

理工系

マイクロ流体デバイス技術を利用した  
ナノバイオ研究



東京大学 生産技術研究所 准教授  
竹内 昌治

【研究の背景】

マイクロ流体デバイス技術は、微小空間で流体を扱う技術として有用です。粘性力が慣性力よりも支配的な微小管路中では、液体の流れは層流となり、操作が容易になります。また、体積に比べ表面積の割合が大きくなるため、化学反応が効率的に起きます。さらに、微小な管路内を満たすだけの溶液があれば、反応を進めることができるため、経済的であり、繰り返し実験を高速に行えます。我々は、このようなマイクロ流体デバイス技術の特長をいかし、これまで不可能であった生命科学実験を可能にするデバイスを実現することで、未解明であった生命現象を解明し、次世代の健康・医療社会へ応用することを目指しています。

【研究の成果】

これまでにマイクロ流体デバイス技術を使って、一分子計測や人工脂質2重膜形成、細胞機能計測、細胞の三次元構造形成などのナノバイオ研究分野において新規の手法を開拓してきました。具体的には、微小な液滴や流れの特性を利用して、人工の脂質2重膜を容易に形成する図1のような接触法を考案し、デバイス内で複数同時に膜形成を行うことに世界で初めて成功しました (Anal. Chem. 2006他)。この方法を利用して、脂質膜中の生体分子の活性変化を複数同時に電気計測し、これまで解明が難しかった膜タンパク質の機能解析法を確立しました (Anal. Chem. 2008)。さらに、人工脂質2重平面膜の中心部にジェット水流を当

て、膜を球面状に変形させることで、生体分子などを脂質膜で効率的にカプセル化する手法を開発し、ドラッグデリバリーや細胞研究への展開を示しました (JACS 2007, Angew. Chem. Int. Ed. 2009)。加えて、これらのカプセルを1万個レベルで高速にアレイ化し、解析できるシステムを実現しました (図2: PNAS 2007)。

【今後の展望】

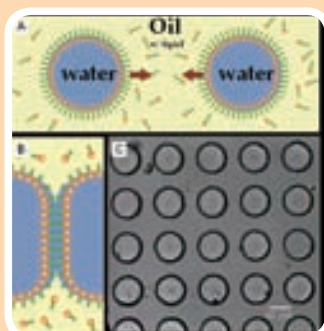
今後は、これらの基礎成果の実用化に向けて社会へ貢献することを狙っています。たとえば、膜タンパク質研究の展開として、将来、高速高感度の体内物質診断、あるいは膜タンパク質を利用した味、匂いセンサなどの超高感度バイオセンサなどの産業を世界に先駆けて育成できると考えています。実用化に向けて、産学連携研究体制で臨むことで10-20年後の実用化に向けて研究を推進しています。

【関連する科研費】

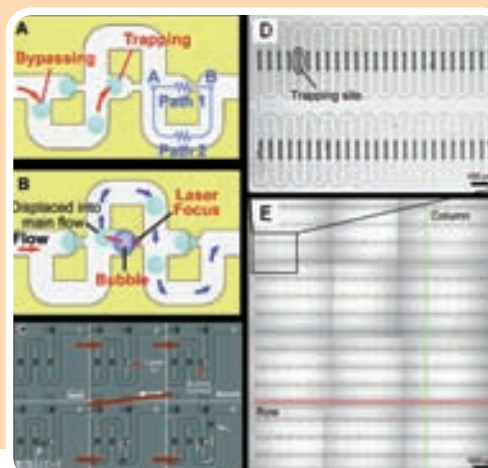
平成17-18年度 基盤研究(B)「単一直径リポソームによるタンパク質機能解析のためのマイクロ流体デバイス」

平成18-22年度 特定領域研究(計画研究)「マイクロナノ加工技術を用いた膜タンパク質機能解明のためのプラットフォーム」

平成19-20年度 若手研究(A)「ダイナミックマイクロアレイによる一細胞の網羅的解析デバイス」



▲図1 (A,B) 我々が提案した接触法による2重膜の形成法。(C)この方法を利用して並列に多数の膜形成を実現した写真。各円の内部に2重膜が形成されている。



◀図2 (A,B) ビーズの捕捉、取出しが可能なマイクロ流体デバイスの原理。Path1よりもPath2のほうが流路抵抗が大きいため、最初に粒子は、Path1を通るが、途中の狭窄部でトラップされる。トラップ後は、Path2の抵抗が下がり、後続の粒子はPath2を通過する。トラップされている位置に光ピンセット用のレーザを照射で泡を発生させ、粒子を押し出す。押し出された粒子は、下流で確保できる。(C) デバイスを利用してビーズを取り出している様子。(D,E) 1万個のビーズを捕捉した写真とその拡大図。