

スピネルフェライト CdFe_2O_4 のフラストレート磁性への乱れの効果 Disorder effects on frustrated magnetism of spinel ferrite CdFe_2O_4

○三浦慧悟¹, 藤田悠生², 古賀裕也², 辻村史弥², 菅谷雄士², 草田隆良², 中川文吾², 渡辺忠孝³
*K. Miura¹, Y. Fujita², Y. Koga², F. Tsujimura², Y. Sugaya², T. Kusada², B. Nakagawa², T. Watamabe³

Abstract: Spinel ferrite CdFe_2O_4 is considered to be a geometrically frustrated magnet with the antiferromagnetic-like magnetic transition at $T \sim 13$ K, and the Weiss temperature $\theta_w \sim -53$ K. We study disorder effects on the frustrated magnetism of CdFe_2O_4 by investigating magnetic properties of polycrystalline $\text{Cd}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$.

1. はじめに

近年、磁性物理学の分野において、幾何学的フラストレート磁性体の研究が盛んに行われている。幾何学的フラストレーションとは、磁性原子のスピ間に強い反強磁性相互作用が働くにもかかわらず、格子が持つ幾何学的な制約により、低温まで磁気秩序が形成されない状況を指す。幾何学的フラストレート磁性体は強いスピン揺らぎが生じるため、新奇かつ多彩な物性を示すことが知られている。

スピネル酸化物 AB_2O_4 は、 A , B の構成元素の組み合わせにより、非常に多くの種類の物質を合成することが可能な物質群である。スピネル酸化物 AB_2O_4 は、Figure 1 に示すような立方晶の結晶構造を有するが、 B サイトは頂点共有した四面体で構成されたパイロクロア格子を形成しており、このパイロクロア格子は非常に強い幾何学的フラストレーションを生じさせる構造として知られている。このことから、スピネル酸化物においては幾何学的フラストレート磁性の研究が盛んに進められている。

我々は、スピネル酸化物の一種であるスピネルフェライト CdFe_2O_4 に着目し、フラストレート磁性への乱れの効果について研究を行っている。この物質は、 A サイトに非磁性イオン Cd^{2+} , B サイトに磁性イオン Fe^{3+} が位置する結晶構造を持つ(Figure 1)。ワイス温度は $\theta_w \sim -53$ K と負の値を示し反強磁性的であり、 $T \sim 13$ K で反強磁性的な磁気転移が起こることが報告されている [1]。

今回我々は、 CdFe_2O_4 のフラストレート磁性への交換相互作用の乱れの影響を研究するために、 Cd と Fe の組成比を $\text{Cd}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ に従って変化させた多結晶の作製を行い、作製した試料について物性評価を行ったので、その結果を報告する。

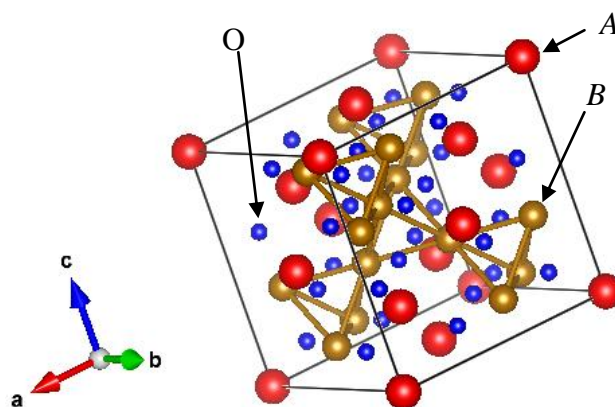


Figure 1. Crystal structure of spinel oxide AB_2O_4

2. 実験方法

$\text{Cd}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ 多結晶試料は空気中での固相反応法で作製した。原料には、 CdO 粉末(99.99 %), Fe_2O_3 粉末(99.99 %)を使用した。作製手順は、原料を化学量論比に従って秤量し、瑪瑙乳鉢を用いて混合、その後 4 トンで 20 分間圧粉してペレット状に固め、空気中で 950°C , 24 時間の焼成を行った。作製した試料は粉末 X 線回折(XRD)測定により結晶構造を評価し、物性評価として磁化率の温度依存性を測定した。

3. 実験結果

3-1. 粉末 XRD 測定

Figure 2 に $\text{Cd}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ 多結晶試料の粉末 XRD 測定の結果を示す。すべての試料においてほぼ単相のスピネル構造が得られた。また、Cohen の最小二乗法により求めた格子定数は、過去の報告に近い値が得られた。

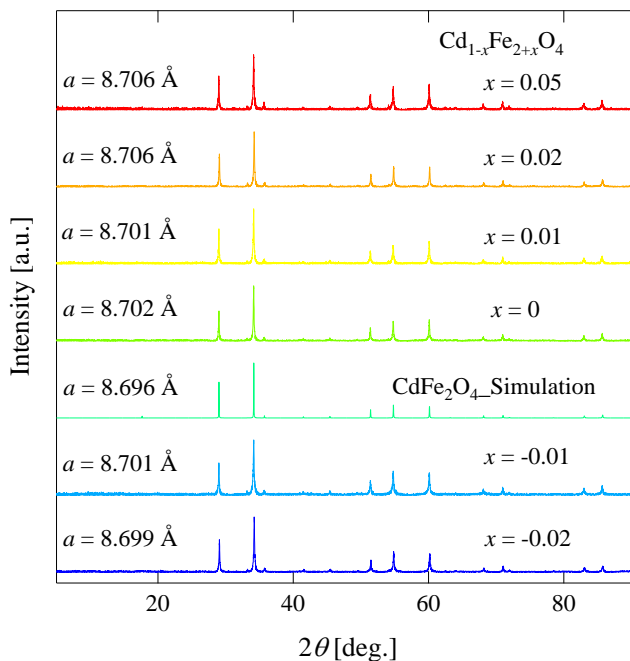


Figure 2. Powder XRD patterns of polycrystalline $Cd_{1-x}Fe_{2+x}O_4$

3-2. 磁化率測定

Figure 3 に $Cd_{1-x}Fe_{2+x}O_4$ ($x = 0, -0.01, -0.02$) の磁場冷却 (FC : Field Cooling) とゼロ磁場冷却 (ZFC : Zero-Field Cooling) での磁化率の温度依存性を示す. 高温ではキュリーワイス的な振る舞いを示し, $T \sim 15$ K 付近にピークがみられた. $T \sim 12$ K 以下の低温では, FC と ZFC に履歴が生じるスピングラス的な挙動がみられた. Figure 4 にキュリーワイス則より求めたワイス温度 θ_w と不定比量 x の関係を示す. ワイス温度 θ_w は正の値をとっており, 強磁性的相互作用が支配的であることが示唆されている.

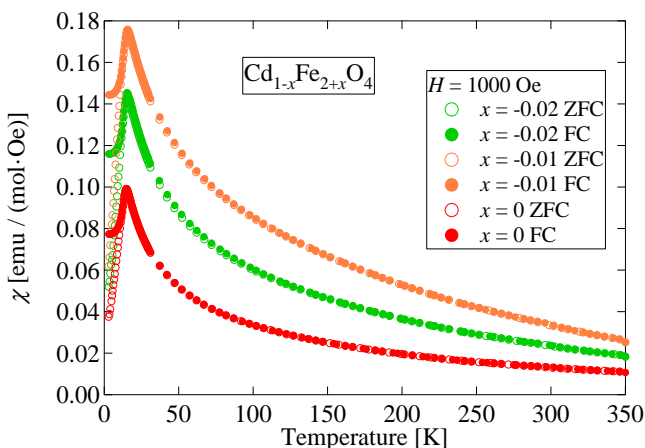


Figure 3. Temperature dependence of magnetic susceptibilities in polycrystalline $Cd_{1-x}Fe_{2+x}O_4$

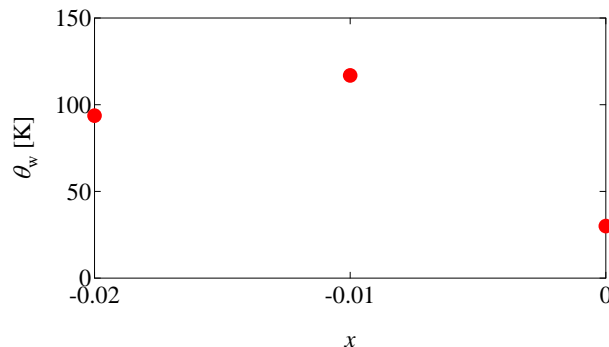


Figure 4. Weiss temperature θ_w of polycrystalline $Cd_{1-x}Fe_{2+x}O_4$

4. まとめ

$Cd_{1-x}Fe_{2+x}O_4$ の多結晶作製を行い, 粉末 XRD 測定により結晶構造を評価した結果, ほぼ単相のスピネル構造が得られたことがわかった.

磁化率測定では, $T \sim 15$ K 付近での反強磁性的な磁気転移と $T \sim 12$ K 以下でのスピングラス的な挙動がみられた. また, 磁化率のデータから, キュリーワイス則より求めたワイス温度 θ_w は強磁性的であることを示す正の値をとることがわかった.

当日は, $Cd_{1-x}Fe_{2+x}O_4$ についてより詳細に報告する予定である.

5. 参考文献

[1] K. Kamazawa *et al.*, Phys. Rev. B **70**, 024418 (2004).