

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03746

研究課題名(和文) 極低温4GPa級高圧下ESRによる直交ダイマー系の高圧量子相の研究

研究課題名(英文) Study of high-pressure quantum phase of orthogonal dimer spin system by low-temperature 4 GPa class high-pressure ESR measurement

研究代表者

櫻井 敬博 (Sakurai, Takahiro)

神戸大学・研究基盤センター・助教

研究者番号：60379477

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：3 GPaを超えるESR測定用の圧力セルの開発と、スピン緩和に伴う試料の温度上昇によりESRを観測する熱検出型ESRの圧力下での測定手法の開発を行った。同手法のプロブをコンパクトにできる利点により試料空間の小さな横磁場印加可能な超伝導磁石と組み合わせて、圧力下においてESRの磁場角度依存性測定を可能にした。これは直交ダイマー系物質SrCu₂(BO₃)₂の高圧量子相の詳細観測に非常に有用である。同物質に関しては、常圧下においてワイヤグリッドを用いESRの直接遷移モードの偏光依存性測定を行った。その結果、本系の直接遷移は電磁波の磁場成分だけでなく、電場成分によっても励起可能であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は、強磁場、高周波数下で、3 GPaという高圧下においてESR測定が可能で、更にその磁場角度依存性測定をも可能なシステムを構築した点にある。これは高圧量子相の解明が望まれるSrCu₂(BO₃)₂においても威力を発揮すると期待される。しかも観測に用いた熱検出法は、専用のミリ波検出器が不要、周波数の制限がない等、汎用性、拡張性が高い。また同物質については、従来Dzyaloshinsky-Moriya由来の振動磁場励起によるとされてきた本系のESRの直接遷移モードが、振動電場によっても励起可能であることを示した。これは今後の理論研究等にパラエティを与えるものである。

研究成果の概要(英文)：We have developed a pressure cell for ESR measurement, which can generate a pressure above 3 GPa. We also have succeeded in observing ESR under pressure with thermal detection technique, which observes ESR by the temperature increase of the sample due to the spin relaxation. Taking advantage of the fact that this technique can make the probe compact, we combined it with a split-pair type superconducting magnet. This enables us to obtain the magnetic field angle dependence of ESR spectra under pressure. This is very useful for detailed observation of the high-pressure quantum phase of the orthogonal dimer system SrCu₂(BO₃)₂. Polarization dependence measurements of the direct transition ESR mode were carried out for this material using a wire grid. As a result, it was found that the direct transition mode in this system can be excited not only by the magnetic field component of electromagnetic waves but also by the electric field component.

研究分野：電子スピン共鳴

キーワード：熱検出型ESR 高圧 直交ダイマー 直接遷移 電場励起

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

二次元直交ダイマー系として知られる $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ においては、2017年以降、圧力印加により、ダイマー一重項からプラケット一重項への量子相転移を観測したとの報告が相次いでなされていた。プラケット一重項状態とは、2つのスピんで形成されるダイマー一重項とは大きく異なり、4つのスピんで形成される特殊な一重項状態である。これは、本系特有の、二次元面上でのダイマーが互いに直交したスピン格子と、この格子によるスピン間の強いフラストレーションにより生ずるとされる。一方、このプラケット一重項状態は未解明な部分が多い。例えば、圧力下非弾性中性子散乱 (INS) の結果は、プラケット状態として、対角の相互作用を含んだ四角形上の4つのスピんで一重項を形成する full 型と呼ばれる状態を示唆するが、理論的には、対角の相互作用を含まない四角形上の4つのスピんで一重項を形成する void 型の方がより安定であるとされてきた。更に最新の理論においては、更なる高圧領域での新たな量子相転移の存在が示唆され、これは低圧側の量子相転移 P_{c1} で full 型プラケットへの転移が実現しているとすれば、高圧側の転移 P_{c2} では full 型からこれまで予想されてきた void 型への転移を期待させる。この様に、本系において多彩な量子相転移が存在し得るのは、ダイマー内相互作用 J とダイマー間相互作用 J' の比が圧力によって変化し、基底状態に拮抗する状態がいくつも現れるからに他ならない。即ち、本系のプラケット状態を明らかにすることは、単なる学術的興味に止まらず、フラストレートしたスピン系における量子相転移の研究に対しても格好の舞台を提供している。

一方で、本系の高圧量子相を実験的に、特にミクロスコピックに観測することは難しい。特に高圧側の量子相転移 P_{c2} は、申請者の見積もりによれば 3 GPa 程度の圧力下において生じており、このような高い圧力下において、ミクロな観点からスピン状態を観測することは種々の困難を伴う。例えば、比較的大きな試料を必要とする INS では圧力下での実験はせいぜい 2 GPa 程度までであり、これは $P_{c1} \sim 1.8$ GPa の観測には十分であるが $P_{c2} \sim 3$ GPa には及ばない。この様に、本系の高圧量子相をミクロな観点から観測する実験手法の確立が急務の課題であった。申請者はこれまでに、高圧下 ESR により本系の励起ギャップの圧力依存性において P_{c1} の観測に成功していた。ESR は INS に比べ試料量が少なくすむため、より試料空間の小さな、従って発生圧力の大きな圧力セルとの組み合わせも可能と考え、高圧下 ESR の圧力領域の拡張と、本系への応用を目指した。

2. 研究の目的

本系の目的は最終的に二次元直交ダイマー系 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ への応用を目指し、3 GPa を超える高圧下 ESR 測定手法を確立することである。

3. 研究の方法

本研究では、申請者がこれまで開発してきた高圧下 ESR 用電磁波透過型圧力セルの圧力拡張を行った。主に内径を縮小することにより実現する。更に、将来的な $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ への応用を見据え、ダイマー相、full 相、void 相等、各相の識別に有用な情報を与えられ、圧力下において角度回転依存性 ESR 測定が可能なシステムを開発した。

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ については、直接遷移 ESR モードの偏光依存性の測定を行った。即ち、試料付近にワイヤーグリッドを試料の面に平行に置き、グリッド方向を 90° 回転させることで、結晶軸への照射電磁波の電場 (e) 及び磁場 (h) 成分の結合を変化させた。

4. 研究成果

申請者が開発した高圧下 ESR 用の圧力セルは、ピストンシリンダー型のものであり、最大の特徴は電磁波が透過するよう全ての内部部品がセラミクスで作製されている点である。セラミクスとしては電磁波に対する透過性と破壊靱性に優れたジルコニア系セラミクスを用いている。従来の圧力セルは、内径 5 mm、外径 28 mm、繰り返し発生可能な圧力は最大 2 GPa 程度であった。

まず本研究では圧力セル内径と発生圧力の関係を調べた。圧力セルとしては

- 1) 外径 28 mm、内径 4 mm
- 2) 外径 23.5 mm、内径 4 mm
- 3) 外径 23.5 mm、内径 3 mm

を作製した。1) は従来圧力セルから内径を小さくしたものである。2) 3) で外径を 23.5 mm にしたのは、外径 28 mm では利用可能なクライオスタットが限られるため、より広範に利用可能とするためである。これらの結果、繰り返し発生可能な最大圧力は、1) 2.5 GPa、2) 2.0 GPa、

3) 2.8 GPa であることが分かった。1) から 2) へ、内径を変えないまま外径を小さくすると、高圧下でシリンダーに変形が生じ、発生圧力に影響を及ぼすことが明らかになった。また、内部部品が破損に至り、内部部品を繰り返し使用することは出来ないが、いずれも上記より 0.3~0.5 GPa 程度高い圧力まで発生させることは可能である。特に 3) においては、3 GPa を超える圧力発生が可能であった。

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ における高圧相は、2次元平面内の対称性に関する情報が得られれば、それはダイマー相、full 相、void 相等、各相の識別に有用な情報になると考えられる。そこで本研究では、熱検出型 ESR と呼ばれる、プローブが非常に単純化される方式を新たに開発し、これによって可能となった横磁場印加可能な超伝導磁石との組み合わせにより、圧力下において角度回転依存性測定を可能とする手法を確立した。熱検出型 ESR とは、共鳴の緩和に伴う試料の温度上昇を検出することにより ESR を観測する手法である。具体的には試料に熱電対を接着し、温度上昇を測定した。このような圧力下における熱検出型 ESR は世界で初めての試みである。利点は、導線導入が可能となるため、スズ等の交流磁化率測定による圧力較正が可能になる点、透過電磁波強を測定する必要がないためプローブが非常に単純化される点等である。後者の利点により、試料空間の狭い横磁場印加型の超伝導磁石との組み合わせが可能になり、これによって角度回転依存性の ESR が可能になった (図 1)。これは将来の $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ への高圧相の識別に非常に有用な手法であると期待される。

本系の ESR 測定においては、基底一重項から励起三重項への直接遷移が観測される。その起源としては、Dzyaloshinsky-Moriya (DM) 相互作用が有力な候補とされているが、結晶構造から期待される DM 相互作用由来の ESR 強度の方位依存性は、理論的に予想されるものとは必ずしも一致しない。そこで本研究では、照射電磁波の電場成分による励起の可能性を考え、直接遷移の偏光依存性の測定からその可能性を探った。単結晶試料に対し、外部磁場を試料の広い面に平行に印加し、電磁波は面に垂直に照射する。試料付近にワイヤグリッドを面に平行に置き、グリッド方向を 90° 回転させることで、結晶軸への照射電磁波の電場 (e) 及び磁場 (h) 成分の結合を変化させた。図 2 はこの様にして得られた典型的な ESR スペクトルである。上段の 2 つのスペクトルは、外部磁場が c 軸に平行で、電磁波の磁場成分で励起した場合のスペクトル ($h \perp c$) と電場成分で励起した場合のそれ ($e \perp c$) を示す。490 GHz では 6 T、8.5 T 付近に二つの直接遷移由来の ESR 信号が観測されることが分かっている。図の矢印で示した信号が対応する信号である。図より、 $h \perp c$ の場合は高磁場側の ESR のみが明瞭に観測され、 $e \perp c$ の場合はどちらも観測されている様子が明らかである。また下段は外部磁場を a 軸に平行に印加した場合のスペクトルである。a 軸、490 GHz では 8 T 付近に一つの直接遷移が観測される。図から、磁場励起 ($h \perp a$)、電場励起 ($e \perp a$)、いずれでも励起可能であり、後者の方が信号強度が大ききようである。この様に本系の直接遷移は電磁波の電場、磁場いずれの成分によっても励起可能であるが、信号強度へのそれぞれの寄与は異なっていることが分かった。

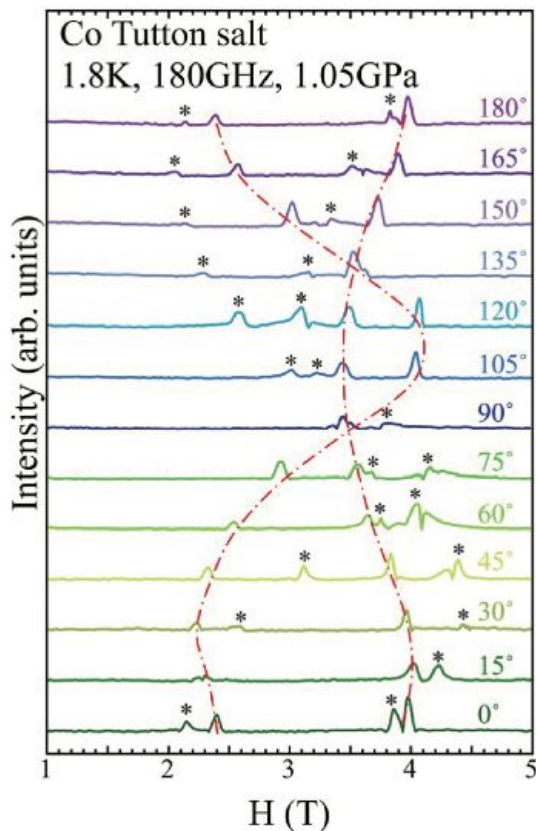


図 1. コバルトタットン塩の 180 GHz、1.8 K、1.05 GPa における角度依存性 ESR スペクトル。* は割れた試料からの信号。破線で結ばれた信号が本質的な信号。圧力は同時に封入したスズの超伝導転移温度から較正。

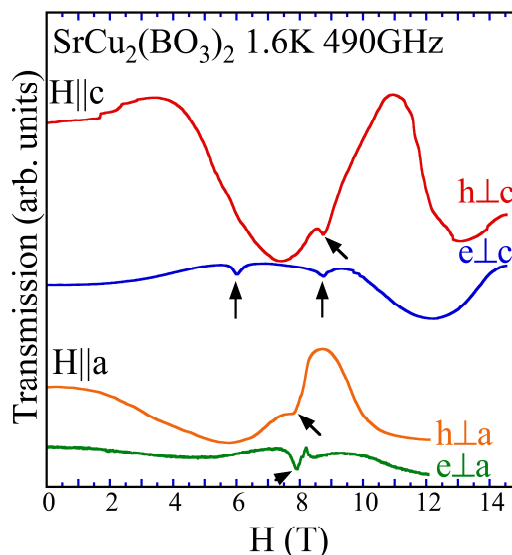


図 2. $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の照射電磁波の偏光依存性スペクトル。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sakurai Takahiro, Ohta Hitoshi, Hara Shigeo, Saito Yu	4. 巻 52
2. 論文標題 High-Pressure THz ESR	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 267 ~ 281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00723-020-01299-7	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 Matsumoto Masashige, Sakurai Takahiro, Hirao Yuki, Ohta Hitoshi, Uwatoko Yoshiya, Tanaka Hidekazu	4. 巻 52
2. 論文標題 First ESR Detection of Higgs Amplitude Mode and Analysis with Extended Spin-Wave Theory in Dimer System KCuCl ₃	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 523 ~ 564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00723-020-01302-1	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 Yamamoto Daisuke, Sakurai Takahiro, Okuto Ryosuke, Okubo Susumu, Ohta Hitoshi, Tanaka Hidekazu, Uwatoko Yoshiya	4. 巻 12
2. 論文標題 Continuous control of classical-quantum crossover by external high pressure in the coupled chain compound CsCuCl ₃	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4263/1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-24542-6	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 Takahashi Hideyuki, Sakurai Takahiro, Ohmichi Eiji, Ohta Hitoshi	4. 巻 92
2. 論文標題 Field-angle-dependent multi-frequency electron spin resonance spectroscopy in submillimeter wave range based on thermal detection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 083901 ~ 083901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0053227	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 Miyawaki Atsuhiko, Eda Kazuo, Mochida Tomoyuki, Sakurai Takahiro, Ohta Hitoshi, Nakajima Takahito, Takahashi Kazuyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Spin-Crossover-Triggered Linkage Isomerization by the Pedal-like Motion of the Azobenzene Ligand in a Neutral Heteroleptic Iron(III) Complex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 12735 ~ 12739
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c02358	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 Curley S. P. M., Huddart B. M., Kamenskyi D., Coak M. J., Williams R. C., Ghannadzadeh S., Schneider A., Okubo S., Sakurai T., Ohta H., Tidey J. P., Graf D., Clark S. J., Blundell S. J., Pratt F. L., Telling M. T. F., Lancaster T., Manson J. L., Goddard P. A.	4. 巻 104
2. 論文標題 Anomalous magnetic exchange in a dimerized quantum magnet composed of unlike spin species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214435/1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.214435	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 E. Matsuoka, S. Ito, H. Sugawara, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 29
2. 論文標題 Magnetic and Transport Properties of a New Kondo-Lattice Compound Ce ₃ NbRh ₄ Ge ₄	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 014002/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.29.014002	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 E. Matsuoka, Y. Iwakiri, A. Oshima, H. Sugawara, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 30
2. 論文標題 Magnetic and Transport Properties of New Cubic compounds Ce ₆ Pd ₁₃ Cd ₄ and R ₆ Pd ₁₃ Zn ₄ (R = Pr, Nd) with the Octahedral Rare-Earth Sublattices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011110/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011110	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 R. Shibuya, E. Matsuoka, H. Sugawara, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 30
2. 論文標題 Magnetic, Transport, and Thermal Properties of New Cubic Compounds Ce ₆ Mg ₂ Z ₃ (Z = C, Si, Ge)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011109/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JSPSC.30.011109	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 T. Uchino, N. Terauchi, R. Matsuzaki, E. Tsushima, S. Fujii, Y. Seto, K. Takahashi, T. Mori,	4. 巻 101
2. 論文標題 Proximity coupling of superconducting nanograins with fractal distributions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 035146/1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.035146	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 H. Kotegawa, M. Matsuda, F. Ye, Y. Tani, K. Uda, Y. Kuwata, H. Tou, E. Matsuoka, H. Sugawara, T. Sakurai, H. Ohta, H. Harima, K. Takeda, J. Hayashi, S. Araki, T. C. Kobayashi	4. 巻 124
2. 論文標題 Helimagnetic Structure and Heavy-Fermion-Like Behavior in the Vicinity of the Quantum Critical Point in Mn ₃ P	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 087202/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.087202	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 Jun-ichiro Setsune, Shintaro Omae, Yukinori Tsujimura, Tomoyuki Mochida, Takahiro Sakurai and Hitoshi Ohta	4. 巻 12
2. 論文標題 Synthesis, Structure, and Magnetic Properties of Linear Trinuclear CuII and NiII Complexes of Porphyrin Analogues Embedded with Binaphthol Units	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 1610/1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym12101610	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. Kuwata, H. Kotegawa, H. Tou, H. Harima, Q.-P. Ding, K. Takeda, J. Hayashi, E. Matsuoka, H. Sugawara, T. Sakurai, H. Ohta, Y. Furukawa	4. 巻 102
2. 論文標題 First-order phase transition to a nonmagnetic ground state in nonsymmorphic NbCrP	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 205110/1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.205110	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 T. Sakurai, B. Rubrecht, L. T. Corredor, R. Takehara, M. Yasutani, J. Zeisner, A. Alfonsov, S. Selter, S. Aswartham, A. U. B. Wolter, B. Buchner, H. Ohta, and V. Kataev	4. 巻 103
2. 論文標題 Pressure control of the magnetic anisotropy of the quasi-two-dimensional van der Waals ferromagnet Cr ₂ Ge ₂ Te ₆	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 024404/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.024404	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 Kimata Hironori, Sakurai Takahiro, Ohta Hitoshi, Mochida Tomoyuki	4. 巻 4
2. 論文標題 Phase Transitions, Crystal Structures, and Magnetic Properties of Ferrocenium Ionic Plastic Crystals with CF ₃ BF ₃ and Other Anions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 1410 ~ 1415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201900141	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 Zvyagin S. A., Graf D., Sakurai T., Kimura S., Nojiri H., Wosnitza J., Ohta H., Ono T., Tanaka H.	4. 巻 10
2. 論文標題 Pressure-tuning the quantum spin Hamiltonian of the triangular lattice antiferromagnet Cs ₂ CuCl ₄	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1064/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-09071-7	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 Kunimoto Takashi, Fujita Yoshiko, Kajiyama Hiroshi, Honma Tetsuo, Kawaguchi Hideki, Ishigaki Tadashi, Ohmi Koutoku, Ohshima Kentaro, Miyazaki Daisuke, Saito Yu, Hara Shigeo, Sakurai Takahiro, Okubo Susumu, Ohta Hitoshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Development of Eu ²⁺ and Mn ²⁺ co-activated silicate phosphor for plant cultivation light source	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SFFD03 ~ SFFD03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab09cc	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 Matsushima Kei, Kotegawa Hisashi, Kuwata Yoshiki, Tou Hideki, Kaneyoshi Jun, Matsuoka Eiichi, Sugawara Hitoshi, Sakurai Takahiro, Ohta Hitoshi, Harima Hisatomo	4. 巻 100
2. 論文標題 Magnetic correlations in the pressure-induced superconductor CrAs investigated by As ⁷⁵ nuclear magnetic resonance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 100501(R)/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.100501	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 Okuto Ryosuke, Ohki Eito, Sakurai Takahiro, Hijii Keigo, Takahashi Hideyuki, Ohmichi Eiji, Okubo Susumu, Ohta Hitoshi, Uwatoko Yoshiya, Tanaka Hidekazu	4. 巻 50
2. 論文標題 Development of High-Field and High-Pressure ESR System and Application to Triangular Antiferromagnet CsCuCl_3	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Magnetic Resonance	6. 最初と最後の頁 1059 ~ 1065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00723-019-01134-8	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 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 櫻井敬博, 安谷佳将, 竹原良祐, 菅原仁, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 圧力下THz ESR装置における圧力較正手法の開発と応用
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 櫻井敬博, 竹原良祐, 菅原仁, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 圧力下THz ESR装置における圧力較正手法の開発と応用II
3. 学会等名 2021年日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井敬博, 長澤直生, 高橋英幸, 大道英二, 太田仁
2. 発表標題 圧力下における熱的検出ESR測定手法の開発
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井敬博
2. 発表標題 ESR測定に適した圧力セル内部部品のジャイロトロンセラミックス焼結装置による作製
3. 学会等名 2021年度福井大学遠赤外領域開発研究センター共同研究成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井敬博, 竹原良祐, 長澤直生, 高橋英幸, 嵯峨慎, 高橋一志, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 スピンギャップ系物質Cu ₂ (C ₅ H ₁₂ N ₂) ₂ C ₁₄ の圧力効果
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 Takahiro Sakurai, Ryosuke Takehara, Hitoshi Sugawara, Susumu Okubo, Hitoshi Ohta
2. 発表標題 Development of Multi-extreme THz ESR System and Its Application to Cobalt Tutton's Salt
3. 学会等名 22nd International Society of Magnetic Resonance Conference-9th Asia-Pacific NMR Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井敬博, 奥藤涼, 大久保晋, 太田仁, 上床美也, 田中秀数, 世良文香, 高阪勇輔, 秋光純, 世良正文, 井上克也
2. 発表標題 三角格子反強磁性体CsCuCl ₃ の高圧下強磁場ESR
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 櫻井敬博, 奥藤涼, 大久保晋, 太田仁, 上床美也, 田中秀数, 世良文香, 高阪勇輔, 秋光純, 世良正文, 井上克也
2. 発表標題 三角格子反強磁性体CsCuCl ₃ の高圧下強磁場ESR II
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 櫻井敬博, 安谷佳将, 竹原良祐, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 圧力下サブミリ波ESR装置の開発と応用
3. 学会等名 第29回日本赤外線研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井敬博, 安谷佳将, 竹原良祐, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 高圧下強磁場ESRシステムの開発と常磁性化合物Co ₂ Tutton塩への応用
3. 学会等名 第59回電子スピンサイエンス学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井敬博, 安谷佳将, 菅原仁, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 第61回高圧討論会
3. 学会等名 高圧下THz ESRシステムにおける圧力較正手法の確立と応用
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井敬博, 安谷佳将, 竹原良祐, 菅原仁, 大久保晋, 太田仁
2. 発表標題 圧力下THz ESR装置における圧力較正手法の開発と応用
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Sakurai, R. Okuto, S. Okubo, H. Ohta, Y. Uwatoko, H. Tanaka, A. Sera, Y. Kousaka, J. Akimitsu, M. Sera, K. Inoue
2. 発表標題 Development of high-pressure THz ESR system and its application to triangular lattice antiferromagnet CsCuCl ₃
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Research in High Magnetic Fields & KINKEN Materials Science School 2020 for Young Scientists (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Sakurai K. Hijii, S. Okubo, H. Ohta, Y. Uwatoko
2. 発表標題 Development of Multi-extreme THz ESR System and Its Application to Orthogonal Dimer Spin Substance SrCu ₂ (BO ₃) ₂
3. 学会等名 International Workshop on Quantum Magnets in Extreme Conditions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井敬博
2. 発表標題 Shastry-Sutherland物質SrCu ₂ (BO ₃) ₂ の高圧下ESRによる量子相転移の観測
3. 学会等名 第2回スピン系物理研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井敬博・奥藤涼介・木村尚次郎・木俣基・野尻浩之・太田仁・大久保晋・上床美也・工藤一貴・小池洋二
2. 発表標題 25T無冷媒型超伝導磁石を用いた直交ダイマー系SrCu ₂ (BO ₃) ₂ の高圧下ESR
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井敬博
2. 発表標題 25T無冷媒型超伝導磁石を用いた高圧下ESR装置の開発と応用
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 櫻井敬博、木村尚次郎、木俣基、野尻浩之、太田仁、大久保晋、上床美也
2. 発表標題 25T無冷媒型超伝導磁石を用いた高圧下THz ESR装置の開発と応用
3. 学会等名 第28回(2019年度)日本赤外線学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井敬博
2. 発表標題 高圧下強磁場THz ESR の現状と今後の展望
3. 学会等名 物性研短期研究会 / 強磁場科学研究会(強磁場コラボラトリーによる強磁場科学の新展開)
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			
ドイツ	University of Augsburg			
ドイツ	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf			