

Ce T_2 Al $_{10}$ (T =鉄族元素) および R_3 Al $_{11}$ (R =Pr, Nd) の 結晶・磁気構造解析

Crystal and Magnetic Determinations for Ce T_2 Al $_{10}$ and R_3 Al $_{11}$ 利用者 加藤 治一¹⁾、小林 理気¹⁾、西岡 孝¹⁾、金子 耕士²⁾、目時 直人²⁾
Harukazu KATO, Riki KOBAYASHI, Takashi NISHIOKA, Koji KANEKO, Naoto METOKI

所属 1)高知大学、 2)日本原子力研究開発機構

キーワード CeRu $_2$ Al $_{10}$, CeOs $_2$ Al $_{10}$, R_3 Al $_{11}$ 、磁気構造解析

1. 目的

Ce T_2 Al $_{10}$ (T = Ru, Os)は $T_0 = 27$ K (CeRu $_2$ Al $_{10}$), 29 K (CeOs $_2$ Al $_{10}$)でunconventionalな相転移を示す^[1]。NQR実験からは当初、 T_0 以下で磁気モーメントがないと報告されていた^[2]一方、 μ SR実験からは長距離磁気秩序が示唆される^[3,4,5]など T_0 での相転移の実体については激しい議論が続いていた。この系については複数のグループが粉末試料を使って中性子散乱実験を行っており、CeRu $_2$ Al $_{10}$ についてはそれぞれのグループが秩序相で新たなブラッグピークを観測していたものの、それが磁気的なものかどうかなどその解釈を巡っては当時決着がついていいたわけではなかった^[4,6]。また、CeOs $_2$ Al $_{10}$ については超格子ブラッグピークそのものが観測されていなかった^[5]。これらの議論に決着を付けるべく、本研究では単結晶試料を用いて中性子散乱実験を行い、秩序相の正体に迫ろうとした。

なお本課題では、逐次相転移を示す R_3 Al $_{11}$ について、それぞれの相における磁気構造を明らかにしようと中性子散乱実験をまた行っている、紙面の都合上ここでは省略する。

2. 方法

CeRu $_2$ Al $_{10}$ の単結晶試料(大きさ: $\sim 3 \times 3 \times 2$ mm)を、(h 0 l)面が散乱面になるよう、つまり結晶のb軸方向が鉛直に向くようフォルダーにセットした後、Heガスで充填したアルミニウムセルに封入した。TAS-2において $\lambda = 2.359$ Åの入射中性子線を用いて弾性条件で測定を行った。CeOs $_2$ Al $_{10}$ の単結晶試料(大きさ: $\sim 1 \times 1 \times 1$ mm)を、① (h 0 l)面あるいは② (h k 0)面がそれぞれ散乱面になるよう(①ではb軸方向//鉛直、②ではc軸方向//鉛直)フォルダーにセットした後、Heガスで充填したアルミニウムセルに封入した。主にMUSASにおいて測定を行い、このときの中性子波長は $\lambda = 2.44$ Åであった。一部(後述の超格子反射強度の温度変化測定)についてはTAS-2で $\lambda = 2.359$ Åの入射中性子線に関し弾性条件で測定を行った。サンプルの前後に80°のコリメーターを挿入した。

3. 実験結果

低温($T < T_0$)で中性子回折を行った結果、CeRu $_2$ Al $_{10}$ について(010), (011), (030), (031), (032), (033)の位置に、CeOs $_2$ Al $_{10}$ について(010), (011), (030), (033), (1 2 0)の位置にそれぞれブラッグピークを観測した。これらの反射は全て空間群Cmcmに対し禁制であり、 T_0 以下においてのみ現れる超格子反射である。Qが大きくなるとともに顕著に超格子反射強度は弱くなり、これらが磁気反射によるものであることがはっきりと示される。秩序相での磁気構造を決定するために、Ceが秩序モーメントをもち、それらが図1の内挿図にあるようなpropagation vector = 010で表される一様反強磁性の磁気構造を持つと仮定し散乱強度の計算を行い、実験で得られた面反射の強度と比較した。図1のように計算値と実験値はよい一致を見せ、仮定した磁気構造が妥当であることを示している。見積もられたモーメントの大きさは $0.42 \mu_B$ (Ru)、 $0.29 \mu_B$ (Os)であった。

Khalyavin, Adrojaらのグループは μ SRの実験等から $T = 12$ K (CeRu $_2$ Al $_{10}$), 15 K (CeOs $_2$ Al $_{10}$)で第2の相転移が起こる可能性を示唆している^[4,5]。これを中性子散乱の視点から調べるために、上記超格子面反射のいくつかについてその強度の温度変化を測定した(図省略)。CeRu $_2$ Al $_{10}$ ・CeOs $_2$ Al $_{10}$ いずれにおいてもその超格子反射の強度は T_0 以下で単調な変化を見せる。このことは秩序モーメントが T_0 以下で単調に成長し、磁気構造は変化しないことと対応しているとするのが自然であり、この結果からは第2の相転移が存在することに肯定的な証拠は得られない。

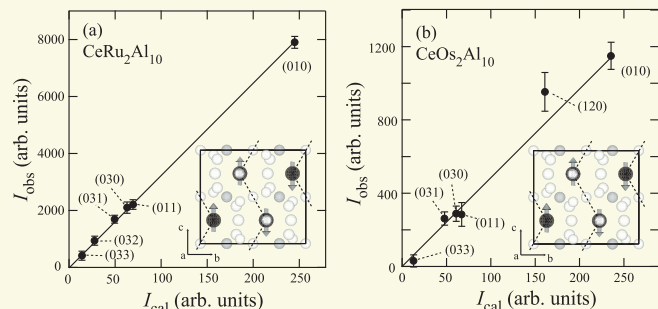


図1 CeRu $_2$ Al $_{10}$ ・CeOs $_2$ Al $_{10}$ の超格子反射強度の実験値と計算値。内挿図は強度計算において仮定した磁気構造

4. まとめ

CeRu $_2$ Al $_{10}$ ・CeOs $_2$ Al $_{10}$ の単結晶試料を用いて中性子散乱実験を行った。CeRu $_2$ Al $_{10}$ ・CeOs $_2$ Al $_{10}$ ともに T_0 での相転移が磁気秩序を伴うことをはっきりと示しており、また秩序相における磁気構造を明らかにした。ブラッグピークの温度変化からは、 T_0 以下で第2の相転移が起こっていることは同われない。

5. 引用(参照)文献等

- [1] T.Nishioka, et al., J. Phys. Soc. Jpn., 78 (2009) 123705; [2] M. Matsumura, et al., J. Phys. Soc. Jpn., 78 (2009) 123713; [3] S. Kambe, et al., J. Phys. Soc. Jpn., 79 (2010) 053708; [4] D.D. Khalyavin, et al., Phys. Rev. B, 82 (2010) 100405(R); [5] D.T. Adroja, et al., Phys. Rev. B, 82 (2010) 104405; [6] J. Robert, et al., Phys. Rev. B, 82 (2010) 100404(R)