

現場施工型後付けLow-Eガラス「アトッチ®」の開発

Development of ATTOCH™

On-site insulation simply by applying Low-E glass to the inside of the existing window

菊地 哲*・荒巻 肅**・福田 光夫***

Satoshi Kikuchi, Susumu Aramaki and Mitsuo Fukuda

省エネが求められるオフィスビル向けに、2009年5月、既存の窓ガラスに後からもう一枚ガラスを貼り付けてペアガラスにする商品が企画された。試行錯誤の末、Low-Eガラスに金属スペーサーを工場の生産ラインで貼りつけたハーフペアユニットを、施工現場でペアガラスに完成させる全く新しいプロセスを考案し、2012年7月、商品名「アトッチ®」として発売した。本商品は現場での施工品質が極めて重要であるため、特殊な梱包形態や、封着部の密封性を確認する方法等が考えられた。ペアガラスとしての必要な各種性能（耐風圧性能、耐震性能、断熱性能、耐熱割れ性能、遮音性能）は実験や解析シミュレーションで検証した。2014年5月には、カーディーラーやコンビニ等の路面店舗にも外部から施工できる「ワイルドアトッチ®」がラインナップに加わった。

For office building which needs energy saving, we planned something like a new product which could be bonded on existing glass in order to reform as an IGU (Insulating Glass Unit) in May, 2009. After trial and error, we had successfully developed the novel installation process applying the unit which consists of metal spacer and Low-E glass to be installed on existing glass. The novel glass installation system was named "ATTOCH™" and launched in July, 2012. Since on-site construction quality is extremely important to ATTOCH. We developed special packing style and sealing methods in order to secure the construction quality. Various performances which are necessary in a pair glass, for example, wind pressure resistant, earthquake resistant, thermal insulation, heat-breaking resistant and sound insulation, have been checked by various experiments and analysis simulations. Then we added "Wild ATTOCH™" for road side stores such as car dealer or convenience store in May, 2014, which could be installed from the outside of the window.

*ガラスカンパニー 技術本部 日本・アジア技術開発部 商品開発センター (E-mail: satoshi-kikuchi@agc.com)

**ガラスカンパニー 技術本部 日本・アジア技術開発部 商品開発センター (E-mail: susumu-aramaki@agc.com)

***ガラスカンパニー 技術本部 日本・アジア技術開発部 商品開発センター (E-mail: mitsuo-fukuda@agc.com)

1. はじめに

東日本大震災の影響で電力事情がひっ迫したことを受け、節電を目的とした省エネ窓リフォームのニーズが急速に高まっている。住宅では省エネ性能の高いエコガラスへの交換や二重窓の設置が数多く採用される一方、開閉できないFIX（はめ殺し）窓が多いオフィスビルや店舗では、ガラス交換工事が大規模なものになる、二重窓を設置するスペースがない、などの理由から、遮熱フィルムをガラスに貼る方法が大半を占めている。しかし、遮熱フィルムは夏の暑さには効果があるものの冬の寒さ・結露対策にはならないため、AGC旭硝子は既存の窓ガラスにLow-Eガラスを貼りつける商品「アトッチ™」を2012年7月に発売した（Fig.1）。

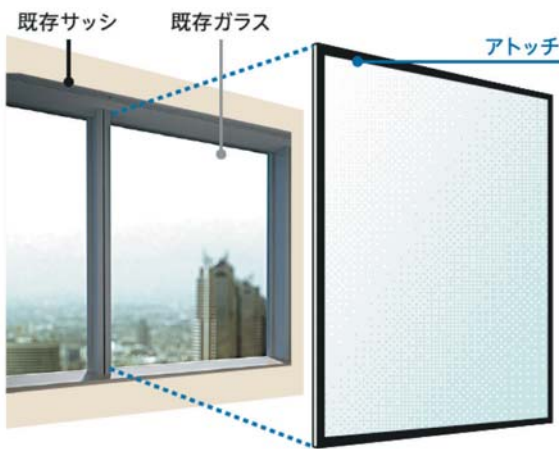


Fig.1 Installation image of ATTOCH.

この商品の最大の特長は、窓際における夏のジリジリ感、冬のヒエヒエ感を緩和することである。その結果、冷暖房費を削減し、環境にも優しい快適空間を実現できる。

冬の結露の様子をFig.2に示す。左側の窓は遮熱フィルムが貼られた一枚ガラス、右側の窓はアトッチである。アトッチでは結露量が激減しており、窓の外の色が見えるのが分かる。

夏と冬の熱的效果をFig.3に示す。一枚ガラスに比べて、アトッチでは夏は1.8倍の遮熱効果、冬は3.7倍の断熱効果がある。6階建のオフィスビル（延床面積4,300㎡、ガラス総面積1,200㎡）で試算すると、アトッチによって空調エネルギー使用量を約30%、空調エネルギーコストを年間約61万円削減できる。



Fig.2 Comparison of condensation between single pane glass and ATTOCH.

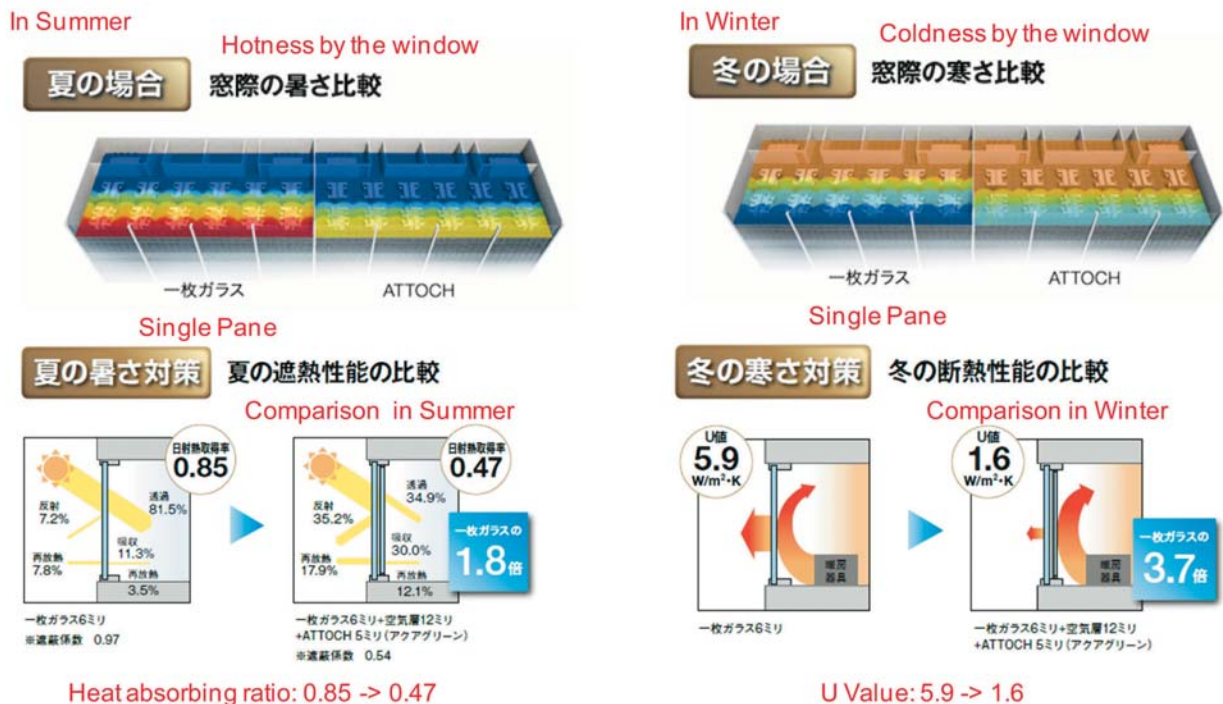


Fig.3 Thermal benefit in summer and in winter.

2. 商品企画

2008年5月、改正省エネ法が成立し、2010年以降、従来の建物単位のエネルギー管理から事業者（企業、テナント）単位のエネルギー管理へと切り替わり、一定規模以上の企業が保有する既存のオフィスビルでもCO₂排出量が管理されることが決まった。当時、AGCグラスプロダクツ内に組織された新市場開拓チームは、ビルメンテナンス会社、病院、ホテル、ファミレス、銀行、証券会社などを中心にヒアリング調査を行なった。その結果、ビルメンテナンス会社に省エネ対策の問い合わせが集中している実態が明らかになった。またエネルギーコスト削減の一部をサービス費として受け取るエコ診断企業の存在も判明した。既存ビルの省エネ対策には、当時は主に照明器具のLED化、フィルムや塗料による窓の遮熱改修があったが、より効果の高い窓の断熱改修のニーズが高まると予想し、2009年5月本商品が企画された。

3. 幻に終わった初期のアトッチ

既存の窓ガラスにもう1枚ガラスを貼りつけて複層ガラスにするアイデアは古くから存在し、旭硝子京浜工場の工場長室にその原型がある（1996年施工）。車輛用ペアガラス向けに使われているヒモ状のスペーサー（PF）を使った現場施工型ペアガラスである。当時は数枚だけの試験施工であったが、この技術を利用することにより短期間でアトッチが上市できると考えた。しかし、サンプルでの耐久性試験や実大サイズでの実証テストを重ねていった結果、①施工品質の確認が難しい、②ヒモの直線性や直角性が確保できず外観品質が悪い、③周り縁の設計が面倒かつ施工できないケースがある、等の欠点が浮き彫りになり、結局上市には至らなかった。

2009年6月、AGC硝子建材が保有する自社ビル（当時）に初めて試験施工されたアトッチをFig.4に示す。



Fig.4 Prototype of ATTOCH.

4. 工場品質を現場に導入

転機は2010年8月に訪れた。それまでAGCグラス

プロダクツ主導で進めてきた本商品の開発にAGC硝子建材の技術陣が加わり、施工品質を考慮して進めた。工場品質を現場に導入するため、ガラス一枚と金属スペーサーからなる、ハーフペアユニット（通称「アトッチユニット」）を工場の生産ラインで製造し、現場に搬入し、既存ガラスに貼り付ける、というアイデアが試された。最大の課題は安定した施工品質とその確認方法であったが、スペーサーコーナー部の孔から内部を減圧することで周辺部を密着させ、同時に密封性を確認できる方法が考案されたことで、工場品質を達成することができた。

5. アトッチユニットの仕様

アトッチユニットにはLow-Eガラスが用いられる。ユニットの構成をFig.5に示す。Low-E膜の外周部はトリミングされ、空気層12mmスペーサーがブチルシールを介して接着されている。一方、反対側のブチルシールは施工されるまで潰されたり、他の部材に接着しないように離型フィルムで養生されている。コーナーの1箇所はガラスが斜めにカットされ、スペーサー同士を90度で接合する部品（コーナーキー）の孔に施工時に使うビニールチューブが挿入されている。専用パレットには捨て板を設置し、スペース確保のために12mmスペーサーの周囲に16mmスペーサーを4辺にテープ止めしている。またスペーサー内の乾燥剤が湿気に触れないよう、パレット全体をポリエチレンフィルムで完全密封した梱包形態をとっている（Fig.6）。

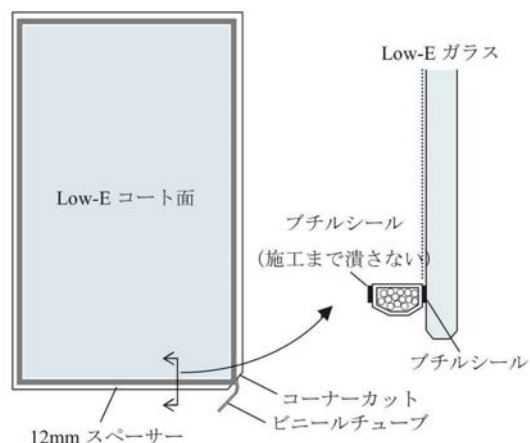


Fig.5 Construction of ATTOCH unit.

6. アトッチユニットの施工

所定の梱包状態のアトッチユニットを施工場所に搬入し、開梱、受入れ検査を行ない、アトッチユニットを既存ガラスに取り付ける。ペアガラスとしての内部結露防止にはブチルシールの密着が重要になるため、空気層を吸引（減圧）し、空気層厚の変化を見ながら、空気漏れがないこと確認する（減圧密着確認。Fig.7）。吸引には予めコーナーキーに取り付けたビニールチューブを利用し、密着確認後封止プラグで栓をし、二次シールを打設する。なお一般的なペアガラス

は空気層内無結露期間を10年間保証しており、本商品の施工品質も10年保証の実力はあるが、個々の現場状況は千差万別なため、当面は保証期間を5年としている。

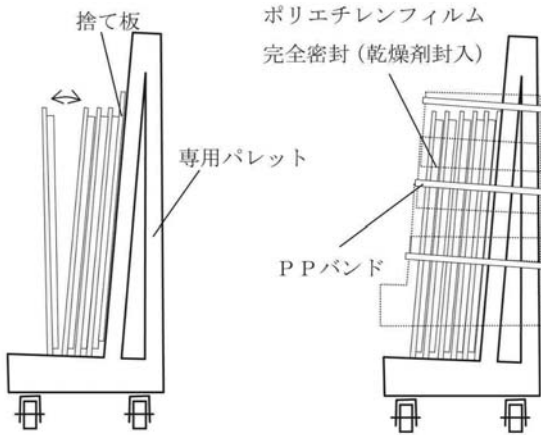


Fig.6 Style of packing.

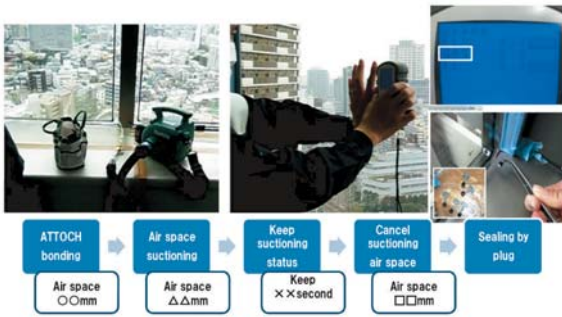


Fig.7 Method of vacuum adhesion check.

7. 各種性能評価

7.1 概要

アトッチを上市するにあたり、ペアガラスとしての封着部の耐久性の他、①耐風圧性能、②耐震性能、③断熱性能、④耐熱割れ性能、⑤遮音性能 を実験及びFEM解析シミュレーションで確認した。ここでは、①耐風圧性能と、②耐震性能 について説明する。

7.2 耐風圧性能

一般のペアガラスは2枚のガラスがサッシ枠に挿入されているため、風圧力を2枚のガラスでサッシ枠に伝える構造である。一方、アトッチは既存ガラスにアトッチユニットを施工するため、アトッチに加わった風圧力は既存ガラスの周辺部を通してサッシ枠に伝わる構造である。そのため、既存ガラスにアトッチユニットが施工された後、既存ガラス周辺部やサッシ枠の強度に問題ないかをFinite Element Method (FEM) 解析シミュレーションにより検証した。FEM解析結果をFig.8に示す。モデル条件は、開口寸法1410×1645mm、アトッチユニット寸法1374×1610mm、風圧力3949Paである。モデルAは既存ガラス単体での応力分布、モデルBはアトッチユニットが付いた場合の既存ガラスに発生する応力分布である。アトッチユ

ニットの有無によって周辺部のガラスに発生する応力を比較すると、アトッチユニットがある方が発生応力の小さい結果となった。従って、風圧力が掛かった時に既存ガラス周辺部に掛かる負荷はアトッチユニットには影響されない(むしろ軽減する)ことが確認できた。

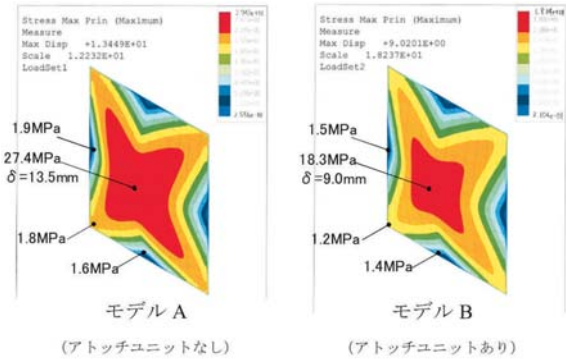


Fig.8 Stress of existing glass by wind pressure.

7.3 耐震性能

建物に地震力が作用すると、各階の上下の層間に水平方向の変位の差による角度(層間変形角)が生じる。その際、既存ガラスは端部より1/4の位置にある自重受けを支点に回転し、層間変形に追従する。アトッチユニットは既存ガラスが層間変形に追従する動きを拘束しないように自重受けを既存ガラスの自重受けより内側(端部より1/3)に配置することで既存ガラスに貼りついて浮き上がる(Fig.9)。またアトッチユニットと周辺枠にはクリアランスを設け、層間変形を受けた時に周辺枠とアトッチユニットが接触しない構造としている。既存ガラスW1685×H1410、層間変形角1/96の場合に必要なクリアランスの計算例をFig.9に示す。

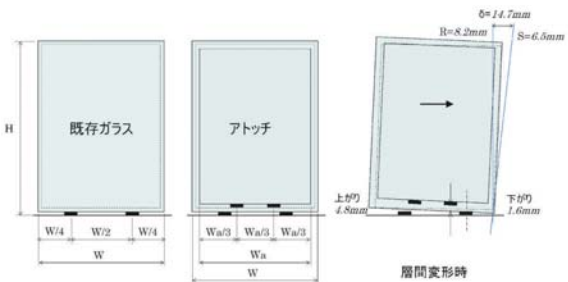


Fig.9 Movement by earthquake.

耐震実験は旭硝子中央研究所にて行なった。既存ガラス(寸法1450×1650)とアトッチユニット(寸法1374×1610)を仮想躯体に設置し、油圧ジャッキで強制的に層間変形を加えた様子をFig.10に示す。結果は、躯体の層間変形角1/120(ガラスの層間変形角1/53)においても、ガラスの脱落は生じなかった。また周辺部材・倒れ止め部品は、ガラスの挙動には大きな影響を及ぼさなかった。なお、動的試験終了後の試験体のペア露点測定の結果、いずれも露点温度-60℃以下であり、面内変形によるペア封着部の劣化は見られなかった。



Fig.10 Earthquake proof test.

8. 路面店舗への展開

2014年5月、カーディーラーやコンビニ等の路面店舗向けに、店舗営業中でも外部から施工できるアトッチ「ワイルドアトッチ™」を発売した (Fig.11)。



Fig.11 Wild ATTOCH.

既存ガラスの外面に施工する場合、内面以上に汚れが付着しているため、接着部分の洗浄方法と、自重受け部品を新たに開発した。

洗浄方法は、8種類の方法を実際に試し、また、それぞれ洗浄後の接触角や成分分析、外観確認を行なった。その結果、マルチサンダーによる酸化セリウム洗浄が最も効果があることが分かった (Fig.12)。なお霧吹きで親水性、すなわち洗浄されたことを確認することができる。

ツール	イメージ	作業性	効果
スチームクリーナー		△ 連続洗浄が不可	× あくまで家庭用
ドリル研磨 (酸化セリウム付)		× 重く現場には不向き	○ 砥石に当てれば取れる
中性洗剤 +研磨スポンジ		× 連続で擦る必要あり	× 簡単には落ちない
アクリルスポンジ (激落ちくん)		× 連続で擦る必要あり	× 落ちない
スポンジポリッシャー +酸化セリウム		○	○ 親水状態になった
酸性クリーナー		× 連続で擦る必要あり	× 落ちない
マルチサンダー +酸化セリウム		○	○ 親水状態になった

Fig.12 Cleaning methods for outside glass.

自重受け部品は素材から見直した。屋内用の自重受け部品は樹脂製だったが、屋外用としてアルミとAES樹脂の複合型に切り替えた。本体にアルミを使用することでクリープによる潰れを防止でき、ガラスとの接触面には出窓のコーナーや笠木のジョイントに採用実績のあるAES樹脂による緩衝材とした。組立構成図をFig.13に示す。

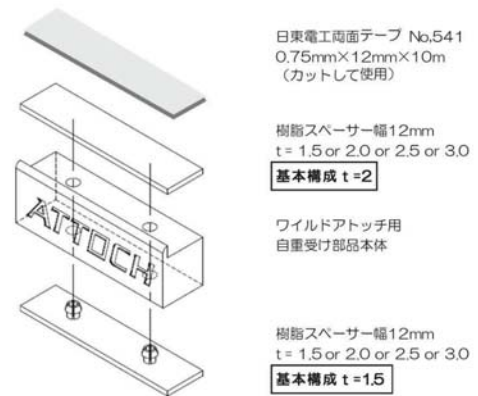


Fig.13 Assemble of setting block.

9. まとめ

2008年の改正省エネ法が契機となり、アトッチが企画され、開発がスタートした。そして2011年の東日本大震災後の電力事情による省エネ機運に後押しされるように、2012年アトッチが発売された。アトッチとはLow-Eガラスに金属スペーサーを工場の生産ラインで貼りつけたハーフペアユニットを、施工現場でペアガラスに完成させる商品である。工場での作りこみはもとより、施工品質も重要になるため、特殊な梱包形態や封着部の密封性を確認する方法等が考えられた。上市にあたり各種性能評価を実施し、その実力は検証済みである。2014年には、カーディーラーやコンビニ店舗向け「ワイルドアトッチ™」がラインナップに加わった。今後のビル向け建材事業の大きな柱として期待されている。