

大阪大学大学院 理学研究科 化学専攻  
アニュアルレポート  
2025

## 目 次

|                            |    |
|----------------------------|----|
| はじめに .....                 | 1  |
| I. 化学専攻における研究活動            |    |
| 1. 分析化学研究室 .....           | 3  |
| 2. 放射化学研究室 .....           | 4  |
| 3. 無機化学研究室 .....           | 5  |
| 4. 錯体化学研究室 .....           | 6  |
| 5. 物性物理化学研究室 .....         | 7  |
| 6. 表面化学研究室 .....           | 8  |
| 7. 量子化学研究室 .....           | 9  |
| 8. 反応物理化学研究室 .....         | 10 |
| 9. 吸着化学研究室 .....           | 11 |
| 10. 生物物理化学研究室 .....        | 12 |
| 11. 構造有機化学研究室 .....        | 13 |
| 12. 機能分子材料研究室 .....        | 14 |
| 13. 天然物有機化学研究室 .....       | 15 |
| 14. 有機生物化学研究室 .....        | 16 |
| 15. 生体分子化学研究室 .....        | 17 |
| 16. 生物無機化学研究室 .....        | 18 |
| 17. 熱・エントロピー科学研究センター ..... | 19 |
| 18. 資料先端研究室（総合学術博物館） ..... | 20 |
| 19. 同位体化学研究室 .....         | 21 |
| 20. 粒子ビーム化学研究室 .....       | 22 |
| 21. 放射線化学生物学研究室 .....      | 23 |
| 22. 放射線科学研究室 .....         | 24 |
| 23. 放射線生物化学研究室 .....       | 25 |
| 24. 先端質量分析学研究室 .....       | 26 |
| II. 業績リスト                  |    |
| 1. 原著論文 .....              | 27 |

|        |       |    |
|--------|-------|----|
| 2. 総説  | ..... | 44 |
| 3. 出版物 | ..... | 46 |
| 4. 訳書  | ..... | 47 |
| 5. その他 | ..... | 48 |

## はじめに

大阪大学大学院理学研究科  
化学専攻長 笠松 良崇

理学研究科化学専攻は、昭和 6 年（1931 年）大阪大学創設とともに、理学部化学科として 5 研究室で発足しました。その後発展して、昭和 34 年に高分子学科を新設し、昭和 54 年には化学熱学実験施設（現在の熱・エントロピー科学研究センター）を設立しました。現在、化学専攻は、無機化学分野 6 研究室（全学教育推進機構の 1 研究室を含む）、物理化学分野 7 研究室（学際化学講座、熱・エントロピー科学研究センターの各 1 研究室を含む）、有機化学分野 5 研究室（学際化学講座の 1 研究室を含む）の基幹講座に加え、産業化学研究所および蛋白質研究所に属する 7 研究グループ、大阪大学放射線科学基盤機構の 5 研究グループ、理学研究科附属フォアフロント研究センターの 1 研究グループの協力講座と併任・連携講座によって構成されています。これらの研究室群は現代化学の多様な研究分野をカバーしており、基礎化学に根ざした学部・大学院教育を担うとともに、大学でしか出来ない幅広い最先端の学術研究を展開しています。この小冊子では、これらの研究室のうち、大学院理学研究科化学専攻基幹講座および豊中キャンパスにおける協力講座に属する 24 研究室の最近の研究・教育活動と業績を紹介するものです。産業化学研究所や蛋白質研究所などに属する協力講座につきましては、各研究所の報告書などをご覧ください。

理学研究科では、2011 年に設立されました基礎理学プロジェクト研究センターが、2022 年にフォアフロント研究センターに改組、設立され、理学研究科 J 棟（教育研究交流棟）において様々な大規模なプロジェクト研究の拠点となっております。

また理学研究科では、部局横断型の博士課程教育プログラムである「超域イノベーション博士課程プログラム」および「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」、さらに卓越大学院プログラム「先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム」に参画して、研究教育を実施しております。そして令和 2 年度より、理学研究科を含む理工情報系の 10 部局などが運営する「大阪大学理工情報系オーナー大学院プログラム」が開始され、積極的に取り組んでいます。また、令和 3 年度末から多くの博士後期課程の学生が、JST の次世代研究者挑戦的研究プログラムに採択され、日本学術振興会の特別研究員（DC1,2）と同等の補助を受けています。本事業は 5 年間続き、その後大阪大学がその補助事業を引き継ぐ予定となっております。これらの支援も一助となり、博士後期課程進学者数が徐々に増加しております。

人事面では、反応物理化学研究室から教授 1 名が定年退職されました。そして、非常に残念なことに分析化学研究室の教授がご病気で亡くなりました。心よりご冥福をお祈りいたします。一方で、生体分子化学研究室に新たに教授を迎えることができました。

本冊子には、専攻の令和 7 年度、1 年間の研究・教育活動の業績をまとめました。ご一読いただき、ご意見などをいただければ幸いに存じます。

## I. 化学専攻における研究活動

# 1. 分析化学研究室

塚原 聡 (教授), 諏訪 雅頼 (助教), 山本 茂樹 (助教)

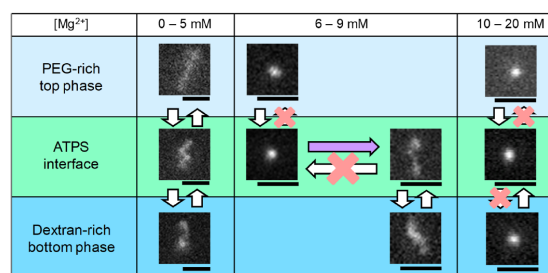
## 主な研究テーマ

1. 液液界面現象の新規計測法の開発
2. 磁場を利用したナノスケール力学計測法の開発
3. ラマン光学活性によるタンパク質キラル構造の解析

## 研究活動概要

### 1. 水性二相系における DNA 分子の相間移動の in situ 蛍光顕微鏡観測

複数の高分子を含む水溶液は自発的に相分離し、これは水性二相系 (ATPS) と呼ばれる。両相ともに溶媒が水であるため、DNA やタンパク質のような生体高分子の溶媒抽出が可能である。また、DNA が ATPS 界面で捕捉されることが報告されている。このような相間移動や界面捕捉のメカニズムには不明な点が多い。



ATPS における T4GT7DNA の形態変化と相間移動

我々は、ポリエチレングリコール (PEG) とデキストランを用いて ATPS を調製し、蛍光ラベル化した  $\lambda$ DNA (48.5 kbp) と T4GT7DNA (165.6 kbp) の挙動を蛍光顕微鏡で直接観測した。その結果、DNA の形態変化と相間移動および界面捕捉現象の規則性を明らかにした。

### 2. ゲル電気泳動による磁性ナノ粒子のサイズ分離と磁気直線二色性による評価

磁気温熱療法や磁気粒子イメージングのような磁性ナノ粒子 (MNP) の交流磁場応答を用いた医療応用技術が盛んに研究されている。これらの技術は、MNP のサイズや形状、会合状態が影響することが報告されており、その評価法が求められている。我々は、市販の酸化鉄ナノ粒子をアガロースゲル電気泳動によってサイズ分離した。その分散液について磁気直線二色性の磁場周波数依存性を測定し、電子顕微鏡像と比較したところ、液中 MNP の会合状態の区別が可能であることを示した。

### 3. ラマン光学活性によるキラル構造解析

振動準位において分子キラリティを測定するラマン光学活性は、溶液中タンパク質の新たな構造解析法として期待できる。180  $\text{cm}^{-1}$  以下の低波数領域の測定は、キラル高次構造、キラル非局在運動、キラル溶媒和など興味深い現象を観測できると予想されるが、測定は長年不可能であった。我々が開発した 35  $\text{cm}^{-1}$  以上が測定可能な自作装置の集積化エッジフィルターをより高密度に改良し、測定効率を 1.6 倍に向上させた。標準的な試料である  $\alpha$ ピネンの鏡像体を測定し、正しく測定されていることを確認した。

## 参考文献

(1) Katayama, K.; Tsukahara, S. *Solvent Extr. Res. Dev. Jpn.* **2025**, 32, 43-52 (2) Suwa, M.; Higuchi, M.; Takatsu, M.; Okamoto, Y.; Tsukahara, S. *Anal. Chem.* **2025**, 97, 9239-9247.

## 2. 放射化学研究室

笠松 良崇（教授）、金子政志（講師）、風間裕行（助教）

### 主な研究テーマ

1. 重・超重元素の化学
2. 原子核壊変の化学効果
3. 核医学利用を目指した放射性核種の錯体化学
4. 重元素や有用金属の化合物・錯体の量子化学計算

### 研究活動概要

1. 本研究室では、原子番号の大きな重元素として、アクチノイド元素や特に 102 番元素 No、104 番元素 Rf を対象とした化学研究を進めている。Rf の化学研究では、硫黄を配位部位に有する配位子を用いた溶媒抽出を実現するための基礎実験や化学計算を同族元素である Zr や Hf を対象に実施している。さらに、機械学習により 4 価金属元素の溶媒抽出データから Rf の分配比 ( $D$ ) を予測するマシンラーニングモデルを開発し、実験データを再現することに成功した (図 1)。

No の研究では、実際に理化学研究所の大強度加速器を利用して  $^{255}\text{No}$  を製造し、ジエチルリン酸との反応を調べることに成功した。相対論的計算により安定性や化学結合について議論を行っている。シュウ酸系での共沈挙動をしらべるための 2 族元素を用いた基礎実験も進めている。また、ランタノイドやアクチノイド元素を対象として DGA 配位子やイオン液体を用いた溶媒抽出の系統的な研究を実施している。これら f ブロック元素に対しては、酸素や二酸化炭素、窒素ガスとの気相反応機構の研究を ICP-MS/MS 装置を用いて行い、反応機構のモデル化に取り組んでいる。

2.  $^{229\text{m}}\text{Th}$  のガンマ線の観測を目指し、貴ガスマトリックス装置を用いた  $^{229\text{m}}\text{Th}$  の測定を行った。また、新しい結晶試料を作成するために  $^{232}\text{Th}$  を用いたフッ化物の結晶合成を試み、X 線構造解析を行った。 $^{235\text{m}}\text{U}$  の化学状態による内部転換電子のスペクトルと半減期の変化に関して、新しい化学試料として、ウラニル錯体の沈殿試料に対する半減期測定に成功した。これまでの計算からの予測とは大きく異なる半減期の値が観測され、新しい計算手法の開発に取り組んでいる。

3. 核医学利用が期待される Bi や Pb の新規錯体としての PSA 錯体、また新規のクリプタンド配位子を合成し、NMR や MS、X 線構造解析などにより同定した。現在、安定性の実験的評価にも取り組んでいる。Cu のサイクレンベースの新規配位子の合成や、Zr や Th を対象とした 1,2-HOPO を含む環状エーテルを合成し、錯体の合成も行った。これら錯体や配位子に対する化学計算によりその構造や安定性を調べた。

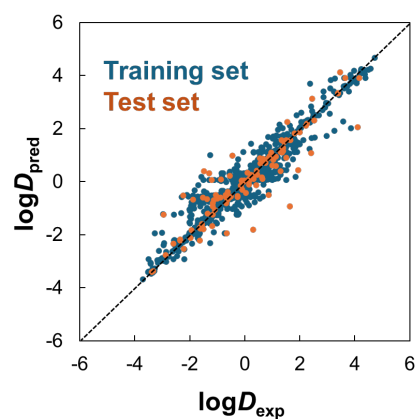


図 1 マシンラーニングによる 4 価金属の分配比予測

### 参考文献

- (1) Masuda, R. et al., *Phys. Rev. Research*. **2025**, 7, 043217.
- (2) Watanabe, E. et al., *J. Phys. Chem A* **2024**, 128, 2717–2726.

### 3. 無機化学研究室

石川 直人 (教授)、福田 貴光 (准教授)、Anas Santria (助教)

#### 主な研究テーマ

- (1) 不完全充填 f, d,  $\pi$  電子系を有する系の電子構造と磁性の基礎研究
- (2) 極端に大きな磁気異方性や磁気緩和時間を有する金属錯体の電子構造と磁性
- (3) 複数の磁性サイトを有する系の磁気緩和メカニズムの基礎研究
- (4) 配位子場の化学的・物理的操作による磁気異方性・分子磁性の制御

#### 研究活動概要

本研究室では希土類やアクチニドの f 電子系が関与する新しい物理化学領域の開拓を目指して研究を行っている。これまでに初めての「希土類単分子磁石」の発見、希土類錯体の電子構造の新しい解析方法の開発など、f 電子分子磁性の新しい研究領域を広げてきた。近年は、f 電子と環状  $\pi$  電子系との新しい磁気相互作用を見出し、その研究を推し進めている。

環状  $\pi$  電子系を有する代表的な化合物であるポルフィリン類は、可視領域の光照射によって配位子上に軌道角運動量(L)を獲得する。これと希土類イオンが持つ f 電子による全角運動量(J)が同時に存在する系において、温度・磁場依存磁気円二色性(VT-VH-MCD)分光法を用いることで、両者間に未踏の磁気相互作用(J-L 相互作用)が存在することを明らかにしてきた。昨年度までには、この相互作用がアクチニドの 5f 電子系にも存在することをウラン錯体を用いて証明した。

昨年度までに得られた単一錯体における J-L 相互作用の基礎的知見を基盤とし、今年度は対象を前期ランタノイド、非クラマース 5f 電子系、および異種多核錯体へと拡張し、相互作用のより精密な理解と定量的モデルの構築を行った。

#### 前期ランタノイド錯体における J-L 相互作用の系統的解明

後期ランタノイドで先行していた J-L 相互作用の研究を前期ランタノイドへと展開した。テトラフェニルポルフィリン単層型錯体[Ln(TPP)(cyclen)] (Ln = Pr, Nd, Sm, Eu) を合成し、VT-VH-MCD 測定と量子化学計算を実施した。結果として、J=0 を基底状態に持つ Eu 錯体では相互作用が見られない一方、Sm および Nd 錯体では強磁性的、Pr 錯体では反強磁性的な相互作用が作用していることを明らかにし、金属依存性を解明した。さらに、非クラマースイオンである Pr(III)に対して、従来の縮退を前提としたモデルを改良し、配位子場による J 多重項の縮退解消を考慮した新規シミュレーションモデルを導入することで、実験結果の定量的な再現に成功した。

#### 5f 電子系ウラン(IV)単層錯体における相互作用の定量的モデル構築

ウラン(IV)は 5f<sup>2</sup> の電子配置を持つ非クラマース系であり、従来のランタノイドモデルでは MCD スペクトルの再現が困難であった。本研究では、ウラン(IV)錯体[U(TPP)Cl<sub>2</sub>] および [U(TPP)(acac)<sub>2</sub>] について、配位子場下でのエネルギー準位の一重項への分裂を厳密に考慮したシミュレーションモデルを新たに構築・導入した。これにより、配位環境の異なる両錯体において Soret 帯の実験結果を良好に再現し、5f 電子系非クラマースイオンにおける J-L 相互作用の定量的評価手法を確立した。

## 4. 錯体化学研究室

吉成 信人 (教授)、吉田 将己 (准教授)、グー ジーラン (助教)

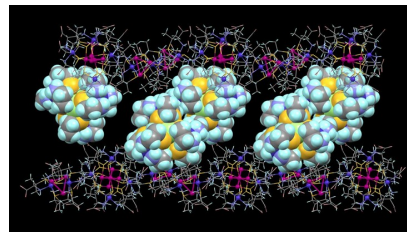
### 主な研究テーマ

1. チオラト錯体の段階的集積化による異種金属錯体の構築
2. 金属-有機カルボン酸類の開発とその固体機能の開拓
3. 金属錯体を保護基とする金属硫化物クラスターの精密合成と機能開発
4. 嵩高い配位子を有する金属錯体の構造制御に基づく光機能の開拓

### 研究活動概要

当研究室では、含硫アミノ酸類を配位子として用いて、非配位カルボキシレート基を有する多核金属錯体（金属-有機カルボン酸類）の開発とその機能探索に取り組んでいる。<sup>(1)</sup> これら多核金属錯体は、カルボキシレート基による水素結合ネットワークや配位結合を通じて金属超分子構造を容易に形成するため、結晶中での分子配列や分子間相互作用を精密に制御するための優れた構成単位となる。本年度は主に金属-有機カルボン酸類のキラル結晶化挙動に関する検討を行った。

(1) 6つの非配位カルボキシレート基を有する硫黄架橋  $\text{Au}^{\text{I}}_3\text{Co}^{\text{III}}_2$  五核錯体 ( $[\text{Au}_3\text{Co}_2(\text{D-pen})_6]^{3-}$ ) は、負電荷をもつ光学活性錯体であるため、超分子空間におけるキラル認識挙動が期待される。2-アミノエタンチオールをもつ三核コバルト錯体カチオン  $[\text{Co}_3(\text{aet})_6]^{3+}$  および八核  $\text{Co}_4\text{Zn}_4$  錯体カチオン  $[\text{Co}_4\text{Zn}_4\text{O}(\text{aet})_{12}]^{6+}$  を用いて結晶化を行ったところ、アニオン錯体が水素結合により三次元フレームワークを形成し、それぞれ異なるサイズ・形状のキラルポケットを生成することが明らかとなった。単結晶 X 線構造解析の結果、小型の三核カチオンでは両方の鏡像異性体 ( $\Delta$  体・ $\Lambda$  体) が同程度に取り込まれたのに対し、より大きな八核カチオンでは  $\Delta$  体のみが選択的に取り込まれるという顕著なエナンチオ選択性が観測された。これにより、アニオン性金属超分子フレームワークが、ゲスト錯体のサイズや立体構造に応じて内部空間を適応的に変化させ、キラル識別能を大きく変化させることが判明した。<sup>(2)</sup>



( $\Delta$ )<sub>4</sub> is selectively incorporated

(2) 6個の非配位カルボキシレートをもつ硫黄架橋  $\text{Au}^{\text{I}}_6\text{Ag}^{\text{I}}_3$  錯体 ( $[\text{Au}_6\text{Ag}_3(\text{tdme})_2(\text{D-pen})_6]^{3+}$ ) は、銅イオンとの反応によりカチオン性のケージ型クラスターを形成する。このケージ型クラスターに対して、 $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{edta})]$  錯体のラセミ体を反応させたところ、 $\Lambda$  異性体が選択的に結晶化する様子が単結晶 X 線構造解析により観測された。

### 参考文献

- (1) Yoshinari, N.; Konno, T.; *Coord. Chem. Rev.* **2023**, 474, 214850(1-39).
- (2) Somsri, S.; Kuwamura, N.; Yoshinari, N.; Sakai, S. S.; Lee, W.-Z.; Konno, T. *Chem. Lett.* **2026**, 55, upag013.

## 5. 物性物理化学研究室

中澤 康浩 (教授), 坪 広樹 (准教授), 山下 智史 (助教)

### <主な研究テーマ>

- 1) 極微単結晶試料の熱伝導、熱容量測定 of 整備<sup>1-3)</sup>
- 2) 分子性伝導体、超伝導体の Mott 転移の解明<sup>3)</sup>
- 3)  $\pi$ 電子の強相関機構に誘引された結晶格子のガラス状態の形成<sup>2)</sup>
- 4) 金属錯体、分子性電荷移動塩の基底状態の解明
- 5) 希土類金属錯体を用いた磁気熱量効果の計測<sup>1)</sup>

### <研究活動概要>

- 1) 極微単結晶試料を用いた高感度の、磁場中熱容量の測定装置の開発を行いデータの解析、物性の理解を進めた。室温から 0.7 K までの間の広い温度範囲をカバーし、高温センサーと低温センサーを自動的に切り替える手法を利用し分子性化合物の単結晶を用いた正確な熱容量の測定が可能となった。50-100 mg 程度の単結晶試料を用いて熱容量の絶対値を正しく評価するための解析手法開発も行った。その結果、グリース等の付加物の厳密な評価とプローブ周辺の温度可変インサート空間  $0.05\text{Kmin}^{-1}$  程度でゆっくりと温度可変しながら絶対値計測を行う自動化システムを構築した。準断熱的であっても熱容量の絶対値を正しく評価する条件を確立することに成功し極微試料を用いた熱的測定の汎用化、高速化を進めた。480mg の金試料を測定し文献値と各種熱力学パラメーターが一致することから装置の検出能、解析方法が十分に汎用性があることを確認した。Fig. 1 は電荷秩序転移を示す  $(\text{DI-DCNQI})_2\text{Ag}$  塩の電荷秩序転移に伴う熱異常を極細針状結晶 6 本、全体で 70 mg の結晶で検出した結果である。[1], [2]

- 2) 非ダイマー性の電荷移動塩である  $\theta$ -型の構造をもつ電荷移動塩の熱容量測定を行った。この系の電荷秩序相転移は、電子系の秩序化転移としての側面をもつ一方、 $\theta$ -型の構造によるフラストレーションを強く反映して電荷の分布がガラス化する特徴をもつ  $\theta-(\text{BEDT-TTF})_2\text{RbZn}(\text{SCN})_4$ ,  $\theta-(\text{BEDT-TTF})_2\text{RbCo}(\text{SCN})_4$  など電荷秩序を形成する物質の、冷却速度に大きく依存した熱容量のヒステリシスの検出に成功した。これらの系は、非常に強い電荷と格子のカップリングがあり、通常の電荷秩序系と大きく異なった熱力学的な振る舞いを示すことを明らかにした。非平衡状態の熱力学的性質を明らかにしながら、ガラス化温度より高温側でおこる電荷秩序ドメインの成長過程があることを見出した。さらに、徐冷によってつくられる電荷秩序相からの融解のエントロピーが  $11-15\text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$  であると決定した。このエントロピーは電子の電荷秩序で求められるエントロピーより大きく、相転移にフォノンの寄与が大きく含まれている。電荷秩序相の非常に緩やかな結晶成長は、電子起源でありながら強い電子格子相互作用によってフォノンガラスを形成することと関係している。

- 3) 二量体性の強い 2:1 塩である  $\kappa-(\text{BEDT-TTF})_2\text{X}$  系のスピン液体状態と Fermi 液体の量子液体相の熱力学的な測定を 0.7K から室温までの広い温度領域で行った。両相のエントロピー差から反強磁性や超伝導などの電子系の秩序化を伴わず量子液体としての基底状態をもつ純粹 Mott 型の金属-絶縁体転移の特徴と相境界の特徴を詳細に議論した。

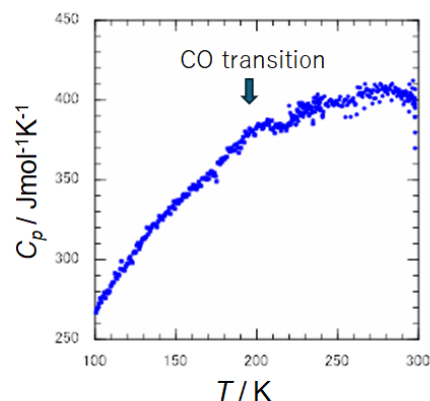


Fig.1 電荷分布が Wigner 結晶として秩序化した  $(\text{DI-DCNQI})_2\text{Ag}$  の相転移の熱異常(極微量緩和型熱測定装置による)

### <References>

- [1] Zhang Y. et al. *J. Therm. Anal. Cal.* **150**(9), 7179–7188 (2025).
- [2] Zhang, L. et al. *Thermochimica Acta* doi.org/10.1016/j.tca.2026.180304, (2026).

## 6. 表面化学研究室

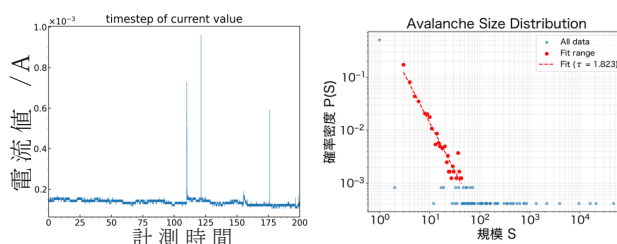
赤井 恵 (教授)、加藤 浩之 (准教授)、渡部 誠也 (助教)

### 主な研究テーマ

- (1) 分子の酸化還元反応によるイオニクス応答ダイナミクスの解明
- (2) 導電性高分子ワイヤのイオン誘導による導電性制御
- (3) 多彩な機能性分子膜の実現と新たな分子機能の創出

### 研究活動概要

研究テーマ(1)では、低消費電力情報処理に資するニューロモルフィックデバイスの基盤構築を目的とし、ポリオキソメタレート (POM) を含むPEDOT:POM複合薄膜におけるスパイク状電流応答の発現機構と統計的特性の解明に取り組んだ。作製した薄膜に電圧を印加したところ、非周期的かつ急峻なスパイク応答が観測され、その出現は約9 V付近に閾値を持ち、10 Vで顕著に増加することを明らかにした。また、複数サンプルおよび複数測定位置において再現性が確認される一方、溶液中の成分状態によりスパイクが消失することから、局所構造が応答発現に重要であることを示した。電流時系列から雪崩イベントを定義し、サイズおよび持続時間の統計解析を行った結果、べき乗的分布が観測された。さらに、Cracklingの関係式に基づく指数間の整合性をブートストラップ法による信頼区間評価を用いて検証し、統計的に矛盾しないことを示した。加えて、ラマン分光、XPS、SEM-EDSによりPEDOT、PMAおよび酸素欠損を含むMoO<sub>x</sub>相の共存を確認し、酸素空孔フィラメントの形成・破断に基づく導電機構モデルを提案した。本研究は、雪崩のダイナミクスと材料機構を統合的に理解する枠組みを提示し、ニューロモルフィック機能材料設計の指針を与えるものである



PEDOT:POM 複合薄膜からのスパイク電流とその規模に対する発生確率密度。スパイクの大きさがべき乗に従っているのが判る。

研究テーマ(3)では、大気中でも機能を発現する新奇機能性分子膜の創出に挑戦している。近年、重点的に研究を進めている課題の一つが、異種分子膜間のプロトン(H<sup>+</sup>)移動を伴う化学反応を活用した二分子層膜メモリ素子の創出である。実際に、当研究室で独自に開発した自己組織化異種二分子層膜を用いて、外部電界刺激による可逆的な導電特性変化を世界で初めて実現することに成功した。特に、この電界応答がH<sup>+</sup>移動に起因することを、H/D 同位体効果等によって捉え証明することが出来た。くわえて、得られた反応にはヒステリシス特性があることも確認し、当初のデザインどおり、電界誘起反応を用いた分子メモリ素子として機能することを示すことが出来た[1]。

### 参考文献

[1] Kato, H. S.; Muneyasu, R.; Fujino, T.; Ueda, A.; Kanematsu, Y.; Tachikawa, M.; Yoshinobu, J.; Mori, H. *NANO Lett.*, **2025**, 25, 11116–11124.

## 7. 量子化学研究室

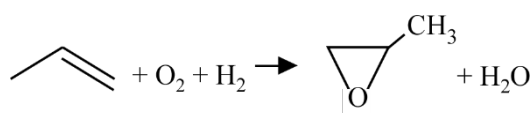
奥村 光隆 (教授)、山中 秀介 (准教授)、川上 貴資 (助教)

### 主な研究テーマ

1. 貴金属超微粒子触媒を中心とした反応量子化学
2. 磁性、伝導性、光物性に関する物性量子化学
3. 量子化学基礎理論

### 研究活動概要

プロピレンオキシドは、様々な化成品の原材料となる化合物で興行的に大変重要である。従来、クロロヒドリン法や有機過酸化化物法が用いられていたが、副生成物の処理やプロセスの環境負荷の問題から、過酸化水素を用いた HPPO 方法に移行しつつ



Scheme 1

ある。しかし、この方法も過酸化水素を合成するプラントが必要であるなど、さらに改良の余地がある。春田らは金触媒をプロピレンと酸素及び水素ガスを含んだ反応ガスに作用させることにより、選択的にプロピレンオキシドを合成できることを明らかにしたが、担体の選択が非常に重要で酸化チタンの結晶系がアナターゼ型であることが必要であった。(Scheme1)さらに表面化学的な観測から、Ti-OOH 種が重要な活性種であることも示唆されている。そこで、我々は理論計算を用いて活性は低いプロピレンオキシドを選択的に合成可能な Au/ZrO<sub>2</sub> 触媒の反応性について検討を行い、他の Au 触媒の反応機構を比較検討した。その結果、Au/ZrO<sub>2</sub> 上に生成した Zr-OOH 種が Au クラスタに吸着したプロピレンと反応し、プロピレンオキシドを生成することを確認できた。しかしながら、anatase 型 TiO<sub>2</sub> と比較するとエポキシ化反応の律速段階の活性化障壁は高いとともに、Zr-OOH の生成分解過程が Au/a-TiO<sub>2</sub> 触媒の Ti-OOH 種が分解反応と比べて活性化障壁が低いことが明らかとなった。これらの結果は、実験結果と定性的に一致しているものである。

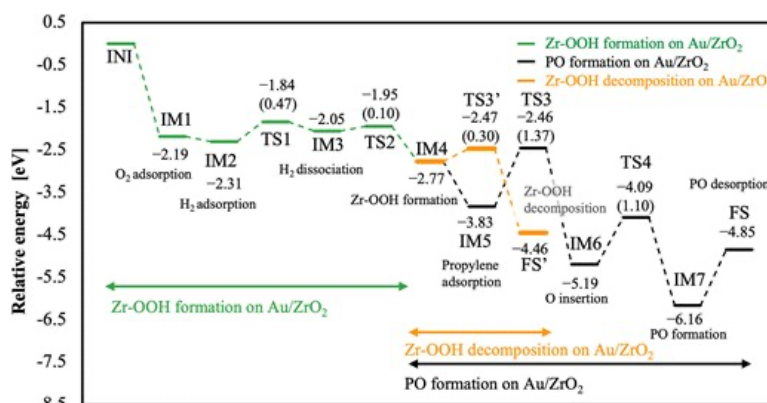


図1 Au/チ ZrO<sub>2</sub> 触媒のエポキシ化反応機構

### 参考文献

- (1) Hamada, Y.; Sonoura, A.; Yonemori, T.; Ishimaru, Y.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Qi, C.; Okumura, M. *Chem Lett.* 2025, 55, upag027.
- (2) Yonemori, T.; Hamada, Y.; Ishimaru, Y.; Ishida, T.; Murayama, T.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2026, 99, uoag002.

## 8. 反応物理化学研究室

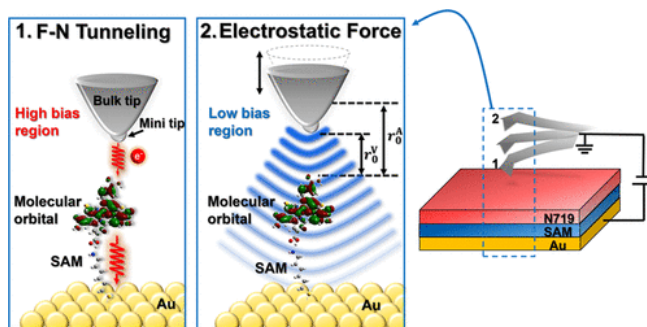
松本 卓也 (教授), 蔡 徳七 (准教授), 三坂 朝基 (助教)

### 主な研究テーマ

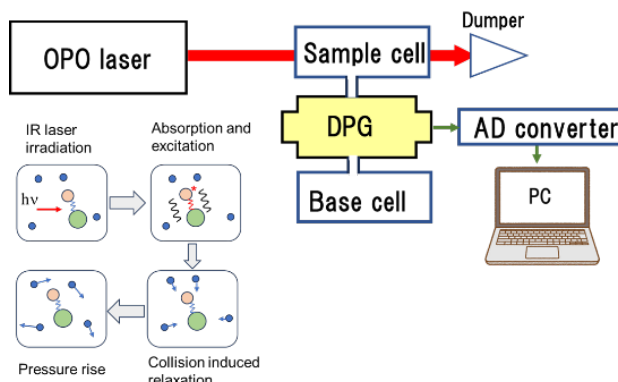
1. 単一分子、少数分子における電子輸送
2. 分子ネットワークを用いた神経型情報システムの構築
3. 時間分解静電気力顕微鏡による電子移動ダイナミクスの研究
4. 赤外分光・微差圧計測器を用いた呼気ガス分析による医療診断機器の開発

### 研究活動概要

近年のナノサイエンスの発展に伴い、単分子レベルでの電子移動の様子を研究することが可能になってきた。一方、複数の分子が関与しつつもバルク物性を示さない程度の量の分子しか存在しない少数分子系においては、電場中でのトンネリングや量子伝導機構の解明のため、新たな測定手法を開発することが必要となる。我々の研究室では、走査プローブ顕微鏡やナノスケール電極を用いた測定手法の開発を通じて、電子移動反応に立脚した分子エレクトロニクスに関する研究を進めている。最近では、走査プローブ顕微鏡を用いた新たな分光法の開発により、分子二層膜における分子準位を調べることに成功した。また、分子エレクトロニクスに立脚した研究としては、ナノスケールの導電性高分子ネットワーク系で発現する物性に注目することで、分子性物質を用いた神経模倣型情報処理デバイスを作成し音声認識に成功するなど、ナノスケールで発現する物性理解し新しい機能へと結びつけていく研究を展開している。



最近、我々は赤外分光法と微差圧計測法を組み合わせた全く新しい分析手法の開発に成功した。レーザー光照射による分子の光吸収過程を系内の圧力変化としてとらえる手法で、極微量分子の検出を可能にする。現在、この手法を用いて、ヒトが発する“呼気”による新規病態診断法の開発を目指した研究を展開している。



### 参考文献

- (1) Nakayama, M; Kajimoto, K.; Misaka, T.; Mishima, N; Yamada, T.; Ohoyama, H.; Matsumoto, T. *Appl. Mater. Interfaces* **2023**, 15, 47704–4771
- (2) Che, D.-C.; Muramatsu, S.; Azuma, S.; Inokuchi Y. *Rev. Sci. Instrum.* **2024**, 95, 125106.

## 9. 吸着化学研究室

上田 貴洋（教授）

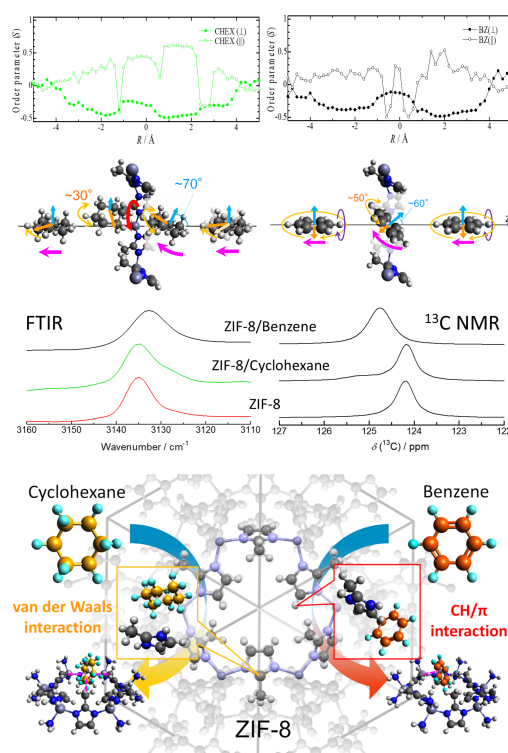
### 主な研究テーマ

1. ナノ空間に生成する凝縮相の物性と分子間相互作用に関する研究
2. 多孔体の物理吸着過程に関する構造および速度論的研究
3. ミクロ細孔を用いた分子配列制御による新規物性・機能の探索
4. NMR 法による新しい細孔分析法の開発

### 研究活動概要

#### 1. 多孔性配位高分子 ZIF-8 の 6 員環脂環式炭化水素類に対する吸着挙動

2-メチルイミダゾールアニオン( $\text{CH}_3\text{Im}^-$ )と  $\text{Zn}^{2+}$  で構成される多孔性配位高分子 ZIF-8 は、その骨格柔軟性により嵩高い分子に対して特異な吸着挙動を示す。本研究では、ベンゼン及び 6 員環脂環式炭化水素類を用いて、ZIF-8 への吸着速度とその温度変化の測定から、かさ高い吸着分子の吸着機構と拡散挙動を検討した。その結果、極めて大きな負の活性化エントロピーを示したことから、分子拡散には著しい分子配向の束縛がともなうことが分かった。モンテカルロシミュレーションを用いた秩序パラメーター解析と自由エネルギー解析により、いずれの吸着分子に対しても、6 員環開口部の通過前後で、分子の等方的な回転運動が抑えられ、著しい分子制約効果を受けることが確かめられた。FTIR と  $^{13}\text{C}$  固体高分解能 NMR 測定により、この著しい分子制約効果は、架橋配位子と吸着分子との間に働く指向性の強い  $\text{CH}/\pi$  相互作用に支配されていることが明らかとなった。



#### 2. 疎水性溶質と水からなる高濃度ナノ溶液の形成

ナノメートルスケールの空間内に形成された水と不溶性溶質のジベンジルからなる溶液について、吸着等温線、XRD、DSC および  $^1\text{H}$ -NMR 測定を用いて、その異常な沈殿および溶解挙動を調べた。その結果、バルク水には不溶なジベンジルが、直径 3.8 nm のシリカナノ空間内において水に溶解し得ることが明らかになった。この特異な溶解度の増加は、ナノ空間により空間的制約を受けた水の低エントロピー状態に由来している可能性が高い。

### 参考文献

- (1) Ueda, T.; Yamada, Y.; Fujii, K.; Mihara, R.; Iiyama, T.; Hamada, Y.; Okumura, M. *Adsorption*, **2026**, 32, 17.

## 10. 生物物理化学研究室

水谷 泰久 (教授), 石川 春人 (講師), 潤井 泰斗 (助教)

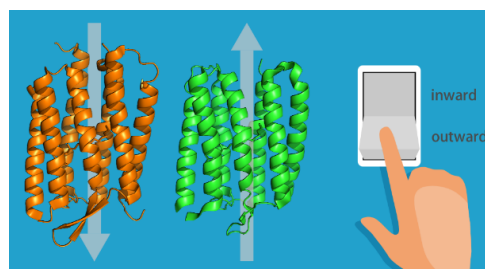
### 主な研究テーマ

1. タンパク質の機能発現メカニズムの解明
2. 連動性を利用した人工タンパク質の開発
3. 柔らかな分子の機能の科学
4. 時間分解分光学の開拓

### 研究活動概要

1. 光駆動プロトン輸送タンパク質、シゾロドプシンのプロトン輸送機構の解明

シッフ塩基を介して結合したレチナール発色団を持つプロトンポンプシゾロドプシンは、外向きと内向きで同一の全体構造と膜トポロジーを持ちながら逆方向にプロトンを輸送する。本研究では両タイプの初期中間体である L 中間体の発色団構造を詳細に解析した。その結果、シッフ塩基の水素結合が未反応状態よりも L 中間体において強くなることが両ポンプに共通して確認された。さらに、L 中間体→M 中間体遷移におけるシッフ塩基からのプロトン放出方向は、レチナール発色団の構造ではなく、シッフ塩基の細胞外側に存在する負電荷の数によって決定されることが明らかになった。本研究は過去のわれわれの研究と合わせて、内向き・外向き両ポンプにおけるプロトン輸送方向の決定機構を分子レベルで初めて包括的に解明したものである。



2. タンパク質分子ヒーターの開発

細胞内オルガネラ選択的加熱技術の開発にむけて、ヘムタンパク質、シトクロム  $c_{552}$  の光熱変換能を調べた。ヘムは可視領域に強い吸収帯をもち、かつ速い無輻射遷移を示すため高い光熱変換が期待される。そこで、532 nm の連続光照射による、光照射領域の温度上昇を、水のラマンスペクトルに基づいて求めたところ、最大 5.1 K の温度上昇が起きることが明らかになった。これは、細胞内の熱応答を誘起するには十分な大きさである。シトクロム  $c_{552}$  は高熱菌由来のヘムタンパク質であり、熱変性温度が高いことも分子ヒーターとしての優位性のひとつである。

3. タンパク質内エネルギー移動機構の解明

ヘムタンパク質であるシロイヌナズナ由来のニトロビンジンを用い、時間分解アンチストークス紫外・可視共鳴ラマン分光法によってヘムから周囲への振動エネルギー移動を解析した。トリプトファン残基を  $\beta$  バレル構造の円筒内に系統的に導入して配向依存性を検討した結果、ヘムから周囲へのエネルギー移動は超高速かつ配向異方性を示し、タンパク質内における原子レベルの接触が重要な役割を担うことが明らかになった。

### 参考文献

- (1) Urui, T.; Mizuno, M.; Abe-Yoshizumi, R.; Kandori, H.; Mizutani, Y., *J. Phys. Chem. B* **2025**, *129*, 1, 41–51.
- (2) Watase, T.; Mizuno, M.; Mizutani, Y., *J. Phys. Chem. C* **2025**, *129*, 1, 148–155.

## 11. 構造有機化学研究室

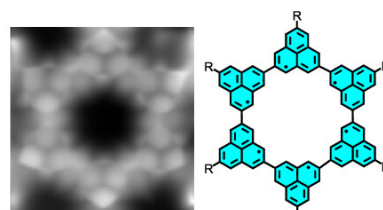
久保 孝史 (教授), 西内 智彦 (准教授)

### 主な研究テーマ

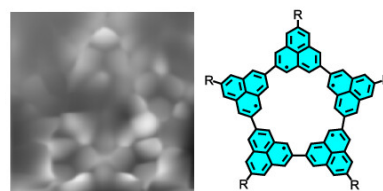
1. フェナレニルを基盤とするマルチスピン系の構築とそのスピン構造の解明
2. 高ひずみによってキノイド構造が誘発された新規カーボンナノリングの合成

### 研究活動概要

1. フラストレーションスピン系は、競合する相互作用によって従来の磁気秩序の形成が妨げられるため、新奇な量子相やエキゾチックな多体現象を探るための有力なプラットフォームを提供する。本研究では、空気安定なフェナレニル誘導体のホモカップリング反応を Au(111) surface 上で行うことにより、スピン量子数  $S = 1/2$  の反強磁性的ハイゼンベルグ型環状5量体および6量体を構築した。4.3 K における走査トンネル顕微鏡 (STM) および走査トンネル分光 (STS) 測定と理論計算を組み合わせた結果、両環状分子において大きな磁気交換相互作用が存在する一方で、環状5量体では幾何学的フラストレーションがより顕著であることが明らかとなった。このフラストレーションはスピン波動関数に回転対称性を誘起し、その結果、環状5量体の基底状態は4重縮退することが分かった。本研究の成果は、スピンフラストレーションを有する分子アーキテクチャの構築に向けた有力なアプローチを提示するものであり、量子磁気相互作用の精密制御を可能にするものである。

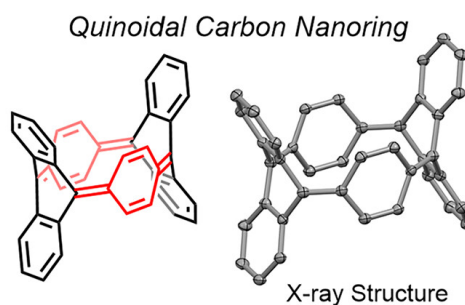


Entangled singlets state



Four-fold degenerate state

2. アントラセンユニットとフェニレンユニットが交互に配置された[4]シクロパラフェニレン骨格を基盤とするカーボンナノリング、[2.2]シクロ(9,10)アントリレン-パラフェニレン ([2.2]CAPP) を合成した。本分子は、金属を用いない6段階の合成経路により構築され、単結晶 X 線構造解析によってその構造を明確にした。顕著な環ひずみによりアントラセンユニットは大きく歪み、その結果、芳香族性が抑制されたキノイド型電子構造が誘起されることが明らかとなった。さらに、 $16\pi$  電子からなる共役経路を有するにもかかわらず、全体としての反芳香族性は観測されないことも明らかにした。本研究は、カーボンナノリングにおけるひずみ制御が、合理的な分子設計を通じて芳香族性や開殻性を精密に調整し得ることを示している。



- (1) Metzelaars, M.; Nishiuchi, T.; Kubo, T.; Foster, A. S.; Kawai, S. et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 26208–26217.
- (2) Nishiuchi, T.; Makihara, Y.; Kubo, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 37488–37496.

## 12. 機能分子材料研究室

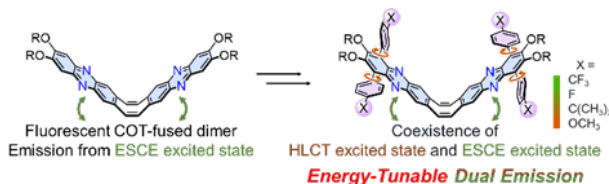
齊藤 尚平 (教授), 山下 健一 (講師), 須賀 健介 (助教)

### 主な研究テーマ

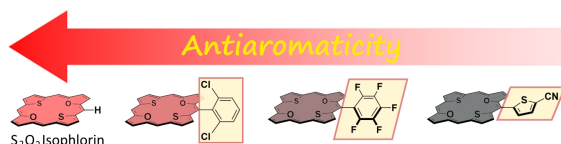
1. エネルギー可変な二重発光機構の開拓
2. 反芳香族化合物の合成と機能開拓
3.  $\pi$  共役分子の化学空間の構築と探索

### 研究活動概要

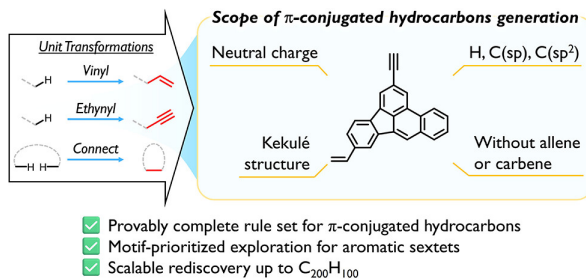
1. 蛍光プローブの適用範囲を拡大することを目的に、局所励起 (LE) 状態と電荷移動 (CT) 特性を兼ね備えたハイブリッド励起状態 (HLCT) を示す骨格を、励起状態共役増強 (ESCE) 特性をもつ FLAP 骨格に導入することで、新たな二重発光メカニズムを構築した。この HLCT 状態を実現するため、フェナジンにパラ置換フェニル基を導入した新規骨格を設計し、FLAP 分子の「翼」に組み込んだ。この分子は、溶媒極性や置換基の性質に応じて二重発光性を切り替えられることが実験的に示された。また、低温蛍光スペクトル測定によって、HLCT と ESCE の二状態間のエネルギーが調整可能であることが明らかになった。



2. コア修飾イソフロリンの反芳香族性について、メソ置換基が与える影響を系統的に解明した。新規誘導体の合成および計算化学的手法による解析の結果、置換基の立体的な嵩高さに伴う傾きが、分子の電子的安定化と反芳香族性を制御する重要な支配因子であることを明らかにした。



3. 広大な化学空間から有望な  $\pi$  共役分子を効率よく見いだす設計基盤の実現に向けて、 $\pi$  共役分子に特化した分子生成アルゴリズム CARBOT を開発した。「単位変換」という少数の構造操作ルールから広大な化学空間を厳密に定義・網羅できる点が特徴であり、 $\pi$  共役炭化水素について理論的完全性を示した。従来法では難しかった巨大分子も扱えることを示しており、ヘテロ原子導入や物性予測と組み合わせた材料分子設計への展開を進めている。



### 参考文献

- (1) Suga, K.; Ochiai, K.; Yoneda, Y.; Kuramochi, H.; Saito, S. *Chem. Eur. J.* **2025**, *31*, e202404376.
- (2) Suga, K.; Takahashi, H.; Terayama, K.; Sumita, M.; Saito, S. *J. Chem. Inf. Model.* **2026**, *in press*.

## 13. 天然物有機化学研究室

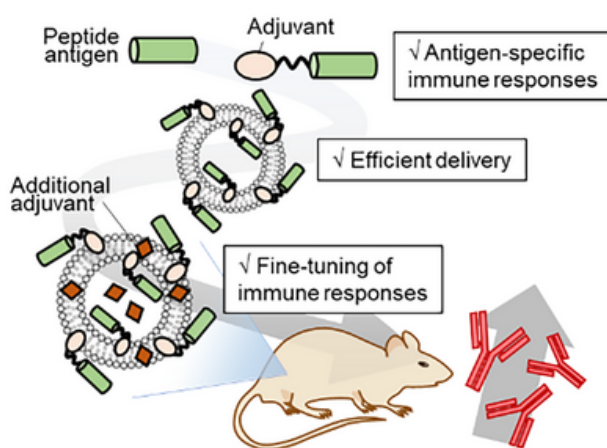
下山 敦史 (准教授), 真鍋 良幸 (准教授)

## 主な研究テーマ

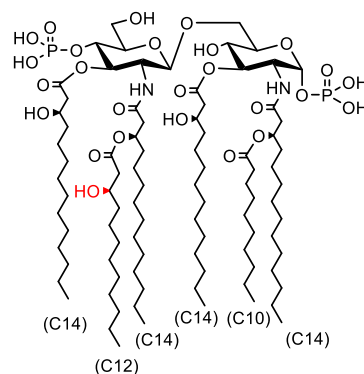
1. 複合糖質の化学合成とケミカルバイオロジー研究
2. 微生物ならびに動物由来の免疫調節分子の機能研究
3. マイクロフロー合成を基盤とする反応集積化
4. 蛍光標識化合物のライブセルイメージング
5. 合成糖鎖で修飾された細胞膜分子の動態解析
6. 効率的がんワクチン療法の開発
7.  $\alpha$ 線核医学治療

## 研究活動概要

乳がんにも過剰発現するタンパク質由来のペプチド抗原を用いたがんワクチンを開発した<sup>1</sup>。乳がん抗原とアジュバント（免疫賦活化剤）を共有結合で連結したセルフアジュバンティングワクチンを、カチオン性脂質ナノ粒子に搭載した。さらにここに追加でのアジュバントを加えることで、がん抗原特異的に免疫応答を精密制御することに成功した。特筆すべきことに、本ワクチンは、ヒト化マウスにおいても機能した。



グラム陰性菌細胞外膜を構成するリポ多糖 (LPS) は代表的な活性化因子の一つであり、リピド A と呼ばれる糖脂質部分と多糖部分が結合した構造をとっている。活性中心リピド A が TLR4-MD2 受容体に認識されることで、免疫活性化が惹き起こされる。我々は、腸管関連リンパ組織パイエル板に共生する *Alcaligenes faecalis* 由来リピド A (右図) が有望な粘膜ワクチンアジュバントであることを見いだしてきた。本年度は舌下投与した場合も効率的な粘膜免疫活性化を誘導できることを見いだした<sup>2)</sup>。



## 参考文献

- 1) Ito, K.; Manabe, Y.\*; Ohshima, S.; Maeki, M.; Tokeshi, M.; Inaba, H.; Matsuura, K.; Kabayama, K.; Kametani, Y.\*; Fukase, K.\* Programmable Antigen-Specific Immunity via Self-Adjuvanting Nanovaccines Co-Delivering Immune Modulators. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2025**, e20474.
- 1) Yoshii, K.; Liu, Z.; Shimoyama, A.; Hirayama, Y.; Iemitsu, K.; Node, S.; Hosomi, K.; Kiyono, H.; Fukase, K.; Kunisawa, J.\* Alcaligenes lipid A as a sublingual adjuvant to augment protective immune responses in the respiratory and gastrointestinal tracts, *International Immunology* **2025**, dxaf066.

## 14. 有機生物化学研究室

梶原 康宏 (教授), 真木 勇太 (助教), 平尾 宏太郎 (助教), MILAWATI Hersa (助教)

### 主な研究テーマ

1. 糖タンパク質合成
2. 糖鎖機能の解明
3. 糖鎖による水和機構の解明

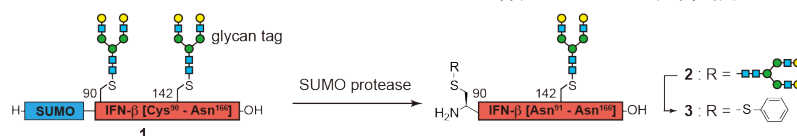
### 研究活動概要

構造の単一なタンパク質を合成することで、タンパク質機能を分子レベルで理解することができる。しかし、疎水性アミノ酸を多く含んだ配列はペプチドの凝集や不溶化を引き起こすため、疎水性配列を含むペプチドの調製は依然として大きな課題である。大腸菌発現において、目的のペプチド配列を効率的に得るために、small ubiquitin-like modifier (SUMO) などのペプチド性可溶化タグが利用されているが、凝集性が特に強い配列では、十分に凝集を抑えることが難しい。

本研究では、親水性の糖鎖を SUMO タグと同時に用いることで、大腸菌発現によって得られた凝集性の高いペプチドをより安定化できると考えた。糖鎖は多数のヒドロキシ基を有した親水性化合物であり、これまでに我々は、この糖鎖を可溶性タグとして用いることで疎水性や凝集性の高いペプチドを安定化できることを報告している。<sup>1</sup> 今回、糖鎖タグを利用することで、大腸菌発現によって得たペプチドを凝集させることなく、安定化させながら化学変換する方法を開発した。

モデル配列として凝集性の高いヒトインターフェロン  $\beta$  (IFN- $\beta$ , 166 アミノ酸残基) の 77 残基([Cys<sup>90</sup>-Asn<sup>166</sup>])を選び、この N 末端に SUMO タグを付加したペプチドを大腸菌発現によって調製した。次に、プロテアーゼによって SUMO タグの切断を試みたが、原料のペプチドが溶液中で沈殿するために反応効率は低かった。そこで、ペプチド中の二つのシステイン(Cys)側鎖に糖鎖タグを導入した(図、化合物 **1**)。一つの Cys は SUMO プロテアーゼ認識部位のすぐ隣にあり、切断反応の効率低下が懸念されたが、反応を大きく阻害することなく、凝集性を抑えながらほぼ定量的に反応が進行し、ペプチド **2** を得た。SUMO タグのみでは凝集性を十分に抑えることができなかったが、糖鎖タグを同時に用いることでペプチドが安定化され、さらに数工程の化学変換によってタンパク質合成に利用可能なセグメント **3** も得ることができた。

本合成法の開発によって、タンパク質合成の原料となるペプチドセグメントを大腸菌発現によって大量調製することが可能となるため、さらに糖タンパク質製剤などの生理活性化合物を効率的に合成できるようになると期待される。



(1) Y. Liu; et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **2024**, 63, e202411213.

## 15. 生体分子化学研究室

難波 康祐（教授）、岩田 隆幸（講師）

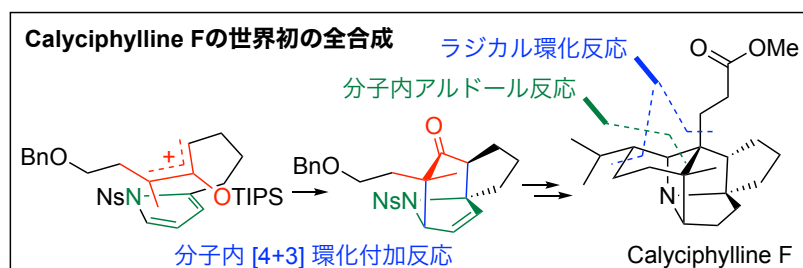
### 主な研究テーマ

1. 複雑な生物活性天然物の全合成研究
2. 食を守る有機化学的研究（砂漠の緑地化研究および植物感染症の治療薬開発）
3. 動植物の鉄イオン取り込み機構を解明する有機化学的研究
4. 細胞と微生物の共生関係を明らかにする有機化学的研究
5. 診断や治療に展開可能な小型色素の開発と応用
6. トリプチセンの特異な構造を利用した機能性分子の開発

### 研究活動概要

#### 1. 多環式カゴ型天然物 Calyciphylline F の全合成

複雑な多環式カゴ型構造を有する Daphniphyllam アルカロイドは古くから全合成の標的として高い関心を集めてきたが、特異な縮環構造を持つ Calyciphylline F の全合成は達成されておらず、多環式カゴ型 Daphniphyllam アルカロイド合成の最後の課題とされていた。我々は独自に開発したピロールとオキシアリルカチオンの[4+3]環化付加反応を分子内反応に適用することで、Calyciphylline F の基本骨格となる三環性トロパン骨格を一段階で構築することに成功した。その後、分子内アルドール反応と二度のラジカル環化反応を用いて Calyciphylline F の六環性骨格を構築し、本天然物の世界初の全合成を達成した。



#### 2. 超複雑天然物 Palau'amine の効率合成を可能にする C(sp<sup>3</sup>)-H 酸化反応

Palau'amine は強力な免疫抑制剤として期待されるものの、最も合成困難な天然物としても有名な化合物である。我々は Palau'amine の効率的な合成法の確立に取り組み、入手容易な化合物からわずか 16 工程で Palau'amine の六環性骨格の構築に成功した。本化合物から Palau'amine へと導くためには 5 員環上での C-H 酸化反応が必要となった。そこで本反応の開発に取り組み、スピログアニジン環を配向基とした前例のない C(sp<sup>3</sup>)-H 酸化反応の開発に成功した。

#### 3. 哺乳類における鉄イオン取り込み経路の解明

哺乳類における鉄イオン取り込みにはムギネ酸の生合成前駆体であるニコチアナミンが関与していることをこれまでに見出していたが、今年度では小腸細胞に取り込まれたニコチアナミン・鉄錯体がアミノ酸トランスポーターLAT2 を介して血管に輸送されることを明らかにした。

### 参考文献

- (1) Sato, R.; Sumida, R.; Inoue, M.; Kotaka, R.; Karanjit, S.; Namba, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2025**, e20217671.
- (2) Kimura, Y.; Karanjit, S.; Sato, R.; Namba, K. *J. Org. Chem.* **2025**, 90, 7428-7434.

## 16. 生物無機化学研究室

船橋 靖博（教授）、野尻 正樹（講師）

### 主な研究テーマ

1. 金属酵素活性部位モデルの構築
2. 小分子活性化能を有する金属錯体の合成と性質
3. 触媒反応や電子伝達反応を担う金属錯体の開発

### 研究活動概要

生体内の酵素や電子伝達蛋白質の活性部位にある遷移金属に注目し、それらの金属錯体の合成を錯体化学や有機金属化学の手法で行い、その反応性や機能を検討した。

まず鉄およびコバルトアミド錯体を合成して種々の反応性を検討した。金属-芳香環相互作用による金属中心の低原子価状態を準安定化することで、オレフィンの水素添加反応や異性化反応を触媒できるだけでなく、コバルト(I)錯体からメタラサイクル錯体を中間体として単離し、その後のCO挿入反応により二環式化合物が生成することを確認した。1,1'-ビス（アリアルアミド）クロモセン配位子を有する鉄およびコバルト錯体の系では、バナドセン類縁体の系で行った触媒的な窒素分子のアンモニアへの変換反応を試み、反応性に関する系統的な知見を得た。

つぎに環状配位子（図1）の二核銅および二核鉄錯体の種々の反応性を検討した。酸化反応を行う TypeIII 銅部位を模倣した単環の環状配位子の二核銅錯体を触媒として、過酸化水素を添加する炭化水素の水酸化反応を試みたところ、シクロヘキサン、n-ヘキサン、および 2-メチルペンタンの水酸化が効率良く進行し、長い触媒寿命と高い触媒回転数が得られた。一方、電子伝達蛋白質の[2Fe-2S]クラスター部位を模倣した単環の環状配位子の二核鉄錯体は電気化学測定により非常に可逆性の高い二段階の酸化還元波を示し、化学的な還元により 2Fe(II,II)、2Fe(II,III)、2Fe(III,III)のすべての酸化状態で安定な二核鉄錯体が良好な収率で得られた。さらにクリプタンドとして二重の環状構造を有する籠型配位子の二核鉄錯体は、内部で[2Fe-2S]クラスターがピロール部位と水素結合を形成し、外部で配位子骨格のイミン部位がプロトン化した。これらの作用によって、[2Fe-2S]クラスターの酸化還元電位は正側にシフトした。環状配位子の内部に形成した[2Fe-2S]クラスター中心は立体化学的に強固に保持され、構造変化が小さいので非常に速い電子伝達能が期待できる。同様に、環状配位子によりヒドラジンの不均化を非常に高い触媒回転数で行う二核鉄錯体の開発にも成功した。

以上のように、まず新規の配位子の電子的効果によって反応活性な低原子価の遷移金属中心を外部基質の変換反応に供することが可能となった。つぎに環状配位子で生物模倣した機能性金属錯体を得られるので、今後は内部の遷移金属クラスター中心の新規に作り変え、様々な触媒反応や電子デバイスの開発に供することを目指す。

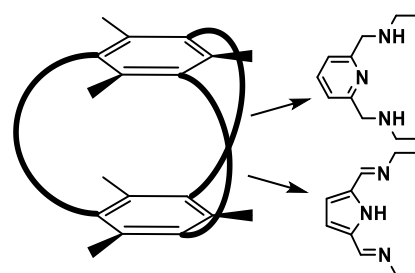


図1 環状配位子の構造

\*太線の部分は、ビス(アミノメチル)ピリジンか、またはビス(イミノ)ピロールを有しており、金属イオンに配位する部位である。図は二重の環状構造だが、太線の部分が一つ無い時に単環構造となる。

## 17. 熱・エントロピー科学研究センター

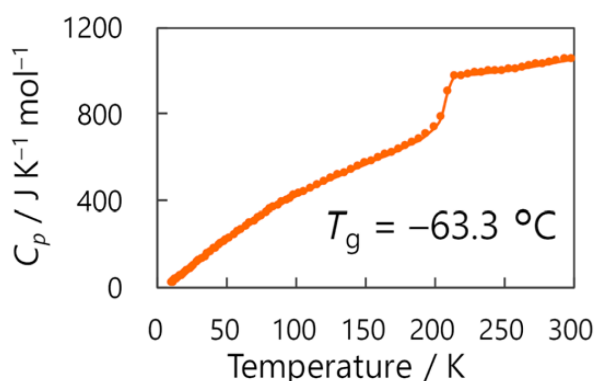
中野 元裕（教授），宮崎 裕司（准教授），高城 大輔（助教），Ewa Juszyńska-Gałązka（特任准教授）

### 主な研究テーマ

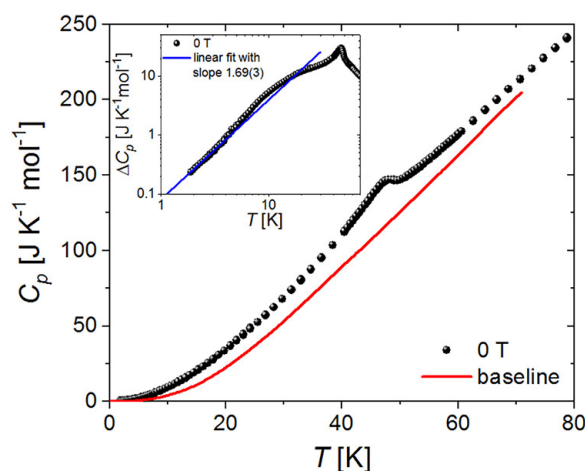
1. 固体表面や固液界面で吸着によって形成される単分子膜の熱力学的挙動と構造，ダイナミクスの研究
2. 水溶液中における電解質および非電解質の水和状態に関する熱力学的研究
3. 分子磁性体の磁氣的挙動，相転移とスピン間相互作用の研究
4. 生体分子や高分子のダイナミクス，水との相互作用に関する熱力学的研究
5. 生命現象の熱力学的アプローチ
6. 化学結合の熱化学的研究

### 研究活動概要

上記研究テーマにつき，実験熱力学的研究を行った。個々の成果については，阪大化学熱学レポート No. 46（2025）（<https://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/micro/report/rctes/2025/>）で詳細に報告している。



蛍光性分子液体のガラス転移の熱容量<sup>1</sup>



磁気冷凍材料  $\text{Mn}_2\text{Nb}$  系分子磁石の熱容量。47 K に磁気相転移が認められる<sup>2</sup>

### 参考文献

- (1) Y. Tani Y. *et al.* *Chem. Sci.*, **2025**, 16, 17480–17486. (DOI: 10.1039/d5sc03768a)
- (2) Pelka R. *et al.* *J. Phys. Chem. C*, **2025**, 129, 17818–17836. (DOI: 10.1021/acs.jpcc.5c04387)

## 18. 資料先端研究室

豊田 二郎（准教授）、宮久保 圭祐（准教授）

### 主な研究テーマ

1. 博物館資料の学術史ならびに大学史の観点からの調査研究
2. 学術資料の公開データベース化によるデジタルミュージアムの推進
3. 展示解説の多言語化の推進

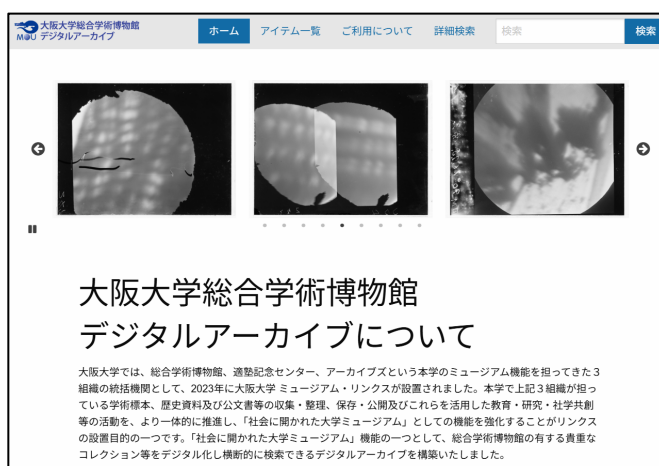
### 研究活動概要

総合学術博物館は、大阪大学のミュージアム活動の強化発展のために、2023 年度から適塾記念センター、アーカイブズとの連携を深めて、ミュージアム機能を集約した全学組織としてミュージアム・リンクスを協同で発足させて、社会に開かれた大学ミュージアムとして、大学のアカデミズムと市民の交流の接点となるよう努めている。

また、大学における教育機関として、学芸員養成のための博物館学の実習などの様々な授業や研修での利用、さらには展覧会での展示活動により、様々な分野の研究の面白さを伝え、大学人としての新たな発見の一助となるようにしている。理学部化学科の新入生研修における博物館展示の見学と解説などはその一例である。また、2025 年度からは、大学院生を対象とした高度教養モジュール「博物館の実務で学ぶ、学術と社会の接点」を開講した。このプログラムは学芸員資格取得済みの大学院生がその知識と技能を生かし、学術資料を調査し社会に向けて発信する内容となっている。

総合学術博物館には様々な部局で保管されてきた多種多様な学術資料が引き継がれて収蔵されているが、その調査・研究はいまだ十分といえない。館員による調査研究のほか、学内外の研究者に研究資料として提供し、さらにはそれを展示や展覧会に反映させることにより、学術資料の活用と保存の両立を進めている。

コロナウィルスの世界的な流行以降、ネットワークを介して所蔵資料や展示の情報にアクセスできるデジタルミュージアムの重要性が認識され、当館においても展示の配信コンテンツ化や、資料データベースの充実を進めている。2025 年度は博物館が保管している国産第一号磁界型電子顕微鏡の研究で撮影されたガラス乾板のデジタルデータ化を進めた（2026 年 3 月にデジタルアーカイブとして公開）。



## 19. 同位体化学研究室

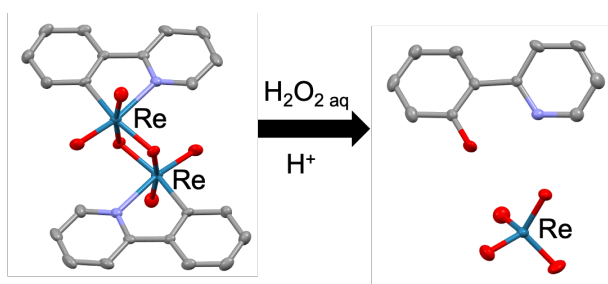
吉村 崇 (教授), 大江 一弘 (准教授), 白崎 謙次 (准教授)

### 主な研究テーマ

1. 強発光性錯体の合成と発光特性の解明
2. 放射性薬剤のための核種分離と新しいキレート配位子・錯体の開発
3. アクチノイド錯体化学

### 研究活動概要

7 価レニウム複核錯体  $[\text{Re}_2\text{O}_4(\mu\text{-O})_2(\text{ppy})_2]$  ( $\text{ppy} = 2\text{-phenylpyridinato}$ ),  $\text{H}(\text{ppyH})[\text{ReO}_4]$  ( $\text{H}(\text{ppyH}) = 2\text{-phenylpyridinium}$ ),  $\text{H}(\text{ppyOH})[\text{ReO}_4]$  ( $\text{H}(\text{ppyOH}) = 2\text{-(2-hydroxyphenyl)pyridinium}$ ) を合成、同定した。 $[\text{ReIO}_2(\text{PPh}_3)_2]$  と  $[\text{HgCl}(\text{ppy})]$  を 1:2 のモル比で混合し、さらに 2 等量の水を加えると 2 重にオキシド架橋した  $[\text{Re}_2\text{O}_4(\mu\text{-O})_2(\text{ppy})_2]$  が生成した。この反応を過剰量の水の存在下で行ったところ、 $\text{H}(\text{ppyH})[\text{ReO}_4]$  が生成した。 $[\text{Re}_2\text{O}_4(\mu\text{-O})_2(\text{ppy})_2]$  と過酸化水素水との反応では、 $\text{H}(\text{ppyOH})[\text{ReO}_4]$  が生成した。これらの化合物については単結晶エックス線結晶構造解析で構造を特定した。



アゾリルピリジンが配位した一連のレニウム(I)錯体、 $[\text{ReCl}(\text{CO})_3(\text{H-N}2\text{py})]$  (**1-H**,  $\text{H-N}2\text{py} = 2\text{-(3-pyrazolyl)pyridine}$ ),  $[\text{ReCl}(\text{CO})_3(\text{H-N}3\text{py})]$  (**2-H**,  $\text{H-N}3\text{py} = 2\text{-[1,2,3]-triazol-4-yl-pyridine}$ ), and  $[\text{ReCl}(\text{CO})_3(\text{N}4\text{py})]^-$  (**[3]**,  $\text{N}4\text{py}^- = 2\text{-(tetrazol-5-yl)-pyridine anion}$ ) を合成、同定した。酸塩基滴定により **1-H** と **2-H** のアゾリルピリジン部位の酸解離定数を求めたところ、**1-H** は  $7.57 \pm 0.50$ 、**2-H** は  $4.29 \pm 0.23$  であった。アゾリルピリジンが結合した  $\text{Re(V)}$  の錯体、 $[\text{ReN}(\text{CN})_3(\text{H-N}2\text{py})]^-$  と  $[\text{ReN}(\text{CN})_3(\text{H-N}3\text{py})]^-$  は  $9.20 \pm 0.10$  および  $4.90 \pm 0.20$  であった。このことは、 $\text{Re(I)}$  の錯体ユニットである  $\{\text{ReCl}(\text{CO})_3\}$  のほうが、 $\text{Re(V)}$  の錯体ユニットである  $\{\text{ReN}(\text{CN})_3\}^-$  に比べてアゾリル配位子上の電子を強く引きつけていることを示している。**[3]** については、DMSO 中で強酸である p-トルエンスルホン酸を加えてもプロトン付加しないことが分かった。**1-H**、**2-H**、**[3]** とともに室温で発光することを確認した。発光寿命の温度依存性を測定し、その結果から、これらの発光温度計としての能力について検討したところ、それぞれの錯体でセンサーとして感度の高い温度範囲が異なることが分かった。また、これら 3 種類の錯体を組み合わせることで幅広い温度領域に対応できることが分かった。可逆なプロトン付加、脱離が可能な **1-H** および **2-H** についてプロトン付加、脱離前後の発光スペクトルの違いを調べたところ、発光極大の変化はプロトン付加脱離前後でわずかなシフトにとどまり、 $\{\text{ReN}(\text{CN})_3\}^-$  ユニットに配位した場合とは大きく挙動が異なることが分かった。

## 20. 粒子ビーム化学研究室

岡田 美智雄（教授）

### 主な研究テーマ

1. 配向および配列分子ビーム法による表面化学反応立体ダイナミクスの解明
2. 大型放射光施設 SPring-8 を利用した X 線光電子分光による表面化学反応過程の解明
3. アスタチンと金属表面の相互作用の理論的解明

### 研究活動概要

1. Si(111)表面に塩化メチル分子ビームを照射し、反応過程を放射光 X 線光電子分光法により評価した。その結果、図 1 に示すように SiC を生成する反応過程があることがわかった。また、解離吸着過程や引き抜き反応過程も起こる。引き抜き反応過程は入射エネルギーに大きくすることがわかり、ロコー・ミュラー反応における重要な知見を得た。

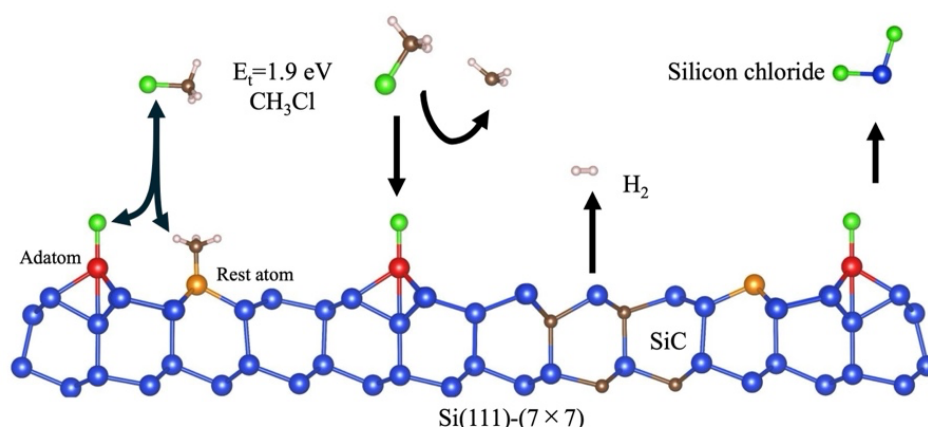


図1. 塩化メチル分子と Si(111)表面の反応

2. 近年核医学治療において注目されているアスタチン原子と金属表面の相互作用を第一原理計算により解明する研究を行った。アスタチンは金属表面上に共有結合的に吸着することがわかり、また形成される吸着構造についても解明できた。さらに吸着への表面ステップの効果やヨウ素原子との違いも解明し、Au ナノ粒子についても吸着状態を解明できた。このようにアスタチン核医学治療に向けた重要な知見を得た。

### 参考文献

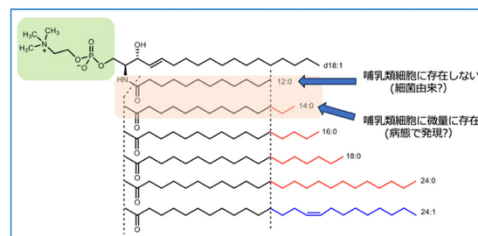
- (1) Hayashida, K.; Tsuda, Y.; Murase, N.; Yamada, T.; Yoshigoe, A.; Diño W.A.; Okada M., *Applied Surface Science* **2024**, 669, 160475, 1-6.
- (2) Tanudji, J.; Kasai, H.; Okada, M.; Nakanishi, H., *Next Nanotechnology* **2025**, 8, 100231, 1-7.

## 21. 放射線化学生物学研究室

樺山 一哉（教授）

### 主な研究テーマ

1. アルファ線核医学治療に向けた薬剤開発
2. 自然免疫に関わる脂質関連分子の機能解析
3. 糖鎖による相互作用の分子化学的実証
4. ライブセルイメージング法を用いた生体分子の動態解析



### 研究活動概要

#### 1. スフィンゴミエリン分子種による TLR4 シグナルと炎症性細胞死の制御

本研究では、生体膜主要スフィンゴ脂質であるスフィンゴミエリン (SM) 分子種が、自然免疫応答を制御する新たな内因性リガンドとして機能することを明らかにした。脂肪酸鎖長の異なる SM を用いて解析した結果、SM C12 および C14 はマクロファージにおいて TLR4/MD-2 シグナルを介して炎症性サイトカイン産生を誘導し、特に SM C12 はカスパーゼ-11/GSDMD 依存的なパイロトーシスを引き起こした。さらに、ヒト細胞において SMC12 がカスパーゼ-4 に直接作用することを示し、細胞表面 TLR4/MD-2 経路と細胞内カスパーゼ経路の双方を介する脂質依存的な自然免疫制御機構を提示した。SM 分子種によって LPS 応答の促進または抑制が切り替わることから、炎症性疾患の理解と制御に資する基盤的知見となった。

#### 2. アスタチン-211 の用量依存的細胞毒性評価と標的 $\alpha$ 線治療への応用基盤

本研究では、標的  $\alpha$  線治療に用いられるアスタチン-211 ( $^{211}\text{At}$ ) の生物効果を定量的に評価するため、LLC、HeLa、AD293 細胞を用いた標準化された in vitro 解析系を構築した。遊離  $^{211}\text{At}$  を各細胞に投与し、WST-8 による細胞生存率評価と CFSE による細胞増殖解析を組み合わせることで、線量および曝露時間に依存した細胞応答を解析した。その結果、72 時間曝露後の LD50 値は概ね 0.125-0.25 MBq/mL の範囲にあり、LLC および HeLa 細胞では高放射能条件でも生存率がゼロにならない一方、0.25 MBq/mL では細胞分裂が完全に停止することが示された。これにより、 $\alpha$  線照射の抗腫瘍効果は単純な細胞死だけでなく、増殖停止を含む複合的な作用に基づくことが示唆され、 $^{211}\text{At}$  標識薬剤の薬効評価と投与設計に向けた基盤データが得られた。

### 参考文献

- (1) Huang, X.; Kanoh, H.; Ueno, J.; Ishikawa, U.; Nitta, T.; Takamatsu, M.; Shimoyama, A.; Taniguchi, M.; Hanashima, S.; Inamori, K.; Inokuchi, J.; Fukase, K.; Kabayama, K. *Cell Reports* **2025**, *44*, 116568.
- (2) Ueno, J.; Takamatsu, M.; Mayusumi, K.; Shimoyama, A.; Ooe, K.; Murakami, M.; Toyoshima, A.; Watabe, T.; Naka, S.; Cardinale, J.; Giesel, F.; Fukase, K.; Kabayama, K. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **2026**, *335*, 713-719.

## 22. 放射線科学研究室

豊嶋 厚史（教授），村上 昌史（准教授）

### 主な研究テーマ

1. アスタチンを用いたアルファ線核医学治療法に関する研究
2. 中性子放射化による薬剤製造法の研究
3. 新たな医学用新規放射性同位体の開発

### 研究活動概要

#### 1. アスタチン試料の標準化に向けた研究

加速器を用いて容易に製造できるアルファ線放出核種アスタチン 211 ( $^{211}\text{At}$ ) は、アルファ線核医学治療（TAT）への応用が高く期待されている。しかしながら、At は様々な化学形を取りえるため、各加速器施設から供給される  $^{211}\text{At}$  試料の化学状態は統一されていない。そこで本研究では、供給 At 試料の調製に用いられる乾式蒸留分離法の分離条件を変えて、得られる試料中の At 化学種を HPLC ならびに LC/MS を用いて分析した。その結果、分離に用いるガス条件を制御することによって、水溶液中ならびにメタノール溶液中において、それぞれで主となる At 化学種が存在することを見いだした。

#### 2. アスタチン電解標識法

ハロゲンであるアスタチンを放射性薬剤として利用するためには、有機化合物への導入が必要である。本研究室では電解法によってアスタチンの酸化状態を制御し、効率的に置換反応を誘導する手法を開発している。これまで中性水溶液中において塩化物イオン存在下で定量的な電解酸化が可能であることを見いだしており、現在その原因について量子化学計算を行って化学形との関係について検討を進めている。

#### 3. 金錯体の中性子放射化法の開発

物質を熱中性子により放射化すると、中性子吸収反応後に即発ガンマ線放出が起こり、放射化された原子核は反跳作用を受ける。本研究では、原子炉で得られる熱中性子を用いて金を含む化合物を放射化し、その際の反跳により生成核の分子骨格への影響を検討した。放射化した金錯体の HPLC 分析を行い、その保持率が金錯体の構造に関係することを見いだした。生成核は数十 keV の反跳エネルギーを持つことから、構造破壊を免れるためには何らかのエネルギー散逸機構が必要であるが、固体の結晶構造を通じて反跳エネルギーが散逸している可能性が考えられる。

## 23. 放射線生物化学研究室

兼田（中島） 加珠子（教授）

### 主な研究テーマ

1. 核医学利用のためのアミノ酸誘導体の合成及び同位体標識法の検討
2. 短寿命放射線同位体を用いた核医学治療薬の品質の検討
3. 放射線同位体の摂取による生物影響の評価
4. がん細胞型アミノ酸トランスポーターの機能解析

### 研究活動概要

#### 1. 放射線同位体標識アミノ酸誘導体の骨軟部腫瘍における有効性の評価

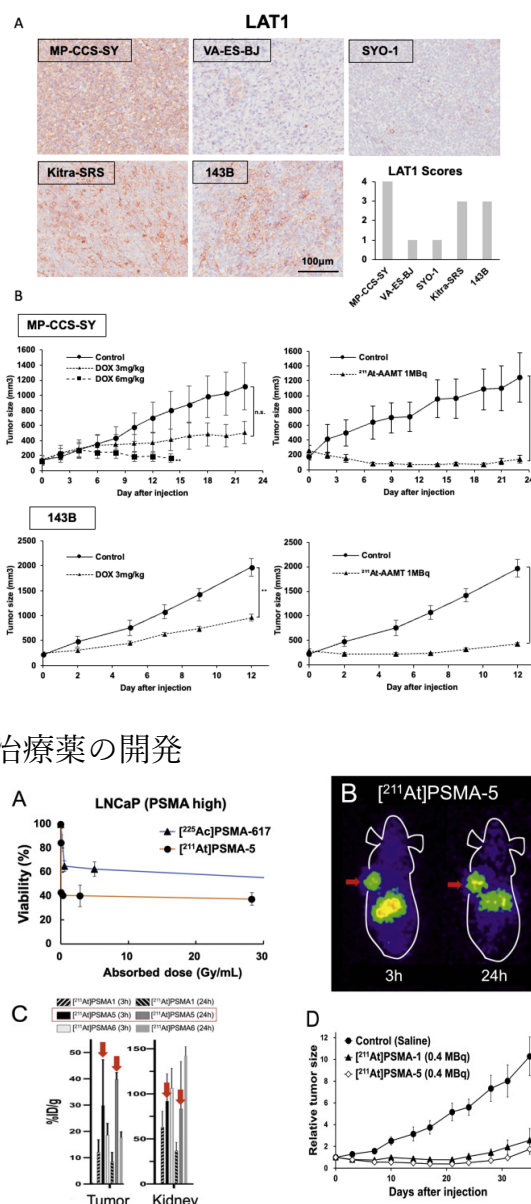
骨軟部腫瘍は希少がんであり、病型が多岐に渡ることから化学療法に用いる新しい薬剤の開発が遅れている。さらに転移を来した例には著効する薬剤が存在しない。一方で分子標的であるがん細胞型アミノ酸トランスポーター-L-type amino acid transporter 1(LAT1)は原発巣よりも転移巣で発現が高い。そこで短寿命 $\alpha$ 線核種であるアスタチン $^{211}\text{At}$ をLAT1 高選択性化合物に標識し、骨軟部腫瘍の治療薬としての有効性を検討した。その結果、従来薬と同様あるいはそれ以上の治療効果を持つことが確認された。本核医学治療は骨軟部腫瘍の新しい治療薬として期待できることが示された。

#### 2. 去勢抵抗性前立腺がんに対する新規核医学治療薬の開発

共同研究者と共に、去勢抵抗性前立腺がんに対する新規核医学治療薬の開発を進めた。 $^{211}\text{At}$ 標識のための前駆体化合物の構造展開の結果、これまでに報告のある $^{225}\text{Ac}$ -PSMA617 と同等の治療効果を持つ $^{211}\text{At}$ 標識薬の開発に成功した。齧歯類と霊長類を用いた非臨床安全性試験を経て、PMDA 相談を経て本学医学部附属病院において2024年より医師主導治験を始めることができた。

### 参考文献

- (1) Takami, H.; Imura, Y.; Outani, H.; Nakai, S.; Inoue, A.; Kotani, Y.; Okada, S.; Kaneda-Nakashima, K. *Int J Mol Sci.* **2025**, 26(17):8599.
- (2) Watabe, T.; Naka, S.; Shirakami, Y.; Kaneda, K.; Murakami, M.; Toyoshima, A.; Cardinale, J.; Giesel, FL. *Semin Nucl Med.* **2025**, S0001-2998(25), 00120-5.



## 24. 先端質量分析学研究室

豊田 岐聡 (教授), 大塚 洋一 (准教授), 河井 洋輔 (助教)

### 主な研究テーマ

1. 直接抽出ーイオン化法の研究開発
2. 質量分析イメージングを用いた生体組織の多次元化学分布情報計測

### 研究活動概要

本研究室は、気相イオンを高精度・高感度に計測するための質量分析法の研究開発と、それら进行评估・活用するための異分野融合型研究を軸に研究を進めている。我々はこれまでに、微小体積の溶媒の流動を活用する抽出ーイオン化法(t-SPESI: tapping-mode scanning probe electrospray ionization)の開発と、質量分析イメージング(MSI: mass spectrometry imaging)への応用を推進してきた。2025年度は、t-SPESIの高精度化・高感度化を進めるとともに、単一細胞解析および高分子材料解析へ応用を展開した。今年度の概要を以下に記す。

#### (1) 単一細胞質量分析イメージング法の開発<sup>1</sup>

単一細胞の分子分布を可視化するために、倒立蛍光顕微鏡と組み合わせ可能な新規t-SPESI計測系を開発し、細胞の光学像・イオン像・形状像を同一試料上で取得できるマルチモーダル計測系を構築した。さらに、キャピラリプローブ内にアミノ基修飾シリカ粒子を充填することで微小液架橋形成時の溶媒供給を安定化し、内径が細かいイオン輸送管を導入することで、質量分析装置へのイオン導入効率を向上させた。これらの技術開発により、HeLa細胞に対してピクセルサイズ2 μmのシングルセルMSIを実現し、サブセルラースケールの脂質分布を可視化した。

#### (2) 高分子材料中光安定剤の光劣化解析<sup>2</sup>

高分子材料の耐久性向上には、添加剤の分布と劣化機構を直接評価する分析法が重要である。本研究では、オリゴマー型ヒンダードアミン系光安定剤(o-HALS)の一種である、Chimassorb 944およびTinuvin 622が添加されたポリエチレンフィルムを対象として、光照射に伴う添加剤の変化を調べた。同一のフィルム内に、光照射時間が異なる複数領域を設ける手法を考案し、t-SPESI-MSIによるMSIと液体抽出表面分析ータンデム質量分析(LESA-MS/MS)による分子の構造解析を組み合わせた。フィルム中のChimassorb 944およびTinuvin 622のシグナル強度が、光照射時間とともに低下し、光劣化生成物の分布が時間依存的に変化することが見いだされた。LESA-MS/MSを適用することで、Chimassorb 944由来の複数の光劣化生成物について構造推定を行った。短時間の光照射で増加する生成物と、長時間の光照射後に顕著となる生成物が、C-N結合開裂、酸化、環化、さらにアルキル鎖の切断を伴う段階的な分解経路により生成されることが示唆された。

### 参考文献

- (1) Otsuka, Y.; Kabayama, K.; Miura, A.; Takahashi, M.; Hata, K.; Izumi, Y.; Bamba, T.; Fukase, K.; Toyoda, M. *Commun. Chem.* **2025**, *8*, 147.
- (2) Akiyama, T.; Otsuka, Y.; Sun, M.; Yamaguchi, S.; Toyoda, M. *Mass Spectrom (Tokyo)*, **2025**, *14*, A0173.

## II. 業績リスト

## 原著論文

- O-1** Regularity between Phase Transfer and Conformation of Single DNA Molecules in Aqueous Two-Phase System Measured by In Situ Fluorescence Microscopy.  
Katayama, K.; Tsukahara, S. *Solvent Extr. Res. Dev. Jpn.* **2025**, 32, 43-52.
- O-2** Probing Orientational Dynamics of Magnetic Nanoparticles in Opaque Samples Using Near-Infrared Magnetic Linear Birefringence.  
Suwa, M.; Higuchi, M.; Takatsu, M.; Okamoto, Y.; Tsukahara, S. *Anal. Chem.*, **2025**, 97, 9239-9247.
- O-3** Theoretical evaluation of decay mode of  $^{229\text{m}}\text{Th}$  in solid samples.  
Masuda, R.; Naito, T.; Kaneko, M.; Kazama, H.; Hashiba S.; Misawa, K.; Kasamatsu, Y. *Phys. Rev. Res.* **2025**, 7, 043217, 1-8.
- O-4** Separation of Am from lanthanides and Cm using the ADAAM(EH)–DTBA extraction system and elucidation of its complexation with DTBA through DFT calculations.  
Sasaki, Y.; Kaneko, M.; Kumagai, Y.; Ban, Y. *Solv. Extr. Ion Exch.* **2025**, 73, 768-784.
- O-5** Extraction, separation and isolation of MA using two extractants (TODGA and ADAAM) and a masking agent (DTBA).  
Sasaki, Y.; Kaneko, M.; Kumagai, Y.; Ban, Y. *Prog. Nucl. Sci. Technol.* **2025**, 8, 202-204.
- O-6** Activation imaging of gold nanoparticles for versatile drug visualization: An in vivo demonstration.  
Koshikawa, N.; Kikuchi, Y.; Tanaksa, K. S.; Tokoi, K.; Mitsukai, A.; Aoto, H.; Kadonaga, Y.; Toyoshima, A.; Kato, H.; Ooe, K.; Takamiya, K.; Kataoka, J. *Appl. Phys. Lett.* **2025**, 126, 103702, 1-7.
- O-7** Solvent Extraction and Coordination Properties of 1,10-Phenanthroline-2,9-dicarboxylic Acid Diamides with Alkyl-Aryl Substituents toward Lanthanides(III) and Americium(III).  
Evsiunina, M. V.; Matveev, P. I.; Kalle, P.; Khult, E. K.; Lempert, P. S.; Avagyan, N. A.; Petrov, V. G.; Ustynyuk, Y. A.; Nenajdenko, V. G. *Inorg. Chem.* **2025**, 64, 3311-3325.

- O-8** Formation and stability investigation of meso-hydroxy diacyl-dipyrromethane.  
Ferryansyaha, M. A.; Santria, A.; Ishikawa, N.; Firmansyah, D. *Commun. Sci. Technol.* **2025**, *10*(1), 29–35.
- O-9** Automated Evaluation Method for Aggregation-Induced Circularly Polarized Luminescence of Platinum(II) Complexes With 1,1'-Bi-2-naphthol Derivatives as Ligands.  
Suzuki, S.; Kaneta, A.; Santria, A.; Tabata, H.; Nagata, Y.; Tauchi, D.; Hasegawa, M.; Tsubaki, K.; Imai, Y.; Akao, K.; Nishikawa, H.; Ishikawa N. *Chirality* **2025**, *37*, e70048, 1-9.
- O-10** Identification of a Weak Interaction between the Spin-Only 4f-Electronic System of Trivalent Gd Ion and a Photoexcited Cyclic  $\pi$  Electronic System.  
Santria, A.; Ishikawa N. *J. Phys. Chem. A* **2025**, *128*(32), 6722–6728.
- O-11** Spectroscopic and computational study of vanillin-dipyrin ligand that capable of colorimetric sensor for zinc and copper ions.  
Firmansyaha, D.; Khodizaha, A. T.; Ferryansyaha, A. M.; Divanandaa, I M.; Juliawaty, L. D.; Mujahidina, D.; Yuliarto, B.; Ishikawa, N.; Santria, A. *J. Mol. Struct.* **2024**, *1313*, 138718, 1-10.
- O-12** Chirality and Polarity Modulation in Semiconductive Zinc(II) Coordination Polymers Containing Thiolate-Based Ligands.  
Tsujimura, S.; Akiyoshi, R.; Saeki, A.; Yoshinari, N.; Eguchi, D.; Tamai, N.; Yamada, H.; Shimono, S.; Nakamura, Y.; Ogasawara, K.; Tanaka, D. *Inorg. Chem.* **2025**, *64*, 5755-5763.
- O-13** Room Temperature Operation of All-Solid-State Potassium-Ion Battery Enabled by Unconventional Ionic Solid Electrolyte  $\text{K}_6[\text{Rh}_4\text{Zn}_4(\text{L-cys})_{12}\text{O}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ .  
Sakamoto, R.; Nakamoto, K.; Inoishi, A.; Ito, M.; Yoshinari, N.; Konno, T.; Hara, Y.; Fujii, T.; Okada, S. *Chem. Asian J.* **2025**, *20*, e202401781.
- O-14** Selective formation of a heterotrimetallic  $\text{Au}^{\text{I}}\text{Pt}^{\text{II}}\text{Pd}^{\text{II}}_2$  complex via heteroleptic coordination of  $\text{Au}^{\text{I}}$  and  $\text{Pt}^{\text{II}}$  metalloligands to  $\text{Pd}^{\text{II}}$  centers.  
Kuwamura, N.; Nomura, J.; Madarame, R.; Yoshinari, N.; Konno, T. *Chem. Lett.* **2025**, *54*, upaf089.

- O-15** Synthesis and characterisation of uniform CoPt nanoparticles using red blood cell ghosts conjugated with peptides on their inner surface.  
Matsumoto, S.; Yiyang, Z.; Yoshinari, N.; Yasuhara, K.; Ohba, M.; Koshiyama, T. *Dalton Trans.* **2025**, 54, 9856–9860.
- O-16** The X-Ray Crystallography Evidence of Selective Co-Crystallization Between  $[\text{Au}^{\text{I}}_6\text{Ag}^{\text{I}}_3\text{Cu}^{\text{II}}_3]^{3+}$  Chiral Metallo-Supramolecular Complex and  $\Lambda$ -[Co(EDTA)]<sup>−</sup> Isomer.  
Wahyudianto, B.; Kojima, T.; Yoshinari, N.; Konno, T. *Indones. J. Chem.* **2025**, 25, 1954-1962.
- O-17** Secondary Coordination Sphere-Directed Design of Thermo-Responsive and Bright Luminescent Manganese(II) Complexes.  
Yoshida, M.; Zhang, F.; Segawa, K.; Komoda, K.; Yuasa, K.; Obata, H.; Yoshinari, N.; Kato, M. *Adv. Opt. Mater.* **2025**, 13, e02008, 1-10.
- O-18** Lanthanide Tetrabromoterephthalates: Promotion of Cycloaddition Reactions of Carbon Dioxide without Preactivation, Solvent, and Co-Catalyst at Ambient Pressure through Structural Design.  
Sinchow, M.; Chuasaard, T.; Chiangraeng, N.; Bird, S. A.; Nimmanpipug, P.; Yoshinari, N.; Rujiwatra, A. *Inorg. Chem.* **2025**, 64, 19227-19237.
- O-19** Synthesis and properties of dimethyldihydrophenazine radical cation with camphorsulfonate ion.  
Tanaka, R.; Kawamorita, S.; Naota, T.; Shiomi, D.; Tanaka, Y.; Sato, K.; Yoshinari, N.; Suzuki, S. *Chem. Lett.* **2025**, 54, upaf210, 1-4.
- O-20** Direct Measurement of Magnetocaloric Effect (MCE) in Frustrated Gd-Based Molecular Complexes.  
Zhang, Y.; Nomoto, T.; Yamashita, S.; Akutsu, H.; Yoshinari, N.; Konno, T.; Nakazawa Y. *J. Therm. Anal. Cal.* **2025**, 150(9), 7179–7188. (2025).
- O-21** 2D Quantum Spin-Liquid Candidate Including a Chiral Anion:  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>[B<sub>R/S</sub>(salicylate)<sub>2</sub>].  
Blundell, T. J. ; Sneade, K.; Ogar, J. O.; Yamashita, S.; Akutsu, H.; Nakazawa, Y.; Yamamoto, T.; Martin L. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, 147, 5658–5668.

- O-22** Radical-cation salts of BEDT-TTF with tris-coordinated racemic dysprosium(iii) and terbium(iii) anions.  
Howarth, E.; Lopez, J.; Ogar, J. O.; Blundell, T. J.; Akutsu, H.; Nakazawa, Y.; Imajo, S.; Ihara, Y.; Coles, S. J.; Horton, P. N.; Christensen, J.; Martin, L. *Dalton Trans.* **2025**, 54, 3207-3215.
- O-23** Spontaneous Resolution of the  $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  Anion and Inclusion of Chiral Guest Molecules in BEDT-TTF Radical-Cation Salts.  
Ogar, J. O.; Wallis, J. D.; Blundell, T. J.; Rusbridge, E. K.; Mantle, A.; Akutsu, H.; Nakazawa, Y.; Imajo, S.; Martin, L. *Inorg. Chem.* **2025**, 64, 1075-1084.
- O-24** Frustrated random-singlet state with ice-type structural fluctuation in spinel titanates.  
Hanasaki, N.; Hattori, T.; Komoda, T.; Minamoto, K.; Torigoe, S.; Yamashita, S.; Nakazawa, Y.; Nakno, T.; Yoshimi, K.; Yashima, M.; Mukuda, H.; Widyaiswari, U.; Watanabe, I.; Koda, A.; Honda, T.; Otomo, T.; Sagayama, H.; Kodama, K.; Murakawa, H.; Sakai, H. *PNAS* **2025**, 123, e2517926123 on-line.
- O-25** Tunneling Conductivity Switching by Reversible Electric-Field-Induced Proton Transfer for a Hydrogen-Bonding Heterobilayer Film.  
Kato, H. S.; Muneyasu, R.; Fujino, T.; Ueda, A.; Kanematsu, Y.; Tachikawa, M.; Yoshinobu, J.; Mori, H. *NANO Lett.* **2025**, 25, 11116–11124.
- O-26** Realization of a spin-1/2 Kondo necklace model with magnetic field-induced coupling switch.  
Yamaguchi, H.; Tominaga, Y.; Kida, T.; Araki, K.; Kawakami, T.; Iwasaki, Y.; Kimura, K.; Hagiwara, M. *Phys. Rev. res.* **2025**, 7, L012023,1-6.
- O-27** Quantum Mechanical Approaches to Strongly Correlated Electron Systems: Structure, Bonding, and Properties of Diradicals, Triradicals, and Polyradicals.  
Yamada, S.; Shigemoto, I.; Kawakami, T.; Isobe, H.; Shoji, M.; Miyagawa, K.; Yamaguchi, K.; Ishida, T.; Kawakami, T.; Yamaguchi, K. *Chemistry* **2025**, 7, 38,1-69.
- O-28** Transition-state search algorithm based on deep reinforcement learning.  
Kikkawa, T.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M. *Chem. Lett.* **2025**, 54, upaf098,1-5.

- O-29** Non-perturbative approaches to linear and nonlinear responses of atoms, molecules and molecular aggregates: A theoretical approach to molecular quantum information and quantum biology.  
Yamada, S.; Kobayashi, T.; Takahata, M.; Nitta, H.; Isobe, H.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M.; Yamaguchi, K. *Chemistry* **2025**, 7, 164, 1-15.
- O-30** Theoretical investigation of hydroamination of alkenes with aqueous ammonia by Pt/TiO<sub>2</sub> photocatalyst.  
Toyao, T.; Ohkuma, K.; Yonemori, T.; Ishimaru, Y.; Hamada, Y.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Yoshida, H.; Okumura, M. *Chem. Lett.* **2025**, 554, upaf078,1-4.
- O-31** Active and stable Au/ZrO<sub>2</sub> catalysts for isomerization of allylic esters: A practical application of heterogeneous gold catalysis.  
Huang, Q.A.; Cao, Y.; Satou, K.; Murayama, H.; Yoshizawa, A.; Yamamoto, E.; Nakayama, A.; Ishida, T.; Kitagawa, Y.; Ishimaru, Y.; Okumura, M.; Honma, T.; Suzuki, Y.; Tokunaga, M. *Appl. Catal. B* **2025**, 373, 125351,1-15.
- O-32** Theoretical investigation of the variations in CO oxidation activity of Au/ZnO catalysts under different pretreatment conditions.  
Yonemori, T.; Hamada, Y.; Ishimaru, Y.; Ishida, T.; Murayama, T.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2025**, 99, uoag002,1-15.
- O-33** Theoretical study on propylene epoxidation over ZrO<sub>2</sub>-supported Au catalyst: understanding support dependency of catalytic activity based on stability of the active species.  
Hamada, Y.; Sonoura, A.; Yonemori, T.; Ishimaru, Y.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M. *Chem. Lett.* **2025**, 55, upag027,1-5.
- O-34** Intermolecular interactions governing adsorption of bulky molecules on ZIF-8: Insight from adsorption kinetics of benzene and 6-membered ring alicyclic hydrocarbons.  
Ueda, T.; Yamada, Y.; Fujii, K.; Mihara, F.; Iiyama, T.; Hamada, T.; Okumura, M. *adsorption* **2025**, 32,17,1-13.
- O-35** Utilizing Cooperative Proton–Electron Mixed Conduction Induced via Chemical Dedoping of Self-Doped Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) Nanofilms for In-Material Physical Reservoirs.

- Ishizaki-Betchaku, Y.; Onishi, M.; Misaka, T.; Hara, M.; Yano, H.; Okuzaki, H.; Matsui, J.; Hasegawa, T.; Matsumoto, T.; Tanaka, H.; Nagano, S. *Advanced Science* **2026**, *13* (12), e20270, 1-12.
- O-36** In-Materia Neuromorphic Properties Induced by Locally Denatured Regions in Sulfonated Polyaniline Networks Incorporating Au Nanoparticles.  
Usami, Y.; Fukumaru, T.; Kawashima, Y.; Misaka, T.; Otsuka, Y.; Ohoyama, H.; Naitoh, Y.; Matsumoto, T. *Adv. Electron. Mater.* **2025**, *11*, 2400699, 1-8.
- O-37** Structural Evolution of Retinal Chromophore in Early Intermediates of Inward and Outward Proton-Pumping Rhodopsins.  
Urui, T.; Mizuno, M.; Abe-Yoshizumi, R.; Kandori, H.; Mizutani, Y. *J. Phys. Chem. B* **2025**, *129*, 41-51.
- O-38** Photothermal Energy Conversion by Heme in Cytochrome *c*<sub>552</sub>: A Heme Protein-Based Molecular Heater.  
Watase, T.; Mizuno, M.; Mizutani, Y. *J. Phys. Chem. C* **2025**, *129*, 148-155.
- O-39** Using an Aromatic Linker to Optimize Charge-Resonance States, Photodimerization and Reversibility in Covalent Anthracene Dimers.  
Lam, K.; Dillon, R. J.; Carreras, A.; Nishiuchi, T.; Kubo, T.; Al-Kaysi, R. O.; Casanova, D.; Bardeen, C. J. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2025**, *27*, 5305-5316.
- O-40** Photochemical and Thermal Concerted 1,3-Sigmatropic Rearrangements of a  $\pi$ -Extended Methylene cyclopropane.  
Konrai, S.; Takano, M.; Abe, M.; Sato, H.; Kishi, R.; Kubo, T.; Nishiuchi, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 38700-38710.
- O-41** Strain-Induced Quinoidal Character in a Carbon Nanoring Embedding Anthracene Units.  
Nishiuchi, T.; Makihara, Y.; Kubo, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 37488-37496.
- O-42** Systematic C–C Bond Cleavage in Oligomers via Diels–Alder Reaction on Au(111).  
Li, D.; Ohto, T.; Nishiuchi, T.; Takeuchi, S.; Nishide, Y.; Kimizuka, H.; Kubo, T.; Kawai, S. *ACS Nano* **2025**, *19*, 35825-35832.

- O-43** Pyrrole-Fused Aza-Nanographene with Two Gulf-Edge Regions as Flexible Sites.  
Matsunaga, T.; Oki, K.; Mori, S.; Nishiuchi, T.; Higashi, M.; Kubo, T.; Okujima, T.; Uno, H.; Takase, M. *Org. Lett.* **2025**, *27*, 11005-11010.
- O-44** Photomechanical Anthracenophane Crystals: Theory, Experiment, and Composite Actuator Performance.  
Lam, K.; Molina-Portillo, P.; Carta, V.; Nishiuchi, T.; Ticknor, M.; Hayward, R. C.; Al-Kaysi, R. O.; Kubo, T.; Beran, G. J. O.; Bardeen, C. J. *Cryst. Growth Des.* **2025**, *25*, 8089-8099.
- O-45** Frustration-Induced Many-Body Degeneracy in Spin-1/2 Molecular Quantum Rings.  
Li, D.; Cao, N.; Metzelaars, M.; Silveira, O. J.; Jestilä, J.; Fumega, A.; Nishiuchi, T.; Lado, J.; Foster, A. S.; Kubo, T.; Kawai, S. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 26208-26217.
- O-46** Electron Donating Group Effect on C–C Bond Scission Ability of Indanedione Dimers in Their Solution and Solid State.  
Yamamoto, Y.; Yakiyama, Y.; Nishiuchi, T.; Kubo, T.; Sakurai, H. *Asian J. Org. Chem.* **2025**, *14*, e00546, 1-9.
- O-47** Stable Tribrominated Phenalenyl Radical Exhibiting Long-Lived Luminescence from a Monomer– $\pi$ -Dimer Equilibrium.  
Kohzuma, T.; Sugita, K.; Tani, Y.; Metzelaars, M.; Kubo, T. *Org. Lett.* **2025**, *27*, 6019-6024.
- O-48** [5]Cumulene Bridged Tri(9-anthryl)Methyl Dimer.  
Nishiuchi, T.; Takeuchi, S.; Kubo, T. *Chem. Asian J.* **2025**, *20*, e202401868, 1-6.
- O-49** Benzo[*cd*]perylene: A  $\pi$ -Expanded Phenalenyl Radical with Enhanced Aggregation Enthalpy and Stability.  
Ono, Y.; Goto, Y.; Tani, Y.; Nakasuji, K.; Sato, K.; Takui, T.; Shimizu, D.; Matsuda, K.; Kubo, T. *Asian J. Org. Chem.* **2025**, *14*, e202500300, 1-6.
- O-50** Synthesis, Chiroptical Properties, and Absolute Configuration Determination of Phenyl-4-pyridyl-2,5-dipyrimidinylmethane.  
Matsumoto, K.; Tanaka, R.; Miki, K.; Konishi, A.; Kurata, H.; Kubo, T.; Pescitelli, G.; Matsuo, K.; Nehira, T. *Asian J. Org.*

*Chem.* **2025**, *14*, e202400577, 1-7.

- O-51** Synthesis and Characterization of an Air-Stable Tin(IV)  $\beta$ -Tetracyanoisophlorin Complex: Enhanced Antiaromaticity through Metal Complexation.  
Sugimura, H.; Nakajima, K.; Yamashita, K. *Asian J. Org. Chem.* **2025**, *14*, e202400550, 1-6.
- O-52** An Energy-Tunable Dual Emission Mechanism of the Hybridized Local and Charge Transfer (HLCT) and the Excited State Conjugation Enhancement (ESCE).  
Suga, K.; Ochiai, K.; Yoneda, Y.; Kuramochi, H.; Saito, S. *Chem. Eur. J.* **2025**, *31*, e202404376, 1-10.
- O-53** QCforever2: Advanced Automation of Quantum Chemistry Computations.  
Sumita, M.; Terayama, K.; Ishida, S.; Suga, K.; Saito, S. *J. Comput. Chem.* **2025**, *46*, e70017, 1-10.
- O-54** Excited-State Aromatization Drives Nonequilibrium Planarization Dynamics.  
Yoneda, Y.; Konishi, T.; Suga, K.; Saito, S.; Kuramochi, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 12051–12060.
- O-55** Tuning Antiaromaticity Through *Meso*-Substituent Orientation in Core-Modified Isophlorins.  
Isoda, M.; Sugimura, H.; Honda, Y.; Yamashita, K. *Asian J. Org. Chem.* **2025**, *14*, e00372, 1-8.
- O-56** Synthesis and Characterization of (*R*)- and (*S*)-1,1'-bi-2-naphtholato Coordinated Gallium(III) Porphyrins and Their Chiroptical Properties.  
Islam, S.; Mia, M. J.; Tauchi, D.; Hasegawa, M.; Fusè, M.; Mazzeo, G.; Longhi, G.; Abbate, S.; Yamashita, K.; Sugiura, K. *Eur. J. Inorg. Chem.* **2025**, *28*, e202500434, 1-9.
- O-57** Effect of Chalcogen Interaction on the Structure of Methine-Bridged Trichalcogenophenes.  
Nishimura, R.; Yamashita, K. *Chem. Eur. J.* **2025**, *31*, e202501123, 1-8.
- O-58** *Alcaligenes* lipid A as a sublingual adjuvant to augment protective immune responses in the respiratory and gastrointestinal tracts.

Yoshii, K.; Liu, Z.; Shimoyama, A.; Hirayama, Y.; Iemitsu, K.; Node, E.; Hosomi, K.; Kiyono, H.; Fukase, K.; Kunisawa, J. *International Immunology* **2026**, 38(4), 264–277.

- O-59** Synthesis and Evaluation of Astatine-211-Labeled Fibroblast Activation Protein Inhibitors.  
Takamatsu, M.; Shimoyama, A.; Aso, A.; Toda, T.; Ueno, J.; Mayusumi, K.; Kabayama, K.; Kadonaga, Y.; Shirakami, Y.; Watabe, T.; Yoshiya, T.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Haba, H.; Cardinale, J.; Giesel, F.; Kaneda, K.; Fukase, K. *Nucl. Med. Biol.* **2025**, 150, 109351, S123-S124.
- O-60** Solid-Phase Oligosaccharide Synthesis with Highly Complexed Peptidoglycan Fragments.  
Kadonaga, Y.; Wang, N.; Shimoyama, A.; Fujimoto, Y.; Fukase, K. *Molecules* **2025**, 30 (13), 2787, 1-13.
- O-61** Programmable Antigen-Specific Immunity via Self-Adjuvanting Nanovaccines Co-Delivering Immune Modulators.  
Ito, K.; Manabe, Y.; Ohshima, S.; Maeki, M.; Tokeshi, M.; Inaba, H.; Matsuura, K.; Kabayama, K.; Kametani, Y.; Fukase, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2025**, e20474, 1-11.
- O-62** Mechanistic insights into glycosylation-driven structural rearrangements in human aquaporin 1.  
Saito, K.; Kajihara, Y.; Ishikita, H. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2025**, 27, 18459-18466.
- O-63** Expression, purification, and enzymatic characterization of human UDP-glucose:glycoprotein glucosyltransferase-selenoprotein F complex from Sf9 insect cells.  
Tomoi, H.; Kikuma, T.; Kujiura, H.; Sano, K.; Matsumura, H.; Ito, Y.; Kajihara, Y.; Takeda, Y. *Protein Expr. Purif.* **2025**, 231, 106719, 1-8.
- O-64** Rapid synthesis of glycosylated insulins by flow-based peptide synthesis.  
Maki, Y.; Mong, S., K.; Chandrashekar, C.; Forbes, B., E.; Hossain, M., A.; Yamaguchi, S.; Fadzen, C., M.; Kajihara, Y.; Pentelute, B. L. *Chem. Sci.* **2025**, 16, 7929-7935.
- O-65** Harnessing Free Sulfate Groups in Glycosylation Reactions.  
Maki, Y.; Manbo, A.; Abe, J.; Hirao, K.; Okamoto, R.; Izumi, M.;

- Yamanaka, S.; Okumura, M.; Kajihara, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2025**, *64*(4), e202416743, 1-7.
- O-66** C(sp<sup>3</sup>)-H Oxidation of Spiroguanidine-Containing Cyclopentanes.  
Kimura, Y.; Karanjit, S.; Sato, R.; Namba, K. *J. Org. Chem.* **2025**, *90*, 7428-7434.
- O-67** Total Synthesis of Calyciphylline F.  
Sato, R.; Sumida, R.; Inoue, M.; Kotaka, R.; Karanjit, S.; Namba, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2025**, e20217671, 1-8.
- O-68** An amino acid transporter in the small intestine mediates basolateral efflux of plant-derived nicotianamine iron complexes.  
Murata, Y.; Fujisawa, M.; Watanabe, T.; Matsubara, S.; Takase, Y.; Takahashi, T.; Namba, K.; Yamagata, A.; Terada, T. *J. Biol. Chem.* **2025**, *301*, 110731, 1-13.
- O-69** *meta*-Phenyl-cis-cinnamic acid as a strong root gravitropism inhibitor.  
Shindo, M.; Nishimura, T.; Kodama, K.; Furusawa, Y.; Sun, J.; Sugiyama, H.; Iwata T.; Wasano, N.; Kano, A.; Morita, M. T.; Fujii, Y. *Tetrahedron* **2025**, *186*, 134848, 1-11.
- O-70** One-Pot Synthesis of Iptycenes and Dissymmetric Triptycenes Using Ynolate-Benzyne Triple Cycloaddition.  
Iwata, T.; Furihata, S.; Fukami, T.; Shindo, M. *Org. Lett.* **2025**, *27*, 7852–7857.
- O-71** Synthesis, Structures, and Properties of Terphenyl Diamido Complexes of Cobalt(I).  
Kobayashi, S.; Yamada, Y.; Hatanaka, T.; Nakano M.; Funahashi, Y. *Eur. J. Inorg. Chem.* **2025**, *28*, e202400834, 1-10.
- O-72** Copper Complexes Containing *o*-Phenylenediamine-based Pentadentate Ligands Catalyze TEMPO-mediated Alcohol Oxidation.  
Mikata, Y.; Akedo, M.; Ohsedo, Y.; Shoji, S.; Matsuo, T.; Jehdaramarn, A.; Sangtrirutnugul, P.; Funahashi, Y. *Front. Chem. Biol.* **2025**, *4*, 1688400, 1-15.
- O-73** Fast and Efficient Room-Temperature Phosphorescence from Metal-Free Organic Molecular Liquids.  
Tani, Y.; Oshima, Y.; Okada, R.; Fujimura, J.; Miyazaki, Y.; Nakano, M.; Urakawa, O.; Inoue, T.; Ehara, T.; Miyata, K.;

Onda, K.; Ogawa, T. *Chem. Sci.* **2025**, *16*, 17480–17486.

- O-74** Phase Transitions and Thermodynamic Properties of 4-Cyano-3-fluorophenyl 4-Alkylbenzoate (*n*CFPB) Liquid Crystal for *n* = 2–5.  
Enomoto, S.; Inoki, C.; Umeda, M.; Kozuki, W.; Sugimoto, K.; Juszyńska-Gałązka, E.; Suzuki, H. *J. Mol. Liq.* **2025**, *433*, 127913, 1–9.
- O-75** Glassforming Liquid Crystalline Equimolar Mixtures of MHPOBC and Fluorinated Compounds – Structural, Optical, and Dielectric Properties.  
Deptuch, A.; Paliga, A.; Drzewicz, A.; Czerwiński, M.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Mol. Liq.* **2025**, *433*, 127939, 1–11.
- O-76** Insight into Molecular Dynamics and Thermodynamic Properties of Electrospun Drug-Loaded Fibres.  
Adamczyk, O.; Drzewicz, A.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Mol. Liq.* **2025**, *437*, 128486, 1–10.
- O-77** Molecular Dynamics in Thin Films of 6BT Liquid Crystal.  
Drzewicz, A.; Krupiński, M.; Tomchuk, O.; Pięta, E.; Lewińska, G.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Mol. Liq.* **2025**, *437*, 128573, 1–7.
- O-78** The Role of Fluorine Substituents on the Physical Properties of 4-Pentyl-4''-propyl-1,1':4',1''-terphenyl Liquid Crystals.  
Drzewicz, A.; Kula, P.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Phys. Chem. B* **2025**, *129*, 4051–4062.
- O-79** Electrospun Fiber Mats with Metronidazole: Design, Evaluation, and Release Kinetics.  
Adamczyk, O.; Deptuch, A.; Tarnawski, T. R.; Zieliński, P. M.; Drzewicz, A.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Phys. Chem. B* **2025**, *129*, 4535–4546.
- O-80** Low-Temperature Structural Study of Smectic C<sub>A</sub>\* Glass by X-Ray Diffraction.  
Deptuch, A.; Koziel, M.; Piwowarczyk, M.; Urbańska, M.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Phys. Chem. B* **2025**, *129*, 6455–6463.
- O-81** Deep Learning Analysis of Crystallization Using Polarized Light Microscopy and U-Net Segmentation.  
Osiecka-Drewniak, N.; Galewski, Z.; Piwowarczyk, M.; Juszyńska-Gałązka, E. *J. Phys. Chem. B* **2025**, *129*, 10521–

10527.

- O-82** Insight into Magnetocaloric Properties of Mn<sub>2</sub>Nb Molecular Magnet by Relaxation Calorimetry.  
Pelka, R.; Miyazaki, Y.; Nakazawa, Y.; Pinkowicz, D. *J. Phys. Chem. C* **2025**, *129*, 17818–17836.
- O-83** Endo- and Exothermal Mechanocaloric Response in Rubbers.  
Matsuo, T.; Takajo, D. *J. Therm. Anal. Cal.* **2025**, *150*, 7099–7112.
- O-84** Partially Disordered Crystal Phases and Glassy Smectic Phases in Liquid Crystal Mixtures.  
Deptuch, A.; Drzewicz, A.; Urbańska, M.; Juszyńska-Gałązka, E. *Materials* **2025**, *18*, 3085, 1–23.
- O-85** Terahertz and Infrared Spectroscopy of the Li@C<sub>60</sub>PF<sub>6</sub> Endofullerene.  
Zhukov, S. S.; Melentev, A. V.; Orekhov, N.; Yulamanova, D.; Tsukova, Yu.; Zhilyaev, P.; Zhukova, E. S.; Suzuki, H.; Nakano, M.; Aoyagi, S.; Gorshunov, B. P. *Phys. Rev. B* **2025**, *112*, 075421, 1–14.
- O-86** Synthesis and Properties of an Oxido-Bridged Heptavalent Rhenium Dimer with 2-Phenylpyridinato and Reactivity with Hydrogen Peroxide.  
Miyamoto, S.; Nagata, K.; Yoshimura, T. *Z. Anorg. Allg. Chem.* **2025**, *651*, e202400176, 1-5.
- O-87** An <sup>211</sup>At-labeled Alpha-melanocyte Stimulating Hormone Peptide Analog for Targeted Alpha Therapy of Metastatic Melanoma.  
Suzuki, H.; Yamashita, S.; Tanaka, S.; Kannaka, K.; Sasaki, I.; Ohshima, Y.; Watanabe, S.; Ooe, K.; Watabe, T.; Ishioka, N.; Tanaka, H.; Uehara, T. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* **2025**, *52*, 2107-2117.
- O-88** Feasibility of Targeted Alpha Therapy for Alzheimer's Disease Using <sup>211</sup>At-labeled Agent Targeting Amyloid-β aggregate.  
Kashiyama, R.; Watanabe, H.; Akasaka, T.; Fujimoto, H.; Murakami, M.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Nakashima, K.; Ono, M. *Ann. Nucl. Med.* **2025**, *39*, 1319-1325.
- O-89** First-in-Human Study of [<sup>211</sup>At]NaAt as Targeted α-Therapy in Patients with Radioiodine-Refractory Thyroid Cancer (Alpha-T<sub>1</sub>

Trial).

Watabe, T.; Mukai, K.; Naka, S.; Sasaki, H.; Kamiya, T.; Hayakawa, T.; Fukuhara, A.; Takano, T.; Shirakami, Y.; Ooe, K.; Shigeno, S.; Okamura, S.; Masumura, K.; Hida, E.; Haba, H.; Toyoshima, A.; Isohashi, K.; Shimomura, I.; Tomiyama, N. *J. Nucl. Med.* **2025**, *66*, 1941-1947.

- O-90** Real-time Trajectory Imaging of Alpha Particles Emitted from Actinium-225 and Its Daughter Radionuclides.  
Yamamoto, S.; Yoshino, M.; Shirasaki, K.; Nakanishi, K.; Kameda, K.; Yoshikawa, A.; Kataoka, J. *Sci. Rep.* **2025**, *15*, 2534, 1-9.
- O-91** Electronic Phase Diagram of Itinerant Electron Metamagnet UCoAl.  
Maeda, M.; Matsuda, T. D.; Haga, Y.; Shirasaki, K.; Kimura, N. *J. Phys. Soc. J.* **2025**, *94*, 024707, 1-6.
- O-92** Imaging of Gamma Photons Emitted from Actinium-225 and Daughter Radionuclides Using a Small Field-of-view GAGG Camera.  
Yamamoto, S.; Yoshino, M.; Shirasaki, K.; Nakanishi, K.; Kameda, K.; Yoshikawa, A.; Kataoka, J. *J. Instrument.* **2025**, *20*, T03005, 1-8.
- O-93** Cherenkov-light Imaging of  $\beta$ -particles Emitted from Daughter Radionuclides of Actinium-225 (Ac-225) Using High Sensitivity CCD Camera.  
Yamamoto, S.; Yoshino, M.; Shirasaki, K.; Nakanishi, K.; Kameda, K.; Yoshikawa, A.; Kataoka, J. *J. Instrument.* **2025**, *20*, T03001, 1-8.
- O-94** Trajectory Shapes of Alpha Particles in GAGG Scintillator Emitted from Actinium-225 and Its Daughter Radionuclides and Application for Non-proportionality Estimation.  
Yamamoto, S.; Yoshino, M.; Nakanishi, K.; Shirasaki, K.; Kameda, K.; Yoshikawa, A.; Kataoka, J. *J. Instrument.* **2025**, *20*, T04009, 1-10.
- O-95** Trial of Three-dimensional Image Estimation from Two-dimensional Projected Trajectory Images of Alpha Particles in GAGG Scintillator.  
Yamamoto, S.; Yoshino, M.; Nakanishi, K.; Shirasaki, K.; Kameda, K.; Yoshikawa, A.; Kataoka, J. *J. Instrument.* **2025**, *20*, T05010, 1-11.
- O-96** Imaging of Alpha and X-rays Emitted from Actinium-225 and Its

Daughter Radionuclides Using Perovskite Structure Scintillator: YAP(Ce) Based Radiation Imaging Detector.

Yamamoto, S.; Yoshino, M.; Shirasaki, K.; Nakanishi, K.; Kameda, K.; Yoshikawa, A.; Kataoka, J. *J. Instrument.* **2025**, *20*, T09028, 1-16.

- O-97** Theoretical study in comparison of astatine adsorptions on metal carrier materials for targeted alpha therapy applications.  
Tanudji, J.; Kasai, H.; Okada, M.; Nakanishi, H. *Next Nanotechnology* **2025**, *8*, 100231, 1-7.
- O-98** Pachyphyllin A-B: Two Novel Seco-Apotirucallane Triterpenoids with Cytotoxic Activities from the Stem Bark of *Aglaia pachyphylla*.  
Safriansyah, W.; Hilmayanti, E.; Rustaman; Farabi, K.; Nafiah, M. A.; Azmi, M. N.; Fajriah, S.; Kabayama, K.; Shimoyama, A.; Manabe, Y.; Fukase, K.; Kuncoro, H.; Supratman, U.; Harneti, D. *J. Nat. Med.* **2025**, *80*, 199-206.
- O-99** CT-Based Attenuation Correction Algorithm for Quantitative L-Shell X-Ray Fluorescence Imaging of Gold Nanoparticles in Murine Tumor Tissues.  
Lohff, M.; Haroske, G.; Staufer, T.; Scheunemann, J.; Ziegler, F.; Haak, J.; Kabayama, K.; Huang, X.; Fukase, K.; Grüner, F. *Diseases* **2025**, *13*, 403, 1-18.
- O-100** Modulation Function of Sphingomyelin Molecular Species in TLR4 Signaling and Cell Death.  
Huang, X.; Kanoh, H.; Ueno, J.; Ishikawa, U.; Nitta, T.; Takamatsu, M.; Shimoyama, A.; Taniguchi, M.; Hanashima, S.; Inamori, K.; Inokuchi, J.; Fukase, K.; Kabayama, K. *Cell Rep.* **2025**, *44*, 116568, 1-20.
- O-101** Furofuran Lignans Involving Their Unusual Oligomers from Indonesian *Dysoxylum parasiticum* (Osbeck) Kosterm.: Discovery and Structural Assignment.  
Naini, A. A.; Fajriah, S.; Putra, A. B. N.; Palupi, K. D.; Mayanti, T.; Supratman, U.; Kabayama, K.; Fukase, K.; Jungsuttiwong, S.; Laksmana, S. D. *Tetrahedron* **2025**, *186*, 134887, 1-13.
- O-102** Preclinical Evaluation of [211At]At-AuNP-ABDMPL16 for Targeted Alpha Therapy in Melanoma.  
Zhang, J.; Qin, S.; Huang, X.; Hilmayanti, E.; Hu, F.; Luan, X.; Ye, T.; Li, F.; Yang, Y.; Liu, N.; Kabayama, K.; Fukase, K.; Yu,

- O-103** Scale-up production of [ $^{211}\text{At}$ ]PSMA-5 using automated synthesizer for Investigator-Initiated clinical trial.  
Naka, S.; Watabe, T.; Shirakami, Y.; Ooe, K.; Kurimoto, K.; Sakai, T.; Toyoshima, A.; Murakami, M.; Kon, Y.; Haba, H.; Cardinale, J.; Giesel, F.L.; Isohashi, K.; Tomiyama, N. *EJNMMI Radiopharm. Chem.* **2026**, *11*, 6, 1-15.
- O-104** Development of PSMA-Targeted Alpha Therapy Using [ $^{211}\text{At}$ ]PSMA-5.  
Watabe, T.; Naka, S.; Shirakami, Y.; Kaneda, K.; Murakami, M.; Toyoshima, A.; Cardinale, J.; Giesel, F.L., *Semin. Nucl. Med.* **2025**, *55*, 947-954.
- O-105** Upper Limit for the  $^{248}\text{Cm}(^{50}\text{Ti}, \text{xn})^{298-\text{x}}\text{Og}$  Reaction Cross Section.  
Gall, B.J.-P.; Morita, K.; Morimoto, K.; Kaji, D.; Ishizawa, S.; Niwase, T.; Yamaki, S.; Haba, H.; Komori, Y.; Yokokita, T.; Rykaczewski, K.P.; Kessaci, K.; Asfari, Z.; Bordeau, M.W.; Tanaka, T.; Brionnet, P.; Arakawa, H.; Asai, M.; Dorvaux, O.; Filliger, M.; Fujii, T.; Fujita, K.; Goto, S.; Ideguchi, E.; Inomata, K.; Ito, Y.; Kikunaga, H.; Kudo, H.; Mitsuoka, S.; Rasco, B.C.; Sakai, H.; Tokanai, F.; Toyoshima, A.; Yamaguchi, T. *J. Phys. Soc. Jpn.* **2025**, *94*, 094201, 1-9.
- O-106** Feasibility of targeted alpha therapy for Alzheimer's disease using  $^{211}\text{At}$ -labeled agent targeting amyloid- $\beta$  aggregates.  
Kashiyama, R.; Watanabe, H.; Akasaka, T.; Fujimoto, H.; Murakami, M.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Nakashima, K.; Ono, M. *Ann. Nucl. Med.* **2025**, *39*, 1319-1325.
- O-107** Proposal and demonstration of a novel SPECT for high-precision gamma-ray imaging.  
Koshikawa, N.; Kikuchi, Y.; Tanaka, K.S.; Murakami, M.; Kadonaga, Y.; Toyoshima, A.; Takamiya, K.; Kataoka, J. *J. Instrum.* **2025**, *20*, 933, 1-6.
- O-108** Competition between mass-symmetric and asymmetric fission modes in  $^{258}\text{Md}$  produced in the  $^4\text{He}+^{254}\text{Es}$  reaction.  
Nishio, K.; Hirose, K.; Makii, H.; Orlandi, R.; Kean, K.R.; Tsukada, K.; Toyoshima, A.; Asai, M.; Sato, T.K.; Chiera, N.M.; Tomitsuka, T.; Tokoi, K.; Yanagihara, R.; Suzuki,

- H.; Nagame, Y.; Okada, K.; Andreyev, A.N.; Tanaka, T.; Morimoto, K.; Ishizaki, S.; Okubayashi, M.; Miyamoto, Y.; Tanaka, S.; Takagi, S.; Aritomo, Y.; Kubono, S.; Iwasa, N.; Egeta, M.; Sakaguchi, S.; Matsunaga, S.; Ishibashi, Y.; Rykaczewski, K.P.; Boll, R.A.; Ezold, J.G.; Felker, L.K.; Roberto, J.B. *Phys. Rev. C* **2025**, *111*, 044609, 1-12.
- O-109** LAT1-Targeted Alpha Therapy Using  $^{211}\text{At}$ -AAMT for Bone and Soft Tissue Sarcomas.  
Takami, H.; Imura, Y.; Outani, H.; Nakai, S.; Inoue, A.; Kotani, Y.; Okada, S.; Kaneda-Nakashima, K. *Int. J. Mol. Sci.* **2025**, *26*(17), 8599, 1-15.
- O-110** Development of PSMA-Targeted Alpha Therapy Using [ $^{211}\text{At}$ ]PSMA-5.  
Watabe, T.; Naka, S.; Shirakami, Y.; Kaneda, K.; Murakami, M.; Toyoshima, A.; Cardinale, J.; Giesel, FL. *Semin. Nucl. Med.* **2025**, *55*(6), 947-954.
- O-111** Theranostics using  $^{89}\text{Zr}/^{177}\text{Lu}$ -labeled antibody targeting erythropoietin-producing hepatocellular A2 (EphA2).  
Watabe, T.; Iwasawa, T.; Kimura, H.; Shirakami, Y.; Naka, S.; Kaneda K, Kobayashi T, Omokawa M, Yagi Y, Tomiyama N, Kato, K. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* **2025**, *52*(8), 2887-2897.
- O-112** Meeting Report: The Japanese-German Symposium on the “Advancement and Application of Proteoform-Centric Proteomics” (Kyoto, Japan, 2024).  
Takemori, N.; Kaulich, P. T.; Hahn, J.; Schlüter, H.; Sugiyama, N.; Tsumagari, K.; Ishihama, Y.; Fuchs, S.; Iwasaki, M.; Müller, F.-J.; Neusüß, C.; Jeong, K.; Kohlbacher, O.; Shimizu, Y.; Otsuka, Y.; Sato, H.; Sasaki, K.; Minegishi, Y.; Kodera, Y.; Fernandez-Cuesta, I.; Krichel, B.; Araki, N.; Tholey, A. *Proteomics* **2025**, *25*, 6-10.
- O-113** Single-Cell Mass Spectrometry Imaging of Lipids in HeLa Cells via Tapping-Mode Scanning Probe Electrospray Ionization.  
Otsuka, Y.; Kabayama, K.; Miura, A.; Takahashi, M.; Hata, K.; Izumi, Y.; Bamba, T.; Fukase, K.; Toyoda, M. *Commun. Chem.* **2025**, *8*, 147.
- O-114** Comparative Study of Ablation Processes Using Femtosecond and

Nanosecond Lasers.

Wang, J.; Kanematsu, Y.; Muratsugu, A.; Matsuda, F.; Matsuda, W.; Kawai, Y.; Toyoda, M. *Results Phys.* **2025**, *76*, 108415, 1-6.

- O-115** Mass Spectrometry Imaging of Time-dependently Photodegraded Light Stabilizers in Polyethylene Films by Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization.  
Akiyama, T.; Otsuka, Y.; Sund, M.; Yamaguchi, S.; Toyoda, M. *Mass Spectrom. (Tokyo)* **2025**, *14*, A0173, 1-11.
- O-116** Algorithm-Driven Chromatographic Method for Prostaglandin Isomer Identification via Tandem Mass Spectrometry.  
Hondo, T.; Miyake, Y.; Toyoda, M. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* **2025**, *36*, 2267-2275.
- O-117** Impact of Spin-Coating Temperature on Pb-Based Mixed Ion Perovskite Film Morphology and Their Solar Cell Performance.  
Matsuda, W.; Goshima, K.; Noh, I.; Kim, H. D.; Shimazaki, A.; Murdey, R.; Toyoda, M.; Wakamiya, A.; Ohkita, H.; Seki, S.; Tachibana, Y. *ACS Appl. Energy Mater.* **2025**, *8*, 1437-1445.

## 総説

- R-1** Photoinduced magnetic coupling between 4f systems and  $\pi$ - $\pi^*$  excited states: An overview in 1:1 lanthanide–porphyrin complexes.  
Santria, A.; Ishikawa N. *J. Porphyrins Phthalocyanines* **2025**, 29, 1011-1020.
- R-2** Recent progress of mixed-linker  $\text{Zn}^{2+}$  metal-organic frameworks and their applications.  
Shamsulazri, N. A. N.; Saifullizan, N.; Sabar, S.; Raman, V.; Ediaty, R.; Yoshinari, N.; Begum, S. Z.; Md Yusof, E. N. *Polyhedron* **2025**, 282, 117808, 1-32.
- R-3** 微小単結晶の広温度域熱伝導率測定技術の開発と物性研究.  
中澤康浩, ニチアス技術時報 **2026**, 412, 2-6.
- R-4** Polymer Neural Networks Based on the Fusion of Materials and Information Science.  
Akai-Kasaya, M. *IEICE ESS Fundamentals Review* **2025**, 19 105-113.
- R-5** Harnessing Light the Retinal Way.  
Mizutani, Y. *Nature Chem.* **2025**, 17 1618.
- R-6** Novel Immune Therapy: Antibody-Recruiting Strategy.  
Manabe, Y.; Fukase, K. *Chem. Lett.* **2025**, 54 (3), upaf035, 1-7.
- R-7** 抗体を用いたアルファ線核医学治療: DDS の視点からみた最新動向と臨床実装への展望.  
樺山 一哉; 深瀬 浩一 *Drug Delivery System* **2025**, 40, 378-384.
- R-8** 糖鎖ケミカルバイオロジーの最前線.  
樺山 一哉 *生化学* **2025**, 97, 696-699.
- R-9** Astatine-211-Labeled Therapy Targeting Amino Acid Transporters: Overcoming Drug Resistance in Non-Small Cell Lung Cancer.  
Feng, S.; Hisada, K.; Yorifuji, H.; Shirakami, Y.; Kaneda-Nakashima, K. *Int J Mol Sci.* **2025**, 26(21):10736, 1-28.
- R-10** L-3-[ $^{18}\text{F}$ ]-Fluoro- $\alpha$ -Methyl Tyrosine as a PET Tracer for Tumor

Diagnosis: A Systematic Review from Mechanisms to Clinical Applications.

Bao, M.; Gu, X.; Tong, K.; Chu, F.; Ye, P.; Kaneda-Nakashima, K.; Hou, W.; Li, Y.; Wei, L. *Int J Mol Sci.* **2025**, 26(12), 5848, 1-22.

## 出版物

- B-1** 動的機能をもつ $\pi$ 拡張 COT の合成.  
須賀 健介, 齊藤 尚平, *有機合成化学協会誌* **2025**, 55, 170–175.
- B-2** 室温で機能する液晶粘着材料 LC-PSA の開発.  
大野 滉太, 須賀 健介, 齊藤 尚平, *日本接着学会誌「接着の技術」* **2025**, 45, 29–36.
- B-3** 新規ペプチドの設計・合成・探索 II.合成・展開 7.均一糖鎖構造をもつ糖タンパク質の精密合成と機能解析.  
平尾宏太郎, 真木勇太, 梶原康宏, 羊土社 **2025**, 198-204.
- B-4** Iron-phytosiderophore and Mechanism of its Uptake from Soil.  
Yamagata, A.; Namba, K.; Murata, Y. In *Iron in Biology*, Shiro, Y.; Sawai, T.; Tosha, T. Eds.; Royal Society of Chemistry. **2025**, pp. 117-194.
- B-5** シングルセル質量分析イメージングによる細胞の化学情報の可視化.  
大塚洋一, 医歯薬出版社, 週刊 医学のあゆみ **2025**, 第 292 巻 4 号

## 訳書

**T-1**     アトキンス 物理化学（上）第 12 版.

Peter Atkins, Julio de Paula, James Keeler 著、中野元裕、  
上田貴洋、奥村光隆、北河康隆 訳、東京化学同人、  
2025。

## その他

- M-1** 原子力技術で実現！白金族元素を「イオンのペア」で抽出・分離 —都市鉱山からの効率的な白金族元素リサイクルに活路—  
佐々木 祐二, 金子 政志, 他 大阪大学 Resou,  
[https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2025/20251218\\_2](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2025/20251218_2).
- M-2** 量子化学計算による 102 番元素ノーベリウムのアンミン錯体形成反応の予測.  
板倉悠大, *放射化学*, **2025**, 51, 5-7.
- M-3** 相対論的密度汎関数法による  $^{235}\text{mU}$  ハロゲン化物の半減期と電子状態に関する研究.  
橋場奏, *放射化学*, **2025**, 51, 17-20.
- M-4** 大阪大学低温センター50 周年のご祝辞 ～感謝と今後にむけて～.  
中澤康浩  
*大阪大学低温センター50 周年記念誌* **2025**, 28-29.
- M-5** 低温センターとの関わりと思い出.  
宮崎裕司, *大阪大学低温センター50 周年記念誌* **2025**, 51.
- M-6** 大阪大学創立 90 周年記念展に展示された初代 He 液化機.  
宮久保圭祐, *低温センター便り*, **2025**, 50 周年記念誌, 48.
- M-7** 見る脂質のページ ささまざまなモダリティで見る脂質 (第 3 回) 化学と生物学の融合による脂質の可視化.  
樺山 一哉; 新井 健太; 蟹江 治. *The Lipid* **2025**, 36, 4-8.
- M-8** 大阪大学における  $\alpha$  線核医学治療とセラノスティクス研究.  
樺山 一哉. *生産と技術* **2025**, 77, 25-28.
- M-9** アスタチン 211 標識金ナノ粒子の腫瘍内投与: マウス舌癌モデルに対する複数回投与による抗腫瘍効果.  
島本 博彰; 加藤 弘樹; 角永 悠一郎; 山本 誠一; 片岡 淳;  
大江 一弘; Hilmayanti, E.; 樺山 一哉; 深瀬 浩一; 村上 秀明. *歯科放射線* **2025**, 65.
- M-10** Development of Nuclear Medicine Therapeutics Aimed at Eliminating Rare Cancers.

Kaneda, K.; Otani, H.; Watabe, T.; Manabe, Y.; Shimoyama, A.; Kabayama, K.; Kanai, Y.; Toyoshima, A.; Shinohara, A.; Fukase, K. *Cancer Sci.* **2025**, *116*, 1820.

**M-11** 繊維芽細胞活性化蛋白を分子標的とした核医学治療薬の開発とその問題点.

兼田 加珠子, 白神 宜史, 角永 悠一郎, 久田 健太郎, 馮思凡, 渡部 直史. *臨床免疫・アレルギー科* **2025**, *83*(3), 307-314.