

## 様式3

## 令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年4月21日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 京都大学大学院工学研究科  
職 名 助教  
研究代表者名 鈴木肇

下記のとおり令和5年度の共同利用研究成果を報告します。

## 記

(課題番号:R06001)

1. 共同利用研究 課題名	水分解用酸ハロゲン化物光触媒の単一粒子発光測定			
2. 共同利用研究 目的	高効率水分解用光触媒として期待される酸ハロゲン化物の単一粒子発光測定を行うことで、再結合過程の追究や酸化還元反応が生じるサイトの可視化を行う。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 鈴木 肇	京都大学大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻	助教	研究実施と総括	
(分担研究者)				
小川 誠人	同上	D1	サンプル合成・実験・解析	
曾我 泰崇	同上	D1	サンプル合成・実験・解析	
古田 雄大	同上	D1	サンプル合成・実験・解析	
高橋 怜也	同上	M1	サンプル合成・実験・解析	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	レーザー分子光科学研究部門	氏名	立川 貴士

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号:R06001)

## 6. 共同利用研究計画

酸ハロゲン化物光触媒の一種である  $\text{Bi}_2\text{MO}_4\text{Cl}$  ( $M$ : 希土類カチオン)は、トリプルフルオライト層を有する Sillén 型層状酸ハロゲン化物であり、可視光照射下で水素生成と酸素生成の双方に高い活性を示す稀有な材料である。最近、本材料の合成法の改良を進めたところ、合成時に希土類源を過剰に添加することで光触媒活性が劇的に向上することを見出した。合成した試料の XRD 測定や電子顕微鏡観察から、希土類源を過剰に添加することで、希土類サイトへの Bi 置換が抑制されることが明らかとなった。DFT 計算を行ったところ、希土類サイトに置換された Bi はホールのトラップサイトとして機能し、活性を低下させること、さらには、希土類過剰添加合成ではこれが抑制されることで活性が向上すること、が示唆された。この仮定を検証するために、本年度は主に希土類源を過不足させて合成した  $\text{Bi}_2\text{MO}_4\text{Cl}$  の発光スペクトル測定を行った。本制度申請前のオンライン会議に加えて、(7 項に示す通り)1 回目と2回目の測定の間にもオンライン会議を行い、実験内容や結果の解釈について詳細にディスカッションを行うことで、8項に示すような本材料系の再結合過程における極めて重要な知見を得た。

## 7. 共同利用研究の実施状況

- ・2024 年 5 月 9 日 来学による測定実施
- ・2024 年 6 月 7 日 オンラインディスカッション(1 回)
- ・2024 年 6 月 19 日 来学による測定実施

## 8. 共同利用研究の成果

本研究に使用する酸ハロゲン化物光触媒  $\text{Bi}_2\text{YO}_4\text{Cl}$  は、京都大学にてフラックス法により合成した。溶融塩として CsCl を使い、希土類源 ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) を量論比、もしくは量論比よりも 10% 過不足させて試料を合成した。これら 3 種類の PL 測定を立川教授のご協力のもと神戸大学にて行った。試料懸濁液をカバーガラス上に塗布し、CW レーザーを励起光に用いて蛍光顕微鏡により蛍光スペクトル測定を行った。量論比合成試料では、バンド端発光に由来すると考えられる約 540 nm にピークを持つ発光に加えて、長波長側に約 740nm のピークを持つ発光が顕著に見られた。Y 過剰試料では、前者のバンド端発光の強度が増加した一方で、後者の長波長側の発光はほとんど見られなくなった。対して、Y 不足試料では、いずれの発光もほとんど見られなくなった。上述の通り、量論比試料では、Y サイトの一部に Bi が置換しており、ホールトラップサイトが形成されることが DFT 計算から予想されている。このトラップホールと励起電子の再結合に由来する発光がバンド端発光よりも長波長側に見られたと考えられる。Y 過剰試料では、Bi 置換が抑制され、ホールトラップサイトが減少することで、バンド端発光のみが強く見られるようになったのに対し、Y 不足試料ではトラップサイトが更に増加し、無輻射失活が顕著に起こることで発光が見られなくなったと考えられる。つまり、上記の仮説の通り、希土類過剰添加合成によりホールトラップが減少し、無輻射失活が抑制されることで光触媒活性が向上する、というメカニズムを強く支持する結果が得られた。

## 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

- ・古田雄大、鈴木肇、富田修、阿部竜、中田明伸、佐伯明紀:「層状酸ハロゲン化物光触媒  $\text{Bi}_2\text{MO}_4\text{Cl}$  ( $M = \text{Y}, \text{Ln}$ ) のランタノイド置換によるキャリア伝導特性制御」日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 12 日(名古屋)
- ・鈴木肇・古田雄大・富田修・中田明伸・佐伯昭紀、阿部竜:「ビスマス系層状酸ハロゲン化物光触媒へのランタノイド置換によるキャリア伝導特性制御」第 134 回触媒討論会、2024 年 9 月 20 日(名古屋)

## 10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

- ・フォトセラミックスセッション:優秀発表賞;古田雄大、鈴木肇、富田修、阿部竜、中田明伸、佐伯明紀:「層状酸ハロゲン化物光触媒  $\text{Bi}_2\text{MO}_4\text{Cl}$  ( $M = \text{Y}, \text{Ln}$ ) のランタノイド置換によるキャリア伝導特性制御」日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 12 日(名古屋)

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 21日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 慶應義塾大学理工学部  
職 名 教授  
研究代表者名 羽曾部 卓

下記のとおり令和5年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号: R06002)

1. 共同利用研究 課題名	一重項分裂を基盤とした逐次反応系における励起ダイナミクス評価			
2. 共同利用研究 目的	一重項分裂発現を目的として申請者の研究グループにおいて合成した機能性分子材料の多励起ダイナミクス評価(電子スピン共鳴など)を行う。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 羽曾部 卓	慶應義塾大学理工学部	教授	研究実施と総括	
(分担研究者) 酒井 隼人	慶應義塾大学理工学部	専任講師	有機合成および分光・電子スピン共鳴測定	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	レーザー分子光科学 研究部門	氏名	小堀 康博

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号:R06002 )

6. 共同利用研究計画

近接二分子間で一光子の吸収過程から二つの独立した三重項励起子を生成する一重項分裂の発現は二分子連結体を中心に今日まで数多くの報告はある。しかしながら、励起子拡散をはじめとする光エネルギー変換に不可欠な逐次反応への展開は非常に限られている。そこで本研究では一重項分裂を基盤とした逐次反応が可能な $\pi$ 共役分子連結体や有機-無機複合材料を合成する。過渡吸収分光や電子スピン共鳴測定(TR-EPR)を行い、多励起子状態を含む逐次反応の励起ダイナミクスを評価する。

7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

R6 年度中の実績として、オンラインディスカッション (2 回)、試料送付による測定 (2 回)、メールによる研究打ち合わせ (8 回)

8. 共同利用研究の成果

有機材料の多励起子生成反応である一重項分裂と同様に、無機材料における多励起子生成反応も広く知られている。多励起子生成反応の更なる機能化を目指し、研究代表者はペンタセン二量体を量子ドット表面上に化学修飾した有機無機複合材料の構築を行った。高励起強度条件下で量子ドット 1 個あたり最大 5 個程度のペンタセンの三重項励起子を生成することに成功し、量子ドットとペンタセン二量体の複合化による多励起子生成反応の融合 (integrated Multi-Exciton Generation: iMEG) を初めて実現した。

また、テトラセンやペンタセンなどのアセン系分子を多様なリンカーで共有結合によって連結した各種アセン二量体について現在、過渡吸収分光および電子スピン共鳴の測定・解析も順次進めている。

9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載, 又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお, 論文の場合は, 別刷りを1部提出してください。)

研究論文

Saegusa, T.; Sakai, H.; Tkachenko, N. V.; Hasobe, T. Integration of Multiple-Photon Excitation of Quantum Dots and Singlet Fission of Pentacene Dimers in Inorganic and Organic Hybrid Systems. *Energy & Fuels* **2025**, *39*, 7031-7038.

学会発表

田中 雅大、婦木 正明、中村 俊太、酒井 隼人、羽曾部 卓、小堀 康博 時間分解 EPR 法を用いた分子内一重項励起子分裂の機構解析 日本化学会第 105 春季年会 大阪 2025 年 3 月 27 日

10. 共同利用研究に関連した受賞, 博士学位論文の取得, 大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

特になし

## 様式 2

## 令和 6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和 7 年 3 月 31 日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 東京大学理学系研究科化学専攻  
 職 名 教授  
 研究代表者名 楊井伸浩

下記のとおり令和 6 年度の共同利用研究成果を報告します。

(課題番号: )

1. 共研究課題名	色素集積体における偏極スピン生成評価				
2. 研究期間	令和 6 年 4 月 1 日 ~ 令和 7 年 3 月 31 日				
3. センター内受入研究者	氏 名	小堀康博			
4. 共同利用研究組織					
氏 名	所属部局等	職名等	役 割 分 担		
(分担研究者)					
島尻 拓哉	30	男	九州大学大学院工学研究院	特任助教	サンプル調製
有川 忍	28	男	九州大学大学院工学研究院	特別研究員	サンプル調製
西村 亘生	28	男	九州大学大学院工学研究院	特任助教	サンプル調製
Bhavesh Parmar	38	男	九州大学大学院工学研究院	特任助教	サンプル調製
Manpreet Singh	30	男	九州大学大学院工学研究院	特別研究員	サンプル調製
濱地 智之	27	男	九州大学大学院工学府	博士3年	サンプル調製
山内 朗生	26	男	九州大学大学院工学府	博士3年	サンプル調製
松本 尚士	25	男	九州大学大学院工学府	博士2年	サンプル調製
坂本 啓太	24	男	九州大学大学院工学府	博士1年	サンプル調製
矢吹 怜也	24	男	九州大学大学院工学府	博士1年	サンプル調製
石井 航	23	男	九州大学大学院工学府	修士2年	サンプル調製
井上 魅紅	23	女	九州大学大学院工学府	修士2年	サンプル調製
澤田 侑大	22	男	九州大学大学院工学府	修士1年	サンプル調製
Joey SONG	23	女	九州大学大学院工学府	学部4年	サンプル調製
多田 利輝	21	男	九州大学大学院工学府	学部4年	サンプル調製

5. 共同利用研究の実施状況および共同利用研究の成果

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

- 来学による研究実施、3回
- オンラインディスカッション、5回
- オンサイトディスカッション、2回(九州大学、東京大学)

6. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出して下さい。)

論文

• Wataru Ishii, Masaaki Fuki, Eman M Bu Ali, Shunsuke Sato, Bhavesh Parmar, Akio Yamauchi, Catherine Helenna Mulyadi, Masanori Uji, Samara Medina Rivero, Go Watanabe,\* Jenny Clark,\* Yasuhiro Kobori,\* Nobuhiro Yanai\*

“A Macrocyclic Parallel Dimer Showing Quantum Coherence of Quintet Multiexcitons at Room Temperature”  
*J. Am. Chem. Soc.*, 2024, **146**, 25527-25535.

• Reiya Yabuki, Koki Nishimura, Yuta Sawada, Masaaki Fuki, Yasuhiro Kobori, Nobuhiro Yanai\*

“Dynamic electron and nuclear spin polarization in solution using porphyrin and tris(2,4,6-trichlorophenyl)-methyl (TTM) radical derivatives”

*J. Mag. Res. Open* 2025, **22**, 100181.

• Tomoyuki Hamachi, Miku Inoue, Masaaki Fuki, Teruyuki Honda, Reiya Yabuki, Bhavesh Parmar, Kiyoshi Miyata, Ken Onda, Takuma Ito, Yuki Kurashige, Yasuhiro Kobori, Nobuhiro Yanai\*

“Light-Harvesting Spin Hyperpolarization of Organic Radicals in a Metal-Organic Framework”

*J. Am. Chem. Soc.* 2025, **147**, 4365-4374.

※4～6の項目は、枠の大きさを自由に変更できます。全体では2頁に収めて下さい。

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 5月 9日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 山形大学・大学院有機材料システム研究科  
 職 名 教授  
 研究代表者名 松葉 豪

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号: 4 )

1. 共同利用研究 課題名	多糖類配向膜の湿度による表面・内部構造変化の観察			
2. 共同利用研究 目的	多糖類溶液から自発的な分子配向により作製された多糖類配向膜について、湿度セルを設置したラマン測定により、表面構造や内部構造、特に配向構造の変化を評価することを目指す			
3. 共同利用研究 期間	令和6年 6月 1日 ~ 令和7年 3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏 名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 松葉 豪	山形大学・大学院有機材料システム研究科	教授	研究総括・データ解析	
(分担研究者) 山路 彩花	山形大学・大学院有機材料システム研究科	大学院生	サンプル作製・実験実施	
油井 海翔	山形大学・大学院有機材料システム研究科	大学院生	サンプル作製・実験実施	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ分子化学研究 部門	氏名	佐藤 春実

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号: 4 )

#### 6. 共同利用研究計画

2024年6月～9月 神戸大学佐藤教授の研究室で湿度制御下におけるラマン分光測定実施、データ解析  
2024年10月～12月 神戸大学佐藤教授の研究室で湿度制御下におけるラマン分光測定実施(2回目)、  
2025年1月～3月 データ解析、論文執筆

#### 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

2024年5月 予備実験、予備打合せ

2024年10月 学生が来訪し実験

2025年3月 令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同研究成果報告会にて講演

#### 8. 共同利用研究の成果

○セルロースナノファイバーを用いた配向膜について精密評価を行った

○セルロースナノファイバー加工による繊維を評価した。ただ、セルロースナノファイバーの濃度が低いため、ほぼ繊維構造のみが観測された。

○結晶性の側鎖を有するグラフトコポリマーについて評価を行い、非常に強いアコーディオンモードが存在することを示した。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出して下さい。)

2024/06/12-14 繊維学会年次大会(タワーホール船堀)

セルロースナノファイバーを利用した再生セルロース繊維用新規加工技術(山路、相田、平田、松葉)

2024/9/17-20 IDMPC2024(Denkoku-no-Mori)

Controlled phase separation of amphiphilic-type random copolymers with long-branched crystalline side chains.(Yui, Horiike, Terashima, Matsuba)

2024/11/28-29 繊維学会秋季研究発表会(Kyoto Terusa)

セルロースナノファイバーを加工に用いた再生セルロース繊維における水との相関評価(山路、相田、平田、大津加、池本、松葉)

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

令和6年度「成長型中小企業等研究開発支援事業(Go-Tech 事業)」:サステナブル社会実現のためのCNFによるテキスタイル改質技術開発(研究代表者:東北整練株式会社、共同研究者として参画)

JST CREST[材料創製と循環]:バイオベース熱硬化性樹脂の高度循環プロセス(研究代表者:田村正純、主たる共同研究者として参画)

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 21日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 関西学院大学・生命環境学部  
 職 名 非常勤講師・研究員  
 研究代表者名 加藤 昌子

下記のとおり令和5年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号: R06005)

1. 共同利用研究 課題名	強発光性銅(I)錯体および白金(II)錯体結晶のクロミック発光特性の解明			
2. 共同利用研究 目的	本研究代表者の研究室では、アダプティブなジホスフィン配位子を有する銅(I)錯体が結晶状態において、環境や時間に依存して発光色が黄色ー青色の間で変化する現象を見出した。一方で、中鎖アルキル基搭載 N-ヘテロ環状カルベンを配位子とする白金(II)錯体において、フルカラーの蒸気応答発光も見出した。本共同研究では、このようなクロミック発光特性を示す錯体結晶の発光色の時間発展を時間分解単一分子顕微分光装置により追跡することで、発光変化の機構解明と制御の達成を目指す。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 加藤 昌子	生命環境学部	教授	研究統括	
(分担研究者) 吉田 将己	生命環境学部	専任講師	理論計算、構造解析	
瀬川 海斗	理工学研究科	M2	試料作製、構造解析、分光測定	
田中 芙佳	理工学研究科	M2	試料作製、構造解析、分光測定	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	レーザー分子光科学	氏名	立川 貴士

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号: R06005 )

#### 6. 共同利用研究計画

1. 測定に必要なマイクロ結晶試料の作成と基礎物性の測定、および、単結晶 X 線構造解析による分子構造決定は研究代表者の研究室で行う。
2. 準備のできた結晶試料を持参して、貴センター立川研究室にて、媒体中や蒸気雰囲気での発光変化を顕微分光測定により追跡する。媒体、温度等の条件を種々変えながら、発光スペクトルや発光寿命の時間変化を追跡する。
3. 分子構造変化との発光色の関係を明らかにしながら、基底状態及び励起状態でのコンフォメーション変化や集積構造変化について検討する。
4. 理論計算により、基底および励起状態のコンフォメーション変化とエネルギーを探索する。理論計算は研究代表者の研究室で行う。

上記に加え、励起状態や分子運動の解析に対して、時間分解 EPR 装置やテラヘルツ分光装置などを活用すべく、今後の研究展開を関係教員と議論する。

#### 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

・7月22日: 加藤と吉田が分子フォトセンター立川研を訪問し、研究打ち合わせ、および、銅(I)錯体 [CuNCS(xantphos)]マイクロ結晶の発光スペクトル測定を行った。

富永研にてルテニウム(II)錯体  $K_2[Ru(CN)_4(bpy)]$  ( $bpy = 2,2'$ -bipyridine) の振動分光に関するディスカッションも行った。

・11月6日: 吉田と田中がペンチル基搭載白金(II)錯体 [Pt(CN)<sub>2</sub>(C<sub>5</sub>-NHC)]のマイクロ結晶 (light blue form) のメタノール蒸気応答性を時間分解発光スペクトルで追跡測定した。

・11月18日: 加藤、田中、瀬川が白金(II)錯体 [Pt(CN)<sub>2</sub>(C<sub>5</sub>-NHC)]マイクロ結晶 (green form) のメタノール蒸気応答性を時間分解発光スペクトルで追跡測定した。そのほか白金/パラジウム錯体混晶についても発光スペクトルの励起光依存性等を調査した。

・データ解析と方針検討についてオンラインディスカッションを2回行った。その他メールでのデータ交換及び解析に関するディスカッションを行った。

#### 8. 共同利用研究の成果

クロミック発光挙動を示す銅(I)錯体および白金(II)錯体について、10ミクロン程度の粒形の単一結晶粒子を用いて時間分解発光スペクトル測定を行った。蒸気応答性の観測のために、立川研の時間分解単一分子顕微分光装置の試料室の上部に置いたろ紙上にメタノールを滴下することにより、発生する蒸気 of 自然拡散を利用して時間分解発光スペクトル測定を行った。いくつかの錯体結晶を予備検討した結果、中鎖アルキル基であるペンチル基を搭載した N-ヘテロ環状カルベン白金(II)錯体 [Pt(CN)<sub>2</sub>(C<sub>5</sub>-NHC)]が結晶状態で、メタノール蒸気に鋭敏に反応して青色発光から黄色発光へ瞬時に色変化し、メタノール蒸気圧が下がると元の青色発光が回復する過程を追跡することに成功した。結晶構造データと対応させながら、蒸気応答性色変化のメカニズムを明らかにした。特に観測に成功した早いベイポクロミック発光変化は、一次元集積構造内の立体配置を変えない変化であることが明らかとなった。これらの成果をまとめて現在論文を作成しており、近日中に発表予定である。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出して下さい。)

1. 加藤昌子, 「強発光性銅(I)及び白金(II)錯体結晶のクロミック発光特性の解明」, 令和6年度 神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同研究成果報告会, 2025.3.10.

10. 共同利用研究に関連した受賞, 博士学位論文の取得, 大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 30日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 横浜国立大学大学院・工学研究院  
 職 名 准教授  
 研究代表者名 伊藤 傑

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06008)

1. 共同利用研究 課題名	多様な刺激に応答する発光性有機微結晶の時間分解顕微分光			
2. 共同利用研究 目的	本共同利用研究では、熱や蒸気、機械的刺激などの多様な外部刺激に応答して発光色に変化する有機マイクロ・ナノ結晶やキラル微結晶を対象に、微細領域の蛍光観察と蛍光寿命測定を実施することで、刺激応答機構を解明することを目的とする。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏 名	所属部局等	職名等	役 割 分 担	
(研究代表者) 伊藤 傑	横浜国立大学大学院工学研究院	准教授	研究統括、解析	
(分担研究者) 小川 滉太 古川 陽斗	横浜国立大学大学院理工学府 横浜国立大学大学院理工学府	M1 M1	サンプル合成、解析 サンプル合成、解析	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	レーザー分子光科学	氏 名	立川 貴士

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

6. 共同利用研究計画

本共同利用研究では、(1)令和 5 年度の共同利用研究で対象とした加熱や有機溶媒、機械的刺激に応答する発光性有機マイクロ結晶、および、(2)機械的刺激に応答して発光色が変化する二成分系有機微結晶について、時間分解単一分子顕微分光装置を用いた蛍光スペクトルおよび蛍光寿命の測定を受入研究者の研究室で実施することを目的とした。サンプルの取扱いに習熟している分担研究者 2 名と申請代表者が受入研究者を直接訪問し、測定条件および解析についての打ち合わせを十分に行った後に実施することを計画した。

7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

2024 年 12 月 9 日(月)～10 日(火)の 2 日間にわたり、研究代表者と分担研究者の 2 名が受入研究者の研究室を訪問した。ドナー・アクセプター型分子を種々の条件で結晶化することで得た発光性有機マイクロ結晶および 2 種類のドナー・アクセプター型分子を混合することで得た発光性有機微結晶について、時間分解単一分子顕微分光装置を用いた一粒子観測と蛍光寿命測定を行うとともに、得られた実験結果について議論した。その後、受入研究者が追加の測定・解析を行った結果を 2025 年 1 月 11 日(土)に共有した。

8. 共同利用研究の成果

本共同利用研究では以下の(1), (2)の成果を得た。

(1) 溶媒蒸気に応答する有機マイクロ結晶の発光特性

令和 5 年度の共同利用研究で対象とした加熱や有機溶媒、機械的刺激に応答する発光性有機マイクロ結晶について、令和 6 年度は有機溶媒の曝露による発光色の変化を蛍光顕微鏡により観察することを検討した。曝露条件を種々検討した結果、緑色発光性有機マイクロ結晶について、酢酸エチル蒸気を曝露した際の発光変化を実時間観測することに成功した。

(2) 機械的刺激に応答する二成分系有機微結晶の発光特性

発光特性の異なる 2 種類のドナー・アクセプター型分子を混合することで得た発光性有機微結晶について、蛍光顕微鏡を用いて観察した。同一の結晶における緑色発光領域と橙色発光領域を区別して測定することに成功した。また、結晶表面に、縞模様が観測され、凹凸があることが示唆された。縞模様は共焦点観測においても観察されており、励起光のムラや干渉縞ではないことが確認された。また、縞模様における発光強度の違いは 1～2 割程度であり、規格化すると寿命のプロファイルはほぼ一致していた。さらに、緑色成分と赤色成分は同じ強度分布であった。

9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

学会発表

小川滉太、隅田彩佳、窪田陸人、立川貴士、伊藤傑、「ゲスト分子の包接と放出を伴うホスト結晶の構造変化とベイポクロミック発光」、『第 22 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム』、東京、2025 年 6 月発表予定

10. 共同利用研究に関連した受賞, 博士学位論文の取得, 大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

特になし。

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年4月26日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 東京大学 大学院総合文化研究科  
 職 名 教授  
 研究代表者名 内田さやか

下記のとおり令和5年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06010)

1. 共同利用研究 課題名	レドックス型イオン結晶を鋳型とした合金クラスターの発光特性と生成機構の解析			
2. 共同利用研究 目的	時間分解単一分子顕微分光装置を用い、レドックス活性を有するイオン結晶を鋳型として生成する発光性の合金クラスターの核数・価数・生成機構を解析することを目的とする			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者)	内田さやか	教授	研究全般	
(分担研究者)	原口直哉	大学院生	クラスター合成・データ解析	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	神戸大学・分子フォトサイエ ンス研究センター	氏名	立川 貴士

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

6. 共同利用研究計画

本研究の目的は、イオン結晶の組成－細孔構造－金属クラスターの特長（発光特性）－触媒活性（水電解や二酸化炭素還元）の相関を明確にすることである。R4、R5 年度に引き続き、時間分解単一分子顕微分光装置を用い、レドックス活性を有するイオン結晶（還元型）からの電子移動とイオン交換を通じて、細孔内に生成する発光性の小核金属クラスター（ $Ag_n^{m+}$ など）の核数・価数を決定し、金属クラスターの生成機構を解析する。

7. 共同利用研究の実施状況

2024/6 に試料送付して立川教授、隈部博士に予備測定を行っていただくとともに、2024/10/23-24 に原口、内田が立川研究室を訪問し、測定に立ち会った。具体的には、合金クラスターの状態解析に先立ち、以下の 4 種類の化合物（ $Ag_3[PW_{12}O_{40}](AgPW)$ ,  $Ag_nH_{4-n}[SiW_{12}O_{40}](AgSiW)$ ,  $Ag_2Mo_4O_{13}(AgMo)$ ,  $Ag_3PMo_{12}O_{40}(AgPMo)$ ）に内包される銀クラスターの状態を解析するため、発光スペクトルの測定を行っていただいた。

8. 共同利用研究の成果

まず、 $AgPW$  および  $AgSiW$  について、石英ガラス上に分散液を滴下⇒スピコート複数回行って試料を固定したのち、メタノールを滴下して速やかに光照射し（405 nm, 50 mW）、発光の様子を数分間カラー撮影した。その結果、 $AgPW$ 、 $AgSiW$  のいずれも光照射とともに発光を開始し、粒子が移動する様子が観察された。これは、光照射により生成するクラスターが粒子外へと成長するためと考えられる。また、 $AgSiW$  の方が  $AgPW$  よりもクラスター生成が速い傾向が見られた。これは、 $AgSiW$  の結晶格子内にはアニオンサイト欠損が存在し、格子内空間が広いいため、 $Ag$  の集合およびクラスター成長が促進されるためと考えられる。次に、メタノールに一日浸漬した  $AgMo$  試料について、上記と同様に石英ガラス上に固定して発光を観察したところ、粒子全体がかなり強く赤色発光し、昨年度得られた結果が再現されることを確認した。一方、 $AgPMo$  の発光はより弱く、色調も黄色～オレンジ色であり、 $AgMo$  とは異なる特徴を示した。さらに、 $AgPMo$  をメタノールに浸漬した後に励起光を照射すると、発光色が青みを帯びることが確認された。

以上の結果は原口氏の博士論文にまとめられ、2025 年 1 月に学位審査が行われた。2025 年 4 月現在、論文投稿に向けた準備が進められている。

9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

（本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。）

【論文】

論文執筆中：“Impact of Scaffold Design on Size-Selective Synthesis of Small Luminescent Silver Clusters in Porous Ionic Crystals”, T. Kurosaki, N. Haraguchi, Y. Kumabe, T. Tachikawa, S. Uchida *et al.*

【学会発表】

(1) N. Haraguchi *et al.*, Impact of Scaffold Design on Size-Selective Synthesis of Small Luminescent Silver Clusters in Porous Ionic Crystals, ICCO 2024, Colorado State University, USA. July 28-Aug 3, 2024

(2) 原口直哉, 多孔性イオン結晶を利用した小核銀クラスター合成における鑄型の影響” XAFS 夏の学校 2024, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 2024 年 8 月 25 日

(3) N. Haraguchi *et al.*, Impact of Scaffold Design on Size-Selective Synthesis of Small Luminescent Silver Clusters in Porous Ionic Crystals, 錯体化学会第 74 回討論会, 2024 年 9 月 18 日

10. 共同利用研究に関連した受賞, 博士学位論文の取得, 大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

(1) 2025/4/1 : 原口直哉, 東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻 助教 着任

(2) 2025/3 : 原口直哉, 令和 6 年度 東京大学 大学院総合文化研究科 博士 (学術) 学位取得

(3) 2024/8/25 : 原口直哉, 多孔性イオン結晶を利用した小核銀クラスター合成における鑄型の影響, XAFS 夏の学校 2024, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, ポスター賞

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年4月28日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 大阪大学大学院工学研究科  
 職 名 准教授  
 研究代表者名 鈴木 充朗

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06011)

1. 共同利用研究 課題名	結晶性2次元構造体の電荷キャリア輸送特性評価		
2. 共同利用研究 目的	時間分解テラヘルツ分光法により、申請者らが独自に合成した結晶性2次元構造体を系統的に評価し、その電荷キャリア輸送特性を明らかにする。特に、空孔径およびシート状ポリマーの積層様式とキャリア移動度との相関に着目して研究を進める。		
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日		
4. 共同利用研究組織			
氏名	所属部局等	職名等	役割分担
(研究代表者) 鈴木充朗	大学院工学研究科	准教授	研究計画立案、進捗管理、 データ解析
(分担研究者) 大久保田造	大学院工学研究科	博士後期課程2年	試料作製、データ解析
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ分子化学研 究部門	氏名 富永圭介

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

## 6. 共同利用研究計画

### (1) 粉末サンプルの光伝導度評価

2023年度に実施したテープセルを用いた粉末サンプルの評価では、セル界面での反射に由来すると考えられる信号がノイズとして観測されたため、その解消を図る。

### (2) 薄膜サンプルの光伝導度評価

上記の反射の問題を回避するため、薄膜サンプルの評価も並行して実施する。成膜条件の最適化が終了次第、測定実験に着手する。

## 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

### ・試料送付による測定(2回)

第1回: 6月下旬-7月下旬

第2回: 9月上旬-9月下旬

### ・ウェブ・メールによるディスカッション(3回)

第1回: 8/1、第1回測定結果の共有および考察

第2回: 9/27、第2回測定結果の共有および考察

第3回: 3/6-15、第2回測定結果の考察に関する追加の議論

## 8. 共同利用研究の成果

昨年度の実験でテープセルを用いた時間分解テラヘルツ分光測定を検討した際、測定データに反射の影響と考えられる振動がみられ、結果の正確性に懸念がもたれた。この解消のためテープセルの形状を検討した結果、テラヘルツ光入射面のテープを重ね貼りすることにより、該当の振動が大幅に低減できることが確認された。これは、粉末サンプルの評価を展開する上で有用な技術的知見である。

また、薄膜サンプルの作製については、2種類の新規2次元構造体(Ni-HI12およびNi-HI18)を石英基板上に成膜することに成功した。それらを時間分解テラヘルツ分光により評価した結果と、密度汎関数法で計算した電子および正孔の有効質量からNi-HI12とNi-HI18のキャリア移動度を求めたところ、いずれの化合物でも  $100 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  程度の値が見積もられた。これは、既報の類似化合物と同等あるいはそれ以上の高い値である。

なお、別途実施した検討により、Ni-HI12およびNi-HI18は優れた多孔性をもつことが確認されている。すなわち、これらの新規2次元構造体は多孔性と電気伝導度を高いレベルで兼ね備えており、センサーや電極触媒への応用に向けた開発が期待される。現在、これらの成果をまとめた論文の執筆を進めている。

## 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

### ・学会発表

大久保円造・相澤直矢・太田薫・富永圭介・中山健一・鈴木充朗 「デヒドロベンゾアヌレンからなる導電性2次元金属有機構造体の電荷キャリア輸送特性」 日本化学会第105春季年会(2025年3月)。

## 10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

現時点で該当なし。

## 様式3

## 令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年4月26日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 東京工業高等専門学校  
職 名 准教授  
研究代表者名 皆本 千尋

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

## 記

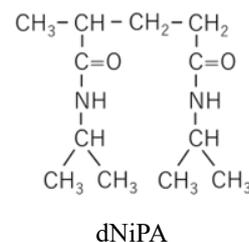
(課題番号:R06014)

1. 共同利用研究 課題名	赤外・ラマン分光法による PNiPA ダイマーの水和状態の解明			
2. 共同利用研究 目的	代表的な温度応答性高分子であるポリ( <i>N</i> -イソプロピルアクリルアミド)(PNiPA)の水和状態を明らかにするため、PNiPA ダイマー (dNiPA, <i>N,N'</i> -ジ(2-プロピル)-2-メチルグルタルアミド)の水和状態について赤外・ラマン分光法や熱分析法等により新たな知見を得ることを目的とする。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 皆本 千尋	東京工業高等専門学校	准教授	実験の実施	
(分担研究者)				
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ分子化学研 究部門	氏名	佐藤 春実

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

6. 共同利用研究計画

- 6-7月 攪拌操作による dNIPA 水溶液の相分離現象の観測(東京高専)
- 11月 Gel Symposium 2024 で発表
  - SPring-8 における dNIPA 結晶の X 線結晶構造解析(東京高専)
- 2月 赤外・ラマン分光法による dNIPA 溶液状態の観測(神戸大学)
- 3月 低温マトリックス赤外分光法による dNIPA の測定(東京農工大学)
- 9-3月 データ解析・まとめ(東京高専)



7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

来学による研究実施1回(2月)

8. 共同利用研究の成果

低温マトリックス赤外分光法と Gaussian16 による量子化学計算により dNIPA の単分子状態を調べたところ、dNiPA 分子は分子内アミド-アミド C=O...H-N 水素結合を形成するような最安定構造 1 種のみで実測の赤外スペクトルをほぼ 100%反映していた。本年度は dNIPA 分子を多数昇華させ、単分子状態から dNIPA 結晶に移行する途中に相当するような赤外スペクトルが得られた。

dNIPA 水溶液を加温しながら攪拌すると dNIPA 結晶が生成する条件について確認を行った。これによれば、温度は40℃以上が必要であり、攪拌速度(回転速度)が速くなれば生成する時間が短くなる傾向であり、PNiPA

水溶液の温度誘起型相分離に似たような脱水現象が、dNIPA 水溶液でもずり印可により起きて

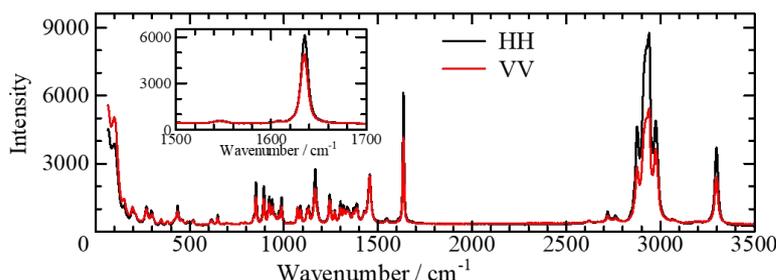
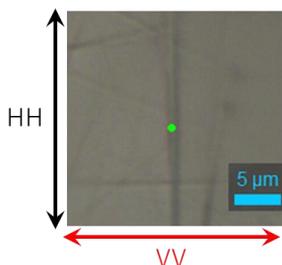


図 1. ずり印加により生成した dNIPA 結晶の偏光ラマンスペクトル

えられた。攪拌により生成した dNIPA 結晶は図 1 の左図に示すような細長い針状であり、中心スポットでの偏光顕微ラマンスペクトルを神戸大学の HORIBA LabRAM HR Evolution により昨年度に引き続き測定したところ図 1 の右図のように得られた。アミド II (1549 cm<sup>-1</sup>)の強度を基準にすると、アミド I (1635 cm<sup>-1</sup>)は VV よりも HH で大きく、C=O の伸縮方向と HH 方向が平行であると考えられた。dNIPA 結晶はずり方向と平行に細長く形成されると考えられ、図 2 のようにずり方向と平行に分子間アミド-アミド C=O...H-N 水素結合が形成されるように結晶化していると考えられた。

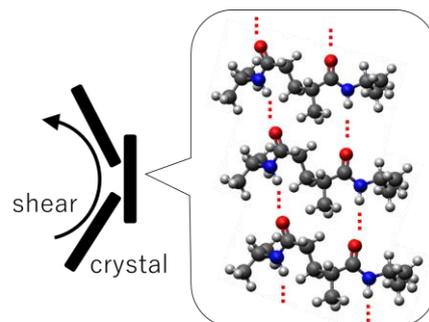


図 2. ずり印加により生成した dNIPA の結晶構造

ずり印可で得られた dNIPA 結晶の X 線結晶構造解析を SPring-8 で行ったが、解析に十分な回折パターンを得ることができなかった。来年度に Micro ED を実施する予定である。

9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

なし

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

なし

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 29日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 国立大学法人千葉大学・大学院工学研究院  
 職 名 教授  
 研究代表者名 小林範久

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06 015)

1. 共同利用研究 課題名	メゾスコピック構造を有する電気化学光機能デバイスにおける特異的光物性解明			
2. 共同利用研究 目的	貴センター保有の時間分解単一分子顕微分光装置を活用し、内部にコロイド結晶や DNA 集積体、金属ナノ粒子等のメゾスコピック構造を有する電気化学デバイスの特異的光学特性の詳細な観測を目的とする。貴センター・立川貴士教授との共同利用研究である。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年 6月 1日 ~ 令和7年 3月 31日			
4. 共同利用研究組織				
氏 名	所属部局等	職名等	役 割 分 担	
(研究代表者) 小林範久	千葉大学大学院工学研究院	教授	研究統括, 電気化学物性議論	
(分担研究者) 中村一希	千葉大学大学院工学研究院	教授	光物性・デバイス構造分析,	
小澤竜輝	千葉大学大学院先進理科学 専攻	D3	電気化学素子作成, 光・電気化学 測定	
宇治駿	千葉大学大学院先進理科学 専攻	D2	電気化学プラズモン素子作成, 電 気化学測定, 拡散透過測定	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	レーザー分子光科学研 究部門	氏 名	立川貴士

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号: R06 015)

#### 6. 共同利用研究計画

- ①これまでに行った前共同研究の結果を踏まえ、博士後期課程 3 年となる分担者・小澤を中心に、共同で得られたデータをまとめ、電気化学国際会議などで発表を行う。
- ②申請者所属大学(千葉大)で、研究対象となるメゾスコピック構造を導入した複合電極等を作製する。具体的にはポリスチレンコロイド結晶やプラズモニック金属粒子, DNA 組織体による修飾電極等である。
- ③メゾスコピック構造を導入した ECL デバイスや、プラズモニック銀ナノ粒子の電解析出を利用した多色発色デバイスの特異的電気・光機能の発現を目指す(千葉大)。
- ④得られたデバイスの特異的電気・光機能について、貴センター、立川教授の顕微分光測定にて詳細な機構解明を試みる。

#### 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

本年度は、研究代表者(小林)や分担者(小澤, 宇治)が定年退職や学位取得年度であったということもあり、残念ながら計画④の、直接貴センターを訪問しての実験実施には至らなかった。立川教授とは、メールや学会等での議論を踏まえ、研究分担者(小澤)が主に計画①の実施を行った。

研究分担者(中村, 宇治)は、計画②と③を実施したため、今後、詳細なデバイスの顕微測定に関して共同研究を進めさせていただきたい。

#### 8. 共同利用研究の成果

本年は、研究課題にあるメゾスコピック構造を有する電気化学光機能デバイスのうち、これまでに取り組んできたメゾスコピック構造を有する DNA/Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>修飾電極を用いた超高速電気化学発光とそのアップコンバージョン機構解明の成果発表に際し、立川教授とのディスカッションの内容を踏まえた検討・考察を行った。その結果、環太平洋の電気化学国際会(PRiME2024)での口頭発表が採択された。また、研究分担者(小澤竜輝)の博士論文や公聴会において、これまでの共同利用研究の結果も踏まえて総合的に当該研究を総括するに至った。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

• Pacific rim meeting on electrochemical and solid state science (PRiME) 2024, Improved Functionality of Ultrafast Responsive Electrochemiluminescent Device with DNA/Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup> Hybrid Film and Various Electrolyte Compositions, Oryuki OZAWA, Hiroki NAKATANI, Kazuki NAKAMURA, Takashi TACHIKAWA, and Norihisa KOBAYASHI, Honolulu, Oct. 10, 2024.

#### 10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

・共同利用研究で携わらせていただいた研究分担者の博士後期課程学生(小澤竜輝, 宇治駿)が2024年3月に博士学位(博士(工学))を取得しました。大変お世話になりました。

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 30日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 福井大学遠赤外領域開発研究センター  
 職 名 講師  
 研究代表者名 石川 裕也

下記のとおり令和5年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06019)

1. 共同利用研究 課題名	低次元磁性体のテラヘルツ分光		
2. 共同利用研究 目的	強磁場領域における ESR 測定による物性解明。		
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日		
4. 共同利用研究組織			
氏 名	所属部局等	職名等	役割分担
(申請代表者) 石川 裕也	福井大学遠赤外領域開発研究センター	講師	実験、解析の実施。
(分担研究者) 藤井 裕 菊池 彦光 林 哉汰 倉知 豊 大橋 央宣 伊藤 丈朗 小島 駿平 伊藤 颯人 川喜田 圭祐 福本 拓夢	福井大学遠赤外領域開発研究センター 福井大学工学系部門 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科	教授 名誉教授 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生	実験及び解析補助。 試料作成及び評価。 実験の補助。 解析補助。 試料作成補助。 実験の補助。 試料作成補助。 解析補助。 実験の補助。 試料作成補助。
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	分子フォトサイエンス研究 センター	氏 名 太田 仁、大久保 晋

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

6. 共同利用研究計画

試料合成と基本物性の評価及び極低温下の低磁場・低周波領域の ESR 測定を福井大遠赤センターの石川らによって行う。これによりターゲットとなる印加磁場方向、周波数領域を見積もる。テラヘルツ ESR 測定は、神戸大分子フォトのテラヘルツ光源 BWO・FIR レーザーを用いて行う。複数の光源を使用し、極めて広い帯域の ESR 測定を行うことで準連続的なエネルギー磁場スペクトルを得ることができる。新奇量子相への転移は吸収強度の周波数依存性、あるいは線幅の角度依存性により顕在化するので、各光源の出力強度の規格化を行う必要がある。そのため光学系の見直しならびに、規格化のための標準試料の同時測定を行い、目的を達成する。また、新型コロナウイルス等感染症拡大防止のため、往來が困難な場合には議論をオンラインで行うことや試料送付による実験遂行を計画している。

7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)  
2024 年 11 月 2-4 の期間で大久保先生が福井大学へ来学し、神戸大学で実施した低次元磁性体 ( $\text{Ca}_2\text{Cu}(\text{OH})_4[\text{B}(\text{OH})_4]_2$  (Henmilite)) の実験結果に関し議論を実施した。

8. 共同利用研究の成果

2022 年度神戸大学公募型共同利用にて測定した Henmilite の 130、300GHz における熱検出の ESR 結果及び 2023 年度に大阪大学先端強磁場科学研究センター共同利用により測定した 700GHz の ESR 結果について比較と議論を実施した。これまでの経緯として 94GHz(福井大)、130、300GHz(神戸大)、730GHz(大阪大)と高周波化につれて ESR スペクトルが複数分裂することが明らかになっていた。周波数が上がるにつれて分裂数が増加し、さらに温度の低下に従いそのピークのシフト量も増大することが観測されているが、その起源は不明なままであった。本年度は理論的な解釈も加えその振る舞いについて議論を実施した。

94 GHz 以上の周波数では交換相互作用や磁化率のブロードマキシマムより高温である数十 K から分裂が始まり、複数のピークが観測されている。この分裂したピークは温度の低下とともにシフト量が増大し、それぞれのピークは低磁場及び高磁場側それぞれにシフトすることがわかっている。これらのシフト量の温度依存性が磁化に比例することが明らかになった。さらに、低温においてシフトが大きい分裂は、ピークの強度比やシフトの傾向から Exchange splitting 由来であることが考えられ、その分裂幅は磁性イオンである  $\text{Cu}^{2+}$  が構成する梯子構造の主要な磁気交換相互作用の 90 分の 1 程度であることがわかった。

9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

該当なし。

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

林哉汰:2024 年度 福井大学大学院 工学研究科 総合創成工学専攻 博士学位論文  
「結合した梯子構造を持つ低次元磁性体  $\text{Ca}_2\text{Cu}(\text{OH})_4[\text{B}(\text{OH})_4]_2$  の磁気共鳴による研究」

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 3月31日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 福井大学・遠赤外領域開発研究センター  
 職 名 教授  
 研究代表者名 藤井 裕

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号: )

1. 共同利用研究 課題名	ミリ波ネットワークアナライザを用いた ESR 測定		
2. 共同利用研究 目的	分子フォトサイエンス研究センターの保有するミリ波ネットワークアナライザを用いて、ミリ波 ESR 測定およびその測定に用いる受動素子の特性評価について手法開発を行う		
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日		
4. 共同利用研究組織			
氏 名	所属部局等	職名等	役 割 分 担
(研究代表者) 藤井 裕	福井大学遠赤外領域開発研究センター	教授	研究全般の統括
(分担研究者) 石川 裕也 光藤 誠太郎 菊池 彦光 林 哉汰 倉知 豊 大橋 央宣 伊藤 丈朗 小島 駿平 伊藤 颯人 川喜田 圭祐 福本 拓夢	福井大学遠赤外領域開発研究センター 福井大学工学系部門 福井大学工学系部門 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科 福井大学大学院工学研究科	講師 教授 名誉教授 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生 大学院生	ESR 測定, MVNA 利用法開発 MVNA 利用法開発 ESR 測定, 試料作成 実験全般のサポート 実験全般のサポート 実験全般のサポート 実験全般のサポート 実験全般のサポート 実験全般のサポート 実験全般のサポート
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ物性物理	氏 名 大久保 晋

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号: )

#### 6. 共同利用研究計画

MVNAによるESR測定準備のため、クライオスタットに入れる導波管経路の減衰率や、共振器の特性評価を行う。あわせて、MVNAに磁場値を取り込んだり、逆にMVNAのアナログ出力を用いて外部のロックインアンプを用いることで、読み取り速度を向上させたりすることを試験する。このようにMVNAの様々な機能を利用して、より使いやすいESR測定環境の構築を目指す。定期的にオンラインで打ち合わせを行うことにより着実に作業を進める。

#### 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

来学による研究打合せ実施:2回、学外での打合せ:2回

#### 8. 共同利用研究の成果

本年は、神戸大学分子フォトサイエンス研究センターのミリ波ネットワークアナライザ装置を用いたESR測定のための準備を主として行った。

まず、同装置と付属セットの動作確認により、ガン発振器を用いた送受信が可能であることを確認した。したがって、多周波数ESR測定が可能である。また、福井大学にある同種類の機種にハーモニックミキサーを組み合わせたW帯以上での測定方法の習熟をはかり、共振器、導波路の評価方法の改善(具体的にはattenuatorやisolatorの利用)を検討した。また、低周波数(8~18GHz)での透過、反射測定も可能であることがわかった。あわせて、リンドープシリコンのドナー電子のESR測定も行った。また、ベクトルネットワークアナライザの利用方法の一つとして、誘電率の精密な測定方法の試験も行った。これらと並行して、理論面の再検討を行い、ベクトル信号を用いることにより、ESR共鳴周波数の磁場依存性の傾きの正負に応じて、共鳴線近傍における位相変化の向きが反対になることを再発見し、今後、周波数-磁場ダイアグラム作成時の解析に生かせると考えられる。これらを神戸大学での今後の測定時に生かす予定である。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくと記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

なし(準備段階のため。来年度以降の成果発表を目指す。)

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

## 様式3

## 令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年4月25日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 神戸大学・大学院科学技術イノベーション研究科  
職 名 准教授  
研究代表者名 中川敬三

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

## 記

(課題番号:R06021)

1. 共同利用研究 課題名	ナノシート積層型光触媒膜の異種ナノシート界面における蛍光挙動の解析			
2. 共同利用研究 目的	二次元ナノシート材料を利用した革新的光触媒膜の創製に向けて、異種ナノシート界面で起こる現象の解明は必要不可欠である。本共同利用研究において蛍光挙動を詳細に解析し、ナノシート積層型光触媒膜の光触媒機能の向上を目指す。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 中川 敬三	神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科/先端膜工学研究センター	准教授	研究総括, 積層膜作製, 光触媒機能評価, 蛍光測定	
(分担研究者) 森口 佳奈	神戸大学大学院工学研究科応用化学専攻	博士前期課程 2年	積層膜作製, 光触媒機能評価, 蛍光測定	
上野 一喜	神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科	博士前期課程 1年	複合触媒調製, 光触媒機能評価	
5. センター内受入研究者	研究部門・分野名	レーザー分子光科学研究部門	氏名	立川 貴士

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号: )

#### 6. 共同利用研究計画

ニオブ酸ナノシート( $\text{HNb}_3\text{O}_8$ )とカーボンナイトライドの一種である  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  を利用して作製した  $\text{HNb}_3\text{O}_8/g\text{-C}_3\text{N}_4$  複合積層膜が、有機物の高い光分解活性を有することがわかっている。蛍光スペクトル測定を行ったところ、 $g\text{-C}_3\text{N}_4$  の蛍光強度は  $\text{HNb}_3\text{O}_8$  の添加に伴い減少し、さらに平均蛍光寿命がナノ秒オーダーで短くなることが明らかとなっている。これはバンド構造より励起種の効率的な分離が起こり、再結合が抑制され、高い光触媒活性に寄与していることが考えられる(K. Nakagawa et al., *Chem. Eng. J.* 442, 136254, 2022 (受入研究者である立川教授と共著))。今後、異なるナノシートを利用することでより効果的な電子移動が期待される。

R5 年度は、 $\text{HNb}_3\text{O}_8/g\text{-C}_3\text{N}_4$  複合系への電子伝導性の高い酸化グラフェンの添加が及ぼす蛍光挙動への影響に着目し、濃硫酸を利用した剥離法により  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  の複合膜内での分散性を向上させる検討を行ったが、蛍光スペクトル測定では顕著な違いは見られなかった。そこで R6 年度は、時間分解単一分子顕微分光装置を利用して、 $\text{HNb}_3\text{O}_8$  に対するカーボンナイトライドの種類の変化( $g\text{-C}_3\text{N}_5$ ,  $g\text{-C}_3\text{N}_6$  等)が及ぼす蛍光挙動への影響についても検討する。窒素割合の多いカーボンナイトライド材料は、 $g\text{-C}_3\text{N}_4$  に比べてバンドギャップが狭く、長波長側の光を吸収するため、より高効率な光触媒作用が期待される。具体的な測定方法としては、倒立型蛍光顕微鏡を備えた広視野/共焦点顕微鏡システムを用いて蛍光測定を行う。特に、共焦点光学系を用いることで、ターゲット領域上の約  $1\mu\text{m}^2$  の領域を空間的に選択して発光寿命およびスペクトルを取得することができる。事前にメール等により実験計画の詳細について打ち合わせを進め、訪問測定をさせて頂く予定である。また、キャリアダイナミクスの解明や過渡種の特定に有効な時間分解テラヘルツ分光装置や時間分解 EPR 分光装置等の活用を含めた研究への展開を目指し、研究計画を関係研究者(富永圭介教授、小堀康博教授など)と議論する。

#### 7. 共同利用研究の実施状況

2024 年 12 月 18 日(水)14 時~16 時 レーザー分子光科学研究部門 立川 貴士 教授の研究室にて、時間分解単一分子顕微分光装置を利用した蛍光測定を行った。

#### 8. 共同利用研究の成果

R6 年度は、当初カーボンナイトライドの種類の検討であったが、再度  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  に着目した研究を進めた。研究代表者の中川は国立台湾科技大学 Chechia Hu 博士との共同研究において、Pt を担持した  $\text{HNb}_3\text{O}_8/g\text{-C}_3\text{N}_4$  複合系光触媒を用いた水分解による水素生成反応を進めており、水素生成量が複合比率によって大きく変化し、 $g\text{-C}_3\text{N}_4$  単独より  $\text{HNb}_3\text{O}_8/g\text{-C}_3\text{N}_4=25/75$  では 2.5 倍以上向上することが明らかとなった。そこで、時間分解単一分子顕微分光装置を利用した蛍光測定を行ったところ、複合系サンプルでは平均して励起寿命が短くなっており、クエンチされている可能性が高いことが明らかとなった。複合系サンプル間では励起寿命の結果に大きな差異は見られないが、 $\text{HNb}_3\text{O}_8$  量が多いサンプルでは(不自然に)蛍光を発していない部分が見られた。これは①クエンチされている(活性がある)、② $\text{HNb}_3\text{O}_8$  が凝集している部分、の2つの可能性が考えられる。 $\text{HNb}_3\text{O}_8/g\text{-C}_3\text{N}_4=25/75$  の高活性の理由として、MCN 量が多いためそもそも光吸収の点で有利、あるいは  $\text{HNb}_3\text{O}_8$  自身が凝集しやすく、 $\text{HNb}_3\text{O}_8$  量が少ない場合に比較的分散性が高くなり、クエンチ効果が大きく反映されたことが考えられる。SEM-EDX 観察では  $\text{HNb}_3\text{O}_8$  の凝集体が多く観察され、現時点では後者の影響が高いと考えている。今後は、Pt 担持が及ぼす影響について検討予定である。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

特になし

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

特になし

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 10日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 山形大学・学術研究院  
 職 名 教授  
 研究代表者名 小池邦博

下記のとおり令和5年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06025)

1. 共同利用研究 課題名	テラヘルツ ESR による ThMn <sub>12</sub> 構造ナノコンポジット磁性体の磁気相互作用の研究			
2. 共同利用研究 目的	テラヘルツ ESR を用いた ThMn <sub>12</sub> 構造ハード磁性相とソフト磁性相からなるナノコンポジット磁性体における両相間の磁気結合状態を評価することにより、これまで明確ではなかった本系におけるソフト磁性相が ThMn <sub>12</sub> 構造系ハード磁性体の磁化過程に与える影響を検討する。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年6月1日 ~ 令和7年3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 小池 邦博	山形大学学術研究院	教授	研究総括	
(分担研究者) 喬 一山 清水 優斗 五十川 優 小林 篤司 小林 翔大	山形大学大学院理工学研究科 山形大学大学院理工学研究科 山形大学大学院理工学研究科 山形大学大学院理工学研究科 山形大学大学院理工学研究科	修士2年 修士1年 修士1年 修士1年 修士1年	解析 実験 解析 実験 実験	
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ物性物理学 研究部門	氏名	大久保 晋

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

6. 共同利用研究計画

山形大学では、エピタキシャル  $\text{ThMn}_{12}$  構造系ハード磁性薄膜の微細組織制御した薄膜形成を実施する。神戸大学分子フォトサイエンス研究センターの装置の試料ホルダー等による低温から室温までの磁場-周波数領域におけるテラヘルツ強磁場 ESR 測定装置による測定実験・解析結果から  $\text{ThMn}_{12}$  構造の  $\text{Sm}$  や  $\text{Ce}$  を含む  $\text{Fe}$  基 1:12 系ハード磁性体と  $\alpha\text{-Fe}$  相からなるナノコンポジット磁性体との磁氣的結合状態と減磁過程の関係について考察する。

7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください) Web 会議システムによるオンラインディスカッションを1回、電話によるディスカッションを1回実施した。また、磁化測定、テラヘルツ ESR 計測の検討のために  $\text{Fe}_{46}\text{Co}_{54}$  (001) 合金薄膜を試料として送付した。

8. 共同利用研究の成果

本年度は、第一のステップとして、ソフト磁性層である  $\text{Fe-Co}$  合金薄膜の as-grown での単結晶成長を試みた。超高真空スパッタ成膜装置を用いて  $\text{MgO}$ (001)単結晶基板上に 20 nm 厚の単結晶  $\text{Mo}$ (001) 下地層を形成し、この上へ  $\text{Fe}$  と  $\text{Co}$  ターゲットによる同時スパッタによって 30 nm 厚で  $\text{FeCo}$  合金薄膜を形成した。その結果、良質な結晶性を有する  $\text{Fe}_{46}\text{Co}_{54}$  (001) 合金薄膜の形成に成功した。なお、基板からのエピタキシャル方位関係は、 $\text{MgO}$ (001)[100]/ $\text{Mo}$ (100)[110]/ $\text{Fe}_{46}\text{Co}_{54}$ (100)[110]であった。磁化測定装置によって得られた異なる外部磁場印加方向(膜面内と面直方向)の磁化曲線の形状から、その静磁気特性は形状磁気異方性によって面内方向が容易磁化軸であり、飽和磁化値が 1530 emu/cc であることが明らかとなった。また、 $\text{ThMn}_{12}$  構造系ハード磁性薄膜として、第一原理計算から大きな結晶磁気異方性と高いキュリー点を有することが予想されている  $\text{CeZrFe}_{11}$  と  $\text{FeCo}$  からなるナノコンポジット積層膜の減磁過程に関するマイクロマグネティクス計算を Mumax3にて行った。その結果、 $\text{CeZrFe}_{11}$  層の交換長以下の厚さに設計した  $\text{FeCo}$  層との積層膜は比較的大きな保磁力を示すと共に良好な角形性を有するため、極めて大きな最大エネルギー積  $(BH)_{\text{max}}$  が得られることから磁石応用への可能性が示唆される。

9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出して下さい。)

- 1) 清水 優斗, RYZHII NIKITA, 稲葉 信幸, 加藤 宏朗, 板倉賢, 中野 正基, 大久保 晋, 太田 仁, 小池 邦博,  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}/\text{Mo}/\text{FeCo}/\text{Mo}/\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  積層ナノコンポジット粒子の減磁過程, 日本金属学会 2024 年度 秋期講演大会、P-284.
- 2) 喬 一山, 宇田 龍生, 稲葉 信幸, 大久保 晋, 加藤 宏朗, 中野正基, 板倉 賢, 小池 邦博, 傾斜構造をもつ  $\text{Sm}(\text{FeCo})_{12}$  ナノ粒子群の減磁過程, 5pA4-4, 2024 年応用物理学会東北支部 第 79 回学術講演会.
- 3) 小林 翔大, 稲葉 信幸, 加藤 宏朗, 板倉 賢, 中野 正基, 大久保 晋, 太田 仁, 小池 邦博, 交換結合型  $\text{Sm}(\text{FeCo})_{12}/\text{FeCo}$  系積層ナノコンポジット粒子の減磁過程, P5 (9.電気・磁気 関連材料:電気・磁気 関連材料), 日本金属学会 2025 年春期 176 回講演大会.
- 4) 清水 優斗, 稲葉 信幸, 加藤 宏朗, 板倉 賢, 中野 正基, 大久保 晋, 太田 仁, 小池 邦博, レーザーアニールした  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}/\text{FeCo}/\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  積層膜の磁気特性, P6 (9.電気・磁気 関連材料:電気・磁気 関連材料), 日本金属学会 2025 年春期 176 回講演大会.
- 5) 小林 篤司, 稲葉 信幸, 加藤 宏朗, 板倉 賢, 中野 正基, 大久保 晋, 太田 仁, 小池 邦博, 交換結合型  $\text{CeZrFe}_{11}/\text{FeCo}$  ナノコンポジット粒子の減磁過程の積層効果, P81 (9.電気・磁気 関連材料:電気・磁気 関連材料), 日本金属学会 2025 年春期 176 回講演大会.

10. 共同利用研究に関連した受賞, 博士学位論文の取得, 大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

小池 邦博, JSPS 科学研究費 (20K05059, 24K08014)

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 26日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 日本大学文理学部物理学科  
 職 名 准教授  
 研究代表者名 山本大輔

下記のとおり令和6年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R05027)

1. 共同利用研究 課題名	圧力下テラヘルツ ESR と新規理論手法による三角格子反強磁性体 CsCuCl <sub>3</sub> の研究			
2. 共同利用研究 目的	これまで難しかった量子フラストレート反強磁性体の量子揺らぎや圧力印可によって誘起される磁気相の解析を、圧力下テラヘルツ ESR と新規開発の理論手法を組み合わせることで達成する。三角格子反強磁性体 CsCuCl <sub>3</sub> をターゲットとして方法を確立したのち、一般の量子フラストレート反強磁性体への拡張を目指す。			
3. 共同利用研究 期間	令和6年 6月 1日～ 令和7年 3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏 名	所属部局等	職名等	役割分担	
(研究代表者) 山本 大輔	日本大学文理学部物理学科	准教授	理論解析・研究総括	
(分担研究者)				
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ物性物理学 研究	氏 名	大久保晋

※次ページの6～10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6～10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号:R06027)

#### 6. 共同利用研究計画

これまでの共同利用研究により、圧力の増加とともに理論模型に必要な量子補正が増加していくことが分かった。そこで本年度は量子補正を有効的に記述できる biquadratic 相互作用項を導入することで、圧力下テラヘルツ ESR による反強磁性ギャップの圧力依存性の実験結果の説明を目指す。圧力を増加させると結晶構造が擬一次元的な結合スピン鎖からより3次元的な層状三角格子磁性体に変化し、その結果として量子揺らぎが増加していくことが、有効 biquadratic 相互作用項の大きさの圧力変化から議論できると期待される。

#### 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

来学による研究議論(1回)、オンラインディスカッション(2回)

#### 8. 共同利用研究の成果

biquadratic 相互作用項を導入した模型を解析したところ、磁化プラトーの周辺の量子補正の効果を有効的に記述できる一方で、本来は量子効果の影響を受けない飽和磁場の値に差分が生じてしまうことが判明した。これを是正するために追加の有効単イオン異方性を追加したところ、飽和磁場の問題は解消されたが、本来は発現しない人工的なスピン状態が現れてしまうことが分かった。そこで、さらなる検討として、biquadratic 相互作用項のみを導入した状態で、系全体のエネルギースケールを、飽和磁場の差異の割合分だけ変化させることで、現象論的な解決を図った。今後はこの基底状態をもとに、励起スペクトルを計算し、ESR 実験結果と比較を行う。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出して下さい。)

なし

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。

第6回強磁場フォーラム・フロンティア奨励賞

様式3

令和6年度神戸大学分子フォトサイエンス研究センター共同利用研究報告書

令和7年 4月 30日

神戸大学分子フォトサイエンス研究センター長 殿

所属機関・部局名 岡山理科大学・教育推進機構  
 職 名 准教授  
 研究代表者名 稲垣 祐次

下記のとおり令和 年度の共同利用研究成果を報告します。

記

(課題番号:R06030)

1. 共同利用研究 課題名	テラヘルツ ESR 分光による $\text{KBa}_3\text{Ca}_4\text{Cu}_3\text{V}_7\text{O}_{28}$ のスピン液体状態における低エネルギー励起の観測			
2. 共同利用研究 目的	表題の物質におけるスピン液体状態を特徴づける磁気的エネルギー構造をテラヘルツ ESR 分光測定により確定することを目的とする。			
3. 共同利用研究 期間	令和 6年 6月 1日 ~ 令和 7年 3月31日			
4. 共同利用研究組織				
氏 名	所属部局等	職名等	役 割 分 担	
(研究代表者) 稲垣 祐次	岡山理科大学	准教授	実験・解析・成果公表	
(分担研究者)				
5. センター内受入研究者	研究部門・ 分野名	テラヘルツ物性物理学 研究部門	氏 名	大久保晋准教授

※次ページの6~10の項目は、枠幅を自由に変更できます。但し、6~10の項目全体では1頁に収めて下さい。

(課題番号: )

#### 6. 共同利用研究計画

表題物質の単結晶試料に対して広い周波数領域、特に低エネルギー領域で ESR 分光を実施し、系のエネルギー構造を確定する。また、最低温度から室温付近までの詳細な温度依存性を実施することで、懸案となっている構造相転移の有無に関する知見も得たい。加えて姉妹コンパウンドである  $\text{RbBa}_3\text{Ca}_4\text{Cu}_3\text{V}_7\text{O}_{28}$  についても試料合成を行い、同様の測定を実施する。

#### 7. 共同利用研究の実施状況

(来学による研究実施、オンラインディスカッション(回数)、試料送付による測定等について記載してください)

期間内に目的を達するに十分な大きさの単結晶試料の育成が出来なかったため、来学や資料送付による測定は実施できていない。メールやオンラインでのディスカッションを実施した。

#### 8. 共同利用研究の成果

微小単結晶の合成には成功しているが、以前に実施した粉末試料での測定結果を踏まえると、十分な S/N を達成するには不十分である。これまで継続して大型単結晶育成に取り組んできたが、研究計画そのものを見直す必要性を感じている。

#### 9. 共同利用研究成果の学会発表・研究論文発表状況

(本センターの担当教員の氏名の記載、又はこの共同利用研究に基づくとの記載のある論文等を記載して下さい。なお、論文の場合は、別刷りを1部提出してください。)

なし

10. 共同利用研究に関連した受賞、博士学位論文の取得、大型研究プロジェクトや競争的資金の獲得等がありましたらご記入ください。