

●ガラス代替樹脂 アロニックス®シート X-157

Resin Sheet Alternative to Glass ARONIX sheet X-157

神村 浩之
Hiroyuki Kamimura

Key Word : Optical Sheet, Transparency, Impact Strength, Retardation, Scratch Resistance, Heat Resistance

1 緒言

タッチパネルは、直観的に操作しやすく、スマートフォンを始め、タブレット端末、車載ディスプレイ、産業用操作パネルなど多様な分野での応用が進んでいる。タッチパネルには、抵抗膜式、静電容量式、光学式、電磁式、超音波式等があるが、2007年のiPhoneの登場以降、マルチタッチやジェスチャー入力可能な静電容量式が主流となっている¹⁾。

静電容量式のタッチパネルは、軽量化、薄型化、低コスト化を目的として、種々の構成が提案されている。その構成は、アウトセル、オンセル、インセルに大別される。オンセルおよびインセルは、ディスプレイ内部あるいは基板に直接タッチパネルの機能を持たせるため、ディスプレイと合わせた設計となる。このような設計では、液晶とタッチパネル間に発生するノイズ干渉の高度な対策が必要となる²⁾。

一方、ディスプレイの外側にタッチパネルを配置するアウトセル型は、液晶や有機ELなどのディスプレイの種類や設計に依存しない。そのため、ディスプレイメーカーに限らず、多くのメーカーが参入している。

アウトセル型は設計の自由度が高い反面、ディスプレイとタッチパネルを貼り合わせるため、既存の設計では厚く、重量も重くなる問題点があった。そのため、部品数の削減が可能な OGS (OneGlassSolution) と呼ばれる構成が考案されている³⁾ (図1)。

OGSでは従来の構成と比べて部品数や工程の削減により高透過率化、軽量化、薄型化、低コスト化が可能である。

一方、カバーガラスが破損すると裏面のタッチセンサーの透明電極 (ITO回路)も断線する為、使用できなくなる問題がある。そのため、耐衝撃性に優れる化学強化ガラスが採用されている。

しかし、実際には化学強化ガラスを採用したスマートフォン等でも、落下時の衝撃で破損するケースが見られ、破片も鋭く危険である。また、強度をさらに向上した化学強化ガラスも開発されているが、そのコストが問題となっているそこで、当社独自の手法により、カバーガラスの代替となる「硬く」、「割れにくい」、且つITO等の透明電極が実装可能な耐熱透明樹脂アロニックス®シート X-157 を開発した。

本稿では、アロニックス®シート X-157 のガラス代替材料としての性能を紹介する。

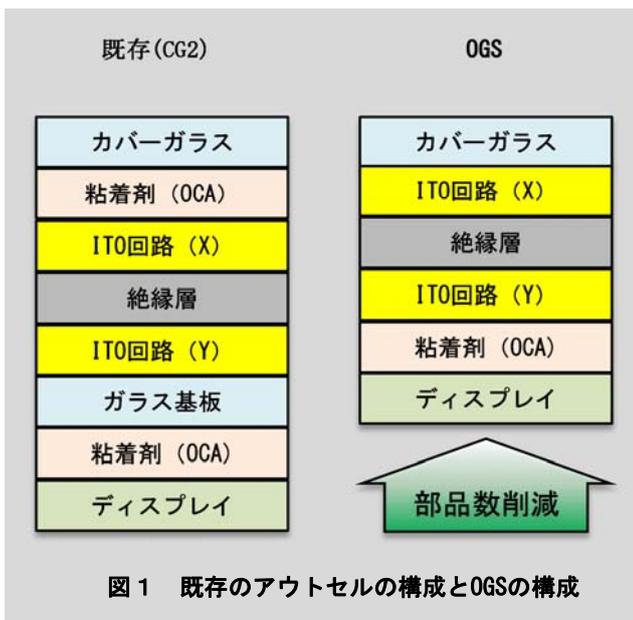


図1 既存のアウトセルの構成とOGSの構成



図2 アロニックス®シート X-157 の外観

東亜合成株式会社 R&D総合センター 製品研究所

New Products Research Laboratory, General Center of R&D, Toagosei Co., Ltd.

2 光学的特性

アロニックス®シート X-157 の光学特性を表 1 及び図 3 に示す。比較には、いずれも厚さ 1 mm のアクリル樹脂（以下 PMMA；日東樹脂工業(株)製：CLAREX）、ポリカーボネート樹脂（以下 PC；三菱ガス化学(株)製：ユーピロン NF-2000）を用いた。

表 1 に示すように、アロニックス®シート X-157 の全光線透過率は PMMA 同等の 92 % であり、HAZE も PC に比べ低く、光学材料として高い透明性を有している。

表 1 X-157の光学特性

	X-157	PMMA	PC
全光線透過率 ¹⁾	92%	92%	89%
HAZE ¹⁾	0.25	0.16	0.91
屈折率 ²⁾	1.52	1.49	1.59

1) 濁度計 NDH2000（日本電色工業(株)製）JIS K7136準拠

2) アッペ式屈折率計、D線、25°C

さらに、面内位相差の測定を行った結果を図 3 に示す。汎用的な PC の位相差は 1500 nm 以上であるのに対し、アロニックス®シート X-157 の位相差は、平均 4 nm 以下、その分布も小さく、光学的に均質であった。

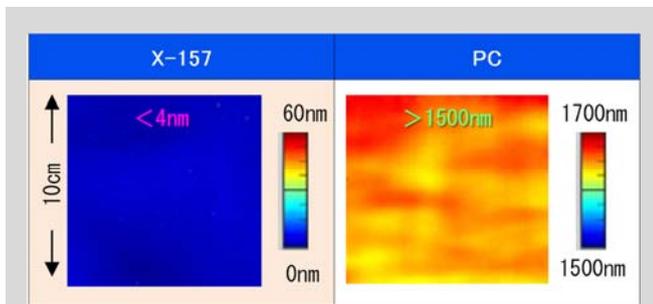


図 3 X-157の面内位相差¹⁾

KAMAKIRI (株)フォトロン社製

3 力学物性

アロニックス®シート X-157 の曲げ弾性率および破断歪みを PMMA、PC に加えてスマートフォンのカバーに採用されている化学強化ガラスと比較した。（表 2）

X-157 は 3 GPa を超える高弾性率かつ、耐衝撃性に優れる PC と同様に延性的な破壊形態であった。また、化学強化ガラスは 83 GPa と高い曲げ弾性率を示した一方で、わずか 0.9% の歪みで破断した。

表 2 X-157の力学特性¹⁾

	X-157	化学強化ガラス	PMMA	PC
比重	1.2	2.4	1.2	1.2
曲げ弾性率 ²⁾	3.0GPa	83GPa	3.5GPa	2.5GPa
破断ひずみ ³⁾	7.0%	0.9%	5.0%	8.5%
破壊形態 ⁴⁾	延性	脆性	脆性	延性

1) サンプル形状：t1×10×40mm（レーザーカッター加工）。

支点間距離：30mm。たわみ速度：0.2mm/sec。

試験環境：23°C 50%RH。試験片数：5。

2) 平均値。

3) 最大値。

4) 降伏値が観察されれば延性破壊とした。

4 耐擦傷性

鉛筆硬度とスチールウール試験でアロニックス®シート X-157 およびハードコート処理した X-157（以下、X-157HC）の耐擦傷性を評価した。

PMMA は鉛筆硬度で H、耐スチールウール試験では 20 往復で傷が発生した。一方、アロニックス®シート X-157 は、鉛筆硬度で 4H を示し、ディスプレイ用カバー樹脂として多く採用されているハードコート付きの PC（以下 MR58；三菱ガス化学(株)製）と同等であった。

更に X-157 にハードコート処理を施した X-157HC は、鉛筆硬度で 6H、耐スチールウール試験にて 500 往復でも傷の発生が認められなかった。

表 3 X-157、X-157HCの耐擦傷性

	X-157	X-157HC	PMMA	MR58
鉛筆硬度 ¹⁾	4 H	6H	H	4H
	○	○ 500往復	×	○
スチールウール試験 ²⁾				

1) JISK5600に準拠。荷重：750gf。

2) スチールウール #0000、荷重：1kg/4cm²。20 往復後の傷の有無（ただし、X-157HC は 500 往復）。

5 耐衝撃性

アロニックス®シート X-157 及び X-157HC の耐衝撃性を落錘試験により評価した。比較には、PMMAおよび化学強化ガラスを用いた。

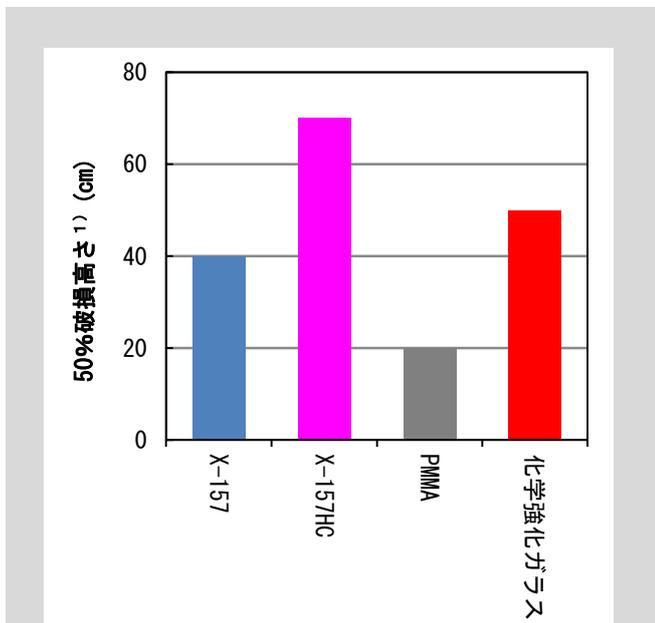


図4 X-157、X-157HCの耐衝撃性

落錘試験: JIS K7211-1 に準拠。

錘: 重さ = 40g、先端曲率 = 5mmステンレス製。

試験片支持体: 内径50mmの円形の台座。

試験片形状: t1×60×60mm。

破損(傷、クラックを含む)するまで同一試験片に錘を落下させ(10~80cm、10cm刻み)、50%の試験片が破損した高さを記録。

試験片数: 50

図4に示すように、X-157の50%破損高さはPMMAの2倍の高さを示した。さらに、X-157HCは、化学強化ガラスよりも優れた耐衝撃性を示した。

試験方法: 同一の試験片に破損(傷、クラックを含む)が確認できるまで、錘を落下させた(10~80cm、10cm刻み)。試験片数 N=50。50%の試験片が破損した高さを50%破損高さとした。

6 耐熱性

動的粘弾性測定により、PMMAとPCとの高温時の貯蔵弾性率変化を比較した(図5)。

その結果、PMMAでは130℃、PCでは160℃で貯蔵弾性率が一桁低下するが、アロニックス®シート X-157は250℃でも 1.0×10^9 Pa以上の貯蔵弾性率を保持していた。

また、表4に示す高温(95℃)の外観変化(ΔY.I.)は、MR58よりもアロニックス®シート X-157の方が小さかった。

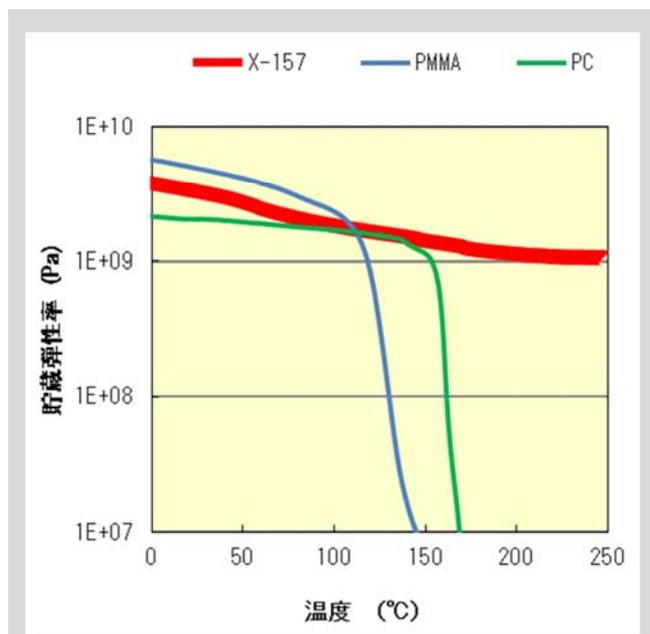


図5 X-157の粘弾性スペクトル(温度分散)

粘弾性測定: 2°C/min、1 Hz

表4 X-157の耐熱試験前後の外観変化

	X-157	MR58	PMMA
初期Y. I.	0.66	0.44	0.47
ΔY. I. (95°C×500hr)	0.35	0.43	0.23

色差計、サンプル資料厚み 1 mm

7 加工性

スマートフォンのカバー材として採用されている化学強化ガラスは切削加工ができない為、特定のメーカーでしか生産ができず、価格が高い。

一方、アロニックス®シート X-157 および X-157HC は、レーザーカッターに加えて、樹脂切削加工に汎用的に用いられるNCルーターでも切削加工が可能であった。

つまり、大判のシートから所望の形状への加工が、容易に低コストで行えることを確認した。

9 まとめ

カバーガラスの代替樹脂を目標として開発したアロニックス®シート X-157 は、曲げ弾性率が3 GPa且つハードコートなしでも鉛筆硬度が4Hと「硬く」、ハードコート処理品(X-157HC)は、化学強化ガラス並みの高い耐衝撃性を有する「割れにくい」材料であり、且つPMMA並みの良好な光学特性を示した。

さらには、その耐熱性を活かし、ガラスと同等の高温成膜条件(200°Cスパッタリング)により低抵抗の透明導電性膜が実装可能であった。

加工性も良好なことから、ディスプレイ分野に限らず、高透明性、高弾性率、耐熱性、耐擦傷性、耐衝撃性を要求される用途への展開を念頭に今後の開発を進めていく。

引用文献

- 1) ファインケミカル, **45**, pp.69~72 (2007).
- 2) 越石健司, “タッチパネル技術開発・市場・アプリケーションの動向”, オーム社(2012), P.80.
- 3) 鶴飼育弘, **機能材料**, **35**, p.64~73 (2015) .



図6 NCルーターによる X-157 の加工

8 ITO成膜とパターニング

アロニックス®シート X-157 および X-157HC の耐熱性を活かし、200°CでのITOの成膜とそのパターニング試験を行った。

その結果、シート抵抗 $85 \pm 5 \Omega/\square$ となるITO膜(30 nm)を成膜できた。これは、同条件でガラス基板上に成膜した場合のシート抵抗($78 \pm 4 \Omega/\square$)とほぼ同程度であった。

また、図7のようなフォトマスクパターンを用いたITOのパターニングも可能であり、現像液、エッチング液への耐性も確認された。



図7 ITO成膜パターニング後の外観

ITO成膜条件: 200°Cスパッタリング(ITO膜厚30 nm)

ITO膜パターニング条件:

レジスト現像: 2.38%TMAH浸漬、25°C 1min。

エッチング: ITO-02浸漬、40°C 2min。

レジスト剥離: アセトン浸漬、25°C 1min

※TMAH: 水酸化テトラメチルアンモニウム、

※ITO-02: 関東化学(株)製、ITOエッチング液