

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：32629

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05544

研究課題名(和文) 遷移金属錯体の円偏光発光 - 機構と励起状態構造 -

研究課題名(英文) Circularly polarized luminescence of transition metal complexes - mechanism and structure in the excited states -

研究代表者

坪村 太郎 (Tsubomura, Taro)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：70188621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究においては銅錯体を中心に各種の発光性キラル遷移金属錯体の合成を行い、その円偏光発光特性を明らかにした。近年化合物の円偏光発光の研究例は非常に勢いで増加しているが、特に遷移金属錯体についてはどのようにすると円偏光発光性が増すのかの指針はない状態である。本研究では銅錯体については配位子のねじれの観点から円偏光性と構造の相関を示すことができた。また、D₂対称のキラルパラジウム錯体を合成し、比較的強い円偏光性を示すことを明らかにした。また白金錯体においてはエキシマー生成によって円偏光性が著しく増すことを明らかにし、励起状態のキラル構造を示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

円偏光発光は、近年報告が非常に勢いで増加している。特に有機物においては以前では考えられなかったほどの大きな円偏光性を示す化合物の報告が次々となされているが、遷移金属錯体ではまだ報告例は少ない。また、円偏光発光によって、励起状態の構造の情報が得られることはきわめて重要な学術的な意義を持つと私は考えるが、そのような観点での報告は有機物も含めて少ないことが現状である。そのような中で、本研究によって遷移金属錯体の円偏光がどのような場合に強くなるのかを示すことができた。また、励起状態でエキシマーを作ることでキラリティが増加することが示された。錯体でこのようなことが示された意義も大きいと考える。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have synthesized various chiral transition metal complexes, mainly copper complexes, and clarified their circularly polarized light emission properties. In this study, we investigated the relationship between the circular polarization and the torsion angles in the diimine ligands of the copper complexes. We also synthesized D₂ symmetric chiral palladium complexes and revealed that it exhibits relatively strong circular polarization. In addition, it was clarified that excimer formation in platinum complexes remarkably increases the circularly polarizing property. The chiral structure in the excited state was discussed.

研究分野：錯体化学

キーワード：円偏光発光 金属錯体 銅錯体 パラジウム錯体 白金錯体 キラリティ

1. 研究開始当初の背景

申請者は 1990 年ころ所属した研究室にて、当時日本では数少ない自作 CPL 測定装置による希土類錯体等の CPL スペクトルの研究を行っていたことから、錯体の CPL スペクトルに興味を持ち、希土類のみならずほとんど知られていなかった一般の遷移金属錯体の CPL についても研究を行い、論文を数編発表した経験がある。

近年国内外で CPL の研究報告例が急激に増加している。これは CPL 測定のための市販品が容易に(極めて高価ではあるが)入手できるようになったことが大きな理由と思われる。しかし私の知る限り、研究対象は有機物が多い。金属錯体では希土類錯体の CPL は以前より多く報告されている。しかし、研究開始当初、クロム(III)錯体の溶液中で強い CPL を観測したという論文が複数出版されたが、その他の金属種を含めてまだ一般の遷移金属錯体の CPL の報告は少なかった。また現実には、単にキラルな化合物の CPL を測定した結果を述べているだけの論文も多く、何のために CPL を測定しているのかの意図が明確でない論文も多いように感じていた。また当時 CPL の黎明期であるとすればそれも致し方ないことのようにも思われるが、やはり CPL でしか分からない励起状態特有の構造や性質の情報が得られたという結果がほしいところであるが、そのような研究例は極めて少ないと思われた。

また測定例が少ない遷移金属錯体の CPL 分光測定を系統的に行い、構造と CPL スペクトルの相関を見ようとしていること、そして量子化学計算とあわせて CPL が発生する要因を軌道の観点から解明しようとしていること、さらに励起状態において生じる構造変化(エキシマーやエキサイプレックス形成も含む)を検出することも目的の 1 つにしていることで、単なる CPL の測定という段階を超えた、大きな意義のある研究として申請を行った。

2. 研究の目的

銅(I)や金(I)などの d^{10} 金属種を有する錯体の発光については、近年非常に多くの研究が報告されている。また一方、市販の装置が出現したことにより、ごく限られた研究室でしか測定できなかった CPL の研究も近年急激に増加している。CPL は本来励起状態の構造を反映しており、その情報が得られることが CD や他のキラリティーを測定する方法にはないメリットである。CPL 測定が報告されてからすでに 50 年近くが経過しているが、現在は報告されている CPL の研究例は単に、「不斉な化合物の CPL を測定したらこうなりました」あるいは「不斉因子の大きい(といっても 10^{-2} オーダーのものが大半)化合物ができました」といったものが多い。なお、不斉因子(以後 g_{em})とはキラルな物質が発する左回りの円偏光の強さを I_L 、右回りの円偏光の強さを I_R とした場合に $\{2 \times (I_L - I_R) / (I_L + I_R)\}$ で表わされる円偏光の度合いを示す値である。

申請者は後述のように、かなり以前に一時期独自システムによって錯体の CPL の測定を行っていたが、近年発光性 d^{10} 錯体を数多く世に出すことができたことを機に、再度これらを用いて CPL の研究を行うことを思い立ち、CPL の研究を再開した。今回の研究計画では下記のいくつかの目的を設定した。CPL の研究発表の際、しばしば大きな不斉因子を得ることができれば新たなデバイスの創出につながるようなことを言われていることがあるが、それは現実にかなり困難なことであり、むしろ不斉発光のメカニズムを明らかにすることや、励起状態の構造を探ることこそがまず求められていることであると申請者は考えている。本研究では、強発光性が知られている d^{10} 金属を含む錯体系をいくつか選択し、その構造と CPL の相関を調べることを目的とした。合わせて CPL 装置の改良も試みた。不斉なエキシマー発光系も含めて研究を行うこととした。エキシマー発光は励起状態でのみ生じる分子からの発光であり、吸収や CD スペクトルではエキシマーを検知することはできず、このような系こそが CPL が本来その威力を発揮する研究である。

3. 研究の方法

(1) 不斉銅錯体の構造と CPL 相関

不斉配位子を含む一連の発光性銅(I)錯体の CPL 測定を行い、CPL 強度と構造の相関を調べた。まずは不斉ホスフィンとして著名な binap 配位子を含む一連の $[\text{Cu}(\text{binap})(\text{dppaX}_2)]$ 錯体 (dppaX_2 はビス(ジフェニルホスフィノアミド)配位子の 2 つのリン原子にカルコゲニド原子(O, S, Se のいずれか)が結合した配位子)を合成した。これらはテトラキス(アセトニトリル)銅(I)塩と dppaX_2 のカリウム塩とキラルな binap 配位子をジクロロメタン中で混合することで得ることができた。これらは比較的強い CPL を示すことが判明し詳しく調べた。

また、不斉ホスフィン配位子を有する錯体でもフェナンスロリン配位子が発光に関わっている錯体ではほとんど検出不能な CPL 信号しか示さない。前段落に示した錯体に比べてなぜ CPL 信号が弱いのかの理由について、その詳細は不明のままである。ジイミンのねじれが CPL 発現に重要と考え、フェナントロリンではなく、特にねじれうるピピリジン誘導体を有する各種の銅錯体を合成して CPL を比較すること、時間依存密度汎関数法によって計算化学の手法から考察を行うことの両面で解明を行うこととした。

(2) 不斉ジホスフィンを含むパラジウム錯体の発光と CPL

以前私共は、キラルジホスフィンキレートを含む 2 個含む 0 価パラジウム錯体 $[Pd(P^*P)_2]$ が強い白光を示すことを見いだしている。今回 binap 等一連のキラルジホスフィンを含むパラジウム(0)錯体を合成し、その CPL を測定することとした。 $[Pd(P(2\text{-methylphenyl})_3)_2]$ 錯体に binap またはキラルな biphep (ビス(ジフェニルホスフィノ)ビフェニル) 誘導体を反応させる方法で一連の錯体を合成し、トルエン中での CPL を測定した。

(3) キラル白金錯体によるエキシマー発光系 CPL

キラルなジケトン配位子とフェニルピリジン配位子が一分子ずつ結合した一連の白金(II) 錯体を合成した。フェニルピリジン配位子も C と N で配意する非対称型二座配位子であり、ジケトン配位子もキラルなカンファー部分を含んでおり非対称となっている。このため得られる $[Pt(O^*O)(C^*N)]$ 錯体はエナンチオマーのほかに幾何異性体が存在する。幾何異性体はシリカゲルカラムで分離することができ、一連の 8 種類の錯体を単離して、X 線構造解析や NMR を用いて構造決定を行い、そのエキシマー発光の CPL を測定し、キラルな分子間相互作用を明らかにすることとした。

(4) CPL 測定装置の改良と CD 測定

現在申請者の研究室で自作の CPL 装置を用いている。この構成そのまま白色光を光源とすることで CD スペクトルの測定ができることに最近気づいた。光源は水銀灯ではなく波長特性がフラットなキセノンランプの方が望ましいが、光源を切り替えるシステムとすることで同一装置で CD が測定できれば利便性が増す。この装置の実用性についてもあわせて検証を行う。

4. 研究成果

(1) 不斉銅錯体の構造と CPL 相関

$[Cu(\text{binap})(\text{dppaX}_2)]$ 錯体の合成と CPL

一連の ($X=O, S, Se$) 錯体の構造は元素分析、NMR で行い、一部の錯体については単結晶 X 線構造解析によって確認した。いずれのカルコゲニドを含む錯体でも R-binap を含む錯体はジクロロメタン溶液中で 400nm 付近に正の CD バンドを示し、S-binap を含む錯体は負の CD バンドを示した。同じくジクロロメタン溶液中において、いずれの錯体も 550-600nm にかけて紫外線照射下で発光を示した。発光量子効率 ϕ_f が $O (16\%) > S (13\%) > Se (0.5\%)$ の順に小さくなり、特にセレンの場合は弱い発光であった。CPL も同じ波長域で観測され CD と同じく、R-binap 錯体では正に、S-binap 錯体では負に観測された。大変興味深いことに、いずれのカルコゲニド配位子を含む場合でも発光強度は大きく異なるが、不斉因子 g_{em} は 3 つの錯体で変化なく 5×10^{-3} であった。この錯体の発光と CPL に関連し、DFT 計算によってその電子状態を考察した。

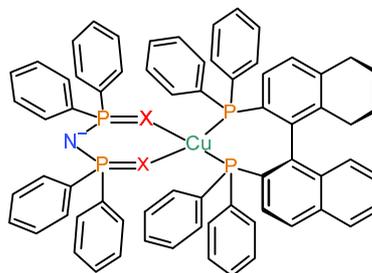


図 1 $[Cu(\text{binap})(\text{dppaX}_2)]$ 錯体

キラルジホスフィンとジイミン配位子を含む銅(I)錯体の構造と円偏光発光

以前私共は $[Cu(\text{dmp})(\text{R-diop})]PF_6$ が溶液中で強発光性を示すことを見いだしたが ($\text{dmp} = 2, 9\text{-ジメチル-1, 10-フェナントロリン}$)、この錯体はキラルな配位子を含むものの、CPL 信号はきわめて弱く g_{em} 値は 1×10^{-4} 程度であった。今回 dmp の代わりに図 2 に示すビピリジン bpy 誘導体を用いて $[Cu(\text{bpy})(\text{R-diop})]PF_6$ タイプの錯体を合成し、それらの分光光学特性を検討した。それらの錯体の吸収スペクトルからは、銅(I)錯体に特徴的な MLCT 遷移に由来する吸収帯が観測された。全ての錯体は CH_2Cl_2 溶液中で黄-オレンジ色に発光を示した。CPL スペクトル測定の結果を上記の錯体と比較したところ、 Me_2bpy 、 tBu_1Me_2bpy および tBu_2Me_2bpy を含む錯体はそれぞれ g_{em} 値が dmp 錯体の 2 倍、3 倍、そして 9 倍まで向上した。三重項で最適化された構造を計算したところ、この順にジイミン配位子の二面角 (θ) が大きくなるのが分かった。また、TD-DFT 計算により得られた旋光強度からも、 tBu_2Me_2bpy の大きな錯体の方が強い CPL 信号をもつ傾向にあることがわかり、この点で実測と計算結果は良い一致を示した。なお、 $[Cu({}^tBu_2Me_2bpy)(\text{R-diop})]PF_6$ 錯体では、CPL が正のメインシグナル以外に短波長側に負のシグナルが観測され、両者はジイミン配位子のねじれが反転している 2 つのコンホマーに由来することが DFT および TD-DFT 計算で判明した。

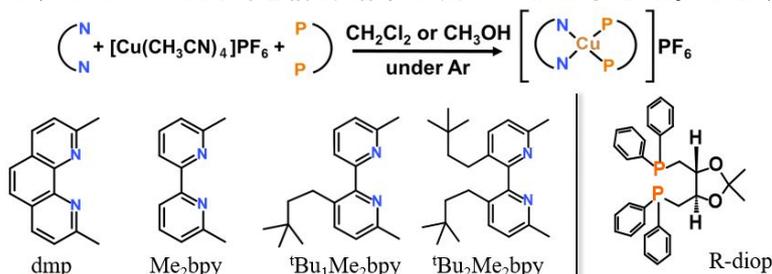


図 2 ビピリジン誘導体を含む銅(I)錯体

(2) 不斉ジホスフィンを含むパラジウム錯体の発光と CPL

キラルなジホスフィン、binap、p-phos、segphos、diop とのパラジウム(0) 錯体の発光および CPL 特性の研究を行った。ジホスフィンの鏡像異性対を使用したため、8 つの錯体を調製した。

錯体の構造は元素分析と一部は X 線結晶構造解析によって明らかにされた。どの錯体も二座ジホスフィンキレート配位を 2 個持つ単核構造であることが判明した。

錯体のすべてのエナンチオマーの円二色性 (CD) スペクトルは、それらが互いの鏡像であることを示していた。この CD スペクトルの形状は TD-DFT 計算で予測したものと良い一致を示した。p-phos 錯体の量子収率が 42% と最も高く、注目する結果となった。diop 以外の錯体 3 の発光がすべて熱活性化遅延蛍光に基づいていることを示唆した。 g_{em} は発光最大波長では diop 以外の錯体ではほぼ 0.005 と、単純な構造の錯体としては比較的大きな値であった。これはこれらの錯体が D_2 対称性を有していることと関係していることが量子化学計算でも明らかになった。diop 錯体では g_{em} は小さく 0.001 程度であった。diop 錯体を除いて、錯体の g_{em} 値は発光バンド全体ではほぼ一定であり、その値は最低エネルギー吸収における g_{abs} 値と比べて若干小さいがほぼ同様であった。 g_{em} の誤差等を考慮するとカイロプロティカル特性が基底状態と励起状態の間でそれほど変わらないことが分かった。

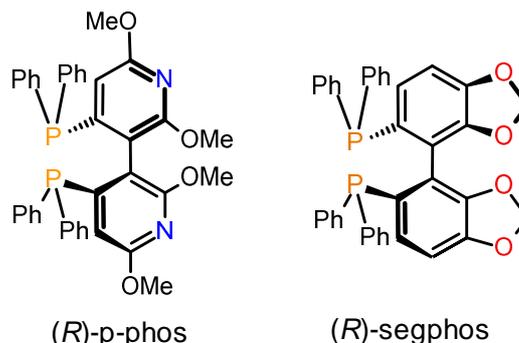


図 3 パラジウム錯体合成に用いたジホスフィンの構造

(3) キラル白金錯体によるエキシマー発光系 CPL

[Pt(ppy)(D-TAC)](ppy=2-phenylpyridine)(D-TAC=3-(trifluoroacetyl)-D-camphor) とそのエナンチオマーである [Pt(ppy)(L-TAC)](図 4 参照)を合成し、これらの発光特性からそのエキシマーの二量体構造を考察した。

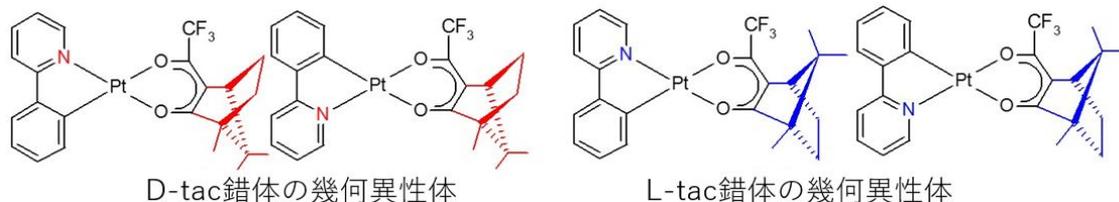


図 4 白金錯体の構造

得られた錯体は NMR と元素分析、さらに X 線構造解析により同定した。吸収スペクトル・NMR 濃度依存性の結果から、これらが基底状態では二量体を形成しないことを確認し、12 種類の溶媒で発光スペクトルの濃度依存性を測定した。その結果、溶媒の極性が低い場合、高濃度溶液で長波長側のエキシマー発光の強度が増大し、*trans* 体(ピリジンと CF_3 が逆側の異性体 *trans* 体と呼ぶこととした)の方が、*cis* 体よりエキシマー発光が圧倒的に強く観測された。また溶媒の極性によりモノマーの発光スペクトルにも変化が見られた。時間分解発光スペクトルからは、エキシマーの発光がモノマーの発光より後で長波長側に観測されることが分かった。エキシマー発光波長における CPL スペクトルの g_{em} 値はモノマー発光領域の CPL シグナルよりかなり大きくなった。これは高濃度溶液中の励起状態でエキシマーを形成することで新たなキラル中心が生成することを示している。これに対し *cis* 体は驚くべきことに CPL がほとんど観測されず、わずかな構造の違いが励起状態の性質も大きく変えることがわかった。トリフルオロメチル基の代わりに、オクタフルオロプロピル基の結合した一連の錯体についても検討を行ったが、全く同様の結果が得られた。

(4) CPL 測定装置の改良と CD 測定

本研究で用いている CPL 測定装置は、市販の石英モジュレータを使って私共が組み立てたものである。円偏光発光測定には[光源 サンプル 測定系]が 180° となっている配置が偽の信号を防ぐ意味で良く用いられるが、従来私共が使用していた光源は高圧水銀灯を色ガラスおよび溶液フィルターを用いて 365nm の波長の光を取りだしたものであった(図 5)。この場合、通常発光測定装置のような 90° 配置と違って、発光観測波長の光が励起光に混じらない

ようにすることが中々困難であり、フィルターを何枚も重ねて用いることでそれを解決していた。近年紫外域の LED が安価に入手できるようになったこともあり、365nm の紫外 LED (3 W 型) を用いて CPL を測定してみたところ、良好な結果を得たので、その後はこの光源を用いている。

また、LED の代わりに白色光のキセノンランプを用いることで、CD も測定できるかどうか検証を行った。図 5 において、検出器の信号を増幅し、AC 成分を DC 成分で割り算することで CD に相当する信号を得ることができるはずと考えた。可視域で CD を示すサンプルとして光学分割を行った $[\text{Co}(\text{en})_3]\text{I}_3$ (en はエチレンジアミン配位子) を用いて CD 測定を行ったところ、図 6 に示すようなスペクトルを得ることができ、この値を定数倍することで、この錯体によく知られた CD スペクトルが得られることが分かった。

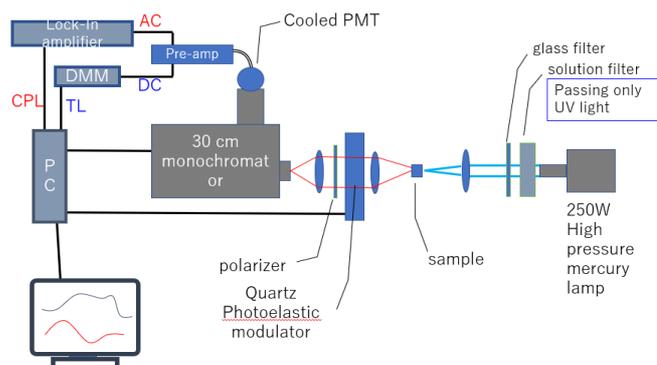


図 5 当研究室の CPL 測定装置。今回光源を水銀灯から LED に変更した。

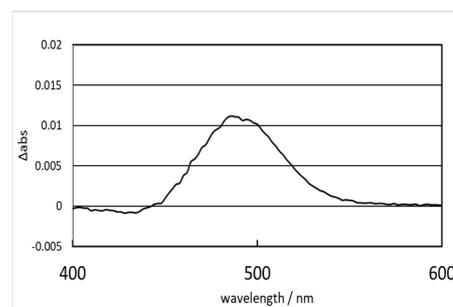


図 6 $-\text{[Co}(\text{en})_3\text{]I}_3$ の CD スペクトル

分光しない光源をそのままサンプルに当てるため、光分解が起きやすいことと、観測波長範囲によっては感度を変更しなければならないこと欠点があるが、狭い波長範囲であれば実用となることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8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 Ogawa Shigesaburo, Katsuragi Haruka, Ikeda Tsukasa, Oshima Kazumasa, Satokawa Shigeo, Yamazaki Yasuomi, Tsubomura Taro	4. 巻 50
2. 論文標題 Dual mechanoluminescence system comprising a solid-state di-copper(I) complex containing N-heterocyclic carbene ligands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8845 ~ 8850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1dt00501d	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 Kakizoe Daichi, Nishikawa Michihiro, Ohkubo Takuma, Sanga Masashi, Iwamura Munetaka, Nozaki Koichi, Tsubomura Taro	4. 巻 60
2. 論文標題 Photophysical Properties of Simple Palladium(0) Complexes Bearing Triphenylphosphine Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 9516 ~ 9528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c00631	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 Yamazaki Yasuomi, Tsukuda Toshiaki, Furukawa Shota, Dairiki Ayumi, Sawamura Shota, Tsubomura Taro	4. 巻 59
2. 論文標題 A Series of Mixed-Ligand Cu(I) Complexes Comprising Diphosphine-Disulfide Ligands: Effects of Diphosphine Ligands on Luminescent Properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 12375 ~ 12384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c01445	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 Yamazaki Yasuomi, Ueshima Yukinori, Mizumoto Yoji, Ishikawa Yuri, Maruyama Riku, Yoshino Yuki, Sofue Yuki, Tsubomura Taro	4. 巻 51
2. 論文標題 Crystal Structure and Photoluminescent Property of an Asymmetric Ag(I) Binuclear Complex	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1015 ~ 1017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220334	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 Morikubo Jun, Tsubomura Taro	4. 巻 61
2. 論文標題 Circularly Polarized Luminescence of Cyclometalated Platinum(II) Complex Excimers: Large Difference between Isomers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 17154 ~ 17165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c02662	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 Ishikawa Yuri, Sato Rumi, Yamazaki Yasuomi, Tsubomura Taro	4. 巻 52
2. 論文標題 Structure and Circularly Polarized Luminescence of Copper(I) Complexes Bearing Bipyridine and Chiral Diphosphine Ligands	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 29 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220455	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 Yamazaki Yasuomi, Furukawa Shota, Ishikawa Yuri, Sato Rumi, Tsubomura Taro	4. 巻 52
2. 論文標題 Circularly Polarized Luminescence Properties of Heteroleptic Mononuclear Cu(I) Complexes Bearing (R)-BINAP and a Diphosphine-dichalcogenide Ligand	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 55 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220450	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 Yusuke, Tsubomura Taro	4. 巻 52
2. 論文標題 Circularly Polarized Luminescence of Palladium(0) Complexes Bearing Chiral Diphosphines	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 144 ~ 147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220517	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18件(うち招待講演 1件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 坪村太郎
2. 発表標題 発光性d10金属錯体の基礎と機能開発
3. 学会等名 第32回配位化合物の光化学討論会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江原 巧, 宮田潔志, 山崎康臣, 坪村太郎, 恩田 健
2. 発表標題 時間分解分光法を用いた長寿命銅錯体の発光機構の解明
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

1. 発表者名 石川裕理, 山崎康臣, 坪村太郎
2. 発表標題 キラルなジホスフィン配位子とジイミン配位子を有するCu(I)錯体のキラル分光特性評価
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

1. 発表者名 水本陽司, 山崎康臣, 坪村太郎
2. 発表標題 様々なホスフィン配位子を有する発光性 Pt(0)錯体の合成と発光特性の調査
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

1. 発表者名 Taro TSUBOMURA
2. 発表標題 Luminescence of copper(I), palladium(0), platinum(0) complexes
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 Y. Ishikawa, Y. Yamazaki, T. Tsubomura
2. 発表標題 Synthesis and circularly polarized luminescence of luminescent copper(I) complexes with a chiral diphosphine ligand and a twisted-bipyridine ligand
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 Y. Mizumoto, Y. Yamazaki, T. Tsubomura
2. 発表標題 Photophysical properties of platinum(0) complexes bearing phosphine ligands
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 石川裕理、山崎康臣、坪村太郎
2. 発表標題 キラルなジホスフィン配位子とねじれジイミン配位子を有する発光性銅(I)錯体のキラル分光特性評価
3. 学会等名 日本化学会第102春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤瑠美、石川裕理、山崎康臣、坪村 太郎
2. 発表標題 ジイミン配位子とジホスフィン配位子を有するキラルな発光性銅()錯体の合成と円偏光発光
3. 学会等名 日本化学会第102春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水本陽司、山崎康臣、坪村太郎
2. 発表標題 ホスフィン配位子を有する Pt(0)錯体の発光挙動とクロミック挙動
3. 学会等名 日本化学会第102春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村寛太、山崎康臣、坪村太郎
2. 発表標題 カルベン銅()多核錯体の合成と発光特性
3. 学会等名 日本化学会第102春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川裕理・山崎康臣・坪村太郎
2. 発表標題 キラルな銅(I)錯体の合成と円偏光発光(CPL)
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水本 陽司、山崎 康臣、小河 重三郎、坪村 太郎
2. 発表標題 単座ホスフィン配位子を有する白金(0)錯体の発光特性
3. 学会等名 日本化学会第101春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川 裕理、山崎 康臣、小河 重三郎、坪村 太郎
2. 発表標題 キラルなジホスフィン配位子とねじれジイミン配位子を有する発光性銅(I)錯体の合成と円偏光発光
3. 学会等名 日本化学会第101春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島真奈・小河重三郎・山崎康臣・坪村太郎
2. 発表標題 d10金属錯体を増感剤に用いたアップコンバージョン発光系の開発
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 葛城 はるか・小河 重三郎・山崎 康臣・坪村 太郎
2. 発表標題 N-複素環カルベン配位子を有する銅(I)二核錯体の合成と分光特性
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川裕理、山崎康臣、坪村太郎
2. 発表標題 キラルなジホスフィン配位子とねじれジイミン配位子を有する発光性銅(I)錯体のキラル分光特性評価
3. 学会等名 日本化学会第102春期年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤瑠美、石川裕理、山崎康臣、坪村 太郎
2. 発表標題 ジイミン配位子とジホスフィン配位子を有するキラルな発光性銅()錯体の合成と円偏光発光
3. 学会等名 日本化学会第102春期年会
4. 発表年 2022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

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