

## PEG 包含 $Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$ ナノ微粒子の作製と局所構造解析 Synthesis of PEG covered $Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$ nanoparticles and XAFS spectra

神田康平, 藤原康暉, 井手太星, 大嶋晃人, 伊藤勇毅, 高橋由弥, 佐橋侑馬, 一柳優子\*  
横浜国立大学, 〒240-8501, 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

K. Kanda, K. Fujiwara, T. Ide, A. Oshima, Y. Ito, Y. Takashahi, Y. Sahashi, Y. Ichiyanagi  
Yokohama National Univ., 79-5 Tokiwadai Hodogaya-ku Yokohama, 240-8501, Japan

### 1 はじめに

医療分野においても、磁気ナノ微粒子の研究は注目を集め、多くの可能性が見出されている。その中でも、磁気ナノ微粒子が交流磁場中で発熱するという特性を用い、癌細胞を熱によって死滅させる磁気ハイパーサーミアへの応用が期待できる [1]。実際に医療分野での応用を考慮すると血液中で凝集しないような液中分散性と、患部に適切に粒子を集めることができるような患部選択性が重要な要素としてあげられる。

本研究では One-pot solvothermal synthesis[2]を応用し、ハイパーサーミア用発熱媒体として期待できる熱散逸特性をもつ  $Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$  に、高い親水性能を持った PEG を包含したナノ微粒子を作製することを目指すとともに、XAFS (X 線吸収微細構造:X-ray Absorption Fine Structure)測定により、局所構造の解析と電子状態の評価を試みた。

### 2 実験

PEG で包含された  $Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$  ナノ微粒子は、polyethylene glycol 400(PEG400)液体の中で  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $ZnCl_2$ ,  $NaOH$ ,  $C_6H_8O_6$  を PEG400 に溶かし 30 分程度、343K で攪拌し中和した溶液を真空オーブンで 23K で 16 時間焼成した。焼成後の溶液をエタノールで 3 回洗浄を行い PEG 包含ナノ微粒子を作製した。得られた試料について、粉末 X 線回折(XRD)パターンから結晶構造を同定した。試料の元素比率を定量化するために蛍光 X 線分析(XRF)で測定した。PEG 包含を確認するために FT-IR 測定を行った。さらに KEK-PF の BL-9C にて XAFS 測定を行った。

### 3 結果および考察

XRD パターンより作製した試料はスピネル型構造を持ち、不純物のピークがないことを確認した。ピーク形状から粒径を見積もった結果、9.5-12.1 nm であった。XRF の結果から、おおそ秤量通りの組成比であることがわかった。FT-IR 測定の結果より、PEG 由来のピークを確認することができ、PEG で包含されていることを確認した。

次に作製した  $Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$  ナノ微粒子の Fe-K 吸収端、Zn-K 吸収端について、XAFS 測定を行った。得られた Zn K-edge の XANES スペクトル(Fig.1)より、本微粒子は、 $ZnFe_2O_4$  とほぼ一致していることから全ての Zn イオンが 2 価であることがわかった。ま

た ZnO の標準試料と比較したことで ZnO の不純物が混入していないこともわかった。また Fe K-edge の XANES スペクトル(Fig.2)では  $ZnFe_2O_4$  とほぼ一致しているが 7130eV 付近のピークがわずかに低エネルギー側にシフトしている。一方  $Fe_3O_4$  と比較するとわずかに高エネルギー側にシフトしていることがわかり、Fe イオンは 3 価と 2 価で存在していることがわかった。これらの結果より、Zn イオンが A-site に存在していることがわかり、目的の試料が作成できたことが確認できた。

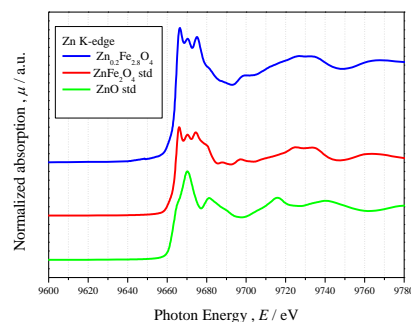


Fig.1 Zn K-edge における XANES スペクトル

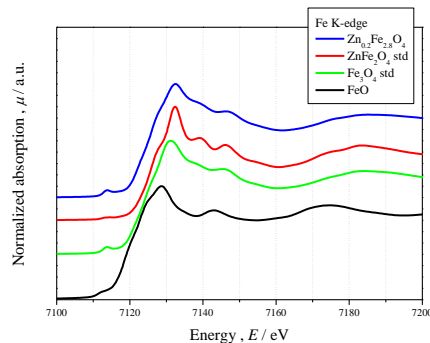


Fig.2 Fe K-edge における XANES スペクトル

### まとめ

今回、PEG で包含された  $Zn_{0.2}Fe_{2.8}O_4$  ナノ微粒子を作製した。XAFS 測定より Fe イオン及び Zn イオンの電子状態と ZnO の不純物がないことがわかり、目的の物質が作成できていることが分かった。

### 参考文献

- [1] 一柳優子., 医学の歩み. **8**(2009) 535-539.  
[2] Yuefa Jia, et al., RSC Adv. **6**(2016) 76542-76550.

\* yuko@ynu.ac.jp