

開口部の日射熱取得率測定法に関する研究

開口部の断熱・遮熱性能 その1

DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT SYSTEM FOR SHGC AND U-VALUE

Study on SHGC and U-value for fenestration and shading system Part 1

倉山千春*

Chiharu KURAYAMA

Evaluation of thermal performance of fenestration system under cooling season is based on heat gains by temperature difference and solar radiation, characterized by thermal transmittance (U-value) and solar heat gain coefficient (SHGC), respectively. However, current test methods are only concerned with nighttime performance, and may not accurately reflect the performance improvements of specific window designs. With nighttime test methods, the thermal performance of a fenestration system is characterized only by the U-value.

In this paper, a new test method has been developed to measure the thermal performance of fenestration systems. This method enables the determination of SHGC and U-value for various fenestration systems under cooling season, including integral shading devices and complex frame designs.

Keywords : fenestration system, solar heat gain coefficient, U-value, measurement system, insulated glazing unit, Low-E glass

開口部、日射熱取得率、熱貫流率、測定法、複層ガラス、低放射ガラス

1. はじめに

住宅では次世代省エネルギー基準の改訂¹⁾、住宅の品質確保の促進等に関する法律などにおいて夏季日射侵入率の規定が強化された。また建築物においても省エネルギー計画書提出義務化の範囲が拡大されてきている。このような中、省エネルギー基準や年間熱負荷(PAL)²⁾計算の中の開口部基準の見直しも行われつつあり、開口部の熱性能評価の必要性が高まっている。

近年、特殊金属コーティングを用いた遮熱型 Low-E ガラスやブラインド内蔵ガラスなど、冷房負荷軽減のために日射遮蔽を意識した開口部製品の開発が進んでいる。しかしながら、現在の開口部製品の熱性能試験規格は、冬季の夜間(日射の無い)熱貫流率 U³⁾のみであり、日射侵入率 η (日射熱取得率 SHGC: Solar Heat Gain Coefficient) については扱われていない。

省エネルギー基準等での日射侵入率 η はガラス中央部における光学的な計算法⁴⁾を援用した計算によって決定されており、枠や障子などの影響は考慮されていない。

日射遮蔽性能の測定法については、1960年代頃から太陽光を利用した装置⁵⁾が、1990年頃からは室内人工光源を利用した装置¹¹⁾が盛んに研究されており、測定法の規格についても提案¹⁶⁾されてきているが、いまだ確立された方法とはなっていない。

一方、窓全体の日射特性の計算方法として米国で ASHRAE STANDARD 142¹⁸⁾が提案され、この内容はそのまま ISO 15099¹⁹⁾に取り込まれた。欧米でそれぞれ代表的なソフトである WINDOW²⁰⁾

や WIS²¹⁾も ISO 15099 をベースにして計算アルゴリズムを組み立てている。我が国でも、境界要素法プログラム TB2D/BEM²²⁾が日射も扱えるように改良され、日射遮蔽物の取り扱いも出来るソフトの開発とデータベースの整備²⁴⁾が進められている。

このように計算法が先行する状況の中で、試験法が未だ整備されていないことは問題であり、計算法の検証のためにもその確立が緊急の課題である。

光源の分光特性を考えた時、太陽光を用いることは最良の選択であるが、時間とともに太陽高度・方位角が変化し日射強度も一定ではなく、気温、風向・風速も変動する。それぞれの条件を固定した試験による開口部製品の横並びの評価を目的に、太陽光シミュレータを用いた日射熱取得率測定装置を制作した。

本稿では制作した装置の構成と基本性能をまとめた。また、本装置を用いて測定した各種複層ガラスの日射熱取得率を計算値と比較することにより、測定法の妥当性を確認した。

2. 日射熱取得率測定装置の概要

製作した日射熱取得率測定装置の主な特徴は以下の通りである。

- (a) 遮蔽係数ではなく日射熱取得率を直接求める装置であるため、標準ガラス(通常は3mm厚フロートガラス)の波長特性の影響を受けない。そのため、近年普及してきた遮熱型 Low-E ガラスなどの波長選択性を有する窓を正しく評価することが可能である。
- (b) 従来の装置では、一般に、日射による取得熱量を流体の出入り口温度と流量から計測していたが、本装置では、冷却パネル、計測箱

* 国土交通省国土技術政策総合研究所
建築研究部環境・設備基準研究室 主任研究官

Senior Research Officer, Environment and Equipment Standards Div., Building
Dep., National Institute for Land and Infrastructure Management

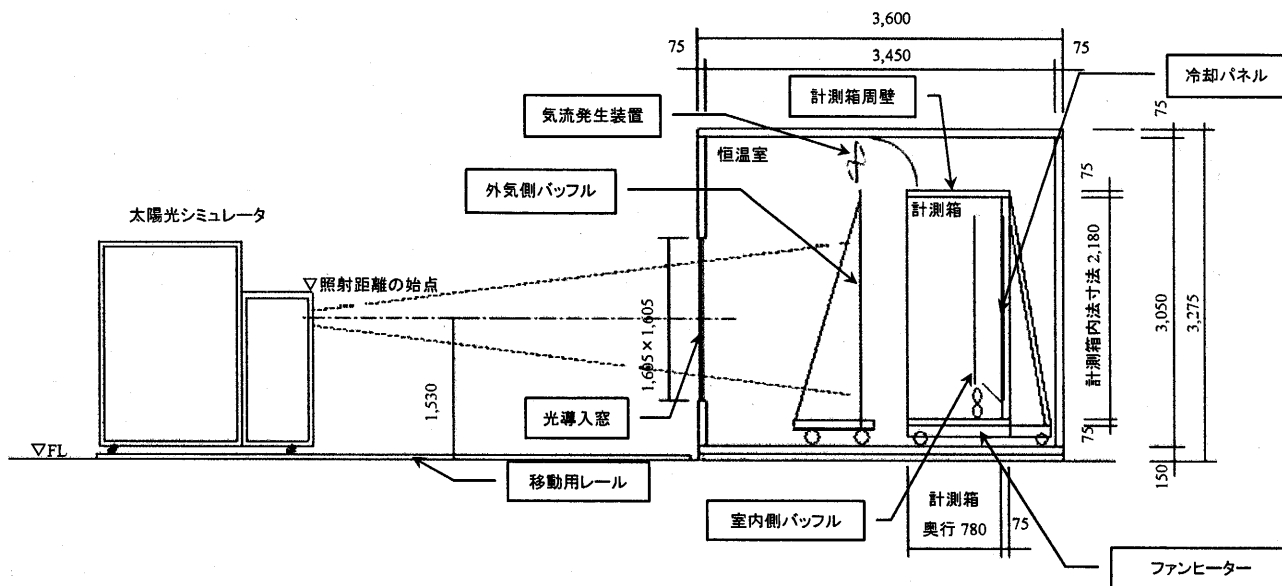


図 1 日射熱取得率測定装置の全体構成

及び試験体取り付け枠での熱量計測に熱流計を用いている。そのため、流量計や計測箱の校正実験を省くことができる。

(c) 室内側、外気側の試験体正面にガラスのパツフル板を設け、光源及び冷却板からの長波長放射が試験体に与える影響をできるだけ小さくしている。

(d) 太陽光シミュレータとして、標準試験体の大きさの照射面積で最大 $500\text{W}/\text{m}^2$ の照射強度を有し、平行度も高く、エアマス 1.5 の標準太陽光のスペクトルとよく合致したものを使用している。

(e) 試験体取り付け開口の大きさが高さ 1,375、幅 1,695 であり、市販の開口部製品の測定が可能である。

図 1 に本測定装置の全体構成を示す。太陽光シミュレータで照射された光は、光導入窓、外気側パツフルを通過し、試験体に当たり、さらに試験体を透過した光は計測箱のパツフルを透過し冷却パネルに当たる。

2.1 太陽光シミュレータ装置

試験に用いる光源としては、日射に近似した波長分布の光源が必須である。このため太陽光発電の評価などに用いられ、現状で最も太陽光スペクトルに近似し、ランプ寿命中の変化も少なく安定した光源であるキセノンのショートアークタイプとした。

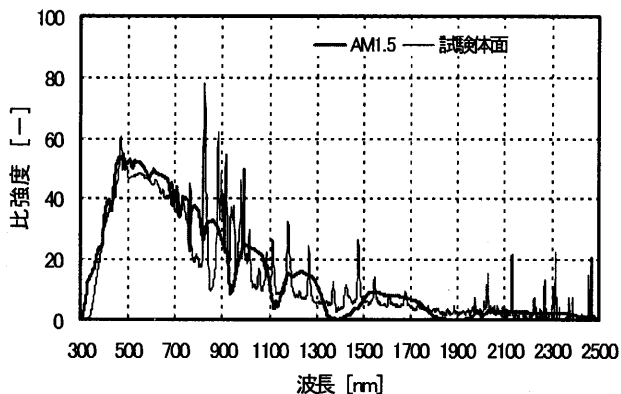


図 2 試験体面での分光分布 (AM1.5 との比較)

図 2 にエアマス (AM) 1.5 基準太陽光と試験体面での波長特性を示す。光源装置としては数 10 灯の小容量のランプを分散して直付けするタイプと、少数の大容量のランプでインテグレートレンズを用いるタイプがある。前者ではランプの機差が照射面内の照射強度の分布に与える影響が大きく、ランプ交換の度に照射強度・分布とも大きく変化する。後者はインテグレートレンズを用いているため機差による影響は少なく照射強度のむらが少なく、ランプ交換後の照射強度もほとんど変化しない。

日射遮蔽性能(日射熱取得率)を測定する時、照射(入射)強度が最も重要な入力条件であり、ランプ交換による照射強度の分布や変動は入力条件をその度に確定するという作業に大変な時間と労力を費やす。特に前者の多灯式の場合ランプ正面とランプの間では大きな照度強度の差を示すことから、本測定装置では後者を採用した。

[1] ランプハウス部の構成

図 3 にランプハウスの断面を、図 4 に太陽光シミュレータのランプハウスの外観を示す。

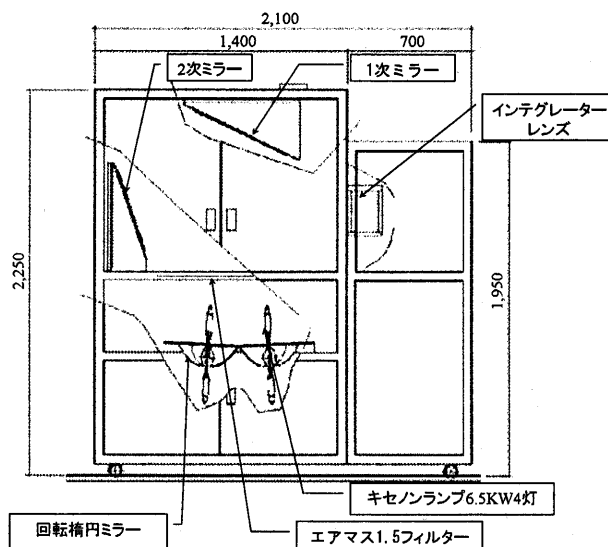


図 3 ランプハウス部の断面

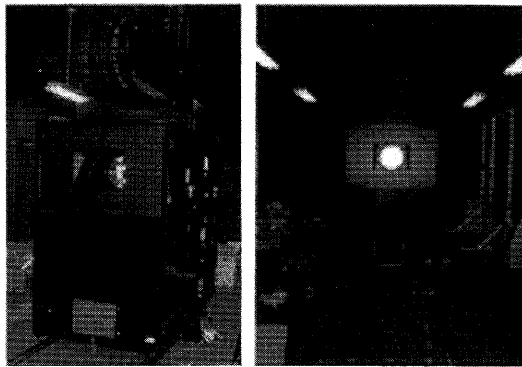


図 4 太陽光シミュレータ ランプハウス部

装置下部にあるショートアークキセノンランプ (6.5KW4灯) より照射された光は直接あるいは楕円ミラー(図 6)で反射され、エアマス 1.5 フィルターを通り、一次ミラー、二次ミラー(図 5)で反射されインテグレーターレンズ(図 7)を経て、試験体に照射される。

楕円ミラーは銀の裏面鏡、一次ミラーはアルミ蒸着の表面鏡で、二次ミラーは銀の裏面鏡となっている。

インテグレーターレンズは、照射面に均一な分布の光を得るための重要な光学部品で、数十個のレンズを組み合わせた構造となっている。

以下に示すソーラーシミュレータの特性評価は JIS C8912「結晶系太陽電池測定用ソーラーシミュレータ」²⁶⁾に準じた。

[2] 有効照射面

ランプ電源の電流により照射強度は可変である。また、照射強度は照射面のランプハウスからの距離(照射距離)により変化する。表 1 に電流値別の照射距離と照射強度の関係を示す。

表 1 照射距離、電流値と照射強度の関係 [W/m²]

電流 (A)	ランプハウス前面からの距離: 有効照射面(幅w×高さh)		
	2,650mm (850w×700h)	3,950mm (1,200w×1,000h)	5,600mm (1,700w×1,400h)
80	985	492	272
90	1179	595	313
100	1374	687	364
110	1579	790	426
120	1815	903	436
130	2056	1026	549
140	2287	1144	615
150	2528	1251	682

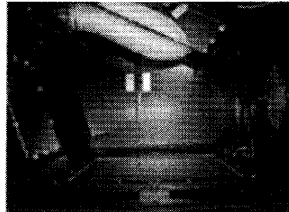


図 5 エアマス 1.5 フィルター及び一次・二次ミラー

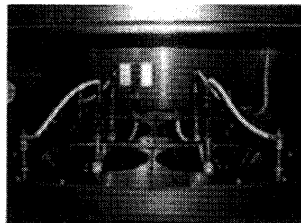


図 6 ランプ、楕円ミラー



図 7 インテグレーターレンズ

[3] 照射方向

照射方向は水平(試験体に垂直入射)となっており、キセノンランプの特性、実験室の制約から照射角度を変えることは出来ない。

[4] 分光分布

図 8 にキセノンランプそのもの、AM1.5 フィルター通過後の位置毎の分光分布と AM1.5 太陽光の分光分布の比較を示す。

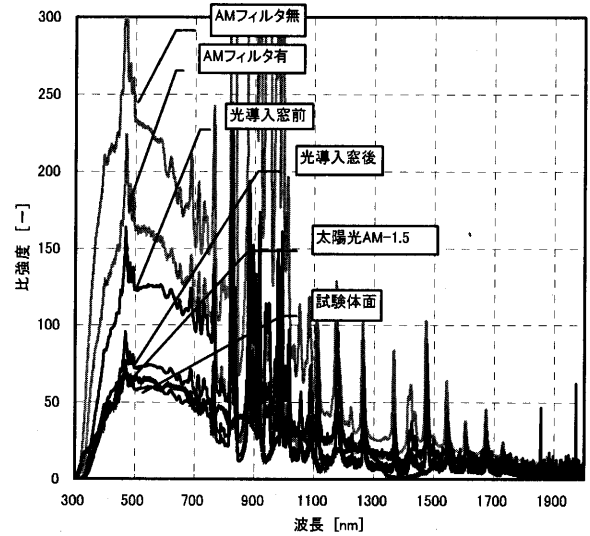


図 8 位置毎の分光分布

表 2 分光照射強度のスペクトル合致度

波長 [nm]	試験体面 比強度 [-]	AM1.5 比強度 [-]	合致度 [-]
400~500	43	46	0.98
500~600	47	50	0.97
600~700	43	46	0.97
700~800	32	37	0.90
800~900	30	31	1.00
900~1100	46	40	1.19

キセノンランプ特有の輝線はフィルターによっても除去しきれてはいないが試験体面では概ね太陽光と近似している。

JIS C8912 で規定されるスペクトル合致度は次式で求められる。

$$M_i = \frac{\int_{\lambda_i}^{\lambda_{i+1}} E_s(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_i}^{\lambda_{i+1}} E_o(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

(1)式による波長毎の分光照射強度のスペクトル合致度を表 2 に示す。スペクトル合致度は最大で 1.19、最小で 0.90 である。

[5] 放射照度の場所むら

図 9 に窓の標準試験体サイズ呼び寸法²⁵⁾ 16513 (外法寸法 1,690×1,375 mm) を想定した試験体面(1,700×1,400mm)での電流 130A の時の照射強度分布を示した。測定は照射面を縦横それぞれ 5 分割し、その中心で測定した。

JIS C8912 で規定される放射照度の場所むらは

$$\Delta E = \pm \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100 \quad (2)$$

により ±4.03% である。

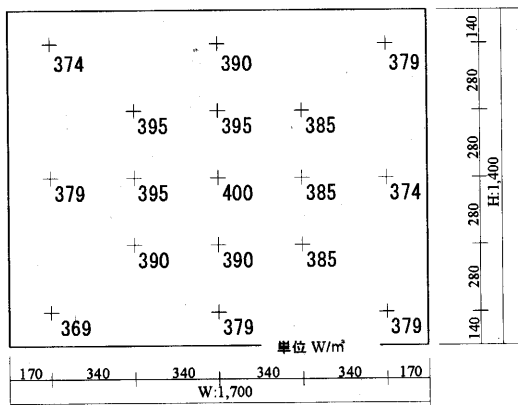


図 9 照射面の照射強度分布(電流 130A 時)

[6] 照度安定性と照射面への最大入射角

図 10 にランプ点灯から 120 分後までの放射照度の変化を示した。

ランプ 4 灯の内 3 灯は定電流制御で、1 灯のみがインテグレートレンズ通過後の光量を検知して電流をフィードバック制御するようになり、点灯から数分程度ではほぼ一定となっている。

10 分後から 120 分後までの JIS C8912 で規定される放射照度時間変動率は

$$\Delta E = \pm \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100 \quad (3)$$

により ±1.36% である。

また、JIS C8912 で規定される照射面への最大入射角は、距離と照射面の対角の実測の結果 9.9° である。

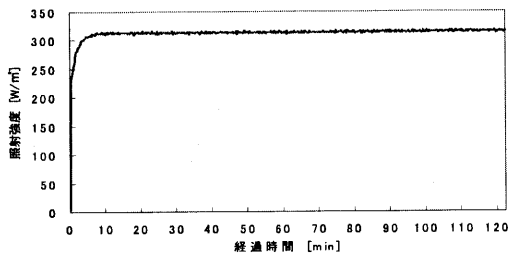


図 10 放射照度の変化

2.2 恒温室

恒温室には、光導入用の窓を設けソーラーシミュレータの光が計測箱に取り付けられた試験体に照射されるようになっている。

恒温室の設計条件は、温度 -10℃ から 30℃ で制御精度 ±0.5℃、湿度は成り行きとした。

[1] 光導入窓

恒温室内に照射光を入れるための高透過型複層ガラスの窓が設置されている。

[2] 気流発生装置

恒温室上部に外気側の熱伝達率設定のために、300mm φ AC200V 軸流ファン 3 台を設置し、試験体前面の空気を吸い込んでいる。(図 11)

風速はインバータにより調整可能で、予め実施する校正実験⁵⁾



図 11 気流発生装置

により設定した熱伝達抵抗 0.049 m²·K/W (総合熱伝達率 20.4W/(m²·K)、放射熱伝達率 4.7 W/(m²·K)、対流熱伝達率 15.7W/(m²·K)) の風速が維持される。

[3] 外気側パツフル

照射光を透過させ外側の赤外放射の影響を遮断するために試験体取り付け枠前面に厚さ 5mm の高透過型ガラスのパツフルが設けられている。

高透過型ガラスは一般に用いられるフロート板ガラスに比べ、透過率が高く、分光特性もフラットであるために照射光の分光特性をほとんど変化させない。(図 12) またガラスは 3μm 以上の赤外放射を透過しないので、パツフルより外側の赤外放射の影響を遮断できる。

なお、高透過型ガラスの修正放射率は 0.837、日射反射率は 0.08、日射透過率は 0.90、日射吸収率は 0.02 である。

パツフルと試験体との間に試験時の屋外環境が形成される。

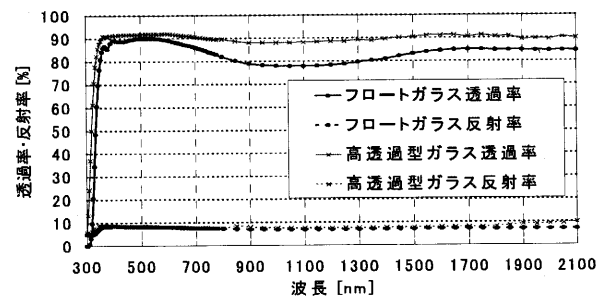


図 12 高透過型ガラスの分光透過率・反射率

2.3 計測箱

計測箱は 75mm の断熱パネルで構成され内法寸法 (W2,180×H2,180×D780mm) である。計測箱の構成を図 13 に示す。

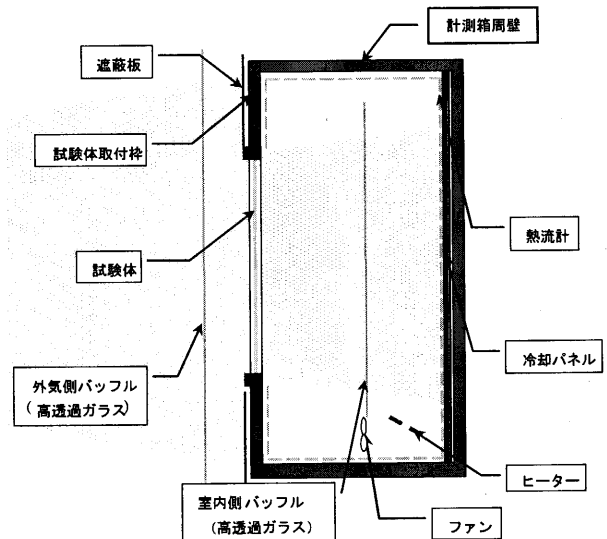


図 13 計測箱の構成

[1] 冷却パネル

計測箱背面には、照射時の透過した日射熱を除去するために冷却パネルが設けられている。

冷却パネルには、外部の恒温槽 (図 14) で温度制御された水が循環するようになっている。表面には熱流計が全面に貼り付けられ、除去熱量が計測される。熱流計は黒色で表面の放射率は 0.95、日射吸収率は 0.95 である。

冷却パネルは室内温度より低めに設定され、室温は後述のヒーターにより制御される。

[2] 室内側バッフル

照射光を透過させ冷却パネルからの赤外放射の影響を遮断するために外気側と同様厚さ 5mm の高透過型ガラスのバッフルが設けられている。修正放射率は 0.837、日射反射率は 0.08、日射透過率は 0.90、日射吸収率は 0.02 である。

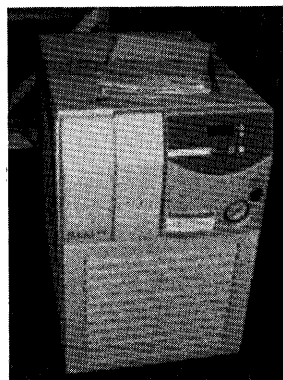


図 14 循環型恒温槽

バッフルと試験体との間に試験時の室内環境が形成される。

[3] ファン・ヒーター

バッフル下部には熱伝達率の調整と温度の制御のためのファン・ヒーターが取り付けられる。(図 15)

80mm φ DC 軸流ファン 12 台が設置され、風速は電源(DC18V2A)の電圧を変更することで調整可能であり、予め実施する校正実験⁵⁾により設定した熱伝達抵抗 0.117 m²·K/W(総

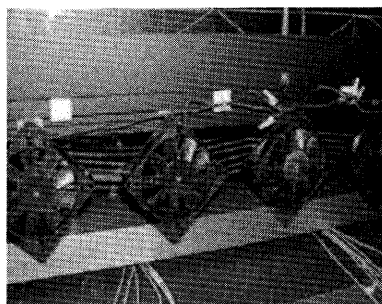


図 15 ファン・ヒーター

合熱伝達率 8.5W/(m²·K)、放射熱伝達率 5.5 W/(m²·K)、対流熱伝達率 3.0W/(m²·K) の風速が維持される。

温度調整用のシリコン被覆シースヒーターは白金抵抗温度計により、電源(DC32V6A)の電流制御により定温度制御としている。

供給電力は電圧、電流を計測することで求める。

[4] 試験体取り付け枠

試験体取り付け枠は合板の間にハニカムコアをサンドイッチした厚さ 142mm のパネルで、標準サイズの窓を取り付ける開口が開いている。(図 16)

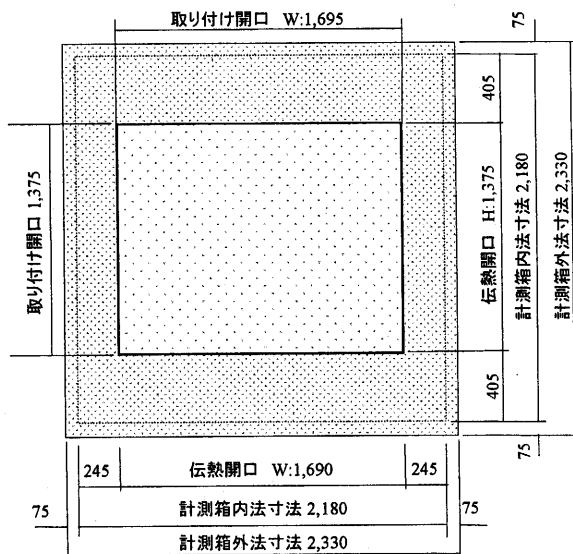


図 16 試験体取り付け枠

計測箱側の表面には、熱流計が全面に貼られ通過する熱量を計測できるようにになっている。熱流計は黒色で表面の放射率は 0.95、日射吸収率は 0.95 である。

[5] 計測箱周壁

冷却パネル面以外の計測箱周壁 4 面にも熱流量を計測するために熱流計が全面に貼り付けてある。熱流計は黒で表面の放射率は 0.95、日射吸収率は 0.95 である。

[6] 遮蔽板

取り付け枠の外気側には通気胴縁 18mm の上に黒く塗った遮蔽板(波板)を設置した。照射光の反射を防ぎ、吸収した熱の排熱を促進し、取り付け枠から流入する熱を小さくするためである。表面の放射率は 0.95、日射吸収率は 0.95 である。

3. 測定の原理

日射熱取得率(日射侵入率)は、ISO15099¹⁹⁾では次式のように定義されている。

$$SHGC = \eta = \frac{q_{int} - q_{int}(I_s = 0)}{I_s} \quad (4)$$

ここで、 q_{int} は照射時の取得熱流密度、 $q_{int}(I_s = 0)$ は照射無しの時の取得熱流密度、 I_s は照射日射量である。

(4)式では、日射を照射することにより生じる熱伝達率の変化等の影響は、すべて日射熱取得率に含まれるものと定義されている。本報の日射熱取得率はこの定義に従っている。

(4) 式の定義に従って日射熱取得率を測定するには、日射の無い時の試験体の内外温度差による貫流分の熱量を除く必要がある。

このためまず熱貫流率測定を行い、日射の無い温度差のみの熱貫流率 U を求める必要がある。熱貫流率の測定原理を図 17a に示す。

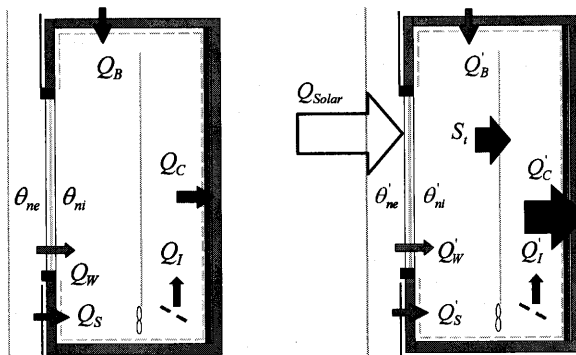


図 17 測定の原理

図 17a において、試験体を貫流して計測箱内に流入する熱量 Q_W は、冷却パネルより除去される熱量 Q_C からファン・ヒーターにより供給される熱量 Q_I 、試験体取り付け枠での熱量 Q_S と計測箱周壁 4 面での熱量 Q_B を差し引いたものである。すなわち、

$$Q_W = (Q_C - Q_S - Q_B - Q_I) \quad (5)$$

Q_W を、外気環境温度 θ_{ne} と室内環境温度 θ_{ni} の環境温度差、及び伝熱開口面積 A で割ることにより熱貫流率 U が求まる。すなわち、

$$U = \frac{Q_W / A}{(\theta_{ne} - \theta_{ni})} \quad (6)$$

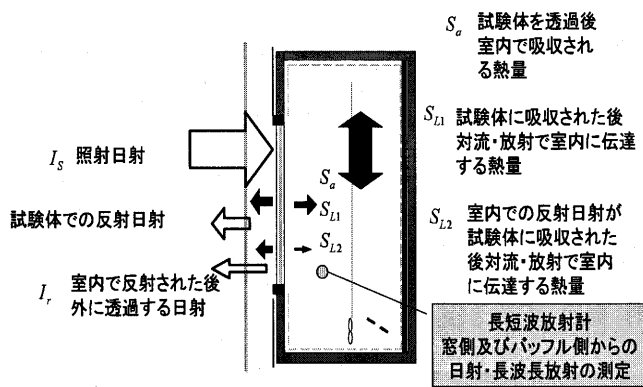


図 18 照射日射・反射日射の内訳

ついで、日射熱取得率の測定を行う。測定原理を図 17b に、照射日射・反射日射の内訳を図 18 に示す。

図 18 において、照射日射熱量 Q_{Solar} は照射日射 I_s に伝熱開口面積 A を掛けたものから、室内で反射された後外気側に透過する日射による熱量（外気側に透過する日射量 I_r × ガラス面積 A_g ）を差し引いたものである。
すなわち、

$$Q_{Solar} = I_s \times A - I_r \times A_g \quad (7)$$

本装置では、冷却パネル、試験体取り付け枠、及び周壁の日射吸収率を 0.95 とし、計測箱から試験体側に向かう反射日射の成分をできるだけ小さくしている。実際、計測箱内部に設置した長短波放射計による測定から、バッフル側から試験体側への日射量はほぼ 0W/m²であることを確認している。このため、(7)式の右辺第 2 項は 0 とみなし、(7)式を書き直して(8)式とした。

$$Q_{Solar} = I_s \times A \quad (8)$$

一方、照射日射による室内の取得熱量 S_i は、試験体透過後室内全面で吸収される日射による熱量 S_a 、試験体に吸収された後対流・放射で室内に伝達する熱量 S_{L1} と室内からの反射日射が試験体に吸収された後対流・放射で室内に伝達する熱量 S_{L2} の合計である。
すなわち、

$$S_i = S_a + S_{L1} + S_{L2} \quad (9)$$

図 17b において、試験体を通して計測箱に入る熱量は、照射日射による取得熱量 S_i と試験体の貫流熱量 Q_w' であり、冷却パネルより除去される熱量 Q_c' からファン・ヒーターにより供給される熱量 Q_h' 、試験体取り付け枠から計測箱に流入する熱量 Q_s' と計測箱周壁 4 面から計測箱に流入する熱量 Q_b' を差し引いたものと等しい。
すなわち、

$$S_i + Q_w' = Q_c' - Q_s' - Q_b' - Q_t' \quad (10)$$

日射照射時の貫流熱量 Q_w' は、熱貫流率測定より求めた照射無し時の熱貫流率 U に、外気環境温度 θ_{ne} と室内環境温度 θ_{ni} の差、及び伝熱開口面積 A を掛けたものである。すなわち、

$$Q_w' = U \cdot A \cdot (\theta_{ne} - \theta_{ni}) \quad (11)$$

以上より (4)式を整理して書き直すと、(12)式が得られる。

$$SHGC = \eta = \frac{S_i}{Q_{Solar}} = \frac{(Q_c' - Q_s' - Q_b' - Q_t') - Q_w'}{Q_{Solar}} \quad (12)$$

$$= \frac{(Q_c' - Q_s' - Q_b' - Q_t') - U \cdot A \cdot (\theta_{ne} - \theta_{ni})}{Q_{Solar}}$$

図 17 は室内より外気側の温度が高い夏季の場合を示しているが、冬季の場合は室内外の温度が逆転し試験体、計測箱周壁 4 面及び試験体取り付け枠の貫流分の熱流方向が逆になる。

4. 各種複層ガラスの測定結果

測定結果の妥当性検討のための測定を行った。

[1] 実験条件およびセンサー取り付け位置

実験は室内温度 25℃、外気温度 30℃の夏条件とし、熱貫流率を測定した後に約 450W/ m²の日射日射を与え日射熱取得率測定を行った。センサー取り付け位置は図 19 に示すように、温度は伝熱開口を縦横 3 分割しその中央とし、放射量は中央付近で計測した。

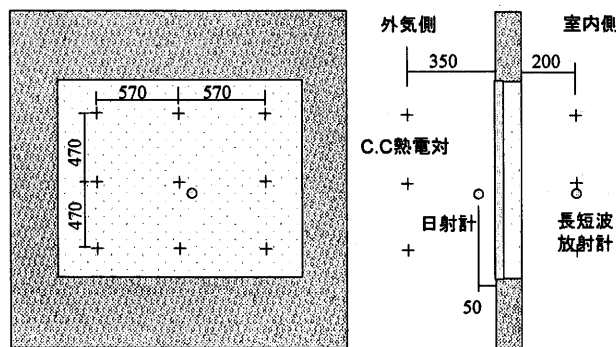


図 19 センサー取り付け位置

[2] 試験体

標準サイズのアルミ熱遮断枠（黒色）の嵌め殺し窓（図 20）に 7 種の複層ガラス（空気層 12mm）を取り付けて測定を行った。

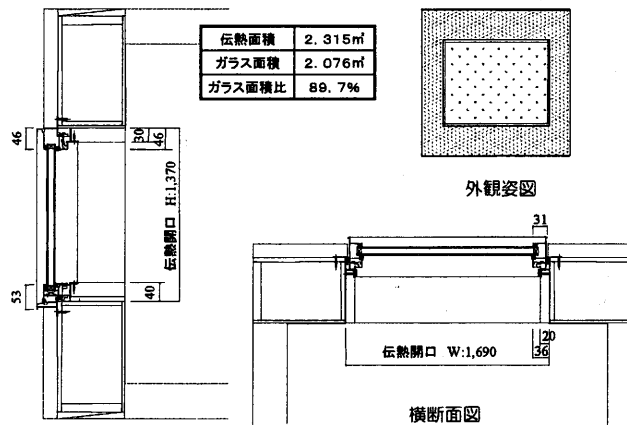


図 20 アルミ熱遮断嵌め殺し窓試験体

[3] 測定結果と考察

各種ガラスの日射熱取得率測定結果を表 3 に、測定値と計算値の比較を図 21 に示す。測定結果は、ガラスの分光特性に基づき JIS R3106⁶⁾により求めたガラス中央部日射熱取得率に伝熱開口面積に対するガラス面積の比 0.897 を掛けた枠の日射熱取得をゼロと仮定したときの日射熱取得率より少し大きな値を示しており、枠での受熱の影響が伺える。枠の影響を考慮した詳細計算法 TB2D/BEM²⁴⁾ による計算結果とも概ね一致している。

表 3 各種ガラスの日射熱取得率測定結果

	複層ガラスの種類		普通複層		断熱型Low-E				遮熱型Low-E				遮熱型Low-E			
	ガラスの記号		3+A12+3		3+A12+L3		3L+A12+3		3L+A12+3		3+A12+L3		3L+A12+3		3+A12+L3	
	金属膜/膜面位置				CVD/3面		CVD/2面		銀1層/2面		銀1層/3面		銀2層/2面		銀2層/3面	
	U測定	η 測定	U	η	U	η	U	η	U	η	U	η	U	η	U	η
照射日射量 [W/m ²]	I_s		460		437		449		450		424		438		438	
試験体受熱量 [W]	Q_{Solar}		1054		1001		1029		1031		973		1003		1005	
ファン・ヒーターで投入される熱量 [W]	Q_I	Q'_I	34.5	39.4	31.9	73.7	32.0	41.2	50.7	70.7	49.4	86.0	32.6	65.3	32.8	55.4
冷却板で除去される熱量 [W]	Q_C	Q'_C	-80.0	-825.1	-72.4	-785.0	-72.1	-712.6	-86.0	-630.6	-85.4	-705.2	-71.6	-503.2	-72.3	-580.2
計測箱周壁4面での熱量 [W]	Q_B	Q'_B	10.5	2.3	11.4	4.1	11.4	3.8	9.7	2.8	10.0	-1.0	11.4	5.6	11.4	4.0
試験体取り付け枠での熱量 [W]	Q_S	Q'_S	8.7	12.1	9.1	12.9	9.0	12.6	8.2	11.8	8.4	10.6	8.9	12.8	8.9	12.5
試験体の貫流熱量 [W]	Q_W	Q'_W	26.4	11.8	20.0	11.8	19.8	12.5	17.4	11.8	17.6	10.5	18.7	12.8	19.2	11.5
外気温度 [°C]	θ_e	θ'_e	29.5	30.0	29.5	30.0	29.5	30.1	29.5	30.2	29.5	30.0	29.5	30.1	29.5	30.1
室内温度 [°C]	θ_i	θ'_i	25.6	26.0	25.4	26.0	25.4	25.8	25.7	26.1	25.7	26.5	25.3	25.7	25.3	26.2
外気側パッフル温度 [°C]	θ_{Be}	θ'_{Be}	29.2	29.8	29.3	30.0	29.3	29.9	29.3	30.2	29.3	30.0	29.3	30.5	29.2	29.8
室内側パッフル温度 [°C]	θ_{Bi}	θ'_{Bi}	24.6	24.9	24.6	25.1	24.7	24.8	24.5	24.6	24.9	25.4	24.5	24.6	24.5	24.7
外気環境温度 [°C]	θ_{ne}	θ'_{ne}	29.2	29.7	29.3	29.8	29.3	29.8	29.2	29.9	29.3	29.8	29.3	29.8	29.2	29.8
室内環境温度 [°C]	θ_{ni}	θ'_{ni}	24.8	25.2	24.6	25.2	24.6	25.0	24.9	25.3	24.9	25.7	24.6	24.9	24.6	25.4
熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	U		2.61		2.60		2.60		2.55		2.57		2.59		2.59	
日射照射による取得熱量 [W]	S_i		759.5		682.5		642.5		533.5		599.1		406.7		496.8	
日射熱取得率(日射侵入率) [-]	η		0.72		0.68		0.62		0.52		0.62		0.41		0.49	
ガラス中央部の日射熱取得率 [-]	η_g		0.79		0.74		0.66		0.54		0.64		0.44		0.54	
枠の日射熱取得をゼロと仮定したときの日射熱取得率 [-] $\eta_g \times 0.897$	η_G		0.71		0.66		0.60		0.48		0.57		0.41		0.48	
TB2D/BEMによる窓の日射熱取得率計算値 [-]	η_{BEM}		0.72		0.67		0.61		0.51		0.61		0.41		0.49	

試験体伝熱開口面積 2.315[m²] 試験体ガラス面積 2.076[m²] ガラス面積比 0.897[-]

- ガラス中央部の日射熱取得率 η_g
- 枠の日射熱取得をゼロと仮定したときの日射熱取得率 η_G
- ▨ 窓の日射熱取得率測定結果 η
- TB2D/BEMによる窓の日射熱取得率計算値 η_{BEM}

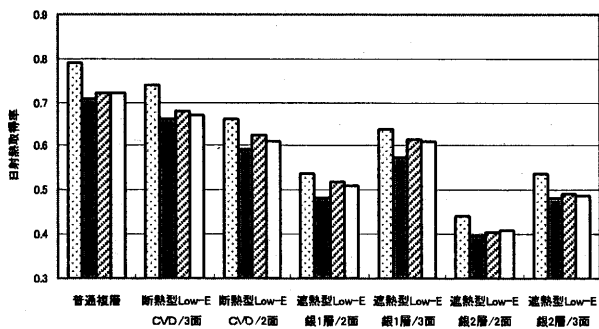


図 21 日射熱取得率測定値と計算値の比較

5. まとめ

本報告では、開口部製品の横並び評価のための日射熱取得率測定装置の詳細と、測定法の妥当性確認のための測定データと計算値の比較について述べた。

本測定法は、太陽光シミュレータ、恒温室、計測箱を持ち、夏季・冬季の条件を切り替え、同一試験体の熱貫流率と日射熱取得率を測定できる特色を有する。

アルミ熱遮断枠嵌め殺し枠に7種類の複層ガラスを入れた試験体の日射熱取得率の測定結果と計算結果はよく一致した。この結果から、本日射熱取得率測定装置の妥当性が検証できたと考える。

今後、各種開閉方式の窓ならびに窓とカーテン、ブラインド等の付属物との組み合わせの測定を継続し、開口部の省エネルギー評価のための基礎資料の蓄積をはかっていく予定である。

謝辞

本研究の一部は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「循環型社会及び安全な環境の形成のための建築・都市基盤整備技術の開発」及び独立行政法人建築研究所研究課題「エネルギーと資源の自立循環型住宅に係わる普及支援システムの開発」の一環として実施した。

また一部は、社団法人リビングアメニティ協会「遮熱計算法研究委員会」の一環として実施した。

関係者各位に深甚なる謝意を表します。

【記号】

- A : 試験体伝熱開口面積 [m²]
 A_g : 試験体ガラス面積 [m²]
 I_s : 照射日射量 [W/m²]
 I_r : 室内で反射後外気側に透過する日射量 [W/m²]
 Q_B : 計測箱周壁4面からの流入熱量 [W]
 Q_B' : 日射照射時の計測箱周壁4面からの流入熱量 [W]
 Q_C : 冷却板で除去される熱量 [W]
 Q_C' : 日射照射時の冷却板で除去される熱量 [W]
 Q_S : 試験体取り付け枠からの流入熱量 [W]
 Q_S' : 日射照射時の試験体取り付け枠からの流入熱量 [W]
 Q_I : ファン・ヒーターで投入される熱量 [W]
 Q_I' : 日射照射時のファン・ヒーターで投入される熱量 [W]
 Q_{Solar} : 試験体受熱量 [W]
 Q_W : 試験体の貫流熱量 [W]
 Q_W' : 日射照射時の試験体の貫流熱量 [W]
 S_i : 日射照射による室内での取得熱量 [W]
 S_a : 試験体を透過後室内全面で吸収される日射による熱量 [W]
 S_{L1} : 試験体に吸収された後対流・放射で室内に伝達する熱量 [W]
 S_{L2} : 室内からの反射日射が試験体に吸収された後対流・放射で室内に伝達する熱量 [W]
 $SHGC$: 日射熱取得率(日射侵入率) [-]
 U : 熱貫流率 [W/(m²・K)]
 η : 日射熱取得率(日射侵入率) [-]
 η_g : ガラス中央部の日射侵入率 [-]
 η_G : 枠の日射熱取得をゼロと仮定したときの日射熱取得率 [-]
 η_{BEM} : TB2D/BEMによる窓の日射熱取得率計算値 [-]
 θ_i : 室内温度 [°C]
 θ_i' : 日射照射時の室内温度 [°C]
 θ_e : 外気温度 [°C]
 θ_e' : 日射照射時の外気温度 [°C]
 θ_{Bi} : 室内側バップル温度 [°C]
 θ_{Bi}' : 日射照射時の室内側バップル温度 [°C]
 θ_{Be} : 外気側バップル温度 [°C]
 θ_{Be}' : 日射照射時の外気側バップル温度 [°C]
 θ_{ni} : 室内環境温度 [°C]
 θ_{ni}' : 日射照射時の室内環境温度 [°C]
 θ_{ne} : 外気環境温度 [°C]
 θ_{ne}' : 日射照射時の外気環境温度 [°C]

参考文献

- 1) 住宅の次世代省エネルギー基準と指針, (財)住宅・建築省エネルギー機構, 1999
- 2) 住宅の省エネルギー基準の解説, (財)建築環境・省エネルギー機構, 2002
- 3) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引—性能基準(PAL/CEC計算法)一, (財)建築環境・省エネルギー機構, 2003
- 4) JIS A 4710²⁰⁰⁴ : 建具の断熱性試験方法, 日本規格協会
- 5) ISO12567-1²⁰⁰⁰ : Thermal performance of windows, doors - Determination of thermal transmittance by hot box method - part 1: complete windows and doors
- 6) JIS R 3106¹⁹⁹⁸ : 板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法, 日本規格協会
- 7) ISO9050¹⁹⁹⁰ : Glass in building-Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance and ultraviolet transmittance, and related glazing factors
- 8) C. W. Pennington, William A. Smith, Erich A. Farber and John C. Reed : Experimental analysis of solar heat gain through insulating glass with indoor shading, p27-37, ASHRAE JOURNAL, Feb., 1964
- 9) 建設省総合技術開発プロジェクト「省エネルギー住宅システムの開発報告書」, (財)住宅・建築省エネルギー機構, 1983
- 10) JIS A1422(日除けの日射遮蔽係数簡易試験法), 1982
- 11) S. J. Harrison and F.M. Dubrous : Determination of Window Thermal Characteristics Using Solar-Simulator-Based Test Method, p912-919, ASHRAE Transaction, 1990
- 12) S.J. Harrison and F.M. Dubrous : Uncertainties in the Evaluation of Window SHGC and U-Values Measured Using an Indoor Solar Simulator Facility, p 638, ASHRAE Transaction, 1992
- 13) 藤本哲夫、黒木勝一 : 「人工太陽を用いた日射遮蔽性能の測定に関する実験的研究」その1 測定装置および測定例, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D2, p.149-150, 2000
- 14) 倉山千春、石積広行、上乘正信 : 「開口部の熱性能測定法に関する研究—その1 日射熱取得率測定装置の試作」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D2, p.3-4, 2001
- 15) 倉山千春 : 「太陽光シミュレータ装置について」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D2, p.359-360, 2003
- 16) JSTM K6101, 人工太陽による窓の日射遮蔽物(日除け)の日射熱取得率及び日射遮蔽係数試験方法, (財)建材試験センター, 1995
- 17) NFRC 200²⁰⁰⁴ : Procedure for Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence, NATIONAL FENESTRATION RATING COUNCIL, INC.
- 18) ASHRAE Standard 142 : Standard Method for Determining and Expressing the Heat Transfer and Total Optical Properties of Fenestration Products, Working Draft, March 1996
- 19) ISO 15099²⁰⁰³ : Windows and doors - Thermal transmission properties - Detailed calculations
- 20) WINDOW 5.2 : <http://windows.lbl.gov/software/window/window.html>
- 21) WIS : <http://windat.ucd.ie/wis/html/index.html>
- 22) 伊丹清、赤坂裕、二宮秀典 : 「窓の熱貫流率の計算法 その1 開き窓の計算値と試験値の比較」日本建築学会計画系論文集, No.523, P.31, 1999.9
- 23) 二宮秀典、赤坂裕、伊丹清、倉山千春 : 「窓の熱貫流率の計算法 その2 引違い窓の計算値と試験値の比較」日本建築学会環境系論文集, No.576, P.9, 2004.2
- 24) 遮熱計算方法に関する研究報告書 平成12~16年度:(社)リビングアメニティ協会, 2001~2005
- 25) 住宅サッシ「新寸法体系」寸法設定と標準規格について 技術資料:(社)日本サッシ協会, 2002
- 26) JIS C 8912¹⁹⁹⁸ : 結晶系太陽電池測定用ソーラーシミュレータ, 日本規格協会

(2005年7月8日原稿受理, 2006年2月9日採用決定)