

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02703

研究課題名(和文) 安定ジオキサポルフィリンを用いた反芳香族性の真の理解に基づく物性応用

研究課題名(英文) Application of Antiaromatic Properties Based on the Understanding of Antiaromaticity using Stable Dioxaporphyrins

研究代表者

清水 宗治 (Shimizu, Soji)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：70431492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では反芳香族性分子が有する(1)常磁性、(2)非線形光学特性、(3)伝導特性、(4)3次元芳香族性、(5)Baird芳香族性などの物性研究を展開するために、(a) 5,15-ジオキサポルフィリン(DOP)の合成化学の開拓、(b)DOPを基盤とした新規分子の合成、(c)物性研究、(d)応用研究について行った。(a)の合成化学に関して、大きな進展があり、周辺官能基化により、応用研究に資する分子群を創出することに成功した。また、(4)に関連して、STMを用いた固液界面の集積について解明し、積層二量体の電子構造を解明することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

未開拓の研究分野である反芳香族分子の合成および物性化学を開拓するための基盤が、安定な反芳香族分子であるDOPを用いた本研究の成果により整ったと評価している。特にSTMを用いた積層構造の構築と物性評価は応用物性研究に直結するものであり、学術的な意義は大きい。まだまだ安定な芳香族分子は限られていることから、今後もDOPを基盤とした合成物性研究を継続していくことで、当該分野の発展が期待できることから、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：In this research, to investigate properties arising from antiaromaticity; (1) paramagnetic properties, (2) nonlinear optical properties, (3) conductivities, (4) three-dimensional aromaticity, and (5) Baird aromaticity, research projects; (a) development of synthetic chemistry of 5,15-dioxaporphyrin (DOP), (b) synthesis of new antiaromatic molecules based on DOP, (c) investigation on properties of DOP and related analogues, and (d) application studies, were conducted. Regarding project (a), we have succeeded in the peripheral functionalization of DOP, which can be used for application studies. In addition, we have also succeeded in analyzing the electronic structure of the bilayer of DOP formed in the liquid/solid interface by scanning tunneling microscope and spectroscopy.

研究分野：構造有機化学

キーワード：反芳香族性 ポルフィリン 典型元素 常磁性 伝導性

### 1. 研究開始当初の背景

反芳香族分子は SOMO の電子配置あるいは狭小な HOMO-LUMO ギャップに起因して、常磁性、非線形光学特性、伝導特性、3次元芳香族性、励起状態における Baird 芳香族性の発現など、基礎化学と応用物性の両方の観点から興味が持たれていた。しかしながら、反芳香族性は不安定な電子配置のため、合成研究は遅れており、安定な反芳香族性分子の創出方法の確立が必要とされていた。先行研究において、研究代表者はポルフィリン骨格のピロール環をつなぐメゾ位の炭素をヘテロ原子に置き換えることで、その非共有電子対がポルフィリンの共役系に組み込まれて、安定な 20 反芳香族性が発現すると考え、対面する二か所のメゾ位炭素を酸素に置き換えた 5,15-ジオキサポルフィリン(DOP)の合成を行っていた。得られた DOP は予想通り、反芳香族性を示し、また、空気中で安定であったことから、上記の反芳香族の化学の研究を推進することができるかと判断し、本研究計画を立案するに至った(図1)<sup>[1]</sup>。

◎反芳香族分子の電子構造

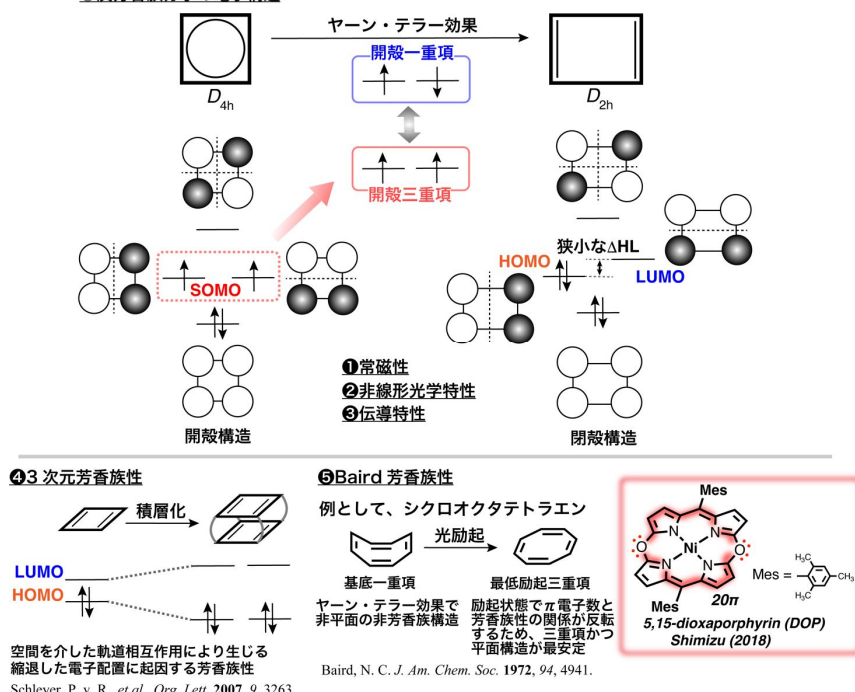


図1. 反芳香族分子に期待される物性および DOP の構造

### 2. 研究の目的

本研究では上記の反芳香族分子に期待される基礎および応用物性研究を展開するために、DOP 合成化学の開拓、DOP を基盤とした新規分子の合成、物性研究、応用研究について研究を展開した。

### 3. 研究の方法

DOP 合成化学の開拓では主に常磁性の発現を指向して、SOMO の電子状態を創出するために、置換基による LUMO の安定化を試みた。また、先行研究における DOP は合成段階で銻型としてニッケルを用いていることから、ニッケル錯体だけの合成であったが、中心金属の DOP の物性への影響を考慮して、他の金属イオンを中心に有する DOP の合成も試みた。

DOP を基盤とした新規分子の合成では、その基盤となる DOP の周辺官能基化法の確立を行った。

物性研究では反芳香族分子の伝導度と芳香族性と反芳香族性の変換に伴う伝導度変化を見積もるために、STM ブレイクジャンクション法を用いた単分子伝導度の測定を行った。また、測定用のサンプルとして、金探針により捕捉可能な置換基を有する DOP の合成を行った。

応用研究では Baird 芳香族性を解明するために過渡吸収測定を予定していた。

全ての研究テーマにおいて、新規分子の構造は単結晶 X 線構造解析により構造同定を行い、電子構造に関しては、電気化学測定と DFT 法を用いた理論計算による解明を行った。また、吸収スペクトルも芳香族性および反芳香族性の電子構造に特徴的であることから、その測定も行った。その際に磁気円偏光二色性スペクトルも吸収スペクトルを帰属するために有用な情報が得られることから測定を行った。

### 4. 研究成果

DOP 合成化学の開拓では、DOP の合成前駆体であるジピロメタンに種々の置換基を導入することで、一連の置換基の異なる DOP の合成を行った。また、ニッケル以外に銅を銻型として用いることで、DOP の銅錯体の合成にも成功している。パラ置換アリアル基あるいはチエニ

ル基などの立体障害の少ない置換基では、複数の DOP 分子が積層した構造を取っていることを明らかにした。この積層構造は三次元芳香族性との関連性が示唆されているものであることから、物性研究における三次元芳香族性の研究へと展開した(図2)。

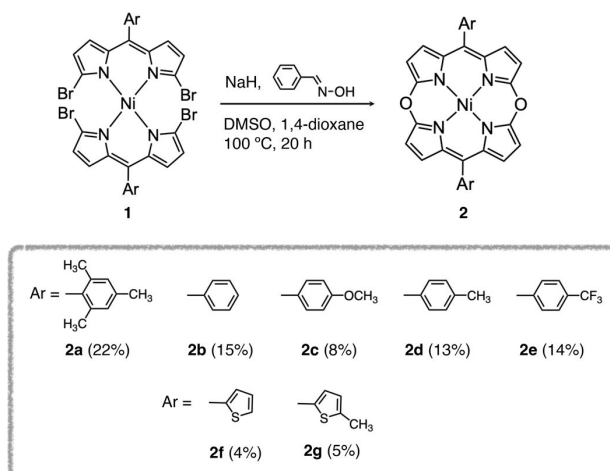


図2. 本研究で合成した一連のアリール置換基の異なる DOP

DOP を基盤とした新規分子の合成では周辺官能基化反応として、プロモ化と続く、カップリング反応について検討を行った。プロモ化反応を段階的に行うことが困難であったが、反応性の高い 4 ヶ所の 位が全てプロモ化されたテトラプロモ体の選択的な合成には成功している。テトラプロモ体と種々のアリールボロン酸を鈴木-宮浦カップリング反応の条件で反応させることで、対応するテトラアリール化体の合成も行った。配位能を有するアリール基を導入して、DOP の外周部での金属配位を試みたが、酸素の配位能が低く、錯体の合成には至っていない。また、DOP の段階的なプロモ化には成功していないが、ジピロメタン前駆体において、トリプロモ体とした後に、DOP 合成を行うことで、DOP のジプロモ体を他のプロモ化体との混合物で得ており、その後、鈴木-宮浦カップリング反応を行った後に、各置換基はシリカゲルカラムで分離することに成功している。研究計画に示した同じ側の 位に置換基を有する DOP の合成も可能になることから、現在も継続して、合成研究を行っており、得られた後に酸化反応を行うことで、完全に縮環した DOP 二量体の合成を試みる予定である。

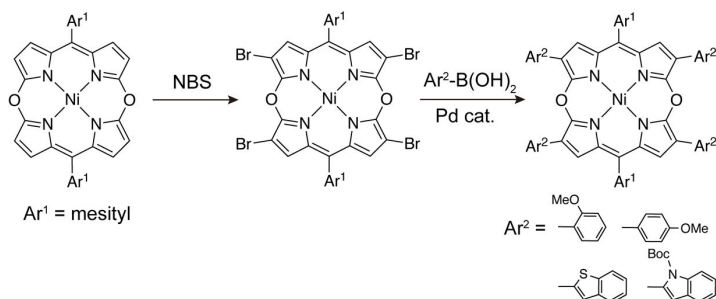


図3. DOP の周辺官能基化反応

物性研究では、目的としていた STM ブレイクジャンクション法を用いた単分子測定には、合成したサンプルの金探針への吸着が起らなかったことから成功していない。この結果を受けて、新しく設計した分子を合成し、現在、測定を行っている。単分子測定には成功しなかったものの、溶液系の STM 測定において、HOPG 基板上に配列した単分子層を形成しやすいことを見出している<sup>[2]</sup>。この単分子層における集積構造は溶液濃度により変化し、0.2 mM では密にパッキングした配列様式を観測した。さらに高濃度では多層の積層構造の形成が観測されたが、表面観察は困難であった。積層構造を制御して構築するために、単分子層に対して、電気パルス照射し、局所的な高濃度条件を発現させたところ、二分子層を創出させることに成功した。この二分子層に対して、走査型トンネル分光法により HOMO と LUMO を見積もった。二分子層では単分子層よりも HOMO-LUMO ギャップが狭小化していたが、これは三次元芳香族性で予想される結果と矛盾していた。三次元芳香族性の発現には反芳香族分子が横方向にずれず積層した構造が必須であるが、今回の系では スタックでよく見られるように少し横方向にずれて積層していたことから、三次元芳香族性は発現しておらず、単純な分子軌道相互作用により、HOMO が LUMO よりも不安定化したために、HOMO-LUMO ギャップが狭小化したものと結論づけている。三次元芳香族性の観測には至らなかったものの、この解析手法は基板上に集積した反芳香族分子の積層による物性変化を見積もる上で、有用な手法になると考えている。

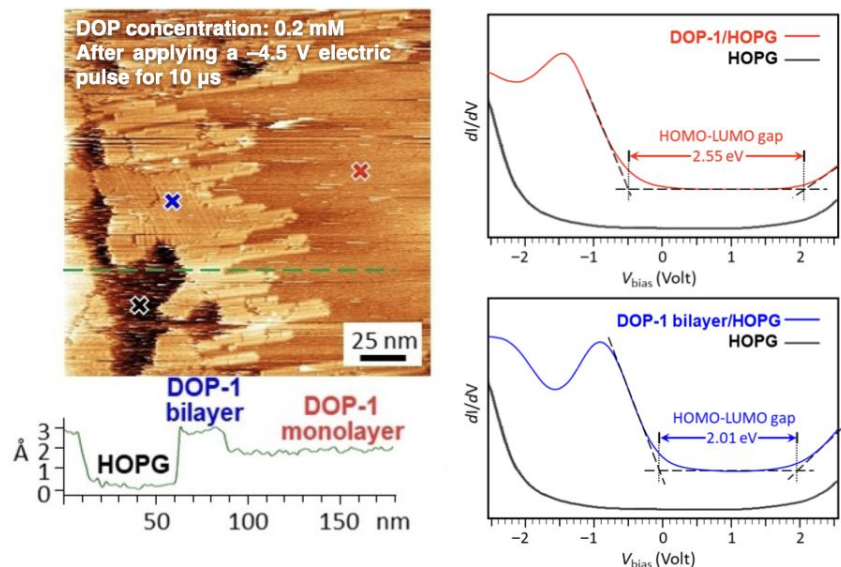


図4 . STMによるDOP集積構造の解明

今回、コロナ禍で研究の進捗が遅れ、また DOP 合成化学の開拓に研究期間の大半を費やしたことから、 応用研究で予定していた Baird 芳香族性を解明するために過渡吸収測定は行えていない。今後、検討を行うことで、励起状態における DOP のダイナミクスについて解明を進める。

#### 引用文献

- [1] Nishiyama, A.; Fukuda, M.; Mori, S.; Furukawa, K.; Fliegl, H.; Furuta, H.; Shimizu, S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 9728.
- [2] Chen, T.-W. M.; Tanaka, Y.; Kametani, Y.; Cheng, K.-Y.; Lin, C.-H.; Lin, Y. R.; Hsu, T.-R.; Chen, Z.; Hao, J.; Mori, S.; Shiota, Y.; Yoshizawa, K.; Furuta, H.; Shimizu, S.; Chen, C.-h. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, e202212726.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hao Jiping, Nishiyama Akihideo, Mori Shigeki, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 27
2. 論文標題 Ring-opening of 5,15-dioxaporphyrin into 1,9-diaryldipyrin by a reaction with Grignard reagents	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	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) 10.1142/S1088424623500293	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 Chen Tsang Wei Matt, Tanaka Yuki, Kametani Yohei, Cheng Kum Yi, Lin Chih Hsun, Lin Yi Rick, Hsu Ting Rong, Chen Zuqian, Hao Jiping, Mori Shigeki, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji, Chen Chun hsien	4. 巻 61
2. 論文標題 Spontaneous Assembly and Three Dimensional Stacking of Antiaromatic 5,15 Dioxaporphyrin on HOPG	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	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/anie.202212726	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 Shiina Yuta, Kage Yuto, Furukawa Ko, Wang Heng, Yoshikawa Hirofumi, Furuta Hiroyuki, Kobayashi Nagao, Shimizu Soji	4. 巻 59
2. 論文標題 TTF Annulated Silicon Phthalocyanine Oligomers and Their External Stimuli Responsive Orientational Ordering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 22721 ~ 22730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202011025	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 Feng Ru, Sato Narumi, Nomura Mayuka, Saeki Akinori, Nakanotani Hajime, Adachi Chihaya, Yasuda Takuma, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 8
2. 論文標題 Near-infrared absorbing pyrrolopyrrole aza-BODIPY-based donor-acceptor polymers with reasonable photoresponse	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 8770 ~ 8776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0tc01487g	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 Basumatary Biju, Hashiguchi Ikuho, Mori Shigeki, Shimizu Soji, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Copper 1,19 Diaza 21,24 dicarbacorrole: A Corrole Analogue with an N-N Linkage Stabilizes a Ground State Singlet Organocopper Species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 15897 ~ 15901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202005167	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 Shimizu Soji	4. 巻 100
2. 論文標題 5,15-Diheteroporphyrins Synthesized from , '-Dihalodipyrrin as a Key Building Block	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 1123 ~ 1123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/rev-20-927	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 Hirokawa Shoma, Mori Shigeki, Kobayashi Nagao, Shimizu Soji	4. 巻 25
2. 論文標題 Phenolate-bridged A2B-type subporphyrin dimer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 975 ~ 980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/s1088424621500796	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 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 Kage Yuto, Kang Seongsoo, Mori Shigeki, Mamada Masashi, Adachi Chihaya, Kim Dongho, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 27
2. 論文標題 An Electron Accepting aza BODIPY Based Donor-Acceptor-Donor Architecture for Bright NIR Emission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 5259 ~ 5267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202005360	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 Hirokawa Shoma, Kobayashi Nagao, Shimizu Soji	4. 巻 26
2. 論文標題 Periphery-Fused Chiral A2B-Type Subporphyrin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 1140 ~ 1140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26041140	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 Shimizu Soji	4. 巻 55
2. 論文標題 aza-BODIPY synthesis towards vis/NIR functional chromophores based on a Schiff base forming reaction protocol using lactams and heteroaromatic amines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8722 ~ 8743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC03365C	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 Masaya, Mori Shigeki, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 14
2. 論文標題 N-Confused Porphyrin-aza-Dipyrin Chimera: A Versatile Metal Coordination Ligand Using its Unique NH Tautomerism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 1697 ~ 1702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801750	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 Yemei, Uchihara Koya, Mori Shigeki, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 21
2. 論文標題 1,3-Dithiole-2-one-Fused Subphthalocyanine and Subporphyrzine: Synthesis and Properties Arising from the 1,3-Dithiole-2-one Units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3103 ~ 3107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00752	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 Yemei, Mori Shigeki, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 58
2. 論文標題 Bis(1,3-dithiol-2-ylidene)-Substituted Subtriazachlorin: A Subphthalocyanine Analogue with Redox Properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 10975 ~ 10979
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201905331	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 Kage Yuto, Karasaki Hideaki, Mori Shigeki, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 84
2. 論文標題 Pyrrolopyrrole Aza-BODIPY Analogues as Near Infrared Chromophores and Fluorophores: Red Shift Effects of Substituents on Absorption and Emission Spectra	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1648 ~ 1652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.201900226	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 Ishimatsu Ryoichi, Shintaku Hirosato, Kage Yuto, Kamioka Misaki, Shimizu Soji, Nakano Koji, Furuta Hiroyuki, Imato Toshihiko	4. 巻 141
2. 論文標題 Efficient Electrogenerated Chemiluminescence of Pyrrolopyrrole Aza-BODIPYs in the Near-Infrared Region with Tripropylamine: Involving Formation of S2 and T2 States	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 11791 ~ 11795
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b05245	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 Nozawa Ryo, Kim Jinseok, Oh Juwon, Lamping Anna, Wang Yemei, Shimizu Soji, Hisaki Ichiro, Kowalczyk Tim, Fliegl Heike, Kim Dongho, Shinokubo Hiroshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Three-dimensional aromaticity in an antiaromatic cyclophane	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-11467-4	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 Kage Yuto, Shimizu Soji, Kociok-Kohn Gabriele, Furuta Hiroyuki, Pantos G. Dan	4. 巻 22
2. 論文標題 Subphthalocyanine-Stoppered [2]Rotaxanes: Synthesis and Size/Energy Threshold of Slippage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1096 ~ 1101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b04620	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 Yamamoto Takaaki, Abraham Jibin Alex, Mori Shigeki, Toganoh Motoki, Shimizu Soji, Ishida Masatoshi, Furuta Hiroyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Tungsten(VI) Complex of N-Fused Porphyrin Absorbing Near-Infrared Light beyond 1000 nm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 748 ~ 752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000014	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 Nishiyama Akihide, Tanaka Yuki, Mori Shigeki, Furuta Hiroyuki, Shimizu Soji	4. 巻 24
2. 論文標題 Oxidative nitration reaction of antiaromatic 5,15-dioxaporphyrin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 355 ~ 361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S108842461950113X	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 Ru Feng, Narumi Sato, Takuma Yasuda, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu	4. 巻 56
2. 論文標題 Rational design of pyrrolopyrrole-aza-BODIPY- based acceptor-donor-acceptor triads for organic photovoltaics application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2975 ~ 2978
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC00398K	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37件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 Soji Shimizu
2. 発表標題 Antiaromatic 5,15-Dioxaporphyrin and Its Redox Behaviors
3. 学会等名 11th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-11) Virtual Meeting (招待講演) (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]helicene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 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 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 $\mu$ -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会
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 $\mu$ -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 $\mu$ -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 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 Ru Feng, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of Pyrrolopyrrole-aza-BODIPY-based Polymers for Organic Solar Cells
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan Branch of the KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Kage, Soji Shimizu, Hiroyuki Furuta, Gabriele Kociok-Kohn, G. Dan Pantos
2. 発表標題 Synthesis of Subphthalocyanine-stoppered [2]Rotaxanes with Unique Threading-Dethreading Behaviors of the Ring Unit
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan Branch of the KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Yamashita, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of meso-Thienyl-substituted Tribenzosubporphyrin
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan Branch of the KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tanaka, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Effects of the Central Metal Ions and meso-Substituents on the Antiaromaticity of 5,15-Dioxaporphyrin
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan Branch of the KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Misaki Kamioka, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Creation of Diketopyrrolopyrrole-based Luminescent Molecules
3. 学会等名 The 24th Joint Seminar of the Kyushu Branch of the CSJ and the Busan Branch of the KCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木嶋郁哉、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 TTF 縮環サブタロシアンを用いた超分子積層構造の構築
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Kage, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Substituent Effect and Unique Dual Emission of Pyrrolopyrrole aza-BODIPY
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yemei Wang, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Creation of a Novel TTF-vinylogue Subphthalocyanine Analogue and its Redox Properties
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tanaka, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Effects of Central Metal Ions and meso-Substituents on Antiaromaticity of 5,15-Dioxaporphyrin
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ru Feng, Mayuka Nomura, Akinori Saeki, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of Pyrrolopyrrole-aza-BODIPY-based Polymer for Organic Photovoltaic Application
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of aza-BODIPY Analogues from a Schiff base Forming Reaction and Their Intriguing Optical and Electrochemical Properties
3. 学会等名 The 12th Taiwan-Japan Bilateral Symposium on Architecture of Functional Organic Molecules (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soji Shimizu
2. 発表標題 Redox-responsive supramolecular behaviors of TTF-annulated subphthalocyanine
3. 学会等名 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Kage, Soji Shimizu, Hiroyuki Furuta, Gabriele Kociok-Kohn, G. Dan Pantos
2. 発表標題 Subphthalocyanine-stoppered [2]Rotaxanes and Peripheral Substituent Effects on Dethreading Behavior
3. 学会等名 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Misaki Kamioka, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of Optical Properties of Circular Diketopyrrolopyrrole
3. 学会等名 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Yuki Tanaka, Shigeki Mori, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Effects of the Central Metal Ions and meso-Substituents on the Antiaromaticity of 5,15-Dioxaporphyrin towards Creation of 3D Aromaticity
3. 学会等名 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神岡美咲、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 円偏光発光を指向した環状ジケトピロロピロールの合成と光学特性
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 山下将輝、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 meso-チエニル置換トリベンゾサブポルフィリンの合成と性質
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 木嶋郁哉、内原岬哉、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 超分子ポリマーの構築を指向したTTF縮環サブフタロシアニンの合成
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 鹿毛悠冬、唐崎秀朗、森重樹、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 ピロロピロール-アザ-BODIPYの近赤外発光特性に及ぼす置換基効果
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 田中佑樹、森重樹、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 5,15-ジオキサポルフィリンの反芳香族性に及ぼす置換基および中心金属効果
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 Ru Feng, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Synthesis of Pyrrolopyrrole-aza-BODIPY-based Triads and Their OPV Application
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 田中佑樹、森重樹、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 5,15-ジオキサポルフィリンの反芳香族性に及ぼす置換基および中心金属効果
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 神岡美咲、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 円偏光発光を指向した環状ジケトピロロピロールの合成と光学特性
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 Masaki Yamashita, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Revisit to the Synthesis of meso-Triaryl-Substituted Tribenzosubporphyrin toward Introduction of Various Substituents on the meso-Positions
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Kage, Soji Shimizu, Hiroyuki Furuta, Gabriele Kociok-Kohn, G. Dan Pantos
2. 発表標題 Synthesis of Subphthalocyanine-stoppered [2]Rotaxanes and Threshold Size for the Slippage of the Ring Unit
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鹿毛悠冬、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 ピロロピロール-アザ-BODIPYの近赤外発光特性と置換基効果
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto Kage, Hideaki Karasaki, Shigeki Mori, Seongsoo Kang, Dongho Kim, Hiroyuki Furuta, Soji Shimizu
2. 発表標題 Pyrrolopyrrole aza-BODIPYs Bearing Electron-Donating Amino Substituents as NIR Fluorophore
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木嶋郁哉、内原岬哉、古田弘幸、清水宗治
2. 発表標題 TTF 縮環サブタロシアンを用いた超分子積層構造の構築
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Soji Shimizu	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 601
3. 書名 Progress in the Science of Functional Dyes (Yusuke Ooyama and Shigeyuki Yagi Eds)	

〔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
---------	---------