラフィのリバースプロセスと SF₆ 及び C₄F₈ を用いた誘導結合プラズマ反応性イオンエッチングの組み合わせにより、P 型 Si ウェハ上への設計直径およそ 460 nm, 660 nm, 720 nm, 960 nm のナノ空孔配列体を作製した。作製した配列体の紫外顕微反射スペクトル測定を、直線偏光を光源として行った。図 2(a), (b) に作製した Mie 空孔配列体の反射顕微鏡像と直径 660 nm を設計値とした Mie 空孔配列体の原子間力顕微鏡 (AFM) 像を示す。図 2(c) に作製された直径およそ 660 nm の空孔配列体の紫外顕微反射スペクトル測定の結果を示す。深紫外波長域の Mie 空孔の顕微反射スペクトルの取得に成功した。また、図 2(c) に併せて作製された空孔配列体を模擬した有限差分時間領域法に基づいた電磁場解析により計算された紫外反射スペクトルの比較を示す。実験と計算のスペクトルピークの波長はおおむね一致しており、電磁場解析で構築した計算モデルにより作製した Mie 空孔内の近接場分布をおおむね予測することができることがわかった。今後、キラ

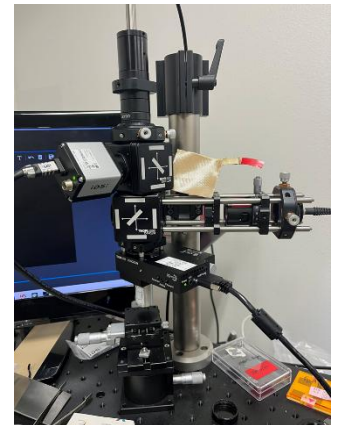


Fig. 1. Photograph of the constructed micro-reflection spectrometer for deep ultraviolet region.

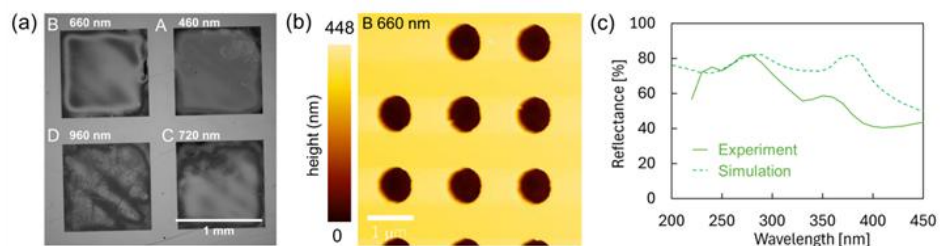


Fig. 2. (a) Reflection optical micrograph of Mie void arrays fabricated by reverse-tone ultraviolet nanoimprint lithography for a P-type silicon substrate. (b) Atomic force micrograph of the Mie voids. (c) Comparison between measured and simulated reflection spectra of the Mie voids with a diameter of 660 nm.

ララルな Mie 空孔とキラル分子を吸着させたキラルな Mie 空孔の円偏光の用いた反射スペクトル測定を行うことで、Mie 空孔の深紫外域におけるキラリティ検出能を調査する。

極微小プロドラッグナノ粒子の作製とその薬効評価

有機・バイオナノ材料研究分野 谷田 恵太

【緒言】

ナノ薬剤に関する研究が成熟する中で、特に30 nm以下の極微小ナノ薬剤は、難治性がん（膵臓がんなど）への適用や眼内透過性の向上といったサイズ効果が明確に認められている。申請者らはこれまで、プロドラッグのみで構成されるナノ薬剤（以下、プロドラッグナノ粒子）を作製し、抗がん剤および点眼薬へと展開してきた。しかしながら、極微小プロドラッグナノ粒子の作製は達成できておらず、その薬効は未明のままであり、体内動態や薬物放出挙動の計測が課題として残存していた。

図1に示す抗がん剤プロドラッグ（SNC4DC）は、がん細胞内に高濃度で存在するグルタチオンをトリガーとして開裂する「ジスルフィド結合」が分子設計に導入され、高い薬理活性と低い副作用を両立することを報告している^[1]。本研究では、SNC4DCの極微小化に取り組み、得られたプロドラッグナノ粒子の細胞取り込み効率および抗腫瘍活性におけるサイズ依存性を評価した。

【結果と考察】

本研究では、SNC4DCを再沈法に供する際の作製条件を最適化することで、粒径分布の異なるNPDsを作製し、膵臓がんに対するサイズ依存性と薬理効果を評価した。粒径分布は主に過飽和度によって制御され、①良溶媒と貧溶媒の温度、および②再沈殿時の溶媒組成を調整することで30 nmから400 nmの範囲でSNC4DCの安定な球状ナノ粒子を作製した。得られたナノ粒子を、がん細胞を播種したウェルに添加し、時間経過に伴う細胞取り込み効率と薬物放出率を評価したところ、細胞内および培地中のSN-38量は、200 nm群よりも30 nm群の方が大幅に多いことが明らかになった（図2）。この結果は、30 nm群で多くのSNC4DCが取り込まれ、代謝によりSN-38に変換されたことを示している。さらに、膵臓がんの同所性移植モデルマウスを用いた実験では、粒径200 nm、100 nmのナノ粒子が抗腫瘍活性を示さなかったのに対して、粒径30 nmの極微小ナノ粒子のみが高い抗腫瘍活性を示した。以上より、NPDsを極微小化することで、間質透過性と膵臓がんへの送達効率、抗腫瘍活性が増加することを明らかにした^[2]。

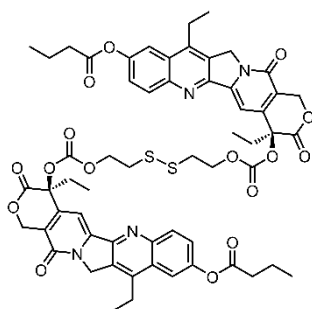


図1 SNC4DCの分子構造

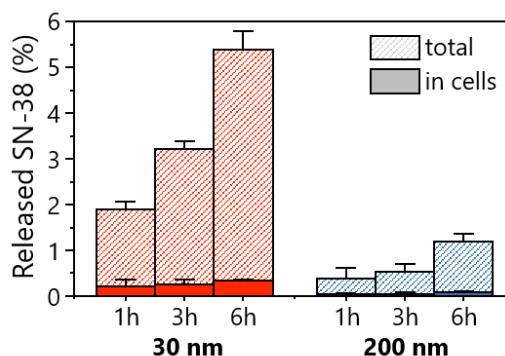


図2 SN-38 放出率のサイズ依存性

[1] K. Tanita *et al.*, *Nanoscale*, **16**, 15256 (2024). [2] Y. Mengheng *et al.*, *RSC Pharm. (in press)*.

センター主催・共催講演会

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会

2025年9月3日(水)16:00~17:30

東北大学片平キャンパス

科研N棟2階N210号室

講師：峰本 紳一郎 先生

(東大・理物)

題目：分子配向技術の基礎と応用

要旨：

私たちは、レーザー光を用いて分子の向きを揃える技術（分子配向技術）を開発してきました。分子を配向させれば、空間平均をせずとも様々な現象を理論計算と比較できるようになりますし、また、分子の形を反映した反応過程を魏路できるようになります。私たちは、様々な形をもつ分子に対応できるように配向技術の高度化に取り組んできました。最近、プラズマシャッターと呼ばれる技術を応用して、電場がない環境で分子配向が可能なこと、そしてその回転ダイナミクスを見出しました。レクチャーではその最新結果を紹介します。また分子配向技術の典型的な応用として、理研播磨と韓国浦項の X 線自由電子レーザーを利用して反応ダイナミクスに取り組んでいます。これらの取り組みの現状と将来展望を紹介します。

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会

2025年12月12日(金)10:30~11:30

東北大学片平キャンパス

南総合研究棟2(材料・物性総合研究棟1号館)大会議室

講師: Prof. Fatwa F. Abdi

School of Energy and Environment • City University of Hong Kong

題目: Adding Value to Solar Hydrogen

要旨:

Our society needs to move away from fossil fuels, and "green hydrogen"—a clean fuel that only produces water when used—is a promising candidate. But how can we produce it cheaply and efficiently? One exciting method is to use sunlight to split water into hydrogen and oxygen, much like how plants use photosynthesis. While this approach is promising, its economic viability still does not compete with fossil-based hydrogen generated from steam methane reforming. Our research tackles this problem from two angles. First, we are developing new, low-cost materials made from common elements that can effectively capture sunlight to split water. Second, we are designing devices that don't just make hydrogen, but immediately use it to create something else of value. In a recent experiment, we built a device that uses solar energy to produce hydrogen and then instantly uses that hydrogen to convert a common organic acid into a more valuable chemical used in manufacturing. This co-production strategy significantly enhances the system's overall value and efficiency, as confirmed by our techno-economic and lifecycle analyses. Finally, we will explore future directions, including expanding the range of possible chemical transformations to make solar-driven chemical manufacturing a tangible reality.

進行中の外部資金プロジェクト

分野	研究代表者	資金制度名	研究題目	研究期間 (年度)
量子電子科学研究分野	高橋 正彦	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (A)	分子回転波束を利用した オービタルイメージング 法の開発	2025-2028
	渡邊 昇	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (B)	スピン偏極電子-キラル 分子衝突における励起・ 崩壊過程の対掌体依存性 とその機構解明	2025-2028
	峰本 紳一郎	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (C)	面配列分子を利用した3 次元構造解析	2025-2027
	金谷 諭	日本学術振興会 特別研究員奨励費	固体表面反応の原子運動 を直接観測する新規分光 法の開発	2025-2026
ナノ・マイクロ計測化学研究分野	福山 真央	JST 創発的研究支 援事業	タンパク質核生成解析の ための界面化学的液液相 分離サイズ調整	2025-2028
	福山 真央	挑戦的研究 (開拓)	液液相分離中アミロイド 生成の定量的解析法の確 立	2022-2025
	福山 真央	基盤研究A	タンパク質線維多形検出 のためのマイクロ流体分 析法	2025-2029
	福山 真央	みちのくギャップフ ォンド	体液検査に向けたマイク ロプラットフォーム開発	2025
	福山 真央	豊田理研スカラー	マイクロ流体を用いたタ ンパク質凝集体検出法開 発	2025
	福山 真央	国際共同研究加速基 金(海外連携研究)	マイクロ流体を用いたタ ンパク質濃縮相熟成の多 段階速度論解析	2024-2027
	波田野 琢 (福山真央)	AMED 脳神経科学 統合プログラム	バイオマーカーに基づい た α -シヌクレイノパチ ーの革新的診断・治療評 価技術の構築	2025-2029
	茶谷 絵里 (福山真央)	基盤研究B	液滴環境で進行するアミ ロイド核生成の時空間的 解明	2025-2027

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野	西原 洋知	NEDO	3次元メソポーラスグラフェンを用いた高性能、高耐久電極触媒の研究開発	2025.7-2028.6
	中西 周次 (分担者：西原洋知)	JST ASPIRE	究極の蓄電池「リチウム空気電池」の技術革新を導く国際パートナーシップ	2023.10-2029.3
	中西 周次 (分担者：西原洋知)	JST GteX	軽量・小型・大容量を特徴とするリチウム空気電池の開発	2024.10-2028.3
	西原 洋知, 吉井 丈晴, 田中 秀樹	科研費 基盤A	外力で変形する柔軟ナノ多孔体の基盤研究	2023.4-2027.3
	黒田拓馬 (分担者：西原洋知)	SIP	新炭素材料GMSを用いたリチウムイオン電池の電極プロセス革命～炭素とスラリーを制する者が電池を制する～	2024.8-2026.3
	西原洋知	NEDO	微小開口ハニカム材の社会実装に向けた研究開発 (共同研究フェーズ)	2024.8-2026.9
	吉井 丈晴	JST さきがけ	超高温昇温脱離法による無機固体表面分析の革新	2023.10-2027.3
	黒田 拓馬 (副総括研究代表者：吉井丈晴)	Go-Tech事業	電気二重層キャパシタの飛躍的なエネルギー密度向上を実現する次世代ナノカーボン材料の研究開発	2023.10-2026.3
	吉井 丈晴	科研費 基盤B	グラフェンジッピングを利用したヘテロ元素ドーピング手法の開発	2023.4-2026.3
	吉井 丈晴	近藤記念財団 研究助成	酸化物ナノ粒子への低温CVDによる新規グラフェン量子ドット合成手法の開発	2023.10-2025.9

ハイブリッド材料創製研究分野	芥川 智行	JST CREST	イオン・分子ゆらぎの化学的制御による非線形応答機能の創出	2025.10-2030.3
	出倉 駿	JST ACT-X	有機ナノ柔粘性結晶の創成と動的機能の創発	2023.10-2026.3
	出倉 駿	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤C	有機プロトン伝導体におけるフィリング効果の解明	2025.4-2028.3
	出倉 駿	日本学術振興会 科学研究助成事業 若手研究	分子性結晶におけるプロトン互変異性に基づく無水超プロトン伝導体の開拓	2023.4-2025.3
	出倉 駿	公益財団法人 天野 工業技術研究所 2024年度研究助成金	次世代有機電極材料を志向した水素-電子協働型有機固体の開拓	2024.5-2025.3
	岡 弘樹 (分担者：出倉 駿)	公益財団法人 山田 科学技術振興財団 2023年度研究援助	水素結合型有機単結晶を基盤とした無加湿下室温超プロトン伝導体への挑戦	2023.9-2025.3
光機能材料科学研究分野	新家 寛正	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (B)	水/氷界面で水から分離する“未知の水”における動的階層構造多様性とキラル秩序	2024-2026
	新家 寛正	日本学術振興会 科学研究助成事業 挑戦的研究 (萌芽)	Mie空孔共振器に閉じ込めた分子の不斉結晶化	2024-2025
	新家 寛正	公益財団法人 クリタ水・環境科学振興財団 国内研究助成 1 特別テーマ「水を究める」研究 (継続)	氷/水界面で水から巨視的に分離する未知の水の構造多様性	2025
	押切 友也 (分担者：新家 寛正)	日本学術振興会 科学研究助成事業 学術変革領域研究 (A)	螺旋性を持つ近接場光と物質の相互作用の観測	2022-2026
	押切 友也	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (B)	量子コヒーレント現象を利用したプラズモン粒子の集団的振舞いに基づく光反応場の創製	2023-2025
	押切 友也	日本学術振興会 科学研究助成事業 挑戦的研究 (萌芽)	量子コヒーレンス相互作用に基づくトポロジカル光反応場の創成	2025-2027

光機能材料科学研究分野	中川 勝 (分担者：押切 友也)	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (A)	おわん型ナノ集光器配列 体の構築による多電子光 還元反応の機能化	2025-2028
	運営責任者： 上野祥史 (運営支援 者：中川勝)	共創研究所 (デクセ リアルズ株式会社)	東北大学×デクセリアル ズ 光メタセンシング共 創研究所	2023-2025
	中川 勝 (分担者：押切 友也)	共同研究 (デクセリ アルズ株式会社)	ロール式光ナノインプリ ント技術の光学材料とプ ロセスに関する共同研究	2025
	中川 勝 (分担者：新 家 寛正)	共同研究 (キヤノン 株式会社)	NILレジストのナノ領域 挙動の解明の共同研究	2025
	中川 勝	共同研究 (明昌機工 株式会社)	ナノインプリントにおけ る超高精度位置決めプ ロセスの開発	2025
	赤田 浩三 (明 昌機工) (分担者：中 川 勝)	成長型中小企業等研 究開発支援事業 (Go- Tech事業)	ナノインプリントにおけ る10ナノメートル以下 の超高精度位置合わせ技 術の開発	2025
	中川 勝	学術指導 (DIC株式 会社)	ナノインプリントリソグ ラフィに於ける乙の成 形・転写材料の評価技術	2025
	中川 勝	学術指導 (大日本印 刷株式会社)	高品質シリカテンプレ ート製造技術及び当該製 造に用いる高性能レジ スト	2025-2026
	中川 勝	学術指導 (AIメカテ ック株式会社)	スラント・ワイヤーグリ ッド形光学素子の作製に 資する高耐久性ハイブリ ッドレプリカモールドお よびその素材・プロセス の開発	2025
	押切 友也	共同研究 (IHI株式 会社)	常温常圧アンモニア光合 成に向けたナノ集光器に 適する半導体の研究	2025
押切 友也	学術指導 (合同会社 KS&Mインコーポ レーション)	光機能・電子材料に関す る学術指導	2023-2025	

有機・バイオナノ材料研究分野	笠井 均	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (A)	がん細胞特有の刺激に応答し薬物を放出する新規抗がん薬ナノ粒子の開発	2022-2026
	雲林院 宏 (分担者：笠井 均)	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (A) 研究分担者	3次元腫瘍モデル (Assembloids) を用いた光トリガーDDS薬理活性評価法開発	2025-2029
	DAO THINGOCANH (分担者：笠井 均)	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究(B) 研究分担者	Creation of highly functional silk multi-sheets (SMS) constructed of silk in fusion with plasmonic metal clusters to deliver nano-prodrugs in localized cancer therapy	2025-2030
	笠井 均	日本学術振興会 科学研究助成事業 特別研究員奨励費	近赤外-II(凝集誘起発光)AIE-ナノ粒子の開発による精密がん治療への応用	2024-2027
	岡 弘樹	NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム (共同研究)	特定PFASの無害化・資源循環に向けた検出・分解技術の開発	2025-2026
	岡 弘樹	国立研究開発法人科学技術振興機構 革新的GX技術創出事業委託費	高エネルギー密度を有する高温作動長寿命リチウム系電池の開発	2023-2027
	岡 弘樹	独立行政法人 環境再生保全機構 委託費【問題対応型】 【革新型】	環境適合な有機ハイドライドの創出とグリーン水素の製造・貯蔵法の構築	2024-2026
	岡 弘樹	福島国際研究教育機構 (F-REI) 委託研究	高極性溶剤を用いたセルロース抽出技術および放射性セシウム除去技術開発の研究	2024-2025
	岡 弘樹	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 若手研究者支援補助金	次世代の蓄電を担う超環境適合かつ持続可能なオール有機電池の開発	2023-2026

有機・バイオナノ材料研究分野	山田 裕貴 (分担者：岡弘樹)	科学研究費助成事業「学術変革領域研究(B)」	新奇活イオン液体の設計・合成と「応用電気化学」への展開	2023-2025
	岡 弘樹	日本学術振興会科学研究助成事業基盤研究(B)	持続可能なクリーンエネルギー製造に向けた革新的な有機固体触媒の創製	2024-2026
	岡 弘樹	独立行政法人 環境再生保全機構(ERCA) 環境研究総合推進費(受託研究)	環境適合な有機ハイドライドの創出とグリーン水素の製造・貯蔵法の創製	2024-2026
	大窪 航平	科学技術振興機構ALCA-Next(革新的カーボンニュートラル技術創出プログラム)	反応・分離場の統合的設計による革新的アンモニア製造プロセスの構築	2025-2027
	柴田 暁貴	科学研究費助成事業(科研費) 研究活動スタート支援	水中の難分解性フッ化物を可視光分解できる有機ナノ粒子の創製	2025-2027
	赤井 亮太	日本学術振興会科学研究助成事業特別研究員奨励費	イオン性の高い水素結合に基づく有機レドックス分子の自在な配列制御と機能開拓	2024-2026
	網 貴裕	日本学術振興会科学研究助成事業特別研究員奨励費	高フッ素化ナノ空間における水の特異な物性の解明を通じたプロトン伝導材料の創製	2024-2026
	市村 拓弥	日本学術振興会科学研究助成事業特別研究員奨励費	生体触媒と脱水素化触媒との協奏による水素製造・貯蔵サイクルの構築	2025-2027