

論文の要約

氏名 大石 遼平

論文題目

Synthesis of single crystals and studies of magnetic anisotropy
in the $R\text{Pt}_6\text{Al}_3$ series ($R = \text{Ce}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}, \text{and Tb}$) with a rare-earth honeycomb structure
希土類ハニカム格子化合物 $R\text{Pt}_6\text{Al}_3$ ($R = \text{Ce}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}, \text{Tb}$) の
単結晶育成と磁気異方性の研究

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。伝導電子のスピン分極を媒介とする Ruderman–Kittel–Kasuya–Yosida (RKKY) 相互作用と伝導電子が磁気モーメントを遮蔽する近藤効果が競合する場合、量子相転移や重い電子状態、非従来型超伝導などの発現が期待される。近年、これらに加えて、希土類サイトの対称性に由来する交換相互作用の競合によって特異な基底状態が形成されることが指摘され、磁気フラストレーションの寄与を解明することが課題である。

本論文では、これまで研究が希少であった希土類がハニカム格子をとる金属間化合物を探索し、三方晶 $R\text{Pt}_6\text{Al}_3$ ($R = \text{Ce}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}, \text{Tb}$) に着目した。 $R\text{Pt}_6\text{Al}_3$ では、 R イオンが c 面内でハニカム格子を形成する。最近接と次近接の反強磁性 (AFM) 相互作用が競合する場合、磁気フラストレーションによる非共線的な AFM 秩序や磁気スキルミオンなどの発現が期待される。そこで、 $R\text{Pt}_6\text{Al}_3$ ($R = \text{Ce}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}, \text{Tb}$) の基底状態を明らかにするために、単結晶試料を高周波加熱チヨコラルスキー法と封管ブリッジマン法で作製し、電気抵抗、比熱、磁化を測定した。さらに、 $R = \text{Sm}$ の磁気構造を決定するために、共鳴 X 線回折実験を行った。(以上、第 1 章、第 2 章の内容)

第 3 章では、 CePt_6Al_3 の単結晶を用いた比熱と電気抵抗の測定から、基底状態が常磁性の重い電子状態であることを示した。Pt サイトを Pd で置換した系では、AFM 秩序が発現し、磁気フラストレーションの抑制が示唆された。一方、 $5d$ 電子ドープを伴う Au 置換では、近藤温度 T_K が低下し、磁気エントロピーが回復した。これらの Pd と Au による置換の比較から、 CePt_6Al_3 の重い電子状態の形成には、近藤効果に加えて磁氣的フラストレーションが関与していると結論した。

第 4 章では、 $R = \text{Nd-Tb}$ の単結晶を用いた物性測定から、 $R = \text{Nd}, \text{Gd}$ では傾角 AFM 構造を、 $R = \text{Sm}, \text{Tb}$ では共線的な AFM 構造をとることが判った。これらの磁気異方性は、結晶場効果でよく説明できる。また、 $R = \text{Nd}, \text{Gd}$ の磁気モーメントは T_N 以下で c 面内にあり、弱い強磁性成分を伴う非共線的な磁気構造をとる。その主たる原因は Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用であり、最近接 R 間の中点で反転対称性が破れていることから、 D ベクトルの向きが c 軸方向であることを提案した。

以上の結果および展望を第 5 章にまとめた。