

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：35302

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K15574

研究課題名(和文)ホスホリル基を用いた電子的安定化によるイナミンの合成と含窒素機能化合物への変換

研究課題名(英文) Synthesis of Electronically Stabilized Ynamines by Electron-Withdrawing Phosphoryl Group, and Transformations to Functional Organonitrogen Derivatives

研究代表者

奥田 靖浩 (Okuda, Yasuhiro)

岡山理科大学・工学部・講師

研究者番号：70803534

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)：本研究では、電子求引性を有するホスホリル基(Ph₂P(O)基、以後『ホスフィンル基』として記載)を置換した安定イナミンを出発原料として、続く芳香環形成反応により芳香族アミンを合成した。まず、ホスフィンルイナミンの脱ホスフィンル化と続く銅触媒によるアジドとの環化付加で4-アミノトリアゾールを合成した。続いてイナミンの原料であるブロモ(ホスフィンル)エチンを利用し、プロセスにより位置選択性を転換できるプロモトリアゾールの合成法を開発した。最後に、ホスフィンルイナミンの脱ホスフィンル化と園頭-萩原カップリング、分子内Friedel-Crafts反応を経由して多環芳香族アミンが得られることも見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を実施したことで、従来では求核性が高く安定に取り扱えなかった化学種『イナミン』が合成反応に利用できることを実証し、新たな芳香族アミンの合成法を確立した。有機窒素化合物は医薬品や材料など多岐にわたる機能性化合物として社会で広く利用されており、その有用性は論を俟たないが、炭素(sp)-窒素結合を有するイナミンは全く利用できていない。本研究では含窒素有機化合物の合成にイナミンが前駆体として利用できることを示したことに加え、多環芳香族アミンなど溶解性の乏しい化合物ではイナミンのパイ拡張という新たな問題解決法を提供したことで、今後は機能性材料の開発など産業的にも有益な技術開発への応用も期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed a versatile organonitrogen starting material which is an air-stable ynamine substituted with an electron-withdrawing phosphoryl group (hereafter described as "phosphinyl group"), and the subsequent aromatization protocols. First, we synthesized 4-aminotriazole by dephosphinylation of phosphinyl ynamine, followed by copper-catalyzed cycloaddition with azides. We also achieved process-controlled regiodivergent synthesis of 4- and 5-bromotriazoles with bromo(phosphinyl)ethyne, which served as a synthetic precursor of phosphinyl ynamine. Finally, we synthesized polycyclic aromatic amines through a dephosphinylation of phosphinyl ynamine with KOH, palladium and copper-catalyzed Sonogashira-Hagihara coupling, and intramolecular Friedel-Crafts cyclization sequence.

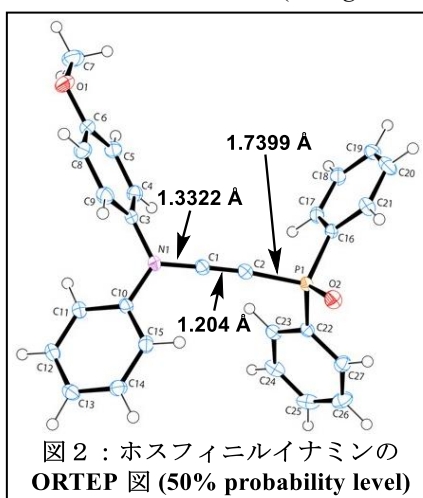
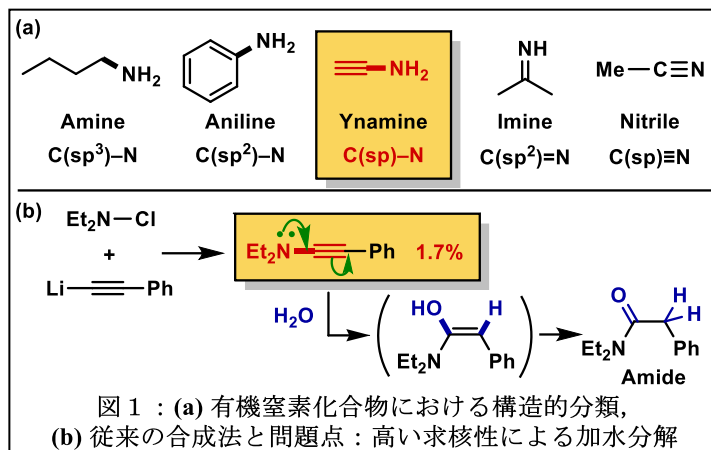
研究分野：有機合成化学

キーワード：イナミン、ホスホリル基(ホスフィンル基)、アジド-アルキン環化付加、有機窒素化合物、多環芳香族アミン、脱ホスフィンル化、プロセス制御、レジオダイバージェント

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

アミンやアニリンをはじめとする有機窒素化合物は塩基性や水素結合アクセプター、配位結合形成や電子供与などの機能発現に不可欠であり、医薬品や材料として幅広く含まれる。この中で、炭素(sp)-窒素結合を有するイナミンは N-C≡C 骨格という単純な構造モチーフをもち、合成化学的にも多様な応用展開が期待できるにも関わらず従来の有機合成化学ではほとんど利用されていない (図 1a)。これはイナミンが高い求核性を有する不安定化学種であることに起因しており、1960 年にクロロアミンとリチウムアセチリドからイナミン合成が試みられたが、速やかに加水分解されアミドへ変換されるため収率は 1.7% に留まる (Liebigs. Ann. Chem. 1960, 638, 33., 図 1b)。この問題を回避するため、カルボニル基やスルホニル基をはじめとした電子求引基を窒素上に導入したイナミド ([EWG]-N-C≡C 骨格を有する化合物) が開発され安定誘導体として利用されてきたが (Zhang, Y.; Hsung, R. P. et al. Chem. Rev. 2010, 110, 5064.), 導入される窒素官能基はアミドであり、有用性が限られる。この背景から、我々は電子求引基としてホスフィニル基 (Ph₂P(O)) を置換したホスフィニルイナミン **1** のグラムスケール合成法を開発し、カラムクロマトグラフィー精製も可能であり、その構造を X 線結晶構造解析により確認した (図 2)。本研究では、これにより得た安定イナミンから芳香族アミンを選択的に合成する研究を実施したので、その内容および研究成果について報告する。なお申請段階においては P(O)Ph₂ 基を『ホスホリル基』として記載しており、本研究表題にも含まれるが、実質的にはリン酸エステルを指すことから本報告書においてはより化学的に正確な『ホスフィニル基』として P(O)Ph₂ 基を表すこととする。



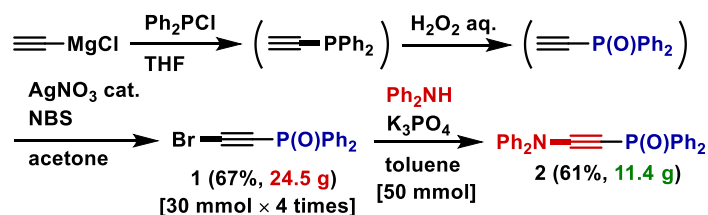
2. 研究の目的

本研究では、ホスフィニル基の強い電子求引性を活用してイナミンの簡便合成法を確立するとともに、得られたイナミンが合成前駆体として幅広く利用できることを実証する。従来、イナミンは求核性が高く不安定で取り扱い困難であったが、ホスフィニル基で電子的に安定化した誘導体をグラムスケール合成し、これを幅広い有機窒素化合物の合成に応用することで新たな研究基盤を創出する。本研究ではイナミン “N-C≡C” 骨格が合成反応に利用できることを確かめるため、まずトリアゾール環形成反応、続いて有機エレクトロニクス材料として有用な多環芳香族アミンの合成研究へと展開したので、それらの結果を報告する。

3. 研究の方法

①イナミンのグラムスケール合成と銅触媒アジド-アルキン環化付加 [4. 研究成果, 論文①]

まず、本研究では大気中でも安定に取り扱えるイナミンのグラムスケール合成法を開発した (スキーム 1)。市販のエチニルマグネシウムクロリドにクロロジフェニルホスフィンを加え、H₂O₂ を用いた酸化、銀触媒プロモ化を行いプロモ (ホスフィニル) エチン **1** を合成した。続いてトルエン溶媒中で **1** とジフェニルアミン、リン酸三カリウムによりアミノ化を行い、標的とするホスフィニルイナミン **2** を 61% 収率、10 グラムスケールで得た。



スキーム 1：プロモ (ホスフィニル) エチン **1** の合成と続くアミノによるイナミン **2** の合成

続いて、合成したホスフィニルイナミン **2** を出発原料に利用した芳香環形成反応で芳香族アミンを合成することを計画した。このような有機合成反応として、銅触媒を用いたアジド-アル

キン環化付加 (Fokin, V. V.; Sharpless, K. B. *et al. Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, *41*, 2596.; Meldal, M. *et al. J. Org. Chem.* **2002**, *67*, 3057.) が末端アルキンを最も確実に変換できる反応として用いられており、本研究ではアルコキシド塩基で脱ホスフィニル化し、続くワンポットプロセスでイナミン “R₂N-C≡C” を捕捉できるか検討した。種々反応条件を検討した結果、イナミン **2** にヨウ化銅触媒、カリウムメトキシド、アジドを 1-プロパノール中、100 °C 昇温条件において混合した場合、期待したアミノトリアゾール **3** が得られることを見出した (図 3)。

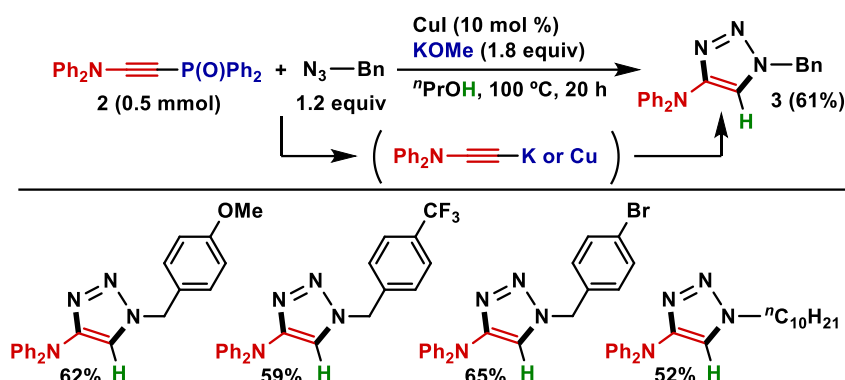


図 3 : ホスフィニルイナミン **2** の脱ホスフィニル化を経由したアミノトリアゾール **3** の合成

②ブromo (ホスフィニル) エチンの位置選択的環化 [論文②]

続いて、イナミンの合成において前駆体として調製したブromo (ホスフィニル) エチン **1** が 25 グラムスケールで一挙に合成できることから、これを出発原料として用いた銅触媒アジド-アルキン環化付加も検討した。まず **1** にヨウ化銅触媒、アスコルビン酸ナトリウム、水酸化カリウム、プロトン源として水とメタノールを加え、ジクロロメタン溶媒中で混合したところ 4-位にブromo基を有するトリアゾール **4** を高収率で得た (図 4)。本反応は様々な置換基を有するベンジル、アルキルおよびシンナミルアジドで反応が進行したが、アリールアジドでは反応が進行しなかった。また X 線結晶構造解析を行い、確かにブromo基が 4-位に位置することを確認した。本反応は形式上、ブromoエチンを用いた銅触媒アジド-アルキン環化付加に相当するが、ブromoエチンは揮発性の高い気体分子 (沸点 : 5 °C) であり、ブromoエチニドとして系中発生することで効率的にブromotriazoleへ変換できることを実証した。

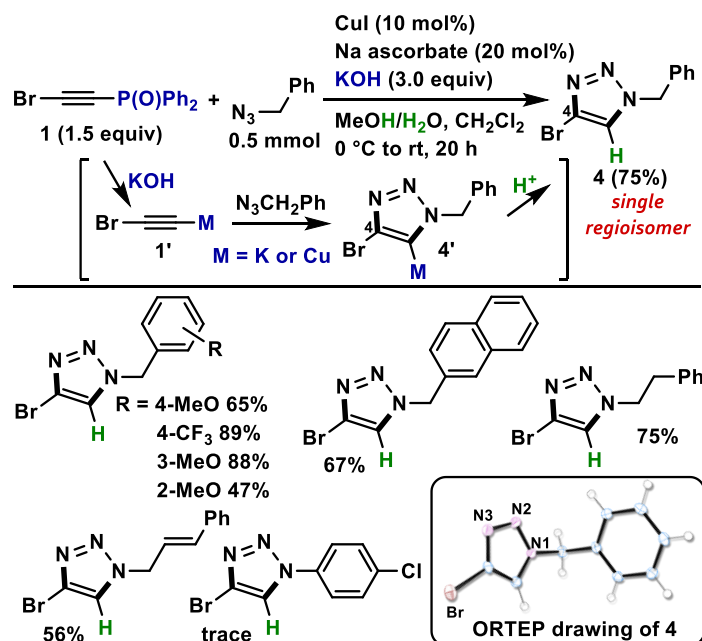


図 4 : ブromo (ホスフィニル) エチン **1** を用いた脱ホスフィニル化を経由する 4-ブromotriazole **4** の合成

また、アルコキシカルボニル基を置換したブromoエチン (Br-C≡C-CO₂R) がヨウ化銅と酢酸銅の混合触媒存在下においてトリアゾール環形成が進行し、ブromo基を 5-位にもつトリアゾールが形成されることが報告されている (*Synlett* **2005**, 3059)。本研究でも同様、二種の銅触媒存在下で **1** とベンジルアジドを混合した結果、トリアゾール **5** が 80% 収率かつ 99% 以上の位置選択性で得られ、X 線結晶構造解析から 5-位にブromo基、4-位にホスフィニル基が置換することを見

出した (図 5)。同様に様々な置換基を有するアジドを用いて反応を行ったところ、ベンジル、アルキル、シンナミルアジドで効率的に反応が進行し、また脱ホスフィニル型環化付加では反応が進行しなかったアリールアジドでも対応するトリアゾールが 48% で得られた。一方で立体的に嵩高い 2 級のシクロヘキシルアジドを用いた場合には収率 13% と進行しにくいものの、位置選択性については低下することなく得られた。

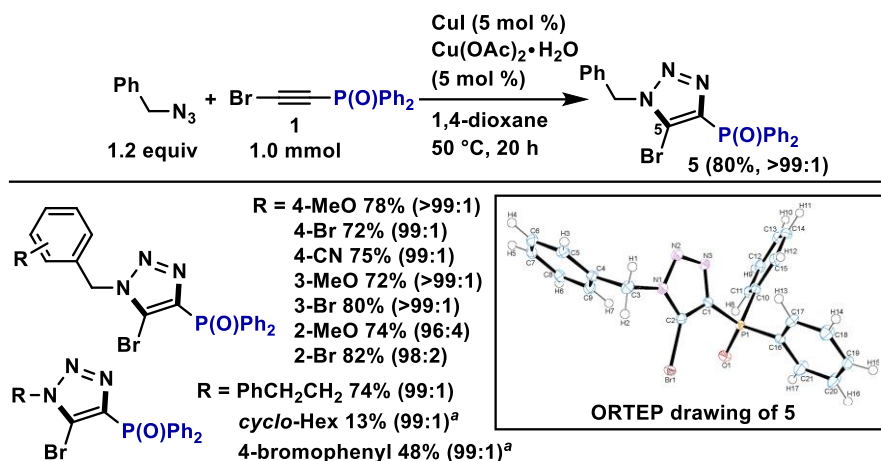


図 5 : ブロモ (ホスフィニル) エチン 1 を用いた直截トリアゾール環形成反応による 5-ブロモ-4-(ホスフィニル)トリアゾール 5 の合成

最後に、今回開発した反応を機能性化合物の合成法に応用することを計画した。トリアゾール骨格を有する機能性化合物として、ヒストン脱アセチル化酵素 8 (HDAC8) 選択的阻害剤である NCC-149 が知られており (Suzuki, T.; Miyata, N. *et al. J. Med. Chem.* **2012**, *55*, 9562.), これを標的化合物に設定した合成研究を実施した (図 6)。1 とフェニルチオメチルアジドに水酸化カリウム、銅およびアスコルビン酸ナトリウム触媒、プロトン源に水とメタノールを加え、ジクロロメタン中で混合することで 4-ブロモトリアゾール 6 が 71% 収率で得られた。続いて鈴木-宮浦カップリングによりブロモ基を (3-メトキシカルボニル) フェニル基に変換した 7 を 88% 収率で合成し、ヒドロキシルアミンを用いたアミド化で対応するヒドロキサム酸に誘導することで標的とする NCC-149 を 70% の収率で得た。

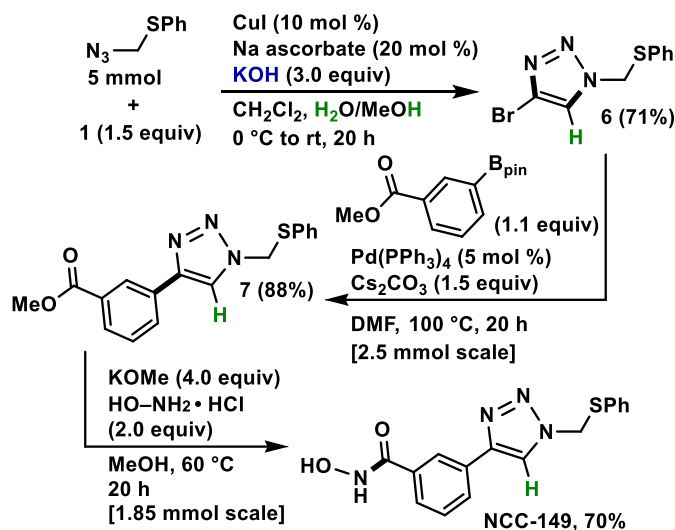


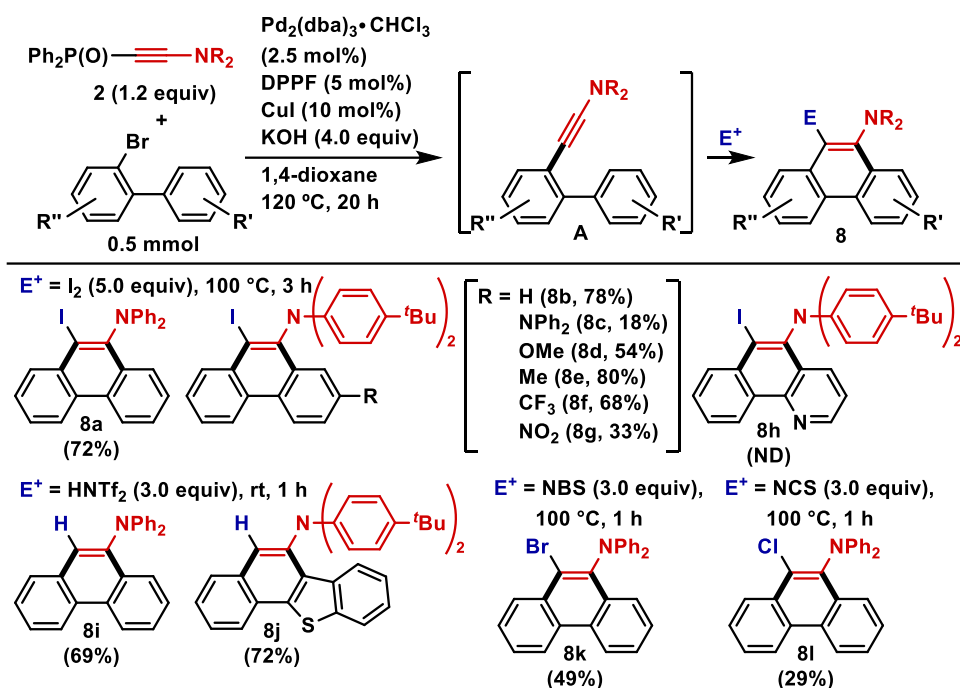
図 5 : 本反応を応用した NCC-149 の合成

③脱ホスフィニル型菌頭-萩原カップリングを経由した多環芳香族アミン合成 [論文③]

多環芳香族アミンは電子供与性のアミノ基、拡張パイ共役系という構造をもつため有機半導体材料として有用であり、この誘導体の一つである spiro-OMe-TAD を利用したペロブスカイト太陽電池の光電変換効率は 20% 以上にも達することから、現在も高性能化や社会実装に向けた材料開発が行われている。芳香族アミンを合成する方法として、パラジウムや銅触媒によるクロスカップリング反応、近年では炭素-水素結合の直截アミノ化などが開発されたが、多環芳香族アミンの乏しい溶解性を克服できる有機合成法は確立されていない。本研究では、新たに開発したイナミン 2 と 2-ハロビフェニルを出発原料として、芳香環を形成しながらアミノ基を導入する新たな多環芳香族アミンの合成法の開発に着手した。

種々の条件検討を行った結果、Pd₂(dba)₃·CHCl₃ と DPPF、ヨウ化銅触媒に水酸化カリウムを添

加して 1,4-ジオキサン中、120 °C (還流条件) で攪拌したところ、予想したイナミン中間体 **A** が効率的に生成した。続いてヨウ素を添加し、100 °C で 3 時間攪拌することで目的とするアミノ (ヨード) フェナントレン **8a** を 72% の単離収率で得た (スキーム 2)。同様にイナミンや 2-ブロモビフェニルの基質適用範囲を検証した結果、パラ位に ^tBu 基を置換したイナミンを用いた場合に収率が 78% に向上した (**8b**) ことに加え、優れた溶解性により取り扱いが容易になったため、このイナミンを用いて更に検証を進めた。その結果、ジフェニルアミノ基やニトロ基を置換したアミノフェナントレンは低収率であったが (**8c** 18%, **8g** 33%)、メトキシ基やメチル基、トリフルオロメチル基を置換した誘導体 (**8d** 54%, **8e** 80%, **8f** 68%) は良好な収率で目的とするフェナントレンを与えた。電子不足な複素環であるピリジル基を含む誘導体の合成も試みたが、目的とする環化体は得られなかった (**8h**)。電子供与基を置換した 2-ブロモビフェニルはパラジウムへの酸化的付加が遅く、電子求引基をもつ 2-ブロモビフェニルでは二段階目の Friedel-Crafts 環化が不利であることから電子的に大きな摂動をもつ誘導体では収率が低下したと予想している。また、二段階目の求電子剤として強い Brønsted 酸である HNTf₂ を用いるとプロトン化体である **8i** を 69% の収率で得た。またチオフェン環上でのヨウ素化が進行するため、チオフェンを含む誘導体ではヨードニウムによる環化付加を行うことはできないが、HNTf₂ によるプロトン化に変更すれば単一の生成物 **8j** を 72% の収率で得た。最後に、求電子剤として NBS を用いてブロモ化体 **8k** を 49%、NCS を用いてクロロ化体 **8l** を 29% 収率で合成した。出版した学術論文においてはさらにパイ拡張骨格を有する多環芳香族アミンの光学特性を調査した結果を記載しており、アミノ基の置換位置が蛍光量子収率に大きな影響を与えることを紹介している。本研究で得た知見を基に、今後は新たな発光材料やエレクトロニクス材料の合成法として応用するなど、材料産業に有用な研究シーズであることから更なる研究発展を目指したい。



スキーム 2 : イナミンの脱ホスフィニル化を經由した多環芳香族アミンの合成

4. 研究成果

[学術論文 (査読有)]

- ① Synthesis of Ph₂P(O)-Stabilized Ynamines via C(sp)-N Bond Formation and Their Dephosphorylative Copper-Catalyzed Click Reaction. **Y. Okuda**, T. Seo, Y. Shigezane, H. Watanabe, H. Akashi, T. Iwanaga, A. Orita, *Chem. Lett.* **48**, 1484–1487 (2019).
- ② Process-Controlled Regiodivergent Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloadditions: Tailor-made Syntheses of 4- and 5-Bromotriazoles from Bromo(phosphoryl)ethyne. **Y. Okuda**, K. Imafuku, Y. Tsuchida, T. Seo, H. Akashi, A. Orita, *Org. Lett.* **22**, 5099–5103 (2020).
- ③ Dephosphinylative [4 + 2] Benzannulation of Phosphinyl Ynamines: Application to the Modular Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines. **Y. Okuda**, Fujimoto, H. Akashi, A. Orita, *J. Org. Chem.* **86**, 17651–17666 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Sun Kewei, Sagisaka Keisuke, Peng Lifen, Watanabe Hikaru, Xu Feng, Pawlak Romy, Meyer Ernst, Okuda Yasuhiro, Orita Akihiro, Kawai Shigeki	4. 巻 60
2. 論文標題 Head to Tail Oligomerization by Silylene Tethered Sonogashira Coupling on Ag(111)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 19598 ~ 19603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202102882	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 Okuda Yasuhiro, Fujimoto Mayo, Akashi Haruo, Orita Akihiro	4. 巻 86
2. 論文標題 Dephosphinylative [4 + 2] Benzannulation of Phosphinyl Ynamines: Application to the Modular Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 17651 ~ 17666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01897	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 Okuda Yasuhiro, Orita Akihiro, Otera Junzo	4. 巻 80
2. 論文標題 Syntheses of α -Expanded Alkynes and Alkenes by Using Sulfones as Starting Compounds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 126 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaishi.80.126	査読の有無 無
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 Okuda Yasuhiro	4. 巻 80
2. 論文標題 Organic Synthesis with an Acridinium Photocatalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 246 ~ 247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaishi.80.246	査読の有無 無
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 Okuda Yasuhiro, Imafuku Kazuto, Tsuchida Yoshiyuki, Seo Tomoyo, Akashi Haruo, Orita Akihiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Process-Controlled Regiodivergent Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloadditions: Tailor-made Syntheses of 4- and 5-Bromotriazoles from Bromo(phosphoryl)ethyne	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5099 ~ 5103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c01681	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 Orita Akihiro, Watanabe Hikaru, Nakajima Kazuki, Ekuni Kento, Edagawa Ryota, Akagi Yuta, Okuda Yasuhiro, Wakamatsu Kan	4. 巻 53
2. 論文標題 Custom-Made Pyrene Photocatalyst-Promoted Desulfonylation of Arylethenyl Sulfones Using Green-Light-Emitting Diodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 Special Topic
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0040-1706025	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 Sun Kewei, Krejčí Ondřej, Foster Adam S., Okuda Yasuhiro, Orita Akihiro, Kawai Shigeki	4. 巻 123
2. 論文標題 Synthesis of Regioisomeric Graphene Nanoribbon Junctions via Heteroprecursors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 17632 ~ 17638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b05881	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 Tajima Tomoyuki, Sanda Rai, Nishihara Katsuya, Shirai Hitoshi, Okuda Yasuhiro, Orita Akihiro, Takaguchi Yutaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Disproportionation-induced solid-state fluorescence in 6,13-dihydropentacenes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 17035 ~ 17039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9RA03297E	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 Ding Wei, Ho Yan King Terence, Okuda Yasuhiro, Wijaya Christopher Kevin, Tan Zheng Hao, Yoshikai Naohiko	4. 巻 21
2. 論文標題 Cobalt-Catalyzed Hydroacylative Dimerization of Allenes Leading to Skipped Dienes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6173 ~ 6178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b02465	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 Okuda Yasuhiro, Seo Tomoyo, Shigezane Yuki, Watanabe Hikaru, Akashi Haruo, Iwanaga Tetsuo, Orita Akihiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Synthesis of Ph ₂ P(O)-stabilized Ynamines via C(sp)-N Bond Formation and Their Dephosphorylative Copper-catalyzed Click Reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1484 ~ 1487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190647	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 Watanabe Hikaru, Takemoto Mai, Adachi Kazumasa, Okuda Yasuhiro, Dakegata Aki, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong, Wakamatsu Kan, Orita Akihiro	4. 巻 49
2. 論文標題 Syntheses of Diarylethenes by Perylene-catalyzed Photodesulfonylation from Ethenyl Sulfones	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 409 ~ 412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200046	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 Watanabe Hikaru, Ekuni Kento, Okuda Yasuhiro, Nakayama Ryo, Kawano Keisuke, Iwanaga Tetsuo, Yamaguchi Atsushi, Kiyomura Tsutomu, Miyake Hideaki, Yamagami Masahiro, Tajima Tomoyuki, Kitai Takumi, Hayashi Tomoya, Nishiyama Naoto, Kusano Yoshihiro, Kurata Hiroki, Takaguchi Yutaka, Orita Akihiro	4. 巻 96
2. 論文標題 Composite Formation of Anthrylene- and Ferrocenoyl-Substituted Phenyleneethynylenes with Single-Wall Carbon Nanotubes (SWCNTs)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 57 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220308	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 Peng Lifan, Zhao Yanting, Okuda Yasuhiro, Le Liyuan, Tang Zilong, Yin Shuang-Feng, Qiu Renhua, Orita Akihiro	4. 巻 88
2. 論文標題 Process-Divergent Syntheses of 4- and 5-Sulfur-Functionalized 1,2,3-Triazoles via Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloadditions of 1-Phosphinyl-2-sulfanylethynes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3089 ~ 3108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.2c02876	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18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 奥田靖浩, 藤本真世, 清原和也, 桑山愛菜, 折田明浩
2. 発表標題 イナミンを用いた多環芳香族アミン合成: 合成プロセス制御によるアミノ基の位置転換戦略
3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥田靖浩, 藤本真世, 桑山愛菜, 清原和也, 折田明浩
2. 発表標題 ホスフィニルイナミンと2-ヨードピフェニルの[4 + 2]環化による含窒素・リン多環式化合物の合成と光学的特性の調査
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 奥田靖浩, 藤本真世, 清原和也, 桑山愛菜, 折田明浩
2. 発表標題 ホスフィニル基を置換した多環芳香族アミンの位置選択的合成とリン官能基が光学特性に及ぼす影響
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 奥田靖浩, 藤本真世, 清原和也, 桑山愛菜, 折田明浩
2. 発表標題 イナミンの芳香環形成反応による多環芳香族アミンの合成: 光学特性のチューニングを指向したパイ拡張戦略
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 奥田靖浩, 益田和法, 赤木伸行, 折田明浩
2. 発表標題 プロモホスホリルエチンの位置選択的環化付加による 4-および 5-プロモトリアゾールの合成
3. 学会等名 2020 年 日本化学会中国四国支部大会 島根大会 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥田靖浩, 益田和法, 赤木伸行, 折田明浩
2. 発表標題 塩基および合成プロセスの制御による ホスホリルイナミンの位置選択的 [4+2] 芳香環形成
3. 学会等名 日本化学会 第 101 春季年会 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuhiro Okuda, Kazuto Imafuku, Yoshiyuki Tsuchida, Tomoyo Seo and Akihiro Orita
2. 発表標題 Regio-Divergent Syntheses of Heteroatom-Substituted 1,2,3-Triazoles via Copper-Catalyzed Click Reaction of Phosphorylethynes
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 奥田靖浩, 土田喜之, 今福和篤, 折田明浩
2. 発表標題 Copper-Catalyzed Click Reaction for Regiodivergent Installation of Heteroatom Functional Groups
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 奥田靖浩, 鯖戸泰生, 足立一将, 重實悠希, 折田明浩
2. 発表標題 ホスホリル基をアクセプターとして利用した有機発光材料の開発
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 奥田靖浩, 土田喜之, 今福和篤, 鯖戸泰生, 足立一将, 折田明浩
2. 発表標題 イナミンの芳香環形成反応による含窒素 共役系化合物の合成と分光学的性質の調査
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥田靖浩, 鯖戸泰生, 足立一将, 折田明浩
2. 発表標題 求電子的ハロゲン化によるイナミンの渡環反応: 含窒素 共役系化合物の新規合成戦略
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 Yasuhiro Okuda, Yoshiyuki Tsuchida, Kazuto Imafuku, Satoshi Nishigami, Naoya Ishihara, Akihiro Orita
2. 発表標題 Regiodivergent Click Reaction of Bromo(phosphoryl)ethyne with Azides: Synthesis and Transformation of Bromotriazoles
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 Yasuhiro Okuda, Taisei Sabato, Kazumasa Adachi, Akihiro Orita
2. 発表標題 Synthesis of Diamino-dibenz[a, h]anthracenes via Tandem Transformation of Phosphoryl Ynamines
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 奥田靖浩, 佐藤拓磨, 武部 蒼, 井上友熙, 折田明浩
2. 発表標題 イナミンを用いた多環芳香族アミン合成: Pd 触媒反応から一電子酸化型環化プロセスへの展開
3. 学会等名 第11回 JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥田靖浩, 佐藤拓磨, 武部 蒼, 井上友熙, 折田明浩
2. 発表標題 一電子酸化触媒を用いたイナミンとフタラジンの脱窒素型環化反応
3. 学会等名 第46回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥田靖浩, 佐藤拓磨, 武部 蒼, 井上友熙, 折田明浩
2. 発表標題 —電子酸化触媒を用いたイナミンと1,2-ジアジンの脱窒素型芳香環形成反応
3. 学会等名 第51回 複素環化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥田靖浩, 佐藤拓磨, 武部 蒼, 井上友熙, 折田明浩
2. 発表標題 合成プロセスにより位置選択性を自在転換するホスフィニルイナミンのパイ拡張化学
3. 学会等名 2022年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥田靖浩・佐藤拓磨・武部蒼・井上友熙・折田明浩
2. 発表標題 —電子酸化触媒を用いたイナミンとフタラジンの 脱窒素型環化によるパイ拡張アミンの合成
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>岡山理科大学 プロジェクト研究推進事業 (OUS-RP-20-6) https://sc19309.wixsite.com/ous-rp-20-6</p> <p>岡山理科大学 プロジェクト研究推進事業 (OUS-RP-22-4) https://yokuda7.wixsite.com/ous-rp-22-4</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
--	---------------------------	-----------------------	----

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