

論文審査の結果の要旨

氏名 寺島 拓

本論文は 10 章からなる。第 1 章は序論として研究の背景と目的を述べている。第 2 章は重い電子及び価数揺動現象について現在の理解について解説し、最近注目されている価数転移の量子臨界現象や、近藤絶縁体との関係についても述べている。第 3 章は本論文の対象物質の 1 つである近藤絶縁体 YbB_{12} の諸物性について説明し、特に、価数揺動及びエネルギーギャップについて詳しく論じている。第 4 章は YbB_{12} の 60 T までの強磁場における比熱測定について手法及び結果、考察を示している。第 5 章は YbB_{12} の 120 T までの磁化測定の手法、結果が示され、電子状態についての考察がなされている。第 6 章は本論文のもう一つの対象物質である YbAlB_4 の諸物性について、量子臨界点近傍に位置することに起因する異常物性を中心に説明している。第 7 章は YbAlB_4 の 40 T 強磁場中での X 線分光実験、第 8 章は 100 T までの強磁場磁化測定について、それぞれ手法と結果が示され、物理的な考察がなされている。第 9 章は論文の結論と展望が述べられている。第 10 章は付録であり、パルス磁場中の試料の発熱効果について実験技術的考察が述べられている。

本論文は、強い価数揺動を示すイッテルビウム系金属間化合物 YbB_{12} と YbAlB_4 、及び後者に Fe をドーピングした $\text{YbAl}_{1-x}\text{Fe}_x\text{B}_4$ について、物性の磁場応答を調べることで、局在電子と遍歴電子の相関により現れる絶縁体金属転移や価数転移などの多彩な現象の理解を目的として行われている。

第 4 章では YbB_{12} についてパルス強磁場中での比熱測定の結果が示されている。この系は約 50 T で絶縁体金属転移 (MI 転移) が起こる。強磁場金属相での電子比熱係数を決定し、60 T の磁場中ではおよそ 70 mJ/mol T^2 と通常金属に比べて数十倍の大きな値を示すことを明らかにした。これは磁場誘起金属相が強い近藤効果によって重い電子状態にあること証明した初めての実験結果である。

第 5 章は YbB_{12} についての磁化曲線を 120 T まで論じている。約 50 T での MI 転移での磁化の急激な上昇に加え、102 T に新たな磁化の上昇を見出し、これが状態密度における擬ギャップ構造に対応する可能性について指摘した。さらに強磁場での飽和傾向を示す磁化が約 $2 \mu_B/\text{Yb}$ と期待される磁化よりも小さいことから、100 T の強磁場においては近藤効果が抑制されるが、抑制は不完全であることを明らかにした。

第 7 章では $\text{YbAl}_{1-x}\text{Fe}_x\text{B}_4$ について放射光 X 線を用いた吸収分光測定を SPring-8 で行った結果について述べられている。スペクトルの磁場依存性から低温での Yb 価数の磁場依存性を初めて明らかにした。その結果、Fe 置換系では 40 T までにブロードな価数の上昇が存在するが、純粋な YbAlB_4 では低温で価数変化は極めて小さいか、存在しないことがわかった。さらに、円偏光を用いた磁気円二色性 (XMCD) の測定から、電気四極子遷移に起因する信号を発見し、この起源が Yb の磁気基底状態が特異な結晶場効果のために純粋な $J_z = \pm 5/2$ であることを論じた。

第 8 章は $\text{YbAl}_{1-x}\text{Fe}_x\text{B}_4$ の磁化過程について論じている。7 章で議論した価数の磁場依

存性と磁化過程を対応させ、 x が 0.014 より小さい系では磁場誘起価数転移が起きている可能性を指摘した。また、 x が 0.04 以上の系では、Yb 間の反強磁性秩序が磁場によって抑制される過程において価数変化が生じることを論じた。

本論文は、近藤絶縁体 YbB_{12} の約 50 T で現れる磁場誘起金属相が重い電子状態であること、また 100 T 近傍での磁化過程から電子状態密度に擬ギャップ構造が存在する可能性が高いことを明らかにした。また、量子臨界点近傍に位置する YbAlB_4 、及び $\text{YbAl}_{1-x}\text{Fe}_x\text{B}_4$ において磁場誘起価数転移の存在と、磁気基底状態が結晶場に強く支配されていることを示した。強い価数揺動を示す 4f 電子系は、その高い近藤温度のため外場に対しての応答が小さく、特に磁場効果には不明な点が多かった。40 ~ 100 T の強磁場を用いて、磁化、比熱、X 線分光の様々な測定における物性の磁場応答から価数揺動金属の電子状態を明らかにした本研究は学術的に高い意義を持つ。

なお、本論文の第 4 章、第 5 章と第 7 章、第 8 章は、松田康弘氏との共同研究であり、第 4 章、第 5 章は、伊賀文俊、近藤晃弘、金道浩一各氏との、第 4 章は小濱芳允氏、第 7 章、第 8 章は中辻知氏、松本洋介氏、久我健太郎氏、鈴木慎太郎各氏、第 7 章は河村直己氏、水牧仁一朗氏、稲見俊哉各氏、第 8 章は、吉村一良氏、中東太一各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験・解析・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1990 字