

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03050

研究課題名(和文)オリゴマー分子，分子会合体，分子集合体レベルにおけるラセン物質の合成と動的機能

研究課題名(英文) Synthesis and dynamic function of helical substances at the oligomer, molecular aggregate, and molecular assembly levels

研究代表者

山口 雅彦 (YAMAGUCHI, MASAHIKO)

東北大学・薬学研究科・教授

研究者番号：30158117

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：キラルなラセン構造に着目して，小分子，オリゴマー分子会合体，分子集合体の合成と動的機能の研究を行なった．小分子レベルにおいては，ラセン化合物による酵素阻害活性を検討して，鏡像体によって活性が異なることなどを示した．オリゴマー分子会合体レベルでは水溶液中における逆熱応答現象を見出し，液晶形成とnmオーダーでの単一領域異方性物質の合成を達成した．分子集合体レベルでは，特徴的なキラル対称性の破れ現象を見出した．いずれもこれまでにほとんど知られていなかった物質現象である．合わせてこれらの合成に必要な遷移金属触媒反応を開発した．

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はキラルなラセン構造に着目して，小分子，オリゴマー分子，分子会合体，分子集合体の順に物質階層ボトムアップを行なう合成方法論と不均一溶液系における動的機能の探索を目的とした．ラセン物質の新しい構造と機能を解明したとともに，分子レベルとバルクレベル物質を関連させる新しい学術分野と機能発現の開拓を行なった．とくに，1)機械的的刺激応答，2)熱応答，3)可逆的異方性繊維構築，4)遷移金属触媒反応の成果をあげた．

研究成果の概要(英文)：Employing chiral helical organic molecules, bottom up studies on synthesis and functions of diverse organic substances have been conducted, which range between small molecules, molecular complex of oligomer molecules, and self-assembly materials. At small molecular level, chiral recognition in the inhibition of enzyme activity was observed. At the molecular complex of oligomer molecules, inverse thermoresponse phenomenon was found, and lyotropic liquid crystal and monodomain anisotropic films were synthesized. At self-assembly level, notable phenomena in chiral symmetry breaking phenomenon were found. These are novel material phenomena, not known before. Transition metal catalyzed synthesis of heteroatom compounds, which can be used in the study of helical substances, was also conducted.

研究分野：有機化学

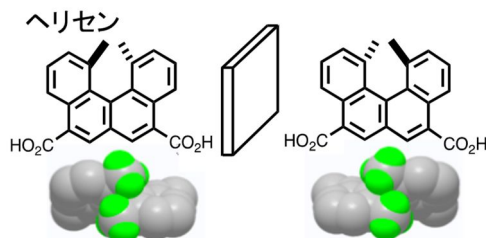
キーワード：ラセン分子 ヘリセン 二重ラセン 構造変化 自己組織化 非平衡 不均一系

1. 研究開始当初の背景

我々はラセン小分子としてヘリセンを取り上げた研究を行ってきた。ヘリセンはオルト縮環したねじれた π 電子系を有するキラル芳香族化合物であり、1950年代から数多くの合成研究が報告されている。しかし、大量合成できなかったために、性質と機能は調べられていなかった。大量合成を実現して不斉認識、不斉反応、不斉触媒などの機能研究を進展させた。ここでラセン不斉小分子は四面体構造の中心不斉小分子と大きく異なる性質を示すことを示した。

2. 研究の目的

本研究はキラルなラセン構造に着目して、有機小分子、オリゴマー分子、分子会合体、分子集合体の順に物質階層ボトムアップを行なう合成方法論と不均一溶液系における動的機能の開発を目的とする。ラセン物質の新しい構造と機能が解明されるとともに、分子レベルとバルクレベル物質を関連させる新しい学術分野と機能発現の開拓が期待できる。



3. 研究の方法

生体内で重要な機能を発現するタンパク質と核酸は、分子量 500 ダルトン以下の小分子を共有結合で連結した構造を有する。我々はこの方法論を合成化合物に適用する計画を立て、ヘリセンを連結した分子量数千ダルトンのオリゴマーの研究を行い、二重ラセン形成する分子を系統的に与える分子設計方法論を開発した。また、この合成で必要となる遷移金属触媒反応を開発した。

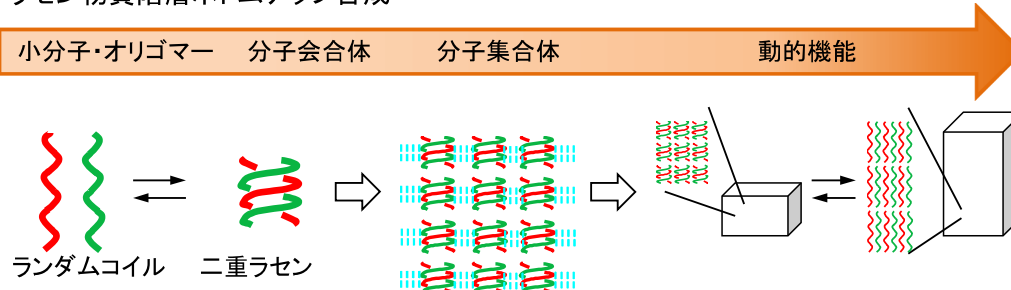
続いてナノメートルサイズのヘリセンオリゴマー二重ラセン会合体を分子集合化して、ミリ・センチメートルサイズの物質にボトムアップ合成する方法を開発している。二重ラセン会合体を固体表面、ナノ粒子表面などに配置して複合体間相互作用によって不均一溶液系で分子集合化することも行った。以上で合成したラセン物質は特徴的な性質を示す。本研究ではさらにラセンオリゴマー分子とその会合体の合成と動的機能を展開した。ラセン構造に着目して階層縦断的な物質合成研究を行いながら、物質機能にアプローチする研究は国内外でない。

ラセンオリゴマー分子のヘテロ二重ラセン形成によって構築したキラルでねじれた円柱構造の分子会合体が強い複合体間相互作用を起こすことを利用して、溶液中で分子集合体化してミリ・センチメートルサイズにおよぶキラル分子集合体を合成した。これらの不均一溶液系で1) 機械的刺激応答、2) 熱応答、3) 可逆的異方性フィルム構築における動的機能を検討した。さらに、大きな伸縮をともなう物質システム、ヒステレシスなどの非平衡現象と連動した熱応答システムなどのための新しい方法論も検討した。

本研究におけるオリゴマー分子の会合あるいは集合体形成は多くの場合に強い非共有結合生成を伴う。エネルギー的に共有結合と同程度の安定化を伴う会合体形成を用いて、化学反応研究の方法論によって進めたことは本研究の特徴である。また、非共有結合生成と共有結合生成を区別することなく取りあげた。

溶液中の不均一系に着目することも本研究の特徴である。生物は細胞膜などにおいて不均一系反応場を構築して巧妙に化学反応を行っている。複合材料においても異なる成分が不均一に分散している状態が機能発現で重要である。均一系の共有結合生成と非共有結合生成の関わる化学反応に関する研究が進んでいる一方で、不均一系の化学反応は未開拓であり、制御した不均一系を合成・解析する方法あるいは性質・機能に関する系統的な研究が求められる。本研究はヘリセンオリゴマーの物質階層横断的なラセン物質合成とその物質に特有なスペクトルの性質を

ラセン物質階層ボトムアップ合成



利用して、動的機能の研究を行なった。ラセンオリゴマーは固体表面における二重ラセン形成、摩擦熱による二重ラセン形成、自己組織化ゲル形成、液晶形成、ベシクル形成などの不均一物質系における構造変化を起こす。

本研究では多くのラセン物質を合成するとともに、現象、性質、機能を広く探索した。また、これらを支配する原理と概念を構築した。全体を統合してラセン物質の化学を開拓するものである。

4. 研究成果

1) 新規なヘリセン誘導体の大量合成

新規なヘリセン誘導体の合成法を開発した。特に、ヘリセン誘導体で酵素阻害活性を示す化合物を見出した。また、1,12-ジメチル基のラジカル修飾反応を開発して、ヘテロ原子官能基を導入することに成功した。あわせて新規構造の有機ヘテロ元素化合物を合成するための遷移金属触媒反応を開発した。

2) ラセンオリゴマー分子と二重ラセン会合体の合成

ヘリセンを連結した光学活性オリゴマー化合物を新たに設計合成した。特に、オキシメチレン基で連結した擬鏡像体の混合物によるヘテロ二重ラセン形成を検討した。これは溶液と固体表面の界面で二重ラセン形成を起こす特徴がある。また、攪拌によってもヘテロ二重ラセン形成する。これは攪拌子と容器表面の摩擦熱によって会合が促進されると説明した。

ペンダント構造のエチニルヘリセンオリゴマーを合成して、直鎖構造のオリゴマーと同様に二分子会合体を形成することを示した。

アミノメチレンヘリセンオリゴマーのヘテロ二重ラセン形成には自己触媒による増幅過程が含まれるので、複雑な反応現象を与える。具体的には一度の加熱冷却を与えると、二度の濃度増加が観測された。

アミノメチレンおよびオキシメチレンヘリセンオリゴマーでは、鏡像異性体を混合して調製したラセミ体のヘテロ二重ラセン形成において、キラル対称性の破れを発現した。本来はラセミ体のヘテロ二重ラセンを与えるはずであるが、自己触媒反応による増幅過程が含まれるので、微細な不斉の摂動によって一方の鏡像体ヘテロ二重ラセンの生成が加速されると説明した。また、繰り返して実験を行うと、常に一方の鏡像体のみを与える決定論的なキラル対称性の破れを与えることも見出した。

あわせて、両端部にポリエーテル親水性基あるいは長鎖アルキル基を導入したヘリセンオリゴマーを合成して二重ラセン形成について調べた。親水性のエチニルヘリセンオリゴマーは水系溶媒中でも二重ラセンを形成し、逆熱応答を示した。通常は有機分子は加熱によって解離、冷却によって会合を起こすが、これとは逆に加熱によって会合を起こす現象を見出した。水の組織化との競合によってこの現象が起きたと説明した。また、長鎖アルキル基を有するアミノメチレンヘリセンオリゴマーはヘテロ二重ラセン形成において熱的8字ヒステリシスを示した。

3) 二重ラセン会合体の分子集合体合成

二重ラセン会合体は外部にラセン状の溝をもつキラル円柱構造であり、これによって二重ラセン会合体間の相互作用によって自己組織化を起こして特徴的な分子集合体を与える。特に、エチニルヘリセンオリゴマーで両末端に長鎖アルキル基を有する化合物はヘテロ二重ラセン会合体の自己組織化によってリオトロピック液晶ゲルを形成した。ゲルの固体としての性質と液晶の性質を併せ持つ新しい不均一物質である。ここから溶媒を取り除くとセンチメートル領域で均一に異方性を示すフィルムを与えた。

4) 不均一溶液中におけるラセン分子集合体の動的機能

分子会合体と分子集合体形成における動的機能を調べて、特徴的な現象を見出した。3)で述べた自己組織化現象は可逆的であり、加熱によって解離するので繰り返して行うことができる。具体的には、不連続過程を含む繊維膜形成反応を見出した。また、自己触媒反応が連続して起こる反応系を開発した。

5) ラセン物質機能の体系化

以上の研究を総括して、ラセン構造物質について、有機小分子、二重ラセン会合体および分子集合体レベルの現象が相互に関係しながら起こることについて現象と原理を整理してまとめた。また、自己触媒反応は正のフィードバックであり、これを含む多数の化学反応システムの特徴と原理について、整理してまとめた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 22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 M. Arisawa, R. Suzuki K. Ohashi and M. Yamaguchi	4. 巻 9
2. 論文標題 Rhodium Catalyzed Synthesis of HeteroarylSelenyl Esters from Diheteroaryl Diselenides and Acid Fluorides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 553-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202000077	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 T. Sawato, R. Iwamoto and M. Yamaguchi	4. 巻 11
2. 論文標題 Figure-eight thermal hysteresis of aminomethylenehelicene oligomers with terminal C16 alkyl groups during hetero-double-helix formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Sci.	6. 最初と最後の頁 3290-3300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9sc06496f	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 M. Arisawa, K. Nakai, T. Yamada, R. Suzuki and M. Yamaguchi	4. 巻 100
2. 論文標題 Synthesis of Cycloalkyl/steroidal Heteroaryl Sulfides Using Rhodium-Catalyzed Heteroaryl Exchange Reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heterocycles	6. 最初と最後の頁 104-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-19-14147	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 M. Arisawa, K. Fukumoto and M. Yamaguchi	4. 巻 10
2. 論文標題 Rhodium-catalyzed phosphorylation reaction of water-soluble disulfides using hypodiphosphoric acid tetraalkyl esters in water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Adv.	6. 最初と最後の頁 13820-13823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA02377A	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 T. Sawato, N. Saito and M. Yamaguchi	4. 巻 4
2. 論文標題 Chemical Systems Involving Two Competitive Self-Catalytic Reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 5879-5899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b00133	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 S. Tanii, M. Arisawa and M. Yamaguchi	4. 巻 55
2. 論文標題 Acid-catalyzed synthesis of condensed polycyclic diaryl ethers from arenols	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Comm.	6. 最初と最後の頁 14078-14080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc07172e	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 T. Sawato, Y. Shinozaki, N. Saito and M. Yamaguchi	4. 巻 10
2. 論文標題 Chemical CD oscillation and chemical resonance phenomena in a competitive self-catalytic reaction system: a single temperature oscillation induces CD oscillations twice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Sci.	6. 最初と最後の頁 1735-1740
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8sc03109f	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 W. Ichinose, T. Sawato, H. Kitano, Y. Shinozaki, M. Arisawa, N. Saito, T. Yoshikawa and M. Yamaguchi,	4. 巻 72
2. 論文標題 Optically active iodoelicene derivatives exhibit histamine N-methyl transferase inhibitory activity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Antibiot.	6. 最初と最後の頁 476-481
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41429-018-0118-z	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 N. Saito, H. Kobayashi, K. Kanie and M. Yamaguchi	4. 巻 35
2. 論文標題 Long-range Anisotropic Structural Films and Fibers Formed from Lyotropic Liquid Crystal Gels Containing Hetero-double-helices with C16 Terminal Groups	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5075-5080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b04385	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 T. Sawato, N. Saito and M. Yamaguchi	4. 巻 21
2. 論文標題 Proximate stochastic chiral symmetry breaking is mechanically tunable: formation of enantiomeric hetero-double-helices and aggregates from racemic oxymethylenehelixene oligomers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 25406-25414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cp04299g	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 T. Sawato, R. Yuzawa, H. Kobayashi, N. Saito and M. Yamaguchi	4. 巻 9
2. 論文標題 Formation and dissociation of synthetic hetero- double- helix complex in aqueous solutions: significant effect of water content on dynamics of structural change	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Adv.	6. 最初と最後の頁 29456-29462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9RA06073A	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 M. Arisawa and M. Yamaguchi	4. 巻 30
2. 論文標題 Rhodium- Catalyzed Synthesis of Organosulfur Compounds using Sulfur	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1621-1631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1611867	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 M. Arisawa, T. Tazawa, W. Ichinose, H. Kobayashi and M. Yamaguchi	4. 巻 360
2. 論文標題 Rhodium Catalyzed Synthesis of Dialkyl (Heteroaryl) Phosphine Sulfides by Phosphinylation of Heteroaryl Sulfides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Adv. Synth. Catal.	6. 最初と最後の頁 3488-3491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1002/adsc.201800630	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 M. Arisawa, K. Sawahata, T. Ichikawa and M. Yamaguchi	4. 巻 37
2. 論文標題 Rhodium-Catalyzed Isomerization and Alkyne Exchange Reactions of 1,4- Dithiins via the 1,2-Ethenedithiolato Rhodium Complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 3174-3180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.8b00498	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 S. Tanii, M. Arisawa, T. Tougo and M. Yamaguchi	4. 巻 20
2. 論文標題 Catalytic Method for the Synthesis of C-N-Linked Bi(heteroaryl)s Using Heteroaryl Ethers and N-Benzoyl Heteroarenes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 1756-1759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b00245	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 M. Arisawa, K. Sawahata, T. Yamada, D. Sarkar and M. Yamaguchi	4. 巻 20
2. 論文標題 Rhodium- Catalyzed Insertion Reaction of PhP Group of Pentaphenylcyclopentaphosphine with Acyclic and Cyclic Disulfides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 938-941
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b03825	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 N. Saito and M. Yamaguchi	4. 巻 23
2. 論文標題 Synthesis and Self-Assembly of Chiral Cylindrical Molecular Complexes: Functional Heterogeneous Liquid-Solid Materials Formed by Helicene Oligomers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules23020277	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 Y. Kushida, N. Saito, M. Shigeno and M. Yamaguchi	4. 巻 8
2. 論文標題 Multiple competing pathways for chemical reaction: drastic reaction shortcut for the self-catalytic double-helix formation of helicene oligomers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Sci.	6. 最初と最後の頁 1414-1421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6sc01893a	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 T. Sawato, N. Saito, M. Shigeno and M. Yamaguchi	4. 巻 2
2. 論文標題 Mechanical Stirring Induces Heteroaggregate Formation and Self-assembly of Pseudoenantiomeric Oxymethylene Helicene Oligomers in Solution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Select	6. 最初と最後の頁 2205-2211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1002/slct.201700303	査読の有無 無
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 N. Saito, Y. Shinozaki, M. Shigeno, K. Mushiaki and M. Yamaguchi	4. 巻 2
2. 論文標題 Synthesis of 1,128-Octacosahexanediol and Its Sharp Thermoresponse in Solution with Concomitant Structural Change	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Select	6. 最初と最後の頁 8459-8464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201701356	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 M. Arisawa, S. Tanii, T. Tazawa and M. Yamaguchi	4. 巻 94
2. 論文標題 Synthesis of Unsymmetric HetAr-X-HetAr" Compounds by Rhodium-Catalyzed Heteroaryl Exchange Reactions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Heterocycles	6. 最初と最後の頁 2179-2207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/REV-17-869	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 M. Arisawa, T. Tazawa, S. Tanii, K. Horiuchi and M. Yamaguchi	4. 巻 82
2. 論文標題 Rhodium- Catalyzed Synthesis of Unsymmetric Di(heteroaryl) Sulfides Using Heteroaryl Ethers and S-Heteroaryl Thioesters via Heteroarylthio Exchange	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 804-810
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.6b02585	査読の有無 無
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 N. Saito, Y. Kondo, T. Sawato, M. Shigeno, R. Amemiya and M. Yamaguchi	4. 巻 82
2. 論文標題 Pendant-Type Helicene Oligomers with p-Phenylene Ethynylene Main Chains: Synthesis, Reversible Formation of Ladderlike Bimolecular Aggregates, and Control of Intramolecular and Intermolecular Aggregation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 8389-8406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.7b00824	査読の有無 無
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 S. Tanii, M. Arisawa, T. Tougo, K. Horiuchi and M. Yamaguchi	4. 巻 28
2. 論文標題 Thieme Chemistry Journals Awardees - Where Are They Now? Rhodium- Catalyzed Synthesis of Unsymmetric Di (heteroaryl) Ethers Using Heteroaryl Exchange Reaction	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1601-1607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0036-1588801	査読の有無 無
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 T. Sawato, A. Yagi, M. Ariaswa and M. Yamaguchi	4. 巻 73
2. 論文標題 Chemical braking exhibited by ethynylhelicene (M)-nonamer in solution: Competitive reaction system of self-catalysis to form double-helix and approach towards equilibrium to form random-coil	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 2801-2805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2017.03.083	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 N. Saito, H. Kobayashi and M. Yamaguchi	4. 巻 73
2. 論文標題 Inverse thermoresponse of a water-soluble helicene oligomer in aqueous-organic mixed solvent systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 6047-6051
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.tet.2017.08.046	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 4件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山口 雅彦
2. 発表標題 「化学反応とは何か」
3. 学会等名 新学術領域「精密制御反応場」、第7回公開シンポジウム 仙台、2019年5月16日～17日 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有澤 美枝子
2. 発表標題 「有機ヘテロ元素化合物の遷移金属触媒合成と生物活性」
3. 学会等名 第14回 プロセス化学ラウンジ、2019年11月29日 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 望、湯澤 玲介、山口 雅彦
2. 発表標題 ビシクロヘキシルを有するエチニルヘリセンオリゴマーの合成とリोटロピック液晶ゲル形成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤 望、小林 東史、山口 雅彦
2. 発表標題 C16アルキル末端を有するエチニルヘリセンオリゴマーによる長距離単一ドメインの異方的自己組織体形成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有澤 美枝子、田沢 健、山口 雅彦
2. 発表標題 複素環スルフィドのホスフィニル化による複素環ジアルキルホスフィン誘導体のロジウム触媒合成
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有澤 美枝子、福本 昂平、山口 雅彦
2. 発表標題 ジスルフィドのロジウム触媒的チオリン酸エステル化反応
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有澤 美枝子、澤畑 恭佑、山田 朋貴、山口 雅彦
2. 発表標題 ペンタフェニルシクロペンタホスフィンPhP基のジスルフィドへのロジウム触媒挿入反応
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷井 沙織、有澤 美枝子、山口 雅彦
2. 発表標題 複素環エーテルとN-ベンゾイル複素環化合物のC-N結合生成によるビス複素環化合物の触媒的合成法の開発
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 有澤 美枝子、澤畑 恭佑、市川 拓哉、山口雅彦
2. 発表標題 1,4-ジチインのロジウム触媒的異性化反応とアルキン交換反応
3. 学会等名 化学系学協会東北大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田沢 健、有澤 美枝子、山口 雅彦
2. 発表標題 複素環チオ基交換を伴うロジウム触媒的非対称ビス複素環スルフィドの合成反応
3. 学会等名 第28回万有仙台シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Yamaguchi
2. 発表標題 +Dynamism in Hetero-double-helix Formation of (Pseudo)enantiomeric Mixtures of Aminomethylenehelicene Oligomers
3. 学会等名 The 7th Sino-Japanese Symposium on Organic Chemistry for Young Scientists, China, October 2017. (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Yamaguchi
2. 発表標題 +Dynamism in Hetero-double-helix Formation of (Pseudo) enantiomeric Mixtures of Aminomethylenehelicene Oligomers
3. 学会等名 Chirality Symposium 2017, Tokyo, Japan, June 2017. (招待講演)
4. 発表年 2017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
研究分担者	谷井 沙織 (Tanii Saori) (20792295)	東北大学・薬学研究科・助教 (11301)	研究分担者削除年月日：平成31年3月31日
研究分担者	有澤 美枝子 (Arisawa Mieko) (50302162)	東北大学・薬学研究科・准教授 (11301)	研究分担者削除年月日：平成30年3月31日