

光硬化型フレキシブルハードコートの開発



研究開発本部 コーティング事業 NC3 グループ

川添 圭 KAWAZOE KEI

1 はじめに

近年のスマートフォンは有機ELディスプレイの普及に伴い、デザインの多様化、差別化が進行している。中でも折り畳み可能なフォldダブル端末用ディスプレイには、耐傷つき性に加えて、屈曲性や薄型化等、相反する物性や機能が同時に求められている。そのため表面部材において、従来のガラスでは要求物性を満たすことができず、ガラスの代替としてハードコート付きフィルムが検討されている。表1 にガラスとハードコート付きフィルムの特徴を示す。ガラスは耐傷つき性には優れるものの、フレキシブル性に乏しいためフレキシブルディスプレイ用途に不向きである。一方のハードコート付きフィルムは、ガラスと比較して屈曲性に優れるため、フレキシブルディスプレイ用途に適している。しかし、耐傷つき性を高めるためにハードコートの架橋密度を高くすると、硬化収縮が大きくなり、残留応力が発生し、フレキシブル性が低下してしまうことが知られている。本稿では、フレキシブルディスプレイ用途への要求物性に応えるべく、新規に開発した、高屈曲性、高擦傷性を有するフレキシブルハードコートを紹介する。(図1)

項目	ガラス	ハードコート付きフィルム
厚み	500~700 μ m	50~100 μ m
耐キズ	◎	△
防汚性	○	○
軽量化	×	○
耐衝撃性	×	○
安全性 (飛散性)	×	○
コスト	×	○
デザイン	×	○
フレキシブル性	×	○

表1 ガラス、ハードコート付きフィルムの特徴

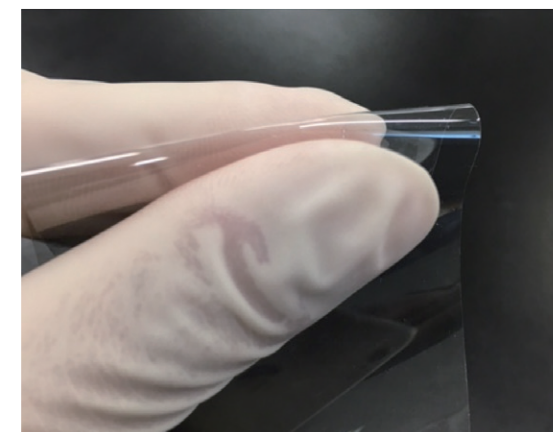


図1 当社製フレキシブルハードコートを施したフィルム

2 製品の設計

ベース樹脂としては 図2 の模式図に示すようなウレタンアクリレートを使用した。ウレタンアクリレートはウレタン結合由来の高い凝集力を有し、UV硬化性も高く、強靱な塗膜が得られるため、本用途に好適である。また、ウレタンアクリレートはヒドロキシアクリレートの種類、イソシアネートの種類により、構造中のウレタン結合、アクリレート基の含有量を自在に設計できるため、柔軟～高硬度まで幅広い樹脂設計が可能となる特長がある。

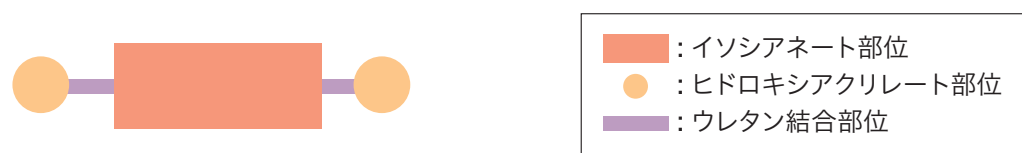


図2 ウレタンアクリレート模式図

図3 に各種合成したウレタンアクリレートの耐擦傷性vs破断伸度をプロットしたグラフを示す。縦軸の耐擦傷性はスチールウールを用い、500g/cm²で10往復した後の目視により確認できる傷の本数を示し、横軸は屈曲性と指標として破断伸度を用いている。なお破断伸度とは引張試験機でフィルムを引張り、ハードコートにクラックが生じる伸度を示している。従来は耐擦傷性と破断伸度には、青点線で示すトレードオフ関係が見られていたが、当社では、樹脂骨格等の最適化することで赤プロットのように従来のトレードオフ関係から逸脱するベース樹脂を得ることに成功した。

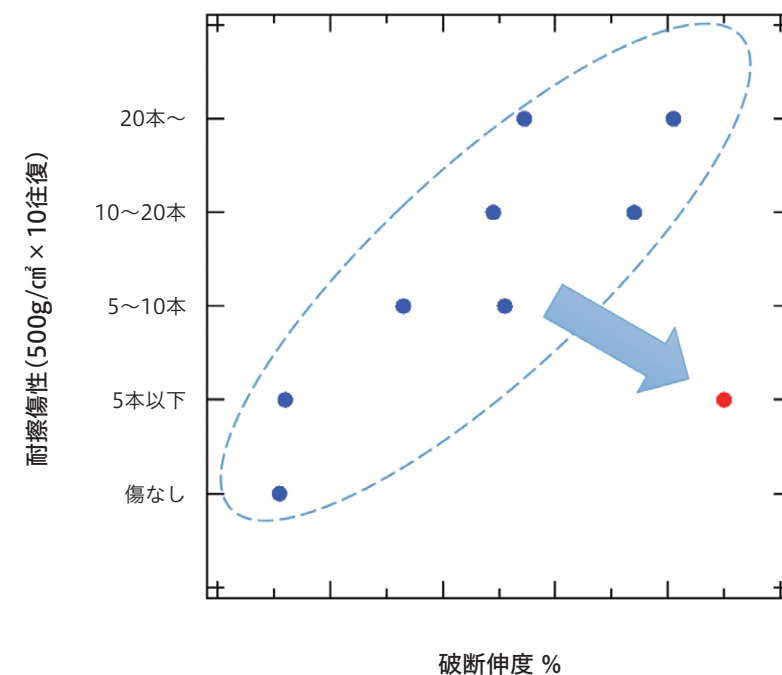


図3 耐擦傷性と破断伸度

3 開発品の各種特性

表2 に開発したフレキシブルハードコート（KFS-4S、KFS-8S）の各種物性を示す。当社では屈曲性を重視したタイプ、耐擦傷性を重視したタイプの2種類を標準グレードとしてラインナップしている。なお、表2 には比較対象として当社従来品のビームセット575CBを併記した。

製品名		KFS-4S	KFS-8S	ビームセット 575CB* ¹	備考
特徴		屈曲性重視	耐擦傷性重視	当社従来品	－
各国法令対応		中国・韓国・台湾登録済み			
液特性					
含有溶剤		PGME	PGME	－	－
塗料固形分		50%	50%	100%	－
硬化膜特性					
耐擦傷性	10往復	○	○	△	SW, #0000 500g/cm ²
	100往復	△	○	×	
屈曲性		Φ<1mm	Φ<4mm	Φ<5mm	マンドレル試験
破断伸度		5%	3%	2%	－
水接触角	初期	112°	112°	60°	－
	耐擦傷試験 100往復後	108°	108°	60°	－
鉛筆硬度		HB	HB	HB	750g荷重
全光線透過率		90.0%	90.0%	90.0%	－
ヘイズ		0.4%	0.4%	0.4%	－

^{*1}) 当社製光硬化型ハードコート。比較対象として記載。
 硬化膜作製条件
 基材:易接着処理PET 50μm厚
 塗液調整:PGME（プロピレングリコールモノメチルエーテル）で固形分濃度30%に調整
 塗工: パーコーター No.15で塗工（乾燥膜厚約5μm）
 乾燥:80℃、60秒
 硬化:高圧水銀灯 600mj/cm²（窒素雰囲気下）

表2 フレキシブルハードコートの物性一覧

KFS-4S、KFS-8S共に、耐擦傷性、屈曲性、破断伸度の全ての項目で従来品（ビームセット575CB）より優れており、高水準での耐擦傷性、柔軟性を有していることがわかる。

また、図4 に耐擦傷性試験100往復後の塗膜外観を顕微鏡で観察した結果を示す。従来品では前面に傷が無数に確認できるのに対し、開発品では顕微鏡観察でも全く傷は確認できず、非常に耐擦傷性に優れていることがわかる。

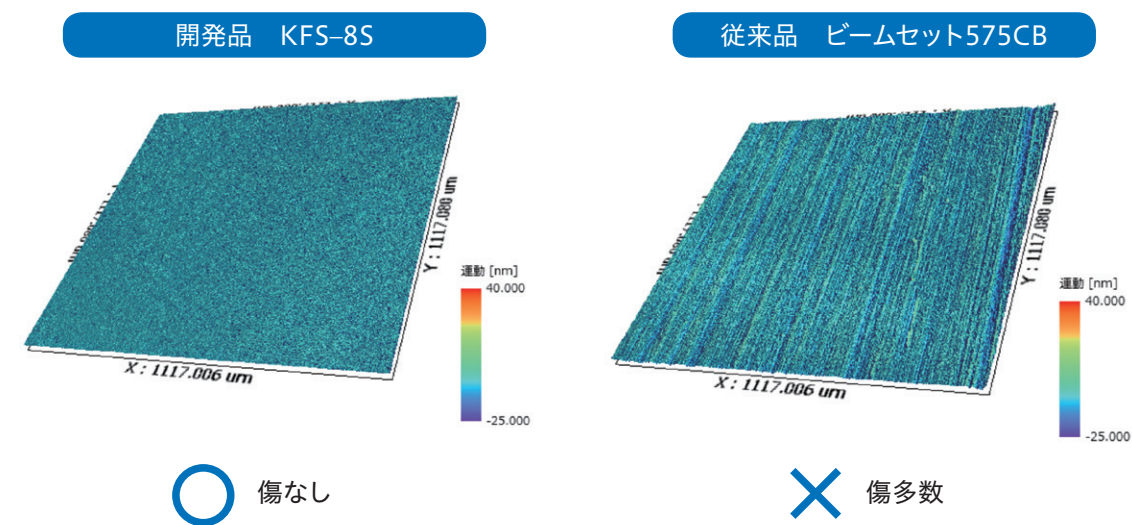


図4 耐擦傷性試験後の塗膜外観

さらに、図5 に示すように水接触角も非常に高いことから、防汚性にも優れている。なお、開発品では、耐擦傷性試験後も水接触角105°以上を維持しており、ディスプレイの最表層用途に好適であると考えている。

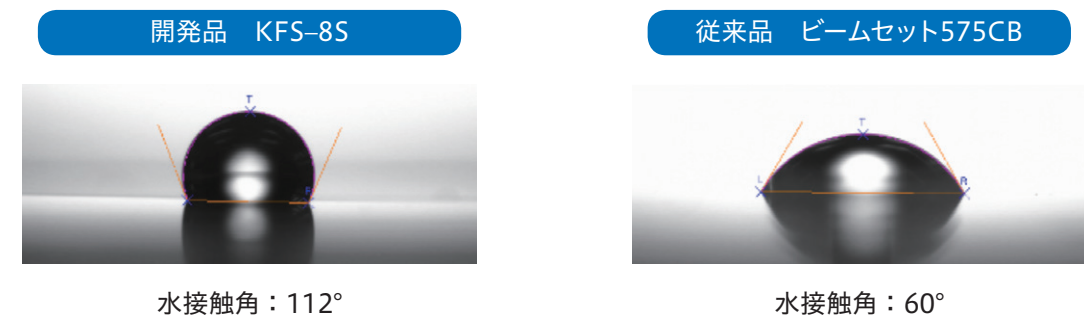


図5 開発品と従来品の水接触角

4 おわりに

光で硬化するハードコートは、生産性や省エネルギーの観点から熱硬化形式と比べ優れているため、1970年代よりプラスチックや木材に用いられてきた。しかしながら、ラジカル重合の特性上、反応により生じる硬化収縮のため内部応力が発生することから、架橋密度(傷つき性)と屈曲性はトレードオフになってしまう課題が常にあった。一方で、近年のフレキシブルディスプレイには、耐傷つき性と屈曲性の相反する特性が求められている。

当社では、独自の合成技術により、高屈曲性でありながら、高い耐傷つき性を有するウレタンアクリレートを開発し、屈曲性に優れるグレード、耐擦傷性に優れるグレードをラインナップした。本稿で紹介したハードコートは屈曲性、耐擦傷性だけでなく、防汚性にも優れており、フレキシブルディスプレイの表面部材に好適であると考えている。

今後も、フレキシブルディスプレイの普及に伴い、高屈曲性、耐擦傷性の需要は高まるものと考えられるが、ユーザーの要求物性に応えることのできる製品開発を引き続き進め、技術発展に貢献していきたい。