

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05778

研究課題名(和文) アズレンの触媒的自在官能基化を鍵とする新奇 共役系分子材料の開発

研究課題名(英文) Development of unique π -conjugated smart materials based on the catalytic and regioselective functionalization of azulenes

研究代表者

村井 征史 (Murai, Masahito)

岡山大学・自然科学研究科・助教

研究者番号：40647070

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：双極性の共鳴構造を描くことができるアズレンは、ヘテロ元素を含まない小分子としては他に類例のない極めて特異な分光学的・電気化学的性質を有する。位置選択的な官能基化法の開拓により、その潜在的な機能をさらに伸長することが本研究の目的である。具体的には アズレン環の炭素-水素結合の直截アリール化法、複数のベンゼン環が直線的に連結されたフェナセンやアセン誘導体へのアズレン環の導入法、多環芳香族炭化水素の逐次的な芳香環増環反応を開発し、得られた生成物の電界効果トランジスタの素子としての性能を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた縮環芳香族炭化水素は、アズレン骨格に由来した狭いHOMO-LUMOギャップを有し、凝集状態において、双極子に沿ってその会合構造を制御可能な新規分子デバイス素子として期待できる。本研究で確立したアズレンの効率的な官能基化法を駆使することで、様々な新しい類縁体の物性を明らかにでき、電子材料を設計する上での新たな指針を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：Uniquely polarized hydrocarbon, azulene, possesses unusual photophysical and electrochemical properties that are unique for small molecules without any hetero atoms. The main purpose of the present study is development of a regioselective functionalization methods to further extend and disclose its potential new functions. As a result of investigation, (1) regioselective direct arylation of the carbon-hydrogen bond of azulene, (2) method for incorporation of azulene rings into phenacene and acene skeletons, and (3) regioselective arene homologation through deoxygenative aromatization were developed, and the performance of the resulting products as components for organic field-effect transistors was evaluated.

研究分野：有機合成化学

キーワード：アズレン 多環芳香族炭化水素 双極子 フェナセン アリール化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

双極性の極限共鳴構造を描くことができるアズレンは、ヘテロ元素を含まない小分子としては他に類例のない極めて特異な分光学的・電気化学的性質を有する。しかし、機能性分子への応用は、酸塩基応答型センサーや導電性ポリマーなど基礎的な研究に限定されており、多くの開発の余地が残されていた。

2. 研究の目的

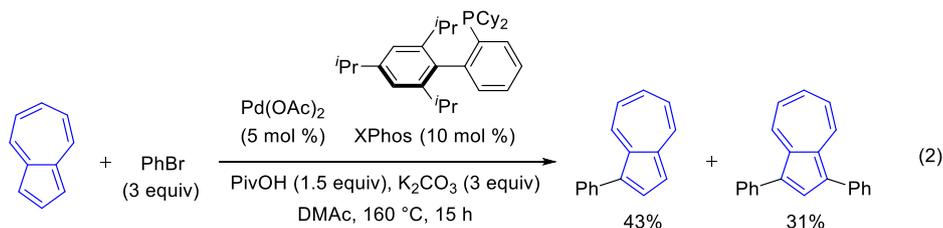
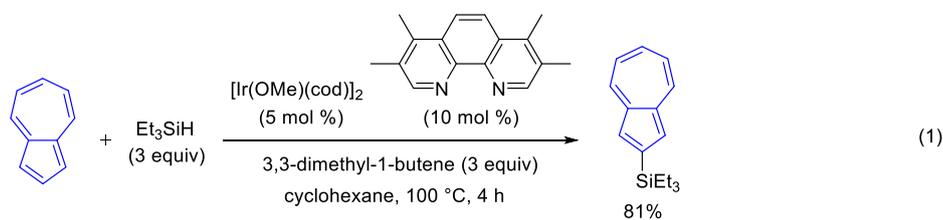
遷移金属触媒による結合活性化を駆使することで、望みの位置への官能基導入を含めたアズレン環の自在修飾法を開発する。合成や官能基化法の開発と並行して、特異な双極構造を強調することで発現する光物性を明らかにし、新奇機能の開拓へと繋げる。

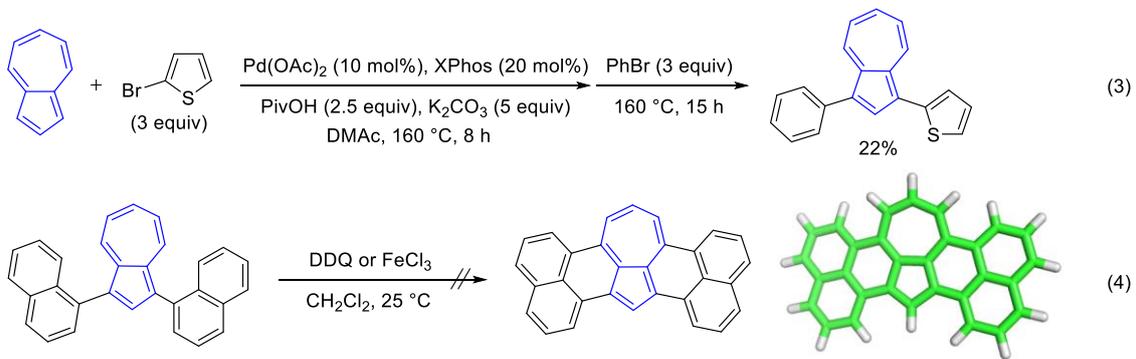
3. 研究の方法

特異な立体効果や電子効果を最大限に発現させるため、配位子を含めた金属錯体を適切に選択し、反応性や選択性の精密制御に立脚したアズレンの新規官能基化反応を開発する。それを利用した標的分子の誘導体ライブラリー構築と並行し、各誘導体の電子状態を理論計算により解明する。理論計算の結果を分析し、標的分子の再設計へとフィードバックするとともに、半導体特性を始めとしたデバイスとしての性能を、学内の他グループとの共同研究により評価する。

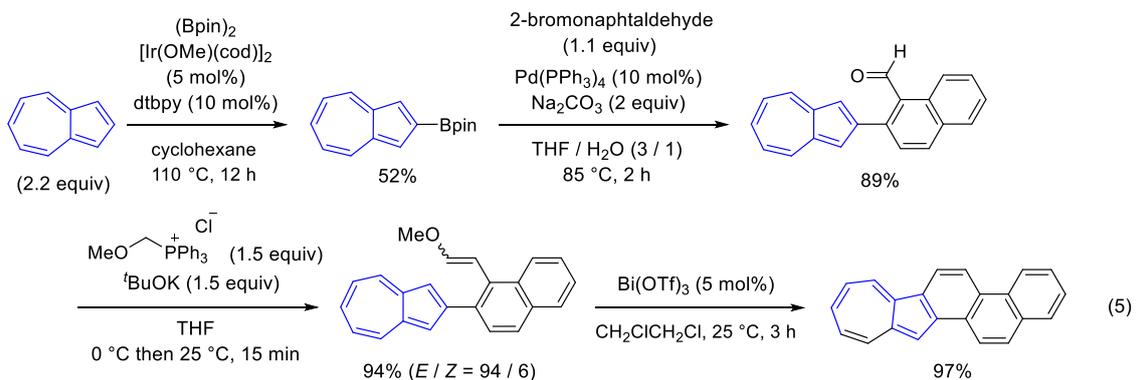
4. 研究成果

本研究の準備段階において、本研究者はイリジウム触媒を用いることで、アズレン環の2位の炭素-水素結合のみを選択的に活性化し、直截ケイ素化できることを見出していた(*Org. Lett.* **2015**, *17*, 1798, 式1)。本研究の初年度は、類似の遷移金属錯体による活性化を利用し、アズレン環の炭素-水素結合に直接芳香環を導入することで、アズレン骨格を有する多環芳香族炭化水素を、短段階で合成できないか検討した。まず始めに、本研究者がこれまでに確立したルテニウム触媒を用いる炭素-水素結合の直截アリール化反応(*Org. Lett.* **2015**, *17*, 708)が、アズレン誘導体にそのまま適用できないか調べた。しかし、反応効率が悪く、望みのアリール化生成物の収率は低い値であった。そこでルテニウム触媒の使用を断念し、他の触媒を精査し直した結果、パラジウム錯体が本系には適していることを見出した。すなわち、パラジウム触媒存在下、芳香族臭化物をアズレンに作用させると、アズレン環の1位と3位で直截アリール化が起こることが分かった(式2)。一般に置換基を有さないアズレンは酸や酸化剤に対して不安定であり、塩基性条件下で反応を行う必要があったが、その際、リン配位子の適切な選択は非常に重要であった。今回の反応では、配位子としてXPhos、塩基として炭酸カリウム、添加剤としてピバル酸が有効であり、電子供与性、求引性のどちらの置換基を有する芳香族臭化物も、基質として利用することが可能であった。本反応からは、モノアリール化とジアリール化反応に由来するアリールアズレン誘導体が混合物として得られるが、これらは分極の程度や双極子モーメントが異なるため、通常シリカゲルカラムクロマトグラフィーを用いた精製により、非常に容易に分離することができた。そのため、今回のアリール化反応により、市販されているアズレンと芳香族ハロゲン化物から、紫や青、緑色の色調を示すアズレン誘導体を一段階で自在に作り分けることが可能となった。本反応は、ヘテロ元素を含む配位性補助基を用いず、芳香環の炭素-水素結合の活性化とアリール化を進行させた珍しい例でもあった。式1のイリジウム触媒を用いるアズレン環の2位の炭素-水素結合の直截ケイ素化と同様、構造異性体にあたるナフタレンよりも、本反応に対してアズレンは圧倒的に高い反応性を示し、アズレンの特異な分極構造に由来した新反応を見出すことができた。二種類の異なる芳香族臭化物を段階的にアズレンに作用させることで、ワンポットで1位と3位を別々にアリール化することもできた(式3)。一方、生成物として得られた1,3-ジ(1-ナフチル)アズレンの脱水素型の分子内環化反応により、当初予定していたアズレン骨格が組み込まれた多環芳香族炭化水素への誘導も試みたが、残念ながら目的物は得られなかった(式4)。

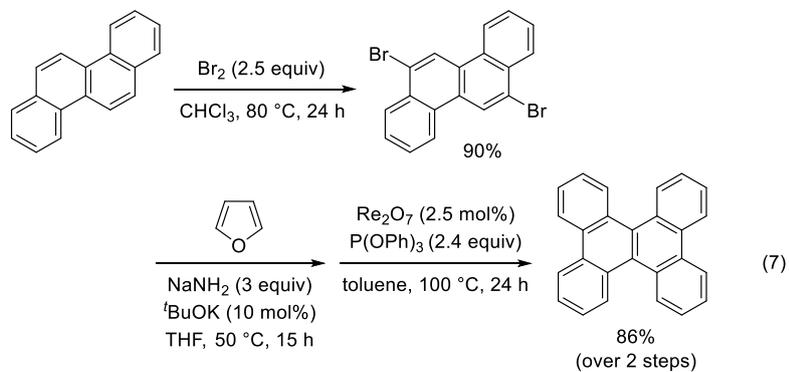
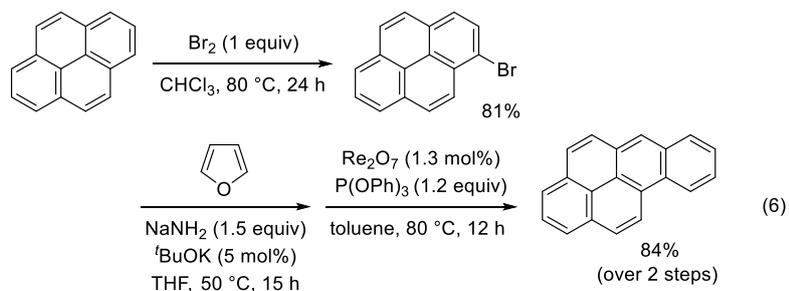




ベンゼン環がジグザグに n 個連結された $[n]$ フェナセン誘導体は大気下でも安定であり、新たな電子材料の構成素子として近年注目されている。2 年目は、その骨格中のナフタレン環を 5 員環シクロペンタジエンと 7 員環シクロヘプタトリエンが融着した構造を有するアズレン環に組み換えることで、 π 共役系の分光学的特性や機能性がどのように変化するか調べた。まず、アズレン環の 2 位の炭素-水素結合をイリジウム触媒を用いて直截ホウ素化した後、鈴木-宮浦クロスカップリング反応、Wittig 反応、ビスマス触媒を用いる環化反応を順に行うことで、ナフト[2,1-*a*]アズレンとアズレノ[2,1-*a*]フェナントレンを合成した(式 5)。最後の段階のビスマス触媒を用いる環化は、本研究者が 2014 年に報告した反応(*Org. Lett.* **2014**, *16*, 4134)であり、アズレン環を有し、酸に不安定なビニルエーテル前駆体からでも、ほぼ定量的に環化体を得ることができた。DFT 法を用いた理論計算と紫外-可視吸収スペクトルの測定結果より、これらはベンゼン環が直線状に n 個連結された対応する $[n]$ アセン誘導体に匹敵する狭い HOMO-LUMO バンドギャップを有しながら、空気安定性と溶解性に優れていることが分かった。また、後者のホール移動度は $0.053 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、ON/OFF 比は 1.6×10^5 であり、有機電界効果トランジスタの *p* 型の素子として、中程度の性能を示すことも見出した。他にもアズレノ[2,1-*a*]アントラセン、縮環するベンゼン環数を減らしたナフト[2,1-*a*]アズレン、そしてヘテロ環やアズレン環を複数組み込んだ誘導体の合成にも成功した。しかし残念ながら、これらはいずれも有意な正孔輸送特性を示さなかった。これらの結果から、 π 系のトポロジーの微妙な違いにより、諸物性に大きな差が現れることを明らかにした。



上記の結果を踏まえ、さらに優れた性能を有するアズレン誘導体を探索するため、研究 3 年目は効率的な新ルートの確立を目指した。ここでは、本研究者が過去に報告したレニウム触媒によるエポキシドの脱酸素反応(*Org. Lett.* **2015**, *17*, 3346)に着目し、それを応用することで、類縁体の網羅合成を検討した。具体的には、フランとベンザインとの Diels-Alder 反応により、容易に合成できる 7-オキサビシクロ[2.2.1]ヘプタジエン誘導体の脱酸素芳香族化反応を利用することにした。まず、モデル基質を用いた反応条件の精査により、触媒として過レニウム酸アンモニウム、酸素捕捉剤としてトリフェニルホスファイトをそれぞれ用いることで、想定した反応が中性条件下、円滑に進行することを見出した。この脱酸素反応に、アラインの位置選択的な発生と Diels-Alder 反応を組み合わせることで、多環芳香族化合物に縮環するベンゼン環を位置選択的にジグザグに増やす手法を確立した(式 6, 7)。並行し、5,6-ジハロアズレンを塩基と反応させることで生じるアズレン骨格のアラインを、イソベンゾフラン誘導体と Diels-Alder 反応させた後、連続的に脱酸素芳香族化することで、アズレンの 7 員環側へ π 系が拡張された化合物群の合成を試みた。その結果、触媒として酸化レニウム(VII)を用いることで、低収率ではあるが、目的としていたアズレノフェナントレンの新しい誘導体が見出された。今後、反応をさらに改良し、アズレン骨格を有するユニークな機能性 π 電子系の創製へ繋げていきたいと考えている。



以上の成果をまとめ、英文科学誌へ 2 報の査読付き論文を発表した。官能基化に関する成果は、Doucet らによる総説 *Chemistry -An Asian Journal* **2018**, *13*, 143 でも大きく取り挙げられ、国内外の関連する研究者に大きなインパクトを残すことができたと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Soubi Asako, Takahisa Sakae, Masahito Murai, Kazuhiko Takai	4. 巻 358
2. 論文標題 Molybdenum-Catalyzed Stereospecific Deoxygenation of Epoxides to Alkenes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	6. 最初と最後の頁 3966-3970
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adsc.201600840	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 Masahito Murai, Naoki Nishinaka, Mizuki Kimura, Kazuhiko Takai	4. 巻 84
2. 論文標題 Regioselective Functionalization of 9,9-Dimethyl-9-silafluorenes by Borylation, Bromination, and Nitration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5667-5676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b00598	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 Masahito Murai, Naoki Nishinaka, Kazuhiko Takai	4. 巻 57
2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Sequential Silylation and Borylation of Heteroarenes Based on the Regioselective C-H Bond Activation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 5843-5847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201801229	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 Masahito Murai, Erika Uemura, Kazuhiko Takai	4. 巻 8
2. 論文標題 Amine-Promoted anti-Markovnikov Addition Reaction of 1,3-Dicarbonyl Compounds with Terminal Alkynes under Rhenium Catalysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 5454-5459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b01338	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 Masahito Murai, Kazuki Origuchi, Kazuhiko Takai	4. 巻 47
2. 論文標題 Catalytic Cleavage and Reformation of Ethereal sigma-Bonds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 927-930
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180361	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 Masahito Murai, Kazuhiko Takai	4. 巻 51
2. 論文標題 Unsymmetrical Difunctionalization of Two Different C-H Bonds in One-Pot Under Transition Metal Catalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 40-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611066	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 Masahito Murai, Takuya Ogita, Kazuhiko Takai	4. 巻 55
2. 論文標題 Regioselective Arene Homologation through Rhenium-Catalyzed Deoxygenative Aromatization of 7-Oxabicyclo[2.2.1]hepta-2,5-diene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2332-2335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc00270g	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 Masahito Murai, Kengo Nishimura, Kazuhiko Takai	4. 巻 55
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Double-Bond Migration of Unsaturated Hydrocarbons Controllable by Second Metal Catalysts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2769-2772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc00223e	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 Masahito Murai, Yutaro Takeuchi, Kazuhiko Takai	4. 巻 46
2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Dehydrogenative Dimerization of Benzylmethylsilanes via Silylation of C(sp ³)-H Bonds Adjacent to a Silicon Atom	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1044-1047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170369	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 Masahito Murai, Atsushi Nishiyama, Naoki Nishinaka, Haruka Morita, Kazuhiko Takai	4. 巻 53
2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Hydrosilylation of Cyclopropanes via Regioselective Carbon-Carbon Bonds Cleavage	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 9281-9284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC04296E	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 Masahito Murai, Ryuji Taniguchi, Naoki Hosokawa, Yusuke Nishida, Hiroko Mimachi, Toshiyuki Oshiki, Kazuhiko Takai	4. 巻 139
2. 論文標題 Structural Characterization and Unique Catalytic Performance of Reactive Silyl-Substituted Geminal Dichromiomethane Complexes Stabilized with Diamine Ligand	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 13184-13192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b07487	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 Masahito Murai, Shinji Iba, Hiromi Ota, Kazuhiko Takai	4. 巻 19
2. 論文標題 Azulene-Fused Linear-Shaped Polycyclic Aromatic Hydrocarbons with Low Bandgap and Unique Stimuli-Responsiveness	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5585-5588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b02729	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 Masahito Murai, Chisato Mizuta, Ryuji Taniguchi, and Kazuhiko Takai	4. 巻 19
2. 論文標題 Straightforward Approach to Borylcyclopropanes by Chromium-Promoted Cyclopropanation of Unactivated Alkenes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6104-6107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b02956	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 Yoichiro Kuninobu, Masaki Yamamoto, Mitsumi Nishi, Tomoyuki Yamamoto, Takashi Matsuki, Masahito Murai, Kazuhiko Takai	4. 巻 94
2. 論文標題 Rhenium-Catalyzed ortho-Alkylation of Phenols	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Syntheses	6. 最初と最後の頁 280-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15227/orgsyn.094.0280	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 Masahito Murai, Ryo Okada, Atsushi Nishiyama, Kazuhiko Takai	4. 巻 18
2. 論文標題 Synthesis of Sila[n]helicenes via Dehydrogenative Silylation of C-H Bonds under Rhodium Catalysis	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4380-4383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.6b02134	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 Masahito Murai, Erika Uemura, Shunsuke Hori, Kazuhiko Takai, K	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Rhenium-Catalyzed 1,1-Difunctionalization of 1,n-Diynes with Carbon Nucleophiles Followed by Sequential Cyclization Leading to Tetrahydroindenone Derivatives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201701159	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23件(うち招待講演 5件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Masahito Murai, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Rhenium-Catalyzed Intermolecular anti-Markovnikov Addition Reaction of 1,3-Dicarbonyl Compounds with Terminal Alkynes
3. 学会等名 28th International Conference on Organometallic Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahito Murai, Naoki, Nishinaka, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Iridium-Catalyzed Sequential Silylation and Borylation of Heteroarenes Based on the Regioselective Two Different C-H Bond Activation
3. 学会等名 4th International Symposium on C-H Activation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahito Murai, Takuya Nakagiri, Takuya Ogita, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Regioselective Homologation of Arenes through Rhenium-Catalyzed Deoxygenative Aromatization of 7-Oxabicyclo[2.2.1]hepta-2,5-dienes
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kengo Nishimura, Masahito Murai, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Selective Transposition of Double Bonds of Alkenes under Palladium Catalysis
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahito Murai, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Rhenium-Catalyzed anti-Markovnikov Addition Reaction of Carbon Nucleophiles to Unactivated Terminal Acetylenes
3. 学会等名 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村井征史、谷口竜治、高井和彦
2. 発表標題 gem-ニクロムメタン反応剤のアルキンへの付加を伴う1,6-エンインの環化反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西中直樹、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 イリジウム触媒によるヘテロ芳香環のC-H結合の位置選択的ケイ素化-ホウ素化反応
3. 学会等名 第111回有機合成シンポジウム2017年 春
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryuji Taniguchi, Naoki Hosokawa, Masahito Murai, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 ジアミン配位子により安定化されたgem-ニクロムメタン錯体の反応性と触媒反応への利用
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahito Murai, Atsushi Nishiyama, Naoki Nishinaka, Haruka Morita, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 イリジウム触媒によるシクロプロパン環の位置選択的な開裂を伴うヒドロシリル化反応
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村井征史
2. 発表標題 金属触媒を用いた炭化水素の効率的な機能化法の開発
3. 学会等名 第13回触媒相模セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 萩田拓哉、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 レニウム触媒による7-オキサピシクロ[2.2.1]ヘプタ-2,5-ジエンの脱酸素反応を利用する位置選択的な 共役系の拡張
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村井征史
2. 発表標題 Selective Functionalization of Hydrocarbons Based on the Generation of Reactive Organometallic Species
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahito Murai
2. 発表標題 Rhenium-Catalyzed anti-Markovnikov Addition Reaction of Carbon Nucleophiles to Unactivated Terminal Acetylenes
3. 学会等名 International Symposium on Pure & Applied Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahito Murai, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Regioselective benzoannulation of PAHs via the rhenium-catalyzed deoxygenation of 7-oxabicyclo[2.2.1]hepta-2,5-diene
3. 学会等名 International Symposium on JST ACT-C Project (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahito Murai
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Intermolecular Dehydrogenative Silylation of Aromatic Compounds without Directing Groups Based on the Regio- and Chemoselective C-H Bond Activation
3. 学会等名 8th Annual Global Congress of Catalysis 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植村恵理香、堀駿介、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 レニウム触媒による1,3-ケトエステルの末端アルキンへの逆Markovnikov型付加反応
3. 学会等名 第33回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahito Murai, Ryo Okada, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 ロジウム触媒による脱水素を伴う炭素-水素結合のケイ素化反応を経るシラ[n]ヘリセンの合成
3. 学会等名 第63回有機金属化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 谷口竜治、細川直輝、三町博子、村井征史、押木俊之、高井和彦
2. 発表標題 gem-ニクロムシリルメタン錯体の構造解析と触媒反応への利用
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水田知里、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 塩化クロム(II)を用いるアルケンの立体選択的ポリルシクロプロパン化反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西村謙吾、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 レニウム触媒によるオレフィンの二重結合の選択的な移動反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本真輝、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 レニウム触媒による2-アルケニルフェノールとアルキンの付加反応によるベンゾピラン誘導体の合成
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西中直樹、村井征史、高井和彦
2. 発表標題 位置選択的な炭素-水素結合の活性化によるヘテロ芳香環の連続的なケイ素化-ホウ素化反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahito Murai, Yutaro Takeuchi, Kazuhiko Takai
2. 発表標題 Mechanistic insights into the construction of chiral spiro-9-silabifluorenes via the rhodium-catalyzed dehydrogenative silylation
3. 学会等名 20th International Symposium on Homogeneous Catalysis
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ニトロ基を有する9-シラフルオレン化合物及びその製造方法	発明者 村井征史、高井和彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、JP 2018-209329	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----