

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22180

研究課題名(和文)非対称かつ高効率な円偏光発光を示す有機分子結晶材料の開発

研究課題名(英文)Development of organic molecular crystalline materials showing asymmetric and highly efficient circularly polarized luminescence emission

研究代表者

佐藤 宗太(Sato, Sota)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任教授

研究者番号：40401129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：「sp<sup>2</sup>炭素ネットワークが作りだす湾曲した共役系が同一曲面上に載った環状のキラルな筒状芳香族分子」という分子設計の指針に従い、主に分子直径を支配要因としてキラル光学特性を制御できることを実証した。また、キラルな筒状芳香族分子の超分子集積による結晶性固体の調製と単結晶X線構造解析に成功した。分子充填構造と分子の方位を考慮しながら、結晶をレーザー加工して薄片化し、特殊なキラル固体の光学特性を測定できる分光器でアーティファクトを除去してキラル光学特性を実測した。これらの実験結果から、高性能なキラル光学特性を有する分子、および、その超分子集積固体の設計指針を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

良好なキラル光学特性、すなわち、左右円偏光の偏りが大きく、かつ吸収・発光の効率が高い分子は、高性能な光学デバイスへの活用を念頭に熱心に開発されてきている。しかし、その分子設計の指針が無く、超分子固体として集積した際の光学特性の変化に関する基礎的知見が無く、どのようにしたら実現できるのか、という大きな課題があった。本研究では、独自にみいだした分子設計指針によって、この間に答える成果を上げることができた。分子が異方的に並ぶ結晶性固体に独特な問題を解決する結晶方位の決定と、方位に従った結晶加工法を新たに開発し、固体に対するキラル光学特性を実測するワークフローを確立することができた。

研究成果の概要(英文)：According to the molecular design guideline of "chiral cylindrical aromatic molecule in which the curved  $\pi$ -conjugated system created by the sp<sup>2</sup> carbon network is mounted on the same curved surface", the chiral optical properties was controlled mainly by the molecular diameter as the controlling factor. We also succeeded in preparing a crystalline solid and analyzing the single crystal X-ray structure of the supramolecular accumulation of chiral tubular aromatic molecules. Taking into consideration the molecular packing structures and the orientation of the molecules, the crystal was laser-processed into flakes, and the artifacts were removed with a specialized spectrometer capable of measuring the optical properties of chiral solids, and chiral optical properties were measured. From these experimental results, we were able to obtain design guidelines for molecules with high-performance chiral optical properties and their supramolecular integrated solids.

研究分野：構造有機化学

キーワード：円偏光発光 大環状芳香族分子 キラリティ 超分子集積 光学物性

## 1. 研究開始当初の背景

発光現象には、左回転と右回転の 2 種類の円偏光発光(Circularly Polarized Luminescence: CPL)が存在し、この特殊な偏光を 3 次元ディスプレイや光暗号通信などに応用することをめざして材料開発が盛んに研究されている。左/右円偏光の非対称性を示す  $g$  値と、発光効率を示す量子収率  $\Phi$  とが共に高いものが良い CPL 材料である。

世界初の CPL 現象は 1967 年にキラルなケトンに対して発見され、その  $g$  値(0.035)は有機化合物の中で長く最高記録であったが、禁制な  $n \rightarrow \pi^*$  遷移であるために量子収率が  $\Phi \sim 0.1\%$  と低く非常に暗い発光であった。ランタノイド化合物は高い  $g$  値を示すが、金属中心による消光のため  $\Phi$  が低い。近年、許容な  $\pi \rightarrow \pi^*$  遷移を用いる金属元素を含まない有機分子の開発が主流となり、ヘリセンやピナフチル分子をはじめ様々な構造の分子が検討されているが、いまだ、 $g$  値と  $\Phi$  が共に高い分子設計指針は得られていなかった。

という分子構造が、大きな  $g$  値と高い量子収率  $\Phi$  とを両立する良好な円偏光発光物性の鍵である

研究代表者は、「sp<sup>2</sup> 炭素ネットワークがつくりだす湾曲した  $\pi$  共役系が同一曲面上に載った環状のキラルな筒状芳香族分子」、[4]cyclo-2,8-chrysenylene ([4]CC) に対し、構造とキラル光学物性との相関理解により、この独自の分子構造が  $g = 0.152$ ,  $\Phi = 88\%$  という際だって高性能な CPL 特性の鍵であることを見いだした(図 1, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2017**, *114*, 13097)。新奇な面白い分子構造により、半世紀を経て初めて有機分子の  $g$  値を一桁更新するめざましい物性の発見に至り、新たな分子設計指針を樹立できた成果である。

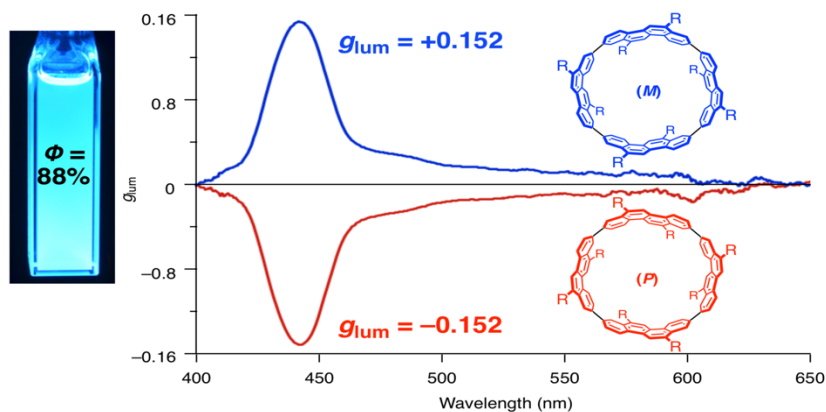


図 1 [4]CC の分子構造と溶液試料に対する高性能 CPL 特性の解明。

## 2. 研究の目的

本研究では、研究代表者が発見した既往の設計指針を転換する新しい CPL 分子の設計指針に従って、非対称かつ高効率な CPL 分子を開発することで指針の有用性や汎用性を確認することを目的とした。さらに、CPL 特性を示すキラル分子の超分子集積構造の構築により、結晶性固体における CPL の増強をめざした。

## 3. 研究の方法

「sp<sup>2</sup> 炭素ネットワークがつくりだす湾曲した  $\pi$  共役系が同一曲面上に載った環状のキラルな筒状芳香族分子」という分子設計の指針に従い、新規構造の分子を有機合成化学の手法によって精密合成した。また、キラル筒状芳香族分子を結晶化させ、その分子充填構造を単結晶 X 線構造解析によって解明した。キラル筒状芳香族分子、および、その結晶性固体に対してキラル光学特性を測定し、分子構造・分子充填構造と、キラル光学特性との相関を考察した。

## 4. 研究成果

環状分子の直径を変えた新しい構造のキラル筒状芳香族分子の合成に成功し、主に分子直径を支配要因としてキラル光学特性を制御できることを見いだすに至った(図 2)。円二色性(Circular Dichroism: CD) 測定によるキラル光学特性の解明に加え、TDDFT 計算による理論予測も併用することで、構造と物性との相関を明瞭に解明することに成功し、本研究成果は原著論文として採択されるに至った(*Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58*, 7385-7389.)。キラル光学特

性に適した分子設計指針の有用性・汎用性を実験的に確認することができ、確実な礎を構築することができた。

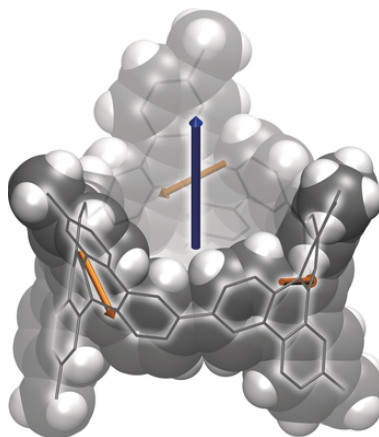


図2 新規構造を有するキラル筒状分子の合成とキラル光学特性の解明。

結晶化条件を精査することで、キラル分子を超分子集積することに成功した。2017年に良好な CPL 特性を見いだした [4]CC 分子の超分子集積を再現性よく実現する手法を確立した。単結晶 X 線構造解析の結果、[4]CC は、芳香族性の筒状内面とアルキル鎖とが CH- $\pi$  相互作用を通じて超分子集積し、右巻タイプ (*P* 体) の [4]CC は左巻二重らせん (*M* 型) 超分子集積体を形成し、左巻タイプ (*M* 体) の [4]CC は右巻二重らせん (*P* 型) 超分子集積体を形成した。

この独特な二重らせん超分子集積体形成によるキラル光学特性の変化に興味を持たれるが、集積化による非対称要素 ( $g$ ) の値の増強/抑制や、発光効率化/消光に対する知見は無く、全く予測できない。結晶性固体には分子方位の異方性があるために、キラル光学物性の測定においては、複屈折や直線偏光といったアーティファクトが現れるために困難を極め、標準的試料に対して基礎的な分析手法を述べた 2 報の論文が報告されているのみである。そのため、X 線構造解析によって決定した分子方位に合わせた試料形状の加工が必要であり、KEK の構造生物学グループが保有する独自仕様の単結晶レーザー加工機を共同研究により利用することで、困難な試料調製を達成した。微小で脆い結晶切片的の取り扱いが困難であるため、試料の取り扱いに慣れた研究代表者も参加して実験を行った。さらに、キラル光学特性を評価するためには、アーティファクトを分離できる特殊な分光計が必要であり、早稲田大学の朝日研究室において独自に開発された分光計を使った測定を共同研究により行い、CD、旋光度 (Optical Rotatory Dispersion: ORD) を含めた包括的な光学特性を取得した。その結果、残念ながら結晶性固体における超分子集積状態でのキラル光学特性の減少が観測された。(1) キラルな分子のキラル超分子固体集積、という、2 つのキラリティの関係がジアステレオマーである系を用いるか、(2) キラルな分子のアキラルな超分子固体集積を用いるか、(3) アキラルな分子のキラルな超分子固体集積を用いれば、キラル光学特性の増大を実現できるとの予測に至ることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ikemoto Koki, Yang Seungmin, Naito Hisashi, Kotani Motoko, Sato Sota, Isobe Hiroyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 A nitrogen-doped nanotube molecule with atom vacancy defects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15662-6	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 Yoshii Asami, Onaka Yuzuka, Ikemoto Koki, Izumi Tomoo, Sato Sota, Kita Hiroshi, Taka Hideo, Isobe Hiroyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Acyclic, Linear Oligo meta phenylenes as Multipotent Base Materials for Highly Efficient Single layer Organic Light emitting Devices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2181 ~ 2186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000521	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 Matsuno Taisuke, Someya Maki, Sato Sota, Maeda Satoshi, Isobe Hiroyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Ineffective OH Pinning of the Flipping Dynamics of a Spherical Guest within a Tight Fitting Tube	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14570 ~ 14576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202005538	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 Yang Yong, Nanjo Yuki, Isobe Hiroyuki, Sato Sota	4. 巻 18
2. 論文標題 Synthesis and stereoisomerism of [n]cyclo-2,9-phenanthrylene congeners possessing alternating E/Z- and R/S-biaryl linkages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 4949 ~ 4955
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D00B01064B	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 Matsuno Taisuke, Fukunaga Kengo, Kobayashi Shuhei, Sarkar Parantap, Sato Sota, Ikeda Takuji, Isobe Hiroyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Crystalline Naphthylene Macrocycles Capturing Gaseous Small Molecules in Chiral Nanopores	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 3829 ~ 3835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000876	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 Matsuno Taisuke, Yang Yong, Nanjo Yuki, Isobe Hiroyuki, Sato Sota	4. 巻 50
2. 論文標題 A Case Study of Stereoisomerism with [6]Cyclo[4]helicenylenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 110 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200717	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 Terasawa Yukana, Kikuta Toshio, Ichiki Masaaki, Sato Sota, Ishikawa Kazuhiko, Asahi Toru	4. 巻 151
2. 論文標題 Preferences of polarity and chirality in triglycine sulfate crystals by alanine ghost	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 109890 ~ 109890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpccs.2020.109890	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 Zhou Zheng, Wei Zheng, Ikemoto Koki, Sato Sota, Isobe Hiroyuki, Petrukina Marina A.	4. 巻 60
2. 論文標題 Chemical Reduction of a Nanosized [6]Cyclo 2,7 naphthylene Macrocycle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202100942	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 Yang Yong, Blacque Olivier, Sato Sota, Juricek Michal	4. 巻 60
2. 論文標題 Cycloparaphenylene - Phenalenyl Radical and Its Dimeric Double Nanohoop	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202101792	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 Yoshii Asami, Ikemoto Koki, Izumi Tomoo, Taka Hideo, Kita Hiroshi, Sato Sota, Isobe Hiroyuki	4. 巻 21
2. 論文標題 Periphery Design of Macrocyclic Materials for Organic Light-Emitting Devices with a Blue Phosphorescent Emitter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 2759 ~ 2762
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b00717	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 Kogashi Kanako, Matsuno Taisuke, Sato Sota, Isobe Hiroyuki	4. 巻 58
2. 論文標題 Narrowing Segments of Helical Carbon Nanotubes with Curved Aromatic Panels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 7385 ~ 7389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201902893	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 Matsuno Taisuke, Fukunaga Kengo, Sato Sota, Isobe Hiroyuki	4. 巻 58
2. 論文標題 Retarded Solid State Rotations of an Oval Shaped Guest in a Deformed Cylinder with CH <sub>2</sub> Arrays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 12170 ~ 12174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201907040	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 Ikemoto Koki, Tokuhira Toshiki, Uetani Akari, Harabuchi Yu, Sato Sota, Maeda Satoshi, Isobe Hiroyuki	4. 巻 85
2. 論文標題 Fluorescence Enhancement of Aromatic Macrocycles by Lowering Excited Singlet State Energies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 150 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b02379	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 Matsuno Taisuke, Nakai Yusuke, Maniwa Yutaka, Someya Maki, Sato Sota, Isobe Hiroyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Regulated Single Axis Rotations of a Carbonaceous Guest in a van?der Waals Complex with an Entropy Cost	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry ? An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 273 ~ 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201901638	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 Mio Tatsuru, Ikemoto Koki, Sato Sota, Isobe Hiroyuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Synthesis of a Hemispherical Geodesic Phenine Framework by a Polygon Assembling Strategy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	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/anie.201915509	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31件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 佐藤宗太
2. 発表標題 最先端X線回折測定による 結晶構造解析
3. 学会等名 琉球大学研究基盤センター 公開セミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sota Sato
2. 発表標題 Crystalline Materials with Functional Nanopores
3. 学会等名 Molecular Chirality Asia 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sota Sato
2. 発表標題 Chiral Intertwined Spirals and Chiroptical Properties Dictated by Cylinder Helicity
3. 学会等名 CEMS Topical Meeting Online "Excited-State Chemistry of Functional Materials" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤宗太
2. 発表標題 機能性ナノ孔を有する結晶材料
3. 学会等名 日本農薬学会第46大会・農薬バイオサイエンス研究会シンポジウム「生物と化学のはざままで」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤宗太
2. 発表標題 リチウムイオン電池の高容量負極材料：ナノチャンネルをもつ大環状芳香族分子の結晶
3. 学会等名 新型電池オープンラボ第29回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 吉田 知史、佐藤 宗太、藤田 誠
2. 発表標題 微結晶粉末に対する単結晶X線回折を用いた結晶スポンジ法による構造解析
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原 智章、堂本 悠也、佐藤 宗太、藤田 誠
2. 発表標題 MnL2n型巨大球状錯体の自己集合における未踏構造探索
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福永 健悟、松野 太輔、小林 周平、Parantap Sarkar、佐藤 宗太、池田 拓史、磯部 寛之
2. 発表標題 キラルな細孔に気体分子を吸着する結晶性ナフチレンマクロサイクル
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梁 承民、池本 晃喜、内藤 久資、小谷 元子、佐藤 宗太、磯部 寛之
2. 発表標題 周期孔を有する窒素ドーピング型ナノチューブ分子
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺澤 有果菜、喜久田 寿郎、一木 正聡、佐藤 宗太、石川 和彦、朝日 透
2. 発表標題 強誘電体硫酸トリグリシン結晶における分極とキラリティ
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 美尾 樹、池本 晃喜、佐藤 宗太、磯部 寛之
2. 発表標題 多角形組立戦略による半球型ジオデシックフェナインフレームワークの合成
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾仲 柚香、芳井 朝美、池本 晃喜、泉 倫生、佐藤 宗太、北 弘志、高 秀雄、磯部 寛之
2. 発表標題 高性能有機発光デバイスを実現する直鎖連結型芳香族分子の開発
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会(2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤宗太
2. 発表標題 精密構造解析により解明された分子構造に基づく新機能材料の開発
3. 学会等名 早稲田大学朝日研究室セミナー(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuno, T.; Kogashi, K.; Sato, S.; Isobe, H.
2. 発表標題 Magnetic transition dipole moments in chiral cylindrical hydrocarbons with different diameters
3. 学会等名 The 80th Okazaki Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sota Sato
2. 発表標題 Development of advanced functions derived from unique structures of post nanocarbon molecules
3. 学会等名 Colloquium on Advanced Molecular Materials (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fukunaga, K.; Matsuno, T.; Fujita, M.; Sato, S.; Isobe, H.
2. 発表標題 Concyclic CH- arrays for single-axis rotations of a bowl in a tube
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mio, T.; Sun, Z.; Okada, T.; Matsuno, T.; Sato, S.; Kono, H.; Isobe, H.
2. 発表標題 Unbiased rotational motions of an ellipsoidal guest in a tight yet pliable host
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikemoto, K.; Lin, J.; Kobayashi, R.; Sato, S.; Isobe, H.
2. 発表標題 Bowl-shaped and saddle-shaped geodesic phenine framework
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuno, T.; Nakai, Y.; Sato, S.; Maniwa, Y.; Isobe, H.
2. 発表標題 Ratchet-free solid-state inertial rotation of a guest ball in a tight tubular host
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤宗太
2. 発表標題 精密分子構造解析が切り拓く機能性材料
3. 学会等名 第51回構造有機化学若手の会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松野太輔, 中井祐介, 真庭豊, 藤田昌暉, 福永健吾, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 Construction and solid-state dynamics of molecular bearings composed of finite carbon nanotube host and guest rotors
3. 学会等名 第57回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芳井朝美, 池本晃喜, 泉倫生, 高秀雄, 北弘志, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 芳井朝美, 池本晃喜, 泉倫生, 高秀雄, 北弘志, 佐藤宗太, 磯部寛之
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福永隼也, 孫哲, 池本晃喜, 是常隆, 有田亮太郎, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 周期孔をもつ有限長フェニンナノチューブ
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池本晃喜, 孫哲, 美尾樹, Lin Jennie, 小林良, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 サドル状及びブープ状構造を有するジオデシックフェニンフレームワーク
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松野太輔, 中井祐介, 真庭豊, 佐藤宗太, 藤田昌暉, 福永健悟, 磯部寛之
2. 発表標題 炭化水素超分子ベアリングの構築と固体内回転
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤宗太
2. 発表標題 ナノカーボン材料を「分子」でつくってみる：自由に設計して思い通りの機能を生み出そう
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第9回CSJ化学フェスタ2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuno, T.; Fujita, M.; Fukunaga, K.; Sato, S.; Isobe, H.
2. 発表標題 Concyclic CH- arrays for single-axis rotations of a bowl in a tube
3. 学会等名 The 1st International Symposium on Molecular Engine (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsuno, T.; Fujita, M.; Fukunaga, K.; Sato, S.; Isobe, H.
2. 発表標題 Concyclic CH- arrays for single-axis rotations of a bowl in a tube
3. 学会等名 発動分子科学 第三回領域会議
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芳井朝美, 池本晃喜, 泉倫生, 高 秀雄, 北弘志, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 青色リン光発光材に適応した大環状芳香族分子の周縁部設計
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 美尾樹, 孫哲, 池本晃喜, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 フープ状構造を有するジオデシックフェナインフレームワークの合成と構造
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松野太輔, 中井祐介, 真庭豊, 染谷真希, 佐藤宗太, 磯部寛之
2. 発表標題 エントロピー損失を伴うvan der Waals錯体内部における炭素性ゲストの単軸回転
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 磯部寛之, 池本晃喜, 孫 哲, 佐藤宗太	4. 発行年 2019年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 6
3. 書名 化学「周期孔をもつ筒状分子フェナインナノチューブ」	

1. 著者名 Matsuno, T.; Sato, S.; Isobe, H.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Japan Synchrotron Radiation Research Institute	5. 総ページ数 2
3. 書名 SPring-8 Research Frontiers “Arrayed CH- hydrogen bonds in a circle for single-axis rotation of a bowl in a tube”	

1. 著者名 Matsuno, T.; Sato, S.; Isobe, H.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 High Energy Accelerator Research Organization	5. 総ページ数 2
3. 書名 Photon Factory Highlights " Solid-State Inertial Rotation of a Guest Ball in a Tight Tubular Host "	

〔産業財産権〕

〔その他〕

佐藤宗太のプロフィールページ <a href="http://satolab.t.u-tokyo.ac.jp/member/sato.html#profile">http://satolab.t.u-tokyo.ac.jp/member/sato.html#profile</a> JST, ERATO磯部縮退 集積プロジェクト プロフィールページ <a href="https://www.jst.go.jp/erato/isobe/members/dr_sato_profile.html">https://www.jst.go.jp/erato/isobe/members/dr_sato_profile.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

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