

ハリセンボンをヒントに耐久性に優れた超撥水材料を開発

～高い耐摩耗性・変形耐性を実現、構造材料への適応に期待～

配布日時：2019年9月10日14時

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

概要

1. 物質・材料研究機構（NIMS）は、ハリセンボンの表皮から着想を得た新しい超撥水材料を開発しました。従来材料の致命的な欠点であった摩耗や変形への弱さが大きく改善されたことで、耐久性が求められる構造材料などへの適応が期待されます。
2. 材料表面が水滴を弾く超撥水性は、水滴付着に由来する汚れや凍結、腐食、菌の繁殖を解決する手法として注目されています。超撥水性を発現させるためにはナノ-マイクロメートルスケールの微細な凹凸構造が必要ですが、擦る、捻る、引っ掻くといった外力が加わると、容易に壊れてしまい、直ちに機能が損なわれてしまうという問題がありました。
3. 今回NIMSは、ハリセンボンの表皮をヒントにすることで、超撥水材料の致命的な欠点であった耐久性を改善した材料を開発しました。ハリセンボンの表皮は、テトラポッド型の剛直なトゲ（鱗）と柔軟性に富んだ皮膚という相反する力学特性を持った材料からできています。この複合構造に倣い、テトラポッド状の無機ナノ材料を柔軟なシリコン樹脂中に高密度に充填することで、外力が加わっても凹凸構造が常に表面に露出する超撥水材料を開発することに成功しました。



4. 今回開発した耐久性に優れた超撥水材料は、無機ナノ材料と汎用性樹脂を混ぜて練り合わせるのみで機能が発現することから、従来の樹脂成形や塗装技術を適用することができます。今後、この成果を、流体抵抗を低減するための船底塗料など、“耐久性”がボトルネックとなることで超撥水の実用化が妨げられてきた分野への適用を目指し開発を進めます。
5. 本研究は、国立研究開発法人物質・材料研究機構 若手国際研究センター山内祥弘 ICYS 研究員と、国立研究開発法人物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門 データ駆動高分子設計グループ 内藤昌信 グループリーダーらの研究チームによって行われました。また本研究は、安全保障技術研究推進制度の一環として行われました。
6. 本研究成果は、ACS Applied Materials & Interfaces 誌にて2019年8月20日にオンライン掲載されました。

研究の背景

水滴を弾く超撥水材料は、水滴の付着に由来する汚れや凍結、腐食、菌の繁殖などを解決する表面処理技術として身近な生活から産業分野まで幅広く注目されています。例えば超撥水性材料を金属表面に塗布すると、錆の発生や凍結を抑制する効果があります。近年では船底塗料に用いることで流動抵抗を低減する効果が報告されています。

自然界では蓮の葉が超撥水性を示すことが分かっています。蓮の葉は、ナノ-マイクロメートルスケールの疎水性凹凸構造を有しており、この表面特性や構造を模倣し、人工的に再現することで超撥水材料が作製されてきました(図1)。しかし、この表面の凹凸構造は非常に微細なため、超撥水材料は機械的外力によって容易に表面構造がこわれ、超撥水性を失ってしまいます。そのため多くの超撥水材料にとって、耐久性が実用化に向けたボトルネックになっており、特に摩耗耐性や曲げ耐性のある超撥水性材料の構築が求められています。

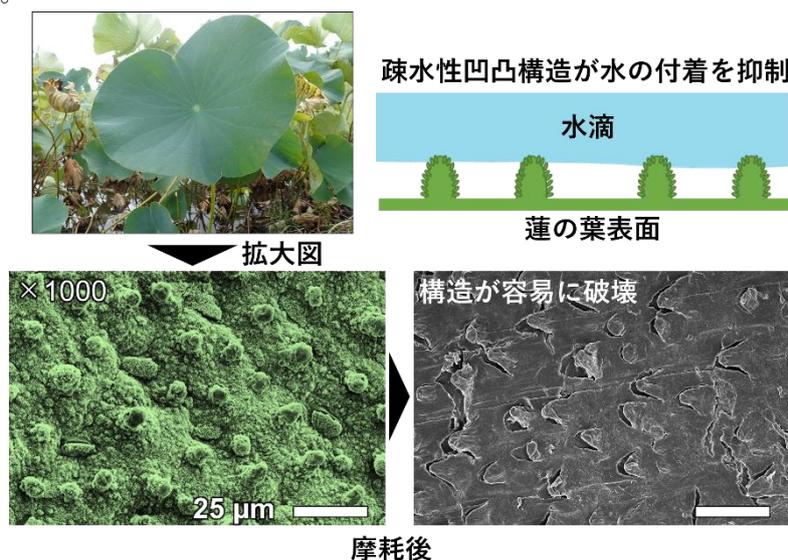


図1：蓮の葉と表面の電子顕微鏡像。蓮の葉はナノ-マイクロメートルスケールの凹凸構造により水滴の付着を抑制する。しかし、この構造は摩耗により容易に破壊されてしまう。

研究内容と成果

本研究では、ハリセンボンの表皮をヒントにした材料を開発しました。ハリセンボンの表皮は、テトラポッド型の剛直なトゲ(鱗)と柔軟性に富んだ皮膚から構成されています。図2左はハリセンボンの骨格構造標本図になります。この複合構造に倣い、テトラポッド状の無機ナノ材料を柔軟なシリコン樹脂中で架橋した材料を作製しました。電子顕微鏡で開発材の表面を観察したところ、剛直な無機ナノ材料によるトゲ構造が高密度で表面に充填された構造を形成していることが分かりました(図2右)。

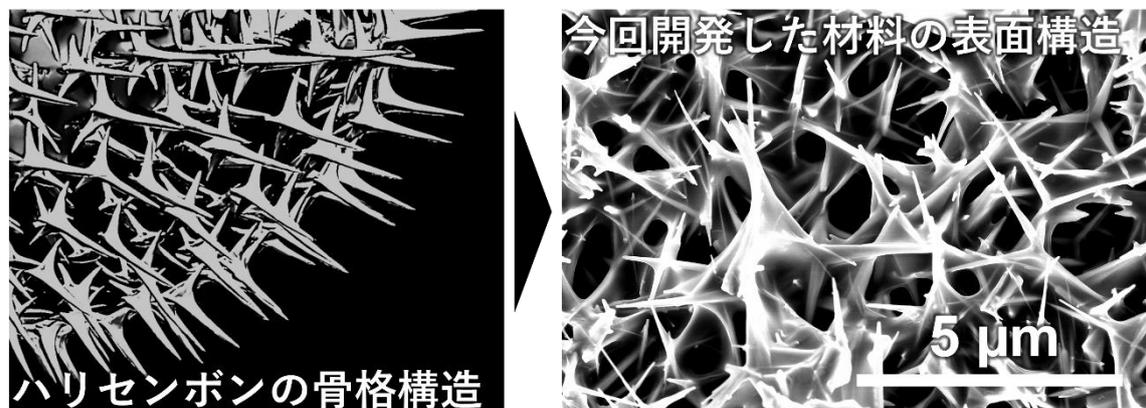


図2：ハリセンボンの骨格構造(左)と今回開発した材料表面の電子顕微鏡像(右)

この材料は、表面の棘状構造の密度をナノレベルで制御することで超撥水性を示します。図3は水滴を今回開発した材料の表面に滴下したときの様子を、高速度カメラで撮影した画像です。水滴は材料表面を全く濡らすことなく弾かれる様子が分かります。本研究では棘状構造が蓮の葉表面と同じような超撥水性の発現条件を満たすことも理論計算によって明らかにしました。

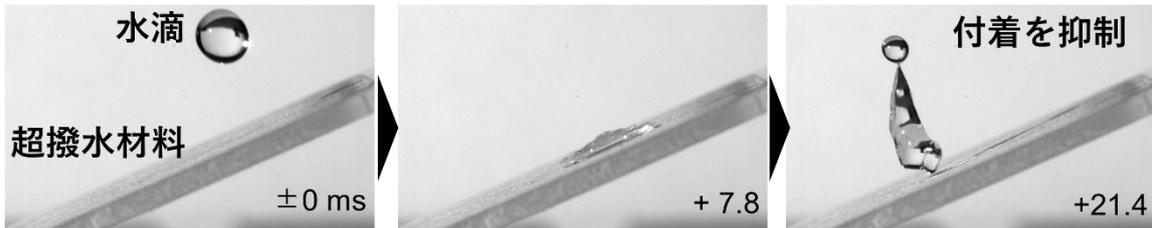


図3 今回開発した材料に水滴を滴下したときの高速度カメラ像。

この複合材料は、ハリセンボンの特性に由来する剛直性と柔軟性を有しています。さらに棘状構造体が三次元ネットワークを形成しているため、擦る、捻る、引っ掻くといった外力によって表面構造が損なわれても、新たに凹凸構造が露出する特性を有することが明らかになりました。図4に示されるように、極端な変形や刃物により表面が損傷した際も損傷部位から新たに凹凸構造が形成され、超撥水性を維持することが明らかになりました。

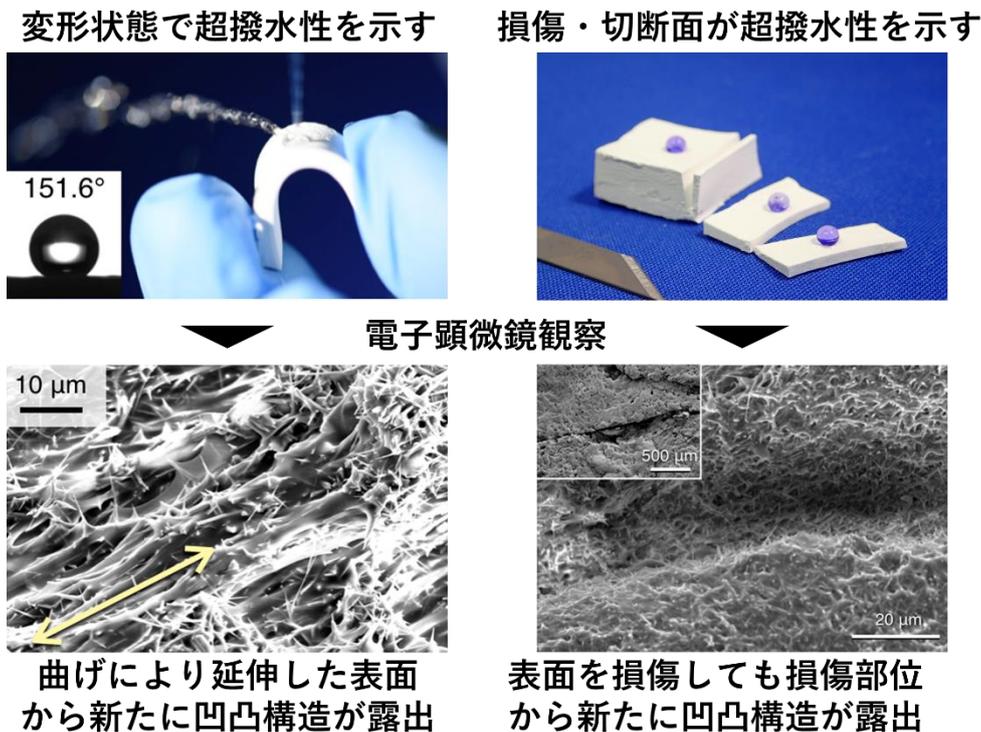


図4 変形・損傷時にも超撥水性を維持する様子。電子顕微鏡像より、変形・損傷時に損傷部位から新たに凹凸構造が形成される様子が観察された。

今後の展開

本研究では、材料の剛直性と柔軟性、万一の損傷時に凹凸構造が新規形成するメカニズムを併せ持つことで優れた機械耐久性を示す超撥水材料の設計に成功しました。今回開発した超撥水材料は、無機ナノ材料と汎用性樹脂を混ぜて練り合わせるのみで機能が発現することから、従来の樹脂成形や塗装技術を適用することができます。今後、この成果を“耐久性”がボトルネックとなることで実用化が妨げられてきた

超撥水分野に適用します。特に、流体抵抗を低減するための船底塗料など、新たに超撥水材料の用途開発を目指していきます。

掲載論文

題目：Durable and Flexible Superhydrophobic Materials: Abrasion/Scratching/Slicing/Droplet impacting/Bending/Twisting-Tolerant Composite with Porcupinefish-like Structure

著者：山内祥弘 (物質・材料研究機構 若手国際研究センター)
天神林瑞樹 (物質・材料研究機構 データ駆動高分子グループ)
佐光貞樹 (物質・材料研究機構 データ駆動高分子グループ)
内藤昌信 (物質・材料研究機構 データ駆動高分子グループ)

雑誌：ACS Applied Materials & Interfaces

掲載日時：2019年8月20日

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門 データ駆動高分子設計グループ
グループリーダー 内藤昌信 (ないとうまさのぶ)

TEL: 029-860-4783

E-mail: NAITO.Masanobu@nims.go.jp

URL: <https://www.nims.go.jp/research/group/data-driven-polymer-design/index.html>

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室

〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp