光で作動するミクロのポンプ

丸尾 昭二

近年、指先サイズの微小なマイクロ流体回路を用いて、バイオ分析や化学合成を行うバイオチップの研究開発が盛んに行われている。ミクロな反応場を利用することで、試薬や試料の低減、反応の高速化・高精度化など多くの利点が生まれる。これらの利点を最大限に活かすには、マイクロ流体制御素子が不可欠である。しかしながら、現在のバイオチップの多くは、外付けのシリンジポンプなどが用いられている。そこで近年、使い捨て可能なマイクロ流体制御素子として、シリコン樹脂製の空気圧駆動ポンプや、レーザー光で遠隔駆動可能なポンプなどの開発が進められている¹⁾。とくに、光駆動マイクロポンプは、全体サイズを数十 μm 程度まで微小化できるため、多数の素子を集積化させた高機能バイオチップの実現が期待できる。

図1に、筆者らが開発した光駆動マイクロポンプの概略図を示す²⁾。このポンプでは、二つのローブ型ローターがマイクロ流路に内蔵されている。レーザー光をローターの側面に集光すると、光の運動量変化によって放射圧³⁾と呼ばれる力がローターに与えられ、ローターが集光点に引き寄せられる。このとき、レーザー光を円軌道に沿って回転させると、ローターは焦点の軌跡に追従して回転する。単一レーザー光を時間分割し、二つのローターに交互にレーザー光を照射させると、ローターをかみ合い駆動させることができる。反対方向に回転するローターに挟まれた液体が押し出されることで流体が輸送される。従来のマイクロポンプでは、ダイヤフラムとチェックバルブで構成される容積変化型が主流であるが、このポンプは回転型であり、バルブが不要で、脈動が少ないという特長がある。

このマイクロポンプは、光硬化性樹脂を用いて任意の三次元微小構造を形成する二光子マイクロ光造形法⁴⁾を用いて作製される。二光子造形では、光硬化性樹脂の内部に集光したフェムト秒パルスレーザー光を三次元走査するだけで、100 nm分解能でマイクロ可動部品を一体造形できる。この一体造形法を用いて作製したマイクロポンプ(ローター径: 9 μm)を図2に示す²⁾。実際にポンプを駆動させ、トレーサ微粒子の移動速度から概算した結果、1 pL/min以下の超微量な液体輸送が達成できていることがわかった。

さらに筆者らは、より生体適合性に優れた材料として、

図1 光駆動マイクロポンプの概略図

図2 光駆動マイクロポンプの駆動

バイオチップ作製に広く利用されているポリジメチルシロキサン(PDMS)に注目し、光硬化型PDMSを独自に作製した。すでに、この光硬化型PDMSを用いて、光駆動可能なマイクロローターやピンセットの試作にも成功している⁵⁾。今後、バイオチップによる単一細胞分析など細胞生物学や生化学の進歩に貢献できるマイクロツールを実現したい。

本研究は、科学研究費補助金(特定領域研究「バイオ操作」、若手研究(A))および科学技術振興機構さがけ「ナノ製造技術の探索と展開」の支援を受けて行ったものである。

文 献

- 1) 丸尾昭二: 化学工業, **58**, 52 (2007)
- 2) S. Maruo, H. Inoue: *Appl. Phys. Lett.*, **89**, 144101 (2006)
- 3) 増原 宏ほか: “マイクロ化学”, 化学同人, 1993
- 4) 丸尾昭二: レーザー研究, **31**, 122 (2003)
- 5) S. Maruo, K. Oishi, T. Hasegawa: *Proc. of μ TAS* (2006), p. 669