

(8) 磁性超伝導体 RERh_4B_4 の磁気異方性

東北大金研 前 川 禎 通

正方晶系の結晶構造を持つ RERh_4B_4 ($\text{RE}=\text{希土類イオン}$) では、大きな一軸性の磁気異方性エネルギーが存在する。ここでは、 $\text{RE}=\text{Ho}$, Er , Tm についての磁気異方性エネルギーを求め、 $\text{Er}_{1-x}\text{Ho}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ 及び $\text{Er}_{1-x}\text{Tm}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ の相図について議論する。

簡単のために、希土類イオンの角運動量 J に働く異方性ハミルトニアンを

$$\mathcal{H} = DJ_z^2,$$

と置く。ここで、 z 軸を結晶の長軸 (c 軸) の方向に取る。 D は異方性の大きさと方向を決める定数である。点電荷モデルを使って $\text{Gd}_{1-x}\text{Er}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ の比熱のデータを解析し、 D に対して次の値が求まる。

$$D/k_B = -5 \text{ K (Ho}^{3+}), +5 \text{ K (Er}^{3+}), +23 \text{ K (Tm}^{3+}).$$

Er^{3+} イオンは $J = 15/2$ を持つ Kramers イオンである。従って、 D の値より、 ErRh_4B_4 の強磁性状態での磁化が c 軸に垂直であり、磁化の大きさが自由な Er^{3+} イオンから予想されるよりも非常に縮んでいる事実が理解される。 HoRh_4B_4 の強磁性状態では磁化は c 軸方向を向いている。これは D が正であることによる。 $\text{Er}_{1-x}\text{Ho}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ では Er と Ho の異方性方向の競争が起り、磁化の方向の変化に伴う相転移が期待されるが、このような相転移は中性子散乱、帯磁率測定等で確認された。

$\text{Er}_{1-x}\text{Tm}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ では、 Tm^{3+} イオンは非磁性イオンとして強磁性転移温度を下げる。ところが、超伝導転移に対しては磁性イオンとして働くことが実験的に見出された。 Tm^{3+} イオンは non-Kramers イオン ($J = 6$) である。従って、上記の D の値より基底状態は singlet である。ところが、伝導電子は Tm^{3+} イオンとの非弾性散乱を通してその磁氣的励起状態を見ることが出来る。以上のことから、 $\text{Er}_{1-x}\text{Tm}_x\text{Rh}_4\text{B}_4$ の相関が理解できる。