ナノポアトラップ法による単一粒子の捕捉と識別

Discrimination of single-nanoparticles using a nanopore trapping method

阪大産研 [1]　○有馬 彰秀 [1]，筒井 真楠 [1]，谷口 正輝 [1]

ISIR Osaka Univ. [1], ◦Akihide Arima[1], Makusu Tsutsui[1], Masateru Taniguchi[1]

E-mail: arima@sanken.osaka-u.ac.jp

[はじめに]ナノ細孔（ナノポア）によるイオン電流を指標とした単一粒子検出は、生体粒子分析の分野で広く用いられているが[1]、その原理は電解質溶液中の検体が電気泳動的にナノポアを通過した際に、検体の体積分だけ電解質溶液を排除することで生じるイオン電流の変化に基づくという極めてシンプルなものである。その一方で、ポア径を検体直径より小さく設計した場合、検体はポアを通過することができず、開口部に捕捉される（ナノポアトラップ法）[2]。この際、捕捉後でもある程度のイオン電流が計測されることから、検体はポアを完全には閉塞せず、電気泳動力と電気浸透流の抗力のバランスにより、ポア上に浮遊していると考えられる。本研究では、この捕捉前後のイオン電流変化を指標として、異粒径の粒子識別を実証するとともに、印加電圧制御を通して、検体のポア垂直方向の位置制御が可能であることがわかったため報告する。

[実験方法]計測には、微細加工によって作成した SiN ナノポア(d_{pore}= 600 nm)を用いた。溶液導入用の流路を備えたポリジメチルシロキサン(PDMS)ブロックをポア基板の両面に貼り合せ、粒径 d_{pst} = 780 nm 及び 900 nm のカルボキシ基修飾ポリスチレン微粒子の分散溶液と、TE 緩衝液をそれぞれに導入した。Ag/AgCl 電極を用いて一定電圧 V_b を印加し、ポアを流れるイオン電流 I_{ion} の時間変化を計測した。

[実験結果] 本計測により、イオン電流が粒子捕捉により落ち込み、その後逆バイアスを印加することで粒子は解放され、電流状態が回復することが確認された。また、実測電流値を基に、COMSOL を用いたシミュレーションで粒子位置を逆算したところ、コンダクタンスのグラフと類似した形状が確認され、粒子位置制御の可能性が見出された。加えて、異粒径の粒子間において、コンダクタンスは類似しているものの、粒子位置が大きく異なる領域が存在したことから、粒子形状によるイオン輸送の変化が示唆された。

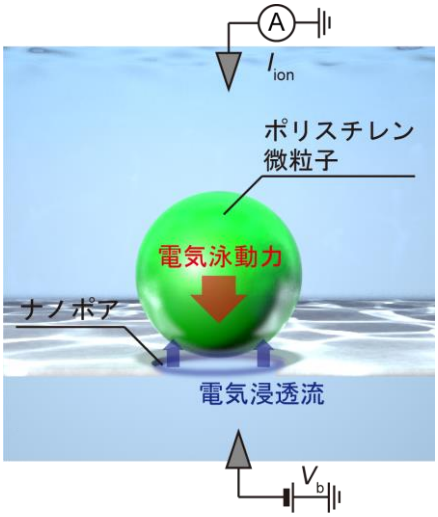

図 1. ナノポアによる単一粒子捕捉.
電気泳動力と電気浸透力の抗力のバランスにより検体は浮遊している.

[1] C. Dekker, *Nat. Nanotechnol.*, **2**, 209 (2007)

[2] M. Tsutsui et al., *Appl Phys Lett.*, **103**, 013108 (2013).