

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3年 5月 31日現在

機関番号 : 12601
研究種目 : 特別推進研究
研究期間 : 2015~2020
課題番号 : 15H05697
研究課題名 (和文) 光・電磁波に相関する相転移物質の創成と新機能
研究課題名 (英文) Design of light- or electromagnetic-wave-correlating phase transition materials and research of their advanced functionalities
研究代表者
大越 慎一 (OHKOSHI Shin-ichi)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号 : 10280801
交付決定額 (研究期間全体) (直接経費) : 381,700,000 円

研究成果の概要 (和文) :

本研究課題では光・電磁波に応答する相転移物質の創成を目指して、環境やエネルギー問題に資する新機能性物質の探索を行った。特に、ミリ波材料学という新基軸の学問領域の開拓を目指し、研究を推進した。その成果として、光誘起金属-半導体転移物質、光誘起超イオン伝導体、光誘起強誘電体、磁化誘起第二高調波発生 (MSHG) を示す世界最小サイズのフェライト磁性体などの合成に成功した。また、磁性酸化物ならびに磁性錯体を用いたミリ波吸収体の開発にも成功すると共に、ピコ秒オーダーのミリ波磁化揺動を初観測しミリ波材料学という新学術分野の端緒を開いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で行った外部刺激による金属-半導体転移や超イオン伝導性の光スイッチングなどの新規現象は、固体材料分野の進展に大きく貢献すると考えられる。また、世界最小ハードフェライト磁性粒子は、次世代の磁気テープへの展開が期待されるとともに、ピコ秒オーダーのミリ波応答磁性は、日本発の高密度磁気記録への可能性を拓くと期待される。世界初の光誘起超イオン伝導性体に関しても電池材料分野において新しい展開を拓くと期待される。

研究成果の概要 (英文) :

This project aims to develop novel phase transition materials that correlate with light or electromagnetic waves, and new functional materials contributing to environmental and energy problems were investigated. Particularly, research was promoted to pioneer a new research field of "millimeter wave materials science". Through this work, various materials were successfully developed, such as light-induced metal-semiconductor phase transition material, photoswitchable superionic conductor, light-induced ferroelectric material, and world smallest hard ferrite nanoparticles exhibiting multiferroic property and magnetization induced second harmonic generation (MSHG). In addition, various millimeter wave absorbers were developed based on metal oxide magnets and magnetic metal complexes. Furthermore, pico-second tilting of the magnetization induced by millimeter waves was observed, which marked the beginning of the new field of "millimeter wave materials science".

研究分野 : 物理化学、固体材料、機能物性化学

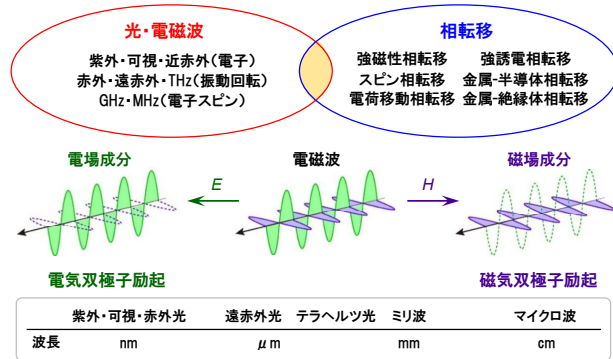
キーワード : 相転移、電磁波、物性化学

1. 研究開始当初の背景

強磁性相転移、強誘電性相転移、金属-絶縁体転移、スピン相転移、電荷移動相転移などを示す相転移物質は、基礎物性ととも様々電子デバイス、記録デバイスなどの現代社会の基盤を支える重要な材料である。一方、紫外・可視光からラジオ波におよぶ電磁波は、いろいろな形式で物質と関連するが、その波長・周波数により、励起する量子状態(電子状態、振動状態、回転状態、マグノン状態、スピン状態など)も異なるため、相転移物質との相関も様々であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、化学の立場から、従来では実現できなかったような光・電磁波に応答する相転移物質を創成し、次世代デバイスや環境・エネルギー問題に資する新機能性に関する研究を推進することを目的としている。また、これまで物質研究がなされてこなかったミリ波領域の電磁波に応答する物質に着目し、“ミリ波材料学”という新基軸の学問領域の開拓を目指している。



3. 研究の方法

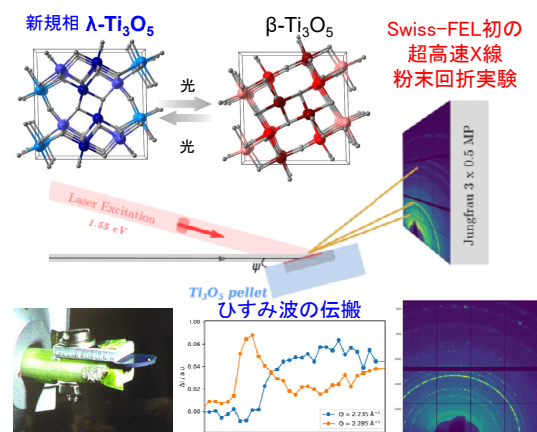
光エネルギーにより相転移を誘起するという視点から、様々な光学的、電気的および磁氣的機能性を付与した三次元ネットワーク金属錯体や新規な金属酸化物を合成し、光誘起相転移を引き起こすことで、新規な物性制御を実現する。また、電磁波の波の性質に着目して、キラル磁性体、空間反転対称が破れた焦電磁性体などの電気分極と磁気分極が共存する物質系や、金属-半導体転移を示す物質系、特異な磁気特性を有する物質系を開発し、光・電磁波との相関現象の観測を試みた。

4. 研究成果

(1) 光誘起金属-半導体転移, 電流誘起金属-半導体転移, 圧力誘起金属-半導体転移の観測

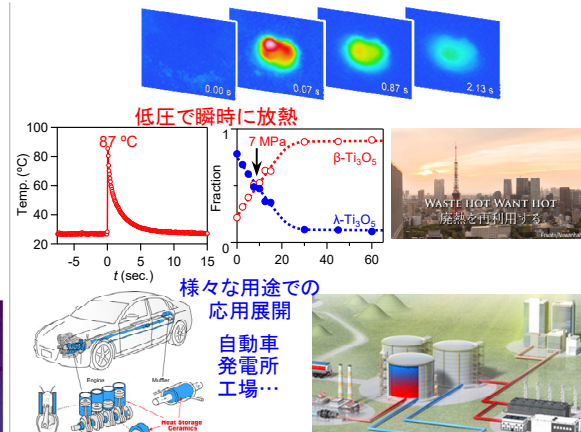
光誘起金属-半導体転移: 研究代表者らが見出した新種の金属酸化物であるラムダ型五酸化三チタン(λ - Ti_3O_5)は室温で可逆な光誘起金属-半導体相転移を示す。X線光電子分光により、この光誘起相転移における、電子構造の変化を明らかにした [*Phys. Rev. B*, 95, 085133 (2017)]。また、スイス自由電子レーザー(SwissFEL)にて、ピコ秒時間分解能で光誘起構造変化の追跡に成功し、結晶中を伝搬する“ひずみ波”によって相転移が進行することを初めて観測した。結晶中のひずみ波伝搬による相転移の確認は本研究が世界初である [*Nature Communications*, 12, 1239 (2021); 科学新聞]。**電流誘起金属-半導体転移**: ベータ型五酸化三チタン(β - Ti_3O_5)に電流を流すと、 λ - Ti_3O_5 に電流誘起相転移することも見出した。この電流誘起金属-半導体転移には明瞭な電流閾値があり、その閾値は、 0.1 A mm^{-2} であった。電流駆動型抵抗変化メモリーなどの先端デバイスへの応用展開が期待される。[大越ら, 特許第6607434号.]。**圧力誘起金属-半導体転移**: λ - Ti_3O_5 において長期的に熱エネルギーを保存できる“蓄熱セラミックス”という新概念の物質を発見し[読売新聞, 日刊工業新聞, 日経産業新聞, 化学工業日報, 建設工業新聞, 電気新聞, 環境新聞, 時事通信, 科学新聞, 日経テクノロジー, 新エネルギー新聞, ウォール・ストリート・ジャーナル日本版]、国際展示会 nano tech 2017にて「平成28年度文科省 秀でた利用6大成果賞」を受賞した。さらに、合成条件を工夫することにより放熱圧力を7 MPa以下まで低減させることに成功したことで、自動車をはじめ様々な用途での応用展開が現

光誘起金属-半導体転移における超高速構造変化の観測



Nature Communications, 12, 1239 (2021).

圧力誘起金属-半導体転移

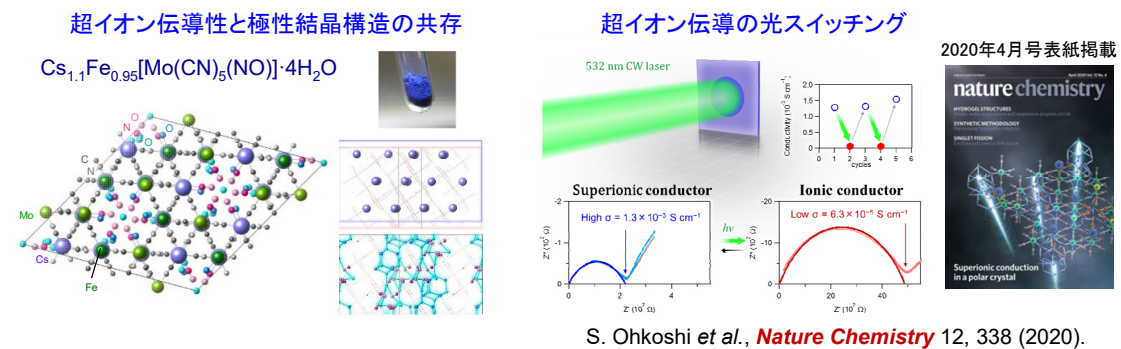


Science Advances, 6, eaaz5264 (2020).

在期待されている [S. Ohkoshi, *et al.*, *Scientific Reports*, 9, 13203 (2019); 日刊工業新聞, 日経産業新聞, 化学工業日報, 科学新聞, *MRS Bulletin News*]. また, Ti の一部を他の金属イオンで置換した金属置換型 λ - Ti_3O_5 において吸熱温度の低下を実現し, 発電所や工場からの熱水排熱を蓄えることが可能であることを見出した [Y. Nakamura, S. Ohkoshi, *et al.*, *Science Advances*, 6, eaaz5264 (2020); 東京新聞, 中日新聞, 日刊工業新聞, 科学新聞, 化学工業日報, 電気新聞, 財経新聞, テレビ朝日]. 実用化に向けた産学連携にも展開している [東大-トヨタ自動車共同出願, 特許第 6687467 号, 特許第 6426658 号, 米国特許第 10544996 号, 独出特許第 102017109005 号; 東大-デンソー共同出願, 特願 2020-213509]

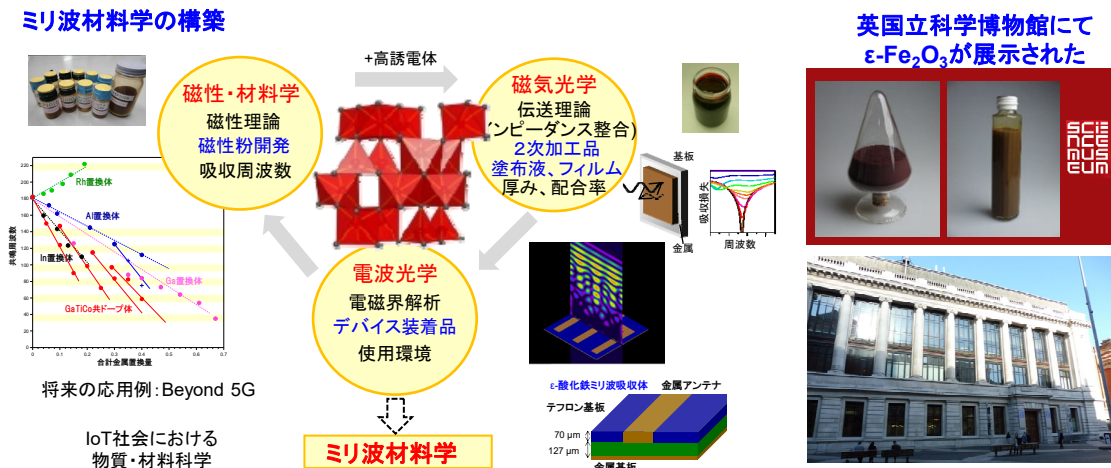
(2) 光誘起イオン電導および光誘起強誘電 - 強磁性

鉄-モリブデンシアノ骨格の間隙にセシウムイオンを含んだ三次元ネットワークで構成される自発分極を有するセシウム-鉄-モリブデンシアノ錯体 ($\text{Cs}_{1.1}\text{Fe}_{0.95}[\text{Mo}(\text{CN})_5(\text{NO})] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) を合成した。この物質は 45°C において $4 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ を示す超イオン伝導体であることがわかった。この物質に, 室温において 532 nm 光を照射したところ, イオン伝導性が $6 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$ に変化し, 可逆的に超イオン伝導性をスイッチングできることを明らかにした。このような光誘起イオン伝導は世界で初めての発見である [S. Ohkoshi *et al.*, *Nature Chemistry* 12, 338 (2020). *Nature Chemistry* 2020 年 4 月号表紙掲載, 日本経済新聞, 化学工業日報, 科学新聞, *EE Times Japan*]. また, $\text{Cu}_2[\text{Mo}(\text{CN})_8] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 薄膜を電気化学的に合成し, 光可逆的に強誘電性を制御できることが示唆された。



(3) 高性能酸化鉄ナノ磁性体の開発とミリ波材料学の構築

GTC 型- ϵ - Fe_2O_3 の開発と磁気テープへの展開: ϵ - Fe_2O_3 をガリウム, チタン, コバルトで鉄イオンを置換した ϵ - $\text{Ga}_{0.31}\text{Ti}_{0.05}\text{Co}_{0.05}\text{Fe}_{1.59}\text{O}_3$ (GTC 型- ϵ - Fe_2O_3) を合成し, 磁気テープを試作し, 現行のメタル粉テープに比べて高い S/N 比を実現した。現在, ϵ - Fe_2O_3 は, 磁気記録業界のロードマップ INSIC に次世代材料として掲載されている。[S. Ohkoshi, *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55, 11403 (2016). 日刊工業新聞, 化学工業日報, 科学新聞.] また, 垂直磁気記録方式の磁気記録テープへの検討も行った。[S. Ohkoshi, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, 139, 13268 (2017). 日経産業新聞, 化学工業日報, 科学新聞, 日経産業新聞電子版.] ロッド型 ϵ - Fe_2O_3 単結晶の育成と $k=0$ マグノンによるミリ波共鳴吸収: テラヘルツ時間領域分光法によりロッド型 ϵ - Fe_2O_3 が 181 GHz (0.181 THz) に $k=0$ マグノンによる共鳴を示すことがわかった。さらに, 共鳴吸収スペクトルをランダウ-リフシッツの式で解析することにより, 透磁率の周波数依存性を求めた [S. Ohkoshi, *et al.*, *Scientific Reports*, 6, 27212 (2016). 日経産業新聞, 科学新聞.]. ミリ波材料学の構築: 本特別推進研究で提唱している “ミリ波材料学” における大切なキーポ



イントが明確になってきた。ミリ波材料を設計する上で、以下の点が挙げられる。磁性損失と誘電損失の制御、厚み整合によるミリ波閉じ込め効果のためのコンポジット化・部材化、ミリ波は可視光などに比べて直進性が弱く、回り込みが起こるため、ミリ波吸収部材はその空間的配置を考慮した電磁界解析による検討、ミリ波吸収過程の時間ダイナミクスなどである。“ミリ波材料”は、6Gや7GといったBeyond 5G、将来のIoT社会を支える物質材料学として重要な位置を占めると期待される。また、国際展示会 nano tech 2017 で「ナノテク大賞 産学連携賞」を受賞した。イプシロン酸化鉄はミリ波吸収材料として、岩谷産業株式会社からイプシロン酸化鉄粉末が、東京応化工業株式会社からミリ波吸収フィルムおよびインクが市場で販売されている。

市場販売（イプシロン酸化鉄粉末、ミリ波吸収材料）

Iwatani

ε (イプシロン) ナノ酸化鉄

東京大学大学院理学系研究科 大越 慎一教授が、2004年に世界で初めて単相での合成に成功した、高保磁力を示す高性能ハードフェライト「イプシロン型ナノ酸化鉄」。
東京大学大学院 大越研究室、DOWAエレクトロニクス㈱、岩谷産業が産学連携で産業化に取り組む革新的なナノ磁性材料です。



製品情報

薄膜ミリ波吸収体材料

◆ 当材料は東京大学大学院 理学系研究科 化学専攻 大越 慎一教授と共同開発を行っております。

提供形態

◆ **フィルム仕様：取扱いが容易**

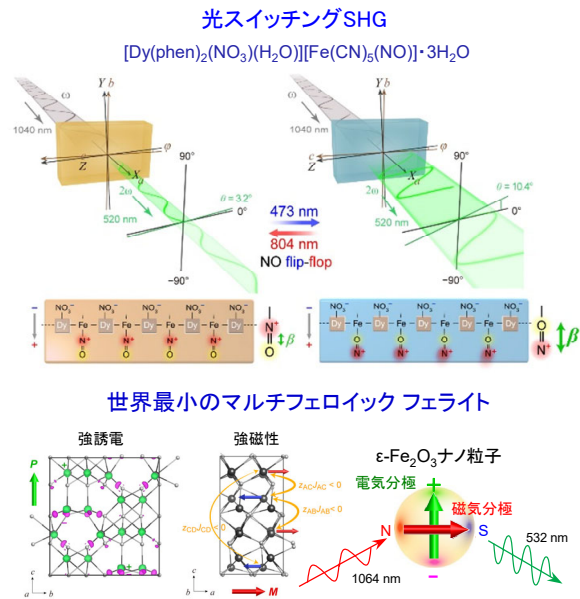
Cover Film for Adhesive layer
Reflection Loss
mmWave
Absorber
Substrate (Metal)

◆ **インク仕様：自動化に対応**

Cure
Reflection Loss
mmWave
Absorber
Substrate (Metal)

(4) 磁化誘起第二高調波発生 (MSHG) の外場スイッチング

[Mn(4-bromo-pyridine)₄]₂[Nb(CN)₈] · zH₂O キラル磁性体および、Cs_{1.26}Mn_{0.87}[Mo(CN)₅(NO)] · 0.6H₂O 焦電性磁性体を合成し、MSHGを観測した。また、ペンタシアノニトロシル鉄錯体を構築素子とした磁性錯体、[Dy(phen)₂(NO₃)(H₂O)][Fe(CN)₅(NO)] · 3H₂O において 473 nm および 804 nm の光による可逆的な SHG のスイッチングの観測に成功した。この現象は、照射によるニトロシル配位子の配位様式が変化する光異性化に伴い、SHG 活性が大きく変化することに起因していることが分光測定や理論計算から明らかとなった。イプシロン型酸化鉄 (ε-Fe₂O₃) が強誘電性を示すことから、強誘電-強磁性体であることが明らかになり、世界最小サイズのマルチフェロイックフェライト粒子であることが判明し、この性質を活かして、磁気相転移温度前後における MSHG の変化を観測した。[S. Ohkoshi, *et al.*, *Scientific Reports*, 5, 14414 (2015). 日刊工業新聞, 化学工業日報, 金属時評.]

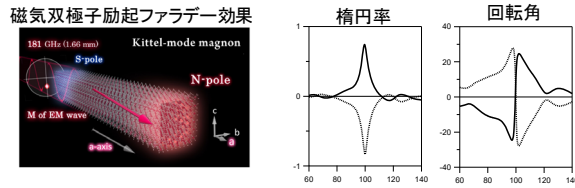


S. Ohkoshi *et al.*, *Scientific Reports*, 5, 14414 (2015).

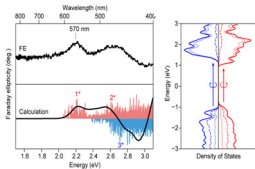
(5) 磁気双極子励起ファラデー効果

ε-Fe₂O₃ およびその金属置換体においてファラデー効果の観測に取り組み、k=0 マグノンの共鳴周波数において直線偏光から円偏光へと変換される磁気双極子励起ファラデー効果を観測した。さらに、イプシロン酸化鉄の外場応答性の理論的な解明に取り組んだ。具体的には、ナノ粒子内の全てのスピンの動きを考慮した確率的ランダウ・リフシッツ・ギルバート (s-LLG) 理論モデルを用いて、時間発展スピンドダイナミクス計算を行い、光・電磁波への磁化の応答性を明らかにした [S. Ohkoshi, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 1775 (2019). 日経産業新聞, 科学新聞]。更には、k=0 マグノンの共鳴周波数に相当するミリ波照射により、磁化が 1~2 ps で瞬時に反転する現象を初めて見出した [S. Ohkoshi, *et al.*, *Adv. Mater.*, 32, 2004897 (2020). この記事は、Altmetrics=106 で 2020 年 Adv. Mater の Top10 の社会的注目度を集めている。日経産業新聞, 化学工業日報, 科学新聞のほか英エコノミスト誌にも記事が掲載された]。

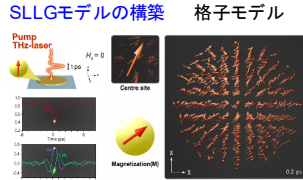
k = 0 マグノンによる磁気双極子励起ファラデー効果の観測



電気双極子励起ファラデー効果

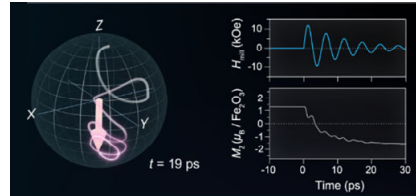
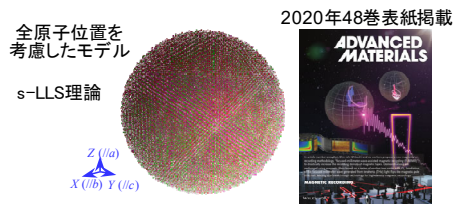


外場応答性の理論的な解明



S. Ohkoshi, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 1775 (2019)

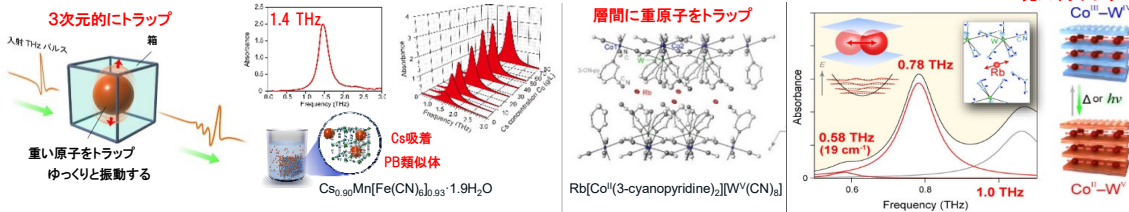
k = 0 マグノン共鳴周波数のミリ波照射による磁化反転の理論予測



S. Ohkoshi, et al., *Adv. Mater.*, 32, 2004897 (2020)

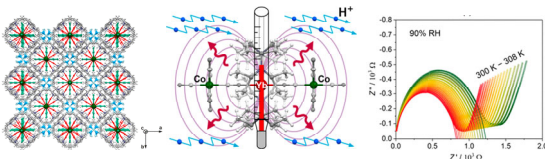
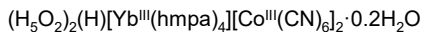
層間にルビジウムイオンを含むコバルト-タングステンシアノ骨格錯体を合成し、0.58 THz、0.78 THz の超低周波フォノンモードの観測に成功した。さらに、光または温度による電荷移動誘起相転移を利用して、テラヘルツ光吸収周波数を制御できることを見出した。[S. Ohkoshi, et al., *Scientific Reports*, 7, 8088 (2017). T. Yoshida, S. Ohkoshi, et al., *Chem. Sci.*, 11, 8989 (2020). 日経産業新聞, 科学新聞, 化学工業日報, 日刊工業新聞, 日本経済新聞電子版.]

ネットワーク金属錯体への重原子のトラップによる超低周波フォノンモードの観測に成功



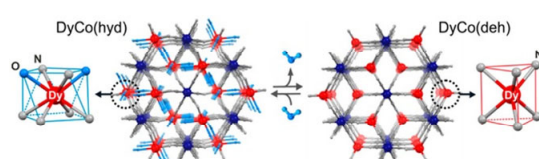
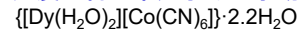
また、{Fe_{9-x}Co_x[W(CN)₈]₆} 超分子を合成し、Fe/Co 比に応じて単分子磁性挙動と電荷移動誘起相転移が相補的に生じるという興味深い物質を見出すと共に[S. Chorazy, S. Ohkoshi, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 1635 (2016).]、3次元ネットワーク錯体[Dy(H₂O)₂][Co(CN)₆]₂·2.2H₂Oを合成し、脱水-水和により単分子磁石挙動および発光色がスイッチング可能であることを明らかにした[S. Chorazy, S. Ohkoshi, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 18211 (2019)]。また、Yb-Co 錯体が超イオン伝導性および発光温度計機能を示す多機能性単分子磁石であることを見出した[S. Chorazy, S. Ohkoshi, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 142, 3970 (2020)]。

超イオン伝導性発光温度計



J. Am. Chem. Soc., 142, 3970 (2020).

湿度応答型単分子磁石挙動



J. Am. Chem. Soc., 141, 18211 (2019).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 125 件のうち代表的な 15 件を記載、全て査読あり)

- (1) "Strain wave pathway to semiconductor-to-metal transition revealed by time-resolved X-ray powder diffraction", C. Mariette, M. Lorenc, H. Cailleau, E. Collet, L. Guérin, A. Volte, E. Trzop, R. Bertoni, X. Dong, B. Lépine, O Hernandez, E. Janod, L. Cario, V. Ta Phuoc, S. Ohkoshi, H. Tokoro, L. Patthey, A. Babic, I. Usov, D. Ozerov, L. Sala, S. Ebner, P. Böhrer, A. Keller, A. Oggenfuss, T. Zmofing, S. Redford, S. Vetter, R. Follath, P. Juranic, A. Schreiber, P. Beaud, V. Esposito, Y Deng, G. Ingold, M. Chergui, G. F. Mancini, R. Mankowsky, C. Svetina, S. Zerdane, A. Mozzanica, M. Wulff, M. Levantino, H. Lemke, M. Cammarata, *Nature Communications*, 12, 1239 (2021). (DOI: 10.1038/s41467-021-21316-y)
- (2) "Superionic conducting polar crystal exhibiting optical-switching effect", S. Ohkoshi, K. Nakagawa, K. Imoto, H. Tokoro, Y. Shibata, K. Okamoto, Y. Miyamoto, M. Komine, M. Yoshikiyo, and A. Namai, *Nature Chemistry*, 12, 338-344 (2020). (DOI: 10.1038/s41557-020-0427-2)
- (3) "Long-term heat-storage ceramics absorbing thermal energy from hot water", Y. Nakamura, Y. Sakai, M. Azuma, and S. Ohkoshi, *Science Advances*, 6, 5264 (2020). (DOI: 10.1126/sciadv.abc1234)

- 10.1126/sciadv.aaz5264)
- (4) “Magnetic pole flip by millimeter wave”, S. Ohkoshi, M. Yoshikiyo, K. Imoto, K. Nakagawa, A. Namai, H. Tokoro, Y. Yahagi, K. Takeuchi, F. Jia, S. Miyashita, M. Nakajima, H. Qiu, K. Kato, T. Yamaoka, M. Shirata, K. Naoi, K. Yagishita, and H. Doshita, *Adv. Mater.*, 32, 2004897 (2020). (DOI: 10.1002/adma.202004897)
 - (5) “Proton conductive luminescent thermometer based on near-infrared emissive {YbCo₂} molecular nanomagnets”, J. Wang, J. Zakrzewski, M. Heczko, M. Zychowicz, K. Nakagawa, K. Nakabayashi, B. Sieklucka, S. Chorazy, and S. Ohkoshi, *J. Am. Chem. Soc.*, 142, 3970–3979 (2020). (DOI: 10.1021/jacs.9b13147)
 - (6) “Rapid Faraday rotation on iron oxide by visible- and terahertz-pulsed light”, S. Ohkoshi, K. Imoto, A. Namai, M. Yoshikiyo, S. Miyashita, H. Qiu, S. Kimoto, K. Kato, and M. Nakajima, *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 1775–1780 (2019). (DOI: 10.1021/jacs.8b12910)
 - (7) “Low-pressure-responsive heat-storage ceramics for automobiles”, S. Ohkoshi, H. Tokoro, K. Nakagawa, M. Yoshikiyo, F. Jia, and A. Namai, *Scientific Reports*, 9, 13203 (2019). (DOI: 10.1038/s41598-019-49690-0)
 - (8) “Dehydration-hydration switching of single-molecule magnet behavior in a luminescent cyanido-bridged Dy^{III}Co^{III} framework”, Y. Xin, J. Wang, M. Zychowicz, J. Zakrzewski, K. Nakabayashi, B. Sieklucka, S. Chorazy, and S. Ohkoshi, *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 18211–18220 (2019). (DOI: 10.1021/jacs.9b09103)
 - (9) “Theoretical prediction of a charge-transfer phase transition”, H. Tokoro, A. Namai, M. Yoshikiyo, R. Fujiwara, K. Chiba, and S. Ohkoshi, *Scientific Reports*, 8, 63 (2018). (DOI: 10.1038/s41598-017-18213-0)
 - (10) “Large coercive field of 45 kOe on oriented magnetic film composed of metal-substituted ϵ -iron oxide”, S. Ohkoshi, K. Imoto, A. Namai, S. Anan, M. Yoshikiyo, and H. Tokoro, *J. Am. Chem. Soc.*, 139, 13268–13271 (2017). (DOI: 10.1021/jacs.7b07087)
 - (11) “Cesium detection by terahertz light”, S. Ohkoshi, M. Yoshikiyo, A. Namai, K. Nakagawa, K. Chiba, R. Fujiwara, and H. Tokoro, *Scientific Reports*, 7, 8088 (2017). (DOI: 10.1038/s41598-017-08551-4)
 - (12) “Multimetal-substituted epsilon-iron oxide ϵ -Ga_{0.31}Ti_{0.05}Co_{0.05}Fe_{1.59}O₃ for next-generation magnetic recording tape in the big data era”, S. Ohkoshi, A. Namai, M. Yoshikiyo, K. Imoto, K. Tamasaki, K. Matsuno, O. Inoue, T. Ide, K. Masada, M. Goto, T. Goto, T. Yoshida and T. Miyazaki, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55, 11403–11406 (2016). (DOI: 10.1002/anie.201604647)
 - (13) “Historical pigment exhibiting ammonia capture beyond standard adsorbents with two kinds of adsorption sites”, Takahashi, H. Tanaka, D. Parajuli, T. Nakamura, K. Minami, Y. Sugiyama, Y. Hakuta, S. Ohkoshi and T. Kawamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 6376–6379 (2016). (DOI: 10.1021/jacs.6b02721)
 - (14) “Tuning of charge transfer assisted phase transition and slow magnetic relaxation functionalities in {Fe_{9-x}Co_x[W(CN)₈]₆} (x = 0 – 9) molecular solid solution”, S. Chorazy, J. Stanek, W. Nogas, A. Majcher, M. Rams, M. Kozieł, E. Juszyńska-Gałązka, K. Nakabayashi, S. Ohkoshi, B. Sieklucka and R. Podgajny, *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 1635–1646 (2016). (DOI: 10.1021/jacs.5b11924)
 - (15) “Mesoscopic bar magnet based on ϵ -Fe₂O₃ hard ferrite”, S. Ohkoshi, A. Namai, T. Yamaoka, M. Yoshikiyo, K. Imoto, T. Nasu, S. Anan, Y. Umeta, K. Nakagawa and H. Tokoro, *Scientific Reports*, 6, 27212 (2016). (DOI: 10.1038/srep27212)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 41 件のうち代表的な 2 件を記載)

- (1) 名称: 電波吸収体フィルム、及びその製造方法, 発明者: 大越慎一, 吉清まりえ, 生井飛鳥, 浅井隆宏, 原正之, 権利者: 国立大学法人東京大学, 東京応化工業株式会社, 種類: 特許, 番号: 特願 2019-150011, 出願年: 2019, 国内外の別: 国内
- (2) 名称: イプシロン型酸化鉄の保磁力向上方法およびイプシロン型酸化鉄, 発明者: 大越慎一, 桜井俊介, 生井飛鳥, 梅田小矢佳, 蜂谷広志, 松本和幸, 後藤崇, 権利者: 国立大学法人東京大学, DOWA エレクトロニクス株式会社, 種類: 特許, 番号: 米国出願 15/231122, 出願年: 2016, 国内外の別: 外国

○取得状況 (計 19 件のうち代表的な 2 件を記載)

- (1) 名称: 電磁波吸収体及び膜形成用ペースト, 発明者: 大越慎一, 生井飛鳥, 吉清まりえ, 小野貴司, 権利者: 国立大学法人東京大学, 東京応化工業株式会社, 種類: 特許, 番号: 英国特許 GB3029771, 取得年: 2019, 国内外の別: 外国
- (2) 名称: ϵ 酸化鉄を含む配向体とその製造方法、並びに製造装置, 発明者: 大越慎一, 所裕子, 中林耕二, 生井飛鳥, 井元健太, 正田憲司, 権利者: 国立大学法人東京大学, DOWA エレクトロニクス株式会社, 種類: 特許, 番号: 米国特許 US10669161, 取得年: 2020, 国内外の別: 外国

〔受賞〕

- (1) 独フンボルト賞 (2020 年), 大越慎一 (2) 日本化学会賞 (2019 年), 大越慎一 (3) フランス・レンヌ市表彰 (2018 年), 大越慎一 (4) ナノテク大賞産学連携賞 (2017 年), 大越慎一 (5) 文科省秀でた利用 6 大成果賞 (2017 年), 大越慎一 (6) 向井賞 (2017 年), 大越慎一

〔その他〕 ホームページ: <http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/ssphys/index.html>

6. 研究組織 (1) 研究分担者: 該当なし (2) 研究協力者: 該当なし