

Mg-Zn ferrite ナノ微粒子の熱散逸特性と磁気ハイパーサーミアによる ヒト乳がん細胞生存率評価

Heat dissipation properties and evaluation of cancer cell viability by magnetic hyperthermia of Mg-Zn ferrite nanoparticles

横国大院理工¹, 横国大院環情², 阪大院理³

○濱田颯太¹, 青木孝太², 児玉慶太¹, 梨本健太郎¹, 小原健太郎¹, 中澤健太², 一柳優子^{1,3}
Grad. Sch. of Sci. and Eng., Yokohama Nat. Univ.¹, Grad. Sch. of Environ and Info. Sci., Yokohama
Nat. Univ.², Grad. Sch. of Sci., Osaka Univ.³

◦Sota Hamada¹, Kota Aoki², Keita Kodama¹, Kentaro Nashimoto¹,
Kentaro Ohara¹, Kenta Nakazawa², Yuko Ichiyanagi^{1,3}

E-mail: hamada-sota-zf@ynu.jp

近年、がん細胞が熱に弱いという性質を利用して、ナノ磁性体を活用したがん温熱療法（磁気ハイパーサーミア）の研究が注目を集めている。本研究では、生体適合性を考慮し、Mg-Zn ferrite を作製した。非磁性の Zn をドーピングすることで、磁気特性及び発熱効果を向上させ、磁気ハイパーサーミア用発熱媒体としての最適化をはかった。

湿式混合法によりアモルファス SiO₂ に包含した Mg_{1-x}Zn_xFe₂O₄ (x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8) ナノ微粒子を作製した。粒径は焼成温度により 4.5 nm に制御した。Zn は非磁性元素であるが、スピネル構造の A サイトにドーピングしていくと、x=0.2 の組成で磁化は最大となった。最も高い発熱効果をもつ粒径を 4–25 nm の範囲で探索した。交流磁化率は $m = (\chi' - i\chi'')h_0 e^{i\omega t}$ で表されるが、実数部 χ' と虚数部 χ'' を複素平面にプロットすると緩和挙動が分析できる。その結果、熱散逸 ($P = \mu_0 \pi \chi'' f h^2$) に寄与する虚数部 χ'' は、18 nm の粒径がヒト体温付近 310 K で最大値を示し、発熱効果が最大であると予想した。実際に、交流磁場下における昇温測定を行ったところ、示唆された通り 18 nm の粒子が最も発熱し、人体温付近である 310 K から最大約 8 K の昇温が確認できた。その発熱機構は、交流磁化率虚数部および磁場強度に依存したことから磁気緩和損失によるものであると結論付けた。また、シャーレ上に播種したヒト乳がん細胞 (KPL-4) を用いて *in vitro* 実験を行い、磁気ハイパーサーミアによるがん細胞への熱・磁場刺激の影響とその生存率評価も合わせて行った。細胞に試料を導入し 170 Oe, 15 kHz の交流磁場中の粒子の温度交流磁場を印加すると、約 25% の細胞死滅を確認した。さらに、チオール基の修飾方法も確立しており、抗体の輸送も期待できる。

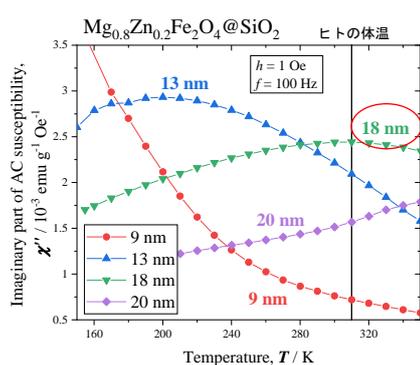


図 1. 粒径 9–20 nm での交流磁化率虚数部 χ'' 測定

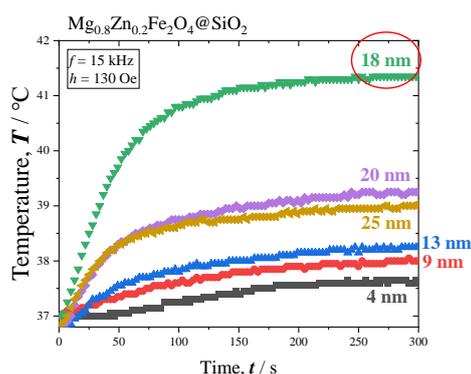


図 2. 粒径 9–25 nm での昇温測定