

令和元年5月30日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05695

研究課題名(和文)電気化学的に発生させた有機金属種を用いる選択的カップリング反応の開発

研究課題名(英文) Development of Selective Coupling Reactions Using Electrochemically Generated Organometallics

研究代表者

光藤 耕一 (Mitsudo, Koichi)

岡山大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号：40379714

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：アルキニルボロン酸と末端アルキンとを用いる電気化学的なクロスカップリング反応によるジイン合成系を開発した。物質収支の向上と収率の改善が今後の検討課題である。本研究において様々な電気化学的クロスカップリング反応を精査する中で、電気化学的なS-H/C-H結合切断型の分子内クロスカップリング反応を見いだすことに成功した。本反応は臭化テトラブチルアンモニウムを添加することで、劇的に反応選択性が変化し、目的とする反応が進行する。従来の化学的手法では困難な分子変換反応であり、有機電解反応の特徴を活かした分子変換反応である。基質適用範囲の一般性は極めて広く、多様な誘導体を高収率で得ることに成功している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

目的とする分子を無駄なく効率的に合成する手法として、クロスカップリング反応は学術的にも工業的にも非常に重要である。本研究はその新しいアプローチとして、有機電気化学を組み込んだ新しい領域における研究であり、学術的な特色であり、独創的な反応系である。電気化学的に発生させた活性種は高い触媒活性と特殊な反応性を有する。これを用いることで従来は難しかった反応が進行し、合成困難だった新規分子群の選択的構築が可能となった。今回ターゲットとした拡張電子系分子は発光材料や半導体材料への応用が期待できるので、材料科学の観点から見ても学術的・社会的に意義ある研究である。

研究成果の概要(英文)：We have developed an electrochemical cross-coupling reaction between alkynylboronic acids and terminal alkynes for the synthesis of diynes. The next challenges are the improvement of the material balance and the improvement of the yields. During the course of the study, we successfully developed an intramolecular electrochemical cross-coupling reactions via S-H / C-H bond cleavage. The addition of tetrabutylammonium bromide dramatically changed the reaction selectivity, and the target reaction proceeded efficiently. The transformation, which can be realized by the electrochemical technique, is difficult by conventional chemical methods. The scope of the reaction is wide enough to obtain a variety of derivatives in high yields.

研究分野：有機合成化学

キーワード：有機電解合成 有機電気化学 電解酸化 環化反応

1. 研究開始当初の背景

近年の有機合成化学の著しい成長は、有機金属化学の発展を抜きには語ることができない。様々な遷移金属触媒を用いた、多種多様な分子変換反応が次々と発表されている。一方、化学反応の本質である電子の移動を直接的に制御する有機電気化学は、分子変換の強力なツールであり、グリーンケミストリーの観点からも非常に興味深い研究分野である。この二分野はいずれもレッドクスが重要な役割を果たす領域であり、この二つの研究分野を組み合わせ融合することで、有機合成上有用なパラダイムが生まれることは容易に想像できるが、国内外双方において、この二分野の境界領域における有機合成化学的な研究はほとんどなかった。申請者は両者の境界領域に着目し、電気化学的にカチオン性パラジウム錯体が合成可能であることを見出した¹⁾。酢酸パラジウムを電解酸化すると Kolbe 型反応が進行してアセタート部位がラジカル中間体を経て脱炭酸して分解し、カチオン性パラジウム錯体が生成する。また、本プロセスを合成反応に組み込んで、系中で電氣的に発生させた活性パラジウム種を触媒に用いた電気化学的 Wacker 型反応¹⁾、アリールボロン酸及びアリールボロン酸エステルのホモカップリング反応²⁾、アルキンのホモカップリング反応³⁾、アルキンとアリールボロン酸とのクロスカップリング反応(酸化的菌頭型反応)⁴⁾等を開発している。これらの反応において、基質一般性良く高収率で生成物が得られることが分かっている。このように電気化学と有機金属化学とを積極的に融合させて合成化学に用いる試みは申請者の報告以前にはほとんど例が無かったが、申請者の報告以降、同様のコンセプトに基づいた研究が他の研究者からもなされるようになった。Jutand, Amatore とも申請者と同時期にアリールボロン酸及びアリールボロン酸エステルのホモカップリング反応を報告し⁵⁾、慶応大学の垣内史敏先生らは電気化学のプロセスを組み込んだアリール C-H 結合の切断を経る様々な反応を報告している⁶⁾。今後もこの分野における競争の激化とますますの発展が予想される。

参考文献: (1) [Mitsudo, K.](#); Kaide, T.; Nakamoto, E.; Yoshida, K.; Tanaka, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2007**, *129*, 2246–2247. (2) [Mitsudo, K.](#); Shiraga, T.; Kagen, D.; Shi, D.; Becker, J. Y. Tanaka, H. *Tetrahedron* **2009**, *65*, 8384–8388. (3) [Mitsudo, K.](#); Kamimoto, N.; Murakami, H.; Mandai, H.; Wakamiya, A.; Murata, Y.; Suga, S. *Org. Biomol. Chem.* **2012**, *10*, 9562–9569. (4) [Mitsudo, K.](#); Shiraga, T.; Mizukawa, J.; Suga, S.; Tanaka, H. *Chem. Commun.* **2010**, *46*, 9256–9258. (5) Amatore, C.; Cammoun, C.; Jutand, A. *Eur. J. Org. Chem.* **2008**, 4567–4570.

2. 研究の目的

主たる目的は二つである。(i) 系統的に各種金属求核剤を用いた電気化学的カップリング反応を精査して反応条件を確立し、汎用的かつ選択的な電気化学的カップリング反応系を構築すると共に、(ii) 電気オン・オフにより反応点制御することで電気化学的カップリング反応と通常のカップリング反応を位置選択的に連続的に進行させ、拡張電子系分子の多様性を指向した効率的な構築法を確立することである。前者はジイン同士のクロスカップリング反応等のこれまでに知られてはいるものの基質一般性に制約のある反応の基質一般化をめざすと同時に Grignard 反応剤同士のクロスカップリング反応や異なる有機金属種間のクロスカップリング反応等のこれまでに例のない反応系を確立する。後者は本反応条件が通電時の酸化的クロスカップリング反応と非通電時の通常のカロスカップリング反応を連続して行なうことで、位置選択的な骨格変換を一気に行ない、多様な複雑骨格を一気に直接的に合成する手法を確立する。特に、多様な共役系分子をビルディングユニットとして位置選択的に連結することで、配列を自在に制御した多様な拡張電子系分子を同一手法で作り分ける手法の確立をめざす。

3. 研究の方法

これまでに申請者が確立した電気化学的な Pd 触媒の活性化¹⁾を利用したカップリング反応は、アリールボロン酸のホモカップリング反応²⁾、アルキンのホモカップリング反応³⁾、アリールボロン酸とアルキンのクロスカップリング反応⁴⁾の三つの反応である。初年度はアリールボロン酸、Grignard 反応剤、アルキンを基質とした電気化学的なクロスカップリング反応を探索する。アルキンのクロスカップリング反応以外はこれまで報告例がほとんどない。Pd 触媒を用いた酸化的クロスカップリング反応の基本的な反応機構は一般的に Pd^{II} 種に求核剤 R¹-M、R²-M と順次トランスメタル化して R¹-Pd^{II}-R² が発生し、還元的脱離により目的物 R¹-R² が生成する(図 1)。このとき還元された Pd⁰ 種が系中で Pd^{II} 種へ再酸化されることで触媒サイクルが完成する。触媒中心と二種の反応剤との反応が共にトランスメタル化であるため、ホモカップリングを抑制し、選択的にクロスカップリング生成物のみを得るためには一段階目と二段階目のトランスメタル化で選択的に異なる有機金属種が反応しなければならず、工夫が必要となる。申請者は二つのアプローチによりこの問題を解決する。一つは(i) R-M 種の R の部分の電子的特性を大きく異なる二種類の有機金属種を用いて選択性を発現させる方法、すなわち R¹ と R² の電子的な性質により選択性を発現させる方法 (Method A) であり、もう一つは(ii) 異なる有機金属種を反応剤に用いる、すなわち R-M 種の M の部分を変えることでトランスメタル化の順序を制御する方法 (Method B) である。

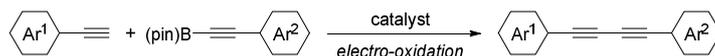
これらの方法論は従来の量論量の酸化的クロスカップリングにも用いられているが、電気化学的な反応系への適応は皆無である。従来の系では特に前者の Method A がよく用いられる。例えば、アルキンの酸化的クロスカップリングにより非対称ジインを合成する反応は数例報告さ

れているが、反応性の完全な制御は困難であり、ホモカップリング反応を抑制するために反応性の低い方のアルキンを過剰に用いるのが一般的である。これは原子効率の観点からは望ましくない。一方、申請者が開発した電気化学的に発生させたPd種を用いる酸化カップリングの系においては、過剰量の基質を用いずとも一段階目のトランスメタル化と二段階目のトランスメタル化が高い選択性で区別される反応系を、すでに幾つか見いだしている。これは本触媒系の高い触媒活性に起因すると思われる。また、Method Bに基づく反応として申請者は既にアリールボロン酸とアルキンのクロスカップリング反応を報告しているが、この際、銀電極を用いて系中で銀アセチリドを発生させると、アリールボロン酸及びアルキンのホモカップリングは完全に抑制されることが分かっている。これを応用し、適切な有機金属反応剤を組み合わせることで、新たな有機金属反応剤同士のクロスカップリング反応の実現をめざす。また、Grignard反応剤を電気化学的に酸化するとカップリング反応が進行することは昔から知られているが、基質一般性には制約があり、また、ホモカップリングしか行うことができなかった。一年目は、この二つの方法論を組み合わせることで、有機金属反応剤の自在なクロスカップリング反応の開発をめざす。

4. 研究成果

電気化学的なPd触媒の活性化プロセスに対し、様々な有機金属種を適用し、反応系探索をおこなった結果、これまでにほとんど例のない、末端アルキンとアルキニルメタル種を基質とした電気化学的なクロスカップリング反応が進行することを見いだした。一般的にアルキンのクロスカップリング反応によるブタジイン合成においては、末端にハロゲンを導入したハロゲン化アルキニルと末端アルキンとを反応させる系が一般的であるが、ハロゲン化アルキニルは安定性に問題があり、その適用範囲に制約があった。今回我々はアルキニルメタル種としてボロン酸エステルを用いることが可能なことを見いだした。アルキニルボロン酸エステルは極めて安定であり、扱い容易な分子である。これがクロスカップリング反応の反応基質として用いることが可能なことは有機合成化学的に極めて有意義である。このようなクロスカップリング反応系ではしばしばホモカップリング反応が競合することが問題となる。今回我々が見いだした反応系は比較的高い選択性でクロスカップリング体が選択的に得られる。現段階では、やや収率が低いという課題が残っており、現在条件の更なる最適化をおこなっているが、収率の問題点が解決すれば、有機合成上極めて有用な反応系となる。

Scheme. 電気化学的手法によるアリールアセチレンのクロスカップリング



様々なカップリング反応を精査するなかで、電気化学的なS-H/C-H結合切断型の分子内クロスカップリング反応を見いだすことに成功した。本反応には臭化テトラブチルアンモニウムの添加が必須であり、臭化テトラブチルアンモニウムを添加しないと目的とする反応はほとんど進行せず、ジスルフィドを選択的に与える。また、支持電解質の選択も非常に重要で過塩素酸リチウムを用いることが必須である。従来の化学的手法では困難な分子変換反応であり、有機電解反応の特徴を活かした分子変換反応である。現在基質適用範囲について確認中であるが、現在あきらかとなっている範囲では基質適用範囲の一般性は極めて広く、多様な誘導体を高収率でえることに成功している。本反応は合成化学的に極めて有用な反応であると言える。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計21件)

Koichi Mitsudo,* Kazuki Yoshioka, Takayuki Hirata, Hiroki Mandai, Koji Midorikawa, and Seiji Suga*

1,10-Phenanthroline or Electron Promoted Cyanation of Aryl Iodides

Synlett **2019** in press. (査読有)

DOI: 10.1055/s-0037-1611793

Keisuke Shigemori, Momoka Watanabe, Julie Kong, Koichi Mitsudo,* Atsushi Wakamiya, Hiroki Mandai, and Seiji Suga*

Iodide-Mediated or Iodide-Catalyzed Demethylation and Friedel-Crafts C-H Borylative Cyclization Leading to Thiophene-Fused 1,2-Oxaborine Derivatives

Organic Letters **2019**, *21*, 2171–2175. (査読有)

DOI: 10.1021/acs.orglett.9b00485

Kazuki Fujii, Koichi Mitsudo, Hiroki Mandai,* Toshinobu Korenaga, and Seiji Suga*

Enantioselective Acyl Migration Reactions of Furanyl Carbonates with Chiral DMAP Derivatives

Chemistry - European Journal **2019**, *25*, 2208–2212. (査読有)

DOI: 10.1002/chem.201806050

Koichi Mitsudo, Yuji Kurimoto, Kazuki Yoshioka, Seiji Suga*

Miniaturization and Combinatorial Approach in Organic Electrochemistry

Chemical Reviews **2018**, *118*, 5985–5999. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00532
Combinatorial Electrochemistry for Organic Synthesis
Koichi Mitsudo, Yuji Kurimoto, Kazuki Yoshioka, Seiji Suga*
Current Opinion in Electrochemistry **2018**, *8*, 8–13. (査読有)
DOI: 10.1016/j.coelec.2017.10.026
Koichi Mitsudo,* Keisuke Shigemori, Hiroki Mandai, Atsushi Wakamiya, and Seiji Suga*
Synthesis and Properties of Dithieno-Fused 1,4-Azaborine Derivatives
Organic Letters **2018**, *20*, 7336–7340. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.orglett.8b03316
Hiroki Mandai,* Kosuke Ashihara, Koichi Mitsudo, and Seiji Suga*
Enantioselective Desymmetrization of 1,3-Diols by a Chiral DMAP Derivative
Chemistry Letters **2018**, *47*, 1360–1363. (査読有)
DOI: 10.1246/cl.180697
Hiroki Mandai,* Kohei Hongo, Takuma Fujiwara, Kazuki Fujii, Koichi Mitsudo, and Seiji Suga*
Dynamic Kinetic Resolution of Azlactones by a Chiral *N,N*-Dimethyl-4-aminopyridine Derivative
Containing a 1,1'-Binaphthyl Unit: Importance of Amide Groups
Organic Letters **2018**, *20*, 4811–4814. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.orglett.8b01960
Koichi Mitsudo,* Takuya Asada, Tomohiro Inada, Yuji Kurimoto, Hiroki Mandai, and Seiji Suga
Cu/Fe/O=PPh₃-Catalyzed Etherification for the Synthesis of Aryl 3-Benzo[*b*]thienyl Ethers
Chemistry Letters **2018**, *47*, 1044–1047. (査読有)
DOI: 10.1246/cl.180425
Yuji Kurimoto, Koichi Mitsudo,* Hiroki Mandai, Atsushi Wakamiya, Yasujiro Murata, Hiroki Mori,
Yasushi Nishihara, Seiji Suga*
Efficient Synthesis and Properties of [1]Benzothieno[3,2-*b*]thieno[2,3-*d*]furans and
[1]Benzothieno[3,2-*b*]thieno[2,3-*d*]thiophenes
Asian Journal of Organic Chemistry **2018**, *7*, 1635–1641. (査読有)
DOI: 10.1002/ajoc.201800270
Selected as a Cover Feature (DOI: 10.1002/ajoc.201800442)
Koichi Mitsudo, Junya Yamamoto, Tomoya Akagi, Atsuhiko Yamashita, Masahiro Haisa, Kazuki
Yoshioka, Hiroki Mandai, Koji Ueoka, Jun-ichi Yoshida, Seiji Suga*
Stereoselective Nucleophilic Additions to Cyclic *N*-Acyliminium Ions Using the Indirect Cation Pool
Method: Elucidation of Stereoselectivity by Spectroscopic Conformational Analysis and DFT
Calculations
Beilstein Journal of Organic Chemistry **2018**, *14*, 1192–1202. (査読有)
DOI: 10.3762/bjoc.14.100
Ichiro Hayakawa,* Yuji Yamanaka, Koichi Mitsudo, Hiromi Ota, Akira Sakakura*
Regioselective DMAD-Insertion Reaction of Silyl Dienol Ether of γ -Pyrone under Catalyst- and
Heating-free Conditions
Heterocycles **2017**, *94*, 2299–2306. (査読有)
DOI: 10.3987/COM-17-13820
Hiroki Mandai,* Hiroshi Yasuhara, Kazuki Fujii, Yukihito Shimomura, Koichi Mitsudo, Seiji Suga*
Desymmetrization of meso-1,2-Diols by a Chiral *N,N*-4-Dimethylaminopyridine Derivative Containing
a 1,1'-Binaphthyl Unit: Importance of the Hydroxy Groups
The Journal of Organic Chemistry **2017**, *82*, 6846–6856. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.joc.7b00992
Koichi Mitsudo,* Yuji Kurimoto, Hiroki Mandai, Seiji Suga*
Synthesis of 3-Benzo[*b*]thienyl 3-Thienyl Ether via an Addition–Elimination Reaction and Its
Transformation to an Oxygen-Fused Dithiophene Skeleton: Synthesis and Properties of
Benzodithienofuran and Its π -Extended Derivatives
Organic Letters **2017**, *19*, 2821–2824. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.orglett.7b00969
Koichi Mitsudo,* Seiichi Tanaka, Ryota Isobuchi, Tomohiro Inada, Hiroki Mandai, Toshinobu
Korenaga, Atsushi Wakamiya, Yasujiro Murata, Seiji Suga*
Rh-Catalyzed Dehydrogenative Cyclization Leading to Benzosilolothiophene Derivatives via Si–H/C–H
Bond Cleavage
Organic Letters **2017**, *19*, 2564–2567. (査読有)
DOI: 10.1021/acs.orglett.7b00878
Kazuki Fujii, Koichi Mitsudo, Hiroki Mandai,* Seiji Suga* (査読有)
Hydrogen Bonding-Assisted Enhancement of the Reaction Rate and Selectivity in the Kinetic
Resolution of *d,l*-1,2-Diols with Chiral Nucleophilic Catalysts
Advance Synthesis & Catalysis **2017**, *359*, 2778–2788.

DOI: 10.1002/adsc.201700057

Hiroki Mandai,* Keita Shimowaki, Kohei Hongo, Koichi Mitsudo, and Seiji Suga*
An Intramolecular Nucleophile-Catalyzed Aldol-Lactonization (NCAL) Reaction of
S-Aryl-(E)-6-oxohex-2-enethioate with N,N-Dimethylaminopyridine N-Oxide
Heterocycles **2017**, 94, 492–502. (査読有)
DOI: 10.3987/COM-16-13614

Koichi Mitsudo,* Takashi Murakami, Takuya Shibasaki, Tomohiro Inada, Hiroki Mandai, Hiromi
Ota, Seiji Suga*
Facile Synthesis of Naphthothiophenone Derivatives and Anthradithiophenedione via Friedel–Crafts
Acylation and Their Fundamental Properties
Synlett **2016**, 27, 2327–2332. (査読有)
DOI: 10.1055/s-0035-1562470

Kazuki Fujii, Koichi Mitsudo, Hiroki Mandai,* Seiji Suga*
Kinetic Resolution of Secondary Carbinols by a Chiral N,N-4-Dimethylaminopyridine Derivative
Containing a 1,1'-Binaphthyl Unit: Hydrogen Bonding Affects Catalytic Activity and Enantioselectivity
Bulletin of the Chemical Society Japan **2016**, 89, 1081–1092. (査読有)
DOI: 10.1246/bcsj.20160135

Hiroki Mandai,* Kazuki Fujii, Hiroshi Yasuhara, Kenko Abe, Koichi Mitsudo, Toshinobu Korenaga,
Seiji Suga*
Enantioselective Acyl Transfer Catalysis by a Combination of Common Catalytic Motifs and
Electrostatic Interactions
Nature Communications **2016**, 7, 11297. (査読有)
DOI: 10.1038/ncomms11297

②1 Natsuyo Kamimoto, Nariaki Nakamura, Akina Tsutsumi, Hiroki Mandai, Koichi Mitsudo,* Atsushi
Wakamiya, Yasujiro Murata, Jun-ya Hasegawa, Seiji Suga*
Facile Synthesis of 1,4-Bis(diaryl)-1,3-butadiynes Bearing Two Amino Moieties by Electrochemical
Reaction Site Switching, and Their Solvatochromic Fluorescence
Asian Journal of Organic Chemistry **2016**, 5, 373–379. (査読有)
DOI: 10.1002/ajoc.201500502

[学会発表](計56件)

Koichi Mitsudo, Synthesis of Heterothienoacenes via Construction and Cyclization of
Chalcogen-Bridged Thiophene Derivatives and Their Properties (Asian International Symposium -
Electrochemistry -, 招待講演), 日本化学会第99春季年会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫), 2019
年3月20–23日

高畑正利・光藤耕一・菅誠治, エテン架橋ターチオフェン酸化物の合成とその電気化学的特
性, 日本化学会第99春季年会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫), 2019年3月20–23日

米澤時希・光藤耕一・菅誠治, 電気化学的な脱水素型環化反応によるチエノアセンの合成, 日
本化学会第99春季年会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫), 2019年3月20–23日

羽原奈々江・光藤耕一・菅誠治, 3-チエニルチオエーテルの効率的ワンプット合成, 日本化
学会第99春季年会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫), 2019年3月20–23日

栗本悠司・光藤耕一・菅誠治, フルベン誘導体の新規合成法の開発, 日本化学会第99春季年
会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫), 2019年3月20–23日

Koichi Mitsudo, Seiji Suga, Efficient and Straightforward Synthesis of Heterothienoacenes (招待講
演), 新竹 (台湾), 2018年11月21–24日

光藤耕一, 有機金属化学と有機電気化学を両輪とする拡張 π 電子系分子の合成 (招待講演),
有機合成化学協会九州山口支部平成30年度第2回有機合成化学講演会, 九州大学伊都キャンパ
ス (福岡), 2018年11月15日

Koichi Mitsudo, Keisuke Shigemori, Seiji Suga, Synthesis and Properties of Dithieno-fused
1,4-Azaborines, The Fourteenth International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry
(IKCOC-14), リーガロイアル京都 (京都), 2018年11月12–16日

Keisuke Shigemori, Koichi Mitsudo, Seiji Suga, Synthesis of Thiophene-fused 1,2-Oxaborines via
Iodide-Catalyzed Demethylation and Intramolecular C–H Borylation, The Fourteenth International
Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14), リーガロイアル京都 (京都),
2018年11月12–16日

Yuji Kurimoto, Koichi Mitsudo, Seiji Suga, Efficient Synthesis of Thienoacene Derivatives via
Construction of Oxygen or Sulfur-Bridged Bithiophene Skeletons and the following Cyclization, The
Fourteenth International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14), リー
ガロイアル京都 (京都), 2018年11月12–16日

光藤耕一, 松尾恋, 米澤時希, 菅誠治, 電気化学的脱水素環化反応による π 拡張チエノア
センの合成, 2018年電気化学秋季大会, 金沢大学角間キャンパス (金沢), 2018年9月25–26日

浅田拓哉・光藤耕一・菅誠治, 鉄/銅共触媒系を用いたエーテル化反応によるアリールベ
ンゾ[b]チエニルエーテルの合成, 第65回有機金属化学討論会, 同志社大学今出川キャンパス

(京都), 2018 年 9 月 19–21 日

小橋祥晃・光藤耕一・菅 誠治, 銅触媒を用いる脱水素型環化によるチエノフラン誘導体の合成, 第 65 回有機金属化学討論会, 同志社大学今出川キャンパス (京都), 2018 年 9 月 19–21 日

栗本悠司・光藤耕一・菅誠治, 酸素及び硫黄原子架橋を経る新規チエノアセン誘導体の効率的合成法の開発と物性評価, 第 29 回基礎有機化学討論会, 東京工業大学大岡山キャンパス (東京都), 2018 年 9 月 6–8 日

Koichi Mitsudo, Yuji Kurimoto, and Seiji Suga, Efficient Synthesis and Properties of Benzodithienofurans and Benzodithienothiophenes, The Fourth International Symposium on C-H Activation (ISCHA-4), Keio University (横浜), 2018 年 8 月 30 日–9 月 2 日

Koichi Mitsudo, Yuji Kurimoto, and Seiji Suga, Synthesis of 3-Benzo[*b*]thienyl 3-Thienyl Ether via an Addition–Elimination Reaction and Its Transformation to an Oxygen-Fused Dithiophene Skeleton: Synthesis and Properties of Benzodithienofuran and Its π -Extended Derivatives, 28th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC2018), Florence, Italy, 2018 年 7 月 15–20 日

吉岡和紀・光藤耕一・菅 誠治, 環状 N-アシルイミニウムイオンと求核剤との反応における立体化学の逆転現象, 第 42 回有機電子移動化学討論会, プレスタワー (浜松), 2018 年 6 月 28–29 日

高畑正利・山崎新・光藤耕一・菅 誠治, エテン架橋ターチオフェン(EBTT)を骨格に含む D-A ポリマーの合成とその電気化学的特性, 第 42 回有機電子移動化学討論会, プレスタワー (浜松), 2018 年 6 月 28–29 日

米澤時希・松尾連・光藤耕一・菅 誠治, 電気化学的な脱水素型環化反応による π 拡張チエノアセンの合成, 第 42 回有機電子移動化学討論会, プレスタワー (浜松), 2018 年 6 月 28–29 日

栗本悠司・光藤耕一・菅誠治, 酸素および硫黄架橋ピチオフェン骨格の形成と縮環反応によるチエノアセン誘導体の新規合成法, 第 113 回有機合成シンポジウム 2018 年, 名古屋大学 (名古屋), 2018 年 6 月 6–7 日

⑲ Seiji Suga, Yusuke Kurihara, Takayuki Hirata, Hiroki Tanaka, Koichi Mitsudo, Reactions Using Organo-Dications As Redox-Switchable Catalysts in Batch and Flow Systems, 233rd ECS Annual Meeting, Seattle, WA, USA, 2018 年 5 月 13–17 日

⑳ 栗本悠司・光藤耕一・菅 誠治, ベンゾジチエノフランおよびベンゾジチエノチオフェン誘導体の効率的合成と物性評価, 日本化学会第 98 春季年会, 日本大学船橋キャンパス (千葉), 2018 年 3 月 20–23 日

㉑ 吉岡和紀・光藤耕一・菅 誠治, 環状 N-アシルイミニウムイオンのアリル化における立体化学の逆転現象, 日本化学会第 98 春季年会, 日本大学船橋キャンパス (千葉), 2018 年 3 月 20–23 日

㉒ 松尾恋・光藤耕一・菅 誠治, 電気化学的な脱水素型環化反応による π 拡張チエノフランの合成, 日本化学会第 98 春季年会, 日本大学船橋キャンパス (千葉), 2018 年 3 月 20–23 日

㉓ 重森圭介・光藤耕一・菅 誠治, Friedel-Crafts C-H ポリル化反応を用いたチエノアザボリン誘導体の合成とその物性評価, 日本化学会第 98 春季年会, 日本大学船橋キャンパス (千葉), 2018 年 3 月 20–23 日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

研究室 website

<http://achem.okayama-u.ac.jp/reacteng/>

Researchmap

<https://researchmap.jp/read0066349/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし