

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03017

研究課題名(和文) 三価の超原子価有機塩素化合物の合成、特性評価、および有機合成反応への応用

研究課題名(英文) Synthesis, Characterization, and Reaction of Hypervalent Organochlorine(III) Compounds

研究代表者

宮本 和範 (Miyamoto, Kazunori)

東京大学・大学院薬学系研究科(薬学部)・准教授

研究者番号：40403696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,600,000円

研究成果の概要(和文)：超原子価ヨウ素化合物は、その高い反応性と安全性を併せ持つ優れた酸化剤、求電子剤であるため、現代有機化学において幅広く活用されています。一方、同族の臭素および塩素の超原子価化合物に関する研究は、実用的な合成法が無く、これまでほとんど存在しませんでした。今回我々は、超原子価塩素化合物：ジアリール、およびビニルクロランの高効率合成法を確立し、それらが、きわめて優れた求電子的アリール化、ビニル化試剤としての能力を有することを明らかにしました。今回解明された、超原子価塩素化合物のさまざまな性質は、典型元素の未踏領域に光を当てる価値の高いものであると同時に、合成化学的にも広く活用が期待されるものです。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の研究で合成することができた超原子価塩素化合物は、いずれも非常に高い反応性を示し、その化学的性質の解明の過程では、これまで進行しなかった種々の化合物のアリール化、ビニル化反応を発見することができた。これらの多くは超原子価塩素以外では進行せず、置換基の脱離能を極限まで高めることによってはじめて発見できたものである。学術的意義としては、化学全体の土台を支え応用研究を加速する学理であると同時に、社会的見地からは、教科書の記述を書き換え、人類全体に貢献できる知見を提供した研究と考えられる。

研究成果の概要(英文)：Hypervalent organoiodine compounds has been utilized as excellent oxidants or electrophiles in current synthetic organic chemistry. In contrast, studies and uses on Group 17 analogue, hypervalent chlorine compounds are essentially limited, probably because of the lack of the available synthetic method.

In this study, we have developed practical and efficient methods for the synthesis of hypervalent chlorine compounds: diaryl-, and vinyl(aryl)- 3-chlorane, which serve as unprecedented arylation and vinylation agents. These insights will be of great value not only for the main group organic chemistry but also for organic synthesis.

研究分野：有機合成化学

キーワード：超原子価 塩素 ハロゲン アリール ビニル 立体特異的 求電子

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

第17族元素のヨウ素の超原子価有機化合物は、高い反応性と安全性が両立する優れた反応剤であるため、現代有機化学の様々な局面で広く活用されています。ところが、同族の超原子価有機臭素および塩素化合物は、遥かに高い反応性を示すことが期待される一方で、実用的な合成法が無く、長い間その性質はほとんど謎に包まれていました。我々は18年以上にわたり、三フッ化臭素を用いて、種々の三価の超原子価有機臭素化合物の合成に成功し、それらがヨウ素類縁体を大きく上回る、教科書では通常進行しないとされてきた特異な反応を実現できることを明らかにしてきました(図1)。しかし、より合成が困難な超原子価塩素化合物については、最初の発見から60年以上が経過した現在でも、実用的な合成法は存在せず、ほとんど未踏の研究対象として残されたままでした。

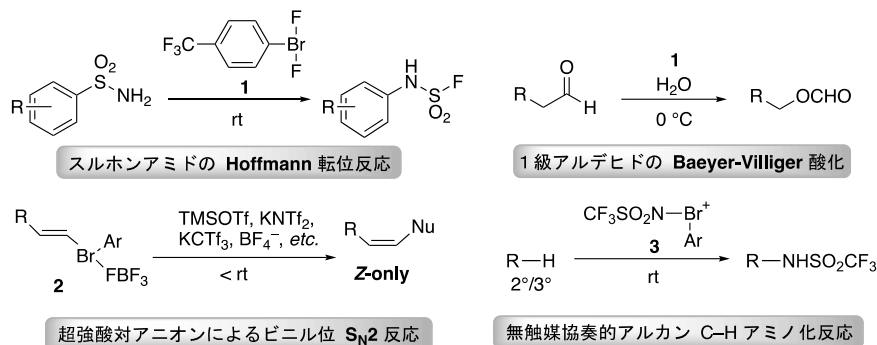


図1. 超原子価有機臭素化合物による特異な反応例

2. 研究の目的

本研究では、より合成が困難な三価の超原子価塩素化合物の高効率な合成法を開発し、それらの未知の構造、および反応特性を明らかにすることを目的として設定しました。さらに、その特徴を活かして、新しい反応を有機合成化学に提供すること、ひいてはハロゲンのみならず典型元素化学全般に影響をおよぼす学理を見出すことが最大の目的です。

3. 研究の方法

超原子価塩素化合物(クロラン)は、塩素の大きな電気陰性度、より酸化されにくい性質のため、ひとたび合成可能となれば、超原子価臭素化合物よりも一層高エネルギー状態になると期待されるため、さらに反応性は向上すると期待されます。そこで、高いポテンシャルエネルギーを持つ種々の前駆体(三フッ化塩素、アリアルキセノン化合物、アリアルジアゾニウム塩、ブロモニウムイリドなど)を用意し、ヘテロ原子、アリアル、ビニル、アルキニル基を有する化合物への誘導を試みました。得られた種々の未踏の超原子価塩素化合物は、まずそのポテンシャルを明らかにするべく、基本的な物理化学的特性を精査し、反応特性を同族のヨウ素、臭素類縁体や希ガスの超原子価化合物などと丁寧に比較し明らかにしてきました。さらに、上記検討の過程で見い出された結果から、周期表縦断・横断的な法則を発見することも常に念頭に置きながら研究を進めています。

4. 研究成果

種々合成法を検討した結果、求核性をほとんど持たない $B(C_6F_5)_4^-$ やカルボランアニオンを対アニオンとして持ち、立体的にかさ高い、メシチルジアゾニウム塩を用いた際に、非常に高効率で種々の一価のクロアレーンから三価の超原子価塩素化合物(ジアリアルクロラン)を合成できることを見出しました(図2)。得られた超原子価ジアリアルクロランは、固体状態では室温で保存可能な安定な結晶ですが、溶液中では高い反応性を示し、さまざまな窒素、酸素、硫黄求核試剤、ハロゲン化アリアル(塩素、臭素、ヨウ素)へのメシチル基転移反応が選択的に高収率で進行することが判明しました。また、興味深いことに、穏和な条件下にヘテロ原子以外にも芳香族炭化水素の直接的アリアル化も進行します。炭素求核試剤や遷移金属触媒存在下では、立体障害の小さいアリアル基が選択的に転移することもわかりました。これらの反応は、同条件下では同族のヨウ素や臭素では全く/ほとんど進行しないことがわかっています。理論的に予想されていた、超原子価塩素化合物の優れた反応性が、実験化学的に改めて実証された形になります。

また、今回得られたジアリアルクロランのX線結晶解析により、その固体構造を解析したところ、結晶状態では、第4周期以降の臭素やヨウ素とは異なり、オニウム性の高い構造を取ることが可能であることを初めて明らかにしました。これは他の第14-16族元素で、従来明らかにされていた「高周期元素になるほど、三中心四電子結合を形成しやすく、超原子価化合物になりやすい」という法則が、第17族元素でも同様に成り立つことを示唆しています。一方で、配位子をより電子豊富な BF_4^- に変更した場合には他のハロゲン(臭素、ヨウ素)と同様に、超原子価構造をとるため、同周期元素同士の比較で「電気陰性度の大きいものほど、超原子価構造をとりやすい」ことも初めて判りました。

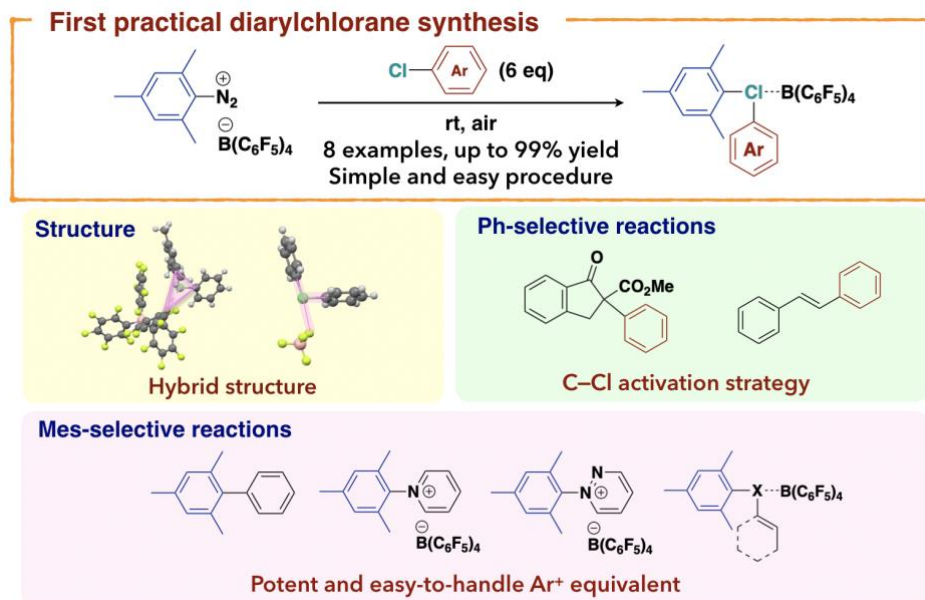


図 2. ジアリールクロランの合成、構造、およびその反応

更に、これまで単離されたことの無いビニル基を持つ三価の超原子価塩素化合物（ビニルクロラン）の合成、構造決定、および反応性の解明にも成功しました（図3）。ビニル基を持つ超原子価ヨウ素、臭素化合物は従来ビニル位炭素原子上での立体反転を伴う求核置換（In-plane $S_NV\sigma$ ）を起こすことが知られていました。これらの反応は、超原子価ヨウ素や臭素置換基の還元的脱離を推進力とする極めて高い脱離能により起こり、他のビニル化合物にはみられない反応機構です。超原子価塩素置換基はヨウ素や臭素よりも高い脱離能を示すことが明らかになっており（*J. Org. Chem.* **2016**, *81*, 3188）、このことを考慮するとそのビニル化能は、大幅に増大することが予想されます。実際に、今回合成したビニルクロランは、これまで進行しなかった芳香族炭化水素、ヨードアレン、超強酸の共役塩基などによるビニル位 S_N2 反応を起こすことが可能であることが判明しました。ビニルカチオンを発生する反応ではないことは、立体化学が100%反転していることから明白で、脱離能を極めて高くすることによって、従来みられなかった多彩な反応が可能になることを、示すことができました。一方で、有機銅化合物を用いる完全に立体保持でのカップリング反応も可能になり、合成化学的にも魅力ある反応剤を提示することができました。

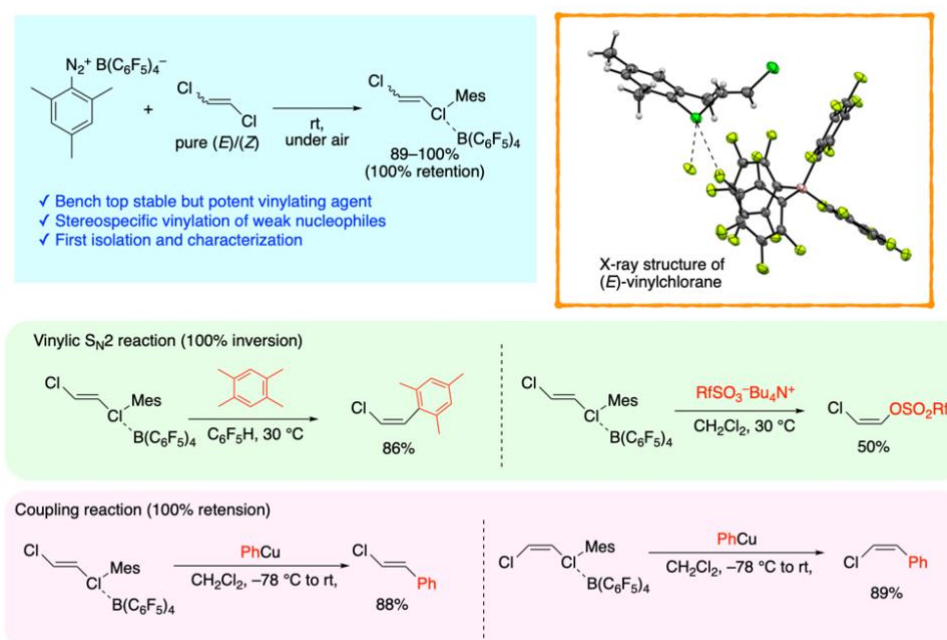


図 3. ビニルクロランの合成、構造、およびその反応

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18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 Misuzu Nakajima, Kazunori Miyamoto, Keiichi Hirano, Masanobu Uchiyama	4. 巻 141
2. 論文標題 Diaryl- 3-chloranes: Versatile Synthesis and Unique Reactivity as Aryl Cation Equivalent	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 6499-6503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b02436	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 Ayumi Watanabe, Kazunori Miyamoto, Tomohide Okada, Tomotake Asawa, Masanobu Uchiyama	4. 巻 83
2. 論文標題 Safer Synthesis of (Diacetoxyiodo)arenes using Sodium Hypochlorite Pentahydrate (NaClO-5H ₂ O)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Org. Chem	6. 最初と最後の頁 14262-14268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.8b02541	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 Yuta Okamoto, Masaru Tanioka, Atsuya Muranaka, Kazunori Miyamoto, Tetsuya Aoyama, Xingmei Ouyang, Shinichiro Kamino, Daisuke Sawada, Masanobu Uchiyama	4. 巻 140
2. 論文標題 Stable Thiele's Hydrocarbon Derivatives Exhibiting Near-Infrared Absorption/Emission and Two-Step Electrochromism	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 17857-17861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b11092	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 -
1. 著者名 Naoyuki Toriumi, Norihito Asano, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, and Masanobu Uchiyama	4. 巻 140
2. 論文標題 N-Alkynylpyridinium Salts: Highly Electrophilic Alkyne-Pyridine Conjugates as Precursors of Cationic Nitrogen-Embedded Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 3858-3862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b00356	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 Gaku Akimoto, Mai Otsuka, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, Daisuke Hashizume, Ryo Takita, Masanobu Uchiyama	4. 巻 13
2. 論文標題 One-pot Annulation for Biaryl-fused Monocarba-closo-dodecaborate via Aromatic B-H Bond Disconnection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 913-917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201800053	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 Yu Kitazawa, Mamoru Watanabe, Yui Masumoto, Mai Otsuka, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, Daisuke Hashizume, Ryo Takita, Masanobu Uchiyama	4. 巻 57
2. 論文標題 "Dumbbell"- and "Clackers"-Shaped Dimeric Derivatives of Monocarba-closo-dodecaborate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 1501-1504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201710122	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 Yui Masumoto, Kazunori Miyamoto, Takuto Iuchi, Masahito Ochiai, Keiichi Hirano, Tatsuo Saito, Chao Wang, Masanobu Uchiyama	4. 巻 83
2. 論文標題 Mechanistic Study on Aryl Exchange Reaction of Diaryl- 3-iodane with Aryl Iodide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 289-295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.7b02701	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 Marina Nogami, Keiichi Hirano, Misae Kanai, Chao Wang, Tatsuo Saito, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, Masanobu Uchiyama	4. 巻 139
2. 論文標題 Transition Metal-Free trans-Selective Alkynylboration of Alkynes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 12358-12361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b06212	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 Ryosuke Kawasumi, Shodai Narita, Kazunori Miyamoto, Ken-ichi Tominaga, Ryo Takita, Masanobu Uchiyama	4. 巻 7
2. 論文標題 One-step Conversion of Levulinic Acid to Succinic Acid Using I ₂ / t-BuOK System: The Iodoform Reaction Revisited	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 17967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-17116-4	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 Kazunori Miyamoto, Junpei Yamashita, Shodai Narita, Keiichi Hirano, Tatsuo Saito, Chao Wang, Masahito Ochiai, Masanobu Uchiyama	4. 巻 53
2. 論文標題 Iodoarene-catalyzed Oxidative Transformations Using Molecular Oxygen	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 9781-9784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC05160C	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 Yuichiro Watanabe, Taisei Takagi, Kazunori Miyamoto, Junichiro Kanazawa, Masanobu Uchiyama	4. 巻 22
2. 論文標題 Shelf-Stable (E)- and (Z)-Vinyl- 3-chlorane: A Stereospecific Hyper-vinylating Agent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3469-3473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c00924	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 Kazunori Miyamoto, Shodai Narita, Yui Masumoto, Takahiro Hashishin, Taisei Osawa, Mutsumi Kimura, Masahito Ochiai, Masanobu Uchiyama	4. 巻 11
2. 論文標題 Room-temperature Chemical Synthesis of C ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communcations	6. 最初と最後の頁 2134-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-16025-x	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 Daisuke Sato, Yuichiro Watanabe, Keiichi Noguchi, Junichiro Kanazawa, Kazunori Miyamoto, Masanobu Uchiyama	4. 巻 22
2. 論文標題 BF3-Catalyzed Skeletal Rearrangement of 7-En-2-ynones to endo-Type Cyclic Dienes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic 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) 10.1021/acs.orglett.0c00949	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 Suzuka Kinoshita, Ryota Yamano, Yu Shibata, Yusuke Tanaka, Takashi Matsumoto, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, Masanobu Uchiyama, Ken Tanaka	4. 巻 59
2. 論文標題 Rhodium-Catalyzed Highly Diastereo- and Enantioselective Synthesis of A Configurationally Stable S-Shaped [11]Helicene-Like Molecule	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	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/anie.202001794	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 Takahiro Hashishin, Taisei Osawa, Kazunori Miyamoto, Masanobu Uchiyama	4. 巻 8
2. 論文標題 Practical Synthesis of Ethynyl(phenyl)- 3-iodane Using Calcium Carbide as an Ethynyl Group Source	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 12-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fchem.2020.00012	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 Masaki Kondo, Junichiro Kanazawa, Tomohiro Ichikawa, Takumi Shimokawa, Yuki Nagashima, Kazunori Miyamoto, Masanobu Uchiyama	4. 巻 59
2. 論文標題 Silaboration of [1.1.1]Propellane: Storable Feedstock for Bicyclo[1.1.1]pentane Derivatives	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 1970-1974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201909655	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 Shigeki Isomura, Mayu Anzai, Chieka Kobayashi, Yoshinori Okuno, Kazunori Miyamoto, Masanobu Uchiyama, Yasuo Sato	4. 巻 5
2. 論文標題 Chennat-Type Synthesis of 1,4-Dihydropyridine Derivatives in Water: Role of a Hydrogen-Bonding Network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 2075-2077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201904144	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 Noriyuki Tezuka, Keiichi Hirano, Andrew J. Peel, Andrew E. H. Wheatley, Kazunori Miyamoto, Masanobu Uchiyama	4. 巻 11
2. 論文標題 Lipshutz-type Bis(amido)argentate for Directed ortho Argentation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Sciences	6. 最初と最後の頁 1855-1861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC06060J	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 Marina Nogami, Keiichi Hirano, Kensuke Morimoto, Masaru Tanioka, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, Masanobu Uchiyama	4. 巻 21
2. 論文標題 Alkynylboration Reaction Leading to Boron-containing -Extended cis-Stilbenes as a Highly Tunable Fluorophore	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3392-3395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01132	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27件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 渡辺 歩実, 宮本 和範, 内山 真伸
2. 発表標題 立体障害に強い脱炭酸臭素化反応の開発
3. 学会等名 第 44 回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島 美涼, 宮本 和範, 内山 真伸
2. 発表標題 ジアリール塩素(III)化合物: 実用的合成法の開拓、構造とその合成化学的応用
3. 学会等名 第 44 回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡部 衛, 北沢 裕, 宮本 和範, 内山 真伸
2. 発表標題 カルボランアニオンを基盤とした新規弱配位性アニオン種の合成とその性能評価
3. 学会等名 第 8 回 CSJ 化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦 悠月, 白崎 良尚, 村中 厚哉, 宮本 和範, 内山 真伸
2. 発表標題 フッ素化カルバゾールを利用した青色の熱活性型遅延蛍光材料の合成と性質
3. 学会等名 第 8 回 CSJ 化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野上 摩利菜, 森本 賢介, 平野 圭一, 谷岡 卓, 宮本 和範, 村中 厚哉, 内山 真伸
2. 発表標題 新たな蛍光分子の創製を指向したアルキニルアミドのアルキニルホウ素化反応
3. 学会等名 第 29 回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本 和範、渡辺 歩実、岡田 倫英、浅輪 智丈、内山 真伸
2. 発表標題 次亜塩素酸ナトリウム 5 水和物を用いるジアセトキシヨードアレーンの 効率的合成法の開発
3. 学会等名 日本プロセス化学会 2018 サマーシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺 歩実、宮本 和範、内山 真伸
2. 発表標題 超原子価ジアセトキシヨードベンゼンを用いた脂肪族カルボン酸の脱炭酸-臭素化反応の開発
3. 学会等名 日本プロセス化学会 2018 サマーシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazunori Miyamoto, Ayumi Watanabe, Tomohide Okada, Tomotake Asawa, Masanobu Uchiyama
2. 発表標題 Facile synthesis of (Diacetoxyiodo)arene using sodium hypochlorite
3. 学会等名 6th International Conference on Hypervalent Iodine Chemistry 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺 歩実、宮本 和範、内山 真伸
2. 発表標題 三価の超原子価ヨウ素試薬を用いた脂肪族カルボン酸の脱炭酸-臭素化反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会 第 138 年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島 美涼, 宮本 和範, 内山 真伸
2. 発表標題 ジアリールクロラン(III)の合成、構造とその反応
3. 学会等名 日本薬学会 第 138 年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本和範
2. 発表標題 三価の超原子価臭素および塩素化合物の合成、構造とその反応
3. 学会等名 ハロゲン利用ミニシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島美涼、宮本和範、内山真伸
2. 発表標題 超原子価塩素化合物の合成、反応とその構造
3. 学会等名 第7回CSJフェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺歩実、宮本和範、内山真伸
2. 発表標題 超原子価ヨウ素試薬を用いたシクロプロパンカルボン酸の脱炭酸的臭素化反応の開発
3. 学会等名 第44回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺歩実、宮本和範、内山真伸
2. 発表標題 三価の超原子価ヨウ素試薬を用いた脂肪族カルボン酸の脱炭酸-臭素化反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会第138年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島美涼、宮本和範、内山真伸
2. 発表標題 ジアリールクロラン(III)の合成、構造とその反応
3. 学会等名 日本薬学会第138年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本和範、山下準平、成田将大、酒井裕太、落合正仁、内山真伸
2. 発表標題 超原子価ヨウ素を触媒として用いる酸化反応の開発
3. 学会等名 第112回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazunori Miyamoto, Motomochi Saito, Shinichi Yamane, Tomomi Nakamura, Shunsuke Goda, Taiga Ota, Masahito Ochiai, Masanobu Uchiyama
2. 発表標題 C-H Amination Reaction Using Hypervalent 3-bromanes
3. 学会等名 HALCHEM VIII (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成田将大、宮本和範、内山真伸
2. 発表標題 超原子価ヨウ素化合物を活用したピラジカル活性種：C2発生反応の開発
3. 学会等名 第43回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋新 崇広、大澤 泰生、成田 将大、増本 優衣、宮本 和範、内山 真伸
2. 発表標題 アルキニルヨーダンをを用いた二原子炭素の発生を鍵とする炭素材料形成反応
3. 学会等名 日本薬学会第140年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊 勇一郎、高木 泰成、宮本 和範、内山 真伸
2. 発表標題 三価のビニルクロランの合成とその有用性
3. 学会等名 日本薬学会第140年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小山田 健太、渡辺 歩実、宮本 和範、内山 真伸
2. 発表標題 超原子価ヨウ素試薬を用いた脂肪族カルボン酸の脱炭酸臭素化反応
3. 学会等名 日本薬学会第140年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋新崇広, 宮本和範, 内山真伸
2. 発表標題 超原子価アルキニルヨードンを活用した常温・常圧における炭素材料合成法の開発
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山田健太, 渡辺歩実, 宮本和範, 内山真伸
2. 発表標題 PhI(OAc) ₂ と KBr を用いた高歪み / 嵩高いカルボン酸の効率的脱炭酸臭素化反応
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊勇一郎, 高木泰成, 宮本和範, 内山真伸
2. 発表標題 安定なビニルクロランの合成、構造とその反応性
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部衛, 北沢裕, 宮本和範, 金澤純一郎, 内山真伸
2. 発表標題 カルボランアニオンを基盤とした新規骨格を有する弱配位性アニオン種の合成とその性能評価
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 宮本和範
2. 発表標題 超原子価有機ハロゲン化合物を活用する炭素反応活性種の発生とその反応
3. 学会等名 日本薬学会第140年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森崎 郁弥、馬場 崇史、宮本 和範、内山 真伸、齊藤 亜紀夫
2. 発表標題 イミノヨードンの添加剤フリーな調製法と有機合成への応用
3. 学会等名 日本薬学会第140年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kazunori Miyamoto	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 25
3. 書名 Chemistry of Hypervalent Bromine (in PATAI'S Chemistry of Functional Groups)	

〔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