



# 超はじき技術「Aquaglide® アクアグライド」を利用したクリームが付きにくいフィルムの開発

大和製罐株式会社 技術開発センター 軟包装容器開発室  
松川 義彦, 橋本 香奈

## 1. はじめに

2018年のクリスマスシーズンに、クリームが付きにくいフィルムを商品化した。図1にお客様ご採用商品例を紹介する。ケーキ側面に巻かれたフィルムをはがした際、フィルムにはクリームの付着が殆ど見られない。ケーキ側面は滑らかで美しい表面が維持され、ケーキの品質と高級感、美味しさの演出を担わせていただいている。

本稿では、はじき技術「Aquaglide® アクアグライド」の紹介も交えながら、クリームが付きにくいフィルムの開発について述べる。



図1) 「Aquaglide® アクアグライド」を利用したフィルム お客様ご採用商品例

## 2. 超はじき技術開発の意義

近年、プラスチック資源循環のあり方が世界的に議論されている。使用した容器包装がごみとして環境中に放出されることなく、資源として適切に循環されるための技術開発に取り組むことは、総合容器メーカーのひとつの責務と捉える。リユースではもちろんのこと、リサイクルの手法によっては飲料・食品による汚れの除去が不可欠と想定される。使用後の容器包装の飲料・食品残渣を極力少なくする技術の構築によって、将来の資源循環社会に貢献したい。

また、容器や包装袋から内容物を取り出す際にも、従来よりも短時間で出しきること、

残さずに全量を使いきることが、食料廃棄を減らすことにもつながる。超はじき技術によって、微力ながら食品ロス削減にも貢献できると考える。

### 3. 超親水，超撥水，超滑水，超撥油

濡れに関する「超」が付く用語として最近、様々な文献で「超親水」、「超撥水」、「超滑水」といった記述が見られる。いずれも学術的な定義があるわけではない。親水性、撥水性、もしくは液滴転落性が極めて高度な状態、性質、表面、材料等を指す<sup>1)</sup>。表面の濡れ性は水滴の静的接触角（図2）により評価されることが多い。最近の「超撥水」・「超撥油」の定義は、静的接触角（ $150^\circ$  以上）に加え、接触角ヒステリシス（ $5^\circ \sim 10^\circ$  以下）や転落角（ $5^\circ \sim 10^\circ$  以下、ただし液滴のサイズは不明）も考慮して総合的に判断されるようになってきたが、これらの数値の科学的根拠は極めて曖昧である<sup>2)</sup>。また、測定に用いる液体の表面張力によって固体表面の撥液性能に違いが生じる。特に油に関しては種類も様々である<sup>3)</sup>。

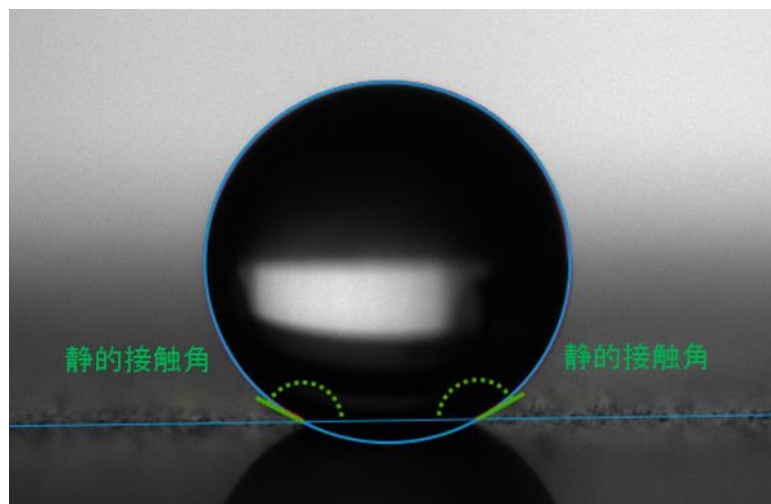


図2) 静的接触角

### 4. 超撥水表面の実用化への課題

超撥水技術で実用に繋がった例は、ヨーグルト製品に採用されているアルミニウム箔積層ふた以外に殆どないのが実状である。粗さを加えないと実現できない表面であり、耐久性、透明性維持が困難であることに主な理由がある。自然の植物は自己修復作用や新陳代謝により、汚れが堆積して超撥水性が失われることがない。現状では、屋内のような環境条件の変動が少ない空間での比較的短期間の用途以外に、実用化は極めて困難であろうといわれている<sup>4)</sup>。実用化に繋がらない最大の原因は、長期耐久性の不足である。この理由は、

- ① 表面の凹凸構造への汚れの物理的な噛み込み
- ② 水より表面エネルギーが低い油質の汚れや生物由来の有機物汚れの付着
- ③ 撥水処理を実施した場合、撥水剤の離脱



- ④ 固い物質の衝突等による表面構造の破壊
- ⑤ 静電気による汚れの付着

などが原因と考えられている<sup>5)</sup>。このため、長期耐久性の担保には、別の原理を用いた技術構築を鋭意研究開発中である。

## 5. クリームが付きにくいフィルムの特長

ホイップクリームはヨーグルトなどと比べると、同じ乳製品ではあるものの、含有する乳脂肪分が多く、従来の超撥水の技術ではじかせることが困難であった。商品化にあたり、慶應義塾大学のベンチャー企業である株式会社SNT(以下、SNT 社と省略)が保有する超はじき技術<sup>6), 7), 8)</sup>の応用で実現可能と考えた。SNT 社は慶應義塾大学 理工学部 白鳥世明教授が創設し、現在は弊社のグループ企業として共同ではじき技術を適用した容器包装の開発を行っている。SNT 社が保有する、油性液体に対する超撥油性を示すコーティングの特許を応用し、コーティング組成物の選定、およびコーティング後に形成する表面構造や撥油性などの実証を行い、油性食品用途の超撥油フィルムを製造する技術の確立へと進めてきた。今回上市したものは、洋菓子に使われる生クリームが対象であり、想定される温度領域は $-20^{\circ}\text{C}$ ~常温(耐熱性 $50^{\circ}\text{C}$ )である。他食品として、例えば焼菓子には仕様変更によって適用可能と考える。

超撥油コーティングは、油滴と塗膜の界面に空気を取り込んだ Cassie-Baxter モデルで説明される。油滴の見かけの接触角 ( $\theta_c$ ) は、油滴に対する固体の接触角 ( $\theta_1$ ) と空隙の接触角 ( $\theta_2$ ) とし、油滴と接触する面積の割合を固体は  $f_1$ 、空隙を  $f_2$  とすると ( $f_1+f_2=1$ )、Cassie-Baxter の式(1)、(2)で定義される(図3右)。

$$\cos \theta_c = f_1 \cos \theta_1 + f_2 \cos \theta_2 \cdots \cdots (1)$$

油滴に対する空隙 (= 空気) の接触角は  $180^{\circ}$  により

$$\cos \theta_2 = -1, f_1 = 1 - f_2$$

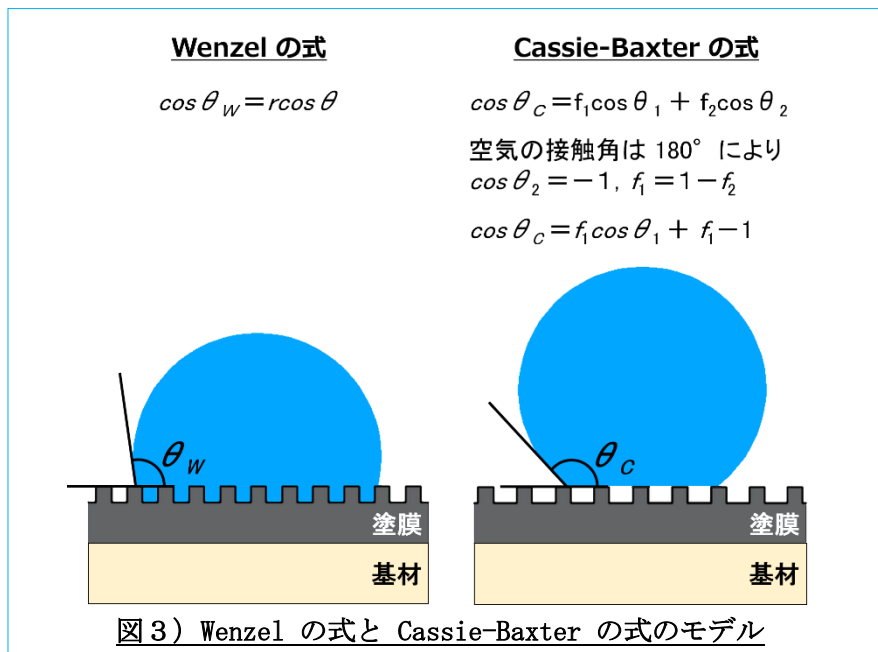
$$\cos \theta_c = f_1 \cos \theta_1 + f_1 - 1 \cdots \cdots (2)$$

例えば、油の接触角が  $90^{\circ}$  以下であれば、空隙を含まない Wenzel の式(3)が適用される(図3左)。

$$\cos \theta_w = r \cos \theta \cdots \cdots (3)$$

油の接触角  $90^{\circ} < \theta < 150^{\circ}$  であれば撥油性を有し、接触角  $150^{\circ}$  以上であれば超撥油性を有することになる。

商品化したフィルムは、ケーキフィルムは後述(表1)のとおり、水に対して超撥水性、オレイン酸に対して撥油性を示す<sup>9)</sup>。



適用例として、クリームが付きにくい撥油コートを二軸延伸ポリプロピレンフィルムにコートした時のイメージ（図4）と性能（表1）を紹介する。撥油コート面には、空気層をより多く含ませるための凹凸構造を、従来技術より大きく（表面粗さを大きく）増加させた。最表面には液滴が広がらない低い表面張力を持つ樹脂を適用することで実現した。凹凸高さを抑えた上で、凹凸構造の空隙をより複雑化し、液滴の接触面積を軽減した表面を設計し、乱反射を抑制し透明性を向上させた。先に述べた超撥水表面の実用化への課題②の、水より表面エネルギーが低い油質の汚れの付着に対し、商品化したフィルムは接触角の値（表1）から対応可能と言える。コートすることが可能な基材として、層構成断面模式図（図5）ではポリプロピレンフィルムの例を示したが、ポリエチレンテレフタレートフィルムについても確認済みである。

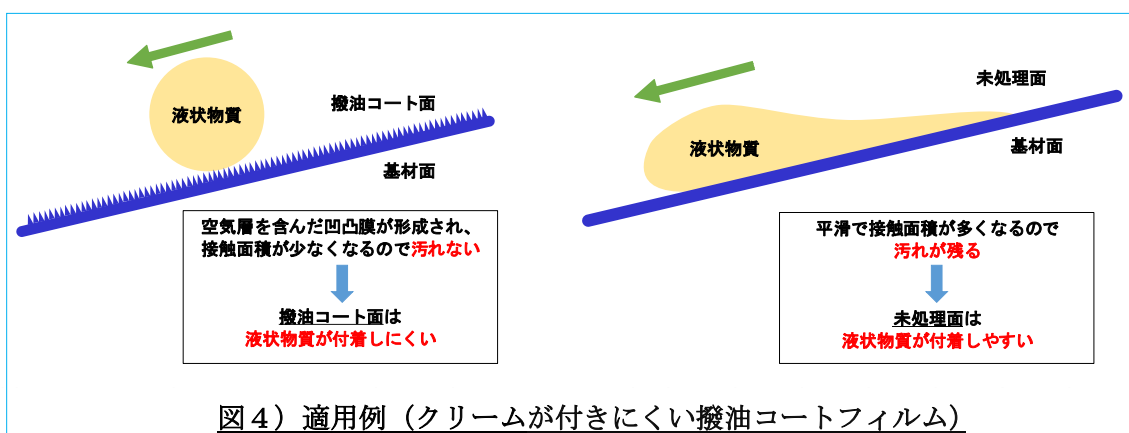
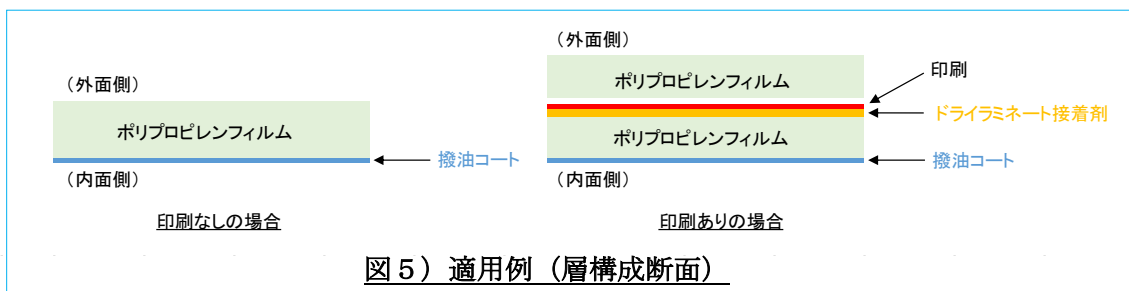


表1) クリームが付きにくいフィルムの性能  
(二軸延伸ポリプロピレンフィルム/撥油コート)

試験項目		結果			備考
		凹凸構造あり 撥油コート	凹凸構造なし	基材のみ	
接触角 (10 $\mu$ l)	水	152°	101°	60°	表面張力 72.8dyn/cm
	オレイン酸	137°	68°	5°	表面張力 32.8dyn/cm
	ヘキサデカン	130°	55°	3°	表面張力 27.5dyn/cm
ヘイズ		32%	13%	2%	フィルム厚 60 $\mu$ m

※数値は測定値であり、保証値ではありません。



## 6. クリームが付きにくいフィルムの食品衛生性

撥油コートフィルムの衛生性について、現在までに確認済みの項目を示す(表2)。食品添加物等の規格基準については、ポリプロピレンの例のみ示したが、ポリエチレンテレフタレートについても確認済みである。

## 7. 「Aquaglide® アクアグライド」というネーミング

「Aquaglide® アクアグライド」というネーミングは、水を意味するラテン語が語源のAqua(アクア)と、すべるように動く、滑走するというglide(グライド)とを組み合わせ、水がすべるように動く(撥水性を持つ)コーティング剤を表現したものである。そのロゴデザイン(図6)は、水をはじいた後のようなさっぱりとした文字のデザインを採用した。

**Aquaglide®**  
アクアグライド

図6) 「Aquaglide® アクアグライド」ロゴデザイン





表2) クリームが付きにくいフィルムの食品衛生性  
(二軸延伸ポリプロピレンフィルム/撥油コート)

試験項目	結果	備考	
合成樹脂製の器具 又は容器包装規格試験	材質試験: Cd, Pb	適	食品、添加物等の規格基準 (昭和34年厚生省告示第370号) 第3のDの2
	溶出試験: 重金属、KMnO <sub>4</sub> 消費量	適	食品、添加物等の規格基準 (昭和34年厚生省告示第370号) 第3のDの2 区分: 使用温度100℃以下
ポリプロピレンを主成分とする 合成樹脂製の器具 又は容器包装規格試験	溶出試験: 蒸発残留物/ ①油脂及び脂肪性食品、②酒類 ③上記以外の食品(pH5超、pH5以下)	限度内	食品、添加物等の規格基準 (昭和34年厚生省告示第370号) 第3のDの2 区分: 使用温度100℃以下
急性経口毒性試験		異常なし	OECD Guideline for Testing of Chemicals 420(2001)に準拠
総移行量試験(OML)	オリーブ油抽出物 Test number OM2 (10days at 40℃)	限度内	欧州委員会規則(EU)No 10/2011 及び 欧州標準規格 EN1186 Reduction Factor=2, 3

## 8. おわりに

商品化後、ケーキフィルム用途として非常に多くのお問合せをいただいている。また、お客様とのコミュニケーションを通じて、はじき技術の適用範囲が広がっていく可能性を感じ、開発者としての喜びを日々噛みしめながら、さらなる技術開発にまい進している。

消費財(食品・日用品)用途の容器包装には様々な機能が求められ、特に内容物が付着しにくく、接触部分に内容物が残留しにくいものが強く求められている。食品残渣を少しでも減少させることが、容器包装のリユースやリサイクルの将来技術、食品ロス削減に役立つと考える。

はじき技術の開発を通して、社会に幅広く貢献したい。

※本稿記載の技術データはすべて測定値であり、規格値、保証値ではありません。

## 参考文献

- 1) 中島 章: “超”濡れ性の設計, 広島大学大学院理学研究科 化学専攻 講演会概要 (2011. 6. 30)
- 2) 超撥水・超撥油・滑液性表面の技術: サイエンス&テクノロジー, 11 (2016. 1. 28)
- 3) 穂積 篤, 佐藤 知哉, Liming Wang, 浦田 千尋, Matt W. England: 液体の滑落性に着目した撥液処理の開発動向, 表面技術, 67, 452-459 (2016)
- 4) 中島 章: 撥水性固体表面の科学と技術, 表面技術, 60, 2-8 (2009)
- 5) 中島 章: 親水性・撥水性の表面科学~超親水性・超撥水性と動的撥水性~, Vacuum and Surface Science, 58, 417-423 (2015)



- 6) 藤本 幸司, 慶 奎弘, 堀田 芳生, 広辻 潔, 白鳥 世明: バイオミメティックスによる食品包装の開発, 包装技術, 56 (7) , 39-43 (2018)
- 7) 藤本 幸司, 慶 奎弘, 堀田 芳生, 広辻 潔, 白鳥 世明: 生体模倣 (バイオミメティックス) による食品包装フィルムの開発, 第1回 蓮の葉の表面形態と超撥水コーティング, 食品と容器, 60, 95-97 (2019)
- 8) 藤本 幸司, 慶 奎弘, 堀田 芳生, 広辻 潔, 白鳥 世明: 生体模倣 (バイオミメティックス) 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, 食品と容器, 60, 203-205 (2019)
- 9) 藤本 幸司, 慶 奎弘, 堀田 芳生, 広辻 潔, 白鳥 世明: 生体模倣 (バイオミメティックス) による食品包装フィルムの開発, 第3回 蓮の葉の表面形態と撥油コーティング, 食品と容器, 60, 226-228 (2019)