

令和元年6月17日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02269

研究課題名(和文) 化学的相互作用 / 物理応答の協奏的可逆変換を実現する多孔性導電性磁石の創製

研究課題名(英文) Design of porous conductive molecular magnets establishing synergistic reversibility between chemical stimuli and physical properties

研究代表者

宮坂 等 (Miyasaka, Hitoshi)

東北大学・金属材料研究所・教授

研究者番号：50332937

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、化学的相互作用、即ち化学的外場により伝導性や磁性などの物理的物性を劇的に変化する分子化合物を設計することを目的としてきた。化学的外場として、ゲスト分子の脱挿入を想定することにより、これまでの成果を基に多孔性の導電性分子磁石の開発を行った。特に、僅かな構造変化により格子内の電荷秩序状態を動的に変換しうる格子に着目し、電子ドナーと電子アクセプター構築素子のHOMO/LUMO電子状態を精密に制御して電荷移動型格子を設計した。その結果、世界で初めての溶媒の吸脱着で電荷秩序状態を動的に変化させるスポンジ磁石や酸素の電子スピンを感知して磁気相を変換する多孔性磁石などを見出すに至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学物質を吸脱着させて、その情報を伝導性や磁性などのバルク物性の変化として捉えることができる材料は極めて珍しく、近年の分子多孔性材料でもほとんどないのが現状である。特に、電子状態や磁性相を劇的に変換する材料はこれまでに報告例はなく、今回の材料は社会的にも極めてインパクトがある(幾つかはプレスリリースを行った)。これらの材料は、環境問題などに対する小分子分析技術はもとより、複数の化学物質の構成で信号を得る(化学言語)のような新しい技術にも繋がると予想される。即ち、吸着した物質は何か、どのくらいの量が、組成は?など、材料の物性があるまま情報を発信する新しい多孔性分子材料が創造できるのである。

研究成果の概要(英文)：The research project aimed to design molecular lattice compounds that undergo drastic changes of their physical properties such as electronic conductivity and magnetism due to the influence of chemical stimuli. The chemical stimuli were assumed as insertion/extraction of guest molecules such as solvent molecules and ubiquitous gas molecules, for which porous conductive magnets with lattice frameworks were rationally established based on the previous studies. Focusing on lattices that undergo the dynamical change of charge ordered state derived by a small modulation of structures, charge-flexible lattices were, in particular, synthesized by tuning HOMO/LUMO energy levels of electron-donor/-acceptor building units. Consequently, some characteristic materials such as magnetic sponges undergoing electronic modulations or porous magnets distinguishing electron spins of oxygen molecules were established.

研究分野：錯体化学・機能物性化学

キーワード：多孔性配位高分子 多孔性導電性磁石 ガス吸着挙動 磁性変換 動的スピン スポンジ磁石 酸素磁性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

材料を問わず、分子を用いて複数の性質を引き出す、或いは分子と他の材料を複合させて特性を増幅させる、複合化により新たな性質を引き出す、というある種の特性が「協奏して現れる現象」は、近未来の材料開発にとっては最も要望される特性であり、全世界の化学者のみならず物理学者や材料学者が精力的に探索に乗り出している最先端研究主題である。これは、より多様且つ高い自由度をもつ応答材料が近未来の情報社会には必要であることが背景にある。現象の組み合わせは多種多様であるが、一方で、物理的に取り扱われる量子的な現象やそれに準じるスピン・電子・電気双極子から得られる現象の多くが既に詳細に調査されており、化学サイドから見れば、物質レベルで新奇な物理協奏現象を新たに見出すことは、多かれ少なかれ“宝探し”であるというのが現実である。しかし、“化学反応との複合化”や“物質移動”といったある種のエネルギーポテンシャルの移動や変遷を伴った化学的な挙動と物理現象との協奏現象は、実は未だ多くが未開の地であり、まさに化学者のリーダーシップが求められる舞台である。すなわち、イオンや小分子などの物質移動に誘起される電子輸送や磁気秩序、イオン性物質そのものの相転移や異方的な配向転移による電子・スピン・電気双極子の協奏制御など、「化学的相互作用—物理応答の協奏」がマイクロレベルで密接に関わる分子材料が新しい物質ターゲットの一つであると考えている。これらのエネルギーポテンシャルを制御するには、化学的相互作用を誘導する特異場を創製し、物質輸送と物理パラメーター（電子・スピン・電気双極子）とを相互変換可能な形に創造する必要がある。

本研究者は、これまでに電子ドナー金属錯体ユニット(D)と電子アクセプターユニット(A)を組み合わせた多次元格子(D/A-MOF)を構築し、格子内の電子移動を調整することにより磁気秩序や電子輸送を制御してきた。これらのD/A-MOFは、格子内で電荷移動活性だけでなく、多孔性格子への酸化還元活性な挿入分子や電極からの電子挿入などにも極めて敏感に電子的に応答することがわかってきた。そこで、このようなD/A-MOFに対して、その多孔性の形状と酸化還元活性な性質を利用した物質輸送と格子の電子・スピン制御(物性制御から見た物質捕捉)を主題とする計画するに至った。

2. 研究の目的

配位操作性、電子操作性、磁気操作性に優れたドナー/アクセプター構築素子を用いることで、電子的に精密制御した酸化還元活性且つ多孔性の分子格子(以下、D/A-MOF)を合目的に状態設計し、その $T_{CN} \approx 70 \sim 100$ Kの“多孔性”導電性磁石、またはそれになり得るD/A-MOF材料を物質基盤として、「細孔内における化学的相互作用—格子上の物理応答の協奏」という視点から、3カ年計画として「化学的相互作用/物理応答の協奏的可逆変換を実現する多孔性導電性磁石の創製」の研究課題を行う。

3. 研究の方法

電子ドナー素子([Ru₂]: D)と電子アクセプター素子(TCNQ, DCNQI: A)を用いて、多孔性のD₂A型層状格子及び三次元無限格子、DA型一次元鎖をイオン性相図に準じて、構造と電荷状態の両面から合目的に設計し、研究目的で掲げた課題(I)~(V)の5つの課題それぞれについて、(1)物質開発(ステップ1)、(2)ガス吸着能評価(ステップ2)、(3)ガス圧制御下 *in situ* 物性測定(ステップ3)、の過程を段階的に詳細に調査することにより、細孔内ホスト・ゲスト化学的相互作用/物理物性応答の協奏的可逆変換を実現する多孔性導電性磁石の創製を実現する。特に、各種ガス圧制御下の *in situ* 測定(分光、磁気測定、伝導度測定、誘電測定)のシステム構築を確立する。また、新しい電子ドナー素子としてカルボン酸架橋水車型[Cr₂^{III}]錯体を用いた物質系を探索する。

4. 研究成果

- 酸素分子の電子スピンを見分ける多孔性磁石！(2018)
酸素は三重項スピンを持つ常磁性、窒素は反磁性・・・似た二原子分子でも、全く違う性質がそれらの“磁性”だ。このようなガス分子を吸着して、そのスピンを見分ける多孔性材料はできるのか？答えは Yes である。本研究で報告する多孔性磁石は、酸素の電子スピンを見分ける。本成果については、東北大学からプレスリリースを行った。
- 動的電子移動により二次元層内に単一次元鎖磁石を発見(2018)
磁氣的なMOFをどのように創るか？一つの方法として、テトラオキソレンと鉄イオンからなるハニカム層状格子を設計した： $(\text{NPr}_4)_2[\text{Fe}_2(\text{Cl}_2\text{An})_3] \cdot n(\text{Solvent})$ ($\text{Cl}_2\text{An}^{n-} = 2,5\text{-dichloro-3,6-dihydroxy-1,4-benzoquinonate}$)。この層状化合物は、 $T_{1/2} = 236$ Kを境に二つの電荷秩序相を持ち、高温側の $[\text{Fe}^{\text{II}}_{\text{HS}}\text{Fe}^{\text{III}}_{\text{HS}}(\text{Cl}_2\text{An}^{2-})_2(\text{Cl}_2\text{An}^{3-})]^{2-}$ と、低温側の $[\text{Fe}^{\text{III}}_{\text{HS}}\text{Fe}^{\text{III}}_{\text{HS}}(\text{Cl}_2\text{An}^{2-})(\text{Cl}_2\text{An}^{3-})_2]^{2-}$ からなる。構造は二次元格子であるが、磁氣的には一次元鎖であり、低温で単一次元鎖磁石挙動を示した。
- 溶媒分子の出し入れに依存して電子状態を変える最初の多孔性磁石(2018)
ゲスト分子の吸脱着で格子の性質を劇的に変化させることは、多孔性配位高分子材料に求められる要望の一つである。我々は、溶媒の出し入れにより電子状態(電荷秩序状態)を変化させ

る多孔性分子磁石を見出し、溶媒化合物と脱溶媒化合物で磁気相転移が 70 K も変化する材料を発見した。本研究成果は、東北大学からプレスリリースを行った。

● 中性—イオン性転移を結晶溶媒の吸脱着で可逆的に制御する (2018)

電子ドナー/アクセプター集積体における中性—イオン性(N-I)転移は、温度や圧力等の外部刺激により磁性を始めとして電子状態に依存した物性の制御が可能な点で興味深い現象である。本研究では水車型 Ru 二核錯体と TCNQ 誘導体からなる一次元鎖状集積体 $[\text{Ru}_2(3,4\text{-Cl}_2\text{PhCO}_2)_4\text{TCNQ}(\text{OEt})_2]\cdot\text{DCE}$ (DCE = 1,2-dichloroethane) を合成し、これが 230 K にて一段階の N-I 転移を示すことを確認した。さらに結晶溶媒 DCE の吸着の度合いによって転移温度が連続的に変化し、完全に脱離することで N-I 転移挙動が消失することが分かった。結晶溶媒 DCE の吸脱着により連続的かつ可逆的に制御できることを示している。

● テトラオキシレンを用いた八ニカム層状格子の磁性をリチウムイオン電池で制御 (2017)

「遷移金属錯体集積体の架橋有機配位子上でのラジカルスピンの生成・消滅を制御し、磁気秩序相の安定性を可逆的に制御する」・・・この手法は色々な化合物に使えるのである。本研究では、同様に還元状態でラジカル種となるテトラオキシレン誘導体を架橋配位子として持つ Mn—Cr 八ニカム構造集積体に着目し、リチウムイオン電池システムを酸化還元制御に用いたところ、電池の充放電に連動して、フェリ磁性転移温度が可逆的に変化することを見出した。この結果は、常磁性金属イオン間の架橋配位子上での“ラジカルスピンの ON/OFF”が、磁気制御手段として広範な化合物に適用できることを示すものである。

● 可逆的に ON-OFF スイッチ可能な不揮発性イオン制御型電磁石の開発に成功 (2017)

当研究室で開発した酸化・還元活性種を構成要素とする金属-有機構造体 (MOF) をリチウムイオン電池 (LIB) システムの正極として用いることにより、充放電操作と連動して ON-OFF スイッチが可能な、新たな電磁石の開発に成功した。LIB システムを、“イオン挿入を介したバルク物質のフィリング制御デバイス”として利用することで、放電時の正極への電子ドーピングにより、人工的な磁石が創製されることを意味する。充放電により誘起された磁性相は電気化学平衡状態にあり、外部から電圧等を印加し続けなくとも状態が維持される為 (不揮発性)、低消費電力の電磁石としての応用等が期待される。本成果については、東北大学からプレスリリースを行い、日経産業新聞 (2017 年 1 月 26 日付け) に記事が掲載された。

● リチウムイオン電池によりイオン制御可能な磁石の創出に成功 —バルクで非磁性体 / 磁性体変換の初めての例— (2016)

リチウムイオン電池に中性型の層状 D/A-MOF を電極として組み込むことで、人工的にイオン制御可能な磁石を創り出すことに成功した。リチウムイオン電池のイオン挿入機能を介して、電極材料中の金属錯体 (水車型 $[\text{Ru}_2\text{II,II}]$ 錯体) と連結した非磁性の有機電子アクセプターに電子を導入し磁気モーメントを付与することで、物質全体に磁石としての性質を発現させた。さらに、電池の放電状態を制御することで、磁気相転移温度を変化させることにも成功した。本成果については、東北大学からプレスリリースを行った。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 29 件)

Strong electronic influence of equatorial ligands on frontier orbitals in paddlewheel dichromium(II, II) complexes, P. Huang, Y. Natori, Y. Kitagawa, Y. Sekine, W. Kosaka, H. Miyasaka, *Dalton Trans.*, **2018**, 48, 908-914. DOI: 10.1039/C8DT04347G 査読有

Porous magnet responsive to spins of oxygen molecules, W. Kosaka, Z. Liu, J. Zhang, Y. Sato, A. Hori, R. Matsuda, S. Kitagawa, H. Miyasaka, *Nat. Commun.*, **2018**, 9, 5420(1-9). DOI: 10.1038/s41467-018-07889-1 査読有

Development of ferromagnetic fluctuations in heavily overdoped Bi-2201 copper oxides, K. Kurashima, T. Adachi, K. M. Suzuki, Y. Fukunaga, T. Kawamata, T. Noji, H. Miyasaka, I. Watanabe, M. Miyazaki, A. Koda, Y. Koike, *Phys. Rev. Lett.*, **2018**, 121, 057002 (1-6). DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.057002 査読有

Thermally Induced Valence Tautomeric Transition in a Two-Dimensional Fe-Tetraoxolene Honeycomb Network, J. Chen, Y. Sekine, Y. Komatsumaru, S. Hayami, H. Miyasaka, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2018**, 57, 12043–12047. DOI: 10.1002/anie.201807556 査読有

Ionic Donor-Acceptor Chain Derived from an Electron Transfer Reaction of a Paddlewheel-Type Diruthenium(II, II) Complex and *N,N'*-Dicyanoquinonediimine, Y. Sekine, T. Shimada, H. Miyasaka, *Chem. Eur. J.*, **2018**, 24, 13093–13097. DOI: 10.1002/chem.201802630 査読有

Layered Ferrimagnets Constructed from Charge-Transferred Paddlewheel $[\text{Ru}_2]$ Units and TCNQ Derivatives: The Importance of Interlayer Translational Distance in Determining Magnetic Ground State, W. Kosaka, Z. Liu, H. Miyasaka, *Dalton Trans.*, **2018**, 47, 11760–11768. DOI: 10.1039/C8DT01566J 査読有

One-Dimensional Chains of Paddlewheel-Type Dichromium(II,II) Tetraacetate Complexes: Study of Electronic Structure Influenced by σ - and π -Donation of Axial Linkers, P. Huang, Y. Natori, Y. Kitagawa, Y. Sekine, W. Kosaka, H. Miyasaka, *Inorg. Chem.*, **2018**, 57, 5371-5379. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.8b00352 査読有

- Magnetic Sponge Behavior via Electronic State Modulations, J. Zhang, W. Kosaka, K. Sugimoto, H. Miyasaka, *J. Am. Chem. Soc.*, **2018**, *140*, 5644–5652. DOI: 10.1021/jacs.8b02428 査読有
- Hammett-Law Correlation in the Electron-Donation Ability of *trans*-Heteroleptic Benzoate-Bridged Paddlewheel-Type Diruthenium(II, II) Complexes, Y. Sekine, K. H. Aliyah, T. Shimada, J. Zhang, W. Kosaka, H. Miyasaka, *Chem. Lett.*, **2018**, *47*, 693–696. DOI: 10.1246/cl.180155 査読有
- Charge-Transfer Layered Assembly of a *trans*-Heteroleptic Paddlewheel-Type Diruthenium (II, II) Complex with a TCNQ Derivative: Electrochemical Tuning of the Magnetism, K. Taniguchi, N. Shito, H. Fukunaga, H. Miyasaka, *Chem. Lett.*, **2018**, *47*, 664–667. DOI: 10.1246/cl.180086 査読有
- Magnetic Switching by the In-Situ Electrochemical Control of Quasi-Spin-Peierls Singlet States in a Three-Dimensional Spin Lattice Incorporating TTF–TCNQ Salts, H. Fukunaga, M. Tonouchi, K. Taniguchi, W. Kosaka, S. Kimura, H. Miyasaka, *Chem. Eur. J.*, **2018**, *24*, 4294–4303. DOI: 10.1002/chem.201704815 査読有
- Metamagnetism with $T_N = 97$ K in a Layered Assembly of Paddlewheel [Ru₂] Units and TCNQ: An Empirical Rule for Interlayer Distances Determining the Magnetic Ground State, W. Kosaka, M. Itoh, H. Miyasaka, *Mater. Chem. Frontiers*, **2018**, *2*, 497–504. DOI: 10.1039/C7QM00534B 査読有
- Magnetic Sponge with Neutral–Ionic Phase Transitions, W. Kosaka, Y. Takahashi, M. Nishio, K. Narushima, H. Fukunaga, H. Miyasaka, *Adv. Sci.*, **2018**, *5*, 1700526 (1–10). DOI: 10.1002/advs.201700526 査読有
- Magnetic Phase Switching in a Tetraoxolene-Bridged Honeycomb Ferrimagnet Using a Lithium Ion Battery System, K. Taniguchi, J. Chen, Y. Sekine, H. Miyasaka, *Chem. Mater.*, **2017**, *29*, 10053–10059. DOI: 10.1021/acs.chemmater.7b03691 査読有
- Gate-Open-Type Sorption in a Zigzag Paddlewheel Ru dimer Chain Compound with a Phenylendiamine Linker Instructed by a Preliminary Structural Change of Desolvation, C. Dou, W. Kosaka, H. Miyasaka, *Chem. Lett.*, **2017**, *46*, 1288–1291. DOI: 10.1246/cl.170509 査読有
- The Effect of Anion-Sublattice Structure on the Displacement Reaction in Copper Sulfide Cathodes of Rechargeable Magnesium Batteries, Y. Tashiro, K. Taniguchi, H. Miyasaka, *Chem. Lett.*, **2017**, *46*, 1240–1242. DOI: 10.1246/cl.170503 査読有
- Syntheses, structures and magnetic properties of tetranuclear cubane-type and heptanuclear wheel-type nickel(II) complexes with 3-methoxysalicylic acid derivatives, F. Kobayashi, R. Ohtani, S. Teraoka, W. Kosaka, H. Miyasaka, Y. Zhang, L. F. Lindoy, S. Hayami, M. Nakamura, *Dalton Trans.*, **2017**, *46*, 8555–8561. DOI: 10.1039/c7dt01757j 査読有
- Three Dimensional Porous Hofmann Clathrate [M^{II}Pt^{II}(CN)₄]_∞ (M = Co, Ni) Synthesized by Using Postsynthetic Reductive Elimination, T. Okamura, B. Wu, H. Iguchi, B. K. Breedlove, M. Yamashita, W. Kosaka, H. Miyasaka, S. Takaishi, *Chem. Commun.*, **2017**, *53*, 6512–6515. DOI: 10.1039/C7CC01766A 査読有
- Ferromagnetic Exchange Coupling in a Family of Mn^{III} Salen-Type Schiff-Base Out-of-Plane Dimers, C. Kachi-Terajima, R. Ishii, Y. Tojo, M. Fukuda, Y. Kitagawa, M. Asaoka, H. Miyasaka, *J. Phys. Chem. C*, **2017**, *121*, 12454–12468. DOI: 10.1021/acs.jpcc.7b03336 査読有
- Magneto-ionic phase control in a quasi-layered donor/acceptor metal–organic framework by means of a Li-ion battery system, K. Taniguchi, K. Narushima, K. Yamagishi, N. Shito, W. Kosaka, H. Miyasaka, *Japanese Journal of Applied Physics (JJAP)*, **2017**, *56*, 060307 (1–4). DOI: 10.7567/JJAP.56.060307 査読有
- ⑳ Built-in TTF-TCNQ charge-transfer salts in π -stacked pillared layer frameworks, Y. Sekine, M. Tonouchi, T. Yokoyama, W. Kosaka, H. Miyasaka, *CrystEngComm*, **2017**, *19*, 2300–2304. DOI: 10.1039/C7CE00492C 査読有
- ㉑ Slow Relaxation of the Magnetization Observed in an Antiferromagnetically Ordered Phase for SCM-Based Two-Dimensional Layered Compounds, K. Kagesawa, Y. Nishimura, H. Yoshida, B. K. Breedlove, M. Yamashita, H. Miyasaka, *Dalton Trans.* **2017**, *46*, 3170–3178. DOI: 10.1039/C6DT04636C 査読有
- ㉒ In Situ Reversible Ionic Control for Non-Volatile Magnetic Phases in a Donor/Acceptor Metal–Organic Framework, K. Taniguchi, K. Narushima, H. Sagayama, W. Kosaka, N. Shito, H. Miyasaka, *Adv. Func. Mater.* **2017**, *27*, 1604990 (1–10). DOI: 10.1002/adfm.201604990 査読有
- ㉓ Stepwise fabrication of donor/acceptor thin films with a charge-transfer molecular wire motif, Y. Sekine, T. Yokoyama, N. Hoshino, M. Ishizaki, K. Kanaizuka, T. Akutagawa, M. Haga H. Miyasaka, *Chem. Commun.* **2016**, *52*, 13983–13986. DOI: 10.1039/C6CC08310B 査読有
- ㉔ Regulation of NO uptake in flexible Ru dimer chain compounds with highly electron-donating dopants, J. Zhang, W. Kosaka, H. Fukunaga, S. Kitagawa, M. Takata, H. Miyasaka, *Inorg. Chem.*, **2016**, *55*, 12085–12092. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.6b02349 査読有

- ②6 Copper Selenide as a New Cathode Material based on Displacement Reaction for Rechargeable Magnesium Batteries, Y. Tashiro, K. Taniguchi, H. Miyasaka, *Electrochimica Acta* **2016**, 210, 655-661. DOI: 10.1016/j.electacta.2016.05.202 査読有
- ②7 *Trans*-heteroleptic carboxylate-bridged paddlewheel diruthenium(II, II) complexes with 2,6-bis(trifluoromethyl)benzoate ligands, Y. Sekine, W. Kosaka, H. Kano, C. Dou, T. Yokoyama, H. Miyasaka, *Dalton Trans.* **2016**, 45, 7427-7434. DOI: 10.1039/C6DT00569A 査読有
- ②8 Construction of an Artificial Ferrimagnetic Lattice by Li-Ion Insertion into a Neutral Donor/Acceptor Metal-Organic Framework, K. Taniguchi, K. Narushima, J. Mahin, W. Kosaka, H. Miyasaka, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2016**, 55, 5238-5242. DOI: 10.1002/anie.201601672 and DOI: 10.1002/ange.201601672 査読有
- ②9 Tuning of Stepwise Neutral-Ionic Transitions by Acceptor Site-Doping in Alternating Donor/Acceptor Chains, K. Nakabayashi, M. Nishio, H. Miyasaka, *Inorg. Chem.*, **2016**, 55, 2473-2480. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b02858 査読有

〔学会発表〕（計 28 件）発表者：宮坂 等

Workshop on “Solid-State Electrochemistry for Coordination Complexes” (Nagoya University) 2019年1月28-29日「Porous Magnets for Gas Sensing」(招待講演)

2018 Nankai International Symposium on Advanced Materials (Nankai University, China) 2018年11月12-14日「Porous Magnets for Gas Sensing」(招待講演 Keynote lecture)

-SYSTEM FIGURATION EUROPEAN-JAPANESE WORKSHOP 2018 (-EJ 2018) (Dubrovnik, Croatia) 2018年11月4-7日「Dynamical $p\pi$ - $d\pi$ Figuration Tuned by Gas Accommodations」(招待講演)

SMS2018 (IMR) 2018年10月29-31日「Porous Magnets for Gas Sensing」

2018 Russia-Japan Joint Seminar “Non-equilibrium processing of materials: experiments and modeling”(Novosibirsk, Russia) 2018年10月1-3日「Porous Magnets for Magnetoionics and Gas Sensing」(招待講演)

M3E.CL 2018 The Multifunctional Materials based on Strategic Metals (a satellite meeting of the ICMM2018) (Santiago, Chile) 2018年9月6-8日「Magnetic Switching in Redox-Active MOFs Using LIB」(招待講演)

The 16th International Conference on Molecule-based Magnets (ICMM2018) (Rio de Janeiro, Brazil) 2018年9月1-5日「Guest-Sensitive Dynamical Magnets」(Keynote lecture)

43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018) (Sendai, Japan) 2018年7月30日-8月4日「Porous Magnets for Gas Sensing」(Keynote Lecture in the symposium on Electron-conductive/redox-active coordination polymers S34)

The 10th International Symposium on Nano and Supramolecular Chemistry (ISNSC10) (Dresden, Germany) 2018年7月9-12日「Charge-Transfer Engineering for Porous Magnets」(招待講演)

日本化学会低次元系光機能材料研究会 第7回研究講演会「二次元構造を有する π 電子系の光・電子機能」(化学会館) 2018年6月22日「Guest-Sensitive Dynamical Magnets」(招待講演)

筑波大学 大学院理学研究科化学専攻講演会(筑波大学) 2017年12月13日「“変わる磁石”を創る一動的格子・空間制御による磁気スイッチング」(招待講演)

名古屋大学 大学院理学研究科化学専攻講演会(名古屋大学) 2017年12月7日「“変わる磁石”を創る一動的格子・空間制御による磁気スイッチング」(招待講演)

11th Japan-China Joint Symposium(Nagoya University) 2017年10月8-11日「Porous Magnets for Magnetoionics」(依頼講演)

錯体化学日米二国間会議(北海道大学) 2017年9月15-16日「Porous Magnets for Magnetoionics and Gas Sensing」(招待講演)

低次元系光機能材料研究会 第6回サマーセミナー2017(休暇村気仙沼大島 宮城県) 2017年9月7-8日「“変わる磁石”を創る一動的格子・空間制御による磁気スイッチング」(招待講演)

関西学院大学 理学部講演会(関西学院大学 西宮キャンパス) 2017年8月29日「“変わる磁石”を創る一動的格子・空間制御による磁気スイッチング」(招待講演)

6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (Melbourne, Australia) 2017年7月23-28日「Porous Molecular Magnets」(招待講演)

熊本大学講演会(熊本大学) 2017年7月4日「動的格子空間制御による磁気スイッチング」(招待講演)

第34回無機・分析化学コロキウム(東北大学川渡共同セミナーセンター) 2017年6月2-3日「“変わる”磁石を創る一動的格子空間制御による磁気スイッチング」(依頼講演)

東京理科大学 2016年度分子連関相乗系研究部門成果報告会(東京理科大学 東京神楽坂) 2017年3月31日「配位高分子における物質輸送とイオン輸送による磁気相制御」(招待講演)

- ②1 分子研究会「金属錯体の情報制御と機能運動」(分子研) 2017年3月6-7日「動的格子空間制御による磁気スイッチング」(招待講演)

- ②② 3rd International Symposium on d -System Figuration (Nagoya University) 2017年1月27-28日
「Porous Molecular Magnets designed by Dynamical d -figurations」(依頼講演)
- ②③ KINKEN-KIST Joint Seminar (金研) 2016年10月24-25日「Porous Molecular Magnets」(招待講演)
- ②④ 42th International Conference on Coordination Chemistry (Brest, France) 2016年7月3-8日
「Magnetic Sponges for Solvents and Gases」(招待講演)
- ②⑤ 2016年度 PHyMシンポジウム(東北大学片平キャンパス 南総合研究棟 1F大会議室)2016年6月15日「多孔性分子磁石の科学」(招待講演)
- ②⑥ 東京大学物性研究所短期研究会「第1回固体化学フォーラム研究会：固体物質・材料研究の現在と未来」(東京大学物性研究所(柏キャンパス)) 2016年6月14-15日「多孔性分子磁性体の研究」(招待講演)
- ②⑦ 第1回ナノとマクロの時・光・空間をつなぐ分子組織化学研究会(名古屋大学 化学科会議室) 2016年6月11日「多孔性磁石の創製—Postsynthetic methodによる磁気制御—」(招待講演)
- ②⑧ 2nd Bordeaux Olivier Kahn Discussions (2nd BOOK-D) (Bordeaux, France) 2016年5月26-28日
「Functional Layered MOFs: Nano-Design for Bulk Magnets」(招待講演)

〔図書〕(計3件)

World Scientific Reference on Spin in Organics: Volume 4 -Spin in Organics, Materials and Energy Vol. 10, Editors: Zeev Valy Vardeny and Markus Wohlgemant; Volume Editor: Joel S. Miller, Chapter 4: Hybrid Materials Composed of Organic Radicals and Ru Dimers, H. Miyasaka, 2018, p169-205. World Scientific Pub. Co. Pte. Ltd. ISBN 978-981-3229-07-5 (Vol 4) 査読有

Molecular Magnetic Materials: Concepts and Applications, Barbara Sieklucka, Dawid Pinkowicz, edited. Chapter 15, Conductive Molecular Magnets, Y. Sekine, W. Kosaka, K. Taniguchi, H. Miyasaka, 2016, p369-404, Wiley-VCH 査読無

ナノ空間材料ハンドブック ナノ多孔性材料、ナノ層状物質等が切り開く新たな応用展開(有賀克彦監修)第2章 金属錯体系(MOF類) 4節 酸化還元活性MOF—選択的ガス吸着と物性制御—高坂 亘、宮坂 等, NTS, 2016, 164-175. 査読無

〔産業財産権〕

○出願状況(計2件)

名称：多孔性配位高分子、吸着剤、ガス貯蔵装置およびガス吸着方法 高分子金属錯体(テレフタル酸のヒドロキシ誘導体)

発明者：宮坂 等、高坂 亘、野村 幸生、坂田 直弥、齊藤 弘樹

権利者：同上

種類：特許

番号：特許願 2018-066675

出願年：2018年

国内外の別：国内

名称：多孔性配位高分子、吸着剤、ガス貯蔵装置およびガス吸着方法 高分子金属錯体(テレフタル酸のオキシリチウム誘導体)

発明者：宮坂 等、高坂 亘、野村 幸生、坂田 直弥、齊藤 弘樹

権利者：同上

種類：特許

番号：特許願 2018-066673

出願年：2018年

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.miyasaka-lab.imr.tohoku.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名： 高坂 亘

ローマ字氏名： Kosaka Wataru