

磁性ナノ粒子の磁気緩和特性とその液中濃度・粘度依存

北口 了一、大多 哲史、山田 努、竹村 泰司
(横浜国立大学)

Relaxation time properties of magnetic nanoparticles and their dependences on density and viscosity
Ryoichi Kitaguchi, Satoshi Ota, Tsutomu Yamada, Yasushi Takemura
(Yokohama National University)

はじめに

現在、磁性ナノ粒子を用いたバイオ医療応用に向けた研究が活発に行われている。既に我々は粒子濃度の異なる液中粒子、及び固体中粒子に関して交流磁化測定を行い、発熱効率の濃度依存性に関する研究を報告しているが^[1]、本研究では液中分散された磁性ナノ粒子について、溶液の粘度および溶液中の粒子濃度が異なる複数のサンプルを用意した。各サンプルについて交流磁化測定を行い、磁気緩和特性及び発熱効率の評価を行った。

実験方法

本実験では、市販されている磁性流体（株式会社シグマハイケミカル、M-300、一次粒径 11 ± 3 nm、二次粒径 52 ± 15 nm のマグネタイト Fe_3O_4 ）を試料として用いた。また、試料、グリセリン、水を任意の比率で混合し同粘度で粒子濃度の違うサンプル、同濃度で溶液粘度の違うサンプルを複数用意し磁気緩和特性の測定、及び濃度・粘度依存特性の測定を行った。印加磁界強度は 4 kA/m とし、直流磁化特性は試料振動型磁力計 (VSM) を用いて測定した。交流ヒステリシス曲線は 300 Hz - 300 kHz で測定を行った。また測定は室温 25°C のもと行った。

実験結果

Fig. 1 に 5 kHz 、 4 kA/m での濃度依存のヒステリシスループを示す。粒子濃度が高くなるに従い、 4 kA/m での磁化の低下が確認できる。

交流磁化測定において、磁性ナノ粒子の発熱量を表す指標として Specific loss power (SLP) というものがある。ここではその SLP を H^2f で割った Intrinsic loss power (ILP) を発熱効率の指標とし、粒子濃度の異なる液中粒子、及び固体中粒子の発熱効率を検討した (Fig. 2)。濃度が高くなるにつれ ILP が減少し、磁気緩和がピークとなる周波数が減少していることが確認できる。これは粒子間の双極子相互作用により磁気モーメントの回転が抑制されたためと考えられる^[2]。

この研究を踏まえ、溶液の粘度を変え磁化特性の測定を行い、発熱効率の評価を行った結果についても報告する。

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 26289124 の助成を受けたものです。

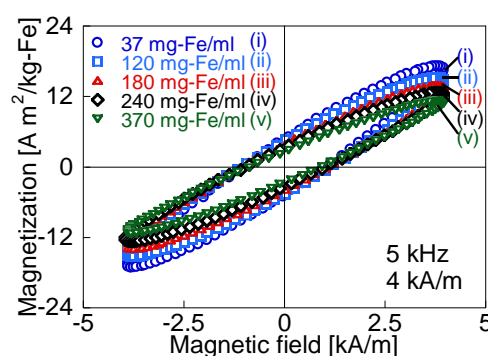


Fig. 1 ヒステリシスループ

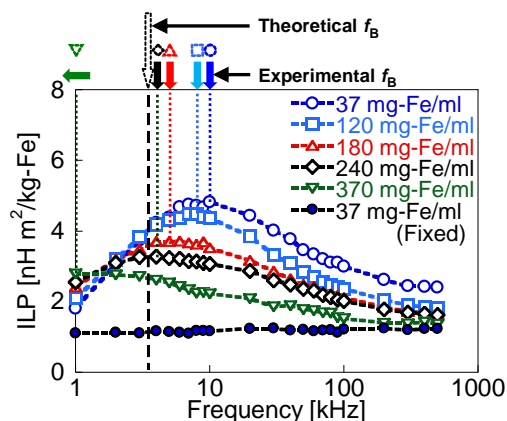


Fig. 2 ILP 周波数特性

参考文献

- [1] S. Ota, T. Yamada, and Y. Takemura *J. Appl. Phys.*, **117**, 17D713 (2015)
- [2] D. Serantes, D. Baldomir, C. Martinez-Boubeta, K. Simeonidis, and M. Angelakeris, *J. Appl. Phys.* **108**, 073918 (2010)