

O-21

フラストレート系スピネル酸化物  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  における Fe サイトの非磁性 Ga 置換効果Study of non-magnetic Ga substitution effects in frustrated spinel oxide  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ 小野拓海<sup>1</sup>, 石川卓<sup>2</sup>, 滝田将太<sup>2</sup>, 前田穂<sup>3</sup>, 高野良紀<sup>3</sup>, 高瀬浩一<sup>3</sup>, 渡辺忠孝<sup>3</sup>T. Ono<sup>1</sup>, T. Ishikawa<sup>2</sup>, S. Takita<sup>2</sup>, M. Maeda<sup>3</sup>, Y. Takano<sup>3</sup>, K. Takase<sup>3</sup>, T. Watanabe<sup>3</sup>

Abstract: Spinel oxide  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  is considered to be a geometrically frustrated magnet because of the absence of magnetic and structural phase transitions, we study effects of non-magnetic element substitution in  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  by investigating structural and magnetic properties of  $\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$ .

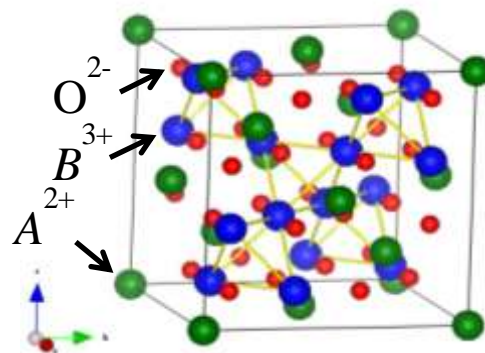
## 1. はじめに

近年、磁性物理学の分野では幾何学的フラストレート磁性体と呼ばれる物質群が注目を集め活発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、磁性体において磁性イオン間に強い磁気相互作用が働くにも関わらず、結晶構造の幾何学的制約により磁気相転移が出来ない状況を指す。このような幾何学的フラストレート磁性体では、非常に強いスピン揺らぎが生じる為、新奇かつ多彩な量子現象と基底状態が創出する。

スピネル酸化物  $\text{AB}_2\text{O}_4$  は、 $B$  サイトが頂点共有の正四面体からなるパイロクロア格子(Figure 1)を形成するが、このパイロクロア構造は非常に強い幾何学的フラストレーションが生じることで知られている。スピネル酸化物  $\text{AB}_2\text{O}_4$  は、 $A$  サイト及び  $B$  サイトの構成元素の組み合わせによって非常に多くの種類の化合物を合成することができ、様々な物性が現れることから、幾何学的フラストレート磁性体の中でも最も盛んに研究が進められている。

我々は、フェライトスピネル  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  を研究対象物質とし、幾何学的フラストレーション効果の研究を行っている。この物質は  $A$  サイトが非磁性イオンである  $\text{Zn}^{2+}$ 、幾何学的フラストレーションの舞台となる  $B$  サイトが磁性イオンである  $\text{Fe}^{3+}$  で占められた結晶構造を持っている(Figure 1)。  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  は Weiss 温度が  $\theta_w = +120 \text{ K}$  と強磁性的であり、 $T_f \cong 13 \text{ K}$  で磁化率に異常を示すが、低温まで長距離磁気秩序と構造相転移を起さない事が分かっている [1]。

今回我々は、 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  の磁性  $\text{Fe}^{3+}$  サイトをイオン半径が  $\text{Fe}^{3+}$  よりも小さい非磁性  $\text{Ga}^{3+}$  で置換した混晶  $\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$  の多結晶作製と物性評価を行い、 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  のフラストレート磁性への非磁性元素置換効果を調べたので報告する。

Figure 1. Crystal structure of spinel oxide  $\text{AB}_2\text{O}_4$ .

## 2. 実験手順

$\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$  多結晶は大気中焼成により作製した。原材料には  $\text{ZnO}$  粉末(99.9%)、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉末(99.9%)、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  粉末(99.9%)を用いた。それぞれの原材料を化学量論比に従って秤量しペレット状に成型した後に  $1100^\circ\text{C}$  で 3 時間、大気中で焼成した。作製した試料は粉末 X 線回折(XRD)測定で結晶構造の評価を行い、磁化率の温度依存性の測定により物性を評価した。

## 3. 実験結果

作製した  $\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$  ( $x = 0.0 \sim 0.5, 1.0$ )の粉末 XRD パターンを Figure 2 に示す。すべての試料でほぼ単相のスピネル構造が得られた。また、Cohen の最小二乗法で求めた格子定数は Vegard 則に従っており、Ga 置換量  $x$  の増加に伴う格子定数の減少を確認することができた(Figure 3)。  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  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 Figure 4 に示す。FC, ZFC とともに  $T_f \cong 13.0 \text{ K}$ 以下の低温で磁化率に履歴が確認された。

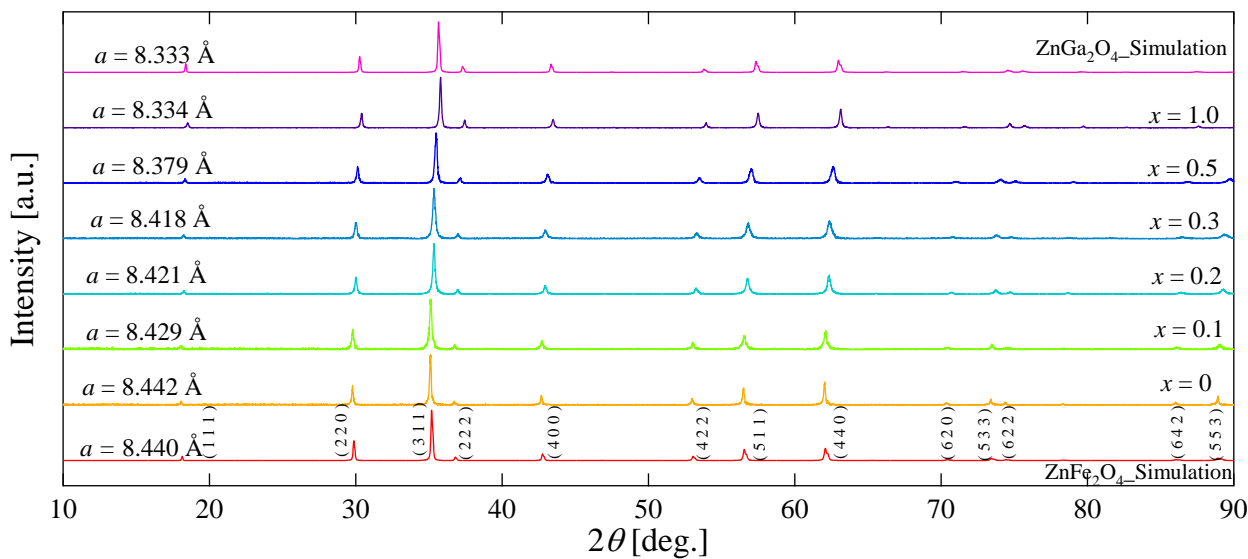


Figure 2. Powder XRD Patterns of poly-crystalline  $\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$ .

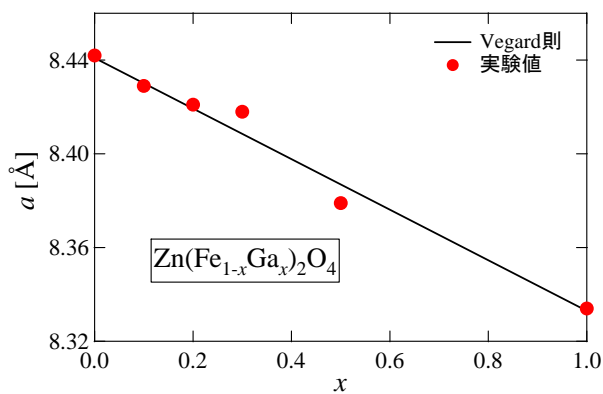


Figure 3. Lattice constant of poly-crystalline  $\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$  as a function of Ga concentration  $x$ .

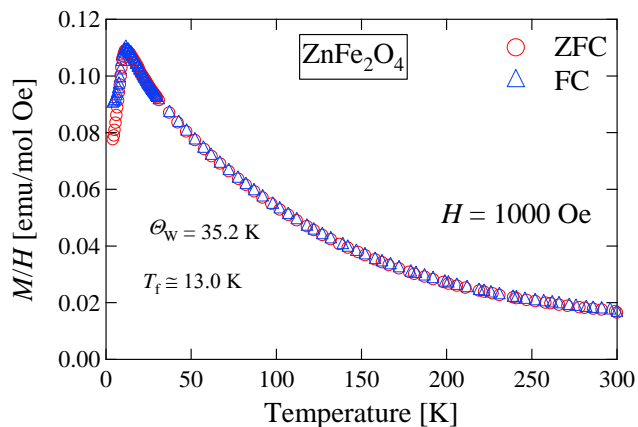


Figure 4. Temperature dependence of FC and ZFC magnetic susceptibilities in poly-crystalline  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ .

#### 4. まとめ

$\text{Zn}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x)_2\text{O}_4$  多結晶では元素を置換してもスピネル構造が保持されることが確認できた。当日は  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  のフラストレート磁性への非磁性 Ga 置換効果の研究結果を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 **68**, 024412 (2003)