

令和 6 年 5 月 10 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05079

研究課題名(和文) ベンジルパラジウムの遠隔位結合形成能を活用する芳香環の三分連結型変換

研究課題名(英文) Catalytic arene difunctionalizations through benzyl-Pd chemistry

研究代表者

武藤 慶 (Muto, Kei)

早稲田大学・高等研究所・准教授(任期付)

研究者番号：60778166

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)：ハロゲン化アリールに対して入手容易な化学原料をパラジウム触媒を用いて多成分連結し、高付加価値の複雑な構造をもつ化合物を合成する新規有機合成手法の開発を目指した。鍵とするのがベンジルパラジウム触媒の遠隔位での結合形成反応の誘起と活用である。これを活かし、プロモアレーンの1,4-カルボアミノ化、アザスピロ環化、1,4-二官能基化/環化反応、そして環状ジエン合成法を開発した。開発した反応を用いて抗腫瘍活性物質や生物活性天然物の迅速合成法(いずれも10工程未満)にも達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：分子触媒により、前例のない位置選択性で多成分分子を連結する新規手法を提供した。ベンジルパラジウムは古くから研究されてきたが、ベンジル置換が主な反応性だった。本研究では未開拓な本化学種の遠隔位結合形成を活用し、安価な化学原料から高付加価値分子を合成する、新規多成分連結反応を開発した。

社会的意義：本手法では一度の反応操作で最大4つの結合形成が可能である。これは機能性分子群の短工程合成へ直結する。実際に、開発した反応を用いれば、様々な生物活性物質の短工程合成ができることを示した。創薬研究での迅速なヒット・リード探索や安価な製造プロセスの確立へつながる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to develop a novel organic synthesis method of high value-added compounds with complex structure by the catalytic multi-component reaction of haloarenes with readily available chemical feedstocks. The key in this study was the utilization of a unique reactivity of benzyl-palladium species, facilitating a remote bond formation. By leveraging this reactivity, we developed series of reactions such as 1,4-carboamination, azaspirocyclization, 1,4-difunctionalization/cyclization, and a cyclic diene synthetic method. Some of these reaction were able to be applied to the rapid synthesis of bioactive compounds such as an anti-tumor compound and natural products, demonstrating the potential utility of the developed methodologies.

研究分野：有機合成化学

キーワード：芳香族化合物 有機合成化学 天然物合成 脂環式化合物 スピロ環化合物 短工程合成 パラジウム触媒反応

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

クロスカップリング反応の開発・隆興により芳香族化合物の変換が容易となったといっても過言ではない。その結果、合成化学が激変し医薬品や機能性有機材料などの物質化学は急速に進展した。近年では本申請者も含む多くの研究者が参画し、ハロアレン以外にもフェノール類(Ar-OR)、芳香族エステル(Ar-CO₂R)、ニトロアレン(Ar-NO₂)などの汎用官能基切断型の手法も開発され、カップリング法は成熟の域に近づきつつある。

芳香環変換化学の次のステージとして、申請者は二つ以上の σ 結合形成を可能とする三成分連結型反応の開拓を考えた。具体的には脱芳香族的二炭素官能基化と芳香環の二官能基化である。クロスカップリングが一つの σ 結合変換による一方向的な変換なのに対し、二つの σ 結合を形成するこれら反応は、芳香環の二方向的さらには三次元的な変換が可能のため、化合物の複雑性を一挙に高められる。

申請者は、本研究開始前にパラジウム触媒存在下、芳香族ハロゲン化物にジアゾ化合物とアリルボラート(もしくはマロン酸エステル)を反応させると脱芳香族的二官能基化が進行することを報告した(*ACS Catal.* **2020**, *10*, 9856. *Chem. Sci.* **2020**, *11*, 8779.)。触媒中間体であるベンジルパラジウムの特異な遠隔位結合形成反応の誘起が鍵である。得られる生成物は脂環式分子であった。生成物の安定性に依存して再芳香族化が進行し、二置換芳香族化合物合成にも展開できる。すなわち、本反応戦略で二官能基化された脂環式分子、芳香族分子合成の両者の達成が期待できる。

2. 研究の目的

上記の背景のもと、本研究では、これまでに見出した触媒的三成分連結反応をより一般化し、様々な構造をもつ多官能基化分子合成を目指した。

3. 研究の方法

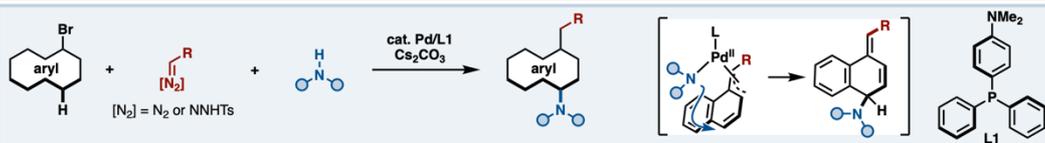
上記手法の一般化に際し、①求核剤の拡張、②求核部位を芳香族ハロゲン化物上に付与し、分子内反応(二成分)とする、の2つの方向性を検討した。その結果、以下に詳細を示すが、①ではアミンを求核剤としても反応が進行すること、②ではスピロ環合成やベンゾ縮環分子合成ができることがわかった。

4. 研究成果

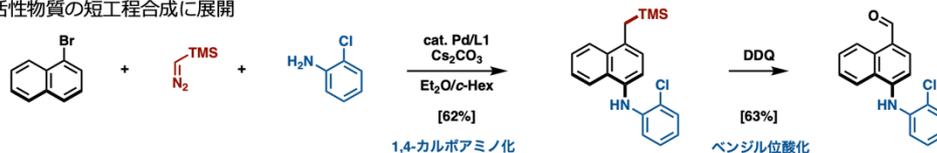
(1) ブロモアレンの 1,4-カルボアミノ化反応 (1,4-二官能基化芳香族化合物の合成)^[1]

これまでの研究で我々はベンジルパラジウムが遠隔位結合形成する一つの条件に、ベンジル-Pd-Nu 中間体 ((Nu = 求核種)の還元的脱離が遅いことが重要と考えている。すなわち、ベンジル置換体を与える還元的脱離が進行する前に、求核剤が芳香環上への結合形成することが重要と考えた。一般的に窒素の還元的脱離は遅いため、アミンも本多成分反応に適用できると考えた。検討した結果、パラジウム/L1 触媒と炭酸セシウムを用いてブロモアレン、ジアゾ化合物、アミンを反応させると目的の 1,4-カルボアミノ化が進行することがわかった。完全な位置選択性で本反応が進行し、ベンジリアミン類や 1,2-二官能基化された副生成物は一切観測されなかった。本反応でも生じたベンジルパラジウムにアミンが反応してベンジル-Pd-アミド錯体となり、脱芳香族的 1,4-カルボアミノ化生成物を与えると考えている。この脱芳香族化体の再芳香族化が早く進行し、1,4-二官能基化された芳香族化合物が得られた。本反応の研究のハイライトの一つが 2011 年に Yang らによって見出された抗腫瘍活性をもつ R16 分子の短工程合成である。市販のプロモナフタレン、TMS ジアゾメタン、クロロアニリンの 1,4-カルボアミノ化によりジアリールアミン生成物を得た。その後 DDQ 酸化と続く分子内 C-H アリール化によりベンゾカルバゾールとした。最後にアルデヒド部位をアミドへ変換することで R16 類の合成を完了した。既報では 10 工程要していたが、開発した反応により半分の 5 工程で本化合物が合成できた。

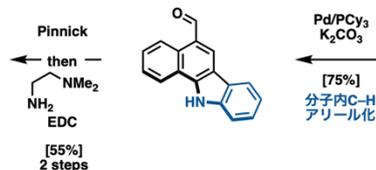
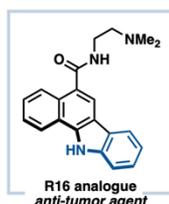
1,4-カルボアミノ化反応



生物活性物質の短工程合成に展開



Previous: 10 steps^[a]
Present: 5 steps



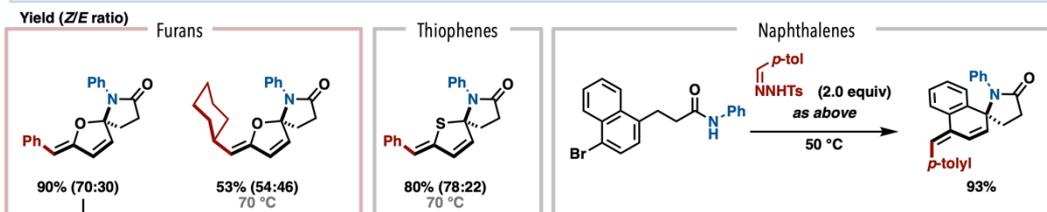
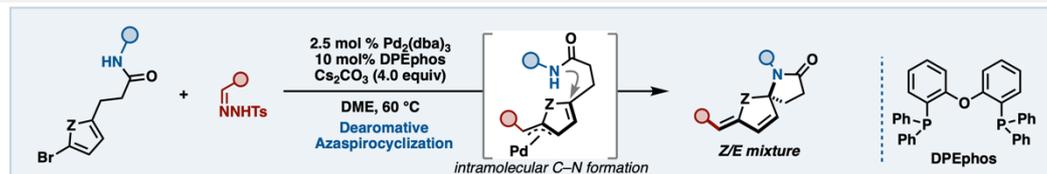
[a] Yang, C.-H. et al. *Eur. J. Med. Chem.* **2011**, *46*, 5878

Wu, Q.; Muto, K.; Yamaguchi, J. *Org. Lett.* **2022**, *24*, 4129-4134.

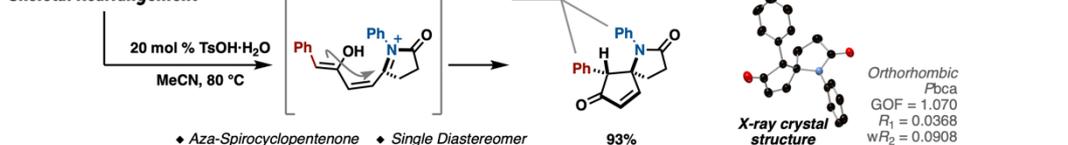
(2) ブロモアレーンのアザスピロ環化反応^[2,3]

アザスピロ環は生物活性物質やキラル有機触媒にも見られる有用な分子骨格である。我々のパラジウム触媒反応で、アミノアルキル部位をもつブロモアレーンを用いれば、生じるベンジルパラジウム中間体で芳香環上での分子内 C-N 結合形成反応が進行し、アザスピロ環化合物が合成できると考えた。検討の結果、Pd/DPEphos 触媒と炭酸セシウムを用いるとアミド基をもつブロモフランと *N*-トシルヒドラゾンとの脱芳香族アザスピロ環化が進行し、収率よくスピロ環化合物が得られることがわかった。フランのみならず、チオフェンやナフタレンを用いても反応が円滑に進行する、広い基質一般性をもつことが特徴である。フランから得られる生成物は酸触媒により骨格転位が進行し、アザスピロシクロペンテンオンへと導けることもわかった。Pd 触媒によるアザスピロ環化では、得られる生成物はエキソサイクリックオレフィンの *E-Z* 異性体混合物であったが、この骨格転位反応はジアステレオ収束的に進行する。したがって、*E-Z* 異性体混合物からほぼ定量的に単一のジアステレオマーとしてアザスピロシクロペンテンオンを合成できた。

収束的な脱芳香族アザスピロ環化



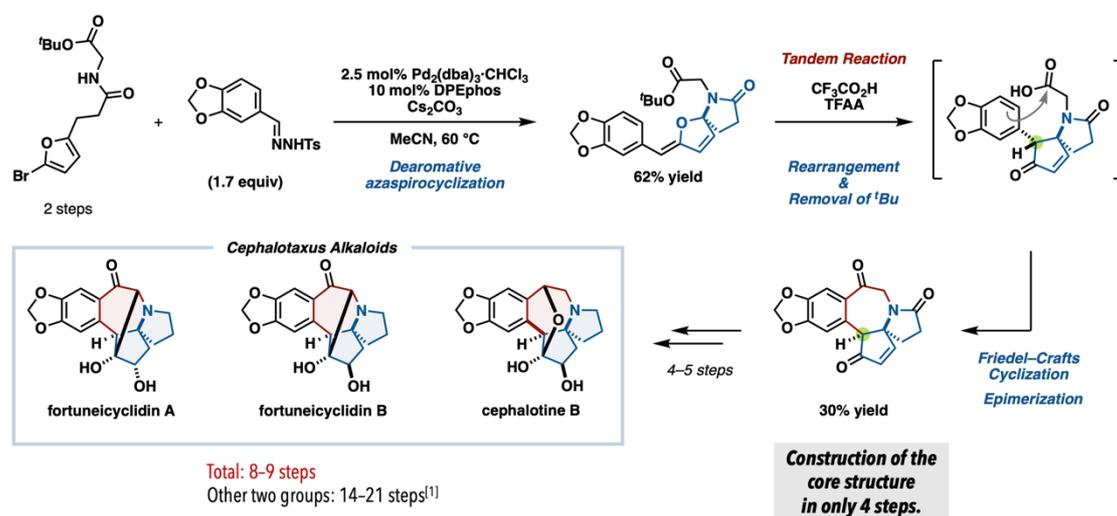
Skeletal Rearrangement



我々は、本反応を用いればアザスピロ環骨格をもつ天然物が合成できると考えた。標的としたのは *Cephalotaxus* アルカロイドの一つで、合成例のなかった fortuneicyclidins A and B と cephalotine B である。合成のハイライトは如何にしてこれら天然物がもつアザスピロ環とテトラベンゾジアゼピンからなる四環式骨格を構築するかである。まず上記のアザスピロ環化でベンジリデンアザスピロ環化合物を収率 62% で得た。次に、得られたスピロ環から以下の逐次反応で一挙に目的の四環式骨格が得られると考えた。酸で骨格転位と *t*-Bu 基の除去、続くカルボン酸部位の活性

化による Friedel–Crafts 環化と緑で示した炭素のエピマー化という逐次反応である。検討の結果、トリフルオロ酢酸とその無水物を用いると本逐次反応が進行し、四環式化合物が得られることを見出した。これにより市販化合物からわずか 4 工程で鍵となるこの四環式骨格構築に成功した。この四環式化合物の官能基変換により、目的の天然物合成を完了した。残念ながら我々の報告の直前に同一化合物の網羅的合成が報告され、初の全合成とはならなかった。我々の合成は 8-9 工程での全合成であり、開発した反応と新規にデザインした逐次反応が功を奏し、短工程での合成を達成できた。

複雑天然物合成への応用



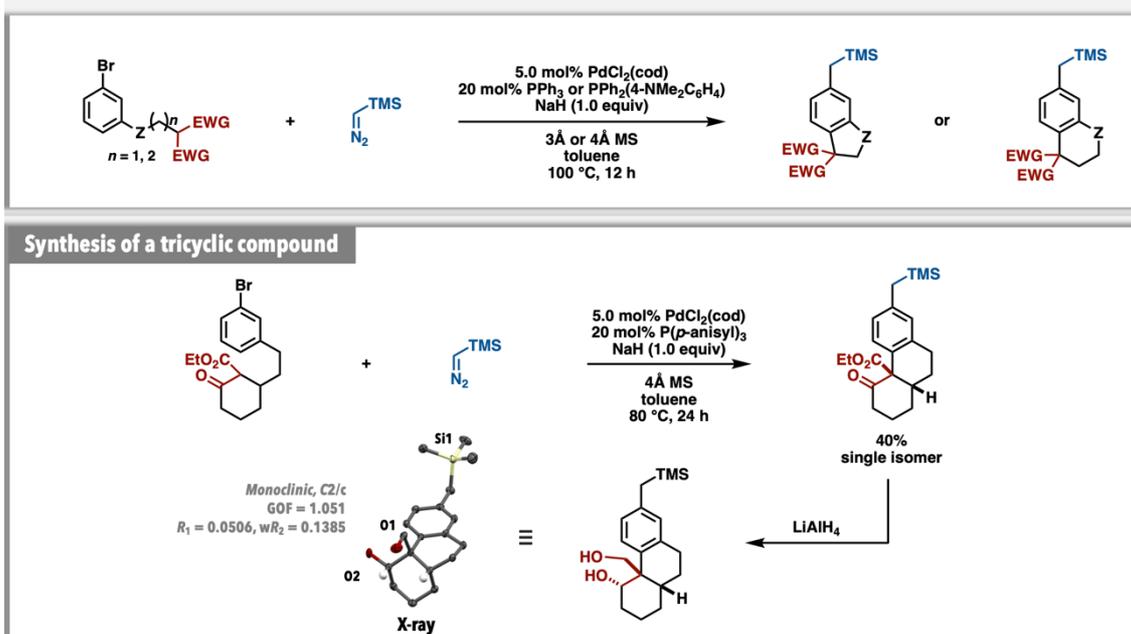
[1] (a) Fan, C.-A. et al. *JACS* **2023**, 145, 9233. (a) Yang, Y.-R. et al. *Org. Lett.* **2023**, 25, 7464.

Chem. Eur. J. **2023**, 29, e202302769

(3) ブロモアレーンの 1,4-二官能基化/環化反応^[4]

インダンやテトラリンの合成例はいくつか知られるが、環化と芳香環上の化学修飾を伴う二官能基化型の環化反応の例は少ない。ベンザインや Catellani 型反応を用いる 1,2-二官能基化反応のみである。今回、我々のベンジルパラジウムを用いる反応が高い 1,4 位選択性で進行することを用いれば、1,4-二官能基化を伴う環化反応を用いるインダンやテトラリン合成ができると期待した。検討の結果、パラジウム触媒を用いて 1,3-ジカルボニル部位をもつブロモアレーンとジアゾ化合物(or *N*-トシルヒドラゾン)との 1,4-二官能基化/環化反応が進行することがわかった。適用範囲は広く、例えば環状ケトエステルを求核部位にもつブロモアレーンを用いれば三環式化合物も合成できることがわかった。

1,4-二官能基化/環化反応



参考文献

[1] Wu, Q.; Muto, K.; Yamaguchi, J. *Org. Lett.* **2022**, 24, 4129–4134.

[2] Yanagimoto, A.; Uwabe, Y.; Wu, Q.; Muto, K.; Yamaguchi, J. *ACS Catal.* **2021**, 11, 10429–10435.

[3] Uwabe, Y.; Muto, K.; Yamaguchi, J. *Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202302769.

[4] Fukuhara Y.; Kato, H.; Miyazaki, R.; Muto, K.; Yamaguchi, J. *Asian J. Org. Chem.* **2023**, *13*, e202300548.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Asahara Kitty K., Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 52
2. 論文標題 Pd-catalyzed Denitriative Intramolecular Mizoroki-Heck Reaction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 299 ~ 302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.230056	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 Miyazaki Ryuya, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Chloroacetyl boronate <i>N</i> -tosylhydrazone as a versatile synthetic building block	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7419 ~ 7422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CC02086J	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 Uwabe Yota, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 29
2. 論文標題 Concise Synthesis of (±) Fortuneicyclidins and (±) Cephalotine B Enabled by Pd Catalyzed Dearomative Spirocyclization**	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202302769	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 Kato Hiroki, Fukuhara Yuki, Miyazaki Ryuya, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Palladium Catalyzed Synthesis of Bicyclic Derivatives from the Cyclization/1,4 Difunctionalization of Bromoarenes with Diazo Compounds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202300548	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 Yunfei, Isshiki Ryota, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 51
2. 論文標題 Decarbonylative Reductive Coupling of Aromatic Esters by Nickel and Palladium Catalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 749 ~ 753
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220214	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 Wu Qikun, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Pd-Catalyzed 1,4-Carboamination of Bicyclic Bromoarenes with Diazo Compounds and Amines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4129 ~ 4134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c01233	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 Takada Fumito, Kasahara Takahito, Otake Kentaro, Maru Takamitsu, Miwa Masanori, Muto Kei, Sasaki Minoru, Hirozane Yoshihiko, Yoshikawa Masato, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Identification of α -Synuclein Proaggregator: Rapid Synthesis and Streamlining RT-QuIC Assays in Parkinson's Disease	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Medicinal Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1421 ~ 1426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmchemlett.2c00138	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 Iizumi Keiichiro, Nakayama Keito P., Kato Kenta, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 87
2. 論文標題 Synthesis and Properties of Pyridine-Fused Triazolylidene-Palladium: Catalyst for Cross-Coupling Using Chloroarenes and Nitroarenes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11909 ~ 11918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.2c01562	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 Kurosawa Miki B., Kato Kenta, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Unified synthesis of multiply arylated alkanes by catalytic deoxygenative transformation of diarylketones	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 10743 ~ 10751
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SC03720C	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 Asahara Kitty K., Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Pd-Catalyzed Denitriative Intramolecular Mizoroki-Heck Reaction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.230056	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 Yanagimoto Aika, Uwabe Yota, Wu Qikun, Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Convergent Azaspirocyclization of Bromoarenes with <i>N</i> -Tosylhydrazones by a Palladium Catalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 10429 ~ 10435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.1c02627	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 Isshiki Ryota, Kurosawa Miki B., Muto Kei, Yamaguchi Junichiro	4. 巻 143
2. 論文標題 Ni-Catalyzed Aryl Sulfide Synthesis through an Aryl Exchange Reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10333 ~ 10340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c04215	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 -

[学会発表] 計29件(うち招待講演 7件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Keiichiro Iizumi, Hiroki Tanaka, Kei Muto, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Denitrative Cyanation of Nitroarenes and Organocyanides by a Palladium Catalyst
3. 学会等名 7th Gratama Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中宏樹・飯泉慶一郎・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 パラジウム触媒によるニトロアレーンと有機シアニド類との脱ニトロ型シアノ化反応
3. 学会等名 第84回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲垣和也・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 プロモスチレン類とジアゾ化合物とカルボニル化合物の触媒的連結による新規o-キノジメタン生成法を用いた多環式化合物の迅速合成
3. 学会等名 第55回有機金属若手の会夏の学校
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Miki Kurosawa, Moriaki Sakihara, Kenta Kato, Kei Muto, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Deoxygenative and Defluorinative Functionalization of Aromatic ketones
3. 学会等名 19th Asian Chemical Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Muto, Yota Uwabe, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Catalytic Dearomative Azaspirocyclization of Bromoarenes with N-Tosylhydrazones and Synthesis of Cephalotaxus Alkaloids
3. 学会等名 21st International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Toward Organic Synthesis (OMCOS21) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲垣和也・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 Pd触媒による新規o-キノジメタン生成法を用いた多環式化合物合成
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuya Inagaki, Kei Muto, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Synthesis of Polycyclic Compounds through Pd-catalyzed Generation of o-Quinodimethane from Bromoarenes
3. 学会等名 The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-15) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Muto, Yota Uwabe, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Catalytic Dearomative Azaspirocyclization of Bromoarenes with N-Tosylhydrazones and Synthesis of Cephalotaxus Alkaloids
3. 学会等名 The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-15) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Muto
2. 発表標題 Multi-Dimensional Transformation of Aromatic Compounds through Benzyl-Palladium
3. 学会等名 Ecole Polytechnique, France (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Muto
2. 発表標題 Multi-Dimensional Transformation of Aromatic Compounds through Benzyl-Palladium
3. 学会等名 Paris-Saclay University, France (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Muto
2. 発表標題 Multi-Dimensional Transformation of Aromatic Compounds through Benzyl-Palladium
3. 学会等名 University of Manchester, UK (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Muto
2. 発表標題 Multi-Dimensional Transformation of Aromatic Compounds through Benzyl-Palladium
3. 学会等名 University of Southampton, UK (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮崎龍也・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 多様な分子創出を志向したクロロメチルボリル-N-トシルヒドラゾンの合成と反応
3. 学会等名 第12回 CSJフェスタ 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎龍也・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 多様な分子創出を志向したクロロメチルボリル-N-トシルヒドラゾンの合成と反応」
3. 学会等名 第13回サブウェイセミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroki Kato, Kei Muto, Shigeru Yamaguchi, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Pd-Catalyzed Dearomative Alkylation of Bromoarenes: Development of Reaction and Chiral Ligands through Molecular Field Analysis
3. 学会等名 11th Singapore International Chemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryuya Miyazaki, Kei Muto, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題 Synthesis and Reaction of Chloromethylboryl-N-tosylhydrazone as a Multiply Convertible Building Block
3. 学会等名 11th Singapore International Chemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武藤
2. 発表標題 ベンジルパラジウム種を活かした触媒的な脱芳香族的官能基化
3. 学会等名 東京農工大学（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上部耀大・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 脱芳香族的アザスピロ環化によるcephalotaxine類の合成
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武藤慶・加藤弘基・柳本愛華・上部耀大・ウチクン・武者樹・小松田雅晃・山口潤一郎
2. 発表標題 ベンジルパラジウムを経由するプロモアレーンの触媒的脱芳香族的官能基化
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ウチクン・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 パラジウム触媒によるジアゾ化合物とアミンを用いたハロアレーンの1,4-カルボアミノ化反応
3. 学会等名 第11回サブウェイセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上部耀大・柳本愛華・ウチクン・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 パラジウム触媒によるプロモアレーンの脱芳香族的アザスピロ環化反応
3. 学会等名 第11回サブウェイセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ウチクン・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 パラジウム触媒によるジアゾ化合物とアミンを用いたハロアレーンの1,4-カルボアミノ化反応
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上部耀大・柳本愛華・ウチクン・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題 パラジウム触媒によるプロモアレーンの脱芳香族的アザスピロ環化反応
3. 学会等名 第119回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武藤 慶
2. 発表標題 ベンジルパラジウム種を活かした触媒的脱芳香族的官能基化反応
3. 学会等名 第48回オルガノメタリックセミナー「効率的分子変換のフロンティア」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Kei Muto, Hiroki Kato, Aika Yanagimoto, Yota Uwabe, Qikun Wu, Itsuki Musha, Masaaki Komatsuda, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題	Catalytic Dearomative Functionalization of Bromoarenes via Benzyl Palladium Complex
3. 学会等名	13th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium (AIMECS2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Hiroki Kato, Itsuki Musha, Masaaki Komatsuda, Kei Muto, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題	Pd-Catalyzed Dearomative Alkylation of Bromoarenes with Diazo Compounds and Malonates
3. 学会等名	13th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium (AIMECS2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Qikun Wu, Kei Muto, Junichiro Yamaguchi
2. 発表標題	Pd-Catalyzed 1,4-Carboamination of Bromoarenes with Diazo Compounds and Amines
3. 学会等名	13th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium (AIMECS2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	福原侑希・加藤弘基・宮崎龍也・武藤慶・山口潤一郎
2. 発表標題	ハロアレーンの触媒的二炭素官能基化反応を用いた二環式化合物の合成
3. 学会等名	日本化学会 第102春季年会
4. 発表年	2021年～2022年

1. 発表者名 武藤慶
2. 発表標題 ベンジルパラジウムを鍵とする不活性芳香族の脱芳香族的官能基化
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会（招待講演）
4. 発表年 2021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

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