

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

MMRC-J-186

機能性ガラスにみる提案型製品開発
ー機能が「見える」コンセプト作りー

東洋大学経営学部
東京大学ものづくり経営研究センター

富田 純一

2007年12月



東京大学21世紀COE [モノづくり]
ものづくり経営研究センター

機能性ガラスにみる提案型製品開発¹ －機能が「見える」コンセプト作り－

富田 純一

東洋大学経営学部

東京大学ものづくり経営研究センター

2007年12月

要約：旭硝子が1993年に上市した建築用Low-E複層ガラス「サンバランス®」は、高機能な省エネ対応ガラスとして国内の新築戸建住宅を中心に普及が進められてきた。その結果、市場で事実上の業界標準を獲得している。こうした成果獲得の背後には、どのような組織的あるいは戦略的取り組みがあったのであろうか。分析の結果、機能が「見える」コンセプト作りをし、かつ機能を「体感」できるコンセプト提案をしたことが成功要因の一つとして浮かび上がってきた。旭硝子では、こうしたアプローチを社内展開し、他の機能性ガラスの開発でも採用している。同社における一連の提案型開発の取り組みは、サプライヤーにとっての一つの有効なアプローチを示していると考えられる。

キーワード：製品開発 製品コンセプト提案 競争優位 業界標準

¹ 本稿で取り上げる事例は、旭硝子株式会社にて建築用複層ガラスの開発・製造・事業化に関与された松本猛氏、小沢幸三氏、山口和男氏へのヒアリング調査をベースに、次の文献・資料を参考にして作成した。文献：板硝子協会HP（1998; 2000; 2005; 2007a; 2007b）、旭硝子パンフレット。ヒアリング当時の松本氏・小沢氏の職位は下記の通りである。松本猛氏：旭硝子株式会社 板ガラスカンパニー 日本・アジア本部 技術開発室 企画グループリーダー、小沢幸三氏：AGC グラスプロダクツ株式会社 執行役員 事業統括本部 事業企画部長、山口和男氏：株式会社旭硝子総研 社長附（2007年8月3日ヒアリング）。

1. はじめに

建築用複層ガラスは、1970年代後半以降、住宅開口部の省エネ・断熱性能を高めたガラスとして欧米を中心に用いられてきた。しかしながら、欧米各国に比べると、日本における断熱基準は緩く、1990年代に入っても複層ガラスの普及率は低いまま推移してきた。

こうした中、旭硝子株式会社（以下「旭硝子」と略）は1993年、Low-E複層ガラス「サンバランス®」を上市した。サンバランス®は夏の強烈な太陽エネルギーを反射し冷房効果を高め、冬は室内の暖房熱を逃がさないといった特長を持つ。冬暖かく夏涼しい快適な室内環境を実現する「快適ガラス」として、国内の新築住宅の開口部に用いられるようになった。近年では、1997年「京都議定書」の採択、1999年「次世代省エネルギー基準」の制定などにより、Low-E複層ガラスの重要性はますます増しているものと推察される。

サンバランス®は現在、Low-E複層ガラスの市場で事実上の業界標準を獲得している。こうした成果獲得の背後にはどのような組織的あるいは戦略的な取り組みがあったのであろうか。以下では、サンバランス®の開発プロセスを中心に見ていくことで、その成功要因と競争優位の源泉を明らかにし、サプライヤーにおける提案型製品開発のあり方について検討する。

2. 製品／市場概要

(1) 製品概要

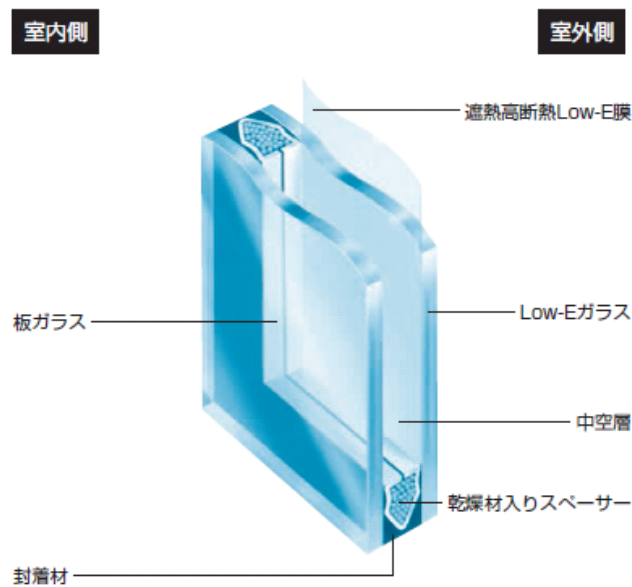
1993年、サンバランス®は旭硝子により、新築住宅向けのLow-E複層ガラスとして上市された。Low-E複層ガラスはLow-Eガラスと普通板ガラスの組み合わせから成る。Low-EガラスのLow-Eとは、Low Emissivity（低放射）の略で、ガラスの内側に金属膜をコーティングし、放射率を小さくすることで、遮熱・断熱性能を向上させる。複層ガラスは、2枚の板ガラスの間に中空層を設け、乾燥した空気を密閉することで、熱の移動を低減し、高い断熱効果をもたらす。

サンバランス®は、複層ガラスの室外に面するガラスの内側に特殊金属膜をコーティングするという構造を採用している（図1参照）。この特殊金属膜は、太陽光線の中で可視光線を通し、肌に悪影響を及ぼす紫外線と熱を伝える赤外線をほとんど通さず、高い遮熱効果を実現している。

このようにサンバランス®は断熱性能だけでなく、遮熱性能にも優れる「快適ガラス」として国内の寒冷地だけでなく、都市部・温暖地域の採用が進められている。中でも特長の一つである遮熱性能が高いという点について数値で示す。夏場室内の71%の熱は開口部の窓から

入り込む日射熱であると言われている。サンバランス®には、この日射熱の侵入を6割程度遮断する効果がある。表1より、単板（一枚）ガラスと比較すると、真夏の炎天下（35℃）から帰宅直後の体感温度に3℃以上の差があると試算されている。これは、単板ガラスの室内がまるでスキーウェアを着ているかのような「モワット感」であるのに対し、サンバランス®の方はTシャツを着ているぐらいの体感の違いがあるという。また、紫外線カット率で見ても、サンバランス®の場合、80%以上の遮断効果があることが試算されている（表1参照）。これは日傘を差すように、「ヤケコゲ感」の程度が少なく感じられる効果がある。

図1 Low-E 複層ガラスの製品構造



出所：板硝子協会 HP (2005)より抜粋

2つ目の特長である断熱性能の高さについて説明する。冬場室内の48%の熱は開口部の窓から逃げる貫流熱であると言われている。サンバランス®には、この貫流熱の伝わりやすさ（熱貫流率²）を下げる効果がある。表1にもあるように、単板ガラスに比べ、冬の早朝6時の寝室温度が3℃以上高い。これは、単板ガラスの室内では厚い布団とセーターが要るのに対し、サンバランス®の方は薄手の毛布とパジャマでも肌寒くないぐらいの体感（ホンワカ感）の違いであるという。また、冬場に空調（暖房）ありの部屋からなしの部屋に移動した際に感じられる温度差についても、サンバランス®の方が-7℃程度と小さいので、ヒート

² 熱貫流率は、室内外気温差により壁体を通過する、単位時間、単位面積、単位気温差あたりの熱量で表される。これは、壁体の断熱性能を表す指標として用いられ、熱貫流率が低いものほど、壁体を通過する熱量が少なく、断熱性能が高いと言える。別名U値とも呼ばれ、単位はW/m²・Kまたはkcal/m² h℃で表される（板硝子協会HP, 2005）。

機能性ガラスにみる提案型製品開発

ショックを和らげる効果がある。これは、単板ガラスがトレーナー2枚分の重ね着が必要なくらいの「ゾクゾク感」であるのに対し、サンバランス®の方が薄手の上衣を羽織るだけで十分なくらいの体感の差があるという。

表1 単板ガラスとサンバランスの性能比較（試算効果）

性能		単板(一枚)ガラス	サンバランス®
夏	炎天下(35°C)から帰宅直後の体感温度	35.2°C	31.8°C
	紫外線カット率	35.2%	82%
冬	早朝6時寝室の温度	10.3°C	13.9°C
	空調なし隣室との温度差	-12.9°C (体感-10.5°C)	-8.4°C (体感-6.6°C)
年間	結露による水滴量	45870g/年 (ペットボトル92本)	2536g/年 (ペットボトル5本)
	冷暖房費(東京)	123000円/年	80000円/年
	CO ₂ 排出量(東京)	1903kg/年	278kg/年

出所：旭硝子パンフレット『快適ガラス「サンバランス®」』より作成

3つ目の特長は、結露が発生しにくいという点である。単板ガラスの場合、室内温度 20°C、湿度 50%で、外気温が 4°Cに下がると結露し始めるのであるが、サンバランス®の場合には外気温が-16°Cに下がるまで結露は発生しないという。これは、500ml ペットボトルで換算すると、前者が年間 92 本分の水滴が発生する、つまりかなりの「ベトベト感」があるのに対し、後者は 5 本分で済む（表 1 参照）。このため、結露によるカビやダニの発生、開口部周りの腐食を抑えることが可能である。中空層の内部結露に関しては製造後 10 年保証（10 年間結露しない）を謳っており、高品質であることが伺える。

4つ目の特長は、コスト削減・省エネ効果があるという点である。表 1 より、東京の住宅モデル（床面積 148 m²、窓面積比率 28%、建蔽率 33%）の年間冷暖房費を比較すると、単板ガラスは 123000 円（暖房費 96000 円、冷房費 27000 円）であるのに対し、サンバランス®は 80000 円（暖房費 62000 円、冷房費 18000 円）と低く抑えられる。また、東京での年間 CO₂ 排出量を比較してみても、単板ガラスは 1903kg（暖房 1484kg、冷房 419kg）であるのに対し、サンバランス®は 1246kg（暖房 968kg、冷房 278kg）と排出削減を可能とする。サンバランス®は 1997 年「京都議定書」採択後に制定された「次世代省エネルギー基準」（1999

年)にも対応しているので、さらなる需要拡大が見込める³。

4つ目の特長は、意匠性の高さである。サンバランス®を外側から眺めると実は緑色をしている。当時業界では無色透明ガラスが常識であったため、ハウスメーカー社内では不安視する声もあったが、ハウスメーカーの営業担当はこの色合いを意匠性の高さ、すなわち「ベントと同じ色のガラス」に結びつけることで、顧客へのアピールに成功した。

これらの優れた特徴を持つが故に、サンバランス®をはじめとする旭硝子の複層ガラスは、国内市場で高いシェアを持っている。

(2) 市場概要

複層ガラスの需要は、エコロジーの気運の高まりと相まって、普及率が上がってきている。経済産業省の窯業・建材統計年報によると2002年には国内の需要量は12.7百万平米であったものが、2006年には15.9百万平米へと25%伸び、売上高は757億円から904億円へと20%伸びた。売上高の伸びが低い理由は、高級品であるLow-E複層ガラスの普及が進んでいるものの、価格の低下がそれを上回っていることによる。

住宅の窓をLow-E複層ガラスに交換するのに要する初期費用と、暖冷房費用削減額から算出した投資回収期間は、新築の場合には8~15年程度であると報告されている(板硝子協会HP, 2007a)。

このように長い回収期間を要することもあり、国内における複層ガラスの普及は欧米に比べ遅れていると言わざるを得ない。欧米、韓国は寒冷地であることから、暖房費用が日本に比べて高く、回収期間が短いので普及が進んだ面がある。この結果、図2で見えるように人口一人当たりの複層ガラスの使用量は、ドイツが日本の10倍、アメリカ9倍、イギリス8倍、韓国6倍となっており、日本が世界各国の普及状況から相当に遅れていることが見て取れる。同年における新築住宅、既存住宅の普及率の内訳を見ると、前者が25%であるのに対し、後者が2%と際立って低いことが分かる(板硝子協会HP, 2000)⁴。

しかしながら、図3に示すように、新築住宅の普及率は近年着実に伸びている。集合住宅における面積普及率は4割強に過ぎないが、戸建住宅における複層ガラスの面積普及率は9割を超えるまでに至っている。

現在、国内における既存住宅はおよそ5000万戸(戸建2750万戸、集合2250万戸)ほどあり、需要開拓の余地は大きい。さらに新築住宅が毎年、110万戸以上(戸建56万戸、集合65万戸)建

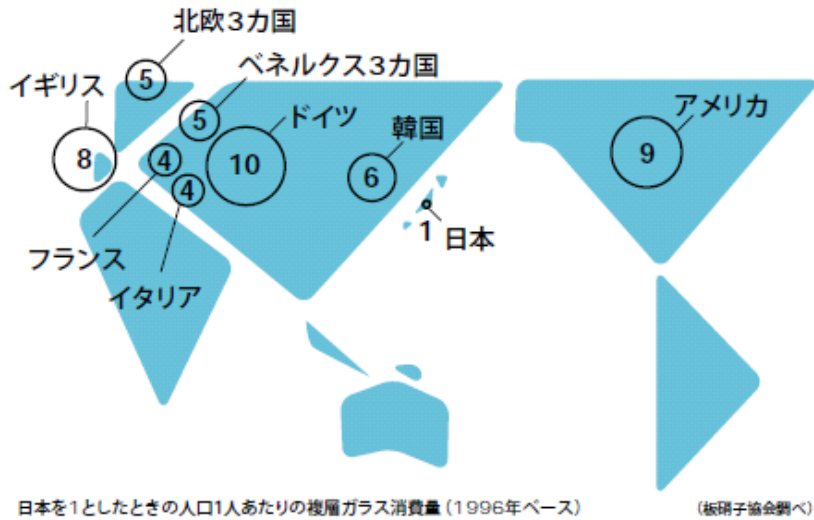
³ もちろん、サンバランス®を製造することでCO₂排出量も増えていくが、数年後にはサンバランス®使用によるCO₂排出低減量が増加量を上回るという試算結果が既に報告されている(旭硝子『CSRレポート2005』)。

⁴ その後も既存住宅における複層ガラスの普及はあまり進んでおらず、2005年度における普及率は7.6%程度に留まっている(板硝子協会HP調べ)。

機能性ガラスにみる提案型製品開発

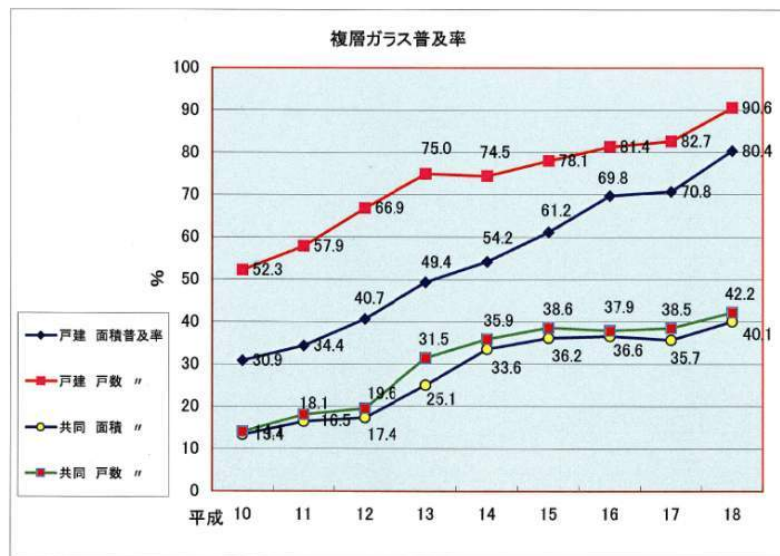
てられている。加えて「次世代省エネルギー基準」など環境規制も厳しくなっている。以上から、今後複層ガラス、サンバランス®がさらに普及していく可能性は高いと推察される。

図2 世界各国の複層ガラスの普及状況(1996年)



出所: 板硝子協会 HP(2000)より抜粋

図3 近年の複層ガラス普及率推移



出所: 板硝子協会 HP(2007b)

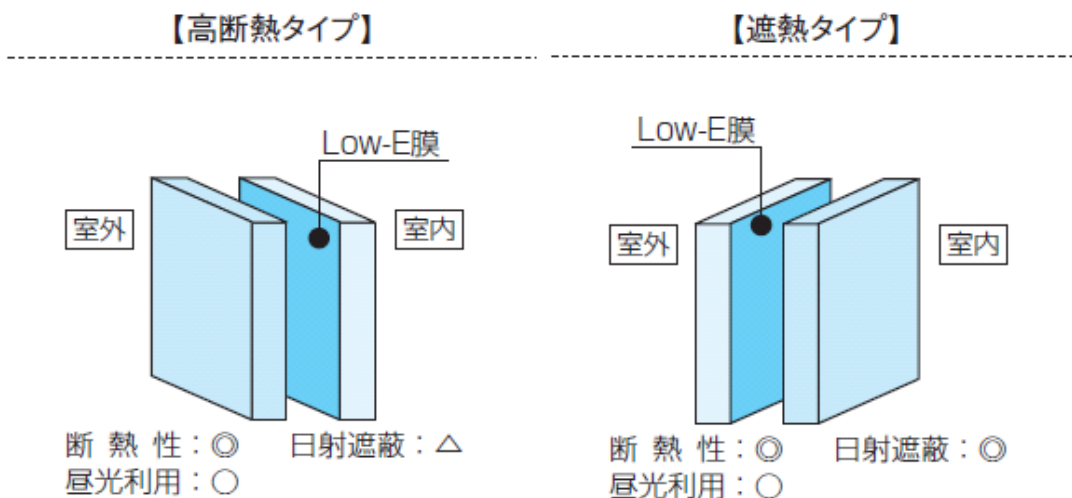
3. 開発の背景

海外における複層ガラス普及の背景には、環境保全・省資源に対する意識の高まりがある(板硝子協会, 1998)。ドイツでは1976年に「エネルギー保全法」、1977年に「熱保護規制」が制定され、断熱性能に優れる複層ガラスが注目を集めた。以後新築住宅では全て複層ガラスが義務づけられるようになった。また米国においても、州毎に若干の違いはあるものの、厳しい省エネルギー基準を定めている。東京都とほぼ同緯度になるカリフォルニア州は最も厳しい基準を採用している。同じアジアでも韓国では、1975年以降、熱損失防止を基軸として建築法を改正し、断熱基準を強化している。このように各国とも法律の制定によって断熱基準の強化および開口部の複層ガラスの義務づけを実施している。

これに対して、日本では1980年に「旧省エネルギー基準」、1992年に「新省エネルギー基準」が告示されたが、これらの断熱基準は欧米各国よりも緩い基準であり、1990年代に入っても複層ガラスの普及率は低いまま推移してきた。

こうした中、旭硝子中央研究所でも1980年代後半から断熱・遮熱性能を高めたガラスやLow-E複層ガラスを開発してきた。1986年には熱線反射ガラスの「サンルックス®」、翌1987年には断熱性能を高めたLow-E複層ガラス「サンレーヌ®」を開発した。サンルックス®はスパッタリング法によりガラス片面に金属膜(チタンなど)をコーティングして作られる。サンルックス®は遮熱性能に優れる、特に夏場の日射熱を反射させることで冷房負荷を軽減するという特長と、色の付いた鏡のような意匠性を有する。こうした特長を持つが故、サンルックス®は建築家の注目を集め、高層ビルや大型の公共・商業施設などに用いられるようになった。但し、住宅用には鏡のような「ガラガラ感」からほとんど使用されなかった。

図4 Low-E複層ガラスの製品構造：高断熱タイプと遮熱タイプの比較



出所：板硝子協会 HP(2005)

サンレーヌ®は断熱性能に優れる、つまり冬場室内の暖気を外に逃がさないといった特長を持つ。これは、複層ガラスの室内側のガラスに Low-E 膜を用いることで実現された（図 4 左）。サンレーヌ®は Low-E 膜を採用した国内発の断熱ガラスとして北海道などの寒冷地において採用されている⁵。サンレーヌ®にはシルバーとグリーンの 2 色があり、シルバーは銀 1 層を含む 3 層膜、グリーンは銀 2 層を含む 5 層膜から成る。製造設備は当初、サンルックス®専用に導入された鹿島工場のスパッタリング装置を活用していた。2 色のうち、グリーンは膜層が多く、作り方も手間がかかるので、シルバーよりも製造コストが高い。また、シルバーの方が光線透過率が高いので、寒冷地の戸建住宅購入者に受け入れられたという。

4. サンバランス®の開発

その後しばらくの間、サンレーヌ®の市場開拓に注力していたが、90 年代に入りバブル崩壊等の影響もあり、需要はそれほど伸びなかった。そうした中、ハウスメーカー A 社から共働きの夫婦向け住宅として「夏、家に帰ってきても暑くない家」と言うコンセプトに最適なガラスの提案を求められた。こうしたニーズに対して、当時中央研究所にいた開発担当者は種々の対案を検討した結果、サンレーヌ®の断熱構造をひっくり返すことで遮熱性能を高めることを思いついた。

熱というのは室内外に気温差があると、高温側から低温側へ移動する性質を持つ。従って、冬場は壁や窓から暖気が逃げていく。サンレーヌ®は室内側のガラスに Low-E 膜を用いることで室内の暖気を室外に逃がさないようにしているが、Low-E 膜を室外側のガラスに用いると夏場の日射熱を室内に取り込まないという遮熱性能が得られる。

実際には、冬暖かく夏涼しい快適な室内環境を実現する「快適ガラス」を製品コンセプトとして開発が進められたため、サンレーヌ®の断熱性能を維持しつつ遮熱性能を高める開発アプローチが採られた。具体的には、図 4 右図のように室外側ガラスの内側に Low-E 膜を採用することで、目標性能の実現を図ったのである。

開発のポイントは、断熱性能を維持する低放射率（低熱貫流率）と遮熱性能を高める高日射遮蔽率、さらには室内の明るさを維持するための高可視光線透過率、肌に悪影響を及ぼさないようにする低紫外線透過率の 4 つを同時に両立させる必要があった。これらをバランスさせる最適スペック（理論値）はシミュレーションにより検討され、それを実現するには Low-E 膜の開発が不可欠であった。

⁵ 欧州では既に Low-E ガラスが発売されていたという。

Low-E膜の開発は真空スパッタリングの製膜技術を活用したサンレーヌ®用Low-E膜の技術を応用し、高機能性を追求し、色のバリエーションも工夫することで最適スペックを実現した。最適スペックは、熱貫流率が $2.6\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 、 $2.2\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 、日射遮蔽率は 34.2%、可視光線透過率は 69.0%、紫外線透過率は 14.6%（外側ガラス 3mm＋中空層 6mm＋内側ガラス 3mm の組み合わせの時の値）である。これは、単板ガラスのスペックが熱貫流率が $6.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 、 $5.1\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 、日射遮蔽は 7.8%、可視光線透過率は 90.2%、紫外線透過率は 64.8% であることと比較すると、可視光線透過率がやや低いものの、低熱貫流率と高日射遮蔽率、低紫外線透過率を同時に実現したバランスの良いガラスであることが分かる⁶。

こうして開発された快適ガラスは 1993 年、「サンバランス®」と名付けられ、首都圏を含む 4 地区で発売された。低熱貫流率を維持し可視光線透過率を大きく落とさずに遮熱性能を高められたことから、当時としては最高水準の高断熱遮熱ガラスだった。こうしたガラスが欲しいという大手ハウスメーカーもあったが、提案を求められていた「共働き用住宅」という住宅コンセプトには採用されなかった。

5. 機能が「見える」コンセプト作り

その後、新たな顧客獲得を目指して、他のハウスメーカーにも売り込みを図った結果、「断熱・遮熱効果を体感できる快適ガラス」ということでハウスメーカーB社から高評価を得た。当時（1996年）、同社が企画していた「声が届く家」というコンセプトの戸建住宅にフィットしたからである。

B社の要望は、「声が届く家」を実現するために家の中心を大きな吹き抜け構造にして開放感を持たせた空間を作りたいというものであった。そのためには、窓を大きくして日光をたくさん採り入れたいが、窓が大きいと夏場は陽があたると暑くて仕方がないし、冬場は暖気が窓から逃げてしまうので寒くて仕方がないという問題があった。断熱・遮熱性能に優れたサンバランス®は、まさにこうした問題を一挙解決しうる快適ガラスだったのである。

もちろん、B社内では「なぜ高価なLow-E複層ガラスを使うのか、普通の複層ガラスでも十分ではないか」といった反対意見もあったと言う。しかし、同社は遮熱・断熱Low-E複層ガラスを国内で初めて採用することで、新築住宅の差別化を図ろうとしたのである。

そこで、旭硝子は全室の窓ガラスにサンバランス®を使用することを提案した。その際、B社の研究所や技術部では不安の声が挙がった。「可視光線透過率が低く、室内が暗くなってしまうのではないか。」「南向きや西向きの部屋に使うのは良いが、北向きの部屋には使え

⁶ 旭硝子パンフレット『快適ガラス「サンバランス®」』より。

機能性ガラスにみる提案型製品開発

ないのではないか。」「冬は日射をカットするのでぼかぼか感がなくなってしまうのではないか。」確かに先にも述べたように、単板ガラスなど平均的な窓ガラスに比べ可視光線透過率はやや低い。しかし、社内検討の結果、吹き抜け住宅の大開口部に使うのであれば、光がたくさん入るので問題ないと判断し、B社は全室採用を決定したのである。実際、採用後にサンバランス®が暗いというクレームはほとんどなかったという。

もちろん提案して直ぐにサンバランス®が採用されたわけではない。断熱・遮熱性能に加え、ガラスの色や内部結露防止に関する改善要求もあったからである。例えば、「斜めから見ると反射色が赤っぽく見える（ので解決して欲しい）」とか「内部結露に対する耐久性を高めて欲しい」などである。こうした要求に対しても、試行錯誤を繰り返しながら対応していった。

サンバランスの室外から見た色（反射色）は、緑色であった。当時、板ガラス業界では「ガラスは透明なものでないと受け入れられない」という常識があった。このため、旭硝子社内でも「緑がかったガラスが本当に売れるのか」といった懸念もあった。しかし、B社はそうした色合いを意匠性の高さに結びつけて「ベンツと同じ色の高級ガラス」を謳うことで、市場への浸透を図ったという⁷。B社営業担当者も意匠性を色合いに結びつけて顧客に説明できれば売り込みやすかったと考えられる。

6. 機能を「体感」できるコンセプト提案

ここでの営業戦略のポイントは、旭硝子が直接の取引先である特約店（卸売業者）に売り込むのではなく、その先の顧客であるハウスメーカーに直接提案した点にある。かつての旭硝子はハウスメーカーに直接営業するということはなく、納入実績もほとんどなかった。同社が扱う板ガラスは複層ガラスも含め、そのほとんどがルートセールス、つまり特約店を経由して販売されていた。

その結果、ハウスメーカーへの納入では競合他社に遅れをとっていた。そうした中、自動車用ガラスの本部長経験者が建築用板ガラスの本部長として就任した。1990年代初めのことである。この本部長は自動車用途のガラス開発において自動車メーカーに直接コンタクトし、顧客のニーズ情報を収集するのはもちろんのこと、技術的な情報をやりとりすることの重要性を認識していた。

当時、建築用途のガラス開発においては、新しい機能を持った製品を特約店や工務店、販

⁷ もちろん、サンバランス®は室内から外を見た場合に透過色は透明になるように設計されている必要がある。例えば、住居者にとって花の色が本来の色と違って見えると違和感が生じる。そこで、室内から見た花の色は正しく見えるようにしたのである（松本氏談）。

売店に提案してもなかなか理解してもらえないケースが多かった。そこで、建築用途においても、「技術的価値の分かる顧客」、すなわちハウスメーカーやデベロッパーに直接コンタクトを図ることを提案したのである⁸。

サンバランス®の提案もこうした営業戦略の一環で進められた。例えば、サンバランス®とランプをセットで持参し、顧客が手をかざすと遮熱効果をその場で体感できるようにするという具合である。ここでいう遮熱効果とは、まさに先に述べた「技術的価値」であり、顧客から見れば「機能的価値」のことであると解釈できる。こうしたアプローチの結果、ハウスメーカーB社は全国数十カ所で展開する住宅設備展示館にサンバランス®のランプセットを自主的に展示してくれたという。

住宅設備展示館では、遮熱効果を体感できるランプセットだけでなく、断熱効果についても「コールドドラフト」と呼ばれるガラスからくる冷気を体感できる設備も用意されている。フローリングの床上に人が靴下を脱いで立つと冷気を感じられる単板とさほど感じないサンバランス®の二種類がセットされており、身体全体で体感できるようになっている。

こうした展示が潜在的な住宅購入者への訴求へとつながった結果、現在、ハウスメーカーB社の北関東以西の住宅すべてに標準装備されている。B社ではその後、サンバランス®の緑色に合わせて、屋根瓦も壁も同色にするという緑色の住宅を提案し、高い評価を得たという。これは、窓ガラスという住宅の開口部への設計提案が住宅全体の設計変更を促したという点で大変興味深い。

6. 業界標準の獲得

サンバランス®はその後、他の大手ハウスメーカーでも採用され、最初の採用から数年後に事実上の業界標準となった。複層ガラスと言えば、当時は断熱ガラスのみで遮熱性能も備えたガラスがサンバランス®以外になかったので、導入してもらいやすかったという⁹。

サンバランス®の導入にはLow-Eガラスの原価低減のための量産性も重要な要因である。

Low-Eガラスは当初、熱線反射ガラスのサンルックス®用のスパッタリング装置を用いて製造されていた。しかし、この装置は小型で、熱線反射ガラス用膜に比べ1桁厚いLow-E膜の製膜ではタクトタイムが大幅に長くなり原価が高くなりすぎるといった問題があった。

⁸ このように、サプライヤーが製品コンセプト提案を行う際、顧客の階層性を注意深く精査し、顧客の顧客や最終顧客（エンドユーザー）に直接アプローチする方法は、「顧客の顧客戦略」（桑嶋，2003）や「顧客システムのマネジメント」（Tomita & Fujimoto, 2005）と呼ばれる。

⁹ ちなみに大手ハウスメーカーの中には、サンバランス®との差別化を図るため、「窓ガラスは透明のままが良い」ということに拘っているところもある。こうした透明なLow-E複層ガラスもエンドユーザーに受け入れられているので、結果的にはサンバランス®との棲み分けができているという（小澤氏談）。

機能性ガラスにみる提案型製品開発

そこで、同社ではチームを作り、オンライン Low-E とスパッタリング装置増設の 2 つのアプローチを検討した。その結果、後者が選択され、1998 年多数のターゲットが配置できる大型スパッタリング装置を導入することとした。この結果、生産速度は 5 倍にあがり原価低減ができた。もちろん、導入当初は真空スパッタリングの製膜上の問題もあったが、地道に技術的改良を重ねることで、安定品質を達成した。こうした量産技術の確立により、Low-E ガラスについては大幅なコストダウンを実現した。

このように、旭硝子が製品開発だけでなく設備投資でも先行できたことは後発企業にとっても大きな参入障壁となる。なぜなら 1998 年当時、Low-E 複層ガラスの市場はまだ立ち上がったばかりであり、当面は旭硝子のスパッタリング装置のみで、国内の需要全体をカバーできるとの見通しが立っていたからである。

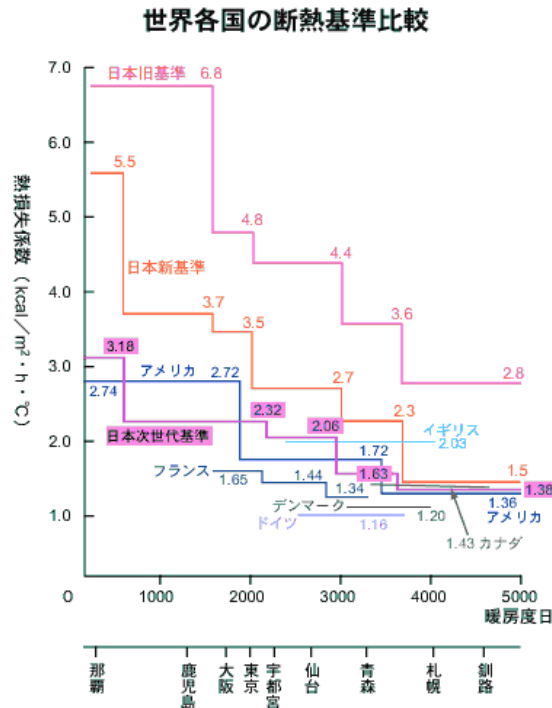
生産技術上では、地道な改善のほかに、旭硝子が多角化経営でセラミックス事業を持っていたことからの技術革新がなされた。サンバランス®用の Low-E 膜の膜厚は厚いため、ガラスに膜を高速で均一にコーティングするのは難しい。この課題に対して、スパッタリングターゲット材を子会社の旭硝子セラミックスとの共同開発で従来の金属製からセラミック製にすることで解決を図り、特許取得で競合他社に先行するとともに製法ノウハウも蓄積していったのである。旭硝子は、こうした材料・製法の開発においても先行していたとみることができよう。

7. 業界標準から公的標準へ

省エネ基準についても、サンバランス®の製品優位性を活かして板硝子協会から「エコガラス」としての推奨を受けている。まず 1997 年 12 月、京都において地球温暖化の防止を図るため、「気候変動枠組条約第 3 回締約国会議 (COP3)」が開催された。この会議では先進国の 2000 年以降の温室効果ガスの削減目標やそのための政策・措置等を定めた「京都議定書」が採択された。

この温室効果ガスの削減目標により、日本国内では住宅・建築物に関する省エネルギー基準の強化が図られることとなった。1999 年 3 月に告示された「次世代省エネルギー基準」は、欧米と比較しても同レベルの基準となっている (図 5 参照)。例えば、冷暖房用のエネルギー消費量の約 20%削減が目標として制定された。我が国ではこうした厳しいレベルでの省エネ規制は初めてのことであり、この規制を建築基準法に取り込むことは、日本の民生用エネルギー消費に伴う CO₂ 排出量を削減する有効な手段となりうる。これらの実現のためには住宅だけでなく一般建築物 (ビル等の非住宅建築物) への断熱基準も義務化も必要である。

図5 世界各国の断熱基準



出所：板硝子協会 HP(2000)

板硝子協会の試算によれば、「次世代省エネルギー基準」に基づく複層ガラスを使った住宅開口部の断熱化は、それまで実質的に用いられていた「旧省エネルギー基準」に対して年間約 200 万 t、住宅トータルの断熱化は年間約 400 万 t年の CO2 排出量削減が可能であることが明らかにされている。

サンバランス®は、こうした住宅開口部の断熱化を実現するガラスとして建設省（現・国土交通省）に提案され、同省が定める「住宅の品質確保の促進等に関する法律（平成十一年法律第八十一号）第三条第一項の規定に基づいて制定された「住宅性能表示制度」¹⁰の温熱環境性能¹¹で最高位の等級 4 の評価を獲得した。

¹⁰ この制度は住宅性能評価機関等連絡協議会により 2000 年 12 月から運用されている。制度化の目的は、これまで住宅取得者にわかりづらかった「住宅の性能」について、共通の「ものさし」をつくり、比較しやすくすることにある（住宅性能評価機関等連絡協議会 <http://www.hyouka.gr.jp/> より）。

¹¹ 暖冷房に使用するエネルギー削減対策（断熱化など）の程度が評価される。暖冷房効率の向上には暖冷房機器自体の性能向上も重要であるが、特に住宅構造躯体の断熱・気密措置など住宅本体の効果を評価対象とする（住宅性能評価機関等連絡協議会 HP より）。

機能性ガラスにみる提案型製品開発

等級 4 とは、「エネルギーの大きな削減のための対策（エネルギー使用の合理化に関する法律の規定による建築主の判断の基準に相当する程度）が講じられている」ことを意味する。等級 4 の評価を受けたサンバランス®は、業界内では「レースのカーテンだけで、次世代省エネルギー基準を満たす事が出来る Low-E 複層ガラス」と形容されている。通常、遮熱性能は単板ガラスでもカーテンを使えば日射熱を 50%カットできるが、サンバランス®はガラスだけで 70%もカットできるからである。

こうした評価は、国土交通省および大学・研究機関の専門家により構成される住宅性能評価機関等連絡協議会においてなされるのだが、最高位の等級は製品が売れていないと設定してもらえないのだという。

公的標準としても認知されたことで、サンバランス®はその後、戸建住宅だけでなく、マンションや高層ビルにも使用されるようになった。マンションは冷房負荷が大きいため、遮熱性能が評価されている。高層ビルの場合には、意匠性も求められるケースが多いので、色の設計、カラーレンダリングが必要になるという。色のバリエーションが 5,6 色用意されており、サンバランス・グリーン以外にも、ブルーとかグレーなどがある。これらはスパッタリングターゲット材の組み合わせで対応可能である。

8. 提案型開発アプローチの社内展開

(1) 防音複層ガラス「マイミュート®」

「レゾネーターペヤ・マイミュート®」（以下、「マイミュート®」と略）は、2005 年に旭硝子が新たに開発・販売した世界初の防音構造「レゾネーター」を搭載した複層ガラスである。ここ数年、マンションでも高断熱・遮熱の複層ガラスの採用が増えていることは先に述べたとおりである。加えて、幹線道路や線路に隣接するマンションも増えていることから、窓の防音性能に対するニーズも高まっていた。従来の防音ガラスとしては、二重窓、中間膜に防音機能を持たせた合せガラス、ヘリウム入り複層ガラスがあったが、二重窓は見た目と使い勝手、合せガラスは 10mm 以上の厚みと断熱性不足、ヘリウム入りは断熱効果が少なくなり複層ガラスとして十分に機能しないことから普及しなかった。

このような状況のもと、マンションのデベロッパーや購入者から「断熱と防音の両機能を合わせ持ったガラスが開発できないか」といった要望が寄せられたという。しかし、従来の複層ガラスでは特定音域の防音性能が低かったため、その要求に応えられなかった。

マイミュート®はこうした要望に応えるために開発された。その特長は、サンバランス®のような従来の Low-E 複層ガラスに防音構造「レゾネーター」を搭載することで、優れた

断熱・遮熱性能、結露防止機能はもちろんのこと、T-3 等級の防音性能を実現した点にある。

また T-3 等級とは、周波数 500Hz で 35dB の遮音性能を持つ。非常に単純化して言えば、道路交通騒音のように 70dB (デジベル) の外部騒音があるときに、室内では 35dB 程度にまで静けさを保てることを意味する¹²。この静けさは、ホテルの客室やオフィスの会議室における 1 級 (建築学会が好ましいと推奨する性能水準) に相当する。

もう一つの特長は、優れたデザイン性である (図 6 参照)。世界的に著名な工業デザイナーを迎え、「防音構造が眼に見える」スタイリッシュな外観のデザインに仕上げることに成功した。このデザインから魅力的なコンセプト「サイレンスが見える窓」が考案された。これらの優れた特長を有するが故に、都心のマンションを中心に市場を開拓しつつある。

(2) マイミュート®開発の経緯

しかし、マイミュート®開発の過程を振り返ると、必ずしも順調に進められてきたわけではなかった。防音ガラス開発のきっかけは 20 年程前に遡る。複層ガラスというのは、その構造上共振を起こすことを避けられない。この共振現象のためにある特定の周波数で防音性能が低下するという問題があった。従って、複層ガラスが採用され始めた頃から、防音性に対するニーズは顕在化していた。こうしたニーズに対して旭硝子では、約 20 年前に開発を試みている。しかし当時はレゾネーター設計の勘所が分からず防音性能を上手く向上させることができず開発を中断していた。

その後しばらくして、近年のマンションブームに乗り、防音ガラスが再び注目を集めるようになった。都心部に立つマンションは幹線道路や線路に隣接するケースも少なくないし、高層マンションの高層階では風切り音の問題もあったからである。マンションは基本的に躯体 (壁や天井) の防音性能は高いので、弱点である開口部を解決すると部屋全体の防音性能が向上する。開口部は、窓枠サッシと窓ガラスから構成される。サッシについてはサッシメーカーにより気密性向上がある程度実現されていたが、窓ガラス、特に複層ガラスの防音性に問題があった¹³。省エネ性がそれ程重要でなかった時は、T-3(35dB)の防音合せガラス (旭硝子の製品名「ラミシャット」) が使われていたが、断熱と防音を両立する窓が強く求められるようになった。

そこで、旭硝子では 5 年前、防音複層ガラスの開発を再開した。開発にあたったのは 20 年前の担当者を含む 2,3 名の開発者である。彼らが最も苦勞した点は、複層ガラスの中空層

¹² 一般的な複層ガラスの遮音性能は T-2 等級、すなわち周波数 500Hz で 30dB の遮音性能である。

¹³ もっと単純に二重ガラスを用いるという方法も考えられたが、操作性が悪いこと、室内が狭くなること、窓枠のアルミサッシがコスト高になることなどの問題があり、ほとんど普及しなかった。こうした二重ガラスの問題は、複層ガラスで防音性能を実現すればほぼ解決できるという。

機能性ガラスにみる提案型製品開発

に設置するレゾネーター（バー材）の設計であった。レゾネーターの共鳴周波数、孔の間隔・径、スペーサーとの距離、などを複層ガラスの共振を起こす周波数に合わせることは理解していた。しかし、周波数を合わせた場合でもレゾネーター（バー材）の孔径、孔間隔、厚み、スペーサーとの距離の各パラメーターの組み合わせは無限に存在していた。その中から、防音性能、外観上の意匠などから最適な組み合わせを見つける必要があった。3年間に及ぶ試行錯誤の末、最適な組み合わせの防音構造「レゾネーター」を見いだした。

図6 「レゾネーターペヤ・マイミュート®」の外観



出所：旭硝子パンフレット『サイレンスが見える窓「レゾネーターペヤ・マイミュート®」』より抜粋

緻密な設計による径と間隔で孔を空けられたレゾネーターを、複層ガラスの中空層周辺部に配置することで、周辺部分に共鳴吸収機能をもたせ、複層ガラスの共鳴透過現象を防いたのである。これは、コンサートホールの壁に孔を空けることによってホール内の音響を整える、「ヘルムホルツ共鳴器」の原理と同じ原理である。

レゾネーターを搭載した複層ガラスは、「レゾネーターペヤ・マイミュート®」と名付けられ、売り込みが図られた。最初は戸建住宅もターゲットにする案もあったが、戸建住宅は、壁周りからの音の侵入も多く、ガラスの防音性だけを向上しても効果が少ないので見送られた。

一方、マンションであれば、躯体自体の防音性が高いことから交通騒音のあるところすべてにマイミュート®の潜在需要があるので、営業としても売り込みやすい。加えてマンションの方が戸建住宅に比べ、複層ガラスの採用率が低いので、防音以外にも遮熱性能と結露防止を付加機能として売り込むことも可能である。そこでマンション向けに特化して販売して

いくこととした。

(3) 機能が「見える」コンセプト作り

マンション向け営業のポイントは、デベロッパーへのコンセプト提案である。ガラスの商流は通常、「ガラスメーカー→特約店→ゼネコン→工務店→デベロッパー・施主」となっているので、特約店に卸すのが一般的であるが、サンバランス®同様、その技術的価値を理解してもらうためには、デベロッパーや施主に直接アプローチする必要があった。特にデベロッパーの場合は、マンション一棟に採用してもらえれば、他の施工物件にも採用してもらえる可能性が高まる。

もう一つの営業のポイントは、コンセプト提案の仕方である。サンバランス®の時もそうであったが、一見すると、マイミュート®はレゾネーター構造を採用し、中空層にバー材を設置するため、見栄えが悪く感じられる可能性がある。そこで先述のように、工業デザイナーの川上元美氏にスタイリッシュな外観デザインを設計してもらうことで、見栄え品質も美しく仕上げたのである。

製品コンセプトは「見える防音」。当時のプロジェクトリーダーの発案であった。防音合せガラスは防音性の高い膜を挟み込んでも透明であり目に見えないので、その効果を伝えるのは難しい。ところが、マイミュート®は中空層にバー材の亚克力棒が組み込まれているので、防音構造が目で見えて分かる、すなわち「見える化」されているのである。加えて、サンバランス®の色合いと同様、意匠性も高いので、営業担当者も顧客にアピールしやすい。このように、機能性が高いガラスというのは、その機能・性能を構造に落とし込んで「見える化」を図ることで、顧客に対する提案力が高まるものと考えられる。

マイミュート®の製品コンセプトはその後、さらに社内で検討され、最終的に「サイレンスが見える窓」に決められた。営業担当者はマイミュート®のスタイリッシュなデザインとこの魅力的な謳い文句でデベロッパーに売り込みを図った。その結果、大手マンションデベロッパーに採用されたり、2005年度グッドデザイン賞¹⁴を受賞したりするなど、次第に業界の注目を集めるようになった。

マイミュート®は現在、マンションを中心に営業をしている。将来は病院や老人ホームといった防音対策が必須の施設への採用が期待されている¹⁵。サンバランス®より高い付加価値を持った製品であると推察され、旭硝子では現在、マイミュート®のマンションでの普及

¹⁴ この賞は、財団法人日本産業デザイン振興会が1957年より毎年表彰しているグッドデザイン賞で、わが国唯一の総合的デザイン評価・推奨の仕組みである。

¹⁵ 技術的に言えば、ガラス溝幅33mm以上の、総厚90mmまたは100mmのマンション用サッシに使用可能である。マンションでは、新築のみ導入が可能となる。

拡大を図っている。

9. おわりに

本ケースでは、旭硝子株式会社の建築用複層ガラス「サンバランス®」の製品開発プロセスについて記述した。サンバランス®は当初、国内の新築戸建住宅に省エネ対応窓ガラスとして用いられ、近年では温室効果ガス削減を目的としてマンションや高層ビルへの普及も促進されている。現在、サンバランス®は Low-E 複層ガラスの市場で事実上の業界標準を獲得している。

事例分析の結果、こうしたサンバランス®の成果の背後には、最終顧客（エンドユーザー）のニーズに基づくコンセプト提案、ユーザーとの緊密な連携による製品改良（ファイン・チューニング）、原価低減などの製品開発における組織的な取り組みと、先行設備投資や独自の材料・製法開発による参入障壁形成といった戦略的な取り組みがあったことが明らかとなった。

中でも、コンセプト提案に関して言えば、機能が「見える」コンセプト作りをし、かつ機能を「体感」できるコンセプト提案をしたことが成功要因の一つとして挙げられる。同社はまた、こうしたアプローチを社内展開し、防音複層ガラス「マイミュート®」など他の機能性ガラスの開発でも採用し、新たな市場を開拓しつつある。同社における一連の提案型開発の取り組みは、サプライヤーにとっての一つの有効なアプローチを示していると考えられる。

謝辞

本稿を作成するにあたり旭硝子株式会社の松本猛氏（板ガラスカンパニー 日本・アジア本部 技術開発室 企画グループリーダー）、AGC グラスプロダクツ株式会社の小沢幸三氏（執行役員 事業統括本部 事業企画部長）、株式会社旭硝子総研の山口和男氏（社長附）の三氏からインタビュー調査等で多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

板硝子協会 (1998) 『CO₂ を削減する「複層ガラス」の効果』板硝子協会.

(http://www.itakyo.or.jp/toukei/kankyo1_1.html)

板硝子協会 (2000) 『わかりやすい「ビルと複層ガラス」』板硝子協会.

<http://www.itakyo.or.jp/kankou/pdf/kenchiku8.pdf>

板硝子協会 (2005) 『ビルと複層ガラス「建物用途別編」』板硝子協会.

<http://www.itakyo.or.jp/kankou/pdf/kenchiku10.pdf>

板硝子協会 (2007a) 『住宅窓の断熱化による省エネルギー効果』

<http://www.itakyo.or.jp/kankou/kenchiku7.html>

板硝子協会 (2007b) 『複層ガラス普及率推移 (住宅用)』板硝子協会.

http://www.itakyo.or.jp/toukei/ecoglass_penetration_0705.pdf

参考資料

旭硝子パンフレット『快適ガラス「サンバランス®」』.

旭硝子パンフレット『サイレンスが見える窓「レゾネーターペヤ・マイミュート®」』.

旭硝子 (2005) 『CSR レポート 2005』