

断熱ガラス

(1970年頃～現在)

地球温暖化防止策としてCO₂排出量の削減が全世界で積極的に進められている中、一般住宅やビルなどの建築物における開口部（窓）の断熱化は、冷暖房負荷の軽減に対して非常に重要となっている。断熱ガラスは、建築物における開口部断熱化として大きな貢献が見込まれており、日射光の遮熱性能が高い熱線吸収ガラスや熱線反射ガラス、室内外の熱移動を低減させるために熱伝導率の低い中空層や真空層を2枚のガラスの間に配置した複層ガラスや真空ガラスがある。また、複層ガラスで構成するガラス品種や中空層の種類などを用途に応じて選択することにより、高性能化や高機能化を実現させることができ、多種多様な建築物の開口部に適応させることができ、建築物の断熱化に大きく貢献することができる。

見学可能：

日本板硝子ショールーム（サンプルスペース）
東京都港区三田3丁目5番27号住友不動産三田ツインビル西館19F
TEL: 0120-498-023
http://architectural-glass.jp/showroom/

Key-words：熱線吸収、熱線反射、遮熱、断熱、複層、真空

注1 断熱性能は、熱貫流率または熱貫流抵抗（熱貫流率の逆数）によって評価される。熱貫流率は室内外の温度差によってガラス窓を通過（貫流）する熱量の大きさを表す。熱貫流率は小さいほど、熱貫流抵抗は大きいほど断熱性に優れている。面積1㎡あたり1度（ケルビン）あたりどれくらい（何ワット）の熱が流れるかを表す。

注2 遮熱性能は、日射熱取得率または遮蔽係数によって評価される。日射熱取得率は、ガラス窓に入射した日射熱が、室内側へ流入する割合を表す。日射侵入率とも呼ばれる。また、遮蔽係数は3ミリの厚さのフロート板ガラス（透明）の日射熱取得率を1とした場合の、日射熱取得率の相対値。

注3 冬期の特に夜間では、室外の冷たい空気に冷やされて、窓ガラスの室内側表面が冷たくなる。このため、窓ガラス付近の室内空気も冷やされて、下降気流が生じる。気流は人体の局所的な冷却を引き起こす。このような気流がコールドドラフト。

1. 製品適用分野

戸建住宅、マンション、ビルなど建築物の開口部（窓）

2. 適用分野の背景

地球温暖化対策が全世界的に叫ばれる中、温室効果ガスであるCO₂排出量の削減に向けて、住宅等の建築物での省エネルギーの推進が盛んに行われている。しかしながら、現実的には快適な住環境を求め冷暖房エネルギー消費が増加の一途にあり、その抑制がCO₂排出量の削減に対して重要となっている。

建物における冷暖房エネルギーロスは、開口部（窓）を通じた熱ロスが主原因となっており、住宅の場合には全熱ロスの約40%を占めると言われている¹⁾。

これに 대응するように、建物における冷房負荷の軽減や開口部の断熱化の手段として、日射光（熱線）を吸収または反射する板ガラスや、2枚のガラスの間に乾燥空気を封じて断熱性を持たせた複層ガラスなどの使用が急速な拡がりを見せている。

3. 製品の特徴と製法

広義的には、日射光（熱）を遮蔽する熱線吸収ガラスや熱線反射ガラスは断熱ガラスと言えるが、板ガラス業界では熱抵抗が大きく、熱貫流率が4.0W/m²・K以下の断熱性能^{注1)}を持つものを断熱ガラスとしている。また、近年改定された省エネ法により窓ガラスの省エネ等級を三区分で表示しており、板硝子協会では第一等級（熱貫流率が2.7W/m²・K以下）を特に「エコガラス®」と称して、開口部の断熱ガラスとして推奨している。²⁾

(1) 熱線吸収ガラス、熱線反射ガラス

熱線吸収ガラスは、板ガラス組成の中に微量の鉄、コバルト、セレン、ニッケルなどの金属成分を加えて、**図1**に施工例を示したようなグリーン、ブルー、グレー、ブロンズ色に着色させた透明板ガラスである。可視光線や赤外領域の日射光を適度に吸収し、冷房負荷の軽減効果があり、色調による防眩性や装飾性に優



図1 熱線吸収ガラスと熱線反射ガラスの施工例

遮熱性能を持つガラスは、板ガラス組成の中に微量の金属成分を加えて着色された熱線吸収ガラス（左写真）や、板ガラスの表面に金属酸化物を焼き付けた熱線反射ガラス（右写真）があり、日射光の遮蔽により暑さを軽減させ、冷房負荷を軽減させる効果がある。

れ、紫外線吸収率も幾分か大きいので、退色変質の防止にも役立つ。

熱線反射ガラスは、2種類の製法があり、一つは表面に金属酸化物を焼き付けたガラスで、日射光を反射し冷房負荷を低減する。特に熱線吸収ガラスに金属酸化物を焼き付けたものは熱線反射ガラスと熱線吸収ガラスの性能を合わせ持ち優れた省エネ効果を発揮する。また、**図1**の施工例でも判るように可視光線を反射するためハーフミラー効果が得られる。

もう一つのタイプは、ガラス表面のコーティングにスパッタリング法を採用し、フロート板ガラスの表面に均質で耐久性に優れた日射光の反射性能を高めた金属膜等をコーティングしたガラスである。日射光の遮熱性能^{注2)}を最適レベルまで高め、室内の冷暖房負荷を大きく軽減させ省エネ効果をもたらす。また、製法上、膜の多層化が容易であることから室外側の反射色のバリエーションが豊富である。

(2) 低放射膜付ガラス (Low-E ガラス)

通常は低放射特性を活かすために、単板ガラスとして使用されるより、後述する複層ガラスの構成部材として主に使用される。Low-E ガラスは、日射光の反射特性が高い低放射膜 (Low Emissive 膜) を透明板ガラス表面にコーティングしたガラスである。①CVD法 (化学的気相成長法) により錫などの金属酸化物膜をコーティングしたガラスと、②スパッタリング法により高い日射光反射特性をもつ銀などの金属膜や金属酸化物膜、窒化物膜を多層にコーティングしたガラスがある。

(3) 複層ガラス

図2に複層ガラスの概略図を示す。ガラスとガラスの間にスペーサと呼ばれる金属部材を配置させ熱伝導率の低い空気の中空層を設けることにより断熱性能を高めており、一般的な複層ガラスでは総厚みが12～18mmとなる。また、室内側ガラスの表面温度の低下を抑え、不快な結露の発生を防ぎ、冷放射が原因で起こる窓際の冷え込みなどの現象 (コールドドラフト^{注3)}) を抑えることができる。

図3には製造プロセスを示す。Low-E ガラス等の構成する板ガラスを所定寸法に切断し、洗浄工程を経て、予め加工した乾燥剤入りスペーサをブチルゴム等の低ガス透過性の1次シールを介して接着する。続いて、対となるガラスをスペーサに接着し、プレス加圧により複層化させた後に、ガラス周辺をガラスとの接着性が高いシリコン等の2次シール材を塗布・封着し、

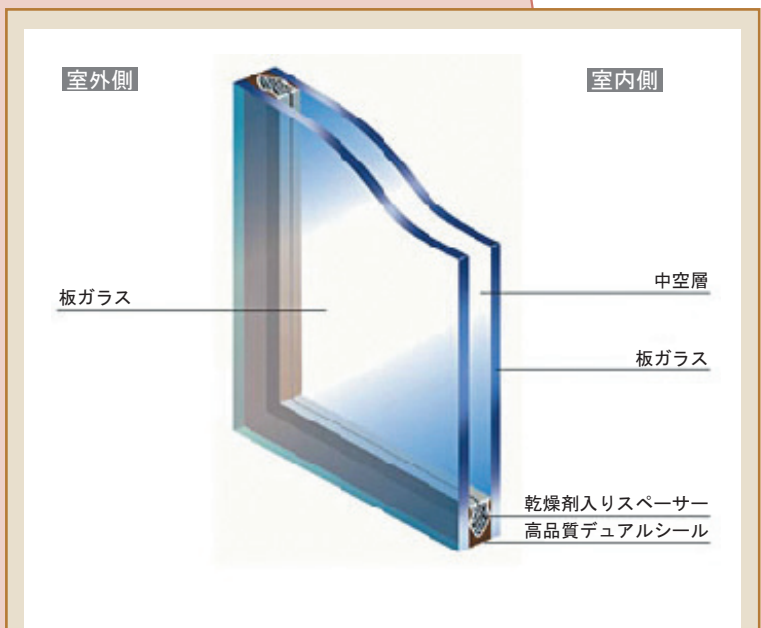


図2 一般複層ガラスの概略図

乾燥剤入りスペーサを介して2枚の板ガラスが複層化されている。ガラス周辺は高品質デュアルシールにより封着されている。

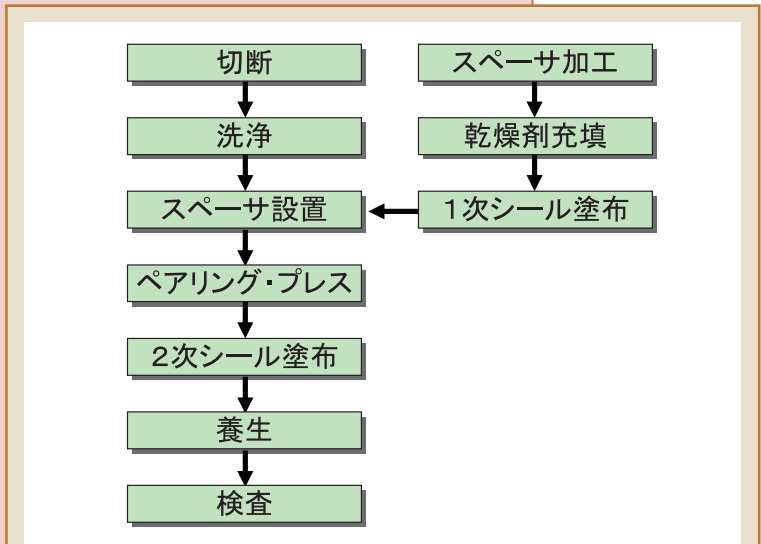


図3 複層ガラスの製造プロセス

所定の寸法に切断された各種ガラスを洗浄後、乾燥剤が充填されたスペーサをガラスに設置、1次シールにより接着する。もう一枚のガラスをスペーサを介して貼付け複層化し、ガラス周辺を2次シールを充填させた後、養生、検査を経て製品となる。

養生・検査を経て製品となる。

通常の複層ガラスでは空気層を伝わる熱の2/3は放射によるため、上述したLow-E ガラスを使用することにより断熱性能を向上させている。室内側のガラスをLow-E ガラスとした場合には、室内から逃げる熱が大幅に少なく冬を暖かく快適に過ごせ、逆に室外側ガラスにLow-E膜をコーティングした場合には、日射光を

大きく反射し、夏の冷房効果を高めることができる。更に、熱線吸収ガラスや強化ガラス、合わせガラスを使用することにより、高機能複層ガラスとして多用途に対応することが可能である。

また、中空層に空気より熱伝導率の低いアルゴンやクリプトンなどの希ガスを充填することにより、高い断熱性能が得られる。

(4) 真空ガラス

熱の伝わり方には「伝導」「対流」「放射」の3成分があり、これら成分を小さく抑えるほど高い断熱性能を生み出すことができる。真空ガラスは、「真空」の持つ断熱特性を活かし、図4に示したように上述した複層ガラスでの中空層の代わりに2枚のガラスの間に僅か0.2mmの真空層を配置したガラスである。これにより真空層が熱の「伝導」「対流」を抑え、高断熱特殊金属膜(Low-E膜)の使用により「放射」を抑え高断熱性能を極めたガラスである。

また、高断熱性能での冷暖房エネルギー負荷の軽減による省エネ効果や、室内側ガラス温度の低下を防ぎ高い防露効果が得られると共に、複層ガラスでは得られにくい遮音性能も合わせ持つ断熱ガラスである。更に、総厚みが6.2mmと薄いため、既存住宅に多く装着されている単板ガラスからの取替えが非常に容易に行える特徴を持つガラスである。

5. 製品性能・スペック

日射光の遮熱性能^{注2)}を有する熱線吸収ガラスや熱線反射ガラスは、図5に示すとおり、透明ガラスに比べ約20～約70%の日射光を遮蔽することができ、冷房負荷の軽減に貢献する。また、可視光線も約30～約40%を反射することができるためハーフミラー効果も得られる。

一方、複層ガラスや真空ガラスにおいては、図6に示したように構成するガラス種類により約20～約50%の高い日射光の遮熱性能を示す。更に、その断熱性能^{注1)}は、透明単板ガラスと比べ、一般複層ガラスで約2倍、真空ガラスでは約4倍の断熱性能を発揮する。尚、一般複層ガラス以上の断熱性能では、所定の室内環境条件下(室内温度20℃、室内相対湿度60%、室内自然対流、戸外風速3.5m/s)において、室内側ガラス表面に結露が発生する外気温度は氷点下となり、日常生活において非常に結露しにくい特性を示す。

6. 現状、将来展望

断熱ガラスは、一般住宅やビル建物への装着に拡がりを見せており、板硝子協会の調査によると2006年度の建築用複層ガラスの出荷量は約1,600万㎡で10年前に比べ約3倍となっている。また、同協会の試算によると、日本の住宅の全ての窓ガラスを「エコガラス®」にした場合、省エネルギー効果としてCO₂排出量を1年間で約1,700万トン(灯油換算で200Lドラム缶を約3,400万本)も削減できる計算になる。これは2003年に日本の家庭から排出されたCO₂ガスの約

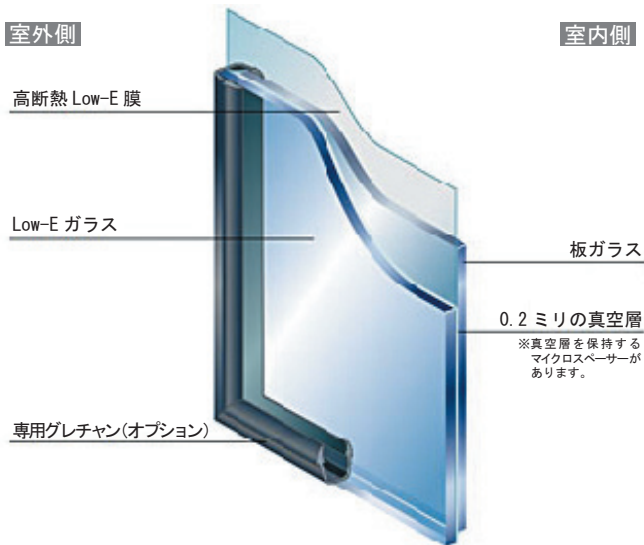


図4 真空ガラスの概略図

0.2mmの真空層をマイクロスペーサにより保持させ、2枚の板ガラスを複層化させている。周辺は低融点ガラスにより封着されている。

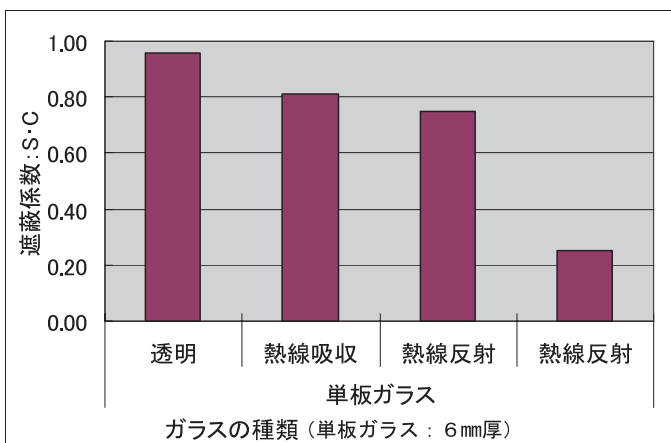


図5 各種ガラスの太陽光エネルギーの遮熱性能比較

熱線吸収ガラスや熱線反射ガラスは日射熱を吸収、日射光線を反射することによるガラスを透過する熱(光)の量を抑えることで、冷房負荷を低減させることができ夏季の断熱効果が得られる。

10%、京都議定書での削減義務の温室効果ガス全体量の約23%に相当する。²⁾

一方で、断熱特性を持つフィルム等の研究開発も盛んにされており、さらに多種多様な断熱ガラスの誕生が期待され、建築物のあらゆる開口部での断熱化が容易になることが大いに期待される。

文献

- 1) 経済産業省生活産業局, “ゆとりと豊かさの快適住宅のために”
- 2) 板硝子協会ホームページ(エコガラスサイト)
<http://www.ecoglass.jp/>

[連絡先] 日本板硝子 カスタマーセンター
東京都港区三田3丁目5番27号
住友不動産三田ツインビル西館19F

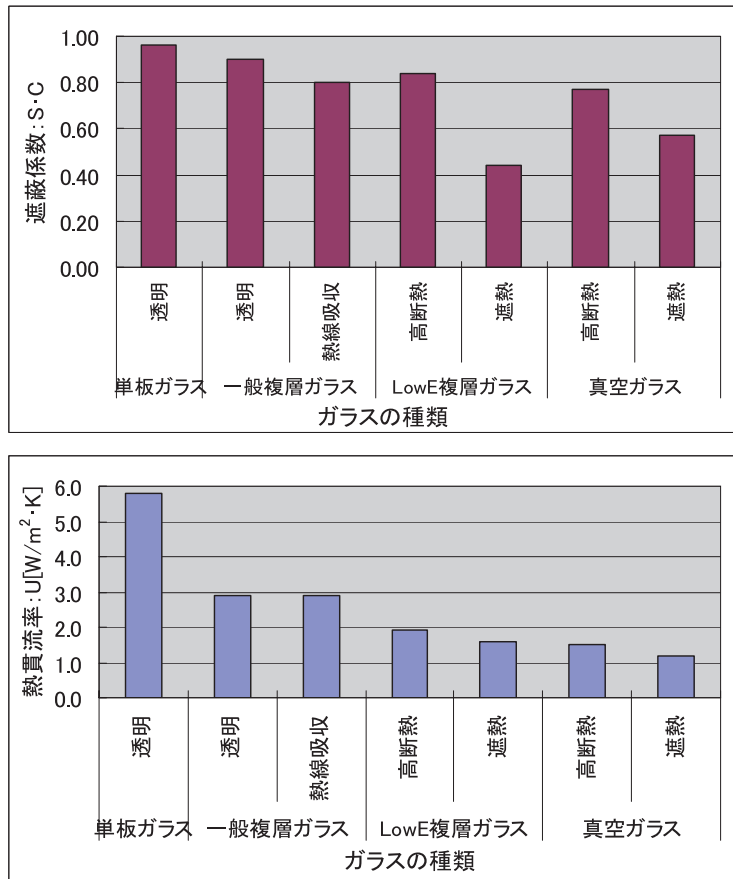


図6 複層ガラス、真空ガラスの遮蔽性能及び断熱性能比較

複層ガラス及び真空ガラスでの遮蔽性能は、構成される板ガラスに影響を受け、日射光の反射率が高い特殊金属酸化膜付きの板ガラスの使用により遮蔽性能は顕著となる。また、複層化による断熱性能の向上は著しく、透明単板ガラスと比べ、透明複層ガラスで約2倍、真空ガラスでは4倍の断熱効果が得られる。