

生体模倣（バイオミメティクス）による食品包装フィルムの開発

## 第2回 ウツボカズラの表面形態と滑油コーティング

株式会社 SNT 藤本幸司, 慶 奎弘, 堀田芳生, 広辻 潔 慶應義塾大学 白鳥世明

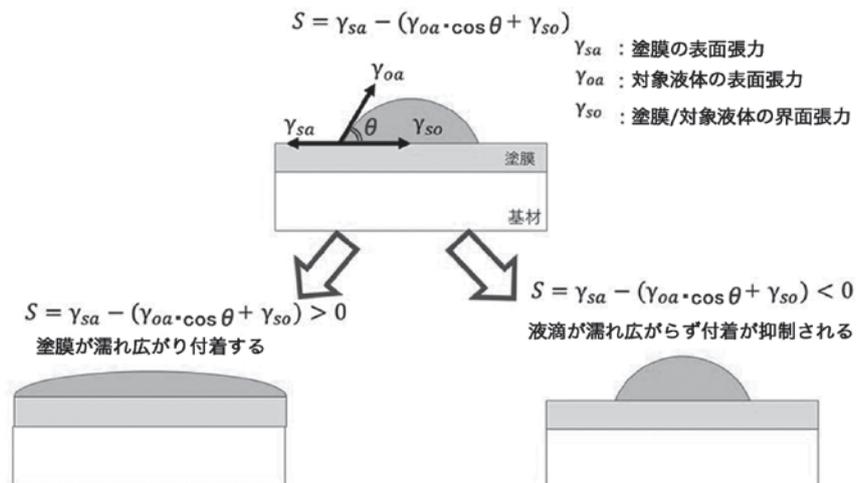
### ●はじめに●

株式会社 SNT は、慶應義塾大学新川崎 K2キャンパスの次世代薄膜プロジェクト発のベンチャー企業として、バイオミメティクスによる機能性コーティングの研究開発を行ってきた。動植物の生態を模倣することで、水・油・粘性液体の付着を抑制する食品包材への応用が可能となる。

本誌では、【第1回：蓮の葉の表面形態と超撥水コーティング、第2回：ウツボカズラの表面形態と滑油コーティング、第3回：蓮の葉の表面形態と撥油コーティング】の全3回にわたって、食品包材に有効なバイオミメティクスコーティングの最新的话题を紹介する。本稿第2回は、ウツボカズラの表面形態と滑油コーティングの食品包材の開発について報告する。

### 1. 液体の表面張力と濡れの挙動

本誌第1回で紹介した超撥水コーティングは、蓮の葉のマイクロナノ凹凸構造を人工的に再現することで、水性液体の付着防止に有効であるが、油性液体や界面活性剤においては塗膜に浸透するため、十分な機能を満たせない。水の表面張力 72mN/m に対して、オレイン酸の表面張力は 32mN/m と著しく低く、毛管力により超撥水コーティングの凹凸構造に浸透する。塗膜への液滴の浸透を抑制するには、塗膜表面の液滴付着の挙動を指標化、液滴の特性に合わせた塗膜の設計が必要となる。塗膜の表面張力  $\gamma_{sa}$  は、表面張力



第1図 拡張係数 S と液滴付着の挙動 (カラー図表を HP に掲載 C028)

の異なる数種類の液体の接触角を計測することで算出でき、この手法は Zisman plot として広く認知されている<sup>1)</sup>。塗膜の液滴付着の挙動は、式(1)の拡張係数 S で定義できる(第1図)。塗膜への液滴の濡れ広がり抑制するには、塗膜の表面張力  $\gamma_{sa}$  を対象液体の表面張力  $\gamma_{oa} \cdot \cos \theta$  と塗膜/対象液体の界面張力  $\gamma_{so}$  の和よりも小さくする必要がある ( $S < 0$ )。

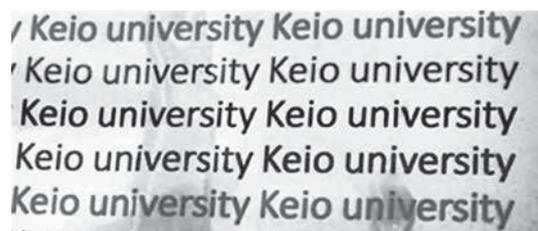
$$S = \gamma_{sa} - (\gamma_{oa} \cdot \cos \theta + \gamma_{so}) \dots \dots (1)$$

液滴が濡れ広がり付着が抑制される:

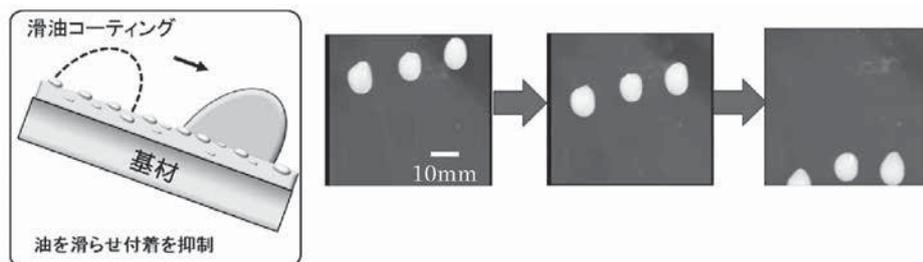
$$S = \gamma_{sa} - (\gamma_{oa} \cdot \cos \theta + \gamma_{so}) < 0$$

液滴が濡れ広がり付着する:

$$S = \gamma_{sa} - (\gamma_{oa} \cdot \cos \theta + \gamma_{so}) > 0$$



第2図 オイルが滑落する様子 (左:未処理品, 右:処理品) (カラー図表を HP に掲載 C029)



第3図 流動食品液滴（パスタソース）が滑油コーティングした基材の表面上を落下する様子（カラー図表をHPに掲載 C030）



第4図 滑落コーティングが界面活性剤（衣類用柔軟剤）を滑落させる様子（左：未処理品，右：処理品）（カラー図表をHPに掲載 C031）

第1表 超撥水コーティングと滑落コーティング（SC-002）

技術分類	超撥水コーティング	滑落コーティング（SC-002）
水に対する効果	よく弾く，接触角150°以上	弾く，接触角100°
水の滑り性	数度～10度程度の傾きで転がる	数10度の傾きで転がる
油に対する効果	弾かない，滑り性なし，濡れ広がる	接触角40°程度，滑り性あり
界面活性剤に対する効果	濡れ広がる	滑り性あり
外観	半透明（乳白色）	透明
ヘイズ	20～40程度	1以下
密着性	擦りにより膜が剥がれやすい	擦っても膜は剥がれにくい

## 2. 滑油コーティングの特性

蓮の葉の構造とは別のアプローチとして，米国ハーバード大学やMIT，慶應義塾大学などで，ウツボカズラの内壁で虫が滑り落ちる機構を模倣したコーティングが研究されるようになった<sup>2-3)</sup>。ウツボカズラの壁面は，潤滑剤が保持されているため，<sup>しゅうどう</sup>摺動性が高く液体を滑落する。また，超撥水コーティングは，塗膜表面のマイクロナノ凹凸構造により光散乱が生じ，塗膜が白濁するが，滑油コーティングの表面は凹凸構造を持たないため，透明性が高い。

滑油コーティングに赤く着色したオイルを滴下すると，未処理の基材は濡れ広がるのに対し，滑油コーティングは濡れ広がることなく，オイルの液滴がスムーズに滑落した（第2図）。さらに，

高温の液体に対しても滑油性を維持することから，レトルト容器など加熱工程が必要な用途に応用できる。80°Cに加熱したパスタソースを滑油コーティングに滴下すると，付着することなく滑落した（第3図）。

特に界面活性剤において，高い性能を示す塗膜を滑落コーティング（SC-002）と弊社では称している。洗剤に浸漬した後，未処理の基材は洗剤が濡れ広がったのに対し，滑落コーティング（SC-002）は洗剤がキレ良く液切れした（第4図）。超撥水コーティングと滑落コーティング（SC-002）の特性を第1表に比較する。対象液体が水系の場合は超撥水コーティングの特性が適しており，油や界面活性剤の場合，滑落コーティングの特性が適していると考えられる。弊

社は，対象液と用途に応じて超撥水コーティングと滑落コーティングを選定している。

## 3. 滑落コーティングの様々な用途

滑落コーティング（SC-002）は，超撥水コーティングにない優れた特性（油・界面活性剤の付着防止効果，透明性，耐久性）があり，我々は滑落コーティングをグラビア塗装した汚れ防止フィルムを様々な用途に展開している。透明性が高く，耐久性が高いことからレンズの汚れ防止やアンプル容器など食品以外の分野においても，油・界面活性剤の付着防止のニーズが多い。また，滑落コーティング（SC-002）はナノオーダーで均一に塗装されるため，容器内面にムラなく塗装することが可能である。滑落コーティング（SC-002）



第5図 オイルが滑落コーティング (SC-002) 容器内面を滑落する様子 (カラー図表を HP に掲載 C032)

を容器内面に塗装すると、オイルが濡れ広がることなく排出することができる (第5図)。

#### 4. 滑油コーティングのパウチ

パウチ食品のレトルト処理が必要な環境において、食品の付着防止効果を維持できることが望まれている。超撥水コーティングは、蒸気が塗膜内部の凹凸構造へ浸透するため、高温加圧の環境で食品の付着防止効果を維持することは難しい。我々は、高温加圧環境においても滑油コーティングが滑油性を維持する特性に着目し、滑油コーティングの油性食品の付着防止特性を検討した。

滑油コーティングをフィルムに塗装、パスタソースを充填してパウチ化、高温加圧後、パスタソースの残留量を評価した。未処理のパスタソースの残留量が14.36%に対して、滑油コーティングしたパウチは、20秒で5.70%、67秒で1.02%と残留量が軽減した。この現象は、前述のパスタソースの滴下試験と同様、パウチ内面の滑油コーティングは、表面に凹凸構造を持たず、平滑な撥

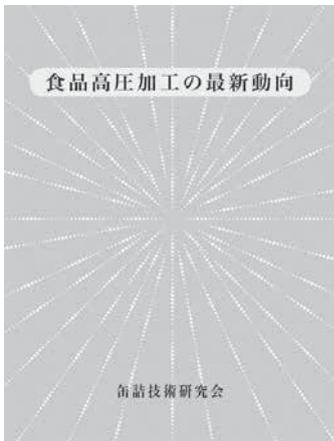
油表面であるため、高温加圧の環境においてもパスタソースの滑油性を維持できたと考えられる。

#### 5. おわりに

我々は、バイオミメティクスによるウツボカズラの表面形態から油性・界面活性剤の付着を抑制する滑油コーティングを開発してきた。これからも、超撥水コーティングでは、実現が困難な対象液体に対して需要は高まり、ウツボカズラの表面形態による滑油コーティングの実用化を進めていく予定である。

### 参考文献

- 1) 辻井 薫 監修：撥水・撥油の技術と材料 シーエムシー出版
- 2) 天神林 瑞樹, 白鳥 世明：月刊ファインケミカル, 2018, **47**,(1), pp.34-41
- 3) 藤本 幸司, 慶 奎弘, 堀田 芳生, 広辻 潔, 白鳥 世明：バイオミメティクスによる食品包装の開発, 包装技術, 2018, **56**,(7), pp.39-43



別冊合本 **食品高圧加工の最新動向**

監修：(国研) 農研機構・食品品質評価制御ユニット長 山本 和貴

本誌で連載したシリーズ解説：食品高圧加工の最新動向(全24回)を別冊合本に取りまとめました。食品高圧科学, 生物関連高圧科学, 食品高圧加工, 高圧加工装置等の視点から, 各分野の第一線で活躍する専門家の方々に執筆頂いております。世界では高圧加工ジュースの市場が大きく伸び、受託加工(有償加工)業態も活況ある中で、ジュース以外への応用についての関心も高まりつつあります。今後の日本で高圧加工食品市場の拡大に向け、本書は食品関連企業の方にとっての最新の幅広い技術を網羅したバイブルとして役立つことでしょう。

**販売価格 3,000円(税込, 送料別)** ※振込み手数料はお客様負担です

●お申し込みは、巻末記載の缶詰技術研究会のホームページ, メール, TEL, FAX, 及び通信カードのご利用をお願いします。