

# 自動車用高性能紫外線カットコート強化ガラス

旭硝子(株) 中央研究所ウエットコーティング技術ファンクション

小平 広和

## High performance UV cut tempered automotive glass

Hirokazu Kodaira

ASAHI GLASS Co., LTD. Research Center wet coating technology function

### 1. 緒言

近年、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、自動車業界全体として、ハイブリッド車や電気自動車に代表される環境配慮型エコカーや、車内環境の快適性を高めた人に優しい車などが注目されており、環境・快適性・安全性といった観点でも開口部材である自動車用窓ガラスが果たすべき役割や影響力が高まっている。

太陽光に含まれる紫外線 (UV) は、波長の短いものから、UV-C 波 (<285 nm), UV-B 波 (285~315 nm), UV-A 波 (315~380 nm) に大別される。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 波、UV-A 波は大気層に一部吸収されながらも地表にまで到達する。これらの長波長 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 UV 照射量が UV-B 波の 20~30 倍ともいわれる UV-A 波に長期に渡って肌を曝

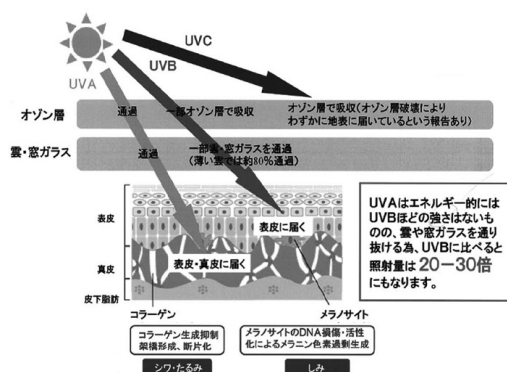


図1. UV-A, UV-B と UV-C 波の肌組織への影響度のイメージ図

露し続けると皮膚内部の DNA 損傷にも影響し、シミ・シワ・たるみの原因になることも指摘されている。(図1)

主に車両前面に使用される合わせガラスにおいては、2枚のガラスの間に挟まれる中間膜中の有機UV吸収剤によって、すでに99% (注) 以上のUVカット性能が実現できているが、サイドやリヤなどに主に用いられる強化ガラスでは、合わせガラス並みのUVカット性能実現は困難とされていた。たとえば、無機系UVカット材料をガラス素材中に含むUVカットガラス「UV verre®」が国内ではフロントドアガラスなどにも多く使われているが、そのUVカット性能は約90% (注) に留まる。

こうした現状において、AGCが独自に女性

## Q 車の窓周り・窓付近で感じる、不満に思っていることや、困ったことは何ですか？

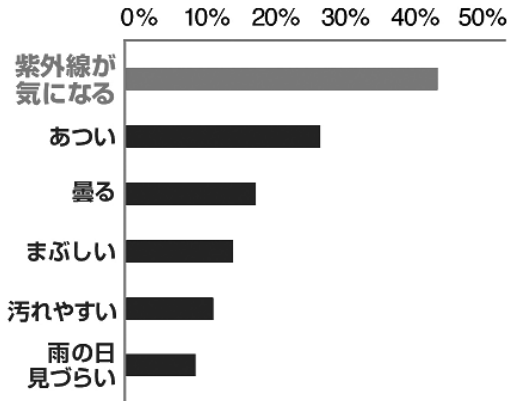


図2. 自動車用ガラスお呼び窓周辺機能含め不満点を調査したインタビュー結果  
(弊社調べ。女性ドライバーを中心とした対面調査。回答数104。複数回答で上位6位までを記載。)

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(図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(図3)。これらアンケート調査の結果から、自動車用ガラス、特に運転席・助手席側におけるフロントドアガラスにおけるより高い紫外線カット化へ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。

ところが、ガラス素材自体でUVカット性能を大幅に引き上げようとした場合、強い黄色味を帯びた色調が避けられず、外装部品としての窓ガラスの商品性と法規適合要件である70%の可視光線透過率を同時に担保することが難しい。そこで我々は、従来のUVカットガラス素材であるUV verre®にUVカット性能を有するコーティングを施すことで約99%の高い

## Q 車に乗ったときに日焼けが気になる箇所は？

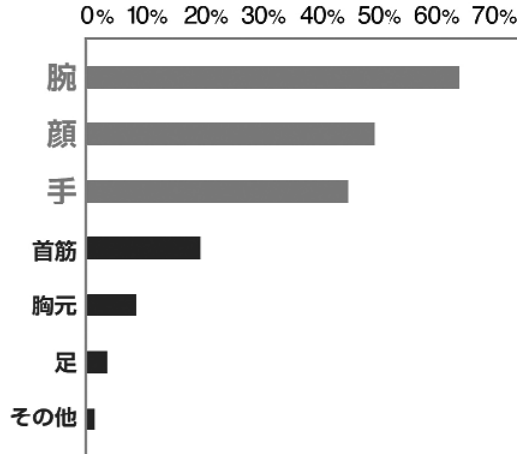


図3. 乗車時に日焼けで気になる身体の部位を調査したアンケート結果  
(弊社調べ。女性を対象としたインターネット調査中心。回答数555。複数回答。)

UVカット率と高い可視光線透過性、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化に成功した。(注)弊社測定値ISO 9050基準

2010年末、高性能UVカット機能付き強化ガラス“UVベール Premium®”は、トヨタ自動車の新型Vitzにおいて世界初(2010年12月現在、弊社調べ)で採用され、2012年初現在では多くの車種に搭載され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紫外線カット強化ガラス“UVベール 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. 自動車用強化ガラスとして求められる要求特性

開口部材としての自動車用ガラスに対する要求特性は非常に高く、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

表 1. 製品ガラスの代表的なコート被膜に対する耐久性評価結果

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

した“UV ベール Premium<sup>®</sup>”はドアガラス向けの商品であり上下昇降する部位であるため、極めて高い機械的な耐久性（擦傷性・摩耗性）が要求され、例えば、耐傷付き性や耐剥離性を保証する為の耐久試験がある。これはドアガラスの窓枠周辺のゴム製ベルトモール部材（ウェザーストリップ）を、微小な砂粒をかみ込ませた状態でガラス面に一定荷重で押し付け、1万回以上も昇降させる激しい評価試験である。更にはドライバーや同乗者が所持する金属類が、ガラス面に意図せず当たることまで想定した傷つき性評価試験も存在する。

こうした高い機械的耐久性能と同時に要求されるのが、各環境下での曝露に対する性能安定性である。UVは元より、熱（高温下、低温下）・水（湿気）・薬品・油脂といった過酷な環境下に長時間晒された後にも、数値上の性能や変色・剥離・クラックといった外観などに大きな劣化が起こらない、安定した品質特性が求められる（表1）。

### 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<sup>®</sup>”においては、ガラス素材そのものに UV 遮蔽機能有す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しても、黄色の可視光線透過色を示し<sup>(1)</sup>、商品性を大きく損なうだけではなく、法的規制である 70% 以上の透過率を達成することは容易ではない。“UV ベール Premium<sup>®</sup>”においては、無

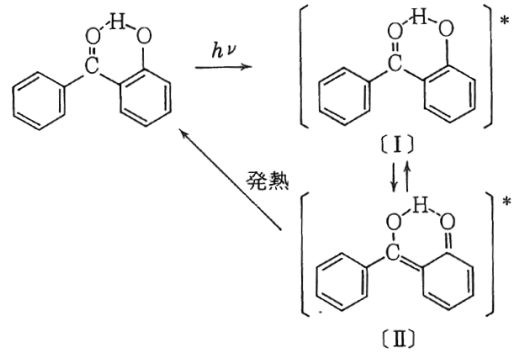
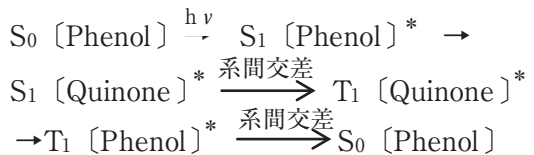


図 4

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、中でも特殊ヒドロキシベンゾフェノン化合物を用いた。ヒドロキシ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。

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 (S<sub>1</sub>) から系間交差により励起三重項状態 (T<sub>1</sub>) を経て起こることも考えられている<sup>(2)</sup>。



有機 UV 吸収剤を自動車用ドアガラスに適用するための大きな課題としては、光に対する安定性が挙げられるが、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。われわれは, マトリクス材料の最適化やUV吸収剤そのものの改質, さらには消光剤などを適用し課題を解決した。

### 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, ゴ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, ゴ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に行われている。

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<sup>(3)</sup>。今回開発した高性能紫外線カットコート強化ガラスは, 上記紫外線吸収剤を含む有機-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ド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

前述の通り AGC の UV カットガラス“UV verre”はガラス素材そのものに UV カット機能を付与したガラスとして 1990 年代半ばに開発され<sup>(4)</sup>, 現在日本の自動車市場においてフロントドアガラスに多く採用されている商品である。但し, 冒頭でも述べたように “UV verre”の UV カット性能は約 90% 程度であり, UV-A 波を室内に 10% 近く透過する。今回開発し

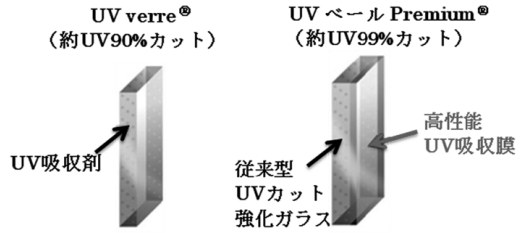


図5. “UV verre”と“UV ベール Premium”の製品構成イメージ図

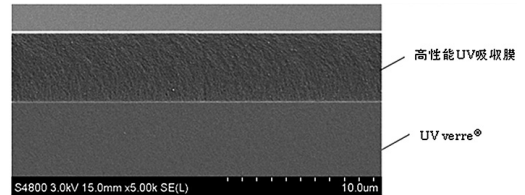


図6. “UV ベール Premium”の電子顕微鏡 SEM 断面図

た “UV ベール Premium” は約 99% にまで UV カット性能が高められている (図5) が, これは UV verre を素材として, その車内側ガラス表面に数マイクロメートルオーダーのコーティング膜 (図6) を, ガラスの外観を損ねることのないよう, 特殊にチューニングされたコーティング技術と組み合わせることで実現した。従来のガラス UV verre では 350 nm 付近までしか UV-A 波がカットできていなかったのに対し, UV ベール Premium では UV-A 波が 380 nm まで遮蔽される。また法規制対象となる可視光領域の分光透過プロファイルから, 従来のガラスと同等の透過率特性を有していることがわかる。(図7)

更に, 市販の UV カット手袋と比べても遜色

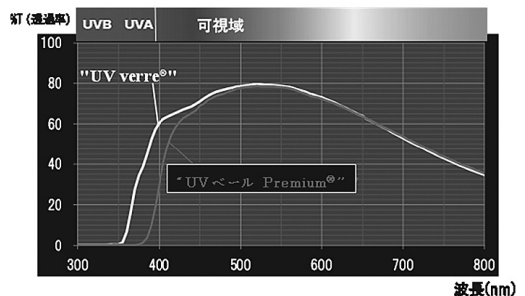
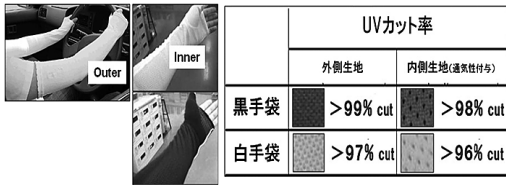


図7. “UV verre”と“UV ベール Premium”の分光プロファイル



	UVカット率	
	外側生地	内側生地(透気性付布)
黒手袋	>99% cut	>98% cut
白手袋	>97% cut	>96% cut

図8. 市販品UVカット手袋の紫外線カット率測定結果の無い性能を有し、自動車に乗る際に日差しのよけのために毎回手袋を腕に着装する煩わしさから解放される(図8)。

### 5. “UVベールPremium”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 (Sun protection factor) やPA (Protection grade of UVS) などが用いられる。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紫外線カット率(%)はISO 9050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ベールPremium®”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納得いただくことは容易ではなかった。この課題は、実際に“UVベールPremium®”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光量を色の変化で見ることが出来るUVチェックグッズであった。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見える化することを試みた。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して、従来のUV verre®とUVベールPremium®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すると、UV verre®では着色が起こるのに対し、UVベールPremium®ではほとんど変化が見られず(図9) UVベールPremium®がUV-A波を効率的に遮蔽している

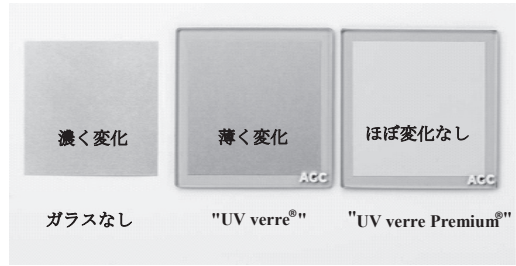


図9. 各ケースにおけるUVランプ照射後のUVチェッカー樹脂シートの色の変化

ことを明確に示している。

### 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世界初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ベールPremium®”について紹介した。これは、フロントドアとして必要な法規要件を確保した上で、高いUVカット性能と高い耐久性さらにはドア昇降や金属類との接触による擦傷にも耐えうる実用性を高い次元で満たす商品であり、我々が独自に開発したハイブリッド材料と特殊なコーティング技術によって実現された。また数値指標だけではなくUVカット効果の可視化ツールを開発したことで商品価値の訴求効果は飛躍的に向上した。実用上の効果としては“UVベールPremium®”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劣化保護も期待され、自動車用途のみならず建築用ガラスなどへの展開も考えられる。今回開発されたコーティング技術をさらに発展応用させ、今後もさらなる高性能化や多機能化を目指す所存である。

#### 参考文献

- (1) A. Makishima, H. Kubo, K. Wada, Y. Kitami and T. Shimohira, *J. Am. Ceram. Soc.*, 69 (6) C 127-C 129 (1986).
- (2) 大澤善次郎, 高分子の光安定化技術, シーエムシー (2000)
- (3) ゼル-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)
- (4) C. A. Hampel, *Glass Ind.*, 41 [2] 82-113 (1960).