

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01984

研究課題名（和文）合成ラセン高分子の集積化を基盤とする超分子構造体の創成と応用

研究課題名（英文）Development and application of supramolecular systems based on the assembly of synthetic helical polymers

研究代表者

井改 知幸（Ikai, Tomoyuki）

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90402495

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、二次構造を有する合成高分子が様々な次元で規則配列した超分子構造体を合理的に創成する技術を確立し、ラセンと超分子の構造特性を活かした新物性・卓越機能の創出を目指し検討を行った。その結果、中空ラセン二次構造の構築によるキラル認識能の発現、光学活性全共役ヘリカルラダーポリマーの合成、トリプチセン骨格を導入した環状金属錯体のキラルセルフソーティング現象の発見、巨大円偏光発光特性を有する静的キラルな多重拡張ヘリセンの合成等を世界に先駆けて成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

二次構造を有する高分子に関する研究は世界中で展開されているが、二次構造と超分子の強みを掛け合わせて機能発現を目指す研究は黎明期にある。本研究を通じて、これまで実現が困難であった合目的な高次構造の構築に基づいたキラル認識能の発現、それを利用したキラル固定相への応用、極めて優れた円偏光発光性を示すホモヘリシティを有する一連の分子群の開発は、学術的新規性・独創性はもとより、応用面においても重要な研究成果と位置づけられる。

研究成果の概要（英文）：In this project, we developed supramolecular assemblies of synthetic polymers with secondary structures, and investigated the exploration of new properties and outstanding functions by combining the structural features of secondary structures and supramolecules. Consequently, we were the first to succeed in the emergence of a high enantioseparation ability of the contracted one-handed helical tubular ladder polymers, defect-free synthesis of a fully  $\pi$ -conjugated optically-active helical ladder polymer, discovery of the coordination-driven homochiral self-sorting of triptycene-based metallomacrocycles, and synthesis of the multiple expanded helicene showing a very strong circularly polarized luminescence.

研究分野：高分子化学

キーワード：らせん 超分子ポリマー キラリティ 高次構造 イソシアニド

### 1. 研究開始当初の背景

DNA やタンパク質等の生体高分子の多くは、ラセン構造に代表される精緻な二次構造を形成するとともに、それらが空間特異的に自己組織化し、超分子構造体を構築することで、生命維持に不可欠な高度な機能を発現している。これらの構造と仕組みに学び、化学者は長年に渡って、生体類似のラセン高分子の合成に努力をしてきた。その結果、ラセン二次構造の人工的構築を目指した研究分野は、過去 20 年の間に目覚ましい発展を遂げ、現在、主鎖骨格やラセン直径・ピッチが異なる様々なラセン二次構造を人工的に構築できるようになってきた。しかし、未だ、世界のラセン研究の最前線は、1 本の高分子鎖が形成する孤立した二次構造の科学にあり、人工高分子の触媒、認識、情報等に関連する機能レベルは、ラセン集合系を操る生体系に遠く及ばないのが現状である。ラセン二次構造の積極的な構築と集積化を基盤とする科学は、黎明期の研究領域であり、これらを可能にする合理的な手法の提案・開発が、高度機能を有する高分子材料開発、ひいては、「高分子科学」の発展につながると期待される。申請者らは最近、ラセン高分子からなる超分子集合体を合成する独自の反応の開発に成功した。これにより、実現が強く望まれながらも、方法論が無いために未開拓であったラセン二次構造の配列制御の道が拓かれた。

### 2. 研究の目的

本研究では、(1)「二次構造を有する合成高分子が様々な次元で規則配列した生体類似の超分子構造体」を合理的に創成する技術の確立、(2) ラセンと超分子の構造特性・強みを掛け合わせることで初めて発現可能な新物性・卓越機能の創出を目指す。さらに、(3) 一方向巻きラセン高分子を半永久的に生み出すことができる不斉増殖サイクルの実現にも挑戦する。得られる成果は、機能性高分子・超分子開発の新たな潮流を生み出すだけでなく、生体/人工高分子間にまたがる構造と機能のギャップの解消にも繋がり、学术界のみならず、産業界にも多大の恩恵をもたらす。

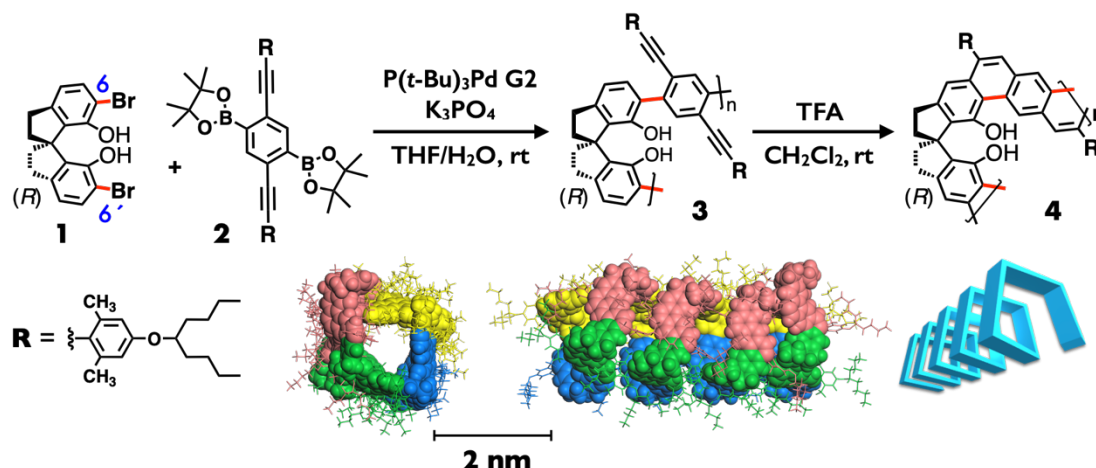
### 3. 研究の方法

合成高分子の高次構造制御を基軸とした新物性・卓越機能の創出を実現するために、まず、高分子の一次/二次構造、キロプティカル特性、機能との相関を詳細に調べた。高分子合成に関しては、定量的な環化効率と完璧な選択性に加え、基質適用性に優れたアルキン芳香環化反応の開発に成功したことで、望みの二次構造を有する合成高分子の創成と合目的な機能開拓が可能になった。得られた高分子の吸収及び円二色性測定、原子間力顕微鏡 (AFM) 観察及び全原子分子動力学計算により、二次構造解析を行なった。また、高分子の二次構造と機能の予測は、理論・計算科学等を駆使して実施した。

### 4. 研究成果

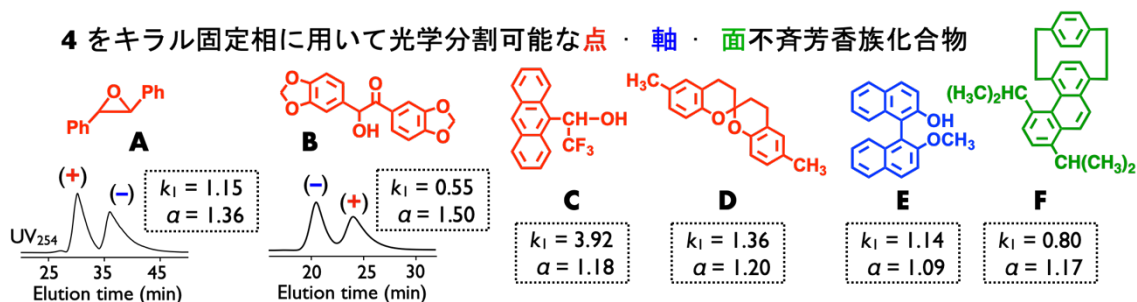
#### 1. 中空ラセン二次構造の構築によるキラル認識能の発現

光学活性な 6,6'位連結型 1,1'-スピロビインダン構造を有するジブロモ化合物 (1) と 1,4-ベンゼンジボロン酸エステル誘導体 (2) の鈴木・宮浦カップリング重合により前駆体ポリマー (3) を合成し、得られた 3 のアルキン芳香環化を、トリフルオロ酢酸 (TFA) 存在下、ジクロロメタン中、室温条件で行うことで、分子認識に適した 1 nm 程度の不斉ナノ空孔を有する一方向巻きの中空ラセンポリマー (4) の定量的かつ選択的な合成に成功した。ラセン空孔の直径は約 1 nm 程度であり、分子量数百程度の芳香族化合物を包接するのに十分なサイズであることを分子モデリングにより確認した。さらに、分子動力学シミュレーションにより、分子認識サイトになりうる  $\pi$  電子で囲まれたラセン空孔は、溶液中でも安定に保たれることが分かった。4 を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 用のキラル固定相として応用したところ、溶離液に水溶液を用い



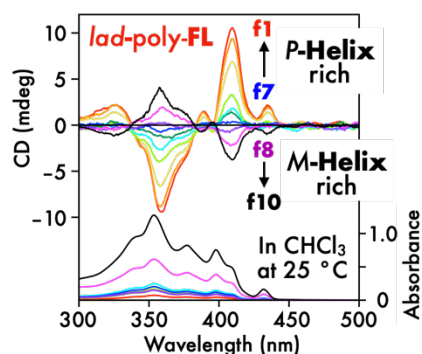
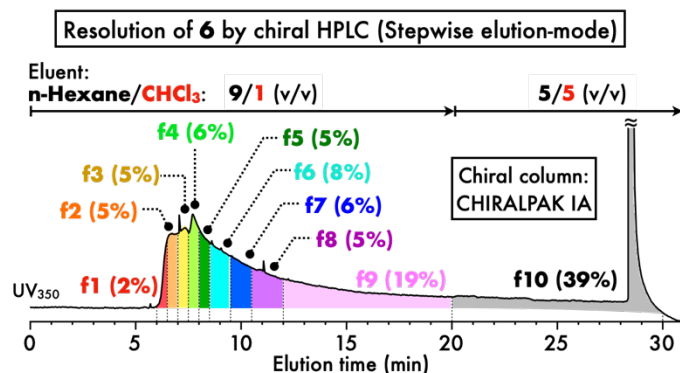
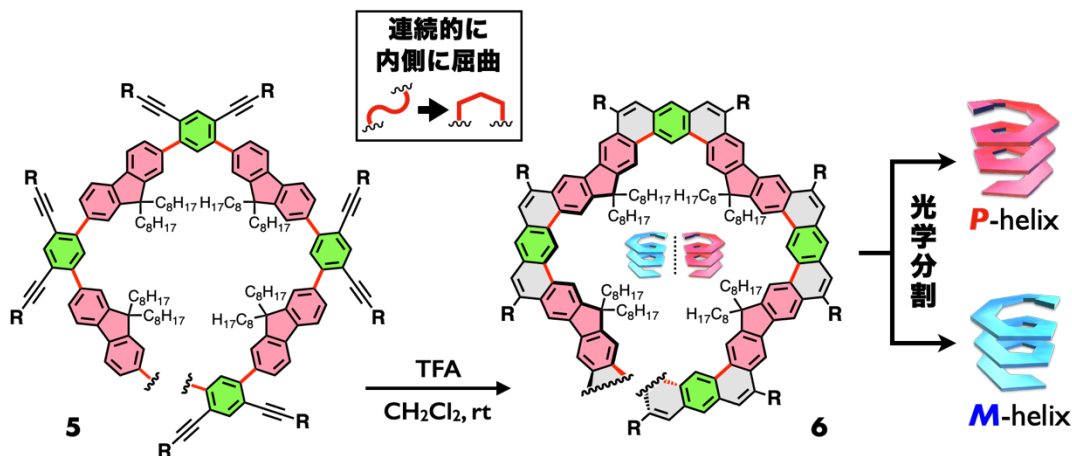
る逆相条件下、点不斉 (A-D)、軸不斉 (E)、面不斉 (F) 化合物に対して優れた光学分割能を発現することを見出した。対応する空孔を持たないリボン型ラセン構造を有するラセン高分子は全く光学分割能を示さないことから、ラダー化によって構築した不斉な空孔が分子認識サイトとして有効に働き、光学分割能が発現することを明らかにした。

#### 4 をキラル固定相に用いて光学分割可能な点・軸・面不斉芳香族化合物



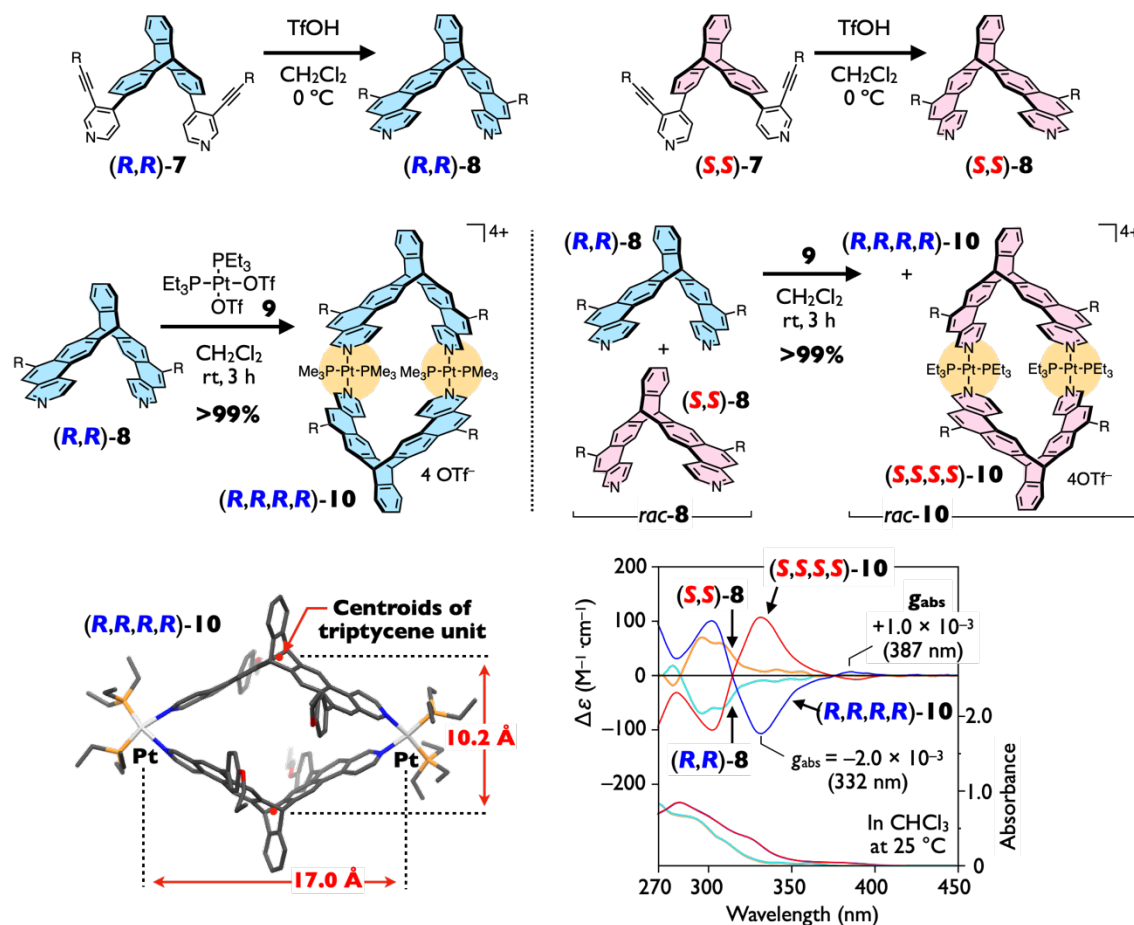
#### 2. アキラルユニットのみからなる光学活性全共役ヘリカルラダーポリマーの合成

アルキン芳香環化を利用したフルオレン骨格を含有する構造欠陥のない全共役ヘリカルラダーポリマーの合成とその光学分割について検討を行った。TFA を用いた **5** の分子内芳香環化反応をジクロロメタン中で行なったところ、C=C 結合の伸縮振動に由来する  $2,200\text{ cm}^{-1}$  付近の IR 吸収バンドが完全に消失し、アルキン芳香環化が定量的に進行したことが確認された。生成ポリマーの二次元 NMR 解析およびモデル化合物を用いた検討により、環化反応が完全に 2,7-位選択的に進行したことを確認し、構造欠陥のない全共役ヘリカルラダーポリマー (**6**) の合成に成功した。前駆体の **5** は、吸収、発光スペクトルともにブロードなピークを示したのに対し、環化反応後の **6** は、シャープなスペクトルを示し、明確な振動構造が観測された。環化により剛直なラダー構造に変換され、ポリマー鎖全体の運動性が抑制されたことに起因すると考えられる。モデル化合物を用いた検証、各種スペクトル解析および MALDI-TOF 質量分析からも、構造欠陥のない **6** の生成を確認している。**6** はアキラルなモノマーユニットのみからなり、ラセンの巻き方向を制御する要因を持たないため、右巻きと左巻きのラセンが等量含まれる。そこで、キラル HPLC により **6** の光学分割を試みた。分離条件を精査した結果、ラセンの部分分割に成功し、非対称性因子 ( $g_{\text{abs}}$ ) が  $10^{-2}$  を超える一方向巻きに片寄った全共役ヘリカルラダーポリマーを得ることができた。さらに、ラセンキラリティは熱的に極めて安定であり、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  で 24 時間加熱しても、円二色性 (CD) 強度は全く変化しないことを明らかにした。



### 3. ラダー骨格を活用した光学活性環状金属錯体の合成とキラルセルフソーティング

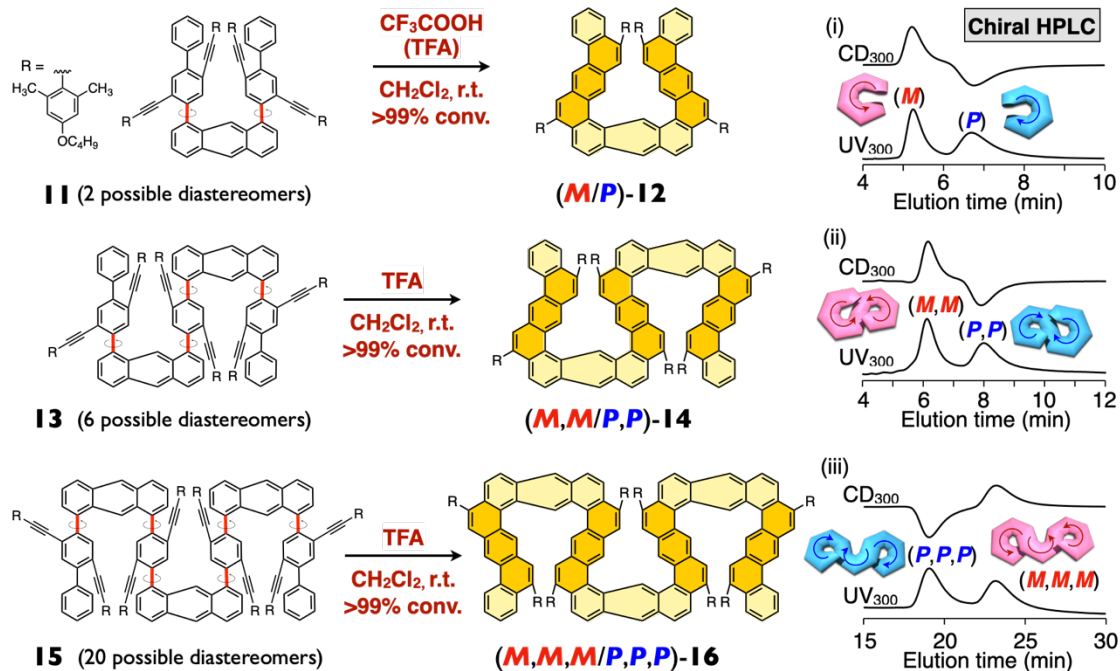
(*R,R*)- 及び (*S,S*)-2,6-ジヨードトリプチセンを出発原料に用い、宮浦-石山ホウ素化反応、鈴木-宮浦カップリング反応を経て、ピリジン環を有する光学活性な環化前駆体 (*R,R*)- 及び (*S,S*)-**7** を合成した。得られた **7** のアルキン芳香環化反応をトリフルオロメタンスルホン酸 (TfOH) 存在下、ジクロロメタン中で行い、光学的に純粋なトリプチセン骨格を含有するラダー型ビス(ベンゾ[*b*]イソキノリン)配位子 (*R,R*)- 及び (*S,S*)-**8** を合成した。光学活性な (*R,R*)-**8** と *cis*-Pt(PEt<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OTf)<sub>2</sub> (**9**) との配位駆動自己集合をジクロロメタン中、室温で行い、ホモキラルなトリプチセンからなる初めての光学活性環状金属錯体 ((*R,R,R,R*)-**10**) の合成に成功した。Pt<sub>2</sub>L<sub>2</sub> 型錯体の生成は、<sup>1</sup>H NMR, <sup>31</sup>P NMR 及び ESI-MS 測定により確認した。(*R,R,R,R*)-**10** は、キラルな環状構造に由来する特徴的な円二色性を示すことが分かった。さらに、対応するラセミの配位子 (*rac*-**8**) が、完璧なホモキラルセルフソーティングを起こし、一对の鏡像の環状金属錯体 (*rac*-**10**) に定量的に変換されることを見出すとともに、ラセミの大環状金属錯体の単結晶 X 線構造解析にも成功した。対応する非ラダー型配位子 (*rac*-**7**) は、キラルセルフソーティング現象を起こさないことから、ラダー骨格の導入が選択的な配位駆動自己集合に重要な役割を果たすことを明らかにした。



[当初に予見していなかった新たな展開等によって得られた研究成果]

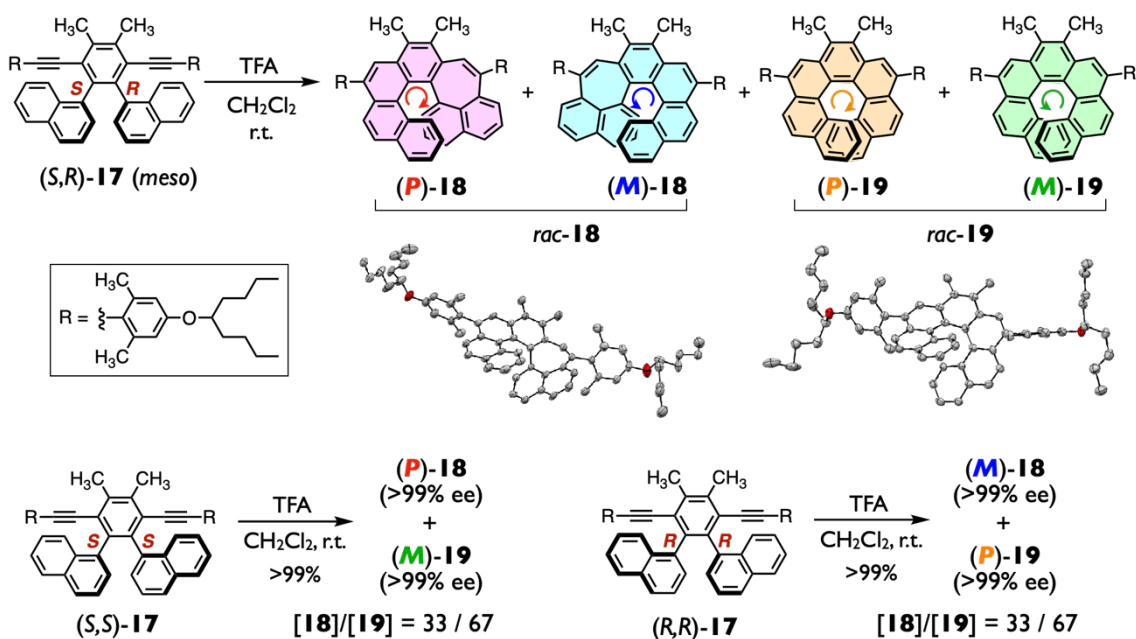
### 4. 巨大円偏光発光特性を有する静的キラルな多重拡張ヘリセンの合成

ラセン系の大きな拡張ヘリセン (expanded helicene) がさらに縮環して連結した「多重拡張ヘリセン」の合成と機能開拓について検討を行なった。まず、環化前駆体として、1,8-アントラセンおよび *p*-フェニレンユニットを含有する 3 種類の  $\pi$  共役化合物 (**11**, **13**, and **15**) を合成した。生成物は、側鎖間の立体障害により、動的な軸性キラリティを複数有するため、最大で 20 種類のジアステレオマーからなる平衡混合物として存在する。これらの混合物の芳香環化を行なったところ、いずれも、望みのラダー化反応が定量的かつ化学選択的に進行し、一对のエナンチオマーのみからなる C, S, M 字構造のシングル (**12**)、ダブル (**14**)、トリプル (**16**) 拡張ヘリセンが得られた。**14** と **16** に関しては、多重拡張ヘリセンの初めての例となる。いずれの拡張ヘリセンも、キラル HPLC により光学分割でき、光学活性体は明確な CD を示した ( $|g_{\text{abs}}| \geq 6.4 \times 10^{-3}$ )。また、ヘリセンの多重度が増加するにつれ、ラセンの反転障壁が高くなり、トリプル型の **16** は、溶液中、80 °C 条件下においてもラセミ化が全く進行しないことを明らかにした。さらに、 $\pi$  共役骨格に由来する蛍光発光領域に巨大な CPL を示し、これまで報告されているヘリセン系化合物の中でもっとも高い CPL 特性 (CPL brightness ( $B_{\text{CPL}}$ ) = 255 M<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>) を示すことを見出した。



## 5. 光学的に純粋な[7]ヘリセンと[6]ヘリセンの同時合成

出発原料の1,2-ジブromo-4,5-ジメチルベンゼンから三段階の反応により、静的軸性キラルな環化前駆体として1,2-ジナフチルベンゼン誘導体((*S,R*)-**17**)を合成し、得られた(*S,R*)-**17**のアルキン芳香環化反応をTFA存在下、ジクロロメタン中で行ったところ、定量的に環化反応が進行し、「7員環を含有する[6]ヘリセン(*rac*-**18**)」および「[7]ヘリセン**3**(*rac*-**19**)」を得ることに成功した。それぞれのヘリセンの生成は、NMR、単結晶X線構造解析、高分解能質量分析により確認した。いずれのヘリセン誘導体も室温下で十分に高いラセン反転障壁を有しており、キラルHPLCにより各エナンチオマー(>99% ee)に分割することにも成功している。また、光学活性な前駆体((*S,S*)- and (*R,R*)-**17**)のアルキン芳香環化により、「7員環を含有する[6]ヘリセン**18**(>99% ee)」及び「[7]ヘリセン**19**(>99% ee)」の立体特異的、定量的、かつ同時合成に成功した。光学的に純粋な2種類のヘリセンは、反応中間体である動的な[4]ヘリセン化合物のラセン反転に伴って生成することも明らかにした。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Ikai Tomoyuki, Ito Masaki, Oki Kosuke, Suzuki Nozomu, Yashima Eiji	4. 巻 62
2. 論文標題 One Handed Helical Polyacetylenes Bearing Axially Chiral 2 Arylpyridyl N Oxide Units for Efficient Chromatographic Enantioseparation of Chiral Aromatic and Aliphatic Alcohols	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202306252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202306252	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 Ikai Tomoyuki, Morita Yuki, Majima Tsuyoshi, Takeda Shoki, Ishidate Ryoma, Oki Kosuke, Suzuki Nozomu, Ohtani Hajime, Aoi Hiromi, Maeda Katsuhiko, Okoshi Kento, Yashima Eiji	4. 巻 145
2. 論文標題 Control of One-Handed Helicity in Polyacetylenes: Impact of an Extremely Small Amount of Chiral Substituents	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 24862 ~ 24876
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c09308	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 Ikai Tomoyuki, Tanaka Atsuya, Shiotani Takumi, Oki Kosuke, Yashima Eiji	4. 巻 5
2. 論文標題 Secondary Structure Modulation of Triptycene-Based One-Handed Helical Ladder Polymers through -Extension of Achiral Segments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organic Materials	6. 最初と最後の頁 184 ~ 190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-2208-4389	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 Oki Kosuke, Zheng Wei, Yashima Eiji, Ikai Tomoyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Optically-pure triptycene-based metallomacrocycles and homochiral self-sorting assisted by ladder formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8989 ~ 8992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CC02259E	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 該当する

1. 著者名 Ikai Tomoyuki, Mishima Namiki, Matsumoto Takehiro, Miyoshi Sayaka, Oki Kosuke, Yashima Eiji	4. 巻 63
2. 論文標題 2,2 Tethered Binaphthyl Embedded One Handed Helical Ladder Polymers: Impact of the Tether Length on Helical Geometry and Chiroptical Property	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202318712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202318712	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 Ikai Tomoyuki, Okuda Shogo, Aizawa Motoki, Yashima Eiji	4. 巻 55
2. 論文標題 Chiral and Achiral Pendant-Bound Poly(biphenylacetylene)s Bearing Amide and/or Carbamate Groups: One-Handed Helix Formations and Chiral Recognition Abilities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 7023 ~ 7031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.2c01362	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 Ikai Tomoyuki, Anzai Shun, Oki Kosuke, Yashima Eiji	4. 巻 61
2. 論文標題 Amplification of macromolecular helicity of poly(biphenylacetylene)s composed of a small amount of chiral [5]helicene units	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Science	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/pol.20220658	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 Ikai Tomoyuki, Miyoshi Sayaka, Oki Kosuke, Saha Ranajit, Hijikata Yuh, Yashima Eiji	4. 巻 62
2. 論文標題 Defect Free Synthesis of a Fully Conjugated Helical Ladder Polymer and Resolution into a Pair of Enantiomeric Helical Ladders**	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202301962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202301962	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 該当する

1. 著者名 Ikai Tomoyuki, Nakamura Koshi, Mizumoto Kosuke, Oki Kosuke, Yashima Eiji	4. 巻 62
2. 論文標題 Remote Control of One Handed Helicity in Polyacetylenes through Flexible Spacers in Water: Impact of the Spacer Length	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202301127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202301127	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 Ikai Tomoyuki, Oki Kosuke, Yamakawa Shoya, Yashima Eiji	4. 巻 62
2. 論文標題 Stereospecific Synthesis of Enantiopure [6]Helicene Containing a Seven Membered Ring and [7]Helicene by Acid Promoted Stepwise Alkyne Annulations of Doubly Axial Chiral Precursors**	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202301836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202301836	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 Zheng Wei, Oki Kosuke, Saha Ranajit, Hijikata Yuh, Yashima Eiji, Ikai Tomoyuki	4. 巻 62
2. 論文標題 One Handed Helical Tubular Ladder Polymers for Chromatographic Enantioseparation**	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202218297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202218297	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 該当する

1. 著者名 Ikai Tomoyuki, Takeda Shoki, Yashima Eiji	4. 巻 11
2. 論文標題 Catalytic One-Handed Helix Induction and Subsequent Static Memory of Poly(biphenylacetylene)s Assisted by a Small Amount of Carboxy Groups Introduced at the Pendants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 525 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.2c00136	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 Zheng Wei、Ikai Tomoyuki、Oki Kosuke、Yashima Eiji	4. 巻 2
2. 論文標題 Consecutively fused single , double , and triple expanded helicenes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Natural Sciences	6. 最初と最後の頁 e20210047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ntls.20210047	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 該当する

1. 著者名 Ikai Tomoyuki、Okuda Shogo、Yashima Eiji	4. 巻 34
2. 論文標題 Macromolecular helicity induction and static helicity memory of poly(biphenylacetylene)s bearing aromatic pendant groups and their use as chiral stationary phases for high performance liquid chromatography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chirality	6. 最初と最後の頁 306 ~ 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chir.23399	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 Ikai Tomoyuki、Kawabata Satoshi、Okuda Shogo、Ousaka Naoki、Yashima Eiji	4. 巻 53
2. 論文標題 Chiral amplification of supramolecular coassemblies of chiral and achiral acylhydrazine-functionalized biphenyls and their copolymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1475 ~ 1480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00550-7	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 Ikai Tomoyuki、Ando Mitsuka、Ito Masaki、Ishidate Ryoma、Suzuki Nozomu、Maeda Katsuhiro、Yashima Eiji	4. 巻 143
2. 論文標題 Emergence of Highly Enantioselective Catalytic Activity in a Helical Polymer Mediated by Deracemization of Racemic Pendants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 12725 ~ 12735
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c05620	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34件(うち招待講演 8件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 井改知幸
2. 発表標題 Helical ladderization: らせん二次構造の自在構築
3. 学会等名 第49回中国四国地区高分子講座(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoyuki Ikai
2. 発表標題 Synthesis of single-handed helical spiro-conjugated ladder polymers with or without a helical cavity
3. 学会等名 14th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoyuki Ikai
2. 発表標題 Synthesis and application of one-handed helical ladder polymers
3. 学会等名 National Tsing Hua University Seminar(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoyuki Ikai
2. 発表標題 Defect-free synthesis and function of helical ladder polymers
3. 学会等名 2024 Trilateral Conference on Modern Challenges in Polymer Science and Technology(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸
2. 発表標題 ラダー化が導く二次構造制御の幕開け
3. 学会等名 2023年度 化学生命工学講演会「化学生命の最前線1」(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸
2. 発表標題 Defect-Free Ladder Polymers with a One-Handed Helical Geometry: Synthesis and Application
3. 学会等名 日本化学会第 104 春季年会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoyuki Ikai, Sayaka Miyoshi, Kosuke Oki, Ranajit Saha, Yuh Hijikata, Eiji Yashima
2. 発表標題 Defect Free Synthesis of Fully pi-Conjugated Optically-Active Helical Ladder Polymers Consisting of Totally Achiral Monomer Units
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoyuki Ikai, Sayaka Miyoshi, Kosuke Oki, Ranajit Saha, Yuh Hijikata, Eiji Yashima
2. 発表標題 Synthesis of a Fully pi-Conjugated Helical Ladder Polymers and Resolution into a Pair of Enantiomeric Helices
3. 学会等名 Molecular Chirality 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸、伊藤正樹、沖光脩、鈴木望、八島栄次
2. 発表標題 様々な置換基を導入した2-アリールピリジル-N-オキソ部位を有する ポリアセチレン誘導体の合成とHPLC用キラル固定相への応用
3. 学会等名 高分子討論会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸、三好沙也加、八島栄次
2. 発表標題 アキラルユニットのみからなる光学活性な全共役ヘリカルラダーポリマーの合成と光学特性
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸、森田祐己、間嶋剛、八島栄次
2. 発表標題 不斉増幅を利用したポリ(ピフェニルイルアセチレン)誘導体のらせん構造制御とキラル固定相への応用
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸
2. 発表標題 ラダー化を利用した二次構造制御
3. 学会等名 22-1 高分子学会講演会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井改知幸
2. 発表標題 ラセン構造を有するラダーポリマーの開発と機能
3. 学会等名 持続社会発展のための機能化学研究委員会 第5回(R4-2)定期研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoyuki Ikai, Wei Zheng, Eiji Yashima
2. 発表標題 Synthesis of Single-Handed Spiro-Conjugated Helical Ladder Polymers
3. 学会等名 The 6th Molecular Chirality Asia 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好沙也加・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 フルオレン骨格を含有する構造欠陥のない 共役ヘリカルラダーポリマーの合成と光学特性
3. 学会等名 第71回高分子年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣隼人・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 主鎖がヘリセン骨格のみからなる新規 共役ラダーポリマーの合成と光学特性
3. 学会等名 第71回高分子年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沖 光脩・山川 翔也・井改 知幸・八島 栄次
2. 発表標題 アルキン芳香環化を利用した[6]-および[7]ヘリセンの同時合成とそのキロプティカル特性
3. 学会等名 第71回高分子年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好沙也加・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 フルオレン骨格を含有する構造欠陥のない 共役ヘリカルラダーポリマーの合成とその光学分割
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沖 光脩・山川 翔也・井改 知幸・八島 栄次
2. 発表標題 アルキン芳香環化を利用した[7]ヘリセンおよび7員 環を含有する[6]ヘリセンの同時合成、光学分割及びキロプティカル特性
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安齋俊・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 側鎖にヘリセン部位を導入したポリ(ビフェニルイルアセチレン)誘導体の合成とらせん構造制御
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣隼人・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 主鎖が動的キラルな[4]ヘリセン骨格のみからなる全共役ラダーポリマーの合成と光学特性
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本武大・加藤義貴・沖 光脩・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 スピロビフルオレン骨格を含有するスピロ共役型ヘリカルラダーポリマーの合成とキラル固定相への応用
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井崎宏一・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 新規U字型 共役ラダー分子の合成と光学特性
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本武大・加藤義貴・沖 光脩・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 光学活性なスピロビフルオレンユニットを主鎖に含有する一方向巻きスピロ共役型ヘリカルラダーポリマーの合成とキラル固定相への応用
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安齋 俊・井改 知幸・八島 栄次
2. 発表標題 側鎖に光学活性な[5]ヘリセンユニットを有するポリ(ピフェニルイルアセチレン)誘導体の合成とらせん構造制御
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣隼人・井改知幸・八島栄次
2. 発表標題 [4]ヘリセン骨格のみからなる全共役ラダーポリマーの合成
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三島 波采・三好 沙也加・沖 光脩・井改 知幸・八島 栄次
2. 発表標題 光学活性なビナフチルユニットを含有する一方向巻きヘリカルラダーポリマーの合成とキロプティカル特性
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西野 巧起・井改 知幸・八島 栄次
2. 発表標題 側鎖に光学活性基を導入した全共役ラダーポリマーの合成とキロプティカル特性
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 安齋 俊・井改 知幸・八島 栄次
2. 発表標題 側鎖に動的キラルな[5]ヘリセンユニットを有するポリ(ビフェニルイルアセチレン)誘導体の合成とらせん構造制御
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井改知幸
2. 発表標題 ラダー化によるラセン秩序の創出とキラル機能
3. 学会等名 第25回VBLシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井改知幸, Wei Zheng, 八島栄次
2. 発表標題 構造欠陥のない一方向巻きスピロ共役型ヘリカルラダーポリマーの合成
3. 学会等名 Molecular Chirality 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好沙也加, 井改知幸, 八島栄次
2. 発表標題 新規 共役ヘリカルラダーポリマーの合成と光学特性
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好沙也加, 井改知幸, 八島栄次
2. 発表標題 フルオレン骨格を含有する光学活性 共役ヘリカルラダーポリマーの合成
3. 学会等名 第52回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本武大, 加藤 義貴, 沖 光脩, 井改 知幸, 八島 栄次
2. 発表標題 9,9'-スピロピフルオレンユニットを含有する一方向巻きスピロ共役型ヘリカルラダーポリマーの合成
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0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 分離剤	発明者 井改 知幸、八島 栄次	権利者 株式会社ダイセル、国立大学法人東海国立大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2024/000780	出願年 2024年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

名古屋大学大学院工学研究科 有機・高分子化学専攻 八島研究室 <a href="https://www.chembio.nagoya-u.ac.jp/labhp/polymer4/TIG/j/TOP.html">https://www.chembio.nagoya-u.ac.jp/labhp/polymer4/TIG/j/TOP.html</a>
---

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	田浦 大輔  (Taura Daisuke)  (20622450)	名城大学・理工学部・准教授    (33919)	

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			
その他の国・地域 台湾	国立清華大学			
フランス	アンジェ大学			
中国	同済大学			