

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540418

研究課題名(和文)熱物理量同時測定法による価数転移物質の電子状態の研究

研究課題名(英文)Development of method for simultaneous determination of thermal transport properties and research for the electronic properties of Eu compounds

研究代表者

辺土 正人 (HEDO, Masato)

琉球大学・理学部・准教授

研究者番号：00345232

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：圧力下での熱電能、電気抵抗だけでなく、定性的な熱伝導率、比熱を加えて、4つの輸送特性量の同時測定が可能であることがわかった。Eu化合物に対して、純良単結晶育成とdHvA効果、圧力効果測定を行い、圧力誘起相転移の探索と電子状態を明らかにした。EuGa4において、圧力誘起の価数転移とCDW転移を見出した。dHvA振動測定から、特徴的な角柱状フェルミ面が存在することを見出し、それがネスティングすることによって、圧力誘起CDW転移が生じている可能性を提案した。EuNi2P2について、熱膨張率、帯磁率、比熱、熱電能測定から、重い電子状態が形成されていることを報告した。

研究成果の概要(英文)：We developed a principled method for simultaneous determination under pressure of four values of transport properties: qualitative thermal conductivity and specific heat in addition to electrical resistivity and thermopower.

For Eu compounds, we grew single crystals and studied their electronic properties and searching for pressure-induced phase transition by measuring the de Haas van Alphen effect and pressure effect. We clarified pressure-induced valence transition above 6 GPa and observed a plausible emergence of the CDW under pressures for EuGa4. The nesting effect might be realized for peculiar quadratic prism-like Fermi surface and drive CDW in EuGa4. We reported that measured the thermal expansion, magnetic susceptibility, specific heat, and thermopower, and formed heavy fermion state in EuNi2P2.

研究分野：固体物性

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：価数転移 高圧力 電子状態 Eu化合物 熱電能 熱伝導率 比熱 ドハース・ファンアルフェン効果

### 1. 研究開始当初の背景

我々は、電気抵抗と熱電能を同時に測定できる独自の測定法(シーソーヒーティング法)を開発し、さらに磁場中や圧力下で、この手法で磁性と電子状態との関係を議論してきた。この方法では、多重極限環境(低温、磁場、圧力)での親和性がよく、特に圧力下での熱電能測定は他に報告例が少ないので、我々の特徴的研究手法になっている。圧力下の測定では、全く同じ圧力状態を再現することは不可能であるので、同時にいくつかの物理量を測定することができることは非常に優位である。現在実現している電気抵抗と熱電能だけでなく、さらに熱伝導率と比熱を加えて、4つの物理量を同時に測定するシステムの構築を目指す。

希土類元素 Eu は、2 価と 3 価のエネルギー状態が接近しているために価数が不安定で、磁場や圧力などの外的作用によって価数転移を生じる。その際に、 $\text{Eu}^{2+}$  は  $J=7/2$  で希土類元素の最大の磁気モーメントを持つ磁性状態であり、一方、 $\text{Eu}^{3+}$  は  $J=0$  で磁気モーメントが消失する非磁性状態となる。Eu は価数転移に伴って、大きな電子状態の変化だけでなく、大きな磁性状態変化も同時に起こる。加えて、Eu 化合物では、その価数転移が一次転移的に起こるものはいくつか報告されている。我々はこれまでに  $\text{YbMn}_2\text{Ge}_2$  や  $\text{EuCo}_2\text{P}_2$  の価数転移物質を様々な試料環境(低温、圧力、磁場)中で研究してきた。価数転移に伴う大きなフェルミ面の変化をフェルミエネルギーでの状態密度の変化に非常に敏感である熱電能をプローブとすることで、電子状態と磁気構造の変化を報告した。本研究では、Eu 化合物での圧力誘起価数転移に注目し、従来報告のある  $\text{EuNi}_2\text{Ge}_2$  の詳細な電子状態の研究、さらに新たな価数転移物質の探索、それらの純良単結晶育成、電子状態の研究を行った。

### 2. 研究の目的

(1) 電気抵抗と熱電能だけでなく、さらに熱伝導率と比熱を加えて、4つの物理量を同時に圧力下で測定するシステムの構築を目指す。圧力媒体や試料固定具などへの熱量の拡散が予想されるので、定量性は求めず、定性的な圧力・温度依存が得られるシステムをめざす。

(2)  $\text{EuNi}_2\text{Ge}_2$  の詳細な圧力効果だけでなく、Ge サイトを Si に置換する化学圧力、置換した試料への圧力測定によって、磁性が消失し、価数転移が出現する臨界点付近の電子状態を明らかにする。参照物質として、結晶構造が類似の  $\text{EuNi}(\text{Ge}, \text{Si})_3$  についても議論する。

(3) 一次転移的に圧力誘起価数転移を起こす Eu 化合物は、すべて  $\text{ThCr}_2\text{Si}_2$  型の結晶構造を持っている。この結晶構造が価数転移に必須なのか、遷移元素がなんらかの役割を果たしているのか興味深い。これらを明らかに

するために、 $\text{ThCr}_2\text{Si}_2$  型に非常に近い構造を持つ  $\text{EuX}_4$  ( $X: \text{Ga}, \text{Al}$ ) と、結晶構造は異なるが遷移元素を有する  $\text{EuTIn}_4$  ( $T: \text{Ni}, \text{Pd}, \text{Pt}$ ) について、圧力誘起価数転移のメカニズムを理解したい。

(4) ほとんどの Eu 化合物が 2 価の状態で磁性を持つが、いくつか 3 価の化合物が存在する。これらの電子状態を理解することは、価数転移後の状態を理解することであり、価数転移によって、電子状態がどのように変化するのかを理解するためにも必要であると考えられる。よって、 $\text{EuNi}_2\text{P}_2$ 、 $\text{EuPd}_3$ 、 $\text{EuCo}_2\text{Si}_2$  などの 3 価の化合物の純良単結晶と dHvA 振動の観測を目指す。

### 3. 研究の方法

(1) ヒーターの発生熱量を見積り、熱電能測定で得られた熱電対間の温度差を用いて、熱伝導率と比熱を評価し、電気抵抗も含めた 4 つの物理量同時測定システムを構築する。熱伝導率については、圧力下では他の測定例がないので、常圧のシーソーヒーティング法による熱電能測定システムで熱流回路を評価する。比熱については、まず、熱起電力の時間依存を温度の時間変化へ変化する方法を構築し、緩和法による比熱の決定法を見出す。

(2)  $\text{EuNi}_2\text{Ge}_2$  の圧力下での熱電能・電気抵抗同時測定を行う。Ge サイトを Si に置換した試料での常圧での熱電能と帯磁率測定、圧力下の電気抵抗・熱電能測定から電子状態と磁性について議論する。同様に、Ge を Si に置換した  $\text{EuNi}(\text{Ge}, \text{Si})_3$  についても、系統的に議論する。

(3)  $\text{EuX}_4$  ( $X: \text{Ga}, \text{Al}$ )、 $\text{EuTIn}_4$  ( $T: \text{Ni}, \text{Pd}, \text{Pt}$ ) の純良単結晶の育成を試みる。3GPa までの圧力下電気抵抗・熱電能測定を行い、さらに高圧実験を、東大物性研のキュービックアンビルセルを用いて、8GPa まで行う。ドハース・ファンアルフェン(dHvA)効果測定とバンド計算との比較から電子状態を詳細に議論する。

(4) 3 価の Eu 化合物( $\text{EuNi}_2\text{P}_2$ 、 $\text{EuPd}_3$ 、 $\text{EuCo}_2\text{Si}_2$  など)の純良単結晶育成を試み、dHvA 振動の観測を目指す。 $\text{EuNi}_2\text{P}_2$  は、重い電子系物質であるとの報告があるので、比熱や帯磁率測定などを行い、重い電子状態について議論する。

### 4. 研究成果

(1) 常圧の熱電能システムを使って、熱伝導率も同時に測定できる手法を吟味した。ヒーターの熱量  $P$  を決定するために、ヒーターの電気抵抗の温度依存を詳細に測定した。熱伝導率が既知の参照試料( $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{YCo}_2$  など)の熱電能を測定し、測定によって求められた熱電対間の温度差とヒーターの熱量を用いて、熱伝導率を計算した。このとき、試料と試料以外に散逸する熱流をこの 2 つの並列回路とする等価回路モデル計算によって、試料への熱流を見積もった。約 50K 以上では参照

試料の報告されている熱伝導率の温度依存性を再現することができたが、低温、特に 15K 以下では、熱伝導率がゼロになってしまい、データを再現できなかった。改善すべき問題はあつたものの、我々の手法で、熱電能と熱伝導率の同時測定は可能であるということがわかつた。カゴ状構造を持ち低熱伝導率が報告されている CeRuGe<sub>3</sub> について、常圧下で電気抵抗・熱電能・熱伝導率同時測定を行ったところ、熱伝導率の温度依存性は過去の報告を再現できたが、絶対値については一桁ほど大きくなつた。反強磁性体 Mn<sub>3</sub>Si に対して、電気抵抗測定だけではよくわからなかつた整合-非整合転移に対応する変化の圧力依存性を熱電能・熱伝導率で観測することができた。これらのことにより、同時測定の定性的な温度・圧力変化を評価することができることは確認できた。

比熱測定については、当初クロメル-試料-クロメル回路の熱起電力 ( $V_{chx}$ ) の時間変化を温度へ変換する方法を模索していたが、それではうまくいかなかつた。 $V_{chx}$  だけでなく、 $V_{cox}$  (コンスタンタン-試料-コンスタンタン回路の熱起電力) と  $S_{chco}$  (クロメル-コンスタンタン熱電対の相対熱電能) を用いれば、温度差  $T$  に変換できることがわかつた。図 1 に EuAl<sub>4</sub> (圧力セル中の測定で、圧力は常圧) の 184 K のときの  $V_{chx}$ ,  $V_{cox}$  (a) と温度差 (b) の時間依存性を示す。ヒーターを OFF にしたときの熱緩和を詳細に調べると、OFF にした直後に早い緩和が生じ、その後ゆっくりとした緩和があることがわかつた。後半の緩やかな緩和を試料の比熱に対応する緩和であると考え、緩和時間  $\tau$  を求めた。

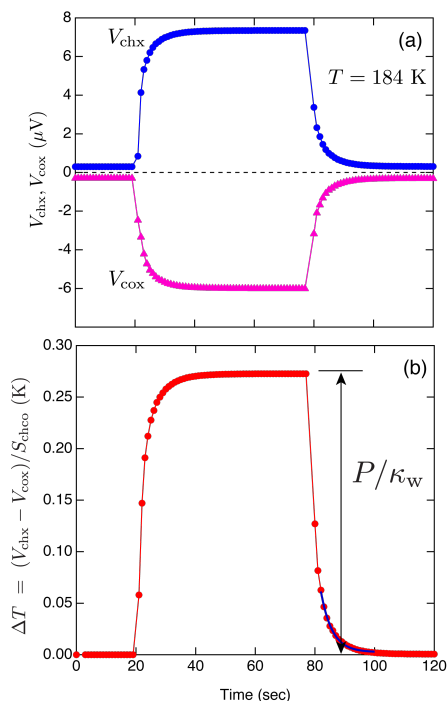


図 1 EuAl<sub>4</sub> の 184 K での  $V_{chx}$ ,  $V_{cox}$  (a) と  $T$  (b) の時間依存

図 1(b) の熱平衡に達した温度差  $T$  をヒーターの熱量  $P$  で割つた値が、試料周りへ熱が拡散する熱伝導率 ( $\kappa_w$ ) であり、緩和時間と熱拡散の熱伝導率の積が、試料の比熱となる。見積もられた比熱は、降温とともに小さくなり、定性的な振る舞いを示しているが、70 K 付近になると非常に緩和時間が短くなり、低温で見積もれないことがわかつた。これは、上記熱伝導率測定と同様な結果になっている。低温では比熱が小さくなるだけでなく、圧力媒体などの試料周りの熱伝導率が格段に大きくなり、緩和時間が非常に短くなつていることによると考えられる。窒素温度 (77 K) 程度までなら、電気抵抗と熱電能に加えて、定性的な熱伝導率と比熱の同時測定は可能であることがわかつた。

(2) 図 2 に EuNi<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub> の圧力下の熱電能の温度依存性を示す。  $P < 2.3$  GPa 以下では、反強磁性転移温度で僅かに折れ曲がりを見せ、加圧により高温側へシフトしている。2.3 GPa 以上の圧力では、全く温度依存性が異なつており、特徴的な 2 つのピーク構造が出現する。高温側のピーク温度が価数転移温度に対応するが、低温側のピークはまだよくわかつていない。その低温側のピーク温度以下では、電気

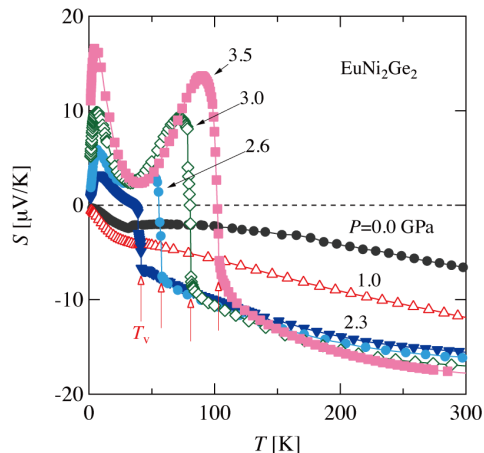


図 2 EuNi<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub> の圧力下熱電能の温度依存

抵抗に僅かに上昇がみられ、その対応が興味深い。一方、Ge サイトを Si に置換すると価数転移が起こると報告があり、母物質への加圧によつても同様に起こるので、置換による化学的圧力と物理的圧力はスケール出来る、つまり Ge-Si 置換は結晶サイズへ変化させるだけであると考えられてきた。しかし、我々はこれらの置換と加圧下で熱電能測定をすることで、フェルミ準位近傍の状態密度に違いがあることを見いだした。わずかに Si を置換した EuNi<sub>2</sub>(Ge<sub>0.9</sub>Si<sub>0.1</sub>)<sub>2</sub> の圧力下熱電能を測定すると、価数転移後のゼーベック係数 ( $S/T$ ) の圧力依存性が異なつており、Si を導入することで状態密度が変化することがわかつた (図 3)。

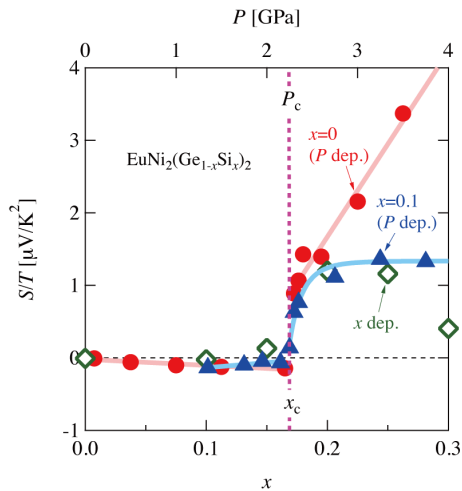


図3 EuNi<sub>2</sub>(Ge,Si)<sub>2</sub> の S/T の濃度、圧力依存

また、EuNi(Si,Ge)<sub>3</sub> の強磁性及び反強磁性転移温度の濃度、圧力依存を詳細に調べた。 $T_N$  は、Ge 濃度 ( $x$ ) の増加とともに単調に減少している。また、すべての化合物において  $T_N$  以下で別の相が存在している。 $x \leq 0.3$  では強磁性相、 $x \geq 0.4$  では反強磁性状態になっているが、この反強磁性相は  $x \approx 0.7$  で不連続に変化し、この2つは別の反強磁性転移であると考えられる。圧力中の電気抵抗、熱電能測定から高温側の  $T_N$  は、圧力増加とともに直線的に上昇することがわかった。この  $T_N$  の置換および圧力による変化は、以下のグリューナイズンパラメーター  $\Omega_{T_N}$  を用いて統一的に記述することができた。

$$\Omega_{T_N} = -\frac{d \ln T_N}{d \ln V} = -\frac{d \ln T_N}{dP} \frac{dP}{d \ln V} = \frac{1}{\kappa} \frac{d \ln T_N}{dP}$$

ここで、 $\kappa$  は圧縮率で  $1.1 \times 10^{-2} \text{ GPa}^{-1}$  が得られた。これらの結果は、この化合物の磁気転移が Eu 間の距離に大きく依存していることを示唆している。(雑誌論文 参照)

(3) EuX<sub>4</sub> (X: Ga, Al), EuTIn<sub>4</sub> (T: Ni, Pd, Pt) と関連物質の EuRu<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, EuSn<sub>3</sub> の単結晶を育成することに成功し、特に EuGa<sub>4</sub> は残留抵抗比が 300 を超える純良な結晶が得られた。純良性を反映して EuGa<sub>4</sub>, EuAl<sub>4</sub>, EuPdIn<sub>4</sub>, EuRu<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, EuSn<sub>3</sub> については、dHvA 効果測定によりフェルミ面の形状を評価できた。

EuX<sub>4</sub> (X: Ga, Al) は、BaAl<sub>4</sub> 型の正方晶構造となり、この構造は ThCr<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> 構造と非常に近い構造を持っているが、遷移元素を含まない。EuGa<sub>4</sub> を 6GPa 以上まで加圧すると、電気抵抗での反強磁性転移と思われる異常は緩やかな変化に変わり、その圧力に対する変化はそれまでの反強磁性転移の圧力依存より変化率が大きくなっていることから、二次転移的に反強磁性転移から価数転移へ変化していると考えている。また、EuGa<sub>4</sub> の高圧下では高温側に圧力誘起 CDW 転移が出現しており、僅かに a 軸の小さい EuAl<sub>4</sub> では常圧で対応する変化が初めて確認された。dHvA 効果

測定によって ネスティングを起こしやすい形状のフェルミ面が観測されていることから、それが CDW 転移の原因であると考えている (図 4)。

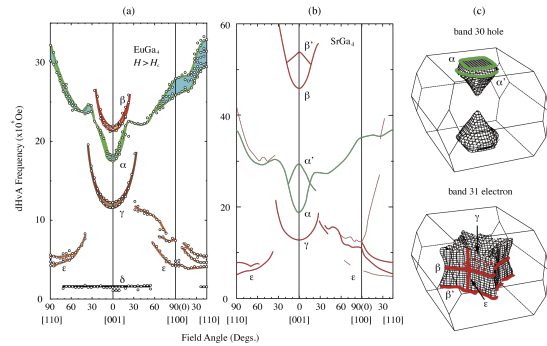


図4 dHvA 振動数の角度依存(a), SrGa<sub>4</sub> のバンド計算(b), 対応するフェルミ面(c) (詳細は、雑誌論文 参照)

EuTIn<sub>4</sub> (T: Ni, Pd, Pt) の 8 GPa までの高圧実験を行った。EuTIn<sub>4</sub> は、YNiAl<sub>4</sub> 型の斜方晶構造を持ち、Eu<sub>2</sub>In<sub>4</sub> のプリズム型の構造の中に遷移元素を内包する形になっている。よって、遷移元素の有無を調べるにはいい舞台になっていると考えている。すべて化合物で Eu<sup>2+</sup> の反強磁性体となり、ネール点はそれぞれ 16, 15, 13 K である。3つの化合物ともネール点は加圧とともに、ほぼ 1 K/GPa 程度の圧力勾配で直線的に増大した。しかし、8 GPa までに、価数転移は起きていない。EuPdIn<sub>4</sub> については、残留抵抗比 約 80 の非常に純良な単結晶が得られ、ドハース・ファンアルフェン (dHvA) 振動を観測することに成功し、主要な 5 つのブランチを観測した。

EuX<sub>4</sub> と EuTIn<sub>4</sub> の高圧実験の結果から、圧力誘起価数転移を起こすためには、構造と遷移元素のどちらが主に影響するかは判断できていない。今後もさらに類似構造から、圧力誘起価数転移の探索を続ける予定である。

他に EuRu<sub>2</sub>P<sub>2</sub> についても dHvA 効果測定に成功し、7つの主要なブランチとバンド計算とのよい一致を明らかにした。

(4) 価数転移を理解するために、3 価または磁気転移を示さない Eu 化合物についても電子状態の研究をおこなった。まず、電子比熱係数が 100 mJ/K<sup>2</sup> mol と報告され、重い電子状態であると報告のある EuNi<sub>2</sub>P<sub>2</sub> について、単結晶を育成し、電気抵抗、磁化率、強磁場磁化、比熱、熱膨張、圧力下熱電能・電気抵抗測定をおこなった。熱膨張測定から、80 K 以下で著しい体積収縮が起こり、その温度領域で磁化率が一定となり、重い電子状態が形成されていることが実験的に明らかにした。また、フォノンの寄与を差し引いた 4f 電子の寄与のみの体積収縮率 ( $\Delta V/V$ ) が、報告されているメスバウアー分光から見積もった価数の温度依存性とよく一致することがわかった。これらの成果は、日本物理学会の

英文学術誌 Journal of Physical Society of Japan (JPSJ) に掲載され(雑誌論文 参照) 編集委員会が選定する注目論文 (Papaers of Editors' Choice) に選出された。また、Eu 3 価の  $\text{EuPd}_3$  の純良単結晶育成に成功し、dHvA 振動の観測に成功した。バンド計算との比較から、Eu の 4f バンドと Pd の 4d バンドのフェルミ面への影響が理解でき、前述の  $\text{EuNi}_2\text{P}_2$  の重い電子形成の理解を深めることができた。(雑誌論文 参照)

これらの研究は、日本物理学会での報告や、JPSJ への投稿を行っている。

#### 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 7 件)

A. Nakamura, T. Takeuchi, H. Harima, M. Hedo, T. Nakama, Y. Onuki, “ De Haas-van Alphen Effect and Fermi Surface Properties of  $\text{EuPd}_3$  with the Trivalent Electronic State ”, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, 83, 2014, 053708(1-4).

DOI: 10.7566/JPSJ.83.053708

K. Uchima, N. Arakaki, S. Hirakawa, Y. Hiranaka, T. Uejo, A. Teruya, A. Nakamura, M. Takeda, Y. Takaesu, M. Hedo, T. Nakama, K. Yagasaki, Y. Uwatoko, “ Pressure effect on transport properties of  $\text{EuNiGe}_3$  ”, J. Phys. Soc. Jpn. Conf. Proc., 査読有, 1, 2014, 012015(1-4).

DOI: 10.7566/JPSJ.83.012015

S. Araki, Y. Ikeda, T. C. Kobayashi, A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Onuki; “ Charge density wave transition in  $\text{EuAl}_4$  ”, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, 83, 2014, 015001(1-2).

DOI: 10.7566/JPSJ.83.015001

A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Tatetsu, T. Maehira, Y. Miura, A. Mori, H. Tsutsumi, Y. Hirose, K. Mitamura, K. Sugiyama, M. Hagiwara, F. Honda, T. Takeuchi, Y. Haga, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, Y. Onuki; “ Fermi Surface and Magnetic Properties of Antiferromagnet  $\text{EuBi}_3$  ”, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, 82, 2013, 124708(1-6).

DOI: 10.7566/JPSJ.82.124708

A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Miura, H. Tsutsumi, A. Mori, K. Ishida, K. Mitamura, Y. Hirose, K. Sugiyama, F. Honda, R. Settai, T. Takeuchi, M. Hagiwara, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, H. Harima,

Y. Onuki; “ Magnetic and Fermi Surface Properties of  $\text{EuGa}_4$  ”, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, 82, 2013, 104703 (1-10).

DOI: 10.7566/JPSJ.82.104703

Y. Hiranaka, A. Nakamura, M. Hedo, T. Takeuchi, A. Mori, Y. Hirose, K. Mitamura, K. Sugiyama, M. Hagiwara, T. Nakama, Y. Onuki; “ Heavy Fermion State Based on the Kondo Effect in  $\text{EuNi}_2\text{P}_2$  ”, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, 82, 2013, 083708(1-4). [Editors' Choice]

DOI: 10.7566/JPSJ.82.083708

A. Nakamura, T. Nakama, K. Uchima, N. Arakaki, C. Zukeran, S. Komesu, M. Takeda, Y. Takaesu, D. Nakamura, M. Hedo, K. Yagasaki, Y. Uwatoko; “ Effect of pressure on thermopower of  $\text{EuNi}_2\text{Ge}_2$  ”, J. Phys.: Conf. Ser., 査読有, 400, 2012, 032106(1-4).

DOI: 10.1088/1742-6596/400/3/032106

[学会発表](計 20 件)

大貫惇睦, 仲村愛, 青木大, 竹内徹也, 播磨尚朝, 辺土正人, 仲間隆男,  $\text{EuCo}_2\text{Si}_2$  の純良単結晶育成とドハース・ファンアルフェン効果, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 27 日, 東海大学 辺土正人, 平仲裕一, 仲村愛, 仲間隆男, 大貫惇睦, 播磨尚朝, 松林和幸, 上床美也,  $\text{EuTIn}_4$  (T: Ni, Pd, Pt) のドハース・ファンアルフェン効果と圧力効果, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 27 日, 東海大学

仲村愛, 竹内徹也, 播磨尚朝, 辺土正人, 仲間隆男, 大貫惇睦, 典型的な Eu 3 価の化合物  $\text{EuPd}_3$  の dHvA 効果とフェルミ面, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014 年 3 月 27 日, 東海大学

仲村愛, 平仲裕一, 上門太郎, 竹内徹也, 播磨尚朝, 辺土正人, 仲間隆男, 大貫惇睦,  $\text{EuGa}_4$  と  $\text{EuAl}_4$  の特異なフェルミ面と CDW II, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 9 月 26 日, 徳島大学

大貫惇睦, 仲村愛, 平仲裕一, 上門太郎, 竹内徹也, 本多史憲, 松林和幸, 上床美也, 辺土正人, 仲間隆男,  $\text{EuCd}_{11}$  の純良単結晶育成と電子状態, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 9 月 26 日, 徳島大学

佳山周永, 田中茂揮, 加賀山朋子, 清水克哉, 仲村愛, 辺土正人, 仲間隆男, 大貫惇睦, Eu 化合物の高圧力下における電気抵抗, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 9 月 26 日, 徳島大学

Y. Hiranaka, A. Nakamura, M. Hedo, T. Takeuchi, K. Sugiyama, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, T. Nakama, Y. Onuki, “ Heavy Fermion State in



EuNi<sub>2</sub>P<sub>2</sub>”, International Conference on Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), (2013.8.6), Japan (Tokyo).

A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Miura, H. Tsutsumi, A. Mori, K. Ishida, K. Mitamura, Y. Hirose, K. Sugiyama, F. Honda, T. Takeuchi, T. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga, Y. Ōnuki, “ Unique Fermi Surface and Emergence of Charge Density Wave in EuGa<sub>4</sub> and EuAl<sub>4</sub>”, International Conference on Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), (2013.8.6), Japan (Tokyo).  
D. Nakamura, M. Hedo, K. Uchima, Y. Takaesu, T. Nakama, K. Yagasaki, T. Fujiwara, T. Shigeoka, Y. Uwatoko, “ Effects of Pressure and Magnetic Field on Transport Properties of EuCo<sub>2</sub>P<sub>2</sub>”, International Conference on Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), (2013.8.6), Japan (Tokyo).

M. Hedo, Y. Miura, A. Mori, H. Tsutsumi, Y. Hirose, F. Honda, T. Takeuchi, A. Nakamura, Y. Hiranaka, T. Nakama, H. Harima, Y. Ōuki, “ Fermi Surface and Magnetic Properties of Ferromagnet EuRu<sub>2</sub>P<sub>2</sub>”, International Conference on Strongly Correlated Electron System 2013 (SCES2013), (2013.8.6), Japan (Tokyo).  
平仲裕一, 仲村愛, 辺土正人, 仲間隆男, 森晶宣, 三田村勝哉, 広瀬雄介, 杉山清寛, 本多史憲, 竹内徹也, 大貫惇睦, EuNi<sub>2</sub>P<sub>2</sub> の価数変化に伴う重い電子状態, 日本物理学会第68回年次大会, 2013年3月26日, 広島大学

仲村愛, 平仲裕一, 辺土正人, 仲間隆男, 三浦泰直, 堤泰樹, 森晶宣, 三田村勝哉, 広瀬雄介, 杉山清寛, 本多史憲, 竹内徹也, 大貫惇睦, EuAl<sub>4</sub> と EuGa<sub>4</sub> の特異なフェルミ面と CDW, 日本物理学会第68回年次大会, 2013年3月26日, 広島大学  
大貫惇睦, 仲村愛, 平仲裕一, 辺土正人, 仲間隆男, 立津慶幸, 眞榮平孝裕, 森晶宣, 三田村勝哉, 三浦泰直, 広瀬雄介, 杉山清寛, 本多史憲, 竹内徹也, 松田達磨, 山本悦嗣, 芳賀芳範, EuBi<sub>3</sub> の純良単結晶育成と磁性, 日本物理学会第68回年次大会, 2013年3月26日, 広島大学  
高江洲義尚, 内間清晴, 仲村さおり, 與儀護, 二木治雄, 辺土正人, 仲間隆男, 富吉昇一, ホイスラー合金 Mn<sub>3</sub>Si の圧力中の電気抵抗率と熱電能, 日本物理学会第68回年次大会, 2013年3月26日, 広島大学

平川先太郎, 渡部晋太郎, 照屋淳志, 仲裕一, 仲村愛, 高江洲義尚, 辺土正人, 仲

間隆男, 矢ヶ崎克馬, 内間清晴, 松林和幸, 上床美也, EuNi(Ge<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>)<sub>3</sub> 化合物の磁性と輸送特性, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012年9月18日, 横浜国立大学

仲村愛, 平仲裕一, 立津慶幸, 眞榮平孝裕, 辺土正人, 仲間隆男, 広瀬雄介, 石田一裕, 森晶宣, 三田村勝哉, 本多史憲, 竹内徹也, 杉山清寛, 荻原政幸, 摺待力生, 大貫惇睦, EuGa<sub>4</sub> の電子状態と圧力効果, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012年9月18日, 横浜国立大学

仲村愛, 竹田政貴, 新垣望, 米須将太, 瑞慶覧長潤, 仲村大, 平川先太郎, 渡部晋太郎, 照屋淳志, 辺土正人, 仲間隆男, 矢ヶ崎克馬, 高江洲義尚, 内間清晴, 松林和幸, 上床美也, EuNi<sub>2</sub>(Ge<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>)<sub>2</sub> の圧力下輸送特性, 日本物理学会第67回年次大会, 2012年3月24日, 関西学院大学

平川先太郎, 渡部晋太郎, 照屋淳志, 新垣望, 仲村愛, 瑞慶覧長潤, 米須将太, 竹田政貴, 辺土正人, 仲間隆男, 矢ヶ崎克馬, 高江洲義尚, 内間清晴, 松林和幸, 上床美也, EuTX<sub>3</sub>(T=遷移金属, X=Ge, Si) の圧力下輸送特性, 日本物理学会第67回年次大会, 2012年3月24日, 関西学院大学  
新垣望, 竹田政貴, 仲村愛, 米須将太, 瑞慶覧長潤, 平川先太郎, 高江洲義尚, 内間清晴, 辺土正人, 仲間隆男, 矢ヶ崎克馬, 松林和幸, 上床美也, EuNiGe<sub>3</sub> の磁性と熱電能, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011年9月21日, 富山大学

仲村愛, 竹田政貴, 新垣望, 米須将太, 瑞慶覧長潤, 仲村大, 渡部晋太郎, 高江洲義尚, 内間清晴, 辺土正人, 仲間隆男, 矢ヶ崎克馬, 松林和幸, 上床美也, EuNi<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub> の熱電能に対する圧力と置換の効果, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2011年9月21日, 富山大学

〔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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辺土正人 (HEDO, Masato)

琉球大学・理学部・准教授

研究者番号: 00345232

(2) 研究分担者 なし