

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400386

研究課題名(和文) 超高压発生技術を用いたウラン5f電子系の基底状態スイッチング機構の解明

研究課題名(英文) High pressure studies on the switching mechanism of the ground state in uranium 5f system

研究代表者

立岩 尚之 (Tateiwa, Naoyuki)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 先端基礎研究センター・研究主幹

研究者番号：50346821

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本課題研究では、ウラン系化合物を中心として、圧力誘起型相転移とそれに伴う電子基底状態の変化の追求を主な目的とする。さらに磁気秩序相/非秩序相近辺のウラン5f電子物性の解明も計画した。精密な静水圧下物性測定技術の確立と測定手段の拡張も計画した。ウラン強磁性超伝導物質UGe2とURhGeの新奇な磁気臨界現象：新しい磁気スケーリング則を明らかにした。さらにUCoAlの「三重臨界点」における臨界現象から磁気的相互作用の低次元性を明らかにした。また、高圧下磁化測定用圧力セルの高精度化を行い、ウランカルコゲナイド化合物 -US2や希土類化合物YbCu2Si2の圧力誘起強磁性相について研究を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present project is to study the change of the electric state associated with pressure-induced phase transition in uranium compounds. We also study the physical property of the 5f electron system around magnetic to non-magnetic phase boundary. In addition, the development of high-pressure cell is planned. We find new critical scaling law of magnetization around the ferromagnetic transition temperature in UGe2 and URhGe. We improve the performance of miniature ceramic anvil cell mCAC for magnetic measurements under high pressure. We reduce background magnetization in mCAC by changing cell design. With this improvement, we have studied pressure-induced ferromagnetic in b-US2 and YbCu2Si2. In b-US2, the insulator-metal transition occurs around 4 GPa. We have found the strong ferromagnetic phase is induced in the metallic phase. The ferromagnetic properties in the pressure-induced phase are determined in YbCu2Si2.

研究分野：強相関係

キーワード：ウラン化合物 高圧実験 強磁性超伝導

1. 研究開始当初の背景

ウラン化合物 5f 電子系は、相関の強い 5f 電子が織りなす新奇な物性を示す。多くの化合物で、非従来型超伝導や 5f 電子の多極子自由度に起因した興味深い物理現象が現れ、長く研究が行われてきた。本研究課題で計画するウラン系超伝導物質も、そのような物質群の一つである。2000 年以降、ウラン化合物 UGe_2 , $URhGe$, $UCoGe$ で発見された強磁性と超伝導の共存現象は大きな反響を読んだ。また URu_2Si_2 における「隠れた秩序」の起源など、いまでも世界的に多くの研究が行われてきた。

多くのウラン化合物の場合、外場（圧力と磁場）を加えると、その電子基底状態が一次相転移で転移し、新奇な秩序状態や、非従来型超伝導などが出現 / 消滅する例が多い。しかし、未解決な部分が多く、さらに高压実験特有の技術的問題も加わり、多くの課題を残しているのが現状である。

2. 研究の目的

本研究課題では、ウラン系化合物を中心として、圧力 / 温度 / 外場で誘起される秩序相 / 非秩序相近辺の電子系の異常を調べ、ウラン 5f 電子物性を解明する。精密な静水圧下物性測定技術の確立を行い、さらに測定手段の拡張も行う。

3. 研究の方法

ウラン化合物の超純良他結晶試料育成と結晶評価に関する基本的技術は既に確立している。本研究課題では、これらの試料を用いて、基礎物性（電気抵抗、比熱、磁化）の測定を通して研究を進めた。さらに、10 GPa 級静水圧下精密物性測定技術の方法論を高精度化させた。また、報告例の少ない高压下磁化測定用圧力セルを完成させ、その基本的な方法論を発展させる。

4. 研究成果

(1) 高压下磁化測定用セラミックアンビルセル mCAC の開発

本研究を遂行する上で、精密な高压下物性測定の手段を確立することは重要である。特に強磁性超伝導物質の研究では、磁化測定が重要な手段である。ピストンシリンダー型圧力セルでは、1 GPa 程度の圧力しか発生できない。ウラン系強磁性超伝導物質の研究には不十分であった。研究代表者らは、対向型アンビルセルの磁化測定への適用を検討し、アンビル材料として磁化の小さなセラミック複合材料に着目して、高压下磁化測定用「セラミックアンビルセル mCAC」の開発に成功し、12 GPa までの高压下磁化測定が可能にした。本研究課題では、測定の高精度化を計画した。図 1 に示す通り、セルのデザインを修正させることで、低温における磁化のバックグラウンドの低減化を計ることができた。セルデザイン A と比較して C の方が、10 K 以

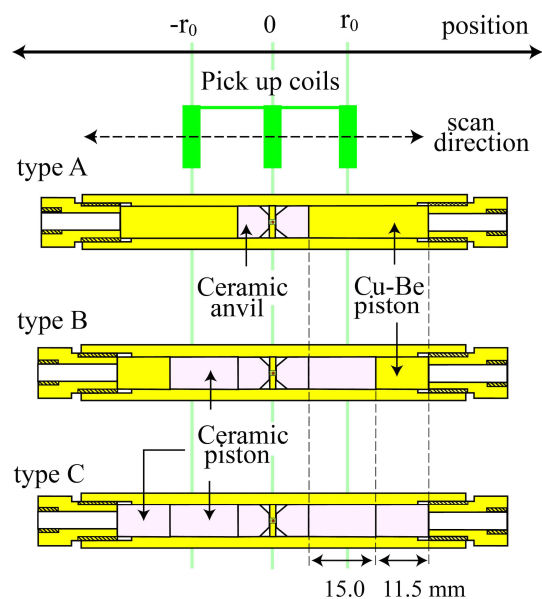


図 1 高压下磁化測定用セラミックアンビルセル mCAC の概念図

下の低温領域における磁化のバックグラウンドが大幅に小さく、極低温領域で精度のよい測定が可能となり、ウランダイカルコゲナイド化合物や、Yb 化合物の圧力誘起強磁性状態の精密な研究が可能になった。後の(3)に記述する。

さらに試料空間の大きな多目的型高压下物性測定用圧力セルについて、そのガasketの適用化を行い、ウラン反強磁性化合物 $URhIn_5$ の磁気転移温度を 4 GPa まで調査し、加圧と共に反強磁性状態が安定化されることを明らかにした。

(2) ウラン系強磁性超伝導物質の非従来型臨界現象を始めとした強磁性状態の研究

UGe_2 , $URhGe$, $UCoGe$ を始めとして超伝導が現れる化合物の強磁性状態は、一軸磁気異方性が強く、その「三次元イジング性」とスピントリプレットペアリングの関連性が指摘されている。研究代表者らは、 UGe_2 と $URhGe$ について、キュリー温度近辺の磁化の温度 / 磁場依存を詳細に解析した。その結果、これら強磁性超伝導物質の強磁性転移の臨界現象は磁気異方性から期待される「三次元イジング」ではなく、新たなタイプであることが明らかにされた。図 2 は UGe_2 と $URhGe$ の磁化の解析結果である。超伝導が現れるウラン 5f 電子系強磁性状態に特有の新たなスケールリング則の存在が明らかにされた。

さらにゼロ磁場で常磁性体の $UCoAl$ の磁場誘起型「三重臨界点」近傍の磁化の振る舞いについても詳細にデータを取得し、解析を行った。その結果、低次元性に起因した臨界現象が明らかにされた。

また、ウラン / ネプツニウム / プルトニウム化合物の合計 55 個の強磁性物質について、磁化のデータを「スピンのゆらぎ (SCR) 理論」を用いて解析した。強磁性転移温度 T_C 、

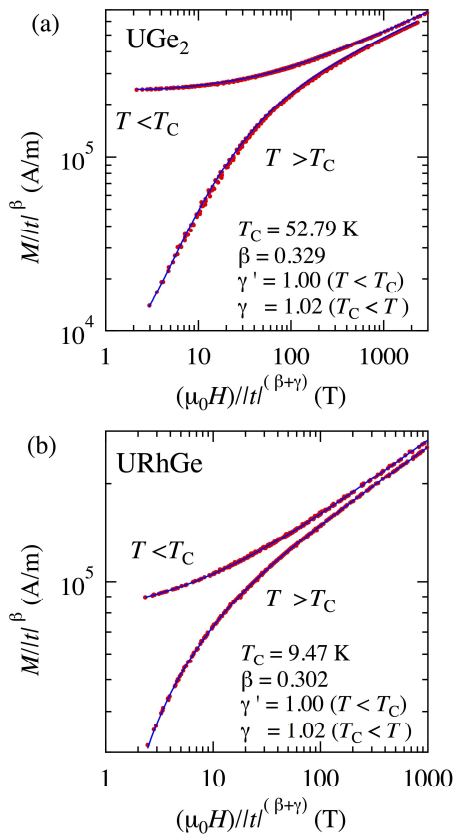


図2 UGe₂とURhGeにおける磁化のスケールング則

「スピンのゆらぎの分布幅 $T_{0,K}$ 、自発磁化等の強磁性秩序状態を特徴付ける基本的な物理量の間、簡単なスケールング則が成立することが明らかにされた。これは 3d 遷移金属間化合物の強磁性体でも報告されており、高橋らの「スピンゆらぎ」理論でも予測されている。驚くべきことに 5f 電子系の強磁性状態と 3d 電子系のその間にある種の共通性があることが明らかにされた。

(3) ウランダイカルコゲナイド化合物の高圧研究

ウランダイカルコゲナイド化合物 (β -US₂, USeS, UTeS) は常圧では絶縁体であり、ウラン強磁性超伝導物質 URhGe, UCoGe と同じ結晶構造を形成する。この系は、電気伝導の大きな磁場応答が特徴的である。とくに β -US₂ では、非磁性基底状態を持つにも関わらず、低温でマンガ氧化物と同程度の巨大な負の磁気抵抗効果が現れ、その起源に興味を持たれる。 β -US₂ に少し圧力を加えると 0.5 GPa 付近で、自発磁化 0.05 μ_B/U 程度の弱い強磁性が誘起され、4 GPa で絶縁体金属転移が起きる。本研究課題の以前から、4 GPa 以上で自発磁化の大きな強磁性状態が成立することは示唆されていたが、信頼できる定量的データが得られなかった。本研究課題では、(1) で記載した、高圧下磁化測定用アンビルセルの測定精度向上を通して、4 GPa 以上の強磁性状態の自発磁化 / 磁化過程等が初めて精密に決定された。図3は β -US₂ の2Kにおける

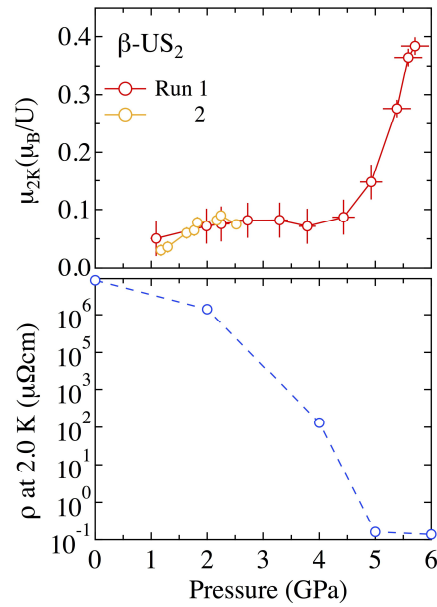


図3 β -US₂ の2.0 Kにおける自発磁化 μ_{2K} と電気抵抗 ρ の圧力依存

電気抵抗 ρ と自発磁化 μ_{2K} の圧力依存である。電気抵抗の値は加圧と共に減少し、金属へと転移する4 GPaで急激に低下する。これに呼応して、磁化の値は急激に減少し、自発磁化の値が0.4 μ_B/U 程度の「強い強磁性状態」へと転移することが明らかにされ、転移温度や自発磁化の圧力依存が決定された。さらに YbCu₂Si₂の圧力誘起強磁性相について、転移温度 / 自発磁化の圧力効果が精密に決定された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 21 件)

1 T. Yanagisawa, K. Hiura, S. Mombestu, T. Murazumi, H. Hidaka, H. Amitsuka, N. Tateiwa, and Y. Haga, Ultrasonic Investigation of Magnetic Ordering with Higher-Order Interaction in the Cage-Structured Compound U₃Pd₂₀Si₆, J. Phys.: Conf. Ser., 査読有, Vol. 592, 2016, 012095-1~8.

DOI:10.1088/1742-6596/592/1/012095

2 Y. Haga, Y. Matsumoto, N. Tateiwa, E. Yamamoto, N. Kimura, T. Yamamura, and Z. Fisk, Enhancement of the cyclotron effective mass in U_{0.03}Th_{0.97}Ru₂Si₂, J. Phys.: Conf. Ser., 査読有, Vol. 592, 2016, 012036-1~5.

DOI:10.1088/1742-6596/592/1/012036

3 立岩 尚之、高圧力下磁化測定用セラミックアンビル型圧力セル mCAC、高圧力の科学と技術、査読有、25 巻、2015、274-282

⁴ J. Pospisil, P. Oplental, M. Valiska, Y. Tokunaga, A. Stunault, Y. Haga, N. Tateiwa, B. Gillon, F. Honda, T. Yamamura, V. Niznansky, E. Yamamoto, D. Aoki, Properties and Collapse of the Ferromagnetism in $\text{UCo}_{1-x}\text{Ru}_x\text{Al}$ Studied in Single Crystal, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 査読有, Vol. **85**, 2015, 034710-1~10

DOI: 10.7566/JPSJ.85.034710

⁵ Y. Haga, T. D. Matsuda, N. Tateiwa, E. Yamamoto, Y. Onuki, and Z. Fisk, Single crystal growth and characterization of URu_2Si_2 , *PHILOSOPHICAL MAGAZINE*, 査読有, Vol. **94**, 2014, 3672~3680

DOI:10.1080/14786435.2014.974711

⁶ E. Yamamoto, N. Tateiwa, Y. Haga, S. Ikeda, H. Sakai, Y. Onuki, and Z. Fisk, Analysis of magnetization behavior in magnetic semiconductor $\beta\text{-US}_2$, *JPS Conf. Proc.*, 査読有, Vol. **3**, 2014, 011095-1~3

DOI: 10.7566/JPSJ.82.055004

⁷ Y. Matsumoto, Y. Haga, N. Tateiwa, E. Yamamoto, N. Kimura, H. Aoki, and Z. Fisk, Electronic states in Antiferromagnetic Compound URhIn_5 Investigated by de Haas-van Alphen Effect and High Pressure Resistivity Measurements, *JPS Conf. Proc.*, 査読有, Vol. **3**, 2014, 011097-1~5

DOI:10.7566/JPSJ.82.073701

⁸ T. Kawae, M. Koga, Y. Sato, S. Makiyama, Y. Inagaki, N. Tateiwa, T. Fujiwara, H. D. Suzuki, and T. Kitai, Non-Fermi Liquid Behavior in Nonlinear Susceptibility in $\text{Pr}_{0.05}\text{La}_{0.95}\text{Pb}_3$, *JPS Conf. Proc.*, 査読有, Vol. **3**, 2014, 012030-1~6

DOI:10.7566/JPSJ.82.073701

⁹ N. Tateiwa, Y. Haga, E. Yamamoto, and Z. Fisk, Drastic change in ferromagnetic ground state associated with pressure-induced metal-insulator transition in $\beta\text{-US}_2$, *JPS Conf. Proc.*, 査読有, Vol. **3**, 2014, 011086-1~7

DOI:10.7566/JPSJ.82.073701

¹⁰ N. Tateiwa, Y. Haga, E. Yamamoto, and Z. Fisk, High pressure magnetic measurement on strongly correlated electron systems with a miniature anvil high pressure cell, *J. Phys.: Conf. Ser.*, 査読有, Vol. **500**, 2014, 142032-1~5.

DOI:10.1088/1742-6596/500/14/142032

¹¹ N. Tateiwa, T. D. Matsuda, Y. Haga, and Z. Fisk, Pressure-induced ferromagnetism with strong Ising-type anisotropy in YbCu_2Si_2 , *Phys. Rev. B*, 査読有, Vol. **89**, 2014, 035127-1~5

DOI:10.1103/PhysRevB.89.035127

¹² N. Tateiwa, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Z. Fisk, Unconventional critical scaling of magnetization in ferromagnetic uranium superconductors UGe_2 and URhGe , *Phys. Rev. B*, 査読有, Vol. **89**, 2014, 064420-1~8

DOI:10.1103/PhysRevB.89.064420

¹³ N. Tateiwa, Y. Haga, T. D. Matsuda, Z. Fisk, S. Ikeda, H. Kobayashi, Note: Improved sensitivity of magnetic measurements under high pressure in miniature ceramic anvil cell for a commercial SQUID magnetometer, *Rev. Sci. Instrum.*, 査読有, Vol. **84**, 2013, 046105-1~3

DOI:10.1061/1.4802832

¹⁴ N. Metoki, H. Sakai, E. Yamamoto, N. Tateiwa, T. Matsuda, Y. Haga, Neutron Scattering Experiments for the Study of In-Plane Ordered Moment in URu_2Si_2 , *J. Phys. Soc. Jpn.*, 査読有, Vol. **82**, 2013, 055004-1~2

DOI:10.7566/JPSJ.82.055004

¹⁵ T. Kawae, M. Koga, Y. Sato, S. Makiyama, Y. Inagaki, N. Tateiwa, T. Fujiwara, H. S. Suzuki, and T. Kitai, Nonlinear Susceptibility Measurement for Quadrupolar Response in a Dilute Γ_3 Non-Kramers Doublet Systems $\text{Pr}_{0.05}\text{La}_{0.95}\text{Pb}_3$, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 査読有, Vol. **82**, 2013, 073701-1~4

DOI:10.7566/JPSJ.82.073701

¹⁶ N. Tateiwa, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Onuki and Z. Fisk, Magnetic property in the ferromagnetic superconductor UGe_2 at pressures above the ferromagnetic critical pressure, *J. Korean. Phys. Soc.*, 査読有, Vol. **63**, 2013, 627~631

DOI:10.3938/jkps.63.627

¹⁷ T. D. Matsuda, N. Tateiwa, E. Yamamoto, Y. Haga, Y. Onuki, D. Aoki, J. Flouquet, and Z. Fisk, Magnetic phase diagram of UCoAl , *J. Korean. Phys. Soc.*, 査読有, Vol. **63**, 2013, 575~578

DOI:10.3938/jkps.63.575

¹⁸ Y. Onuki R. Settai, K. Sugiyama, T. Takeuchi, F. Honda, Y. Haga, E. Yamamoto, T. D. Matsuda, N. Tateiwa, D. Aoki, Heavy fermions and unconventional superconductivity in high-quality single crystals of rare-earth and actinide compounds, *J. Korean. Phys. Soc.*, 査読有, Vol. **63**, 2013, 409~415

DOI:10.3938/jkps.63.409

¹⁹ Y. Matsumoto, T. D. Matsuda, N. Tateiwa, E. Yamamoto, Y. Haga, and Z. Fisk, Single Crystal Growth and Physical Properties of $\text{UT}_2\text{Al}_{20}$ (T=Transition Metal), *J. Korean. Phys. Soc.*, 査

〔学会発表〕(計 26 件)

1 立岩 尚之、芳賀 芳範、山本 悦嗣、ウラン強磁性超伝導物質の圧力誘起磁性・非磁性転移、日本物理学会第 71 回年次大会、2016 年 3 月 22 日東北学院大学(宮城県、仙台市)

2 立岩 尚之、芳賀 芳範、山本 悦嗣、ウラン強磁性超伝導物質の高圧下磁化測定、第 56 回高圧討論会、2015 年 11 月 12 日 JMS アステールプラザ(広島県、広島市)

3 吉田 靖雄、Howon Kim、芳賀 芳範、立岩 尚之、鈴木 通人、Zachary Fisk、長谷川 幸雄、CeCoIn₅ の CeIn 面における超伝導ギャップ内残留状態密度のサイト依存性、日本物理学会第 70 回年次大会、2015 年 03 月 23 日早稲田大学(東京都新宿区)

4 藤森 伸一、小島 雅明、竹田 幸治、岡根 哲夫、斉藤 祐児、藤森 淳、山上 浩志、松本 裕司、山本 悦嗣、立岩 尚之、芳賀 芳範、角度分解光電子分光による ThRu₂Si₂ の電子状態、日本物理学会第 70 回年次大会、2015 年 03 月 22 日早稲田大学(東京都新宿区)

5 芳賀 芳範、松本 裕司、立岩 尚之、山本 悦嗣、木村 憲彰、Zachary Fisk、ウラン化合物反強磁性体 URhIn₅ の電子状態と物性、日本物理学会第 70 回年次大会、2015 年 03 月 22 日早稲田大学(東京都新宿区)

6 立岩 尚之、芳賀 芳範、山本 悦嗣、Zachary Fisk、高圧下磁化測定装置の高精度化によるウラン化合物の研究、日本物理学会第 70 回年次大会、2015 年 03 月 22 日早稲田大学(東京都新宿区)

7 Naoyuki Tateiwa, Unconventional critical scaling of magnetization in UGe₂ and URhGe, REIMEI-ICC-IMR Workshop (24th ASRC International Workshop), 2014 年 12 月 04 日、東北大学(宮城県仙台市)

8 日浦 健太、柳沢 達也、門別 翔太、村住 太郎、稲垣 宏幸、日高 宏之、網塚 浩、立岩 尚之、芳賀 芳範、U₃Pd₂₀Si₆ の磁場中弾性応答 II、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 09 月 09 日中部大学(愛知県春日井市)

9 松本 裕司、芳賀 芳範、立岩 尚之、山本 悦嗣、大原 繁男、木村 憲彰、Zachary Fisk、ウラン金属間化合物の磁性不純物状態の電子状態-量子振動現象を用いた U_xTh_{1-x}Ru₂Si₂ の研究、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 09 月 09 日中部大学(愛知県

春日井市)

10 芳賀 芳範、松本 裕司、立岩 尚之、山本 悦嗣、Zachary Fisk、播磨 尚朝、本間 佳哉、本多史憲、青木大、UT₂Al₂₀(T: 遷移金属)の物質探索と電子状態、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 09 月 09 日中部大学(愛知県春日井市)

11 立岩 尚之、芳賀 芳範、松田 達磨、山本 悦嗣、Zachary Fisk、ウラン系強磁性超伝導物質 UGe₂ と URhGe の強磁性転移に伴う臨界現象について、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 09 月 09 日中部大学(愛知県春日井市)

12 立岩 尚之、芳賀 芳範、松田 達磨、山本 悦嗣、Zachary Fisk、ウランカルコゲナイド化合物 USeS、UTeS の高圧研究、日本物理学会第 69 回年次大会、2014 年 03 月 28 日東海大学(神奈川県平塚市)

13 芳賀 芳範、松本 裕司、立岩 尚之、山本 悦嗣、松田 達磨、Zachary Fisk、ウラン化合物反強磁性体 URhIn₅ における dHvA 効果、日本物理学会第 69 回年次大会、2014 年 03 月 28 日東海大学(神奈川県平塚市)

14 松本 裕司、芳賀 芳範、立岩 尚之、山本 悦嗣、松田 達磨、Zachary Fisk、UPtIn 及び UTC2(T: 遷移金属)の結晶育成と物性、日本物理学会第 69 回年次大会、2014 年 03 月 28 日、東海大学(神奈川県平塚市)

15 吉田 靖雄、Howon Kim、芳賀 芳範、立岩 尚之、Zachary Fisk、長谷川 幸雄、重い電子系超伝導体 CeCoIn₅ の極低温・強磁場における STM/STS、日本物理学会第 69 回年次大会、2014 年 03 月 28 日、東海大学(神奈川県平塚市)

16 立岩 尚之、ウラン強磁性超伝導物質の研究、アルファ放射体実験室利用報告および基盤研究 S「価数不安定性をもつアクチノイド化合物」合同研究会、2014 年 02 月 24 日、東北大学金属材料研究所(宮城県仙台市)

17 佐藤 由昌、牧山 駿、蓮尾 斎彦、稲垣 裕次、河江 達也、立岩 尚之、藤原 哲也、松林 和幸、上床 美也、SQUID 磁束計を用いた極低温圧力下磁化測定技術の開発、第 54 回高圧討論会、2013 年 11 月 04 日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター(新潟県新潟市)

18 芳賀 芳範、松本 裕司、立岩 尚之、山本 悦嗣、Zachary Fisk、ウラン系反強磁性化合物 URhIn₅ の磁性と伝導、日本物理学会 2013 年秋季大会、2013 年 09 月 27 日、徳島大学(徳

島県徳島市)

19 松本 裕司、芳賀 芳範、立岩 尚之、木村 憲彰、青木 晴善、山本 悦嗣、Zachary Fisk、山上 浩志、ThRu₂Si₂ の de Haas-van Alphen 効果測定によるフェルミ面の研究、日本物理学会 2013 年秋季大会、2013 年 09 月 27 日、徳島大学(徳島県徳島市)

20 立岩 尚之、芳賀 芳範、山本 悦嗣、Zachary Fisk、ウラン系反強磁性化合物の圧力効果、日本物理学会 2013 年秋季大会、2013 年 09 月 26 日、徳島大学(徳島県徳島市)

21 佐藤 由昌、牧山 駿、蓮尾 斎彦、河江達也、立岩 尚之、藤原 哲也、松林 和幸、上床 美也、SQUID 磁束計を用いた極低温圧力下磁化測定技術の開発、日本物理学会 2013 年秋季大会、2013 年 09 月 25 日、徳島大学(徳島県徳島市)

22 河江 達也、古賀 幹人、佐藤 由昌、牧山 駿、稲垣 裕次、立岩 尚之、藤原 哲也、鈴木 博之、北井 哲夫、 Γ_3 基底二重項をもつ Pr_{0.05}La_{0.95}Pb₃ における非線形磁化率測定、日本物理学会 2013 年秋季大会、2013 年 09 月 25 日、徳島大学(徳島県徳島市)

23 Naoyuki Tateiwa, Yoshinori Haga, Etsuji Yamamoto, and Zachary Fisk, Drastic change in ferromagnetic ground state associated with pressure-induced metal-insulator transition in β -US₂, Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), 2013 年 08 月 08 日、東京大学(東京都文京区)

24 Yuji Yamamoto, Yoshinori Haga, Naoyuki Tateiwa, Etsuji Yamamoto, Noriaki Kimura, Haruyoshi Aoki, and Zachary Fisk, Electronic states in Antiferromagnetic Compound URhIn₅ Investigated by de Haas-van Alphen Effect and High Pressure Resistivity Measurements, Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), 2013 年 08 月 08 日、東京大学(東京都文京区)

25 Yuji Yamamoto, Yoshinori Haga, Naoyuki Tateiwa, Haruyoshi Aoki, Noriaki Kimura, Tatsuma D. Matsuda, Etsuji Yamamoto, and Zachary Fisk, Single-crystal growth and de Haas-van Alphen effect study of ThRu₂Si₂, Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), 2013 年 08 月 08 日、東京大学(東京都文京区)

26 Etsuji Yamamoto, Naoyuki Tateiwa, Yoshinori Haga, Shugo Ikeda, Hironori Sakai, Yoshichika Onuki, and Zachary Fisk, Analysis of magnetization behavior in magnetic semiconductor β -US₂, Strongly Correlated

Electron System 2013 (SCES2013), 2013 年 08 月 08 日、東京大学(東京都文京区)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

<http://asrc.jaea.go.jp/soshiki/gr/ActinideGroup/top.jp.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

立岩 尚之 (TATEIWA, Naoyuki)
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 先端基礎研究センター・研究主幹
研究者番号：50346821

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：