

四極子自由度が活性な PrRh₂Zn₂₀ の温度・磁場相図とその磁場方向依存性

東工大院理工、広大院先端^A

吉田 太地、町田 洋、井澤 公一、島田 祐樹^A、長澤 直裕^A、鬼丸 孝博^A、高畠 敏郎^A

軌道自由度が織り成す物理はいまだ未解明な部分が多い。なぜなら軌道自由度は結晶の格子ゆがみと結合しやすく低温までその自由度が生き残ることは稀であるからである。また、低温においても軌道自由度が活性である数少ない物質の大半は同時にスピン自由度も有しており、そこに現れる現象がどの自由度に由来するかを同定することは容易ではない。実際に、高温超伝導や隠れた秩序の発現には軌道自由度が関与しているといった報告もあるが、いまだその確証は得られていない。そのため軌道自由度に由来する物理は非常に多くの関心を集めており、その解明は学術的にも重要なテーマのひとつといえる。

こうした研究を進めるためには軌道自由度のみを有する物質が必要不可欠である。立方対称の結晶場をもつような Pr 化合物は群論的な考察により結晶場基底状態に非磁性の二重項を持つ可能性が示される。これは基底状態にスピンではなく軌道自由度を持つことに対応する。軌道自由度はしばしば高次の多極子として解釈され、その中でも電気四極子が支配的であることが多い。例えば立方晶 PrRh₂Zn₂₀ は低温での磁化および比熱測定の結果から非磁性の二重項、すなわち四極子自由度を持つことが報告された[1]。通称 Pr 1-2-20 系と呼ばれるこれらの物質群は多くの場合低温で四極子自由度が活性であることが示されており上述の研究には最適といえる。

これらの物質群はごく最近になり発見されたものであるため、物質自体の特性評価から始めなければならぬ。そこで我々は PrRh₂Zn₂₀ に対して一番基本的な物理量である電気抵抗率の磁場中測定を行った。その結果、1K 付近での温度依存性が様々な磁場で $T^{0.5}$ に比例するような通常の金属とは大きく異なる振る舞いを見せることが判明し、ある特徴的な温度 T_K で規格化することでそれらが単一の曲線にスケールするといった興味深い性質を持つことがわかった[2]。これは、局在した四極子モーメントを伝導電子がふたつの等価な散乱チャンネルを介して不完全に遮蔽（過剰遮蔽）する四極子近藤効果に起因するものであるといった理論的考察がなされ[3]、今回のケースは過剰遮蔽された局在モーメントが整列した場合に対応する四極子近藤格子の実現を示した初めての例と言える。

また、そのとき見積もられた特性温度 T_K は印加磁場 B に対しておおむね $T_K \propto B^4$ に従い、磁場の方向によってその比例係数の大きさに違いが現れることがわかった。四極子近藤効果の発現機構自体には従来の近藤効果と同じく磁場方向に依存する因子は含まれておらず、その要因は磁場印加による外因的なものの可能性がある。例えば励起状態との準位反発による基底二重項の解消である。摂動論を用いた計算によれば二重項の分裂幅はおおよそ B^2 に比例し、かつ磁場方向によってその比例係数が変化することが示される。四極子近藤効果の発現には軌道縮退の存在が不可欠であるため、磁場によって基底二重項が分裂すれば特性温度 T_K はその分裂が無視できるほどの高温へと押し上げられるだろう。したがって分裂幅の磁場方向に対する変化率の大小関係が特性温度 T_K の磁場方向依存性に関与していると考えられる。講演では、こういった議論の妥当性および四極子秩序状態などを含めた相図の磁場方向依存性について関連物質と比較しながら述べる予定である。

[1] T. Onimaru, *et. al.*, Phys. Rev. B, **86**, 184426 (2012).

[2] 吉田太地 他、日本物理学会 2014 年秋季大会、日本物理学会第 70 回年次大会

[3] A. Tsuruta and K. Miyake, J. Phys. Soc. Jpn., **84**, 114714 (2015).