

SmRu₂Al₁₀における格子整合-非整合磁気転移 Commensurate-Incommensurate Magnetic Phase Transition in SmRu₂Al₁₀

松村武*, 高井駿, 谷田博司, 世良正文

広島大学大学院先端物質科学研究科, 〒739-8530 東広島市鏡山 1-3-1

Takeshi Matsumura*, Shun Takai, Hiroshi Tanida, and Masafumi Sera

Department of Quantum Matter, AdSM, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, 739-8530, Japan

1 はじめに

最近, 強い c-f 混成効果と長距離磁気秩序が共存するという, 新しい型の近藤半導体 CeRu₂Al₁₀ が注目を浴びている. 斜方晶 YbFe₂Al₁₀ 型構造をとり, 転移温度 T₀=27.3 K という, Ce 化合物としては異常に高い転移温度をもつ点の特徴である. 注目すべき点はいくつかある. まず, T₀ 以下で反強磁性が成長する一方で, χ_b および χ_c は垂直帯磁率に相当するにもかかわらず, 帯磁率がすべての方向で急激な減少を示し, スピンシングレットを形成するような振る舞いをみせる. この秩序には, 電荷のギャップとスピンのギャップの両方が関与しているが, その詳細なメカニズムは明らかになっていない. また, 常磁性状態で $\chi_a > \chi_c > \chi_b$ であり, a 軸が容易軸であるにもかかわらず, T₀ 以下での秩序モーメントは c 軸を向く. この秩序モーメントの向きは圧力や元素置換で容易に変えることができ, c-f 混成効果が重要な働きをしていることが示唆される.

この異常な秩序状態の形成について, 一連の希土類化合物での秩序状態を比較検討することは重要であり, 今回は SmRu₂Al₁₀ の磁気秩序状態を明らかにするため, 共鳴 X 線回折実験を行った. 磁気構造を調べるに当たり, 通常は中性子回折が有用であるが, Sm は強力な中性子吸収体であるため, ここでは共鳴 X 線回折のほうが有利である. また, 放射光の高い空間分解能により, 今回のようなわずかな波数変化を明瞭にとらえることができた. 一方で, 磁気モーメントの絶対値を決めることが難しいところが不利な点である.

2 実験

Al フラックス法で作製した単結晶試料を用い, BL-3A の超伝導マグネットが搭載された 2 軸回折計で共鳴 X 線回折実験を行った. 結晶の bc 面が散乱面と一致するように試料をとりつけ, 逆格子空間(0, k, l)内で信号の探索を行った.

3 結果および考察

最低温度 2K での信号探索の結果, 散乱ベクトル $Q=q+\tau$ で表される点に回折ピークが現れることを確認した. ここで $q=(0, 0.75, 0)$, τ は格子の逆格子ベクトルである. 図 1 は $Q=(0, 0.75, 7)$ でのエネルギー

ースペクトルである. 6.712 keV (E2)および 6.720 keV (E1)で強い共鳴を示している.

図 2 に 6.712 keV (E2)における回折強度の温度変化の結果を示す. 最低温度では(0, 0.75, 7)の位置にあったピークは, 5.5 K の転移温度で(0, 0.76, 7)に移動する. その後, 徐々に強度が減少し, 常磁性状態への転移温度 12.5 K で強度が消失する.

$q=0.75$ という値は, b 軸方向に単位格子 4 つ分進むと元の状態に戻ることを意味しており, 格子整合状態である. それが 5.5 K を境に $q=0.76$ という格子非整合状態へ転移することがわかった.

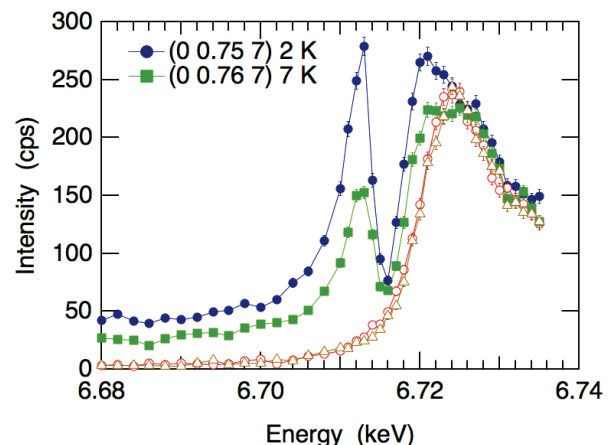


図 1 : 2K における $Q=(0, 0.75, 7)$ でのエネルギースペクトル.

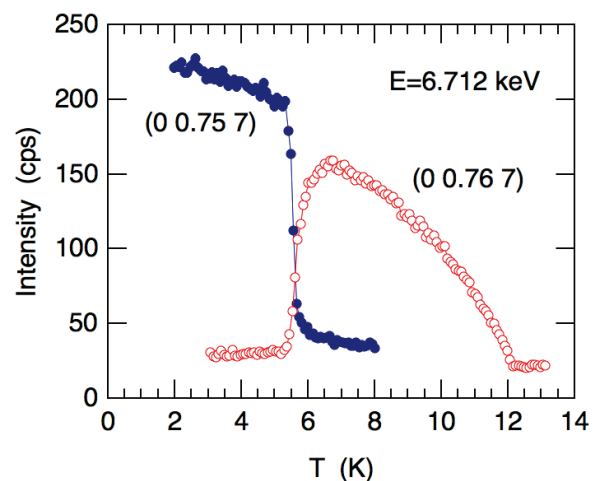


図 1 : 6.712 keV(E2)での回折強度の温度変化.

さらに、最低温度では $q=(0, 0.25, 7)$ にもピークが見られた。これは $q=0.75$ の 3 倍高調波である。この 3 倍高調波の強度は、温度を上げると基本波の強度よりもずっと早く減少することがわかった。これらの強度を磁気構造モデルを用いて分析したところ、最低温度ではすべての磁気モーメントの大きさが等しい反強磁性状態を形成しており、温度を上げると、大きさの異なる 2 種類のモーメントが生じていくらしいことがわかった。さらに、格子非整合相に入ると、より長い周期の振幅振動を作ることによって、様々な大きさのモーメントが生じる。興味深いのは、最近接から第 4 近接まで J_1, J_2, J_3, J_4 の磁気相互作用を仮定した単純な磁気交換エネルギー計算から、高温の秩序状態になるにつれて J_2 や J_3 などの長距離のエネルギーが全体に大きく寄与してくることである。これは、RKKY 相互作用が重要な働きをしていることを示している。その意味では、SmRu₂Al₁₀ はノーマルな反強磁性状態とすることができるであろう。

4 まとめ

SmRu₂Al₁₀ の磁気秩序状態を明らかにするため、共鳴 X 線回折実験を行った結果、 $q_1=(0, 0.75, 0)$ および $q_2=(0, 0.25, 0)$ で表される、 b 軸方向の単位格子 4 つ分を周期とする格子整合磁気秩序を形成することがわかった。また、温度を上げると、5.5K で相転移し、 $q_1=(0, 0.76, 0)$ で表される格子非整合相へと転移することがわかった。

* tmatsu@hiroshima-u.ac.jp