

生物模倣表面による効果的な液体輸送

Efficient Liquid Transport on Biomimetic Surface

○武藤 光司¹、伊藤 嵩人²、石井 大佑² (1. 名工大工、2. 名工大院工)

○Koji Muto¹, Shuto Ito², Daisuke Ishii² (1.Fac. of Eng., NITech., 2.Grad. Sch. of Eng., NITech.)

E-mail: kijimoto@gmail.com

【緒言】海岸に生息しているフナムシはえら呼吸であるが泳げないという性質がある。フナムシは呼吸をするために脚の側面に存在しているマイクロ流路を利用しており、表面張力を駆動力として自発的に水をえらまで輸送している。(Fig.1a) この流路は μm スケールの突起が縦横に平行に並んだ構造となっており (Fig.1b)、その構造由来の表面自由エネルギーにより液体は上昇する。突起構造で構成されたオープン流路は、微小チューブなどのクローズド流路と比較して、押し出し圧力が不要である。また、構造への外部アクセス容易性から、流路洗浄や流路間の液体輸送が可能である等の特徴を有する。フォトリソグラフィによりフナムシの流路構造を模倣したマイクロ流路を作製した。この流路構造に表面化学処理を施すことで、構造の表面自由エネルギーを制御することでフナムシと同等の液体輸送や選択的な液体輸送が可能である。本研究では、模倣流路の突起構造の配列を段階的に変化させることで、液体の輸送速度向上や、そのメカニズムを解明し新規の輸送機能を発展させることを目的とする。

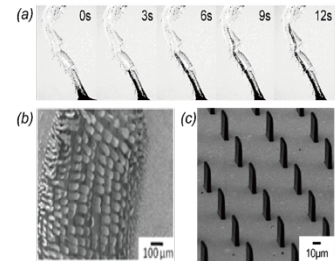


Fig.1 (a) Water transport along a leg of *Ligia exotica*. SEM images of open capillary structures (b) on a leg of *Ligia exotica* and (c) fabricated on a silicon substrate by photolithography.

【実験】フォトリソグラフィにより、 μm スケールの突起構造で構成されるフナムシ模倣流路をシリコンウエハ上に作製した。(Fig.1c) 突起サイズや突起配列を制御するパラメータを設定し、様々な流路サンプルを作製した。流路先端をオイルに着液した際の抗重力方向への上昇挙動を CCD カメラにより動画撮影し、画像解析によりオイルの輸送速度の評価を行った。また、接触角計を用いて構造上でのオイルの濡れ広がり方をミクロスケールで撮影し、濡れ広がり方の評価を行った。

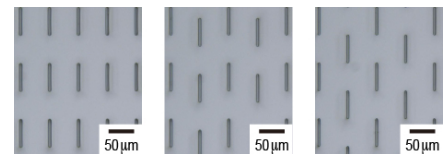


Fig.2 optical microscope images showing different arrangements of blades on channels.

【結果・考察】画像計測法により模倣流路の抗重力方向への輸送速度を、時間に対するオイルの輸送距離から解析した結果、Eq.1 に従うことが分かった。

$$H = DT^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Eq.1})$$

(H : 液体輸送距離、 T : 経過時間、 D : 輸送速度定数)

Eq.1 における、定数 D を比較することで輸送速度を定量評価できる。突起の配列変化により輸送速度及び、輸送距離が向上した。配列変化により気液固の三相が接する線（三相接触線）の突起との接触時間長くなるためだと考えられる。また、接触角計による測定からは、配列変化により突起の短軸方向側への遮蔽効果、長軸方向側への寄与が確認された。さらにメカニズムの理解を深めることでより高効率な液体輸送を実現できると考えられる。

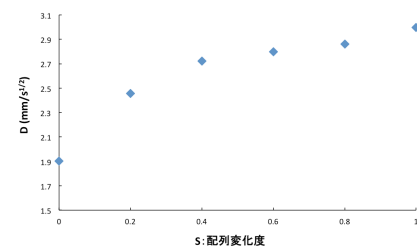


Fig.3 Correlation between D and shift step of Fig. 2 samples.

[1] H. Horiguchi, et al., *Biol. bul.*, **213**, 196–203 (2007).

[2] D. Ishii, et al., *Sci. Rep.*, **3**, 3024 (2013).

[3] M. Tani, D. Ishii, S. Ito, et al., *PLoS ONE*, **9**, e94341 (2014).