

# 自動車用熱線遮断ガラス

旭硝子(株)ニューガラス開発研究所 安藤 英一

## Solar control coated glass for automobiles

Eiichi Ando

Advanced Glass R & D Center, Asahi Glass Co., Ltd.

### 1. はじめに

自動車用ガラスに求められる基本的な機能は、第1に車内への風雨を防ぎ、視界を確保することである。また、万一ガラスが割れた場合も出来る限り安全であることなどである。これらの基本的機能に加えて、最近ではデザイン性、利便性、快適性などの面から、着色（ブルー、ブロンズ、グレー、グリーン）ガラスの採用、リアの防曇Agプリント、同Agプリントアンテナ、ガラス周辺の黒色セラミックス印刷などが一般的になってきた。更に、HUD (Head Up Display) のコンバイナー や、熱線遮断など表面処理を施したガラスが一部の自動車に使われるようになってきた。本稿では、表面処理により太陽光線エネルギーの透過を低減した自動車用ガラス（国内では、熱線反射ガラス、または断熱ガラスなどと呼称される）の現状を紹介する。

### 2. 自動車用ガラスと熱線遮断のニーズ

乗用車1台に使用されるガラスの使用面積は、近年、年率数%の割合で増加している。これは、ユーザーの上級車指向の影響と、空力的デザインの採用によるものである。即ち、車体の大型化と

車体デザインが流線形になり、それにつれガラス取付け角度がねてきたことに挿っている。普通乗用車では、現在1台当たり $4\text{ m}^2$ を越えるものもでてきた。

乗用車の車内へ流入する熱エネルギーのうち、約70%（車種、形状によりこの値は当然異なる）が、窓ガラスを通して流入する<sup>1)</sup>。従って、ガラス面積の増加は、車内の快適性の面から必ずしも好ましいものではない。日本では、車にエアコンディショナーを装着することが一般的になってきたが、ガラス面積が増加するとき、車内環境を維持/向上させるためには、より能力の大きいエアコンディショナーか、または、流入する太陽光線エネルギーを出来るだけ遮断するガラスが必要になる。エアコンディショナーの能力アップに関しては、サイズと重量を維持したままでは今後飛躍的な性能向上は難しいものと思われる。

流入する太陽光線エネルギーを遮断するものとして、可視光線透過率 $T_v$ を5~25%まで低めたプラスチック製フィルムが市販されている。これを自動車の窓ガラスに貼付したものを見かけるようになった。サングラスカーとも呼ばれるこれらの車は安全性の面で問題もあり、 $T_v$ が

70%以下の場合は、貼付部位に制限がある。これによれば、風防ガラス、及び、運転席と助手席のサイドガラスには低透過率のフィルムは使用できない。また、自動車全体の美観を考慮すると、フィルム貼付は必ずしも乗用車に相応しいとは思われない。

自動車のデザインに調和する外観を持ち、且つ太陽光線エネルギーの透過率  $T_v$  が低く、同反射率  $R_E$  の高いガラスが強く求められている。

### 3. 自動車用熱線遮断膜のコート法

自動車ガラスは、ビルなどの建築用ガラスに比較すれば小さいが、それでもフロントガラスなどは  $1\text{m}^2$  以上のものもある。この程度の大きさになると膜厚の均一性の面から成膜方法も限定される。現在はオンライン・スプレー法(pyrolytic)か、スパッタリング法により生産されている。

#### 3.1 オンライン・スプレー法

オンライン・スプレー法は、フロートバスから引き出されて成形された高温の板ガラスにスプレーして薄膜を形成する方法である。コート後に徐冷してコート膜付き素板ガラスができる。このコートされたガラスを、切断、面取り、洗浄、乾燥し、黒色セラミックスを周辺に印刷する。その後、曲げ強化して自動車用安全ガラスにする。これより分かるように、オンライン・スプレー法による自動車用熱線遮断ガラスは、先にコートし、後で曲げる点に製造上の特色がある。

自動車用オンライン・スプレー熱線遮断ガラスに用いられるガラス基板は、通常のソーダライムガラス組成に吸収成分を添加して  $T_v$  を 60%程度まで低下させてある。ガラス基板の違いによりグレー色とブロンズ色の 2 種類がある。両者とも遷移金属(Fe-Cr-Co)の複合酸化膜を、数十 nm 形成したものである。コート後の  $T_v$  が約 30%と低いので、RV 車のサイド(B ピラーより後方)に強化単板のプライバシーガラスとして使用されている。

#### 3.2 スパッタリング法

スパッタリング法には、大別して直流方式と高周波(RF)方式がある。自動車用には、サイズの面から直流マグネットロンスパッタリング法が使わ

れている。スパッタリング法は、アルゴンなどのガスを導入した  $10^{-1}\text{Pa}$  台の真空中で電極間に高電圧を印加して放電を起こさせ、生成したアルゴンイオンをターゲットに衝突させて、ターゲット原子をたたきだしコートする方法である。たたきだされた原子は、数 eV(数万度)以上の運動エネルギーを持ち基板に衝突して付着するので、基板加熱なしでも密着性と緻密性に優れた膜を形成できる。

この成膜法は、建築用熱線反射ガラスや表示用透明導電(ITO: Indium Tin Oxide)ガラスなどの製造に用いられていたが、1985 年以降から本格的に自動車用熱線遮断ガラスの製造にも使われるようになった。現在までに、自動車ガラス用スパッタリングコーティングは、日本の自動車ガラスメーカー 3 社を含め、北米で 3 社、ヨーロッパ 1 社の少なくとも 7 社が所有している。自動車用スパッタリングコーティングは、基本的には建築用のものと同じであるが、曲面ガラスを搬送するために、スパッタリングターゲットと基板ガラス搬送ローラー(ベルト)間の距離を大きくしてある点が異なる。

Fig.1 に、スパッタリングによる自動車用熱線遮断ガラスの製造工程の一例を示す。スパッタリングによるコートは、オンライン・スプレー法によるものとは異なり、通常曲げたあとのがラスにされる。また、コート前にマスキングすることで

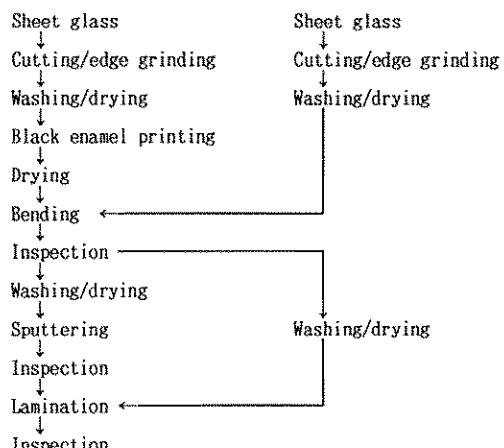


Fig. 1 An example of the production flow-chart of laminated solar control coated glass.

部分的にコートしない箇所をつくることが出来る。

曲げガラスを洗浄/乾燥の後、真空槽に導入されたガラスは、スパッタリングゾーンを搬送しながらコートされる。合わせガラスの接着面にコートする場合は、この後、PVB(ポリビニルブチラール)を挟みオートクレーブ炉で圧着処理され、合わせガラス化される。

コートされる膜は通常1~3層程度であり、トータルの膜厚は、通常100 nm以下である。膜材料は、要求される光学性能、耐久性に応じて、Ag、Cr、Ti、Zr、Zn、In、Sn、Ta等から選択され、金属膜、窒化膜、酸窒化膜、酸化膜の形で、単層膜か、これらを組合せた多層膜で用いられている。このとき、金属膜、窒化膜、酸窒化膜は、熱線遮断の役割を、酸化膜は光学的干渉膜、あるいは保護膜として作用する。リアガラス等でAgのプリントアンテナが形成されている場合、アンテナのゲインを低下させないために、高抵抗の酸窒化膜などが熱線遮断膜として使用されている。

スパッタリング法では、膜材料の他、膜厚、膜構成を調整/選択することで、透過率、色調などをかなり広範囲に調整できる。このため、風防、サイド、リア、ルーフガラス等、すべての部位に使用されている。

#### 4. 自動車用熱線遮断ガラスの構成

Fig.2(a)-(d)は、熱線遮断膜がコートされた自動車用ガラスの断面図を簡略化して示したもの

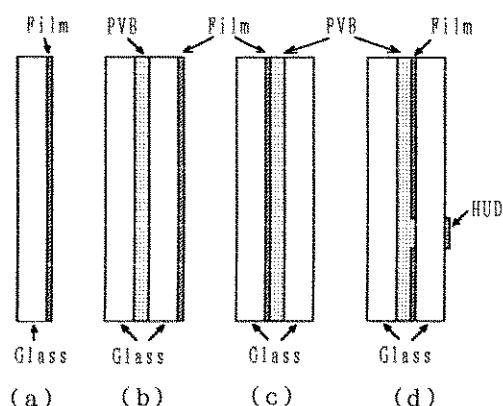


Fig. 2 Cross sections of solar control coated glass.

である。実際の自動車ガラスでは、ガラスの周辺部に黒色セラミックスが印刷されている場合が多い。リアガラスの場合は、防曇や、アンテナのためのAgプリントが車内側のガラス表面に形成されている。中間膜は、通常透明なPVBであるが、サンルーフ用で着色PVBが使用された場合もある。熱線遮断膜は、部分的にコートしない場合もある。

(a)は単板ガラスタイルであり、サイド、リア、ルーフなどに用いられる。(b)、(c)は合わせガラスタイルであり、(b)は、風防、リアに、(c)は、風防、リア、ルーフなどに用いられる。(a)、(b)は、熱線遮断膜が露出しており、膜面を車内側にして用いられる。(d)は、風防ガラスの車内面にハーフミラータイプのHUDのコンバイナーを形成したものである。HUDコンバイナーにより反射率が高められているので、そのぶん可視光線透過率が低下している。T<sub>v</sub>70%以上の法律上の制約から、これに対応した部分の熱反膜はコートされていない。

#### 5. 自動車用熱線遮断ガラスの性能

自動車用熱線遮断ガラスは、建築用として比較して要求される光学性能がかなり異なる。建築用のような色のついた反射と、10%以上の可視光線反射率R<sub>v</sub>は、通常自動車用では好まれない。即ち、ニュートラルな色調で、ガラス並の10%以下のR<sub>v</sub>が要求される。

Table 1は、自動車用熱線遮断ガラスの光学性能をまとめたものである。Table中、R<sub>ve</sub>、R<sub>vc</sub>は、それぞれ、自動車に取り付けた場合の車外側、車内側の可視光線反射率を示す。また、R<sub>e</sub>は車外側の太陽光線エネルギー反射率を、A<sub>e</sub>は太陽光線エネルギー吸収率を示す。Tableの(A)~(D)は乗用車用の高透過率タイプであり、(E)~(G)は、プライバシー用の低透過率タイプである。(H)~(I)は、比較のために載せたもので、コートなしのガラスのデータである。

(A)は、T<sub>e</sub>が41%と低く、R<sub>e</sub>が31%と高く理想的に近い光学特性を有する。(D)で示される単板熱線遮断ガラスは、R<sub>e</sub>は高くないが、ガラスと同様なニュートラル色調が実現されている。(E)

Table 1 Optical properties of solar control coated glass.  $T_v$  and  $T_E$  denote a visible transmittance and a solar energy transmittance, respectively.  $R_{vo}$  and  $R_{vc}$  are visible reflectances for the outside and the cabin-side, respectively.  $R_E$  is a solar energy reflectance.  $A_E$  is calculated by  $1 - T_E \cdot R_E$ .

No.	$T_v$ (%)	$R_{vo}$ (%)	$R_{vc}$ (%)	$T_E$ (%)	$R_E$ (%)	$A_E$ (%)	Form	Method	Note
(A)	72	8	8	41	31	28	laminated	sputtering	neutral reflection color
(B)	72	9	9	55	19	26	laminated	sputtering	neutral reflection color
(C)	71	10	7	52	10	38	monolithic	sputtering	slightly purple reflection color
(D)	71	7	10	55	6	39	monolithic	sputtering	neutral reflection color
(E)	27	11	28	27	8	65	monolithic	sputtering	grayish violet transmission color
(F)	25	20	33	28	16	56	monolithic	pyrolytic	grayish bronze transmission color
(G)	31	14	30	39	12	49	monolithic	pyrolytic	bronze transmission color
(H)	89	8	8	83	7	10	monolithic	no coating	clear glass of 4mm in thickness
(I)	80	8	8	65	6	29	monolithic	no coating	blue tinted glass of 4mm in thickness

-(G)で示されるプライバシー用は、 $T_v$ が30%程度である。サンルーフ用では、 $T_v$ が5~30%程度と低いものが使われている。これらの低透過タイプのものは、乗用車用に比べて $R_v$ が高い。

自動車用では、他の用途に比べて、特に高い耐久性が必要である。コート膜が露出するFig.2(a), (b)のタイプでは、機械的な耐久性(傷が付きにくいこと)と酸、アルカリなどの化学的な耐久性に優れていなければならない。通常用いられている保護膜では、自動車用の耐久性スペックは満足できない。硼素を添加することで非晶質化した酸化ジルコニウムは、耐久性に優れていって、自動車用の単板タイプの保護膜として十分な性能を示す<sup>2)</sup>。

太陽光線は、約6000 Kの黒体放射を持ち、地表上では大体300 nm~2.1 μmの波長範囲のエネルギーを有する。太陽光線エネルギーをJIS (R-3106)に示される分布を用いて計算すると、紫外線が2.9% (340~400 nm)、可視光線が52.1% (400~780 nm)、赤外線が45.0% (780~1800 nm)となる。理想的な自動車用の熱線遮断ガラスは、紫外線と赤外線を完全に遮断(反射)し、且つ、可視光線を必要なだけ透過するものが良い。乗用車用では、可視光線透過率70%以上の法規制のため、ニュートラル色調を保った場合、上記値から計算すると理想的な $T_E$ は36%程度になる。一方、同じ $T_E$ であっても、ガラスに吸収されるエネルギー $A_E$ は小さく、 $R_E$ は大きい方が良い。吸収さ

れたエネルギーは、赤外線となって車内にも再輻射されるからである。この影響は、高速走行時にはガラスが冷却するために無視できる。

車内の快適性の評価は、いろいろなされているが、人間の皮膚や、皮膚の色の違いによる波長の影響まで考慮すると、かなり複雑になる。即ち、エネルギー的には、同じ $T_E$ であっても赤外線の方が皮膚に吸収されやすく暑さを感じるし、皮膚の色によっても吸収の程度が異なるからである。

このように、熱線遮断ガラスを使用した場合の有効性を、人間の快適性の尺度で評価することはかなり難しい。

熱線遮断ガラス使用の効果を、エアコンディショナーの冷房負荷低減により評価することができる。車の走行速度により異なるが、熱線遮断ガラスの使用により、コートなしに比べて約20%の冷房負荷低減効果がある<sup>3)</sup>。

## 6. 自動車用熱線遮断ガラスのマーケット

Table 2は、これまでに、国内で熱線遮断ガラスが用いられた代表的な車種をまとめたものである。 $T_v$ 70%以上の乗用車用のものはスパッタリング法で、 $T_v$ 70%以下はスパッタリング法とオンラインスプレー法の両方で作られている。

熱線遮断ガラスの使用が量的に拡大したのは、1988年から1989年にかけてである。現在でも、高級乗用車を中心であるが、最近ワゴンなどのRV車のプライバシーガラスとして採用が増える傾向

Table 2 Main cars with solar control coated glass in domestic markets.

T <sub>v</sub>	Car name
more than 70%	Celsior, Crown, Soarer, President, Cima, Cedric/Gloria
less than 70%	Estima, Hiace, Hilux Surf

にある。熱線遮断ガラスの市場は、1991年度には国内だけで数十万m<sup>2</sup>に達している。

## 7. おわりに

20世紀における大面積板ガラス分野での最大の技術革新は、フロート法である。フロート法は、平坦性に優れた大板ガラスを経済的に大量生産するのに貢献した。一方、板ガラスの生産は、同じ組成のガラスを連続して長期間つくるのに適しているが、光学性能の異なるガラスを多品種生産するのには、あまり適した方法とはいえない。また、ガラスは、組成を選択することで吸収により紫外線、可視光線、赤外線の透過率をある程度制御することは可能であるが、まだ必ずしも十分であるとはいえない。

ガラスの機能をより一層高める手段として表面処理がある。スプレー法、スパッタリング法を中心とした表面処理技術は、コート膜材料/膜厚/膜構成を選択することで、さまざまな透過率や反射率、あるいは、導電性などを付与することが出来る。

自動車用ガラスには、本稿で記述した熱線遮断だけでなく、紫外線遮断、電熱防曇/融氷など新しい機能が要求されている。これらに応えるためには、ガラス組成/溶解成形技術開発、ドライ/ウェットプロセスも含めた表面処理技術開発など総合的な取り組みが必要となろう。

## 参考文献

- Y. Kai, E. Kawasaki, "Development of Laminated Heat Reflecting Glass", JSAE Review, August 1985, 98-100
- J. Ebisawa, Y. Hayashi, E. Ando, K. Suzuki, K. Matsumoto, "Characterization of sputter-deposited ZrB<sub>x</sub>O<sub>y</sub> films", J. Vac. Sci. Technol. A8 (3), May/Jun 1990, 1335-1339

- E. Ando, J. Ebisawa, K. Suzuki, M. Ono, "Solar Control Glass with Neutral Color for Automobiles", SAE TECHNICAL PAPER 910541

## 〔筆者紹介〕



安藤 英一 (あんどう えいいち)  
昭和48年 早稲田大学理工学部物  
理学科卒業  
昭和50年 同大学院修士課程修了  
同 年 旭硝子(株)入社。以後、  
研究所にて、電子ディ  
スプレー、表面処理ガ  
ラス等の研究開発に從  
事。  
現 在 ニューガラス開発研究  
所主席研究員

## 〔連絡先〕

〒221 横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子(株)ニューガラス開発研究所  
TEL 045-334-6163

## Abstract

This study is a review of coated glasses for automotive window solar control. Optical data of coated glasses in laminated and monolithic forms are included.

For automobile passenger windows a visible reflectance of less than 10% is required. Furthermore a neutral reflection color would be desirable. However, for privacy glass, transmission color may be necessary.

Coating methods that are suitable for producing such coatings are pyrolytic and D.C. magnetron sputter deposition. Pyrolytically coated glasses are used for side windows where privacy is required. Sputter deposition can be used to produce multilayer systems. By selecting suitable materials and film thicknesses the

desired spectral properties can be achieved. The applications of such coatings are numerous. Consequently commercial interest in sputtered coatings has increased. Using sputter deposition coatings can be produced that exhibit 41% and 31% solar transmittance and solar reflectance respectively.