

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06478

研究課題名(和文) 気体分子等価体を用いる創薬に資する新規触媒的有機合成反応の開発

研究課題名(英文) Development of Novel Catalytic Organic Reactions Using Gaseous Molecule Surrogates for Drug Discovery

研究代表者

小西 英之 (Konishi, Hideyuki)

静岡県立大学・薬学部・准教授

研究者番号：20565618

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)：化学反応や物理刺激により一酸化炭素(CO)や二酸化硫黄(SO₂)等を生成できる気体分子等価体を用いて、創薬研究における迅速な誘導体化に適用可能な新規触媒的有機合成反応の開発を行った。ギ酸フェニルをCO等価体として用いる開放系カルボニル化反応の開発では、反応開始時に塩基とギ酸フェニルの付加体の可逆的な形成が速やかに起こり、CO生成過程の減速および反応全体における律速段階化に寄与することを見出した。一方、ヨードアレーンとSO₂等価体を用いて対称および非対称スルフィドの新規合成反応の開発を行った。本反応はSO₂等価体を用いて原子価数が2の硫黄原子導入を実現する初の一般的スルフィド合成法である。

研究成果の学術的意義や社会的意義
取扱困難であるがゆえに使用が躊躇されることの多い気体状の化学物質に代わり、これらを化学反応や物理刺激により生成できる取扱容易な固体の「気体分子等価体」と呼ばれる化学物質を用いて、安全性と実用性に優れた新しい化学変換反応の開発を行った。安価で容易に入手可能な気体分子等価体を用いて得られた研究成果は、気体状化合物の新たな反応性の開拓および合成的用途の拡大を実現するものであり、開発した化学反応は有機合成化学において今後さらなる利用が期待される。

研究成果の概要(英文)：We have developed novel catalytic organic reactions applicable to rapid derivatization in drug discovery research using gaseous molecule surrogates that can generate carbon monoxide (CO) and sulfur dioxide (SO₂) upon chemical reaction or physical stimulation. In the development of open-air carbonylation reactions using phenyl formate as a CO surrogate, we found that the reversible adduct formation of a base and phenyl formate occurs quickly at the onset of the reaction, contributing to the slowdown of the CO formation process and making the process the rate-determining step in the overall reaction. On the other hand, we have developed a metal-catalyzed formation of symmetrical and unsymmetrical sulfides using iodoarenes and SO₂ surrogates. This reaction is the first general synthetic method of sulfides using SO₂ surrogates to introduce divalent sulfur atoms.

研究分野：有機合成化学、医薬化学

キーワード：気体 分子 等価体 一酸化炭素 二酸化硫黄 カルボニル化 スルフィド

1. 研究開始当初の背景

一酸化炭素 (CO) や二酸化硫黄 (SO₂) などの気体状化合物は、安価で入手容易な化学原料である。しかし、有機合成化学におけるそれらの利用は、化合物が持つ高い毒性や取扱困難な物性、反応実施時における安全性の観点から大幅に制限されていた。このような状況のもとで、化学反応や物理刺激などにより気体分子を生成することができ、液体または固体で取扱容易な化合物群である「気体分子等価体」の開発や利用に関する研究が注目を集めている。気体分子等価体を用いる有機合成は反応制御が容易である、特殊な技術および設備が不要であるなどの利点を有しており、化学原料としての気体状化合物の有機合成化学におけるさらなる利用促進が期待されている。

筆者らは過去に、ギ酸フェニルや *N*-ホルミルサッカリンなどのギ酸誘導体が CO 等価体として機能することを見出し、これらを用いるカルボニル化を伴う種々の新規有機合成化学反応を報告してきた (引用文献 1)。2012 年から 2013 年にかけて筆者らが独自に開発した CO 等価体は、室温における弱塩基との反応という非常に温和な条件で CO を生成できる点で画期的であった (引用文献 2)。また、2017 年には既知の SO₂ 等価体であるピロ亜硫酸カリウムを用いて、環状のスルホンアミドとスルフィンアミドを選択的に作り分ける手法を、2019 年にはスルホンの合成法を報告し、SO₂ 等価体由来の SO₂ が異なる原子価の硫黄原子の導入に利用できることを見出していた (引用文献 3)。これらの成果は、気体分子等価体を用いることで、新規合成ルートの開拓や既存の合成法の改善、環境負荷の低減などが可能であることを示唆するものであった。

筆者は気体分子等価体を用いる新反応開発や反応機構解明の研究を通じて、気体分子等価体の秤量により反応に関与する気体分子の「当量の厳密化」の概念を適用できる利点に加え、反応条件により気体状化合物の生成量と生成速度を自在に制御できるという重要な知見を得た。そこで、気体分子等価体の化学のさらなる知見の蓄積および深化により、これまでは使用を躊躇されてきた気体状化合物の新たな反応性の発見や合成的有用性の開拓が可能であること、そして気体分子等価体について得られた一連の研究結果が迅速かつ幅広い誘導体合成を必要とする創薬研究の加速に貢献しうるのではないかと考えた。実際に、筆者らの開発した CO 等価体のうち 2 種は、2014 年より市販が開始され、誰でも気軽に利用できる状況となった。それに伴い、フロー合成や天然物の全合成など、有機合成化学における使用例も増えている (引用文献 4)。また、ピロ亜硫酸カリウムは食品添加物として広く利用されており、安全性が高く非常に安価な SO₂ 等価体である。これらの十分に実用的で簡便に利用できる気体分子等価体の開発やそれらの利用環境の整備がなされたことから、等価体由来の気体分子の新たな反応性の探索を基盤とし、到達可能な化合物空間の拡大に貢献できる新規有機合成反応の開発という基礎研究とともに、多様な誘導体合成が求められる創薬研究での利用を志向した実用性の高い分子変換手法の開発という応用研究が必要であるとの考えに至った。

2. 研究の目的

本研究は、取扱容易な気体分子等価体から化学反応や物理刺激により生じる気体分子を「存在量の時間制御が可能な単純構造の合成素子」として活用し、安全かつ簡便で創薬等への応用可能性の高い新規触媒的有機合成手法の開発を目的とする。既知または独自の気体分子等価体を用い、開放系カルボニル化や非対称ケトン合成、異なる原子価数を有する硫黄原子の選択的導入を実現する新反応の開発を行い、高い安全性と実用性を併せ持つ気体分子等価体の化学の発展および到達可能な化合物空間の拡張を行う。

3. 研究の方法

筆者は以下の 3 つの課題を解決することで本研究の達成を目指してきた。

- (1) CO 等価体を用いる開放系カルボニル化反応の開発
- (2) CO 等価体を用いる非対称ケトンの新規触媒的合成法の開発
- (3) SO₂ 等価体を用いる酸化段階の制御を伴う硫黄原子新規導入法の開発

以上の項目について、実験化学的手法を用いて反応条件の最適化および基質一般性の検討を行った。また、反応機構に関する知見を得るため、種々の対照実験を行うとともに、遷移状態や反応経路に関する DFT 計算を行い、計算化学的手法を相補的に用いて研究を行った。各項目の研究の過程で直面した課題や問題点については、適宜実験条件の再検討や新たな実験の立案を行うことで解決を図った。

4. 研究成果

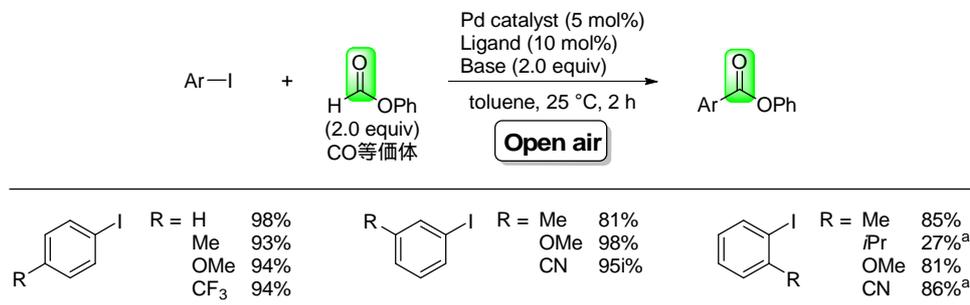
(1) CO 等価体を用いる開放系カルボニル化反応の開発

CO 等価体の CO 生成速度を制御しつつ、ヨードアレーンの Pd 触媒的カルボニル化反応が開放系でも進行する条件は本研究課題開始まですでに確立していた。そこで、この開放系カルボニル化反応の基質適用範囲の拡大と反応機構に関する検討を行った。

基質一般性の検討の結果、本反応は様々な基質に対して適用可能であったが、オルト位に置換基を有する一部のヨードアレンは低収率でしか目的物を与えなかった。本反応は CO 等価体と塩基の反応による CO 生成段階と、Pd 触媒的なカルボニル化段階の独立した 2 過程からなると考えられる。オルト位に置換基を有する基質は反応点近傍がかさ高いため、おそらくカルボニル化段階の速度が CO 生成速度よりも遅くなってしまい、生成した CO が反応系外に移行したことで収率が低下したと考えられる。そこで、特に反応性の低い基質に対してこれらの 2 つの過程の速度の逆転を目指してさらなる検討を行ったところ、濃度の増加やより強い塩基の使用による CO 生成速度の向上よりも、触媒量の増量によるカルボニル化段階の加速が効果的であり、目的物が収率よく得られるようになった(図 1)。この結果は、CO 等価体を用いる開放系カルボニル化反応において、CO 生成速度とカルボニル化速度のバランスを制御することが重要であることを示すものである。

一方、反応機構に関する検討を行ったところ、反応開始時に CO 等価体であるギ酸フェニルが塩基と付加体を可逆的かつ速やかに形成し、これが反応系中のギ酸フェニルの濃度低下を起こして CO 生成速度の減速に寄与していることを見出した。したがって、当初想定していた反応機構のうち、CO 生成反応が本反応における律速段階となること、開放系カルボニル化反応が円滑に進行する必要条件であることを確認した。また、共同研究者による反応経路自動探索法を用いた計算化学的検討により、ギ酸フェニルと塩基の反応経路を網羅的に探索したところ、実際に付加体を形成しうる結果を得たが、その構造は NMR を用いて実験的に推定した構造とは異なっていた。なお、この付加体は室温で不安定であり、反応開始後 30 分後にはほぼ消失していたことから、現時点で構造は未確定である。今後、重水素標識化合物を用いる検討や、低温における NMR 測定等の手法により、ギ酸フェニルと塩基の付加体の構造を確定する予定である。

本反応は「気体分子が関与する反応の実施に閉鎖系が必要」という常識を覆すとともに、有機合成反応における気体分子の生成量の時間的制御の重要性を確認する点で学術的な意義が大きいと言える。



^a Pd catalyst (10 mol%) and Ligand (20 mol%) were used. Reaction time was 24 h.

図 1 開放系カルボニル化反応における基質一般性の検討

(2) CO 等価体を用いる非対称ケトンの新規触媒的合成法の開発

これまでに、Ni 触媒を用いる 2 種の求電子剤のラジカル関与型還元的クロスカップリング反応の報告例(引用文献 5)を参考に、CO 等価体存在下で同様の反応による非対称ケトン合成の検討を行っていたが、収率と再現性の低さに課題を残していた。その原因として、常に過剰量の強力な金属還元剤が共存することで望まない反応が併発していることが原因と考えられた。そこで本研究期間では、光励起を行うことで一時的な酸化還元剤として機能する光触媒を用いる手法を検討した。種々の光触媒や Ni 触媒の検討を重点的に行ったが、目的の非対称ケトンの収率は低いままであった。一方、光触媒を用いることなく、基質に光励起能を持たせて光照射により活性化し、ラジカル種を効率よく生成する手法が知られている(引用文献 6)。そこで、光触媒の使用に代わり、ラジカル前駆体として光励起可能な官能基を持つ基質を用いて本反応の検討を行った。光励起可能であると報告例のある官能基を持つ基質を調製し、これらをアルキルラジカル供与体とする非対称ケトン合成反応について検討を行ったところ、収率は 40%程度と未だ低いものの、再現性良く目的物が得られるようになった(図 2)。本反応の詳細な反応機構については未解明な部分もあるが、光照射によりアルキルラジカル供与体から生じたもう一方のラジカルが系中で生じる Ni(I)種を還元する高い還元能を持ち、触媒回転していると考えられる。本反応で生じる生成物を精査した際に、アルキルラジカル供与体由来の官能基が 2 つ導入された対称ケトンが多く生じていたことから、CO 等価体由来の CO 生成速度は十分に速く、ハロゲン化アリアルルの酸化的付加により生じると想定している 2 価 Ni 種の生成がアルキルラジカル生成より遅いことが考えられる。今後は 2 価 Ni 種の生成速度の向上またはアルキルラジカル生成速度の低下について検討を行い、収率よく非対称ケトンが得られる反応条件の確立を行う予定である。

本反応の開発は、CO 等価体由来の CO を用いる三成分還元的カップリング反応による非対称ケトンの新規合成法の可能性を示すものであり、従来法で必須であった還元剤や光触媒が不要である利点を有する。今後、さらなる条件検討により収率の向上が達成されれば、カルボニル基を含む医薬品候補化合物の迅速合成など、創薬研究への応用が期待できる。

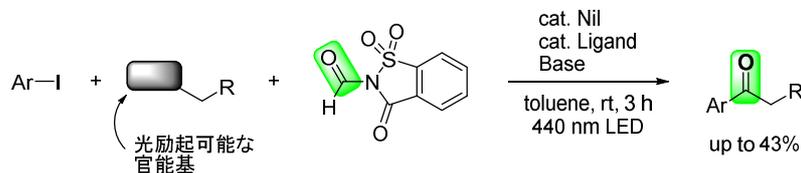


図 2 CO 等価体と光励起能を持つ基質を用いる非対称ケトン合成

(3) SO₂ 等価体を用いる酸化段階の制御を伴う硫黄原子新規導入法の開発

本研究課題開始時に、ヨードアレンとピロ亜硫酸カリウム (K₂S₂O₅) を Pd 触媒存在下で反応させたところ、対称スルフィドが得られることを見出し、本反応の条件最適化を行った。その結果、配位子としてトリターシャリーブチルホスフィンを用い、高濃度条件下で反応を行うことで目的の対称スルフィドが高収率で得られることを見出した (図 3(a))。本反応の基質一般生は幅広く、ヘテロ環を有する基質やオルト位二置換のかさ高い基質からも目的物が得られた。本反応の反応機構に関する知見を得るためにいくつかの対照実験を行った。これらの結果より、本反応はスルホキシドやスルホンが還元されるのではなく、系中で生じたアリールスルホニルパラジウム種が還元されてパラジウムチオラート種が生成し、これが Pd 触媒に対する基質の酸化的付加で生じた 2 価パラジウム種とトランスメタル化することで進行していると考えられる (図 3(b))。

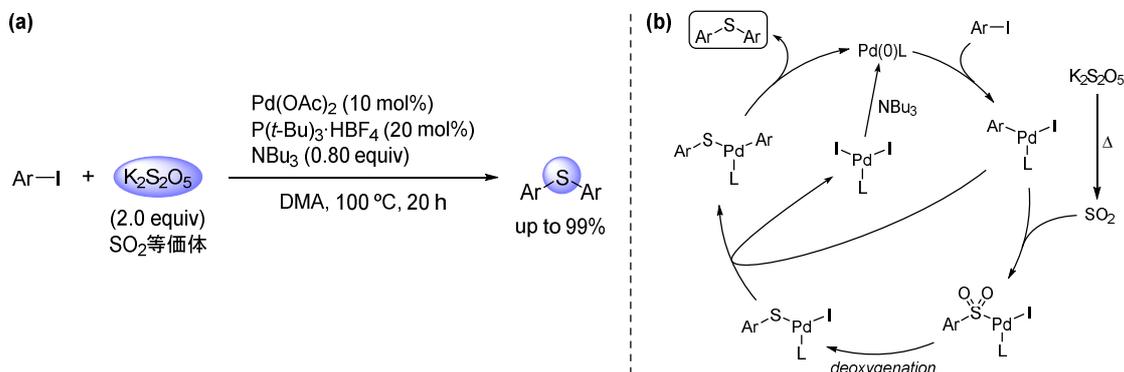


図 3 (a) SO₂ 等価体を用いる Pd 触媒的対称スルフィド合成、(b) 想定される反応機構

上記反応において、硫黄原子がどのような過程を経て還元されるのか、その機構は不明であった。また、本反応は対称スルフィドを合成するには簡便で効率的な手法であるが、非対称スルフィドの生成は難しい。そこで、反応系中で生じると考えられるパラジウムチオラート種と速やかにトランスメタル化できる有機金属試薬を添加することで、対応する非対称スルフィドが得られるのではないかと想定し、さらなる検討を行った。有機金属試薬としてポロン酸を用いたところ、目的の非対称スルフィドは少量得られるものの、SO₂ が導入されない直接カップリング反応 (鈴木-宮浦カップリング反応に相当する) や、ヨードアレン由来の対称スルフィドが副生する結果となった。そこで、金属触媒の検討を行ったところ、副生成物の生成を抑制しつつ、目的物が高収率で得られるようになった。種々の条件検討の結果、ヨードアレンとポロン酸、SO₂ 等価体の三成分カップリング反応が進行し、多様な非対称スルフィドを簡便に合成できるようになった。反応機構に関する解析を実験的手法により行ったところ、当初想定していた反応経路ではなく、ポロン酸からスルフィン酸塩およびジスルフィドを経由して本反応が進行する知見を得た。特に硫黄原子上から脱酸素化が進行する経路は新規の反応機構であると考えられたため、この過程については計算化学的手法による DFT 計算を行い、反応経路が妥当であるとの計算結果を得ることができた。

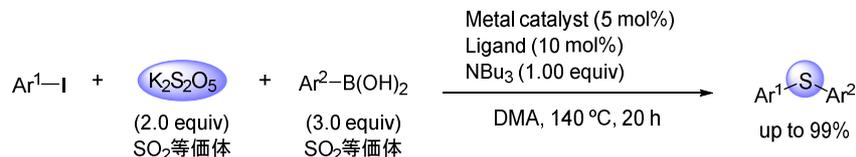


図 4 ヨードアレン、SO₂ 等価体、ポロン酸を用いる非対称スルフィド合成

本研究で開発した一連の対称および非対称のスルフィド合成法は、硫黄原子源として非常に安価な SO₂ 等価体であるピロ亜硫酸カリウムを用いるため、従来法で必須であったチオールやジスルフィドなどの悪臭や安定性に問題のある硫黄原子含有化合物の使用を回避できる革新的な合成法であると言える。また、SO₂ 等価体由来の SO₂ を用いて、原子価数が 2 の硫黄原子の導入を実現することで、SO₂ 等価体の合成的用途の拡大を行うことができ、その有用性を高める

ことができた。さらに、これらのスルフィド合成ではグラムスケールで反応を実施しても収率を損なうことなく目的物が得られることから、さらなるスケールアップの可能性を有していると考えられる。本合成法は、有機合成化学における含硫黄化合物の新規合成ルートを提供するものであり、医薬品や機能性材料の合成への応用が期待される。

以上述べた本研究の成果は、気体分子等価体由来する気体状化合物の新たな反応性の開拓や、反応条件の調節により存在量の時間制御がなされた気体分子を用いて官能基を選択的に導入する新規有機合成反応の開発を実現するものである。さらに、創薬や有機合成化学における気体分子等価体の利用を加速し、あらゆる分野の合成化学者に即戦力となる新規合成手法や応用的利用法を提示する潜在性を有すると考えられ、社会に大きな波及効果を与えると期待される。一方で、本研究で見出した各反応については、未だ改善の余地が残されている。例えば、非対称ケトン合成における収率の向上や、スルフィド合成におけるより安価なハロゲン化アリールおよびハロゲン化アルキルの適用、などが挙げられる。今後は、これらの課題の解決に向けて研究を継続するとともに、本研究で得られた知見をもとに、新たな気体分子等価体の開発や、それらを用いる革新的な分子変換反応の開発を目指して研究を展開していく予定である。

<引用文献>

1. 筆者らの研究成果をまとめた総説: Konishi, H. *Chem. Pharm. Bull.* **2018**, *66*, 1–19.
2. (a) Ueda, T.; Konishi, H.; Manabe, K. *Org. Lett.* **2012**, *14*, 3100–3103. (b) Ueda, T.; Konishi, H.; Manabe, K. *Org. Lett.* **2012**, *14*, 5370–5373. (c) Ueda, T.; Konishi, H.; Manabe, K. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, *52*, 8611–8615.
3. (a) Konishi, H.; Tanaka, H.; Manabe, K. *Org. Lett.* **2017**, *19*, 1578–1581. (b) Tanaka, H.; Konishi, H.; Manabe, K. *Chem. Lett.* **2019**, *48*, 760–763.
4. (a) フロー合成の例: Alonso, N.; de Muñoz, J. M.; Egle, B.; Vrijdag, J. L.; De Borggraeve, W. M.; de la Hoz, A.; Díaz-Ortiz, A.; Alcázar, J. *J. Flow Chem.* **2014**, *4*, 105–109. (b) 天然物の全合成の例: Nakayama, A.; Sato, H.; Karanjit, S.; Hayashi, N.; Oda, M.; Namba, K. *Eur. J. Org. Chem.* **2018**, 4013–4017.
5. Knappke, C. E. I.; Grupe, S.; Gärtner, D.; Corpet, M.; Gosmini, C.; Jacobi von Wangelin, A. *Chem. Eur. J.* **2014**, *20*, 6828–6842.
6. Lima, C. G. S.; de M. Lima, T.; Duarte, M.; Jurberg, I. D.; Paixão, M. W. *ACS Catal.* **2016**, *6*, 1389–1407.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hideyuki Konishi, Ririka Fujita, Miyuki Yamaguchi, Kei Manabe	4. 巻 24
2. 論文標題 Synthesis of Symmetrical Sulfides Enabled by a Sulfur Dioxide Surrogate Acting as a Divalent Sulfur Source	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3663-3667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c01284	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 Miyuki Yamaguchi, Sakiko Fujiwara, Yukiko Mori, Hideyuki Konishi, Kei Manabe	4. 巻 123
2. 論文標題 Synthesis of Multisubstituted Pyrroles by Ligand-Controlled Site-Selective Arylation and Their Transformation into Multiarylated Pyrrolines and Pyrrolidines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 132962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2022.132962	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 小西英之	4. 巻 80
2. 論文標題 気体分子等価体を用いる触媒的有機合成反応の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 有機合成化学協会誌	6. 最初と最後の頁 911-921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaisi.80.911	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 Keisuke Kinoshita, Miyuki Yamaguchi, Hirohisa Sasou, Hideyuki Konishi, Kei Manabe	4. 巻 71
2. 論文標題 Palladium-Catalyzed C-H Arylation of [1,1'-Biphenyl]-2-ols with Chloroarenes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical and Pharmaceutical Bulletin	6. 最初と最後の頁 175-182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/cpb.c22-00809	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 Miyuki Yamaguchi, Ryoya Hagiwara, Hana Muto, Kanami Gayama, Hideyuki Konishi, Kei Manabe	4. 巻 25
2. 論文標題 Pyrroloindoline/Pyridoindoline Synthesis via C3-Dearylative Arylation/Cyclization of Tryptamine/Homotryptamine Derivatives Using Palladium - Dihydroxyterphenylphosphine Catalyst	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4913-4917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.3c01711	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12件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 青木耀平、小西英之、眞鍋敬
2. 発表標題 二酸化硫黄等価体を用いる非対称スルフィド新規合成法の開発
3. 学会等名 第68回日本薬学会東海支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideyuki Konishi
2. 発表標題 Introduction of Sulfur Functional Groups with Various Valence States
3. 学会等名 The 22nd Tateshina Conference on Organic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小西英之
2. 発表標題 開放系カルボニル化反応
3. 学会等名 第1回天然物若手勉強会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原田隼輔、小西英之、長田裕也、眞鍋敬
2. 発表標題 開放系カルボニル化反応の速度に影響する因子
3. 学会等名 日本薬学会第143年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田璃々香、小西英之、眞鍋敬
2. 発表標題 二酸化硫黄等価体を用いる対称ジアリールスルフィド新規合成法の開発
3. 学会等名 第67回日本薬学会東海支部総会・大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有賀紫乃、小西英之、眞鍋敬
2. 発表標題 CO挿入を伴う還元的カップリングによる非対称ケトン新規合成法の開発
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 横山翔太、小西英之、眞鍋敬
2. 発表標題 空気下での脱水素型カップリング反応による含窒素複素環化合物合成法の開発
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 原田隼輔、小西英之、長田裕也、眞鍋敬
2. 発表標題 開放系カルボニル化反応における反応機構の速度論的解析
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小西英之
2. 発表標題 二酸化硫黄等価体を用いるスルフィド合成
3. 学会等名 第54回中部化学関係学協会支部連合秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村聡汰、小西英之、山口深雪、眞鍋敬
2. 発表標題 二酸化硫黄等価体とプロモアレーンを用いるスルフィド合成法の開発
3. 学会等名 第54回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小西英之
2. 発表標題 二酸化硫黄等価体を用いる非対称スルフィド新規合成反応の開発
3. 学会等名 第2回有機合成を基盤とした自由な天然物若手勉強会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中村聡汰、小西英之、山口深雪、眞鍋敬
2. 発表標題 二酸化硫黄等価体とプロモアレーンを用いる対称スルフィド合成法の開発
3. 学会等名 日本薬学会第144年会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>静岡県立大学薬学部 医薬品化学分野・薬化学講座 ホームページ https://w3pharm.u-shizuoka-ken.ac.jp/yakka/ 静岡県立大学薬学部 医薬品化学分野・薬化学講座 発表論文 https://w3pharm.u-shizuoka-ken.ac.jp/yakka/paper.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

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
---------	---------