

令和 6 年 4 月 30 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18969

研究課題名(和文) 力学的な刺激で光エネルギーを蓄積できる錯体の開発

研究課題名(英文) Development of long persistent luminescence phosphors responded by mechanical stimulus

研究代表者

北川 裕一 (Kitagawa, Yuichi)

北海道大学・工学研究院・准教授

研究者番号：90740093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：トリボルミネッセンスとは摩擦刺激により物質が発光する現象である。本研究では摩擦刺激により蓄光を示す希土類錯体の創成を目的とした。

(1)摩擦刺激による配位子蓄光：多環芳香族骨格を導入した二座ホスフィンオキシド配位子と  $\beta$ -ジケトナト配位子から構成される二核ガドリニウム錯体を合成した。このガドリニウム錯体は低温条件において摩擦励起により青色の蓄光を示すことが明らかとなった。  
(2)摩擦刺激による希土類蓄光：(1)のガドリニウム錯体結晶中に赤色発光性ユウロピウムをドーブした混晶を合成した。この混晶は低温条件において摩擦励起により青色と赤色発光帯に基づく蓄光機能を示すことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は発光性錯体という学術研究を基盤としており、従来にない(1)希土類錯体内の有機配位子に蓄光機能を付与、(2)希土類錯体混晶中における長距離エネルギー移動に基づく蓄光機能の伝搬に成功している。この高度に設計された希土類錯体は摩擦刺激で物質に光エネルギーを蓄積でき、有機機能材料の可能性を切り開くことができる。また、摩擦励起に基づく長距離エネルギー移動を示した初めての例となる。よって、本研究はこれまでの発光性錯体に関する研究とは大きく異なり、学術的意義のある研究と位置付けることができる。また、光源を必要としない発光現象の深化は材料化学分野においても意義深い研究である。

研究成果の概要(英文)：Triboluminescence is an interesting phenomenon involving the transformation of tribo-energy to visible light emission. In this study, we demonstrated the construction of tribo-induced persistent luminescence using lanthanide complexes.

(1)Tribo-induced persistent luminescence from ligands: A dinuclear Gadolinium (Gd(III)) complex with bidentate phosphine oxide and  $\beta$ -diketonate ligands were synthesized. The Gd(III) complex provided blue color persistent luminescence by tribo-excitation, which is originated from the phosphine oxide ligands.  
(2)Tribo-induced persistent luminescence from europium: A dinuclear mixed Gd(III)-Eu(III) complex was also prepared. The mixed complex provide blue and red color persistent luminescence bands by tribo-excitation, which are originated from the phosphine oxide ligand and Eu(III), respectively.

研究分野：光化学

キーワード：トリボルミネッセンス ユウロピウム ガドリニウム 多環芳香族化合物  $\beta$ -ジケトナト 蓄光

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

21世紀における「光」に関する技術革新は目覚ましく、その中でも特に発光体の開発が重要視されている。様々な励起源に基づく発光が報告されている中で、「トリボルミネッセンス」と呼ばれる摩擦刺激により物質が光る現象がある(*Acc. Chem. Res.* 1978, **11**, 289)。本現象が発見されたのは約400年前であり、これまでに様々なトリボルミネッセンスを示す有機化合物・無機化合物が報告されてきた(*Chem* 2018, **4**, 943)。このトリボルミネッセンスは高エネルギー励起源を用いず力学的刺激で発光エネルギーを獲得することができるため材料化学の観点から注目を集めている。様々なトリボルミネッセンスを示す化合物が報告されている中で、私は希土類錯体のトリボルミネッセンスに着目して研究をしている(*Chem. Eur. J.* 2017, **23**, 2666; *Inorg. Chem.* 2018, **57**, 14653)。希土類錯体は線幅の狭い発光帯を示すという利点があり、二種の希土類を混合した希土類配位高分子においては紫外線励起とトリボ励起で異なった発光色が生じることを実証している(*Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, **56**, 7171)。本結果は励起プロセスが紫外線励起と摩擦励起で異なっていることを示しており、トリボルミネッセンスの新しい可能性を示すものである(*Chem. Eur. J.* 2021, **27**, 2279)。希土類錯体のトリボルミネッセンスに機能付加を行う研究は新規な発光材料開発の観点から重要と考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では希土類錯体のトリボルミネッセンスに新しい機能として「蓄光」機能を付加することを目的とした(図1a)。そのために多環芳香族化合物を含む二座ホスフィンオキシドと2,2,6,6-テトラメチル-3,5-ヘプタンジオナト配位子を導入した二核希土類錯体に着目した。近年、申請者は希土類イオンとして光らないLu(III)を導入することで多環芳香族部位が長寿命発光を発現することを報告している(図1b, *Commun. Chem.* 2023, **6**, 122)。そこで、この二核希土類錯体骨格を基盤として、摩擦刺激によりトリボ蓄光を示す錯体の創成を検討した。

さらに、本研究者はこの長寿命発光を示すLu錯体結晶の中に4f-4f発光性希土類イオンをドーピングすることでエネルギー移動遅延により4f-4f発光寿命が伸長することを見出している(化学系学協会北海道支部2021年冬季研究発表会、1C09)。そこで本技術を用いて、摩擦刺激をトリガーとした遅延型エネルギー移動伝搬により4f-4f蓄光を創出できるか併せて検討した(図1c)。本研究は発光性錯体という学術研究を基盤としている。これまでの発光性錯体に関する学術研究は「金属イオン特有の電子軌道」を制御することで機能を高めることに着眼してきた。本研究において従来研究の視点にはない重要なポイントとして、(1)希土類イオンをリンカーとして用いることで配位子を集積させ蓄光機能を付与、(2)“ゆっくりした”エネルギー移動を利用した蓄光機能の伝搬させることにある。これらを達成することで希土類錯体を基盤とした光化学の新しいフィールドを構築することも本研究の目的となる。

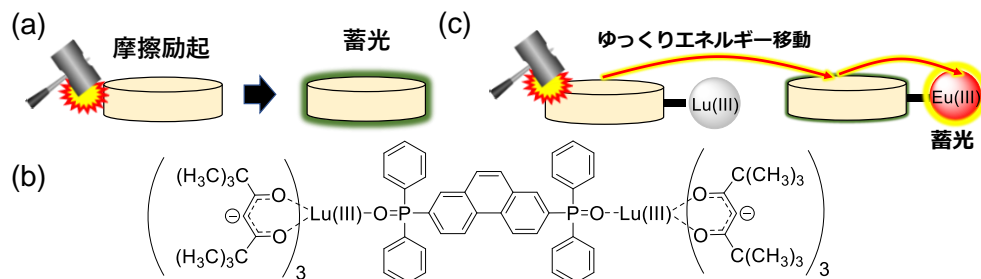


図1(a)摩擦励起による蓄光、(b)光励起により多環芳香族化合物が長寿命発光を示すLu(III)二核錯体、(c)錯体間エネルギー移動に基づく4f-4f遷移に基づく蓄光機能の創出。

### 3. 研究の方法

図1(b)と同様の配位子を導入したEu(III)錯体、Lu(III)錯体、Tb(III)錯体において摩擦励起による発光を観測できなかった。また、フルオレン骨格を導入したLu(III)錯体結晶も合成したが、それも摩擦励起による発光は観測されなかった。そこでフルオレン骨格を導入したGd(III)錯体結晶(*Adv. Opt. Mater.* 2023, **11**, 2203139)とGd(III)錯体結晶の中にEu(III)をドーピングした結晶を用いて実験を行った(図2a)。

Gd(III)錯体の合成：配位子 dcp (2,7-bis(dicyclohexylphosphoryl)phenanthrene, 50.4 mg,  $8.48 \times 10^{-2}$  mmol)と[Gd(tmh)<sub>3</sub>] (tmh: 2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedione, 119 mg, 0.168 mmol)をメタノール(7 mL)に溶解させた。溶液を70°Cで1.5時間加熱還流し、得られた反応溶液をろ過した後に25°Cで再結晶した。収量：78.7 mg ( $3.85 \times 10^{-2}$  mmol)、収率：45.4%。

Gd(III)-Eu(III)錯体の合成：配位子 dpdf (2,7-bis(diphenylphosphoryl)-9,9-dimethyl fluorene, 50.0 mg,  $8.41 \times 10^{-2}$  mmol)と前駆錯体[Eu<sub>2</sub>(tmh)<sub>6</sub>] (1.23 mg,  $8.7 \times 10^{-4}$  mmol)、[Gd(tmh)<sub>3</sub>] (118 mg, 0.167 mmol)をメタノール(7 mL)に溶解させた。溶液を70°Cで7.5時間加熱還流し、得られた反応溶液をろ過した後に25°Cで再結晶した。収量：38.9 mg ( $1.94 \times 10^{-2}$  mmol)、収率：23.0%。

Elemental analysis calcd. (%) for  $C_{105}H_{146}Eu_{0.02}Gd_{1.98}O_{14}P_2$ , C 62.79, H 7.33; found: C 62.31, H 7.32.

得られた希土類錯体について、攪拌子で結晶をすり潰して発光を CCD により検出した (図 2b)。

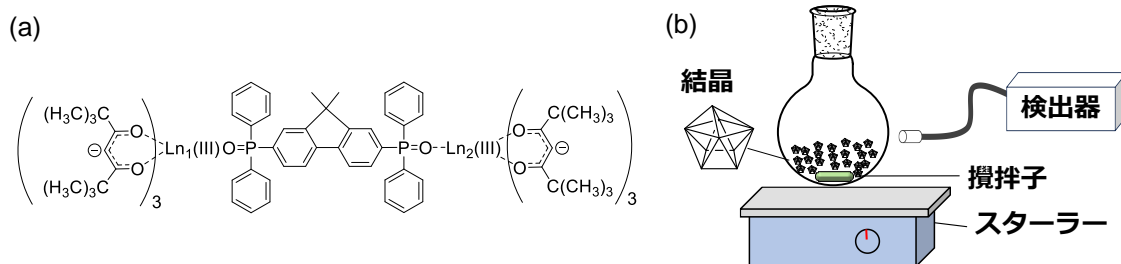


図 2 (a)フルオレン骨格を導入した希土類錯体(Gd(III)錯体結晶:  $Ln_1(III)=Ln_2(III)=Gd(III)$ , Gd(III)Eu(III)錯体結晶:  $Ln_1(III)$ ,  $Ln_2(III) = Eu(III)$  or  $Gd(III)$ ), (b)摩擦励起による希土類錯体結晶の発光検出システム.

#### 4. 研究成果

##### (1)Gd(III)錯体結晶のトリボルミネッセンス:

Gd(III)錯体の結晶を室温ですり潰すことで青色のトリボルミネッセンスが観測された。スターラーを切った後における発光の様子を動画で測定した。すり潰し後における時間ごとに切り出した発光の写真を示す(図 3 上)。図 3 上のように室温条件では蓄光機能は示さなかった。そこで低温条件(液体窒素下)でトリボ蓄光の観測について検討した。時間ごとに切り出した発光の写真を示す(図 3 下)。その結果、スターラーを切った後においても明確に青色発光を観測することができた。この青色発光はフルオレンのりん光に由来していると考えられる。

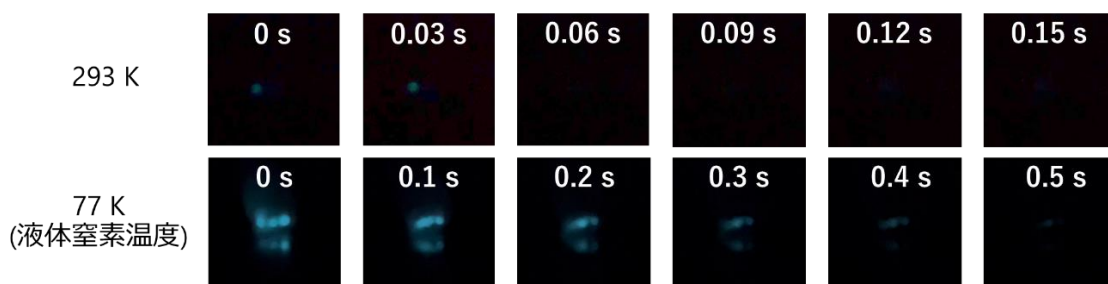


図 3 Gd(III)錯体結晶のスターラーを切った後の発光色の時間依存性(上:室温条件、下:低温条件).

##### (2)Gd(III)-Eu(III)錯体混晶のトリボルミネッセンス

Gd(III)-Eu(III)錯体の混晶を室温ですり潰すことで赤色のトリボルミネッセンスを示した(図 4 上)。スターラーを切った後における発光の様子を動画で測定した。時間ごとに切り出した写真を示す。スターラーを切った後、0.03 秒後までしか赤色発光を確認できず、蓄光機能を示さなかった。そこで液体窒素でサンプルを冷やしながらか、本実験を行った。その結果、スターラーを切った後も明確に青白い発光を観測することができた(図 4 下)。この発光色は Gd(III)錯体結晶のトリボルミネッセンスと発光色が異なっていたため、CCD を用いて発光スペクトル解析を行った。その結果、420nm 付近にブロードな発光帯および 610 nm 付近にシャープな発光帯が観測された(図 5)。それぞれフルオレン配位子のりん光、Eu(III)のりん光に相当すると考えられる。どちらもスターラーを切って 120 ms 後も発光帯が観測されており、長寿命発光を示していることが明らかになった。この観測された Eu(III)の長寿命発光は遅い Gd 錯体間エネルギー移動を介した Eu(III)励起子の生成に由来していると考えられている。

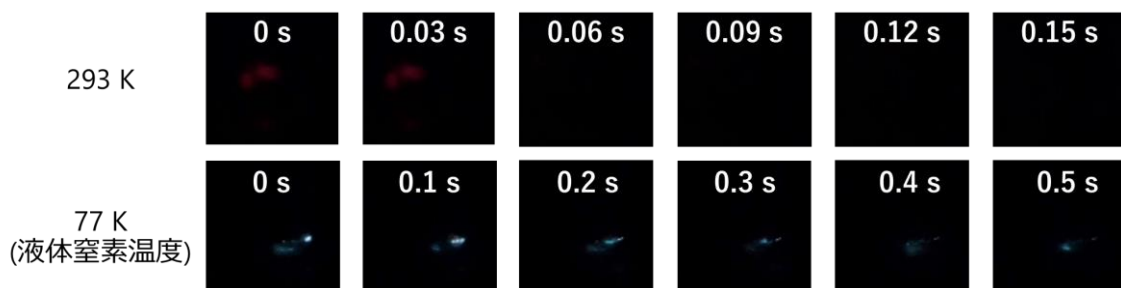


図 4 Gd(III)Eu(III)錯体混晶のスターラーを切った後の発光色の時間依存性(上:室温条件、下:低温条件).

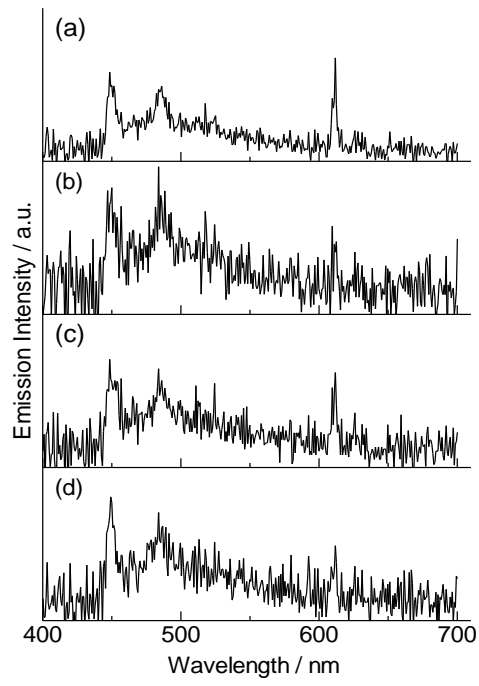


図5 低温条件下(液体窒素温度)における Gd(III)Eu(III) 錯体混晶のスターラーを切った後の発光スペクトルの時間依存性((a) 0 ms 後、(b) 40 ms 後、(c) 80 ms 後、(d) 120 ms 後).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Nakai Takuma, Shima Kaori, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika, Kitagawa Yuichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Characteristic stacked structures and luminescent properties of dinuclear lanthanide complexes with pyrene units	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 1 - 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fchem.2023.1154012	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hirai Yuichi, Van Baaren Stann, Ohmura Takahito, Nakanishi Takayuki, Takeda Takashi, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika, Metivier Remi, Allain Clemence	4. 巻 11
2. 論文標題 Bright lanthanide(III) triboluminescence despite low photoluminescence, and dual triboluminescence and mechano-responsive photoluminescence	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 2203139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202203139	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kanbe Azusa, Yokoi Kenta, Yamada Yasuyuki, Tsurui Makoto, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika, Ogata Daiji, Yuasa Junpei, Aoki Shin	4. 巻 62
2. 論文標題 Optical resolution of carboxylic acid derivatives of homoleptic cyclometalated Iridium(III) complexes via diastereomers formed with chiral auxiliaries	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11325 ~ 11341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.3c00685	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Miyazaki Shiori, Goushi Kenichi, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika, Adachi Chihaya, Miyata Kiyoshi, Onda Ken	4. 巻 14
2. 論文標題 Highly efficient light harvesting of a Eu(III) complex in a host-guest film by triplet sensitization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 6867 ~ 6875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d3sc01817b	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kitagawa Yuichi, Nakai Takuma, Hosoya Shota, Shoji Sunao, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 88
2. 論文標題 Luminescent lanthanide complexes for effective oxygen sensing and singlet oxygen generation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 e202200445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202200445	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitagawa Yuichi, Shima Kaori, Nakai Takuma, Kumagai Marina, Omagari Shun, Ferreira da Rosa Pedro Paulo, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 6
2. 論文標題 Thermally-assisted photosensitized emission in a trivalent terbium complex	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-023-00922-5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsurui Makoto, Kitagawa Yuichi, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 52
2. 論文標題 Enhanced circularly polarized luminescence of chiral Eu(III) coordination polymers with structural strain	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 796 ~ 805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT03422K	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hasegawa Yasuchika, Konishi Yuki, Enokido Masaki, Shoji Sunao, Wang Mengfei, Fushimi Koji, Kitagawa Yuichi	4. 巻 62
2. 論文標題 Sandglass-typed single chameleon luminophore for water mapping measurements: Intramolecular energy migrations in the hydrophilic Tb(III)/Sm(III) cluster	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 16794 ~ 16800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.3c02219	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Enokido Masaki, Sasaki Kensei, Shoji Sunao, Wang Mengfei, Fushimi Koji, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 127
2. 論文標題 Size-control synthesis and luminescence properties of Eu(III) coordination particles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 23785 ~ 23791
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c06499	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Mengfei, Kono Masaya, Yamaguchi Yusaku, Islam Jahidul, Shoji Sunao, Kitagawa Yuichi, Fushimi Koji, Watanabe Sora, Matsuba Go, Yamamoto Akihisa, Tanaka Motomu, Tsuda Masumi, Tanaka Shinya, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 14
2. 論文標題 Structure-changeable luminescent Eu(III) complex as a human cancer grade probing system for brain tumor diagnosis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-50138-9	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wang Mengfei, Kitagawa Yuichi, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 19
2. 論文標題 Current development of lanthanide complexes for biomedical applications	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemistry An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 e202400038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202400038	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitagawa Yuichi, Moriake Ryoma, Akama Tomoko, Saito Koki, Aikawa Kota, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Kobayashi Masato, Taketsugu Tetsuya, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 87
2. 論文標題 Effective photosensitization in excited state equilibrium: Brilliant luminescence of Tb(III) coordination polymers through ancillary ligand modifications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 e202200151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202200151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ferreira da Rosa Pedro Paulo, Kitagawa Yuichi, Shoji Sunao, Oyama Hironaga, Imaeda Keisuke, Nakayama Naofumi, Fushimi Koji, Uekusa Hidehiro, Ueno Kosei, Goto Hitoshi, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 13
2. 論文標題 Preparation of photonic molecular trains via soft-crystal polymerization of lanthanide complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-31164-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kitagawa Yuichi, Tsurui Makoto, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 12
2. 論文標題 Bright red emission with high color purity from Eu(III) complexes with $\pi$ -conjugated polycyclic aromatic ligands and their sensing applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 810 ~ 821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ra08233g	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishikawa Haruki, Demise Ayaka, Kitagawa Yuichi, Shinozaki Yoshinao, Kinoshita Yusuke, Tamiaki Hitoshi	4. 巻 104
2. 論文標題 Difluoroboron complexes of peripheral $\beta$ -diketonates in cyclophosphorobides: Their syntheses and optical properties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 132596 ~ 132596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2021.132596	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kitagawa Yuichi, Naito Ayu, Aikawa Kota, Shima Kaori, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika	4. 巻 28
2. 論文標題 Tribo excited chemical reaction using an Eu(III) complex with a stacked anthracene framework	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202200593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202200593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



[学会発表] 計17件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 中井拓真、庄司淳、中西貴之、伏見公志、長谷川靖哉、北川裕一
2. 発表標題 配位子の長寿命トリプレット状態を利用したYb(III)-Lu(III)混合結晶の高感度酸素センシング
3. 学会等名 第39回希土類討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲毛康太、平井悠一、中西貴之、王夢菲、長谷川靖哉、北川裕一
2. 発表標題 静電気励起に基づく希土類錯体の発光機能創出
3. 学会等名 第34回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Inage, Y. Hirai, T. Nakanishi, K. Fushimi, Y. Hasegawa, Y. Kitagawa
2. 発表標題 Emission properties of lanthanide complexes with -diketonate ligands excited by static electricity
3. 学会等名 2023 年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Kitagawa
2. 発表標題 Photofunctional lanthanide complexes with -conjugated polycyclic aromatic ligands
3. 学会等名 9th Asian Conference on Coordination Chemistry
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 稲毛康太、平井悠一、中西貴之、Wang Mengfei、長谷川靖哉、北川裕一
2. 発表標題 新奇な励起源「静電気」による希土類錯体の発光現象
3. 学会等名 第13回 CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中井拓真、ワンメンフィ、庄司淳、中西貴之、伏見公志、長谷川靖哉、北川裕一
2. 発表標題 錯体間エネルギー移動を利用した希土類錯体結晶の発光寿命制御と酸素センシング機能の創出
3. 学会等名 第13回 CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中井拓真、庄司淳、伏見公志、北川裕一、長谷川靖哉
2. 発表標題 希土類錯体間のエネルギー移動を利用した高感度酸素センサーの設計とその実証
3. 学会等名 第33回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 中井拓真、庄司淳、伏見公志、北川裕一、長谷川靖哉
2. 発表標題 多環芳香族骨格を含む希土類分子結晶の酸素センシング機能
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 中井拓真、庄司淳、伏見公志、北川裕一、長谷川靖哉
2. 発表標題 希土類混合分子結晶の遅延発光を利用した超高感度酸素センサー
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 中井拓真、庄司淳、伏見公志、北川裕一、長谷川靖哉
2. 発表標題 発光性Yb( )-Lu( )混合分子結晶の高感度感圧特性
3. 学会等名 第18回学際領域における分子イメージングフォーラム
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Yuichi Kitagawa
2. 発表標題 Bright Lanthanide(III) Emission Using Polyaromatic Photosensitizers and Their Photo-Functional Properties
3. 学会等名 ICPAC Kota Kinabalu (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Yuichi Kitagawa
2. 発表標題 Luminescent Properties of Lanthanide Complexes with Phosphine Oxide Ligands Containing Polyaromatic Frameworks
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中井 拓真、庄司淳、伏見 公志、長谷川靖哉、北川 裕一
2. 発表標題 ビフェニル骨格を導入した7配位希土類錯体の長寿命近赤外発光
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 (2022)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 発光材料、酸素センサー、及び塗料	発明者 北川裕一、中井拓真、島かおり、庄司淳、長谷川靖哉、伏	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-033536	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 発光材料、塗料、印刷物、及び樹脂成形体	発明者 北川裕一、田崎芹夏、中井拓真、長谷川靖哉、ワンメンフイ	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2024-059143	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------