

## 設備における電算機の応用（その2）

—窓ガラス透過日射量，窓ガラス伝達熱量，相当温度差の計算プログラム開発—

鈴木良延

桜井 翰

宮路 栄二

## § 1. まえがき

前報では“熱負荷計算プログラム”について報告した。この中でいくつか問題点があげられたが，その1つとして基礎データの整備がある。今回はこの基礎データの作成に関して，窓ガラス透過日射量の計算，窓ガラス伝達熱量の計算，外壁および屋根の相当温度差の計算の各プログラムについて報告する。このプログラム完成により任意のガラス窓，任意の外壁についてのデータが得られるようになった。したがって，熱負荷計算における自由度および精度を同時にあげることができる。

## § 2. プログラムの要点

このプログラムでは，窓ガラス透過日射量の計算，窓ガラス伝達熱量の計算および相当温度差の計算を鉛直面8方位（N，NE，E，SE，S，SW，W，NW）および水平面（H）について，計算時点については1時間おき1日24時間について計算できる。一般的な使い方としては，1シーズン1日代表日として4シーズンにわたって計算させるが，1日24時間分の外気温度が既知であればその日についても計算可能である。プログラムの特徴はシートアウトプットだけでなく，カードアウトプットもできることである。このカードは前報告の熱負荷計算におけるイニシャルデータとして直接用いることができるようになっている。

## § 3. プログラム計算項目

プログラム計算式は，“建築学体系”，“空気調和ハンドブック”および“建築設備ハンドブック”の式をベースとし，一部は若干の修正を加えた。計算式の中で用いている各同一記号は総て同じものを表わし，サフィックス

スとしてはシーズンブロック番号は  $n_{SEASON}$  (1~4)，方位は  $n_{OR}$  (N=1~NW=8)，時刻は  $\tau$  (1時~24時) で示してある。

## 3.1 フローチャート

ジェネラル・フローチャートを図-1に示す。マテリアルデータとは例えば外壁については各構成部材の厚さ，熱特性，層の数等である。ガラスについては厚さ，入射角に対する透過率，吸収率等のデータである。イニシャルデータは図や表の諸値や後述するところの2次関数の係数値等である。シーズンデータについては4.2で述べる。



図-1 GENERAL FLOW CHART

## 3.2 テーブルデータの2次関数化

前回と同様にテーブル(表)を2次関数化することによって連続曲線を得ている。タイムラグの計算，および振幅減少率の計算では図-2に示すように対数値を2次関数化している。3点  $P_{j-1}(x_{j-1}, y_{j-1})$ ,  $P_j(x_j, y_j)$ ,  $P_{j+1}(x_{j+1}, y_{j+1})$  に対して  $P'_{j-1}(\log_e x_{j-1}, \log_e y_{j-1})$ ,  $P'_j(\log_e x_j, \log_e y_j)$ ,  $P'_{j+1}(\log_e x_{j+1}, \log_e y_{j+1})$  を考え

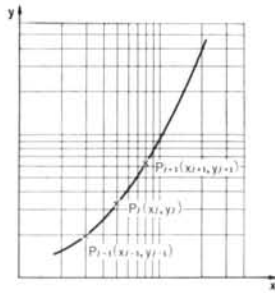


図-2 データの2次関数化

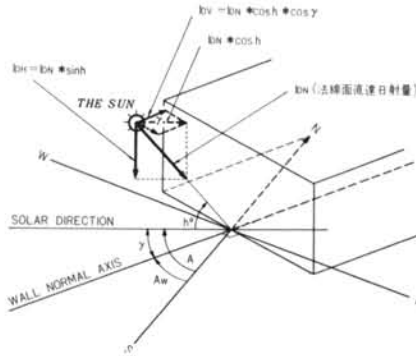


図-3 直達日射説明図

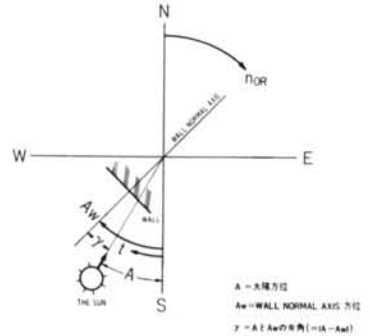


図-4 諸角度の取り方

る。x座標からみてこれらを1つのブロックと考え、2次関数曲線を求める。

ここで、2次関数曲線を、

$$\log_e y = a_0(\text{block})(\log_e x)^2 + a_1(\text{block})\log_e x + a_2(\text{block}) \quad \dots(1)$$

とすれば各係数値は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} a_0(\text{block}) &= -\frac{(\log_e x_j - \log_e x_{j+1})\log_e y_{j-1} + (\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1})\log_e y_j (\log_e x_{j-1} - \log_e x_j)\log_e y_{j+1}}{(\log_e x_j - \log_e x_{j+1})(\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1})(\log_e x_{j-1} - \log_e x_j)} \\ a_1(\text{block}) &= \frac{[(\log_e x_j)^2 - (\log_e x_{j+1})^2]\log_e y_{j-1} + [(\log_e x_{j+1})^2 - (\log_e x_{j-1})^2]\log_e y_j}{(\log_e x_j - \log_e x_{j+1})(\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1})(\log_e x_{j-1} - \log_e x_j)} \\ &\quad + \frac{[(\log_e x_{j-1})^2 - (\log_e x_j)^2]\log_e y_{j+1}}{(\log_e x_j - \log_e x_{j+1})(\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1})(\log_e x_{j-1} - \log_e x_j)} \\ a_2(\text{block}) &= -\frac{[\log_e x_j \log_e x_{j+1} (\log_e x_j - \log_e x_{j+1}) \log_e y_{j-1} + \log_e x_{j+1} \log_e x_{j-1} (\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1}) \log_e y_j}{(\log_e x_j - \log_e x_{j+1})(\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1})(\log_e x_{j-1} - \log_e x_j)} \\ &\quad + \log_e x_{j-1} \log_e x_j (\log_e x_{j-1} - \log_e x_j) \log_e y_{j+1}]}{(\log_e x_j - \log_e x_{j+1})(\log_e x_{j+1} - \log_e x_{j-1})(\log_e x_{j-1} - \log_e x_j)} \end{aligned} \right\} \dots(2)$$

ここに、 $x_{j-1}$ ,  $x_j$ ,  $x_{j+1}$ , および  $y_{j-1}$ ,  $y_j$ ,  $y_{j+1}$  は総て正の値である。この  $a_0(\text{block})$ ,  $a_1(\text{block})$ ,  $a_2(\text{block})$  はイニシャルデータとして与えている場合と  $(x_{j-1}, y_{j-1})$ ,  $(x_j, y_j)$ ,  $(x_{j+1}, y_{j+1})$  の値を与えコンピュータ内部で  $a_0(\text{block})$ ,  $a_1(\text{block})$ ,  $a_2(\text{block})$  を求めている場合とがある。ブロック数が多い時、あるいは  $(x_{j-1}, y_{j-1})$ ,  $(x_j, y_j)$ ,  $(x_{j+1}, y_{j+1})$  の値そのものを他に利用する場合、この方法は有効である。

### 3.3 日射量の計算

ここでは太陽定数  $I_0(n\text{SEASON})(\text{kcal}/\text{m}^2\text{h})$ , 大気透過率  $P(n\text{SEASON}, \tau)$ , その土地の緯度  $\phi$  (ラジアン) を与えて直達日射量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ ), 天空輻射量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ ) およびこれらの合計値としての全日射量 ( $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ ) を計算している。(図-3 参照)

#### 3.3.1 太陽赤緯 $\delta(n\text{SEASON})$ (ラジアン) の計算

計算に必要なデータは、

月 MONTH

日 DAY

プログラム内部では1月1日を原点にとり通算日数  $D_{\text{total}}$  を計算する。この  $D_{\text{total}}$  を用いて次式から太陽赤緯を求める。

$$\delta(n\text{SEASON}) = A_{020}(\text{block})(D_{\text{total}})^2 + A_{120}(\text{block})D_{\text{total}} + A_{220}(\text{block}) \quad \dots(3)$$

係数  $A_{020}$ ,  $A_{120}$ ,  $A_{220}$  は年間を6 block に分割し、太陽赤緯  $\delta$  を2次関数化したときの係数である。

#### 3.3.2 太陽高度 $h(n\text{SEASON}, \tau)$ (ラジアン) の計算

計算に必要なデータは、

太陽赤緯  $\delta(n\text{SEASON})$  (ラジアン)

その土地の緯度  $\phi$  (ラジアン)

時刻  $\tau$

計算は次式による.

$$h(n_{\text{SEASON}}, \tau) = \text{Sin}^{-1} \{ \sin \delta(n_{\text{SEASON}}) \sin \varphi + \cos \delta(n_{\text{SEASON}}) \cdot \cos \varphi \cdot \cos t \} \quad \dots (4)$$

ここに、時角  $t$  は図-4 に示すように正午を原点とする. したがって、

$$t = \frac{2\pi}{24} (\tau - 12) \quad \dots (5)$$

### 3.3.3 太陽方位角 $A(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ (ラジアン) の計算

計算に必要なデータは、

太陽赤緯  $\delta(n_{\text{SEASON}})$  (ラジアン)

太陽高度  $h(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (ラジアン)

時刻  $\tau$

太陽方位角  $A(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  は図-4 に示すようにN方位を原点とし、時角  $t$  は式(5)から求める.

計算は次式による.

$$A(n_{\text{SEASON}}, \tau) = \text{Sin}^{-1} \{ \cos \delta(n_{\text{SEASON}}) \cdot \text{sech}(n_{\text{SEASON}}, \tau) \cdot \sin t \} \quad \dots (6)$$

### 3.3.4 直達日射量 $I_{DN}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ , $I_{DH}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ , $I_{DV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h) の計算

計算に必要なデータは、

太陽定数  $I_0$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

大気透過率  $P(n_{\text{SEASON}}, \tau)$

太陽高度  $h(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (ラジアン)

太陽方位角  $A(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (ラジアン)

壁の方位角  $A'(n_{\text{OR}})$  (ラジアン)

計算は次式による.

法線面直達日射量は、

$$I_{DN}(n_{\text{SEASON}}, \tau) = I_0 \cdot P(n_{\text{SEASON}}, \tau)^{\text{cosec } h(n_{\text{SEASON}}, \tau)} \quad \dots (7)$$

水平面直達日射量は、

$$I_{DH}(n_{\text{SEASON}}, \tau) = I_{DN}(n_{\text{SEASON}}, \tau) \cdot \sin h(n_{\text{SEASON}}, \tau) \quad \dots (8)$$

鉛直面直達日射量は、

$$I_{DV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) = I_{DN}(n_{\text{SEASON}}, \tau) \cdot \cosh(n_{\text{SEASON}}, \tau) \cdot \cos \{ A(n_{\text{SEASON}}, \tau) - A'(n_{\text{OR}}) \} \quad \dots (9)$$

### 3.3.5 天空輻射量 $I_{SH}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ , $I_{SV}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h) の計算

計算に必要なデータは、

太陽定数  $I_0$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

太陽高度  $h(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (ラジアン)

大気透過率  $P(n_{\text{SEASON}}, \tau)$

計算はベルラーゲの式の修正式による.

水平面天空輻射量は、

$$I_{SH}(n_{\text{SEASON}}, \tau) = 1.2 \cdot I_0 \cdot \sin h(n_{\text{SEASON}}, \tau) \cdot \frac{\{1 - P(n_{\text{SEASON}}, \tau)^{\text{cosec } h(n_{\text{SEASON}}, \tau)}\}}{1 - 1.4 \log_e P(n_{\text{SEASON}}, \tau)} \cdot (1 - P(n_{\text{SEASON}}, \tau)) \quad \dots (10)$$

鉛直面直達日射量は、

$$I_{SV}(n_{\text{SEASON}}, \tau) = \frac{1}{2} I_{SH}(n_{\text{SEASON}}, \tau) \quad \dots (11)$$

### 3.3.6 全日射量 $I_{TH}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ , $I_{TV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h) の計算

計算に必要なデータは、

水平面直達日射量  $I_{DH}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面直達日射量  $I_{DV}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

水平面天空輻射量  $I_{SH}(n_{SEASON}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面天空輻射量  $I_{SV}(n_{SEASON}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

計算は次式による.

水平面全日射量は,

$$I_{TH}(n_{SEASON}, \tau) = I_{DH}(n_{SEASON}, \tau) + I_{SH}(n_{SEASON}, \tau) \quad \dots (12)$$

鉛直面全日射量は,

$$I_{TV}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) = I_{DV}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) + I_{SV}(n_{SEASON}, \tau) \quad \dots (13)$$

### 3.3.7 相当外気温度 $t_{SAT,H}(n_{SEASON}, \tau)$ , $t_{SAT,V}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$ (°C) の計算

計算に必要なデータは,

外気温  $t_0(n_{SEASON}, \tau)$  (°C)

外表面熱伝達率  $\alpha_0(n_{SEASON})$  (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

吸収率  $a$

水平面全日射量  $I_{TH}(n_{SEASON}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面全日射量  $I_{TV}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

計算は次式による.

水平面相当外気温度は,

$$t_{SAT,H}(n_{SEASON}, \tau) = \frac{a}{\alpha_0(n_{SEASON})} I_{TH}(n_{SEASON}, \tau) + t_0(n_{SEASON}, \tau) \quad \dots (14)$$

鉛直面相当外気温度は,

$$t_{SAT,V}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) = \frac{a}{\alpha_0(n_{SEASON})} I_{TV}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) + t_0(n_{SEASON}, \tau) \quad \dots (15)$$

水平面相当外気温度 1 日平均値は,

$$t_{SAT,Hm}(n_{SEASON}) = \frac{1}{24} \sum_{\tau=1}^{24} t_{SAT,H}(n_{SEASON}, \tau) \quad \dots (16)$$

鉛直面相当外気温度 1 日平均値は,

$$t_{SAT,Vm}(n_{SEASON}, n_{OR}) = \frac{1}{24} \sum_{\tau=1}^{24} t_{SAT,V}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) \quad \dots (17)$$

### 3.4 窓ガラス透過日射量 $I_{GR}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h) の計算

窓ガラスに当たった日射量は, 図-5 に示すように, 一部は反射される. ガラスの中に入った日射量のうちさらに一部は吸収され, 残りが透過日射量となる.

#### 3.4.1 太陽入射角 $\theta(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$ (ラジアン) の計算

計算に必要なデータは,

太陽高度  $h(n_{SEASON}, \tau)$  (ラジアン)

太陽方位角  $A(n_{SEASON}, \tau)$  (ラジアン)

窓ガラス面の方位角  $A'(n_{OR})$  (ラジアン)

計算は次式による.

$$\theta(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) = \cos^{-1} \{ \cosh(n_{SEASON}, \tau) * \cos(A(n_{SEASON}, \tau) - A'(n_{OR})) \} \quad \dots (18)$$

#### 3.4.2 透過率 $\tau_D(\theta)$ (ラジアン) の計算

計算に必要なデータは,

太陽入射角  $\theta(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$  (ラジアン)

計算は次式, 2 次関数による.

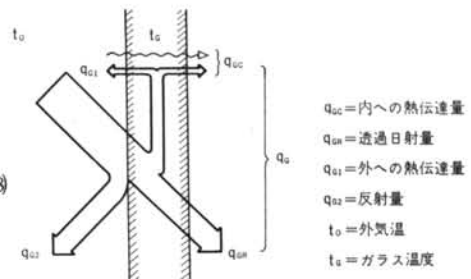


図-5 窓ガラス面よりの取得熱量

$$\tau_D(\theta) = A_{021}(\text{block})(\theta(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau))^2 + A_{121}(\text{block})\theta(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) + A_{221}(\text{block}) \quad \dots (19)$$

### 3.4.3 窓ガラス透過日射量 $I_{GR}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h) の計算

計算に必要なデータは、

鉛直面直達日射量  $I_{DV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面天空輻射量  $I_{SV}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面直達日射に対する透過率  $\tau_D(\theta)$

鉛直面天空輻射に対する透過率  $\tau_S$

計算は次式による。

$$I_{GR}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) = \tau_D(\theta) * I_{DV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) + \tau_S * I_{SV}(n_{\text{SEASON}}, \tau) \quad \dots (20)$$

### 3.5 窓ガラス伝達熱量 $I_{GC}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h) の計算

ここでは、まずガラス内部温度  $t_g$ (°C) を求め、次に伝達熱量を求める。

#### 3.5.1 鉛直面直達日射に対する吸収率 $a_D(\theta)$ の計算

計算に必要なデータは、

太陽入射角  $\theta(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$  (ラジアン)

計算は次式、2次関数による。

$$a_D(\theta) = A_{022}(\text{block})(\theta(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau))^2 + A_{122}(\text{block})\theta(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) + A_{222}(\text{block}) \quad \dots (21)$$

#### 3.5.2 窓ガラス内部温度 $t_g(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (°C) の計算

計算に必要なデータは、

鉛直面直達日射量  $I_{DV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面天空輻射量  $I_{SV}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$  (kcal/m<sup>2</sup>h)

鉛直面直達日射に対する吸収率  $a_D(\theta)$

鉛直面天空輻射に対する吸収率  $a_S$

ガラス室内側表面熱伝達率  $\alpha_i$  (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

ガラス室外側表面熱伝達率  $\alpha_o(n_{\text{SEASON}})$  (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

室内設定温度  $t_r(n_{\text{SEASON}})$ (°C)

外気温度  $t_o(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ (°C)

計算は次式による。

$$t_g(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) = \frac{a_D(\theta) * I_{DV}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) + a_S * I_{SV}(n_{\text{SEASON}}, \tau)}{\alpha_o(n_{\text{SEASON}}) + \alpha_i} \\ \frac{\alpha_o(n_{\text{SEASON}}) * t_o(n_{\text{SEASON}}, \tau) + \alpha_i * t_r(n_{\text{SEASON}})}{\dots (22)}$$

#### 3.5.3 窓ガラス伝達熱量 $I_{GC}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (kcal/m<sup>2</sup>h)

計算に必要なデータは、

ガラス内部温度  $t_g(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (°C)

室内設定温度  $t_r(n_{\text{SEASON}})$ (°C)

ガラス室内側表面熱伝達率  $\alpha_i$  (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

計算は次式による。

$$I_{GC}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) = \alpha_i(t_g(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau) - t_r(n_{\text{SEASON}})) \quad \dots (23)$$

### 3.6 相当温度差 $\Delta t_{SAT,H}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ , $\Delta t_{SAT,V}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (°C) の計算

部材の熱特性として、比熱  $C$  (kcal/kp°C), 熱伝導率  $\lambda$  (kcal/mh°C), 比重  $\gamma$  (kp/m<sup>3</sup>) および材厚  $l$  (mm) を与え図-6, 7 からタイムラグ  $\Delta \tau_e$ (h) および振幅減少率  $\rho_e(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}})$  を求める。次に、水平面相当外気温度  $t_{SAT,H}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ (°C), 鉛直面相当外気温度  $t_{SAT,V}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (°C), 室内設定温度  $t_r(n_{\text{SEASON}})$  を与え水平面相当温度差  $\Delta t_{SAT,H}(n_{\text{SEASON}}, \tau)$ (°C), 鉛直面相当温度差  $\Delta t_{SAT,V}(n_{\text{SEASON}}, n_{\text{OR}}, \tau)$ (°C) を計算する。

### 3.6.1 タイムラグ $\Delta\tau_e$ (h) の計算

計算に必要なデータは、

- 比熱  $C_j$  (kcal/kp°C)
- 熱伝導率  $\lambda_j$  (kcal/mh°C)
- 比重量  $\gamma_j$  (kp/m<sup>3</sup>)
- 材厚  $l_j$  (mm)

計算に必要なパラメータ  $\xi$ ,  $\eta$  を、を次のように定義する。

$$\left. \begin{aligned} \xi\tau &= \frac{10^3\gamma}{l} \text{ (kp/m}^4\text{)} \\ \eta\tau &= C * \lambda * \gamma \text{ (kcal}^2\text{/m}^4\text{h}^2\text{C)} \end{aligned} \right\} \dots\dots 24$$

イニシャルデータとしては図-6に示す  $\xi$  軸に平行な直線と  $\eta$  一定値の各曲線の交点座標をとる。各構成部材のデータ  $C_j$ ,  $\lambda_j$ ,  $\gamma_j$ ,  $l_j$  から計算されたパラメータを  $M\xi\tau_j$ ,  $M\eta\tau_j$  とする。壁体、あるいは屋根が  $n$  層からできているならばトータルタイムラグは次式で計算される。

$$\begin{aligned} \Delta\tau_e &= \sum_{j=1}^n \Delta\tau_j \\ &= \sum_{j=1}^n \exp\{A_{023}(\text{block})(\log_e M\xi\tau_j)^2 \\ &\quad + A_{123}(\text{block})\log_e M\xi\tau_j \\ &\quad + A_{223}(\text{block})\} \dots\dots 25 \end{aligned}$$

係数  $A_{023}$ ,  $A_{123}$ ,  $A_{223}$  は 3 点  $Pr_1(M\xi\tau_{max}, \Delta\tau_{max})$ ,  $Pr_2(M\xi\tau_{min}, \Delta\tau_{min})$ ,  $Pr_3(M\xi\tau_{min}, \Delta\tau_{min})$  の対数値を満足する 2 次関数の係数である。

### 3.6.2 振幅減少率 $\rho_e$ ( $n_{SEASON}$ , $n_{OR}$ ) の計算

計算に必要なデータは

- 比熱  $C_j$  (kcal/Kp°C)
- 熱伝導率  $\lambda_j$  (kcal/mh°C)
- 比重量  $\gamma_j$  (kp/m<sup>3</sup>)
- 材厚  $l_j$  (mm)
- 室内側熱伝達率  $\alpha_i$  (kcal/m<sup>2</sup>h°C)
- 室外側熱伝達率  $\alpha_o$ ( $n_{SEASON}$ ) (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

計算の順序としてパラメータ  $M\xi_e$ ,  $M\eta_e$  および熱貫流率  $K$ ( $n_{SEASON}$ ) を求めておかなければならない。

$$M\xi_e = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{10^3\gamma_j}{l_j}} \dots\dots 26$$

$$M\eta_e = \eta\tau(i\eta - 1) + \frac{M\xi_e - \xi\tau(i\eta - 1)}{\xi\tau(i\eta) - \xi\tau(i\eta - 1)} * (\eta\tau(i\eta) - \eta\tau(i\eta - 1)) \dots\dots 27$$

$$K(n_{SEASON}) = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{10^3 l_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_o(n_{SEASON})}} \dots\dots 28$$

ここで、 $n$  は外壁、あるいは屋根の層数である。

次に図-7を用いて 2 点 ( $M\eta_e, M\xi_e$ ), ( $2 * M\eta_e, M\xi_e$ ) から振幅減少率  $\rho_1$ ( $n_{SEASON}$ ),  $\rho_2$ ( $n_{SEASON}$ ) を求める。この求め方は前述のタイムラグ  $\Delta\tau_j$  と同様である。

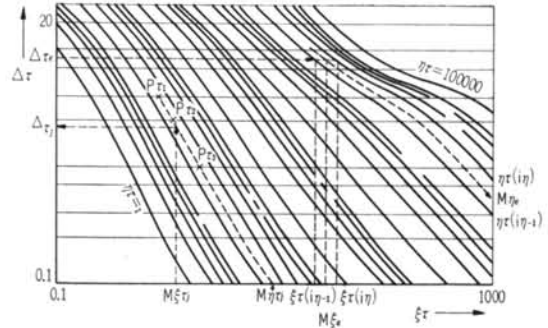


図-6 タイムラグ  $\Delta\tau$

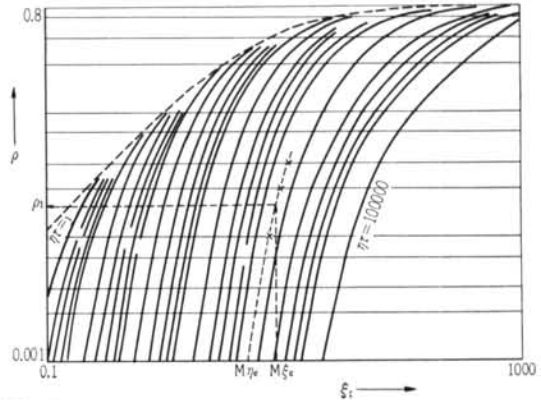


図-7 振幅減少率  $\rho$

	H	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
$\rho$	0.7	0.7	0.45	0.2	0.4	0.6	0.5	0.4	0.55
$q$	0.3	0.3	0.55	0.8	0.6	0.4	0.5	0.6	0.45

表-1 振幅減衰係数

振幅減少率  $\rho_e(n_{SEASON}, n_{OR})$  は次式で計算する。

$$\rho_e(n_{SEASON}, n_{OR}) = \frac{\alpha_i}{K(n_{SEASON})} (p(n_{OR}) * \rho_1(n_{SEASON}) + q(n_{OR}) * \rho_2(n_{SEASON})) \quad \dots \text{②9}$$

係数  $p(n_{SEASON})$ ,  $q(n_{SEASON})$  の値は表-1 に示す。

### 3.6.3 相当温度差 $\Delta t_{SAT,H}(n_{SEASON}, \tau)$ , $\Delta t_{SAT,V}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$ (°C) の計算

計算に必要なデータは、

- 水平面相当温度  $t_{SAT,H}(n_{SEASON}, \tau)$  (°C)
- 鉛直面相当温度  $t_{SAT,V}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau)$  (°C)
- 水平面相当温度 1 日平均値  $t_{SAT,Hm}(n_{SEASON})$  (°C)
- 鉛直面相当温度 1 日平均値  $t_{SAT,Vm}(n_{SEASON}, n_{OR})$  (°C)
- 室内設定温度  $t_r(n_{SEASON})$  (°C)
- タイムラグ  $\Delta \tau_e$  (h)
- 水平面振幅減少率  $\rho_{eH}(n_{SEASON})$
- 鉛直面振幅減少率  $\rho_{eV}(n_{SEASON}, n_{OR})$

計算は次式による。

水平面相当温度差は、

$$\Delta t_{eH}(n_{SEASON}, \tau) = (t_{SAT,Hm}(n_{SEASON}) - t_r(n_{SEASON})) + \rho_{eH} * (t_{SAT,H}(n_{SEASON}, \tau - \Delta \tau_e) - t_{SAT,Hm}(n_{SEASON})) \quad \dots \text{③0}$$

鉛直面相当温度差は、

$$\Delta t_{eV}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau) = (t_{SAT,Vm}(n_{SEASON}, n_{OR}) - t_r(n_{SEASON})) + \rho_{eV}(n_{OR}) * (t_{SAT,V}(n_{SEASON}, n_{OR}, \tau - \Delta \tau_e) - t_{SAT,Vm}(n_{SEASON}, n_{OR})) \quad \dots \text{③1}$$

## § 4. インพุットデータ, アウトプットデータ

前述の計算をするにあたっての設定条件および気象データをおのおのについて決めた。アウトプットデータについては『空調ハンドブック』（井上宇市著）に示されている値と比較する意味で図-8, 10にまとめた。

### 4.1 インพุットデータ

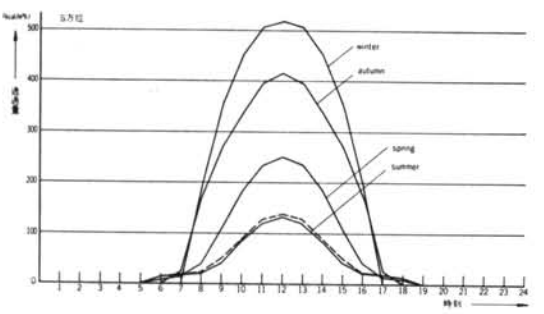
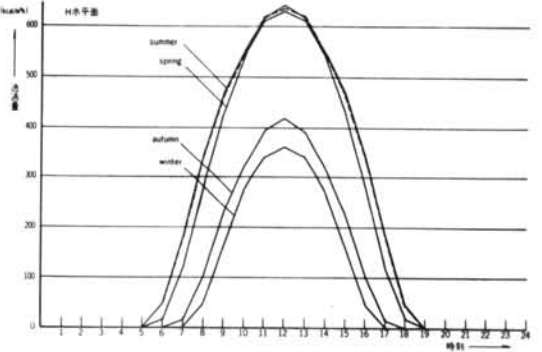
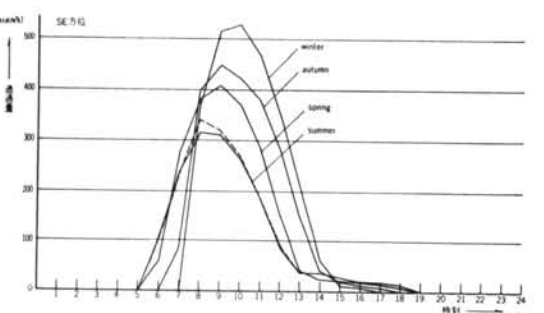
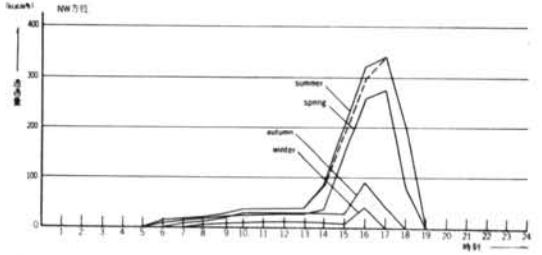
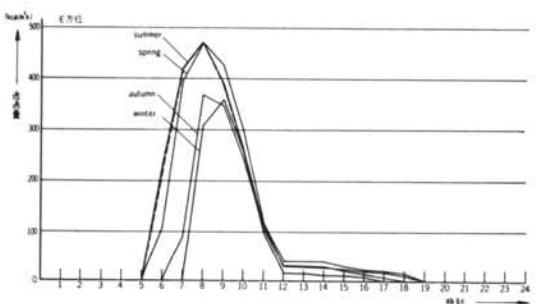
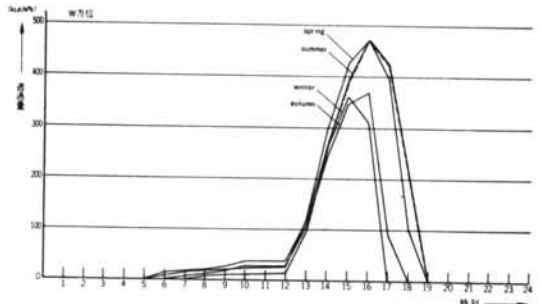
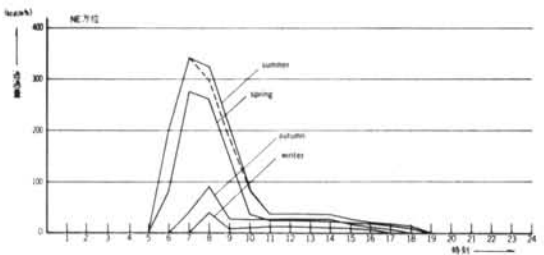
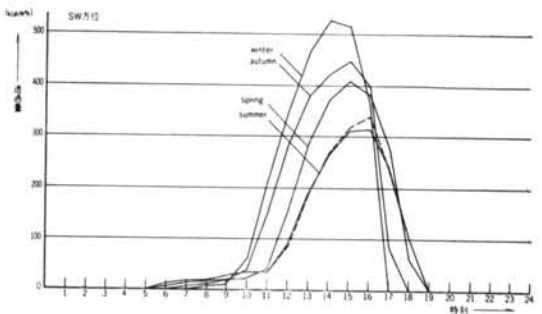
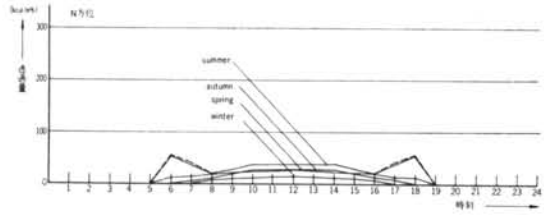
シーズンデータとして室内設定温度(°C), 外表面熱伝達率 (Kcal/m<sup>2</sup>h°C) および東京における外気温度 (°C), 大気透過率は表-2 に示す値を採用している。図-8, 9 の計算に使用されたガラスのマテリアルデータは付表-1 に, 図-11, 12 の計算に使用されたガラスのマテリアルデータは付表-2 に示す。

### 4.2 アウトプットデータ

窓ガラス透過日射量および窓ガラス伝達熱量の計算例として磨板ガラス (普通ガラス) 3 mm, 5 mm, 磨サングレー板ガラス (吸熱ガラス) 3 mm, 5 mm (場所; 東京), 相当温度差の計算例としてコンクリート100mm (場所; 東京) の計算結果を図-8, 9, 10, 11, 12に示す。

## § 5. あとがき

熱負荷計算に用いられる設計外気温湿度, 外壁および屋根の相当温度差, 窓ガラス透過日射量等のインシャルデータについては信頼性が一番重要である。これら一連のプログラムによって, 各データの計算が容易になったわけだが, 今後はユーザーからのフィードバックにより, さらに信頼度の高い内容にしていきたい。



———— 当プログラムによる計算値  
 - - - - - "空調ハンドブック"による値  
 summer = 7月23日  
 spring = 4月23日  
 autumn = 10月23日  
 winter = 1月23日  
 緯度 = 35°41' (東京)

図-8 窓ガラス透過日射量結果 (磨板ガラス 3mm厚)



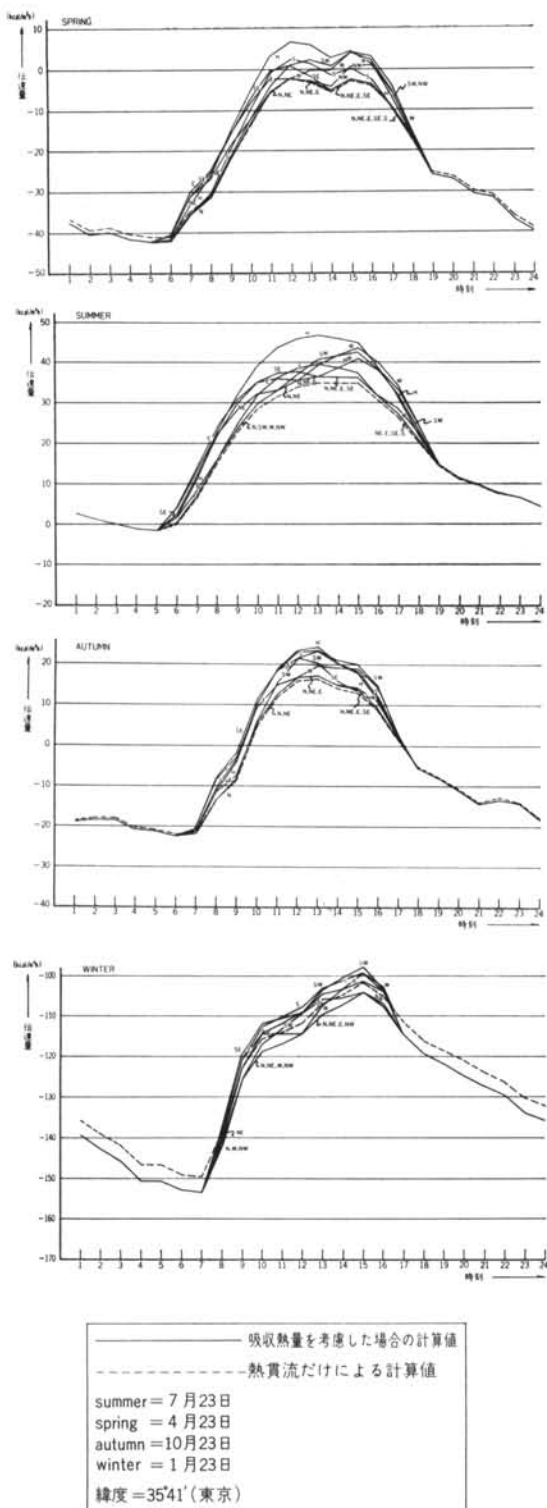


図-9 窓ガラス伝達熱量計算結果(磨板ガラス3mm厚)

時刻	SPRING (4月)		SUMMER (7月)		AUTUMN (10月)		WINTER (1月)	
	$t_o(°C)$	$P$	$t_o(°C)$	$P$	$t_o(°C)$	$P$	$t_o(°C)$	$P$
1:00	17.5		26.5		20.7		-1.2	
2:00	17.0		26.2		20.8		-1.8	
3:00	17.1		26.0		20.8		-2.3	
4:00	16.8	0.78	25.8	0.75	20.4	0.80	-3.1	0.86
5:00	16.7	0.78	25.7	0.75	20.3	0.80	-3.1	0.86
6:00	16.7	0.78	26.0	0.75	20.1	0.80	-3.5	0.86
7:00	17.8	0.77	27.2	0.75	20.2	0.80	-3.6	0.85
8:00	18.5	0.76	28.8	0.75	21.6	0.80	-1.7	0.84
9:00	20.1	0.75	30.2	0.70	22.5	0.75	1.0	0.83
10:00	21.6	0.74	31.3	0.65	24.8	0.70	2.2	0.82
11:00	23.0	0.73	31.9	0.65	26.1	0.70	2.5	0.81
12:00	23.5	0.72	32.3	0.65	26.8	0.70	2.9	0.80
13:00	23.4	0.73	32.5	0.65	26.9	0.70	3.7	0.81
14:00	23.0	0.74	32.5	0.65	26.5	0.70	4.1	0.82
15:00	23.5	0.75	32.5	0.70	26.3	0.75	4.6	0.83
16:00	23.3	0.76	31.7	0.75	25.5	0.80	4.0	0.84
17:00	22.3	0.77	30.9	0.75	24.2	0.80	2.9	0.85
18:00	21.0	0.78	29.8	0.75	23.0	0.80	2.1	0.86
19:00	19.5	0.78	28.7	0.75	22.6	0.80	1.7	0.86
20:00	19.3	0.78	28.1	0.75	22.1	0.80	1.3	0.86
21:00	18.7		27.8		21.5		0.8	
22:00	18.5		27.4		21.7		0.4	
23:00	17.6		27.2		21.5		-0.3	
24:00	17.1		26.8		20.8		-0.6	
室内設定温度(°C)	24.0		26.0		24.0		22.0	
外表面熱伝達率(kcal/m <sup>2</sup> h°C)	25.0		20.0		25.0		30.0	

表-2 SEASON DATA

入射角	磨板ガラス 3mm		
	透過率	反射率	吸収率
5	87.69%	7.82%	4.48%
20	87.54	7.86	4.58
40	86.23	8.81	4.95
50	83.84	10.87	5.27
60	78.04	16.08	5.87
75	64.38	28.09	6.3
80	35.00	52.00	6.5
天空輻射	79.0	16.0	5.0

(ガラス面積)/(コンクリート開口面積)=0.90

付表-1 GLASS MATERIAL DATA (図-8, 9)

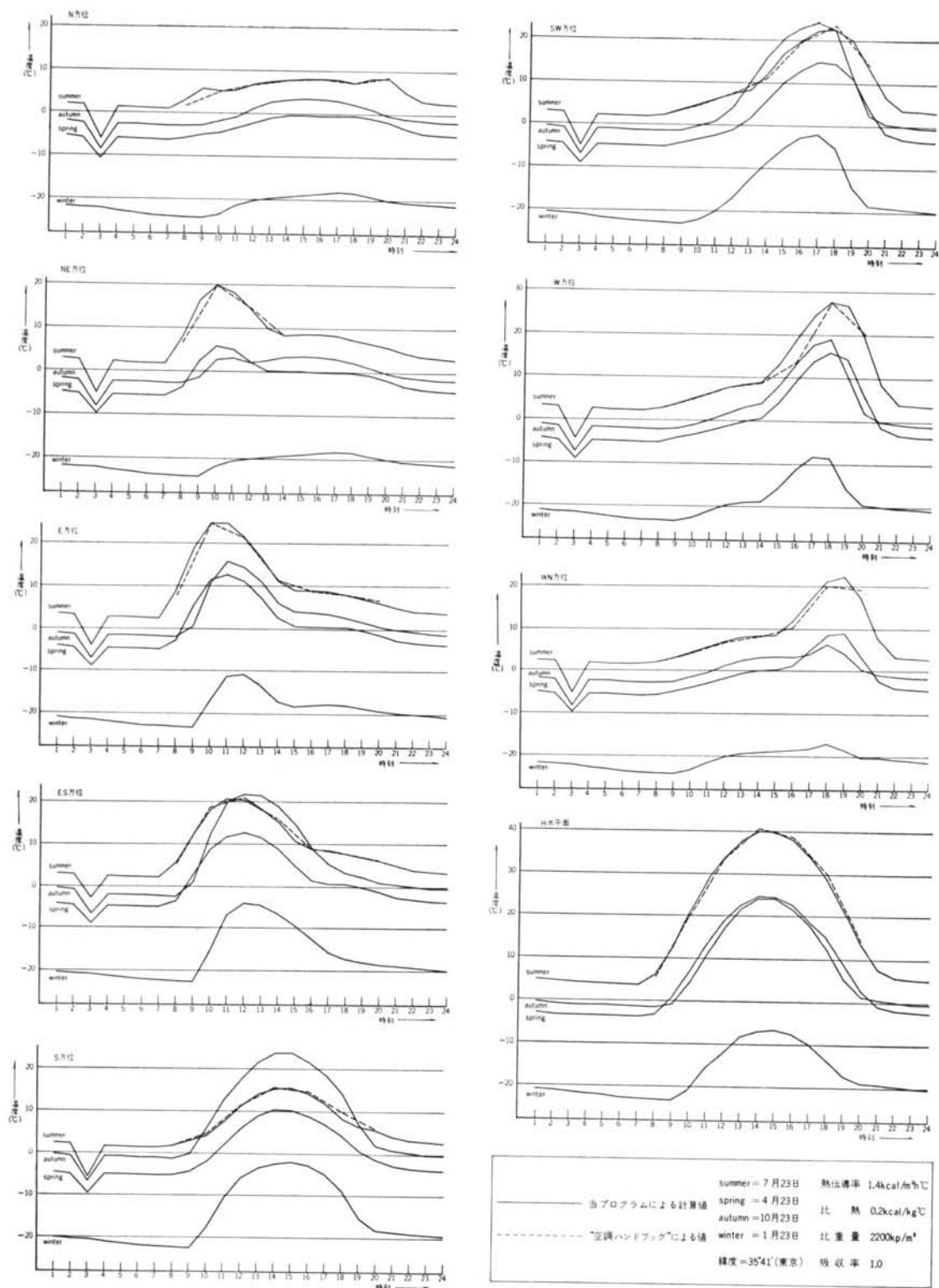
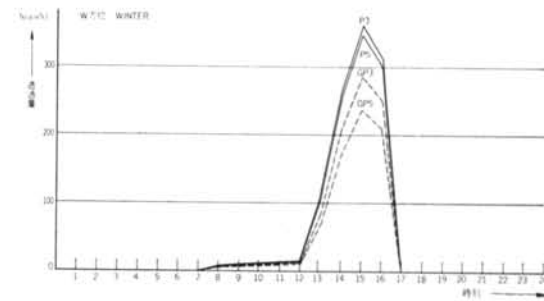
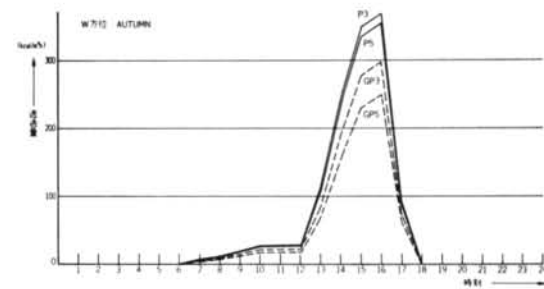
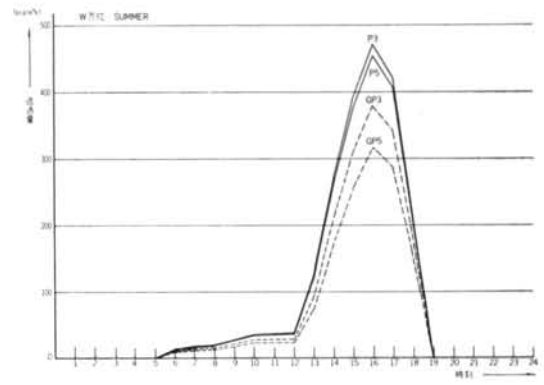
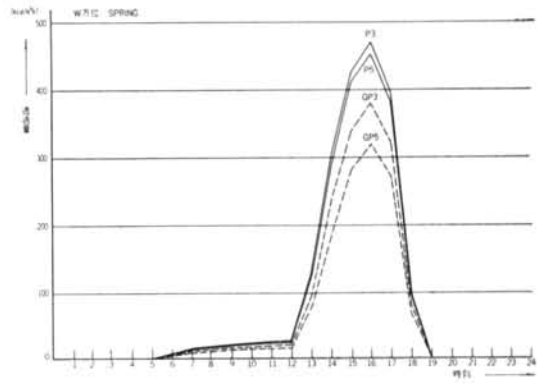
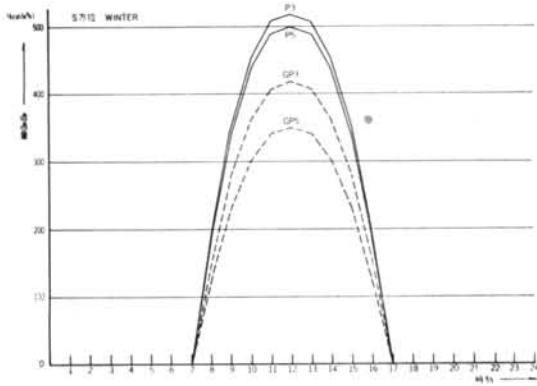
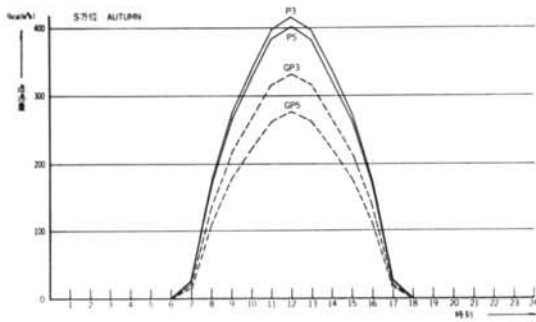
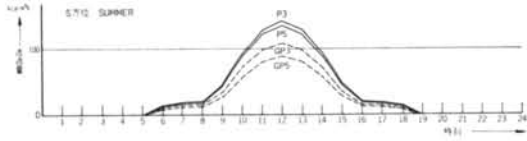
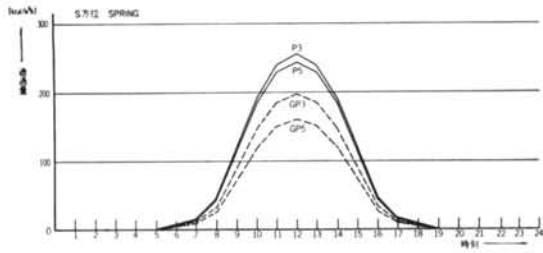


図-10 相当温度差計算結果 (コンクリート100mm厚)



P3 層板ガラス 3mm厚  
 P5 層板ガラス 5mm厚  
 GP3 層サングレー板ガラス 3mm厚  
 GP5 層サングレー板ガラス 5mm厚

summer = 7月23日

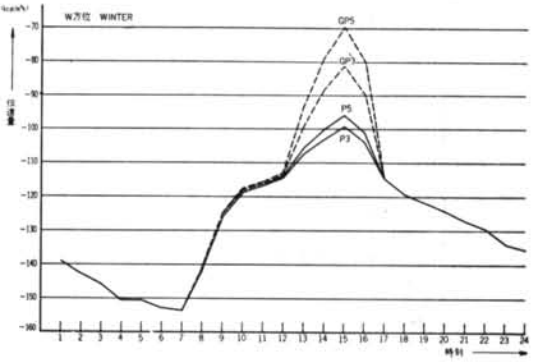
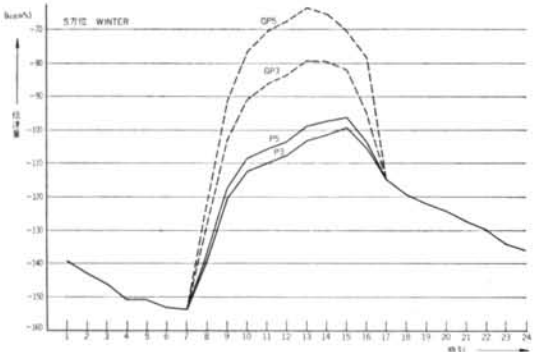
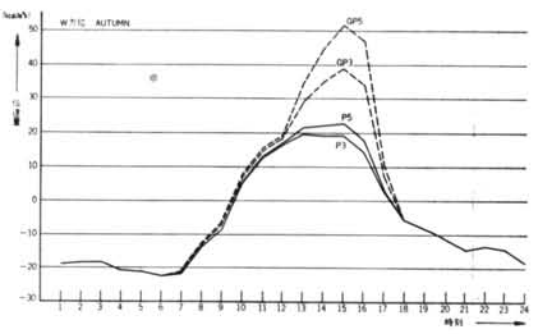
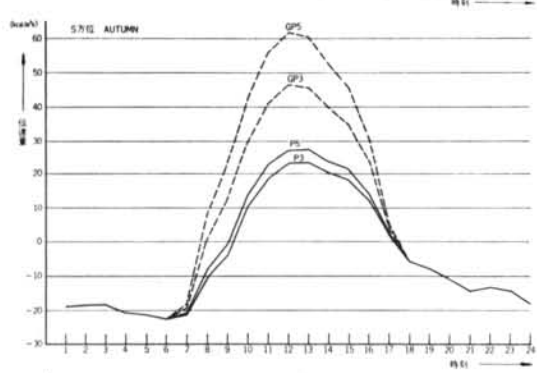
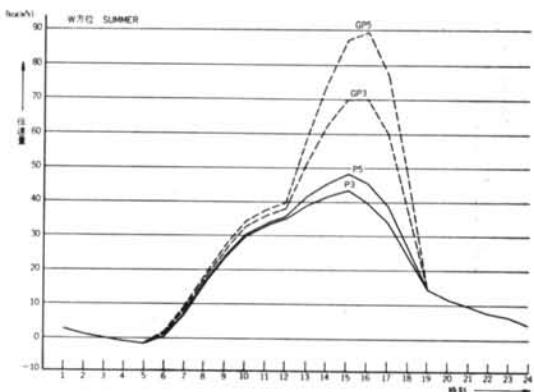
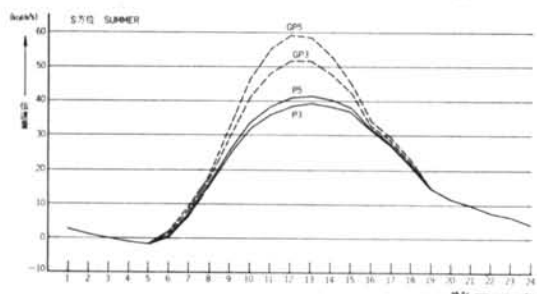
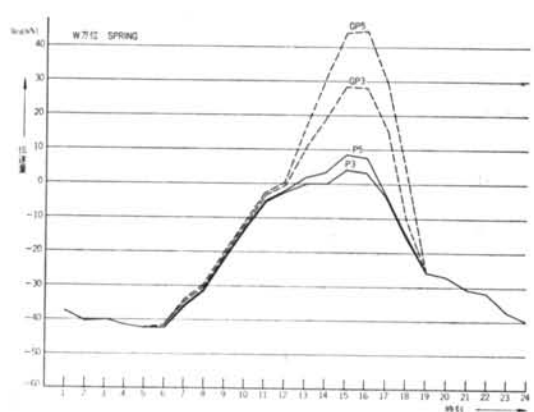
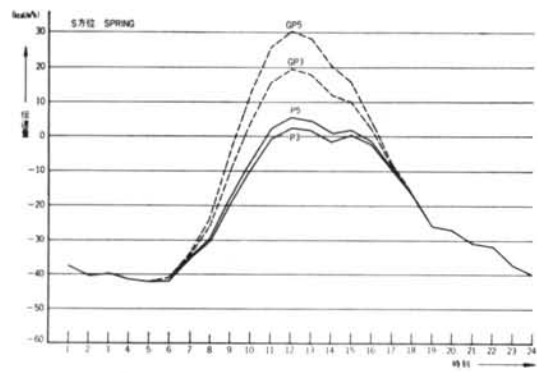
spring = 4月23日

autumn = 10月23日

winter = 1月23日

緯度 = 35°41' (東京)

図-11 各種窓ガラス透過日射量計算結果



P3	層板ガラス 3mm厚	summer = 7月23日
P5	層板ガラス 5mm厚	spring = 4月23日
GP3	層サングレー板ガラス 3mm厚	autumn = 10月23日
GP5	層サングレー板ガラス 5mm厚	winter = 1月23日
		緯度 = 35°41' (東京)

図-12 各種窓ガラス伝達熱量計算結果

入射角	磨板ガラス3mm			磨板ガラス5mm			磨サングレー板ガラス3mm			磨サングレー板ガラス5mm		
	透過率	反射率	吸収率	透過率	反射率	吸収率	透過率	反射率	吸収率	透過率	反射率	吸収率
0	87.6%	7.6%	4.8%	84.7%	7.4%	7.9%	71.8%	6.5%	21.7%	60.9%	5.8%	33.2%
5	87.5	7.6	4.8	84.7	7.4	7.9	71.8	6.5	21.8	60.9	5.8	33.3
10	87.5	7.6	4.9	84.7	7.4	7.9	71.7	6.5	21.9	60.8	5.8	33.4
15	87.5	7.6	4.9	84.6	7.4	8.0	71.5	6.5	22.0	60.6	5.8	33.6
20	87.4	7.6	5.0	84.5	7.4	8.1	71.3	6.5	22.2	60.3	5.8	33.9
25	87.3	7.7	5.0	84.4	7.5	8.2	71.0	6.5	22.5	59.9	5.9	34.3
30	87.1	7.8	5.1	84.1	7.6	8.3	70.5	6.6	22.9	59.3	5.9	34.7
35	86.8	8.0	5.2	83.7	7.8	8.5	70.0	6.8	23.2	58.7	6.1	35.2
40	86.3	8.4	5.3	83.2	8.2	8.6	69.2	7.1	23.7	57.8	6.4	35.8
45	85.5	9.1	5.4	82.4	8.8	8.8	68.2	7.7	24.1	56.7	6.9	36.4
50	84.3	10.2	5.6	81.1	9.9	9.0	66.9	8.6	24.6	55.3	7.8	36.9
55	82.4	11.9	5.7	79.2	11.6	9.2	64.9	10.1	25.0	53.4	9.2	37.4
60	79.5	14.7	5.8	76.3	14.3	9.4	62.1	12.5	25.3	50.8	11.4	37.7
65	74.9	19.2	5.9	71.8	18.6	9.5	58.1	16.4	25.5	47.2	15.0	37.8
70	67.9	26.1	6.0	65.0	25.4	9.6	52.1	22.5	25.4	42.1	20.7	37.2
75	57.3	36.7	6.0	54.7	35.7	9.6	43.2	31.9	24.8	34.6	29.7	35.7
80	42.0	52.1	6.0	39.8	50.9	9.3	30.6	46.2	23.2	24.2	43.6	32.3
85	21.6	72.8	5.5	20.1	71.6	8.3	14.2	67.1	18.7	10.7	64.9	24.4
89	5.3	—	5.1	4.3	—	7.5	1.1	—	15.1	0.1	—	18.1
天空輻射	79.5		5.8	76.3		9.4	62.1		25.3	50.8		37.7

(ガラス面積)/(コンクリート開口面積)=0.90

付表—2 GLASS MATERIAL DATA (図—11, 12)

〈参考文献〉

- 1) 井上宇市：“空気調和ハンドブック” 丸善
- 2) 渡辺要, 柳町政之助, 井上宇市：“建築設備ハンドブック” 朝倉書店
- 3) “建築学体系” 第8巻 1969