

生体適合性をもつ NiFe_2O_4 ナノ微粒子の磁気緩和現象とがん細胞抑制効果

Magnetic Relaxation Phenomena and Cancer Cell Suppression Effects of Biocompatible NiFe_2O_4 Nanoparticles

横国大院理工¹, 阪大院基礎工², 横国大院環情³

○小原 健太郎¹, 阿部 真之², 中澤 健太³, 坂本 壮¹, 新居 和音¹,

藤田 陽平¹, 森脇 智将³, 一柳 優子¹

Dept. of Phys., Grad. School of Eng., Yokohama Nat. Univ.¹,

Grad. School of Eng. and Sci., Osaka Univ.²,

Dept. of Nat. Env., Grad. School of Env., Inf. and Sci., Yokohama Nat. Univ.³,

Kentaro Ohara¹, Masayuki Abe², Kenta Nakazawa³, Takeshi Sakamoto¹, Kazune Nii¹,

Yohei Fujita¹, Tomomasa Moriwaki³, Yuko Ichiyanagi¹

E-mail: ohara-kentaro-ch@ynu.jp

磁気ナノ微粒子の磁気緩和には、磁気モーメントの回転に起因する緩和現象の Néel 緩和と、粒子自体の回転に起因する緩和現象である Brown 緩和がある。磁気ハイパーサーミア用の発熱媒体としては、周囲の環境に影響されずに緩和できる、Néel 緩和による発熱が有効であると考えている。本研究では、粒子径や異方性定数などの磁気ナノ微粒子をもつ物性と緩和機構の支配性について研究を行った。

磁気ナノ微粒子のコアには NiFe_2O_4 を用い、生体適合性向上させるために、無毒で親水性をもつ有機物であるポリエチレングリコール(PEG)で粒子を包含した。異なる粒子径(3-24 nm)のサンプルを作製した。ゼロ磁場冷却、磁場中冷却の結果から、粒径 17 nm 以下の粒子は室温で超常磁性であることがわかり、Néel もしくは Brown 緩和が起こることが示唆された。周波数別交流磁化率の温度依存性の結果から、アレニウスプロットし、異方性定数を算出した。得られた異方性定数から粒子の緩和時間を求めたところ、粒子の温度上昇測定や *in vitro* でのハイパーサーミア実験などで使用する交流磁場の条件下(15 kHz, 150 Oe)では、17 nm の粒子が最も大きな熱散逸量(SAR)が得られることが予想された(Fig.1)。さらに、粒径 20 nm 以下の粒子では Néel 緩和が支配的であることがわかった。実際に交流磁場中での粒子の温度上昇を測定したところ、予想通り 17 nm の粒子が最も発熱し、がん細胞が死滅する温度以上まで粒子を発熱させることに成功した。

ヒト乳がん細胞(MDA-MB-231)を培養し、17 nm の粒子を用いて *in vitro* 実験を行った。その結果、わずか 8.8 Oe の磁場強度、30 分でがん細胞を 20 %程度死滅させ、ハイパーサーミア効果を確認した(Fig.2)。さらに、この細胞死はプログラムされた細胞死のメカニズムであるアポトーシスによって引き起こされたことが示唆された。これは、病理学に大きな意義を持つ。

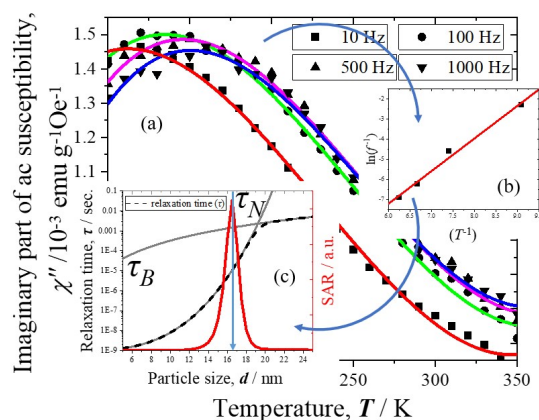


Fig.1 (a)Temperature dependence of the imaginary part of the AC susceptibility at various frequencies for a 14 nm sample. (b)Arrhenius plots analyzed from (a). (c)Relaxation time and SAR analyzed from (b).

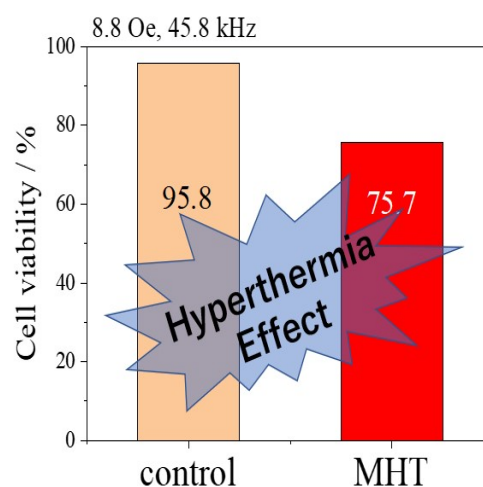


Fig.2 Cell viability of human breast cancer cells (MDA-MB-231).