

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03379

研究課題名(和文)ランタノイド系希土類強磁性元素の超高压磁性の全貌解明

研究課題名(英文)Magnetic properties of ferromagnetic lanthanoid elements under high pressures

研究代表者

美藤 正樹 (Mito, Masaki)

九州工業大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：60315108

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：ヘリウム温度から室温までの広い温度域での高圧力下磁気測定技術を向上させるべく、平行調整機能を有しない小型ダイヤモンドアンビルセルを開発し、ランタノイド系強磁性金属Gd, Tb, Dy, Hoに対して磁気秩序消失圧力を再評価した。関連する先行研究と比較し、再現性をもって確認できた部分と新たに確認できた部分の棲み分けを行った。また、高圧力下構造解析の先行研究とも照らし合わせて、強磁性磁気秩序ならびにらせん磁気秩序の消失圧力と結晶構造の相関関係について新しい物理学的知見を得ることができた。特に、TbとHoについては、磁気測定の精度が向上したことでこれまでの理解を超える新しい事実が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

“金属強磁性体の磁気秩序が高圧力下でどのようなになるか？”は物質科学において重要な関心事である。例えば、鉄は10 GPa超の高圧力下で構造相転移に引きずられる形で強磁性状態が消失し、金属状態が超伝導状態にグレードアップする。ランタノイド系にも6種の強磁性元素が存在するが、高圧力下磁気測定から示唆された磁性状態と電気抵抗測定で主張されることが矛盾していた。今回、高圧力下磁気測定技術を向上させ、Gd-Hoの4元素に対して、信頼のおける磁気測定データを入手し、電位抵抗測定に頼らない形で磁性状態の温度・圧力相図を作成することが出来た。単一元素金属の物性ゆえに真相を明らかにしておく必要があった。

研究成果の概要(英文)：We have developed a miniature diamond anvil cell (DAC) without any system to adjust clearance between two anvils, which is suitable for magnetic measurements over wide temperature range from liquid helium temperature to room temperature. By using the DAC, we succeeded in measuring ac magnetization for lanthanoid ferromagnetic metals such as Gd, Tb, Dy, and Ho at pressures more than 20 GPa. The critical pressures, above which the magnetic orders disappear, were precisely evaluated, and they were compared with the results in previous literatures. In particular, we had to revise the information on critical pressures for Tb and Ho. Consequently we mention that the above critical pressures should not be determined from the data of electrical resistance. A series of critical pressures was also discussed on the basis of structural phase transitions under pressures.

研究分野：固体物性

キーワード：ランタノイド 希土類金属 強磁性 高圧力 磁気測定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

伝導電子が創出する強磁性状態は、物質科学における非常に重要なテーマであり続けている。周期律表の 118 種の元素の中で 3d 遷移金属元素の Fe, Co, Ni の 3 種は Stoner モデルで、4f 希土類金属元素 Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm の 6 種は RKKY 相互作用でそれらの強磁性状態が理解される。例えば、Fe は 10 GPa 超の高圧力下で構造相転移が強磁性状態の消失を誘起し、金属状態が超伝導状態にグレードアップする。一方、周期律表で Gd の左隣りの Eu は高圧力下で超伝導体となる。このように、圧力誘起超伝導を期待した強磁性金属の高圧力実験は、多彩な physics を期待させる。

強磁性金属の高圧力実験の主要な物性測定は、磁気測定と電気抵抗測定である。GPa 級の高圧力環境を創出したいとき、必然的に圧力容器の試料空間を小さくせざるを得ない。特に 10 GPa 超の高圧力を求める時、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) を使用することになる。そこでの試料空間は直径 0.2mm 以下・厚み 0.2mm 以下が標準的である。磁化は示量性の物理量であり、その大きさは体積に比例する。つまり、高圧力下での磁化の大きさは必然的に非常に小さくなる。もちろん、電気抵抗測定もその高圧実験は困難を極め、微小結晶 (試料) にいかに電極を装着するかが腕の見せ所となる。強相関電子系のように磁性と電気伝導が強く相関する系では、常圧力下で、磁気測定によって事前に評価した磁気転移温度で、電気抵抗の変化を確認した上で、高圧力下で電気抵抗の変化を追跡することでもって、磁気転移を追跡することがしばしば行われてきた。磁気測定が比較的容易であれば、電気抵抗測定と磁気測定の両方が行われているはずであり、電気抵抗実験の実施数に比べて磁気測定実験の実施数が少ないのが現状である。このことは、強相関電子系に限らず上述の強磁性金属に関する研究にも当てはまる。これらの背景には、高圧力実験との相性を考えたとき、実験室レベルで、おそらく唯一の微弱磁気信号検出ツールである超伝導量子干渉素子 (Superconducting Quantum Interference Device: SQUID) を高圧力環境下で使いこなすことが容易ではなかったことがある、と考えられる。

今回、研究対象とする 4f 希土類 (ランタノイド) 金属強磁性体の場合、高圧力下磁気測定による結果と高圧力下電気抵抗による結果が矛盾している (正確には磁気秩序の消失・存続に関する解釈に齟齬がある)。以下、具体的に説明する。磁気測定の歴史は、1965 年に遡り、McWhan と Stevens が外径 5mm-内径 2mm-厚み 0.3mm のリング状試料によって交流磁化率測定を行い、Gd-Ho に対して磁気秩序の低温側へのシフトとその分裂を報告した[1]。しかし、Gd の磁気秩序の分裂は、2003 年に Iwamoto と Mito らが SQUID を用い、多結晶試料に対して飽和磁化レベルの磁化を測定することによって否定した[2]。同じ手法を用いた Gd-Ho の 4 種に対する磁化測定は、2009 年に Mito らによって結晶構造のデータとともに報告されたが、4 つの強磁性金属で磁気秩序の分裂は起こらず、磁気秩序の消失と単位胞体積の相関が新たに議論された[3]。その Mito らの結果は、その数年前 (2005 年) に電磁誘導方式の交流磁化率測定によって Jackson らが報告された結果と矛盾しない[4]。しかし、2015 年の Lim と Schilling らによる相次ぐ電気抵抗測定は、Gd, Tb, Dy に対して、磁気信号が消失した後の高圧力下でも、磁気秩序が存続すると解釈される電気抵抗異常の存在を観測し、その電気抵抗異常は 100 GPa 超の圧力で室温付近で観測されることを報告した[5, 6]。しかし、Tb と Dy に対しては、元々 2 種類の磁気秩序が存在するにも関わらず、1 種類しか追跡されていないなど、磁気秩序温度以外にも釈然としない点も存在する。

2. 研究の目的

当研究室では約 20 年間、高圧力下磁気測定の技術開発を地道に継続してきた。当初、ランタノイド系強磁性金属に対して本研究グループで報告した手法は、飽和磁化を発現するレベルの高磁場を印加した状態の磁化の温度変化を、印加圧力を変えながら追跡するものであった[2, 3]。現時点での技術レベルと比較すると、実はこの手法は、温度スイープ時に、信号の小さな磁気異常の検出する手法としてはベストな方法ではない。そこで、ヘリウム温度から室温にわたる広い温度域に渡って、信号の小さな磁気異常を検出するベストな手法である“交流磁化測定”を採用して、ランタノイド強磁性体の磁気秩序消失圧力を決定することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

広範囲の温度域を対象にするため、市販の SQUID 磁束計を利用し、それに超小型の DAC を挿入して、交流磁場中 (振幅 3.86 Oe, 周波 3 Hz or 10 Hz) での磁気信号を検出する。S/N 比を向上させるために、各温度で複数回の測定を実施し、統計平均処理された“交流磁化”の情報を採用した。一部の実験では、磁気信号を大きくする手法として、交流磁場に加え、飽和磁化の数% レベルの直流磁場を印加した。この際、わずかではあるが、S/N 比は向上した。また、熱サイクルによる平行度のズレを回避するため、平行調整機能を有しない新型の超小型 DAC を開発し、20-30 GPa の高圧力下で測定の成功率を向上させた。

4. 研究成果

Gd の交流磁化測定の結果を図 1 に示す[7]。Gd は他のランタノイド系強磁性金属と違い、らせん磁性状態を有していない、つまり (昇温過程で) 強磁性-常磁性転移しかない。常圧では 290K

付近に強磁性的な信号が観測された。加圧によって、それが信号強度をわずかに減じながら低温側にてシフトする。まず、hcp 構造 -Sm-type 構造の構造相転移の圧力域である 3 GPa を超えた辺りで、信号強度に大きな減少が見られ、同時に強磁性転移温度(キュリー点 T_C)の低下も顕著になり、強磁性磁気秩序と結晶構造との間に相関があることが明らかになった。次に、さらに加圧すると、Sm-type 構造 dhcp 構造の構造相転移が起こる 6 GPa で磁気秩序として追跡してきた磁気信号が検出感度レベル以下の大きくなる。過去の同様の測定より 1 桁以上高精度の測定を実施している立場からすると、「磁気信号が検出感度以下になった」と言及するのではなく、「磁気秩序が消失した」と結論付けたい。実は、この結果は過去に我々が行った高圧力下磁化測定の結果[2,3]と矛盾しない。以上のことから、Gd については、電気抵抗の測定結果が 6 GPa までのキュリー点を追跡していたことは認めるが、その後の電気抵抗の異常は RKKY 相互作用に起因する短距離秩序を反映したものであり、3 次元的秩序化を追跡したのではない、と結論付けたい。

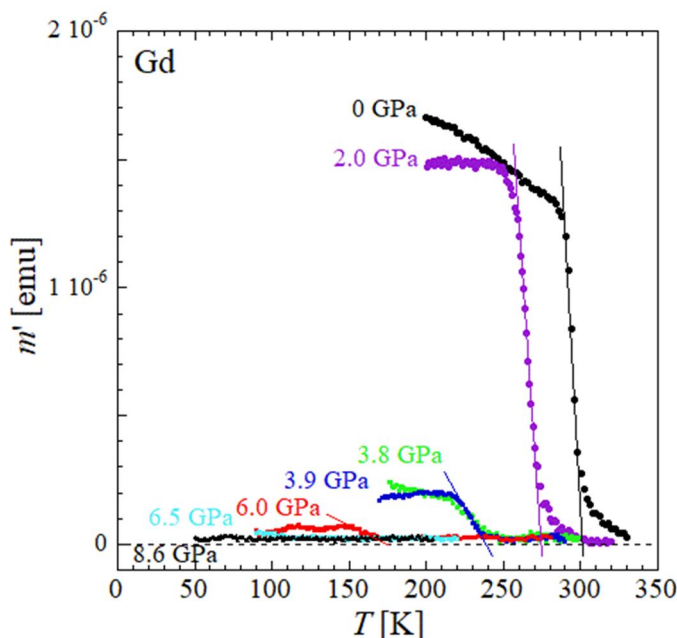


図 1 . Gd の高圧力下における交流磁化の in-phase の温度依存性[7]

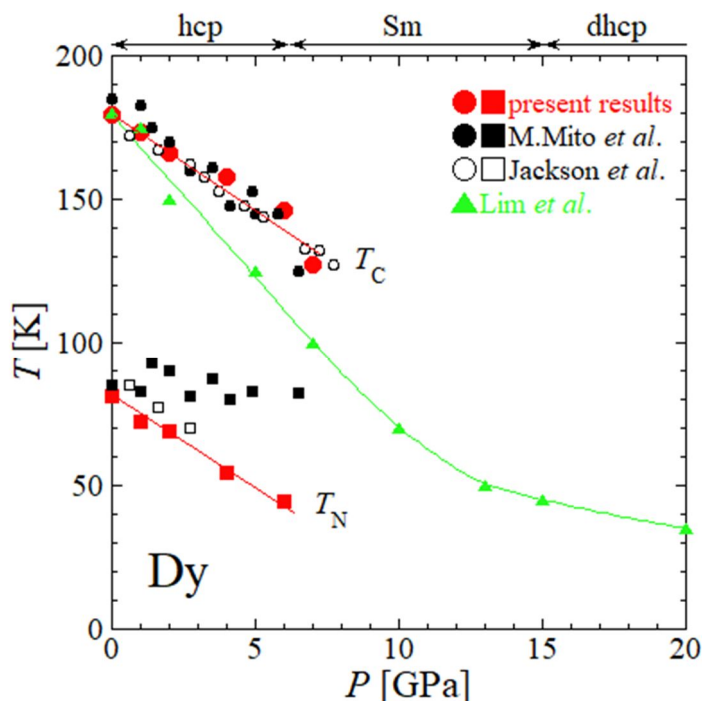


図 2 . Dy の磁気秩序温度の圧力依存性[7]

一方、図 2 の Dy の磁気転移温度の圧力依存性を示す[7]。Dy は低温から強磁性-らせん磁性-常磁性転移をする。ここで、強磁性-らせん磁性の転移温度を T_C 、らせん磁性-常磁性の転移温度を T_N とする。 T_C と T_N はともに加圧とともに減少し、7 GPa 付近で評価できなくなる。これは、

それぞれの磁気異常シグナルが検出感度レベル以下の大きさになったことを意味する。Dy にとって 7 GPa は hcp 構造 -Sm-type 構造の構造相転移の圧力に対応する。参考までに、文献[5]によると、電気抵抗異常は 20 GPa で上昇に転じ、100GPa 超では室温近くまで上昇する。本研究課題の磁気測定においては、Dy は Gd 同様、構造相転移による磁気秩序消失を示唆するが、Gd と違うことは非磁性状態になる圧力が dhcp ではなく Sm-type であることである。結晶構造をベースとした磁気相互作用の計算が必要であるが、これについてはまだ有益な理論的知見を得ることができていない。もう一つ、Gd と異なることは、Dy の電気抵抗で観測された磁気異常は、常圧では T_N で観測されているが、加圧とともに T_C に近づくことであり、 T_C と T_N の両者が変化する場合、電気抵抗異常が示唆する物理的対象が変化するということである。このことは、ランタノイド系強磁性金属の場合、高圧力下での電気抵抗異常が 3 次元的秩序化を反映するとは限らないことを改めて確信させる。

図3が本研究課題のまとめであり、Gd-Ho に対して、現時点での世界最高精度の高圧力下磁気測定を通じて決定した磁気相図である[7]。そこでは、強磁性(FM)磁気秩序とらせん磁気秩序(HM)が存続する圧力範囲と、結晶構造との関係が分かるように工夫されている。結果的には、電気抵抗の結果でもって高圧力下での磁気秩序を論じることが極めて危険であることを示唆し、同時に構造相転移と磁性との相関が強固に存在することが明らかになった。今後は高圧力下中性子回折で磁気秩序の有無を実験で決定的なものにする予定である。

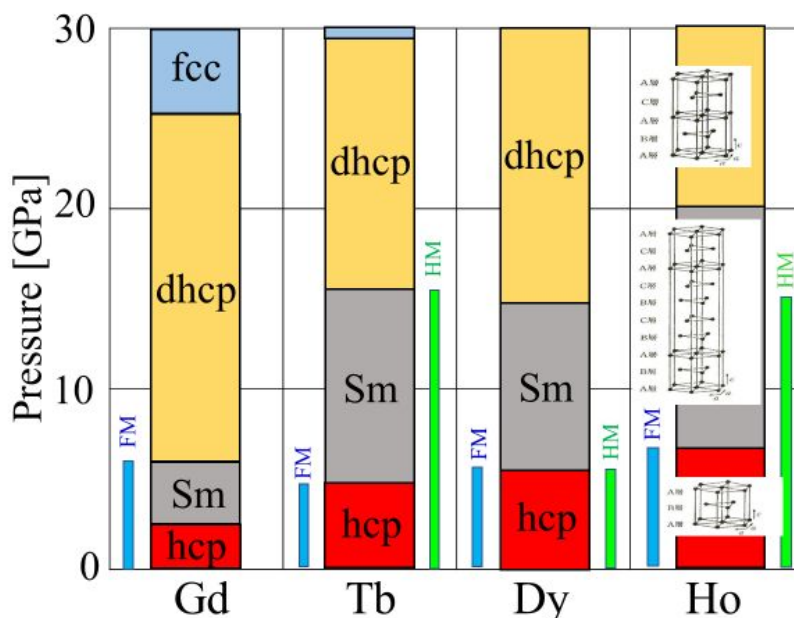


図3 . ランタノイド強磁性金属 Gd, Tb, Dy, Ho の圧力相図[7]

< 引用文献 >

- [1] D.B. McWhan, A.L. Stevens, "Effect of Pressure on the Magnetic Properties and Crystal Structure of Gd, Tb, Dy, and Ho" *Phys. Rev.* **139**, A682 (1965).
- [2] T. Iwamoto, M. Mito, M. Hitaka, T. Kawae and K. Takeda, "Magnetic Measurement of Rare Earth Ferromagnet Gadolinium Under High Pressure" *Physica B* **329-333**, 667-668 (2003).
- [3] M. Mito, K. Matsumoto, Y. Komorida, H. Deguchi, S. Takagi, T. Tajiri, T. Iwamoto, T. Kawae, M. Tokita, K. Takeda, "Volume Shrinkage Dependence of Ferromagnetic Moment in the Lanthanide Ferromagnets Gadolinium, Terbium, Dysprosium, and Holmium" *J. Phys. Chem. Solids* **70**, 1290 (2009).
- [4] D. D. Jackson, V. Malba, S. T. Weir, P. A. Baker, Y. K. Vohra, "High-pressure magnetic susceptibility experiments on the heavy lanthanides Gd, Tb, Dy, Ho, Er, and Tm" *Phys. Rev. B* **71**, 184416 (2005).
- [5] J. Lim, G. Fabbris, D. Haskel, J. S. Schilling, "Magnetic ordering at anomalously high temperatures in Dy at extreme pressures" *Phys. Rev. B* **91**, 045116 (2015).
- [6] J. Lim, G. Fabbris, D. Haskel, J. S. Schilling, "Anomalous pressure dependence of magnetic ordering temperature in Tb revealed by resistivity measurements to 141 GPa: Comparison with Gd and Dy" *Phys. Rev. B* **91**, 174428 (2015).
- [7] M. Mito *et al.* "Ac magnetization measurements of lanthanide ferromagnets Gd, Tb, Dy, and Ho at high pressures using SQUID", under preparation.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Abdel-Hafiez M., Zhao Y., Huang Z., Cho C.-w., Wong C. H., Hassen A., Ohkuma M., Fang Y.-W., Pan B.-J., Ren Z.-A., Sadakov A., Usoltsev A., Pudalov V., Mito M., Lortz R., Krellner C., Yang W.	4. 巻 97
2. 論文標題 High-pressure effects on isotropic superconductivity in the iron-free layered pnictide superconductor BaPd2As2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 134508/1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.134508	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 Abdel-Hafiez M., Mito M., Shibayama K., Takagi S., Ishizuka M., Vasiliev A. N., Krellner C., Mao H. K.	4. 巻 98
2. 論文標題 High-pressure phase diagram of NdFeAsO _{0.9} F _{0.1} : Disappearance of superconductivity on the verge of ferromagnetism from Nd moments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 094504/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.094504	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 Irie Kunihiro, Shibayama Keisuke, Mito Masaki, Takagi Seishi, Ishizuka Mamoru, Lekin Kristina, Oakley Richard T.	4. 巻 99
2. 論文標題 High-pressure dc magnetic measurements on a bisdiselenazoly radical ferromagnet using a vibrating-coil SQUID magnetometer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 014417/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.014417	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 Mito Masaki, Kitamura Yuichiro, Tajiri Takayuki, Nakamura Kazuma, Shiraishi Ryo, Ogata Kazuma, Deguchi Hiroyuki, Yamaguchi Tomiko, Takeshita Nao, Nishizaki Terukazu, Edalati Kaveh, Horita Zenji	4. 巻 125
2. 論文標題 Hydrostatic pressure effects on superconducting transition of nanostructured niobium highly strained by high-pressure torsion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 125901 ~ 125901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5083094	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 Abdel-Hafiez M., Zhao Y., Huang Z., Cho C.-w., Wong C. H., Hassen A., Ohkuma M., Fang Y.-W., Pan B.-J., Ren Z.-A., Sadakov A., Usoltsev A., Pudalov V., Mito M., Lortz R., Krellner C., Yang W.	4. 巻 97
2. 論文標題 High-pressure effects on isotropic superconductivity in the iron-free layered pnictide superconductor BaPd ₂ As ₂	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 134508/1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.134508	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 Mito Masaki, Shigeoka Shun, Kondo Hirofuka, Nomi Nozomi, Kitamura Yuichiro, Irie Kunihiko, Nakamura Kazuma, Takagi Seishi, Deguchi Hiroyuki, Tajiri Takayuki, Ishizuka Mamoru, Nishizaki Terukazu, Edalati Kaveh, Horita Zenji	4. 巻 60
2. 論文標題 Hydrostatic Compression Effects on Fifth-Group Element Superconductors V, Nb, and Ta Subjected to High-Pressure Torsion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1472 ~ 1483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2320/matertrans.MF201932	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 Mito Masaki, Tajiri Takayuki, Saisho Seiya, Deguchi Hiroyuki, Kohno Atsushi, Nakamura Kazuma	4. 巻 489
2. 論文標題 Anisotropic compression effects on nanocrystalline crystals of nickel oxide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 165407 ~ 165407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.165407	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 MITO Masaki, NAKAMURA Kazuma, MATSUMOTO Kaname, TAKANO Yoshihiko	4. 巻 29
2. 論文標題 Uniaxial Compression Effects on Cuprate Superconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology	6. 最初と最後の頁 262 ~ 271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.4131/jshpreview.29.262	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 Tajiri Takayuki、Mito Masaki	4. 巻 498
2. 論文標題 Crystal structure of high-density Fe56 cluster Nd2Fe14B under high pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 166163 ~ 166163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.166163	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 Mito M.、Tsuruta K.、Tajiri T.、Ikeda N.、Ohkuma M.、Kohno A.、Konishi K.、Deguchi H.	4. 巻 10
2. 論文標題 Strong suppression of Curie temperature of spin-polarized ferromagnet La1-xSrxMnO3 by application of dynamic strain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 025220 ~ 025220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1063/1.5124951	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 Mito Masaki、Fukuyama Tomoya、Kitamura Yuichiro、Deguchi Hiroyuki、Edalati Kaveh、Horita Zenji	4. 巻 127
2. 論文標題 Magnetic measurements of hydrogen desorption from palladium hydride PdH0.64 prepared by severe plastic deformation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 215109 ~ 215109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/5.0010025	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9件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 近藤 広隆、柴山 慶介、入江 邦彦、高木 精志、美藤 正樹、石塚 守
2. 発表標題 超高压実験仕様に開発されたコイル振動型SQUID磁束計
3. 学会等名 第124回日本物理学会 九州支部例会 (於. 大分大学 2018. 12. 8)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 重岡駿, 野海のぞみ, 北村雄一郎, 美藤正樹, 西寄照和, Kaveh Edalati, 堀田善治
2. 発表標題 巨大せん断ひずみを初期導入したタンタルにおける超伝導転移の静水圧縮効果
3. 学会等名 第124回日本物理学会 九州支部例会 (於. 大分大学 2018. 12. 8)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 美藤正樹, 近藤広隆, 柴山慶介, 高木精志, 石塚守, H. K. Mao, A. N. Vasiliev, C. Krellner, M. Abdel-Hafiez
2. 発表標題 鉄系超伝導体NdFeAsO _{0.9} F _{0.1} の圧力誘起強磁性
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会 (於. 九州大学伊都キャンパス2019.3.14-3.17)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Mito
2. 発表標題 Hydrostatic pressure effects on superconducting transition of bulk nanostructured niobium prepared by high-pressure torsion
3. 学会等名 International Workshop on Giant Straining Process for Advanced Materials in 2017 (GSAM2017) (Fukuoka, 2017.9/2-5) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山慶介, 美藤正樹, 入江 邦彦, 高木精志, 石塚守
2. 発表標題 高圧力実験用に開発されたコイル振動型SQUID磁束計
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会 (於. 福岡国際会議場など2017.9.5-9.8)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山方香菜子, 大隈理央, 美藤正樹, 田中将嗣, 出口博之
2. 発表標題 ランタノイド系強磁性金属の高圧力下交流磁化率測定
3. 学会等名 第123回日本物理学会 九州支部例会 (於. 鹿児島大学 2017. 12. 9)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaki Mito
2. 発表標題 Vibrating Coil SQUID Magnetometer at High Pressures
3. 学会等名 Perspectives for Science at Extreme Conditions Using Neutron Scattering (於. Zaragoza Univ. 2018.1.30-2.1) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村祐太, 近藤広隆, 大隈理央, 美藤正樹, 出口博之
2. 発表標題 希土類金属強磁性体Dy, Tb, Ho の高圧力下磁気測定
3. 学会等名 第125回日本物理学会 九州支部例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤広隆, 荒瀬太輝, 本原拓弥, 美藤正樹, 高木精志, 石塚守
2. 発表標題 希土類金属元素サマリウムの高圧力下磁気測定
3. 学会等名 第125回日本物理学会 九州支部例会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 金属組織変化計測方法及び金属組織変化計測装置	発明者 増田高大, 美藤正樹, 堀田善治	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-052833	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究 分 担 者	中村 和磨 (Nakamura Kazuma) (60525236)	九州工業大学・大学院工学研究院・准教授 (17104)	