

塗布の不具合を防止し、 コーティング膜の特性を向上する添加剤

2022年5月23日

ビックケミー・ジャパン株式会社
イノベーション ディベロプメント
若原 章博

1. はじめに

コーティングにおける不具合の多くは表面張力や粘性が関与している。塗布・乾燥方法に応じてコーティング液の表面張力と粘性挙動を最適な領域に設定するには、分散剤・表面調整剤・消泡剤・レオロジーコントロール剤が欠かせない。機能や特性に加え、どのように製造するか、また廃棄やリサイクルを視野に入れた設計思想・製造方法の検討も欠かせない(図1参照)。ここでは表面調整剤を中心に最新の添加剤を紹介する。

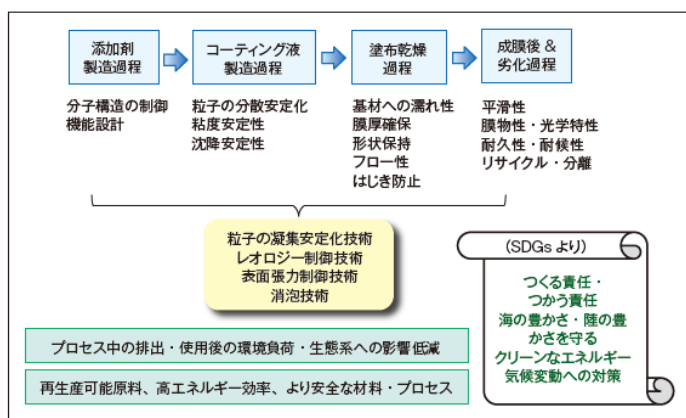


図1 コーティング液のプロセスと添加剤の開発の視点

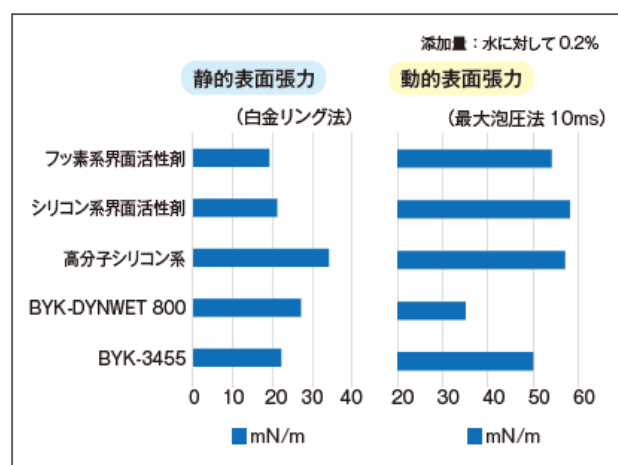


図2 添加剤による水の表面張力低下効果

2. 水性コーティング液の有機変性ポリシロキサンによる塗布性・濡れ性の改善

VOC 削減など揮発性成分を少なくするうえで、コーティング液の水性化は1つのアプローチである。しかしながら、極性および表面張力、蒸発潜熱が大きい水を溶媒にしているため、基材への濡れ、泡、膜の均一性・平滑性などが課題として指摘される。この表面張力の調整には、フッ素系界面活性剤やポリシロキサン系界面活性剤、アルコールアルコキシレートなどが用いられる。塗布速度や粘度、基材の種類などにより最適な表面張力の作業領域は異なる。図2に水の表面張力の低下程度を比較した結果を示す。それぞれ構造により、静的と動的な表面張力の低下の効果は一様ではない。図中最も動的表面張力を下げている **BYK-DYNWET 800** はアルコールアルコキシレート構造である。静的・動的の両者をともに下げる表面調整剤として新たに開発されたのが **BYK-3455** である。静的・動的の差が小さいことは、塗布速度にかかわらず表面張力を下げることが意味し、安定した塗布性につながる。なおフッ素系は液の泡立ちやすさや、パーフルオロアルキル物質等の環境への影響から、当社では推奨していない。

また加水分解への耐性・安定性が高いポリシロキサン系表面調整剤として、**BYK-3420** が新たに開発されている。インクジェットインキのように長く繊細な貯蔵安定性が求められるアプリケーション向けに最適である。

表 1 には水単独系と水・共溶剤混合系それぞれでの表面張力の低下効果を比較した。

BYK-3420 は加水分解しやすいシロキサン結合を有機鎖で保護した構造をとっているが、十分な表面張力の低下効果を示している。使い勝手の面では、泡を安定化させにくく、泡がみや塗布膜の欠陥を避けるのに利点がある。水単独系でも有効だが、特に共溶剤を混合した系に推奨したい。開発の狙いである貯蔵安定性を図 3 に示す。着色剤も配合されたインキ組成での、表面張力の変化を比較している。標準的な界面活性剤構造の有機変性ポリシロキサンを添加した系では、貯蔵前後で表面張力が変化しているのに対して、**BYK-3420** 添加系の変化はわずかで、安定であるのが分かる。

表 1 BYK-3420 耐加水分解性を高めた表面調整剤。水単独系および水-DPM 混合系での表面張力と泡

添加剤	水単独系		
	添加量 (%)	泡 (0~3)	表面張力 (mN/m)
標準 1 シリコン系界面活性剤	0.2	3	21.1
増量	1.0	3	21.2
標準 2 シリコン系界面活性剤	0.2	3	20.8
増量	1.0	3	21.1
BYK-3420	0.2	1	26.0
増量	1.0	0	26.1

添加剤	水-DPM (90:10) 混合系		
	添加量 (%)	泡 (0~3)	表面張力 (mN/m)
標準 1 シリコン系界面活性剤	0.2	3	21.5
増量	1.0	3	21.3
標準 2 シリコン系界面活性剤	0.2	3	21.3
増量	1.0	3	21.3
BYK-3420	0.2	1	23.9
増量	1.0	1	23.7

泡評価：0 = 泡なし、3 = 泡が多い

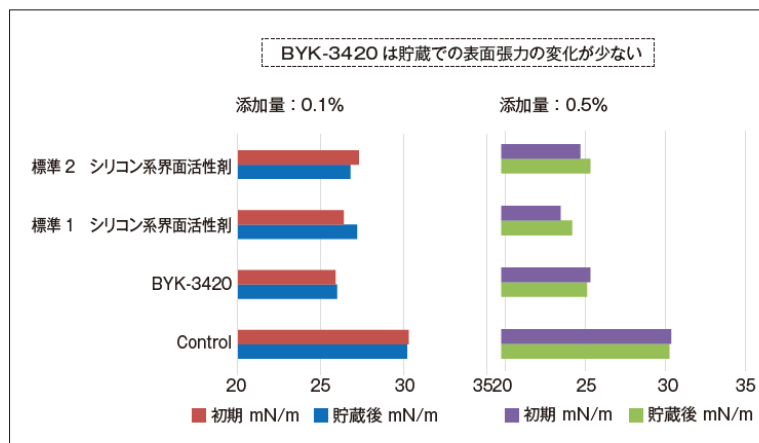


図 3 BYK-3420 水性インクジェットインキでの貯蔵安定性：表面張力（初期と 60°C×2 週間貯蔵後）

3. マクロマー技術による液・膜特性の最適化

水系に限らず溶剤系のコーティングでも、基材への濡れや複層膜での濡れ・平滑性など課題である。ポリシロキサン系とアクリル系が代表的な表面調整剤であるが、マクロマー技術によりさらに液と膜の制御の選択肢が広がっている(図 4 参照)。従来の有機変性ポリシロキサンは液の表面張力を下げれば膜のスリップ性が上がるなど、液・膜特性が連動している。それに対してアクリル系は液の表面張力はあまり低下させないが、膜の平滑性には有効である。そこで開発されたのが、アクリル骨格にシロキサンマクロマーを付加させた **BYK-3550** である。液の表面張力を下げ基材への濡れ性を向上させるが、スリップ性など膜の特性を変えることはない。こうして液特性と膜特性を独立に制御できる。

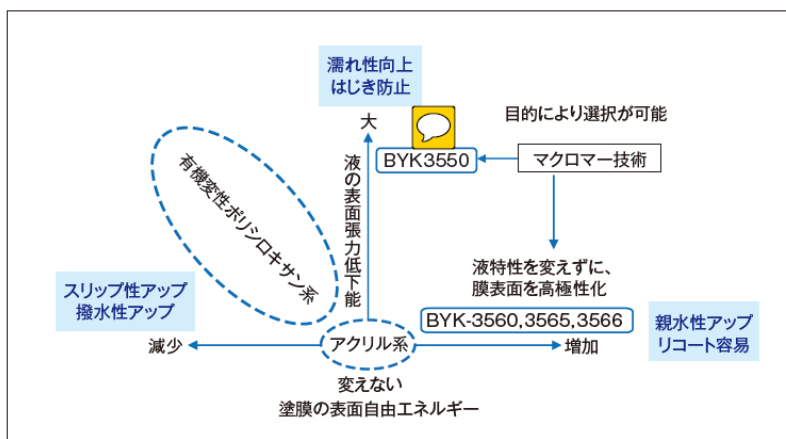


図 4 表面調整剤の機能的な位置付け

一方、ポリエーテルマクロマーをアクリル骨格に付加させる **BYK-3560** と、液の表面張力は変わらないが、硬化膜表面の極性が高くなり、親水性を付与できる。さらに少量のシロキサンマクロマーも付加させ、膜表面への配向性を促進したタイプも開発している (**BYK-3565**, **BYK-3566**)。図 5 に各添加剤を加えた。

コーティング液の表面張力と、塗布し乾燥膜にした後の表面自由エネルギーを示す。コントロールと比較して、アクリル系表面調整剤は液の表面張力はわずかに下がり、膜の表面自由エネルギーはわずかに高い。シリコンマクロマー変性の **BYK-3550** は液の表面張力は下がるが、膜の表面自由エネルギーはわずかに高くなっている。ポリエーテルマクロマーを付加した **BYK-3560**、さらにシリコン鎖をも有する **BYK-3565** は、液の表面張力をほとんど変えずに、膜の表面自由エネルギーは極めて大きくなっている。

膜の表面自由エネルギー増加は水の接触角で見ると分かりやすい (図 6 参照)。硬化方式の異なる 3 つの系、すなわちポリエステルメラミン焼き付け塗料、2 液のウレタン塗料、UV 硬化系のウレタンアクリレートで、**BYK-3565**、**BYK-3566** の添加効果を見た。いずれの系でも添加により、大幅な水の濡れ・拡張が見られ接触角が小さく、超親水性表面が得られている。

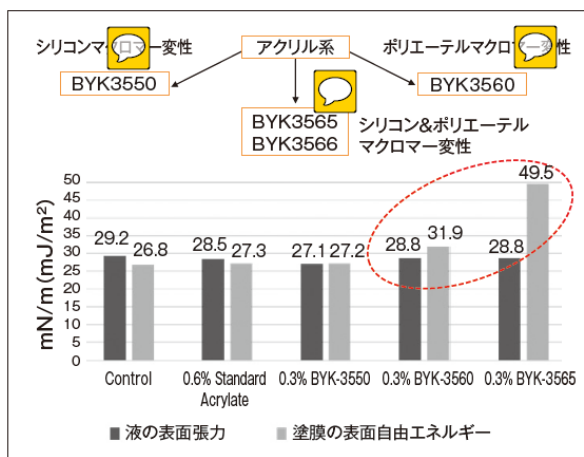


図 5 膜の表面自由エネルギーを上げる添加剤

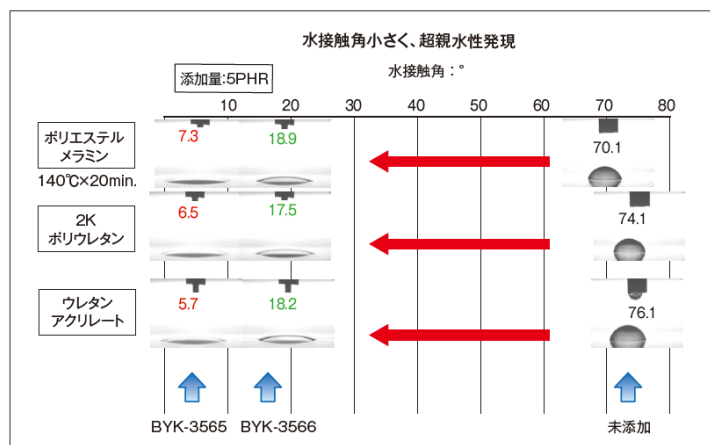


図 6 超親水性：各系での水接触角

親水性が向上することによる効果の例を図 7 で見てみよう。塩ビ (PVC) に **BYK-3560** を樹脂固形分に対して有効成分で 1% 添加し基材シートとした。これに水性インキ (青) を塗布し、その濡れ性を比較している。PVC に添加していない系では、塗布両端のように水性インキが濡れ不良を起こしている。それに対して **BYK-3560** を添加したシートの上では、水性インキは十分な濡れ性を示している。なおその時のシートの表面自由エネルギーは、無添加 26.5mJ/m² に対して、添加系は 36.5mJ/m² と高く、濡れ性の結果を支持している。

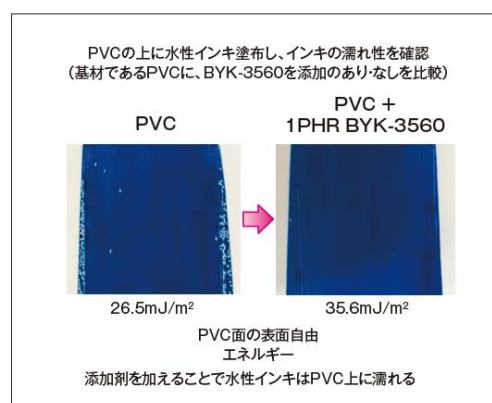


図 7 表面張力を上げる BYK-3560 シリーズ

4. 循環型社会を見据えた消泡剤の選択

タンク中や液溜め、圧送や塗布時のエアの巻き込みなど、泡の発生はコーティング液、とりわけ水系では大きな課題である。消泡剤にはポリマー系、ポリシロキサン系、鉱物油系などが主成分として用いられる。SDGs やカーボンニュートラルの活動の高まりとともに、添加剤では再生産可能原料の使用や生分解性を持つ製品の開発が進められている(図8参照)。BYK-1740は100%植物由来で生分解性も有するグリーンな水系用消泡剤であり、従来用いられてきた鉱物油系の消泡剤を置き換えることができる。溶媒やVOC成分などは配合されていないことも併せて、バイオプロダクトを主成分とする印刷インキには最適である。BYK-014も再生産可能原料の使用率が45%と高く、接着剤などにも効果的である。ポリマー系ではBYK-1640などは食品接触用途に、BYK-1711は無溶剤UV系に適している。ポリシロキサン系も微小泡の消泡性を高めるために、分子構造をコンパクトにしたBYK-1785、BYK-1786をはじめ、BYK-1770、BYK-1780、BYK-1781などを上市している。なお、[食品包装、紙コーティングなど法令への適合状況](#)は、当社のホームページでも公開しているのでご覧いただきたい。

無溶剤および溶剤系コーティング系向けでは、BYK-1760を従来にない発想の消泡剤として紹介したい。一般に消泡剤主成分をコーティング液全体に分散し、泡表面へ辿り着くようにキャリアーが配合される。このキャリアーがエポキシ基を含有し、塗布乾燥後にはマトリクスを形成する樹脂と架橋反応をして、膜に固定されることである。こうしてキャリアーが揮発することを抑制する。

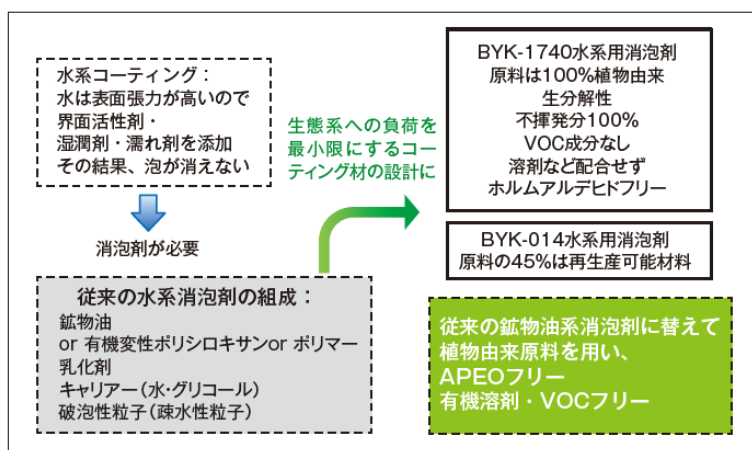


図8 再生産可能、生分解性をもつ水系用消泡剤

5. まとめにかえて

再生産可能原料の使用や製造・輸送でのグリーンエネルギーの使用に加え、フィルム等におけるモノマテリアルの志向や、粒子・フィラー分散時間・加工時間の短縮によるエネルギー使用の低減など、材料と工程の両面から、環境負荷低減の取り組みが進められている。界面制御技術をもとにした添加剤は、配合量が極めて少ない材料であるが、SDGsの目標達成やカーボンニュートラルの面で積極的に貢献できるものとして考えている。

本内容は、「[コンバーテック](#)」誌様 2022年5月号の高機能フィルム・シート特集に掲載していただきました。

[BYK 湿潤分散剤](#)

[BYK 表面調整剤](#)

[BYK 消泡剤および脱泡剤](#)

[持続可能性:BYK の新しい PTFE フリーのワックス添加剤](#)

◎BYK ホームページからお問合せ、ご相談をいただけます。

<https://www.byk.com/ja/contact>



BYK 添加剤ガイドアプリ 日本語版

BYK 添加剤ガイドアプリに日本語版が加わりました！

簡単にご用途・適用分野から推奨製品を見つけいただけます。データシート、安全データシート（SDS）など各製品情報のダウンロードやお気に入り機能もご活用ください。



ビックケミー・ジャパン株式会社 www.byk.com/jp

e-mail info.byk.japan@altana.com