

窓の熱貫流率の計算法

引違い窓の計算値と試験値の比較

A CALCULATION METHOD FOR THERMAL TRANSMITTANCE OF WINDOWS

Comparison between calculated values and measured ones for sliding windows

二宮 秀與 ^{※1}
Hideyo Nimiya

赤坂 裕 ^{※2}
Hiroshi Akasaka

伊丹 清 ^{※3}
Kiyoshi Itami

倉山 千春 ^{※4}
Chiharu Kurayama

In this paper, we propose a calculation method for the thermal transmittance (U-value) of horizontal sliding windows. We proposed a calculation method of the U-value of casement windows in our previous paper, and reported that the difference from the test value by hot box methods was within 10%. A standard calculation method of the U-value of windows and doors is presently being worked upon by ISO. However, there are some unique features of windows manufactured in Japan, and there is an argument that calculation methods so far proposed cannot be applied. A horizontal sliding window is the most general type of window in Japan, but the details of the sash are different from most casement windows in Europe and America. In addition, there are many wooden sashes in Europe, whereas in Japan aluminum and PVC tend to be used. In the first section of this paper, we described the difference between sliding windows and casement windows from the viewpoint of heat transmission. It was seen that the margin of error grew when previous methods of calculation were applied to sliding windows. So, we proposed an improved calculation method. First, we classified a wide range of manufactured sliding windows by material, the structure of frame and glazing type. From there we selected 25 and comparisons were then made with the test values. With these comparisons the difference between the test values and the calculation method values was within 15% except three windows.

Keywords : Thermal performance, sliding windows, Thermal transmittance, ISO, Calculation method
熱性能, 引違い窓, 熱貫流率, 国際規格, 計算法

1. はじめに

住宅の高断熱化は居住環境の向上に寄与すると共に化石燃料の使用量低減に効果があり、二酸化炭素の排出量を抑制する具体策として政策的にも推進されている。これにより高水準の断熱が住宅の一般仕様になりつつあるが、部位毎に見た場合、開口部のように熱的に弱い部分がまだ残されており、このような部位の断熱性能が住宅の熱性能を決定づける要因にもなっている。このため開口部の断熱性能の向上は重要な課題となっており、製品開発においても熱遮断構造など様々な工夫が試みられている。そしてこのような新しい断熱技術の開発が進められるのに伴って、製品開発時における断熱性能の評価方法が重要になっている。

開口部の断熱性能の定量的な評価方法の1つに試験法¹⁻⁴⁾がある。これは実物の窓を直接評価する方法であるが、多様な製品を個々に試験するのは時間的・経済的負荷が大きい。また、製品開発の立場からは、製品設計の早期段階で断熱性を確認し、それを設計にフィードバックすることが必要であり、測定試験とは別に、コンピュータを用いた断熱性能評価手法の確立が望まれている。

アメリカやカナダ、北欧では既に窓を対象とした熱貫流率の計算法が開発され、断熱性能評価や製品開発ツールとして広く使用されている^{5, 6)}。更に、このような計算法はISO等⁷⁻¹⁰⁾の国際規格やその案としても取り上げられている。しかし、日本の開口部製品の中には独特な仕様のもものが幾つかあり、海外の計算法や国際規格がそのまま適用できない場合がある。筆者らはこのような状況を問題と捉え、国際規格との整合性を図りながら、日本の製品に適合した計算法と計算ツールの開発¹¹⁻¹⁶⁾を進めてきた。前報¹⁷⁾では開き窓の熱貫流率の計算法を整理した。本報では引違い窓の熱貫流率の計算法を整理する。引違い窓は日本では最も一般的な窓形態であるが、ヨーロッパやアメリカでは、開き窓や回転窓が主流であり、日本特有の窓形態の一つと言える。

なお、本報は窓の断熱性能の評価に関するものであって、熱貫流率の定義により日射の影響は評価の対象としていない。窓の日射熱取得や日射遮蔽性能については別の評価が必要となる。また、本論文の主目的は窓（製品）単体の断熱性能を計算によって評価することである。そのため、窓枠の断面形状まで考慮した詳細な計算法となっている。したがって本計算法を通常の熱負荷計算に組み込むことは現実的ではないが、様々な窓製品について個々の熱貫流率を計算しておいて、熱負荷計算でそれらの値を引用することは可能である。

2. 引違い窓（一重）の熱貫流率の計算法

2. 1 熱貫流率の計算式

一般的な引違い窓製品の正面図と各部の名称を図1に示す。また一例として実際の引違い窓製品の縦断面の納まりを図2に示す。引違い窓が開き窓と異なる点は、上下枠にレール溝があり障

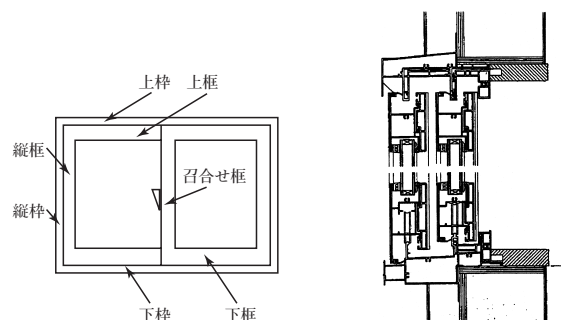


図1 引違い窓の正面図

図2 引違い窓の縦断面収まり図(製品の一例)

子と枠が構造的に独立していることと、枠の外気側表面と室内側表面の面積が内障子側と外障子側で大きく異なることである。レールと障子の取合い部分は図2のように半密閉空気層になっている。引違い窓の伝熱的な特徴としては、この半密閉空気層の存在と召合せ枠と上下枠・枠の取合い部分の3次元的な熱流が挙げられる。熱貫流率の計算方法は、基本的には引き窓と同じであるが、これらの影響を定量的に把握する必要がある。

引き窓の熱貫流率の計算法を引違い窓に適用すれば、熱貫流率 U は

$$U = Q/A \quad (1)$$

$$= \frac{\sum U_g A_g + \sum U_f A_f + \sum \Psi_g L_g + \sum P}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (2)$$

となる。ここで、

Q : 単位温度差当たりの総通過熱流量 [W/K]

A : 開口部の伝熱面積 [m²]

U_g : ガラスの熱貫流率 [W/(m²・K)]

A_g : ガラスの見付け面積 [m²]

U_f : 枠・枠の熱貫流率 [W/(m²・K)]

A_f : 枠・枠の見付け面積 [m²]

Ψ_g : ガラスエッジ部の線熱貫流率 [W/(m・K)]

L_g : ガラスの周長 [m]

P : 3次元熱流部の点熱貫流率 [W/K]

式(2)の右辺分子側の第1項がガラス部分の1次元熱流の項、第2項が2次元伝熱計算から得られる枠・枠の熱流の項、第3項がガラスエッジ部の熱流の項、第4項が3次元熱流の影響を補正する項である。点熱貫流率 P は3次元伝熱解析による熱流量と $\sum U_g A_g + \sum U_f A_f + \sum \Psi_g L_g$ との差で定義する。熱貫流率はこれら通過熱流量の和を伝熱開口面積で割って得られる。伝熱開口面積は、窓の内側と外側のどちらを基準とするかで若干差が見られるが、試験法との整合性を図るために、室内側からの見付け面積を取ることにする。

2.2 U_f 、 Ψ_g の算出方法

引き窓の場合と同様に、ガラスエッジ部の熱流の影響は枠・枠の熱流 U_f とは分離して Ψ_g として扱う。フレーム部の通過熱流はガラスの種類によって変化するが、 U_f と Ψ_g を分離することによりフレーム単体の熱性能の評価が可能になる。計算式は以下の(3)(4)となる。

$$U_f = \frac{q_{l, tot} - U_c \cdot \ell_c \cdot \Delta T}{\Delta T \cdot \ell_f} \quad (3)$$

$$\Psi_g = \frac{q_{l, tot}^* - U_f \cdot \ell_f \cdot \Delta T - U_g \cdot \ell_g \cdot \Delta T}{\Delta T} \quad (4)$$

ここで、

$q_{l, tot}$: 2次元モデル(枠・枠+校正パネル)の熱流 [W/m]

$q_{l, tot}^*$: 2次元モデル(枠・枠+ガラス)の熱流 [W/m]

U_c : 校正パネルの熱貫流率 [W/(m²・K)]

ℓ_c : 校正パネルの見付け幅 [m]

ℓ_g : ガラスの見付け幅 [m]

ℓ_f : 枠・枠の見付け幅 [m]

ΔT : 室内外の空気温度差 [K]

2.3 引違い窓と引き窓の相違点

引き窓と引違い窓の構造的な差異は、2枚の障子が重なり合う召合せ部分にある。そして伝熱的には召合せ枠と上下枠・枠の取合い

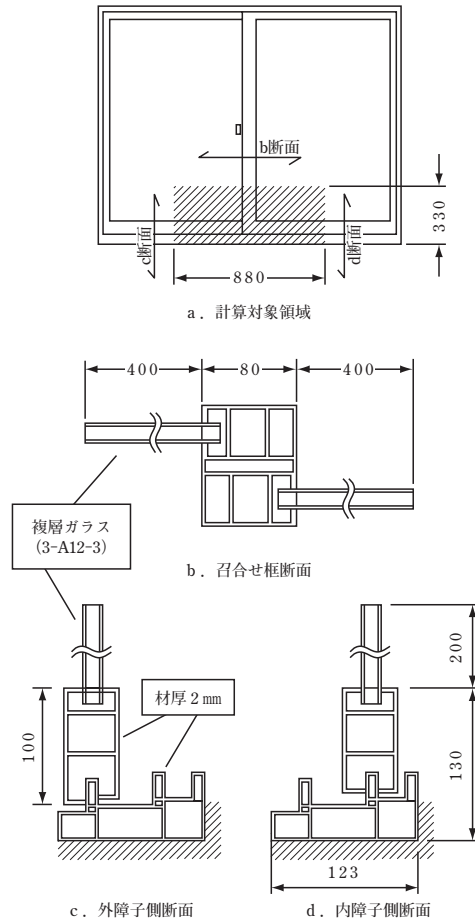


図3 召合せ枠と下枠・枠の取合い部分のモデル

部分が特異な点となる。引き窓の計算法を引違い窓に適用するには、この部分の熱流を正しく評価する方法を検討する必要がある。そこで召合せ枠と下枠・枠の取合い部分について3次元伝熱計算を行い2次元計算による評価値と比較した。

3次元伝熱計算の対象領域は図3aの網掛けした部分とし、領域の周囲は全て断熱境界を設定した。図3bcdに召合せ枠および下枠・枠の断面形状を示す。召合せ枠と下枠の接合部分は突き合せ結合とした。部材はPVCとアルミニウムの2種類とし、材厚はどれも2mmとする。ガラスは3-A12-3の複層ガラスである。

2次元モデルから計算領域の総通過熱量を合成するには、各断面モデルを適用する領域を設定する必要がある。ここでは引き窓の計算法に準じて、図4のように下枠・枠を通し材として召合せ枠がそれに突き合う形状を想定して面積を見積る。この際に内障子と外障子はそれぞれ召合せ枠の中心までの面積を見込む。

2次元および3次元モデルともに、伝熱計算は差分法による3次元定常伝熱計算プログラム¹⁶⁾を用いた。計算結果を表1に示す。材がPVCの場合は2次元モデルに基づく熱流量が3次元計算による値より大きくなるが、アルミニウムの場合は2次元モデルの方が通過熱流量を過小に見積ることが分かった。これは材の熱伝導率の違いによるもので、熱伝導率が高いアルミニウムの場合、枠・枠および召合せ枠部分に生じる3次元的な熱流の影響が大きいことを表している。

室温20℃-外気0℃の条件下におけるアルミニウムモデルの温度分布を図5に示す。図5aの下枠表面温度に着目すると、下枠の召合せ枠部分を斜めに横切る熱流(内障子側から外障子側へ傾斜した温度分布が見られる)が生じていることがわかる。

以上のことから引違い窓では召合せ枠と上下枠・枠の取合い部

分における3次元的な熱流を評価する必要があると言えるが、実際の窓製品において3次元モデルを作成することは困難であり実用的でない。そこで本研究では式(2)における各部位の面積の取り方を工夫することで3次元的な熱流の影響を加味する事を検討した。

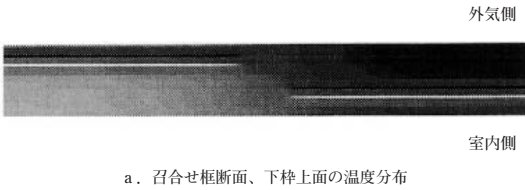
2.4 計算モデルの作成方法

図4に示した面積の取り方で合成される伝熱モデルと実際の引違い窓の納まりを比較すると、モデルでは内外障子の下框を召合せ框の中心までしか見込んでいないため、モデルの方がフレームの表面積を小さく見積ることになる。実際の窓では召合せ框の部分で内外障子の下框が二重になっているからである。そこで、2次元モデルの合成時に伝熱面積を重ならせることにより、実際のモデルの表面積および体積を保存することを考えてみる。具体的には図6のように、外障子側の枠・框と内障子側の枠・框は召合せ框の中心までとし、召合せ框の面積を下框の見付け長さの半分まで余分に見込むと、実際のモデルと表面積および体積が等しくなる。この面積の取り方を図3の3次元モデルで検証した結果が表2である。表1と比較するとアルミニウムモデルにおいて、2次元モデルによる熱流量と3次元モデルの熱流量の差が小さくなっていることがわかる。PVCモデルでは逆に差が大きくなったが増加量は僅かである。このことから、この面積の取り方は有効であると判断した。

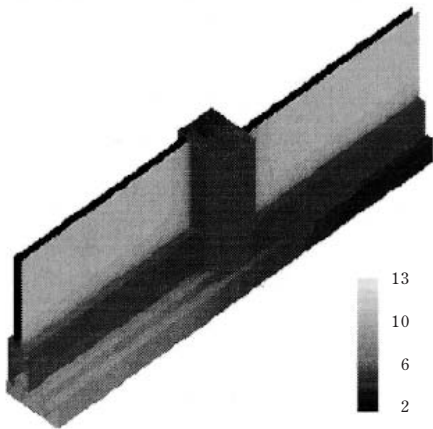
2次元モデルと3次元モデルの熱流量の差は式(2)の点熱貫流率の項に相当する。この操作により点熱貫流率は0に近い値になる。表2で窓全体の通過熱量と点熱貫流率を比較すると、PVCモデルもアルミニウムモデルも全体の1%に満たない値である。

表1 召合せ框と下枠・枠の取り付け部分における熱流量

モデルの材種	PVC	アルミ
式(2)による計算対象領域の通過熱量合計 [W/K]	1.035	2.116
3次元モデルによる計算対象領域の通過熱量合計 [W/K]	1.022	2.158
熱流量の差 (3次元モデル-2次元モデル) [W/K]	-0.013	0.042



a. 召合せ框断面、下枠上面の温度分布



b. 室内側からの視点による温度分布

図5 3次元伝熱計算の結果

このことから引違い窓の計算においても点熱貫流率の項は省略できると判断し、以下の考察では点熱貫流率の項は考慮しない。

2.5 窓全体の熱貫流率の計算方法

窓全体の熱貫流率の計算は以下の手順による。

- ① 窓の構成部材で断面形状が異なる部位を拾い出す。引違い窓は図7に示す7部位に分けられる。この場合、同じ断面形状の枠・框であっても、位置により内部に含まれる空気層の等価熱伝導率が異なるので部位毎に区別する。次に、窓の姿図からそれぞれの部位の面積を算出する。枠・框のコーナー部分における縦材と横材の A_f の取り方は、両材材が突き合せて接合していると仮定して、対角線で按分した面積を両材材に振り分ける。また召合せ框の面積は図6のように上下框の見付け長さの1/2までを見込む。
- ② 図7の7部位についてそれぞれの断面をモデル化する。図8に実際の窓製品の断面形状の例を示す。また、図9に同部位の2次元計算モデルを示す。モデル化に際しては窓枠周囲の外壁との接触面は断熱境界とする。これにより周辺壁体からの影響を除くとともに、試験法との整合性を図る。熱箱法による試験では、試験体取付枠からの回り込み熱量は校正板による試験で別途求めておいて試験値から差し引く工夫がなされている。

ガラスのモデル化の範囲は、枠・框からの見付け幅10cmの所までとし、そこに断熱境界を設定する。この寸法は種々のガラス

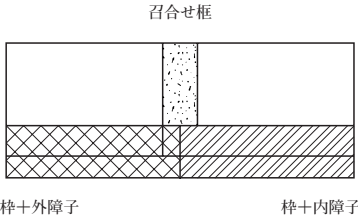


図4 召合せ框と下枠・框の取り付け部分の面積の取り方

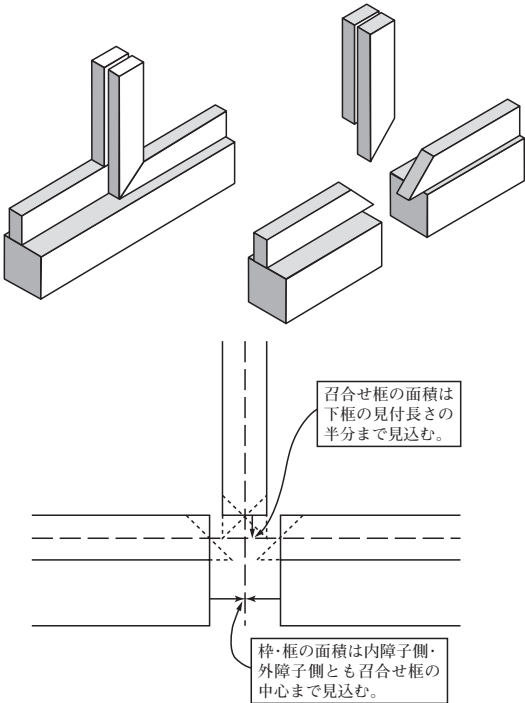


図6 召合せ框と枠・框の面積の取り方

に対するシミュレーションによって得られた安全側の値である。

框や枠は様々な形状の空気層を有する。また、框と枠の間には半密閉の空気層も現れる。これらの空気層については前報¹⁷⁾と同様に熱抵抗が等価な固体媒質に置き換えてモデル化する。密閉空気層の熱抵抗は、筆者らが開発したプログラム¹⁶⁾を用いて計算する。また、半密閉空気層に関してはISOの基準^{8, 9)}に準じて、空気層として扱うか、内外空気に接する表面として扱うかを判別する。具体的な判別に関しては脚注2にまとめた。

③ 各部位の断面モデルによる熱流解析を行いモデルの通過熱量 $q_{l, tot}$ を求める。次に、それぞれの断面モデルのガラス部分を校正パネルに置き換えたモデルを作成し、同モデルによる通過熱量を求める。得られた $q_{l, tot}^*$ 、 $q_{l, tot}$ を式(3)、(4)に代入し、各部位の U_f 、 Ψ_g を算出する。

④ 7 部位の U_f 、 Ψ_g を式(2)に代入し窓全体の U 値を算出する。その際に点熱貫流率 P は0とする。

3 計算値と試験値の比較

3.1 対象とした窓

対象とした引違い窓は25種で、それぞれ幅約1.7m、高さ約1.3mの大きさである。フレームの材質は、PVC製14種、アルミニウム断熱構造2種、アルミニウム製5種、アルミニウム+PVCの複合が4種である。表3に対象とした引違い窓の仕様一覧を示す。試験体の2次元モデルの計算には境界要素法による2次元定常伝熱計算プログラム¹⁶⁾を用いた。境界要素法を用いることで実際の製品の形状をほぼ忠実にモデル化している。

3.2 熱貫流率の試験値

熱貫流率の測定試験(熱箱法)では、あらかじめ熱コンダクタンスが既知の校正パネルを用い、内外表面の熱伝達抵抗が定められた値になるように風速等を調整し、その環境条件下で試験体通過熱量の測定をおこなう。本報で比較に用いる試験結果は、(財)ベターリビングの試験法⁴⁾に準拠したものであり、熱伝達抵抗が室内側0.112m²K/W、外気側0.043m²K/Wに設定されている。この試験法では、校正パネルの表面温度と、試験室内の空気温度との温度差から熱伝達抵抗を算出しているが、3, 4で後述するように、2000年に規格化されたISO³⁾や改正JIS²⁾では、空気温度ではなく放射の影響を加味した環境温度を用いて表面熱伝達抵抗を設定するように規定されている。

3.3 計算結果

計算モデルの表面熱伝達抵抗に、測定試験時の設定条件と同じ室内側0.112m²K/W、外気側0.043m²K/Wを設定し、2, 5の手順で窓の熱貫流率を算出した。熱貫流率の計算値と試験値の結果を表3の右側3列に示す。また両者の関係をグラフ化したのが図10, 11である。試験値との比で20%を超える差が生じた製品が2種(PVC部材+Low-E複層ガラス)ある。いずれも断熱性の高い製品である。開き窓の場合、計算値と試験値の比は±10%以内に収まっていたが、引違い窓では両者の差が大きくなった。この原因としては、半密閉空気層の存在、フレームの断面形状の複雑さ、召合せ框内の密閉空気層の熱流方向の影響など数値計算上の要因と、次節で述べる測定試験側の要因が考えられる。このうち数値計算上の要因に関しては感度解析を行い、計算結果の変化ならびに測定値との差を検証したが、全体の計算精度を向上させられる要因は特定できなかった。

3.4 試験時の環境条件が熱性能値に及ぼす影響

従来の熱箱法¹⁾による熱貫流率の試験値は、内外空気温度差を基準に算出されたものである。これに対してISO³⁾では環境温度を用いることが提案されている。同一の開口部試験体で、BL法⁴⁾(空気温度差)による熱貫流率とISO法(環境温度差)による熱貫流率を測定し両者を比較すると、熱貫流率が2W/(m²・K)程度の製品で約6%、熱貫流率が4W/(m²・K)程度の製品で約8%程度の差が生ずる¹⁸⁾。両試験方法は内外環境条件の設定に若干の差はあるが、いずれの場合もISO法(環境温度差)による熱貫流率の方が大きくなる。試験体の熱性能によって両試験方法の

表2 召合せ框と枠・障子の取り合い部分における熱流量

モデルの材種	PVC	アルミ
式(2)による計算対象領域の通過熱量合計 [W/K]	1.037	2.155
3次元モデルによる計算対象領域の通過熱量合計 [W/K]	1.022	2.158
熱流量の差：点熱貫流率(3次元モデル-2次元モデル) [W/K]	-0.015	0.003
窓全体の通過熱量(表3の同タイプ製品の平均値) [W/K]	2.82	4.54

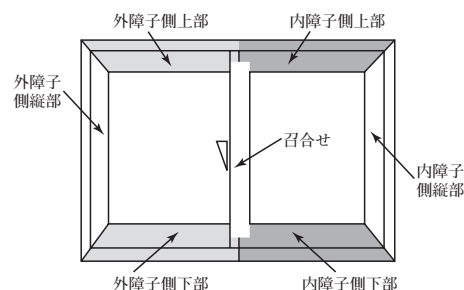


図7 各部位の面積の取り方

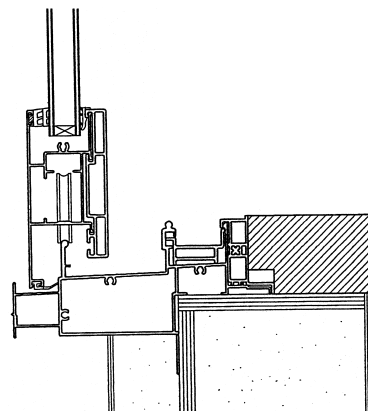


図8 外障子側・下枠+框の断面の例

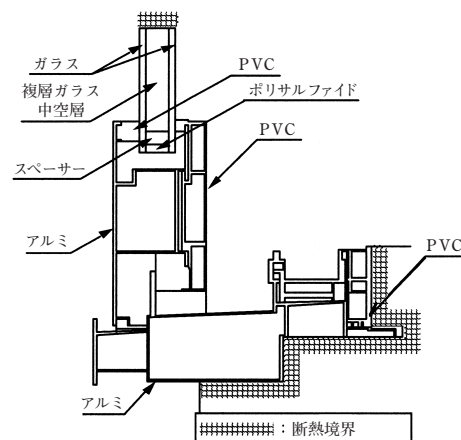


図9 図8の断面の計算モデル

表3 計算値と試験値の比較に用いた引違い窓の一覧

窓No.	枠材質	開口部寸法	ガラス仕様	ガラス寸法	用途	計算結果	試験結果	比(計算/試験)
1	PVC	1.696×1.361	3-A12-E3	2×0.692×1.11	木造	2.24	2.31	0.97
2	PVC	1.965×1.355	3-A12-E3	2×0.714×1.070	木造	2.28	2.26	1.01
3	PVC	1.695×1.355	3-A12-E3	2×0.707×1.138	木造RC	2.76	2.16	1.28
4	PVC	1.695×1.355	3-A12-E3	2×0.711×1.142	木造RC	2.53	2.28	1.11
5	PVC	1.721×1.374	3-G12-E3	2×0.775×1.267	木造	2.8	2.04	1.37
6	PVC	1.695×1.360	3-A12-E3	2×0.7125×1.095	木造	2.26	2.31	0.98
7	PVC	1.718×1.373	3-A12-E3	2×0.765×1.223	木造	2.6	2.29	1.14
8	PVC	1.696×1.361	3-A12-3	2×0.692×1.128	木造	3.02	2.81	1.07
9	PVC	1.695×1.355	3-A12-3	2×0.714×1.070	木造	3.09	2.87	1.08
10	PVC	1.695×1.355	3-A12-3	2×0.707×1.138	木造RC	3.38	2.82	1.20
11	PVC	1.695×1.355	3-A12-3	2×0.711×1.142	木造RC	3.23	2.82	1.15
12	PVC	1.721×1.374	3-A12-E3	2×0.775×1.267	木造	3.07	2.76	1.11
13	PVC	1.695×1.810	3-A12-3	2×0.665×1.548	木造	3.14	2.81	1.12
14	PVC	1.695×1.360	3-A12-3	2×0.7115×1.095	木造RC	3.05	2.81	1.09
15	アルミ熱遮断	1.692×1.361	3-A12-3	2×0.7635×1.190	木造	3.84	3.45	1.11
16	アルミ熱遮断	1.722×1.376	3-A12-E3	2×0.803×1.277	木造	3.63	3.36	1.08
17	アルミ	1.750×1.355	3-A6-3	2×0.789×1.17	RC	5.04	4.57	1.10
18	アルミ	1.750×1.383	3-A6-3	2×0.793×1.203	RC	5.02	4.51	1.11
19	アルミ	1.750×1.375	3-A6-3	2×0.787×1.176	RC	5.14	4.48	1.15
20	アルミ	1.750×1.388	3-A6-3	2×0.785×1.196	RC	5.44	4.55	1.20
21	アルミ	1.750×1.388	3-A6-3	2×0.7745×1.177	RC	5.12	4.61	1.11
22	アルミ・PVC	1.696×1.361	3-A12-E3	2×0.742×1.144	木造	2.07	2.27	0.91
23	アルミ・PVC	1.694×1.369	3-A12-E3	2×0.7335×1.152	木造	2.89	2.66	1.09
24	アルミ・PVC	1.696×1.361	3-A12-3	2×0.742×1.144	木造	3.45	3.65	0.95
25	アルミ・PVC	1.694×1.369	3-A12-3	2×0.7335×1.152	木造	3.99	3.48	1.15

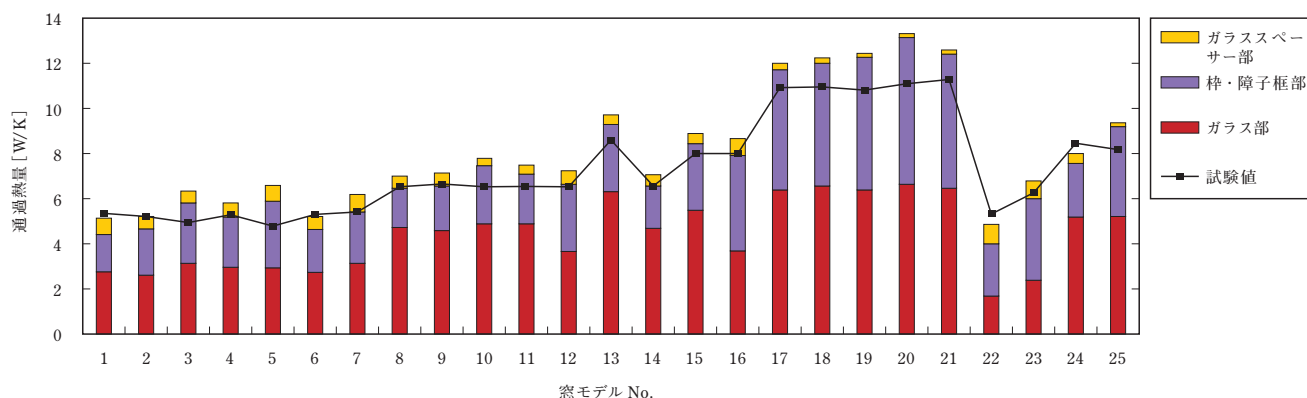


図10 熱貫流率の試験値と計算値の比較

熱貫流率の差が異なる原因の一つは、熱貫流抵抗に占める熱伝達抵抗の比率が変化することである。窓自体の熱抵抗はほぼ一定であるが、熱伝達抵抗は試験体と空気との温度差で変化する。熱性能の劣る窓ほど、表面温度と空気温度の差が大きくなるので熱伝達抵抗は小さくなる。また、熱性能が良い製品は窓自体の熱抵抗が大きいため、熱貫流抵抗に占める熱伝達抵抗の比は小さく、熱貫流抵抗の逆数である熱貫流率に及ぼす影響も小さくなる。

この他に試験で用いる校正パネルも試験結果に影響を及ぼすことがわかっている¹⁹⁾。試験で用いる校正パネルの表面放射率は0.98程度である。実際の試験体はガラスが大部分の面積を占めるが、ガラスの放射率を0.837とすると放射率の違いは0.14となり、校正時と試験時の熱伝達率が異なる。その差による表面熱伝達抵抗の差は $0.01\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 程度と見込まれ、熱貫流率への影響は $2\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 程度の製品で約2%、 $4\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 程度の製品で約6%となる。試験では放射熱伝達抵抗の増加分を評価していないので、計算法における境界条件(校正試験時の値)は、試験時の境界条件と異なることになる。

3.5 試験値の読み替え

数値計算における内外温度条件は、測定試験の環境温度に相当する。そこで空気温度差による試験値を環境温度差による評価値に読み替えて計算結果と比較してみる。図12に補正した試験値と計算値の関係を示す。図11と比較すると測定値と計算値の差が若干小さくなっている。しかし全体の傾向はほとんど変化しておら

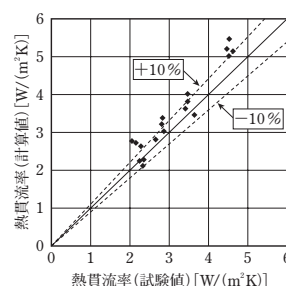


図11 熱貫流率の試験値と計算値の比較

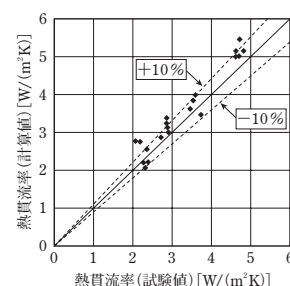


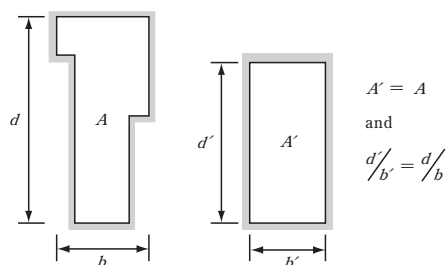
図12 補正した試験値と計算値の比較

ず、試験方法の違いだけでは両者の差を説明できないことが分かる。なお本報で用いた試験結果は低温室のパッフル温度が未測定のため厳密には環境温度に換算できない。ここでの換算は参考値である。

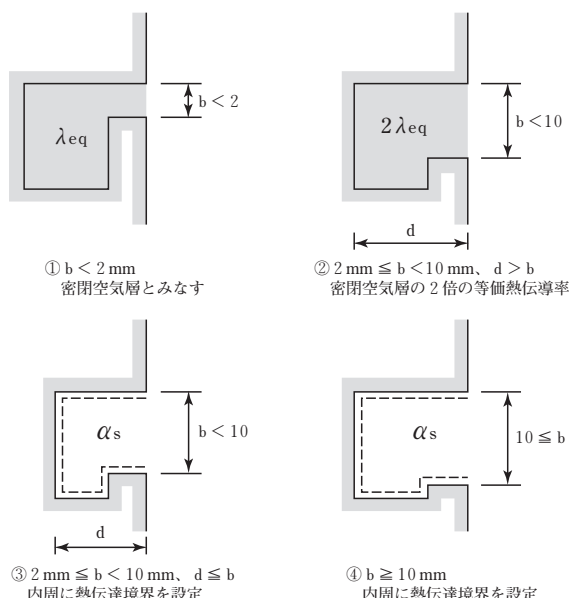
4. まとめ

(1) 引違い窓と開き窓の伝熱性状の違いを整理し、引違い窓では召合せ框と上下枠・框の取り合い部分に3次元的な熱流が生じていることを明らかにした。
 (2) 各部材の面積の取り方を工夫することで、開き窓の計算法を引違い窓にも適用できることを示した。
 (3) 25種類の引違い窓製品について、ここで提案した方法で熱貫流率を計算し、熱箱法による試験結果と比較した。両者の差は開き窓の場合より若干大きく、差が10%を上回るものも幾つか見られた。
 (4) 計算値と試験値に差が生じる原因の一つとして、測定試験の設定条件に着目し、空気温度差による試験結果を環境温度差による試験値に読み替えて計算値と比較した。環境温度差に読み替える事で、計算値と試験値の差は若干小さくなったが、その影響は小さい事が分かった。

計算値と試験値の差は、計算法そのものの問題と言うよりは、測定試験における環境条件の不確かさや不均一性(局所分布)による影響も含まれた結果である。よって引違い窓の熱性能の評価において、計算法は試験法と同等の評価手法になり得ると考えられる。



付図1 密閉空気層の取り扱い^{※)}



付図2 半密閉空気層の取り扱い^{※)}

謝辞

本研究は(社)リビングアメニティ協会の「開口部K値算出方法に関する研究委員会：平成7年度～9年度」によるものです。他の委員ならびに協力委員各氏の御協力に謝意を表します。

注1) 密閉空気層の取り扱い^{※, 9)}

枠や框の形材内部には非方形(矩形)の密閉空気層が現れる。これらは熱抵抗が等価な固体媒質に置き換えてモデル化するが、複雑な形状の密閉空気層は熱抵抗を算出するのが困難である。ここでは付図1に示すように、面積が同じで、アスペクトが等しくなるような方形の空気層に置き換えて熱抵抗を算出する。得られた熱抵抗から熱伝導率を逆算し、その値を実際のモデルの密閉空気層の熱伝導率として用いる。

注2) 半密閉空気層の取り扱い^{※, 9)}

引違い窓には半密閉空気層が多数存在する。この半密閉空気層の取り扱いはISOに準じて、付図2のように開口幅と奥行きの関係で判別する。

参考文献

- 1) JIS A 4710: 建具の断熱性能試験方法, 1996
- 2) JIS A 4710: 2002案: 建具の断熱性能試験方法, 2002
- 3) ISO 12567-1: Thermal performance of windows and doors – Determination of thermal transmittance by hot box method – Part 1: Complete windows and doors, 2000
- 4) (財)ベターリビング: 木造・RC造住宅用サッシ(断熱型サッシ)性能試験方法, 1994
- 5) WINDOW 5.0: NBLN, <http://windows.lbl.gov/software/software.html>
- 6) WIS 2.0b: Advanced Windows Information System (WIS) project, <http://windat.ucd.ie/wis/html/index.html>
- 7) ISO 10077-1 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: Simplified method, 2000
- 8) ISO 10077-2: Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames, 2003
- 9) ISO 15099: Thermal performance of windows, doors and shading devices – Detailed calculations, 2003
- 10) ASHRAE Standard 142(draft), Standard method for determining and expressing the heat transfer and total optical properties of fenestration products, 1994
- 11) 赤坂, 伊丹, 二宮: 玄関ドアの熱貫流率の計算法その1～3, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.25-30, 1995
- 12) 赤坂, 伊丹, 二宮: 玄関ドアの熱貫流率の計算法, 日本建築学会計画系論文集, No.502, pp.21-28, 1997.12
- 13) 赤坂, 伊丹, 二宮: 開き窓の熱貫流率の計算法その1～3, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.13-18, 1996
- 14) 赤坂, 伊丹, 二宮, 伊藤, 内山: 引違い窓の熱貫流率の計算法その1～4, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.21-28, 1997
- 15) 伊丹, 米山, 斎藤, 内山, 赤坂, 倉山, 二宮: 窓の熱貫流率の計算法その1～4, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.13-20, 1998
- 16) (社)リビングアメニティ協会: 熱貫流率計算ソフトVersion1.0マニュアル, 1999
- 17) 伊丹, 赤坂, 二宮: 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, pp.31 - 37, 1999.9
- 18) 石積, 倉山, 内山: 窓の熱貫流率測定法について その2 各種試験方法の比較, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.117-118, 1999
- 19) 石積, 倉山, 上乗: 開口部の熱貫流率測定法 その3 熱伝達抵抗の設定について, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.9-10, 2000
- 20) 伊藤春雄: 熱貫流率計算に関する研究 (その2), ALIA NEW, Vol.66, pp.28-39, 2001
- 21) ISO 10211-2: Thermal bridges in building construction – Calculation of heat flows and surface temperatures – Part 2: Linear thermal bridges, 2001
- 22) ISO 10292: Glass in building – Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing, 1994
- 23) 赤坂 裕: 仕切りのある中空層の放射熱伝達率の計算法, 日本建築学会計画系論文集, No.561, pp.13-20, 2002.11

- * 1 長岡造形大学環境デザイン学科 助教授・博士(工学)
- * 2 鹿児島大学工学部建築学科 教授・工学博士
- * 3 滋賀県立大学環境計画学科 講師・工修
- * 4 国土交通省国土技術政策総合研究所

Assoc. Prof., Dept. of Environmental Design, Nagaoka Inst. of Design, Dr.Eng.
 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kagoshima Univ., Dr.Eng.
 Lecture, Dept. of Environmental Planning, The Univ. of Shiga Pref., M.Eng.
 National Institute for Land and Infrastructure Management.