

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	山本 理香子
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目			
Two-Channel Kondo Effect in the Nd-based Caged Compound $Y_{1-x}Nd_xCo_2Zn_{20}$ (Nd 内包カゴ状化合物 $Y_{1-x}Nd_xCo_2Zn_{20}$ における 2 チャンネル近藤効果)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	鬼 丸 孝 博	
審査委員	教 授	松 村 武	
審査委員	教 授	鈴 木 孝 至	
審査委員	教 授	木 村 昭 夫	
審査委員	准教授	梅 尾 和 則	
〔論文審査の要旨〕			
<p>希土類を含む金属間化合物では、4f 電子の磁気モーメントと伝導電子のスピンとの交換相互作用を通して多様な物性が現れる。そのうち、近藤効果は強相関電子系の特徴的な電気伝導と磁性を記述する重要な概念である。従来の近藤効果では、4f 電子の局在モーメントを遮蔽する伝導バンドのチャンネル数は 1 であり、その基底状態は非磁性の近藤一重項の形成を伴うフェルミ液体となる。一方、伝導バンドのチャンネル数が 2 である 2 チャンネル近藤効果では、局在モーメントが伝導バンドのスピンによって過剰に遮蔽されるため、非フェルミ液体 (NFL) 的挙動の発現と絶対零度での残留エントロピーの存在が理論的に予言されているが、実験的な検証には至っていなかった。</p> <p>本論文の著者は、4f 電子配置をとる立方晶 $NdTr_2Zn_{20}$ (Tr: Co, Rh, Ir) が示す NFL 挙動に着目した。カゴ状構造をとる $NdTr_2Zn_{20}$ では、Nd 原子が 16 個の Zn 原子に囲まれているため、伝導電子と 4f 電子の交換相互作用は実効的に増強される。本論文では、Nd の結晶場準位を同定し、磁気構造を決定するために中性子散乱実験を行い、また $NdCo_2Zn_{20}$ の一次相転移の近傍での磁気ゆらぎと元素置換の効果について調べた。さらに、Nd の単サイトの効果により NFL 的挙動が発現するかを明らかにするために、Nd 希薄系の単結晶を作製し、磁化率と比熱、電気抵抗率を 0.1 K 以下の極低温まで測定した。(以上、第 1 章、第 2 章、第 3 章の内容)</p> <p>第 4 章では、粉末非弾性中性子散乱スペクトルの解析から、Nd の結晶場基底状態が Γ_6 二重項であることを同定した。第 5 章では、$NdCo_2Zn_{20}$ の熱膨張と磁歪が一次相転移に伴うヒステリシスを示すこと、また磁場により二次相転移に変化することが明らかにされた。第 6 章では、$NdCo_2Zn_{20}$ の Zn サイトを価電子数が 1 つ多い Ga で置換することによって T_N が上昇し、二次相転移を示すラ</p>			

ムダ型の比熱ピークが現れることが示された。これは、Ga 4p 電子ドープが反強磁性相関を増強し、反強磁性秩序が安定化したためだと考えられる。第 7 章では、中性子回折による磁気構造解析について示されており、伝搬ベクトルは $\mathbf{k} = [0.5, 0.5, 0.5]$ であり、磁気モーメントがそれに対して垂直となる磁気構造をとることがわかった。なお、 $Tr = Co$ の秩序モーメントは、 $Tr = Rh, Ir$ よりも小さく見積もられた。第 8 章では、 $Tr = Co$ の冷中性子での粉末非弾性中性子散乱実験の結果が示されている。0.5 meV 以下で観測されたストークス・アンチストークス散乱は、基底 Γ_6 二重項が関与した低エネルギー励起であると考えられる。

第 9 章では、Nd 希薄系 $Y_{1-x}Nd_xCo_2Zn_{20}$ の $x \leq 0.06$ における電気抵抗率と磁化率、磁気比熱の 0.2 K 以下での特徴的な温度変化が、2 チャンネル近藤効果から期待される NFL 的挙動と一致することが示された。さらに、 $x = 0.017$ では、最低温 0.08 K 以下に $0.75R \ln 2$ のエントロピーがあり、2 チャンネル近藤効果から予想される残留エントロピーが存在していると考えられる。最後に、第 10 章では本論文のまとめと展望が述べられている。

以上のように、本論文では、これまで実験的な検証が困難であった 2 チャンネル近藤効果に対して、Nd 単サイトの NFL 的挙動や極低温領域での残留エントロピーを観測するなど、その実証に迫る重要な成果があげられた。本成果は、2 チャンネル近藤効果に関する理解を深めるだけでなく、強相関物理において大きなインパクトをあたえるものである。以上のことから、本論文の著者は博士(理学)の学位を授与するに十分な能力と実績を有するものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。