

# 高強度化学強化ソーダライムガラス「ARMOREX®」

セントラル硝子（株）硝子研究所

松田 裕，三田村 直樹，都築 達也

## Novel Chemically Strengthened Soda-lime Glass with Higher Strength “ARMOREX®”

Yu Matsuda, Naoki Mitamura, Tatsuya Tsuzuki

Glass Research Center, Central Glass Co., Ltd.

### 1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末に代表されるようなタッチパネル機能を搭載したモバイル機器の爆発的普及により、それらを外的衝撃から保護する「カバーガラス」としての役目を担う「化学強化ガラス」の需要がますます増加している。モバイル機器での化学強化カバーガラスの普及を契機として、現在では、民生用・産業用を問わず、建築分野・自動車分野など様々な新しい用途も開拓されつつある。このように化学強化ガラスの採用が全世界的な広がりを見せる中で、強度特性のみだけでなく、価格面も含めた総合的なパフォーマンスの高さに多くのニーズが存在している。

本誌の「新製品・新技術紹介」において紹介されているように様々な化学強化ガラスが開発されているが、当社においても、従来の化学強化ソーダライムガラスをより高強度化した「高強度化学強化ソーダライムガラス ARMOREX® (アーマーレックス)」を販売している<sup>1)</sup>。本稿においては、ARMOREX® の位置づけや強度特

性を中心に紹介したい。

### 2. ARMOREX® の開発経緯

化学強化ガラスの強度が向上する原理は、ガラスに破壊をもたらす引張応力に対して、化学強化（イオン交換）によりガラス表面層に付与された圧縮応力が「抵抗」することによるものである。より詳細には本誌「特集」の解説記事や文献<sup>2</sup>などを参照されたいが、化学強化ガラスの特性を示す代表的指標としては、「表面圧縮応力 (Surface compressive stress, CS と略す)」と「圧縮応力層が形成された深さ (Depth of layer, DOL と略す)」の2つがある。CS が大きいほど、より大きな引張応力に抵抗できるので、ガラス強度はより向上することになる。DOL は破壊強度そのものには直接的に貢献しないが、この値が大きいほど圧縮応力が形成されている領域が深くなるため、万が一、ガラス表面に傷が生じたときの強度減少の程度が軽減される。なお、表面圧縮応力 CS と実際の破壊試験で求まる破壊応力の単位は、「MPa (N/mm<sup>2</sup>)」で同じであるが、両者は異なるものであることに注意されたい。

より高性能な化学強化ガラスの開発に際しては、次の2つの戦略が考えられる。第一の方針は、ガラスそのものの組成を変え、「イオン交

〒515-0001 三重県松阪市大口町 1510

TEL 0598-53-3060

FAX 0598-53-3180

E-mail: yu.matsuda@cgc.co.jp

換」の拡散障壁の小さなアルカリアルミノシリケート系の化学強化用特殊組成を設計することである。この場合、優れた化学強化特性が見込めるが、量産性の観点から価格面でのコストアップの懸念が生じうる。

第二の方針は、ガラス組成としては従来から板ガラスとして広く量産されている汎用ソーダライムガラスのまま、ソーダライム組成に対してより適する新規の化学強化プロセスを開発することである。この場合、従来のソーダライムガラスを用いるので、価格面での有利性が生じる。しかしながら、新規プロセスでどこまでの高強度化が達成できるかが未知であり、ここが研究開発のキーポイントとなる。当社は第二の方針を選択し、化学強化に用いるカリウムイオン導入媒体である溶融塩の特性解明や生産条件の最適化を鋭意進めた結果、「高強度化学強化ソーダライムガラス ARMOREX® (アーマレックス)」の開発に成功した。名前の由来は、「鎧」を意味する「ARMOR」とラテン語で「王」を意味する「REX」を足し合わせた造語であり、電子機器を堅強に保護する「ARMOR REX」で有りたいとの意思が込められている。

### 3. ARMOREX® の位置づけと特徴

ARMOREX® の最大の特徴は、従来の化学強化ソーダライムガラスよりも高強度でありながらも、リーズナブルな価格帯で提供可能であり、性能と価格の総合的パフォーマンスに優れていることである。従来のソーダライムガラスの化学強化においては、CSとDOLはトレードオフの関係にあるが、ARMOREX® はDOLを維持したまま、CSを大きく向上させており、CSの最低保証値は650 MPaとしている。また、母材として汎用ソーダライムガラスを用いているため、提供可能なガラスのサイズや板厚のラインアップも豊富である。図1は、横軸にDOLを、縦軸にCSをプロットしたもので、様々な化学強化ガラスの中でのARMOREX® の位置づけを示したものである。また、表1に

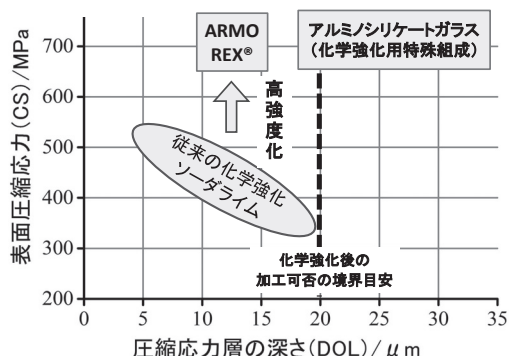


図1 ARMOREX® の化学強化特性の位置づけ

表1 ARMOREX® の標準スペック

母材(素板)の組成	ソーダライム
表面圧縮応力 (CS)	650 MPa 以上
圧縮応力層の深さ (DOL)	10 ~ 13 μm
提供可能サイズ	730×920 mm まで
板厚ラインアップ	0.33 ~ 2.9 mm

標準スペックを掲載した。

高強度化が求められるいずれの用途にも適用できるが、中でも、化学強化後に大きなサイズから製品サイズへの切断や端面加工が求められる「カバー・タッチ・一体型タッチパネル (One glass solution, OGS)」用途や車載用・産業用カバーガラス用途などで多くの引き合いを頂いている。また、アンチグレア (AG) 処理をガラス表面に物理的に施した「AG加工済み ARMOREX®」の引き合いも多い。その他、反射防止 (AR) 機能・防指紋 (AFP) 機能・抗菌機能<sup>2)</sup>の付与も可能である。

### 4. ARMOREX® の強度特性

ARMOREX® の破壊強度を確認するために、同心円曲げ試験を実施した。4点曲げ試験は端面始発で破壊することが多く、ガラス端面部の加工状態が支配的に影響してしまうのに対して、同心円曲げ試験はガラス端面の影響を受けずに、破壊強度(「面強度」と呼ばれる)を評価できるという利点がある。試験規格は、ISO/DIS 1288-5を参考とし、ガラスへの負荷荷重

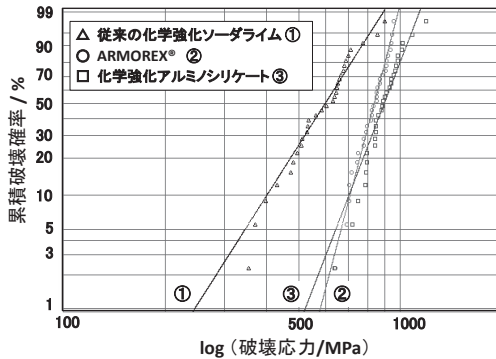


図2 同心円曲げ試験による破壊強度データ(板厚 1.1 mm)のワイブルプロット

(単位：N) からガラス面内の発生応力(単位：MPa)への換算は非線形であるため、3軸歪ゲージを用いたロゼット解析により実測した。また、ガラス強度データの統計解析は、JIS R 1625に準拠した「2母数ワイブル分布最尤う推定法」を用いた<sup>3)</sup>。

図2に、同心円曲げ試験によって得られた各種ガラスの破壊応力のワイブルプロット及び推定直線を示す。ワイブルプロットにおいては、推定直線が右に移動するほど高強度であることを表し、また直線の傾きが大きいほどデータのばらつきが少ないことを表している。図2からわかるように ARMOREX® は従来の化学強化ソーダライムガラスと比較して推定直線が単に高強度側にシフトしているだけでなく、直線の傾きも大きくなり、強度信頼性も大幅に向上している様子が見える。また、図2中には参考として化学強化アルミノシリケートガラスの強度試験結果を示しているが、ARMOREX® はガラス組成がソーダライムガラスであるにもかかわらず、アルミノシリケート系組成と遜色の無い強度特性を示している。

図3に、同心円曲げ試験結果を破壊荷重で整理したときの結果を示す。図3は従来の化学強化ソーダライムガラスと ARMOREX® の破壊荷重の比較となっているが、同じ破壊荷重となるときのそれぞれのガラスの板厚を比較すると ARMOREX® はより薄くなっており、デバイス

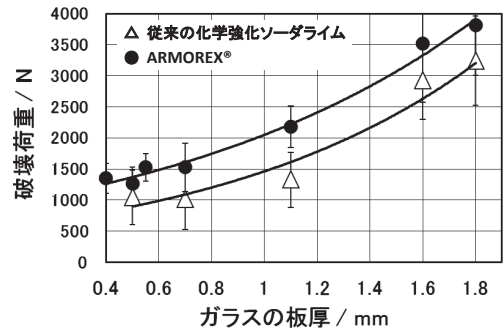


図3 同心円曲げ試験による破壊荷重の板厚依存性

の軽量化への貢献が期待される。

最後に、準静的曲げ試験だけでなく、衝撃強度も重要な強度特性であるが、4辺自由支持されたガラスの中央部に鋼球を落下させる「落球衝撃試験」においても、ARMOREX® の衝撃破壊強度は化学強化アルミノシリケートガラスと比較して遜色の無いものとなっていた。

## 5. おわりに

今回、「新製品・新技術紹介」として、当社の高強度化学強化ソーダライム ARMOREX® を紹介した。化学強化ガラスの用途は、電子機器ディスプレイのカバーガラスだけでなく、建築用・自動車用など様々な応用が期待される。また、日本や欧米向けのハイエンド機種だけでなく、新興国でのミドルエンドからローエンド機種の需要も大きく伸びてきている。強度特性と販売価格をバランスよく両立させた ARMOREX® が、様々なニーズに応えられることを期待したい。

## 参考文献等

- 1) 2012年10月より上市 (<http://www.cgco.co.jp/information/pdf/121005.pdf>)。ARMOREX® は日本における登録商標である。
- 2) 松田裕, 三田村直樹, 都築達也, 「ガラスの化学強化法と高付加価値化」, セラミックス, 48 (2013) 300.
- 3) 松田裕, 「化学強化ガラスと曲げ強度評価-基礎と実際-」, 第46回日本セラミックス協会ガラス部会夏季若手セミナー (2014. 8. 25-27, 宮城県), 講演要旨集, pp. 50-59.