The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Transport properties of pressure-induced superconductors CeIn3 and CeRhIn5
Author(s)	村松, 孝樹
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42433
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名	村　松　孝　樹（むら まつ たか き）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　15940　号
学位授与年月日	平成13年3月23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	Transport properties of pressure-induced superconductors $CeIn_3$ and $CeRhIn_5$ （圧力誘起超伝導体 $CeIn_3$ and $CeRhIn_5$ の電気抵抗）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　天谷　喜一 （副査） 教　授　三宅　和正　　教　授　北岡　良雄

論　文　内　容　の　要　旨

重い電子系物質の圧力誘起超伝導体である $CeIn_3$ と $CeRhIn_5$ の圧力下における電気抵抗を測定し、磁気揺らぎによる超伝導の研究を行った。Ce系化合物でみられる磁気揺らぎの超伝導を高圧力下で測定するには静水圧性が重要となる。しかし、静水圧性の良い圧力下での極低温かつ強磁場中という複合極限下における研究は非常に困難であった。本研究では静水圧性を高めるために圧力伝達物質に液体圧力媒体を用いての四端子法による電気抵抗の測定に初めて成功し11GPaまでの圧力下における極低温かつ強磁場での測定を行い従来の方法より精度の良い結果が得られた。

$CeIn_3$ は常圧で反強磁性転移温度（T_N）10Kの反強磁性体であり、圧力を加えることでネール温度が減少していき、およそ2.5GPa（2.5万気圧）でネール温度が消失する。このネール温度が消失する前後の圧力領域において超伝導転移温度（T_C）0.2Kの超伝導となる。この超伝導は反強磁性揺らぎが低温まで発達したことによって生じる超伝導と考えられている。しかし、$CeIn_3$ は3GPa（およそ3万気圧）までの電気抵抗しか測定されていなかった。また、超伝導状態における磁場中での上部臨界磁場（H_{C2}）の測定、あるいは、反強磁性揺らぎの超伝導で磁場中に存在すると予想される異常磁気相の探索は行われていなかった。そのため、本研究では3GPa以上の圧力での超伝導相の探索と磁場中での異常磁気相の探索を行った。その結果、$CeIn_3$ においては3GPa以上において新たな超伝導相は存在しないことがわかった。また、磁場中における異常磁気相も今回の電気抵抗の測定からは存在しないことが判明した。さらに、超伝導の H_{C2} の測定を行いコヒーレンス長の圧力変化と伝導電子の有効質量の圧力変化も判明した。

$CeRhIn_5$ は常圧で T_N =3.8Kの反強磁性体であり、1.6GPaにおいて T_C = 2K付近に超伝導転移が出現し始め、2.1GPaまで T_C がほとんど変化しないことが知られていた。しかし、それ以上の圧力における T_C がどのように変化するかは知られていなかった。また、磁場中での異常磁気相の探索は行われていなかった。8.5GPaまで測定した結果、超伝導相は7.6GPaまで続くことが判明した。さらに、その超伝導相の中に5.2GPaにおいて T_C が極小をとることが判明した。本研究において精密な電気抵抗の測定に成功したことにより、低温で磁気揺らぎによる大きな電気低抗が急激に抑えられることが判明した。この磁気揺らぎが抑えられ始める温度は圧力を加えると減少していき、これが0Kに向かうところで超伝導転移温度がもっとも高くなっており、磁気揺らぎの抑制は磁気揺らぎの超伝導となんらかの関係があるとものと考えられる。この磁気揺らぎの抑制は磁場を加えることで逆に磁気揺らぎが発達することが判明した。このような現象は今までにみつかっていないものであり今回初めて発見されたものと思われ、これに

より磁気揺らぎの超伝導の新しい性質の一端が判明したと考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文は、重い電子系物質の圧力誘起超伝導体である $CeIn_3$ と $CeRhIn_5$ の圧力下における電気抵抗を測定し、磁気揺らぎによる超伝導の研究を行ったものである。Ce 系化合物でみられる磁気揺らぎの超伝導を高圧力下で測定するには静水圧性が重要であるが、従来、静水圧性の良い圧力下での極低温かつ強磁場中という複合極限下における研究は非常に困難であった。本論文では静水圧性を高めるための圧力伝達物質に液体圧力媒体を用いた四端子法電気抵抗の測定に初めて成功し、11GPa までの圧力下における極低温かつ強磁場での測定を行い従来の方法より精度の良い結果を得ている。

まず、$CeIn_3$ について、$CeIn_3$ は、常圧で反強磁性転移温度（T_N）10K の反強磁性体であり、圧力を加えることでネール温度が減少し、およそ2.5GPa（2.5万気圧）でネール温度が消失する。このネール温度が消失する前後の圧力領域において反強磁性揺らぎによる超伝導が出現していると考えられている。しかし、超伝導状態における磁場中での上部臨界磁場（H_{c2}）の測定、あるいは、反強磁性揺らぎの超伝導で磁場中に存在すると予想される異常磁気相の探索は行われていなかった。本論文では、高圧下電気抵抗測定技術の開発により 3GPa 以上の圧力での超伝導相の探索と磁場中での異常磁気相の探索が行われている。その結果、$CeIn_3$ においては 3GPa 以上において新たな超伝導相は存在しないことが明らかにされ、また、磁場中における異常磁気相も今回の電気抵抗の測定からは存在しないことが結論づけられている。さらに、超伝導の H_{c2} の測定が行われ、コヒーレンス長及び伝導電子の有効質量の圧力依存性が明らかにされている。

ついで $CeRhIn_5$ について、$CeRhIn_5$ は常圧で $T_N=3.8K$ の反強磁性体であり、1.6GPa において $T_c=2K$ 付近に超伝導転移が出現し始め、2.1GPa まで T_c がほとんど変化しないことが知られている。しかし、それ以上の圧力における T_c の変化や磁場中での異常磁気相の探索は行われていなかった。本論文では、8.5GPa までの測定により、超伝導相は7.6GPa まで続くことが、さらに、その超伝導相の中に5.2GPa において T_c が極小をとることが見出されている。又精密な電気抵抗の測定に成功したことにより、低温で磁気揺らぎによる大きな電気抵抗が急激に抑えられることも見出されている。この磁気揺らぎが抑えられ始める温度は圧力を加えると減少していき、これが 0 K に向かうところで超伝導転移温度がもっとも高くなっており、磁気揺らぎの抑制と超伝導出現との密接な関連が示されている。一方、この磁気揺らぎは、磁場を加えることで逆に発達することが明らかにされた。このような現象は本論文で初めて発見されたものであり、これにより磁気揺らぎの超伝導の新しい側面が実験的に明らかにされた。

上記により博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。