## フラストレート系クロマイトスピネル CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>における Cd サイトの Zn 置換効果

Study of Zn substitution effects in frustrated chromium spinel CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

山田隼人<sup>1</sup>, 小野拓海<sup>2</sup>, 風間拓人<sup>2</sup>, 村井亮太<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> H. Yamada<sup>1</sup>, T. Ono<sup>2</sup>, T. Kazama<sup>2</sup>, R. Murai<sup>2</sup>, M. Maeda<sup>3</sup>, Y. Takano<sup>3</sup>, K. Takase<sup>3</sup>, T. Watanabe<sup>3</sup>

Abstract: Chromium spinel  $CdCr_2O_4$  is a typical geometrically-frustrated antiferromagnet. We study effects of Zn substitution on the frustrated magnetism of  $CdCr_2O_4$  by evaluating structural and magnetic properties of poly-crystalline  $(Cd_{1-x}Zn_x)Cr_2O_4$ .

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の研究が盛んに行われている.幾何学的フラストレート磁性体とは,磁性イオン間に強い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低温においても磁気的秩序が形成されず,様々な新奇物性が発現する磁性体のことである.その中でも最も盛んに研究されている物質群にスピネル酸化物 *AB*<sub>2</sub>O<sub>4</sub> がある.スピネル酸化物は,*B* サイトが頂点共有した四面体から構成されるパイロクロア格子を形成する.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る構造として知られている.

我々は、クロマイトスピネル CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Figure 1) について、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 サイトを非磁性イオンである Cd<sup>2+</sup>、幾何学的フラストレ ーションを生じるパイロクロア B サイトを、磁性イオンであ る Cr<sup>3+</sup> が占める結晶構造をもつ. CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>は、Weiss 温度が、 $\theta_W$ = -70 K と反強磁性的であり、 $T_N$  = 7.8 K で反強磁性転移を示 す [1].



今回我々は、 $CdCr_2O_4$ の非磁性 A サイトの  $Cd^{2+}$  をイオン半 径のより小さい  $Zn^{2+}$  で置換した  $(Cd_{1-x}Zn_x)Cr_2O_4$ の多結晶作 製および物性評価を行い、 $CdCr_2O_4$ のフラストレート磁性へ の格子歪の効果を研究したので報告する.

Figure 1. Crystal structure of spinel oxide  $CdCr_2O_4$ 

## 2. 実験手順

(Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多結晶(x = 0, 0.01, 0.05, 0.1, 1.0)は大気中焼成により作製した. 原料には CdO 粉末(99.9999%), ZnO 粉末(99.9%), Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末(99.9%)を用いた. それぞれの粉末を化学量論比に従い秤量しペレット状に固め,大 気中で焼成した. CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多結晶は 950℃で 24 時間の条件で焼成を行った. また, (Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多結晶(x = 0.01, 0.05, 0.1, 1.0)は二段階焼成を行い, 第一段階の焼成は 800℃で 40 時間, 第二段階の焼成は 950℃で 24 時間の条 件で行った. 作製した試料は, 粉末 X 線回折測定で結晶構造の評価を行い, SQUID を用い磁化率の温度依存性を 測定した.

## 3. 実験結果

Figure 2 に作製した (Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 多結晶試料 (x = 0, 0.01, 0.05, 0.1, 1.0) の粉末 XRD パターンを示す. 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. Cohen の最小二乗法で求めた (Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 多結晶の格 子定数は Vegard 則に従っており, Zn 置換量 xの増加に伴い格子定数が減少していることを確認できた(Figure 3).

1:日大理工・学部・物理 2:日大理工・院(前)・物理 3:日大理工・教員・物理

Figure 4 に CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多結晶の磁場冷却(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.  $T_N \cong 13$  K で反強磁性転移を示し, また  $T_N$  以上の常磁性相の温度領域ではキュリー・ワイス的 な振舞いを示していることがわかる. 常磁性相の磁化データから得た Weiss 温度は  $\theta_W$  = -94.6 K と反強磁性的で あった.



Figure 2. Powder XRD Patterns of poly-crystalline (Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>



Figure 3. Lattice constant of poly-crystalline (Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as a function of Zn concentration x

Figure 4. Temperature dependence of magnetic susceptibilities in poly-crystalline CdCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

250

300

発表では、(Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多結晶の実験結果についてより詳細に報告する.

## 5. 参考文献

[1]H. Ueda et al., Phys. Rev. Lett. 94, 047202 (2005).