

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：12605
研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
研究期間：2017～2021
課題番号：16KK0199
研究課題名（和文）超原子価ヨウ素触媒による炭素官能基導入型複素環合成法の開発（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Development of hypervalent iodine catalysis for synthesis of heterocycles concomitant with introduction of carbon functional groups(Fostering Joint International Research)

研究代表者
齊藤 亜紀夫 (SAITO, Akio)

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：10339103
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,500,000円
渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：現在の有機合成で汎用されている遷移金属の経済的・環境的な問題点（希少資源，毒性，分離回収難，取扱い難など）を考慮して、日本国内に豊富に存在する、安価で低毒性なヨウ素を活用した有機合成法の開発が近年推し進められている。本研究では、有用物質に散見される複素環化合物のメタルフリーかつ効率的な合成法を指向して、新たな超原子価ヨウ素種やその触媒的な発生法を開発し、炭素官能基導入型複素環合成法などに応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究展開における「新たな超原子価ヨウ素種やその触媒的な発生法」は、有機合成化学分野や関連分野に有益な知見を提供し、さらに複素環化合物を標的としている本研究は物質供給の点で生命科学や材料科学などの他分野に大きく貢献する。また、国内で自給可能なヨウ素に付加価値を付ける取り組みは新たな産業の創出につながり、ファインケミカルズとしての実用化が可能であれば日本独自の産業として社会に与える影響は絶大である。

研究成果の概要（英文）：Considering the economic and environmental problems of transition metals (rare resources, toxicity, difficulty in separation and recovery, handling, etc.), which are widely used in current organic synthesis, the development of organic synthesis methods using inexpensive and low-toxic iodine, which is abundant in Japan, has been promoted in recent years. In this study, new hypervalent iodine species and their catalytic generation methods were developed for the metal-free and efficient synthesis of heterocyclic compounds found in useful materials, and applied to heterocyclic synthesis with the introduction of carbon functional groups.

研究分野：有機合成化学

キーワード：超原子価ヨウ素 アルキン 複素環化合物 芳香族化合物 環化反応 官能基化反応 付加環化反応
カップリング反応

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。

1. 研究開始当初の背景

複素環化合物は医・農薬や機能性材料などの有用物質として重要な位置を占めており、その新規かつ効率的な合成法の開発は現在もお盛んに研究されている。複素環合成法の中でも、「ヘテロ求核種を分子内に有する不飽和化合物と親電子試薬等との環化-官能基化反応」や「ヘテロ原子を含む不飽和化合物の付加環化反応」は、多様な官能基が結合した複素環化合物を簡単に構築できる有用な手法である。これまでに、温和な条件で不飽和結合を強力に活性化できる遷移金属錯体が汎用されてきている¹⁾。

一方で、遷移金属は経済的・環境的な問題点（希少資源、毒性、分離回収難、取扱い難など）を抱えているため、日本国内に豊富に存在するヨウ素を活用した有機合成法の開発が近年進められている。特に、超原子価ヨウ素試薬は低毒性で取り扱い容易な酸化剤であり、遷移金属錯体と類似した反応性を示すことから、我々やいくつかの研究グループによって、「環化-官能基化反応」や「付加環化反応」を基盤とするメタルフリーな複素環合成法で利用されてきている²⁾。しかし、芳香族化合物などの炭素官能基を導入する手法については、超原子価ヨウ素の利用法が限られていたため、新たな超原子価ヨウ素種やその発生活の開発が切望された。

2. 研究の目的

本研究は、「環化-官能基化反応」や「付加環化反応」を基盤とするメタルフリーな複素環合成法の拡張を目指して、新たな超原子価ヨウ素(III)種やその発生活を開発する共に、炭素官能基導入型複素環合成法に応用することとした。

3. 研究の方法

近年、超原子価ヨウ素触媒を用いるメタルフリーな有機合成法が盛んに研究されてきているが、その触媒能はヨウ素上のリガンド X に大きく依存するにも関わらず、酸素含有リガンド (X = OR, 図 1) を有する触媒が汎用されている³⁾。一方、フッ素リガンド (X = F) を有する超原子価ヨウ素(III)種（フルオロヨウダニ）は有機合成への利用例は少なく、フッ素化法への利用例に限られていた⁴⁾。我々の研究グループは先行研究⁴⁾の検討過程において、フルオロヨウダニによる炭素官能基導入法に関する有益な知見を得ていたため、本研究の触媒としてフルオロヨウダニを選択した。フルオロヨウダニは比較的不安定な化学種であることから⁵⁾、フッ素リガンドの反対側を分子内リガンド Z とした環状型フルオロヨウダニに焦点を当てた。このような環状構造は超原子価ヨウ素の安定性向上に寄与することが知られていたが、環状型超原子価ヨウ素種は触媒としての利用例が極めて少ないため、分子内リガンドについて精査した。環状型フルオロヨウダニの利用に加えて、国際共同研究先の Zhdkankin 教授や Yoshimura 教授によって開発された超原子価ヨウ素試薬を活用することも視野に入れた。

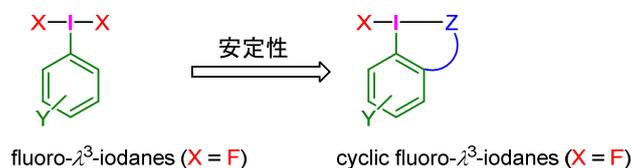


図 1. フルオロヨウダニと環状フルオロヨウダニ

4. 研究成果

(1) *N*-プロパルギルアミド誘導体の環化-フッ素化反応⁶⁾

まず、環状型フルオロヨウダニの触媒能を確認するために、本触媒を利用した *N*-プロパルギルアミド誘導体の環化異性化-フッ素化反応の開発を試みた (図 2)。その結果、先行研究⁴⁾で利用していた非環状型フルオロヨウダニ触媒と比較して、本触媒は良好な結果をもたらすことが分かった。この主な要因として、フルオロヨウダニの失活が環状構造により軽減されたことやフルオロヨウダニの再生が分子内リガンドにより促進されたことが挙げられ、NMR 実験やサイクリックボルタンメトリー実験から支持される。このように、環状型フルオロヨウダニの触媒としての有用性を示すことができた。

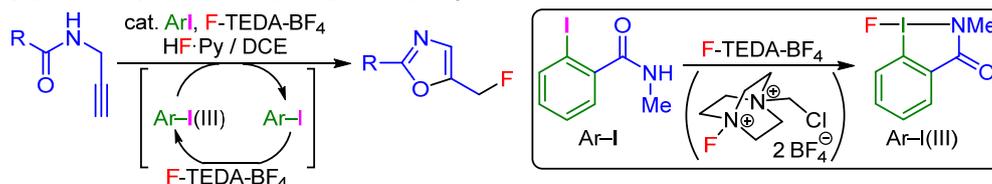


図 2. フッ素導入型オキサゾール合成法

(2) *N*-プロパルギルアミド誘導体の環化-アリール化反応⁷⁾

次に、フルオロヨウダニ触媒を利用して、*N*-プロパルギルアミド誘導体と芳香族化合物との環化異性化-アリール化反応に拡張した (図 3)。本反応では、環状型触媒よりも擬環状型触媒

が良好であった。また、フルオロヨードン触媒の再生に利用する再酸化剤として、上記の類似試薬 F-TEDA-PF₆ も有効であったが、ジメチルスルホキシド (DMSO) と F-TEDA-PF₆ から発生する F-DMSO-TEDA-PF₆ の方が効率的であった。従来、超原子価ヨウ素は硫黄化合物の酸化にも利用されることから、硫酸化物で超原子価ヨウ素触媒を発生させる点で、本手法は学術的にも興味深い。なお、酸素含有リガンドを有する超原子価ヨウ素触媒は、芳香族化合物どうしのホモカップリング反応を促進してしまうため、本反応に適用できなかった。このように、フルオロヨードン触媒の新たな可能性を切り拓くことができた。

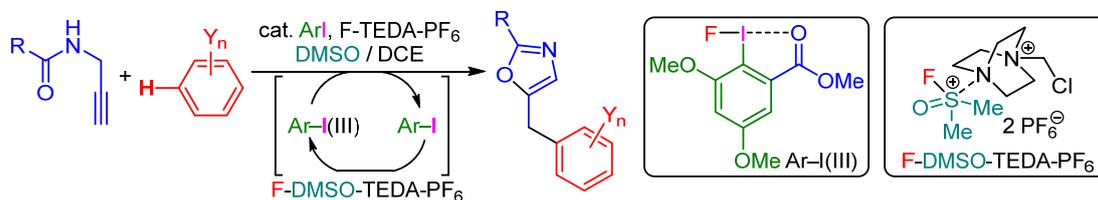


図3. 炭素官能基導入型オキサゾール合成法

(3) 付加環化型オキサジン合成法^{8,9)}

先行研究段階において、国際共同研究先と共同で開発した IBA-OTf が N-O 結合の酸化に有効であることから、ヒドロキサム酸の酸化によって発生するアシルニトロ種とジエンからの付加環化型オキサジン合成法へと展開した (図4)。所望の 1,2-オキサジンは汎用の三価ヨウ素試薬 PhI(OAc)₂ や PhI(OCOCF₃)₂ によって得られたが (上式, method b)、IBA-OTf を用いると、環状ニトロソ-TfOH 複合体が主生成物となった (method a)。環状ニトロソ-TfOH 複合体の生成には、IBA-OTf 由来の TfOH による 1,2-オキサジンの骨格転位が関与していると考えており、試薬の選択によって、同一の原料から異なる複素環化合物を得ることができた⁸⁾。さらに、ジエンの代わりに、グアヤコール誘導体の酸化的脱芳香族化によって生成する MOBs (masked *o*-benzoquinones) を利用した 1,2-オキサジン合成法の開発にも成功した (下式)⁸⁾。残念ながら、これらのオキサジン合成において、超原子価ヨウ素の触媒化は困難であったが、ヨウ化テトラブチルアンモニウム塩 (TBAI) と過酸化水素から発生する次亜ヨウ素酸塩を触媒とする手法の開発に成功した (上式, method c)⁹⁾。

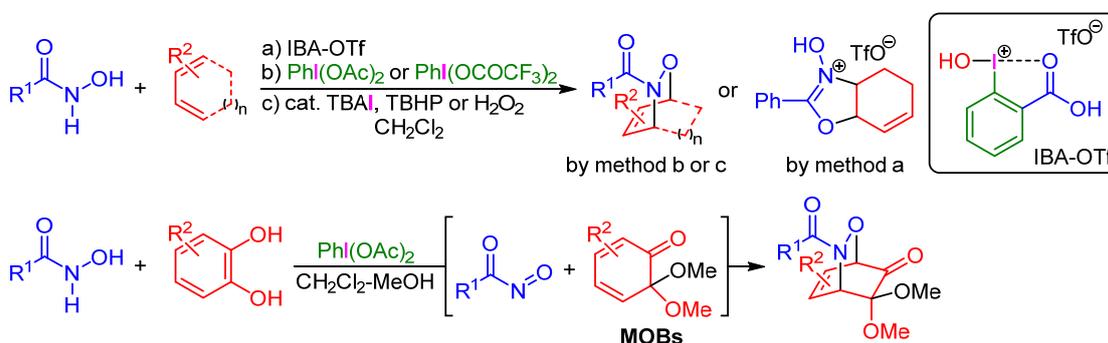


図4. 付加環化型オキサジン合成法

(4) 付加環化型イソキサゾール合成法¹⁰⁾

続いて、アルドキシムの酸化によって生成するニトリルオキシドと β -エナミンからの付加環化型イソキサゾール合成法を開発した (図5)¹⁰⁾。本反応では、 β -エナミンが有する置換基の push-pull 効果により、3,4-二置換イソキサゾールが位置選択的に得られる。 β -エナミンの代わりに一置換アルキンを用いる 3,5-二置換イソキサゾール合成法が共同研究先で開発されていたことから¹¹⁾、本合成法は相補的な手法として位置づけられる。本合成法では、小過剰の超原子価ヨウ素試薬 PhI(OH)OTs を使用していたが、超原子価ヨウ素の触媒化について引き続き検討している。

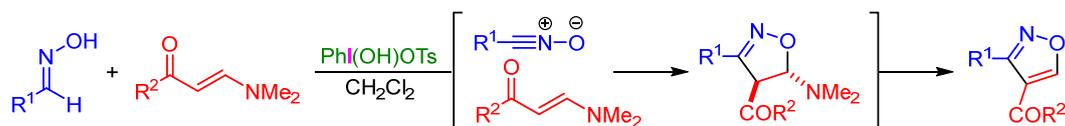


図5. 付加環化型イソキサゾール合成法

(5) 新たな超原子価ヨウ素試薬の開発¹²⁻¹⁵⁾

炭素官能基導入型複素環合成法を指向して、新たな超原子価ヨウ素試薬の開発にも取り組ん

だ (図6)。これらの試薬は、アリール基^{12,13,15}やビニル基^{14,15}の強力な供与体として機能するだけでなく、塩基条件下でイリド型超原子価ヨウ素¹²や環状型ヨウ素試薬¹³⁻¹⁵への変換も可能である。

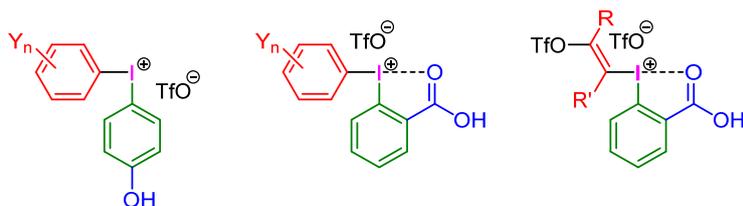


図6. 炭素官能基導入型オキサゾール合成法

(6) その他¹⁶⁻¹⁹

環状型超原子価ヨウ素の新たな利用法として、カルボン酸とアルコールあるいはアミンとの脱水縮合反応の開発も行った (図7)^{16,17}。これらの反応では、超原子価ヨウ素試薬とトリフェニルホスフィンとの複合中間体が縮合剤として機能する。反応後に生成するヨウ化アリールやホスフィンオキドは有機溶剤への溶解度を利用して回収可能であり、超原子価ヨウ素試薬とホスフィンに戻すことも可能であることから、再利用できる縮合剤として位置づけることができる。また、超原子価ヨウ素は過酸とヨウ化アリールにより調製できることから、カルボン酸-超原子価ヨウ素複合試薬を利用したカルボン酸のエステル化やアミド化反応へと展開した (下式)¹⁷。

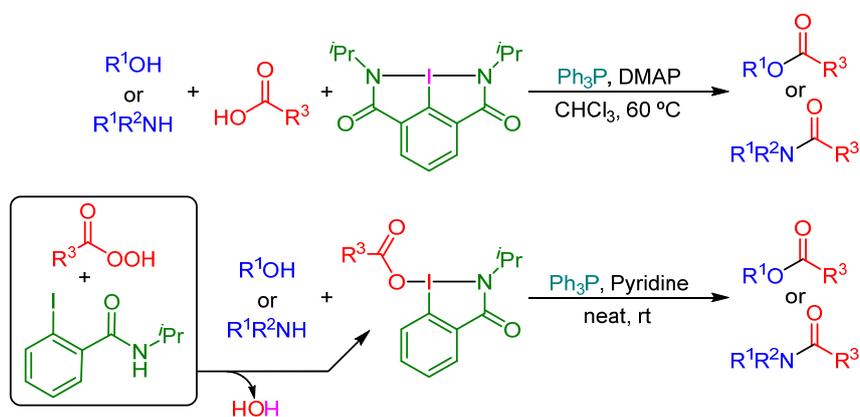


図7. カルボン酸のエステル化・アミド化

上記の縮合反応に加えて、超原子価ヨウ素と分子状ヨウ素を活用したホスフィンやスルフィド化合物へのイミド基転移反応も見出した^{18,19}。

<引用文献>

- 1) A. V. Gulevich, A. S. Dudnik, N. Chernyak, V. Gevorgyan, *Chem. Rev.*, **2013**, *113*, 3084–3213.
- 2) (a) Akio Saito, Hypervalent Iodine-Mediated/Catalyzed Oxidative Cycloisomerization/Annulation of Alkynes for Metal-Free Synthesis of Oxazoles, *Curr. Org. Chem.*, **2020**, *24*, 2048–2069. (b) 齊藤亜紀夫, 超原子価ヨウ素によるアルキンの活性化を利用したメタルフリーな複素環合成法, *有機合成化学協会誌*, **2021**, *79*, 766–776. (c) Akira Yoshimura, Akio Saito, Mekhman S. Yusubov, Viktor V. Zhdankin, Synthesis of Oxazoline and Oxazole Derivatives by Hypervalent-Iodine-Mediated Oxidative Cycloaddition Reactions, *Synthesis*, **2020**, *52*, 2299–2310.
- 3) 最近の総説 : (a) T. Dohi, Y. Kita in *Hypervalent Halogen Compounds* (Eds.: Eds: B. Olofsson, I. Marek, Z. Rappoport), Patai's Chemistry and Functional Groups, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, **2018**, pp. 581–664. (b) I. F. D. Hyatt, L. Dave, N. David, K. Kaur, M. Medard, C. Mowdawalla, *Org. Biomol. Chem.*, **2019**, *17*, 7822–7848. (c) M. K. Ghosh, A. A. Rajkiewicz, M. Kalek, *Synthesis*, **2019**, *51*, 359–370.
- 4) Naoki Asari, Yusuke Takemoto, Yukino Shinomoto, Takuma Yagyu, Akira Yoshimura, Viktor V. Zhdankin, Akio Saito, Catalytic Cycloisomerization-Fluorination Sequence of *N*-Propargyl Amides by Iodoarene/HF·Pyridine/Selectfluor Systems, *Asian J. Org. Chem.*, **2016**, *5*, 1314–1317 and the references cited therein.
- 5) Viktor V. Zhdankin, John D. Protasiewicz, Development of new hypervalent iodine reagents with improved properties and reactivity by redirecting secondary bonds at iodine center, *Coord. Chem. Rev.*, **2014**, *275*, 54–62.
- 6) Shunsuke Takahashi, Yuki Umakoshi, Kai Nakayama, Yohei Okada, Viktor V. Zhdankin, Akira

Yoshimura, Akio Saito, Fluorocyclization of *N*-Propargyl Carboxamides by λ^3 -Iodane Catalysts with Coordinating Substituents, *Adv. Synth. Catal.*, **2020**, *362*, 2997–3003.

7) Yuki Umakoshi, Yusuke Takemoto, Akira Tsubouchi, Viktor Zhdankin, Akira Yoshimura, Akio Saito, Dehydrogenative Cycloisomerization/Arylation Sequence of *N*-Propargyl Carboxamides with Arenes by Iodine(III)-Catalysis *Adv. Synth. Catal.* **2022**, *in Press* (DOI: 10.1002/adsc.202200219).

8) Hisato Shimizu, Akira Yoshimura, Keiichi Noguchi, Victor N. Nemykin, Viktor V. Zhdankin, Akio Saito, Oxidative cycloaddition of hydroxamic acids with dienes or guaiacols mediated by iodine(III) reagents, *Beilstein J. Org. Chem.*, **2018**, *14*, 531–536.

9) Saki Uraoka, Ikumi Shinohara, Hisato Shimizu, Keiichi Noguchi, Akira Yoshimura, Viktor V. Zhdankin, Akio Saito, Hetero-Diels-Alder reaction and Ene reaction of Acylnitroso Species in Situ Generated by Hypoiodite Catalysis, *Eur. J. Org. Chem.*, **2018**, 6199–6203.

10) Akira Yoshimura, Melissa E. Jarvi, Michael Shea, Cody L. Makitalo, Gregory T. Rohde, Mekhman S. Yusubov, Akio Saito, Viktor V. Zhdankin, Hypervalent iodine(III) reagent mediated regioselective cycloaddition of aldoximes with enamines, *Eur. J. Org. Chem.*, **2019**, 6682–6689.

11) Akira Yoshimura, Kyle R. Middleton, Anthony D. Todora, Brent J. Kastern, Steven R. Koski, Andrey V. Maskaev, Viktor V. Zhdankin, Hypervalent Iodine Catalyzed Generation of Nitrile Oxides from Oximes and their Cycloaddition with Alkenes or Alkynes, *Org. Lett.*, **2013**, *15*, 4010–4013.

12) Akira Yoshimura, Michael T. Shea, Olga Guselnikova, Pavel S. Postnikov, Gregory T. Rohde, Akio Saito, Mekhman S. Yusubov, Victor N. Nemykin, Viktor V. Zhdankin, Preparation and structure of phenolic arylodonium salts, *Chem. Commun.*, **2018**, *54*, 10363–10366.

13) Akira Yoshimura, Scott M. Larson, Gunnar B. Frahm, Christopher D. Huss, Gregory T. Rohde, Victor N. Nemykin, Mekhman S. Yusubov, Akio Saito, Viktor V. Zhdankin, Synthesis of arylbenziodoxoles using pseudocyclic benziodoxole triflate and arenes, *Arkivoc*, **2020**, 35–49.

14) Akira Yoshimura, Christopher D. Huss, Mackenzie Liebl, Gregory T. Rohde, Scott M. Larson, Gunnar B. Frahm, Matthew W. Luedtke, Tanner J. Schumacher, Zachary S. Gardner, Viktor V. Zhdankin, Pavel S. Postnikov, Mekhman S. Yusubov, Tsugio Kitamura, Akio Saito, Preparation, structure, and reactivity of pseudocyclic β -trifluorosulfonyloxy vinylbenziodoxolone derivatives, *Adv. Synth. Catal.*, **2021**, *363*, 3365–3371.

15) Akira Yoshimura, Christopher D. Huss, Akio Saito, Tsugio Kitamura, Viktor V. Zhdankin, 2-Iodosylbenzoic acid activated by trifluoromethanesulfonic anhydride: efficient oxidant and electrophilic reagent for preparation of iodonium salts, *New J. Chem.*, **2021**, *45*, 16434–16437.

16) Akira Yoshimura, Michael T. Shea, Cody L. Makitalo, Melissa E. Jarvi, Gregory T. Rohde, Akio Saito, Mekhman S. Yusubov, Viktor V. Zhdankin, Preparation, structure, and reactivity of bicyclic benziodazole: a new hypervalent iodine heterocycle, *Beilstein J. Org. Chem.*, **2018**, *14*, 1016–1020.

17) Michael T. Shea, Gregory T. Rohde, Yulia A. Vlasenko, Pavel S. Postnikov, Mekhman S. Yusubov, Viktor V. Zhdankin, Akio Saito, Akira Yoshimura, Convenient Synthesis of Benziodazolone: New Reagents for Direct Esterification of Alcohols and Amidation of Amines, *Molecules*, **2021**, *26*, 7355.

18) Akira Yoshimura, Cody L. Makitalo, Melissa E. Jarvi, Michael Shea, Pavel S. Postnikov, Gregory T. Rohde, Viktor V. Zhdankin, Akio Saito, Mekhman S. Yusubov, Sulfonylimino group transfer reaction using imino- λ^3 -iodanes with I_2 as catalyst under metal-free conditions, *Molecules*, **2019**, *24*, 979–989.

19) Cody L. Makitalo, Akira Yoshimura, Gregory T. Rohde, Irina A. Mironova, Rosa Y. Yusubova, Mekhman S. Yusubov, Viktor V. Zhdankin, Akio Saito, Imino- λ^3 -iodane and catalytic amount of I_2 -mediated synthesis of *N*-allylsulfenamides via [2,3]-sigmatropic rearrangement, *Eur. J. Org. Chem.*, **2020**, 6433–6439.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 15件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshimura Akira, Huss Christopher D., Liebl Mackenzie, Rohde Gregory T., Larson Scott M., Frahm Gunnar B., Luedtke Matthew W., Schumacher Tanner J., Gardner Zachary S., Zhdankin Viktor V., Postnikov Pavel S., Yusubov Mekhman S., Kitamura Tsugio, Saito Akio	4. 巻 363
2. 論文標題 Preparation, Structure, and Reactivity of Pseudocyclic Trifluorosulfonyloxy Vinylbenziodoxolone Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	6. 最初と最後の頁 3365 ~ 3371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adsc.202100341	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 該当する

1. 著者名 Saito Akio	4. 巻 79
2. 論文標題 Metal-Free Synthesis of Heterocycles via Activation of Alkynes by Hypervalent Iodine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 766 ~ 776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaisi.79.766	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 Yoshimura Akira, Huss Christopher D., Saito Akio, Kitamura Tsugio, Zhdankin Viktor V.	4. 巻 45
2. 論文標題 2-Iodosylbenzoic acid activated by trifluoromethanesulfonic anhydride: efficient oxidant and electrophilic reagent for preparation of iodonium salts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 16434 ~ 16437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ03787K	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 該当する

1. 著者名 Shea Michael T., Rohde Gregory T., Vlasenko Yulia A., Postnikov Pavel S., Yusubov Mekhman S., Zhdankin Viktor V., Saito Akio, Yoshimura Akira	4. 巻 26
2. 論文標題 Convenient Synthesis of Benziodazolone: New Reagents for Direct Esterification of Alcohols and Amidation of Amines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 7355 ~ 7355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26237355	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 該当する

1. 著者名 Umakoshi Yuki, Takemoto Yusuke, Tsubouchi Akira, Zhdankin Viktor V., Yoshimura Akira, Saito Akio	4. 巻 364
2. 論文標題 Dehydrogenative Cycloisomerization/Arylation Sequence of N Propargyl Carboxamides with Arenes by Iodine(III) Catalysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	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/adsc.202200219	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 該当する

1. 著者名 Takahashi Shunsuke, Umakoshi Yuki, Nakayama Kaii, Okada Yohei, Zhdankin Viktor V., Yoshimura Akira, Saito Akio	4. 巻 362
2. 論文標題 Fluorocyclization of N Propargyl Carboxamides by 3 Iodane Catalysts with Coordinating Substituents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	6. 最初と最後の頁 2997 ~ 3003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adsc.202000381	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 該当する

1. 著者名 Yoshimura Akira, Larson Scott M., Frahm Gunnar B., Huss Christopher D., Rohde Gregory T., Nemykin Victor N., Yusubov Mekhman S., Saito Akio, Zhdankin Viktor V.	4. 巻 2020
2. 論文標題 Synthesis of arylbenziodoxoles using pseudocyclic benziodoxole triflate and arenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Arkivoc	6. 最初と最後の頁 35 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24820/ark.5550190.p011.324	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 該当する

1. 著者名 Makitalo Cody L., Yoshimura Akira, Rohde Gregory T., Mironova Irina A., Yusubova Rosa Y., Yusubov Mekhman S., Zhdankin Viktor V., Saito Akio	4. 巻 2020
2. 論文標題 Imino 3 iodane and Catalytic Amount of I2 Mediated Synthesis of N Allylsulfenamides via [2,3] Sigmatropic Rearrangement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6433 ~ 6439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202000961	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 該当する

1. 著者名 Saito Akio	4. 巻 24
2. 論文標題 Hypervalent Iodine-mediated/Catalyzed Oxidative Cycloisomerization/Annulation of Alkynes for Metal-free Synthesis of Oxazoles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2048 ~ 2069
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/1385272824999200510232438	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 Yoshimura Akira, Saito Akio, Zhdankin Viktor V., Yusubov Mekhman S.	4. 巻 52
2. 論文標題 Synthesis of Oxazoline and Oxazole Derivatives by Hypervalent-Iodine-Mediated Oxidative Cycloaddition Reactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 2299 ~ 2310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0040-1707122	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 該当する

1. 著者名 Yoshimura Akira, Jarvi Melissa E., Shea Michael T., Makitalo Cody L., Rohde Gregory T., Yusubov Mekhman S., Saito Akio, Zhdankin Viktor V.	4. 巻 2019
2. 論文標題 Hypervalent Iodine(III) Reagent Mediated Regioselective Cycloaddition of Aldoximes with Enaminones	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6682 ~ 6689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201901258	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 該当する

1. 著者名 Yoshimura Akira, Shea Michael T, Makitalo Cody L, Jarvi Melissa E, Rohde Gregory T, Saito Akio, Yusubov Mekhman S, Zhdankin Viktor V	4. 巻 14
2. 論文標題 Preparation, structure, and reactivity of bicyclic benziodazole: a new hypervalent iodine heterocycle	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1016 ~ 1020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.14.87	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 該当する

1. 著者名 Yoshimura Akira, Saito Akio, Zhdankin Viktor V.	4. 巻 24
2. 論文標題 Iodonium Salts as Benzyne Precursors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 15156 ~ 15166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201802111	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 該当する

1. 著者名 Yoshimura Akira, Shea Michael T., Guselnikova Olga, Postnikov Pavel S., Rohde Gregory T., Saito Akio, Yusubov Mekhman S., Nemykin Victor N., Zhdankin Viktor V.	4. 巻 54
2. 論文標題 Preparation and structure of phenolic arylodonium salts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 10363 ~ 10366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC06211K	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 該当する

1. 著者名 Uraoka Saki, Shinohara Ikumi, Shimizu Hisato, Noguchi Keiichi, Yoshimura Akira, Zhdankin Viktor V., Saito Akio	4. 巻 2018
2. 論文標題 Hetero Diels-Alder Reaction and Ene Reaction of Acylnitroso Species in situ Generated by Hypoiodite Catalysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6199 ~ 6203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201801340	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 該当する

1. 著者名 Yoshimura Akira, Makitalo Cody, Jarvi Melissa, Shea Michael, Postnikov Pavel, Rohde Gregory, Zhdankin Viktor, Saito Akio, Yusubov Mekhman	4. 巻 24
2. 論文標題 Sulfonylimino Group Transfer Reaction Using Imino- 3-iodanes with I ₂ as Catalyst Under Metal-free Conditions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 979 ~ 979
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules24050979	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 該当する

1. 著者名 Hisato Shimizu, Akira Yoshimura, Keiichi Noguchi, Victor N. Nemykin, Viktor V. Zhdankini, Akio Saito	4. 巻 14
2. 論文標題 Oxidative cycloaddition of hydroxamic acids with dienes or guaiacols mediated by iodine(III) reagents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 531 ~ 536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.14.39	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 該当する

[学会発表] 計13件(うち招待講演 3件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Akio Saito
2. 発表標題 Cycloisomerization-Functionalization Reactions Catalyzed by Fluoro(aryl)iodanes
3. 学会等名 103rd Canadian Chemistry Conference and Exhibition (CCCE2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akio Saito
2. 発表標題 Iodine(III) Catalysis in Oxidative Cycloisomerization of Alkynes for Syntheses of Oxazoles
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Organic Reactions (ISOR-14) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Umakoshi, Yusuke Takemoto, Akio Saito
2. 発表標題 Iodine(III)-Catalyzed Cycloisomerization-Coupling Reaction of N-Propargyl Carboxamides
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Organic Reactions (ISOR-14) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akio Saito , Shunsuke Takahashi , Yuki Umakoshi , Akira Yoshimura , Viktor V. Zhdankin
2. 発表標題 Fluorocyclization of N-Propargyl Carboxamides by Iodine(III) Catalysts Bearing Coordinating Substituents
3. 学会等名 258th ACS National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Yoshimura , Gregory Rohde , Viktor V. Zhdankin , Mekhman Yusubov , Akio Saito
2. 発表標題 Preparation, structure, and reactivity of phenolic aryliodonium salts
3. 学会等名 258th ACS National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬越 優貴, 竹本 優介, 齊藤亜紀夫
2. 発表標題 超原子価ヨウ素触媒を用いるN-プロパルギルアミド誘導体の環化異性化 カップリング反応
3. 学会等名 第22回ヨウ素学会シンポジウム
4. 発表年 2019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 2019年

1. 発表者名 馬越 優貴, 竹本 優介, 齊藤亜紀夫
2. 発表標題 メタルフリーなN-プロパルギルアミド誘導体の環化異性化 カップリング反応
3. 学会等名 日本薬学会 第140年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤亜紀夫
2. 発表標題 含フッ素超原子価ヨウ素触媒を用いた複素環合成法
3. 学会等名 フッ素化学の最前線とフッ素化学工業セミナー(招待講演)
4. 発表年 2018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 イミノヨウダンの添加剤フリーな発生活と -アミノ化反応への応用
3. 学会等名 第21回ヨウ素学会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本優里, 立石恵一郎, 齊藤亜紀夫
2. 発表標題 メタルフリーな形式的[2+2+1]環形成型フラン合成法
3. 学会等名 日本薬学会 第139年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹本 優介, 浅利 直生, 高橋 俊輔, 齊藤 亜紀夫
2. 発表標題 超原子価ヨウ素触媒による炭素官能基導入型オキサゾール合成法の開発
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 浦岡 早紀, 篠原 生命, 齊藤 亜紀夫
2. 発表標題 次亜ヨウ素酸触媒を用いたアシルニトロソ化合物のHetero-Diels-Alder反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京農工大学工学部応用分子化学科 齊藤研究室 http://web.tuat.ac.jp/~akio-sai/index.html 齊藤 亜紀夫 - 研究者プロフィール http://kenkyu-web.tuat.ac.jp/Profiles/44/0004321/profile.html</p>

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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ジュダンキン ビクター ブイ (ZHDANKIN Victor V.)	ミネソタ大学ダールズ校・化学科・教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	吉村 祥 (YOSHIMURA Akira)	トムスク工科大学・化学/生物医工学研究科・教授	

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			
米国	ミネソタ大学ダールズ校			
ロシア	トムスク工科大学			