

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540415

研究課題名(和文) 価数転移・価数秩序に注目したユーロピウム化合物の新奇物性探索と機構解明

研究課題名(英文) Study on valence transition and valence order transition in Eu-based compounds

研究代表者

光田 暁弘 (Mitsuda, Akihiro)

九州大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20334708

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：ユーロピウム化合物における4f電子状態の不安定性に注目し主に2つの研究を行った。EuRh₂Si₂が圧力下で価数転移(4f電子数の変化)を示すことを新たに発見し、この価数転移が磁場によっても強く影響を受けることを示した。2つの価数転移を示し、それに伴い価数秩序転移(2つの4f電子状態が規則配列する)を示す珍しい系であるEuPtPに注目した。PサイトのAs置換に成功し、転移温度が低温にシフトし、基底状態(ゼロ温度状態)の価数秩序構造が変化することを見いだした。

以上の結果はユーロピウムの価数不安定現象の新たな知見であり、今後の研究の発展にもつながるものである。

研究成果の概要(英文)：We have examined unstable 4f electrons (valence states) and its related behaviors in Eu-based compounds. We discovered new valence transition under pressure of about 1GPa in EuRh₂Si₂. This transition is found to be very sensitive to magnetic field. Thus, we are successful in observing magnetic field-induced valence transition in a field of 7T, which is much lower than before. In addition, we have focused on EuPtP, which intriguingly exhibits two valence transitions (T1 and T2) accompanied by valence order transitions. We could synthesize EuPtP_{1-x}As_x up to x=0.7 and examined x-dependence of transition temperatures. For x<=0.4, the two transitions are observed, while for 0.6<=x<=0.5 only one transition corresponding to T1 is observed. For x=0.7, there are no transitions. These results means that we have found new information on valence instability of Eu-based compounds that leads to future research.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性II

キーワード：ユーロピウム 価数転移 価数秩序 圧力 磁場

1. 研究開始当初の背景

重い電子系における量子臨界現象は磁気揺らぎに起因するものが多く研究されてきたが、近年、価数揺らぎが新たに量子臨界現象に寄与することが理論的に指摘され、実験的な研究が盛んになりつつある。我々は価数転移に関連する諸現象を研究してきた。この経験を生かし、価数不安定に起因する新しい現象を発掘し、調べることによって、上記の研究に貢献することを目指すことにした。

2. 研究の目的

本研究では主としてユーロピウムが示す価数不安定現象に焦点を当て、その物性探索および統一的な解明を目指す。大きなテーマとして以下の2つをあげる。

(1) Eu系における価数揺らぎの強い系の探索とその極低温物性測定

これまでに価数転移や中間価数を示すことが明らかにされているEu化合物には、意外にも1.4K以下の極低温領域の物性が測定されているものが少ない。また、従来、価数が安定だと考えられている化合物についても元素置換や静水圧力を駆使することで、新しい価数不安定状態が出現する可能性がある。これらの物質について価数揺らぎを極低温領域まで実現して新奇物性を探索することを第一の目的とする。

(2) 価数転移と価数秩序を同時に示すEu化合物の転移機構解明

EuPtPは六方晶Ni2P型の層状構造を持ち、温度に対して2つの価数転移($T_1=243\text{K}$, $T_2=200\text{K}$)を示す珍しい物質である。我々は最近、共鳴X線回折実験により T_1 以下で価数秩序状態を直接観測し、各層に Eu^{2+} 又は Eu^{3+} が配置され、それらが周期的に積層する構造であることを明らかにした。さらに T_2 ではその周期が変化していることも示した。

価数転移と価数秩序転移を同時に起こすことや、逐次的に価数秩序構造を変化させることは非常に珍しい。この振舞も価数不安定性に起因する現象であるが、価数は揺らぎに、2価と3価に分離・静止してしまうという点で、価数揺らぎとは対極的に位置づけられる現象かもしれない。そのような観点からもこの現象の機構解明を目指すことを第2の目的とする。

3. 研究の方法

(1) Eu系における価数揺らぎの強い系の探索とその極低温物性測定

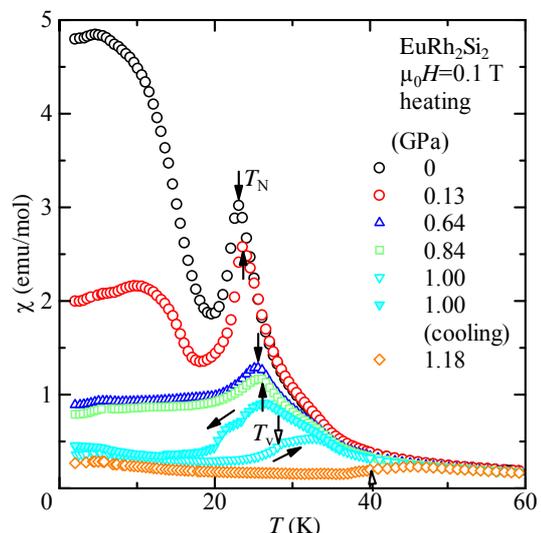
価数揺らぎの強い系の探索については、すでにその候補物質(EuRh_2Si_2)の予備測定を行い、圧力誘起価数転移を示唆する結果を得ていた。そこでこの振舞を高圧下の磁化、電気抵抗、熱膨張測定からより詳細に調べた。価数転移が起こる付近の圧力下で希釈冷凍機による電気抵抗測定を行い、価数揺らぎの様子についても調べた。さらに、圧力誘起価数転移の磁場効果の測定も行った。

(2) 価数転移と価数秩序を同時に示すEu化合物の転移機構解明

EuPtPについて、PサイトをAsで置換した試料を作製し、磁化、電気抵抗、X線吸収測定を行い、転移温度の変化と各相の価数について調べた。また、静水圧力下における振舞についても同様に調べた。

4. 研究成果

(1) EuRh_2Si_2 について圧力下の磁化測定を行ったところ、反強磁性秩序が1GPaの圧力で抑制され、価数転移が誘起されることが明らかになった(図1)。すなわち**新しい圧力誘起価数転移を見いだした**。反強磁性が抑制される直前のネール点は26Kであり、そこから突然、反強磁性が消失する。このような振舞は電気抵抗、熱膨張測定からも観測された。



反強磁性が抑制させた直後においては、磁気揺らぎや

図1: EuRh_2Si_2 の圧力下の磁化率

や価数揺らぎの大きな基底状態が実現している可能性を考えて、希釈冷凍機を用いて0.2Kまで冷却して電気抵抗を測定したが、 $\sim T^2$ を示しており、超伝導の兆候も観測されなかった。おそらく、圧力を変化させたときの基底状態の変化は一次転移で変化しており、磁気揺らぎや価数揺らぎの大きい状態を飛び越えて非磁性の基底状態へ移り変わったと考えられる。Ce系などで見られるようなネール点が連続的にゼロに近づくような物質の方が磁気・価数揺らぎの大きな状態を実現できるのかもしれない。

続いて、この価数転移に対する磁場効果を調べた。圧力を1.1GPaに固定して、各温度で磁化過程を測定した(図2)。この圧力において温度誘起価数転移温度 T_v は33Kである。 $T=2, 10\text{K}$ においては通常の磁化過程であるが、 $T=20\text{K}$ 以上でヒステリシスを伴う磁化の跳びが観測される。この跳びは $T=30\text{K}$ で最も大きくなり、これ以上の温度では小さくなっていく。 $T=45\text{K}$ ではヒステリシスはほとんど見え

なくなる。価数転移温度 T_v に近づくにつれて磁化の跳びが大きくなり、ヒステリシスも大

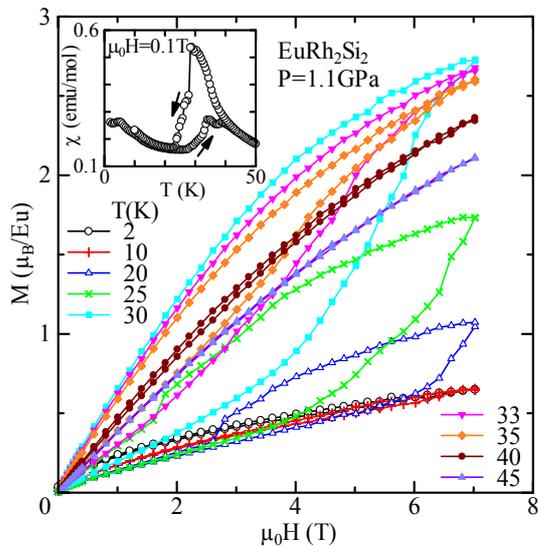


図 2: EuRh₂Si₂ における静水圧力下 (1.1 GPa) 磁場誘起価数転移。

きくなることから、この磁化の跳びは磁場誘起価数転移に対応すると言える。これまでの我々の研究で、Eu 系化合物の磁場誘起価数転移はパルス強磁場を用いて観測する必要があったが、圧力下の EuRh₂Si₂ では定常磁場で価数転移の誘起が可能になった。これにより、磁気抵抗測定やメスバウアー効果測定から磁場誘起価数転移を観測できることになり、これらの実験も行われつつある。

(2) EuPtP について 2 つの転移 (T_1 , T_2) の As 置換効果を調べた。EuPtP_{1-x}As_x は $x=0.7$ まで置換可能であり、 $x=0.05 \sim 0.3$ の試料においては粉末状試料が、 $x=0.4 \sim 0.7$ では単結晶的なバルク状試料が得られた。 $x=0$ および $0.4 \sim 0.7$ の電気抵抗の測定結果を図 3 に示す。これまで T_1 と T_2 の間の相において電気抵抗が増大し、 T_2 以下の相で減少することが分かっているが、 $x=0.4$ においてはその抵抗

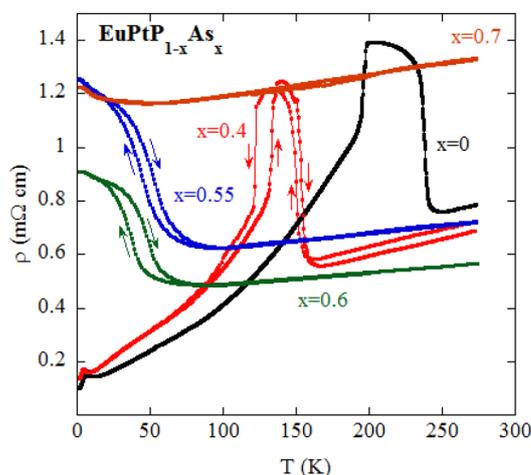


図 3: EuPtP_{1-x}As_x の電気抵抗の温度依存性

増大及び減少が観測されている。一方、 $x=0.55, 0.6$ においては抵抗の増大のみ観測されることから、相が基底状態となっていることが考えられる。 $x=0.7$ では抵抗の増大も僅かにしか見られず、相への転移は抑制されていると考えられる。以上の振舞は磁化測定、粉末 X 線回折の結果や L_3 -X 線吸収分光から求められた価数の温度変化ともコンシステントであり、As 置換により EuPtP の価数転移、価数秩序相の制御ができることを明らかにした。

一方、静水圧力効果は As 置換と逆の効果をもたらす T_1, T_2 を増加させる効果がある。これまで 2.4 GPa まで調べていたが、それ以上の圧力について 8 GPa まで電気抵抗を測定した。2 GPa 以上で圧力印加と共に電気抵抗のブロードな山が 3 つ現れ、いずれも高温側にシフトすることがわかった。さらに 3 つ目の山が現れた時に、常圧から観測され続けたネール点が消失した。当初、これらの山は価数転移であり、平均価数が $(2+n/6)$ 価 ($n=4, 5, 6$) への価数転移であると予想したが、高圧下の L_3 -X 線吸収分光から見積もった価数はこれら山付近で変化していない。今後、この機構を調べる研究の発展が期待される。

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 14 件)

Origins of Phase Transitions in Valence Fluctuating YbPd, A. Mitsuda, M. Sugishima, T. Hasegawa, S. Tsutsui, M. Isobe, Y. Ueda, M. Udagawa, H. Wada, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 82 (2013) pp.084712-1-5, 査読有

DOI: 10.7566/JPSJ.82.084712

Phase diagram and Eu valence state in EuPtP_{1-x}As_x, M. Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada, J. Korean Phys. Soc. Vol. 62 (2013) pp.2019-2023, 査読有

DOI: 10.3938/jkps.62.2019

Valence transition induced by pressure and magnetic field in antiferromagnet EuRh₂Si₂, A. Mitsuda, S. Hamano, H. Wada, J. Korean Phys. Soc. Vol. 62 (2013) pp.1787-1791, 査読有

DOI: 10.7566/JPSJ.82.064715

What is Origin of the First Eu-Based Heavy Fermion?, A. Mitsuda, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 10(2013) pp.14, 査読無
<http://journals.jps.jp/doi/full/10.7566/JPSJNC.10.14>

Charge density wave and superconductivity of RPt₂Si₂ (R = Y, La, Nd and Lu), Y. Nagano, N. Araoka, A. Mitsuda, H. Wada, H. Yayama, M. Ichihara, M. Isobe, Y. Ueda, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 82 (2013) pp.064715-1-5, 査読

有

DOI: 10.7566/JPSJ.82.064715

Soft-X-ray Magnetic Circular Dichroism under Pulsed High Magnetic Fields at Eu $M_{4,5}$ Edges of Mixed Valence Compound $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$, T. Nakamura, T. Hirono, T. Kinoshita, Y. Narumi, M. Hayashi, H. Nojiri, A. Mitsuda, H. Wada, K. Kodama, K. Kindo, and A. Kotani, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 81 (2012) pp.103705-1-4, 査読有

DOI: 10.1143/JPSJ.81.103705

Field-induced valence transition in $\text{EuPt}_{1-x}\text{As}_x$, A. Mitsuda, T. Okuma, M. Sugishima, H. Wada, K. Sato, K. Kindo, Euro. Phys. J. B, Vol. 85 (2012) pp. e2011-20807-1-5, 査読有

DOI: 10.1140/epjb/e2011-20807-4

Pressure-Induced Valence Transition in EuRh_2Si_2 , A. Mitsuda, S. Hamano, N. Araoka, H. Yayama, H. Wada, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 81 (2012) pp.023709-1-4, 査読有

DOI: 10.1143/JPSJ.81.023709

Temperature-Induced Valence Transition of EuPd_2Si_2 Studied by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy, K. Mimura, T. Uozumi, T. Ishizu, S. Motonami, H. Sato, Y. Utsumi, S. Ueda, A. Mitsuda, K. Shimada, Y. Taguchi, Y. Yamashita, H. Yoshikawa, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 50 (2011) pp. 05FE03-1-2, 査読有

DOI: 10.1143/JJAP.50.05FD03

Oxidation state sensitivity of Eu $L_{\gamma 4}$ emission and its applications to oxidation state selective EXAFS spectroscopy of EuPd_2Si_2 , H. Hayashi, N. Kanai, Y. Takehara, N. Kawamura, M. Mizumaki, A. Mitsuda, J. Analytical Atomic Spectroscopy, Vol. 26 (2011) pp. 1858-1862, 査読有

DOI: 10.1039/c1ja10089k

Raman scattering investigation on YbPd, T. Hasegawa, N. Ogita, M. Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada and M. Udagawa, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 80 (2011) pp. SA095-1-3, 査読有

DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA095

Effect of substitution of Ca^{2+} for Eu^{2+} on pressure-induced superconductivity in EuFe_2As_2 , A. Mitsuda, T. Matoba, S. Seike, F. Ishikawa, Y. Yamada, H. Wada, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 80 (2011) pp. SA117-1-3, 査読有

DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA117

Effects of Magnetic Field, Pressure and Dilution of Yb on Phase Transitions in Valence Fluctuating Compound YbPd,

Y. Nakanishi, T. Kamiyama, K. Deto, F. Shichinomiya, R. Kashiwazaki, M. Nakamura, M. Yoshizawa, M. Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 80 (2011) pp. SA094-1-3, 査読有
DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA094

Detailed investigation of elastic properties of YbPd single crystal, M. Sugishima, K. Yamada, A. Mitsuda, H. Wada, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, K. Suga, K. Kindo, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 80 (2011) pp. SA093-1-3, 査読有

DOI: 10.1143/JPSJS.80SA.SA093

〔学会発表〕(計 49 件)

光田暁弘, 喜舎場英吾, 和田裕文, 磁場誘起価数転移を示す EuRh_2Si_2 系における磁気抵抗測定, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 28 日, 東海大学湘南キャンパス

丸山丈博, 西谷孝二, 水戸毅, 小山岳秀, 上田光一, 小原孝夫, 光田暁弘, 杉島正樹, 和田裕文, 価数転移を示す EuPtP の低温磁気秩序状態における NMR 研究, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 28 日, 東海大学湘南キャンパス

市木勝也, 三村功次郎, 安齋太陽, 魚住孝幸, 本並哲, 小林大祐, 佐藤仁, 内海有希, 上田茂典, 光田暁弘, 和田裕文, 田口幸広, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹, 温度誘起価数転移を示す $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ の電子状態: 硬 X 線光電子分光による研究, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 28 日, 東海大学湘南キャンパス

安村光正, 鳴海康雄, 野尻浩之, 中村哲也, 小谷佳範, 木下豊彦, 喜舎場英吾, 光田暁弘, 和田裕文, 金道浩一, 強磁場軟 X 線吸収・磁気円二色性による $\text{Eu}(\text{Rh}_{1-x}\text{Ir}_x)_2\text{Si}_2$ の価数転移の研究, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 27 日, 東海大学湘南キャンパス

光田暁弘, EuRh_2Si_2 における高圧下磁場誘起価数転移, 第 2 回先進的放射光メスバウア一分光研究会, 2014 年 03 月 06 日, 名古屋工業大学

光田暁弘, 梅田真史, 眞鍋栄樹, 松林和幸, 水牧仁一朗, 河村直己, 石松直樹, 上床美也, 渡辺真仁, 和田裕文, 二段価数秩序転移を示す EuPtP の高圧効果, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 09 月 26 日, 徳島大学常三島キャンパス

西谷孝二, 水戸毅, 牟田寛弥, 小山岳秀, 上田光一, 小原孝夫, 光田暁弘, 和田裕文, 杉島正樹, 価数転移を示す Eu 系化合物の NMR による研究, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 09 月 25 日, 徳島大学常三島キャンパス

梅田真史, 眞鍋栄樹, 光田暁弘, 水牧仁一朗, 河村直己, 石松直樹, 渡辺真仁, 和田裕文, EuPtP の圧力下 X 線吸収分光, 日

本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 09 月 25 日, 徳島大学常三島キャンパス

合木悠佑, 光田暁弘, 和田裕文, 単結晶 EuNi_2Ge_2 の圧力下でのホール効果測定, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 09 月 25 日, 徳島大学常三島キャンパス

喜舎場英吾, 浜野卓, 光田暁弘, 近藤晃弘, 金道浩一, 水牧仁一朗, 新田清文, 和田裕文, $\text{Eu}(\text{Rh}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{Si}_2$ ($\text{M}=\text{Ir}, \text{Co}$) における化学的圧力及び磁場効果, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 09 月 25 日, 徳島大学常三島キャンパス

市木勝也, 三村功次郎, 安齋太陽, 魚住孝幸, 本並哲, 小林大祐, 佐藤仁, 内海有希, 上田茂典, 光田暁弘, 和田裕文, 田口幸広, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹, 硬 X 線光電子分光による $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ ($x=0.70, 0.79, 0.82$) の温度誘起価数転移の研究, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 09 月 25 日, 徳島大学常三島キャンパス

水戸毅, 西谷孝二, 牟田寛弥, 小山岳秀, 上田光一, 小原孝夫, 光田暁弘, 和田裕文, 杉島正樹, 価数転移物質 EuPtP の f 電子状態に関する NMR 研究, 日本物理学会第 68 回年次大会, 2013 年 03 月 26 日, 広島大学東広島キャンパス

喜舎場英吾, 浜野卓, 光田暁弘, 和田裕文, 近藤晃弘, 金道浩一, $\text{Eu}(\text{Rh}_{1-x}\text{Ir}_x)_2\text{Si}_2$ における強磁場磁化過程, 第 118 回日本物理学会九州支部例会, 2012 年 12 月 08 日, 琉球大学

中西良樹, 田村大, 中村光輝, 吉澤正人, 浜野卓, 喜舎場英吾, 光田暁弘, 和田裕文, EuRh_2Si_2 の転移点近傍における特異な弾性異常, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012 年 09 月 20 日, 横浜国立大学

光田暁弘, 浜野卓, 和田裕文, EuRh_2Si_2 における圧力誘起価数転移の磁場効果, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012 年 09 月 18 日, 横浜国立大学

K. Mimura, S. Kawada, T. Uozumi, H. Sato, Y. Utsumi, S. Ueda, Masaki Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada, K. Shimada, Y. Taguchi, K. Kobayashi, H. Namatame, M. Taniguchi, Hard X-ray Photoemission Study of the Two Valence Transitions in EuPtP , 12th International Conference on Electron Spectroscopy and Structure (ICFESS-12), 2012 年 09 月 18 日, Saint-Malo, France

A. Mitsuda, S. Hamano, H. Wada, Valence transition induced by pressure and magnetic field in antiferromagnet EuRh_2Si_2 , 19th International Conference on Magnetism (ICM2012), 2012 年 07 月 12 日, Busan, Korea

T. Mito, K. Nishitani, T. Koyama, K. Ueda, T. Kohara, A. Mitsuda, M. Sugishima, H. Wada, ^{31}P -NMR study of

valence fluctuating compound EuPtP , 19th International Conference on Magnetism (ICM2012), 2012 年 07 月 10 日, Busan, Korea

M. Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada, M. Isobe, Y. Ueda, Phase diagram and Eu valence state in $\text{EuPtP}_{1-x}\text{As}_x$, 19th International Conference on Magnetism (ICM2012), 2012 年 07 月 10 日, Busan, Korea

川田翔, 三村功次郎, 魚住孝幸, 佐藤仁, 内海有希, 上田茂典, 杉島正樹, 光田暁弘, 和田裕文, 島田賢也, 田口幸広, 生天目博文, 谷口雅樹, 小林啓介, 二段価数転移を示す EuPtP における電子相間: 硬 X 線光電子分光による研究, 日本物理学会第 67 回年次大会, 2012 年 03 月 25 日, 関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス

②西谷孝二, 水戸毅, 小山岳秀, 上田光一, 小原孝夫, 光田暁弘, 杉島正樹, 和田裕文, 価数転移を示す EuPtP の ^{31}P -NMR, 日本物理学会第 67 回年次大会, 2012 年 03 月 25 日, 関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス

②稲見俊哉, 石井賢司, Jarrige Ignace, 光田暁弘, X 線ラマン散乱法による EuPd_2Si_2 の価数転移の観測(II), 日本物理学会第 67 回年次大会, 2012 年 03 月 24 日, 関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス

③眞鍋栄樹, 光田暁弘, 矢山英樹, 和田裕文, EuPtP における低温の電気抵抗の圧力依存性, 第 52 回高圧討論会, 2011 年 11 月 10 日, 沖縄キリスト教学院

④小谷章雄, 中村哲也, 鳴海康雄, 林美咲, 光田暁弘, 広野等子, 児玉謙司, 森岡貴之, 木下豊彦, 和田裕文, 金道浩一, 野尻浩之, パルス強磁場による $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$ の軟 X 線吸収 MCD 実験の理論解析, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011 年 09 月 23 日, 富山大学五福キャンパス

⑤パルス強磁場による $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{0.18}\text{Ge}_{0.82})_2$ の軟 X 線吸収 MCD 実験, 中村哲也, 鳴海康雄, 林美咲, 光田暁弘, 広野等子, 児玉謙司, 森岡貴之, 木下豊彦, 和田裕文, 金道浩一, 野尻浩之, 小谷章雄, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011 年 09 月 23 日, 富山大学五福キャンパス

⑥三村功次郎, 川田翔, 魚住孝幸, 本並哲, 佐藤仁, 内海有希, 上田茂典, 光田暁弘, 和田裕文, 島田賢也, 田口幸広, 山下良之, 吉川英樹, 生天目博文, 谷口雅樹, 小林啓介, EuNi_2X_2 ($\text{X}=\text{Si}, \text{P}, \text{Ge}$) の硬 X 線光電子分光, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011 年 09 月 23 日, 富山大学五福キャンパス

⑦稲見俊哉, 石井賢司, I. Jarrige, 吉田雅洋, 光田暁弘, 和田裕文, X 線ラマン散乱法による EuPd_2Si_2 の価数転移の観測, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011 年 09 月 23 日, 富山大学五福キャンパス

⑧浜野卓, 光田暁弘, 和田裕文, 反強磁性

体 EuRh_2Si_2 における圧力誘起価数転移,
日本物理学会 2011 年秋期大会, 2011 年 09
月 23 日, 富山大学五福キャンパス

⑳光田暁弘, 杉島正樹, 新田清文, 水牧仁
一朗, 和田裕文, 二段価数転移を示す
 $\text{EuPtP}_{1-x}\text{As}_x$ における価数測定, 日本物
理学会 2011 年秋期大会, 2011 年 09 月 22
日, 富山大学五福キャンパス

〔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://www.phys.kyushu-u.ac.jp/tatai3/index.html>.ja

6. 研究組織

(1) 研究代表者

光田 暁弘 (MITSUDA, Akihiro)
九州大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号: 20334708

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

和田 裕文 (WADA, Hirofumi)
九州大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号: 80191831

矢山 英樹 (YAYAMA, Hideki)
九州大学・基幹教育院・教授
研究者番号: 60166840

中西 剛司 (NAKANISHI, Takeshi)
東京電機大学・未来科学部・准教授
研究者番号: 70297761