

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究(開拓)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20565

研究課題名(和文) 電場による分子キラリティの制御

研究課題名(英文) Chirality control of polyoxometalate by electric field

研究代表者

西原 禎文(Nishihara, Sadafumi)

広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授

研究者番号：00405341

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,000,000円

研究成果の概要(和文)：現在、「光学的に純粋な化合物を合成・分離する為には、別の光学活性化合物が必要」という重大な課題が残されている。この問題を解決する為には、人為的な分子キラリティ変換を実現する他ないが、現時点でこのような分子の報告例はない。我々はこれまでに単一分子で恰も強誘電体の様な分極ヒステリシスや自発分極を示す「単分子誘電体」の開発に世界で初めて成功した。そこで、本研究では「単分子誘電体」の発現機構を利用し、電場によってラセミ体から任意のエナンチオマーに変換可能なキラルスイッチング分子の開発を目指して研究を行った。その結果、数種類のキラルスイッチング分子の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「不斉合成の問題点」とは、アキラルな分子やラセミ体から光学活性化合物を合成・分離できない点にある。実際、「不斉合成」には不斉触媒や、エナンチオ選択性・ジアステレオ選択性を利用した反応が用いられており、また、光学分割には光学活性化合物が用いられている。これは「光学活性化合物は光学活性化合物を用いないと合成できない」ことを示している。従って、不斉炭素に由来する原料を辿っていくと最終的には自然界で光学分割されている糖やアミノ酸に行き付いてしまう。このような背景の中、当該研究において電場によるキラルスイッチング可能な分子を開発できれば、不斉合成分野に革新的な知見をもたらすことが可能になる。

研究成果の概要(英文)：Currently, the significant issue remains that "To synthesize and separate a pure optically active compound, another optically active compound is necessary." To solve this problem, it is essential to obtain molecules that can artificially switch chirality, but there have been no reports of such molecules so far. We have previously succeeded in developing the single-molecule electret (SME) that exhibits P-E hysteresis and spontaneous polarization within the single molecule. In this study, we aimed to develop chiral switching molecules that can be converted from racemates to arbitrary enantiomers by utilizing the property expression mechanism of the single-molecule electret. As a result, we successfully developed several types of chiral switching molecules.

研究分野：物性化学

キーワード：キラル変換 電場 単分子誘電体

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

分子キラリティの制御は、薬剤や香料開発などの分野で不可欠である。しかし現在、「光学的に純粋な化合物を合成・分離する為には、別の光学活性化合物が必要」という重大な課題が残されている。言い換えると、光学活性化合物を合成・分離する為には原料や触媒、分離剤に別の光学活性化合物が必要であり、これを得る為にもまた、異なる光学活性化合物が必要となる。結局のところ、合成の出発段階で自然界の糖やアミノ酸などに頼らざるを得ない為、「必要な光学活性化合物が得られない」、「それぞれの鏡像体で合成の難易度が大きく異なる」などの問題が生じている。この問題を解決する為には、人為的な分子キラリティ変換を実現する他ないが、現時点でこのような分子の報告例はない。

2. 研究の目的

このような背景の中、我々はこれまでに単一分子で恰も強誘電体の様に振る舞う「単分子誘電体」の開発に世界で初めて成功した。そこで、本研究では「単分子誘電体」の発現機構を利用し、電場によってラセミ体から任意のエナンチオマーに変換可能なキラルスイッチング分子の開発を目指した。

3. 研究の方法

我々は、単一分子で恰も強誘電体の様な物性を示す「単分子誘電体」の開発に世界で初めて成功した。「単分子誘電体」は、かご状の無機分子、プレイスラー型ポリオキソメタレートで観測された。この分子は内部に筒状の空洞をもち、その中に1つのテルビウムイオン (Tb^{3+}) が格納されている。この分子に格納された Tb^{3+} イオンは、空洞の中心からずれた2箇所の安定サイトのどちらか一方に存在している【図1 a】。従って、 Tb^{3+} イオンがどちらかの安定サイトに停止すると、分子分極が発現する【図1 b】。サイト間のイオン移動(分極反転)にエネルギー障壁が存在するとき、障壁よりも低い温度域では、イオンの位置は固定され、分子分極が凍結される【図1 b】。一方、この温度域で電場を印加すると、イオン移動を強制的に誘起することが可能となり、電場による分子分極の

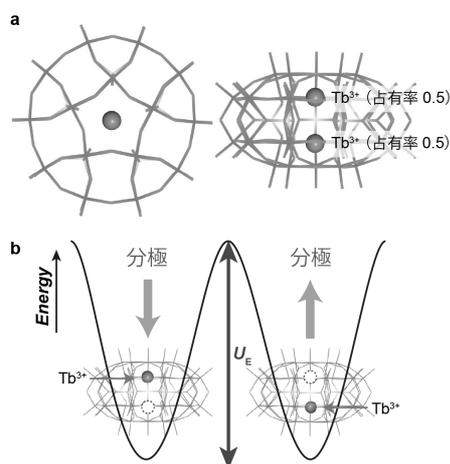


図1. (a)ポリオキソメタレートの構造. 分子内部に1つの Tb^{3+} イオンを含んでおり、2箇所のイオン安定サイトがある. (b) Tb^{3+} イオンが停止するサイトによって分子分極が反転する.

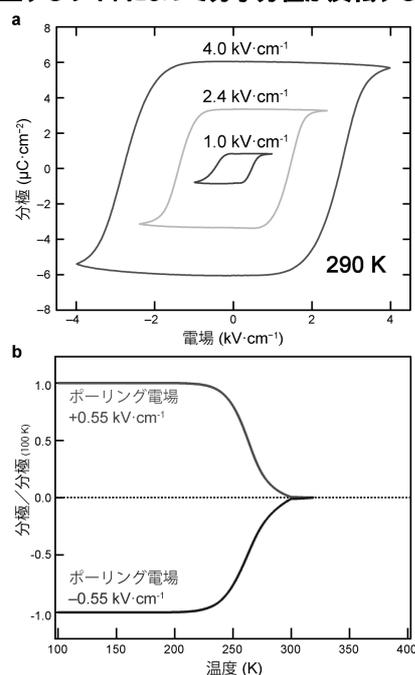


図2. 450K 以下で明確な強誘電転移を示さないにも関わらず、290K 以下で強誘電体特有の (a) 分極ヒステリシスや、(b) 自発分極が観測された.

反転が起こる。実際、この物質の誘電率測定の結果、450K以下で強誘電転移が観測されなかったにも関わらず、290Kで強誘電体特有の分極ヒステリシス【前頁，図2a】や自発分極【前頁，図2b】を示した。以上の結果、本系は単一分子で恰も強誘電体の様な物性を示す「単分子誘電体」であることが明らかになった。

上述の「単分子誘電体」の機構を用いれば、電場によって分子内のイオン位置を制御・維持することが可能となる。そこで本研究では、この分子にリジットな有機配位子を連結させることで、電場による内包イオン位置の制御、つまり分子キラリティの制御を目指した。

4. 研究成果

図3にキラルスウィッチング分子の模式図を示す。灰色で示したポリオキソメタレートに黒で示した有機配位子を付与した図3分子は、ポリオキソメタレート内のイオン移動によって分子のキラリティが反転する。最終的には、配位活性部位を有するポリオキソメタレートと先に合成した配位子を連結し、電場によってキラルスウィッチングが起こるポリオキソメタレート分子を合成する。

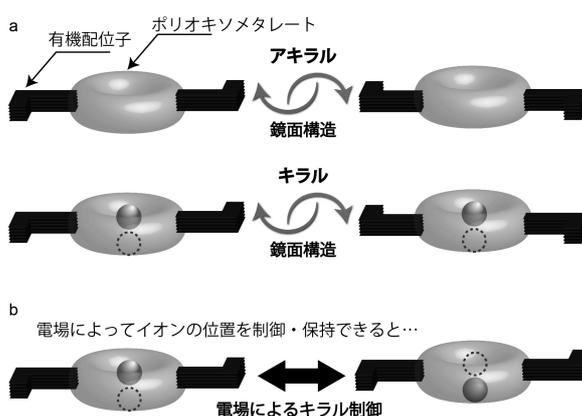


図3. (a)分子内イオン移動によって、キラル反転が起こる様子。(b)イオン位置を電場によって制御・保持することで、キラルスウィッチング分子を創出する様子。

まず、ポリオキソメタレートの一部を欠損させ、そこに置換基を付与することでキラルスウィッチング分子の合成を試みた。既報のプレイスラー型ポリオキソメタレートのハイブリッド分子[Xiaofeng Yi, et al., Chem. Commun., 2008, 54, 2216-2219]の報告を参考に、置換基をもつ数種の新規籠型ハイブリッドPOMの合成に取り組んだ。具体的には、 $K_{12}H_2[P_2W_{12}O_{48}]$ で示される扇形ポリオキソメタレートとアリアルホスホン酸を反応させることにより目的物の合成を目指した【図4】。

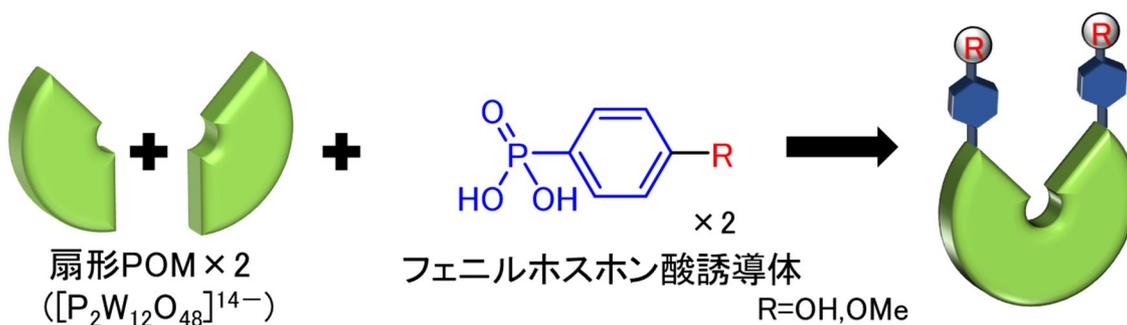


図4. ハイブリッドポリオキソメタレートの合成スキーム。

その結果、置換基RがOHまたはOMeである籠型ハイブリッドPOMの合成に成功し、SCXRDによりその構造を明らかにした【図5】。その結果、R=OHの籠型ハイブリッドPOMは、R=Hである既報のハイブリッドポリオキソメタレートと比べてほとんど同じ分子構造と結晶構造をしていた。一方、R=OMeの分子は合成の際に生じる副生成物との混晶構造を形成していた。この副

生成物は $[P_2W_{18}O_{62}]^{16-}$ で示される Dawson 型ポリオキソメタレートであった。このような混晶構造が形成されている理由としては、複数のメトキシ基が Dawson 型 POM のサイズに適した空間を提供しているためだと考えられる。

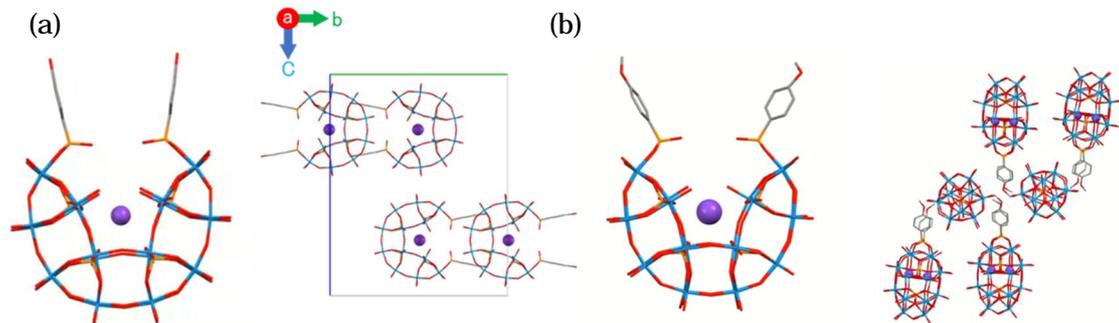


図 5. ハイブリッドポリオキソメタレートの分子構造と結晶構造(a)R = OH (b)R = OMe。

ここで、 $R = OMe$ の分子に着目する。分子のメトキシ基が回転可能であり、電場によって回転運動を制御できると仮定する。つまり、分子内の 2 つのメトキシ基を繋いだ方向に電場を加えると分子の対称性が破れメトキシ基の分極方向を揃えることが可能になる。この状態でポリオキソメタレート内のイオンを動かすことができれば、イオンの位置によって分子のキラリティを返還することが可能になる。従って、当該研究によって分子内部のイオン移動に伴うキラリティスイッチング分子の合成に成功したものの、結晶構造内に副生成物が混ざっているなどの理由から詳細な電気測定を行っていない。よって、今後の課題としてこれらの分子の電気測定を詳細に行い、電場によるキラリティ反転を証明する必要がある。

以上、本研究ではポリオキソメタレート内部に格納されたイオンの移動によってキラリティが反転する新規分子の合成に成功した。今後は、詳細な電気測定によって当該分子の光学特性の変化について調査を続けていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Li Simin, Takahashi Kiyonori, Huang Rui-Kang, Xue Chen, Kokado Kenta, Hoshino Norihisa, Akutagawa Tomoyuki, Nishihara Sadafumi, Nakamura Takayoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Multifunctional Triggering by Solid-Phase Molecular Motion: Relaxor Ferroelectricity, Modulation of Magnetic Exchange Interactions, and Enhancement of Negative Thermal Expansion	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 2421 ~ 2428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.2c03552	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 Wu Dong-Fang, Takahashi Kiyonori, Fujibayashi Masaru, Tsuchiya Naoto, Cosquer Goulven, Huang Rui-Kang, Xue Chen, Nishihara Sadafumi, Nakamura Takayoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Fluoride-bridged dinuclear dysprosium complex showing single-molecule magnetic behavior: supramolecular approach to isolate magnetic molecules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 21280 ~ 21286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2RA04119G	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 Tsunashima Ryo, Fujikawa Naomi, Shiga Misaki, Miyagawa Sayu, Ohno Shiori, Masuya-Suzuki Atsuko, Akutagawa Tomoyuki, Takahashi Kiyonori, Nakamura Takayoshi, Nishihara Sadafumi	4. 巻 24
2. 論文標題 Slider-crank mechanism in a molecular crystal: conversion of linear thermal expansion of a lattice to circular rotation of a coordination chain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5865 ~ 5869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CE00768A	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 Gao Yan-Li, Nishihara Sadafumi, Suzuki Takashi, Umeo Kazunori, Inoue Katsuya, Kurmoo Mohamedally	4. 巻 51
2. 論文標題 Ferroelastic-like transition and solvents affect the magnetism of a copper-organic radical one-dimensional coordination polymer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 6682 ~ 6686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT00135G	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 Kobukai Chisato, Tadaï Momo, Nishimura Tamaki, Hattori Kohei, Nishihara Sadafumi, Okada Shuji, Tatewaki Yoko	4. 巻 61
2. 論文標題 Fluorescent properties of a cage-shaped molecule composed of tetrakis[4-(4-pyridylphenyl)]ethylene moieties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SE1004 ~ SE1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac5531	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 Kaushik Reetam, Khan Imran, Das Vivek, Hussain Firasat, Manabe Jun, Nishihara Sadafumi, Teillout Anne-Lucie, Mbomekalle Israel-Martyr, de Oliveira Pedro	4. 巻 216
2. 論文標題 A tetrameric praseodymium substituted arsenotungstate (III) - Synthesis & characterization, electrochemistry, catalytic and its magnetic applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polyhedron	6. 最初と最後の頁 115698 ~ 115698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.poly.2022.115698	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 Shimono Seiya, Ishibashi Hiroki, Nagayoshi Yusuke, Ikeno Hidekazu, Kawaguchi Shogo, Hagihala Masato, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Ichihashi Katsuya, Nishihara Sadafumi, Inoue Katsuya, Ishii Yui, Kubota Yoshiki	4. 巻 163
2. 論文標題 Structural phase transition in cobalt oxyfluoride Co3Sb4O6F6 observed by high-resolution synchrotron and neutron diffraction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 110568 ~ 110568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpccs.2021.110568	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 Gao Yan-Li, Nishihara Sadafumi, Suzuki Takashi, Umeo Kazunori, Inoue Katsuya, Kurmoo Mohamedally	4. 巻 51
2. 論文標題 Ferroelastic-like transition and solvents affect the magnetism of a copper-organic radical one-dimensional coordination polymer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 6682 ~ 6686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT00135G	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 Kobukai Chisato, Tadaï Momo, Nishimura Tamaki, Hattori Kohei, Nishihara Sadafumi, Okada Shuji, Tatewaki Yoko	4. 巻 61
2. 論文標題 Fluorescent properties of a cage-shaped molecule composed of tetrakis[4-(4-pyridylphenyl)]ethylene moieties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SE1004 ~ SE1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac5531	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 Kaushik Reetam, Khan Imran, Das Vivek, Hussain Firasat, Manabe Jun, Nishihara Sadafumi, Teillout Anne-Lucie, Mbomekalle Israel-Martyr, de Oliveira Pedro	4. 巻 216
2. 論文標題 A tetrameric praseodymium substituted arsenotungstate (III) -Synthesis & characterization, electrochemistry, catalytic and its magnetic applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polyhedron	6. 最初と最後の頁 115698 ~ 115698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.poly.2022.115698	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 Shimono Seiya, Ishibashi Hiroki, Nagayoshi Yusuke, Ikeno Hidekazu, Kawaguchi Shogo, Hagihala Masato, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Ichihashi Katsuya, Nishihara Sadafumi, Inoue Katsuya, Ishii Yui, Kubota Yoshiki	4. 巻 163
2. 論文標題 Structural phase transition in cobalt oxyfluoride Co3Sb4O6F6 observed by high-resolution synchrotron and neutron diffraction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 110568 ~ 110568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpccs.2021.110568	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 Vivek, Khan Imran, Hussain Firasat, Sadakane Masahiro, Tsunoji Nao, Ichihashi Katsuya, Kato Chisato, Inoue Katsuya, Nishihara Sadafumi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Single-Molecule Magnetic, Catalytic and Photoluminescence Properties of Heterometallic 3d-4f [Ln{PZn2W10O38(H2O)2}2]11 - Tungstophosphate Nanoclusters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3819 ~ 3831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202100528	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 Nishihara Sadafumi	4. 巻 15
2. 論文標題 Welcome to the single-molecule electret device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 966 ~ 967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41565-020-00780-5	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 Jun, Nishida Kazuki, Zhang Xiao, Nakano Yuki, Fujibayashi Masaru, Cosquer Goulven, Inoue Katsuya, Shimono Seiya, Ishibashi Hiroki, Kubota Yoshiki, Shiga Misaki, Tsunashima Ryo, Tatewaki Yoko, Nishihara Sadafumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Gas-Dependent Reversible Structural and Magnetic Transformation between Two Ladder Compounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 841 ~ 841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst10090841	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 Romanenko G. V., Letyagin G. A., Maryunina K. Yu., Bogomyakov A. S., Nishihara S., Inoue K., Ovcharenko V. I.	4. 巻 69
2. 論文標題 Effect of increasing pressure on the structure and temperature-induced changes in magnetic properties of heterospin complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Russian Chemical Bulletin	6. 最初と最後の頁 1530 ~ 1536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11172-020-2932-2	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 Uezu Yuta, Tsunashima Ryo, Tanaka Chiaki, Fujibayashi Masaru, Manabe Jun, Nishihara Sadafumi, Inoue Katsuya	4. 巻 93
2. 論文標題 Spin Crossover between the High-Spin and Low-Spin States and Dielectric Switching in the Ionic Crystals of a Fe(II) [2 × 2] Molecular Grid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1583 ~ 1587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200207	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 Fujibayashi Masaru, Watari Yu, Tsunashima Ryo, Nishihara Sadafumi, Noro Shin ichiro, Lin Chang Gen, Song Yu Fei, Takahashi Kiyonori, Nakamura Takayoshi, Akutagawa Tomoyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Structural Phase Transitions of a Molecular Metal Oxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 22446 ~ 22450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202010748	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 藤林将, 西原禎文	4. 巻 32
2. 論文標題 「単分子誘電体」の開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MRS-J NEWS	6. 最初と最後の頁 4 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 室温で駆動する不揮発性単分子誘電メモリの開発
3. 学会等名 RU研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 室温で駆動する不揮発性単分子誘電メモリの開発
3. 学会等名 第26回 VBLシンポジウム「ナノ構造からの機能創発」 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sadafumi Nishihara
2. 発表標題 Molecular Electronics Device Based on Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 BITS Pilani-Hiroshima University Joint Workshop 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 単一分子で強誘電性を示す「単分子誘電体」の開発と応用
3. 学会等名 北海道大学講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 単一分子で強誘電性を示す「単分子誘電体」開発
3. 学会等名 日本化学会「低次元系光機能材料研究会」第11回サマーセミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 室温で駆動する単分子不揮発性メモリへの挑戦
3. 学会等名 キヤノン財団 第13回 助成金贈呈式 記念講演 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 単一分子で強誘電体のように振る舞う「単分子誘電体」の開発
3. 学会等名 新化学技術推進協会 (JACI) 電子情報技術部会ナノフォトニクスエレクトロニクス交流会講演会「低分子の特性を利用した機能創出-1」 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 単一分子で強誘電体の様な挙動を示す「単分子誘電体」の開発
3. 学会等名 東京大学 物性研究所 短期研究会「分子性固体研究の拡がり：新物質と新現象」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 室温で駆動する単分子不揮発性メモリの開発
3. 学会等名 タングステン・モリブデン工業会 (JTMIA) 第33回タンモリ工業会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 室温で駆動する単分子不揮発性メモリの開発
3. 学会等名 第71回中国四国産学連携化学フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Nishihara
2. 発表標題 Development and application of Single-Molecule Electret (SME) based on polyoxometalate
3. 学会等名 70th Conference of Japan Society of Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原禎文
2. 発表標題 単一分子で強誘電的な性質を示す「単分子誘電体」の開発
3. 学会等名 分子性固体オンラインセミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞邊 潤, 西原 禎文
2. 発表標題 分子性結晶におけるイオン交換キャリアドーピング法の確立
3. 学会等名 応用物理・物理系学会中国四国支部 合同学術講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋 直人, 石貫 達也, 青木 沙耶, 中山 祐輝, 西原 禎文, 井上 克也
2. 発表標題 有機無機ペロブスカイト型化合物の強弾性-磁性の相関
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞邊潤, 市橋克哉, 今野大輔, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文
2. 発表標題 イオン交換キャリアドーピング法を用いた[Ni(dmit)2]塩の電子状態制御
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 みづき, 市橋 克哉, 今野 大輔, 井上 克也, 芥川 智行, 中村 貴義, 西原 禎文
2. 発表標題 結晶中チャンネル構造における有機アンモニウムイオン交換
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 みづき, 西原 禎文
2. 発表標題 結晶内チャンネル構造を利用した水中有機アンモニウムイオンの捕獲
3. 学会等名 応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤みづき, 市橋克哉, 今野大輔, 藤林将, COSQUER Goulven, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文
2. 発表標題 結晶内の超分子チャンネル構造を利用した固相有機アンモニウムイオン交換
3. 学会等名 第14回有機 電子系シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川 大輔, 西村 拓巳, 藤林 将, Goulven Cosquer, 井上 克也, 下山 大輔, 灰野 岳晴, 芥川 智行, 中村 貴義, 西原 禎文
2. 発表標題 Na+([24]crown-8)超分子カチオンを含む[Ni(dmit)2]塩の電気・磁気物性評価
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 クラウンエーテルの供給及び回収方法並びにイオン伝導性結晶	発明者 西原禎文、伊藤みづき、眞邊潤、藤林将	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-032649	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 圧電材料及び圧電素子	発明者 西原禎文、栗原英駿、伊藤(加藤)智佐都、藤林将	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-032652	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 単分子誘電体膜および単分子誘電体膜の製造方法	発明者 西原禎文、藤林将、井上克也、定金正洋	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、F19039-US	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 単分子誘電体膜および単分子誘電体膜の製造方法	発明者 西原禎文、藤林将	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020 128339	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 分子性金属酸化物クラスター、電子デバイス、揮発性メモリ、揮発性メモリ用又は不揮発性メモリ用単分子誘電体層、及び記憶装置	発明者 西原禎文、藤林将、井上克也、定金正洋	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-159643	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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