

磁性粒子の磁化応答信号を用いたイオン濃度測定

小田翔也、スコ・バグース・トリスナント、北本仁孝
(東京工業大学)

Study of ion concentration measurement by detecting response from magnetic particle

Shoya Oda, Suko Bagus Trisnanto, Yoshitaka Kitamoto
(Tokyo Institute of Technology)

緒言

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。

多くの場合イオン濃度は電極を用いて測定される。よって測定対象との接触が避けられない。蛍光を用いた方法も存在するが、蛍光が十分透過できるという必要がある。一方、磁気的な方法であれば、非接触かつ光学的に不透過な物質を挟んだ場合でも測定できる利点がある。しかし、これまでに磁気的な方法を用いてイオン濃度を測定した報告は存在しない。そのため今回は磁性粒子のブラウン緩和に着目し、NaCl 濃度と磁気応答信号との関係から、イオン濃度により磁性粒子の振舞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 240 G_{p-p}、測定周波数は 510 Hz から 2010 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。

実験結果

Fig. 1 に動的散乱法による磁性粒子の流体力学的径の評価結果を示した。NaCl 濃度が増えるに従って、径の大きさが増大している。3 wt%では粒子が沈殿したため、粒子が NaCl 濃度の増加により凝集を起こしていることがわかった。Fig. 2 には 2 wt%までの濃度の範囲で各周波数にて磁性粒子からの応答信号に含まれる高調波信号を測定した結果を示す。第7次高調波を第3次高調波にて規格化し、その基本周波数に対する依存性を示す。周波数が高くなるとともに、値が小さくなっていることがわかる。これは粒子の磁化応答がより高周波の励磁信号に追従出来なくなっていることを示唆している。さらに NaCl 濃度で比較すると、濃度が高くなるに従って値が小さくなっている。よって NaCl 濃度が高くなるとともに流体力学的粒子径が増大したことによる粒子のブラウン緩和の応答の差が、高調波信号を用いることによって検出できたと考えられる。

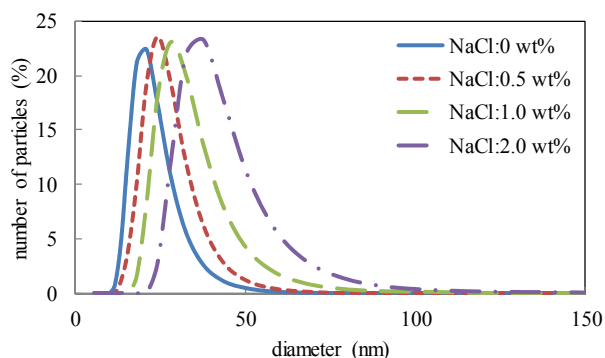


Fig. 1 Hydrodynamic diameter of magnetic particle

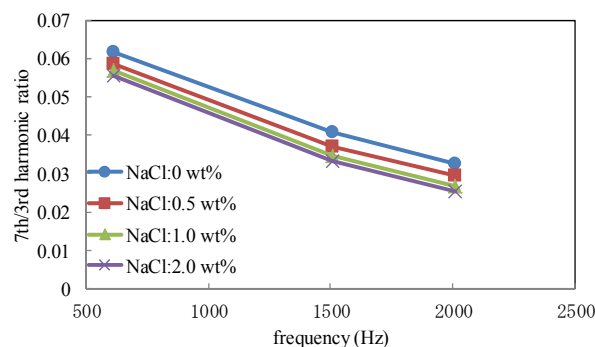


Fig. 2 Dependence of harmonic signal ratio of magnetic particle on NaCl concentration