

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H06038

研究課題名(和文) フォトレドックス触媒作用による反応性含フッ素化学種の創製とその高度活用

研究課題名(英文) Photoredox-catalyzed generation of reactive fluorinated species and their applications

研究代表者

小池 隆司 (Koike, Takashi)

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：30451991

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,600,000円

研究成果の概要(和文)：有機フッ素化合物は医薬品や機能性材料において欠くことのできない重要な化合物である。本研究では、フォトレドックス触媒作用として一般に認知されるようになってきた可視光エネルギーを駆動力とする一電子移動反応を活用し、高反応性のトリ、ジ、及びモノ-フルオロメチルラジカル種を温和な条件下で発生できる方法を開発し、多様な有機フッ素化合物の短工程合成を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フッ素原子は、全元素中最大の電気陰性度を有し、その特異な性質から有機フッ素化合物の合成には、通常の実成戦略が通じないことが多く、簡便な新しい合成方法の開発がのぞまれている。本研究で開発した方法は、可視光、室温、汎用な実験器具で実施可能であるだけでなく、前例のない新規な有機フッ素化合物も短工程で合成できる。すなわち有機フッ素化合物合成に革新をもたらす成果が得られたと考える。また、これまで貴金属錯体光触媒が本研究分野では一般的に使用されてきたが、本研究では従来の触媒性能を超える有機分子光触媒の開発に成功した。本系の実用性を高め、グリーンケミストリーの観点からも大きなインパクトを与える成果である。

研究成果の概要(英文)：Trifluoromethyl (CF₃), difluoromethyl (CF₂H), and monofluoromethyl (CH₂F) groups are versatile structural motifs, especially in the fields of pharmaceuticals, agrochemicals, and organic functional materials. Thus, development of new protocols for fluoromethylation of various skeletons has become a vital subject to be studied in the field of organic synthetic chemistry. For the past several years, photoredox catalysis has emerged as a useful tool for radical reactions through visible-light-induced single-electron-transfer (SET) processes. Here we have developed photocatalytic radical fluoromethylation for simple synthesis of valuable organofluorine compounds.

研究分野：有機合成

キーワード：有機フッ素化合物 分子光触媒 ラジカル反応 有機触媒 遷移金属触媒

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) フッ素原子は、全元素中最大の電気陰性度を有し、その特異な性質から有機フッ素化合物の合成には、通常の合成戦略が通じないことが多い。たとえば、フッ素原子は 位のカルボカチオンを電子供与性共鳴効果で安定化するためにフッ素原子が結合したカルボカチオン種を活用した合成反応は未開拓な領域である。一方、トリフルオロメチル (CF_3) 基やジフルオロメチル (CF_2H) 基が導入された有機分子が化学・代謝安定性や脂溶性の向上、酵素との結合選択性を変化させることからフルオロメチル基は医薬品において重要な構造モチーフとして注目されており、高効率・高選択的なフルオロメチル化反応の開発がのぞまれている。

(2) 本研究グループでは、 $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ に代表されるフォトレドックス触媒の光誘起電子移動反応を基盤とした未踏の分子変換技術の開拓に取り組んでいる。これまでに、フォトレドックス触媒作用の一電子酸化還元反応を経た求電子的 CF_3 化剤である梅本試薬やトニ試薬を用いたオレフィン類のラジカル的トリフルオロメチル化反応を見だし報告している。本反応の特徴は、隣接位に CF_3 基を有するカルボカチオン種 (A) を簡便に発生できることであり、これを中間体として多様な CF_3 基含有化合物を合成することに成功した。化学種 A は、安定化されているフルオロメチルカチオンとオレフィンの反応では発生できないと考えられており、フォトレドックス触媒作用が拓いた前例のない含フッ素反応性化学種の発生法であると考えている。

2. 研究の目的

有機フッ素化合物は医薬品や機能性材料において欠くことのできない重要な化合物である。本研究グループは、フォトレドックス触媒作用として一般に認知されるようになってきた可視光を駆動力とする一電子移動反応が、トリフルオロメチル (CF_3) 化の強力な合成ツールとなることを明らかにしてきた。本研究では以下の 2 点を主な目的として研究を行った。

(1) 前例のないオレフィン類の光触媒的ジフルオロメチル (CF_2H) 及びモノフルオロメチル (CHF_2) 化反応の開発に挑戦する。新型フルオロメチル化剤及び新しいフォトレドックス触媒を開発することで、多様な含フルオロメチル化合物の短工程合成法の確立をめざす。

(2) アルキンやアレン類からフルオロメチル基が置換したアルケニルカチオン種やアリルカチオン種を経由した立体選択的フルオロメチルアルケン類の短工程合成法の開発をめざす。

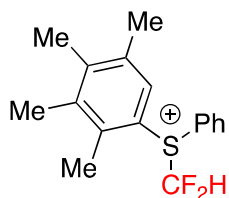
3. 研究の方法

前例のない光触媒的フルオロメチル化反応を開発するために、新型フルオロメチル化剤と、新しい光触媒が必要不可欠である。トリフルオロメチル化剤に比べ、ジ-やモノ-フルオロメチル化剤は開発が遅れている。新型フルオロメチル化剤としては、安定性と反応性のバランスがとれた取り扱い容易な試薬を設計・開発する。また、フルオロメチル化剤のフッ素の数が減ると試薬の求電子的性が低下して光触媒による還元が困難になる。したがって高い還元力を有する光触媒を開発する。

4. 研究成果

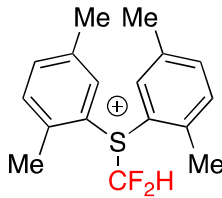
以下の(1)~(6)成果は全て論文発表した。(7)に関しては論文作成中である。

既報のスルホニウム塩型試薬



不安定で粘稠な固体

本研究成果



安定で結晶性の固体

(1) スルホニウム塩型のジフルオロメチル化剤は、これまで不安定で求電子的なジフルオロメチル化剤やジフルオロメチルラジカル源として、十分に研究されてこなかった。しかし、本研究グループは、硫黄上のアリール置換基をキシリル基に変更することで安定性と反応性をバランスよく有する求電子的ジフルオロメチル化剤 (1) となることを見出した (図 1)。開発した試薬 (1) は東京化成工業株式会社から販売された。

図 1 新型求電子的 CF_2H 化試薬

(2) 開発したジフルオロメチル化試薬 (1) を用いることで前例のないオレフィン類 (2) のアミノ-ジフルオロメチル化反応を実現した。このとき、多環芳香環のひとつのペリレンを光触媒として用いることが成功の鍵であった (図 2)。これまで光触媒は、ルテニウムやイリジウムなどの遷移金属を含む金属錯体が一般的であったが、貴金属を含まない有機分子光触媒で本反応を実現できたことは、反応系の実用性を大きく高め、グリーンケミストリーや元素戦略の観点からも大きな成果であった。

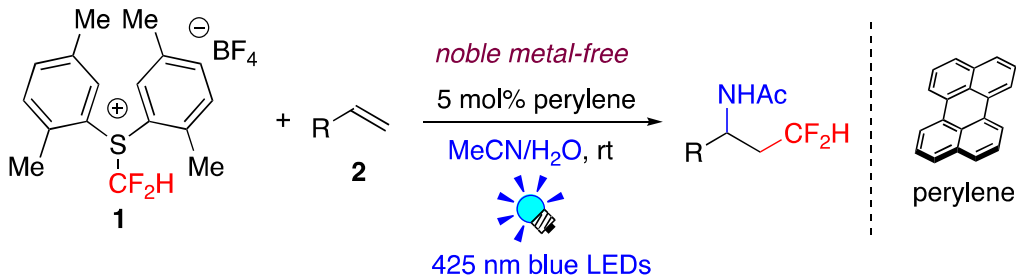


図2 オレフィン類のアミノ-ジフルオロメチル化反応

(3)アルキン類(3)やアレン類(4)に対して、本研究グループが開発したオキシ-トリフルオロメチル化反応を適用すると立体選択的に多置換アルケン構造を有する含トリフルオロメチル生成物が得られた(図3)。本生成物は、多様な含フッ素有機化合物へ誘導できる点で有用である。

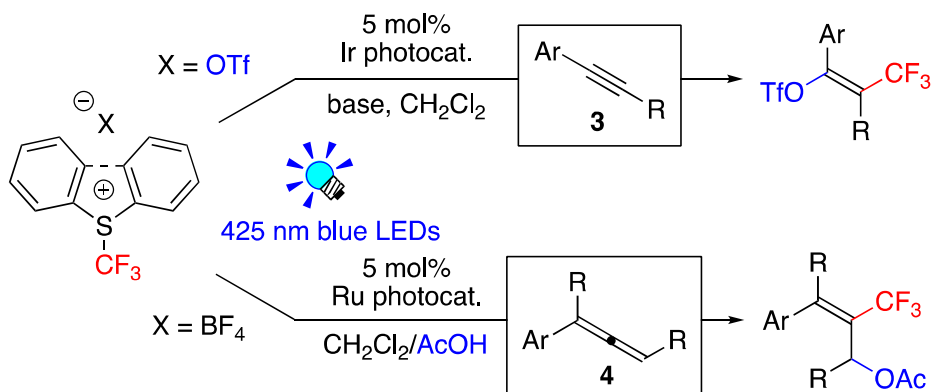
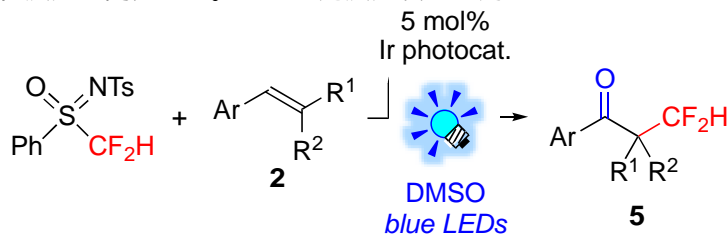


図3 アルキン類とアレン類の立体選択的オキシ-トリフルオロメチル化反応

(4) フォトレドックス触媒作用を基軸に、前例のないオレフィン類(2)のケト-ジフルオロメチル化反応を開発した。フロー光反応装置を用いることで



高い効率で合成する手法を確立した(図4)。得られた5を生物活性が期待される光学活性アルコールや、 α -ハロケトン類、シアノヒドリン誘導体などに変換することにも成功した。新しい含ジフルオロメチル化合物合成法を開発した。

図4 ケト-ジフルオロメチル化反応

(5)高い還元力を有する新しい有機分子光触媒の開発に成功した。1,4-ジアミノナフタレン骨格を有する光触媒(6)は、既存の汎用される遷移金属錯体光触媒や有機分子光触媒よりも高い還元力を示し、オレフィン類(2)のモノフルオロメチル化反応を実現した。すなわち、これまで報告例のなかったアルケン類から一段階で

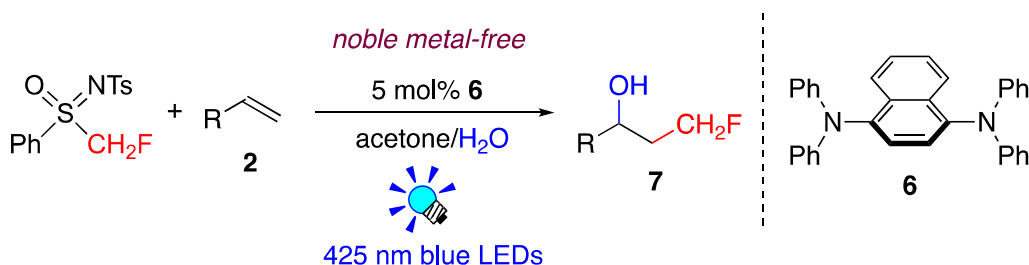


図5 ヒドロキシ-モノフルオロメチル化反応

(6)前例のないオレフィン(2)やアルキン類(3)のフルオロアルキル-スルホニル化反応を開発した。一般的にトリフルオロメチルラジカル源として使用されるトリフルオロメタンスルフィン酸塩(8)が、光触媒作用によってCF₃源としてだけでなくSO₂源としてもはたらくことを明らかにした。また適切な求電子剤が存在するとワンポットでスルホン生成物(9)に誘導できる(図

6) 本反応によって、医農薬品として有用な構造モチーフであるフルオロアルキルアルケニルスルホン骨格を簡便に構築できた。

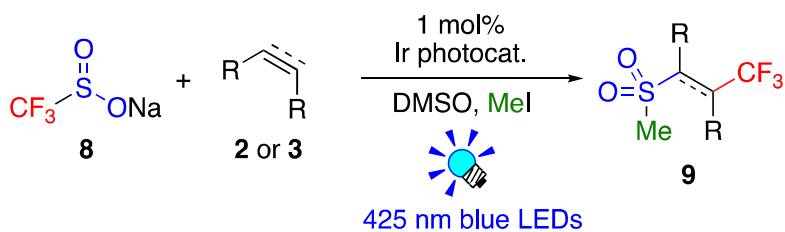


図6 フルオロアルキル-スルホニル化反応

(7) (5) で開発した高い還元力を有する有機分子光触媒 (6) と銅触媒の二元触媒系によるフェノール類 (10) やカルボン酸類 (11) のモノフルオロメチル化を開発した。光触媒作用によってモノフルオロメチルラジカルを発生し、銅触媒上で 10 や 11 とカップリングすることに成功した。ラジカル種の単純な付加反応から、反応性や選択性を大きく転換できるため、より多様で複雑な含フッ素化合物の合成へと展開できる。

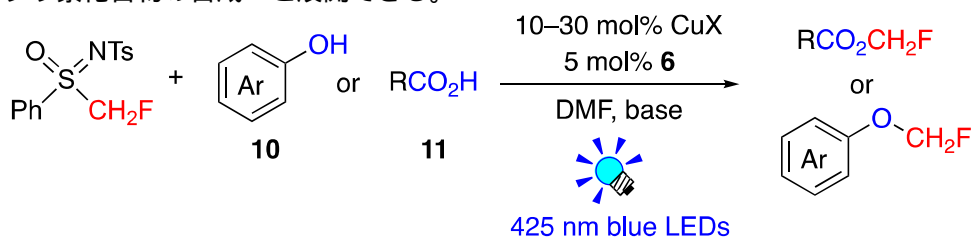


図7 光触媒的 O-CH₂F 結合形成反応

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tanaka Seiya, Nakayama Yoshiki, Konishi Yusuke, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 22
2. 論文標題 Fluoroalkanesulfinate Salts as Dual Fluoroalkyl and SO ₂ Sources: Atom-Economical Fluoroalkyl-Sulfonylation of Alkenes and Alkynes by Photoredox Catalysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2801 ~ 2805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c00789	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 Koike Takashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Frontiers in Radical Fluoromethylation by Visible Light Organic Photocatalysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 529 ~ 537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202000058	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 Nakayama Yoshiki, Ando Gaku, Abe Manabu, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Keto-Difluoromethylation of Aromatic Alkenes by Photoredox Catalysis: Step-Economical Synthesis of -CF ₂ H-Substituted Ketones in Flow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 6555 ~ 6563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.9b01312	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 Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 17
2. 論文標題 Recent progress in photochemical radical di- and mono-fluoromethylation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 5413 ~ 5419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9OB00734B	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 Noto Naoki, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Visible-Light-Triggered Monofluoromethylation of Alkenes by Strongly Reducing 1,4-Bis(diphenylamino)naphthalene Photoredox Catalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 4382 ~ 4387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.9b00473	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 Noto Naoki, Tanaka Yuya, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 8
2. 論文標題 Strongly Reducing (Diarylamino)anthracene Catalyst for Metal-Free Visible-Light Photocatalytic Fluoroalkylation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 9408 ~ 9419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b02885	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 Miyazawa Kazuki, Ochi Rika, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 5
2. 論文標題 Photoredox radical C-H oxygenation of aromatics with aroyloxylutidinium salts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1406 ~ 1410
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8qo00089a	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 T. Koike, M. Akita	4. 巻 -
2. 論文標題 18 Photocatalytic Introduction of Fluorinated Groups	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science of Synthesis: Photocatalysis in Organic Synthesis;	6. 最初と最後の頁 559-574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/sos-SD-229-00316	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 Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 4
2. 論文標題 New Horizons of Photocatalytic Fluoromethylative Difunctionalization of Alkenes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem	6. 最初と最後の頁 409 ~ 437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chempr.2017.11.004	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 Noto Naoki, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 8
2. 論文標題 Metal-free di- and tri-fluoromethylation of alkenes realized by visible-light-induced perylene photoredox catalysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 6375 ~ 6379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7sc01703k	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 Tomita Ren, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 53
2. 論文標題 Photoredox-catalyzed oxytrifluoromethylation of allenes: stereoselective synthesis of 2-trifluoromethylated allyl acetates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4681 ~ 4684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cc01759f	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 Takashi Koike, Munetaka Akita	4. 巻 14
2. 論文標題 Combination of Organotrifluoroborates with Photoredox Catalysis Marking a New Phase in Organic Radical Chemistry	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 6886-6890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6ob0096d	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 Naoki Noto, Takashi Koike, Munetaka Akita	4. 巻 81
2. 論文標題 Diastereoselective Synthesis of CF ₃ - and CF ₂ H Substituted Spiroethers from Aryl-Fused Cycloalkenylalkanols by Photoredox Catalysis	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 7064-7071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.6b00953	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 Takashi Koike, Munetaka Akita	4. 巻 3
2. 論文標題 A Versatile Strategy for Difunctionalization of Carbon - Carbon Multiple Bonds by Photoredox Catalysis	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1345-1349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6qo00139d	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 Takashi Koike, Munetaka Akita	4. 巻 49
2. 論文標題 Fine Design of Photoredox Systems for Catalytic Fluoromethylation of Carbon - Carbon Multiple Bonds	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Accounts of Chemical Research	6. 最初と最後の頁 1937-1945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.6b00268	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 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 T. Koike
2. 発表標題 Design of Photoredox Systems for Metal-Free Radical Fluoroalkylation
3. 学会等名 2019 Gordon Research Conference: Light-Driven Reactions, Materials and Devices (招待講演)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 T. Koike
2. 発表標題 Design of Visible-Light Photoredox Systems for Metal-free Radical Fluoroalkylation
3. 学会等名 2019年 光化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 T. Koike
2. 発表標題 Visible-Light Photoredox Catalysis: New Strategies for Radical Reactions
3. 学会等名 第69回 錯体化学討論会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 谷口 諒・納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 高還元力を有する有機可視光レドックス触媒を用いたモノフルオロアルキルラジカル種の発生： -フルオロケトン類の新合成法
3. 学会等名 第42回 フッ素化学討論会
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 S. Tanaka, Y. Nakayama, Y. Konishi, T. Koike, M. Akita
2. 発表標題 Atom-Economical Sulfonyl-Fluoroalkylation of C-C Unsaturated Bonds by Ir Photoredox Catalysis
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress (ACC) and The 20th General Assembly of the Federation of Asian Chemical Societies (FACS) (国際学会)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 中山栄希・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 フォトレドックス触媒を用いたアルケン類からの α -ジフルオロメチルケトンのフロー合成と官能基変換
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 谷口諒・納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 高還元力を有する有機フォトレドックス触媒によるモノフルオロアルキルラジカル種の発生を経た α -フルオロケトン類の合成
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 田中聖也・中山栄希・小西勇介・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 フォトレドックス触媒を用いたアルケン類のスルホニトリフルオロメチル化反応
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 N. Noto, T. Koike, M. Akita
2. 発表標題 Visible light-triggered monofluoromethylation of alkenes by strongly reducing organic photoredox catalysis
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 有機光触媒を用いたアルケンのフルオロアルキル二官能基化反応
3. 学会等名 第41回 フッ素化学討論会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 中山栄希・安藤岳・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 フローシステムを活用したオレフィン類の光触媒的ケト-ジフルオロメチル化反応
3. 学会等名 第41回 フッ素化学討論会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 多環芳香環を基盤とする有機光触媒によるフルオロアルキル化反応
3. 学会等名 第122回 触媒討論会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 T. Koike
2. 発表標題 Design of Photoredox Systems for Catalytic Fluoromethylation of Alkenes
3. 学会等名 The 1st Sino-Japanese Symposium on Catalysis for Precision Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 T. Koike
2. 発表標題 Design of Photoredox Systems for Catalytic Fluoroalkylation of Alkenes
3. 学会等名 The 233rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 N. Noto・T. Koike・M. Akita
2. 発表標題 Study on Design and Mechanism of Metal-free Photocatalytic Fluoroalkylation of Olefins
3. 学会等名 Beilstein Organic Chemistry Symposium 2018: Photoredox Catalysis for Novel Organic Reactions Beilstein Organic Chemistry Symposium 2018: Photoredox Catalysis for Novel Organic Reactions (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 大地里佳・宮澤和己・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 フォトレドックス触媒によるアミジルラジカル種の発生を鍵とした芳香族直接アミド化反応
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 中山栄希・安藤岳・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 オレフィン類に対する光触媒的ケト-ジフルオロメチル化反応
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 Naoki Noto・Takashi Koike・Munetaka Akita
2. 発表標題 Metal-free Photocatalytic Fluoroalkylation of Olefins with Diarylaminoanthracene Catalysts
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 小池隆司
2. 発表標題 フォトレドックス触媒が拓く可視光駆動ラジカル官能基化
3. 学会等名 日本化学会 第98春季年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 ペリレンフォトレドックス触媒によるジフルオロメチル化反応
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 納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 新規ジフルオロメチル化試薬を用いた光触媒的メタルフリージフルオロメチル化反応の開発
3. 学会等名 第40回 フッ素化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮澤和己・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 フォトレドックス触媒による酸素中心ラジカル発生を鍵とした芳香族化合物の直接的なアロイルオキシ化反応
3. 学会等名 第120回 触媒討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuki Miyazawa, Takashi Koike, Munetaka Akita
2. 発表標題 Direct Aroyloxylation of Arenes with Aroyloxyipyridinium Salts by Photoredox Catalysis
3. 学会等名 8th Pacific Symposium on Radical Chemistry (PSRC-8)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Noto, Takashi Koike, Munetaka Akita
2. 発表標題 Metal-Free Radical Difluoromethylation of Aromatic Alkenes Mediated by Visible Light-Induced Perylene Photoredox Catalysis
3. 学会等名 8th Pacific Symposium on Radical Chemistry (PSRC-8)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小池隆司・宮澤和己・大地里佳・穂田宗隆
2. 発表標題 フォトレドックス触媒作用を基盤とした芳香族化合物の直接ヘテロ官能基化
3. 学会等名 第41回 有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 ペリレンを光触媒とするオレフィン類のフルオロメチル化反応
3. 学会等名 日本化学会 第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Koike
2. 発表標題 Fine Design of Photoredox Systems for Catalytic Fluoromethylation
3. 学会等名 日本化学会 第97春季年会 アジア国際シンポジウム(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Noto, Takashi Koike, Munetaka Akita
2. 発表標題 Diastereoselective Synthesis of Spiro Compounds Containing Fluoromethyl Group by Photoredox Catalysis
3. 学会等名 10th Workshop of Organic Chemistry for Junior Chemists (WOCJC10)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ren Tomita, Takashi Koike, Munetaka Akita
2. 発表標題 Stereoselective Synthesis of Tetrasubstituted CF ₃ -Alkenes via Photoredox-Catalyzed Sulfonyloxytrifluoromethylation of Internal Alkynes
3. 学会等名 The 11th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takashi Koike
2. 発表標題 Photoredox Catalysis: An Easy Access to Versatile Radical Functionalization
3. 学会等名 2016 Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science (PRiME 2016) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 納戸直木・小池隆司・穂田宗隆
2. 発表標題 フォトレドックス触媒を用いたフルオロメチル基含有スピロ化合物の合成
3. 学会等名 第118回触媒討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ren Tomita, Takashi Koike, Munetaka Akita
2. 発表標題 Photoredox-Catalyzed Carbonyloxy-Trifluoromethylation of Allenes Leading to 2-CF ₃ -Allyl Alcohol Derivatives
3. 学会等名 20th International Symposium on Homogeneous Catalysis (ISHCXX) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takashi Koike, Yusuke Yasu, Ren Tomita, Munetaka Akita
2. 発表標題 Fluoromethylative Difunctionalization of Olefins by Photoredox Catalysis
3. 学会等名 1st International Symposium on Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 多環芳香族炭化水素を光触媒とするフルオロメチル基含有化合物の製造方法	発明者 小池隆司、納戸直木、穠田宗隆	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-0028880,	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 高い還元力を有する芳香環光レドックス触媒	発明者 小池隆司・納戸直木・谷口諒・高橋慶悟・穠田宗隆	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-160380	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室HP http://www.res.titech.ac.jp/~smart/A_koike01.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
---------------------------	-----------------------	----