

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02739

研究課題名(和文) C3対称性を持つ光学活性シクロファン的高效的な合成法の開発と機能性材料への応用

研究課題名(英文) Development of Efficient Synthesis of Optically Active Cyclophanes with C3 Symmetry and Their Application to Functional Materials

研究代表者

三浦 智也 (Miura, Tomoya)

岡山大学・自然科学学域・教授

研究者番号：10378804

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、トリアゾールを反応剤とする合成手法を用いた環化3量化反応を鍵に、チオフェン環をシクロプロパンで挟んだC3対称性を持つ環状[3]チエニレンシクロプロピレン(チオフェン環そのものの非対称性、すなわち硫黄原子の位置の違いにより不斉誘起された新規螺旋型化合物)を不斉合成しました。様々な組み合わせを試みたところ、置換様式によって環化3量化や環化2量化反応が進行することを見出しました。また、新たな光学活性シクロファンとしてテトラマー([4]CPPC-CHO)の合成を行いました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「C3対称性」を持つシクロファンは一般に合成が難しく、研究が立ち後れているのが現状であります。本研究では、触媒反応により「C3対称性」を持つ[3]CPPCを不斉合成し、この光学活性体を用いて様々な応用展開を行いました。未だ基礎研究の範疇を超えるものではありませんが、キラルな構造とキラルな構造が与える物性には興味を尽きず、本研究が機能性材料の開発において新しい設計指針を与えることになればと期待しています。

研究成果の概要(英文)：An asymmetric synthesis of [3] and [2]cyclothienylencyclopropylenes ([n]CTCs) by a rhodium(II)-catalyzed annulation reaction of 1-mesyl-4-(vinylthienyl)-1,2,3-triazoles is developed. The number of repetition in the annulation reaction depends on the substitution pattern of vinylthienyl group. The unique structure of [n]CTCs is revealed by NMR spectroscopy and X-ray crystallographic analysis. We observe their distinct chiroptical properties, which are pseudo-helical chirality arising from orientation of thiophene rings. Furthermore, we synthesized a tetramer, [4]cycloparaphenylencyclopropylene ([4]CPPC), as a new optically active cyclophane.

研究分野：有機合成化学

キーワード：C3対称 光学活性シクロファン シクロプロパン 不斉合成 ロジウム

## 1. 研究開始当初の背景

BINAP に代表される「 $C_2$  対称性」を持つ有機分子の化学が、21 世紀の合成化学を筆頭して有機化学関連の様々な分野で隆盛を極めたことは周知の通りです。一方、「 $C_3$  対称性」を持つ有機分子の化学は、一般にその合成手法に乏しいことが主要因でほとんど手つかずの状態です。例えば、トリベンゾトリキナセン、シクロトリペラトリエン、スマネンなど「 $C_3$  対称性」を持つ光学活性シクロファンが報告されていますが、いずれも光学分割もしくはキラルプール法によって合成されるため、これらを用いた応用研究には限りがあります。筆者は、自らが開発したトリアゾールを金属カルベン種の前駆体として利用する反応を用いて、「 $C_3$  対称性」を持つ光学活性シクロファン ([3]cycloparaphenylenecyclopropylene: [3]CPPC) を完全なエナンチオ選択性で不斉合成できることを報告しました (*Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 3334)。本反応では、求電子性部位と求核性部位を持つトリアゾールを用いて、分子間反応を二度経たのち、分子内反応によって、三つのシクロプロパン環を一挙に構築しています。

[3]CPPC は、パラフェニレンと光学活性シクロプロパンカルボキシアルデヒドを一つの構成単位に持ち、シクロプロパンの曲がった結合を介して剛直な大環状“擬”共役系化合物となっています。そのため芳香族化合物のみからなる平面的な共役系化合物と物性面での比較に興味を持たれるだけではなく、ユニークな構造に由来する新現象の発見につながると期待できます。筆者は最近、[3]CPPC のシクロプロパン環を構成する炭素を炭素同位体に規則的に置き換え、中性子の配置により不斉誘起された「 $C_3$  対称性」を持つキラル炭化水素 (同位体異性体: アイソトプマー) の不斉合成を報告しました。なお、このキラル炭化水素の電子の配置は、「 $C_{3v}$  対称」となるためアキラルです。そのため電子遷移を観測する旋光度や円偏光二色性スペクトル (ECD) では、このキラル炭化水素の光学特性を測定することはできません。筆者は、振動遷移を観測する赤外円二色性スペクトル (VCD) が、このキラル炭化水素の光学特性を測定するのに有効な手法であることを明らかにしました (*J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 13341)。さらに、中性子の数が 1 つだけ違い、 $C_1$  点群に属するキラル炭化水素でも、VCD が光学特性を観察するのに有効な手法であることを見出しました。この研究は、[3]CPPC のユニークな構造に由来する光学的特性 (キラリティー) に、焦点を当てたものです。

## 2. 研究の目的

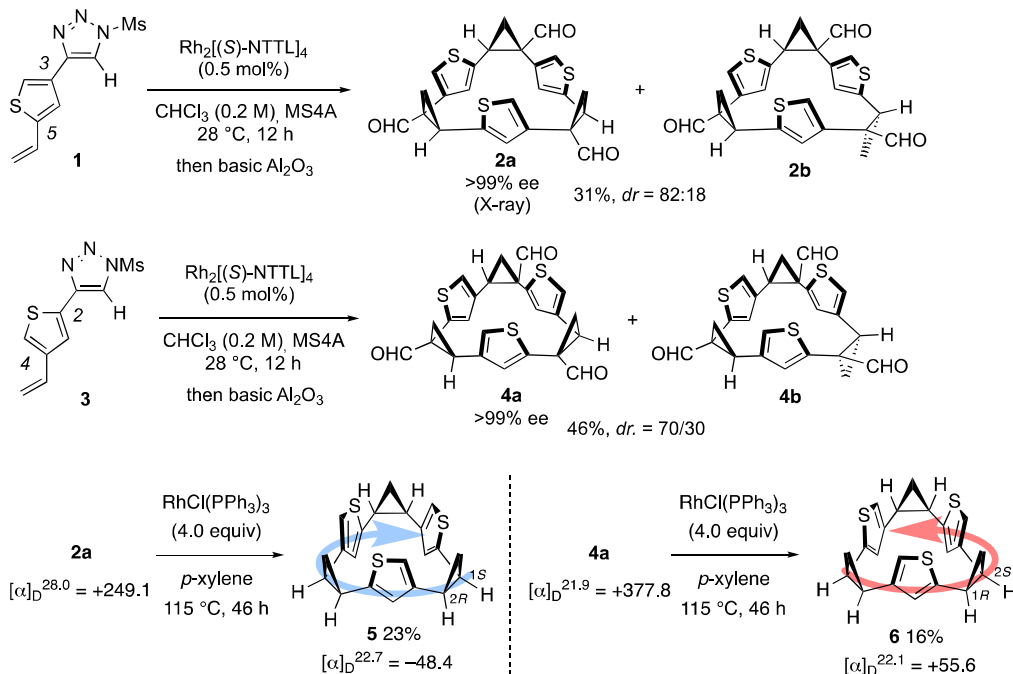
本研究の目的は、自らが開発したシクロプロパン環を繰り返しユニットとする「 $C_3$  対称性」を持つ光学活性シクロファンを用い、新しい不斉ルイス酸触媒の開発を行うことです。すなわち、学術的に未開拓の領域である「 $C_3$  対称性」を持つ光学活性シクロファンの化学に取り組み、「 $C_2$  対称性」を持つ有機分子では成し得なかった新反応や新現象を見つけることです。そのためにまず、新しい光学活性シクロファンとして、チオフエン環をシクロプロパンで挟んだ  $C_3$  対称性を持つ [3]シクロチエニレンシクロプロピレン (チオフエン環そのものの非対称性、すなわち硫黄原子の位置の違いにより不斉誘起された新規螺旋型化合物) や [n]シクロパラフェニレンシクロプロピレンのテトラマー ([4]CPPC) の不斉合成および得られた生成物の物性の解明や機能開拓に取り組むことを目的としました。

## 3. 研究の方法

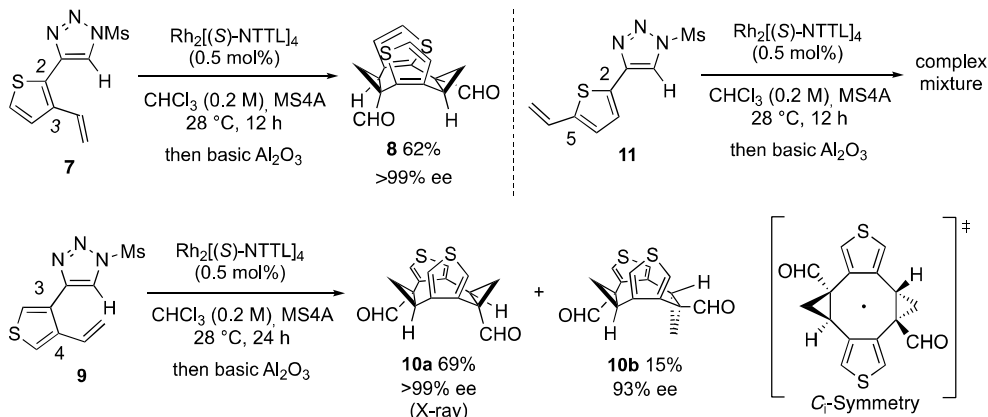
(1) 筆者らは、まずベンゼン環をチオフエン環にかえ、様々な構造を持つ [3]シクロチエニレンシクロプロピレン ([3]CTC) の合成と物性評価を試みました。はじめに、チオフエン環の 3 位にトリアゾール基、5 位にビニル基を有する基質 1 に、 $Rh_2(S\text{-NTTL})_4$  触媒を作用させ、クロロホルム溶媒中、室温で 12 時間攪拌すると、側鎖にイミノ基が置換した [n]シクロチエニレンシクロプロピレン ([n]CTC) が生成することを見出しました。生成物は不安定であり、そのままでは単離が難しかったため、イミンをアルデヒドへと加水分解した後、単離操作と質量分析を行ったところ、環化 2、3、4、5、6 量化反応が進行していることがわかりました。この中で、環化 3 量化反応が優先的に進行しており、3 量体 2a、2b が合計 31% の収率で得られました。2a は光学的に純粋 (99% ee) な  $C_3$  対称性を有する環状化合物であり、2b は 2a のジアステレオマーです。2a と 2b はジアステレオ比 82 : 18 でありました。2a の構造については、X 線結晶構造解析によって確かめました。結晶状態では、すべてのチオフエン環の硫黄原子は同じ方向を、これに対してアルデヒドはすべて逆の方向を向いていました。一方で、興味深いことに、溶液中ではチオフエン環は自由に回転していることが NMR 測定によってわかりました。

次に、チオフエン環の 2 位にトリアゾール基、4 位にビニル基を有する基質 3 に対して、同様の反応を行うと、環化 3、4、5 量化反応が進行しました。基質 3 でも基質 1 と同様に 3 量化反応が優先的に進行し、3 量体 4a と 4b が合計 46% の単離収率で得られました。4a は 3 つのシクロプロパン環が全て同じ方向を向いています。一方、4a のジアステレオマーである 4b は、3 つのシクロプロパン環のうち 1 つが他の 2 つと逆の方向を向いています。4a と 4b のジアステレオ比は、70 : 30 でありました。ここで得られた 2a と 4a は、光学的に純粋 (99% ee) な [3]シクロチエニレンシクロプロピレン ([3]CTC) です。旋光度を測定したところ、2a が  $[\alpha]^{22.4}_D = +249.1$ 、

**4a** は  $[\alpha]_D^{21.9} = +377.8$  でありました。すなわち **2a** と **4a** は、鏡像異性体ではなく構造異性体の関係です。一方、側鎖のアルデヒドを除去すると、チオフェン環そのものの非対称性、すなわち硫黄原子の位置の違いにより不斉誘起された螺旋型化合物となり、それぞれが鏡像異性体の関係になると考えられます。そこで、実際に Wilkinson 錯体を用いてアルデヒド基を除去し、**5** と **6** の旋光度を測定したところ、旋光度が  $[\alpha]_D^{22.7} = -48.4$ 、 $[\alpha]_D^{22.1} = +55.6$  とほぼ同じ値になり、**5** と **6** は予想通り鏡像異性体の関係となりました。



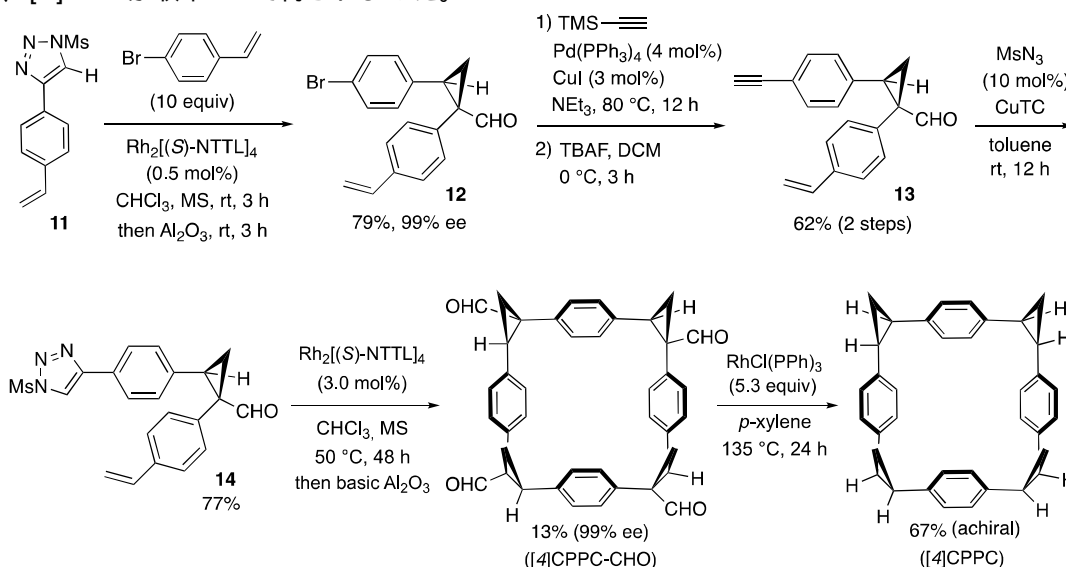
一方、チオフェン環の3位にトリアゾール基、2位にビニル基を有する基質 **7** に対して、同様の反応を行うと、環化3量化ではなく環化2量化反応が優先的に進行し、「 $C_2$ 対称性」を持つ[2]シクロチエニレンシクロプロピレン **8** ([2]CTC) が62%の単離収率、99% ee で得られました。さらに、チオフェン環の3位にトリアゾール基、4位にビニル基を有する基質 **9** でも環化2量化反応が優先的に進行し、2量体 **10a** と **10b** が合計84%の単離収率で得られました。**10a** は2つのシクロプロパン環が同じ方向を向いています。一方、**10b** は **10a** のジアステレオマーであり、シクロプロパン環がそれぞれ逆の方向を向いています。**10a** と **10b** のジアステレオ比は、82 : 18 でありました。この時、驚いたことに副生成物 **10b** の光学純度が、ジクロロメタン溶媒中室温で放置すると、徐々に低下することを見出しました。ここで **10b** の構造について考察します。**10b** は、2つのチオフェン環が同一平面に存在する場合、反転中心を持つため「 $C_i$ 対称」なメソ化合物となりますが、実際はチオフェン環は同一平面になく **10b** は分子全体としてねじれた構造を有する不斉分子です。すなわち環反転することでもう一方のエナンチオマーが生成してラセミ化したものと考えられます。そこで環反転の活性化エネルギーを実験から求めたところ、40における活性化エネルギーは26.0 kcal/mol でありました。この値は、室温で徐々にラセミ化した観察事実と合致しました。



(2) 筆者らは、次に  $[n]$ シクロパラフェニレンシクロプロピレンのテトラマー ([4]CPPC) の不斉合成を試みました。筆者が既に開発した方法では、トリマー ([3]CPPC-CHO) を主生成物として与え、ほとんどテトラマー ([4]CPPC-CHO) は得られません。これはシクロプロパン環の *cis* に位置する C-H 結合が60度であるため、三角形の大環状構造を構築するのが適しているためと考えられます。そこで、[4]CPPC-CHO を合成するにあたり鎖状二量体を出発原料(二官能性モノマー)とすることにしました。こうすることで、生成物は2の倍数の重合体に限られ、トリマー

の生成を抑えることができます。

これまでトリマー合成に使っていた二官能性モノマー11を、キラルロジウム(II)触媒の存在下で、10当量の *p*-ブロモスチレンと反応させ、鎖状二量体前駆体12を99% eeで合成しました。その後、菌頭カップリングでトリメチルアセチレンを導入しました。TBAFにより脱シリル化を行い、末端アルキンを持つ鎖状二量体13を得ました。銅触媒を用いるアジド化合物との1,3-双極子付加環化反応により、鎖状二量体14を合成しました。次いで、これを用いて、テトラマー([4]CPPC-CHO)の合成を試みました。種々反応条件を検討したところ、キラルロジウム(II)触媒の存在下で、鎖状二量体14を、50度、48時間攪拌させ、反応後、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)で処理すると、目的のテトラマー([4]CPPC-CHO)が収率13%、99% eeで得られました。この時、粗生成物の質量分析から、目的物以外に鎖状4量体、鎖状6量体、鎖状8量体が生成していることが示唆されました。さらに、テトラマー([4]CPPC-CHO)を辻-Wilkinson脱カルボニル化反応に付すと、[4]CPPCが収率67%で得られました。



合成したテトラマー([4]CPPC-CHO)をアセトニトリルに溶解させ、室温で再結晶をしたところ、単結晶X線構造解析が可能な結晶を得ることができました。これを用いて構造解析を行うと、テトラマー([4]CPPC-CHO)はC<sub>2</sub>対称の折れ曲がり構造をしていることがわかりました。シクロプロパン環上のアルデヒドと水素は、アキシャルとエクアトリアルな方向を向いたものが区別することができます。また、ベンゼン環は環の中央の空孔を埋めるようにせり出しているものと、環に対して縦方向を向いている2種類に区別できることがわかりました。これらの区別は、後述する低温での<sup>1</sup>H NMRでのピークの分裂に關与しています。

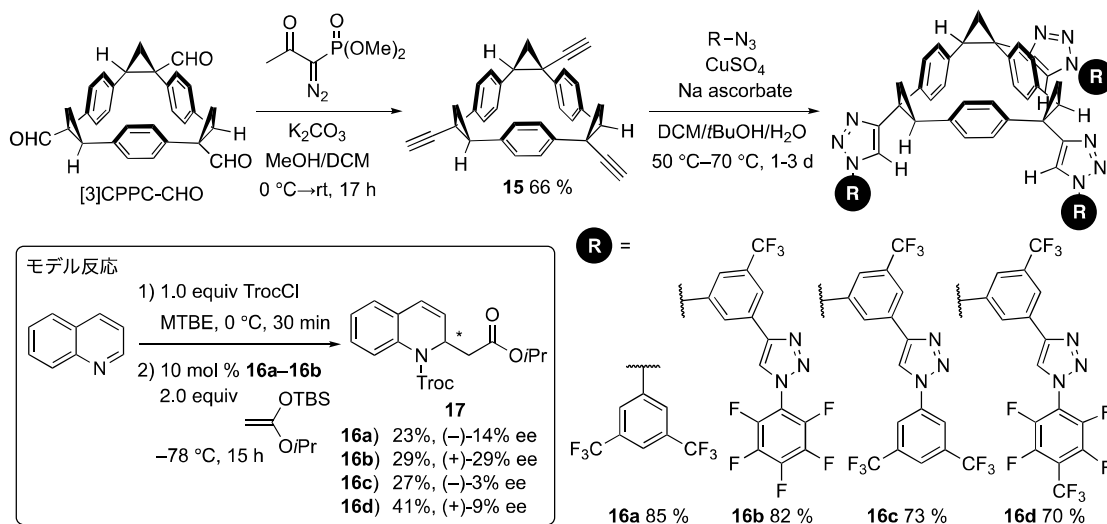
DFT計算を用いて、分子の動的挙動を考察しました。はじめに、単結晶X線構造解析で得られた構造は、DFT計算により再安定構造であることがわかりました。また、この分子は一度平面になる遷移状態を経由し、tab-to-tubの環反転に相当する動的挙動があることが示唆されました。また、遷移状態TS1ではベンゼン環が自由に回転できることが予測されました。また、遷移状態TS1より低い活性化エネルギーでベンゼン環が回転する経路(遷移状態TS2)が見つかりました。折れ曲がった構造を保った状態で、中央の空孔にせり出しているベンゼン環が回転すること考えられます。すなわち、この分子は、環反転とベンゼン環の回転の2つの動的挙動が見られると推測されました。

次に、温度可変NMRからテトラマー([4]CPPC-CHO)の動的挙動とその活性化エネルギーの解析を行いました。20 °Cでは環反転が激しく起きているため、アキシャルとエクアトリアルな区別はできず、平均化されたピークとして、アルデヒドは1本、ベンゼン環は2本、シクロプロパン環は3本のピークとしてスペクトルが得られました。一方、-80 °Cでは、環反転が遅くなり、NMRのタイムスケールでもアキシャルとエクアトリアルな区別がつくようになり、シクロプロパン環上の水素とアルデヒドは2種類のピークに分裂しています。さらに、ベンゼン環の回転も遅くなっているため、2種類の区別だけでなく、それぞれの置換位置の区別もできるようになりました。一つのベンゼン環はすべての水素が非等価に鋭いピークとして4本確認でき、もう一つのベンゼン環は広くブロードして現れていました。このように、室温でのピークと低温でのピークの変化によって、室温では環反転が激しく起きていることが実験的に示されました。続いて、これらの動的挙動の活性化エネルギーの算出を行いました。その結果、環反転の活性化エネルギーは55.9 kJ/molと推測されました。この値は、DFT計算により予測された環反転の活性化エネルギーは52.2 kJ/molとおおよそ一致する値となりました。一方で、ベンゼン環の回転の活性化エネルギーは複数の経路があるためか、アレニウスプロットで直線の回帰線を引くことができず、算出することができませんでした。

(3) トリアゾール環の電荷は、C(5)位水素側に正、N(3)位窒素側に負と、偏っていることが知られています。最近、この特徴を活かして「アニオンの捕捉」および「アニオン捕捉型触媒」の開発が盛んに行われています。そこで本研究では[3]CPPCを基本骨格とし、その側鎖にトリアゾ

ール部位を導入することで、 $C_3$ 対称性を持つアニオン捕捉型触媒を合成し、不斉反応へ応用を試みることにしました。

はじめに大平-Bestmann 試薬を用いて、[3]CPPC の側鎖のアルデヒドをアルキニル化しました。次に、銅触媒を用いるアジド化合物との 1,3-双極子付加環化反応により、3,5-ビストリフルオロ基を持つフェニルアジドと末端アルキンを持つ[3]CPPC から 3 つのトリアゾールを持つ  $C_3$ 対称性なアニオン補足型触媒 **16a** を合成しました。不斉反応のモデル反応として、クロロギ酸 2,2,2-トリクロロエチル (TrocCl) とシリルケテンアセタールを用いたキノリンの不斉脱芳香族化反応を行ったところ、エナンチオ選択性は 14% ee でありましたが、アニオン補足型触媒 **16a** が反応に関与していることを確認できました。そこで、より高いエナンチオ選択性を出すためには、より強固にアニオンを捕捉できる触媒が必要だと考え、側鎖の芳香環のメタ位にさらにトリアゾールを導入することにしました。[3]CPPC は反応点が 3 カ所あることから、多段階を経る合成では収率の低下が予想されるため、側鎖のアジド誘導体を合成した後、最終段階で銅触媒を用いる 1,3-双極子付加環化反応によって導入することにしました。その結果、高い収率で目的のアニオン補足型触媒 **16b**、**16c**、**16d** を合成することができました。これらの触媒は、2 つのトリアゾールから供与される 2 つの水素結合によってより強く塩化物イオンを捕捉し、より大きな側鎖がアニオンを中心とした「深いポケットを持つ籠型」を構築すると考えています。アニオン補足型触媒 **16b** を用いた時、29% ee とエナンチオ選択性の向上が見られました。



#### 4. 研究成果

筆者らは、光学活性シクロファン spacer 部位を 6 員環のベンゼン環から 5 員環のチオフェン環にかえ、様々な組み合わせを試みたところ、置換様式によって環化 3 量化や環化 2 量化反応が進行することを見出しました。チオフェン環上の置換基のなす角が 132° の時は環化 3 量化反応、81° や 51° の時は環化 2 量化反応が進行しました。角度が狭くなり反応点が近くなった結果、分子内反応が促進され、環化 3 量化ではなく環化 2 量化反応が進行したものと考えられます。また、チオフェン環そのものの非対称性、すなわち硫黄原子の位置の違いにより不斉誘起された  $C_3$ 対称性を有する新規螺旋型化合物を不斉合成することができました。さらに筆者らは、鎖状二量体を出発原料に用いることでトリマー ([3]CPPC-CHO) の生成を抑え、テトラマー ([4]CPPC-CHO) を合成することができました。また、テトラマー ([4]CPPC-CHO) の単結晶 X 線構造解析により  $C_2$  対称の折れ曲がり構造をしていることを明らかにしました。さらに、温度可変 NMR より、動的挙動の解析と活性化エネルギーの算出を行い、環反転の活性化エネルギーでは、DFT 計算とおおよそ一致する結果を得ました。最後に、 $C_3$ 対称性を持つアニオン捕捉型不斉触媒を合成し、これを用いた不斉反応では低いエナンチオ選択性であったが、不斉で進行することを見出しました。今後はより高いエナンチオ選択性を示す触媒設計と、最適な反応系を探す予定です。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miura Tomoya, Hagiwara Kohei, Nakamuro Takayuki, Nagata Yuuya, Oku Naoki, Murakami Masahiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Regioselective 1,3-Dipolar Cycloaddition of Nitriles with Nitrile Imines Generated from Tetrazoles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 131 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200634	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 Miura Tomoya, Moritani Shunsuke, Shiratori Yota, Murakami Masahiro	4. 巻 58
2. 論文標題 1,2-Acyl migration with $\alpha$ -imino rhodium carbenoids leading to substituted 1-naphthols	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2710 ~ 2713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC06349A	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 Miura Tomoya, Ishihara Yumi, Nakamuro Takayuki, Moritani Shunsuke, Nagata Yuuya, Murakami Masahiro	4. 巻 28
2. 論文標題 Synthesis, Structure, and Dynamics of Chiral Eight Membered Cyclic Molecules with Thienylene and Cyclopropylene Units Alternately Connected	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202103962	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 Oku Naoki, Murakami Masahiro, Miura Tomoya	4. 巻 24
2. 論文標題 Photoassisted Cross-Coupling Reaction of $\alpha$ -Chlorocarbonyl Compounds with Arylboronic Acids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1616 ~ 1619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c00121	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 Miura Tomoya, Oku Naoki, Shiratori Yota, Nagata Yuuya, Murakami Masahiro	4. 巻 27
2. 論文標題 Stereo and Enantioselective Synthesis of Propionate Derived Trisubstituted Alkene Motifs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 3861 ~ 3868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202004930	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 Miura Tomoya, Moriyama Daisuke, Miyakawa Sho, Murakami Masahiro	4. 巻 49
2. 論文標題 Synthesis of Alkyl Sulfones from Alkenes and Tosylmethylphosphonium Iodide through Photo-promoted C-C Bond Formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1382 ~ 1385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200530	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 Oku Naoki, Miura Tomoya	4. 巻 88
2. 論文標題 Cu-Catalyzed Double C(sp <sup>3</sup> )-H Functionalization of Ethylarenes to Form Arylethanolamines	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 7592 ~ 7596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.3c00583	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11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Naoki Oku, Tomoya Miura, Masahiro Murakami
2. 発表標題 Stereoselective Synthesis of Propionate-Derived Trisubstituted Alkene Motifs
3. 学会等名 AIMECS 2021, online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三木 祥輔・三浦 智也
2. 発表標題 Ru触媒を用いた1-(ポリル)アルカ-1-インと1,1-ジ(ポリル)アルカ-3-エンのAlderエン反応
3. 学会等名 日本化学会第102 春季年会, D202-4am-13, オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥 直樹・三浦 智也・村上 正浩
2. 発表標題 可視光を用いた $\pi$ -クロロカルボニル化合物とアリールポロン酸の鈴木・宮浦クロスカップリング反応
3. 学会等名 日本化学会第102 春季年会, D203-3am-02, オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森谷 俊亮・三浦 智也・白鳥 陽太・村上 正浩
2. 発表標題 -イミノロジウムカルベノイドの1,2-アシル転位を経る置換1-ナフトールの合成
3. 学会等名 日本化学会第102 春季年会, D202-3am-01, オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 入船 恵一・中室 貴幸・村上 正浩・三浦 智也
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いたビニルシクロプロパン転位における位置選択性の配位子制御
3. 学会等名 日本化学会第102 春季年会, D203-2pm-05, オンライン開催
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 柳瀬 将希・小林 史季・村上 正浩・三浦 智也
2. 発表標題 Ru触媒を用いた1-(シリル)アルカ-1-インと1,1-ジ(ポリル)アルカ-3-エンのAlderエン反応
3. 学会等名 日本化学会第102 春季年会, P3-2vn-03, オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥直樹・三浦智也・村上正浩
2. 発表標題 二重結合異性化反応を利用した三置換アルケン部位を有するホモアリルアルコールの立体選択的合成
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会、A16-3vn-15、オンライン開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥 直樹・村上 正浩・三浦 智也
2. 発表標題 銅触媒を用いたエチルアレーンの二重C(sp <sup>3</sup> )-H官能基化によるアリールエタノールアミンの合成
3. 学会等名 日本化学会第103 春季年会, K406-4am-13
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 信岡 希・山崎 賢・三浦 智也
2. 発表標題 密度汎関数法を用いたルテニウム触媒によるAlderエン反応の機構解明
3. 学会等名 日本化学会第103 春季年会, K406-1vn-06
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 土井 夕梨子・奥 直樹・三浦 智也
2. 発表標題 Ru触媒を用いた1-(ポリル)アルカ-1-インと1,1-ジ(ポリル)-1-(シリル)アルカ-3-エンのAlderエン反応
3. 学会等名 日本化学会第103 春季年会, K406-1vn-07
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福家 啓仁・三浦 智也
2. 発表標題 光触媒を用いたクロロアセトニトリルによるアルケンの1,2-ヒドロシアノメチル化反応
3. 学会等名 日本化学会第103 春季年会, K406-2pm-03
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Miura Lab/publications  <a href="https://sites.google.com/view/miuralab/publications">https://sites.google.com/view/miuralab/publications</a></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
---------	---------