

令和 5 年 6 月 24 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00909

研究課題名(和文) 3次元空間イメージングによるキラル分子・高分子の革新的解析・分離手法の開拓

研究課題名(英文) Development of Innovative Chiral Molecules and Polymers Analysis and Separation Methods Based on Three-Dimensional Space Imaging

研究代表者

生越 友樹 (Ogoshi, Tomoki)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：00447682

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,200,000円

研究成果の概要(和文)：筆者らが見出したピラー[5]アレーンの面性キラリティーは、外部条件に応じてS体・R体の偏りを制御することが可能であるが、完全にS体、R体へと偏らせることが困難であった。そこで不斉炭素周りの分子デザインにより、面性キラリティーが完全に固定化されホモキラルなピラー[5]アレーンの分子設計と合成を行った。様々な置換基を導入できるように、クリック反応を利用した官能基導入法も開発した。さらに得られたホモキラルなピラー[5]アレーンがどのように分子集合しているかを分子レベルで可視化し、高次構造が及ぼす光学特性・キラル増幅・ゾル-ゲル転移などの物性について評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子・超分子は、構成単位が同じであっても、その取りうる高次構造が異なることで、全く異なる性質を示す。例えば単純なポリスチレンの様な一般的な汎用性高分子であっても、その高次構造によって融点や強度などの物性が全く異なる。本研究では、面不斉(S体とR体)が偏った柱型環状分子ピラーアレーンが繋がった超分子構造について明確に観察することで、真に超分子の高次構造が及ぼす、光学特性・キラル増幅・ゾル-ゲル転移といった物性との相関を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：The planar chirality of pillar[5]arene can be controlled by external conditions, but it was difficult to completely bias the chirality toward the S- and R-forms. Therefore, molecular design and synthesis of homochiral pillar[5]arenes with fully fixed planar chirality were performed in this study. A click reaction-based functional group introduction method was also developed to allow the introduction of various substituents. We also visualized assemblies of the obtained homochiral pillar[5]arenes at the molecular level, and evaluated the effects of the higher-order structures on physical properties such as optical properties, chiral amplification, and sol-gel transitions.

研究分野：超分子化学・高分子化学

キーワード：ピラーアレーン 超分子構造 直接観察 面性不斉 ゾル-ゲル転移 キラル増幅

### 1. 研究開始当初の背景

生命世界ではキラリティーは根源的に重要である。その理由は、分子レベルで見ると、生命体は左右 (*S* 体と *R* 体) の一方側の分子だけから構成されているからである。生命体が分子レベルでホモキラルであるために、*S* 体と *R* 体の分子では生理作用が異なることがあり、医薬や農薬、食品添加物などでは、大問題となる。このため、*S* 体と *R* 体の分子を識別して分けることは重要なテーマとなっている。また高分子化学においても、キラリティーによって生じる高次構造によって高分子物性は全く異なってくる。そのため高次構造の異なる高分子を分子レベルで識別して分けることは重要なテーマである。しかし、鏡像構造である *S* 体と *R* 体の物質量、結合のエネルギーは等しい。そのためキラル分子 1 分子 1 分子を取り出して、分子レベルでそのキラリティーを判別することは最難関の課題である。例えば、キラルカラムや円二色性測定、NMR スペクトルによるジアステレオマー法を用いると、*S* 体と *R* 体の割合 (鏡像体比) を決定できるが、これはすべての分子の平均値である。*S* 体と *R* 体のキラル分子が、分子レベルでどのように 2 次元基板上で空間分布しているかを直接観察することは困難である。

また *S* 体モノマーと *R* 体モノマーが連結した高分子・超分子の場合、高分子・超分子を構成する *S* 体と *R* 体の組成平均値は決定することができるが、高分子鎖中・超分子中に *S* 体と *R* 体がランダム、ブロック、交互になど、どのように連結しているか、シークエンスを直接観察することは非常に難しい。高分子・超分子の高次構造は、高分子・超分子を構成する *S* 体と *R* 体の存在割合のみならず、その配置により全く異なる。高次構造が異なることで、高分子・超分子は全く異なる性質を示す。例えば単純なポリスチレンの様な一般的な汎用性高分子であっても、その高次構造によって融点や強度などの物性が全く異なる。そのためキラル分子が連結した高分子において、*S* 体と *R* 体ユニットのつながり方 (シークエンス) を高分子 1 本鎖のユニットレベルで観察することができれば、革新的なキラル高分子の分析技術となり、真に高分子・超分子の高次構造が及ぼす物性を評価することができる。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、*S* 体と *R* 体のキラル分子が分子レベルでどのように 2 次元空間分布しているかを可視化する技術、高分子・超分子を構成する *S* 体と *R* 体のシークエンスを分子レベルで可視化する技術の開発を目的とする。これらを達成するために、研究代表者 (生越) が独自に開発した柱型環状分子「ピラーアレーン」(図 1a) を利用する[1,2]。他の環状分子と比較して、ピラーアレーンは以下に示すメリットを有している。

ユニット間を連結するメチレンの結合様式がパラ位であるため、その構造は対称性の高い柱状構造である。さらにユニットの置換基 R の存在により面性キラリティー (*S* 体と *R* 体) を有する (図 1a)。置換基 R が小さな場合は、ユニットの回転により *S* 体と *R* 体は交換して *S* 体:*R* 体 = 50:50 のラセミ体として存在する。一方で置換基に不斉炭素原子を導入すると (1、図 1b)、*S* 体または *R* 体の一方に偏らせることが可能である。更なるキラリティーは溶媒に依存することから、外部条件に応じて *S* 体・*R* 体の偏りを制御することが可能である (図 1c) [3]。

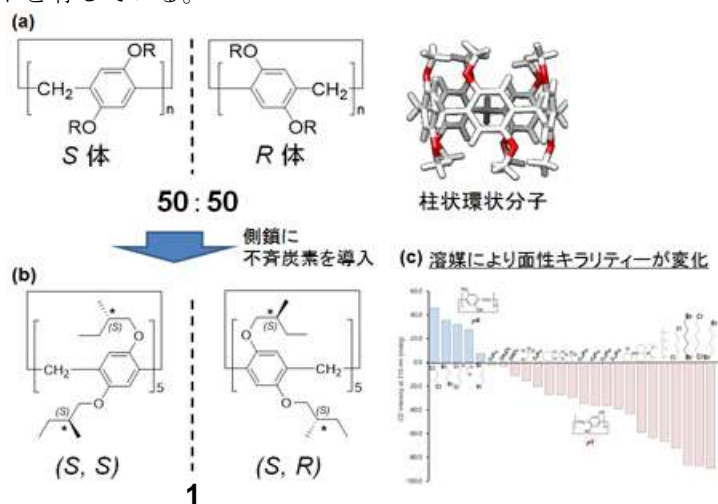


図 1 (a)本研究で用いる環状ホスト分子「ピラーアレーン」、面性キラリティーを有する。(b)不斉炭素を導入することで面性キラリティーは偏り、(c)溶媒により *S* 体、*R* 体の両方を誘起可能。

### 3. 研究の方法

筆者らが見出したピラー[5]アレーン 1 の面性キラリティーは、外部条件に応じて *S* 体・*R* 体の偏りを制御することが可能であるが、完全に *S* 体、*R* 体へと偏らせることが困難であった。そこで不斉炭素周りの分子デザインにより、面性キラリティーが完全に固定化されホモキラルなピラー[5]アレーンの分子設計と合成を行った。様々な置換基を導入できるように、クリック反応を利用した官能基導入法も開発した。さらに得られたホモキラルなピラー[5]アレーンがどのように分子集合しているかを分子レベルで可視化し、高次構造が及ぼす光学特性・キラル増幅・ゾルーゲル転移などの物性について評価した。

### 4. 研究成果

## 官能基を導入可能な面性不斉ピラー[5]アレーンの合成

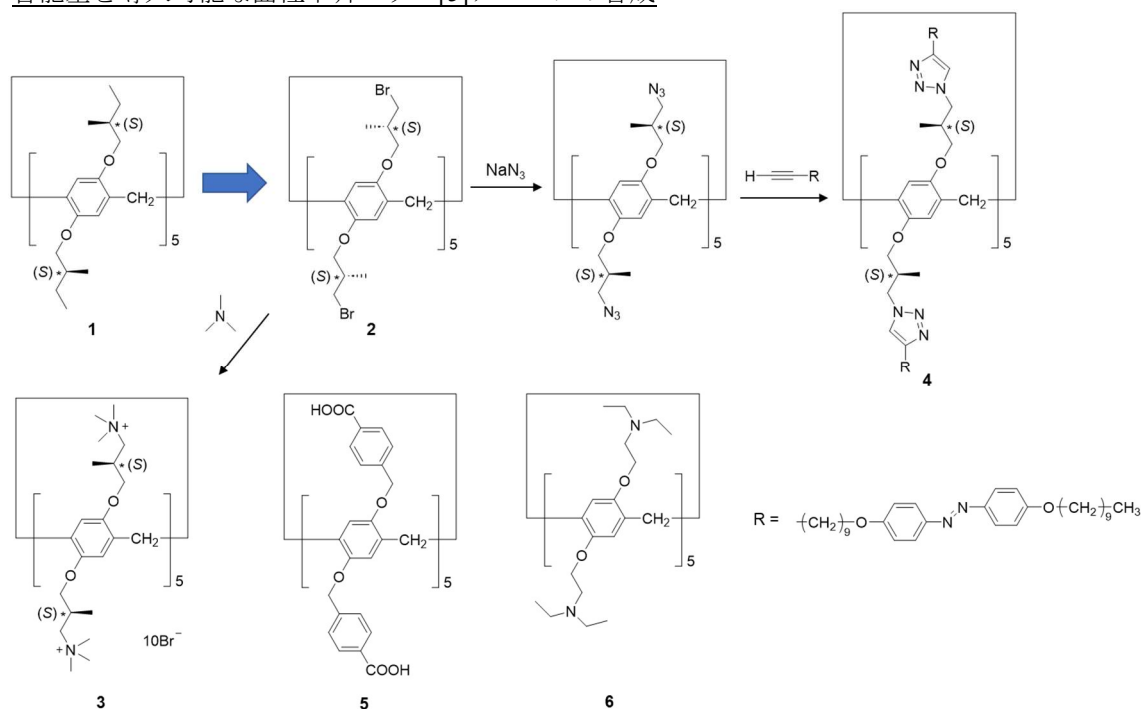


図2 本研究で新たに合成した面不斉ピラー[5]アレーン

面性キラリティーが完全に固定化されホモキラルなピラー[5]アレーンの設計として、不斉炭素を有しながら、ブロモ基を側鎖に有したピラー[5]アレーン **2** を新たに開発した (図2)。これまでのメチル基を有するピラー[5]アレーン **1** では、更なる官能基修飾が困難であるが、ピラー[5]アレーン **2** のブロモ基の反応性を用いれば、面性キラリティーを保持した様々なピラー[5]アレーンが合成可能である。トリメチルアミンを反応させることで、水溶性の面性不斉ピラー[5]アレーン **3** を得ることができた。またブロモ基をアジド基へと変換することで、アルキン基を有する機能性物質をクリック反応で修飾することも可能となった。光による分子集合体の高次構造変化を期待して、アゾベンゼンを導入した **4** を合成した。

新たに合成した **2-4** の面性キラリティーについて調査した。**2** は外部環境に応じて *S* 体・*R* 体の偏りが変化した。その面性不斉の偏りは **1** と比較して非常に鋭敏であり、非常に弱いゲスト分子である炭化水素の鎖長を見分けて、面性不斉が反転することを見出した (図3)。*n*-ペンタン、*n*-ヘキサンといった短い炭化水素では、側鎖が閉じることで構造的に安定な *S* 体を形成した。一方で、*n*-ヘプタンからそれ以上の鎖長の長い炭化水素では、長い炭化水素の存在で、側鎖が開いた構造を形成する。これにより、構造的に安定な *R* 体を形成することを見出した。この成果は *J. Am. Chem. Soc.* 誌に論文として発表した[4]。

**3** については、水中では面性不斉が完全に偏るが、有機溶媒である DMSO 中では 60 %de、アセトニトリル中では 26 %de となった。水中では、側鎖のカチオン同士の反発が生まれるために、面性不斉が完全に偏ったと考えられる。**4** については、嵩高いアゾベンゼン基を導入したことから、どのような環境でも完全に面性不斉が偏ることが分かった。

上記はピラー[5]アレーンの面不斉と不斉炭素を有するジアステレオマーであるが、嵩高い置換基を導入すれば、ピラー[5]アレーンの回転が抑制され、面不斉が完全に偏ったエナンチオマーを分離することが可能である[5]。そこで、カチオン・アニオンといった相互作用が可能な官能基を有するエナンチオマーのピラー[5]アレーン **5,6** を合成した。ピラー[5]アレーン **5,6** 共に十分な嵩高さを有していることから、キラルカラムにより *S* 体と *R* 体の分離が可能であり、室温においては面性不斉が保持されることが分かった。

## イオン性面不斉ピラー[5]アレーン **3** の添加によるピレン超分子集合体の変化の可視化とその光学特性

ゲスト部位を有する水溶性ピレン **7** にピラー[5]アレーン **3** を加えていった際の CD 測定を行った (図 4a, b)。その結果、0.6 等量の **3** を加えた際にピレンの吸収 (415 nm) に由来する CD シグナルが極大となり、更に添加すると CD シグナルは消失した。その時の超分子構造の可視化の

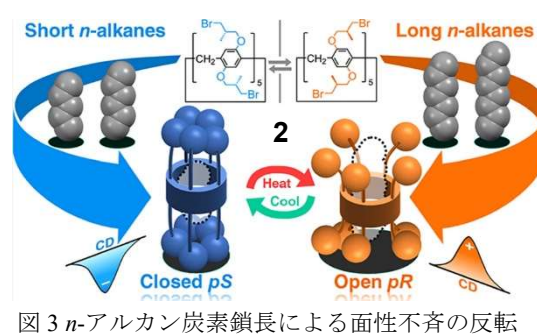


図3 *n*-アルカン炭素鎖長による面性不斉の反転

ために、TEM 観察を行った (図 4c)。7 単独では、ピレンの会合によるナノチューブを形成した。0.6 等量の **3** を加えると、ねじれた構造のチューブ状集合体へと変化することが分かった。さらに 2 等量の **3** を加えると、アモルファスな集合体を形成することが分かった。0.6 等量の **3** を加えた際のピレンの蛍光について、CPL 測定を行ったところ、CPL シグナルが観測され、 $g_{lum}$  値は  $1.7 \times 10^{-3}$  程度であった。一方で、2 等量の **3** を加えた場合は CPL シグナルは消失した。ピレン超分子集合体のねじれた高次構造が CPL 発現に大きく関連していることが分かった。この成果は *Chem. Sci.* 誌に論文として発表した[6]。

#### アゾベンゼン導入面不斉ピラー[5]アレーン **4** が形成する光応答性キラル増幅

アゾベンゼンを導入した面不斉ピラー[5]アレーン **4** について、基板表面にドロップキャストによりフィルムを作成した。作成したフィルムの CD 測定を行ったところ、アゾベンゼンの吸収に CD シグナルが出現した (図 5a)。ピラー[5]アレーンの面性キラリティーが一部転写されていると考えられる。得られたフィルムをアニールすると、CD シグナルが 5 倍に増幅した。アニールを行うことで、面不斉ピラー[5]アレーン **4** の集合構造が大きく変化し、キラル増幅されたためと考えられる。さらに光照射を行い、アゾベンゼンをトランスからシス体へと変化させると、CD シグナルは 1/6 程度まで大きく減少した。

シス体への変化が、面不斉ピラー[5]アレーン **4** の集合構造を大きく変化させたためと考えられる。この CD シグナルの変化は、アニールと UV 照射を繰り返すと完全にリバーシブルに起こることも確認した。外部刺激による面不斉ピラー[5]アレーン **4** の集合構造を確認するために GI-XRS 測定を行った。キャストフィルムでは、アーク状のパターンが観測され、ランダムに配向しているが (図 5b)、アニールを行うと、基板の垂直方向に配向した構造を形成していることが分かった (図 5c)。アゾベンゼン部位の  $S_mC$  層に由来するピーク (0.42 nm) も観測された。CD シグナルが増幅されたことを考えると、ピラー[5]アレーン **4** の面不斉がこのような高次構造を形成し、アゾベンゼン部位まで伝搬したことが分かった。UV 照射を行うと、基板の垂直方向に配向した構造由来のピークは確認されたが、アゾベンゼンの  $S_mC$  層に由来するピークは消失した (図 5d)。アゾベンゼン部位がトランス体からシス体へと変化することで、アゾベンゼン部位が配列しにくくなったためと考えられる。この成果は *ACS Nano* 誌に論文として発表した[7]。

**面不斉カチオン及びアニオンピラー[5]アレーンからなる超分子ポリマーの形成**  
カチオンとアニオンのピラー[5]アレーン **5** と **6** を混合することで、チューブ状集合体を形成することが期待される。面不斉がどのようにチューブ構造の形成に寄与するかを調べた (図 6 上)。S 体同士もしくは R 体同士のホモな組み合わせで **5** と **6** を混合した場合、溶

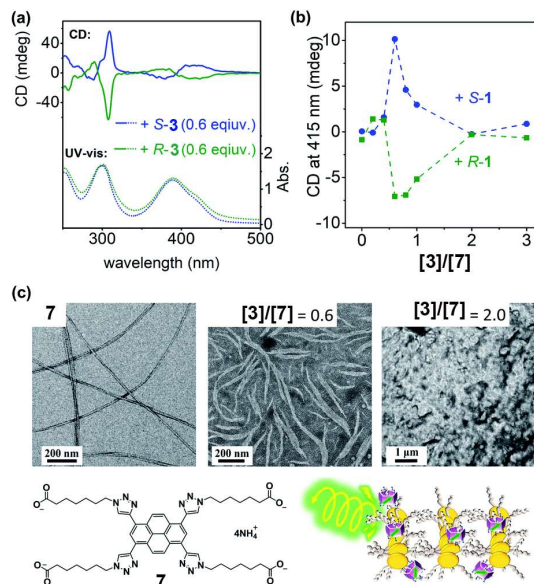


図 4 (a)**3** を添加した際の UV 及び CD スペクトル (25 °C, 水, [7] = 60 mM). (b)**3** を添加した際の 415 nm の CD 強度変化. (c)**7** 及び **3** を添加した際の TEM 像。

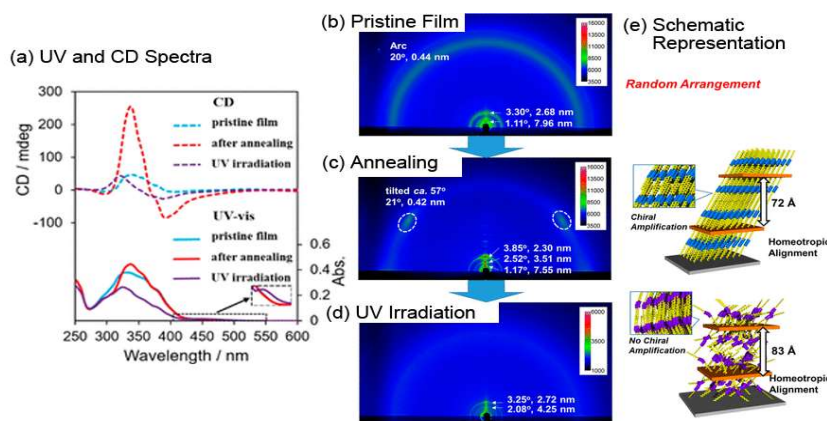


図 5 (a)ピラー[5]アレーン **4** フィルムをアニール及び UV 照射した後の UV 及び CD スペクトル. (b-d)ピラー[5]アレーン **4** フィルムをアニール及び UV 照射した後の GI-XRS. (e)それぞれの過程で取りうる超分子構造。

基板の垂直方向に配向した構造を形成し

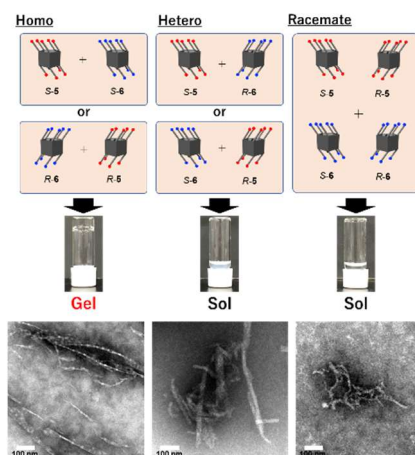


図 6 ホモ、ヘテロ、ラセミの組み合わせで取りうる **5** と **6** のゾル・ゲル状態と TEM 観察による超分子ポリマー構造。

液はゲル化した。一方で、*S* 体と *R* 体というヘテロな組み合わせでは、ゾル状態であった。また、ラセミ体の **5** と **6** を混合した場合もゾル状態であった。これより面性キラリティーによりゾル・ゲルという物性が大きく変化することを見出した。高次構造について調べるために、TEM 測定を行った (図 6 下)。その結果、ホモの組み合わせでは、細く長いねじれた構造のチューブを形成が確認された。一方で、ヘテロの場合は、太くねじれないチューブ状構造、ラセミ体の場合では短いチューブ状構造が確認された。長くねじれたチューブ状構造が成長するために、ゲル化を引き起こしたと考えられる。

[引用文献]

- [1] Ogoshi, T.\*; Kanai, S.; Fujinami, S.; Yamagishi, T.; Nakamoto, Y.\* *J. Am. Chem. Soc.* **2008**, *130*, 5022–5023.
- [2] Ogoshi, T.\*; Yamagishi, T.; Nakamoto, Y. *Chem. Rev.* **2016**, *116*, 7937–8002.
- [3] Nagata, Y.\*; Suzuki, M.; Shimada, Y.; Sengoku, H.; Nishida, S.; Kakuta, T.; Yamagishi, T.; Suginome, M.\*; Ogoshi, T.\* *Chem. Commun.* **2020**, *56*, 8424–8427.
- [4] Adachi, K.; Fa, S.\*; Wada, K.; Kato, K.; Ohtani, S.; Nagata, Y.; Akine, S.; Ogoshi, T.\* *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, *145*, 8114–8121.
- [5] Ogoshi, T.\*; Masaki, K.; Shiga, R.; Kitajima, K.; Yamagishi, T. *Org. Lett.* **2011**, *13*, 1264–1266.
- [6] Fa, S.; Tomita, T.; Wada, K.; Yasuhara, K.; Ohtani, S.; Kato, K.; Gon, M.; Tanaka, K.; Kakuta, T.; Yamagishi, T.; Ogoshi, T.\* *Chem. Sci.* **2022**, *13*, 5846–5853.
- [7] Fa, S.; Mizobata, M.; Nagano, S.; Suetsugu, K.; Kakuta, T.; Yamagishi, T.; Ogoshi, T.\* *ACS Nano* **2021**, *15*, 16794–16801.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Fa Shixin, Tomita Takuya, Wada Keisuke, Yasuhara Kazuma, Ohtani Shunsuke, Kato Kenichi, Gon Masayuki, Tanaka Kazuo, Kakuta Takahiro, Yamagishi Tada-aki, Ogoshi Tomoki	4. 巻 13
2. 論文標題 CPL on/off control of an assembled system by water soluble macrocyclic chiral sources with planar chirality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 5846 ~ 5853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SC00952H	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 Ohtani Shunsuke, Kato Kenichi, Fa Shixin, Ogoshi Tomoki	4. 巻 462
2. 論文標題 Host-guest chemistry based on solid-state pillar[n]arenes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 214503 ~ 214503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2022.214503	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 Kato Kenichi, Fa Shixin, Ohtani Shunsuke, Shi Tan-hao, Brouwer Albert M., Ogoshi Tomoki	4. 巻 51
2. 論文標題 Noncovalently bound and mechanically interlocked systems using pillar[n]arenes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Society Reviews	6. 最初と最後の頁 3648 ~ 3687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CS00169A	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 Kato Kenichi, Onishi Katsuto, Maeda Koki, Yagyu Masafumi, Fa Shixin, Ichikawa Takahiro, Mizuno Motohiro, Kakuta Takahiro, Yamagishi Tada aki, Ogoshi Tomoki	4. 巻 27
2. 論文標題 Thermally Responsive Poly(ethylene oxide) Based Polyrotaxanes Bearing Hydrogen Bonding Pillar[5]arene Rings**	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 6435 ~ 6439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202005099	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 Fa Shixin, Adachi Keisuke, Nagata Yuuya, Egami Kouichi, Kato Kenichi, Ogoshi Tomoki	4. 巻 12
2. 論文標題 Pre-regulation of the planar chirality of pillar[5]arenes for preparing discrete chiral nanotubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 3483 ~ 3488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SC00074H	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 Fa Shixin, Egami Kouichi, Adachi Keisuke, Kato Kenichi, Ogoshi Tomoki	4. 巻 59
2. 論文標題 Sequential Chiral Induction and Regulator Assisted Chiral Memory of Pillar[5]arenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 20353 ~ 20356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202010050	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 Strilets Dmytro, Fa Shixin, Hardiagon Arthur, Baaden Marc, Ogoshi Tomoki, Barboiu Mihail	4. 巻 59
2. 論文標題 Biomimetic Approach for Highly Selective Artificial Water Channels Based on Tubular Pillar[5]arene Dimers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 23213 ~ 23219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202009219	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 Ueno Masaya, Tomita Takuya, Arakawa Hiroshi, Kakuta Takahiro, Yamagishi Tada-aki, Terakawa Jumpei, Daikoku Takiko, Horike Shin-ichi, Si Sha, Kurayoshi Kenta, Ito Chiaki, Kasahara Atsuko, Tadokoro Yuko, Kobayashi Masahiko, Fukuwatari Tsutomu, Tamai Ikumi, Hirao Atsushi, Ogoshi Tomoki	4. 巻 3
2. 論文標題 Pillar[6]arene acts as a biosensor for quantitative detection of a vitamin metabolite in crude biological samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-020-00430-w	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 Asakawa, H.*; Matsui, S.; Trinh, Q. T.; Hirao, H.; Inokuma, Y.; Ogoshi, T.; Tanaka, S.; Komatsu, K.; Ohta, A.; Asakawa, T.; Fukuma, T.	4. 巻 124
2. 論文標題 Chiral Monolayers with Achiral Tetrapod Molecules on Highly Oriented Pyrolytic Graphite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 7760-7767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b11246	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 Fa Shixin, Sakata Yoko, Akine Shigehisa, Ogoshi Tomoki	4. 巻 59
2. 論文標題 Non Covalent Interactions Enable the Length Controlled Generation of Discrete Tubes Capable of Guest Exchange	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9309 ~ 9313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201916515	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 Manabe, Y.; Wada, K.; Baba, Y.; Yoneda, T.; Ogoshi, T.*; Inokuma, Y.*	4. 巻 22
2. 論文標題 Supramolecular Conformational Control of Aliphatic Oligoketones by Rotaxane Formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 3224-3228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c01010	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 Fa, S.X.; Kakuta, T.; Yamagishi, T.; Ogoshi, T.*	4. 巻 48
2. 論文標題 Conformation and Planar Chirality of Pillar[n]arenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1278-1287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190544	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 Fa Shixin, Mizobata Masayuki, Nagano Shusaku, Suetsugu Kota, Kakuta Takahiro, Yamagishi Tada-aki, Ogoshi Tomoki	4. 巻 15
2. 論文標題 Reversible "On/Off" Chiral Amplification of Pillar[5]arene Assemblies by Dual External Stimuli	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 16794 ~ 16801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c06975	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 Fa Shixin, Shi Tan-hao, Akama Suzu, Adachi Keisuke, Wada Keisuke, Tanaka Seigo, Oyama Naoki, Kato Kenichi, Ohtani Shunsuke, Nagata Yuuya, Akine Shigehisa, Ogoshi Tomoki	4. 巻 13
2. 論文標題 Real-time chirality transfer monitoring from statistically random to discrete homochiral nanotubes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 7378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-34827-z	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 Adachi Keisuke, Fa Shixin, Wada Keisuke, Kato Kenichi, Ohtani Shunsuke, Nagata Yuuya, Akine Shigehisa, Ogoshi Tomoki	4. 巻 145
2. 論文標題 Adaptive Planar Chirality of Pillar[5]arenes Invertible by n-Alkane Lengths	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8114 ~ 8121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c01019	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 Wada Keisuke, Suzuki Misaki, Kakuta Takahiro, Yamagishi Tada aki, Ohtani Shunsuke, Fa Shixin, Kato Kenichi, Akine Shigehisa, Ogoshi Tomoki	4. 巻 62
2. 論文標題 Dynamic to Static Planar Chirality Conversion in Pillar[5]arenes Regulated by Guest Solvents or Amplified by Crystallization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 e202217971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202217971	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 Kato Kenichi, Kaneda Tomoya, Ohtani Shunsuke, Ogoshi Tomoki	4. 巻 145
2. 論文標題 Per-Arylation of Pillar[n]arenes: An Effective Tool to Modify the Properties of Macrocycles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6905 ~ 6913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c00397	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 Fa Shixin, Sakata Yoko, Akine Shigehisa, Ogoshi Tomoki	4. 巻 59
2. 論文標題 Non Covalent Interactions Enable the Length Controlled Generation of Discrete Tubes Capable of Guest Exchange	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9309 ~ 9313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201916515	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20件 (うち招待講演 20件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds "Pillar[n]arenes": from Simple Molecular Receptors to Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 ISMSC-2021 (Online) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar[n]arenes": from Simple Molecular Receptors to Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 UGe Organic Chemistry Lectures 2021 (Online) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 生越 友樹
2. 発表標題 柱型環状分子ピラー[n]アレーンを基にした超分子集合体・ホスト-ゲスト錯形成のAFM観測
3. 学会等名 ナノプロブテクノロジー第167委員会第98回研究会（オンライン）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 生越 友樹
2. 発表標題 柱型環状分子「ピラー[n]アレーン」を並べて創る分子空間
3. 学会等名 第52回構造有機化学若手の会 夏の学校（オンライン）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 生越 友樹
2. 発表標題 柱型環状ホスト分子「ピラー[n]アレーン」の創成と分子空間材料への展開
3. 学会等名 第47回中国四国地区高分子講座（オンライン）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Bulk Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 SCEJ 86th Annual Meeting, International Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 UGe Organic Chemistry Lectures 2021, University of Geneva, Geneva, Switzerland (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Supramolecular Assemblies of Pillar[n]arenes for Molecular Separation, Artificial Water Channels and Biosensor Applications
3. 学会等名 4th NanoLSI Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 生越 友樹
2. 発表標題 柱型環状ホスト分子ピラー[n]アレーンを基盤とした超分子材料の創製
3. 学会等名 有機合成化学研究所講演会 (第35回) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Assembly of Pillar[n]arenes for Molecular Scale Porous Materials
3. 学会等名 15th International Conference on Calixarenes (Calix 2019), coastal Ousteau-Calendal congress center, Cassis, France (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Bulk Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (ISHC27), ROHM Theatre Kyoto & Miyakomesse, Kyoto, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Supramolecular Assemblies and Systems Constructed from Planar-Chiral Pillar[n]arenes
3. 学会等名 2nd JGP Chem & ChemEn International Workshop: Sustainability-Oriented Organic Synthesis, Katsura Hall, Katura Campus, Kyoto, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Assembly and Molecular Recognition of Polygonal Macrocycles “Pillar[n]arenes
3. 学会等名 Visionary Trends in Mol. Sci. III, Tenjin University, Tenjin, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Molecular Receptor to Supramolecular Assembly
3. 学会等名 Institute of Chemistry, Chinese Academy of Science (ICCAS), Hosted by Prof. Chuan-Feng Chen, Beijing, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Supramolecular Assemblies and Systems Constructed from Planar-Chiral Pillar[n]arenes
3. 学会等名 Calix2022, New Orleans, US (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Bulk Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 2nd UNIST-KU Joint Symposium on Chemistry and Materials Science, UNIST, Ulsan, Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Bulk Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Organic Reactions, College of Science, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Bulk Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 The Third International Conference on Materials Chemistry Frontiers, Northwestern Polytechnical University (Online), China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Pillar-Shaped Macrocyclic Compounds “Pillar[n]arenes”: from Simple Molecular Receptors to Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 vMASC, UK, Online (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Ogoshi
2. 発表標題 Chiral Supramolecular Assemblies and Systems Based on Pillar[n]arenes
3. 学会等名 JSPS Core-to-Core Program symposium “Intelligence in Organic Materials”, Osaka University, Osaka, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

生越研究室HP <a href="http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/ogoshi-lab/index.html">http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/ogoshi-lab/index.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	浅川 雅  (Asakawa Hitoshi)  (90509605)	金沢大学・ナノマテリアル研究所・准教授    (13301)	

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			
フランス	モンペリエ大学			
中国	西北工業大学			