

## B314

## 誘電泳動を用いた物質分離に関する研究

(東芝) ○(正)田嶋 直樹\*・岡部 寛史・中村 秀樹・大里 哲夫  
・(正)関 秀司・内田 裕・市川 長佳

## 1. はじめに

液体中の微粒子分離手法には、沈降分離、遠心分離、ろ過分離、電気泳動分離などがあるが、現在我々は誘電泳動分離に着目している。誘電泳動の分離対象は電気泳動のように荷電粒子である必要はない。また誘電泳動力の大きさは、不均一電場強度、粒子寸法、比誘電率に依存する。さらに、対象粒子の移動方向は粒子と溶媒の比誘電率の差で決まる、などの特徴がある。

誘電泳動の研究例には、微生物の生死分離<sup>1)</sup>、泳動力の測定<sup>2)</sup>、細胞のマニピレーション<sup>3)</sup>などがあるが、工学規模を想定した分離の研究は著者の知る限りない。しかし適切な誘電泳動パラメータを選定し、化学工学的検討を加えることで、多様な水質条件に対応する新たな分離手法が実現する可能性がある。

## 2. 誘電泳動の原理

溶液中の粒子に外部から電場を与えると、溶液と粒子の界面に電荷が誘起される。生じる電荷量は溶媒と粒子の比誘電率に依存し、不均一電場中ではクラウジウス-モソッティの式で表記される力を受ける<sup>1-3)</sup>。

$$F_{DEP} = 2\pi\epsilon_m r^3 \operatorname{Re} \left[ \frac{\epsilon_p - \epsilon_m}{\epsilon_p + 2\epsilon_m} \right] \nabla |E|^2 \quad \dots \textcircled{1}$$

ここで $F_{DEP}$ : 誘電泳動力  $\epsilon_p$ : 複素誘電率 (粒子)  $\epsilon_m$ : 複素誘電率 (溶媒)  $r$ : 粒子半径  $E$ : 電場強度  $\operatorname{Re}$ : 括弧内の複素数から実数部を抽出する演算子、である。  
①式には溶媒と対象粒子の比誘電率の差の項が含まれるため、比誘電率を変化させることができれば、移動方向を制御することも可能になる。

## 3. 誘電泳動分離の予察

例として常温水中のポリスチレン粒子 (PSB) の誘電泳動を考える。流れのない条件では、粒子に働く重力 (沈降力)、ブラウン運動、移動時の液抵抗、を考慮する必要がある。常温水の比誘電率 78, PSBの比誘電率 2.55<sup>4)</sup>、周波数 1 MHz,  $E=10^4$  V/m,  $\nabla E=10$  の条件で各速度を計算した (図 1)。この条件で PSB 粒子径が約  $10^{-6}$  m (1  $\mu$ m) 以上になると、誘電泳動速度は、ブラウン運動速度と沈降速度以上になり、移動制御の見込を得た。また PSB の比誘電率は水の比誘電率よりも小さいため、電位勾配の小さくなる方向に移動することも予察された。

## 4. 試験装置

信号発生器 (LeCroy 社製 420A) で発生させた 1 MHz の高周波を、バイポーラ電源 (nF 回路ブロック社製 BA4825) でインピーダンス補正と増幅を行い、電極に印加した。印加波形の観測にはオシロスコープ (岩通計測社製 SS7802A) を用いた。また誘電泳動現象は顕微鏡 (キーエンス社製 VH-800) で観察した。

試験に用いた誘電泳動用電極は放物線状の 4 重極である。材質は金で、フィルムマスクを用いて石英ウエハにレジスト加工したものを用いた。試験粒子は、前項の予察に基づき NIST に準拠した  $10 \pm 0.05 \mu$ m のポリスチレンビーズ (比重: 1.03 g/cm<sup>3</sup>) を用いた。

## 5. 試験結果

誘電泳動試験時の写真を図 2 に示す。4 重極周囲に分散していた 10  $\mu$ m の PSB は、約 1 秒で最も電位勾配が低くなる 4 重極中央部に集まり、分離可能性を確認することができた。今後は径方向と軸方向のスケールアップを実施し、分離装置への適応性を評価する。

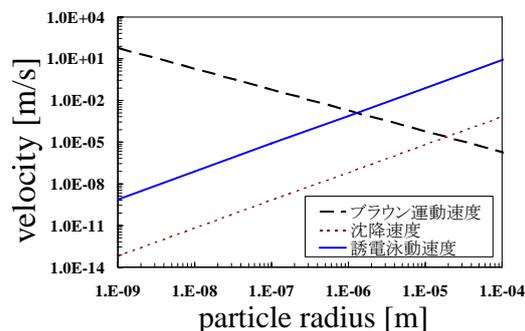


図 1 誘電泳動速度等の PSB 粒子径依存性の計算例 (周波数: 1 MHz 印加電圧: 10 V)



図 2 高周波印加時の PSB 誘電泳動写真 (例) (周波数: 1 MHz 印加電圧: 10 V)

- 1) M. Suzuki, Bunseki Kagaku, **56**(12), 1189, 2005
- 2) H. Imasato, J. Electrophoresis, **52**(1), 1-8, 2008
- 3) T. Endo, Microchemica Acta, **164**(3), 263-268, 2009
- 4) Dielectric materials and applications, Willy, 1954

\* e-mail : naoki.tajima@toshiba.co.jp  
tel/fax : 044(288)8154/044(270)1807