

フェライトスピネル ZnFe_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 ferrite spinel ZnFe_2O_4 ○藤田悠生¹, 菅谷雄士², 草田隆良², 中川文吾², 加藤勲也², 山田隼人², 渡辺忠孝³*Y. Fujita¹, Y. Sugaya², T. Kusada², B. Nakagawa², H. Kato², H. Yamada², T. Watanabe³

Abstract: Ferrite spinel ZnFe_2O_4 is considered to be a geometrically-frustrated magnet with the antiferromagnetic-like magnetic transition at ~ 13 K, and the ferromagnetic Weiss temperature $\sim +120$ K. We study effects of disorder on the frustrated magnetism of ZnFe_2O_4 by investigating magnetic properties of poly-crystalline $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$.

1. はじめに

近年、物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が注目を浴び、盛んに研究が行われている。幾何学的フラストレーションとは、磁性原子のスピンの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制約により磁気相転移が出来ない状況を指す。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。スピネル構造において、 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いるが、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示す構造として知られている。このことから、スピネル酸化物は幾何学的フラストレーションの研究が最も盛んに進められている物質群となっている。

我々は、スピネル酸化物の一種であるフェライトスピネル ZnFe_2O_4 に注目し、幾何学的フラストレーションへの乱れの効果について研究を行っている。この物質は、スピネル A サイトに非磁性イオン Zn^{2+} 、 B サイトに磁性イオン Fe^{3+} が位置する結晶構造を持ち (Figure 1), ワイス温度は $\theta_w = +120$ K と正の値を示し強磁性的であるが、 $T \sim 13$ K で反強磁性的な磁気転移が起こる [1].

今回我々は、 ZnFe_2O_4 のフラストレート磁性への乱れの効果を研究するために、 A サイトの Zn^{2+} と B サイトの Fe^{3+} の比率を $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ に従って $-0.02 \leq x \leq 0.02$ の範囲で変化させた多結晶の作製を行い、作製した試料について磁化率測定により物性評価を行ったので、その結果を報告する。

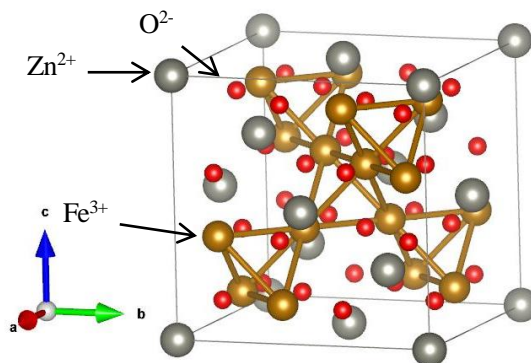


Figure 1. Crystal structure of ferrite spinel ZnFe_2O_4 .

2. 実験方法

$\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ ($-0.02 \leq x \leq 0.02$) 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、 ZnO 粉末 (99.9%), Fe_2O_3 粉末 (99.99%) を使用した。原料を化学量論比に従い秤量し、瑪瑙乳鉢を用いて混合、その後圧粉してペレット状に固め、 1100°C で 3 時間焼成を行った。作製した試料は粉末 X 線回折 (XRD) 測定により結晶構造の評価を行い、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 $\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ ($-0.02 \leq x \leq 0.02$) 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スピネルの結晶構造を得られていることがわかった。Cohen の最小二乗法で求めた格子定数は、いずれも過去の報告に近い値が得られた。

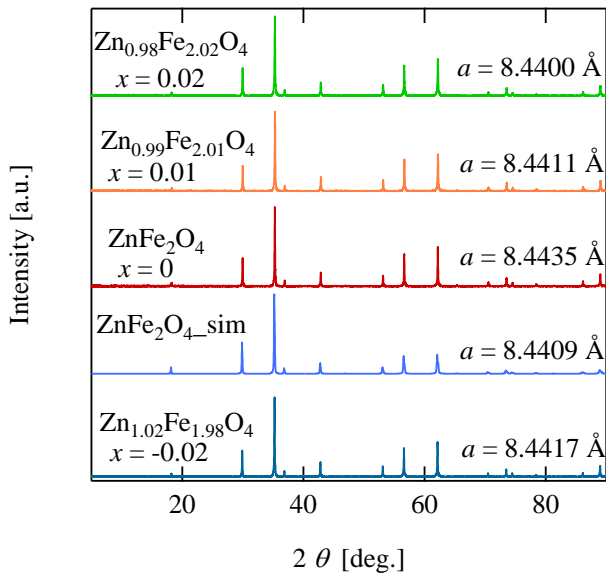
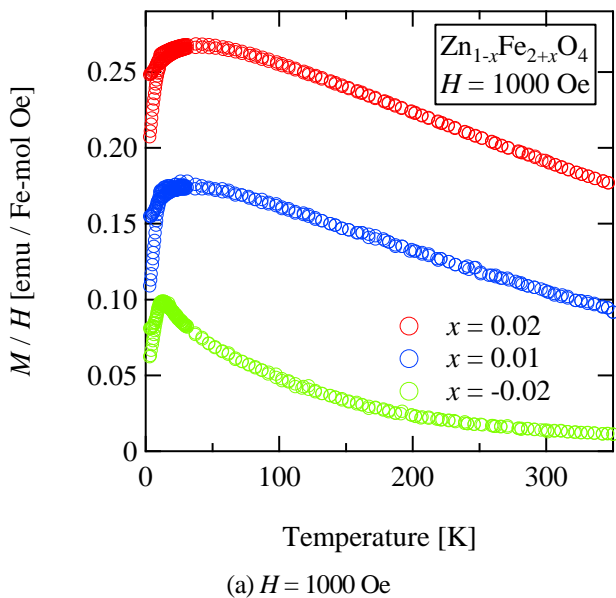


Figure 2. Powder XRD patterns of poly-crystalline $Zn_{1-x}Fe_{2+x}O_4$.

3-2. 磁化率測定

Figure 3 に $Zn_{1-x}Fe_{2+x}O_4$ 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すが, ~ 11 K 以下の低温では ZFC と FC に履歴がみられ, スピングラス的な振る舞いを示す. また, Figure 4 に示すように, キュリーワイス則から得られるワイス温度 θ_w は, x の増大に伴って負に大きくなっており, 反強磁性的な振る舞いが強くなっている.



(a) $H = 1000$ Oe

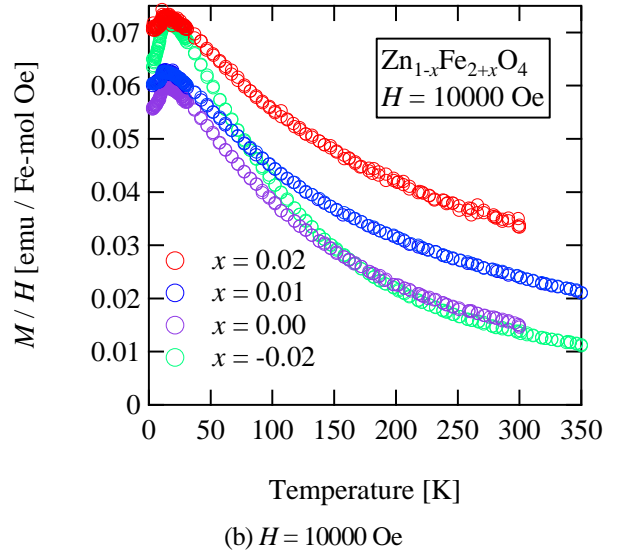


Figure 3. Temperature dependence of magnetic susceptibilities in poly-crystalline $Zn_{1-x}Fe_{2+x}O_4$.

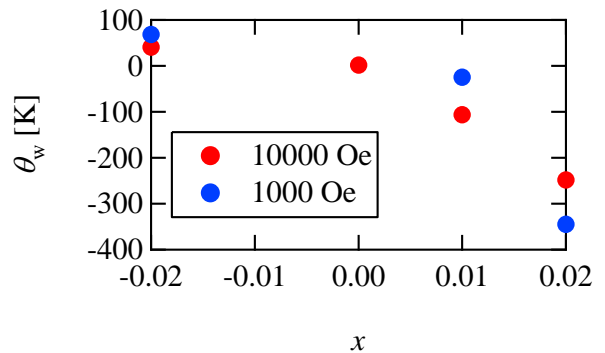


Figure 4. Weiss temperature θ_w of poly-crystalline $Zn_{1-x}Fe_{2+x}O_4$.

当日は $Zn_{1-x}Fe_{2+x}O_4$ の実験結果についてより詳細に報告する予定である.

4. 参考文献

- [1] K. Kamazawa *et al.*, PRB **68**, 024412 (2003).