

Title	Magnetic Critical Behavior and Superconductivity in the Ce115 Family Probed by a ¹¹⁵ In-NQR Study under Pressure
Author(s)	八島, 光晴
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46768
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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 八 島 光 晴

博士の専攻分野の名称 博士(理学)

学位記番号 第 20436 号

学位授与年月日 平成18年3月24日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

基礎工学研究科物質創成専攻

学位論文名 Magnetic Critical Behavior and Superconductivity in the Ce115 Family Probed by a ^{115}In -NQR Study under Pressure
(重い電子系化合物 Ce115 系の磁気臨界挙動と超伝導特性—圧力下 ^{115}In -NQR による研究—)

論文審査委員 (主査)

教授 北岡 良雄

(副査)

教授 宮坂 博 教授 清水 克哉 教授 三宅 和正
助教授 河野 浩

論文内容の要旨

1979年に重い電子系超伝導体 CeCu_2Si_2 が発見されて以来、銅酸化物高温超伝導体の発見もあり、現在強相関電子系における超伝導の研究が盛んに行われている。強相関系超伝導の特徴は、高温超伝導体や、重い電子系圧力誘起超伝導体で見られるように、超伝導相が反強磁性磁気秩序相に近接する相として現われることで、磁性が超伝導発現に深く関係していると考えられるようになった。特に、様々な実験研究から重い電子系における磁性は圧力によって制御することができ、磁気的な量子相転移(2次相転移であれば、量子臨界点)近傍で超伝導が発生することが明らかにされている。最近発見された Ce115 系「 CeMIn_5 ($M=\text{Co}, \text{Rh}, \text{In}$)」は、比較的低い圧力領域で超伝導が発現するため、この磁性と超伝導の関係を探るのに非常に適している試料である。

CeCoIn₅

圧力下 NQR 測定を通じて加圧によって反強磁性量子臨界点から離れ、反強磁性磁気揺らぎが抑制される様子を観測した。この反強磁性磁気揺らぎの抑制が超伝導ギャップの減少をもたらしたが、 CeCoIn_5 では超伝導転移温度 (T_c) が 1.5 GPa まで上昇し続けている。これに対して、我々は加圧によるバンド幅の増大が T_c を上昇させる要因になったことを明らかにした。 CeCoIn_5 における超伝導特性の圧力変化に注目し、磁気臨界性と超伝導特性の関係をミクロな視点で明らかにした。

CeRhIn₅

重い電子系化合物において反強磁性磁気秩序が磁気臨界領域でどのように消失するのとは非常に興味深い問題である。これまでの研究では T_c 以下で反強磁性が観測された例はなかったが(1次転移的に消失)、我々は圧力分布を定量的に評価することによって CeRhIn_5 における共存相から超伝導相への磁気相転移が2次であることを NQR 測定から確定することができた。この実験結果は常磁性、反強磁性、共存相、超伝導の4つの異なる相が接する4重臨界点が存在することを意味する。この反強磁性と超伝導の4重臨界点の発見は初めてのケースで、超伝導発現機構を解明する上で極めて重要な成果である。

論文審査の結果の要旨

1979年に磁性の性質を示す重い電子系 CeCu_2Si_2 で超伝導が発見されて以来、反強磁性絶縁体にキャリアをドーピングして超伝導が出現する銅酸化物高温超伝導体の発見が続き、現在、多電子系で強く電子が避けあっている効果が新奇的な現象を引き起こす「強相関電子系」における「特異な超伝導現象の研究」が物性物理学の中心的な課題として活発な研究が世界的に進行している。強相関電子系超伝導現象の特徴は、銅酸化物高温超伝導体、重い電子系圧力誘起超伝導体、2次元的な分子性伝導体で見られるように超伝導相が反強磁性秩序相に近接して現われることである。磁気現象が超伝導発現に深く関係していると考えられるようになっており、中でも、重い電子系では、圧力によって物性を容易に制御することができ、磁氣的な量子相転移（2次相転移であれば、量子臨界点）近傍で超伝導が発現することが明らかにされている。

本学位論文では、高圧下・極低温での核四重極共鳴法（NQR）の特徴を活かし、準2次元的な HoCoGa_5 型結晶構造を有する CeCoIn_5 では、加圧によって反強磁性量子臨界点から遠ざかり、反強磁性磁気揺らぎが抑制される結果、超伝導ギャップが減少すること、一方、超伝導ギャップが減少しているにもかかわらず、 CeCoIn_5 では 1.5 GPa の圧力上昇と共に、 T_c が上昇し続けることを観測し、加圧によるバンド幅の増大が T_c を上昇させる要因になっていることを明らかにした。さらに、インパクトの大きい成果は、反強磁性体 CeRhIn_5 に関して、圧力下での反強磁性と超伝導の相図に関する徹底的な研究を展開し、これまでに実験的に問題となっていた圧力分布に関して、「革新的なその場同定」を行った結果、世界で初めて反強磁性転移点（ T_N ）と超伝導転移点（ T_c ）が交差する点、すなわち、超伝導と反強磁性の両相の共存相、超伝導相、反強磁性相、常磁性、が接する4重臨界点が存在することを発見したことである。今回の反強磁性と超伝導に関する四重臨界点という新しいタイプの圧力-温度相図の発見によって、反強磁性から超伝導への移り変わりを説明する理論的研究を促進させ、超伝導発現機構の解明につながると期待でき、本研究は博士（理学）の学位論文として高い価値があるものと認める。