

## バイオミメティクスによる持続可能な包装材開発

### Biomimetic development of sustainable packaging

応用化学生物学科 下村政嗣 (Masatsugu SHIMOMURA)

Biomimetics is the emerging paradigm shift based on biodiversity to innovation for sustainability. Development of sustainable packaging is indispensably required for dissolving ocean microplastic pollution. Cellulose is natural resources and expected to be materials for sustainable packaging. Water repellency is one of the fundamental functions of packaging materials. By mimicking the surface properties of plant leaf whose surface has bumpy micro-nano structures and waxy secretions, water repellency of the cellulose paper is drastically increased without using plastic materials.

2018年1月16日、欧州連合(EU)は、“Plastic Waste: a European strategy to protect the planet, defend our citizens and empower our industries”を採択したり。“史上初の欧州全体を対象としたプラスチックに関する戦略は、循環型経済への移行の取り組みの一環”であり、“EU市場に流通する全てのプラスチック製の包装材は2030年までに再生利用可能なものになり、使い捨てのプラスチック類は削減され、マイクロプラスチックの故意的使用は制限される”ことになる。この背景には、マイクロプラスチックによる海洋汚染の深刻さと、昨年暮れに中国政府が“資源ゴミ”の輸入禁止を決定したことがある。廃棄プラスチックの再利用には、プラスチック原料としてのマテリアルリサイクル、化学原料化するケミカルリサイクル、エネルギー源として用いるサーマルリサイクルがあるものの、“脱プラスチック”という考え方が持続可能な包装材料にとってパラダイム変換をもたらすものと期待される。

食品包装材料の歴史は、天然物から合成化学への移行そのものであった。60年代高度成長経済期の“ゼロハン衰退産業論”予言が当たり、耐水性やガスバリア性などセルロース系素材では対応できない機能に応えるためにプラスチック素材の需要が増え、容器包装リサイクル法の施行によるリデュース、リユース、リサイクルが定着したこともあり、食品用途を始めとした各種容器・包装資材の市場は4.5兆円規模に成長した。包装資材の構成比は、紙・板紙が40%、プラスチックは30%であるものの、環境意識の高まりを受けてバイオプラスチックへの注目度が高くなる時流において、セルロース系包装材においても技術革新が求められている。製紙業界がセルロースナノファイバーに注目していることに、セルロース回帰に向けた技術革新のトレンドを見てとることができる。

そもそも紙の原料であるセルロースは、再生可能資源である植物が産生するものであり、さらには、植物の葉は食品包装材料の原型でもある。笹や朴葉、竹などの植物の葉には多様な抗菌物質が含まれ、防腐作用があるとして古代より食品の包装に用いられている。植物の葉は、固形物、流動物、粉状、液体等、多様な食品に適用され、強度や加工性もあり、生分解性に優れた包装材料である。しかし、資源減少により確保が困難になりつつあり、また、食品衛生法上では適用できる食材は限られている。

近年、バイオミメティクスの展開により、植物の葉の表面にはナノ・マイクロスケールの微細構造が形成されており、撥水性や自己洗浄作用をもたらすことが見出された。さらに最近では、抗菌作用や防汚効果に関する研究も盛んになされている。葉の表面に形成されるナノ・マイクロ構造は、昆虫や節足動物の表面にも形成されており、濡れ性や撥水性、無反射性などの光学特性、低摩擦性、耐熱性など多様な機能を有することが明らかになった。さらに、植物や昆虫、節足動物の体表面はクチクラによって形成されており、その主成分はセル

ロースやキチン、キトサンなどの高分子多糖と脂質やワックスなどの微量の分泌物である。生物表面が有する多様な機能は、クチクラ表面の微細構造と分泌物による相乗的な効果によって発現されることが明らかにされつつある。

本研究の目的は、すでに筆者らが開発した自己組織化ハニカムフィルムを母体として鋳型、金型を作製し、セルロースやキチン、キトサンフィルムの表面にナノ・マイクロ構造を付与し、耐水性や耐油性、バリア性、透明性、など包装材料に要求される機能を達成することにある。ハニカムフィルムを鋳型として作製したマイクロレンズアレイを鋳型としてキチン溶液やセルロースナノウィスカー分散液、セルロースナノファイバー懸濁液を塗布、乾燥し、鋳型を剥離すると、全てのフィルム表面において、ハニカム様マイクロディンプル構造が形成された。さらにその表面を拡大して観察すると、セルロースナノウィスカーやセルロースナノファイバーが密にパッキングしている様子も確認できた。

図1にセルロースナノウィスカーからなるフィルムの表面構造ならびに濡れ性の評価結果を示す。親水表面を有するフィルムの濡れ性は、マイクロディンプル構造を付与することで超親水性に変化した、一方、ドデシルイソシアネート、トリエトキシ-n-オクチルシラン、FAS17 (FAS17はフッ素系材料であり、本研究の目的にはそぐわないものの、原理確認用として利用した) でフィルム表面を化学修飾すると、フィルム表面は撥水性に転じ、マイクロディンプル構造を付与すると接触角はさらに大きくなることがわかった。

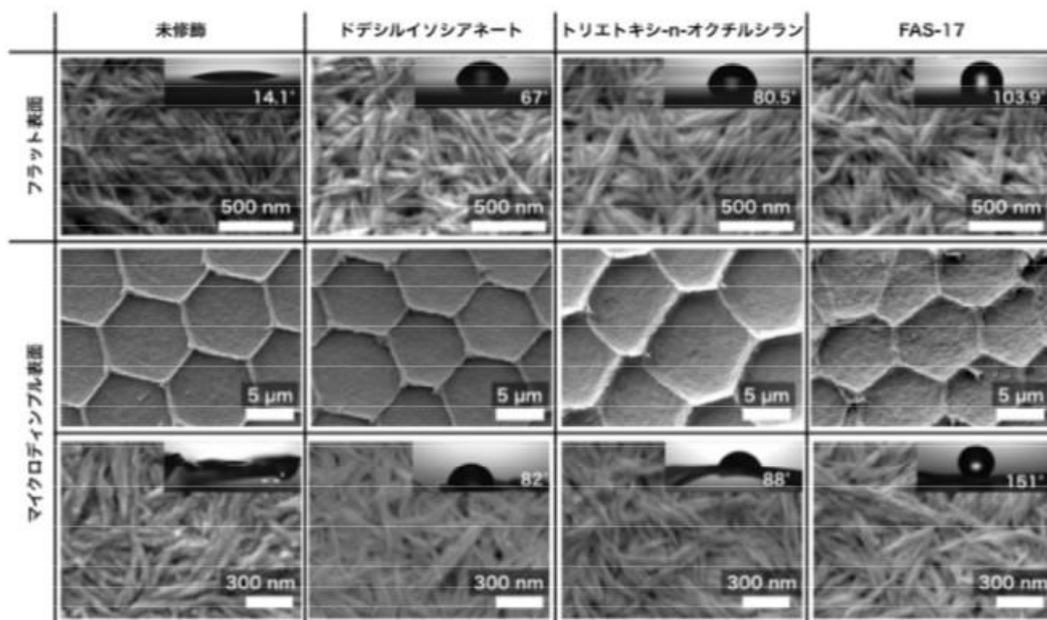


図1 表面修飾前後のセルロースナノウィスカーフィルムのFE-SEM像と水滴接触角測定

以上の結果は、公益財団法人北海道科学技術総合振興センター（ノーステック財団）による平成29年度イノベーション創出研究支援事業の支援を受けた「自己組織化プロセスによる生物模倣機能性食品包装材料の開発」の成果である。

参考文献

1) [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-5\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-5_en.htm)