

## 正方晶化 $\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 粒子の磁気異方性の評価

H. Latiff, 重澤遼, 岸本幹雄, 喜多英治, 柳原英人  
(筑波大)

Magnetic anisotropy of tetragonally distorted (Cu,Co) ferrite particles  
H. Latiff, R. Shigesawa, M. Kishimoto, E. Kita, and H. Yanagihara  
(Univ. of Tsukuba)

### はじめに

$\text{CoFe}_2\text{O}_4$  は、薄膜試料において正方歪の導入により大きな垂直磁気異方性を発現することが知られている<sup>[1]</sup>。微粒子形態において同様の効果を期待し、ヤーン・テラー(JT)イオンである  $\text{Cu}^{2+}$  を導入した  $(\text{Cu,Co})\text{Fe}_2\text{O}_4$  の構造と磁気異方性について以前報告をした<sup>[2]</sup>。共沈法およびフラックス法により合成した粒子は立方晶構造をとるが、熱処理を行うことで正方晶系へと変化し、これに伴い保磁力の増大を確認した。本研究では、Co の含有量を変化させ、歪と磁気異方性の依存性を明らかにすることを目的とした。

### 実験方法

$\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  微粒子は、参考文献 [2]と同様の方法で合成し、 $x$  を 0-0.2 の範囲で変化させた。得られた粒子の結晶構造は XRD により確認し、磁気特性の評価は VSM を用いておこなった。磁気異方性については、磁気トルク測定をおこない各磁場で得られた回転ヒステリシスを用いて異方性磁界を見積もった。

### 実験結果

Figure 1 に示す XRD パターンから  $x=0-0.1$  の範囲では正方晶スピネルで、 $x=0.2$  では立方晶スピネルとった。すなわち  $\text{Co}>0.1$  の範囲で Cu の JT 効果が抑制されていることが分かった。飽和磁化は 21-32 emu/g 程度で、逆スピネル構造を仮定して計算した混晶の飽和磁化と比べて同程度の値であった。一方で保磁力は、 $x=0-0.2$  の範囲では  $x=0.1$  で最大値を示した(Fig. 1)。Fig. 2 に回転ヒステリシス  $W_r$  の磁場変化を示す。まず、Co を含めた  $x=0.1, 0.2$  の試料においては、最大磁場 1.9T においても  $W_r \neq 0$  となった。これは、2次粒子を形成した1次粒子群同士の粒子間相互作用によるものだと考えられる。Fig. 2 においてピークを越えた後の変曲点から線形的に  $W_r = 0$  に外挿し、得られた磁場  $H_k$  を異方性磁界とし  $x$  に対する変化を Fig. 2 (inset) に示した。  $x=0.1$  では  $H_k$  が最大となり、これは  $\text{Cu}^{2+}$  による正方歪と  $\text{Co}^{2+}$  の磁気弾性効果によるものだと考える。磁気異方性の最大化は「歪」と「Co」の両方が必要条件であり、Co が多くなれば歪が抑制されるため  $x=0.1$  付近で最大値を示したものと考えられる。このとき異方性磁界から求めた一軸異方性は約  $1.6 \text{ Merg/cm}^3$  であった。

### 参考文献

- [1] T. Niizeki *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **103** (2013) 162407.  
[2] H. Latiff *et al.*, *IEEE Trans. Magn.*, **53** (2017) 9402304-1.

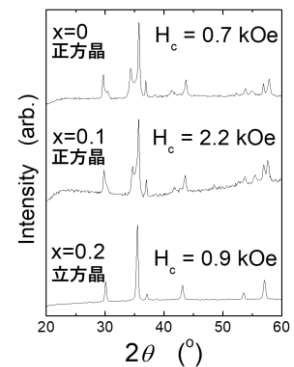


Fig. 1  $\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  粒子の XRD パターン

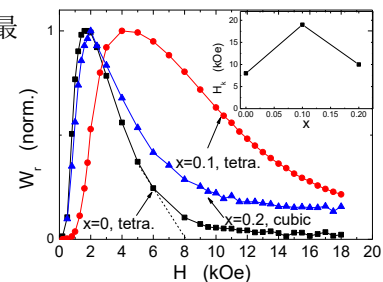


Fig. 2 トルク測定から得られた回転ヒステリシス  $W_r$  の磁場変化と異方性磁界(inset)