

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02792

研究課題名(和文) 光学活性高次構造構築と形態制御による革新的発光材料の開発

研究課題名(英文) Development of innovative light-emitting-materials by construction of optically active higher-ordered structures and control of morphologies

研究代表者

森崎 泰弘 (Morisaki, Yasuhiro)

関西学院大学・生命環境学部・教授

研究者番号：60332730

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では三種類の面性不斉[2.2]パラシクロファン化合物の新規光学分割法の開発に成功した。これまでに報告した三種類の面性不斉[2.2]パラシクロファン化合物と合わせ、合計六種類をキラルビルディングブロックとして用い、様々な光学活性二次構造を有するキラル分子を合成し、それらほとんど全てが高輝度かつ高異方性で円偏光発光することを示した。系統的なキラル分子の合成と理論的考察から、電子系の配向と円偏光発光挙動の相関を明らかにした。また、キラル[2.2]パラシクロファン分子の基板上での急速結晶化により、骸晶のサイズ・形状・結晶方向を精密に制御することに世界で初めて成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

円偏光発光は左と右円偏光発光強度に差がある発光現象である。有機分子は官能基付与が容易であることから物性を柔軟に設計できる利点があり、本研究で高輝度かつ高異方性で円偏光発光する有機材料を創出できたことは大変意義がある。本研究で明らかにした分子の配向と円偏光発光挙動の相関解明により、その設計指針を示せたことも学術的かつ社会的意義がある。さらに本研究では有機分子の骸晶形成精密制御に世界で初めて成功した。骸晶は雪やBiの結晶など自然界にも見られるが、サイズ・形・結晶成長方向制御は極めて困難である。構造が明確かつ官能基変換が容易な有機分子でこれをなし得た事は、今後様々な応用展開を図る上で非常に意義深い。

研究成果の概要(英文)：In this work, we developed successfully optical resolution methods of three kinds of planar chiral [2.2]paracyclophane derivatives in addition to three kinds of planar chiral [2.2]paracyclophanes prepared so far by us. We prepared various enantiopure π -stacked molecules with optically active second-order structures by using six kinds of planar chiral [2.2]paracyclophane building blocks. The obtained molecules exhibited excellent circularly polarized luminescence properties with high anisotropy factors. The correlation between orientation of the stacked π -electron systems and the chiroptical properties was elucidated by experimental and theoretical studies. In addition, we succeeded in precision control of size, morphology, and crystal growth direction of skeletal crystals of an organic molecule by crystallization of the enantiopure X-shaped molecule based on the planar chiral [2.2]paracyclophane.

研究分野：有機合成化学

キーワード：円偏光発光 面性不斉 高次構造制御 形態制御 シクロファン

1. 研究開始当初の背景

[2.2]パラシクロファンは二つのベンゼン環が近距離(約3Å)で固定された分子であり、分子内π-π相互作用を示す分子として様々な誘導体が古くから合成されている。我々はこれまでに、pseudo-*para*-二置換[2.2]パラシクロファン誘導体をモノマーとして用い、π電子系が一次元に積層した全く新しいタイプのスルースペース共役系ポリマーやオリゴマーを合成し、発光挙動等の物性解明や一方向高効率エネルギー移動など機能を開拓してきた。一方、ベンゼン環が近距離固定されると、ベンゼン環の回転が抑制されることで環の表と裏が区別できるようになる。そのため、[2.2]パラシクロファンの適切な位置に置換基を導入すれば、面性不斉というキラリティを発現する。これまでの知見から、シクロファン骨格にπ共役系を導入すれば、π共役系の部分的な積層のために発光効率は担保され、シクロファンの面性不斉により高異方性円偏光発光特性の発現が期待される。円偏光発光性有機分子に関する分野は若く未解明なことや未踏領域が残されており、真の実用化に向けた応用展開に関しても検討すべきことは多くある。

2. 研究の目的

本研究では大きく分けて以下の二項目に焦点を合わせ研究を展開する。

(1) 高次構造制御

面性不斉多置換[2.2]パラシクロファンの新規光学分割法を開発し、それらをビルディングブロックとして用いてπ電子系積層型光学活性分子を合成する。その光学活性高次構造を制御することで、これまでの物性値を上回る高輝度(大きなモル吸光係数・高い発光量子効率)かつ高異方性(大きな異方性因子)で円偏光発光する分子を創出することを目的とする。

(2) 形態制御

面性不斉多置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用いて光学活性X字型またはV字型分子を系統的に合成し、形態が制御されたマイクロ構造体を作成するとともに新機能を開拓することを目的とする。

3. 研究の方法

面性不斉多置換[2.2]パラシクロファンの新規光学分割はジアステレオマー法によって行った。新規光学活性分子の合成は、そのほとんどをパラジウム錯体を触媒とするクロスカップリングを繰り返すことにより行った。得られた分子は核磁気共鳴法、高分解能質量分析法、X線結晶構造解析によって構造を決定した。得られた分子の物性は紫外可視吸収分光法、蛍光発光分光法、蛍光寿命測定、円二色性分光法、円偏光発光分光法を中心に評価し、時間依存密度汎関数理論(TD-DFT)による計算と組み合わせることで各種特性を理論的にも明らかにした。

円偏光発光の異方性(g_{lum} 値)は以下の理論式を用いてTD-DFTによる計算から算出し、実測値と比較した。

$g_{lum} = 4\mu||m||\cos\theta / (|\mu|^2 + |m|^2)$ ただし、 μ : 励起状態における電気遷移双極子モーメント、 m : 励起状態における磁気遷移双極子モーメント、 θ : μ と m がなす角度

円偏光発光の輝度は B_{CPL} 値として以下の式を用いて実測値から算出した。

$B_{CPL} = 0.5 \times \epsilon \times \Phi_{PL} \times |g_{lum}|$ ただし、 ϵ : モル吸光係数、 Φ_{PL} : 発光効率

4. 研究成果

(1)-①. 新規二置換[2.2]パラシクロファンの新規光学分割法の開発

光学活性二次構造を構築するための構成要素として、pseudo-*meta*-ならびにpseudo-*para*-二置換[2.2]パラシクロファン(Figure 1)のジアステレオマー法によるグラムスケール光学分割に成功した。これにより、予定していた六種類の面性不斉二または四置換[2.2]パラシクロファンビルディングブロック(Figure 1)の合成を完了した。

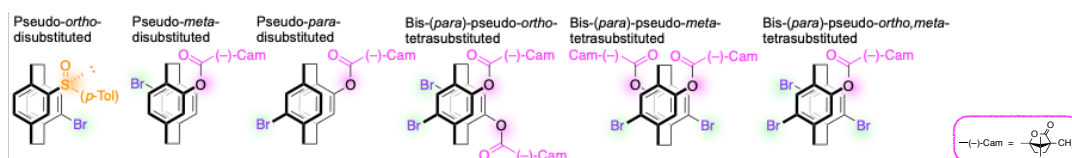


Figure 1. 我々が開発した光学分割法によって得られた6種類のキラルシクロファン。

(1)-②. 光学活性二次構造の構築: 三つのベンゼン環からなるπ電子系の積層様式と円偏光発光特性の相関解明

三つのベンゼン環からなるπ電子系を末端のベンゼン環で積層させたV字型分子と中央で積層させたX字型分子を系統的に合成した(Figure 2)。V字とX字のいずれがよいキロプロパティカ

ル特性を示すか？V字型分子の π 電子系積層角度が60度と120度で円偏光発光特性がどのようになるか？ドナーとしてのメトキシ基の置換位置が変わると円偏光発光特性がどのようになるか？を実験的かつ理論的に調査した。

その結果、 π 電子系はV字に積層させる方がよく、その積層角度は60度と狭い方が若干ではあるが120度よりよい特性が得られる傾向にあること、ドナーが置換したベンゼン環よりも無置換のベンゼン環を積層させた方がよい特性が得られることを明らかにした。

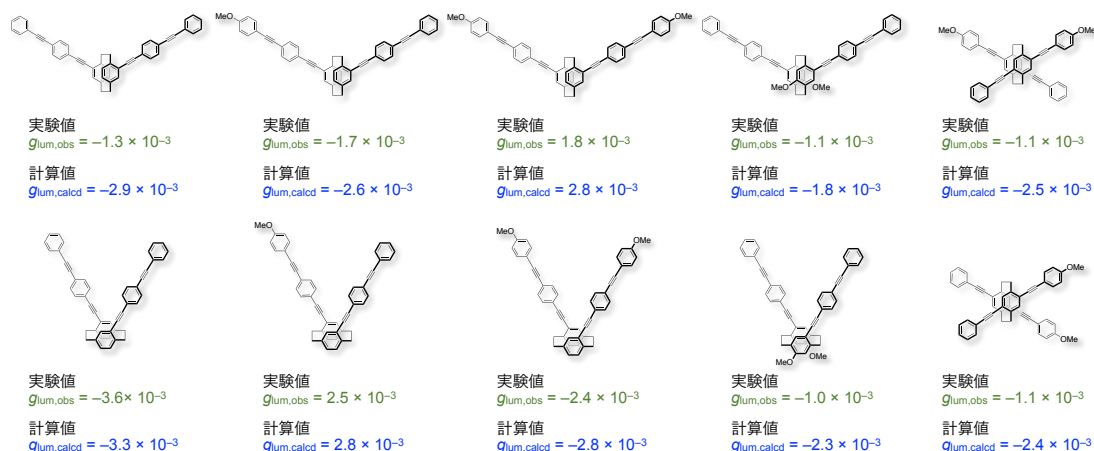


Figure 2. 系統的合成によって得られた π 電子系積層分子の構造と g_{lum} 値.

(1)-③. 光学活性二次構造の構築：五つのベンゼン環からなる π 電子系の積層様式と円偏光発光特性の相関説明

Bis-(*para*)-pseudo-*ortho*- および bis-(*para*)-pseudo-*ortho,meta*-四置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用い、五つのベンゼン環からなる π 電子系を末端のベンゼン環で積層させたV字型分子と、二つ目のベンゼン環で積層させたX字型分子と、中央のベンゼン環で積層させたX字型分子を系統的に合成し (Figure 3)、ベンゼン環の積層位置と円偏光発光特性の相関を調べた。

V字とX字型分子を比較すると、 $|g_{lum}|$ 値の大きさに大差はないが、シクロファンの面性不斉の絶対配置が同じ場合は逆の符号になることが分かった。X字型分子はともに発光に関与する軌道は主に積層部分に局在化していることが明らかになった。円偏光発光の符号は同じであり、 g_{lum} 値の大きさは中央で積層させた方が高くなることを実験的かつ理論的に明らかにした。

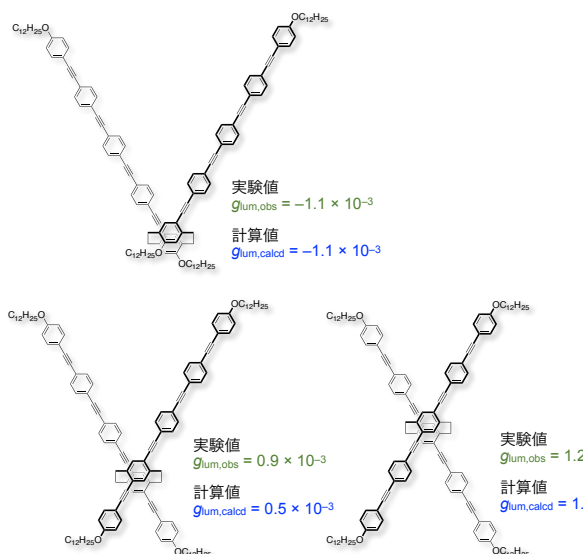


Figure 3. 五つのベンゼン環からなる π 電子系積層分子の構造と g_{lum} 値.

(1)-④. π 電子系積層環状オリゴマーの合成

Bis-(*para*)-pseudo-*ortho*-四置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用い、希薄溶液中クロスカップリングさせることにより、三つのベンゼン環からなる π 電子系が積層した光学活性環状二量体・三量体・四量体 (Figure 4) を合成単離することができた。環状二量体からは円偏光発光が観測されなかったが、環状三量体と四量体は 10^{-3} の桁の良好な g_{lum} 値 (環状三量体の $|g_{lum}| = 2.5 \times 10^{-3}$ 、環状四量体の $|g_{lum}| = 1.8 \times 10^{-3}$) かつ100を超える大きな B_{CPL} 値 (環状三量体の $B_{CPL} = 114$ 、環状四量体の $B_{CPL} = 141$) で円偏光発光することが分かった。

さらに、bis-(*para*)-pseudo-*ortho*-四置換[2.2]パラシクロファンと bis-(*para*)-pseudo-*meta*-四置換[2.2]パラシクロファンを組み合わせることで#構造の環状四量体 (Figure 5) を合成した。ビルディングブロックの絶対配置によって編込み#型と平行#型の二種類合成した。編込み#型は $|g_{lum}| = 2.8 \times 10^{-3}$ かつ $B_{CPL} = 194$ と高異方性と高輝度を兼ね備えた優れた円偏光発光特性を示すことを実験的かつ理論的に明らかにした。

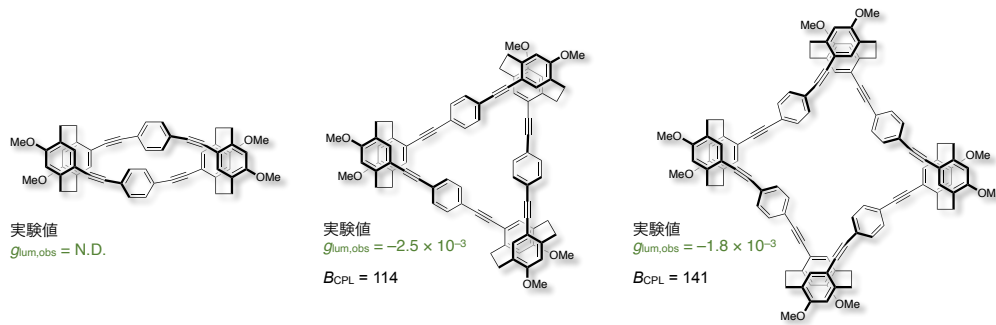


Figure 4. π 電子系積層環状オリゴマーの構造と g_{lum} 値および B_{CPL} 値.

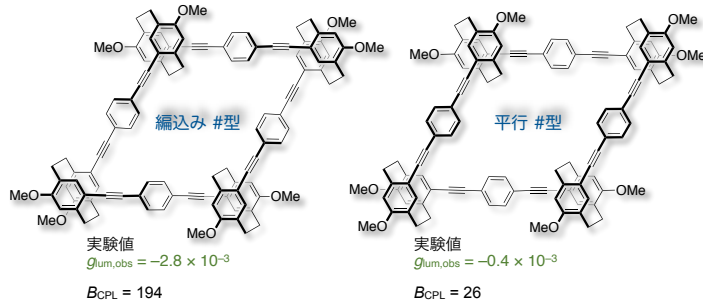


Figure 5. 二種類の π 電子系積層環状四量体の構造と g_{lum} 値および B_{CPL} 値.

(1)–(5). 面性不斉による軸性不斉、螺旋性不斉、ねじれ不斉の制御

Bis-(*para*)-pseudo-*ortho,meta*-四置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用い、*p*-メトキシフェニル基を四つ導入した光学活性 π 電子系積層分子を合成した (Figure 6)。*p*-ターフェニルが中央のベンゼン環で積層した構造を有する分子である。ビフェニル、*p*-ターフェニル、*p*-クアトラフェニルなどの *p*-アリーレンは潜在的に軸性不斉を有している。合成した π 電子系積層分子は結晶中においてシクロファン骨格の面性不斉により *p*-ターフェニルの軸性不斉が制御されていることが分かった。溶液中においては 195 K に冷却しても *p*-メトキシフェニル基は自由回転していることが分かったが、178 K まで冷却すると軸性不斉が制御され、光励起によって Frank-Condon 状態からの円偏光発光と構造緩和による S_1 状態からの円偏光発光の二重発光が観測された。

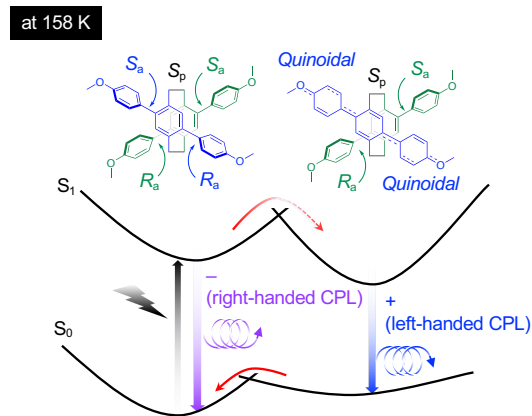


Figure 6. ターフェニル積層分子の構造と低温における発光メカニズム. S_p = 面性不斉絶対配置 S , S_a = 軸性不斉絶対配置 S , R_a = 軸性不斉絶対配置 R .

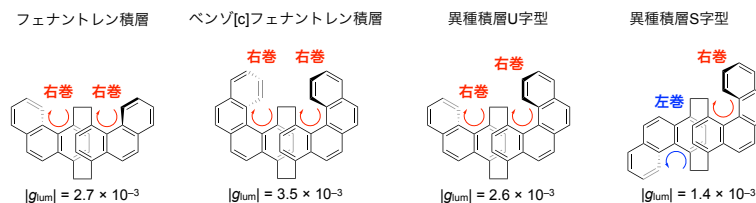
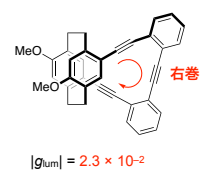


Figure 7. フェナントレンおよびベンゾ[c]フェナントレン積層分子. 面性不斉による螺旋性不斉の制御.

Pseudo-*meta*-二置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用い、スチルベン誘導体が積層した分子を合成した。これを光酸化により環化させることで、フェナントレンやベンゾ[c]フェナントレンが積層した分子 (Figure 7) を合成した。フェナントレン単体は平面構造の分子であるが、面性不斉[2.2]パラシクロファン骨格により、フェナントレンが片巻にねじれて螺旋性不斉が誘起された[3]ヘリセン構造が構築された。ベンゾ[c]フェナントレンはもちろん片巻

[4]ヘリセン構造を形成していた。Pseudo-*para*-二置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとすることで、フェナントレンとベンゾ[c]フェナントレンが積層した異種積層 S 字型の分子を合成することもできた (Figure 7)。対応する異種積層 U 字型分子と物性を比較したところ、U 字型分子がよりよい円偏光発光特性を示すことが分かった。

Bis-(*para*)-pseudo-*ortho*-四置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用い、 π 電子系(オルトフェニレンエチニレン)が折りたたまれた構造の光学活性フォルダマー (Figure 8) を合成した。面性不斉によってフォルダマーに螺旋性不斉が誘起された分子である。この分子は g_{lum} 値が 10^{-2} の桁に達する優れた円偏光発光特性を発現した。単一の共役系で螺旋構造または環状構造を構築することで、拡張された共役系でも $S_1 \rightarrow S_0$ 遷移における電気遷移双極子モーメントの伸長が抑制されたことに起因して g_{lum} 値が高くなったことが理論的に明らかになった。



$$|g_{lum}| = 2.3 \times 10^{-2}$$

Figure 8. オルトフェニレンエチニレン折りたたみ構造。面性不斉による螺旋性不斉の制御。

Pseudo-*ortho*-二置換[2.2]パラシクロファンとアントラセンを組み合わせた小環状分子 (Figure 9) を合成した。アントラセンは 1,8-位で連結されているため π 共役系は分子全体に拡張されておらず、発光は主にアントラセン部位から起こることを明らかにした。すなわち、面性不斉[2.2]パラシクロファンによって片巻にねじられたアントラセン由来の円偏光を発することが示され、 $|g_{lum}|$ 値は 1.8×10^{-3} と見積もられた。理論的考察により、アントラセンはねじればねじるほど高い $|g_{lum}|$ 値で円偏光発光すると予測された。



$$|g_{lum}| = 1.8 \times 10^{-3}$$

Figure 9. ねじられたアントラセン。面性不斉によるねじれ不斉の制御。

(1)-⑥. ユニークな光学活性二次構造の構築

Bis-(*para*)-pseudo-*ortho,meta*-四置換[2.2]パラシクロファンをビルディングブロックとして用い、当研究室で開発した化学選択的菌頭-萩原クロスカップリングを駆使することで、五つのベンゼン環からなる π 電子系に、三つのベンゼン環からなる π 電子系を積層させた χ ならびに ψ -型分子 (Figure 10) の合成に成功した。発光は五つのベンゼン環からなる π 電子系から起こり、優れた蛍光量子効率 (>0.99) かつ 10^{-4} の桁の良好な $|g_{lum}|$ 値で円偏光発光することが分かった。

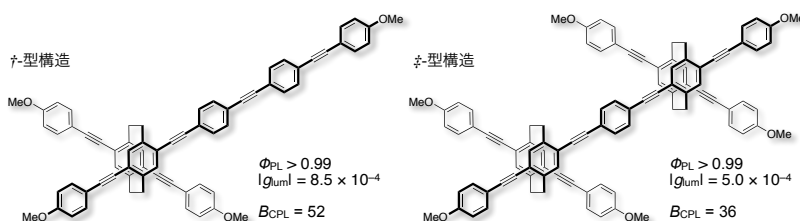


Figure 10. χ -ならびに ψ -型分子の構造と各種パラメータ。

(2) 面性不斉 X 字型分子が創るお椀型結晶

三つのベンゼン環からなる π 電子系積層 X 字型分子を石英基板上で結晶化させると、マイクロメートルサイズのお椀型単結晶が得られることを見出した (Figure 11)。結晶化はわずか 20 秒程度で終了し、サイズ・形状・結晶成長方向が完全に制御されていることが分かった。この結晶は自然界でも稀に観られる骸晶 (雪やビスマスなどの骸晶など) に分類される凹多面体の特徴とする単結晶であり、骸晶の成長を精密制御した世界で初めての例である。さらに本研究では、得られたお椀型結晶が実際に液体を保持するマイクロの器として使えることを示した (Figure 11)。

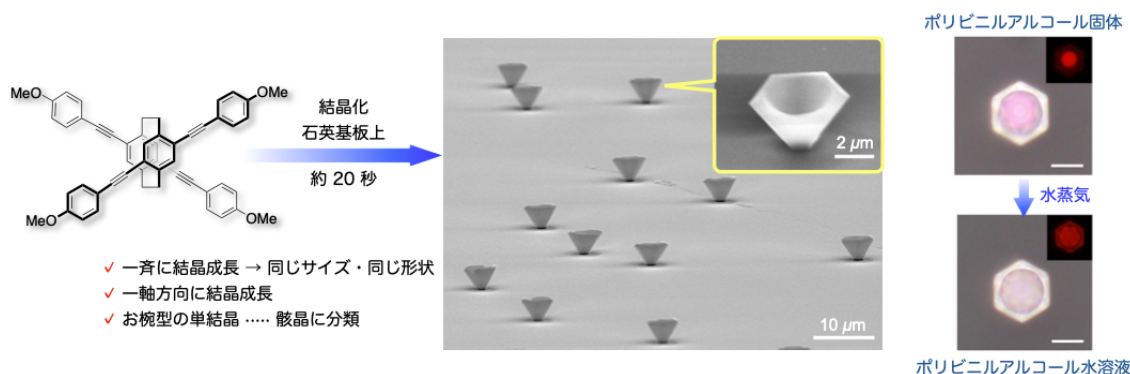


Figure 11. 光学活性 X 字型分子の骸晶形成制御および結晶のマイクロの器としての応用。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20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 Tabata, D.; Inoue, R.; Sasai, Y.; Morisaki, Y.	4. 巻 95
2. 論文標題 Synthesis of Optically Active V(120°)- and (60°)-Shaped Molecules Comprising Different - Electron Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 595-601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220018	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 Tanaka, K.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 17
2. 論文標題 Optically Active Cyclic Oligomers Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	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/asia.202101267	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 Miki, N.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 95
2. 論文標題 Synthesis and Chiroptical Properties of One-handed Helical Oligo-o-phenylene-ethynylenes Using Planar Chiral [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 110-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210368	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 Miki, N.; Maeda, H.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 6
2. 論文標題 Syntheses and Chiroptical Properties of Optically Active V-Shaped Molecules Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 12970-12974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.202103587	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 Asakawa, R.; Tabata, D.; Miki, N.; Tsuchiya, M.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Syntheses of Optically Active V-Shaped Molecules: Relationship Between their Chiroptical Properties and the Orientation of the Stacked π -Electron System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Eur. J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 5725-5731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202101119	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 Tsuchiya, M.; Maeda, H.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 57
2. 論文標題 Construction of Helical Structures with Planar Chiral [2.2]Paracyclophane: Fusing Helical and Planar Chiralities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 9256-9259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc03320d	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 Miki, N.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 94
2. 論文標題 Synthesis of Optically Active V-Shaped Molecules: Studies on the Orientation of the Stacked π -Electron Systems and their Chiroptical Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 451-453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200294	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 Inoue, R.; Kondo, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 56
2. 論文標題 Experimental and Theoretical Studies on Circularly Polarized Phosphorescence of [2.2]Paracyclophane-based Platinum(II) Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 15438-15441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC06205G	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 Namba, G.; Mimura, Y.; Imai, Y.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 26
2. 論文標題 Control of Axial Chirality by Planar Chirality Based on Optically Active [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	6. 最初と最後の頁 14871-14877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202003188	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 Sasai, Y.; Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 93
2. 論文標題 Synthesis and Chiroptical Properties of \uparrow - and \ddagger -Shaped Molecules Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 3959-3966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200160	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 Inoue, R.; Morisaki, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Efficient Stereoselective Synthesis and Optical Properties of Heteroleptic Square-Planar Platinum(II) Complexes with Bidentate Iminopyrrolyl Ligands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Eur. J. Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 3959-3966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202000689	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 Kikuchi, K.; Nakamura, J.; Nagata, Y.; Tsuchida, H.; Kakuta, T.; Ogoshi, T.; Morisaki, Y.	4. 巻 14
2. 論文標題 Control of Circularly Polarized Luminescence by Orientation of Stacked π -Electron Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 1681-1685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801741	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 Nishino, K.; Tanaka, K.; Morisaki, Y.; Chujo Y.	4. 巻 14
2. 論文標題 Design of Thermochromic Luminescence without Conformation and Morphology Changes by Employing the Bis-o-carborane-Substituted Benzobithiophene Structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 789-795
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801529	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 Tsuchiya, M.; Inoue; R.; Tanaka, K.; Morisaki, Y.	4. 巻 17
2. 論文標題 Synthesis of Twisted Anthracenes: Induction of Twist Chirality by the Planar Chiral [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	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/asia.202200418	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 Oki, O.; Yamagishi, H.; Morisaki, Y.; Inoue; R.; Ogawa, K.; Miki, N.; Norikane, Y.; Sato, H.; Yamamoto, Y.	4. 巻 377
2. 論文標題 Synchronous Assembly of Chiral Skeletal Single-crystalline Microvessels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 673-678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abm9596	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 Sawada, R.; Gon, M.; Chujo, Y.; Inoue; R.; Morisaki, Y.	4. 巻 95
2. 論文標題 Synthesis of Optically Active -Stacked Molecules: Effect of -Stacking Position on the Chiroptical Properties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 1353-1359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220153	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 Yanagawa, A.; Tsuchiya, M.; Inoue; R.; Morisaki, Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Optical Resolution of Pseudo-para-disubstituted [2.2]Paracyclophane: a Chiral Building Block for Optically Active Helicene-stacked Molecules Emitting Circularly Polarized Luminescence	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 986-993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2TC04652K	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 Morisaki, A.; Inoue; R.; Morisaki, Y.	4. 巻 29
2. 論文標題 Synthesis of Two Novel Optically Active #-Shaped Cyclic Tetramers Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophanes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	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.202203533	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 Maeda, H.; Inoue; R.; Saeki, A.; Morisaki, Y.	4. 巻 55
2. 論文標題 Synthesis of Optically Active Through-space Conjugated Polymers Consisting of Planar Chiral Pseudo-meta-disubstituted [2.2]Paracyclophane	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polym. J.	6. 最初と最後の頁 537-545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00703-2	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 Matsumura, K.; Inoue; R.; Morisaki, Y.	4. 巻 138
2. 論文標題 Synthesis of Two Optically Active V-Shaped Molecules: Investigating the Correlation between the Stacking Angle and Chiroptical Properties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tetrahedron	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.tet.2023.133406	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 6件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 笹原圭史・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 凝集誘起円偏光発光特性を示す光学活性X字型分子の合成
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森崎葵・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを用いる光学活性#型分子の合成とキロプティカル特性
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田畑大希・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 異種 電子系積層光学活性V字型分子の合成とキロプティカル特性
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土屋幹貴・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを用いるヘリセン積層分子の合成:面性不斉 による螺旋性不斉の制御
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梁川明日香・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを用いる光学活性オリゴフェニレン積層分子の合成
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉元素ブロックの合成と円偏光発光
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松村 健世・井上 僚・森崎 泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを基盤とする光学活性V字型分子の合成と物性評価
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 小川 夏奈・井上 僚・森崎 泰弘
2. 発表標題 光学活性bis-(para)-pseudo-ortho四置換[2.2]パラシクロファンを用いた 電子系積層X字型分子の合成とキロプティカル特性評価
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 竺原圭史・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 凝集誘起円偏光発光特性を示す光学活性X字型分子の合成
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 森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンの化学：高輝度と高異方性を両立する円偏光発光性分子の創出
3. 学会等名 有機合成夏期セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤利樹・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを用いたキラルなパックマン型白金二核錯体の合成とキロプティカル特性
3. 学会等名 錯体化学第70回討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンが創る光学活性二次構造とキロプティカル特性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuhiro Morisaki
2. 発表標題 Synthesis of π -Stacked Molecules Consisting of Different π -Electron Systems by Chemoselective Sonogashira-Hagihara Cross-coupling
3. 学会等名 7th Asian Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森崎泰弘・森田柊平・三木仲七
2. 発表標題 植物の成長を促進する高分子材料の開発：新規円偏光発光性モノマーの合成と応用
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丹波俊輔・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 [2.2]パラシクロファンを含む光学活性シクロパラフェニレンの合成と物性
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹井優作・林一陽・角田貴洋・生越友樹・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを用いる光学活性y型, †型, ‡型分子の合成とキロプティカル特性評価
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 難波源希・信田尚毅・稲木伸介・森崎泰弘
2. 発表標題 チオフェニル基を導入した光学活性[2.2]パラシクロファンの合成と物性
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井貫優里菜・森崎泰弘
2. 発表標題 親水性基を有する新規光学活性bis-(para)-pseudo-ortho-四置換[2.2]パラシクロファンの合成
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中健太郎・森崎泰弘
2. 発表標題 新規光学活性bis-(para)-pseudo-ortho-四置換[2.2]パラシクロファンの合成と重合
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木仲七海・森崎泰弘
2. 発表標題 光学活性bis-(para)-pseudo-meta-四置換[2.2]パラシクロファンの合成および 電子系積層V字構造の構築
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森田 柁平・森崎泰弘
2. 発表標題 光学活性[2.2]パラシクロファンからなる新規ビニルモノマーの合成と重合
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Morisaki
2. 発表標題 ircularly Polarized Luminescence from Chiral Molecules Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophane
3. 学会等名 ACS Fall 2019 National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Morisaki
2. 発表標題 Circularly Polarized Luminescence Materials Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophane
3. 学会等名 International Symposium on Advanced Polymeric Materials 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Morisaki
2. 発表標題 Planar Chiral [2.2]Paracyclophane-based Chiral Molecules Emitting Circularly Polarized Luminescence
3. 学会等名 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを鍵骨格とする光学活性分子の合成と円偏光発光
3. 学会等名 第5回CREST研究推進講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 雪本俊・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 水素結合性有機フレームワーク(HOF)構築を志向したカルボキシ基を有する光学活性[2.2]パラシクロファンの合成
3. 学会等名 第42回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森崎泰弘・田中健太郎・森崎葵・井上僚
2. 発表標題 面性不斉元素ブロックを用いる 電子系積層環状オリゴマーの合成と円偏光発光
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 雪本俊・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 水素結合性有機フレームワーク(HOF)構築を志向したカルボキシ基を有する光学活性[2.2]パラシクロファンの合成と物性
3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梁川明日香・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを用いたヘリセン積層分子の合成
3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiro Morisaki
2. 発表標題 Synthesis of Optically Active Molecules Based on Planar Chiral [2.2]Paracyclophanes: Control of Other Chiralities by the Planar Chirality
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiro Morisaki
2. 発表標題 Circularly Polarized Luminescence Emitting Organic Materials Based on Planar Chiral Molecules
3. 学会等名 The 4th Materials Research Society of Thailand International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市村真子・森田柊平・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 円偏光発光特性ビニルポリマーの合成
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 井上琴絵・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 面性不斉[2.2]パラシクロファンを基盤とする円偏光発光性有機-無機ハイブリッドの合成と物性評価
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 梁川明日香・井上僚・森崎泰弘
2. 発表標題 拡張[2.2]パラシクロファン類の合成と物性評価
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

関西学院大学理工学部環境・応用化学科森崎研究室研究業績 http://www.kg-applchem.jp/morisaki/ca-research-jp/
--

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
研究協力者	山本 洋平 (Yamamoto Yohei)	筑波大学・数理物質系・教授 (12102)	

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
研究協力者	生越 友樹 (Ogoshi Tomoki)	京都大学・工学研究科・教授 (14301)	
研究協力者	長田 裕也 (Nagata Yuuya)	北海道大学・化学反応創成研究拠点・特任准教授 (10101)	

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