

## グラステック2016 (glasstec 2016) : 専門記事No. 2

### 高断熱ガラスのトレンドは高機能性

*最新の高断熱ガラスの技術特性であるUg値、光透過性および防音性についてはまだ改善できる余地はあるのだろうか？技術的な可能性と限界について熱い議論がされている。その中、溢れる程のアイデアが確認されている。ただ、将来に向け、現実的なアイデアはどのようなものであろうか？*

3重断熱ガラスは大面積の窓で使用する場合でも無敵かという議論が数年前から起きていた。3重断熱ガラスは今や高断熱ガラスとして大きな窓でも一般的になっている。しかし3重断熱ガラスに代わる選択肢は本当に他にないのだろうか？

高断熱ガラスに対する要件は高まる一方だが、特に法的要件は厳しくなっている。さらにメーカーは多機能性のニーズも満たす必要がある。例えば、熱を逃がさず、太陽光を利用し、騒音を遮断し、そして防犯効果のあるインテリジェントな窓やファサード用のガラスである。ただ、フォイヒトヴァンゲン市に本社を置くarcon Flachglas-Veredlung（アルコン・平ガラス加工）社のアルベルト・シュヴァイツァー営業部長は、「ガラス2枚にLow-E膜を施す標準的な3重断熱ガラスではUg値は0.5 W/(m<sup>2</sup>K)が限界だろう」と述べている。<sup>1)</sup>

### 現状

現在の標準はアルゴンガス入り4/4/4構造で、Ug値は0.5から0.6 W/(m<sup>2</sup>K)のある。メーカーの中には天然ガスのクリプトンガスを中間層に注入することで、Ug値0.4 W/(m<sup>2</sup>K)を達成しているとのデータを公表しているところもある。これは極めて良い値だ。しかし、3重断熱ガラスの最大の欠点として依然、30 kg/m<sup>2</sup>という自重の問題が挙げられている。これが輸送と取り付け作業を困難にしている原因だ。窓メーカーもこの点を以前から指摘している。では、如何にしたらこの問題を解決できるのだろうか？

### 「真空ガラス窓」

軽量で、 $U_g$ 値 $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ を達成するLow-E膜付き真空断熱ガラス（VIG）は長年、選択肢として有望視されてきた。しかし、まだこれといった市販品が出てないのが現状である。ところが、約50%軽い真空断熱ガラスは、3重ガラスにずっと先行して開発されていたのである。実際、ドイツやスイスの研究チームは、真空断熱ガラスのエッジシールなどの主要な問題を解決し、量産化を可能にすべく研究に取り組んでいた。このVIGプロジェクトは2004年から2006年まで続けられた。さらに後続としてドイツ連邦経済・技術省(BMWi)の助成のもと、2007年から2011年まで「真空断熱ガラスの生産技術」プロジェクトが実施され、2012年1月に最終報告書が提出された。そして2012年8月、EUから380万ユーロの助成を受けて、研究プロジェクト「Winsmart」がスタートし、VIGガラスの多機能性をあらゆる側面から研究することとなった。このプロジェクトは2016年9月に終了する見込みだ。

参考：真空断熱ガラスは日本(Pilkington)と中国(Synergy)ではもう長年生産され、取付けされている。ただし、今に至るまで寿命の問題を抱えている。真空断熱ガラスには25年の寿命は必要と言われている。短寿命の理由の1つは柔軟性に欠け、熱負荷を調整できないエッジシールにあった。それでアジアのメーカーは改善を施し、外側にガラスと並行に取付ける薄板からなるエッジシールを考案し、ガラスと密着させた。真空断熱ガラスユニットの穴が弁の役割をする。充填ガスにはアルゴンか、クリプトンガスを使用し、外側にLow-Eガラスを取付ける。今、Synergyの場合、ガラス厚は全体で6.2mm、 $U_g$ 値は $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 。そしてアジアメーカーにおいてはなんとサイズは最大 $2.80 \times 1.80 \text{ m}$ を達成しているとのことである。

またファサード用真空ガラスを製品として提供するメーカーが現れている。これは工事作業で軽量化が重要視されている証拠だ。しかし、個人や住宅建設会社にとってはまだ限られたメーカーの選択肢しかない。例えば、ヨーロッパではPilkington社がいる。同社のスリムな真空断熱ガラス板は特に歴史的建造物の修復時に使用されている。こうしてオリジナルの輪郭を保ちながら、歴史的なイメージ全体を守ることができる。

しかし、何故、真空断熱ガラスは今まで普及しなかったのだろうか？2001年から業界もこの問題に取り組んできており、今もさらに研究を進めている。このことは真空断熱ガラスの技術が如何に複雑で、乗り越えるべきハードルが高いかを示している。進展中のWinsmartの研究プロジェクトでは、このエッジシールの問題を「スズ」で解決しようとしている。ガラス板の間に液体のスズ合金を注入するというアイデアだ。そして気密性の高いガラス・スズ複合層に仕上げるために、フレームに短時間、電圧をかける。そしてWinsmartプロジェクトではさらに多機能性を持たせる方向で考えている。

しかし、それでも真空断熱ガラスを製品化できるかは疑問だ。まず、バブルの気密性が悪化する可能性がある。またバルブが窓ガラス間の金属性スペーサーのように目立ってしまって、見た目が悪いという問題もある。さらにもし全てのネガティブな要因が排除されたとしても、許容範囲内のコストで量産できるかも分からない。Winsmartプロジェクトでさえ、全ての項目を満たす高品質な標準化を実現するには、5年から10年の開発期間（2012年から）を要すると言われている。

#### 4層断熱ガラス：正しい方向か？

ローゼンハイム大学のDr.フランツ・フェルトマイヤー教授は、「数年前は3重断熱ガラスにおいても、我々はこれが正しい方向性なのか否かという同じ疑問を抱いていた。しかし、今や3重断熱ガラスは標準となっている。4重断熱ガラスでもメリットとデメリットがある。例えば、より厚いフレームと複雑なエッジシール、重量増加、また特に日射量や太陽エネルギーの減少がデメリットとして挙げられる。どの製品であろうと、これらのデメリットを高い断熱性能でカバーしなければならない。3層ガラスの断熱値より良い $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 近辺の値が必要になってくる。ソリューションは1つには限らないだろう。<sup>2)</sup>ただし4層ガラスが本当にメリットとなるためには、製品自体が全く新しい技術を装備する必要がある。例えば、プリストレスの薄いガラス板、反射防止コーティング、あるいは圧力調整などである。フェルトマイヤー教授は、「3重ガ

ラスに単に1枚追加しただけの4重ガラスではソリューションにはならない。」と語っている。

ただ、すでに4層断熱ガラスは製品化され、販売されている。SGT社（所在地：タウバービショフハイム）は薄いガラス板から成る4層断熱ガラスの開発に成功。その技術データは抜群だ。中間層がそれぞれ12mmの2/2/2/2構造により、Ug値は0,3 W/(m<sup>2</sup>K)、総重量はたったの20 kg/qmを実現している。

ただし批判もある。それはガラス、フレームおよび留め金具の増加により生産コストが上昇し、結局は製品全体のエネルギー収支が悪化してしまうとのこと、そして非常に良いUg値が返って裏目に出してしまうのではという指摘である。

産業界はこの問題も解決しようと、2015年10月始め、EU助成金で研究プロジェクトをスタートした。このプロジェクトがいかに野心的であるかはエコバランスの一部を担当しているカッセル大学のエンジニアの以下のレポートに読み取れる。「EU第7次枠組みプログラムの研究プロジェクト“Membranes for Windows”(MEM4WIN)では、様々な産学プロジェクトパートナーの開発成果を統合して、まずはゼロエネルギー建物用の革新的窓システムを作り上げる。そしてその窓システムの環境収支（LCA）を作成していくことを目指す。具体的には、超薄板ガラスの4層ユニットの中に、マイクロミラーから成る日影・日光コントロールシステム（„Active Windows“, INA/カッセル大学）、有機太陽電池・太陽光・有機発光ダイオード(OLED)などの開発成果を統合していく。」

ここで言う超薄板ガラスとは熱処理された厚さ1.6mmの薄いガラスのことである。スマートフォンの所有者ならば、毎日、目にしている。4mmのフロートガラスに比べて軽量(たったの15 kg/m<sup>2</sup>)であること、また投入する原料は少ないものの柔軟性と強度に優れているなどの特徴を持つ。さらに同種の断熱ガラスよりも製造コストは15%、二酸化炭素排出量は45%低いとのことだ。この超薄型ガラスにおいてもUg値0,3 W/(m<sup>2</sup>K)が目指されている。構造的には開窓にはフレームはない。また開窓の留め金具は断熱ガラスのエッジシールのところに取付けられている。

この進行中の研究プロジェクト“Membranes for Windows”(MEM4WIN)では、ガラス板4枚すべての片面にARコーティングをし、中間ガラス2枚と外ガラスの内側にはLow-Eコーティングを施している。充填ガスにはアルゴンが使用される。またインクジェットで印刷した太陽電池により、電力自給自足型のスマート・ウィンドウを可能にしている。つまり内蔵された有機発光ダイオードが発光する仕組みとなっている。そうすることで昼間の窓が、夕方には大面積の空間照明に変わる。また窓システムに組込む日影や最適な光度合いを調整する可動性のマイクロミラーアクチュエーターはカッセル大学が開発したものだ。空間の照明（強度と方向）はミラーのポジションによって変わってくる。これらはナノインプリント・リソグラフィ技術によって可能になっている。また住宅や店舗の生活用水は窓システムに組み込まれる太陽熱コレクターによって温められる。

“Membranes for Windows”(MEM4WIN)の窓は、現在考案中の形状では全体で70mmの厚さになる。エッジシールは、留め金具が直接ここに取付けられるような構造になっている。

同プロジェクトは2016年3月末まで続く。その後、量産と商品化に向けて競争が始まる。規制当局は2021年以降、新築は全てゼロエネルギー住宅に制限したいという希望を持っている。

高機能の多重断熱ガラスではどのようなソリューションとイノベーションが将来の課題を克服するのだろうか？その答えは2016年のグラステックで見られるだろう。世界トップのガラス見本市は2016年9月20日から23日までデュッセルドルフで開催される。幅広い種類の建設用ガラスの他にも、ディスプレイガラスに関する最新の生産・加工技術も展示されている。また特別展「glass technology live」では未来に向けた新しいアイデア、省エネコンセプト、また多機能ファサードなどが紹介される。建築家、プランナー、外壁施工業者などにとっては必見の見本市である。

日本国内連絡先:

(株)メッセ・デュッセルドルフ・ジャパン

担当 A.ユング

〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町4-1

ニューオータニ・ガーデンコート7F

T: 03-5210-9951

F: 03-5210-9959

[jung@messe-dus.co.jp](mailto:jung@messe-dus.co.jp)

<https://glasstec.messe-dus.co.jp>