

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 26 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24350095

研究課題名(和文)イオン移動型ポリオキソメタレートを用いた新規機能創出

研究課題名(英文)Development of Novel Function in Polyoxometalate with Ion Motion

研究代表者

西原 禎文(NISHIHARA, SADAFUMI)

広島大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00405341

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：プレイスラー型ポリオキソメタレート分子は内部に小さなキャビティーを有しており、様々なイオンを包接できる。これまで、1つのテルビウムイオンを包接したポリオキソメタレート分子は、分子内部に結晶学的に等価な2つのイオン安定サイトがあり、各サイトのイオン占有率は0.5であると報告されている。本研究によって、内包されたテルビウムイオンが高温領域で2つの安定サイト間を揺らいでおり、それが温度低下に伴って停止することを明らかにした。更には温度低下に伴ってイオン停止温度付近で特異な誘電特性が発現することを見出した。

研究成果の概要(英文)：The Pleysler type Polyoxometalate (POM) has a small cavity wherein not only alkali metal ions, but also lanthanide ions, can be included. Indeed, the Pleysler type POM including terbium ion has two minimum-potential ion sites inside. In the previous report, it was assumed that two sites are crystallographically equivalent, with an occupancy of 0.5. In this study, we have, however, found the possibility of terbium ion motion between these two ion sites in high temperatures region and it stops gradually with decreasing temperature from the results of temperature dependence of dielectric and IR measurements. In addition, the POM shows ferroelectric behaviour at around ion stopping temperature in the polarization measurements.

研究分野：物性化学

キーワード：誘電体 結晶構造 ポリオキソメタレート ランタノイドイオン

### 1. 研究開始当初の背景

近年、「イオン移動型結晶」の一種である「イオン伝導体」は、全個体リチウムイオン二次電池などへの応用が期待されている為、国内外で盛んに研究されている。しかし、イオン伝導体に関する研究はイオン伝導度の向上のみに注目が集っており、イオン移動に伴う新たな機能開発に目を向けられることは無かった。

この様な背景の中、我々はこれまでに類のない分子設計学的アプローチによるイオン伝導体の構築に成功した。その結果、イオン移動結晶への新規機能付加やデバイスへの展開が可能になることを示した。そこで、本研究ではより高い動的イオン自由度が期待されるリング型のポリオキソメタレートに注目し、分子設計を駆使した機能性イオン移動結晶を設計・合成する。更に、本系を用いてイオン移動機構の解明から新規物性創出を視野に入れ、固相イオン移動型結晶の新たな可能性を探索する。

### 2. 研究の目的

イオン移動型結晶とは結晶内で「局所的なイオン移動」が可能な系を指しており、一次元以上のイオン伝導パスを有したイオン伝導体もイオン移動型結晶に含まれる。イオン移動型結晶の例として、本研究でターゲットとするポリオキソメタレート分子  $[\text{TbP}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{12-}$  (**1**)がある。本系はリング状の  $[\text{P}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{15-}$  の中心に 1 つの  $\text{Tb}^{3+}$  イオンを包接したポリオキソメタレート(以後、POM と表記する)であり、内包された  $\text{Tb}^{3+}$  イオンは POM 分子の中心からずれた2つの安定サイトを有している(図1a)。この  $\text{Tb}^{3+}$  イオンは、一定の温度以上で POM 分子内の 2 つの安定サイト間を移動できることが推測される。そこで、本研究ではイオン移動型 POM, **1** をベースにし、中心金属の揺らぎに伴う新たな誘電物性の創出を目指して研究を行った。

### 3. 研究の方法

本研究でターゲットとする POM 分子は、内部

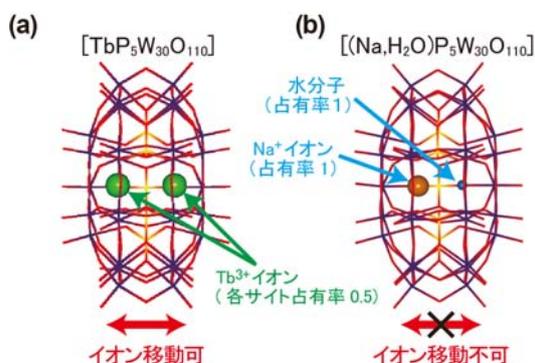


図1. (a)  $[\text{TbP}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]$  (**1**) の構造。POM 分子内には2箇所のイオン安定サイトがあり、高温で  $\text{Tb}^{3+}$  イオンのサイト間揺らぎが期待される。(b)  $[(\text{Na},\text{H}_2\text{O})\text{P}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]$  (**2**) の構造。一方のサイトには  $\text{Na}^+$  イオンが、他方のサイトには  $\text{H}_2\text{O}$  分子が存在する為、 $\text{Na}^+$  イオンのサイト間揺らぎは起こらないと考えられる。

に中心からずれた 2 箇所のイオン安定サイトを有している。内部に 1 つの  $\text{Tb}^{3+}$  イオンを含む **1** では、高温で  $\text{Tb}^{3+}$  イオンのイオンサイト間揺らぎが可能である為、それに伴う特異な誘電物性の発現が期待される(図 1a)。一方、内部に  $\text{Na}^+$  を含んだ系  $[(\text{Na},\text{H}_2\text{O})\text{P}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{14-}$  (**2**) では、1 つのサイトに  $\text{Na}^+$  イオンが、他方のサイトに  $\text{H}_2\text{O}$  が存在している。この為、**2** は  $\text{Na}^+$  イオンのサイト間揺らぎが起こらないと考えられる(図 1b)。そこで本研究では、 $\text{Tb}^{3+}$  イオンの揺らぎが期待される **1** と、イオン揺らぎが起こらないと考えられる **2** の物性を比較し、 $\text{Tb}^{3+}$  イオンの分子内揺らぎに伴う新たな誘電物性の発現を検証した。

### 4. 研究成果

#### (1) 誘電率測定

我々は、まず、**1** と **2** を用いた誘電率の温度依存性を測定した。具体的には、ペレット状に成型した試料に電極を装着し、電圧 2 V、周波数 100-1 MHz で測定した。その結果、**1** において 200-300 K の範囲で周波数に依存した誘電率のピークが観測された(図 2a)。一方、**2** では結晶水に由来する周波数分散のみが観測された(図 2b)。1 で観測された誘電ピーク温度と周波数を用いてアレニウスプロットを作成したところ、POM 分子内の2つの安定サイト間のエネルギー障壁はおおよそ 340 meV と見積もられた。

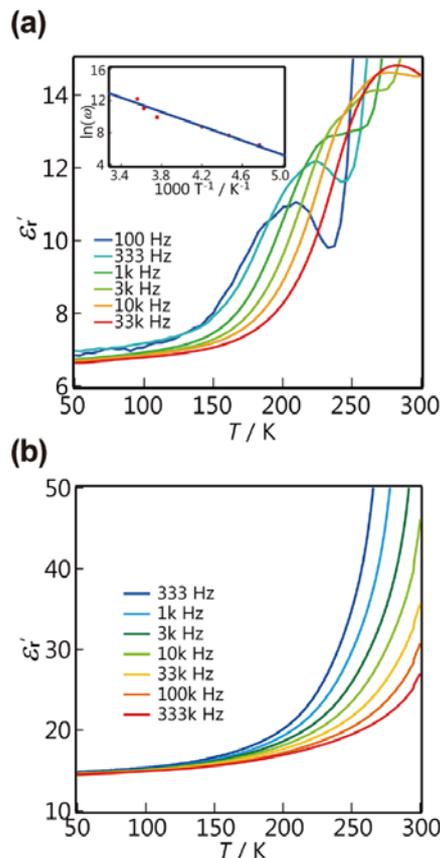


図 2. (a) **1** の誘電率の温度依存性。  $\text{Tb}^{3+}$  イオンのサイト間揺らぎに伴う誘電率のピークが観測された。(inset) 誘電ピーク温度と周波数を用いたアレニウスプロット。(b) **2** の誘電率の温度依存性。

## (2) IR 測定

上記の誘電率測定結果から、**1**において  $Tb^{3+}$  イオンのサイト間揺らぎが示唆された。そこで、本段階では **1**と **2**を用いて IR の温度依存性測定を行った。その結果、**2**では温度低下による顕著なピークシフトは観測されなかった(図 3b)。一方、**1**では温度の低下に伴って P-O 伸縮振動に起因するピークのシフトが観測された(図 3a)。この理由として、イオンサイト周りに存在する P-O 結合が、 $Tb^{3+}$ イオンのサイト間揺らぎに対して影響を受けたものと考えられる。これらの

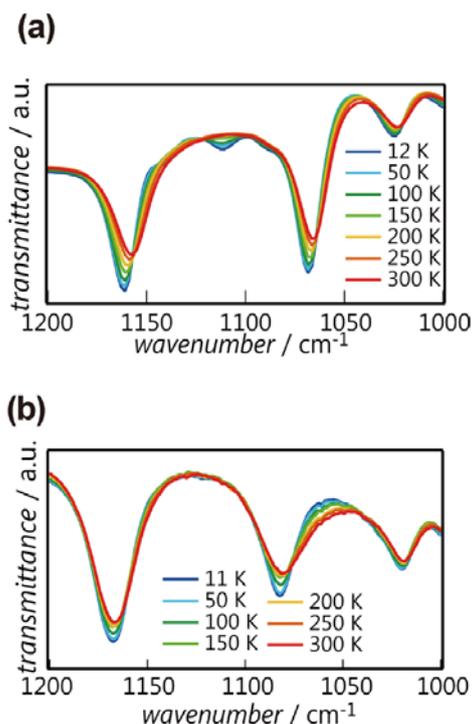


図 3. (a)**1**の IR 温度依存性の結果. 温度低下に伴って P-O 伸縮振動に帰属されたピークのシフトが観測された. (b)**2**の IR 温度依存性の結果.

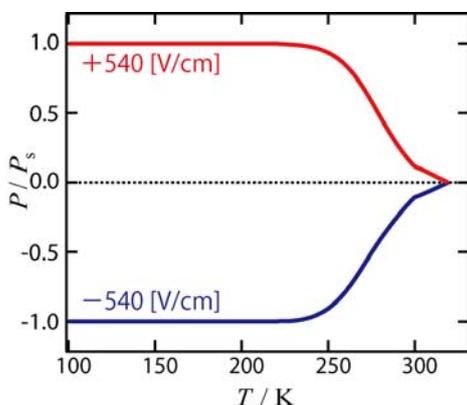


図 4. (a)**1**の IR 温度依存性の結果. 温度低下に伴って P-O 伸縮振動に帰属されたピークのシフトが観測された. (b)**2**の IR 温度依存性の結果.

結果から、**1**の誘電率測定から観測されたピークが、 $Tb^{3+}$ イオンの揺らぎに起因したものであることが示唆された。

## (3) 分極測定

誘電率と IR の温度依存性結果から、**1**において高温での  $Tb^{3+}$ イオンの揺らぎが示唆された。そこで、**1**に対して電解ポーリングを行うことで  $Tb^{3+}$ イオンの停止サイトの制御と、それに伴う自発分極の発現を評価した。具体的には、ペレット状に成型した **1**に電極を装着し、電圧  $\pm 540V$ を印加した状態で試料を冷却し、電圧を切って昇温過程で分極を測定した。その結果、明確な自発分極が観測され、**1**は強誘電的な振る舞いを示した(図 4)。

## (4) 今後の展望

以上の結果から、本研究では  $Tb^{3+}$ イオンの分子内揺らぎに伴う特異な誘電物性の創出に成功した。本系は低温まで対称性を有する空間群に属しており、明確な秩序化を示さない。このことから、従来の強誘電体とは異なる機構によって強誘電的な性質を発現したものと考えられる。今後は、分極測定から観測された強誘電的な性質を明確にする為、各温度で P-E 測定を行うなど多角的に強誘電性を評価し、その発現機構を追跡する。加えて、磁場中での誘電評価なども行い、新しいタイプの誘電体の作製を目指す。また、POM 分子内に包接されたイオンを他のイオンに置換することで新たな物性の創出を狙う。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 24 件)

1. W. -H. Ning, L. Zhai, J. -L. Liu, X. -M. Ren, K. Ichihashi, S. Nishihara, K. Inoue, "Multiple structural transformations coupled with switchable magnetic and dielectric responses in an amphidynamic crystal of 4<sup>-tert</sup>-butylbenzyl pyridinium bis(maleonitrile- dithiolate)nickelate", J. Mat. Chem. C, accepted. 査読有り
2. Y. Kousaka, Y. Takahashi, N. Ikeda, H. Matsui, J. Kishine, Y. Togawa, M. Miyagawa, S. Nishihara, K. Inoue and J. Akimitsu, "Weak Ferromagnetism in Chiral Inorganic Compound CrSi" J. Phys. Soc. Conf. Proc., accepted. 査読有り
3. Y. Kousaka, N. Ikeda, T. Ogura, T. Yoshii, J. Akimitsu, K. Ohishi, J. Suzuki, H. Hiraka, M. Miyagawa, S. Nishihara, K. Inoue, and J. Kishine, "Chiral Magnetic Soliton Lattice in MnSi", J. Phys. Soc. Conf. Proc., accepted. 査読有り
4. K. Y. Maryunina, X. Zhang, S. Nishihara, K. Inoue, V. A. Morozov, G. V. Romanenko, V. I. Ovcharenko, "A Heterospin Pressure Sensor" J. Mat. Chem. C, accepted. 査読有り  
DOI: 10.1039/c5tc01005e
5. J. Han, S. Nishihara, K. Inoue, M. Kurmoo, Inorg. "High Magnetic Hardness for the Canted Antiferromagnetic, Ferroelectric, and Ferroelastic Layered Perovskite-like  $(C_2H_5NH_3)_2$

- [Fe<sup>II</sup>Cl<sub>4</sub>]” Chem., accepted. 査読有り  
DOI: 10.1021/ic5030229
6. R. Tsunashima, Y. Iwamoto, Y. Baba, C. Kato, K. Ichihashi, S. Nishihara, K. Inoue, K. Ishiguro, Y.-F. Song, T. Akutagawa, “Electronic Network of Single-Crystalline Metal Oxide Nanoclusters Wired by  $\pi$ -Molecules” *Angew. Chem. Int. Ed.*, 53(42), 11228–11231 (2014). 査読有り  
DOI: 10.1002/anie.201406223
7. X. Zhang, S. Nishihara, Y. Nakano, K. Y. Maryunina, K. Inoue, “A Cuprate Spin Ladder Linked by a Pyridyl Ligand” *Chem. Lett.*, 43(11), 1713–1715 (2014). 査読有り  
DOI: 10.1246/cl.140657
8. X. Zhang, S. Nishihara, Y. Nakano, E. Yoshida, C. Kato, X.-M. Ren, K. Y. Maryunina, K. Inoue, “A magnetically isolated cuprate spin-ladder system: synthesis, structures, and magnetic properties” *Dalton Trans.*, 43, 12974–12981 (2014). 査読有り  
DOI: 10.1039/c4dt01746c
9. T. Naito, T. Karasudani, N. Nagayama, K. Ohara, K. Konishi, S. Mori, T. Takano, Y. Takahashi, T. Inabe, S. Kinose, S. Nishihara, K. Inoue, “Giant Photoconductivity in NMQ [Ni(dmit)<sub>2</sub>]” *Eur. J. Inorg. Chem.*, 24, 4000–4009 (2014). 査読有り  
DOI: 10.1002/ejic.201402035
10. Y. Tatewaki, K. Mizuguchi, C. Kato, S. Nishihara, S. Okada, “Synthesis and Physical Properties of Tetrathiafulvalene Derivatives with Ferrocene-terminated Substituents” *Chem. Lett.*, 43, 1131–1133 (2014). 査読有り  
DOI: 10.1246/cl.1402
11. J. Han, S. Nishihara, K. Inoue, M. Kurmoo, “On the Nature of the Structural and Magnetic Phase Transitions in the Layered Perovskite (CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>[Fe<sup>II</sup>Cl<sub>4</sub>]” *Inorg. Chem.*, 53(4), 2068–2075 (2014). 査読有り  
DOI: 10.1021/ic026204t
12. Y. Togawa, Y. Kousaka, S. Nishihara, K. Inoue, J. Akimitsu, A. S. Ovchinnikov, J. Kishine, “Interlayer Magnetoresistance due to Chiral Soliton Lattice Formation in Hexagonal Chiral Magnet CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>” *Phys. Rev. Lett.*, 111(19), 197204–1–5 (2013). 査読有り  
DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.197204
13. S. Kawaguchi, H. Ishibashi, S. Nishihara, M. Miyagawa, S. Mori, K. Inoue, Y. Kubota, “Anomalous magnetization behaviour in a single crystal of vanadium spinel FeV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>” *J. Phys: Condens. Matter.*, 25(41), 416008–1–8 (2013). 査読有り  
DOI: 10.1088/0953-8984/25/41/416005
14. S. Nishihara, X. Zhang, K. Kunishio, K. Inoue, X.-M. Ren, T. Akutagawa, J. Kishine, M. Fujisawa, A. Asakura, S. Okubo, H. Ohta, and T. Nakamura, “The Effect of Doping a Molecular Spin Ladder with Non-Magnetic Impurities” *Dalton Trans.*, 42, 15263–15266 (2013). 査読有り  
DOI: 10.1039/c3dt52249k
15. C. Kato, S. Nishihara, R. Tsunashima, Y. Tatewaki, S. Okada, X.-M. Ren, K. Inoue, D.-L. Long, L. Cronin, “Quick and selective synthesis of Li<sub>6</sub>[ $\alpha$ -P<sub>2</sub>W<sub>18</sub>O<sub>62</sub>]·28H<sub>2</sub>O soluble in various organic solvents” *Dalton Trans.*, 42, 11363–11366 (2013). 査読有り  
DOI: 10.1039/C3DT51120K
16. H. Yamaguchi, S. Nagata, M. Tada, K. Iwase, T. Ono, S. Nishihara, Y. Hosokoshi, T. Shimokawa, H. Nakano, H. Nojiri, A. Matsuo, K. Kindo, T. Kawakami, “Crystal structure and magnetic properties of honeycomb-like lattice antiferromagnet *p*-BIP-V<sub>2</sub>” *Phys. Rev. B*, 87(12), 125120–1–8 (2013). 査読有り  
DOI: 10.1103/Physrevb.87.125120
17. T. Naito, T. Karasudani, S. Mori, K. Ohara, K. Konishi, T. Takano, Y. Takahashi, T. Inabe, S. Nishihara, K. Inoue, “Molecular Photoconductor with Simultaneously Photocontrollable Localized Spins” *J. Am. Chem. Soc.*, 134(45), 18656–18666 (2012). 査読有り
18. Y. Togawa, T. Koyama, K. Takayanagi, S. Mori, Y. Kousaka, J. Akimitsu, S. Nishihara, K. Inoue, A. S. Ovchinnikov, J. Kishine, “Chiral Magnetic Soliton Lattice on a Chiral Helimagnet” *Phys. Rev. Lett.*, 108(10), 107202–1–5 (2012). 査読有り  
DOI: 10.1103/PhysRevLett.108.107202
19. G. X. Liu, H. Zhou, X. C. Zha, S. Nishihara, X. M. Ren, “Syntheses, crystal structures and physical properties of two unusual 4d–4f heterometallic coordination polymers” *Inorg. Chim. Acta*, 387, 308–313 (2012). 査読有り  
DOI: 10.1016/j.ica.2012.02.010
20. R. Y. Huang, G. X. Liu, H. M. Xu, S. Nishihara, X. M. Ren, “Syntheses, Structures and Luminescent Properties of Zinc(II) and Cadmium(II) Complexes With the Ditopic Ligand 1,3-Bis(imidazol-1-ylmethyl)benzene” *J. Chem. Cryst.*, 42(4), 416–422 (2012). 査読有り  
DOI: 10.1007/s10870-011-0257-6
21. G. X. Liu, W. Guo, S. Nishihara, X. M. Ren, “A Coordination Polymer With a (3,4)-Connected (62.8)<sub>2</sub>(62.84) 3D Network: Synthesis, Crystal Structure and Luminescent Properties” *Synthesis and Reactivity in Inorganic Metal–Organic and Nano–Metal Chemistry*, 42(9), 1222–1226 (2012). 査読有り  
DOI: 10.1080/15533174.2012.680092
22. X. J. Kong, C. Guo, G. X. Liu, Y. Wang, S. Nishihara, “Synthesis, Crystal Structure, and Magnetic Properties of a 3d–3d Mixed Heterometallic Coordination Polymer” *Russ. J. Coord. Chem.*, 38(2), 134–139 (2012). 査読有り  
DOI: 10.1134/S1070328412010046
23. G. X. Liu, X. C. Zha, Y. Wang, S. Nishihara, X. M. Ren, “Synthesis, Crystal Structure and

Magnetic Properties of a Nickel(II) Coordination Polymer Based the V-Shaped Ligands” J. Inorg. Org. Polym. Mat., 22(1), 258-263 (2012). 査読有り

DOI: 10.1007/s10904-011-9530-6

24. Liu Guang-Xiang, Xu Heng, Zhou Hong, Nishihara Sadafumi, Ren Xiao-Ming, “Temperature-induced assembly of MOF polymorphs: Syntheses, structures and physical properties” Crys. Eng. Commun., 14(5), 1856-1864 (2012). 査読有り

DOI: 10.1039/c1ce05369h

[学会発表](計 77 件)

1. 加藤智佐都, 西原禎文, Maryunina Kseniya, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也,  $\alpha$ -Dawson 型ポリオキソメタレートを選択的合成法の確立, 日本化学会第 95 春季年会, 2015 年 3 月 26 日, 日本大学 (千葉)

2. 西原禎文, 固体イオン移動の発現と機能創出, 有機固体化学の最前線 2014, 2014 年 12 月, 12 日, 愛媛大学(愛媛)

3. 西原禎文, 固相イオン移動機構を利用した新規機能発現と物性制御, 2014 年日本化学会中四国支部大会, 2014 年 11 月 9 日, 山口大学(山口)

4. 加藤智佐都, 西原禎文, Maryunina Kseniya, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, Preyssler 型ポリオキソメタレート分子内でのイオン移動の観測と物性調査, 2014 年日本化学会中四国支部大会, 2014 年 11 月 8 日, 山口大学(山口)

5. S. Nishihara, Development of Molecular Materials with Ion Motion System in Solid State, IUPAC 10th International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-X), 2014 年 10 月 12 日, Zhengzhou (China)

6. 加藤智佐都, 西原禎文, Maryunina Kseniya, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, イオン移動機構を有するプレイスラー型 polyoxometalate の物性, 第 8 回分子科学討論会, 2014 年 9 月 22 日, 広島大学(広島)

7. 加藤智佐都, 西原禎文, Kseniya Maryunina, 綱島亮, 帯刀陽子, 川俣純, 鈴木康孝, 井上克也, プレイスラー型ポリオキソメタレート分子の内部空間を利用した機能開発, 第 7 回中国四国地区錯体科学研究会, 2014 年 4 月 26 日, 岡山大学(岡山)

8. 加藤智佐都, 西原禎文, クセニヤ・マリユニナ, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, Preyssler 型ポリオキソメタレート,  $K_{12}[Tb(P_5W_{30}O_{110})]$  の誘電評価, 日本化学会第 94 春季年会, 2014 年 3 月 29 日, 名古屋大学(愛知)

9. 佐々木雄作, 加藤智佐都, 西原禎文, Maryunina Kseniya, 佐古渚, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, Keggin 型ポリオキソメタレートと cucurbit[6]uril を用いた有機-無機ハイブリッド化合物の合成, 日本化学会第 94 春季年会, 2014 年 3 月 28 日, 名古屋大学(愛知)

10. S. Nishihara, Development and Applications of Ion Motion System in Solid, Molecular Science and

Synthesis of Functional Molecules for Next Generation, 2014 年 3 月 10 日, Hiroshima (Japan)

11. 加藤智佐都, 西原禎文, クセニヤ・マリユニナ, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, イオン移動機構を有するポリオキソメタレート  $K_{12}[Tb(P_5W_{30}O_{110})]$  の開発, 山口大学呼び水プロジェクト・山口大学研究推進体-ナノ空間デザインによりもたらされる分子機能-, 2013 年 12 月 16 日, 山口大学(山口)

12. 佐々木雄作, 加藤智佐都, 西原禎文, Maryunina Kseniya, 佐古渚, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, cucurbit[6]uril とポリオキソメタレートから成る有機-無機ハイブリッド化合物の合成の試み, 山口大学呼び水プロジェクト・山口大学研究推進体-ナノ空間デザインによりもたらされる分子機能-, 2013 年 12 月 16 日, 山口大学(山口)

13. Chisato Kato, Sadafumi Nishihara, Kseniya Maryunina, Ryo Tsunashima, Yoko Tatewaki, Katsuya Inoue, Structures and Physical Properties of Novel Preyssler-Lanthanide Complexes, The Seventh Japanese-Russian International Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices, 2013 年 11 月 18 日, Awaji (Japan)

14. Chisato Kato, Sadafumi Nishihara, Ryo Tsunashima, Yoko Tatewaki, Katsuya Inoue, Tb (III) Ion Motion in Preyssler-type Polyoxometalate, International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, 2013 年 9 月 28 日, Sendai (Japan)

15. Chisato Kato, Sadafumi Nishihara, Ryo Tsunashima, Yoko Tatewaki, Katsuya Inoue, The Effect of Irradiation on a Preyssler-type Polyoxometalate, International Symposium on Science Explored by Ultra Slow Muon (USM2013), 2013 年 8 月 11 日, Matsue (Japan)

16. 加藤智佐都, 西原禎文, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, ランタノイドイオンを内包した Preyssler 型 POM,  $K_{12}[TbP_5W_{30}O_{110}]$  の構造と物性, 日本化学会第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学(滋賀)

17. 加藤智佐都, 西原禎文, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, ランタノイドイオンを内包した Preyssler 型 Polyoxometalate の構造と物性, 第 6 回分子科学討論会, 2012 年 9 月 21 日, 東京大学(東京)

18. 加藤智佐都, 西原禎文, 綱島亮, 帯刀陽子, 井上克也, ランタノイドイオンを包接した Preyssler 型 POM の合成と機能発現, 「物質・デバイス領域共同研究拠点」研究会, 2012 年 6 月 18 日, 北海道大学(北海道)

[図書](計 2 件)

1. 「最近のキラル磁性の動向」 pp. 110-115 西原禎文, 井上克也, 「CSJ カレントレビュー16 “スピン化学が拓く分子磁性の新展開” 2014 年 8 月 発刊, 化学同人

2. 第 2 節「有機導電体を用いたゲル形成分子

の合成とその物性評価」pp.10-12, 帯刀陽子, 西原禎文, 岡田修司, 「ゲルの安定化と機能性付与・次世代への応用開発」, 2013年12月発刊, (株)技術情報教会

[産業財産権]

○出願状況(計 件)

1. 名称: キャリアドーピング法および導電体

発明者: 西原禎文, 市橋克哉, 井上克也

権利者: 西原禎文, 市橋克哉, 井上克也

種類: 特許

番号: 2015-095554

出願年月日: 2015年5月8日

国内外の別: 国内

2. 名称: イオンチャネルを利用したイオン交換法およびイオン交換体

発明者: 西原禎文, 市橋克哉, 井上克也

権利者: 西原禎文, 市橋克哉, 井上克也

種類: 特許

番号: 2015-095553

出願年月日: 2015年5月8日

国内外の別: 国内

3. 名称:  $\alpha$ -ドーソン型ポリ酸の製造方法およびその方法により製造された $\alpha$ -ドーソン型ポリ酸,  $\alpha$ -ドーソン型ポリ酸化合物

発明者: 西原禎文, 加藤智佐都, 井上克也, 綱島亮

権利者: 西原禎文, 加藤智佐都, 井上克也, 綱島亮

種類: 特許

番号: 2013-95003

出願年月日: 2013年4月30日

国内外の別: 国内

4. 名称: 有機ラジカル化合物

発明者: 井上克也, 西原禎文, 谷本晃一

権利者: 井上克也, 西原禎文, 谷本晃一

種類: 特許

番号: 2013-006705

出願年月日: 2013年1月17日

国内外の別: 国内

○取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/kotai/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

西原 禎文 (NISHIHARA SADAFUMI)

広島大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 00405341

(2)研究分担者

帯刀 陽子 (TATEWAKI YOKO)

東京農工大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号: 30435763

綱島 亮 (TSUNASHIMA RYO)

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 70466431

戸川 欣彦 (TOGAWA YOSHIHIKO)

大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 00415241

(3)連携研究者

井上 克也 (INOUE KATSUYA)

広島大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 40265731

森 茂生 (MORI SHIGEO)

大阪府立大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 20251613