

冷暖房の高効率化におけるガラスの役割

旭硝子株式会社 硝子・建材事業本部 技術開発部

斉藤 栄亮

Role of Glass for high efficiency improvement of Air Conditioning

Takayoshi Saito

Flat Glass & Construction Materials General Division, Technology & Development Division
ASAHI GLASS CO. Ltd.

1. はじめに

近年、地球温暖化、環境保護、省エネルギー、リサイクルなどの言葉が盛んに聞かれるようになっている。これは、産業革命以降の石炭、石油などの化石燃料の大量燃焼による地球環境悪化のためである。例として、二酸化炭素の大量放出により引き起こされる温室効果は、地球表面の平均気温を年々上昇させている。過去100年で平均気温は、0.3~0.6℃、海面は10~15 cm 上昇し、このままいくと2100年までに気温は1~3.5℃上昇し、海面は15~95 cm 上昇すると予測されている。このような環境悪化の中、建築分野に携わる我々にできる対策の一つとして、建物の省エネルギー化促進がある。建物の省エネルギー化により二酸化炭素放出量の削減、化石燃料の消費量削減などの効果が期待される。

2. 建物の省エネルギー化とガラス開口部

建物の中でエネルギー消費が一番大きいのは冷暖房である。他には照明、給湯、厨房、電化製品などがある。建物で消費される冷暖房エネルギーを削減させるためには、建物の遮熱性能、断熱性能の向上が必要である。ここに「遮熱性能」とは日射を遮る性能であり、「断熱性能」とは主として日射の影響のない場合のものである。夏期は余分な日射を遮り、冬期は外の冷気を室内に侵入させないようにすることで、消費される冷暖房エネルギーを削減させることができる。建物の中で遮熱性能、断熱性能が最も弱い部位は「ガラス開口部」である。建物の条件にもよるが流出する熱の約40%はガラス開口部からである。省エネルギー化を進める中でガラス開口部の遮熱性能、断熱性能の向上を図ることは非常に重要である。

3. 省エネガラス

建築用ガラスは、ほとんどがフロート法と呼ばれる製法で作られるソーダライムガラスである。フロート法により製造された板ガラスは厚

さが3ミリのもので可視光線透過率は約90%であり透過性が高い。しかし、透過性が高いため日射の約88%は室内へ侵入する（日射熱取得率=0.88）。また断熱性能は熱貫流率（U値）で約5.9[W/m²K]である。この熱貫流率は小さいほど断熱性能が良く、グラスウール100ミリ入りの壁では約0.4[W/m²K]である。この様な中、近年、建物に使われるガラスは高性能化が進んでおり、省エネルギー効果の高い省エネガラスが開発され実際に使われ始めている。本報では、この省エネガラスと、建物の省エネルギー効果について説明する。表-1に代表的なガラスの諸性能値を示す。

3-1 高遮熱ガラス

代表例として熱線吸収ガラス、熱線反射ガラスなどがある。表-1から分かるように、熱線反射ガラスの日射熱取得率は、一般透明ガラスの0.25~0.5倍程度である。また最近ではLow-Eガラス（後述）も高遮熱ガラスとして市販されている。熱線吸収ガラスや熱線反射ガラスは、ガラス自身の組成変更や、ガラス表面への金属膜コーティングにより日射透過率を下げ、室内への日射侵入を低減させている。しかし日射透過を下げることで、可視光領域の透過率も下げてしまい、透視性が悪くなる場合がある。特に住宅では、色付きで、透視性の悪い熱線反射ガラスは、あまり好まれないようである。

3-2 高断熱ガラス

現在一般に使われている組成（ソーダライム）で、熱貫流率を1.0[W/m²K]以下にするためには1000ミリ（1m）以上の厚さが必要であり非現実的である。そこで、ガラスとガラスの間に中空層を設けることで断熱性能を向上させた複層ガラスが高断熱ガラスとして使用されている。中空層は一般には乾燥空気が密封されているが、更に高断熱化を図るために、熱伝導率が空気よりも小さい不活性ガス（アルゴン、クリプトンなど）が封入されているものもある。また、Low-Eガラスを使用することで、中空層の放射熱伝達を低減させたものもある。最近では中空層を真空にした真空ガラスも開発され実際の建物に使われる例もある。

3-3 Low-E 複層ガラス

Low-EとはLow-Emissivity（低放射）の略であり、Low-E膜をガラス表面にコーティングすることで、日射熱取得率と放射熱伝達を低減させることができる。図-1にLow-Eガラスの分光データを示す（銀2層系Low-E膜をコーティングしたガラス）。Low-Eガラスの特徴は、可視光領域は通常の透明ガラスとそれ程差がないのに対し、赤外領域の反射率が高いことである。赤外域の反射率が高いために、日射熱取得率は小さくなり、中空層の放射熱伝達も小さくなる。Low-E複層ガラスは、北欧、北米などの寒冷地で広まってきた高性能ガラスであ

表-1 代表的なガラスの性能値表

(商品名)	構成 (外-内)	可視光線(%)		日射(%)			遮蔽係数 (SC値)	日射熱取得率 (η値)	熱貫流率	
		透過率	反射率	透過率	反射率	吸収率			(kcal/m ² h℃)	(W/m ² K)
透明フロートガラス	FL3	90.4	8.3	85.7	8.1	4.1	1.00	0.88	5.1	6.0
熱線吸収ガラス(グリーン)	VFL5	73.1	6.8	43.9	5.5	50.7	0.70	0.61	5.1	5.9
熱線反射ガラス(SS8)	SS8-6ミリ	9.5	40.5	7.2	34.0	58.8	0.25	0.22	3.8	4.4
熱線反射ガラス(SGY32)	SGY32-6ミリ	33.2	12.0	29.1	10.8	60.1	0.54	0.48	4.6	5.4
透明複層ガラス	FL3+A6+FL3	82.3	15.2	74.2	13.8	12.0	0.90	0.79	2.9	3.4
透明複層ガラス	FL3+A12+FL3	82.3	15.2	74.2	13.8	12.0	0.90	0.79	2.5	2.9
熱線反射複層ガラス	SGY32-6+6+6	29.8	12.9	23.9	11.4	64.7	0.43	0.38	2.7	3.1
Low-E複層ガラス1(断熱タイプ)	FL3+A6+LE3	72.0	15.0	50.8	27.9	21.3	0.70	0.61	2.2	2.6
Low-E複層ガラス2(断熱タイプ)	FL3+A12+LE3	72.0	15.0	50.8	27.9	21.3	0.70	0.62	1.5	1.8
Low-E複層ガラス3(遮熱タイプ)	LE3+A6+FL3	66.5	13.4	35.8	33.6	30.5	0.47	0.41	2.2	2.5
Low-E複層ガラス4(遮熱タイプ)	LE3+A12+FL3	66.5	13.4	35.8	33.6	30.5	0.45	0.40	1.5	1.7

(遮蔽係数=日射熱取得率÷0.88)

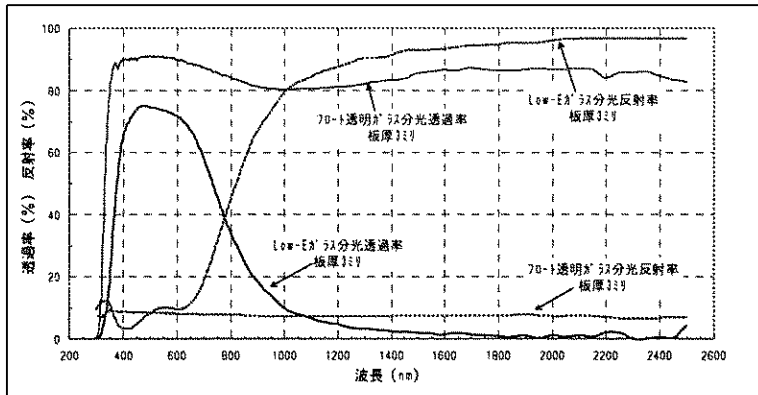


図-1 Low-E ガラスとフロート透明ガラスの分光透過率、分光反射率

表-2 熱負荷シミュレーション条件 (ソフト: SMASH)

住宅形	建築学会住宅標準問題形 全床面積:126㎡ 開口部:27㎡
空調条件	暖房:18℃ 冷房:27℃60%RH 連続空調
計算都市(6都市)	札幌、仙台、東京、大阪、福岡、鹿児島
ガラス(7種類)	透明3ミリガラス、熱線吸収ガラス、熱線反射ガラス 透明複層ガラス、熱線反射複層ガラス、Low-E複層ガラス(2種)

熱線吸収ガラス:グリーン色(VFL/5ミリ)

熱線反射複層ガラス:SGY32/6ミリ+空気層12mm+FL3

熱線反射ガラス:SGY32/6ミリ

断熱Low-E複層ガラス:FL3+空気層12mm+LE3ミリ

透明複層ガラス:FL3+空気層12mm+FL3

遮熱Low-E複層ガラス:LE3ミリ+空気層12mm+FL3

り、主に高断熱化を意図したものであったが、近年、その低い日射熱取得率を利用し、温暖な地域でも省エネ効果が得られる高遮熱 Low-E 複層ガラスが開発され実際の建物に広く使われ始めている。更に、Low-E 複層ガラスは透明な高遮熱断熱ガラスであることから、今までは住宅用途が主であったが、最近ではビルやアトリウムなどでも使われ始めており、ビルの冷暖房を考慮して設計した Low-E 複層ガラスもある。

4. 省エネガラスの省エネルギー効果

省エネガラスの省エネルギー効果を評価する方法の一つに、熱負荷シミュレーションがあ

る。コンピュータの高性能化にともない、今まで大型コンピュータでしか計算できなかったものが、ここ数年でパソコンでも計算可能になっている。本報では、住宅の冷暖房負荷についてシミュレーションした結果について説明する。計算に用いた住宅モデルは建築学会で提唱されているシミュレーション用モデルであり住宅標準問題モデルと呼ばれている。計算に用いたソフトは「SMASH」というものでありパソコンで使用する目的により開発されたものである。計算したガラスや空調条件などを表-2 に示す。

4-1 計算結果

計算結果を図-2、図-3 に示す。計算は札幌から鹿児島の6都市について実施した。暖房

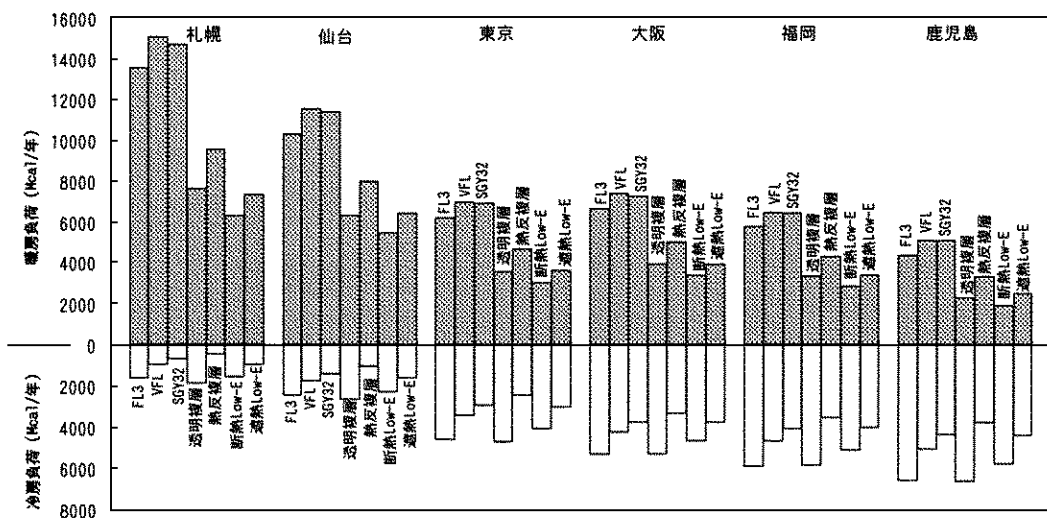


図-2 暖房負荷，冷房負荷

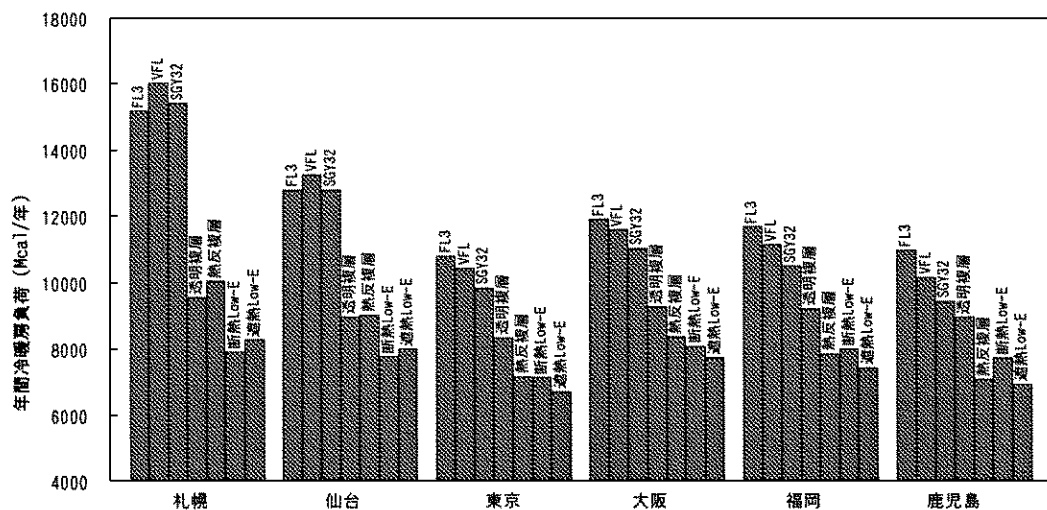


図-3 年間冷暖房負荷

負荷は、全都市においてLow-E複層ガラスが一番小さくなる。Low-E複層ガラスの中でも、日射熱取得率が大きく日射を多く取り入れるガラスの方が暖房負荷は小さくなる。これはガラスからの日射による採熱性が冬期の省エネには重要であることを示している。冷房負荷では全都市において熱線反射複層ガラスが一番小さくなる。これは熱取得が小さいほど夏期の省エネ効果が大きいことを示している。年間の冷暖房

負荷についてはLow-E複層ガラスが一番小さくなる。Low-E複層ガラスの中でも、遮熱タイプと断熱タイプとで地域により年間冷暖房負荷が一番小さくなるガラスは異なる。寒冷地では断熱タイプ、温暖地では遮熱タイプが年間の冷暖房負荷は小さくなる。

4-2 年間冷暖房負荷 U-SC 等値線図

年間冷暖房負荷と断熱性能、遮熱性能の関係を調べるために、横軸に熱貫流率（U値）、縦

軸に遮蔽係数（SC 値）を取った年間冷暖房負荷の等値線図を作成した（図-4～図-6 参照）。ガラス以外の計算条件は表-2 と同じである。この結果、札幌など寒い地域では U 値が小さく、SC 値が大きいガラスの方が年間冷暖房負荷は小さくなる傾向である。東京では U 値が小さく SC 値が約 0.4～0.5 のガラスが年間冷暖房負荷は小さくなる。また鹿児島では、U 値が小さく SC 値も小さい方が年間冷暖房負荷は小さくなる傾向にある。つまり、今回計算した住宅モデルにおいて、ガラスの断熱性能（U 値）は、地域によらず小さいほど年間冷暖房負荷は小さくなり、遮熱性能（遮蔽係数）は

地域により適正な値としたガラスが年間冷暖房負荷は小さくなる。今回の場合は、住宅モデルを固定して計算地域だけを変えた場合の検討であり、住宅モデルを変えた場合には、等値線の傾きや間隔が若干異なるが、大筋の傾向は同じであると考えられる。

5. 建築用ガラスの今後の展望

建築物の省エネルギー化が一般化してきている中、ガラスに求められる性能レベルは年々高くなっている。とりわけ断熱性能と遮熱性能は、今までにない性能を要求され始めている。

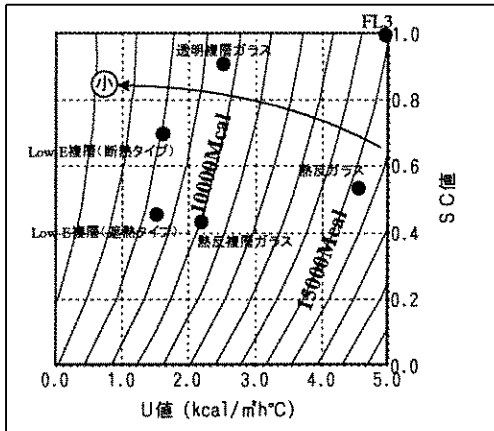


図-4 年間冷暖房負荷 U-SC 等値線図（札幌）

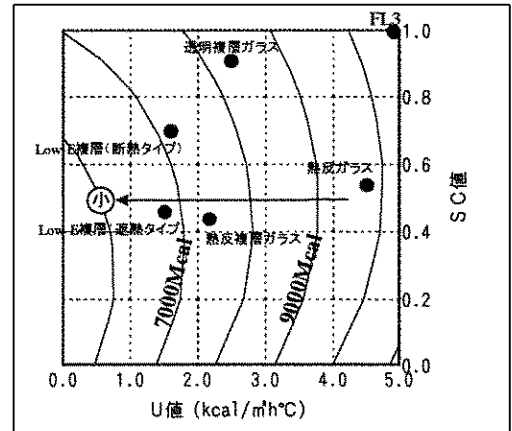


図-5 年間冷暖房負荷 U-SC 等値線図（東京）

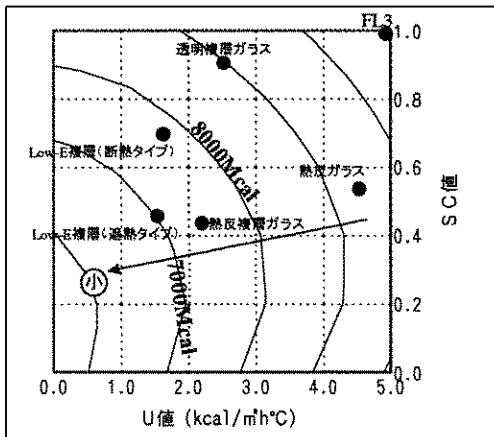


図-6 年間冷暖房負荷 U-SC 等値線図（鹿児島）

〔U-SC 等値線図〕

横軸：熱貫流率 U 値（断熱性能）

縦軸：遮蔽係数 SC 値（遮熱性能）

等値線上にあるガラスは同じ年間冷暖房負荷を示す。図中の矢印は、年間冷暖房負荷が小さくなる U 値、SC 値の傾向を示している。

また、省エネガラスは多種多様化してきており、地域、立地条件、住宅 or ビル、各部屋の使用状況、方位、窓の部位（天窓、テラス窓など）などの違いで、省エネ性が最適となるガラスは異なる。以上のことから、今後の省エネガラスには2つのことが望まれる。一つは性能向上であり、もう一つは最適なガラスの選択である。性能向上はガラス自身の開発でありハードの開発で実現される。逆に最適なガラスの選択は熱負荷シミュレーションなどにより明らかになる省エネ性評価でありソフトの使用で実現できる。このソフトの分野では省エネ性評価だけでなく、温熱的快適性、光環境、音環境などの評価も必要であり、今後ますます重要性が高

まるものと考えられる。

参考文献

- 1) 建築気候（著者：斎藤平蔵）：共立出版㈱
- 2) 旭硝子板ガラス建材総合カタログ：旭硝子㈱
- 3) SMASH Ver. 2.0 操作マニュアル：㈱住宅・建築省エネルギー機構
- 4) 省エネルギーハンドブック '93：㈱住宅・建築省エネルギー機構
- 5) 日本建築学会熱分科会第15回熱シンポジウム資料：日本建築学会
- 6) 平成10年度日本建築学会大会（九州）梗概集 P25-26
41013「性能の異なる Low-E ペアガラスの適用地域に関する研究」（斎藤 他）