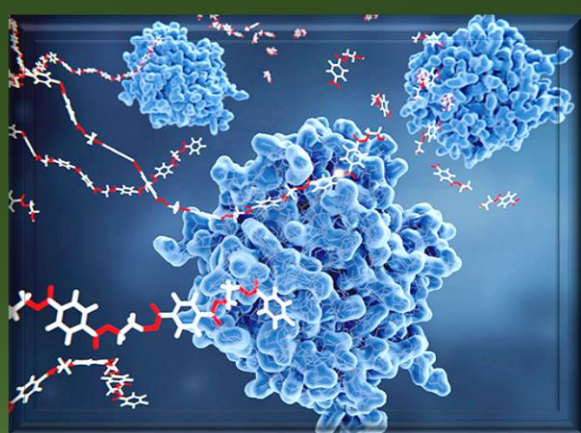
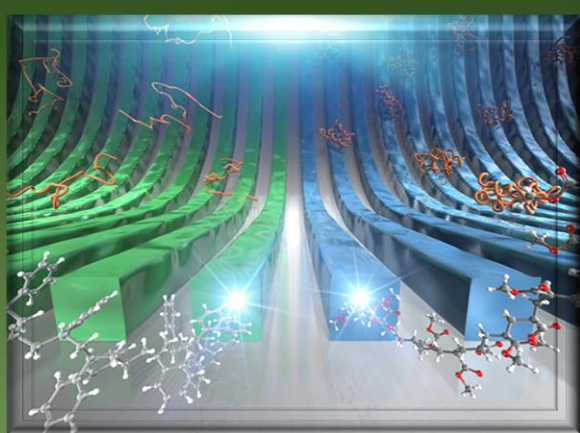
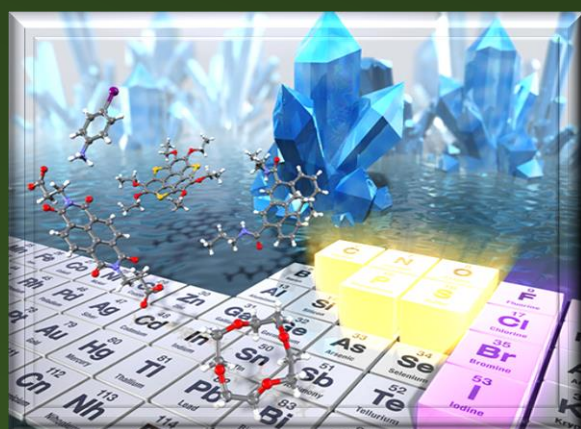
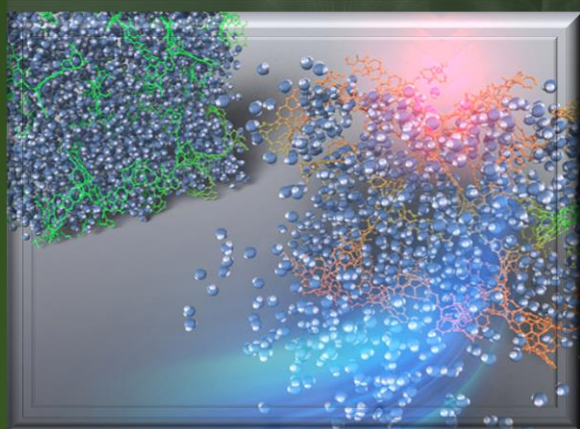
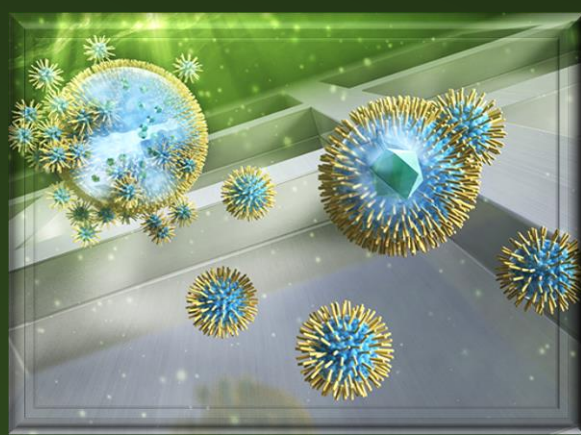
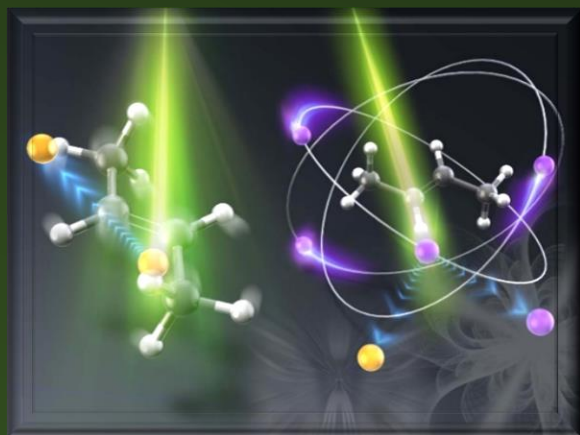


国立大学法人 東北大学 多元物質科学研究所
マテリアル・計測ハイブリッド研究センター
令和4年度報告書



Material-Measurement Hybrid Research Center
Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials
Tohoku University
Annual Report 2022

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

令和四年度研究報告書

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（火原研究室）	12
ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野（西原研究室）	17
ハイブリッド材料創製研究分野（芥川研究室）	29
光機能材料化学研究分野（中川研究室）	43
有機・バイオナノ材料研究分野（笠井研究室）	54
令和四年度 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	
	62
センター主催・共催講演会	70
進行中の外部資金プロジェクト	82

報告書公表にあたって

2022 年度（令和 4 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 2 年目にあたる 2022 年度には、6 月 29 日（水）に「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 16 日（水）に若手教員が企画した「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、6 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。

- ◆現実の化学反応が辿る経路の実験的観測に向けた時間分解原子運動量分光法の開発
- ◆微粒子反応場計測を目指した電気力学天秤の開発
- ◆デヒドロベンゾアヌレン誘導体の集積と機能化
- ◆窒素置換構造を制御した炭素材料のボトムアップ合成
- ◆プラズモンナノ共振器強結合光化学反応系におけるプラズモンナノ粒子の最適形状の探索
- ◆狭サイズ分布を有するナノ薬剤の作製手法の開発

当研究センターは、論文 64 報、受賞 30 件、特許出願 23 件、国内学会発表 158 件、国際会議発表 91 件の研究成果を 2022 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
中川 勝

令和四年度 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



鬼塚 侑樹 助教

ナノ・マイクロ計測化学研究分野



火原 彰秀 教授



福山 真央 講師



玄 大雄 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

ハイブリッド材料創製研究分野



芥川 智行 教授



武田 貴志 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



小関 良卓 助教



Dao Thi Ngoc Anh
助教



鈴木 龍樹 助教



有田 稔彦 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）、鬼塚侑樹（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。2022年の主たる研究活動は、以下のように概括される。

1. 原子運動量分光法の分子分光法としての定量化

原子運動量分光法は、物質を構成する原子の運動を、元素種ごとに観測するユニークな手法である。本年は、昨年から引き続き H_2 分子を対象とした運動量分布観測法としての本手法の定量化に加え[1.1-2]、新たに HD 分子を対象として、本手法の元素種ごとの運動量分布観測が可能であるという質量分析法としての実証を行った。

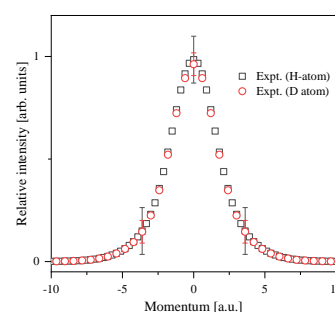


図1. HD 分子の中の H 原子と D 原子の運動量分布

図1に実験で得られた H 原子と D 原子の運動量分布を示す。両原子の運動量分布は、強度・バンド形状双方につ

いてよい一致を示した[1.3]。これは、元素ごとに運動量分布の観測が可能であることでだけでなく、元素ごとの存在比も決定することができることを意味する。以上より、原子運動量分光法を質量分析法と運動量測定法を兼ね備える分子分光法として確立した。

[1.1] Y. Onitsuka, Y. Tachibana, M. Takahashi, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **24**, 19716 (2022).

[1.2] Y. Tachibana, Y. Onitsuka, H. Kono, M. Takahashi, *Phys. Rev. A* **105**, 052813 (2022).

[1.3] Y. Tachibana, Y. Onitsuka, S. Kanaya, H. Kono, M. Takahashi, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **25**, 6653 (2023).

2. フロンティア軌道形状に基づく新規薬理的類似指標の開発

現代創薬における基本概念である「鍵と鍵穴理論」の反例である、類似した分子構造を持つ分子の薬理効果が大きく異なる Activity cliff と呼ばれる系の薬理効果予測法の開発を行った。具体的には、分子の反応性を支配する原子核から遠く離れた分子軌道（フロンティア軌道）を第一原理計算により計算し、その運動量空間における形状の類似性を求め、薬理効果との相関を探索した。本年は、カルバミン酸類[2.1]・ダイオキシソニン酸類[2.2]を対象に予備的研究を行った。図2に、カルバミン酸類の毒性の報告値と占有軌道（HOMO, HOMO-1）や非占有軌道（LUMO, LUMO+1）

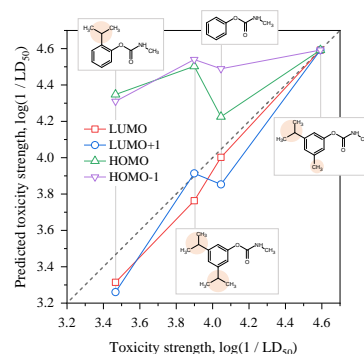


図2. カルバミン酸類の毒性予測

LUMO+1) の形状の類似性から予測された値を示す。非占有軌道を用いた場合のみ、高い精度で予測できていることがわかる。現状では様々な系への適用や指標の改良等の余地はあるが、フロンティア軌道形状を用いて薬理効果の予測が可能であるという力強い成果を得た。

[2.1] S. Long, Y. Onitsuka, S. Nagao, and M. Takahashi, *in preparation*

[2.2] Y. Onitsuka, S. Long, S. Nagao, and M. Takahashi, *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伴っ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。本年は分子スイッチのモデル系であるスチルベン分子を対象に、二つのフェニル基のねじれと分子軌道形状の関係を精査した

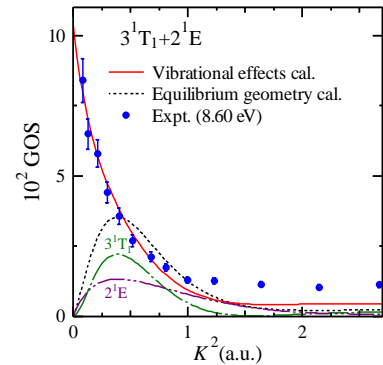


図 3. CCl₄ における電子遷移の一般化振動子強度分布

[3.1]。さらに、電子波動関数の歪みが CH₃Cl と CF₃Cl [3.2] および CCl₄ [3.3] の電子励起確率に与える影響を理論の観点から詳細に調べている。CCl₄ に対する結果の一例を図 3 に示す。非対称伸縮振動による価電子励起確率の大幅な増大が示され、CCl₄ の光解離による上層大気中での Cl 放出に分子振動効果が大きく寄与することが明らかとなった。

[3.1] N. Watanabe, K. Kume, and M. Takahashi, *J. Electron Spectrosc.* **259**, 147240 (2022).

[3.2] N. Watanabe and M. Takahashi, *J. Phys. B* **55**, 015201 (2022).

[3.3] N. Watanabe and M. Takahashi, *J. Phys. Chem A* **127**, 1866 (2023).

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。本手法では散乱電子に加え、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、その反跳方向から電子衝突時における分子の空間配向を特定する。本年は N₂ 及び SF₆ のイオン化過程を調査した。図 4 に電子衝突で N₂ から生じた N⁺ イオンの放出角度分布を、イオンの反跳方向と移行運動量ベクトル \mathbf{K} とが成す角 $\phi_{\mathbf{K}}$ の関数として示す。N₂ の反転対称性にも拘わらず、エ

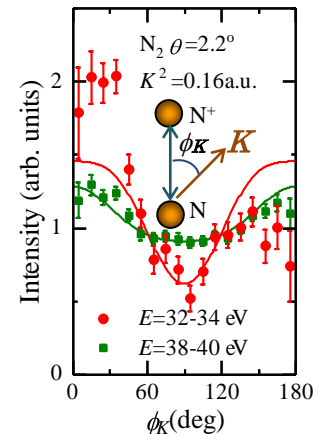


図 4. N₂ の解離性イオン化で生成した N⁺ の放出角度分布

ネルギー損失 E が 32-34 eV において N⁺ は $-\mathbf{K}$ 方向よりも $+\mathbf{K}$ 方向へ高い割合で放出されている。この結果は、電離電子のクーロン場が親分子イオン内の電子分布に偏りを生むことで解離が非対称になるという、我々の見出した機構の影響が顕著に表れた例である。

【研究業績一覧】

発表論文 (5 報)

1. Yuichi Tachibana, Yuuki Onitsuka, Hirohiko Kono, Masahiko Takahashi
Direct and precise mapping of intramolecular H-atom motion in H₂ by an electron-atom Compton scattering experiment
Physical Review A **105**, 052813-1-4 (2022)
2. Yuuki Onitsuka, Yuichi Tachibana, Masahiko Takahashi
Asymptotic behavior of the electron-atom Compton profile due to the intramolecular H-atom motion in H₂ [2022 PCCP HOT Articles]
Physical Chemistry Chemical Physics **24**, 19716-19721 (2022)
3. Noboru Watanabe, Kenichi Kume, Masahiko Takahashi
A joint experimental and theoretical study of the valence electron momentum distributions of trans-stilbene
Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena **259**, 147240 -1-7 (2022)
4. Yuichi Tachibana, Yuuki Onitsuka, Satoru Kanaya, Hirohiko Kono, Masahiko Takahashi
Electron-atom Compton profiles due to the intramolecular motions of the H and D atoms in HD [2023 PCCP HOT Articles]
Physical Chemistry Chemical Physics **25**, 6653 (2023)
5. Noboru Watanabe, Masahiko Takahashi
Theoretical study of valence shell excitation by electron impact in CCl₄
Journal of Physical Chemistry A **127**, 1866 (2023)

特許

申請件数 1 件

1. M. Takahashi, I. Nakajima, Y. Onitsuka
ELECTRON SPECTROMETER
米国特願 17/652237 号

新聞等広報

1. “分子を構成する原子の速度を測るスピードガンを開発 ―ナノの世界”の力学メカニズムの解明に挑む ―
日本経済新聞電子版, 日本経済新聞, マイナビニュース Tech+, オプトロニクスオンライン他 (2022/3/3)

受賞等, 特記事項

1. 鈴木優太
多次元同時計測電子分光による電子・分子衝突の立体ダイナミクス
「籾野奨学基金」第17回多元物質科学研究奨励賞 (2022.12.9)
2. 金谷諭
原子運動量分光の多原子分子への展開
「籾野奨学基金」第17回多元物質科学研究奨励賞 (2022.12.9)
3. 龍思涵
運動量空間分子軌道の波動関数に基づく創薬化学
「籾野奨学基金」第17回多元物質科学研究奨励賞 (2022.12.9)

学会発表 国際会議6件(うち、招待2件)、国内会議9件(うち、招待1件)

国内学会

(招待講演)

1. 鬼塚侑樹, 高橋正彦
電子-原子コンプトン散乱を用いた化学反応中に分子内原子に働く力の可視化に向けて
化学系学協会東北大会 公益社団法人 日本化学会東北支部, 岩手大学, 盛岡 (2022.9.17-18)

(一般講演)

1. 渡邊昇, 高橋正彦
CO₂とN₂の電子衝撃イオン化解離における対称性の破れ
原子衝突学会第47回年会, 宮崎大学, 宮崎 (2022.9.8-9)
2. 渡邊昇, 高橋正彦
対称分子の電子衝撃イオン化解離に現れる対称性の破れ
第16回分子科学討論会, 慶應義塾大学, 横浜 (2022.9.19-22)
3. 鬼塚侑樹, 立花佑一, 高橋正彦
定量的原子運動量分光の開発と分子科学への展開
第16回分子科学討論会, 慶應義塾大学, 横浜 (2022.9.19-22)
4. 鈴木優太, 鬼塚侑樹, 大槻幸義, 高橋正彦
配列した多原子分子と電子の衝突立体ダイナミクス実験装置の開発
第16回分子科学討論会, 慶應義塾大学, 横浜 (2022.9.19-22)
5. Sihan Long, Soichiro Nagao, Yuuki Onitsuka, Masahiko Takahashi
Development of a novel pharmacological index by using the frontier molecular orbitals in momentum space
第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 東北大学, 仙台 (2022.12.8-9)

6. 黒子茜、長谷川達士、高橋正彦、大島康裕、山崎優一
LUMO のイメージングに向けた高感度(e, 2e)電子運動量分光装置の開発
第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 東北大学, 仙台 (2022.12.8-9)
7. 山崎優一, 黒子茜, 高橋正彦, 大島康裕
時間分解電子運動量分光と GRRM で挑むフロンティア軌道の可視化
IQCE 量子化学探索講演会 2022 「量子化学で探る化学の最先端」, オンライン
(2023.1.21)
8. Satoru Kanaya, Yuichi Tachibana, Yuuki Onitsuka, Noboru Watanabe, Hirohiko Kono,
Masahiko Takahashi
Experimental and Theoretical Development of Atomic Momentum Spectroscopy for
Polyatomic Molecules
日本化学会 第103春季年会, 東京理科大学, 東京 (2023.3.22-25)

国際会議

(招待講演)

1. Yuuki Onitsuka, Masahiko Takahashi
Establishment of electron-Compton scattering as a molecular spectroscopy to directly
observe intramolecular atomic motion
*International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters
and Surfaces (MPS 2022)*, Turku, Finland (2022.6.15-17)
2. Masahiko Takahashi
Electron-atom Compton scattering: A new and unique tool for imaging intramolecular
atomic motion
*18th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering
(ICCMSE 2022)*, Crete, Greece (2022.10.26-29)

(一般講演)

1. Noboru Watanabe, Masahiko Takahashi
Symmetry breaking in electron-impact dissociative ionization of CO₂ and N₂
37th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Sendai, Japan (2022.6.1-3).
2. Satoru Kanaya, Yuichi Tachibana, Yuuki Onitsuka, Noboru Watanabe, Hirohiko Kono,
Masahiko Takahashi
Development of a theoretical method for predicting the atomic momentum distribution of
polyatomic molecules
37th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Sendai, Japan (2022.6.1-3).

3. Sihan Long, Soichiro Nagao, Yuuki Onitsuka, Masahiko Takahashi
Development of a new pharmacological index based on the momentum space distribution of the frontier molecular orbitals
37th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Sendai, Japan (2022.6.1-3).
4. Yuichi Tachibana, Yuuki Onitsuka, Masahiko Takahashi
Application of atomic momentum spectroscopy to a heteronuclear diatomic molecule
37th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Sendai, Japan (2022.6.1-3).

ナノ・マイクロ計測化学研究分野

教員構成：火原彰秀（教授）、福山真央（講師）、玄大雄（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液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。流路内や液滴内などナノ・マイクロスケールの空間制約下での反応や流体挙動などの特性を明らかにする基礎化学研究も重要である。そのための研究ツールとして、顕微イメージング法、顕微レーザー分光法などの高度計測手法の開発も進めている。2022年の主たる研究活動は、以下のように概括される。

1. ナノ・マイクロ流体化学デバイスを用いる選択的濃縮法の研究

ナノ・マイクロ流体化学デバイスを用いる化学・バイオ分析の集積化は、可搬分析デバイス・ウェアラブル分析デバイス・極限環境分析デバイスなどへの発展が期待されている。これまでに混合・反応や、バイオアッセイなど多種の分析が提案されているが、ラボスケールの操作で頻繁に用いられる分離・濃縮という分析前処理操作の集積化は発展途上である。特に濃縮については、蒸発によるものや固相抽出などが提案されているが、化学選択性がない・手順数が増えるなどデメリットも多い。われわれは、油中マイクロ水滴から油中ミセルへの水および溶質分配を利用し、化学種選択的にマイクロデバイス内で濃縮を実現する手法を考案し、研究を進めている。

これまでに調べたナノ粒子の分配・凝集挙動の知見に基づき、粒子凝集を利用したワンステップイムノアッセイを実現した。マイクロ水滴から水を有機相側（逆ミセル）へ分配すると、ナノ粒子系やナノ粒子表面官能基の違いにより、凝集沈殿物を生成する場合と、液滴表面の油水界面に規則的な粒子凝集層を形成する場合がみられた。この現象に関する実験と考察を進め、粒子-粒子間相互作用、粒子-界面間相互作用を考慮に入れ、水分配により塩濃度が上昇したときに、直径の小さなナノ粒子ほど分散性が高く、直径の大きな粒子は凝集体を形成してから界面吸着することを、半定量的に説明した。また、この凝集・分配現象が表面電荷などに高い感度を示さいことを見いだした。これらの性質を利用したナノ粒子利用マイクロ水滴イムノアッセイを実証した。

2. 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の応用には、微小空間検出に適した検出法の研究が欠かせない。蛍光偏光解消法は、直線偏光で励起した蛍光プローブが発する「励起光の偏光に垂直な偏光をもつ成分の蛍光 I_{\parallel} 」と「励起光の偏光に垂直な偏光をもつ成分の蛍光 I_{\perp} 」の差が、蛍光プロー

ブ周りのマイクロ環境を反映する原理を利用し、イムノアッセイの検出法などに利用されている。一般には、デスクトップサイズ以上の機器で、一点を計測できるだけであり、その場分析を指向した可搬・多点分析装置の実現には、偏光光学系の集積化が課題であった。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や企業と共同で開発した。

2022 年は、FPIA 法の高感度化（低濃度定量）を目指し、検出限界を決める要素を詳細に検討した。低濃度定量には蛍光修飾トレーサーの濃度を低く設定することが効果的である一方、測定セルであるマイクロ流体デバイスのポリジメチルシロキサン (PDMS) の自家蛍光がバックグラウンドとなり、測定を妨害していることを見いだした。そこで、原理に基づくバックグラウンド低減法を提案・実証し、FPIA の高感度化へと道を拓いた。

3. ナノ・マイクロ流体界面計測法の開発

ナノ・マイクロサイズの気液界面や液液界面といった「自由界面」は、ナノ・マイクロ流体化学デバイス内での流体操作・化学操作に用いられるだけでなく、エマルション・エアロゾル・マイクロバブルの特性に重要な作用をすることが知られている。自由界面の特性を決める重要なパラメータに「界面張力」がある。ナノ・マイクロスケールの界面張力を光学的に計測できる手法があれば、「デバイス内その場で」あるいは「エアロゾル・マイクロバブルをそのまま」計測することができるようになり、界面化学の発展に大きな寄与ができる。われわれは、自由表面振動の自発共鳴を利用して、光学的に界面張力を計測する準弾性レーザー散乱法 (QELS 法) を研究している。

大気エアロゾル水滴を長時間安定にトラップする手法として導電バランス (Electrodynamic balance, EDB) セルを作製し、マイクロメートルサイズ水滴を安定してトラップすることに成功した。これを QELS 法と組み合わせた EDB-QELS 法について研究し、各種塩の水溶液、環境サンプリング試料、液液二相分離を示す高分子水溶液などを、相対湿度を変化させながら計測することに成功した。また、同濃度の界面活性剤濃度でも、水滴サイズが小さくなると表面張力が上昇する効果を見いだした。

4. 有機ナノ結晶を用いる紙分析デバイスの開発

有機ナノ結晶を光リソグラフィー加工した紙の上に集積化した紙分析デバイスの研究を進めた。水溶液中のアニオン種を蛍光法により定量する手法を検討し、複数のナノ粒子の組合せでアニオン種を検出する基盤技術を開発した。

【研究業績一覧】

発表論文 (4 報)

- [1] K. Takahashi, S. Chida, T. Suwattharak, M. Iida, M. Zhang, M. Fukuyama, M. Maeki, A. Ishida, H. Tani, T. Yasui, Y. Baba, A. Hibara, M. Okochi, M. Tokeshi, Non-competitive fluorescence polarization immunosensing for CD9 detection using a peptide as a tracer, Lab on Chip. 22 (2022) 2971–2977. <https://doi.org/10.1039/D2LC00224H>.
- [2] M. Fukuyama, S. Nishinami, Y. Maruyama, T. Ozawa, S. Tomita, Y. Ohhashi, M. Kasuya, M. Gen, E. Chatani, K. Shiraki, A. Hibara, Kinetic quantitative analysis reveals the suppression of Sup35NM amyloid fibril nucleation by liquid-liquid phase separation., ChemRxiv 2022. <https://doi.org/10.26434/CHEMRXIV-2022-TP1CM>.
- [3] M. Nishimura, Y. Liu, M. Gen, T. Seto, Y. Otani, Filtration of aerosol particles by parallel and staggered filter arrays, Aerosol Sci. Technol. 56 (2022) 767–774. <https://doi.org/10.1080/02786826.2022.2080042>.
- [4] Grasiyanto, M. Fukuyama, M. Kasuya, M. Gen, C. Baptista, S. Kondo, A. Hibara, Simple anion detection on microfluidic paper analytical device, Proceedings of MicroTAS 2022, pp. 1107-1108.

著書・解説記事

1. 福山真央,西奈美卓,富田峻介,大橋祐美子,粕谷素洋,茶谷絵理,丸山洋子,白木賢太郎,火原彰秀
液相分離相からのアミロイド形成速度のサイズ依存
化学とマイクロ・ナノシステム 21(2), 13-16 (2022).
2. 福山 真央,火原 彰秀
自然乳化を利用した微量試料前処理操作の開発
分析化学 71(7-8), 391-397 (2022).
3. 火原彰秀
概要・基礎 ミニファイル「マイクロ・ナノの分析化学」
ぶんせき 2023(1), 18-19 (2023).
4. 火原彰秀
微小サイズ液体の光学的表面張力測定法
分析化学 72(3), 79 (2023).

特許

なし

新聞等広報

なし

受賞等, 特記事項

1. 福山真央,
水・ミセル間分子輸送の制御と微量生化学分析への応用
第11回女性化学者奨励賞 公益財団法人日本化学会 (2022年12月)
2. 福山真央
液液相分離層からのアミロイド形成速度のサイズ依存
優秀研究賞, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第45回研究会 (2022年5月)

学会発表 国際会議2件(うち、招待1件)、国内会議16件(うち、招待1件)

国内学会

(招待講演)

1. 福山真央
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
動く・流れるソフトマテリアル研究会 2022年12月6日

(一般講演)

1. 粕谷素洋, William Lee, 火原彰秀
電子線グラフト重合によりプラスチック表面に修飾した高分子電解質ブラシの
潤滑挙動 評第73回コロイドおよび界面化学討論会 2022年9月24日
2. 玄大雄, 火原彰秀
EDB-QELS法による単一エアロゾル粒子の表面張力測定 日本分析化学会第71年
会 2022年9月16日

国際会議

(招待講演)

1. One-step fluorescent immunoassay for rapid protein analysis
Akihito Hibara, Mao Fukuyama
International Congress on Pure & Applied Chemistry Kota Kinabalu 2022年11月25日

(一般講演)

1. Grasiyanto, Mao Fukuyama, Motohiro Kasuya, Masao Gen, Carlos Baptista, Shin-Ichi
Kondo, Akihito Hibara

Simple anion detection on microfluidic paper analytical device

MicroTAS 2022 2022 年 10 月 24 日

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（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。2022年の研究活動は以下のように概括される。

1. 柔軟性多孔体の構造が応力誘起型の吸脱着に及ぼす影響の検討

単層グラフェンから成るナノ多孔体は柔軟性に優れるため、応力の印加により吸脱着を制御することができる。本研究室では、 Al_2O_3 ナノ粒子を鋳型に用いて調製される、細孔径が約 7 nm の柔軟メソ多孔体グラフェンメソスポンジ(Al_2O_3 -GMS)において、応力誘起型の吸脱着の発現に成功している。しかし、この原理をヒートポンプに応用するためには材料の構造や圧縮方式が吸脱着挙動に及ぼす影響を検討する必要がある。そこで、新たに MgO ナノ粒子を鋳型とした細孔径が約 11 nm の GMS (MgO-GMS) を調製し、柔軟性多孔体の構造の違いが応力誘起型の吸脱着に及ぼす影響を調べた。

応力-歪み曲線から従来の Al_2O_3 -GMS の体積弾性率が 0.25 GPa であるのに対し、MgO-GMS の値は 0.050 GPa であり、従来の 1/5 の柔らかさであった。 Al_2O_3 -GMS、MgO-GMS シートを繰り返し圧縮した時のセル内蒸気圧の経時変化を測定したところ、応力を加えると MeOH が蒸発してセル内蒸気圧が次第に上昇し、除荷すると再吸着により蒸気圧は急速に減少した。また、印加する応力に応じて細孔の歪みが増加し、MeOH 脱着量も変化していることがわかった。印加した応力に対する脱着量のプロットにおいて、MgO-GMS は柔軟性が高いため、低圧域でより多くの MeOH を脱着した。今回の検討から、GMS は細孔径が大きい方が柔軟であり、変形に要する応力を低減できることがわかった。応力誘起型の吸脱着をヒートポンプに応用するため、柔軟ナノ多孔体の設計だけでなく、成形体の構造の検討も引き続き進めている。

2. ホットプレスによる柔軟メソ多孔体の細孔径制御

炭素多孔体の細孔径は細孔容積や比表面積、分子篩機能等に影響するため、細孔径制御に関する研究はこれまでに数多く行われてきた。その方法は 2 通りに分類でき、1 つ

目は目的の細孔径を持つ多孔体を初めから作製する方法、2つ目は多孔体の合成後に細孔径を変化させる方法である。前者で得られる材料には活性炭、カーボゲル、鋳型炭素が挙げられる。後者としては、炭素多孔体の細孔内部に更に炭素を析出させて細孔径を微小化させる方法の他に、zeolite templated carbon (ZTC)をホットプレスして細孔径を微小化する方法が報告されている。ホットプレスの方法は応力によって細孔径を連続的に変化できる利点があるが、ZTCの細孔径である1.2 nm以下の狭い範囲でしか制御ができない欠点があった。そこで本研究では、当研究室で開発された細孔径約7 nmの柔軟メソ多孔体 carbon mesosponge (CMS)をホットプレスすることで、メソ孔領域での細孔径制御を行った。

粒径8 nmの Al_2O_3 粒子を鋳型に20 vol%の CH_4 を含むArガスを 900°C で2 h接触させることで、 Al_2O_3 粒子表面に単層相当量のグラフェンシートを析出させた。その後、HF洗浄にて鋳型を除去してCMSを作製した。CMSの粉末は錠剤成型機に入れ、減圧下で任意の機械的圧力(10, 20, 30, 60 MPa)を印加しつつ、 600°C まで2時間かけて昇温後1時間保持し、ホットプレス処理を行った。得られた試料はCMSHP_X(Xは機械的圧力[MPa])と表記する。得られた試料の構造は、 N_2 吸着測定とX線回折(XRD)測定により評価した。

Fig. 1にXRD測定結果を示す。CMSHP_10, 20について、グラフェンの結晶性を示す10面のピークはわずかに減衰しているものの、グラフェンの積層を示す002面のピークはCMS同様、非常に弱かった。一方、CMSHP_30, 60は002面のピークが強くなったことから、30 MPa以上の圧力ではグラフェンシートの積層が生じている。次に、 N_2 吸着等温線にNLDFT法を適用して求めた細孔径分布をFig. 2に、そのピークの細孔径 d_{peak} およびBET比表面積(S_{BET})、全細孔容積(V_{total})をTable 1に示す。ホットプレスの印加圧力の増加と共に、CMSHPの d_{peak} は小さくなった。また、XRDの結果から予想されたように、20 MPaから30 MPaにかけては構造変化が大きく、細孔径分布のピークが小さくなり形状が変化した。

以上の結果から、CMSの 600°C でのホットプレスにおいては、20 MPaまではグラフェンシートの積層が生じず大きな細孔容積を保ったまま細孔径が微小化し、30 MPa以上の圧力ではグラフェンシートの積層が形成されつつ細孔径がさらに微小化することがわかった。

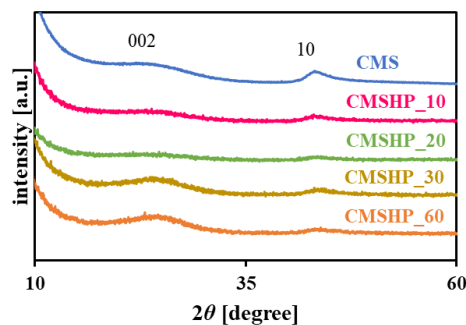


Fig. 1 XRD patterns of CMSHPs.

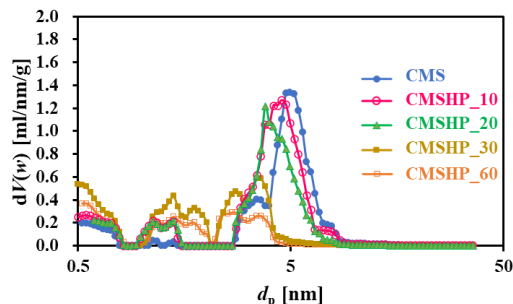


Fig. 2 Pore size distributions of CMSHPs analyzed by NLDFT based on N_2 adsorption analysis.

Table 1 Textural properties of CMSHPs.

Sample	S_{BET} [m^2/g]	V_{total} [cm^3/g]	d_{peak} [nm]
CMS	1843	3.51	5.0
CMSHP_10	2232	3.51	4.5
CMSHP_20	2048	2.94	3.8
CMSHP_30	1845	1.58	3.6
CMSHP_60	1168	0.87	2.6

【研究業績一覧】

発表論文 (16 報)

1. Qi Zhao, Masanori Yamamoto, Kaoru Yamazaki, Hiroto Nishihara, Rachel Crespo-Otero, Devis Di Tommaso, "The carbon chain growth during the onset of CVD graphene formation on γ -Al₂O₃ is promoted by unsaturated CH₂ ends", *Physical Chemistry Chemical Physics*, **24**, 23357-23366 (2022).
2. Takeharu Yoshii, Koki Chida, Hiroto Nishihara, Fumito Tani, "Ordered Carbonaceous Frameworks: A new class of carbon materials with molecular-level design", *Chemical Communications*, **58**, 3578-3590 (2022).
3. Masanori Yamamoto, Qi Zhao, Shunsuke Goto, Yu Gu, Takaaki Toriyama, Tomokazu Yamamoto, Hiroto Nishihara, Alex Aziz, Rachel Crespo-Otero, Devis Di Tommaso, Masazumi Tamura, Keiichi Tomishige, Takashi Kyotani, Kaoru Yamazaki, "Porous nanographene formation on γ -alumina nanoparticles via transition-metal-free methane activation", *Chemical Science*, **13**, 3140-3146 (2022).
4. Rui Tang, Keita Nomura, Kazutoshi Inoue, Motoko Kotani, Takashi Kyotani, Hiroto Nishihara, "Capacitance of edge-free three-dimensional graphene: New perspectives on the design of carbon structures for supercapacitor applications", *Electrochimica Acta*, **429**, 141009 (2022).
5. Robert K. Szilagyi, Nicholas P. Stadie, Stephan Irle, Hiroto Nishihara, "Mechanical properties of zeolite-templated carbons from approximate density functional theory calculations", *Carbon Reports*, **1**, 231-240 (2022).
6. Ryota Sakamoto, Ryojun Toyoda, Guan Jingyan, Yuta Nishina, Kazuhide Kamiya, Hiroto Nishihara, Tomoki Ogoshi, "Coordination chemistry for innovative carbon-related materials", *Coordination Chemistry Reviews*, **466**, 214577 (2022).
7. Zheng-Ze Pan, Wei Lv, Quan-Hong Yang, Hiroto Nishihara, "Aligned Macroporous Monoliths by Ice-Templating", *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **95**, 611-620 (2022).
8. Hiroto Nishihara, Hong-Wei Zhao, Kazuya Kanamaru, Keita Nomura, Mao Ohwada, Masashi Ito, Li-Xiang Li, Bai-Gang An, Toshihide Horikawa, Takashi Kyotani, "Adsorption properties of templated nanoporous carbons comprising 1–2 graphene layers", *Carbon Reports*, **1**, 123-135 (2022).
9. Hiroto Nishihara, Akio Harigaya, Alberto Castro-Muñiz, Mao Ohwada, Takashi Kyotani, Yuta Nishina, "Synthesis of microporous polymers with exposed C₆₀ surfaces by polyesterification of fullerene", *Chemical Communications*, **58**, 7086-7089 (2022).
10. Jun Maruyama, Shohei Maruyama, Yukiyasu Kashiwagi, Mitsuru Watanabe, Tsutomu Shinagawa, Toru Nagaoka, Toshiyuki Tamai, Naoya Ryu, Koichi Matsuo, Mao Ohwada,

- Koki Chida, Takeharu Yoshii, Hirotomo Nishihara, Fumito Tani, Hiroshi Uyama, "Helically aligned fused carbon hollow nanospheres with chiral discrimination ability", *Nanoscale*, **14**, 3748-3757 (2022).
11. Yusuke Kawabe, Yosuke Miyakoshi, Rui Tang, Takeshi Fukuma, Hirotomo Nishihara, Yasufumi Takahashi, "Nanoscale characterization of the site-specific degradation of electric double-layer capacitor using scanning electrochemical cell microscopy", *Electrochemical Science Advances*, **2**, e2100053 (2022).
 12. Kenichi Karo, Nobuyoshi Seto, Koki Chida, Takeharu Yoshii, Motohiro Mizuno, Hirotomo Nishihara, Shunsuke Ohtani, Tomoki Ogoshi, "Synthesis of Hexa-Aminated Trinaphtho[3.3.3]propellane and Its Porous Polymer Solids with Alkane Adsorption Properties", *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **95**, 1296-1302 (2022).
 13. Kazuya Kanamaru, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Yasushi Ichikawa, Kazuki Sone, Ami Ikura, Hirotomo Nishihara, "Pore-size control of soft mesoporous carbon by hot pressing", *Carbon Reports*, **1**, 214-222 (2022).
 14. Zhijia Huang, Zhiyuan Han, Baozheng Jiang, Yunbo Zhang, Sichen Gu, Chen Zhang, Zhengze Pan, Hirotomo Nishihara, Quan-Hong Yang, Wei Lv, "Regulating Li-ion Flux through a Dense yet Highly Ionic Conductive Interlayer for Stable Li Deposition", *Advanced Materials Interfaces*, **9**, 2200457 (2022).
 15. Atsushi Gabe, Akira Takatsuki, Masahiko Hiratani, Masato Kaneeda, Yoshiaki Kurihara, Takayuki Aoki, Hiroki Mashima, Takafumi Ishii, Jun-ichi Ozaki, Hirotomo Nishihara, Takashi Kyotani, "In-Depth Analysis of Key Factors Affecting the Catalysis of Oxidized Carbon Blacks for Cellulose Hydrolysis", *ACS Catalysis*, **12**, 892-905 (2022).
 16. Tracy T. Chuong, Toshihiko Ogura, Norihito Hiyoshi, Kazuma Takahashi, Sangho Lee, Keita Hiraga, Hiroki Iwase, Akira Yamaguchi, Kiyoto Kamagata, Eriko Mano, Satoshi Hamakawa, Hirotomo Nishihara, Takashi Kyotani, Galen D. Stucky, Tetsuji Itoh, "Giant Carbon Nano-Test Tubes as Versatile Imaging Vessels for High-Resolution and In Situ Observation of Proteins", *ACS Appl Mater Interfaces*, **14**, 26507-26516 (2022).

著書・解説記事

1. 坂本 良太, 仁科 勇太, 神谷 和秀, 西原 洋知, 生越友樹, "新しい物質群「3D カーボン構造体」の創成", *化学*, **77**, 29-33 (2022).
2. 吉井丈晴, 西原洋知, "鑄型ポラス炭素", *固体表面のキャラクタリゼーション*, 講談社, 山下弘巳, 吉田寿雄, 田中庸裕 編著, pp. 228-229, (2022).
3. 吉井丈晴, "ナノ粒子表面への有機修飾による触媒機能開拓 ", *化学工学会東北支部 NEWS LETTER*, **118**, 6-9 (2022).

特許

- 申請件数 11 件
- 公開件数 0 件
- 登録件数 0 件

新聞等広報

1. “次世代電池の未来を切り開く新規カーボン材料“
東北大学多元物質科学研究所広報誌「多元研最前線-TAGEN Forefront vol.9」
(2022/1/19)
2. “西原研究室のカーボン材料“
日産自動車総合研究所ホームページ (2022/2/1)
3. “【ディープレックを追い】次世代電池でシェアを狙う炭素材料「GMS」とは?“
ニュースイッチホームページ (2022/7/15)
4. “新炭素材料グラフェンメソスポンジ (GMS) “
野村証券の野村週報 (2022/7/18)
5. “新炭素材料グラフェンメソスポンジ (GMS) “
野村証券の野村週報 (2022/7/18)
6. “東北大学発ベンチャー「株式会社 3 DC」 “
日本経済新聞 (2022/7/26)
7. “カーボン材料の化学“
現代化学 2023年2月号 (2023/1/16)
8. “ゼオライト鑄型炭素“
理化学研究所ホームページ (2023/1/25)

受賞等, 特記事項

1. 吉井丈晴、西川銀河
Ordered carbonaceous frameworks: A new class of metal/carbon materials based on atomic design.
TPD: A new analytical method for N-containing carbons
AtomDec 1st International Symposium
best poster award を受賞 (2022/1/20)
2. 東北大外発ベンチャー 3 DC が「ILS TOP100 STARTUPS」に選ばれました。(2022/1/21)
3. 東北大外発ベンチャー 3 DC が「ILS TOP20」に選ばれました。(2022/1/24)
4. High-density monolithic pellets of double-sided graphene fragments based on zeolite-templated carbon
A Luner New Year collection 2022 に選ばれました。
Journal of Materials Chemistry A (2022/2/14)

5. *Nanoscale* 第 14 卷 10 号 Back Cover Article に採用 (2022/3/10)
6. 若林佳吾
令和 3 年度 東北大学 総長賞を受賞 (2022/3/25)
7. *Chemical Communications* 第 58 卷 22 号 Inside Front Cover Article に採用 (2022/3/16)
8. スポンジ状カーボン新素材 GMS の事業化に向け、民間ファンドを獲得 (2022/5/31)
9. *ACS Applied Materials & Interfaces* 第 14 卷 23 号 Cover Art に採用 (2022/6/16)
10. Liu Minghao
Microhoneycomb Membranes with High Air Permeability towards Practical Mask Application
化学工学会東北支部、宮城化学工学懇話会
最優秀発表表彰 (2022/7/11)
11. 千田晃生
日本吸着学会
大学院生研究奨励賞を受賞 (2022/8/23)
12. 佐山裕実
柔らかいカーボン構造体の設計指針
第 59 回炭素材料夏季セミナーで「ポスター賞」を受賞 (2022/9/2)
13. 金丸和也
柔軟性多孔体を利用した蒸気/液体回収技術の検討
第 35 回日本吸着学会研究発表会で「ポスター賞」を受賞 (2022/11/10)
14. 千田晃生
炭素でもっとサステナブルに！
未来博士 3 分間コンペティション
「戸田工業動画賞」を受賞 (2022/11/23)
15. Liu Minghao
Robust microhoneycomb filters with high gas permeability and micro particle removal efficiency
Tohoku University & National Taipei University of Technology
ポスター賞を受賞 (2022/1/28)
16. 西原洋知
Adsorption properties of templated nanoporous carbons comprising 1-2 graphene layers
炭素材料学会
炭素材料学会論文賞を受賞 (2022/12/8)
17. 千田晃生
Co および Cu ポルフィリンより得られる規則性カーボンアロイの電気化学的活性評価
炭素材料学会
ポスター賞を受賞 (2022/12/9)

学会発表 国際会議 37 件（うち、招待 15 件）、国内会議 29 件（うち、招待 7 件）

国内学会

（招待講演）

1. 西原洋知, "カーボン新素材で、未来を切り拓く", サイエンスキャッスル 2021, Web 開催 (2022/3/20)
2. 西原洋知, "テンプレートロジックに基づく高機能カーボン材料", 日本化学会第 102 春季年会, Web 開催 (2022/3/23-26)
3. 西原洋知, "カーボン新素材で、未来を切り拓く", Sendai New Public デモデイ 2021, Web 開催 (2022/3/25)
4. 西原洋知, "電池性能を UP させるグラフェンメソスポンジ", 第 2 回ナノカーボン未来技術講演会, Web 開催 (2022/10/5)
5. 西原洋知, "3 次元グラフェンの合成技術と応用展開", サイエンス&テクノロジー社セミナー, Web 開催 (2022/10/26)
6. 西原洋知, "鋳型法によるナノカーボン材料の合成", 2022 年炭素材料学会基礎講習会, Web 開催 (2022/10/28)
7. 西原洋知, "機能性カーボン材料の紹介", 東北大学リアルツアー, 東北大学, 仙台 (2022/12/16)

（一般講演）

1. 山部 咲知, 吉井 丈晴, 野村 啓太, 伊藤 仁, 塚田 佳子, 西原 洋知, "単層グラフェン多孔体の圧縮変形を用いた新規発電機構の検討", 電気化学会第 89 回大会, Web (2022/3/15-17)
2. 吉井 丈晴, 千田 晃生, 日吉 範人, 伊藤 徹二, 神谷 和秀, 井上 真隆, 谷 文都, 西原 洋知, "金属ポルフィリン錯体を前駆体とした規則性多孔質炭素材料の調製と電極触媒応用", 第 129 回触媒討論会, Web (2022/3/28-30)
3. Wei Yu, Takeharu Yoshii, Rui Tang, Zheng-Ze Pan, Hirotomo Nishihara, "GO/mesoporous Carbon Composite Membrane for Durable Cathode of Li-O₂ Batteries", 第 17 回酸化グラフェン学会, 熊本大学, 熊本 (2022/6/17)
4. Minghao Liu, Zhengze Pan, mao Ohwada, Rui Tang, Hirotomo Nishihara, "Microhoneycomb Membranes with High Permeability towards Practical Mask Application", 第 24 回先端研究発表会・講演会, 東北大学青葉山東キャンパス, 仙台 (2022/7/9)
5. 佐山裕美, 潘 鄭澤, 黒田拓馬, 西原洋知, "柔らかいカーボン構造体の設計指針", 第 59 回炭素材料夏季セミナー, 京都 (2022/9/1-9/2)
6. 若林佳吾, 吉井丈晴, 笹野裕介, 岩渕好治, 平澤典保, 瀬川良佑, 金野智浩, 伊藤仁, 伊倉亜美, 内村允宣, 西原洋知, "常温気相酸化を駆動する炭素担持有機ラジカル触媒の開発", 第 59 回炭素材料夏季セミナー, 京都 (2022/9/1-9/2)

7. 千田 晃生 祖父江 健貴, 大谷 俊介, 吉井 丈晴, 西原 洋知, 加藤 研一, 生越 友樹 "前駆体の分子骨格に基づく構造を制御したポラスカーボンの創成", 第 71 回高分子討論会, 北海道大学, 北海道 (2022/9/5-9/7)
8. Tian Xia, Takeharu Yoshii, Saoki Yamabe, Hiroto Nishihara, "Power generation system by compression of flexible porous carbon materials ", 産学連携炭素材料研究会 第 2 回研究会, Web (2022/9/16-9/17)
9. 吉井 丈晴 西川 銀河, 西原 洋知 "昇温脱離法を用いた窒素ドープカーボン材料の定性・定量分析", 第 130 回触媒討論会, 富山大学, 富山 (2022/9/20-9/22)
10. 吉井 丈晴 千田 晃生, 日吉 範人, 伊藤 徹二, 神谷 和秀, 井上 真隆, 谷 文都, 西原 洋知 "有機金属錯体の炭素化による異種単核金属を含有した規則性多孔質炭素材料の調製", 第 130 回触媒討論会, 富山大学, 富山 (2022/9/20-9/22)
11. Minghao Liu, Zheng-Ze Pan, Mao Ohwada, Rui Tang, Masashi Ito, Ami Ikura, Hiroto Nishihara, "Microhoneycomb Filters for Efficient Fluid Passage and Particulate-Matter Separation", 第 35 回日本吸着学会研究発表会, JA 長野県ビル アクティーホール, 長野 (2022/11/10-11/11)
12. 金丸和也, 伊藤仁, 内村允宣, 市川靖, 曾根和樹, 伊倉亜美, 西原洋知, "柔軟性多孔体を利用した蒸気/液体回収技術の検討", 第 35 回日本吸着学会研究発表会, JA 長野県ビル アクティーホール, 長野 (2022/11/10-11/11)
13. 吉井丈晴, "高温真空昇温脱離分析法の開発 ", 第 2 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, Web (2022/11/16)
14. Akira Kudo, Kazuya Kanemaru, Jiahui Han, Rui Tang, Takeharu Yoshii, Kazuaki Kisu, Shin-ichi Orimo, Hiroto Nishihara, Mingwei Che, "Stereolithography 3D Printed Carbon Microlattices with Hierarchical Porosity", 第 49 回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)
15. Hongyu Liu, Zheng-Ze Pan, Hiroto Nishihara, "Carbon-Coated Anodic Aluminum Oxide with In-Position Current Collector: Preparation and Applications", 第 49 回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)
16. Kritin Pirabul, Zheng-Ze Pan, Mutsuhiro Itoh, Kenichi Izawa, Makoto Kawai, Qi Zhao, Rachel Crespo Otero, Devis Di Tommaso, Hiroto Nishihara, "Uniform graphene coating on TMS-modified nanoporous SiO₂ by self-derived radical assisted CVD and its mechanisms", 第 49 回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)
17. Zhaohan Shen, Wei Yu, Takeharu Yoshii, Koki Chida, Hiroto Nishihara, "Carbon cathode functionalized by basal defects and solid catalysts for Li-O₂ batteries", 第 49 回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)
18. Wei Yu, Takeharu Yoshii, Alex Aziz, Rui Tang, Zheng-Ze Pan, Hiroto Nishihara, "In pursuit of high-performance carbon cathodes for Li-O₂ batteries", 第 49 回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)

19. 西川銀河, 吉井丈晴, 高谷公平, 西原洋知, "昇温脱離法によるパuffing現象の観測", 第49回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)
20. 千田晃生, 吉井丈晴, 日吉範人, 伊藤徹二, 神谷和秀, 井上真隆, 谷文都, 西原洋知, "Co および Cu ポルフィリンより得られる規則性カーボンアロイの電気化学的活性評価", 第49回炭素材料学会, 姫路市市民会館, 姫路 (2022/12/7-12/9)
21. Minghao Liu, Zheng-Ze Pan, Mao Ohwada, Rui Tang, Masashi Ito, Ami Ikura, Hirotomo Nishihara, "High Gas-Throughput and PM-Removal Efficient Microhoneycombs Towards Next-Generation Hygienic Masks", 第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 東北大学, 仙台 (2022/12/8-12/9)
22. 佐山裕美, 潘 鄭澤, 黒田拓馬, 西原洋知, "カーボン構造体を柔軟にする骨格構造の検討", 第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 京都 (2022/12/8-12/9)

国際会議

(招待講演)

1. Hiromoto Nishihara, "Graphenemesponge: A New Carbon Material with High Porosity and High Durability for Battery Applications", 241st ECS Meeting, Vancouver (2022/5/29-6/2)
2. Hiromoto Nishihara, "Multi-functional nanoporous carbon based on single-walled graphene walls", 2022 Spring Meeting of the European Materials Research Society Web 開催 (2022/5/30-6/3)
3. Takeharu Yoshii, "Ordered carbonaceous frameworks: a new class of carbon materials with single-atomic metals based on molecular-level design", Special Seminar at Imperial College London, Imperial College London, London, UK (2022/7/1)
4. ZhengZe Pan, Hirotomo Nishihara, "Ordered Functional Macro-Assemblies from Biomass-Derived Nanocellulose", Waste-to-Value: Towards Green and Circular Economy (WAVE2022), web (2022/8/25-26)
5. Hiromoto Nishihara, "Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method", Special seminar at VISTEC, Rayong, Thailand (2022/9/12)
6. Hiromoto Nishihara, "Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method", Special seminar at Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (2022/9/22)
7. Hiromoto Nishihara, "Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method", Special seminar at Kasetsart University, Bangkok, Thailand (2022/9/23)
8. Hiromoto Nishihara, "Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method", Special seminar at Thammasat University, Bangkok, Thailand (2022/9/23)
9. Takeharu Yoshii, "High-Temperature Vacuum TPD: A New Highly Sensitive Analytical Method for Carbon and Oxide Materials", Special Seminar at University of Szeged, University of Szeged, Szeged, Hungary (2022/10/24)

10. Hiromoto Nishihara, "Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method", Invited lecture at Slovak Academy of Sciences, Dúbravská, Slovakia (2022/10/31)
11. Hiromoto Nishihara, "AtomDeC project: the renaissance of carbon-material research", AtomDeC 2nd International Symposium, Smolenice, Slovakia (2022/11/2-11/4)
12. Takeharu Yoshii, "Advanced temperature-programmed desorption as a new characterization method for heteroatoms", IPPT Seminar on Mechanics, Institute of Fundamental Technological Research Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland (2022/11/7)
13. Hiromoto Nishihara, "Graphitized and highly mesoporous graphene with high durability and sponge-like flexibility for high-performance supercapacitors", 2022 ICGET, National Tsing-Hua University, Hsinchu city, Taiwan (2022/11/10-11/12)
14. Takeharu Yoshii, "Ordered carbonaceous frameworks: carbon materials with regularly-aligned single-atomic metals based on molecular-level design", Special Seminar at Eindhoven University of Technology, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherland (2022/11/11)
15. Takeharu Yoshii, "Advanced temperature programmed desorption: a new analytical method for carbon materials for energy applications", Tohoku University & National Taipei University of Technology 2022 Online Joint Symposium, web (2022/11/28)

(一般講演)

1. Ginga Nishikawa, Takeharu Yoshii, Hirotomo Nishihara, "TPD: A new analytical method for N-containing carbons", AtomDec 1st International Symposium, Web (2022/1/18-1/19)
2. Zhengze Pan, Minghao Liu, Hiromoto Nishihara, "Microhoneycomb monoliths prepared by ice-templating approach", AtomDec 1st International Symposium, Web (2022/1/18-1/19)
3. Rui Tang, Keita Nomura, Takashi Kyotani, Hirotomo Nishihara, "Areal capacitance of mesoporous carbons with a few-layer graphene walls", AtomDec 1st International Symposium, Web (2022/1/18-1/19)
4. Takeharu Yoshii, Koki Chida, Hirotomo Nishihara, Fumito Tani, "Ordered carbonaceous frameworks: A new class of metal/carbon materials based on atomic design", AtomDec 1st International Symposium, Web (2022/1/18-1/19)
5. Wei Yu, Takeharu Yoshii, Kiho Nishioka, Rui Tang, Zheng-Ze Pan, Shuji Nakanishi, Hirotomo Nishihara, "Defect engineering in cathode carbon materials for Li-air batteries", AtomDeC 1st International Symposium, Web (2022/1/18-1/19)
6. Kenjirou Tamaki, Takeharu Yoshii, Yasutaka Kuwahara, Kohsuke Mori, Hiromi Yamashita, "Design of Co/g-C₃N₄-Au Nanorod Hybrid Catalyst for Boosting CO₂ Reduction by Surface Plasmon Resonance", International Symposium on Energy/Environmental Catalysis (ISEEC 2022) Web (2022/1/25-1/27)
7. Dalton Compton, Seth Putnam, Erin E. Taylor, Cullen Quine, Channing Ahn, Brent Fultz,

- Hiroto Nishihara, Nicholas P. Stadie, "Effects of methane-methane interactions in increasing the volumetric delivery of adsorbed natural gas", ACS Spring 2022, San Diego, CA, USA (2022/3/20)
8. Cullen M. Quine, Channing Ahn, Erin E. Taylor, Atsushi Gabe, Hiroto Nishihara, Nicholas P. Stadie, Brent Fultz, "Optimizing Methane Storage in Pelletized Zeolite-Templated Carbons", ACS Spring 2022, San Diego, CA, USA (2022/3/20)
 9. Erin E. Taylor, Cullen Quine, Dalton Compton, Seth Putnam, Channing Ahn, Brent Fultz, Hiroto Nishihara, Nicholas P. Stadie, "Enhanced Methane Binding on Nitrogen-Doped Zeolite-Templated Carbons", ACS Spring 2022, San Diego, CA, USA (2022/3/20)
 10. Cullen M. Quine, Channing Ahn, Erin E. Taylor, Atsushi Gabe, Hiroto Nishihara, Nicholas P. Stadie, Brent Fultz, "Optimizing Methane Storage in Pelletized Zeolite-Templated Carbons", FOA14, Broomfield, Colorado, USA (2022/5/22-27)
 11. Erin E. Taylor, Cullen Quine, Dalton Compton, Seth Putnam, Channing Ahn, Brent Fultz, Hiroto Nishihara, Nicholas P. Stadie, "Enhanced Methane Binding on Nitrogen-Doped Zeolite-Templated Carbons", FOA14, Broomfield, Colorado, USA (2022/5/22-27)
 12. Koki Chida, Takeharu Yoshii, Norihito Hiyoshi, Tetsuji Ito, Kazuhide Kamiya, Masataka Inoue, Fumito Tani, Hiroto Nishihara, "Octaethynyl metalloporphyrin as a versatile precursor for functional carbon materials", Carbon 2022, Imperial College London, London, UK (2022/7/3-7/8)
 13. Takeharu Yoshii, Ganga Nishikawa, Rui Tang, Eva Scholtzová, Róbert Szilágyi, Hiroto Nishihara, "High-temperature vacuum TPD analysis of nitrogen-doped carbon materials", Carbon 2022, Imperial College London, London, UK (2022/7/3-7/8)
 14. Wei Yu, Takeharu Yoshii, Rui Tang, Zheng-Ze Pan, Hiroto Nishihara, "Influence of Carbon Cathode Edge Sites on Li-O₂ Batteries", Carbon 2022, Imperial College London, London, UK (2022/7/3-7/8)
 15. Takeharu Yoshii, Koki Chida, Hiroto Nishihara, "Synthesis of ordered carbonaceous frameworks with single-atomic metal species from metalloporphyrin molecular crystals", The 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9), Fukuoka International Congress Center, Fukuoka, Japan (2022/7/24-29)
 16. Takeharu Yoshii, Koki Chida, Hiroto Nishihara, "Design and synthesis of ordered carbonaceous frameworks from metalloporphyrins for electrocatalytic application", 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) Web (2022/7/31-8/2)
 17. Koki Chida, Takeharu Yoshii, Mao Ohwada, Yuichiro Hayasaka, Joe Komeda, Ryota Sakamoto, Jun Maruyama, Kazuhide Kamiya, Masataka Inoue, Fumito Tani, Hiroto Nishihara, "Synthesis and electrocatalysis of ordered carbonaceous frameworks from metalloporphyrins with four ethynyl groups", Post Symposium of TOCAT9, 60th Aurora seminar, The 9th International Symposium of Institute for Catalysis, Hokkaido University,

Hokkaido, Japan (2022/8/1)

18. Hongyu Liu, Zheng-Ze Pan, Hirotomo Nishihara, "Electrically Conductive Membrane with Ordered Nanochannels: A Universal Platform Material for Probing Electrochemical Systems", 6th CRCs-5th GP-MS Symposium, 東北大学, 仙台 (2022/10/24-10/27)
19. Kritin Pirabul, Zheng-Ze Pan, Mutsuhiro Ito, Kenichi Izawa, Makoto Kawai, Hirotomo Nishihara, "Conformal Graphene Coating onto TMS-grafted Nanoporous SiO₂", 6th CRCs-5th GP-MS Symposium, 東北大学, 仙台 (2022/10/24-10/27)
20. Kritin Pirabul, Zheng-Ze Pan, Hiromoto Nishihara, "Underpinning Factors for Structural Evolution of Graphene-Based Nanocarbons up to 1800 °C", AtomDeC 2nd International Symposium, Smolenice, Slovakia (2022/11/2-11/4)
21. Takeharu Yoshii, Ginga Nishikawa, Rui Tang, Eva Scholtzová, Robert Szilagyi, Hirotomo Nishihara, "Advanced temperature-programmed desorption as a new characterization method for N-doped carbons ", AtomDeC 2nd International Symposium, Smolenice, Slovakia (2022/11/2-11/4)
22. Minghao Liu, Zheng-Ze Pan, Mao Ohwada, Rui Tang, Hirotomo Nishihara, "Robust Microhoneycomb Filters with High Gas Permeability and Micro-Particle Removal Efficiency", Tohoku University & National Taipei University of Technology 2022 Online Joint Symposium, web (2022/11/28)

その他

1. Hongyu Liu
STEP-ALICE プログラム (後期) に採択 (2022/12/22)

ハイブリッド材料創製研究分野

教員構成：芥川 智行（教授）、武田 貴志（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、一次元カラムナードメイン強誘電体のナノスケール化、発光センサ、有機単結晶熱伝導材料、ダイナミックなイオン運動ユニットを含む導電性結晶、電子・イオン伝導度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。2022年度の研究活動の中から一方向分子回転ユニットを有する低エネルギー駆動型の有機強誘電体の開発に関する研究例を紹介する。

キラル液晶性化合物の強誘電性と低エネルギー駆動スイッチング

アミド基に疎水性のアルキル基が導入されたアルキルアミド鎖 ($-\text{CONHC}_n\text{H}_{2n+1}$) は、分子間アミド水素結合を用いた機能性分子集合体の形成に利用される特徴的な構造ユニットである。アルキルアミド基は、置換された π 電子系の HOMO や LUMO レベルを大きく変化させる事が無いために、電子構造制御の観点からは有効では無いが、オルガノゲルや液晶相形成の観点から、特に一次元分子集合体の創製に重要な構造ユニットである。ディスコチックヘキサゴナルカラム (Col_h) 液晶相の熱的安定性を劇的に向上させる化学的手法が、松永義夫 (1929.1.2~2022.4.2.) らにより 1986 年に報告された。ベンゼンの 1, 3, 5- 位にアルキルアミド基を導入した N, N', N'' -Trialkyl-1,3,5-benzenetricarboxamides (**3BC**) 誘導体で 100~200°C に及ぶ広い温度域で Col_h 液晶相が出現する事が報告された。アルキルアミド鎖はベンゼンカラム方向に多重の 1 次元 $\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}=\text{H}$ 水素結合を形成し、カラム構造の熱的安定性を劇的に向上させる。同時に、**3BC** が Col_h 液晶相で電場印加により、アルキルアミド鎖の分極反転による電場一分極 ($P-E$) 曲線に強誘電体に特徴的なヒステリシスを出現させる。我々は、**3BC** のベンゼン部位をピレンなどの機能性 π 電子骨格に拡張した分子系における強誘電性を報告してきた。一方、 π 電子系に加えてアルキル鎖の設計の観点から、機能性材料開発へのアプローチが可能である。

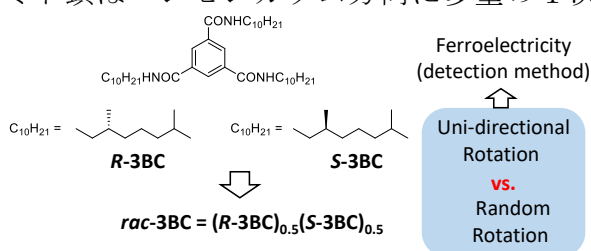


図1 キラル **S-3BC** と **R-3BC** の分子構造およびその 1:1 混合物が形成するラセミ分子集合体。一方向分子回転を強誘電性から検出するための方法論の確立。

アルキルアミド鎖へのキラリティの導入は、分子集合体構造と液晶性に大きな影響を与える。**3BC** 誘導体の側鎖にキラルな **S** および **R-3**、7-ジメチルオクチル基を導入した **S-3BC** および **R-3BC** を合成し、その相転移挙動・分子集合体構造・強誘電性をラセミ体と比較検討した(図1)。**S-3BC** および **R-3BC** を、それぞれ 1:1 で混合し、**rac-3BC** を調整した。**S-3BC**、**R-3BC** および **rac-3BC** は、それぞれアルキル鎖長と分子量が等価である事から、その相転移挙動と分

子集合体構造を比較検討する事で、キラリティの効果が議論可能となる(図 1)。実際に、*R*-3BC および *S*-3BC 体と *rac*-3BC は、DSC 測定において同様な相転移挙動を示した。また、温度可変 XRD 測定においても、同様な反射パターンを示し Col_h 液晶相の形成が確認された。一方、*rac*-3BC の混合様式には大きく分けて二通りの場合が考えられ、*R*-3BC または *S*-3BC が独立に一次

元カラムを形成する場合と、*R*-3BC と *S*-3BC が一次元カラム内で交互配列した-*R*-*S*-*R*-*S*-型のカラム構造を形成する場合である。この 2 つの混合状態について、Col_h 液晶相における XRD パターンから評価したところ、Col_h 液晶相の 100 反射に僅かな相違が観測された。従って、一次元カラム内で *R*-3BC と *S*-3BC は交互積層カラム構造を形成していると結論できた。次に、*R*-3BC および *rac*-3BC の誘電率の周波数-温度依存性を測定したところ、どちらも Col_h 液晶相に相転移後の昇温により低周波数領域の誘電率実部 ϵ_1 が顕著に増加した。また、Col_h 液晶相における 343 K の *P*-*E* 曲線の測定から、*R*-3BC では約 $1.71 \text{ V } \mu\text{m}^{-1}$ で抗電場が出現するに対して、*rac*-3BC では $23.1 \text{ V } \mu\text{m}^{-1}$ とその値は大きく増加し、*R*-3BC において約 20 倍も減少した(図 2)。一方、残留分極値は *rac*-3BC の方が約 2 倍大きな値を示した。

R-3BC と *rac*-3BC の強誘電状態において *P*-*E* ヒステリシスに大きな相違が見られた理由を考察した。*R*-3BC と *rac*-3BC の抗電場は、それぞれ $1.71 \text{ V } \mu\text{m}^{-1}$ と $23.1 \text{ V } \mu\text{m}^{-1}$ であり、*R*-3BC と *rac*-3BC の *P*-*E* 曲線における周波数応答は $f=0.1$ と 5.0 Hz で明確なヒステリシスが観測された。さらに、誘電率の温度-周波数依存性では、*R*-3BC よりも *rac*-3BC の方が大きな誘電応答が出現している。これらの結果から、以下の分極反転メカニズムが想定される。*rac*-3BC では *R*-3BC と *S*-3BC が交互積層した一次元カラムを形成し、アミド基の分

極反転運動は右回転と左回転がランダムになるか右回転と左回転が交互になると考えられる(図 3)。それに対して、*R*-3BC の場合は、側鎖アルキル鎖のキラリティによる立体障害の存在の為、アミド基の回転方向が制限を受け一方向回転運動となる。すなわち、分子のキラリティに応じて右回転もしくは左回転運動によるアミド基の分極反転が生じる。一方向回転運動の存在は、ATPase などの生物分子モーターで実現している回転様式と同様であり、実際の仕事を行う事が可能なモーターの必修条件である。この一方向双極子回転運動が、分極反転に必要な外場エネルギー *E* を大幅に減少させる。キララルアルキルアミド鎖の導入による回転運動の制御は、低エネルギー駆動のメモリーデバイス創製の重要な鍵を握ると考えられる。

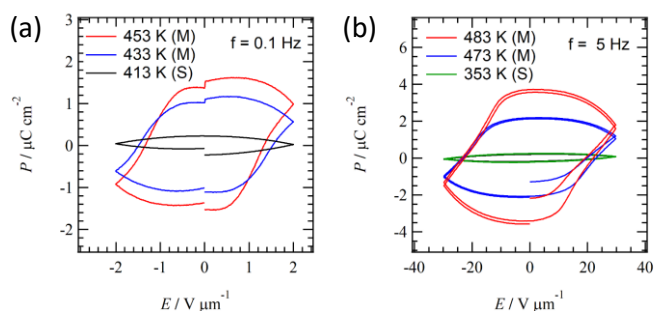


図 2 *P*-*E* ヒステリシス曲線。(a) $f = 0.1 \text{ Hz}$ で測定した *R*-3BC および(b) $f = 5.0 \text{ Hz}$ で測定した *rac*-3BC。両者の横軸は、 ± 2.0 と $\pm 30 \text{ V}$ である。

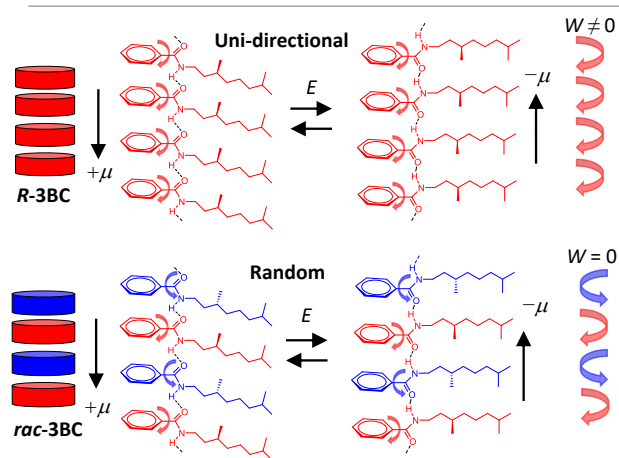


図 3 N-H \cdots O=水素結合のキラル体(上)およびラセミ体(下)における双極子反転のメカニズム。

【研究業績一覧】

発表論文 (21 報)

1. Yongbing Shen, Mengxing Cui, Shinya Takaishi, Akihiro Otsuka, Eunsang Kwon, Takefumi Yoshida, Norihisa Hoshino, Takao Tsumuraya, Kazuhiko Kawachi, Yasuhiko Kasama, Tomoyuki Akutagawa, and Masahiro Yamashita, Heterospin Frustration in a Metal–Fullerene–Bonded Semiconductive Antiferromagnet, *Nature Communications* **13**, 495 (2022).
2. Takefumi Yoshida, Ahmed Shabana, Haitao Zhang, David Chukwuma Izuogu, Tetsu Sato, Yoji Horii, Goulven Cosquer, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Alex J. W. Thom, Shinya Takaishi, Masahiro Yamashita, Insight into Covalency of the Gd–Pt Bond: Slow Magnetic Relaxation of a Heterometallic Gd–Pt Complex, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **95**, 513–521 (2022).
3. Yusuke Ishigaki, Kai Shimomura, Takuya Shimajiri, Kota Asai, Tomoyuki Akutagawa, Takanori Fukushima, Takanori Suzuki, Chalcogen Bond versus Halogen Bond: Changing Contributions in Determining the Crystal Packing of Dihalobenzochalcogenadiazoles, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **95**, 522–531 (2022).
4. Moeko Kawana, Ryohei Mizoue, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, and Tomoyuki Akutagawa, Simple Molecular Ferroelectrics: N,N'-Dialkyl-terephthalamide Derivatives in Solid Phase, *J. Mater. Chem. C*, **10**, 4208–4217 (2022).
5. Jianyun Wu, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Ferroelectrics Coupled with Uni-Directional Rotation in Liquid Crystals, *J. Phys. Chem. C*, **126**, 3864–3871 (2022).
6. Keigo Takahashi, Kohei Sambe, Yotaro Kasahara, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Ken-ichi Sakai, Tomoyuki Akutagawa, Solid-State Fluorescence of Excited-State Cation–Anion Intermolecular Proton Transfer in 2-(2-hydroxypyridyl)benzothiazole, *Advanced Optical Materials*, **2022**, 2200134–1–11 (2022).
7. Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Thermal conductivities and figures of merit of TCNQ-based thermoelectric materials consisting of cations exhibiting order-disorder transitions, *Crystal Growth & Design*, **22**, 3359–3364 (2022).
8. Minghong Li, Jian-Yun Wu, Kohei Sambe, Yumi Yakiyama, Tomoyuki Akutagawa, Takashi Kajitani, Takanori Fukushima, Kazunari Matsuda, Hidehiro Sakurai, Dielectric Response of 1,1-Difluorosumanene Caused by an In-Plane Motion, *Mater. Chem. Front.* **6**, 1752–1758 (2022).
9. Miku Takahashi, Ken-ichi Sakai, Kohei Sambe, and Tomoyuki Akutagawa, Supramolecular Complexation and Collective Optical Properties Induced by Linking Two Methyl Salicylates via a σ -Bridge, *J. Phys. Chem. B*, **126**, 3116–3124 (2022).

10. Shohei Koyama, Yoji Horii, Tetsu Sato, Shinya Takaishi, Hoshino Norihisa, Tomoyuki Akutagawa, Hiroaki Iguchi, Benzenetriimide-Based Molecular Conductor with Antiferro- to Ferro-magnetic Switching Induced by Structural Change of π -stacked Array, *ChemPhysChem.* **23**, e202200322–1–8 (2022).
11. Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Large electric piezoresistance of the flexible molecular semiconductive crystal Q(TCNQ)₂ during bending, *CrystEngCom.*, **24**, 5234–5237 (2022)
12. Yuta Shimizu, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, and Tomoyuki Akutagawa, Tetranitro- and Tetraamino- dibenzo[18]crown-6-ether Derivatives: Complexes for Alkali Metal Ions, Redox Potentials, Crystal Structures, Molecular Sorption, and Proton Conducting Behaviors, *CrystEngCom.*, **24**, 5570–5579 (2022). HOT Article
13. Minghong Li,; Xi, Chen, Yumi Yakiyama, Jian-Yun, Wu, Tomoyuki Akutagawa, Hidehiro Sakurai, Turning Dielectric Response by Co-crystallisation of Sumanene and Its Fluorinated Derivative, *Chemical Communications*, **58**, 8950–8953 (2022).
14. Ryo Tsunashima, Naomi Fujikawa, Misaki Shiga, Sayu Miyagawa, Shiori Ohno, Atsuko Masuya-Suzuki, Kiyonori Takahashi, Takasyoshi Nakamura, Tomoyuki Akutagawa, Sadafumi Nishihara, Sadafumi, Slider-crank Mechanism in a Molecular Crystal: Conversion of Linear Thermal Expansion of Lattice to Circular Rotation of Coordination Chain, *CrystEngComm.*, **24**, 5865–5869 (2022).
15. Norihisa Hoshino, Akari Hayashi, Tomoyuki Akutagawa, The strong correlations between thermal conductivities and electronic spin states in crystals of Fe(III) spin crossover complexes, *Dalton Transactions.* **51**, 12698-12703 (2022).
16. Makoto Tadokoro, Masaki Itoh, Ryota Nishimura, Kensuke Sekiguchi, Norihisa Hoshino, Hajime Kamebuchi, Jun Miyazaki, Fumiya Kobayashi, Motohiro Mizuno, Tomoyuki Akutagawa, Proton Conduction at High Temperature in High-Symmetry Hydrogen-Bonded Molecular Crystal of Ru(III) Complexes with Six Imidazole–Imidazolate Ligands, *Chem. Eur. J.* **28**, e202201397–1–10 (2022). Front Cover Article
17. Youhei Miura, Takashi Takeda, Naoki Yoshioka, Tomoyuki Akutagawa, Thermosalient Effect of 5-Fluorobenzoyl-4-(4-methoxyphenyl)ethynyl-1-methylimidazole without Phase Transition, *Crystal Growth & Design.* **22**, 5904–5911 (2022).
18. Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa, Chemical Design of Organic Ferroelectrics Using Dynamics of Alkylamide Chains, *Chemical Communications.* **8**, 11898–11912 (2022). Review Article.
19. Kiyonori Takahashi, Takayoshi Nakamura, Tomoyuki Akutagawa, Dynamic Supramolecular Cations in Conductive and Magnetic [Ni(dmit)₂] Crystals, *Coord. Chem. Rev.*, **475**, 214881 (2022) Review Article.
20. Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine,

Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, and Hideo Kaiju, Room-temperature magnetoresistance in Ni₇₈Fe₂₂/C8-BTBT/Ni₇₈Fe₂₂ nanojunctions fabricated from magnetic thin-film edges using a novel technique, *Nanoscale Advances*, **4**, 4739–4747 (2022).

21. Huie Zhu, Shogo Hiruta, Ali Demirci, Soyeon Kim, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Mitsuishi, Effects of Hydride Transfer Ring Opening Reaction on B(C₆F₅)₃ Catalyzed Polymerization of D₄H Cyclosiloxane and Dialkoxysilanes toward Thermally Stable Silsesquioxane-Siloxane Hybrid Materials, *Macromolecules*, **55**, 10134–10144 (2022). Press Release.

著書・解説記事

1. 芥川智行、中村貴義、ダイナミックな超分子カチオン構造を利用した金属錯体結晶の機能開拓、フロンティア「ナノ金属錯体化学」山下正廣、小西克明編、三共出版 1.3 章 p38–63, 2022.
2. 武田貴志、芥川智行、アルキルアミド鎖のダイナミクスを利用した有機強誘電体の開発、EKISHO Vol. 26, No. 4, 217–232 (2022).

特許

該当なし

新聞等広報

1. 分子を挟んだ磁気ナノデバイスにおいて室温磁気抵抗効果の観測に成功 — 「ナノ科学」「スピン」「分子」が融合した新しい学際領域を切り拓く — 慶応大学プレスリリース (2022 10. 11)
2. 金属を含まない触媒でセラミック前駆体高分子の室温合成に成功～600°C 超の高耐熱性・透明ハイブリッド材料の開発へ～東北大学プレスリリース (2022 11. 1)

受賞等、特記事項

1. 川崎 渉
東北大学工学研究科長賞、2022.3.31
2. 三部 宏平
強誘電性有機半導体：アルキルアミド置換 BTBT 誘導体の構造と物性
日本化学会第 102 春季年会 (2022) 学生講演賞、2022 4.27
3. Akari Hayashi, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Phase Transition Behaviors and Temperature Dependent, Thermal Conductivities of Fe(III) Schiff Base Spin Crossover Complexes.
The 73rd Yamada Conference & Institute for Materials Research International Symposium 2022, Sakura Hall, Katahira Campus, Tohoku University (2022 10. 8-11) 優秀ポスター

賞

4. 三部宏平

アルキルアミド置換 R-BTBT-NHCOC₁₄H₂₉ (R = H, C₈H₁₇) を用いた強誘電性有機半導体の開発

第 16 回分子科学討論会、慶応義塾大学 (2022 9.18-21)、2022 分子科学会優秀講演賞

学会発表 国際会議 24 件 (うち、招待 4 件)、国内会議 60 件 (うち、招待 4 件)

国内学会

(招待講演)

1. 芥川智行、武田貴志

アルキルアミド鎖のダイナミクスを利用した液晶性有機強誘電体
2022 年日本液晶学会 (2022. 9.14-16)

2. 芥川智行

有機結晶中のプロトンダイナミクスと機能発現
ハイドロジェノミクス研究会 (2022 10.6-7)

3. 芥川智行

分子性結晶：電子研との連携研究 12 年と拠点・アライアンス研究の飛躍
電子科学研究所 30 周年記念講演会、北海道大学学術交流会館 (2022 10.20)

(一般講演)

4. 星野 哲久、芥川 智行

TCNQ 部分酸化塩結晶における熱伝導度と熱電変換性能指数の有機カチオン依存性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)

5. 武田 貴志、芥川 智行

N, N', N'' -(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリペンタデカンアミドの分子集合構造と物性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)

6. 森口 順平、綱島 亮、芥川 智行

異形分子からなるペロブスカイト型固溶体(dabcoH₂,hmtaH₂)(NH₄)(BF₄)₃の作製と構造
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)

7. 林 あかり、星野 哲久、芥川 智行

Fe(III)シッフ塩基スピノクロスオーバー錯体の相転移挙動と熱伝導度
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)

8. 齋藤 元輝、武田 貴志、芥川 智行

テトラアリアルテトラチエニレン誘導体の分子集合体構造と物性に対する置換基効果

日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)

9. 張 雲雅、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
スチルベンジカルボキシレートのアルキルアンモニウム塩を用いた固体光反応
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
10. 清水 裕太、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
アルキルアミド基を持つ Dibenzo-18-crown-6-ether の分子集合体構造
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
11. 三浦 洋平、武田 貴志、芥川 智行、吉岡 直樹
相転移を示さない 5-Fluorobenzoyl-4-methoxyphenylethynyl-1-methylimidazole 結晶の Thermosolient 効果
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
12. 知念 真妃郎、綱島 亮、芥川 智行
ニトリト錯体の固相連結異性化における複素誘電率の評価
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
13. 笠原 遥太郎、武田 貴志、久木 一朗、芥川 智行
オクチルベンゾエート基を有するデヒドロベンゾアヌレン類の分子集積構造に対する環サイズの影響
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
14. 瀬戸 信弥、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
ピレニルアミド置換ペンタエチレングリコール誘導体の合成と物性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
15. 溝上 諒平、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
アルキルアミド置換オリゴチオフエン誘導体の分子集合体構造と物性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
16. 佐藤 千慧、三部 宏平、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
プロトン伝導性のイミダゾリウム-カンファースルホン酸塩におけるキラリティの効果
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
17. 井手 瞭、川崎 渉、武田 貴志、星野 哲久、松田 若菜、関 修平、芥川 智行
エチルスルフォネート基を導入したナフタレンジイミド誘導体の分子集合体と電子輸送特性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
18. 茶島 悠汰、谷口 涼、芥川 智行、中村 貴義、和泉 雅之、越智 里香
軽金属イオンに応答してゲル-ゾル相転移ならびに色調変化を示す超分子ヒドロゲルの開発

- 日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
19. 石川 大輔、藤林 将、Goulven Cosquer、井上 克也、芥川 智行、中村 貴義、西原 禎文
カリウムイオン交換した[Li_{0.42}([18]crown-6)][Ni(dmit)₂]₂の物性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
20. 伊藤 みづき、市橋 克哉、今野 大輔、藤林 将、Goulven Cosquer、井上 克也、芥川 智行、中村 貴義、西原 禎文
超分子チャンネル構造を利用したアルキルアンモニウムへの固相イオン交換
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
21. 荒田 園巳、キム ユナ、星野 哲久、川崎 渉、角屋 智史、芥川 智行、山田 順一、久保 和也
アルキルチオ基を導入した非対称型金(III)ジチオレン錯体が示す多様な熱的構造相転移とその炭素数依存性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
22. 三部 宏平、武田 貴志、星野 哲久、松田 若菜、辻田 香奈瑛、丸山 伸伍、山本 俊介、関 修平、松本 祐司、芥川 智行
強誘電性有機半導体：アルキルアミド置換 BTBT 誘導体の構造と物性
日本化学会第 102 春季年会(2022)、オンライン開催(2021 3.23-26)
23. 菅原秋乃、坂井賢一、三部宏平、芥川智行
水素結合の自由度を利用したホルミルサリチル酸の蛍光制御
日本化学会北海道支部 2022 年 夏季研究発表会、オンライン開催(2022 7. 23)
24. 濱舘幸那、山崎愛奈、坂井賢一、三部宏平、芥川智行
自己組織化のためのアンカー部位を連結したサリチル酸メチル誘導体の開発
日本化学会北海道支部 2022 年 夏季研究発表会、オンライン開催(2022 7. 23)
25. 伊藤 みづき、眞邊 潤、市橋 克哉、今野 大輔、加藤 智佐都、藤林 将 Cosquer Goulven、井上 克也、芥川 智行、中村 貴義、西原 禎文
結晶内チャンネル構造を利用した[18]crown-6 の吸収放出システムの開発
2022 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会、2022 7.30、香川大学
26. 石川 大輔、伊藤 みづき、眞邊 潤、加藤 智佐都、藤林 将、Cosquer Goulven、井上 克也、芥川 智行、中村 貴義、西原 禎文
固相イオン交換によって銅(II)イオンを導入した Ni(dmit)₂ 塩の電気物性評価
2022 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会、2022 7.30、香川大学
27. 笠原遥太郎、武田貴志、久木一朗、芥川智行
アルキルアミド基を有するデヒドロベンゾアヌレン誘導体の合成
分子集合体構造および物性、第 32 回基礎有機化学討論会、2022 9.20-22、京都

28. 小田原正浩、溝上諒平、原光生、芥川智行、関隆広、忍久保洋、三宅由寛
アミド基をもつテトラフェニル-2,7-ジアザピレンの合成および性質
第 32 回基礎有機化学討論会、2022 9.20-22、京都
29. 伊藤みづき、眞邊潤、市橋克哉、今野大輔、藤林将、Cosquer Goulven、井上克也、
芥川智行、中村貴義、西原禎文
結晶内の超分子チャンネル構造を利用したアルキルアンモニウムイオンへの固相交
換
第 19 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム、岡山大学 (2022 6.24-25)
30. 石川大輔、藤林将、Cosquer Goulven、井上克也、芥川智行、中村貴義、西原禎文
イオンチャンネル構造を有する導電性 Ni(dmit)₂ 塩における固相イオン交換機能
第 19 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム、岡山大学 (2022 6.24-25)
31. 谷口涼、芥川智行、中村貴義、和泉雅之、越智里香
カリウムイオンに応答してゲル形成ならびに色調変化を示す超分子ヒドロゲルの
開発
第 19 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム、岡山大学 (2022 6.24-25)
32. 眞邊潤、伊藤みづき、藤林将、Cosquer Goulven、井上克也、芥川智行、中村貴義、
西原禎文
[18]crown-6 イオンチャンネル構造を有する結晶の固相・分子交換機能
第 19 回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム、岡山大学 (2022 6.24-25)
33. 清水 裕太、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
テトラアミノジベンゾ[18]クラウン-6 とスルホン酸誘導体が形成する塩の構造と
物性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
34. 伊藤みづき、眞邊潤、市橋克哉、今野大輔、藤林将、Cosquer Goulven、井上克也、
平尾岳大、灰野岳晴、芥川智行、中村貴義、西原禎文
超分子チャンネル構造を用いた有機カオンへの固相イオン交換とメカニズムの解明
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
35. 石川 大輔、藤林 将、Cosquer Goulven、井上 克也、平尾 岳大、灰野 岳晴、芥川
智行、中村 貴義、西原 禎文
固相イオン交換前後における導電性 Ni(dmit)₂ 錯体の電子状態比較
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
36. 三部宏平、武田貴志、星野哲久、松田若菜、辻田香奈瑛、丸山伸伍、山本俊介、関
修平、松本祐司、芥川智行
アルキルアミド置換 R-BTBT-NHCOC₁₄H₂₉ (R = H, C₈H₁₇) を用いた強誘電性有機
半導体の開発
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
37. 武田 貴志、山本 俊介、高井 淳朗、姉帯 勇人、竹内 正之、芥川 智行

- 両親媒性凝集誘起発光液体: 温度依存発光・コロイド形成・鎖長依存性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
38. 張 雲雅、武田 貴志、芥川 智行
光固相反応性を有するスチルベンジカルボキシレートと $C_nH_{2n+1}NH_3^+$ ($n = 1\sim 3$) から成る塩の構造と物性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
39. 井手 瞭、武田 貴志、星野 哲久、松田 若菜、関 修平、芥川 智行
柔軟なアニオン性アームを有するナフタレンジイミド誘導体の結晶構造と物性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
40. 林雨禎、清水桃奈、武田貴志、坂井賢一、芥川智行
ピチオフェンを置換した 2-(2'-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾール誘導体の
ESIPT 発光特性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
41. 佐藤 千慧、三部 宏平、武田 貴志、星野 哲久、芥川 智行
イミダゾールおよびトリアゾールとキラルなカンファースルホン酸が形成する
分子集合体の結晶構造と物性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
42. 齋藤 元輝、武田 貴志、芥川 智行
環状テトラチオフェンの物性に対する縮環様式の影響と分子集合体構造
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
43. 林 あかり、武田 貴志、芥川 智行
2,3-ジアミノフェナジン誘導体の結晶構造と物性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
44. 荒田 園巳、キム ユナ、星野 哲久、角屋 智史、芥川 智行、山田 順一、久保 和也
電子ドナー/アクセプター配位子からなる非対称型金(III)錯体が示す熱的構造相転移
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
45. 緒方友理絵、清水裕太、星野哲久、芥川智行、松田真生
アルカリ金属をドーブしたリチウムフタロシアニンの電気特性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
46. 溝上 諒平、武田 貴志、嘉藤 幹也、庄子 良晃、福島 孝典、星野 哲久、芥川 智行
47. トリプチセントリカルボキサミド誘導体の分子集合体構造と強誘電性
第 16 回分子科学討論会、慶応大学、神奈川 (2022 9.19-22)
48. 伊藤みづき、眞邊潤、市橋克哉、今野大輔、加藤智佐都、藤林将、Cosquer Goulven、井上克也、平尾岳大、灰野岳晴、芥川智行、中村貴義、西原禎文

- 結晶内チャンネル構造を利用した有機カチオンへの固相イオン交換システムの構築
2022 年日本化学会中国四国支部大会 広島大会、広島大学 (2022 11.12-13)
49. 石川大輔、藤林将、加藤智佐都、Cosquer Goulven、井上克也、芥川智行、中村貴義、西原禎文
導電性 Ni(dmit)₂ 塩における固相イオン交換と物性評価
2022 年日本化学会中国四国支部大会 広島大会、広島大学 (2022 11.12-13)
50. 眞邊潤、伊藤みづき、市橋克哉、今野大輔、藤林将、Cosquer Goulven、井上克也、芥川智行、中村貴義、西原禎文
[18]crown-6 イオンチャンネル構造を有する[Ni(dmit)₂]塩の固相イオン・分子交換機能の開拓
2022 年日本化学会中国四国支部大会 広島大会、広島大学 (2022 11.12-13)
51. Yuta Shimizu, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Proton-transferred Salts between o-Phenylenediamine-fused Crown Ether and Aromatic Sulfonic Acid
化学系学協会東北大会、岩手大学 (2022 9. 17-18)
52. Chisato Sato, Kohei Sambe, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Proton conductions in chiral (imidazolium or triazolium)-camphorsulfonate salts
化学系学協会東北大会、岩手大学 (2022 9. 17-18)
53. Genki Saito, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa
Optical, Redox Properties and Molecular Assembly Structures of Tetrathienylene Derivatives
化学系学協会東北大会、岩手大学 (2022 9. 17-18)
54. Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, Hideo Kaiju
Observation of magnetoresistance in Ni₇₈Fe₂₂/C8-BTBT/Ni₇₈Fe₂₂ nanojunctions at room temperature
第 83 回応用物理学会 東北大学 (2022 9. 22-23)
55. Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, Hideo Kaiju
Room-temperature magnetoresistance in Ni₇₈Fe₂₂/C8-BTBT/Ni₇₈Fe₂₂ nanojunctions fabricated using magnetic thin-film edges
35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 2022 11 8-11 Tokushima (Japan)
56. 佐藤千慧、三部宏平、武田貴志、星野哲久、芥川智行
キラルな Camphorsulfonate 塩中の分子ダイナミクスとプロトン伝導性に及ぼすカチオン依存性
第 30 回有機結晶シンポジウム、名古屋大学 (2022 11.4-5)

57. 齋藤元輝、武田貴志、芥川智行

π 拡張テトラチエニレンからなる水素結合有機構造体の結晶構造と物性
第 30 回有機結晶シンポジウム、名古屋大学 (2022 11.4-5)

国際会議

(招待講演)

1. Tomoyuki Akutagawa

Dynamic Molecular Assemblies toward Ferroelectric Molecular Assemblies
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-
ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea. Plenary Lecture

2. Tomoyuki Akutagawa

Ionic crystal lattice of semiconducting NDIs coupled with molecular sorption behavior
Strasbourg-Japan USIAS symposium on Condensed Conjugation, Strasbourg (France), 12th-
13th September 2022, Amphi Henri Benoît, Institute Charles Sadron. Invited Talk

3. Tomoyuki Akutagawa

Dynamic Molecular Assemblies toward Ferroelectricity
International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC KK), Kota Kinabalu Malaysia
2022 11. 22-27 Invited Talk

(一般講演)

4. Ayumi Kawasaki, Haruka Abe, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa

Crystal Lattice Design of H₂O-Tolerant n-type Semiconducting Anionic Naphthalenediimide
Salts
8th Asian Conference of Coordination Chemistry, Taipei, Online, 2022 August 7-11.

5. Ryohei Mizoue, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa

Physical Properties and Molecular Assemblies of Hydrogen-Bonding Oligothiophene
Derivatives
International Conference of Synthetic Metals (ICSM 2022), Glasgow University, UK., 17-22
July 2022.

6. Kohei Sambe, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Wakana Matsuda, Kanae Tsujita, Shingo

Maruyama, Shunsuke Yamamoto, Shu Seki, Yuji Matsumoto, and Tomoyuki Akutagawa
Ferroelectric and semiconducting properties of R-BTBT-CONHC₁₄H₂₉ (R = H, C₈H₁₇)
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-
ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.

7. Yuta Shimizu, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa

Ion Conducting Channels of Hydrogen-Bonding Array of Crown Ether Derivatives

- KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.
8. Yotaro Kasahara, Takashi Takeda, Ichiro Hisaki, Tomoyuki Akutagawa
Ring Size Effect for Molecular Assembly of Dehydroannulenes with Octylbenzoate Groups
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.
 9. Chisato Sato, Kohei Sambe, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Crystal structures and proton conductivity in chiral imidazolium - camphorsulfonate salts
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.
 10. Ryo Ide, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Wakana Matsuda, Shu Seki, Tomoyuki Akutagawa
Physical Properties and Thin Film Structures of Ethylsulfonate-Substituted Naphthalenediimide Derivative
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.
 11. Yunya Zhang, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa
Crystal structure and physical properties of photoreactive stilbene dicarboxylate salts with $C_nH_{2n+1}NH_3^+$ ($n = 1, 3$), and $(CH_3)_2NH_2^+$
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.
 12. Ryohei Mizoue, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Molecular Assemblies and Physical Properties of Oligothiophenedicarboxamide Derivatives
KJF-International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOME2022), August 31 - September 3, 2022, Jeju island, Korea.
 13. Akari Hayashi, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Phase Transition Behaviors and Temperature Dependent Thermal Conductivities of Fe(III) Schiff Base Spin Crossover Complexes
The 73rd Yamada Conference & Institute for Materials Research International Symposium, Sakura Hall, Sendai (Japan). 2022 10. 8-10.
 14. Tomoyuki Akutagawa, Haruka Abe, Ayumi Kawasaki, Takashi Takeda
Crystal Lattices of H₂O-Adsorption n-type Semiconductor of Anionic Naphthalenediimide
International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM 2022), Le Pouliguen (France), 22-26, September 2022.
 15. Ayumi Kawasaki, Haruka Abe, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa
Crystal Lattice Design of H₂O-Tolerant n-type Semiconducting Anionic Naphthalenediimide Salts

- 8h Asian Conference of Coordination Chemistry, 2022 8.7-10. Online
16. Genki Saito, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa
Molecular Assembly Structures and Physical Properties of π -expanded Tetrathienylene Derivatives
International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC KK), Kota Kinabalu Malaysia
2022 11. 22-27 Oral Talk
 17. Chisato Satoa, Kohei Sambea, Takashi Takedaa, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa
Cation Exchange Effect for Molecular Dynamics and Proton Conductivity of Chiral Camphorsulfonate Salts
International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC KK), Kota Kinabalu Malaysia
2022 11. 22-27
 18. Tomoyuki Akutagawa
Functional Supramolecular Materials based on Dynamic Molecular Assembly
1st Tohoku-Bordeaux-Geneva universities Joint Workshop, Tohoku University (2022 11.11)
 19. T. Akutagawa, T. Takeda
Dynamic hydrogen-bonded organic assemblies for functional materials
東北大学－台北科技大 オンラインジョイントシンポジウム 2022、オンライン(2022 11.28)
 20. Ryo Ide, Takashi Takeda, Norihisa Hoshino, Wakana Matsuda, Shu Seki, Tomoyuki Akutagawa
Crystal Structure and Physical Properties of Naphthalenediimide Derivatives with Flexible Anionic Side Chains
東北大学－台北科技大 オンラインジョイントシンポジウム 2022、オンライン(2022 11.28)
 21. Genki Saito, Takashi Takeda, Tomoyuki Akutagawa
Hydrogen-bonded organic Framework consisting of π -expanded tetrathienylenehe
China-Japan Bilateral Symposium on Material Science 2022 Dec. 7, 2022 (On-site at Kochi University)

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。2023年の研究活動としては、以下のように概括される。

1. マイクロプリンターナノインプリントを組み合わせたナノ造形法の開発

UV-NIL では、モールド(鋳型)により UV 硬化レジストの成形体を基板表面に配置し、成形体マスクを介して基板表面にナノ造形を転写する。従来のスピン塗布ではレジスト成形体の残膜厚みがモールド凹構造の粗密により不均一となる課題があった。本工法では、レーザー加工孔版による光硬化性液体の位置選択的な定量配置で不均一化の問題の解消を目指している(図 1)。

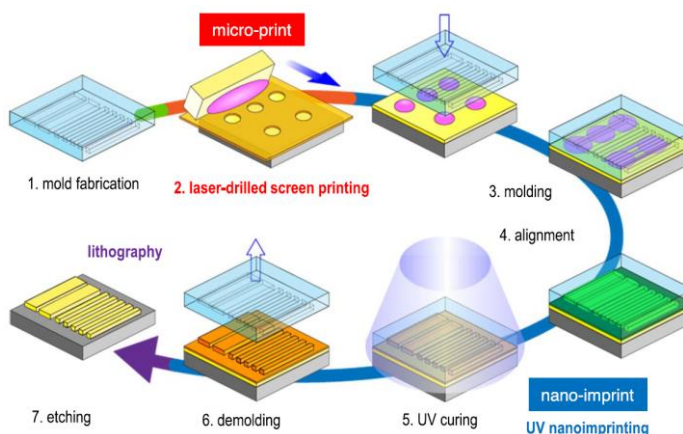


Fig. 1. Schematic illustration of the micro-print and nano-imprint method that combines laser-drilled screen printing and UV-NIL.

超短パルスレーザー照射によりポリイミドフィルムに貫通孔を形成させ、繰り返し周波数の調節により孔径を制御した。このレーザー加工孔版により、粘度 0.1~260 Pa s の光硬化性液体の取扱が可能となった。蛍光色素を含有させたレジスト成形体の蛍光顕微鏡観察から、残膜厚の均一化が認められた。本工法を用いて、実際にメタ表面として期待されるシリコンなどの誘電体や金などのプラズモン金属のナノ構造の作製を論証した。

2. 超ワイドバンドギャップ半導体である酸化ガリウムを用いた強結合下での可視光応答性水分解反応

酸化ガリウム (Ga_2O_3) は一般に 4~5 eV 程度と極めて広いバンドギャップを有し、

次世代のパワーデバイスの基材として囑望されている。これを光触媒に転用すれば、その負な伝導体電位によって高効率な還元反応が進行するため、 Ga_2O_3 を用いた二酸化炭素などの還元反応が報告されている。一方、 Ga_2O_3 は原理的にごく短波長の深紫外光しか利用でき

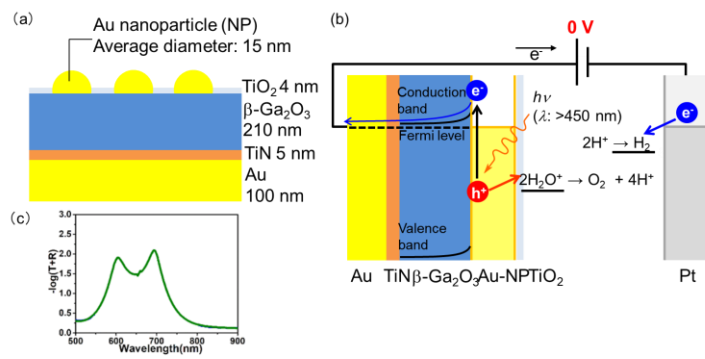


Fig. 2. Schematic (a), energy diagram (b), and absorption spectrum (c) of Ga_2O_3 strong coupling electrode.

ず、太陽光エネルギー変換の観点からは実用的でない。本研究ではこのジレンマを解決すべく、酸化ガリウム薄膜を窒化チタン／金反射層の上に成膜し、その上に金ナノ粒子を担持し、数 nm の酸化チタン層で被覆することで強結合 Ga_2O_3 電極を作製した(図2)。その結果、局在プラズモンと薄膜共振器との強結合に基づき、550~750 nm の広範囲な可視光域で高効率な光吸収を達成した。さらに、該当電極にゼロバイアス下で可視光を照射したところ、水の分解反応が進行することが明らかとなった。

3. 光ナノインプリントにおけるモールドと基板の原子スケール超精密位置合わせ法の提案

UV-NIL による精密 3 次元積層体の作製には、成形体の型となるモールドと基板との精密な位置ずれ検出・位置合わせ技術が必須である。従来、基板とモールドの各々の表面に配置した異なる周期の棒状配列体のアライメントマークを重ね合わせて生じるモアレ縞から、微小な位置ずれを拡大して光学的に検出する方法が採用されてきた。位置合わせ工程でモールド／基板間での紫外線硬化性液体の屈折率整合により光学検出が困難となる問題やモアレ縞の長周期化に伴うマーク領域の面積の増大の問題が

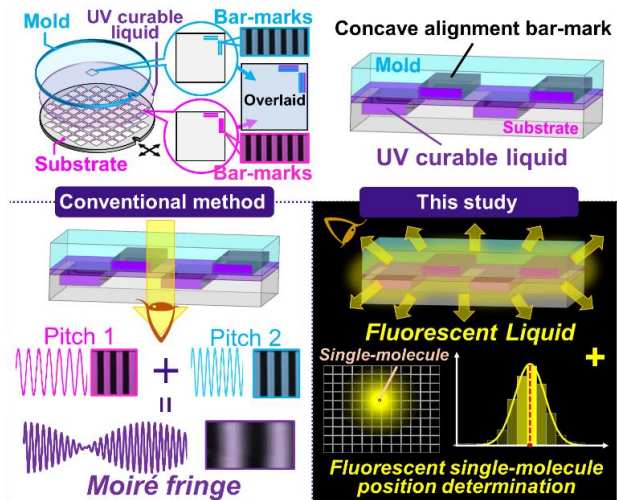


Fig. 3. Comparison between conventional and our methods for precise detection of the misalignment between a mold and a substrate.

あった。本研究では、凹型マークに充填された可視蛍光を呈する紫外線硬化液体からの蛍光を検出し、単一蛍光分子追跡における分子位置決定の原理に周期構造による積算効果を応用することで新たな位置ずれ検出法を考案した(図3)。サブ 10 nm スケールにあった従来の位置ずれ検出能を改善し、シミュレーションにより原子スケールの超精密位置合わせ技術になる可能性を示した。

【研究業績一覧】

発表論文 (10 報)

1. Kohei Chiba, Masaru Nakagawa*
“Nondestructive X-ray reflectivity analysis of Al distributions of ultraviolet-cured spin-coated resist films hybridized with trimethylaluminum”
J. Vac. Sci. Technol. B, **40**, 032601 [1-10] (2022)
DOI:10.1116/6.0001747
2. Masaru Nakagawa*
“Micro-print and nano-imprint methods combining laser-drilled screen printing and ultraviolet nanoimprint lithography: a review”
Jpn. J. Appl. Phys., **61**, SD0805 [1-9] (2022)
DOI:10.35848/1347-4065/ac575f
3. Tomoya Yamazaki*, Hiromasa Niinomi, Yuki Kimura
“Feasibility of control of particle assembly by dielectrophoresis in liquid-cell transmission electron microscopy”
Microscopy, **71**, 231-237 (2022)
DOI: 10.1093/jmicro/dfac021
4. Hiromasa Niinomi*, Akira Kouch, Tetsuya Hama, Hiroki Nada, Tomoya Yamazaki, Yuki Kimura*
“Low- and High-Density Unknown Waters at Ice–Water Interfaces”
J. Phys. Chem. Lett., **13**, 4251-4256 (2022)
DOI: 10.1021/acs.jpcclett.2c00660
5. Jun Nozawa*, Satoshi Uda, Hiromasa Niinomi, Junpei Okada, Kozo Fujiwara
“Heteroepitaxial Growth of Colloidal Crystals: Growth Mode Dependence on the Interparticle Interactions and Lattice Spacing”
J. Phys. Chem. Lett., **13**, 6995-7000 (2022)
DOI: 10.1021/acs.jpcclett.2c01707
6. Tomoya Yamazaki*, Hiromasa Niinomi, Hiroyasu Katsuno, Hooman Hosseinkhannazer, Eric Daigle, Yuki Kimura
“Is dielectrophoresis effective for increasing local concentration of particles in liquid-cell transmission electron microscopy?”
Microsc. Microanal., **28**, 1934-1936 (2022)
DOI: 10.1017/S1431927622007565
7. Hiromasa Niinomi*, Subaru Harada, Toshiaki Hayakawa, Masaru Nakagawa*
“Fluorescence Alignment Simulation for Atomic-Scale Position Adjustment in Ultraviolet Nanoimprint Lithography”
J. Vac. Sci. Technol. B, **40**, 062602 [1-9] (2022)

DOI: 10.1116/6.0002099

8. Yaguang Wang, Xu Shi, Tomoya Oshikiri, Hirosaki Misawa*
“Improved water splitting efficiency of Au-NP-loaded Ga₂O₃ thin films in the visible region under strong coupling conditions”
Nanoscale Adv., **5**, 119-123 (2022)
DOI: 10.1039/D2NA00768A
9. Kanta Kawasaki, Rie Shishido, Hiromasa Niinomi, Akiko Onuma, Masaru Nakagawa*
“Photo-oxidative degradation of fluorinated chemisorbed monolayers studied by contact angle measurements and time-of-flight secondary ion mass spectrometry”
Jpn. J. Appl. Phys., **62**, SG1009 [1-7] (2023)
DOI: 10.35848/1347-4065/acb55b
10. Masaru Nakagawa*, Kanta Kawasaki, Akiko Onuma, Hiromasa Niinomi
“Selecting adhesive molecular layers with matched surface free energy and chemisorption for shape-fixed UV-cured thin films fabricated by laser-drilled screen printing and UV nanoimprinting”
Jpn. J. Appl. Phys., **62**, SG1010[1-10] (2023)
DOI: 10.35848/1347-4065/acb55c

著書・解説記事

1. 中川 勝
“ナノインプリントにおける離型処理技術”
月間トライボロジー, (1), 25-29 (2022)
2. 中川 勝
“レーザー加工印刷を新機軸としたナノインプリント技術 Micro-print and Nano-imprint 法”
クリーンテクノロジー, (10), 66-72 (2022)
3. Akira Kouchi, Takashi Shimonishi, Tomoya Yamazaki, Masashi Tsuge, Naoki Nakatani, Kenji Furuya, Hiromasa Niinomi, Yasuhiro Oba, Tetsuya Hama, Hiroyasu Katsuno, Naoki Watanabe, Yuki Kimura
Chiral Ice Crystals in Space: Chirality - New Insights, edited by T. Akitsu (IntechOpen, London, 2022) p. 1-20.
DOI: 10.5772/intechopen.106708
4. 新家 寛正
“高圧下非平衡氷／水界面における低密度・高密度な 2 種類の“未知の水”の発見—水の異常物性を説明する“2 種類の水”仮説の検証に新たな道—”
自動車技術, **77**, 128-129 (2023)
5. 新家 寛正
“キラリティ増強近接場によるキラル結晶化制御”

特許

申請件数 7 件

(PCT 1, 台湾 1, 大韓民国 1, ヨーロッパ特許庁 1, 中華人民共和国 1, 日本 1, アメリカ合衆国 1)

公開件数 7 件

登録件数 4 件

(公開)

1. 特開 2022-24430 (2022.2.9)

防食コーティング用光硬化性組成物およびその硬化被膜

サンアプロ株式会社, 国立大学法人東北大学, ニチコン株式会社

北野匡章, 木村秀基, 白石篤志, 中川勝, 伊東駿也, 中坊徹

2. 特開 2022-24431 (2022.2.9)

電解コンデンサ用電極箔およびその製造方法

ニチコン株式会社, サンアプロ株式会社, 国立大学法人東北大学

壺井祐樹, 中坊徹, 北野匡章, 木村秀基, 白石篤志, 中川勝, 伊東駿也

3. 台湾 202213137 (2022.4.1)

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

安藤雅郎, 山崎裕之, 竹内正樹, 中川勝, 伊東駿也

4. WO2022/070330 (2022.4.7)

高耐熱性合金ナノ粒子溶液

国立大学法人東北大学

中村貴宏, 中川勝, 早川俊昭

5. WO2022/70551 (2022.4.7)

発電素子、発電装置、電子機器、及び発電素子の製造方法

株式会社 GCE インスティテュート, 国立大学法人東北大学

安田拓夫, 中川勝, 中村貴宏, 早川俊昭

6. 特開 2022-56772 (2022.4.11)

発電素子、発電装置、電子機器、及び発電素子の製造方法

株式会社 GCE インスティテュート, 国立大学法人東北大学

安田拓夫, 中川勝, 中村貴宏, 早川俊昭

7. 台湾 202232875 (2022.8.16)
発電素子、発電装置、電子機器、及び発電素子の製造方法
株式会社 GCE インスティテュート、国立大学法人東北大学
安田拓夫、中川勝、中村貴宏、早川俊昭

(登録)

1. 特許第 6989764 号(2021.12.7)
インプリント装置、インプリント装置の運転方法及びデバイスの製造方法
旭化成エンジニアリング株式会社、国立大学法人東北大学、興研株式会社
原巧、佐藤永治、木口屋秀成、中川勝、鈴木剛人、佐藤卓広、草野大
2. 特許第 7023391 号(2022.2.10)
パターン形成方法、凹凸構造体の製造方法及びレプリカモールドの製造方法
大日本印刷、国立大学法人東北大学
伊藤公夫、小田博和、大川泰央、法元盛久、須向一行、中川勝
3. 特許第 7082694 号(2022.5.31)
パターン形成方法、凹凸構造体の製造方法及びレプリカモールドの製造方法
大日本印刷、国立大学法人東北大学
小田博和、大川泰央、飯村慶太、法元盛久、須向一行、中川勝
4. 特許第 7198548 号(2022.12.21)
高耐熱性合金ナノ粒子溶液
国立大学法人東北大学
中村貴宏、中川勝、早川俊昭

新聞等広報

1. “水/氷の界面に 2 種目の"未知の水"を発見! 水の異常物性を説明する"2 種類の水"
仮説の検証に新たな道”
日本経済新聞電子版、マイナビニュース Tech+ 他 (2022.5.12)

受賞等、特記事項

1. 押切 友也
プラズモン-ナノ共振器モード強結合下での光カソード上でのホットホール注入
を伴う水素発生
第 2 回プラズモニク化学研究会 若手奨励賞・最優秀賞 (2022.3.18)
2. 吉田 健 (M2)
光硬化性微小液滴の平板押印成形体の蛍光顕微鏡観察
第 71 回高分子学会 優秀ポスター賞 (2022.9.7)
3. Kanta Kawasaki (M2)
Selection of adhesive molecular layers with monomer-repellence and chemisorption for a

shape-fixed residual layer in UV nanoimprint lithography

NNT2022 Student Poster Award for Impressive Poster Award (2022.10.7)

4. 新家 寛正

キラリティ増強近接場によるキラル結晶化制御

第28回青葉工学研究奨励賞 (2022.12.9)

5. 新家 寛正

シリコンナノ構造体の Mie 共鳴キラル近接場によるキラル分子結晶化制御

小澤・吉川記念賞 (2022.3.23)

学会発表 国際会議 12 件 (うち、招待 2 件)、国内会議 21 件 (うち、招待 3 件)

国内学会

(招待講演)

1. 中川 勝

ナノリソグラフィで鍵を握る界面機能分子制御

高分子講演会 (東海) 「高分子の界面制御と機能化」, オンライン (2022.7.22)

2. 中川 勝

レーザー加工孔版印刷・蛍光アライメント・ハイブリッド化レジストを用いたナノインプリント技術

応用物理学会 次世代リソグラフィ技術研究会 NGL ワークショップ 2022, オンライン (2022.7.7-8)

3. 新家 寛正

キラリティ増強近接場によるキラル結晶化制御

青葉工學振興賞等受賞者講演会, 仙台 (2022.12.15)

(一般講演)

1. 山崎 智也, 新家 寛正, 勝野 弘康, 木村 勇気

誘電泳動による粒子挙動の溶液 TEM その場観察

日本顕微鏡学会第78回学術講演会, 郡山 (2022.5.11-13)

2. 新家 寛正, 香内 晃, 羽馬 哲也, 灘 浩樹, 山崎 智也, 木村 勇気

高圧下で成長・融解する氷/水界面に見出された低・高密度な未知の水

日本地球惑星科学連合大会 2022 年大会, 千葉 (2022.5.21-26)

3. 山崎 智也, 新家 寛正, 勝野 弘康, 木村 勇気

溶液セル透過型電子顕微鏡法におけるサブミクロンサイズの粒子の誘電泳動

日本地球惑星科学連合大会 2022 年大会, 千葉 (2022.5.21-26)

4. 野澤 純, 新家 寛正, 岡田 純平, 宇田 聡

コロイド結晶のヘテロエピタキシャル成長メカニズム

日本地球惑星科学連合大会 2022 年大会, 千葉 (2022.5.21-26)

5. 中川 勝, 大沼 晶子, 新家 寛正, 伊藤 伸太郎, 福澤 健二, 浅野 俊哉
一桁ナノ造形に向けた孤立印刷配置されたサブピコリットル光硬化性液滴の押力
延展の検討
第71回高分子討論会, 札幌 (2022.9.5-7)
6. 吉田 健, 大沼 晶子, 新家 寛正, 中川 勝
光硬化性微小液滴の平板押印成形体の蛍光顕微鏡観察
第71回高分子討論会, 札幌 (2022.9.5-7)
7. 川崎 貫太, 宍戸 理恵, 新家 寛正, 大沼 晶子, 中川 勝
フッ素含有自己組織化単分子膜の光酸素酸化におけるUVオゾン照射と真空UV照
射の違い
第71回高分子討論会, 札幌 (2022.9.5-7)
8. 服部 誉聖夫, 石 旭, 押切 友也, 三澤 弘明
Plasmonic nanoparticles decorated photocathode under modal coupling condition
2022年光化学討論会, 京都 (2022.9.13-15)
9. 菅浪 誉騎, 押切 友也, 三友 秀之, 石 旭, 松尾 保孝, 居城 邦治, 三澤 弘明
Surface-enhanced Raman Scattering Using Modal Ultrastrong Coupling Between
Close-packed Gold Nanoparticles and Nano Cavity
2022年光化学討論会, 京都 (2022.9.13-15)
10. 荒木 魁, 押切 友也, 石 旭, 服部 誉聖夫, 三澤 弘明
アルミニウムナノディスクを用いたモード強結合条件下における電子移動過程の
観測
2022年光化学討論会, 京都 (2022.9.13-15)
11. En Cao, 石 旭, 服部 誉聖夫, 押切 友也, 孫 泉, 三澤 弘明
Improve Charge Transfer under Strong Coupling Conditions via Interfacial Modulation
2022年光化学討論会, 京都 (2022.9.13-15)
12. 新家 寛正, 山崎 智也, 灘 浩樹, 羽馬 哲也, 香内 晃, 押切 友也, 中川 勝, 木村
勇氣
高圧下で成長する氷V/水界面に生成する未知の水のダイナミクス
第51回結晶成長国内会議, 広島 (2022.10.31-11.2)
13. 山崎 智也, 新家 寛正, 石塚 紳之介, 森 章一, 斎藤 史明, 木村 勇氣
環境セルを用いた新しい透過型電子顕微鏡法開発のための装置作製
北海道大学低温科学研究所技術部報告会, 札幌 (2022.12.2)
14. 新家 寛正, An-Chieh Cheng, 杉山 輝樹, 田川 美穂, 吉川 洋史, 宇田 聡, 押切 友
也, 中川 勝
キラル結晶化に巨大な鏡像異性体過剰を誘起するプラズモン構造体におけるキラ
ル近接場の数値解析
第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台 (2022.12.8-9)

15. 手塚 隆博, 押切 友也, 新家 寛正, 三澤 弘明, 中川 勝
 ファブリ・ペローナノ共振器形成に適した酸化ニッケル薄膜の成膜法の検討
 第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 仙台(2022.12.8-9)
16. 加藤 剛史, 福澤 健二, 東 直輝, 伊藤 伸太郎, 張 賀東, 中川 勝, 縄田 亮, 関 淳一, 浅野 俊哉
 垂直観測型エリプソメトリー顕微鏡によるナノ閉じ込めされた液体のせん断特性の定量化
 情報・知能・精密機器部門講演会 IIP2023, 北九州 (2023.3.6-7)
17. 押切 友也, 手塚 隆博, 荒木 魁, 新家 寛正, 松尾 保孝, 三澤 弘明, 中川 勝
 光カソード型ナノ共振器特性における酸化ニッケルの効果
 第70回応用物理学会 春季学術講演会, 東京 (2023.3.15-18)
18. 高野 修綺, 新家 寛正, 森田 伊織, 後藤 和泰, 押切 友也, 中川 勝
 UV ナノインプリントリソグラフィによるシリコンナノディスク配列体の作製
 第70回応用物理学会 春季学術講演会, 東京 (2023.3.15-18)

国際会議

(招待講演)

1. Hiromasa Niinomi
 Nanostructured Plasmonic Metasurface Gives a “Hand” to Chiral Self-Assembly
 Photomask Japan 2022 (PMJ 2022), online (2022.4.26-28)
2. Tomoya Oshikiri, Shi Xu, Masaru Nakagawa, Hiroaki Misawa
 Efficient hot-hole transfer on metal/semiconductor interface under modal strong coupling condition
 The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO13), Sapporo, Japan (2022.7.29-31)

(一般講演)

1. Hiromasa Niinomi, Subaru Harada, Toshiaki Hayakawa, Masaru Nakagawa
 Fluorescence Alignment for Atomic-Scale Position Adjustment in Ultraviolet Nanoimprint Lithography
 The 65th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication (EIPBN 2022), New Orleans, USA (2022.5.31- 6.3)
2. Tomoya Yamazaki, Hiromasa Niinomi, Hiroyasu Katsuno, Hooman Hosseinkhannazer, Eric Daigle, Yuki Kimura
 Is dielectrophoresis effective for increasing local concentration of particles in liquid cell transmission electron microscopy?

- Microscopy and Microanalysis 2022 (M&M 2022), Portland, USA (2022.7.31-8.4)
3. Yoshiki Suganami, Tomoya Oshikiri, Hideyuki Mitomo, Xu Shi, Yasutaka Matsuo, Kuniharu Ijro, Hiroaki Misawa
Surface-enhanced Raman Scattering under Modal Ultrastrong Coupling Conditions Using Gold Nanoparticle superlattice monolayer and Fabry– Pérot Nanocavities, The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO13), Sapporo, Japan (2022.7.29-31)
 4. Yen-En Liu, Xu Shi, Tomoya Oshikiri, Yuji Sunaba, Keiji Sasaki, Hiroaki Misawa
Enhancement of hot electron transfer by coherent interaction between plasmonic nanoparticles under modal strong coupling conditions
The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO13), Sapporo, Japan (2022.7. 29-31)
 5. Hiromasa Niinomi, An-Chieh Cheng, Teruki Sugiyama, Miho Tagawa, Hiroshi Yoshikawa, Satoshi Uda, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
Chiral Crystallization Directed by Chiral Near-Field Force with Nanostructured Plasmonic Metasurfaces
Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference 2022 (NNT 2022), Toyama, Japan (2022.10.5-7)
 6. Hiromasa Niinomi, Subaru Harada, Toshiaki Hayakawa, Masaru Nakagawa
Atom-scale-precision fluorescence alignment demonstrated by computational simulation
Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference 2022 (NNT 2022), Toyama, Japan (2022.10.5-7)
 7. Tomoya Oshikiri, Shi Xu, Hiroaki Misawa, Masaru Nakagawa
Nanofabrication of metal/semiconductor/metal structure for efficient photocathode under strong coupling condition
Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference 2022 (NNT 2022), Toyama, Japan (2022.10.5-7)
 8. Kanta Kawasaki, Akiko Onuma, Hiromasa Niinomi, Masaru Nakagawa
Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference 2022 (NNT 2022) , Toyama, Japan (2022.10.5-7)
 9. Kanta Kawasaki, Hiromasa Niinomi, Akiko Onuma, Masaru Nakagawa
Micro-print and nano-imprint method using adhesive molecular layers with low surface-free-energy and chemisorption for a shape-fixed residual layer in UV nanoimprint lithography
35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2022), Tokushima, Japan (2022.11.8-11)
 10. Kanta Kawasaki, Rie Shishido, Hiromasa Niinomi, Akiko Onuma, Masaru Nakagawa

Photo-oxidative decomposition of a fluorinated antisticking molecular layer monitored by contact angle measurements and time of flight secondary ion mass spectrometry
35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2022),
Tokushima, Japan (2022.11.8-11)

その他

該当なし

有機・バイオナノ材料研究分野

教員構成：笠井 均（教授）、小関 良卓（助教）、Anh T. N. Dao（助教）、
鈴木 龍樹（助教）、有田 稔彦（助教）

【活動報告】

本研究分野では、ドラッグデリバリーシステムの新しい概念としてナノ・プロドラッグ(NPs)を提唱し、分子デザインとナノ粒子作製プロセスの最適化、薬理効果の検証を行っている。また、バイオマス資源の積極的な利用を目指し、高付加価値な化合物への変換を検討した。2022年の研究活動としては、以下のように概括される。

1. 抗がん剤の副作用を軽減させることを目的としたナノ・プロドラッグの開発

ナノ粒子 (NP) を用いたドラッグデリバリーは、化学療法薬の治療効率を高め、重篤な副作用の緩和が期待されている。10~200 nm にサイズ制御されたナノ粒子は、enhanced permeability and retention (EPR) 効果により、腫瘍近傍に選択的に集積する。我々は、これまでに、強力な抗がん作用を持つ天然のトポイソメラーゼ II 阻害剤であるポドフィロトキシンを二量体化したプロドラッグ (PPTD-NP) について、キャリアフリーのプロドラッグ NP を作製している。しかし、PPTD-NP は生体内においてコロイドの分散安定性が低いため、生体実験への応用には課題があった。そこで、NP の分散安定性を向上するため、安定剤として高い生体適合性と低毒性で知られるポリエチレングリコール (PEG) によりナノ粒子を表面修飾を検討した。一般的に、PEG と NP の表面修飾は、粒子表面にある官能基を化学結合にさせることで表面修飾される。しかし、PPTD-NP は、粒子表面に明確な官能基を持たないため、物理吸着により表面修飾をする必要があった。そこで本研究では、PEG と疎水性の蛍光剤 BODIPY FL を結合させ、PEG-BODIPY (PB) を合成した。疎水性の BODIPY FL は、疎水性-疎水性相互作用を介して疎水性表面をもつ PPTD-NP に吸着することが可能である。また、BODIPY FL は強く発光するため、ナノ粒子の細胞イメージングへの応用も期待できる。以上より、本研究では、PB で表面修飾した PPTD-NP (PB@PPTD-NP) を作製し、分散安定性と抗がん作用の評価および細胞イメージングへ応用を行った。

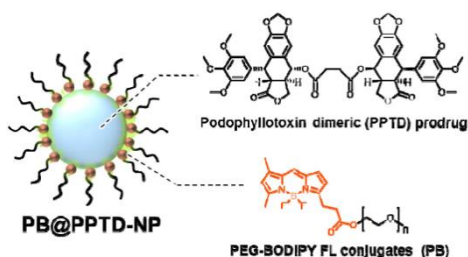


図. PB@PPTD-NP の構造

PB の合成は、異なる分子量の PEG（分子量：2k, 5k, 10k）について行い、¹H NMR、吸収スペクトル、発光スペクトルの評価から、それぞれ合成できたことを確認した。以降、異なる分子量をもつ PB をそれぞれ、PBnK (n=2, 5, 10) と呼ぶ。続いて、PB@PPTD-NP は、PPTD と合成した PEG の DMSO 混合溶液を水中に注入することで再沈澱させ得た。いずれも、PB の濃度は臨界ミセル濃度よりも低いため、PB だけの粒子は観察されてなかった。いずれの PBnK においても、PB の濃度を PPTD に対し 30 wt% 以上にするすることで、良好な分散安定性を示した。しかし、PB 濃度を 10 wt% にした際には、PB5K 及 PB10K では凝集が生じた。これは、PB 中の BODIPY FL の割合が相対的に下がり、ナ

ノ粒子表面への相互作用が弱くなるためと考察した。実際、BODIPY FL を持たない PB について同様にナノ粒子化を検討したところ、粒子は直ちに凝集した。これは、PPTD-NP 表面への PB の吸着には疎水性の BODIPY FL が必要であることを示している。また、生理食塩水 (0.9%NaCl 溶液) 中への分散を検討したところ、PB5K と PB10K を濃度 100 wt% 以上で添加した場合でのみ良好に分散安定性が得られた。生体環境中における NP の凝集を防ぐためには PEG による十分な被覆量が必要であるという知見と一致する結果となった。

続いて、PB@PPTD-NP について A549 (ヒト肺ガン細胞) を用いて細胞増殖抑制試験を行った。PB@PPTD-NP は、臨床的に使用されている PPT の水溶性プロドラッグであるエトポシドと比較して、有意に高い細胞毒性を示した。PB のみで検討した場合、高い生存率を示したことから、PB@PPTD-NP では PPTD-NP から薬剤が放出されたことを示している。また、マウス血清中において薬剤の放出量を評価したところ、PB の修飾によらず PPT の放出速度に大きな変化は見られなかった。すなわち、PPTD-NP の PB による表面修飾は、NP の抗がん作用効率に影響を与えないことがわかった。

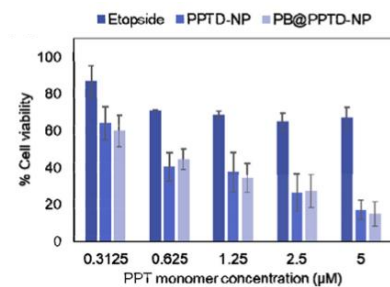
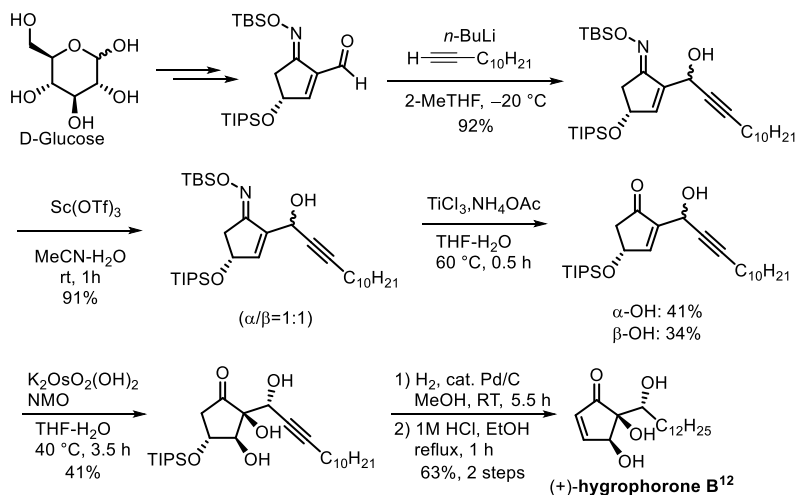


図. 細胞毒性評価

さらに、PB@PPTD-NP と共に培養した A549 細胞を共焦点レーザー顕微鏡で観察したところ、培養から 24 時間後にはがん細胞内で強い BODIPY FL 蛍光シグナルが観察され、さらに 48 時間後には細胞内のナノ粒子量が有意に増加した。この結果から、蛍光を示す PB を用いて PPTD-NP の表面修飾を施すことで、細胞内の薬物ナノ粒子のイメージングが可能であることがわかった。

2. バイオマスの高度利用化に向けた検討

近年、薬剤耐性菌 (AMR) の出現率が増加傾向にあり、新しい抗菌剤の開発が強く求められている。自然界から発見された炭素五員環骨格を持つハイグロホロン類は、キノコの一つである *Hygrophorus* 属から単離された化合物であり、新しい抗菌剤のリード化合物として注目されている。本研究では、D-グルコースから数工程で炭素五員環を構築し、アルキン付加により側鎖を導入後、二段階の反応によるオキシム除去、ジヒドロキシ化、水素添加による還元、酸性条件によるエノンの形成を経ることで、ハイグロホロン類の一つであるハイグロホロン B¹² の全合成を達成した。同化合物を用いて、薬剤感受性菌を用いた抗菌活性試験を行った結果、メシチリン耐性黄色ブドウ球菌 (MRSA) などのグラム陽性菌に対して非常に強力な抗菌作用を示すことが明らかとなった。



【研究業績一覧】

発表論文 (8報)

1. W. Ito-Washiyama, T. Onodera, M. Ageishi, R. Sato, B. Zhang, S. Kato, A. Masuhara, H. Kasai, H. Mamiya, H. Jinnai, Y. Takeda, H. Oikawa
Structural Correlations of the Nonlinear Optical Response in Polydiacetylene Nanotubes Hybridized with Gold Nanoparticles
J. Phys. Chem. C, **126**, 5, 2763–2771 (2022).
2. H. Nakatsuji, T. Kamishima, T. Nonaka, Y. Koseki, H. Kasai
Conversion of 2,5-Bis(hydroxymethyl)furan to Highly Oxidized Cyclopentenones under Catalyst-Free Condition in Water
Chem. Lett., **51**, 497–499 (2022).
3. F. Taemaitree, M. Tamada, Y. Koseki, T. Onodera, H. Oikawa, H. Kasai
Polymeric functionalization of podophyllotoxin carrier-free drug nanoparticles for enhancing bioavailability and in vitro cellular imaging
Mol. Cryst. Liq. Cryst., **743**, 89–95 (2022).
4. K. Maruoka, Y. Koseki, A. T. N. Dao, R. Suzuki, A. Batbayer, N. Sugeno, H. Umezawa, H. Kasai
Design of guaiazulene derivatives-conjugated podophyllotoxin nano-prodrug toward anticancer drug deliver
Mol. Cryst. Liq. Cryst., **744**, 100–108 (2022).5.
5. T. Kamishima, M. Suzuki, K. Narita, Y. Koseki, T. Nonaka, H. Nakatsuji, H. Hattori, H. Kasai
Total synthesis and antimicrobial evaluation of (+)-hygrophorone B¹² and its analogues
Sci. Rep., **12**, 7471 (2022).
6. K. Maruoka, T. Kamishima, Y. Koseki, R. Suzuki, A. T. N. Dao, T. Murafuji, H. Kasai
Versatile Conversions of Substituents in Guaiazulene: Synthesis of Carboxylic Acid Derivatives with Controlled Regiospecific Reactivities
Bull. Chem. Soc. Jpn., **95**, 1169–1177 (2022).
7. A. Shibata, Y. Koseki, K. Tanita, R. Suzuki, A. T. N. Dao, H. Kasai
Development of camptothecin nano-prodrugs based on trimethyl lock groups toward selective drug release in cancer cells
Tetrahedron Lett., **103**, 153989 (2022).
8. T. Kamishima, Y. Koseki, H. Nakatsuji, Sanjay Kumar, K. Tanita, H. Kasai
Ir-Catalysed Cascade Reaction Promotes the Formation of Geometrically Selective Enones from Bis-allyl Alcohols
Eur. J. Org. Chem., **43**, e202201002 (2022).

著書・解説記事

1. 鈴木龍樹、安原主馬、出口茂
完熟トマトはなぜあんなに赤い？カロテノイド微粒子の歪んだ現実
現代化学7月号 p37-39, (2022).

特許

申請件数 4 件
公開件数 1 件
登録件数 0 件

新聞等広報

1. 日本経済新聞「耐性菌に効果のある抗菌剤の簡便な合成方法を開発」 (2022年5月19日)

受賞等, 特記事項

1. 小関良卓
Development of prodrugs that selectively release drugs in cancer cells
第9回東北大学若手研究者アンサンブルワークショップ、優秀講演賞 (2022. 11. 22)
2. 楊孟衡
Injectable Silk Hydrogel-based Nanodrug Controlled Release for Local Tumor Therapy
VANJ Conference 2022、Excellent Young Researcher Award (2022. 11. 27)
3. 刘泰宇菲
Creation of hybrid Nanomedicine composed of Au and SN-38 Prodrugs towards Chemophotothermal Therapy
VANJ Conference 2022、Excellent Young Researcher Award (2022. 11. 27)
4. 刘泰宇菲
Creation of hybrid Nanomedicine composed of Au and SN-38 Prodrugs towards Chemophotothermal Therapy
VANJ Conference 2022、Best Poster Presentation Award (2022. 11. 27)
5. 楊孟衡
ナノ薬剤の担持・放出が可能なシルクタンパク質ハイドロゲルの創製
旗野奨学基金 第17回多元物質科学研究奨励賞 (2022. 12. 9)
6. 劉智翔
NIR 応答性ハイドロゲルに担持された薬剤ナノ粒子を用いた局所療法の開発
旗野奨学基金 第17回多元物質科学研究奨励賞 (2022. 12. 9)

学会発表 国内会議 23 件（うち、招待 2 件）、国際会議 10 件（うち、招待 3 件）

国内学会

（招待講演）

1. 鈴木龍樹, 丸岡清隆. Anh. T. N. Dao, 小関良卓, 笠井均
食用青色キノコに含まれるグアイアズレン誘導体の全合成および微粒子化
超異分野学会 山形フォーラム2022, 山形 (2022. 8. 20)
2. 小関良卓, 神島堯明, 笠井均
Synthesis of natural products from glucose via hydrothermal reaction
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)

（一般講演）

1. 柴田暁貴
Development of prodrug nanoparticles toward high cancer cell selectivity
第7回 FRIS/DIARE Joint Workshop, オンライン (2022. 8.1)
2. 楊孟衡
Creation of injectable silk hydrogel encapsulated nano-prodrugs for drug control release
第7回 FRIS/DIARE Joint Workshop, オンライン (2022. 8.1)
3. 上原満季, 小関良卓, 鈴木龍樹, ティゴックアンドオ, 笠井均
Development of Anticancer Prodrugs Selectively Activated by β -lactamase
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)
4. 楊孟衡, 小関良卓, 鈴木龍樹, ティゴックアンドオ, 笠井均
Development of injectable silk hydrogel loaded with nano-prodrugs for controllable drug release
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)
5. 笠井均
再沈法を用いたナノドラッグデリバリーの新戦略 New Strategy in Nano Drug
Delivery By The Reprecipitation Method
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)
6. 敷井武蔵, ファー サイテエーマイトリイ, ベアトリスフォルトゥーニ, 小関良卓,
ダオアンティンゴック, 鈴木龍樹, 雲林院宏, 笠井均
Liposomal modification of SN-38 Nano-Prodrugs and Evaluation of their Cellular Uptake
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)
7. 谷田恵太, 小関良卓, 鈴木龍樹, ティンゴックアンドオ, 笠井均
Fabrication of nano-prodrugs composed of SN-38 dimer that release drugs with high efficiency in cancer cells
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)

8. 劉智翔, 小関良卓, 鈴木龍樹, ティンゴックアンダオ, 笠井均
Development of nano-prodrug@hydrogel for locoregional therapy
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)
9. 程偉, 中辻博貴, 小関良卓, AnhDAO, 鈴木龍樹, 村上達也, 笠井均
疎水性プロドラッグナノ粒子の生体内安定性の向上を目指したアポリポタンパク質
(apo-AI)による修飾
令和4年度化学系学協会東北大会, 盛岡 (2022. 9. 17-18)
10. Mengheng Yang, Anh T. N. Dao, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, Hitoshi Kasai
Development of Injectable Silk Hydrogels for Targeted Delivery of Nanoprodrugs
2022年度高分子学会東北支部研究発表会, 山形 (2022. 11. 17-18)
11. Zhixiang Liu, Anh T. N. Dao, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, and Hitoshi Kasai
Development of Near-Infrared Light-Responsive Nano-Prodrug@Hydrogel for
Locoregional Cancer Therapy
2022年度高分子学会東北支部研究発表会, 山形 (2022. 11. 17-18)
12. Yoshitaka Koseki, Ken Saijo
Development of prodrugs that selectively release drugs in cancer cells
第9回東北大学若手アンサンブルワークショップ, 仙台 (2022.11.22)
13. 丸岡 清隆、鈴木龍樹、神島 堯明、小関 良卓、村藤 俊宏、笠井 均
アズレン骨格を有する食用キノコ由来有機色素の全合成
第37回有機合成化学若手研究者の仙台セミナー, 仙台 (2022. 12. 10)
14. 富永征宏、鈴木龍樹、小関良卓上、藤本裕、越水正典、笠井均
シンチレータ材料として利用する発光性亜鉛錯体ナノ粒子の作製
第70回応用物理学会春季学術講演会, 東京 (2023. 3. 15-18)
15. 數井武藏, ファー サイトエーマイトリイ, ベアトリスフォルトゥーニ, 小関良卓,
ダオアンティンゴック, 鈴木龍樹, 雲林院宏, 笠井均
ビオチン修飾リポソームにより被覆されたプロドラッグナノ粒子の作製およびその
能動的ターゲティング能の評価
日本化学会第103春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)
16. 柴田暁貴, 小関良卓, 谷田恵太, 鈴木龍樹, Anh Thi Ngoc Dao, 笠井均
がん細胞選択的な薬物放出性を指向したプロドラッグナノ粒子の創製
日本化学会第103春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)
17. 水谷 明日香, 柴田 暁貴, 谷田 恵太, 鈴木 龍樹, Anh Dao, 小関 良卓, 笠井 均
がん細胞内のグルタチオンにより選択的に活性化されるSN-38プロドラッグナノ粒
子の開発
日本化学会第103春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)

18. 清原桃花、小関良卓、鈴木龍樹、Anh T.N. Dao、笠井均
光照射により活性化されるSN-38プロドラッグの合成と抗がん活性評価
日本化学会第 103 春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)
19. 丸岡清隆、鈴木龍樹、神島堯明、小関良卓、村藤俊宏、笠井均
アズレン骨格を有する食用青色キノコ由来色素の全合成
日本化学会第 103 春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)
20. 小関良卓、上原満季、鈴木 龍樹、Anh T.N. Dao、笠井均
 β -ラクタマーゼにより活性化されるSN-38-セファロスポリン誘導体の合成と抗がん
活性評価
日本化学会第 103 春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)
21. Zhixiang Liu, Anh T. N. Dao, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, and Hitoshi Kasai
Development of near-Infrared light-responsive nano prodrug@hydrogel for locoregional
therapy
日本化学会第 103 春季年会(2023) (2023. 3. 22-25)

国際会議

(招待講演)

1. Hitoshi Kasai
Drug Delivery System Using Nano-Prodrugs as A New Strategy
KJF-ICOME2022, Online (2022. 8. 31-9.3)
2. Yoshitaka Koseki, Hitoshi Kasai
Development of SN-38 nano-prodrugs toward anticancer drug delivery
ICONO13 / ICOPE2022, Nara (2022. 11. 18-11)
3. Ryuju Suzuki
Carotenoid-based nanoparticles change their optical properties utilizing molecular distortion
ICPAC Kota Kinabalu, Online (2022. 11. 22-27)

(一般講演)

1. Ryuju Suzuki, Kazuma Yasuhara, Shigeru Deguchi
Effect Of Molecular Distortion On The Optical Properties Of Carotenoid-based
Nanoparticles
IACIS2022, Brisbane (2022. 6. 26-30)
2. Mitsuki Uehara, Yoshitaka Koseki, Ryuju Suzuki, Anh Thi Ngoc Dao, Hitoshi Kasai
Design and Synthesis of Anticancer Prodrugs Selectively Activated by β -Lactamase
Tohoku University 13th Chemistry Summer School (2022), Online (2022. 8. 18-19)

3. Keita Tanita, Mai Iijima, Yoshitaka Koseki, Kota Sato, Toru Nakazawa, Hitoshi Kasai
Fabrication of Anti-inflammatory Nano Eye-Drops Composed of Dexamethasone Prodrugs
KJF-ICOME2022, Online (2022. 8. 31-9.3)
4. Aki Shibata, Yoshitaka Koseki, Keita Tanita, Ryuju Suzuki, Anh Thi Ngoc Dao, Hitoshi Kasai
Effectively drug release from camptothecin nano-prodrugs with sterically hindered esters derived from tertiary hydroxy groups
KJF-ICOME2022, Online (2022. 8. 31-9.3)
5. Farsai Taemaitree, Beatrice Fortuni, Yoshitaka Koseki, Eduard Fron, Susana Rocha, Johan Hofkens, Hiroshi Uji-i, Tomoko Inose, Hitoshi Kasai
Investigation of intracellular dynamics using nano-prodrugs obtained by the reprecipitation method
ICONO13 / ICOPE2022, Online (2022. 11. 8-11)
6. Mengheng Yang, Anh Thi Ngoc Dao, Ryuju Suzuki, Yoshitaka Koseki, Hitoshi Kasai
Injectable Silk Hydrogel-based Nanodrug Controlled Release for Local Tumor Therapy
VANJ2022, Online (2022. 11. 26-27)
7. Taiyufei Liu, Anh Thi Ngoc Dao, Yoshitaka Koseki, Ryuju Suzuki, Hitoshi Kasai
Creation of Hybrid Nanomedicine composed of Au and SN-38 Prodrugs towards Chemophotothermal Therapy
VANJ Conference 2022, Online (2022. 11. 26-27)

その他

なし

令和四年度
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

令和四年度 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

「現実の化学反応が辿る経路の実験的観測に向けた時間分解原子運動量分光法の開発」
(鬼塚 侑樹)

「微粒子反応場計測を目指した電気力学天秤の開発」
(玄 大雄)

「デヒドロベンゾアヌレン誘導体の集積と機能化」
(武田 貴志)

「窒素置換構造を制御した炭素材料のボトムアップ合成」
(吉井 丈晴)

「プラズモン-ナノ共振器強結合光化学反応系におけるプラズモンナノ粒子の最適形状の探索」
(押切 友也)

「狭サイズ分布を有するナノ薬剤の作製手法の開発」
(鈴木 龍樹)

現実の化学反応が辿る経路の実験的観測に向けた

時間分解原子運動量分光法の開発

量子電子研究分野 鬼塚侑樹

物質を構成する原子は、絶対温度でさえ静止せず運動している。こうした運動が物質の機能性の起源である化学反応を支配している。しかし、実際に分子が辿る反応経路の同定は困難である。そこで我々は、電子-原子コンプトン散乱を用いて元素種ごとの分子内原子運動を直接観測する原子運動量分光と、時間分解分光を組み合わせることで、反応中に時々刻々と変化する原子運動のスナップショットを撮影する時間分解原子運動量分光の開発を目指している。

本プロジェクトでは、原子運動量分光を分子分光法として確立するために、二原子分子を対象とした原子運動量観測に要求される実験条件の策定[1]・量子化学に基づいた理論の開発[2]を行い本手法のポテンシャルの実証を行った。図1に一例として、実験で得られたHD分子中のHとD原子の運動量分布と、開発した理論予測の結果を示す。両原子の運動量分布は分布形状と強度に関して互いに満足いく一致を示し、理論予測とも矛盾しない。これは、本手法で元素種ごとの運動量分布が観測可能であることだけでなく、元素の存在比を決定する元素組成分析も可能であることを示している[3]。本成果は、*Physical Chemistry Chemical Physics*誌の2023 PCCP HOT Articlesへの選定や、日本経済新聞電子版に掲載されるなどの評価を受けた。現在は、こうした原子運動量分光の原理実証結果を踏まえ、本手法を分子分光法として確立するために、多原子分子への拡張も進めている。実験的には多原子分子への本手法の適用が可能であるが、多原子分子内の原子運動を予測する理論が存在しない。そこで、分子振動と回転における各構成原子の運動量分布を予測する理論定式化を行った[4]。これらの成果は、時間分解原子運動量分光実験で得られる運動量分布の解析に必要な道具立てを完備したことを意味する。

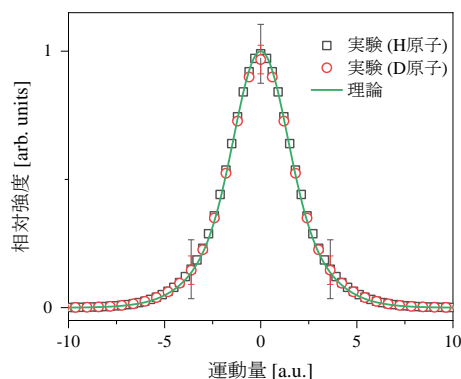


図1 HD分子内HとD原子の運動量分布の実験と理論の比較

参考文献

- [1] Y. Onitsuka, Y. Tachibana, M. Takahashi, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **24**, 19716 (2022).
- [2] Y. Tachibana, Y. Onitsuka, H. Kono, M. Takahashi, *Phys. Rev. A* **105**, 052813 (2022).
- [3] Y. Tachibana, Y. Onitsuka, S. Kanaya, H. Kono, M. Takahashi, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **25**, 6653 (2023).
- [4] S. Kanaya, Y. Onitsuka, Y. Tachibana, N. Watanabe, H. Kono, M. Takahashi, (*in preparation*)

微粒子反応場計測を目指した電気力学天秤の開発

ナノ・マイクロ計測化学研究分野 玄 大雄

微粒子中で起こる化学反応は、比表面積が大きい特殊な反応場であることから、バルク溶液中では起こりえない新たな反応を誘発する。微粒子中で起こる反応の速度定数は、バルク溶液に比べて $10^2 \sim 10^7$ 倍大きいことが実験的に観測されている (Wei et al. *Annu Rev Phys Chem* 2020)。この速度定数の増大は、気相-粒子界面での反応物の不完全な溶媒和が関与している可能性が指摘されているが、本質的な起源は未だ十分に理解されていない。申請者も同様に、大気微粒子中の反応は、雲粒(バルク溶液)中の反応に比べて劇的に速いことを発見してきたが (Gen et al., *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 2019)、その加速現象の起源までは解明できていない。微粒子を反応場とした反応機構に関して未解明な点が多いのは、微粒子中で起こる反応を大気圧下かつリアルタイムでその場測定する方法がなかったのが一因である。本提案では、微粒子を空中で保持できる電気力学天秤 (EDB) を開発し、微粒子中で起こる反応加速現象の起源を明らかにする。

本年度は、図1に示すような、電気力学天秤 (EDB) を開発した。EDB は微粒子を静電気力と重力の釣り合いにより空中にトラップし、大気中で起こる様々な環境変化を連続的に再現できる実験手法である。安定的に粒子をトラップするために重要な EDB の構成要素は、四重極型と円板型の電極を組み合わせた構造である。それぞれに交流 (AC) 電圧と直流 (DC) 電圧を印加し、粒子の水平方向と鉛直方向の動きを制御する。

本研究では、大気エアロゾルの主成分である塩化ナトリウムなどを含む水溶液を調整し、圧電素子を用いたディスペンサーを用いて半径数 μm 程度の液滴を発生した。発生した液滴は Induction plate を用いて帯電させ、EDB チャンバーに導入し、チャンバー内でトラップした。チャンバー内の相対湿度は湿潤空気と乾燥空気の混合により制御した。さらに、EDB に準弾性散乱法 (QELS) と非弾性散乱法 (Raman) を組み込み、微粒子の表面張力と組成を計測できるようにした。785nm のダイオードレーザーを用いて、QELS と Raman 測定を同時に行えるようにした。本成果は投稿中である。

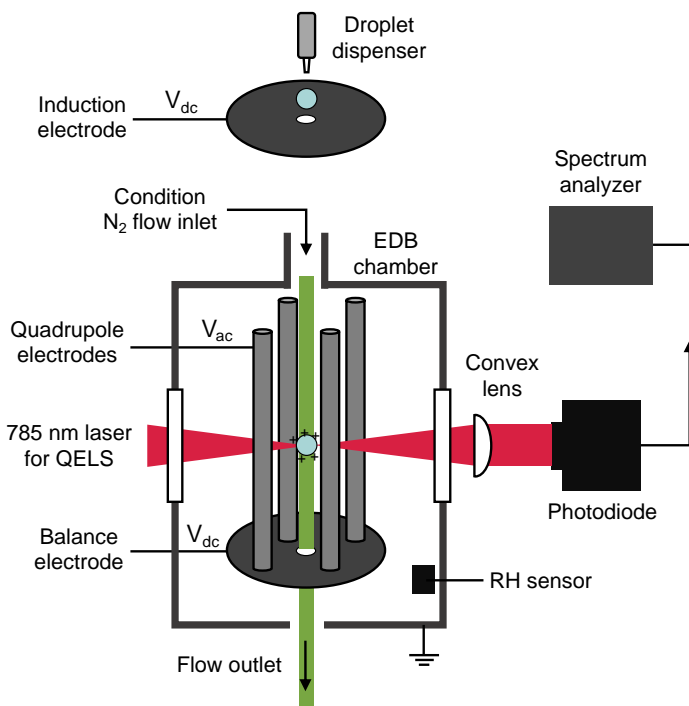


図1 開発した EDB

デヒドロベンゾアヌレン誘導体の集積と機能化

ハイブリッド材料創製研究分野 武田貴志

デヒドロベンゾアヌレン(DBA)は中央に π 電子雲で囲まれた空孔を有する π 共役化合物である。その特徴を活かした反応、遷移金属との錯形成、光学物性に関する研究がなされてきたが、分子集積やバルク物性発現の観点からは十分な検討が行われていない。

DBAを含む芳香族化合物の多くがヘリングボーン構造を形成することが知られている。一方、我々はDBAに適切な置換基を導入することでその構造を変調できることを明らかにしている¹。DBAを一次元に集積させることができれば、 π 電子雲に囲まれた一次元チャンネルが形成され、ソフトなイオンを輸送するユニークな材料が提唱できると考えた。本研究ではこのような観点からDBA類の集積と機能化に関する研究を行った。

本研究で検討した分子**1**はヘキサデヒドロトリベンゾ[12]アヌレン([12]DBA)にアルキルアミド基を3つ導入した化合物である。アレーンアルキルアミド類はアミド水素結合鎖形成に基づいた一次元集積構造を形成することが知られており²、DBAからなる一次元チャンネルが形成できるのではないかと考えた。合成は既知のトリアミノ[12]DBA**2**³をアルキルカルボン酸塩化物と反応させることで行った。

CDCl_3 における**1**の濃度依存¹H NMRスペクトルでは、アミドNHプロトンと隣接するベンゼン環上のプロトンが濃度上昇によりそれぞれ低磁場、高磁場シフトする様子が観測された。 CHCl_3 中のIRスペクトルではアミドNH伸縮が 3320 cm^{-1} に観測された。これらの結果は**1**がクロロホルム中で分子間アミド水素結合を形成していることを示している。上記の結果は**1**が凝集状態で一次元集積構造を形成することを期待させる。実際、**1**の粉末XRD測定を行ったところ、ヘキサゴナルカラムナー構造を指示する反射パターンが観測することができた。これに加え、**1**は一次元構造の絡み合いに基づくオルガノゲルを形成することを見出した。現在この分子の機能発現に関して検討を行っている。

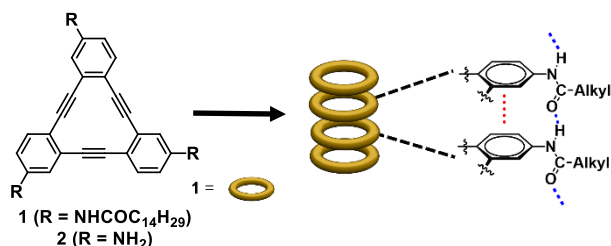


図1 分子**1**, **2**の構造式とその一次元集積構造

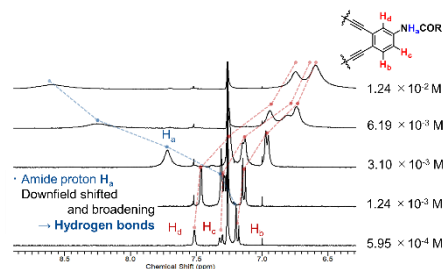


図2 CDCl_3 中の**1**の濃度依存¹H NMR

1. Y. Kasahara, I. Hisaki, T. Akutagawa, T. Takeda *Chem. Commun.* **2021**, 57, 5374.
2. T. Takeda, T. Akutagawa *Chem. Commun.* **2022**, 58, 11898.
3. M. Kiguchi, K. Tahara, Y. Takahashi, K. Hasui, Y. Tobe *Chem. Lett.* **2010**, 39, 788.

窒素置換構造を制御した炭素材料のボトムアップ合成

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野（西原研究室） 吉井 文晴

1. 背景と目的

窒素含有炭素材料は燃料電池のカソード電極反応（酸素還元反応）に活性を示すことから盛んに研究がなされている。本材料中には様々な形態の窒素種が混在しているが、これらの作り分けが困難であり、触媒活性種構造の特定に向けて作り分け手法の確立が求められている。我々は、重合可能部位を有する金属ポルフィリンを前駆体として金属含有炭素合成を行うと、熱処理過程で重合による3次元ネットワーク構造を形成し、炭素化収率が90 wt%程度と非常に高くなることを見出してきた^[1]。ここで、金属を有しないNH型のフリーベースポルフィリンの場合においても、ピロール型窒素を残しつつ高い炭素化収率が期待される。本研究では、重合可能部位含有フリーベースポルフィリンを前駆体に用い、ピロール型窒素を豊富に有する炭素材料の新規合成を試みた。

2. 実験

パラ位に4つのエチニル基を有するフリーベースポルフィリン(**1**, Fig. 1a)を合成した^[2]。He 流通下での熱重量-示差走査熱測定(TG-DSC)により、**1**の炭素化過程を解析した。さらに、得られた炭素化物(**1_600**)について、X線光電子分光測定(XPS)により評価した。

3. 結果と考察

Fig. 1bにTG-DSC測定の結果を示す。260 °C付近に鋭い発熱ピークが見られ、熱処理中にエチニル基同士が架橋されていることが分かった。600 °C熱処理後においても84 wt%と高い炭素化収率が得られ、ピロールが全て脱離した場合の理論収率は64 wt%であることから、窒素種の残存が示唆された。実際、N 1s XPS測定結果(Fig. 1c)から、600 °C熱処理試料中には6.1 wt%の窒素が存在することが分かり、特にピロール型窒素が2.6 wt%と多く含まれていた。以上のように、重合可能部位を持つポルフィリンを前駆体とすることで、ピロール型窒素を豊富に含有する炭素を合成可能であることを見出した。今後は、本試料を触媒として用いた酸素還元反応特性評価を予定している。

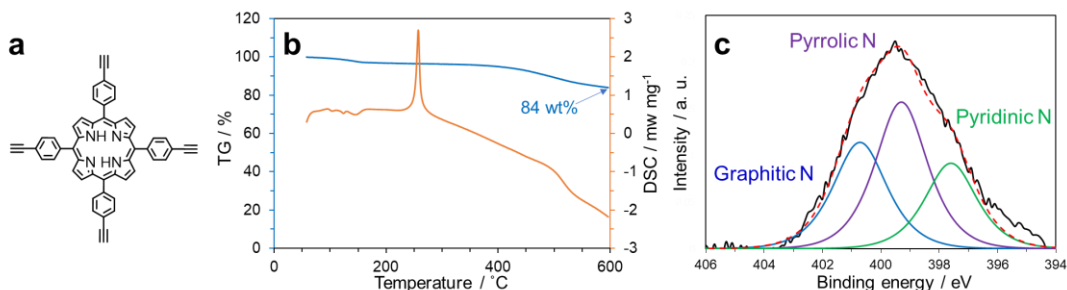


Fig. 1 (a) Molecular structure and (b) TG-DSC result of **1**. (c) N 1s XPS spectrum of **1_600**.

[1] T. Yoshii, K. Chida, H. Nishihara, F. Tani, *Chem. Commun.*, **2022**, 58, 3758.

[2] K. Chida, T. Yoshii, H. Nishihara, *et al.*, *Catal. Today*, **2023**, 411–412, 113830.

プラズモン-ナノ共振器強結合光化学反応系における

プラズモンナノ粒子の最適形状の探索

光機能材料化学研究分野 押切友也

金属ナノ粒子中の電子の集団振動と入射光の共鳴現象である局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) は、その光捕集能に基づき種々の光化学反応に利用可能な方法論として注目されている。特に、二次元的拡がりを持つファブリ・ペローナノ共振器と複数の LSPR が強結合したとき、LSPR が独立ではなく集団として振る舞い、化学反応効率を増大させることが分かっている。ここで、粒子のサイズや粒子間距離、その規則性が集団的振る舞いに影響を与えると予想されるが、その効果については未解明である。本研究では、金属ナノ粒子のサイズおよび粒子間距離の分布を変化させた光電極を作製し、これを光電変換素子として用いた際の電流値をアウトプットとし、ナノ粒子の形状情報と光化学反応に基づく電流との相関を解析することを目的とする。また、電荷移動の媒質である半導体基材の成膜プロセスを改善し、その光電気化学特性の向上を目指した。

高耐久性導電膜が表面に成膜された SiO₂ 基板 (以下、各々 HDC と略す) 上に、酢酸ニッケル溶液をスピコートし、600°C、大気下で焼成する湿式塗布法により NiO 層の成膜を行った。次いで、前駆体の気相プラズマ固定により NiO を成膜した。さらに、湿式塗布法で成膜した NiO 層の上に、抵抗加熱真空蒸着装置で Au 層を 2~8 nm 成膜後、大気下 600°C で焼成することで金ナノ粒子を形成させた (Au/NiO/HDC)。上述で作製した光カソードのナノ構造形状、光学特性、電気化学特性の評価を行った。

図 1(a) および 1(b) の NiO 層の電子顕微鏡像から、気相プラズマ固定による成膜後に NiO 粒子径の増大と、空隙の消失が観測された。さらに、光学スペクトルから求めた屈折率は気相プラズマ固定の後処理により増大し、空隙が埋められた NiO 層が形成されていることが示唆され

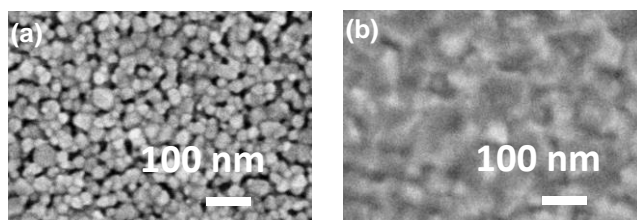


図 1. 表面電子顕微鏡像. (a) 0.5 mol dm⁻³ 酢酸ニッケル溶液から成膜した NiO 薄膜. (b) 気相プラズマ固定を施した(a)の NiO 薄膜.

た。また、紫外光照射下での光電気化学反応効率も、後処理した NiO 層の方が高かった。以上から、金ナノ粒子からホールが注入される半導体層の光電気化学特性の、成膜プロセスによる改善に成功した。

また、Au/NiO/HDC 上での金ナノ粒子の粒径は、成膜する Au 膜厚によって制御可能であることが分かった。今後、粒径分布と光機能材料化学特性との間の相関を解析し、電荷移動に最適な粒子径を求める。

狭サイズ分布を有するナノ薬剤の作製手法の開発

有機・バイオナノ材料研究分野 鈴木龍樹

ナノ薬剤は生体内でサイズに依存した様々な効果を発現することが知られている。これまで有機・バイオナノ材料研究分野では、再沈澱によるナノ粒子作製（再沈法）を得意とし、キャリアを用いないナノ薬剤を多数報告してきた。再沈法では、良溶媒が貧溶媒へと拡散する際に、系中において濃度勾配が生じやすく、核生成時期のずれにより多少サイズ分布（変動係数 0.2~0.3）が生まれる。ナノ薬剤のサイズ効果を評価するためにはより狭サイズ分布が好ましく、その達成には精緻な制御法が必要である。一方で共同研究を行ったナノ・マイクロ計測化学研究分野では、マイクロ流路での均一サイズエマルジョンの連続生成プロセスを得意としている。そこで本研究では、エマルジョン制御技術と再沈澱技術を融合させ、一つのエマルジョンから一つのナノ粒子を作製することで均一な核生成と核成長を実現するプロセスを開発し、狭サイズ分布を有するナノ薬剤の作製制御を目指した（図1）。

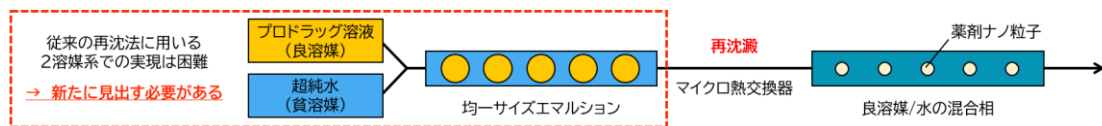


図1. 狭サイズ分布なナノ薬剤の作製手法（温度変化による相変化）

溶媒系には、水との混合系で下部臨界完溶温度 (LCST) を有する溶媒を用いた。LCST を有する溶媒系は LCST 以下では均一な溶液を形成するが、LCST 以上では溶媒分子間の相互作用が不安定になることで相分離する。水と LCST を持つ十数種類の汎用溶媒はアミン系とアルコール系に大別され、①室温付近に LCST をもつ、②毒性が低い、③安価に購入可能な3点を基に、トリエチルアミン (TEA) と 2-ブトキシエタノール (2BE) を候補溶媒として選定した。今年度は以下の検討を行った。

①ポリジメチルシロキサン (PDMS) の膨潤率の評価

マイクロ流路の材質として、光透過性に優れ、生化学の分野でも広く用いられている PDMS を選択した。PDMS に対する各溶媒の膨潤率 (S) を評価したところ、先行研究 (J. N. Lee *et al.*, *Anal. Chem.* **2003**, *75*, 6544.) の実験データとほぼ一致しており、 S_{TEA} は 1.58 で新たに評価した S_{2BE} は 1.03 であった。マイクロデバイスに用いるためには、 S が 1.1 未満であることが求められる。以上より、デバイスに十分適応可能な溶媒の組み合わせとして水-2BE 系を選定した。

②水-2BE 系での相溶/相分離挙動を利用した微小粒子の作製検討

予備検討として、バッチ式での攪拌による混合で微小粒子の作製を試みた。対象となる化合物 X が溶解した水 (良溶媒) と 2BE (貧溶媒) を混合することで、比較的単分散の微粒子を得ることに成功した。今後、マイクロ流路と組み合わせることで狭サイズ分布なナノ粒子の作製に着手し、将来的にはナノ薬剤へと展開する予定である。

センター主催・共催講演会

第2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

ハイブリッド開催/参加費無料
オンライン配信(一般参加者)

日時

2021年6月29日(水) 13:00~18:00 [2部構成]

国立大学法人東北大学 多元物質科学研究所は、「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に、「マテリアル・計測ハイブリッド研究センター」を2021年度に発足しました。本センター各研究分野の最近の研究成果の報告を行うと共に、関連分野の学外の招待講演者をお招きした、シンポジウムを開催致します。

前半の部 (センターの紹介)

- 13:00~13:10 「開会の挨拶, 本研究センターの紹介」
マテリアル・計測ハイブリッド研究センター長 中川 勝
- 13:10~15:10 「各研究分野の成果報告」 (20分/分野)
- | | |
|--------------|------|
| 量子電子科学 | 高橋正彦 |
| ナノ・マイクロ計測化学 | 火原彰秀 |
| ハイブリッド炭素ナノ材料 | 西原洋知 |
| ハイブリッド材料創製 | 芥川智行 |
| 光機能材料化学 | 中川 勝 |
| 有機・バイオナノ材料 | 笠井 均 |

後半の部 (招待講演)

- 15:30~16:10 招待講演 「ナノすき間潤滑現象の解明に向けた
ソフトマター薄膜のナノロジー計測」
名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノ機械理工学専攻
伊藤伸太郎 先生
- 16:10~16:50 招待講演 「化学修飾による化学反応経路のデザイン」
北海道大学 大学院工学研究院 応用物理学専攻
関川太郎 先生
- 16:50~17:30 招待講演 「タンデムボラFriedel-Crafts反応が拓く新材料化学」
京都大学 大学院理学研究科 化学専攻
畠山琢次 先生
- 17:40~17:50 「共同研究拠点制度の紹介」
多元物質科学研究所 副所長 芥川智行
- 17:50~18:00 「閉会挨拶」
多元物質科学研究所 副所長 高橋正彦

参加申込先 シンポジウム事務局 masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp 申込〆切6月24日17時
(氏名・所属・WEB閲覧のためのメールアドレスをご連絡ください)

国立大学法人東北大学 多元物質科学研究所 マテリアル・計測ハイブリッド材料研究センター
<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/mmh/html/index.html>
詳細は、上記URLからご覧いただけます

2022年度 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

2022年6月29日(水) 多元物質科学研究所 南総合研究棟2号棟 大会議室
ZOOMによるハイブリッド開催



京都大学
畠山琢次 先生



北海道大学
関川太郎 先生



名古屋大学
伊藤伸太郎 先生

参加者69名

第2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

ハイブリッド開催/参加費無料
オンライン配信(一般参加者)

日時 2022年 11月 16日 (水) 13:30 ▶ 17:50

「マテリアル・計測ハイブリッド研究センター」は、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の推進と材料開発ニーズと連携した新たな計測技術開発および、それらの融合研究をする目的で、2021年度に発足しました。

本フォーラムは、各研究分野の成果報告を行うと共に、材料・計測各分野の学外の招待講演者をお招きし、若手研究者間の意見交換及び共同研究の契機を得ることを目的として開催いたします。

13:30-13:40 開会・趣旨説明

— 計測分野 —

13:40-13:50 プレスリリース紹介「水/氷の界面に2種目の“未知の水”を発見！
水の異常物性を説明する“2種類の水”仮説の検証に新たな道」
光機能材料化学研究分野 新家 寛正 先生

13:50-14:40 招待講演 「新規計測法で明らかにする宇宙と地球の化学：
星間塵から海洋表面マイクロ層まで」
東京大学 総合文化研究科 先進科学研究機構
羽馬 哲也 先生

14:40-15:30 招待講演 「DNA自己集合を利用したナノ粒子のコロイド結晶成長と
X線小角散乱による構造解析」
名古屋大学 未来材料・システム研究所 未来エレクトロニクス集積研究センター
田川 美穂 先生

15:30-15:50 研究紹介 ナノ・マイクロ計測化学研究分野 玄 大雄 先生

— 材料分野 —

16:10-16:30 研究紹介 ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野 吉井 文晴 先生

16:30-17:20 招待講演 「独自の反応系と分子デザインに基づく新規 π 電子系材料の開発」
国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点
高井 淳朗 先生

17:20-17:40 研究紹介 有機・バイオナノ材料研究分野 / 長崎大学工学部工学研究科 (兼任)
Ahn T.N. DAO 先生

17:40-17:50 閉会

参加申込フォーム



□ 参加申込 : Google form
<https://forms.gle/BuESmwx3vhkuDs3Y8>
(申込締切 11月11日)

□ お問合せ先 : 鬼塚侑樹
yuuki.onitsuka.e8@tohoku.ac.jp

□ 主催
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
<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/mmh/html/index.html>
詳細は、上記URLからご覧いただけます

MMH HP



当該センター内の若手教員が主体の“材料”と“計測”研究分野が融合した共同研究の契機を得ることを目的として2022年11月16日(水)に若手フォーラムをハイブリッド形式で開催した。総計68名が参加した(内訳:学内51名、学外17名)。

◆ MMHセンター研究紹介 / プレスリリース報告

「水/氷界面に2種目の“未知の水”を発見」 新家寛正 先生(光機能材料化学分野)

「EDB-QELS法による単一エアロゾル粒子の表面張力測定」 玄正雄 先生(ナノ・マイクロ計測化学研究分野)

「高温真空昇温脱離分析法の開発」 吉井文晴 先生(ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野)

「Multi-Functionalize Silk Protein-Based Drug-Carriers via Coalescence with Noble Metallic Nanostructures」

Anh Dao 先生(有機・バイオナノ材料研究分野)

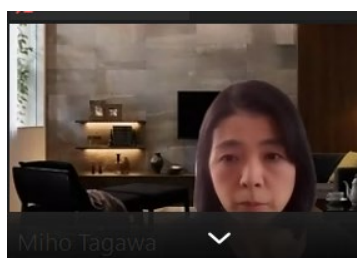


◆ 招待講演

「新規計測法で明らかにする宇宙と地球の化学: 星間塵から海洋表面マイクロ層まで」 羽馬哲也 先生(東京大学)

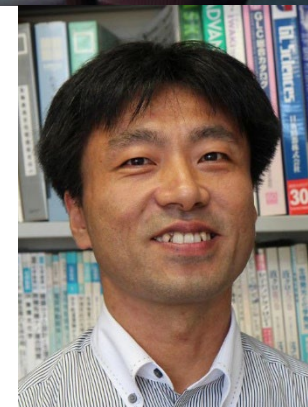
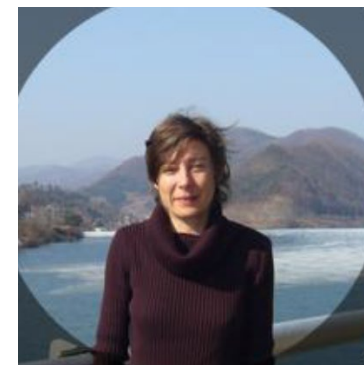
「DNA自己集合を利用したナノ粒子のコロイド結晶成長とX線小角散乱による構造解析」 田川美穂 先生(名古屋大学)

「独自の反応系と分子デザインに基づく新規 π 電子系材料の開発」 高井淳朗 先生(国立研究開発法人 物質・材料研究機構)



Seminar of Materials-Measurement Hybrid Research Center (The 8th Seminar on Nano-Micro Chemical Measurements)

- Date July 19th, 2022,
Room S247, IMRAM West #1 Bldg. (+online (hybrid))
9:00 Reactivity of atmospheric aerosol particles: a
single particle point of view
Dr. Sophie Sobanska,
Institut des Sciences Moléculaires,
Université de Bordeaux, UMR CNRS 5255
10:00 Laser Trapping and Spectroscopy of Single Water
Droplets in Air
Dr. Shoji Ishizaka,
Hiroshima University



The lecturers are specialists in laboratory experiments for atmospheric chemistry, especially for spectroscopic measurements of the trapped single aerosol droplet.

Host: Akihide HIBARA & Masao GEN, IMRAM, Tohoku University

Contact: hibara@tohoku.ac.jp 022-217-5616





Yongdan Li received his Ph.D. degree in 1989 from Industrial Catalysis Program of Tianjin University, China, with Professor Liu Chang. He spent one year in the University of Twente as a visiting researcher and one and half a year in DCPR-ENSIC of INPL in Nancy as a post-doc. After that he got an associate professorship in Tianjin University and after another year, he was promoted to a full professor there. He served as the Chair of the Industrial Catalysis Program and the Chairman of the Department of Catalysis Science and Technology in Tianjin University until 2017. In June 2017, he was appointed as the Tenured Chair Full Professor of Industrial Chemistry at the School of Chemical Engineering, Department of Chemical & Metallurgical Engineering of Aalto University, Finland. His track records include: Making up the fundamental framework for the characterization and optimization of mechanical strength of commercial porous catalyst which helped Chinese chemical industry in the 80-90's of last century to get rid of the plant shutdowns due to catalyst mechanical failure; Proposing the simultaneous production of CO-free hydrogen and nano-carbon from methane catalytic decomposition as a process; Achieving the complete decomposition of Kraft lignin to small molecules with catalytic ethanolysis. He has made contributions also to the development of non-aqueous redox flow battery, solid oxide fuel cell, catalytic combustion of hydrocarbons, and hydrogen production via hydrocarbon reforming, CO water-gas shift and solar driven water-splitting.

Recent works on the membrane for non-aqueous redox flow battery and the challenges

Yongdan Li

a) Department of Chemical and Metallurgical Engineering, Aalto University, Kemistintie 1, FI-00076 Aalto, Finland

E-mail of corresponding author: yongdan.li@aalto.fi

Abstract: Redox flow battery (RFB) stands out as a promising energy storage technology owing to its independent power and energy features, long cycle life, and rapid response. Compared with the aqueous RFBs, the non-aqueous RFBs (NARFBs) have received increasing attention because of their wider electrochemical window and thus higher energy density. However, the performance of NARFBs has been insufficient for commercialization, the lack of high ionic selectivity and ionic conductivity membrane is one of the key limiting factor. To improve the performance and efficiency, many novel membranes have been developed subsequently. In my group, we synthesized a two-dimensional (2D) metal organic framework (MOF) modified Celgard membrane via an infiltration method and achieved 82% EE at a

current density of 12 mA cm⁻². We also synthesized 2D vermiculite nanosheets modified porous membrane and achieved 85.8% EE at 2 mA cm⁻². Furthermore, we proposed to utilize an intrinsic composite membrane to enhance the performance of the battery. For instance, we developed a novel highly selective MOF-based mixed-matrix membrane and a porous poly(vinylidene fluoride) membrane with 2D vermiculite nanosheets.

Keywords: Non-aqueous redox flow battery, Membrane, Metal organic framework, Two dimensional materials

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会

日時：2022年9月15日(木) 16:00-17:30

場所：東北大学片平キャンパス 西2号館（科研N棟） 3F セミナー室

開催方法：ハイブリッド方式、対面定員20名

概要

講師：森本 裕也 先生 (理研白眉研究チームリーダー)

題目：アト秒電子パルスの発生と電子散乱への応用

要旨：

電子ビームを用いた散乱、回折、顕微鏡法は、高い空間分解能で物質の構造を測定できるため、基礎科学から産業まで広く利用されている。パルス化した電子ビームを用いることで、高速の構造変化が追跡可能であるが、超短電子パルス発生 の 困難さから、時間分解能は数百フェムト秒に留まっている。数百フェムト秒は物質を構成する原子が運動する時間スケールであり、物質内の電子は、更に短い数フェムト秒からアト秒の時間スケールで運動する。我々は、物質内で電子が動く様子をスナップショット撮影するために、光電場を用いたアト秒電子パルスの発生・検出方法を開発した。本講演では、その原理と実験を紹介する。また、アト秒電子パルスを応用した初歩的な電子回折実験も紹介する。講演の最後には、アト秒電子パルスと原子の散乱過程に関する最新の理論研究の結果を紹介し、アト秒電子パルスの時空間コヒーレンスが散乱過程にどう影響するかを考察する。

参加方法：ご所属・氏名・メールアドレスを多元物質科学研究所 高橋正彦 (masahiko*tohoku.ac.jp)までご連絡ください。(*を@に置き換えてください)

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会

日時：2022年9月28日(水) 16:00-17:30

場所：東北大学片平キャンパス 西2号館（科研N棟） 3F セミナー室

開催方法：ハイブリッド方式、対面定員20名

概要

講師：峰本 紳一郎 先生

(東京大学大学院理学系研究科物理学専攻)

題目：

レーザー光による分子配列・配向技術の高度化と X 線光電子回折法への応用

要旨：

私たちは、レーザー光を用いた分子配列技術（実験室系に対して分子の向きを揃えること）を開発している。分子を配列させれば、空間平均をせずとも現象を議論することができ、さらに、分子内の現象の新たな側面も見えてくる。私たちは、様々な分子に対応するべく配列技術の高度化に取り組んできた。同時に、配列技術を生かすことができる実験手法を模索している。

分子配列技術を発展させ、頭と尻尾を区別した分子配向を実現するためには、レーザー電場の反転対称性を破り、非対称なポテンシャルを作る必要がある。その手段としてこれまでに、静電場を組み合わせる方法や2波長レーザー光を使う方法に成功してきた。最近、新奇な分子試料作製法として円偏光パルスを用いた手法を開発しており、その取組を紹介する。

これら分子配列・配向技術の応用として、X線自由電子レーザーを用いた超高速 X 線光電子回折法の開発を行っている。X 線光電子回折法は内殻光電子の角度分布から分子構造を読み解く手法であり、分子配列・配向技術と極めて相性が良い。これまでに、光化学反応途中の核波束ダイナミクスを明らかにするべく、理研・播磨の SACLA や韓国・浦項の PAL-XFEL にて光電子回折法の実証実験やポンプ-プローブ光電子分光などの基礎技術開発を行ってきた。講演では開発の現状と将来への見通しを紹介する。

参加方法：ご所属・氏名・メールアドレスを多元物質科学研究所 高橋正彦 (masahiko*tohoku.ac.jp)までご連絡ください。(*を@に置き換えてください)

マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会

2022年10月11日(火)15:00~16:30

東北大学片平キャンパス

東2号館2F セミナー室

※オンサイト開催(定員18名)

講師: Teresa J. Bandosz 教授

(The City College of The City University New York)

題目:

Beyond Adsorption and Because of Adsorption: Exploring the silent aspect of carbon porosity

要旨:

In this talk we would like to provide an insight into our perspectives on the new applications of nanoporous carbons that were inspired by the graphene features and its presence in these carbonaceous materials. A significant advancement to the “new” science of the “old” nanoporous carbons is in their new application such as gas sensing and ORR and CO₂RR catalysis. In these applications both surface chemistry and porosity are crucial factors determining the specific performance. The mechanism of specific processes based on an involvement of porosity will be proposed. Our inspiration by the science of graphene combined with the comprehensive knowledge of activated carbons surface chemistry, texture, morphology and adsorptive/reactive adsorptive properties directed us to look at carbons from another perspective; from the perspective of nanotechnology. The results obtained by us and briefly addressed here are new and many questions have arisen, and are left unanswered, and many approaches need improvements. One has to take into consideration that explaining the complex phenomena in nanoporous carbons is not easy owing to the combination of the porosity and surface chemistry effects. Practically either one cannot exist without another and they add up to that's specific and unique synergy provided only by these materials. One thing is certainly true: “adventurous” graphene features can be found in nanoporous carbons and they deserve to be explored and used to their full extent.

第13回ナノ・マイクロ計測化学セミナー マテリアル・計測ハイブリッド研究センター講演会

講師

福澤健二

名古屋大学大学院工学研究科 教授

演題

ナノすきまの液体と吸着膜の物理特性計測



講師

伊藤伸太郎

名古屋大学大学院工学研究科 准教授

演題

水和ポリマーブラシの粘弾性と潤滑性



日時

2023年2月28日(火) 9:00~10:30

場所

多元物質科学研究所 科研S棟 大会議室

主催

多元物質科学研究所 ナノ・マイクロ計測化学研究部門
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
物質・デバイス領域共同研究拠点 物質創製・先端計測研究領域

連絡先

多元物質科学研究所 火原彰秀(022-217-5616)



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)	多次元同時計測電子分光で 解き明かす電子・分子衝突 の立体ダイナミクス	2021-2024
	高橋 正彦	日本学術振興会 科学研究助成事業 挑戦的研究 (萌芽)	分子軌道の三次元観測法の 開発と運動量空間分子分光 の展開	2021-2023
	高橋 正彦	公益財団法人村田 学術振興財団第38 回 (2022年度) 研究助成	フロンティア分子軌道の形 状に基づく新たな薬理学的 類似性指標の開拓研究	2022-2025
	渡邊 昇	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (B)	共鳴状態における分子内電 子挙動	2021-2024
	渡邊 昇	日本学術振興会 科学研究助成事業 挑戦的研究 (萌芽)	電子-分子衝突で生成する 中性ラジカルの革新的計測 法の開発	2019-2022
ナノ・マイクロ計測化学研究分野	火原 彰秀	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (A)	単一エアロゾル表面張力の 光解析	2018-2022
	福山 真央	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (B)	粒子の液液分配を用いた高 速細胞分離法の開発	2019-2022
	福山 真央	内藤記念女性研究 者研究助成金	マイクロ流体技術を用いた 天然変性タンパク質凝集抑 制の網羅的解析	2020-2022
	福山 真央	科学技術振興機構 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	2022-2028
	玄 大雄	科学技術振興機構 創発的研究支援事業	エアロゾルと気候変動を繋 ぐその場測定法の開発	2021-2027
	西原 洋知	挑戦的研究 (萌芽)	柔軟ナノ多孔体への応力印 加による強制的吸着の発現	2021.4-2023.3
	西原 洋知	官民による若手研 究者発掘支援事業 費助成金交付申請 書 (官民による若 手研究者発掘支援 事業/マッチング サポートフェーズ	微小開口ハニカム材の社会 実装に向けた研究開発	2022.10-2023.9

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野	西原 洋知	SICORP	新常態社会に資する原子レベルで構造デザインしたカーボン系材料の開発	2021.11-2024.9
	西原 洋知	A-STEP	グラフェンメソスポンジの社会実装に向けた研究開発	2022.10-2024.3
	生越 友樹 (主たる共同研究者: 西原 洋知)	CREST	新物質群「3次元カーボン構造体」と革新的触媒反応	2018.10-2024.3
	金村 聖志 (分担者: 西原 洋知)	ALCA-SPRING	新原理に基づく金属負極を有する高性能電池の創製	2020.6-2023.3
	田中 秀樹 (分担者: 西原 洋知)	基盤研究(B)	ゼオライト細孔内に制約されたナノカーボン群の創製と機能探索	2021.4-2024.3
	吉井 丈晴	若手研究	外部応力に応答する柔軟なグラフェン系触媒材料の創成	2021.4-2023.3
	吉井 丈晴	八洲環境技術振興財団 研究開発・調査助成	CO ₂ を化成品原料へ転換可能な二元金属含有規則性炭素電極の開発	2022.4-2023.3
ハイブリッド材料創製研究分野	芥川 智行	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (A)	ダイナミックな分子集合体を舞台とした分子強物性を	2019-2022
	芥川 智行	日本学術振興会 科学研究助成事業 挑戦的研究 (萌芽)	イオンブースト型有機強誘電体の創製	2022-2023
	磯部 寛之 (分担者: 芥川 智行)	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (S)	ポストナノカーボン科学: ナノ π 空間の精密構造科学	2020-2024
	久保 孝史 (分担者: 芥川 智行)	日本学術振興会 科学研究助成事業 学術変革研究 (A)	高密度共役状態を生み出す分子間相互作用の最大化	2020-2024
	関 修平 (分担者: 芥川 智行)	日本学術振興会 科学研究助成事業 学術変革研究 (A)	高密度共役の科学: 電子共役概念の変革と電子物性をつなぐ (総括班)	2020-2024
	福島 孝典 (分担者: 芥川 智行)	戦略的創造研究推進事業 (CREST)	分子ダイナミクスを利用した熱マネージメント	2018-2023
	武田 貴志	日本学術振興会 科学研究助成事業 学術変革研究 (C)	分子構造とダイナミクスに立脚したサーモサリエント結晶の創製と機能開拓	2020-2023

	武田 貴志	日本学術振興会 科学研究助成事業 学術変革研究 (A)	ダイナミックHOF：新しい ソフトクリスタルの創製と 機能開発	2020-2022
光 機 能 材 料 化 学 研 究 分 野	押切 友也	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 挑戦的研究 (萌芽)	ナノ構造を用いたキラル化 学反応場の創製	2022-2023
	押切 友也	NEDO 分野横断的公募事業 官民による若手研究 者発掘支援事業 マッチングサポート フェーズ	超精密ナノ加工技術に基づ く可視光応答型光触媒デバ イス	2022 (下期) -2024 (上期)
	新家 寛正	日本学術振興会 科学研究助成事業 基盤研究 (B)	光パスツールピンセットを 駆使したカイラル結晶相転 移科学の創成	2020-2022
	吉川 洋史 (分担 新 家 寛正)	日本学術振興会科 学研究助成事業国 際共同研究加速基 金(国際共同研究強 化(B))	レーザー技術による機能性 分子の秩序構造形成制御	2019-2023
	大場 康弘 (分担 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)	宇宙における未知の分子進 化プロセスの探求：可視光 による光化学反応	2021-2022
	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
笠井 均	三栄源エフ・エフ・アイ (株)	食品用色素の構造制御と色 調発言メカニズム	2022-2023	
笠井 均	(株)コンポン研究 所	バイオマスの高度利用研究	2019-2023	
笠井 均	日本医療研究開発 機構 令和4年度 橋渡し 研究プログラム 異分野融合型研究 開発推進支援事業	副作用を軽減した抗がん治 療の実現に向けた、がん細 胞内選択的な薬物放出能を 有するナノ薬剤の開発	2022-2023	

有機・バイオナノ材料研究分野	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)	単一細胞エンドスコピック 増強ラマンによる薬剤の相 分離局在化解明と創薬への 応用	2021-2024
	小関 良卓	松籟科学技術振興 財団助成	バイオマス資源由来のシー ド化合物を原料とする有用 化成品の合成法の開発	2018-
	小関 良卓	新エネルギー・産 業技術総合開発機 構 官民による若手研 究者発掘支援事業 マッチングサポ ートフェーズ	バイオマス資源を原料とす る有用化成品の合成技術の 開発	2022-2024
	猪瀬 朋子 (分担者： 小関 良卓)	日本学術振興会 国際共同研究強化 (B)	サイト選択的化学吸着によ るグラフェンナノリボンの バンドギャップアクティブ 制御	2019-2023
	鈴木 龍樹	日本食品化学研究 振興財団令和4年 度研究助成	食品色素としての利用を目 指した天然青色色素の全合 成およびその微粒子の基礎 物性評価	2022-2023
	鈴木 龍樹	2021年度ホーユー 財団助成	カラーシャンプーとして利 用するキノコ由来青色色材 の開発	2021-2023
	鈴木 龍樹	日本学術振興会 科学研究助成事業 若手研究	高効率かつ高速で放射線を 検出する金属錯体ナノ粒子 分散系のシンチレータ開発	2021-2023