

超音波によるマグネタイトナノ粒子の合成と磁性

Synthesis of Magnetite Nanoparticles by Ultrasound and Its Magnetism

電通大情報理工 〇畑中 信一, 宮下 拓, 石田 尚行

Univ. of Electro-Comm., °Shin-ichi Hatanaka, Hiromu Miyashita, Takayuki Ishida

E-mail: hatanaka@uec.ac.jp

1. 緒言

ソノケミストリーを用いて、各種ナノ材料が合成できる^[1,2]。中でも磁性ナノ粒子は、MRIの造影剤やハイパーサーミア等の医学的応用、磁性流体への応用が期待できるため、精力的に研究されている。マグネタイト(Fe_3O_4)は、生物毒性も低いため、溶液酸化法や共沈法等、様々な方法でナノ粒子が合成されており、ソノケミストリーによる合成法も報告されている^[3,4]。応用上、粒径や磁気特性をいかに制御するかが肝要である。そこで、マグネタイトナノ粒子をソノケミカル合成し、その磁気特性を詳細に調べたので報告する。

2. 実験方法

超音波洗浄器 (BRANSON 1510, 周波数 42 kHz 定格出力 75 W) を用い、液温 50°C で空気およびアルゴン(Ar)雰囲気下で超音波を照射した。試料溶液は塩化鉄(II)10 mM, 水酸化ナトリウム 2 M の水溶液を用いた。なお、カロリーメーターによる容器内への超音波照射パワーは 11~14 W であった。

洗浄・乾燥した生成物を XRD, TEM 観察し、直流磁気および交流磁気測定をして、その磁気特性を調べた。

3. 結果および考察

Fig. 1 に空気下での生成物の TEM 像を示す。図中の六角形の結晶が Fe_3O_4 ナノ粒子である。これは高解像 TEM 像の格子間隔が一致したことから確認できる。また、XRD により生成物のほとんどが Fe_3O_4 ナノ粒子であることが確認できた。アルゴン下での生成物は空気下よりも粒径が小さくなり、約 20 nm であった。

Fig. 2 に Ar 下生成物の 10 K での磁化曲線を示す。磁気ヒステリシスは非常に小さいことがわかる。 Fe_3O_4 ナノ粒子は約 20 nm 以下で超常磁性とよばれる磁性になるが、磁化の温度依存性より、その転移温度は 210 K であることがわかった。

Fig. 3 に交流磁化率の虚部を示す。これにより、磁気異方性エネルギーは 3.2×10^{-20} J とわかった。

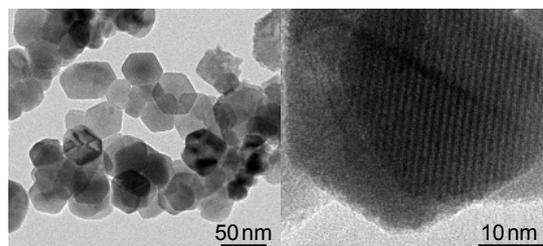


Fig. 1. TEM images of magnetite nanoparticles synthesized by ultrasound at 42 kHz under air.

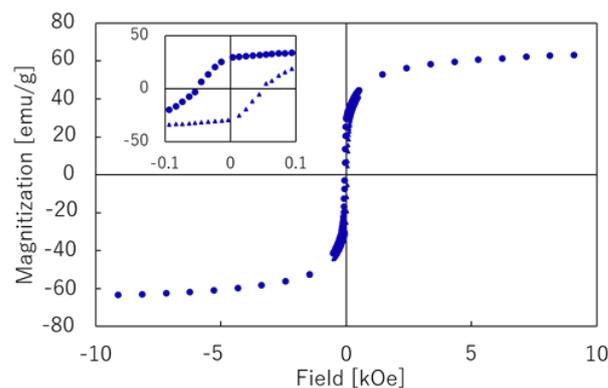


Fig. 2. Magnetization hysteresis curves measured at 10 K. Inset is an amplification of the low-field region.

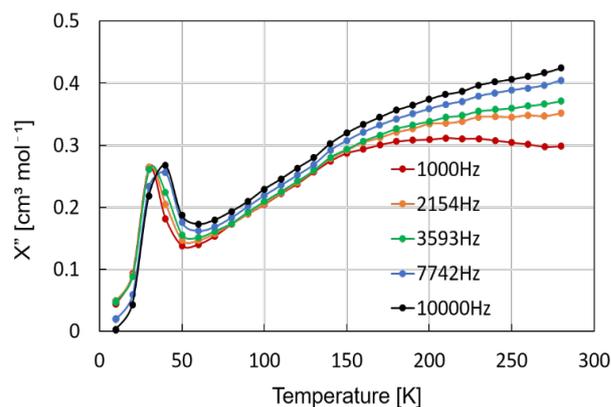


Fig. 3. Temperature dependence of the out of phase component of the magnetic susceptibility.

- [1] K. S. Suslick, et al.: Annu. Rev. Mater. Sci. **29** (1999) 295.
- [2] A. Gedanken, et al.: Ultrason. Sonochem. **11** (2004) 47.
- [3] Y. Mizukoshi, et al.: Ultrason. Sonochem. **16** (2009) 525.
- [4] F. Dang, et al.: Ultrason. Sonochem. **16** (2009) 649.