

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14212

研究課題名(和文) 新型配向基が実現する有機硫黄化合物の触媒的C(sp³)-H結合官能基化研究課題名(英文) C(sp³)-H functionalization of organosulfur compounds powered by novel directing group

研究代表者

野木 馨介 (Nogi, Keisuke)

京都大学・理学研究科・助教

研究者番号：60779148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：含窒素配向部位スルフィミドを配向基として利用することで、有機硫黄化合物のC(sp³)-H結合官能基化を目指し研究を行った。また同研究を行う過程において、スルフィミドと硫黄原子の酸化数が同じであるスルホキシドを配向基として利用することにより、芳香環のペリ位およびオルト位のC(sp²)-H結合をヨウ素化およびアルコキシ化できることを明らかにした。当初の研究目的とは異なるものの、著しい成果が得られたと言える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

炭素-水素(C-H)結合は有機化合物中に普遍的に存在し、それを事前修飾を必要とすることなく直接官能基化することができれば工程数や廃棄物の削減に繋がると期待される。本研究では硫黄を含む有機化合物のC-H結合官能基化を目指し、複数の新反応を開発した。有機硫黄化合物は入手も容易であり、また生成物中に残された硫黄部位はさらに変換することも可能であることから、有機合成化学にさらなる進展をもたらすと期待できる。

研究成果の概要(英文)：C(sp³)-H functionalization of organosulfur compounds by means of sulfimides bearing nitrogen-coordinating unit has been investigated. During the investigation, we found that sulfoxide directing group promotes C-H iodination and alkoxylation of aromatic compounds. Especially, the peri-C-H bonds of -extended aromatic compounds could be selectively converted to afford the corresponding multifunctionalized molecules.

研究分野：有機合成化学

キーワード：C-H官能基化

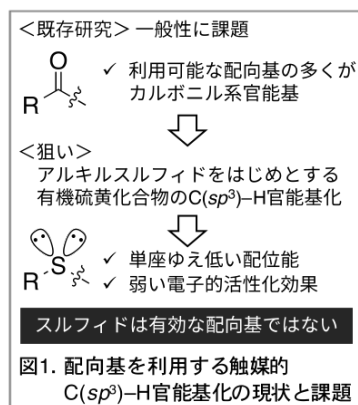
1. 研究開始当初の背景

炭素-ハロゲン結合をはじめとする高反応性化学結合に依拠する従来の有機合成に対し、原子効率やステップエコノミーの観点から、炭素-水素 (C-H) 結合の直接官能基化が有機合成化学における重要な課題として盛んに研究されている。

配向基を利用した遷移金属触媒によるC-H官能基化は、望みのC-H結合を位置選択的に変換できる強力な手法であり、芳香族化合物をはじめとするC(sp²)-H結合の触媒的官能基化が爆発的な勢いで開発されてきた。一方、より不活性なC(sp³)-H結合の官能基化は未だ難度の高い分子変換である。さらに利用可能な配向基の多くがカルボキシ基やアミド、イミンなどのカルボニル系官能基であるため一般性にも課題があり、発展途上の研究領域といえる。

アルキルスルフィドをはじめとする有機硫黄化合物のC(sp³)-H官能基化は、生体内物質や生物活性化合物としても重要な硫黄を含む化合物を、ありふれた原料から迅速に合成する有力な手法となり得る。有機硫黄化合物のC(sp³)-H官能基化法としてPummerer反応が広く知られるが、硫黄原子が置換した炭素上の酸化やハロゲン化のみに限定される。有機硫黄化合物のC(sp³)-H結合を、位置および導入元素を問わず触媒的に官能基化できる手法の開発が望まれている。

しかし遷移金属触媒とアルキルスルフィドを単に混合しただけではそのC(sp³)-H結合を官能基化することは困難である。なぜなら、スルフィド部位は単座ゆえ配位能が低く、さらにシグマ結合を介したC(sp³)-H結合に対する電子的活性化効果が弱いためである(図1)。有機硫黄化合物の触媒的C(sp³)-H官能基化を実現する新たな配向基の創出が、本研究領域を推進するための重要な課題として問われている。

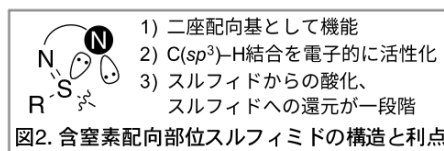


2. 研究の目的

前述の背景のもと我々は、分子内に窒素配位部位をもたせた「含窒素配向部位スルフィミド」が有効かつ有用な配向基として機能すると着想した。スルフィミドとは硫黄-窒素結合をもつスルホキンド類縁体であり、今回提案する含窒素配向部位スルフィミドは触媒的C(sp³)-H官能基化における配向基として三つの利点をもつと考えた。すなわち、

- 1) 硫黄部位と、導入した窒素配向部位が二座配向基として働き、触媒金属を誘引
- 2) 電子求引性官能基であり、シグマ結合を介してC(sp³)-H結合を電子的に活性化
- 3) スルフィドからの酸化、スルフィドへの還元がそれぞれ一段階で可能

本研究では、新たな配向基「含窒素配向部位スルフィミド」の設計・合成と、それを用いた有機硫黄化合物の触媒的C(sp³)-H官能基化の実現を目的とした。



3. 研究の方法

上記研究目的のもと、触媒的C(sp³)-H官能基化を可能にする、含窒素配向部位スルフィミドの設計・合成を行った。様々な窒素配向部位を有するスルフィミドを対応するスルフィドから酸化的に調製し、各種遷移金属触媒を用いたC(sp³)-H官能基化を検討することとした。スルフィミドの合成に際して、その安定性や電子求引性向上を図るため、連結鎖内にはスルホニル部位(-SO₂-)をはじめとする電子求引性部位を導入した。また遷移金属への配向基として有効な含窒素芳香環であるピリジル基やイミダゾリル基を有するスルフィミドを用いて検討を進めた。

初期のモデル反応として求電子的アリール化剤を用いたC(sp³)-Hアリール化やアルコキシ化を重点的に検討することとした。しかし酸化的な条件により配向基が分解する等の副反応が併発し、目的のC(sp³)-H官能基を実現することはできなかった。

一方研究の途上において、スルフィミドと硫黄原子の酸化数が同じであるスルホキンドを配向基として用いることで、芳香環の酸化的C(sp²)-H結合の官能基化が進行することが明らかになった。配向基としてスルフィドを用いた芳香環のC(sp²)-H結合官能基化は数多く報告されているものの、スルフィドは酸化剤により容易に酸化されてしまうことから酸化的なC(sp²)-H結合官能基化には適した配向基とは言えない。一方、スルホキンドは酸化に対する耐性と遷移金属に対する配向性を兼ね備えた配向基であり、酸化的なC(sp²)-H結合官能基化に適した配向基であった。さらにスルホキンドは金属触媒によるC(sp²)-H結合官能基化のみならず、プメラール反応による官能基化も促進することから、有機合成の幅を広げる非常に興味もたれる分子変換だと考えられた。そこでスルホキンドを配向基として用いた芳香環の酸化的C(sp²)-H結合検討も進めることとした。

4. 研究成果

(1) スルフィミドを配向基とした触媒的C(sp³)-H官能基化の探索

様々な窒素配向部位を有するスルフィミドを対応するスルフィドから調製し、触媒的C(sp³)-H官能基化を検討した。モデル反応としてパラジウム触媒及び求電子的アリール化剤を用いたC(sp³)-Hアリール化を重点的に検討した。しかし目的のアリール化体を得ることができなかった。そこでより反応が進行しやすいと予想されるC(sp³)-Hヨウ素化を検討したが、目的のヨウ素化体を得る条件を発見するには至らなかった。副反応として、求電子的ヨウ素化剤による酸化条件におけるスルフィミドの分解が問題であったため、より酸化力が低いと考えられる求電子的アルキル化剤等も検討したが目的物は得られなかった。いずれの反応においても原料が回収される、あるいは酸化的に配向基が分解してしまうという結果になってしまっている。前者についてはスルフィミドと窒素配向部位を連結するために使用したスルホニル部位の電子求引性により配向能が低下してしまったことが予想される。連結部位のさらなる検討が重要であるという知見が得られた。

(2) スルホキシドを配向基としたC(sp²)-H結合ヨウ素化の開発

上記(1)の研究を行う過程において、1-ナフチルスルホキシドを用いた場合にペリ位(8位)のC(sp²)-H結合が酸化的に官能基化されることを明らかにした。スルフィドを配向基として用いたC(sp²)-H結合官能基化はすでに報告されているものの、スルフィドは酸化剤により容易に酸化されてしまう。そのため酸化的なC(sp²)-H結合官能基化には適した配向基と言えない。一方、スルホキシドは遷移金属に対する配向性を持ちつつ、酸化に対する耐性を備えた配向基と言える。またオルト位でなくペリ位を選択的に官能基化できることも魅力的である。

パラジウム触媒共存下、メチル 1-ナフチルスルホキシドに対し*N*-ヨードスクシンイミド(NIS)を作用させることでペリ位C(sp²)-H結合がヨウ素化された生成物を得ることに成功した。触媒としてはトリフルオロ酢酸パラジウムが、溶媒としてはジクロロエタンが最も高い収率で目的物を与えた。フルオロ基やブロモ基、フェニル基等の置換基を有する1-ナフチルスルホキシドに対しても適用可能であり、対応する8位ヨウ素化生成物が得られた。興味深いことに、9-フェナントリルスルホキシドを用いた場合にも、一般に反応性が高いと考えられる10位でなくペリ位に相当する8位で選択的にヨウ素化が進行した。また多環芳香族化合物ではなくフェニルスルホキシドに対しても本反応は適用できた。すなわち、メチル フェニルスルホキシドに対して触媒量の酢酸パラジウムとNISを作用させることで、オルト位がヨウ素化された生成物が得られた。合成したペリ-、あるいはオルト-ヨウ素化生成物は遷移金属触媒存在下でそのC-I結合およびC-S結合をさらに変換可能であった。例えばパラジウム触媒存在下においてアリールボロン酸や末端アルキンを作用させることで、鈴木・宮浦クロスカップリングや菌頭カップリングによるアリール化やアルキニル化に成功した。またペリ位アリール化したナフチルスルホキシドに対して、ニッケル触媒存在下においてアリール亜鉛反応剤を作用させることで、非線形光学特性を有することが知られる非対称1,8-ジアリールナフタレンへ導くことができた。

また、量子化学計算に基づく反応機構探索を行った。その結果、興味深いことにC-H結合の切断段階においてはスルホキシド部位はパラジウムへ配位していないことが示唆された。一般に配向基を利用した官能基化ではその切断過程において触媒金属に対し配向基が配位しつづけていると考えられている。一方スルホキシドはルイス塩基性が他の配向基より低いことから、配位数の上昇する遷移状態においては解離し、そのエネルギーの低下に寄与していると考えられる。

(3) スルホキシドを配向基としたC(sp²)-H結合ヨウ素化の開発

上記C(sp²)-Hヨウ素化反応に続き、スルホキシドの酸化に対する耐性を活用した酸化的なC(sp²)-H官能基化の開発にさらに取り組んだ。その結果、ヨードベンゼンジアセタート(PhI(OAc)₂)を酸化剤として用いることでペリ位選択的なアルコキシ化が進行することを明らかにした。すなわち、メチル 1-ナフチルスルホキシドをピバル酸パラジウム触媒およびPhI(OAc)₂存在下、2,2,2-トリフルオロエタノール中100度で反応させることでペリ位にトリフルオロエトキシ基が導入された生成物が得られた。導入するアルコールとしては1,1,1,3,3,3-ヘキサフルオロ-2-プロパノールや2,2,2-トリクロロエタノールをはじめとするフッ素や塩素が置換した電子不足なアルコールが適しており、収率よく対応するペリ位アルコキシ化生成物を与えた。またメタノールや酢酸を用いた場合にも低収率ながらメトキシ基やアセトキシ基が導入された生成物が得られた。上記のC(sp²)-H結合ヨウ素化と同様に9-フェナントリルスルホキシドを用いた場合にも8位が選択的にアルコキシ化された。また電子供与性のメトキシ基が置換したフェニルスルホキシドを用いた場合にはオルト位のC-Hアルコキシ化が進行した。

合成したアルコキシ化生成物に残されたスルホキシド部位を活用することで、拡張Pummerer反応によりその芳香環C-H結合をさらに変換可能であった。例えば8位をアルコキシ化したナフチルスルホキシドに対し、トリフルオロメタンスルホン酸無水物を作用させることで4位のトリフリロキシ化が進行し、続くC-O結合に対するパラジウム触媒を用いた鈴木・宮浦クロスカップリングによりアリール基の導入に成功した。またアルコキシ基を導入したフェナントリ

ルスルホキシドに対し、トリフルオロ酢酸無水物共存下において2-ナフトールを作用させることにより、二つの芳香環間での脱水素型カップリングと続くC-O結合形成を伴う環化により、 π 拡張したフラン化合物を得ることに成功した。スルホキシド部位が触媒的なC-H結合官能基化のみならず、拡張Pummerer反応に基づくC-H結合官能基化にも利用できることを活かした分子変換だと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fukazawa Mizuki, Takahashi Fumiya, Nogi Keisuke, Sasamori Takahiro, Yorimitsu Hideki	4. 巻 22
2. 論文標題 Reductive Difunctionalization of Aryl Alkenes with Sodium Metal and Reduction-Resistant Alkoxy-Substituted Electrophiles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2303 ~ 2307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c00490	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 Yanagi Tomoyuki, Somerville Rosie J., Nogi Keisuke, Martin Ruben, Yorimitsu Hideki	4. 巻 10
2. 論文標題 Ni-Catalyzed Carboxylation of C(sp ²)-S Bonds with CO ₂ : Evidence for the Multifaceted Role of Zn	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 2117 ~ 2123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.9b05141	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 Yanagi Tomoyuki, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 31
2. 論文標題 Sulfoxide-Directed Iterative Assembly into Oligoarenes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 153 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611767	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 Yanagi Tomoyuki, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 26
2. 論文標題 Construction of Biaryls from Aryl Sulfoxides and Anilines by Means of a Sigmatropic Rearrangement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 783 ~ 787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201903570	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 Fukuda Jun-ichi, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Cross-Coupling of Aryl Trifluoromethyl Sulfones with Arylboronates by Cooperative Palladium/Rhodium Catalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8987 ~ 8991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b03393	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 Uno Daisuke, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Arylthiolation of Alkynes Enabled by Surmounting Competitive Dimerization of Alkynes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 8295 ~ 8299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b03056	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 Takahashi Fumiya, Nogi Keisuke, Sasamori Takahiro, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Diborative Reduction of Alkynes to 1,2-Diboryl-1,2-Dimetallalkanes: Its Application for the Synthesis of Diverse 1,2-Bis(boronate)s	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4739 ~ 4744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01622	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 Minami Hiroko, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Alkoxyacylation of Arylsulfoniums	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2518 ~ 2522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00067	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 Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Insertion of Isocyanides into the C-S Bonds of Heteroaryl Sulfides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6653 ~ 6657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201802369	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 Uno Daisuke, Minami Hiroko, Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 13
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed Mizoroki-Heck-Type Alkenylation of Monoaryldialkylsulfoniums	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2397 ~ 2400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201800489	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 Saito Hayate, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Copper-Catalyzed Ring-Opening Silylation of Benzofurans with Disilane	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 11030 ~ 11034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201806237	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 Fukuda Jun-ichi, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 7
2. 論文標題 Cobalt-Catalyzed Reduction of Aryl Sulfones to Arenes by Means of Alkylmagnesium Reagents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2049 ~ 2052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800473	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 Okamoto Koichi, Hori Mitsuki, Yanagi Tomoyuki, Murakami Kei, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 57
2. 論文標題 Sigmatropic Dearomatization/Defluorination Strategy for C-F Transformation: Synthesis of Fluorinated Benzofurans from Polyfluorophenols	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14230 ~ 14234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201809035	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 Takahashi Fumiya, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 20
2. 論文標題 Intramolecular Desulfinitative Coupling: Nickel-Catalyzed Transformation of Diaryl Sulfones into Biaryls via Extrusion of SO ₂	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6601 ~ 6605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b02972	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 Hori Mitsuki, Yanagi Tomoyuki, Murakami Kei, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 92
2. 論文標題 Annulative Synthesis of Benzofurans from General Alkenyl Sulfoxides and Phenols via Pummerer/Sigmatropic Cascade	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 302 ~ 311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20180321	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 Otsuka Shinya, Nogi Keisuke, Rovis Tomislav, Yorimitsu Hideki	4. 巻 14
2. 論文標題 Photoredox-Catalyzed Alkenylation of Benzyliulfonium Salts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 532 ~ 536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801732	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 Yanagi Tomoyuki, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 59
2. 論文標題 Recent development of ortho-C-H functionalization of aryl sulfoxides through [3,3] sigmatropic rearrangement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 2951 ~ 2959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2018.06.055	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 Sato Tomohiko, Nogi Keisuke, Yorimitsu Hideki	4. 巻 12
2. 論文標題 Palladium Catalyzed peri Selective C-H Fluoroalkoxylation of Aryl Sulfoxides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 3467 ~ 3471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.202000485	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 Saito Hayate, Yamamoto Keita, Sumiya Yosuke, Liu Ling Jun, Nogi Keisuke, Maeda Satoshi, Yorimitsu Hideki	4. 巻 15
2. 論文標題 Palladium Catalyzed C-H Iodination of Arenes by Means of Sulfinyl Directing Groups	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2442 ~ 2446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000591	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28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Keisuke Nogi, Keita Yamamoto, Ling-Jun Liu, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Methylsulfonyl group: multipotent directing group for palladium-catalyzed C-H iodination of arenes
3. 学会等名 The 47th Naito Conference on C-C Bond Activation and Transformation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田陽、岡本浩一、柳智征、野木馨介、依光英樹
2. 発表標題 アリールスルホキシドとアニリン誘導体を用いた[3,3]シグマトロピー転位によるピアリール合成
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤友彦・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたアリールスルホキシドのC-Hアルコキシ化
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤友彦・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたアリールスルホキシドのC-Hアルコキシ化
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳智征・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 アリールスルホキシドとフェノールの脱水素カップリング反応に関する機構解析
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田陽、岡本浩一、柳智征、野木馨介、依光英樹
2. 発表標題 アリールスルホキシドとアニリン誘導体を用いた[3,3]シグマトロピー転位によるピアリール合成
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayate Saito, Jun Shimokawa, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Seven-membered Dialkoxysilyl Group Activatable under Specific Conditions
3. 学会等名 Nanyang Research Conference on Synthetic Chemistry and Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳智征・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 アリールスルホキシドとフェノールの脱水素カップリング反応に関する機構解析
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木下純・吉田陽・岡本浩一・柳智征・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 [3,3] シグマトロピー転位を利用したケテンジチオアセタールモノオキシドとN-スルホニルアニリンからのインドール合成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇野大介・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたヘテロアリアルスルフィドの炭素 硫黄結合へのアルキン挿入
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳智征・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 ニッケル触媒による二酸化炭素を用いたアリアルスルホニウムのカルボキシル化
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Otsuka, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Synthesis of Thioesters through Palladium-Catalyzed Insertion of Isocyanides into Heteroaryl Sulfides
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (MACOS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-ichi Fukuda, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Cobalt-Catalyzed Reduction of Aryl Sulfones to Arenes by Means of Alkylmagnesium Reagents
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (MACOS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroko Minami, Shinya Otsuka, Keisuke Nogi Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Pd-Catalyzed Borylation of Arylsulfonium Salts with Diborons
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (MACOS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayate Saito, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Ring-opening Silylation of Benzofurans with a Disilane
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (MACOS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fumiya Takahashi, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Nickel-Catalyzed Desulfonylative Transformation of Diaryl Sulfones into Biaryls
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (MACOS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Uno, Hiroko Minami, Shinya Otsuka, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Palladium-Catalyzed Mizoroki-Heck-Type Alkenylation of Monoaryldialkylsulfoniums
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (MACOS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋郁也・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いた脱亜硫酸を伴うジアリールスルホンのピアリールへの変換
3. 学会等名 第7回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇野大介・南裕子・大塚慎也・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたアリールスルホニウムの溝呂木・ヘック反応
3. 学会等名 第7回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋郁也・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いた脱亜硫酸を伴うジアリールスルホンのピアリールへの変換
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇野大介・南裕子・大塚慎也・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いたアリールスルホニウムの溝呂木・ヘック反応
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤颯・野木馨介・依光英樹
2. 発表標題 ジシランを用いた銅触媒によるベンゾフラン類の開環シリル化反応
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayate Saito, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Ring-opening Silylation of Benzofurans with a Disilane
3. 学会等名 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fumiya Takahashi, Keisuke Nogi, and Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Nickel-Catalyzed Desulfonylative Transformation of Diaryl Sulfones into Biaryls
3. 学会等名 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Uno, Hiroko Minami, Shinya Otsuka, Keisuke Nogi, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Palladium-Catalyzed Mizoroki-Heck Reaction of Arylsulfoniums
3. 学会等名 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Nogi, Keita Yamamoto, Ling-Jun Liu, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Methylsulfinyl Group: Multipotent Directing Group for Palladium-Catalyzed C-H Iodination of Arenes
3. 学会等名 28th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur (ISOCS-28) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Nogi, Keita Yamamoto, Ling-Jun Liu, Hideki Yorimitsu
2. 発表標題 Methylsulfinyl Group: Modifiable Directing Group for Palladium-Catalyzed C-H Iodination of Arenes
3. 学会等名 4th International Symposium on C_H Activation (ISCHA-3) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野木馨介・山本啓太・大塚慎也・依光英樹
2. 発表標題 変換可能なスルフィニル配向基を利用した アリールスルホキシドの触媒的C-Hヨウ素化
3. 学会等名 第113回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2018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
---------	---------