

令和 5 年 5 月 24 日現在

機関番号：24405

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K19083

研究課題名（和文）ベンゼンからペンタセンへの直接変換：四環増環を経るペンタセン類の一挙合成法の開発

研究課題名（英文）Direct Transformation from Benzene to Pentacene: Development of Synthetic Method for Pentacenes via Tetracycle Formation

研究代表者

佐藤 哲也 (Sato, Tetsuya)

大阪公立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：40273586

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、これまでに我々のグループが開発したシクロペンタジエニルロジウム錯体触媒、あるいは他の遷移金属触媒を用いる芳香族基質の分子間カップリングを駆使して、入手容易な出発物質から、短段階で簡便に縮合ヘテロ環化合物をはじめとする機能性パイ共役分子を合成するための新しい手法を開発することを目的として検討を行い、多様な骨格および構造を有する一連の縮合（ヘテロ）芳香族化合物を合成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

縮合（ヘテロ）芳香環骨格は、有機エレクトロニクスとして利用される機能性有機分子や天然物中に見られることから、その合成法の開発は社会的にも注目されている。本研究では、そのような骨格を簡便に直接的に構築する手法の開発に成功している。一例として、ロジウム触媒存在下、3-(アセチルアミノ)クマリン類をアルキンとともに反応させると、脱水素および脱アセチル化を伴う連続ダブルC-H環化が起こり、五環式縮合ピロール誘導体が一段階で合成できることを見出した。得られた五環式構造は、様々な生物活性を示す天然海洋アルカロイドのラメラリン類のものと類似することから、その特性についても興味を持たれる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop new methods for synthesizing functional pi-conjugated molecules including condensed heterocycles from readily available starting materials in a short step by using the transition-metal-catalyzed intermolecular coupling of aromatic substrates. Consequently, we succeeded in constructing a series of fused (hetero)aromatic compounds with diverse skeletons and structures.

研究分野：有機金属化学

キーワード：パイ共役分子 カルボン酸 脱水素カップリング ロジウム触媒

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

縮合芳香環およびヘテロ芳香族骨格は、有機エレクトロニクス等として利用される機能性有機分子や天然物中に広く見られることから、その合成法の開発は社会的にも注目されている。複雑な構造を有する縮合多環化合物の有力な合成法の一つとして、遷移金属触媒を用いるクロスカップリング反応が挙げられるが、出発物である芳香族基質をハロゲン化や金属化により活性化したのちにカップリングを行う必要があるため、合成プロセスが複雑な多段階となり、各段階で大量の副生物が生じるなど、手間やコスト面だけでなく、環境負荷の点でも問題が山積している。これら有用分子をなるべく短い工程で、極力副生物を軽減した低エミッション型プロセスで合成する手法の開発が望まれている。

2. 研究の目的

前項で述べた背景のもと、本研究では、芳香族基質をハロゲン化等により活性化することなく、遷移金属触媒により基質中の炭素-水素結合を切断し、直接分子間カップリングを行う手法を開発し、これらの低エミッション型カップリング法を駆使して、入手容易な出発物質から、短段階で簡便に縮合ヘテロ環化合物をはじめとする機能性パイ共役分子を合成することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ロジウム触媒の調製およびその利用

我々のグループでは10数年にわたり、ロジウム触媒を用いる脱水素カップリング反応を継続的に検討してきた。その間、この触媒作用に関する解析が進められると、さらに新しい反応性が見つかるという循環を繰り返してきた。そこで、これまでの知見をもとに、有力と予想される一連のロジウム錯体触媒を調製し、脱水素カップリングにおけるそれらの活性を調べた。さらに、調製した触媒を用いて、新規脱水素カップリング、およびレドックスニュートラルなカップリング反応の開発を行った。

(2) ロジウム触媒を用いる脱水素カップリングによるパイ共役分子合成

上述のとおり、脱水素カップリングは、入手容易なビルディングブロックからパイ共役分子を簡便に調製する方法として、ステップおよびアトムエコノミーの観点から魅力的である。ロジウム触媒を用いて、様々な芳香族およびヘテロ芳香族化合物と不飽和化合物との脱水素カップリングを行い、多様な縮合環構造を持つパイ共役分子合成を試みた。

(3) 遷移金属触媒を用いる低エミッション型カップリングによるパイ共役分子合成

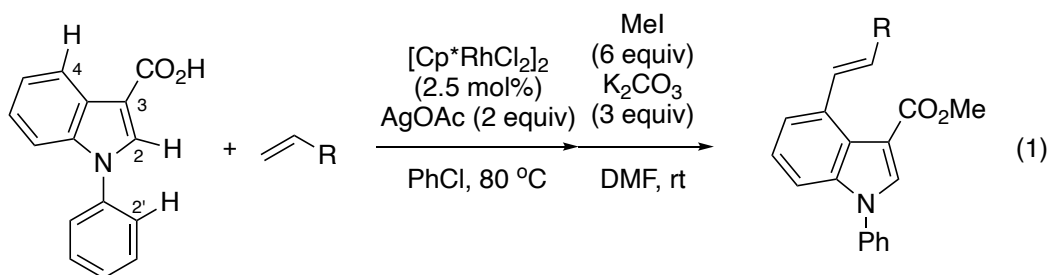
ロジウムやイリジウム等の遷移金属触媒を用いるレドックスニュートラルなカップリング反応についても検討を行い、脱水素カップリングよりも副生物の少ないパイ共役分子合成法の開発を行なった。

4. 研究成果

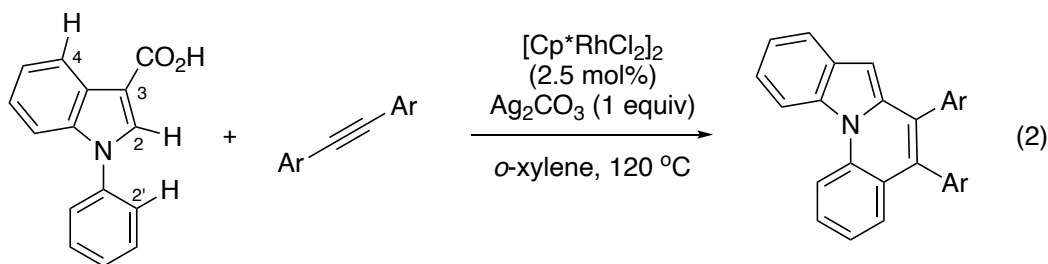
(1) ロジウム触媒を用いる *N*-フェニルインドール-3-カルボン酸とアルケンおよびアルキンとの脱水素カップリング

ペンタメチルシクロペンタジエニル配位子を有するロジウム触媒を用い、*N*-フェニルインドール-3-カルボン酸をアルリル酸エステル等のアルケンとともに反応させると、C4-H結合切断を経て脱水素カップリングが位置選択的に起こり、4-アルケニルインドール誘導体が合成できることを明らかにした(式1)。また、同じ触媒系を用いて、*N*-フェニルインドール-3-カルボン酸をジフェニルアセチレン等のアルキンとともに反応させると、先のアルケンの反応とは対照的に、C4位ではなく、C2-HおよびC2'-Hの切断ならびに脱炭酸を伴ってカップリングが進行し、四環式のインドロ[1,2-*a*]キノロン骨格が構築できることを見出した(式2)。DFT計算により、アルケンとの反応では、C4位へのロデーションにより生じた六員環メタラサイクル中間体へのアル

ケン挿入がスムーズに起こるため C4 アルケニル化物を与えるのに対し、アルキンとの反応では、ダブル C-H 結合切断およびアルキン挿入により生じた七員環メタラサイクル中間体からの円滑な還元的脱離により、環化の位置が決定されることが示唆された。



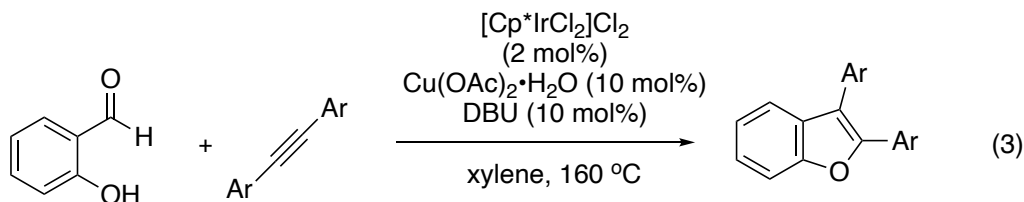
R = CO₂Buⁿ, 75%
 R = CO₂Me, 68%
 R = CONMe₂, 71%
 R = CN, 54%



Ar = Ph, 78%
 Ar = 4-MeC₆H₄, 86%
 Ar = 4-BrC₆H₄, 73%
 Ar = 2-naphthyl, 70%

(2) イリジウム触媒を用いるサリチルアルデヒドとアルキンとの脱水素カップリングによるベンゾフラン誘導体の合成

ペンタメチルシクロペンタジエニル配位子を有するイリジウム触媒を、銅助触媒とともに用いる条件で、サリチルアルデヒドとアルキンを空気雰囲気下で反応させると、アルデヒド C-H 結合切断と脱カルボニル化を伴って脱水素カップリングが進行し、ベンゾフラン誘導体を合成できることを見出した (式 3)。この結果は、対応するロジウム触媒を用いて、同じ基質を反応させた場合、脱カルボニル化を伴うことなくクロモン誘導体が選択的に生成することと対照的である。触媒の違いによって、反応経路が異なる理由について、DFT 計算により検討を行なった。

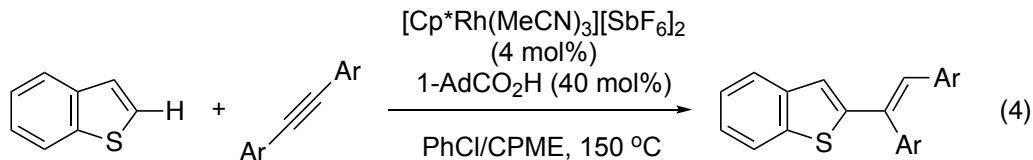


Ar = Ph, 84%
 Ar = 4-MeOC₆H₄, 81%
 Ar = 4-CF₃C₆H₄, 59%
 Ar = 4-ClC₆H₄, 54%

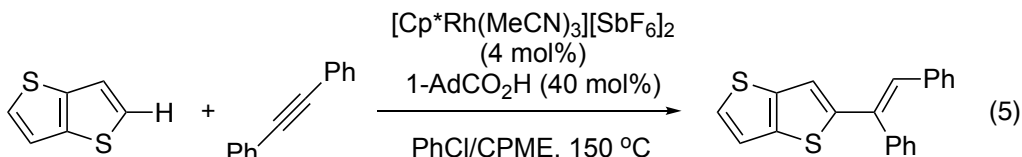
(3) ロジウム触媒を用いる含硫黄化合物とアルキンのレドックスニュートラルなカップリング

ペンタメチルシクロペンタジエニル配位子を有するカチオン性ロジウム触媒を用いる条件で、ベンゾチオフェンをアルキンとともに反応させると、C2-H 結合切断を伴ってレドックスニュートラルなカップリングが進行し、2-アルケニルベンゾチオフェン誘導体が得られることを見出した (式 4)。この反応は、式 5 に示すチエノチオフェンのような縮合チオフェン類やベンゾフラ

ンの C2 位、あるいは 1- (メチルチオ) ナフタレンの C8 位でも効果的に行えることがわかっている。



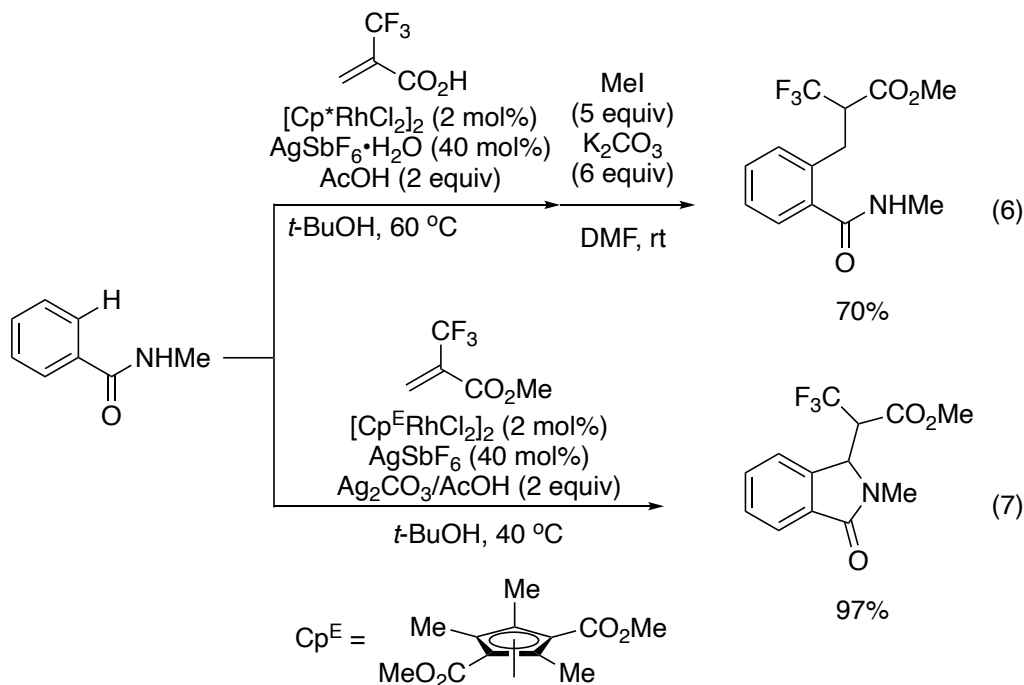
Ar = Ph, 73%
 Ar = 4-FC₆H₄, 70%
 Ar = 4-BrC₆H₄, 81%
 Ar = 4-CF₃C₆H₄, 65%



55%

(4) ロジウム触媒を用いるベンズアミドと α -トリフルオロメチルアクリル酸との低エミッション型カップリング

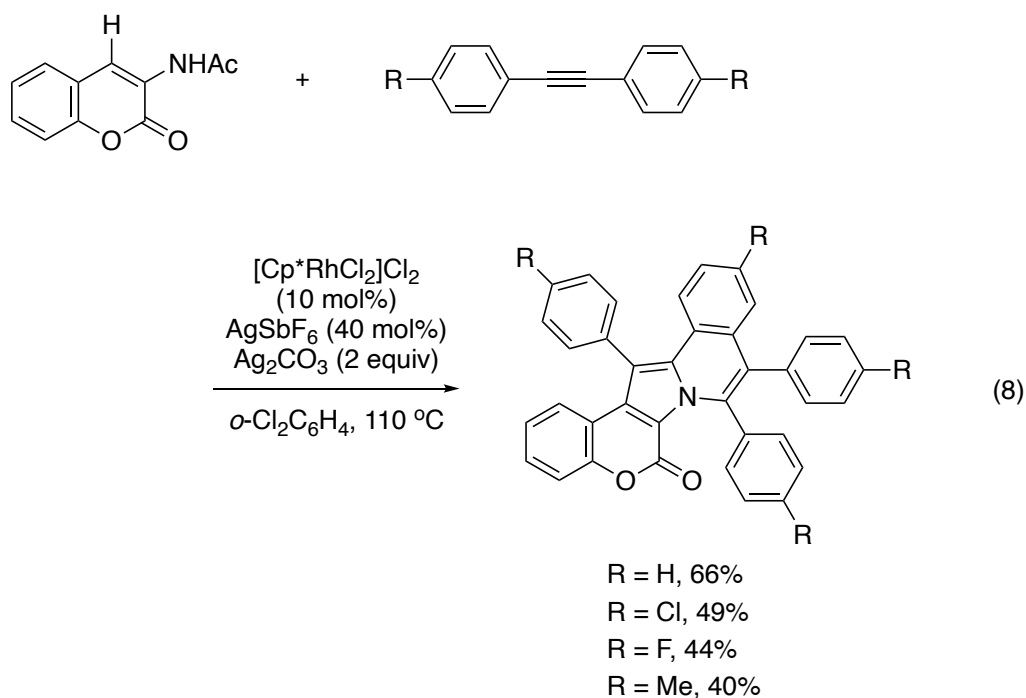
ペンタメチルシクロペンタジエニル配位子を有するカチオン性ロジウム触媒を用い、*N*-メチルベンズアミドを α -トリフルオロメチルアクリル酸とともに反応させると、オルト位の C-H 結合開裂を伴ってレドックスニュートラルなカップリングが進行し、オルト位アルキル化生成物が得られることを見出した (式 6)。一方、同じ基質を α -トリフルオロメチルアクリル酸メチルとともに、電子不足のシクロペンタジエニル配位子を有するカチオン性ロジウム触媒を用いて反応させると、同じ位置での脱水素カップリングののちに分子内求核付加が起こり、トリフルオロメチル基を有するイソインドリノン誘導体が生成することが明らかになった (式 7)。



(5) ロジウム触媒を用いる 3- (アセチルアミノ) クマリン類とアルキンとの脱水素カップリングによる連続ダブル環化

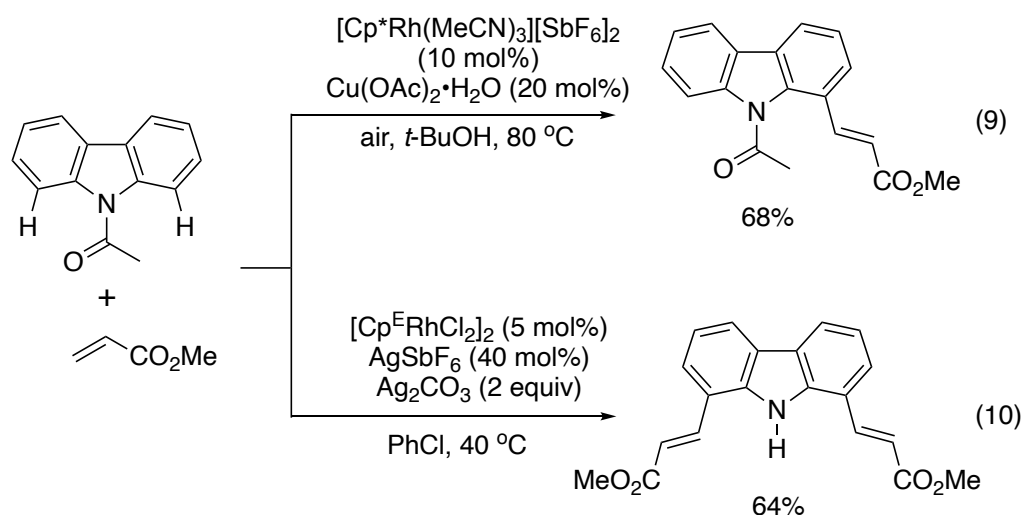
ペンタメチルシクロペンタジエニル配位子を有するカチオン性ロジウム触媒を用い、3- (アセチルアミノ) クマリン類をアリールアセチレンとともに反応させると、脱水素および脱アセチル化を伴う連続ダブル C-H 環化が起こり、五環式縮合ピロール誘導体が一段階で合成できること

を見出した (式 8)。出発物である 3-(アセチルアミノ)クマリンは、サリチルアルデヒドと *N*-アセチルグリシンの縮合により容易に調製できる。ここで構築される縮合環骨格は、様々な生物活性を示す天然海洋アルカロイドのラメラリン類と類似しており、そのような化合物群を入手容易な出発物から簡便に合成する手法として興味深い。



(6) ロジウム触媒を用いる *N*-アセチルカルバゾールとアルケンとの脱水素カップリング

ペンタメチルシクロペンタジエニル配位子を有するカチオン性ロジウム触媒および銅塩助触媒存在下、空気雰囲気中、*N*-アセチルカルバゾールをアルケンとともに反応させたところ、アセチル基を配向基としてカルバゾール環の C1 位の炭素-水素結合が位置選択的に切断され、1-アルケニル-*N*-アセチルカルバゾールを与えることを見出した (式 9)。一方、同じ基質の組み合わせを、電子不足のシクロペンタジエニル配位子を有するカチオン性ロジウム触媒を用いて反応させると、脱アセチル化を伴ってジアルケニル化が起こり、1,8-ジアルケニル-*N*-*H*-カルバゾールが得られた (式 10)。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Ryudai Michikita, Yoshinosuke Usuki, Tetsuya Satoh	4. 巻 10
2. 論文標題 Synthesis of 7-Phenylindole Derivatives through Rhodium-Catalyzed Dehydrogenative Coupling of 2-(Acetylamino)-1,1'-biphenyls with Alkynes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 868-871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100071	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 Higashi Masahiro, Sato Hirofumi, Shibata Naoto, Takeno Suguru, Satoh Tetsuya, Miura Masahiro	4. 巻 103
2. 論文標題 A Theoretical Study of Product Selectivity in Rhodium Catalyzed Oxidative Coupling Reaction Caused by the Solvation Effect	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 952-952
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)64	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 Inai Yasuhito, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 53
2. 論文標題 Synthesis of Benzo-Fused Cyclic Compounds via Rhodium-Catalyzed Decarboxylative Coupling of Aromatic Carboxylic Acids with Alkynes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 3029-3036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-1416-6997	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 Ochiai Shiho, Yoshimoto Risa, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 11
2. 論文標題 Synthesis of Benzylidenesuccinates through Rhodium(III) Catalyzed C-H Alkenylation with Itaconate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202100774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100774	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 R. Yoshimoto, H. Morisaka, Y. Usuki, Y. Shibata, K. Tanaka, T. Satoh	4. 巻 49
2. 論文標題 Synthesis of CF ₃ -Containing Isoindolinone Derivatives through Rhodium-Catalyzed Oxidative Coupling of Benzamides with 2-Trifluoromethylacrylate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1481-1483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200609	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 H. Morisaka, K. Hirose, Y. Inai, Y. Usuki, T. Satoh	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis of Substituted Indene Derivatives via Silver-Catalyzed Annulative 1:1 Coupling of Secondary Benzyl Alcohols with Alkynes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 456-458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200846	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 S. Ochiai, A. Sakai, Y. Usuki, B. Kang, T. Shinada, T. Satoh	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis of Indenones through Rhodium(III)-Catalyzed [3+2] Annulation Utilizing Recyclable Carbazolyl Leaving Group	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 585-588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200884	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 Yoshimoto Risa, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 48
2. 論文標題 Rhodium(III)-catalyzed -Arylation and -Alkenylation of -Trifluoromethylacrylic Acid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 461 ~ 464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190024	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 Hayashi Yoshihiro, Satoh Tetsuya, Miura Masahiro, Kawauchi Susumu	4. 巻 2019
2. 論文標題 Theoretical Investigation of Regioselectivity in the Rh-Catalyzed Coupling Reaction of 3-Phenylthiophene with Styrene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2998 ~ 3004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201900110	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 Hirosawa Keishi, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 361
2. 論文標題 Iridium(III) Catalyzed Dehydrogenative Coupling of Salicylic Acids with Alkynes: Synthesis of Highly Substituted 1-Naphthol Derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	6. 最初と最後の頁 5253 ~ 5257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adsc.201900919	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 Yoshimoto Risa, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 15
2. 論文標題 Rhodium(III) Catalyzed Redox Neutral Coupling of Trifluoromethylacrylic Acid with Benzamides through Directed C-H Bond Cleavage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 802-806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201901776	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 Okada Takeshi, Sakai Asumi, Hinoue Tomoaki, Satoh Tetsuya, Hayashi Yoshihiro, Kawauchi Susumu, Chandrababunaidu Kona, Miura Masahiro	4. 巻 83
2. 論文標題 Rhodium(III)-Catalyzed Oxidative Coupling of N-Phenylindole-3-carboxylic Acids with Alkenes and Alkynes via C4-H and C2-H/C2-H Bond Cleavage	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5639 ~ 5649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.8b00638	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 Yamane Shintaro, Hinoue Tomoaki, Usuki Yoshinosuke, Itazaki Masumi, Nakazawa Hiroshi, Hayashi Yoshihiro, Kawauchi Susumu, Miura Masahiro, Satoh Tetsuya	4. 巻 24
2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Aerobic Coupling of Salicylaldehydes with Alkynes: A Remarkable Switch of Oxacyclic Product	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 7852 ~ 7855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201801245	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 Morita Tomohiro, Morisaka Hideaki, Satoh Tetsuya, Miura Masahiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Rhodium(III)-Catalyzed Direct Alkenylation of Benzothiophenes and Related Heterocycles with Alkynes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1330 ~ 1333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800235	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 Shigeno Masanori, Nishii Yuji, Satoh Tetsuya, Miura Masahiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Rhodium-Catalyzed peri-Selective Direct Alkenylation of 1-(Methylthio)naphthalene	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1334 ~ 1337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800212	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 Usuki Yoshinosuke, Ishii Saho, Ijiri Minako, Yoshida Ken-Ichi, Satoh Tetsuya, Horigome Satoru, Yoshida Izumi, Mishima Takashi, Fujita Ken-Ichi	4. 巻 81
2. 論文標題 Evaluation of Inhibitory Activities of UK-2A, an Antimycin-Type Antibiotic, and Its Synthetic Analogues against the Production of Anti-inflammatory Cytokine IL-4	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Natural Products	6. 最初と最後の頁 2590 ~ 2594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jnatprod.8b00559	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 Hamada Chie, Usuki Yoshinosuke, Takeuchi Daiki, Ogawa Hikaru, Abe Ryota, Satoh Tetsuya	4. 巻 21
2. 論文標題 Total Syntheses and Configuration Assignments of JBIR-06 and Related Depsipeptides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 965 ~ 968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b03944	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 HAYASHI Yoshihiro, SATOH Tetsuya, MIURA Masahiro, KAWAUCHI Susumu	4. 巻 17
2. 論文標題 Theoretical Investigation of Regioselectivity in the Rh-Catalyzed Coupling Reaction of 3-Phenylthiophene with Styrene	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Computer Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 217 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2477/jccj.2018-0063	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 Satoh Tetsuya, Miura Masahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Rhodium(III)-Catalyzed Annulative Carbon-Hydrogen Bond Functionalization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rhodium Catalysis in Organic Synthesis: Methods and Reactions	6. 最初と最後の頁 487 ~ 519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/9783527811908.ch18	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 該当する

1. 著者名 Michikita Ryudai, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 2022
2. 論文標題 Construction of Pyrrolocoumarin Cores through Double C-H Annulation Cascade	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202200550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202200550	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 Tanaka Rikuto, Ochiai Shiho, Sakai Asumi, Usuki Yoshinosuke, Kang Bubwoong, Shinada Tetsuro, Satoh Tetsuya	4. 巻 18
2. 論文標題 Ligand Dependant Selective Synthesis of Mono and Dialkenylcarbazoles through Rhodium(III) Catalyzed C ₂ H Alkenylation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 e202201210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202201210	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 Hayashi Mikishiro, Michikita Ryudai, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 55
2. 論文標題 Construction of Thienopyrroles through Rhodium-Catalyzed Direct Annulation of (Acetylamino)thiophenes with Alkynes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-2015-4466	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 Mikishiro, Kengo Komori, Usuki Yoshinosuke, Satoh Tetsuya	4. 巻 52
2. 論文標題 Rhodium-Catalyzed Annulative Coupling of Coumarin-3-Carboxylic Acids with Alkynes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl. 230082	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11件(うち招待講演 10件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 クロスカップリング入門
3. 学会等名 大阪市立大学化学セミナー(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 遷移金属触媒を用いる新規カップリング反応の開発
3. 学会等名 第41回有機合成若手セミナー「明日の有機合成を担う人のために」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Satoh
2. 発表標題 Rhodium(III)- and Iridium(III)-Catalyzed Dehydrogenative Coupling of Aromatic Substrates with Unsaturated Compounds
3. 学会等名 104th Canadian Chemistry Conference and Exhibition (IUPAC CCCE 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 高性能触媒および高効率触媒反応開発・触媒作用機構解明研究拠点の構築
3. 学会等名 複合先端研究機構プロジェクト研究成果報告会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 高性能触媒および高効率触媒反応開発・触媒作用機構解明研究拠点の構築
3. 学会等名 複合先端研究機構プロジェクト研究成果報告会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 触媒的脱水素カップリングの新展開
3. 学会等名 山田科学振興財団2019年度研究交歓会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Satoh
2. 発表標題 Iridium-Catalyzed Dehydrogenative and Decarboxylative Coupling of Salicylic Acids with Internal Alkynes
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 Tetsuya Satoh
2. 発表標題 Regioselective C-H Functionalization under Rhodium(III)-Catalysis
3. 学会等名 The 4th International Symposium on C-H Activation (ISCHA4) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuya Satoh
2. 発表標題 Synthesis of π -Conjugated Molecules via Transition-Metal-Catalyzed C-H Functionalization
3. 学会等名 9th OCARINA International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 炭素 水素結合活性化を基軸とする高効率分子変換法の開発
3. 学会等名 長瀬科学技術振興財団平成29年度研究成果発表会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤哲也
2. 発表標題 カルボン酸等の入手容易なビルディングブロックの触媒的変換反応
3. 学会等名 新学術領域研究「精密制御反応場」第5回公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Yoshinosuke Usuki, Tetsuya Satoh	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Wiley-VCH	5. 総ページ数 18
3. 書名 Handbook of CH-Functionalization	

1. 著者名 佐藤哲也	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 12
3. 書名 直接的芳香族カップリング反応の設計と応用	

〔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
---------	---------