

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02717

研究課題名(和文) 短寿命炭素アニオンの捕捉を基盤とするヘテロ芳香環の直接的官能基化法の開発

研究課題名(英文) Development of Direct Functionalization of Heteroaromatic Compounds Based on Trapping of the Short-lived Carbanions

研究代表者

岡野 健太郎 (Okano, Kentaro)

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30451529

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：有機合成的には十分なポテンシャルを持ちながら、反応制御が困難であった短寿命炭素アニオンを利用する方法を開発した。具体的な短寿命炭素アニオンとして、ベンザイン生成前の芳香族炭素アニオンおよびハロゲンダンス前後のハロゲン化された芳香族炭素アニオンに着目し、金属ジアミン錯体を用いる精密 *in situ* トランスメタル化を確立した。この方法の有用性を示すために、ラメラリンやディクティオデンドリン、カルバゾマイシンなどの生物活性天然物を全合成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、複数のハロゲン化された芳香族炭素アニオン中間体を同一基質から発生させて利用できるようになった。従来用いられてきた「ハロゲン化・官能基化」を繰り返さず、芳香族化合物を位置選択的かつ脱プロトンの官能基化できるため、反応工程数の大幅な削減が可能になった。また、不安定な有機リチウムを取り扱う際の第一選択肢として認知されているマイクロフロー法において基質として用いられる芳香族ヨウ素化物を供給できるため、マイクロフロー法の相乗的発展も期待できる点に意義がある。

研究成果の概要(英文)：A method to utilize short-lived carbanions, which have promising potential for organic synthesis but have been difficult to control their reactivity, has been developed. Halogenated aryl anions that undergo benzyne formation or halogen dance were investigated, and a precise *in situ* transmetalation using metal-diamine complexes has been established. To demonstrate the synthetic utility of this method, total syntheses of biologically active natural products such as lamellarins, dictyodendrins, and carbazomycins were accomplished.

研究分野：有機合成化学

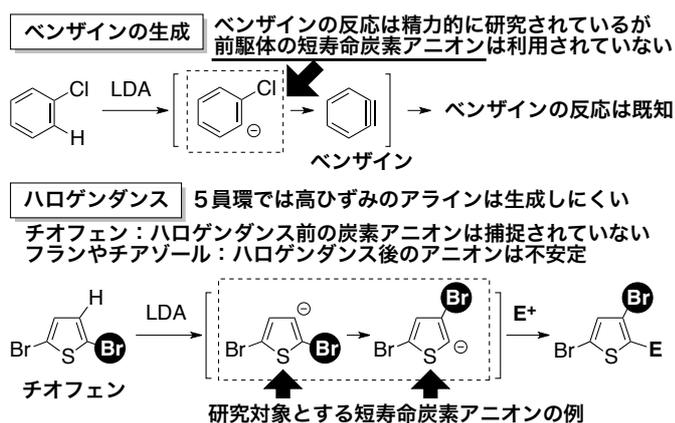
キーワード：短寿命炭素アニオン ハロゲンダンス *in situ* トランスメタル化 マイクロフロー 有機リチウム 天然物合成 脱プロトンの官能基化

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

有機リチウムや有機マグネシウムに代表される炭素アニオンは、炭素-炭素結合生成や官能基導入に広く利用されてきた。その中でも、アリールリチウムは、高い反応性ゆえに、さらなる反応活性種を生じることがある。例えば、クロロベンゼンに対して LDA (リチウムジイソプロピルアミド) を加えると、アリールリチウムを経てベンザインが発生する。一方、2,5-ジブロモチオフェンに対し LDA を作用させると、生じたチエニルリチウムは分子間での



プロモ基の移動 (ハロゲンダンス) を引き起こし、熱力学的により安定なアニオンへ変換される (Vaitiekunas *et al. Nature* 1951, 168, 875)。チオフェンの場合は、ひずみの大きい5員環アラインは生成せず、ハロゲンダンスが優先する。本反応は、置換基導入の足がかりとして有用なプロモ基を移動させながら、生じたアニオンを官能基化できるため、多置換ヘテロ芳香族化合物の位置選択的合成に有用である。しかし、ハロゲンの移動は一般に速やかに進行するものの、アリールリチウムが高い反応性を有するため、チオフェンの例が多数を占めるものの、その他の芳香族化合物の例は限られており、基質一般性に大きな制限があった。例えば、フランの例は数報に留まっており、ピロールのハロゲンダンスは、研究開始当初まったく報告例がなかった。

研究代表者は以上の背景をふまえ、2015年に現所属(神戸大学)に異動後、ハロゲンダンスの合成的有用性を引き出すことを目的としてハロゲンダンスに関する研究を開始した。2016~2018年度に研究代表者が実施した基盤研究(C)では、これらの未解決問題へアプローチし一定の成果を得た。今回、独自に得た知見に基づき、より幅広い分野への貢献を可能にする「短寿命炭素アニオンの積極的利用」に焦点を絞り、研究を開始した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、有機合成的には十分なポテンシャルを持ちながら、積極的に捕捉されてこなかった短寿命炭素アニオンの利用法を拡大することである。具体的な短寿命炭素アニオンとして、ベンザイン生成前の芳香族炭素アニオンおよびハロゲンダンス前後の芳香族炭素アニオンを検討する。方法論の有用性を示すために、生物活性分子としてラメラリン類やディクティオデンドリン類を全合成する。そのための方法論として、金属ジアミン錯体の反応性制御に基づく精密 *in situ* トランスメタル化を開発し、従来、不可能であったアリールリチウムの捕捉を実現する。さらに、短寿命炭素アニオンを経るシクロアレンの合成的応用についても検討する。

3. 研究の方法

本研究では以下の四つの研究テーマを実施した。

(1) ピロール類のハロゲンダンスを鍵とする全置換ピロール天然物の全合成

ブロモピロールのハロゲンダンスを開発し、ピロール天然物を全合成する。得られるジブロモピロールを鍵合成中間体とする合成法の有用性を示すため、構造が類似しているルキアノール A および B、ニンガリン B、ラメラリン類を合成目標とする。また、ピロールとカルバゾールが縮環したテロメラゼ阻害活性を示すディクティオデンドリン類に本手法を応用する。

(2) 新規金属ジアミン錯体を用いる精密 *in situ* トランスメタル化の開発

極めて速いハロゲンダンスの反応中間体として生成する短寿命炭素アニオンを金属ジアミン錯体により *in situ* トランスメタル化する。応用例として、非ステロイド性抗炎症薬 Fentiazac とその構造異性体を合成する。また、ハロアレンの脱プロトン化により生成する短寿命炭素アニオンを *in situ* トランスメタル化し、多置換ハロアレンの合成法を開発する。

(3) マイクロフローを用いる短寿命炭素アニオンの選択的捕捉と合成的応用

フローマイクロリアクターを活用して短寿命炭素アニオンを捕捉する。具体的には、ハロゲンダンス前後の複数の有機リチウムの選択的利用を検討する。

(4) 短寿命炭素アニオンを経るシクロアレンの新規発生法の開発

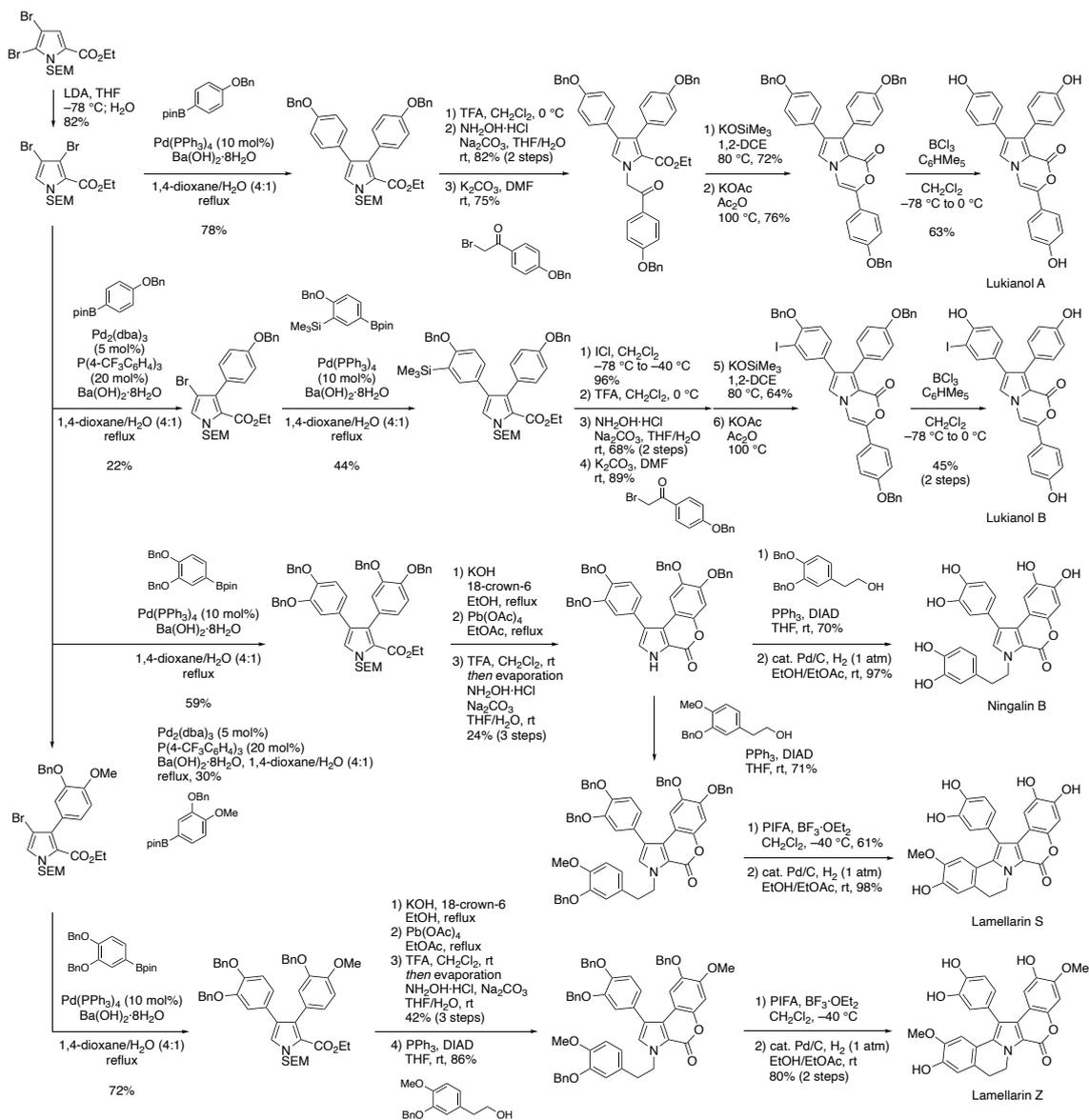
かさ高いマグネシウムアミド塩基を用いる脱プロトンの発生法とケイ素転位反応を経るシリル化されたシクロアレン前駆体の実用的合成法の二つの手法を開発する。

4. 研究成果

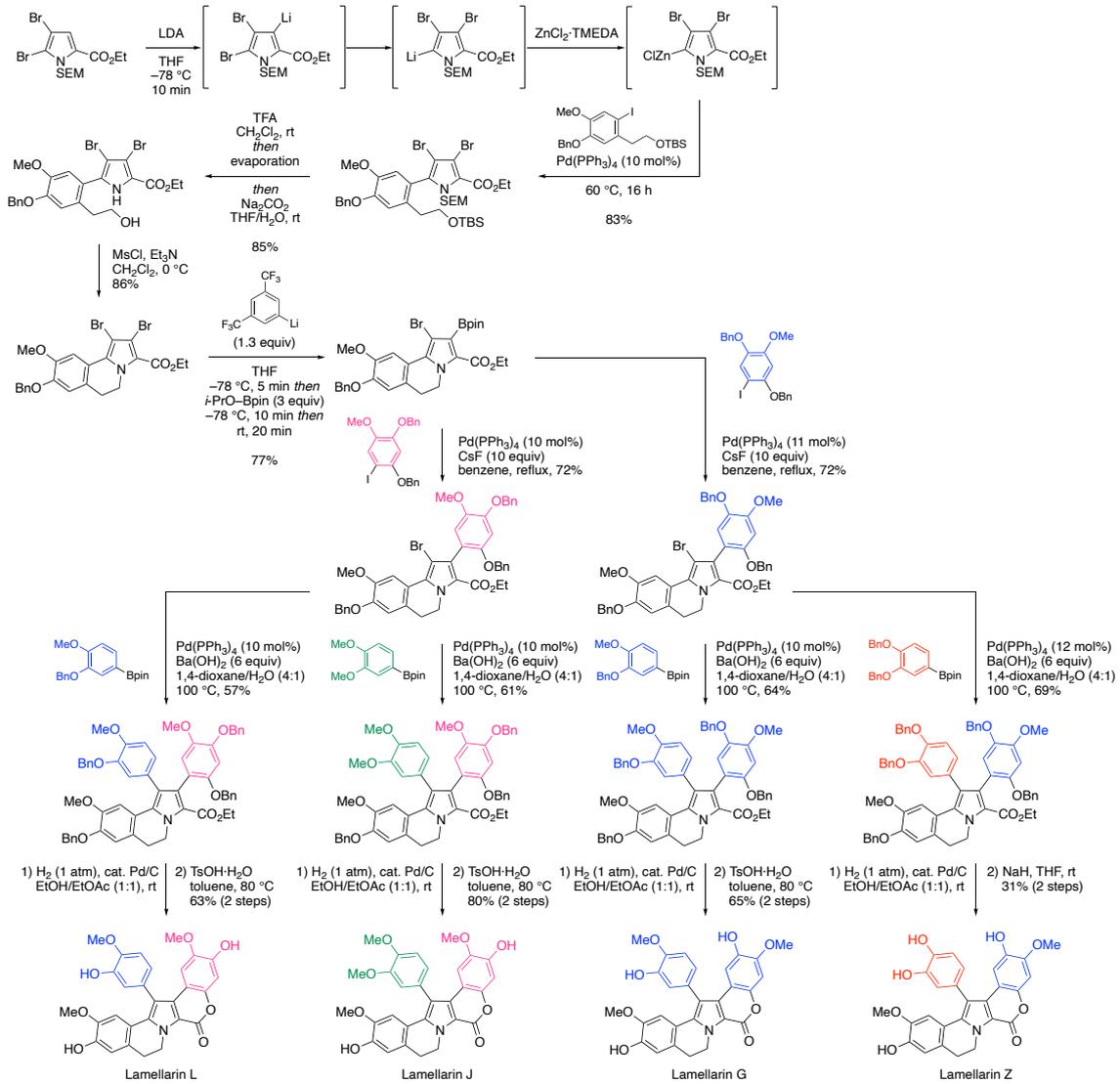
(1) ピロロール類のハロゲンダンスを鍵とする全置換ピロロール天然物の全合成

①ハロゲンダンスを用いる全置換ピロロール天然物の全合成

ブロモピロロールのハロゲンダンスを鍵とするピロロール天然物の全合成に取り組んだ。ピロロール上の置換基がハロゲンダンスに与える影響について検討し、これまで報告されていなかったピロロールのハロゲンダンスに初めて成功した。本反応は、反応温度と反応時間の厳密な制御が必要であるが、バッチ型反応装置を用いてもグラムスケールにて再現性良く実施可能であり、得られたジブロモピロロールを鍵合成中間体として、ルキアノール A および B、ニンガリン B、ラメラリン S および Z を全合成した。ピロロールに対し、段階的にアリアル基を導入する手法が、幅広い多置換ピロロールに応用可能であることを示した。二つのブロモ基に対する選択的アリアル化については、触媒系の検討により、完全な位置選択性を達成できたが、低収率であった。



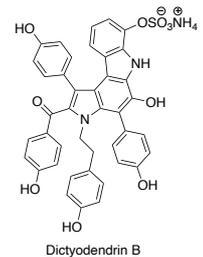
上記の第一世代合成において問題となった選択的アリアル化を解決し、合成効率をさらに向上するために第二世代合成法を開発した。ハロゲンダンス後に生じる有機リチウムをプロトン化せず、さらなる官能基変換の足がかりとして活用するために根岸カップリングを用いた。無保護ピロロールへ導いたのち、環化反応によって三環性化合物を合成した。位置選択的ボリル化を検討したところ、3,5位にトリフルオロメチル基を有するフェニルリチウムを用いた際にエステル近傍のブロモ基を位置選択的にリチオ化できた。*i*-PrOBpin を作用させ、対応するボリル化体を収率 76% で合成した。その後、段階的な鈴木-宮浦カップリングを経て、構造が類似した 4 つのラメラリン類を合成した。本合成では、有機リチウムをそれぞれ対応する有機亜鉛反応剤として利用することができた。この知見に基づき、上記ピロロール天然物の合成において、課題として残されていた二つの β 位ブロモ基の位置選択的な変換反応についても、一定の解決法を提示することができ、多置換ピロロールの一般的合成法を確立した。



②ハロゲンダンスを抑制する全置換ピロール合成法の開発とラメラリン類およびディクティオデンドリン B の合成

ラメラリン類の全合成研究において、ハロゲンダンス前の有機金属種としてグリニャール反応剤を発生させると、ハロゲンダンスを抑制できることがわかった。本手法を利用すると、反応性の異なる二つのブロモ基を残してピロールに求電子剤を脱プロト的に導入できる。この方法を応用して、ラメラリン U および A3 の全合成を達成した。

次に、テロメラーゼ阻害活性を示すディクティオデンドリン類に含まれるピロールとカルバゾールが縮環した構造にも本手法を応用した。全置換ピロールをグラムスケールで合成し、ピロールにカルバゾールが縮環した骨格の新規構築法として、ナトリウム分散体を用いる方法を開発し、ディクティオデンドリン B の形式合成を達成した。



③有機リチウム種の平衡を利用する複数の構造異性体の合成

ハロゲンダンスを促進するピロール窒素上の置換基について、反応機構的な観点からその有用性を検証した。その結果、構造異性体の関係にある複数の有機リチウム種の間には平衡が存在することがわかり、これらの現象を応用して構造異性体の関係にある多置換ピロールを同一の基質から合成することに成功した。

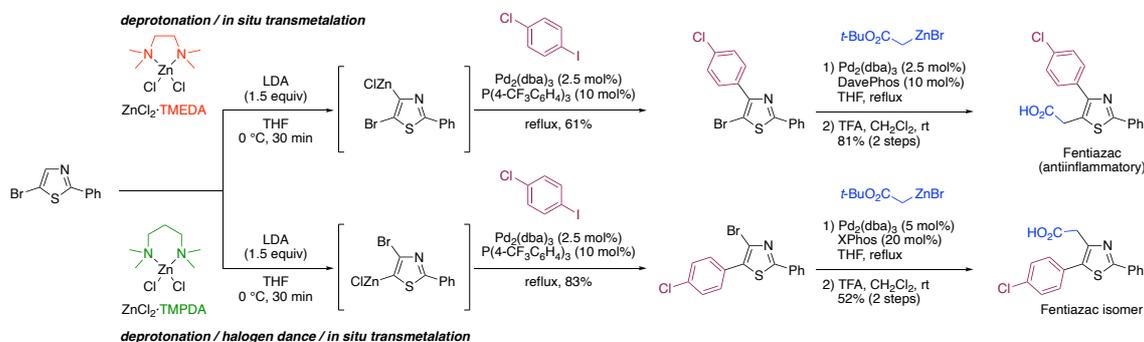
④脱プロトン位置とハロゲンダンスを添加剤により制御する応用例

従来は基質依存的であったハロゲンダンスの位置選択性についても、添加剤による選択性制御を検討した。具体的な基質としてはピリジルチオフェンを選択した。ルイス酸やルイス塩基を駆使して基質と塩基との会合状態を制御し、位置選択的な脱プロトン化を経て、基質の構造によらない位置選択性スイッチングを達成した。さらに、*in situ* トランスメタル化を利用して、同一の基質から構造異性体の関係にある四種類の有機金属種を発生させた。

(2) 新規金属ジアミン錯体を用いる精密 *in situ* トランスメタル化の開発

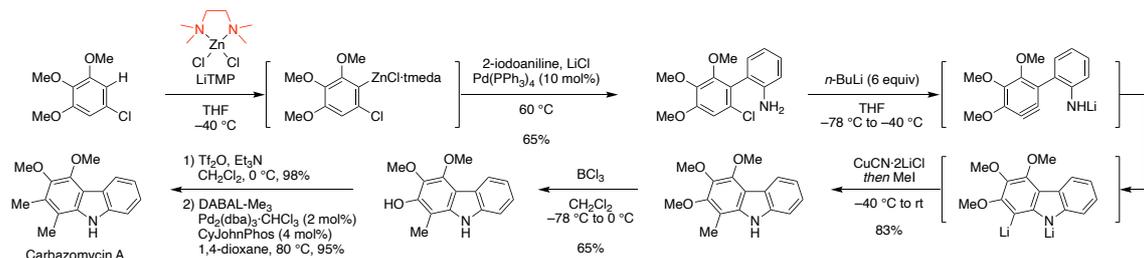
① ハロゲンダンスの抑制

ハロゲンダンスの反応中間体として生成する短寿命炭素アニオンを、精密に反応性を制御した金属塩により *in situ* トランスメタル化できた。5-ブロモチアゾールから、非ステロイド性抗炎症薬 Fentiazac とその構造異性体を合成した。まず、5-ブロモチアゾールと適切な塩化亜鉛ジアミン錯体の THF 溶液に LDA を作用させた。その結果、ハロゲンダンスと呼ばれるブロモ基とリチウム原子の交換反応において生成する、チアゾール由来の二種類の有機リチウムを対応する有機亜鉛反応剤へそれぞれトランスメタル化でき、根岸カップリングにより二種類の構造異性体を選択的に得た。さらに、Reformatsky 反応剤とのクロスカップリングを経て Fentiazac とその構造異性体へ導いた。



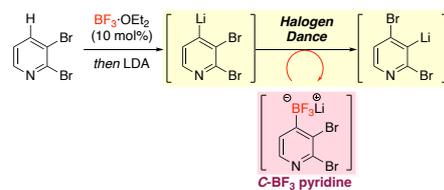
② ベンザイン生成の抑制

ハロアレーンの脱プロトン化により生成する短寿命炭素アニオンを *in situ* トランスメタル化し、多置換ハロアレーンの合成法を開発した。本反応では、塩化亜鉛 TMEDA 錯体が良好な結果を与え、ベンザインを生成することなく対応する有機亜鉛反応剤を発生可能であった。さらに、本方法を Carbazomycin A のグラムスケール全合成に応用した。



③ *in situ* トランスメタル化された有機金属種が触媒する新規ハロゲンダンス

in situ トランスメタル化の検討の過程で、有機金属種が触媒する新規ハロゲンダンスを見出した。三フッ化ホウ素ジエチルエーテルを作用させて生じたトリフルオロボラートがハロゲンダンスを触媒的に加速することがわかった。2,3-ジブromoピリジンに対して LDA を作用させると脱プロトン化が 4 位で進行し、4-リチオピリジンが発生した。この際、触媒量の $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ を共存させるとハロゲンダンスが促進され、構造異性体の関係にある 3-リチオピリジンが生成した。検討の結果、 BF_3 はピリジン 4 位に導入され、この反応中間体がハロゲンダンスを促進することが明らかになった。本結果は、従来のハロゲンダンスとは異なる触媒機構を示したのみならず、幅広い有機リチウムをハロゲンダンスに利用できる可能性を示した点で意義深い。



(3) フローマイクロリアクターを用いる短寿命炭素アニオンの選択的捕捉と合成的応用

フローマイクロリアクターを活用して短寿命炭素アニオンを選択的に捕捉した。2,3-ジブromoチオフェンを基質として、ハロゲンダンス前後の二種類の炭素アニオンの選択的な捕捉に成功した。通常用いられているバッチ型反応容器と比較し、マイクロフローリアクターの有用性を確かめた。一方、2,5-ジブromoチオフェン由来の 3 位リチオ化体については、条件検討にもかかわらず、ハロゲンダンスが優先することがわかった。

(4) 短寿命炭素アニオンを経るシクロアレンの新規発生法の開発

かさ高いマグネシウムアミド塩基を用いる脱プロトンの発生法とケイ素転位反応を経るシリル化されたシクロアレン前駆体の実用的合成法の二つの手法を開発した。後者の結果については第三者による再現実験を経て掲載が認められる *Organic Syntheses* 誌に報告した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Feng Yuxuan, Yukioka Taro, Matsuyama Mei, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 25
2. 論文標題 Deprotonative Generation and Trapping of Haloaryllithium in a Batch Reactor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3013 ~ 3017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.3c00800	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 Okumi Tatsuki, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 59
2. 論文標題 Regiocontrolled halogen dance of 2,5-dibromopyrroles using equilibrium between dibromopyrrolyllithiums	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 1046 ~ 1049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC06373E	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 Inoue Kengo, Hirano Keiichi, Fujioka Shota, Uchiyama Masanobu, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 13
2. 論文標題 Lithium Aryltrifluoroborate as a Catalyst for Halogen Transfer	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 3788 ~ 3793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.2c06082	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 Okui Yuya, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 25
2. 論文標題 Formal Synthesis of Dictyodendrin B	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2669 ~ 2673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.3c00746	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 Inoue Kengo, Feng Yuxuan, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 27
2. 論文標題 "Snapshot" Trapping of Multiple Transient Azolyllithiums in Batch	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 10267 ~ 10273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202101256	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 Morii Kazuki, Yasuda Yuto, Morikawa Daiki, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 86
2. 論文標題 Total Synthesis of Lamellarins G, J, L, and Z Using One-Pot Halogen Dance/Negishi Coupling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13388 ~ 13401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01505	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 Nakura Ryo, Inoue Kazuki, Itoh Mayu, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 98
2. 論文標題 Preparation of 6-(Triethylsilyl)cyclohex-1-en-1-yl Trifluoromethanesulfonate as a Precursor to 1,2-Cyclohexadiene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Syntheses	6. 最初と最後の頁 407 ~ 429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15227/orgsyn.098.0407	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 Inoue Kazuki, Inoue Kengo, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 98
2. 論文標題 Preparation of 2-(Triethylsilyl)cyclohex-1-en-1-yl Trifluoromethanesulfonate as a Precursor to Cyclohexyne	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Syntheses	6. 最初と最後の頁 509 ~ 530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15227/orgsyn.098.0509	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 Okano Kentaro, Okui Yuya, Yasuda Yuto, Mori Atsunori	4. 巻 54
2. 論文標題 Total Synthesis of Lamellarins U and A3 by Interrupting Halogen Dance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 2647 ~ 2660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-1736-7337	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 Morikawa Daiki, Morii Kazuki, Yasuda Yuto, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 85
2. 論文標題 Convergent Total Synthesis of Lamellarins and Their Congeners	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 8603 ~ 8617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c00998	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 Okano Kentaro, Yamane Yoshiki, Nagaki Aiichiro, Mori Atsunori	4. 巻 31
2. 論文標題 Trapping of Transient Thienyllithiums Generated by Deprotonation of 2,3- or 2,5-Dibromothiophene in a Flow Microreactor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1913 ~ 1918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0040-1706479	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 Inoue Kengo, Okano Kentaro	4. 巻 9
2. 論文標題 Trapping of Transient Organolithium Compounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1548 ~ 1561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202000339	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 Okano Kentaro	4. 巻 78
2. 論文標題 Synthesis of Multiply Substituted Heteroarenes Using Halogen Dance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 930 ~ 942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaishi.78.930	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 Hioki Yuto, Mori Atsunori, Okano Kentaro	4. 巻 76
2. 論文標題 Steric effects on deprotonative generation of cyclohexynes and 1,2-cyclohexadienes from cyclohexenyl triflates by magnesium amides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 131103 ~ 131103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2020.131103	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 Hioki, Mayu Itoh, Atsunori Mori, Kentaro Okano	4. 巻 31
2. 論文標題 One-Pot Deprotonative Synthesis of Biarylazacyclooctynones	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 189-193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0039-1691491	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45件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Kentaro Okano
2. 発表標題 " Snapshot " Trapping of Transient Aryllithium in Batch
3. 学会等名 The 11th Singapore International Chemistry Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上拳悟、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 含窒素芳香族リチウムのハロゲンダンスにおけるハロゲン化亜鉛ジアミン錯体とアリールトリフルオロボラートの添加効果
3. 学会等名 第54回有機金属若手の会 夏の学校
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○松山大智、奥見樹生、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ピロールの位置選択的ハロゲンダンスの制御およびkendine 91の形式合成
3. 学会等名 第42回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○鳥居 蓮、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 光レドックス反応によるハロゲン化アリールの選択的モノアリール化
3. 学会等名 第42回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○松山芽以、橋本礼央、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 縮環様式を制御可能なチエノアセンの短段階合成
3. 学会等名 第42回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○松山大智、奥見樹生、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ピロールの位置選択的ハロゲンダンスの制御およびkendine 91の形式合成
3. 学会等名 第38回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○馮 宇軒、行岡太郎、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 カルバゾマイシンAおよびDの全合成
3. 学会等名 第38回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上拳悟、平野圭一、内山真伸、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ピリジリリチウムのトリフルオロボラート触媒型ハロゲンダンス
3. 学会等名 第38回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○馮 宇軒、松山芽以、行岡太郎、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 短寿命ハロアリアルリチウムの捕捉とカルバゾマイシンAおよびDの全合成
3. 学会等名 第121回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○松山大智、奥見樹生、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスを利用する多置換ピロール合成
3. 学会等名 第121回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細谷昌弘、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 基質構造に制限されないプロモチエニルピリジン誘導体の位置多様性合成
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 佐野憲信、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ピリジンの脱芳香族化を経る多官能基化されたイソキヌクリジンの合成
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上拳悟、馮 宇軒、平井 俊、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 含窒素芳香族リチウムのハロゲンダンスにおけるハロゲン化亜鉛ジアミン錯体とルイス酸の効果
3. 学会等名 第118回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○安田雄登、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ジプロモビロールのダブルアリール化を用いたラメラリンUの全合成
3. 学会等名 第41回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上拳悟、平井 俊、馮 宇軒、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスにおける複数の短寿命ヘテロ芳香族リチウムの選択的In Situトランスメタル化に与えるハロゲン化亜鉛ジアミン錯体の効果
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 ○安田雄登、森井一樹、森川大希、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスを鍵としたラメラリン類の全合成
3. 学会等名 第63回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上拳悟、馮 宇軒、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 アゾールのハロゲンダンスにおいて発生する複数の短寿命有機リチウムの選択的捕捉
3. 学会等名 第37回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○馮 宇軒、行岡太郎、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 カルバゾマイシンAのグラムスケール全合成
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 ○奥居柚弥、安田雄登、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ラメラリンUおよびA3の全合成
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 中尾彩佳、井上拳悟、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 2,3-ジプロモピリジンの脱プロトンのリチオ化を経る -カルボリン誘導体合成
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 ○松山大智、奥見樹生、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 モノプロモピロール誘導体の位置選択的ハロゲンダンス
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 井上拳悟、馮 宇軒、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 含窒素芳香族リチウムのin situトランスメタル化とルイス酸触媒型ハロゲンダンス
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 奥見樹生、松山大智、平井 俊、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ピロールのハロゲンダンスを鍵とするアトルバスタチンの形式合成
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 Kentaro Okano
2. 発表標題 Revisiting Halogen Dance: Trapping of Transient Heteroarylolithiums
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Middle Molecular Strategy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上拳悟、平井 俊、林 優希、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスにおける短寿命ヘテロアリアルリチウムの捕捉
3. 学会等名 第117回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本礼央、平井 俊、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスの制御による異なる縮環様式をもつチエノアセンの合成
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上拳悟、平井 俊、林 優希、岡野健太郎、森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスにおける短寿命チエニルリチウムの塩化亜鉛ジアミン錯体による選択的捕捉
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森井一樹, 安田雄登, 森川大希, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスを鍵とするルキアノールAおよびBの全合成
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 森川大希, 森井一樹, 安田雄登, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスを鍵とするラメラリン類の全合成
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 平井 俊, 真利大地, 井上拳悟, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 短寿命 -フルリリチウムのin situトランスメタル化による捕捉
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 井上拳悟, 平井 俊, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 短寿命含窒素アリアルリチウムのin situトランスメタル化による捕捉
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 Kentaro Okano
2. 発表標題 Trapping of Transient Aryllithium in Halogen Dance
3. 学会等名 The 2nd Conference on Advanced Organic Synthesis (CAOS-2) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Okano
2. 発表標題 Recent Development in Halogen Dance
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress (18ACC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Okano, Daiki Morikawa, Kazuki Morii, Yuto Yasuda, and Atsunori Mori
2. 発表標題 Total Synthesis of Lamellarins
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Integrated Synthesis (ISONIS-12) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kengo Inoue, Daichi Mari, Suguru Hirai, Kentaro Okano, and Atsunori Mori
2. 発表標題 Trapping of N-Heteroaryl Lithium by In Situ Transmetalation
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Integrated Synthesis (ISONIS-12) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suguru Hirai, Daichi Mari, Kengo Inoue, Kentaro Okano, and Atsunori Mori
2. 発表標題 Trapping of Short-Lived η -Furyllithium by In Situ Transmetalation
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Integrated Synthesis (ISONIS-12) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森川大希, 森井一樹, 安田雄登, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスを鍵とするラメラリン類の全合成
3. 学会等名 第116回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Okano
2. 発表標題 Trapping of Short-Lived Heteroaryl Lithium in Halogen Dance
3. 学会等名 The 14th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-14) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平井 俊, 真利大地, 井上拳悟, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 短寿命 α -フルリリチウムのin situ トランスメタルトラップ
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 森川大希, 森井一樹, 安田雄登, 岡野健太郎, 森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスを用いたニンガリンBの全合成
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 ○岡野健太郎, 林 優希, 真利大地, 平井 俊, 井上拳悟, 青木雅門, 森 敦紀
2. 発表標題 ハロゲンダンスにおける短寿命有機リチウムの捕捉
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 Kentaro Okano, Yuki Hayashi, Suguru Hirai, Atsunori Mori
2. 発表標題 Termination of Halogen Dance by In Situ Transmetalation
3. 学会等名 The 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○行岡太郎, 岡野健太郎, 森敦紀
2. 発表標題 In situトランスメタル化を鍵とする短寿命フェニルリチウムの捕捉
3. 学会等名 第39回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○Yuto Hioki, Taro Yukioka, Mayu Itoh, Kentaro Okano, Atsunori Mori
2. 発表標題 Deprotonative Generation of Cycloalkynes Using Metal Amides
3. 学会等名 European Symposium on Organic Chemistry
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○Kazuki Morii, Yoshiki Yamane, Kentaro Okano, Atsunori Mori
2. 発表標題 Synthetic Studies on Lamellarins
3. 学会等名 European Symposium on Organic Chemistry
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kentaro Okano	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer, Berlin, Heidelberg	5. 総ページ数 24
3. 書名 Topics in Heterocyclic Chemistry	

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://kuid-rm-web.ofc.kobe-u.ac.jp/profile/ja.8cfceb7a35ce24d9520e17560c007669.html http://www2.kobe-u.ac.jp/~kokano/index.htm https://researchmap.jp/Kentaro_Okano

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