

氏名	日高 宏之
授与した学位	博士
専攻分野の名称	理学
学位授与番号	博甲第3130号
学位授与の日付	平成18年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Pressure-induced metal-insulator transition in the filled skutterudite PrFe ₄ P ₁₂ (充填スクッテルダイト PrFe ₄ P ₁₂ の圧力誘起金属-絶縁体転移)
論文審査委員	教授 小林 達生 教授 原田 勲 教授 大嶋 孝吉

学位論文内容の要旨

充填スクッテルダイト化合物 PrFe₄P₁₂ は、近藤効果や反強四重極秩序、磁場誘起重い電子状態といった f 電子と伝導電子の混成に起因した物性を示す。通常 Pr 化合物は f 電子の強い局在性のためにこのような興味深い物性は現れないが、12 個の P が Pr をとりかこむ特異な構造が f 電子と伝導電子の混成を増大させている。この物質を加圧することにより混成を増大させ、量子相転移を誘起し、多 f 電子状態に起因する新しい物性を探索するために高圧実験を行なった。その結果 f 電子が関与していると思われる金属-絶縁体 (M-I) 転移を発見した。

まず、高圧下電気抵抗とホール効果測定から、2.4GPa 以上で基底状態が金属から絶縁体へ転移することが分かった。この圧力誘起絶縁体状態は磁場で容易に抑制されることが特徴的である。また、絶縁相の磁気特性を調べるために NMR 測定と磁化測定を行った。NMR 測定から M-I 転移は一次の相転移であること、絶縁相内に内部磁場が存在していることが明らかになった。また磁化測定においては絶縁相内で反強磁性的振舞いが観測された。これらの結果から絶縁相内では反強磁性秩序が起きていると結論した。

通常、圧力誘起の M-I 転移は絶縁体から金属への転移が一般的であり、金属から絶縁体へ転移する例は非常に稀である。加えて、同じ結晶構造をもつ PrRu₄P₁₂ の M-I 転移はバンド計算から良く説明されているのに対して、PrFe₄P₁₂ の M-I 転移はバンド計算からは説明がつかない。このように PrFe₄P₁₂ の M-I 転移の発現機構は未だ明らかではないが、多 f 電子状態が絡んだ新たな M-I 転移が起きている可能性がある。

論文審査結果の要旨

申請者はPr化合物ではじめて近藤効果が顕著に現れている充填スクッテルダイト化合物 $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ において高圧下電気抵抗測定を行い、高圧・低温下で金属から絶縁体への相転移を発見した。さらには、高圧下での各種精密物性測定に成功し、金属-絶縁体転移が一次転移であること、絶縁体相では反強磁性秩序が起きていることなど、その電子状態の解明を行なっている。同じ結晶構造を持つ $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ では、Fermi面のネスティングを起源とする金属-絶縁体転移が常圧で起きることが知られているが、 $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ ではFeのdを主な成分とするバンドがFermi面にかかっており、同じ機構では解釈できない。本研究では圧力誘起金属-絶縁体転移の機構解明には至っていないが、充填スクッテルダイト構造により初めて実現されたPrの多f電子状態と伝導電子の強い混成効果を反映した新奇な現象であり、学術的意義は大きい。また、磁化測定用高圧セルの開発を独自に行ない、未踏高圧領域での精密磁化測定に成功しており、実験面での独創性の点でも評価できる。申請者は基礎的な物性物理学をよく理解しており、基礎的学力の点においても問題はない。

以上のことから、博士（理学）の学位を与えるに十分な内容であると評価する。