

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05094

研究課題名(和文) 層状ナノ粒子と白金錯体との複合化が可能とする超高効率発光材料

研究課題名(英文) Highly efficient light-emitting materials enabled by immobilization of Pt(II) complexes on layered nanoparticles

研究代表者

吉田 将己 (YOSHIDA, Masaki)

関西学院大学・生命環境学部・講師

研究者番号：20712293

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：高効率発光体の開発は、次世代の省エネルギー型発光素子開発の重要な基盤研究である。白金(II)錯体は集積により高い発光性を示すため発光体として期待される一方で、溶液中で発光性を低下させることが課題であった。本研究では、この白金(II)錯体をカチオン性ナノ粒子上に担持させることでこの課題の解決を目指した。その結果(1)ナノ粒子への担持により白金(II)錯体の発光性を水中においても保持させることに成功した。(2)さらにこの白金(II)錯体/ナノ粒子複合体は湿度を反映して発光色を大きく変化させた。これらの成果は、分子科学に立脚した発光材料・光電子材料を開発据える上で重要な知見を与えるものを期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会的意義：深刻化するエネルギー問題の観点から、高効率発光材料の開発は喫緊の課題である。溶液中で発光性が低下するという白金(II)錯体の課題をナノ粒子上への担持という簡便な操作で解決する本研究成果は、白金(II)錯体を実用的な発光材料へと昇華する重要な知見を与えるものと期待される。

学術的意義：白金(II)錯体の自己集積に基づく発光変化は光化学や分析化学、超分子化学など幅広い分野で注目を集めてきた。一方、集積の戦略的な設計には煩雑な分子修飾を含む試行錯誤を必要とする。ナノ粒子上において簡便に白金(II)錯体の動的な集積に成功した本研究は、これら幅広い分野にインパクトを与えるものと期待される。

研究成果の概要(英文)：The development of highly efficient luminescent materials is an important fundamental research for the development of next-generation energy-saving light-emitting devices. Pt(II) complexes are expected to be a promising luminescent materials because they show high luminescence by self-assembly, but the problem is that their luminescence decreases in solution. In this study, I aimed to solve this problem by immobilizing the Pt(II) complex on cationic nanoparticles. As a result, I succeeded in (1) maintaining the luminescent property of the Pt(II) complex even in water by supporting the complex on the nanoparticles. Furthermore, the luminescence color of the Pt(II) complex/nanoparticle composite changed significantly in response to humidity. These results are expected to provide important knowledge for the development of luminescent and optoelectronic materials based on molecular science.

研究分野：錯体化学

キーワード：錯体化学 発光材料 刺激応答性材料 ナノ粒子

1. 研究開始当初の背景

深刻化するエネルギー問題・環境問題の観点から、低電力で高輝度に発光する省エネルギー型発光素子の開発は喫緊の課題である。より効率的な発光素子を開発するためには、投入したエネルギーを100%に近い効率で光へと変換する発光体の開発が必要となる。白金(II)イオンと有機配位子から構成される白金(II)錯体は結晶状態において極めて高い発光効率を示すとともに、分子間の集積に応じて可視光全域をカバーする多彩な発光色を示すため発光体として有望である反面、克服すべき問題も多く残されている。代表的な白金(II)錯体の問題点は、主に以下の2点に集約される。

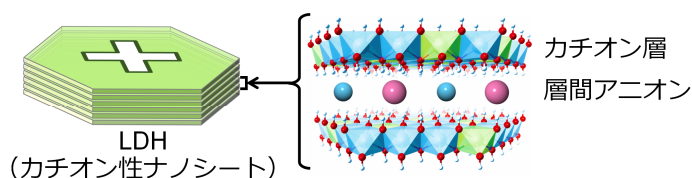
まず、第一の課題として、固体状態における高い発光性とは対照的に、白金(II)錯体の多くは溶液中で発光性を劇的に低下させるという致命的な欠点がある。これは、溶液中のような柔軟な環境下で白金(II)錯体の多くは構造歪みにより容易に励起状態を失活させ、また溶媒分子の攻撃も受けやすいことに由来する。これに対し、有機化学的手法により極めて剛直で嵩高い配位子を合成し、構造歪みや溶媒の攻撃を阻害する研究が数多く行われてきた。このような戦略は一定の成果を挙げたものの、実験者に熟練した合成技術と煩雑な合成手順を要求し、また適用できる分子骨格に限界があり汎用性に乏しいという課題があった。

第二の課題は固体状態での可視光全域をカバーする多彩な発光色変化に比べ、溶液状態における発光色変化は極めて限定的であるという点である。上述のように、白金(II)錯体の発光色変化は主に平面四角形型の白金(II)錯体の積層に由来する。そのため、多くの白金(II)錯体は希薄溶液中ではその集積状態を維持できず単分子状(ディスクリート)に解離してしまうため集積に由来した発光は観測されない。これに対する従来のアプローチとして、濃厚溶液中で白金(II)錯体を集積させる研究や、希薄溶液中でも自己集積を促すような置換基を導入する研究が報告されてきた。しかし前者のアプローチでは高価な白金(II)錯体を多量に消費し、後者のアプローチでは第一の課題の場合と同様に煩雑な有機合成技術・手順を必要とする。

以上のように、白金(II)錯体を発光材料として応用するにあたり中核となっていた課題が溶液中という柔軟な環境下における構造歪みや集積の解離の抑制であった。これに対し、煩雑な有機合成的手法を用いることなく白金(II)錯体に高い発光性の付与や集積化を発現させたいと考え、本研究に着手した。

2. 研究の目的

本研究では、白金(II)錯体の本質的な課題であった溶液内強発光化を達成するためのアプローチとして無機層状ナノ粒子との複合化を試みた。具体的には、層状複水酸化物(Layered double hydroxide; LDH)のナノ粒子上へのアニオン性白金(II)錯体の担持に着目した。LDHナノ粒子はカチオン性のシートの間にアニオンを含んだ構造を取っており、全体として強く正に帯電したナノ粒子であるため、イオン交換により容易にアニオン性の白金(II)錯体を担持できることが期待される。これにより、(1)剛直なナノ粒子上に白金(II)錯体を静電的に担持することで溶液中においても構造歪みを抑制し、また(2)強く正に帯電した持つナノ粒子上に白金(II)錯体を密に集積させることも可能となる。そのため、LDHナノ粒子を用いることで白金(II)錯体の本質的な課題の解決につなげることを目的に本研究を行った。

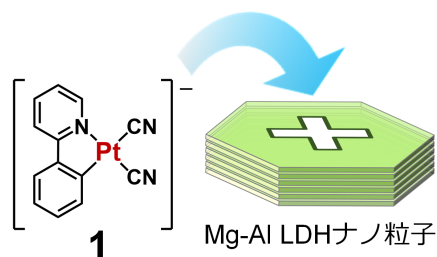


3. 研究の方法

研究項目(1) 白金(II)錯体担持 LDH ナノ粒子の溶液内挙動

まず、本研究課題の第一の目的である溶液内強発光化を達成すべく、LDHナノ粒子に担持した白金(II)錯体の溶液内挙動を調査した。具体的には、LDHの一種であるMg-Al LDH(組成式 $[\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_x(\text{OH})_2][(\text{CO}_3)_{x/2} \cdot m\text{H}_2\text{O}]$)のナノ粒子に白金(II)錯体 $[\text{Pt}(\text{CN})_2(\text{ppy})]^-$ (Hppy = 2-フェニルピリジン; 右図1)を担持させることとした。ここで、Mg-Al LDHは幅広い波長の光を透過するため錯体の吸収や発光を阻害しない。そのため、今回のような光学応用に適していると考えて担体を選定した。

錯体1を MgCl_2 、 AlCl_3 、およびトリス(ヒドロキシメチル)アミノメタンとともに加熱することで、白金(II)錯体1担持Mg-Al LDHナノ粒子(以降、Pt-LDH)の合成を行った。得られたナノ粒子を水に分散させ、発光スペクトル、発光量子収率、発光寿命測定を行うことで水中における発光挙動を調査した。



研究項目(2) 白金(II)錯体担持 LDH ナノ粒子の蒸気応答性

研究項目(1)を遂行する過程で、この Pt-LDH の粉末が相対湿度によって発光が大きく変化するという挙動が発見された。この挙動は当初の目的である「溶液内強発光化」とは異なるものの、ナノ粒子上で白金(II)錯体の集積を動的に制御できるという基礎研究面からも、湿度を発光色で鋭敏に感知するという応用面からも、極めて興味深い挙動である。

そこで、研究項目(2)としてこの Pt-LDH の蒸気応答性について詳細に調査した。具体的には、温度可変発光寿命測定、示差走査熱量測定 (DSC)、および水蒸気吸着測定を行うことで、LDH ナノ粒子上における白金(II)錯体の集積状態が湿度によってどのように変化するかを追跡した。

4. 研究成果

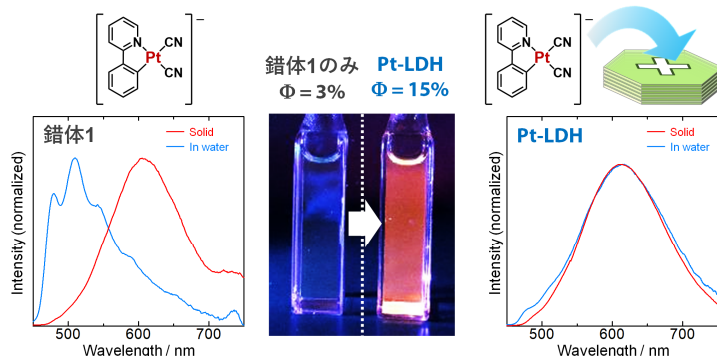
研究項目(1)

上述の戦略に基づき、まずは Pt-LDH の水中における発光挙動について検討を行った。この際には、特に発光挙動の観測が容易になるよう錯体 **1** を高密度担持 (Pt/Mg = 1.69%) した試料を用いた。その結果、右図中写真のように錯体 **1** の水溶液は極めて弱い発光を示したのに対し、Pt-LDH ではその発光性は劇的に増大した。実際に、発光の効率を示す発光量子収率 Φ は3%から15%に大幅に向上しており、LDH ナノ粒子による発光性の向上が検証された。

続いて、実際の発光過程を検証するために発光スペクトル形状を比較した。その結果、Pt-LDH

は固体状態と水中とでともに類似の発光スペクトル形状を示した一方で、錯体 **1** のスペクトル形状は水中で大きく変化した。これは、溶液中では集積状態が解離し単分子状となる錯体 **1** に対し、LDH ナノ粒子上へと担持することで水中でもその集積状態が維持されたものと考えられる。

以上の結果から、当初の目的通りアニオン性の白金(II)錯体をカチオン性の LDH ナノ粒子上に担持することで、白金(II)錯体の課題であった溶液中での発光性の低下や集積の解離を抑制し、溶液中においても高い発光性を発現させることに成功した¹⁾。



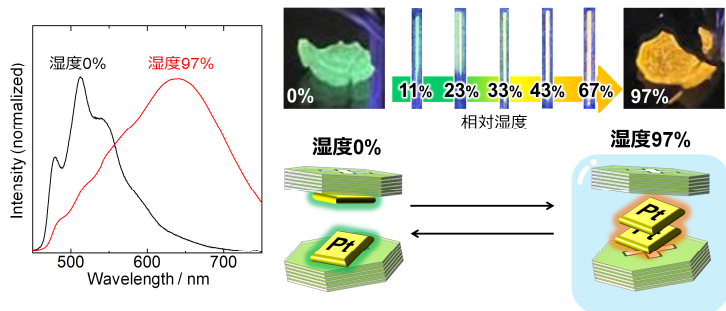
研究項目(2)

さらに、上述のようにこの研究を遂行する過程で Pt-LDH の蒸気応答性も見いだされた。LDH ナノ粒子上に錯体 **1** を低密度担持 (Pt/Mg = 0.0216%) した試料は乾燥状態で単分子状の錯体由来の緑色発光を示したが、これを高湿度下におくことで発光色はオレンジ色へと変化した。これは、湿度によって錯体 **1** の分子が LDH ナノ粒子上で集積していることを示す結果である。

そこで、温度可変発光寿命測定、DSC 測定、および水蒸気吸着測定により、ナノ粒子上における錯体 **1** の周辺環境について

検討を行った。その結果、低湿度領域では錯体 **1** はナノ粒子上に静電的に強固に固定され単分子状になっているのに対し、高湿度領域では毛管凝縮により水が吸着され、これによりナノ粒子間隙に錯体 **1** の濃厚溶液のような状態が生成することが自己集積の原因であることが判明した。

以上のように、想定を上回る成果として、LDH ナノ粒子上で白金(II)錯体の集積を動的に制御することに成功し、刺激応答材料やスイッチング材料を設計する上での興味深い指針を得た。



以上、本研究では白金(II)錯体を LDH ナノ粒子上に担持することで、白金(II)錯体が抱えていた課題である溶液内の発光性を克服するのみならず、LDH ナノ粒子上における動的な集積・解離に基づく相対湿度の可視化にも成功した。さらに、これらの成果に加え、未発表の予備的な成果ではあるが、錯体 **1** のみならず他の白金(II)錯体である [Pt(CN)₂(dFppy)]⁻ (HdFppy = 2-(2,4-ジフルオロフェニル)ピリジン) や [Pt(bph)(CN)₂]²⁻ (H₂bph = ビフェニル) についても同様に LDH ナノ粒子上に担持することに成功し、本系の適用範囲の広さを検証している。以上のように、本研究によって開拓された白金(II)錯体担持ナノ粒子材料は高効率発光材料や新奇的な刺激応答材料としてのポテンシャルを秘めた極めて興味深い材料であり、今後の更なる発展が期待される。

<引用文献>

- 1) T. Morimoto, M. Yoshida, A. Sato-Tomita, S. Nozawa, J. Takayama, S. Hiura, A. Murayama, A. Kobayashi, M. Kato, *Chem. Eur. J.*, **2023**, 29, e202301993. (Front cover に選定)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Nakae Toyotaka, Omoto Kenichiro, Yoshida Masaki, Kato Masako, Yamanoi Yoshinori	4. 巻 1010
2. 論文標題 Structures, optical properties, and DFT investigation of disilane-bridged - frameworks	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2024.123093	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 Kondo Sae, Yoshimura Nobutaka, Kobayashi Atsushi, Kuruppu K. D. Charith, Sameera W. M. C., Fujii Saki, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 12
2. 論文標題 Vapoluminescent thin-film with unsaturated copper(I) complex for rapid light-on sensing of N-heteroaromatic vapour	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 1799 ~ 1808
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3TC03571A	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 該当する
1. 著者名 Nishiyama Tomoki, Kitoh-Nishioka Hirotaka, Tanaka Senku, Maekawa Masahiko, Kuroda-Sowa Takayoshi, Yoshida Masaki, Kato Masako, Okubo Takashi	4. 巻 53
2. 論文標題 A copper(I) thiocyanate-based photoresponsive semiconducting 2D coordination polymer	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 1445 ~ 1448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3DT03125J	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 Saeesk Verner, Chen Yi An, Huang Tse Fu, Ting Li Yu, Luo Ting An, Fujii Saki, Pohako Esko Kaija, Yoshida Masaki, Kato Masako, Wu Tien Lin, Chou Ho Hsiu	4. 巻 27
2. 論文標題 Photophysical Tuning of Imidazolium Tetrahalidomanganate(II) Complexes towards Highly Efficient Green Emitters with Near Unity Quantum Yield	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202300562	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 該当する

1. 著者名 Morimoto Tamami, Yoshida Masaki, Sato Tomita Ayana, Nozawa Shunsuke, Takayama Junichi, Hiura Satoshi, Murayama Akihiro, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 29
2. 論文標題 Vapor Induced Assembly of a Platinum(II) Complex Loaded on Layered Double Hydroxide Nanoparticles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202301993	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 吉田将己	4. 巻 72
2. 論文標題 分子間相互作用の制御に基づく発光性クロミック材料の設計指針開拓	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 279 ~ 288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.72.279	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 Higashida Yusuke, Takizawa Shin-ya, Yoshida Masaki, Kato Masako, Kobayashi Atsushi	4. 巻 15
2. 論文標題 Hydrogen Production from Hydrophobic Ruthenium Dye-Sensitized TiO ₂ Photocatalyst Assisted by Vesicle Formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 27277 ~ 27284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.3c02340	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 Sasaki Kono, Saito Daisuke, Yoshida Masaki, Tanaka Fuka, Kobayashi Atsushi, Sada Kazuki, Kato Masako	4. 巻 59
2. 論文標題 Chromic triboluminescence of self-assembled platinum(II) complexes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6745 ~ 6748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CC01525D	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 Saito Daisuke, Galica Tomasz, Nishibori Eiji, Yoshida Masaki, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 28
2. 論文標題 Reversible and Stepwise Single Crystal to Single Crystal Transformation of a Platinum(II) Complex with Vapochromic Luminescence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202200703	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 Kobayashi Atsushi, Otsuka Hiroki, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 51
2. 論文標題 Fabrication of Ru-dye-sensitized Photoanodes Composed of a Prussian White-Prussian Blue Heterojunction toward Water Oxidation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 697 ~ 699
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220184	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 Shimamura Taku, Kobayashi Atsushi, Oaki Yuya, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 36
2. 論文標題 Water Reduction Photocathodes Based on Ru Complex Dyes Covered with a Conjugated Polymer Nanosheet	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 11559 ~ 11566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.energyfuels.2c00859	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 Yoshimura Nobutaka, Yoshida Masaki, Kato Masako, Kobayashi Atsushi	4. 巻 61
2. 論文標題 Photocatalyst-Mediator Interface Modification by Surface-Metal Cations of a Dye-Sensitized H ₂ Evolution Photocatalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11095 ~ 11102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c00851	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 Nomiya Kaito, Nakatani Naoki, Nakayama Naofumi, Goto Hitoshi, Nakagaki Masayuki, Sakaki Shigeyoshi, Yoshida Masaki, Kato Masako, Hada Masahiko	4. 巻 126
2. 論文標題 Theoretical Study on the Vapochromic Ni(II)-Quinonoid Complex: One-Dimensional Stacking Structure-Based Color Switching	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7687 ~ 7694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.2c06079	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 Shimamura Taku, Yoshimura Nobutaka, Otsuka Hiroki, Yoshida Masaki, Kobayashi Atsushi	4. 巻 436
2. 論文標題 Efficient water reduction by ruthenium-piccolinate dye-sensitized photocatalyst under red light illumination	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2022.114412	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 Yoshimura Nobutaka, Tomita Osamu, Abe Ryu, Yoshida Masaki, Kobayashi Atsushi	4. 巻 15
2. 論文標題 Importance of Electron Mediator Transparency: Photocatalytic Hydrogen Production from Polyoxometalate using Dye double layered Photocatalysts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.202201386	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 Makino Yusuke, Yoshida Masaki, Hayashi Shotaro, Sasaki Toshiyuki, Takamizawa Satoshi, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 52
2. 論文標題 Elastic and bright assembly-induced luminescent crystals of platinum(II) complexes with near-unity emission quantum yield	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3DT00192J	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 Yoshimura Nobutaka, Yoshida Masaki, Kobayashi Atsushi	4. 巻 145
2. 論文標題 Efficient Hydrogen Production by a Photoredox Cascade Catalyst Comprising Dual Photosensitizers and a Transparent Electron Mediator	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6035 ~ 6038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c13687	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 Yoshida Masaki, Saeaesk Verner, Saito Daisuke, Yoshimura Nobutaka, Takayama Junichi, Hiura Satoshi, Murayama Akihiro, Pohako Esko Kaija, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 10
2. 論文標題 Thermo and Mechano Triggered Luminescence ON/OFF Switching by Supercooled Liquid/Crystal Transition of Platinum(II) Complex Thin Films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202102614	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 該当する

1. 著者名 Kato Masako, Yoshida Masaki, Sun Yu, Kobayashi Atsushi	4. 巻 51
2. 論文標題 New aspects of vapochromic metal complexes: Cooperative phenomena in functions and structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochemrev.2021.100477	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 Yoshimura Nobutaka, Kobayashi Atsushi, Kondo Tomoki, Abe Ryu, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 4
2. 論文標題 Interfacial Electron Flow Control by Double Nano-architectures for Efficient Ru-Dye-Sensitized Hydrogen Evolution from Water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 14352 ~ 14362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.1c03028	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 Otsuka Hiroki, Kobayashi Atsushi, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 50
2. 論文標題 Carbazole modification of ruthenium bipyridine-dicarboxylate oxygen evolution molecular catalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 16233 ~ 16241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT02824C	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 Kobayashi Atsushi, Imada Shin-ichiro, Yao Yuze, Nagao Yuki, Kubota Yuto, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 94
2. 論文標題 Halide Replacement Effect on Proton Conductivity and Vapochromic Luminescence of Pt(II) Complexes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 2466 ~ 2473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210279	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 Yoshida Masaki, Makino Yusuke, Sasaki Toshiyuki, Sakamoto Shunichi, Takamizawa Satoshi, Kobayashi Atsushi, Kato Masako	4. 巻 23
2. 論文標題 Elastic deformability and luminescence of crystals of polyhalogenated platinum(II)-bipyridine complexes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5891 ~ 5898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CE00459J	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 Kobayashi Atsushi, Muramatsu Eiichirou, Yoshida Masaki, Kato Masako	4. 巻 14
2. 論文標題 Two Excited State Collaboration of Heteroleptic Ir(III)-Coumarin Complexes for H ₂ Evolution Dye-Sensitized Photocatalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en14092425	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19件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 吉田 将己、三谷 開、瀬川 海斗、江口 大地、玉井 尚登、加藤 昌子
2. 発表標題 温度および圧力効果に基づく一次元d8金属錯体の金属間距離と集積発光の詳細検討
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Masaki Yoshida
2. 発表標題 Vapor-induced assembly of an anionic Pt(II) Complex on layered double hydroxide (LDH) nanoparticles
3. 学会等名 9th Asian Conference on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田 将己、森本 珠実、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 カチオン性ナノ粒子上における白金(II)錯体の集積制御とクロミズム発現
3. 学会等名 第2回ソフトクリスタル研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masaki Yoshida, Takanari Mochizuki, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Stability Control and Luminescence of Porous Crystals of Self-assembled Platinum(II) Complexes Based on the Electronic Tuning of Ligands
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田 将己、齋藤 朋也、瀬川 海斗、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 自己集積型白金(II)およびパラジウム(II)錯体の光励起状態および感温特性の評価
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masaki Yoshida, Verner Saeaesk, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Thermo- and Mechano-Triggered Luminescence ON/OFF Switching of Supercooled Liquid of Platinum(II) Complex
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry Kota Kinabalu 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 望月 尊生、吉田将己、小林厚志、加藤昌子
2. 発表標題 配位子の電子的効果に基づく多孔性白金(II)錯体結晶の安定性制御と発光特性
3. 学会等名 錯体化学会第72回討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田将己
2. 発表標題 金属錯体の励起状態および準安定状態の精密設計に基づく多様な外部刺激の可視化
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki Yoshida, Verner Saeaesk, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Thermo- and mechano-triggered luminescence ON/OFF switching by supercooled liquid/crystal transition of Pt(II) complex thin films
3. 学会等名 8th Asian Conference on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 将己、Verner Saeaesk、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 熱と機械的刺激により発光をスイッチングする白金(II)錯体の過冷却液体
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

1. 発表者名 Masaki Yoshida, Tamami Morimoto, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Vapor-controlled Assembly/Disassembly of an Anionic Pt(II) Complex Loaded on a Cationic Nanosheet
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki Yoshida, Mari Kimura, Atsushi Kobayashi, Masako Kato
2. 発表標題 Liquid-liquid interface-controlled crystallization and luminescence of a hydrogen-bonded porous framework built from a platinum(II) complex
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Yoshida
2. 発表標題 Control of metallophilic interactions of platinum(II) complexes for stimuli-sensing systems
3. 学会等名 2021 MIRAI2.0 Workshop in Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本 珠実、吉田 将己、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 カチオン性層状ナノ粒子に担持した白金(II)錯体の発光挙動
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Yoshida
2. 発表標題 Regulation of Metallophilic Interactions of Platinum(II) Complexes for Stimuli-Responsive Systems
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 望月 尊生、吉田 将己、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 環状六量体を形成する白金(II)錯体を用いた多孔性超分子結晶の構築
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 朋也、吉田 将己、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 シクロメタレート型配位子を有するPd(II)錯体の合成と発光特性
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木 この、齋藤 大将、吉田 将己、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 強発光性白金(II)錯体集積体の合成とトリボルミネッセンス
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木 この、齋藤 大将、吉田 将己、小林 厚志、加藤 昌子
2. 発表標題 強発光性白金(II)錯体集積体の合成とトリボルミネッセンス
3. 学会等名 第32回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本化学会、吉田 将己、加藤 昌子	4. 発行年 2023年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 120
3. 書名 ソフトクリスタル	

〔産業財産権〕

〔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			
エストニア	タルトゥ大学工学研究所			