

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24350023

研究課題名(和文) 新規ヘテロ原子置換ポルフィリン類縁体の合成と機能開拓

研究課題名(英文) Synthesis and Properties of Novel Porphyrin Derivatives Containing Heteroatoms

研究代表者

忍久保 洋 (Shinokubo, Hiroshi)

名古屋大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50281100

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：ポルフィリンは機能性色素として重要な分子群である。本研究では、ジピリン金属錯体を前駆体として用いて、様々なヘテロ原子導入反応を適用することにより、外周部炭素をヘテロ原子で置換した新規ポルフィリン類縁体の合成法を開拓することに成功した。具体的にはポルフィリンの外周部に硫黄、酸素、ケイ素、リンの導入に成功し、それら新規ポルフィリン類縁体の構造・物性・反応性を明らかにした。得られた新規ポルフィリン類縁体は近赤外吸収特性や優れた電気化学特性を示し、機能性色素として期待できる性質をもつことが分かった。

研究成果の概要(英文)：Porphyrin is a representative functional molecule. In this research project, we focused on the synthesis of novel heteroatom-containing porphyrin analogues through coupling of dipyrroin metal complexes. The metal-templated strategy using dipyrroin metal complexes was found to be quite efficient to construct porphyrin-like cyclic π -conjugated systems consisting of the dipyrroin units and heteroatoms, which exhibit intriguing optical and electronic properties.

研究分野：有機構造化学

キーワード：ポルフィリン コロール ヘテロ原子 金属錯体 近赤外色素 共役 芳香族 反芳香族

1. 研究開始当初の背景

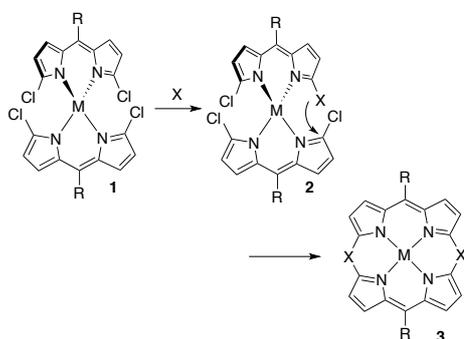
ポルフィリンは光合成中心やヘムなどに重要な色素として天然に広く存在しており、機能材料に向けた研究が盛んに行われている。また、ヘテロ原子をもつポルフィリン類縁体についても、ピロールの窒素原子を酸素やイオウに置き換えた核改変ポルフィリンについて研究が進められている。しかし、この場合ヘテロ原子は π 共役系に組み込まれていない。 π 共役系上に直接ヘテロ原子をもつポルフィリンは、有効な合成法がないためほとんど研究が進んでいない。一般に、ポルフィリンはアルデヒドとピロールとの酸化的縮合によって合成されるが、この方法では外周部にヘテロポルフィリンを合成するのは困難であり、新しい方法論の開拓が重要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、外周部炭素をヘテロ原子で置換した新規ポルフィリンの効果的な合成法を開拓することを目的とした。そして、合成した新規ポルフィリンの構造や電子・光物性を評価し、大きな π 共役系上に組み込まれたヘテロ原子の効果を明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

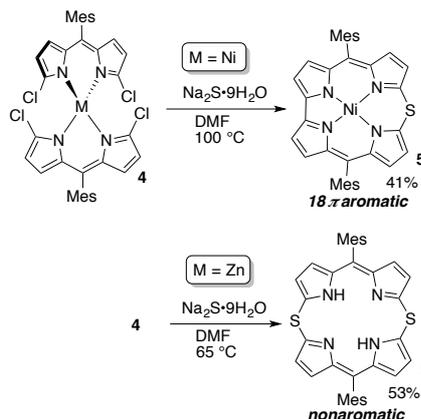
ヘテロ原子置換ポルフィリンを合成するための合理的手法を開発するために、ハロゲンをもつジピリンをヘテロ原子によって架橋し環化させることによって、ポルフィリン類縁体 **3** に変換することを考えた。また、ジピリン金属錯体 **1** を前駆体として用い、金属によるテンプレート効果により反応の効率化を期待した。さらに、ヘテロ原子を導入するために、パラジウム触媒によるアミノ化反応やシリル化反応など有機金属化学の成果を活用し、新しい反応を用いることによって斬新なポルフィリン類縁体を合成することを目指した。



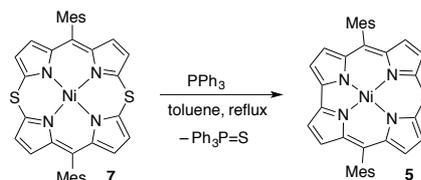
4. 研究成果

ジクロロジピリン錯体 **4** と硫化ナトリウムを反応させたところ、ニッケル錯体からはチアコロール **5**、亜鉛錯体からはジチアポルフィリン **6** がそれぞれ生成することを見いだした。チアコロール **5** は、高い平面性をもち、硫黄上の非共有電子対を含む 18π 共役系に

由来する明確な芳香族性を示す。この結果は、 $3p$ 軌道の非共有電子対が 18π という大きな芳香族 π 電子系に含まれる例はこれまでにほとんどなく、興味深い。

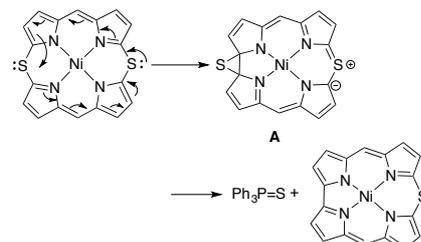


さらに、ジチアポルフィリンニッケル錯体 **7** をトルエン中加熱すると、脱硫反応が進行しチアコロール **5** となることを見いだした。一方、亜鉛、パラジウムおよび白金の錯体について類似の反応を試みたところ、全く脱硫反応は進行しなかった。これは、反応が金属のイオン半径に依存することを示唆する。



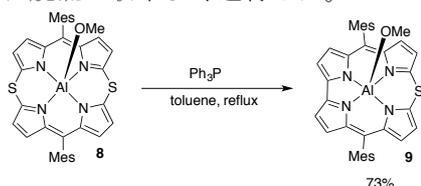
そこで、中心に様々な金属をもつジチアポルフィリンニッケル錯体の単結晶構造解析を行った。その結果、中心金属によってその折れ曲がり構造が顕著に異なることを見いだした。すなわち、イオン半径が小さいニッケルを中心にもつジチアポルフィリンニッケル錯体では、折れ曲がりの角度が大きく、大きな歪をもつことが分かった。この分子の歪がニッケル錯体の高い反応性の原因であると考えられる。

ジチアポルフィリンからチアコロールへの脱硫反応の反応機構は次のように考えている。まず、ピロールの α 炭素間に結合が生成し、エプスルフィド中間体 **A** が生成する。次に、トリフェニルホスフィンの攻撃により硫黄がホスフィンスルフィドとして脱離するというものである。DFT 計算に基づく反応機構解析を行い、チアポルフィリン錯体における歪の解消が脱硫反応の駆動力になっていることが分かった。

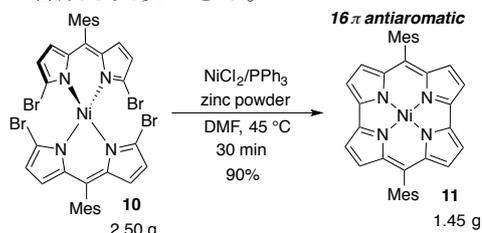


そこで、Ni(II)イオンと同じく小さなイオン

半径をもつ Al(III)をもつジチアポルフィリン錯体を合成し、その反応性を調べたところ、同様に脱硫が収率よく進行した。

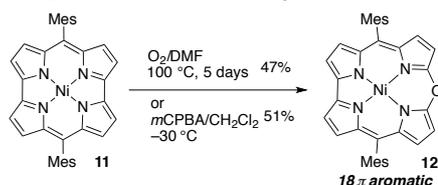


次に、ジプロモジピリン金属錯体 **10** の還元的環化を試みたところ、ノルコロールニッケル錯体 **11** が 90%以上という高収率で生成し、安定な化合物として単離できることを見いだした。これまで長年ノルコロールはその反芳香族性による不安定化のため合成困難とされてきた。テトラピロール鉄錯体を酸化するとノルコロール鉄錯体が生成することが報告されているが、不安定で直ちに二量化するため単離されていない。このため、ノルコロールの構造や性質は未解明であった。この反応は操作が簡便であるため、グラムスケール合成を実現できる。



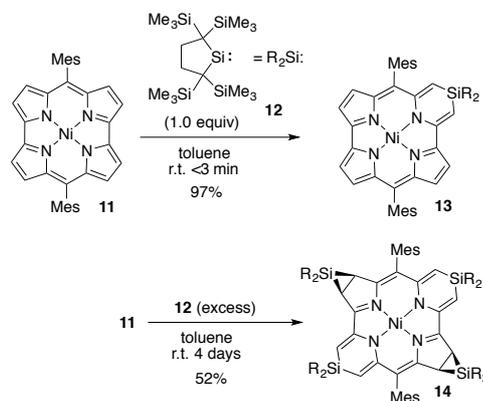
単結晶 X 線構造解析により、**11** が高い平面性をもつことを明らかにした。さらに、¹H NMR において、ピロール部位のプロトンが 1.45~1.60 ppm という高磁場領域に観測された。このことは、ノルコロールが明確な反芳香族性をもつことを示す。反芳香族性をもつコロールやサブポルフィリンは実現されていないため、ノルコロールが最小の反芳香族性ポルフィリノイドとすることができる。

ノルコロールニッケル錯体 **11** は強い反芳香族性をもつにもかかわらず予想外に安定であった。しかし、本質的には不安定であり、酸素下で加熱するか、*m*CPBA で処理すると酸化される。この際、ピロール-ピロール間に酸素原子が位置選択的に挿入したオキサコロール **12** が生成することを見いだした。オキサコロール **12** は酸素上の非共有電子対が π 共役に参加するため、 18π 電子系となる。分子の高い平面性のため明確な芳香族性を示すことが明らかになった。



このように、反芳香族性ポルフィリノイドに対する原子の挿入反応により新たなポルフィリノイドが創成できることが分かった。そこで、他の原子を挿入することはできないかと考えた。種々検討の結果、ノル

コロール **11** に対して二価化学種であるシリレン **12** を反応させると高い位置選択性で挿入反応が進行し、 π 共役系上にケイ素を含む新規ポルフィリノイド **13** が生成した。興味深いことにこのシラポルフィリノイド **13** はケイ素の効果により近赤外領域に強い吸収をもつことがわかった。さらに、過剰のシリレンを反応させると、4つのピロールすべてにシリレンが反応した化合物 **14** が高い位置および立体選択性で得られた。



ジアザポルフィリンとビピリジンの機能をハイブリッドすることを目指し、ピリジルジアザポルフィリンを新規二座配位子として設計し、クロスカップリング反応を用いることにより、その合成を達成した。さらに、ピリジルジアザポルフィリンに白金、ルテニウム、レニウムなどの遷移金属塩を作用させると、対応する金属錯体が収率よく生成することを見いだした。これらの錯体の構造については、NMRおよび単結晶X線構造解析から明らかにした。また、これらの金属錯体が可視光部から近赤外部に幅広い吸収をもつことを見だし、その吸収がMLCT遷移に由来することを分子軌道計算から明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 14 件)

- (1) Gram-Scale Synthesis of Nickel(II) Norcorrole: The Smallest Antiaromatic Porphyrinoid, Tomohiro Ito, Yosuke Hayashi, Soji Shimizu, Ji-Young Shin, Nagao Kobayashi, and Hiroshi Shinokubo, *Angew. Chem., Int. Ed.* **2012**, *51*, 8542-8545. (査読有)
- (2) *meso*-Thiaporphyrinoids Revisited: Missing of Sulfur by Small Metals, Hiroki Kamiya, Takeshi Kondo, Takafumi Sakida, Shigeru Yamaguchi, and Hiroshi Shinokubo, *Chem. Eur. J.* **2012**, *18*, 16129-16135. (査読有)
- (3) Porphyrin Analogues That Consist of Indole, Benzofuran, and Benzothiophene Subunits, Shoichi Nakamura, Takeshi Kondo, Satoru Hiroto, and Hiroshi Shinokubo, *Asian J. Org. Chem.* **2013**, *2*, 312-319. (査読有)

- (4) Synthesis of Highly Distorted π -Extended [2.2]Metacyclophanes by Intermolecular Double Oxidative Coupling, Yutaro Koyama, Satoru Hiroto, and Hiroshi Shinokubo, *Angew. Chem., Int. Ed.* **2013**, *52*, 5740-5743. (査読有)
- (5) Carbolithiation of *meso*-Aryl-Substituted 5,15-Diazaporphyrin Selectively Provides 3-Alkylated Diazachlorins, Ayaka Yamaji, Satoru Hiroto, Ji-Young Shin, and Hiroshi Shinokubo, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 5064-5066. (査読有)
- (6) Synthesis of Pyridine-Fused Perylene Imides with an Amidine Moiety for Hydrogen Bonding, Satoru Ito, Satoru Hiroto, and Hiroshi Shinokubo, *Org. Lett.* **2013**, *15*, 3110-3113. (査読有)
- (7) Near-IR Absorbing Nickel(II) Porphyrinoids Prepared by Regioselective Insertion of Silylenes into Antiaromatic Nickel(II) Norcorrole, Takaki Fukuoka, Kenya Uchida, Young Mo Sung, Ji-Young Shin, Shintaro Ishida, Jong Min Lim, Satoru Hiroto, Ko Furukawa, Dongho Kim, Takeaki Iwamoto, and Hiroshi Shinokubo, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 1505-1509. (査読有)
- (8) Synthesis of Novel Porphyrinoids through Organometallic Means, Hiroshi Shinokubo, *J. Synth. Org. Chem. Jpn.* **2014**, *72*, 149-157. (査読有)
- (9) An Antiaromatic Electrode-Active Material Enabling High Capacity and Stable Performance of Rechargeable Batteries, Ji-Young Shin, Tetsuya Yamada, Hirofumi Yoshikawa, Kunio Awaga, and Hiroshi Shinokubo, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 3096-3101. (査読有)
- (10) Silylethynyl Substituents as Porphyrin Protecting Groups for Solubilization and Selectivity Control, Kazuma Oda, Masanari Akita, Satoru Hiroto, and Hiroshi Shinokubo, *Org. Lett.* **2014**, *16*, 1818-1821. (査読有)
- (11) Synthesis of Regioselective Double Cyclization of 5,15-Bis(trimethylsilylethynyl)porphyrin to Provide Di(oxoethano)porphyrin, Kazuma Oda, Satoru Hiroto, and Hiroshi Shinokubo, *Chem. Lett.* **2014**, *43*, 1444-1446. (査読有)
- (12) Synthesis, Reactivity, and Property of 5,15-Dithiaporphyrin Copper(II) Complex, Naruhiko Wachi, Takeshi Kondo, Satoru Ito, Satoru Hiroto, Ji-Young Shin, and Hiroshi Shinokubo, *J. Porphyrins Phthalocyanines* **2014**, *18*, 675-678. (査読有)
- (13) A 3-Pyridyl-5,15-Diazaporphyrin Nickel(II) Complex as a Bidentate Metalloligand for Transition Metals, Ayaka Yamaji, Ji-Young Shin, Yoshihiro Miyake, and Hiroshi Shinokubo, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 13924-13927. (査読有)
- (14) Synthesis of Ni(II) and Al(III) 10-azacorroles through coordination-induced cyclisation involving 1,2-migration, Hiroto Omori, Satoru Hiroto, Hiroshi Shinokubo, *Chem. Commun.* **2016**, *52*, 3540-3543. (査読有)
- [学会発表] (計 89 件)
- (1) Synthesis of porphyrin analogs containing benzofuran and indole units, 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-7), Jeju, Korea, 2012/07/03, Takeshi Kondo, Shoichi Nakamura, Satoru Hiroto, Hiroshi Shinokubo
- (2) Nucleophilic Addition of Alkylolithiums to *meso*-Aryl 5,15-Diazaporphyrin, 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-7), Jeju, Korea, 2012/07/03, Ayaka Yamaji, Yosuke Hayashi, Hiroshi Shinokubo
- (3) Synthesis of Novel Porphyrinoids through Transition Metal Catalyzed Reactions, 7th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-7), Jeju, Korea, 2012/07/06, Hiroshi Shinokubo
- (4) ジチアポルフィリンの脱イオウ化反応によるチアコロールの合成, 第23回基礎有機化学討論会, 京都, 2012年9月19日, 近藤 剛資, 神谷 拓輝, 忍久保 洋
- (5) アルキルリチウムのジアザポルフィリンに対する求核付加反応, 第23回基礎有機化学討論会, 京都, 2012年9月19日, 山路 文香, 林 陽介, 辛 知映, 忍久保 洋
- (6) Organometallic Route to Novel Porphyrins, Japan-China Joint Symposium on Functional Supramolecular Architectures, Okazaki, 2013/1/19, Hiroshi Shinokubo
- (7) ポルフィリン類縁体合成の新展開, 名古屋カンファレンス, 名古屋, 2013年3月11日, 忍久保 洋
- (8) 反芳香族性ノルコロールの反応性に関する研究, 日本化学会第93春季年会, 草津, 2013年3月23日, 辛 知映, 福岡 嵩規, 忍久保 洋
- (9) ジアザポルフィリンの外部配位金属錯体の合成とその物性, 日本化学会第93春季年会, 草津, 2013年3月23日, 山路 文香, 辛 知映, 忍久保 洋
- (10) 脱アルキニル化反応による新規ポルフィリン化合物の合成, 日本化学会第93春季年会, 草津, 2013年3月23日, 小田 一磨, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (11) 反芳香族性ノルコロールとシリレンおよびカルベンの反応, 日本化学会第93春季年会, 草津, 2013年3月23日, 福岡 嵩規, 辛 知映, 内田 健哉, 石田 真太郎,

- 岩本 武明, 忍久保 洋
- (12) ジアザポルフィリンの外部配位金属錯体の合成とその物性, 日本化学会第 93 春季年会, 草津, 2013 年 3 月 23 日, 山路 文香, 辛 知映, 忍久保 洋
- (13) Synthesis of Novel Porphyrins through Acid-mediated Dealkynylation, 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15), Taipei, 2013/08/01, Kazuma Oda, Satoru Hiroto, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (14) Organometallic Route to Novel Porphyrins, National University of Singapore, Singapore, 2013/08/21, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (15) Synthesis and Properties of a Stable Antiaromatic Porphyrinoid Norcorrole, 15th Asian Chemical Congress (15ACC), Singapore, 2013/08/23, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (16) ピリジルジアザポルフィリンを二座配位子として有する遷移金属錯体の合成と物性, 第 24 回基礎有機化学討論会, 東京, 2013 年 9 月 5 日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (17) 反芳香族性ノルコロールとカルベンへの反応, 第 24 回基礎有機化学討論会, 東京, 2013 年 9 月 5 日, 福岡 嵩規, 辛 知映, 忍久保 洋
- (18) アルキニル基の水和を利用した新規ポルフィリン化合物の合成, 第 24 回基礎有機化学討論会, 東京, 2013 年 9 月 6 日, 小田 一磨, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (19) meso 置換反芳香族性ノルコロールの合成と物性, 第 24 回基礎有機化学討論会, 東京, 2013 年 9 月 6 日, 木戸 裕允, 田中 博子, 辛 知映, 忍久保 洋
- (20) 反芳香族性ノルコロールとシリレンへの反応, 第 60 回有機金属討論会, 東京, 2013 年 9 月 14 日, 福岡 嵩規, 内田 健哉, 辛 知映, 石田 真太郎, 岩本 武明, 忍久保 洋
- (21) アルキニル基の水和を利用した新規ポルフィリンの合成第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 浜松市, 2013 年 11 月 3 日, 小田 一磨, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (22) ピリジルジアザポルフィリンおよびその遷移金属錯体の合成, 第 44 回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 浜松市, 2013 年 11 月 3 日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (23) アルキニル基の水和を利用した新規ポルフィリンの合成, IGER2013 年度年次報告会, 名古屋, 2014 年 1 月 8 日, 小田 一磨, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (24) The synthesis and properties of pyridyldiazaporphyrin-metal complex, IGER 2013 年度年次報告会, 名古屋市, 2014/01/08, Ayaka Yamaji, Yoshihiro Miyake, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (25) アルキニル基の水和によるメゾ-β 縮環型ポルフィリンの合成, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014 年 3 月 29 日, 小田 一磨, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (26) ピリジルジアザポルフィリンを二座配位子として有するレニウム錯体の合成と物性第 9 4 回 日本化学会春季年会, 名古屋市, 2014 年 3 月 29 日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (27) 窒素架橋ジピリン誘導体を用いたアザコロールの新規合成法, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014 年 3 月 29 日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (28) 反芳香族性ノルコロールニッケル錯体の還元反応に関する研究, 日本化学会第 94 春季年会, 名古屋, 2014 年 3 月 29 日, 山本 恵太郎, 山口 龍一, 辛 知映, 忍久保 洋
- (29) Synthesis of meso-β-fused porphyrins through hydration of alkynyl groups IGER International symposium on Chemical Science in Asia, 名古屋市, 2014/5/27, Kazuma Oda, Satoru Hiroto, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (30) Synthesis of Dipyrin Oligomers by Metal Templates International Symposium on Polymeric Materials Based on Element-Blocks, 京都, 2014/5/31, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (31) Synthesis and properties of pyridyldiazaporphyrin-metal complexes, 8th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-8), Istanbul, 2014/6/24, Ayaka Yamaji, Ji-young Shin, Yoshihiro Miyake, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (32) Synthesis of Porphyrin Analogues with Indole Units and Their Metal Complexes 8th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-8), Turkey, 2014/6/25, Satoru Hiroto, Ami Shigeno, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (33) Synthesis, Property, Reactivity, and Assembly of Norcorrole Ni(II) Complexes, 8th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-8), Istanbul, 2014/6/27, [Hiroshi Shinokubo](#)
- (34) 有機反応化学とポルフィリン化学の接点を求めて, 岡山大学大学院理学研究科講演会, 岡山, 2014 年 7 月 31 日, 忍久保 洋
- (35) ピリジルジアザポルフィリン-レニウム錯体の合成とその物性第 4 6 回構造有機若手の会, 大阪府池田市, 2014 年 8 月 7 日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (36) 有機金属化学的手法を用いた新規ポルフィリン類縁体の合成と物性の探求第 47 回有機金属若手の会 夏の学校, 広島, 2014 年 9 月 2 日, 忍久保 洋
- (37) ピリジルジアザポルフィリンを支持配位子として有するレニウム錯体の合成と物性, 第 2 5 回 基礎有機化学討論会, 仙台, 2014 年 9 月 7 日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋

- (38) 窒素架橋ジピリン誘導体を經由したアザコロールの汎用的合成法の開発, 第25回基礎有機化学討論会, 仙台, 2014年9月7日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (39) ジピリン金属錯体を用いた[32]オクタフィリン金属錯体の合成および物性, 第25回基礎有機化学討論会, 仙台, 2014年9月8日, 木戸 裕允, 辛 知映, 忍久保 洋
- (40) 有機反応化学とポルフィリン化学の接点を求めて, 愛媛大学大学院理工学研究科講演会, 松山, 2014年9月26日, 忍久保 洋
- (41) ピリジルジアザポルフィリンを二座配位子として有する遷移金属錯体の合成と物性, 第1回 π 造形若手研究会, 熱海, 2014年11月21日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (42) 窒素架橋ジピリン誘導体を經由したアザコロールの汎用的合成法の開発, 第8回有機 π 電子系シンポジウム, 佐賀, 2014年11月21日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (43) 有機反応化学とポルフィリン化学の接点を求めて, 静岡, 2014年12月13日, 忍久保 洋
- (44) Synthesis and properties of pyridyldiazaporphyrin-Rhenium complexes, IGER2014年度年次報告会, 名古屋, 2014年12月18日, 山路 文香, 辛 知映, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (45) ジピリンのカップリングによるポルフィリノイドの合成と機能の探求, 京都大学大学院理学研究科講演会, 京都, 2014年12月27日, 忍久保 洋
- (46) エキゾチックポルフィリンの合成と機能の探求, 東京工業大学資源科学研究所講演会, 横浜, 2015年3月13日, 忍久保 洋
- (47) ジアザポルフィリンの還元反応, 日本化学会第95春季年会, 船橋, 2015年3月26日, 山路 文香, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (48) 10-アザコロールの新規合成法の開発, 日本化学会第95春季年会, 船橋, 2015年3月26日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (49) Novel Synthetic Method of Nickel(II) Azacorroles from Nitrogen Bridged Dipyrin Derivatives, ICMAT 2015 & IUMRS-ICA 2015, Singapore, 2015/7/2, Hiroto Omori, Satoru Hiroto, Hiroshi Shinokubo
- (50) Novel Synthetic Method of Nickel(II) Azacorroles from Nitrogen Bridged Dipyrin Derivatives, The 7th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials, Osaka, 2015/09/03, Hiroto Omori, Satoru Hiroto, Hiroshi Shinokubo
- (51) 反芳香族ジヒドロジアザポルフィリンの合成と物性, 第26回基礎有機化学討論会, 松山, 2015年9月24日, 山路 文香, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (52) 10-アザコロールの汎用的合成法の開発, 第26回基礎有機化学討論会, 松山, 2015年9月25日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (53) 還元反応による反芳香族ジヒドロジアザポルフィリンの合成, CSJ 化学フェスタ 2015, 東京, 2015年10月15日, 山路 文香, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (54) 10-アザコロールの汎用的合成法の開発, ITbM/IGER Chemistry Workshop, 名古屋, 2015年10月30日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 忍久保 洋
- (55) 新規 10-ヘテロコロールの合成, 分子科学研究所リトリート研修, 岡崎, 2015年11月17日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 武田 洋平, 南方 聖司, 忍久保 洋
- (56) ケイ素およびリンを含む新規ポルフィリノイドの合成, 第2回 π 造形科学若手研究会, 池田, 2015年11月21日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 武田 洋平, 南方 聖司, 忍久保 洋
- (57) ケイ素およびリンを含む新規ポルフィリノイドの合成, 第42回有機典型元素化学討論会, 名古屋, 2015年12月5日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 武田 洋平, 南方 聖司, 忍久保 洋
- (58) Synthesis of Novel Porphyrinoids Containing Silicon and Phosphorus Atoms, IGER 2015年度年次報告会, 名古屋, 2016年1月8日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 武田 洋平, 南方 聖司, 忍久保 洋
- (59) 金属錯体上での有機反応による新規ポルフィリンの合成, Chemistry in Paradise 2016 ~合成化学が創る未来~, 那覇, 2016年3月11日, 忍久保 洋
- (60) ジアザポルフィリンの選択的還元による新規ポルフィリノイドの構築, 日本化学会第96春季年会, 京田辺, 2016年3月24日, 山路 文香, 三宅 由寛, 忍久保 洋
- (61) メゾ位にケイ素およびリンを含む新規ポルフィリノイドの合成, 日本化学会第96春季年会, 京田辺, 2016年3月25日, 大森 裕土, 廣戸 聡, 武田 洋平, 南方 聖司, 忍久保 洋

〔図書〕 (計1件)

Synthesis of Novel Porphyrinoids from Dipyrins, H. Shinokubo, in Chemical Science of p-Electron Systems, pp 243-255.

〔その他〕

研究室ホームページ

<http://www.apchem.nagoya-u.ac.jp/hshino/top.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

忍久保 洋 (SHINOKUBO, Hiroshi)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号: 50281100