

# Development of Biomimetic Functional Materials by Wettability Control

August 2017

TENJIMBAYASHI, Mizuki

## 主 論 文 要 旨

報告番号	①	第	号	氏 名	天神林 瑞樹
主 論 文 題 目： Development of Biomimetic Functional Materials by Wettability Control (バイオミメティクスによる材料の濡れ性制御と高機能化に関する研究)					
(内容の要旨) 近年の分子科学・ナノサイエンスの急速な発展に伴い、自然界の優れた機能から着想を得る「バイオミメティクス」による材料・システム設計が注目を集めている。特に蓮の葉の撥水性に代表される生体機能から着想を得た濡れ性制御技術は、その汎用的な特性から工業・医療材料を初めとした幅広い分野への応用展開が期待されている。つまり本技術の課題は、生体機能を再現する手法の新規提案、及び機械耐久性や透明性などの応用先に合わせた機能性の付与である。 そこで本研究では、バイオミメティクスに基づく濡れ性制御技術を用いることで、生体機能を再現した材料の設計手法を新規提案した。さらに機能材料の濡れ特性を活かして防汚コーティング材、油水分離材、バイオセンサ、マイクロ流体デバイスの高機能化に着手した。 第1章では、バイオミメティクスによる機能性材料の背景を概説した。 第2章では、蓮の葉の表面構造の模倣による撥水性薄膜材料の設計手法を検討した。まず、工業的な用途に向けて撥水表面の課題である機械耐久性の改善手法を、撥水性ナノ粒子・接着樹脂による複合構造を用いて検討した。その結果、ナノ粒子と樹脂層による階層構造が、50 kPaの圧力下での摩擦に対して撥水性を維持することを見出している。次に、医療用途に向けた撥水性センサ材料の設計手法を考案している。 第3章では、水と油に対して選択的な濡れ性を有する撥水・親油性コーティング材料の設計手法を検討した。本技術は支持体の表面化学修飾による油水分離技術への応用が期待されているが、支持体の選択性や大面積製造に課題が存在する。そこでタイリクウズグモの巣が帯電して捕虫する特性から着想を得ることで、様々な支持体に対して化学修飾に依存することなく、貼り付け可能な撥水親油性自立シートを設計した。さらに撥水親油性自立シートを用いることで、ガソリンを含む5種の油と水の混合液に対して99%以上の効率で分離することを可能とした。 第4章では、新規防汚表面として撥水液体保持平坦表面(SPLASH: Surface with $\pi$ interaction Liquid adsorption, Smoothness, and Hydrophobicity)を開発した。SPLASHはウツボカズラの捕食器から着想を得た防汚表面技術を更に発展させたものである。ウツボカズラは内壁に潤滑液を分泌させることで餌を消化器に滑落させる特性があり、撥水性液体を表面に導入することで、水滴が滑落するコーティング材料の開発が可能である。従来は、多孔質表面を作製することで毛管力を利用して液膜保持を行っていたが、SPLASHは平坦表面に対して $\pi$ 電子相互作用によって液膜保持を可能とした。SPLASHは滑落性能・機械耐久性に関して従来技術への優位性を示した。 第5章では、サボテンのとげの異方的な濡れ特性から着想を得た液体輸送表面の設計方法を検討した。サボテンのとげ上では、水滴はとげの先端から表皮に向かって一方方向の移動を示す。そこで液体の付着力の異なる撥水パターンニング表面を設計することにより、液体が設計した方向に輸送されるコーティング材を開発した。さらに本技術を用いて液体が付着残りを示すことなく輸送可能なマイクロ流体デバイスを構築した。 第6章では、本研究の成果を総括し、バイオミメティクスによる機能材料の展望について述べた。					

## Thesis Abstract

No. \_\_\_\_\_

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	TENJIMBAYASHI, Mizuki
Thesis Title			
Development of Biomimetic Functional Materials by Wettability Control			
Thesis Summary			
<p>There is a long history of obtaining inspiration from nature for the design of purposeful materials and systems. With recent advances in nanotechnology, biomimicry has been gaining increasing attention as a way to achieve such multifunctional materials. Bioinspired wettability as represented in lotus leaves have potential application ranging from industry coatings to biomedical materials. In this work, which is organized into 6 chapters, bioinspired materials are designed for the control of surface wettability, and they are applied for anti-fouling coatings, oil-water separator, biosensor, microfluidic devices with multi-functionality.</p> <p>Chapter 1 summarized the background of biomimetic functional materials.</p> <p>Chapter 2 described a way to design hydrophobic materials inspired by a lotus leaf. For industrial application, superhydrophobic coatings which overcome the crucial weakness of mechanical instability were designed by optimizing the nanoparticle/adhesive resin composite structures using proposed spray method. The surface maintained the superhydrophobicity after abrasion with the pressure of 50 kPa. Moreover, potassium ion sensors in blood with anti-blood contamination properties are also designed as a rarely reported example of biomedical sensors with a hydrophobic property.</p> <p>Chapter 3 described a way to design selective-wetting (hydrophobic/oleophilic) materials. Inspired by the predation mechanism of a spider <i>Uloborus walckenaerius</i>, self-standing and attachable nanofiber sheets with the wettability are designed. The nanofiber sheet attaches to various supporting materials to give the wettability and is works as oil-water separation system.</p> <p>In Chapter 4, novel slippery coating material: SPLASH (surface with <math>\pi</math>-interaction liquid adsorption, smoothness, and hydrophobicity) was designed inspired by a pitcher plant <i>Nepenthes rafflesiana</i> Jack who use to make insects slide down their leaves into their digestive juices. SPLASHs are designed by immobilization of hydrophobic liquid on a smooth surface by <math>\pi</math> interaction for the introduction of slippery interfaces. The state of the art surface performed excellent anti-fouling properties with transparency and durability.</p> <p>Chapter 5 described a way to design anisotropic-wetting materials learned by water harvesting method of a cactus <i>Cactaceae</i>. Here, the anisotropic wetting coating materials which control droplet motion are realized by patterning of hydrophobic patterning with different adhesion force. Water and oily droplets can slide directionally to the patterned railways without a loss of liquid volume; thus, the surfaces are applied for microfluidic system.</p> <p>Chapter 6 summarized the results of this study and a future prospect of biomimetic functional materials.</p>			