

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400378

研究課題名(和文) 遷移金属酸化物におけるナノ構造制御による巨大熱電応答の探索

研究課題名(英文) Research for large thermoelectric responses of transition metal oxides by controlling nanostructure

研究代表者

奥田 哲治 (Okuda, Tetsuji)

鹿児島大学・理工学域工学系・准教授

研究者番号：20347082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、Mn置換による電子ドーブSrTiO₃の熱電特性の向上の起源の追求を行った。熱電特性に加えホール係数、磁化、比熱等のマクロ物性の評価および非弾性中性散乱によるフォノン励起の直接評価により、低エネルギーフォノン励起の増強、および、遍歴電子とMnの局在スピン間の相互作用による熱起電力の増強が、熱電特性向上の起源である可能性を示した。

さらに、p型酸化物熱電材料候補である反強磁性三角格子体CuCrO₂の磁気励起の起源を非弾性中性子散乱実験により追求し、また、ホールドーブCuCrO₂と類縁物質の電子構造を光電子分光測定により解明した。

研究成果の概要(英文)： In this research, we have investigated a mechanism of enhancement of thermoelectric property in the electron-doped SrTiO₃ by a substitution of Mn ions. By measurements of macroscopic properties such as thermoelectric property, Hall coefficient, magnetic property, and specific heat, and that of phonon excitations by an inelastic neutron scattering measurement, we have shown the possibility that the enhancement is caused by a nontrivial enhancement of low-energy phonon excitation and an enhancement of Seebeck coefficient due to some interaction between itinerant electrons and localized spins of Mn ions.

Furthermore, we have investigated a magnetic excitation of antiferromagnetic triangular lattice CuCrO₂ which is one of candidates of p-type thermoelectric oxides by an inelastic neutron scattering measurement and have clarified electronic structures of hole-doped CuCrO₂ and the related materials by photoemission spectroscopy.

研究分野：物性物理学

キーワード：熱電材料 遷移金属酸化物

1. 研究開始当初の背景

物質の熱電特性を利用して熱エネルギーと電気エネルギーを直接相互変換する熱電変換は、環境共生型エネルギーシステムの一つとして期待されている。熱電変換を行う熱電材料の熱電特性は、無次元性能指数 $ZT (= S^2 T / \rho \kappa)$ 、 S :ゼーベック係数、 ρ :電気抵抗率、 κ :熱伝導率、 T :絶対温度)で表される。現在の熱電材料は、高い ZT 値だけでなく、原材料の豊富さ、レアメタルフリー、無毒性などの工学的基準を満たすことをも求められている。

このような背景のもと、Co 酸化物において無機化合物熱電材料に匹敵する優れた p 型熱電特性が見出されたこと [1] を発端に、遷移金属酸化物が新たな熱電材料として見直されてきた。現時点では、Co 酸化物の対となる実用レベルの n 型酸化物熱電材料は見出されておらず無機化合物熱電材料に比べて性能の面では劣るが、材料の豊富さ、毒性の低さ、高温領域での安定性等の工学的特性に優れることから、幾つかの酸化物材料における種々の組成制御や構造制御による熱電特性の改善や、新たな酸化物熱電材料の探索が現在でも行われている。

2. 研究の目的

以上の背景のもと、研究代表者は、電子ドープ SrTiO_3 [2] やホールドープ CuCrO_2 [3] など、幾つかの遷移金属酸化物において、優れた熱電材料になる可能性を先駆けて報告してきた。これらの実績に基づいて、本研究では、キャリアの内部自由度と格子自由度間の相関の観点から、優れた熱電特性を有する酸化物熱電材料の探索と、それらの熱電特性の起源の解明を研究の目的とした。

3. 研究の方法

本課題では、2つの切り口で研究を推進した。

一つは、幾つかの酸化物半導体において、適切な磁性イオン置換により電子輸送特性を悪化させることなく熱伝導度を低減させ、優れた熱電特性を実現するフォノンフィルタリングの試みである。研究代表者は、電子ドープ SrTiO_3 では、Mn 置換によりこのようなフォノンフィルタリングが効果的に起こることを先に見出しており、その起源の解明と、さらなる精密組成制御による熱電特性の改善が本研究の最重点課題となった。

もう一つは、多自由度系、低次元系に着目した新たな熱電材料の探索と、そのマクロ・ミクロ物性評価による熱電特性のメカニズムの解明である。本研究の限られた期間内では基礎物性評価に重きをおき、特に、三角格子を有し、特徴的な層状構造をとる、 CuCrO_2 をはじめとしたデラフォサイト型銅酸化物とその類縁物質の磁性と電子構造の解明を中性子散乱実験および光電子分光により行った。

4. 研究成果

研究代表者は、n 型酸化物熱電材料の候補である電子ドープ SrTiO_3 において、僅かな Mn 置換が、電力因子に大きな影響を与えることなく、熱伝導率を大幅に抑制するフォノンフィルタリング効果を示すことを見出してきた。[4] この効果により、本物質の熱電特性は、室温において倍程度まで改善される。本研究では、このフォノンフィルタリング効果のメカニズムを明らかにするため、電気伝導、熱起電力、熱伝導率の熱電特性に加えて、ホール係数、構造、磁化、比熱等の他のマクロ物性の評価および非弾性中性散乱によるフォノン励起の直接評価を行い Mn 置換が電子ドープ SrTiO_3 の熱電特性へ及ぼす影響を追求した。[5]

それらの物性評価の結果の中で興味深い発見の一つは、予想外の低温比熱の振舞いである。図 1 に $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ 単結晶の $y = 0, 0.02, 0.04$ の低温比熱の結果 ($C/T-T^2$ プロット)を示す。(ここで、 y は Mn の仕込み量である。化学分析の結果、実際にはかなり Mn イオンが欠損していることが分かっているが、格子定数や磁化の結果から、Ti サイトに Mn^{3+} イオンとして入っていると結論される。[4, 5]) 図 1 を見て分かるように、電子ドープ量 (La5%) が同一の物質において、Mn 置換量 (y) を増やすと低温での比熱の振舞いが系統的に変化していくのが分かる。

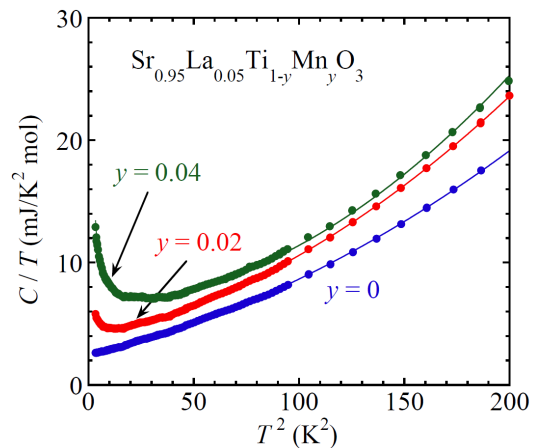


図 1 $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ 単結晶の比熱

そこで、図 1 の結果を $C = \gamma T + \beta T^3 + \eta T^5 + A/T^2$ でフィットし、電子比熱の寄与 γT 、調和フォノン項の寄与 βT^3 、非調和フォノンの寄与 ηT^5 、および、ショットキー型の比熱の寄与 A/T^2 のそれぞれの係数を求めた。その結果を図 2 に示す。

まず、図 2 で興味深いのは、フォノンの調和性 (β) が Mn 置換により抑制され、非調和性 (η) が増強していることである。この振舞いは、非弾性中性子散乱実験で見出されている低エネルギーのフォノン励起の増大 [5] と関連していると考えられ、Mn 置換による

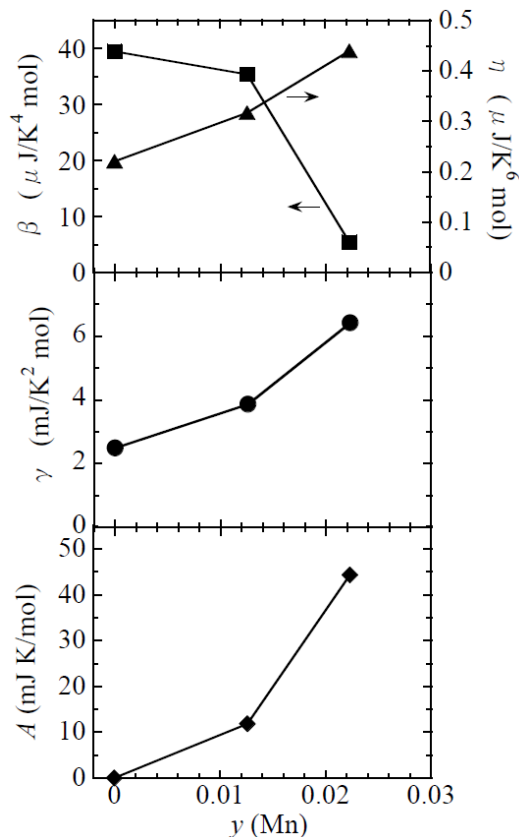


図2 $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ 単結晶の比熱の各係数 (本文参照)

熱伝導率の減少の起源となっていることが示唆される。電子ドープ SrTiO_3 の Ti サイトに入った Mn^{3+} イオンは Jahn-Teller 活性であることから、動的な局所歪みがこのような非調和性をもたらしているのかもしれない。

さらに、図2からわかるのは、Mn 置換により電子比熱係数 γ が増強されることである。 SrTiO_3 の低電子ドープ領域でこのような増強は例がなく、置換した Mn イオンの形成する局在スピンと伝導電子の相互作用により有効質量が増大したことが示唆される。おそらく、この有効質量の増大が熱起電力の増強をもたらし、電気伝導の減少分を補ったことで、Mn 置換しても電力因子が大きく変化しなかったのではないかと考えられる。

もう一つの低温比熱での新たな発見は、シヨットキー型の低温比熱が Mn 置換により大きく増強されることである。Mn の核比熱によるシヨットキー型の比熱と仮定して図2の A 係数から内部磁場を求めると、500 Tesla 程度となり、B サイトが 100% Mn イオンで充填されている強磁性や反強磁性の Mn 酸化物の内部磁場 [6] よりも 10 倍程度大きいことから、核比熱によるものではないと結論される。代わりに、局在スピンへの内部磁場と考えると、内部磁場が 0.1 Tesla 程度となり、磁化で求めたキュリー-ワイス温度のエネルギースケールと同程度になることから、伝導電子が局在スピンに及ぼす内部磁場が起源となっている可能性がある。この局在スピンと

伝導電子間の相互作用は、上で述べた有効質量の増大をもたらしているのかもしれない。

以上をまとめると、低エネルギー非調和フォノンの増強による熱伝導度の低減、および、遍歴電子と Mn の局在スピン間の相互作用による熱起電力の増強が、Mn 置換により電子ドープ SrTiO_3 の熱電特性が改善される起源である可能性を様々な物性評価により示せた。

ここまで、電子ドープ SrTiO_3 における Mn 置換のフォノンフィルタリング効果を、比熱測定の結果に基づいて報告してきたが、その他にも、非弾性中性子散乱実験による反強磁性三角格子体 CuCrO_2 の磁気励起の起源の追求、光電子分光測定によるホールドープ CuCrO_2 およびその類縁物質の電子構造の解明、種々の特異な構造を持つ Ti、V 酸化物における優れた熱電特性の探索、ワイドギャップ酸化物半導体 Ga_2O_3 の単結晶育成とその熱電応用の可能性の探索など、多くの基礎研究と新たな酸化物熱電材料探索を本課題では行ってきた。それらの研究成果については、以下の発表論文と学会発表を参照されたい。

< 引用文献 >

- [1] I. Terasaki, Y. Sasago, and K. Uchinokura, Phys. Rev. B **56**, R12685 (1997).
- [2] T. Okuda, K. Nakanishi, S. Miyasaka, and Y. Tokura, Phys. Rev. B **63**, 113104 (2001).
- [3] T. Okuda, N. Jufuku, S. Hidaka, and N. Terada, Phys. Rev. B **72**, 144403 (2005).
- [4] T. Okuda, H. Hata, T. Eto, K. Nishina, H. Kuwahara, M. Nakamura, and R. Kajimoto, Journal of Physics; Conference Series **568**, 022035, (2014).
- [5] T. Okuda, H. Hata, T. Eto, S. Sobaru, K. Nishina, H. Kuwahara, M. Nakamura, and R. Kajimoto, 投稿中.
- [6] B. F. Woodfield, M. L. Wilson, and J. M. Byers, Phys. Rev. Lett. **78**, 3201 (1997).

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13件)

- T. Katsufuji, T. Okuda, T. Murata, T. Kanzaki, K. Takayama, and A. Kajita, Universal Behaviors of the Phonon Thermal Conductivity Associated with the Charge/Orbital Ordering in Transition-Metal Oxides, 査読有, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 85, 2016, 013703-1~5
DOI:http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.85.013703
- R. Murata, T. Sato, T. Okuda, Y. Horibe, H. Tsukasaki, S. Mori, N. Yamaguchi, K. Sugimoto, S. Kawaguchi, M. Takata, and T. Katsufuji, Electronic Phase Transition in Hollandite Titanate $\text{Ba}_x\text{Ti}_8\text{O}_{16+x}$, 査読有, Physical Review B, Vol. 92, 2015,

220408(R)-1~5
DOI:<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.92.220408>
R. Kajimoto, K. Tomiyasu, K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, Y. Inamura, and T. Okuda, Development of the Spin Correlations in the Geometrically Frustrated Triangular-lattice Heisenberg Antiferromagnet CuCrO_2 , 査読有, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 84, 2015, pp.074708-1 ~ 6
DOI:<http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.84.074708>
M. Okawa, Y. Ishida, M. Takahashi, T. Shimada, F. Iga, T. Takabatake, T. Saitoh, and S. Shin, Hybridization gap formation in Kondo insulator YB12 observed using time-resolved photoemission spectroscopy, 査読有, Physical Review B, Vol. 92, 2015, 161108(R)-1 ~ 5
DOI:<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.92.161108>
T. Okuda, H. Hata, T. Eto, K. Nishina, H. Kuwahara, M. Nakamura, and R. Kajimoto, Effects of Mn substitution on the thermoelectric properties of the electron-doped perovskite SrTiO_3 , 査読有, Journal of Physics; Conference Series, Vol. 568, 2014, pp.022035-1 ~ 5
DOI:<http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/568/2/022035>
R. Kajimoto, K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, Y. Inamura, T. Okuda, and K. Tomiyasu, Low-Energy Spin Fluctuations in CuCrO_2 and $\text{Cu}_{0.85}\text{Ag}_{0.15}\text{CrO}_2$ Studied by Inelastic Scattering, 査読有, JPS Conference Proceedings, Vol. 3, 2014, 014018-1~4
DOI:<http://dx.doi.org/10.7566/JSPSCP.3.014018>
M. Okawa, T. Yokobori, K. Konishi, R. Takei, K. Katayama, S. Oozono, T. Shinmura, T. Okuda, H. Wadati, E. Sakai, K. Ono, H. Kumigashira, M. Oshima, T. Sugiyama, E. Ikenaga, N. Hamada, and T. Saitoh, Cu-O-Cr Hybridization Effects on the Electronic Structure of a Hole-Doped Delafossite Oxide $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$, 査読有, JPS Conference Proceedings 3, 2014, 017027-1~4
DOI:<http://dx.doi.org/10.7566/JSPSCP.3.017027>
R. Horita, K. Ohtani, T. Kai, Y. Murao, H. Nishida, T. Toya, K. Seo, M. Sakai, and T. Okuda, Transport Properties of Anatase- TiO_2 Polycrystalline-Thin-Film Field-Effect-Transistors With Electrolyte Gate layers, 査読有, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 52, 2013, 115803-1~7
DOI:<http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.52.115803>
T. Yokobori, M. Okawa, K. Konishi, R. Takei, K. Katayama, S. Oozono, T. Shinmura, T. Okuda, H. Wadati, K. Ono, H. Kumigashira, M. Oshima, T. Sugiyama, E. Ikenaga, N. Hamada, and T. Saitoh, Electronic Structure of the

Hole-doped Delafossite Oxides $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$, 査読有, Physical Review B, Vol. 87, 2013, 195124~1-8
DOI:<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.87.195124>
T. Okuda and S. Miyasaka, Journal of the Physical Society of Japan, Power Law Dependence of Low-temperature Magnetic Specific Heat for Hole-doped Delafossite $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$, 査読有, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 82, 2013, pp. 065001-1 ~ 2
DOI:<http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.82.065001>
R. Kajimoto, K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, Y. Inamura, K. Kakurai, T. Hokazono, S. Oozono, T. Okuda, Effects of Mg, Ag, and Al Substitutions on the Magnetic Excitations in the Triangular-lattice Antiferromagnetic CuCrO_2 , 査読有, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 82, 2013, pp.054702-1 ~ 6
DOI:<http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.82.054702>
T. Okuda, S. Oozono, T. Kihara, and M. Tokunaga, Magnetotransport Properties of the Hole-doped Delafossite $\text{CuCr}_{0.97}\text{Mg}_{0.03}\text{O}_2$ with a Spin-3/2 Antiferromagnetic Triangular Sublattice, 査読有, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 62, 2013, 2168~2172
DOI:<http://dx.doi.org/10.3938/jkps.62.2168>
T. Okuda, J. Fukuyado, K. Narikiyo, M. Akaki, and H. Kuwahara, Low-Temperature Thermoelectric Properties of the Electron-Doped Perovskites $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Nb}_y\text{O}_3$, 査読有, Journal of the Korean Physical Society, 2013, Vol. 63, 428~432
DOI:<http://dx.doi.org/10.3938/jkps.63.428>

[学会発表](計28件)

草原彰吾、久永達郎、奥田哲治、電子ドーブ $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の熱電特性、日本物理学会第71回年次大会、東北学院大学泉キャンパス(宮城県、仙台市)、2016年3月19日~22日
加藤諒、大川万里生、和達大樹、吉田鉄平、小野寛太、池永英司、奥田哲治、齋藤智彦、 $\text{Cu}_{1+x}\text{Mn}_{1-x}\text{O}_2$ ($x=0, 0.05$) の電子構造、第29回日本放射光学学会年会・放射光科学合同シンポジウム、東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト・柏の葉カンファレンスセンター(三井ガーデンホテル柏の葉)・オークビレッジ柏の葉(千葉県、柏市)、2016年1月9日~11日
梶本亮一、中村充孝、菊地龍弥、江藤貴弘、草原彰吾、奥田哲治、粉末非弾性中性子散乱による SrTiO_3 のフォノンに対する元素置換効果、日本中性子科学会第15回年会、和光市民文化センター(埼玉県、和光市)、2015年12月10日~12日
奥田哲治、江藤貴弘、畑博人、草原彰吾、仁科康佑、桑原英樹、中村充孝、梶本亮一、Mn置換した電子ドーブ SrTiO_3 の低温比熱、

日本物理学会 2015 年秋季大会、関西大学千里山キャンパス(大阪府、吹田市)、2015 年 9 月 25 日 ~ 28 日

奥田哲治、新たな酸化物熱電材料の探索(特別講演)、日本熱電学会第 12 回学術講演会、九州大学(福岡県、春日市)、2015 年 9 月 7 日 ~ 8 日

R. Kato, M. Okawa, K. Ono, T. Okuda, and T. Saitoh: Angle-resolved photoemission study of a thermoelectric and multiferroic delafossite CuCrO_2 , *The 12th International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy*, UPMC Couvent des Cordeliers, Paris, France, July 5 ~ 10, 2015

梶本亮一、 SrTiO_3 の熱電特性に対する元素置換効果とフォノン異常、ミニ研究会「量子ビーム物性研究の展開」、東北大学金属材料研究所(宮城県、仙台市)、2015 年 7 月 2 日 ~ 3 日

T. Okuda, Hole doping effect on the magnetic state of triangular lattice antiferromagnet CuCrO_2 , *The collaborative conference on 3D and materials research* (招待講演), Busan, Korea, June 15 ~ 19, 2015

T. Okuda, Effect of hole doping on the magnetic state of delafossite CuCrO_2 , *Energy Materials Nanotechnology (EMN)* (招待講演), Qingdao, China, June 14 ~ 17, 2015

T. Okuda, Thermoelectric responses of transition metal oxides having spin/orbital correlations, *The BIT's 4th annual world congress of advanced materials-2015* (招待講演), Chongqing, China, May 27 ~ 29, 2015

加藤諒、大川万里生、和達大樹、吉田鉄平、小野寛太、池永英司、奥田哲治、齋藤智彦、デラフォサイト型酸化物 CuMO_2 ($M = \text{Al}, \text{Cr}, \text{Fe}$) との比較によるクレドネライト型酸化物 CuMnO_2 の電子構造、日本物理学会第 70 回年次大会、早稲田大学(東京都、新宿区)、2015 年 3 月 21 日 ~ 25 日

梶本亮一、中村充孝、畑博人、江藤貴弘、奥田哲治、La, Mn 置換した SrTiO_3 におけるフォノン異常と熱電特性、第 3 回物構研サイエンスフェスタ & 第 6 回 MLF シンポジウム、つくば国際会議場(エポカルつくば)(茨城県、つくば市)、2015 年 3 月 17 日 ~ 18 日

加藤諒、大川万里生、和達大樹、吉田鉄平、小野寛太、池永英司、奥田哲治、齋藤智彦、 CuMO_2 ($M = \text{Al}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}$) の電子構造、第 28 回日本放射光学学会年会、立命館大学(滋賀県草津市)、2015 年 1 月 10 日 ~ 12 日

重松理史、春森浩平、西迫祐也、重田出、奥田哲治、三浦良雄、山内徹、廣井政彦、ホイスラー合金 $\text{Ru}_{2-x}\text{Fe}_x\text{CrSi}$ の熱電能と熱伝導率、第 6 回半導体材料・デバイスフォーラム、都城ロイヤルホテル(宮崎県都城市)、2014 年 12 月 21 日

T. Okuda, N-type Oxide Thermoelectric Materials Having Spin/Orbital Correlations(招

待講演), *The 31st International Korea-Japan Seminar on Ceramics*, Changwon, Korea, November 26 ~ 29, 2014

加藤諒、大川万里生、和達大樹、吉田鉄平、Kozina Xeniya、池永英司、小野寛太、奥田哲治、齋藤智彦、 CuCrO_2 の電子構造と磁気特性・輸送特性の関係、第 75 回日本応用物理学会秋季学術講演会、北海道大学(北海道、札幌市)、2014 年 9 月 17 日 ~ 20 日

加藤諒、大川万里生、小野寛太、奥田哲治、齋藤智彦、デラフォサイト型酸化物 CuMO_2 ($M = \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Al}$) の電子構造、日本物理学会 2014 年秋季大会、中部大学(愛知県、春日井市)、2014 年 9 月 7 日 ~ 10 日

重松理史、春森浩平、西迫祐也、重田出、奥田哲治、山内徹、廣井政彦、ホイスラー合金 $\text{Ru}_{2-x}\text{Fe}_x\text{CrSi}$ の熱電能、日本物理学会 2014 年秋季大会、中部大学(愛知県、春日井市)、2014 年 9 月 7 日 ~ 10 日

梶本亮一、中村充孤、畑非博人、江藤貴弘、奥田哲治、La, Mn 置換した SrTiO_3 のフォノン異常、日本物理学会 2014 年秋季大会、中部大学(愛知県、春日井市)、2014 年 9 月 7 日 ~ 10 日

T. Okuda, H. Hata, T. Eto, K. Nishina, H. Kuwahara, M. Nakamura, and R. Kajimoto, Effects of Mn substitution on the thermoelectric properties of the electron-doped Perovskite $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$, *The 27th international conference of low temperature physics*, Buenos Aires, Argentina, August 6 ~ 13, 2014

②1 T. Okuda, *Energy Materials Nanotechnology (EMN) summer meeting* (招待講演), Effects of Mn substitution on the thermoelectric properties of the electron-doped Perovskite SrTiO_3 , Cancun, Mexico, June 9 ~ 12, 2014

②2 加藤諒、大川万里生、和達大樹、吉田鉄平、Kozina Xeniya、池永英司、小野寛太、奥田哲治、齋藤智彦、光電子分光によるデラフォサイト型酸化物 CuMO_2 ($M = \text{Al}, \text{Fe}$) の電子構造の研究、日本物理学会第 69 回年次大会、東海大学湘南キャンパス(神奈川県平塚市)、2014 年 3 月 27 日 ~ 30 日

②3 畑博人、江藤貴弘、白石陽介、奥田哲治、電子ドーピング SrTiO_3 の熱電特性における Mn 置換効果、日本物理学会第 69 回年次大会、東海大学湘南キャンパス(神奈川県平塚市)、2014 年 3 月 27 日 ~ 30 日

②4 梶本亮一、中島健次、河村聖子、稲村泰弘、富安啓輔、奥田哲治、三角格子反強磁性体 CuCrO_2 における低エネルギーにおけるスピンの揺らぎ、日本中性子科学会第 13 回年会、ちば県民プラザ(千葉県、柏市)、2013 年 12 月 12 日 ~ 13 日

②5 畑博人、白石陽介、奥田哲治、ペロブスカイト型酸化物 $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ の熱電特性、日本物理学会 2013 年秋季大会、徳島大学(徳島県、徳島市)、2013 年 9 月 25 日 ~ 28 日

②6 待鳥雄祐、新村崇、江藤貴弘、後田慎太郎、

奥田哲治、Ba₂Ti₆O₁₃の熱電特性、日本物理学会 2013 年秋季大会、徳島大学(徳島県、徳島市) 2013 年 9 月 25 日~28 日

⑳ 梶本亮一、中島健次、河村聖子、稲村泰弘、奥田哲治、富安啓輔、三角格子反強磁性体 CuCrO₂ における時期散漫散乱、日本物理学会 2013 年秋季大会、徳島大学(徳島県、徳島市) 2013 年 9 月 25 日~28 日

㉑ R. Kajimoto, K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, Y. Inamura, T. Okuda, and K. Tomiyasu, Low-spin fluctuation in CuCrO₂ and Cu_{0.85}Ag_{0.15}CrO₂ studied by inelastic neutron scattering, The international conference of strongly correlated electron system, The university of Tokyo (Tokyo Metropolis, Bunkyo-ku), August 5 ~ 8, 2013

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥田 哲治 (OKUDA, Tetsuji)
鹿児島大学・大学院理工学域工学系・准教授
研究者番号：20347082

(2) 研究分担者

齊藤 智彦 (SAITOH, Tomohiko)
東京理科大学・理学部・教授
研究者番号：30311129

梶本 亮一 (KAJIMOTO, Ryoichi)
独立行政法人日本原子力研究開発機構・その他部局等・主任研究員
研究者番号：30391254