スピネルフェライト CdFe2O4におけるフラストレート磁性への格子歪みの効果

Effects of lattice distortions on frustrated magnetism in spinel ferrite $CdFe_2O_4$

○小林奨汰¹,小野拓海²,村井亮太²,風間拓人²,前田穂³,高瀬浩一³,高野良紀³,渡辺忠孝³ S. Kobayashi¹, T. Ono², R. Murai², T. Kazama², M. Maeda³, K. Takase³, Y. Takano³, T. Watanabe³

Abstract: Spinel ferrite $CdFe_2O_4$ is considered to be one of the typical geometrically-frustrated magnets. To study the effects of lattice distortions on the frustrated magnetism, we synthesized poly-crystalline $(Cd_{1-x}Zn_x)$ Fe₂O₄ and evaluated the structural and magnetic properties.

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おこなわれている.幾何学 的フラストレーションとは,磁性原子のスピン間に強い反強磁性相互作用が働くにもかかわらず,幾何学的 制約により低温でも磁気相転移できない状態のことを 指す.このような磁性体は強いスピン揺らぎが存在す るため奇妙かつ多彩な振る舞いを示すことが知られている.

スピネル構造を持つ酸化物*AB*₂O₄は,*A*,*B*の構成元素 の組み合わせによって非常に多くの化合物を作製する ことが可能である上に物性に富んでいるため,盛んに 研究が行われている.スピネル*B*サイトは頂点共有の 四面体ネットワーク(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生じる構造であることが知られ ている.実際,*B*サイトを磁性元素が占めるスピネル磁 性体の中には幾何学的フラストレート磁性体が数多く 存在する.

我々は、スピネルフェライト CdFe₂O₄に着目し幾何学 的フラストレーションの研究を進めている.この物質 は、A サイトに非磁性 Cd²⁺が、B サイトに磁性 Fe²⁺が位 置する結晶構造を持つ(Figure 1).また、Weiss 温度は $\Theta_W = -53$ K と反強磁性的であり、T = 13 K 付近で磁化 率がカスプ型のピークを示すが、低温まで長距離磁気 秩序を示ないことから、強い幾何学的フラストレーシ ョンが生じていると考えられている[1].今回我々は、 CdFe₂O₄のフラストレーション磁性への格子歪みの効 果を研究するために、A サイトの非磁性 Cd²⁺をイオン 半径の小さい Zn²⁺に置換した混晶(Cd_{1-x}Zn_x) Fe₂O₄の多 結晶作製を行い、作製した試料の物性評価を磁化率測 定により行ったので、その結果を報告する.



Figure 1. Crystal structure of CdFe₂O₄.

2. 実験方法

混晶(Cd_{1-x}Zn_x)Fe₂O₄の多結晶は,固相反応法により 作製した.原材料には,CdO 粉末(99.99%),ZnO 粉末 (99.9%),Fe₂O₃粉末(99.9999%)を使用した.作製手順と しては,それぞれの試料を化学量論比に従って秤量し, 瑪瑙乳鉢で混合・圧粉し,大気中で3時間,温度は 900℃から1100℃まで置換量 x の割合によって変化さ せ焼成した(Figure 2)[2].作製した試料は,粉末 X 線 回折(XRD)測定によって結晶構造の評価を行い,磁化 率の温度依存性を測定し物性を評価した.



Figure 2. Sintering condition for growth of poly-crystalline $(Cd_{1-x}Zn_x)Fe_2O_4.$

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

3. 実験結果

3-1. 粉末 XRD 回折測定

粉末 XRD 測定の結果より全ての試料でスピネル構 造が得られていることが分かる(Figure 3). 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, Zn の置換量 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 4).



Figure 3. Powder XRD patterns of poly-crystalline $(Cd_{1-x}Zn_x)$ Fe₂O₄.





3-2. 磁化率測定

Figure 5に、ゼロ磁場冷却(Zero-Field Cooling: ZFC) の下での ($Cd_{1,x}Zn_x$) Fe_2O_4 多結晶の磁化率の温度依存性 を示す. $ZnFe_2O_4$ (x = 1.0) 以外の全ての試料で、T = 13K 付近にカスプ型のピークがみられる. x = 1.0の試料 でピークが得られなかった理由としては、試料依存 が原因であると考えられる.また,高温の逆磁化率か ら求めた Weiss 温度 Θ_W はすべての試料で正の値を示 しており(Table 1),強磁性的な交換相互作用が生じて いることを示唆している.



Figure 5. Temperature dependence of ZFC magnetic susceptibilities in poly-crystalline $(Cd_{1,x}Zn_x)Fe_2O_4$.

Table 1. Weiss temperature of poly-crystalline
--

$(Cd_{1-x}Zn_x)Fe_2O_4.$	
x	Weiss temperature $\Theta_{W}[K]$
0.00	126.95
0.01	122.24
0.05	131.69
0.07	148.26
0.50	148.74
1.00	110.45

当日の発表では, 混晶(Cd_{1-x}Zn_x)Fe₂O₄の多結晶作製 と磁化率測定の実験結果について, より詳細に報告す る.

4. 参考文献

K. Kamazawa *et al.*, Phys. Rev. B **70**, 024418 (2004).
M. Chakrabarti *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter **19**, 236210 (2007).