

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05542

研究課題名(和文) アキラルな配位子を用いたキラル白金錯体および混合金属錯体の合成と光物性

研究課題名(英文) Synthesis and photophysical properties of chiral platinum and heteropolynuclear complexes not containing chiral ligands

研究代表者

馬越 啓介 (Umakoshi, Keisuke)

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：20213481

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：フェニル基を有するアキラルなN-ヘテロ環状カルベン(Ph-NHC)を持つ白金錯体にAg(I)イオンを作用させると、キラルな多核金属錯体(Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub>錯体)が生成した。これにキラルなアニオンを加えジアステレオマーを形成させることで光学分割を達成した。4,4'-ジ-tert-ブチル-2,2'-ビピリジン(Bu<sub>2</sub>bpy)と異なる2種類のアセチリドからなる非対称な分子構造の単核白金(II)錯体とCu(I)イオンとの反応から、キラルなPt<sub>4</sub>Cu<sub>3</sub>錯体が生成することも見出した。キラルな配位子を用いることなく、多核錯体の形成により発現する光学異性を"chiral-at-cluster"と名付けた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3次元光学ディスプレイや円偏光発光(CPL)レーザー、キラル識別などへの応用の可能性から、光学活性な金属錯体の光物性に興味を持たれている。光学活性な金属錯体は、光学活性な配位子を用いて錯形成する方法と、金属原子の立体配置を利用する方法の2通りの方法で構築することができる。光学活性な配位子を用いることなく、金属中心周りの配位子のキレート仕方により発現する不斉は"Chiral-at-metal"と呼ばれ、単核錯体でのみ知られていた。本研究により、多核錯体にも光学活性な配位子を用いずに不斉を誘起できることが分かったので、円偏光発光材料の分子設計に新たな指針を与えることができた。

研究成果の概要(英文)：The reaction of Pt(II) complex bearing achiral phenyl-N-heterocyclic carbene (Ph-NHC) ligand with Ag(I) ion formed a chiral heteropolynuclear transition metal complex (Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> complex). The addition of chiral anion to the Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> complex enabled the separation of enantiomers by forming diastereomeric salts. In addition, the reaction of an unsymmetric Pt(II) complex bearing 4,4'-di-tert-butyl-2,2'-bipyridine and two different acetylides with Cu(I) ion also afforded a chiral Pt<sub>4</sub>Cu<sub>3</sub> complex. The chirality arising from the formation of cluster complex with achiral ligands was named "chiral-at-cluster".

研究分野：錯体化学

キーワード：混合金属錯体 白金錯体 非対称錯体 光学活性 光学分割 光物性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

金属原子とその配位圏の立体構造を制御することにより、キラルな(光学活性な)金属錯体の開発が活発に行われている。キラルな金属錯体は、不斉反応を誘起する反応場として有用であり、様々な不斉触媒(反応)が開発されている。一方で、3次元光学ディスプレイや円偏光発光(CPL)レーザー、キラル識別などへの応用の可能性から、キラルな金属錯体の光物性にも興味を持たれている。キラルな金属錯体は、キラルな配位子を用いて錯形成する方法と、金属原子の立体配置を利用する方法の2通りの方法で構築することができる。後者の方法で構築したキラルな金属錯体には、四面体構造や八面体構造を取る金属原子に全て異なる配位子(または配位原子)を配位させることにより発現する"Central Chirality" (*R/S*)や、八面体の3回回転軸方向から眺めた際のキレート様式の違いにより発現する"Propeller Chirality" ( *$\Delta/\Lambda$* )などの不斉が存在するが、その特徴は、不斉を発現させるためにキラルな配位子を用いる必要がないことである(図1)。このようなキラルな金属錯体は、"Chiral-at-metal complex"と呼ばれる。Propeller Chiralityを有する八面体錯体をハロゲン化物イオンで架橋した二核イリジウム錯体は"Chiral-at-metal complex"の前駆体として様々な反応に用いられている。しかし、多核金属錯体や混合金属錯体の立体構造を制御し、"Chiral-at-metal complex"の概念を金属イオンの集積体にまで拡張して新たな化合物群を構築する試みはほとんど行われていなかった。より高効率で新たな光物性の発現と光学材料への応用や、既知の不斉触媒では達成できなかった新たな触媒反応を開拓するためには、不斉構造を有する新たな多核金属錯体・クラスター錯体の開発が重要である。

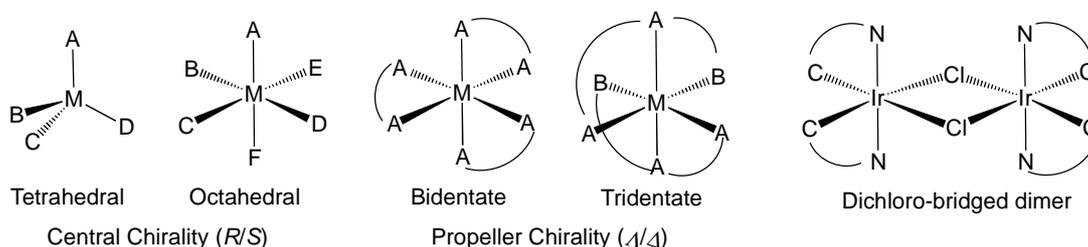


図1. Chiral-at-metal complexes

2. 研究の目的

2,2'-ピピリジンや2-フェニルピリジンの誘導体は、白金原子の *cis* 位に二座配位子としてキレート配位し、鏡映面を持つ平面型錯体を与えるため、通常キラルな錯体は得られない(図2a)。研究代表者らは最近、Guido Clever 教授(ドイツ・ドルトムント工科大学)らとの共同研究において、かご型超分子錯体のパーツとして利用するバナナ型二座配位子を白金原子のトランス位にキレート配位させることにより、全く新しいタイプのキラル錯体が合成できることを明らかにした(図2b)。この錯体は、非対称で剛直な配位子をトランス位にキレート配位させることで

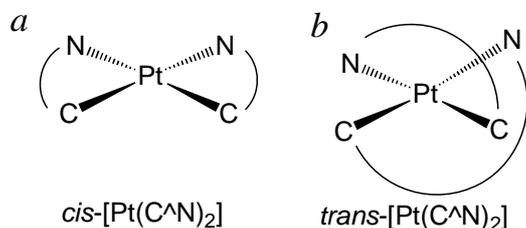


図2. C<sup>N</sup> キレート配位子持つ Pt(II)錯体の構造

平面四角形錯体にキラリティーを発現させた最初の例である。

本研究は、"Chiral-at-metal complex"の概念を二核白金錯体、混合金属錯体など、立体制御による特定のエナンチオマーの選択的合成が困難と考えられている多核金属錯体へ拡張することにより、強い円偏光発光を示す錯体を開発することを目的としている。

3. 研究の方法

図3に示すような非対称な構造の C<sup>N</sup> および C<sup>A</sup>C キレート配位子と 3,5-ジメチルピラゾールなどの架橋配位子(BL)からなる白金錯体に Ag(I)イオンを反応させると、様々な立体構造の異種

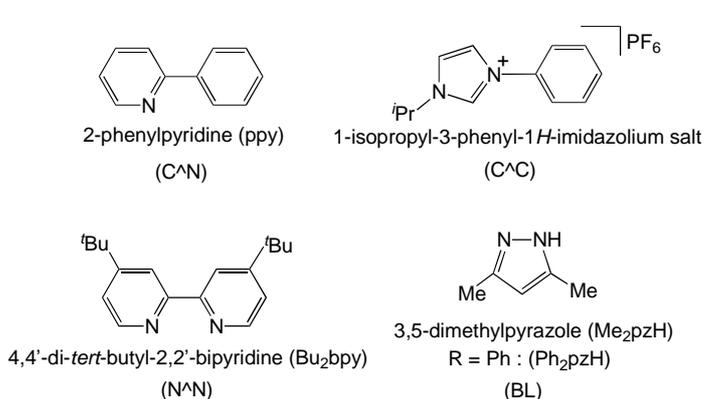


図3. キレート配位子および架橋配位子

のみにより構築されるキラルな異種多核金属錯体の光物性の解明を目指した。

#### 4. 研究成果

フェニル基を有するアキラルな N-ヘテロ環状カルベン (Ph-NHC) 配位子を持つ白金錯体に Ag(I)イオンを作用させると、キラルな多核金属錯体 (Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体) が生成した。これにキラルなアニオンを加え、ジアステレオマーを形成させることで光学分割を達成した。また、4,4'-ジ-tert-ブチル-2,2'-ビピリジン (Bu<sub>2</sub>bpy) と異なる 2 種類のアセチリドからなる非対称な構造の単核白金(II)錯体と Cu(I)イオンとの反応から、キラルな Pt<sub>4</sub>Cu<sub>3</sub> 錯体が生成することも見出した。このように、キラルな配位子を用いることなく多核錯体の形成により発現する光学異性を "chiral-at-cluster" と名付けた。さらに、2-フェニルピリジン (ppy) と異なる 2 種類のピラゾール誘導体からなる非対称な単核白金(II)錯体に Ag(I)イオンを作用させることにより、Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub> 錯体の合成にも成功した。以下に、その概要を述べる。

以前、我々は、2-フェニルピリジン (ppy) が C<sup>^</sup>N キレート配位子して作用し、さらに 2 つの 3,5-ジメチルピラゾール (Me<sub>2</sub>pzH) が配位した単核白金(II)錯体に AgBF<sub>4</sub> を作用させると、分子内に 2 つの Pt(II)イオンと 2 つの Ag(I)を含む混合金属錯体 [Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub>(ppy)<sub>2</sub>(Me<sub>2</sub>pz)<sub>4</sub>] が生成することを見出した。単結晶として得られるのは Z 型に折れ曲った構造を有する錯体分子であるが、溶液中では U 型の構造をした幾何異性体と平衡状態にあることが分かった。この Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub> 錯体にさらに 1 当量の AgBF<sub>4</sub> を反応させると、U 型構造の Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub> 錯体のキャビティーに Ag(I)が捕捉されて Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体が生成し、付加した Ag(I)イオンには 2 つの Pt(II)イオンから Pt-Ag 供与結合が生じていた。さらに、架橋配位子を 3,5-ジメチルピラゾラト (Me<sub>2</sub>pz) から 3,5-ジフェニルピラゾラト (Ph<sub>2</sub>pz) に変えると U 型の Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub> 錯体が選択的に生成し、Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体の安定性も増大した。また、Pt-Ag 供与結合の生成に伴って発光に關与する励起状態が、<sup>3</sup>LC [ $\pi$ - $\pi^*$ (ppy)] から <sup>3</sup>LMM/L'CT [Ph<sub>2</sub>pz-Pt/Ag/ $\pi^*$ (ppy)] に変化した。Me<sub>2</sub>pz および Ph<sub>2</sub>pz が架橋した Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体の発光量子収率は、それぞれ 0.53, 0.15 と中程度であったため、さらなる発光量子収率の向上と発光エネルギーの増大 (発光スペクトルの短波長シフト) を目指して、フェニル基を有する N-ヘテロ環状カルベン (Ph-NHC) 配位子 (C<sup>^</sup>C キレート配位子として作用) を用いて Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体の合成を試みた。

ppy をキレート配位子とする Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体の合成と同様に、Ph-NHC と 2 つの Me<sub>2</sub>pzH が配位した単核白金(II)錯体 [Pt(Ph-NHC)(Me<sub>2</sub>pzH)<sub>2</sub>]Cl に AgBF<sub>4</sub> を反応させたところ、単核白金錯体と Ag(I)イオンの比によらず、Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub> 錯体を経ずに直接 Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体 [Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub>(Ph-NHC)<sub>2</sub>(Me<sub>2</sub>pz)<sub>4</sub>]BF<sub>4</sub> ([2a]BF<sub>4</sub>) が得られた。この Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体も Pt-Ag 供与結合を有しているが、結晶状態では 2 つの Pt 原子からそれぞれ異なる Ag 原子に供与結合が生成しており、ppy をキレート配位子とする Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体とは供与結合の様式が異なっていた。しかし、単結晶を重溶媒に溶解し <sup>1</sup>H NMR を測定すると、溶液状態では 2 種類の Pt-Ag 供与結合の様式が共存する平衡状態にあることが分かった。また、Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体に Bu<sub>4</sub>NCl を作用させると Ag イオンを引き抜いて Pt<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub> 錯体を与えることも分かった。

Ph-NHC をキレート配位子に持つ Pt<sub>2</sub>Ag<sub>3</sub> 錯体でも、架橋配位子を Ph<sub>2</sub>pz にすることにより、溶

多核金属錯体が生成する。また、対称構造の N<sup>^</sup>N キレート配位子を持つ Pt 錯体であっても、N 原子の *trans* 位に異なるアセチリド配位子が導入できれば、Cu(I)イオンのような金属イオンをサンドイッチすることにより非対称な構造の異種多核金属錯体を与える可能性がある。このような設計指針に基づいて様々な単核白金(II)錯体を合成し、さらに Ag(I), Cu(I)イオンと反応させることで、アキラルな配位

液中での異性化反応を抑制することができた。つまり、溶液状態でも結晶構造と同じ Pt Ag 供与結合様式で  $[\text{Pt}_2\text{Ag}_3(\text{Ph-NHC})_2(\text{Ph}_2\text{pz})_4]\text{BF}_4$  ( $[\mathbf{2b}]\text{BF}_4$ ) の立体構造を保持させることができた。この  $\text{Pt}_2\text{Ag}_3$  錯体にはアキラルな配位子しか用いていないが、クラスター錯体を形成することで分子に捻れが生じ、キラリティーが発現していることから、我々は、このような不斉を“*Chiral-at-cluster*”と名付けた。ここに示した  $\text{Pt}_2\text{Ag}_3$  錯体のようにフレキシブルな構造を持つクラスター錯体の光学分割は、これまで試みられた例がない。我々は、 $\text{Pt}_2\text{Ag}_3$  錯体 ( $[\mathbf{2b}]\text{BF}_4$ ) のラセミ体にキララルな対アニオン (bis-(*S*)-および(*R*)-BINOL borate ( $[\text{Bu}_4\text{N}][\mathbf{4}_S]$ および $[\text{Bu}_4\text{N}][\mathbf{4}_R]$ ) を加えてジアステレオマーを形成させることにより、 $\text{Pt}_2\text{Ag}_3$  錯体の光学分割を達成した(図4)。各鏡像異性体の CD および CPL スペクトルも図4にあわせて示している。

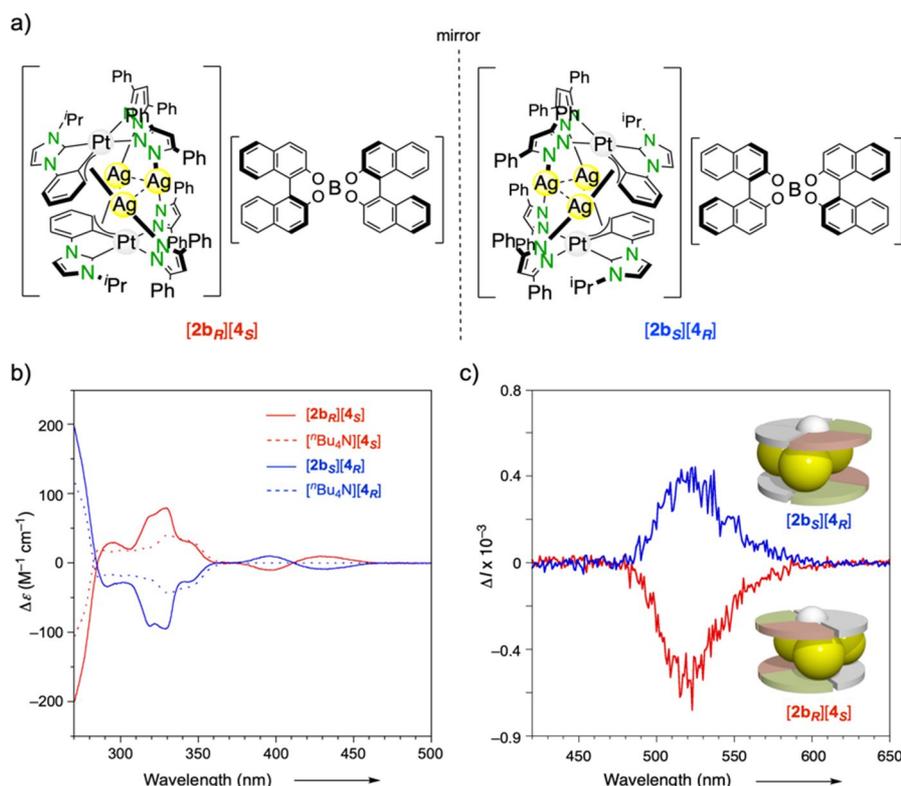


図4.  $[\text{Pt}_2\text{Ag}_3(\text{Ph-NHC})_2(\text{Ph}_2\text{pz})_4][\text{bis-}(S/R)\text{-BINOL borate}]$ の各鏡像異性体とそれらの CD および CPL スペクトル

次に、“*Chiral-at-Cluster*”の概念の一般化を目指して、アキラルな Pt 錯体がクラスターを形成して初めて光学活性になる新たな発光性混合金属錯体の開発を行った。

異なる 2 種類のアセチリド配位子とジイミン配位子を有する非対称型白金錯体が幾つか知られているが、非対称型錯体は、ジイミン白金ユニットを持つ原料錯体に 2 種類のアセチリド配位子を同時に反応させ、統計分布する 3 種類の生成物からカラムクロマトグラフィーにより分離して得るのが一般的である。我々は、4,4'位に  $\text{tBu}$  基を持つ 2,2'-ピピリジン ( $\text{tBu}_2\text{bpy}$ ) と 2 つのフェニルアセチリド ( $\text{PhC}\equiv\text{C}$ ) からなる単核白金錯体  $[\text{Pt}(\text{tBu}_2\text{bpy})(\text{PhC}\equiv\text{C})_2]$  と、 $\text{tBu}_2\text{bpy}$  と 2 つのペンタフルオロフェニルアセチリド ( $\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C}$ ) からなる単核白金錯体  $[\text{Pt}(\text{tBu}_2\text{bpy})(\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C})_2]$  とを 1:1 の比で混合すると、アセチリド配位子間で置換反応が進行することを見出し、異なる 2 種類のアセチリドが配位した非対称型白金錯体  $[\text{Pt}(\text{tBu}_2\text{bpy})(\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C})(\text{PhC}\equiv\text{C})]$  を 43% の収率で単離することに成功した。さらに、この非対称型白金錯体に  $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4]\text{BF}_4$  を 1:1 の比で反応させると  $\{[\text{Pt}(\text{tBu}_2\text{bpy})(\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C})(\text{PhC}\equiv\text{C})]\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})\}\text{BF}_4$  が定量的に生成するが、結晶化により析出する錯体は、 $\text{Pt}_4\text{Cu}_3$  錯体  $\{[\text{Pt}(\text{tBu}_2\text{bpy})(\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C})(\text{PhC}\equiv\text{C})]_4\text{Cu}_3\}(\text{BF}_4)_3$  であることが単結晶 X 線構造解析により明らかになった。生成したクラスター錯体の構造が溶液中で不安定なため光学分割を行うことは困難であるが、この  $\text{Pt}_4\text{Cu}_3$  錯体もクラスターを形成することによりキラリティーが発現しているので、“*Chiral-at-Cluster*” に分類されるキララル錯体である(図5)。

一方、非対称型単核白金錯体  $[\text{Pt}(\text{tBu}_2\text{bpy})(\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C})(\text{PhC}\equiv\text{C})]$  に  $\text{CuBr}$  を反応させた場合は、2 つ

の白金錯体が  $\text{Cu}_4\text{Br}_4$  クラスタをサンドイッチした構造のアキラルな  $\text{Pt}_2\text{Cu}_4$  クラスタ錯体が生成することが分かった (図 5)。  $\text{Pt}_4\text{Cu}_3$  錯体と  $\text{Pt}_2\text{Cu}_4$  錯体は、固体状態でそれぞれオレンジ色 ( $\lambda_{\text{max}} = 604 \text{ nm}$ , 量子収率  $\phi = 13\%$ ) と赤色 ( $\lambda_{\text{max}} = 659 \text{ nm}$ ,  $\phi = 49\%$ ) の発光を示した。

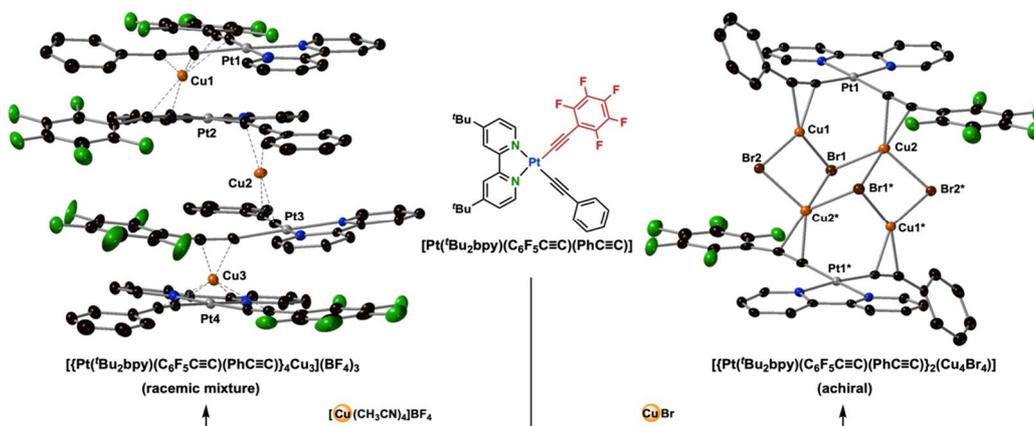


図 5.  $[\text{Pt}(\text{'Bu}_2\text{bpy})(\text{C}_6\text{F}_5\text{C}\equiv\text{C})(\text{PhC}\equiv\text{C})]$  と  $\text{Cu}(\text{I})$  との反応により生成するクラスター錯体 ('Bu 基, 対アニオン, 水素原子は省略)

さらに、2 種類のピラゾールが位置選択的に配位した単核白金(II)錯体の合成法を開発し、その単核白金錯体の光物性と銀(I)イオンとの反応により生成した  $\text{Pt}_2\text{Ag}_2$  錯体の構造および光物性も明らかにした。2-フェニルピリジン(ppy)がシクロメタル化した白金錯体を合成する際の原料としてよく用いられるジクロリド架橋二核白金錯体  $[\text{Pt}_2(\mu\text{-Cl})_2(\text{ppy})_2]$  に 3-*t*-ブチルピラゾール('BupzH)を反応させると、ピリジル基の N 原子の *trans* 位に 'BupzH が、フェニル基の C 原子の *trans* 位に塩化物イオンがそれぞれ配位した錯体  $[\text{PtCl}(\text{ppy})(\text{'BupzH})]$  が選択的に生成した (図 6)。これは、反応途中に生成する  $[\text{Pt}(\text{ppy})(\text{'BupzH}_2)]^+$  と溶液中に共存する塩化物イオンによる逆反応が進行し、トランス効果の大きい C 原子の *trans* 位が塩化物イオンにより置換されて生成していると推測される。しかし、 $[\text{PtCl}(\text{ppy})(\text{'BupzH})]$  に他のピラゾール誘導体を反応させると、塩化物イオンのみを選択的に置換できることが分かった。その結果、2 種類のピラゾール誘導体の配位により非対称な構造を持つ単核白金錯体  $[\text{Pt}(\text{ppy})(\text{'BupzH})(\text{Me}_2\text{pzH})]^+$  の選択的合成に成功した。 $[\text{Pt}_2(\mu\text{-Cl})_2(\text{ppy})_2]$  に反応させるピラゾール誘導体の順序を逆にすると、幾何異性体を作り分けることができることも確認した。この非対称な単核白金錯体に銀イオンを反応させると、分子内に対称中心を持つ  $\text{Pt}_2\text{Ag}_2$  錯体が生成してしまったが、非対称構造を有する単核白金錯体の合成法を確立できたことは、今後、機能性多核錯体を開発する上で重要な合成指針となる。

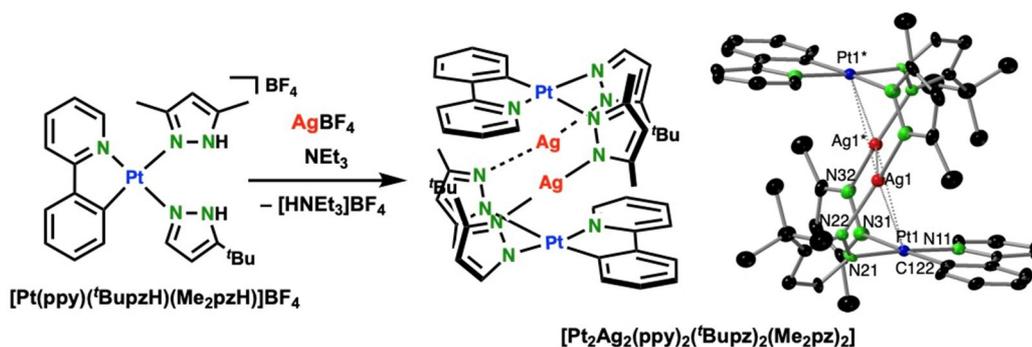


図 6.  $[\text{Pt}(\text{ppy})(\text{'BupzH})(\text{Me}_2\text{pzH})]\text{BF}_4$  と  $\text{Ag}(\text{I})$  との反応により生成する  $\text{Pt}_2\text{Ag}_2$  錯体

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Horiuchi Shinnosuke, Yang Yiming, Ueda Misa, Sakuda Eri, Arikawa Yasuhiro, Umakoshi Keisuke	4. 巻 2022
2. 論文標題 Rational Synthesis of an Unsymmetric Pt Complex Unit Having Two Kinds of Pyrazolate Ligands: Elucidating Steric and Electronic Effects of Pyrazolate Ligands in Pt Ag Sandwich Complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202200497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202200497	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 Horiuchi Shinnosuke, Umakoshi Keisuke	4. 巻 476
2. 論文標題 Recent advances in pyrazolato-bridged homo- and heterometallic polynuclear platinum and palladium complexes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 214924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2022.214924	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 Horiuchi Shinnosuke, Yamaguchi Takumi, Tessarolo Jacopo, Tanaka Hiroataka, Sakuda Eri, Arikawa Yasuhiro, Meggers Eric, Clever Guido H., Umakoshi Keisuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Symmetry-breaking host-guest assembly in a hydrogen-bonded supramolecular system	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-023-35850-4	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 該当する
1. 著者名 Tessarolo Jacopo, Lee Haeri, Sakuda Eri, Umakoshi Keisuke, Clever Guido H.	4. 巻 143
2. 論文標題 Integrative Assembly of Heteroleptic Tetrahedra Controlled by Backbone Steric Bulk	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6339 ~ 6344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c01931	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 Horiuchi Shinnosuke, Hiroiwa Hirotaka, Sakuda Eri, Arikawa Yasuhiro, Umakoshi Keisuke	4. 巻 58
2. 論文標題 An asymmetric Pt diimine acetylde complex providing unique luminescent multinuclear sandwich complexes with Cu salts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3489 ~ 3492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC07108D	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 Horiuchi Shinnosuke, Matsuo Chiharu, Sakuda Eri, Arikawa Yasuhiro, Clever Guido H., Umakoshi Keisuke	4. 巻 49
2. 論文標題 Anion-mediated encapsulation-induced emission enhancement of an Ir(III) complex within a resorcin[4]arene hexameric capsule	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8472 ~ 8477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0dt01485k	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 Horiuchi Shinnosuke, Umakoshi Keisuke	4. 巻 21
2. 論文標題 Emissive Supramolecular Systems Based on Reversible Bond Formation and Noncovalent Interactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 469 ~ 479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.202000125	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 Horiuchi Shinnosuke, Tanaka Seiya, Moon Sangjoon, Sakuda Eri, Ito Akitaka, Arikawa Yasuhiro, Umakoshi Keisuke	4. 巻 60
2. 論文標題 A Heteropolynuclear Pt - Ag System Having Cycloplatinated Rollover Bipyridyl Units	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1513 ~ 1522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c02843	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 Horiuchi Shinnosuke, Moon Sangjoon, Ito Akitaka, Tessarolo Jacopo, Sakuda Eri, Arikawa Yasuhiro, Clever Guido H., Umakoshi Keisuke	4. 巻 60
2. 論文標題 Multinuclear Ag Clusters Sandwiched by Pt Complex Units: Fluxional Behavior and Chiral at Cluster Photoluminescence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 10654 ~ 10660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202101460	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 Takaki Koyo, Sakuda Eri, Ito Akitaka, Horiuchi Shinnosuke, Arikawa Yasuhiro, Umakoshi Keisuke	4. 巻 49
2. 論文標題 Stereoisomers of Homoleptic Dipyrinatoplatinum(II) Complexes Having Arylborane Charge-transfer Substituents: Synthesis, Characterization and Spectroscopic Properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 905 ~ 908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200258	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 -

[学会発表] 計34件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 ホスト-ゲスト形成に基づく分子非対称化と光機能変化
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGCS2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岸川亮・中内健司・藤原麻友香・堀内新之介・小澤芳樹・阿部正明・杉本邦久・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 イミドイルアミジナト白金(II)錯体の発光と結晶構造の圧力および温度依存性
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 Shinnosuke Horiuchi, Eri Sakuda, Yasuhiro Arikawa, Shuichi Hiraoka, Keisuke Umakoshi
2. 発表標題 Symmetry-Breaking Assembly via Induced-fit Molecular Recognition in a Hydrogen-bonded Supramolecular System
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 小倉祥太・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 細孔性結晶中に形成される水分子のクラスター構造の観察
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 楊益鳴・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 2種類のピラゾール誘導体とN <sup>+</sup> Cキレート配位子を持つ非対称白金錯体の幾何異性体の選択的合成と銀イオンとの反応
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 Shinnosuke Horiuchi, Eri Sakuda, Yasuhiro Arikawa, Shuichi Hiraoka, Keisuke Umakoshi
2. 発表標題 Symmetry-breaking Assembly of a Supramolecular Ir Complex within a Hydrogen-bonded Host
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 岸川亮・福田篤史・飯田洋輝・宮下花・堀内新之介・小澤芳樹・阿部正明・杉本邦久・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 イミドイルアミジナト白金( )錯体の発光の圧力依存性
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小倉祥太・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 カチオン性Ir錯体とレゾルシンアレーンからなる複合体結晶の創成と性質
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村珠璃・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 bpy*をキレート配位子とするジメチルピラゾラト架橋多核白金錯体の合成と性質
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楊 益鳴・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 二種類のピラゾラト配位子を持つ白金・銀混合金属錯体の合成と光物性
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木下佳奈・長野志保・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 {(Ph <sub>2</sub> pz) <sub>3</sub> Ag <sub>2</sub> }ユニットがトランスキレート配位したパラジウム錯体の合成と光物性
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬越啓介
2. 発表標題 多核遷移金属錯体の立体制御と金属間相互作用に関する研究
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 木下佳奈・長野志保・堀内新之介・作田絵里・中尾嘉秀・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 {(Ph <sub>2</sub> pz) <sub>3</sub> Ag <sub>2</sub> }ユニットがトランスキレート配位したPdAg <sub>4</sub> 錯体の合成と光物性
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 楊 益鳴・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 白金・銀混合金属錯体の構造と光物性に与えるピラゾラト配位子の置換基効果
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 小倉祥太・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 カチオン性Ir錯体とレゾルシンアレーンを用いた細孔性結晶の構築
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 岸川亮・福田篤史・宮下 花・井上晴貴・中内健司・堀内新之介・小澤芳樹・阿部正明・杉本邦久・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 イミドイルアミジナト白金( )錯体の発光の圧力依存性
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 小倉祥太, 堀内新之介, 作田絵里, 有川康弘, 馬越啓介
2. 発表標題 Ir錯体とレゾルシンアレーンからなる細孔性結晶の合成と性質
3. 学会等名 令和3(2021年)度日本結晶学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinnosuke Horiuchi, Eri Sakuda, Yasuhiro Arikawa, Keisuke Umakoshi
2. 発表標題 Induced-fit assembly in a synthetic hydrogen-bonding supramolecular system
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木下佳奈・長野志保・堀内新之介・作田絵里・中尾嘉秀・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 {(Ph <sub>2</sub> pz) <sub>3</sub> Ag <sub>2</sub> }ユニットがトランスキレート配位したPdAg <sub>4</sub> 錯体の合成と光物性
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 楊 益鳴・堀内新之介・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 ピラゾラト配位子の種類および位置制御による白金 銀混合金属錯体の合成と光物性
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 岸川亮・福田篤史・宮下 花・昇 一隆・井上晴貴・中内健司・堀内新之介・小澤芳樹・阿部正明・杉本邦久・作田絵里・有川康弘・馬越啓介
2. 発表標題 イミドイルアミジナト白金(II)錯体の結晶構造と発光特性の圧力依存性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Prof. Clever - Research Highlights <a href="https://ccb.tu-dortmund.de/en/professorships/ac/clever/research-highlights-clever/">https://ccb.tu-dortmund.de/en/professorships/ac/clever/research-highlights-clever/</a>
---

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		
ドイツ	ドルトムント工科大学	フィリップス大学マールブルク	