

令和元年6月19日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04501

研究課題名（和文）600K以上の転移温度を持つ酸化物ハーフメタルの新規開拓と機構解明

研究課題名（英文）Development and mechanism elucidation of oxide half-metal with the transition temperature higher than 600 K

研究代表者

山浦 一成（YAMAURA, KAZUNARI）

国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・グループリーダー

研究者番号：70391216

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）：5d電子の振舞いを特徴とする新材料シーズの探索を進め、5d電子固有の大きな電子軌道や強いスピン軌道相互作用、顕著な相対論的効果を背景とするハーフメタル機能性の向上を目指した。結果として、目標とした600Kを超える酸化物ハーフメタルの合成には至らなかったが、研究の過程で合成された新物質は特異な物性を示し、学会発表や論文発表を通して公表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題で新規合成された物質は、特異な5d電子の振舞いを特徴とし、さらに磁気転移温度の向上や巨大な保磁力など有用な機能性向上を示した。これらの発現機構の解明は実用レベルのハーフメタル酸化物のマテリアルデザインの早期確立に資する。

研究成果の概要（英文）：With the search for new material seeds characterized by the behavior of 5d electrons, we aimed to improve half-metal functionality on the background of the extended electron orbitals, strong spin-orbit interaction, and remarkable relativistic effects inherent to 5d electrons. As a result, although it did not reach to the synthesis of the half metal of the oxide over 600 K which was aimed at, the new substance synthesized in the process of research showed unique physical properties and we published the results through the conference presentation and the paper presentation.

研究分野：固体化学

キーワード：ペロブスカイト 高压合成

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

### 1. 研究開始当初の背景

次世代ハードディスクに記録される超高密度なデジタル情報(2Tbit/inch<sup>2</sup>以上)を正確に、かつ高速に読取るためには、磁気ヘッドの革新が必須とされていた。ホイスラーハーフメタルを中核とする新型部材の開発が進展していた一方で、酸化物ハーフメタルへの期待も高かったが、代表的なペロブスカイト型マンガン酸化物でも磁気転移温度が360 K程度と低く、転移温度の向上が課題となっていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、5d 電子の振舞いを特徴とする新材料シーズの探索を進め、5d 電子固有の大きな電子軌道や強いスピン軌道相互作用、顕著な相対論的効果を背景とする、ハーフメタル機能性の向上を目的とした。特に、オスmiumがBサイトを占める  $A_2MOsO_6$  ( $A = Ca, Sr, Ba; M = Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu$ )は、室温の2倍を超える転移温度を持つ磁性( $Sr_2CrOsO_6$  [3])や、顕著なスピン、軌道、格子の自由度の競合状態( $Sr_2FeOsO_6$  [4])など5d電子が大きく寄与する特異な機能性を示したため、これらに着目して、酸化物ハーフメタルの磁気転移温度を、3か年で実装レベル(>600 K)以上に引き上げること、合わせてその発現機構を解明することを達成目標とした。

### 3. 研究の方法

これまでのグローバルな研究から、5d 元素を含有する場合に2重ペロブスカイト型酸化物の磁気転移温度が最も高くなることが判明した(>600 K)。しかしながら最適制御や機構解明には課題もあった。本研究では、最近合成された転移温度が比較的高い複数の2重ペロブスカイト型酸化物を対象に、2種類の磁性元素の秩序/無秩序配置の程度、結晶の対称性、局所構造の歪みの程度、キャリアー濃度などを系統的に変化させ、転移温度の最適制御と背景にある学理の調査、転移機構の解明を試みた。また、5d 元素の役割を明確にして、マテリアルデザインの最適化に資する周辺物質・関連物質も調査した。

試料合成には高压合成法を用いた。出発原料として、CaO、SrO、BaO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、OsO<sub>2</sub>、IrO<sub>2</sub>、他から必要な高純度粉末を選択して使用した。出発組成は、実験の進捗に合わせてペロブスカイトの定比組成、もしくは最終生成物の不純物量が最小化するように混合比を微調整した。必要に応じて酸素発生剤(KClO<sub>4</sub>またはNaClO<sub>3</sub>)を添加した。これらの原料をグローブボックス中で秤量・混合して、白金、または金カプセルに密閉圧着したのち、マルチアンビル型高压合成装置を使用して2.5–6.0 GPaの範囲の任意圧力で、また800–1800の範囲の一定温度を30分間保持した。熱処理終了後は、圧力を保持したまま必要に応じて500–700の範囲の一定温度で5分間程度アニール処理を実施した。すべての熱処理終了後、室温まで1分以内で急冷した後、数時間かけて常圧まで減圧した。

回収した全ての高压合成試料を対象に粉末X線回折法で定性分析を実施した。さらに、良質な試料を選んで、化学相の結晶構造を明確にするために、放射光X線と高分解能ゴニオメーターを使用する精密構造解析を行った。また、合成試料の磁化率測定にはカンタムデザイン社製の磁化率測定装置(MPMS)を使用した。電気伝導度や比熱などの物性測定にはカンタムデザイン社製の物性測定装置(PPMS)を使用した。

### 4. 研究成果

本課題推進の過程で発見された3重ペロブスカイトBa<sub>3</sub>CuOs<sub>2</sub>O<sub>9</sub>は通常に合成した場合より磁気転移温度が顕著に向上した。一般的な固相反応法で合成したBa<sub>3</sub>CuOs<sub>2</sub>O<sub>9</sub>は六方晶の結晶構造を特徴とする反強磁性体(磁気転移温度:約47K)だが、高压法で合成すると、磁気転移温度が290Kに上昇した。その機構を調査するために結晶構造を精密化した結果、化学組成に変化はなかったが、結晶内の磁性元素の分布の様子が大きく変化したことが明らかになった。磁気転移温度の向上は、磁性元素の再配列によって磁気交換相互作用が大きく増強されたためと推定された。合わせて第一原理的計算によるハーフメタル性に関する電子状態の調査も検討したが、磁性元素の配列の一部に不規則が強く、計算上の困難さを伴うため、実行できなかった。

この新規合成されたBa<sub>3</sub>CuOs<sub>2</sub>O<sub>9</sub>の他の特徴として大きな保磁力を挙げることができる。5Kの低温では7Tの測定レンジを超える保磁力を示し、その強い保持機構の解明を通してハード磁性体の新規材料開発の指針が得られる可能性があったが、室温では保磁力がほぼ消滅したため、さらなる転移温度の向上と室温保磁力の向上が望まれる。

2重ペロブスカイト型酸化物Ca<sub>2</sub>MnOsO<sub>6</sub>はMnとOsがほとんど秩序化せず、乱れていると思われるが、磁気転移温度は室温レベルとかなり高いことが判明した。乱れが強いにも関わらず、比較的高い転移温度を示す機構に着目し、さらにより高い転移温度を示す物質系の開発にフィードバックするために、機構解明研究を進めている。

本課題の最終年度に2重ペロブスカイト型オスmium酸化物Sr<sub>3</sub>OsO<sub>6</sub>で1000Kを超える強磁性転移温度が他の研究グループから報告された[5]。全ての絶縁体と酸化物を通して最も高い強磁性転移温度だと思われた。論文によると、実験で使用した試料は、酸化物基板上にエピタキシャル成長した薄膜結晶であり、バルク結晶や焼結体試料は得られなかったようだ。このため、本課題では、高压合成法による、バルク焼結体の合成を検討し、ようやく単相試料の合

成に成功した。薄膜結晶の磁性とバルク結晶（焼結体）の磁性の比較検討を通して発現機構の解明に資するだけでなく、1000K クラスの新規バルク磁性体の新規開発を期待できる。

2 重ペロブスカイト型酸化物  $\text{Sr}_2\text{MgOsO}_6$  は  $\text{Sr}_3\text{OsO}_6$  の類似物質であり、応募者が 2015 年に初めて合成に成功し、110K の磁気転移温度を持つことを報告した [6]。その結晶構造と磁性の詳細を  $\text{Sr}_3\text{OsO}_6$  の結果と比較検討することが可能になると、1000K を超える酸化物磁性の発現機構について、有意な情報を得られると期待できたため、現在実験を進めている。

目標とした 600K を超える酸化物ハーフメタルの合成には至らなかったが、研究の過程で合成された複数の新物質について、学会発表や論文発表を通して研究結果を公表した。さらに、現在進行中の研究を通して、1000K クラスの転移温度を持つバルク強磁性体のマテリアデザインの確立と発現機構の解明に向けた進展を展望できるため、今後も研究を継続する。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 33 件)

- [1] M. Vibhakar, D. D. Khalyavin, P. Manuel, L. Zhang, K. Yamaura, P. G. Radaelli, A. A. Belik, and R. D. Johnson, *Magnetic structure and spin-flop transition in the A-site columnar-ordered quadruple perovskite  $\text{TmMn}_3\text{O}_6$* , **Phys. Rev. B**, 99, 10 (2019); 10.1103/PhysRevB.99.104424. (査読有)
- [2] R. D. Johnson, D. D. Khalyavin, P. Manuel, Y. Katsuya, M. Tanaka, Y. Matsushita, L. Zhang, K. Yamaura, and A. A. Belik, *Displacive structural phase transitions and the magnetic ground state of quadruple perovskite  $\text{YMn}_7\text{O}_{12}$* , **Phys. Rev. B**, 99, 8 (2019); 10.1103/PhysRevB.99.024107. (査読有)
- [3] J. Chen, H. L. Feng, Y. Matsushita, A. A. Belik, Y. Tsujimoto, Y. Katsuya, M. Tanaka, M. X. Wu, M. R. Li, R. F. Zhou, W. J. Zhou, H. B. Liang, L. R. Zheng, M. Jansen, and K. Yamaura, *High-pressure synthesis, crystal structure, and magnetic properties of hexagonal  $\text{Ba}_3\text{CuOs}_2\text{O}_9$* , **J. Solid State Chem.**, 272, 182-188 (2019); 10.1016/j.jssc.2019.02.003. (査読有)
- [4] A. Belik, L. Zhang, R. Liu, D. D. Khalyavin, Y. Katsuya, M. Tanaka, and K. Yamaura, *Valence Variations by B-Site Doping in A-Site Columnar-Ordered Quadruple Perovskites  $\text{Sm}_2\text{MnMn}(\text{Mn}_{4-x}\text{Tix})\text{O}_{12}$  with  $1 \leq x \leq 3$* , **Inorg. Chem.**, 58, 3492-3501 (2019); 10.1021/acs.inorgchem.9b00049. (査読有)
- [5] A. Belik, Y. Katsuya, M. Tanaka, and K. Yamaura, *Crystal structure and magnetic properties of A-site-ordered quadruple perovskite  $\text{CeCu}_3\text{Cr}_4\text{O}_{12}$* , **J. Alloy. Comp.**, 793, 42-48 (2019); 10.1016/j.jallcom.2019.04.128. (査読有)
- [6] L. Zhang, N. Terada, R. D. Johnson, D. D. Khalyavin, P. Manuel, Y. Katsuya, M. Tanaka, Y. Matsushita, K. Yamaura, and A. A. Belik, *High-Pressure Synthesis, Structures, and Properties of Trivalent A-Site-Ordered Quadruple Perovskites  $\text{RMn}_7\text{O}_{12}$  ( $R = \text{Sm, Eu, Gd, and Tb}$ )*, **Inorg. Chem.**, 57, 5987-5998 (2018); 10.1021/acs.inorgchem.8b00479. (査読有)
- [7] L. Zhang, Y. Matsushita, Y. Katsuya, M. Tanaka, K. Yamaura, and A. A. Belik, *Charge and orbital orders and structural instability in high-pressure quadruple perovskite  $\text{CeCuMn}_6\text{O}_{12}$* , **Journal of Physics-Condensed Matter**, 30, 10 (2018); 10.1088/1361-648X/aaa5e4. (査読有)
- [8] L. Zhang, D. Gerlach, A. Donni, T. Chikyow, Y. Katsuya, M. Tanaka, S. Ueda, K. Yamaura, and A. A. Belik, *Mn Self-Doping of Orthorhombic  $\text{RMnO}_3$  Perovskites:  $(\text{R}_{0.667}\text{Mn}_{0.333})\text{MnO}_3$  with  $R = \text{Er-Lu}$* , **Inorg. Chem.**, 57, 2773-2781 (2018); 10.1021/acs.inorgchem.7b03188. (査読有)
- [9] L. Zhang, A. Donni, V. Y. Pomjakushin, K. Yamaura, and A. A. Belik, *Crystal and Magnetic Structures and Properties of  $(\text{Lu}_{1-x}\text{Mnx})\text{MnO}_3$  Solid Solutions*, **Inorg. Chem.**, 57, 14073-14085 (2018); 10.1021/acs.inorgchem.8b01470. (査読有)
- [10] J. G. Vale, S. Calder, C. Donnerer, D. Pincini, Y. G. Shi, Y. Tsujimoto, K. Yamaura, M. M. Sala, J. van den Brink, A. D. Christianson, and D. F. McMorrow, *Evolution of the Magnetic Excitations in  $\text{NaOsO}_3$  through its Metal-Insulator Transition*, **Phys. Rev. Lett.**, 120, 6 (2018); 10.1103/PhysRevLett.120.227203. (査読有)
- [11] J. G. Vale, S. Calder, C. Donnerer, D. Pincini, Y. G. Shi, Y. Tsujimoto, K. Yamaura, M. M. Sala, J. van den Brink, A. D. Christianson, and D. F. McMorrow, *Crossover from itinerant to localized magnetic excitations through the metal-insulator transition in  $\text{NaOsO}_3$* , **Phys. Rev. B**, 97, 17 (2018); 10.1103/PhysRevB.97.184429. (査読有)
- [12] Y. Tsujimoto, *Low-temperature solid-state reduction approach to highly reduced titanium oxide nanocrystals*, **J. Ceram. Soc. Jpn.**, 126, 609-613 (2018); 10.2109/jcersj2.18038. (査読有)
- [13] Y. Su, Y. Tsujimoto, K. Fujii, M. Tatsuta, K. Oka, M. Yashima, H. Ogino, and K. Yamaura, *Synthesis, Crystal Structure, and Optical Properties of Layered Perovskite*

- Scandium Oxychlorides: Sr<sub>2</sub>ScO<sub>3</sub>Cl, Sr<sub>3</sub>Sc<sub>2</sub>O<sub>5</sub>Cl<sub>2</sub>, and Ba<sub>3</sub>Sc<sub>2</sub>O<sub>5</sub>Cl<sub>2</sub>*, **Inorg. Chem.**, 57, 5615-5623 (2018); 10.1021/acs.inorgchem.8b00573. ( 査読有 )
- [14] K. W. Shi, Y. Sun, C. V. Colin, L. Wang, J. Yan, S. H. Deng, H. Q. Lu, W. J. Zhao, Y. Kazunari, P. Bordet, and C. Wang, *Investigation of the spin-lattice coupling in Mn<sub>3</sub>Ga<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>N antiperovskites*, **Phys. Rev. B**, 97, 9 (2018); 10.1103/physRevB.97.054110. ( 査読有 )
- [15] J. Li, Z. S. Gao, X. X. Ke, Y. Y. Lv, H. L. Zhang, W. Chen, W. H. Tian, H. C. Sun, S. Jiang, X. J. Zhou, T. T. Zuo, L. Y. Xiao, M. L. Sui, S. F. Tong, D. M. Tang, B. Da, K. Yamaura, X. C. Tu, Y. Li, Y. Shi, J. Chen, B. B. Jin, L. Kang, W. W. Xu, H. B. Wang, and P. H. Wu, *Growth of Black Phosphorus Nanobelts and Microbelts*, **Small**, 14, 5 (2018); 10.1002/sml.201702501. ( 査読有 )
- [16] R. D. Johnson, D. D. Khalyavin, P. Manuel, L. Zhang, K. Yamaura, and A. A. Belik, *Magnetic structures of the rare-earth quadruple perovskite manganites RMn<sub>7</sub>O<sub>12</sub>*, **Phys. Rev. B**, 98, 10 (2018); 10.1103/PhysRevB.98.104423. ( 査読有 )
- [17] T. Ishii, T. Sakai, H. Kojitani, D. Mori, Y. Inaguma, Y. Matsushita, K. Yamaura, and M. Akaogi, *High-Pressure Phase Relations and Crystal Structures of Postspinel Phases in MgV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, FeV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, and MnCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Crystal Chemistry of AB(2)O(4) Postspinel Compounds*, **Inorg. Chem.**, 57, 6648-6657 (2018); 10.1021/acs.inorgchem.8b00810. ( 査読有 )
- [18] N. Gurung, N. Leo, S. P. Collins, G. Nisbet, G. Smolentsev, M. Garcia-Fernandez, K. Yamaura, L. J. Heyderman, U. Staub, Y. Joly, D. D. Khalyavin, S. W. Lovesey, and V. Scagnoli, *Direct observation of electron density reconstruction at the metal-insulator transition in NaOsO<sub>3</sub>*, **Phys. Rev. B**, 98, 16 (2018); 10.1103/PhysRevB.98.115116. ( 査読有 )
- [19] J. Chen, Y. Matsushita, T. Kolodiazhnyi, A. A. Belik, Y. Tsujimoto, Y. Katsuya, M. Tanaka, Y. Su, Y. G. Shi, and K. Yamaura, *High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, and Semimetallic Properties of HgPbO<sub>3</sub>*, **Inorg. Chem.**, 57, 7601-7609 (2018); 10.1021/acs.inorgchem.8b00482. ( 査読有 )
- [20] A. Belik, D. D. Khalyavin, L. Zhang, Y. Matsushita, Y. Katsuya, M. Tanaka, R. D. Johnson, and K. Yamaura, *Intrinsic Triple Order in A-site Columnar-Ordered Quadruple Perovskites: Proof of Concept*, **Chemphyschem**, 19, 2449-2452 (2018); 10.1002/cphc.201800593. ( 査読有 )
- [21] E. I. P. Aulestia, Y. W. Cheung, Y. W. Fang, J. F. He, K. Yamaura, K. T. Lai, S. K. Goh, and H. H. Chen, *Pressure-induced enhancement of non-polar to polar transition temperature in metallic LiOsO<sub>3</sub>*, **Appl. Phys. Lett.**, 113, 5 (2018); 10.1063/1.5035133. ( 査読有 )
- [22] L. Zhang, Y. Matsushita, K. Yamaura, and A. A. Belik, *Five-Fold Ordering in High-Pressure Perovskites RMn<sub>3</sub>O<sub>6</sub> (R = Gd-Tm and Y)*, **Inorg. Chem.**, 56, 5210-5218 (2017); 10.1021/acs.inorgchem.7b00347. ( 査読有 )
- [23] J. Yi, S. Yang, M. Yang, L. Wang, Y. Matsushita, S. S. Miao, Y. Y. Jiao, J. G. Cheng, Y. Q. Li, K. Yamaura, Y. G. Shi, and J. L. Luo, *Large negative magnetoresistance of a nearly Dirac material: Layered antimonide EuMnSb<sub>2</sub>*, **Phys. Rev. B**, 96, 8 (2017); 10.1103/PhysRevB.96.205103. ( 査読有 )
- [24] E. Taylor, S. Calder, R. Morrow, H. L. Feng, M. H. Upton, M. D. Lumsden, K. Yamaura, P. M. Woodward, and A. D. Christianson, *Spin-Orbit Coupling Controlled J=3/2 Electronic Ground State in 5d(3) Oxides*, **Phys. Rev. Lett.**, 118, 6 (2017); 10.1103/PhysRevLett.118.207202. ( 査読有 )
- [25] Y. Su, Y. Tsujimoto, A. Miura, S. Asai, M. Avdeev, H. Ogino, M. Ako, A. A. Belik, T. Masuda, T. Uchikoshi, and K. Yamaura, *A layered wide-gap oxyhalide semiconductor with an infinite ZnO<sub>2</sub> square planar sheet: Sr<sub>2</sub>ZnO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>*, **Chem. Commun.**, 53, 3826-3829 (2017); 10.1039/c7cc01011g. ( 査読有 )
- [26] J. H. Li, X. Wang, H. Y. Wang, Y. Matsushita, B. A. Alexei, T. Kolodiazhnyi, G. Xu, Y. G. Shi, Y. F. Guo, K. Yamaura, and Y. Chen, *Electrically insulating properties of the 5d double perovskite Sr<sub>2</sub>YO<sub>s</sub>O<sub>6</sub>*, **J. Appl. Phys.**, 122, 8 (2017); 10.1063/1.5001913. ( 査読有 )
- [27] P. Kayser, S. Injac, B. Ranjbar, B. J. Kennedy, M. Aydeev, and K. Yamaura, *Magnetic and Structural Studies of Sc Containing Ruthenate Double Perovskites A(2)ScRuO(6) (A = Ba, Sr)*, **Inorg. Chem.**, 56, 9009-9018 (2017); 10.1021/acs.inorgchem.7b00983. ( 査読有 )
- [28] S. Calder, J. G. Vale, N. Bogdanov, C. Donnerer, D. Pincini, M. M. Sala, X. Liu, M. H. Upton, D. Casa, Y. G. Shi, Y. Tsujimoto, K. Yamaura, J. P. Hill, J. van den Brink, D. F. McMorrow, and A. D. Christianson, *Strongly gapped spin-wave excitation in the insulating phase of NaOsO<sub>3</sub>*, **Phys. Rev. B**, 95, 5 (2017); 10.1103/PhysRevB.95.020413.

( 査読有 )

- [29] S. Calder, D. J. Singh, V. O. Garlea, M. D. Lumsden, Y. G. Shi, K. Yamaura, and A. D. Christianson, *Interplay of spin-orbit coupling and hybridization in  $\text{Ca}_3\text{LiOsO}_6$  and  $\text{Ca}_3\text{LiRuO}_6$* , **Phys. Rev. B**, 96, 6 (2017); 10.1103/PhysRevB.96.184426. ( 査読有 )
- [30] A. Belik, Y. Matsushita, Y. Kumagai, Y. Katsuya, M. Tanaka, S. Y. Stefanovich, B. I. Lazoryak, F. Oba, and K. Yamaura, *Complex Structural Behavior of  $\text{BiMn}_7\text{O}_{12}$  Quadruple Perovskite*, **Inorg. Chem.**, 56, 12272-12281 (2017); 10.1021/acs.inorgchem.7b01723. ( 査読有 )
- [31] Y. Tsujimoto, S. Nakano, N. Ishimatsu, M. Mizumaki, N. Kawamura, T. Kawakami, Y. Matsushita, and K. Yamaura, *Pressure-Driven Spin Crossover Involving Polyhedral Transformation in Layered Perovskite Cobalt Oxyfluoride*, **Sci. Rep.**, 6, 9 (2016); 10.1038/srep36253. ( 査読有 )
- [32] H. L. Feng, K. Yamaura, L. H. Tjeng, and M. Jansen, *The role of nonmagnetic  $d(0)$  vs.  $d(10)$  B-type cations on the magnetic exchange interactions in osmium double perovskites*, **J. Solid State Chem.**, 243, 119-123 (2016); 10.1016/j.jssc.2016.08.022. ( 査読有 )
- [33] H. L. Feng, S. Calder, M. P. Ghimire, Y. H. Yuan, Y. Shirako, Y. Tsujimoto, Y. Matsushita, Z. W. Hu, C. Y. Kuo, L. H. Tjeng, T. W. Pi, Y. L. Soo, J. F. He, M. Tanaka, Y. Katsuya, M. Richter, and K. Yamaura,  *$\text{Ba}_2\text{NiOsO}_6$ : A Dirac-Mott insulator with ferromagnetism near 100 K*, **Phys. Rev. B**, 94, 9 (2016); 10.1103/PhysRevB.94.235158. ( 査読有 )

[学会発表](計 18件)

- [1] K. Yamaura, High-pressure and high-temperature synthesis of perovskite osmium oxides and related compounds, Nature Conference: Emergent Materials and Devices: Electronic Structures and Properties, 2019, 中国
- [2] K. Yamaura, High-pressure and high-temperature synthesis of perovskite osmium oxides and related compounds, 13th National Conference on X-ray Diffraction and ICDD Workshop, 2018, 中国
- [3] K. Yamaura, Large negative magnetoresistance of a nearly Dirac material  $\text{EuMnSb}_2$ , 2018 Conference on Electronic and Advanced Materials, 2018, 米国
- [4] Yu SU, Yoshihiro TSUJIMOTO, Kazunari YAMAURA, A layered wide-gap oxyhalide semiconductor with an infinite  $\text{ZnO}_2$  square planar sheet:  $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ , 第56回セラミックス基礎科学討論会, 2018
- [5] ZHANG Lei, MATSUSHITA Yoshitaka, YAMAURA Kazunari, Alexei. A. BELIK, High-Pressure Preparation and Properties of  $\text{RMn}_3\text{O}_6$  (R = Gd-Tm and Y), 第56回セラミックス基礎科学討論会, 2018
- [6] CHEN Jie, YAMAURA Kazunari, MATSUSHITA Yoshitaka, High-pressure synthesis and magnetic and electrical properties of  $\text{HgPbO}_3$ , 第56回セラミックス基礎科学討論会, 2018
- [7] 山浦一成, 2重ペロブスカイト型酸化物  $\text{Ba}_2\text{NiOsO}_6$  の強磁性絶縁状態, 第2回固体化学フォーラム研究会, 2017
- [8] K. Yamaura, High-pressure and high-temperature synthesis and magnetic properties of double perovskite osmium oxides, IUMRS-ICAM2017, 2017
- [9] Y. SU, Y. TSUJIMOTO, K. YAMAURA, Synthesis and Physical Properties of Fluorinated  $\text{SrCrO}_3$ , IUMRS-ICAM 2017, 2017
- [10] J. Chen, K. Yamaura, High-Pressure Synthesis and Magnetic and Electrical Properties of  $\text{HgPbO}_3$ , The Tenth International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-10), 2017
- [11] Lei ZHANG, Yoshitaka MATSUSHITA, Kazunari YAMAURA, Alexei BELIK, High-Pressure Preparation and Properties of  $\text{RMn}_3\text{O}_6$  (R = Gd-Tm and Y), The Tenth International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-10), 2017
- [12] Jie CHEN, Kazunari YAMAURA, Yoshitaka MATSUSHITA, High-pressure synthesis and magnetic and electrical properties of  $\text{HgPbO}_3$ , 第27回日本MRS年次大会, 2017
- [13] Lei ZHANG, Yoshitaka MATSUSHITA, Kazunari YAMAURA, Alexei BELIK, High-Pressure Preparation and Properties of  $\text{RMn}_3\text{O}_6$  (R = Gd-Tm and Y), 第27回日本MRS年次大会, 2017
- [14] Yu SU, Yoshihiro TSUJIMOTO, Kazunari YAMAURA, High-Pressure Synthesis and Physical Properties of fluorinated  $\text{SrCrO}_3$ , 第27回日本MRS年次大会, 2017
- [15] Changjiang YI, Shuai YANG, Meng YANG, Qiunan XU, Le WANG, Yoshitaka MATSUSHITA, Shanshan MIAO, Yuanyuan JIAO, Hongming WENG, Jinguang

CHENG, Yongqing LI, Kazunari YAMAURA, Youguo SHI, Jianlin LUO, High-pressure and high-temperature synthesis and magnetic properties of double perovskite osmium oxides、第 27 回日本 MRS 年次大会、2017

[16] Jie CHEN, Kazunari YAMAURA, Yoshitaka MATSUSHITA, High-pressure synthesis and magnetic and electrical properties of HgPbO<sub>3</sub>、IUMRS-ICAM 2017、2017

[17] Lei ZHANG, Yoshitaka MATSUSHITA, Kazunari YAMAURA, Alexei BELIK, High-Pressure Preparation and Properties of RMn<sub>3</sub>O<sub>6</sub> (R = Gd-Tm and Y)、IUMRS-ICAM 2017、2017

[18] Jie CHEN, Kazunari YAMAURA, Yoshitaka MATSUSHITA, High-pressure synthesis and magnetic and electrical properties of HgPbO<sub>3</sub>、The 26th International Conference on High Pressure Science and Technology (AIRAPT 26)、2017、中国

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：辻本吉廣

ローマ字氏名：TSUJIMOTO YOSHIHIRO

所属研究機関名：国立研究開発法人物質・材料研究機構

部局名：機能性材料研究拠点

職名：主任研究員

研究者番号 ( 8 桁 ): 50584075