

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05477

研究課題名(和文)ヘテロ架橋前駆体を経るヘテロチエノアセン類の効率的合成法の開発とその物性解明

研究課題名(英文)Efficient Synthesis of Heterothienoacenes via Heteroatom-Bridged Precursors and Their Properties

研究代表者

光藤 耕一 (Mitsudo, Koichi)

岡山大学・自然科学学域・准教授

研究者番号：40379714

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：架橋構造の構築と続くC-H結合活性化反応により、機能性分子として有用なヘテロアセン類を効率的に合成する手法を開発した。例えば、硫黄原子で架橋した前駆体の効率的合成とその縮環によるヘテロチエノアセン類の合成に成功した。また、炭素架橋前駆体の環化反応によるフルオレノール誘導体の効率合成に成功した。従来法では合成困難なヘテロ環が縮環したフルオレノール誘導体の合成も可能である。得られたフルオレノールは容易に材料化学の分野で重要なフルベンへと変換可能であった。炭素-硫黄結合、炭素-酸素結合を効率的に構築する反応系の開発にも成功し、これらを応用した効率的ヘテロアセン合成も達成している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機材料は無機材料に比べ軽量、安価かつ曲げ耐性が期待できるので、無機材料を有機材料に代替することができれば、安価・軽量かつ曲げて持ち運べる電子デバイスの作成が可能となる。そのための材料の一つとして注目されるのが、炭化水素骨格に硫黄原子を導入したヘテロチエノアセン類である。本研究では、効率的にヘテロチエノアセン類を合成するための新手法の開発を達成した。本法により、新規ヘテロチエノアセン類の効率的合成が可能になった。より高性能な機能性分子を合成するためには、これまでに無い新規機能性分子への効率的なアプローチを可能とする新手法の開発が必要不可欠であり、本成果は学術的にも社会的にも意義深いといえる。

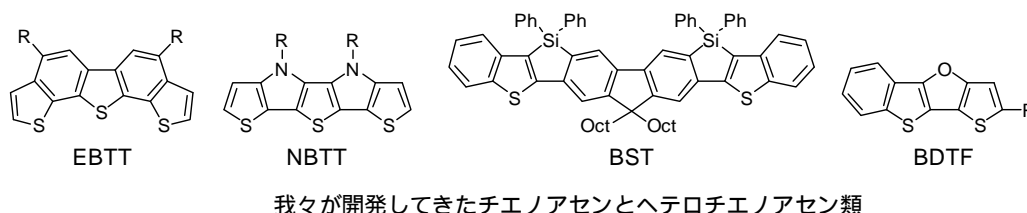
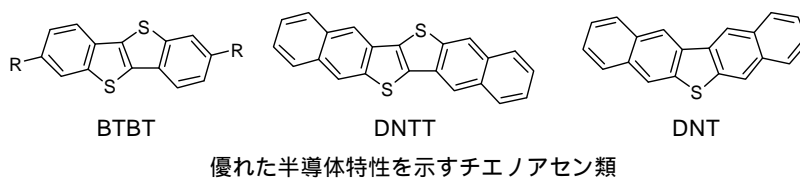
研究成果の概要(英文)：We have developed an efficient method for synthesizing heteroacenes which are useful as functional molecules via the construction of cross-linked structures and subsequent C-H functionalizations. For example, we succeeded in synthesizing heterothienoacenes by efficient synthesis of sulfur-bridged precursors and their ring fusion. We also succeeded in the efficient synthesis of fluorenol derivatives by cyclization of carbon-bridged precursors. Fluorenol derivatives with fused heterocycles, which are difficult to synthesize by conventional methods, can also be synthesized. The resulting fluorenol derivatives can be easily converted to fluvenes, which are important in the field of materials chemistry. We have also succeeded in developing reaction systems that efficiently construct carbon-sulfur and carbon-oxygen bonds, and have achieved efficient synthesis of heteroacenes by applying these systems.

研究分野：有機合成化学

キーワード：チエノアセン ヘテロアセン C-H結合活性化 C-H官能基化 炭素-硫黄結合 炭素-酸素結合

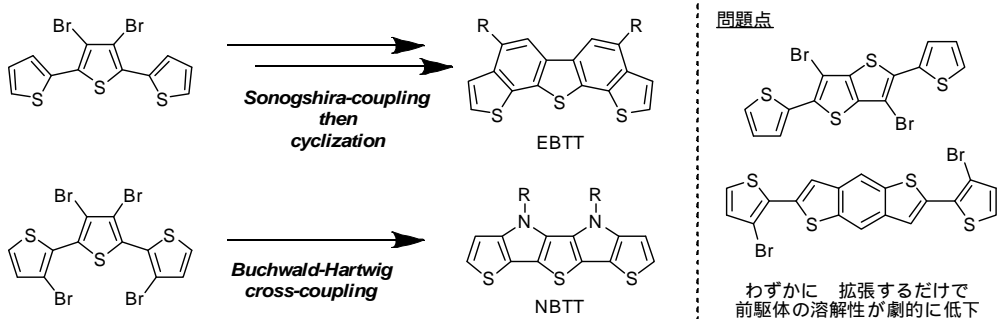
1. 研究開始当初の背景

近年、これまでは無機材料が主流であった半導体や太陽電池の分野において有機材料を活性物質に用いた有機電界効果トランジスタ (Organic Field Effect Transistor, OFET) や有機太陽電池 (Organic Photovoltaic, OPV) が広く注目を集めている。そのため、これらのデバイスを指向した新規電子系有機化合物の合成及び物性が相次いで報告されている。我々はその中で特に OFET に注目した。OFET は従来のシリコンを用いた無機半導体に比べ軽量、安価かつ曲げ耐性が期待できるので、無機トランジスタを OFET に代替することができれば、安価・軽量かつ曲げて持ち運べる有機デバイスの作成が可能となる。特に最近注目されるのが、炭化水素骨格に硫黄原子を導入したチエノアセン類である。BTBT, DNTT, DNT を初めとする優れた有機半導体が開発されているが、それでもこれら有機半導体の移動度は無機半導体に比べればまだ低く、より優れた有機半導体材料の開発が強く望まれている。チエノアセン類はその構造によって著しく移動度が変化することがわかっており、近年様々な新規チエノアセン類報告されているが、チエノアセン類にさらに異なるヘテロ原子を置換・導入したヘテロチエノアセン類の研究はまだ報告例が少なかった。そのような背景の元、我々は特に窒素や酸素、硫黄といったヘテロ原子を組み込んだヘテロチエノアセンを効率よく合成する手法の開発をおこなってきた(下図)。

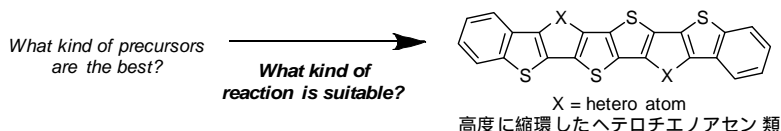


これまで、様々なチエノアセン類を合成してきたが、その合成の際に問題となることが二つあった。ベンゼン環上では一般的に進行する反応が、ヘテロ芳香環上では全く進行しなくなることがあること、多環構造を形成するための前駆体をうまく設計しないと、前駆体の溶解性が悪くなりすぎてしまい、反応が困難になること、の二点である。前者は反応系を改良することで解決してきたが、後者は致命的な問題であった。具体例を下図に示す。これまでに我々が合成してきたエテン架橋ターチオフェン (Ethene-bridged terthiophene, EBTT) および、窒素架橋ターチオフェン (Nitrogen-bridged terthiophene, NBTT) はそれぞれ、二臭化ターチオフェン、四臭化ターチオフェンから、我々の開発した手法により簡便に誘導可能である。しかし、より拡張した前駆体を合成すると、わずかに拡張するだけで、前駆体の著しく溶解度が低下してしまうため、縮環反応に用いることが困難となる。これは前駆体の分子構造の対称性が高く、比較的自由度が低いことに起因すると考えられる。これでは一般的に良い特性を示すことが多い高度に芳香環が縮環したヘテロチエノアセン類の合成は困難である。本研究の核心をなす学術的「問い」は、では「**どうすれば高度に縮環したヘテロチエノアセン類を簡便に合成できるか?**」というものである。入手容易な前駆体から簡便に高度に縮環した新規ヘテロアセン類を合成できれば、その合成化学・材料化学双方の見地からその価値は計り知れない。

これまでの申請者のアプローチ



本研究の核心的「問い」：ではどうすれば 高度に縮環したヘテロチエノアセン 類を簡便に合成できるか？

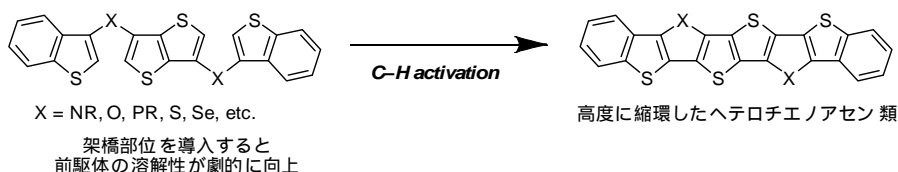


2. 研究の目的

そこで、本研究では新たなアプローチとして、これまでは最後の段階で導入していたヘテロ原子を最初に導入して、ヘテロ原子で架橋した前駆体を合成し、これを C-H 結合活性化による縮環反応に供することでヘテロチエノアセン類を合成することを構想した。この場合、前駆体は比較的自由度の高い分子構造であるので、十分な溶解性が期待される。すなわち、**本研究の目的は「ヘテロ架橋部位を有する前駆体を用いた高度に縮環したヘテロチエノアセンの簡便合成」**である。本研究の学術的独自性と創造性は、「ヘテロ原子架橋構造の効率的構築法の開発」にある。

チオフェン環などのヘテロ芳香環上にヘテロ架橋構造を導入するのは、ベンゼン環上への導入とはまた異なる反応条件が要求されることが多い。また逆に、ヘテロ芳香環なら

ではの分子変換も可能となることもある。本研究では、その両方の視点からチオフェン環をはじめとするヘテロ芳香環を複数のヘテロ原子で架橋した前駆体を簡便に合成し、これを C-H 結合活性化(脱水素型環化)により縮環することで、高度に縮環したヘテロチエノアセン類の合成をめざした。



3. 研究の方法

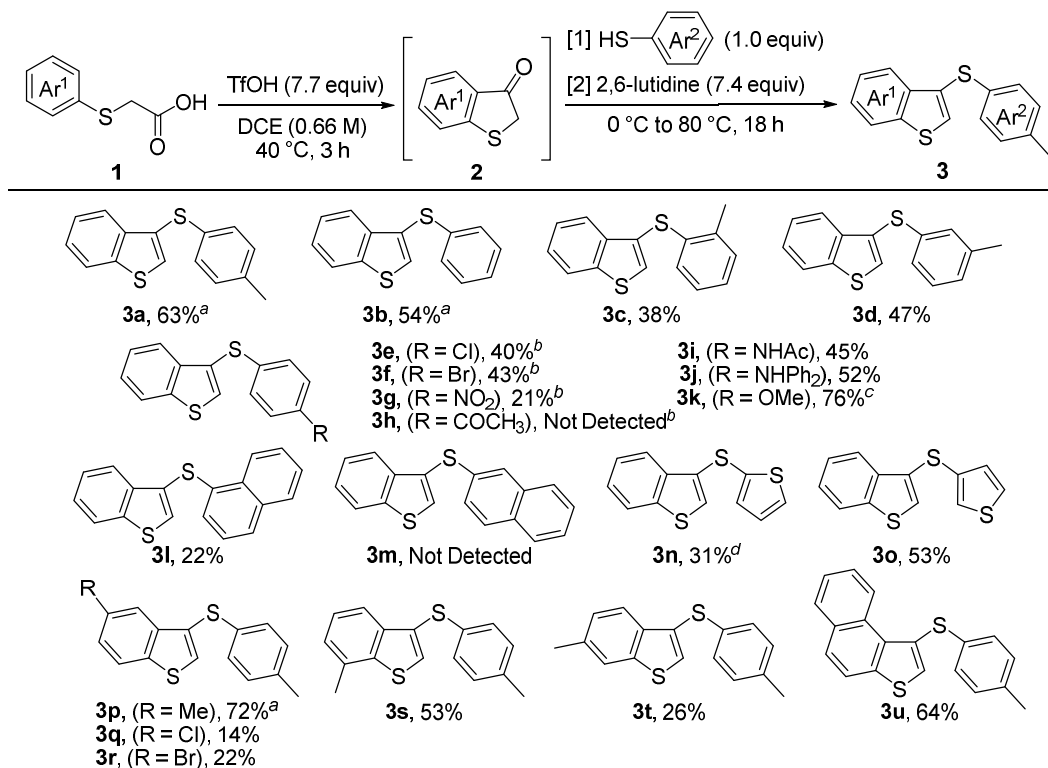
ヘテロ原子を導入する手法としては二つ考えた。一つはハロゲン化したチオフェン骨格とフェノール類・チオール類等のクロスカップリング反応によりヘテロ架橋構造を構築する手法であり、もう一つは、ハロゲン化したチオフェンジオキシド骨格に対する付加脱離反応によりヘテロ架橋構造を構築する手法である。本研究ではこれらの反応を相補的に用いて、複数のヘテロ架橋部位を有する環化前駆体を合成する。得られた前駆体は C-H 結合活性化による環化反応に供することで高度に縮環した窒素架橋チエノアセンを合成する。

得られたチエノアセン類はその基礎物性として、光学特性・電気化学特性を明らかにすると共に、その構造と物性の相関も明らかとすることをめざした。

4. 研究成果

当初想定していたハロゲン化したチオフェンジオキソド誘導体そのものの溶解性が極めて低く取扱が困難であったため、架橋体構造構築法を見直すこととした。ハロゲンを導入した段階で溶解性が著しく低下するので、ハロゲンを用いず架橋体を構築する手法を模索した。3位をプロモ化したベンゾチオフェンに変わる新たな反応基質として、3-ベンゾチオフェノンに着目した。3-ベンゾチオフェノンはやや不安定な物質であり、有機合成のビルディングブロックとして用いた反応例は多くないが、その合成は極めて容易であり、アリールチオ酢酸の分子内 Friedel-Crafts 反応により簡便に合成できる。そこで、アリールチオール分子内環化反応による 3-ベンゾチオフェノン誘導体合成と続くチオールとの反応による硫黄架橋体構築を one-pot で行なう反応系の構築を考えた。実際に反応系を構築したところ、一段階目にやや多くの TfOH の添加が必要であるが、二段階目の反応は酸が触媒する反応系でありながら多量の酸があると反応が阻害されることがわかった。そこで、一段階目に 7.7 当量の酸を加えて反応をおこなった後、二段階目では 7.4 当量のルチジンを加えて、過剰の酸を中和することで、二段階の反応を one-pot でおこない、多様な硫黄架橋体を得ることに成功した。

Table. アリールチオ酢酸の Friedel-Crafts 分子内環化とチオールとの反応 (one-pot 反応)



^a 2,6-Lutidine was used 7.6 equiv. ^b Thiol was used 1.2 equiv.

^c 2,6-Lutidine was added, then thiol was added, then thiol was added at -78 °C to 80 °C.

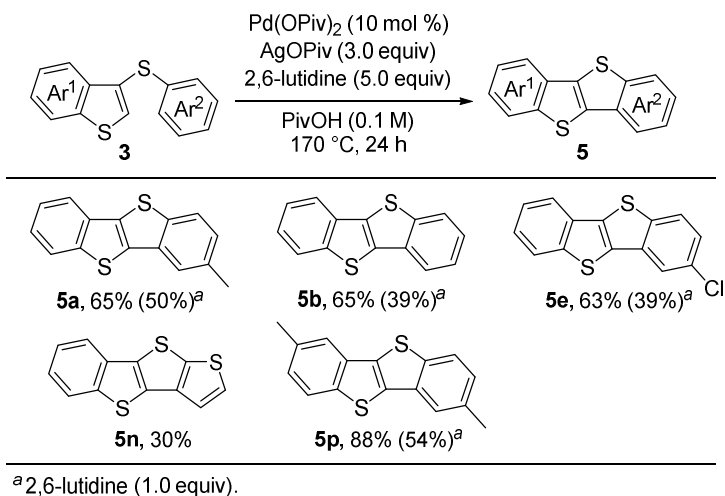
^d 2,6-Lutidine was added, then thiol was added, then thiol was added.

得られた硫黄架橋体をパラジウム触媒を用いた環化反応に供したところ、一般的に知られている硫黄が筐体の環化反応の反応条件下では炭素 - 硫黄結合が切れる副反応が進行し、低収率だったのに対し、ルチジンを添加して反応を行なうことで、目的物の収率が著しく向上することが分かった。これはおそらく、ルチジンがパラジウムに配位することで、硫黄原子がパラジウムに配位するのを阻害して副反応が抑制されているのではないかと考えている。

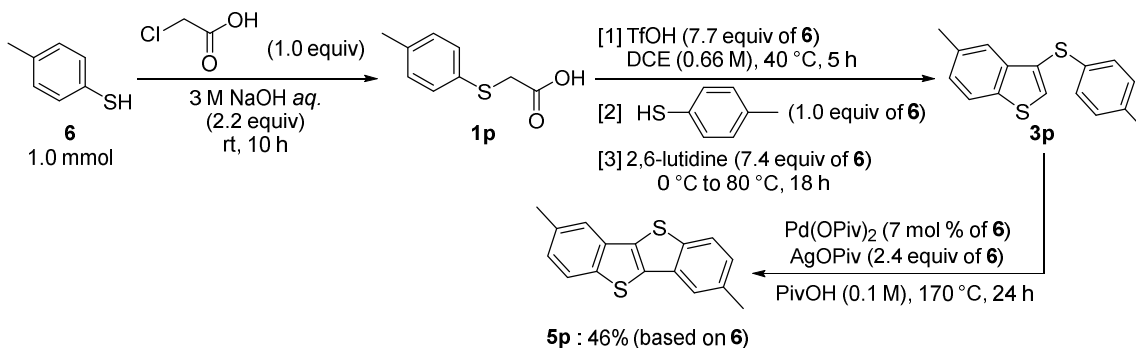
最後に一連の反応を途中生成することなくおこなうテレスコーピング反応による効率的合成を行った。まず、チオール **6** とクロロ酢酸とを用いた求核置換反応を行った。反応終了後、クエ

ンチ、抽出、濃縮を行い **1p** の粗生成物を得た。得られた粗生成物を今回開発したワンポット合成に使用した。反応終了後、クエンチ、抽出、濃縮を行い **3p** の粗生成物を得た後、環化反応を行った。結果、3工程の反応のテレスコピング化に成功し、途中精製を行うことなくチオールからチエノアセン **5p** を総収率 46% で得た。本法は入手容易なチオールとクロロ酢酸からチエノアセン分子を簡便な操作のみで合成できるという意味で、価値のある手法であると考えている。

Table . 架橋体の環化



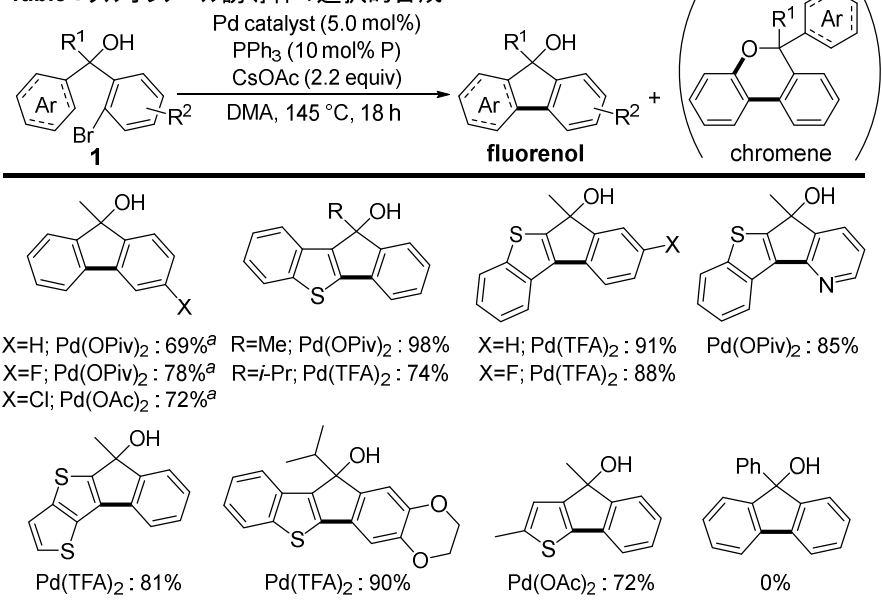
Scheme. テレスコーピング化



様々な架橋体の構築とその環化反応を検討する中で、架橋前駆体を用いたフルオレノール誘導体の効率的合成も達成した。これまでクロメンを与える事が知られていた架橋前駆体が反応条件を最適化することで反応様式が全く変化し、クロメンではなく、フルオレノールを与える事を見いだした。また、得られたフルオレノールは材料化学の分野で重要なフルベンへと容易に変換可能であった。

以上のように、架橋前駆体とその環化反応を開発することに成功した。また、本研究を遂行する中で、炭素 - ヘテロ原子結合を効率よく構築して、ヘテロアセン類を効率的に合成する新手法も幾つか見いだすことにも成功している。

Table . フルオレノール誘導体の選択的合成



^aDppf was used instead of PPh₃

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13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 Mitsudo Koichi, Yoshioka Kazuki, Hirata Takayuki, Mandai Hiroki, Midorikawa Koji, Suga Seiji	4. 巻 30
2. 論文標題 1,10-Phenanthroline- or Electron-Promoted Cyanation of Aryl Iodides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1209 ~ 1214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611793	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 Mitsudo Koichi, Matsuo Ren, Yonezawa Toki, Inoue Haruka, Mandai Hiroki, Suga Seiji	4. 巻 59
2. 論文標題 Electrochemical Synthesis of Thienoacene Derivatives: Transition Metal Free Dehydrogenative C2S Coupling Promoted by a Halogen Mediator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 7803 ~ 7807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202001149	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 Yano Masafumi, Inada Yoshinori, Hayashi Yuki, Yajima Tatsuo, Mitsudo Koichi, Kashiwagi Yukiyasu	4. 巻 49
2. 論文標題 Photo- and Redox-active Benzofuran-appended Triphenylamine and Near-infrared Absorption of Its Radical Cation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 685 ~ 688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200161	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 Mitsudo Koichi, Suga Seiji, Habara Nanae, Kobashi Yoshiaki, Kurimoto Yuji, Mandai Hiroki	4. 巻 31
2. 論文標題 Integrated Synthesis of Thienyl Thioethers and Thieno[3,2-b]thiophenes via 1-Benzothiophen-3(2H)-ones	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1947 ~ 1952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0040-1707280	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 Yano Masafumi, Kashiwagi Yukiyasu, Inada Yoshinori, Hayashi Yuki, Mitsudo Koichi, Kubono Koji	4. 巻 76
2. 論文標題 Crystal structure of tris[4-(naphthalen-1-yl)phenyl]amine	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Crystallographica Section E Crystallographic Communications	6. 最初と最後の頁 1649 ~ 1652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S2056989020012529	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 Mandai Hiroki, Hironaka Tsubasa, Mitsudo Koichi, Suga Seiji	4. 巻 50
2. 論文標題 Acylation Desymmetrization of Cyclic <i>meso</i>-1,3-Diols by Chiral DMAP Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 471 ~ 474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200809	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 Mandai Hiroki, Shiomoto Ryuhei, Fujii Kazuki, Mitsudo Koichi, Suga Seiji	4. 巻 23
2. 論文標題 Kinetic Resolution of Tertiary Alcohols by Chiral DMAP Derivatives: Enantioselective Access to 3-Hydroxy-3-substituted 2-Oxindoles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1169 ~ 1174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c03956	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 Mandai Hiroki, Suga Seiji, Ashihara Kosuke, Mitsudo Koichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Acylation Desymmetrization of Glycerol Derivatives by Chiral DMAP Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 1083 ~ 1083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-21-14433	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 Kurimoto Yuji, Yamashita Jun, Mitsudo Koichi, Sato Eisuke, Suga Seiji	4. 巻 23
2. 論文標題 Electrosynthesis of Phosphacycles via Dehydrogenative C?P Bond Formation Using DABCO as a Mediator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 3120 ~ 3124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c00807	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 Mitsudo Koichi, Kobashi Yoshiaki, Nakata Kaito, Kurimoto Yuji, Sato Eisuke, Mandai Hiroki, Suga Seiji	4. 巻 23
2. 論文標題 Cu-Catalyzed Dehydrogenative C?O Cyclization for the Synthesis of Furan-Fused Thienoacenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4322 ~ 4326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c01256	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 Eisuke, Fujii Mayu, Tanaka Hiroki, Mitsudo Koichi, Kondo Masaru, Takizawa Shinobu, Sasai Hiroaki, Washio Takeshi, Ishikawa Kazunori, Suga Seiji	4. 巻 86
2. 論文標題 Application of an Electrochemical Microflow Reactor for Cyanosilylation: Machine Learning-Assisted Exploration of Suitable Reaction Conditions for Semi-Large-Scale Synthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 16035 ~ 16044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01242	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 Yano Masafumi, Inada Yoshinori, Hayashi Yuki, Nakai Misaki, Mitsudo Koichi, Kashiwagi Yukiyasu	4. 巻 197
2. 論文標題 Near-infrared absorption of a benzothiophene-appended triphenylamine radical cation: A novel molecular design of NIR-II dye	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 109929 ~ 109929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2021.109929	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 Mitsudo Koichi	4. 巻 21
2. 論文標題 Electro Oxidative Coupling Reactions Leading to Conjugated Compounds	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 2269 ~ 2276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.202100033	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36件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 米澤時希・松尾 恋・井上陽香・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 ハロゲンメディエータを用いた電気化学的脱水素型環化反応によるチエノアセンの合成
3. 学会等名 第43回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片浦 望・米澤時希・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 ハロゲンメディエータを用いた連続的な縮環反応によるチエノチオフェンの合成
3. 学会等名 第43回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗本悠司・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 フルベン誘導体の効率的合成および、その電気化学的特性
3. 学会等名 第43回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Mitsudo, Yuji Kurimoto, and Seiji Suga
2. 発表標題 Efficient Synthesis of Benzodithienofuran and Benzodithienothiophene Derivatives via Pd-Catalyzed Dehydrogenative Cyclizations
3. 学会等名 20th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nanae Habara, Koichi Mitsudo, Seiji Suga
2. 発表標題 Transition Metal-Free One-pot Synthesis of 3-Benzo[b]thienyl Thioethers via Benzo[b]thiophenone
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Process Chemistry (ISPC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masataoshi Takabatake, Koichi Mitsudo, and Seiji Suga
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Ethene-Bridged Terthiophene Multi-Oxides
3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 光藤耕一・重森圭介・菅 誠治
2. 発表標題 ヨウ化物イオン触媒による脱メチル化と続くC-Hホウ素化によるチオフエン縮環1,2-オキサボリンの合成
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 光藤耕一・重森圭介・菅 誠治
2. 発表標題 チエノ-1,2-オキサボリンの合成と物性
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ○國本俊平・田中宏樹・林田賢佑・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 フロー電解リアクターを用いたアルデヒドのシアノメチル化反応
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗本悠司・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 分子内 C-H 官能基化を経るフルオレノールの合成
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 片浦 望・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 電気化学的な連続縮環反応によるチエノチオフェンの合成
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 井上陽香・光藤耕一・菅 誠治
2. 発表標題 PEM型リアクターを用いたエノンの選択的還元
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 Koichi Mistudo, Seiji Suga
2. 発表標題 Electrochemical Synthesis of Thienoacenes: Dehydrogenative C-S Coupling Promoted by a Halogen Mediator
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Organic Reactions (ISOR14) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koichi Mitsudo, Toki Yonezawa, Ren Matsuo, Seiji Suga
2. 発表標題 Electrochemical Intramolecular C-S Bond Formation Leading to Thienoacene Derivatives
3. 学会等名 237th ECS Annual Meeting, Montreal (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seiji Suga, Kazuki Yoshioka, Takayuki Hirata, Koichi Mitsudo, Koji Midorikawa
2. 発表標題 Electron-Transfer Driven Cyanation of Aryl Iodides
3. 学会等名 237th ECS Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 ○栗本悠司・光藤耕一・菅誠治
2. 発表標題 芳香族複素環を含むフルオレノールおよびフルベン誘導体の合成と物性
3. 学会等名 第49回複素環化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koichi Mitsudo
2. 発表標題 Efficient Syntheses of Thienoacene Derivatives by Transition Metal-Catalyzed Reactions
3. 学会等名 5th International Conference on Catalysis and Chemical Engineering (CCE-2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○藤井 麻由、佐藤 英祐、光藤 耕一、菅 誠治
2. 発表標題 マイクロフロー電解リアクターを用いたシアノシリル化反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○立花 有梨、光藤 耕一、菅 誠治
2. 発表標題 アリールチオール電解酸化によるジベンゾチオフエン骨格の形成反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○柴田 太郎、重森 圭介、光藤 耕一、菅 誠治
2. 発表標題 アリールボロン酸エステルとアリールリチウム種の電気化学的クロスカップリング反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○松邨 和馬、佐藤 英祐、光藤 耕一、菅 誠治
2. 発表標題 ピロリジン由来N-アシルイミニウムイオンのアリル化反応における立体選択性の逆転現象
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○藤井麻由・佐藤英祐・光藤耕一・菅誠治
2. 発表標題 電気化学的手法を用いたシアノシリル化反応のフロー系への展開と機械学習による反応最適化
3. 学会等名 第45回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○仁木祐太・光藤耕一・佐藤英祐・菅誠治
2. 発表標題 電解法による1,2-ジメトキシベンゼンの三量化反応
3. 学会等名 第45回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○佐藤英祐・國本俊平・光藤耕一・菅誠治
2. 発表標題 マイクロフロー電解系を用いたカルボニル化合物のシアノメチル化およびニトロメチル化 反応
3. 学会等名 第45回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○光藤耕一・栗本悠司・山下惇・菅誠治
2. 発表標題 電気化学的なC-P 結合形成反応による環状リン化合物の合成
3. 学会等名 第45回有機電子移動化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光藤耕一
2. 発表標題 電気化学的な結合形成反応を鍵とする 電子系分子の効率合成
3. 学会等名 2021年電気化学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○光藤耕一・栗本悠司・山下惇・菅誠治
2. 発表標題 電気化学的な脱水素型C-P結合形成反応によるホスホールオキシドの合成
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 ○佐藤英祐・國本俊平・田中宏樹・光藤耕一・菅誠治
2. 発表標題 マイクロフロー電解リアクターによるカルボニル化合物のシアノメチル化反応とニトロメチル化反応
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 桐畑朋佳・光藤耕一・菅誠治
2. 発表標題 ベンゾフロベンゾフランの特異な反応性を利用したプロペラ型分子の合成
3. 学会等名 2021年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下惇・栗本悠司・光藤耕一・菅誠治
2. 発表標題 電気化学的なC-P結合形成を経るジベンゾホスホールの合成
3. 学会等名 2021年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ○前川 直登・光藤 耕一・菅 誠治
2. 発表標題 脱メチル化を経るN,O-二座配位ジフルオロボロン誘導体の効率的な合成法の開発
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 ○奥村 恭之・饒平名 浩太郎・光藤 耕一・菅 誠治
2. 発表標題 電気化学的なC-O結合形成を経るスルトン誘導体の合成
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 麻由・佐藤 英祐・光藤 耕一・菅 誠治
2. 発表標題 電気化学的手法を用いたアルデヒドのアルキニル化反応
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 ○横山 雄大・小倉 実夏・菅 誠治・佐藤 英祐・光藤 耕一
2. 発表標題 陽極酸化を用いたイソクロマンのシアノ化反応
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 ○長原 拓也・片浦 望・菅 誠治・光藤 耕一
2. 発表標題 電気化学的手法を用いた連続的縮環反応による置換ベンゾチエノベンゾチオフェンの合成
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 ○山下 惇・栗本 悠司・光藤 耕一・菅 誠治
2. 発表標題 電気化学的なC-P結合形成を経るジアリールホスホールオキシドの合成
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1件

1. 著者名 淵上寿雄、跡部真人、稲木信介他	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 340
3. 書名 有機電解合成の新潮流	

〔産業財産権〕

〔その他〕

合成プロセス化学研究室 http://achem.okayama-u.ac.jp/reacteng/ K Mitsudo website https://mitsudo.net/ ORCID https://orcid.org/0000-0002-6744-7136 リサーチマップ https://researchmap.jp/mitsudo_/
--

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