

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06967

研究課題名(和文) 複合ブレンステッド塩基が拓く炭素-水素結合の直截的カルボキシル化反応

研究課題名(英文) Combined Bronsted-base mediated direct carboxylations of C-H bonds

研究代表者

重野 真徳 (Shigeno, Masanori)

東北大学・薬学研究科・准教授

研究者番号：30571921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、複合ブレンステッド塩基を用いて、有機分子に含まれる炭素-水素結合のカルボキシル化反応を開発した。LiO-t-Bu, CsF, 18-crown-6の組み合わせが多くの場合に効果的であり、(1) 2-メチルベンゾチオフェンのベンジル位炭素(sp³)-水素結合 / 3位炭素(sp²)-水素結合のダブルカルボキシル化反応、(2) 3-シアノインドールの2位炭素(sp²)-水素結合のカルボキシル化反応、および(3) 1,3-ジハロベンゼンの2位炭素(sp²)-水素結合のカルボキシル化反応を開発した。これらの反応は、1気圧の二酸化炭素雰囲気下で実施できるとともに、様々な官能基が保持できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

二酸化炭素は低毒性、安価、大きな賦存量の点から、魅力的な一炭素源とされ、有効活用法の開発は産学問わず重要とされる。本研究では、有機分子の基本骨格である、炭素-水素結合を反応点とする、有機分子の二酸化炭素固定化反応を開発した。関連するブレンステッド塩基による反応としては、ベンゾチアゾールなどの電子部不足で酸性度が高い芳香族複素環等(pKa 27以下)に留まっていた。本研究では、複合ブレンステッド塩基では電子豊富で比較的酸性度が低いベンゾチオフェン等(pKa 32以上)の反応に適応できることを見出したことを基礎として、関連する化合物のカルボキシル化反応に展開したものである。

研究成果の概要(英文)：In this project, we evaluated the reactivity of combined Bronsted bases for the C-H carboxylation reactions. Specifically, we found that the combination of LiO-t-Bu, CsF, and 18-crown-6 is effective for the reactions, including (1) double-carboxylations of 2-alkyl-heteroarenes at the benzylic and 3-positions, (2) carboxylations of 3-cyanoindoles at the 2-position, and (3) carboxylations of 1,3-dihaloarenes at the 2-position. Those reactions can be performed at ambient CO₂ pressure. Also note that the system is compatible with a variety of substituents such as electron-donating (Me and MeO) and -withdrawing groups (F, Cl, Br, cyano, and amide).

研究分野：有機化学

キーワード：ブレンステッド塩基 二酸化炭素固定 芳香族カルボン酸

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

二酸化炭素は安価であることに加えて、低毒性、不燃性、大きな賦存量の観点から、その有効利用法の開拓は産学問わず関心が持たれる。特に、芳香族あるいは芳香族複素環化合物への二酸化炭素の固定化反応では、生成物のカルボン酸が生理活性物質の基本骨格であること、カルボキシル基を起点とした更なる誘導化が可能であることから、効率性および実践性を兼ね備えた反応の開発は極めて重要である。特に、事前調製を必要としない、炭素-水素結合の直接的カルボキシル化の研究が注目される。これは、従来の有機リチウムおよび有機マグネシウムを含む各種求核性試薬の反応と比べて、ステップおよびアトムエコノミーの観点から優れるためである。ただし、炭素-金属結合等と比べて、炭素-水素結合は熱力学的かつ速度論的に安定であるので、反応開発としてのハードルはより高い。

芳香族や芳香族複素環化合物の直接的カルボキシル化反応として、遷移金属触媒あるいはルイス酸が用いられた。遷移金属触媒系では、概ね室温から 100 °C までの比較的温和な条件で反応を実施できるが、高価な遷移金属や配位子の利用が必須である。また、痕跡量の残留金属が医薬品毒性や電子材料機能低下に関わる問題も看過できない。ルイス酸の反応系では、電子豊富な芳香族化合物は効率よく反応するが、電子求引性基があると反応性が著しく低下する。また、30 気圧の高圧条件が必要である。ところで、プレnstेटド塩基を利用する反応系も検討されている。これは、上記 2 つの反応系に対して、官能基許容性に関して相補的な関係になり得るとともに、異なる位置選択性での炭素-水素結合のカルボキシル化が実現できる可能性を有する。しかし、既存の反応系では、pKa 27 以下で比較的酸性度が高いプロトンをも有する反応性が高い基質が主な対象とされ、基質適応範囲は限られた。

2. 研究の目的

我々は、LiO-*t*-Bu, CsF, および 18-crown-6 を組み合わせた、複合プレnstेटド塩基を用いると、pKa 32 以上のベンゾチオフェンやベンゾフランのカルボキシル化反応が実施できることを見出していた。これを本研究の基盤として、関連する芳香族複素環および芳香族環の炭素-水素結合のカルボキシル化反応に展開することを目的とした。

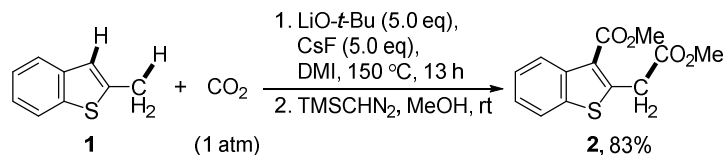
3. 研究の方法

複合プレnstेटド塩基を用いて、2-メチルベンゾチオフェン、3-シアノインドール、および 1,3-ジハロベンゼンのカルボキシル化反応の開発に取り組んだ。特に、アルコシキド塩基、セシウム塩、および配位子の効果を検討して、それぞれの反応が円滑に進行する条件の確立を目指した。

4. 研究成果

(1) 2-メチルベンゾチオフェンのベンジル位炭素(sp³)-水素結合および 3 位炭素(sp²)-水素結合でのダブルカルボキシル化反応

2-メチルベンゾチオフェン **1** をモデル基質として、1 気圧の二酸化炭素雰囲気下、ベンジル位炭素(sp³)-水素結合および 3 位炭素(sp²)-水素結合でのダブルカルボキシル化反応を検討した。2 つのカルボキシル基が同時に導入可能な効率の変換反応である。一般に、1 つの目のカルボキシル基の導入によって、分子の求核性が低下するとともに、立体障害が生じるので、ダブルカルボキシル化反応の開発は難しいとされていた。反応条件を精査した結果、LiO-*t*-Bu および CsF を組み合わせた場合に、目的のダブルカルボキシル化生成物 **2** が収率 83% で得られた。ところで、強塩基によって 2 つの炭素-水素結合を脱プロトン化してジカルボアニオン種を発生させた後に、

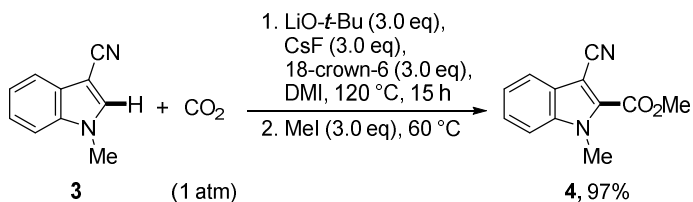


二酸化炭素と反応させる段階的な手法も知られている。ここでは、*n*-ブチルリチウムやリチウムテトラメチルピペリジド等の強塩基が必要であるとともに、ジカルボアニオンは安定性が低いために、基質適応範囲や官能基共存性は限られていた。一方で、今回の反応系では、電子供与性基のメトキシ基に加えて、各種ハロゲン原子(フッ素、塩素、臭素)、求電子性置換基(シアノ基、エステル、アミド)が共存できることを見出した。関連する芳香族複素環化合物として、チオフェン、フラン、ベンゾフラン、インドール誘導体が適応可能であることも示した。また、反応機構解析を実施して、ベンジル位炭素(sp³)-水素結合でまずはカルボキシル化が起こった後に、芳香族 3 位炭素(sp²)-水素結合でカルボキシル化が進行する反応経路を提案した。

(2) 3-シアノインドールの 2 位の炭素(sp²)-水素結合のカルボキシル化反応

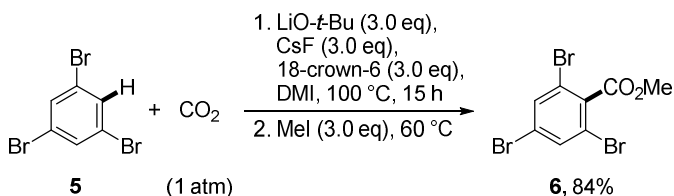
芳香族複素環の炭素(sp²)-水素結合のカルボキシル化反応の基質として、3-シアノインドール

3を検討すると、収率97%で目的のカルボキシル化生成物4が得られることを見出した。3位にホルミル基、ベンゾイル基、フェニルスルホニル基等の電子求引性の置換基を有する基質の場合にも、収率良く反応が進行することを示した。



(3) 1,3-ジハロベンゼンの2位の炭素(sp²) - 水素結合のカルボキシル化反応

1,3,5-トリプロモベンゼン 5 を反応基質として用い、芳香族炭素(sp²) - 水素結合のカルボキシル化反応の開発に取り組んだ。条件検討の結果、LiO-*t*-Bu、CsF、18-crown-6 を用いた際に、目的の安息香酸誘導体 6 が収率良く得られることを見出した。特徴として、ハロゲンダンス、ベンザイン形成、1 電子移動型反応による脱ハロゲン化等よりも、望みのカルボキシル化反応が優先することを示した。なお、比較実験として、アルゴン雰囲気下、基質



5に複合プレンステッド塩基を作用させた際には、複雑な反応系を与えた。このことから、本反応系は、炭素(sp²) - 水素結合が脱プロトン化して生じるアリアルアニオン種が二酸化炭素と速やかに反応できる環境にあるために、アリアルアニオン種を起点とする副反応が抑制されたものと理解している。

基質適応範囲についても検討し、2つのハロゲン原子を有する、1,3-ジハロベンゼン類もカルボキシル化の反応基質として用いられることを示した。さらに、求電子性官能基のシアノ基、ニトロ基、ケトン、アミド部位をもつ基質にも適応でき、本反応系においても、高い官能基共存性が得られることを明らかにした。

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 0件）

1. 著者名 Shigeno Masanori, Sasaki Keita, Hanasaka Kazuya, Tohara Itsuki, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 2020
2. 論文標題 Combined Bronsted-Base-Mediated Direct C-H Carboxylation of Heteroarenes with CO ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heterocycles	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) 10.3987/REV-20-SR(K)6	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, Hayashi Kazutoshi, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 22
2. 論文標題 Catalytic C(sp ²)-C(sp ³) Bond Formation of Methoxyarenes by the Organic Superbase t-Bu-P ₄	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 9107 ~ 9113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c03507	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, Kajima Akihisa, Nakaji Kunihito, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 19
2. 論文標題 Catalytic amide base system generated in situ for 1,3-diene formation from allylbenzenes and carbonyls	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 983 ~ 987
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ob02007a	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, Nakaji Kunihito, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 21
2. 論文標題 Catalytic Amide-Base System of TMAF and N(TMS) ₃ for Deprotonative Coupling of Benzylic C(sp ³)-H Bonds with Carbonyls	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2588 ~ 2592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00550	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, Sasaki Keita, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 21
2. 論文標題 Double-Carboxylation of Two C-H Bonds in 2-Alkylheteroarenes Using LiO-t-Bu/CsF	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4515 ~ 4519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01386	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 Nozawa Kumada Kanako, Kurosu Satoshi, Shigeno Masanori, Kondo Yoshinori	4. 巻 8
2. 論文標題 Peroxydisulfate Mediated Transition Metal Free Oxidative C(sp ³)-H Bond Lactonization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1080 ~ 1083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201900167	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, Okawa Takuya, Imamatsu Masaya, Nozawa Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 25
2. 論文標題 Catalytic Alkynylation of Polyfluoroarenes by Amide Base Generated In Situ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 10294 ~ 10297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201901501	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, Hayashi Kazutoshi, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 21
2. 論文標題 Organic Superbase t-Bu-P4 Catalyzes Amination of Methoxy(hetero)arenes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5505 ~ 5508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01805	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、Nakamura Ryutarō、Hayashi Kazutoshi、Nozawa-Kumada Kanako、Kondo Yoshinori	4. 巻 21
2. 論文標題 Catalytic Amination of (Hetero)arylethyl Ethers by Phosphazene Base t-Bu-P4	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6695 ~ 6699
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b02309	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 Nozawa-Kumada Kanako、Nakamura Kosuke、Kurosu Satoshi、Iwakawa Yuki、Denneval Charline、Shigeno Masanori、Kondo Yoshinori	4. 巻 67
2. 論文標題 Tetramethylammonium Fluoride Tetrahydrate-Mediated Transition Metal-Free Coupling of Aryl Iodides with Unactivated Arenes in Air	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical and Pharmaceutical Bulletin	6. 最初と最後の頁 1042 ~ 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/cpb.c19-00452	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、Nakaji Kunihiro、Kajima Akihisa、Nozawa-Kumada Kanako、Kondo Yoshinori	4. 巻 67
2. 論文標題 Deprotonative Coupling of Pyridines with Aldehydes Catalyzed by an HMDS-Amide Base Generated in Situ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical and Pharmaceutical Bulletin	6. 最初と最後の頁 1179 ~ 1182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/cpb.c19-00589	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 Nozawa-Kumada Kanako、Ito Shungo、Noguchi Koto、Shigeno Masanori、Kondo Yoshinori	4. 巻 55
2. 論文標題 Super electron donor-mediated reductive desulfurization reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 12968 ~ 12971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC06775B	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 Nozawa Kumada Kanako, Saga Satoshi, Matsuzawa Yuta, Hayashi Masahito, Shigeno Masanori, Kondo Yoshinori	4. 巻 26
2. 論文標題 Copper Catalyzed Oxidative Benzylic C(sp ³)-H Cyclization for the Synthesis of Lactams	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 4496 ~ 4499
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201905777	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, Tohara Itsuki, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 2020
2. 論文標題 Direct C-2 Carboxylation of 3-Substituted Indoles Using a Combined Bronsted Base Consisting of LiO-tBu/CsF/18-crown-6	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1987 ~ 1991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202000272	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, Shishido Yoshiteru, Hayashi Kazutoshi, Nozawa Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 2021
2. 論文標題 KO t Bu Catalyzed Thiolation of (Hetero)arylethyl Ethers via MeOH Elimination/hydrothiolation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3932 ~ 3935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202100597	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, Imamatsu Masaya, Kai Yusuke, Kiriya Moe, Ishida Shintaro, Nozawa-Kumada Kanako, Kondo Yoshinori	4. 巻 23
2. 論文標題 Construction of 1,2,3-Benzodiazaborole by Electrophilic Borylation of Azobenzene and Nucleophilic Dialkylative Cyclization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8023 ~ 8027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c03033	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21件(うち招待講演 4件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 重野真徳, 佐々木慶太, 花坂和也, 東原樹, 根東義則
2. 発表標題 複合プレンステッド塩基を用いた芳香族複素環の直截的カルボキシル化反応
3. 学会等名 第49回複素環化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重野 真徳
2. 発表標題 Bronsted-base promoted direct transformations of unreactive chemical bonds
3. 学会等名 化学系学協会東北大会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 和寿, 重野 真徳, 根東 義則
2. 発表標題 有機超塩基t-Bu-P4が触媒するメトキシアレーンのC(sp ²)-C(sp ³)結合形成反応
3. 学会等名 日本薬学会第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 穴戸 良瑛, 重野 真徳, 根東 義則
2. 発表標題 t-BuOK塩基を用いたフェネチルエーテルのアルコキシ-チオール交換反応
3. 学会等名 日本薬学会第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 泉 幸希, 佐々木 慶太, 重野 真徳, 根東 義則
2. 発表標題 複合プレnstेटドによるトリフルオロメチルアレーンの加水分解反応
3. 学会等名 日本薬学会第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊勢谷 優仁, 久米 遼太郎, 重野 真徳, 根東 義則
2. 発表標題 Pd触媒によるB,N-ナフタレン骨格合成
3. 学会等名 日本薬学会第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 重野 真徳
2. 発表標題 複合プレnstेटド塩基による芳香族複素環化合物の直截的カルボキシル化反応
3. 学会等名 第9回 有機分子構築法夏の勉強会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林和寿, 重野真徳, 熊田佳菜子, 根東義則
2. 発表標題 有機超塩基t-Bu-P4が触媒するメトキシアレーンの芳香族求核置換反応
3. 学会等名 第115回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶間慧玖, 中路国仁, 重野真徳, 根東義則
2. 発表標題 系内発生アミド塩基による触媒的アリル位炭素 - 水素での脱プロトン化カップリング反応
3. 学会等名 創薬懇話会2019 in 秋保
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花坂和也, 佐々木慶太, 重野真徳, 根東義則
2. 発表標題 複合アルコキシド塩基による電子豊富な芳香族複素環化合物の直接的カルボキシル化反応
3. 学会等名 創薬懇話会2019 in 秋保
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林和寿, 重野真徳, 根東義則
2. 発表標題 フォスファゼン塩基 t-Bu-P4による炭素-メトキシ結合の触媒的分子変換
3. 学会等名 第30回記念 万有仙台シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林和寿, 重野真徳, 根東義則
2. 発表標題 フォスファゼン塩基 t-Bu-P4による炭素-メトキシ結合の触媒的分子変換
3. 学会等名 第31回 万有札幌シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyta Hanasaka, Keita Sasaki, Masanori Shigeno, Yoshinori Kondo
2. 発表標題 Direct Carboxylation of Electron-Rich Heteroarenes Promoted by LiO-t-Bu with CsF and 18-Crown-6
3. 学会等名 Tohoku University's Chemistry Summer School 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazutoshi Hayashi, Masanori Shigeno, Yoshinori Kondo
2. 発表標題 Phosphazene-base t-Bu-P4 catalyzed methoxy-substitution on (hetero)arenes
3. 学会等名 Tohoku University's Chemistry Summer School 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶間 慧玖, 中路 国仁, 重野 真徳, 根東 義則
2. 発表標題 系内発生アミド塩基による触媒的アリル位炭素-水素結合での脱プロトン化カップリング反応
3. 学会等名 第58回日本薬学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花坂和也, 佐々木慶太, 重野真徳, 根東義則
2. 発表標題 複合アルコキシド塩基による電子豊富な芳香族複素環化合物の直接的カルボキシル化反応
3. 学会等名 第58回日本薬学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 和寿, 重野 真徳, 根東 義則
2. 発表標題 フォスファゼン塩基触媒 t-Bu-P4 による芳香族メトキシ化合物のアミノ化反応
3. 学会等名 第58回日本薬学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanori Shigeno
2. 発表標題 Bronsted-base generated in situ promoted direct transformations of (hetero)arenes
3. 学会等名 The 5th Japan-Taiwan Joint Symposium for Pharmaceutical Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 重野真徳, 佐々木慶太, 花坂和也, 根東義則
2. 発表標題 複合プレンステッド塩基による芳香族複素環化合物の直截的カルボキシル化反応
3. 学会等名 第45回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanori Shigeno
2. 発表標題 Direct molecular transformations of unreactive chemical bonds using highly active Bronsted-base system
3. 学会等名 International Symposium on Pharmaceutical Sciences in Sendai 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanori Shigeno, Kazutoshi Hayashi, Ryutaro Nakamura, Yoshinori Kondo
2. 発表標題 Organic Superbase t-Bu-P4 Catalyzes Amination of Carbon-methoxy Bonds
3. 学会等名 第12回 有機触媒シンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://www.pharm.tohoku.ac.jp/~henkan/lab/henkan_top.html

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