

フラストレート系スピングラス磁性体 $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ の超音波音速測定

Ultrasound velocity measurement in frustrated spin-glass magnet $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$.

○西村嶺¹, 村下正樹², 高柳和也², 渡辺忠孝³

*R. Nishimura¹, M. Murashita², K. Takayanagi², T. Watanabe³

Abstract: Spinel chromite ZnCr_2O_4 is a geometrically-frustrated magnet with the antiferromagnetic transition at $T_N \sim 13$ K, which cubic-to-tetragonal lattice distortion. This magnetostructural transition in ZnCr_2O_4 is sensitively suppressed by substituting Cd for Zn, and the spin glass behavior emerges in $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$. We study contribution of spin-lattice coupling to the frustrated magnetism of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ by performing ultrasound velocity measurements in the polycrystalline samples.

1. はじめに

近年、物性物理学の分野では、幾何学的フラストレート磁性体の研究が活発に行われている。幾何学的フラストレーションとは、磁性原子間に強い反強磁性相互作用が働くにも関わらず、幾何学的制約により低温まで磁気秩序が形成できない状態のことを指す。幾何学的フラストレート磁性体においては、スピン液体などの新奇かつ多彩な物性が発見されることが期待される。

スピネル酸化物 AB_2O_4 は、立方晶の結晶構造（空間群 $Fd-3m$ ）を有し、 B サイトが頂点共有の正四面体から構成されるパイロクロア構造を形成していることにより、強い幾何学的フラストレーションを生じる構造となっている。

我々は典型的な幾何学的フラストレート磁性体であるクロムスピネル ZnCr_2O_4 について研究を行っている。この物質は、パイロクロア B サイトの Cr^{3+} が磁性を担っており (Figure 1), $T_N \sim 13$ K で立方晶から正方晶への格子歪を伴った反強磁性転移を示す[1]。この磁気構造相転移は、結晶の対称性を下げることによりフラストレーションを解消するものであると考えられている[1]。 ZnCr_2O_4 における磁気構造相転移は、 Zn サイトを数%の Cd で置換した $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ においてスピングラス挙動に変化することが分かっている[2]。

本研究では $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ におけるフラストレート磁性へのスピン・格子結合の寄与を研究するために、多結晶作製と超音波音速測定を行ったので報告する。

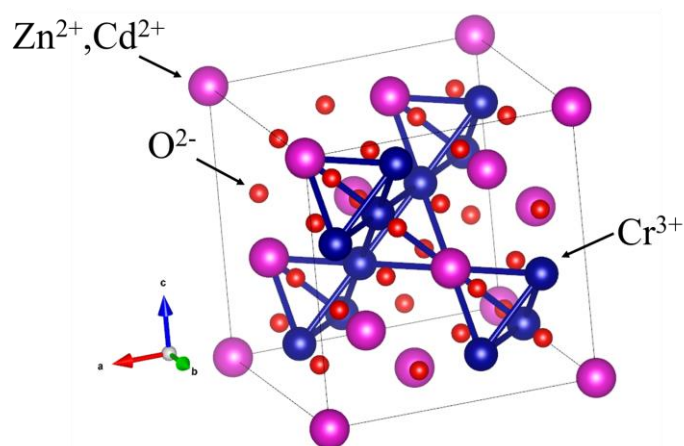


Figure 1. Crystal structure of $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$.

2. 実験方法

$(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 多結晶試料は、原料として ZnO 粉末、 CdO 粉末、 Cr_2O_3 粉末を使用して空気中での固相反応法によって作製した。原料粉末をそれぞれ秤量してから混合し、4t で 20 分間圧粉した後に空気中で 950°C 、24 時間焼成を行った (Figure 2)。

作製した試料は、粉末 X 線回折 (XRD) 測定による結晶構造の評価、および磁化率の測定を行った。

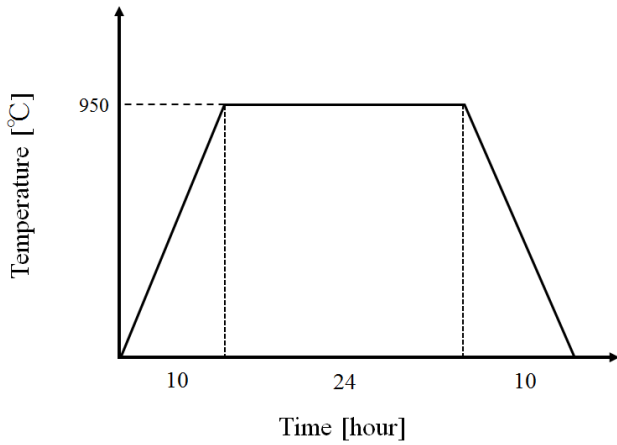


Figure 2 . Sintering condition for polycrystalline $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$

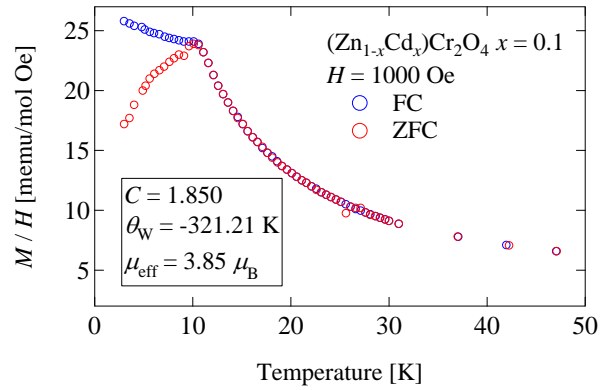


Figure 4 . Magnetic susceptibility of polycrystalline $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ with $H = 1000 \text{ Oe}$ as a function of temperature.

3. 実験結果

3-1. 粉末 XRD 測定

Figure 3 に $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ ($x = 0.1$) 多結晶試料における粉末 XRD 測定の結果を示す. ほぼ単相のスピネル構造が得られた.

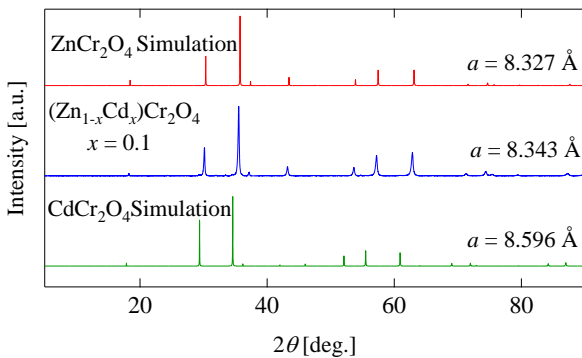


Figure 3 . Powder XRD patterns of polycrystalline $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ ($x = 0.1$).

3-2. 磁化率測定

Figure 4 に $(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ ($x = 0.1$) における磁場中冷却(FC)とゼロ磁場冷却(ZFC)での磁化率の温度依存性を示す. $T_f \sim 10 \text{ K}$ 以下で ZFC と FC に 遍歴が生じており, スピングラス挙動を示していることがわかる.

4. まとめ

$(\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ ($x = 0.1$) 多結晶試料の作製を行い, 物性評価を行った. 粉末 XRD 測定より, 作成した試料がほぼ単相のスピネル構造を有することを確認した. また, 磁化測定により, 作成した試料が $T_f \sim 10 \text{ K}$ 以下でスピングラス挙動を示すことを確認した. 現在, 本稿の多結晶を用いた超音波測定が進行中である.

5. 参考文献

- [1] T. Watanabe *et al.*, Phys. Rev. B 86, 144413 (2012).
- [2] H. Martinho *et al.*, Phys. Rev. B 64, 024408 (2001).