

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19068

研究課題名(和文) 三価の超原子価ハロゲン化合物を用いた二原子炭素の発生反応の開発およびその応用

研究課題名(英文) Chemical synthesis of diatomic carbon (C₂) with hypervalent halogen(III) reagents and its application

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) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：高い反応性を示す中間体には、その構造・物性・反応性について、今日でもよくわかっていないものが数多く存在します。その中で、特に二原子炭素(C₂)は化学結合の本質的理解や炭素同素体の生成機構、生命の誕生の謎に関わる重要な研究対象です。本研究を通じて我々は、三価の超原子価アルキニルヨードンを用いることにより、非常に温和な条件でC₂を発生できることを初めて明らかにしました。溶液中の反応性から、C₂は炭素間に四重結合性があること、フラーレン、カーボンナノチューブ、グラファイトなどの様々な炭素同素体を低温で生成することを見出しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の新しい反応を実現することにより、これまで発生方法が過酷な条件(3500 以上の高温下等)に限られていたため、性質が謎に包まれていた基底状態のC₂のユニークな物理化学的性質を明らかにすることができました。これには炭素では初めての四重結合性を証明できたことが含まれており、化学の教科書に新しい1ページを書き加えることができる成果です。また本研究を通じて、これまで機構が不明であった炭素同素体の生成機構の一部が明らかになり、炭素の材料科学への新しいアプローチを提供できたという観点でも意義深いと考えられます。

研究成果の概要(英文)：Diatomic carbon (C₂) is historically an elusive chemical species. It has long been believed that the generation of C₂ requires extremely high physical energy, such as an electric carbon arc or multiple photon excitation, and so it has been the general consensus that the inherent nature of C₂ in the ground state is experimentally inaccessible. Here, we present the chemical synthesis of C₂ from a hypervalent alkynyl iodane(III) in a flask at room temperature or below, providing experimental evidence to support theoretical predictions that C₂ has a singlet biradical character with a quadruple bond, thus settling a long-standing controversy between experimental and theoretical chemists, and that C₂ serves as a molecular element in the bottom-up chemical synthesis of nanocarbons such as graphite, carbon nanotubes, and C₆₀.

研究分野：有機化学

キーワード：炭素同素体 二原子炭素 ヨウ素 超原子価 反応機構

1. 研究開始当初の背景

高反応性中間体には、構造・物性・反応性について、今日でも活発な議論が続いているものが数多く存在する。その中でも、特に二原子炭素 (C_2) は ① 炭素-炭素間には“四重結合”が存在しうるのか? ② 炭素同素体 (フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェン、ダイヤモンドなど) の最小起源たりうるか? など、素朴かつ化学全体において重要な疑問を秘めた興味深い研究対象である。しかし、 C_2 は約 3500°C 以上の高温でしか安定に存在できないと考えられているため、物理・化学的性質の詳細な解析は困難であり、それらの問いへの答えは、一世紀半以上もの間、大きな謎のまま残されてきた。つい最近、精度の高い理論計算から C_2 には炭素-炭素間に第四の結合性相互作用があり、基底一重項ピラジカルとして存在することが予想されている (Shaik, S. *et al. Nature Chem.* **2012**, *4*, 195–199)。これは過去のアーク法や光励起で発生させた C_2 の反応挙動 (ジカルベンとして主に振舞う) とは異なっており、実験と理論の乖離が存在している状況にあった。

2. 研究の目的

我々は、この C_2 を、有機化学的手法を用いて常温・常圧下においてフラスコ内で発生させることを目指した。さらに有機化学・分光学・理論計算を駆使することにより、 C_2 の物理・化学的特性を詳細に調べ、炭素同素体の起源の解明にまで拡張することを大きな目的として設定した。

3. 研究の方法

我々は、 β 位にシリル基を有する超原子価アルキニルヨードンにフッ化物イオンを作用させることにより、温和な条件下に C_2 を発生させることに成功した。発生した C_2 は、ラジカルとして振舞い、ラジカル捕捉剤や水素原子供与体と反応する一方、アーク放電などの過酷な方法で発生させた C_2 とは異なり、共役アルケンとは反応しなかった。これは理論計算により従来予想されていた、“四重結合性を帯びた、一重項ピラジカル”としての性質と矛盾しない。温和な条件で化学的手法により発生させることによって、本質的な基底状態の挙動を初めて明らかにすることができたと考えられる。一方で、溶媒や捕捉剤なしでこの C_2 を固相で発生させた場合、さまざまな炭素同素体 (C_{60} 、カーボンナノチューブ、グラファイト、アモルファス炭素など) が得られることが質量分析や電子顕微鏡撮影により判明した。自然界の炭素同素体がどのようにできているかについては、さまざまな説があるものの、今回得られた知見は、基底状態の C_2 がこれらの生成にかかわることを強く示唆していると考えられる。

4. 研究成果

これらの重要な知見を含む論文は国際的に高い評価を得、先日無事 *Nature Communication* 誌に受理された (*Nature Commun.* **2020**, *11*, 2134; <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16025-x>)。更に、つい最近では発生した C_2 の気相での直接観測、および固相反応で特定の炭素同素体を効率よく与える条件を広く精査しており、前者の検討では低温ラマンスペクトル測定により、 C_2 の気相生成を示唆する結果が得られつつある。一方、後者においては、アルキニルヨードンの構造と反応条件を適切にデザインすることにより、フラーレンやグラファイトが多く生成する条件が見

つかりつつある。本研究成果は、新たな研究のシーズとなり、2021 年度より科学研究費基盤研究 B「ゼオライト細孔内に制約されたナノカーボン群の創製と機能探索」(21H01761) 代表研究者：田中秀樹 教授（信州大学）との共同研究につながった。今後、基礎的知見の集積により、生命誕生の謎への新しいアプローチ、宇宙における分子進化の謎の解明などますますの展開が期待される。

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 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 Journal of the American Chemical Society | 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 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 C2 | 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 - |
| 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 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 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 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 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, and Masanobu Uchiyama | 4. 巻 83 |
| 2. 論文標題 Safer Synthesis of (Diacetoxyiodo)arenes using Sodium Hypochlorite Pentahydrate (NaClO ₂ ·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 Kazunori Miyamoto, Md. Mahbulul Hoque, Yuhki Senoh, Mohammad Idrish Ali, Hisao Nemoto, Tadakatsu Mandai | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Oxidative Acetoxylation of a Oxime Ester with (Diacetoxyiodo)benzene Catalyzed by Sc(III) Salts: An Approach to the Docetaxel Side Chain | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Eur. J. Org. Chem. | 6. 最初と最後の頁 2841-2845 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201800292 | 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 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Chemistry of Hypervalent Bromine | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 PATAI'S Chemistry of Functional Groups | 6. 最初と最後の頁 1-25 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/9780470682531.pat0956 | 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 Hajime Sato, Takahiro Hashishin, Junichiro Kanazawa, Kazunori Miyamoto, Masanobu Uchiyama | 4. 巻 142 |
| 2. 論文標題 DFT Study of a Missing Piece in Brasilane-Type Structure Biosynthesis: An Unusual Skeletal Rearrangement | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc. | 6. 最初と最後の頁 19830-19834 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c09616 | 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 Keiichi Hirano, Kensuke Morimoto, Shota Fujioka, Kazunori Miyamoto, Atsuya Muranaka, Masanobu Uchiyama | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Nucleophilic Diboration Strategy Targeting Diversified 1-Boraphenarene Architectures | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed. | 6. 最初と最後の頁 21448-21453 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202009242 | 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 Koyamada, Kenta Miyamoto, Junichiro Kanazawa, Masanobu Uchiyama, | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Decarboxylative Bromination of Sterically Hindered Carboxylic Acids with Hypervalent Iodine(III) Reagents. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Org. Process Res. Dev. | 6. 最初と最後の頁 1328-1334 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.oprd.0c00130 | 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 Org. Lett. | 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 - |

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

| |
|--|
| 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 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 イミノヨーダ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 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡部衛, 北沢裕, 宮本和範, 金澤純一朗, 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 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 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 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 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 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 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 2018 |
| 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 2018 |
| 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 |
| 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 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)を活用した求電子のアリール化反応 |
| 3. 学会等名 日本薬学会第139年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡辺 歩実、宮本 和範、内山 真伸 |
| 2. 発表標題 次亜塩素酸ナトリウム5水和物を用いたジアセトキシヨードアレーンの実用的合成法の開発 |
| 3. 学会等名 日本薬学会第139年会 |
| 4. 発表年 2019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 |
|---------|---------|
|---------|---------|