

車室内快適性に貢献するガラス

日本板硝子株式会社 輸送機材カンパニー

室町 隆

Glass for comfortable car cabin

Takashi Muromachi

Transportation Glass & Materials Company, Nippon Sheet Glass Co., Ltd.

1. はじめに

自動車に使用されるガラスは、JIS等に定められる安全ガラスとしての基本性能を満足することは当然であるが、エンドユーザーの多様化や社会・自然環境の変化を背景に、近年では付加価値を高めたより高機能なガラスが求められるようになってきた。車室内乗員の快適性向上も高機能化の目的の一つであり、その要求に答えるべく、ガラス素材そのものやガラス表面処理（薄膜コーティング）およびガラスを接着するための中間膜素材の機能アップのための技術開発が進められている。

一方、快適性の良し悪しは、人間の五感（眼（視覚）、耳（聴覚）、鼻（臭覚）、舌（味覚）、皮膚（触覚））が感じる感覚によって判断されることができると考えることができるが（感性価値）、実際に快適性向上のための高機能ガラスの開発を進めるに当たって、人間の感覚による判断を評価基準にしていると、個人差によるばらつきや評価に膨大な時間がかかるため非常に効率の悪いものとなる。逆に感性価値と十分に関連付けら

れていないガラスの特性を開発目標にすると最終ゴールを見失いかねない。したがって快適性向上を進めるに当たっては、人間の感性価値を定量的な指標に置き換え、さらにこの指標とガラス側の指標を関連づけることが重要である。

本稿では、ガラスによる車室内乗員の快適性向上のための感性価値の定量化の一例として、太陽光に起因する熱暑感および日焼けを取り上げ、それら感性指標とガラス指標との関連付けおよび具体的に各種ソーラーコントロールガラスの指標を紹介した。

2. 太陽光と自動車用ガラス

車室内への熱負荷の大半はガラスからの熱流入であり、全体の7割がガラスから流入するという結果も報告されている¹⁾。そのため、ガラスを通して流入する太陽光をできるだけ減らそうという試みは古くから行われている²⁾。

一方、自動車用ガラスは安全ガラスとしての基本機能を維持する必要があり、視認性確保のための可視光線透過率の規制もその一つである。具体的な内容は国によって異なるが、日本の場合、風防ガラスおよび運転席、助手席横のサイドガラス（以後フロントドアガラスと言う）に対しては、可視光線透過率が70%以上と定

〒229-1189 相模原市西橋本5-8-1

日本板硝子株式会社

TEL 042-775-1541

FAX 042-775-1551

E-mail: takashimuromachi@mail.nsg.co.jp

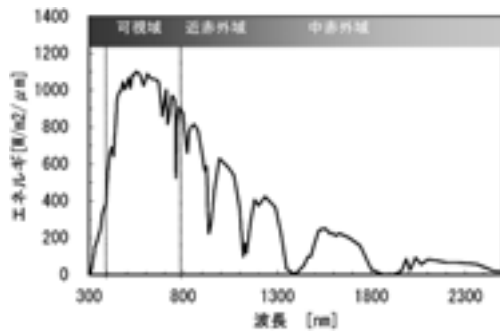


図1 太陽光パワースペクトル (ISO9845-1:1992 Air mass1.5)

められている。

図1には地表面に到達する太陽光のパワースペクトルの一例を示した。図1を見てわかるように太陽光エネルギーは可視域に極大を持ち、紫外、赤外に向かって減衰するようなプロファイルとなっており、可視光線透過率を確保する必要がある風防ガラス、フロントドアガラスでは可視域の光はなるべく透過させて近赤外、中赤外域の光を遮断するような設計をすることが必要である。

3. 赤外線遮断ガラス

3.1 熱暑感のためのガラス特性-皮膚温度上昇と熱暑感透過率

車を運転していて腕や顔などがガラス越しとは言え太陽光に照らされると、真夏でなくても焼けるような不快感を感じたことのある方は多いと思うが、この感覚は、皮膚に太陽光が照射されると、反射成分を除く他の大部分は皮膚組織内で吸収されて熱エネルギーに変換され、この熱が皮膚組織の温度を上昇させて組織内の感覚器(温点、痛点)を刺激し温熱感、痛感をもたらすため⁵⁾と考えられている。

したがって、ガラス越しに太陽光照射を受けたときの皮膚温度と熱暑感の関係、ガラス特性と皮膚温度の関係が既知であれば、快適な熱暑感を実現するためのガラスの開発を、具体的

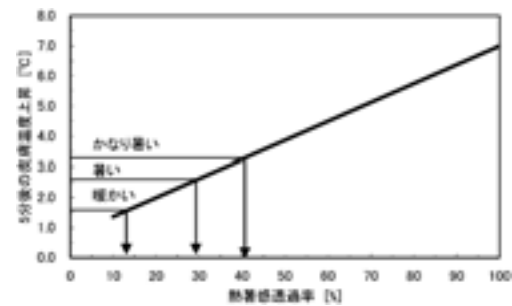


図2 熱暑感透過率と5分後の皮膚温度上昇

ガラスの特性開発に置き換えることが出来る。このような考えから筆者らは熱暑感透過率というガラスの特性指標を作成した。

詳細は既報⁶⁾に譲るが、熱暑感透過率は真夏の太陽光照射を受けたときの5分後の皮膚温度上昇を推定するための指標であり、ガラス越しのパネラーの皮膚温度を測定することで実験的に定められた。熱暑感透過率と皮膚温度上昇の関係を図2に示した。また図2には81人のパネラーの評価結果に基づく皮膚温度上昇とそのときの熱暑感申告の関係も示した。実験は固定した一定の環境条件で行われており、そこから得られた熱暑感透過率のみで、実際のすべてのシーンの快適性をカバーしているとは言い難いが、五感による感性価値をガラスの定量的な特性値に置き換えられたことは大きな進歩である。以下に各種赤外線遮断ガラスの特徴とその熱暑感透過率について記す。

3.2 赤外線反射ガラス

欧州で広く使用されており、Ag 2層を含む多層膜をガラスに直接スパッタリング法にて成膜するタイプとPETフィルム上に成膜してそれをガラスに封入するタイプの2種類がある³⁾。いずれも合わせガラスの形態をとる必要があり、風防ガラス用途がほとんどであるが一部フロントドアガラスにも使用されている。Agの波長選択反射特性を利用して可視光線を透過し赤外線を反射するもので、直達日射のみならずガラスに吸収されて車室内に再放射され

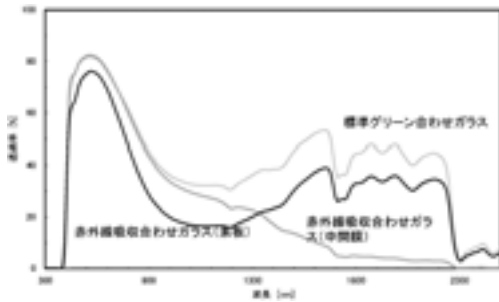


図3 赤外線吸収合わせガラスの分光透過特性 (2+2 mm 合わせ)

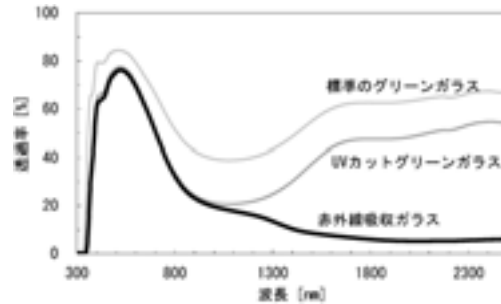


図4 赤外線吸収強化ガラス 厚み 3.5 mm

る熱が抑えられるため優れた断熱特性を示す。しかし、赤外線よりさらに波長の長い電磁波も反射してしまうため、ナビゲーションシステムの為の GPS 電波の受信, VICS 通信や ETC が普及してきた日本の自動車では使用されていない。

3.3 赤外線吸収ガラス

これに対して日本では通信のための電磁波は透過しつつ、太陽光の赤外線を吸収する赤外線吸収合わせガラスが、おもに熱暑感の低減を目的として開発されてきた。一つは合わせガラスの接着層として使用するポリビニルブチラール樹脂中間膜に赤外線吸収微粒子を分散したタイプ⁴⁾と、もう一つはガラス組成の赤外線吸収機能を高めたタイプである。図3にそれらの分光透過特性を示したが、両者とも可視光線透過率の規制を満足させるために可視光は透過し、前者は中赤外域、後者は比較的太陽光エネルギーの多い近赤外域の太陽光を透過しない特性を有していることがわかる。

さらに弊社では、単板である強化フロントドアガラス向けの赤外線吸収ガラスの開発に成功した。フロントドアガラスは後述するように素板組成に紫外線吸収成分を含む UV カット強化ガラスが使用されるようになってきているが、そのガラスの車内面に赤外線吸収膜をコーティングして赤外線の吸収機能を高めたものである。その光学特性を図4に示した。赤外域

での特性が大幅に改善されていることがわかる。車内側とは言えコーティング膜が露出することになるが、ドアガラスの昇降にも耐えうる機械的強度やフィールド使用に耐えうる化学的耐久性を有しており、今後車室内乗員の快適性向上の一端を担うことが期待される。

3.4 プライバシーガラス

赤外域のみならず可視域の太陽光も大きく吸収することで熱線遮断機能を高めた可視光線透過率の低いガラスである。可視光線透過率が低いため、風防ガラスやフロントドアガラスとしては使えないが、SUV やミニバンの普及とともにリアドア以降のガラスとして多く使用されるようになってきており、その流れはセダンにも波及しつつある。広範囲な波長域における吸収は、ガラス組成に遷移金属イオンや金属コロイド等の吸収成分を着色剤として含有させることで実現している。グレー系とグリーン系に分類され、グレー系は $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ と CoO , Se の組合せが吸収成分として使用され、グリーン系は Se のかわりに NiO と $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, CoO の組み合わせが着色成分として使用される。

3.5 各種ソーラーコントロールガラスの熱暑感透過率

上記赤外線遮断ガラスと自動車用標準ガラスの熱暑感透過率の測定例を表1にまとめた。赤外線遮断ガラスは標準ガラスに比べて熱暑感透過率が大幅に低減しており、皮膚温度上昇の抑制に効果があることがわかる。熱暑感的には

表1 各種ソーラーコントロールガラスの熱暑感透過率

分類	名称	可視光線透過率(%)	熱暑感透過率(%)		
			入射角 0°	入射角 30°	入射角 60°
合わせガラス ガラス厚: 2+2mm	標準グリーンガラス合わせ	78	53	51	
	赤外線反射合わせ	76	37	36	
	赤外線吸収合わせ(中間膜)	77	41	40	
	赤外線吸収合わせ(素板)	72	41	40	
強化ガラス ガラス厚: 3, 5mm	標準グリーンガラス	81	63		57
	UVカットグリーンガラス	73	49		43
	赤外線吸収強化ガラス	72	36		31
	グレー系プライバシーガラス	23	23		17
	グリーン系プライバシーガラス	26	23		17

真夏の炎天下の状態で、実車で太陽の入射角を考慮すると、赤外線吸収合わせガラス（中間膜、素板）は「かなり暑い」を下回ることができ、赤外線吸収強化ガラスはほぼ「暑い」領域、プライバシーガラスはほぼ「暖かい」領域のポジショニングとなる。

4. 紫外線遮断ガラス

健康志向やオゾン層ホール拡大を背景に紫外線による皮膚、眼などへの悪影響が注目されるにつれて、紫外線カット機能は化粧品を代表として、衣服、日傘、眼鏡等身につける生活用品に幅広く付加されるようになった。このトレンドは自動車用ガラスにも波及し、下記に示す紫外線遮断ガラスが使用されている。

4.1 紫外線遮断ガラス（UVカットガラス）

自動車用ガラスはもともとある程度の紫外線を吸収するが、さらにその機能を向上させたガラスをUVカットガラスと呼んでいる。具体的には従来のグリーンガラスの組成にTiO₂やCeO₂などの無機系紫外線吸収材料を添加して紫外線吸収機能を高めたUVカットグリーンガラスと呼ばれるガラスが開発されており、現在多くの自動車で採用されるに至っている。また前述したプライバシーガラスも可視域のみならず紫外線の吸収機能も高められており、優れた紫外線遮断ガラスである。

4.2 日焼け防止効果

次に日焼け防止効果とガラス特性の関連付けを弊社の試験結果に基づいて説明する。

紫外線は良く知られているようにUV-A(320-400 nm)、UV-B(280-320 nm)、UV-C(190-280 nm)に区分され、UV-Cは地球を取り巻くオゾン層に吸収されて地表には到達しない。したがってUV-A、UV-Bが日焼けを引き起こす原因となるが、フロート製法の板ガラスから製造される自動車用ガラスではUV-Bもほとんど透過しないためUV-Aによる作用が対象となる。

UV-Aによる日焼けの防止効果を表す指標としては、日本化粧品工業連合会が測定法を標準化しているPA(Protection grade in UVA)があり、PA+: UVA防止効果がある、PA++: UVA防止効果はかなりある、PA+++: UVA防止効果が非常にあるという分類になっている⁷⁾。弊社ではこの試験法に基づいて紫外線遮断ガラスの日焼け防止効果を測定した。実際の試験は外部機関に委託して行われた。以下にその結果を紹介する。

図5に紫外線遮断ガラスの日焼け防止効果PAと、ISO9050-1992に準拠した紫外線透過率の関係を示した。この図より、日焼け防止効果PAはガラス側の特性である紫外線透過率と相関があり、日焼け防止という価値に対してガラス側の指標として紫外線透過率が使えることがわかる。また、UVカットグリーンガラスは、最高グレードのPA+++ (UVA防止効果が非常にある)に分類され、従来のグリーンガラスに比べて日焼け防止効果が大幅に改善されていることがわかる。

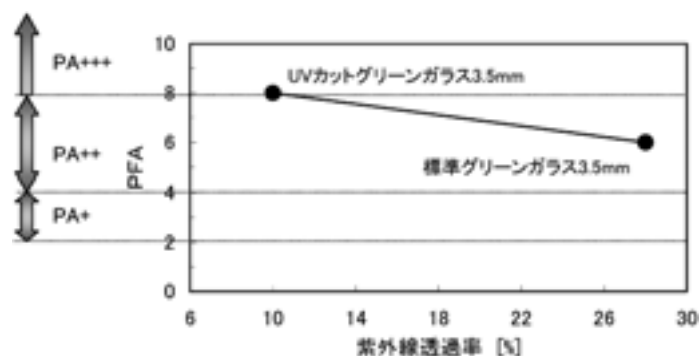


図5 紫外線遮断ガラスの日焼け防止効果
(日本化粧品工業連合会基準によるPFA試験)

5. ま と め

自動車車室内乗員の快適性向上に貢献するガラスの一例として、熱暑感低減および日焼け防止という価値とガラス特性の関連づけを紹介するとともに、具体的にそれらを実現するソーラーコントロールガラス（赤外線遮断、紫外線遮断）を紹介した。われわれガラスメーカーにとって、ガラスが「透明」であるが故、ソーラーコントロールは永遠のテーマであると言っても過言ではない。今後も今回紹介したガラス指標の向上や、他の感性価値に繋がるガラス指標の明確化と向上を目指した商品開発を行い、車室内乗員の快適性向上に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 甲斐康朗, 河崎英二, 自動車技術会学術講演会前刷集 851, (1985) 173-176.
- 2) 例えば, 清水信吾, 原久夫, 浅川史彦, トヨタ技術第31巻第1号 (1981) 95-104.
- 3) 安藤英一, NEW GLASS Vol. 17 No. 4 (2002) 12-16.
- 4) 尾関義一, 自動車技術 Vol. 57, No. 2 (2003) 101-102.
- 5) 松井松長, 赤外線技術 第12号 (1987) 18-26.
- 6) Hisashi Ogawa, Tatsuya Noguchi, Takashi Muromachi, Harunori Murakami, Glass Processing Days Conference Proceeding (2005) 644-646.
- 7) 日本化粧品工業連合会ホームページ, <http://www.jcia.org>