

バイオミメティクスを用いた防汚機能を有する胆管ステントの開発

リソテックジャパン・立命館大学・ 〇関口 淳、立命館大学 西野朋季

要旨

バイオミメティクスとは生物が持つ機能や性能を模倣する技術のことで、例えば、水を弾く蓮の葉の超撥水性の防水用品への応用はよく知られる。今回、我々が着目したのは油汚れを弾くカタツムリの殻の表面構造である。この構造を従来の胆道ステントの内壁に実装することを検討した。

胆管がんや胆道閉塞症などでは、胆道狭窄が原因で黄疸を起こし、命を落とす肝不全に至ることがある。胆道狭窄を防ぐ方法として、胆汁の流れを確保するために胆管ステントを胆道内に留置する手術が行われる。ところが、従来の胆管ステントでは、胆汁が固まり、詰まりやすく、交換のための再手術が余儀なくされるという課題がある。原因は、胆管ステントがポリエチレンなどで出来ており、胆汁に含まれるコレステロールなどの脂肪が馴染みやすい材料であるため、胆汁が、ゲル化して詰まりを生じる。我々は、ステントの内壁にカタツムリの殻の表面を模倣した“超ナノ親水構造”という油汚れをはじく性質を持たせることで、この課題を解決しようと、バイオミメティクスを用いた防汚機能を有する胆管ステントを開発したので報告する。

1. バイオミメティクス技術

昔から、汚れたカタツムリはいないといわれるように、カタツムリの殻表面が防汚機能に優れていることは知られていた。カタツムリは、梅雨のころ、汚れることなく、つやつやしている。カタツムリの殻表面には、ナノレベルの凹凸構造（200～400nm程度）（Figure 1）があり、そこに水が入り込んで水の膜を作り、汚れ（油分など）をはじく超ナノ親水構造を有している[1]。この超ナノ親水構造は、たんぱく質などを含む油をはじく性質がある。その原理をFigure 2に示す。

そこで、カタツムリの殻構造を模倣した構造を作れば、超ナノ親水構造による、撥油効果をもつ構造体を作ることができる。このように、生物の持つ特異的な機能を模倣して、工業に転用する技術をバイオミメティクスと呼ぶ。

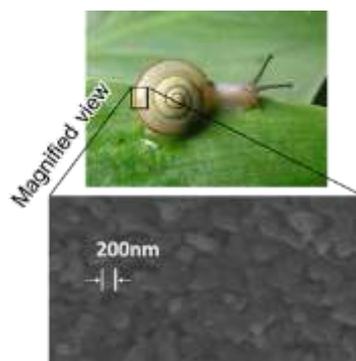


Figure 1. Snail with clean shell surface encountered during baiu rainy season.

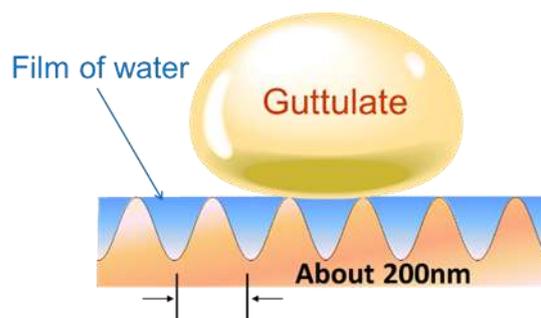


Figure 2. Super-nanohydrophilic effects of the nanoscale structure of snail shells.

2. バイオミメティクスを用いた胆管ステント

そこで、胆管ステントの内側にバイオミメティクス構造を付与することで、つまりにくい胆管ステントが作れないかと考えた。そのイメージを Figure 3 に示す。

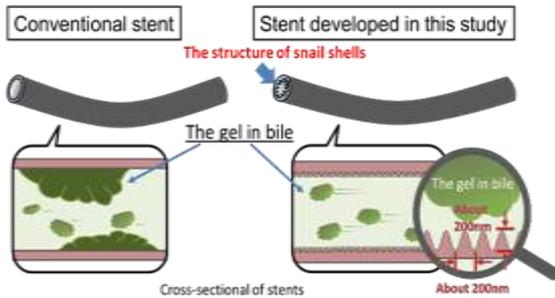


Figure 3. The conventional technology and this study of bile duct stent structure.

我々は、LTJ社製ナノインプリント装置[2]を用い、フィルム表面に 200nm の突起構造を作成した。Figure 4 にしめす。

得られたフィルムを胆管ステント内部に埋め込み、バイオミメティクス構造を持った胆管ステントを試作した。

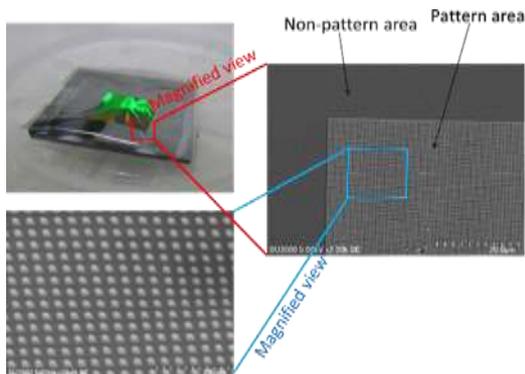


Figure 4. The outward appearance and the SEM photograph of the antifouling film.

3. 動物実験

バイオミメティクス構造を持った胆管ステントをブタの胆管に 1 週間留置して、その内壁の汚れ具合を観察した。その結果、バイオミメティクス構造を持つ胆管ステントでは、ほとんど汚れが付か

ないことが分かった[3]。(Figure 5)

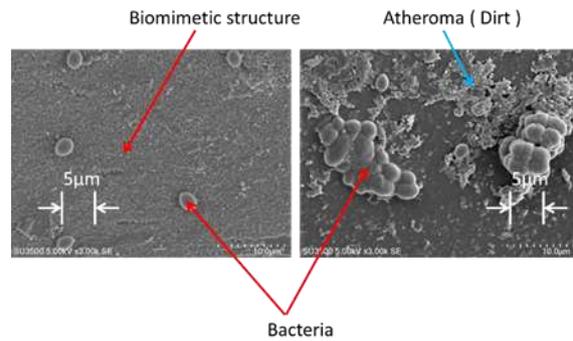


Figure5. The antifouling effect of without bioimimetics structure and with bioimimetics structure of bile duct stent.

4. まとめ

バイオミメティクス構造を樹脂表面に作ることで、防汚機能を有する樹脂フィルムを作ることができた。また、その樹脂平板をロール状にしてチューブ構造として胆管ステントを作った。ブタの胆管に留置して、その防汚効果を調べた。その結果、良好な防汚機能を有する胆管ステントを作ることになった。今後は、量産を考慮した金型の製作、ステントの製造方法について研究を進める。

References:

- [1] M. Shimomura, Biomimetics, National Science Museum16, Tokai University Press, 2 (2016).
- [2] A. Sekiguchi, The 7th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (2008)
- [3] A. Sekiguchi, Y. Matsumoto, H. Minami, T. Nishino, H. Tanigawa, K. Tokumaru, and F. Tsumori, "Study of the Antifouling Polymer Sheet which used Biomimetics Technique", Proc. Journal of Photopolymer Science and Technology, Vol. 35, (2018).