

2012年10月4日

報道関係者各位

ワンプッシュの微細シワ加工技術で2つの超撥水性を同一基板に実現!!

ハスの葉の超撥水性、バラの花びらの水滴付着性、ゴミムシダマシの水滴捕集性(水滴方向の制御)の3役を1枚でこなす、全く新しい超撥水フィルムが誕生
～微細加工の新規技術としてだけでなく、水資源・節水対策にもつながる大きな1歩～

東京理科大学 科学技術交流センター (承認 TLO)

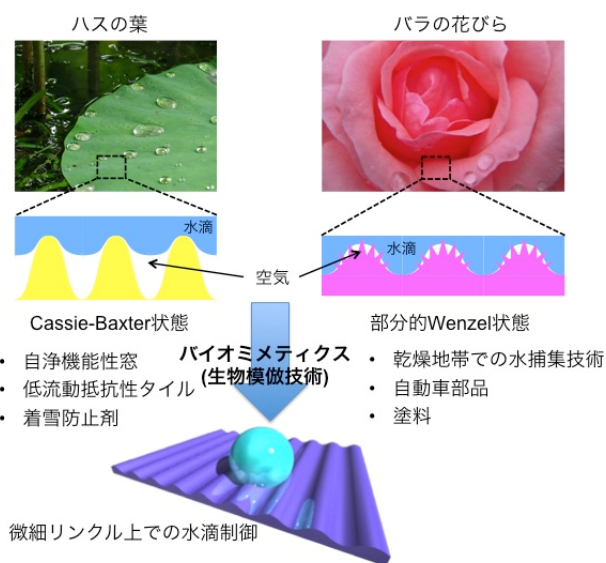
東京理科大学・工学部工業化学科 遠藤 洋史 (えんどう ひろし) 助教と同学科4年生、辻 珠 (つじたまみ)、同学科河合 武司 (かわいたけし) 教授らの研究グループは、ワンプッシュでゴム基板全体に周期性の異なる2種類のストライプパターンを同時に作製できる手法を開発しました。この手法は、生物のシワ発生過程から着想を得て表面座屈現象を利用したもので、さらに、フィルムに撥水コーティングを施すと、2種類のパターン構造に由来して超撥水・高吸着性領域と超撥水領域という異なる性質の表面ができることを見いだしました。本成果は、従来のトップダウン型のリソグラフィー技術の課題を克服するだけでなく、環境、節水、医療分野など多方面において展開が可能となります。

なお、本研究については、来る平成24年10月14日から開催される「第2回CSJ化学フェスタ(会場:東京工業大学大岡山キャンパス/主催:公益社団法人日本化学会)」にて発表いたします。

【研究の背景】

現在、“水の惑星”と呼ばれる地球上には液体状態にして約14億km³の水が存在します。しかし、そのほとんどが海水であり、淡水は2.5%に過ぎません。さらに、われわれの生活の場である陸地にはわずか0.01%の水しか存在しません。世界各地では干ばつや砂漠化が深刻な問題となっており、安全な飲料水が不足している人口は約10億人ともいわれています。この貴重な水資源を確保し、有効利用するための技術開発の進展が求められています。

一方、自然に目を向ければ、微細凹凸構造を巧みに利用して撥水技術を有している動植物が多数存在します。ハスの葉には水の有効利用という点で、水滴をコロコロ転がし、汚れを絡めとる自浄作用があります。バラの花びらは水滴を付着させ、栄養分を補給しています。また、ナミブ砂漠に生息するゴミムシダマシは朝霧に含まれる水滴を捕集し飲用しています。これら撥水表面に共通することは、いずれも表面にマイク



バイオミメティクスによる超撥水フィルム設計

- ・ 自浄機能性窓
- ・ 低流動抵抗性タイヤ
- ・ 着雪防止剤
- ・ 乾燥地帯での水捕集技術
- ・ 自動車部品
- ・ 塗料

ロサイズの微細凹凸構造をもっている点です。

これら動植物がもつ撥水技術は、医療用器具から燃料輸送パイプ、ワイパー不要のガラス開発、乾燥地域での水捕集技術など、水資源・節水対策へのヒントにもつながる重要な要素技術を教えてくれる好例であると言えます。

このような自然・生物界の構造やシステム、機能を学び、それらを高性能な材料開発へと活用する“バイオミメティクス（生物模倣技術）”という分野の研究が近年さかんに行われています。本研究では、生物のしわ（リンクル）発生過程から着想を得た微細加工技術により、自在に水滴を操作できる大面積の超撥水フィルムの作製に成功しました。

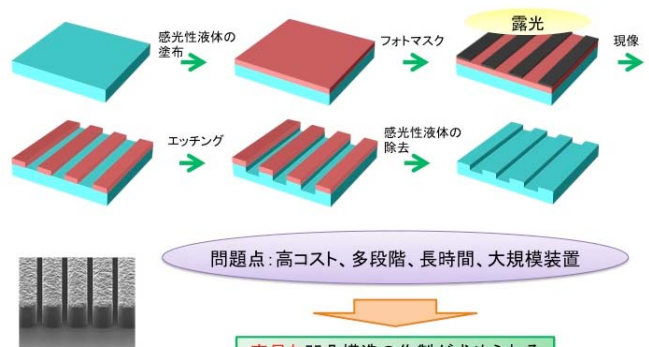
【研究成果の概要】

1. 生物のしわ形成過程に基づく微細加工技術

一般に微細加工技術には、トップダウン型のフォトリソグラフィーやナノインプリント技術が用いられています。これらは成熟した技術である反面、多段階・高コストプロセスといった課題も併せもっています。近年では、異種高分子の相分離やブロック高分子の選択的エッチング手法を用いたボトムアップ型のナノリソグラフィーも発展してきていますが、精密合成や形態制御が非常に難しいです。

我々はこれまで、汎用性のシリコンゴム（ポリジメチルシロキサン；PDMS）表面に硬シリカ層や金属などの硬化層を密着・形成させ、表面方向に圧縮応力が加わる場合の、界面の座屈現象を利用した自発的リンクル構造の制御と機能化について研究してきました。このリンクル構造は、柔らかい下地の弾性体と上面の硬化層とのヤング率の差に起因して形成されます。また、上層の厚みや主応力の方向により、空間波長を数百nm から数十 μm （もしくはそれ以上）まで、またストライプパターンやラビリンスパターンなどの構造特性を自在に制御できることを見いだしてきました。

肌や皮膚の構造は、表面から表皮、真皮、皮下組織の3層構造になっており、内側に行くほど弾性率は低くなる傾向にあります。力学的視点に立てば、筋肉の収縮などによりシワが生じるのは座屈するためであり、シワが残留するのは塑性変形といえます。実は、“脳のシワ”や“腸のひだ”といった凹凸構造も、細胞表層と内部の細胞骨格両層の力学的なバランスにより決定されます。からだや組織が形づくられていく発生・形態形成過程では、伸張方向・成長速度の差異、構造シンメトリーの崩壊など、いわゆる座屈不安定性（buckling instability）が三次元組織の複雑構造化を促進しています。同様に、葉のエッジで観察される波状リップル構造も、植物が成長するにつれ、そのジオメトリーは変化していきます。



従来のトップダウン型の微細加工技術



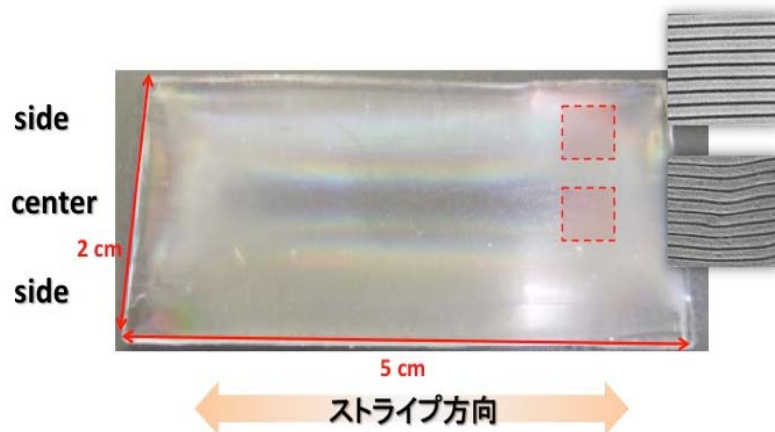
本研究の微細リンクル加工技術

2. ワンプッシュナノリソグラフィー技術による超撥水フィルムの開発

本研究の微細加工は、これらシワ形成過程から着想を得たものです。具体的には、PDMS フィルムを半円柱状の金属棒で立体的に伸張し(下から突き上げ)、硬化層を形成後〔ここではプラズマ処理を施し、ゴム表層に硬いSi ネットワーク(硬シリカ層)が構築される〕、初期状態にひずみを開放していくアプローチという非常に簡単なものです。その結果、クラックの全くないストライプパターンが基板全体に形成され、さらに円柱が接している領域(センター)と接していない領域(サイド)で、波長(溝の幅)や振幅(溝の深さ)が異なる2種類のパターンを同時に作製できることを見いだしました。このフィルムを超撥水化するために、銀蒸着を施した後、フッ素系のシランカップリング剤をスピンドーティングにより塗布してゾルゲル膜を作製しました。サイドでは、波長が長く振幅が深いために超撥水性(接触角が163度)を示しました。

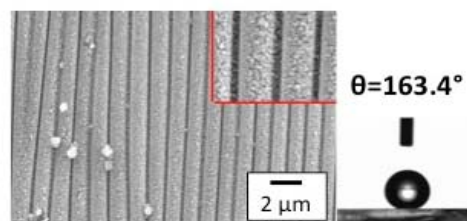
これは空隙に空気がトラップされ、水をはじくためです。驚くべきことに、センターでは、サイドと比較して波長が短く振幅が浅いため、超撥水状態(接触角が157度)であるにも関わらず水滴が吸着する現象が確認されました。空気のトラップ層が小さいためであると考えられます。

水滴をフィルムサイドから滴下するとコロコロ転がり、その水滴はセンターで止まり吸着します。このように、ハスの葉の超撥水性、バラの花びらの水滴付着性、ゴミムシダマシの水滴捕集性(水滴方向の制御)の3役を一枚でこなす、全く新しい超撥水フィルムが誕生しました。



フィルムの外観

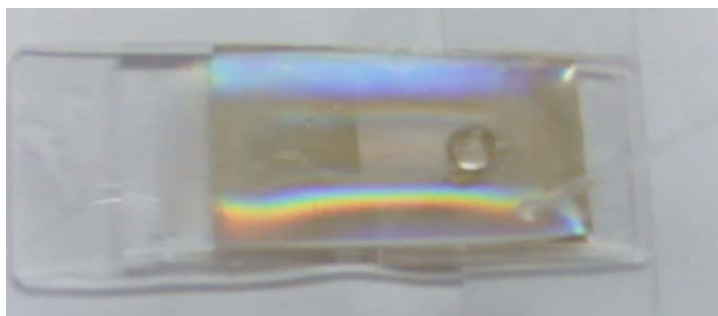
(サイド部はよりきれいなストライプ構造のために干渉色が見える)



超撥水処理後の基板表面と接触角(サイド部)



フィルム断面模式図



水滴滴下の様子

(サイド部では水がはじかれ、自動的にセンターへ水滴が超撥水状態で捕集される)

【今後の期待】

本技術は既に特許出願をしており、低コスト・大面積化可能な新規リソグラフィー技術として従来のフォトリソグラフィー技術やナノインプリント技術を打破し、さらには自在な水滴輸送制御が可能なことから、環境、節水、医療と多方面において応用できます。

【ご参考】

第2回 CSJ 化学フェスタ 2012 開催概要

- ・主催：公益財団法人 日本化学会
 - ・会期：2012年10月14(日)～17日(水)
 - ・会場：東京工業大学 大岡山キャンパス (東京都目黒区大岡山)
 - ・問い合わせ：公益社団法人日本化学会 企画部
- Mail : festa@chemistry.or.jp / Tel 03-3292-6163

【本研究内容に関するお問合せ先】

■河合研究室

助教 遠藤 洋史 03-3260-4272 (内線 5723)
(endo@ci.kagu.tus.ac.jp)

【当プレスリリースの担当事務局】

■東京理科大学 科学技術交流センター (承認 TLO)

企画管理部門 担当：宮田、松下 Tel: 03-5228-8090
Fax: 03-5228-8091

*本資料中の図等のデータはご用意しております。上記、TLO 関係者までご連絡頂ければ幸いです。