



Title	Experimental Studies of Haldane Gap Antiferromagnet and Heavy Fermion Superconductor under Complex Extreme Conditions
Author(s)	幸田, 章宏
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144075
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	こう だ あきひろ 幸 田 章 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 9 6 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成10年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	Experimental Studies of Haldane Gap Antiferromagnet and Heavy Fermion Superconductor under Complex Extreme Conditions (複合極端条件下のハルデンギャップ反強磁性体及び重い電子系超伝導体の実験的研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 天 谷 喜 一 (副査) 教 授 鈴 木 直 教 授 北 岡 良 雄

論 文 内 容 の 要 旨

ハルデンギャップ反強磁性体は非磁性の基底状態と磁気的な第一励起状態の間に有限のエネルギーギャップを持つため、絶対零度まで3次元長距離磁気秩序（以下3D-LRO）を示さないとされている。しかし磁場中ではエネルギーギャップの消失に伴い基底状態に磁気的な状態が混ざるため、3D-LROを示す可能性がある。 $\text{Ni}(\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2)_2\text{N}_3\text{ClO}_4$ （以下NDMAZ）は磁性を担うNiイオンが全て等価に配置する結晶構造を持ち、上記、磁場誘起による3D-LROを検証する目的において最適な物質である。本研究においては14T以下の磁場中0.1K以上の温度域で単結晶NDMAZの磁場中比熱及び磁化過程の測定による実験的検証を試みた。

その結果、13Tの磁場中比熱において0.3K付近に3D-LROを示す鋭いピークを観測した。この比熱のピークはさらに高い磁場中では高温側へと移動し、14Tの磁場中では0.7Kに達する。相境界の磁場に対する振舞いは上に凸な曲線を示すが、実験範囲内において秩序相の閉じる傾向は見られない。

また磁化過程の測定では比熱測定で得られた相境界付近において磁化の急激な増加を観測した。これは3D-LROに伴う磁気モーメントの出現によるものと考えている。

次に重い電子系超伝導体 UPt_3 の圧力下磁場中極低温下における比熱及び磁気熱量効果の測定を行なった。

UPt_3 は常圧下で多重超伝導相（A,B,C相）を持ち、三重項超伝導状態を示す物質として注目されている。圧力下では $P_c \sim 3\text{kbar}$ 付近において高温低磁場側のA相が消失することが知られているが、この P_c 以上の圧力下で多重超伝導相がどのようになるかは実験的に統一した見解が得られていない。そこで純良単結晶試料を用いて P_c 以上の多重超伝導相を確定する目的で2T以下の磁場中、8.7kbar以下の圧力下0.2K以上の温度域において実験を行なった。

圧力下磁場中比熱では P_c 以上の圧力下で多重超伝導相の分裂を示唆する逐次相転移は観測されなかった。比熱の温度依存性も P_c 以上、以下共に温度に関して2次であり、明らかな変化は見られなかった。

また圧力下の磁気熱量効果測定では最低到達温度近傍においてB-C相の転移及び H_{c2} に対応する可逆成分の変化を観測した。しかし低磁場領域では試料の非可逆的な発熱が激しく相境界を確定することはできなかった。この発熱は H_{c2} 直下においても再び大きくなる領域があり、磁化測定で観測されているピーク効果に対応するものと考えている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、極低温、強磁場、高圧下におけるハルデンギャップ反強磁性体 $\text{Ni}(\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2)_2\text{N}_3\text{ClO}_4$ (以下 NDMAZ) 及び重い電子系超伝導体 UPt_3 の熱量及び磁気測定の結果をまとめたものである。

ハルデンギャップ反強磁性体は非磁性の基底状態と磁気的な第一励起状態間に有限のエネルギーギャップを持つため、絶対零度まで3次元長距離磁気秩序 (以下 3D-LRO) を示さないとされている。しかし磁場中ではエネルギーギャップの消失に伴い基底状態に磁気的な状態が混ざるため、3D-LROを示す可能性がある。本研究では14T以下の磁場中0.1K以上の温度域で単結晶 NDMAZ の磁場中比熱及び磁化過程の測定による上記、磁場誘起 3D-LRO の実験的検証が行なわれた。

その結果、13Tの磁場中比熱において0.3K付近に3D-LROを示す鋭いピークが観測され、さらに14Tまでの磁場中において3D-LRO相境界の確定に成功している。また磁化過程の測定では比熱測定で得られた相境界付近において磁化の急激な増加を確認している。

次に重い電子系超伝導体 UPt_3 の圧力下磁場中極低温下における比熱及び磁気熱量効果の測定結果について報告されている。 UPt_3 は常圧下で多重超伝導相 (A, B, C 相) を持ち、三重項超伝導体として注目されている。圧力下では $P_c \sim 3\text{kbar}$ 付近において高温低磁場側 A 相の消失が知られているが、それ以上の圧力下で多重超伝導相がどのようになるかは実験的に統一した見解が得られていない。そこでこの P_c 以上の多重超伝導相図を確定する目的で 2T 以下の磁場中 8.7kbar 以下の圧力下 0.2K 以上の温度域において純良単結晶試料を用いた熱量測定の実験が行なわれた。

その結果、圧力下磁場中比熱では P_c 以上の圧力下で多重超伝導相の分裂を示唆する逐次相転移は観測されなかった。一方、圧力下の磁気熱量効果測定では低磁場領域において試料の著しい発熱のため相境界は確定されなかった。また臨界磁場 H_{c2} 直下において再び発熱の大きくなる領域があり、 UPt_3 で報告されている磁化のピーク効果に対応するものと結論している。

以上、本研究では熱量及び磁気測定の手法を用いた複合極端条件下の実験により、上記の諸問題について興味ある結果が得られている。特にハルデンギャップ反強磁性体 NDMAZ では磁場誘起 3D-LRO の存在を発見しており、量子スピン系の秩序状態という新たなテーマを与えるものである。また重い電子系超伝導体 UPt_3 については当初の目的は達せられていないが、同一試料を用いた他の実験グループとの共同研究という側面において意義深いものである。よって博士 (理学) 論文として価値のあるものと認める。