

HASP の非定常熱負荷計算

(3) 理論・基本編

非定常熱負荷計算の解説書や文献や資料は世の中に沢山あります。しかし、読んでも理論を理解することはなかなか難しく、理解してもこれをプログラミングするとなるとアルゴリズム（解法手順のこと）がややこしく、超えなければならないハードルが多々あります。本編は、理論と実際の橋渡しをすることを目的として、HASP ではどのように解いているかを、具体的にかつ分かりやすく解説していきます。

(3)理論・基本編では前半の熱取得までを取り上げます。(4)理論・応答係数編では後半の連続冷房負荷・除去熱量・応答係数の求め方などを取り上げます。

<目次>

0. はじめに	／定常と非定常／手計算と非定常の熱負荷計算／熱取得と熱負荷	1
	／プログラム言語／HASP の単位系	2
1. 太陽位置の計算	／緯度と経度と時差／HASP の太陽位置の計算日／太陽赤緯と均時差	3
	／時角と太陽高度・太陽方位角／直達日射の入射角／ガラスの入射角特性	4
2. 形態係数と影の計算	／底と隣接建物を考慮した天空と地物の形態係数	5
	／底と隣接建物による直達日射の日照面積率	6
3. 気象データ	／has 気象データと hasH の気象データフォーマット	8
	／カレンダー情報／気象データの単位変換	8, 9
	／ACLD_HEX60 の時間区と分気象データの補間	9
4. 窓ガラスの貫流熱取得と日射熱取得	／ガラスの品種と品番／ブラインドの開閉による U 値・SC 値	10
	／AFW と PPW の場合の補正值 (NewHASP の機能)	10
	／U 値と SCC・SCR の%値 (NewHASP の機能)	11
	／窓の温度差による熱取得の長波放射の比率 KLR (NewHASP の機能)	11
	／窓ガラスの貫流熱取得／窓ガラスの日射熱取得	12
	／窓ガラスの熱取得 HG を求める手順	13
5. 昼光利用	／昼光利用に係わる入力データ／<SAPC>と<WNDW>で決まる室の形状と反射率	14
	／日射量から照度への変換／消灯率	14
6. 外壁	／不透明な壁体の日射熱の扱い (SAT の考え方)／内外の表面熱伝達の層	15
	／HASP の外壁の貫流熱／植栽の扱い (NewHASP の機能)	16
	／外壁の熱取得 HG を求める手順	17
7. 内壁・接地壁・異形部材	／熱容量の役割／接地壁の土の層と異形部材の変形	18
	／内外の表面熱伝達の層と境界温度	18
	／接地壁と異形部材の境界温度と熱取得／内壁の熱取得	19
8. 空気線図	／HASP の空気線図の基本関数: SATX／相対湿度から絶対湿度への変換	20
9. 隙間風の計算	／風圧の求め方／温度差換気の浮力	21, 22
	／隙間風量の求め方 (クラック法と換気回数法)／隙間風の熱取得	22
10. 内部発熱 人・照明・機器		23
10-1 人からの熱取得	／在室人員と在室率／全発熱量／室温と顕熱: 潜熱比／熱取得の計算	23
10-2 照明からの熱取得	／照明器具のタイプと重み係数／照明器具とランプと照明量	24
	／使用率／昼光利用による消灯率／熱取得	24
10-3 機器からの熱取得	／機器発熱の入力データ／使用率／機器による熱取得	25

※ ACLD_HEX60 と NewHASP の結果の差異の原因・差異の解 ⇒ 解説書(5) 補足編
※ ピーク計算の N 方式と A 方式の結果が一致する場合としない場合 ⇒ 解説書(5) 補足編
※ 簡易輻射温度 (MRT) の計算 ⇒ 解説書(5) 補足編

本解説書は、次の(0)～(5)編の全6編からなります。(細部を見直し Ver. 2025-1110 としてあります)

(0) 導入編	Ver. 2025-1110
(1) 実行編	Ver. 2025-1110
(2) 入力編	Ver. 2025-1110
(3) 理論・基本編	Ver. 2025-1110
(4) 理論・熱応答編	Ver. 2025-1110
(5) 補足編	Ver. 2025-1110

本解説書は、次のプログラムに基づいて執筆しています。(細部を見直し Ver. 2025-1015 としてあります)

ACLD_HEX60_InputSheet. xlsx	Ver. 2025-1015
HASP_input60. exe	Ver. 2025-1015
ACLD_HEX60. exe	Ver. 2025-1015
HASP_zone60. exe	Ver. 2025-1015
4 つの Graph. xlsx	Ver. 2025-1015
NewHASP_3_InputSheet. xlsx	Ver. 2025-1015
NewHASP_3. exe	Ver. 2025-1015

<参考資料>

イ) SHASE 雑誌講座動的熱負荷計算法. pdf	⇒ (DATA¥Reference¥)
ロ) 空調設備の動的熱負荷計算入門. pdf	⇒ (DATA¥Reference¥)
ハ) HASP-ACLD-8501 解説. pdf	⇒ (HASP¥HASP-ACLD-8501¥Doc¥)
ニ) HASP-ACLD-8501 プログラミングメモ. pdf	⇒ (HASP¥HASP-ACLD-8501¥Develop¥Note¥)
ホ) NewHASP アルゴリズム. pdf	⇒ (HASP¥NewHASP-ACLD¥Develop¥Note¥)
ヘ) NewHASPACLD 操作マニュアル. pdf	⇒ (HASP¥NewHASP-ACLD¥Doc¥)

<本解説書の執筆者>

猪岡達夫 (元日建設計、元中部大学教授)

O. はじめに

HASP/ACLD/8501 が作られたのは 1985 年です。わずか 2000 行足らずのプログラムですが非定常熱負荷計算に必要なほとんどの内容が組み込まれています。

当時のコンピュータの能力は現在よりも遙かに小さく、少ないメモリーで無駄な計算をしないように色々工夫されています。このためにプログラムの解説はやや難しい面もありますが、理論式が素直に記述されており、非定常熱負荷計算の原理やプログラムの勉強をするための良い教材になっています。

1) 定常と非定常

定常とは“変化しない”とか“安定している”状態をいいます。一方、非定常は、時間的に変化することや時間遅れを伴う熱の流れなど、定常ではない事象を扱います。

例えば、気温や湿度や日射などの気象条件は時々刻々変化しています。人や照明や機器も使い方も一様ではありません。空調も運転したり停止したりします。このために熱負荷は様々な要因が絡み合って複雑に変化します。室の温湿度も同様に変化します。このような変化を扱うのが非定常です。

2) 手計算と非定常の熱負荷計算

手計算法は定常熱負荷計算です。手計算でも朝・昼・午後の 1 日 3 回くらい計算しますが、だからと言って非定常ではありません。単に朝 10 時の定常状態と、昼 14 時の定常状態と、午後 16 時の定常状態の 3 回計算しているだけです。

手計算法でも、例外的に非定常的な手法を取り入れている部分があります。外壁の ETD（実効温度差）のことで、熱容量の大きいコンクリート壁を定常で扱うのはさすがに無理があるので、ここだけ非定常熱負荷計算の力を借りています。非定常で 24 時間周期の熱負荷を求め、これを時間毎の温度差（ETD）に逆算しているのです。ETD を使うことで定常と同じ式が使え、擬似的ですが非定常の熱負荷計算をしています。

3) 熱取得と熱負荷

初めに、熱負荷計算に関わる用語を簡単に説明しておきます。

非定常熱負荷計算では、励振 ⇒ 熱取得 ⇒ 連続空調負荷 ⇒ 除去熱量の順に計算を進めます。また、熱取得と熱負荷と除去熱量を厳密に区別します。

- ・**励振** (EX : Excitation) : 温度差・湿度差・日射量など熱負荷の元になるものをいいます。
- ・**熱取得** (HG : Heat Gain) : 建物内部に侵入した熱を言います。この段階はまだ熱負荷ではありません。窓から侵入した日射熱や前述の ETD は熱取得の段階です。熱取得には窓ガラスのように熱容量が小さく時間遅れを無視できるものもあれば、外壁など熱容量が大きいものは時間遅れを伴って熱取得になります。外壁等では、時間遅れを伴う熱取得を計算するのに応答係数 (Response Factor) を用います。
- ・**連続空調負荷** (CL : Cooling Load) : 非定常熱負荷計算で熱負荷とは室内の空気に伝えられた熱を言います。熱取得のうち対流成分は直ちに熱負荷となります。一方、輻射成分は室内各面で相互輻射され、この過程の中で、時間遅れを伴って対流成分が熱負荷となり、輻射成分は更に遅れて熱負荷になります。連続空調負荷の計算では、室温湿度は一定条件に維持された状態として計算します。また、Cooling Load と言いますが、+の熱なら冷房負荷、-に熱なら暖房負荷です。
- ・**除去熱量** (HE : Heat Extraction) : 空調は運転と停止を繰り返します。このために室温湿度は変動します。運転中であっても熱負荷が空調装置の能力（装置容量と言います）を超える時も室温湿度は変動します。室温湿度が変動すると、それが熱となって建物躯体に蓄熱され、時間遅れを伴って室内に再放熱されますが、これが蓄熱負荷です。このように空調の運転時間や能力などの条件を加えて、実際に空調装置が処理する熱負荷が除去熱量です。

励振から連続空調負荷までが非定常熱負荷計算の前半部分です。連続空調負荷は純粋な建物の熱負荷と言えます。HASP/ACLD/8501 では連続空調負荷までの計算をします。後半の除去熱量の計算機能を加えたのが、ACLD_HEX60 であり NewHASP/ACLD です。

本編の(3)理論・基礎編では、励振から熱取得までを解説します。連続空調負荷から除去熱量は(4)理論・熱応答編で解説します。また、応答係数の求め方についても(4)理論・応答係数編で解説します。

4) プログラム言語

HASP は FORTRAN 言語で記述されています。また単位は SE 単位で記述されています。

<演算式> 本編の中で、数式が頻繁に出てきますが、

一般式や公式は Mathtype で記述し、

HASP の式の説明では、フォントも変え、FORTRAN 言語の書き方で記述しています。

公式の記述例

$$\sin H = \sin D \cdot \sin L + \cos D \cdot \cos L \cdot \cos T$$

HASP のプログラムでの式の記述例

$$SH = SS + CC * \cos T$$

演算子：“*” は乗算、“**” はべき乗を表します。“SQRT” は平方根の関数です。

コンピュータでは整数と実数を区別します。

1+2-3*4/5**2 は実数計算なら 2.52 ですが、

この場合は整数式なので小数は切り捨てられ、結果は 3 です。(2 ではありません)

“=” の意味： コンピュータの言語で “=” は左辺の変数に新たな値を保存する意味です。

例 C = A+B は、A+B の結果を、左辺の C の値にするという意味です。

例 K = K+1 は K に 1 を加えた結果を新たな K にするという意味です。

<変数名> HASP では “X(155)” のように、配列 “X” とポインタで表されているので、配列表がないと理解できないと思います。そこで、本編で式を記述する場合、“T0” のように分かりやすい変数名に変更しています。

元の HASP の式 EXC1 = WD(1, J) - X(155) - WD(5, J) * X(L+12)

本編での記述 EX = T0 - TB - JNT * (ε / αo)

5) HASP の単位系

HASP のプログラムは重力単位系 (SE 単位) で記述されています。

現在の ACLD_HEX60 や NewHASP/ACLD では、入力データは SI 単位に変更されていますが、

プログラムの中の計算は元の SE 単位のままです。従って、入力データを読み込むと同時に SE 単位に変換され、計算は全て SE 単位で処理されます。

なお、結果を出力する時に、SE 単位から SI 単位に変換されます。

SE 単位と SI 単位で係数や定数が異なることがありますが、本編では、併記したり、注釈を加えるようにしています。

1. 太陽位置の計算

・〈BUIL〉で緯度 LAT [°]、経度 LON [°]、時差 UTC [h] を入力します。なお、hasH 気象データの場合は、これらの情報は気象データファイルの先頭行から自動的に読み込まれます。(⇒3 気象データ)

1) 緯度と経度と時差

- ・緯度 LAT は北緯の場合が+で南緯では-、経度 LON は東経の場合が+で西経では-です。
- ・緯度は読み込んだあと直ちに、sin、cos に変換します。(* はコンピュータでは掛け算の演算子)

$$SL = \sin(LAT * \text{rad}), CL = \cos(LAT * \text{rad})$$
 (SL と CL は変数として HASP では頻繁に使います)
 なお、 $\text{rad} = 3.14159/180 = 0.0174533$ (0.0174533 は [°] を [rad] への換算係数で、HASP では固定値)
- ・時差： 経度 LON [°] と時差 DT [h] から、標準時との時間差 DT [h] を計算します。

$$DT = LON / 15. - UTC$$

2) HASP の太陽位置の計算日

- ・太陽位置を計算する日は、元々の HASP/ACLD/8501 や旧版の NewHASP/ACLD では N=7 日毎の固定でした。
 なお、ACLD_HEX60 と新版の NewHASP/ACLD、NewHASP_3 では N = 1~7 日毎の任意の間隔が選べます。
- ・太陽位置を計算する日は 1 月 1 日を起点日として、以下を計算日と代表日とします。
 - ・N = 7 の場合、計算日 1/1 (代表日 1/4)、計算日 1/8 (代表日 1/11)、計算日 1/15 (代表日 1/18) ……
 - ・N = 6 の場合、計算日 1/1 (代表日 1/3)、計算日 1/7 (代表日 1/9)、計算日 1/13 (代表日 1/15) ……
 - ・N = 5 の場合、計算日 1/1 (代表日 1/3)、計算日 1/6 (代表日 1/8)、計算日 1/11 (代表日 1/13) ……
 ※年間計算を途中から開始する場合は、開始日で計算し、あとは上記の年通日に従って計算します。
 ※年通日は 1/1 を起点日の 1 日とし、12/31 を 365 日とする日のことです。
- ・HASP では月 (MON), 日 (IDY) を引数として、年通日に換算します。
 元の HASP/ACLD/8501 では、下記の関数で年通日を計算していました。

$$NDATE(MON, IDY) = INT(30.57 * MON - 31.06 - SIGN(1, MON - 3) + IDY)$$
 (これだと、閏年の 2/29 と 3/1 が同じ年通日になります)
 元々の HASP/ACLD/8501 は標準年気象データ、つまり平年での計算なので問題ありませんでした。
- ・NewHASP/ACLD では実在年を扱うことが想定されています。このため、NewHASP/ACLD や NewHASP_3 では閏年に対応できるように修正されています。
 また、ACLD_HEX60 でも閏年に対応できるように修正されています。

3) 太陽赤緯と均時差

- ・太陽赤緯： 赤道上的の南中時の太陽高度の余角です。
 ※ 秋分~冬至~秋分の太陽赤緯は 0~90°、秋春分は 90°、春分~夏至~秋分は 90° ~です。
- ・均時差： 真太陽時と平均太陽時のズレです。2 月頃が最大で -15 分程、11 月頃が最大で +16 分程です。
 - ・HASP の太陽赤緯 DEC と均時差 et を求める式： ※ 単位に注意
 年通日を K とすると、公転上の位置 (角度) W [rad] は $W = 0.0171672 * K$ です。
 なお、0.0171672 は 1 日の角速度 [rad] で、 $2 * 3.14159 / 366 \approx 0.0171672$ です。
 太陽赤緯 DEC [°] $DEC = 0.362213 - 23.2476 * \cos(W + 0.153231) - 0.336891 * \cos(2 * W + 0.207099)$
 $\quad \quad \quad * -0.185265 * \cos(3 * W + 0.620129)$
 均時差 eqt [h] $eqt = -0.000279 + 0.122772 * \cos(W + 1.49831) - 0.165458 * \cos(2 * W - 1.26155)$
 $\quad \quad \quad * -0.005354 * \cos(3 * W - 1.1571)$
 - ・太陽赤緯は、直ちに三角関数に変換しておきます。
 $SD = \sin(DEC * \text{rad}), CD = \cos(DEC * \text{rad})$ なお、 $\text{rad} = 0.0174533$
 - ・また、緯度と太陽赤緯を組み合わせた形を作っておきます。(SS, SC, CS, CC は頻繁に使います)
 緯度×太陽高度 $SS = SL * SD, SC = SL * CD, CS = CL * SD, CC = CL * CD$

4) 時角と太陽高度・太陽方位角

- ・1日24時間分の時角 T と太陽高度 A と太陽方位角 H を求めます。

※ NewHASP では1～24時の正時で計算します。ACLD_HEX60 では1～24×nJHM 時分を計算します。

※ 元々の HASP では国内用に5～20時のみ計算していましたが、WEADAC で世界の気象データを扱うことになったことから、NewHASP/ACLD、NewHASP_3、ACLD_HEX60 では終日計算に変えました。

- ・時角 T： 時角とは、南の0°を基準に時計回りの角度をいいます。なお、HASP の時刻 J は平均太陽時なので、平均太陽時の時刻 J を真太陽時の時角 T に変換する必要があります。

$$T = 15 * (J + DT + eqt - 12) * \text{rad} \quad \text{ただし、rad} = 0.0174533$$

※ T [rad]：時角、DT [h]：標準時との時間差 (⇒1)、eqt [h]：均時差 (⇒3)

- ・太陽高度 H と太陽方位角 A の一般的式： 色々な書き方がありますが、例えば下記のようにです。

$$\sin H = \sin D \cdot \sin L + \cos D \cdot \cos L \cdot \cos T$$

$$\cos H = \pm(1 - \sin^2 H)^{1/2}$$

$$\sin A = \cos D \cdot \sin T / \cos H$$

$$\cos A = (-\sin D \cdot \cos L + \cos D \cdot \sin L \cdot \cos T) / \cos H$$

- ・HASP の太陽高度と方位角の3つの式： HASP では次の3つを求めます。

$$\sin H \quad \quad \quad SH = SS + CC * \cos T$$

$$\cos H \cdot \sin A \quad \quad \quad CHSA = CD * \sin T$$

$$\cos H \cdot \cos A \quad \quad \quad CHCA = -CS + SC * \cos T$$

※ SH と CHSA と CHCA の3つがあればほとんどの計算ができます。SH は一般的な式と同じですが、CHSA と CHCA は曲面三角法から直接的に得られる形なので、バラバラに求めるよりも簡単で使い易い形です。

5) 直達日射の入射角

- ・<EXPS>で、面の方位角を AW [°] と面の傾角を TW [°] を入力します。

- ・AW、TW は直ちに sin、cos にしておきます。

$$SA = \sin(AW * \text{rad}), \quad CA = \cos(AW * \text{rad}), \quad ST = \sin(TW * \text{rad}), \quad CT = \cos(TW * \text{rad})$$

$$SAST = SA * ST, \quad SACT = SA * CT, \quad CAST = CA * ST, \quad CACT = CA * CT$$

- ・各面の直達日射の入射角 I を求めます。

<入射角 I を求める一般式> 次のようです。

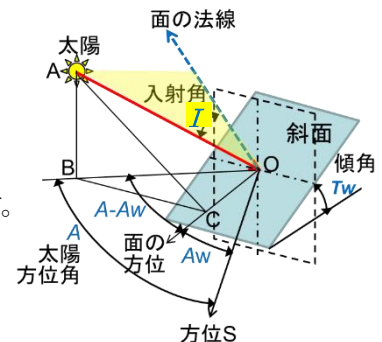
$$\text{・傾斜面では} \quad \cos I = \sin H \cos T_w + \cos H \sin T_w \cos(A - A_w)$$

※ 垂直壁なら $\cos T_w = 0, \sin T_w = 1$ なので $\cos I = \cos H \cos(A - A_w)$

<HASP の入射角 I を求める式>

- ・一般式と同じですが、4) で作った SH、CHSA、CHCA などを利用します。

$$\cos I = SH * CT + CHCA * CAST + CHSA * SAST$$



6) ガラスの入射角特性

<直達日射の入射角特性を求める一般的式> $\cos I$ の7次式です。

$$Gi = 2.392 \cos I - 3.8636 \cos^3 I + 3.7568 \cos^5 I - 1.3985 \cos^7 I$$

<HASP の直達日射の入射角特性の関数>

$$Z = \cos^2 I$$

$$GF(Z) = Z * (2.392 + Z * (-3.8636 + Z * (3.7568 - Z * 1.3952)))$$

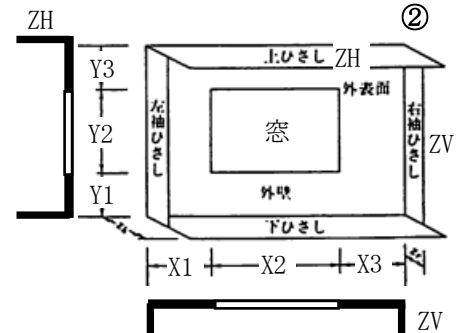
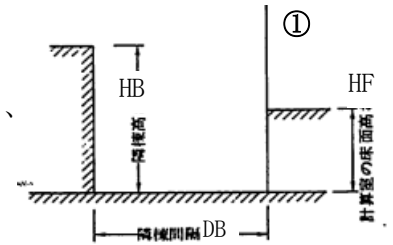
※ $\cos^2 I$ が引数で、全体で $\cos I$ の8次式になっています。これは外皮面での直達日射量を求める時に法線面直達日射× $\cos I$ とするので、 $\cos I$ を入射角特性の GF の関数に予め組み込んでいるのです。

<天空日射などの一様拡散の入射角特性> $G_d = 2 \int_0^{\pi/2} Gi \cdot \cos I \cdot \sin I \cdot dI \approx 0.808$

- ・HASP では 0.808 を定数として使っています。

2. 形態係数と影の計算

- HASP のオプションとして、〈EXPS〉で①隣棟建物（高さ HB と距離 DB）と、②底の寸法（ZH, Y1, Y2, Y3, ZV, X1, X2, X3）を設定できます。
また、〈SPAC〉で、室の床面高さ HF ①を設定します。
- HASP の影の計算は、プログラムのあちこちに分散していて分かりにくいですが、
 - 入力データで直ぐに決まること（散乱光の形態係数など）、
 - 年間計算になって決まること（直達光の日照面積率）
 など、計算順序に従って処理しています。

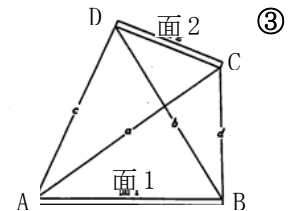


2-1 底と隣接建物を考慮した天空と地物の形態係数

- 形態係数を 3 次元で扱うと煩雑になりすぎるので、HASP では 2 次元で扱い、組み合わせて用いています。

1) 上底と袖底の形態係数／〈EXPS〉の読み込み直後に決まること

- ③の台形 ABCD で、線分 AB から見る線分 CD の形態係数の公式は
(公式) $\psi_{AB,CD} = (\overline{AC} + \overline{BD} - \overline{AD} - \overline{BC}) / (2 \times \overline{AB})$ です。
- これを用いて、垂直方向は外皮 (Y2+Y3) から見る上底 (Zh) の形態係数 $\phi 1$ と、水平方向は外皮 (X1+X2+X3) から見る左右の袖底 (ZV) の形態係数 $\phi 4$ を求めます。

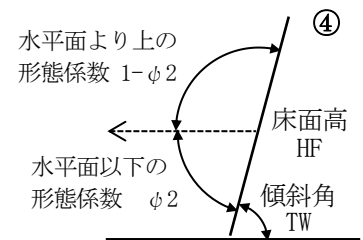


$$\phi 1 = (Y2 + Y3 + ZH - \sqrt{(Y2 + Y3)^2 + ZH^2}) / (2(Y2 + Y3))$$

$$\phi 4 = (X1 + X2 + X3 + ZV - \sqrt{(X1 + X2 + X3)^2 + ZV^2}) / (2(X1 + X2 + X3))$$

※ 水平底は独立でなく、左右に伸びた連続底を想定しています。

※ 下底は無視し地面の形態係数に含まれるものします。



2) 隣接建物による空と地物の形態係数／〈SPAC〉の〈WNDW〉〈OWAL〉で決まること

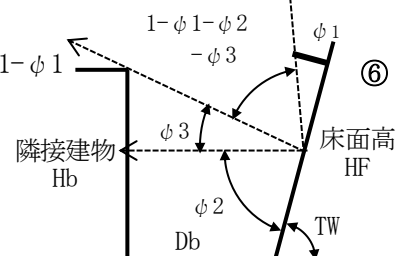
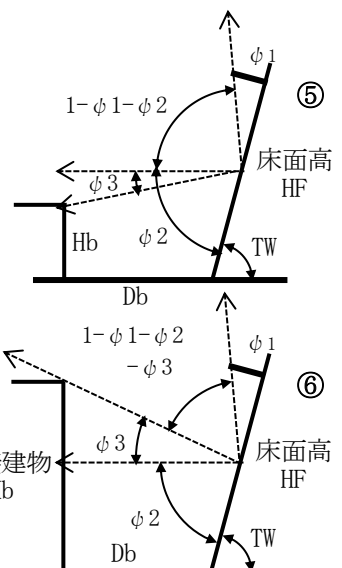
- 隣接建物がある場合は、〈SPAC〉の床面高 HF [m] を代表高さとして、隣接建物の高さ Hb [m] と距離 Db [m] により形態係数を求めます。
- ④と⑤で、水平面より下の形態係数は $\phi 2 = (1 - \cos TW) / 2$ です。
床面高さから見る隣接建物の高低差 Hb-HF 部分の形態係数は

$$\phi 3 = (1 - (DB \cdot \cos TW - (Hb - HF) \cdot \sin TW) / \sqrt{DB^2 + (Hb - HF)^2}) / 2.$$

※ $\phi 3$ は Hb-HF によって正または負の値になります。

- 地物と空の形態係数は ⑤と⑥: $\phi g = \phi 2 + \phi 3$, $\phi s = 1 - \phi 1 - \phi g$
 - 隣接建物が非常に高い場合 $\phi 1 + \phi 2 + \phi 3 > 1$ となるので $\phi s = 0$, $\phi g = 1 - \phi 1$
- ※ 隣接建物と地面の反射率は共通として、形態係数 $\phi g'$ にまとめます。

$$\phi g' = \phi g + \phi b \quad (\text{以下では } \phi g' \Rightarrow \phi g \text{ として用います})$$



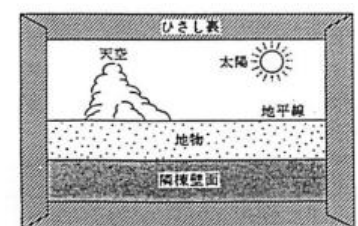
3) 袖底による補正／〈SPAC〉の〈WNDW〉〈OWAL〉で決まること

- 先の空 ϕs と地物 ϕg の形態係数を袖壁の形態係数 $\phi 4$ で補正します。

$$\phi g' = \phi g * (1 - \phi 4), \quad \phi s' = \phi s * (1 - \phi 4)$$

(以下では $\phi g' \Rightarrow \phi g$, $\phi s' \Rightarrow \phi s$ として用います)

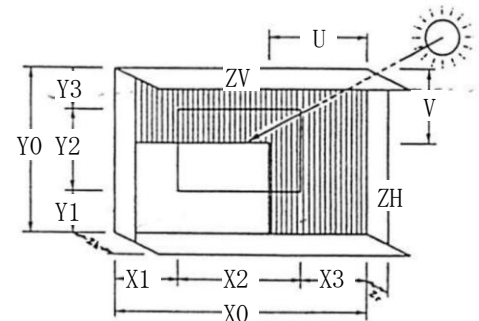
- 外皮から見る形態係数は右の ⑦ のようになります。



⑦ 外表面から外部諸物体の見え方

2-2 庇と隣接建物による直達日射の日照面積率 / 計算実行中に決まること

- 直達日射の日照面積率（窓 ζg と壁 ζw ）を求めるのですが、先ず右下図の<EXPS>の庇による日照面積率を求めます。その後で、<SPAC>の床面高における隣接建物による直達日射の有無を<WNDW>と<OWAL>でチェックして、隣接建物によって直達日射が遮られていることが分かれば、日照面積率を0にします。



1) <EXPS> での 日照面積率の計算

- 太陽の入射角 $\cos I$ (1章の5)で示しましたが、再掲します)

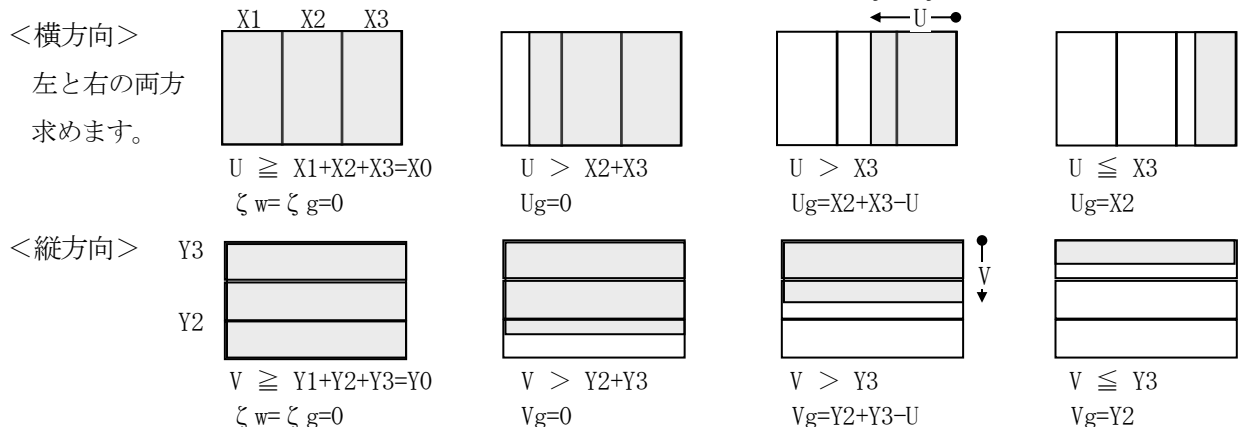
$$\cos I = SH * CT + CHCA * CAST + CHSA * SAST$$
- $\cos I \leq 0$ ならば直達日射なしで、日照面積率 $\zeta g = \zeta w = 0$
- $\cos I > 0$ 直達日射ありで、かつ、隣接建物も庇も無い場合は、
 <OWAL>の日照面積率 $\zeta w = \cos I$... ζw には入射角 $\cos I$ を含めます。
 <WNDW>の日照面積率 $\zeta g = GF(\cos^2 I)$... ζw には入射角特性 $GF(\cos^2 I)$ を含めます。
 ※ 日照面積率に $\cos I$ やガラスの入射角特性 GF の値を含めるのは、後々の日射の計算で、これらを含めた計算をするので、予め組み込んでおきます。(プログラムの合理化を図るためです)
- $\cos I > 0$ 直達日射ありで、庇がある場合は、次の2)で庇による日照面積率を詳細に求めます。

2) <EXPS> での 直達日射ありの場合の庇による日照面積率

- 入射角 $\cos I$ の面での横成分 $CS = CHSA * CA - CHCA * SA$
 入射角 $\cos I$ の面での縦成分 $CC = SH * ST + CHCA * CACT + CHSA * SACT$
- 横方向の影の長さ $U = ZV * \text{abs}(CS) / \cos I$ ZV : 袖庇の出の長さ
 縦方向の影の長さ $V = ZH * \text{abs}(CC) / \cos I$ ZH : 上庇の出の長さ

※ 水平庇は独立庇ではなく、左右に伸びた連続庇を想定しています。

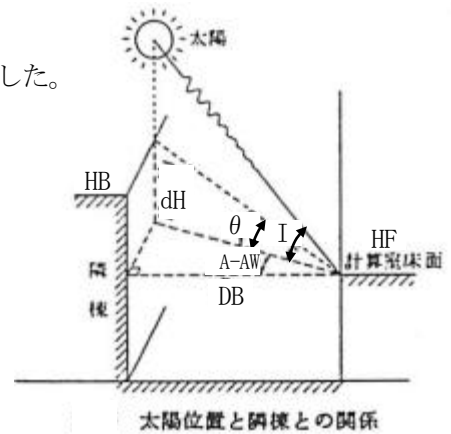
- U と V によってガラス部分の日照面積率 ζg と外壁部分の日照面積率 ζw を求めます。
 ・ $U > X1 + X2 + X3 - U$ または $V > Y1 + Y2 + Y3$ の場合は、全て影の $\zeta w = \zeta g = 0$ が確定です。



- 最後に、縦と横を掛け合わせ、かつ、入射角を考慮した日照面積率 ζw と ζg を求めます。
 - 日照面積 窓 $Sg = Ug * Vg$ 、 外壁 $Sw = (X1 + X2 + X3 - U) * (Y1 + Y2 + Y3 - V)$
 - 日照面積率 窓 $\zeta g = Ug * Vg / (X2 * Y2)$ 、 外壁 $\zeta w = (Sw - Sg) / (X0 * Y0)$
 - 窓<WNDW>の ξg $\xi g = GF(\cos^2 I) * \zeta g$ この ξg 、 ζg を窓ガラスの熱取得の計算で用います。
 - 外壁<OWAL>の ξw $\xi w = \cos I * \zeta w$ この ξw 、 ζw を外壁の熱取得の計算で用います。
- ※ ξw に入射角 $\cos I$ 、 ξg に入射角特性 $GF(\cos^2 I)$ を含めるところまでを<EXPS>で求めます。

3) <OWAL>と<WNDW>での 隣接建物による直達日射の有無の判定

- 先の 2) で、<EXPS>の庇による日照面積率 ζ_g , ζ_w , ξ_g , ξ_w が決まりました。
- 次に、隣接建物による直達日射の有無を判定します。
この判定では、建物側は<SPAC>の床面高さ HF を代表点とします。
- 個々の窓<WNDW>や外壁<OWAL>で引用する、方位<EXPS>の方位角 (AW) を隣接建物 (HB, DB) を利用しますが、あくまで代表点である<SPAC>の床面高さ HF における直達日射の有無での判定です。
- 直達日射がなければ、窓<WNDW>や外壁<OWAL>の日照面積率 $\zeta=0$, $\xi=0$ とし、直達日射があれば先の 2) で求めた ζ や ξ を使います。



- 先ず、床面高 HF での入射角で判断します。

※ 直達日射の有無の判別なので、面の方位角 (AW) だけを用います。

- 入射角 $\cos I' = \text{CHCA} * \text{CA} + \text{CHSA} * \text{SA}$ なお、 $\text{CA} = \cos \text{AW}$, $\text{SA} = \sin \text{AW}$
 $\cos I' \leq 0$ ならば 直達日射なし。よって、 $\zeta_g = \zeta_w = \xi_g = \xi_w = 0$ が確定です。
 $\cos I' > 0$ ならば 直達日射ありの可能性があり、つぎのステップに進みます。
- 隣棟の影響 $\cos \theta = (\text{HB} - \text{HF}) * \text{CA} / \text{DB} + \text{CHSA} * \text{SA} / \text{DB}$
 $\cos \theta > \cos I'$ ならば 隣接建物で直達日射なし。 $\zeta_g = \zeta_w = \xi_g = \xi_w = 0$ が確定です。
 $\cos \theta \leq \cos I'$ ならば 直達日射ありです。

先の 2) の ζ_g , ζ_w , ξ_g , ξ_w を計算に用います。

※ 参考) 直達日射の有無だけなら、太陽のプロファイル角と隣接建物の仰角で考えるのがより簡単です。

太陽のプロファイル角 $\tan \text{Ps} = \text{SH} / \cos I'$ なお、 $\text{SH} = \sin H$ (太陽高度)

隣接建物の仰角 $\tan \text{Pb} = (\text{Hb} - \text{Hf}) / \text{DB}$

$\tan \text{Pb} \leq \tan I'$ ならば 直達日射あり

$\tan \text{Pb} > \tan I'$ ならば 隣接建物の影になり、直達日射なし

プロファイル角とは、太陽を真横から見たときの高度 (仰角) です。

3. 気象データ

1) has 気象データと hasH 気象データのフォーマット

＜has 気象データ＞ 旧来の形式の気象データ／ファイル名の拡張子が “.has”

・例： 546548550553555557558559562562569571564560557553557567572580589587587559 0 1 101
 27 28 28 28 29 29 29 31 31 33 32 39 41 44 45 46 45 44 41 40 38 33 40 0 1 112
 0 1 113
 0 0 0 0 0 0 1 12 21 32 36 23 15 8 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 114
 27 24 21 18 15 13 11 10 9 9 10 10 10 6 6 6 6 5 6 7 6 7 8 7 0 1 115
 14 15 15 15 15 16 15 1 16 16 15 16 2 16 16 15 15 16 15 15 15 15 14 0 0 1 116
 11 11 11 11 11 11 16 5 11 5 11 11 11 16 16 22 27 16 27 27 27 22 16 0 0 1 117

＜hasH 気象データ＞ 新しい形式の気象データ／ファイル名の拡張子が “.hasH”

- ・先頭行のヘッダーに気象データにかかわる情報が格納されています。
- ・先頭行の 1 カラム目の “*” によって hasH 気象データであると識別します。

・例： * EA_RY 0110 10kJ LNR 4 3630 Japan Tokyo 35413N 139455E T= 9.00 H= 6 P VH= 250
 38 36 29 32 30 24 21 22 35 54 65 79 82 81 76 72 62 55 47 41 36 31 27 2906 1 101
 30 32 32 34 34 36 36 32 33 31 29 28 23 22 21 21 20 20 20 19 20 19 19 1906 1 112
 0 0 0 0 0 0 0 51 254 316 312 309 303 269 141 9 0 0 0 0 0 0 0 006 1 113
 0 0 0 0 0 0 2 30 32 23 36 30 28 35 40 13 0 0 0 0 0 0 0 006 1 114
 28 28 28 27 28 29 30 32 35 36 37 38 40 40 40 32 32 33 33 34 33 34 34 3506 1 115
 4 16 1 16 1 15 1 15 15 16 15 15 15 15 16 15 16 16 16 16 16 15 1506 1 116
 25 11 17 25 22 22 15 46 38 46 31 22 38 53 46 31 31 31 46 31 38 38 38 3106 1 117

※上記はどちらも 東京・標準年・SI 単位の気象データですが、has は、1991～2001 年の平均年気象データで、hasH は 2001～2010 年の平均年気象データなので、個々の値には違いがあります。

※先頭行の意味

“EA_RY”	: 空衛学会方式の標準年 (RY)	WEADAC 気象データの場合は、“WEADAC”
“0110”	: 2001 年からの 10 年の平均年気象データ	1991 年からの 10 年平均なら “9100”
	: ピーク気象データの場合は “W 10” , “S100” など	
“10kJ”	: 日射量の単位が [10kJ/m ²]	重力単位の場合は “kcal” [kcal/m ²]
“LNR”	: 5 行目が長波放射量	全雲量の場合は “CA”
“4”	: 気象データの カラム数が 4	3 カラムなら “3”
“3630”	: 6 カラムの地点番号	
“Japan”	: 国名 (10 文字で打ち切り)	
“Tokyo”	: 地点名 (10 文字で打ち切り)	
“35413N”	: 緯度 (初めの 2 桁が度、次の 3 桁が分 (0.1 分単位)、最後の “N” は北緯)	
“139455E”	: 経度 (初めの 3 桁が度、次の 3 桁が分 (0.1 分単位)、最後の “E” は東経)	
“T= 9.00”	: 時差 [時間] (GMT:Greenwich mean time との時差)	
“H= 6”	: 標高 [m]	
“P”	: 日射直散分離法が Perez モデル	※ WEADAC は Udagawa モデルのなので “U”
“VH= 250”	: 風速測定 of 地表面からの高さ [0.1m 単位]	

2) カレンダー情報

- ・has 気象データでは 73～80 カラム、hasH 気象データでは 97～104 カラムがカレンダー情報です。
 - ・年月日 (各 2 カラム)、1～7 の曜日番号 (日～土に対応)、1～7 の番号 (DB, XG, … の気象値に対応)
- ・祝日の表示
 - ・has 気象データ: 各日の 1 行目の曜日番号が “0” の場合は祝日 (1995 年当時)
 - ・hasH 気象データ: 同上 (0110 の平均年は 2006 年、9100 の年平均は 1995 年のカレンダーです)
 - ・WEADAC 気象データ: 祝日の表記はありません。

※ACLD_HEX60 と NewHASP_3 では、曜日設定を一括設定できる機能が加わっています。

3) 気象データの単位変換

・気象データの読み込み値の整数 K を HASP では下記のように変換して使います。

- ①外気乾球温度 $T0$ [$^{\circ}\text{C}$] $T0=0.1*(K-500)$ ……has など 3 カラムデータの場合
 $T0=0.1*K$ ……hasH などの 4 カラムデータの場合
- ②外気絶対湿度 $X0$ [g/kg'] $X0=0.1*K$
- ③法線面直達日射量 JDN [kcal/hm^2] $JDN=K$ ……重力単位(SE)の kcal/hm^2 の場合
 $JDN=K*0.4186$ ……SI 単位の W/m^2 の場合は重力単位に変換します。
- ④水平面天空日射量 JSH [kcal/hm^2] $JSH=K$ または $JSH=K*0.4186$ ……同上
- ⑤夜間放射量 JNT [kcal/hm^2] $JNT=K$ または $JNT=K*0.4186$ ……同上
- ⑤が全雲量[全天比]の場合 K は、全天を 10 とするときの雲で覆われる比率 0~10 です。
 HASP では、これを Brunt の式によって水平面の夜間放射量 JNT [kcal/hm^2] に変換します。
 Brunt の式 $JNT= 4.88*(0.01*(T0+273.16))*4*(1.-0.062*K)*(0.49-2.1*\text{SQRT}(X0/(X0+622.)))$
- ⑥風向 WD 気象データは 16 方位で $NNE=1, NE=2\cdots S=8\cdots N=16, WD=0$ は無風
 方位角 Awd [$^{\circ}$] に変換 $AWD=(K-8)*360/16$ ……南を基準に時計回りの角度です。
- ⑦風速 WV [m/s] $WV=0.1*K$

4) ACLD_HEX60 の時間区分と気象データの補間

・ACLD_HEX60 は 60 分よりも短い時間間隔の計算ができますが、気象データは同じものを使います。
 従って、正時と正時の間の途中の気象データはプログラム内部で比例補間して作ります。

例： $JH=1\sim 24$ の正時の気象データの外気乾球温度を $T024(j)$ とします。

時間区分数が $nJhm$ で、 $i=0\sim nJhm-1$ の i 番目の時分の場合、

通しの時分は $J=(JH-1)*nJhm+i$ であり、内分比は $x=i/\text{float}(nJHM)$ です。

J 時分の外気乾球温度は $T0(J) = T024(JH-1)*(1-x) + x*T024(JH)$ となります。

※ 外気絶対湿度 $X0$ 、日射量 JDN 、 JSH 、夜間放射量 JNT も同様に補間します。

※ ACLD_HEX60 では、前日 24 時の気象データを当日 0 時の気象データとして保存しています。

・風向と風速の場合

・風向と風速については単純な比例補間ではなく、ベクトルに変換してから比例補間しています。

・ $JH=1\sim 24$ の正時の風向の方位を $AWD24(JH)$ 、風速を $WV24(JH)$ とします。

正時の風向風速のベクトルは 南北成分が $WV24s(JH)=WV24(JH)*\cos WD24(JH)$

東西成分が $WV24w(JH)=WV24(JH)*\sin WD24(JH)$

・ J 時分の風向風速クトルは 南北成分は $WVs=WV24s(JH-1)*(1-x) + x*WV24s(JH)$

東西成分は $WVw=WV24w(JH-1)*(1-x) + x*WV24w(JH)$

・ J 時分の方位角 [$^{\circ}$] に戻します $AWD(J) = \text{ATAN}(WVw, WV_s) * 360. / 3.1415926$

・ J 時分の風速に戻します $WV(J) = \text{SQRT}(WVw**2 + WV_s**2)$

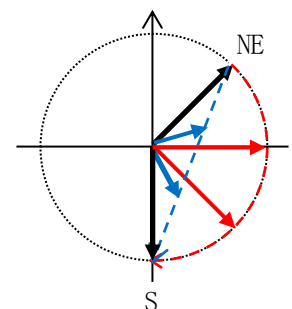
※ 風向と風速の補間には色々な方法が考えられます。

・右図で、風向が NE から S に変わった場合を例に説明します。

・風向と風速を独立に補間すると、右図の赤の線の様に補間されます。

・ベクトルで補間する場合は、右図の青の線のように補間されます。

ACLD_HEX60 では、このベクトルで補間する方法を採用しています。



4. 窓ガラスの貫流熱取得と日射熱取得

- ・窓ガラスは、①貫流熱取得と、②日射熱取得とに分けて計算します。また、貫流熱取得には熱貫流率U値を使い、日射熱取得には遮蔽係数SCを使います。ここまでは手計算法と同じです。
- ・熱取得は、対流成分と輻射成分に分けますが、これは、対流成分は直ぐに熱負荷になりますが、輻射成分は時間遅れを伴って熱負荷になるので、非定常では対流成分と輻射成分に分けなければなりません。
- ・窓ガラスの対流と輻射の分け方に、ACLD_HEX60 と NewHASP とで若干の違いがあります。
 - ・ NewHASP では元の HASP には無い新たな機能が追加されています。
 - ・ ガラスの品種・品番が大幅に増えました。また、AFW、PPW が追加されました。⇒1)
 - ・ AFW と PPW ではU 値や SCC・SCR 値を補正します。⇒3)
 - ・ U 値や SCC・SCR 値の%補正（これは AFW、PPW 以外の窓ガラスにも適用できます。⇒4)）
 - ・ 内表面熱伝達率の対流と放射の比率が変更されています。⇒5)（ただし窓のみ適用）

1) ガラスの品種と品番

<ACLD_HEX60> 元々の HASP/ACLD/8501 で選べる品種は 30 です。（欠番があるので 18 品種）
ブラインドは無・明色・中等色の 3 通りです。

ACLD_HEX60 では 3 種類の LowE が追加されています。⇒ (2) 入力編

※ U 値、遮蔽係数 SC 値の詳細は ⇒ [HASP-ACLD-8501 解説書](#)

<NewHASP> NewHASP/ACLD と NewHASP_3 では、計 584 の品番あります。
ブラインドは無・明色・中等色・暗色の 4 通りです。

※ U 値と遮蔽係数 SC 値の詳細は ⇒ [NewHASPACLD 操作マニュアル 附表 A-1～A-4](#)

※ 同じ品番のガラスでも ACLD_HEX60 と NewHASP とで U 値や SCC・SCR 値に若干の違いがあります。

2) ブラインドの開閉による U 値・SC 値

- ・U 値でブラインド開と閉の 2 通り、SCC・SCR 値にはブラインド開と閉では色による違いがあります。
- ・毎時刻の日射条件によって次のようにブラインドの開閉を判断します。

$HGs(r) < HGo/c$ ならば ブラインド開、 $HGs(r) \leq HGo/c$ ならば ブラインド開
人が不在の時間帯は無条件に ブラインド閉 です。

なお、 $HGs(r)$; 窓からの直達日射の熱取得の輻射成分で、ブラインド開と仮定した場合の値
 H_{Gup} : ブラインド開閉の限界日射量 : <BUIL>で入力した値です。

※ 限界日射量 HGo/c の Default 値は、ACLD_HEX60 は 100 W/m^2 、NewHASP は 200 W/m^2 です。

3) AFW と PPW の場合の補正值 (ΔU 、 ΔSC) / NewHASP で追加された機能

- ・ NewHASP では、AFW と PPW が加わりました。
- ・ AFW と PPW は、夏は日射をブラインドで受けて、その熱を窓通気によって排出することで日射熱負荷を低減します。冬は窓通気することで窓空間の温度を室温に近づけ、室内温熱環境の改善を図るものです。
なお、窓通気量は、元々換気で排出する空気なのでエネルギーの無駄にはなりません。
- ・ このように AFW や PPW は通常の窓とは異なるので、先の 1) や 2) の U 値と SCC・SCR 値をそのまま使うことはできません。NewHASP には AFW と PPW の窓性能を補正する機能があります。
- ・ U 値と遮蔽係数 SC 値の補正值 ΔU 、 ΔSC は、NewHASPACLD 操作マニュアル附表 A-5, A-6A-7, A-8 にあります。
次のように修正します。

修正後の U 値 = 元の U 値 - ΔU

修正後の SCC 値 = 元の SCC 値 - $\Delta SC \cdot (1 - kLR)$

修正後の SCR 値 = 元の SCR 値 - $\Delta SC \cdot kLR$

※ 補正值 ΔU 、 ΔSC は、ガラスの品番とブラインドの状態と窓通気量によって決まります。PPW では更に排気率 (<WNDW>での入力値) によっても補正值が変わります。

※ 補正すると元の U 値、SCC・SCR 値よりも値が小さくなります。(省エネになります)

附表の ΔU 、 ΔSC は負の値ですが、混乱するので、上式のように表現しました。

※ ΔU 、 ΔSC ともブラインド開閉の 2 通りの値があります。2 通りとも補正します。

※ kLR は NewHASP での、ガラスの内表面熱伝達率の輻射の比率です。⇒ 5)

4) U 値と SCC・SCR 値の%修正 / NewHASP で追加された機能

・NewHASP では、<WNDW>毎に U や SCC・SCR の値を修正することができます。

・<WNDW>では、①と②の 2 通りの修正方法が選べますが、②が①に優先します。

①空調運転時間中のみですが、一律に修正する方法 ⇒ %値を入力します。

②<DSCH>を引用することで時間別に修正する方法 ⇒ <DSCH>を引用します。

・この%修正は、AFW や PPW に限らず、全ての窓ガラスに適用できます。

・修正は、熱取得を求める最後の段階で修正します。

$U = \text{修正前の } U \cdot \% \text{修正値} / 100$ 、 $SCC = \text{修正前の } SCC \cdot \% \text{修正値} / 100$ 、 $SCR = \text{修正前の } SCR \cdot \% \text{修正値} / 100$

※ %修正値を 0 にすると、この<WNDW>での熱取得が 0 になります。

5) 窓の温度差による熱取得の長波放射の比率 kLR / NewHASP で追加された機能

・NewHASP では、窓ガラスについてですが、内表面熱伝達率の輻射成分比を変えています。

輻射成分比 kLR の詳細は、⇒ NewHASPACLD 操作マニュアル附表 A-9

・元々の HASP 内表面熱伝達率は 対流 $\alpha_{ic} = 3.5$ 、輻射 $\alpha_{ir} = 4.5$ [kcal/hm²] なので、
輻射成分比 = $\alpha_{ir} / (\alpha_{ic} + \alpha_{ir}) = 0.5625$ です。

・NewHASP では 外側が透明ガラスで、内側に膜面がある高性能ガラスの場合 kLR = 0.3~0.44
その他の窓ガラス の場合は kLR = 0.47
内ブラインドが閉の場合は一律で kLR = 0.23

・この輻射成分比 kLR は、次の 2 つの場面で使います。

① AFW と PPW の ΔSC を対流成分と輻射成分に分ける場面で使いました。⇒ 前述の 3)

② 熱取得を対流と輻射に分けるときに使います。

・貫流熱取得 対流成分 $HG_t(c) = EX_t \cdot Awndw \cdot U \cdot (1 - kLR)$

輻射成分 $HG_t(r) = EX_t \cdot Awndw \cdot U \cdot kLR$

・日射熱取得 対流成分 $HG_s(c) = EX_s \cdot Awndw \cdot SCC \cdot (1 - kLR)$

輻射成分 $HG_t(r) = EX_s \cdot Awndw \cdot SCC \cdot kLR + EX_s \cdot Awndw \cdot SCR$

ただし、 HG_t 、 HG_s : 貫流熱取得、日射熱取得

EX_t 、 EX_s ; 貫流の励振の温度差、日射の励振の日射量

$Awndw$: 窓面積、 U : 熱貫流率、 SCC 、 SCR : 遮蔽係数

kLR : 輻射成分比 …… SCR には適用されません

※ 励振 EX_t 、 EX_s 、熱取得 HG については ⇒ 6), 7), 8) をご覧下さい。

6) 窓ガラスの貫流熱取得

- ・内外温度差と夜間放射量（長波放射）による貫流熱を考えます。
- ・励振の温度差 $EX_t = (T_0 - TR) - (JNT * \phi_{gb} * \varepsilon / \alpha_o)$
- ・貫流熱取得 $HG_t = EX_t * A_{wndw} * U * \alpha_{ic} / (\alpha_{ic} + \alpha_{ir})$

※ 熱取得 HG_t はこの後で対流と輻射に分けます。 ⇒ 8)

ただし T_0, TR ; 外気乾球温度と室の基準温度 [°C]

※ TR は室温ですが、熱取得の段階では $TR = TB$ （基準室温で入力データ）です。

JNT : 水平面の夜間放射量 [W/m²] … 気象データの1つです ⇒ 3の4)の⑤

※ 夜間放射 JNT は SAT (⇒6 外壁) と同様の考えで温度に換算します。

※ 夜間放射は地表付近と上空との長波放射のことで24時間存在します。

ϕ_g : 地物の形態係数 … 2.1で求めた値

ε : 長波の放射率 … HASPでは窓ガラスの場合は0.9に固定

α_o : 外表面熱伝達率 … HASPでは $\alpha_o = 20 \text{ kcal} / (\text{hm}^2\text{C}) \div 23 \text{ W} / (\text{m}^2\text{C})$

A_{wndw} : 窓面積 [m²]

U : 窓の熱貫流率 [W/m²]

※ NewHASPでは U 値を補正・修正するオプションがあります。⇒2)3)4)

7) 窓ガラスの日射熱取得

直達と天空と地物反射は短波長の日射です。これらによる日射熱取得を求めます。

- ・励振の日射量 $EX_s = JDN * \xi_g + JSH * \phi_s * 0.808 + (JDN * \sin H + JSH) * \rho_g * \phi_g * 0.808$
- ・日射熱取得 $HG_s = EX_s * A_{wndw} * SC$

※ 実際は、熱取得を SCC と SCR で対流と輻射に分けます。⇒ 8)

ただし JDN : 法線面直達日射量 … 3の4)5)

$\xi_g = GF(\cos^2 I) * \zeta_g$

GF : 入射角特性の関数 ⇒ 1の6)、 $\cos I$: 入射角 ⇒ 1の5)

ζ_g : 日照面積率 ⇒ 2-2

Jsh : 水平面天空日射量 … 3の4)5)

ϕ_s : 空の形態係数 … 2-1の2)3)

0.808 : 拡散日射の日射熱取得率 … 1の6)、HASPでは固定値

$(JDN * \sin H + JSH)$: 水平面全日射量

ρ_g : 地物の反射率 … <BUIL>の入力データ

ϕ_g : 地物の形態係数 … 2-1の2)3)

0.808 : 拡散日射の日射熱取得率 … 1の6) HASPでは固定値

A_{wndw} : 窓面積 [m²]

SC : 窓の遮蔽係数 なお、 $SC = SCC + SCR$ 、 SCC : 対流の遮蔽係数、 SCR : 輻射の遮蔽係数)

※ NewHASPでは SCC 、 SCR を補正・修正するオプションがあります。⇒3)4)

8) 窓ガラスの熱取得 HG を求める手順

添字 o と c はブラインド開閉、c と r は対流と輻射

以下の式で “=” は等号ではなく、プログラムの置き換え (save 命令) です。

<プログラムでの固定値または入力データで決まる値>

- ①内表面熱伝達率 (対流と放射) $\alpha_{ic}=3.5, \alpha_{ir}=4.5$ …… プログラムでの固定値
- ②ガラスの性能値 (ブラインド開) U_o, SCC_o, SCR_o 、(ブラインド閉) $U_c, SCC_c, SCR_c \Rightarrow$ 前述 1)2)
- ③NewHASP 窓に吸収された後に室内に侵入する熱のうちの長波放射成分の比率 (kLR) $\Rightarrow$ 前述の 5)
- ④NewHASP AFW と PPW の場合 補正值 $\Delta U_o, \Delta U_c, \Delta SCC_o, \Delta SCC_c$ …… 前述の 3)

輻射成分比 kLR によって ΔSC を対流と輻射とに按分します。 $\Rightarrow$ 前述の 3)

$$SCC_o' = SCC_o + \Delta SC \times (1 - kLR_o) \quad SCR_o' = SCR_o + \Delta SC \times kLR_o \quad \dots \text{ブラインド開}$$

$$SCC_c' = SCC_c + \Delta SC \times (1 - kLR_c) \quad SCR_c' = SCR_c + \Delta SC \times kLR_c \quad \dots \text{ブラインド閉}$$

※ 以後 $SCC_o', SCC_c', SCR_o', SCR_c'$ を $SCC_o, SCC_c, SCR_o, SCR_c$ として使います。

<計算中の処理>

- ⑤励振 (貫流の温度差) $EX_t = T_o - T_r - JNT * \phi_{gb} * \varepsilon / \alpha_o \Rightarrow 6)$

※ T_r は室温ですが、熱取得の段階では $T_r = T_b$ (基準室温で入力データ) です。

$$\text{(日射)} \quad EX_s = JDN * \xi_g + JSH * \phi_s * 0.808 + (JDN * \sin H + JSH) * \rho_g * \phi_g * 0.808 \Rightarrow 7)$$

- ⑥NewHASP の場合 U, SCC, SCR の%補正

$$U_o' = U_o \times \%u, \quad SCC_o' = SCC_o \times \%c, \quad SCR_o' = SCR_o \times \%r \Rightarrow \text{前述の 4)}$$

$$U_c' = U_c \times \%u, \quad SCC_c' = SCC_c \times \%c, \quad SCR_c' = SCR_c \times \%r \Rightarrow \text{前述の 4)}$$

※以後 $U_o', U_o'', SCC_o', SCC_c', SCR_o', SCR_c'$ を $U_o, U_o'', SCC_o, SCC_c, SCR_o, SCR_c$ として使います。

- ⑦ブラインドの開閉 $HG_s(r) = EX_s \times SCR_o < HG_o/c = \text{限界日射} \Rightarrow \text{ブラインドを閉} \Rightarrow \text{前述 2)}$
 $HG_s(r) = EX_s \times SCR_o \geq HG_o/c = \text{限界日射} \Rightarrow \text{ブラインドを開} \Rightarrow \text{前述 2)}$
 人が不在の時間帯 $\Rightarrow$ 日射の条件に係わらず、ブラインドを開 $\Rightarrow$ 前述 2)
 開閉によって U_o か $U_c, SCC_c \cdot SCR_c$ か $SCC_c \cdot SCR_c$ が決まります。

- ⑧熱取得 HG を対流 c と輻射成分 r に按分して求めます。

<ACLD_HEX60 の場合> 対流は α_c と α_r で按分し、輻射は SCC と SCR で按分します。

$$\text{(対流)} \quad HG_c = EX_t \times U \times \alpha_{ic} / (\alpha_{ic} + \alpha_{ir}) + EX_s \times SCC \Rightarrow \text{前述の 6)7)}$$

$$\text{(輻射)} \quad HG_r = EX_t \times U \times \alpha_{ir} / (\alpha_{ic} + \alpha_{ir}) + EX_s \times SCR \Rightarrow \text{前述の 6)7)}$$

<NewHASP の場合> ③の kLR によって按分します。 SCC も kLR によって按分します。

$$\text{(対流)} \quad HG_c = EX_t \times U \times (1 - kLR) + EX_s \times SCC \times (1 - kLR)$$

$$\text{(輻射)} \quad HG_r = EX_t \times U \times kLR + EX_s \times SCC \times kLR + EX_s \times SCR$$

※kLR で補正するのは、NewHASP の窓ガラスです。

※ACLD_HEX60 にも、ACLD_HEX60 の窓種に限定されますが、同様の補正をするオプションを新規に追加されました。(⇒ (6) 編)

5. 昼光利用

1) 昼光利用に係わる入力データ

- ・〈BUIL〉 地物反射率 ρ_g 、ブラインド閉の限界日射熱取得 HGo/c [lx]
- ・〈SPAC〉 室内仕上げ 0:消灯しない、1:明色、2:中等色、3:暗色
消灯範囲の奥行き Dd [m]
- ・〈WNDW〉 窓台の高さ Hs [m]、窓面幅 Ww [m]、窓面積 $Awndw$ [m]
- ・〈LIGH〉 設計照度 Elx [lx]

2) 〈SPAC〉と〈WNDW〉で決まる室の形状と反射率

- ・室の形状： 床面積 $Aspac$ で、間口が窓面幅 Ww の矩形とします。⇒上図
- ・窓の形状： 窓面幅 Ww の連窓とします。(※〈EXPS〉の寸法と無関係に決めます) ⇒上図
窓面積 $Awndw$ 、窓面幅 Ww より、窓高さ $Hw=Awndw/Ww$ とします。
- ・内面の平均反射率： 上面 $\rho_1=0.7, 0.5, 0.3$ 、下面 $\rho_2=0.3, 0.2, 0.1$ (明色・中等色・暗色の順)
- ・上方からの下向き入射 (直達と天空) の多重反射による反射率 $\rho_{dn}=\rho_1\rho_2/(1-\rho_1\rho_2)$
下方からの上向き入射 (地物反射) の多重反射による反射率 $\rho_{up}=\rho_1/(1-\rho_1\rho_2)$
※ ρ_{dn}, ρ_{up} は等価反射率に相当します。また “ $/(1-\rho_1\rho_2)$ ” は多重反射です。

3) 日射量から照度への変換

- ・HASP の昼光利用のアルゴリズムは〈SPAC〉と〈WNDW〉に分かれており、また、日射と昼光が平行して記述されているためにやや煩雑になっています。下記では整理しています。

- ・日射量から照度への変換： HASP では $109 [(lm)/(kcal/h)]$ を固定値としています。

〈ブラインド“開”の場合の作業面照度〉 { } の部分は窓を通過する日射量の輻射成分そのものです。

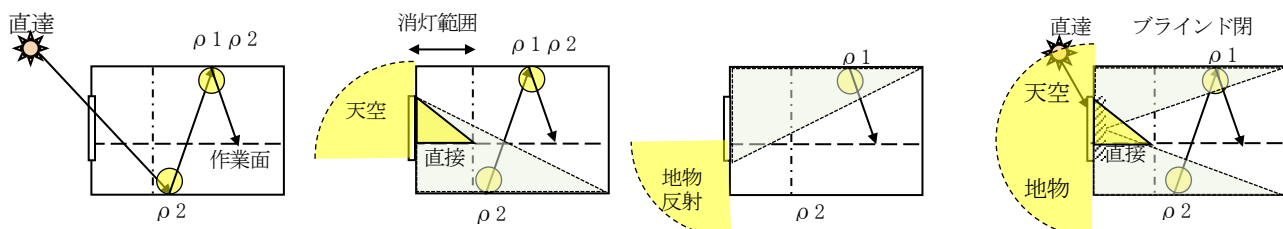
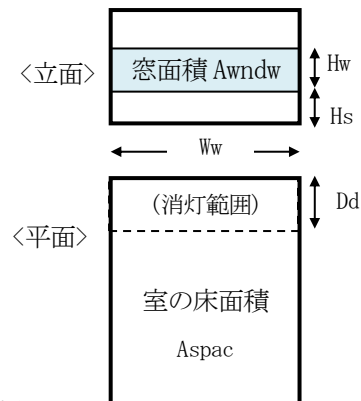
- ・天空日射による直接照度 $Eds = 109 * \{JSH * \phi_s * SCRo\} * \phi_w$
 ϕ_w は作業面から見る窓の2次元の形態係数で $\phi_w = 0.5 * \{1 - Dd / \sqrt{Dd^2 + Hw^2}\}$ …公式通り
※ 作業面の高さの下限を $0.75m$ として、これより下にある窓のからの直接成分は算入しません。
※ 直達日射による直接照度は算入しません。間接照度で見込みます。
- ・直達日射による間接照度 $Erd = 109 * \{JDN * \zeta * g * GF(\cos^2 I) * SCRo\} * \rho_{dn} * Awndw / Aspac$
- ・天空日射による間接照度 $Ers = 109 * \{JSH * \phi_s * 0.808 * SCRo\} * \rho_{dn} * Awndw / Aspac$
- ・地物反射による間接照度 $Erg = 109 * \{(JDN * \sin H + JSH) * \rho_g * \phi_s * 0.808 * SCRo\} * \rho_{up} * Awndw / Aspac$
※ $Awndw / Aspac$ は窓面積 ($Awndw$) からの入射が下面 (または上面) に平均して当たるとしています。
- ・直接+間接による全照度 $Et = Eds + Erd + Ers + Erg$

〈ブラインド“閉”の場合の作業面照度〉 { } の部分は窓を通過する日射量の輻射成分そのものです。

- ・ブラインドに入射する日射量 $JT = JDN * \zeta * g * GF(\cos^2 I) + JSH * \phi_s * 0.808 + (JDN * \sin H + JSH) * \rho_g * \phi_s * 0.808$
- ・全ての日射による作業面への直接照度 $Ed = 109 * \{JT * SCRe\} * \phi_w * Awndw / Aspac$
- ・全ての日射による間接照度 $Er = 109 * \{JT * SCRe\} * (\rho_{dn} + \rho_{up}) / 2 * Awndw / Aspac$
※ 間接照度は、ブラインドから上面と下面に $1/2$ ずつ一様に投射されたものの反射です。
- ・直接+間接による全照度 $Et = Ed + Er$

4) 消灯率

- ・消灯の判定 $Et > Elx$ の時に消灯、消灯率は $Xoff = (DD * Ww) / Aspac$
※ 同一〈SPAC〉で複数の〈WNDW〉で消灯した場合、消灯率は単純加算で $\Sigma Xoff$ です。
なお、照明〈LIGH〉で、 $\Sigma Xoff > 1.0$ となった場合は、 $\Sigma Xoff = 1.0$ に制限されます。
※ 消灯率は人工照明の削減に反映されます。(⇒10-2 節)



6. 外壁

1) 不透明な壁での日射の扱い／SAT の考え方

- 外壁は不透明なので日射は透過しませんが、熱として室内に侵入します。

温度と日射を独立に扱うこともできますが、“SAT” の考え方を取り入れると温度と日射をまとめて計算することができるので便利です。(熱貫流率 U が共通に使えるため)

- 外表面での熱授受を考えます。

$$\text{外気と外表面との熱伝達} \quad Q_T = \alpha_o(t_o - t_s) \quad \alpha_o : \text{外表面熱伝達率}$$

$$\text{表面での日射の吸収} \quad Q_s = a \cdot J \quad a : \text{日射吸収率、} J : \text{外壁での日射量}$$

$$2 \text{ つをまとめると} \quad Q_{T+S} = \alpha_o(t_o - t_s) + a \cdot J = \alpha_o(t_o + \frac{a}{\alpha_o} J - t_s)$$

$$\text{ここで右辺の} \{ \} \text{の中で} \quad SAT = t_o + \frac{a}{\alpha_o} J \quad \text{と置くと}$$

$$Q_{T+S} = \alpha_o(SAT - t_s) \quad \text{と書けます。}$$

この SAT を相当外気温度 (Sol-Air temperature) といいます。

SAT は、日射を等価な温度に換算し、あたかも外気温度が上がったかのように扱う仮想の温度です。

- 上式は、外壁の外表面での熱伝達 Q_{T+S} ですが、壁体全体で考えた場合、壁体内部での熱伝導でも、内表面熱伝達でも熱流の大きさ Q_{T+S} は同じです。(フーリエの法則)。

$$\text{即ち、} \quad Q_{T+S} = \alpha_o(SAT - t_s) = \frac{\lambda}{d}(t_s - t_i) = \alpha_i(t_i - t_r)$$

ここで α_o : 外表面熱伝達率、 α_i : 内表面熱伝達率、 λ : 材料の熱伝導率、 d : 材料の厚さ、

t_o : 外気温度、 t_s : 外表面温度、 t_i : 内表面温度、 t_r : 室温

J : 日射量、 a : 日射吸収率、SAT : 相当外気温度 (Sol-Air temperature)

- HASP では内部の温度は直接的に扱わないので、上記の連立方程式を解いて t_s や t_i を消去します。

こうすると $Q_{T+S} = U(SAT - t_r)$ 貫流熱の式得られます。

ここで、 U は“熱貫流率”で、 $U = \frac{1}{1/\alpha_o + \sum(d/\lambda) + 1/\alpha_i}$ です。(式は複数の部材の場合)

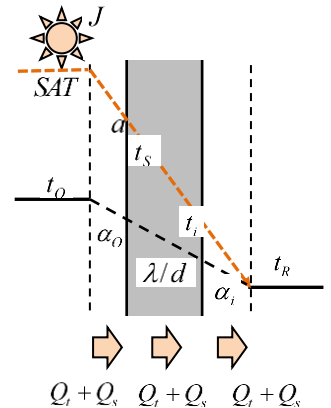
※ 外表面で吸収された日射の全てが室内への熱となるものではありません。

上式を元の日射 J に戻します。 $Q_{T+S} = U(SAT - t_r) = U(t_o + (a/\alpha_o) \cdot J - t_r) = U(t_o - t_r) + U(a/\alpha_o) \cdot J$

この中の $U(a/\alpha_o)$ が日射熱取得率に相当します。

$a=0.8$ 、 $\alpha_o=23$ とし、少し断熱した RC 壁で熱貫流率を $U=1$ とすると、日射侵入率は $U \cdot (a/\alpha_o) \div 0.035$

即ち、日射の約 3.5% が室内への日射熱となります。残りの 96.5% は外表面から外気へ逃げていきます。



2) 内外の表面熱伝達の層

- ＜WCON＞の入力時点では、その壁体は何に使われるか（外壁か内壁か接地壁か異形部材か）は未定です。
- ＜SPAC＞の下で、＜OWAL＞で引用されると外壁になり、＜IWAL＞なら内壁、＜GWAL＞なら接地壁、＜BECO＞なら異形部材（梁・柱）になります。
- ＜WCON＞では壁体の n 層の実質部のみの入力です。内外の表面熱抵抗の層はありません。
- ＜OWAL＞の場合は 0 層目に内表面熱抵抗の層、n+1 層に外表面熱抵抗の層をプログラムが追加します。

$$\bullet \text{ 0 層目の熱抵抗} = 1/\alpha_i = 1/8 = 0.125 \quad [\text{m}^2\text{Ch/kcal}] \div 0.1075 \div 1/10 \quad [\text{m}^2\text{C/W}]$$

$$\bullet \text{ n+1 層目の熱抵抗} = 1/\alpha_o = 1/20 = 0.050 \quad [\text{m}^2\text{Ch/kcal}] \div 0.0430 \div 1/23 \quad [\text{m}^2\text{C/W}]$$

3) HASP の外壁の貫流熱

- ・外気と日射の場合の熱取得の一般式は $Q_{T+S} = U(SAT - t_R) = U(t_O + (a/\alpha_O) \cdot J - t_R)$ です。
- ・HASP で、植栽が無い場合は、温度差と日射（直達・天空・地物反射）と夜間放射とで次のように計算します。

$$\begin{aligned} \text{励振の温度差} \quad \text{Ext} &= (T_O - T_R) + \text{JDN} \cdot \cos I \cdot \zeta_w \cdot a / \alpha_O + \text{JSH} \cdot \phi_s \cdot a / \alpha_O \\ &\quad + (\text{JDN} \cdot \sin H + \text{JSH}) \cdot \rho_g \cdot \phi_g \cdot a / \alpha_O - \text{JNT} \cdot \phi_s \cdot \varepsilon / \alpha_O \\ \text{貫流熱取得} \quad \text{HG} &= U \cdot A_{\text{owal}} \cdot \text{Ext} \end{aligned}$$

※ 非定常では熱貫流率Uではなく、実際は応用係数を使います。

ここに、 T_O 、 T_R ：外気温度と室内の基準温度 [°C] ※熱取得 HG を求めるまでは $T_R = T_B$ (基準温度) です。

a 、 ε ：日射吸収率（入力値）、長波放射率（入力値）、

α_O ：外表面熱伝達率（HASP では 20[kcal/hm²°C]の固定値）

JDN 、 $\cos I$ 、 ζ_w ：法線面直達日射量、入射角の余弦、外壁の直達日射の日照面積率 ⇒2 の 2))

JSH 、 ϕ_s ：水平面天空日射量、天空の形態係数 (⇒2 の 1))

($\text{JDN} \cdot \sin H + \text{JSH}$)：水平面全反射日射量 ⇒ ($\text{JDN} \cdot \sin H + \text{JSH}$) * ρ_g で地物反射量

$\sin H$ 、 ρ_g 、 ϕ_g ：太陽高度の正弦、地物の反射率（入力値）、地物の形態係数 ⇒ 2 の 1))

JNT ：夜間放射量

4) 植栽の扱い / NewHASP で追加されたオプション機能

- ・植栽の蒸発比 β [%] と植栽層の熱抵抗 $1/\alpha_r$ [m²°C/W] が入力データです。（ $\beta = 0$ の場合は植栽無し）

<植栽モデル> 永田の2層モデル (⇒文献) によります。

$$q = \{ \alpha_O + R_v \cdot \alpha_x \cdot \beta \cdot (dx/dt) \} (t_O - t_v) - R_v \cdot \alpha_x \cdot \beta \cdot (x_s - x) + a \cdot J - \varepsilon \cdot \text{Jnt} = \alpha_{gv} (t_v - t_g)$$

※ 右辺の第2項が蒸散の潜熱の項です、

右辺の { } 中の第2項が蒸散の熱伝達率の項です。

ここで t_O 、 t_v 、 t_g ：外気温度と植栽表面温度と地面の表面温度 [°C]

x_s 、 x ：飽和絶対湿度とその時の絶対湿度 [g/kg']、 $\Delta x = x_s - x$

α_O 、 α_{gv} ：通常の外表面熱伝達率、植栽層の熱伝達率

R_v ：水の蒸発潜熱 = 2500 [kJ/kg] = 0.60 [kcal/g]、 β ：蒸発率

α_x ：植栽層と外気の水分伝達率 = 60 [g/m²h(g/kg')]

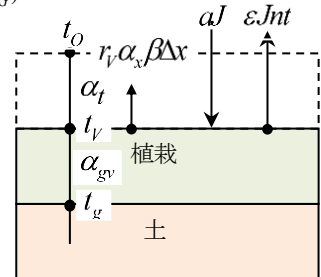
dx/dt ：飽和絶対湿度の微分係数 = 1.0 [(g/kg')/°C] に固定します。

・蒸散に伴う熱伝達率 $R_v \cdot \alpha_x \cdot \beta \cdot (dx/dt) = 0.60 \cdot 60 \cdot \beta \cdot 1.0 = 0.36 \cdot \beta$ [kcal/hm²°C]

・蒸散を含む総合熱伝達率 $\alpha_T = \alpha_O + R_v \cdot \alpha_x \cdot \beta \cdot (dx/dt) = 20 + 0.36 \cdot \beta$ [kcal/hm²°C]

・モデル式を α_T で括ると $q = \alpha_T \{ (t_O - t_v) - (R_v \alpha_x \beta / \alpha_T) \Delta x + (a / \alpha_T) J - (\varepsilon / \alpha_T) \text{Jnt} \}$

※ { } 中の単位が温度になるのは SAT と同じ考え方です。



<HASP での蒸散の計算>

- ・植栽がある場合は、上記の Ext の式が次のように変わります。

$$\begin{aligned} \text{励振の温度差} \quad \text{Ext} &= (T_O - T_R) + \text{JDN} \cdot \cos I \cdot \zeta_w \cdot a / \alpha_T + \text{JSH} \cdot \phi_s \cdot a / \alpha_T \\ &\quad + (\text{JDN} \cdot \sin H + \text{JSH}) \cdot \rho_g \cdot \phi_g \cdot a / \alpha_T - \text{JNT} \cdot \phi_s \cdot \varepsilon / \alpha_T \\ &\quad - R_v \cdot \alpha_x \cdot \beta \cdot (X_s - X) \end{aligned}$$

<植栽の熱抵抗の層と外表面の熱抵抗>

- ・植栽がある場合は、n+1 層目に、植栽の熱抵抗 ($1/\alpha_r$) が追加され、更に、n+2 層目の外表面は、上記で示した総合熱伝達率の逆数 ($1/\alpha_T$) の抵抗の層が追加されます。

※ 植栽がある場合は外表面熱伝達率が $1/\alpha_T$ に変わります。

7. 内壁・接地壁・異形部材（梁・柱）

1) 熱容量の役割

- ・手計算では、内壁・床・天井などの熱負荷に関係しない部位は熱負荷の計算対象外です。

※ 内壁で壁の外側と温度差を見込む場合は熱負荷の計算をします。

- ・一方、非定常熱負荷計算では、内壁・床・天井などは、熱取得に関係する／しないに係わらず、必ず入力しなければなりません。これらは“室の熱容量”という重要な働きが有るからです。

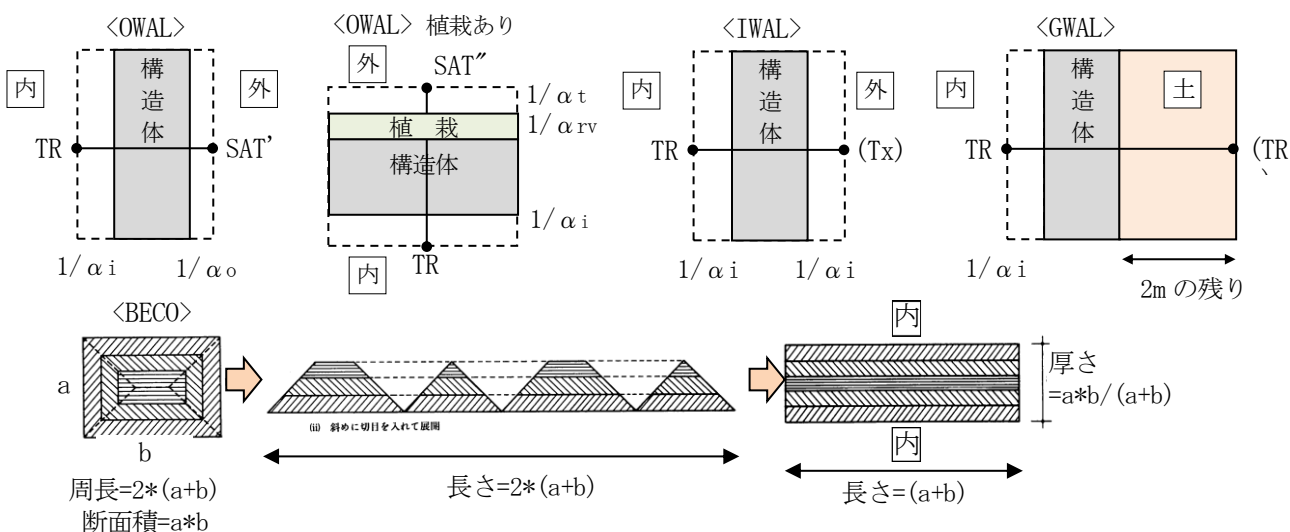
※ 熱取得に関係しない内壁・床・天井を無視しても非定常熱負荷計算は可能ですが、熱負荷結果の信頼性が落ちます。特に問題なのは室温です。室の熱容量をきちんと見込まないと、熱容量が小さく熱的に軽い室となります。このために、室温が過剰に変動することになります。

2) 接地壁の土の層と異形部材の変形

- ・接地壁<GVAL>では、全体の厚さが十分に大きい2mとし、最後の層の厚さ（の入力を無視して）を調整しています。 ⇒ 下図参照のこと
- ・<BECO>は断面の縦aと横bの寸法を入力しますが、HASPでは2次元の応答係数を求めることはできないので、等周長で等面積の内壁に形を変えています。 ⇒ 下図参照のこと

3) 内外の表面熱伝達の層と境界温度

- ・HASPの<WCON>では、壁体の実質部のみ（ここではこれをn層とします）を入力します。
内外表面の熱伝達の層は入力しませんが、<WCON>では壁体は何（外壁か内壁かなど）かが未定だからです。
- ・<SPAC>の下で、<OWAL>で引用されると外壁や屋根となり、<IWAL>で引用されると内壁や天井や床になり、<GVAL>で引用されると接地壁や土間床になり、<BECO>で引用されると梁や柱になります。
- ・それぞれの部位で内外の層の熱伝達抵抗の条件が変わりますが、HASPでは下記のように内外熱伝達抵抗の層をプログラムで追加します。
 - ・外壁；内表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_i$ ）、外表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_o$ または $1/\alpha_t$ ）
 - ・内壁；内側が内表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_i$ ）、外側も内表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_i$ ）
 - ・接地壁；内側が内表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_i$ ）、外側はn層目の部材（厚さは2mの残り）の層
 - ・異形部材；内側が内表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_i$ ）、外側も内表面熱伝達抵抗の層（ $1/\alpha_i$ ）



4) 接地壁と異形部材の境界温度と熱取得

- ・ HASP の異形部材と接地壁では熱取得は発生しません。

異形部材（梁・柱）は、両面とも同じ室温になるので、熱取得は発生しません。

接地壁も、土の境界温度は、室温と同じという仮定です。よって、熱取得は発生しません。

5) 内壁の熱取得

- ・ HASP で熱取得が発生するのは内壁だけです。

- ・ 内壁では、外側の温度条件にオプションがあり、ケースにより熱取得 HG が発生します。

・ 0: $\alpha * \text{外気温} + (1 - \alpha) * \text{室温}$ α : 温度差係数 (0~1.0) $\Rightarrow$ 温度差 $EX_t = (T_0 - TR) * \alpha$

1: 外気温 + α $\Rightarrow$ 温度差 $EX_t = T_0 + \alpha - TR$

2: α $\Rightarrow$ 温度差 $EX_t = \alpha - TR$

3: 隣室 SPAC の室温 $\Rightarrow$ 温度差 $EX_t = \text{隣室 } TR - TR$

※ 熱取得 HG の段階では $TR = TB$ （基準温度）なので、3: では $EX_t = 0$ です。

※ 0: 温度差係数は ACLD_HEX60 と NewHASP とも選択可能です。

1~3: は NewHASP のみ選択できます。

- ・ 上記の熱取得 HG の式は、外壁と同様に次のように計算します。

(励振の温度差) $EX_t = (T_0 - TR) * \alpha$... 温度差係数の場合

(熱取得) $HG = EX_t * P_0 + Q_1 + Q_2$

$Q_1' = EX_t * P_1 + Q_1 * R_1$

$Q_2' = EX_t * P_2 + Q_2 * R_2$

(熱取得の対流成分) $HG_c = HG * \alpha_c / (\alpha_c + \alpha_r)$

(熱取得の輻射成分) $HG_r = HG * \alpha_r / (\alpha_c + \alpha_r)$

※ P_0 、 P_1 、 R_1 、 P_2 、 R_2 の記号については $\Rightarrow$ 6（外壁）と同じです。

※ HG の段階では、室温は基準温度の $TR = TB$ を使います。

※ 接地壁や異形部材には熱容量の役割があります。

HASP ではこれらの熱取得は $HG=0$ としています。

接地壁は、土の厚さが大きいので熱貫流率は非常に小さく $HG=0$ と見做せます。

なお、理論的に熱取得 $HG=0$ とするためには、接地壁の境界上の温度は室温と同じという 仮定が必要です。

こうすると、両側からの貫流熱が互いに打ち消し合うので、熱取得 $HG=0$ となります。

異形部材の熱取得が $HG=0$ であるのも両側の温度が同じ室温だからです。

このように扱うことで、HASP では接地壁と異形部材では熱取得の計算はしません。

※ 接地壁や異形部材の熱容量ですが、これは熱取得から連続空調負荷の計算の時と、除去熱量での室温変動の計算の時と、蓄熱負荷の計算の時に、これらの熱容量が使われます。 $\Rightarrow$ (4) 理論・応答係数編

8. 空気線図

- HASP で空気線図の計算をすることは多くありません。
 <BUIL>の基準湿度と<OPCO>の設定室温で、相対湿度を絶対湿度に換算するときだけです。
 相対湿度を絶対湿度に一度変換すれば、あとあと HASP で空気線図の計算をすることはありません。
- 気象データも絶対湿度が提供されますので、空気線図の関数を使う必要はありません。

1) HASP の空気線図の基本関数 : SATX

- HASP に組み込まれているのは、飽和絶対湿度[g/kg']を求める関数です。

```
***          SATURATION HUMIDITY
SATX(T)=1000.*EXP(-5.58001+T*(0.0780136+T*(-2.87894E-04
*          + T*(1.36152E-06+T*3.49024E-09)))-4.87306E-03*ABS(T))
```

引数 (T) は乾球温度で、単位は [°C] です。

- この近似式の精度は非常に良く、誤差率を (SATX 値－精解値) ÷ 精解値 とすると、0.1%以下です。
 ※ 精解値は<ウェクスラー・ハイランドの式>によるものとします。

2) 相対湿度から絶対湿度への変換

- <BUIL>や<OPCO>の入力値に相対湿度があり、これを絶対湿度に変換しなければなりません。
- HASP では、下式で相対湿度 RH [%] から絶対湿度 X [g/kg'] に変換します。

$$X_x = \text{SATX}(T) * \text{RH} / 100$$

※ 先の絶対湿度の近似関数 SATX と下記のウェクスラー・ハイランドの式から求めた絶対湿度で検証すると、温度 20～30°C、40～60%の範囲で誤差率は 1～2% です。十分に良い近似関数と言えます。

※ ウェクスラー・ハイランドの式で飽和水蒸気を求め、これから相対湿度と絶対湿度は次式で求められます。相対湿度 ϕ [%] とは、飽和水蒸気分圧に対する比率です。

$$\phi = \frac{P_v}{P_s} \times 100 \quad [\%], \quad \text{絶対湿度 } x \text{ [g/kg']} \quad x = 0.622 \times \frac{P_v}{P - P_v} = 0.622 \times \frac{P_s \cdot \phi}{P - P_s \cdot \phi}$$

なお、 $P=101.325$: 標準大気圧 (1 気圧) [kPa]、 P_s : 飽和水蒸気圧[kPa]

<参考> 飽和水蒸気分圧を求める近似式

- ウェクスラー・ハイランドの式が有名ですが、ここでは HASP/ACLD/8501 とペアのシミュレーション・プログラム HASP/ACSS/8502 に組み込まれている松尾の近似式を紹介します。
- 引数は乾球温度 T[°C]で、飽和水蒸気分圧[mmHG]を求めます。精度は非常に良く、誤差率 0.1%です。

$$\begin{aligned} \text{PSWF}(T) = & \text{EXP}(((6.181450 \text{ E-12} * T - 3.429809 \text{ E-09}) * T \\ & + 1.113417 \text{ E-06}) * T - 2.986334 \text{ E-04}) * T \\ & + 7.265429 \text{ E-02}) * T - 5.111336) * 760. \end{aligned}$$

※ 最後の係数を * 760. とすると[mmHG]となり、* 101.325 とすると[kPa]になります。

※上式が exp の関数になっているので微分が簡単です。

ACSS では、冷却塔の湿り熱交換性能を湿球温度で変化させるために、上式を微分して利用しています。

9. 隙間風の計算

- ・〈SPAC〉単独で隙間風を算定します。建物全体の回路網を考えてはいません。
- ・HASP の計算法として 1) クラック法 と 2) 換気回数法 3) 換気回数法 (常時換気) が選べます。
- ・1) と 2) では、内外の差圧を求め、外部圧力 > 室内圧力の場合に隙間風が侵入するものとします。
- ・3) の場合は、内外圧力に関係なく常時隙間風が侵入するものとします。

※ 風圧と浮力の合計での内外差圧を求めます。

1) 風圧の求め方

〈SI 単位での風圧の一般式〉
$$P_v = \frac{1}{2} C \cdot \rho \cdot V_{wd}^2 \quad [\text{kPa}] \quad \dots (1)$$

なお、 P_v : 風圧 [Pa]、 C : 風圧係数、 ρ : 空気の密度 [kg/m^3]、 V_{wd} : 外部の風速 [m/s]

〈重力単位系での風圧の式〉
$$P_v = \frac{1}{2g} C \cdot \rho \cdot V_{wd}^2 \quad \dots (2)$$

なお、 g は重力加速度で $g=9.8$ [m/s^2] です。

〈HASP での風圧の計算式〉
$$P_v = CF(Z) \cdot f_v \cdot V_{w**2} \quad \dots (3)$$

P_v : 風圧 [kg/m^2]、 $CF(Z)$: 風向による関数、 f_v : 風速の補正、 V_w : 気象データの風速 [m/s]

※ HASP は古いプログラムなので重力単位系で記述されています。圧力の単位は [kg/m^2] です。

※ HASP では、平面形での風圧を考え、面の方位角と風向の成す角度で決まります。

・HASP の風圧の関数
$$CF(Z) = -0.01107 + Z \cdot (0.03675 + Z \cdot 0.02332) \quad \dots (4)$$

AWD : 気象データの風向の方位角 [$^\circ$]、AW : 〈EXPS〉の面の方位角 [$^\circ$] とすると、

$$Z = \cos (AWD - AW)$$

- ・風速による風圧補正 f_v : 風速を 〈SPAC〉 の地上高 HF で補正します。

HF < 25[m] の場合は $f_v=1.0$ 、HF ≥ 25[m] の場合は $f_v = \text{SQRT}(HF / 25)$

※ 左下図にあるように、 $CF(Z)$ を 16 倍すると風圧係数 C になります。

※ 式(3)では、式(2)の $\rho/(2g)$ に相当する項がありませんが、 $\rho=1.2$ (一般的な熱負荷計算で使われる空気の比重) とすると、 $16 \times \rho/(2g) = 16 \times 1.2 / (2 \times 9.8) \div 0.979591 \dots \div 1.0$ となります。

式(4)の $CF(Z)$ には 16 倍と $\rho=1.2$ が含まれています。

1) 風圧係数 $CF(Z) = -0.01107 + (0.03675 + 0.02332Z)Z$

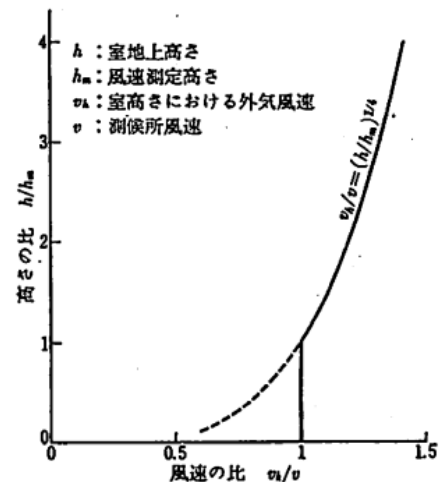
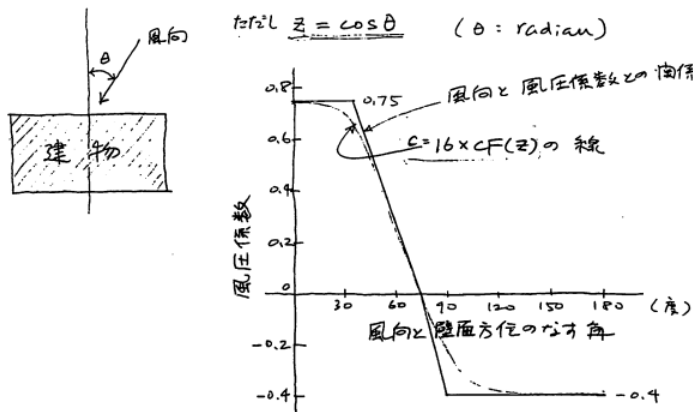


図-14-3 室の地上高さによる外気風速の補正

2) 温度差換気の浮力

<SI 単位での浮力の一般式> $P_t = (\rho_o - \rho_r) \cdot g \cdot \Delta H$ [Pa] … (5)

なお、 P_t : 浮力 [Pa]、 ρ_o : 外気の空気密度 [kg/m³]、 ρ_r : 外気の密度 [kg/m²]
 g : 重力加速度 [m/s²]、 ΔH : 高低差 [m]

<重力単位での浮力の一般式> $P_t = (\rho_o - \rho_r) \cdot \Delta H$ [kg/m²] … (6)

<HASP の浮力を求める式> $P_t = (T_O - T_B) \cdot cF \cdot (HF - H_{buil}/2)$ … (7)

P_t : 浮力 [kg/m²]、 T_O, T_B : 気象データの気温 [°C] と<BUIL>で決めた基準温度 [°C]

HF, H_{buil} : <SPAC>の地上高 [m] と、<BUIL>の軒高 [m]

※ HASP では軒高 H_{buil} の 1/2 の高さを中性帯 (内外の浮力が一致する高さ) としています。

$cF = 0.004$ (HASP の浮力に係わる定数)

< $cF=0.004$ の算出根拠> …この説明が元の HASP 解説書や文献等にはありません。以下は筆者の推測です。

・ 空気の密度 ρ を求める一般式 $\rho = \frac{P_A}{(R_a + R_v \cdot x)T}$

$P_A = 101.325$: 標準大気圧 [Pa]、 T : 空気の絶対温度 [K]、 x : 空気の絶対湿度 [kg/kg']、
 $R_a = 0.28706$: 乾き空気の気体定数 [kJ/kgK]、 $R_v = 0.46152$: 湿り空気の気体定数 [kJ/kgK]

・ 密度差の式 $\rho_B - \rho_O = \frac{P_A}{(R_a + R_v \cdot x_B)T_B} - \frac{P_A}{(R_a + R_v \cdot x_O)T_O}$

ここで簡略にするために、湿度を無視した乾き空気にします。

$$\rho_O - \rho_B = \frac{P_A(R_a \cdot T_O - R_a \cdot T_B)}{R_a \cdot T_B \cdot R_a \cdot T_O} = \frac{P_A(T_O - T_B)}{R_a \cdot T_B \cdot T_O}$$

分母のみ定数化します。分母に代表温度として $t_O = 15, t_B = 24$ [°C] を仮に代入すると、

$$\rho_O - \rho_B \doteq \frac{101.325 \times (t_O - t_B)}{0.28706 \cdot (273.15 + 15) \cdot (273.15 + 24)} = 0.004122 \dots \times (t_O - t_B) \doteq 0.004(t_O - t_B)$$

以上より、密度差の代わりに温度差を取り、係数として $cF=0.004$ を得ます。

※ $t_O = 15$ [°C] は気温の代表値、 $t_B = 24$ [°C] は HASP の基準室温の default 値です。

0.004 は概数ですが、隙間長さや換気回数 of 有効数字が 1~2 桁なので十分な精度と言えます。

※ 浮力の正負 : 気温が低いと $(t_O - t_B)$ は負、中性帯より地上高が低いと $(H_F - H_B/2) < 0$ です。

3) 隙間風量の求め方

・ 差圧 : HASP は重力単位系なので差圧 ΔP は (4) 式と (7) 式より $\Delta P = P_v + P_t$ [kg/m²] です。

・ i) クラック法 : 差圧が $\Delta P > 0$ の時に、隙間風量 G [m³/h] $G = L \cdot \Delta P \cdot V_w \cdot 0.67$

・ 㐍) の換気回数法 : 差圧が $\Delta P > 0$ の時に、隙間風量 G [m³/h] $G = (Aspac \cdot HCL) \cdot N$

・ 㐎) の換気回数法 : 差圧によらず常に隙間風量 G [m³/h] $G = (Aspac \cdot HCL) \cdot N$

なお、 $Aspac$: <SPAC>の床面積 [m²]、 HCL : <SPAC>の天井高 [m]、 N : 換気回数 [回/h]

4) 隙間風の熱取得

・ 隙間風の熱負荷 : HASP は重力単位での表記なので、計算式の係数は次のようです。

(顕熱の熱取得) $HGS = 0.288 \cdot G \cdot (T_O - T_B)$ … SI 単位なら係数は 0.34

(潜熱の熱取得) $HGL = 0.720 \cdot G \cdot (T_O - T_B)$ … SI 単位なら係数は 0.83

※ この熱取得での隙間風は、室温湿度が基準温度湿度 T_B, X_B で求めています。

この後の、除去熱量の時に求める実際の室温湿度とは異なることとなりますが、きちんと補正されます。

⇒ (4) 理論編

10. 内部発熱 / 人・照明・機器

10-1 人からの熱取得

<在室人員と在室率>

- ・〈OPCO〉 在室人員を、人数で入力するか、人員密度かが選べます。

例) 人員密度 0.20 人/㎡、〈SPAC〉の面積を 100㎡ とすると 人数 $P = 0.2 \times 100 = 20$ [人]

- ・〈DSCH〉の時間% 時刻毎の在籍率の時間%があり、曜日として (1, 2, 3) の 3 パターンあります。
- ・〈WSCH〉の週パターン 月～日・祝・特別日があり、どの曜日が〈DSCH〉の 1, 2, 3 と対応するかを決めます。
- ・〈HRAT〉の季節%補正 〈OCUP〉の人数に対して季節毎に低減率を決めます。(Default は 100%)

<人の全発熱量>

- ・下表は HASP に組み込まれた人の発熱量で、内容は一般の熱負荷計算で使われるものと同じです。

3 つがひと組で、例えば、3 組目は作業強度=3 (事務作業) の場合です。

全熱発熱量 $qoT=102$ [kcal/h/人]、顕熱発熱量 $A=54$ [kcal/h/人]、温度勾配 $B=-3.4$ [kcal/h 人℃]
です。A は 24℃ を基準としています。

※ 全熱発熱量 qoT は一定値ですが、温度が高くなるほど顕熱が減り、その分だけ潜熱が増えます。

```
***      OCCUPANCY HEAT DISCHARGE
          DIMENSION AM(3,9)
          DATA AM/ 79., 50., -3.0, 91., 53., -3.1, 102., 54., -3.4, 113., 55., -3.6
          *      , 125., 59., -3.8, 170., 65., -5.6, 194., 72., -6.0, 227., 85., -6.3
          *      , 329., 118., -5.4/
```

- ・〈OCUP〉で、作業強度の 1～9 を決めます。人の全発熱量 qoT と A、B が決まります。

<室温と顕熱：潜熱比>

- ・〈CNTL〉で、人の発熱量の顕熱：潜熱比 ($qoS : qoL$) を決める基準となる室温の決め方を選択します。

- ・0:TB 基準の場合 … 〈BUIL〉の基準温度と同じです。年間一定値です。 例) 24℃
- ・1:TR 基準の場合 … TR は〈OPCO〉の設定室温で、季節毎に上限 TRU と加減 TUL があります。
例として、TRU=27℃、TRL=25℃ とします。

- ・1:TR 基準の場合、〈SOPC〉の運転モードで上限 TRU・下限 TRL のどちらを取るかが決まります。

- ・〈SOPC〉の運転モード 冷房が"C"で 暖房が"- "の場合は 上限 TRU を取ります ⇒ 27℃
冷房が"- "で 暖房が"H"の場合は 下限 TRL を取ります ⇒ 25℃
その他の場合は下限と上限の平均値を取ります。⇒ $(25+27)/2=26℃$

- ・ここでは、例として TR=26℃ が選ばれたものとします。

$$\begin{aligned} \text{人の顕熱発熱量 } qoS &= A+B*(TR-24) = 54.0+(-3.4)*(26-24) = 47.2 \text{ [kcal/hm}^2 \text{ 人]} \\ \text{人の潜熱発熱量 } qoL &= qoT-qoS = 102-47.2 = 54.8 \text{ [kcal/hm}^2 \text{ 人]} \end{aligned}$$

<熱取得の計算>

- ・在室率による補正 例) 〈DSCH〉の%時間が 80%、〈HRAT〉の季節補正が 60%とします。

$$\text{顕熱・発熱量 } HGOS = qoS * P * \% \text{時間} * \% \text{季節} = 47.2 * 20 * 0.80 * 0.60 = 453.12 \text{ [kcal/h]}$$

$$\text{熱取得 (対流成分) } HGOSc = HGOS * \alpha_c / (\alpha_c + \alpha_r) = 453.12 * 3.5 / (3.5 + 4.5) = 198.24 \text{ [kcal/h]}$$

$$\text{(輻射成分) } HGOSr = HGOS * \alpha_r / (\alpha_c + \alpha_r) = 453.12 * 4.5 / (3.5 + 4.5) = 254.88 \text{ [kcal/h]}$$

$$\text{潜熱の熱取得 } HGOL = qoL * P * \% \text{時間} * \% \text{季節} = 54.8 * 20 * 0.80 * 0.60 = 526.08 \text{ [kcal/h]}$$

10-2 照明からの熱取得

＜照明器具のタイプと重み係数 WF＞

- ・ 3 種類あります。右図で左から 埋込・直付・吊下です。

点灯してから熱取得になるまでの時間の遅れが違います。

※ 埋込は天井に吸熱される割合が大きく時間遅れも大きくなります。

- ・ 照明の WF： HASP では、これらの照明器具の時間遅れの重み係数 (WF) を予め計算してあり、その結果をプログラムにデータ文で組み込んでいます。

*** WF FOR LIGHTING FIXTURE

DIMENSION FL (5, 3)

DATA FL/0.4438, 0.0534, 0.8972, 0.0362, 0.0000

... 埋め込みタイプ

* , 0.7321, 0.0254, 0.8926, 0.0309, 0.0000

... 直付けタイプ

* , 1.0000, 0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.0000 /

... 吊り下げタイプ

- ・ 各行とも、左から P0、P1、R1、P2、R2 です。(これらの記号は応答係数と同じ項別公比法です)

吊下タイプは、P0=1.0 で、P1=R1=P2=R2=0.0 ですが、これは時間遅れを見込まないことを意味します。

※ HASP では計算時間間隔が 60 分の場合の WF が予め組み込まれています。

ACLD_HEX60 では、60 分以下の任意の時間間隔で計算しますが、この場合は上の表は使えません。

ACLD_HEX60 では、任意の時間間隔の WF をプログラム内で作っています。 ⇒ (4) 理論編

＜照明器具とランプのタイプと照明量に関する入力データ＞

- ・ <LIGH> ・ 照明器具のタイプとして 埋込・半埋込・吊下 から選びます。
また、ランプのタイプとして 蛍光灯・白熱球 から選びます。
- ・ 照明量として、照明電力 [kW] を入力するか、照明電力密度 [W/m²] を入力します。

例) 照明電力密度 20W/m²、<SPAC>の面積 100m² とすると

照明発熱 QL=20*1.15*100*0.86=1978 [kcal/h] (1.15 は蛍光灯の安定器の増分)

＜使用率＞

- ・ <DSCH>の時間% 時刻毎の%を設定します。曜日として (1, 2, 3) の 3 パターンあります。
- ・ <WSCH>の週パターン 月～日、祝日、特別日が、<DSCH>のどの曜日と対応するかを決めます。
- ・ <HRAT>の季節% <LIGH>の照明量に対して季節毎に低減率を決めます。(Default は 100%)

＜昼光利用による消灯率＞

- ・ 昼光利用による消灯率 ΣXoff ですが、ΣXoff>1.0 の時は ΣXoff=1.0 に制限します。

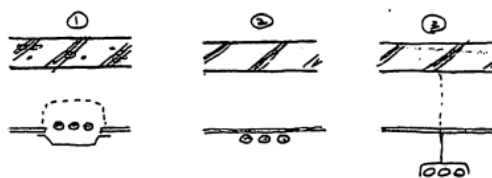
＜熱取得＞ 照明では熱取得の時に時間遅れを見込みます。

- ・ 照明の使用率 <DSCH>の時間%が 90%、<HRAT>の季節%が 80% とします。
- ・ 昼光利用による消灯率 ΣXoff=0.2 とします。(昼光利用しない場合は ΣXoff=0 です)
- ・ 照明発熱 $QL' = QL * \text{時間}\% * \text{季節}\% * (1 - \Sigma X_{\text{off}}) = 1978 * 0.90 * 0.80 * (1 - 0.2) = 1139.328 \text{ [kcal/h]}$
- ・ 照明の熱取得 $HGL = QL' * P0 + Q1 + Q2$
 $Q1' = QL' * P1 + Q1 * R1$
 $Q2' = QL' * P2 + Q2 * R2$ ※ 項別公比法の量み込み演算は ⇒ 6(外壁)の5)⑨

- ・ 熱取得を対流成分と輻射成分に分けます。

(熱取得の対流成分) $HGL_c = HGL * \alpha_c / (\alpha_c + \alpha_r)$

(熱取得の輻射成分) $HGL_r = HGL * \alpha_r / (\alpha_c + \alpha_r)$



3) 機器からの熱取得

<機器発熱に関する入力データ>

- ・〈HEAT〉 ・ 機器タイプとして 顕熱発熱機器、潜熱発熱機器 があります。
また、顕熱発熱機器には、 自然冷却か強制冷却かを選べます。
- ・ 機器発熱として、機器の電力 [kW] を入力するか、機器の電力密度 [W/m²] を入力します。

例) 顕熱発熱機器 15W/m²、〈SPAC〉の面積 100m² とすると

$$\text{顕熱発熱量は } QLS = 15 \times 100 \times 0.86 = 1290 \text{ [kcal/h]}$$

例) 潜熱発熱機器 2kW とすると

$$\text{顕熱発熱量は } QHL = 2000 \times 0.86 = 1720 \text{ [kcal/h]}$$

<機器の使用率>

- ・〈DSCH〉の時間% 時刻毎の%を設定します。曜日として (1, 2, 3) の 3 パターンあります。
- ・〈WSCH〉の週パターン 月～土日、祝日、特別日が、〈DSCH〉のどの曜日と対応するかを決めます。
- ・〈HRAT〉の季節% 〈OCUP〉の人数に対して季節毎に低減率を決めます。(Default は 100%)

※ この機器使用率は、顕熱発熱機器と潜熱発熱機器に共通です。

<機器による熱取得>

- ・ 機器の使用率 〈DSCH〉の時間%が 50%、〈HRAT〉の季節%が 60% とします。
- ・ 機器の発熱量 (顕熱発熱機器) $QHS' = QHS \times \text{時間}\% \times \text{季節}\% = 1290 \times 0.50 \times 0.60 = 387 \text{ [kcal/h]}$
(潜熱発熱機器) $QHL' = QHL \times \text{時間}\% \times \text{季節}\% = 1720 \times 0.50 \times 0.60 = 516 \text{ [kcal/h]}$

・ 機器発熱の熱取得

顕熱機器の場合、自然対流の場合は対流成分と輻射成分に分離します。強制冷却の場合は全て対流成分になります。

$$\text{(自然対流の場合) 対流成分 } HGS_c = QHS' \times \alpha_c / (\alpha_c + \alpha_r)$$

$$\text{輻射成分 } HGS_r = QHS' \times \alpha_r / (\alpha_c + \alpha_r)$$

$$\text{(強制対流の場合) 対流成分 } HGS_c = QHS'$$

$$\text{輻射成分 } HGS_r = 0$$

$$\text{潜熱発熱機器の熱取得 } HGL_c = QHL'$$

※ 顕熱機器の熱取得では時間遅れは見込みません。

