

PEG 包含 Ni-Zn ferrite ナノ微粒子の磁気緩和現象の粒径依存性

Size Dependence of Magnetic Relaxation Phenomena of PEG-coating Ni-Zn Ferrite Nanoparticles

横国大院理工¹, 横国大院環情², 阪大院理 RCTES³

○児玉慶太¹, 濱田颯太¹, 梨本健太郎¹, 小原健太郎¹, 青木孝太², 中澤健太², 一柳優子^{1,3}

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

²Dept. of Nat. Env., Grad Sch. of Env. and Inf. Sci., Yokohama Nat. Univ.

³Research Center for Thermal and Entropic Science, Osaka Univ.

○K. Kodama¹, S. Hamada¹, K. Nashimoto¹, K. Ohara¹, K. Aoki², K. Nakazawa², Y. Ichiyanagi^{1,3}

E-mail: kodama-keita-nj@ynu.jp

これまでに 3d 遷移金属を含む磁気ナノ微粒子(MNPs)を作製し、超常磁性粒子特有の磁気緩和現象と、その発熱を活かした磁気ハイパーサーミア(MHT)用発熱媒体への応用について報告をしてきた。MNPs の磁気緩和には磁気モーメントが回転する Néel 緩和と、粒子自体が回転する Brown 緩和の二種類がある。これらの緩和現象は複雑で、磁気緩和の詳細な機構については様々な議論がなされている。今回、MNPs の粒子サイズ d や異方性 K 、流体粘度 η などのパラメータと磁気緩和の関係性を分析した。粒子サイズが異なる $\text{Ni}_{0.8}\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ナノ微粒子($d = 12, 15, 19 \text{ nm}$)を作製し、各サンプルは生体適合性向上のためにポリエチレングリコール(PEG)で包含した。SQUID 磁束計を用いて周波数別の交流磁化率の温度依存性を測定した。交流磁化率の虚数部 χ'' のピーク温度と印加周波数はアレニウスプロットに従う傾向が見られ、サンプルは Néel 緩和が支配的であることが示唆された(図 1)。Néel 緩和と Brown 緩和の支配性を調べるために、3 種類のサンプルを粘度が異なる溶媒に懸濁し、交流磁場中($h = 40 \text{ Oe}$, $f = 90 \text{ kHz}$)で昇温実験を行い、定量的に熱散逸量 SAR を算出した(図 2)。15 nm サンプルは、粘性が高いほど SAR が高くなる結果が得られた。粘性が高いほど粒子の固定化が起きるため、高い粘性で高い熱散逸を生じる 15 nm は磁気モーメントの回転に由来する Néel 緩和によって発熱すると結論付けた。本報告では MNPs の磁気緩和を明らかにすることで、MHT に最適な粒子径や磁化特性、さらに印加磁場条件の最適化を試みた。

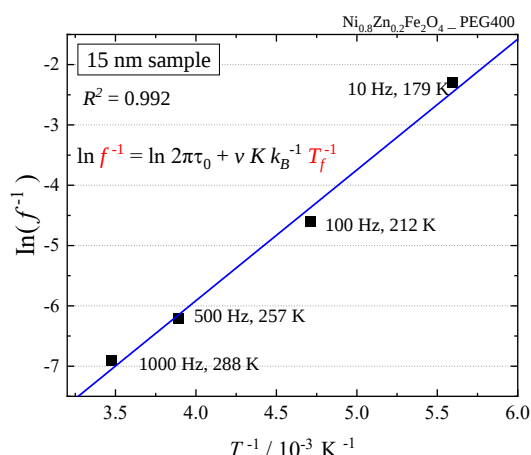


図 1 15 nm サンプルの χ'' のピーク温度と印加周波数の関係。 R^2 : フィッティングの相関係数。

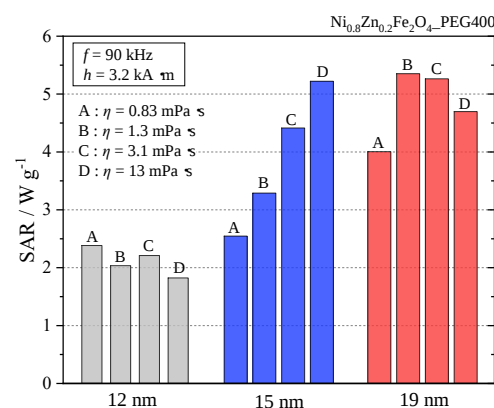


図 2 粘性が異なる溶媒(A-D)に懸濁した粒径別サンプルの交流磁場印加中での昇温実験から算出した SAR。 η : 粘性係数。