

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02784

研究課題名(和文) 前例なき構造特性を持つ新奇ラダーポリマー類の開発と物性研究および機能開拓

研究課題名(英文) Development of novel ladder polymers with unprecedented structural properties

研究代表者

石割 文崇 (Fumitaka, Ishiwari)

大阪大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号：00635807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 16,500,000円

研究成果の概要(和文)：新しい構造特性を持つポリマーの開発は、材料科学を中心に様々な分野に大きなインパクトを与える可能性がある。研究代表者はこれまでに、通常のポリマーと比べてより高次の構造要素を持つジアザシクロオクタン(DACO)含有ラダーポリマーの合成法の開拓に注力してきた。本研究では、(1)DACO含有ラダーポリマーに関する継続的研究に加え、(2)動的挙動を持つ片方巻らせん状ラダーポリマー、(3)二面性ラダーポリマーと言った、これまで考案すらされていなかった独創的かつ前例無き構造特性のラダーポリマーを世界に先駆けて開発し、それらの物性研究・機能開拓を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を通じ、既存の合成方法では合成不可能であった新規構造を持つラダーポリマーの開発に成功し、その物性や機能の一部を解明することができた。たとえば、本研究で開発したDACOラダーポリマーは、既存のTB含有ラダーポリマーよりも高いCO₂吸着親和性を示すことを見出した。これは、DACOラダーポリマーの自立膜は優れたCO₂分離膜として機能する可能性を示している。また、表裏異方性を有する二面性ラダーポリマーのプロトタイプ合成にも成功し、新たな自己集合化挙動を示す新物質として機能することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Development of polymers with new structural properties has the potential to have a significant impact on various fields. Previously, we have achieved the development of synthetic methods for diazacyclooctane(DACO)-containing ladder polymers with higher-order structural elements than those of conventional polymers. In this study, in addition to (1) ongoing research on DACO ladder polymers with conformational flexibility, we develop (2) helical ladder polymers with dynamic motion and (3) bifacial ladder polymers with unique and unprecedented structural properties. We have synthesized such ladder polymers with unique and unprecedented structural properties, and investigated their physical properties and functions.

研究分野：高分子科学

キーワード：ラダーポリマー 多孔性物質 キラル 自己集合

1. 研究開始当初の背景

新しい構造特性のラダーポリマーを開発することは、高分子化学のみならず、材料科学の様々な分野にインパクトを与える可能性を秘めている。ラダーポリマーは、主鎖に沿って二本以上の化学結合を有するため、優れた熱安定性や力学特性ばかりでなく、制限されたコンフォメーション挙動より、通常のポリマーでは実現できない特異な物性の発現が期待されている。さらに、主鎖に沿った自由回転ができないことから、より複雑な構造特性を持つラダーポリマー類を設計可能である。しかし、分岐や架橋が併発する従来の重合反応では、構造明確なラダーポリマーを合成することは原理的に困難であり、重合の方法論やラダーポリマーの構造特性も依然として限定的である。それゆえ、ラダーポリマーに関する研究は、合成研究においても物性研究においても、今なお研究の余地が大いに残された、高分子科学における未開拓の領域であると言っても過言ではない。

この未開拓領域を開拓すべく、申請者は近年、新しい構造特性を有するラダーポリマーの開発に関する研究を行ってきた。現在までに配座柔軟性を持つ新しい構造特性のラダーポリマーである「ジアザシクロオクタン (DACO) 含有ラダーポリマー」の開発 (F. Ishiwari, T. Fukushima *et al.* *ACS Macro Lett.* 2017, 6, 775) に成功し、Synfacts

誌でも「Mission Accomplished」と紹介された (前頁図 1a)。さらに、その DACO 部位へのルイス酸の配位と脱離に伴う、ラダーポリマー配座柔軟性のスイッチングも報告してきた (F. Ishiwari, T. Fukushima *et al.* *Polym. Chem.* 2020, 11, 236)。このように、DACO 含有ラダーポリマーに関する研究は、前例無き構造特性を持つ新しいラダーポリマーの誕生として注目を集め、そのさらなる研究が望まれる。DACO 含有ラダーポリマーの物性に関する研究は、ガス吸着選択特性や予備的な溶液物性に関しては解明してきたものの、研究の余地は大きく残されており、さらなる包括的な研究を推進する必要がある。また、構造対称性の低いモノマーでしか合成ができておらず、その構造特性を最大限活かされてはいないと言える。

2. 研究の目的

本研究では (1) 配座柔軟性の DACO 含有ラダーポリマーの継続的研究に加え、(2) 動的挙動を持つ片方らせん状ラダーポリマー、(3) 二面性ラダーポリマー、と言ったこれまでに実現されていなかった、あるいは考案すらされていなかった独創的かつ前例無き構造特性のラダーポリマーを世界に先駆けて開発する。さらに、その物性研究・機能開拓を通じ、特異な物性や構造化挙動および新機能を示す高分子材料を創製することを目的とする。

3. 研究の方法

(研究項目 1) 高構造規則性と柔軟性を併せ持つラダーポリマーの合成と物性の解明：

柔軟性ラダーポリマーの特性が最大限発揮されるような、高対称性の柔軟性ラダーポリマーの開発を目指す。DACO 含有ラダーポリマーの前駆体を得るための Tröger's Base (TB) 形成重合ではモノマーを幾何選択的に連結できる。C₂ 対称なモノマーから得られた TB 含有ラダーポリマーに対し、TB 部位の DACO への変換反応を適用して立体不規則性を解消すれば、高立体規則性ラダーポリマーが得られる。本研究項目では、C_{2h} 対称もしくは C_{2v} 対称なモノマーから DACO 含有ラダーポリマーを合成し、さらに DACO 上の二つの N 上の置換基を統一し、真の構造明確な高構造規則性と柔軟性を併せ持つラダーポリマーの合成を目指す。得られた柔軟性ラダーポリマーの固体物性・溶液物性・集合化挙動について徹底的に解明し、柔軟性ラダーポリマーの学理の体系化を目指す。

(研究項目 2) 動的挙動を持つらせん状ラダーポリマーの開発と機能開拓：

Concave、Convex のような凹凸を持つ C₂ キラルなエナンチオピュアなモノマーを用いて DACO ポリマーを合成することで、巨大な内孔が二本以上の剛直な主鎖骨格で保持された片方らせん状のラダーポリマーを合成し、そのらせんポリマーの動的挙動に調査しその機能開拓を行う。

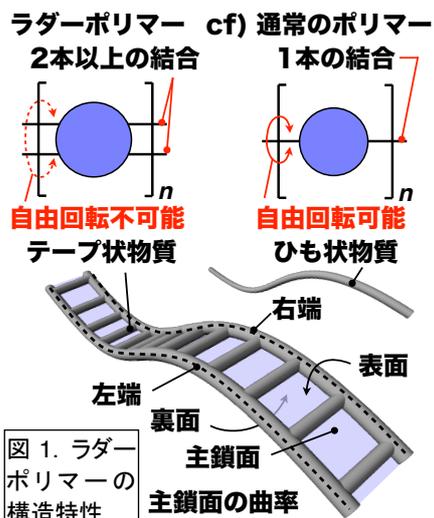


図 1. ラダーポリマーの構造特性

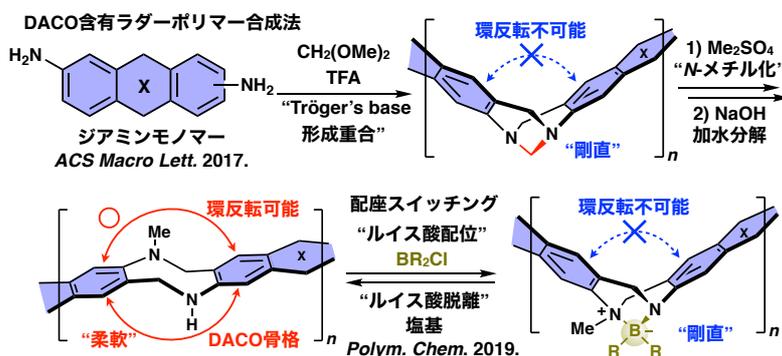


図 2. 研究代表者のこれまでのラダーポリマーに関する研究成果.

(研究項目 3) 二面性ラダーポリマーの開発と物性解明および機能開拓：

平面構造の両面に異なる性質を持つ C_2 キラルなエナンチオピュアな二面性モノマーを幾何選択的ラダー化重合した際には、モノマーの二面性がラダーポリマーの主鎖全体に反映された二面性ラダーポリマーが得られると着想した。本研究項目では二面性の C_2 キラルモノマーを用いて DACO ポリマーを合成し、表裏を持つという前例無き構造特性を持つ二面性ラダーポリマーを合成し、その集合化挙動や機能についての知見を獲得する。

4. 研究成果

(研究項目 1) 高構造規則性と柔軟性を併せ持つラダーポリマーの合成と物性の解明：

高い構造規則性を持つ DACO 含有ラダーポリマーの合成のため、種々の C_{2h} 対称性モノマーから、DACO 含有ラダーポリマーを試みた。様々な検討の結果、市販のジアミンである 2,5-diamino-*p*-xylene から、前駆体である

Tröger's base 含有ラダーポリマー (poly-Xyl-1) が比較的高分子量で得られることを見出した (Scheme 1)。その構造明確性は、 ^1H ノンデカップルの ^{13}C NMR などによって詳細に確かめた。この Tröger's base 含有ラダーポリマーに、種々の条件で *N*-メチル化および開環反応を検討したが (Scheme 1)、完全な転化率で DACO へと変換することは困難であったが、様々な DACO 含有率 (0.19–0.55) のラダーポリマー (poly-Xyl-1-co-3_x; $x = 0\sim 0.55$) を得ることができた。反応が満足に進行しなかった理由としては、窒素原子の近傍に存在する *p*-xylene ユニットのメチル基の立体障害のためであると考えられる。

得られた poly-Xyl-1 と poly-Xyl-1-co-3_x の熱的安定性を TGA 測定から評価した (図 3)。DACO 含有量の少ない poly-Xyl-1, poly-Xyl-1-co-3_{0.19}, poly-Xyl-1-co-3_{0.26} は 350 °C 付近から重量減少する同様の挙動を示し、その 5% 熱重量減少温度 (T_{d5}) はそれぞれ 414, 379, 386 °C であった。各ポリマーは 550 °C において 80% の質量を保持した。対照的に、DACO 含有量の多い poly-Xyl-1-co-3_{0.35} と poly-Xyl-1-co-3_{0.55} は熱安定性が低く、各 1% 熱重量減少温度 (T_{d1}) は 161, 177 °C であり、 T_{d5} は 227, 233 °C であった。

各ポリマーの 77 K における窒素吸脱着等温線を図 4a に示した。IUPAC の分類に基づくと、poly-Xyl-1 と poly-Xyl-1-co-3_{0.19}, poly-Xyl-1-co-3_{0.26} の吸着等温線はマイクロ多孔性材料に特有の Type I に分類される (図 4, Table)。TB 骨格を主鎖に持つラダーポリマー poly-Xyl-1 は窒素に対してマイクロ多孔性であることが知られており、DACO 含有量 26% 以下のハイブリッドポリマーも同様に窒素に対してマイクロ多孔性を示すものと考えられる。一方、poly-Xyl-1-co-3_{0.35} は相対圧 0.2 付近で吸着量が增大する複雑な等温線を示したが、この吸着挙動の解釈は現時点では不明である。最も高い DACO 含有量を持つポリマー poly-Xyl-1-co-3_{0.55} は非多孔性材料に特有の Type III に分類される等温線を示した (図 4, Table)。この等温線は先行研究における DACO 骨格を主鎖に持つラダーポリマーの等温線と同様である。各等温線について Brunauer–Emmett–Teller (BET) 比表面積 S_{BET} を評価した。 S_{BET} は DACO 骨格を持たない poly-Xyl-1 が最も高い値を示し、916 m^2/g であった。DACO 骨格を有する poly-Xyl-1-co-3_{0.19} と poly-Xyl-1-co-3_{0.26} の値はそれぞれ 654, 642 m^2/g であった。一方、poly-Xyl-1-co-3_{0.35} の複雑な等温線については S_{BET} の解析が困難であった。DACO 含有量の最も多い poly-Xyl-1-co-3_{0.55} の S_{BET} は 40 m^2/g と算出された。

以上の結果から、DACO 含有量の増大に伴ってポリマーの比表面積が減少することを見いだした。しかしながら、DACO 含有量 26% 以下の TB/DACO ハイブリッドラダーポリマーは窒素ガスに対してマイクロ多孔性と高い比表面積を示した。DACO 骨格を持たないポリマーの等温線と比較して、DACO 含有量 16–26% のポリマーの等温線では相対圧 > 0.2 の領域における窒素吸着量の増加量が顕著に少ないことから、TB 骨格を DACO 骨格に変換することで窒素吸着に伴う膨潤が抑制、もしくは、比較的大きな細孔が部分的に動的な主鎖によって埋められているものと推察された。

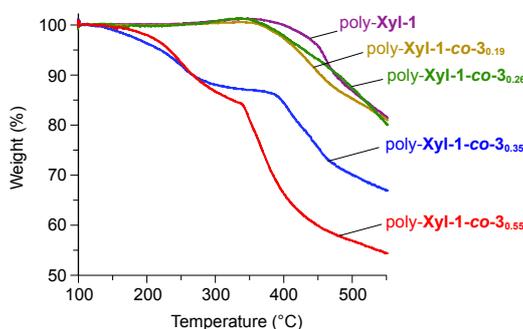
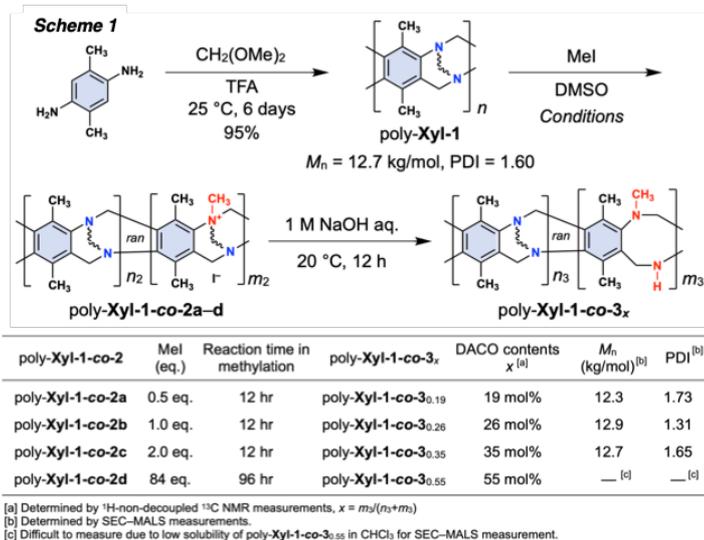
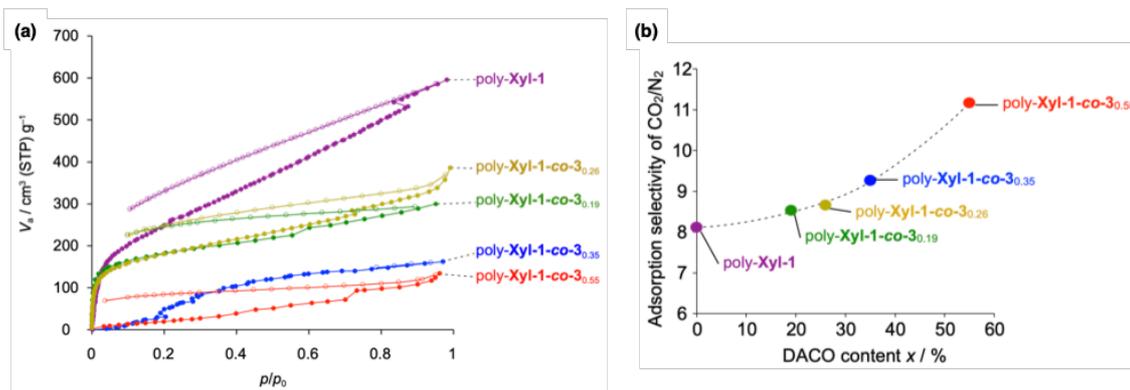


図 3. poly-Xyl-1(-co-3_x)の TGA 曲線。

各ポリマーの、273 Kにおける二酸化炭素と窒素の吸着特性を評価した。その結果、窒素吸着測定において、物理吸着に由来する直線的な等温線が得られたが、二酸化炭素吸着においては、化学的な相互作用を示唆する凸型の吸着等温線が得られた。この相互作用にはアミノ基が関与していることが推察される。窒素や二酸化炭素の吸着量は、DACO含有量の増大に従って減少した。この結果は、77 Kにおける吸着測定の結果（図4a）と対応する。これらの273 Kにおける二酸化炭素と窒素の吸着特性の結果から、1 atm (101.3 kPa)における窒素に対する二酸化炭素の吸着量からその比率、すなわち吸着選択性を評価した。その結果、DACO含有量の増大に従って、吸着選択性は8.1から11まで増大した（図4b、図4Table）。この結果は、DACO骨格に含まれる二級アミノ基の高い塩基性に由来するものであると推察される。高いCO₂透過性のガス分離膜を形成するTB骨格を主鎖に持つラダーポリマーについて、一部のTB骨格をDACO骨格へと変換することで、二酸化炭素の選択的な透過性を増大することが期待される^[業績1]。

上記の他にも、本研究項目1では、種々の高対称性ジアミンモノマーを用いたDACO含有ラダーポリマーの合成や、新たなラダーポリマー変換反応について検討し、高い構造対称性を有するラダーポリマーの合成に成功している。これに関する研究は、本研究の継続研究として、2023年度から採択された、科研費基盤研究B「ラダーポリマーにおける主鎖骨格変換反応を基盤とした新規機能性高分子開発と学理構築」にて研究を継続し、成果を報告してゆく予定である。



polymer	Isotherm type	Porosity	BET surface area (m ² /g)	Adsorption selectivity (CO ₂ /N ₂)
poly-Xyl-1	Type-I	Microporous	916	8.1
poly-Xyl-1-co-3 _{0.19}	Type-I	Microporous	654	8.5
poly-Xyl-1-co-3 _{0.26}	Type-I	Microporous	642	8.7
poly-Xyl-1-co-3 _{0.35}	Type-V	Mesoporous	- [a]	9.3
poly-Xyl-1-co-3 _{0.55}	Type-III	Nonporous	40	11

[a] Difficult to determine due to the complicated shape of the adsorption isotherm of poly-Xyl-1-co-3_{0.35}.

図 4. poly-Xyl-1(-co-3_x)の(a)77 Kにおける N₂ 吸着等温線 (b) 273 Kにおける CO₂/N₂ 吸着選択性。

(研究項目2) 動的挙動を持つらせん状ラダーポリマーの開発と機能開拓 (図5) :

本研究項目では、動的挙動を持つらせん状 DACO ラダーポリマーの開発に先立ち、DACO 構造の酸類による刺激応答性配座挙動変調について検討した。これまでに、二級アミンを持つジベンゾ-1,5-ジアザシクロオクタン (DACO) 部位が、ジフェニルクロロボラン (BPh₂Cl) などのルイス酸の配位・脱離によって配座柔軟性を可逆的に変化可能なラダー型スイッチングユニットとして機能することを見出している (図2下段, 図5a)^[1]。すなわち、二級アミン部位を持つ DACO 誘導体 **1** に BPh₂Cl を作用させると、ホウ素原子が二つの窒素原子を架橋するように配位することで配座が固定化された **1**·BPh₂ が生成し、**1**·BPh₂ を塩基で中和するとホウ素置換基 (BPh₂) が脱離し再び配座柔軟性を持つ DACO 誘導体 **1** が再生する。今回我々は、より一般的かつ水分に対して安定な酸であるプロトン酸による、DACO 誘導体 **1** のスイッチングについて検討した。

まず、DACO 誘導体 **1** に対して HCl を作用させた後にクロロホルム/ヘキサンから再結晶したところ、モノプロトン化体 (**2**) とジプロトン化体 (**3**) の両方を含む結晶が得られ、X 線結晶構造解析からそれらの構造を明らかとした。モノプロトン化体 (**2**) では二級のアミノ基がプロトン化され、そのプロトンがもう一つの三級のアミノ基と分子内水素結合し、擬似 Tröger's base 構造を形成する (図1c)。一方で、ジプロトン化体 (**3**) は正電荷を帯びた2つのアミノ基同士の静電反発により、N-N 距離が長く大きく歪んだ船形構造をとる (図1d)。2つのベンゼン環同士の二面角はモノプロトン化体で約 85°、ジプロトン化体で約 60°と、プロトン化が進行するごとに折れ曲がり角度が深くなる。次に、溶液中での挙動を調べるために、**1** に対し CDCl₃ 中でトリフルオロ酢酸 (TFA) による NMR 滴定実験を行った。すべてのプロトンのシグナルが TFA 1 等量付近で変曲点を示しながらシフトし、その後、4 等量以上の TFA 存在下でシグナルのシフトはほぼ収束したことから、TFA の滴下量に応じてモノプロトン化体とジプロトン化体を選択的に生成できることがわかった。また、それぞれの状態での温度可変 NMR 測定により、プロトン

化が進行するごとに環反転の活性化ギブスエネルギー ($\Delta G^{\ddagger}_{\text{Ring Flip}}$, 図 1b) が段階的に上昇することや、塩基により中和すると **1** が再生することも確認し、DACO 骨格のプロトン酸による段階的な配座柔軟性スイッチングが可能であることを明らかにした^[業績2]。

上記の他にも、本研究項目 2 では、光学活性な C_2 対称性ジアミンモノマーを用いた DACO 含有ラダーポリマーの合成に成功し、その物性の一部を解明している。これに関する研究は 2023 年度から採択された、科研費基盤研究 B「ラダーポリマーにおける主鎖骨格変換反応を基盤とした新規機能性高分子開発と学理構築」にて研究を継続し、成果を報告してゆく予定である。

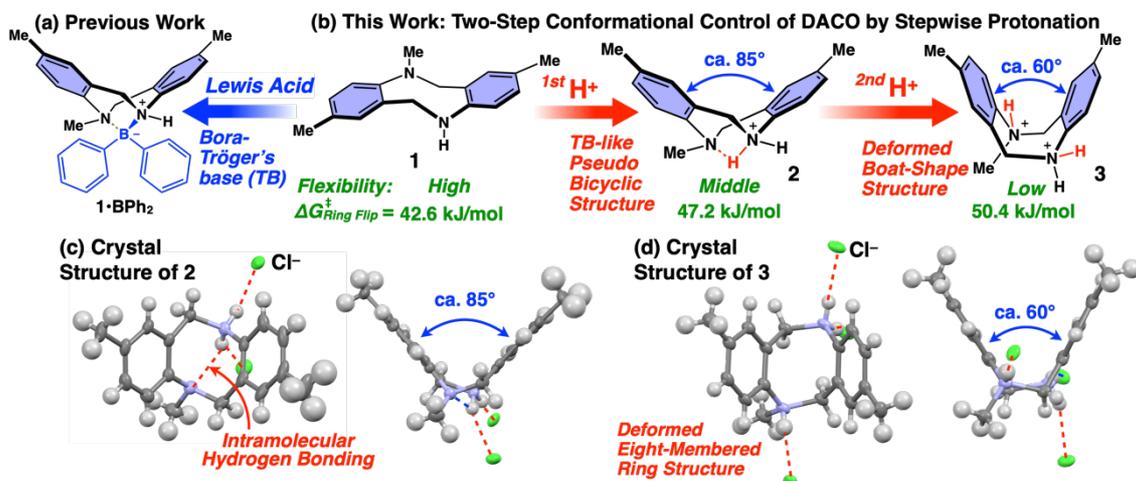


図 5. (a) DACO 誘導体 **1** の(a) BPh₂Cl や(b) プロトン酸に対する配位挙動と(c) **2** 及び (d) **3** の単結晶構造。

(研究項目 3) 二面性ラダーポリマーの開発と物性解明および機能開拓 (図 6) :

二面性ラダーポリマーの合成法の幾何学的に考察した結果、二面性を有する C_2 キラルなモノマーの一方の鏡像異性体を幾何選択的にラダー化することで、モノマーの二面性がラダーポリマー全体に反映され、目的の二面性ラダーポリマーが得られると考えた。具体的なモノマーとして、メチレン炭素に異なる側鎖を π 平面の上下に配置するように導入した二面性の C_2 キラルな 2,8-ジブロモインデノフルオレンモノマー(*S,S*)-**1** を設計した (図 6)。今回は側鎖として、疎水性の無置換のフェニル基と親水性のテトラエチレングリコール基を持つフェニル基を用いた。この (*S,S*)-**1** は、アキラルな 2,8-ジブロモインデノフルオレンジオンを原料として、2 段階の反応により得られたラセミ体の混合物からキラルカラムを用いて、光学純度 >99% ee で単離した。このモノマーを図 6 に従い幾何選択的にラダー化するために、井改、八島らが最近報告した、嵩高い置換基を導入したエチニル基を持つモノマー **2** を用いる幾何選択的環化法を採用した。既報^[1]に従い合成したジボロン酸モノマー **2** と光学活性な **1** を鈴木-宮浦カップリング重合し、前駆体ポリマー P-(*S,S*)-**1** を $M_n = 16.7 \text{ kg/mol}$, $M_w/M_n = 2.5$ (ポリスチレン換算) の分子量で合成し、その後、トリフルオロ酢酸により幾何選択的な Friedel-Crafts 型の環化反応を行い、二面性ラダーポリマー LP-(*S,S*)-**1** を合成した。現在、その集合構造や光・電子物性に関して詳細な調査を進めているが、本研究の派生研究が、2021 年度より JST さきがけ「自在配列と機能」領域に採択され、現在も研究を継続中であり、今後その成果を報告する予定である。

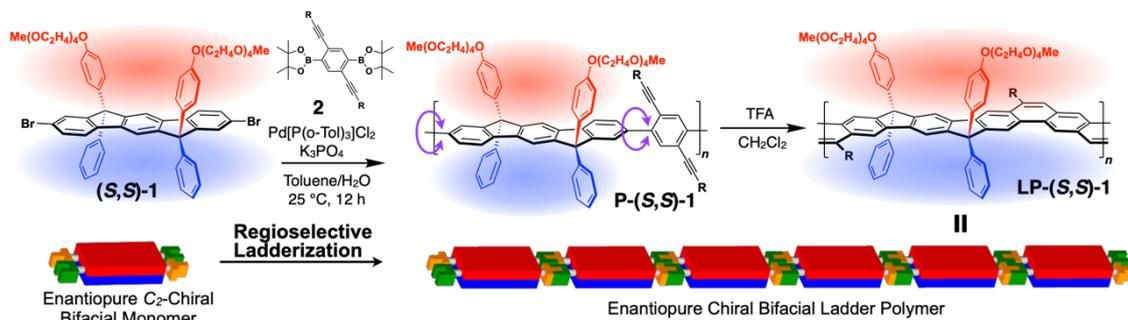


図 6. 二面性ラダーポリマーの合成法。

本様式で報告した代表的研究業績 :

[1] Thermal and Gas Adsorption Properties of Tröger's base/Diazacyclooctane Hybrid Ladder Polymers. K. Inoue, R. Selyanchyn, S. Fujikawa, *F. Ishiwari*, *T. Fukushima, *ChemNanoMat* 2021, 7, 824–830. Invited to an “Early Career Researchers Issue”, and selected as a “Front Cover”

[2] Two-step Conformational Control of a Dibenzo Diazacyclooctane Derivative by Stepwise Protonation. *F. Ishiwari*, S. Miyake, K. Inoue, K. Hirose, T. Fukushima, A. Saeki, *Asian J. Org. Chem.* 2021, 10, 1377–1381. Invited to an “Early Career Researchers Issue”, and selected as a “Front Cover”

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Wang Shun-Fa, Chen Bo-Wei, Itagaki Ayami, Ishiwari Fumitaka, Fukushima Takanori, Masuhara Hiroshi, Sugiyama Teruki	4. 巻 9
2. 論文標題 Manipulation of dual fluorescence behavior in aggregation-induced emission enhancement of a tetraphenylethene-appended polymer by optical tweezers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 7545 ~ 7554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TC01631H	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 Ishiwari Fumitaka, Kawahara Shintaro, Kajitani Takashi, Fukushima Takanori	4. 巻 50
2. 論文標題 Structure-preserving Solid-state Thermal Huisgen Cycloaddition Polymerization of a Self-assembled Triptycene-based AB3-type Monomer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2006 ~ 2010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210476	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 Ishiwari Fumitaka, Okabe Gen, Kajitani Takashi, Fukushima Takanori	4. 巻 10
2. 論文標題 Introduction of Triptycene with a Particular Substitution Pattern into Polymer Chains Can Dramatically Improve the Structural and Rheological Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1529 ~ 1534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.1c00660	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 Inoue Keiki, Ishiwari Fumitaka, Fukushima Takanori	4. 巻 11
2. 論文標題 Selective synthesis of diazacyclooctane -containing flexible ladder polymers with symmetrically or unsymmetrically substituted side chains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 3690 ~ 3694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0PY00603C	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 Hayashi Shotaro, Ishiwari Fumitaka, Fukushima Takanori, Mikage Shohei, Imamura Yutaka, Tashiro Motomichi, Katouda Michio	4. 巻 59
2. 論文標題 Anisotropic Poisson Effect and Deformation Induced Fluorescence Change of Elastic 9,10 Dibromoanthracene Single Crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 16195 ~ 16201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202006474	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 Miyazaki Takuya, Shoji Yoshiaki, Ishiwari Fumitaka, Kajitani Takashi, Fukushima Takanori	4. 巻 11
2. 論文標題 Design of a molecular memory element with an alternating circular array of dipolar rotors and rotation suppressors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 8388 ~ 8393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC02836C	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 Qiagedeer Airon, Yamagishi Hiroshi, Sakamoto Minami, Hasebe Hanako, Ishiwari Fumitaka, Fukushima Takanori, Yamamoto Yohei	4. 巻 5
2. 論文標題 A highly sensitive humidity sensor based on an aggregation-induced emission luminogen-appended hygroscopic polymer microresonator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 799 ~ 803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0QM00722F	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 Kobayashi Toshifumi, Ishiwari Fumitaka, Fukushima Takanori, Hanaya Kengo, Sugai Takeshi, Higashibayashi Shuhei	4. 巻 2021
2. 論文標題 Analysis of Interconversion between Atropisomers of Chiral Substituted 9,9' Bicarbazole	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 449 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202001385	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 Imaizumi Takaki, Takehara Ryosuke, Yamashita Yuichiro, Yagi Takashi, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Wang Xiaohan, Murakami Yoichi, Nishino Tomoaki, Fukushima Takanori	4. 巻 60
2. 論文標題 Thermal transport properties of an oriented thin film of a paraffinic tripod triptycene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 038002 ~ 038002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abe340	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 Ogiwara Hibiki, Ishiwari Fumitaka, Kimura Tadahiro, Yamashita Yukihiro, Kajitani Takashi, Sugimoto Atsuki, Tokita Masatoshi, Takata Masaki, Fukushima Takanori	4. 巻 57
2. 論文標題 Changing the structural and physical properties of 3-arm star poly(ε-valerolactone)s by a branch-point design	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3901 ~ 3904
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc01092a	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 Ishiwari Fumitaka, Miyake Sayuri, Inoue Keiki, Hirose Keiji, Fukushima Takanori, Saeki Akinori	4. 巻 10
2. 論文標題 Two step Conformational Control of a Dibenzo Diazacyclooctane Derivative by Stepwise Protonation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1377 ~ 1381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100154	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 Inoue Keiki, Selyanchyn Roman, Fujikawa Shigenori, Ishiwari Fumitaka, Fukushima Takanori	4. 巻 7
2. 論文標題 Thermal and Gas Adsorption Properties of Troeger's Base/Diazacyclooctane Hybrid Ladder Polymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemNanoMat	6. 最初と最後の頁 824 ~ 830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cnma.202100151	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 Murakami Yoshiyuki, Ishiwari Fumitaka, Okamoto Kazumasa, Kozawa Takahiro, Saeki Akinori	4. 巻 13
2. 論文標題 Electron Beam Irradiation of Lead Halide Perovskite Solar Cells: Dedoping of Organic Hole Transport Materials despite Hardness of the Perovskite Layer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials and Interfaces	6. 最初と最後の頁 24824 ~ 24832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c04439	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 Das Saunak, Nascimbeni Giulia, de la Morena Rodrigo Ortiz, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Fukushima Takanori, Buck Manfred, Zojer Egbert, Zharnikov Michael	4. 巻 15
2. 論文標題 Porous Honeycomb Self-Assembled Monolayers: Tripodal Adsorption and Hidden Chirality of Carboxylate Anchored Triptycenes on Ag	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 11168 ~ 11179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c03626	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 Miyake Yuta, Kranthiraja Kakaraparthi, Ishiwari Fumitaka, Saeki Akinori	4. 巻 34
2. 論文標題 Improved Predictions of Organic Photovoltaic Performance through Machine Learning Models Empowered by Artificially Generated Failure Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 6912 ~ 6920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.2c01294	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 Ishiwari Fumitaka, Takata Toshikazu	4. 巻 10
2. 論文標題 Rotaxanes with dynamic mechanical chirality: Systematic studies on synthesis, enantiomer separation, racemization, and chiral-prochiral interconversion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 1025977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fchem.2022.1025977	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 Kobayashi Yuzu, Yokota Yasuyuki, Wong Raymond A., Hong Misun, Takeya Jun, Osawa Saho, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Harimoto Takashi, Sugimoto Keisuke, Ishigaki Yusuke, Suzuki Takanori, Fukushima Takanori, Kim Yousoo	4. 巻 127
2. 論文標題 Single-Molecule Observation of Redox Reactions Enabled by Rigid and Isolated Tripodal Molecules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 746 ~ 758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c07362	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 Izumi Saika, Inoue Keiki, Nitta Yuya, Enjou Tomoya, Ami Takahiro, Oka Kouki, Tohnai Norimitsu, Minakata Satoshi, Fukushima Takanori, Ishiwari Fumitaka, Takeda Youhei	4. 巻 29
2. 論文標題 3,11 Diaminodibenzo[a,j]phenazine: Synthesis, Properties, and Applications to Troeger's Base Forming Ladder Polymerization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry -A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202202702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202202702	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 Sen Sajal, Ishiwari Fumitaka, Kaur Ramandeep, Ishida Masatoshi, Ray Debmalya, Kikuchi Koichi, Mori Takehiko, Bahrng Steffen, Lynch Vincent M., Saeki Akinori, Guldi Dirk M., Sessler Jonathan L., Jana Atanu	4. 巻 145
2. 論文標題 Supramolecular Recognition within a Nanosized "Buckytrap" That Exhibits Substantial Photoconductivity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1031 ~ 1039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c10555	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 Das Saunak, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Fukushima Takanori, Zharnikov Michael	4. 巻 127
2. 論文標題 Triptycene-Based Tripodal Self-Assembled Monolayer on Indium Tin Oxide	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 2088 ~ 2097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c08390	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 Chen Yugen, Ishiwari Fumitaka, Fukui Tomoya, Kajitani Takashi, Liu Haonan, Liang Xiaobin, Nakajima Ken, Tokita Masatoshi, Fukushima Takanori	4. 巻 14
2. 論文標題 Overcoming the entropy of polymer chains by making a plane with terminal groups: a thermoplastic PDMS with a long-range 1D structural order	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2431 ~ 2440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SC05491D	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 Minoi Nanaki, Ishiwari Fumitaka, Murotani Kazuharu, Nishikubo Ryosuke, Fukushima Takanori, Saeki Akinori	4. 巻 15
2. 論文標題 Surface Passivation of Lead Halide Perovskite Solar Cells by a Bifacial Donor-Donor Molecule	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials and Interfaces	6. 最初と最後の頁 6708 ~ 6715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.2c18446	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 Das Saunak, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Fukushima Takanori, Zharnikov Michael	4. 巻 127
2. 論文標題 Triptycene-Based Self-Assembled Monolayer as a Template for Successive Click Reactions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5178 ~ 5185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c00443	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

〔学会発表〕 計44件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 井上 恵希・石割 文崇・福島 孝典
2. 発表標題 高い構造対称性を有するN,N'-ジアルキルおよびN,N'-ジアシルジアザシクロオクタン含有ラダーポリマーの合成と性質
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三宅 小百合・石割 文崇・井上 恵希・廣瀬 敬治・福島 孝典・佐伯 昭紀
2. 発表標題 ジベンゾジアザシクロオクタン類のプロトン化による段階的配座制御
3. 学会等名 第18回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 室谷一晴・石割文崇・佐伯昭紀
2. 発表標題 二面性 共役ラダーポリマーの合成
3. 学会等名 第18回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石割 文崇・阿部 大樹・Yin Yalun・佐伯 昭紀・福島 孝典
2. 発表標題 二面性をデザインした 共役ポリマーの高次構造形成能と光電子物性
3. 学会等名 第18回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiki Inoue, Fumitaka Ishiwari, Takanori Fukushima
2. 発表標題 Synthesis and properties of N,N' -diacylated diazacyclooctane-containing flexible ladder polymers exhibiting conformational change
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 室谷一晴・石割文崇・佐伯昭紀
2. 発表標題 二面性ラダーポリマーの合成と物性
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 石割文崇・阿部大樹・Yin YaLun・佐伯昭紀・福島孝典
2. 発表標題 動的な二面性構造を持つ 共役系ポリマーのダイナミクスと光電子物性
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 三宅小百合・石割文崇・井上恵希・廣瀬敬治・福島孝典・佐伯昭紀
2. 発表標題 プロトン化によるジベンゾジアザシクロオクタン類の段階的配座制御
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大峰拓也・石割文崇・佐伯昭紀
2. 発表標題 C3キラルな二面性トルキセン類の合成と特異なキロプティカル特性
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大峰拓也・石割文崇・森 直・佐伯昭紀
2. 発表標題 C3 キラルな二面性トルキセン類の特異な円偏光発光特性の発現とそのメカニズム
3. 学会等名 基礎有機化学会 若手オンラインシンポジウム (第1回)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 恵希・石割 文崇・福島 孝典
2. 発表標題 N,N'-ジアシルジアザシクロオクタン骨格を主鎖にもつラダーポリマーの合成と物性および配座変換挙動
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 石割 文崇
2. 発表標題 新しい構造特性を持つラダーポリマーの開拓
3. 学会等名 第180回東海高分子研究会講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石割 文崇
2. 発表標題 「面」を持つ新しい高分子の開発と展望
3. 学会等名 東京大学 化学生命工学専攻 2021年度 談話会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石割 文崇
2. 発表標題 二次元構造を持つ高分子・分子集合体の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 進歩賞受賞講演（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤井 慎太郎・石割 文崇・小本 祐貴・蘇 李欣竹・山形 悠斗・小阪 敦子・相場 諒・西野 智昭・福島 孝典・木口 学
2. 発表標題 三脚型トリプチセンを利用した単分子ダイオードの開発
3. 学会等名 2020年 第81回応用物理学会秋季学術講演会（2020.9.8-11）オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今泉 孝規・竹原 陵介・石割 文崇・山下 雄一郎・八木 貴志・庄子 良晃・福島 孝典
2. 発表標題 時間領域サーモリフレクタンス法による三脚型トリプチセンを用いたAu/SAM/水の界面熱抵抗測定
3. 学会等名 2020年 第81回応用物理学会秋季学術講演会（2020.9.8-11）オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神屋 智希・村木 亮介・石割 文崇・梶谷 孝・庄子 良晃・福島 孝典
2. 発表標題 1,8,13-トリプチセンアミノトリプチセンを鍵中間体とする新規三脚型トリプチセン誘導体の合成と集合化挙動
3. 学会等名 第69回高分子討論会（2020.9.16-19）オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石割 文崇・井上 恵希・福島 孝典
2. 発表標題 高効率かつ高選択的な高分子反応を鍵とする配座柔軟性ジアザシクロオクタン含有ラダーポリマーの合成
3. 学会等名 第69回高分子討論会 (2020.9.16-19) オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石割 文崇・福島 孝典
2. 発表標題 凝集誘起発光性高分子のダイナミクスに基づく機能発現
3. 学会等名 第69回高分子討論会 (2020.9.16-19) オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石割 文崇
2. 発表標題 面を有する新奇高分子の合成と展望
3. 学会等名 名古屋大学 忍久保研究室講演会@ZOOM (2020.7.14)(招待講演) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石割 文崇
2. 発表標題 面を持つ新たな高分子の創製と機能
3. 学会等名 京都大学 生越研究室講演会@ZOOM (2020.11.14)(招待講演) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大家 陸斗・石割 文崇・佐伯 昭紀
2. 発表標題 ポリN,N-ジメチルアミノエチル(メタ)アクリレート類が示す重合誘起発光挙動
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会 オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陳 玉根・石割 文崇・福井 智也・梶谷 孝・福島 孝典
2. 発表標題 三脚型トリプチセンを両末端に有するポリエチレングリコールの水中での自己集合挙動
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会 オンライン開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松田 颯太・石割 文崇・酒井 隼人・羽曾部 卓・佐伯 昭紀
2. 発表標題 含窒素八員環構造によりラダー架橋されたアントラセン二量体の合成と光物理的物性
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 岡山大学 津島キャンパス 創立五十周年記念館
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村山直輝・石割文崇・佐伯 昭紀
2. 発表標題 窒素上に酢酸基を有する1,5-ジアザシクロオクタン類の特異な脱炭酸挙動
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 岡山大学 津島キャンパス 創立五十周年記念館
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大峰 拓也・石割 文崇・廣瀬 崇至・佐伯 昭紀
2. 発表標題 C3キラルな二面性トルキセン類が示す優れた円偏光発光異方性とその解釈
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 岡山大学 津島キャンパス 創立五十周年記念館
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 室谷 一晴・石割 文崇・佐伯 昭紀
2. 発表標題 二面性ラダーポリマーの精密合成とその性質
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 岡山大学 津島キャンパス 創立五十周年記念館
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石割 文崇・井上 恵希・三宅 小百合・福島 孝典・佐伯 昭紀
2. 発表標題 ジアザシクロオクタン骨格を主鎖に持つ配座柔軟性ラダーポリマーの合成と物性および酸/塩基応答性
3. 学会等名 第19回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 岡山大学 津島キャンパス 創立五十周年記念館
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuharu Murotani, Fumitaka Ishiwari, Akinori Saeki
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Bifacial Fully Conjugated Ladder Polymer
3. 学会等名 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds, University of Warsaw, Poland (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuya Omine, Fumitaka Ishiwari, Takashi Hirose, Akinori Saeki
2. 発表標題 C3-Chiral syn-5,10,15-Trisubstituted Truxenes Exhibit a Large Dissymmetry Factor of Circularly Polarized Luminescence
3. 学会等名 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds, University of Warsaw, Poland (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fumitaka Ishiwari
2. 発表標題 Synthesis and Property of Ladder-type Polymers and -Systems Bridged with Conformationally Flexible Diazacyclooctane Rings
3. 学会等名 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds, University of Warsaw, Poland (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 室谷 一晴・石割 文崇・佐伯 昭紀
2. 発表標題 二面性ラダーポリマーの合成とその高次構造および光・電子物性
3. 学会等名 第71回高分子討論会, 北海道大学
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大家 陸斗・石割 文崇・佐伯 昭紀
2. 発表標題 ポリN,N-ジメチルアミノエチルアクリレート類が示す重合誘起発光挙動の構造物性相関
3. 学会等名 第71回高分子討論会, 北海道大学
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 恵希・石割 文崇・福島 孝典
2. 発表標題 N,N'-ジアシルジアザシクロオクタン骨格を主鎖にもつ ラダーポリマーの配座変換挙動と固体構造
3. 学会等名 第71回高分子討論会, 北海道大学
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石割 文崇・井上 恵希・福島 孝典
2. 発表標題 ジアザシクロオクタン構造を主鎖に持つラダーポリマーのダイナミクスと物性との相関
3. 学会等名 第71回高分子討論会, 北海道大学
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石割 文崇・阿部 大樹・Yin Yalun・福島 孝典
2. 発表標題 二面性をデザインした 共役ポリマーの高次構造形成と光電子物性
3. 学会等名 第32回 基礎有機化学討論会, 京都パルスプラザ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅小百合・石割文崇・佐伯昭紀
2. 発表標題 蛍光基を導入したジベンゾジアザシクロオクタン誘導体のイオン認識能の調査
3. 学会等名 第32回 基礎有機化学討論会, 京都パルスプラザ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大峰拓也・石割 文崇・廣瀬 崇至・森 直・佐伯 昭紀
2. 発表標題 C3キラルトルキセン類の蛍光およびリン光における優れた円偏光異方性とその解釈
3. 学会等名 第32回 基礎有機化学討論会, 京都パルスプラザ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松田 颯太・石割 文崇・佐伯 昭紀
2. 発表標題 アントラセン含有ジアザシクロオクタン誘導体における対称性の破れを伴う不斉結 晶化挙動と光学活性化合物調製への応用
3. 学会等名 基礎有機化学会 若手オンラインシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石割 文崇・大峰拓也・廣瀬 崇至・森 直・相澤 直矢・佐伯 昭紀
2. 発表標題 優れた円偏光発光特性を示すC3キラルトルキセン類の開発とデバイス応用
3. 学会等名 第70回 応用物理学会春季学術講演会, 上智大学 四谷キャンパス
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石割 文崇・大峰拓也・廣瀬 崇至・森 直・相澤 直矢・佐伯 昭紀
2. 発表標題 C3キラルトルキセン類の蛍光およびリン光における優れた円偏光発光特性の理論解析とデバイス応用
3. 学会等名 日本化学会 第103回春季年会, 東京理科大学 野田キャンパス
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石割 文崇
2. 発表標題 面を持つ分子集合体・高分子の創製と機能
3. 学会等名 日本化学会北海道支部後援, 北海道大学大学院理学研究院化学部門, 有機化学第一研究室 (鈴木孝紀 研究室), 講演会, 北海道大学 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石割 文崇
2. 発表標題 面を持つ新たな高分子の開発と展望
3. 学会等名 高分子学会関西支部, 第99回 高分子若手研究会, 京都大学桂キャンパス (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fumitaka Ishiwari
2. 発表標題 Development of Structurally Well-defined and Conformationally Flexible Ladder Polymers
3. 学会等名 THE INAUGURAL OU-WUT JOINT SYMPOSIUM ON PHYSICAL ORGANIC CHEMISTRY 2022, Warsaw University of Technology, Poland (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 石割 文崇・庄子 良晃・福島 孝典	4. 発行年 2021年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 808
3. 書名 マイクロ・ナノ熱工学の進展	

〔産業財産権〕

〔その他〕

石割文崇ホームページ
<https://sites.google.com/view/fishiwari>
大阪大学大学院工学研究科 佐伯研究室ホームページ
<http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~saeki/cmpc/>

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	福島 孝典 (Fukushima Takanori) (70281970)	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 (12608)	

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1件

国際研究集会 The 2nd Workshop on Ladder Polymer Science	開催年 2022年～2022年
--	--------------------

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