

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
2023

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. 物性有機化学研究室	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
II. 業績リスト	
1. 原著論文	24
2. 総説	39
3. 出版物	41
4. その他	42

はじめに

大阪大学大学院理学研究科
化学専攻長 石川 直人

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)、さらに産業科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2研究グループ(同位体化学研究室、粒子ビーム研究室)、および併任・連携講座の5研究グループ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19研究室(上記の各分野)の最近の研究・教育活動と業績を紹介するものです。産業科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。

理学研究科附属フォアフロント研究センターは、理学研究科J棟(教育研究交流棟)において大規模プロジェクト型研究の拠点となっており、産学連携、放射線管理などの業務を行っております。

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います。これにより、博士後期課程進学者の増加が期待されています。

人事面では、基幹講座物理化学分野に吸着化学研究室が新設され、ここに総合学術博物館から教授1名が異動しました。また、生体分子化学研究室から教授1名が定年退職致しました。

令和5年度は、コロナ感染回避への大きな配慮の必要なく、教育・研究活動を行うことができました。本冊子には、専攻の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です。

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)

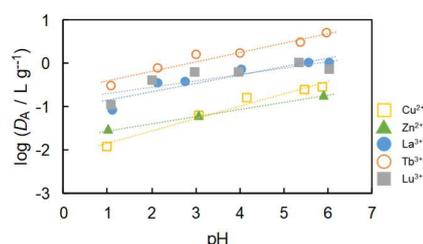
主な研究テーマ

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. 液液界面に吸着した物質の光吸収スペクトルの新規測定法の開発

2相を懸濁させることなく攪拌させる手法を開発した。これによって、界面積を増大させ、界面に吸着した物質の量を増やし、界面における物質の光吸収スペクトルを通常分光器を用いて測定することに成功した。界面における吸収スペクトルは、水溶液中のそれに対して波長シフトしていることがわかった。さらに、この結果を、DFT 計算結果と比較したところ、界面の誘電率を用いて説明できることが明らかになった。



合成したポリビニルアルコールに対する金属イオンの吸着特性

2. 液液界面における通過速度の測定と数値シミュレーションによる解析

液液界面に新たな機能を付与するために、液液界面における物質の通過速度を測定する新たな手法を検討した。2相を静置することで、物質は、界面通過と界面近傍の拡散によって相間移動を起こす。その実験結果と、界面通過と拡散を考慮した数値シミュレーションとの比較から、液液界面における物質の通過速度を求めた。

3. 磁気光学異方性を用いた磁性ナノ粒子 (MNP) のキャラクタリゼーション

交流磁場中での MNP の発熱や磁化応答を用いた医療診断技術やナノスケール計測法が発展しつつある。粒径や組成、分散液の粘性等により発熱効率や磁化信号は異なるため、それぞれの手法に最適な MNP を見出すための分析法が求められている。我々は、種々の MNP 分散液に誘起される光学異方性の交流磁場周波数依存性を調査し、液中 MNP のキャラクタリゼーションに有用であることを示した。

4. 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、溶液中キラル分子の新たな構造解析法として期待できる。我々は新規測定装置の開発、高感度測定および実験を再現しうる量子力学スペクトル計算法について研究を行っている。 α -ヘリックス構造をとるタンパク質は二つの拡張アミド III バンドを示し、その強度比は従来 α -ヘリックスの微細な構造変化によるとされてきた。本研究の実験と計算から、その強度比は構造変化ではなく、 α -ヘリックス周囲の媒体の誘電率変化 (溶媒露出) を反映することが示された。

参考文献

- (1) Suwa, M.; Kawahigashi, S.; Emura, H.; Tsukahara, S. *J. Appl. Phys.* **2023**, *134*, 233902.
- (2) Fernandez, B. R.; Tsukahara, S. *Solvent Extr. Res. Dev., Jpn.*, **2023**, *30*, 1-12.

2. 放射化学研究室

笠松 良崇 (教授)、金子政志 (講師)、永田光知郎 (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. 核医学用放射性核種の基礎研究
4. 重元素や有用金属の錯体の量子化学計算

研究活動概要

1. 104 番元素 Rf を対象とした新しい化学実験を目指し、同族元素である Zr や Hf の RI トレーサを用いた溶媒抽出として、硫黄を配位部位に有する配位子を用いた反応系の実験を行った。これと同時に溶媒抽出挙動を配位子のコンフォメーションまで含めて厳密に計算、予測し、同族元素間の違いを電子状態から考察する試みを開始した。さらに機械学習による適切な抽出系の探索のための環境整備や DGA 誘導体を用いた新規抽出系の探索も開始した。

102 番元素 No の研究に関しては、共沈装置を用い、No の硫酸バリウム共沈実験とシュウ酸カルシウム共沈実験に成功し、その結果を相対論的量子化学計算により考察した。さらに新しい実験系の探索として、ジエチルリン酸との反応を抽出法によって調べる研究やマロン酸系での共沈挙動をしらべることを目指し、2 族元素を用いた基礎実験を行った。また、計算では、単核の固体錯体だけでなく固体計算を取り入れることで沈殿の構造をより現実に近い状態で計算することを試みた。

2. ^{29m}Th のガンマ線の観測を目指し、トリウムをイオンの状態で安定に保持し、分光測定するための希ガスマトリックス装置の開発を行った。また、マトリックス固体状態の ^{229}Th の電子状態を固体計算や相対論計算により調べた。

^{235m}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、これまでに得られた実験結果を解釈すべく、Dirac 計算などに取り組み、原子核位置の電子密度や各分子軌道計算から内部転換スペクトルの予測や半減期の予測まで行った。実験結果との比較からどのような電子状態が核の壊変の化学効果に聞いているのかを明らかにした。

3. At のハロゲン結合の強さをガスクロマトグラフ法によって実験的に調べ、相対論計算からその結合の強さの原因を調べた (図 1)。また、核医学利用が期待される Bi や Pb の新規錯体を合成し、X線構造解析などの分析を行った。また、量子計算によりその構造や安定性について電子状態から考察を行った。

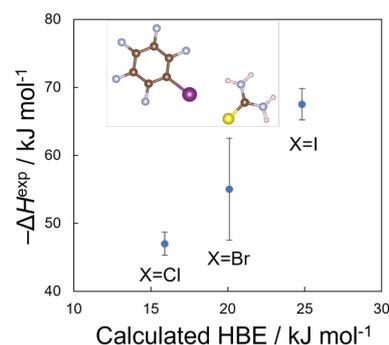


図 1 $\text{C}_6\text{F}_5\text{X}$ -thiourea の吸着エンタルピー実験値 (ΔH^{exp}) とハロゲン結合エネルギー計算値 (HBE)

参考文献

- (1) Watanabe, E. et al., *J. Phys. Chem A* **2024**, 128, 2717–2726.
- (2) Tokoi, K. et al., *J. Nucl. Radiochem. Sci.* **2023**, 23, 20–25.

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, π 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。最近、f 電子と環状 π 電子系のため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 π 電子系を有する代表的な化合物として、ポルフィリン類が知られるが、4 回対称性を持つこれらの分子は、可視領域の光照射によって、配位子上に軌道角運動量を獲得することができる。すなわち、光照射によって、環状 π 共役系に沿った電子の「軌道運動」に対応する、分子面に垂直な磁気モーメントを誘起することができる。一方、ポルフィリンは希土類イオンと錯体を形成する。希土類イオンはそれ自身が f 電子による、大きな磁気モーメントを持つ。したがって、ポルフィリン-希土類錯体に光照射をすることにより、二つの異方性磁気モーメントが同時に存在する特異な系が生成される。これまでに、これまでに、温度・磁場依存磁気円二色性(VT-VH-MCD)分光法によって、二つの磁気モーメント間にそれまでに知られていなかった新しい相互作用 (J-L 相互作用) が存在することを明らかにした。

この新しい相互作用がアクチニドの 5 f 電子系にも存在するかについて調べることを目的とし、調査を行っている。これまでに、二つのフタロシアニンが 4 価 U イオンを挟み込む二層型錯体[Pc₂U]、一つのフタロシアニンをアセチルアセトンと交換した単層型錯体[PcU(acac)₂]で希土類の場合と類似の MCD の温度・磁場変化が確認されている。しかし、これらの系で観測された MCD の温度・磁場変化はランタノイドで用いた”J-L 相互作用”モデルでは再現できなかった。

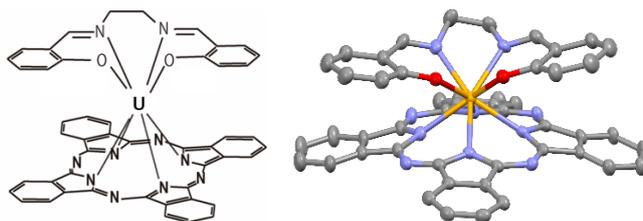


図1 フタロシアニンとsalenを配位子とするU(IV)錯体(左)の模式図と新規Hf(IV)錯体の結晶構造

アクチノイドの電子状態は配位子からより強い影響を受ける為、異なる配位子が J-L 相互作用に与える影響は、希土類の場合とは異なる可能性がある。そこで、一部の配位元素が窒素から酸素に交換した錯体について調査することとし、配位子として salen を用いた新規単層型錯体[MPc(salen)]、M=U,Zr,Hf の合成を検討した。閉殻電子配置をもつ Zr⁴⁺、および Hf⁴⁺ について、[MPcCl₂] (M=Zr, Hf) に溶液中で salen を加えることによって[MPc(salen)]を得た。X 線構造解析によって Hf 錯体の結晶構造を得た。この合成経路をもとにして、[UPc(salen)]の合成を引き続き試みている。

4. 錯体化学研究室

吉成 信人 (准教授)

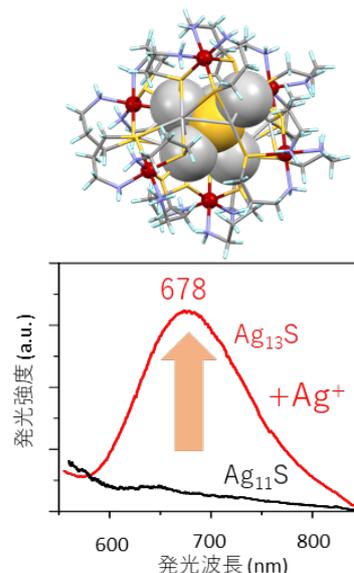
主な研究テーマ

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
3. 金属-有機カルボン酸類の開発とその固体機能の開拓

研究活動概要

(1) 硫化銀は比較的バンドギャップが小さく、そのナノクラスターは赤色~赤外領域に発光性を示すことが知られている。しかしながら、水への可溶化と原子レベルで精密なクラスター合成を両立することは未だに困難な課題であり、新しい保護基の開発が必要であった。

今回、3つの3-アミノプロパンチオレート (apt) をもつロジウム(III)錯体 ($[\text{Rh}(\text{apt})_3]$) を保護基に採用したところ、2種類の水溶性硫化銀クラスター ($[\text{Ag}_{11}\text{S}\{\text{Rh}(\text{apt})_3\}_6]^{9+}$ および $[\text{Ag}_{13}\text{S}\{\text{Rh}(\text{apt})_3\}_6]^{11+}$) の精密合成に成功した。 Ag_{11}S クラスターは非発光性であったが、 Ag_{13} クラスターは 700 nm 付近に発光を示した。 Ag_{11} クラスターは Ag^+ の添加により Ag_{13} クラスターに変換可能であるため、 Ag^+ に応答する turn-on 型発光材料として利用可能である。



(2) 低スピン d^7 電子配置をもつニッケル(III)イオンはヤーン・テラー歪みを示すことが知られているものの、ニッケル(III)錯体が安定に単離できる物質系が少なく、ヤーン・テラー歪みの外部刺激への応答性については知られていなかった。

今回、イリジウム(III)をもつ錯体配位子 ($[\text{Ir}(\text{apt})_3]$) と硝酸ニッケル(II)を水中で反応させたところ、自発的にニッケル中心が1電子酸化され、ニッケル(III)イオンが2つの錯体配位子により囲まれた、 $\text{Ni}^{\text{III}}\text{Ir}^{\text{III}}_2$ 三核錯体 ($[\text{Ni}\{\text{Ir}(\text{apt})_3\}_2](\text{NO}_3)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) が安定に単離された。単結晶 X 線結晶構造解析の結果、ニッケル(III)イオンはヤーン・テラー効果により1軸が伸びた八面体配位環境をとっていることがわかった。この結晶を 400 K まで加熱すると、単結晶性を保持したまま脱水和が進み、無水物 ($[\text{Ni}\{\text{Ir}(\text{apt})_3\}_2](\text{NO}_3)_3$) へと変化した。室温に戻して水蒸気に暴露することで2水和物が再生する。この温度と湿度による変化を単結晶 X 線構造解析で追跡したところ、脱水和と再水和によってニッケル(III)中心のヤーン・テラー伸長する軸が可逆的に変化する様子が確認された。これは、ニッケル(III)イオンのヤーン・テラー軸が外部刺激に応答して変化することを観測した初めての例である。

参考文献

- (1) Yoshinari, N.; Goo, Z. L.; Nomura, K.; Konno, T. *Inorg. Chem.* **2023**, *62*, 9291-9294.
- (2) Kouno, M.; Kuwamura, N.; Yoshinari, N.; Kojima, T.; Halcrow, M.; Yamagami, K.; Sekiyama, A.; Konno, T. *Inorg. Chem.* **2023**, *62*, 9436-9470.

5. 物性物理化学研究室

中澤 康浩 (教授), 环 広樹 (准教授), 山下 智史 (助教)

<主な研究テーマ>

- 1) 分子性伝導体、超伝導体の物性解明^{1,2)}
- 2) 金属錯体、分子性電荷移動塩の基底状態の解明
- 3) 極微単結晶試料の熱伝導特性の解明³⁾
- 4) π 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
- 5) 希土類金属錯体を用いた磁気熱量効果の計測

<研究活動概要>

- 1) 二量体性の強い 2:1 塩である κ -(BEDT-TTF)₂X 系の強相関超伝導相における熱力学的なパラメーターの化学圧力による変化を熱容量測定で調べ、その結果を考察した。 κ -(BEDT-TTF)₂X 系は、X=Cu[N(CN)₂]Br, Cu(NCS)₂, Ag(CN)₂H₂O, I₃ など、カウンターイオンの大きさの変化によって、ドナー層内の二量体格子に化学圧力効果が生じることがわかっている。境界から少し安定した 9-10K の超伝導相の中に入った位置にある X= Cu(NCS)₂ でも部分重水素化による微弱な圧力効果が生じる。両端のエチレン基の水素がすべて軽水素の物質(d[0,0])では強結合に特徴的なシャープな超伝導転移のピークがあらわれるが、エチレン基の両端の水素の半分を重水素化した塩(d[2,2])では、転移のピークがさらにシャープになることが磁場中熱容量の測定から明らかになった。¹⁾ バンド計算から、重水素化の効果は極めて極微な変化しかないが、大きく変化する部分は重水素化によるダイマーギャップの僅かな減少によってゾーン境界の 45° 方向になる閉じた Fermi 面と開いた Fermi 面との差の拡大が生じる。この位置での状態密度の減少が d_{xy} の対称性を示す超伝導ギャップの形成によるエネルギーの安定化に有利に働くため、ノード方向を変えた $d_{x^2-y^2}$ の方向にノードをたてる可能性がある。対称性の変化が内部自由度の変化として超伝導相の内部で起こる可能性が理論的、実験的にも示唆され、そのことと関係した結果である。
- 2) 極微単結晶試料を用いた高感度の、熱伝導測定装置、磁気熱量効果の測定装置の開発を行った。極微チップ酸化ルテニウム温度計と熱電対を使って、磁場下で広い温度範囲で計測可能な装置を作成し測定の自動化が可能となった。室温から 0.6 K までの間の広い温度範囲を冷却速度をほぼ一定に保ちながら制御する自動システムと、高温センサーと低温センサーを自動的に切り替える自動化システムを開発した。分子性超伝導体、分子性スピン液体物質の熱伝導測定を冷却速度を変えて測定を行い変化の有無を検討した。²⁻³⁾
- 3) 超高感度の光 AC 法を用いた交流熱測定装置の作成を行い、それを用いて電荷秩序相転移、電荷ガラス化を示す α -型、 θ -型などの非ダイマー性の構造をもつ電荷移動塩の研究を行った。電荷秩序相転移を示す α -(BEDT-TTF)₂I₃ では 135K にヒステリシスのないシャープな電子系の相転移を見出すことに成功した。一方、電荷秩序とともに構造的な変化を起こす θ -型塩では熱容量の変化は複雑であることを見出した。試料依存性も含め詳細な検討を行った。ペルチェ効果を用いた絶対値測定にも成功した。

<References>

- 1) Imajo, S. *et al.* Phys. Rev. Research (2024) in press.
- 2) Nomoto T. *et al.* Phys. Rev. B **107**, 085121 (2023).
- 3) Zhang L. *et al.* Low Temp. Phys. (2024) in press.

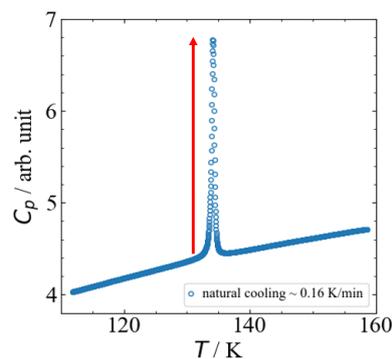


図 1. α -(BEDT-TTF)₂I₃ の 135K の電荷分離に伴う相転移 (高感度 AC 熱測定法)

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

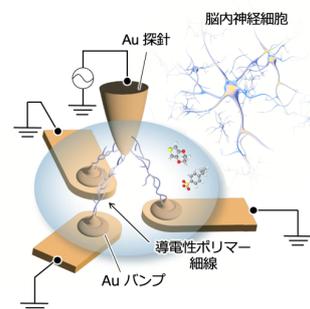
- (1) 分子の酸化還元反応によるイオニクス応答ダイナミクスの解明
- (2) 導電性高分子ワイヤのイオン誘導による伝導性制御
- (3) 多彩な機能性分子膜の実現と新たな分子機能の創出

研究活動概要

我々の研究室では、原子、分子のナノ界面における動的な相互作用ダイナミクスを表面界面研究の手法によって調査し、その原理機構を理解する研究を行っている。特に神経細胞を模したニューロモルフィック機能や生体が行っている仕組みを分子が持つ揺らぎによって再現し、生体そのものの仕組みの謎に近づくことを目的としている。本年は以下の研究を行なった。

研究テーマ(1)では、溶液内のイオンによる電気化学反応に注目し、物理的なダイナミクスを利用する脳型計算の一種であるリザバー計算の実装に取りくんだ。電解質溶液への電圧印加で発生する充電電流とファラデー電流のダイナミクスを分離し、非線形応答性を発現させた。一方で充電電流は信号の記憶効果を向上させることが判った。これらの結果は現在論文として投稿準備中である。

研究テーマ(2)では、未踏の3次元配線に取り組んだ。下部電極には二次元に配線された端子上に金の三角コーン状のバンプを配し、上部電極には先鋭化された金の探針を下部から約 $100\ \mu\text{m}$ の距離まで近づける。溶液中に配置された複数の立体電極間へ重合電圧を印加することで、導電性ポリマー細線が上部電極から下部電極へと複3次元的に成長していることが観察された。また、これらの配線の重みは電圧印加時間を制御することで、各電極間抵抗値を所望の値へと高精度で制御し得ることを示した[1]。



研究テーマ(3)では、多彩な機能性分子膜の実現し新たな分子機能の創出に挑戦している。シンプルな小分子の吸着であっても、その自発的な分子膜構造を予見することは難しく[2]、設計どおりの機能性分子膜を実現することは未だ挑戦的な課題である。本研究ではまず、分子膜間のプロトン(H^+)移動を伴う化学反応を能動的に誘起してメモリ機能を発現する新奇な二分子膜の創出を示すことができた。また、この二分子膜間の化学反応において、 H^+ 移動で生成されるカチオン種の化学状態に興味をもたれていたが、分子膜中で安定的に存在しうることを実証することにも成功した。

参考文献

- [1] Hagiwara, N.; Asai, T.; Ando, K.; Akai-Kasaya, M. *Advanced Functional Materials* **2023**, *33*, 2300903.
- [2] Murase, N.; Kato, H. S.; Akai-Kasaya, M.; Yamada T. *Chemical Physics Letters* **2023**, *830*, 140815.

7. 量子化学研究室

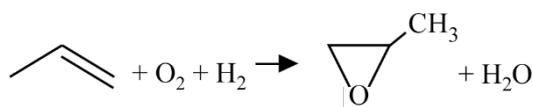
奥村 光隆 (教授)、山中 秀介 (准教授)、川上 貴資 (助教)

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プロピレンオキシドを選択的に合成可能な Au/anatase-TiO₂ と完全酸化が進行する Au/rutile-TiO₂ の反応機構を比較検討した。その結果、二つの異なる結晶系の TiO₂ 上に生成した Ti-OOH 種は Au クラスター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 TiO₂ と rutile 型 TiO₂ では Ti-OOH の生成分解過程に大きな差異があり、anatase 型 TiO₂ のほうが rutile 型 TiO₂ よりもはるかに Ti-OOH 種が生成しやすく分解しにくいという性質を持つことが明らかとなった。この計算結果は、anatase 型 TiO₂ 上において、Ti-OOH 種が安定して存在し、プロピレンとの反応確率が高いことを示すものであり、実験結果ともよい一致を示している。



Scheme 1

今後、様々な Au 触媒系におけるプロピレン部分酸化反応活性の探索を進めていく。

参考文献

- (1) Hamada, Y.; Mishima, Y.; Yonemori, T.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M., *Chem. Lett.*, **2023**, 52,861-864.
- (2) Taketoshi, A; Gangarajula, Y.; Sodenaga, R.; Nakayama, A.; Okumura, M.; Sakaguchi, N.; Murayama, T.; Shimada, T.; Takagi, S.; Haruta, M.; Biao, B.; Wang, J.; Ishida, T., *ACS Appl. Mat. Interfaces*, **2023**, 15, 34290-34302.

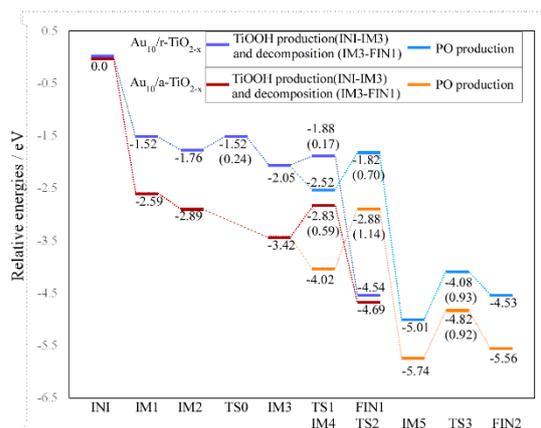


図 1 Au/anatase-TiO₂(Au₁₀/a-TiO_{2-x}) と Au/rutile-TiO₂(Au₁₀/r-TiO_{2-x}) のプロピレン部分酸化反応機構

8. 反応物理化学研究室

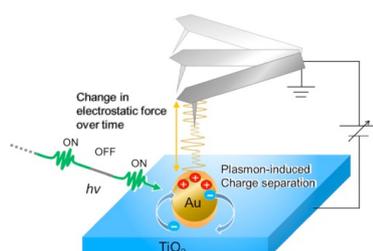
松本卓也 (教授)、蔡 徳七 (講師)、山田剛司 (助教)、三坂朝基 (助教)

主な研究テーマ

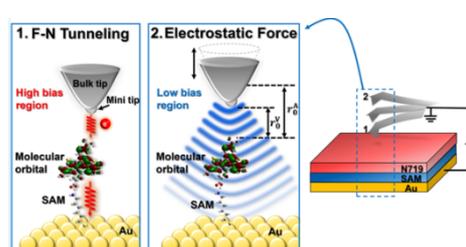
- (1) 分子を用いた神経ネットワークの構築と情報処理動作
- (2) ナノ領域における電子移動の観測
- (3) 分子衝突における立体ダイナミクス
- (4) 分子配向制御による反応分岐の発現機構の解明

研究概要報告

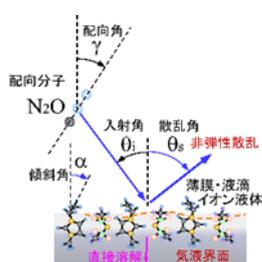
- (1) ナノキャピラリーによるポリアニリンの薄膜細線を形成し、伝導性ドメインにおけるボトルネックにより非線形特性が得られることを見出した。さらに有機分子系において、ハバードギャップによる ES ホッピングを初めて観測した。
- (2) 時間分解静電気力顕微鏡を用いて、プラズモン共鳴により生成したホットエレクトロンのトンネリングの時間分解計測を行った。また、Ru 錯体の分子軌道を介した共鳴トンネル電界放出現象の計測に成功した。
- (3) イオン液体薄膜・液滴界面における液形状・サイズに依存した衝突立体ダイナミクスの測定に成功した。
- (4) 競争的な反応生成物の反応分岐の発現機構を分子の配向制御により解明した。



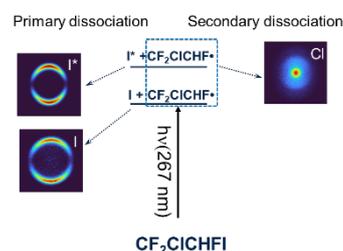
静電気力顕微鏡によるプラズモン
励起熱電子のトンネリング観測



分子軌道共鳴によるトンネル
電界放出現象の観測



イオン液体界面における衝突
立体ダイナミクスの観測



分子の配向制御による光解離ダイ
ナミクス^{*)}

参考文献

- (1) Nakayama, M.; Kajimoto, K.; Misaka, T.; Mishima, N.; Yamada, T.; Ohoyama, H.; Matsumoto, T., *ACS Applied Materials & Interfaces*, **2023**, *15*, 47704-47714.
- (2) Che, D.-C.; Kawamata, H.; Nakamura, M.; Tso, C. -J.; Muthiah, B.; Kasai, T. *J. Chin. Chem. Soc.* **2023**, *70*, 1297-1313.

9. 吸着化学研究室

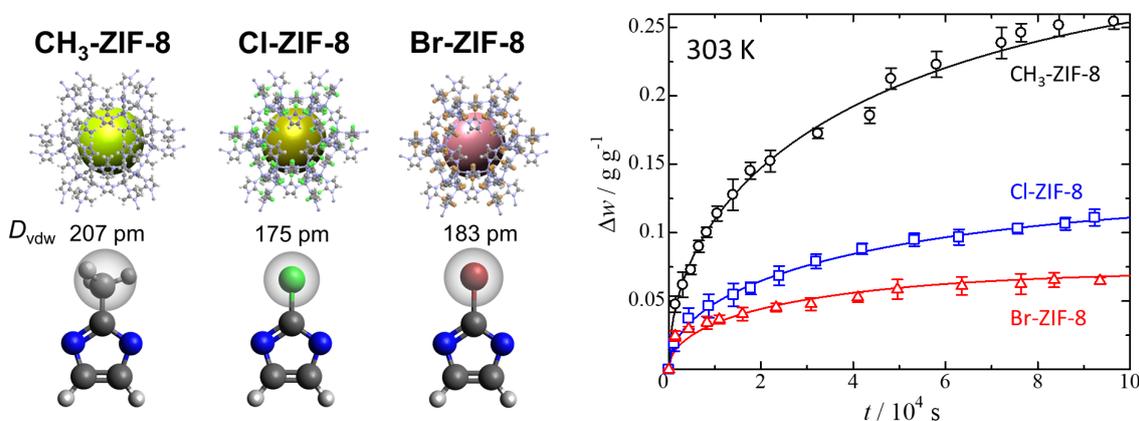
上田 貴洋 (教授)

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 X-ZIF-8 の嵩高い分子の吸着に対する置換基効果
2-メチルイミダゾールアニオン (CH_3Im^-) と Zn^{2+} で構成される多孔性配位高分子 (ZIF-8) は、直径 11.4\AA のミクロ孔が 8 つの 6 員環開口部 (直径 3.4\AA) によって 3 次元的に連結されたソーダライト構造をもつ。本研究では、架橋配位子であるイミダゾレートの 2 位の位置に異なる置換基をもつ多孔性配位高分子 X-ZIF-8 (X=Me, Cl, Br) について、ベンゼン吸着に対する置換基効果を検討した。その結果、架橋配位の置換効果は、吸着速度に顕著な影響を与えることがわかった。Me-ZIF-8 において、ベンゼンの特異的な吸着量の増大がみられ、メチル基とベンゼンとの間に C-H/ π 相互作用の存在が示唆された。これより、メチル基がベンゼン分子の 6 員環開口部の通過に対してエネルギー的優位性をもたらす重要な役割を果たすことが明らかとなった。



2. 重水分子の動態を通して見た擬 2 次元疎水性ナノ空間への重水充填
活性炭素繊維 (Activated carbon fiber; ACF) のスリット型ミクロ孔に吸着された重水分子の再配向運動を拡張ジャンプモデルで解析した。その結果、重水分子周りの自由体積減少に由来するナノ閉じ込め効果は再配向運動の遷移状態における排除体積効果に起因することがわかった。また、重水分子と表面官能基間に形成される水素結合は再配向運動の遷移状態の水素結合効果をもたらすことを明らかにした。

参考文献

- (1) Yagi, R.; Ueda, T. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2023**, *25*, 20585-20596.
- (2) Asada, T., Iwatsuki, R., Iiyama, T., Ueda, T. *Adsorption*, **2024**, *30*, 95-106.

10. 生物物理化学研究室

水谷 泰久 (教授), 石川 春人 (講師)

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. 非視覚性オプシン Opn5L1 の活性制御機構の解明

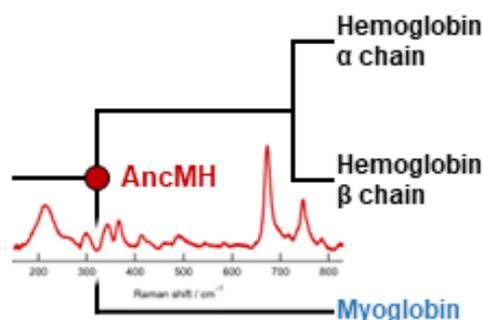
オプシンは光感受性 G タンパク質共役型レセプタータンパク質であり、視覚レセプターと非視覚レセプターに分類される。Opn5L1 は非視覚性オプシンのひとつで、発色団としてオールトランス形レチナールを持つ。われわれは同位体標識試料による振動解析と密度汎関数理論計算を組み合わせ、Opn5L1 の光反応中間体の発色団構造を決定し、その活性制御機構を明らかにした。

2. イオン輸送体ロドプシントタンパク質発色団の電子励起状態の観測

レチナール発色団の光異性化がイオン輸送体ロドプシントタンパク質における機能発現の引き金となる。このため、電子励起状態の発色団構造を理解することは、光励起状態のポテンシャルエネルギー曲面における構造変化および異性化機構を理解するうえで重要である。時間分解共鳴ラマン分光法を用いて、発色団を観測したところ、励起状態のスペクトルパターンは基底状態のものとは全く異なっており、 π 共役系の電荷分布に大きな違いがあることが明らかになった。この電荷分布の違いは、量子力学-分子力学ハイブリッド計算によっても確かめられた。さらに、この特徴はイオン輸送体ロドプシントタンパク質の電子励起状態に共通することが示唆された。

3. 祖先型配列再構築法に基づく、グロビントタンパク質の構造-機能相関の解明

タンパク質は、進化の過程においてより高い安定性、より高い活性、新規機能を獲得してきた。その相関を明らかにするために、ヘモグロビンとミオグロビンの最後の共通祖先として再構築された祖先タンパク質 AncMH の構造と機能を調べた。その結果、AncMH のヘムは、ヘモグロビンやミオグロビンと同様に五配位構造をとっていること、AncMH のヘムポケットはミオグロビンよりもヘモグロビンに類似していることが明らかになった。得られた結果から、祖先タンパク質は六配位構造から五配位構造への移行を含む段階を経て酸素結合形が安定化するように進化したことが示唆された。



参考文献

- (1) Li, Z.; Mizuno, M.; Ejiri, T.; Hayashi, S.; Kandori, H.; Mizutani, Y. *J. Phys. Chem. B* **2023**, *127*, 9873–9886.
- (2) Iritani, Y.; Ishikawa, H.; Mizuno, M.; Mizutani, Y. *Biochemistry*, **2023**, *62*, 2727–2737.

11. 構造有機化学研究室

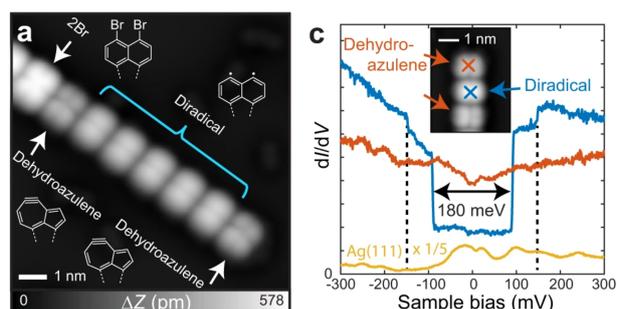
久保 孝史 (教授), 西内 智彦 (准教授), 谷 洋介 (助教)

主な研究テーマ

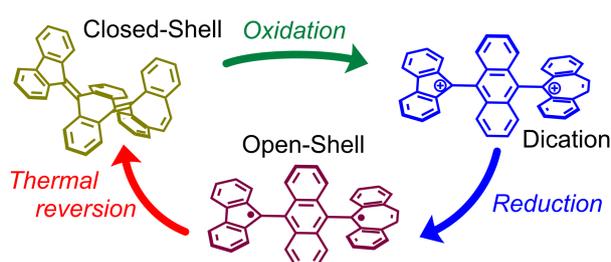
1. デヒドロアズレンと 1,8-ナフタレンジラジカルの構造異性化の観測
2. 外部刺激で閉殻-開殻構造を変換する動的開殻分子の合成と物性解明
3. 光刺激に応答して発光特性が変化し融解する有機りん光結晶の開殻と機構解明

研究活動概要

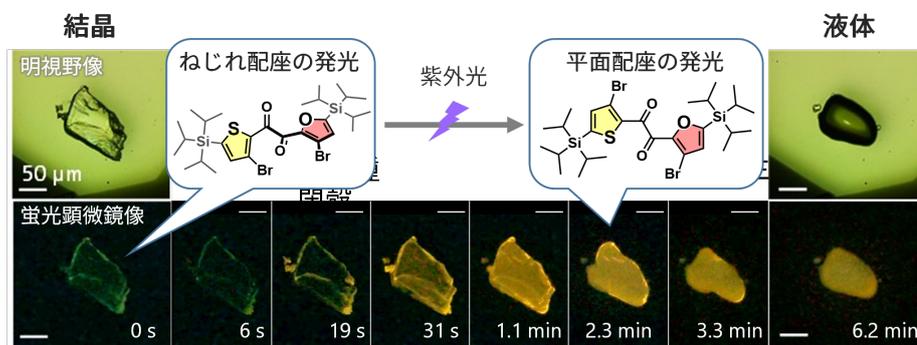
1. 銀表面上でプロペラ形分子を重合させて得られた三次元芳香族ナノリボン構造体上で、デヒドロアズレンと 1,8-ナフタレンジラジカルの構造異性化反応を AFM 探針の操作で実現させ、両状態の電子構造の解明にも成功した。1,8-ナフタレンジラジカルの一重項と三重項のエネルギー差が実験的に初めて決定された。



2. フルオレンとジベンゾスベレンをアントラセン骨格で連結させることで、折れ曲がり構造を有する安定な閉殻種が化学酸化により捻じれ構造を有する二電子酸化種を与え、さらにそれを低温下で還元することで捻じれたビラジカル種を与えた。このビラジカル種は熱により再び折れ曲がった閉殻種に戻り、動的開殻分子として振舞うことを見出した。



3. 紫外光を照射すると、発光特性が緑発光→非発光→黄色発光と変化し、最後に融解する有機結晶を見出した。これらの発光はりん光であり、この発光挙動の変化は、分子の立体配座の変化に由来することがわかった。すなわち、光融解の前駆過程を発光挙動の変化として可視化することに初めて成功した。



参考文献

- (1) Kawai, S.; Silveira, O. J.; Kurki, L.; Yuan, Z.; Nishiuchi, T.; Kodama, T.; Sun, K.; Custance, O.; Lado, J. L.; Kubo, T.; Foster, A. S., *Nat. Commun.* **2023**, *14*, 7741.
- (2) Nishiuchi, T.; Uchida, K.; Kubo, T. *Chem. Commun.* **2023**, *59*, 7379-7382.
- (3) Komura, M.; Sotome, H.; Miyasaka, H.; Ogawa, T.; Tani, Y. *Chem. Sci.* **2023**, *14*, 5302.

12. 物性有機化学研究室

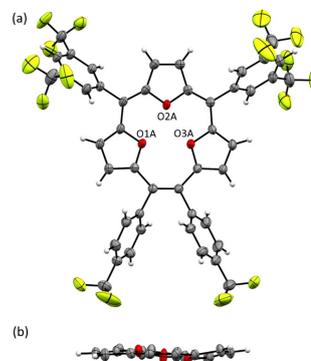
山下 健一 (講師)、谷 洋介 (助教、6月まで)

主な研究テーマ

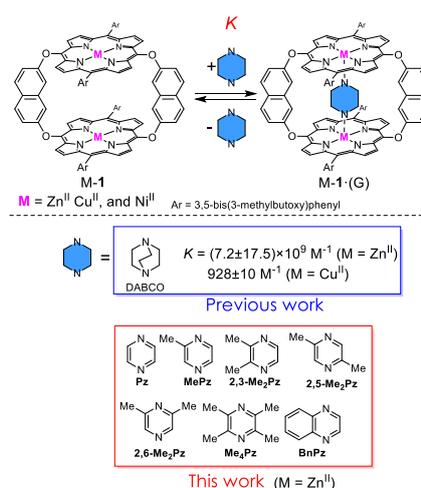
1. 反芳香族化合物の合成と機能開拓
2. ポルフィリノイドおよび金属錯体の機能化学

研究活動概要

1. 反芳香族化合物は $4n$ 個の π 電子が環状に非局在化した化合物であり、狭い HOMO-LUMO ギャップなど芳香族化合物とは異なる性質を示す。一般に反芳香族化合物は不安定であるが、環サイズが大きくなるにつれて不安定化は小さくなる。そのため、環サイズの大きいポルフィリン誘導体で反芳香族化合物が多く報告されている。環サイズの小さい反芳香族化合物の合成は、いまだ挑戦的であるといえる。トリフィリン(2.1.1)は、環縮小ポルフィリノイドの一種であるが、これまでの報告のほとんどは 14π 芳香族体である。我々は、 16π 反芳香族性を持つトリオキサトリフィリン(2.1.1)の初の安定な合成に成功した。X線結晶構造解析(右図)、NMRなどの分光学的および計算化学的研究から、この化合物の反芳香族性が裏付けられた。さらに、量子化学計算から、合成の鍵となる環化反応は、前例のない 16π 電子環状反応を経由することが示唆された。本研究は、アクセス可能な反芳香族縮環ポルフィリノイドの範囲を広げるものである。



2. 対面型ポルフィリン二量体は、中心金属の協同効果による触媒作用、内部へのゲスト包接挙動など様々な研究が行われている。これまでに我々は、ジヒドロキシナフタレンで架橋した対面型環状亜鉛ポルフィリン二量体が、ピラジンや DABCO と溶液中で混合するだけで一分子を環内部空間に非常に強く包接することを報告している。一方で、置換ピラジンは、立体障害により金属イオンへの配位が妨げられることから、それを包接するホスト分子は限られている。そこで、置換ピラジンをゲストとして二量体への包接挙動を調査した。その結果、MePz、2,3-Me₂Pz、2,5-Me₂Pz、BenzoPz が包接されることを明らかにした。X線結晶構造解析から、ゲストの立体障害による配位結合長の伸長と、構造の歪みによる非対称化が見られた。会合定数は、置換基の増加に従い小さくなったが、最も小さい 2,5-Me₂Pz においても 10^6 M^{-1} 程度の非常に高い値を示した。



参考文献

- (1) Sugimura, H.; Nakajima, K.; Yamashita, K.; Ogawa, T. *Eur. J. Org. Chem.* **2022**, e202200747.
- (2) Yamashita, K.; Takeuchi, S.; Sugiura, K. *Chem. Sci.* **2023**, *14*, 2735-2744.

13. 天然物有機化学研究室

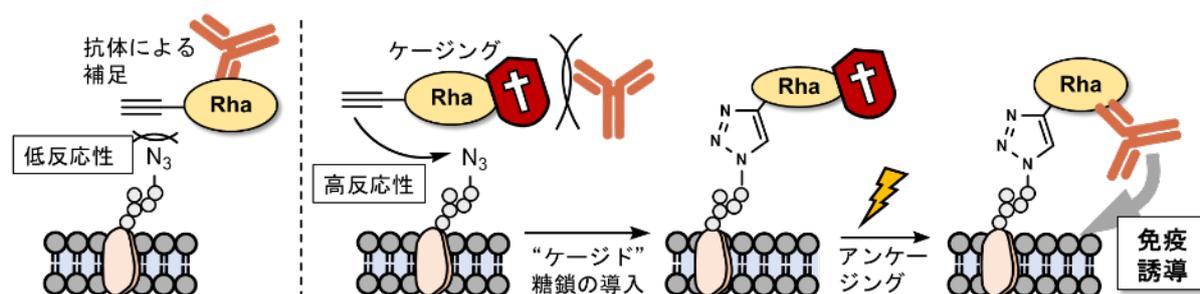
深瀬 浩一 (教授), 樺山 一哉 (准教授), 下山 敦史(助教), 真鍋 良幸 (助教)

主な研究テーマ

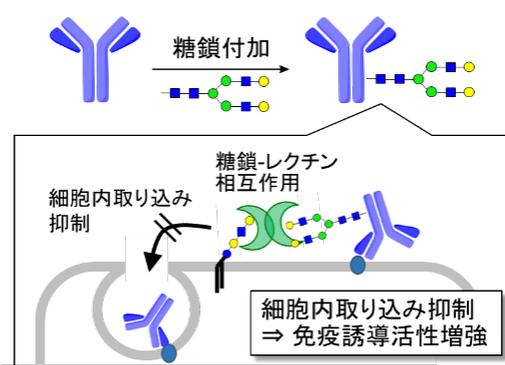
1. 糖鎖の合成とケミカルバイオロジー研究
2. 微生物ならびに動物由来の免疫調節分子の機能研究
3. マイクロフロー合成を基盤とする反応集積化
4. 蛍光標識化合物のライブセルイメージング
5. 合成糖鎖で修飾された細胞膜分子の動態解析
6. 効率的がんワクチン療法の開発
7. α 線核医学治療

研究活動概要

合成糖鎖を用いた生体機能制御法の開発を検討した。抗原糖鎖をがん細胞表層に導入し、免疫反応を誘導することに成功した。この際、糖鎖を光反応で脱保護可能な保護基でケージしておくことで、その相互作用分子によるトラップを避けて速やかに細胞表層に導入できることを発見した。本手法では糖鎖機能の時空間制御が可能となった点も注目すべき点である¹。



また、糖鎖-レクチン (糖鎖認識タンパク質) 相互作用を利用し、抗体の動態を制御し、その薬効向上に成功した。具体的には、乳がんに対する治療薬として利用されている抗 HER2 抗体にガラクトースを含む糖鎖を導入し、ガレクチン-3 (ガラクトース認識レクチン) との相互作用を利用することで、抗体の内在化を抑制し、免疫誘導活性の増強に成功した²。



参考文献

- (1) Milawati, H.; Manabe, Y.; Matsumoto, T.; Tsutsui, M.; Ueda, Y.; Miura, A.; Kabayama, K.; Fukase, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, e202303750.
- (2) Manabe, Y.; Iizuka, Y.; Yamamoto, Y.; Ito, K.; Hatano, K.; Kabayama, K.; Fukase, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, e202304779.

14. 有機生物化学研究室

梶原 康宏 (教授), 岡本 亮 (准教授), 真木 勇太 (助教)

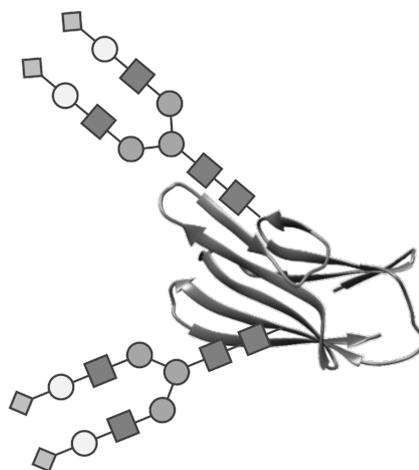
主な研究テーマ

1. 糖タンパク質新規合成法の開発
2. 新規糖鎖合成法の開発
3. 糖鎖機能の解明

研究活動概要

生体内において、糖タンパク質-糖タンパク質の相互作用によって多くのシグナル伝達が引き起こされているが、これら相互作用における糖鎖の影響は未だ不明な点ばかりである。我々の研究室では、糖鎖が有する特異的な水和能がタンパク質同士の結合面や表面の水の動きに影響していることに注目し、その詳細の解明を進めている。^[1,2] 本研究では、タンパク質-タンパク質の結合面に人工的にフッ素原子を導入することで、表面の親水性が相互作用に与える影響を調べることにした。モデルとして、T細胞の活性化や分化を促進する糖タンパク質を合成することとした。このとき、受容体との結合に重要である特定の位置のフェニルアラニンを、非天然アミノ酸であるペンタフルオロフェニル(PFP)アラニンに変換することとした。この非天然型糖タンパク質を新規に化学合成し、受容体との結合などを天然型と比較することで結合界面における親水性や水和を評価しようと考えた。

まず、グリシルホスホナートを原料とし、Horner-Wadsworth-Emmons 反応やキラルカラムによる光学分割を用いることで PFP アラニン誘導体を合成した。次に、Boc 固相合成法により、PFP をもつ糖ペプチドならびにその他のペプチドを合成した。そして、これらペプチド、糖ペプチドの連結反応を順次おこなうことで、全長糖ペプチドを合成した。さらに、段階透析によるフォールディングをおこなうことで、PFP と 2 本の *N* 結合型糖鎖を含む、非天然型糖タンパク質の化学合成に成功した。また、PFP を持たない天然型の糖タンパク質についても合成を完成し、現在これらの合成基質を用いた活性評価を進めている。



参考文献

- (1) Okamoto, R.; Orii, R.; Shibata, H.; Maki, Y.; Tsuda, S.; Kajihara, Y. *Chem. Eur. J.* **2023**, e202203553.
- (2) Maki, Y.; Okamoto, R.; Izumi, M.; Kajihara, Y. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, *142*, 20671-20679.

15. 生体分子化学研究室

村田 道雄 (教授)

主な研究テーマ

1. 膜脂質と分子集合体の構造と機能
2. 脂質とタンパク質の相互作用の分子機構
3. 生体分子の化学合成と作用機構研究

研究活動概要

細胞膜は脂質二重膜を主体とし、二重膜の外側と内側の脂質組成が大きく異なる(非対称膜)。生命は能動的に脂質をフリップ・フロップすることによって、この組成の違いを保っているが、脂質移動の自発的な速度については議論が続いている。今回、固体 ^1H NMR と極性頭部を重水素化した脂質プローブを用いて、非対称膜における脂質の交換速度を見積もることに成功した(図1)。その結果、外側と内側の組成が等しい二重膜と比較して、非対称における交換速度はあまり変わらないことが分かった。この結果は、細胞膜の非対称性を維持する機構を解明するうえで基礎的知見となると考える。

サポニン植物に広く分布し、古くより健康維持に重用されている。一方で、溶血性などの毒性を示すものも多く、サポニンの細胞膜に対する作用に興味もたれる。今回、ヤマノイモの主要サポニンであるジオスシン(DSN)の強い膜破壊活性の分子機構について、糖鎖の異なる同族体と比較することによって調べた。その結果、DSNのステロイド部に3つの糖鎖が嵩高い状態で置換している構造が効率的に膜脂質の充填構造を乱すことが分かった(図2)。

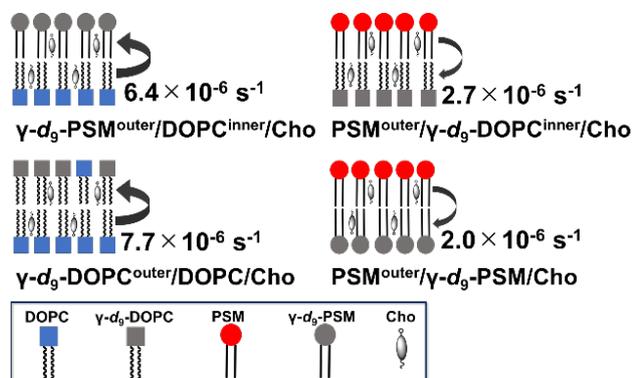


図1. 脂質二重膜におけるリン脂質フリップ速度定数. PSM: palmitoylshingomyelin; DOPC: dioleoyl-phosphatidylcholine; Cho: cholesterol.

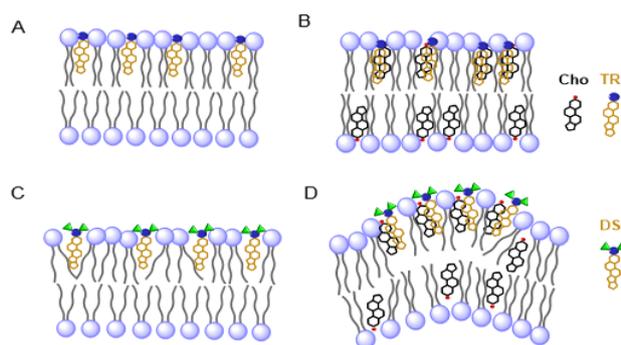


図2. サポニンの糖鎖と脂質二重膜膜の変形作用の関係. 一糖のトリリン(TRL)の膜変形活性は弱い(B)。一方で Cho を含む膜では、三糖の DSN は Cho と強固に結合して強い膜変性をもたらす(D)。

参考文献

- (1) Ondevilla, J. C.; Hanashima, A.; Mukogawa, A.; Garza-Miyazato, D.; Umegawa, Y.; Murata, M. *Biochim. Biophys. Acta*, **2023**, *1865*, 184145.
- (2) Watanabe, H.; Hanashima, S.; Yano, Y.; Murata, M. *Langmuir* **2023**, *39*, 15189-15199.

16. 生物無機化学研究室

船橋 靖博 (教授), 野尻 正樹 (講師), 畑中 翼 (助教)

主な研究テーマ

1. 生体内で活性な金属イオンを用いた機能性錯体分子の開発
2. 抗がん作用のある金属錯体のモデル反応による作用機序の解明

研究活動概要

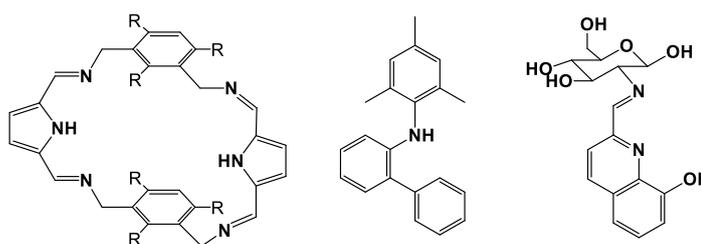
生体内における金属イオンは、その機能を発揮するために重要な役割を演じている。例えば金属蛋白質には、金属から成る単核や多核構造を活性部位に持つものが数多く存在し、金属はルイス酸としてだけでなく酸化還元能も発揮して、触媒反応や電子移動反応などの中核を担っている。一方、多様な金属錯体が医学的な診断や治療にも応用されている。本研究室では、この様な機能に供する新奇の分子性金属化合物の合成と性質を検討し、基盤となる原理や新たな展開を追求している。

そこでマルチ銅酵素や非ヘム型の二核鉄蛋白質の活性部位を模倣して設計した大環状配位子 L^{Pr} は(下図左)、複数の金属イオンを捕捉して、以下の通り遷移元素の銅や鉄などが酸素や硫黄で架橋した多核構造を形成した。酸素分子と反応して得られた二核銅錯体は活性な bis- μ -オキシ種であり、反応性が比較的乏しい有機基質でも水素原子引き抜き反応や酸素化反応が可能であることを見出した。今後は基質に対して第二配位圏における環状の骨格構造を利用した立体化学的な効果が期待される。また無機硫黄との反応では、二核銅錯体のみならず酸化還元が可逆な混合原子価の四核銅錯体が条件に応じてそれぞれジスルフィド架橋体として得られ、さらに脱硫反応を行うと μ_4 -スルフィド架橋した四核銅錯体に変換できることが分かった。次いでカルボン酸等で架橋した二核鉄錯体などが得られたほか、無機硫黄との反応により、酸化還元が可逆な bis- μ -スルフィド架橋の二核鉄錯体が三つの異なる酸化状態で安定に得られ、結晶構造と磁性の相関も得られた。今後、前者においては高難度の酸化反応への応用、ならびに後者においては固体物性や分子デバイスへの応用が期待される。

さらにビタミン B_{12} と同様にコバルトを用いた低原子価錯体によって、ビス型に結合した配位子(下図中)のアミド基とベンゼン環がコバルト中心に作用して反応活性な化学種を準安定に生成することに成功した。この錯体は水素を活性化するなどの触媒能を有する。そのほか、配位子を混合して一連の低原子価錯体の合成にも成功した。

一方、アミノ糖含有配位子である OQN (下図右)を用いた白金錯体とパラジウム錯体では、白金錯体であるシスプラチンの作用機序とは異なり、がん細胞で高発現する膜貫通型蛋白質の CDCP1 が下流の蛋白質と結合して行うシグナル伝達において、パラジウム錯体の方が高い阻害

効果による強い抗がん活性を示すことが明らかになっている。生理的 pH の水溶液中では構造変化を起こし、非水溶媒中ではパラジウム(II)錯体において、アミノ基とより高い反応性を示すことが分かった。



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

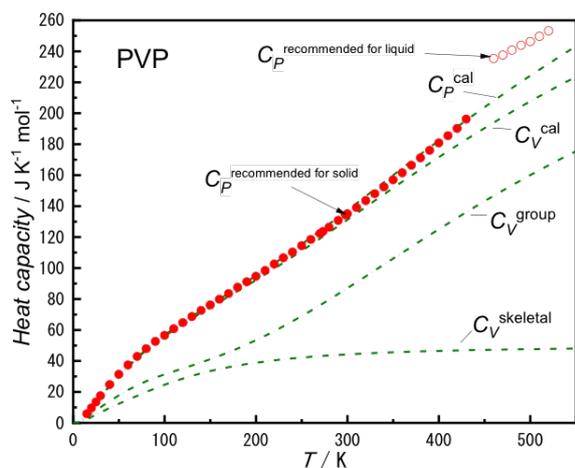
研究活動概要

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、

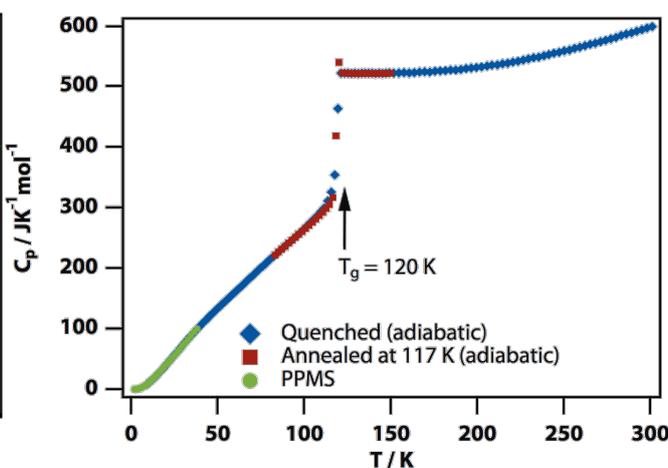
阪大化学熱学レポート No. 44 (2023)

<http://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/micro/report/rctes/2023/>

で詳細に報告している。



ポリビニルピロリドン (PVP) の熱容量のシミュレーションとの比較¹



テトラブチルオルトシリケートのガラス転移²

参考文献

- (1) Heat Capacity of Poly(*N*-vinylpyrrolidone), Ishikiriyama, K.; Kondo, K.; Miyazaki, Y.; Sasada, Y.; Sawada, K.; Endo, R.; Man, N.; Nakano, M.; Nakazawa, Y. *Thermochim. Acta* **2023**, 722, 179456.
- (2) Understanding the Emergence of the Boson Peak in Molecular Glasses, González-Jiménez, M.; Barnard, T.; Russell, B. A.; Tukachev, N. V.; Javornik, U.; Hayes, L.-A.; Farrell, A. J.; Guinane, S.; Senn, H. M.; Smith, A. J.; Wilding, M.; Mali, G.; Nakano, M.; Miyazaki, Y.; McMillan, P.; Sosso, G. C.; Wynne, K. *Nat. Commun.* **2023**, 14, 215.

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に努めている。

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。

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は、多くの博物館の運営・活動に大きな影響を与えた。来館して直接に展示を見てももらえない状況下において、ネットワークを介して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。

展示解説の多言語化は、多くの留学生を受け入れる研究型総合大学の大学ミュージアムに必要なことといえるが、当館では館員の専門分野をこえた様々な内容の展示を取り扱っていることと、展示更新に関する費用の面から、これまで十分にはそれができていなかった。それを解消するために、展示コンテンツのデジタル化を活用した多言語化を緊急の課題として進めている。



19. 同位体化学研究室

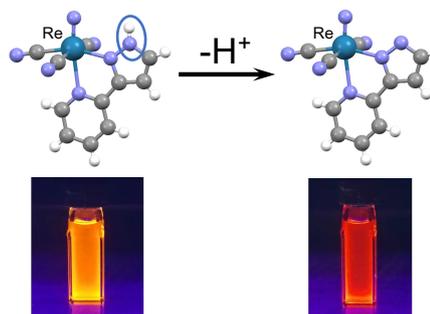
吉村 崇 (教授), 二宮和彦 (准教授), 大江一弘 (准教授)

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. 核医学利用のための新しいキレート配位子の開発
3. ミュー粒子を用いた新しい分析法の開発
4. 福島第一原発事故に関連した微量放射性同位元素測定による環境化学研究

研究活動概要

(1) 酸や塩基に応答して発光色・強度が変化する錯体を合成することを目的として、本研究では配位子の電子供与性の違いなどによって発光挙動が大きく変化することが知られているニトリドレニウム(V)錯体にプロトンの付加/脱離が可能でそれぞれ pK_a が大きく異なる一連の配位子を用いて錯体合成を行った。すべての錯体は固体状態及び DMSO 中で発光を示した。DMSO 中の発光は 3MLCT 由来であった。配位子のプロトン付加/脱離によって発光挙動が変化し、プロトン化で発光は短波長シフト、脱プロトン化で長波長シフトすることが明らかになった。また、一部の錯体については、固体状態で酸性及び塩基性蒸気存在下に放置した場合においてもプロトンの付加/脱離によって発光挙動が変化することを明らかにした。



(2) 2011年に起こった福島原発事故では、大量の放射性核種が環境中に放出された。このうち ${}^{137}\text{Cs}$ と ${}^{90}\text{Sr}$ は半減期が長く、その環境動態が特に注目されている。 ${}^{137}\text{Cs}$ と ${}^{90}\text{Sr}$ は化学的性質の違いから土壤中の移行挙動の差が期待され、また土壤の性質、有機物量、降雨量などに移行挙動が依存すると考えられる。 γ 線測定で容易に定量できる ${}^{137}\text{Cs}$ の移行挙動に関する研究は多く行われているものの、 ${}^{90}\text{Sr}$ の移行に関する研究は少なく、 ${}^{137}\text{Cs}$ と ${}^{90}\text{Sr}$ の土壤との相互作用についての詳しい研究は行われていない。本研究では、福島県内の土壤における ${}^{137}\text{Cs}$ と ${}^{90}\text{Sr}$ の深度分布を調査し、土壤の性質を分析することで ${}^{137}\text{Cs}$ と ${}^{90}\text{Sr}$ の移行挙動の解明を目指した。放射性核種の深部への移行について、重量緩衝深度を用いて深度分布を解析したところ、 ${}^{90}\text{Sr}$ の方が ${}^{137}\text{Cs}$ よりも深部への移行が速いことが分かった。 ${}^{137}\text{Cs}$ と ${}^{90}\text{Sr}$ の重量緩衝深度の比を取ったところ、主に有機物に由来する陽イオン交換容量との間に、負の相関が見られた。このことは、土壤中に存在する有機物によって ${}^{137}\text{Cs}$ の移行が速くなる、もしくは ${}^{90}\text{Sr}$ の移行が遅くなることを示している。

参考文献

- (1) Miyamoto, S.; Nagata, K.; Yoshimura, T. *Inorg. Chem.* **2023**, *62*, 17641-17653.
- (2) Nakamura, T.; Chiu, I-H.; Ninomiya, K. et al. *Science*. **2023**, *379*, eabn8671.

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. 図1に示すように Si(111)表面にアセトニトリル分子を吸着させ、吸着パターンを評価した。その結果、アセトニトリル分子吸着の表面サイト選択性が明らかとなり、Si 表面の局所構造、局所状態密度および極性分子間の相互作用が選択性に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

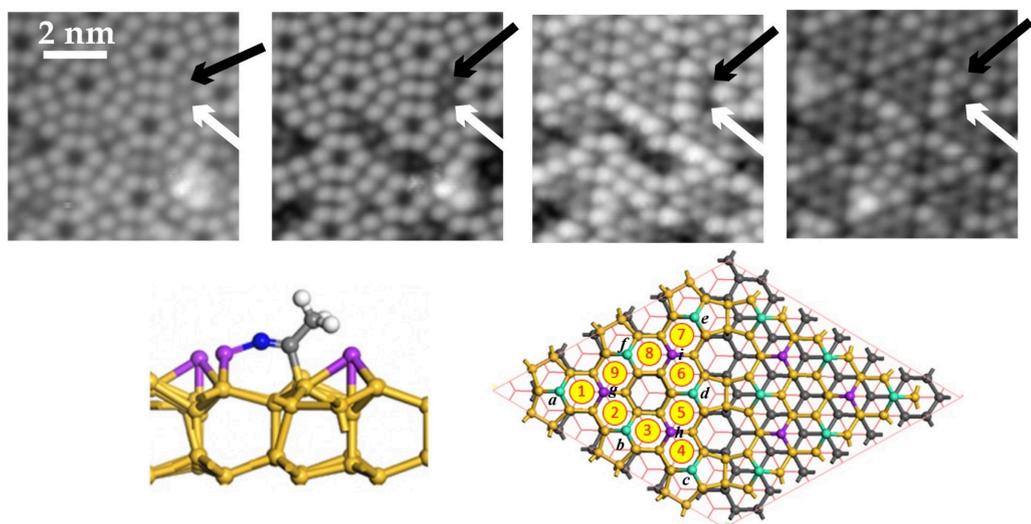


図1. Si(111)表面に吸着したアセトニトリル分子 — STM 像と第一原理計算

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 Au 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 Au 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 ナノ粒子を用いた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) Mizutani, H.; Choi, H.-K.; Park, J.; Hong S.; Okada M., *ACS Omega* **2023**, 8, 41548-41557.
- (2) Tanudji, J.; Aspera, S.M.; Kasai, H.; Okada, M.; Ogawa, T.; Nakanishi, H. *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology* **2024**, 22, 38-45.

II. 業績リスト

原著論文

- O-1** Recognition of rotational modes of magnetic nanoparticles by frequency dependence of magnetic linear dichroism under AC field.
Suwa, M.; Kawahigashi, S.; Emura, H.; Tsukahara, S. *J. Appl. Phys.* **2023**, *134*, 233902, 1-12.
- O-2** Synthesis of Crosslinked Poly(Vinylphosphonic Acid) Particles by Water-in-Oil (W/O) Suspension Polymerization Method and Their Adsorption Properties of Metal Ions.
Fernandez, B. R.; Tsukahara, S. *Solvent Extr. Res. Dev., Jpn.*, **2023**, *30*, 1-12.
- O-3** Extraction of Rh(III) from Hydrochloric Acid by Protonated NTAamide(C6) and Analogous Compounds and Understanding of Extraction Equilibria by Using UV Spectroscopy and DFT Calculations.
Sasaki, Y.; Kaneko, M.; Ban, Y.; Kinoshita, R.; Matsumiya, M.; Sinoku, K.; Shiroishi, H. *Anal. Sci.* **2023**, *39*, 1575-1583.
- O-4** Ion-Pairing Extraction and their Reaction Modeling of Anionic M-Cl Species with Cationic NTAamide(C6) Extractant and Comparison with Density Functional Theory Calculations.
Kinoshita, R.; Sasaki, Y.; Kaneko, M.; Matsumiya, M.; Shinoku, K.; Shiroishi, H. *Hydrometallurgy* **2023**, *222*, 106159, 1-12.
- O-5** Development of a Gas Chromatography-Based Method to Derive Halogen Bonding Energy of At Compounds.
Tokoi, K.; Toyoshima, A.; Kaneko, M.; Shinohara, A.; Kasamatsu, Y. *J. Nucl. Radiochem. Sci.* **2023**, *23*, 20-25.
- O-6** Electronic structure analysis of phthalocyanine complexes using magnetic circular dichroism and magnetic circularly polarized luminescence spectroscopy.
Suzuki, S.; Santria, A.; Oyama, T.; Akao, K.; Ishikawa N. *Chirality* **2023**, *36(1)*, e23625.
- O-7** Synthesis, Characterization, and Magnetic Properties of Iron(II) Complex with 2,6-Bis(pyrazol-3-yl)pyridine Ligand and Tetracyanonickelate Anion.
Fitriani, F.; Mulyani, I.; Onggo, D.; Sugiyarto, K. H.; Bhattacharjee, A.; Akutsu, H.; Santria A. *Indones. J. Chem.* **2023**, *23*, 1152-1160.

- O-8** Oxygen Reduction Reaction (ORR) of Pt/C Standard in Different Electrolyte Solutions and Terbium(III) Monoporphyrinato Complex.
Wibowo, A. H.; Wati, A. N. B.; Santria, A.; Masykur, A.; Firdaus M. *Indones. J. Chem.* **2023**, *23*(2), 405-405.
- O-9** Antiparallel Alignment of the Two Angular Momenta in a Photoexcited Dysprosium-Phthalocyanine complex.
Kizaki, K.; Santria, A.; Ishikawa N. *Inorg. Chem. Front.* **2023**, *10*(3), 915-925.
- O-10** Accumulation of Re-Complex-Based Catalytic Centers in Metal–Organic Cages for Photochemical CO₂ Reduction/Insertion.
Kitada, M.; Goo, Z. L.; Kosugi, K.; Saga, Y.; Yoshinari, N.; Kondo, M.; Masaoka, S. *Chem. Lett.* **2023**, *52*, 512-515.
- O-11** Jahn-Teller Switching of a Redox-active Nickel(III) Center in a Homoleptic Thiolato Metalloligand Environment.
Kouno, M.; Kuwamura, N.; Yoshinari, N.; Kojima, T.; Halcrow, M.; Yamagami, K.; Sekiyama, A.; Konno, T. *Inorg. Chem.* **2023**, *62*, 9436-9470.
- O-12** Silver(I) Sulfide Clusters Protected by Rhodium(III) Metalloligands with 3-Aminopropanethiolate.
Yoshinari, N.; Goo, Z. L.; Nomura, K.; Konno, T. *Inorg. Chem.* **2023**, *62*, 9291-9294.
- O-13** Hexakis(μ -3-aminopropanethiolato-1 κ^6 N,S:2 κ^3 S;3 κ^6 N,S:2 κ^3 S) cadmium(II)dirhodium(III) Dibromide Tetrahydrate.
Kouno, M.; Yoshinari, N.; Kojima, T.; Konno, T. *Molbank* **2023**, *2023*, M1684, 1-5.
- O-14** [μ -1,2-Bis(dipheylphosphino)ethane- κ^2 P,P']bis(3-mercapto-1,2-propanediolato- κ^1 S-gold(I)).
Baba, T.; Yoshinari, N. *Molbank* **2023**, *2023*, M1698, 1-7.
- O-15** Synthesis and Photophysical Properties of Symmetrical Mononuclear Gold(I)-N-Heterocyclic Carbene Complexes.
Haziz, U. F. M.; Haque, R. A.; Konno, T.; Yoshinari, N.; Razali, M. R. *Polycycl. Aromat. Compd.* **2023**, *43*, 5506-5518.
- O-16** Photoluminescent Lanthanide Coordination Polymers for Ammonia Gas Detection at Ambient Temperature and Humidity.

Thammakan, S.; Sinchow, M.; Chiangraeng, N.; Yoshinari, N.; Konno, T.; Ngamjarurojana, A.; Nimmanpipug, P.; Rujiwatra, A. *Cryst. Growth Des.* **2023**, *33*, 6840-6850.

- O-17** The effect of inert dopant ions on spin-crossover materials is not simply controlled by chemical pressure.
Ghosh, P.; Pask, C. M.; Vasili, H. B.; Yoshinari, N.; Konno, T.; Cespedes, O.; Enachescu, C.; Chakraborty, P.; Halcrow, M. A.; *J. Mater. Chem. C* **2023**, *11*, 12570-12582.
- O-18** Anion Correlation-driven organic 3D topological insulator with relativistic fermions.
Nomoto, T.; Imajo, S.; Akutsu, H.; Nakazawa, Y.; Kohama, Y. *Nat. Commun.* **2023**, *14*, 2130, 1-7.
- O-19** Magnetic field induced transition in the charge-glass former θ -(BEDT-TTF)₂CsCo(SCN)₄.
Nomoto, T.; Yamashita, S.; Akutsu, H.; Nakazawa, Y. *Phys. Rev. B* **2023**, *107*, 085121, 1-8.
- O-20** Thermodynamic properties of the Mott insulator-metal transition in a triangular lattice system without magnetic order.
Yesil, E.; Imajo, S.; Yamashita, S.; Akutsu, H.; Saito, Y.; Pustogow, A.; Kawamoto, A.; Nakazawa, Y. *Phys. Rev. B* **2023**, *107*, 045133, 1-9.
- O-21** Magnetoelectric, spectroscopic, optical and elastic properties of Co-doped BaTiO₃ ceramics.
Bujakiewicz-Koronska, R.; Gondek, Ł.; Vasylechko, L.; Balanda, M.; Juszynska-Galazka, E.; Galazka, M.; Majda, D.; Piekarczyk, W.; Zywczyk, A.; Cizman, A.; Sitarz, M.; Jelen, P.; Salamon, W.; Czaja, J.; Jedryka, K.; Koronski, A.; Kalvane, K.; Gornicka, E.; Markiewicz, S. P.; Yamashita, S.; Nakazawa, Y. *J. Alloys and Compounds* **2023**, *946* 169344, 1-17.
- O-22** Thermal conductivity measurement system for molecules-based compounds available in a wide temperature region.
Zhang, L.; Nomoto, T.; Yamashita, S.; Akutsu, H.; Krivchikov, A. I.; Nakazawa, Y. *Low Temp. Phys.* **2023**, *49*, 539-543.
- O-23** Pseudogap formation in organic superconductors.
Imajo, S.; Kobayashi, T.; Matsumura, Y.; Maeda, T.; Nakazawa, Y.; Taniguchi, H.; Kindo, K. *Phys. Rev. Materials* **2023**, *7*,

124803, 1-7.

- O-24** Porous Mn²⁺ Magnet with a Pt–Cl Framework: Correlation between Water Vapor Adsorption/Desorption and Slow Magnetic Relaxation. Nakajima, H.; Uchida, K.; Yoshida, T.; Horii, Y.; Sato, T.; Luming, Z.; Yamashita, S.; Nakazawa, Y.; Agulto, V. C.; Nakajima, M.; Breedlove, B. K.; Yamashita, M.; Iguchi, H.; Takaishi, S. *ChemPhysChem* **2023**, *24*, e202200618, 1-7.
- O-25** Fabrication and Training of 3D Conductive Polymer Networks for Neuromorphic Wetware. Hagiwara, N.; Asai, T.; Ando, K.; Akai-Kasaya, M. *Advanced Functional Materials* **2023**, *33*, 2300903.
- O-26** A novel small-signal detection method using divergence properties of second-order linear differential equations. Yamakawa, S.; Ando, K.; Akai-Kasaya, M.; Asai T. *Electronics Letters* **2023**, *59*, 16.
- O-27** Real-space structural characterization of benzene monolayer on graphite (0001) surface investigated by low-temperature scanning tunneling microscopy. Murase, N.; Kato, H. S.; Akai-Kasaya, M.; Yamada T. *Chemical Physics Letters* **2023**, *830*, 140815.
- O-28** Theoretical Study on TiOOH Production over Au/TiO₂ Catalyst — Support Dependency of Propylene Oxide Production—. Hamada, Y.; Mishima, Y.; Yonemori, T.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M., *Chem. Lett.*, **2023**, *52*, 861-864.
- O-29** Supported Noble Metal Catalysts and Adsorbents with Soft Lewis Acid Functions. Murayama, H.; Huang, Qi-An.; Yamamoto, E.; Tokunaga, M.; Ishida, T.; Okumura, M.; Honma, T.; Fujitani, T.; Isogai, A., *The Chem. Rec.*, **2023**, *23*, e202300148, 1-16.
- O-30** Gold/Substituted Hydroxyapatites for Oxidative Esterification: Control of Thin Apatite Layer on Gold Based on Strong Metal–Support Interaction (SMSI) Results in High Activity. Taketoshi, A, Gangarajula, Y.; Sodenaga, R.; Nakayama, A.; Okumura, M.; Sakaguchi, N.; Murayama, T.; Shimada, T.; Takagi, S.; Haruta, M.; Biao, B.; Wang, J.; Ishida, T., *ACS Appl. Mat. Interfaces*, **2023**, *15*, 34290-34302.

- O-31** Ab-initio Study of the Strain Tuning Method for Improving Li Diffusion Performance of the LiCoO₂ Cathode Material in Lithium-ion Batteries.
Torii, M.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M., *Chem. Lett.*, **2023**, 52, 439-443.
- O-32** Detailed Mechanical Characterization of LiCoO₂ and LiNi_{0.33}Co_{0.33}Mn_{0.33}O₂ Cathode Materials Using DFT Calculations.
Torii, M.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, *Chem. Lett.*, **2023**, 52, 317-321.
- O-33** Improved Mechanical Characterization of LiCoO₂ Cathode Material by Ab-Initio Calculations Using Density Functional Theory.
Torii, M.; Kawakami, T.; Yamanaka, S.; Okumura, M., *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2023**, 96, 475-483.
- O-34** Probing Energy-Level Alignment in Molecular Multilayers by Frequency-Modulation Electrostatic Force Microscopy under Tapping-Mode-Combined Fowler–Nordheim Tunneling Spectroscopy.
Nakayama, M.; Kajimoto, K.; Misaka, T.; Mishima, N.; Yamada, T.; Ohoyama, H.; Matsumoto, T., *ACS Applied Materials & Interfaces*, **2023**, 15, 47704-47714.
- O-35** Concerted Stereodynamics of Chemical Changes: The Branching Selectivity in the Photodissociation of Asymmetric-Top Molecules, Formic Acid, and the Cold Reactivity of the H + H₂ Exchange Reaction.
Che, D.-C.; Kawamata, H.; Nakamura, M.; Tso, C. -J.; Muthiah, B.; Kasai, *J. Chin. Chem. Soc.* **2023**, 70, 1297-1313.
- O-36** Photoluminescence Properties and Excited State Dynamics of Monolayer Perylene on Graphite (0001).
Yamada, T. *Phys. Rev. B.* **2023**, 108, 205422, 1-8.
- O-37** Proton conduction in tetra-*n*-butylammonium bromide semiclathrate hydrate.
Shimada, J.; Takaoka, Y.; Ueda, T.; Tani, A.; Sugahara, T.; Tsunashima, K.; Yamada, H.; Hirai, T. *Solid State Ionics*, **2023**, 393, 116188, 1-8.
- O-38** Substitution (CH₃, Cl, or Br) effects of the imidazolate linker on

benzene adsorption kinetics for the zeolitic imidazolate framework (ZIF)-8.

Yagi, R.; Ueda, T. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2023**, *25*, 20585-20596.

- O-39** Chromophore Structure in an Inactive State of a Novel Photosensor Protein Opn5L1: Resonance Raman Evidence for the Formation of a Deprotonated Adduct at the 11th Carbon Atom.
Mizuno, M.; Sato, K.; Yamashita, T.; Sakai, K.; Imamoto, Y.; Yamano, Y.; Wada, A.; Ohuchi, H.; Shichida, Y.; Mizutani Y. *J. Phys. Chem. B* **2023**, *127*, 2169-2176.
- O-40** Protein dynamics of a light-driven Na⁺ pump rhodopsin probed using a tryptophan residue near the retinal chromophore.
Otomo, A.; Mizuno, M.; Inoue, K.; Kandori, H.; Mizutani Y. *Biophysics and Physicobiology* **2023**, *20*, e201016.
- O-41** Unique Vibrational Characteristics and Structures of the Photoexcited Retinal Chromophore in Ion-Pumping Rhodopsins.
Li, Z.; Mizuno, M.; Ejiri, T.; Hayashi, S.; Kandori, H.; Mizutani, Y. *J. Phys. Chem. B* **2023**, *127*, 9873–9886.
- O-42** Heme Pocket Structure and Its Functional Implications in an Ancestral Globin Protein.
Iritani, Y.; Ishikawa, H.; Mizuno, M.; Mizutani, Y. *Biochemistry*, **2023**, *62*, 2727–2737.
- O-43** Enhancing NIR-to-visible photon upconversion in cast solid by introducing bulky substituents in rubrene and by suppressing back energy transfer.
Sawa, A.; Shimada, S.; Tripathi, N.; Heck, C.; Tachibana, H.; Koyama, E.; Mizukuro, T.; Hirao, Y.; Kubo, T.; Tamai, N.; Kuzuhara, D.; Yamada, H.; Kamada, K. *J. Mater. Chem. C* **2023**, *11*, 8502–8513.
- O-44** Synthesis and structural evaluation of closed-shell folded and open-shell twisted hexabenz[5.6.7]quinarene.
Nishiuchi, T.; Uchida, K.; Kubo, T. *Chem. Commun.* **2023**, *59*, 7379–7382.
- O-45** Local probe-induced structural isomerization in a one-dimensional molecular array.
Kawai, S.; Silveira, O. J.; Kurki, L.; Yuan, Z.; Nishiuchi, T.;

Kodama, T.; Sun, K.; Custance, O.; Lado, J. L.; Kubo, T.; Foster, A. S., *Nat. Commun.* **2023**, *14*, 7741-1–7.

- O-46** Synthesis and Properties of a Through-Space Interacting Diradicaloid.
Kodama, T.; Hirao, Y.; Kubo, T. *Precis. Chem.* **2023**, *1*, 183–191.
- O-47** Deprotonation-Induced and Ion-Pairing-Modulated Diradical Properties of Partially Conjugated Pyrrole–Quinone Conjunction.
Sugiura, S.; Kubo, T.; Haketa, Y.; Hori, Y.; Shigeta, Y.; Sakai, H.; Hasobe, T.; Maeda, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, *145*, 8122–8129.
- O-48** Stacked antiaromaticity in the π -congested space between the aromatic rings in the anthracene dimer.
Nishiuchi, T.; Makihara, Y.; Kishi, R.; Sato, H.; Kubo, T. *J. Phys. Org. Chem.* **2023**, *36*, e4451-1–12.
- O-49** Photoinduced crystal melting with luminescence evolution based on conformational isomerisation.
Komura, M.; Sotome, H.; Miyasaka, H.; Ogawa, T.; Tani, Y. *Chem. Sci.* **2023**, *14*, 5302–5308.
- O-50** Structurally well-defined conjugated *meso*-aminoporphyrin oligomers analogous to polyanilines.
Yamashita, K.; Takeuchi, S.; Sugiura, K. *Chem. Sci.* **2023**, *14*, 2735-2744.
- O-51** Synthesis and Characterization of Quinone Compounds Derived from Doubly- and Triply-Linked Diporphyrins and Tuning of Their Absorption Properties.
Yamashita, K.; Hirano, D.; Sugiura, K. *Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202302637.
- O-52** Construction of the Systemic Anticancer Immune Environment in Tumor-Bearing Humanized Mouse by Using Liposome-Encapsulated Anti-Programmed Death Ligand 1 Antibody-Conjugated Progesterone.
Kametani, Y.; Ito, Y.; Ohshima, S.; Manabe, Y.; Ohno, Y.; Shimizu, Y.; Yamada, S.; Katano, N.; Kirigaya, D.; Ito, K.; Matsumoto, T.; Tsuda, B.; Kashiwagi, H.; Goto, Y.; Yasuda, A.; Maeki, M.; Tokeshi, M.; Seki, T.; Fukase, K.; Mikami, M.; Ando, K.; Ishimoto, H.; Shiina, T. *Front. Immunol.* **2023**, *14*, 1173728.

- O-53** Antigen/Adjuvant-displaying Enveloped Viral Replica as a Self-adjuvanting Anti-breast-cancer Vaccine Candidate.
Ito, K.; Furukawa, H.; Inaba, H.; Ohshima, S.; Kametani, Y.; Maeki, M.; Tokeshi, M.; Huang, X.; Kabayama, K.; Manabe, Y.; Fukase, K.; Matsuura, K. *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, *145*, 15838-15847.
- O-54** Exploring a Nuclear-Selective Radioisotope Delivery System for Efficient Targeted Alpha Therapy.
Iizuka, Y.; Manabe, Y.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Yin, X.; Haba, H.; Kabayama, K.; Fukase, K. *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, *24*, 9593.
- O-55** Improvement of Antibody Activity by Controlling Its Dynamics Using the Glycan-Lectin Interaction.
Manabe, Y.; Iizuka, Y.; Yamamoto, Y.; Ito, K.; Hatano, K.; Kabayama, K.; Fukase, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, *62*, e202304779.
- O-56** Practical Antibody Recruiting by Metabolic Labeling with Caged Glycans.
Milawati, H.; Manabe, Y.; Matsumoto, T.; Tsutsui, M.; Ueda, Y.; Miura, A.; Kabayama, K.; Fukase, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, *62*, e202303750.
- O-57** Dysoticans FH: three unprecedented dimeric cadinanes from *Dysoxylum parasiticum* (Osbeck) Kosterm. Stem bark.
Naini, A. A.; Mayanti, T.; Maharani, R.; Fajriah, S.; Kabayama, K.; Shimoyama, A.; Manabe, Y.; Fukase, K.; Jungsuttiwong, S. Supratman, U. *RSC. Adv.* **2023**, *13*, 9370-9376.
- O-58** Structural Determination and Chemical Synthesis of *N*-Glycan from the Hyperthermophilic Archaeon *Thermococcus kodakarensis*.
Hirao, K.; Speciale, I.; Notaro, A.; Manabe, Y.; Teramoto, Y.; Sato T.; Atomi H.; Molinaro, A.; Ueda, Y.; Castro, C. D.; Fukase, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, *62*, e202218655.
- O-59** Immuno-PET and Targeted α -Therapy Using Anti-Glypican-1 Antibody Labeled with ^{89}Zr or ^{211}At : A Theranostic Approach for Pancreatic Ductal Adenocarcinoma.
Watabe, T.; Kabayama, K.; Naka, S.; Yamamoto, R.; Kaneda, K.; Serada, S.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Wang, Y.; Haba, H.; Kurimoto, K.; Kobayashi, T.; Shimosegawa, E.; Tomiyama, N.;

Fukase, K.; Naka, T. *J. Nucl. Med.* **2023** *64*, 1949-1955.

- O-60** Reactive oxygen species are associated with the inhibitory effect of N-(4-hydroxyphenyl)-retinamide on the entry of the severe acute respiratory syndrome-coronavirus 2.
Hayashi, Y.; Huang, X.; Tanikawa, T.; Tanigawa, K.; Yamamoto, M.; Gohda, J.; Inoue, J.; Fukase, K.; Kabayama, K.; *J. Biochem.* **2023**, *173*, 337-342.
- O-61** Host extracellular vesicles confer cytosolic access to systemic LPS licensing noncanonical inflammasome sensing and pyroptosis.
Kumari, P.; Vasudevan, S. O.; Russo, A. J.; Wright, S. S.; Fraile-Ágreda, V.; Krajewski, D.; Jellison, E. R.; Rubio, I.; Bauer, M.; Shimoyama, A.; Fukase, K.; Zhang, Y.; Pachter, J.; Vanaja, S. K.; Rathinam, V. A.; *Nat. Cell Biol.* **2023**, *25*, 1860–1872.
- O-62** Evaluation of Astatine-211-Labeled Fibroblast Activation Protein Inhibitor (FAPI): Comparison of Different Linkers with Polyethylene Glycol and Piperazine.
Aso, A.; Nabetani, H.; Matsuura, Y.; Kadonaga, Y.; Shirakami, Y.; Watabe, T.; Yoshiya, T.; Mochizuki, M.; Ooe, K.; Kawakami, A.; Jinno, N.; Toyoshima, A.; Haba, H.; Wang, Y.; Cardinale, J.; Giesel, F. L.; Shimoyama, A.; Kaneda-Nakashima, K.; Fukase, K. *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, *24*, 8701.
- O-63** TLR4 agonist activity of *Alcaligenes* lipid a utilizes MyD88 and TRIF signaling pathways for efficient antigen presentation and T cell differentiation by dendritic cells.
Sun, X.; Hosomi, K.; Shimoyama, A.; Yoshii, K.; Lan, H.; Wang, Y.; Yamaura, H.; Nagatake, T.; Ishii, K. J.; Akira, S.; Kiyono, H.; Fukase, K.; Kunisawa J. *Int. Immunopharmacol.* **2023**, *117*, 109852.
- O-64** Endotoxin-Free Stx2B-C-CPE Vaccine and Its Optimized Adjuvant Regimen for Preventing Food Poisoning.
Hosomi, K.; Shimoyama, A.; Hinenoya, A.; Hatanaka, N.; Noguchi, T.; Ebina, H.; Tojima, Y.; Furuta, M.; Kondoh, M.; Kiyono, H.; Yamasaki, S.; Fukase, K.; Kunisawa, J. *Front. Biosci. (Landmark Ed)* **2023**, *28*, 15.
- O-65** Targeted α -therapy using astatine (^{211}At)-labeled PSMA1, 5, and 6: a preclinical evaluation as a novel compound.
Watabe, T.; Kaneda-Nakashima, K.; Shirakami, Y.; Kadonaga,

Y.; Ooe, K.; Wang, Y.; Haba, H.; Toyoshima, A.; Cardinale, J.; Giesel, F.L.; Tomiyama, N.; Fukase K. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* **2023**, *50*, 849-858.

- O-66** Squaryl group-modified UDP analogs as inhibitors of the endoplasmic reticulum-resident folding sensor enzyme UGGT.
Abe, J.; Takeda, Y.; Kikuma, T.; Kizuka, Y.; Kajiura, H.; Kajihara, Y.; Ito, Y. *Chem. Commu.* **2023**, *59*, 2803-2806.
- O-67** Regulating Antifreeze Activity through Water: Latent Functions of the Sugars of Antifreeze Glycoprotein Revealed by Total Chemical Synthesis.
Okamoto, R.; Orii, R.; Shibata, H.; Maki, Y.; Tsuda, S.; Kajihara, Y. *Chem. Eur. J.* **2023**, e202203553.
- O-68** Rapid Chemical Synthesis of Serine Protease Inhibitor Kazal-type 13 (SPINK13) Glycoform by a Combined Method with Glycan Insertion Strategy and Fast-Flow Fmoc SPPS.
Nomura, K.; Okamoto, R.; Maki, Y.; Hayashibara, A.; Takao, T.; Fukuoka, T.; Miyoshi, E.; Pentelute, B. L.; Kajihara, Y. *Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202300646.
- O-69** Semisynthesis of homogeneous misfolded glycoprotein interleukin-8.
Mamahit, Y. P.; Maki, Y.; Okamoto, R.; Kajihara, Y. *Carbohydr. Res.* **2023**, *531*, 1088473.
- O-70** Convergent synthesis of proteins using peptide-aminothiazoline.
Okamoto, R., Shibata, H., Yatsuzuka, T., Hanao, T.; Maki, Y., Kabayama, K., Miura, A.; Fukase, K., Kajihara, Y. *Chem. Comm.* **2023**, *59*, 13510-13513.
- O-71** Combined effect of the head groups and alkyl chains of archaea lipids when interacting with bacteriorhodopsin.
Umegawa, Y.; Kawatake, S.; Murata, M.; Matsuoka, S. *Biophys. Chem.* **2023**, *294*, 106959.
- O-72** Effect of the number of sugar units on the interaction between diosgenyl saponin and membrane lipids.
Ondevilla, J. C.; Hanashima, S.; Mukogawa, A.; Garza-Miyazato, D.; Umegawa, Y.; Murata, M. *Biochim. Biophys. Acta - Biomembranes* **2023**, *1865*, 184145.
- O-73** Passive translocation of phospholipids in asymmetric model

membranes: Solid-state ¹H NMR characterization of flip-flop kinetics using deuterated sphingomyelin and phosphatidylcholine.

Watanabe, H.; Hanashima, S.; Yano, Y.; Murata, M. *Langmuir* **2023**, *39*, 15189-15199.

- O-74** A fluorescent probe of C24 fatty acid to report the deep interior of lipid bilayers.
Umegawa, Y.; Fukunaga, S.; Yasuda, T.; Murata, M. *Synlett* **2023**, *34*, DOI: 10.1055/a-2210-1162.
- O-75** Pd(II) and Pt(II) Terpyridyl Complexes: Topoisomerase I Inhibition and Cytotoxicity.
Nakai, M.; Asano, K.; Shimada, K.; Kanno, K.; Nakabayashi, Y.; Alba, L.; Funahashi, Y.; Yano, S.; Ishida H. *Bull. Chem. Soc. Japan* **2023**, *90*, 215-224.
- O-76** Dynamics of Poly(3-hexylthiophene) Monolayers at Solution/Graphite Interfaces.
Takajo, D.; Katsuno, H.; Sudoh, K. *ACS Macro Lett.* **2023**, *12*, 274-280.
- O-77** Construction of a Two-Dimensional Metal-Organic Framework with Perpendicular Magnetic Anisotropy Composed of Single-Molecule Magnets.
Aratani, I.; Horii, Y.; Takajo, D.; Kotani, Y.; Osawa, H.; Kajiwara, T. *J. Mater. Chem. C* **2023**, *11*, 2082-2088.
- O-78** Polymorphism and Thermodynamic Properties of 4-Cyano-3-fluorophenyl 4-Pentylbenzoate (5CFPB) Liquid Crystal.
Enomoto, S.; Umeda, M.; Yamamoto, T.; Juszyńska-Gałązka, E.; Miyazaki, Y.; Suzuki, H. *J. Therm. Anal. Cal.* **2023**, *148*, 10081-10092.
- O-79** Understanding the Emergence of the Boson Peak in Molecular Glasses.
González-Jiménez, M.; Barnard, T.; Russell, B. A.; Tukachev, N. V.; Javornik, U.; Hayes, L.-A.; Farrell, A. J.; Guinane, S.; Senn, H. M.; Smith, A. J.; Wilding, M.; Mali, G.; Nakano, M.; Miyazaki, Y.; McMillan, P.; Sosso, G. C.; Wynne, K. *Nat. Commun.* **2023**, *14*, 215, 1-11.
- O-80** Heat Capacity of Poly(*N*-vinylpyrrolidone).
Ishikiriyama, K.; Kondo, K.; Miyazaki, Y.; Sasada, Y.; Sawada,

K.; Endo, R.; Man, N.; Nakano, M.; Nakazawa Y. *Thermochim. Acta* **2023**, 722, 179456, 1-14.

- O-81** Luminescence Color and Intensity Changes of Nitridorhenium(V) Complexes Induced by Protonation/Deprotonation on the Bidentate Azolyipyridine Ligands.
Miyamoto, S.; Nagata, K.; Yoshimura, Y., *Inorg. Chem.* **2023**, 62, 17641-17653.
- O-82** Molecular Geochemistry of Radium: A Key to Understanding Cation Adsorption Reaction on Clay Minerals.
Yamaguchi, A.; Kurihara, Y.; Nagata, K.; Tanaka, K.; Higaki, S.; Kobayashi, T.; Tanida, H.; Ohara, Y.; Yokoyama, K.; Yaita, T.; Yoshimura, Y.; Okumura, M. Takahashi, Y. *J. Colloid Interface Sci.* **2023**, 661, 317-332.
- O-83** Non-destructive Elemental Analysis of Lunar Meteorites Using a Negative Muon Beam.
Chiu, I-H.; Terada, K.; Osawa, T.; Park, C.; Takeshita, S.; Miyake, Y.; Ninomiya, K. *Meteorit. Planet. Sci.* **2023**, 58, 1333–1344.
- O-84** Proof-of-Principle Experiment for Testing Strong-Field Quantum Electrodynamics with Exotic Atoms: High Precision X-Ray Spectroscopy of Muonic Neon.
Okumura, T.; Azuma, T.; Bennett, D. A.; Chiu, I.; Doriese, W. B.; Durkin, M. S.; Fowler, J. W.; Gard, J. D.; Hashimoto, T.; Hayakawa, R.; Hilton, G. C.; Y. Ichinohe, Y.; Indelicato, P.; Isobe, T.; Kanda, S.; Katsuragawa, M.; Kawamura, N.; Kino, Y.; Mine, K.; Miyake, Y.; Morgan, K. M.; Ninomiya, K.; Noda, H.; O’Neil, G. C.; Okada, S.; Okutsu, K.; Paul, N.; Reintsema, C. D.; Schmidt, D. R.; Shimomura, K.; Strasser, P.; Suda, H.; Swetz, D. S.; Takahashi, T.; Takeda, S.; Takeshita, S.; Tambo, M.; Tatsuno, H.; Ueno, Y.; Ullom, J. N.; Watanabe, S.; Yamada, S. *Phys. Rev. Lett.* **2023**, 130, 173001.
- O-85** Development of Nondestructive Elemental Analysis System for Hayabusa2 Samples Using Muonic X-rays.
Osawa, T.; Nagasawa, S.; Ninomiya, K.; Takahashi, T.; Nakamura, T.; Wada, T.; Taniguchi, A.; Umegaki, I.; Kubo, K. M.; Terada, K.; Chiu, I-H.; Takeda, S.; Katsuragawa, M.; Minami, T.; Watanabe, S.; Azuma, T.; Mizumoto, K. Yoshida, G.; Takeshita, S.; Tambo, M.; Shimomura, K.; Miyake Y. *ACS*

- O-86** The Non-destructive Investigation of a Late Antique Knob Bow Fibula (Bügelknopffibel) from Kaiseraugst/CH Using Muon Induced X-ray Emission (MIXE).
Biswas, S.; Megatli-Niebel, I.; Raselli, L.; Simke, R.; Cocolios, T. E.; Deokar, N.; Elender, M.; Gerchow, L.; Hess, H.; Khasanov, R.; Knecht, A.; Luetkens, H.; Ninomiya, K.; Papa, A.; Prokscha, T.; Reiter, P.; Sato, A.; Severijns, N.; Shiroka, T.; Seidlitz, M.; Vogiatzi, S. M.; Wang, C.; Wauters, F.; Warr N.; Amato A. *Herit. Sci.* **2023**, 11, 43.
- O-87** Formation and Evolution of Carbonaceous Asteroid Ryugu: Direct Evidence from Returned Samples.
Nakamura, T.; Matsumoto, M.; Amano, K.; Enokido, Y.; Zolensky, M. E.; Mikouchi, T.; Genda, H.; Tanaka, S.; Zolotov, M. Y.; Kurosawa, K.; Wakita, S.; Hyodo, R.; Nagano, H.; Nakashima, D.; Takahashi, Y.; Fujioka, Y.; Kikuri, M.; Kagawa, E.; Matsuoka, M.; Brearley, A. J.; Tsuchiyama, A.; Uesugi, M.; Matsuno, J.; Kimura, Y.; Sato, M.; Milliken, R. E.; Tatsumi, E.; Sugita, S.; Hiroi, T.; Kitazato, K.; Brownlee, D.; Joswiak, D. J.; Takahashi, M.; Ninomiya, K.; Takahashi, T.; Osawa, T.; Terada, K.; Brenker, F. E.; Tkalcec, B. J.; Vincze, L.; Brunetto, R.; Aléon-Toppani, A.; Chan, Q. H. S.; Roskosz, M.; Viennet, J.-C.; Beck, P.; Alp, E. E.; Michikami, T.; Nagaashi, Y.; Tsuji, T.; Ino, Y.; Martinez, J.; Han, J.; Dolocan, A.; Bodnar, R. J.; Tanaka, M.; Yoshida, H.; Sugiyama, K.; King, A. J.; Fukushi, K.; Suga, H.; Yamashita, S.; Kawai, T.; Inoue, K.; Nakato, A.; Noguchi, T.; Vilas, F.; Hendrix, A. R.; Jaramillo-Correa, C.; Domingue, D. L.; Dominguez, G.; Gainsforth, Z.; Engrand, C.; Duprat, J.; Russell, S. S.; Bonato, E.; Ma, C.; Kawamoto, T.; Wada, T.; Watanabe, S.; Endo, R.; Enju, S.; Riu, L.; Rubino, S.; Tack, P.; Takeshita, S.; Takeichi, Y.; Takeuchi, A.; Takigawa, A.; Takir, D.; Tanigaki, T.; Taniguchi, A.; Tsukamoto, K.; Yagi, T.; Yamada, S.; Yamamoto, K.; Yamashita, Y.; Yasutake, M.; Uesugi, K.; Umegaki, I.; Chiu, I.; Ishizaki, T.; Okumura, S.; Palomba, E.; Pilorget, C.; Potin, S. M.; Alasli, A.; Anada, S.; Araki, Y.; Sakatani, N.; Schultz, C.; Sekizawa, O.; Sitzman, S. D.; Sugiura, K. Sun, M.; Dartois, E.; De Pauw, E.; Dionnet, Z.; Djouadi, Z.; Falkenberg, G.; Fujita, R.; Fukuma, T.; Gearba, I. R.; Hagiya, K.; Hu, M. Y.; Kato, T.; Kawamura, T.; Kimura, M.; Kubo, M. K.; Langenhorst, F.; Lantz, C.; Lavina, B.; Lindner, M.; Zhao, J.; Vekemans, B.; Baklouti, D.; Bazi, B.; Borondics, F.; Nagasawa,

S.; Nishiyama, G.; Nitta, K.; Mathurin, J.; Matsumoto, T.; Mitsukawa, I.; Miura, H.; Miyake, A.; Miyake, Y.; Yurimoto, H.; Okazaki, R.; Yabuta, H.; Naraoka, H.; Sakamoto, K.; Tachibana, S.; Connolly, H. C.; Lauretta, D. S.; Yoshitake, M.; Yoshikawa, M.; Yoshikawa, K.; Yoshihara, K.; Yokota, Y.; Yogata, K.; Yano, H.; Yamamoto, Y.; Yamamoto, D.; Yamada, M.; Yamada, T.; Yada, T.; Wada, K.; Usui, T.; Tsukizaki, R.; Terui, F.; Takeuchi, H.; Takei, Y.; Iwamae, A.; Soejima, H.; Shirai, K.; Shimaki, Y.; Senshu, H.; Sawada, H.; Saiki, T.; Ozaki, M.; Ono, G.; Okada, T.; Ogawa, N.; Ogawa, K.; Noguchi, R.; Noda, H.; Nishimura, M.; Namiki, N.; Nakazawa, S.; Morota, T.; Miyazaki, A.; Miura, A.; Mimasu, Y.; Matsumoto, K.; Kumagai, K.; Kouyama, T.; Kikuchi, S.; Kawahara, K.; Kameda, S.; Iwata, T.; Ishihara, Y.; Ishiguro, M.; Ikeda, H.; Hosoda, S.; Honda, R.; Honda, C.; Hitomi, Y.; Hirata, N.; Hirata, N.; Hayashi, T.; Hayakawa, M.; Hatakeda, K.; Furuya, N.; Fukai, R.; Fujii A.; Cho, Y.; Arakawa, M.; Abe, M.; Watanabe, S.; Y. Tsuda, Y. *Science* **2023**, *379*, eabn8671.

O-88 Evaluation of Astatine-211-Labeled Fibroblast Activation Protein Inhibitor (FAPI): Comparison of Different Linkers with Polyethylene Glycol and Piperazine.

Aso, A.; Nabetani, H.; Matsuura, Y.; Kadonaga, Y.; Shirakami, Y.; Watabe, T.; Yoshiya, T.; Mochizuki, M.; Ooe, K.; Kawakami, A.; Jinno, N.; Toyoshima, A.; Haba, H.; Wang, Y.; Cardinale, J.; Giesel, F. L.; Shimoyama, A.; Kaneda-Nakashima, K.; Fukase, K. *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, *24*, 8701, 1-13.

O-89 Exploring a Nuclear-Selective Radioisotope Delivery System for Efficient Targeted Alpha Therapy.

Iizuka, Y.; Manabe, Y.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Yin, X.; Haba, H.; Kabayama, K.; Fukase, K. *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, *24*, 9593, 1-8.

O-90 Immuno-PET and Targeted α -Therapy Using Anti-Glypican-1 Antibody Labeled with ^{89}Zr or ^{211}At : A Theranostic Approach for Pancreatic Ductal Adenocarcinoma.

Watabe, T.; Kabayama, K.; Naka, S.; Yamamoto, R.; Kaneda, K.; Serada, S.; Ooe, K.; Toyoshima, A.; Wang, Y.; Haba, H.; Kurimoto, K.; Kobayashi, T.; Shimosegawa, E.; Tomiyama, N.; Fukase, K.; Naka, T. *J. Nucl. Med.* **2023**, *64*, 1949-1955.

O-91 Patterns of Reacted Adatoms in Adsorption of Acetonitrile on

Si{111}-(7 × 7).

Mizutani, H.; Choi, H.-K.; Park, J.; Hong S.; Okada M., *ACS Omega* **2023**, 8, 41548-41557.

総説

- R-1** Application of magnetic force and electromagnetic force in micro-analytical systems.
Suwa, M.; Tsukahara, S.; Watarai, H. *Lab Chip* **2023**, *23*, 1097-1127.
- R-2** Multitopic metal-organic carboxylates available as supramolecular building units.
Yoshinari, N.; Konno, T. *Coord. Chem. Rev.* **2023**, *474*, 214850, 1-39.
- R-3** Development of coordination chemistry with thiol-containing amino acids.
Yoshinari, N.; Kuwamura, N.; Kojima, T.; Konno, T. *Coord. Chem. Rev.* **2023**, *474*, 214857, 1-50.
- R-4** 分子性電荷移動塩の超伝導ギャップの構造と対称性の熱力学的解析
今城周作, 中澤康浩, 日本物理学会誌 **2023** 78 (2) p.79-84.
- R-5** Closed-shell and open-shell dual nature of singlet diradical compounds.
Kubo, T. *Pure Appl. Chem.* **2023**, *95*, 363–375.
- R-6** ハロゲン化チエニルジケトンの機械刺激に応答する室温りん光機能
谷 洋介、小村 真央 *有機合成化学協会誌* **2023**, *81*, 492–500.
- R-7** 配座変化に基づく有機結晶の光融解とりん光による融解過程の可視化
谷 洋介 *光化学* **2023**, *54*, 80–83.
- R-8** Diacetyl strategy for synthesis of NHAc containing glycans: enhancing glycosylation reactivity via diacetyl imide protection.
Fukase, K.; Manabe, Y.; Shimoyama, A. *Front. Chem.* **2023**, *11*, 1319883.
- R-9** Chemical Synthesis and Immunomodulatory Functions of Bacterial Lipid As.

Shimoyama, A.; Fukase K. *Methods in Molecular Biology* **2023**, 2613, 33-53.

R-10 Innovative Vaccine Strategy: Self-Adjuvanting Conjugate Vaccines.
Manabe, Y.; Fukase, K. *Methods in Molecular Biology* **2023**, 2613, 55–72.

R-11 Structural Analyses of the Glycolipids in Lipid Rafts.
Suzuki, Y.; Kabayama, K. *Methods in Molecular Biology* **2023**, 2613, 145-152.

R-12 Recent advances on the synthesis of N-linked glycoprotein for the elucidation of glycan functions.
Liu, Y.; Nomura, K.; Abe, J.; Kajihara, Y. *Curr. Opin. Chem. Biol.* **2023**, 73. 102263.

R-13 Dynamic assembly and interaction of glycosphingolipids in cholesterol-containing model membranes.
Hanashima, S.; Yasuda, T.; Murata, M. *Pure and Applied Chemistry* **2023**, 95, 971-977.

R-14 NMR Studies on the Structure and Functions of Small Biomolecules with Highly Flexible Conformation.
Murata, M.; Umegawa, Y.; Hanashima, S. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2023**, 96, 1156-1168.

出版物

- B-1** Molecular Dynamics of Glycolipids in Liposomes.
Yasuda, T.; Slotte, J. P.; Murata, M.; Hanashima, S. In:
Kabayama, K., Inokuchi, Ji. (eds) *Glycolipids. Methods in
Molecular Biology*, vol 2613. Humana, New York, **2023**, pp. 257-
270.
- B-2** 新基礎化学実験法 2023
大阪大学化学教育研究会編（宮崎裕司，執筆分担）, 学術図
書出版社 **2023**, 144.

その他

- M-1** Online solid-liquid extraction of ^{255}No with the polymer-supported crown ether.
Watanabe, E.; Nakanishi, R.; Otaka, S.; Wang, R.; Itakura, Y.; Masuda, R.; Shigekawa, Y.; Nambu, A.; Yin, X.; Yokokita, T.; Haba, H.; Shinohara, A.; Kasamatsu, Y. *RIKEN Accel. Prog. Rep.* **2023**, *56*, 142.
- M-2** Coprecipitation behavior of element 102, nobelium, with barium sulfate.
Otaka, S.; Watanabe, E.; Nakanishi, R.; Masuda, R.; Wang, R.; Itakura, Y.; Yokokita, T.; Shigekawa, Y.; Nambu, A.; Yin, X.; Haba, H.; Shinohara, A.; Kasamatsu, Y. *RIKEN Accel. Prog. Rep.* **2023**, *56*, 143.
- M-3** Coprecipitation of ^{133}Ba , ^{226}Ra , and ^{152}Eu with calcium oxalate for the chemical study of nobelium.
Nakanishi, R.; Watanabe, E.; Otaka, S.; Masuda, R.; Wang, R.; Itakura, Y.; Yokokita, T.; Shigekawa, Y.; Nambu, A.; Yin, X.; Haba, H.; Shinohara, A.; Kasamatsu, Y. *RIKEN Accel. Prog. Rep.* **2023**, *56*, 144.
- M-4** Solid-liquid extraction and precipitation experiments of ^{47}Ca for the chemical study of nobelium.
Kasamatsu, Y.; Wang, R.; Itakura, Y.; Watanabe, E.; Nakanishi, R.; Otaka, S.; Takamiya, K.; Shinohara, A.; *KURNS Prog. Rep.* **2022** **2023**, 227.
- M-5** 水和イオン伝導体の開発とエネルギー変換材料への応用
吉成信人, *鉱山*, **2023**, *76*, 175-185.
- M-6** スピン液体物質における三角格子異方性による熱力学的特徴への影響
山下智史, 坏広樹, 中澤康浩, *大阪大学低温センター研究報告書*, **2023**, 21-25 (令和4年度) .
- M-7** 巻頭言 50年の歴史と新しいページ
中澤康浩, *熱測定*, **2023**, *50(1)*, 1-1.
- M-8** 日本熱測定学会と「熱測定」の50周年にあたり

中澤康浩, 熱測定, **2023**, 50(4), 120-120.

- M-9** 融けると光る有機りん光分子
谷 洋介 超分子研究会アニュアルレビュー **2023**, 43, 4-5.
- M-10** イオンや分子を内包したフラーレンの熱力学的性質
宮崎裕司, 中野元裕 大阪大学低温センター研究報告書
(令和4年度) **2023**, 32-43.
- M-11** 汚染水と ALPS 処理水の違い
岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000098.html>
- M-12** 処理水の概念の変遷
青井考, 岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000087.html>
- M-13** ALPS 処理水の海洋放出—概要—
青井考, 岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000082.html>
- M-14** ALPS 処理水の海洋放出—工程ならびに安全対策の詳細—
岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000083.html>
- M-15** ALPS 処理水の海洋放出—海洋モニタリング—
岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000084.html>
- M-16** ALPS 処理水の海洋放出—風評への対応—
中村征樹, 岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000085.html>
- M-17** ALPS 処理水が生物に与える影響
岡田美智雄, 藤原智子 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
<https://www.okuma-signage.jp/page/page000086.html>
- M-18** ALPS 処理水海洋放出前測定・評価対象核種 (29 核種)
岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ,
https://www.okuma-signage.jp/alps_kaiyou.php

- M-19** 除去土壌等の中間貯蔵施設
高橋賢臣, 青井考, 岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ, <https://www.okuma-signage.jp/page/page000077.html>
- M-20** ウェザリング効果
青井考, 岡田美智雄, 吉村和也 監修, 大熊町環境情報サイネージ, <https://www.okuma-signage.jp/page/page000071.html>
- M-21** 植物や動物への影響
青井考, 岡田美智雄, 中島裕夫, 吉村和也 監修, 大熊町環境情報サイネージ, <https://www.okuma-signage.jp/page/page000088.html>
- M-22** 農作物への放射性物質吸収抑制対策
青井考, 岡田美智雄, 吉村和也 監修, 大熊町環境情報サイネージ, <https://www.okuma-signage.jp/page/page000076.html>
- M-23** トリチウム (三重水素)
岡田美智雄 監修, 大熊町環境情報サイネージ, <https://www.okuma-signage.jp/page/page000015.html>