

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01961

研究課題名(和文)近赤外光に応答する新規アザポルフィリン増感剤の開発と高機能化

研究課題名(英文)Development and functionalization of NIR-light-responsive diazaporphyrin sensitizers

研究代表者

俣野 善博(Matano, Yoshihiro)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：40231592

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：外周部が窒素で部分的に置換されたポルフィリン(アザポルフィリン)を題材として複数の課題に取り組んだ。まず、置換様式が異なる数種類のアザポルフィリンの簡便な合成法を確立した。次いで、一連の化合物の芳香族性、光学特性、電気化学特性、一重項酸素発生効率などを調べ、アザポルフィリンの構造、物性、および増感剤としての特徴を明らかにした。また、近赤外光に応答する親水性ジアザポルフィリンの医療用色素としての潜在力を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

期間内に実施した研究で、主に三つの成果を手にすることができた。すなわち、(1)アザポルフィリン骨格を構築し、外周部を化学修飾するための簡便な方法の確立、(2)近赤外光に高い感度で応答するアザポルフィリン色素設計指針の確立、(3)光照射により一重項酸素を発生するアザポルフィリン増感剤の開発、である。これらの成果は、広くアザポルフィリンの学理を構築する上で重要な知見となるほか、医療応用への道を拓いた点で社会的な意義が深い。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we have investigated several subjects concerning the chemistry of azaporphyrins where meso carbons are partially replaced with nitrogen atoms. First, we established several convenient methods for the synthesis of several types of azaporphyrin derivatives. Second, we revealed the aromaticity, optical and electrochemical properties, and singlet-oxygen-generating ability of a series of novel azaporphyrins obtained. Finally, we constructed near-infrared-light-responsive azaporphyrin-based sensitizers and shed light on their potential as functional dyes used for medical application such as photodynamic therapy.

研究分野：有機化学

キーワード：アザポルフィリン 近赤外光 一重項酸素 酸化還元 光線力学療法 金属錯体

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 現代社会では、さまざまなポルフィリン誘導体が機能性色素として利用されており、たとえば、タラポルフィリンナトリウム (レザフィリン®) は、光増感で生じた活性酸素で腫瘍細胞を破壊する光線力学治療 (PDT) の増感剤として使用されている。一方、医療現場では生体組織透過性が高い近赤外レーザーの利用が望まれており、次世代の PDT 用増感剤には、生体の窓 (700~900 nm) に強い吸収帯を持ち、近赤外光照射で活性酸素を効率よく発生する能力が必要となる。したがって、近赤外光に高い応答性を示す増感剤の開発は学術的にも社会的にも重要な課題と言える。

(2) ポルフィリンの *meso* 位が窒素で部分的に置換された化合物は、一般にアザポルフィリンとよばれ、ポルフィリンに比べ長波長側に強い吸収帯を持ち、高い耐酸化性を示す。すなわち、アザポルフィリンを母核とすれば、利用できる波長の長波長化や耐酸化性の向上などポルフィリンには発揮できない機能を引き出せる可能性が高い。しかしながら、研究開始当初、近赤外光に応答するアザポルフィリンにはほとんど目が向けられていなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、研究代表者が独自に開拓した骨格形成反応や化学修飾法を軸として、*meso* 位が窒素で部分的に置換された新規アザポルフィリン誘導体の合成法を確立し、得られた化合物の構造-物性相関を明らかにした上で、これらの色素を PDT に展開するための基礎を築くことを当初の目的とした。

### 3. 研究の方法

5,15-ジアザポルフィリン (DAP)、5-アザ-15-オキサポルフィリン (AOP)、5-アザポルフィリン (MAP) の誘導体を主な題材として、当初は課題 (1) ~ (4) に取り組むことを計画した。一方、研究を進める過程で新しい化合物群を合成することができたので、当初の計画には含まれていなかった課題 (5) にも取り組んだ。それぞれの課題について、具体的な方法を記載する。

#### (1) *meso* 位の窒素上に置換基を持つアザポルフィリン誘導体の合成法の確立

*meso* 位の窒素上に置換基を持つアザポルフィリン誘導体 ( $R_2$ -DAP, R-DAP, R-AOP, R-MAP) の簡便な合成法を確立するため、中心金属として亜鉛、銅、ニッケル、コバルト等を用いて、対応するジピリン金属錯体の鑄型環化を行なった。また、電子移動型の酸化剤と還元剤を用いて、 $19\pi$  系や  $20\pi$  系の誘導体を合成した。

#### (2) 近赤外光領域に吸収帯をもつアザポルフィリン誘導体の合成

近赤外光を利用する PDT への応用を想定し、 $\beta$  炭素上に置換基を持つ DAP を母核として選び、DAP 環外周部の直接官能基化を利用して近赤外領域に吸収帯をもつ DAP 金属錯体の合成を行なった。また、PDT 用増感剤として利用するには水溶性や両親媒性を付与する必要があるため、親水性の側鎖を含む DAP 誘導体の合成も行った。

#### (3) 合成した色素の光物性および電気化学特性の解明

合成した化合物の光物性と電気化学特性を明らかにするため、可視・紫外・近赤外吸収および発光スペクトル、発光量子収率、酸化還元電位等を測定した。また、一部の誘導体について時間分解発光スペクトルや過渡吸収の測定を行い、励起状態の寿命と一重項酸素発生効率を調べた。さらに、理論計算を基に実験結果の考察を行った。

#### (4) 近赤外光応答型アザポルフィリン誘導体の増感特性と反応性の解明

上記課題の結果を基に PDT 用増感剤の候補を絞り込み、1,3-ジフェニルイソベンゾフランを用いた化学的方法により、可視光あるいは近赤外光照射による DAP 金属錯体の一重項酸素発生量子収率を求めた。また、高い親水性を持つ DAP 増感剤を使って細胞実験を行い、参照系との比較から色素の殺細胞活性を評価した。

#### (5) ストラップ型ジアザポルフィリンの合成と芳香族性・反芳香族性の評価

合成法を検討する過程で水酸基を有する  $R_2$ -DAP を手にしたので、これを原料としてエステル結合で架橋されたストラップ型  $R_2$ -DAP ニッケル錯体を合成し、 $18\pi$  と  $20\pi$  の電子状態を持つ DAP 環の環電流効果を NMR スペクトルと理論計算により調べた。また、対応するストラップ型ポルフィリンニッケル錯体の環電流効果との比較を行なった。

#### 4. 研究成果

課題毎に代表的な研究成果をまとめる。

(1) 合成に成功した化合物群を図1に示す。いずれも、前駆体となるジピリン錯体の鑄型環化反応に用いる塩基や溶媒を適切に選択することで、目的とする金属錯体を良好な収率で得ることができた。新たに合成した化合物の中で、R-AOP は安定性がやや低かったが、それ以外の誘導体 (R<sub>2</sub>-DAP, R-DAP, R-MAP) は空気中でも取り扱える安定性を持つ。また、図2に示す通り、これらのアザポルフィリン類は、酸化還元による 18π-19π-20π 間の可逆的な相互変換が可能である。さらに、同様の手法を用いてカルボキシ基あるいは水酸基を持つ親水性 R<sub>2</sub>-DAP 金属錯体を合成した。ここでは、pH に依存して π 電子系の酸化状態と水溶性が変化するという興味深い知見が得られた。

<発表論文>

(a) *J. Porphyrins Phthalocyanines* **2018**, 22, 542. (b) *Heteroatom Chem.* **2018**, 29, e21456. (c) *Asian J. Org. Chem.* **2019**, 8, 352. (d) *J. Porphyrins Phthalocyanines* **2020**, 24, 286. (e) *ChemPlusChem* **2021**, 25, 1476. (f) *J. Porphyrins Phthalocyanines* **2021**, 25, 1004. (g) *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2022**, 95, 427.

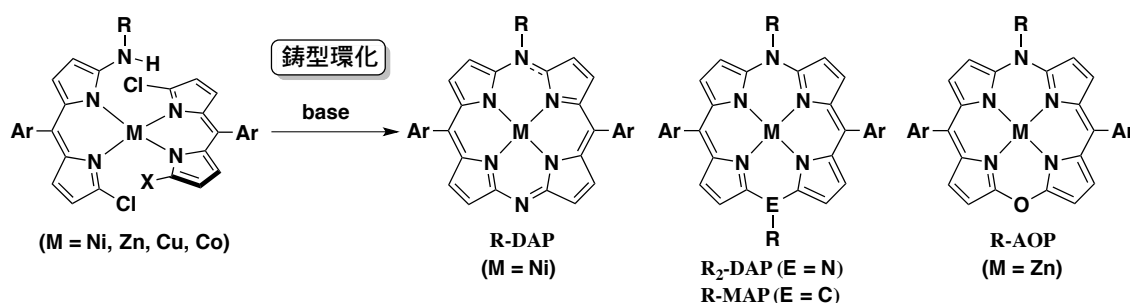


図1. meso 位の窒素上に置換基を持つ新規アザポルフィリン誘導体の合成

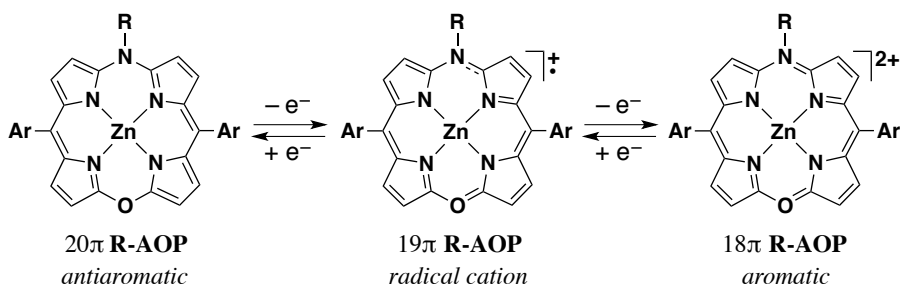


図2. R-AOP 亜鉛錯体の可逆的な酸化還元反応

(2) 代表的な合成例を図3に示す。芳香族アミンと塩基をβ無置換 DAP 金属錯体と反応させると、β-四置換 DAP が高収率で得られることを見出し、位置選択的 C-H 結合活性化を利用した DAP 環の化学修飾法を確立した。得られた誘導体はドナー部位 (芳香族アミン) とアクセプター部位 (DAP 環) を合わせ持つため、分子内電荷移動に由来するブロードな吸収帯を近赤外領域に示す。さらに、PDT 用増感剤の開発を念頭に置き、窒素上にカルボキシフェニル基を持つ親水性 DAP パラジウム錯体を合成した。

<発表論文>

(a) *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, 57, 3797. (b) *ChemPlusChem* **2019**, 84, 740.

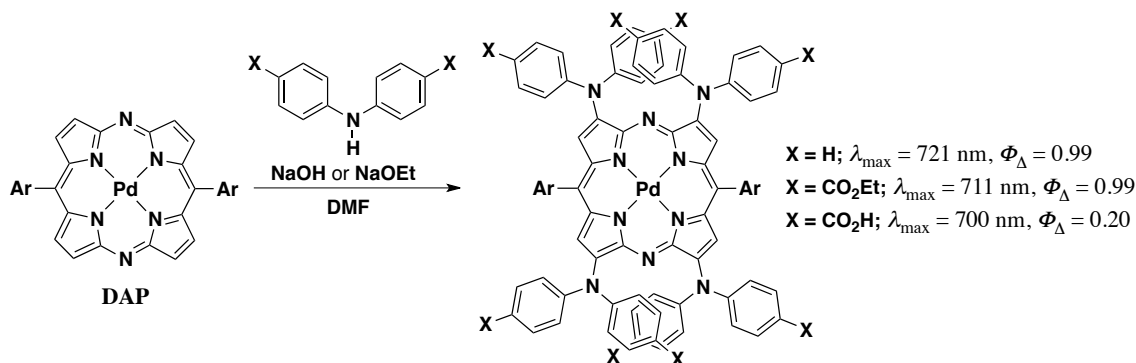


図3. 近赤外光に応答する新規β置換ジアザポルフィリン誘導体の合成と物性値

(3) *meso* 窒素上に置換基を持つアザポルフィリンは、可視～近赤外領域に  $18\pi$ ,  $19\pi$ ,  $20\pi$  電子状態に固有の強い吸収帯を持つ。また、*meso* 位の窒素原子の数や窒素上置換基の数が化合物の光物性や電気化学特性に大きな影響を与えることが明らかとなった。一方、 $\beta$ 位がアミノ基で置換された DAP は  $700\sim 800$  nm に電荷移動吸収帯を持ち、近赤外光への応答性が高いことを確認した。さらに、10,20-ジアリール-DAP 金属錯体の励起三重項寿命と一重項酸素発生効率を調べたところ、パラジウム錯体のみならず銅錯体の励起状態が比較的長い寿命を持つことがわかり、ポルフィリン銅錯体との差異がはっきりと認められた。そこで、種々の条件下で発光スペクトル測定を行った結果、DAP 銅錯体の励起状態 ( ${}^2T_1$  と  ${}^4T_1$ ) の長寿命化には、DAP 骨格の特徴である剛直な分子構造が色濃く反映されることが明らかとなった。

<発表論文>

(1) に記載の論文全て

(4) 可視～近赤外領域に吸収帯を持つ誘導体を対象として、1,3-ジフェニルイソベンゾフランを用いた化学的方法により光増感一重項酸素発生量子収率 ( $\Phi_{\Delta}$ ) を求めた。その結果、前頁図3に示すパラジウム錯体に対応する銅錯体に比べて高い一重項酸素発生能を持つことがわかった。そこで、カルボキシ基を持つジアザポルフィリン金属錯体 (MDAP-COOH) を増感剤として使用し、Hela 細胞に対する殺細胞活性を調べた。その結果、パラジウム錯体が近赤外レーザー光 ( $720$  nm,  $100$  mW) 照射により比較的高い殺細胞活性を示すことが明らかとなった (図4a)。また、アジ化ナトリウムの添加実験を行い、細胞実験条件下でも一重項酸素が活性種として発生していることを確認した (図4b)。

<発表論文>

(a) *ChemPlusChem* **2021**, *25*, 1476.

(b) *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2022**, *95*, 427.

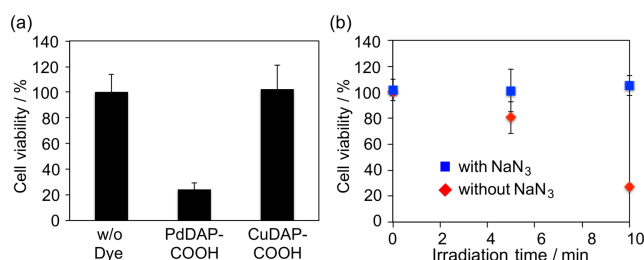


図4. MDAP-COOH 増感剤を用いた細胞実験.

(a)金属の影響. (b)アジ化ナトリウムの添加効果

(5) エステル結合を介したストラップ型  $R_2$ -DAP を、 $20\pi$  中性分子と  $18\pi$  ジカチオンの状態でそれぞれ単離し (図5)、それらの  ${}^1\text{H}$  NMR スペクトルを参照化合物のスペクトルと比較した。その結果、常磁性環電流と反磁性環電流に由来するアルキル鎖の化学シフト変化量を、共有結合を介した電子効果の寄与を除いた形で評価することができた。また、モデル分子の環電流効果についての理論計算の結果を実験結果と照らし合わせることで、ポルフィリン環の電荷が環電流の大きさに与える影響を明らかにした。

<発表論文>

*J. Org. Chem.* **2021**, *86*, 2283.

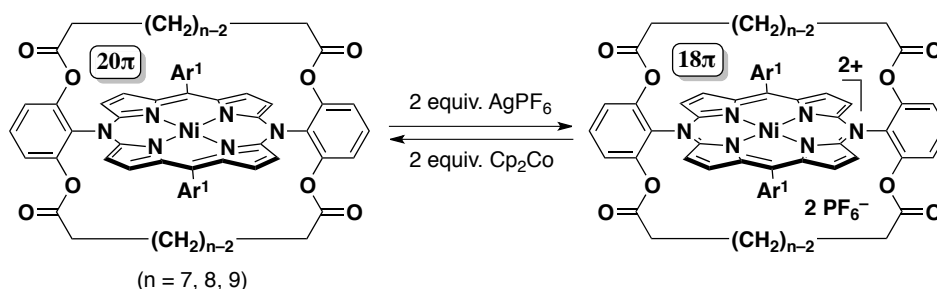


図5. ジアザポルフィリン誘導体を用いた反芳香族性・芳香族性の評価

(6) 研究成果の総括

鑄型環化反応と C-H 結合活性化を駆使して数種類の新しい置換様式を持つアザポルフィリン誘導体の合成法を確立し、それらの構造、磁気特性、光物性、電気化学特性等を明らかにした。また、可視光や近赤外光に反応する誘導体の光励起状態からのダイナミクスを調べ、中心金属や親水性置換基が励起状態の寿命および一重項酸素発生効率に与える影響を明らかにした。さらに、近赤外光に反応する親水性増感剤が、比較的高い一重項酸素発生能と殺細胞活性を持つことを実証した。一方、当初の計画の枠を超えて、ポルフィリン環の芳香族性・反芳香族性の評価も行うことができた。研究全体を通じて、ポルフィリンとは似て非なるアザポルフィリンを母核とする機能性色素の構築に向け、基礎と応用の両面から最初の一步を踏み出すことができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9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 Yuki Shimizu and Yoshihiro Matano	4. 巻 25
2. 論文標題 Synthesis of Hydrophilic Copper(II) Complexes of 5,10,15,20-Tetraaryl-5,15-diazaporphyrins Substituted with Carboxy or (2,3-Dihydroxypropyl)carbamoyl Groups	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 1004-1014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1088424621500917	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 Yuna Satoh, Yutaro Fujita, Naoya Muramatsu, Ko Furukawa, Tadaaki Ikoma, Mao Minoura, Haruyuki Nakano, and Yoshihiro Matano	4. 巻 86
2. 論文標題 Synthesis, Optical Properties, and Electrochemical Behavior of 5,10,15,20 Tetraaryl 5,15 diazaporphyrin Amine Hybrids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1476-1486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202100429	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 Hikari Ochiai, Tomoaki Miura, Tadaaki Ikoma, Haruyuki Nakano, and Yoshihiro Matano	4. 巻 95
2. 論文標題 Copper(II) Complexes of 10,20-Diaryl-5,15-diazaporphyrin: Alternative Synthesis, Excited State Dynamics, and Substituent Effect on the $\langle \sup>1</sup>0</sub>2</sub>-Generation Efficiency$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 427-432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220002	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 Hikari Ochiai, Ko Furukawa, Mao Minoura, Haruyuki Nakano, and Yoshihiro Matano	4. 巻 86
2. 論文標題 Doubly Strapped Redox-Switchable 5,10,15,20-Tetraaryl-5,15-diazaporphyrinoids: Promising Platforms for the Evaluation of Paratropic and Diatropic Ring-Current Effects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2283-2296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c02433	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 Keisuke Sudoh, Yuna Satoh, Ko Furukawa, Haruyuki Nakano, and Yoshihiro Matano	4. 巻 24
2. 論文標題 Synthesis and Optical, Magnetic, and Electrochemical Properties of 5,10,15,20-Tetraaryl-5,15-diazaporphyrin-Tertiary Amine Conjugates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 286-297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1088424619500822	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 Takuma Sugai, Mao Minoura, Haruyuki Nakano, and Yoshihiro Matano	4. 巻 91
2. 論文標題 -Functionalization of 5,15-Diazaporphyrins with Phosphorus, Oxygen, and Sulfur-Containing Substituents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 1264-1261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20180123	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 Keisuke Sudoh, Ko Furukawa, Haruyuki Nakano, Soji Shimizu, and Yoshihiro Matano	4. 巻 29
2. 論文標題 Synthesis and Properties of Redox-Switchable Zinc Complexes of 10,15,20-Triaryl-15-aza-5-oxaporphyrin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Heteroatom Chem.	6. 最初と最後の頁 e21456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hc.21456	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 Mai Mutoh, Keisuke Sudoh, Ko Furukawa, Mao Minoura, Haruyuki Nakano, and Yoshihiro Matano	4. 巻 3
2. 論文標題 Synthesis of Redox-Switchable 5,15-Dialkyl-10,20-diaryl-5,15-diazaporphyrins and Diversification of Their N-Alkyl Groups	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 352-355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201900085	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 Satoshi Omomo, Ryosuke Fukuda, Tomoaki Miura, Tatsuya Murakami, Tadaaki Ikoma, and Yoshihiro Matano	4. 巻 84
2. 論文標題 Effects of the Peripheral Substituents, Central Metal, and Solvent on the Photochemical and Photophysical Properties of 5,15-Diazaporphyrins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 740-745
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.201900087	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25件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Yoshihiro Matano
2. 発表標題 Air-stable 19 Radicals of 5,10,15,20-Tetraaryl-5,15-diazaporphyrinoids and Related Derivatives
3. 学会等名 11th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合ひかり・三浦智明・生駒忠昭・俣野善博
2. 発表標題 10,20-ジアリール-5,15-ジアザポルフィリン銅錯体の光物性に対する置換基効果
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 佐藤悠那・藤田裕太郎・村松直哉・中野晴之・生駒忠昭・俣野善博
2. 発表標題 トリフェニルアミンと連結した5,10,15-20-テトラアリール-5,15-ジアザポルフィリンの合成と電気化学特性
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 清水祐希・俣野善博
2. 発表標題 親水性置換基を持つ5,10,15,20-テトラアリアル-5,15-ジアザポルフィリン銅(II)錯体の合成と物性
3. 学会等名 2021ハ口ゲン利用ミニシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合ひかり・渡邊拓未・三浦智明・生駒忠昭・俣野善博
2. 発表標題 5,15-ジアザポルフィリン銅錯体の光増感反応における置換基効果
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤悠那・中野晴之・俣野善博
2. 発表標題 トリフェニルアミンと連結した5,10,15,20-テトラアリアル-5,15-ジアザポルフィリンの光物性
3. 学会等名 2020年光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 落合ひかり・中野晴之・俣野善博
2. 発表標題 架橋鎖を持つ5,10,15,20-テトラアリアル-5,15-ジアザポルフィリンの合成
3. 学会等名 第80回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 佐藤悠那・須藤啓祐・俣野善博
2. 発表標題 トリフェニルアミンと連結した5,10,15-20-テトラアリアル-5,15-ジアザポルフィリンの合成
3. 学会等名 第80回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石塚ゆか・俣野善博
2. 発表標題 メソ窒素上にアルキル基を持つ5,15-ジアザポルフィリン銅錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水祐希・俣野善博
2. 発表標題 親水性官能基を持つ5,15-ジアザポルフィリン誘導体の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合ひかり・俣野善博
2. 発表標題 平面の上下が化学修飾された5,10,15,20-テトラアリアル5,15-ジアザポルフィリン金属錯体の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤悠那・俣野善博
2. 発表標題 メソ窒素上に置換基を持つ5,15-ジアザポルフィリンコバルト錯体の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihiro Matano
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Redox-switchable meso-N-Substituted 5,15-Diazaporphyrin Derivatives
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 俣野善博・渡邊拓未・三浦智明・生駒忠昭
2. 発表標題 5,15-ジアザポルフィリン金属錯体の光増感反応に与える置換基と中心金属の効果
3. 学会等名 2019年光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 メソ窒素上に置換基をもつ新規5,15-ジアザポルフィリン誘導体の合成、構造、および物性
2. 発表標題 俣野善博・須藤啓祐・武藤舞・佐藤悠那・古川貢・中野晴之
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 硫黄およびリンによるジアザポルフィリンの化学修飾
2. 発表標題 俣野善博・渡邊拓未
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Matano
2. 発表標題 Functionalization of 5,15-Diazaporphyrins at the Periphery
3. 学会等名 Supramolecular Chemistry of Nitrogen Heterocyclic Ligands (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Matano
2. 発表標題 Redox-Switchable 5,10,15,20-Tetraaryl-5,15-diazaporphyrinoids and Their Derivatives
3. 学会等名 10th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Matano, Keisuke Sudoh, Takaharu Satoh
2. 発表標題 Synthesis and Redox Properties of Metal Complexes of 5,10,15,20-Tetraaryl-5,15-diazaporphyrins
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 須藤啓佑・畠山拓朗・古川 貢・中野晴之・俣野善博
2. 発表標題 新規メソ位ヘテロ原子置換ポルフィリン金属錯体の合成と酸化還元挙動
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武藤 舞・須藤啓佑・古川 貢・中野晴之・俣野善博
2. 発表標題 メソ位にアルキル基をもつ新規5,15-ジアザポルフィリン誘導体の合成と酸化還元特性
3. 学会等名 第45回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yoshihiro Matano	4. 発行年 2021年
2. 出版社 World Scientific	5. 総ページ数 71
3. 書名 Handbook of Porphyrin Science Vol. 46	

〔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
---------	---------