

ゾルゲル法を利用した機能ガラス

AGC (株) 商品開発研究所

平社 英之

Functional glass with coating formed by sol-gel method.

Hideyuki Hirakoso

New Product R&D Center, AGC Inc.

1. ゾルゲル法を利用した旭硝子の機能ガラス

旭硝子はゾルゲル法を使用して形成したコーティング膜を有する機能ガラスを数多く商品化し、世の中の皆様にお使いいただいている。商品化した機能ガラスは自動車用窓ガラス、ビルディング産業用ガラス、ディスプレイ用ガラスなど様々な市場で防汚性、撥水性、意匠性、紫外線遮蔽性、遮熱性、低反射性、帯電防止性等の優れた機能を発揮し、お客様の生活を豊かにするために貢献していると考えている。図1に旭硝子においてゾルゲル法を使用して構成した機能ガラスの商品化時期を示す。

本稿ではゾルゲル法を使用した3次元構造制御による高機能化に焦点を当て、機能ガラス向

けの高機能コーティング開発に関する当社のアクティビティーを2例紹介する¹⁾。

2. 高性能 UV カットガラス

商品化事例として、自動車用窓ガラスに要求される高度な要求特性を満たした紫外線カットガラス²⁾について説明する。この機能ガラスはゾルゲル系無機マトリックス材料と紫外線吸収剤との分散性を分子レベルで制御したコーティング膜を有し、膜中に特徴的な有機微小空間を形成することで優れた特性を実現している。

本商品は当社が独自に行った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になり、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。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

〒221-8755

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町 1150

TEL 045-374-7612

FAX 045-374-8846

E-mail: hideyuki-hirakoso@agc.com

	～1990年	1990～2000年	2000年～
自動車用		撥水(ドア) プライバシー	撥水(フロント) 着色 UVカット UV/IRカット
ビルディング産業用			光触媒防汚 太陽電池低反射
ディスプレイ用	防眩	帯電防止防眩 低反射帯電防止	低反射電磁波シールド

図1 ゴルゲル法を使用して構成した機能ガラスの商品化時期

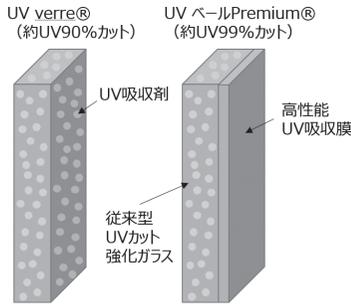


図2 高性能UVカットガラスの構成

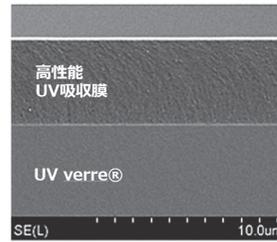


図3 高性能UVカットガラスの断面

透過率を同時に担保することが難しい。そこでこのガラスでは、従来のUVカットガラス素材に高性能のUVカット性能を有するコーティングを施す構成としている。図2に高性能UVカットガラスの構成を模式図で示し、図3に断面構造を示した。本製品はこの構成を採用することによって約99%の高い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している。

また本商品は自動車用窓ガラス独自のUVカット効果の可視化ツールを開発することによって商品価値の訴求効果を飛躍的に向上させることに成功している。太陽光紫外線によって色が変化して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、従来のUVカットガラスと高性能UVカットガラスの下に樹脂シートを置いてガラスの上からUV-A波を照射すると、図4に示すように従来のUVカットガラスでは着色が起こるのに対し、高性能UVカットガラスではほとんど変化が見られない。これは高性能UVカットガラスがUV-A波

を効率的に遮蔽することを明確に示している。

3. アンチソイル性に優れた防汚ガラス

もう一つの事例として、アンチソイル性に優れた防汚ガラスについて説明する。この機能ガラスはゾルゲル系無機マトリックス材料と凝集構造を制御した無機ナノ粒子との分散性をナノレベルで制御したコーティング膜を有し、膜表面に特徴的な微細構造を形成することによって優れた防汚性を実現している。図5に微細構造の電子顕微鏡写真を示す。

このコーティング膜はナノレベルの微細凹凸構造を表面に有し、ガラスの優れた透明性を維持しながら汚れの付着を抑制している。JIS試



図4 UV遮蔽性能の可視化ツール

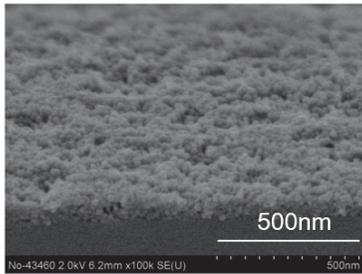


図5 微細構造の電子顕微鏡写真

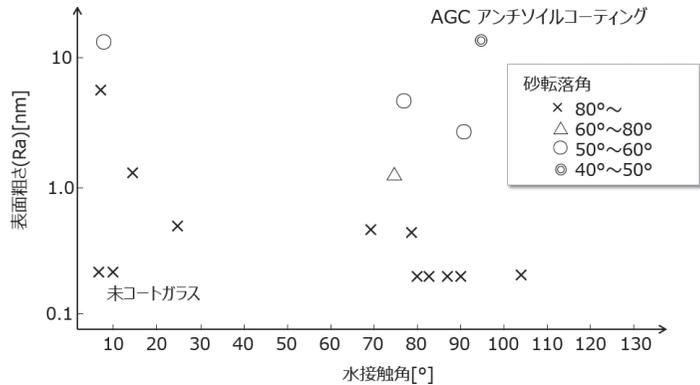


図6 表面状態と砂転落角の関係

験用粉体の砂を表面に振りかけ、基材を傾けながら、砂が滑り始める角度（砂転落角）を評価した結果を図6に示す。防汚ガラスの表面粗さが大きく、表面エネルギーが小さい場合に小さい角度でも砂が転落し始めることが分かる。砂転落角が小さい場合に防汚効果（アンチソイル効果）が高くなることは社内のフィールドテストでも確認している。

次に防汚ガラスの表面特性と砂転落角の関係を確認するために汚れ成分（砂）とガラス表面との相互作用の大きさに着目し、表面粗さが大きく、表面エネルギーが低い場合に砂転落角が小さくなる原因を考察した。まず、微細構造表面での付着仕事を「平面構造での汚れ成分と表面の付着仕事」と「接触面積割合（＝微細構造での接触面積／平面構造での接触面積）」の積と仮定して計算を行った。汚れ成分と表面の付着仕事 (W_A) は汚れ成分をコート表面から引き離すために必要な自由エネルギー変化ととらえ、平面構造での汚れ成分と表面の付着仕事 (W_A^0) は

$$W_A^0 = \gamma_s + \gamma_D - \gamma_{SD} \quad (1)$$

とした、ここで、 γ_s は表面と空気の界面エネルギー、 γ_D は汚れと空気の界面エネルギー、 γ_{SD} は表面と汚れの界面エネルギーである。界面エネルギーは分散成分 (γ^d) と極性成分 (γ^p) を使用して変形することができる³⁾ ため、平面での付着仕事 (W_A^0) は

$$W_A^0 = 2(\gamma_s^d \gamma_D^d)^{0.5} + 2(\gamma_s^p \gamma_D^p)^{0.5} \quad (2)$$

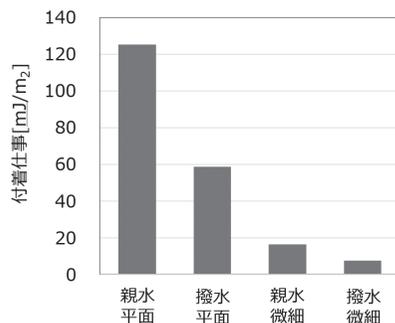


図7 表面物性と付着仕事の関係（計算）

とも表現できる。接触面積割合 (S) とすると微細構造での付着仕事は

$$W_A = 2S((\gamma_s^d \gamma_D^d)^{0.5} + (\gamma_s^p \gamma_D^p)^{0.5}) \quad (3)$$

と表現でき、この(3)式によって計算した付着仕事を図7に示す。計算結果では微細構造かつ低表面エネルギーの表面において付着仕事は最も小さく、低表面エネルギーかつ微細構造の表面で防汚効果が高くなる評価結果と一致している。この結果から微細構造表面で防汚効果が向上する原因は汚れ成分の接触面積の低下によって付着仕事は低減できているためと考える。

参考文献

- 1) 平社英之；日本ゾルゲル学会 第15 討論会予稿集, P.114 (2017)
- 2) 小平広和；NEW GLASS, Vol.27, No.104, P.70 (2012)
- 3) D. K. Owens, R. C. Wendt；J. Appl. Polym.Sci., 13, 1741 (1969)