

Mn_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄ ナノ微粒子の交流磁化率とナノ・セラノスティクス

AC Magnetic Susceptibility of Mn_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄ nanoparticles and nano-theranostics

横国大理工¹, 横国大院理工², 横国大院環情³, 阪大熱エントロピーセンター⁴

濱田颯太, 藤原康暉², 井手太星², 大嶋晃人², 神田康平³, ○柳優子^{1,2,4,*}

Dept. of Phys., Fac. of Sci. and Eng., Yokohama Nat. Univ.¹, Dept. of Phys., Grad. Sch. of Sci. and Eng., Yokohama Nat. Univ.², Dept. of Nat. Env., Grad. Sch. of Env. and Inf., Yokohama Nat. Univ.³, RCTES, Osaka University⁴

Sota Hamada¹, Koki Fujiwara², Taisei Ide², Akito Oshima², Kouhei Kanda³, ○Yuko Ichiyanagi^{1,2,4*}

*E-mail: yuko@ynu.ac.jp

当研究室では、これまでに磁気ハイパーサーミアや MRI 造影剤への応用など、医療応用を可能にする機能性磁気ナノ微粒子の開発を行ってきた。このうち Mn-Zn ferrite については最も磁化が増大する組成を確認し、Mn_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄ について粒径を制御し 10-30 nm の試料を作製した。この系はネール緩和に従い、体温付近では 18 nm のものが交流磁化率虚数部のピークを持ち、実際に磁場中での温度上昇と対応していることも確認した。さらには同じ試料が MRI の造影剤として重要なパラメータ緩和能 R2 が、従来の成分（鉄酸化物）の 2 倍にもなり、しかも従来のエコー時間の 1/10 の時間で顕著なコントラストを示した。実現バイオ応用を考慮する場合の課題として、水中での分散性がある。この課題を解決するために、今回、磁気微粒子を PEG で包含する手法を試みた。試料作製には新たな製法を導入し、金属塩化物と PEG400 を用いた。加える微妙な水の量で粒径を 7-20 nm に制御した。試料の構造は、粉末 X 線回折 (XRD)、放射光を利用した X 線吸収微細構造 (XAFS) 測定で確認し、PEG 修飾は FT-IR と質量分析法 (MS) によって確認した。粒度分布を測定すると、従来の製法で得られた微粒子に比べ、2 次粒径が半分程度となり、分散性が大きく向上した。交流磁化率虚数部の測定結果からは、14-17 nm の試料が室温付近で熱散逸効果を示すと考えられ、実際に交流磁場中での昇温は 8 K ほどであり、がん抑制に十分な発熱効果を得られた。この試料を用いて、ヒト乳がん細胞 KPL4 を用いて in vitro 実験を行ったところ、 $f=15$ kHz, $h=150$ Oe というわずかな磁場強度で 50% 程度までがん細胞が死滅する効果的なハイパーサーミア効果を確認した。本微粒子をさらにがん細胞に選択的に導入する手法を進めている。MRI などのイメージングとしても有効である上、本微粒子が PEG 修飾により突破が難しいとされている血液脳関門(BBB)の通過も確認しており、セラノスティクスへ向けて大いに期待できる。

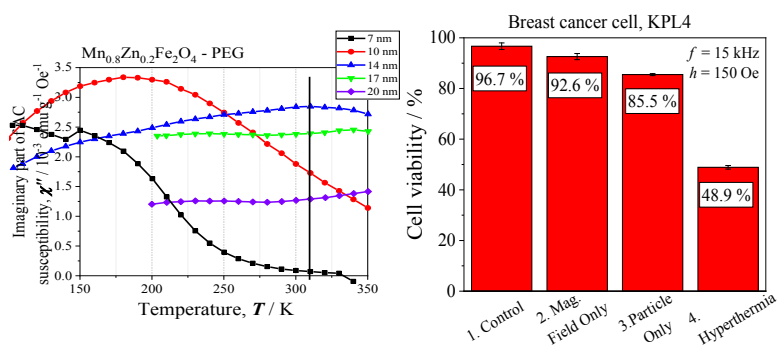


Fig. Temperature dependence of imaginary part of AC magnetic susceptibility of Mn-Zn ferrite particles (right) and Cell viability of the human breast cancer KPL4 (left).