

Title	A study of the phase transition between the itinerant and the localized f-electron states in heavy fermion antiferromagnets
Author(s)	金谷, 親英
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/47678">https://hdl.handle.net/11094/47678</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	かな だに ちか ひで 金 谷 親 英
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 20897 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 理学研究科宇宙地球科学専攻
学位論文名	A study of the phase transition between the itinerant and the localized f-electron states in heavy fermion antiferromagnets (重い電子系の反強磁性領域における遍歴-局在相転移)
論文審査委員	(主査) 教授 河原崎修三  (副査) 教授 三宅 和正 教授 大貫 惇睦 助教授 摂待 力生 助教授 谷口 年史

#### 論 文 内 容 の 要 旨

重い電子系の代表例である  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  の Ru サイトを d 電子 (この場合は伝導電子) の一つ多い Rh で置換した系  $\text{CRRS}_x$  ではその Rh 低濃度に遍歴電子反強磁性、スピン密度波 (SDW) を示す。我々はその SDW 領域にあたる Rh 濃度  $x=0.1$  ( $\text{CRRS}_{0.1}$ ) の物質に対して、Si サイトを Ge で置換することによる負の化学圧力効果の研究を行ってきた。この効果によって、Ge 濃度が上がると cf 相互作用が弱まり、近藤温度  $T_K$  が下がり、その結果遍歴的な反強磁性である SDW が、局在スピンによる反強磁性へと変化すると期待した。反強磁性秩序が遍歴型から局在型へと変化する振る舞いは、Ge 高濃度で転移温度  $T_N$  と近藤温度  $T_K$  の交わる  $y=0.26$  において起きていることが分かった。Ge 濃度  $y=0.2$  までは転移点で電気抵抗が上昇する hump-type の異常を示していたが、Ge 濃度  $y=0.26$  以上の高濃度では逆に電気抵抗が下方に折れ曲がる cusp-type の異常が観測された。前者がフェルミ面の gap を伴う SDW 相への転移であるのに対し、後者は局在型反強磁性相への転移であることを示している。また、中性子散乱実験によって、それぞれの反強磁性相における磁気波数ベクトルが  $q_3$  ( $y < 0.26$ ) から  $q_1$  ( $y > 0.26$ ) に変化することを発見した。これは、SDW 相から局在反強磁性相へ相転移することを意味している。さらに、中間濃度  $y=0.26$  では一旦、 $T_N$  で  $q_1$  の磁気相が現れたあと、続いて降温に伴い  $q_3$  相が現れるという振舞いが観測され、同濃度における電気抵抗の振る舞いは理解できる。温度を下げていくと、二つの磁気相の共存・競合する温度領域を経て、さらに低温では  $q_1$  相が消失し  $q_3$  相のみが残る。この共存領域の存在は、この反強磁性領域における局在・遍歴の相転移が一次転移であることを強く示唆する結果である。

#### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

金谷親英氏は、重い電子系に生じる磁気秩序に関して、磁性 f 電子が原子位置に局在した状態で秩序化する「局在電子反強磁性」と、伝導電子との混成による準粒子状態 (heavy fermion state) から準粒子状態を保ったまま秩序化する遍歴電子反強磁性の間に、圧力乃至結晶体積変化による遷移が起こる可能性を探るために、極低温での電気抵抗、

中性子散乱の実験を、高圧下で行い、実際にそのような遷移が、一次相転移の形で起こることを発見した。

典型的な常磁性の heavy fermion 物質である  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  の Ru を一定量 Rh で置換した系には遍歴電子反強磁性の最も典型的な秩序形態である、ほぼ純粋なサイン波型の磁気変調をもったスピン密度波 (SDW) 秩序が発生することが既に知られている。金谷氏の発想は、このようにして生じた SDW 物質に圧力を印加することによって、その磁気秩序の形態の変化を調べようとするものである。具体的には、まず SDW 秩序相を持つ  $\text{Ce}(\text{Ru}_{0.9}\text{Rh}_{0.1})_2\text{Si}_2$  の Si 元素を Ge 元素で置換する  $\text{Ce}(\text{Ru}_{0.9}\text{Rh}_{0.1})(\text{Si}_{1-y}\text{Ge}_y)$  ことで、系に「負の化学圧力」を加え、f 電子と伝導電子の混成の度合いを弱めることによって、SDW 秩序から局在電子秩序への遷移を探索した。その結果、 $y=0.26$  を境にして、系の電気抵抗の磁気転移温度前後の振る舞いが、遍歴型秩序で期待される振る舞いから、局在型秩序で期待されるそれに明瞭に遷移することを見つけた。また、 $y=0.26$  では、電気抵抗には温度の低下に伴い、局在型、遍歴型の二つの秩序相が共存することを示唆する振る舞いが見られた。このような Ge 置換による磁気相の変化が、負の化学圧力効果 (体積減少効果) によるものであることを確かめるために、 $y=0.30$  の試料に対して外部静水圧を印可することによって、化学圧力が可逆的に減少するかどうか調べられた。その結果 Ge 置換による効果は、外部静水圧によって、正しく逆方向に再現されることが証明された。次に、 $y=0.26$  の遷移の前後で起こる現象をマイクロに観測するために中性子散乱実験を行った。その結果、この系の磁気秩序構造は、 $y=0.26$  を境に、その磁気変調構造を変えることが分かった。つまり、磁気的な相としてみれば、ここで起こっていることは相転移であると結論できる。また、 $y=0.26$  ではこれら二つの異なる磁気構造の相が共存することも確かめられ、この相転移が一次相転移あることも結論づけられた。

重い電子系物質において、遍歴電子秩序から局在電子秩序への相転移がこのように明瞭な形で観測されたのは初めてであり、ここで得られた結果は、従来重い電子系では、局在電子型の相転移を中心に、その量子臨界現象などが議論されてきた状況に対して、遍歴型磁気秩序への相転移の存在が、系の量子臨界現象や、その近傍に発生する超電導相の問題に極めて重要な要素を与えることを示唆している。

上記のように、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。