

令和元年6月26日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05431

研究課題名(和文)新規カゴ状希土類ホウ化物の超高压合成と極限条件物性

研究課題名(英文) Ultra high pressure synthesis of novel rare-earth borides with cage structure and their physical properties under extremal conditions

研究代表者

伊賀 文俊 (Iga, Fumitoshi)

茨城大学・理工学研究科(理学野)・教授

研究者番号：60192473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では多彩な強相関電子系の舞台となって来た希土類(R)六ホウ化物RB6および十二ホウ化物RB12で、未作成の化合物を、超高压合成の手法により創り出し、その物性を明らかにすることを目指した。注目したのは、近藤格子でかつ重い電子系、価数揺動、多極子秩序、近藤半導体、超伝導、トポロジカル物性等も期待されるCeB12やPrB12、TmB6であり、置換合金の作製を進めることができた。また常圧下で作成されているトポロジカル近藤半導体であるYbB12に、2価のCaイオン置換のCa合金化も高压合成により初めて成功した。近藤半導体のエネルギーギャップが2価置換によってほとんど変化しないことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで作ることが難しいと考えられていた希土類ホウ化物の空白領域作製に、高压合成手法を用いて挑戦し、SmB12、GdB12合成成功など、一定の成果を上げることができた。YB12を母合金としてCe、Pr置換も20%近くまで、23万気圧という超高压を使用して実現させた。また高圧力を使えば、表面が金属で中は絶縁体というトポロジカル近藤絶縁体のような興味深い機能性物質の開発を推進できることが示せた。

研究成果の概要(英文)：This research purpose is to produce the novel functional rare-earth hexaborides RB6 and dodecaborides RB12, which have been studied as the various strongly correlated electron systems, by using high pressure synthesis method and to investigate their exotic physical properties. Especially our target materials were CeB12, PrB12 and TmB6. They are expected to exhibit heavy fermion feature, valence fluctuation, multipole ordering, Kondo insulating and topological properties. These compounds have been studied by non-magnetic ion substitution for such target materials. Furthermore, Ca-substituted alloying for Kondo insulator YbB12 was for the first time succeeded by high-pressure synthesis. In this alloy, the magnitude of the Kondo insulator's energy gap was found invariant for Ca-doping.

研究分野：磁性、強相関物性、物質開発

キーワード：高圧力 希土類ホウ化物 新機能性物質開発 強相関電子系 磁性 X線構造解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 希土類元素 R (原子番号 57 の La から 71 番の Lu までの 15 個) はホウ素 B と RB_n ($n=2, 4, 6, 12, 66$) の分子式で表される多種多様な結晶構造を有する化合物を作る。この中で、希土類六ホウ化物 RB_6 は $R=^{57}\text{La}\sim^{67}\text{Ho}, ^{70}\text{Yb}$ が、希土類十二ホウ化物 RB_{12} は $R=^{65}\text{Tb}\sim^{71}\text{Lu}$ (希土類シリーズの後半、重希土類のみ) が存在し、いずれも結晶対称性の高い立方晶 (図 1(a), (b)) である。結晶構造の高対称性は結晶場分裂でも多くの縮退が残り、かつ簡単なエネルギー構造となるため、理論的解析も他の低対称結晶より容易で、あらゆる物質の標準研究の舞台となっている。そのため、これまで立方ホウ化物群 RB_n に対し数多くの伝導、磁性、熱物性や中性子・放射光による分光学的測定が行われて来た。その結果 RB_n ($n=6, 12$) は、近藤効果・電気多極子秩序 (CeB_6)、価数揺動 (SmB_6)、トポロジカル近藤半導体 (YbB_{12})、超伝導 ($\text{YB}_6, \text{ZrB}_{12}$) など、多種多様な興味深い物性が出現し、現在では強相関電子系を理解するのに最も好都合な舞台として注目を集めている。

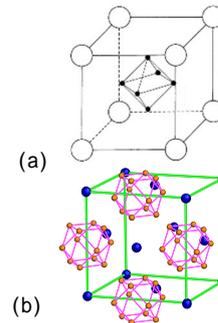


図 1: 近藤半導体 (a) SmB_6 と (b) YbB_{12} の構造

(2) このように、重要な物性出現の宝庫である希土類ホウ化物だが、現状 RB_6 では $R=^{68}\text{Er}, ^{69}\text{Tm}, ^{71}\text{Lu}$ について、 RB_{12} では $R=^{57}\text{La}\sim^{64}\text{Gd}$ についてのみしか常圧下での物質作製の報告がなく、これらの物性は想像の域を出ない。さらに、前述した多くの魅力的な強相関電子物性の出現は希土類の中でも $R=\text{Ce}, \text{Pr}, \text{Sm}, \text{Tm}, \text{Yb}$ という元素に限られ、これらの合成については未だ誰も成功していない。

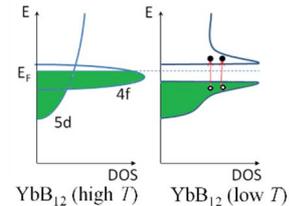


図 2: 表面は金属 中身は絶縁体 (トポロジカル近藤絶縁体)

2. 研究の目的

本研究課題では、申請者が保有する MAVO プレスという荷重装置による屈指の高圧合成技術を駆使することで TmB_6 や $\text{CeB}_{12}, \text{PrB}_{12}$ などの立方晶ホウ化物の合成を世界で初めて実現し、その新規物性を探索することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 高圧合成による新規の立方晶希土類ホウ化物作製を第一の目標とする。本研究では、近藤半導体 (KI) や多極子秩序、超伝導転移、価数揺動などの興味深い物性の出現が大きく期待される $\text{CeB}_{12}, \text{PrB}_{12}, \text{TmB}_6$ を目的物質と定め、合成条件確立を具体的なねらいとする。

(2) さらに、これらの物質にどのような物性が出現するか調べるため、基本的な物性測定のほか、超高压 (最大 200 GPa)、超低温 (0.1 K 以下)、超強磁場 (最大 120 T) などの極限環境も駆使し、放射光や中性子散乱等の分光的手段から価数評価やエネルギー構造を調べることを第二の目標とする。

4. 研究成果

(1) 高圧合成法の確立

茨城大学で導入した高圧発生装置は、Walker module という欧米では広く普及している加圧装置で、それを超高压領域で物質開発に用いることを目指した。ピストン方式の一軸荷重型であるが、中で力が分散され、1 段目に 6 つのアンビル、2 段目に 8 つの超合金アンビルを組み合わせた、いわゆるカワイ式 6-8 加圧法を用いた。導入当初 14 GPa にとどまっていた発生圧力がこの 3 年で、23 GPa まで到達した。アンビルサイズの適正值を見つけたことにより、ほぼこの装置の限界値まで圧力を上昇させることができた。その結果、 $\text{SmB}_{12}, \text{GdB}_{12}$ の合成条件の確立、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Tm}_x\text{B}_6$ の開発、 YbB_{12} への初めての 2 価イオン置換成功、更には非磁性の YB_{12} をベースとしてこれに、Ce, Pr, Nd のドーピングが 10% 程度まで成功した。アンビル材質の工夫により、30 GPa の高圧発生可能性が出てきており、物質開発をさらに進めていく。

(2) 近藤絶縁体 YbB_{12} の新しい発見

希土類 12 ホウ化物 RB_{12} は軽希土類の開発が高圧下でしかできないため、その技術開発が望まれた。常圧下で作製できる RB_{12} はほぼ反強磁性の金属であるが、 YbB_{12} のみ半導体で例外であった。この研究期間に、強磁場下での量子振動が発見され、解析の結果金属的フェルミ面が存在することが報告され、世界中から大変な注目を集めている。半導体と金属の両方を持つ性質は、表面のトポロジカル金属相の形成とも異なる機構らしく、謎は深まっている。

同様の性質は、Yb を Ce で置き換えた系でも、電子-ホール対称性から期待される。この物質開発には 30-40 GPa もの高圧が必要であると予想され、この物質開発を進めている。

(3) 近藤半導体 YbB_{12} への非磁性イオン置換 (2 価 Ca イオンの置換合金)

近藤半導体 YbB_{12} にはこれまで 4 価の Zr, 3 価の Lu, Y, Sc を置換することに成功してきた。この価数を変えることと、イオン半径の異なるものとの両方の効果が見込まれ、フェルミ準位の上昇と化学圧力効果制御による c-f 混成の調整が可能である。高ドーピングの合金では半導体を形

成するエネルギーギャップ内の状態密度が埋められて、金属へと変化していくが、2価のCaによる置換合金作製にも高圧合成により成功した。Ca40%までのドーピングを行ったが、エネルギーギャップの本質的变化が見られず、このことはエネルギーギャップ形成がYb-1個でも可能という、1サイト近藤1重項形成コヒーレントモデルを強く支持する結果となった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 16 件)

1. Fumitoshi IGA, Wataru HIRANO, Wataru MATSUHRA, Hiroyuki NAKAYAMA, Shoya KIKUCHI, Takayuki YAMADA, Akihiro KONDO, Koichi KINDO, Tetsuo IRIFUNE, and Tohru SHIMMEI, Magnetic and Electrical Transport Properties of $Tm_xR_{1-x}B_6$ ($R = Ca$ and Yb) Produced by Using High-Pressure Synthesis, JPS Conference proceedings, (査読あり), **25**, 011016(1-8), (2018). DOI: 10.7566/JPSCP.25.011017
2. W. Matsuhra, K. Yokomichi, W. Hirano, S. Kikuchi, N. Uematsu, H. Nakayama, A. Kondo, K. Kindo, and F. Iga, Divalent ion substitution effect on Yb-site in Kondo insulator YbB_{12} , AIP Advances, (査読あり), **8**, 101329(1-4), (2018). DOI: 10.1063/1.5043111
3. F. Iga, K. Yokomichi, W. Matsuhra, H. Nakayama, A. Kondo, K. Kindo, and H. Yoshizawa, Non-magnetic element substitution effect in Kondo insulator YbB_{12} and exotic surface effect in this alloy system, AIP Advances, (査読あり), **8**, 101335(1-5), (2018). DOI: 10.1063/1.504579
4. Z. Xiang, Y. Kasahara, T. Asaba, B. Lawson, C. Tinsman, Lu Chen, K. Sugimoto, S. Kawaguchi, Y. Sato, G. Li, S. Yao, Y. L. Chen, F. Iga, John Singleton, Y. Matsuda, Lu Li, Quantum oscillations of electrical resistivity in an insulator, Science, (査読あり), **362**, 65-69, (2018). DOI: 10.1126/science.aap9607
5. Taku T. Terashima, Yasuhiro H. Matsuda, Yoshimitsu Kohama, Akihiko Ikeda, Akihiro Kondo, Koichi Kindo, Fumitoshi Iga, Magnetic-Field-Induced Kondo Metal Realized in YbB_{12} , Physical Review Letters, (査読あり), **120**, 257206(1-5), (2018). DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.257206
6. N. Emi, N. Kawamura, M. Mizumaki, T. Koyama, N. Ishimatsu, G. Pristas, T. Kagayama, K. Shimizu, Y. Osanai, F. Iga and T. Mito, Kondo-like behavior near the magnetic instability in SmB_6 : Temperature and pressure dependences of the Sm valence, Physical Review B, Rapid Communications, (査読あり), **97**, 161116R(1-5), (2018). DOI: 10.1103/PhysRevB.97.161116
7. K. Iwasa, F. Iga, T. Moyoshi, A. Nakao, T. Ohhara, Magnetic-ordering propagation vectors of Terbium hexaboride revisited, Journal of the Physical Society of Japan, (査読あり), **87**, 064705(1-5) (2018). DOI: 10.7566/JPSJ.87.064705
8. N. Emi, T. Mito, N. Kawamura, M. Mizumaki, N. Ishimatsu, G. Pristas, T. Kagayama, K. Shimizu, Y. Osanai, F. Iga, Temperature and pressure dependences of Sm valence in intermediate valence compound SmB_6 , Physica B, (査読あり), **536**, 75-77 (2018). DOI: 10.1016/j.physb.2017.09.053
9. T. Miyamachi, S. Suga, M. Ellguth, C. Tusche, C. Schneider, F. Iga, F. Komori, Evidence for in-gap surface states on the single-phase $SmB_6(001)$ surface, Scientific reports, (査読あり), **7**, 12837(1-7), (2017). DOI: 10.1038/s41598-017-12887-2
10. A. Rousuli, H. Sato, F. Iga, K. Hayashi, K. Ishii, T. Wada, T. Nagasaki, K. Mimura, H. Anzai, K. Ichiki, S. Ueda, A. Kondo, K. Kindo, T. Takabatake, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, Hard x-ray photoemission study of $Yb_{1-x}Zr_xB_{12}$: the effects of electron doping on the Kondo insulator YbB_{12} , Journal of Physics: Condensed Matter, (査読あり), **39**, 265601(1-7), (2017). DOI: 10.1088/1361-648X/aa6f70
11. T. T. Terashima, A. Ikeda, T. H. Matsuda, A. Kondo, K. Kindo, F. Iga, Magnetization process of the Kondo Insulator YbB_{12} in ultrahigh magnetic field, Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ), (査読あり), **86**, 54710(1-5), (2017). DOI: 10.7566/JPSJ.86.054710
12. K. Hagiwara, Y. Takeno, Y. Ohtsubo, R. Yukawa, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, J. Rault, P. Le Fèvre, F. Bertran, A. TalebIbrahimi, F. Iga, S-i Kimura, Temperature dependence of Yb valence in the sub-surface of $YbB_{12}(001)$, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, (査読あり), **807**, 12003(1-5), (2017). DOI: 10.1088/1742-6596/807/1/012003
13. Y. Kanai, T. Mori, S. Naimen, K. Yamagami, S. Kitayama, H. Fujiwara, A. Higashiya, T. Kadono, S. Imada, T. Kiss, A. Tanaka, T. Muro, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, F. Iga, T. Ebihara, F. Honda, Y. Onuki, A. Sekiyama, Journal of Electron Spectroscopy and Related

Phenomena, (査読あり), **220**, 61-65, (2017).

DOI: 10.1016/j.elspec.2016.12.012

14. H. Sato, H. Nagata, F. Iga, Y. Osanai, A. Rousuli, K. Mimura, H. Anzai, K. Ichiki, S. Ueda, T. Takabatake, A. Kondo, K. Kindo, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, Different valence states of Tm in YB₆ and YbB₆, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, (査読あり), **220**, 33-36, (2017).
DOI: 10.1016/j.elspec.2017.03.006
15. K. Hagiwara, Y. Ohtsubo, M. Matsunami, S. Ideta, K. Tanaka, H. Miyazaki, J. Rault, P. Le Fèvre, F. Bertran, A.T.-Ibrahimi, R. Yukawa, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Sumida, T. Okuda, F. Iga, S. Kimura, Surface Kondo Effect and Non-Trivial Metallic State of the Kondo Insulator YbB₁₂, Nature Communications, (査読あり), **7**, 12690(1-7), (2016).
DOI: 10.1038/ncomms12690
16. M. Ellguth, C. Tusche, F. Iga, S. Suga, Momentum microscopy of SmB₆ single crystals with detailed surface characterization, Philosophical Magazine, (査読あり), **96**, 31S1, 3284-3306, (2016).
DOI: 10.1080/14786435.2016.1185185

[学会発表](計 49 件)

1. Fumitoshi Iga, Material development of rare-earth dodecaborides by high-pressure synthesis and recently advanced topics on Topological Kondo Insulator YbB₁₂, International workshop ECMP2019(招待講演), 2019年3月20日, 東広島.
2. 原田琢良, 志賀雅巨, 沖村健吾, 伊賀文俊, 稲垣祐次, 河江達也, 点接合分光法を用いた近藤絶縁体SmB₆の電子状態測定, 日本物理学会第74回年次大会(九州大学), 2019年3月15日, 福岡.
3. 伊賀文俊, 松浦航, 中山裕之, 山田貴大, 竹森氷馬, 新名亨, 入船徹男, 西山宣正, 松尾晶, 松田康弘, 金道浩一, 新規希土類12ホウ化物 (Y,R)B₁₂ (R = Ce, Pr, Nd) の高圧合成と物性, 日本物理学会第74回年次大会(九州大学), 2019年3月15日, 福岡.
4. 柿田頼輝, 松田康弘, 伊賀文俊, YbB₁₂の超強磁場磁化過程の温度依存性 III, 日本物理学会第74回年次大会(九州大学), 2019年3月15日, 福岡.
5. 宮町俊生, 岩田孝太, 飯盛拓嗣, 大坪嘉之, 木村真一, 伊賀文俊, 小森文夫, YbB₁₂(001)単一表面の軌道敏感STM観察, 日本物理学会第74回年次大会(九州大学), 2019年3月15日, 福岡.
6. 大山研司, 上地昇一, 金澤雄輝, 福本陽平, 杉本和哉, 山本隆文, 八方直久, 林好一, 原田正英, 及川健一, 稲村泰弘, 松浦航, 伊賀文俊, 白色中性子ホログラフィーによる希土類化合物での原子構造へのドーブ効果の観測, 日本物理学会第74回年次大会(九州大学), 2019年3月15日, 福岡.
7. Fumitoshi Iga, Material Design of Novel Rare-Earth Dodecaborides by High-Pressure Synthesis, 国際NPDシンポジウム(STNPD-2019), 2019年3月1日, 松山.
8. 伊賀文俊, 新規希土類12ホウ化物の合成の挑戦, 第6回愛媛大学先進超高压科学研究拠点(PRIUS)シンポジウム(招待講演), 2019年2月28日, 松山.
9. 柿田頼輝, 松田康弘, 伊賀文俊, 近藤絶縁体YbB₁₂の超強磁場磁化過程の温度依存性 II, 日本物理学会 2018年秋季大会(同志社大学), 2018年9月11日, 京田辺.
10. 松浦航, 植松直之, 横道啓省, 平野航, 中山裕之, 近藤晃弘, 金道浩一, 伊賀文俊, 近藤絶縁体YbB₁₂のCa置換による状態密度の増大効果(2), 日本物理学会 2018年秋季大会(同志社大学), 2018年9月11日, 京田辺.
11. 伊賀文俊, 松浦航, 中山裕之, 横道啓政, 近藤晃弘, 松尾晶, 金道浩一, 松田康弘, 近藤半導体合金Yb_{1-x}R_xB₁₂(R=Lu, Zr, Sc, Y)の磁性・伝導・熱物性, 日本物理学会 2018年秋季大会(同志社大学), 2018年9月11日, 京田辺.
12. 松田康弘, 寺島拓, 小濱芳允, 池田暁彦, 近藤晃弘, 金道浩一, 伊賀文俊, 超強磁場におけるYbB₁₂の磁場誘起近藤金属相, 日本物理学会 2018年秋季大会(同志社大学), 2018年9月11日, 京田辺.
13. F. Iga, W. Matsuhira, H. Nakayama, W. Hirano, K. Yokomichi, A. Kondo, K. Kindo and H. Yoshizawa, Non-magnetic element substitution effect in Kondo insulator YbB₁₂ and exotic surface effect in this alloy system, International Conference on magnetism 2018 (ICM 2018), 2018年7月19日, San Francisco.
14. Y. Ohtsubo, Y. Yamashita, R. Yukawa, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Miyamoto, T. Okuda, W. Hirano, F. Iga and S. Kimura, Fermi surface of the topological Kondo insulator SmB₆ from various aspects, International Conference on magnetism 2018 (ICM 2018), 2018年7月19日, San Francisco.
15. W. Matsuhira, K. Yokomichi, W. Hirano, S. Kikuchi, N. Uematsu, H. Nakayama, A. Kondo, K. Kindo and F. Iga, Divalent ion substitution effect on Yb-site in Kondo Insulator YbB₁₂, International Conference on magnetism 2018 (ICM 2018), 2018年7月19日, San Francisco.
16. Fumitoshi Iga, Magnetic and electrical transport properties of Tm_xR_{1-x}B₆ (R = Ca and Yb) produced by using high-pressure synthesis, 3rd International Symposium of Quantum Beam Science at Ibaraki University in 2018, 2018年5月31日, 茨城大学.

17. 平野航, 松浦航, 林健人, 山田貴大, 伊賀文俊, 近藤晃弘, 金道浩一, 入船徹男, 新名亨, 高圧合成による $Tm_xR_{1-x}B_6$ ($R=Ca, Sr$) の作製及び磁性と伝導, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 24 日, 野田.
18. 世良正文, 国森啓介, 松村武, 谷田博司, 藤秀樹, 伊賀文俊, 近藤晃弘, 上床美也, 小林達生, $Ce_xLa_{1-x}B_6$: 圧力誘起多極子秩序相, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 24 日, 野田.
19. 森弘希, 上田光一, 水戸毅, 伊賀文俊, CeB_6 の ^{11}B -NQR 測定による研究, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 23 日, 野田.
20. 山下雄紀, 大坪嘉之, 湯川龍, 堀場弘司, 組頭広志, 宮本幸治, 奥田太一, 平野航, 伊賀文俊, 木村真一, $SmB_6(111)$ 表面電子状態のスピン偏極構造, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 22 日, 野田.
21. 松浦航, 植松直之, 横道啓省, 中山裕之, 近藤晃弘, 金道浩一, 伊賀文俊, 近藤絶縁体 YbB_{12} の Ca 置換による状態密度の増大効果, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 22 日, 野田.
22. 横道啓省, 松浦航, 中山裕之, 石井克弥, 林健人, 和田徹, 植松直之, 伊賀文俊, 桑原慶太郎, 佐藤桂輔, 佐藤仁, 近藤晃弘, 金道浩一, トポロジカル近藤絶縁体 YbB_{12} の Y^{3+} 置換効果, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 22 日, 野田.
23. 佐藤雄貴, Xing Xiangzhuo, 谷口智哉, 笠原成, 笠原裕一, 田中桜平, 水上雄太, 芝内孝禎, Ziji Xiang, Benjamin Lawson, Lu Li, 伊賀文俊, 松田祐司, 近藤絶縁体 YbB_{12} における中性フェルミオン励起の観測, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 22 日, 野田.
24. 谷口智哉, 佐藤雄貴, 伊賀文俊, Ziji Xiang, 浅場智也, Benjamin Lawson, Lu Li, 笠原裕一, 松田祐司, 近藤絶縁体 YbB_{12} における量子振動の観測 II, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 22 日, 野田.
25. 柿田頼輝, 松田康弘, 伊賀文俊, 近藤絶縁体 YbB_{12} の超強磁場磁化過程の温度依存性, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大学), 2018 年 3 月 24 日, 野田.
26. 佐藤雄貴, Xing Xiangzhuo, 谷口智哉, 笠原成, 笠原裕一, 常盤欣文, 伊賀文俊, 松田祐司, 近藤絶縁体 YbB_{12} の熱伝導率, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学), 2017 年 9 月 23 日, 盛岡.
27. 笠原裕一, 佐藤雄貴, 常盤欣文, 伊賀文俊, Ziji Xiang, 浅場智也, Benjamin Lawson, Lu Li, 芝内孝禎, 松田祐司, 近藤絶縁体 YbB_{12} における量子振動の観測, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学), 2017 年 9 月 23 日, 盛岡.
28. 志賀雅巨, 高田弘樹, 稲垣祐次, 伊賀文俊, 大貫惇睦, 河江達也, Ce 化合物/超伝導界面の点接合分光実験, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学), 2017 年 9 月 22 日, 盛岡.
29. 松浦航, 菊地翔弥, 植松直之, 横道啓省, 平野航, 近藤晃弘, 金道浩一, 伊賀文俊, 近藤絶縁体 YbB_{12} の Yb サイト 2 価イオン置換効果, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学), 2017 年 9 月 22 日, 盛岡.
30. 森弘希, 上田光一, 水戸毅, 小山内湧人, 平野航, 伊賀文俊, $RE_{1-x}La_xB_6$ ($RE=Ce, Sm$) の NMR による研究, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学), 2017 年 9 月 22 日, 盛岡.
31. 世良正文, 国森敬介, 副島慧, 松村武, 近藤晃弘, 谷田博司, 伊賀文俊, $Ce_xLa_{1-x}B_6$ IV 相出現の理由について, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学), 2017 年 9 月 21 日, 盛岡.
32. 寺島拓, 松田康弘, 小濱芳允, 近藤晃弘, 池田暁彦, 金道浩一, 伊賀文俊, 近藤絶縁体 YbB_{12} の超強磁場電子状態, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 20 日, 豊中.
33. 宮町俊生, 大坪嘉之, 萩原健太, 木村真一, 伊賀文俊, 小森文夫, YbB_{12} 清浄表面の低温 STM 観測, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 20 日, 豊中.
34. 平野航, 江村雄輔, 近藤晃弘, 金道浩一, 伊賀文俊, 価数揺動系 $Tm_xR_{1-x}B_6$ ($R=Ca, Sr$) の磁性・伝導における x 依存性, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 20 日, 豊中.
35. 森弘希, 江見直哉, 板戸健太, 小山岳秀, 上田光一, 水戸毅, 小山内湧人, 平野航, 伊賀文俊, La 希釈系 $Sm_{1-x}La_xB_6$ の NMR による研究 (II), 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 20 日, 豊中.
36. 萩原健太, 大坪嘉之, 岸潤一郎, 竹野祐輔, 山下雄紀, 出田真一郎, 田中清尚, 伊賀文俊, 木村真一 B, A , 近藤絶縁体 $SmB_6(111)$ の角度分解光電子分光, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 18 日, 豊中.
37. 植松直之, 横道啓省, 松浦航, 伊賀文俊, 近藤晃弘, 金道浩一, 松田康弘, 佐藤桂輔, 近藤絶縁体 $Yb_{1-x}Ca_xB_{12}$ の比熱と磁化率の巨大増大, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 17 日, 豊中.
38. 加賀山朋子, 佳山周永, 清水克哉, 伊賀文俊, 平尾直久, 大石泰生, 近藤半導体 YbB_{12} の圧力誘起超伝導と構造相転移, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学), 2017 年 3 月 17 日, 豊中.
39. S.-i. Kimura, Y. Ohtsubo, F. Iga, Surface Kondo effect and non-trivial metallic state of the Kondo insulator YbB_{12} , 茨城大学第 1 回量子線科学国際シンポジウム (茨城大学), 2016 年 11 月 20 日, 水戸.
40. Fumitoshi Iga, Research on novel material development in Ibaraki University and collaboration study with other agencies, 茨城大学第 1 回量子線科学国際シンポジウム (茨城大学), 2016 年 11 月 20

- 日, 水戸.
41. 伊賀文俊, Walker Module 高圧装置立ち上げと希土類ホウ化物の物性, 第57回高圧討論会(筑波大), 2016年10月28日, つくば.
 42. 久野智之, 谷藤史弥, 吉澤正人, 中西良樹, 原田善之, 山口博隆, 伊賀文俊, 分子線エピタキシー法を用いた希土類硼化物の作製と物性, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月16日, 金沢.
 43. 金井惟奈, 森健雄, 内免翔, 山神光平, 藤岡修平, 藤原秀紀, 東谷篤志, 門野利治, 今田真, 木須孝幸, 田中新, 室隆桂之, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 伊賀文俊, 海老原孝雄, 本多史憲, 大貫惇睦, 関山明, 強相関希土類化合物の希土類 3d および 4f 光電子スペクトル線二色性による異方的 4f 電荷分布の観測, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月15日, 金沢.
 44. 萩原健太, 大坪嘉之, 竹野祐輔, 湯川龍, 小林正起, 堀場弘司, 組頭広志, 角田一樹, 奥田太一, 伊賀文俊, 木村真一, 近藤絶縁体 YbB₁₂(001)表面電子状態のスピン・角度分解光電子分光, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月15日, 金沢.
 45. 久野智之, 谷藤史弥, 吉澤正人, 中西良樹, 原田善之, 山口博隆, 伊賀文俊, MBE 法による希土類六硼化物の作製と評価 II, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月15日, 金沢.
 46. 森弘希, 江見直哉, 水戸毅, 小山岳秀, 上田光一, 伊賀文俊, 小山内湧人, 平野航, La 希釈系 Sm_{1-x}La_xB₆ の NMR による研究, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月15日, 金沢.
 47. 横道啓省, 和田徹, 植松直之, 石井克弥, 林健人, 伊賀文俊, 桑原慶太郎, 佐藤桂輔, 佐藤仁, 伊藤晋一, 横尾哲也, 井深壮史, 近藤晃弘, 金道浩一, 近藤半導体 Yb_{1-x}R_xB₁₂(R=Lu 接合アンドレーフ反射法を用いた Nb-Ce 重い電子物質の微分伝導度測定, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月15日, 金沢.
 48. 小栗真哉, 貝木隆仁, 桑原慶太郎, 伊賀文俊, 岩佐和晃, 金子耕士, 椎名亮輔, 河村聖子, 中島健次, 横尾哲也, 伊藤晋一, 非弾性中性子散乱による Ce_{0.7}La_{0.3}B₆ の磁気励起に関する研究, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月15日, 金沢.
 49. 寺島拓, 小濱芳允, 松田康弘, 近藤晃弘, 望月健生, 金道浩一, 池田暁彦, 伊賀文俊, 近藤絶縁体 YbB₁₂ の強磁場比熱と電子状態, 日本物理学会 2016年秋季大会(金沢大学), 2016年9月14日, 金沢.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

1. 茨城大学重点研究 研究概要
https://www.ibaraki.ac.jp/generalinfo/activity/researching/juuten/15_07_juten_iga.pdf
2. 理・伊賀文俊教授と京大などのグループ, 絶縁体の量子振動の観測に成功「Science」に成果掲載
<http://www.ibaraki.ac.jp/news/2018/08/301755.html>
3. 強磁場中で重い電子を発見, 近藤絶縁体の磁場中電子状態を解明
<http://www.ibaraki.ac.jp/news/2018/06/211524.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 清水 克哉

ローマ字氏名: (SHIMIZU katsuya)

研究協力者氏名: 加賀山 朋子

ローマ字氏名: (KAGAYAMA tomoko)

研究協力者氏名: 佐藤 仁

ローマ字氏名: (SATO hitoshi)

研究協力者氏名: 佐藤 桂輔

ローマ字氏名: (SATO keisuke)