

令和 2 年 5 月 1 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04109

研究課題名(和文)芳香環リフォームの確立

研究課題名(英文) Establishing Aromatic Metamorphosis

研究代表者

依光 英樹 (Yorimitsu, Hideki)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：00372566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：ヘテロ芳香環を巧みに切断・部分分解し、芳香環内原子の置換ならびに芳香環への原子挿入を可能にする新手法を創出した。具体的には、1) ニッケル触媒によるベンゾフランへのホウ素挿入、2) ロジウム/銅共触媒系によるジベンゾチオフェンの開環ジボリル化、3) 銅触媒によるベンゾフランの開環シリル化、4) ジベンゾチオフェンからのN-アルキルカルバゾールへの変換などを達成した。こうした研究を通じて、芳香環リフォームを確立するとともに、今後の新展開と深化をはかれた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘテロ芳香環は広く有機化合物中に存在し、それらの化合物の構造と機能の根幹を担う基本骨格である。本研究では、頑丈で骨格変換が困難なヘテロ芳香環を起点とする環骨格変換を有機合成手法として確立し、生成物の多様性や合成工程数の削減などの観点から、魅力的かつ斬新な合成戦略を提案したものである。ヘテロ芳香環の環内原子は芳香族化合物の機能の礎であり、元の化合物の性質を根幹から変えてしまう革新性が本研究成果の特徴である。生物の成長に伴う劇的な形態変化(変態)になぞらえ「芳香環メタモルフォシス」と命名された一連の研究は、有機化学の常識を覆す方法論として世界的に注目されている。

研究成果の概要(英文)：Heteroaromatic skeletons are usually considered as being unbreakable due to their aromatic resonance energy. Compared with exocyclic modifications of aromatic compounds, little is known about endocyclic modifications such as substitutions of endocyclic atoms and atom insertions into the rings through partial disassembly of the cyclic skeletons and subsequent ring reconstruction. I have established 'aromatic metamorphosis'; where heteroaromatic compounds such as dibenzothiophenes and benzofurans are transformed into different ring systems under transition metal catalysis.

研究分野：有機化学

キーワード：芳香族性 ヘテロ芳香環 触媒 ヘテロ原子

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

芳香環は医薬や機能性有機材料中に必ず存在すると言っても過言ではなく、化合物の機能発現の根幹を司る「背骨」である。芳香環は頑丈・安定であり、有機化合物に一旦組み込まれた芳香環骨格そのものを変換することは困難である。それゆえ芳香族化合物の有機合成は芳香環“外”の原子(団)を変換する方法論に大きく依存している。

これに対し申請者は、芳香環を一時的に破壊することで芳香環“内”原子の個数や種類を操作する方法論「芳香環リフォーム」を提唱し、有機合成化学に新展開をもたらしつつある。もし頑丈で骨格変換が困難な芳香環を起点とする自在な環骨格変換が実現すれば、生成物の多様性や合成工程数の削減などの観点から、魅力的かつ斬新な合成戦略となりうるだろう。

2. 研究の目的

上記背景のもと、本研究においては芳香環の環内σ結合を切断する新手法を確立し、特にヘテロ芳香環の自在な骨格変換法の開発を試みた。特に電子豊富な遷移金属触媒を用いることで、強固な炭素-ヘテロ元素結合の切断を目指した。

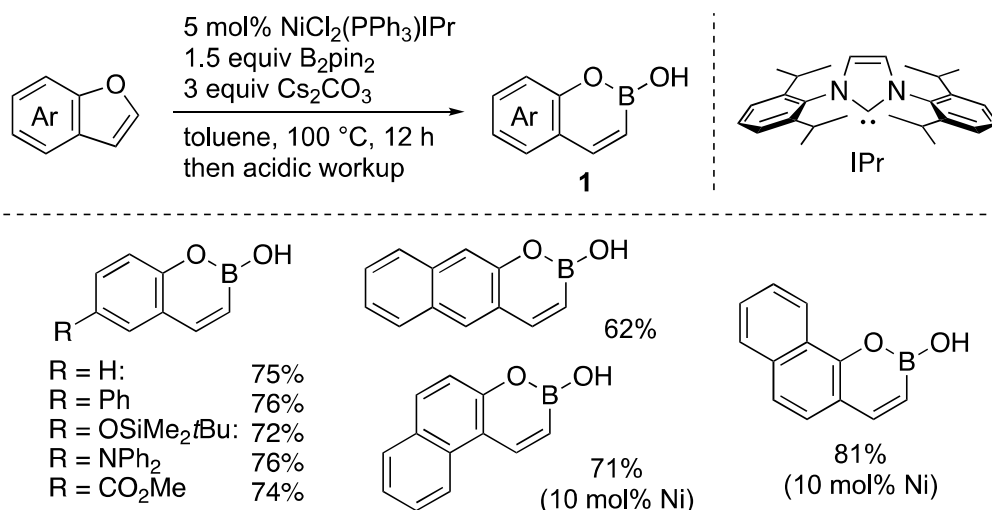
3. 研究の方法

原料として酸素あるいは硫黄を含むヘテロ芳香環であるフラン、チオフェン類縁体を選択し、その炭素-酸素、あるいは炭素-硫黄結合切断を伴う骨格変換反応を探索した。遷移金属触媒としては不活性結合切断に対して有効であることが知られるニッケルやロジウムをはじめとする後周期遷移金属を用い、反応条件を精査した。

4. 研究成果

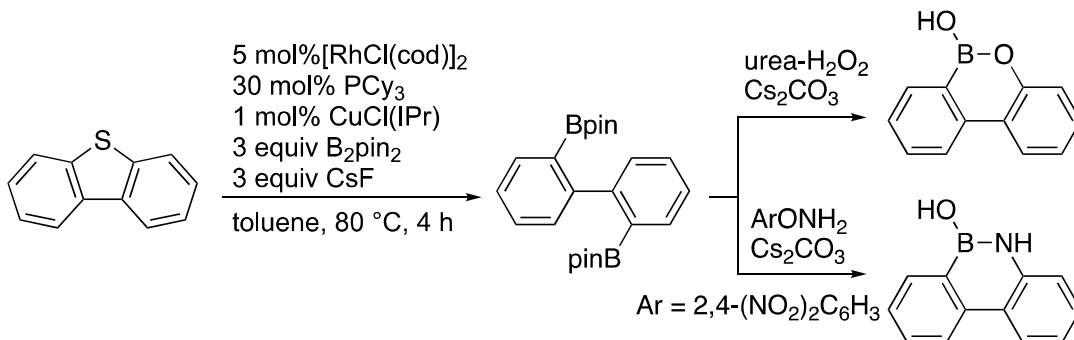
4.1 ニッケル触媒を用いたベンゾフランへのホウ素挿入¹⁾

含窒素複素環カルベン配位子の一つである IPr 配位子を有するニッケル触媒と炭酸セシウムの存在下、ベンゾフランに対してビスピナコラートジボロン (B_2pin_2) を作用させると、ベンゾフランの2位炭素-酸素結合に対しホウ素原子が挿入され、生成物としてベンゾオキサボリン 1 が得られることを明らかにした。また、生成物の一つであるナフトオキサボリンのホウ素上をアリール化することで、青色蛍光分子も創出した。



4.2 ロジウム/銅共触媒系によるジベンゾチオフェンの開環ジボリル化²⁾

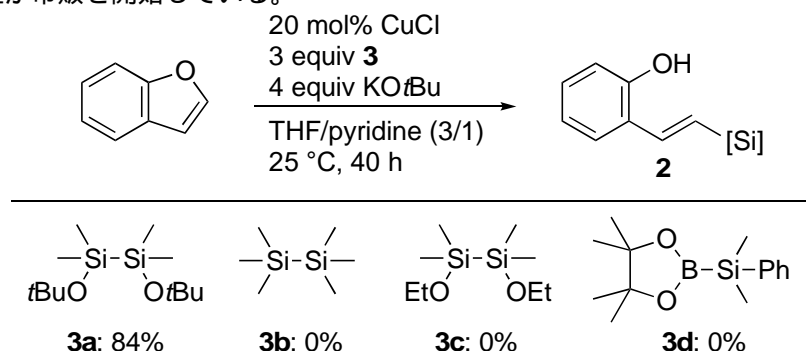
ロジウム/銅共触媒存在下、ジベンゾチオフェンに対し B_2pin_2 を作用させると、2,2'-ジボリルビフェニルが得られることを見いだした。反応はロジウム単独触媒でも進行するが、銅触媒を共存させることにより反応速度と収率が向上した。本反応は安定なヘテロ芳香環を開環させつつ二箇所のボリル化を行う斬新な反応といえる。



本反応により合成した 2,2'-ジボリルビフェニルは、過酸化水素を用いたヒドロキシ化によりオキサボリンへ、求電子的窒素化剤を用いたアミノ化によりアザボリンへそれぞれ容易に変換できた。これらの変換反応により、合成中間体としての 2,2'-ジボリルビフェニルの高い有用性を実証した。2,2'-ジボリルビフェニルを基軸とした本手法では多様なボラサイクルを同一の出発原料から合成できる。多様性指向型の原子挿入法として意義深い。

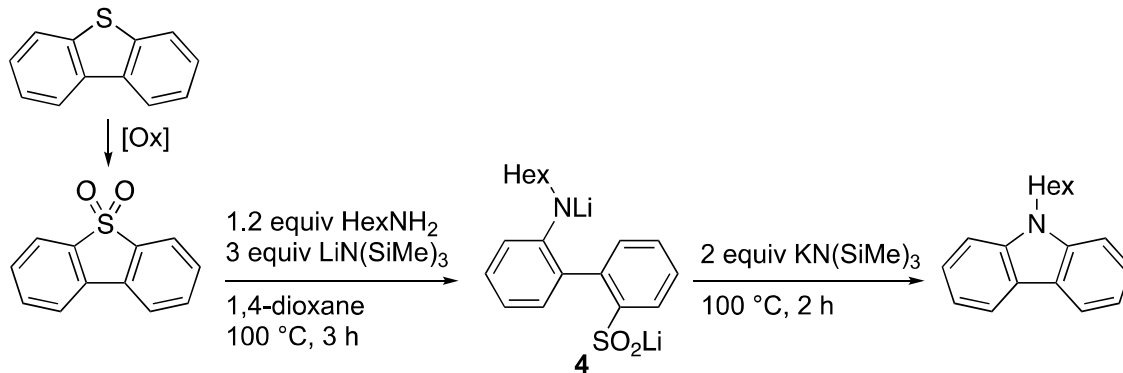
4.3 銅触媒を用いたベンゾフランの開環シリル化³⁾

ベンゾフランに対し塩化銅触媒存在下、過剰量のカリウム *tert*-ブトキシドとジシラン反応剤を作用させると、フラン骨格の開環を伴うシリル化反応が温和な条件下で進行し、生成物 **2** が得られることを明らかにした。本反応で用いるケイ素反応剤としては 1,2-di-*tert*-butyl-1,1,2,2-tetramethyldisilane (**3a**) が最適であり、他のジシラン **3b** や **3c**、シリルボラン **3d** は有効でなかった。溶媒が本反応に与える影響は大きく、THF とピリジン を 3:1 の体積比で混合した共溶媒系が特に有効であった。本反応はジシランと銅塩から系中で生じたシリル銅種による付加-脱離型の機構で進行していると考えられ、DFT 計算により想定反応機構が妥当であることも確認した。この新しい反応機構の発見は、芳香環リフォームの今後の展開に大変重要な知見を与えるものである。生成物のビニルシラン **2** は精製容易かつ安定でありながら、適切な活性化剤存在下では高い反応性を有しており、パラジウム触媒を用いたヨードアレーンとのクロスカップリングが高い収率で進行した。なお、この反応で用いたジシラン反応剤 **3a** はその将来性に鑑み 2019 年より試薬会社が市販を開始している。



4.4 ジベンゾチオフェンからの *N*-アルキルカルバゾールへの変換⁴⁾

ジベンゾチオフェンに対応するジオキソドへ酸化し、その後アミド塩基共存下においてアルキルアミンと反応させることで、*N*-アルキルカルバゾールが得られることを明らかにした。本反応ではカウンターカチオンの異なる二種類のアミド塩基を用いることが非常に重要である。すなわち、まずリチウムビス(トリメチルシリル)アミド存在下において、ジベンゾチオフェンジオキソドに対するアルキルアミンの S_NAr 反応によりジアニオン **4** を発生させる。その後カリウムビス(トリメチルシリル)アミドを添加し 100 °C で加熱することで分子内 S_NAr 反応が進行し、目的の *N*-アルキルカルバゾールが高収率で得られた。リチウム、あるいはカリウム塩基のみを用いても目的物はほとんど得られなかった。前者ではジアニオン **4** の状態で反応が停止し、後者では原料であるジベンゾチオフェンジオキソドが分解するのみであった。塩基のカウンターカチオンの差異が反応の成否に大きな影響を与えることを明らかにした有意義な研究であり、類似の芳香環リフォームを目指す際の指針となるだろう。



その他にもマンガン触媒を用いたベンゾフランの開環ジリチオ化⁵⁾や金属リチウムを用いたインドールの開環ジリチオ化⁶⁾を開発し、当初の目的通り様々な芳香環リフォーム法を確立することができた。⁷⁻⁹⁾

< 引用文献 >

- 1) “Nickel-Catalyzed Boron Insertion into the C2–O Bond of Benzofurans” Hayate Saito, Shinya Otsuka, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu, *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 15315–15318 (DOI: 10.1021/jacs.6b10255).
- 2) “Rh/Cu-cocatalyzed Ring-opening Diborylation of Dibenzothiophenes for Aromatic Metamorphosis via Diborylbiaryls” Hayate Saito, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu, *Chem. Lett.* **2017**, *46*, 1122–1125 (DOI: 10.1246/cl.170415).
- 3) “Copper-Catalyzed Ring-Opening Silylation of Benzofurans with Disilane” Hayate Saito, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 11030–11034 (DOI: 10.1002/anie.201806237); *Angew. Chem.* **2018**, *130*, 11196–11200 (DOI: 10.1002/ange.201806237).
- 4) “Synthesis of *N*-Alkyl and *N*-H Carbazoles via S_NAr-based Aminations of Dibenzothiophene Dioxides” Atsushi Kaga, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu, *Chem. Eur. J.* **2019**, *25*, 14780–14784 (DOI: 10.1002/chem.201903916).
- 5) “Manganese-Catalyzed Ring Opening of Benzofurans and Its Application to Insertion of Heteroatoms into the C2–O Bond” Shun Tsuchiya, Hayate Saito, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu, *Org. Lett.* **2017**, *19*, 5557–5560 (DOI: 10.1021/acs.orglett.7b02660).
- 6) “Aromatic Metamorphosis of Indoles into 1,2-Benzazaborins” Shun Tsuchiya, Hayate Saito, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu, *Org. Lett.* **2019**, *21*, 3855–3860 (DOI: 10.1021/acs.orglett.9b01353).
- 7) “Aromatic Metamorphosis of Dibenzothiophenes” Hideki Yorimitsu, Dhananjayan Vasu, M. Bhanuchandra, Kei Murakami, Atsuhiko Osuka, *Synlett* **2016**, *27*, 1765–1774 (DOI: 10.1055/s-0035-1561617).
- 8) “Aromatic metamorphosis: conversion of an aromatic skeleton into a different ring system” Keisuke Nogi and Hideki Yorimitsu, *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 4055–4065 (DOI: 10.1039/C7CC00078B).
- 9) “Ring-Expanding and Ring-Opening Transformations of Benzofurans and Indoles with Introducing Heteroatoms” Hayate Saito and Hideki Yorimitsu, *Chem. Lett.* **2019**, *48*, 1019–1028 (DOI: 10.1246/cl.190393).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 38件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Minami Hiroko, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 8
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Borylation of Aryl Sulfoniums with Diborons	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 579 ~ 583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.7b03841	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 Yoshida Yuto, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 20
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Amination of Aryl Sulfoxides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1134 ~ 1137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b00060	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 Hori Mitsuki, Guo Jing-Dong, Yanagi Tomoyuki, Nogi Keisuke, Sasamori Takahiro, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Sigmatropic Rearrangements of Hypervalent-Iodine-Tethered Intermediates for the Synthesis of Biaryls	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 4663 ~ 4667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201801132	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 Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Palladium Catalyzed Insertion of Isocyanides into the C-S Bonds of Heteroaryl Sulfides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6653 ~ 6657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201802369	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 Uno Daisuke, Minami Hiroko, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 13
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Mizoroki-Heck-Type Alkenylation of Monoaryldialkylsulfoniums	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2397 ~ 2400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201800489	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 Saito Hayate, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Copper-Catalyzed Ring-Opening Silylation of Benzofurans with Disilane	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 11030 ~ 11034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201806237	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 Jun-ichi, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 7
2. 論文標題 Cobalt-Catalyzed Reduction of Aryl Sulfones to Arenes by Means of Alkylmagnesium Reagents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2049 ~ 2052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800473	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 Otsuka Shinya, Yorimitsu Hideki	4. 巻 29
2. 論文標題 Synthesis of 4-aryl- and 4-acyl-1,3-dithiole-2-thiones via deprotonative zincation of 1,3-dithiole-2-thione	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heteroatom Chemistry	6. 最初と最後の頁 e21432 ~ e21432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hc.21432	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 Okamoto Koichi, Hori Mitsuki, Yanagi Tomoyuki, Murakami Kei, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Sigmatropic Dearomatization/Defluorination Strategy for C?F Transformation: Synthesis of Fluorinated Benzofurans from Polyfluorophenols	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14230 ~ 14234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201809035	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 Takahashi Fumiya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 20
2. 論文標題 Intramolecular Desulfinitative Coupling: Nickel-Catalyzed Transformation of Diaryl Sulfones into Biaryls via Extrusion of SO ₂	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6601 ~ 6605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b02972	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 Yorimitsu Hideki, Yamagishi Hiroki, Tsuchiya Shun, Saito Hayate, Nogi Keisuke, Shimokawa Jun	4. 巻 99
2. 論文標題 Four-Component Coupling Strategy for 2,3,4-Trisubstituted 3,4-Dihydroquinoline	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 301 ~ 301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-18-S(F)24	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 Hori Mitsuki, Yanagi Tomoyuki, Murakami Kei, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 92
2. 論文標題 Annulative Synthesis of Benzofurans from General Alkenyl Sulfoxides and Phenols via Pummerer/Sigmatropic Cascade	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 302 ~ 311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20180321	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 Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Rovis Tomislav, Yorimitsu Hideki	4. 巻 14
2. 論文標題 Photoredox-Catalyzed Alkenylation of Benzylium Salts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 532 ~ 536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801732	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 Pratap Ramendra, Yorimitsu Hideki	4. 巻 51
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Amination of Aryl Sulfides and Sulfoxides with Azaarylamines of Poor Nucleophilicity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 2705 ~ 2712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611732	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 Hori Mitsuki, Nogi Keisuke, Nagaki Aiichiro, Yorimitsu Hideki	4. 巻 8
2. 論文標題 Annulative Synthesis of Thiazoles and Oxazoles from Alkenyl Sulfoxides and Nitriles via Additive Pummerer Reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1084 ~ 1087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201900169	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 Minami Hiroko, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Alkoxyacylation of Arylsulfoniums	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2518 ~ 2522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00067	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 Tsuchiya Shun, Saito Hayate, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Aromatic Metamorphosis of Indoles into 1,2-Benzazaborins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3855 ~ 3860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01353	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 Takahashi Fumiya, Nogi Keisuke, Sasamori Takahiro, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Diborative Reduction of Alkynes to 1,2-Diboryl-1,2-Dimetallalkanes: Its Application for the Synthesis of Diverse 1,2-Bis(boronate)s	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4739 ~ 4744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01622	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 Yamagishi Hiroki, Shimokawa Jun, Yorimitsu Hideki	4. 巻 30
2. 論文標題 Copper-Catalyzed Twofold Silylmatalation of Alkynes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1551 ~ 1554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611869	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 Kaga Atsushi, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 25
2. 論文標題 Synthesis of N Alkyl and N H Carbazoles through SNAr Based Aminations of Dibenzothiophene Dioxides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 14780 ~ 14784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201903916	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 Uno Daisuke, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Arylthiolation of Alkynes Enabled by Surmounting Competitive Dimerization of Alkynes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8295 ~ 8299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b03056	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 Jun-ichi, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Cross-Coupling of Aryl Trifluoromethyl Sulfones with Arylboronates by Cooperative Palladium/Rhodium Catalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8987 ~ 8991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b03393	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 Saito Hayate, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 46
2. 論文標題 Rh/Cu-cocatalyzed Ring-opening Diborylation of Dibenzothiophenes for Aromatic Metamorphosis via Diborylbiaryls	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1122 ~ 1125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170415	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 Tsuchiya Shun, Saito Hayate, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 19
2. 論文標題 Manganese-Catalyzed Ring Opening of Benzofurans and Its Application to Insertion of Heteroatoms into the C2?O Bond	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5557 ~ 5560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b02660	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 Vasu Dhananjayan, Hausmann Jan Niklas, Saito Hayate, Yanagi Tomoyuki, Yorimitsu Hideki, Osuka Atsuhiko	4. 巻 6
2. 論文標題 Robust Palladium-Catalyzed Arylation of Catalyst-Poisoning ortho-Sulfanyl Aryl Halides with Tetraarylborates and Its Application to Synthesis of -Extended Dibenzothiophenes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1390 ~ 1393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201700323	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 Yamamoto Keita, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 7
2. 論文標題 Nickel-Catalyzed Cross-Coupling Reaction of Aryl Sulfoxides with Arylzinc Reagents: When the Leaving Group is an Oxidant	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 7623 ~ 7628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.7b02347	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 Yorimitsu Hideki, Yoshida Yuto, Nogi Keisuke	4. 巻 28
2. 論文標題 C-S Bond Alkynylation of Diaryl Sulfoxides with Terminal Alkynes by Means of a Palladium?NHC Catalyst	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 2561 ~ 2564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0036-1591676	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 Yorimitsu Hideki, Gao Ke, Yamamoto Keita, Nogi Keisuke	4. 巻 28
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Arylation of Benzylic C?H Bonds of Azaarylmethanes with Aryl Sulfides	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 2956 ~ 2960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0036-1589098	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 Minami Hiroko, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 8
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Borylation of Aryl Sulfoniums with Diborons	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 579 ~ 583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.7b03841	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 Yoshida Yuto, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 20
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Amination of Aryl Sulfoxides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1134 ~ 1137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b00060	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 Yorimitsu Hideki, Minami Hiroko, Nogi Keisuke	4. 巻 97
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Homo-Coupling of Heteroarylsulfoniums via Borylation/Suzuki-Miyaura Coupling Sequence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 998 ~ 1007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-18-S(T)78	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 Yorimitsu Hideki	4. 巻 17
2. 論文標題 Cascades of Interrupted Pummerer Reaction-Sigmatropic Rearrangement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 1156 ~ 1167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.201700017	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 Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 53
2. 論文標題 Aromatic metamorphosis: conversion of an aromatic skeleton into a different ring system	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4055 ~ 4065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC00078B	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 Yuto Kurata, Shinya Otsuka, Norihito Fukui, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu, and Atsuhiko Osuka	4. 巻 19
2. 論文標題 Aromatic Metamorphosis of Dibenzofurans into Triphenylenes Starting with Nickel-Catalyzed Ring-Opening C-O Arylation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 1274-1277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.6b03861	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 Mitsuki Onoda, Yoshinari Koyanagi, Hayate Saito, M. Bhanuchandra, Yoshihiro Matano, and Hideki Yorimitsu	4. 巻 6
2. 論文標題 Synthesis of Dibenzophospholes from Dibenzothiophene Dioxides and Phenylphosphine by Twofold SNAr Reactions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Asian J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 257-261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201600612	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 Hayate Saito, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu	4. 巻 49
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Double Borylation of Diaryl Sulfoxides with Diboron	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 4769-4774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0036-1588848	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 Hayate Saito, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu	4. 巻 46
2. 論文標題 Rh/Cu-cocatalyzed Ring-opening Diborylation of Dibenzothiophenes for Aromatic Metamorphosis via Diborylbiaryls	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1122-1126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170415	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 Nogi and Hideki Yorimitsu	4. 巻 53
2. 論文標題 Aromatic metamorphosis: conversion of an aromatic skeleton into a different ring system	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 4055-4065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC00078B	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32件 (うち招待講演 17件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis: Conversions of Heteroaromatic Skeletons into Different Rings
3. 学会等名 The 1st Sino-Japanese Symposium on Catalysis for Precision Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 依光英樹
2. 発表標題 芳香環の破壊をもたらす遷移金属触媒反応
3. 学会等名 第7回錯体化学若手の会 九州・沖縄支部勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 依光英樹
2. 発表標題 芳香環メタモルフォシス
3. 学会等名 第6回次世代の有機化学・広島シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis: Breaking Aromaticity to Construct New Cyclic Systems
3. 学会等名 The 1st KU-UNIST Joint Symposium on Chemistry and Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis of Benzofurans
3. 学会等名 International Symposium of Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis for the Synthesis of Azaarenes
3. 学会等名 The 2nd Sino-Japanese Symposium on Catalysis for Precision Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayate Saito, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Copper-Catalyzed Ring-Opening Silylation of Benzofurans with Disilane
3. 学会等名 The 20th IUPAC Conference on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyuki Yanagi, Keisuke Nogi, Ruben Martin, and Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Nickel-Catalyzed Carboxylation of Arylsulfoniums
3. 学会等名 The 20th IUPAC Conference on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Yamagishi, Jun Shimiokawa, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Copper-catalyzed Twofold Silylmetalation of Alkynes
3. 学会等名 The 20th IUPAC Conference on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加賀敦志・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 アルカリ金属強塩基を用いたジベンゾチオフェンからN-アルキルカルバゾールへの芳香環変換反応
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岸拓幹・下川淳・依光英樹
2. 発表標題 銅触媒を用いたアルキンの二重シリルメタル化
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤友彦・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたアリールスルホキシドのC _H アルコキシ化
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤友彦・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたアリールスルホキシドのC _H アルコキシ化
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Yamagishi, Shun Tsuchiya, Hayate Saito, Keisuke Nogi, Jun Shimiokawa, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Four-component Coupling Strategy for 2,3,4-trisubstituted 3,4-Dihydroquinoline
3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤颯・下川淳・依光英樹
2. 発表標題 安定性と反応性の両立を指向したアルコキシシリル基の開発
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 Hayate Saito, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Copper-Catalyzed Ring-Opening Silylation of Benzofurans with Disilane
3. 学会等名 4th International Symposium on Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayate Saito, Jun Shimokawa, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Seven-membered Dialkoxysilyl Group Activatable under Specific Conditions
3. 学会等名 Nanyang Research Conference on Synthetic Chemistry and Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齊藤颯・下川淳・依光英樹
2. 発表標題 7員環構造を有するジアルコキシシリル基の開発と利用
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 加賀敦志・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 金属リチウムを用いた還元的ジリチオ化に基づくチオフェン環の芳香環メタモルフォシス
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 山岸拓幹・下川淳・依光英樹
2. 発表標題 新規ケイ素官能基供与体ジシラノラートの開発と利用
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 西淳一郎・加賀敦志・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 金属ナトリウムを用いたN-アリアルピロールの還元的脱アリアル化
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 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Catalytic C-S Bond Cleavage Exploiting the Potential of Organosulfur Chemistry
3. 学会等名 Basel Chemical Society Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis by Means of Catalytic Cleavage of Endocyclic Bonds
3. 学会等名 Perspectives on Organometallics in Organic Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 A Journey from Catalytic C-S Bond Activation to Aromatic Metamorphosis
3. 学会等名 Nordic/Kyoto OMCOS 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis: Conversion of a Heteroaromatic Skeleton into a Different Ring System
3. 学会等名 Japanese-Spanish Symposium on Modern Synthetic Methodology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 依光英樹
2. 発表標題 炭素 - 硫黄結合の触媒的変換から芳香環メタモρφォシスへの展開
3. 学会等名 第45回オルガノメタリックセミナー (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 依光英樹
2. 発表標題 芳香族性の破壊を伴う分子変換
3. 学会等名 産業総合研究所触媒化学融合研究センター第49回講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis: Conversions of Heteroaromatic Skeletons into Different Rings
3. 学会等名 8th International Collaborative and Cooperative Chemistry Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis: Conversion of a Heteroaromatic Skeleton into a Different Ring System
3. 学会等名 Japanese-Spanish Symposium on Modern Synthetic Methodology（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 A Journey from Catalytic C-S Bond Activation to Aromatic Metamorphosis
3. 学会等名 Nordic/Kyoto OMCOS 2017（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Aromatic Metamorphosis by Means of Catalytic Cleavage of Endocyclic Bonds
3. 学会等名 Perspectives on Organometallics in Organic Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 依光英樹
2. 発表標題 芳香族性の破壊を伴う分子変換
3. 学会等名 産業総合研究所触媒化学融合研究センター第49回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究室HP http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/orgchem/ 「驚きの有機化学反応を創り育てる」 京都大学理学研究科・理学部研究紹介インタビュー http://www.sci.kyoto-u.ac.jp/ja/research/activities-ch/1910-hidekiyorimitsu.html 化学専攻 依光英樹教授が日本学術振興会賞を受賞 http://www.sci.kyoto-u.ac.jp/ja/news/detail_1557.html 化学専攻 依光英樹教授が日本学士院学術奨励賞を受賞 http://www.sci.kyoto-u.ac.jp/ja/news/detail_1575.html 依光英樹 理学研究科教授が第16回(令和元年度)日本学士院学術奨励賞を受賞 http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/about/events_news/office/soumu/koho/news/2019/200114_1.html</p>

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