

ピラー構造誘電泳動デバイスの菌捕集分布における流量及びピラー高さの影響

Influence of flow rate and pillar height on the collection distribution of bacteria in dielectrophoretic device with micro pillar array

首都大理工¹, 芝浦大理工² °時田 寛也¹, 内田 諭¹, 鮎瀬 銀也², 西川 宏之²TMU¹, SIT², °Hiroya Tokita¹, Satoshi Uchida¹, Ayugase Ginya², Hiroyuki Nishikawa²

E-mail: tokita-hiroya@ed.tmu.ac.jp

1. はじめに

近年、高精度な微生物検出法の一つとしてポリメラーゼ連鎖反応法の導入が進められている。しかしながら、本手法では阻害物質により検査精度が大幅に低下する。そのため、対象菌の精製濃縮が必要となる。

筆者らは、迅速かつ簡便な処理法として、誘電泳動 (dielectrophoresis: DEP) を用いた電気的手法[1]に着目した。そして、陽子線描画により電極間に誘電体柱 (ピラー) を形成した 3 次元 DEP デバイスを試作し[2]、その捕集特性を調査してきた[3]。本デバイスは誘電体周辺での電界歪みを利用して 3 次元的に菌捕集領域を拡大したものである。本研究では、DEP デバイスにおける菌捕集の最適化を目的として、懸濁液の流量及びピラー高さにおける菌捕集特性を精査した。

2. 実験および解析方法

本実験装置は DEP デバイス、電気回路系、溶液送液系及び光学計測系で構成されている。実験手順として、まず蛍光染色を施した大腸菌懸濁液 (菌濃度 4.0×10^6 CFU/ml) を DEP デバイスへ送液した。流れが十分に安定した後、正弦波電圧 (振幅 $60 V_{pp}$, 周波数 50 kHz) を印加した。送液菌量 4.0×10^7 CFU の各流量における菌捕集状態を蛍光顕微鏡で観測し、蛍光画像を取得した。得られた画像から画像解析ソフトウェアにより菌量計測を行った。

最適捕集条件の検討及び実験結果の整合性を確認するために、連成解析ソフトウェア (COMSOL Multiphysics 4.3b) により電界及び流量分布を導出した。また、自作プログラムにより誘電泳動速度を算出した。

3. 実験結果及び数値解析

図 1 に各ピラー高さにおける高さ方向 (z 方向) の誘電泳動有効領域割合の解析結果を示す。ピラー高さの増加にともない、有効領域は垂直方向 (z 方向) に拡大し、立体的な菌捕集効果を示した。また、ピラー高さの増加は流速の低下

をもたらす、水平方向への捕集領域を拡大することが示唆された。

図 2 にピラー高さ及び流量に対する蛍光面積割合変化の実験結果を示す。ピラー高さの増加で、高さ方向への捕集が促進し、上流側の捕集量は増加した。しかしながら、数値解析とは異なり下流側 (ピラー群内部) では、菌が供給されず捕集量は大幅に減少した。

なお、その他の諸条件における捕集菌分布の画像解析および数値解析を用いた検証結果の詳細は当日報告する予定である。

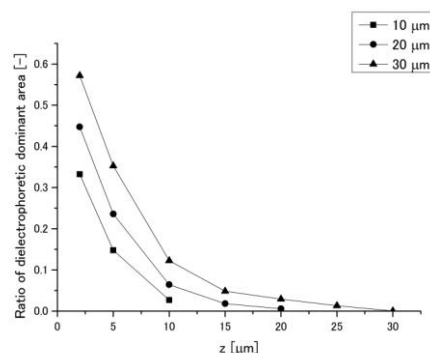


Fig.1. Ratio of dielectrophoretic dominant area (10 ml/h)

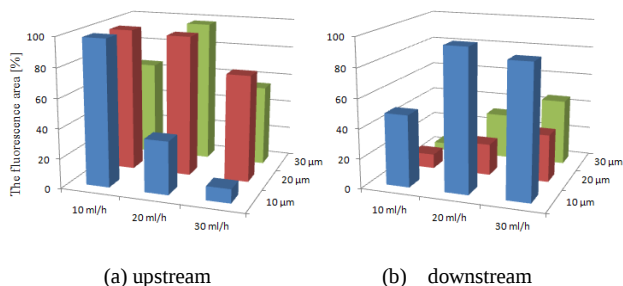


Fig.2. Flow rate dependence of the fluorescence area for each pillar height

参考文献

- [1] H. Shafiee et al., *Journal of Association for Laboratory, Automation*, 15, pp. 224-232, (2010)
- [2] Y. Shiine et al., *Microelectronic Engineering*, 87, pp. 835-838, (2010)
- [3] S. Uchida et al., *Intelligent Automation and Soft Computing*, 18, No.2, pp. 165-176, (2012)