

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01932

研究課題名(和文) 高活性ハロゲン酸化触媒の開発

研究課題名(英文) Development of High-performance Halogen-based Oxidation Catalysis

研究代表者

ウヤヌク ムハメット (Uyanik, Muhammet)

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20452188

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)：環境・資源問題が深刻化する中、物質文明社会の持続的発展のためには、環境低負荷型精密有機合成法の開発が最重要課題の一つであり。従来の有機合成化学では、貴金属や重金属といった毒性の強い金属資源を反応剤や触媒に使用しているため、その脱却が求められている。本研究では、ハロゲンの酸化・還元能を活かし、デザイン型ハロゲン化合物を有機分子触媒に用いた非金属系環境低負荷型酸化的カップリング反応および不斉ハロゲン酸化触媒を開発した。具体的には、第四級オニウムハロゲン化合物を触媒前駆体とし、過酸化水素や過酸を共酸化剤とすることで、毒性の強い物質を一切使用しない反応系を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特色は以下の点にある。(i) 遷移金属を使用せず、安全かつ安価な酸化剤を用いて温和な条件下で反応が進行する環境調和型システム、(ii) 豊富で低毒性なハロゲン化物イオンを用いた触媒システム、(iii) 近年盛んに研究されているヨウ素を用いた酸化システムをより酸化力の高い臭素に拡大し、キラル次亜ハロゲン酸塩触媒を開発した点である。本研究の発展により、従来の重金属酸化剤、レアメタル触媒、超原子価ヨウ素を用いた酸化的カップリング反応の問題点(危険性、低選択性、環境・元素戦略的問題等)を著しく軽減し、理想的な環境低負荷型酸化反応を可能にし、工業化においても非常に有利となることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The development of environmentally friendly organic synthesis methods is crucial for sustainable development. Traditional organic synthesis relies on toxic metal resources such as precious and heavy metals, necessitating a shift away from these methods. This study harnessed the redox abilities of halogens to develop non-metal-based, environmentally friendly oxidative coupling reactions and asymmetric halogen oxidation catalysts using designer halogen compounds as organocatalysts. Specifically, quaternary onium halides were used as catalyst precursors, and hydrogen peroxide or peracids were used as co-oxidants, eliminating the use of toxic substances entirely.

研究分野：有機合成化学

キーワード：合成化学 有機化学 ハロゲン 酸化反応

1. 研究開始当初の背景

2010年のNobel化学賞に輝いた鈴木・根岸・Heck反応に代表されるように、カップリング反応は合成化学及び化学産業において重要な基幹技術である。これらの反応の多くは、触媒として酸化還元能をもつ遷移金属錯体(Pd, Ni等)とホウ素、亜鉛、マグネシウム、スズ等の有機金属反応剤が使われているため、大量の金属塩が副生する。資源問題や環境問題が深刻化するなか、低毒性かつ豊富な代替元素を用いる直截的なカップリング反応開発が必要である。近年、環境低負荷型の酸化剤としてハロゲン類が注目されている。ハロゲンは-Ⅰ価から+Ⅶ価まで価数を変えることができ、遷移金属や重金属の代替元素として利用できる。既に、申請者らはヨウ素に着目し、デザイン型次亜ヨウ素酸塩触媒($R_4N^+IO^-$)や超原子価ヨウ素(Ⅲ or Ⅴ)触媒($ArIL_2$, $ArI(=O)L_2$)を用いる酸化反応や酸化的カップリング反応をいくつか開発済みである。ヨウ素のみならず、臭素、塩素についても同様な酸化還元能があり、その酸化力は $I < Br < Cl$ であることが知られている。この酸化力の違いを利用すれば、ハロゲン触媒による多種多様な脱水素型酸化的カップリング反応への展開が可能になるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、貴金属や重金属の代替元素としてハロゲン(ヨウ素・臭素・塩素)の酸化・還元能を活かし、デザイン型ハロゲン化合物を有機分子触媒に用いる非金属系環境低負荷型酸化的カップリング反応及び不斉ハロゲン酸化触媒の開発を目的とする。具体的には、触媒前駆体には第四級オニウムハロゲン化物を、共酸化剤には過酸化水素や過酸化アルコール等を用い、反応系に一切の毒性の強い物質を用いないことにした。

3. 研究の方法

研究期間は3年間で、研究体制として、研究代表者ウヤヌク・ムハメット、連携研究者は石原一彰教授(研究室主宰者)、研究協力者は名古屋大学大学院工学研究科の大学院生6人を含む総数8人が参加した。本研究では、デザイン型ヨウ素化合物を有機分子触媒に用いる非金属系環境低負荷型酸化的カップリング反応及び不斉ヨウ素触媒の開発を目的とした。具体的には、触媒前駆体にはヨードアレーン(共有結合型触媒)または第四級オニウムヨウ化物(イオンペア型触媒)を、共酸化剤には過酸化水素やオキシゾン、有機過酸等を用いた。ハロゲンの中には爆発の危険性があるものもあるが、本研究では希薄条件下で安定なハロゲン化合物と酸化剤から活性種のハロゲン種を *in situ* で調製し、単離することなく所望の有機反応に用いる手法を考えた。なお、遷移金属や重金属試薬を有機反応に用いると所望の生成物から金属種を完全に分離することは困難であり、医薬品合成の最終段階では大きな問題となる。一方、ハロゲンの場合、有機化合物からの分離は容易である。

4. 研究成果

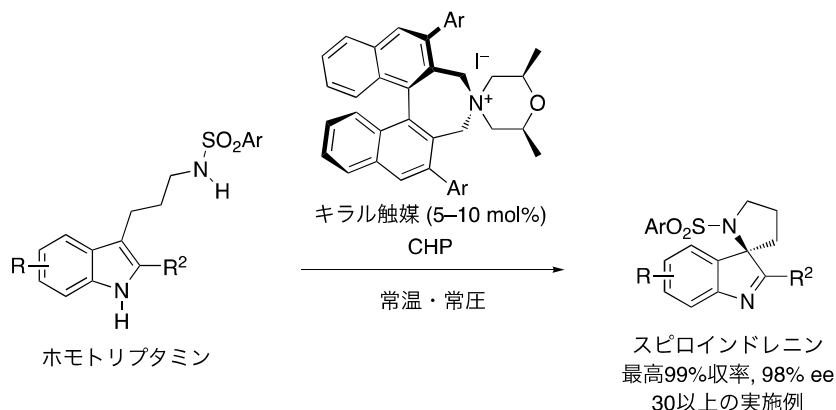
以下、代表的な研究成果について紹介する(その他の成果については研究業績リストを参照)。

(1) インドールの酸化的極性転換に伴う脱芳香族化反応:

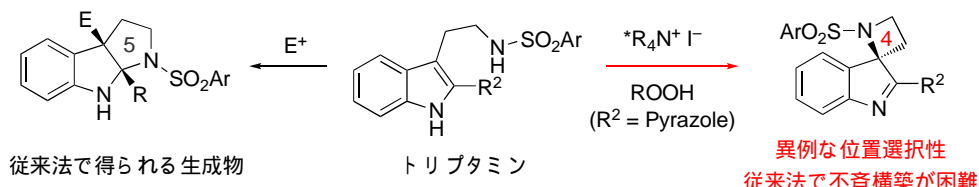
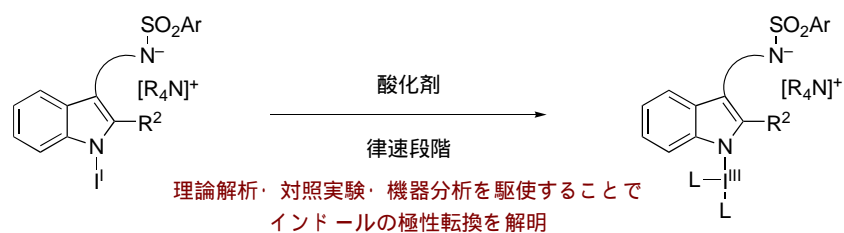
インドールはアミノ酸であるトリプトファンの側鎖に含まれる分子骨格であり、自然界にはその代謝産物であるインドール誘導体が数多く存在する。これらは多くの場合、高い生物活性を示すため、インドール誘導体の効率的合成法の開発は創薬化学において重要である。従来のインドール誘導体合成法は、インドールの高い求核性を利用したものであったが、インドールの極性転換に伴う求電子的なインドールは新たな反応性を示し、新たな合成反応への展開が期待され

る。しかし、インドールの極性転換反応は電子豊富なインドールの反応性の制御が困難なため、これまでに僅か数例しか報告されていない。

本研究では、次亜ヨウ素酸触媒を用いるインドールの酸化的脱芳香族化反応を開発した。詳細な検討の結果、ヨウ化物存在下で酸化剤としてクメンヒドロペルオキシド(CHP)を用いることで、対応するスピロインドレニンが得られることを見出した。また、キラルアンモニウムヨウ化物を検討した結果、ジメチルモルホリン骨格を有するアンモニウムカチオンが生成物の高い不斉誘起に有効であることを見出した。この触媒を用いることで、様々なスピロインドレニンを高い化学及び不斉収率で得ることが可能である。



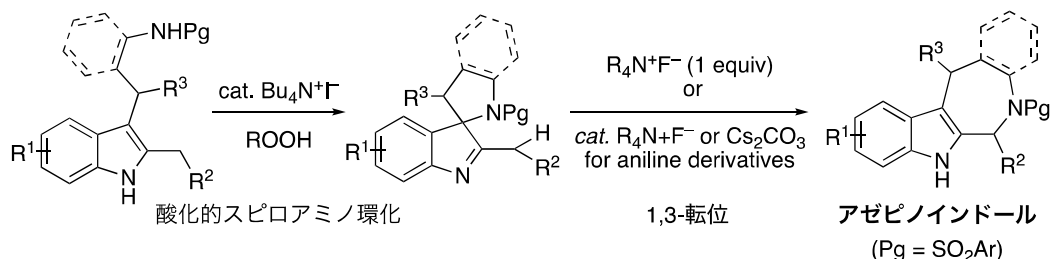
反応速度論解析により反応機構を調査した結果、本反応は基質(ホモトリプタミン)とヨウ素の複合体の酸化が律速段階であることが示唆された。さらに、理論解析、対照実験、機器分析を用いることで、インドール窒素上のヨウ素化に伴う極性転換により、本酸化反応が進行していることが強く示唆された。また、本手法を用いたトリプタミンの環化反応では、通常インドール2位で環化が進行し五員環生成物を与えるのに対し、今回新たに見出した求電子的インドールを応用することで、形成困難なスピロアゼチジンを不斉構築することに初めて成功した。この成果は、新たなインドール誘導体合成法の可能性を広げるものである。



このように触媒的に調製できる求電子的インドールはこれまでにない反応性を示し、トリプタミンの脱芳香族化反応では形成困難なスピロアゼチジンの不斉構築にも成功した。この研究結果に基づくインドールの極性転換を利用することで、今後新たなインドールの酸化反応の開発が期待できる。

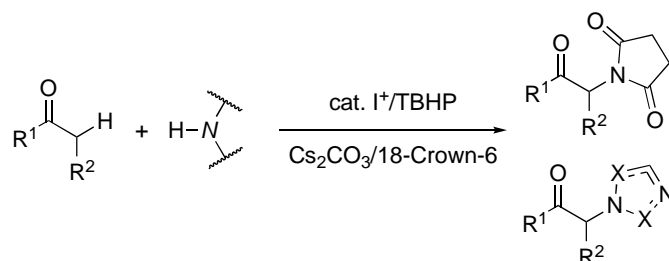
(2) 2-アルキルスピロインドレニンの骨格転位型環拡大反応によるアゼピノインドールの合成：インドール由来の窒素含有 7 員環化合物であるアゼピノインドールは生物活性物質に含まれる重要な分子骨格である 1)。インドール由来含窒素環式化合物の合成法として Pictet-Spengler 反応が挙げられるが、本手法は一般的に 5 及び 6 員環構築に限られている。一方、環拡大反応は 7

員環骨格を効率的に構築する手法として知られており、スピロ 6 員環化合物の 1,2-転位を利用したアゼピノインドールの合成が既に報告されている。本研究では、次亜ヨウ素酸塩触媒を用いるインドールの脱芳香族化反応の生成物であるスピロ 5 員環化合物が、テトラアルキルアンモニウムフッ化物を用いることで、1,3-転位を伴う環拡大反応によりアゼピノインドールへと変換可能であることを見出した。さらに、アニリン由来のスピロ環は反応活性が高く、フッ化物や Cs_2CO_3 を触媒量用いても反応は円滑に進行することを見出した。



(3)カルボニル化合物の α -酸化的 C-N カップリング反応の開発：

α -アミノカルボニル化合物は天然物や生物活性物質にみられる重要な化合物群であるが、カルボニル化合物とアミンからの直接合成法の多くは重金属酸化剤や遷移金属触媒を用いる手法であり、元素戦略の観点からあまり好ましくない。本研究では、次亜ヨウ素酸塩酸化システムをカルボニル化合物とイミド及びアジドの C-N カップリング反応に応用し、対応する α -イミド及び α -アジドカルボニル化合物を高収率で得ることに成功した。本反応の副生成物は *t*-BuOH や水のみであり、従来手法より低触媒量かつ穏和な条件で反応が進行した。



まとめと今後の展望

本研究では、貴金属や重金属を用いない環境調和型の酸化的カップリング反応および不斉酸化触媒の開発を目指し、ハロゲンの酸化・還元能を活用した新しい手法を提案した。これにより、従来の重金属酸化剤、レアメタル触媒、ヨードアレーン由来の超原子価ヨウ素を用いた酸化的カップリング反応の問題点（危険性、低選択性、環境・元素戦略的な問題等）を著しく軽減することができた。今後の研究では、さらに多様なハロゲン化合物の活用を検討し、より高効率かつ環境に優しい触媒システムの開発を進めていく予定である。これにより、工業的にも有利な環境低負荷型の酸化反応を実現し、持続可能な化学プロセスの確立に貢献できると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Tanaka Hiroki, Ukegawa Naoya, Uyanik Muhammet, Ishihara Kazuaki | 4. 巻 144 |
| 2. 論文標題 Hypoiodite-Catalyzed Oxidative Umpolung of Indoles for Enantioselective Dearomatization | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 5756 ~ 5761 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c01852 | 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 Tanaka Hiroki, Yasui Toshihiro, Uyanik Muhammet, Ishihara Kazuaki | 4. 巻 25 |
| 2. 論文標題 1,3-Migrative Ring Expansion of Spiroindolenines to Azepino[3,4-b]indoles | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Organic Letters | 6. 最初と最後の頁 2377 ~ 2381 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.3c00207 | 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 Zheng Hanliang, Cai Liu, Pan Ming, Uyanik Muhammet, Ishihara Kazuaki, Xue Xiao-Song | 4. 巻 145 |
| 2. 論文標題 Catalyst-Substrate Helical Character Matching Determines the Enantioselectivity in the Ishihara-Type Iodoarenes Catalyzed Asymmetric Kita-Deaomative Spirolactonization | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 7301 ~ 7312 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c13295 | 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 ウヤヌク ムハメット、石原一彰 | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 キラルアンモニウム次亜ヨウ素酸塩触媒を用いるエナンチオ選択的酸化的脱芳香族化反応 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ファインケミカル | 6. 最初と最後の頁 31-39 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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 Uyanik Muhammet, Nagata Dai, Ishihara Kazuaki | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 Hypoiodite-catalysed oxidative homocoupling of arenols and tandem oxidation/cross-coupling of hydroquinones with arenes | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 11625 ~ 11628 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC05171G | 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 Kato Takehiro, Okada Yuya, Fujii Yuto, Uyanik Muhammet, Ishihara Kazuaki | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Oxidative Ritter type Chloroamidation of Alkenes Using NaCl and Oxone | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 2907 ~ 2910 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100575 | 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33件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Muhammet Uyanik, Hiroki Tanaka, Naoya Ukegawa, Kazuaki Ishihara |
| 2. 発表標題 Enantioselective Ammonium Hypoiodite Catalysis for Oxidative Umpolung of Indoles |
| 3. 学会等名 The 15th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-15) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shunsuke Minabe, Hiroki Tanaka, Muhammet Uyanik, Kazuaki Ishihara |
| 2. 発表標題 Enantioselective Oxidative Biaryl Coupling Using Chiral Hypervalent Iodine(III) Compounds |
| 3. 学会等名 5th International Symposium on Halogen Bonding (ISXB5) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤井悠人, 岡田侑也, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 NaClとOxoneを用いるアルケンの酸化的Ritter型クロロアミド化反応 |
| 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 松山俊輝, 井原颯紀, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 銅/ヨウ素協奏触媒を用いるエナンチオ選択的酸素酸化のカップリング反応 |
| 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 三鍋駿介, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラル超原子価ヨウ素化合物を用いる2-ナフチルエーテル類のエナンチオ選択的酸化的ピアリールカップリング反応 |
| 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 三鍋駿介, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラル超原子価ヨウ素化合物を用いるエナンチオ選択的酸化的ピアリールカップリング反応 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松山俊輝, 井原颯紀, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 エナンチオ選択的酸素酸化的カップリング反応に有効な銅/ヨウ素協奏触媒の開発 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤井悠人, 岡田侑也, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 塩化物とoxoneを用いるアルケンの酸化的クロロ官能基化反応 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山本翔吾, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラル超原子価ヨウ素(III)触媒を用いるアレノールのエナンチオ選択的酸化的脱芳香族型フッ素化反応 |
| 3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 高活性次亜ハロゲン酸塩触媒を用いるアレノールのエナンチオ選択的酸化的脱芳香族化反応 |
| 3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 三鍋駿介, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 Chiral Organoiodine(III)-catalyzed Enantioselective Oxidative Biaryl Coupling of 2-Alkoxy-naphthalenes |
| 3. 学会等名 名古屋大学GTR Annual Meeting 2022 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 Chiral Organoiodine(III)-catalyzed Enantioselective Oxidative Biaryl Coupling of 2-Alkoxy-naphthalenes |
| 3. 学会等名 名古屋大学GTR Annual Meeting 2022 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 Oxidative Dearomative Coupling Reaction of Arenols Using Hypohalite Catalysis |
| 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 森野高晴, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 o-キノンメチドの酸化的生成を伴う位置、配向及びエナンチオ選択的[4+2]環化付加反応 |
| 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 松山俊輝, 井原颯紀, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 銅/ヨウ素協奏触媒を用いる α -オキソカルボン酸のエナンチオ選択的酸素酸化的 γ -ラクトン化反応 |
| 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 三鍋駿介, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラルヨウ素(III)触媒を用いる2-アルコキシナフタレンのエナンチオ選択的酸化的ピアリールカップリング反応 |
| 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 藤井悠人, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 相間移動触媒存在下、塩化物とOxoneを用いる酸化的クロロ環化反応 |
| 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 山本翔吾, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラルヨウ素(III)触媒を用いるアレノールの不斉酸化的脱芳香族型フッ素化反応 |
| 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 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 高活性次亜ハロゲン酸塩触媒を用いるアレノールの酸化的脱芳香族化反応 |
| 3. 学会等名 第24回ヨウ素学会シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 高活性次亜ハロゲン酸塩触媒を用いるアレノールの酸化的脱芳香族化反応 |
| 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 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 次亜ヨウ素酸塩触媒を用いるインドールアルカロイド類の酸化的合成法の開発 |
| 3. 学会等名 第50回複素環化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山本翔吾, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 超原子価ヨウ素触媒を用いるアレノールのエナンチオ選択的酸化的脱芳香族型フッ素化反応 |
| 3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 熊谷幸子, 片出旺太, 佐原直登, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 高活性キラル第四級アンモニウム塩触媒による(ヘテロ)アレノール類のエナンチオ選択的脱芳香族型塩素化反応の開発 |
| 3. 学会等名 第52回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 月森康夫, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラル第四級アンモニウム次亜臭素酸塩触媒を用いるアレノールのエナンチオ選択的脱芳香族型アジド化反応の開発 |
| 3. 学会等名 第52回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 ウヤヌク ムハメット, 田中啓貴, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 次亜ヨウ素酸塩触媒を用いるインドールの極性転換 |
| 3. 学会等名 第14回有機触媒シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤丈裕, 佐原直登, ウヤヌク ムハメット, 長谷川淳也, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 High-performance hypohalite catalysis for enantioselective oxidative dearomatization of arenols |
| 3. 学会等名 名古屋大学GTR Annual Meeting 2021 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 熊谷幸子, 佐原直人, 出旺太, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 高活性キラル第四級アンモニウム塩触媒による(ヘテロ)アレノールのエナンチオ選択的脱芳香族型塩素化反応 |
| 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 松山俊輝, 井原颯紀, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 銅/ヨウ素協奏触媒を用いるエナンチオ選択的酸素酸化のカップリング反応 |
| 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 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 Enantioselective Oxidative Dearomatization of Arenols Using High-performance Hypohalite Catalysis |
| 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 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 Ammonium Hypoiodite-catalyzed Oxidative Umpolung of Indoles for Dearomatization |
| 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 山本翔吾, 田中啓貴, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラル超原子価ヨウ素(III)触媒を用いるアレノールのエナンチオ選択的酸化的脱芳香族型フッ素化反応 |
| 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 月森康夫, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 キラル第四級アンモニウム次亜臭素酸塩触媒によるアレノールのエナンチオ選択的脱芳香族型アジド化反応 |
| 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 藤井悠人, 岡田侑也, 加藤丈裕, ウヤヌク ムハメット, 石原一彰 |
| 2. 発表標題 NaClとOxoneを用いるアルケンの酸化的Ritter型クロロアミド化反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Muhammet Uyanik | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 Wiley-VCH: Weinheim | 5. 総ページ数 436 |
| 3. 書名 "Catalytic Oxidative α -Functionalization of Carbonyls" in "Iodine Catalysis in Organic Synthesis" Kazuaki Ishihara, Kilian Muniz (Eds.) | |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Muhammet Uyanik, Kazuaki Ishihara | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 John Wiley & Sons | 5. 総ページ数 890 |
| 3. 書名 "Asymmetric Hypervalent Iodine Catalysis" in "Catalytic Asymmetric Synthesis, 4th Ed." Takahiko Akiyama and Iwao Ojima (Eds.) | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>研究室のHP https://www.ishihara-lab.net/english/staff-members/muhammet-uyanik/</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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|