

## 磁氣的粒子間相互作用の無い状態における サイズおよび形状の異なるマグネタイトナノ粒子の磁気特性

福本浩哉<sup>1</sup>, 間宮広明<sup>2</sup>, ジョンクヤ<sup>1</sup>, 鈴木一正<sup>1</sup>, 宮村弘<sup>1</sup>, バラチャンドランジャヤデワン<sup>1</sup>

(1: 滋賀県大, 2: 物質・材料機構)

Magnetic property of interaction-free magnetite nanoparticles with different size and shape

H. Fukumoto<sup>1</sup>, H. Mamiya<sup>2</sup>, J. Cuya<sup>1</sup>, K. Suzuki<sup>1</sup>, H. Miyamura<sup>1</sup> and B. Jeyadevan<sup>1</sup>

(1: The University of Shiga Prefecture, 2: NIMS)

### はじめに

マグネタイトナノ粒子(MNPs)は、磁気温熱療法や MRI など医療応用への検討が盛んに行われている磁性材料である。応用に適した MNPs の厳密な設計を行うためには、個々のナノ粒子の磁気応答を求める必要がある。そこで考慮すべき点として、サイズや形状による表面効果と磁氣的粒子間相互作用の2つが挙げられる。本研究では、サイズや形状による表面効果の影響を調べるためサイズの異なる八面体 MNPs の作製を行い、さらに非磁性体であるシリカを粒子表面に被覆することで磁氣的粒子間相互作用の無い試料の作製を試みた。また、得られた試料の磁気特性評価を行い、八面体 MNPs のサイズが磁気特性に与える影響について系統的に調査した。

### 実験方法

オレイン酸とオレイルアミンを等モル混合した溶媒に前駆体となる鉄(III)アセチルアセトナート(Fe[acac]<sub>3</sub>)を加え、280 °Cで加熱することで八面体の形状を有するMNPsを作製した。得られた粒子をシクロヘキサンとIGEPAL®CO-520の混合溶液に加え、懸濁液を攪拌しながら、アンモニア水とオルトケイ酸テトラエチル(TEOS)を滴下し、粒子へのシリカ被覆を行った。作製した試料の粒径および形状評価には透過型電子顕微鏡を、磁気特性評価には磁気特性測定装置(Quantum Design社製MPMS-5XL)を用いた。

### 実験結果

Fig. 1 に示すように、前駆体である Fe[acac]<sub>3</sub> の濃度を变化させることで、直径 11.2, 15.1, 23.4 nm の異なるサイズを有する単分散八面体の形状を有する MNPs を得た。次に、磁氣的粒子間相互作用のない試料を得るため、各サイズの八面体 MNPs に対して TEOS の濃度および塩基性を調整し、膜厚 28.5, 32.7, 30.7 nm にシリカ被覆された MNPs を作製した。作製したシリカ被覆 MNPs を用いて、FORC 図解析より粒子間相互作用の評価を行った。その結果、各試料において粒子間相互作用が無いことが確認された。磁氣的に孤立した MNPs の粒子サイズが磁気特性に与える影響を系統的に調べるため、粒径-実効磁気異方性相関図を算出した (Fig. 2)。全ての試料において実効磁気異方性定数  $K_{\text{eff}}$  が 20 kJ/m<sup>3</sup> で、粒子サイズへの依存性は確認されなかった。この理由は、今回作製した八面体の形状を有する MNPs が、粒子サイズより形状による磁気特性への寄与が大きいためであると考えられる。今後、立方体や球など他の形状を有する MNPs の粒子間相互作用の無い状態で磁気特性の評価を行うことで、サイズ・形状それぞれの磁気特性への寄与が明らかになると期待される。

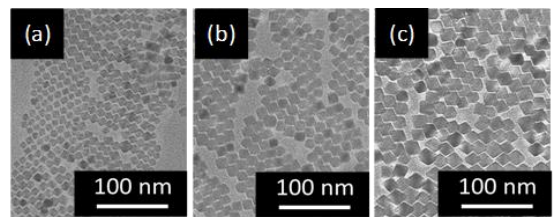


Fig.1 TEM images of octahedral magnetite nanoparticles with average diameters, (a) 11.2, (b) 15.1 and (c) 23.4 nm.

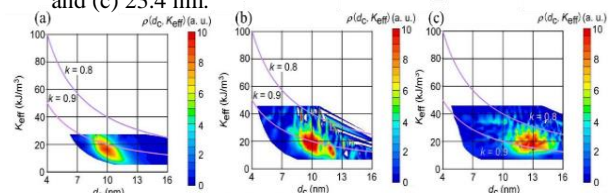


Fig.2 Effective anisotropy constant - particle diameter correlation diagram of silica coated magnetite samples with average diameters (a) 11.2, (b) 15.1 and (c) 23.4 nm.