

生体影響予測を基盤としたナノマテリアルの統合的健康影響評価方法の提案
ナノマテリアルの特性評価

研究分担者 林 幸彦郎 九州大学大学院歯学研究院 准教授

研究要旨：鉄(III)アセチルアセトネートを出発原料として、コラーゲン溶液中で酸化鉄（マグネタイト）ナノ粒子の作製に成功した。この作製方法では、酸化鉄ナノ粒子の粒径をナノメートルスケールで制御することができ、5～8 nm の酸化鉄ナノ粒子を作製することができた。また、得られた酸化鉄ナノ粒子は超常磁性を示すことを確認した。

A. 研究目的

酸化鉄ナノ粒子の作製方法の確立と、得られた酸化鉄ナノ粒子の物理化学的特性評価を行い、酸化鉄ナノ粒子の可能性を広げる。

B. 研究方法

Fe(acac)₃ のエタノール溶液を作製した。この溶液にヒドラジン水和物および 0.3% コラーゲン水溶液を添加し、80℃で 24 時間攪拌した。各原料の濃度を表 1 に示す。

表 1. コラーゲン修飾酸化鉄ナノ粒子の合成条件

条件	溶媒	Fe ³⁺ 濃度 (mM)	ヒドラジン水和物	0.3%コラーゲン水溶液
A	EtOH	0.45	6当量	72当量
B	EtOH	0.67	6当量	72当量
C	EtOH	0.9	6当量	72当量
D	EtOH	1.12	6当量	72当量

C. 研究結果

条件 A～D により得られたナノ粒子の TEM 像と粒度分布、平均粒径を図 1 に示す。鉄源濃度が高くなるにつれて平均粒径も増加した。鉄源濃度の調整により、ナノメートルオーダーで粒径を制御することができた。

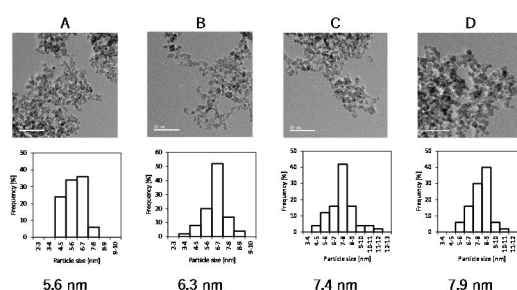


図 1. 条件 A～D で作製した酸化鉄ナノ粒子の TEM(上)、粒度分布(中)、平均粒径(下)

図 2 に条件 A～D で作製した酸化鉄ナノ粒子の XRD パターンを示す。どの条件においてもマグネタイト単相であった。また、鉄源の濃度が増加するにつれて、結晶子サイズが増大しており、TEM から見積もった粒径と同じ挙動を示した。

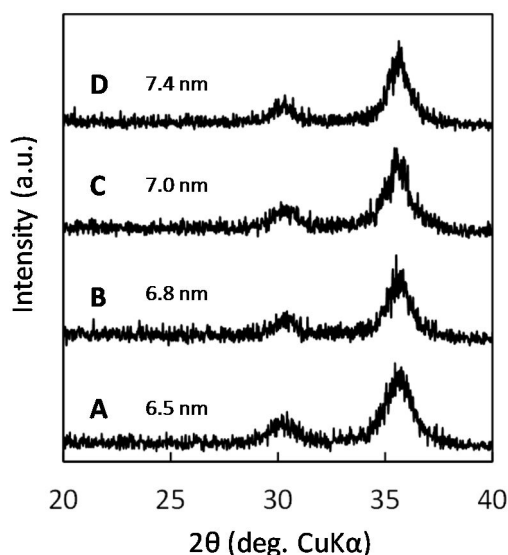


図 2. XRD パターン

図 3 に条件 A~D で作製した酸化鉄ナノ粒子とコラーゲン非修飾酸化鉄ナノ粒子の熱重量(TG)曲線を示す。酸化鉄ナノ粒子の粒径が小さくなるにつれて重量減少が大きくなり、酸化鉄ナノ粒子の表面積が増加するにつれてコラーゲン被覆量が増加することが明らかになった。

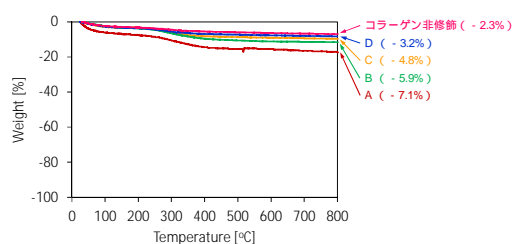


図 3. TG 曲線

最も粒径が大きかった条件 D で作製した酸化鉄ナノ粒子の磁気特性を図 4 に示す。室温では保磁力および残留磁化がゼロであったが(図左) 10 K では保磁力および残留磁化を有していた(図中)。また、ブロッキング温度は 245 K であった。以上より、この酸化鉄ナノ粒子は超常磁性を示すことが明らかになった。

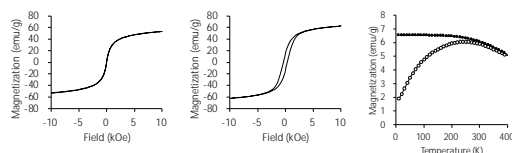


図 4. 条件 D で作製した酸化鉄ナノ粒子の磁気特性：室温での磁化曲線(左)、10 K での磁化曲線(中)、ZFC-FC 曲線(右)

D. 考察

一般的に鉄-アルコキシドは加水分解を受けやすいため、空気中で扱うことは困難である。一方、今回使用した $\text{Fe}(\text{acac})_3$ は空気中で安定であるため、加水分解を受けにくく、空気中で取り扱うことが容易である。このような利点から、同じ特性を有する酸化鉄ナノ粒子を安定的に作製することが可能であった。また、添加剤の濃度により、加水分解-縮合速度を制御することができた。これにより、粒径をシングルナノメートルオーダーで制御することができた。ナノ粒子の場合、結晶子サイズや粒径が 1 nm 異なると磁気特性も大きく変化するため、シングルナノメートルオーダーで粒径を制御できたことは有意義である。

E. まとめ

$\text{Fe}(\text{acac})_3$ を鉄源とすることで、サイズが精密に制御された酸化鉄ナノ粒子を制御することができた。この酸化鉄ナノ粒子は超常磁性を示した。 $\text{Fe}(\text{acac})_3$ を鉄源とする Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPION) の作製に成功した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- (1) [K.Hayashi](#), A.Tokuda, W.Sakamoto.

Hydroxyl Radical-Suppressing Mechanism and Efficiency of Melanin-Mimetic Nanoparticles. Int. J. Mol. Sci., 19, 2309,

2018.

- (2) K.Hayashi, S.Yamada, W.Sakamoto, E.Usugi, M.Watanabe, T.Yogo. Red Blood Cell-Shaped Microparticles with a Red Blood Cell Membrane Demonstrate Prolonged Circulation Time in Blood. ACS Biomater. Sci. Eng. 4, 2729, 2018.
- (3) K.Hayashi, H.Hayashi, S.Yamada, W.Sakamoto, T.Yogo. Cellulose-based molecularly imprinted red-blood-cell-like microparticles for the selective capture of cortisol. Carbohydr. Polym. 193, 173, 2018.

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし