

NdCu₄Agの磁場誘起磁気相転移の研究

Magnetic Field Induced Phase Transition for NdCu₄Ag

山形大・工^A 安達義也^A,
東北大・金研^B 小山佳一^B

Y. Adachi^A, K. Koyama^B

^A Faculty of Engineering, Yamagata University

^B Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

立方晶MgCu₄Ag型結晶の希土類金属間化合物RCu₄AgおよびRCu₄Auは多彩な磁性を示すことがこれまでに報告されている。我々もH17, 18年申請の共同利用で、「RCu₄Agの磁場誘起磁気相転移の研究」としてTbCu₄AgおよびGdCu₄Ag, NdCu₄Agの強磁場磁化測定実験を行った[1]。その実験結果から、 $T_N \sim 4.3$ Kの反強磁性体であるNdCu₄Agは、 $T = 2$ Kにおいて[110]軸方向で $B = 4.8$ Tと12.2 T付近で2段の、[100]軸方向で $B = 5.5$ T付近で1段の磁化の磁場誘起磁気相転移を示すことがわかった。

一方、小山らにより強磁場・超低温下磁化測定装置の開発が行われ、磁場 $H = 27$ T, 温度 $T = 0.5$ Kでの測定が可能となった[2]。彼らは、テストサンプルとしてNdCu₄Agの磁化測定を行い、[110]軸方向で $H = 5.4$ Tと12.9 T付近で2段の磁化の磁場誘起磁気相転移を観察した。 $T = 2$ Kのときより明瞭な磁化の跳びが観察された。

本研究では、単結晶NdCu₄Agの強磁場磁化過程を測定し、高温磁化率および比熱の実験結果から結晶場を検討し、中性子回折実験による磁気構造の解析結果とあわせて、磁場誘起磁気相転移の機構を考察する。

2. 実験

Kitaiらによって作製された単結晶試料NdCu₄Agの強磁場磁化測定は18T-SMに設置された引き抜き法磁力計を用いて各軸方向[100], [110], [111]について行った。また、SQUIDにより $T = 2 \sim 300$ Kの温度範囲で磁化率測定を行った。比熱測定では同じ結晶構造の非磁性化合物YCu₄Agを作製し、その比熱測定も行った。

3. 結果および考察

図1は単結晶NdCu₄Agの強磁場磁化曲線である。³He冷凍機を用いて $T = 0.6$ Kまで測定した。各結晶主軸方向で2段の磁化の跳びが観察された。磁化の跳びが起こる磁場は温度の低下とともに高磁場側へシフトしていることがわかる。磁気モーメントはNd³⁺の値 $3.3 \mu_B$ にかなり近づいている様子がわかる。

図2にSQUIDによる単結晶NdCu₄Agの各結晶主軸方向の磁化率の温度変化の測定結果を示す。ネール温度以下では各軸ごとに値が異なり、磁気異方性を示している。ネール温度以上では $B // [111]$ だけが異なっていることがわかる。

図3にNdCu₄Agの比熱の温度変化とそれとおな

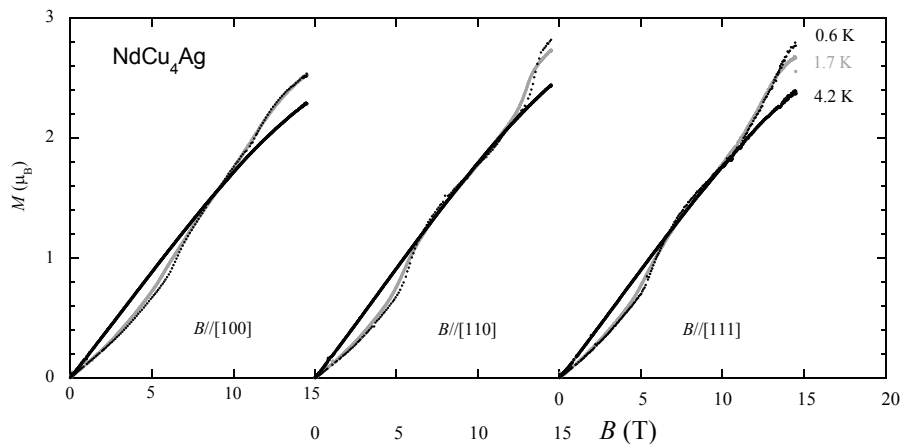


図1. 単結晶NdCu₄Agの強磁場磁化曲線

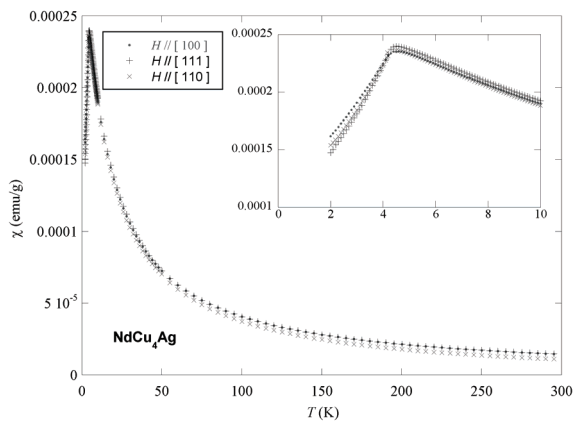


図 2. 単結晶NdCu₄Ag の磁気温度曲線

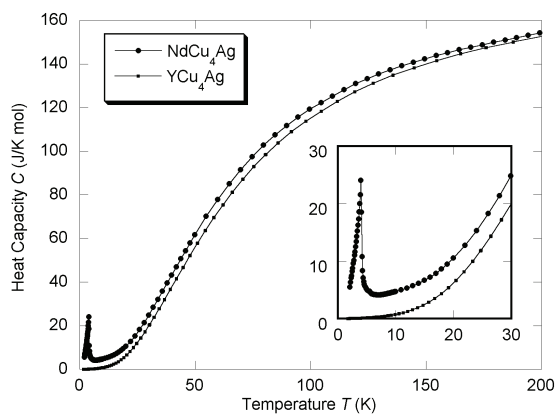


図 3. 反強磁性NdCu₄Ag と非磁性YCu₄Ag の比熱

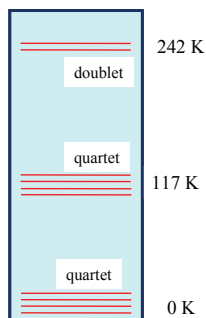


図 4. NdCu₄AgのNd³⁺ionの基底状態

じ結晶構造を持つ非磁性化合物YCu₄Agの比熱の温度変化をあわせて示す。非磁性化合物YCu₄Agの比熱はNdCu₄Agの格子比熱と電子比熱の和に対応していると考えられ、両者の差は磁気比熱に対応する。ネール温度以上での磁気比熱はショットキー比熱によるものと考えられ、その形状を説明できるようなエネルギー準位を結晶場計算から求めた。その結果が図 4 である。最低項に 4 重の

縮退が残っていることは大変興味深い。

高温磁化率の結果からも結晶場を計算することができるが、今現在進行中である。

中性子回折実験の結果から求めた磁気構造は(111)面内でスピンは揃い強磁性的に配列し、その面が[111]方向に交互に反強磁性的に配列しているものと考えられる。 $T=2\text{ K}$ での磁気モーメントの大きさは約 $2.7\ \mu_B$ であり、磁化曲線の結果と矛盾しないものとなっている。この磁気構造と結晶場とを考慮に入れて磁化を計算できるようなプログラムを現在作成中である。

4. まとめ

単結晶NdCu₄Ag の強磁場磁化曲線が測定され、各結晶主軸方向で 2 段の跳びを観察した。比熱からNd³⁺の基底状態の縮退の様子、つまりは最低項が 4 重縮退しているがわかった。磁気構造を考慮にいた結晶場計算プログラムを現在作成中であり、それにより、高温磁化率や強磁場磁化曲線も計算できる。

参考文献

- [1] 東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センター平成 17 年度年次報告, 平成 18 年度年次報告
- [2] 坂倉 亮, 「強磁場・超低温下磁化測定装置」, 卒業論文 東北大学工学部応用物理学科 平成 20 年度