

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05388

研究課題名(和文) 擬似エナンチオマー間のヘテロ相互作用を利用した新奇キラル構造の構築と応用

研究課題名(英文) Construction and application of novel chiral structures utilizing hetero-interaction between pseudo-enantiomers

研究代表者

山田 泰教 (Yamada, Yasunori)

佐賀大学・理工学部・教授

研究者番号：20359946

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)：本研究では、擬似エナンチオマー間に働くヘテロキラル相互作用を利用し、異なる多環式芳香族化合物を集積化したキラル構造の構築について検討した。同様の相互作用を利用することで二種類の発光性金属錯体を集積化した構造を構築した。また、光学活性分子を金属酸化物ナノ粒子に担持させた際のヘテロキラル相互作用について、応用を視野に入れた研究を行った。これらの研究により、擬似エナンチオマー間に働くヘテロキラル相互作用を集積化の駆動力や制御に利用することにより、単独の分子では実現できない新しい機能や物性を有する新奇キラル構造を構築可能であることを示すと共に、新素材や機能性物質創製等の応用面に関する知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

固体状態のキラリティーを対象とする分野が近年進展を遂げつつあるが、現象論ばかりが先行し、新素材や機能性物質創製に繋がる展開は未だ限定的である。このため、キラル分子の集積形態に依存して、溶液状態よりも多様な形態で増幅されて現れ得る固体状態のキラリティーの核心に迫り、得られる情報に基づき応用指向の研究を展開することが急務となっている。本研究では、固体状態のキラリティーを司るキラル分子集積化の新たな一面を解明し、ヘテロキラル相互作用を駆動力として擬似エナンチオマーを自在に集積化する技術確立に向けた多くの情報や知見を得ることができた。これは新素材や機能性物質創製にも繋がるものである。

研究成果の概要(英文)：Novel chiral structures have been constructed by assembling two different optically active polycyclic aromatic compounds with the aid of heterochiral interactions between pseudo-enantiomers. Based on similar heterochiral interactions, other types of chiral structures containing two different luminescent metal complexes were also synthesized. Furthermore, the heterochiral interactions of optically active molecules supported on metal oxide nanoparticles were examined with a view to their application. Through these works, we have shown that the heterochiral interactions between pseudo-enantiomers can be used as a driving force for assembly to construct chiral structures with new functions and properties that are not possessed by single molecules, and have provided a prospect for the creation of new devices and functional materials.

研究分野：錯体化学

キーワード：擬似エナンチオマー ホモキラル相互作用 ヘテロキラル相互作用 立体特異的集積化 発光性金属錯体 多環式芳香族化合物

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

キラリティーとは、実像と鏡像を重ね合わせることができない構造の分子や結晶に固有の性質であり、生体機能の発現にも不可欠な要素である。キラリティーが直接的あるいは間接的に関与する現象は、自然界に普遍的に存在し、特異性や選択性等、近未来の科学技術発展の鍵となる膨大な情報を与える。キラリティーに関する研究は、古くから行われているが、今日に至るまで溶液内挙動を対象としたものが大半を占めてきた。近年、固体状態のキラリティーを対象とする研究が、これまでにない進展を遂げつつある。しかしながら、現象論的な追究ばかりが先行し、新素材や機能物質創製に繋がる展開は未だ限定的である。したがって、キラル分子の集積形態に依存して、溶液状態よりも多様な形態で増幅されて現れ得る固体状態のキラリティーの核心に迫り、得られる情報に基づき応用指向の研究を展開することが、この分野における急務と言える。

固体状態のキラリティーは、分子自体の構造のみならず、結晶内での分子配列に強く依存する。我々は、分子設計と同時に、分子間相互作用を制御することが、固体状態のキラリティーの本質を捉え、機能材料化へと繋げる上で不可欠であると考え、これまで基礎的研究に取り組んできた。制御対象となる分子間相互作用には、静電相互作用、ファンデルワールス相互作用、水素結合相互作用等があり、同じキラリティーの分子間ではホモキラル相互作用、異なるキラリティーの分子間、すなわち、エナンチオマー間ではヘテロキラル相互作用が働く。最近になり、我々は、これらの相互作用のうち、ヘテロキラル相互作用が、完全には鏡像関係にない分子間、すなわち、擬似エナンチオマー間にも働き、結晶内の分子配列を決定付ける要素となるという学術的にも新素材開発の上でも重要な事実を見出した。このような固体状態のキラリティーを司るキラル分子集積化の新たな一面を解明し、ヘテロキラル相互作用を駆動力として擬似エナンチオマーを自在に集積化する技術を確認することができれば、光機能性材料や発光素子、金属抽出剤、光学分割剤、ドラッグデリバリーシステム等、新素材や機能性物質創製に繋がる研究展開も期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、擬似エナンチオマー間に働くヘテロキラル相互作用の詳細を解明し、これを集積化の駆動力や制御に利用することで、単独の分子では実現できない“擬似エキシマー発光”のような新しい機能や物性を有する新奇キラル構造の構築法を確立することを目的とする。また、このヘテロキラル相互作用を応用して、光機能性材料や発光素子、金属抽出剤、光学分割剤、ドラッグデリバリーシステム等、新素材や機能性物質創製を指向した研究を展開することも目的の一つとしている。これらの目的を達成するために、(1)異なる多環式芳香族化合物のヘテロキラル相互作用に基づく積層化、(2)強発光性金属錯体のヘテロキラル相互作用に基づく混晶化、(3)金属酸化物ナノ粒子に担持した光学活性分子のヘテロキラル相互作用の応用という三つの課題を設定し、基礎から応用に亘る新たな学術基盤の形成を目指す。

3. 研究の方法

(1)異なる多環式芳香族化合物のヘテロキラル相互作用に基づく積層化

ホルミル基を含む多環式芳香族化合物に対して、アミノ基を有するキラル化合物の *R* 体を反応させ、キラルな多環式芳香族化合物を合成する。これとは別に、アミノ基を有するキラル化合物の *S* 体を用い、異なる多環式芳香族化合物のホルミル基と反応させることで、擬似エナンチオマーとなる多環式芳香族化合物を合成する。これら二つを溶液中で混合した後、結晶化させる方法により、異なる多環式芳香族化合物を交互積層した新しいキラル構造の構築を試みる。ここで得られる化合物について、単結晶 X 線構造解析、固体状態の円偏光スペクトル、発光量子収率や発光寿命、DFT 計算等により、構造や物性を実験と理論の両面から評価する。

(2)強発光性金属錯体のヘテロキラル相互作用に基づく混晶化

中心金属や配位子が異なる発光性 d^8 錯体あるいは d^{10} 錯体を擬似エナンチオマーとし、これらの間のヘテロキラル相互作用を駆動力とした混晶化について検討する。ここで得られる化合物についても構造や物性を実験と理論の両面から評価する。

(3)金属酸化物ナノ粒子に担持した光学活性分子のヘテロキラル相互作用の応用

金属酸化物ナノ粒子表面に光学活性分子を担持した際の応用を探るために、カルボキシル基を含むキラル分子を合成する。このキラル分子に対して、擬似エナンチオマーの関係にある別のキラル分子を合成し、溶液中で共存させた場合のヘテロキラル相互作用を評価する。また、このキラル分子の金属イオンに対する配位能を評価することを通じて、金属酸化物ナノ粒子への吸着についても基礎的情報を収集する。

4. 研究成果

(1)異なる多環式芳香族化合物のヘテロキラル相互作用に基づく積層化

アミノ基を有するキラル化合物として *(R)*-(+)-1-Phenylethylamine, *(R)*-(+)-1-(1-Naphthyl)ethylamine, *(R)*-(-)-2-Phenylglycinol 等の光学活性モノアミンを選択し、2-Fluorencarboxaldehyde (2FA),

9-Anthracenecarboxaldehyde (9AA), 1-Pyrenecarboxaldehyde (1PA)等のホルミル基を含む多環式芳香族化合物との脱水縮合反応により, Fig. 1 に示すような光学活性な多環式芳香族化合物を合成した。また, これらの光学活性モノアミンの *R* 体の代わりに(*S*)-(-)-1-Phenylethylamine, (*S*)-(-)-1-(1-Naphthyl)ethylamine, (*S*)-(+)-2-Phenylglycinol 等の *S* 体を用いることで擬似エナンチオマーとなる多環式芳香族化合物を合成した。合成した化合物のうち擬似的鏡像関係にある二つを選択し, 溶液中で混合・結晶化させることにより, 幾つかの組み合わせについて, 一対の擬似エナンチオマーを含むと考えられる化合物を得ることができた。これらの化合物については, いずれも X 線構造解析に適した単結晶を得るには至っていないが, 個々の光学活性多環式芳香族化合物とは異なる光学活性を有することがわかった。

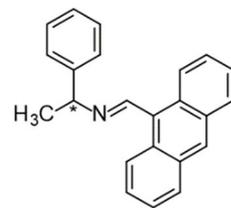


Fig. 1 光学活性な多環式芳香族化合物の例

光学活性モノアミンの代わりに嵩高い(1*R*,2*R*)-(+)-1,2-Diphenylethylenediamine (DPEN) や軸不斉を有する(*R*)-(+)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diamine (BINAM)等の光学活性ジアミンを前駆体とした場合, より強い不斉場を有することから顕著な円偏光特性を示すことが期待される。実際, TD-DFT 計算により9AA との縮合により得られる化合物の CD スペクトルについて検討したところ, (*R*)-(+)-1-Phenylethylamine (PEA: Fig. 2 の青色実線)のような光学活性モノアミンを前駆体とするよりも, *R,R*-DPEN (Fig. 2 の赤色実線)や *R*-BINAM (Fig. 2 の緑色実線)のような光学活性ジアミンを前駆体とした方が, CD スペクトル強度が増幅することがわかった。

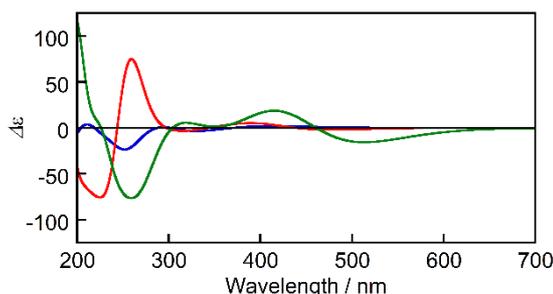


Fig. 2 9AA との縮合により得られる化合物の CD スペクトル

R,R-および *S,S*-DPEN に関して, 9-AA や 2FA, 1PA 等のホルミル基を含む多環式芳香族化合物との脱水縮合反応により光学活性な多環式芳香族化合物を合成した。得られた化合物と共に, ラセミ結晶や擬似ラセミ結晶の円偏光特性について検討した。*R,R*-DPEN と 9AA の反応により得られるキラルな多環式芳香族化合物(Fig. 3 の赤色実線)については, *S,S*-DPEN と 9AA の反応により得られるエナンチオマーと 1:1 ラセミ結晶を形成した場合に CD シグナルが完全に相殺されるのに対し, *S,S*-DPEN と 2FA の反応により得られる擬似エナンチオマー(Fig. 3 の青色実線)と 1:1 擬似ラセミ結晶を形成した場合(Fig. 3 の緑色実線)には CD シグナルが増幅されることが TD-DFT 計算の立場からも明らかとなった。また, この 1:1 擬似ラセミ結晶についても X 線構造解析に適した単結晶を得るに至っていないが, 個々の光学活性多環式芳香族化合物とは異なる発光特性や円偏光特性を付与できることを見出した。

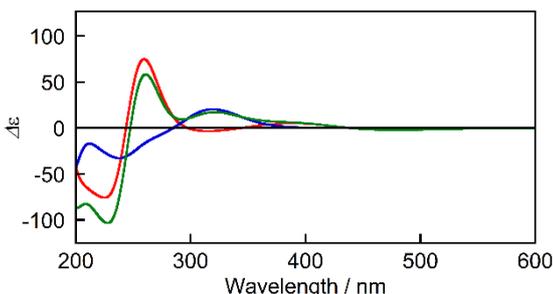


Fig. 3 擬似ラセミ結晶の CD スペクトル

(2) 強発光性金属錯体のヘテロキラル相互作用に基づく混晶化

銅一価および銀一価錯体

銅一価および銀一価錯体を対象とし, 中心金属や補助配位子が異なる擬似エナンチオマー間のヘテロキラル相互作用に基づく混晶化について検討した。配位子には軸不斉を有する(*R*)-(+)-および(*S*)-(-)-2,2'-Bis(diphenylphosphino)-1,1'-binaphthyl (BINAP)関連化合物を用い, ハロゲン化物イオン X^- (X : Cl, Br, I)を補助配位子とした銅一価複核錯体 $[Cu_2X_2(R-BINAP)_2]$ および $[Cu_2X_2(S-BINAP)_2]$, 銀一価複核錯体 $[Ag_2X_2(R-BINAP)_2]$ および $[Ag_2X_2(S-BINAP)_2]$ を合成した。まず, ヘテロキラル相互作用に基づく混晶化の条件を絞り込むために, $[Cu_2Cl_2(R-BINAP)_2]$ と $[Cu_2Cl_2(S-BINAP)_2]$ の組み合わせのようなエナンチオマー間での結晶化を試みた。単結晶 X 線構造解析の結果, この場合にはメソ型の錯体 $[Cu_2Cl_2(R-BINAP)(S-BINAP)]$ に変化することなく, 1:1 ラセミ結晶 $[Cu_2Cl_2(R-BINAP)_2][Cu_2Cl_2(S-BINAP)_2]$ が得られることが明らかとなった。このラセミ結晶中の $[Cu_2Cl_2(R-BINAP)_2]$ の構造を Fig. 4 に示す。

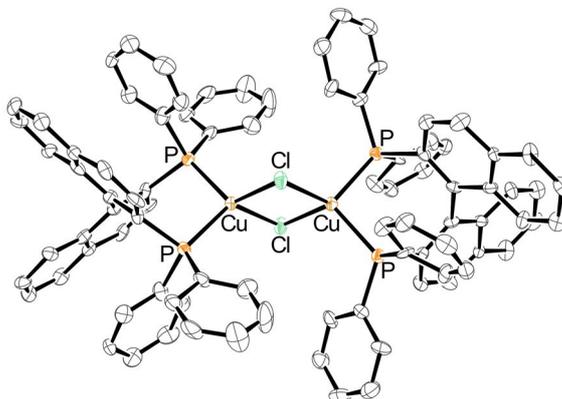


Fig. 4 ラセミ結晶中の $[Cu_2Cl_2(R-BINAP)_2]$ の構造

ラセミ結晶が得られることから明らかなように、結晶中でエナンチオマー間に分子間相互作用が存在する。同様の相互作用に基づく 1:1 ラセミ結晶が $[\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2]$ と $[\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{S-BINAP})_2]$ との組み合わせでも得られることを単結晶 X 線構造解析により確認した。このラセミ結晶中の $[\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2]$ の構造を Fig. 5 に示す。これらの知見を基に $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2]$ と $[\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{S-BINAP})_2]$ のような擬似エナンチオマー間での混晶化を試みた。この場合、1:1 擬似ラセミ結晶 $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2][\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{S-BINAP})_2]$ だけでなく、 $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2][\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{S-BINAP})_2]$ や $[\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2][\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{S-BINAP})_2]$ の形成も示唆された。これは d^{10} 錯体が置換活性であることに起因すると考えられるが、結晶化の際に用いる溶媒を選択すれば擬似ラセミ結晶を得ることも不可能ではないことも確認している。一方、ここで得られた混晶の発光量子収率はラセミ結晶 $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2][\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{S-BINAP})_2]$ と同等以上の値であり、擬似エナンチオマー間の混晶化が発光特性の向上にも繋がることが明らかとなった。

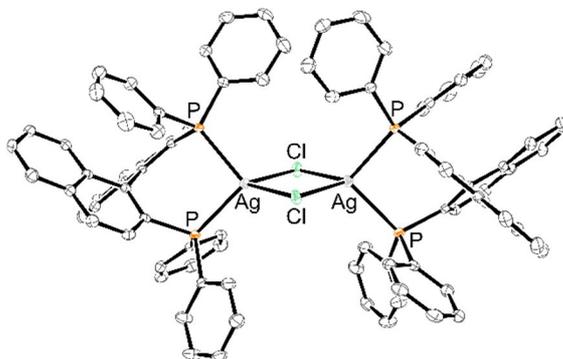


Fig. 5 ラセミ結晶中の $[\text{Ag}_2\text{Cl}_2(\text{R-BINAP})_2]$ の構造

亜鉛二価錯体

d^{10} 錯体を対象とした場合、異なる金属の擬似エナンチオマー間での混晶化は配位子交換を伴うこともある。しかしながら、この種の置換活性錯体の場合でも、一分子で配位飽和へと導くことが可能な多座配位子を用い、同じ中心金属と異なる配位子で構成される擬似エナンチオマー間で集積化を行えば、ヘテロキラル相互作用に基づく混晶化も原理的に不可能ではないと考えられる。そこで、*R,R*-および *S,S*-DPEN、または、*R*-および *S*-BINAM とサリチルアルデヒド類の縮合反応により得られる Schiff 塩基を配位子とする亜鉛二価錯体を合成し、擬似エナンチオマー間での集積化について検討した。その結果、幾つかの組み合わせについて、一対の擬似エナンチオマーを含むと考えられる化合物が得られ、個々の光学活性錯体とは異なる発光特性や円偏光特性を付与できることを見出した。しかしながら、DPEN を用いた場合には一部二量化する傾向をもつ錯体もあり、BINAM を前駆体とする配位子の方が有効であることが示唆された。

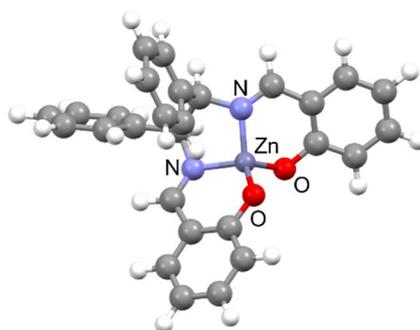


Fig. 6 亜鉛二価錯体の構造例

ニッケル二価、パラジウム二価および白金二価錯体

4 配位四面体型 d^{10} 錯体の場合とは異なり、ニッケル二価、パラジウム二価および白金二価錯体のような 4 配位平面型 d^8 錯体は置換不活性であるため、擬似エナンチオマー間で異なる金属、異なる配位子を導入することが可能である。そこで、*R,R*-および *S,S*-DPEN、または、*R*-および *S*-BINAM とサリチルアルデヒド類の縮合反応により得られる Schiff 塩基を配位子とするニッケル二価、パラジウム二価および白金二価錯体を合成し、擬似エナンチオマー間での集積化について検討した。その結果、ニッケル二価錯体やパラジウム二価錯体を構成要素とした場合には光学活性体、ラセミ結晶、擬似エナンチオマー間の混晶に関わらず、発光効率の低下に繋がることを確認した。一方、白金二価錯体同士を擬似エナンチオマーとして組み合わせることにより、個々の光学活性錯体とは異なる発光特性や円偏光特性を付与できることを見出した。

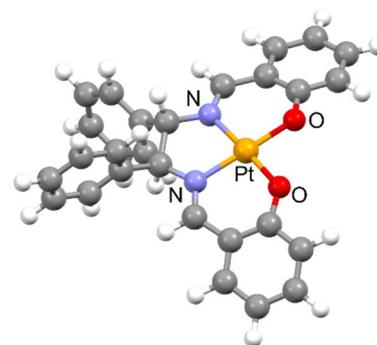


Fig. 7 平面型錯体の構造例

(3) 金属酸化物ナノ粒子に担持した光学活性分子のヘテロキラル相互作用の応用

キラル源となる化合物として (*R*)-(+)-1-Phenylethylamine を選択し、この化合物との脱水縮合に有効なホルミル基と共に、カルボキシル基を有する Terephthalaldehydic Acid とモル比 1:1 で反応させることにより、カルボキシル基を含む光学活性分子を合成した (Fig. 8)。また、(*R*)-(+)-1-Phenylethylamine の代わりに (*R*)-(+)-1-(1-Naphthyl)ethylamine あるいは (*R*)-(-)-2-Phenylglycinol を用いた同様の反応により類似の光学活性分子を合成した。これらの光学活性分子とは別に、カルボキシル基を含まない類似化合物の *S* 体を (*S*)-(-)-1-Phenylethylamine, (*S*)-(-)-1-(1-Naphthyl)ethylamine

あるいは(*S*)-(+)-2-Phenylglycinol を用いて合成した。このカルボキシル基を含まない類似化合物の *S* 体とカルボキシル基を含む光学活性分子の *R* 体を溶液中で共存させて結晶化を試みたが、X 線構造解析に適した単結晶を得るに至らなかった。今後、結晶化条件を絞り込むことにより、このような系におけるヘテロキラル相互作用を明らかとし、金属酸化物ナノ粒子に担持した光学活性分子のヘテロキラル相互作用の応用面が展望できるものと考えられる。

合成したカルボキシル基を含む光学活性分子の金属イオンに対する配位能を評価するために、架橋部位を有する亜鉛二価錯体の共存下、希土類三価イオンとの錯形成についても検討した。その結果、この光学活性分子は脱プロトン化することで架橋配位子として作用し、亜鉛二価と希土類三価の両者を含む多核錯体を形成し得ることを見出した。さらに、高い光学活性分子であることに起因し、立体選択的あるいは立体特異的な多核構造の構築も実現不可能ではないことを見出した。

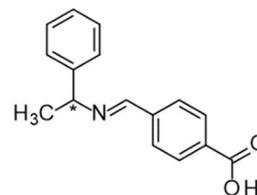


Fig. 8 カルボキシル基を含む光学活性分子

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Mineyama, K. Yoneda, Y. Yamada, M. Koikawa	4. 巻 37
2. 論文標題 Synthesis and Crystal Structure of Bis{2-[(2-hydroxymethylphenyl)iminomethyl]-4-nitrophenolato}nickel(II) Monoacetonitrile	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 X-Ray Structure Analysis Online	6. 最初と最後の頁 85-86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 N. Sato, K. Yoneda, Y. Yamada, M. Koikawa	4. 巻 38
2. 論文標題 Synthesis and Crystal Structure of a Mononuclear Cobalt(III) Complex with 2-[(2-Hydroxymethylphenyl)iminomethyl]phenol and Dimethylaminopyridine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 X-Ray Structure Analysis Online	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 J. Sugiyama, K. Yoneda, Y. Yamada, M. Koikawa	4. 巻 38
2. 論文標題 Synthesis and Crystal Structure of a Dinuclear Cu(II) Complex with N,N,N',N'-Tetrakis(2-pyridylmethyl)-1,4-xylenediamine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 X-Ray Structure Analysis Online	6. 最初と最後の頁 19-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Sato Keiichi, Yamada Yasunori, Hanamoto Takeshi	4. 巻 237
2. 論文標題 Access of cis-4-monofluoromethyl-1,3-oxazolidines via a formal [3+2] cycloaddition triggered by BF ₃ ·OEt ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluorine Chemistry	6. 最初と最後の頁 109599 ~ 109599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfluchem.2020.109599	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 Yamada Yasunori, Matsumoto Reina, Kori Daishin, Koikawa Masayuki	4. 巻 515
2. 論文標題 Syntheses, crystal structures, and solid-state spectroscopic properties of dinuclear cyclometallated platinum(II) complexes with mercaptobenzoazoles as bridging ligands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganica Chimica Acta	6. 最初と最後の頁 120049 ~ 120049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ica.2020.120049	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 Fujiwara Yuuri, Sato Keiichi, Yamada Yasunori, Hanamoto Takeshi	4. 巻 243
2. 論文標題 Synthesis and reactions of (E)- -(bromotetrafluoroethyl)vinyl diphenyl sulfonium triflate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fluorine Chemistry	6. 最初と最後の頁 109737 ~ 109737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfluchem.2021.109737	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 Suemitsu Yuki, Matsunaga Ryuji, Toyofuku Takashi, Yamada Yasunori, Mikuriya Masahiro, Tokii Tadashi, Koikawa Masayuki	4. 巻 5
2. 論文標題 Tetranuclear Hetro-Metal [MnIII2NiII2] Complexes Involving Defective Double-Cubane Structure: Synthesis, Crystal Structures, and Magnetic Properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Magnetochemistry	6. 最初と最後の頁 14 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/magnetochemistry5010014	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 Fukuda Yui, Kikumura Takumi, Sakoda Saki, Ikeda Genki, Nakamura Yuki, Dojyo Masakazu, Yamada Yasunori, Hanamoto Takeshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Stereoselective Synthesis of (Z)-2-Bromo-2-CF3-Vinyl Phenyl Sulfide and its Sonogashira Cross-Coupling Reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 837 ~ 840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611750	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 Kori Daishin, Dote Yuma, Koikawa Masayuki, Yamada Yasunori	4. 巻 170
2. 論文標題 Syntheses, crystal structures, and solid-state photoluminescence properties of heterotrinary Zn ₂ Ln (Ln: La, Sm, Eu, Tb) complexes derived from 1,4-diaminobutane-based N204 compartmental ligand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polyhedron	6. 最初と最後の頁 612 ~ 621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.poly.2019.06.012	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 Oshikawa Yuuki, Yoneda Ko, Koikawa Masayuki, Yamada Yasunori	4. 巻 495
2. 論文標題 Syntheses, crystal structures, and solid-state spectroscopic properties of helical and non-helical dinuclear zinc(II) complexes derived from N202 ligands with different torsion-generating sources	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganica Chimica Acta	6. 最初と最後の頁 118979 ~ 118979
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ica.2019.118979	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33件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 古賀舜也, 郡 大心, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 アルキルジアミンから誘導されるN204 型配位子を用いたランタノイド含有異種多核錯体構築における光学活性補助架橋配位子導入の影響
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会, オンライン, 2021年7月, 講演番号IC-1-041.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀佳朗, 郡 大心, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 N204 型配位子を含む二重螺旋型亜鉛(II)錯体における04 サイトの希土類イオン架橋能
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会, オンライン, 2021年7月, 講演番号IC-1-042.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本玲奈, 郡 大心, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 DPEphos系ジホスフィン配位子を有する混合配位子銅一価錯体の合成と分光学的性質
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会, オンライン, 2021年7月, 講演番号IC-1-043.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川由季, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 非対称なジアミンを前駆体とする光学活性配位子を用いた多核錯体の構築
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会, オンライン, 2021年7月, 講演番号IC-1-044.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 アルキル鎖で隔たれた二つのピリジン骨格を有する配位子を用いた混合配位子銅一価錯体の構築
2. 発表標題 墨谷さゆり, 松本玲奈, 郡 大心, 山田泰教
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会, オンライン, 2021年7月, 講演番号IC-1-045.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井浩貴, 古賀舜也, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 置換可能部位を有する五方両錘型希土類単核錯体のシュウ酸イオンに対する反応性
3. 学会等名 第58回化学関連支部合同九州大会, オンライン, 2021年7月, 講演番号IC-1-046.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀舜也, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 適度な鎖長のアルキルジアミンから誘導されるN2O4型配位子とアミノ酸を用いた光学活性なZn(II)-La(III)異種多核構造の構築
3. 学会等名 九州錯体化学懇談会第261回例会, オンライン, 2021年7月, 講演番号P-17.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀佳朗, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 N2O4型配位子を含む二重螺旋型亜鉛(II)錯体の合成と希土類イオンに対する反応性
3. 学会等名 九州錯体化学懇談会第261回例会, オンライン, 2021年7月, 講演番号P-18.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本玲奈, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 DPEphosあるいはXantphosを含む混合配位子銅一価錯体の合成と分光学的性質
3. 学会等名 九州錯体化学懇談会第261回例会, オンライン, 2021年7月, 講演番号P-19.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鐘ヶ江 郁弥, 米田 宏, 山田泰教, 鯉川雅之
2. 発表標題 アゾ基を有する新規ONO三座配位子による多核遷移金属錯体の合成と性質
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会, オンライン, 2021年9月, 講演番号PA1-21.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 郡 大心, 古賀舜也, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 アルキルジアミンから誘導されるN2O4型配位子を用いた光学活性なZn(II)-La(III)異種多核構造の合成と分光学的性質
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会, オンライン, 2021年9月, 講演番号PA2-42.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山純也, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 長鎖アルキルによる連結型ターミナル配位子を用いた金属酵素活性中心モデル錯体の合成と構造
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会, オンライン, 2021年9月, 講演番号PA2-44.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本玲奈, 郡 大心, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 Mercaptobenzoazoleを架橋配位子とする複核シクロメタル化白金(II)錯体の合成, 結晶構造および固体状態の分光学的性質
3. 学会等名 第70回錯体化学討論会, オンライン, 2020年9月, 講演番号3PA-47.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀佳朗, 郡 大心, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 Methylenedianiline関連化合物から誘導されるN2O4型配位子を含む2重螺旋型複核Zn(II)錯体の合成と反応性
3. 学会等名 第70回錯体化学討論会, オンライン, 2020年9月, 講演番号3PA-48.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀舜也, 郡 大心, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 1,4-Butanediamineから誘導されるN2O4型配位子を含むZn(II)-La(III)異種3核錯体の構造および分光学的性質に及ぼす補助架橋配位子の影響
3. 学会等名 第70回錯体化学討論会, オンライン, 2020年9月, 講演番号3PA-49.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣田優斗, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 柔軟なジホスフィン配位子とするハロゲン架橋混合配位子銅一価多核錯体の合成と分光学的性質
3. 学会等名 2020年日本化学会九州支部秋期研究発表会, オンライン, 2020年11月, 講演番号P1_005.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀舜也, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 1,4-Butanediamineから誘導されるN2O4型配位子を含むZn(II)-La(III)異種三核錯体の構造および分光学的性質における光学活性補助架橋配位子の影響
3. 学会等名 2020年日本化学会九州支部秋期研究発表会, オンライン, 2020年11月, 講演番号P2_025.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀佳朗, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 Methylenedianiline関連化合物から誘導されるN2O4配位子を含む螺旋型複核亜鉛(II)錯体の分光学的性質
3. 学会等名 2020年日本化学会九州支部秋期研究発表会, オンライン, 2020年11月, 講演番号P3_045.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本玲奈, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 剛直なジホスフィンを含む混合配位子銅一価錯体の合成と分光学的性質
3. 学会等名 2020年日本化学会九州支部秋期研究発表会, オンライン, 2020年11月, 講演番号P4_066.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 押川雄紀, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 チオジアニリンを前駆体とするN2O2型配位子を含む三核銅(II)錯体の合成, 構造および分光学的性質
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会, 福岡, 2019年7月, 講演番号IC-1-014.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩熊啄也, 米田宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 フルオレン骨格を有するN2O4型配位子を含む螺旋型亜鉛(II)錯体の合成, 分光学的性質および反応性
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会, 福岡, 2019年7月, 講演番号IC-1-015.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川航平, 米田宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 適度な剛直性を有するジホスフィン配位子を含む混合配位子銅(I)錯体の合成および発光特性
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会, 福岡, 2019年7月, 講演番号IC-1-016.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土手佑真, 米田宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 光学活性な分岐状N4O2配位子から誘導される希土類錯体の置換基に依存した分光学的性質と多核化
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会, 福岡, 2019年7月, 講演番号IC-1-017.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣田優斗, 郡大心, 山田泰教
2. 発表標題 柔軟なジホスフィン配位子を含む混合配位子多核Cu(I)錯体の合成と発光特性
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会, 福岡, 2019年7月, 講演番号IC-1-018.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郡 大心, 土手佑真, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 N4O2型光学活性多座配位子から誘導される希土類錯体の補助配位子に依存した構造および分光学的性質
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会, 愛知, 2019年9月, 講演番号1PA-001.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 押川雄紀, 岩熊啄也, 米田 宏, 鯉川雅之, 山田泰教
2. 発表標題 ねじれ源周囲に嵩高い置換基を有する多座配位子を用いた螺旋型錯体の構築
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会, 愛知, 2019年9月, 講演番号1PA-004.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安徳七海, 宮下芳太郎, 山田泰教
2. 発表標題 レニウムイオンを含む硫黄架橋異種多核錯体の合成
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会, 愛知, 2019年9月, 講演番号1PA-024.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤奈緒子, 米田 宏, 山田泰教, 鯉川雅之
2. 発表標題 キュバン様構造を有する三核及び四核Co錯体の構造と磁氣的性質
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会, 愛知, 2019年9月, 講演番号1PA-070.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀧田公信, 末光勇輝, 米田 宏, 山田泰教, 鯉川雅之
2. 発表標題 NNO型三座配位子による三核および四核Co(II)錯体の構造と磁氣的性質
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会, 愛知, 2019年9月, 講演番号1PA-072.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米田 宏, 山崎洸亮, 原 拓也, 山田泰教, 鯉川雅之
2. 発表標題 磁氣的双安定性を有する多孔性配位高分子に包接されたゲスト分子の光照射による脱着制御
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会, 愛知, 2019年9月, 講演番号1PF-007.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土手佑真, 郡 大心, 山田泰教
2. 発表標題 Zn ²⁺ およびLa ³⁺ イオン共存下でのN204型多座配位子の錯形成における補助架橋配位子の影響
3. 学会等名 第38回溶媒抽出討論会, 佐賀, 2019年11月, 講演番号P-31.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩熊啄也, 押川雄紀, 山田泰教
2. 発表標題 04型架橋可能部位を有する錯体配位子の希土類イオンに対する錯形成能
3. 学会等名 第38回溶媒抽出討論会, 佐賀, 2019年11月, 講演番号P-32.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本彬仁, 宮下芳太郎, 山田泰教
2. 発表標題 種々の金属イオンを用いた硫黄架橋異種多核錯体の立体構造制御
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会, 徳島, 2019年11月, 講演番号1A-03.
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
研究 分担 者	鯉川 雅之 (Koikawa Masayuki) (90221952)	佐賀大学・理工学部・教授 (17201)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	米田 宏 (Yoneda Ko) (50622239)	佐賀大学・理工学部・助教 (17201)	

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