

Title	Various 4f-Electronic States in Ce <sub>3</sub> Sn <sub>7</sub> and CeIrSi <sub>3</sub>
Author(s)	奥田, 悠介
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/47637">https://hdl.handle.net/11094/47637</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	おく だ ゆう すけ 奥 田 悠 介
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 20840 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Various 4 <i>f</i> -Electronic States in Ce <sub>3</sub> Sn <sub>7</sub> and CeIrSi <sub>3</sub> (Ce <sub>3</sub> Sn <sub>7</sub> と CeIrSi <sub>3</sub> における多様な 4 <i>f</i> 電子状態)
論文審査委員	(主査) 教授 大貫 惇睦  (副査) 教授 田島 節子 教授 竹田 精治 教授 野末 泰夫 助教授 摂待 力生

### 論 文 内 容 の 要 旨

Ce 化合物の 4*f*電子は、磁気秩序を始めとして四極子秩序、重い電子系、メタ磁性転移、非フェルミ液体的な振る舞いや異方的超伝導などのさまざまな物理的現象を示す。これらの現象には、RKKY 相互作用と近藤効果との競合に強く関係している。RKKY 相互作用は特性温度  $T_{\text{RKKY}}$  で特徴付けられ、局在している 4*f*電子の磁気モーメントに対して伝導電子を媒介とした長距離的な磁気秩序を引き起こす。他方で、近藤効果は特性温度  $T_K$  で特徴付けられ、伝導電子のスピンの偏極によって局在している 4*f*電子の磁気モーメントを消失させる。多くの Ce 化合物では、RKKY 相互作用が近藤効果に打ち勝つために反強磁性秩序を示す。他方で、近藤物質と呼ばれている CeSn<sub>3</sub> や CeNi では磁気秩序はまったく示さず、相対的に大きい電子比熱係数  $\gamma$  を持つ。例えば CeSn<sub>3</sub> では、 $\gamma = 53 \text{ mJ/K}^2 \cdot \text{mol}$ 。CeCu<sub>6</sub> や CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> などの非磁性の化合物では、かなり大きい電子比熱係数の値を示す。これらの化合物の特徴的な性質は重い電子系と呼ばれており、電子比熱係数  $\gamma$  は  $\gamma \approx 10^4/T_K$  ( $\text{mJ/K}^2 \cdot \text{mol}$ ) と表わされる。実際に CeCu<sub>6</sub> では、電子比熱係数  $\gamma$  は  $\gamma = 1600 \text{ mJ/K}^2 \cdot \text{mol}$  で近藤温度  $T_K$  は 5 K である。

最近、磁気秩序を持つ Ce 化合物の新しい側面が発見されてきた。反強磁性体の Ce 化合物に圧力  $P$  を加えるとネール温度  $T_N$  は減少していき、やがて  $P=P_c$  の所でネール温度は消失し量子臨界点 (QCP) と呼ばれる状態に到達する。この状態では超伝導状態や非フェルミ液体的な振る舞いが見られる。反強磁性状態から加圧下での非磁性の状態へのクロスオーバーは Ce 化合物が持つ面白い物理的性質である。Ce 化合物の 4*f*電子は高温側の領域では局在している。温度が下がるにつれて RKKY 相互作用と近藤効果との競合により 4*f*電子の状態は変化する。この変化は結晶構造、簡単に言えば隣接している 2 つの Ce 原子間の距離に依存している。圧力は 2 つの Ce 原子間の距離と関係しており、4*f*電子と伝導電子の混成が增強される。

この博士論文では次の 2 つの Ce 化合物について研究した結果を報告する。1 つは反強磁性体の Ce<sub>3</sub>Sn<sub>7</sub> で、もう 1 つは反強磁性体の CeTX<sub>3</sub> (T: 遷移金属、X: Si, Ge) を取り上げ、特に CeIrSi<sub>3</sub> を中心としている。純度の高い単結晶試料はテトラーク炉を用いた回転法により育成を行った。

Ce<sub>3</sub>Sn<sub>7</sub> は斜方晶の結晶構造をしており、2(*a*) サイトの 2 つの Ce 原子は磁気モーメントを持ち局在しているが、4(*i*) サイトの 1 つの Ce 原子は遍歴している。Ce<sub>3</sub>Sn<sub>7</sub> では 2 つの異なる 4*f*電子状態が見られる。磁化率や強磁場磁

化のような磁気的な性質には主に局在している  $4f$  電子が関与している。他方で、遍歴している  $4f$  電子はフェルミ面の体積に寄与していることが本実験から明らかになった。

$CeTX_3$  は反転対称性を持たない正方晶の結晶構造をしている。 $LaCoGe_3$  や  $LaIrSi_3$  では、反転対称性を持たない結晶構造に基づいたスピン・軌道相互作用によるフェルミ面の分裂が観られる。これは本研究の  $dHvA$  効果測定の実験やエネルギーバンド計算の結果から明らかにされた。同様なフェルミ面の分裂は  $CeIrSi_3$  にも存在していると思われる。 $CeIrSi_3$  の反強磁性状態は圧力をパラメーターとして変化させることができる。2.5 GPa での臨界圧周辺の領域ではネール温度はゼロになり、電気抵抗率の温度依存性は非フェルミ液体で見られる温度  $T$  の 1 次で変化するような振る舞いを示し、これが 18 K から超伝導が発現する 1.6 K までの幅広い温度領域で観られる。0 K での上部臨界磁場  $H_{c2}(0)$  の値はかなり大きく、また大きな異方性が存在している。2.65 GPa において  $H \parallel [110]$  では  $H_{c2}(0) = 95$  kOe で、 $H \parallel [001]$  では  $H_{c2}(0) \approx 300$  kOe である。これらの実験結果は新たな超伝導の可能性を示している。以上の  $Ce_3Sn_7$  や  $CeIrSi_3$  で、さまざまな  $4f$  電子の状態を実験的に知ることができた。

### 論文審査の結果の要旨

2 種類の Ce 化合物の  $4f$  電子に関係した電子状態について研究した。1 つは反強磁性体の  $Ce_3Sn_7$  で、もう 1 つは反強磁性体の  $CeTX_3$  (T: 遷移金属, X: Si, Ge) を取り上げ、特に  $CeIrSi_3$  を中心としている。良質な単結晶試料は高周波炉とテトラアーク炉を用いた引き上げ法により育成された。

$Ce_3Sn_7$  は斜方晶の結晶構造をしており、2(a) サイトの 2 つの Ce 原子は磁気モーメントを持ち局在しているが、4(i) サイトの 1 つの Ce 原子は遍歴していることが、磁化やドハース・ファンアルフェン ( $dHvA$ ) 効果等の実験結果とその解析から明らかになった。

$CeTX_3$  は反転対称性を持たない正方晶の結晶構造をしている。 $LaCoGe_3$  や  $LaIrSi_3$  では、反転対称性を持たない結晶構造に基づいたスピン・軌道相互作用によるフェルミ面の分裂が、 $dHvA$  効果測定の実験やエネルギーバンド計算の結果から明らかにされた。同様なフェルミ面の分裂は  $CeIrSi_3$  にも存在していると思われる。 $CeIrSi_3$  の反強磁性状態は圧力をパラメーターとして変化させることができる。2.5 GPa での臨界圧周辺の領域ではネール温度はゼロになり、同時に超伝導が出現した。0 K での上部臨界磁場  $H_{c2}(0)$  の値は非常に大きく、かつ大きな異方性が観測された。2.65 GPa において  $H \parallel [110]$  では  $H_{c2}(0) = 95$  kOe で、 $H \parallel [001]$  では  $H_{c2}(0) \approx 300$  kOe であった。これらの実験結果は結晶反転対称性を持たないことに関係した新たな超伝導の可能性を示している。

よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。