

自動車用高性能UVカットコート強化ガラス

“UV verre Premium™”

High Performance UV Cut Tempered Automotive Glass

“UV verre Premium™”

眞崎宏明*・小平広和**

Hiroaki Mazaki, Hirokazu Kodaira

近年、オゾン層破壊に起因すると言われる太陽光紫外線（Ultraviolet；以降UV）照射量の増加と、UVが目や皮膚に与えるその有害性に対する人々の意識の高まりから、美容と健康を謳ったUVカット機能商品が注目を集めている。自動車用ガラスにおいては、フロントガラスはUV吸収性の高い樹脂膜を中間膜として挟んだ合わせガラスとなっているため、約99%^{*1}という高いUV遮蔽性能を具備している。一方、単板構成となるサイドガラスやリヤガラスなどでは、UV吸収材料を内包添加したUVカットガラス“UV verre®”が1990年代半ばに開発され、現在の日本市場においては大部分の車に採用搭載されているが、そのUV遮蔽性能は約90%^{*1}であり、まだ約10%ものUVを車内（室内）に透過しているのが実情である。その為、女性を中心に市場のお客様のUVカットへの高まるニーズに十分応えられていないのが現状である。

今回、我々が開発し市場に送り出した高性能UVカットコート強化ガラス“UV verre Premium™”は、従来のUVカットガラス“UV verre®”に高性能UV吸収機能コートを具備することで、約99%^{*1}ものUVカット性能を実現した。本稿では、“UV verre Premium™”におけるコート材料開発とゾルゲル工法、更にはコートガラスの耐久品質とその製品光学特性、最後にUVカット性能差の可視化について述べる。

In recent years, there are much more attention to products with the UV cut function in the market because of the increasing UV irradiation from sun light related to ozone layer depletion and the growing awareness of its harmfulness to eyes and skin. In the field of automotive glass, windshields are laminated glass with highly UV absorptive resin film as the intermediate layer, and they give high UV shielding performance above 99%^{*1}.

However, in case of side glass and backlite consisting of monolithic glass panel, UV cut glass “UV verre®” internally added UV absorbents has been developed in the middle of the 1990's and is now adopted in most of the cars in the Japanese market, but their UV shielding ability is about 90%^{*1}.

This means that still approximately 10% of UV light penetrates into car inside. Therefore, the current situation of UV cut technology is not satisfied enough to the increasing needs from the customers in the market, especially ladies.

The high performance UV cut coated tempered glass, “UV verre Premium™” which we have developed and launched recently, has realized about 99%^{*1} of UV reduction effect by the high performance UV absorbing coating to conventional UV cut glass “UV verre®”.

Here, we wish to report the development of coating materials of “UV verre Premium™”, the sol-gel process, the durability and optical properties of coated glass, and in the last part the visualization of the UV cut performance for easiness to understand.

* ガラスカンパニー自動車ガラス営業推進・商品開発室新商品開発マーケティンググループ 主席 (E-mail: hiroaki-mazaki@agc.com)

** 中央研究所 ウェットコーティング技術F 主席 (E-mail: hirokazu-kodaira@agc.com)

*1. 弊社測定値。ISO9050基準。

1. 緒言

【デザイン】や【視界向上】の観点から、自動車におけるガラスの開口部面積の広がりが増す傾向にある。一方、自動車そのものの方向性において、近年ではハイブリッド・電気自動車に代表される環境配慮型エコカーや、また車内環境の快適性を高めた人に優しい車の開発が目覚ましい。こうした時代背景において、【快適性】【環境】【安全性】といった観点で自動車用ガラスが果たす重要性・影響力は高まる一方である。

今回我々が開発した高性能UVカット機能付き強化ガラス“UV verre Premium™”もまさに車内【快適性】を追求した人に優しい自動車に貢献する商品の一つとして位置するものである。太陽光に含まれるUVを大別すると、波長の短いものから順にUV-C波(<285nm)、UV-B波(285~315nm)、UV-A波(315~380nm)と分けられる。その内UV-C波は大気層(オゾン層など)で吸収され、地表には到達しないが、比較的波長の長いUV-B、UV-A波は大気層に吸収されるものもあるが地表へ到達する。これら長波長UVはサンバーン、サンタンと称される日焼けを引き起こすだけでなく、白内障や皮膚がんの原因にもなるといわれている。さらに、照射量がUV-Bの20~30倍とも言われるUV-Aは、Fig.1に示すように長期に渡り肌を曝露し続けると皮膚内部のDNA損傷にも影響し、シミ・シワ・たるみの原因にもなると言われている。

このような弊害を引き起こすUVに対して、自動車用ガラスでは既に前方のフロント合わせガラスにおいてはその中間膜樹脂中に有機系UV吸収材料を添加することで99%以上のUVカット性能を備えている。一方、サイドガラスやリアガラスにおいては中間膜樹脂を有しない1枚の単板強化ガラスが主流であり、フロント合わせガラス程のUVカット性能を持ち得ていないのが現状である。例えば、日本においてはUVカット原料を素板素材に含むUVグリーンガラス“UV verre®”は運転席、助手席側に位置するフロントドアガラスで主に採用されているが、そのUVカット性能は約90%程度に留まる。

こうした現状において、AGCが独自に女性ドライバーを中心に調査したインタビューアンケートでは車の窓廻り・窓付近での不備・困り事として、『UVが気になる』との回答が最も多く得られた(Fig.2)。またAGCがインターネット上で実施したアンケートで運転中の日焼けで気になる部位として挙げられた項目としては『腕』『顔』『手』が上位を占めることが確認されている(Fig.3)。これらアンケート調査結果から、特に運転席・助手席側に位置するフロントドアガラスへの高UVカット化のニーズが非常に高いことが明らかであり、我々はこうしたニーズを満たす商品の実現に向けて開発を進めることとなった。

開発の方向性としては、従来の“UV verre®”をベースにしたガラスの素材自体の開発も検討の一つとして考えられた。しかしフロントドアガラスにおいては、法的規制上可視光線透過率70%以上が必要とさ

れる。ガラス単品の素材開発で高性能UVカットを追求することでは色目が黄色味を帯びる可能性が懸念され、外観上の商品特性や可視光線透過率までも担保することは現状極めて困難を要する。そこで我々は従来の“UV verre®”の車内側(室内側)に高いUVカット性能を有するコーティングを施すことで、UVカット率を高める開発を進めた。最終的に約99%の高いUVカット率を有し、可視光線透過性、更には自動車用ガラスとして必要な高い耐久性をも全て満足する商品を完成させることに成功した。2010年末、“UV verre Premium™”は、実際に自動車メーカー殿から世界初*2で採用をいただき、現在では複数の車種に搭載されて市場に投入されている。

本稿では、人に優しい【快適性】を追求した自動車用高性能UVカット強化ガラス“UV verre Premium™”の膜の開発及びその商品の特徴、更には商品の訴求方法も併せてご紹介する。

*2. 2010年12月現在、弊社調べ。

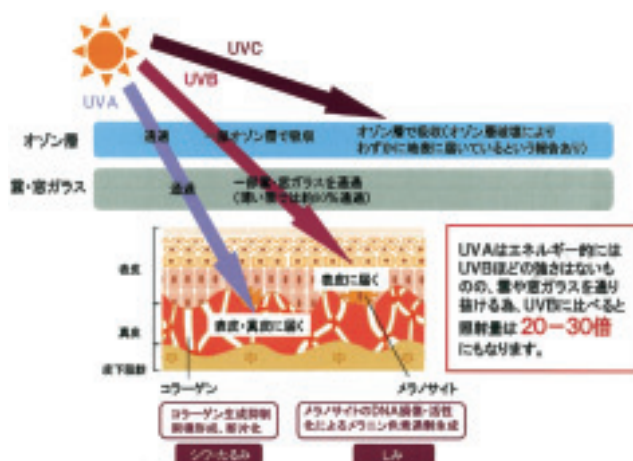
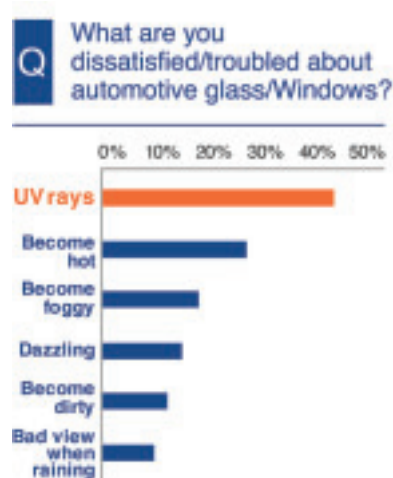
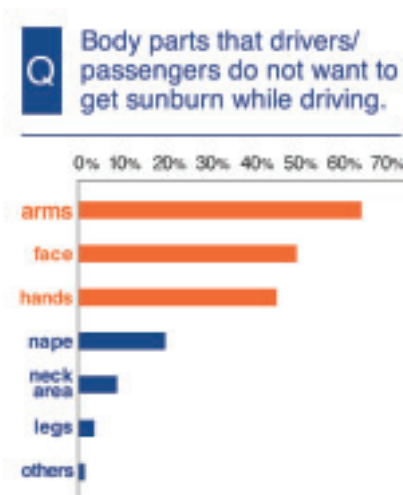


Fig.1 Image of the affluence of UV-C, UV-B and UV-C to human-skin



(Survey conducted by AGC. The above graphs show top six of total 104 responses in a multiple-answer format.)

Fig.2 Results of interview on most wanted property about current automotive glass



(Online survey by AGC, targeting female respondents. Total 555 responses obtained in a multiple-answer format.)

Fig.3 Results of interview on body part that people want to protect from UV.

2. 自動車用強化ガラスとして求められる要求特性

開口部材として用いられるガラスの中でも、自動車用ガラスに対する要求特性は非常に高い。またその要求特性は対象となる部位によっても異なる。今回我々が開発した“UV verre Premium™”はフロントドアガラス向けであり、ガラスが上下に昇降する機能を持つ部位を対象とするものである。従って、非常に高い機械的耐久性（擦傷性・摩耗性）を満足することが求められる。一つの例としては、耐傷付き性や耐剥離性を保証する為の耐久試験がある。ドアガラスの窓枠周辺ベルトモール部材として使用されるウェザーストリップと称するゴム材を、ある一定の荷重で事前に微小な粒径の砂を掛けたガラスコート面に押し付けた状態でガラスを上下に1万回以上も昇降させて評価する試験である。更にはドライバーの視点で見た時に、人が身に付けるあるいは所有する貴金属などがガラスへぶつけられた際の傷付き性を保証する為の耐久試験などが挙げられる。

こうした非常に高い機械的耐久性能を満たすことも必要ながら、それと併せて要求されるのが外部環境下に曝露された時の高い信頼性である。UVは元より、熱（高温、低温）・水（湿気）・薬品・油脂といった過酷な環境下に長時間晒される中で、性能の劣化や、変色・剥離・クラックといった外観の劣化などの変質が生じない品質特性が自動車用ガラスには求められる。我々は下記3.で詳述するコート膜の材料開発によってこれらの要求特性を全て満足し、従来のガラス単体同等の実用耐久性能を具備しつつ高いUVカット性能を発現する商品化を実現したのである。Table.1に代表的な評価結果一覧を示しておく。

Table1. Representative durability test results for this new developed glass

Requested quality	Test conditions	Results
Abrasion-resistance	Taber abrasion (1000cycles)	ΔH = 2.5%
Door movement-resistance	Door-movement (10000cycles)	No damage
Weatherability-resistance	SWOM (2500hrs)	No damage
Pencil hardness test	9H, 1000g load	No damage

3. 高性能UVカットコート材料

3.1 有機系UV吸収材料

従来のUVカットガラス“UV verre®”においては、素材そのものにUV遮蔽機能を有することで知られる酸化セリウムと酸化チタンが添加されている。これらの無機系材料をコート材料として使用して高性能UVカットガラスを得ようとする黄色の透過色を示し⁽⁴⁾商品性を大きく損なうだけでなく、法的規制70%透過率の性能をクリアすることが容易ではなくなる。そこで“UV verre Premium™”においては、無機系UV吸収剤と比較して長波長UV域における吸光度が高く可視域への吸収が少ない材料の設計が可能な有機系UV吸収剤を選択し、その中でも特殊ベンゾフェノン系化合物を用いることとした。ベンゾフェノンによる光安定化機構はFig.4のように説明されている。

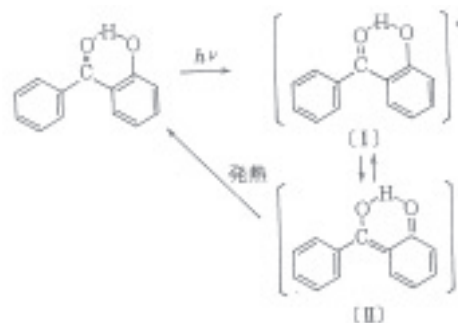
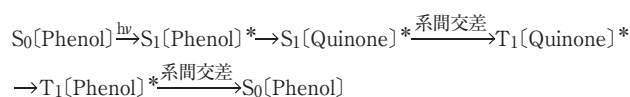


Fig.4 ベンゾフェノンによる光安定化機構

すなわち光の吸収によって生成した励起状態分子[I]は、速い互変異性を起こし励起状態のケトン型分子[II]となる。次いで、この励起分子は熱を放出して失活する。尚、この励起-失活過程は、励起一重項状態(S₁)から系間交差により励起三重項状態(T₁)を経て起こることも考えられている⁽¹⁾。



有機 UV 吸収材を自動車用ドアガラスに適用する大きな課題として耐光性があったが、1 重項状態の寿命を短くして項間交差が起こらないようにする (energy transfer)、3 重項ができてしまっても速やかに消光できるようにする (消光材)、といった対策が考えられる。これらに対して、マトリクス材料の最適化や UV 吸収剤そのものの改質、更には消光剤などの適用によってこれら課題を解決した。

3.2 ゴルゲル法を特徴とする 有機-無機ハイブリッド膜

ガラスのような基材に対して湿式コーティングによって非晶質あるいは結晶質の金属酸化物の被覆を形成する方法の一つに、ゾルゲル法と呼ばれる方法がある。これは、金属アルコキシドのような加水分解性の金属化合物を溶剤に溶解させた溶液の加水分解、重縮合を制御された条件の下で行わせ、『ゾル』と呼ばれる状態を経て種々の方法でガラス表面に塗布してゲル膜とした後加熱などによって硬化させる方法である。また近年、ゾルゲル反応を有機材料と組み合わせることで無機 (金属酸化物) と有機 (低分子、高分子) とを分子レベルで複合化した新たな機能性材料の開発が盛んである。

これらは有機分子の存在下にゾルゲル反応を行うことを基本とするもので、目的や組成に応じて種々の手法が開発されている⁽²⁾。今回開発した高性能 UV カットコート強化ガラスは、上記 UV 吸収剤を含む有機-無機ハイブリッドマトリクスを巧妙に設計することにより、最終的に上述の高い要求特性を全て満足するコートガラスを実現したものである。

4. “UV verre Premium™” の 構成と製品特性

前述のように、AGC の UV カットガラス “UV verre®” はガラスの原料素材そのものに UV 吸収材を含ませることで UV カット性能を持たせたガラスとして 1990 年代半ばに開発されたものであり⁽³⁾、現在日本の自動車市場においてフロントドアガラスの大半で採用されている。但し、緒言でも記述したように “UV verre®” の UV カット率は約 90% 程度止まりであり、UV-A 波を室内へ 10% 近く透過してしまうのが現状である。今回開発した “UV verre Premium™” はこの “UV verre®” を素板として用い、車内側に数マイクロメートルの高性能 UV カットコートを施すことで UV 吸収能を高めて約 99% の UV カット性能を発現し (Fig.5)、フロントドアガラスから入りこむ UV を極めてゼロに近いレベルまで遮断する商品である。Fig.6 は、“UV verre Premium™” の破断面を電子顕微鏡で撮影した図である。Fig.7 には従来の “UV verre®”、及び “UV verre Premium™” の分光透過プロファイルを示した。従来のガラスでは 350nm 付近までしか UV-A 波がカット出来ていなかったのに対し、高性能 UV カットコートを具備することで UV-A 波を 380nm まで遮蔽している。また法的規制の対象となる可視光線域の分光透過プロファイルでは、従来のガラスとほぼ同等の透過特性を有していることも確認出来る。

更に、Fig.8 で示すように市販の UV カット手袋と比べても遜色の無い性能を有しており、本商品は自動車に乗る際に日差しの強い環境下で毎回手袋を腕に着装する煩わしさから解放される利点も有する。

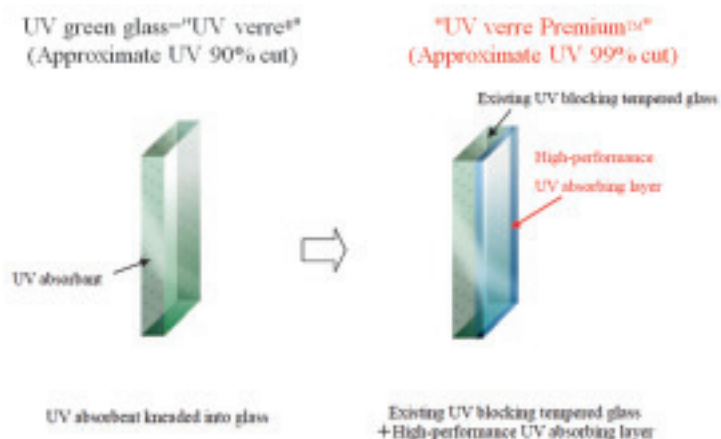


Fig.5 Composition image of “UV verre®” and “UV verre Premium™”

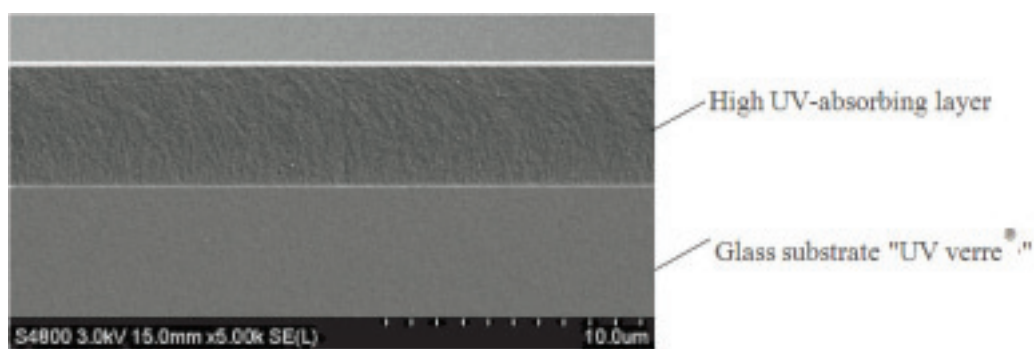


Fig.6 Cross-section SEM image of "UV verre Premium™"

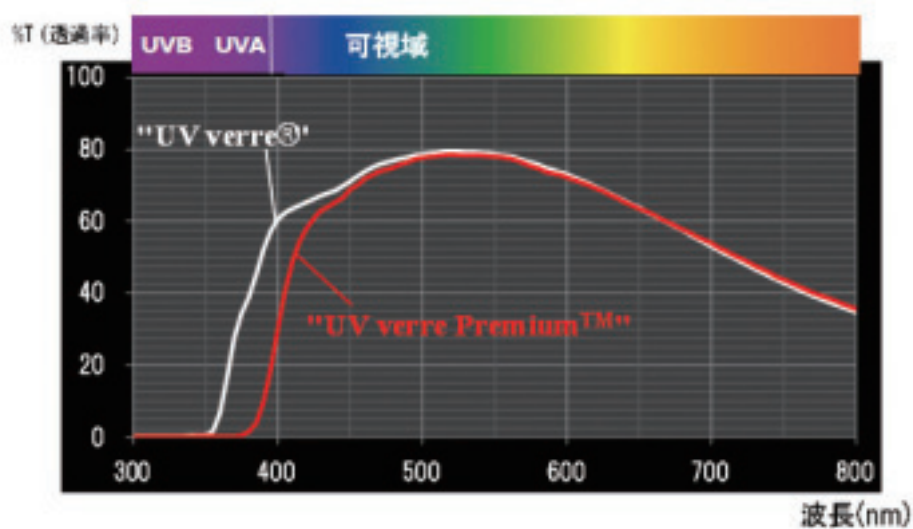


Fig.7 Transmission spectra of "UV verre®" and "UV verre Premium™"



Fig.8 UV cut performance of on-sale glove for UV cut

5. “UV verre PremiumTM” の効果特性の可視化

紫外線カット性能を表す指標としては幾つかの例が挙げられる。化粧品業界などでは SPF や PA などが用いられる。SPF は Sun protection factor の略で紫外線防御指数とも言われ、主に UV-B 波の防止効果を表す指標である。現在日本では防御性最上位クラスを 50+ としている。PA は Protection grade of UVA の略でこちらは主に UV-A 波の防御指数である。+, ++, +++ の3段階で効果が分けられ、高い効果のものを PA+++ として表す。ちなみに自動車用ガラスでは “UV verre[®]” が既に SPF50+, PA+++ を達成している。また単に UV カット率 (%) を数値で表記しているケースも多く見られる。本稿で我々が使用する UV カット率 (%) は ISO9050 規格に則して算出した数値を記載している。しかしながら、従来の “UV verre[®]” と “UV verre PremiumTM” の UV カット性能差の【効果・価値】を、こうした数値指標だけで最終ユーザーであるお客様に理解して頂き、納得して

もらうことは容易ではなかった。この課題は、実際に “UV verre PremiumTM” の価値を如何にお客様に訴求するかというマーケティングの観点で非常に重要視したポイントである。

そこで我々が注目したのが、自然界の UV 光量による色の变化で見ることができる市販の UV チェックグッズである。それらを参考に独自のデモキットを作成し、消費者にうれしさを分かりやすく見える化することを実現した。つまり、太陽光紫外線によって色が変化し、チェッカーの役割を有するフォトクロミック樹脂シートを利用することにした。従来の “UV verre[®]” と “UV verre PremiumTM” の効果の違いを、色の变化で可視化する方法を実現したのである。Fig.9 に示すように “UV verre[®]” と “UV verre PremiumTM” の下に樹脂シートを置き、ガラスの上から UV-A 波を放射するランプを照射した結果、“UV verre[®]” では着色が起ころのに対し、“UV verre PremiumTM” ではほとんど色の变化を呈さず、“UV verre PremiumTM” が UV-A 波をより効率的に遮蔽している事を明確に示した。

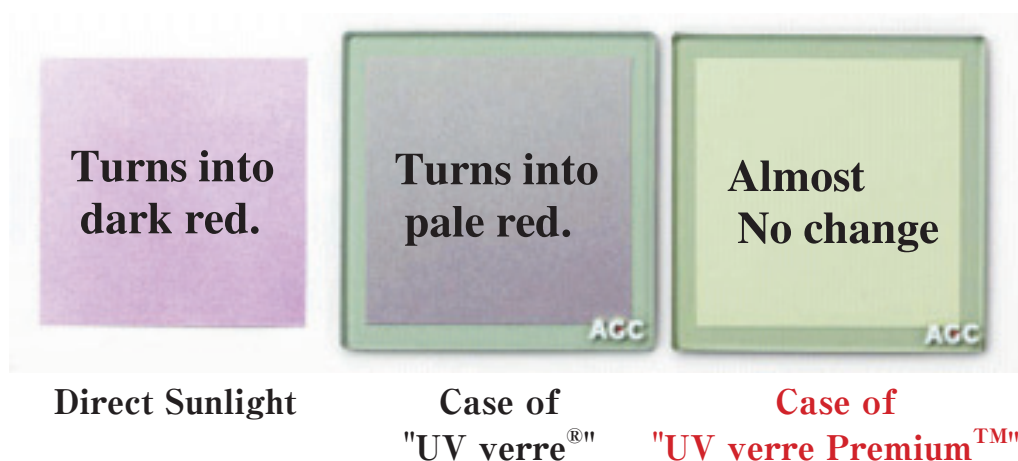


Fig.9 Change of the color in checker sheet after UV lamp exposure

6. 結言

本稿では、自動車用フロントドア強化ガラスとしては世界発で量産車両に搭載された高性能UVカットコートガラス“UV verre PremiumTM”の膜の開発、商品特性、並びにその訴求方法を紹介してきた。フロントドア部位として必要な法的規制である可視光線透過率を従来同等に維持しつつ、高いUVカット性能と高い耐久特性を具備した膜形成を、ゾルゲル法を用いて実現した。ドア昇降や貴金属との接触による擦傷にも十分耐えうる膜を実現し、自動車ガラスとしての実用性を満たした商品である。また従来のガラスと本商品の効果の違いを示すために、数値指標だけではなく可視化ツールを開発したことで訴求効果は飛躍的に向上し、自動車メーカーへの採用に大きく貢献した。実用上の効果としては“UV verre PremiumTM”を使用することにより、ドライバーの肌への負担軽減だけでなく内装材のUV劣化保護としての効果も得られると考える。今後は自動車用強化フロントドアへの採用搭載拡大と同時に、自動車用途以外の建築用ガラスへの展開も期待したい。

—参考文献—

- (1) 大澤善次郎, 高分子の光安定化技術, シーエムシー (2000)
- (2) ゾルゲル法および有機-無機ハイブリッド材料, 技術情報協会 (2007)
- (3) C.A. Hampel, *Glass Ind.*, 41 [2] 82-113 (1960).
- (4) A.Makishima, H. Kubo, K. Wada, Y. Kitami and T. Shimohira, *J. Am. Ceram. Soc.*, 69 (6) C127-C129 (1986).