

即発 γ 線ドップラー広がり法によるホウ素含有酸化鉄ナノ粒子の分析

Analysis of boron-doped superparamagnetic iron oxide nanoparticles using Doppler broadening method of prompt gamma-rays

高山 努¹⁾ 酒井 陽一¹⁾ 渡辺 裕夫¹⁾ 久保 謙哉²⁾ 松江 秀明³⁾ 瀬川 麻里子³⁾
Tsutomu TAKAYAMA Yoichi SAKAI Yasuo WATANABE Kenya KUBO Hideaki MATSUE Mariko SEGAWA
¹⁾大同工業大学 ²⁾国際基督教大学 ³⁾原子力機構

水溶液法ならびに逆ミセル法で合成したホウ素含有酸化鉄ナノ粒子のホウ素含有量と状態を、 $^{10}\text{B}(n, \gamma)^7\text{Li}$ 反応で生成する反跳リチウム(^7Li)から放出される 478keV-即発ガンマ線のドップラー広がり法により分析した。分析結果よりホウ素含有酸化鉄ナノ粒子を得るための各合成法の有効性を評価した。

キーワード：ホウ素，酸化鉄，ナノ粒子，中性子即発ガンマ線分析，ドップラー広がり

1. 目的

本研究は、癌の診断法である MRI と治療法である中性子捕捉療法に同時適用可能な薬剤となり得る化合物、ホウ素含有超常磁性酸化鉄ナノ粒子を開発することを最終目標としている。本申請においては、中性子即発ガンマ線分析により、酸化鉄ナノ粒子の合成法とホウ素含有量の関係を明らかにすることを目的とした。同時に、ドップラー広がり法を用いて、熱中性子照射時における酸化鉄ナノ粒子からの反跳リチウム核の放出挙動も検討した。

2. 方法

ホウ素含有酸化鉄ナノ粒子は、塩化鉄(II)と塩化鉄(III)の混合水溶液に、ホウ素源としてホウ酸(H_3BO_3)を添加して合成した。その際、水溶液のまま合成を行う水溶液法と、塩化鉄水溶液をヘキサン中に界面活性剤で拡散させる逆ミセル法を適用した。それぞれの合成法について、原料濃度などの合成条件を様々に変え、ホウ素含有酸化鉄ナノ粒子を得た。

合成した酸化鉄ナノ粒子について、中性子即発ガンマ線分析を行った。ポリエチレン膜で封入した酸化鉄試料を、JRR-3 の中性子ビームガイドの即発ガンマ線分析装置に設置し、 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応で生成する反跳リチウム核(^7Li)から放出される 478 keV のガンマ線を、ゲルマニウム半導体検出器で測定した。

3. 研究成果

即発ガンマ線分析の結果、水溶液法で合成した酸化鉄ナノ粒子には、質量パーセント濃度で 2.52~5.88 % のホウ素が含まれることが明らかになった。また、合成時にホウ素源として溶液に添加したホウ酸質量が多い条件、つまり反応液中のホウ酸濃度が高い条件で、生成する酸化鉄ナノ粒子中のホウ素の量も多いという結果を得た。この酸化鉄ナノ粒子中の高いホウ素濃度は、水溶液法では合成時にホウ酸が効率よく酸化鉄の結晶構造に取り込まれていることを意味する。一方、逆ミセル法で合成した酸化鉄ナノ粒子は、全般的に 1 % 未満のホウ素しか含まないことが判明した。また、どちらの合成法で得た酸化鉄粒子についても、ガンマ線スペクトルのドップラー広がり、比較的小さく、反跳リチウム核が十分なエネルギーを持って、酸化鉄粒子から放出されていることが明らかになった。

4. 結論・考察

ホウ酸をホウ素源とした水溶液合成法は、得られる酸化鉄ナノ粒子へのホウ素の取り込みが多く、ホウ素含有酸化鉄ナノ粒子の合成法として有望であることが判明した。一方、逆ミセル法では酸化鉄ナノ粒子中に含まれるホウ素が少なく、ホウ素含有酸化鉄ナノ粒子の合成法としてはあまり有望ではない。

5. 引用(参照)文献等