

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14646

研究課題名（和文）低温複分解を用いたKitaev型磁性体のスピン軌道結合効果の制御と異常物性探索

研究課題名（英文）Search for anomalous physical properties via controlling of spin-orbit coupling effect of the Kitaev magnet with using low-temperature metathesis reaction

研究代表者

原口 祐哉（Haraguchi, Yuya）

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：70808667

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）：Kitaevモデルは、量子スピン液体を実現する量子多体モデルとして広く知られていますが、その性質を実現する磁性体（Kitaev磁性体）の物質は限られていました。本研究では、トポケミカル反応や固相メタセシス反応などの速度論に基づく反応経路制御手法を用いて、4種類の新しいKitaev磁性体の開発に成功しました。さらに、それらの磁気特性を詳細に調べることで、量子スピン液体的振る舞いを示す化合物を発見するとともに、三方晶歪による励起状態の混成やモット崩壊状態など、多様な電子状態がKitaev磁性体の特徴を決定することを明らかにしました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって新たに開発された新しいKitaev磁性体は、学術的に量子スピン液体やKitaev物質の理解を深める上で重要です。これらの物質は多様な電子状態や磁気特性を持ち、量子多体系の理論と実験の橋渡しを可能にします。また、社会的意義として、Kitaev磁性体や量子スピン液体は、量子コンピューターや量子通信技術の発展に寄与する可能性があります。量子スピン液体は、非常に長い量子コヒーレンス時間を持ち、高い信頼性や効率を持つ量子情報処理技術の実現が期待されています。本研究で開発された新しいKitaev磁性体は、これらの応用技術の開発に重要な役割を果たす可能性があります。

研究成果の概要（英文）：The Kitaev model is widely known as a quantum many-body model that realizes quantum spin liquid, but the number of magnetic materials (Kitaev magnetic materials) that realize its properties has been limited. In this study, we successfully developed four new Kitaev magnets using kinetic control, such as topochemical and solid-state metathesis reactions. Furthermore, by investigating their magnetic properties in detail, we discovered compounds that exhibited quantum spin liquid-like behavior and clarified that various electronic states, such as the hybridization of excited states due to tetragonal distortion and Mott collapse, determine the characteristics of the Kitaev magnets.

研究分野：固体化学

キーワード：Kitaevモデル スピン軌道相互作用 固相メタセシス トポケミカル反応 量子スピン液体

1. 研究開始当初の背景

キタエフ模型は、結合方向に依存した三種類の異方的なイジング相互作用からなる量子多体模型であり、その厳密解が量子スピン液体基底状態となります。キタエフ磁性体の研究は、量子スピン液体の理解を促進することが最重要目的となっています。量子スピン液体は、非常に低い温度にもかかわらず、無秩序な磁気状態が維持される特殊な量子磁気相を示します。この結果、磁気的秩序が抑制され、その励起状態はトポロジカル量子計算を実現するとされる非可換エニオン粒子が生成します。そのため、キタエフ模型を実現する磁性体(キタエフ磁性体)の開発が世界中で進められています。

新たなキタエフ磁性体の開発が求められる理由は、以下の点にまとめられます。

①実験的検証: 理論的に予測されるキタエフ磁性体の特性を実験的に確認することで、理論と実験間の不一致を解消し、量子スピン液体やトポロジカル特性に関する理解を深めることが重要です。

②物質の多様性: 既知のキタエフ磁性体は限られた種類のみが存在しており、新しいキタエフ磁性体の開発によって、異なる化学組成や結晶構造を持つ物質を調査することが可能となり、量子磁性特性に関する理解がさらに進展します。

2. 研究の目的

本研究の目的は、キタエフ模型を持つ新しい物質の開発とその新奇な物性の探求であり、低温合成法がその手法として用いられます。本研究では、以下の3つの目標を明確に設定し、取り組みました。

①低温合成法による新しいキタエフ型磁性体の開発

②新しい低温合成法の開発と対象物質の拡張

③異常物性の開拓を目指したスピン軌道相互作用のチューニング

これらの目標を達成することで、キタエフ磁性体における物理の理解を深めることを目指しました。

3. 研究の方法

研究開始前に申請者が発見した α - Li_2IrO_3 と MgCl_2 および ZnCl_2 との反応によりイルメナイト型イリジウム酸化物 MgIrO_3 および ZnIrO_3 が生成されるメタセシス反応を更に発展させ、アルカリ金属イリジウム複酸化物 α - Li_2IrO_3 、 β - Li_2IrO_3 、 Na_2IrO_3 や遷移金属塩化物や硫酸塩と反応させることで固相メタセシス反応やトポケミカル反応を引き起こし、新しいハニカム格子/ハイパーハニカム格子イリジウム酸化物の合成を目指しました。適宜不活性塩の添加による反応界面のコントロールなどにより反応を制御する手法を開発しました。さらに、イリジウムだけでなく、コバルト酸化物やルテニウム酸化物にも対象物質を拡大し、キタエフ磁性体の開発を目指しました。

4. 研究成果

CdIrO_3 、 β - ZnIrO_3 、 $\text{LaNaIr}_2\text{O}_6$ 、 $\text{CaCo}_2\text{TeO}_6$ などの新キタエフ物質の開発に成功した。

①新しいイルメナイト型イリジウム酸化物 CdIrO_3

CdIrO_3 の合成には MgIrO_3 や ZnIrO_3 の合成と同様に α - Li_2IrO_3 と CdCl_2 と混合し加熱するだけでは生成されず、独自の工夫が必要でした。反応に不活性な KCl を添加することで反応が促進されることがわかりました。図1に示すように、 CdIrO_3 の帯磁率の温度依存性に弱強磁性転移が 91 K で確認され、 MgIrO_3 や ZnIrO_3 よりも高い磁気転移温度を有していることがわかりました。また、有効磁気モーメントは $2.26 \mu_B$ と推定され、他のイリジウム酸化物と比較して大きく乖離しています。これは、Ir 周りの局所的な結晶構造の差異に由来して、超交換相互作用パラメータがチューニングされていることが示唆されます。Ir 周りに大きな三方晶結晶場歪が生じている CdIrO_3 ではキタエフ模型からの乖離が生じていることを意味しています。

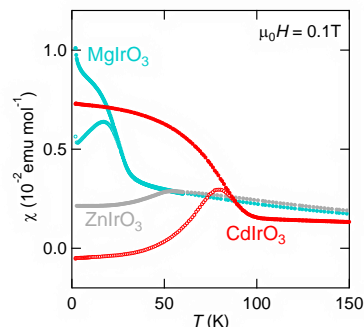


図1 イルメナイト型イリジウム酸化物の磁化率の温度依存性。

図1に示すように、 CdIrO_3 の帯磁率の温度依存性に弱強磁性転移が 91 K で確認され、 MgIrO_3 や ZnIrO_3 よりも高い磁気転移温度を有していることがわかりました。

②新しいハイパーハニカム格子イリジウム酸化物 $\beta\text{-ZnIrO}_3$

イルメナイト型イリジウム酸化物のメタセシス合成を応用し、イリジウムがハイパーハニカム格子と呼ばれるキタエフ模型を実現する三次元ネットワークを有する $\beta\text{-Li}_2\text{IrO}_3$ (ハニカム型 $\alpha\text{-Li}_2\text{IrO}_3$ の多形体) を前駆体としてトポケミカル反応を試みました。 ZnCl_2 を用いたイオン交換では合成の再現性が極めて低く研究当初は苦戦しましたが、 ZnSO_4 と KCl の混合塩を用いることで再現よくトポケミカル反応を引き起こし、新物質 $\beta\text{-ZnIrO}_3$ の純良試料を得ることができるようになりました。

磁化率測定から、 $1.804(3) \mu_B$ および正の Weiss 温度 $45.2(6) \text{ K}$ と見積もられることが分かりました。これは、 $J_{\text{eff}} = 1/2$ に近い状態が実現していることを示しています。また、正の Weiss 温度は $J_{\text{eff}} = 1/2$ 擬スピンが強磁性的に結合していることを意味し、キタエフ模型と一致します。さらに、低温では磁化率は有限の値に近づく傾向があるものの、驚くべきことにほとんど磁場依存性がありません。図 2 挿図に示される交流帯磁率も周波数依存性がほとんどなく、直流帯磁率と一致しています。また、比熱は線形依存性を示すだけでなく、ほとんど磁場に依存しないことが分かりました。これらの結果はすべて、キタエフスピン液体の実現を示唆しています。今後 μSR 測定や RIXS 測定を通じてさらなる検証を行っていく予定です。

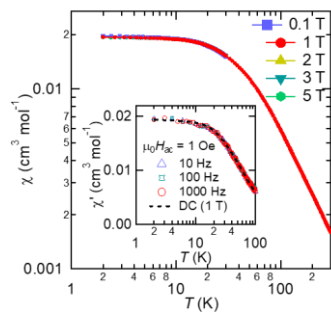


図 2 $\beta\text{-ZnIrO}_3$ の磁化率および交流帯磁率の温度依存性。

③イリジウムハニカム格子化合物 $\text{LaNaIr}_2\text{O}_6$

スピン軌道結合型モット絶縁体 Na_2IrO_3 において、層間 Na^+ イオンを La^{3+} イオンに置換することで新しいハニカム格子イリジウム $\text{LaNaIr}_2\text{O}_6$ を合成することに成功しました。結晶構造解析により、金属-金属結合を伴う Ir ジグザグ鎖が形成されていることが明らかになりました。 $\text{LaNaIr}_2\text{O}_6$ は、図 3 に示すように有限のゾンマーフェルト項を示す熱容量の温度依存性を有しており、モット崩壊による金属状態が実現したことが示されています。これは、Ir 金属結合の形成に伴う運動エネルギーの増大がモット崩壊の原因となっていることが予想されます。

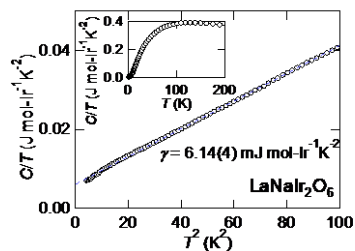


図 3 $\text{LaNaIr}_2\text{O}_6$ の比熱の温度依存性。

これらの観測結果は、 $J_{\text{eff}} = 1/2$ スピン軌道結合モット絶縁体である Ir ハニカム格子において、トポケミカルなイオン配置制御がモット崩壊を引き起こすことを示唆しています。この研究は、新しい物質設計への道筋を示すとともに、モット崩壊現象の理解を深める重要な知見を提供しています。

④コバルトハニカム格子 $\text{CaCo}_2\text{TeO}_6$

$\text{Na}_2\text{Co}_2\text{TeO}_6$ の Na イオンを Ca イオンに交換することで新しいキタエフ物質 $\text{CaCo}_2\text{TeO}_6$ を合成することに成功しました。この化合物は、 CoO_6 八面体の立方体対称性を近づけることで、非キタエフ相互作用を低減させることができることがわかりました。 $\text{CaCo}_2\text{TeO}_6$ は、 $\text{Na}_2\text{Co}_2\text{TeO}_6$ ($T_N \sim 27 \text{ K}$) よりも低い $T_N \sim 13 \text{ K}$ で反強磁性秩序を示し、比較的低い磁場 ($\sim 4 \text{ T}$) で磁気秩序が抑制されます。さらに、 $\text{CaCo}_2\text{TeO}_6$ の Weiss 温度の異方性と単一イオン磁気異方性は、キタエフ物質である $\alpha\text{-RuCl}_3$ と類似性を示唆しています。

これらの結果は、 $\text{CaCo}_2\text{TeO}_6$ がキタエフ量子スピン液体の性質を探求し、そのエキゾチックな振る舞いを支配する基本的なメカニズムを理解するための有効なプラットフォームとなる可能性を示しています。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Haraguchi Yuya, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 34
2. 論文標題 Honeycomb lattice iridate on the verge of Mott-collapse	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 465602 ~ 465602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ac916e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kakimoto Kazuo, Takada Saki, Ohta Hiroto, Haraguchi Yuya, Hagihala Masato, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Mitamura Hiroyuki, Tokunaga Masashi, Hatakeyama Atsushi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 91
2. 論文標題 Magnetism of Al _x Fe _{2-x} GeO ₅ with Andalusite Structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 054704 ~ 054704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.054704	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 Kakimoto Kazuo, Ohta Hiroto, Haraguchi Yuya, Hagihala Masato, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 91
2. 論文標題 Sinusoidal Magnetic Structure of Andalusite-type Al _x Fe _{2-x} GeO ₅ with x = 0.09 and 0.15	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 054707 ~ 054707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.054707	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 Sun Zhenyu, Zhou Hui, Wang Cuixiang, Kumar Shiv, Geng Daiyu, Yue Shaosheng, Han Xin, Haraguchi Yuya, Shimada Kenya, Cheng Peng, Chen Lan, Shi Youguo, Wu Kehui, Meng Sheng, Feng Baojie	4. 巻 22
2. 論文標題 Observation of Topological Flat Bands in the Kagome Semiconductor Nb ₃ C18	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 4596 ~ 4602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.2c00778	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 Haraguchi Yuya, Ohnoda Takehiro, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 106
2. 論文標題 Perfect kagome-lattice antiferromagnets with Jeff= 1/2: The Co ²⁺ -analogs of copper minerals volborthite and vesignieite	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214421 ~ 214421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.214421	査読の有無 無
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 Edakubo Minami, Richter Lukas Janos, Haraguchi Yuya, Aruga-Katori Hiroko, Ihlemann J?rgen, Miyaji Godai	4. 巻 12
2. 論文標題 Improvement of the optical transmittance of a SiO ₂ surface by a femtosecond-laser-induced homogeneous nanostructure formation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 3982 ~ 3982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.470510	査読の有無 無
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 Haraguchi Yuya, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 -
2. 論文標題 Monoclinic distortion in hyperhoneycomb Kitaev material -ZnIrO ₃ revealed by improved sample quality	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.230108	査読の有無 無
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 Haraguchi Yuya, Arikai Hiroki, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 33
2. 論文標題 Metallic state in the vicinity of molecular orbital crystallization in the d ¹ thiospinel ZnTi ₂ S ₄ prepared via a reductive ion-exchange reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 395603 ~ 395603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ac1369	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Haraguchi Yuya, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Hiroi Zenji	4. 巻 104
2. 論文標題 Quantum antiferromagnet bluebellite comprising a maple-leaf lattice made of spin-1/2 Cu ²⁺ ions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 174439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.174439	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Raito, Ohta Hiroto, Kobayashi Yoshio, Haraguchi Yuya, Katori Hiroko Aruga, Nakamura Jin	4. 巻 91
2. 論文標題 Magnetic properties of Eu(Co _{1-x} Ni _x) ₂ P ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 24701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.024701	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 Haraguchi Yuya, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 6
2. 論文標題 Quantum paramagnetism in the hyperhoneycomb Kitaev magnet -ZnIrO ₃	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 L021401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.L021401	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yatsuzuka Hayato, Haraguchi Yuya, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 12
2. 論文標題 Spin glass transition in the spin-orbit-entangled Jeff = 0 Mott insulating double-perovskite ruthenate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 06467-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-06467-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kakimoto Kazuo, Ohki Yoshiaki, Takada Saki, Haraguchi Yuya, Yamamoto Ayako, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 51
2. 論文標題 Formation of the metastable iron(III) germanate Fe ₂ GeO ₅ through kinetic control of the oxidative reaction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 451 ~ 454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220024	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 Kakimoto Kazuo, Takada Saki, Ohta Hiroto, Haraguchi Yuya, Hagihala Masato, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Mitamura Hiroyuki, Tokunaga Masashi, Hatakeyama Atsushi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 91
2. 論文標題 Magnetism of Al _x Fe _{2-x} GeO ₅ with Andalusite structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 54704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.054704	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kakimoto Kazuo, Ohta Hiroto, Haraguchi Yuya, Hagihala Masato, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 91
2. 論文標題 Sinusoidal Magnetic Structure of Andalusite-Type Al _x Fe _{2-x} GeO ₅ with x = 0.09 and 0.15	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 54707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.054707	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 Haraguchi Yuya, Kakimoto Kazuo, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 299
2. 論文標題 4d ³ Ru ⁵⁺ triangular lattice antiferromagnets: Layered rock-salt -Li ₃ Mg ₂ RuO ₆ and ion-exchanged delafossite Ag ₃ Mg ₂ RuO ₆	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Solid State Chemistry	6. 最初と最後の頁 122171 ~ 122171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jssc.2021.122171	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 Haraguchi Yuya, Nawa Kazuhiro, Michioka Chishiro, Ueda Hiroaki, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Avdeev Maxim, Sato Taku J., Yoshimura Kazuyoshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Frustrated magnetism in the J1-J2 honeycomb lattice compounds MgMnO3 and ZnMnO3 synthesized via a metathesis reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 124406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.3.124406	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 Haraguchi Yuya, Katori Hiroko Aruga	4. 巻 4
2. 論文標題 Strong antiferromagnetic interaction owing to a large trigonal distortion in the spin-orbit-coupled honeycomb lattice iridate CdIrO3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 44401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.4.044401	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 原口祐哉, 大野田豪宏, 松尾晶, 金道浩一, 香取浩子
2. 発表標題 高スピンd7 Co2+ Jeff=1/2 完全カゴメ磁性体の水熱合成
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 固体化学の立場から見えてきたキタエフ磁性体の開発指針
3. 学会等名 第32回日本MRS年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅井晋一郎, 原口祐哉, 香取浩子, 池田陽一, 益田隆嗣
2. 発表標題 新規キタエフ模型候補物質CaCo ₂ TeO ₆ の中性子回折
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石北大悟, 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 過剰アルカリ金属インターカレート系Mo ₃ クラスターMott絶縁体における創発的三角格子磁性
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原口祐哉, 吉田悠澄, 三宅厚志, 徳永将史, 香取浩子
2. 発表標題 高スピンd ⁷ キタエフ磁性体CaCo ₂ TeO ₆ の磁気異方性評価
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原口祐哉, 松尾晶, 金道浩一, 香取浩子
2. 発表標題 低温固相メタセシスによって合成した四面体配位d ₈ 系スピン軌道結合J=0磁性候補物質NiRh ₂ O ₄ における磁気秩序の観測
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daigo Ishikita, Yuya Haraguchi, Hiroko Aruga Katori
2. 発表標題 Frustrated magnetism in alkaline-intercalated Mo3O8-type compounds
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Haraguchi, Akira Matsuo, Koichi Kindo, Hiroko Aruga Katori
2. 発表標題 Kitaev spin liquid signature in the hyperhoneycomb iridate
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya Haraguchi, Hiroko Katori, Chishiro Michioka, Hiroaki Ueda, Kazuyoshi Yoshimura
2. 発表標題 From rocksalt to ilmenite: a metathesis route for the synthesis of novel quantum materials
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口祐哉, 安倍崇仁, 香取浩子
2. 発表標題 低温固相メタセシスによるサイトミクスチャーの無いスピネル酸化物MgCo2O4の合成
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 八ニカム格子を持つイリジウム酸化物のトポケミカル合成の最近の動向
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村頼人, 太田寛人, 原口祐哉, 香取浩子, 松尾晶, 金道浩一, 小林義男, 中村仁
2. 発表標題 中間原子価化合物Eu(Co _{1-x} Ni _x) ₂ P ₂ の ¹⁵¹ Euメスバウアー分光測定によるEu価数の研究
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野田豪宏, 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 高スピンd ⁷ 電子系K ₁ taev-Heisenberg模型カゴメ格子反強磁性体BaCo ₃ (XO ₄) ₂ (OH) ₂ (X = V, As)の合成と磁性
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柿本和勇, 原口祐哉, 三田村裕幸, 徳永将史, 畠山温, 香取浩子
2. 発表標題 kyanite構造Fe ₂ GeO ₅ の磁性
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八束波椰斗, 原口祐哉, 松尾晶, 金道浩一, 香取浩子
2. 発表標題 八ニカム格子系 $J_{eff} = 0$ スピン軌道結合磁性体候補物質 $CdRuO_3$
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口祐哉, 松尾晶, 金道浩一, 廣井善二, 香取浩子
2. 発表標題 ハイパー八ニカム格子を有するKitaev常磁性体 - $ZnIrO_3$ の磁気状態の再考および周辺物質の探索
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口祐哉, 松尾晶, 金道浩一, 香取浩子
2. 発表標題 新しい $S = 1$ カゴメ格子ニッケル化合物の磁化プラトー
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口祐哉, 廣井善二
2. 発表標題 $S=1/2$ 二次元メイプルリーフ格子反磁性体Bluebelliteにおける創発的二次元磁性
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村頼人, 太田寛人, 原口祐哉, 香取浩子, 松尾晶, 金道浩一, 中村仁
2. 発表標題 中間原子価化合物Eu(Co _{1-x} Ni _x) ₂ P ₂ の構造と磁性
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柿本和勇, 太田寛人, 原口祐哉, 萩原雅人, 鳥居周輝, 神山崇, 畠山温, 香取浩子
2. 発表標題 andalusite構造Al _x Fe _{2-x} GeO ₅ (x = 0.15, 0.2)の磁気構造研究
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八束波椰斗, 原口祐哉, 松尾晶, 金道浩一, 香取浩子
2. 発表標題 Jeff = 0スピン軌道結合磁性候補物質SrLaGaRuO ₆ におけるスピングラス転移
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 香取浩子, 原口祐哉, 瀧雅也, 矢島健, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良
2. 発表標題 イルメナイト型ルテネイトMgRuO ₃ におけるスピン軌道結合金属の可能性
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田悠澄, 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 新しいKitaev-Heisenberg磁性体CaCo ₂ TeO ₆ における磁場誘起スピン液体の可能性
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口祐哉, 松尾晶, 金道浩一, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良, 香取浩子
2. 発表標題 トポケミカル法を用いた新しいキタエフ磁性体の探索
3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 トポケミカル安定化された八ニカム格子イリジウム酸化物の物性
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原口祐哉, 香取浩子
2. 発表標題 イルメナイト構造をもつスピン軌道結合イリジウム酸化物における結晶構造と磁性の関係
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柿本和勇, 太田寛人, 原口祐哉, 萩原雅人, 鳥居周輝, 神山崇, 香取浩子
2. 発表標題 粉末中性子回折測定によるandalusite相AlxFe2-xGeO5の磁気構造研究
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村頼人, 太田寛人, 原口祐哉, 香取浩子, 中村仁
2. 発表標題 Eu(Co1-xNix)2P2のucT及びcT構造における磁性
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原口祐哉, 太田寛人, 香取浩子
2. 発表標題 低温複分解反応を用いた新規キタエフ候補物質の探索
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村頼人, 太田寛人, 原口祐哉, 香取浩子, 中村仁
2. 発表標題 EuCo2P2のNi置換による磁性の研究
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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		
中国	Chinese Academy of Sciences		