

磁場が拓く界面とコロイドの科学

尾関寿美男（信州大学理学部）

数 T の磁場は高い粘性をもつ媒質中でさえ $10\sim 10^3$ nm の大きさの反磁性球形粒子を 100sec 以内に回転させることができるので、磁場はコロイド系の制御には極めて有効である。物質の体積に由来するエネルギーに磁気エネルギーが拮抗するとき、界面の自由エネルギー(界面張力)が現象の支配因子となり、表面効果を含めてエネルギーが拮抗すれば、場合によっては線張力が熱力学系を支配しうる。界面付近では、界面に垂直方向に閉じ込めが起こるので電子状態密度が離散的になり、量子化学効果が顕著になる。表面層は内部と連続的なために閉じ込めによる量子効果が曖昧になると同時に、表面の再構成が起こり、本来の磁性からは予測できない磁気現象が起こりうる。

コロイド化学の中には重力加速度に支配される現象があるので、微小重力下の科学としての宇宙科学の多くは界面コロイドの中に課題を求めているようにみえる。磁場による上向き磁気力を重力と拮抗させて擬似微小重力場が実現され、実験室で磁気浮上実験ができるようになってきた。重力の低下は濃度ゆらぎを促進し、円形枠に張られた水膜は安定化する。磁気浮上は表面からは逃れられないものの、無容器、非接触で物質を扱えるので汚染がなく、宇宙空間の代替以上に期待されている。

サイズや形、それらの配向から生まれる不安定性がある。これが磁場による構造誘起を引き起こす。マルテンサイトの結晶子や媒質中のセラミックのドメインなどの磁場制御には粒界が重要である。球形ベシクルは、脂質分子が磁場方向に対して直交配向するので偏重楕円体に変形するが、磁場が強くなると融合・分裂して磁場強度に依存した粒径分布になる。集積型有機金属錯体はやわらかい壁や柱で動的に囲まれた空隙がコロイド化学の対象で磁場によるわずかなエネルギー供給によって細孔構造が制御される。

ここに例示した弱磁性界面コロイド系の磁場制御は磁気科学の黎明期の成果で、今後磁場分布をナノからマクロまで階層的にデザインすることによる新しい界面磁気科学が期待される。水と磁場との相互作用が確認されつつある現在、水系の界面コロイド化学は磁場による制御系としてさらに魅力的である。

参考文献

尾関寿美男, 化学, 2013, 68(1), 39-43.

尾関寿美男, 日本化学会[編], “新しい局面を迎えた界面の分子科学”, 化学同人, 2011, p.99.

M. Yamaguchi and Y. Tanimoto, ed., “Magneto-Science”, Kodansha-Springer (2007).

北沢宏一監修, 尾関寿美男, 谷本能文, 山口益弘編著, “磁気科学”, アイピーシー, 2002.