

# 工場換気設計プログラム (その1)

—自然換気—

西岡利晃

## Computer Programs for Industrial Ventilation Design (Part 1)

—Natural Ventilation—

Toshiaki Nishioka

### Abstract

Two computer programs for calculations of natural ventilation of factories involving hot processes are carried out. The one performs calculations of the necessary ratio of openings, temperature rise and selection of type of monitor roof for various given conditions. The results will aid the designer in determining the type of structure and materials of the buildings. The other calculates the rate of ventilation and the temperature rise of a given building.

The methods used are the ones described in "Ventilation Design" published by the Architectural Institute of Japan. A set of nonlinear equations is solved by the regula falsi method.

### 概要

装置・製造過程から大量の熱を発生する工場の自然換気の計算プログラムを開発した。プログラムは2種類で、1つは建家の建築的条件を決定する段階で手軽に利用できるように、基本的で簡潔なモデルを設定し、多数の条件に対して、必要開口面積、モニターの種類、作業域温度上昇を求めるものである。2つ目は、与えられた建物の換気量、作業域温度上昇を求めるものである。

計算は建築学会のパンフレットにまとめられた方法にもとづき、流量を求める非線形連立方程式は、はさみうち法により解いた。

### 1. はじめに

工場の自然換気計算法については、すでに標準的な方法が確立されているが、工場の設計計画に当初から用いられることは極めて少ないように思われる。その理由としては、計算法に固有の問題として、計算式が非線形の連立方程式で数値計算に手間がかかること、および必要なパラメーターが典型的に整理し難く、ケースバイケースで模型実験をしたり、適当な近似を行わねばならないことである。また自然換気は建物の形態、寸法等により基本的に支配される。しかも、これらの建物の条件は、換気からの要請が反映される前に、内部の装置の種類や配置により第一義的に決定されてしまう。

高速計算機が広く普及し、計算の煩雑さは解消されたので、上述の各種ネックを漸次解決すれば、建築設計の段階で、換気の要請も積極的に生かせる機会が増えるし、また増さねばならないと思われる。

本プログラムは、現在確立している自然換気計算法に基本的に依拠し、これを計算機のプログラム化することによって、与えられた工場建物の換気量のチェックのほかに、建物設計の段階で、換気に必要な開口面積、開口の種類、形体等のデータを迅速に提供できるようにしたものである。

### 2. 計算のアルゴリズム

換気量の計算は、外気、室を節点、モニター、窓等の開口を枝とした回路網の計算で、節点に圧力、温度を与え、各枝の空気流量、熱流量を計算する。空気流量と熱流量は、節点で、それ自身平衡するとともに、相互にも平衡する。その際、節点で、熱及び物質は完全かつ一様に拡散するものと仮定される。

節点間圧力と流量の関係式は、一般に非線形で、枝の数だけの連立方程式ができるので、数値解は、一般に逐次近似により求める。工場の場合、圧力の変数の数が少ないので、圧力(室内圧)を仮定し、逐次近似

で解くのが有利である。本プログラムは、逐次近似として、はさみうち法 (Regula-Falsi 法) を用いた。

換気回路網の計算式は<sup>2)</sup>

i) 節点 i で

流量の平衡

$$\sum_j \left\{ \gamma_i \frac{1 + \text{sign}(Q_{ij})}{2} + \gamma_j \frac{1 - \text{sign}(Q_{ij})}{2} \right\} Q_{ij} = 0 \dots (1)$$

熱量の平衡

$$\sum_j \left\{ \gamma_i \theta_i \frac{1 + \text{sign}(Q_{ij})}{2} + \gamma_j \theta_j \frac{1 + \text{sign}(Q_{ij})}{2} \right\} C_p Q_{ij} + H_i = 0 \dots (2)$$

ii) 枝 i-j で、枝の流量  $Q_{ij}$

$$Q_{ij} = g(p_{ij}) \dots (3)$$

ただし  $i=1, 2, 3, \dots$ ; 節点の数

$j=1, 2, 3, \dots$ ; i 節点と枝を有する節点数

$$\text{sign}(Q_{ij}) = \begin{cases} 1 : Q_{ij} > 0 \\ -1 : Q_{ij} < 0 \end{cases}$$

$Q_{ij}$ ; 枝 i-j を流れる流量

i から流出 (i→j) のとき  $Q_j > 0$

i へ流入 (i←j) のとき  $Q_j < 0$

$P_{ij}$ : 節点 i と節点 j の圧力差

$\gamma_i, \gamma_j$ : 節点 i, j の空気温度の比重量,  $\gamma_i = \frac{353.25}{273.17 + \theta_i}$

$\theta_i, \theta_j$ : " 温度

$H_i$ : 節点 i での発熱量

$C_p$ : 空気の定圧比熱

節点数 N, 枝数 M とすると、流量と熱量の平衡式(1)、(2)がそれぞれ節点の数 N 個、流量と圧力の式(3)が枝の数だけ M 個で、方程式の数は合計  $2N + M$  個となる。一方、未知数は、圧力、温度がそれぞれ節点の数 N 個、流量の数は枝の数で M 個、合計  $2N + M$  個となり、上述の系は一意的に解ける。

### 3. 計算式とパラメーター

#### 3.1. モデルと記号

簡単のために、単室のモデルで考える。モデルおよび記号は一括して図-1 に示す。

記号の添字は、

o: 外気

m: 室内

i=1, 2, ……; 開口の種類

#### 3.2. 計算式

3.2.1. 室内圧と圧力分布 自然換気の駆動力は外部風により建物周囲に形成される風圧と、室内外の温度差により形成される浮力との重ね合せによる当該開

一記号—

A; 面積

C; 風圧係数

h; 高さ

I; 日射量

P; 圧力

V; 風速

W; 装置発熱量

$\alpha$ ; 流量係数

$\delta$ ; 風向

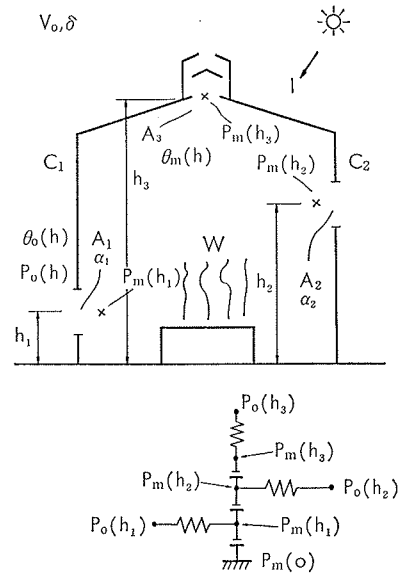


図-1 モデルと記号

口の室内外の圧力差である。

床面高さの室内圧を  $P_m(0)$  とおけば開口 i の室内圧  $P_m(h_i)$  は

$$P_m(h_i) = P_m(0) - \int_0^{h_i} \gamma_m \cdot dh \text{ (mmAq)} \dots (4)$$

外部風  $V_o$  により開口 i に形成される風圧  $P_w(h_i)$  は

$$P_w(h_i) = C_i \cdot \frac{\gamma_o}{2g} V_o^2 \text{ (mmAq)} \dots (5)$$

$C_i$ : 開口 i の風圧係数。一般に建物の形状、位置、風向の関数で、風洞を用いた模型実験より求める。

床面高さの外気静圧を  $P_o(0)$  とおけば開口 i での外気圧  $P_o(h_i)$  は

$$P_o(h_i) = P_o(0) - \int_0^{h_i} \gamma_o \cdot dh + P_w(h_i) \text{ (mmAq)} \dots (6)$$

開口 i での室内外の圧力差  $P_{m0}(h_i)$  は (添字 mo は室から外気に向う圧力を正に取ったことを示す)

$$\begin{aligned} P_{m0}(h_i) &= P_m(h_i) - P_o(h_i) \\ &= P_m(0) - P_o(0) + \int_0^{h_i} (\gamma_o - \gamma_m) dh - P_w(h_i) \text{ (mmAq)} \dots (7) \end{aligned}$$

圧力差が問題であるから  $P_o(0)$  を基準に取る。すなわち  $P_o(0) = 0$ 。こうすれば  $P_{m0}(h_i)$  は、同一高さの静止大気圧を基準に表わした室内圧となり、浮力の把握に便利である。したがって(7)式は

$$P_{m0}(h_i) = P_m(0) + \int_0^{h_i} (\gamma_o - \gamma_m) dh - P_w(h_i) \text{ (mmAq)} \dots (8)$$

無風の際は、上式で  $P_w(h_i) = 0$  とおけばよい。

3.2.2. 開口の特性と流量 開口の種類は、その特性により、①窓、扉等の一般開口、②モニター、ルーフベンチレーター等、③建具廻り、接合部等の隙間に大別できる。工場の換気では③による流量は他の2つに比べ非常に少ないので、気密性を特に問題としない

限り無視できる。

i) 一般開口の流量は、流量係数  $\alpha_i$  を用いて

$$Q_i = \left\{ \sqrt{\gamma_0} \frac{1 - \text{sign}(P_{m0})}{2} - \sqrt{\gamma_m} \frac{1 + \text{sign}(P_{m0})}{2} \right\} \alpha_i \cdot A_i \times \sqrt{2g|P_{m0}|} \quad (\text{kg/s}) \quad \dots\dots(9)$$

ii) モニター等の流量は i) のように解析的表現はできずモニターの種類ごとに、模型実験により求めた実験式を用いる。本プログラムでは、 $P_{m0}$  とモニター根本の風速  $v$  の実験式を、最小二乗法で2次式に近似しこれを  $v$  について解いて用いる。すなわち、静止大気圧を基準にとったモニター根本の全圧を  $P$ 、流速を  $v$  とすれば、模型実験より求めた  $P$ 、 $v$  を用いて

$P (= P_{m0}) = B_0(V_0, \delta) + B_1(V_0, \delta)v + B_2(V_0, \delta)v^2 \dots(10)$  に近似し、 $B_0$ 、 $B_1$ 、 $B_2$  を決定する。(図2-a, b, 表-1 参照) (10)式を  $v$  に関して解いて

$$v = \frac{-B_1 + \sqrt{B_1^2 - 4B_2(B_0 - P_{m0})}}{2B_2} \quad (\text{m/s}) \quad \dots\dots(11)$$

したがって流量  $Q_i$  は

$$Q_i = \gamma_m \cdot A_i \cdot v \quad (\text{Kg/s}) \quad \dots\dots(12)$$

$A_i$  ( $\text{m}^2$ ) : モニター根本の面積

3.2.3. 熱負荷と室内温度 建物の熱負荷としては装置・工程による内部発熱と、日射による熱取得だけを考える。日射量  $I$  による取得熱量  $H_s$  は、等価気温  $t_e$  を用いて

$$H_s = \bar{K} \cdot A_R (t_e + \theta_0 - \theta_m) \quad (\text{Kcal/h}) \quad \dots\dots(13)$$

ここに  $t_e = \frac{a}{\alpha_0} I$

$$\bar{K} = \frac{K \cdot \alpha_0}{K + \alpha_0}$$

$A_R$  : 屋根・壁の面積 ( $\text{m}^2$ )       $a$  : 日射吸収率

$K$  :      "      の熱量流率 ( $\text{Kcal/h} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^2$ )

$\alpha_0$  :      "      の外気側熱伝達率 ( $\text{Kcal/h} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^2$ )

DATA OF MONITER

$$PM = A0 + A1 * Q + A2 * Q ** 2$$

TYPE	ANGL	WIND SPEED	A0	A1	A2
HT	0	0.0	0.0	0.0	2.500
**	**	2.0	-0.080	0.067	0.067
**	**	3.0	-0.215	0.164	0.047
**	**	5.0	-0.472	0.159	0.071
**	45	0.0	0.0	0.0	2.500
**	**	2.0	-0.120	0.028	0.074
**	**	3.0	-0.369	0.193	0.024
**	**	5.0	-0.808	0.159	0.048
**	90	0.0	0.0	0.0	2.500
**	**	2.0	-0.185	0.192	0.070
**	**	3.0	-0.368	0.198	0.100
**	**	5.0	-0.657	0.143	0.118
MT	0	0.0	0.0	0.0	5.600
**	**	2.0	-0.059	-0.176	0.450
**	**	3.0	-0.271	0.173	0.264
**	**	5.0	-0.248	0.437	0.446
**	45	0.0	0.0	0.0	5.600
**	**	2.0	-0.223	0.321	0.207
**	**	3.0	-0.461	0.500	0.157
**	**	5.0	-1.288	0.660	0.231
**	90	0.0	0.0	0.0	5.600
**	**	2.0	-0.067	0.052	0.318
**	**	3.0	-0.162	0.139	0.304
**	**	5.0	-0.400	0.233	0.263

表一 モニター性能近似曲線の係数

工場の室温は一般の建物のそれと異なり水平・垂直とも分布が大きい。分布は、装置の種類、規模、配置、建物の仕様等で決まり、正確に予測するのは極めて困難である。現在のところ、実測にもとづく、温度差比<sup>3)</sup>という形の整理が与えられており、これを用いれば重大な誤差を生じることなく、経済的な設計ができるので採用した。水平には分布がなく、垂直には直線状で分布すると仮定し、任意の高さの室温  $\theta_m(h)$  を以下の式で与えた。

$$\theta_m(h) = \frac{(M-1)(\theta_m(0) - \theta_0)}{h_3} \cdot h + \theta_m(0) \quad \dots\dots(14)$$

$M = \frac{\theta_m(0) - \theta_0}{\theta_m(h_2) - \theta_0}$        $\theta_m(0)$  : 床面の室温  
 $\theta_m(h_2)$  : モニター根本の空気温

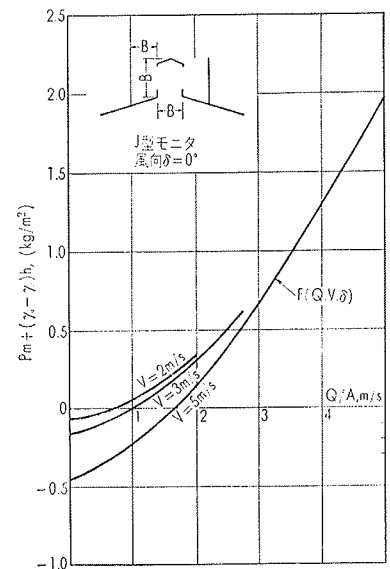


図-2a モニターHTの性能曲線

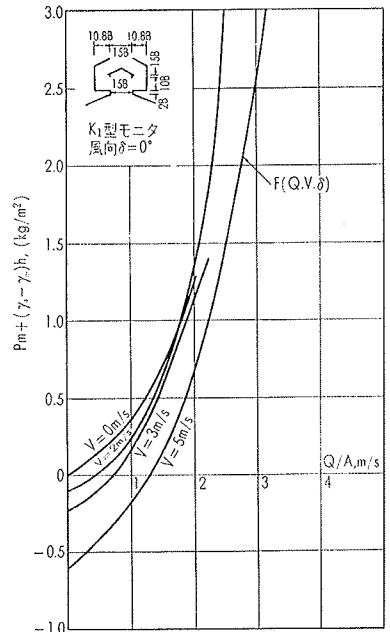


図-2b モニターMTの性能曲線

## 4. プログラムの概要と計算例

### 4.1. プログラムその1

建家設計の段階で建築的条件決定のデータ提供を目的としたもので、外気条件、建物仕様、装置の仕様等の条件をインプットし、無風時（自然換気の最悪の条件）の換気に必要な開口面積を求める。開口面積は種々の作業域温度上昇に対してアウトプットされる。ついで求めた開口面積の場合に、各種のモニターを与え、外部風向、風速を変化させて、それぞれの場合の換気量と作業域温度を求める。以上のアウトプットをもとに、モニターの形状、寸法、開口面積等を設計として決定する。以上のフローを図-3に示す。

必要開口面積  $A_3$  は以下の式を用いて求める<sup>4)</sup>。

$$A_3 = \frac{Q}{3600} \sqrt{\frac{\gamma_0}{2g} \frac{\xi_i/\varepsilon + \xi_m}{\Delta\phi}}$$

ここに

$$Q = \frac{W + H_s}{0.28 \cdot \Delta\theta}$$

$$\Delta\theta = \theta_{..}(h_3) - \theta_0$$

$$\Delta p = \int_0^{h_3} (\gamma_0 - \gamma_m) \cdot dh$$

$$\xi = A_1/A_3 = A_2/A_3$$

$$\xi_i : \text{開口 } i \text{ の抵抗係数 } \xi_i = \frac{1}{\alpha_i^2}$$

$$\xi_m : \text{モニターの抵抗係数}$$

(表-1の  $B_0(\sigma, \delta)$  の値)

図-1の建家で計算した結果を、インプットと併せて次頁表-4, 5に示す。

### 4.2. プログラムその2

外気条件、建物仕様、装置仕様を与え、開口の流量、作業域温度上昇、排気温等を求める。設計完了時の換気量の精算や、既設建物の換気量計算に用いる。

### 4.3. 計算結果の説明

表-4は、作業域温度上昇による必要開口面積を求めたもので図-3のフローでアウトプット1に相当する。表の見方は、K欄に示したモニターで、DTEMPの温度上昇のとき、室内圧(mmAq)はPF欄、換気量( $m^3/h$ )はQNED欄、このとき開口の必要面積は、WOP3(屋根モニター)、WOP2(風下開口)、WOP1(風上開口)欄の値になることを示す。外部風は0の状態、WOP1/WOP3=WOP2/WOP1=2の条件をあらかじめ指定した。

表-5は、以上で求めた必要開口面積のときに、外部風向、風速を変化させた場合の、換気量と作業域温

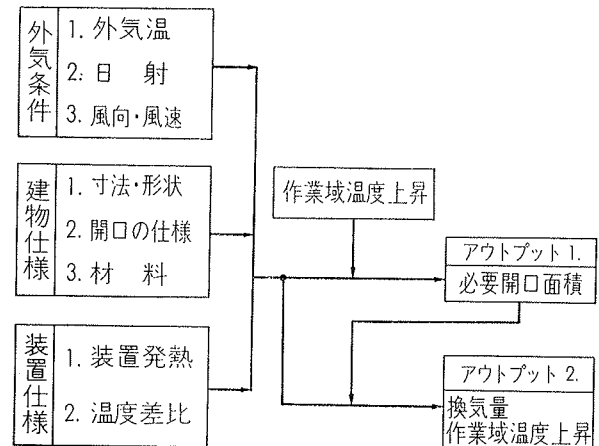


図-3 プログラムその1のフロー

度条件を求めたもので、フローの②に相当する。

表-5ではモニターの種類がHT(高性能タイプ)の場合で、WOP欄は開口種類で、その面積は、WOP1, WOP2, WOP3の後に等号で結んで記入してある。単位は $m^2$ 、WANGLは風向で、WSPEDは風速、DEMPEは作業域の温度上昇を表わし、TEMPEは外気温が $30^\circ C$ のときの上昇した作業域温度を表わす。PMは、室内圧、ROVNTは換気回数、WOP1, WOP2, WOP3欄は、そのときそれぞれの開口を流れる流量を表わす。流量につけられた符号は、正のとき室内へ流入し、負のときは室外から流出することを表わす。

表-4と表-5をあわせて、例えば、作業域温度を $5^\circ C$ に押えた設計をしたい場合、無風時の必要開口面積は表-4よりモニター1でモニターの開口は約 $30m^2$ (棟長さ1m当り)モニター2で $24m^2$ になる。外部風の条件が、風向 $45^\circ$ 、風速 $3m/s$ の場合が95%であるとすれば、WOPが5で、WANGL=45, WSPED=3.0の場合、作業域温度上昇 DTEMP=5.2となるので、そのときのWOP3=10.74, WOP1=WOP2=5.37を選べば、5%の危険率で作業域温度上昇は $5^\circ C$ で押えられる。(5%が無風とすれば表-4より作業域温度上昇は $9.0^\circ C$ になる。)すなわち上述の開口面積を用いれば、95%は作業域温度上昇が $5^\circ C$ で残り5%は最悪で $9^\circ C$ である設計となる。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会パンフレット18“換気設計”
- 2) 寺井俊夫“排煙設計のための換気量計算法についての考察”近畿支部熱分科学資料 S46.5.18
- 3) W. W. Baturin“Fundamentals of Industrial Ventilation” Pergamon Press 1972 p. 338
- 4) 石原正雄“高温工場の熱環境調整”建築と社会

一計算条件一

1. 外気条件

外気温 :  $\theta_0=30^{\circ}\text{C}$   
 日射量 :  $I=720\text{Kcal/h}\cdot\text{m}^2$   
 風速 :  $V_0=0, 2, 3, 5\text{m/s}^1$   
 風向 :  $\delta=0.45, 90^{\circ}$

2. 建物仕様

高さ :  $h_3=10\text{m}$   
 幅 :  $X=25\text{m}$   
 窓・開口 : } 表一3 参照  
 モニター性能 : }  $\varepsilon=A_1/A_3=A_2/A_3=1/2$   
 風圧係数 : 表一2 参照

屋根・壁 : 石綿スレート

( $d=9\text{m/m}$ ,  $\lambda=1.3\text{Kcal/h}\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$ ,  
 $K=6.4\text{Kcal/h}\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2$ )

3. 装置の仕様

温度差比 :  $M=0.6$   
 (電解工場を想定)  
 内部発熱 :  $W=200\text{Kcal/h}\cdot\text{m}^3$   
 (室容積  $1\text{m}^2$  当りの値)

4. その他

$g=9.8\text{m/s}^2$   
 $C_p=0.28\text{Kcal/Kg}$   
 $\alpha_0=20\text{Kcal/h}\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2$

$a=0.9$

$\delta$	$0^{\circ}$	$45^{\circ}$	$90^{\circ}$	
C1: 風上	0.75	0.43	-0.40	
C2: 風下	-0.40	-0.50	-0.40	

表一2 風圧係数

	流量係数 $\alpha$	抵抗係数 $\xi$	
開口1	0.65	2.37	
開口2	0.65	2.37	
モニタ	HT 表一2 参	2.5	高性能
タ	MT 表一2 参	5.6	低い

表一3 開口の特性

\*\* LIST OF OUTPUT DATA \*\*  
 CALCULAS OF DESIGN CONDITION

K	I	DTEMP	PF	QNET	WOP3	WOP2	WOP1
1	1	5.0	0.157	51643.12	30.08	15.04	15.04
1	2	6.0	0.188	41608.55	22.10	11.05	11.05
1	3	7.0	0.219	34425.79	16.92	8.46	8.46
1	4	8.0	0.249	29025.60	13.33	6.67	6.67
1	5	9.0	0.279	24813.64	10.74	5.37	5.37
1	6	10.0	0.309	21433.52	8.79	4.40	4.40
2	1	5.0	0.157	51643.12	33.75	16.88	16.88
2	2	6.0	0.188	41608.55	24.80	12.40	12.40
2	3	7.0	0.219	34425.79	18.99	9.49	9.49
2	4	8.0	0.249	29025.60	14.96	7.48	7.48
2	5	9.0	0.279	24813.64	12.05	6.02	6.02
2	6	10.0	0.309	21433.52	9.87	4.93	4.93

表一4 計算結果1. 必要開口面積

CALCULUS OF VENTILATION RATE

MONITOR TYPE \*\* HT

WOP	WANGL	WSPED	DTEMP	TEMPE	PM	ROVNT	WOP1=15.04	WOP2=15.04	WOP3=30.08
1	0	2.0	3.1	35.2	-0.096	368.72	88055.4	4280.0	-92178.9
1	0	3.0	2.6	34.4	-0.162	504.90	126224.1	-38204.3	-88005.7
1	0	5.0	1.8	33.0	-0.327	807.68	201920.8	-86771.9	-114997.5
1	45	2.0	2.7	34.5	-0.135	412.37	81838.6	21022.3	-103092.1
1	45	3.0	2.6	34.3	-0.265	473.27	118317.2	-8690.6	-109423.0
1	45	5.0	1.8	33.0	-0.639	760.53	190132.7	-54128.0	-135876.6
1	90	2.0	3.6	36.0	-0.151	316.93	39729.3	39729.3	-79231.4
1	90	3.0	3.2	35.4	-0.283	353.07	44115.2	44115.2	-88268.1
1	90	5.0	3.6	36.0	-0.644	300.46	37456.4	37456.4	-75114.1
WOP	WANGL	WSPED	DTEMP	TEMPE	PM	ROVNT	WOP1=11.05	WOP2=11.05	WOP3=22.10
2	0	2.0	3.8	36.3	-0.102	300.39	65378.5	9943.4	-75097.9
2	0	3.0	3.4	35.7	-0.174	375.04	93760.4	-24436.0	-69191.9
2	0	5.0	2.4	33.9	-0.338	595.71	148926.7	-62347.7	-86572.3
2	45	2.0	3.4	35.7	-0.146	327.97	61594.8	20426.3	-81991.6
2	45	3.0	3.3	35.4	-0.268	352.91	87173.4	1283.5	-88228.7
2	45	5.0	2.4	34.0	-0.650	561.18	140295.9	-37553.9	-102562.6
2	90	2.0	4.3	37.2	-0.159	250.43	31309.0	31309.0	-62607.9
2	90	3.0	4.0	36.7	-0.292	275.78	34554.7	34554.7	-68945.0
2	90	5.0	4.4	37.4	-0.654	240.90	30140.9	30140.9	-60224.6
WOP	WANGL	WSPED	DTEMP	TEMPE	PM	ROVNT	WOP1=8.46	WOP2=8.46	WOP3=16.92
3	0	2.0	4.4	37.3	-0.110	248.30	50791.7	11467.5	-62075.5
3	0	3.0	4.2	37.0	-0.186	290.06	72515.2	-15709.4	-56773.8
3	0	5.0	3.1	35.1	-0.352	458.35	114586.6	-46368.4	-67988.7
3	45	2.0	4.1	36.9	-0.159	267.86	48318.6	18835.2	-66965.1
3	45	3.0	3.9	36.5	-0.271	289.10	66959.2	5359.1	-72275.7
3	45	5.0	2.9	34.9	-0.659	431.22	107803.9	-27307.0	-80470.0
3	90	2.0	5.1	38.5	-0.169	206.58	25704.4	25704.4	-51645.2
3	90	3.0	4.8	38.1	-0.302	223.83	28084.7	28084.7	-59598.4
3	90	5.0	5.2	38.7	-0.663	198.55	24818.2	24818.2	-49637.3
WOP	WANGL	WSPED	DTEMP	TEMPE	PM	ROVNT	WOP1=6.67	WOP2=6.67	WOP3=13.33
4	0	2.0	5.1	38.5	-0.119	208.41	40679.6	11624.6	-52103.2
4	0	3.0	4.8	38.0	-0.194	230.14	57533.9	-10366.6	-47389.9
4	0	5.0	3.6	36.0	-0.362	362.34	90585.1	-35738.0	-54961.0
4	45	2.0	4.7	37.8	-0.168	221.47	38776.8	16573.1	-55368.5
4	45	3.0	4.5	37.5	-0.276	239.27	53048.5	6996.3	-59817.8
4	45	5.0	3.6	36.0	-0.670	341.17	85293.0	-20035.7	-65425.2
4	90	2.0	5.9	39.8	-0.179	173.52	21643.8	21643.8	-43380.3
4	90	3.0	5.6	39.3	-0.311	185.63	23217.5	23217.5	-46408.1
4	90	5.0	6.0	39.9	-0.672	166.61	20819.5	20819.5	-41652.0
WOP	WANGL	WSPED	DTEMP	TEMPE	PM	ROVNT	WOP1=5.37	WOP2=5.37	WOP3=10.74
5	0	2.0	5.8	39.7	-0.131	178.20	33362.2	11297.0	-44549.9
5	0	3.0	5.8	39.7	-0.206	187.17	46793.5	-5199.3	-41494.5
5	0	5.0	4.4	37.3	-0.376	293.15	73288.6	-27865.1	-45611.7
5	45	2.0	5.4	39.1	-0.182	187.84	31991.2	15051.2	-46961.1
5	45	3.0	5.2	38.6	-0.284	202.74	43049.2	7759.3	-50684.1
5	45	5.0	4.3	37.2	-0.683	276.09	69022.4	-14610.5	-54397.2
5	90	2.0	6.7	41.2	-0.190	148.23	18501.4	18501.4	-37057.8
5	90	3.0	6.4	40.7	-0.320	156.96	19544.0	19544.0	-39241.0
5	90	5.0	6.7	41.2	-0.681	142.27	17705.7	17705.7	-35568.4

表一5 計算結果2.