

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	草ノ瀬 優香
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			
Quadrupole order of non-magnetic ground state doublets in Pr-based compounds PrXNi_4 ($X = \text{Mg, Cd}$) and $\text{PrNi}_2\text{Mg}_{20}$ (立方晶化合物 PrXNi_4 ($X = \text{Mg, Cd}$) と $\text{PrNi}_2\text{Mg}_{20}$ の非磁性基底二重項における四極子秩序)			
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	野 原 実	
審査委員	教 授	荻 田 典 男	
審査委員	准教授	梅 尾 和 則	
〔論文審査の要旨〕			
<p>非クラマースイオンである $4f^2$ 配位のプラセオジウムを含む金属間化合物では、非磁性の多極子秩序や重い電子超伝導、非フェルミ液体などの興味深い物性が現れる。特に、立方晶の Pr^{3+} イオンの結晶場基底状態が非磁性の Γ_3 二重項をとる場合には、電気四極子による相転移や異常金属状態の発現が期待される。しかし、基底 Γ_3 二重項をとる物質は希少であるため、これらの物性に関する系統的な理解は未だ得られていない。本論文では、Pr 副格子が fcc 構造をとる立方晶 PrXNi_4 ($X = \text{Mg, Cd}$) と、立方晶のカゴ状化合物 $\text{PrNi}_2\text{Mg}_{20}$ の試料を作製し、結晶場基底状態が非磁性 Γ_3 二重項であるか、また電気四極子に起因した相転移が現れるかについて明らかにする。さらに、Γ_3 二重項の縮退があるにもかかわらず相転移が現れない場合は、その原因について調べる。(以上、第 1 章の内容。)</p> <p>第 2 章では、上記物質の試料作製と評価について示されている。PrMgNi_4 では Pr サイトに過剰な Mg が 4.5% 含まれており、同型の PrCdNi_4 の組成比は化学量論比に近いことがわかった。第 3 章では、電気抵抗、磁化、比熱、非弾性中性子散乱、中性子回折の測定方法について説明されている。</p> <p>第 4 章 1 節では、Pr 副格子が fcc 構造をとる PrMgNi_4 の伝導と磁性について示されている。Van-Vleck 常磁性的挙動と磁気比熱の 4 K 付近のブロードな山は、Pr の結晶場基底状態が非磁性二重項であることを示している。実際、非弾性中性子散乱により、基底二重項からの磁気励起が観測された。磁気比熱と電気抵抗率の 0.7 K 付近の肩は、磁場に対して鈍感であることから、四極子の短距離秩序の可能性が高い。なお、化学量論比に近い単結晶において、比熱の肩が明瞭になったことは、Pr サイトの局所的な乱れによって四極子の長距離秩序が阻害されたことを示唆する。</p>			

第4章2節では、PrCdNi₄に関する結晶場基底状態と相転移について示されている。結晶場基底状態は Γ_3 二重項であり、 $T_0 = 1$ K 付近の比熱のピークは相転移を示している。 T_0 は磁場に対して鈍感であり、また磁気エントロピーは T_0 で $R \ln 2$ の 40%程度にとどまる。粉末中性子回折実験では、磁気反射は観測されなかった。さらに、磁気抵抗の測定から、磁場誘起相を示す複数の異常が見出された。これらの結果から、 T_0 で反強四極子秩序が起こっていると考えられる。 Γ_3 二重項の fcc 構造で四極子秩序が観測された初めての例であり、四極子の幾何学的なフラストレーションまたは秩序変数の競合による新たな量子現象の発現が期待できる。

第4章3節では、立方晶カゴ状化合物 RNi_2Mg_{20} ($R = \text{Pr, Nd}$) についての測定結果が示されている。 $R = \text{Pr}$ の磁化率は Van-Vleck 常磁性的挙動を示し、比熱の 7 K 付近の山は基底 Γ_3 二重項の二準位モデルで再現できる。0.7 K のブロードな山は、四極子の短距離秩序に起因すると考えられる。

第5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、 $4f^2$ 電子配置をとる Pr^{3+} イオンの副格子が fcc 構造をとる金属間化合物において、非磁性二重項による反強四極子秩序が初めて見出された。本成果は、四極子秩序を示す新たな物質を発見しただけでなく、四極子の幾何学的な配置による秩序変数の競合とフラストレーションという新たなテーマを提起したものであり、強相関物理において重要な意義を与える。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。