

Title	Fermi Surface Properties of CeCoIn <sub>5</sub> and CeRhIn <sub>5</sub> at Ambient and Under High Pressure
Author(s)	宍戸, 寛明
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45598">https://hdl.handle.net/11094/45598</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	しとひろあきあき 戸 寛 明
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 19185 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 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	Fermi Surface Properties of CeCoIn <sub>5</sub> and CeRhIn <sub>5</sub> at Ambient and Under High Pressure (CeCoIn <sub>5</sub> と CeRhIn <sub>5</sub> の常圧および加圧下でのフェルミ面の性質)
論文審査委員	(主査) 教授 大貫 惇睦  (副査) 教授 野末 泰夫 教授 田島 節子 教授 萩原 政幸 助教授 摂待 力生

### 論 文 内 容 の 要 旨

Ce 原子は  $4f$  電子を 1 個もち、 $4f$  電子と伝導電子の多体効果に起因する重い電子状態、異方的超伝導などの多彩な物性を示す。そのため Ce 化合物は典型的な強相関電子系として盛んに研究されている。

本研究で取り扱った CeCoIn<sub>5</sub> は常圧で異方的超伝導を示し、その転移温度  $T_{sc}$  は  $T_{sc}=2.3$  K と重い電子系超伝導体としてはかなり高い値を持つ。また電子比熱係数  $\gamma$  が  $\gamma=1$  J/mol $\cdot$ K<sup>2</sup> にも達するような重い電子状態が低温で形成される。これに対して、CeRhIn<sub>5</sub> は常圧ではネール温度  $T_N=3.8$  K の反強磁性体であるが、1.6 GPa $\sim$ 5.2 GPa の高圧下で超伝導を示す。その転移温度は圧力  $P=2.4$  GPa 付近で最大値  $T_{sc}=2.2$  K をとる。加圧によりネール温度は 1 GPa で最大値をとり、それ以上の圧力で急激に減少し、 $P>2$  GPa で消失する。このような  $T_N\rightarrow 0$  となる点を量子臨界点とよび、磁気モーメントの揺らぎを媒介とした異方的超伝導が発現する。本研究では重い電子系における量子臨界点近傍の振る舞いを調べるため、CeCoIn<sub>5</sub> と CeRhIn<sub>5</sub> のフェルミ面の性質に着目し、ドハース・ファンアルフエン (dHvA) 効果および圧力下 dHvA 効果の測定を行った。

LaRhIn<sub>5</sub> は  $4f$  電子を持たない参照物質である。dHvA 効果の測定から、 $c$  軸方向に長い正方晶の結晶構造を反映して、主要フェルミ面として 2 種類の円柱状フェルミ面をもつことを明らかにした。CeCoIn<sub>5</sub>、CeRhIn<sub>5</sub> の主要フェルミ面も LaRhIn<sub>5</sub> のフェルミ面と相似な 2 種類の円柱状フェルミ面であることを dHvA 効果から明らかにした。しかしながら、CeRhIn<sub>5</sub> の主要フェルミ面はその大きさまで LaRhIn<sub>5</sub> と全く同じであるのに対し、CeCoIn<sub>5</sub> の主要フェルミ面は LaRhIn<sub>5</sub> より大きくなっている。このことから CeRhIn<sub>5</sub> の  $4f$  電子は局在していると結論される。一方で CeCoIn<sub>5</sub> では、主要フェルミ面は電子フェルミ面であることを考えると、 $4f$  電子は遍歴しており、いわば伝導電子が 1 個増えたこととなり、その主要フェルミ面が大きくなったと結論される。また、では 90  $m_0$  にも達する、非常に大きなサイクロトロン質量  $m^*$  が観測された。また大きなサイクロトロン質量を持つことに関連して、サイクロトロン質量の大きな磁場依存性が観測された。

次に CeRhIn<sub>5</sub> の圧力下 dHvA 効果の測定を行った。フェルミ面は超伝導が現れ始める  $P^*=1.6$  GPa 以上でも常圧から変わらず、LaRhIn<sub>5</sub> のフェルミ面と同じであるが、サイクロトロン質量は急激に上昇し始める。しかしながら超伝導が最大値をとる  $P_c=2.4$  GPa を境として、そのフェルミ面は LaRhIn<sub>5</sub> と同じフェルミ面から CeCoIn<sub>5</sub> と同じフ

フェルミ面に急激に変化する。サイクロトロン質量も  $P_c$  で最大値をとり、それより高圧では緩やかに減少する。これはドニアク相図から期待される振る舞いと一致しており、 $P_c=2.4$  GPa がまさに量子臨界点になっており、これを境に CeRhIn<sub>5</sub> の 4f 電子は局在から遍歴へと変貌する。

CeCoIn<sub>5</sub> の圧力下 dHvA 効果測定では、フェルミ面の大きさは圧力変化せず、有効質量は圧力と共にゆっくりと減少する様子が観測された。これから CeCoIn<sub>5</sub> は加圧により量子臨界点から単調に遠ざかると結論される。

#### 論文審査の結果の要旨

Fermi Surface Properties of CeCoIn<sub>5</sub> and CeRhIn<sub>5</sub> at Ambient and Under High Pressure (CeCoIn<sub>5</sub> と CeRhIn<sub>5</sub> の常圧および加圧下でのフェルミ面の性質) について、以下のことを申請者は明らかにした。

CeCoIn<sub>5</sub> は重い電子系超伝導体であり常圧で超伝導転移温度  $T_{sc}=2.3$  K である。これに対して同じ結晶構造をもつ CeRhIn<sub>5</sub> は常圧では反強磁性体であるが圧力下で超伝導を示すことが報告されている。この圧力誘起超伝導体 CeRhIn<sub>5</sub> の圧力下でのフェルミ面の性質の変化を調べるため、圧力下ドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果の測定を行った。フェルミ面は超伝導が現れ始める  $P^*=1.6$  GPa 以上でも変化せず、4f 電子を持たない LaRhIn<sub>5</sub> のフェルミ面と同じであった。しかし、サイクロトロン質量は急激に上昇し始める。ところが、超伝導転移温度が最大値をとる圧力  $P_c=2.4$  GPa を境として、そのフェルミ面は LaRhIn<sub>5</sub> と同じフェルミ面から 4f 電子が遍歴状態をとる CeCoIn<sub>5</sub> と同じフェルミ面に急激に変化することを実験的に発見した。サイクロトロン質量も  $P_c$  で最大値をとり、それより高圧では緩やかに減少する。以上のことから、臨界圧力  $P_c$  を境にして CeRhIn<sub>5</sub> の 4f 電子は局在から遍歴へと変貌すると結論した。

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。