

## ガラスの新しい可能性 ～超薄板ガラス～

日本電気硝子(株) ディスプレイ事業部

森 弘樹

### Innovative Potential of Glass : Ultra-thin Glass

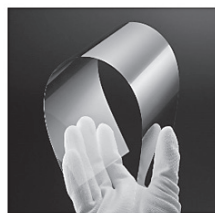
Hiroki Mori

Display Glass Division, Production, Nippon Electric Glass Co., Ltd.

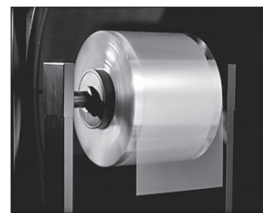
#### 1. はじめに

ガラスは透明性、耐熱性、ガスバリア性、寸法安定性などの、樹脂や金属にはない、優れた特性を有する。[1]

超薄板ガラスは、ガラスの厚さを 200 $\mu\text{m}$  以下に薄くすることで、上述のガラス本来の特性を有しつつ、樹脂フィルムのようにしなやかに曲がるフレキシブル性、軽量性などの新たな特性を併せ持ち、全く新しい用途や素材の実現につながる材料である。また、超薄板ガラスは図1のようにロール状に巻き取ることができ、いわゆるロール・ツー・ロール・プロセスにも適用できる。更に、耐屈曲性を追求した、化学強化できるタイプの超薄板ガラスは、折り畳みできるフォルダブルデバイス用のカバーガラスとし



シート品



ロール品

図1 超薄板ガラス

て注目されている。

本稿では、この超薄板ガラスの特長と製法、用途について紹介する。

#### 2. 超薄板ガラスの特長

##### 1) フレキシブル性

フレキシブル性は超薄板ガラスの最も主要な特長である。図2は当社製の無アルカリガラスOA-10Gを曲げたときの半径とガラス表面に働く引張応力の関係を板厚毎に示している。曲げ半径が小さくなるほど、ガラスに働く引張応力は大きくなり、この応力がガラスの強度を超えると破損する。板厚が薄いほどガラスに働く応

〒 529-0292

滋賀県長浜市高月町高月 1979 番地

TEL 0749-85-2233

FAX 0749-85-4402

E-mail: hrmori@neg.co.jp

力は小さく、曲げたり、ロール状に巻いたりすることが可能になる。また、図2には種々の切断方法によるガラスの強度の目安（曲げ強度試験による最低破壊応力の1/2）を点線で示した。例えば、スクライブ&ブレイクをTool Bで行った場合、切断面の欠陥が大きく、強度は約50MPaであり、厚さ100μmのガラスを半径70mmに曲げた場合の応力に相当する。一方、レーザー加工したガラスの切断面は欠陥が見えず、強度は約170MPaであり、厚さ100μmのガラスを半径20mmまで曲げることができる。このように、ガラスの強度は切断方法によって左右されるため、超薄板ガラスのフレキシブル性を確保するためには、切断品位が非常に重要である。更に、化学強化できる超薄板ガラスの場合、化学強化に加えて、ガラス端部の微小な欠陥をエッチング等で除去することで、図3に示すように、曲げ半径1.5mm未満まで曲げるこ

とができる。

2) ガスバリア性

超薄板ガラスは厚さを僅か30μmまで薄くしても、気体を通さないというガラス本来の特性を有している。図4に示すように、水蒸気、酸素ともにAPI-MS法によるガス透過度測定で検出限界未満である。

3) その他の特長

超薄板ガラスは、一般的なガラスと同じく、可視光領域での高い透明性（無アルカリガラスOA-10Gの場合、透過率92%）や高い耐熱性を有している。また、樹脂や金属と比べて、熱膨張係数が小さく、寸法安定性も優れている。超薄板ガラスは薄く、軽量なため、面積当たりの資源の節約や、製造・輸送時のエネルギー削減、廃棄物削減にもつながるため、環境影響の面でも優れた材料である。

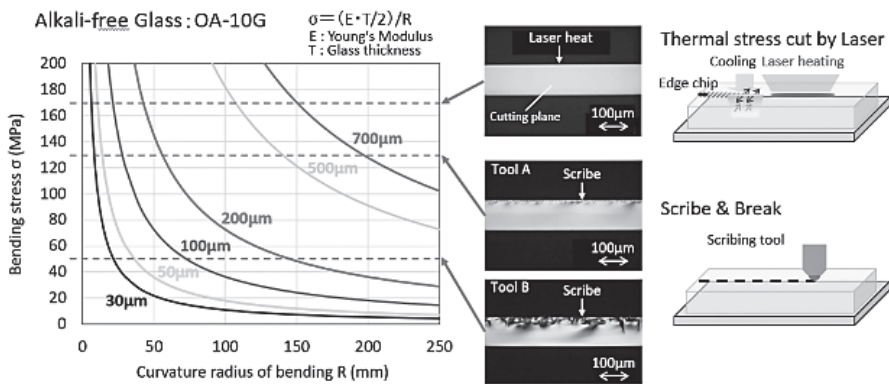


図2 ガラスに働く曲げ応力と切断方法毎のガラス強度の目安

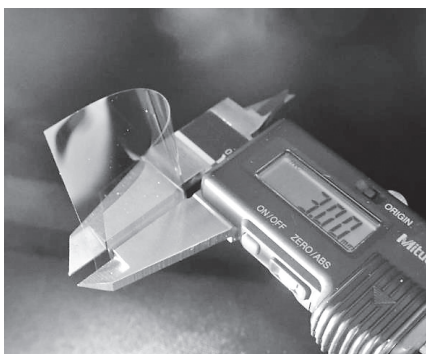


図3 ノギスに挟んで曲げた超薄板ガラス

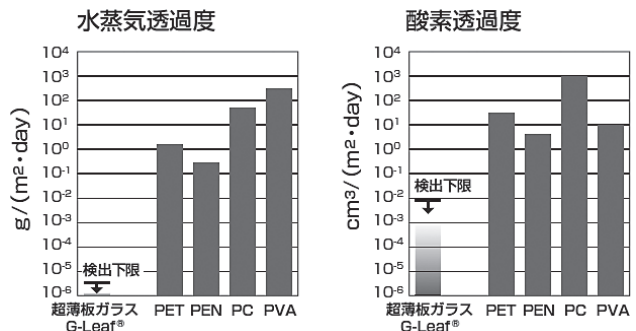


図4 超薄板ガラスと各種樹脂材料のガスバリア性

### 3. 超薄板ガラスの製法

超薄板ガラスは溶けたガラスを所定厚さのシート状に成形することで製造される。成形手段としてはオーバーフロー法やスロットダウンロー法、フロート法が用いられる。オーバーフロー法は図5に示すようなV字型の耐火物(成形体)の両側から熔融ガラスを溢れさせ、成形体の下部で融合させた後に下方へ引っ張ることでシート状に成形する方法であり、ガラス両面が空気以外に接触しないため、極めて平滑なガラス表面を実現できる。

図6に当社の超薄板ガラスの長さ、幅、厚さ毎の開発実績を示す。2016年には、ロール・ツー・ロールプロセスに適用できる長さ1km(厚さ100 $\mu\text{m}$ )の超薄板ガラスロールを実現した。また、幅は最大1400mm、厚さは最小で25 $\mu\text{m}$ を実現した。

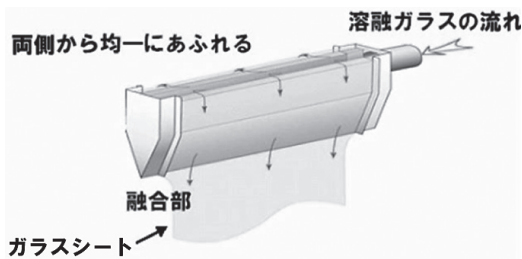


図5 オーバーフロー法

### 4. 超薄板ガラスの用途

超薄板ガラスの用途として、有機EL照明、電子ペーパー、薄型バッテリー、タッチセンサーなどのデバイスが開発、実用化されている。超薄板ガラスの軽量性は、宇宙への打上コスト抑制につながるため、様々な宇宙用デバイスの材料としても期待されている。更に、高い耐屈曲性が求められるフォルダブルデバイスには化学強化タイプの超薄板ガラスが採用されている。

超薄板ガラスを用いた次世代のアプリケーションとしては、超薄板ガラスの電気絶縁性とその薄さから、超薄型基板材料として、インターポザーやマイクロLEDディスプレイへの応用が期待される。また近年、次世代太陽電池として注目を浴びているペロブスカイト型太陽電池は、主として樹脂フィルム上に形成されるが、屋外使用では耐久性に懸念があり、耐候性やガスバリア性が高い超薄板ガラスが基板材料として検討されている。

超薄板ガラスを用いたロール・ツー・ロールプロセスの開発も、多くの企業や研究機関で取り組まれており、事例を紹介する。

#### 1) 超薄板ガラス偏光板

日東電工株式会社と共同開発した超薄板ガラス偏光板は、図7に示すように、接着層を介して超薄板ガラスと偏光板を貼り合わせた薄型偏

### Challenge to Longer, wider and thinner manufacturing

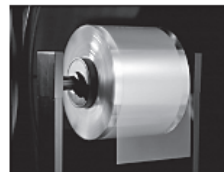
		2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Length	(m)		100		500		<b>1km</b>		
Width	(mm)		500	800		1,200	1,400		
Thickness	( $\mu\text{m}$ )	100, 70, 50				40, 35, 30			25



2013 35 $\mu\text{m}$  - W500mm



2015 50 $\mu\text{m}$  - W1,200mm



2016 100 $\mu\text{m}$  - L1km

図6 超薄板ガラスの開発実績

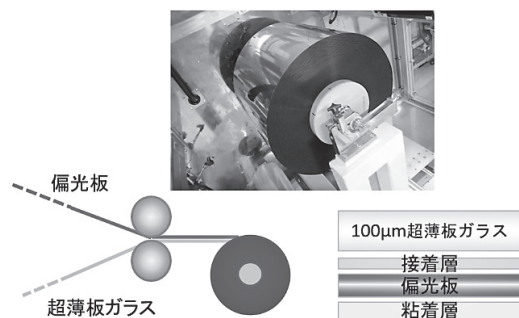


図7 超薄板ガラス偏光板

光板材料である。最表面に超薄板ガラスを用いることで、ガラス表面と偏光板界面との視差が低減して視認性が向上し、タッチセンサーの感度も向上する。本開発では、ガラスであるが故に、“割れる”という超薄板ガラスの課題に対して、樹脂と貼り合わせて補強することでハンドリング性を向上させ、量産規模といえる1km級の生産プロセスが実現された。

## 2) 有機EL照明

山形大学を中心とした共同開発では、有機EL照明の製造プロセスを開発し、全工程をロール・ツー・ロールプロセスで実現した。有機ELは水分の侵入が性能に深刻な影響を及ぼすため、ガスバリア性が高い超薄板ガラスは有機ELデバイス用基板として最適である。また、超薄板ガラスを基板に用いることで、図8のようにしなやかに曲げることができる。

## 3) タッチセンサー

台湾の工業技術研究院 (ITRI) との共同開発では、ロール・ツー・ロールプロセスによって超薄板ガラスを基板とするタッチセンサーを開発した。超薄板ガラスは耐熱性が高く、樹脂フィルムを基板とする場合に比べて、配線パターン印刷後の焼成温度を高くできるため、焼成時間短縮や電気的特性の向上を実現した。また、ガラスは光学異方性のない低レタデーショナルな材料であり、耐候性にも優れるため、図9に示すように光の複屈折による虹ムラが出ず、黄変し難いという利点も確認できた。

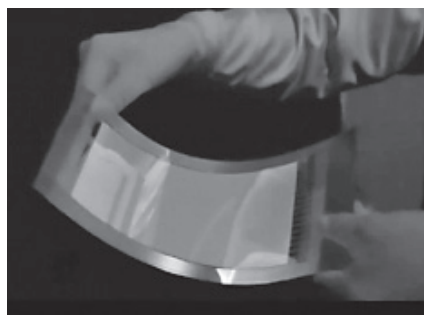


図8 ロール・ツー・ロールプロセスで作製した有機EL照明

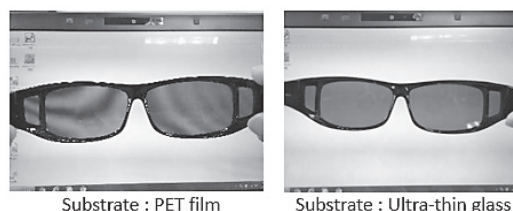


図9 サングラス越しに観察したタッチパネル

## 5. 今後の展望

超薄板ガラスはその用途拡大に伴い、光学的、機械的、化学的特性など、各用途に最適な特性を有する材質が開発されていくと考える。超薄板ガラスを用いた新たなプロセスや様々なアプリケーションの開発が進められており、社会に貢献する革新的な製品が実現すると期待しているが、デバイス、材料、設備、加工の各種メーカーや研究機関との協力が不可欠であり、今後により活発に連携を深めていく所存である。

### 参考文献

[1] T.Murata et al., "Ultra thin glass roll for flexible AMOLED display", FMC8-1.IDW2011.