

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05227

研究課題名（和文）応力を利用した新規強磁性ユウロピウム化合物の開拓と巨大磁気異方性の創発

研究課題名（英文）Strain engineering for the development of a ferromagnetic europium compound and emergence of giant magnetic anisotropy

研究代表者

高津 浩 (Takatsu, Hiroshi)

京都大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60585602

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：酸素層と水素層が交互積層するEuVO₂Hがネオジム磁石に匹敵する巨大な垂直磁気異方性を示すことに着目し、その起源の解明を目指して研究に取り組んだ。様々な膜厚の薄膜や粉末試料の高圧実験を多角に行い、磁気異方性発現には、Eu²⁺とV³⁺の間で電荷移動が重要となることを明らかにした。また、このサイト間電荷移動を活用し、同価数元素置換からキャリア制御できることも見出した。通常の酸化物では困難であった3dバンドと4fバンドを独立制御する指針となる。固体化学の潮流にある「トポケミカル反応」に、「基板応力」や「外部圧力」を組み合わせることで、新しい構造、組成、概念を秘めた新しい機能性シーズ材料を開拓した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ユウロピウム化合物では磁性を担うEu²⁺の軌道角運動量がゼロ(L=0)であるため、これまで、磁気異方性を示さないことが一般的であった。本研究の遂行によりEuVO₂Hの巨大な垂直磁気異方性の発現メカニズムが明らかになったことは、磁性研究の新しい一面を拓くことにつながるため、学術的に重要な成果である。ここで得られた知見、すなわち、サイト間の電荷移動を通じた磁気異方性の増強やキャリア制御により、レアエレメントからの脱却など、人類の持続性確保に貢献する機能性材料の開発へつなげていくことが期待できるため、社会的にも意義が深い研究と考えられる。

研究成果の概要（英文）：We have investigated the magnetic properties of EuVO₂H, a europium-based ferromagnet with an anion-ordered structure of alternating VO₂ and EuH layers, displaying significant perpendicular magnetic anisotropy (PMA). Our research included synthesizing various thin films, conducting magnetization, X-ray absorption spectroscopy, X-ray magnetic circular dichroism, photoelectron spectroscopy, and high-pressure powder experiments. We found that inter-site charge transfer (ICT) between Eu²⁺ and V³⁺, influenced by strain and pressure, is key for PMA in EuVO₂H. Exploiting this ICT, we enabled carrier control by substituting Eu²⁺ with iso-valent elements like Sr²⁺, manipulating the challenging 3d and 4f bands in oxide perovskites. Our approach uses topochemical reactions, assisted by substrate strain and external stimuli, which paves the way for developing new functional materials with unique structures and properties.

研究分野：物性物理学、無機固体化学

キーワード：EuVO₂H 磁気異方性 応力 トポケミカル反応 XAS XMCD 薄膜合成 高圧実験

1. 研究開始当初の背景

本研究を開始する当初、提案者らは、酸素層 (VO_2) と水素層 (EuH) からなるアニオン秩序型構造の EuVO_2H (図1) という化合物の合成に成功していた。 EuVO_2H の粉末試料では不純物を取り除くことができず、物性を十分に評価するのが難しい問題があったが、 SrTiO_3 基板上に EuVO_2H の薄膜を堆積することで、純良結晶を得ることができていた。また、磁化

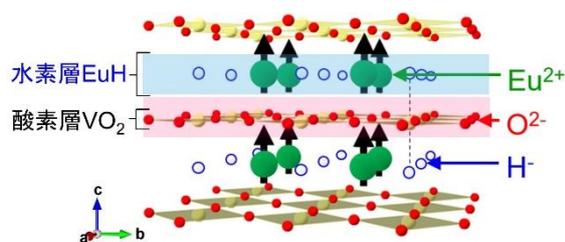


図1: 新規酸水素化物 EuVO_2H の結晶構造

測定を行うと、薄膜の堆積方向に容易軸となる大きな磁気異方性 (5 ケルビンにおいて 10 テスラ以上となる巨大な垂直磁気異方性) があらわれる、驚くべき性質が発現することを発見していた。磁性を担う Eu^{2+} は軌道角運動量がゼロ ($L = 0$) であるため、従来、ユウロピウム化合物では磁気異方性が無いことが一般的とされており[1]、 EuVO_2H で発現する磁気異方性には常識を覆す新規なメカニズムが考えられた。そこで、 EuVO_2H の磁気異方性の起源の解明に向けて研究することを計画した。本研究を通して得られる成果をもとに、従来の定説を打ち破る新しい物質観を構築し、人類の持続性の確保に貢献する新しい磁性材料開発へとつなげていくことを目指した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、 EuVO_2H にあらわれる巨大な磁気異方性の起源を解明し、「巨大磁気異方性をもったユウロピウム化合物」というこれまでに無い新しい材料系を開拓することである。また、低温トポケミカル反応と基板応力を組み合わせることで関連物質を新規開発することを目指した。 EuVO_2H はネオジム磁石に匹敵する巨大磁気異方性を示すことから、 EuVO_2H への応力効果、価数転移、 Eu^{2+} イオンと V^{3+} イオンの磁気相関が巨大磁気異方性に与える影響を明白にし、ユウロピウム化合物に創発する巨大磁気異方性のメカニズム解明を本研究の最大の目的とした。独自のテーマで新しい実験事実を確立し、強磁性体の新たな一面を開拓することを目指した。

3. 研究の方法

EuVO_2H の磁気異方性の起源解明および関連する化合物の開拓を目指して、以下 3 つの観点から研究を推進した。すなわち、(1) 応力効果: 様々な応力下の EuVO_2H 薄膜を作り、応力効果が磁気異方性に与える影響を明白にすることを目指した。応力によって、磁気異方性がどのように変化するかその主要因子を浮き彫りにすることを目指した。(2) 価数転移: 様々な分光測定 (XPS, XAS, PES) から、 $\text{Eu}^{2+}/\text{V}^{3+}$ 間の価数変化を明らかにすることを目指した。 Eu^{3+} は軌道角運動量が $L = 3$ であるため、スピン軌道相互作用が効く。よって、価数転移によって部分的に生じた Eu^{3+} からの新規な寄与が、磁気異方性に影響するのか明白にすることを目指した。X 線光電子分光 (XPS) は研究室で行い、XAS や PES は SPring-8 や KEK-PF に課題申請して行った。(3) 探索拡大: 低温トポケミカル反応と基板応力を組み合わせる手法を使い、 EuVO_2H に類似するアニオン秩序型の類縁化合物を開発し、磁気異方性の一般性を確かめると共に、新規機能性発現の可能性を探究した。

4. 研究成果

(1) EuVO_2H の磁気異方性の発現機構の解明—応力/圧力下であらわれる水素層と酸素層の間でおきる $\text{Eu}^{2+}/\text{V}^{3+}$ のサイト間電荷移動の発見

EuVO_2H の磁気異方性の起源を明らかにするために、様々な膜厚の EuVO_2H 薄膜を作成し、そこでの応力変化が磁気異方性に与える変化を調べた。薄膜合成には基板結晶が必要であり、格子整合しない物質は合成が難しい等の問題がたびたび起きるが[2]、逆に基板からの「応力」をうまく使うことで、新規物性を発現することができるなどが知られてきた[3]。基板応力は、基板に使われる物質と堆積する薄膜の物質の格子定数の差から生じるものであり、通常、格子定数の異なる基板を使うことで発生させることが試みられている。本研究でも

SrTiO_3 基板に加え、 LaAlO_3 や DyScO_3 、 $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}(\text{Sr}_2\text{AlTaO}_6)_{0.7}$ (LSAT) 等いくつかの基板を用いて合成を試みたが、 SrTiO_3 の基板以外では EuVO_2H 薄膜は合成することができなかった。そこで薄膜の厚さ(膜厚)を変化させることに着目した。膜厚を薄くしていくことで、実効的に応力を変化させることができると考えた為である。実際、X線吸収分光測定を行うと、薄い膜厚の試料ほど、 Eu^{3+} の成分が大きくなることを見出し、実効的に応力が大きくなっていることを見出した(図2)。また、光電子分光実験により Eu^{2+} の一部が Eu^{3+} になっていることに伴い、V サイトには電子ドープがおきて金属化を確認した。このことは、応力により、 EuVO_2H では $\text{Eu}^{2+}/\text{V}^{3+}$ でサイト間電荷移動が起きていること示唆している。粉末試料の圧力下の実験でも同様の現象を確認することができており、約 16 GPa で Eu^{2+} の 20-30% が Eu^{3+} になっていること、同時に V^{3+} は同程度 V^{2+} になることを明らかにすることができた(図3)。

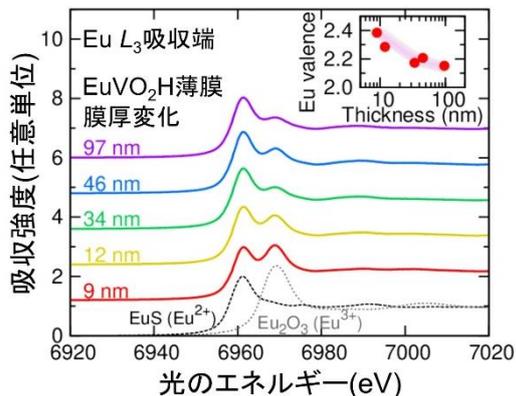


図 2: 様々な膜厚の EuVO_2H 薄膜の XAS スペクトル。挿入図は見積もった Eu の平均価数の膜厚依存性。

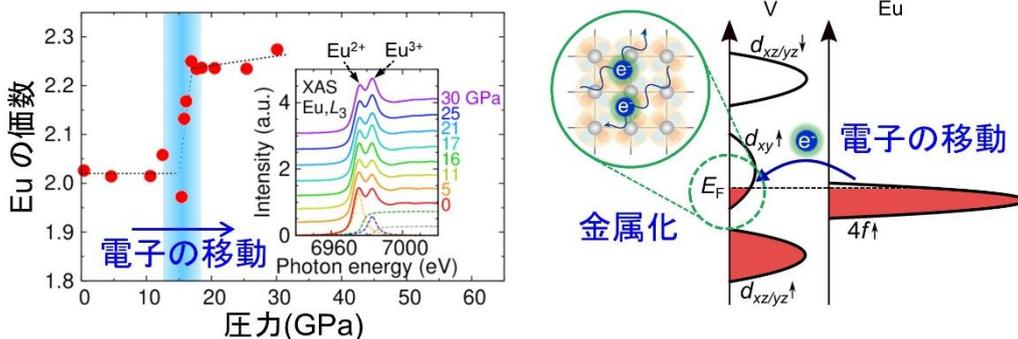


図 3: EuVO_2H の粉末試料を用いた高圧 XAS 実験の結果。Eu の平均価数の圧力依存性。約 16 GPa において一部の Eu^{2+} が Eu^{3+} に変化することが明らかになった。右図は、 Eu^{2+} から V^{3+} へのサイト間電荷移動の模式図。 $\text{Eu}^{2+}/\text{V}^{3+}$ 間のサイト間電荷移動により、モット絶縁体の EuVO_2H が金属化することが明らかになった。

本研究を通して明らかになった興味深いことは、サイト間電荷移動が起きている EuVO_2H 薄膜試料ほど、磁気異方性が大きくなることである。すなわち、図4に示すように、膜厚が 15 nm で約 20-30% の Eu^{3+} が含まれる応力下の EuVO_2H では大きな磁気異方性があらわれる一方、45 nm, 97 nm と試料の膜厚を大きくなると、磁気異方性が抑制されることが分かった。このことは、 EuVO_2H では、

サイト間電荷移動の発現が大きな役割を担っていることを示唆している。磁気異方性の発現については、磁化測定だけでなく、X線磁気円二色性(XMCD)測定からも確認することを行った。磁気異方性の大きな17nmの試料をもちいてEu M_{4,5}吸収端近傍の実験から、Eu²⁺が強磁性を担い、磁気異方性を示すことを価数選択的に・元素選択的に明確にした。VのL_{2,3}吸収端の実験からは同元素は強磁性的では無いことを明らかにした。

まとめると、本研究では、物質合成・磁化測定・分光実験・薄膜・高圧による複合的アプローチにより、EuVO₂Hでは、圧力や応力をパラメーターに水素層EuHと酸素層VO₂の間で電荷移動が起きること、それが鍵因子となってNd₂Fe₁₄BやSmCo₅に匹敵する巨大磁気異方性が発現することを強く示していることが明らかになった[4]。

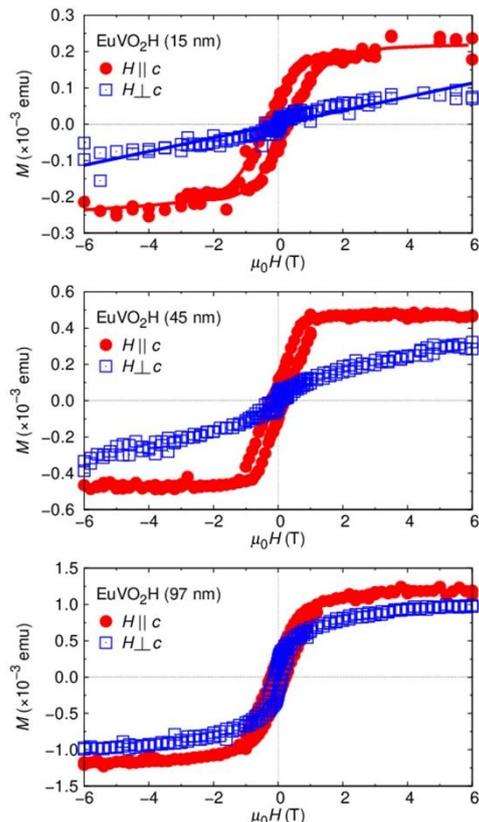


図4: EuVO₂H 薄膜の磁化の磁場依存性。薄い薄膜ほど磁気異方性が発現することが明らかになった。

(2) サイト間電荷移動を利用したキャリア制御

EuVO₂Hでは、応力/圧力により、Eu²⁺とV³⁺間で電荷移動が起きることが明らかとなった。この電荷移動を使うことで、同価数の元素置換でもキャリア制御できるという新たな性質を見出した(図5)。すなわち、Eu²⁺サイトを同価数のSr²⁺イオンで置換したEu_{1-x}Sr_xVO₂H(0 ≤ x ≤ 0.9)では、実効的にV³⁺への電子ドープ量を制御できることを見出した。膜厚を概ねそろえたEu_{1-x}Sr_xVO₂H薄膜のX線吸収分光測定を行うと、Eu³⁺の量に変化が無いことを見出した。すなわち、Eu²⁺からEu³⁺へと変化する量は常に20%程度である。これはSr²⁺の置換量でサイト間電荷移動がおきる量が変化しないことを意味している。また、膜厚がそろっているため、これらの薄膜ではほぼ同じ応力が加わっていることを意味している。すなわち、EuVO₂HではEu²⁺と同価数のSr²⁺イオンの置換でもV³⁺へ電子ドープできる量を制御できることを意味している。このことは通常の酸化物ペロブスカイトでは困難であった3dバンドと4fバンドを独立に制御する指針になる重要な成果である。

Sr²⁺置換が磁気異方性に与える影響について吟味すると、EuサイトをSrで50%置換する(x = 0.5)と、磁気異方性が消失することが分かった。Sr置換により、強磁性転移温度は抑制されるが、50%置換でも5Kにおいて強磁性秩序は見えているため、磁気異方性の消失は、V³⁺サイトへ電子ドープされる量、すなわち、伝導電子

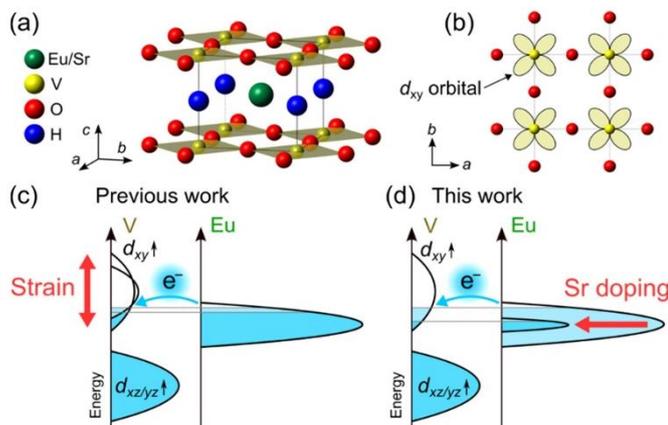


図5: Eu_{1-x}Sr_xVO₂Hにおけるサイト間電荷移動を利用したキャリア制御の模式図。

の量の減少が大きな影響を与えている可能性を示唆していることが分かった。以上の内容をまとめて、研究成果は論文にまとめて発表した[5]。

(3) 応力下のトポケミカル反応を活用した物質開発

EuVO_2H は EuVO_3 を金属水素化物と反応させる、トポケミカル反応により合成することができるが、粉末試料では不純物が析出するため、純良な試料を得ることができない。一方、薄膜では薄膜特有の基板応力により単相試料を得ることができる。本研究では、この「応力下のトポケミカル反応」を用いることで、 EuVO_2H と類縁化合物の開発にも取り組んだ。具体的には、基板応力下の La ドープした SrVO_3 薄膜に対して CaH_2 を用いた反応を施し、 $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{VO}_{2+x}\text{H}_{1-x}$ の組成の薄膜を合成した。また第一原理計算から、圧縮応力下で電子ドープした組成の $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{VO}_2\text{H}$ より電荷補償した組成の $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{VO}_{2+x}\text{H}_{1-x}$ の方が安定であることを明らかにした。すなわち、基板応力を使うと準安定な化合物を合成できることや水素イオン量を調整できる可能性が浮き彫りになった[6]。

<引用文献>

- [1] J. Jensen, A. R. Mackintosh, "Rare Earth Magnetism: Structures and Excitations", Clarendon Press, Oxford, USA (1991); Y. Onuki et al., *Philos. Mag.* **97**, 3399-3414 (2017).
- [2] O. Y. Gorbenko, S. V. Samoilnikov, I. E. Graboy, A. R. Kaul, *Chem. Mater.* **14**, 4026-4043 (2002).
- [3] D. G. Schlom et al., *Annu. Rev. Mater. Res.* **37**, 589-626 (2007).
- [4] M. Namba, H. Takatsu*, H. Kageyama* *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **145**, 21807-21816 (2023). (DOI: 10.1021/jacs.3c04521)
- [5] M. Namba, H. Takatsu*, H. Kageyama* *et al.*, *Chem. Mater.* **36**, 3918-3924 (2024). (DOI: 10.1021/acs.chemmater.4c00404)
- [6] H. Takatsu *et al.*, *Cryst. Growth Des.* **21**, 3779-3785 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 N. Morito, T. Hiroshi*, M. Riho, S. Yao, M. Kantaro, L. HaoBo, T. Ryo, C. Tassel, H. Ubukata, O. Masayuki, S. Regino, L. Elias Palacios, I. Naoki, S. Daisuke, K. Hiroshi, K. Katsuki, K. Shunsaku, I. Kenji, T.a Takahito, F. Koji, M. Takeaki, Y. Keiichi, K. Koji, K. Hiroshi*	4. 巻 145
2. 論文標題 Large Perpendicular Magnetic Anisotropy Induced by an Intersite Charge Transfer in Strained EuV02H Films	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 21807 ~ 21816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c04521	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 Namba Morito, Takatsu Hiroshi*, Murayama Kantaro, Shibazaki Yuki, Ishimatsu Naoki, Ubukata Hiroki, Terada Ryo, Yoshimura Noriyuki, Kawanishi Shohei, Terashima Takahito, Kageyama Hiroshi*	4. 巻 36
2. 論文標題 Intersite Charge Transfer through Eu 4f Band Engineering in Eu1-xSrxV02H Oxyhydride Films	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 3918 ~ 3924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.4c00404	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 Namba Morito, Takatsu Hiroshi*, Li Hao-Bo, Murayama Kantaro, Terada Ryo, Yang Qian, Terashima Takahito, Ohta Hiromichi, Kageyama Hiroshi*	4. 巻 36
2. 論文標題 Pure Fluorine Intercalation into Brownmillerite Oxide Thin Films by Using Ionic Liquid Gating	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 2076 ~ 2084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.3c03178	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 H. Takatsu*, M. Namba, T. Terashima, and H. Kageyama	4. 巻 593
2. 論文標題 Single-crystal thin film growth of the Mott insulator EuV03 under biaxial substrate strain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Cryst. Growth	6. 最初と最後の頁 126752/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysro.2022.126752	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 K. Murayama, H. Takatsu*, M. Ochi, M. Namba, K. Kuroki, and Hiroshi Kageyama*	4. 巻 91
2. 論文標題 Chemical Pressure Effect on Structural and Physical Properties of 15R-SrVO ₂ .2NO.6 with Anion-Vacancy Order	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 064805/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.064805	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 Takatsu Hiroshi*, Ochi Masayuki, Namba Morito, Li Haobo, Daniel Aurelien, Terashima Takahito, Kuroki Kazuhiko, Kageyama Hiroshi*	4. 巻 21
2. 論文標題 Strain-Assisted Topochemical Synthesis of La-Doped SrVO ₂ H Films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 3779 ~ 3785
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.1c00098	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 Li Hao-Bo, Kobayashi Shunsuke, Zhong Chengchao, Namba Morito, Cao Yu, Kato Daichi, Kotani Yoshinori, Lin Qianmei, Wu Maokun, Wang Wei-Hua, Kobayashi Masaki, Fujita Koji, Cedric Tassel, Terashima Takahito, Kuwabara Akihide, Kobayashi Yoji, Takatsu Hiroshi*, Kageyama Hiroshi*	4. 巻 143
2. 論文標題 Dehydration of Electrochemically Protonated Oxide: SrCoO ₂ with Square Spin Tubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 17517 ~ 17525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c07043	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 Takatsu Hiroshi*, Goto Kazuki, Sato Taku J., Lynn Jeffrey W., Matsubayashi Kazuyuki, Uwatoko Yoshiya, Higashinaka Ryuji, Matsuhira Kazuyuki, Hiroi Zenji, Kadowaki Hiroaki	4. 巻 90
2. 論文標題 Universal Dynamics of Magnetic Monopoles in Two-Dimensional Kagome Ice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 123705/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.123705	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 Takaoka Kazuki, Namba Morito, Li Haobo, Ishida Kodai, Takatsu Hiroshi*, Kageyama Hiroshi*	4. 巻 90
2. 論文標題 Spin Frustration in Protonated Rutile Oxides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 084703/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.084703	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29件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Morito Namba, Hiroshi Takatsu, Koji Kimura, Kantaro Murayama, Ryo Terada, Yusuke Hashimoto, Naohisa Happo, Halubai Sekhar, Hiroo Tajiri, Tomohiro Matsushita, Koichi Hayashi and Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 X-ray Fluorescence and Photoelectron Holography Experiments for Valence-Selective Structural Analysis of a Novel Layered Oxyhydride with Inter-Site Charge Transfer
3. 学会等名 International conference on complex orders in condensed matter (ICCOCM) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村山寛太郎, 増木亮太, 高津浩, Tassel Cedric, 酒井英明, Gu Xiangyu, 石田耕大, Denisova Ksenia, Dupray Valerie, Clevers Simon, 野本拓也, 只野央将, Lemmens Peter, 有田亮太郎, 陰山洋
2. 発表標題 金属と絶縁体における極性非極性転移
3. 学会等名 第6回固体化学フォーラム研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 村山寛太郎, 増木亮太, 高津浩, Tassel Cedric, 酒井英明, Gu Xiangyu, 石田耕大, Denisova Ksenia, Dupray Valerie, Clevers Simon, 野本拓也, 只野央将, Lemmens Peter, 有田亮太郎, 陰山洋
2. 発表標題 金属および絶縁体における極性非極性転移
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 高津 浩
2. 発表標題 水素複合化による新しいセラミックス材料の開発と新機能の探求
3. 学会等名 第5回ハイドロジェノミクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高津 浩
2. 発表標題 水素をつかった新しいセラミックス材料の開発と機能の探求
3. 学会等名 KEK物構研・ミュオンS型課題/CIQuS研究会「無機材料中の水素の存在状態と機能発現」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高津 浩
2. 発表標題 圧力で拓く負電荷水素(ヒドリド)をふくむ新しい層状酸化物 ~新物質合成と新物性探求~
3. 学会等名 SPring-8/SPRUC地球惑星科学研究会および高圧物質科学研究会合同研究会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高津 浩
2. 発表標題 水素複合化による新しいセラミックス材料の開発と新機能の探求
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会シンポジウム「T10 水素化物の研究最前線~物質開発と機能の現状・課題・展望~」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高津 浩
2. 発表標題 水素が含まれた新しいセラミックス材料の開発とマテリアルイノベーション
3. 学会等名 京都大学-企業間ワークショップ(若手研究者産学連携ワークショップ) : Fostering桂 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 難波 杜人, 高津 浩, 木村 耕治, 橋本 由介, 八方 直久, 村山 寛太郎, 寺田 凌, 寺嶋 孝仁, 松下 智裕, 林 好一, 陰山洋
2. 発表標題 蛍光X線/光電子ホログラフィーによる酸水素化物の価数選択的局所構造解析
3. 学会等名 2022年日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 難波 杜人, 高津 浩, 村山 寛太郎, 柴崎 祐樹, 寺嶋 孝仁, 陰山 洋
2. 発表標題 高压下におけるEu _{1-x} Sr _x V ₂ O ₇ Hの異方的格子圧縮
3. 学会等名 2022年 第83回 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村山 寛太郎, 高津 浩, 越智 正之, 難波 杜人, 黒木 和彦, 陰山 洋
2. 発表標題 アニオン欠損秩序を持つ二次元構造15R-SrV ₂ O ₇ .2NO ₆ に対する化学圧力の影響
3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kantaro Murayama, Hiroshi Takatsu, Morito Namba, Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 Effects of chemical pressure on the two-dimensional structural 15R-SrVO ₂ .2NO ₆ with anion-vacancy sequence
3. 学会等名 国際学会 IUMRS-ICMRS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kantaro Murayama, Hiroshi Takatsu, Masayuki Ochi, Morito Namba, Kazuhiko Kuroki, Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 Chemical Pressure Effects on 15R-SrVO ₂ .2NO ₆ with Anion-Vacancy Order
3. 学会等名 International Collaboration Meeting on Mixed-Anion Compounds
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroshi Takatsu, Masayuki Ochi, Morito Namba, Haobo Li, Aurelien Daniel, Takahito Terashima, Kazuhiko Kuroki, and Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 Strain-Assisted Topochemical Synthesis of La-Doped SrVO ₂ H Films
3. 学会等名 International Conference on Mixed-Anion Compounds (ICMAC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kantaro Murayama, Morito Namba, Hiroshi Takatsu, and Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 Ca substitution effect in the two-dimensional electron system SrVO ₂ .2NO ₆ with superlattices of anion vacancy
3. 学会等名 International Conference on Mixed-Anion Compounds (ICMAC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Morito Namba, Haobo Li, Takahito Terashima, Hiroshi Takatsu, and Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 SrCo0.5F0.5 Thin Films Synthesized by the Ionic-Liquid-Gating Fluorine Insertion
3. 学会等名 International Conference on Mixed-Anion Compounds (ICMAC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohdai Ishida, Cedric Tassel, Hiroshi Takatsu, and Hiroshi Kageyama
2. 発表標題 Single crystal growth of highly electron doped TaON
3. 学会等名 International Conference on Mixed-Anion Compounds (ICMAC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 難波 杜人, 高津 浩, 三木田 梨歩, Haobo Li, 村山 寛太郎, 寺田 凌, 陰山 洋
2. 発表標題 酸水素化物EuVO ₂ Hにおける圧力誘起サイト間電荷移動
3. 学会等名 2022年第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 難波杜人, 高津浩, 近松彰, Haobo Li, 丸山敬裕, 長谷川哲也, 寺嶋孝仁, 陰山洋
2. 発表標題 基板依存性を有するSrVO ₂ H 薄膜の中間相
3. 学会等名 日本セラミックス協会 Annual meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村山 寛太郎, 石田 耕大, Cedric Tassel, Xiangyu Gu, 高津浩, 陰山洋, 有田亮太郎, Craig M. Brown, Valerie Dupray, Simon Clevers, 酒井英明
2. 発表標題 極性金属と極性絶縁体間における固溶体合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会 Annual meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村山 寛太郎, 難波 杜人, 高津 浩, 陰山 洋
2. 発表標題 酸窒化物SrVO2.200.6に対するAサイトドーピングの影響
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 難波 杜人, Li Haobo, 高津 浩, 陰山 洋
2. 発表標題 電界効果を利用したフッ化反応による酸フッ化物単結晶薄膜の合成
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>プレスリリース：脱水を伴う新しい還元反応の発見 - 電気化学反応と脱水反応を組み合わせた新しい機能性材料の開拓 - https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-10-19 同上 https://www.kyoto-u.ac.jp/sites/default/files/2021-10/20211014-takatsu-84213e9b05530630153b1902f326d29e.pdf</p> <p>プレスリリース：巨大な垂直磁気異方性を示すペロブスカイト酸水素化物の発見 水素層と酸素層の協奏効果 https://www.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/topics/20230929 https://www.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/topics/20230929-1</p>

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			
米国	NIST			
フランス	Universite de Rouen Normandie	Universite de Rennes		
日本	東京大学	大阪大学	東北大学	他4機関
スペイン	Universidad Complutense de Madrid	Universidad de Zaragoza		