

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その96）

## ダブルスキン、エアフローウィンドウの熱性能式の提案

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 96)  
A Proposal of Numerical Formulae for Estimating Thermal Performance Values  
for Double Skin Facades and Airflow Windows

技術フェロー ○郡 公子（宇都宮大学） 技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授）  
技術フェロー 長井 達夫（東京理科大学） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

Kimiko KOHRI\*<sup>1</sup> Hisaya ISHINO \*<sup>2</sup> Tatsuo NAGAI\*<sup>3</sup> Shuzo MURAKAMI \*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> Utsunomiya University \*<sup>2</sup> Tokyo Metropolitan University \*<sup>3</sup> Tokyo University of Science  
\*<sup>4</sup> Institute for Building Environment and Energy Conservation

This paper proposes a set of simple numerical formulae for estimating the thermal performance values such as U-factors, solar heat gain coefficients and cavity air temperatures of double skin facades as well as airflow windows. The structure of the database which is necessary for the thermal performance estimation is also proposed. The database contains the information of thermal characteristics of various windows with blinds between the glass and effects of ventilation of the window cavity.

### 1. 序

非通気時のダブルスキンや AFW の熱貫流率や日射熱取得率を補正して、通気時の値を推定する簡単な式を理論的に導くことができた。多層吹抜けタイプのダブルス

キンや AFW に対して、通気時の窓内空気温度や熱性能値の上下分布も計算できる。ただし、風量は与条件である。ダブルスキンの場合、自然換気量は別途決める必要がある。その際、風量を与えたときの窓内空気

表1 ダブルスキン、AFW の熱性能計算のための提案式

#### ●窓熱貫流率、日射熱取得率、窓内空気温度

窓通気量を  $V$  [lit/sec·m<sup>2</sup>] とすると、多層吹抜けタイプの窓の、外気あるいは室空気の流入層から  $n$  番目の層の窓熱貫流率  $U_n(V)$  [W/m<sup>2</sup> K]、日射熱取得率  $\eta(V)$  [-]、窓内空気温度  $t_n(V)$  [°C] は、次式で表現できる。

$$U_n(V) = U + \Delta U \cdot r(V)^n \quad \dots(1-1)$$

$$\eta_n(V) = \eta + \Delta \eta \cdot r(V)^n \quad \dots(1-2)$$

$$t_n(V) = t_{IN} + \{T_O \cdot (t_{Oe} - t_{IN}) + T_R \cdot (t_{Re} - t_{IN}) + T_{SR} \cdot I\} \times \{1 - r(V)^n\} \quad \dots(1-3)$$

$$r(V) = c_p \cdot \rho \cdot V / (K_C + c_p \cdot \rho \cdot V) \quad \dots(1-4)$$

$$V = V_{IN} / H \quad \dots(1-5a)$$

吹抜け層数  $N$  の場合に、上下層の違いを無視し窓内空気温度を均一と扱う場合は  $n=1$  とし、 $V$  は次式から求める。

$$V = V_{IN} / (H \cdot N) \quad \dots(1-5b)$$

【記号】  $U$ 、 $\eta$ 、 $\tau$ ：非通気時の熱貫流率[W/m<sup>2</sup> K]、日射熱取得率[-]、透過率[-]、 $\Delta U$ 、 $\Delta \eta$ ：熱貫流率極限変化量[W/m<sup>2</sup> K]、日射熱取得率極限変化量[-]、 $r(V)$ ：通気効果率[-]、 $t_{IN}$ 、 $t_{Oe}$ 、 $t_{Re}$ ：流入空気温度、室外側相当温度、室内側相当温度 [°C]、 $I$ ：窓面日射量 [W/m<sup>2</sup>]、 $T_O$ 、 $T_R$ ：室外側相当温度、室内側相当温度に対する非通気時の窓内空気温度の重み係数[-]、 $T_{SR}$ ：窓面日射量に対する非通気時の窓内空気温度の重み係数[K m<sup>2</sup>/W]、 $K_C$ ：非通気時の窓内対流熱取得係数[W/m<sup>2</sup> K]、 $c_p$ 、 $\rho$ ：空気の比熱[J/gK]、密度[g/lit]、 $V_{IN}$ ：窓通気量[lit/sec·m]、 $H$ ：階高[m]、 $t_o$ 、 $t_r$ ：外気温、室温 [°C]、 $\epsilon_o$ 、 $h_o$ ：外ガラス外表面の放射率[-]、総合熱伝達率[W/m<sup>2</sup> K]、 $R_o$ ：窓面夜間放射量[W/m<sup>2</sup>]、 $\epsilon_i$ 、 $h_i$ ：内ガラス内表面の放射率[-]、総合熱伝達率[W/m<sup>2</sup> K]、 $R_i$ ：窓内側表面放射量[W/m<sup>2</sup>]、 $\tau$ ：透過率[-]、 $k_{LR}$ ：長波放射成分係数[-]

#### ●貫流熱取得

$n$  層目の貫流熱取得  $HG_{T,n}$  [W/m<sup>2</sup>] は、新たに導入した室外側、室内側修正相当温度  $t'_{Oe}$ 、 $t'_{Re}$  [°C] を用いて計算する。ここで、 $U_{DS,n}(V)$  は対象窓に外気を通した場合、 $U_{AFW,n}(V)$  は室空気を通した場合の熱貫流率[W/m<sup>2</sup> K] である。

ダブルスキンの場合

$$HG_{T,n} = U_{DS,n}(V)(t'_{Oe} - t_{Re}) \quad \dots(1-6)$$

$$t'_{Oe} = t_o - \frac{U_{AFW,n}(V) \epsilon_o R_o}{U_{DS,n}(V) h_o} \quad \dots(1-7)$$

$$t_{Re} = t_r + \frac{\epsilon_i R_i}{h_i} \quad \dots(1-8)$$

AFW の場合

$$HG_{T,n} = U_{AFW,n}(V)(t_{Oe} - t'_{Re}) \quad \dots(1-9)$$

$$t_{Oe} = t_o - \frac{\epsilon_o R_o}{h_o} \quad \dots(1-10)$$

$$t'_{Re} = t_r + \frac{U_{DS,n}(V) \epsilon_i R_i}{U_{AFW,n}(V) h_i} \quad \dots(1-11)$$

#### ●日射熱取得

$n$  層目の基準入射条件での日射熱取得  $HG_{SR,n}$  [W/m<sup>2</sup>] とその短波放射、長波放射、対流成分  $HG_{SR,SR}$ 、 $HG_{SR,LR,n}$ 、 $HG_{SR,C,n}$  [W/m<sup>2</sup>] は、一般窓と同様に、次式から得られる（文献3）。

$$H_{SR,n} = \eta_n(V) \cdot I \quad \dots(1-12)$$

$$H_{SR,SR} = \tau \cdot I \quad \dots(1-13)$$

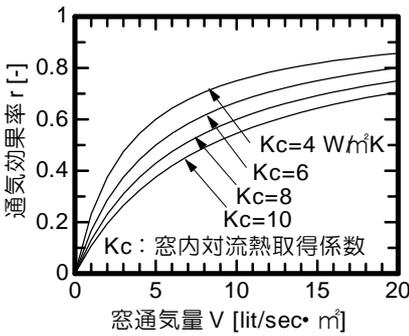
$$H_{SR,LR,n} = k_{LR}(H_{SR,n} - H_{SR,SR}) \quad \dots(1-14)$$

$$H_{SR,C,n} = H_{SR,n} - H_{SR,SR} - H_{SR,LR,n} \quad \dots(1-15)$$

温度の推定に本報で提案した式を利用できる。期間平均の自然換気効果に関しては、別途研究を進めている。

## 2. 熱性能値と熱取得の提案式

多層吹抜タイプの場合、窓の仕様はどの層も同じで、給排気口は最下層と最上層にあり、室内側相当温度は層によって変わらないものとする。また各層の窓内空気温度は均一と仮定する。提案する式を表1に示す。非換気時と無限風量換気時の性能の差を換気効果率  $r$  で補正するという考えである。 $r$ は、図1に示すように、窓通気量が



が 10lit/sec m<sup>2</sup>を超えると通気量による変化はそれほど大きくはない。表1の式を利用するには、表2の特性値を事前に用意しておく必要がある。この

図1 窓通気量  $V$  と換気効果率  $r$

特性値は、窓通気量に依存しない値であり、図2に示す窓の熱流重み係数を用いて簡単な式で表すことができる。熱流重み係数は、窓内の日射多重反射計算や窓内各部の熱平衡式を連立させて解くことにより得られる<sup>1)</sup>。

表3には、表1、2の式を誘導するための基礎式<sup>1),2)</sup>を示した。ダブルスキンの貫流熱取得と熱貫流率を例に、表1、2の式の誘導過程を表4に示した。その他の熱性能指標も同様の手順で導くことができる。

## 2. 熱性能計算のための特性値データベースの構成

現在、AFWについては、ブラインド内蔵窓の熱性能をごく簡単に補正する方法がある。ブラインド内蔵窓の熱性能値はブラインド内側窓の熱性能値とともにデータベース化されていて、それとは別に AFW 用補正值も用意されている。本報の研究によりダブルスキンと AFW の熱性能を共通の方法で推定できるようになったので、改めてダブルスキン・AFW 用の熱特性データベースの作成を目指すことにする。その際、次の方針をとることにした。①日除けはブラインドとし、内、外ガラスの間に

表2 ダブルスキン、AFW の熱性能計算に必要な特性値の計算式

### ●窓熱貫流率に関する特性値

非換気時の窓熱貫流率  $U$  [W/m<sup>2</sup> K]、ダブルスキン、AFW のそれぞれの熱貫流率極限変化量  $\Delta U_{DS}$ 、 $\Delta U_{AFW}$  [W/m<sup>2</sup> K]は、次式により得られる。

$$U = \phi_{O,R} + \frac{\phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R}}{K_C} \quad \dots(2-1)$$

$$\Delta U_{DS} = \left\{ 1 - \frac{\phi_{O,C}}{K_C} \right\} \phi_{C,R} \quad \dots(2-2)$$

$$\Delta U_{AFW} = - \frac{\phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R}}{K_C} \quad \dots(2-3)$$

$$\text{ただし、} K_C = \phi_{O,C} + \phi_{R,C} \quad \dots(2-4)$$

### ●日射熱取得率に関する特性値

非換気時のダブルスキン、AFW の日射熱取得率  $\eta$  [-]、日射熱取得率極限変化量  $\Delta \eta$  [-]は、次式により得られる。

$$\eta = \eta_R + \frac{\eta_C \cdot \phi_{C,R}}{K_C} \quad \dots(2-5)$$

$$\Delta \eta = - \frac{\eta_C \cdot \phi_{C,R}}{K_C} \quad \dots(2-6)$$

### ●窓内空気温度に関する特性値

室外側相当温度、室内側相当温度に対する非換気時の窓内空気温度の重み係数  $T_O$ 、 $T_R$  [-]、窓面日射量に対する非換気時の窓内空気温度の重み係数  $T_{SR}$  [K m<sup>2</sup>/W]は、次式により得られる。

$$T_O = \frac{\phi_{O,C}}{K_C} \quad \dots(2-7)$$

$$T_R = \frac{\phi_{R,C}}{K_C} \quad \dots(2-8)$$

$$T_{SR} = \frac{\eta_C}{K_C} \quad \dots(2-9)$$

【記号】 $K_C$ : 非換気時の窓内対流熱取得係数[W/m<sup>2</sup> K]、重み係数  $\phi_{O,R}$ 、 $\phi_{O,C}$ : 室外相当温度に対する窓内対流熱重み係数、室内熱取得重み係数 [W/m<sup>2</sup> K]、 $\phi_{C,R}$ : 窓内空気温度に対する室内熱取得重み係数 [W/m<sup>2</sup> K]、 $\phi_{R,C}$ : 室内側相当温度に対する窓内対流熱重み係数 [W/m<sup>2</sup> K]、 $\eta_R$ : 窓内空気温度が0°Cのときの室内日射熱取得率[-]、 $\eta_C$ : 窓内対流日射熱取得率[-]

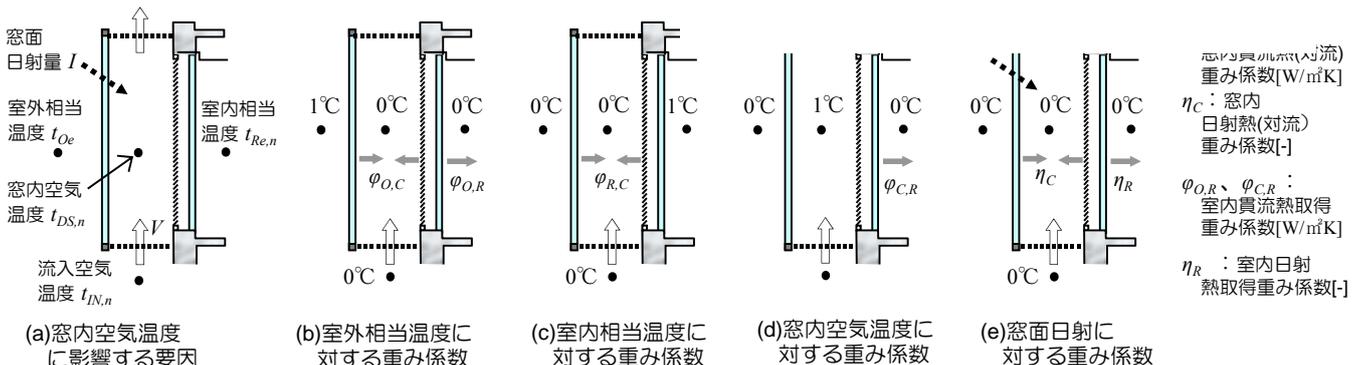


図2 窓の熱流重み係数

設置されている。②ダブルスキンのグレーチングの日除け効果は基本的に考慮しない。グレーチングの影響を考慮したい場合のために別途便宜的な置換法を用意する。

③ガラス種類が同じダブルスキン、AFW の非通気時の熱性能は同じであり、室内側が全面窓の場合はブラインド内蔵窓の熱性能に等しいとする。④日射入射角、プロフ

表3 窓熱性能式誘導のための基礎式

●熱流重み係数を用いた窓内空気熱平衡式  
 多層吹抜けタイプの  $n$  層目の窓内空気の定常熱平衡式は、次のように表すことができる。

$$\phi_{O,C}(t_{Oe} - t_{C,n}) + \phi_{R,C}(t_{Re} - t_{C,n}) + \eta_C \cdot I + c_p \cdot \rho \cdot V(t_{IN,n} - t_{C,n}) = 0 \quad \dots(3-1)$$

ここで、室外側相当温度  $t_{Oe}$ 、室内側相当温度  $t_{Re}$  は、表1式(1-10)、(1-8)によって表される。

$$T_{V,n}(V) = r(V)^n \quad \dots(3-5)$$

$$T_{SR,n}(V) = \frac{1 - r(V)^n}{K_C(V)(1 - r(V))} \cdot \eta_C \quad \dots(3-6)$$

$$\text{ただし、} r(V) = \frac{c_p \cdot \rho \cdot V}{K_C(V)} \quad \dots(3-7)$$

$$K_C(V) = \phi_{O,C} + \phi_{R,C} + c_p \cdot \rho \cdot V \quad \dots(3-8)$$

●窓内空気温度  
 $n$  層目の窓内空気温度  $t_{C,n}$  [°C] は、次式で表すことができる。ただし、室内側相当温度  $t_{Re}$  [°C] は層によって変わらないものとする。

●室内熱取得  
 $n$  層目の室内熱取得  $HG_n$  [W/m<sup>2</sup>] は、次式で表される。

$$HG_n = \phi_{O,R}(t_{Oe} - t_{Re}) + \eta_R \cdot I + \phi_{C,R}(t_{C,n} - t_{Re}) \quad \dots(3-9)$$

$$t_{C,n} = T_{O,n}(V) \cdot t_{Oe} + T_{R,n}(V) \cdot t_{Re} + T_{V,n}(V) \cdot t_{IN,1} + T_{SR,n}(V) \cdot I \quad \dots(3-2)$$

$$T_{O,n}(V) = \frac{1 - r(V)^n}{K_C(V)(1 - r(V))} \cdot \phi_{O,C} \quad \dots(3-3)$$

$$T_{R,n}(V) = \frac{1 - r(V)^n}{K_C(V)(1 - r(V))} \cdot \phi_{R,C} \quad \dots(3-4)$$

【記号】  $t_{C,n}$ 、 $t_{IN,n}$  :  $n$  層目の窓内空気温度、 $n$  層目への流入空気温度 [°C]、 $I$  はダブルスキン面日射量 [W/m<sup>2</sup>]、 $T_{O,n}(V)$ 、 $T_{R,n}(V)$ 、 $T_{V,n}(V)$  : 室外相当温度、室内相当温度、窓外部からの流入空気温度に対する  $n$  層目の窓内空気温度重み係数[-]、 $T_{SR,n}(V)$  : 窓面日射に対する  $n$  層目の窓内空気温度重み係数 [K m<sup>2</sup>/W]、 $r(V)$  : 通気効果率[-]、 $K_C(V)$  : 窓内対流熱取得係数 [W/m<sup>2</sup> K]、その他の記号は、表1、2 参照

表4 ダブルスキン貫流熱取得と熱貫流率の式の誘導

●ダブルスキン貫流熱取得  
 窓面日射量  $I=0$ 、流入空気温度は外気温に等しく  $t_{IN,I}=t_o$  とする。表3式(3-2)の温度を室内側相当温度基準にすると、  
 $t_{C,n} - t_{Re} = T_{O,n}(V)(t_{Oe} - t_{Re}) + T_{V,n}(V)(t_o - t_{Re}) \quad \dots(3-2)'$   
 となる。上式と式(3-9)より、貫流熱取得  $HG_{T,n}$  [W/m<sup>2</sup>] は次のように表される。

$$HG_{T,n} = (\phi_{O,R} + \phi_{C,R} \cdot T_{O,n}(V))(t_{Oe} - t_{Re}) + \phi_{C,R} \cdot T_{V,n}(V)(t_o - t_{Re}) \quad \dots(4-1)$$

ここで、  
 $U_{DS,n}(V) = \phi_{O,R} + \phi_{C,R} \cdot T_{O,n}(V) + \phi_{C,R} \cdot T_{V,n}(V) \quad \dots(4-2)$

$$U_{AFW,n}(V) = \phi_{O,R} + \phi_{C,R} \cdot T_{O,n}(V) \quad \dots(4-3)$$

とおく。ダブルスキンの場合、式(4-1)は、

$$HG_{T,n} = U_{AFW,n}(V)(t_{Oe} - t_{Re}) + (U_{DS,n}(V) - U_{AFW,n}(V))(t_o - t_{Re}) = U_{DS,n}(V)(t_o - t_{Re}) + U_{AFW,n}(V)(t_{Oe} - t_o) = U_{DS,n}(V)\{t_o + \frac{U_{AFW,n}(V)}{U_{DS,n}(V)}(t_{Oe} - t_o) - t_{Re}\} \quad \dots(4-4)$$

となる。  $t_{Oe} - t_o = -\varepsilon_o R_o / h_o$  であるので、式(4-4)は、表1式(1-6)、(1-7)を表している。

●ダブルスキン熱貫流率  
 ダブルスキン熱貫流率  $U_{DS,n}(V)$  は、式(4-2)および表3式(3-3)、(3-5)より、

$$U_{DS,n}(V) = \phi_{O,R} + \frac{1 - r(V)^n}{K_{DS}(V)(1 - r(V))} \phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R} + \phi_{C,R} \cdot r(V)^n \quad \dots(4-5)$$

$V=0$  のとき、表3式(3-7)より  $r(0)=0$  であるので、

$$U_{DS,n}(0) = \phi_{O,R} + \frac{1 - r(0)^n}{K_C(0)(1 - r(0))} \phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R} + \phi_{C,R} \cdot r(0)^n = \phi_{O,R} + \frac{\phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R}}{K_C(0)} \quad \dots(4-6)$$

ここで、  
 $\Delta U_{DS,n}(V) = U_{DS,n}(V) - U_{DS,n}(0) \quad \dots(4-7)$

とおく。表3式(3-7)、(3-8)より、 $K_C(0) / K_C(V) = 1 - r(V)$  であるので、

$$\Delta U_{DS,n}(V) = \phi_{O,R} + \frac{1 - r(V)^n}{K_C(V)\{1 - r(V)\}} \phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R} + \phi_{C,R} \cdot r(V)^n - \phi_{O,R} - \frac{\phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R}}{K_C(0)} = \frac{\phi_{O,C} \cdot \phi_{C,R}}{K_C(0)} \left\{ \frac{K_C(0)}{K_C(V)} \cdot \frac{1 - r(V)^n}{1 - r(V)} - 1 \right\} + \phi_{C,R} \cdot r(V)^n = \left\{ 1 - \frac{\phi_{O,C}}{K_C(0)} \right\} \phi_{C,R} \cdot r(V)^n \quad \dots(4-8)$$

となる。  $V \rightarrow \infty$  のとき、 $r(\infty)=1$  であるので、

$$\Delta U_{DS,n}(\infty) = \left\{ 1 - \frac{\phi_{O,C}}{K_C(0)} \right\} \phi_{C,R} \quad \dots(4-9)$$

である。式(4-7)~(4-9)より、

$$U_{DS,n}(V) = U_{DS,n}(0) + \Delta U_{DS,n}(V) = U_{DS,n}(0) + \Delta U_{DS,n}(\infty) \cdot r(V)^n \quad \dots(4-10)$$

となる。式(4-10)、(4-6)、(4-8)において、 $U_{DS,n}(0)=U$ 、 $\Delta U_{DS,n}(\infty)=\Delta U_{DS}$ 、 $K_C(0)=K_C$  と置き換えると、表1式(1-1)、表2式(2-1)、(2-2)と一致する。

【記号】表1~3を参照。

アイル角は30°とする。⑤室内側に壁のあるダブルスキンの熱性能も便宜的に推定可能なデータを用意する。

データベース化が必要なものは、非通気時の特性として、①熱貫流率  $U$ 、②窓内対流熱取得係数  $K_C$ 、③外気温、室温に対する窓内空気温度の重み係数  $T_O$ 、 $T_R$ 、④長波放射成分係数  $k_{LR}$ 、⑤日射熱取得率  $\eta$ 、⑥透過率  $\tau$ 、⑦窓面日射量に対する窓内空気温度の重み係数  $T_{SR}$ がある。通気時の特性としては、①ダブルスキンおよび AFW の熱貫流率極限変化量  $\Delta U$ 、②日射熱取得率極限変化量  $\Delta \eta$ である。これらの特性値を、図3に示すように、室内側が全面ガラス、全面ブラインド付きガラス（ブラインド日射吸収率は0.3、0.5、0.7の3種）、全面壁の計5タイプについて、ガラス種を種々変更させて整備する。ガラス種については、近年ダブルスキンで主流となった内側複層ガラス、AFW で採用され始めた外側複層ガラスの特性値も用意する。

### 3. 室内側壁、グレーチングの考慮法

室内側に窓と壁があるときのダブルスキン熱性能値は、簡単に、室内側が全面窓、全面壁の熱性能値を室内側の窓、壁面積率で加重平均した値と考える。室内側窓からの単位面積当たり熱取得は、全面窓の熱性能値を用いて算定する。室内側壁からの単位面積当たり熱取得の推定は、表5に示す2通りの方法がある。(I)の方法は、ダブルスキン側相当温度を用いる方法であり、プログラム化する場合に適して、壁の非定常計算も可能である。既存の熱負荷計算プログラムを使用する場合は、平均的な風量を想定したときのダブルスキンの熱性能と同等の熱性能をもつ一般窓、一般外壁に置き換えて入力する。表5(II)の方法は、そのときに利用できる一般外壁への置換法である。

室内側全面窓のときのグレーチング日除け効果は、ブラインド非使用時に明瞭であるのに対して、ブラインド使用時にはそれほどではなくグレーチング有無による日射熱取得率や透過率の差は小さい。そこで、グレーチングの日除け効果を考慮したい場合は、ブラインド非使用時の室内側ガラスの日影面をブラインド使用面と置き換える。グレーチングによる室内側壁の影の影響の考慮法は別途検討が必要である。

### 4. 結

ダブルスキン、AFW に共通利用できる簡単な熱性能推定式を提案し、推定のためにデータベース化が必要な特性値を整理した。今後は、入射角条件が異なる場合の  $\Delta \eta$  の補正法、グレーチングの日除け効果の考慮法とその誤差把握などがある。

#### 【謝辞】

本報の一部は、科研費補助金 24560709 による。また、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員

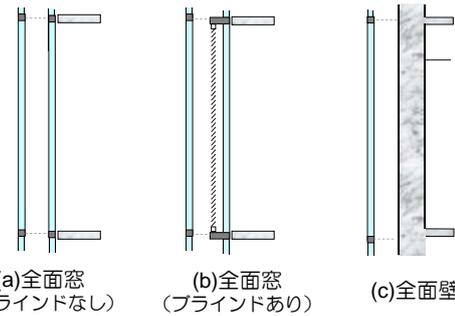


図3 データベース化のためのインナースキン分類

表5 ダブルスキンの室内側壁からの熱取得計算式

#### (I) 窓内相当温度を用いる方法

窓内相当温度  $t_{e,n}(V)$  [°C]を用いて壁からの熱取得  $HG_{w,n}(V)$  [W/m<sup>2</sup>]を次式で求める。定常状態の式を示したが、非定常計算も可能である。

$$HG_{w,n}(V) = U_{iw}(t_{e,n}(V) - t_{Re}) \quad \dots(5-1)$$

と表す。 $t_{e,n}(V)$ は室内側全面基準壁のときの値に等しいものとする。

$$t_{e,n}(V) = \frac{1}{U_{iw0}} \{U_{DS0,n}(V)(t'_{Oe} - t_{Re}) + \eta_{0,n}(V) \cdot I\} + t_{Re} \quad \dots(5-2)$$

#### (II) 一般外壁に置換する方法

室内側壁を熱貫流率  $U_{w,n}(V)$  [W/m<sup>2</sup> K]、外表面の換算日射吸収率が  $a'_n(V)$  [-]、換算放射率  $\varepsilon'_n(V)$  [-]の外壁に置換し、 $HG_{w,n}(V)$  [W/m<sup>2</sup>]を次式で求める。

$$HG_{w,n}(V) = U_{w,n}(V)(SAT - t_{Re}) \quad \dots(5-3)$$

$$SAT = t_o + \frac{\varepsilon'_n(V) \cdot R_o}{h_o} + \frac{a'_n(V) \cdot I}{h_o} \quad \dots(5-4)$$

$$U_{w,n}(V) = \left( \frac{1}{U_{DS0,n}(V)} - \frac{1}{U_{iw0}} + \frac{1}{U_{iw}} \right)^{-1} \quad \dots(5-5)$$

$$a'_n(V) = \frac{h_o \cdot \eta_{0,n}(V)}{U_{DS0,n}(V)} \quad \dots(5-4) \quad \varepsilon'_n(V) = \frac{U_{AFW0,n}(V)}{U_{DS0,n}(V)} \varepsilon_o \quad \dots(5-6)$$

【記号】  $t_o$ 、 $t'_{Oe}$ 、 $t_{Re}$ ：外気温、室外側修正相当温度、室内側相当温度 [°C]、 $I$ 、 $R_o$ ：外ガラス面日射量、夜間放射量 [W/m<sup>2</sup>]、 $U_{iw}$ 、 $U_{iw0}$ ：対象壁、基準壁の熱貫流率(室内から窓内空間まで) [W/m<sup>2</sup> K]、 $U_{DS0,n}(V)$ 、 $\eta_{0,n}(V)$ ：室内側全面基準壁の場合のダブルスキン熱貫流率 [W/m<sup>2</sup> K]、日射熱取得率 [-]、 $h_o$ ：外表面総合熱伝達率 [W/m<sup>2</sup> K]、 $U_{AFW0,n}(V)$ ：室内側全面基準壁の場合の AFW 熱貫流率 [W/m<sup>2</sup> K]

長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、統合化 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。主査：石野久彌(首都大学東京名誉教授、委員：一ノ瀬雅之(首都大学東京)、大西晴史(関電工)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、木下泰斗(日本板硝子)、木本慶介(大林組)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤 ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境設備事務所)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、野原文男、長谷川巖、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設計)、保木栄治(東京電力)、柳井崇、品川浩一(以上、日本設計)、事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

#### 【文献】

1) 郡・石野・長井・村上：建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第27報、日本建築学会大会学術講演梗概集、2011.8 2) 郡・野・長井・村上：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その80)、pp.1683-1690、2011.9 3) 郡・石野：熱負荷計算のための窓熱性能値に関する研究、日本建築学会環境系論文集 No.600、pp.39-44、2006.2