

令和 6 年 8 月 5 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18984

研究課題名（和文）深部がん治療を志向する抗体-近赤外光色素複合体の開発

研究課題名（英文）Development of antibody-near-infrared dye complexes for deep cancer treatment

研究代表者

古田 弘幸（Furuta, Hiroyuki）

立命館大学・総合科学技術研究機構・教授

研究者番号：40244157

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：近赤外光免疫治療法には欠かせぬ近赤外光感受性薬剤を念頭に、化学的に安定な近赤外色素の開発、特に1000～1400 nmの第二近赤外（NIR-II）光にも応答する色素を目指し研究を行った。オリゴピロール、N-混乱ポルフィリン、N-フューズポルフィリン、環拡張ポルフィリン（サフィリン、ロザリン、ヘキサフィリン）などを基体とする二量体やその金属錯体も合成し、分子の光学特性を精査した。非環状テトラピロールの白金、パラジウム金属錯体では光熱変換効率60%以上の高い値を示す錯体が得られ、混乱ピロールの導入と金属錯化がNIR-II領域に応答する色素設計の有望な指針となることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に近赤外光に応答する分子は拡張した共役骨格を有することから高いHOMOレベルと低いLUMOレベルを示し、酸化還元活性である。そのため、化学的安定性の確保や高効率の近赤外光応答には、分子骨格に関する幅広い検討が求められる。我々は、構造修飾が容易でチューニング性の高いポルフィリン類縁体化合物、その中でもN-混乱ポルフィリン誘導体およびその金属錯体を用いた各種の分光測定や光熱変換実験などから、その可能性のあることを実証した。この結果は、近年注目されている近赤外光免疫治療法には欠かせない近赤外光感受性薬剤開発に対する重要な分子設計指針となる事が期待される。

研究成果の概要（英文）：For developing the near-infrared light-sensitive drugs indispensable for near-infrared photodynamic therapy, chemically stable near-infrared dyes incredibly responsible for the second near-infrared (NIR-II) light in the range of 1000 to 1400 nm has been demanded. Here, we conducted research aimed at creating dyes based on oligopyrroles, N-confused porphyrins, N-fused porphyrins, and ring-expanded porphyrins (sapphyrin, rosarin, hexaphyrin), including their dimers and metal complexes, and the optical properties were investigated. Platinum and palladium metal complexes of acyclic tetrapyrroles showed high photothermal conversion efficiency of over 60%. We conclude the introduction of confused pyrroles and metal complexation is a promising approach for designing dyes that respond to the NIR-II region.

研究分野：機能有機分子化学

キーワード：近赤外色素 ポルフィリノイド 第二近赤外 光免疫治療

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、深部固形がんの治療において、非侵襲的アプローチ法の一つである「近赤外光免疫治療法 (NIR-PIT)」に注目が集まっている。特に 2011 年に米国立がん研究所 (NCI) の小林らがケイ素フタロシアニン色素 (IR700) とがん細胞膜表面タンパク質と結合するモノクローナル抗体を連結させた複合薬剤が近赤外光照射下、がん細胞を死滅できることを発表して以来、「近赤外光感受性薬剤」に対する関心が高まっている。反応機構において、光処置後に細胞凝集挙動を光音響イメージングにより可視化することは有効であると考えられ、深部組織で機能する造影剤の開発にも注目が集まっている。

一般に近赤外光に応答する分子は拡張した π 共役骨格を有することから高い HOMO レベルと低い LUMO レベルを示し、酸化還元活性である。そのため、化学的安定性の確保には、分子骨格に関する幅広い検討が求められる。そこで我々は、PIT で使用されるフタロシアニン骨格よりも構造修飾が容易でチューニング性の高いポルフィリン類縁体化合物にその可能性を期待し、安定な近赤外光応答分子の合成および物性について評価した。

2. 研究の目的

NIR-PIT法の鍵となるモノクローナル抗体色素複合薬剤の開発において、光増感剤の近赤外領域での細胞光透過性およびレーザー光最大許容値の改善を指向して、現在治療に使用される波長 690 nm からさらに長波長側の波長 1000~1400 nm の第二近赤外 (Second Near-infrared: NIR-II) 光にも応答する色素の開発が求められている。そこで、分子骨格と近赤外光学特性を網羅的に評価するためポルフィリン類縁色素分子の開発を目的とした。

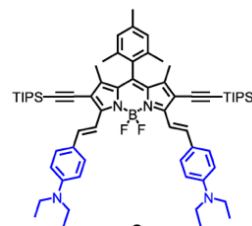
3. 研究の方法

NIR-II 領域応答色素については N-混乱ポルフィリン誘導体や環拡張ポルフィリンを中心に合成を行い、定常吸収、発光スペクトル、励起状態ダイナミクス、酸化還元特性、光熱変換、光音響効果などの物性測定および DFT 計算による理論的な電子構造解析を行った。さらに、研究例の豊富なボロンジピロメテン (BODIPY) 誘導体を用いて、非線形光学効果を利用した NIR-II 光励起によるアプローチも検討した。

4. 研究成果

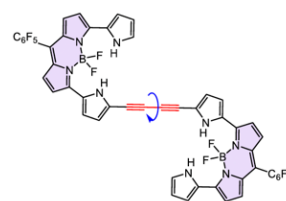
1) BODIPY誘導体を基体とする近赤外色素

狭小な HOMO-LUMO ギャップを有する安定色素の開発は、基盤となる π 共役骨格を精密設計する必要がある。したがって、既知の NIR-I 色素骨格の非線形光学特性の一つである二光子吸収 (TPA) 特性を利用して、NIR-II 光励起による光応答特性を評価するアプローチを検討した。ドナーアクセプター (D- π -A- π -D) 型の BODIPY 誘導体として、親油性の高いシリルエチニル置換基とジエチルアミノチリル基を持つ BODIPY 誘導体 (右図) を合成し、吸収・発光挙動を精査した。750 nm 付近の NIR-I 領域に吸収が観測され、水溶性ナノ粒子に取り込まれた BODIPY 誘導体は NIR-II 領域のパルスレーザー光を照射して、高い二光子励起光音響 (TP-PA) シグナルを観測し、比較として Rhodamine 色素よりも大きな PA 信号が観測されることを見出した。(*ACS Appl. Opt. Mater.* **2024**, *2*, 211)



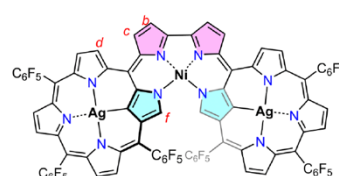
さらに、細胞内の粘度変化挙動を可視化するために、ブタジエンで架橋したピロリル

BODIPY 二量体 (右図) を合成し、各種溶媒中の吸収・発光挙動を精査したところ、2つの吸収帯の強度比の変化に応じて、蛍光ピーク強度比 (700および800 nm) が応答して変化する。分光データおよび理論計算を用いた解析の結果、これらは架橋軸周りの回転による2種のコンフォーマーに起因し、両者の吸収および発光の相対強度比が周囲環境の粘性、温度に依存することを明らかにした。(J. Porphyrins Phthalocyanines 2023, 27, 486) 上記のように二光子励起によるNIR色素のイメージングに有効な合成戦略になりうる。

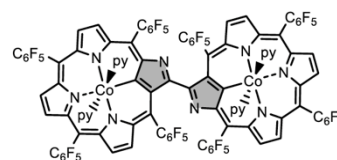


2) N-混乱ポルフィリン誘導体を基体とする近赤外色素

N-混ポルフィリンの環内、環外周部の金属配位を利用することで吸収波長を近赤外領域に伸長することが可能である。環外配位をより堅固にするためにメゾ20位にピロリル基を導入し、さらに二量化することで、金属配位を鍵として効果的なヘリカル π 拡張が達成される。環内部に銀 (III)、環外周部にニッケル (II) を配位させたビピロール連結二量体錯体では、吸収波長が1226 nm まで伸長することを明らかにした。(J. Porphyrins Phthalocyanines 2021, 25, 447)

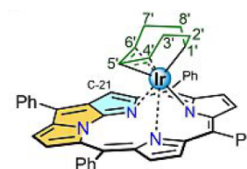


一方、混乱ピロール環同志を直接結合させた二量体の金属錯体ではメゾ位のアリール置換基同志の立体反発により共平面構造が取れない。そのため共役系の伸長効果が抑制され、コバルト (III) 錯体ではNIR-I領域である810 nmに吸収ピークが観測された。(J. Porphyrins Phthalocyanines 2023, 27, 1074)



3) N-フューズポルフィリン誘導体を基体とする近赤外色素

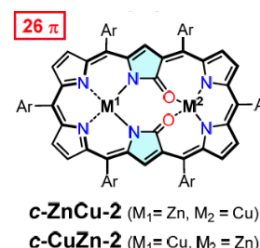
N-混乱ポルフィリンから誘導される N-フューズポルフィリンは環状テトラピロール骨格内に縮環構造を有することから吸収末端が 1000 nm 付近にまで達することが知られており、その波長は金属錯化により変化する。そこでイリジウム (III)、ロジウム (III) シクロオクタジエン錯体を合成してみたところ、それぞれ 915、922 nm 付近に最長吸収ピークを持つことが判明した。(Chem. Eur. J. 2021, 27, 8268 ; Chem. Lett. 2021, 50, 1707)



一方、塩化ロジウム(III)塩を用いて錯形成すると、N-フューズポルフィリンで挟まれた μ -ジクロロドロジウム(III)架橋錯体が生成することを見出した。この錯体の最長吸収ピークは950 nm付近に観測され、さらに光熱変換効率 (μ) が30%という比較的大きな値を示し、光熱変換治療増感剤として機能することを見出した。(J. Inorg. Biochem. 2024, 251, 112435)

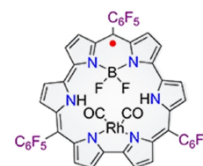
4) 環拡張ポルフィリンを基体とする近赤外色素

環拡張ポルフィリンの一種である二重N-混乱ヘキサフィリンは環内コアに金属配位サイトを二箇所持つ。これまで主に [NNNC,NNNC] および [NNNO,NNNO] コアを持つトランス型錯体を中心に研究を行ってきたが、今回は、副生する [NNNN,NNOO] コアのシス型ヘキサフィリンに着目し、2種の異なる金属を導入することで、その錯体のねじれ構造が及ぼす光学特性を検討した。X線構造解析の結果より、トランス型ヘキサフィリン分子が平面構造を取るのに対し、シス型異性体は大きく

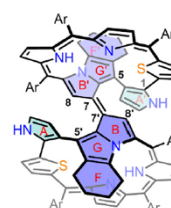


捻れた構造を示し、亜鉛-銅の類似のイオンを持つ錯体(左: 右 = Zn, Cu と Cu, Zn)の金属挿入サイトを入れ替えた錯体では最長吸収ピークに約20 nmの差が観測され、それぞれ、920、902 nmであった。骨格のねじれにも拘らずトランス体と比較してHOMO-LUMOギャップが広がることを見出した。(*J. Porphyrins Phthalocyanines* **2022**, *26*, 807)

また、ピロール環が直接結合した構造を有するヘキサフィリンの一種であるロザリンも同様に、2種類の金属配位が可能である。そこで、今回、ホウ素とロジウムを配位させたところ、1010 nmに最長吸収ピークを持つ安定ラジカル錯体が得られた。(*Chem. Eur. J.* **2024**, *30*, e202400812)

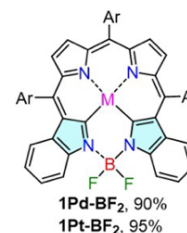


一方、ピロール環が一つ少ない環拡張ポルフィリンの一種、サフィリンの二量体も近赤外色素合成戦略としては有効である。特に混乱ピロールを内包させると酸化の際に反応が進行し、新規色素に変換する事が度々観測されている。そこで今回、チオフェン環を含むサフィリン前駆体を酸化したところ、縮環構造を内包するサフィリン二量体を得られ、いずれもNIR-II領域まで吸収帯が伸びていることが観測された。(*CCS Chem.* **2023**, *5*, 1332)



5) 金属架橋テトラピロール誘導体を基体とする近赤外色素

上記に示した通り、環骨格を拡張することで、安定な近赤外色素の合成は達成可能であるが、分子サイズが大きくなると溶解性や生体細胞内での代謝などの問題が考えられ、より分子量の小さな鎖状テトラピロールを基体とする近赤外色素化を検討した。二重N-混乱コロール前駆体である、N-混乱テトラピリンにパラジウム (II) および白金 (II) イオンを作用させたところ、非環状金属カルバポルフィリノイドの合成に成功した。吸収スペクトルを測定したところ、954, 1057 nmにそれぞれ最長吸収ピークを有することが判明した。さらに外周部をホウ素で架橋すると、吸収波長はさらなる長波長領域、1029, 1135 nmへと伸長した。また、これら分子の光熱変換効率 (μ) は62-65%と非常に高い値を示した。計算化学、測定実験の詳細な検討から、分子内の混乱ピロールの存在が、炭素金属結合形成を誘起し、狭小なHOMO-LUMOギャップを持つ分子に変化した事が判明した。今後、この合成戦略がNIR-II領域に応答する色素の有望な設計指針になることが期待される。(*Angew. Chem. Int. Ed.* **2024**, *63*, e202405059)



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Togano H Motoki, Furuta Hiroyuki	4. 巻 122
2. 論文標題 Creation from Confusion and Fusion in the Porphyrin World The Last Three Decades of N-Confused Porphyrinoid Chemistry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Reviews	6. 最初と最後の頁 8313 ~ 8437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemrev.1c00065	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 Shimomura Keito, Nakamura Yuma, Kai Hiroto, Saito Kyosuke, Furukawa Ko, Mori Shigeki, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 26
2. 論文標題 Selective hetero-bis-metalation of a cisoid isomer of doubly N-confused dioxohexaphyrin	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 807 ~ 814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1088424622500456	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 Iwanaga Osamu, Miyanishi Mayuko, Tachibana Toshihiro, Miyazaki Takaaki, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Furuta Hiroyuki	4. 巻 27
2. 論文標題 A Computational Study on the Mechanism of Catalytic Cyclopropanation Reaction with Cobalt N-Confused Porphyrin: The Effects of Inner Carbon and Intramolecular Axial Ligand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 7266 ~ 7266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules27217266	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 -
1. 著者名 Sato Yuma, Shimada Takahide, Mori Shigeki, Yasutake Yuhstake, Fukatsu Susumu, Furuta Hiroyuki, Ishida Masatoshi	4. 巻 27
2. 論文標題 Conformation-dependent photophysical properties of butadiyne-linked -extended BODIPY dimers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 486 ~ 492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/s1088424623500232	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 Iwanaga Osamu, Yoshida Naoya, Miyazaki Takaaki, Tani Fumito, Mori Shigeki, Shimizu Soji, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 27
2. 論文標題 Redox properties of bis-cobalt(III) complex of 3,3'-linked <i>N</i> -confused porphyrin dimer with axial pyridine ligands	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 1074 ~ 1082
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/s1088424623500281	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 Bialek Michal J., Hurej Karolina, Furuta Hiroyuki, Latos-Grazynski Lechoslaw	4. 巻 52
2. 論文標題 Organometallic chemistry confined within a porphyrin-like framework	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Society Reviews	6. 最初と最後の頁 2082 ~ 2144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CS00784C	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 Yamasumi Kazuhisa, Mori Shigeki, Tanaka Takayuki, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 25
2. 論文標題 Metal complexes of 5,10,15-tris(pentafluorophenyl)-20-pyrrolyl <i>N</i> -confused porphyrin and its meso-pyrrolyl-bridged dimers: Synthesis and optical properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 447 ~ 455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1088424621500255	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 Wang Fei, Liang Kejiang, Larsen Mads Christian, Bahrng Steffen, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki, Jana Atanu	4. 巻 26
2. 論文標題 Solvent-Controlled Self-Assembled Oligopyrrolic Receptor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 1771 ~ 1771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26061771	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 Abraham Jibin Alex, Mori Shigeki, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 27
2. 論文標題 Iridium Complex of N Fused Bilatrienone: Oxidative Cleavage of N Fused Porphyrin Induced by Iridium Cyclooctadiene Complexation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 8268 ~ 8272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202100789	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 Miyazaki Takaaki, Watanabe Motonori, Matsushima Toshinori, Chien Ching-Ting, Adachi Chihaya, Sun Shih-Sheng, Furuta Hiroyuki, Chow Tahsin J.	4. 巻 27
2. 論文標題 Synthesis of Heptacene and Its Hole Transfer Property of Stable Thin Films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 10677-10684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202100936	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 Ishizaki Toshiharu, Karasaki Hideaki, Kage Yuto, Kamioka Misaki, Wang Yitong, Mori Shigeki, Ishikawa Naoto, Fukuda Takamitsu, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 27
2. 論文標題 Janus Pyrrolopyrrole Aza dipyrin: Hydrogen Bonded Assemblies and Slow Magnetic Relaxation of the Cobalt(II) Complex in the Solid State	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 12686 ~ 12692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202101755	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 Abraham Jibin Alex, Mori Shigeki, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of N-Fused Porphyrin Rhodium Complex with an Isomerized Cyclooctadiene Ligand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1707 ~ 1709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210381	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 Iwanaga Osamu, Fukuyama Kazuki, Mori Shigeki, Song Jun Tae, Ishihara Tatsumi, Miyazaki Takaaki, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Ruthenium(IV) N-confused porphyrin μ -oxo-bridged dimers: acid-responsive molecular rotors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 24575 ~ 24579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA05063J	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 -

1. 著者名 Basumatary Biju, Tsuruda Hidetoshi, Szczepanik Dariusz W., Lee Jiyeon, Ryu Jaehyeok, Mori Shigeki, Yamagata Kyo, Tanaka Takayuki, Muranaka Atsuya, Uchiyama Masanobu, Kim Jiwon, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 63
2. 論文標題 Metalla Carbaporphyrinoids Consisting of an Acyclic N Confused Tetrapyrrole Analogue Served as Stable Near Infrared II Dyes	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202405059
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202405059	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 Xue Songlin, Dong Yuting, Lv Xiaojuan, Qiu Fengxian, Wang Yue, Furuta Hiroyuki, Teranishi Toshiharu, Wu Fan	4. 巻 30
2. 論文標題 Stabilization of the Neutral [25]Hexaphyrin(1.0.1.0.1.0) Radical by Hetero Bimetal Coordination	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202400812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202400812	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 Shimada Takahide, Kaneko Takashi, Notsuka Yusuke, Kim Jinseok, Mori Shigeki, Shimizu Soji, Kim Jiwon, Kamada Kenji, Kim Dongho, Yamaoka Yoshihisa, Furuta Hiroyuki, Ishida Masatoshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Molecular Design for Stable Near-Infrared-II Two-Photon Excitation-Induced Photoacoustic Contrast Agents Based on Donor-Substituted BODIPYs	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Applied Optical Materials	6. 最初と最後の頁 211 ~ 219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaom.3c00400	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 Abraham Jibin Alex、Tsuruda Hidetoshi、Mori Shigeki、Ishida Masatoshi、Furuta Hiroyuki	4. 巻 251
2. 論文標題 Synthesis and photothermal conversion properties of sandwich N-fused porphyrin rhodium- μ -dichloride dimer complexes: -extended analog of pentamethylcyclopentadienyl dirhodium(III)- μ -dichloride dimer	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Inorganic Biochemistry	6. 最初と最後の頁 112435 ~ 112435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jinorgbio.2023.112435	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 Li Qizhao、Ishida Masatoshi、Li Chengjie、Baryshnikov Glib、Sha Feng、Zhu Bin、Wu Xinyan、?gren Hans、Furuta Hiroyuki、Xie Yongshu	4. 巻 5
2. 論文標題 Conformation Governed Reactivity of Fused Thia-Sapphyrin Dimers Bearing Multiply Fused Heteroaromatic Rings	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 CCS Chemistry	6. 最初と最後の頁 1332 ~ 1342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31635/ccschem.023.202202690	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

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 Modulation of Aromatic Circuits in the Triply Fused N-Confused Porphyrin Dimer System
3. 学会等名 12th International Conference of Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-12) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 N-Confused Porphyrinoids: Directional Evolution from Porphyrin Isomer to Functional NIR Dyes
3. 学会等名 XX Brazilian Meeting on Inorganic Chemistry (XXBMIC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Iwanaga, Kazuki Fukuyama, Takaaki Miyazaki, Masatoshi Ishida, Hiroyuki Furuta
2. 発表標題 Synthesis and Ring Rotation of Ruthenium μ -Oxo N-Confused Porphyrin Dimer
3. 学会等名 第31回万有福岡シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Biju Basumatary, Masatoshi Ishida, Hiroyuki Furuta
2. 発表標題 Copper 1,19-Diazadibenzonorrole: Rational Synthesis of a Porphyrin Analogue Containing N-N Direct Linkage
3. 学会等名 International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines -11 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Osamu Iwanaga, Kazuki Fukuyama, Takaaki Miyazaki, Masatoshi Ishida, Hiroyuki Furuta
2. 発表標題 Ring Rotation Behavior of Ruthenium N-Confused Porphyrin [μ]-Oxo Dimers
3. 学会等名 International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines -11 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahide Shimada, Masatoshi Ishida, Hiroyuki Furuta
2. 発表標題 "Synthesis of - and -Alkynylated BODIPYs via Gold(I)-catalyzed Direct C-H Functionalization and Their Photophysical Properties"
3. 学会等名 "International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines -11" (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水口波暉, 古田弘幸, 清水宗治
2. 発表標題 Azabora[6]hel icene誘導体の合成および光学特性
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 吉田直也, 石田真敏, 古田弘幸
2. 発表標題 N-混乱金属ポルフィリン修飾K ₂ O ₃ ;系光触媒による完全水分解
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 鶴田英寿, Bijubasumatary, 石田真敏, 古田弘幸
2. 発表標題 近赤外光吸収色素の分子構造と光熱変換特性の相関関係
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 池本彪流, 古田弘幸, 清水宗治
2. 発表標題 外部配位能を有する四置換ジオキサポルフィリンの合成
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 甲斐浩太郎, 甲斐寛人, 石田真敏, 古田弘幸
2. 発表標題 二重N-混乱ジオキソヘキサフィリンを基盤とした光音響イメージング造影剤の開発
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 岩永修、福山和希、宮崎隆聡、石田真敏、古田弘幸
2. 発表標題 N-混乱ポルフィリンルテニウム μ -オキソ二量体の環回転制御
3. 学会等名 九州錯体化学懇談会第261回例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田直也、石田真敏、古田弘幸
2. 発表標題 N-混乱金属ポルフィリン修飾Pt/KTa(Zr)O ₃ 光触媒による水分解反応
3. 学会等名 第33回 若手研究者のためのセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Osamu Iwanaga, Kazuki Fukuyama, Takaaki Miyazaki, Masatoshi Ishida, Hiroyuki Furuta
2. 発表標題 Ring Rotation and Restriction of Ruthenium μ -Oxo N-Confused Porphyrin Dimer
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 古田弘幸
2. 発表標題 混乱アプローチ法による新規ポルフィリノイドの創製と機能化
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤優真・石田真敏・古田弘幸
2. 発表標題 フタジイン架橋 共役 BODIPY 二量体の合成と物性
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井口まり・森重樹・古田弘幸・清水宗治
2. 発表標題 ケイ素テトラアザポルフィリン μ -oxo 二量体の合成と分光特性の解明
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤優真・石田真敏・古田弘幸
2. 発表標題 -アリールエチニル BODIPY 誘導体の合成と光物性
3. 学会等名 2021ハロゲン利用ミニシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古田弘幸
2. 発表標題 「混乱から創造へ」 混乱型ポルフィリノイドの創製と展開
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩永 修、石田 真敏、古田 弘幸
2. 発表標題 三重縮環N-混乱ポルフィリン二量体の合成と物性
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 嶋田 隆秀、石田 真敏、古田 弘幸
2. 発表標題 二光子励起光音響イメージング応用を目指した近赤外吸収BODIPY誘導体の合成と光物性
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 Yitong Wang, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis and Optical Properties of Donor-Acceptor-Donor Pyrrolopyrrole aza-BODIPYs
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 Jiping Hao, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of tetraaryl-substituted 5,15-dioxaporphyrin and its oxidation to the aromatic dication
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 井口 まり、森 重樹、古田 弘幸、清水 宗治
2. 発表標題 ケイ素テトラアザポルフィリン μ -oxo二量体の合成と分光・電気化学特性
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 深水 柊兵、森 重樹、古田 弘幸、清水 宗治
2. 発表標題 B0縮環構造を有するピロロピロールaza-BODIPYの合成とキラル光学縮環構造を有するピロロピロールaza-BODIPYの合成とキラル光学特性
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 金森 隆太郎、森 重樹、古田 弘幸、清水 宗治
2. 発表標題 Push-Pull 置換基を有するケイ素テトラアザポルフィリンの合成と μ -oxo 二量化
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 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 Craig-Type Moebius Metalla-(anti)aromaticity in Platinum(II) and Palladium(II) Dicarbaporphyrinoids
3. 学会等名 Prof. Lescoslaw Latos-Grazynski 's 70th Birthday Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 N-Confused Porphyrinoids: Directional Evolution from Porphyrin Isomer to Functional NIR Dyes
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) Bali 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 N-Confused Porphyrinoids: Directional Evolution from Porphyrin Isomer to Functional NIR Dyes
3. 学会等名 The 13th Taiwan-Japan Bilateral Symposium on Architecture of Functional Organic Molecules (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 N-Confused Porphyrinoids: Directional Evolution from Porphyrin Isomer to Functional NIR Dyes
3. 学会等名 The 2nd Asian Conference on Porphyrins, Phthalocyanines and Related Materials (ACPP-2) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Furuta Hiroyuki
2. 発表標題 Electronic and Magnetic Interactions between N-Confused Porphyrin Dimers
3. 学会等名 13th International Conference of Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024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	石田 真敏 (Ishida Nasatoshi) (60706951)	東京都立大学・理学研究科・准教授 (22604)	

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
---------	---------