

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25420723

研究課題名(和文) 強相関電子に由来する異常熱起電力効果

研究課題名(英文) Anomalous thermoelectric effect derived from strongly correlated electrons

研究代表者

磯部 雅朗 (Isobe, Masaaki)

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・強相関物質グループ・グループリーダー

研究者番号：10354309

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：遷移金属酸化物の異常熱起電力の原因を明らかにすることを目的として、近年、研究代表者らが見いだした新規化合物 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 0.6$)の熱電特性と電子構造を詳細に調べた。その結果、Na置換量 $x \sim 0.6$ 付近の金属相では1次元的なフェルミ面が運動量空間のGamma点からY点方向に存在することが明らかになった。また、ウィルソン比は2～3の程度であり、 Na_xCoO_2 などの層状コバルト酸化物に匹敵するやや強い電子相関が存在することが明らかになった。これらをもとに本系の熱起電力の起源を考察した。

研究成果の概要(英文)：We have studied thermoelectric properties and electronic structure of the novel cobalt oxide $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 0.6$). The Na-substituted phases with $x = 0.5 \sim 0.6$ exhibit metallic behavior of transport properties with large thermoelectric power comparable to those in layered cobalt oxides. We found that the $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ metallic phases have 1-dimensional-like large Fermi surfaces on the Gamma-Y direction in the momentum space. Wilson ratio is estimated to be 2～3, which is moderately strong electronic correlation. Origin of the large thermoelectric power is discussed from the viewpoint of the band structure and the electronic correlation in the 3d electron system.

研究分野：強相関物質

キーワード：熱電材料 遷移金属酸化物 強相関電子系 磁性 計算物理

1. 研究開始当初の背景

国内で消費されるエネルギーの約7割は未利用廃熱となって大気中に放出される。固体のゼーベック効果を利用した熱電材料を用いれば、この膨大な廃熱を電気エネルギーに直接変換できる可能性がある。しかし、縮退半導体を用いた従来の熱電材料の変換効率は実用には十分ではないことから、より高性能の熱電材料の開発が望まれる。

熱電材料から効率よく電流を取り出すためには、熱起電力(ゼーベック係数)が高いことに加え、電気抵抗率が十分に低いことが要求される。しかし、これらは相反する物理量であるため、両立は容易ではない。よい熱電材料を得るには、物質の電子構造に立ち返って熱電特性の発現機構を深く理解すると共に、電子構造の観点から物質設計を行うことが必要である。

近年、遷移金属酸化物が次世代の熱電材料として注目されている。例えば、層状コバルト酸化物 Na_xCoO_2 は金属的な電気抵抗率にも拘わらず大きな熱起電力を有することが知られている。高い熱起電力の起源として強い電子相関や特殊な電子構造の可能性が指摘されており、その原理の実験的・理論的検証が進んでいる。遷移金属酸化物における異常熱起電力の起源を理解することは、さらなる新しい現象や原理、新物質の創出にも繋がるものとして、強い期待が掛かる。

本課題の研究代表者らは、以前、新しいコバルト酸化物 CaCo_2O_4 を超高压下で新規合成することに成功し、異常熱起電力の可能性を指摘した (M. Shizuya, M. Isobe, E. Takayama-Muromachi, J. Solid State Chem. 180, (2007) 2550.)。さらに、この物質の Ca サイトを Na で部分固溶置換できることを見だし、金属的な電気伝導の振る舞いを観測した。 $(\text{Ca}, \text{Na})\text{Co}_2\text{O}_4$ は従来の層状コバルト酸化物とは異なる結晶構造を持つにも拘わらず、その輸送特性は層状物質のものに近い。したがって、この系の物性を詳細に調べて電子状態を明らかにすることが、コバルト酸化物に特有な異常熱起電力の起源を探る上で重要であると考えに至った。

2. 研究の目的

本研究は、新規物質 $(\text{Ca}, \text{Na})\text{Co}_2\text{O}_4$ を取り上げ、試料の質の向上を図ると共にその輸送特性と電子構造を詳細に調べることで、電子状態の観点から電気伝導と熱起電力の関係を明らかにすることを目的とする。第一原理バンド計算や分光測定による電子状態の解析を通じて熱電特性の起源を明らかにする。また、関連する新規物質の探索も行う。

3. 研究の方法

研究対象物質 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ は、研究代表者らによって初めて合成された新規化合物である。結晶構造は、カルシウムフェライト型構造を有する(図1)、トンネル構造の骨格と

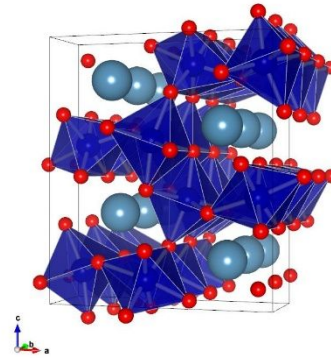


図1 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ の結晶構造。

なる辺共有 CoO_6 酸素八面体の連結は、 b 軸方向(図1の奥行き方向)に擬一次元鎖を形成する。鎖内では、隣り合う Co 原子の t_{2g} 軌道が直接混成し、大きな電荷移動積分 t を形成する。Na 置換により生じたキャリア(正孔)は、鎖方向に異方的な伝導を示し、 $x \geq 0.5$ に於いて金属的振る舞いを示す。辺共有 CoO_6 酸素八面体の連結は、層状コバルト酸化物 Na_xCoO_2 のそれに類似している。 Na_xCoO_2 は Co の平面三角格子を形成するのに対し、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ では CoO_6 酸素八面体の二量体の連結が Co 二重鎖となる。したがって、両方で軌道混成は類似しており、その異方性(次元性)が異なると考えられる。

本研究では、Na 部分固溶置換体 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ の良質試料を作製し、結晶構造を中性子回折 Rietveld 解析により詳細に決定すると共に、その熱電特性(AC 電気抵抗、ゼーベック係数、熱伝導度)を明らかにする。求められた結晶構造パラメータを用いて第一原理バンド計算を行い、電子構造を明らかにする。加えて、赤外分光測定により電子状態を観測する。また、比熱測定から電子比熱係数、磁化率測定からパウリ常磁性項を決定し、ウィルソン比を求めることで電子相関の大きさを議論する。

4. 研究成果

新規コバルト酸化物 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ に関して、以下の研究結果を得た。

(1) 試料作製

$\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 0.6$) の試料作製には高圧合成法を利用した。出発原料 CaCO_3 , Na_2CO_3 , Co_3O_4 粉末の金属元素定比混合物を酸素気流中 $800 \sim 920$ で常圧下急速加熱固相反応させ、 $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$, $\text{Na}_{0.7}\text{CoO}_2$, Co_3O_4 の混合物を作製する。次に、その前駆体を Pt カプセルに封入し、ベルト型プレス装置を用いて $6 \sim 7.7$ GPa, $1500 \sim 1600$ の高圧・高温下で 1hr. 処理した。生成物は X 線解析により単一相であることを確認した。出発原料として Na_2O_2 を使用しないことで、微量水分吸着による NaOH の発生とそれに起因する副生成物 $(\text{CaOH})_{1.16}\text{CoO}_2$ の混入を抑制できる。Na の固溶限界は $x \sim 0.6$ である。

(2) 結晶構造

粉末中性子回折の Rietveld 解析により $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 0.5$) の結晶構造パラメータを精密化した。固溶域内で構造相転移は観測されず、空間群は Pnma (No. 62) に保持される。Na 濃度 (x) の増加に伴い、格子定数の単調減少が観測された。格子定数の減少率は、母相の CaCo_2O_4 ($a_0 = 8.791 \text{ \AA}$, $b_0 = 2.903$, $c_0 = 10.277 \text{ \AA}$) に対して $\Delta a/a_0 \Delta x = -0.74\%$, $\Delta b/b_0 \Delta x = -2.1\%$, $\Delta c/c_0 \Delta x = -0.13\%$ であり、特に b 軸方向の収縮割合が大きい。Na 置換量を増やしたとき、イオン半径 (Ca^{2+} : 1.12 \AA , Na^+ : 1.18 \AA) の増大に逆行して格子が収縮するのは、Co サイトにホールがドープされることを示唆する。結晶構造内には、結晶学的に異なる二種類の Co サイト (Co_1 , Co_2) が存在する。Co-O 結合長から求めたボンド・バレンスの Na 置換による変化は、両サイトでほぼ均等に増加しており、母相に対し $x = 0.5$ では価数が +0.1 程度上昇する。

表 1 $\text{Ca}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Co}_2\text{O}_4$ (金属相) の構造パラメータ

Site	g	x	y	z	$B (\text{\AA}^2)$	
Ca	4c	0.5	0.7606(3)	1/4	0.6648(3)	0.32(5)
Na	4c	0.5	0.7606	1/4	0.6648	0.32
Co_1	4c	1	0.4153(7)	1/4	0.1001(5)	0.88(6)
Co_2	4c	1	0.4418(6)	1/4	0.6104(5)	0.88
O_1	4c	1	0.1984(2)	1/4	0.1528(2)	0.52(2)
O_2	4c	1	0.6134(2)	1/4	0.0210(2)	0.52
O_3	4c	1	0.5316(2)	1/4	0.7884(2)	0.52
O_4	4c	1	0.4196(2)	1/4	0.4285(2)	0.52

$a = 8.7661(1) \text{ \AA}$, $b = 2.87239(5) \text{ \AA}$, $c = 10.2738(2) \text{ \AA}$, Pnma (No. 62), $R_{\text{wp}} = 3.67\%$, $R_p = 2.80\%$, $R_B = 3.27\%$, $R_F = 1.80\%$, $S = R_{\text{wp}}/R_e = 1.4371$

(3) 熱電特性

図 2 (a-c) に $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 0.6$) の AC 電気抵抗率 (ρ)、ゼーベック係数 (α)、熱伝導度 (κ) の温度依存性を示す。電気抵抗率 (図 2(a)) は、 x の増加とともにほぼ指数的に急激に減少する。 $x \sim 0.5$ では低温弱局在が残るものの広い温度領域で金属的な温度変化を示す。 $x = 0.6$ ではほぼ完全な金属状態になり、約 $10 \text{ m}\Omega\text{cm}$ 程度の低い値を示す。このような急激な抵抗値の減少は、Na 置換によってキャリア (ホール) が Co t_{2g} 電子軌道に注入され、広いフェルミ面ができていることを強く示唆する。ゼーベック係数 (図 2(b)) は、全ての x の相に於いて金属的な温度変化の振る舞い ($da/dT > 0$) を示す。ゼーベック係数の絶対値は Na 置換量が増加するにつれて概ね単調に低下するが、その減少率は比較的緩やかであり、 $x = 0.6$ では、400 K 付近で $100 \mu\text{V/K}$ 程度の値となる。熱伝導度 (図 2(c)) は、どの x 領域に於いても 100 K

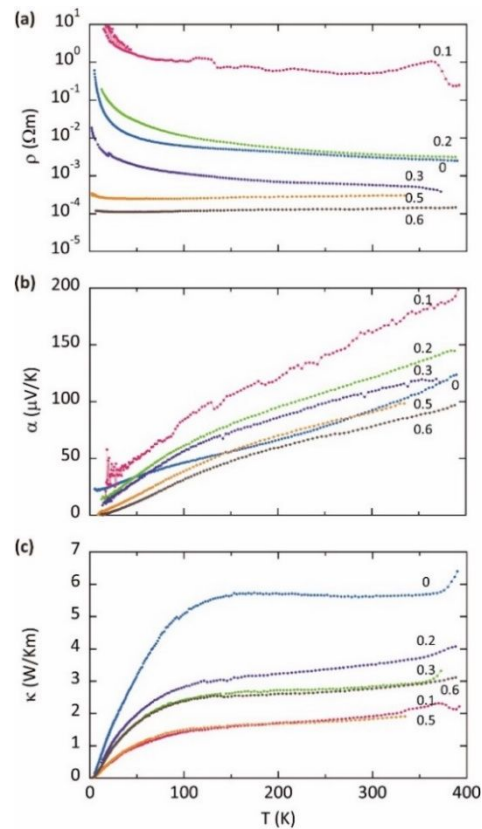


図 2 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 0.6$) の (a) AC 電気抵抗率、(b) ゼーベック係数、(c) 熱伝導度。

程度より高温側でほぼ一定値となる。室温付近での値は、 $x = 0$ で約 6 W/Km 程度であるが、Na 置換に伴う格子系のランダムネスの増加とともに低下する傾向にあり、 $x \sim 0.5$ では $1 \sim 2 \text{ W/Km}$ 程度の比較的低い値を示す。 $x = 0.6$ に於いて 400 K 付近での電力因子 ($\text{PF} = \alpha^2/\rho$) は約 $6 \times 10^{-5} \text{ W/K}^2\text{m}$ 程度、 $ZT (= \alpha^2/\kappa\rho \times T)$ は約 0.008 程度である。これらの熱電特性値は実用には十分なレベルではないが、配向などの材料化の工夫をしない素の値 (物性値) の比較としては、層状コバルト酸化物 $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ のそれに匹敵する。

(4) 電子構造・電子物性

図 3(a, b) に CaCo_2O_4 ($x = 0$) 及び $\text{Ca}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Co}_2\text{O}_4$ ($x = 0.5$) のバンド構造と電子状態密度 (DOS)、フェルミ面形状を示す。フェルミレベル近傍のバンドは、主に Co $3d$ と $\text{O } 2p$ の反結合軌道状態から構成される。運動量空間の Γ 点 - Y 点間に平坦なバンドから急峻に落ち込む分散が存在する。同様なバンド分散は層状物質の Na_xCoO_2 でも見られるが、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ではその分散方向が Y 点に向けた一次元的なものであることが特徴である。Na 置換でフェルミレベルが低エネルギー側にシフトする時、この分散が一次元的な広いフェルミ面を形成する。フェルミレベル付近の状態密度には特異点的発散があり、広い一次元的フェルミ面による高い電気伝導と相まって、大きな熱起電力を発生している可能性がある。

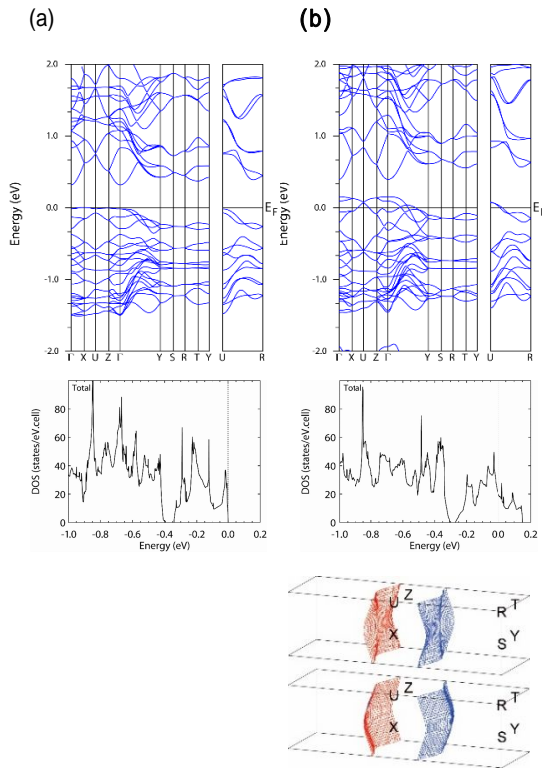


図 3 (a) CaCo_2O_4 のバンド構造、電子状態密度 (DOS). (b) $\text{Ca}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{Co}_2\text{O}_4$ のバンド構造、電子状態密度 (DOS)、フェルミ面.

図 4 (a, b) に赤外分光測定で観測した $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.5$) の光反射率とそのクラマース・クローニッヒ変換で求めた伝導率を示す。反射率は、半導体領域 ($0 \leq x \leq 0.2$) ではスパイク状のフォノン振動が見られるが、 $x = 0.5$ では 0.2 eV 付近にプラズマエッジと低エネルギー極限での大きな反射率が観測される。一方、伝導率には明確な Drude 成分 ($E \sim 0$ の低エネルギー励起成分) が観測され、 $x = 0.5$ 相は金属状態であることが確認された。この励起のエネルギー幅は 0.1 eV 以下であることから、フェルミレベル直下には狭いバンドが存在することが示唆され、主に $\text{Co } t_{2g}$ 軌道から成るバンドであると同定された。また、1 ~ 10 eV 付近には、Na 置換量に依存しない励起成分が観測され、0 2p 軌道からのバンド間遷移による電荷移動ギャップとして解釈された。

比熱測定により、デバイ温度 (θ) と電子比熱係数 (γ) が求められた。デバイ温度は 800 ~ 500 程度であり、Na 置換量の増加とともに低下する。電子比熱係数は、キャリア増加に伴い、 $x = 0$ での $\sim 3 \text{ mJ/Co-molK}^2$ から、 $x = 0.6$ での $\sim 11 \text{ mJ/Co-molK}^2$ まで単調に増加する。 $x = 0.5$ 相の電子比熱係数から見積もられるフェルミレベルでの状態密度 $D(E_F)$ は、約 17 (1/eV/cell) であり、バンド計算から求められた値の ~ 20 (1/eV/cell) に近いように

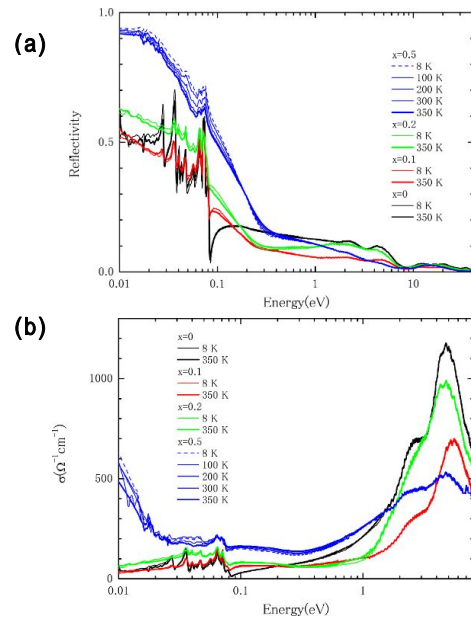


図 4 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.5$) の光反射率(a)と伝導率(b).

見える。一方、磁気測定から得た磁化率から外因的な要因によるキュリー成分を差し引くことで温度に依存しない磁化率成分を抽出した。この温度に依存しない成分は、低 Na 濃度の半導体領域では軌道磁性のヴァン・ブレルク頂と考えられるが、 x とともに増加し、高 Na 濃度の金属領域でのパウリ成分に連続的に遷移する。 $x \sim 0.5$ 付近でのパウリ磁化率は約 $6 \times 10^{-4} \text{ emu/Co-mol}$ 程度である。表 2 に金属領域近傍 ($0.4 \leq x \leq 0.6$) の電子比熱係数、パウリ磁化率、及び、ウィルソン比 (R_W) を纏めた。見積もられたウィルソン比 $R_W = 2 \sim 3$ は、 Na_xCoO_2 のそれにほぼ匹敵することから、比較的強い電子相関が働いていることを示唆する。

表 2 電子比熱係数 γ 、磁化率のパウリ成分 χ_{Pauli} 、ウィルソン比 R_W

Na content (x)	γ (mJ/K ² /mol)	χ_{Pauli} (10 ⁻⁴ emu/mol)	R_W
0.4	9.0	5.5	2.5
0.5	9.9	6.0	2.7
0.6	11.3	6.0	2.3

(5) 考察 - 熱起電力の起源 -

$\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($x = 0.5 \sim 0.6$) 金属相の熱電特性は、高温側 (室温付近) と低温側 (およそ 100 K 以下) で分けて考えると、得られた実験結果を概ね旨く説明できる。低エネルギー励起が支配的な低温領域では電子系の振る舞いはバンド的描像に支配されやすい。 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ 金属相は、基本的なバンド構造は Na_xCoO_2 のそれに類似しているにも拘わらず、この温度領域でゼーベック効果の十分なエ

ンハンスが観測されない。これは次元性の違いに起因すると考えられる。即ち、 b 軸方向にバンド構造に起因する低い電気抵抗率と比較的高い熱起電力を保有していたとしても、方位がランダムな多結晶では、試料全体として a, c 軸方向の影響も含めた平均的な輸送特性になりやすく、特有な性能がでない。

一方、乱雑な励起に支配された高温側では、電子相関や磁気相関などの高いエネルギー励起が電子系全体を支配する可能性がある。この領域では次元性は輸送特性に影響を及ぼしにくいであろうから、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ 金属相の熱電特性は層状コバルト酸化物のそれに匹敵するものになると考えられる。今後、単結晶試料を用いた輸送特性の異方性の解明、及び、室温以上の高温領域での輸送特性の測定が鍵となる。

(6) その他

$\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ 以外の熱電物質を探索する過程で、新規超伝導体 SrAuSi_3 を合成することに成功したほか、スピン軌道モット絶縁体 Ba_2IrO_4 のキャリア置換効果や電子物性に関する研究を行った。これらの物質の熱電特性に関する研究は今後の課題である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 14 件)

Masaaki Isobe, Masao Arai, and Naoki Shirakawa, "Superconductivity in noncentrosymmetric SrAuSi_3 ", *Phys. Rev. B* **93**, 054519 (2016). doi.org/10.1103/PhysRevB.93.054519 査読有り

Shunsuke Tsuda, Hirotaka Okabe, Masaaki Isobe, and Shinya Uji, "Two-Magnon Scattering in Spin-Orbital Mott Insulator Ba_2IrO_4 ", *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**, 023703 (2016). dx.doi.org/10.7566/JPSJ.85.023703 査読有り

Taras Kolodiaznyy, Hiroya Sakurai, Masaaki Isobe, Yoshitaka Matsushita, Scott Forbes, Yuriy Mozharivskyj, Timothy J. S. Munsie, Graeme M. Luke, Mary Gurak, and David R. Clarke, "Superconductivity and crystal structural origins of the metal-insulator transition in $\text{Ba}_{6-x}\text{Sr}_x\text{Nb}_{10}\text{O}_{30}$ tetragonal tungsten bronzes", *Phys. Rev. B* **92**, 214508 (2015). doi.org/10.1103/PhysRevB.92.214508 査読有り

Masaaki Isobe, Hiroyuki Yoshida, Koji Kimoto, Masao Arai, and Eiji Takayama-Muromachi, " SrAuSi_3 : A Noncentrosymmetric Superconductor", *Chem. Mater.* **26**, 2155-2165 (2014). dx.doi.org/10.1021/cm500032u 査読有り

A. Yamasaki, S. Tachibana, H. Fujiwara, A. Higashiya, A. Irizawa, O. Kirilmaz, F.

Pfaff, P. Scheiderer, J. Gabel, M. Sing, T. Muro, M. Yabashi, K. Tamasaku, H. Sato, H. Namatame, M. Taniguchi, A. Hloskovskyy, H. Yoshida, H. Okabe, M. Isobe, J. Akimitsu, W. Drube, R. Claessen, T. Ishikawa, S. Imada, A. Sekiyama, and S. Suga, "Bulk nature of layered perovskite iridates beyond the Mott scenario: An approach from a bulk-sensitive photoemission study", *Phys. Rev. B* **89**, 121111(R) (2014). doi.org/10.1103/PhysRevB.89.121111 査読有り

M. Moretti Sala, M. Rossi, S. Boseggia, J. Akimitsu, N. B. Brookes, M. Isobe, M. Minola, H. Okabe, H. M. Rønnow, L. Simonelli, D. F. McMorrow, and G. Monaco, "Orbital occupancies and the putative $j_{\text{eff}} = 1/2$ ground state in Ba_2IrO_4 : A combined oxygen K-edge XAS and RIXS study", *Phys. Rev. B* **89**, 121101(R) (2014). doi.org/10.1103/PhysRevB.89.121101 査読有り

S. Moser, L. Moreschini, A. Ebrahimi, B. Dalla Piazza, M. Isobe, H. Okabe, J. Akimitsu, V. V. Mazurenko, K. S. Kim, A. Bostwick, E. Rotenberg, J. Chang, H. M. Rønnow, and M. Grioni, "The electronic structure of the high-symmetry perovskite iridate Ba_2IrO_4 ", *New Journal of Physics* **16**, 013008 (2014). doi:10.1088/1367-2630/16/1/013008 査読有り

Atsushi Yamasaki, Ozan Kirilmaz, Akinori Irizawa, Atsushi Higashiya, Takayuki Muro, Hidenori Fujiwara, Florian Pfaff, Philipp Scheiderer, Judith Gabel, Michael Sing, Makina Yabashi, Kenji Tamasaku, Andrei Hloskovskyy, Hirotaka Okabe, Hiroyuki Yoshida, Masaaki Isobe, Jun Akimitsu, Wolfgang Drube, Tetsuya Ishikawa, Shin Imada, Akira Sekiyama, Ralph Claessen, and Shigemasa Suga, "Spin-Orbit-Coupling-Induced j_{eff} States in Perovskite Iridates Studied by Photoemission Spectroscopy", *JPS Conf. Proc.* **3**, 013001 (2014). dx.doi.org/10.7566/JPSCP.3.013001 査読有り

Masaaki Isobe, Hirotaka Okabe, and Jun Akimitsu, "Magnetic States in Quasi-2-D Iridium Oxides with Large Spin-orbit Coupling", *J. Kor Phys. Soc.* **63**, 394-397 (2013). doi:10.3938/jkps.63.394 査読有り

H. Okabe, M. Isobe, E. Takayama-Muromachi, N. Takeshita, and J. Akimitsu, "Carrier doping effect for transport properties of a spin-orbit Mott insulator Ba_2IrO_4 ", *Phys. Rev. B* **88**, 075137 (2013). doi.org/10.1103/PhysRevB.88.075137 査読有り

有り

Jun Sugiyama, Hiroshi Nozaki, Kazutoshi Miwa, Hiroyuki Yoshida, Masaaki Isobe, Krunoslav Prša, Alex Amato, Daniel Andreica, and Martin Månsson, "Partially disordered spin structure in Ag_2CrO_2 studied with $\mu^+\text{SR}$ ", Phys. Rev. B **88**, 184417 (2013).

doi.org/10.1103/PhysRevB.88.184417 査読有り

Masahiro Nagao, Yeong-Gi So, Hiroyuki Yoshida, Masaaki Isobe, Toru Hara, Kazuo Ishizuka, and Koji Kimoto, "Direct observation and dynamics of spontaneous skyrmion-like magnetic domains in a ferromagnet", Nature Nanotechnology **8**, 325 - 328 (2013). doi:10.1038/nano.2013.69 査読有り

S. Boseggia, R. Springell, H. C. Walker, H. M. Rønnow, Ch. Rüegg, H. Okabe, M. Isobe, R. S. Perry, S. P. Collins, and D. F. McMorrow, "Robustness of Basal-Plane Antiferromagnetic Order and the $J_{\text{eff}} = 1/2$ State in Single-Layer Iridate Spin-Orbit Mott Insulators", Phys. Rev. Lett. **110**, 117207 (2013). doi.org/10.1103/PhysRevLett.110.117207 査読有り

Daisuke Oorii, Masafumi Sakata, Atsushi Miyake, Katsuya Shimizu, Hirotaka Okabe, Masaaki Isobe, Eiji Takayama-Muromachi, Jun Akimitsu, "Pressure-induced metal-insulator transition of the mott insulator Ba_2IrO_4 ", J. Kor. Phys. Soc. **63**, 349-351 (2013). doi: 10.3938/jkps.63.349 査読有り

〔学会発表〕(計 22 件)

筆頭 11 件

磯部雅朗, 木本浩司, "Ca-Pd-Si 三元系の超伝導", 日本物理学会第 72 回年次大会, 2017/3/17-3/20, 大阪大学・豊中キャンパス (大阪府・豊中市).

Masaaki Isobe, "Magnetic and Transport Properties of the Spin-Orbit Mott Insulating Antiferromagnets", EMN (Energy Materials Nanotechnology) Meeting on Magnetic Materials 2016, 2016/3/21-3/24, Kona, Hawaii, US.

Masaaki Isobe, " Ba_2IrO_4 : Spin-Orbit Mott State and its Carrier Doping Effect", EMN (Energy Materials Nanotechnology) Bangkok Meeting 2015, 2015/11/10-11/13, Bangkok, Thailand.

磯部雅朗, 新井正男, 室町英治, "対称中心を持たない新物質 SrAuSi_3 の超伝導状態", 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).

Masaaki Isobe, " Ba_2IrO_4 : Carrier doping effect on the spin-orbit Mott state", EMN

(Energy Materials Nanotechnology) Qingdao meeting 2015, 2015/6/14-6/17, Qingdao, China.

磯部雅朗, 小野田みつ子, 吉田紘行, "高圧合成の新物質 Ag_2FeO_2 と Ag_2CrO_2 の積層不整", 日本結晶学会平成 26 年度年会, 2014/11/1-11/3, 東京大学・本郷キャンパス (東京都・文京区).

磯部雅朗, 木本浩司, 新井正男, 室町英治, "空間反転対称性の破れた超伝導体 SrAuSi_3 の合成と物性", 2014/9/7-9/10, 日本物理学会 2014 年秋季大会, 中部大学・春日井キャンパス (愛知県・春日井市).

Masaaki Isobe, "A novel gold-based superconductor SrAuSi_3 ", EMN (Energy Materials Nanotechnology) Summer Meeting 2014, 2014/6/9-6/12, Cancun, Mexico.

磯部雅朗, 吉田紘行, 木本浩司, 新井正男, 室町英治, "空間反転対称性の破れた新しい超伝導体 SrAuSi_3 ", 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014/3/27-3/30, 東海大学・湘南キャンパス (神奈川県・平塚市).

Masaaki Isobe, "New-materials search for noncentrosymmetric superconductors", 2013/10/27-10/31, Centro Stefano Franscini - Swiss Federal Institute of Technology, Acsona, Switzerland.

Masaaki Isobe, Hirotaka Okabe, Eiji Takayama-Muromachi, and Jun Akimitsu, "Magnetic susceptibility of a spin-orbit Mott insulator Ba_2IrO_4 ", The Internal Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES 2013), 2013/8/5-8/9, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

その他共著者筆頭 11 件

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nims.go.jp/research/group/storong-correlated-materials/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

磯部 雅朗 (ISOBE MASAAKI)

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・強相関物質グループ・グループリーダー

研究者番号: 10354309

(2) 研究分担者

新井 正男 (ARAI MASAO)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・材料特性理論グループ・主席研究員

研究者番号: 40222723