

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：32684

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06463

研究課題名(和文) ポルフィリン中心の保護基としてのケイ素の利用と機能性ポルフィリンの構築への応用

研究課題名(英文) Silicon Atom for Using as Protecting Group at Center of Porphyrin and its applications

研究代表者

林 賢 (Hayashi, Satoshi)

明治薬科大学・薬学部・准教授

研究者番号：50584140

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、「ポルフィリン中心の保護基」としてケイ素を導入したポルフィリンの簡便な合成法とその物性を利用した機能性ポルフィリンの構築を目的に行い、以下の成果を得た。1) 目的のポルフィリン中心をケイ素で保護した臭化ポルフィリンを合成し、そのケイ素保護プロモポルフィリンと亜鉛反応剤とのカップリング反応は中心ケイ素を損なうことなく効果的に進行することを明らかにした。また、2) -シリルポルフィリンへのトリフルオロメチル基の導入反応を開発した。さらに、3) 亜鉛ポルフィリンがテトラリン環化反応の光触媒として機能することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、従来の中心にケイ素をもつポルフィリンの物性に加えて望みの特徴や機能を新規な中心にケイ素をもつポルフィリンに付与できる可能性を示している。また、医薬品の開発において候補化合物へのトリフルオロメチル基の導入反応は重要な反応の一つであり、ポルフィリンのトリフルオロメチル化反応は同様にポルフィリンを利用したPDTなどの医薬品開発に貢献できるものと考えられる。

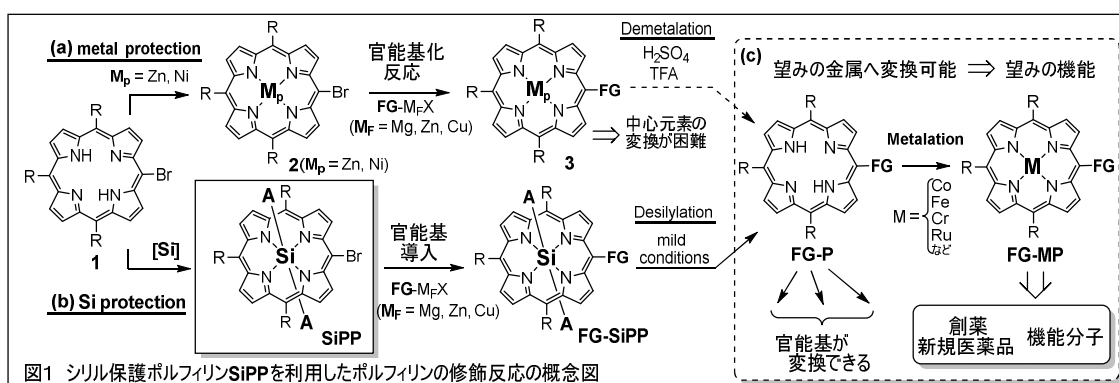
研究成果の概要(英文)：Synthesis of Si-protected porphyrins and its applications for construction of porphyrins as functional molecules were explored, and following results were obtained. 1) Si-protected porphyrins bearing a bromide group can be synthesized via 5 steps. Functionalized Si-porphyrins can be synthesized by palladium-catalyzed coupling of the Si-protected porphyrins with bis(pentafluorophenyl)zinc. In addition to these studies, we have developed 2) trifluoromethylation of silylporphyrins using a trifluoromethyl copper complex and 3) radical-based method of functionalized tetralin with bis(pentafluorophenyl)-diphenyl-porphyrinato zinc(II) as a photoactivated catalyst.

研究分野：化学系薬学

キーワード：ポルフィリン ケイ素 中心保護 官能基化反応 有機金属反応剤 電気化学手法 PDT 光触媒

### 1. 研究開始当初の背景

ポルフィリンは生体内で Fe 錯体としてヘム蛋白質などの活性中心として存在し、酸素の運搬・貯蔵、電子移動などに関与している。これらの機能は環周辺の置換基、中心金属およびその軸配位子などの因子によって制御されている。適切な因子をもつ合成ポルフィリンは医薬品などの機能分子として利用できることが期待されるため、ポルフィリンへの種々の金属および様々な官能基の導入法が数多く報告されている。<sup>1,2</sup>しかし、これらの官能基化反応では無金属ハロゲン化ポルフィリン 1 の中心をあらかじめ Ni や Zn などの金属で保護した 2 を基質に用いる場合が多く、得られる官能基を持つ 3 の脱メタル化には強酸を必要とし、3 の官能基を損なうことなく無金属の FG-P を得ることが困難である(図 1a)。したがって、現在でも新規なポルフィリン医薬品などの機能分子を構築する上で、合成終盤で様々な反応性の高い官能基を持つポルフィリンの中心を望みの金属に自在に変換できる方法の開発が望まれている。



一方、シリル基は容易に様々な官能基に変換でき、緩和な条件で取り除くことができる保護基であり、ケイ素原子はポルフィリンの中心に導入できることが知られている。そこで、代表者は中心元素としてケイ素を持つハロゲン化ポルフィリン SiPP に様々な有機金属反応剤を作用させても、SiPP の中心は金属に置換されることなくケイ素で保護されるものと考えた(図 1b)。このような SiPP と官能基を持つ有機金属反応剤 FG-M<sub>F</sub>X との反応により、官能基が導入されたケイ素ポルフィリン FG-SiPP が得られ、FG-SiPP の中心のケイ素は緩和な条件で取り除くことができ、得られた官能基を持つ無金属ポルフィリン FG-P より様々な官能基および望みの金属が導入されたポルフィリン FG-MP を得られるものと推測した(図 1c)。また、このような SiPP はポルフィリン医薬品の開発にも利用できるはずと考えた。

### 参考文献:

- [1] H. Shinokubo, *et al.*, *Chem. Rev.* **2017**, *117*, 2910.  
 [2] a) H. Shinokubo, *et al.*, *Org. Lett.* **2019**, *21*, 3950; b) A. Osuka, *et al.*, *Chem. Soc. Rev.* **2017**, *11*, 943.

### 2. 研究の目的

本研究は中心をケイ素で保護したポルフィリン SiPP と様々な有機金属反応剤との反応性を明らかにするとともに、官能基を持つケイ素保護ポルフィリン FG-SiPP 及びこれまで合成が困難であった官能基を持つ無金属および金属ポルフィリン (FG-P および FG-MP) の構築法を開発し、これら一連のポルフィリンの潜在的な特性・機能を明らかにすることを目的に実施した。

### 3. 研究の方法

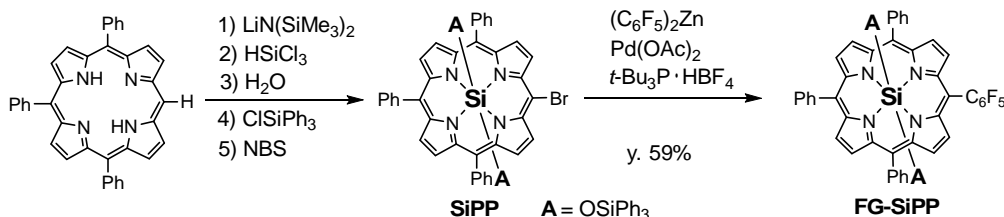
本研究を遂行するために、中心元素としてケイ素を持つハロゲン化ポルフィリン SiPP の合成を試みた。また、SiPP の適用範囲の拡大を念頭に、有機銅反応剤を用いたポルフィリンの修飾反応についても検討した。さらに、ポルフィリンの分光学的な物性を利用した機能分子の開発も同時に行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 有機金属反応剤を用いた中心ケイ素ポルフィリン SiPP の修飾反応

無金属 *meso*-三置換ポルフィリンに LiN(SiMe<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 及び HSiCl<sub>3</sub> を作用させた後、水および ClSiPh<sub>3</sub> で処理することでポルフィリンの中心をケイ素で保護したポルフィリンへ導くことができた。得られたポルフィリンに NBS を作用させることで *meso* 位に臭素をもつ中心ケイ素保護ポルフィリン SiPP を合成することができた。得られた SiPP と 10 当量のビスペンタフルオロフェニル亜鉛との Pd 触媒を用いたカップリング反応を行った結果、中心のケイ素は亜鉛に交換されることなく目的のペンタフルオロフェニル基をもつ中心ケイ素ポルフィリンが 59% の収率で得られた。

これらの結果から、SiPP と有機金属反応剤とのカップリング反応は期待通り中心のケイ素を損なうことなく効率良く進行し、官能基化された FG-SiPP を合成できることを明らかにした (Scheme 1)。

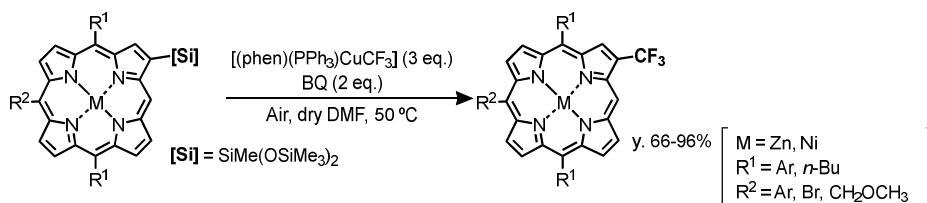


Scheme 1

## (2) 有機銅試薬を用いたポルフィリンの修飾反応 (ポルフィリンのトリフルオロメチル化反応)

ポルフィリンは研究開始当初の背景で述べた生体内での機能の他に機能性材料、触媒、及び医薬品など様々な分野で利用されている有用な大環状芳香族化合物である。これらの機能も環周辺の置換基の電子的及び立体的効果により制御できることが知られている。そのため、ポルフィリン環への様々な官能基導入法が報告されている。これまでにアミノ基、エステル基、及びポリル基などの多様な官能基のポルフィリンへの導入法が開発されている。これらの官能基導入に関連して、近年、強い電子求引性や疎水性をもつ  $\text{CF}_3$  基のポルフィリン環への導入が注目されている。とりわけ、 $\beta$  位に  $\text{CF}_3$  基を持つポルフィリンはヘムモデルや触媒として利用できることから関心を集めており、これまで、梅本試薬、Chen 試薬、及び Langlois 試薬などを用いたポルフィリンの  $\beta$  位への位置選択的  $\text{CF}_3$  基導入反応が報告されている。<sup>3</sup> しかしながら、これらの反応には、「収率が低いこと」、「リガンドとして有毒な元素を用いること」、及び「過剰量の  $\text{CF}_3$  化剤と過酸化物を必要とすること」などの課題が残されている。

これまでに当研究室より Ir 触媒 C-H 活性化によるポルフィリンの  $\beta$  位選択的なシリル化反応が報告された。<sup>4</sup> 一方、Hartwig らは芳香族シリル化合物に AgF 存在下、 $\text{CF}_3$  銅錯体  $[(\text{phen})\text{CuCF}_3]$  を作用させると、シリル基を  $\text{CF}_3$  基へ変換できることを報告している。<sup>5</sup> そこで、この Hartwig らの方法を参考に  $\text{CF}_3$  銅錯体を用いた  $\beta$ -シリルポルフィリンの  $\beta$ -トリフルオロメチル化反応について検討することとした。種々検討した結果、Hartwig らの方法とは異なり、 $\text{CF}_3$  銅錯体として  $\text{PPh}_3$  と phen が配位した  $[(\text{phen})(\text{PPh}_3)\text{CuCF}_3]$  を作用させると AgF を添加することなく、ポルフィリンの  $\beta$  位のシリル基を  $\text{CF}_3$  基に効率良く変換できることを明らかにした (Scheme 2)。<sup>6</sup>

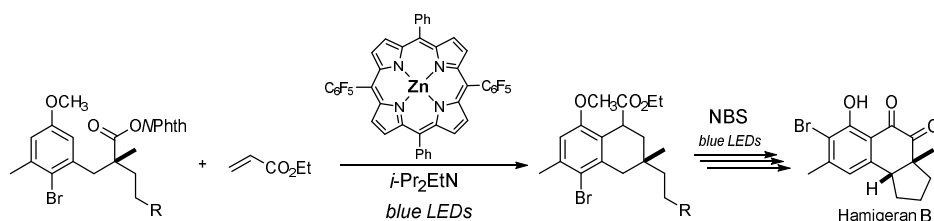


Scheme 2

## (3) 機能性ポルフィリンの開発

### 光触媒として機能するポルフィリン

ポルフィリンは極めて高いモル吸光係数をもつ化合物であり、その分光学的特性を利用した機能して光触媒が挙げられる。そこで、光触媒として汎用されてる Ir 触媒の代わりに亜鉛ポルフィリンが利用できるのではないかと考え、種々検討した結果、抗ウイルス作用を有し特異な三環式構造をもつ海洋天然物である ( $\pm$ )-Hamigeran B の形式的全合成を報告した。<sup>7</sup> この合成方法では中間体として官能基化テトラリンを経由し、この中間体は亜鉛ポルフィリンを可視光触媒として利用するカスケード環化反応と引き続く NBS を用いた光臭素化反応を利用することで効果的に構築できることを明らかにした (Scheme 3)。



Scheme 3

### 光触媒として機能するポルフィリン

光学活性カルボン酸は医薬品や天然物などの光学活性化合物の合成においてキラルシントンとして利用され、最近でもその不斉合成法は活発に研究されている。一般的にそれらの絶対配置は Mosher 法や旋光度比較法などの経験的な手法によって決定されているが、これらの手法は基質の誘導化や別途合成を必要とする。これに対して近年、種々のキラル化合物の非経験的かつ非破壊的な絶対配置決定法として注目されている超分子 CD 励起子キラリティー法のカルボン酸への適用が試みられている。<sup>8</sup> しかし、この手法ではLewis酸性をもつ金属ポルフィリン二量体 BP をホスト分子として用いるため、光学活性カルボン酸の絶対配置決定には塩基を共存させる必要がある。これに対し、筆者は、アミド結合で連結したポルフィリン二量体を設計・構築し (Scheme 4)、この二量体を用いると基質の誘導化及び塩基を添加することなく光学活性カルボン酸の絶対配置が決定できることを明らかにした (図 2)。<sup>9</sup>

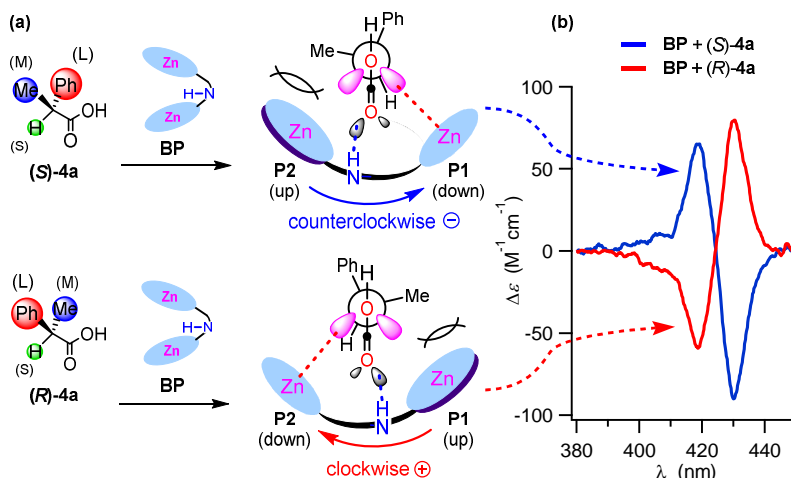
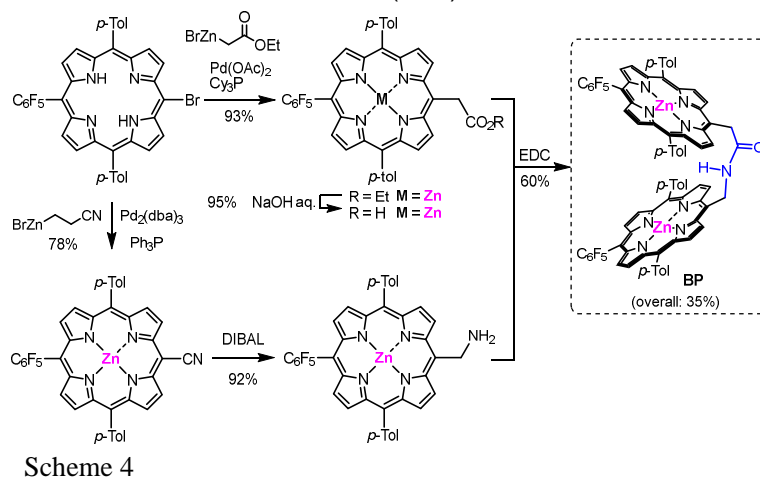
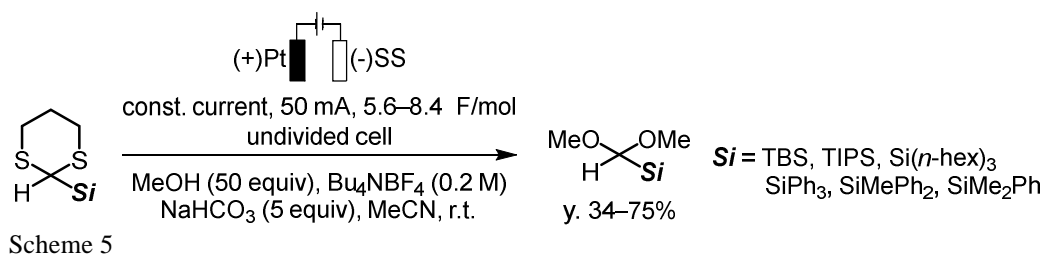


図 2

### (4) 電解合成

アシルシランはケイ素と酸素が同じ  $sp^2$  炭素原子に直接結合している特異な構造を有しており、それに起因した特徴的な分光的・電気化学的性質及び特有の反応性を示すため、有用な合成素子としての利用が注目されている。このようなアシルシランの中で構造が最も単純なホルミルシランも合成素子としての利用が期待されているが、その応用例はほとんど知られていない。これはホルミルシランが空気中の酸素に比較的不安定であるなどの理由により、その合成法が限られているため、従来有毒な CO や水銀試薬を用いるいくつかの合成法<sup>10</sup>が知られているに過ぎない。

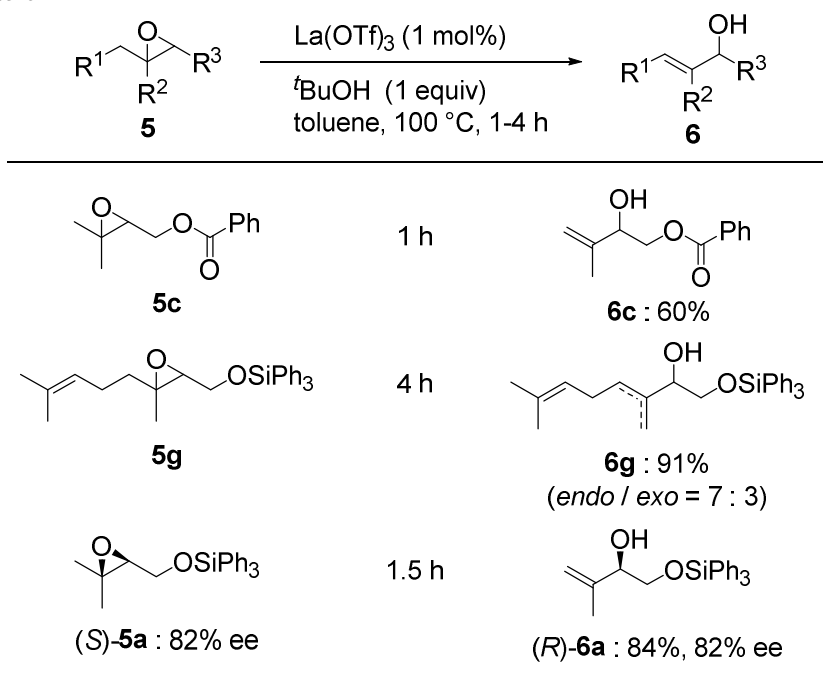
一方、近年、有機電解合成法は酸化剤や還元剤を必要としない環境調和型の合成法として注目されている。当研究室より以前に 2-アルキル-2-トリアルキルシリル-1,3-ジチアンの陽極酸化によるアシルシランの簡便な合成法が報告されている。<sup>11</sup> 筆者は、この電解反応を 2-シリル-1,3-ジチアンに適用すれば、対応するホルミルシランが合成できるものと考え、シリルジチアンの陽極酸化反応について検討することとした。その結果、アルコール共存下シリルジチアンを陽極酸化することによりホルミルシラン誘導体であるシリルアセタールが容易に合成できることを明らかにした (Scheme 5)。<sup>12</sup>



### (5) エポキシの開環

プロトン促進型ルイス酸触媒を用いるエポキシドのアリルアルコールへの異性化反応を開発した。本反応は様々な三置換エポキシドに適応でき、さらに光学活性なエポキシドを基質に用いてもその光学純度を保持したまま対応するアリルアルコールが得られることを明らかにした(Table 1)。<sup>13</sup>

Table 1



### 引用文献

- [3] a) S. Tsudzuki, *et al.*, *Eur. J. Org. Chem.* **1999**, 2471; b) Q.-Y. Chen, *et al.*, *Eur. J. Org. Chem.* **2005**, 3680; c) S. Hayashi, T. Takanami, *et al.*, *Heterocycles* **2021**, *103*, 348.
- [4] S. Hayashi, T. Takanami, *et al.*, *Org. Biomol. Chem.* **2016**, *14*, 10189.
- [5] J. F. Hartwig, *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 8054.
- [6] S. Hayashi, T. Takanami, *et al.*, *Eur. J. Org. Chem.* **2021**, 5623.
- [7] S. Hayashi, T. Yoshimitsu, *et al.*, *J. Org. Chem.* **2023**, *88*, 1085.
- [8] W. D. Jang, *et al.*, *Chem. Eur. J.*, **2012**, *18*, 12479.
- [9] S. Hayashi, *et al.*, *Heterocycles* **2022**, *104*, 1043.
- [10] a) T. D. Tilley, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **1988**, *110*, 313; b) E. I. Miranda *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, *114*, 10078; c) D. Strand, *et al.*, *J. Org. Chem.* **2013**, *78*, 12268.
- [11] T. Takanami, *et al.*, *Tetrahedron Lett.* **1992**, *33*, 1355.
- [12] S. Hayashi, T. Takanami, *et al.*, *Tetrahedron Lett.* **2022**, *104*, 154026.
- [13] S. Hayashi, T. Takanami, *et al.*, *Chem. Commun.* **2021**, *57*, 7107.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 Hayashi Satoshi、Takanami Toshikatsu、Takeda Shiori、Namba Takahiro、Noji Masahiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Supramolecular Chirogenesis in Amide-Linked Bis(Zinc Porphyrin): Application for Absolute Configurational Assignment of Chiral Carboxylic Acids and Chiral Amino Acids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 1043 ~ 1043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-22-14640	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 Noji Masahiro、Ishimaru Sho、Obata Haruki、Kumaki Ayano、Seki Taichi、Hayashi Satoshi、Takanami Toshikatsu	4. 巻 104
2. 論文標題 Facile electrochemical synthesis of silyl acetals: An air-stable precursor to formylsilane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 154026 ~ 154026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2022.154026	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 Hayashi Satoshi、Okamoto Akari、Nabekura Ryoto、Noji Masahiro、Takanami Toshikatsu	4. 巻 -
2. 論文標題 Regioselective Trifluoromethylation of Silylporphyrins by Using a Trifluoromethyl Copper Complex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5623 ~ 5626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202101077	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 Hayashi Satoshi、Takanami Toshikatsu、Yamazaki Daisuke	4. 巻 103
2. 論文標題 Copper-Mediated Trifluoromethylation of Borylporphyrins Using an in situ-Generated CF <sub>3</sub> Radical from NaSO <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> and tert-Butyl Hydroperoxide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 348 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-20-S(K)18	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 Noji Masahiro, Baba Misako, Hirabe Rina, Hayashi Satoshi, Takanami Toshikatsu	4. 巻 57
2. 論文標題 Proton-accelerated Lewis acid catalysis for stereo- and regioselective isomerization of epoxides to allylic alcohols	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7104 ~ 7107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc02840e	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 Okanishi Yusuke, Ishikawa Tohru, Jinnouchi Takuya, Hayashi Satoshi, Takanami Toshikatsu, Aoyama Hiroshi, Yoshimitsu Takehiko	4. 巻 88
2. 論文標題 Radical-Based Route to Functionalized Tetralin: Formal Total Synthesis of (±)-Hamigeran B	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1085 ~ 1092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.2c02552	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 Okanishi Yusuke, Takemoto Otoki, Kawahara Sanpou, Hayashi Satoshi, Takanami Toshikatsu, Yoshimitsu Takehiko	4. 巻 26
2. 論文標題 Red-Light-Promoted Radical Cascade Reaction to Access Tetralins and Dialins Enabled by Zinc(II)porphyrin, A Light-Flexible Catalyst	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3929 ~ 3934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.4c01112	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31件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 林真衣, 林賢, 野地匡裕, 渡邊唯, 高波利克
2. 発表標題 カルボン酸を用いた無金属ポルフィリンの電気化学的なC-Hアシロキシ化反応
3. 学会等名 第49回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡西勇介, 竹本音輝, 川原三宝, 林賢, 高波利克, 好光健彦
2. 発表標題 亜鉛ポルフィリン触媒による赤色光駆動ラジカル環化反応
3. 学会等名 第49回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田翔, 阿部つぐみ, 林賢, 野地匡裕
2. 発表標題 電解発生酸を用いたドミノ置換/環化反応によるテトラヒドロキノリン類の合成
3. 学会等名 第52回複素環化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林真衣, 林賢, 野地匡裕, 渡邊唯, 高波利克
2. 発表標題 カルボン酸を用いたポルフィリンのmeso位選択的な電気化学的アシロキシ化反応
3. 学会等名 第85回有機合成化学協会関東支部シンポジウム - 新潟シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水沼彩音, 林賢, 野地匡裕, 高波利克
2. 発表標題 ポルフィリンの電気化学的なmesoシアノ化反応
3. 学会等名 第85回有機合成化学協会関東支部シンポジウム - 新潟シンポジウム
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 林真衣、林賢、野地匡裕、渡邊惟、高波利克
2. 発表標題 電気化学的な手法を用いたポルフィリンのアシロキシ化反応
3. 学会等名 第67回日本薬学会 関東支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水沼彩音、林賢、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 無金属ポルフィリンのmeso位選択的な電気化学的シアノ化反応
3. 学会等名 第67回日本薬学会 関東支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川瀬倅大、林賢、野地匡裕
2. 発表標題 安定なホウ酸エステルをo-位にもつベンズアルデヒドの合成及び応用
3. 学会等名 第67回日本薬学会 関東支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田翔、林賢、野地匡裕
2. 発表標題 電解発生酸を触媒として用いたテトラヒドロキノリン合成法の開発
3. 学会等名 第67回日本薬学会 関東支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山祐希、林賢、野地匡裕
2. 発表標題 電解発生酸触媒を用いるアリルアルコールの脱水的エーテル反応
3. 学会等名 第67回日本薬学会 関東支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤幸基、林賢、山下晴哉、高波利克、野地匡裕
2. 発表標題 ポルフィリンの電気化学的モノ塩素化反応
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 高山晃大、林賢、野地匡裕
2. 発表標題 ポルフィリンのmeso位選択的な電気化学的チオシアノ化反応
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 水沼彩音、林賢、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 有機電解法を用いたmeso-シアノポルフィリンの合成
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川瀬倅大、林賢、野地匡裕
2. 発表標題 安定なボロン酸エステルをo-位にもつベンズアルデヒドの合成とその応用
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 前田翔, 阿部つぐみ, 林賢, 野地匡裕
2. 発表標題 トラヒドロキノリン類合成のための電解発生酸を用いたドミノ置換/環化反応
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中山祐希, 林賢, 野地匡裕
2. 発表標題 電解発生酸触媒を用いたベンジルアルコール類の脱水的置換反応：N-置換スルホンアミドの合成
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岡西勇介、竹本音輝、川原三宝、林賢、高波利克、好光健彦
2. 発表標題 亜鉛ポルフィリン触媒による赤色光駆動ラジカル環化反応の開発と天然物合成への適用
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山下晴哉、石丸祥、林賢、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 ハロゲン化テトラブチルアンモニウム塩を用いたポルフィリンの電気化学的ハロゲン化反応
3. 学会等名 第48回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川晶、林賢、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 ポルフィリン二量体を用いたキラルスルホキシドの非破壊的絶対配置決定
3. 学会等名 第48回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡西勇介、石川透、陣内拓弥、林賢、高波利克、青山浩、好光健彦
2. 発表標題 可視光レドックスラジカルカスケード反応を鍵とするhamigeran Bの形式的全合成
3. 学会等名 第48回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水沼彩音、林賢、高波利克
2. 発表標題 無金属ポルフィリンのmeso位選択的な電気化学的C-Hシアノ化反応
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林賢、山下晴哉、高波利克
2. 発表標題 nBu4NBrを臭素源として用いるポルフィリンのmeso位選択的な電気化学的モノ臭素化反応
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林真衣、林賢、渡邊惟、高波利克
2. 発表標題 無金属ポルフィリンのmeso位選択的な電気化学的アシロキシ化反応
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野地匡裕、石丸祥、小幡晴耀、熊木綾乃、関太巻、林賢、高波利克
2. 発表標題 2-シリル1,3-ジチアンの陽極酸化によるシリルアセタールの合成
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡西勇介、石川透、陣内拓弥、林賢、高波利克、青山浩、好光健彦
2. 発表標題 金属ポルフィリン可視光レドックス触媒によるラジカルカスケード環化を鍵とするhamigeran Bの形式的全合成
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡本明莉、林賢、鍋倉涼斗、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 CF <sub>3</sub> 銅錯体を用いた -シリルポルフィリンの位置選択的なトリフルオロメチル化反応
3. 学会等名 第81回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林賢、岡本明莉、鍋倉涼斗、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 CF <sub>3</sub> 銅錯体[(phen)(PPh <sub>3</sub> )CuCF <sub>3</sub> ]を利用した -シリルポルフィリンの位置選択的なトリフルオロメチル化反応
3. 学会等名 第48回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本明莉、林賢、鍋倉涼斗、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 CF <sub>3</sub> 銅錯体[(phen)(PPh <sub>3</sub> )CuCF <sub>3</sub> ]を用いる位置選択的な -シリルポルフィリンの -トリフルオロメチル化反応
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下晴哉、林賢、高波利克
2. 発表標題 ハロゲン化アンモニウムを用いたポルフィリンの電気化学的ハロゲン化反応
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小幡晴耀、関太吉、熊木彩乃、林賢、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 2-シリル-1,3-ジチアンの陽極酸化によるシリルアセタールの合成
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川晶、林賢、石丸祥、野地匡裕、高波利克
2. 発表標題 亜鉛ポルフィリン二量体をホスト分子として用いた光学活性アリールスルホキシドの絶対配置決定
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022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	高波 利克  (Takanami Toshikatsu)  (40241111)	明治薬科大学・薬学部・教授   (32684)	

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