

励磁方向に垂直な磁性ナノ粒子の交流磁化測定

西本 築¹, 大多 哲史², 山田 努¹, 竹村 泰司¹

(¹ 横浜国立大学, ² 静岡大学)

Measurement of AC magnetization of magnetic nanoparticles perpendicular to the excitation direction

Kizuku Nishimoto¹, Satoshi Ota², Tsutomu Yamada¹, Yasushi Takemura¹

(¹Yokohama National University, ²Shizuoka University)

はじめに

細胞内に注入できるスケールの磁性ナノ粒子は、その磁気特性より癌温熱療法や MPI(磁気粒子イメージング)などの医療分野への応用が期待されている¹⁾。効果的な治療を行うためには、用いる粒子について構造や励磁条件、粒径などを最適化する必要がある、そのためには磁場中の粒子の振る舞いについて理解することが重要である。そこで我々は交流磁場印加方向に対する垂直と平行の2方向それぞれにおいて、バイアス磁場の依存性について測定を行い交流磁場中の粒子の振る舞いを検討した^{2,3)}。

実験方法

本研究ではシグマハイケミカル社が製造しているコア粒径が 11 ± 3 nm、液中粒径が 52 ± 15 nm のマグネタイト粒子が入っている M-300 磁性流体の原液を用い、直流磁化測定を磁界強度 4, 8, 12, 800 kA/m、交流磁化測定を励磁周波数 10-50 kHz、磁界強度 0.8-12 kA/m、バイアス磁界強度 0-7.2 kA/m の条件で行った。バイアス磁場は交流磁場と垂直に印加した。測定は液中分散された液中試料及びエポキシ樹脂で粒子自身の回転を固定した固定試料それぞれについて行った。

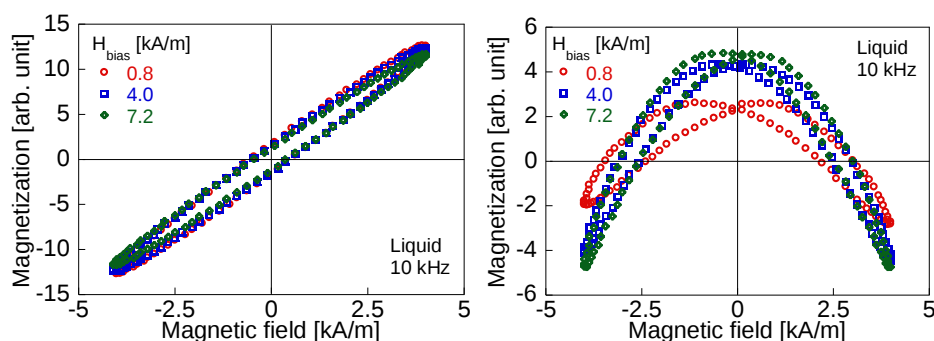
実験結果

直流磁化測定において保磁力がほとんど確認されていなかったため、M-300 は超常磁性を示すことが分かった。液中試料での 10 kHz における交流磁化曲線のバイアス依存特性を図 1 に示す。図 1 (a)は並行方向についての交流磁化曲線である。バイアス磁場の増加に伴い、最大磁化が低下することが確認された。これはバイアス磁場により粒子が拘束され回転がしづらくなったためだと思われる。図 1 (b)はバイアス磁界強度が 0 kA/m のときの磁化曲線を 0.8-7.2kA/m のそれぞれの磁化曲線から引いたことにより得られる垂直方向についての交流磁化曲線である。図のように山なりのピークを持つ磁化曲線が確認された。固定試料の結果など詳細は当日発表する。

謝辞：本研究の一部は、科研費 15H05764、17H03275 により実施した。

参考文献

- 1). Q. A. Pankhurst, et al., *J. Appl. Phys.*, **42**, 224001-224015, (2009).
- 2). T. Sasayama, et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **427**, p.143-149, (2017).
- 3). H. Kobayashi, et al., *J. Appl. Phys.*, **107**, 09B322, (2010).



(a) 並行方向

(b) 垂直方向

図 1 液中試料のバイアス依存特性