

空気冷却器の動特性モデル

対向流, 直交流モデルの比較及び伝熱ファインの取扱について

1977年1月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

空気冷却器の動特性モデル

対向流，直交流モデルの比較及び伝熱フィンの取扱について

報告者 井爪昭忠*
三宅 収*

- 期 間 1976年9月1日～1976年11月30日
- 目 的 高速実験炉「常陽」を対象として，特に主冷却器として使用する空気冷却器の動特性モデルに対向流型モデルを使用した場合と実機により近い直交流型モデルを使用した場合の差異及びフィンの形状による熱伝達を検討する。
- 要 旨 常陽の動特性解析で用いられている向流型の空気冷却器モデルとより実機に近い直交流型モデルに同一入力を入れ過渡応答を調べた。又，M系列バイナリィ信号による外乱を与え，得られる出力信号を線形予測モデルで処理し応答を比較した。空気冷却器の伝熱特性に特に関係のあるフィンに就いては2次元モデルからその定常伝熱特性を計算した。
- その結果，特性モデルとして直交流型の空気冷却器に対し計算が簡便な対向流型モデルを使用しても問題がないことが証明された。

Dynamic Modeling of a Air-cooled Heat Exchanger

Akitada IZUME and Osam MIYAKE

Abstract

This report describes the dynamic modeling of an air-cooled heat exchanger. Counter-flow model and cross-flow model are compared in their step and frequency responses.

Heat transfer coefficients which are treated in dynamic equations are obtained by two dimensional temperature distribution of fin tubes.

In comparison with dynamic behavior of two type models, the More simple counter-flow model can be substituted for more complex cross-flow model.

正誤表

PNC TN941 77-04

空気冷却器の動特性モデル

— 対向流・直交流モデルの比較及び伝熱フィンの取扱いについて —

	誤	正
P2 図1.3	フィン肉厚 <u>1.5 mm</u>	<u>1.6 mm</u> (フィン中心)
P13 図5.4行目	2次ナトリウム流側	2次空気流側
P14 5行目	$k = \frac{Q}{SR \cdot \Delta\theta}$	$k = \frac{Q}{SR \cdot \Delta\theta}$
4行目	$\frac{1}{U_u} = \frac{1}{\alpha_R} + \frac{2.0}{\alpha_m}$	$\frac{1}{U_R} = \frac{1}{\alpha_R} + \frac{1}{2 \cdot \alpha_m}$
	$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{\alpha_c} + \frac{2.0}{\alpha_m}$	$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{\alpha_c} + \frac{1}{2 \cdot \alpha_m}$
14行目	$\alpha_m = \frac{2 \cdot \alpha_R \cdot \alpha_c \cdot (SA + Sc) \cdot \frac{Q}{\theta_R - \theta_c}}{(\quad)}$	$\alpha_m = \frac{0.5 \cdot \alpha_R \cdot \alpha_c \cdot (SR + Sc) \cdot \frac{Q}{\theta_R - \theta_c}}{(\quad)}$
P28 図中	フィン高 <u>38.0</u> 管壁厚 <u>4.0</u>	<u>19.0</u> <u>2.0</u>
P48 PAGE 4 (右) 18行目	$TRI = \frac{2.0}{\quad} * TRANSH * \sim$	$TRI = \frac{0.5}{\quad} * TRANSH * \sim$

概 要

高速実験炉「常陽」のごとく、原子炉内で発生した熱をすべて大気中に放出する原子炉の場合、最終的に空気流により2次ナトリウム中の熱を奪い去る方式がとられる。

この場合、原子炉の炉心入口温度や、1次・2次ナトリウム流の温度は、原子炉出力と空気冷却器の除熱能力で定まる。特に高速炉の場合一般の軽水炉と異なり、出力時の温度差が大きく、熱衝撃を受け易いので、空気冷却器による冷却材の温度制御は重要な問題となる。

本資料は、実験炉の要請により当動特性解析室が実施している「空気冷却器による炉心温度の制御特性」のシミュレータスタディの一環として特に同シミュレータで使用されている空気冷却器の計算モデルに就いて検討したもので、シミュレータで使用された向流型計算モデルとより実機に近い直交流モデルとの動特性上の差異及び計算の過程で使用されているフィン熱伝達の問題に就いて検討したものである。

計算モデルは、同一プラントパラメータの向流型モデル及び直交流型モデルを同一の入力信号で駆動し、出力信号の比較を行った。

又、フィンに就いては、2次元モデルにより、その定常状態に於ける温度分布、貫流率、フィンの実効熱コンダクタンスを計算した。

その結果、特に空気冷却器の如く、フィンの熱容量が大きく影響する場合、動特性的には計算の簡単な1次元向流モデルで充分直交流モデルの代用ができる。

目 次

概 要

1.0	高速実験炉「常陽」に於ける空気冷却器	1
1.1	概 要	1
1.2	伝 熱 管	2
1.3	空気流量の調節	3
2.0	空気冷却器の動特性方程式	4
2.1	概 要	4
2.2	対向流型熱交換器の動特性方程式	4
2.3	計算上の仮定	6
2.4	差分方程式	6
2.5	金属壁温度の外挿	8
3.0	熱伝達係数の取扱い	9
3.1	概 要	9
3.2	ナトリウム流側の熱伝達係数	9
3.3	空気流側の熱伝達係数	10
3.4	フィン内部の熱伝導	12
4.0	対向流型モデルと直交流型モデル	16
4.1	概 要	16
4.2	温度分布の比較	17
4.3	ステップ応答の比較	19
4.4	周波数応答の比較	21
5.0	問 題 点	24
6.0	結 言	25
7.0	参 考 文 献	26

Appendix.

(A) フィンの温度分布	(F) フィン温度分布計算プログラム	AHXF IN
(B) プラントパラメータ	(G) 比較計算プログラム	
(C) 温度分布計算例	(H) 空気冷却器対向流モデル	CALAHX
(D) ステップ応答計算例	(I) 空気冷却器直交流モデル	AHXF OR
(E) 周波数応答計算例	(J) プロッタープログラム	CALCRS
		AHXC RS

1.0 高速実験炉「常陽」に於ける空気冷却器

1.1 概要

高速実験炉「常陽」は図 1.1 に示すように 2 本の主冷却ループ及び 1 本の補助冷却ループより構成され、各々のループは中間熱交換器により 1 次ナトリウム流と 2 次ナトリウム流に分離されている。

通常の運転時には、2 本の主冷却ループが使用され、各ループの 2 次側についている計 4 台の空気冷却器により、ナトリウム中の熱を大気中放散させる。

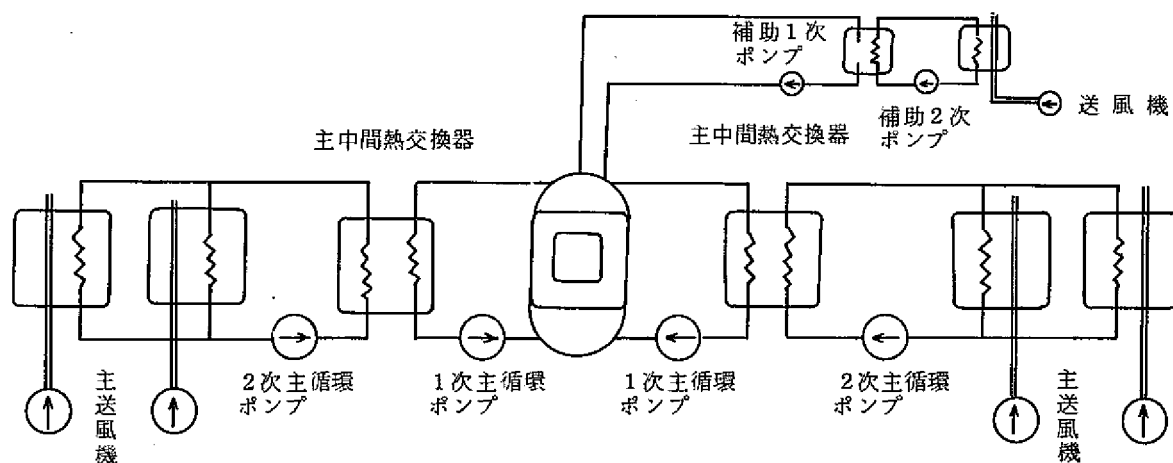


図 1.1 実験炉「常陽」の概念図

空気流量は、送風器入口にあるベーン及び、主送風器と主冷却器の間にあるダンパーの開度により調整せられる。

表 1.0 空気冷却器の諸元表

1	型式	強制空冷多管 フィン チューブ
2	基数	4
3	交換熱量	25MWt (2.15×10^7 Kcal/h)
4	1 次流体流量	ナトリウム 5428 T/H
5	入口温度 出口温度	470℃ 340℃
6	2 次流体流量	空 気 7380 m ³ /min 30℃
7	入口温度 出口温度	30℃ 208.8℃

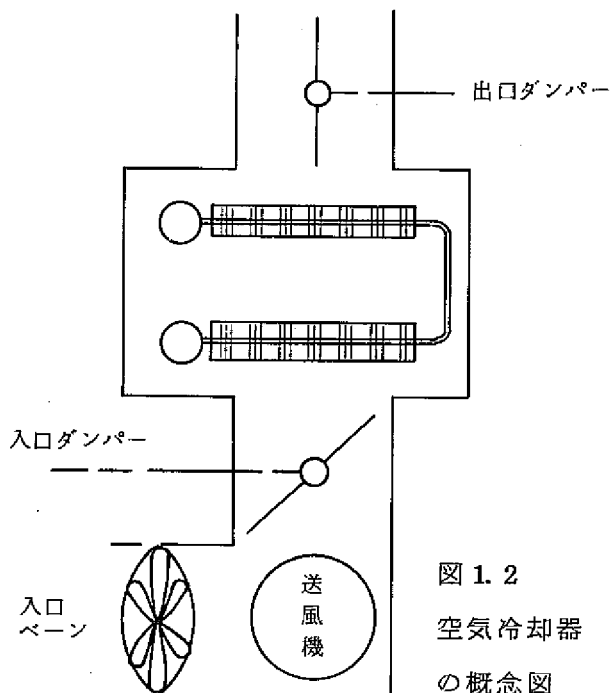


図 1.2
空気冷却器
の概念図

1.2 伝熱管

伝熱管の概略図を図 1.3 に又諸元表を表 1.2 に示す。

一基の冷却器に 80 本の伝熱管がついており、各々の伝熱管に 5.08 mm のピッチでスパイラルフィンが巻きつけられている。

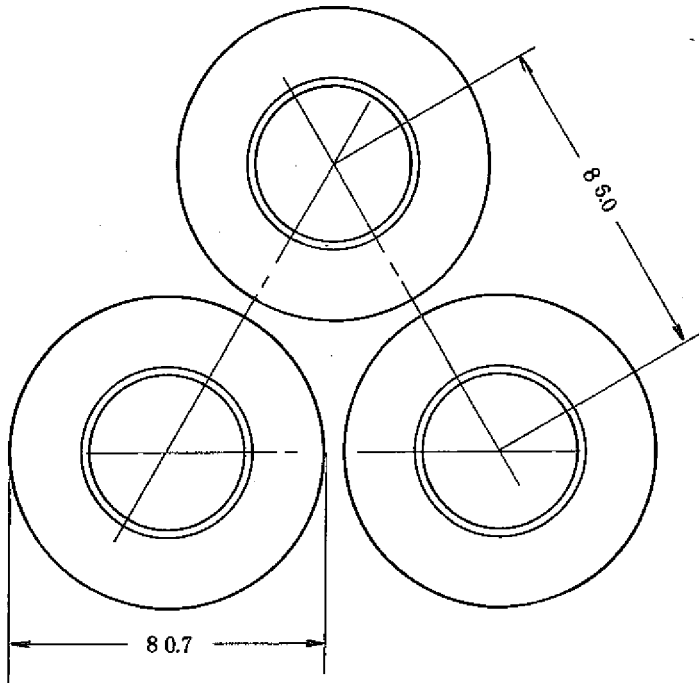
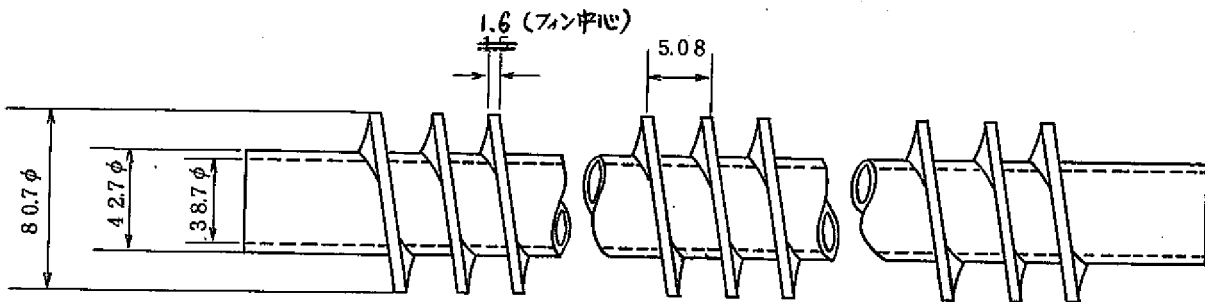


表 1.2 フィンおよび伝熱管

伝熱管	外径 42.7 mm × 肉厚 2.0 mm
フィン形状	長方形断面円週フィン (スパイラルフィン)
フィン取付方法	溶着
フィンピッチ	5.08 mm (5山 / 25.4 mm)
伝熱管材質	STBA-24
フィン材質	SPCC
伝熱面積	1,225 m ²
伝熱管本数	80本
伝熱管ピッチ	三角形 (86.0 mm)
伝熱管形式	U字管
伝熱管列数	40列
伝熱管段数	4段 (2段並列)
フィン付部長さ	4800 mm
前面面積	16.8 m ²
前面風速 (定格)	7.3 m / sec
前面比	0.364

図 1.3 伝熱管概略図



1.3 空気流量の調節

冷却器の出口ナトリウム温度は、送風器入口のペーン開度及び入口ダンパ開度により、流れる空気流量を変化させ調整する。

入口ダンパ全開時の入口ペーン開度(%)に対する空気流量の関係を図1.4に又、ペーン全閉時の入口ダンパ開度(%)に対する空気流量を図1.5に示す。

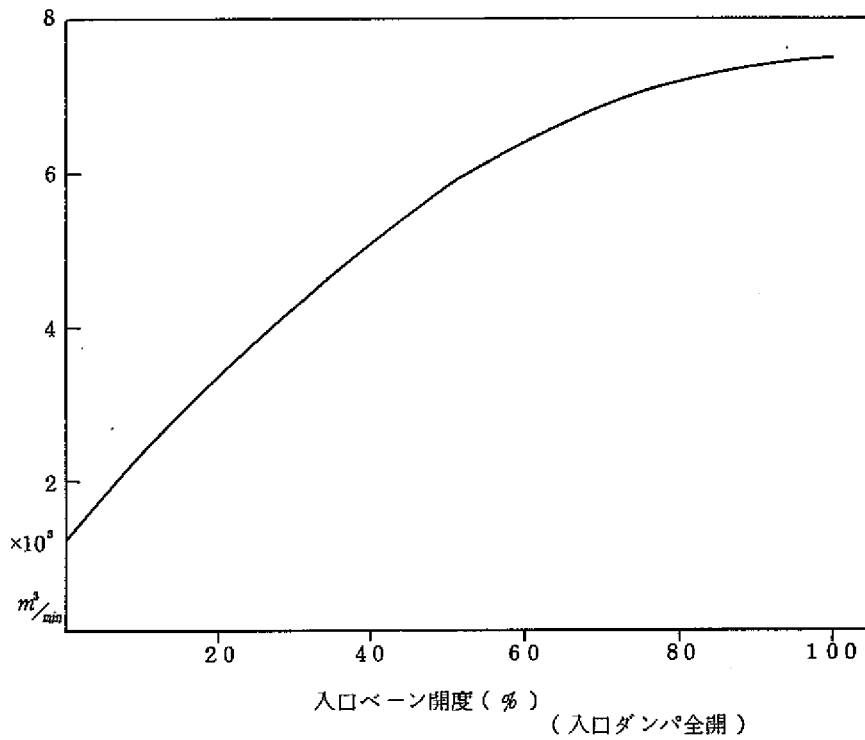


図 1.4 入口ペーン開度(%)
(入口ダンパ全開)

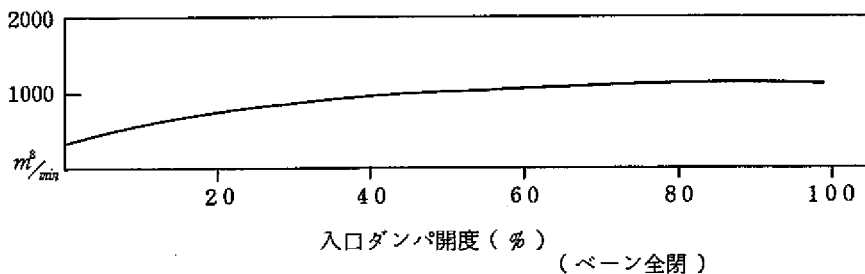


図 1.5 入口ダンパ開度(%)
(ペーン全開)

2.0 空気冷却器の動特性方程式

2.1 概要

空気冷却器は、熱交換器の1種で通常の熱交換器と同じ動特性方程式が成立する。通常の貫流型熱交換器は、対向流モデルとして扱えるが、空気冷却器の場合、下記の点で対向流モデルと異っている。

1. 1次、2次流体の流れ方向が直交する、「直交流型」である。
2. 空気側の熱伝達係数が空気流量に大きく依存する。
3. 1次側の伝熱面積と2次側の伝熱面積が異なる。
4. 2次側の滞在時間が1次側のそれと較べて小さい。

従来より熱交換器の動特性計算は計算の簡便さより対向流型モデルで計算することが多かったが、又温度変化の最も少ない金属壁温度を外挿計算により求める安定した計算コードが開発されている。

2.2 対向流型熱交換器の動特性方程式

対向流型熱交換器に就いては、図2.2のモデルに就て微小部分 Δx 間に就てそのエネルギーバランスを求めると単位時間に同セクションに流れ込む1次流体の熱エネルギー E_1 は、

$$E_1 = V_h \cdot a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot \theta_h \cdot \Delta t \quad (\text{kcal})$$

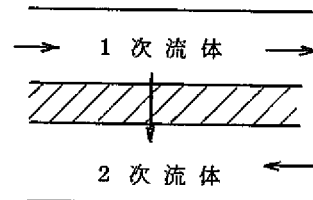
同セクションより流出す1次流体の熱エネルギー E_2 は、

$$E_2 = V_h \cdot a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \left(\theta_h + \frac{\partial \theta_h}{\partial x} \Delta x \right) \Delta t \quad (\text{kcal})$$

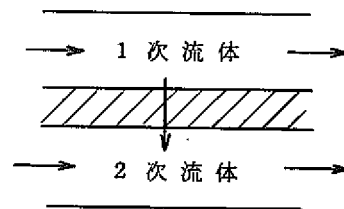
金属壁に流入する熱エネルギーは

$$E_3 = U_h \cdot S_h (\theta_h - \theta_m) \Delta t \quad (\text{kcal})$$

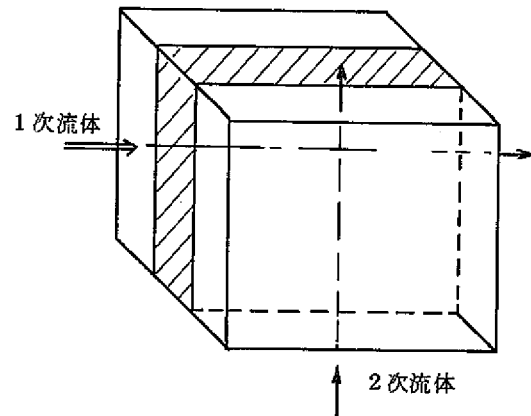
同セクション内流体の温度上昇に用いられるエネルギー E_4 は、



(i) 対向流型熱交換器



(ii) 並流型熱交換器



(iii) 直交流型熱交換器

図 2.1 熱交換器モデル

$$E_4 = a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot \frac{\partial \theta_h}{\partial t} \Delta t \quad (\text{kcal})$$

$E_4 = E_1 - E_2 - E_3$ の関係より，又金属壁，2次流体に就いても同様にして求め，

$$\frac{\partial \theta_h}{\partial t} + V_h \frac{\partial \theta_h}{\partial x} = - \frac{U_h \cdot S_h}{a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot \Delta X} (\theta_h - \theta_m) \quad (1)$$

$$\frac{\partial \theta_m}{\partial t} = \frac{U_h \cdot S_h}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X} (\theta_h - \theta_m) - \frac{U_c \cdot S_c}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X} (\theta_m - \theta_c) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta_c}{\partial t} - V_c \frac{\partial \theta_c}{\partial x} = \frac{U_c \cdot S_c}{a_c \cdot c_c \cdot \gamma_c \cdot \Delta X} (\theta_m - \theta_c) \quad (3)$$

ここで，

サフィックス

θ : 温度	$^{\circ}\text{C}$	h : 1次流体
V : 速度	m / s	m : 金属壁
U : 熱伝達係数	$\text{kcal} / \text{m}^2 \text{S}^{\circ}\text{C}$	c : 2次流体
S : 伝熱面積	m^2	
a : 断面積	m^2	
c : 比熱	$\text{kcal} / \text{Kg}^{\circ}\text{C}$	
γ : 比重量	Kg / m^3	

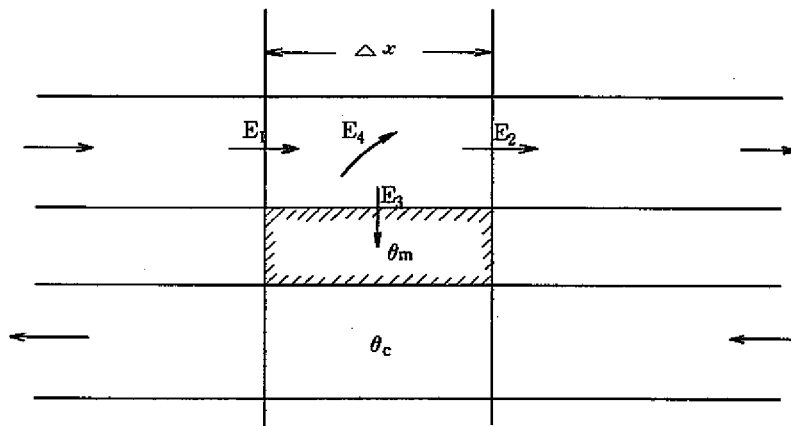


図 2.2 対向流熱交換器の動特性モデル

2.3 計算上の仮定

対向流型熱交換器の動特性方程式の組立てを基礎として空気冷却器の動特性方程式を計算する場合次の仮定を用いる。

1. 1次ナトリウム流及び2次空気流に就て、温度による物性値の変化は無視し、ある温度の代表値を使用する。
2. 1次側熱伝達係数 U_h は、ナトリウムの管内熱伝達と1部フィンによる熱伝達を加味されたものであるが、ナトリウム流速変化による管内熱抵抗の変化は、フィン熱抵抗に較べて無視できる。
3. 2次側熱伝達係数 U_c は、1部フィンの熱抵抗に空気流の乱流による熱抵抗を加味したものであり、フィン表面と空気流に就いては最大空気流速の0.722乗に比例する。
(2, 3, の熱伝達係数の取扱に就ては、第3章で詳しく述べられている。)
4. 極く短い時間 Δt の間、金属壁の温度変化は無視できる。
5. 金属壁の温度変化は、両流体からの伝熱抵抗で定まる内挿値と時間的外挿値により定まる。

2.4 差分方程式

計算機にける計算式は、動特性方程式を直接差分方程式に変換することをせず、その前のエネルギーバランス $E_4 = E_1 - E_2 - E_3$ の関係を使用する。又逆応答を防ぐ目的で、あるセクションの θ_{in} , θ , θ_{out} の関係を直線近似せず、単純なエネルギー関係だけで求めている。

1次ナトリウム流

$$E_1 = V_h a_h \cdot c_h \gamma_h \cdot \theta_{hin} \Delta t \qquad E_2 = V_h a_h c_h \cdot \gamma_h \theta_{hout} \Delta t$$

$$E_3 = U_h S_h (\bar{\theta}_h - \bar{\theta}_m) \qquad E_4 = a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \frac{\partial \bar{\theta}_h}{\partial t} \Delta t$$

に於て $V_h \cdot a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \theta_{hout} \Delta t = \frac{U_h S_h}{20} (\bar{\theta}_h - \bar{\theta}_m) \Delta t - V_h \cdot a_h \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot \bar{\theta}_h$

$$\frac{\partial \bar{\theta}_h}{\partial t} \doteq \frac{\bar{\theta}_{hj} - \bar{\theta}_{hj-1}}{\Delta t} \quad \text{とすると,}$$

あるセクション*i*, 時間*j*, に於けるナトリウムの平均温度 $\bar{\theta}_{hi,j}$ は、そのセクションの入口温度 $\theta_{hi,jin}$, 1サンプル前の平均温度 $\bar{\theta}_{hi,j-1}$ 及びその時刻に於ける金属壁の温度 $\bar{\theta}_{mi,j}$ の関数として求めることができる。

$$\bar{\theta}_{hi,j} = \frac{1.0}{\left(1.0 + \frac{\Delta X}{V_h \cdot \Delta t} + \frac{U_h S_h}{20 \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot a_h \cdot V_h}\right)} \theta_{hi,jin}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\frac{\Delta x}{V_h \cdot \Delta t}}{\left(1.0 + \frac{\Delta x}{V_h \cdot \Delta t} + \frac{U_h \cdot S_h}{2.0 \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot a_h \cdot U_h}\right)} \bar{\theta}_{nij-1} \\
 & + \frac{\frac{U_h \cdot S_h}{2.0 \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot a_h \cdot V_h}}{\left(1.0 + \frac{\Delta x}{V_h \cdot \Delta t} + \frac{U_h \cdot S_h}{2.0 \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot a_h \cdot V_h}\right)} \bar{\theta}_{mij} \quad (4) \\
 \theta_{hout ij} & = \bar{\theta}_{nij} - \frac{U_h \cdot S_h}{2.0 \cdot c_h \cdot \gamma_h \cdot a_h \cdot V_h} (\bar{\theta}_{nij} - \bar{\theta}_{mij}) \quad (5)
 \end{aligned}$$

2次空気流量

2次空気流に就いても流れ方向で考えれば同じ差分方程式が得られる。

$$\begin{aligned}
 \bar{\theta}_{cij} & = \frac{1.0}{\left(1.0 + \frac{\Delta z}{V_c \cdot \Delta t} + \frac{U_c \cdot S_c}{2.0 \cdot c_c \cdot \gamma_c \cdot a_c \cdot V_c}\right)} \theta_{cini j} \\
 & + \frac{\frac{\Delta x}{N_c \cdot \Delta t}}{\left(1.0 + \frac{\Delta z}{V_c \cdot \Delta t} + \frac{U_c \cdot S_c}{2.0 \cdot c_c \cdot \gamma_c \cdot a_c \cdot V_c}\right)} \bar{\theta}_{cij-1} \\
 & + \frac{\frac{U_c \cdot S_c}{2.0 \cdot c_c \cdot \gamma_c \cdot a_c \cdot V_c}}{\left(1.0 + \frac{\Delta z}{V_c \cdot \Delta t} + \frac{U_c \cdot S_c}{2.0 \cdot c_c \cdot \gamma_c \cdot a_c \cdot V_c}\right)} \bar{\theta}_{mij} \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\theta_{coutij} = \bar{\theta}_{cij} - \frac{U_c \cdot S_c}{2.0 \cdot c_c \cdot \gamma_c \cdot a_c \cdot V_c} (\bar{\theta}_{cij} - \bar{\theta}_{mij}) \quad (7)$$

金属壁に就いても同様に

(i) 空気流と接する場合

$$\begin{aligned}
 \bar{\theta}_{mij} & = \frac{\frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}}{\left(1.0 + \frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m} + \frac{U_c \cdot S_c \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}\right)} \cdot \bar{\theta}_{nij} \\
 & + \frac{\frac{U_c \cdot S_c \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}}{\left(1.0 + \frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m} + \frac{U_c \cdot S_c \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}\right)} \cdot \bar{\theta}_{cij} \\
 & + \frac{1.0}{1.0 + \frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m} + \frac{U_c \cdot S_c \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}} \bar{\theta}_{mij-1} \quad (8)
 \end{aligned}$$

(II) 空気流との熱交換を考えない場合

$$\bar{\theta}_{mij} = \frac{\frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}}{\left(1.0 + \frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta X}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}\right)} \bar{\theta}_{hij} + \frac{1.0}{1.0 + \frac{U_h \cdot S_h \cdot \Delta t}{a_m \cdot c_m \cdot \gamma_m \cdot \Delta X_m}} \bar{\theta}_{mij-1} \quad (8)$$

2.5 金属壁温度の外挿

1次流体, 2次流体の温度分布を計算する際, 假定(4)により, 金属壁の温度変化を無視している。実際は温度変化を生ずる訳であるが, 金属壁の温度変化を加味すれば, 反対側の流体の温度変化も加味する必要が生じ, 繰返し計算により収斂させない限り解は求められない。假定(4)を使用したために生ずる誤差を少なくするため, 差分方程式(8)式で計算する θ_{mij} の値は, 1次, 2次流体の温度による内挿値を求めず,

$$\begin{aligned} \theta_{hij}, \theta_{hij-1} \text{ より求まる} & * \theta_{hj+1} \\ \theta_{cij}, \theta_{cij-1} \text{ より求まる} & * \theta_{cj+1} \end{aligned}$$

の値より計算した方がより精密な解を得ることができる。

図2.3に $\theta_h \cdot \theta_m \cdot \theta_c$ の時間的關係, 図2.4に外挿計算を使用した場合としない場合の応答の比較を示す。但し通常のプラントでは計算に乗らない時間遅れが多数存在するので, このような厳密な解を必要としない場合は, 外挿計算をはぶいてもさしつかえはない。

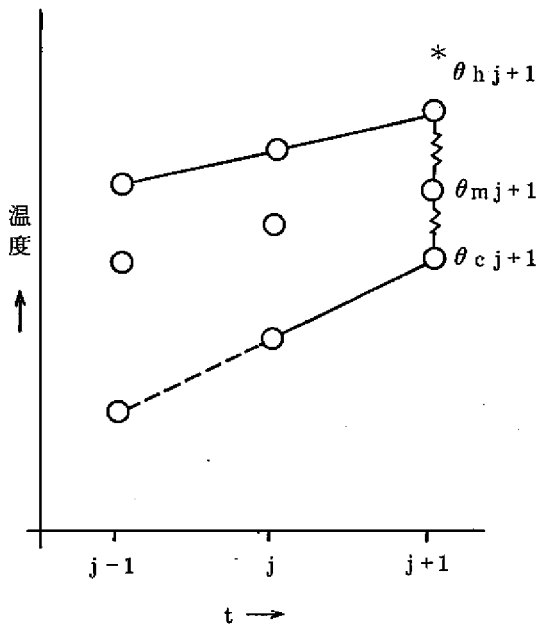


図 2.3 時間的關係

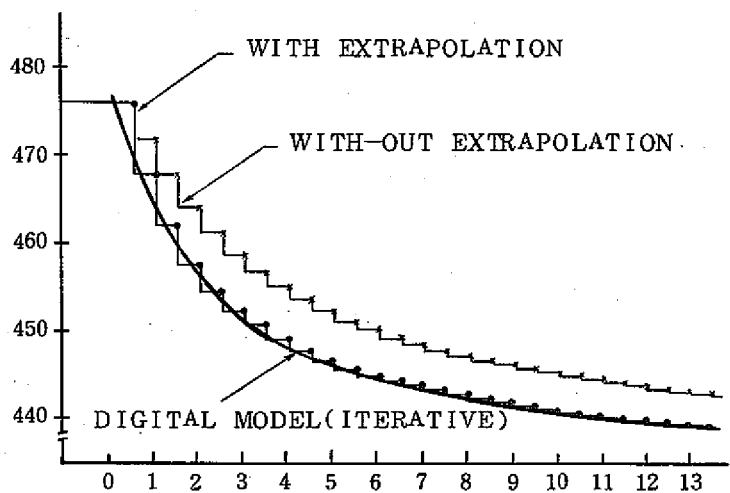


図 2.4 外挿計算の効果

3.0 熱伝達係数の取扱い

3.1 概要

空気冷却器の動特性計算で使用される1次流体と金属壁，2次流体と金属壁間の熱伝達係数 U_h, U_c の取扱いに就いて述べてある。

単純な対向流熱交換器の場合は，1次側，2次側の伝熱面積も等しく1次から2次側に至る伝熱路長も等しいので，1次側流体と金属壁表面の熱伝達係数 α_h ，2次側流体と金属壁表面の熱伝達係数 α_c ，金属壁の熱伝導率 λ ，金属壁の厚み ΔL が分かれば簡単に求めることができる。

$$\frac{1}{U_h} = \frac{1}{\alpha_h} + \frac{2.0}{\frac{\lambda}{\Delta L}}$$

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{\alpha_c} + \frac{2.0}{\frac{\lambda}{\Delta L}}$$

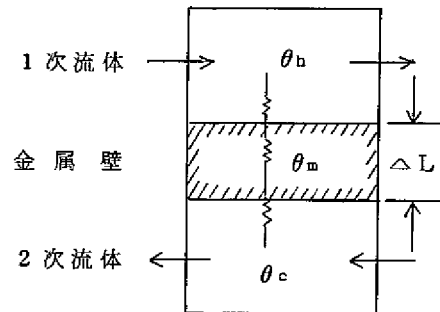


図 3.1 伝熱路長が等しい場合

しかし空気冷却器の場合は，2次側に伝熱フィンをもっており，1次側から2次側に至る伝熱路長も異なるので，このように簡単に U_h 又は U_c を求めることができない。

本章ではこのような場合の U_h, U_c の値を実験式及びフィンの形状から定まる2次元温度分布から必要な U_h, U_c の値を求める方法を扱う。

3.2 ナトリウム側の熱伝達係数

1次ナトリウム流と金属壁の表面の熱伝達係数は，Lubarski & Kaufmannによる管内熱伝達の実験式

$$\alpha_{Na} = \frac{\lambda}{d} \times 0.625 \times (\text{Pr} \times \text{Re})^{0.4} \quad (3-1)$$

ここで，

α : 流体と金属壁間の熱伝達係数 (kcal / m² h℃)

λ : 流体の熱伝導率 (kcal / m h℃)

d : 管内径 (m)

Pr : 流体のプラントル数

Re : 流体のレイノルズ数 ($\text{Re} = \frac{d \cdot v}{\nu}$)

v : 流体の速度 (m/s)

ν : 流体の動粘性係数 (m²/s)

なる関係があり、ナトリウムの物性値も温度により図3.2の如く変化する。故に厳密に云えば、ナトリウムと金属壁表面との熱伝達係数は温度流量により変化するが、計算に必要な U_h の値はこの値に金属壁の厚みを加味したものであるので影響を及ぼさない。

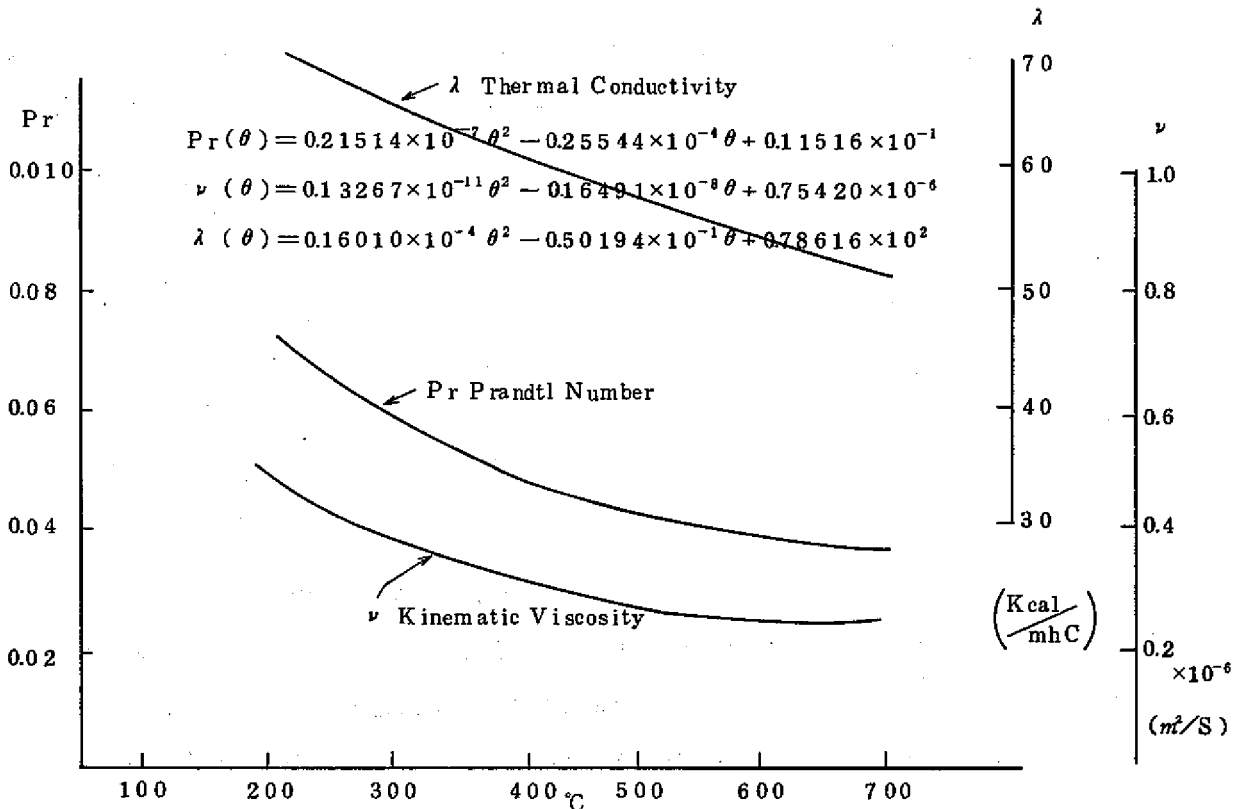


図 3.2 ナトリウム物性値の温度依存

3.3 空気流の熱伝達

空気流の熱伝達係数 α_{air} に就いては次の実験式を利用した。

$$\alpha_{air} = \frac{\lambda_{air}}{d_{air}} * 0.0927 * Re^{0.722} * Pr^{1/3} \quad (3-2)$$

ここで、問題になるのは、空気側の等価直径 d_{air} であろう。ナトリウムに就いては、管内熱伝達でありぬれぶち長そのものは定まっているが、空気流に就いては、流路が複雑であり定まらないので、本計算に用いた値は1枚のフィンの投影図よりぬれぶち長を出し、その値より等価直径 d_{air} を求めた。

$$d_{air} = \frac{4.0 * (8.07 - 4.27) + 2 * 5.08}{3.14} * 10^{-3} = 5.164 * 10^{-3} \text{ (m)}$$

このようにして求めた空気流とフィン表面の熱伝達係数と空気流量
 の関係を図 3.4 に示す。

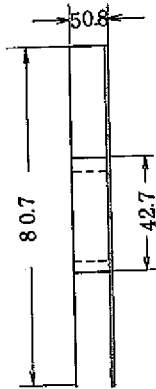


図 3.2 フィンのぬれぶち長

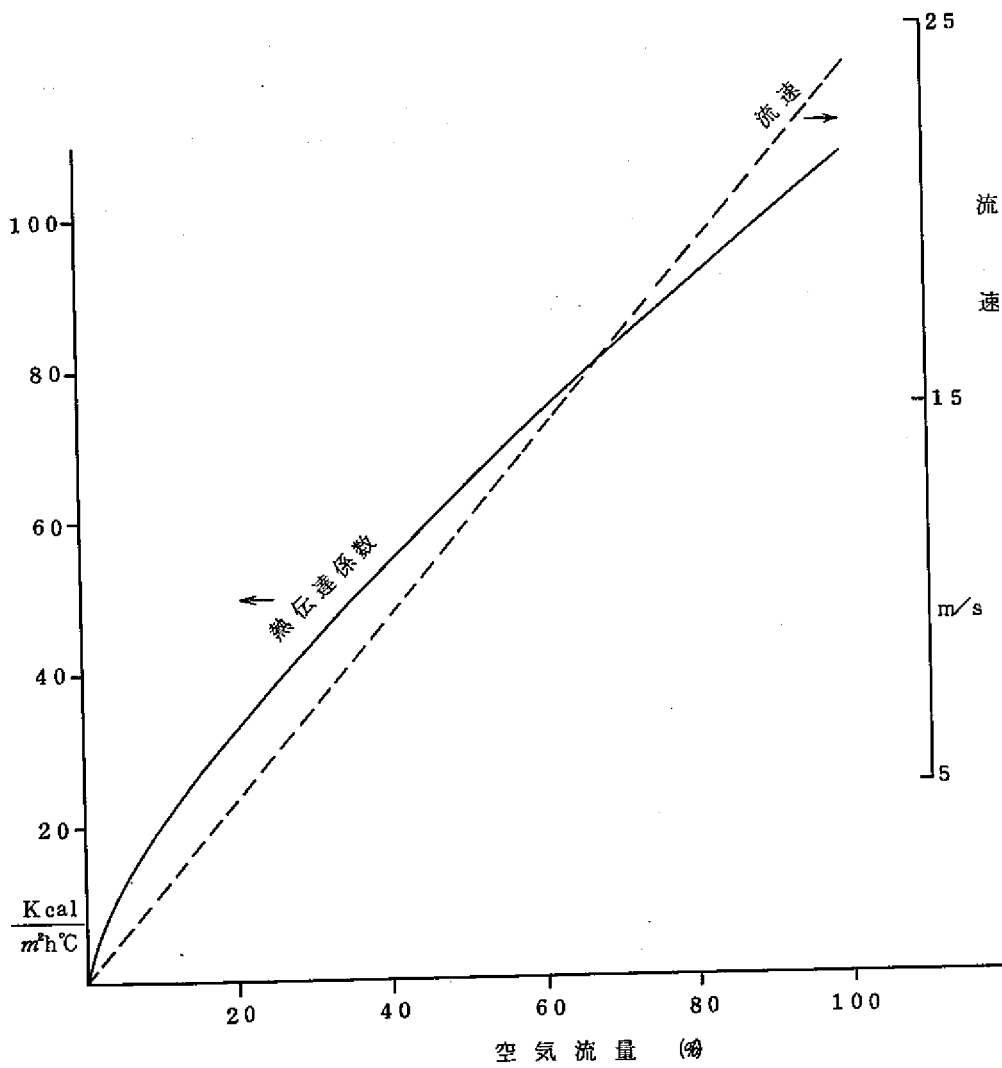


図 3.4 空気流量と熱

3.4 ファイン内部の熱伝達

(i) 概 要

フィン内部の温度分布に就いては、図3.5に示すように1枚のフィンに就いて管部，フィン部，各40点のメッシュ点に分割し，ナトリウムと接する側ではナトリウムの管内熱伝達の実験式(3-1)，空気流と接する部分に就ては同じく，実験式(3-2)を用い，ナトリウム流と空気流に就ては特定の温度を与えフィン内部の温度分布を計算した。

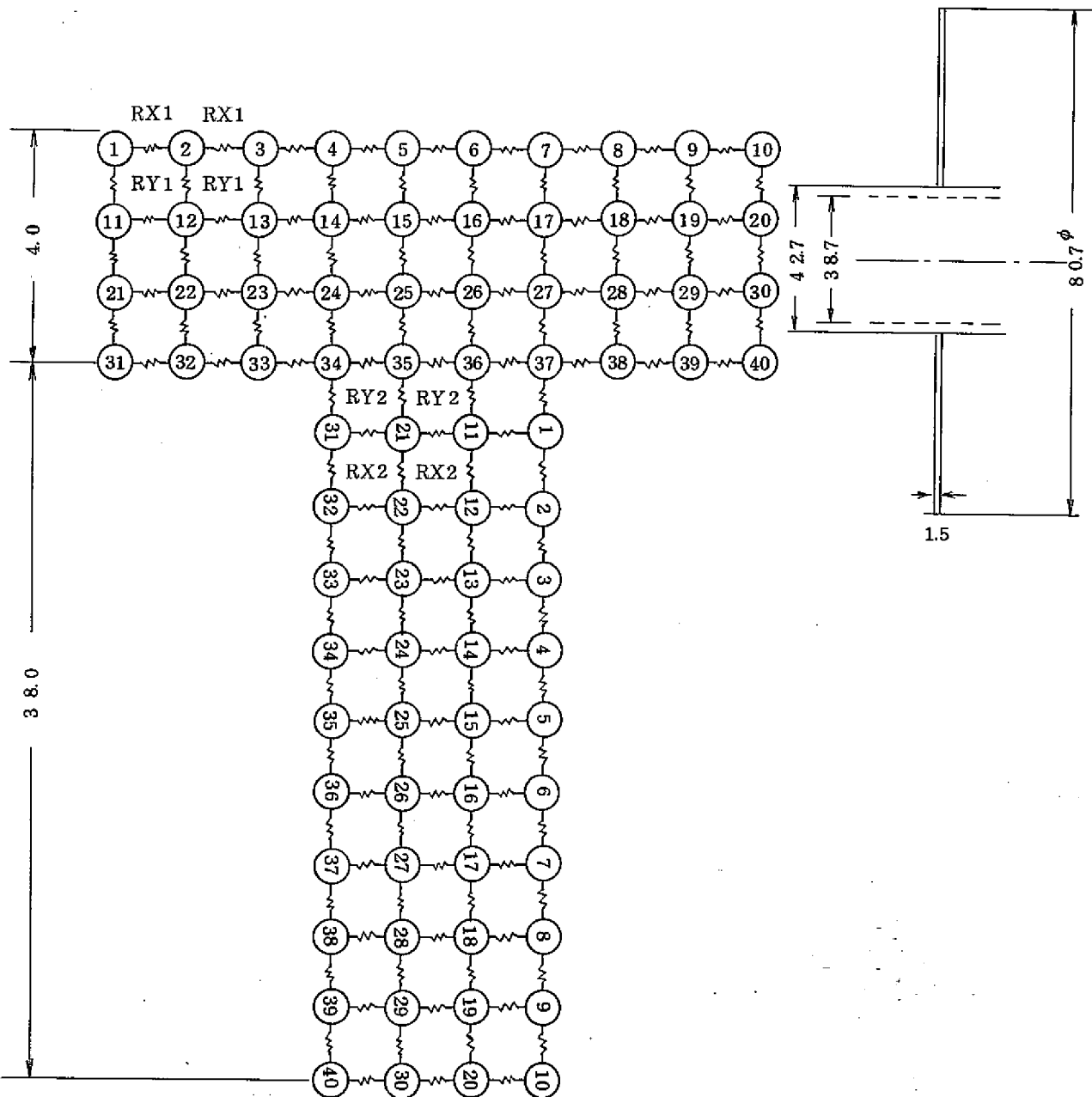
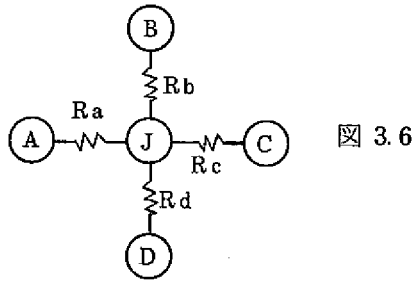


図3.5 ファインの伝熱回路網



(ii) 計算原理

今ある点の温度 J を求める場合、それととりまく点 A, B, C, D の温度の値及び J と各点との伝熱抵抗 R_a, R_b, R_c, R_d がわかっている場合、 J と各点の温度、抵抗間には、電気回路でのキルヒホッフの定理と同じ関係で

$$\frac{A-J}{R_a} + \frac{B-J}{R_b} + \frac{C-J}{R_c} + \frac{D-J}{R_d} = 0 \quad (3-3) \quad \text{なる関係が成立する。}$$

これより J は、
$$J = \frac{\left(\frac{A}{R_a} + \frac{B}{R_b} + \frac{C}{R_c} + \frac{D}{R_d}\right)}{\left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_d}\right)} \quad (3-4) \quad \text{として求めることができるが、}$$

$A \sim D$ も未知数であるから収斂計算によらなくてはならない。

	4 8 6 . 4	4 8 6 . 2	4 8 5 . 9	4 8 5 . 6	4 8 5 . 4	4 8 5 . 4	4 8 5 . 6	4 8 5 . 9	4 8 6 . 2	4 8 6 . 4
	4 8 0 . 0	4 7 9 . 6	4 7 8 . 9	4 7 8 . 2	4 7 7 . 7	4 7 7 . 7	4 7 8 . 2	4 7 8 . 9	4 7 9 . 6	4 8 0 . 0
	4 7 4 . 3	4 7 3 . 5	4 7 2 . 0	4 7 0 . 2	4 6 9 . 1	4 6 9 . 1	4 7 0 . 2	4 7 2 . 0	4 7 3 . 5	4 7 4 . 3
	4 7 0 . 2	4 6 8 . 9	4 6 5 . 9	4 6 0 . 5	4 5 8 . 3	4 5 8 . 3	4 6 0 . 5	4 6 5 . 9	4 6 8 . 9	4 7 0 . 2
				4 1 2 . 0	4 1 2 . 2	4 1 2 . 2	4 1 2 . 0			
入力条件				3 7 2 . 5	3 7 2 . 7	3 7 2 . 7	3 7 2 . 5			
				3 3 9 . 7	3 3 9 . 9	3 3 9 . 9	3 3 9 . 7			
1 次ナトリウム流側				3 1 2 . 7	3 1 2 . 8	3 1 2 . 8	3 1 2 . 7			
				2 9 0 . 7	2 9 0 . 8	2 9 0 . 8	2 9 0 . 7			
温度 5 0 0 ℃				2 7 3 . 0	2 7 3 . 1	2 7 3 . 1	2 7 3 . 0		0 . 0 3 9 8 kcal / s / フィン	
				2 5 9 . 2	2 5 9 . 2	2 5 9 . 2	2 5 9 . 2		2 5 . 2 4 MW / 1 基	
流速 1 . 8 7 m / s				2 4 8 . 8	2 4 8 . 8	2 4 8 . 8	2 4 8 . 8		1 0 1 . 6 MW / 4 基	
熱伝達係数				2 4 1 . 5	2 4 1 . 5	2 4 1 . 5	2 4 1 . 5			
				2 3 7 . 2	2 3 7 . 2	2 3 7 . 2	2 3 7 . 2			
				4 . 5 8 kcal / m ² S ℃						

図 3.7 フィン内部の温度分布

2 次 ~~ナトリウム~~ ^{空 気} 流側

温度 1 4 0 ℃

流速 2 4 m / s

熱伝達係数 0 . 0 2 9 3 kcal / m² s ℃

(iii) フィンの等価伝熱抵抗

フィン内部の温度分布，1次，2次両流体の温度が確定すれば，容易に交換熱量を計算することができる。交換熱量 Q ，両流体の温度差 $\Delta\theta = \theta_h - \theta_c$ ，2次フィン側の伝熱面積を S_h とすれば貫流率 k は，

$$k = \frac{Q}{S_h \cdot \Delta\theta} \quad (\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h } \text{C}) \quad \alpha_k = \frac{k}{3600} \quad (\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ s } \text{C})$$

として求めることができる。

今，管を含むフィン等価熱伝達係数 α_m ($\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ s } \text{C}$)を想定し， α_m の半分をナトリウム側，残り半分を空気側に振りむけた場合

$$\frac{1}{U_m} = \frac{1}{\alpha_h} + \frac{1}{2\alpha_m} \dots\dots\dots (3-5)$$

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{\alpha_c} + \frac{1}{2\alpha_m} \dots\dots\dots (3-6)$$

一方ヒートバランスより，熱量 Q (kcal/s)，伝熱面積 S_c, S_h (m^2)との間に

$$Q = U_h S_h (\theta_h - \theta_m) = U_c S_c (\theta_m - \theta_c) \quad (\text{kcal}/\text{s}) \dots\dots\dots (3-7) \quad \text{なる関係があり}$$

$$\theta_h - \theta_c = Q \left(\frac{1}{U_h S_h} + \frac{1}{U_c S_c} \right) \quad (3-7)'$$

(3-7)式に(3-5)，(3-6)式を代入することにより， α_m を

$$\alpha_m = \frac{0.5 \alpha_h \alpha_c (S_h + S_c) \cdot \frac{Q}{\theta_h - \theta_c}}{\alpha_h \alpha_c S_h \cdot S_c - \frac{Q}{\theta_h - \theta_c} (\alpha_c S_c + \alpha_h S_h)} \quad \dots\dots\dots (3-8)$$

として求めることができる。

α_m が定めれば，等価的なフィン長 $L_{\text{effect}}(\text{mm})$ は，フィン材質の熱伝導率 λ ($\text{kcal}/\text{m h } \text{C}$)の関数として，

$$L_{\text{effect}} = \frac{\lambda \times 10^3}{\alpha_m \times 3600} \quad (\text{mm}) \quad \text{で表わすことができる。}$$

(iv) フィンの計算例

図3-7ナトリウム温度500℃，空気側140℃とした場合，空気流量をパラメータとした場合の伝熱特性を示す。

フィンの内部の等価伝熱抵抗は，ほぼ常数として扱えることがわかる。

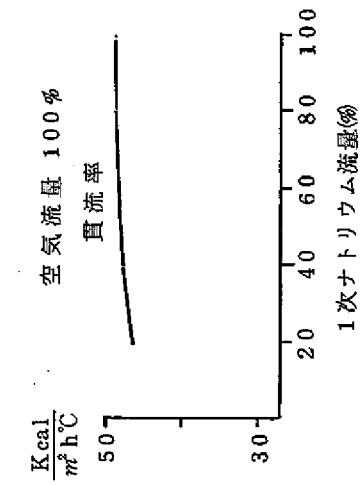


図 3.9 ナトリウム流量と貫流率

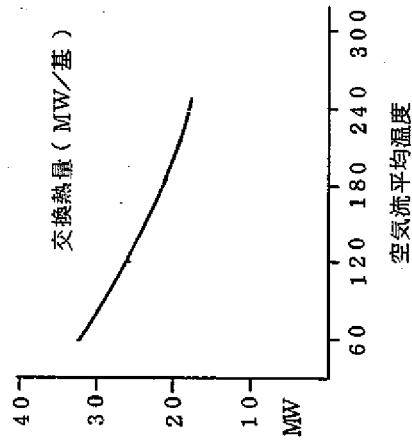


図 3.10 空気流平均温度と交換熱量

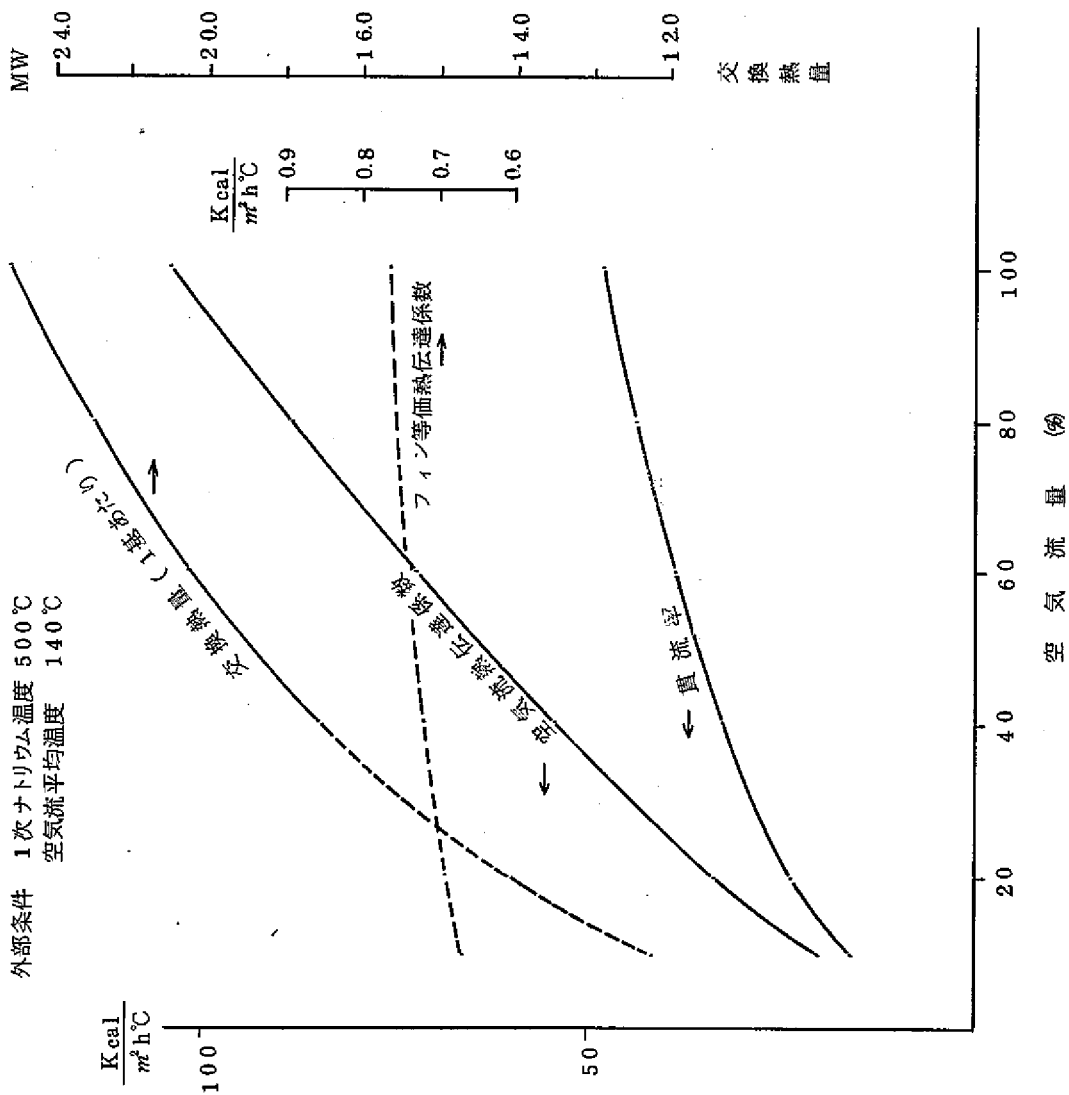


図 3.8 空気流量変化によるパラメータの変化

4.0 対向流モデルと直交流モデル

4.1 概 要

第2章で動特性方程式の計算原理，又，第3章では動特性方程式で使用する熱伝達係数に就いて述べて来た。

本章では，これ等の結果を使用して実際に対向流モデルと直交流モデルに就いてプログラムを作成し，両者の相異を調べる。

両者の差異を明確にするため，使用するプラントパラメータ，入力信号等はすべて等しく設定してある。1次は対向流モデルで30セクション，直交流モデルは水平方向往復20セクション，垂直方向に5セクションに分割した。

空気の流方向に就いては対向流型は1次ナトリウムと同じく30セクションになるが，直交流ではY軸方向2セクション，X軸方向10セクションの合計20セクションとしている。又，直管部の熱交換は，1次ナトリウム流とフィンのないチューブのみとし，空気側との交換熱量は無視した。

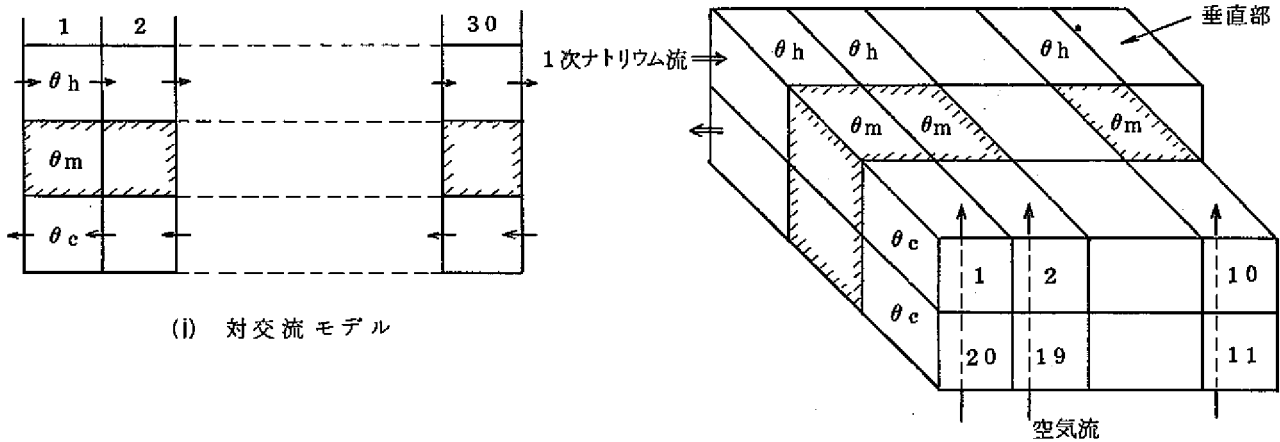


図4.1 計算モデル

又，両モデルの比較として次の方法をとった。

- (1) 静特性の比較
- (2) ステップ応答の比較
- (3) 線型予測モデルによる周波数領域での比較

4.2 静特性の比較

図4.2は、1次100%、2次空気流に100%の流量を与えた場合の静特性の比較である。実線は対向流型、点線は直交流型の温度分布を示す。直交流型では、中央部に2次空気流量と熱交換をしない直管部があるためその前後で対向流型と当然異なるが全体的によい一致を示す。空気側の温度分布に就いては、対向流型では直線として求めることができるが、直交流型では、X軸方向に切った10個のセクションにより少しずつ値が異なるので、各セクションの出口温度を(×)印で示し、出口温度に就いてはそれ等の平均値で示した。

又、Appendix.C に2次側流量100%から10%までの温度分布を示す。

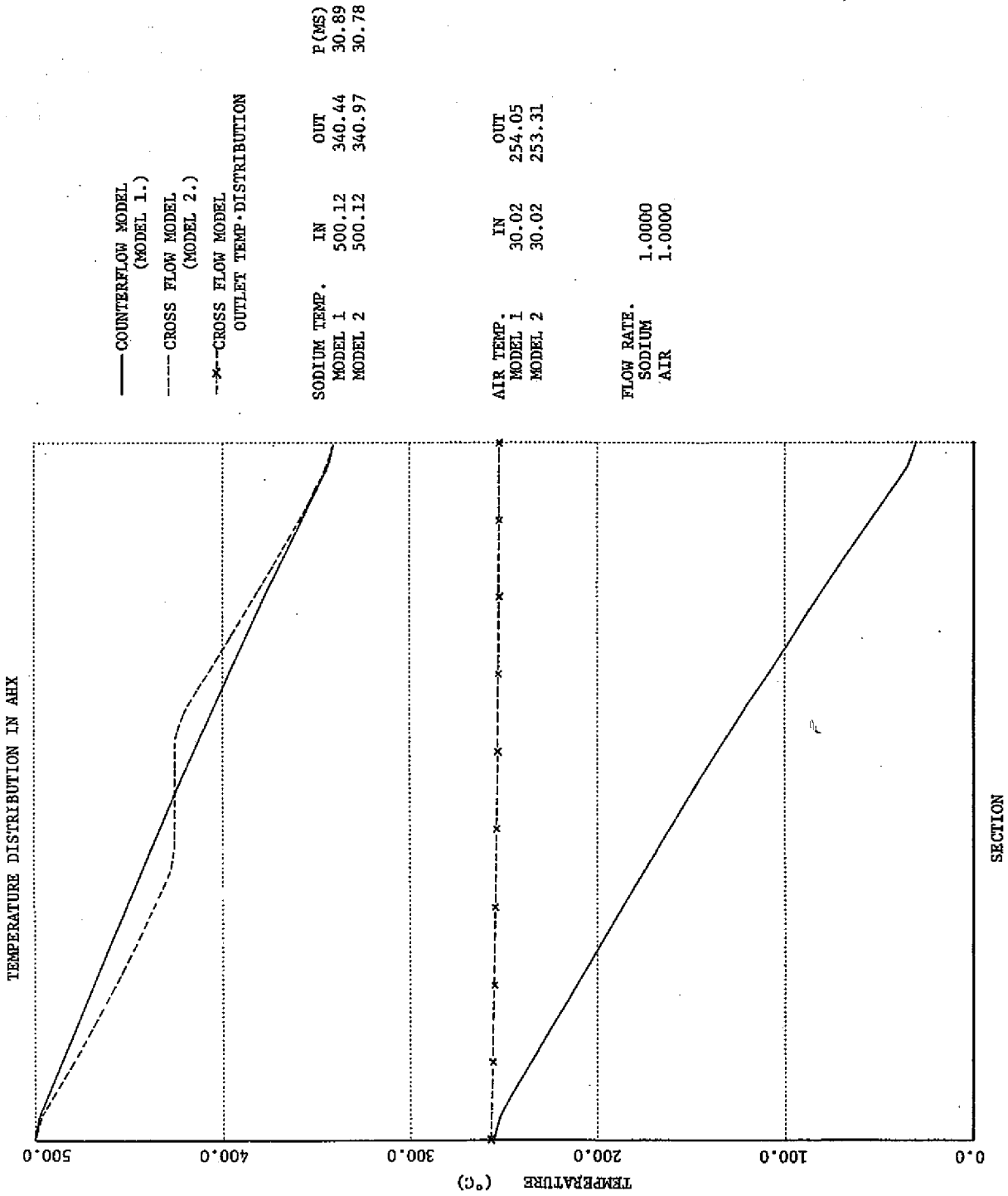


图 4.2 静特性比较

4.3 ステップ応答の比較

空気冷却器は、熱交換器の1種で、1次側流体流量、入口温度及び2次側流体の流量及び入口温度が入力変数で、1次、2次の出口温度を出力変数とする多入力系である。入力変数を単独にステップ状に変化させ各部の応答をみるステップ応答法で比較することが最も容易である。図4-3は、1次ナトリウム流量100%、2次空気流量100%で平衡になった空気冷却器の2次空気流量を100%からステップ状に90%(約10%)に減少させた場合の各部の応答を示す。実線は対向流モデルで点線が直交流モデルである。両者を比較してもほぼ完全に一致していることがわかる。

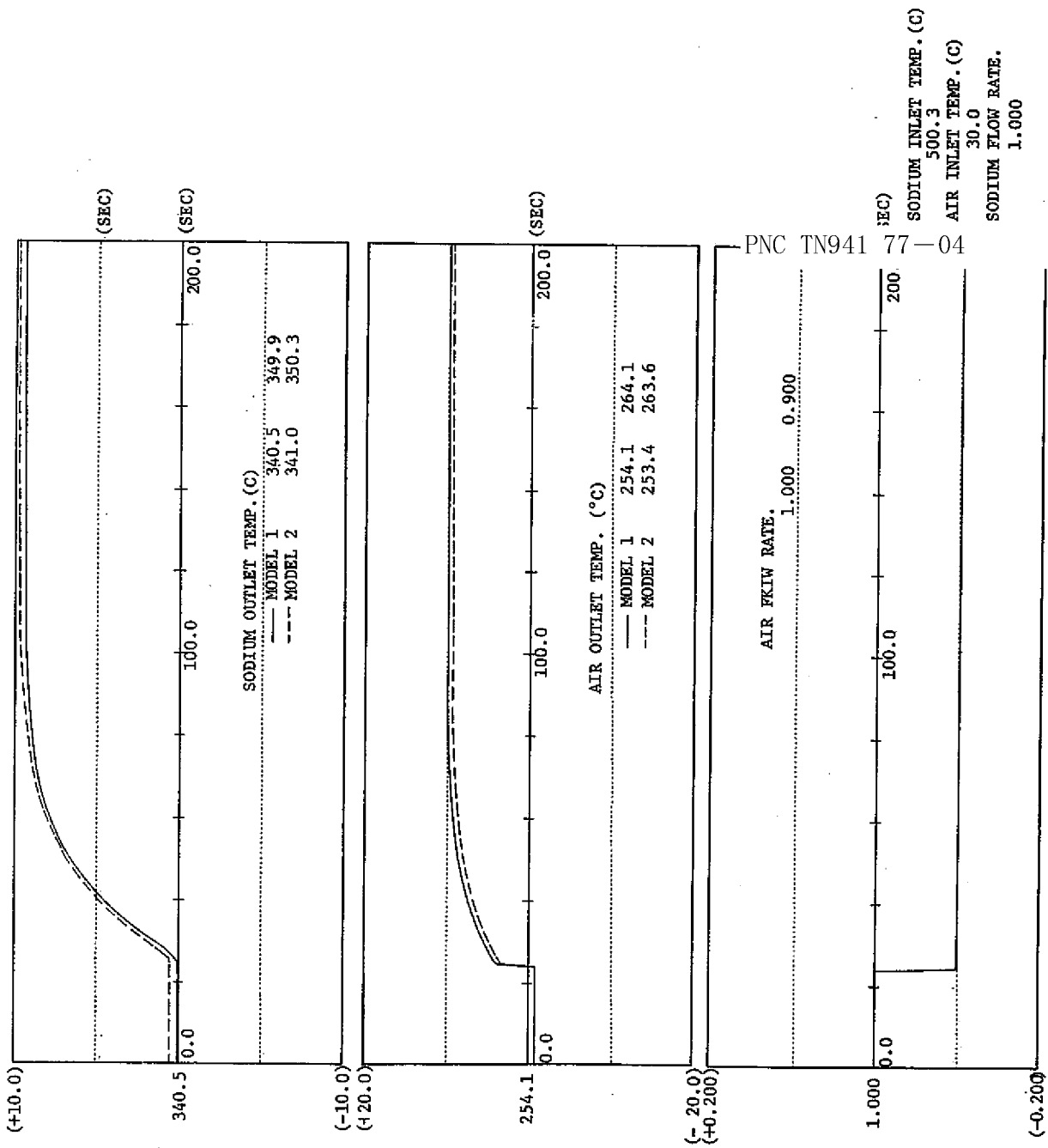


図 4.3 ステップ応答

4.4 周波数応答の比較

計算モデルを比較する場合周波数領域で比較する方法として、通常4.3章で述べた4個の入力変数のうち特定の1個に就いてこれを正弦波状に変化させ、各部の周波数応答を比較する方法及び、入力にランダムノイズを入れ入出力の関係をフーリエ交換又は、線形予測モデルによるデータ処理を施す方法が考えられる。今回は最もプログラムが整備されているインパルス応答関数による線形予測処理プログラム-G E W S E-によりその処理を行った。図4.4に入力として約5%の2次空気流量外乱を与えた場合の出口ナトリウム温度を出力とした対向流と直交流モデルのナイキスト線図及び図4.5にボード線図を示す。

NYQUIST PLOT 1

- COUNTER MODEL
- CROSS FLOW MODEL

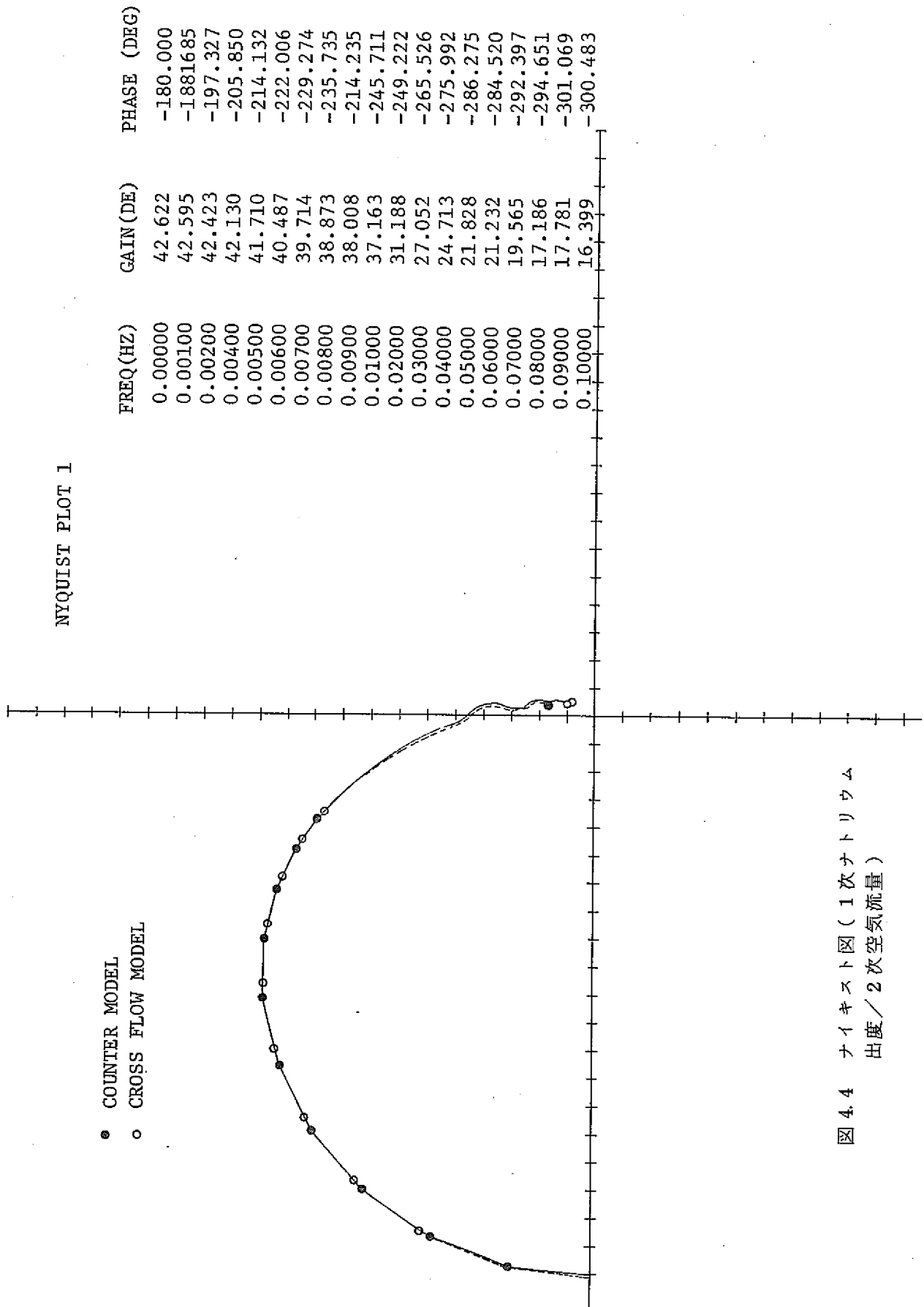


図 4.4 ナイキスト図 (1次ナトリウム
出度/2次空気流量)

BODE PLOT 1

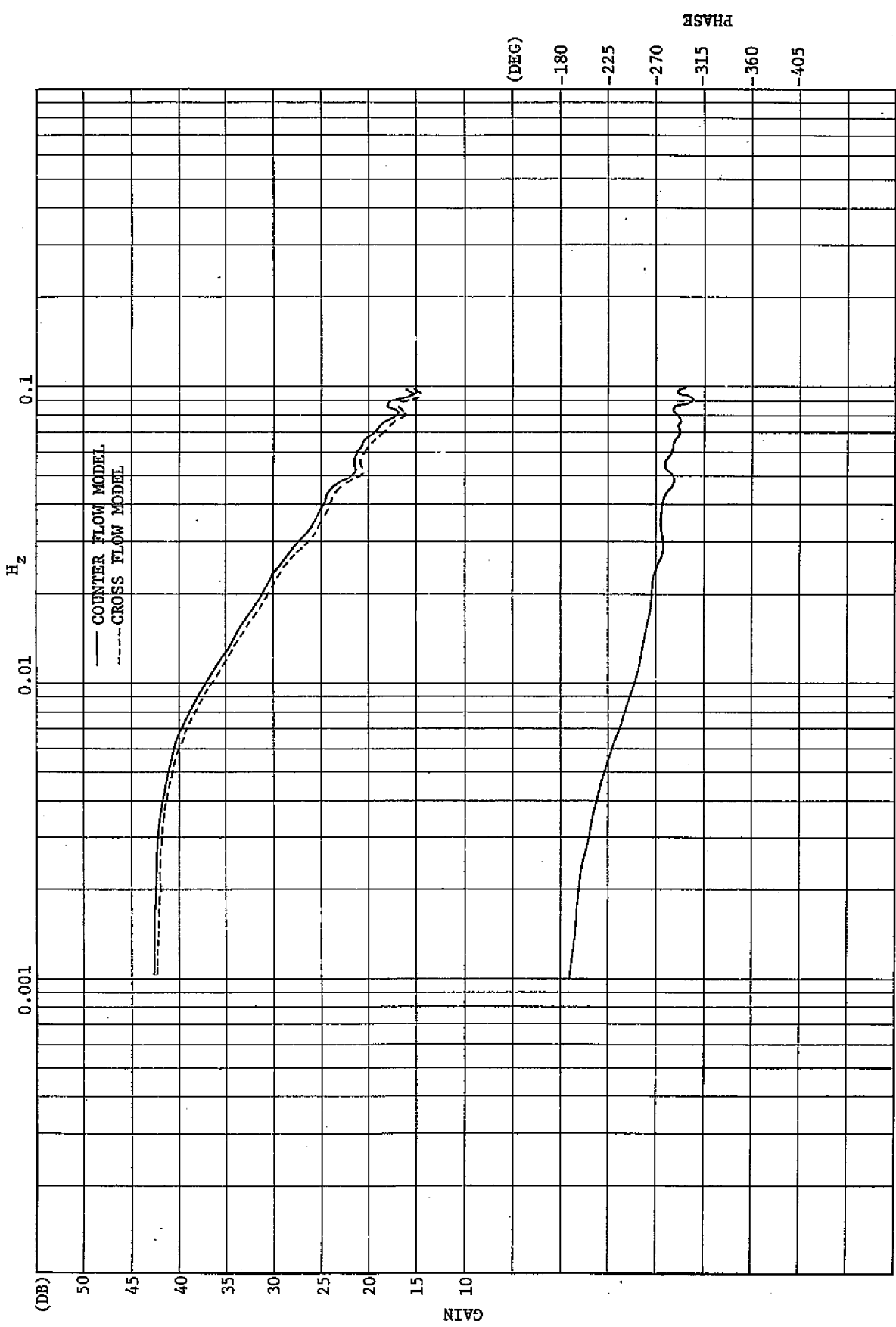


図 4.5 ポート線図
(1次ナトリウム出口温度 / 2次空気流量)

5.0 問題点

(i) 空気側の等価直径

本比較計算の最大の問題点は、フィンと2次空気流量との熱伝達係数を求めるために空気流のレイノズル数 ($\frac{dV}{\nu}$) の等価直径 d としてフィンの断面より与えられるぬれぶち長から等価直径を求めた点であろう。実際に2次空気は入りくんだ通路を通るので、ナトリウム側と異なり等価直径の規定が困難である。計算に使用したレイノズル数が妥当であるかどうかは圧力損失の測定等の別な方法で確認する必要がある。

(ii) モデル適用の限界

空気冷却器と他の熱交換器を比較した場合、次に述べるような本質点を相違がある。

(a) 2次側空気流の滞在時間が、1次側のそれに較べて非常に小さい。

(b) 金属壁の熱容量が非常に大きい。

このため、すべての直交流タイプの熱交換器の動特性方程式は、対向流型に置き換えてもよいというのは早計である。但し、1次元モデルとして両流体の温度分布を考慮しているので無次元モデルに較べて一般性があると考えられる。

6.0 結 言

本資料で示した計算結果より次のことを結論することができる。

- (1) 空気冷却器の動特性解析に使用するモデルは、実機に近い直交流モデルの代用としてより計算の容易な対向流モデルで実施できる。
- (2) フィンの2次元温度分布計算で、フィン内部の等価熱伝達係数を容易に推定できる。
- (3) 1次ナトリウム流と金属壁、フィン内部の熱伝達係数を定数として扱っても誤差は少い。
又、空気側の熱伝達係数に就いては実験式を加味するが、フィン熱伝達係数が比較的大きく影響するので、全体の貫流率の変化は、空気側のみの熱伝達係数の変化に較べて少い。

7.0 参 考 文 献

- (1) 伝熱工学資料 改訂第3版 日本機会学会
- (2) 「常陽」ナトリウム冷却系機器耐久試験装置(VII) 社内報告書 SN941 75-80
空冷式ナトリウム冷却器の特性試験 深田他
- (3) 高速炉動特性シミュレータ設計資料(VI) 井爪他 JAERI-memo 3062
空気冷却器熱交換器(AHX)のモデル化及び 1968年4月
そのシミュレーションスタディ
- (4) Simulation Techniques of Heat Exchanger Dynamics AICA Symposium Simulation
of Complex Systems. IZUME 1971. Sept.
- (5) インパルス応答モデルのパラメータ推定 坂本 社内報告書 N941 77-30
- (6) 時系列解析用プログラムパッケージ-AKAIKE- 社内報告書
淀・井爪 SN952-76-12

Appendix. A フィンの温度分布

(I) 等価抵抗

(i) ナトリウムと金属壁 $R_h = \frac{1.0}{(\pi \times DIT \times DL) \times TRANSH} = 3.529 K\Omega$

(ii) 管部 Y 方向 $R_{Y1} = \frac{1.0}{\frac{RAMT \times 4.0}{(DOT - DIT) \times 3600} \times \frac{(\pi \times DIT \times DL)}{1.0}} = 1.767 K\Omega$

(iii) 管部 X 方向 $R_{X1} = \frac{1.0}{\frac{RAMT}{\frac{D^2}{1.0}} \times \frac{\pi}{4} \frac{(DOT^2 - DIT^2)}{4.0}} = 0.867 K\Omega$

(iv) フィン部 Y 方向 $R_{Y2} = \frac{1.0}{\frac{RAMF}{(DOF - DOT) \times 3600} \times \frac{THF \times F \times (DOT + DOF)}{4 \times 2}} = 1.767 K\Omega$

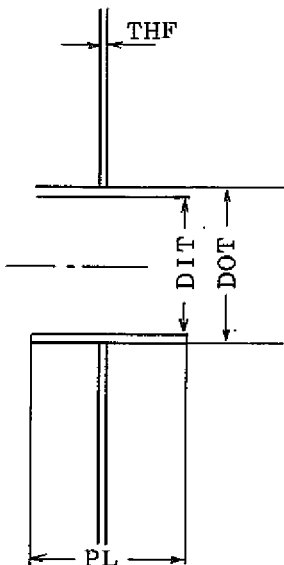
(v) フィン部 X 方向 $R_{X2} = \frac{1.0}{\frac{RAMF}{THF} \times \frac{\pi \times (DOF^2 - DOT^2)}{4}} = 0.1185 K\Omega$

(II) 空気流とフィン

(I) フィン $RC1 = \frac{1.0}{TRANSA \times \frac{\pi}{4} \frac{(DOF^2 - DOT^2) \times 2.0}{2.0}} = 9269 K\Omega$

(II) 管 $RC2 = \frac{1.0}{TRANSA \times \frac{\pi \times DOT \times (DL - THF)}{6.0}} = 438.7 K\Omega$

(III) エッジ $RC3 = \frac{1.0}{TRANSA \times \frac{\pi \times DOF \times THF}{2.0}} = 168.3 K\Omega$



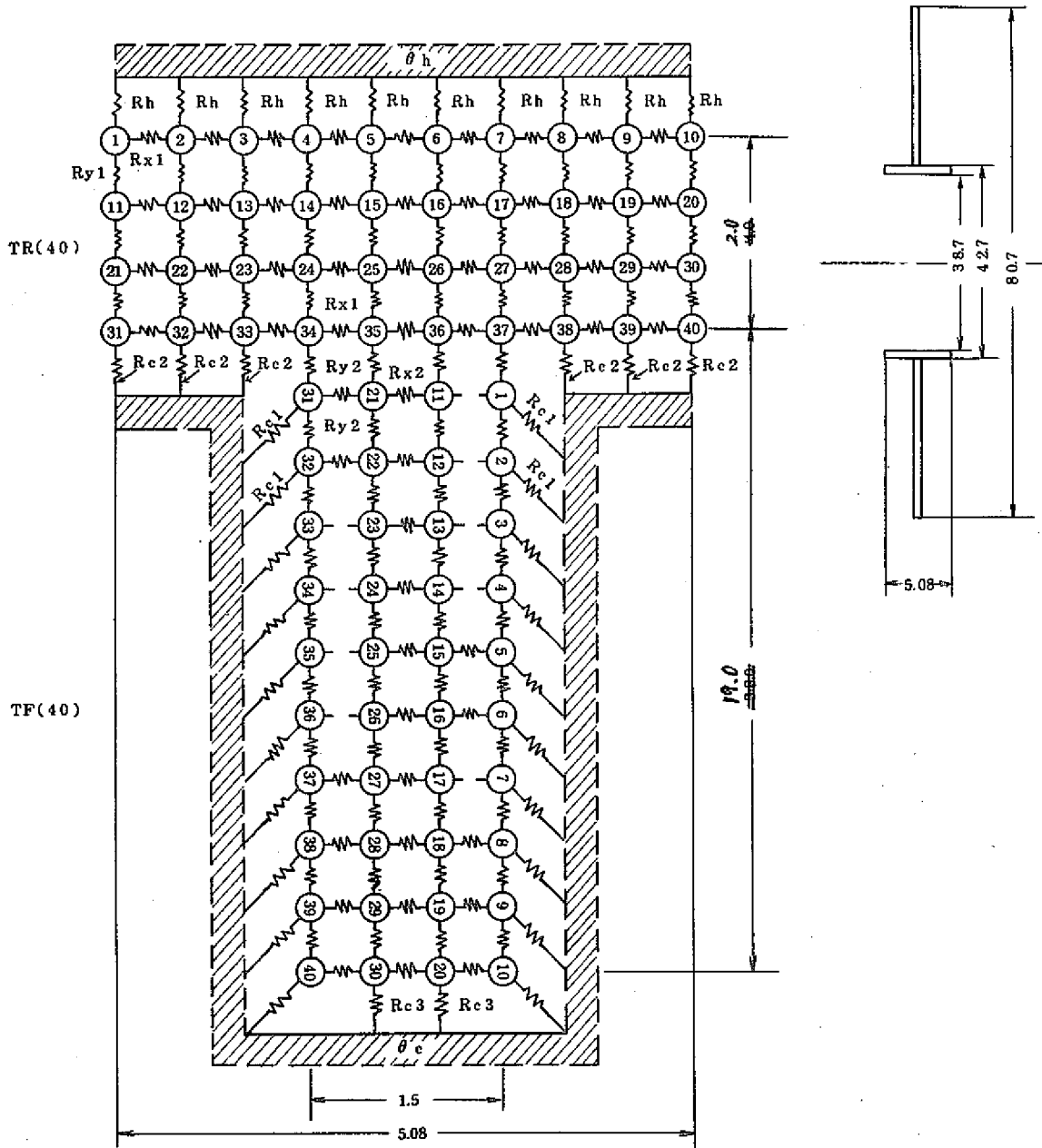
TRANSH: ナトリウムと金属壁の熱伝達係数 (kcal/m² sC)

TRANSA: 空気流と金属壁の熱伝達係数 (")

RAMT : 管部の熱伝導率 (kcal/mhC)

RAMF : フィン部の熱伝導率 (")

(2) 温度分布计算例



	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
TR(1)~TR(10)	486.4	486.2	485.9	485.6	485.4	485.4	485.6	485.9	486.2	486.4
TR(11)~TR(20)	480.0	479.6	478.9	478.2	477.7	477.7	478.2	478.9	479.6	480.0
TR(21)~TR(30)	474.3	473.5	472.0	470.2	469.1	469.1	470.2	472.0	473.5	474.3
TR(31)~TR(40)	470.2	468.9	465.9	460.5	458.3	458.3	460.5	465.9	468.9	470.2
空气流量				412.0	412.2	412.2	412.0			
				372.5	372.7	372.7	372.5			
				339.7	339.9	339.9	339.7			
				312.7	312.8	312.8	312.7			
100%				290.7	290.8	290.8	290.7			
				273.0	273.1	273.1	273.0			
$\theta_h = 500^\circ\text{C}$				259.2	259.2	259.2	259.2			
				248.8	248.8	248.8	248.8			
$\theta_c = 140^\circ\text{C}$				241.5	241.5	241.5	241.5			
				237.2	237.2	237.2	237.2			

487.6	487.4	487.1	486.8	486.6	486.6	486.8	487.1	487.4	487.6
481.7	481.3	480.7	480.0	479.6	479.6	480.0	480.7	481.3	481.7
476.5	475.8	474.4	472.7	471.7	471.7	472.7	474.4	475.8	476.5
472.8	471.5	468.8	463.8	461.8	461.8	463.8	468.8	471.5	472.8

			419.0	419.2	419.2	419.0			
			382.2	382.3	382.3	382.2			
空气流量			351.3	351.5	351.5	351.3			
			325.7	325.8	325.8	325.7			
80%			304.5	304.6	304.6	304.5			
			287.4	287.5	287.5	287.4			
$\theta_b = 500^\circ\text{C}$			274.0	274.0	274.0	274.0			
			263.8	263.8	263.8	263.8			
$\theta_c = 140^\circ\text{C}$			256.6	256.7	256.7	256.6			
			252.4	252.4	252.4	252.4			

489.0	488.8	488.6	488.3	488.1	488.1	488.3	488.6	488.8	489.0
483.7	483.4	482.9	482.3	481.9	481.9	482.3	482.9	483.4	483.7
479.2	478.5	477.3	475.7	474.8	474.8	475.7	477.3	478.5	479.2
475.9	474.8	472.3	467.8	466.0	466.0	467.8	472.3	474.8	475.9

			427.7	427.8	427.8	427.7			
			394.4	394.5	394.5	394.4			
空气流量			366.1	366.2	366.2	366.1			
			342.3	342.4	342.4	342.3			
60%			322.5	322.6	322.6	322.5			
			306.4	306.5	306.5	306.4			
$\theta_b = 500^\circ\text{C}$			293.6	293.7	293.7	293.6			
			283.9	284.0	284.0	283.9			
$\theta_c = 140^\circ\text{C}$			277.1	277.1	277.1	277.1			
			273.0	273.0	273.0	273.0			

490.8	490.7	490.4	490.2	490.1	490.1	490.2	490.4	490.7	490.8
486.4	486.2	485.7	485.2	484.8	484.8	485.2	485.7	486.2	486.4
482.6	482.1	481.0	479.7	478.9	478.9	479.7	481.0	482.1	482.6
480.0	479.0	476.9	473.1	471.5	471.5	473.1	476.9	479.0	480.0

			439.2	439.3	439.3	439.2			
			410.7	410.8	410.8	410.7			
空气流量			386.2	386.2	386.2	386.2			
			365.3	365.4	365.4	365.3			
40%			347.8	347.9	347.9	347.8			
			333.4	333.5	333.5	333.4			
$\theta_b = 500^\circ\text{C}$			321.9	321.9	321.9	321.9			
			313.1	313.1	313.1	313.1			
$\theta_c = 140^\circ\text{C}$			306.8	306.9	306.9	306.8			
			303.1	303.1	303.1	303.1			

493.5	493.4	493.2	493.1	492.9	492.9	493.1	493.2	493.4	493.5
490.4	490.2	489.8	489.4	489.2	489.2	489.4	489.8	490.2	490.4
487.7	487.3	486.5	485.6	485.0	485.0	485.6	486.5	487.3	487.7
485.8	485.1	483.6	480.8	479.7	479.7	480.8	483.6	485.1	485.8

			456.5	456.5	456.5	456.5			
			435.6	435.6	435.6	435.6			
空气流量			417.3	417.4	417.4	417.3			
			401.6	401.6	401.6	401.6			
20%			388.2	388.3	388.3	388.2			
			377.1	377.1	377.1	377.1			
$\theta_b = 500^\circ\text{C}$			368.1	368.2	368.2	368.1			
			361.2	361.2	361.2	361.2			
$\theta_c = 140^\circ\text{C}$			356.2	356.3	356.3	356.2			
			353.3	353.3	353.3	353.3			

Appendix. B 使用したプラントパラメータ

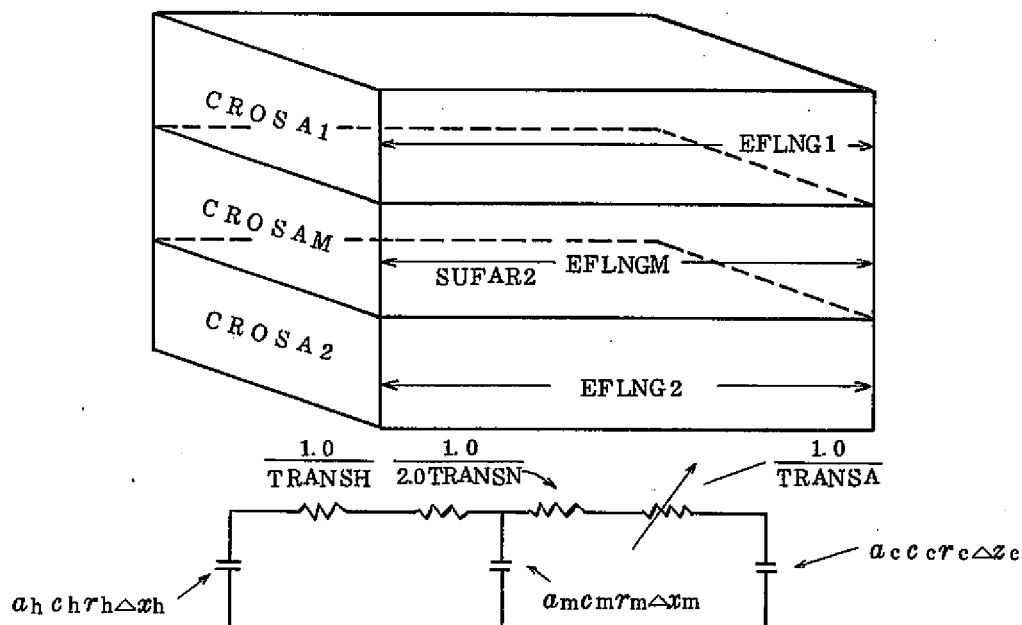
(1) 対向流型モデル

	NAME	CONTENTS	DIMENSION	VALUE	NOTE
1	DT	時間メッシュ	SEC	0.5	
2	ZONFNB	セクション数	/	30	

3	VFLOW1	容積流量	m^3/S	0.17600E00	
4	DENSI1	比重量	Kg/m^3	0.85900E03	
5	SPECH1	比熱	$kcal/Kg^{\circ}C$	0.30600E00	
6	EFLNG1	実効長	m	0.96000E01	
7	SUFAR1	伝熱面積	m^2	0.95190E02	
8	CROSA1	流路断面積	m^2	0.94100E-1	
9	TRANSH	熱伝達係数	$kcal/m^2 S^{\circ}C$	0.45500E+01	

10	DENSIM	比重量	Kg/m^3	0.78500E04	
11	SPECHM	比熱	$kcal/Kg^{\circ}C$	0.13500E00	
12	EFLNGM	実効長	m	0.96000E01	
13	CROSAM	断面積	m^2	0.11224E00	
14	TRANSM	熱伝達係数	$kcal/m^2 S^{\circ}C$	0.35600E00	

15	VFLOW2	容積流量	m^3/S	0.12300E03	
16	DENSI2	比重量	Kg/m^3	0.91600E00	
17	SPECH2	比熱	$kcal/Kg^{\circ}C$	0.24300E00	
18	EFLNG2	実効長	m	0.10000E01	
19	SUFAR2	伝熱面積	m^2	0.12250E04	
20	CROSA2	流路断面積	m^2	0.61480E01	
21	TRANSA	熱伝達係数	$kcal/m^2 S^{\circ}C$	0.29472E-1	



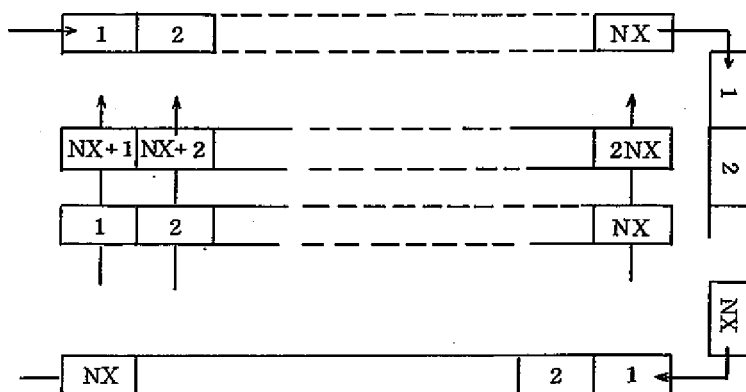
(2) 直交流型モデル

	NAME	CONTENTS	DIMENSION	VALUE	NOTE
1	DT	時間メッシュ	SEC	0.5	
2	NX	水平部セクション数	/	10	
3	NY	垂直部セクション数	/	5	

4	VFLOW1	容積流量	m^3/S	0.17600E00	
5	DENS11	比重	Kg/m^3	0.85900E03	
6	SPECH1	比熱	$kcal/Kg^{\circ}C$	0.30600E00	
7	EFLNGX	水平部有効長	m	0.48000E01	
8	EFLNGY	垂直部有効長	m	0.10000E01	
9	SUFHX	水平部ナトリウム側伝熱面積	m^2	0.95190E02	
10	SUFHY	垂直部伝熱面積	m^2	0.20000E02	
11	CROSA1	流路断面積	m^2	0.94100E-1	
12	TRANSH	熱伝達係数	$kcal/m^2S^{\circ}C$	0.45500E01	

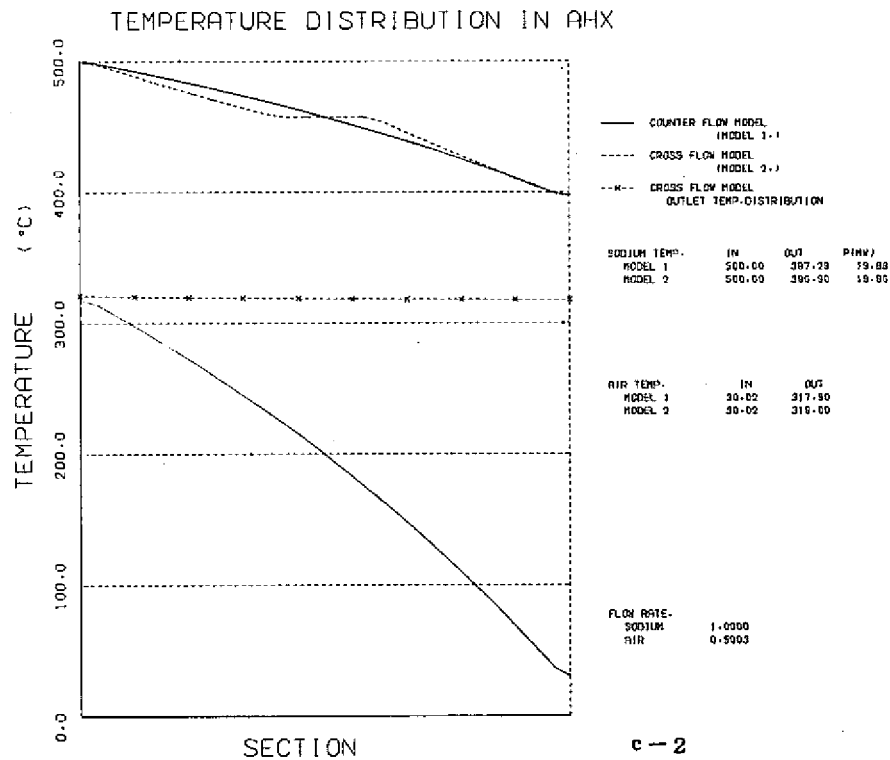
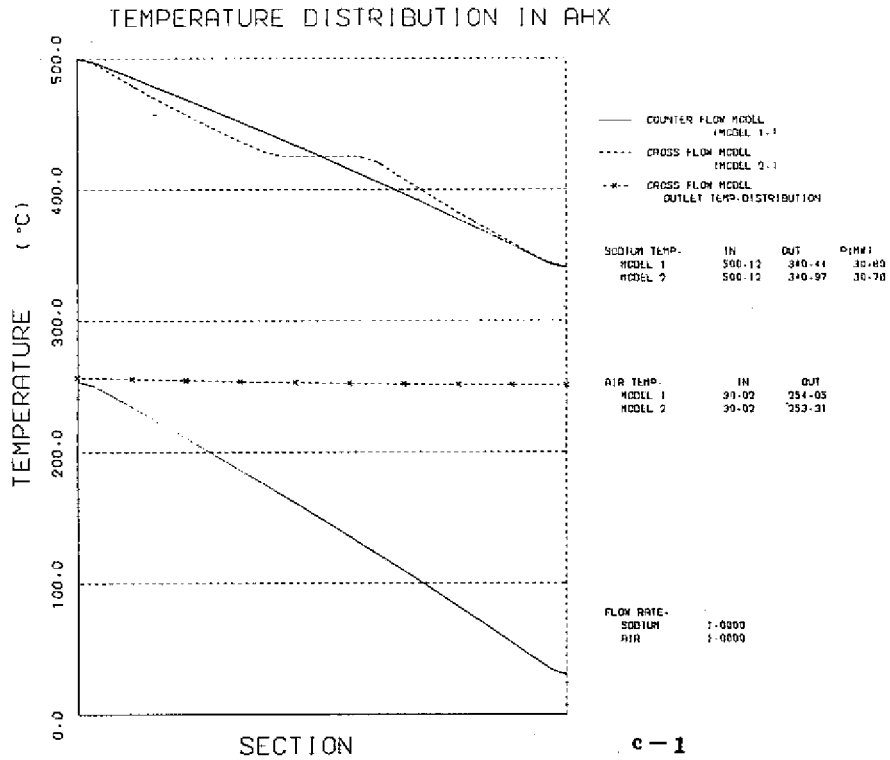
13	DENSIM	比重	Kg/m^3	0.78500E04	
14	SPECHM	比熱	$kcal/Kg^{\circ}C$	0.13500E00	
15	CROSAMX	水平部断面積	m^2	0.11224E00	
16	CROSAMY	垂直部断面積	m^2	0.10000E00	
17	TRAMX	水平部熱伝達係数	$kcal/m^2S^{\circ}C$	0.35600E00	
18	TRAMY	垂直部熱伝達係数	$kcal/m^2S^{\circ}C$	0.20000E00	

19	VFLOW2	容積流量	m^3/S	0.12300E03	
20	DENS12	比重	Kg/m^3	0.91600E00	
21	SPECH2	比熱	$kcal/Kg^{\circ}C$	0.24300E00	
22	SUFAR2	水平部空気側伝熱面積	m^2	0.12200E04	
23	CROSA2	流路断面積	m^2	0.61480E01	
24	TRANSA	熱伝達係数	$kcal/m^2S^{\circ}C$	0.29472E-1	

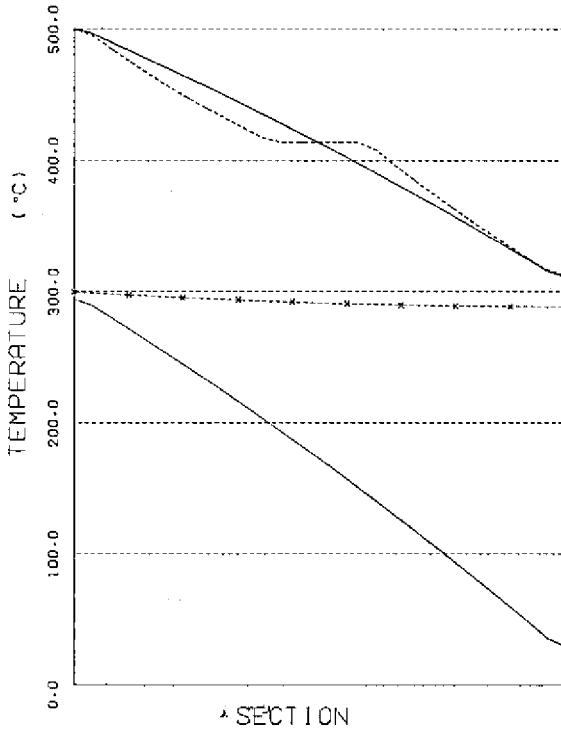


Appendix. C 静特性計算例

	1次ナトリウム流量	2次空気流量	交換熱量 (MW)
1	1.00	1.00	30.89
2	1.00	0.50	19.88
3	0.50	0.50	18.23
4	1.00	0.25	11.85
5	0.25	0.25	10.34
6	1.00	0.10	5.50



TEMPERATURE DISTRIBUTION IN AHX



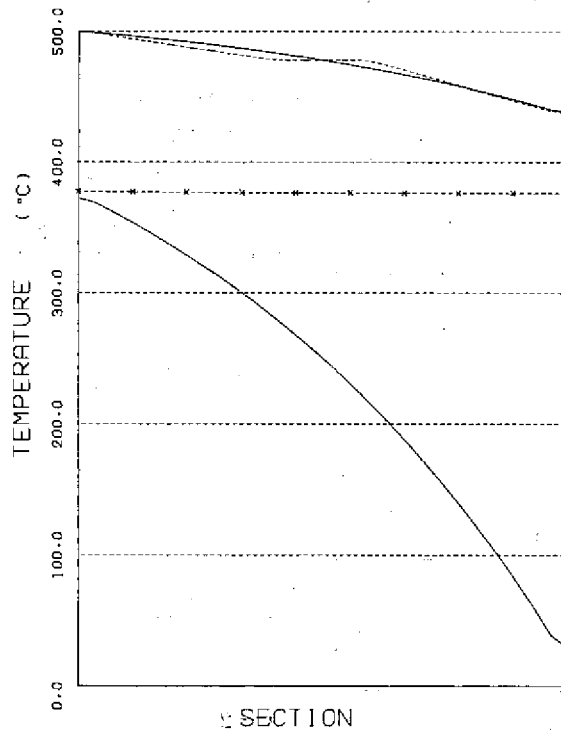
SODIUM TEMP.	IN	OUT	PIHW
MODEL 1	500.00	311.68	10-23
MODEL 2	500.00	312.85	18-13

AIR TEMP.	IN	OUT
MODEL 1	30.01	283.85
MODEL 2	30.01	282.57

FLOW RATE	
SODIUM	0.5301
AIR	0.5301

c-3

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN AHX

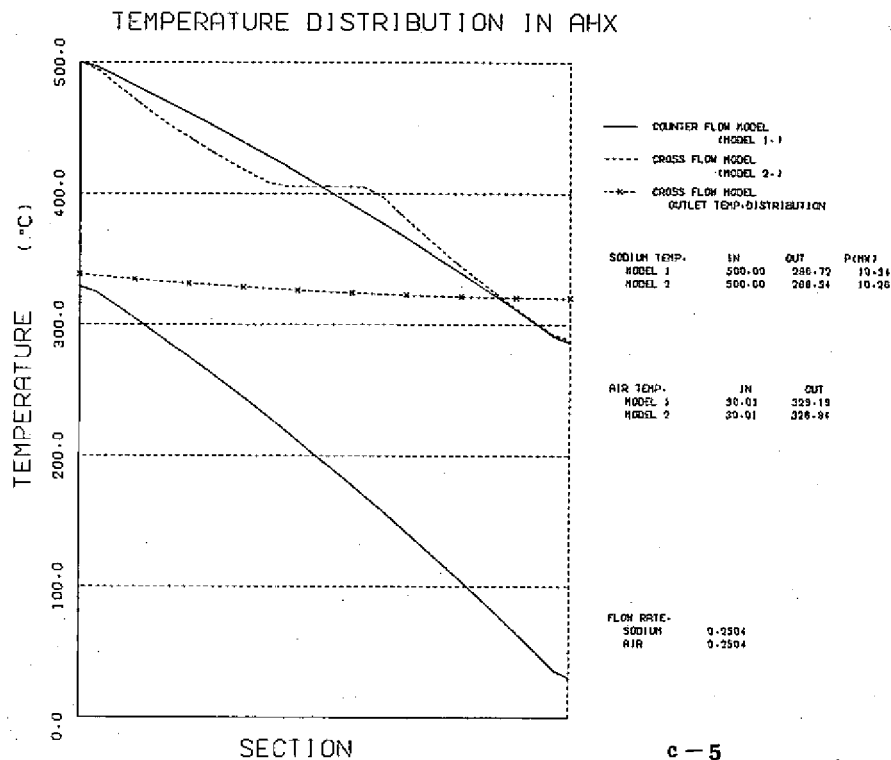


SODIUM TEMP.	IN	OUT	PIHW
MODEL 1	500.00	436.80	11-65
MODEL 2	500.00	438.02	12-00

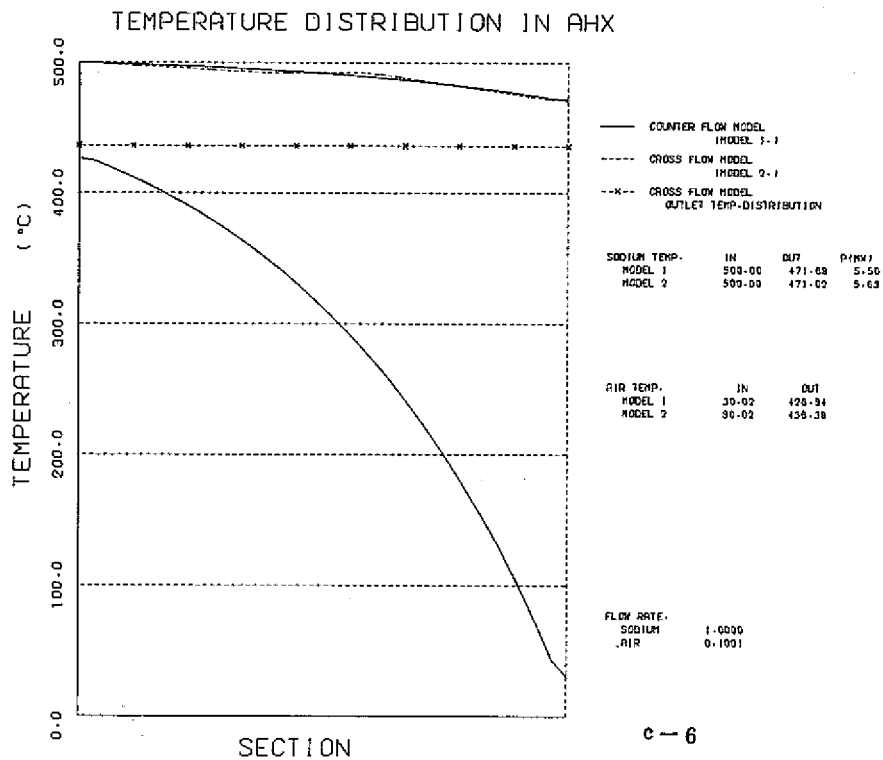
AIR TEMP.	IN	OUT
MODEL 1	30.02	372.51
MODEL 2	30.02	370.85

FLOW RATE	
SODIUM	1.0000
AIR	0.2500

c-4



c-5

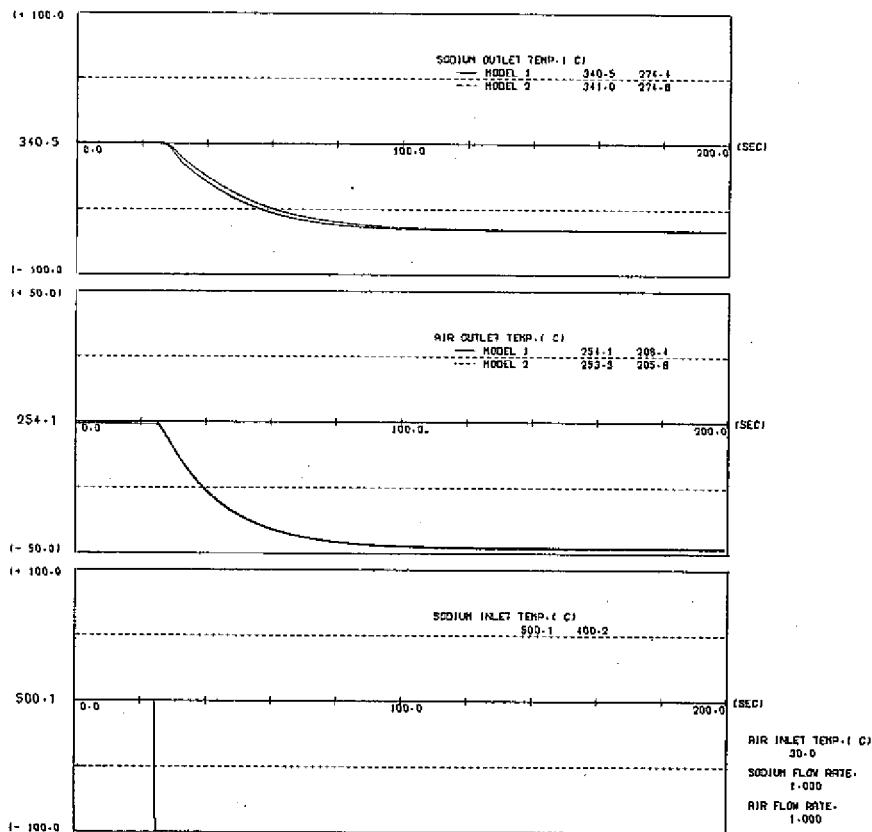


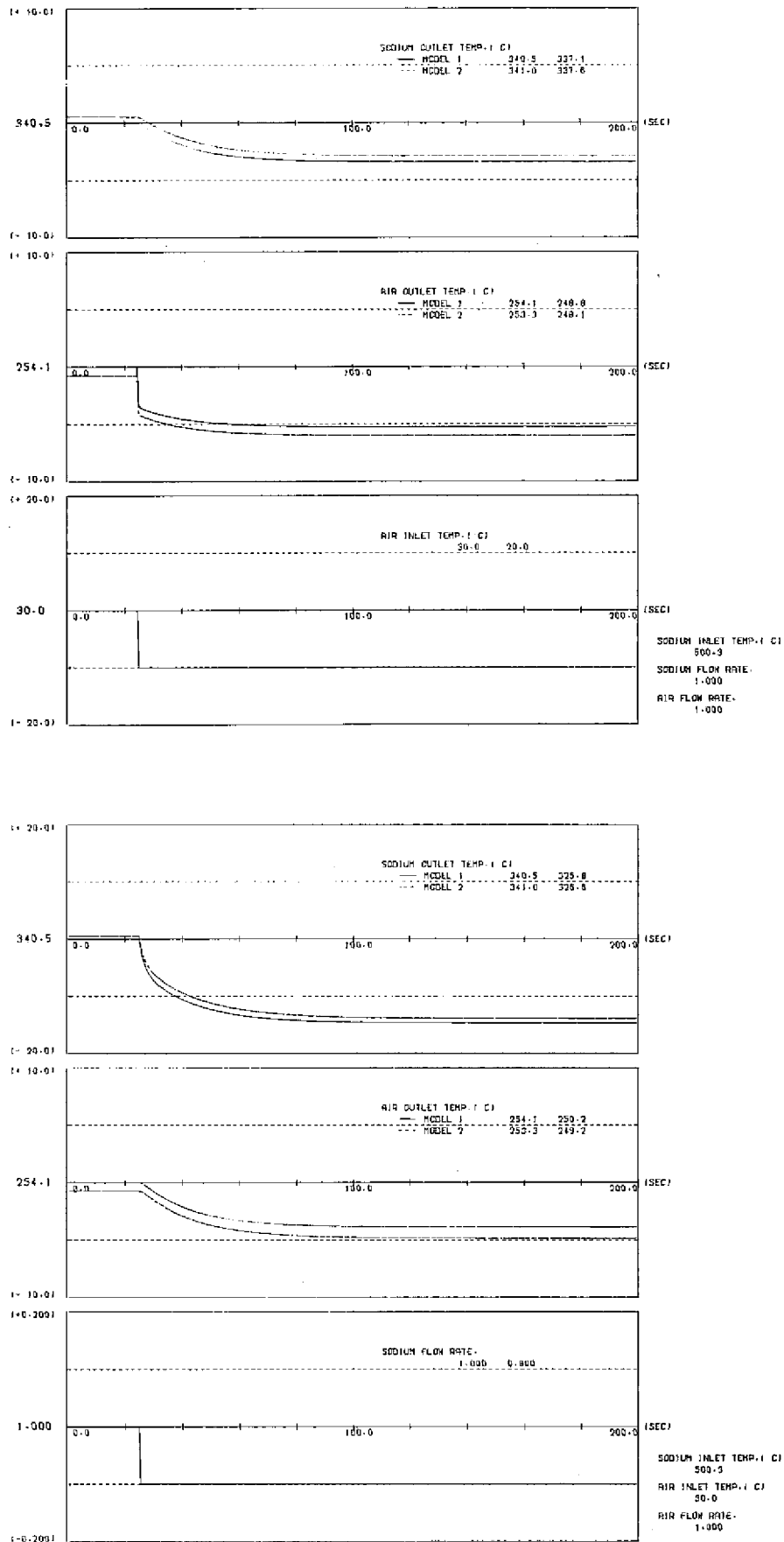
c-6

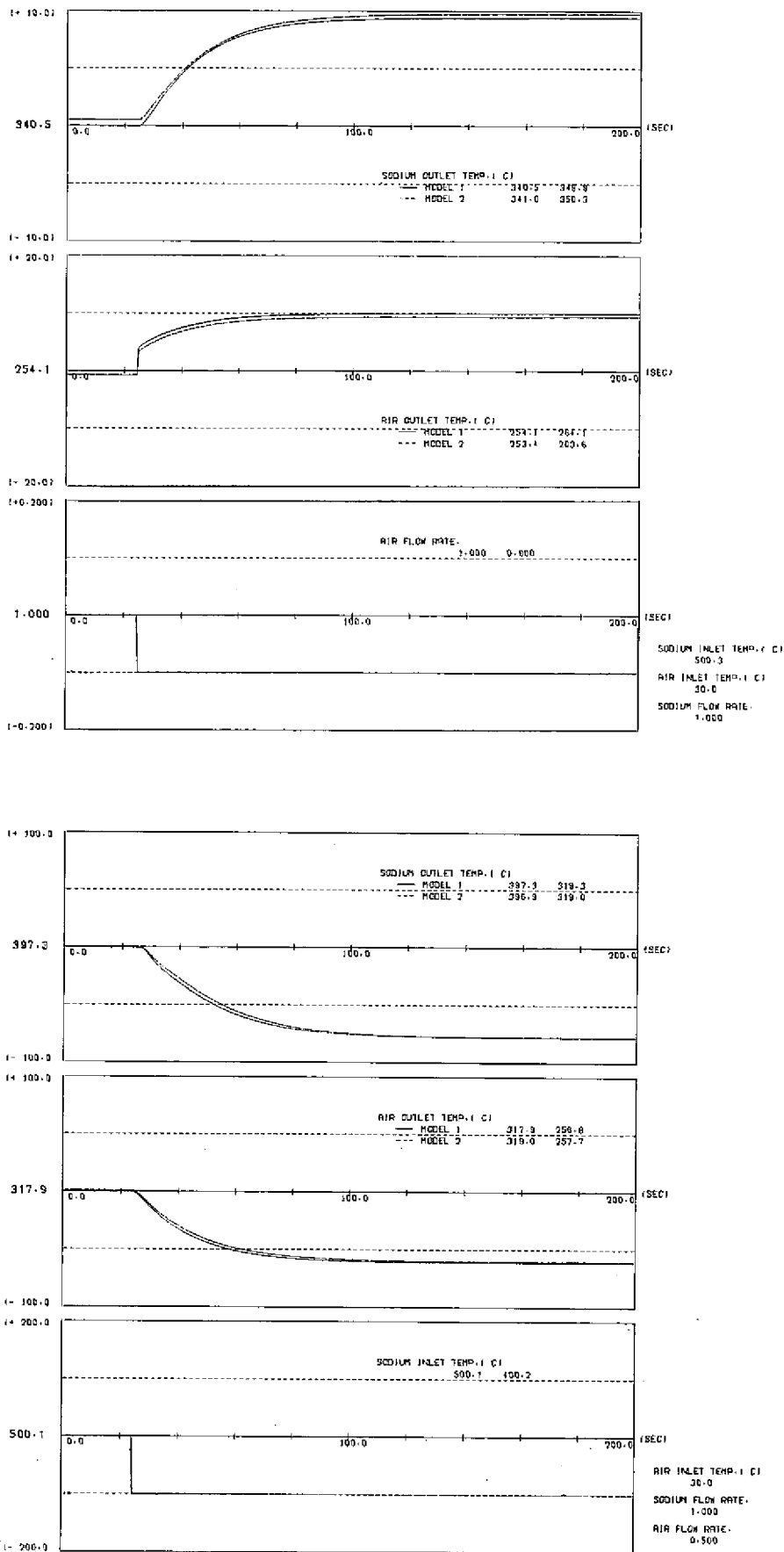
Appendix. D ステップ応答計算例

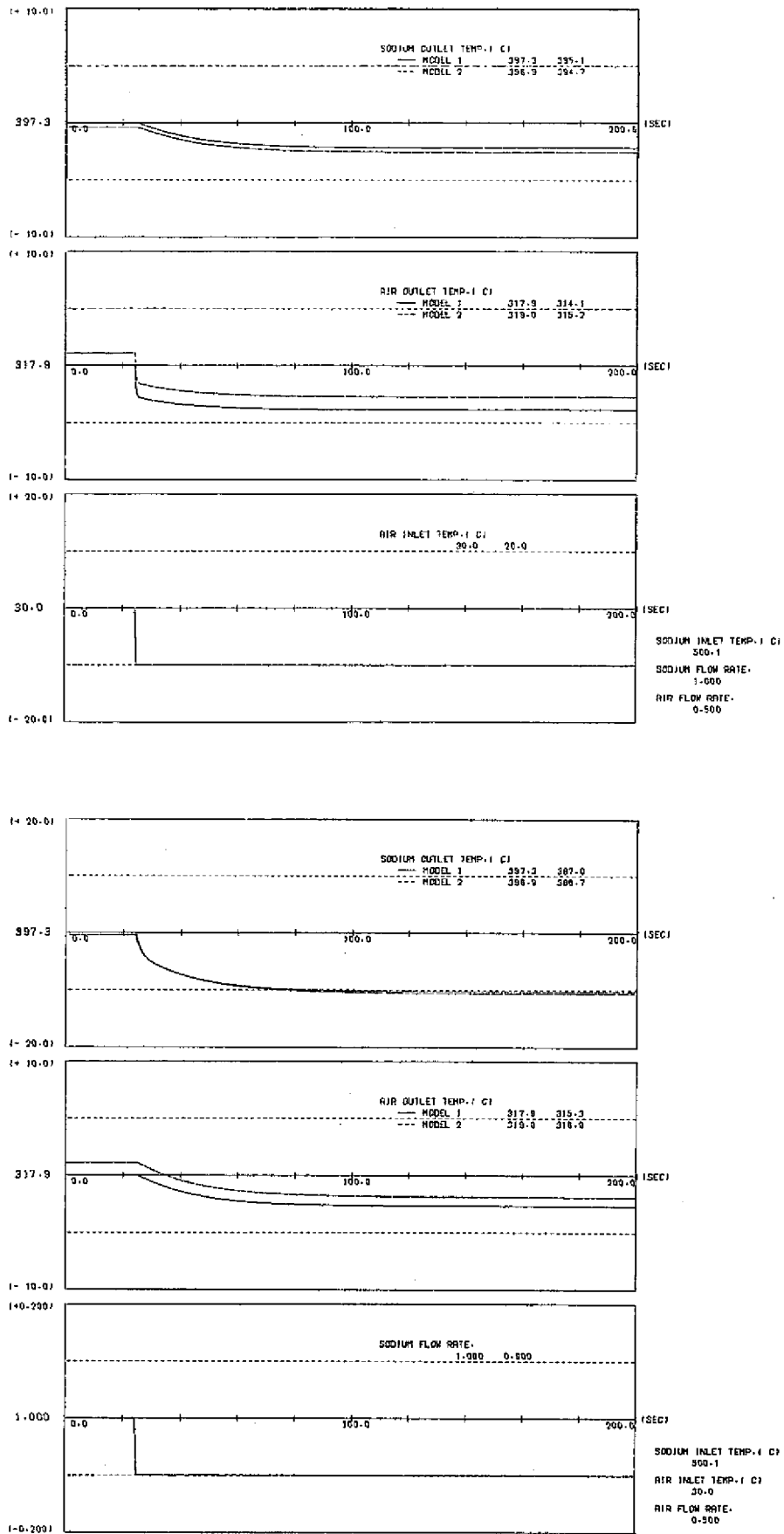
	1次ナトリウム流量	2次空気流量	ステップ入力	変化巾
1	1.00	1.00	1次ナトリウム入口温度	-100℃
2	1.00	1.00	2次空気入口温度	-10℃
3	1.00	1.00	1次ナトリウム流量	-10%
4	1.00	1.00	2次空気流量	-10%
5	1.00	0.50	1次ナトリウム温度	-100℃
6	1.00	0.50	2次空気入口温度	-10℃
7	1.00	0.50	1次ナトリウム流量	-10%
8	1.00	0.50	2次空気流量	-10%
9	1.00	0.50	2次空気流量	±5%

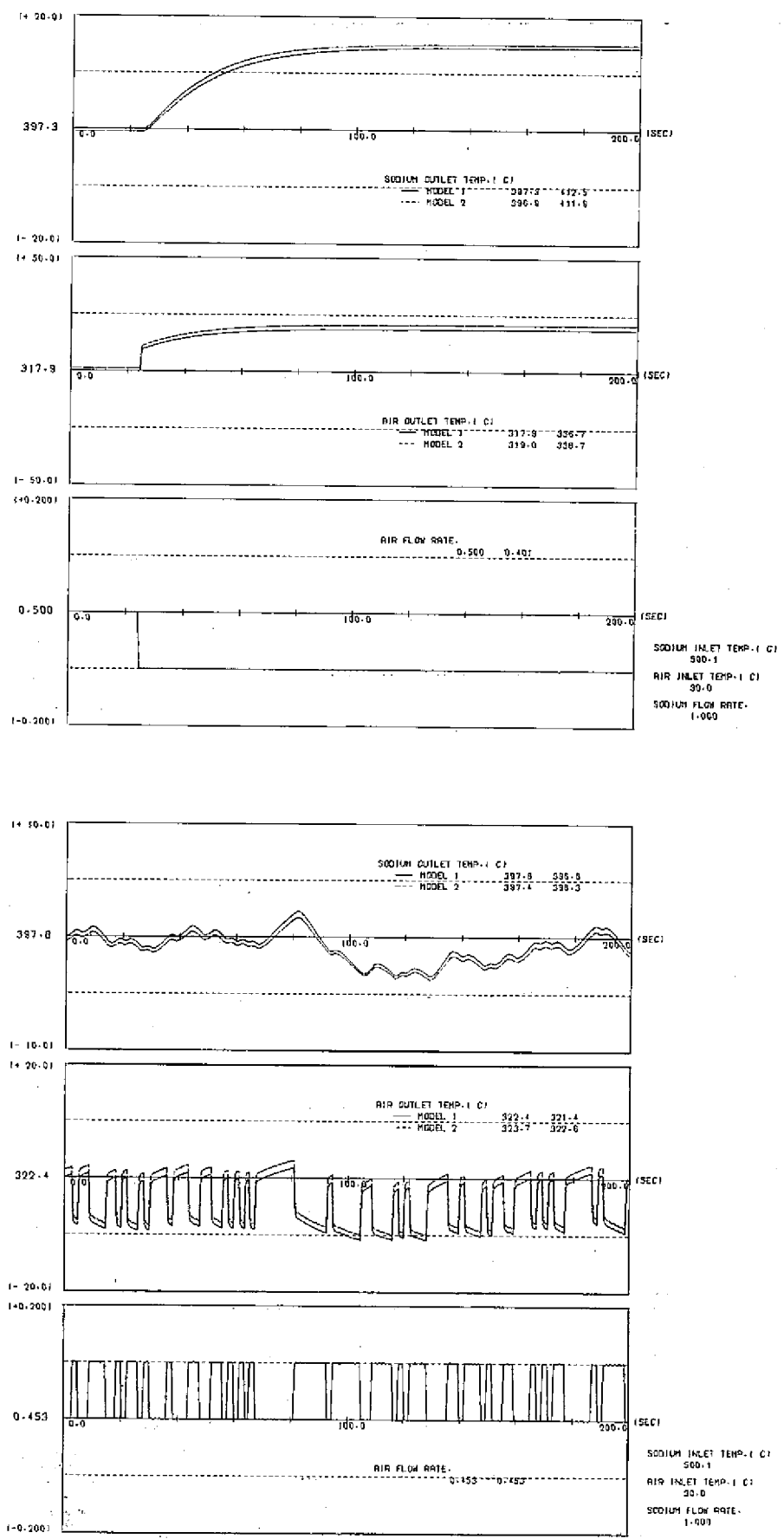
M系列信号印加









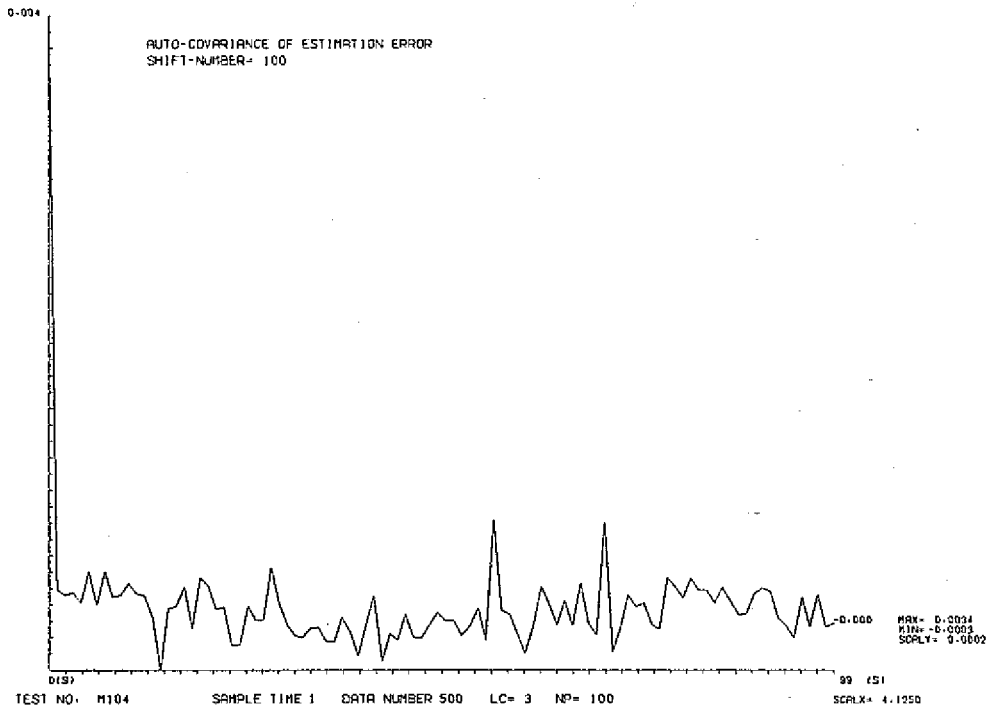


Appendix. E 周波数応答

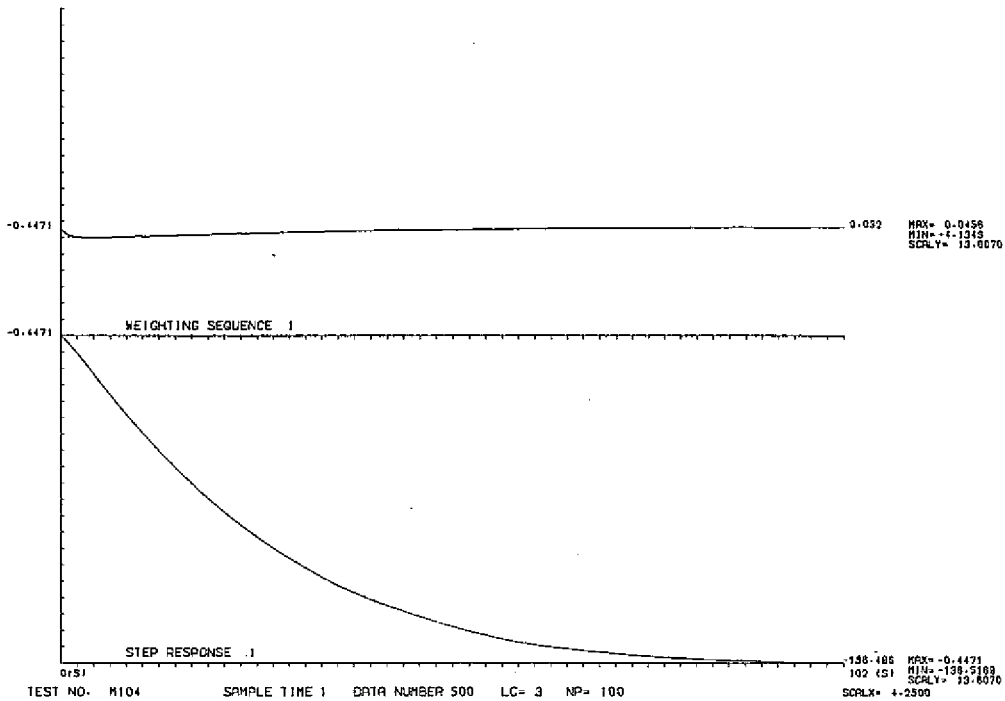
空気流量に最小巾 3 sec 7 bit の M 系列を入れたものをインパルス応答関数モデル GEWS E でデータ処理した。

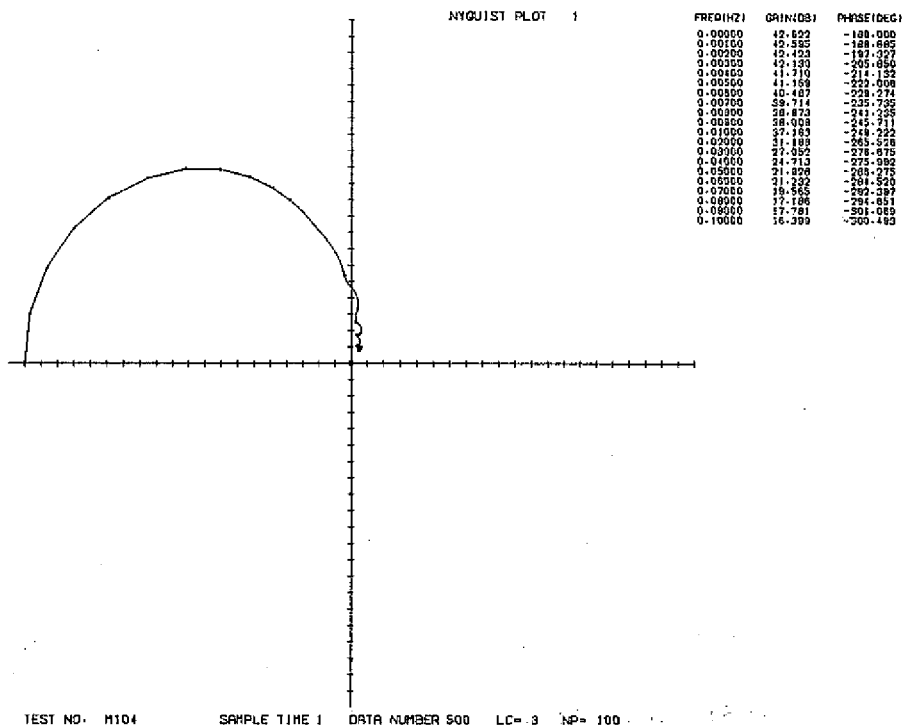
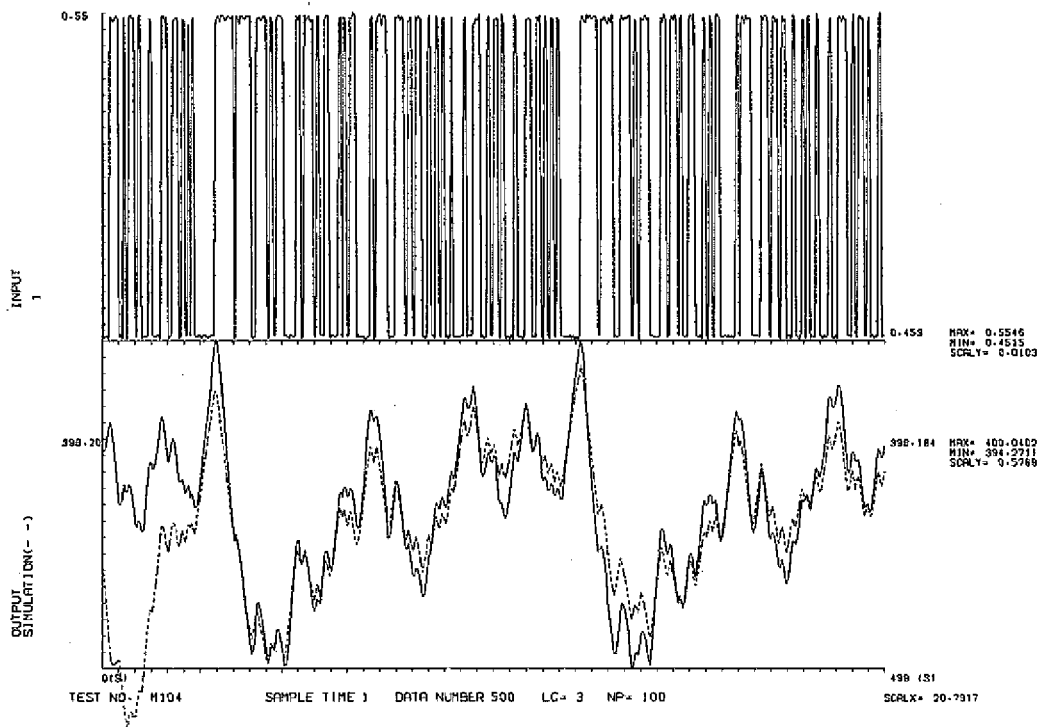
	MODEL
1	COUNTE FLOW
2	CROSS FLOW

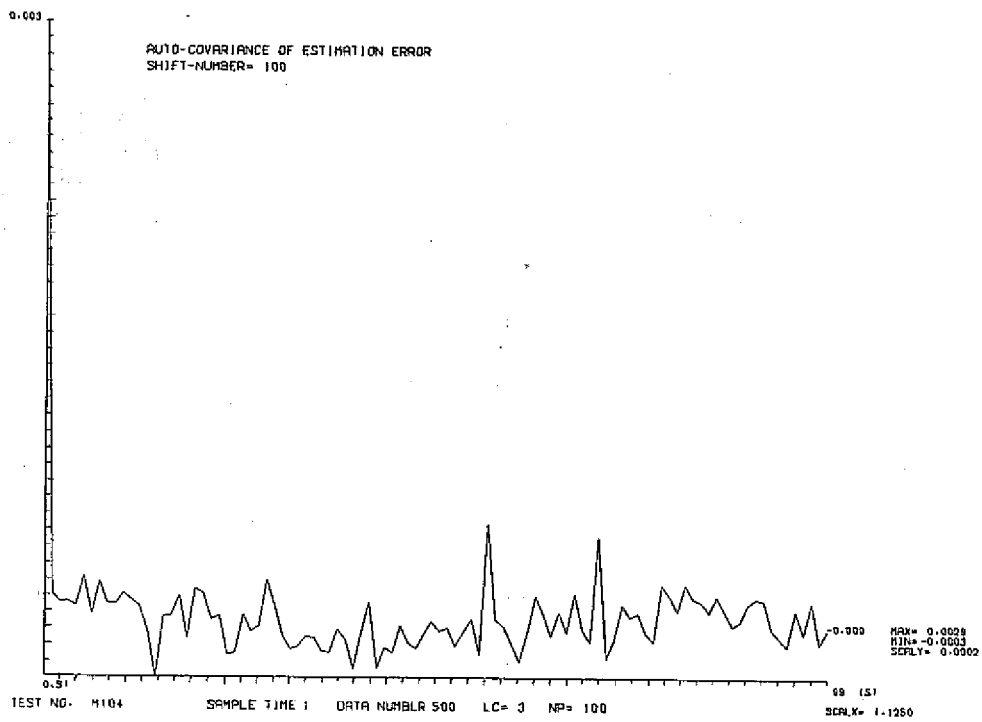
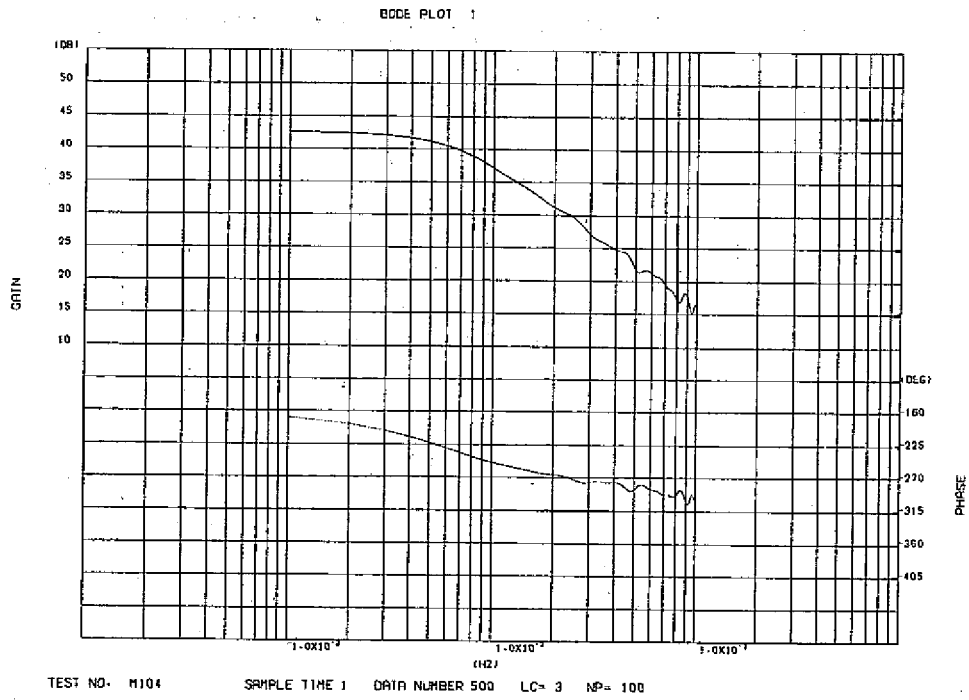
データ数	500
サンプル時間	1 sec
モデル次数	100
ノイズ次数	3



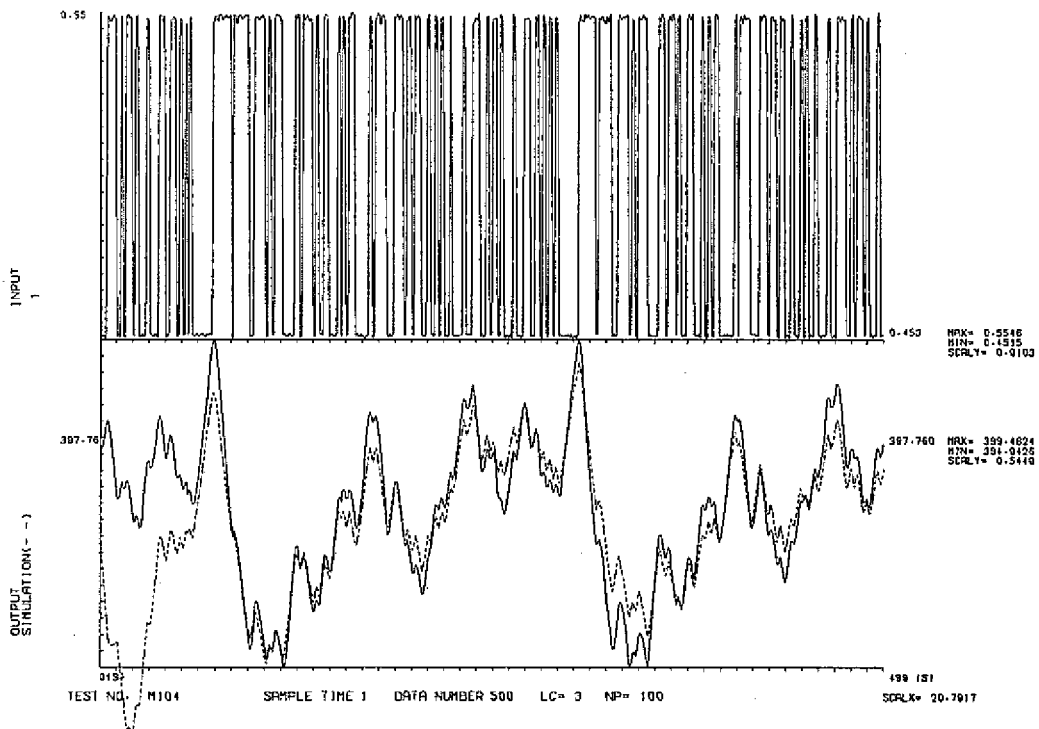
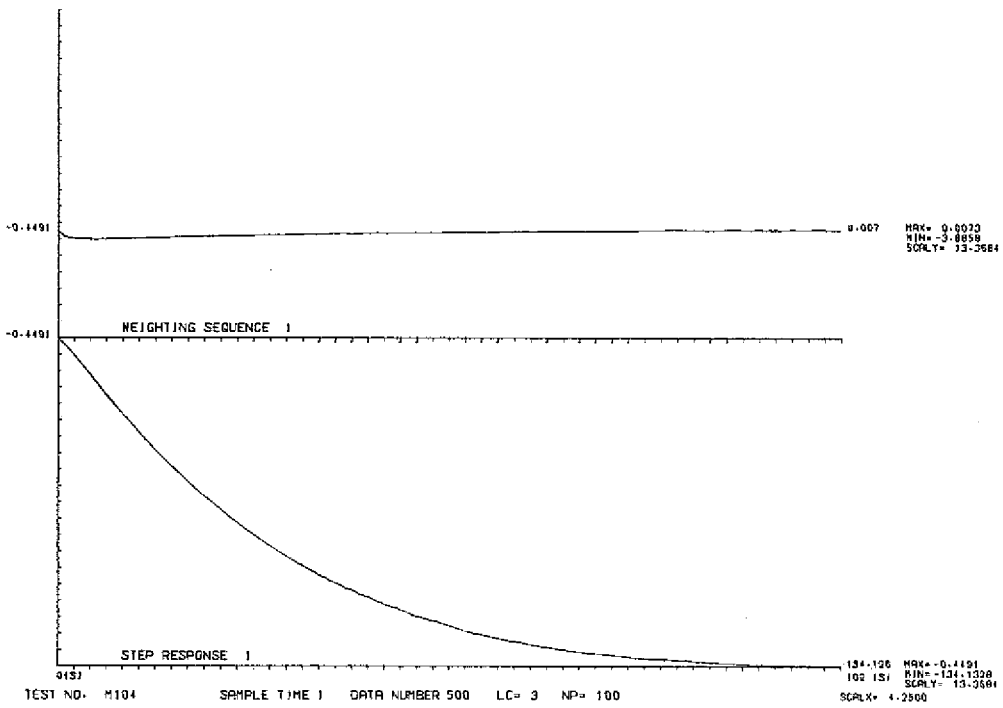
COUNTER FLOW MODEL

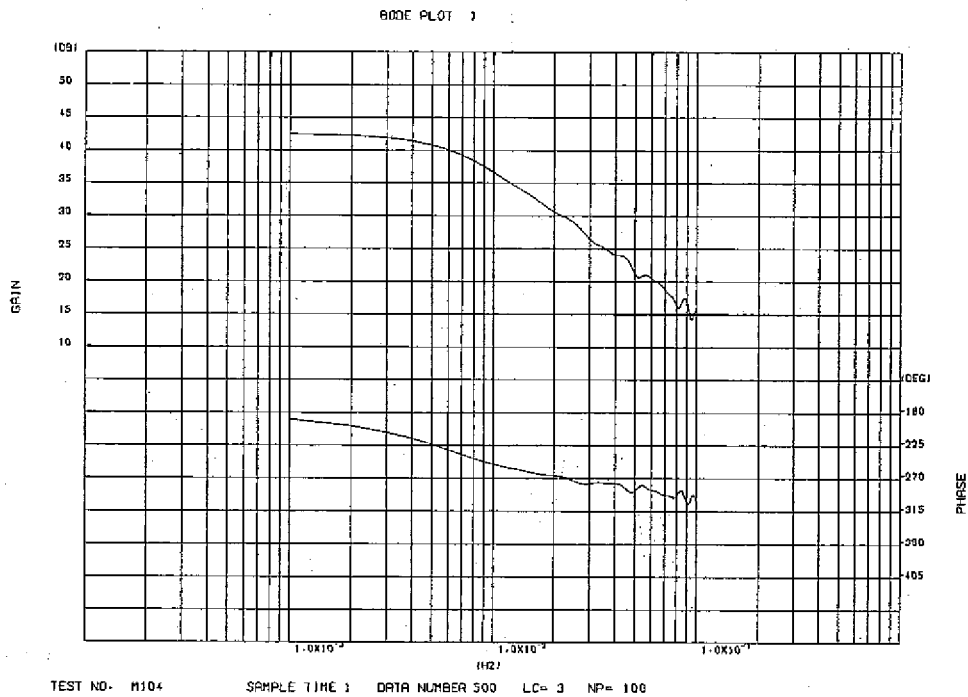
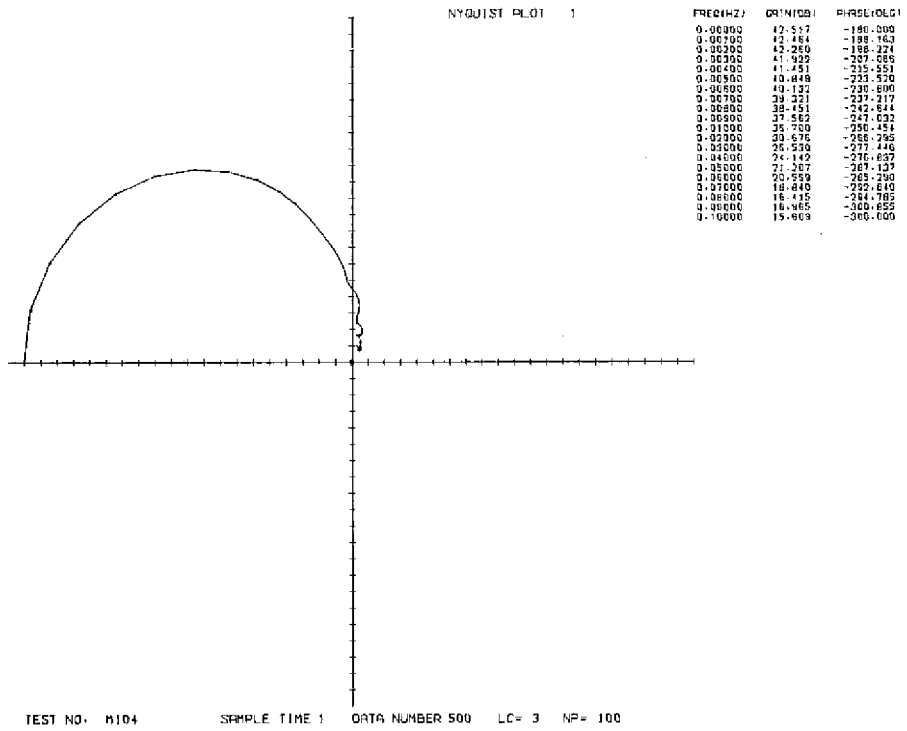






CROSS FLOW MODEL





Appendix (F) フォイン温度分布プログラム

```

PAGE 1
FORTRAN COMPILER REV. LEV. JWO

C
C LOGICAL SENSW TR(40),TF(40),TFOLD(40),TFOLD(40)
C FIN EFFECT
C TEST FIN
100 READ(6,101) DIT,DOF,DOF,THF,DL
101 FORMAT(5F12.5)
102 READ(6,102) RAMI,RAFI
102 FORMAT(2E12.5)
103 READ(6,103) VFNNA,DENNA,RANNA,DVSNA,PRNNA
103 FORMAT(5F12.5)
105 READ(6,105) VEAIR,CRSAIR,DENAIR,RAMAIR,DVSAIR,PRNAIR
105 FORMAT(5E12.5)
1001 READ(6,1001)TH,TC
1001 FORMAT(2E12.5)
REYNA=VELONA*(DIT+DVSNA)
TRANSHA=TRH/3600.
SHDL=3.14*DII
DSH=SH/10.0
RH=1.0/(DSH+TRANSH)
RYI=(DOF-DIT)*3600./((RAMI+DSH)*4.0)
RXI=16.*DI*.33600./((RAMI*3.14*(DOF-DIT)+10.))
RYZ=(DOF-DOT)*4.0*3600./((RAMI*THF*3.14*(DOF+DOT)+10.))
RZ=24.0*14.0*THF*3600./((RAMI*3.14*(DOF+DOT)+10.))
VELA=VEFAIR/CRSAIR
DAIR=(DOF-DOT)*4.0*2.0*DAIR/3.14
REVAIR=VELAIR*DAIR/DVSAIR
TRC=RAMAIR/DAIR*0.0927*(REVAIR)**0.722*PRNAIR**0.3333
TRANSA=TRC/3600.
DSC1=3.14*(DOF+DOT)*4.0*2.0*DOT/4.0*2.0/20.0
DSC2=3.14*DOT*(DL-THF)/6.0
R1=1.0/(TRANSA*DSE1)
R2=1.0/(TRANSA*DSC2)
R3=1.0/(TRANSA*DSC3)
200 WRITE(16,201) DIT,DOF,DOF,THF,DL
201 FORMAT(5H1/5X,
1 16PLANT PARAMETERS/5X,3HDI,E12.5,3X,3HDOF,E12.5,3X,
1 3HDOF,E12.5,5X,3HTHF,E12.5,3X,3HDL,E12.5)
202 WRITE(16,202) RAMI,RAFI
202 FORMAT(5X,20H THERMAL CONDUCTIVITY/5X,4HRAMT,E12.5,3X,4HRAFI,
E12.5)
205 WRITE(16,205) VFNNA,DENNA,RANNA,DVSNA,PRNNA
205 FORMAT(5X,22HDATA OF SODIUM COOLANT/5X,5HVFNNA,E12.5,3X,
15HDENNA,E12.5,3X,5HRAANNA,E12.5,5X,5HDSVNA,E12.5,3X,
1 5HPRNNA,E12.5)
203 WRITE(16,203) VELONA,REYNA,TRH,TRANSH
203 FORMAT(5X,20HHEAT TRANSFER COEF./5X,
1 14HSODIUM SIDE/
1 5X,6HVELONA,E12.5,3X,6HREYNA,E12.5,5X,6HTRH,E12.5,
2 3X,11HKCAL/MMHDEG/5X,6HTRANSH,E12.5,3X,11HKCAL/MMHDEG/)
210 WRITE(16,210) RH,RYI,RXI,RYZ,RZ
210 FORMAT(5X,15HHEAT RESISTANCE/5X,3HRH,E12.5,5X,3HRYI,E12.5,3X,

```

PAGE 2

```

1 3HRXI,E12.5,5X,3HRYZ,E12.5,3X,3HRZ,E12.5,5X)
WRITE(16,220) VFAIR,CRSAIR,DENAIR,RAMAIR,DVSAIR,PRNAIR
220 FORMAT(5X,16HDATA OF AIR-FLOW/5X,6HVFAIR,E12.5,3X,
1 6HCRSAIR,E12.5
1 5X,6HDENAIR,E12.5,3X,6HRAMAIR,E12.5,5X,6HDVSAIR,E12.5,3X,
2 6HPRNAIR,E12.5)
WRITE(16,230) DAIR,VELAIR,REVAIR,TRC,TRANSA
230 FORMAT(5X,16HCOEF OF AIR-FLOW/5X,6HDAIR,E12.5,3X,6HVELAIR,
1 E12.5,5X,6HREVAIR,E12.5,5X,6HTRC,E12.5,3X,11HKCAL/MMHDEG/)
2 5X,6HTRANSA,E12.5,3X,11HKCAL/MMHDEG/)
WRITE(16,240) DSC1,R1,DSC2,R2,DSC3,R3
240 FORMAT(5X,27HHEAT RESISTANCE OF AIR FLOW/5X,6HDSC1,E12.5,
1 3X,6HDSC1,E12.5,5X,6HDSC2,E12.5,3X,6HRC2,E12.5,
2 5X,6HDSC3,E12.5,3X,6HRC3,E12.5)
DO 1002 I=1,40
TR(I)=0.0
TF(I)=0.0
TFOLD(I)=0.0
TEOLD(I)=0.0
CONTINUE
1002 WRITE(16,1003)TH,TC,RH,RYI,RXI,RYZ,RZ,RYI,RX2,RY2
1003 FORMAT(1H1/5X,16HFIN EFFECT/5X,4HTH,E12.5,5X,4HRC,E12.5,
1 75X,4HRH,3X,4HRYI,E12.5,5X,4HRZ,E12.5,3X,4HRY2,E12.5//)
2 DO 4000 X=1,30000
TR(I)=((TR(I)+RYI+TR(2))/RXI+TH/RH)/(1.0/RX1+1.0/RH)
TR(I)=((TR(I)+RYI+TR(2))/RXI+TH/RH)/(1.0/RX1+1.0/RH)
DO 1100 I=2,9
TR(I)=((TR(I-1))/RX1+TR(I+1))/RX1+TR(I-10)/RYI+TH/RH)
TR(I)=((TR(I-1))/RX1+TR(I+1))/RX1+TR(I-10)/RYI+TH/RH)
1100 CONTINUE
TR(10)=((TR(20))/RYI+TR(9))/RX1+TH/RH/(1.0/RX1+1.0/RH)
TR(11)=((TR(21))/RYI+TR(12))/RX1+TR(11)/RYI/(2.0/RX1+1.0/RX1)
DO 1200 I=12,19
TR(I)=((TR(I-1))/RX1+TR(I+1))/RX1+TR(I-10)/RYI)
TR(I)=((TR(I-1))/RX1+TR(I+1))/RX1+TR(I-10)/RYI)
1200 CONTINUE
TR(20)=((TR(30))/RYI+TR(19))/RX1+TR(10)/RYI/(2.0/RX1+1.0/RX1)
TR(21)=((TR(31))/RYI+TR(22))/RX1+TR(11)/RYI/(2.0/RX1+1.0/RX1)
DO 1300 I=22,29
TR(I)=((TR(I-1))/RX1+TR(I+1))/RX1+TR(I-10)/RYI)
TR(I)=((TR(I-1))/RX1+TR(I+1))/RX1+TR(I-10)/RYI)
1300 CONTINUE
TR(30)=((TR(40))/RYI+TR(20))/RYI+TR(20)/RX1/(2.0/RX1+1.0/RX1)
TR(31)=((TR(21))/RYI+TR(32))/RX1+TR(22)/RYI/(2.0/RX1+1.0/RX1)
TR(32)=((TR(22))/RYI+TR(33))/RX1+TR(31)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
1 1.0/RX1)
TR(33)=((TR(23))/RYI+TR(32))/RX1+TR(34)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
1 1.0/RX1)
TR(34)=((TR(24))/RYI+TR(33))/RX1+TR(35)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
TR(35)=((TR(25))/RYI+TR(34))/RX1+TR(36)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
1 1.0/RX1)
TR(36)=((TR(26))/RYI+TR(35))/RX1+TR(37)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
TR(37)=((TR(27))/RYI+TR(36))/RX1+TR(38)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
2 1.0/RX1)
TR(38)=((TR(28))/RYI+TR(37))/RX1+TR(39)/RX1+TR(22)/(2.0/RX1+1.0/RX1)
DO 1400 I=39,39

```

```

PAGE 3
1400 TR(I)= (TR(I)-1)/RX1+TR(I+1)/RX1+TR(I-10)/RY1+TC/R2
CONTINUE
2000 TR(40)= (TR(39)/RX1+TR(38)/RY1+TC/R2)/(1.0/RX1+1.0/RV1+1.0/R2)
TF(1)= (TR(37)/RY2+TC/R1+TF(11)/RX2+TF(2)/RY2)
/ (2.0/RV2+1.0/RX2+1.0/R1)
DO 2100 I=2,9
TF(I)= (TF(I-1)/RY2+TF(I+1)/RY2+TF(I+10)/RX2+TC/R1)
/ (2.0/RV2+1.0/RX2+1.0/R1)
CONTINUE
2100 TF(10)= (TF(9)/RY2+TF(20)/RX2+TC/R1)/(1.0/RV2+1.0/RX2+1.0/R1)
TF(11)= (TR(36)/RY2+TF(11)/RX2+TF(21)/RX2+TF(12)/RY2)
/ (2.0/RV2+2.0/RX2)
DO 2200 I=12,19
TF(I)= (TF(I-1)/RY2+TF(I+1)/RY2+TF(I+10)/RX2+TF(I-10)/RX2)
/ (2.0/RV2+2.0/RX2)
CONTINUE
2200 TF(20)= (TF(19)/RY2+TF(10)/RX2+TF(30)/RX2+TC/R3)
/ (2.0/RV2+1.0/RV2+1.0/R3)
TF(21)= (TR(35)/RY2+TF(11)/RX2+TF(31)/RX2+TF(22)/RY2)
/ (1.0/RV2+2.0/RX2+1.0/R1)
DO 2300 I=22,29
TF(I)= (TF(I-1)/RY2+TF(I+1)/RY2+TF(I+10)/RX2+TF(I-10)/RX2)
/ (2.0/RV2+2.0/RX2)
CONTINUE
2300 TF(30)= (TF(29)/RY2+TF(20)/RX2+TF(40)/RX2+TC/R3)
/ (1.0/RV2+2.0/RX2+1.0/R3)
TF(31)= (TR(34)/RY2+TF(21)/RX2+TC/R1+TF(32)/RY2)
/ (2.0/RV2+1.0/RX2+1.0/R1)
DO 2400 I=32,39
TF(I)= (TF(I-1)/RY2+TF(I+1)/RY2+TF(I-10)/RX2+TC/R1)
/ (2.0/RV2+1.0/RX2+1.0/R1)
CONTINUE
2400 TF(40)= (TF(39)/RY2+TF(30)/RX2+TC/R1)/(1.0/RV2+1.0/RX2+1.0/R1)
TSAM=0.0
DO 3000 I=1,40
TS1= (TR(I)-TOLD(I))*2
TS2= (TF(I)-TOLD(I))*2
TSAM=TSAM+TS1+TS2
CONTINUE
3000 TB=SQRT(TSAM)/80.0
TIKAL=0.0
DO 5000 I=1,10
DIKAL=(TH-TR(I))/RH
TIKAL=TIKAL+DIKAL
CONTINUE
5000 TOKAL1=0.0
TOKAL2=0.0
DO 5003 I=1,10
DOKAL1=(TF(I)-TC)/R1
TOKAL1=TOKAL1+DOKAL1
CONTINUE
5003 DOKAL1=I*31.40
TOKAL1=TOKAL1+DOKAL1
CONTINUE
5004 DO 5005 I=31,33

```

```

PAGE 4
DOKAL2=(TR(I)-TC)/R2
TOKAL2=TOKAL2+DOKAL2
CONTINUE
5005 DO 5006 I=38,40
DOKAL2=(TR(I)-TC)/R2
TOKAL2=TOKAL2+DOKAL2
CONTINUE
5006 TOKAL3=(TF(20)/R3+(TF(30)-TC)/R3)
SAMKAL=TOKAL1+TOKAL2+TOKAL3
RAT1=TOKAL1/SAMKAL*100.
RAT2=TOKAL2/SAMKAL*100.
RAT3=TOKAL3/SAMKAL*100.
HBL=SAMKAL/TIKAL
HMIN=TIKAL*0.151181E6/860./1000.*3600.
HMMOUT=SAMKAL*0.151181E6/860./1000.*3600.
TCDEFS=SAMKAL/(TH-TC)/(DSC1*20.*DSC2*6.*DSC3*2.)
TR1=50.0+TRANS*TRANS*(SH+SC)*SAMKAL/(TH-TC)
TR2=TRANS*TRANS*SH+SC-SAMKAL*(TRANS*SC+TRANS*SH)/(TH-TC)
TRANS=TR1/TR2
TRANSH=TRANS*3600.
FLM=RAMF*1.ME3/(TRANS*3600.)
TF(SCNSM(1)) GO TO 6000
IF (TR1.T.1.0E-7) GO TO 7000
DO 4100 I=1,40
TOLD(I)=TR(I)
CONTINUE
4100 GO TO 7000
4000 CONTINUE
6000 WRITE(16,6000)K,TR,(TR(I),I=1,40)
6001 FORMAT(1H/5X,10HTMP DIST./5X,2HK=,15,3X,3HTB=,F12.5/(5X,10F6.1))
DO 6004 JK=1,10
HL=30+JK
WRITE(16,6002) (TF(JM),JM=JK,NL,10)
6020 FORMAT(23X,4F6.1)
CONTINUE
6040 WRITE(16,5100) TIKAL,SAMKAL,HMIN,HMMOUT,HBL,RAT1,RAT2,RAT3
6100 1 5X,6HMIN=,F12.5,3X,6HMMOUT=,E12.5/5X,12HHFAT BALANCE/5X,6HTIKAL ,E12.5,3X,6HSAMKAL,E12.5/
2 /5X,3HF(,N,7X,4HTUBE,0X,4HEDGE/5X,3F10.5/)
5200 1 WRITE(16,5200) TCDEFS,TCOFFH,TRANS,FLM
6200 1 /5X,6HTCOEFS,E12.5,3X,6HTCOEFP,E12.5
6300 1 /5X,6HTTRANS,E12.5,3X,6HTRANHM ,E12.5,3X,6HELM ,E12.5/)
GO TO 4000
7000 WRITE(16,6001)K,TR,(TR(I),I=1,40)
DO 7400 JK=1,10
NL=30+JK
WRITE(16,6020) (TF(JM),JM=JK,NL,10)
CONTINUE
7400 WRITE(16,5100) TIKAL,SAMKAL,HMIN,HMMOUT,HBL,RAT1,RAT2,RAT3
WRITE(16,5200) TCDEFS,TCOFFH,TRANS,TRANSH ,FLM
GO TO 100
END
PROGRAM SIZE = 11353

```

Appendix (G) 比較計算プログラム

```

PAGE 1 C TEST TWO AHX
FORTRAN COMPILER REV. LEV. J00

COMMON/FF/JJJ,NT2
COMMON/DATAHX/DI,ZONENR,VFLOW1,DENS11,SPECH1,EFLNG1,SUFARI,
1 CRUSA1,TRANSH,DEFNSTM,SPECHM,EFLNGM,CROSAM,TRANSM,VFLOW2,
2 DENS12,SPECH2,EFLNG2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA,VARTH1,VARTH2,
3 VARTC1,VARTC2,VARIN1,VARIM2,TRANSI
DIMENSION RDATA(20)
LOGICAL SENS
1000 GOTO (100,200,300,400),JK
100 CALL CALAHX
CALL CALCRO
CALL AXFOR(1,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM)
CALL AXCRS(1,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM)
NT=0
RETURN
CALL GRHADR(RDATA(1),1,4,IERR)
200 NT=NT+1
FLOW1=RDATA(1)
FLOW2=RDATA(2)**4-0.21*RDATA(2)**3-0.80*RDATA(2)**2
1.1,R15=RDATA(2)*0.055
THIN=RDATA(3)+200.0+400.0
TCIN=RDATA(4)+100.0
CALL AXFOR2(THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT1,TCOUT1,HBAL1)
CALL AXCRS(2,THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT2,TCOUT2,HBAL2)
IF(.NOT.SENS(2)) GO TO 500
IF(JJJ,0,2) GO TO 213
WRITE(1,1500)
FORHAT(20)HTYPE DATA NAME (A4),/
1500 READ(2,1501) DNAME
1501 FORMAT(A4)
CALL MNAME(1,DNAME,2)
JJJ=2
213 DD(1)=THOUT1
DD(2)=TCOUT1
DD(3)=THOUT2
DD(4)=TCOUT2
DD(5)=THIN
DD(6)=TCIN
DD(7)=FLOW1
DD(8)=FLOW2
TIME2=FLOAT(NT2)*DT
DD(9)=TIME2
NT2=NT2+1
CALL MWRITE(1,DD(1),18,IERR)
212 IF(.NOT.SENS(1)) GO TO 2000
TIME=FLOAT(NT)*DT
WRITE(16,210) NT,TIME
210 FORMAT(3X,3HTI=,110,3X,SHTIME=,F10.1)
204 WRITE(16,205) THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT1,TCOUT1,HBAL1,
205 THOUT2,TCOUT2,HBAL2
1 THOUT2,TCOUT2,HBAL2
1 THOUT2,TCOUT2,HBAL2
2 3X,4HH6AL/3X,12HCOUNTER FLOW,2F10.1,F10.3/

```

```

COMMON/FF/JJJ,NT2
COMMON/DATAHX/DI,ZONENR,VFLOW1,DENS11,SPECH1,EFLNG1,SUFARI,
1 CRUSA1,TRANSH,DEFNSTM,SPECHM,EFLNGM,CROSAM,TRANSM,VARTH1,VARTH2,
2 DENS12,SPECH2,EFLNG2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA,VARTH1,VARTH2,
3 VARTC1,VARTC2,VARIN1,VARIM2,TRANSI
DIMENSION RDATA(20)
LOGICAL SENS
1000 GOTO (100,200,300,400),JK
100 CALL CALAHX
CALL CALCRO
CALL AXFOR(1,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM)
CALL AXCRS(1,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM,DUM)
NT=0
RETURN
CALL GRHADR(RDATA(1),1,4,IERR)
200 NT=NT+1
FLOW1=RDATA(1)
FLOW2=RDATA(2)**4-0.21*RDATA(2)**3-0.80*RDATA(2)**2
1.1,R15=RDATA(2)*0.055
THIN=RDATA(3)+200.0+400.0
TCIN=RDATA(4)+100.0
CALL AXFOR2(THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT1,TCOUT1,HBAL1)
CALL AXCRS(2,THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT2,TCOUT2,HBAL2)
IF(.NOT.SENS(2)) GO TO 500
IF(JJJ,0,2) GO TO 213
WRITE(1,1500)
FORHAT(20)HTYPE DATA NAME (A4),/
1500 READ(2,1501) DNAME
1501 FORMAT(A4)
CALL MNAME(1,DNAME,2)
JJJ=2
213 DD(1)=THOUT1
DD(2)=TCOUT1
DD(3)=THOUT2
DD(4)=TCOUT2
DD(5)=THIN
DD(6)=TCIN
DD(7)=FLOW1
DD(8)=FLOW2
TIME2=FLOAT(NT2)*DT
DD(9)=TIME2
NT2=NT2+1
CALL MWRITE(1,DD(1),18,IERR)
212 IF(.NOT.SENS(1)) GO TO 2000
TIME=FLOAT(NT)*DT
WRITE(16,210) NT,TIME
210 FORMAT(3X,3HTI=,110,3X,SHTIME=,F10.1)
204 WRITE(16,205) THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT1,TCOUT1,HBAL1,
205 THOUT2,TCOUT2,HBAL2
1 THOUT2,TCOUT2,HBAL2
1 THOUT2,TCOUT2,HBAL2
2 3X,4HH6AL/3X,12HCOUNTER FLOW,2F10.1,F10.3/

```


Appendix (H) 空気冷却器対向流モデル

PAGE 2

```

3 3X,12HCROSS, FLOW,2F10,1,F10,3/
2000 RDATA(5)=-((THOUT1-400.0)/200.0)
RDATA(6)=-((TCOUT1-400.0)/200.0)
RDATA(7)=-((THOUT2-400.0)/200.0)
RDATA(8)=-((TCOUT2-400.0)/200.0)
CALL QWRDAR(RDATA(5),1,4,IERR)
CALL QSTDA
RETURN
300 CALL AHXFOR(3,THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT1,TCOUT1,HBAL1)
CALL AHXCRS(3,THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT2,TCOUT2,HBAL2)
RETURN
400 CALL AHXFOR(4,THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT1,TCOUT1,HBAL1)
CALL AHXCRS(4,THIN,TCIN,FLOW1,FLOW2,THOUT2,TCOUT2,HBAL2)
RETURN
500 IF (JJJ.EQ.1) GO TO 212
DD(1)=0.
DD(2)=0.
DD(3)=0.
DD(4)=0.
DD(5)=0.
DD(6)=0.
DD(7)=0.
DD(8)=0.
DD(9)=TIMF2
CALL HTRBIT(1,DD(1),10,IERR)
CALL MTRBK(1)
WRITE(1,501)
501 FORMAT(19HTYPE 1 TO CONTINUE,/18HTYPE 2 TO END OFF./)
502 READ(2,502) JZ
503 IF (JZ.EQ.1) GO TO 503
CALL MTEOF(1)
STOP
503 JJJ=1
RETURN
END

```

PROGRAM SIZE = 1364

CONSTANT TABLE

1265	\$5	OCT I 1
1266	\$12	OCT I 2
1267	\$17	OCT I 3
1270	\$24	OCT I 4
1271	\$442	OCT I 9
1272	\$473	OCT R 63146
1273		OCT R 63376
1274	\$500	OCT R 65605
1275		OCT R 67376
1276	\$505	OCT R 67824
1277		OCT 75000
1300	\$512	OCT R 72050
1301		OCT R 172401
1302	\$517	OCT R 70243
1303		OCT 153774

PAGE 1

FORTRAN COMPILER REV. LEV. J00

```

SUBROUTINE CALAHX
COMMON/DATAH/DT,ZONEHR,VFLOW1,DENS11,SPECH1,EFLNG1,SUFAR1,
1 CROSA1,TRANSH,DENS1M,SPFCHM,EFLNGM,CROSA1,TRANSM,VFLOW2,
2 DENS12,SPECH2,EFLNG2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA,VAR1H1,VAR1H2,
3 VAR1C1,VAR1C2,VAR1M1,VAR1M2,TRANSI
2002 READ(6,2004) DT,ZONEHR,
1 VFLOW1,DENS11,SPECH1,EFLNG1,SUFAR1,CROSA1,TRANSH,
2 DENS1M,SPFCHM,EFLNGM,CROSA1,TRANSM,
3 VFLOW2,DENS12,SPECH2,EFLNG2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA
2004 FORMAT(F10.5,F10.1/(5F12.5))
VMAX1=VFLOW1/CROSA1
VMAX2=VFLOW2/CROSA2
DLNG1=EFLNG1/ZONENR
DLNG2=EFLNG2/ZONENR
DSAF1=SUFAR1/ZONENR
DLNGM=EFLNGM/ZONENR
DSAF2=SUFAR2/ZONENR
TRANSH=(2.0*TRANSH*TRANSM)/(TRANSH+2.0*TRANSM)
VAR1H1=DLNG1/VMAX1/DT
VAR1H2= DSAF1/(2.0*(1+SPFCH1+CROSA1+DENS11+VMAX1)
VAR1C1=DLNG2/VMAX2/DT
VAR1C2= DSAF2/(2.0*(SPECH2+CROSA2+DENS12+VMAX2)
VAR1M1= DSAF1*DT/(SPECHM+DENS1M+CROSA1M+DLNGM)
VAR1M2= DSAF2*DT/(SPECHM+DENS1M+CROSA1M+DLNGM)
2005 WRITE(16,2008) DT,ZONENR,
1 VFLOW1,DENS11,SPECH1,EFLNG1,SUFAR1,CROSA1,TRANSH,
2 DENS1M,SPFCHM,EFLNGM,CROSA1,TRANSM
2008 FORMAT(1H1/10X,2HD1,F10.2,
1 5X,8H ZONENR,F10.2
2 /10X,16HPLANT PARAMETERS/ 10X,
3 9H1 RY SIDE//10X,6HVFLOW1,F12.5,8H DENS11,F12.5,8H SPFCH1,
4 E12.5/10X,6HVEFLNG1,F12.5,8H SUFAR1,F12.5,8H CROSA1,E12.5/
5 10X,6HTRANSH,F12.5//10X,10HMETAL WALL//10X,6HDENS1M,E12.5,
6 8H SPFCHM,F12.5,8H EFLNGM,F12.5/10X,6HCROSA1,E12.5,
7 8H TRANSH,F12.5/)
2009 WRITE(16,2010) VFLOW2,DENS12,SPECH2,EFLNG2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA
2010 FORMAT(10X, 9H2 RY SIDE//10X,6HVFLOW2,E12.5,8H DENS12,F12.5,
1 8H SPECH2,E12.5/10X,6HVEFLNG2,F12.5,8H SUFAR2,E12.5,
2 8H CROSA2,F12.5/10X,6HTRANSA,E12.5//)
3000 WRITE(10,3001) VAR1H1,VAR1H2,VAR1M1,VAR1M2,
1 VAR1C1,VAR1C2,TRANSI
3001 FORMAT(10X,20HDATA FOR COMPUTATION/10X,5HVAR1H,2F12.5/
1 10X,5HVAR1H,2E12.5/10X,5HVAR1C,2F12.5/10X,6HTRANS1,E12.5//)
111 RETURN
END

```

PROGRAM SIZE = 11253

CONSTANT TABLE

1227	\$271	OCT I 6
1230	\$346	OCT R 40000
1231		OCT 2

PAGE 2

```

AAA(I)=THM(I)
TCH(I)=TCP(I)
TMM(I)=THP(I)
TMM(I)=TMP(I)
299 CONTINUE
1009 RETURN
304 WRITE(16,304) TIN1,TIN2,FLOW1,FLOW2,TOUT1,TOUT2,HBAL
304 FORMAT(1H1,5X,31HCOUNTER FLOW MODEL STEADY DATA //
1 5X,10HINPUT TEMP,2F10.1,5X,10HINPUT FLOW,2F10.5/
2 5X,10HOUTPUT TMP,2F10.1,5X,10HFBAL ,F10.5/)
WRITE(16,305) (TMM(I),I=1,NN)
305 FORMAT(5X,34THM/( 5X,5F10.1))
WRITE(16,306) (TMM(I),I=1,NN)
306 FORMAT(5X,34THM/(5X,5F10.1))
WRITE(16,307) (TCH(I),I=1,NN)
307 FORMAT(5X,34TCH/(5X,5F10.1))
WRITE(16,308) TRANS1,TRANS2,TRANS
308 FORMAT(5X,10HTRANS1 ,F10.5/5X,10HTRANS2 ,F10.5/
1 5X,10HTRANS ,F10.5/)
310 FORMAT(5E12.5)
WRITE(1,311)
311 FORMAT(/34HTYPE 1 FOR XY PLOT,TYPE 2 TO SKIP./)
READ(2,312) IPZ
312 FORMAT(I1)
WRITE(1,313)
313 FORMAT(/38HTYPE 1 FOR STEADY TAPE,TYPE 2 TO SKIP./)
IF(IPZ.NE.1) GO TO 600
CALL PLOT(0.,0.,1)
CALL SYMBOL(4.,23.,0.5,31HTEMPERATURE DISTRIBUTION IN ANX,0.,31)
CALL PLOT(3.,22.,2)
CALL PLOT(3.,2.,2)
CALL PLOT(18.,2.,2)
CALL PLOT(18.,22.,6)
CALL PLOT(3.,22.,6)
CALL NUMBER(2.5,21.,0.3,500.,0.90.,1)
CALL NUMBER(2.5,17.,0.3,400.,0.90.,1)
CALL PLOT(3.,18.,3)
CALL PLOT(18.,18.,6)
CALL PLOT(18.,14.,3)
CALL PLOT(3.,14.,6)
CALL NUMBER(2.5,13.,0.3,300.,0.90.,1)
CALL NUMBER(2.5,9.,0.3,200.,0.90.,1)
CALL PLOT(3.,10.,3)
CALL PLOT(18.,10.,6)
CALL PLOT(18.,6.,3)
CALL PLOT(3.,6.,6)
CALL NUMBER(2.5,5.,0.3,100.,0.90.,1)
CALL NUMBER(2.5,1.,0.3,0.90.,1)
CALL SYMBOL(1.5,9.,0.5,11HTEMPERATURE,90.,11)
CALL MARK(1.2,16.,0.2,0.,1)
CALL SYMBOL(8.,0.9,0.5,7HSECTION,0.,7)
CALL PLOT(19.,20.,1,3)
CALL PLOT(20.,20.,1,2)
CALL SYMBOL(20.5,20.,0.2,10HCOUNTER FLOW MODEL,0.,18)
CALL SYMBOL(20.5,19.,0.2,10H(MODEL 1.),0.,10)

```

PAGE 1

```

FORTRAN COMPILER REV. LEV. J00
SUBROUTINE AHYFOR(J,TIN1,TIN2,FLOW1,FLOW2,TOUT1,TOUT2,HBAL)
DIMENSION THP(30),TMM(30),TMM(30),TCP(30),
1 TCH(30),ICIN(31),AAA(30)
COMMON/SKIP/IPZ,IPW
COMMON/DATA/AX/DI,ZONENR,VFLOW1,DENS11,SPECHI,EFLNG1,SUFARI,
1 CROSAI,TRANSR,DENS1M,SPECHM,EFLNGM,CROSA1M,TRANS1M,VFLOW2,
2 DENS12,SPECH2,EFLNG2,SUFAR2,CROSA2,TRANS2,VARIH1,VARIH2,
3 VARI1,VARI2,VARI1,VARI2,TRANS1
GO TO(100,200,300,400) J+J
NN=ZONENR
DO 204 I=1,NN
AAA(I)=0.
TMM(I)=0.
TMM(I)=0.
ICMLIED.
107 CONTINUE
TRANS1=(2.*TRANSR*TRANS1)/(TRANSR+2.*TRANS1)
RETURN
200 TRANS2=(2.*TRANS1*TRANS2)/(TRANS1+TRANS2)
1 TRANS=(TRANS1*TRANS2)/(TRANS1+TRANS2)
TIN(I)=TIN1
TCIN(I)=TIN2
FLOATH=1.0+VARIH1/FLOW1+VARIH2*TRANS1/FLOW1
FLOATH=1.0+VARI1/FLOW2+VARI2*TRANS2/FLOW2
CONC1=1.0/FLOATH
CONC2=VARIH1/(FLOW1+FLOATH)
CONC3=VARI1/(FLOW2+FLOATH)
CONC4=VARI2*TRANS2/FLOW2
FLOATH=1.0+VARIH1*TRANS1+FLOATH
CONC1=VARIH1*TRANS1/FLOATH
CONC2=VARIH2*TRANS2/FLOATH
CONC3=1.0/FLOATH
DO 202 I=1,NN
K=NN+1-J
THP(I)=CONH1*THEN(I)+CONH2*THM(I)+CONH3*THM(I)
TCP(I)=CONC1*TCIN(I)+CONC2*TCM(I)+CONC3*THM(K)
THIN(I+1)=THP(I)-CONH4*(THP(I)-THM(I))
TCIN(I+1)=TCP(I)-CONC4*(TCP(I)-THM(K))
202 CONTINUE
DO 204 I=1,NN
K=NN+1-I
THP(I)=CONM1*THP(I)+CONN2*TCP(K)+CONM3*THM(I)
CONTINUE
204 TOUT1=THIN(NN+1)
3000 TOUT2=TCIN(NN+1)
HBAL1=(TIN1-TOUT1)*VFLOW1+FLOW1+DENS11*SPECHI
HBAL2=(TIN2-TOUT2)*VFLOW2+FLOW2+DENS12*SPECH2
HBAL=ARS(HBAL1/HBAL2)
220 DO 299 I=1,NN

```

PAGE 3

```

CALL PLOT(19,19,1,3)
CALL PLOT(20,19,1,6)
CALL SYMDEL(20,5,19,0,2,16HCROSS FLOW MODEL,0,16)
CALL SYMDEL(22,5,19,6,0,2,10H(MODEL,2),0,10) IN OUT,0,0
CALL SYMDEL(19,2,16,0,2,33HSODIUM TEMP. IN OUT,0,0
33)
CALL SYMDEL(19,7,15,6,0,2,7HMODEL 1,0,7)
CALL SYMDEL(19,7,15,2,0,2,7HMODEL 2,0,7)
CALL SYMDEL(19,2,12,0,2,33HAIR TEMP. IN OUT,0,0
33)
CALL SYMDEL(19,7,11,6,0,2,7HMODEL 1,0,7)
CALL SYMDEL(19,7,11,2,0,2,7HMODEL 2,0,7)
CALL SYMDEL(19,2,5,0,2,10HFLOW RATE,0,10)
CALL SYMDEL(19,7,4,6,0,2,6HSODIUM,0,6)
CALL NUMBER(22,1,4,6,0,2,FLOW1,0,4)
CALL SYMDEL(19,7,4,2,0,2,3HAIR,0,3)
CALL NUMBER(22,1,4,2,0,2,FLOW2,0,4)
SECAX=3
TMPAX=TIM1/25,+2.
I11=1
DSECT=15,/31.
887 CALL PLOT(SECAX,THPAX,3)
DO 888 I=1,30
IF(I11.EQ.1) SECAX=SECAX+DSECT
IF(I11.EQ.2) SECAX=SECAX-DSECT
IF(I11.EQ.1) TMPAX=THM(IDX)/25,+2.
IF(I11.EQ.2) TMPAX=TCM(IDX)/25,+2.
CALL PLOT(SECAX,THPAX,2)
888 CONTINUE
TOAX1=TOHT1/85,+2.
TOAX2=TOHT2/85,+2.
IF(I11.EQ.1) CALL PLOT(18,TOAX1,2)
IF(I11.EQ.2) CALL PLOT(3,0,TOAX2,2)
IF(I11.EQ.2) GO TO 889
I11=2
SECAX=18.
IHPAX=IIN2/25,+2.
GO TO 887
889 CALL NUMBER(22,6,15,6,0,2,TIN1,0,2)
CALL NUMBER(24,6,15,6,0,2,TOUT1,0,2)
CALL NUMBER(22,6,11,6,0,2,TIN2,0,2)
CALL NUMBER(24,6,11,6,0,2,TOUT2,0,2)
600 IEC(IPN,NE,1),GO TO 300
WRITE(1,301)
301 FORMAT(9HREADY HSP/)
PAUSE W3
WRITE(5,310) (IHM(I),I=1,NN)
WRITE(5,310) (THN(I),I=1,NN)
WRITE(5,310) (TCM(I),I=1,NN)
RETURN
309 RETURN
400 WRITE(1,401)
401 FORMAT(22HREADY AHX DATA FOR HSP/)
PAUSE W4
405 READ(4,310) (THN(I),I=1,NN)
406 READ(4,310) (IHM(I),I=1,NN)
407 READ(4,310) (TCM(I),I=1,NN)
408 RETURN

```

PAGE 4

500 END

PROGRAM SIZE = 15421

CONSTANT TABLE

Line	Value	Unit
5113	\$5	OCT I 1
5114	\$12	OCT I 2
5115	\$17	OCT I 3
5116	\$24	OCT I 4
5117	\$113	OCT I 36
5120	\$144	OCT I 37
5121	\$562	OCT R W
5122	\$574	OCT R 20W
5123	\$574	OCT R 40W00
5124	\$613	OCT R 63146
5125	\$613	OCT R 63000
5126	\$651	OCT R 40000
5127	\$651	OCT R 40000
5130	\$1	OCT 1
5131	\$1104	OCT I 20
5132	\$1205	OCT R 40000
5133	\$133	OCT 3
5134	\$1212	OCT R 56000
5135	\$135	OCT 5
5136	\$1217	OCT R 40000
5137	\$137	OCT 0
5140	\$1224	OCT R 60000
5141	\$141	OCT P
5142	\$1231	OCT R 54000
5143	\$144	OCT 5
5144	\$1236	OCT R 44000
5145	\$145	OCT 5
5146	\$1243	OCT I 6
5147	\$1255	OCT R 50000
5150	\$150	OCT P
5151	\$1262	OCT R 52000
5152	\$1267	OCT 5
5153	\$1267	OCT R 46314
5154	\$154	OCT R 146377
5155	\$1274	OCT R 76400
5156	\$156	OCT 11
5157	\$1301	OCT R 55000
5160	\$160	OCT 7
5161	\$1306	OCT R 42000
5162	\$1313	OCT 5
5163	\$1313	OCT R 62000
5164	\$164	OCT 11
5165	\$1320	OCT R 70000
5166	\$166	OCT 4
5167	\$1325	OCT R 64000
5170	\$170	OCT 4
5171	\$1332	OCT R 45400
5172	\$172	OCT 11
5173	\$1337	OCT R 44000
5174	\$174	OCT 4

Appendix (I) 空氣冷却器直交流モジュール

PAGE 1 C CALPRO

FORTRAN COMPILER REV. LEV. J00

```

SUBROUTINE CALPRO
COMMON/DARXCS/DT,NX,NY,VFLOW1,DENSI1,SPECHI,EFLNGX,EFLNGY,
1 SUFX,SUFHY,CROSA1,TRANSH,DENSIM,SPECHM,CROSNX,CROSNY,
2 TRAMX,TRAMY,VFLOW2,DENSI2,SPECH2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA,
3 VARH11,VARH12,VARH21,VARH22,VARIC1,VARIC2,VARH11,VARH21,
4 VARH
READ(6,1001) DT,NX,NY,
1 VFLOW1,DENSI1,SPECH1,EFLNGX,EFLNGY,
2 SUFX,SUFHY,CROSA1,TRANSH,DENSIM,
3 SPECHM,CROSNX,CROSNY,TRAMX,TRAMY,
4 VFLOW2,DENSI2,SPECH2,SUFAR2,CROSA2,
5 TRANSA
1001 FORMAT(F16.5,2I10/(5E12.5))
VMAX1=VFLOW1/CROSA1
VMAX2=VFLOW2/CROSA2
DLY=EFLNGX/FLOAT(NX)
DLY=EFLNGY/FLOAT(NY)
DSAF1=SUFHX/2.0/FLOAT(NX)
DSAF2=SUFHY/2.0/FLOAT(NY)
DSAF12=SHIFX/FLOAT(NY)
DSAF22=SHIFY/FLOAT(NX)
DCROSA=CROSA2/FLOAT(NX)
TR1=(2.0*TRANSH*TRAMX)/(TRANSH+2.0*TRAMX)
TR12=(2.0*TRANSH*TRAMY)/(TRANSH+2.0*TRAMY)
VARH1=DLX/VMAX1/DT
VARH12=DSAF1/(2.0*SPECH1*CROSA1*DENSI1+VMAX1)
VARH21=DLY/VMAX1/DT
VARH22=DSAF2/(2.0*SPECH1*CROSA1*DENSI1+VMAX1)
VARIC1=EFLNGY/2.0/VMAX2/DT
VARIC2=DSAF2/2.0*SPECH2*DCROSA*DENSI2+VMAX2)
VARH11=DSAF1/DT/(SPECHM*DENSIM+CROSNX*DLY)
VARH21=DSAF2/DT/(SPECHM*DENSIM+CROSNY*DLY)
VARIM=DSAF2*DT/(SPECHM*DENSIM+CROSNX*DLY)
WRITE(16,2008) DT,NX,NY,VFLOW1,DENSI1,SPECH1,EFLNGX,EFLNGY,
1 SUFX,SUFHY,CROSA1,TRANSH,DENSIM,SPECHM,CROSNX,CROSNY,
2 TRAMX,TRAMY,VFLOW2,DENSI2,SPECH2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA,
3 VARH11,VARH12,VARH21,VARH22,VARIC1,VARIC2,VARH11,VARH21,
4 VARH,EFLNGY,E12.5,8H SUFX,E12.5/
5 8H EFLNGY,E12.5,8H CROSA1,E12.5,8H TRANSH,E12.5/
6 5X,6HDSUFHY,E12.5,8H 9SPECHM,E12.5,8H CROSNX,E12.5/
7 5X,6HCROSNY,E12.5,8H TRAMX,E12.5,8H
8 5X,6HFLOW2,E12.5,8H DENSI2,E12.5,8H SPECH2,E12.5/
9 5X,6HSUFAR2,E12.5,8H CROSA2,E12.5,8H TRANSA,E12.5/
10 WRITE(16,2010) VARH11,VARH12,VARH21,VARH22,VARIC1,VARIC2,
1 VARH11,VARH21,VARIM
FORMAT(5X,20HDATA FOR COMPUTATION//5X,6HVARH11,E12.5,
1 6HVARH12,E12.5,8H VARH21,E12.5,8H VARH22,E12.5/5X,
2 6HVARIC1,E12.5,8H VARIC2,E12.5/5X,
3 6HVARH11,E12.5,8H VARH21,E12.5,8H VARIM ,E12.5/5)
RETURN
END

```

PAGE 1 C ANX-CROSS

FORTRAN COMPILER REV. LEV. J00

```

SUBROUTINE ANXCROSS,IIN1,IIN2,FLOW1,FLOW2,TOU1,TOU2,HBAL)
COMMON/SKIP/TP,IPW
COMMON/DARXCS/DT,NX,NY,VFLOW1,DENSI1,SPECH1,EFLNGX,EFLNGY,
1 SUFX,SUFHY,CROSA1,TRANSH,DENSIM,SPECHM,CROSNX,CROSNY,
2 TRAMX,TRAMY,VFLOW2,DENSI2,SPECH2,SUFAR2,CROSA2,TRANSA,
3 VARH11,VARH12,VARH21,VARH22,VARIC1,VARIC2,VARH11,VARH21,
4 VARH
DIMENSION THP(30),TMM(30),TMP(30),TMM(30),TCP(30),TCM(30),
1 TCG(30),TCI(30),THIN(31)
LOGICAL SENS
100 GO TO C,1000,2000,3000,4000 .J
1000 N1=NX
N1=NX
N2=NX+1
N3=NX+NY
N4=N3+1
N5=2*NX+NY
N6=N5+1
N7=N5
NUL=2*NX
DO 1001 I=N0,N5
TMM(I)=0.0
TCM(I)=0.0
1001 CONTINUE
RETURN
C RINARY SODIUM SIDE
C UPPER SIDE
2000 TRAH11=(2.0*TRANSH*TRAMX)/(TRANSH+2.0*TRAMX)
TRAH12=(2.0*TRANSH*TRAMY)/(TRANSH+2.0*TRAMY)
TRANG2=(2.0*TRAMX*TRANSA*(FLOW2)*0.8)/
1 (2.0*TRAMX+TRANSA*(FLOW2)*0.8)
FLTH1=1.0+VARH11/FLOW1+VARH12*TRAH11/FLOW1
FLTH2=1.0+VARH21/FLOW1+VARH22*TRAH12/FLOW1
CONH11=1.0/FLTH1
CONH21=1.0/FLTH2
CONH12=VARH11/(FLOW1*FLTH1)
CONH13=VARH12*TRAH11/(FLOW1*FLTH1)
CONH23=VARH22*TRAH12/(FLOW1*FLTH2)
CONH14=VARH12*TRAH11/FLOW1
CONH24=VARH22*TRAH12/FLOW1
THIN(I)=TINI I=N0,N1
2100 DO 2110 I=N0,N1
THP(I)=CONH11*THIN(I)+CONH12*THH(I)+CONH13*TMM(I)
THIN(I+1)=THP(I)-CONH14*(THP(I)-TMM(I))
C CONTINUE
2110 VERTICAL SIDE
DO 2120 I=N2,N3
THP(I)=CONH21*THIN(I)+CONH22*THH(I)+CONH23*TMM(I)
THIN(I+1)=THP(I)-CONH24*(THP(I)-TMM(I))
2120 CONTINUE
C LOWER SIDE
DO 2130 I=N4,N5
THP(I)=CONH11*THIN(I)+CONH12*THH(I)+CONH13*TMM(I)

```

```

TCM(I)=TICE(I)
CONTINUE
RETURN
3000 WRITE(16,3001) TIN1,TIN2,FLOW1,FLOW2,TOUT1,TOUT2,HRAL
FORMAT(1H1/5X,29HCRSS FLOW MODEL STEADY DATA, //5X,
1WHINPUT TEMP,2F10.1/5X,10HINPUT FLOW,2F10.5/5X,
,F10.5/)
2 10HOUTPUT TMP,2F10.1/5X,10HHRAL
3031 FORMAT(5X, 9H AIR LOWER/(5X,5F10.1))
3010 WRITE(16,3011) (TMM(I),I=1,N5)
3011 FORMAT(5X,3HTHM/(5X,5F10.1))
3020 WRITE(16,3021) (TMM(I),I=1,N5)
3021 FORMAT(5X,3HTMM/(5X,5F10.1))
3030 WRITE(16,3031) (TCM(I),I=1,N1)
WRITE(16,3032) (TCM(I),I=NUF,NUL)
3032 FORMAT(5X, 9H AIR UPPER/(5X,5F10.1))
WRITE(16,3033) (TCO(I),I=NUF,NUL)
3033 FORMAT(5X,10H AIR OUTLET/(5X,5F10.1))
IF(IPZ.NE.1) GO TO 5001
SECAX=3
DSECT1=15./26.
TMPAX=TIN1/25.+2.
CALL PLOT(SECAX,TMPAX,3)
DO 88B IXX=1,25
SECAX=SECAX+DSECT1
TMPAX=THM(IDX)/25.+2.
CALL PLOT(SECAX,TMPAX,6)
88B CONTINUE
TOAX=TOUT1/25.+2.
CALL PLOT(18.,IDAX,6)
SECAX=3.
DSECT2=15./9.
TCOAX=TCO(NUF)/25.+2.
CALL PLOT(SECAX,TCOAX,3)
CALL MARK(SECAX,TCOAX,7,0,15)
NUFX=NUF+1
DO 889 IIX=NUFX,NUL
SECAX=SECAX+DSECT2
TCOAX=TCO(IIX)/25.+2.
CALL PLOT(SECAX,TCOAX,6)
CALL MARK(SECAX,TCOAX,7,0,15)
889 CONTINUE
CALL NUMBER(22,6,15,2,0,2,TIN1,0,2)
CALL NUMBER(24,6,15,2,0,2,TOUT1,0,2)
CALL NUMBER(22,6,11,2,0,2,TIN2,0,2)
CALL NUMBER(24,6,11,2,0,2,TOUT2,0,2)
CALL PLOT(19.,18,1,3)
CALL PLOT(20.,18,1,6)
CALL MARK(19,5,18,1,7,0,15)
CALL SYMBOL(20,5,18,0,2,16HCRSS FLOW MODEL,0,16)
CALL SYMBOL(21,17,6,0,2,24HOUTLET TEMP,DISTRIBUTION,0,24)
CALL PLOT(9.,0,0,5)
CALL PLOT(14.,0,0,3)
5001 IF(CIPW.NE.1) RETURN
WRITE(1,3035)
3035 FORMAT(2HREADY HSP/)
PAUSE #3
WRITE(5,3100) (TMM(I),I=1,N5)

```

```

TMIN(I)=THP(I)+CONH14*(THP(I)-TMM(I))
CONTINUE
TOUT1=TMIN(N5+1)
C SECONDARY AIR FLOW
2400 FLOWTC=1.0+VARIC1/FLOW2+VARIC2*TRANS2/FLOW2
CONC1=1.0/FLOWTC
CONC2=VARIC1/(FLOW2*FLOWTC)
CONC3=VARIC2*TRANS2/(FLOW2*FLOWTC)
CONC4=VARIC2*TRANS2/FLOW2
C LOWER SECTION OF AIR FLOW
2410 DO 2450 I=1,N1
KK=N5+1-I
TCI(I)=TIN2
TCO(I)=TCO(I)+CONC2*TCM(I)+CONC3*TMM(KK)
TCO(I)=TCP(I)-CONC4*(TCP(I)-TMM(KK))
CONTINUE
TSAMB=0
C UPPER SECTION OF AIR FLOW
2460 DO 2465 I=NUF,NUL
K1=I-N1
TCI(I)=TCO(K1)
TCP(I)=CONC1*TCI(I)+CONC2*TCM(I)+CONC3*TMM(K1)
TCO(I)=TCP(I)-CONC4*(TCP(I)-TMM(K1))
TSAMB=TSAMB+TCO(I)
CONTINUE
OUTLET AVERAGE TEMP OF AIR FLOW
TOUT2=TSAMB/FOAT(NX)
C METAL WALL TEMP
2500 FLTH2=1.0+VARM11+TRAH11+VARIM1+TRANS2
FLTH2=1.0+VARM21+TRAH12/FLTH1
CONM1=VARM11+TRAH11/FLTH1
CONM2=VARIM1+TRANS2/FLTH1
CONM3=1.0/FLTH1
CONM21=VARM21+TRAH12/FLTH2
CONM23=1.0/FLTH2
C UPPER SECTION
2510 DO 2520 I=1,N1
K=NX+I
THP(I)=CONM11*THP(I)+CONM12*TCP(K)+CONM13*TMM(I)
CONTINUE
C VERTICAL SECTION
2530 DO 2535 I=N2,N3
THP(I)=CONM21*THP(I)+CONM23*TMM(I)
CONTINUE
C LOWER SECTION
DO 2540 I=N4,N5
K=2*NX+NX+1-I
THP(I)=CONM11*THP(I)+CONM12*TCP(K)+CONM13*TMM(I)
CONTINUE
C HEAT BALANCE
2600 HRAL1=(TIN1-TOUT1)*VFLOW1+FLON1*DENS11+SPECH1
HRAL2=(TIN2-TOUT2)*VFLOW2+FLON2*DENS12+SPECH2
HRAL=ARS(HRAL1/HRAL2)
C DATA CONVERSION
2700 DO 2750 I=N6,N5
TMM(I)=THP(I)
TMM(I)=THP(I)

```



```

DO 2100 JAA=1,2
IF(JAA.EQ.1) BC=5,
IF(JAA.EQ.2) BC=25,
CALL PLOT(RC,0,3)
CALL PLOT(RC,8,2)
CALL PLOT(RC,8,5,3)
CALL PLOT(RC,16,5,2)
CALL PLOT(RC,17,3)
CALL PLOT(RC,25,2)
2100 CONTINUE
DO 2200 JAB=1,6
IF(JAB.EQ.1) BR=25,
IF(JAB.EQ.2) BR=17,
IF(JAB.EQ.3) BR=16,5
IF(JAB.EQ.4) BR=8,5
IF(JAB.EQ.5) BR=8,
IF(JAB.EQ.6) BR=0,
CALL PLOT(25,8,3)
CALL PLOT(25,8,2)
2200 CONTINUE
DO 2250 JAC=1,6
IF(JAC.EQ.1) BA=2,
IF(JAC.EQ.2) BA=5,
IF(JAC.EQ.3) BA=10,5
IF(JAC.EQ.4) BA=14,5
IF(JAC.EQ.5) BA=19,
IF(JAC.EQ.6) BA=23,
CALL PLOT(9,8,3)
CALL PLOT(25,8,3)
2250 CONTINUE
DO 2400 JAD=1,3
XXAX=5,
IF(JAD.EQ.1) YYAX=4,
IF(JAD.EQ.2) YYAX=12,5
IF(JAD.EQ.3) YYAX=21,
YYAX1=YYAX*0,1
YYAX2=YYAX*0,1
CALL PLOT(XXAX,YYAX,3)
DO 2300 IB=1,ISEC
XXAX=XXAX+DSEC
CALL PLOT(XXAX,YYAX,2)
CALL PLOT(XXAX,YYAX1,3)
CALL PLOT(XXAX,YYAX2,2)
CALL PLOT(XXAX,YYAX,3)
2300 CONTINUE
2400 CONTINUE
3000 THMAX2=TH(2,1)
TCMAX1=TC(1,1)
TCMAX2=TC(2,1)
AMAX=A(1)
DO 3100 IP=2,7
IF(TH(1,IP).GT. THMAX1) THMAX1=TH(1,IP)
IF(TH(2,IP).GT. THMAX2) THMAX2=TH(2,IP)
IF(TC(1,IP).GT. TCMAX1) TCMAX1=TC(1,IP)
IF(TC(2,IP).GT. TCMAX2) TCMAX2=TC(2,IP)
IF(A(IP).GT. AMAX) AMAX=A(IP)

```

```

3100 CONTINUE
THMIN1=TH(1,1)
THMIN2=TH(2,1)
TCMIN1=TC(1,1)
TCMIN2=TC(2,1)
AMIN=A(1)
DO 3200 JO=2,7
IF(TH(1,JO).LT. THMIN1) THMIN1=TH(1,JO)
IF(TH(2,JO).LT. THMIN2) THMIN2=TH(2,JO)
IF(TC(1,JO).LT. TCMIN1) TCMIN1=TC(1,JO)
IF(TC(2,JO).LT. TCMIN2) TCMIN2=TC(2,JO)
IF(A(JO).LT. AMIN) AMIN=A(JO)
3200 CONTINUE
THSI=TH(1,1)
TCST=TC(1,1)
AST=A(1)
4000 THD1=THMAX1-THST
THD2=THMAX2-THST
THD3=THST-THMIN1
THD4=THST-THMIN2
ICD1=TCMAX1-TCST
ICD2=TCMAX2-TCST
ICD3=TCST-TCMIN1
ICD4=TCST-TCMIN2
AD1=AMAX-AST
AD2=AST-AMIN
4100 IF(THD1.GE. THD2) THD5=THD1
IF(THD1.LT. THD2) THD5=THD2
IF(THD3.GE. THD4) THD6=THD3
IF(THD3.LT. THD4) THD6=THD4
IF(THD5.GE. THD6) THD=THD5
IF(THD5.LT. THD6) THD=THD6
IF(ICD1.GE. ICD2) ICD5=ICD1
IF(ICD1.LT. ICD2) ICD5=ICD2
IF(ICD3.GE. ICD4) ICD6=ICD3
IF(ICD3.LT. ICD4) ICD6=ICD4
IF(ICD5.GE. ICD6) ICD=ICD5
IF(ICD5.LT. ICD6) ICD=ICD6
IF(AD1.GE. AD2) AD=AD1
IF(AD1.LT. AD2) AD=AD2
IF(THD.GT. 400.) GO TO 5000
IF(THD.LE. 400.) THSCAL=#,01
IF(THD.LE. 200.) THSCAL=#,02
IF(THD.LE. 100.) THSCAL=#,04
IF(THD.LE. 50.) THSCAL=#,08
IF(THD.LE. 20.) THSCAL=#,4
IF(THD.LE. 10.) THSCAL=#,4
IF(TCD.GT. 400.) GO TO 6000
IF(TCD.LE. 400.) TCSCAL=#,01
IF(TCD.LE. 200.) TCSCAL=#,02
IF(TCD.LE. 100.) TCSCAL=#,04
IF(TCD.LE. 50.) TCSCAL=#,08
IF(TCD.LE. 20.) TCSCAL=#,2
IF(TCD.LE. 10.) TCSCAL=#,4
IF(IP.EQ.1) GO TO 5200
IF(IP.EQ.2) GO TO 5200
IF(AD.GT.1.) GO TO 6000

```

PAGE 4 C PLOTTER PROGRAM FOR AHX DYNAMICS

```

IF(AD.LE.1.) ASCAL=4.
IF(AD.LE.5.) ASCAL=8.
IF(AD.LE.10.) ASCAL=20.
GO TO 5300
5200 IF(AD.GT.200.) GO TO 6000
IF(AD.LE.200.) ASCAL=10.
IF(AD.LE.500.) ASCAL=10.
IF(AD.LE.1000.) ASCAL=10.
IF(AD.LE.2000.) ASCAL=10.
IF(AD.LE.5000.) ASCAL=10.
ANIM=4./THSCAL
RNUM=4./ASCAL
CNUM=4./ASCAL
7000 DO 7200 I=1,2
X=5.
Y=(TH(L,1)-THST)*THSCAL+21.
CALL PLOT(X,Y,3)
DO 7100 K=2,3
X=X+DTAX
Y=(TH(L,K)-THST)*THSCAL+21.
IF(L.EQ.1) CALL PLOT(X,Y,2)
IF(L.EQ.2) CALL PLOT(X,Y,6)
7100 CONTINUE
7200 CONTINUE
DO 7400 L=1,2
X=5.
Y=(TC(L,1)-TCST)*TCSCAL+12.5
CALL PLOT(X,Y,3)
DO 7300 K=2,3
X=X+DTAX
Y=(TC(L,K)-TCST)*TCSCAL+12.5
IF(L.EQ.1) CALL PLOT(X,Y,2)
IF(L.EQ.2) CALL PLOT(X,Y,6)
7300 CONTINUE
7400 CONTINUE
X=5.
Y=(AL(1)-AST)*ASCAL+4.
CALL PLOT(X,Y,3)
DO 7500 K=2,3
X=X+DTAX
Y=(AL(K)-AST)*ASCAL+4.
CALL PLOT(X,Y,2)
7500 CONTINUE
9000 CALL NUMBER(3,0,20,9,0,25,THST,0,1)
IF(IP.EQ.1.OR.IP.EQ.2) CALL NUMBER(3,0,3,0,0,25,AST,0,1)
IF(IP.EQ.3.OR.IP.EQ.4) CALL NUMBER(3,0,3,0,0,25,AST,0,3)
CALL SYMBOL(3,0,17,0,0,20,8H(+
),0,8)
CALL SYMBOL(3,0,16,3,0,20,8H(+
),0,8)
CALL SYMBOL(3,0,15,3,0,20,8H(+
),0,8)
CALL SYMBOL(3,0,14,7,8,0,20,8H(+
),0,8)
CALL SYMBOL(3,0,13,0,0,0,20,8H(+
),0,8)
CALL NUMBER(3,4,24,8,0,20,ANUM,0,1)
CALL NUMBER(3,4,17,0,0,20,ANUM,0,1)
CALL NUMBER(3,4,16,3,0,20,ANUM,0,1)
CALL NUMBER(3,4,8,5,0,20,ANUM,0,1)

```

PAGE 5 C PLOTTER PROGRAM FOR AHX DYNAMICS

```

IF(IP.EQ.1.OR.IP.EQ.2) CALL NUMBER(3,4,7,8,0,20,CNUM,0,1)
IF(IP.EQ.1.OR.IP.EQ.2) CALL NUMBER(3,4,0,0,0,20,CNUM,0,1)
IF(IP.EQ.3.OR.IP.EQ.4) CALL NUMBER(3,2,7,8,0,20,CNUM,0,3)
IF(IP.EQ.3.OR.IP.EQ.4) CALL NUMBER(3,2,0,0,0,20,CNUM,0,3)
DXH=DECA5.
DO 9200 JAE=1,3
IF(JAE.EQ.1) XH=20.7
IF(JAE.EQ.2) YH=12.2
IF(JAE.EQ.3) YH=3.7
CALL NUMBER(5,0,YH,0,2,0,0,0,1)
DO 9100 JAF=1,10
XH=5.*DXH+FLOAT(JAF)
IF(XH.GE.25.) GO TO 9050
XH=XH-0.5
JAF=2
GO TO 9060
9050 XH=XH-1.2
JAF=1
9060 XNUM=100.*FLOAT(JAF)
IF(JAE.EQ.1) GO TO 9200
9100 CONTINUE
9200 CONTINUE
IF(THD1.GT.100) YH1=19.2
IF(THD1.LE.100) YH1=23.5
IF(TCD1.GT.100) YH2=10.7
IF(TCD1.LE.100) YH2=15.0
IF(AD1.GT.100) YH3=2.2
IF(AD1.LE.100) YH3=6.5
CALL SYMBOL(16, YH1,0,2,20,NAIR OUTLET TEMP. ( C),0,23)
YH4=YH1-0.4
YH5=YH1-0.3
CALL PLOT(16,6,YH5,3)
CALL PLOT(17,2,YH5,2)
CALL SYMBOL(17,5,YH4,0,2,ZHMODEL 1,0,7)
CALL NUMBER(20,3,YH4,0,2,TH(1,1),0,1)
CALL NUMBER(22,0,YH4,0,2,TH(2,J),0,1)
CALL SYMBOL(15, YH2,0,2,20,NAIR OUTLET TEMP. ( C),0,20)
YH4=YH2-0.4
YH5=YH2-0.3
CALL PLOT(16,6,YH5,3)
CALL PLOT(17,2,YH5,2)
CALL SYMBOL(17,5,YH4,0,2,ZHMODEL 1,0,7)
CALL NUMBER(20,3,YH4,0,2,TH(1,1),0,1)
CALL NUMBER(22,0,YH4,0,2,TH(2,J),0,1)
YH4=YH2-0.8
YH5=YH2-0.7
CALL PLOT(16,6,YH5,3)
CALL PLOT(17,2,YH5,6)
CALL SYMBOL(17,5,YH4,0,2,ZHMODEL 2,0,7)

```



```

PAGE 6 C PLOTIER PROGRAM FOR AXH DYNAMICS
CALL NUMBER(20.3,YH4,0.2,TC(2.1),0.1)
CALL NUMBER(20.0,YH4,0.2,TC(2.1),0.1)
IF(IP,EQ,1) CALL SYMBOL(16.,YH3,0.2,22HSODIUM INLET TEMP.,(C),0.,19)
1
IF(IP,EQ,2) CALL SYMBOL(16.,YH3,0.2,19HAIR INLET TEMP.,(C),0.,19)
IF(IP,EQ,3) CALL SYMBOL(16.,YH3,0.2,17HSODIUM FLOW RATE.,0.,17)
IF(IP,EQ,4) CALL SYMBOL(16.,YH3,0.2,14HAIR FLOW RATE.,0.,14)
YH4=YH3-0.4
IF(IP,EQ,1,OR,IP,EQ,2) CALL NUMBER(19.5,YH4,0.2,A(1),0.,1)
IF(IP,EQ,1,OR,IP,EQ,2) CALL NUMBER(20.2,YH4,0.2,A(J),0.,1)
IF(IP,EQ,3,OR,IP,EQ,4) CALL NUMBER(19.5,YH4,0.2,A(1),0.,3)
IF(IP,EQ,3,OR,IP,EQ,4) CALL NUMBER(20.2,YH4,0.2,A(J),0.,3)
DO 9300 JAG=1,3
IF(JAG,EQ,1) YH=20.9
IF(JAG,EQ,2) YH=12.4
IF(JAG,EQ,3) YH=3.9
CALL SYMBOL(25.2,YH,0.2,5H(SEC),0.,5)
9300 CONTINUE
IF(IP,EQ,1) GO TO 9500
IF(IP,EQ,2) GO TO 9501
IF(IP,EQ,3) GO TO 9502
IF(IP,EQ,4) GO TO 9503
9500 CALL SYMBOL(25.7,2.8,0.2,19HAIR INLET TEMP.,(C),0.,19)
CALL NUMBER(26.8,2.4,0.2,TCINST,0.,1)
CALL SYMBOL(25.7,1.8,0.2,19HSODIUM FLOW RATE.,0.,19)
CALL NUMBER(26.8,1.4,0.2,FLWST1,0.,3)
CALL SYMBOL(25.7,0.8,0.2,19HAIR FLOW RATE.,0.,19)
CALL NUMBER(26.8,0.4,0.2,FLWST2,0.,3)
GO TO 9600
9501 CALL SYMBOL(25.7,2.8,0.2,22HSODIUM INLET TEMP.,(C),0.,22)
CALL NUMBER(26.8,2.4,0.2,THINST,0.,1)
CALL SYMBOL(25.7,1.8,0.2,19HSODIUM FLOW RATE.,0.,19)
CALL NUMBER(26.8,1.4,0.2,FLWST1,0.,3)
CALL SYMBOL(25.7,0.8,0.2,19HAIR FLOW RATE.,0.,19)
CALL NUMBER(26.8,0.4,0.2,FLWST2,0.,3)
GO TO 9600
9502 CALL SYMBOL(25.7,2.8,0.2,22HSODIUM INLET TEMP.,(C),0.,22)
CALL NUMBER(26.8,2.4,0.2,THINST,0.,1)
CALL SYMBOL(25.7,1.8,0.2,19HAIR INLET TEMP.,(C),0.,19)
CALL NUMBER(26.8,1.4,0.2,TCINST,0.,1)
CALL SYMBOL(25.7,0.8,0.2,19HAIR FLOW RATE.,0.,19)
CALL NUMBER(26.8,0.4,0.2,FLWST2,0.,3)
GO TO 9600
9503 CALL SYMBOL(25.7,2.8,0.2,22HSODIUM INLET TEMP.,(C),0.,22)
CALL NUMBER(26.8,2.4,0.2,THINST,0.,1)
CALL SYMBOL(25.7,1.8,0.2,19HAIR INLET TEMP.,(C),0.,19)
CALL NUMBER(26.8,1.4,0.2,TCINST,0.,1)
CALL SYMBOL(25.7,0.8,0.2,19HSODIUM FLOW RATE.,0.,19)
CALL NUMBER(26.8,0.4,0.2,FLWST1,0.,3)
9600 CALL PLOT(0.,0.,3)
CALL PLOT(0.,0.,5)
GO TO 1000
6000 STOP
END

```

PROGRAM SIZE = 133403