

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04924

研究課題名（和文）均一粒径モリブデン酸銅におけるテトラクロミズムの複合環境下制御の解明

研究課題名（英文）Investigation of the tetrachromism in uniform grain-size copper molybdate under combined conditions

研究代表者

浅野 貴行（Takayuki, Asano）

福井大学・学術研究院工学系部門・准教授

研究者番号：00301333

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、クロミズム化合物の構造変化に伴う自発的な結晶粉碎によって生成された粒径サイズに起因する磁気的性質の解明を目的に実施した。クロミック磁性体であるCuMoO₄に着目し、元素置換による人為的な粒径制御を試みた。その結果、CuMoO₄の単結晶試料における自発的な粒径変化に起因する特異な磁気的性質を人為的に元素置換したCuMoO₄の粉末試料を用いて再現することに成功した。また、流星ボールミルやゾル-ゲル法による粒径制御も試み、粒径制御のサイズ幅の拡大を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CuMoO₄が知覚の中の視覚のみを感覚情報とする外部からエネルギーの供給を全く必要としないクリーンなセンサーとしての可能性を秘めた基礎研究から未踏領域である応用研究への礎となる研究成果である。また、この基礎研究の成果を一般社会へ普及させることにより、日々の生活からクリーンエネルギーへ貢献する新しい社会システムへと大きく転換させることが可能であり、さらにグリーンイノベーションやSDGsへの貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study was initiated to elucidate the magnetic properties resulting from the grain-size generated by spontaneous crystal-crushing associated with structural changes in chromic compounds. We attempted to control the grain-size by elemental substitution in CuMoO₄ artificially. As a result, we succeeded in reproducing the magnetic properties caused by the spontaneous grain-size change in single crystal by artificially substituting elements in the powder samples. We also attempted to control the grain-size by the ball mill and the sol-gel methods and realized an expansion of the region of the grain-size control.

研究分野：磁性，磁気共鳴，機能性材料

キーワード：クロミズム モリブデン酸銅

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

外部からの何らかの刺激により物質の色が変わるクロミズム効果は、その原理を探究する基礎研究に留まらず、応用・技術に発展する研究分野として学術的に大変興味深い研究課題である。クロミズムに関する研究は、化学分野、特に、錯体化学や有機化学の国内外の研究者によって精力的に研究されている。また、クロミズム効果を有する材料の幾つかは、既に実用化され、我々の日常生活に欠かすことができないレベルに到達している。

これまでのクロミズム効果は、一種類の外部環境の変化による単独のクロミズム現象として研究されてきたが、本研究では「複数の外部環境を同時に変化させることにより多種類のクロミズム現象が融合した新奇機能を出現させることは可能であるか?」との学術的な「問い」に対する指針を提供することができる研究課題である。これまでに報告されている「温度」・「圧力」・「磁場」の変化に起因するクロミズムに加え、新しい変数として「粒径」を制御することにより、『粒径』と『クロミズム』の相関、即ち、サイズ効果に起因する『サイズクロミズム』の効果を理解し、これまでに報告例のない四種変数に起因する『テトラクロミズム』の磁氣的性質について解明する。この新しい機能である『テトラクロミズム』の実験的研究の実施は、知覚の中の視覚のみを感覚情報とする外部からエネルギーの供給を全く必要としないクリーンなセンサーとしての可能性を秘めた基礎研究から未踏領域である応用研究への礎となる学術的研究課題である。

2. 研究の目的

クロミズム効果の研究の多くは、各種クロミズム効果を単独の現象として捉え報告している。本研究では、磁性体である CuMoO_4 を用いることにより各効果を磁気現象の異常に変換することが可能であり、「サーモクロミズム」・「ピエゾクロミズム」・「マグネットクロミズム」・「サイズクロミズム」が融合した新しい『テトラクロミズム』を有する非常に特色のある新奇な機能を実験的に明らかにすることを目的とする。特に、 CuMoO_4 は、外部からの圧力印加により構造相転移を誘発した結果として結晶の色が変化する「ピエゾクロミズム」が報告されている。これまで各種置換効果により結晶内部にケミカルプレッシャーを誘起し、低温から室温に至る広範なクロミズム現象の制御に成功した。その際、測定条件や測定履歴により、結晶の粒の大きさが異なることを発見した。一般的に粒径の小さいナノ粒子の研究においては、その効果の特徴として、粒の微粒化に伴う表面積の著しい増加が大きく寄与していることが挙げられる。本研究において着目するクロミック化合物 CuMoO_4 の置換効果による構造相転移温度の制御結果から判断して、粒径が小さくなることにより低温相が実現されている可能性があり、結晶粒の表面に構造相転移後の低温相、結晶粒の内部に構造相転移前の高温相が存在していることかを想起される。この興味深いクロミズムの粒径依存性を現実のものにするため、積極的に結晶の粒径を制御した試料を準備し、複合環境下において精密な磁氣的測定を実施する。その結果、「粒径」と「クロミズム」の相関である「サイズクロミズム」を併せた四種変数の制御による「テトラクロミズム」の新奇な磁氣的性質の全貌を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

母物質 CuMoO_4 の粒径を制御する新しい試みを実施した。高純度の粉末クロミック化合物 CuMoO_4 は、既知の焼成条件により現有設備である高温高精度電気炉を用いて合成した。その後、遊星型ボールミルを用いて粒径の異なる均一化された試料を多数準備した。ボールミルの材質は、磁性不純物の寄与を排除するためジルコニアを選択した。また、各試料の粒径分布は、学内産学官連携本部に常設されている走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて計測した。遊星型ボールミルを用いることによる結晶構造の変化の有無は、現有設備の X 線回折装置により確認した。磁氣的性質は、現有設備の複合環境下磁化測定装置、さらに極端条件下磁化測定は、国内共同利用施設に設置されている非破壊パルス磁場を用いて実施した。

4. 研究成果

確立している合成条件により電気炉などの外的式加熱を用いて粉末試料を合成した。その後、遊星型ボールミル粉砕機を用いて粉砕条件の異なる多種類の粉末試料を準備した。粒径の異なる粉末試料の各種磁気異常を観測した結果、元素置換効果により観測された構造相転移に起因する温度での磁気異常と同様の傾向を示した。即ち、「温度」におけるクロミズム制御に加え、「粒径」がクロミズムに多大な影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、遊星型ボールミル粉砕機の使用により巨大な「圧力」が印加されているため、その圧力によって誘起された磁気相の出現を示唆する興味深い磁気異常が観測された。

合成した各種粒径の異なる試料の極端条件下での物性測定として、大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センターに常設されている非破壊パルス磁場を用いて磁化過程 (最

大磁場 50 T, 最低温度 1.3 K) の測定を実施した。その結果, 粒径に依存せず常に飽和磁化の 1/3 の常磁性的な磁化過程が観測されたか。加えて約 20 T の反強磁性二量体に起因する異常が遊星型ボールミル粉碎機の粉碎時間の増加に伴い明確に観測され, 同様に磁化の増大も観測された (図 1)。粉碎時間の増加, 即ち粒径が小さくなることにより, これら反強磁性二量体の成分の出現や磁化の増大は, 粒径が減少したことによる表皮効果が顕著に現れたことが原因であると考えてられる。さらに興味深いことは, 遊星型ボールミル粉碎機を使用したことによる圧力印加によって異なる相の出現が観測された。

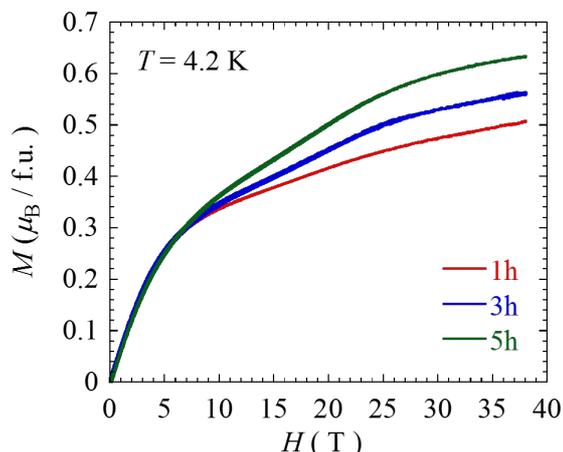


図 1 遊星ボールミル粉碎時間が異なる CuMoO₄ の強磁場磁化過程

さらに広範な粒径変化による物性制御を試みた。しかし, 遊星型ボールミルによる試料の粉碎は, 巨大な圧力の印加を出現させるため, その結果として母物質である CuMoO₄ が有するピエゾクロミズムの性質が誘発され, 各種物性に多大な影響を及ぼすことが明らかとなった。即ち, 長時間の遊星型ボールミル粉碎機の使用によって生成されて粒径の小さい試料は, 既にクロミズムの起源である構造変化が起きているため, サーモクロミズムにより物性変化を検出することが困難であることが判明した。そこで, 遊星型ボールミル粉碎機による外圧的粒径制御ではなく, 新たに元素置換により内圧的粒径制御を実施した。具体的には, CuMoO₄ の Mo⁶⁺ を W⁶⁺ に元素置換した各種試料を合成し, 特に, 極端条件下での磁化測定の結果, 母物質 (CuMoO₄) の単結晶試料における粉碎過程 (粒径変化) と同様の各種磁化過程が観測された。この元素置換により, W⁶⁺ をコアとする何らかの凝集が誘発され, その結果として粒径に変化を及ぼしたと推測される。また, これまでの固相からの試料合成ではなく, より純良な粉末試料を合成することが可能である液相からの合成の必要性を示す結果が得られた。

固相反応法により合成した CuMoO₄ を用いて, 元素置換や流星ボールミルによる粒径制御を試みてきたが, 流星ボールミルの使用では, 予想以上の外部圧力の影響により本来の結晶構造とは異なる (高压) 相への構造変化が判明した。そこで, 固相反応法から液相法である共沈法やゾルゲル法により, CuMoO₄ の微細な粉末試料を合成し粒径制御を試みた。特に, ゼルゲル法により合成した前駆体の焼成条件を制御することにより, 結晶子サイズを広範に制御可能であることが明らかとなった。また, 従来の電気炉などの外部加熱に加えて, 新しい試みとして内部加熱を誘発するマイクロ波照射を試験的に実施することにより, 目的とする結晶子サイズを有する粉末試料の合成も可能であることも判明した。粒径の異なる粉末試料の極端条件下, 特にパルス磁場を用いた精密磁化測定を実施した。その結果, 粒径サイズの違いにより, 磁性相の存在比率が異なることを示唆する磁化過程を観測した (図 2)。

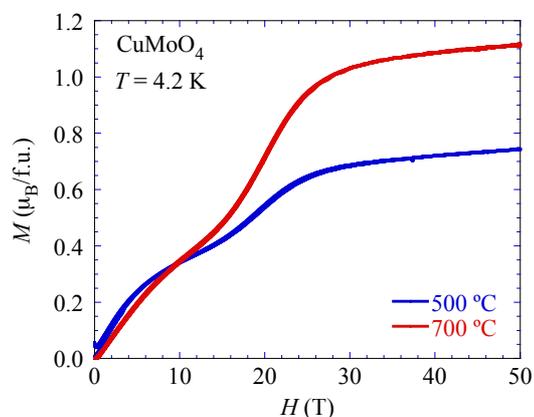


図 2 ゼルゲル前駆体焼成時間が異なる CuMoO₄ の強磁場磁化過程

本研究期間において, 単結晶を用いた構造変化に伴う自発的な結晶粉碎によって生成された粒径サイズに起因する磁氣的性質の実験的観測を発端とし, 磁性イオンから非磁性イオン, イオン半径の異なる同族イオンへの元素置換による人為的な粒径制御を実施した。その結果, 単結晶試料の自発的な粒径制御を人為的な元素置換により粉末試料を用いて再現することに成功した。また, 粒径制御のサイズ幅の拡大を目的とし, 流星ボールミルを用いたトップダウンによる制御ではなく, ゼルゲル法による生成した前駆体からのボトムアップによる制御を実現した。さらに, 内部加熱を誘発するマイクロ波照射の可能性を確認することができるなど, 今後の新たな展開を期待できる成果を得ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hideyuki Takahashi, Yuya Ishikawa, Tsubasa Okamoto, Daiki Hachiya, Kazuki Dono, Kanata Hayashi, Takayuki Asano, Seitaro Mitsudo, Eiji Ohmichi, Hitoshi Ohta	4. 巻 118
2. 論文標題 Force detection of high-frequency electron spin resonance near room temperature using high-power millimeter-wave source gyrotron	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 022407-1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 B. Shinozaki, S. Ezaki, T. Odou, T. Asano and K. Makise	4. 巻 567
2. 論文標題 Anomalous electron inelastic scattering rate probed via superconducting fluctuation in epitaxial NbN thin films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica C	6. 最初と最後の頁 1353547-(7)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 B. Shinozaki, S. Ezaki, T. Odou, K. Makise, and T. Asano	4. 巻 969
2. 論文標題 Superconducting Fluctuations above T _c and pair breaking parameters of two dimensional Niobium Nitride Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys.: Conf. Ser.	6. 最初と最後の頁 012061-(5)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Bunju Shinozaki, Kazumasa Makise, and Takayuki Asano	4. 巻 969
2. 論文標題 Quantum phase slip and enhancement of superconductivity by magnetic field in NbN nanowires	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys.: Conf. Ser.	6. 最初と最後の頁 012062-(5)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Y. Ishikawa, K. Ohya, S. Miura, Y. Fujii, S. Mitsudo, T. Mizusaki, A. Fukuda, A. Matsubara, H. Kikuchi, T. Asano, H. Yamamori, S. Lee and S. Vasiliev	4. 巻 969
2. 論文標題 High-frequency electron-spin-resonance measurements on $Mn_xMg_{1-x}O$ ($x = 1.0 \times 10^{-4}$) and DPPH at very low temperatures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys.: Conf. Ser.	6. 最初と最後の頁 012111-(6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kazumasa Makise, Yuya Mizokami, Tatsuya Nogami, Genki Sawada, Takayuki Asano, Bunju Shinozaki, and Fusao Ichikawa	4. 巻 5
2. 論文標題 Estimations of superconducting fluctuation effects in amorphous MoRu and MoRe alloy thin films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mater. Res. Express	6. 最初と最後の頁 096406-(6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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31件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 藤井裕, 石川裕也, 笈田智輝, 浅野貴行, 古谷峻介
2. 発表標題 S=1/2擬一次元反強磁性体Cu(C4H4N2)(NO3)2のESRスペクトルの極低温域における温度変化
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 林哉汰, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕
2. 発表標題 S=1/2 二次元直方格子反強磁性体Ca2Cu(OH)4[B(OH)4]2のX-band ESR測定
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 林哉汰, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕
2. 発表標題 S=1/2 二次元直方格子反強磁性体Ca ₂ Cu(OH) ₄ [B(OH) ₄] ₂ のX-band ESR測定
3. 学会等名 第七回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林哉汰, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕
2. 発表標題 X-band帯における擬二次元反強磁性体Ca ₂ Cu(OH) ₄ [B(OH) ₄] ₂ の角度回轉ESR
3. 学会等名 第29回赤外線学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩佐和晃, 星川晃範, 松川健, 石垣徹, 浅野貴行, 稲垣裕次, 河江達也
2. 発表標題 クロミック物質CoMoO ₄ の不整合 - 整合磁気秩序相転移
3. 学会等名 2020年度中性子科学会年会 (JSNS2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林哉汰, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕
2. 発表標題 S=1/2擬二次元反強磁性体Ca ₂ Cu(OH) ₄ [B(OH) ₄] ₂ のX-band ESR測定
3. 学会等名 電子スピンスイェンス学会2020 (SET2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井裕, 石川裕也, 笈田智輝, 浅野貴行, 古谷 峻介
2. 発表標題 S=1/2 反強磁性鎖モデルcopper pyrazine dinitrate における超低温域でのESR スペクトルの温度変化
3. 学会等名 電子スピンサイエンス学会2020 (SET2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林哉汰, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕, 原茂夫, 光藤誠太郎
2. 発表標題 S=1/2擬二次元反強磁性体heniliteのgテンソル測定
3. 学会等名 2020年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤田健太郎, 西首時夫, 浅野貴行, 鳴海康雄, 萩原政幸
2. 発表標題 フラストレート系Cu5O2(P04)2の磁氣的性質
3. 学会等名 2020年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西首時夫, 浅野貴行, 鳴海康雄, 萩原政幸, 神戸高志, 岩佐和晃
2. 発表標題 CuCl2 · (-pic)2単結晶の磁化測定
3. 学会等名 2020年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 大矢健太, 三浦俊亮, 福田昭, 浅野貴行, 小泉優太, 光藤誠太郎, 水崎隆雄, 松原明, 菊池彦光, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 山森英智
2. 発表標題 3He-4He希釈冷凍機を用いたミリ波帯超低温ESR/NMR測定装置の開発
3. 学会等名 日本赤外線学会第83回定例研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎, 浅野貴行, 堂野孝暉, 大見謝恒宙, 笈田智輝, 林哉汰, 福田昭, 松原明, 山森英智, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 泉小波, 菊池彦光
2. 発表標題 福井大学におけるミリ波帯磁気共鳴装置開発の取り組みII
3. 学会等名 第六回西日本強磁場科学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野貴行, 横山太紀, 稲垣祐次, 河江達也, 神戸高志, 鳴海康雄, 萩原政幸, 岩佐和晃, 星川晃範, 松川健, 石垣徹, 菊池彦光
2. 発表標題 クロミック物質CoMoO4の磁性
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 鈴木ひかり, 浅野貴行, 西村文宏, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 ゾル-ゲル法によるCuMoO4の粒径制御の試み
3. 学会等名 2019年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾花直輝, 浅野貴行, 稲垣祐次, 河江達也, 鳴海康雄, 萩原政幸, 菊池彦光
2. 発表標題 S=1/2三角スピクラスタ-RbBa3Ca4Cu3V7O28の磁性
3. 学会等名 2019年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野作一生, 西首時夫, 浅野貴行, 菊池彦光
2. 発表標題 一次元反強磁性体 CuBr2(g-pic)2単結晶のESR測定
3. 学会等名 2019年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野貴行, 須井健太, 稲垣達也, 菊池彦光, 西村泰三, 久保克隆, 牧瀬圭正, 伊藤利充, 鳴海康雄, 萩原政幸, 松尾晶, 金道浩一
2. 発表標題 CuMoO4の強磁場磁化過程
3. 学会等名 物性研短期研究会 / 強磁場科学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕也, 浅野貴行, 浅田瑞枝, 中村敏和, 三浦俊亮, 藤井裕, 光藤誠太郎, 菊池彦光
2. 発表標題 S=1/2擬一次元反強磁性鎖Cu(C4H4N2)(NO3)2の高周波ESR
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名	Yuya Ishikawa, Yutaka Fujii, Kenta Ohya, Yuta Koizumi, Shunsuke Miura, Seitaro Mitsudo, Akira Fukuda, Takayuki Asano, Takao Mizusaki, Akira Matsubara, Hikomitsu Kikuchi, Hidetomo Yamamori
2. 発表標題	Development Of Millimeter-Wave Electron-SpinResonance Measurement Apparatus For Ultralow Temperatures And Its Application To Measurement Of CuPzN
3. 学会等名	43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	石川裕也, 藤井裕, 大矢健太, 三浦俊亮, 福田昭, 浅野貴行, 小泉優太, 光藤誠太郎, 水崎隆雄, 松原明, 菊池彦光, Soonchil Lee, Sergey Vasiliev, 山森英智
2. 発表標題	3He-4He希釈冷凍機を用いたミリ波帯超低温ESR/NMR測定装置の開発
3. 学会等名	第57回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	西首時夫, 浅野貴行, 菊池彦光
2. 発表標題	一次元交替バンド反強磁性体 CuCl2.(g-pic)2の鎖間相互作用
3. 学会等名	2018年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Bunju Shinozaki, Kazumasa Makise, Takayuki Asano
2. 発表標題	Negative magnetoresistance due to the depression of Quantum phase slip in NbN nanowires
3. 学会等名	The 31st International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 篠崎文重, 牧瀬圭正, 浅野貴行
2. 発表標題 NbN超伝導細線の上部臨界磁場Hc2(T)
3. 学会等名 第124回日本物理学会九州支部例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kanata Hayashi, Tomonori Sano, Yusuke Takahashi, Yuya Ishikawa, Takayuki Asano, Hajime Yamamoto, Hiroyuki Kimura, Terutoshi Sakakura, Yukio Noda, Yutaka Fujii, Seitaro Mitsudo
2. 発表標題 Angular rotation ESR measurements of S=1/2 two-dimensional antiferromagnet henmilite
3. 学会等名 The 22nd International Society of Magnetic Resonance Conference, the 9th Asia-Pacific NMR Symposium (APNMR9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅野貴行, 西首時夫, 神戸高志, 鳴海康雄, 萩原政幸, 梅野智大, 臼井一晃, 唐沢悟, 岩佐和晃
2. 発表標題 一次元反強磁性体CuX ₂ · (-pic) ₂ (X=Cl, Br)の磁性と誘電性
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林哉汰, 佐野巴則, 高橋祐輔, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題 S=1/2 二次元反強磁性体Ca ₂ Cu(OH) ₄ [B(OH) ₄] ₂ の高周波ESR
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 I.P. Abdi Karya, 仲川晃, 浅野貴行, 光藤誠太郎
2. 発表標題 高密度ポリエチレン(HDPE)及び FeAlO _x 触媒分解に対するマイクロ波の影響
3. 学会等名 2021年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仲川晃平, I. P. Abdi karya, 浅野貴行, 光藤誠太郎
2. 発表標題 ミリ波焼結法による YBa ₂ Cu ₃ O ₇ 多結晶体の高密度化
3. 学会等名 2021年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣澤康平, 林哉汰, 佐野巴則, 高橋佑輔, 浅野貴行, 石川裕也, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題 ESR/NMR 二重磁気共鳴用ミリ波帯円筒型共振器の開発
3. 学会等名 2021年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林哉汰, 廣澤康平, 奥谷顕, 高橋佑輔, 石川裕也, 浅野貴行, 山本孟, 木村宏之, 坂倉輝俊, 野田幸男, 藤井裕, 光藤誠太郎
2. 発表標題 低次元反強磁性体Ca ₂ Cu(OH) ₄ [B(OH) ₄] ₂ の高周波ESR
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣澤康平, 石川裕也, 林哉汰, 藤井裕, 大矢健太, 浅野貴行, 光藤誠太郎, Jarno Jarvinen, Sergey Vasiliev
2. 発表標題 ESR/NMR二重磁気共鳴測定に向けたミリ波帯円筒型共振器の開発II
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022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
---------	---------