

水溶液中のイオン濃度と磁性ナノ粒子のブラウン緩和との相関

小田翔也、北本仁孝
(東京工業大学)

Study of relationship between Brownian relaxation and ionic concentration in aqueous solution

Shoya Oda, Yoshitaka Kitamoto
(Tokyo Institute of Technology)

諸言

体内の体液中には様々なイオンが溶けている。例えば Na, Cl, K イオン等が存在する。イオンは体液の循環や神経の伝達に作用している。これらのイオンのバランスは適度に保たれているが、腎臓に疾患がある場合などはイオン濃度が定常値からずれる。そのため体液のイオン濃度を測定することで疾患の有無を検査することができる。NaCl を用いて、水溶液のイオン濃度を増加させた場合に交流磁場に応答する磁気信号を測定した結果、高調波信号が低下したことを報告した[1]。交流磁化応答の遅れが顕著になる周波数領域まで測定を行い、粒子の振舞により高調波信号がどのように変化するかを調べた結果を報告する。

実験方法

磁性粒子を励磁するためにソレノイドコイルを使用した。印加する磁場強度は最大で $120 \text{ G}_{\text{p-p}}$ 、測定周波数は 510 Hz から最高で 10000 Hz までとした。また磁場検出のために、もう一つのソレノイドコイルを用いた。測定用コイルは励磁用コイルの内側に設置した。磁性流体はカプセル状の容器に内包し、カプセルは測定用コイルの内部に設置した。磁性流体中に含まれる磁性粒子は酸化鉄粒子(平均直径約 13 nm)を使用した。加えたイオンは NaCl であり、 0.18 mol/L 、 0.35 mol/L に調整し、それぞれ $25 \mu\text{L}$ 採取し、 $5 \mu\text{L}$ の磁性流体に加えた。最終的な NaCl 濃度はそれぞれ 0.14 mol/L 、 0.29 mol/L である。

実験結果

Fig. 1 に交流磁化率の周波数依存性を示す。交流磁化率の結果より、イオン濃度が高くなるに従って磁化率が低下することがわかった。イオン濃度の増加による粒子同士の凝集により、流体力学的径が増加したために緩和時間が長くなることが原因と考えられる。また周波数が高くなるとイオン濃度に関わらず信号が低下した。この結果は粒子が次第に励磁信号に応答出来なくなると考えられる。Fig. 2 には第五次高調波信号の基本波の周波数に対する依存性を示した。Fig. 2 に示されているように、高調波信号はある周波数において極小値を持つことがわかった。またこの極小値はイオン濃度の増加、すなわち緩和時間に関係しており、緩和時間が長くなるとともに極小値をとる周波数は低下した。この原因として、周波数が高くなるに伴い、ヒステリシスを描くなどランジュバン関数で描かれる磁化曲線から外れていくことなどが考えられる。今回得られた結果より力学的な運動を伴う高調波信号測定は、粒子周りのイオン濃度などの環境に応じて極小値を持つことから、結果を考察することによって粒子の振舞を解明できるものと期待できる。

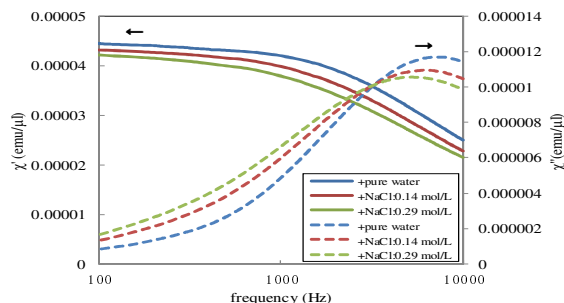


Fig. 1 AC susceptibility of magnetic fluid

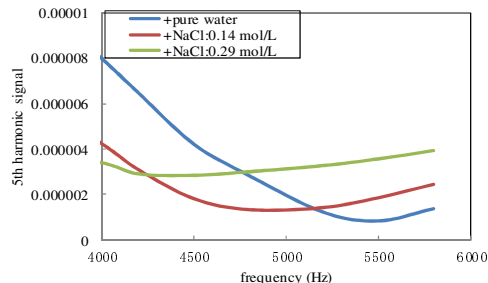


Fig. 2 Dependence of 5th harmonic signal on frequency

参考文献

- 1) 小田翔也, 他, 第 39 回日本磁気学会学術講演会, 8pE-2 (2015).