

プラント過渡応答試験熱流動解析

SSC-Lによる予測解析評価

1988年9月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

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ください。

〒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

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

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

プラント過渡応答試験熱流動解析

SSC-Lによる予測解析評価

大岩章夫 原口哲治* 斉藤利二
谷川信吾 山口勝久

要 旨

システムコードであるSSC-LをPLANDTL施設の設計から試験解析に用いる。そのため、SSC-LにPLANDTL解析用のモデルとして電磁ポンプモデル、PLANDTL用配管破断系モデル、上部プレナム補助系熱輸送モデル等を組み込み、各モデルの適応性の確認と設計仕様のチェックを目的とし予測解析を実施した。

その結果、PLANDTLは主循環系を中心に、LOPI事象で想定されている0.25秒で定格の約25%まで急減する流量カーブを配管破断系により、その後のゆっくりとした流量変化を電磁ポンプの出力制御により模擬できる装置であることを確認した。また、詳細設計データに基づく予測解析から、想定されている逆流を含むLOPI模擬試験においても、装置の設計条件であるループ設計温度：625℃、試験体部設計最高温度：950℃を越えることはないことを確認するとともに、試験の予測解析により装置の特性および試験条件設定のために必要な電磁ポンプ、緊急遮断弁などの運転条件等を確認した。

今後は、各種特性試験を通じて、モデルの改良、検証を行い、試験解析を実施してゆく。

大洗工学センター 安全工学部 原子炉工学室

* ニュークリアデータ

Thermal-Hydraulic Analysis of Plant Dynamics Test
Predictive Analysis using SSC-L

OIWA Akio, HARAGUCHI Tetsuharu*,
SAITOH Toshiji, TANIGAWA Shingo,
YAMAGUCHI Katsuhisa

Abstract

In the studies using PLANDTL, it would be planned to valid the thermal-hydraulic analysis codes which were developed each for whole system, plenum and subassembly, and also to evaluate the reactor plant in the future using these codes. SSC-L is to be as the main code in these studies and is used for design analysis through test analysis. In the first step of this study, model development and modification of SSC-L has been achieved for PLANDTL and predictive analyses have been applied as to validate the models and examine the design of PLANDTL.

The estimated transient curves have been obtained about flow rate and temperatures at subassembly and loop of PLANDTL. As a result, the design conditions have been given to be able to perform the programmed tests. It have been validated that the conditions of tests would be within the design value, and the characteristics of PLANDTL and operational conditions have been obtained from the predictive analyses using design data of the plant.

The modification and validation of SSC-L will be applied using the results of various kinds of functional tests, and test analyses will be performed in future.

Reactor Engineering Section, Safety Engineering Division,
O-arai Engineering Center

* Nuclear Data Corporation

目 次

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 試験と解析コードの関係 | 2 |
| 3. PLANDTL解析のためのモデル改良 | 5 |
| 3.1 PLANDTL解析用のSSC-L | 5 |
| 3.2 PLANDTL解析に用いるモデル | 5 |
| 3.3 モデルの説明 | 6 |
| 4. 各種の解析結果 | 18 |
| 4.1 配管破断系設計のためのパラメータサーベイ | 18 |
| 4.2 逆流時のプラント各部の温度変化解析 | 23 |
| 4.3 自然循環特性解析 | 25 |
| 4.4 LOPI模擬試験の予測解析 | 27 |
| 5. まとめと今後の課題 | 51 |
| 謝 辞 | 52 |
| 参考文献 | 53 |
| 付録1 PLANDTL解析のための入力データ | 54 |
| 付録2 コレクションセットソースリスト | 59 |
| 付録3 解析用インプットデータ | 79 |
| 付録4 解析結果 | 85 |

表リスト

| | | |
|--------|------------------------------|----|
| 表 4. 1 | 配管破断系取付位置 解析ケース | 20 |
| 表 4. 2 | 配管破断系取付位置解析結果（試験体入口流量変化のまとめ） | 29 |
| 表 4. 3 | 配管破断系圧損特性 解析ケース | 22 |
| 表 4. 4 | 配管破断系圧損特性解析結果（試験体入口流量変化のまとめ） | 29 |
| 表 4. 5 | LOPI模擬試験予測解析の解析条件一覧表 | 30 |

図リスト

| | | |
|--------|-----------------------|----|
| 図 2. 1 | PLANDTLを用いて行う試験体系 | 4 |
| 図 3. 1 | プラント過渡応答試験施設フローシート | 15 |
| 図 3. 2 | SSC-L PLANDTLバージョンの概念 | 16 |
| 図 3. 3 | 主循環ポンプ出力特性曲線 | 17 |
| 図 3. 4 | PLANDTL用配管破断系モデル | 7 |
| 図 3. 5 | 上部プレナム補助系モデル | 10 |
| 図 3. 6 | 修正上部プレナムモデル | 12 |
| 図 4. 1 | LOPI模擬試験時の標準的目標カーブ | 31 |
| 図 4. 2 | 上部プレナム出口流量 | 32 |
| 図 4. 3 | 試験体入口流量 | 32 |
| 図 4. 4 | 試験体内各部のナトリウム温度 | 33 |
| 図 4. 5 | 遮断弁の相対開度曲線 (0 ~ 2.5秒) | 34 |
| 図 4. 6 | 主循環ポンプ印加電圧 過渡変化曲線 | 34 |
| 図 4. 7 | 配管破断系取付位置モデル | 35 |
| 図 4. 8 | 試験体入口流量 (ケース A 01) | 36 |
| 図 4. 9 | 試験体入口流量 (ケース A 02) | 36 |
| 図 4.10 | 試験体入口流量 (ケース A 03) | 37 |
| 図 4.11 | 試験体入口流量 (ケース A 04) | 37 |
| 図 4.12 | 試験体入口流量 (ケース A 05) | 38 |
| 図 4.13 | 試験体入口流量 (ケース B 01) | 39 |
| 図 4.14 | 試験体入口流量 (ケース B 04) | 39 |
| 図 4.15 | 逆流を含む標準的目標カーブ | 40 |
| 図 4.16 | 主循環系流量 | 41 |
| 図 4.17 | 試験体内各部のナトリウム温度 | 42 |
| 図 4.18 | 試験体入口配管各部のナトリウム温度 | 43 |
| 図 4.19 | 上部および下部プレナム出入口ナトリウム温度 | 44 |

| | | |
|-----------|-----------------------|----|
| 図 4.20 | 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度 | 45 |
| 図 4.21 | 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 | 45 |
| 図 4.22 | 主循環系流量 | 46 |
| 図 4.23 | 2 次系流量 | 46 |
| 図 4.24 | 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度 | 47 |
| 図 4.25 | 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 | 47 |
| 図 4.26(a) | 試験体入口流量 (0 ~ 30sec) | 48 |
| 図 4.26(b) | 試験体入口流量 (0 ~ 200sec) | 49 |
| 図 4.27 | 試験体内各部のナトリウム温度 | 50 |

1. はじめに

プラント過渡応答試験施設（PLANDTL）は、まず第一に、配管破損事象（LOPI）時の炉心冷却に関する安全裕度評価を行うことを目的として建設された。さらに、実証炉以降の研究開発においては安全性評価上必要な過渡変化時の事象変化に対する評価手法の確立を図るために使用することが考えられている⁽¹⁾。その過程では、PLANDTL試験施設を用いて実験的に事象を把握するとともに、現象を熱流動解析コードにより解析評価して、解析モデルの改良や検証を行ってゆく。原子炉工学室では、高速炉システムコードSSCを、安全設計および安全評価のためのシステム熱流動解析手法の柱として位置づけ、PLANDTLの設計段階からこのコードを使用してゆき、試験解析によるコード検証から、実機評価にわたるまでをスコープに入れるよう計画した。

本報告は、その第一ステップとして、SSCのループ型炉バージョンであるSSC-LにPLANDTLでのシステム熱流動解析用モデルを組み込み、PLANDTLの設計から建設にいたる段階で実施したプラント熱流動解析評価結果をまとめたものである。

2. 試験と解析コードの関係

PLANDTLを用いて行う試験研究として、配管破損時熱過渡試験の他に、自然循環に関するプラントの過渡応答特性を主要なテーマとしたプラントシステム自然循環試験、崩壊熱除去系作動時熱過渡試験等が計画されている⁽¹⁾。これらの試験体系を、図2.1に示す。この体系図からわかるように、プラントシステムコードをこれらの試験の主要な解析評価コードとして考えなければならない。プラントシステムコードとして、原子炉工学室においては、プラントの通常運転時から事故時に至るまで幅広い事象を解析できるという特徴を持ったSSCを、原型炉から実証炉の設計や安全評価の中心となる解析手法として位置づけ、コードの開発・検証を実施してきている⁽²⁾。このため、PLANDTLで実施する各試験に対しプラント全体の過渡応答評価は、SSC-Lを用いて行う予定でいる。このような背景から、SSC-LをPLANDTLの試験解析ばかりでなく、下記の目的のためにその設計段階から積極的に利用してゆくことを計画し、解析評価を行った。

(i) PLANDTLの設計時に、装置の性能が得られるかどうかのチェックを行う

(ii) 最終設計値を用いて予備解析を行い、施設の能力を確認する

具体的には、(i)では、概念設計の段階からSSC-Lのインプット作成を行い、PLANDTL建設の目的の一つであるLOPI模擬試験の目標とする流動カーブが得られるかどうかの評価を行った。それとともに、同時に得られる装置各部の熱過渡状態の結果から、装置を構成する各機器の構造設計および健全性評価のための情報を提供し、設計にフィードバックした。この結果は、主として主循環系の設計に反映された。

(ii)では、最終的に固まった装置の仕様を基に、PLANDTLで計画されている各種試験の予備解析を行い、試験の際の装置の健全性を確認し、さらに同様の試験を実施するにあたり試験条件を設定するための情報を得た。

また、試験の実施にあたっては、試験の予測解析および試験後解析を行い、モデルおよびコードの改良、検証を行う。システムコードは一般的に物理現象を記述する各種相関式への依存性が高いので、装置の各種特性試験の結果を基にそれらの相関式のチューニングを行い、予備解析の精度を向上させてゆくとともに、試験後解析によりコードの検証を実施する必要がある。

以上述べてきたプラント全体の解析の他に、容器内の熱流動解析には汎用多次元熱流動解析コードであるAQUAが、集合体の解析にはサブチャンネル解析コードであるASFREやSABENAが用いられる。これらのコードを用いたPLANDTLの試験体、各機器等の詳細熱流動解析においては、上記のSSC-Lの解析結果をその初期条件および境界条件として使用してゆ

くので、SSC-Lによる解析評価は、PLANDTLを利用した試験の解析評価体系の中で重要な位置を占めている。

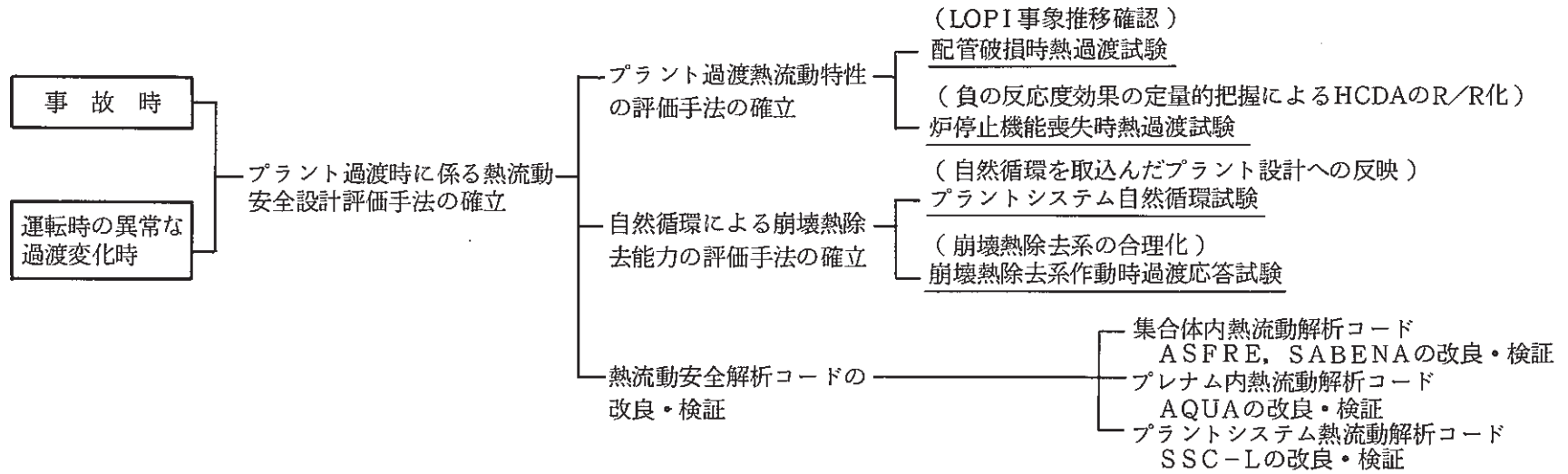


図 2.1 PLANDTLを用いて行う試験体系

3. PLANDTL解析のためのモデル改良

SSC-Lの大きな特徴の一つは汎用性が高く、多種多様なプラントに対して適用できるという点である⁽³⁾。そのため、コードには汎用性を重視したモデルが組み込まれており、動燃において新たに組み込んだモデルや既に組み込まれていたモデルの改良についても同様の考えの下に実施されている⁽²⁾。しかしながらPLANDTLは試験施設であり、図3.1に示す基本フローシートや別途報告書⁽⁴⁾に記載されている装置概要から分かるように、一般の原子炉プラントと比べ試験条件設定のための施設特有な部分を含んでいる。したがってPLANDTLを用いた試験の過渡特性を解析するためには、SSC-LにPLANDTL用の特殊モデルの組み込みや、装置の特殊性を加味した各種の改良を施す必要がある。以下に新たに組み込んだモデルおよび各種の改良点について記す。なお、付録1にこれらの改良に伴い追加した入力データの説明およびソースリストを一括して示す。

3.1 PLANDTL解析用のSSC-L

PLANDTL解析に用いるSSC-L、つまり「PLANDTLバージョン」は、ほとんどの部分は「もんじゅ」解析等に用いているバージョン（以下「PNC版」とする）と同じであるが、PLANDTL解析のために不必要なモデルについてはこれを削除し、PLANDTLに特有なもの、例えば配管破断系等については新たにモデルを追加した。「PLANDTLバージョン」と「PNC版」との関係の概念を図3.2に示す。

3.2 PLANDTL解析に用いるモデル

(1) 「PNC版」のうち使用するモデル

- ① 熱輸送配管壁から周囲雰囲気への放熱モデル
- ② 熱輸送系異常解析用モデル
- ③ 原子炉補助系（IRACS）モデル
- ④ 反応度効果モデル

他のモデルは組み込んでいない。各モデルの詳細についてはモデル説明書等⁽²⁾、

⁽³⁾を参照のこと。

(2) PLANDTLに新たに組み込んだモデル

- ① 電磁ポンプモデル
- ② PLANDTL用配管破断系モデル
- ③ 上部プレナム補助系熱輸送モデル
- ④ 試験体入口配管熱輸送モデル

3.3 モデルの説明

前節で示した一部に変更を施したモデル、および新たに組み込んだモデルについて以下にその内容を説明する。

(1) 原子炉補助系 (IRACS) モデル

PLANDTLの2次系には蒸気発生器 (SG) の代わりに空気冷却器が設置されており、プラント構成は「もんじゅ」等の発電プラントと若干異なる。そのため、空気冷却器出入口温度および流量を計算する2次系の熱流動モデルとして原子炉補助系 (IRACS) モデルを用い、「PNC版」SSC-Lの2次系モデルからSGへのパスを削除した。なお、本モデルはSGを有しない「常陽」の解析に用いたモデルと同一である。

(2) 電磁ポンプモデル

電磁ポンプの特性はポンプコイルへの印加電圧に対し流量と吐出圧力の関係で示され、図3.3 (1次系主循環電磁ポンプ特性曲線) に示す様な形で与えられている。図3.3の特性曲線においてポンプの揚程を ΔP 、流量を w 、印加電圧を V としたとき、ポンプの特性を次式で表すようにした。

$$\Delta P = a_0 + a_1 \cdot w + a_2 \cdot w^2 \quad (3.1)$$

$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{00} & b_{01} & b_{02} \\ b_{10} & b_{11} & b_{12} \\ b_{20} & b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ V \\ V^2 \end{pmatrix}$$

ここで、

b_{ij} : 特性係数 ($i, j = 0 \sim 2$)

である。

特性係数は各電磁ポンプの特性曲線から最小自乗法により導出した。

過渡計算では印加電圧をタイムテーブルの形で与え、各時刻の流量から ΔP を上式によって計算する。タイムテーブルの時刻点間の ΔP の算出は時刻点間の電圧値を直線内挿により求め、前記と同様の方法で計算する。なお、「PNC版」SSC-Lに組み込まれている機械式ポンプのインペラーに関する運動方程式を解き、ポンプのヘッドとトルクを求めるルーチンは不用なのでバイパスさせている。

(3) PLANDTL用配管破断系モデル

本モデルの基本は「PNC版」SSC-Lに組み込まれている配管破断モデルである⁽³⁾。これに図3.4に示す配管破断系を付加し、次の事項をモデル化した。

- ① 配管および弁による流動圧損
- ② 遮断弁の締め切りによる流動圧損
- ③ バッファタンクの初期内圧とナトリウム流入による圧力上昇

まず①、②の圧損特性について述べる。

いま、ループ側の流動計算から求められる配管破断系取付部より上流側の主循環流量を w_1 、下流側の流量を w_2 とすると、配管破断系への流出流量 w_b は次式で表される。

$$w_b = w_1 - w_2 \tag{3.2}$$

このとき配管破断系の流動による圧損 ΔP_b は、ナトリウムの密度変化を無視すると次式で表される。

$$\Delta P_b = \Delta P_{Fric} + \Delta P_{Grav} + \Delta P_{Form} \tag{3.3}$$

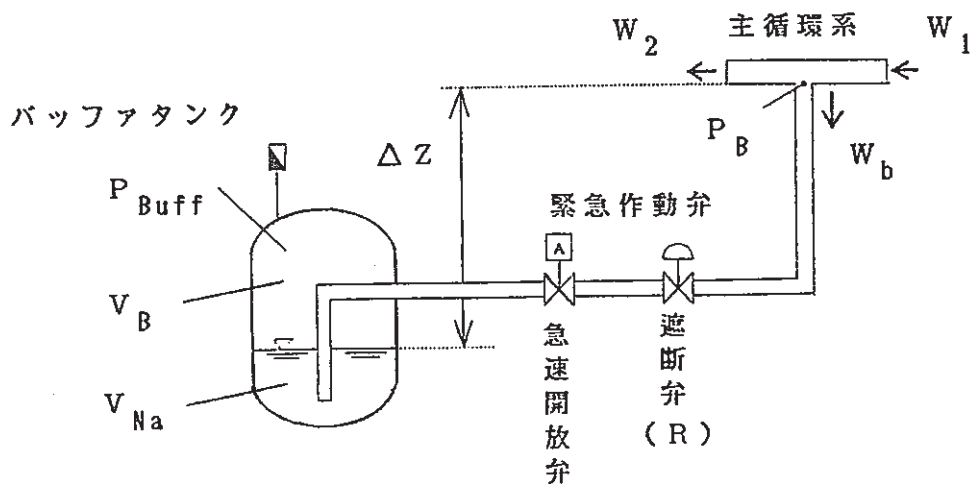


図3.4 PLANDTL用配管破断系モデル

$$\Delta P_{\text{Frict}} = f \cdot \frac{1}{2\rho} \cdot \frac{l_b}{d_b} \cdot \left[\frac{w_b}{A_b} \right]^2 \quad (3.4)$$

$$\Delta P_{\text{Grav}} = -\rho \cdot g \cdot \Delta Z \quad (3.5)$$

$$\Delta P_{\text{Form}} = K \cdot \frac{1}{2\rho} \cdot \left[\frac{w_b}{A_b} \right]^2 \quad (3.6)$$

ここで、 ΔP_{Frict} ：摩擦圧損

ΔP_{Grav} ：重力圧損

ΔP_{Form} ：弁等の形状圧損

f ：摩擦係数（Reの関数）

l_b ：配管長

d_b ：配管内径

A_b ：配管断面積（ $=\pi d_b^2/4$ ）

ΔZ ：主循環系配管への配管破断系取付部と配管破断系配管のバッファ
タンク内開口部とのエレベーション差

ρ ：配管破断系取付部を代表点とするナトリウム温度におけるナトリ
ウム密度

g ：重力加速度

K ：形状圧損係数

である。上式のうち ΔP_{Frict} と ΔP_{Grav} は w_b と配管破断系の幾何形状から算出することが
できる。一方形状圧損係数の対象となるのは配管のエルボおよび弁等である。
このうち弁については遮断弁の締め切りにしたがって圧損が増大する。この効果を入
れるため、いま遮断弁の相対開度を R とし、 K は R の関数になるものと考え、次式の
関係を採用した。

$$K = K_0 \cdot \left[1 + \frac{\cos(\pi R/2)}{R^2} \right] \quad (3.7)$$

ここで、 K_0 ： $R=1$ のときの形状圧損係数

である。また、遮断弁が締め切られた（ $R=0$ ）時刻以降は配管圧損に関する計算は
行わないものとする。

次に③のバッファタンク内での圧力バランスについて述べる。バッファタンク内のガス（Arガス）を理想気体と仮定すると、ガス層の圧力は次式で表すことができる。

$$P_{\text{Buff}} = P_0 \cdot \frac{V_B}{V_B - V_{\text{Na}}} \quad (3.8)$$

ここで、 P_{Buff} ：バッファタンクガス層の圧力

V_B ：バッファタンクガス層の容積

V_{Na} ：バッファタンクへ流入したナトリウム体積

(SSC-Lの他のルーチンにより算出される)

P_0 ：バッファタンク内初期圧力

である。また、バッファタンクに流入したナトリウムによりバッファタンク内配管開口部（タンク底部）にかかるヘッド P_{Na} は、

$$P_{\text{Na}} = \rho \cdot g \cdot \frac{V_{\text{Na}}}{A_B} \quad (3.9)$$

ここで、 A_B ：バッファタンクの径方向断面積

である。(3.3)、(3.8)、(3.9)式より配管破断系の主循環系への取付部における圧力 P_B は、

$$P_B = P_{\text{Buff}} + P_{\text{Na}} + \Delta P_b \quad (3.10)$$

となる。

このようにして求めた P_B と、配管破断系配管の断面積 A_b および主循環系配管の断面積を用い、「PNC版」SSC-Lの配管破損モデルは破断口におけるナトリウム流出速度を計算し、ループの流動計算を遂行するようになっている。

(4) 上部プレナム補助系熱輸送モデル

上部プレナム内の熱流動挙動を詳細に調べるため、多次元的熱流動を解く場合には上部プレナム補助系の流動特性を考慮する必要があるが、上部プレナムを1点あるいは2点で近似するプレナムモデルでは、そこに流出入するプレナム補助系の流動計算を行うことは無意味である。そこで本モデルでは補助系の流動計算は行わず、流量を直接入力で与えるものとし、加熱器および冷却器による加・除熱および配管による輸送遅れを考慮した熱計算のみを行うものとした。

モデルは上部プレナム補助系を図3.5に示す体系として考え、上部プレナムの熱計算部に付け加えた。図3.5に示された配管の熱輸送計算は「PNC版」SSC-Iと同一のものを用いた。すなわち、

$$\bar{\rho} \cdot A \cdot \Delta x \cdot \frac{d e_{i+1}}{d t} = W_u \cdot (e_i - e_{i+1}) - U_{cw} \cdot A_{cw} \cdot (\bar{T}_i - \bar{T}_{wi}) \quad (3.11)$$

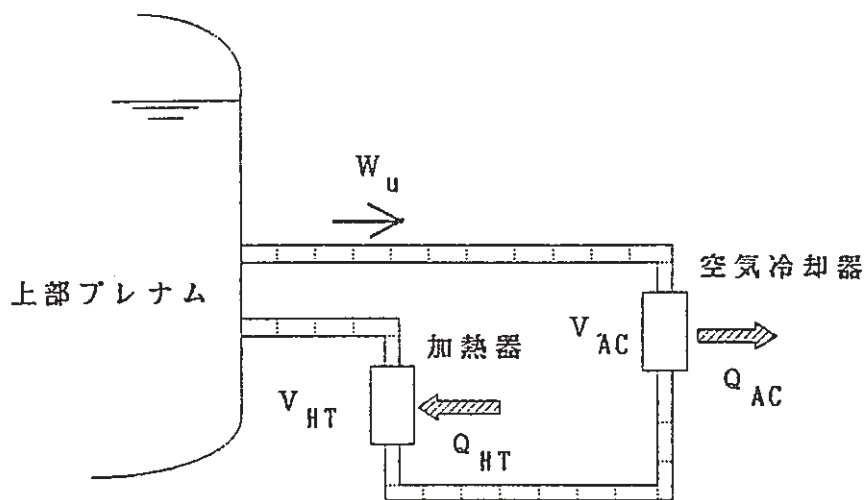


図3.5 上部プレナム補助系モデル

$$M_w \cdot C_{wi} \cdot \frac{d T_{wi}}{d t} = U_{cw} \cdot A_{cw} \cdot (\bar{T}_i - \bar{T}_{wi}) \quad (3.12)$$

ここで ρ : ノード内の平均ナトリウム密度

A : 配管断面積

Δx : ノード長

W_u : 流量

e_i : i ノード境界でのナトリウムエンタルピ

T_i : i ノードの平均ナトリウム温度

T_{wi} : i ノードの配管壁温度

U_{cw} : 総括熱伝達率

A_{cw} : 配管壁との伝熱面積

M_w : Δx 長さの壁の質量

C_{wi} : i ノードの壁の比熱

である。

次に空気冷却器および加熱器は1点で近似し、次式により入/除熱を計算する。

$$\rho \cdot V \cdot \frac{de}{dt} = W_u (e_i - e) - W_u (e_j - e) - U \cdot A \cdot (\bar{T} - \bar{T}_w) + Q \quad (3.13)$$

$$\rho_w \cdot V_w \cdot C_{pw} \cdot \frac{dT_w}{dt} = U \cdot A \cdot (T - T_w) \quad (3.14)$$

- ここで
- e : 空気冷却器あるいは加熱器内ナトリウムエンタルピ
 - ρ : 空気冷却器あるいは加熱器内ナトリウム密度
 - V : 空気冷却器あるいは加熱器容積
 - e_i : 流入するナトリウムのエンタルピ
 - e_j : 流出するナトリウムのエンタルピ
 - $U \cdot A$: 構造材への総括熱伝達係数
 - T : 空気冷却器あるいは加熱器内ナトリウム温度
 - T_w : 空気冷却器あるいは加熱器構造材温度
 - $\rho_w \cdot V_w \cdot C_{pw}$: 空気冷却器あるいは加熱器全熱容量
 - Q : 空気冷却器あるいは加熱器からの入/除熱量

である。

最後に上部プレナムについてはA, B領域からなる二領域モデル⁽³⁾を使用するものとした。B領域(プレナム下側の領域)は試験体およびバイパスから流入するナトリウムが混合する領域とし、A領域(上側の領域)はB領域からのナトリウムおよび上部プレナム補助系から流入するナトリウムが混合する領域とした。上部プレナム補助系へのナトリウム温度および主循環系へのナトリウム温度は、このA領域のナトリウム温度とする。図3.6にこれらの関係の概念を示す。

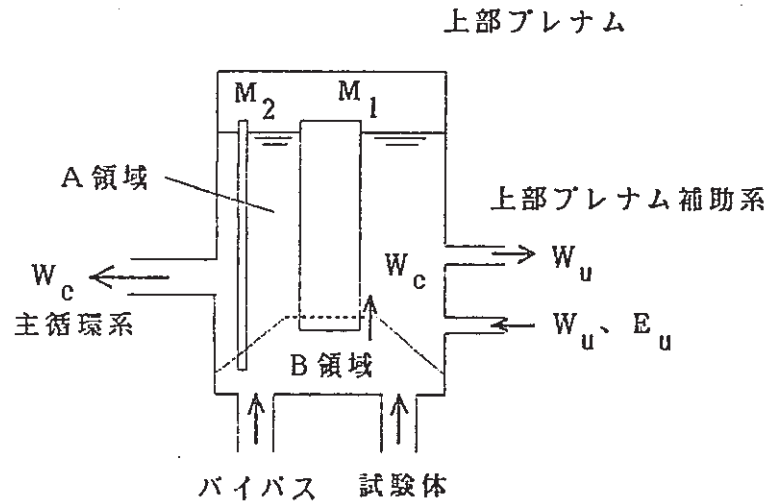


図 3.6 修正上部プレナムモデル

「PNC版」SSC-Lでは初期状態においてA領域、B領域、プレナム内構造物（M1, M2）等は等温と仮定しているが、上記のモデルでは初期状態でも温度差を生じさせることができる。したがって、A、Bの各領域およびプレナム内構造物の間で一般的に次式の熱バランスが成立する。

A領域：

$$\begin{aligned} Q_{in} + W_c \cdot (E_{NaB} - E_{NaA}) + (UA)_{M1A} \cdot (T_{M1} - T_{NaA}) \\ + (UA)_{M2A} \cdot (T_{M2} - T_{NaA}) + (UA)_{GA} \cdot (T_G - T_{NaA}) \\ + (UA)_{AB} \cdot (T_{NaB} - T_{NaA}) = 0 \end{aligned} \quad (3.15)$$

B領域：

$$\begin{aligned} W_c \cdot (E_{av} - E_{NaB}) + (UA)_{AB} \cdot (T_{NaA} - T_{NaB}) \\ + (UA)_{M1B} \cdot (T_{M1} - T_{NaB}) + (UA)_{M2B} \cdot (T_{M2} - T_{NaB}) = 0 \end{aligned} \quad (3.16)$$

プレナム内構造物M1：

$$\begin{aligned} (UA)_{M1A} \cdot (T_{NaA} - T_{M1}) + (UA)_{M1B} \cdot (T_{NaB} - T_{M1}) \\ + (UA)_{GM1} \cdot (T_G - T_{M1}) = 0 \end{aligned} \quad (3.17)$$

プレナム内構造物M2 :

$$\begin{aligned} & (UA)_{M2A} \cdot (T_{NaA} - T_{M2}) + (UA)_{M2B} \cdot (T_{NaB} - T_{M2}) \\ & + (UA)_{GM2} \cdot (T_G - T_{M2}) = 0 \end{aligned} \quad (3.18)$$

カバーガス :

$$\begin{aligned} & (UA)_{GA} \cdot (T_{NaA} - T_G) + (UA)_{GM1} \cdot (T_{M1} - T_G) \\ & + (UA)_{GM2} \cdot (T_{M2} - T_G) = 0 \end{aligned} \quad (3.19)$$

$$Q_{in} = W_u \cdot (E_u - E_{NaA}) \quad (3.20)$$

- ここで、
- W_c : 主循環流量
 - E_u : 上部プレナム補助系出口ナトリウムエンタルピ
 - E_{NaA} : A領域のナトリウムエンタルピ
 - E_{NaB} : B領域のナトリウムエンタルピ
 - E_{av} : 試験体およびバイパスから流入するナトリウムの平均エンタルピ
 - T_{NaA} : A領域のナトリウム温度
 - T_{NaB} : B領域のナトリウム温度
 - T_{M1} : プレナム内構造物M1の温度
 - T_{M2} : プレナム内構造物M2の温度
 - T_G : カバーガスの温度
 - $(UA)_{AB}$: A-B領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{M1A}$: M1-A領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{M1B}$: M1-B領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{M2A}$: M2-A領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{M2B}$: M2-B領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{GM1}$: M1-カバーガス領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{GM2}$: M2-カバーガス領域間の総括熱伝達係数
 - $(UA)_{GA}$: A領域-カバーガス領域間の総括熱伝達係数

である。計算に当たってはB領域の式の第1項を次の様に近似する。

$$W_c \cdot (E_{av} - E_{NaB}) = W_c \cdot (T_{av} - T_{NaB}) \cdot C_{PT} \quad (3.21)$$

ここで、 T_{av} ： E_{av} なるナトリウム温度

$$C_{PT} : T = (T_{av} + T_{NAB}) / 2 \text{ におけるナトリウム熱容量}$$

である。これらの式を T_{NAB} 、 T_{M1} 、 T_{M2} および T_G について解き、初期の温度分布を得るようにしてある。

(5) 試験体入口配管熱輸送モデル

PLANDTLの試験体（模擬燃料集合体）入口部は下部プレナムと試験体とを接続する配管および流量調節弁により構成されている。これは実機における燃料集合体の入口オリフィス領域を模擬している。「PNC版」SSC-Lでは入口オリフィス部の圧損および等価慣性長がモデル化されているが、入口オリフィス部の温度は、燃料集合体内の流れが順流の時は下部プレナム内温度と、逆流の時は集合体内バンドル部最下端ノードの温度と同一としている。

そこで、試験体入口配管の流動については入力データで対応するものとし、配管部の熱輸送計算を行うモデルを新たに付け加え、配管による輸送遅れおよび配管壁の熱容量をモデル化した。配管の熱輸送計算は「PNC版」SSC-Lと同一のものを扱い、これについては（４）上部プレナム補助系熱輸送モデルで述べられたものである。

境界条件は、順流の時は下部プレナム内温度（エンタルピ）、逆流の時は試験体バンドル部最下端ノードの温度（エンタルピ）とする。

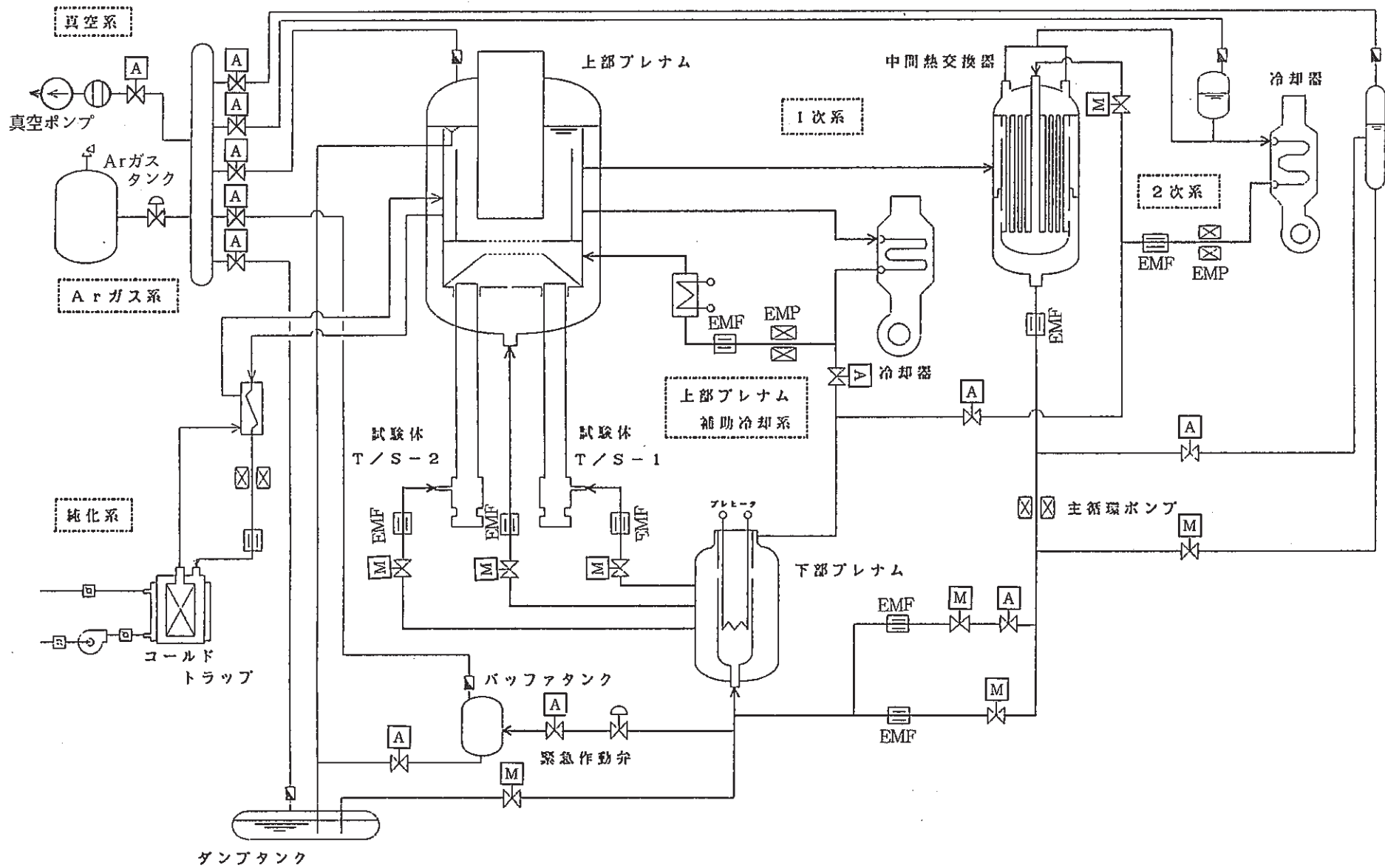


図3.1 プラント過渡応答試験施設フローシート

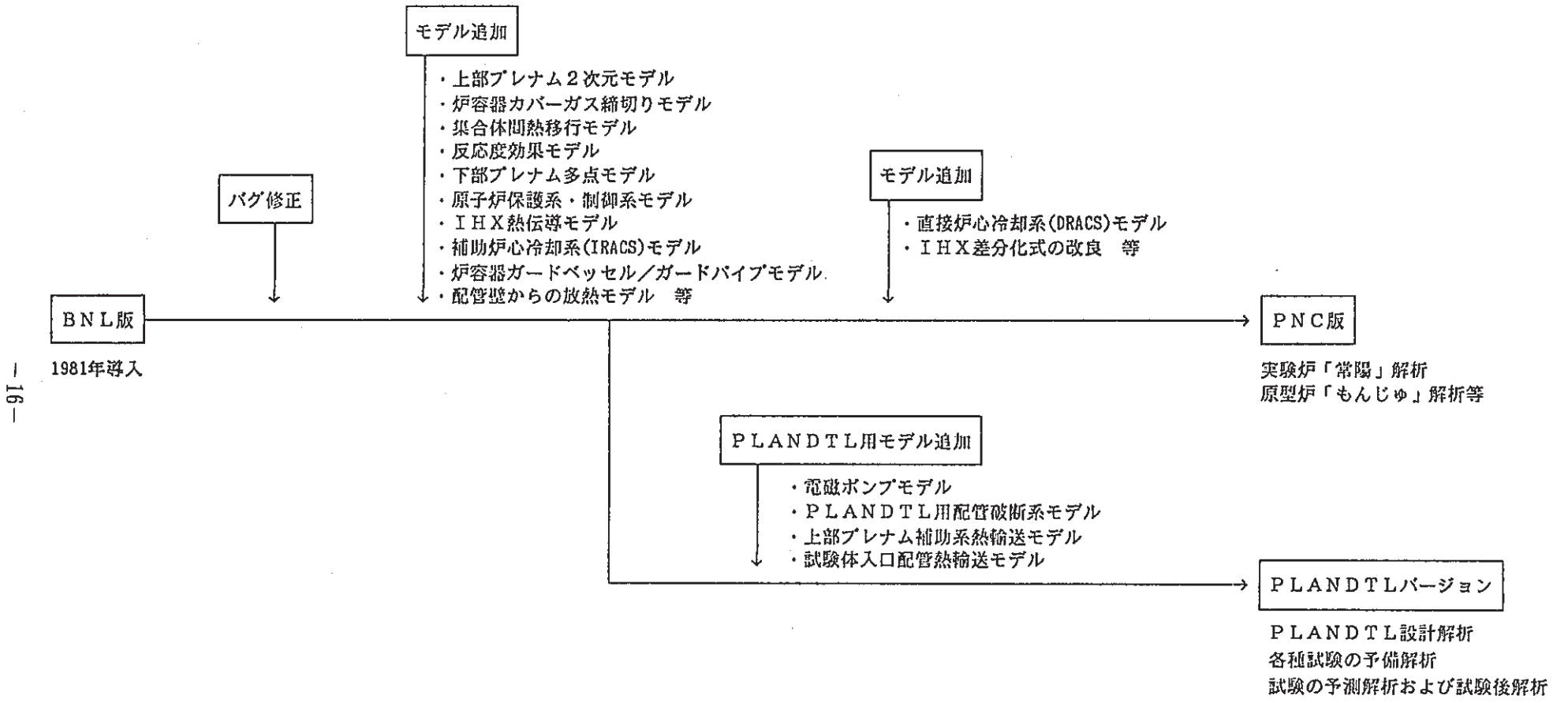


図 3.2 SSC-L PLANDTLバージョンの概念

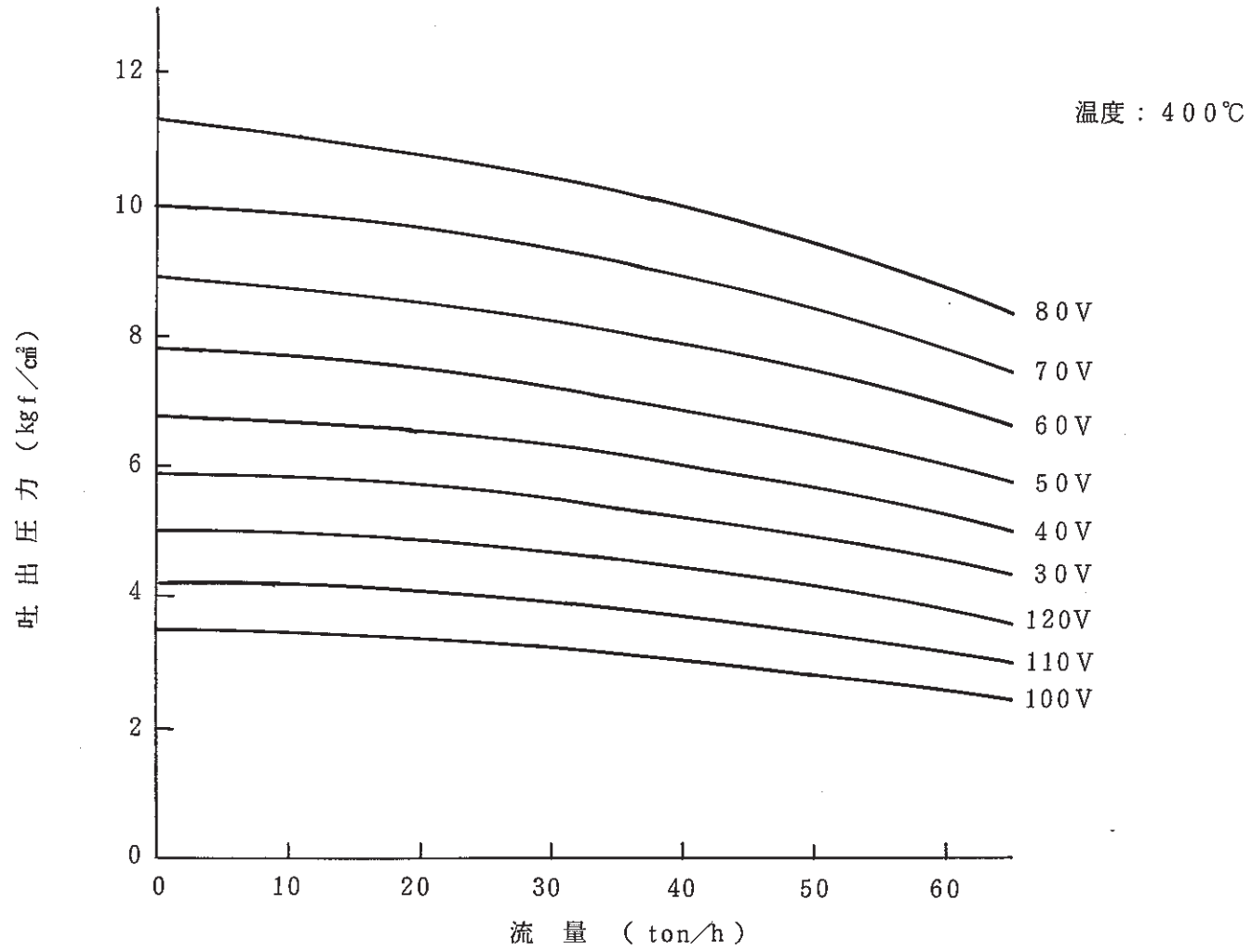


図3.3 主循環ポンプ出力特性曲線

4. 各種の解析結果

PLANDTL施設の概念設計段階以降、「PNC版」SSC-Lは、「常陽」、「もんじゅ」等の解析を通じて、より多くの事象に対する適応をはかるとともに、解析精度を向上させるため、多くの改良やモデルの追加がなされた。また、PLANDTLに対しても、3章で述べたモデルの一部を概念設計時の解析の後に組み込んだ。そこで、最新のバージョンを用いて概念設計時と同一条件⁽⁵⁾により、LOPI模擬試験で再現すべき標準的な熱出力および流量カーブを解析ケースとしたLOPI模擬試験の予測解析を行った。図4.1に概念設計時の解析ケースに相当する熱出力および流量の目標カーブを示す。コードの改良効果は、主として解析時間が長い場合や流量が小さくなる場合において見られ、図4.2～4.4に示すようにLOPI模擬試験の初期の流量、温度カーブに対しては、コードを改良した効果はほとんど見られず、再解析結果は以前に行った解析結果⁽⁵⁾とほとんど一致する。

この最新のバージョンを用い、PLANDTLの設計・製作に向けて装置の性能および健全性を検討、確認するため、

- (1) 配管破断系の設計の適切化のためのパラメータサーベイ
- (2) 主循環系逆流時の熱応力を評価するためのプラント各部の温度変化解析
- (3) 詳細な自然循環特性を把握するための自然循環特性解析
- (4) 試験時に装置に加わる熱過渡が、装置の設計条件を逸脱しないことを確認する試験の予測解析

の解析を行った。以下にこれらの解析結果を示す。

4.1 配管破断系設計のためのパラメータサーベイ

概念設計時の機器等の配置に関するデータを使用した解析結果を受け、LOPI時の炉心流量変化を適切に模擬できるよう配管破断系の設計を行うため、配管破断系の主循環系への取付位置および配管破断系の圧損特性についてパラメータサーベイを実施した。

(1) 配管破断系取付位置

(a) 解析条件

PLANDTLの各機器の配置等に関する条件は概念設計に基づき見直したデータを用

いた⁽⁴⁾。その他の主な条件は以下の通りである。

| | |
|---------------------|-------------------------|
| ① 主循環系および配管破断系配管口径 | 106.3mm |
| ② バッファタンク初期内圧 | 0.0kg/cm ² G |
| ③ 配管破断系急速開放弁作動時刻（開） | 0.0秒 |
| ④ 配管破断系急速遮断弁作動時刻（閉） | 2.5秒 |
| ⑤ （3.7）式におけるパラメータ | |
| 遮断弁の相対開度（0～2.5秒） | 図4.5 |
| R = 1の時の形状圧損係数 | 2.00 |
| ⑥ 主循環ポンプの過渡変化 | |
| ポンプトリップ時刻 | 0.0秒 |
| トリップ後の印加電圧過渡変化 | 図4.6 |

(b) パラメータ

配管破断系の取付位置を主循環ポンプ出口配管部から下部プレナムの間にパラメータとして考えた。試験体における急峻な流量減少を実現するためには、取付位置がこの範囲にあることが必要である。なぜなら、主循環ポンプの下流側はポンプにより圧力が高くなっているため配管破断系の作動によりナトリウムを主循環系外に導くと、この部分の圧力が減少し、試験体への流量が減少する事となるが、ポンプの上流側に取付けた場合にはこの効果が期待できないためである。

取付位置に係わる部分をモデル的に示すと図4.7のようになる。

(c) 解析ケース

配管破断系取付位置のパラメータは表4.1に示すように主循環ポンプから下部プレナムの間の配管部の各ノード、および下部プレナムのノードNo.2とし、計5ケースについて行った。

表 4. 1 配管破断系取付位置 解析ケース

| 解析ケース | 配管破断系取付位置 | | 主循環ポンプ からの距離 | FILSBK 配管下流側の形状圧損 |
|-------|-----------------|-----|-----------------|----------------------|
| | パイプNo. / ノードNo. | | | |
| A 0 1 | 5 | / 2 | 3.855m | 2.52 |
| A 0 2 | 5 | / 3 | 6.425m | 1.80 |
| A 0 3 | 5 | / 4 | 8.995m | 1.08 |
| A 0 4 | 5 | / 5 | 11.565m | 0.36 (設計ケース) |
| A 0 5 | 6 | / 2 | 14.400m | 0.36 (概念設計ケース) |

(d) 解析結果

表 4. 2 に試験体入口流量カーブに関する解析結果として配管破断後急峻な流量減少により生ずる最小値およびその発生時刻と、破断開始 1 秒後の流量回復値を示す。試験体入口流量の変化を図 4. 8 ~ 図 4. 12 に示す。これらの結果から次のことが言える。

- ① 配管破断系の取付位置が、下部プレナムに近くなるほど試験体流量は低下する。
- ② 配管破断系急速開放の開放後、最も急速に流量が減少するケースはケース A04 で、下部プレナム入口配管部に破断系を取り付けた場合である。ケース A01 (下部プレナム入口配管部より主循環ポンプ側に取り付けた場合) あるいはケース A05 (下部プレナムに取り付けた場合) へ向かっては、それぞれ流量の減少率がなまってくる。

これは次のように考えられる。つまり、自由液面のある上部プレナムから中間熱交換器 (IHX) を経由して配管破断系の取付位置までと、配管破断系の取付位置から試験体を經由して上部プレナムにかけてのパスを考えると、急激な流量変化に対して影響のある両者の等価慣性長 (運動方程式の変化量の係数) の違いが、試験体流量変化の違いとなって現れているものと考えられる。

下部プレナム入口配管部に配管破断系を取り付けたケース A04 では、等価慣性長の値は上記二つのパスともほぼ等しくなっているのに対して、他のケースではこのバランスが崩れている。配管破断系作動時には、上流側 (主循環ポンプ側) は系外への流出を補うために流量が増加しようとする一方、下流側 (試験体側) は逆に流

量が減少しようとする。主循環ポンプ側に取り付けたケースでは、試験体側の等価慣性長が大きくなるため、試験体入口での流量減少率が小さくなってしまう。一方、下部プレナムに配管破断系を取り付けたケースA05では、試験体側の等価慣性長が小さいため変化量が大きくなり試験体入口部で逆流が生じる。しかし、破断開始前の定格値から最小ピーク値までの変化幅が大きくなるので流量の減少率は逆にややなまる方向になる。また、主循環ポンプまでの間にプレヒータ等による大きな圧損があるため、ポンプによる流量制御を難しくする方向にある。

結局、上記二つのパスの等価慣性長が拮抗している場合、即ち下部プレナム入口配管部に取り付けた場合が、最も急峻な流量の急減を実現させ、さらにポンプによる流量制御を最も行い易いやすくするケースである。

(2) 配管破断系の圧損特性

(a) 解析条件

上記パラメータサーベイの結果、配管破断系取付位置は試験条件が最適となる条件、すなわち下部プレナム入口配管部に固定する。他の解析条件は上記と同じ条件とした。ただし主循環ポンプの過渡変化においてポンプトリップ後の印加電圧過渡変化は、配管破断系の圧損特性のみの影響を調べるため0.0秒でトリップ後停止する場合と、一定レベルにステップ状に変化する場合について解析を行った。

(b) パラメータ

配管破断系の圧損は、3章で述べたように摩擦、形状等によるが、ここでは破断系全体の圧損が主循環系の流量等にどのような影響を与えるかを見るという点から破断系における圧損を簡単にするため、圧損はすべて流量の自乗に比例するものとして考えた。つまり、配管破断系の弁および配管各部における流動による圧損 ΔP (Pa) は流量を w (kg/s) とすると、

$$\Delta P = K \cdot w^2$$

なる関係が成り立つものとし、この圧損係数 K をパラメータとした。

(c) 解析ケース

表4.3に示すように配管破断系のトータル圧損をパラメータとし、5ケースについて解析を行った。

主循環ポンプの過渡変化についてはポンプトリップ後停止する場合と、20%出力へ移行する場合について行った。

表 4.3 配管破断系圧損特性 解析ケース

| 解析ケース | Kの値 | 主循環ポンプ過渡変化 |
|-------|-------------------|---------------|
| B 0 1 | 5.1×10^2 | 0.0秒で停止 |
| B 0 2 | 1.0×10^3 | 〃 |
| B 0 3 | 2.5×10^3 | 〃 |
| B 0 4 | 5.1×10^3 | 〃 |
| B 0 5 | 1.0×10^3 | 0.0秒で20%出力へ移行 |

(d) 圧損特性

表 4.4 に試験体入口流量カーブに関する結果を示す。また、図 4.13 に圧損係数が最も小さい場合（ケース B01）、および図 4.14 に最も大きい場合（ケース B04）の試験体入口流量カーブの解析結果を示す。これらの結果から、以下の事が言える。

- ① 配管破断系の圧損を大きく取ると、試験体部で初期に急激に減少する流量の変化率が小さくなり、流量カーブがなまる。
- ② 時刻 0.0 秒でポンプトリップを起こすと、配管破断系の圧損を大きく取らなければ試験体部分で逆流を生じる。
- ③ 主循環ポンプを低いレベルで運転状態に保持すれば、試験体部分での逆流は生じない。

配管破断系の圧損を大きくすると主循環系から配管破断系へ漏出する流量が小さくなるのは、試験体部分の流量変化に主循環系のフローコストダウン特性の影響が強く現れるためであり、このため試験体入口流量の急減がなまされる。これより、試験体入口部分の流量を急減させるためには、配管破断系へ導く流量を多くしなければならぬことが分かる。また、配管破断系作動と同時に主循環ポンプをある一定値に運転すれば、ポンプから下部プレナムの間の配管内圧力が高く保たれるため、下部プレナムから上部プレナムへ向かう順流量（試験体入口流量）が保たれることが分かる。つまり、試験体入口部分の流量を急減させ、かつある一定の順流量を確

保するためには、配管破断系へ導く流量を多くし、かつ主循環ポンプをあるレベルで運転することが必要である。また、本解析結果より配管破断系の圧損を変化させることにより試験体内を逆流する条件も設定出来ることが分かった。

(3) まとめ

LOPI時の炉心流量カーブを模擬した試験体入口流量変化を実現させるために必要な配管破断系の設計に供するため、配管破断系の主循環系への取付位置およびその圧損特性に関してパラメータサーベイを実施した。その結果、試験体流量を急減させるには、配管破断系は下部プレナム入口に取り付けることが最も好ましく、その圧損は、小さくすることが必要であることが分かった。また、LOPI時における炉心流量としてある一定の順流を確保するには主循環ポンプをあるレベルで運転することが必要であることが分かった。

4.2 逆流時のプラント各部の温度変化解析

PLANDTLの主循環系は逆流条件をも設定できるように設計されている。考えられる試験モードのうち逆流を必要とするものは、逆流時の試験体サブチャンネルの伝熱流動特性や集合体内温度分布特性を試験する定常逆流試験、逆流を含むLOPI模擬試験等である。前者については試験体入口配管等が高温にさらされる場合もあるが、温度変化は準定常的である。これに対し後者は、試験体入口配管、中間熱交換器等に過渡的な温度変化が加わる可能性がある。このため、配管、機器等の構造部材に加わる熱応力が問題となる。そこで、図4.15に示すような逆流を含む代表的なLOPI模擬試験流動カーブを想定し、このケースについて熱流動挙動を調べた。

(1) 解析条件

配管、機器等各部の温度変化をはっきりさせるため、流路は試験体のみとし、初期流量は定格の 4.7kg/s ($330\ell/\text{min}$) とする。

主循環系の流量変化は逆流を含むLOPI模擬試験ケースとし、図4.15に示すように $t = 0$ 秒で約30%まで減少したのち、約4秒まで流量が回復する。それ以降は主循環ポンプのフローコストダウンに従って減少し、16秒近くで逆流に転じ、最大-3~-4%の逆流を生じたのち、60秒近くで再び順流に戻るというものである。

(2) 解析結果

図 4.16 に主循環系の流量変化を示す。この流量変化のほとんどは主循環ポンプによるものであり、主循環系全ライン同一の流量カーブで変化する。図 4.17 に試験体内各部のナトリウム温度変化を示す。配管破断後 4 秒で試験体ヒータピンのスクラムがかかるため、1 次ピークに達した後一端温度は下がるが、逆流の発生によりまた温度が上昇し、試験体下部へ順次輸送されていくのが分かる。図 4.18 に試験体入口配管各部の温度変化を、図 4.19 に上部及び下部プレナム出入口の温度変化を示す。図 4.18 に示す試験体との接続部の温度挙動が試験体内バンドル部下端の挙動と異なるのは、試験体下部に設置されている電極箱の熱容量を考慮したためである。図より逆流した高温ナトリウムは試験体入口配管部での熱交換により速やかに降温されてしまい、試験体との接続部で約 150℃ の温度変化があったものが、2.7m 離れた位置での温度上昇は 20℃ 以下となる。設計当初試験体入口配管での熱過渡は、最も厳しい場合には配管全体が数秒間で 400℃ から 900℃ 程度まで変化するものと考えられていたが、本解析の結果熱過渡は厳しくないことが分かった。

図 4.20 および図 4.21 に中間熱交換器 1 次側及び 2 次側出入口の温度変化を示す。1 次側では逆流が発生している短時間において温度変化を示すが、順流復帰後はある一定の状態へゆっくりと落ち着いて行く。2 次側はループの圧損が小さいのでフローコーストダウンが遅く、一時的に出口温度が下がるが、その後は 1 次系と同様にある一定の状態へ落ち着いて行く。これらの結果より中間熱交換器の各部における熱過渡は厳しくないことが分かる。

なお、その他の各部の温度変化および流量変化の解析結果を付録 4 に示す。

(3) まとめ

過渡的な温度変化が厳しくなると考えられた逆流を含む試験ケースについて解析を実施し、各部の温度変化を得た。なお、これらの温度変化解析結果は機器等の熱応力解析・評価に用いられたが、各構造物は健全であることが確認された。

4.3 自然循環特性解析

PLANDTLではLOPIを模擬した熱流動試験だけでなく、多くの自然循環に係わる試験を行う計画である。最も直接的な試験は崩壊熱レベルでの自然循環流動特性を関連する因子・効果のパラメータサーベイにより調べる「プラントシステム自然循環試験」である。LOPI模擬試験時の熱流動特性については、この試験がPLANDTL建設の第一の目的であることから試験施設をその目的に沿うよう設計するため、これまでその特性を詳細に調べてきた。一方自然循環特性については、原型炉「もんじゅ」との相似則を基に施設の幾何学条件および定格運転条件を用いて、定量的ながらループ一巡のトータルな静特性が検討されてきたにすぎない。そのため施設の最終的な設計仕様が固まった現時点で、PLANDTLの定格条件から自然循環への移行特性および自然循環特性を解析により把握しておくことにする。

(1) 解析条件

以下に示す条件にて解析した。

(a) 初期条件：原型炉模擬条件とし、以下の通りである。

| | |
|--------------|--------|
| 主循環系流量 | 37t/h |
| 2次系流量 | 27t/h |
| 試験体出力 | 1.2MW |
| 主循環系コールドレグ温度 | 397℃ |
| 2次系コールドレグ温度 | 325℃ |
| 補助系加熱器出力 | 0.52MW |

- (b) 主循環系および2次系は時刻0.0秒でポンプトリップ後自然循環に移行する。
- (c) 試験体出力は時刻0.0秒で72kw（初期出力の6%）へ移行し、以後一定とする。
- (d) 2次系空気冷却器の冷却空気流量は時刻0.0秒で初期状態の3%へ移行し、以後一定とする。
- (e) 配管、機器等からの放熱は考慮しない。
- (f) 上部プレナム補助系は時刻0.0秒で停止とする。

(2) 解析結果

主循環系流量は、図 4.22 に示すように、自然循環移行後速やかに流量は減少し、約 4% の流量でほぼ一定している。2 次系流量は、図 4.23 に示すように主循環系よりもフローコーストダウンは遅いものの、自然循環流量は約 15% でほぼ一定している。中間熱交換器の出入口温度は、図 4.24 および 4.25 に示すように、主循環系と 2 次系のフローコーストダウン時間が異なるため、自然循環移行初期の約 2000 秒間では一時的に出入口温度が変動するが、その後はわずかに温度上昇をしながらほぼ一定温度に落ちついて行くことがわかる。

一方、自然循環特性の検討対象である「もんじゅ」の 1 次系自然循環流量は、定格の約 2.3% と予想されており⁽⁶⁾、本解析で得られた自然循環流量の方が約 1.7 倍多くなる。これは、装置の模擬性の検討で予想された流量割合⁽⁴⁾とほぼ一致する。また、中間熱交換器 1 次側出入口温度については、準定常状態に至るまでの温度変化は、「もんじゅ」⁽⁶⁾と PLANDTL でほぼ同じ挙動を示す。このように、主循環系の自然循環流量および温度変化は、自然循環特性の検討対象である「もんじゅ」の 1 次系と比べ妥当な挙動を示していると言える。

本解析では、配管・機器等からの放熱計算に関わるパラメータに不確定要因が多いため、SSC-L の本来のモデル通り放熱を無視して計算しているが、実際には施設の定格出力の 3% の放熱があると仮定しても、約 50KW の放熱があることになり、自然循環時の試験体出力とあまり違わなくなってしまう。このことは、放熱だけで系統の熱バランスが保たれてしまうことを示しており、配管系統内に温度分布がつくことにより、自然循環ヘッドが変化してしまう結果、自然循環流量等にも影響を及ぼすことが予想される。そのため、このような自然循環時にどの程度放熱するかを、実験的に把握しておくことが必要である。

なお、その他の各部の温度変化および流量変化の解析結果を付録 4 に示す。

(3) まとめ

系統の自然循環特性を把握することを目的として、自然循環の解析を行った。その結果、PLANDTL の自然循環特性は、自然循環特性を検討する対象である「もんじゅ」1 次系における自然循環挙動と比較してほぼ妥当なものと予測されるが、配管・機器

等の放熱が自然循環特性に及ぼす影響は大きいものと考えられるので、今後放熱量を実験的に把握し、評価することが必要である。

4.4 LOPI模擬試験の予測解析

試験時に施設に加わる過渡変化が設計条件を逸脱しないことを確認し、また、今後行われる試験の設定条件を決定するデータを提供するため、代表的なLOPI模擬試験ケースについて予測解析を行った。予測解析を行うためには、装置の圧損、放熱特性等設計値からだけでは決定することが難しいパラメータについては実験的に把握しておくことが必要である。しかし、これらのデータは現在採取している段階であるので、これまでに行ってきた種々の解析により得られた知見を基に、標準的な値を設定した。

(1) 解析条件

以下に示す条件にて解析した。

- (a) 初期条件：原型炉模擬条件とする（4.3項参照）。
- (b) 試験体出力は4.2秒でスクラムし、崩壊熱レベルの出力に移行するものとする。
- (c) 主循環系の流量は、表4.5で示される「もんじゅ」で予想される過渡変化を仮定し、主循環系のポンプおよび配管破断系は、この流量を再現できるように表4.5に示すように運転するものとする。
- (d) 2次系は、循環ポンプを時刻0.0秒でトリップさせ、以後自然循環とする。
- (e) 上部プレナム補助系は、流量は初期条件で一定とし、加熱器の出力を試験体のスクラムと合わせてトリップさせるものとする。

なお、本解析に用いた標準的なインプットデータを、付録3に示す。

(2) 解析結果

図4.26に試験体入口流量変化を示す。4秒付近にある流量ピークは、配管破断系の遮断弁締切により発生する圧力変動のために現れるものであり、今後実験的に主循環ポンプの運転方法を検討し、このピークを緩和しなければならないと考えられる。図4.27に試験体内各部のナトリウム温度変化を示す。試験開始直後にいわゆる温度の1次ピークがあり、過渡的に温度が急上昇するが、その温度は発熱部上端でも約850℃であり、沸騰を生じることはないものと考えられる。その後温度は下降し、500℃以

下でほぼ一定する。1次ピーク時の高温ナトリウムは上部プレナムに流入するが、上部プレナムのナトリウムインベントリーが大きいため、上部プレナム内のナトリウム温度はほとんど上昇することはない。また、プラント各部においても温度変化はほとんど無い。

なお、その他の各部の温度変化および流量変化の解析結果を付録4に示す。

(3) まとめ

試験運転前に代表的なLOPI模擬試験ケースについて予測解析を実施し、LOPI模擬試験の解析結果について1例を示した。解析の結果、LOPI模擬試験を含めどの試験ケースについても各部の温度変化は施設の設計で想定された範囲のものであることを確認できた。なお、試験実施に際してポンプの運転方法等に課題のあることが分かった。今後は、実験データを蓄積し、それらの課題を解決して行く必要がある。

表 4.2 配管破断系取付位置解析結果

(試験体入口流量変化のまとめ)

| 解析ケース | 試験体入口流量 (kg / s) | | |
|-------|------------------|------|---------|
| | 最小値 | 発生時刻 | 1 秒後の流量 |
| A 0 1 | 0.17 | 0.8 | 0.18 |
| A 0 2 | 0.16 | 0.5 | 0.20 |
| A 0 3 | 0.11 | 0.4 | 0.24 |
| A 0 4 | 0.04 | 0.3 | 0.29 |
| A 0 5 | -0.31 | 0.5 | -0.28 |

表 4.4 配管破断系圧損特性解析結果

(試験体入口流量変化のまとめ)

| 解析ケース | 試験体入口流量 (k g / s) | | |
|-------|-------------------|------|---------|
| | 最小値 | 発生時刻 | 2 秒後の流量 |
| B 0 1 | -1.08 | 0.3 | 1.2 |
| B 0 2 | -0.43 | 0.9 | 0.9 |
| B 0 3 | 0.11 | 1.5 | 0.7 |
| B 0 4 | 0.25 | 1.7 | 0.6 |
| B 0 5 | 0.61 | 1.1 | 1.4 |

表 4.5 LOP1模擬試験予測解析の解析条件一覧表

| 時刻 | チャンネル流量率 流量 (%) | 主循環ポンプ印加電圧 電 圧 (%) | 配管破断系開口率 開口率 (%) |
|-------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| 0.0 | 100.0 | 100.0 | $K = 1.8 \times 10^2$ * |
| 0.225 | 28.3 | 72.5 | 100.0 |
| 1.1 | 35.9 | 65.5 | 32.0 |
| 2.1 | 39.0 | 57.5 | 19.0 |
| 3.1 | 41.2 | 49.5 | 11.5 |
| 3.5 | -- | 46.0 | 8.7 |
| 4.1 | 42.2 | 42.0 | 0.0 |
| 5.1 | 40.0 | 40.0 | 0.0 |
| 6.1 | 37.1 | 37.1 | 0.0 |
| 7.1 | 34.4 | 34.0 | 0.0 |
| 8.1 | 32.1 | 32.0 | 0.0 |
| 9.1 | 30.1 | 30.0 | 0.0 |
| 10.1 | 28.4 | 28.0 | 0.0 |
| 11.1 | 26.8 | -- | 0.0 |
| 12.1 | 25.5 | 25.5 | 0.0 |
| 13.1 | 24.3 | -- | 0.0 |
| 14.1 | 23.2 | 23.0 | 0.0 |
| 15.1 | 22.2 | -- | 0.0 |
| 16.1 | 21.3 | 21.0 | 0.0 |
| 17.1 | 20.5 | -- | 0.0 |
| 18.1 | 19.8 | 20.0 | 0.0 |
| 19.1 | 19.1 | -- | 0.0 |
| 20.0 | -- | 19.0 | 0.0 |
| 38.0 | -- | 10.0 | 0.0 |
| 200.0 | -- | 10.0 | 0.0 |

* K : 形状圧損係数 (3.3(3)項参照)

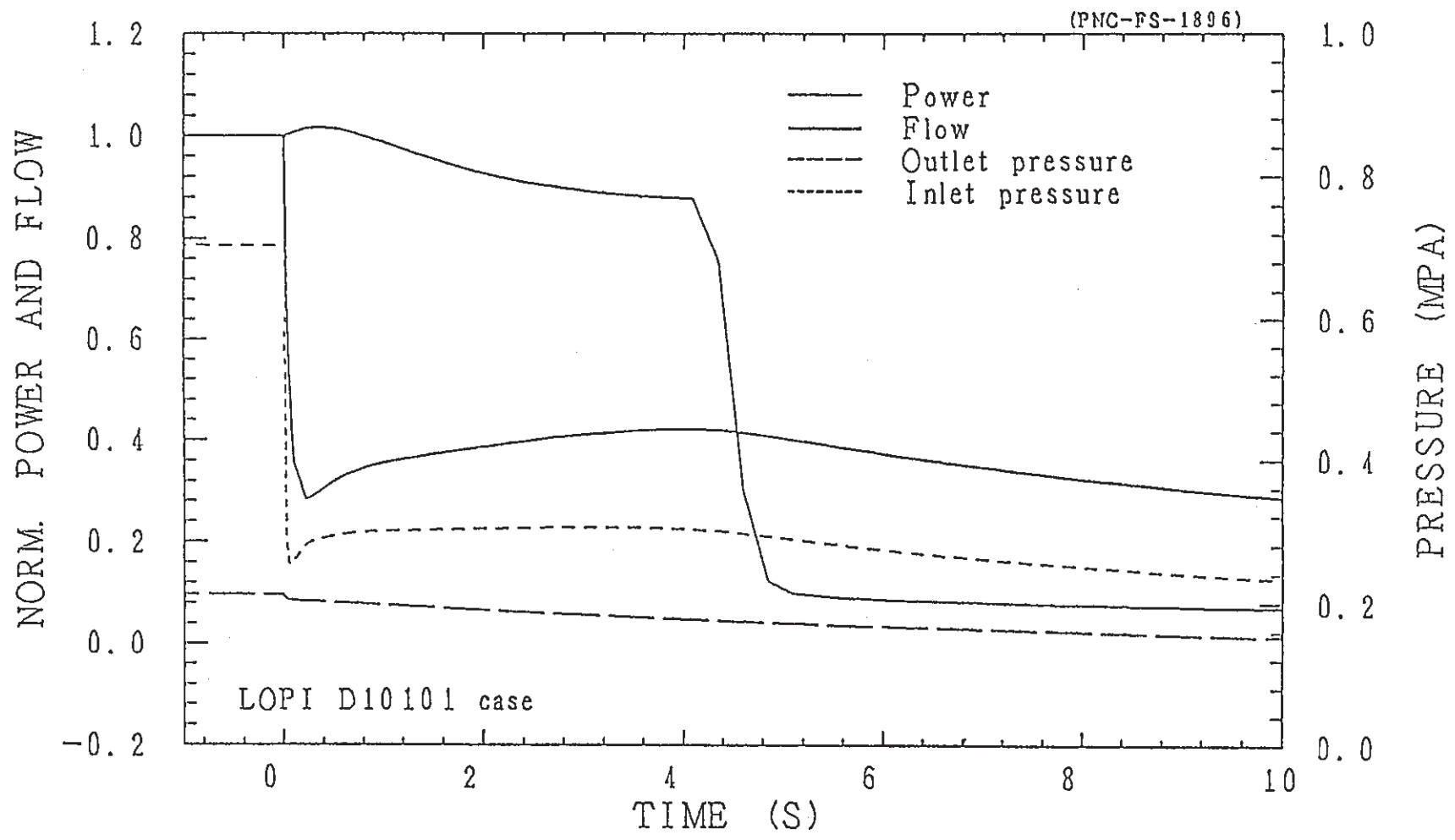


図 4.1 LOPI模擬試験時の標準的目標カーブ

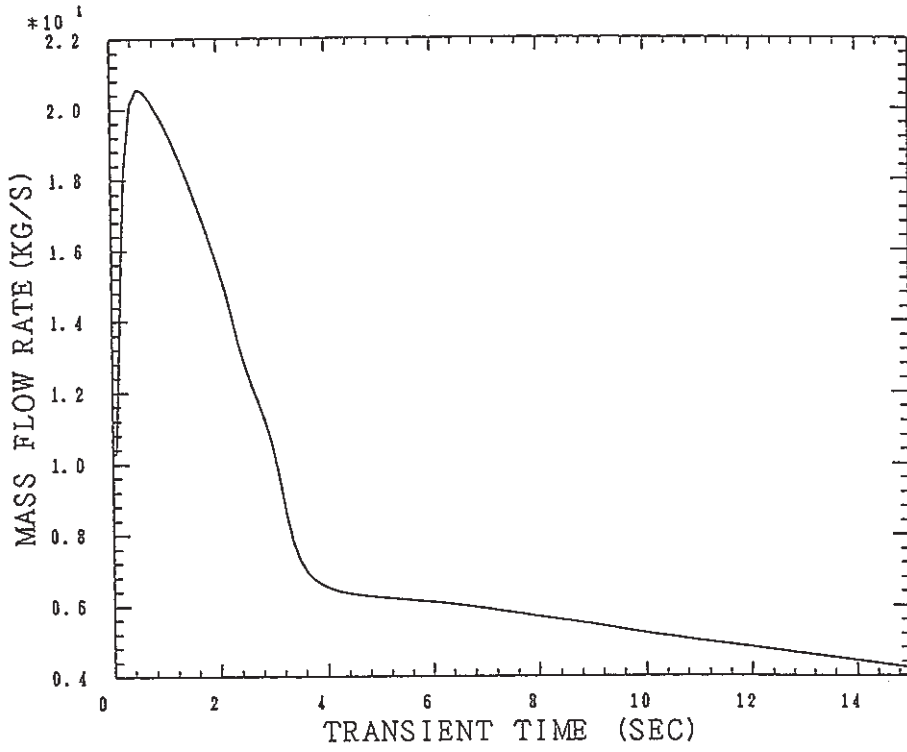


図4.2 上部プレナム出口流量

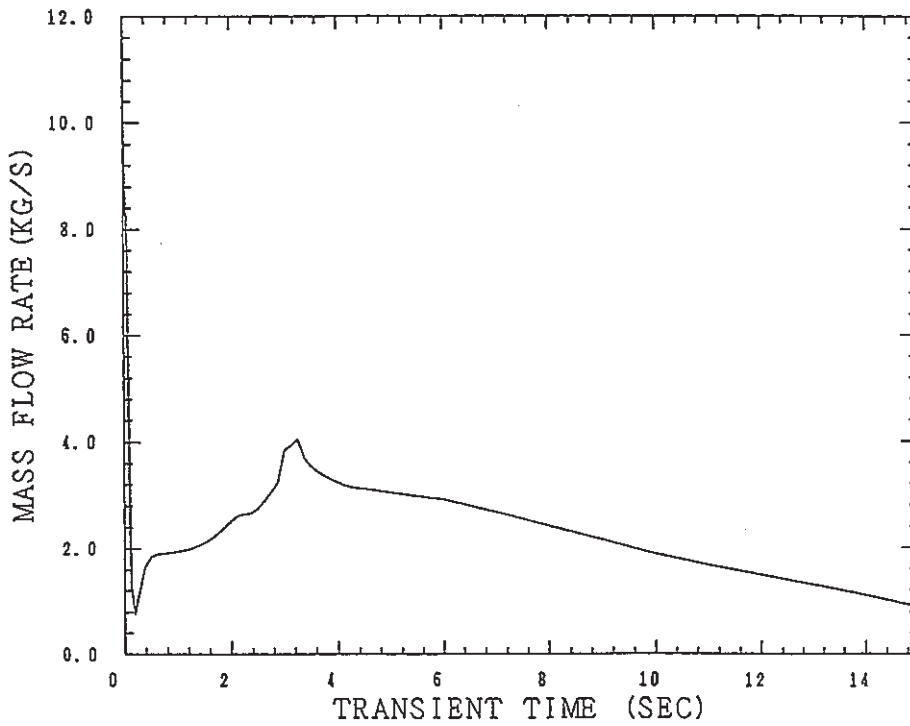


図4.3 試験体入口流量

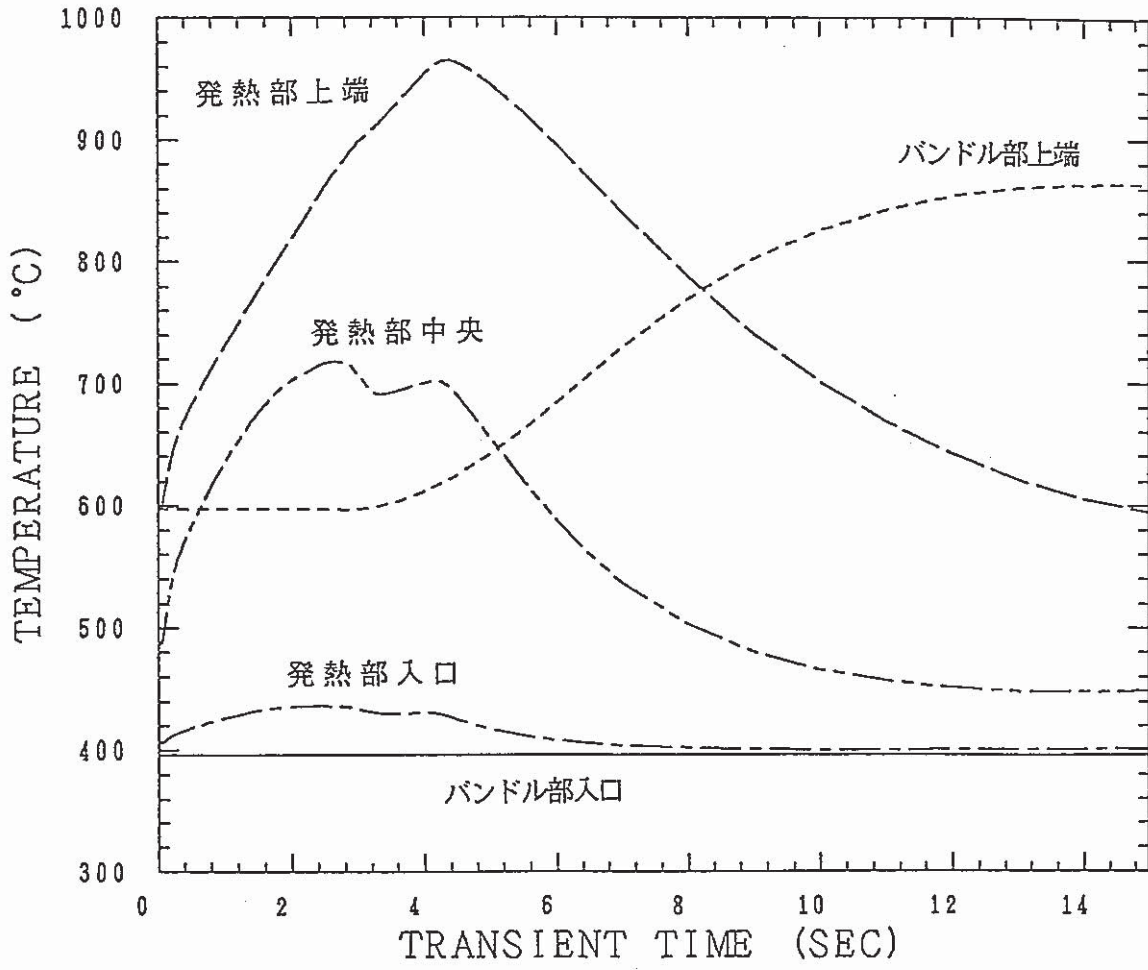


図4.4 試験体内各部のナトリウム温度

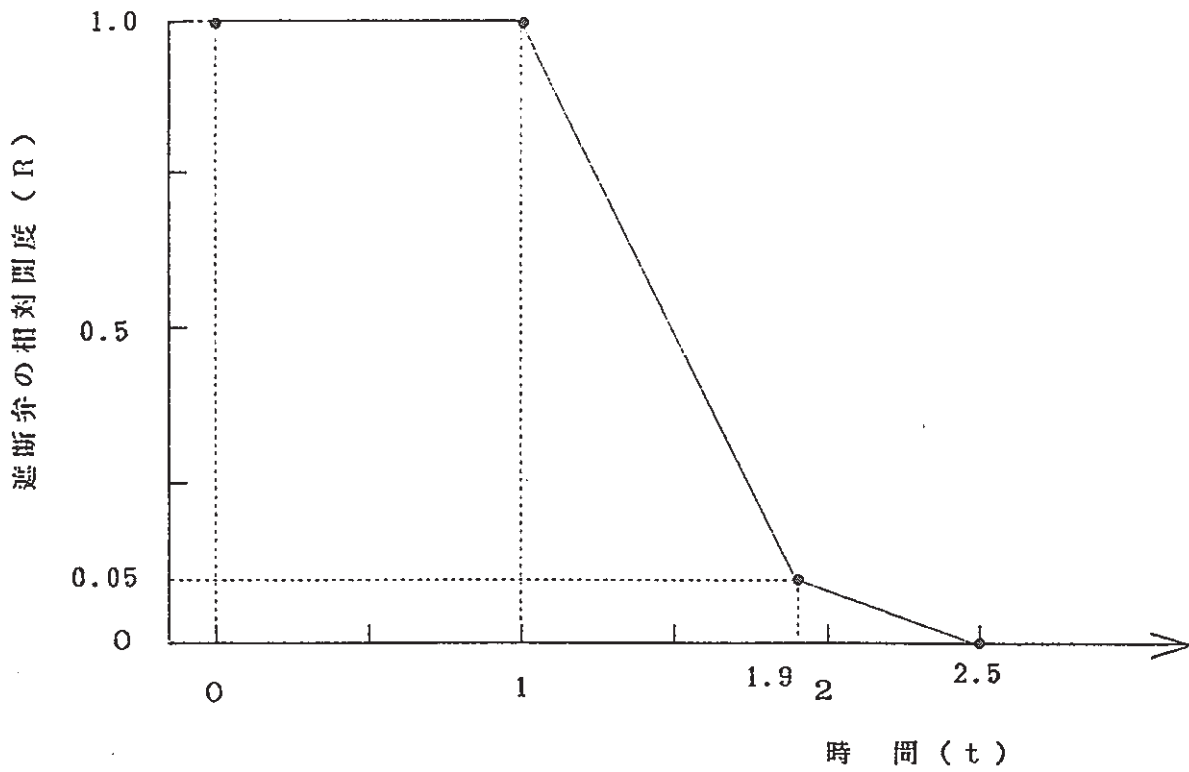


図 4.5 遮断弁の相対開度曲線 (0~2.5秒)

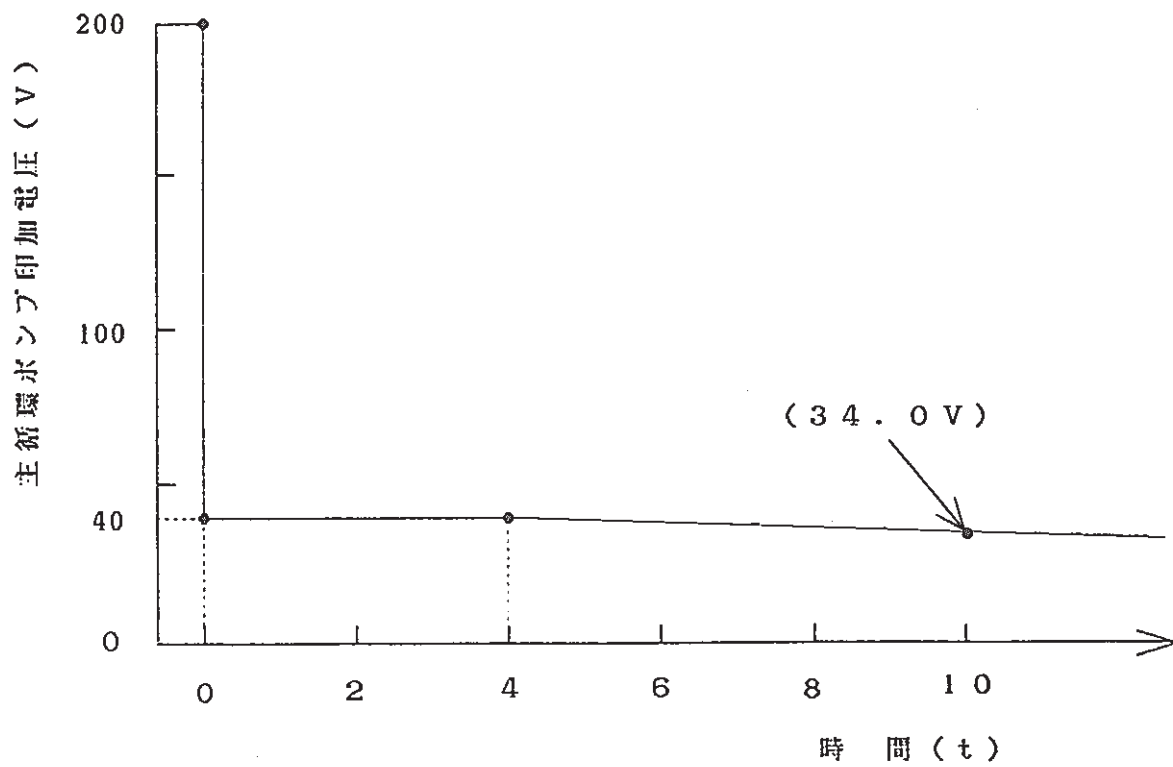


図 4.6 主循環ポンプ印加電圧 過渡変化曲線

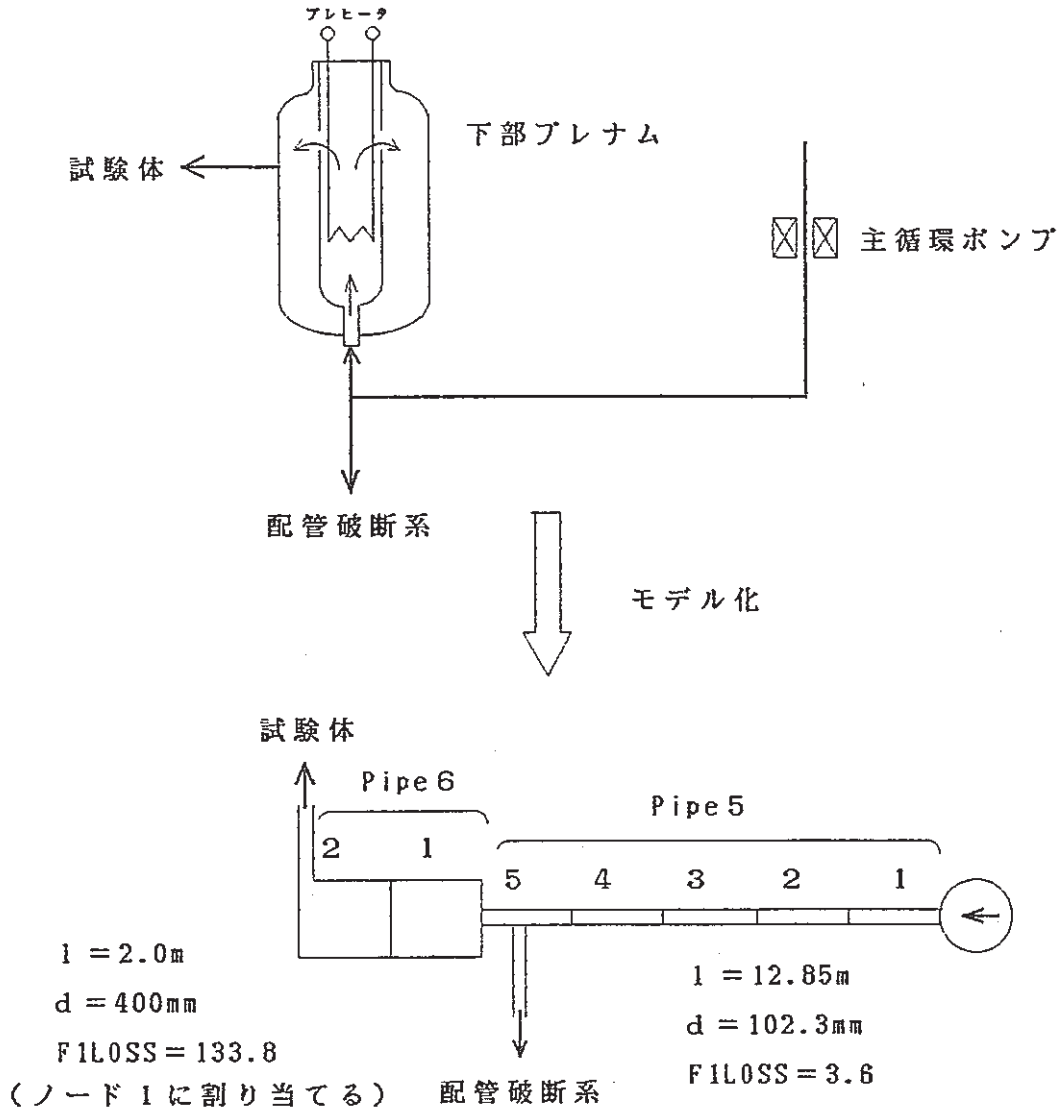


図 4.7 配管破断系取付位置モデル

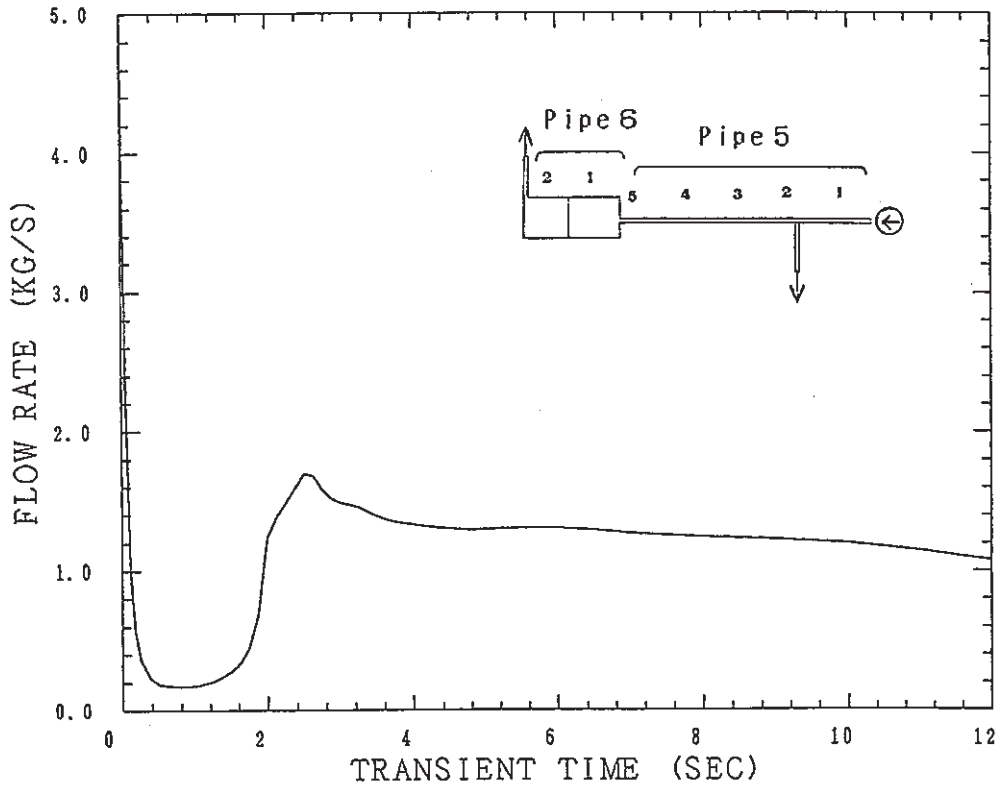


図 4.8 試験体入口流量 (ケース A01)

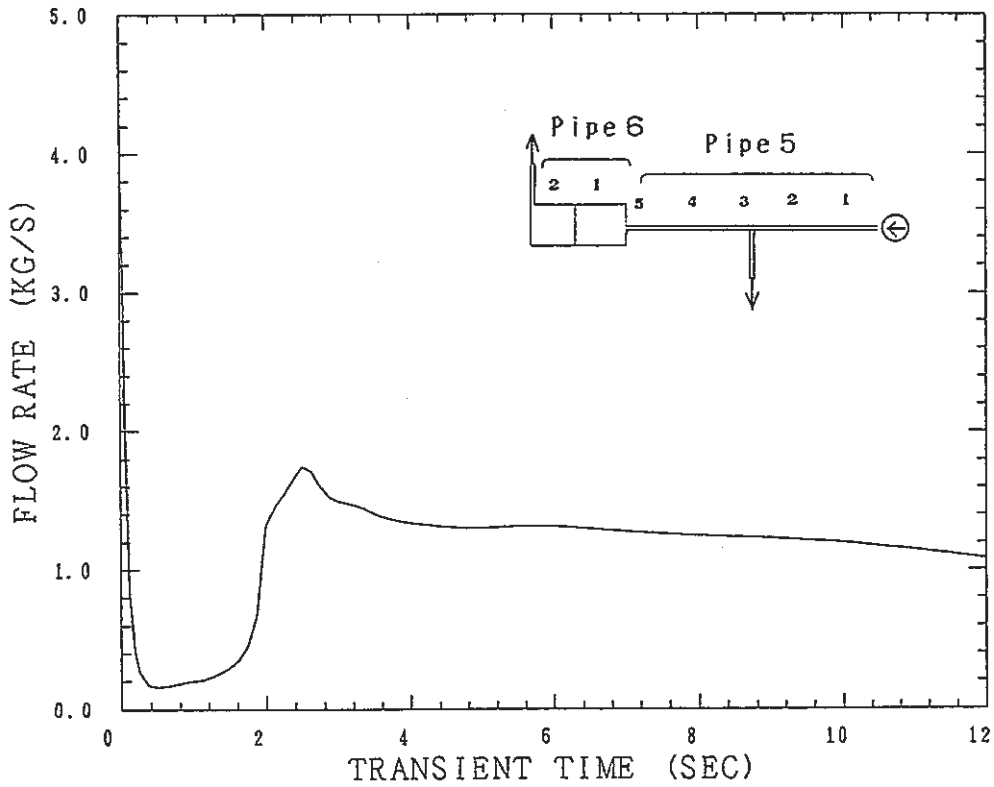


図 4.9 試験体入口流量 (ケース A02)

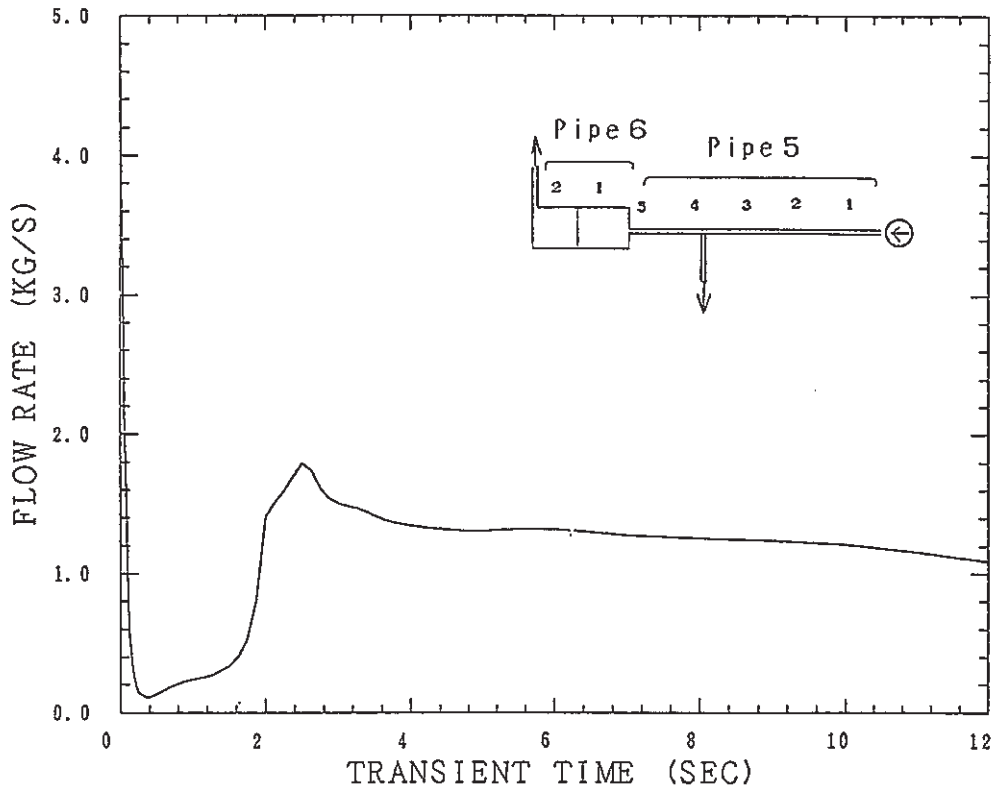


図 4.10 試験体入口流量 (ケースA03)

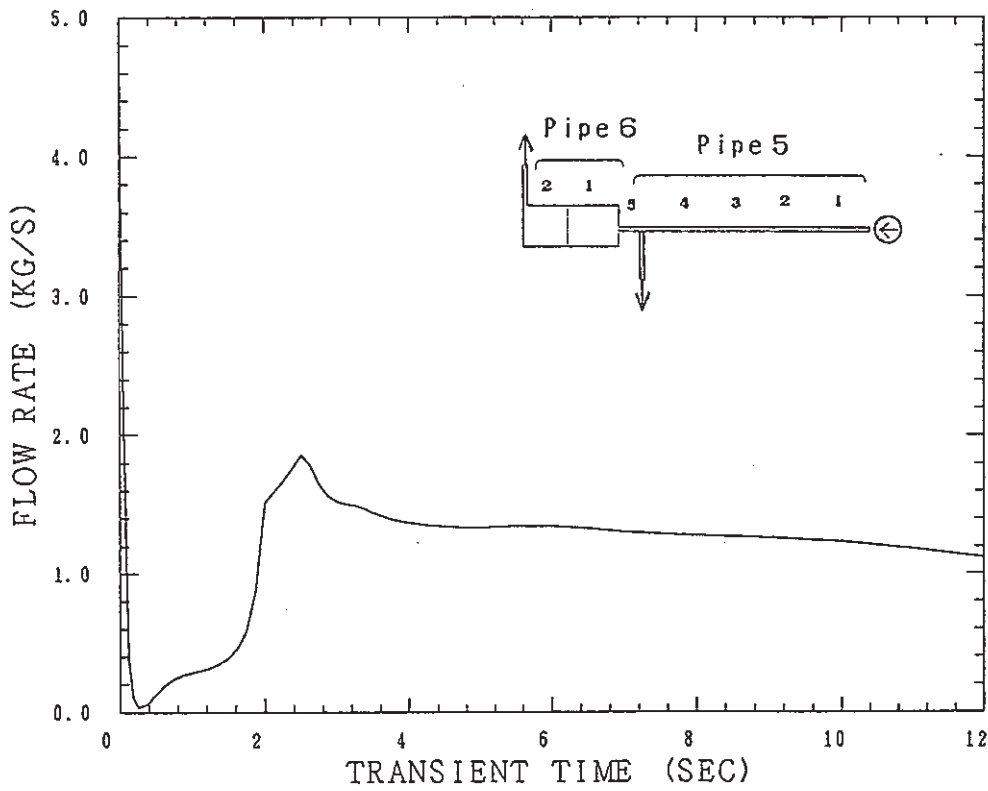


図 4.11 試験体入口流量 (ケースA04)

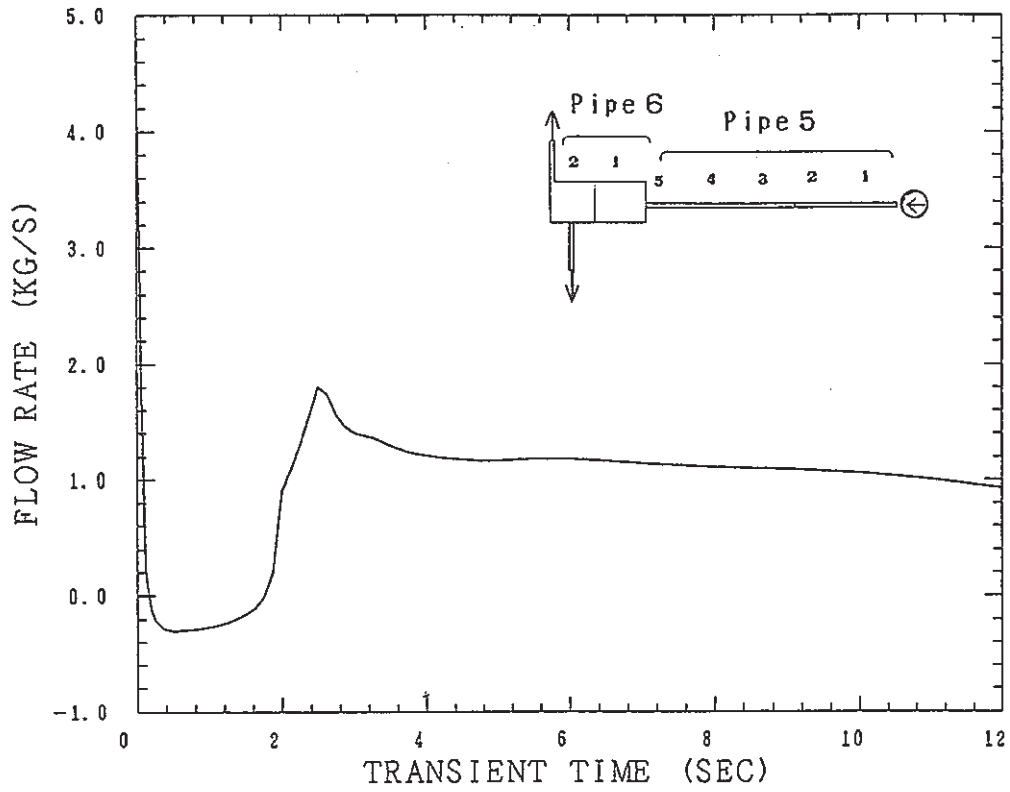


図 4.12 試験体入口流量 (ケース A05)

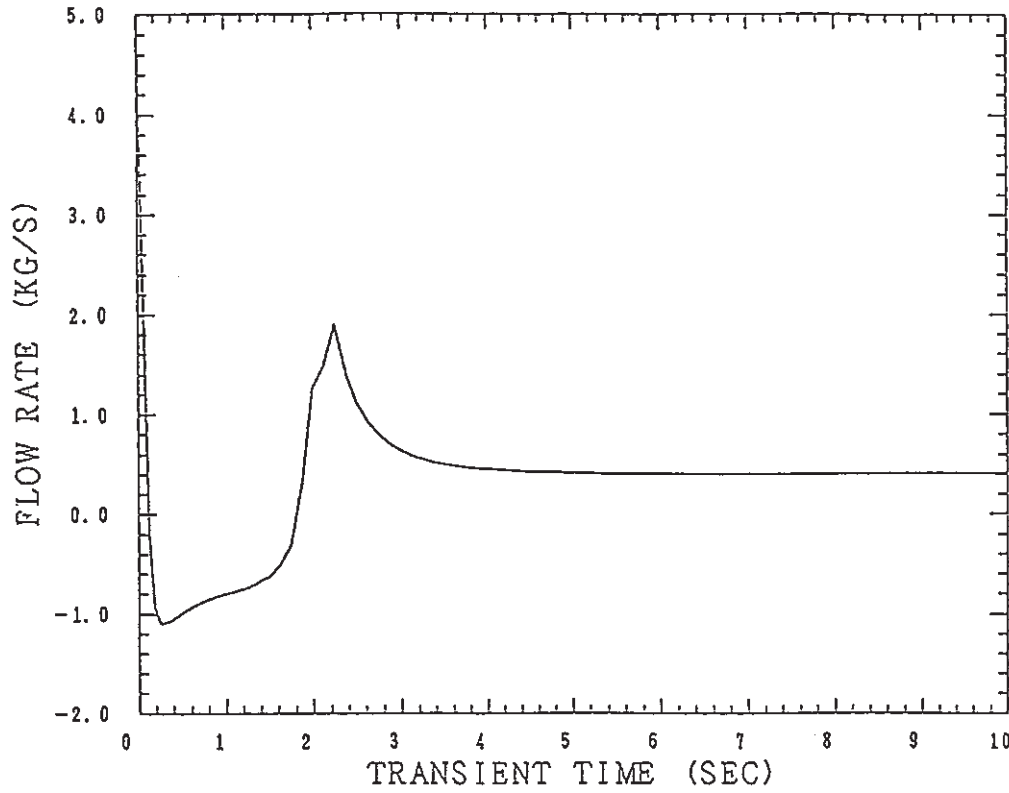


図 4.13 試験体入口流量 (ケース B01)

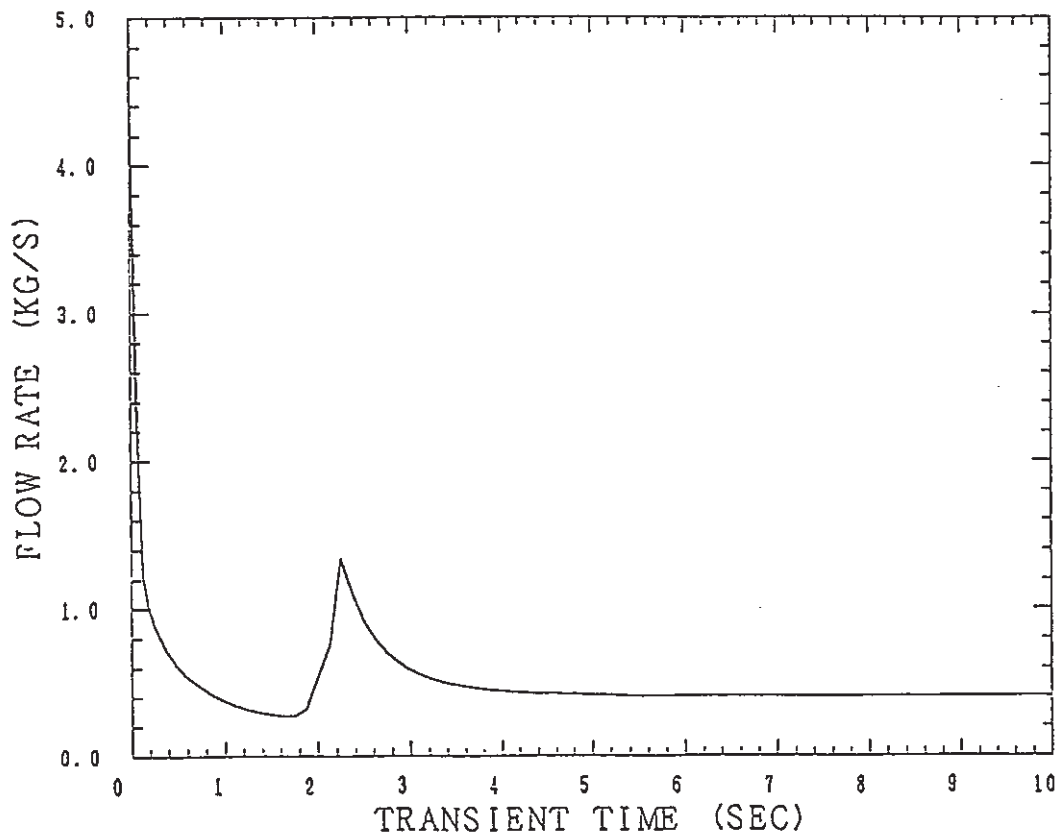


図 4.14 試験体入口流量 (ケース B04)

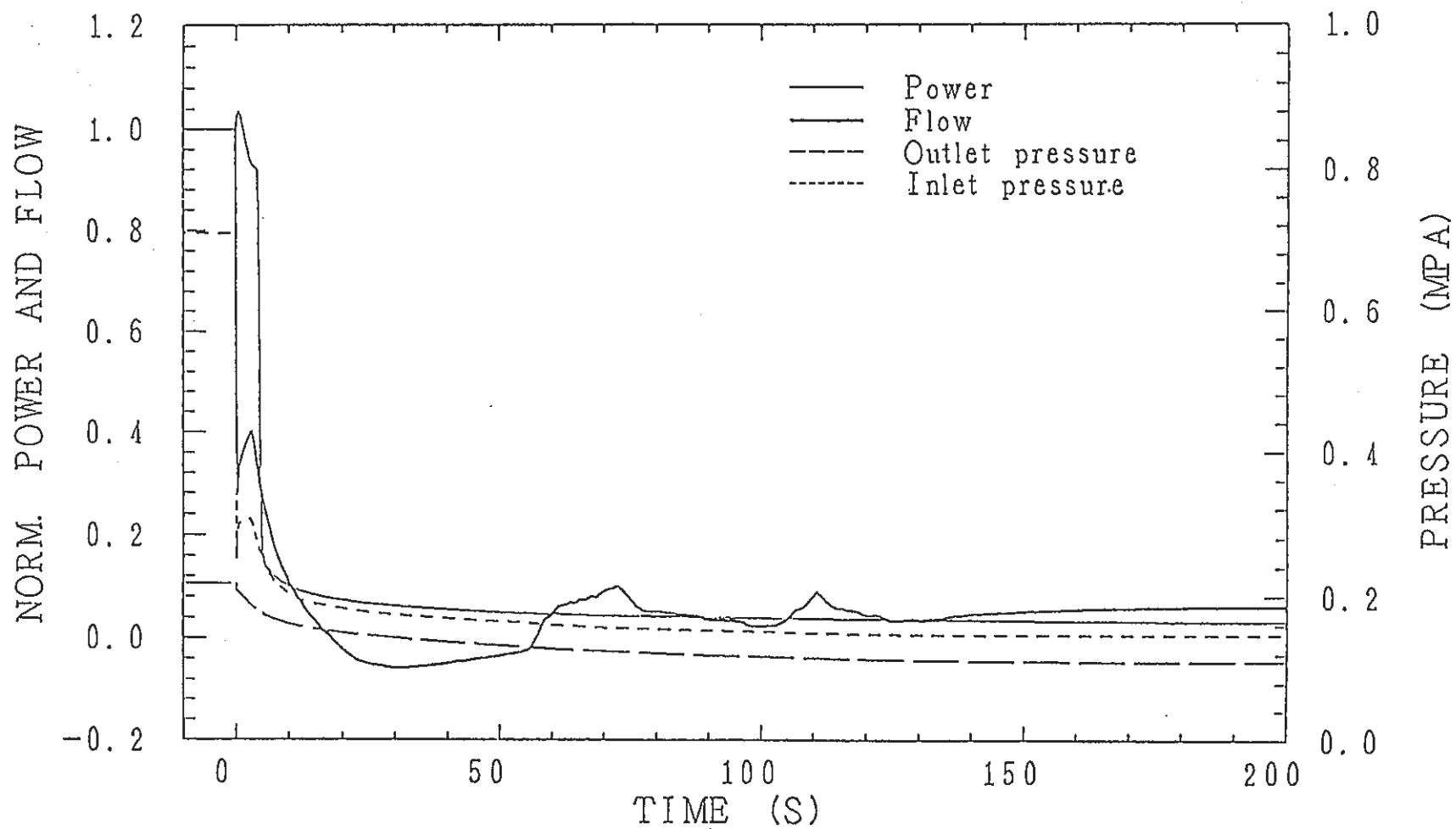


図 4.15 逆流を含む標準的目標カーブ

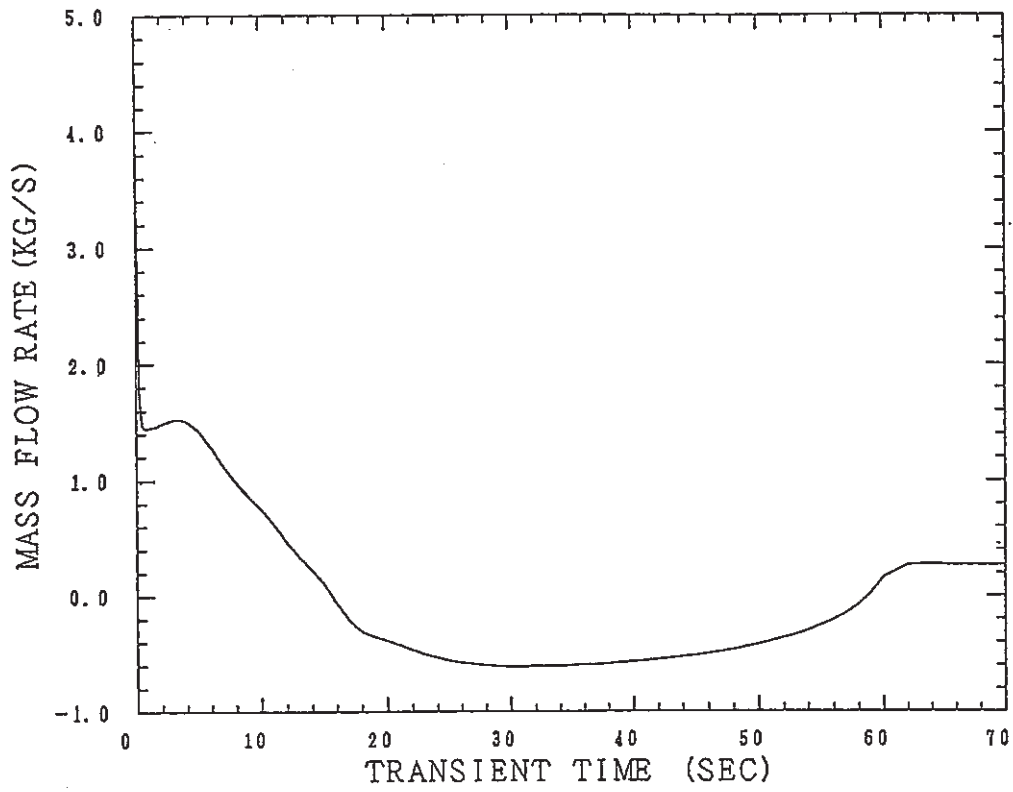


图 4.16 主循环系流量

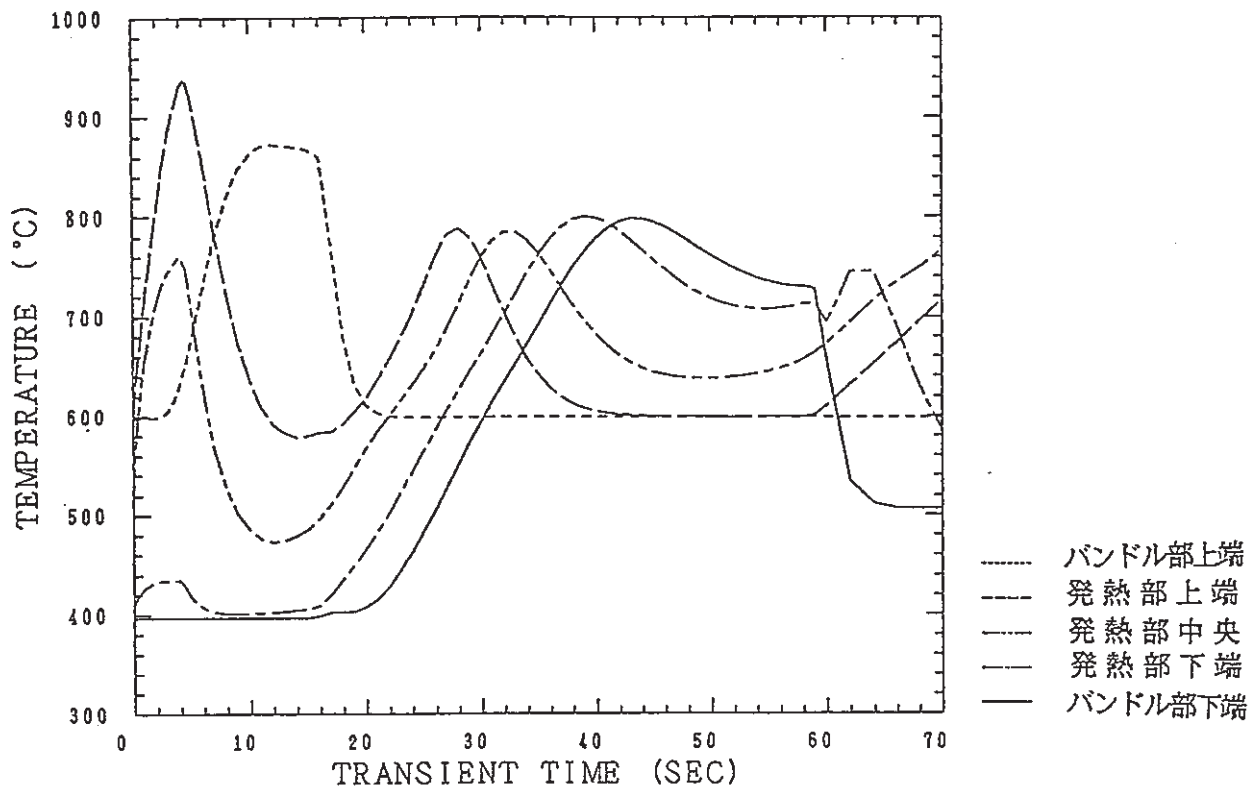


図4.17 試験体内各部のナトリウム温度

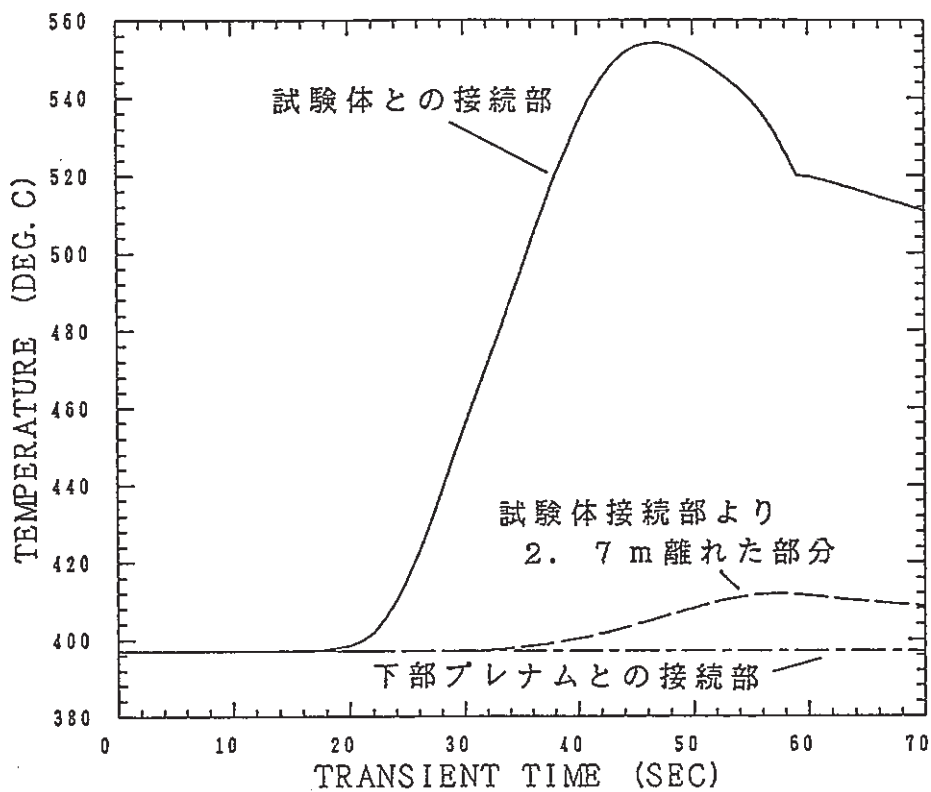


図4.18 試験体入口配管各部のナトリウム温度

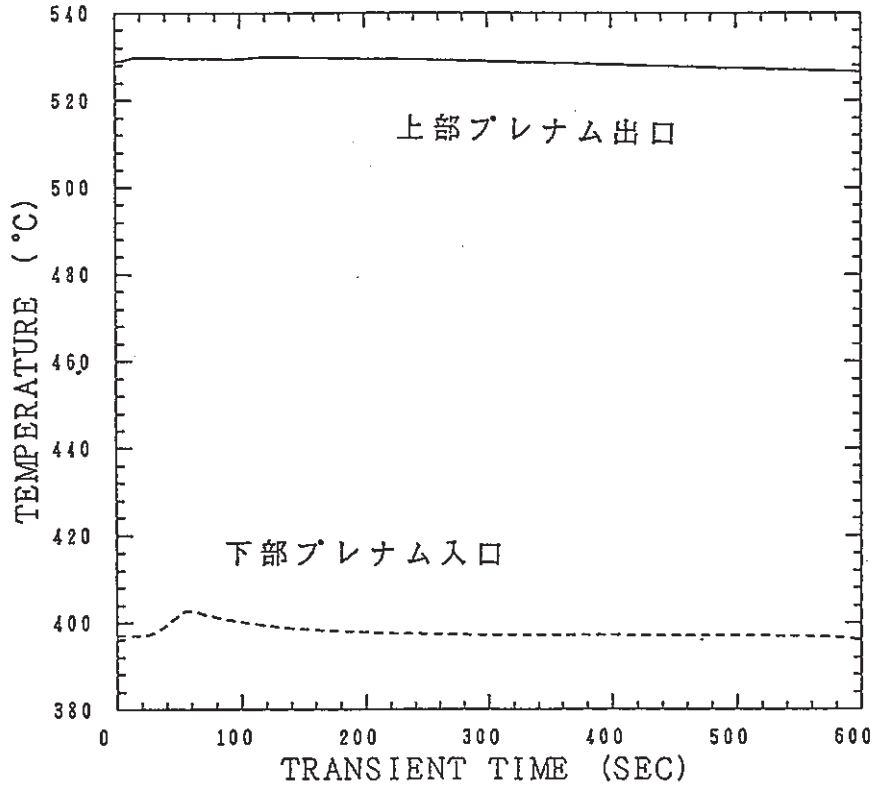


図 4.19 上部および下部プレナム出入口ナトリウム温度

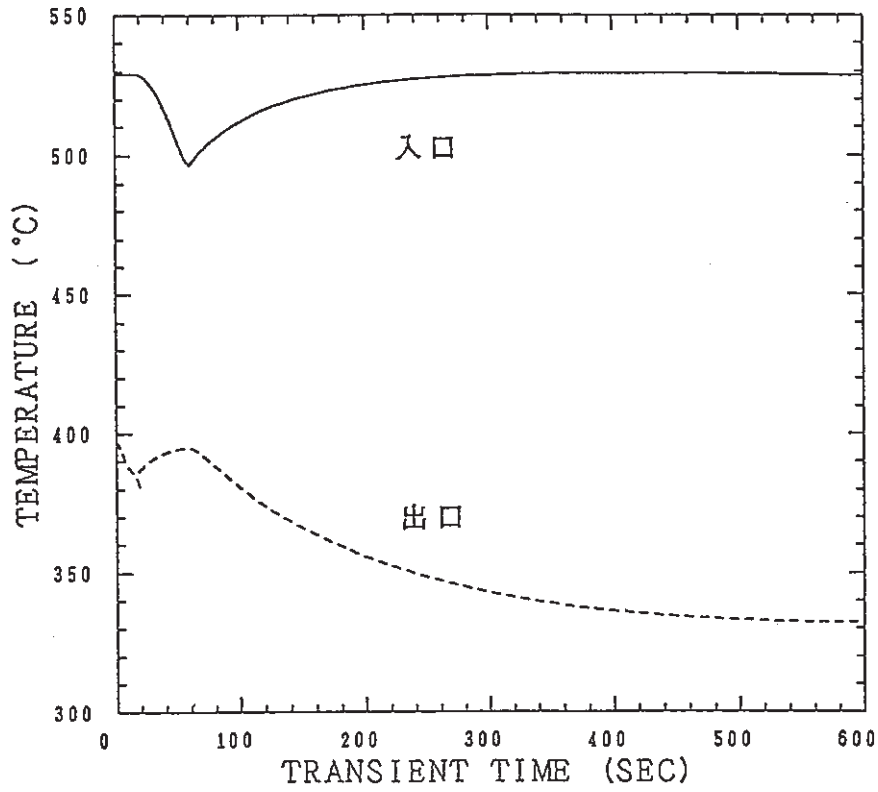


図 4.20 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度

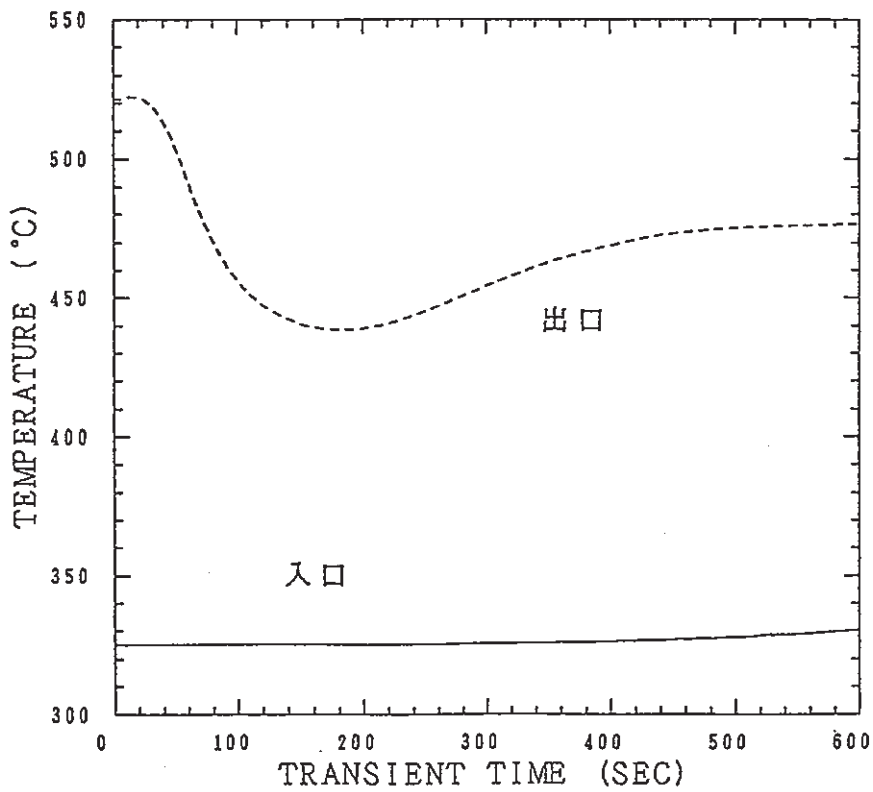


図 4.21 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度

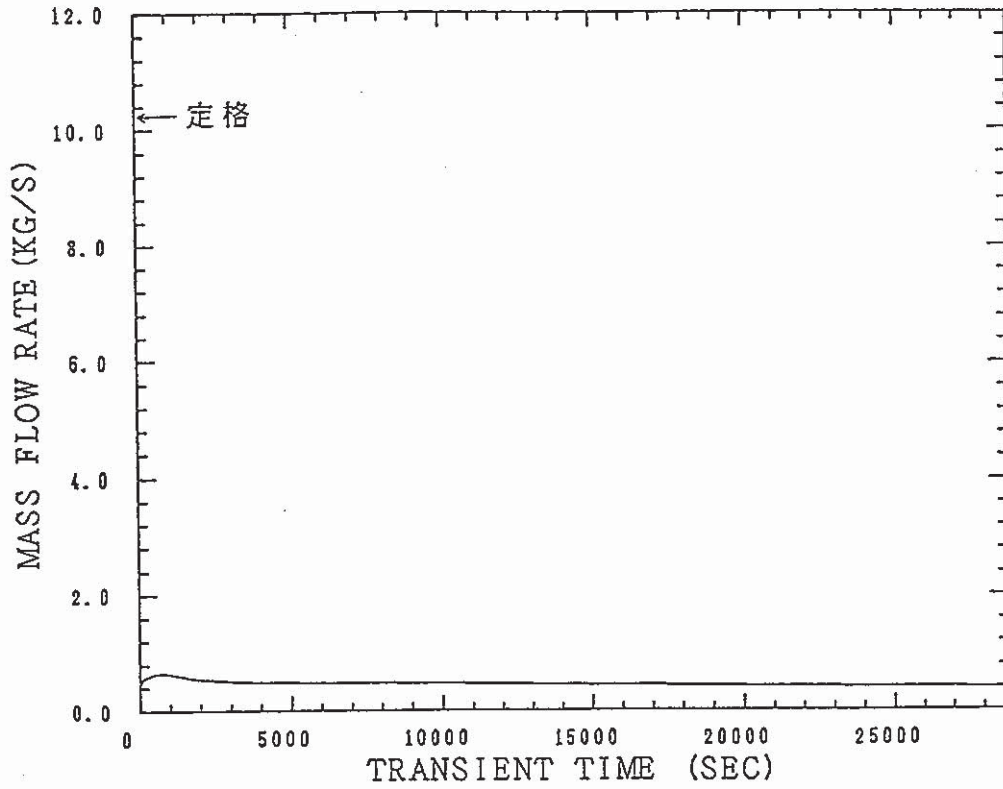


图 4.22 主循环系流量

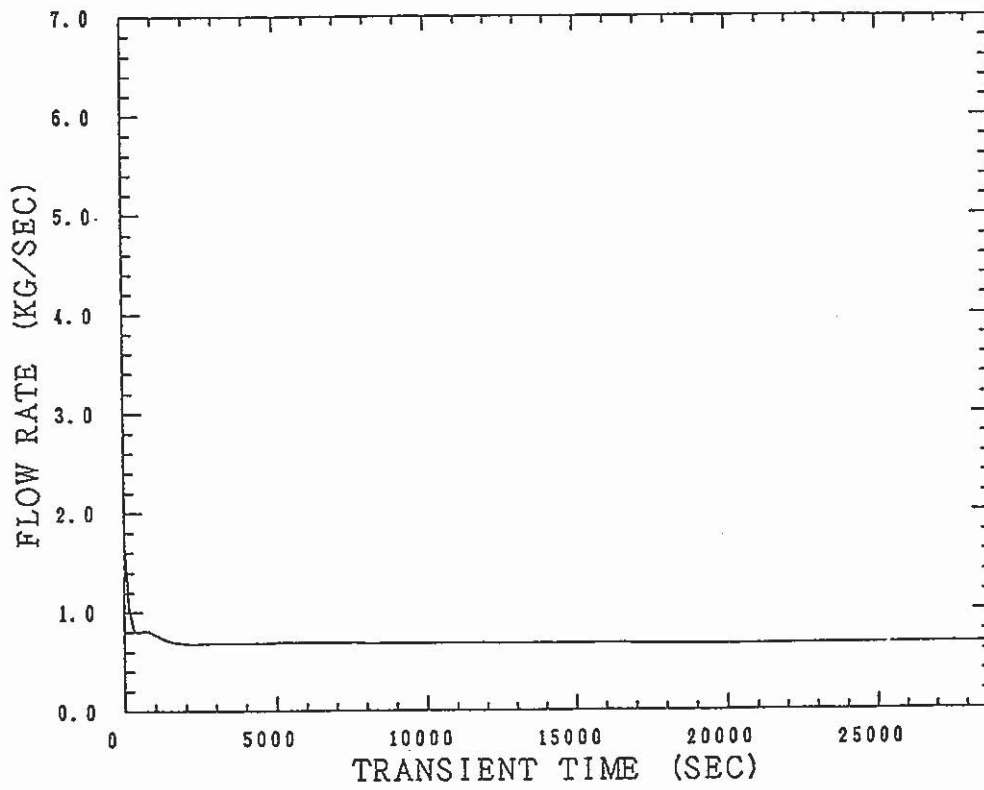


图 4.23 2次系流量

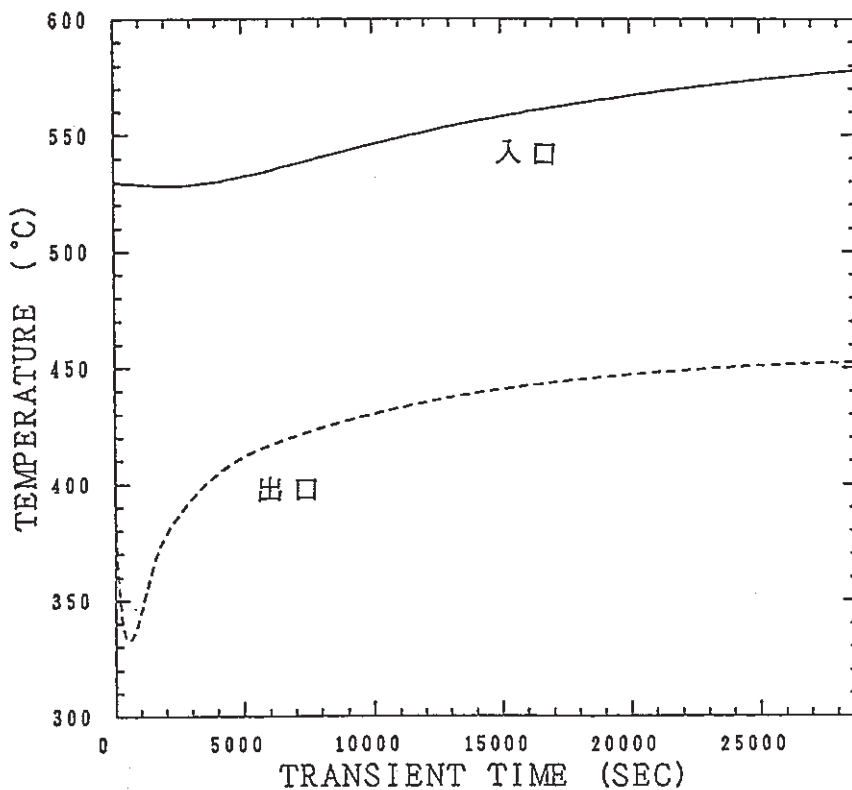


図 4.24 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度

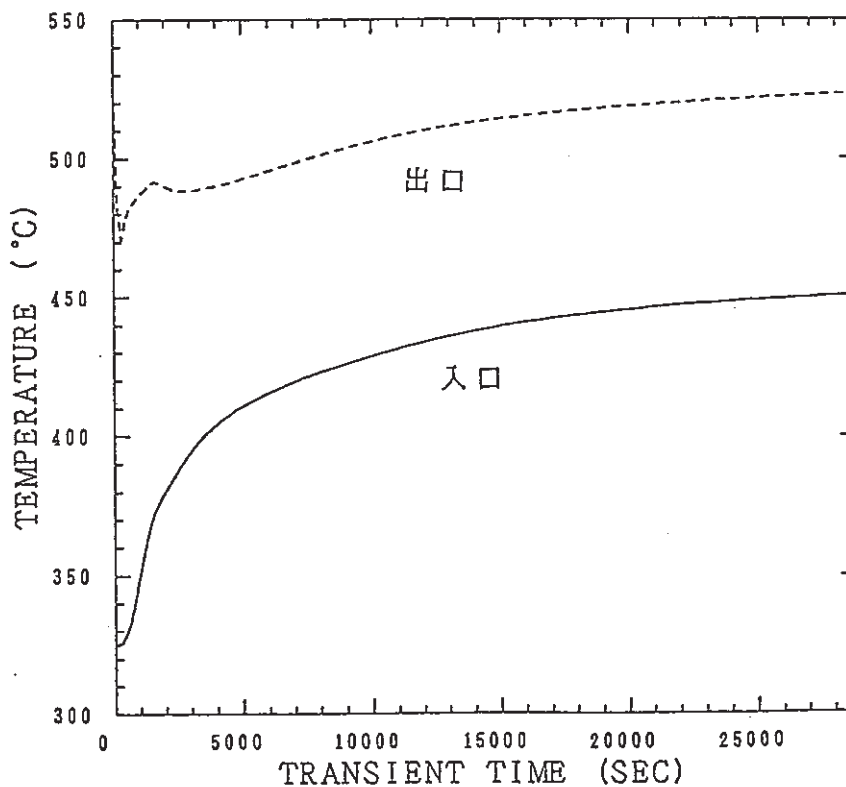


図 4.25 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度

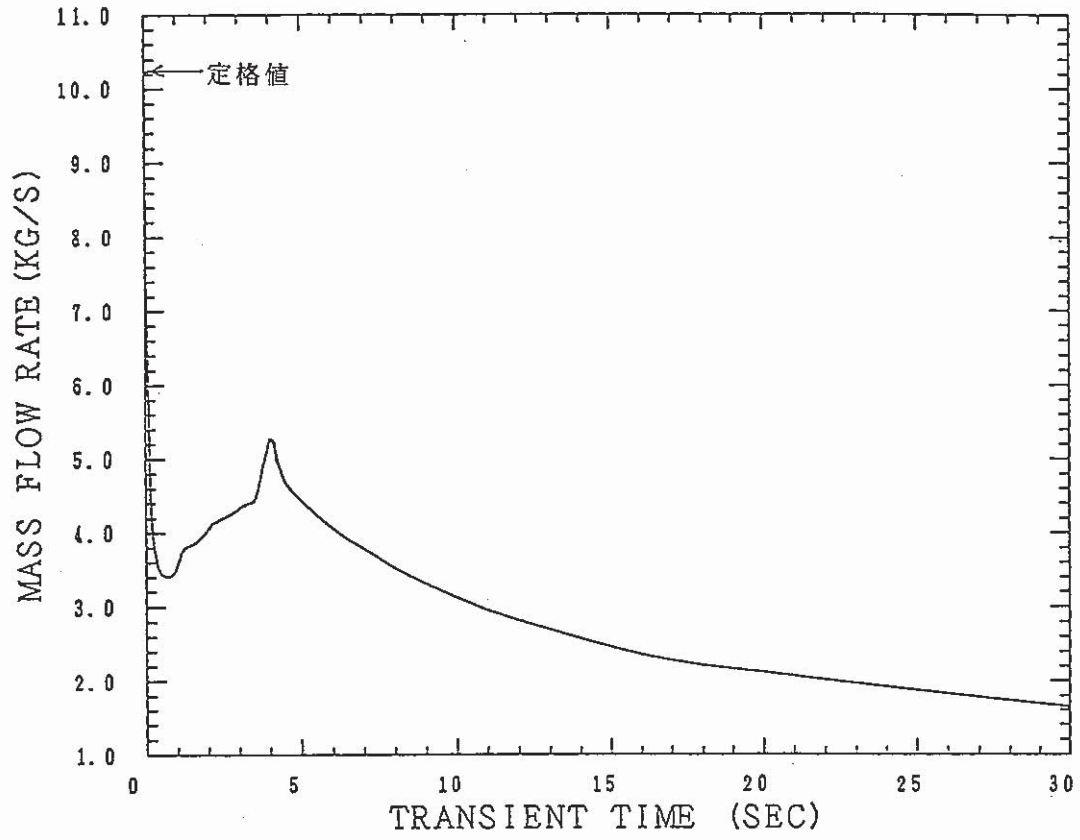


図4.26(a) 試験体入口流量 (0~30sec)

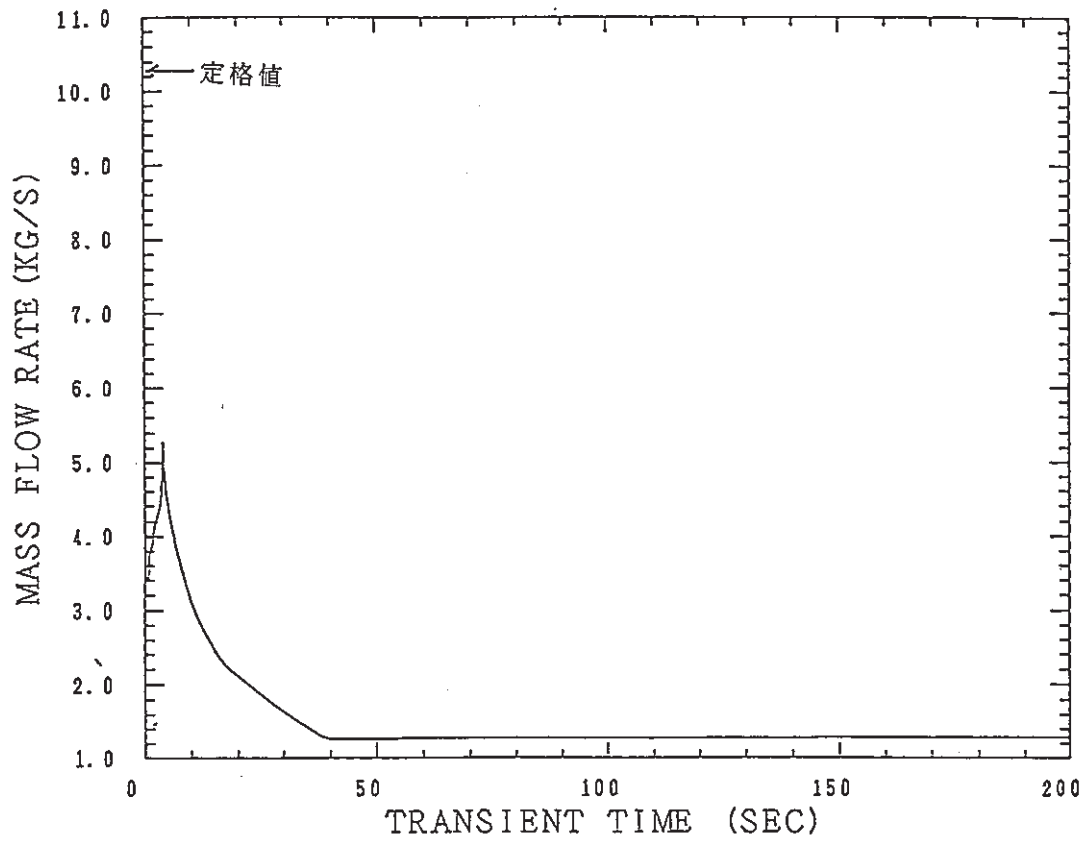


図 4.26(b) 試験体入口流量 (0 ~ 200sec)

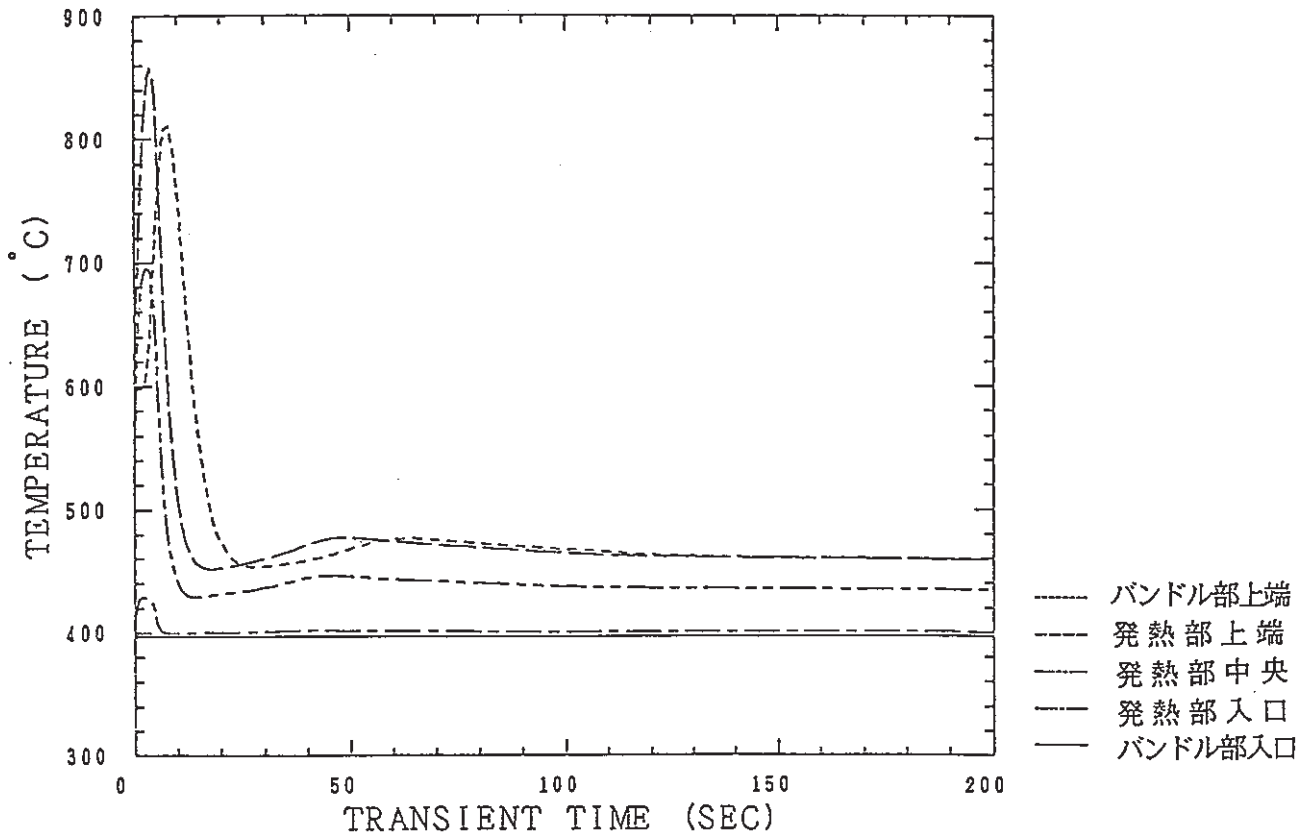


図4.27 試験体内各部のナトリウム温度

5. まとめと今後の課題

PLANDTLを用いた試験の解析を実施できるようにするために、SSC-Lのモデルの修正およびPLANDTL特有のモデルの追加を行い「PLANDTLバージョン」の作成を行った。これを用いてPLANDTLの設計段階からその過渡応答特性の解析評価を行った。設計段階における解析結果から、配管破断系を中心とする主循環系の設計に対して、PLANDTLでおこなうLOPI模擬試験時の急減する流量カーブを適切に再現できるよう機器構成およびその流動特性をチェックし、0.25秒で定格の約25%まで急減する流量カーブを模擬できることを確認した。また、最終的なプラントのデータを用いて、PLANDTLで計画されているLOPI模擬試験の予測解析を行った。その結果、計画されている逆流を含むLOPI模擬試験を行っても、施設に加わる熱過渡は設計範囲内にあり、設計条件であるループ設計温度625℃、試験体部設計最高温度950℃を越えないことを確認し、試験実施には問題がないことが示された。また、各部の温度や流量の過渡変化挙動の予測値が得られ、試験条件の設定のために必要な電磁ポンプ、緊急遮断弁などの運転条件を検討するためのデータが供された。

一方、今回の解析評価作業は、PLANDTLの設計から建設までの段階における予測解析であるので、設計値から一意的に決定できない圧損等のパラメータについては、標準的な値を暫定的に設定している。

今後は、コードの検証および実験解析を進めてゆくために、次のようなステップで作業を進めて行く計画である。

- ① 圧損、伝熱等に関し単体効果試験により、設計値からは決定できないパラメータや各種相関式の決定を行う。
- ② 主循環ポンプ等の制御系を使用した単体過渡特性試験により、①のパラメータを検証し、動特性に係わるモデルの改良、検証を行う。
- ③ 各種の過渡試験の予測解析を行い、運転方法や試験条件の決定を行う。

このような検証過程により得られた知見により、実機評価を行ってゆく。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、SSC-Lの修正作業においては、原子炉工学室の山口彰副主任
任 研究員および吉川信治研究員の助言と協力がありました。PLANDTLの設計作業には、同
じく磯崎正氏、菊地栄氏、磯崎三喜男氏（現高速炉安全工学室）、西山芳弘氏および松山
信司氏らの協力がありました。また、柴室長をはじめとする原子炉工学室員の方々には、
伝熱流動に関する有益な助言を頂きました。これらの方々には、ここに深く感謝します。

参考文献

- (1) 安全工学部高速増殖炉工学室編、「プラント過渡応答試験計画書」、
PNC SN9440 86-002, 1986. 12.
- (2) 山口彰、他、「SSC-L：ループ型高速炉システムコード モデル開発・改良と利
用マニュアル」、PNC N9410 87-143, 1987. 10.
- (3) Guppy, J. G., "Super System Code (SSC, Rev. 2) An Advanced ThermoHydraulic
Simulation Code for Transients in LMFBRs", NUREG/CR-3169, BNL-NUREG-51650,
April 1983
- (4) 斉藤利二、他、「プラント過渡応答試験(1) 試験施設概要」、(動燃報告書発行予
定)
- (5) 大岩章夫、他、「SSC-Lによるプラント過渡応答試験予備解析」、
PNC SN9410 86-019, 1986. 3.
- (6) 山口彰、他、「SSC-Lによる「もんじゅ」自然循環の解析」、(動燃報告書予定)

付 録 1 PLANDTL解析のための入力データ

1. 入力データ

(1) 空気冷却器モデル

NAMELIST名 ACS
 DPACS Pa 重力ヘッドを含めた空気冷却器出入口差圧
 他は、IRACSモデルと同じ。

(2) 試験体入口配管熱輸送モデル

NAMELIST名 INLA
 N6N - 試験体入口配管の軸方向ノード分割数
 (K) (K=1, N6CHAN)
 X6P m 試験体入口配管の長さ
 (K) (K=1, N6CHAN)
 Y6P m 試験体入口配管の内径
 (K) (K=1, N6CHAN)
 Y6T m 試験体入口配管壁の厚さ
 (K) (K=1, N6CHAN)

(3) 電磁ポンプモデル

NAMELIST名 PMPD0
 TPUM1 sec 主循環系ポンプ運転に関する時間データ
 (K) (K=1, N ; N ≤ 20)
 VPUM1 V 主循環ポンプ印加電圧
 (K) (K=1, N ; N ≤ 20)
 BPUM1 - 主循環ポンプの特性を表わす係数
 (I, J) (I=1, 3 , J=1, 3)
 TPUM2 sec 二次系ポンプ運転に関する時間データ
 (K) (K=1, N ; N ≤ 20)

| | | |
|--------|---|-------------------|
| VPUM2 | V | 二次系ポンプ印加電圧 |
| (K) | | (K=1, N ; N ≤ 20) |
| BPUM2 | — | 二次系ポンプの特性を表わす係数 |
| (I, J) | | (I=1, 3 , J=1, 3) |

(4) PLANDTL用配管破断系モデル

| | | |
|-----------|----------------|----------------------------------------------------------------|
| NAMELIST名 | BAREAO | |
| X4PIPE | m | 配管破断系の配管長さ |
| Y4PIPE | m | 同 配管の内径 |
| H4LENG | m | 配管破断系の主循環系への取付部とバッファタンク内の開口部とのエレベーション差 |
| A4BUFF | m ² | バッファタンクの水平方向の平均内断面積 |
| V4BUFF | m ³ | バッファタンク容積 |
| NBDAT | — | 遮断弁開度を表わす時刻歴データの数 (≤ 20) |
| T1AREA | sec | 時間データ：最後のデータは、次の F1AREA=0 となる |
| (K) | | 時間 (K=1, NBDAT+1) |
| F1AREA | — | 遮断弁の相対開度：最後の二つのデータは、0.0にしておく (K=1, NBDAT) |
| (K) | | |
| F1BREK | — | 配管破断系の形状圧損係数 $\Delta P = f W^2 / 2 \rho A^2$ (Pa) の f を入力する |
| P9ATM | Pa | バッファタンクの初期内圧 |

(5) 上部プレナム補助系熱輸送モデル

| | | |
|-----------|--------|------------------------------------------|
| NAMELIST名 | UPACSO | |
| NSTAB | — | 流量、加熱器出力および冷却器除熱量の運転データの時刻歴データの数 (≤ 20) |
| STABLE | sec | 時間データ |
| (K) | | (K=1, NSTAB) |
| WUPAC | kg/sec | 流量 |
| (K) | | (K=1, NSTAB) |

| | | |
|--------|-----------------------|--------------------------------|
| QUAC | W | 空気冷却器からの除熱量 |
| (K) | | (K=1, NSTAB) |
| QUHEAT | W | 加熱器出力 |
| (K) | | (K=1, NSTAB) |
| B3ACMC | J/K | 空気冷却器の全熱容量 |
| V3AC | m ³ | 空気冷却器ナトリウム容積 |
| H3ACUA | W/(K*m ²) | ナトリウムから空気冷却器構造材への熱伝達率 |
| B3HTMC | J/K | 加熱器の全熱容量 |
| V3HT | m ³ | 加熱器ナトリウム容積 |
| H3HTUA | W/(K*m ²) | ナトリウムから加熱器構造材への熱伝達率 |
| N3PIPS | — | 上部プレナム補助系の配管の数 (流れの上流側から番号をうつ) |
| L3AC | — | 空気冷却器の上流側にある配管番号 |
| L3HEAT | — | 加熱器の上流側にある配管番号 |
| N3UPA | — | 各配管のノード分割数 |
| (K) | | (K=1, N3PIPE) |
| X3UPA | m | 各配管の長さ |
| (K) | | (K=1, N3PIPE) |
| Y3UPA | m | 各配管の内径 |
| (K) | | (K=1, N3PIPE) |
| Y3TUP | m | 各配管壁の厚さ |
| (K) | | (K=i, N3PIPE) |

(6) 反応度効果模擬係数

NAMELIST名 REACT

F5RTM — 反応度温度効果模擬制御の係数 α

$$\rho_{PDL} = \alpha \Delta T$$

ΔT : 上部プレナム (下部) 温度の初期値からの差

2. ネームリスト入力例

```

&ACS ← 空気冷却器モデル
S2DACS = 0.0,
S2BVOP = 1.0E9,
S2STRT = 0.0,
H2ACSO = 0,
T2CHST = 0.0,
S2LHTS = 999999.0,
F1ORGN = 0.0,
F1FINL = 1.0,
HTABLE = 20,
TIHTAB = 0.0, 1.0, 21.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0,
100.0,120.0,130.0,140.0,150.0,160.0,170.0,180.0,190.0,2000.0,
FLWTAB = -15.1030, -15.103, -15.903, -15.503, -15.503, -15.503,
-15.503, -15.503, -15.503, -15.503, -15.503, -15.503,
-15.503, -15.503, -15.503, -15.503, -15.503, -15.503,
TEMTAB = 303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
LOADBA = 1,
A2STCK = 1.0,
T2AIRE = 303.15,
T2AORE = 479.15,
T2A1IC = 303.15,
T2A0IC = 479.15,
W2AREF = -15.103,
S2LOAF = 0.0,
T2NIRE = 778.15,
T2NORE = 598.15,
W2NREF = 7.2,
P2AREF = 999.0,
H2STCK = 0.0,
TAU2 = 5.0,
F2STC1 = 0.0,
AOCROS = 8.90274E-3, 1.57077, 2.03357E-2,
DOWET = 1.60410, 122.383,
XONODE = 0.357, 4.230E-2, 0.357,
WTHICK = 2.5E-3,
VOOLUM = 6.98407E-3, 6.98407E-3, 1.06128, 1.87847,
DPACS = -9.06222E2
&END
&NOIHX ← 熱輸送系異常解析用モデル
S9LOHS = 999999.0,
S9PHSP = 999999.0
S9HOSG = 999999.0
&END
&INLA ← 試験体入口配管熱輸送モデル
N6N = 7, 7, 5,
X6P = 13.4591, 13.4591, 9.647,
Y6P = 0.1063, 0.1063, 0.1063,
Y6T = 4.0E-3, 4.0E-3, 4.0E-3
&END
&PMPD10 ← 電磁ポンプモデル
TPUM1 = 0.0, 0.10, 2.0, 3.7, 3.9, 4.0, 4.1, 4.5, 6.0, 8.0,
12.0, 16.0, 20.0, 24.0, 30.0, 40.0, 50.0, 70.0,300.0,1000.0,
VPUM1 = 200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,
200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,
BPUM1 = 0.0, 0.0, 0.0,
-1.67E-3, 1.80E-6, -2.19E-9,
3.28E-4, -6.70E-8, -1.35E-11,
TPUM2 = 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0,
10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0,300.0,1000.0,
VPUM2 = 200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,
200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,200.0,
BPUM2 = 0.0, 0.0, 0.0,
-7.64E-5, -1.31E-6, -2.12E-9,
1.39E-4, -2.52E-8, -1.11E-11,
&END
&BAREAO ← PLANDTL用配管破断系モデル
X4PIPE = 5.3,
Y4PIPE = 0.1063,
H4LENG = 2.80,
A4BUFF = 0.20,
V4BUFF = 0.150,
NBOAT = 6,
TIAREA = 0.0, 4.0, 4.02, 19.08, 19.2, 98.0, 19.2,
FIAREA = 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 0.0, 0.0,
FI8REK = 8.840682E2,
P9ATH = 1.55550000E5,

```

```

&END
&UPACSO ← 上部プレナム補助系熱輸送モデル
NSTAB = 10,
STABLE = 0.0, 1.0, 2.0, 30.0, 50.0, 100.0, 200.0, 500.0, 1000.0,
2000.0,
WUPACS = 6.5, 6.5, 6.5, 6.5, 6.5, 6.5, 6.5, 6.5, 6.5, 6.5,
QUAC = 0.0E1, 0.0E1, 0.0E1, 0.0E1, 0.0E1, 0.0E1, 0.0E1, 0.0E1,
0.0E1, 0.0E1, 0.0E1,
QUHEAT = 5.4E5, 5.4E5, 5.4E5, 5.4E5, 5.4E5, 5.4E5, 5.4E5, 5.4E5,
5.4E5, 5.4E5, 5.4E5,
B3ACMC = 8.34473E4,
V3AC = 2.11343E-2,
H3ACUA = 1.62E4,
B3HTHC = 6.27032E5,
V3HT = 0.67,
H3HTUA = 1.62E4,
N3PIPS = 3,
L3AC = 1,
L3HEAT = 2,
N3UPA = 4, 5, 3,
X3UPA = 6.9198, 9.7458, 6.006,
Y3UPA = 3=0.0535,
Y3TUP = 3=3.5E-3
&END
&PWHR ← 熱輸送配管壁から周辺雰囲気への放熱モデル
L1PWHR = 1,
L2PWHR = 1,
Y1TI = 7=0.15,
Y2TI = 6=0.15,
T1A = 300.0,
T2A = 300.0,
F1EMXP = 1.0E-8,
ITRMAX = 50,
F1B0 = 0.0,
F2B0 = 0.0,
B1GS = 100.0,
B2GS = 100.0
&END
&REACT ← 反応度効果模擬係数
FSRTH = 0.0
&END

```

付 録 2 コレクションセットソースリスト

```

*/ ***** 00010000
*/ ***** 00020019
*/ *** ENERGY TRANSPORTATION AT *** 00030019
*/ * TEST SECTION INLET PIPES * 00040006
*/ * 00050018
*/ * CODED BY OIWA A. * 00060018
*/ *** OCT. 1986 *** 00070019
*/ ***** 00080019
*/ ***** 00090000
*ID INLPIP 00100017
*/ ***** 00110017
*/ * INPUT DESCRIPTION * 00120017
*/ * 00130017
*/ * 00140017
*/ * INPUT VARIABLES ARE READ BY NAMELIST STATEMENT * 00150017
*/ * 00160017
*/ * NAMELIST DATA SET MUST BE ALLOCATED TO SYSTEM NO. 4 * 00170017
*/ * 00180017
*/ * NAMELIST INPUT NAME : INLA * 00190017
*/ * 00200017
*/ * VARIABLES : * 00210017
*/ * 00220017
*/ * N6N ; NUMBER OF AXIAL NODE * 00230017
*/ * X6P ; LENGTH OF PIPE * 00240017
*/ * Y6P ; INNER DIAMETER OF PIPE * 00250017
*/ * Y6T ; WALL THICKNESS OF PIPE * 00260017
*/ * 00270017
*/ * NUMBER OF EACH VARIABLE MUST BE EQUAL TO * 00280017
*/ * NUMBER OF CHANNEL (N6CHAN) * 00290017
*/ * 00300017
*/ ***** 00310017
*/ ***** 00320000
*/ = C O M M O N D E C K = 00330000
*/ ***** 00340000
*CD INLDAT 00350000
COMMON /INLP6I/ IX6PIP, IY6PIP, IY6THI, IN6NOD,
& IA6PIP, IA6WAL, IB6WAL, IV6OLN, IF6THI,
& IT6PWA, IT6WAL, IT6NA, IE6PHA, IE6NA,
& IL6PIP, IL6NOD
COMMON /INLP6L/ LX6PIP, LY6PIP, LY6THI, LN6NOD,
& LA6PIP, LA6WAL, LB6WAL, LV6OLN, LF6THI,
& LT6PWA, LT6WAL, LT6NA, LE6PHA, LE6NA,
& LL6PIP, LL6NOD
DIMENSION X6PIPE(1), Y6PIPE(1), Y6THIK(1), N6NODE(1),
& A6PIPE(1), A6WALL(1), B6WALL(1), V6OLHA(1), F6THIK(1),
& T6PWAL(1), T6WALL(1), T6NA(1), E6PNA(1), E6NA(1),
& L6PIPE(1), L6NODE(1)
EQUIVALENCE ( C9VDIH(1),
& X6PIPE(1), Y6PIPE(1), Y6THIK(1), N6NODE(1),
& A6PIPE(1), A6WALL(1), B6WALL(1), V6OLHA(1), F6THIK(1),
& T6PWAL(1), T6WALL(1), T6NA(1), E6PNA(1), E6NA(1),
& L6PIPE(1), L6NODE(1) )
COMMON /DAT6IJ/ J6REF, I6REF
COMMON /INLPR/ N6N(20), X6P(20), Y6P(20), Y6T(20)
*/ ***** TEMPORARY CRDR9R ***** 00550000
*INSERT CRDR9R.18 00560000
*CALL INLDAT 00570000
NAMELIST /INLA/ N6N, X6P, Y6P, Y6T 00580000
*BEFORE CRDR9R.128 00590000
READ(4,INLA) 00600000
*/ ***** 00610006
*/ * 00620006
*/ * CURRENT CODING ASSUMES THAT * 00630017
*/ * NUMBER OF PIPE IN EACH CHANNEL IS ONE * 00640006
*/ * 00650006
*/ ***** 00660006
*/ ***** READ7R ***** 00670000
*INSERT READ7R.28 00680000
*CALL INLDAT 00690000
*INSERT READ7R.127 00700000
LX6PIP = N6CHAN 00710000
IX6PIP = NPNT9U(8H X6PIPE,LX6PIP,H4) 00720000
LY6PIP = N6CHAN 00730000
IY6PIP = NPNT9U(8H Y6PIPE,LY6PIP,H4) 00740000
LY6THI = N6CHAN 00750000
IY6THI = NPNT9U(8H Y6THIK,LY6THI,H4) 00760000
LN6NOD = N6CHAN 00770000
IN6NOD = NPNT9U(8H N6NODE,LN6NOD,H2) 00780000
LL6PIP = N6CHAN 00790000
IL6PIP = NPNT9U(8H L6PIPE,LL6PIP,H2) 00800000

```

試験体入口配管
熱輸送モデル

```

*/ ***** CALC7R ***** 00810000
=BEFORE CALC7R.39 00820000
=CALL INLDAT 00830000
=INSERT CALC7R.52 00840000
  DO 110 I= 1,N6CHAN 00850000
    N6NODE(IN6NOD+I) = N6N(I) 00860000
    X6PIPE(IX6PIP+I) = X6P(I) 00870000
    Y6PIPE(IY6PIP+I) = Y6P(I) 00880001
    Y6THIK(IY6THI+I) = Y6T(I) 00890000
  110 CONTINUE 00900000
  C 00910000
    J6REF = 2*N6CHAN 00920000
    I6REF = N6CHAN 00930000
    DO 120 K= 1,N6CHAN 00940000
      I6REF = I6REF + N6NODE(IN6NOD+K) 00950000
    120 CONTINUE 00960000
  C 00970000
    LL6NOD = J6REF 00980000
    IL6NOD = NPNT9U(8H L6NODE,LL6NOD,M2) 00990000
  C 01000000
    L6PIPE(IL6PIP+1) = 0 01010000
    DO 130 L= 2,LL6PIP 01020000
      L6PIPE(IL6PIP+L) = L6PIPE(IL6PIP+L-1) + 1 01030000
    130 CONTINUE 01040000
  C 01050000
    L6NODE(IL6NOD+1) = 0 01060000
    DO 140 L= 2,LL6NOD 01070000
      L6NODE(IL6NOD+L) = L6NODE(IL6NOD+L-1) + N6NODE(IN6NOD+L-1) 01080000
    140 CONTINUE 01090000
  C 01100000
=INSERT CALC7R.265 01110000
  LA6PIP = J6REF 01120000
  IA6PIP = NPNT9U(8H A6PIPE,LA6PIP,M4) 01130000
  LA6WAL = J6REF 01140000
  IA6WAL = NPNT9U(8H A6WALL,LA6WAL,M4) 01150000
  LB6WAL = J6REF 01160000
  IB6WAL = NPNT9U(8H B6WALL,LB6WAL,M4) 01170000
  LV6OLH = J6REF 01180000
  IV6OLH = NPNT9U(8H V6OLNA,LV6OLH,M4) 01190000
  LF6THI = J6REF 01200000
  IF6THI = NPNT9U(8H F6THIK,LF6THI,M4) 01210001
  LT6PWA = I6REF 01220000
  IT6PWA = NPNT9U(8H T6PWAL,LT6PWA,M4) 01230000
  LT6WAL = I6REF 01240000
  IT6WAL = NPNT9U(8H T6WALL,LT6WAL,M4) 01250000
  LT6NA = I6REF 01260000
  IT6NA = NPNT9U(8H T6NA, LT6NA,M4) 01270000
  LE6PNA = I6REF 01280000
  IE6PNA = NPNT9U(8H E6PNA,LE6PNA,M4) 01290000
  LE6NA = I6REF 01300000
  LE6NA = NPNT9U(8H E6NA, LE6NA,M4) 01310000
*/ ***** INIT6T ***** 01320000
=INSERT INIT6T.42 01330000
=CALL INLDAT 01340000
=INSERT INIT6T.335 01350000
  C 01360000
    D6RHO = DENS7D( 1, 300.0) 01370013
  C 01380000
    DO 610 K= 1,N6CHAN 01390000
      N = N6NODE(IN6NOD+K) 01400000
      NM1 = N-1 01410000
  C 01420000
      Y = Y6PIPE(IY6PIP+K) 01430000
      YTHIK = Y6THIK(IY6THI+K) 01440000
      DELX = X6PIPE(IX6PIP+K) / NM1 01450000
      ATHIK = C9PI*( Y + YTHIK)=YTHIK 01460000
      A6PIPE(IA6PIP+K) = 0.25*C9PI*Y*Y 01470000
      A6WALL(IA6WAL+K) = C9PI*DELX*Y 01480000
      B6WALL(IB6WAL+K) = D6RHO*DELX*ATHIK 01490000
      V6OLNA(IV6OLN+K) = DELX*A6PIPE(IA6PIP+K) 01500000
      F6THIK(IF6THI+K) = 0.5*Y*DLOG((Y+YTHIK)/Y) 01510000
  C 01520000
    DO 600 I= 1,N 01530000
      II = L6NODE(IL6NOD+L6PIPE(IL6PIP+K)+1) + I 01540005
      T6NA(IT6NA+II) = T6LPN 01550000
      T6PWAL(IT6PWA+II) = T6LPN 01560000
      T6WALL(IT6WAL+II) = T6LPN 01570000
      E6PNA(IE6PNA+II) = ENTN1H(T6LPN) 01580000
      E6NA(IE6NA+II) = ENTN1H(T6LPN) 01590000
    600 CONTINUE 01600000

```

```

C
610 CONTINUE
*/ ***** COEF6T *****
=INSERT COEF6T.25
=CALL INLDAT
=DELETE COEF6T.110,111
    TTOT = 0.0
    JJ6 = I76NA+L6NODE(IL6NOD+L6PIPE(IL6PIP+K)+1)
    NIJ = N6NODE(IN6NOD+K)
    DO 111 IJK = 1, NIJ
        TTOT = TTOT + T6HA(JJ6+IJK)
111 CONTINUE
    TIN = TTOT / NIJ
    RHOIN = DENS1D(TIN)
*/ ***** FUELST *****
=INSERT FUELST.22
=CALL INLDAT
=DELETE FUELST.89
    TOIFF = T6NA(I76NA+L6NODE(IL6NOD+L6PIPE(IL6PIP+K)+1)
    &
    +N6NODE(IN6NOD+K)) - TNODE
*/ ***** LPLN6T *****
=INSERT LPLN6T.46
=CALL INLDAT
=DELETE PNCDBG.54
*/ EQUAL TO LPLN6T.82
    EOUTK = E6NA(IE6NA+L6NODE(IL6NOD+L6PIPE(IL6PIP+K)+1)+1)
*/ ***** COOL6T *****
=INSERT COOL6T.49
=CALL INLDAT
=INSERT COOL6T.139
C
    JLEVT = 0
    DO 400 K = 1, N6CHAN
        NL = HSSLIC(IN5SLL+K)
        JL = JLEVT+1
        IF(W6CHAN(IW6CHA+K).GE.0.) THEN
            E6PNA(IE6PNA+1) = ENTH1H(T6LPH)
        ELSE
            E6PNA(IE6PNA+N6NODE(IN6NOD+K)) = E6NODE(IE6NOD+JL)
        ENDIF
    C
    CALL PIPE6T(K)
C
    JLEVT = JLEVT+NL+1
400 CONTINUE
C
*/ ***** PRNT6T *****
=INSERT PRNT6T.38
=CALL INLDAT
=INSERT PRNT6T.61
C
    WRITE(L9OUT,50100)
    DO 411 K= 1,N6CHAN
        LST = I76NA + L6NODE(IL6NOD+L6PIPE(IL6PIP+K)+1) + 1
        LGT = LST - 1 + N6NODE(IN6NOD+K)
        WRITE(L9OUT,50101) K,(T6NA(I),I=LST,LGT)
411 CONTINUE
C
50100 FORMAT(/,32X,'TEMPERATURES AT INLET PIPE (K)')
50101 FORMAT(' CHANNEL =',18,10F10.3/)
C
*/ *****
*/ *
*/ * P I P E 6 T ( NEW SUBROUTINE )
*/ *
*/ *****
=DK PIPE6T
    SUBROUTINE PIPE6T(K)
C
C...IDENTIFICATION
C -----
C
C P I P E 6 T
C
C THIS SUBROUTINE SOLVES TRANSIENT ENERGY EQUATIONS
C AT THE TEST SECTION INLET PIPES.
C
C *****
C
C CODE STRUCTURE

```

```

C          -----                                02410012
C          1. AT TIME EQUAL TO ZERO, COMPUTE PIPE CONSTANTS          02420000
C          AND WALL TEMPERATURES.                                02430000
C          2. INTEGRATE ENERGY EQUATIONS FOR COOLANT AND WALL      02440000
C          NODES. MARCHING DIRECTION IS DETERMINED BY              02450000
C          THE DIRECTION OF FLOW.                                02460000
C          3. AT THE END OF EACH TIME STEP, UPDATE VARIABLES.      02470000
C          02480000
C          02490000
C          02500000
C          02510000
C-----
C          02520000
C          02530000
C          02540000
C          02550000
C          =CALL /VD9V/                                           02560000
C          =CALL TCOOL6                                           02570000
C          =CALL DATA1L                                          02580000
C          =CALL TLOOP1                                           02590021
C          =CALL /60VD/                                           02600000
C          =CALL /C5VD/                                           02610014
C          =CALL INLDAT                                           02620000
C          02630000
C          DATA HOLL/4HE6NA/                                     02640021
C          02650021
C          02660000
C-----
C          02670000
C          02680000
C          02690000
C          Y = Y6PIPE(IY6PIP+K)                                   02700000
C          N = N6NODE(IN6NOD+K)                                   02710000
C          NM1 = N-1                                             02720000
C          I1 = L6NODE(IL6NOD+L6PIPE(IL6PIP+K)+1)              02730001
C          H = S6DELT                                           02740000
C          02750000
C          WP = W6CHAN(IW6CHA+K) / H5ASSY(IH5ASS+K)            02760014
C          APEC = WP*Y/A6PIPE(IA6PIP+K)                         02770000
C          02780000
C          INTEGRATE                                             02790000
C          02800000
C          DO 20 I=1,NM1                                         02810000
C          02820000
C          NODE COUNTERS                                         02830000
C          02840000
C          IP1 = I+1                                             02850000
C          II = I                                                02860000
C          IW = I                                                02870000
C          IF(WP.GE.0.) GOTO 17                                  02880000
C          IP1 = N-I                                             02890000
C          II = N-I+1                                           02900000
C          IW = N-I                                             02910000
C          17 CONTINUE                                          02920000
C          02930000
C          TBAR = 0.5*(T6NA(IT6NA+I1+II) + T6NA(IT6NA+I1+IP1)) 02940000
C          TW = T6WALL(IT6WAL+I1+IW)                            02950000
C          RHO = DENS1D(TBAR)                                    02960000
C          AK = COND1K(TBAR)                                     02970000
C          AKW = COND7K( 1, TW)                                  02980000
C          ANU = VISC1N(TBAR)                                    02990000
C          C = HCAP1C(TBAR)                                      03000000
C          CPW = HCAP7C( 1, TW)                                  03010000
C          PEC = APEC*C/AK                                       03020000
C          PR = C*ANU/AK                                         03030000
C          RE = APEC/ANU                                          03040000
C          ANUS = ANUS1U( PEC,RE,PR,2)                          03050000
C          USUBCW = 1.0/(Y/ANUS/AK+F6THIK(IF6THI+K)/AKW)        03060000
C          EX = H*ABS(WP)/RHO/V6OLNA(IV6OLN+K)                 03070000
C          YI = H*A6WALL(IA6WAL+K)=USUBCW/RHO/V6OLNA(IV6OLN+K) 03080000
C          E6PNA(IE6PNA+IP1) =                                  03090000
C          & (E6NA(IE6NA+I1+IP1)+EX*E6PNA(IE6PNA+II)-YI*(TBAR-TW)) 03100000
C          & / ( 1. + EX )                                         03110000
C          TERM = (USUBCW*A6WALL(IA6WAL+K))/CPW/B6WALL(IB6WAL+K) 03120000
C          T6PWAL(IT6PWA+IW) = TW+H*TERM=(TBAR-TW)             03130000
C          03140000
C          20 CONTINUE                                          03150000
C          03160000
C          UPDATE VARIABLES                                       03170000
C          03180000
C          DO 175 I = 1, N                                        03190000
C          IL = IE6NA+I1+I                                       03200000

```

| | |
|-------------------------------------------|----------|
| IN = IE6PNA+I | 03210000 |
| FDEV = ABS((E6PNA(IN)-E6NA(IL))/E6NA(IL)) | 03220021 |
| IF (I.LT.2) FDEV = 0.0 | 03230021 |
| E6NA(IL) = E6PNA(IH) | 03240000 |
| T6NA(IT6NA+I1+I) = TEMP1T(E6NA(IL)) | 03250000 |
| IF (FDEV.LT.F1MAXD) GO TO 170 | 03260021 |
| F1MAXN = HDLL | 03270021 |
| L1MAXD = IL | 03280021 |
| F1MAXD = FDEV | 03290021 |
| 170 IF (I.EQ.H) GOTO 175 | 03300021 |
| T6WALL(IT6WAL+I1+I) = T6PWAL(IT6PWA+I) | 03310000 |
| 175 CONTINUE | 03320000 |
| C | 03330000 |
| RETURN | 03340000 |
| END | 03350000 |

```

= / ***** 00010011
= / ***** 00020011
= / *** ELECTRO-MAGNETIC PUMP FOR PLANDTL *** 00030011
= / ***** 00040011
= / ***** 00050011
=ID,ENPMP 00060011
=CD,PLANOD 00070011
C ***** 00080011
C NEWLY ADDED COMMON VARIABLES FOR PLANDTL VERSION OF SSC-L 00090011
C ***** 00100011
COMMON /PLAHD/. TPUH1(20), VPUM1(20), BPUH1(3,3), 00110000
+ TPUH2(20), VPUM2(20), BPUH2(3,3), 00120000
+ V1COEF, V2COEF, V1STDY, V2STDY 00130000
= / ++++++ 00140011
= / ++++++ FOR PRIMARY LOOP ++++++ 00150011
= / ++++++ 00160011
= / ***** HEAD1T ***** 00170011
=D,HEAD1T.3,31 00180000
C ***** 00190001
C 00200001
C P L A N D T L V E R S I O N 00210001
C - - - - - 00220001
C IN PLANDTL (PLANT DYNAMICS TEST LOOP), ELECTROMAGNETIC PUMPS ARE 00230001
C - - - - - 00240001
C USED AS THE MAIN CIRCULATION PUMPS OF THE PRIMARY & SECONDARY HEAT 00250001
C 00260001
C TRANSPORT LOOPS. THE PUMP HEADS ARE FUNCTIONS OF ADDED VOLTAGE $ 00270001
C 00280001
C THE FLOW RATES. 00290001
C 00300001
C ***** 00310001
=D,HEAD1T.43,115 00320001
=CALL,PLAHD 00330001
=CALL,TLOOP1 00340001
=CALL,DATA9C 00350001
=CALL,DATA1L 00360001
=CALL,/LOCL1/ 00370001
=CALL,VAR3 00380001
=CALL,VAR4 00390001
C WPLAN IN LITRE/MINUTES 00400001
JP = L1PUMP(IL1PUH+1) 00410011
N = N1NODE(IN1HOD+JP) 00420011
IFS = L1NODE(IL1HOD+L1PIPE(IL1PIP+1)+JP) 00430011
WPLAN = FLOW=1000.*60. 00440011
C ***** FETCH THE ADDED VOLTAGE 00450002
S1TRIP = 0. 00460011
IF(S1LOOP.GE.S8HNP*(IS8HNP+1)) S1TRIP = S1LOOP-S8HNP*(IS8HNP+1) 00470011
CALL INT9U(VPUM1,TPUM1,20,S1TRIP,VOLT) 00480007
XW = 1. 00490011
ZHED = 0. 00500011
ABVLT = ABS(VOLT) 00510009
DO 100 IW=1,3 00520002
ZHED=ZHED+(BPUH1(IW,1)+ABVLT*(BPUH1(IW,2)+ABVLT*BPUH1(IW,3)))*XW 00530009
XW=XW*WPLAN 00540002
100 CONTINUE 00550002
C ***** 00560002
C TRANSFER ZHED FROM (KG/CM2) TO (N/M2) 00570002
C ***** 00580002
ZHED=SIGN(1,VOLT)*ZHED*C9GRAV*10000. 00590010
= / ***** PUMP1T ***** 00600011
=INSERT PUMP1T.70 00610002
ZHED=ZHED/D1RHO(ID1RHO+K)/C9GRAV 00620002
=INSERT PUMP1T.76 00630002
GO TO 10 00640002
=DELETE PUMP1T.103 00650002
+ 0. 00660002
= / ***** PUMP1S ***** 00670011
=B,PUMP1S.24 00680011
=CALL,PLANOD 00690011
=D,PUMP1S.69,152 00700013
C DETERMINE THE PRIMARY EMP VOLTAGE 00710011
ZHED = PRPUMP/C9GRAV/1.0E4 00720011
WPLAN = W1REF(IW1REF+1)*1.0E3*60./RHO 00730011
C = BPUH1(1,1)+WPLAN*(BPUH1(2,1)+WPLAN*BPUH1(3,1))-ZHED 00740011
B = BPUH1(1,2)+WPLAN*(BPUH1(2,2)+WPLAN*BPUH1(3,2)) 00750011
A = BPUH1(1,3)+WPLAN*(BPUH1(2,3)+WPLAN*BPUH1(3,3)) 00760011
D = B*B-4.*A*C 00770011
IF (D.LT.0.) GO TO 888 00780011
V1STDY = (-B+SQRT(D))/A/2. 00790011
V1COEF = V1STDY/VPUM1(1) 00800011

```



```

ALPHA = V1COEF                                00810011
U10MGA(IU10MG+1) = ALPHA                      00820011
DO 999 IPUH=1,20,1                             00830011
VPUH1(IPUH) = VPUH1(IPUH)=V1COEF             00840011
999 CONTINUE                                   00850011
RETURN                                          00860011
888 WRITE(6,*) 'THIS EQUATION UNAVAILABLE, SQRT(',D,') ENCOUNTERED' 00870014
STOP                                           00880011
= / END                                         00890013
= / *****                                00900011
= / *****                                00910011
= / *****                                00920011
= / *****                                00930011
=D,HEAD2T.3,29                                00940002
C *****                                00950002
C                                           00960002
C           P L A N D T L   V E R S I O N      00970002
C           - - - - -                               00980002
C           IN PLANDTL (PLANT DYNAMICS TEST LOOP), ELECTROHAGNETIC PUMPS ARE 00990002
C           - - - - -                               01000002
C USED AS THE MAIN CIRCULATION PUMPS OF THE PRIMARY & SECONDARY HEAT 01010002
C                                           01020002
C TRANSPORT LOOPS. THE PUMP HEADS ARE FUNCTIONS OF ADDED VOLTAGE $ 01030002
C                                           01040002
C THE FLOW RATES.                               01050002
C                                           01060002
C *****                                01070002
=D,HEAD2T.36,111                              01080002
=CALL,PLANOD                                  01090002
=CALL,TLOOP1                                  01100002
=CALL,DATA9C                                  01110002
=CALL,DATA2L                                  01120002
=CALL,DATA1M                                  01130002
=CALL,/LOCL1/                                 01140002
=CALL,VARD3                                   01150002
=CALL,VARD4                                   01160002
C WPLAN IN LITRE/MINUTES                      01170002
JPUMP = L2PUMP(IL2PUMP+1)                     01180015
H = 'H2NODE(IN2NOD+JPUMP)                    01190015
IFS = L2NODE(IL2NOD+L2PIPE(IL2PIP+1)+JPUMP) 01200015
WPLAN = FLOW*1000.*60.                        01210015
C ***** FETCH THE ADDED VOLTAGE            01220002
S2TRIP=0.                                     01230002
IF(S1LOOP.GE.S8HAMP(IS8HNP+1)) S2TRIP=S1LOOP 01240002
+ -S8HNP(IS8HNP+N1LOOP+1)                    01250002
CALL INTP9U(VPUH2,TPUH2,20,S2TRIP,VOLT)      01260007
XW=1.                                         01270002
ZHED=0.                                       01280002
ABVLT = ABS(VOLT)                             01290015
DO 100 IW=1,3                                 01300002
ZHED=ZHED+(BPUM2(IW,1)+ABVLT*(BPUM2(IW,2)+ABVLT*BPUM2(IW,3)))*XW 01310015
XW=XW+WPLAN                                    01320002
100 CONTINUE                                  01330002
C *****                                01340002
C TRANSFER ZHED FROM (KG/CH2) TO (N/M2)       01350002
C *****                                01360002
ZHED = SIGN(1,VOLT)*ZHED=C9GRAV*10000.      01370015
= / *****                                01380011
=INSERT PUMP2T.59                             01390002
-ZHED=ZHED/D2RHO(ID2RHO+K)/C9GRAV           01400002
=INSERT PUMP2T.66                             01410002
GO TO 10                                       01420002
=DELETE PUMP2T.93                             01430002
+ 0.                                           01440002
= / *****                                01450011
=B,PUMP2S.23                                  01460002
=CALL,PLAHOD                                  01470002
=D,PUMP2S.65,145                              01480002
C DETERMINE THE PRIMARY EMP VOLTAGE           01490002
ZHED=PRPUMP/C9GRAV/1.0E4                     01500002
WPLAN=W2REF(IW2REF+1)*1.0E3*60./RHO          01510002
C=BPUM2(1,1)+WPLAN*(BPUM2(2,1)+WPLAN*BPUM2(3,1))-ZHED 01520002
B=BPUM2(1,2)+WPLAN*(BPUM2(2,2)+WPLAN*BPUM2(3,2)) 01530002
A=BPUM2(1,3)+WPLAN*(BPUM2(2,3)+WPLAN*BPUM2(3,3)) 01540006
D=B-B-4,0=A=C                                01550002
IF (D.LT.0.) GO TO 888                       01560002
V2STDY=(C-B+SQRT(D))/A/2.                   01570002
V2CDEF=V2STDY/VPUH2(1)                     01580002
ALPHA=V2CDEF                                  01590002
U20MGA(IU20MG+1)=ALPHA                      01600002

```

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------|----------|
| DO 999 | IPUH=1,20,1 | 01610002 |
| | VPUH2(IPUH)=VPUH2(IPUH)*V2COEF | 01620002 |
| 999 | CONTINUE | 01630002 |
| | RETURN | 01640002 |
| 888 | WRITE(6,*) 'THIS EQUATION UNAVAILABLE, SQRT(',D,') ENCOUNTERED' | 01650014 |
| | STOP | 01660002 |
| | END | 01670002 |
| *DK | INTP2 | 01680004 |
| | SUBROUTINE INTPL2(Y,X,N,XO,YO) | 01690003 |
| | DIMENSION X(N), Y(N) | 01700003 |
| | XF = AHAX1(X(1), XO) | 01710003 |
| | DO 10 I=1,N | 01720003 |
| | IF(XF.LT.X(I)) THEN | 01730003 |
| | K=I-1 | 01740003 |
| | GO TO 100 | 01750003 |
| | ELSE | 01760003 |
| | ENDIF | 01770003 |
| 10 | CONTINUE | 01780003 |
| | K = N | 01790003 |
| 100 | YO = Y(K) | 01800003 |
| | RETURN | 01810003 |
| | END | 01820003 |

PLANDTL用

配管破断系モデル

```

*ID,BAREA                                00010015
*CD CBAREA                                00020000
COMMON /PLNTL/ X4PIPE, Y4PIPE, A4PIPE, H4LENG,
& A4BUFF, V4BUFF,
& T1AREA(20), F1AREA(20), F1BREK, NBDAT    00030033
                                           00040033
                                           00050036
*/ *****                                00060027
*/ BREK1T                                  00070027
*/ *****                                00080027
*INSERT BREK1T.41                          00090036
*CALL DATA9C                              00100034
*CALL CBAREA                               00110000
*INSERT BREK1T.57                          00120013
      ZETA(X) = COS(1.570796326795=SQRT(X)) / (X=X) 00130035
*INSERT BREK1T.71                          00140014
      KSTEP = KSTEP+1                       00150015
*INSERT BREK1T.82                          00160000
C                                           00170033
      WW = W1PIPE(K1) - W1PIPE(KP1)         00180000
      RHOA = 0.5 * (RHO1 + RHO2)            00190000
      AAB = A4PIPE/A4PIPE                   00200033
      FLOWB = WW*Y4PIPE/A4PIPE              00210033
      RE = ABS(FLOWB/VISC1N(T1NA(IT1NA+I1))) 00220034
      FF = FRIC(RE, 0.0)                    00230033
C                                           00240033
*INSERT BREK1T.86                          00250000
      IF ((S9PAST-S1BREK(IS1BRE+KK)).GE.(T1AREA(1)+S9MIN2)) THEN 00260000
          S9INTP = S9PAST - S1BREK(IS1BRE+KK) 00270000
          CALL INTP9U (F1AREA, T1AREA, NBDAT, S9INTP, FACTR) 00280000
      ELSE                                    00290000
          FACTR = 1.0                        00300000
      END IF                                  00310000
      R = FACTR = R                          00320013
*INSERT BREK1T.88                          00330000
      IF((S9PAST-S1BREK(IS1BRE+KK)).GE.(T1AREA(NBDAT+1))) THEN 00340019
          VJ = 0.0                           00350000
      ELSE                                    00360000
          END IF                              00370000
*INSERT BREK1T.96                          00380017
C                                           00390017
      PDFRIC = 0.5*WW=ABS(WW)=FF*X4PIPE/AAB/RHOA/Y4PIPE 00400033
      PDGRAV = H4LENG=RHOA=C9GRAV            00410033
      PDLOSS = 0.5*WW=ABS(WW)=F1BREK*(1.0+ZETA(FACTR))/AAB/RHOA 00420037
C                                           00430033
      PJ = PJ + PDFRIC + PDLOSS - PDGRAV    00440033
*/ *****                                00450000
*/ SUBROUTINE FUNC1T                        00460000
*/ *****                                00470000
*INSERT FUNC1T.44                          00480000
*CALL CBAREA                               00490000
*INSERT FUNC1T.83                          00500000
      IF((S9PAST-S1BREK(IS1BRE+K)).GE.(T1AREA(NBDAT+1))) THEN 00510023
          F1UNC2(IF1UN2+K)=                   00520000
          1 (P1IN(IP1IN+NP1PES+JP+1)-P1OUT(IP1OUT+NP1PES+NP)- 00530000
          2 P1LOS2(IP1LS2+K)-P1LOS3(IP1LS3+K))/(X1TWO(IX1TWO+K)+ 00540000
          3 X1THRE(IX1THR+K))                 00550000
          F1UNC3(IF1UN3+K)=F1UNC2(IF1UN2+K)  00560000
      ELSE                                    00570000
*INSERT FUNC1T.89                          00580000
      END IF                                  00590000
*/ *****                                00600000
*/ SUBROUTINE EQIV1T                        00610000
*/ *****                                00620000
*INSERT EQIV1T.43                          00630000
*CALL TFLOW1                               00640000
*CALL INTEG9                               00650000
*CALL CBAREA                               00660000
*INSERT EQIV1T.143                         00670000
      NP=0                                    00680000
*INSERT EQIV1T.156                         00690000
      IF((S9PAST-S1BREK(IS1BRE+K)).GE.(T1AREA(NBDAT+1))) THEN 00700022
          WITHRE(IW1THR+K) = W1TWO(IW1TWO+K) 00710000
      ELSE                                    00720000
*INSERT EQIV1T.157                         00730000
      END IF                                  00740000
*/ *****                                00750000
*/ SUBROUTINE VESL1T                        00760000
*/ *****                                00770000
*INSERT VESL1T.56                          00780000
*CALL CBAREA                               00790000
*INSERT CHNG41.1373                         00800015

```

```

        IF((S9PAST-S18REK(IS1BRE+K)).LT.(T1AREA(N8DAT+1))) THEN          00810022
*INSERT VESL1T.104                                                         00820000
        ELSE                                                                00830000
        PINV=PINV+                                                           00840000
        1  F1LUHP(IF1LUH+K)*(P10UTP(IP10UP+K)-P1LOS2(IP1LS2+K)-          00850000
        2  P1LOS3(IP1LS3+K))/(X1TWO(IX1TWO+K)+X1THRE(IX1THR+K))          00860000
        DENOM=DENOM+F1LUHP(IF1LUH+K)/(X1TWO(IX1TWO+K)+X1THRE(IX1THR+K)) 00870000
        END IF                                                              00880000
*/ *****00890008
*/          GVSL1T                                                         00900008
*/ *****00910008
*INSERT GVSL1T.45                                                         00920034
*CALL CBAREA                                                                00930034
*DELETE GVSL1T.84,85                                                       00940033
        P1EXTR(IP1EXT+K) = V4BUFF/(V4BUFF-VGV)*P9ATH                    00950033
        &          + VGV/A4BUFF=RHO*C9GRAV                               00960033
*/ *****00970028
*INSERT COOL6T.169                                                         00980028
        NP=0                                                                00990028
        N=N1NODE(IH1NOD+NP+N1PIPE(IN1PIP+K))                             01000028
*DELETE COOL6T.170                                                         01010028
        INODE = IE1NA+L1NODE(IL1NOD+L1PIPE(IL1PIP+K)+N1PIPE(IN1PIP+K))+N 01020028
*INSERT PRNT9T.39                                                         01030028
        WRITE(98,1234) S9HSTR                                             01040028
        1234 FORMAT('***** TIME = ',F10.5,' SEC *****')             01050028
*DELETE PRNT9T.99                                                         01060031
        S9PRNT = S9INOW=FLOAT(1FIX(S9HSTR/S9INOW+S9M1H2)+1)              01070031

```

```

*/ ***** 00010000 上部プレナム補助系
*/ ***** 00020000
*/ * TEMPERATURE RESPONSE IN = 00030015
*/ * UPPER PLENUM AUXILIARY COOLING SYSTEM OF PLANDTL = 00040015 熱輸送モデル
*/ * = 00050000
*/ * CODED BY DIWA A. MAY 1987 = 00060000
*/ ***** 00070000
*/ ***** 00080000
=ID UPACS 00090000
*/ ***** 00100000
*/ ***** COMMON DECKS ***** 00110000
*/ ***** 00120000
*CD INTF36 00130000
COMMON /INTF36/ E3UIN, W3UIN, Q3UIN, E3UOUT, 00140000
& Q3UOUT 00150000
=CD UPASDD 00160000
COMMON /QUPAC/ NSTAB, STABLE(20), WUPACS(20), QUAC(20), 00170015
& QUHEAT(20) 00180015
COMMON /UPAS3D/ N3UPA(10), X3UPA(10), Y3UPA(10), Y3TUP(10), 00190000
& A3UPA(10), A3UWAL(10), B3UWAL(10), V3OL(10), F3TUP(10), 00200000
& T3UPAS(10,20), T3PWAL(10,20), T3WALL(10,20), E3UPAS(10,20), 00210015
& E3PUPS(10,20) 00220015
COMMON /UPASDT/ N3PIPS, L3AC, L3HEAT 00230000
COMMON /UPASCC/ W3UPAS, E3OUAC, T3OUAC, E3OUHT, 00240000
& T3OUHT, Q3AC, Q3HEAT, T3LHAC, T3LHHT, 00250000
& B3ACMC, V3AC, H3ACUA, B3HTHC, V3HT, 00260000
& H3HTUA 00270000
*/ ***** 00280000
*/ ** =00290000
*/ * INPUT DESCRIPTION =00300000
*/ * =00310000
*/ * NSTAB : NUMBER OF TIME TABLE DATA POINT =00320000
*/ * STABLE : TIME =00330000
*/ * WUPACS : FLOW RATE =00340000
*/ * QUAC : TOTAL HEAT QUANTITY REMOVED FROM AIR COOLER =00350000
*/ * QUHEAT : TOTAL HEAT QUANTITY GAINED IN HEATER =00360000
*/ * B3ACMC : TOTAL HEAT CAPACITY OF AIR COOLER =00370000
*/ * V3AC : SODIUM VOLUME OF AIR COOLER =00380000
*/ * H3ACUA : OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF AIR COOLER =00390000
*/ * B3HTHC : TOTAL HEAT CAPACITY OF HEATER =00400000
*/ * V3HT : SODIUM VOLUME OF HEATER =00410000
*/ * H3HTUA : OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF HEATER =00420000
*/ * N3PIPS : NUMBER OF PIPES IN UPACS =00430000
*/ * L3AC : PIPE NUMBER PRECEDING AIR COOLER =00440000
*/ * L3HEAT : PIPE NUMBER PRECEDING HEATER =00450000
*/ * N3UPA : NUMBER OF NODE IN EACH PIPE =00460000
*/ * X3UPA : PIPE LENGTH =00470000
*/ * Y3UPA : INNER DIAMETER OF PIPE =00480000
*/ * Y3TUP : WALL THICKNESS OF PIPE =00490000
*/ ** =00500000
*/ ***** 00510000
*/ ***** PBAL9S ***** 00520000
=INSERT PBAL9S.38 00530000
=CALL UPASDD 00540000
=INSERT PBAL9S.66 00550000
CALL INTP9U (QUAC, STABLE, NSTAB, 0.0, QUOUT) 00560000
CALL INTP9U (QUHEAT, STABLE, NSTAB, 0.0, QUIN) 00570000
P9TOT = P9OP + QUIN - QUOUT 00580000
=DELETE PBAL9S.76 00590000
W1LOOP=P9TOT/((ENTH1H(T6OUTL)-ENTH1H(Y6INLT))*FLOAT(N9LOOP)) 00600000
=DELETE PBAL9S.81 00610000
T6INLT=TEMP1T(ENTH1H(T6OUTL)-P9TOT/(W1LOOP*FLOAT(N9LOOP))) 00620000
=DELETE PBAL9S.86 00630000
T6OUTL=TEMP1T(ENTH1H(T6INLT)+P9TOT/(W1LOOP*FLOAT(N9LOOP))) 00640000
*/ ***** UPLN6S ***** 00650000
=INSERT UPLN6S.32 00660000
=CALL //6T 00670000
=CALL /T63/ 00680000
=CALL INTF36 00690000
=CALL UPASDD 00700000
=DELETE UPLN6S.80 00710000
T6AVER = TEMP1T(E6AVER) 00720000
C 00730000
CALL INTP9U (QUAC, STABLE, NSTAB, 0.0, QUOUT) 00740000
CALL INTP9U (QUHEAT, STABLE, NSTAB, 0.0, QUIN) 00750000
Q3UIN = QUIN - QUOUT 00760000
QIN = E6BPUI*W6BPAS + CONS1 + Q3UIN 00770001
*/ ***** 00780000
*/ +++ TWO POINT MODEL IS ASSUMED FOR UPPER PLENUM. +++ 00790000
*/ +++ B-ZONE IS THE FIRST MIXING ZONE OF SODIUM FROM TEST SECTION +++ 00800000

```

```

*/ *** AND BYPASS. A-ZONE IS THE FINAL MIXING ZONE FROM B-ZONE *** 00810000
*/ *** AND UPACS OUTLET. *** 00820000
*/ *** ----- *** 00830000
*/ *** SOLVE THE EQUATIONS ON HEAT BALANCE BETWEEN *** 00840000
*/ *** SODIUM IN A-ZONE AND B-ZONE, METAL-1, METAL-2 AND COVER GAS. *** 00850000
*/ ***** 00860000
=INSERT UPLN6S.102 00870000
    UAAB = H6INF=A6GL 00880000
    Z6NALV = Z6UPLN-Z6TCOR 00890000
    T6NAA = T6OUTL 00900000
    E6NAA = E6OUTL 00910000
=DELETE UPLN6S.124,125 00920000
    CALL UPEQ1S 00930000
=DELETE UPLN6S.130,148 00940000
=INSERT UPLN6S.149 00950000
    WRITE(6,992) 00960012
    WRITE(6,991) T6NAA,T6NAB,T6M1,T6M2,T6M3,T6CGAS 00970000
    991 FORMAT(6G14.7) 00980000
    992 FORMAT(4X,'T6NAA',9X,'T6NAB',9X,'T6M1',10X,'T6M2',10X,'T6M3',10X,
    & 'T6CGAS') 01000013
*/ ***** COOL6S ***** 01010000
=INSERT COOL6S.84 01020000
C 01030000
    CALL UPAS3S(DUM1, DUM2) 01040000
C 01050000
*/ ***** INIT6T ***** 01060000
=DELETE INIT6T.299 01070000
C T6NAB = TEMP1T(E6AVER) 01080000
=DELETE INIT6T.309 01090000
C E6NAB = E6AVER 01100000
*/ ***** UPLN6T ***** 01110000
=INSERT UPLN6T.11 01120000
=CALL INTF36 01130000
=INSERT UPLN6T.68 01140000
    Q3UIN = W3UIN*(E3UIN-E6NAA) 01150000
    EIN1 = EIN1 + Q3UIN 01160000
*/ ***** COOL6T ***** 01170000
=INSERT COOL6T.22 01180000
=CALL INTF36 01190000
=INSERT COOL6T.136 01200000
C 01210000
    CALL UPAS3T(E3UIN, W3UIN) 01220000
C 01230000
*/ ***** VESL1T ***** 01240002
=INSERT VESL1T.109 01250002
    RHOA = DENS1D(T6NAA) 01260002
=DELETE VESL1T.119 01270002
    Z6NALV = RHOV/(RHOA=A6GL) 01280002
*/ ***** PRNT6T ***** 01290000
=INSERT PRNT6T.61 01300000
C 01310000
    CALL PRNT3T 01320000
C 01330000
*/ ***** 01340000
*/ ***** NEW SUBROUTINES ***** 01350000
*/ ***** 01360000
=OK UPAS3S 01370000
    SUBROUTINE UPAS3S(EOUT, WOUT) 01380000
C 01390000
C 01400000
C..... 01410000
C 01420000
=CALL /VD9V/ 01430000
=CALL DATA9C 01440000
=CALL /26RV0/ 01450000
=CALL /60VD/ 01460000
=CALL UPASDD 01470000
C 01480000
C COMPUTE THE PIPE CONSTANTS AND 01490000
C INITIALIZE SODIUM AND WALL TEMPERATURES. 01500000
C IN UPPER PLENUM AUXILIARY COOLING SYSTEM PIPING AND COMPONENT 01510015
C 01520000
    CALL INTP9U (WUPACS, STABLE, NSTAB, 0.0, W3UPAS) 01530000
C 01540000
    CALL ACS3S 01550000
    CALL HEAT3S 01560000
C 01570000
    D3RHO = DENS7D( 1, 300.0) 01580000
C 01590000
    DO 100 I= 1,N3PIPS 01600000

```

```

      N = N3UPA(I) + 1
      NM1 = N - 1
C
      Y = Y3UPA(I)
      YTHIK = Y3TUP(I)
      DELX = X3UPA(I)/NM1
      ATHIK = C9PI*(Y+YTHIK)*YTHIK
      A3UPA(I) = 0.25*C9PI*Y*Y
      A3UWAL(I) = C9PI*DELX*Y
      B3UWAL(I) = 0.3RHO*DELX*ATHIK
      V3OL(I) = DELX*A3UPA(I)
      F3TUP(I) = 0.5*Y*DLOG((Y+YTHIK)/Y)
C
      IF(I.LE.L3AC) THEN
        DO 200 J=1,N
          T3UPAS(I,J) = T6OUTL
          T3PWAL(I,J) = T6OUTL
          T3WALL(I,J) = T6OUTL
          E3UPAS(I,J) = E6OUTL
          E3PUPS(I,J) = E6OUTL
200      CONTINUE
        ENDIF
C
      IF(I.LE.L3HEAT.AND.I.GT.L3AC) THEN
        DO 300 J=1,N
          T3UPAS(I,J) = T3OUAC
          T3PWAL(I,J) = T3OUAC
          T3WALL(I,J) = T3OUAC
          E3UPAS(I,J) = E3OUAC
          E3PUPS(I,J) = E3OUAC
300      CONTINUE
        ENDIF
C
      IF(I.GT.L3HEAT) THEN
        DO 400 J=1,N
          T3UPAS(I,J) = T3OUHT
          T3PWAL(I,J) = T3OUHT
          T3WALL(I,J) = T3OUHT
          E3UPAS(I,J) = E3OUHT
          E3PUPS(I,J) = E3OUHT
400      CONTINUE
        ENDIF
C
100    CONTINUE
      EQUT = E3OUHT
      WOUT = W3UPAS
      RETURN
      END
*/ *****
*DK ACS3S
  SUBROUTINE ACS3S
C
C
C.....
C
*CALL /VD9V/
*CALL /60VD/
*CALL UPASDD
C
C  INITIALIZE AIR COOLER TEMPERATURE
C    ONE POINT APPROXIMATION IS ASSUMED
C
CALL INTP9U (QUAC, STABLE, NSTAB, 0.0, QAC)
C
E3OUAC = (E6OUTL*W3UPAS - QAC)/W3UPAS
T3OUAC = TEMPT(E3OUAC)
T3LMAC = T3OUAC
Q3AC = QAC
RETURN
END
*/ *****
*DK HEAT3S
  SUBROUTINE HEAT3S
C
C
C.....
C
*CALL UPASDD
C
C  INITIALIZE HEATER TEMPERATURE

```

```

01610000
01620000
01630000
01640000
01650000
01660000
01670000
01680000
01690000
01700000
01710000
01720000
01730000
01740000
01750000
01760000
01770000
01780000
01790000
01800000
01810000
01820000
01830000
01840000
01850000
01860000
01870000
01880000
01890000
01900000
01910000
01920000
01930000
01940000
01950000
01960000
01970000
01980000
01990000
02000000
02010000
02020000
02030000
02040000
02050000
02060000
02070000
02080000
02090000
02100000
02110000
02120000
02130000
02140000
02150000
02160000
02170000
02180000
02190000
02200000
02210000
02220000
02230000
02240000
02250000
02260000
02270000
02280000
02290000
02300000
02310000
02320000
02330000
02340000
02350000
02360000
02370000
02380000
02390000
02400000

```

```

C          ONE POINT APPROXIMATION IS ASSUMED                                02410000
C                                                                 02420000
C          CALL INTP9U (QUHEAT, STABLE, NSTAB, 0.0, QHT)                    02430000
C                                                                 02440000
C          E3QUHT = (E3QUAC+W3UPAS + QHT)/W3UPAS                          02450000
C          T3QUHT = TEMP1T(E3QUHT)                                        02460000
C          T3LMHT = T3QUHT                                             02470000
C          Q3HEAT = QHT                                               02480000
C          RETURN                                                       02490000
C          END                                                           02500000
*/ ***** 02510000
=OK UPAS3T 02520000
SUBROUTINE UPAS3T(EOUT, WOUT) 02530000
C 02540000
C 02550000
C.....02560000
C 02570000
C *CALL /VD9V/ 02580000
C *CALL /T62/ 02590000
C *CALL UPASDD 02600000
C 02610000
C MAIN DRIVER FOR TRANSIENT THERMAL COMPUTATIONS 02620000
C IN UPPER PLENUM AUXILIARY COOLING SYSTEM (UPACS) 02630000
C 02640000
C          CALL INTP9U (WUPACS, STABLE, NSTAB, 0.0, W3UPAS) 02650000
C 02660000
C          DO 100 I=1,N3PIPS 02670000
C             IF(I.EQ.1) THEN 02680000
C                E3PUPS(I,1) = E6NAA 02690000
C             ELSE 02700000
C                IF(I.EQ.(L3AC+1)) THEN 02710000
C                   CALL ACS3T 02720000
C                   E3PUPS(I,1) = E3QUAC 02730000
C                ELSE 02740000
C                   IF(I.EQ.(L3HEAT+1)) THEN 02750000
C                      CALL HEAT3T 02760000
C                      E3PUPS(I,1) = E3QUHT 02770000
C                   ELSE 02780000
C                      E3PUPS(I,1) = E3UPAS(I-1,N3UPA(I-1)+1) 02790000
C                   ENDIF 02800000
C                ENDIF 02810000
C             ENDIF 02820000
C          CALL UPIP3T(I) 02830000
C 02840000
C          100 CONTINUE 02850000
C 02860000
C          EOUT = E3UPAS(N3PIPS,N3UPA(N3PIPS)+1) 02870000
C          WOUT = W3UPAS 02880000
C          RETURN 02890000
C          END 02900000
*/ ***** 02910000
=OK ACS3T 02920000
SUBROUTINE ACS3T 02930000
C 02940000
C 02950000
C.....02960000
C 02970000
C 02980000
C *CALL /VD9V/ 02990000
C *CALL TCOOL6 03000000
C *CALL UPASDD 03010000
C 03020000
C COMPUTE TEMPERATURES OF SODIUM AND STRUCTURE 03030000
C IN AIR COOLER 03040000
C 03050000
C          QIN = 0.0 03060000
C          QOUT = 0.0 03070000
C 03080000
C          CALL INTP9U (QUAC, STABLE, NSTAB, S6COOL, QAC) 03090000
C 03100000
C          EIN = E3UPAS(L3AC,N3UPA(L3AC)+1) 03110000
C          QIN = QIN + W3UPAS*EIN 03120000
C          QOUT = QOUT + W3UPAS*E3QUAC + QAC 03130000
C          QK = H3ACUA*(T3LMAC-T3QUAC) 03140000
C 03150000
C          T3LMAC = T3LMAC - (S6DELT*QK/B3ACMC) 03160000
C          OACS = DENS10(T3QUAC) 03170000
C          CV = OACS*V3AC 03180000
C          CH = CV/S6DELT 03190000
C          E3QUAC = (CV*E3QUAC/S6DELT+QIN-QOUT+QK)/CH 03200000

```



```

T3QUAC = TEMP1T(E3QUAC) 03210000
Q3AC = QAC 03220000
C 03230000
RETURN 03240000
END 03250000
*/ ***** 03260000
*OK HEAT3T 03270000
SUBROUTINE HEAT3T 03280000
C 03290000
C 03300000
C..... 03310000
C 03320000
*CALL /V09V/ 03330000
*CALL TCOOL6 03340000
*CALL UPASDD 03350000
C 03360000
C COMPUTE TEMPERATURES OF SODIUM AND STRUCTURE 03370000
C IN HEATER 03380000
C 03390000
QIN = 0.0 03400000
QOUT = 0.0 03410000
C 03420000
CALL INTP9U (QUHEAT, STABLE, NSTAB, S6COOL, QHT) 03430000
C 03440000
EIN = E3UPAS(L3HEAT,N3UPA(L3HEAT)+1) 03450000
QIN = QIN + W3UPAS*EIN + QHT 03460000
QOUT = QOUT + W3UPAS*E3QUHT 03470000
QK = H3HTUA*(T3LMHT-T3QUHT) 03480000
C 03490000
T3LMHT = T3LMHT-(S6DELT*QK/B3HTMC) 03500000
DHT = DENS1D(T3QUHT) 03510000
CV = DHT*V3HT 03520000
CH = CV/S6DELT 03530000
E3QUHT = (CV*E3QUHT/S6DELT+QIN-QOUT+QK)/CH 03540000
T3QUHT = TEMP1T(E3QUHT) 03550000
Q3HEAT = QHT 03560000
C 03570000
RETURN 03580000
END 03590000
*/ ***** 03600000
*OK UPIP3T 03610000
SUBROUTINE UPIP3T(K) 03620000
C 03630000
C 03640000
C..... 03650000
C 03660000
*CALL /V09V/ 03670000
*CALL TCOOL6 03680000
*CALL UPASDD 03690000
C 03700000
C SOLVES TRANSIENT ENERGY EQUATIONS FOR SODIUM AND WALLS 03710000
C IN UPPER PLENUM AUXILIARY COOLING SYSTEM PIPING 03720000
C 03730000
Y = Y3UPA(K) 03740000
H = N3UPA(K) + 1 03750000
NH1 = N - 1 03760000
H = S6DELT 03770000
C 03780000
WP = W3UPAS 03790000
APEC = WP*Y/A3UPA(K) 03800000
C 03810000
DO 20 I= 1,NH1 03820000
C 03830000
TBAR = 0.5*(T3UPAS(K,I) + T3UPAS(K,I+1)) 03840000
TW = T3WALL(K,I) 03850000
RHO = DENS1D(TBAR) 03860000
AK = COND1K(TBAR) 03870000
AKW = COND7K( 1, TW) 03880000
ANU = VISC1N(TBAR) 03890000
C = HCAP1C(TBAR) 03900000
CPW = HCAP7C( 1, TW) 03910000
PEC = APEC*C/AK 03920000
PR = C*ANU/AK 03930000
RE = APEC/ANU 03940000
ANUS = ANUS1U(PEC,RE,PR,2) 03950000
USUBCW = 1.0/(Y/ANUS/AK+F3TUP(K)/AKW) 03960000
EX = H*ABS(WP)/RHO/V3OL(K) 03970000
YI = H*A3UWAL(K)*USUBCW/RHO/V3OL(K) 03980000
E3PUPS(K,I+1) = (E3UPAS(K,I+1)+EX*E3PUPS(K,I)-YI*(TBAR-TW)) 03990000
& / ( 1. + EX ) 04000000

```

```

TERM = (USUBCW*A3UWAL(K))/CPW/B3UWAL(K)          04010000
T3PWAL(K,I) = TW+H*TERM=(T3BAR-TW)              04020000
C                                                    04030000
20 CONTINUE                                       04040000
C                                                    04050000
DO 175 I= 1,H                                    04060000
E3UPAS(K,I) = E3PUPS(K,I)                        04070000
T3UPAS(K,I) = TEMP1T(E3UPAS(K,I))                04080000
IF(I.EQ.H) GO TO 175                              04090000
T3WALL(K,I) = T3PWAL(K,I)                        04100000
175 CONTINUE                                       04110000
C                                                    04120000
RETURN                                             04130000
END                                                 04140000
*/ *****04150000
=DK PRNT3T                                         04160000
SUBROUTINE PRNT3T                                  04170000
C                                                    04180000
C                                                    04190000
C.....04200000
C                                                    04210000
=CALL /VD9V/                                       04220000
=CALL /UNIT/                                       04230000
=CALL INTF36                                       04240000
=CALL UPASDD                                       04250000
C                                                    04260000
CALL PAGE9U                                       04270000
WRITE(L9OUT,1000)                                  04280000
C.....04290000
DO 100 I= 1,N3PIPS                                04300000
WRITE(L9OUT,2000) I,(T3UPAS(I,L),L=1,N3UPA(I)+1) 04310000
100 CONTINUE                                       04320000
WRITE(L9OUT,3000) Q3AC, Q3HEAT                    04330000
WRITE(L9OUT,4000) Q3UIN                            04340000
1000 FORMAT(///,28X,'***** UPPER PLENUM AUXILIARY COOLING SYSTEM *****04350000
& ,//,32X,'TEMPERATURES AT PIPES (K)')           04360000
2000 FORMAT(/10X,'PIPE = ',I6,10F10.4)            04370000
3000 FORMAT(/1,20X,'HEAT LOSS IN AIR COOLER = ',1PE14.7,' (W)', 04380004
& /,20X,'HEAT GAIN IN HEATER = ',1PE14.7,' (W)') 04390004
4000 FORMAT(/1,20X,'HEAT INTO UPPER PLENUM = ',1PE14.7,' (W)') 04400004
RETURN                                             04410000
END                                                 04420000
*/ *****04430000
=DK UPEQ1S                                         04440000
SUBROUTINE UPEQ1S                                  04450000
C                                                    04460000
C                                                    04470000
C.....04480000
C                                                    04490000
=CALL /VD9V/                                       04500000
=CALL /T62/                                       04510000
=CALL /T63/                                       04520000
=CALL /T6T                                       04530000
=CALL /6SVD/                                       04540000
=CALL /60VD/                                       04550000
=CALL INTF36                                       04560000
DIMENSION A(4,4), B(4), X(4)                      04570000
C                                                    04580000
C SET COEFFICIENTS TO MATRIX                      04590000
C                                                    04600000
ZB = Z6FIX/Z6HALV                                  04610000
ZA = 1.-ZB                                         04620000
C FIRST GUESS TO T6NAB                             04630004
T6NAB = T6AVER                                     04640003
10 CONTINUE                                       04650003
C                                                    04660000
A(1,1) = -(W6CT=HCAP1C((T6NAB+T6AVER)/2.0)+UAAB+(UALH1+UALH2)*ZB) 04670010
A(1,2) = UALH1*ZB                                  04680000
A(1,3) = UALH2*ZB                                  04690000
A(1,4) = 0.0                                       04700000
A(2,1) = UALH1*ZB                                  04710000
A(2,2) = -UALH1-UAGH1                              04720000
A(2,3) = 0.0                                       04730000
A(2,4) = UAGH1                                       04740000
A(3,1) = UALH2*ZB                                  04750000
A(3,2) = 0.0                                       04760000
A(3,3) = -UALH2-UAGH2                              04770000
A(3,4) = UAGH2                                       04780000
A(4,1) = 0.0                                       04790000
A(4,2) = UAGH1                                       04800000

```

```

A(4,3) = UAGH2                                04810000
A(4,4) = -UAGL-UAGH1-UAGH2                    04820000
C                                                                 04830000
B(1) = -W6CT=HCAP1C((T6NAB+T6AVER)/2.0)*T6AVER - UAAB=T6NAA 04840010
B(2) = -UALM1=ZA=T6HAA                        04850000
B(3) = -UALM2=ZA=T6HAA                        04860000
B(4) = -UAGL=T6NAA                             04870000
C                                                                 04880000
CALL GAUS1U(4, A, B, X)                        04890000
C                                                                 04900000
IF(ABS(T6NAB-X(1))/X(1).GT.1.0E-8) THEN        04910003
    T6NAB = X(1)                               04920003
    GO TO 10                                    04930003
ENDIF                                           04940003
C                                                                 04950003
E6NAB = ENTH1H(X(1))                          04960000
T6NAB = X(1)                                   04970000
T6M1 = X(2)                                   04980000
T6M2 = X(3)                                   04990000
T6CGAS= X(4)                                  05000000
C                                                                 05010000
RETURN                                          05020000
END                                              05030000
*/ *****05040000
*/ ***** FOLLOWING SUBROUTINES ARE CODED BY KAM *****05050011
*/ *****05060000
*/ *****05070000
*DK GAUS1U                                     05080000
    SUBROUTINE GAUS1U(N,A,B,X)                 05090000
C                                                                 05100000
C                                                                 05110000
C .....05120000
C                                                                 05130000
    PARAMETER (MXLNG=100)                     05140000
    DIMENSION A(N,N),B(N),X(N)                05150000
    DIMENSION IP(MXLNG),VW(MXLNG),XM(MXLNG)   05160000
C                                                                 05170000
C          MATRIX SOLVER DRIVER ROUTINE       05180000
C                                                                 05190000
    CALL MXNORM(A,B,N,XM)                      05200000
C                                                                 05210000
    CALL DGAUSS(A,B,N,VW,ICON,IP)              05220000
C                                                                 05230000
    IF(ICON.NE.0) CALL EXIT9U(ICON,8H GAUS1U) 05240000
C                                                                 05250000
    WRITE(6,*) 'IP=',(IP(I),I=1,N)            05260000
    DO 200 IDUM=1,N                             05270000
        I = IP(IDUM)                            05280000
        X(I) = B(IDUM)/XM(I)                    05290000
    200 CONTINUE                               05300000
C                                                                 05310000
    RETURN                                      05320000
    END                                          05330000
*/ *****05340000
*DK DGAUSS                                     05350000
    SUBROUTINE DGAUSS(A,B,N,A1,ICON,IP)        05360000
C                                                                 05370000
C .....05380000
C .....05390000
C                                                                 05400000
    DIMENSION IP(N)                            05410000
    DIMENSION A(N,N),B(N),A1(N)               05420000
    DATA EPSZ /1.E-14/                        05430000
C                                                                 05440000
C          GAUSS SUBSTITUTION METHOD MATRIX SOLVER 05450000
C                                                                 05460000
    DO 201 I=1,N                               05470000
        IP(I) = I                               05480000
    201 CONTINUE                               05490000
C                                                                 05500000
    DO 100 K=1,N-1                             05510000
C                                                                 05520000
C          COMPLETE PIVOTING                    05530000
C                                                                 05540000
        LI = 0                                  05550000
        LJ = 0                                  05560000
        XMAX = EPSZ                             05570000
        DO 210 KI=K,N                           05580000
            DO 220 KJ=K,N                         05590000
                XM = DABS(A(KI,KJ))              05600000

```

```

                IF(XH.GT.XHAX) THEN
                    LI = KI
                    LJ = KJ
                    XHAX = XH
                END IF
220 CONTINUE
210 CONTINUE
    IF(LI.EQ.0) THEN
        ICON = 2000
        RETURN
    END IF
    IF(LI.NE.K) THEN
        DO 310 J=K,N
            A1(J) = A(K,J)
            A(K,J) = A(LI,J)
            A(LI,J) = A1(J)
310 CONTINUE
        B1 = B(K)
        B(K) = B(LI)
        B(LI) = B1
    END IF
    IF(LJ.NE.K) THEN
        IDUM = IP(K)
        IP(K) = IP(LJ)
        IP(LJ) = IDUM
        DO 320 I=1,N
            A1(I) = A(I,K)
            A(I,K) = A(I,LJ)
            A(I,LJ) = A1(I)
320 CONTINUE
        END IF
C
C     FORWARD REDUCTION
C
        XMIN = 1.030
        IMIN = 0
        DO 400 I=K+1,N
            A1(I) = A(I,K)/A(K,K)
            ADUM = DABS(A1(I))
            IF(XMIN.GT.ADUM.AND.A1(I).NE.0.) THEN
                XMIN = ADUM
                IMIN = I
            END IF
            B(I) = B(I)-A1(I)*B(K)
            DO 500 J=K,N
                A(I,J) = A(I,J)-A1(I)*A(K,J)
500 CONTINUE
400 CONTINUE
C
C     100 CONTINUE
        B(N) = B(N)/A(N,N)
C
C     BACKWARD REDUCTION
C
        DO 600 I=N-1,1,-1
            A1(I) = 0.
            DO 700 J=I+1,N
                A1(I) = A1(I)+A(I,J)*B(J)
700 CONTINUE
            B(I) = (B(I)-A1(I))/A(I,I)
600 CONTINUE
C
        RETURN
        END
*/ *****
=DK HXNORM
    SUBROUTINE HXNORM(A,B,N,ANORH)
C
C
C.....
C
    DIMENSION A(N,N),B(N),ANORH(N)
    DATA ZERO/1.E-10/
C
C     MATRIX NORMALIZATION ROUTINE
C
        DO 99 I=1,N
            ANORM(I)=0.
            DO 98 J=1,N
                ANORH(I) = DHAX(DABS(A(I,J)),ANORM(I))

```

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------|
| 98 | CONTINUE | 06410000 |
| | IF(ANORM(I).LT.ZERO) THEN | 06420000 |
| | WRITE(6,*) ' MATRIX IS ILLEGAL AT I=',I,' MAX= ',ANORM(I) | 06430000 |
| | CALL EXIT9U(1,8H HXNORM) | 06440000 |
| | END IF | 06450000 |
| 99 | CONTINUE | 06460000 |
| | DO 100 I=1,N | 06470000 |
| | DO 300 J=1,N | 06480000 |
| | A(I,J) = A(I,J)/ANORM(I) | 06490000 |
| 300 | CONTINUE | 06500000 |
| | B(I) = B(I)/ANORM(I) | 06510000 |
| 100 | CONTINUE | 06520000 |
| C | | 06530000 |
| | DO 400 J=1,N | 06540000 |
| | ANORM(J) = 0. | 06550000 |
| | DO 500 I=1,N | 06560000 |
| | ANORM(J) = DMAX1(DABS(A(I,J)),ANORM(J)) | 06570000 |
| 500 | CONTINUE | 06580000 |
| | DO 600 I=1,N | 06590000 |
| | A(I,J) = A(I,J)/ANORM(J) | 06600000 |
| 600 | CONTINUE | 06610000 |
| 400 | CONTINUE | 06620000 |
| C | | 06630000 |
| | RETURN | 06640000 |
| | END | 06650000 |

| | | |
|------------------------------------|----------|-------|
| *ID REACTH | 00010000 | 反应度效果 |
| *CD /THRC/ | 00020000 | |
| COMMON /THRC/ F5RTH, RSPDL, T6BREF | 00030000 | |
| *INSERT MTRLS.319 | 00040008 | 模拟系数 |
| IF(P.LT.O.O) CALL PRNT9T | 00050008 | |
| */ ***** INIT6T ***** | 00060000 | |
| *INSERT INIT6T.51 | 00070000 | |
| *CALL /THRC/ | 00080000 | |
| NAMELIST /REACT/ F5RTH | 00090004 | |
| *INSERT INIT6T.307 | 00100000 | |
| T6BREF = T6NAB | 00110000 | |
| READ(A,REACT) | 00120004 | |
| */ ***** REACST ***** | 00130000 | |
| *BEFORE REACST.22 | 00140000 | |
| *CALL /THRC/ | 00150000 | |
| *INSERT REACST.24 | 00160000 | |
| CALL THRCST | 00170000 | |
| *INSERT REACST.49 | 00180000 | |
| R5RHO = R5RHO + RSPDL | 00190000 | |
| */ ***** THRCST ***** | 00200000 | |
| *OK THRCST | 00210000 | |
| SUBROUTINE THRCST | 00220000 | |
| C | 00230000 | |
| *CALL /T63/ | 00240000 | |
| *CALL /THRC/ | 00250000 | |
| *CALL /VD9V/ | 00260007 | |
| *CALL INTEG9 | 00270006 | |
| C | 00280000 | |
| DELTEM = T6NAB - T6BREF | 00290009 | |
| RSPDL = F5RTH * DELTEM | 00300000 | |
| RETURN | 00310000 | |
| END | 00320000 | |

付 録 3 解析用インプットデータ

```

SSC-L ; PLANDTL - 1 LOOP 3 CH; WITH PIPE BREAK SIMULATION SYSTEM
OV VESSEL
1D 3, 2, 16, 16, 4,3R/ HEATER #1 #2 BYPASS
2D 1, 1, 2/ ROD TYPE
Y ----- F I L E V E S S E L -----
Y
Y * * * * *
Y * #1 = 37H TEST SECTION (ROD TYPE 1) ..... HEAT GENERATING *
Y * #2 = 37I TEST SECTION (ROD TYPE 1) ..... NO-HEAT GENERATING *
Y * #3 = BYPASS (ROD TYPE 2) ..... 10 ASSEMBLIES *
Y * * * * *
Y
3D 1.0, 0.0, 0.0/ POWER FRACTION
4D 0.45946, 1.0E-5, 0.54053/ FLOW FRACTION
5D 1, 1, 1/ NO. OF ASSEMBLIES
7D 2.44327E-5 ,2.44327E-5, 8.87476E-3/ AREA/ROD
8D 3.33927E-3, 3.33927E-3, 0.1063/ HYDRAURIC DIAMETER
11D 0.0, 3R/ FUEL INNER RADIUS
12D 2.78E-3, 2.78E-3, 1.0000E-8/ FUEL OUTER RADIUS
13D 2.78E-3, 2.78E-3, 1.0000E-8/ CLAD INNER RADIUS
14D 3.25E-3, 3.25E-3, 2.0305E-1/ CLAD OUTER RADIUS
15D 0.0, 3R/ LB INNER RADIUS
16D 2.78E-3, 2.78E-3, 2.0304E-1/ LB OUTER RADIUS
17D 0.0, 3R/ UB INNER RADIUS
18D 2.78E-3, 2.78E-3, 2.0304E-1/ UB OUTER RADIUS
19D 1.2, 3R/ FRAC. HT TO STRUCTURE
20D 2.40548E4, 3R/ FUEL/CLAD CONTACT HEAT TRANSFER
21D 1.01353E5, 3R/ FISSION GAS PRESSURE
23D 0, 0.0, 3R, 0.0, 5.38919E5, 10.2778, 25, 25,
1.0E-4, 0.01, 14000.0/ CORE FLOW
Y LOWER PLENUM
24D 1.56462, 5.39319E5, 1.5425E5, 9.62113E-2, -1.0493E3 /
25D 1, 2500.0/
Y ELEVATION
27D 0.0, 4.7, 5.1, 10.05, 11.80, 11.1, 12.288/
Y UPPER PLENUM
28D 1.63886, 1.50427, 7.31488E-1, 2.84017E2, 1.65170, 2.04692E1,
8.875E-3, 14.0, 1400.0, 560.0, 0.0, -1.4121576E3, 1.0,
8.30295E4, 2.27666E6, 1.46606E6/
29D 0.0, 5R, 1000.0/ BYPASS
30D 0.316, 0.25, -16.15, 24.96, -8.55, 0.3/ FRIC & NU #
Y ----- I N L E T O R I F I C E Z O N E A N D S A T O P 3 1 D - 3 4 D ----- Y
31D 1.12152E-2, 2R, 1.73114E-2/ I N L E T O R I F I C E Z O N E
32D (-8.97060E4, 0.0), 2R, 0.0, 2R/ K-LOSS PRESSURE
33D 8.17060E1 ,5.42465E-7 ,1.04958E2 / P DROP(FRICTION) AT I N L E T N O Z Z L E
34D 0.0, 3R/
101D 0.0, 0.398, 0.930, 0.3, 1.19, 0, 2, 7, 2, 5, 1.21077, 47.2308, 60,
70, 40, 1.0, 3R, 51, 1.0, 3R, 41, 1.0, 3R,
37, 1.32E-3, 50.2E-3, 3.0E-3, 1.42/ 37H HEATER PIN
102D 0.0, 0.398, 0.930, 0.3, 1.19, 0, 2, 7, 2, 5, 1.21077, 47.2308, 60,
70, 41, 1.0, 3R, 51, 1.0, 3R, 41, 1.0, 3R,
1, 0.0, 50.2E-3, 7.97E-3, 2.1/ BYPASS SECTION
Y ----- A X I A L P O W E R S H A P E F O R E A C H C H A N N E L ----- Y
Y A X I A L P O W E R S H A P E 1, 2, 3
201-203D 0.121519, 0.131519, 0.6204433, 0.8295536, 0.9564690, 1.00,
0.9564690, 0.8295536, 0.6204433, 0.01, 0.0, 6R/
301-303D 0.0, 0.80294, 0.19706, 0.0/ R A D I A L P O W E R P R O F I L E
401-403D 1.0, 0.0, 0.0/ F R A C . P O W E R F U E L / C L A D / S O D I U M
501-503D 80, 1.0, 81, 0.0, 82, 0.0/ F P G A S
Y
Y ----- F I L E H A L O O P -----
Y
OV HALOOP
1D 1, 07, 6, 16, 5, 4, 2, 5, 5, 07, 3, 4, 2, 2, 2, 5, 6/
2D 1/
Y I N X G E O M E T R Y
100D 90, 1.35E-2, 1.59E-2, 4.41921E-2, 1.61040E-1, 8.83842E-2, 1.530E3,
8.99, 4.31690E-1, 4.0E-6, 0.0, 70/
Y I N X
101D -1, 0, 0.0, 0.0, 0, 0.0, 4R/
Y I N X
102D 4.1E-1, 7.69E-1, 3.68E-1, 5.31E-1, 4.15261E-2,
1.51653E-1, 2.34643E-2, 2.33374E-1/
Y I N X P L
103D 90.0, -90.0, 90.0, 90.0/
Y I N X C E N T R A L D O W N C O M E R
104D 2.899, 1.063E-1, -90.0/
105D 0.0010, 3.0E-4, 3.0E-4/ C O N V C R I T . S U R F A C E R O U G H N E S S
Y ----- P R I M A R Y P U M P H E A D & P O L Y N O M I A L ----- Y

```

```

110D 6, 1.264, -0.065, 0.118, -0.531, 0.090, 0.124/
111D 1, 2, 999999.0, 0.0, 3R/ CHECK VALVE
* ----- PRIM PUMP & PUMP TANK -----
112D 60.0, 1.0, 1.744E-2, 1000.0, 7.110, 6.1575216E-4, 0.0/
* ----- SEC PUMP & SURGE TANK -----
122D 5.8, 1.0, 8.7532E-3, 1000.0, 3.0, 0.14137, 3.0, 0.14137, 0.0/
10010 3, 3, 2, 5, 5, 3/
1002D 0.02, 90, -1.40235E4/ IHX
1003D 1.30428E3, 0.0/
* ----- PRIMARY LOOP PIPINGS -----
* PIPE NUMBER= 1.
1101D 1.12, 12.037, 0.1063, 4.0E-3, 1.14599, 6R/
* PIPE NUMBER= 2.
1102D 0.0, 2.0, 2.88874E-2, 4.0E-3, -90.0, 16R/ IHX
* PIPE NUMBER= 3.
1103D 2.10, 8.233, 0.1063, 4.0E-3, -13.6085428, -1.18644446,
-29.41789276, -24.1821755, 2R/
* PIPE NUMBER= 4.
1104D 2.00, 6.690, 0.1063, 4.0E-3, -19.43222, -1.3131432,
-18.7549856, 2R/
* PIPE NUMBER= 5.
1105D 0.60, 1.50, 0.1063, 4.0E-3, -1.14599, 2R/
* PIPE NUMBER= 6.
1106D 2.60, 8.464, 0.1063, 4.0E-3, -1.14599, -21.03984, -12.713474,
-1.145992, 2R/
* PIPE NUMBER= 7.
1107D 1.00, 8.60, 0.1063, 4.0E-3, -1.14599, 3R, 30.123164, 2R/
* ----- SECONDARY LOOP PIPINGS -----
* PIPE NUMBER= 1.
1201D 5.0, 4.990, 8.2412E-2, 4.1622E-3, 2.88322886, 3R/
* PIPE NUMBER= 2.
1202D 5.0, 7.68, 0.1063, 4.0E-3, 1.14599, 2R, 17.4013, 2R/
* PIPE NUMBER= 3.
1203D 5.0, 1.8, 0.1063, 4.0E-3, -1.14599, 2R/
* PIPE NUMBER= 4.
1204D 5.0, 2.2486, 0.09644, 4.757E-3, -1.04476436, 2R/
* PIPE NUMBER= 5.
1205D 5.0, 2.2486, 0.09644, 4.757E-3, -1.04476436, 2R/
* PIPE NUMBER= 6.
1206D 5.0, 9.324, 0.1063, 4.0E-3, -13.904265, -1.14599, 4R/
* PIPE NUMBER= 7.
1207D 5.0, 11.604, 0.1063, 4.0E-3, -1.14599, 2R,
-0.2982317, 29.765605, -12.1235643, 2R/
*
* ----- F I L E O P D A T A -----
*
OV OPDATA
10 1.20E6, 1/
20 802.15, -673.15, 10.278/
30 598.15, -749.15, -7.5278/
40 1.99392E+5, 1.99392E+5, 1.20, 0.0, 0.0/
50 1, 2, 1, 1/
*
* ----- F I L E M A T D A T -----
*
OV MATDAT
100 109.7, -6.4499E-2, 1.1728E-5, 1630.22, -0.83354,
4.62838E-4, 1011.597, -0.22051, -1.92243E-5, 5.63769E-9,
370.9, 1644.2, -6.7511E4, 1630.22, -0.41674,
1.54279E-4, 11.35977, -5567.0, -0.5, 11.68672,
-5544.97, -0.61344, 1144.2, -2.4892, 220.65,
-0.4926, 0.001, 1.0E-5, 750.0, -12130.0, 10.5/ SODIUM
510 -1.94074E4, -3.2900E3, 1.0, 0.0, 1.0, 10.0,
-1.0876E2, -3.3336E-2, 1.9584E-5, -3.8617E-9, 1.988E3, 0.0, 0.0,
3020.0, 3060.0,
-2.56121E-5, 3.44E-8, 3.1E-5,
295.4, 3020.0, 3060.0,
2.62E3, 2.0E3,
0.75, 5.0E-5, 400.0,
3200.0, 3200.0, 3200.0/ HEATER PIN HEATING SECTION
71D 1.389344E1, 1.1531169E-2, 6.1227E-6, 0.0, 3.4292E2, 3.80507E-1,
-1.589E-4, 0.0, 1.162645E-5, 6.676E-9, 0.0, 295.4, 8430.0/INCONEL-600
80D 0.3255, 0.0, 0.0/ THERMAL CONDUCTIVITY HE
81D 0.01574, 0.0, 0.0/ XE
82D 0.02617, 0.0, 0.0/ KR
*
OV OLDATA
20 99/
30 99/
*

```



```

STOP
OV TRNDAT
1001D 0, 0.0, 100.0/          PRY PUMP ( H + P )
1002D 0, 0.0, 100.0/          SRY PUMP ( H + P )
¥ ----- F I L E   T R N D A T -----
¥
¥ ----- GUARD VESSEL VOLUME -----
1003D 2, 0.0, 99999.0, 0.0, 1.20704E1, 0.0, 0.0, 10R, 0.150/  GV
1004D 1/                          CHECK VALVE
¥1101D 7, 4, 7.50, 0.6, 1.77495E-2, 4.43738E-3, 0.0/ PIPE BREAK 1RY
1101D 7, 4, 7.50, 0.3, 8.87476E-3, 4.43738E-3, 0.0/ PIPE BREAK 1RY
¥
5001D 0, 6, 4.38E-7/          NEUTRON KINETICS
5002D 0.9313, 2R, 0.0, 2R/          FRAC. FISSION
5003D 8.02E-5, 7.75E-4, 6.72E-4, 1.33E-3, 6.11E-4, 1.67E-4/  N -TH GRP
5004D 0.013, 0.0312, 0.134, 0.347, 1.42, 3.79/          DECAY CONSTANT
¥ ----- DECAY POWER 50050:BYPASS 5100: EACH CHANNEL -----
5005D 1.0, 0.0, 0.99, 0.1, 0.958, 0.5, 0.931, 1.0, 0.893, 2.0,
      0.828, 5.0, 0.801, 7.0, 0.77, 10.0, 0.705, 20.0, 0.663, 30.0,
      0.609, 50.0, 0.534, 100.0, 0.331, 1000.0, 0.170, 10000.0/ (BYPASS)
5101-5103D 1.0, 0.0, 0.99, 0.10, 0.958, 0.5, 0.931, 1.00, 0.893, 2.0,
      0.828, 5.00, 0.801, 7.00, 0.77, 10.0, 0.705, 20.0,
      0.663, 30.0, 0.609, 50.0, 0.534, 100.0, 0.331, 1000.0,
      0.170, 10000.0/          HEATER & BYPASS
¥ -----
5201-5203D 0.0, 16R/ ----- DOPPLER SODIUM IN -----
5301-5303D 0.0, 16R/ ----- DOPPLER SODIUM OUT -----
5401-5403D 0.0, 16R/ ----- SODIUM DENSITY -----
5501-5503D 0.0, 16R/ ----- FUEL AXIAL EXPANSION -----
¥
¥ ----- 6000 INPUTS -----
¥
¥ ----- UPPER PLENUM MIXING AND FLOW DISTRIBUTION -----
6001D 2, 1, 0.0/          L6MIX(2:TWO ZONE);L6FLOW(1:REDISTR1);T6SUPH
6002D 2, 0.0, 0.0/          IN-VESSEL COVER GAS
¥
¥ ----- 8000 INPUT -----
¥
¥ TEMPORARY DATA (CRBR PPS & PCS)
¥
8001D 3, 1/  H8PCSD, H8CBNK
8002D 1, 5R/  PUMPS ON MANUAL
8003D 999999.0, 5R/  PUMP TIME DELAY AFTER AN AUTOMATIC SIGNAL
8004D 0.0, 5R/  MANUAL PUMP TRIP TIMES
8005D 1.0, 1.0, 99999.0, 2R/  LOAD DEMAND FORCING FUNCTION CONSTANTS
8006D 18.7, -36.0, 1.0, 18.7, 2.75, 2.10/
8007D 1.00457, -0.32893, -3.36569, 4.83219, -2.4813, 0.44254, 0.0,
      0.99814, -0.01961, -7.2467, 16.2162, -17.7132, 10.1342, -2.36038,
      2.0, 0.3/
8008D 0.93602, -0.362, -1.50373, 1.84077, -0.79071, 0.11714, 0.0, 2.0/
8009D 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/
8010D (1.0, 0.01), 4R/      FBVMAX,F8TRHA
8011D (0.0, -0.01), 4R/     FBVMIN,F8TRHN
8012D 1.0, 4R/      S8OPEN
8013D 1.0, 4R/      S8CLOS
8014D 0.15, 0.50, 0.20, 2R, 0.5, 3R, 0.2/  PPS SENSOR TIME CONSTANTS
8015D 100.0, 100.0, 10.2778, 7.52778, 761.15, 673.15,
      740.0, 400.0, 6.20173E5, 1.01E7, 137895.14, 139.68, 139.68/
8016D 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8/  PRIMARY AVAILABLE FUNCTIONS
8017D 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18/  SECONDARY AVAILABLE FUNCTIONS
8018D 1 / PRIMARY FUNCTIONS TO BE CHECKED
8019D 11 / SECONDARY FUNCTIONS TO BE CHECKED
8020D 1, 999999.0, 4.20/  PRIN. PPS ON AUTOMATIC SCRAM
8021D 1, 999999.0, 4.20/  SEC. PPS ON AUTOMATIC SCRAM
8101D 1.15/  HIGH FLUX SET POINT
8102D 0.03607, 0.036, -0.99, 0.1706, 0.0364, 1.01, 0.03607, 0.036,
      0.1969, 0.0416/
8103D 1.318, 1.0, 0.0425/  C1-C3 (FLUX-SQRT(PR))
8104D 0.147, -1.0, 1.0, -1.0, 0.0075, 0.05/  D1-D6 (P/I SPEED RATIO)
8105D -99.0/          DATA FOR VER.3.2
8106D 0.1/  REACTOR VESSEL LEVEL*
8107D 42.0/  E1 ( STEAM-FEED WATER RATIO)
8108D 898.0/  SETPOINT FOR IHX PRIMARY OUTLET TEMP
8110D 0.147, -1.0, 1.0, -1.0, 0.0075, 0.05/
8111D 1.120, 0.71/  MAX AND MIN STEAM DRUM LEVEL SETPOINTS
8112D 898.0/  SETPOINT FOR HIGH EVA OUTLET SODIUM TEMP
8113D 898.0/  SETPOINT FOR REACTOR OUTLET NOZZLE SODIUM TEMP
8114D 0.20/  LOW PRIMARY LOOP SODIUM FLOW SET POINT
8115D 0.2/  LOW INT LOOP SODIUM FLOW RATE
8116D -9999.0, 2R/
8117D 1.1, -0.1/

```

```

8118D 0.01/
8200D 1.0, 0.01/ F8HFXL,F8CRDZ
8201D 010, 0.5, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 18.23/CBHK1
8301D 101, 0,3,60.0,1.085,1.11688,.065,5.34,5.34,1.0,30.,.2067725,120.0/
8301D 201, 0,3,60.0,1.085,1.0397,.065,5.34,5.34,1.0,30.0,.2067725,120.0/
8400D 3, 3, 1, 3, 1, 3R/
8401D 111, 0,1.0,0.05,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.88,0.12,0.0/ P,C1,L1
8401D 121, 0,0.375,0.8,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,0.0,1.0,0.0 / P,C2,L1
8401D 131, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,0.0,1.0,0.0 / P,C3,L1
8401D 211, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ I,C1,L1
8401D 221, 0,1.752E-5,.02,.0,10.,-10.,.01,1.0,0.5,0.0,1.0,0.0/ I,C2,L1
8401D 231, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,0.0,1.0,0.0/ I,C3,L1
8401D 311, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,1.0,0.0,0.0/ FP,C1,L1
8401D 411, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,0.5,0.0,0.0/ FV,C1,L1
8401D 421, 0,-1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.0,1.0,0.5,1.0,0.0,0.0/ FV,C2,L1
8401D 431, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,1.0,0.0,0.0/ FV,C3,L1
8401D 510, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ TV,C1
8401D 610, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ 8V,C1
8401D 710, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ RV,C1
8401D 810, 0,2.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.93,0.17,-0.1/ P,CS1
8401D 820, 0,2.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.89,0.11,0.0/ P,CS2
8401D 830, 0,1.0,1.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.05,0.0,1.00,0.0/ P,CS3
Y
Y#####
Y
Y          ---- 9000 INPUTS ----
Y ----- SIMULATION TIME AND PRINTOUT INTERVALS -----
Y
-9001D 1., 1.0, 1.0E-11, 999.0,
      0.0625, 0.25,
      0.25, 5.0,
      1.0, 100.0,
      1.0, 200.0,
      1.0, 400.0/
Y 0.625,1.25, 1.25,2.5, 2.5,5.0, 5.0,10.0, 10.0,2000.0/
Y 0.001,0.01/
Y 1.0,4.0, 2.0,10.0, 4.0,30.0, 8.0,70.0, 16.0,150.0, 32.0,9999.0/
Y 0.25, 1.0, 0.5, 4.5, 1.0, 40.0, 2.0, 999.0, 4.0, 9999.0/
9002D 0.0010, 0.00010, 0.02, 0.0200/ ACCEPTANCE LMT(ACU)
9003D 0.00100, 0.00100/ ACCEPTANCE LIMIT(INTERFACE)
9004D 1, 1, 1, 1, 1, 0/ CALL -- LP<THML>;LP<HYD>;SG;FUEL;IN-V CL;PPS/PCS
9005D 1, 1, 0, 1, 1, 0/ PRINT - DO.
9008D 0, 0, 0, 0/ DUMP -- COMMON & CONTAINERS
STOP
END

```

```

&ACS
S2DACS = 0.0,
S2BVOP = 1.0E9,
S2STRT = 0.0,
N2ACSO = 0,
T2CNST = 0.0,
S2LHTS = 999999.0,
F1ORGN = 0.0,
F1FINL = 1.0,
NTABLE = 20,
TINTAB = 0.0, 0.5, 20.0, 40.0, 60.0,
          80.0,100.0,120.0,140.0,160.0,
          180.0,200.0,320.0,340.0,460.0,
          550.0,600.0,650.0,800.0,1000.0,
FLWTAB = -15.0030, -15.0030, -13.5027, -12.0024, -10.5021,
          -9.1018, -7.5015, -6.0012, -4.5009, -3.0006,
          -1.5003, -1.0E-1, -1.0E-1, -1.0E-1, -1.0E-1,
          -1.0E-1, -1.0E-1, -1.0E-1, -1.0E-1, -1.0E-1,
TEMTAB = 303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
          303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
          303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
          303.15, 303.15, 303.15, 303.15, 303.15,
LOADBA = 1,
A2STCK = 1.0,
T2AIRE = 303.15,
T2AORE = 479.15,
T2AIIC = 303.15,
T2AOIC = 479.15,
W2AREF = -15.103,
S2LOAD = 0.0,
T2HIRE = 778.15,
T2HORE = 598.15,
W2HREF = 7.2,
P2AREF = 999.0,
H2STCK = 0.0,
TAU2 = 5.0,
F2STC1 = 0.0,
AOCROS = 8.90274E-3, 1.57077, 2.03357E-2,
DOWET = 1.60410, 122.383,
XONODE = 0.357, 4.230E-2, 0.357,
WTHICK = 2.5E-3,
VOOLUM = 6.98407E-3, 6.98407E-3, 1.06128, 1.87847,
DPACS = -9.06222E2
&END
&NOIHX
S9LOHS = 999999.0,
S9PMSP = 999999.0,
S9NOSG = 999999.0
&END
&INLA
N6N = 10, 10, 10,
X6P = 13.4591, 13.4591, 9.647,
Y6P = 0.1063, 0.1063, 0.1063,
Y6T = 4.0E-3, 4.0E-3, 4.0E-3
&END
&PMPDIO
TPUM1 = 0.0, 1.0, 3.0,4.55, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1,10.1,15.1,
        20.1, 30.0,40.0,50.0,60.0, 70.0, 74.0, 100.,135.,200.,
VPUM1 = 200., 200., 95., 95., 94., 87., 80., 75., 66., 51.,
        41., 30., 24., 15.,-15.,-17.8,-18.3,-14.5,-10.,-10.,
BPUM1 = 1.59234E-3,-6.86351E-6, 9.75026E-9,
        -1.69687E-3, 1.91351E-6,-2.33858E-9,
        3.28E-4, -6.74E-8, -1.30E-11,
TPUM2 = 0.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0,
        100.,120.0,130.0,140.0,160.0,200.0,400.0,600.0,800.0,1000.0,
VPUM2 = 200.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
        0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
BPUM2 = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
        -7.64E-5, -1.31E-6, -2.12E-9,
        1.39E-4, -2.52E-8, -1.11E-11
&END
&BAREAO
X4PIPE = 16.126,
Y4PIPE = 0.1063,
HALENG = 2.399,
A4BUFF = 0.19635,
V4BUFF = 0.14,
NBOAT = 19,
T1AREA = 0.0, 0.10, 0.16, 0.17, 0.30,
        0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5,

```

```

          3.0, 3.5, 4.0, 4.4, 4.5,
          4.55, 4.6, 20.0, 200.0,
T1AREA(20)=4.6,
F1AREA = 1.0, 1.0, 1.0, 0.25, 0.25,
          0.28, 0.27, 0.265, 0.240, 0.200,
          0.131, 0.065, 0.030, 0.020, 0.010,
          0.005, 0.0, 0.0, 0.0,
F1BREK = 1.140682E-1,
P9ATH = 1.99392E5
&END
&UPACSO
NSTAB = 10,
STABLE = 0.0, 10.0, 20.0, 30.0, 50.0, 100.0, 200.0, 500.0, 1000.0,
          2000.0,
WUPACS = 4.04, 4.04, 4.04, 4.04, 4.04,
          4.04, 4.04, 4.04, 4.04, 4.04,
QUAC = 1.0E1, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
          0.0, 0.0, 0.0
QUNEAT = 5.2E5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
          0.0, 0.0, 0.0,
B3ACMC = 8.34473E4,
V3AC = 0.0211343,
H3ACUA = 1.62E4,
B3HTMC = 6.27032E5,
V3HT = 0.67,
H3HTUA = 1.62E4,
N3PIPS = 3,
L3AC = 1,
L3HEAT = 2,
N3UPA = 10, 10, 10,
X3UPA = 6.9198, 9.7458, 6.006,
Y3UPA = 3*0.0535,
Y3TUP = 3*3.5E-3
&END
&PWHR
L1PWHR = 0,
L2PWHR = 0,
Y1TI = 7*0.025,
Y2TI = 6*0.050,
T1A = 300.0,
T2A = 300.0,
F1EMXP = 1.0E-8,
ITRMAX = 50,
F1BO = 0.0,
F2BO = 0.0,
B1GS = 893.893,
B2GS = 893.893,
&END
&REACT
FSRTH=0.0
&END

```

付 録 4 解析結果

A. 逆流時のプラント各部の温度変化解析

図 A. 1 : 主循環系流量 (0 ~ 70秒)

図 A. 2 : 主循環系流量 (0 ~ 600秒)

図 A. 3 : 試験体内各部のナトリウム温度 (0 ~ 70秒)

図 A. 4 : 試験体入口配管部のナトリウム温度 (0 ~ 70秒)

図 A. 5 : 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 70秒)

図 A. 6 : 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 600秒)

図 A. 7 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 70秒)

図 A. 8 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 600秒)

図 A. 9 : 2 次系流量 (0 ~ 70秒)

図 A. 10 : 2 次系流量 (0 ~ 600秒)

B. 自然循環特性解析

図 B. 1 : 主循環系流量

図 B. 2 : 2 次系流量

図 B. 3 : 試験体内各部のナトリウム温度

図 B. 4 : 上部及び下部プレナム出入口ナトリウム温度

図 B. 5 : 上部及び下部プレナム内部ナトリウム温度

図 B. 6 : 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度

図 B. 7 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度

図 B. 8 : 空気冷却器出入口ナトリウム温度

C. LOPI 模擬試験の予測解析

図 C. 1 : 主循環系流量 (0 ~ 30秒)

図 C. 2 : 主循環系流量 (0 ~ 200秒)

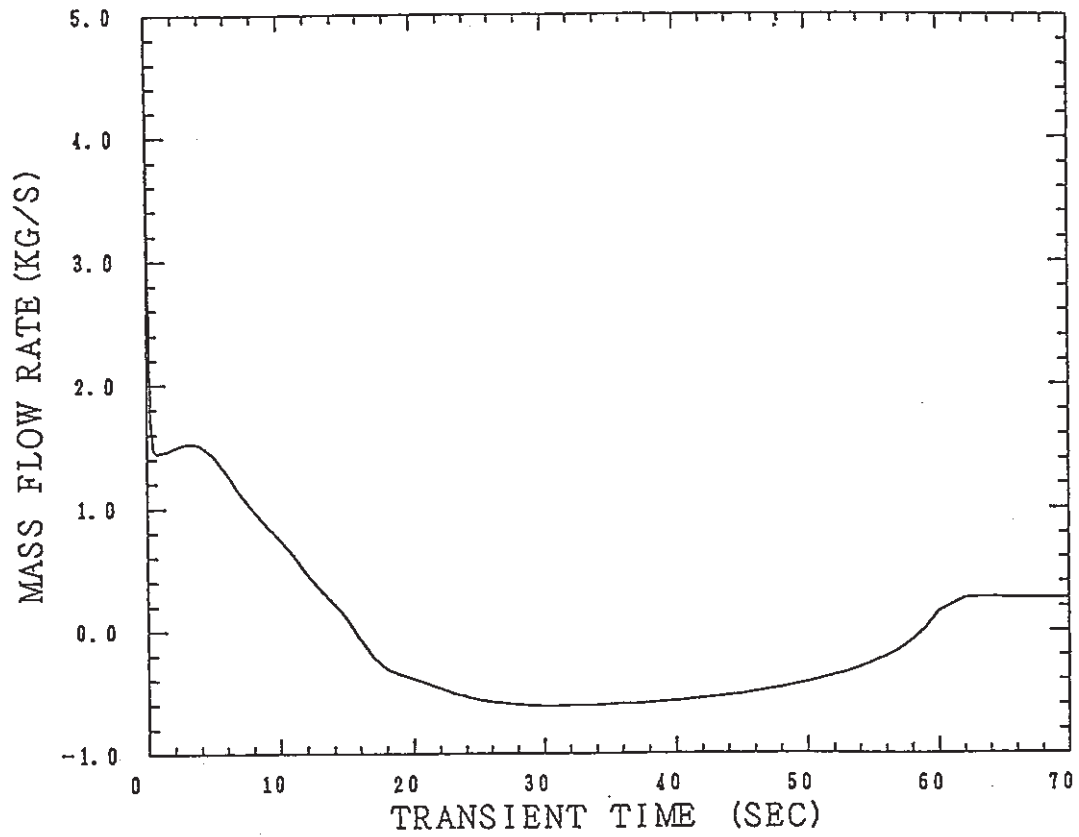
図 C. 3 : 2 次系流量 (0 ~ 30秒)

図 C. 4 : 2 次系流量 (0 ~ 200秒)

図 C. 5 : 配管破断系放出流量

- 図 C. 6 : 試験体内各部のナトリウム温度 (0~30秒)
- 図 C. 7 : 試験体内各部のナトリウム温度 (0~200秒)
- 図 C. 8 : 上部及び下部プレナム出入口ナトリウム温度 (0~30秒)
- 図 C. 9 : 上部及び下部プレナム出入口ナトリウム温度 (0~200秒)
- 図 C. 10 : 上部及び下部プレナム内部ナトリウム温度 (0~30秒)
- 図 C. 11 : 上部及び下部プレナム内部ナトリウム温度 (0~600秒)
- 図 C. 12 : 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度 (0~30秒)
- 図 C. 13 : 中間熱交換器 1 次側出入口ナトリウム温度 (0~200秒)
- 図 C. 14 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0~30秒)
- 図 C. 15 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0~200秒)
- 図 C. 16 : 空気冷却器出入口ナトリウム温度 (0~30秒)
- 図 C. 17 : 空気冷却器出入口ナトリウム温度 (0~200秒)

A. 逆流時のプラント各部の温度変化解析



図A. 1 : 主循環系流量 (0 ~ 70秒)

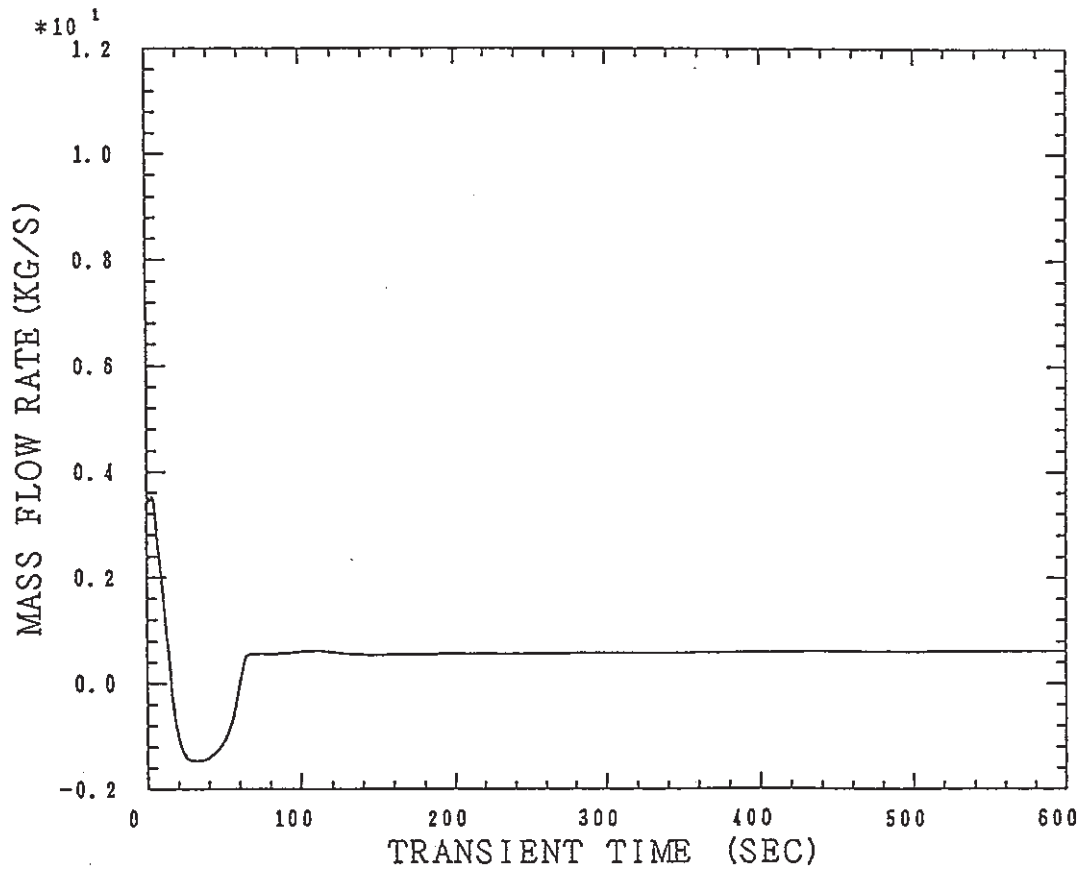
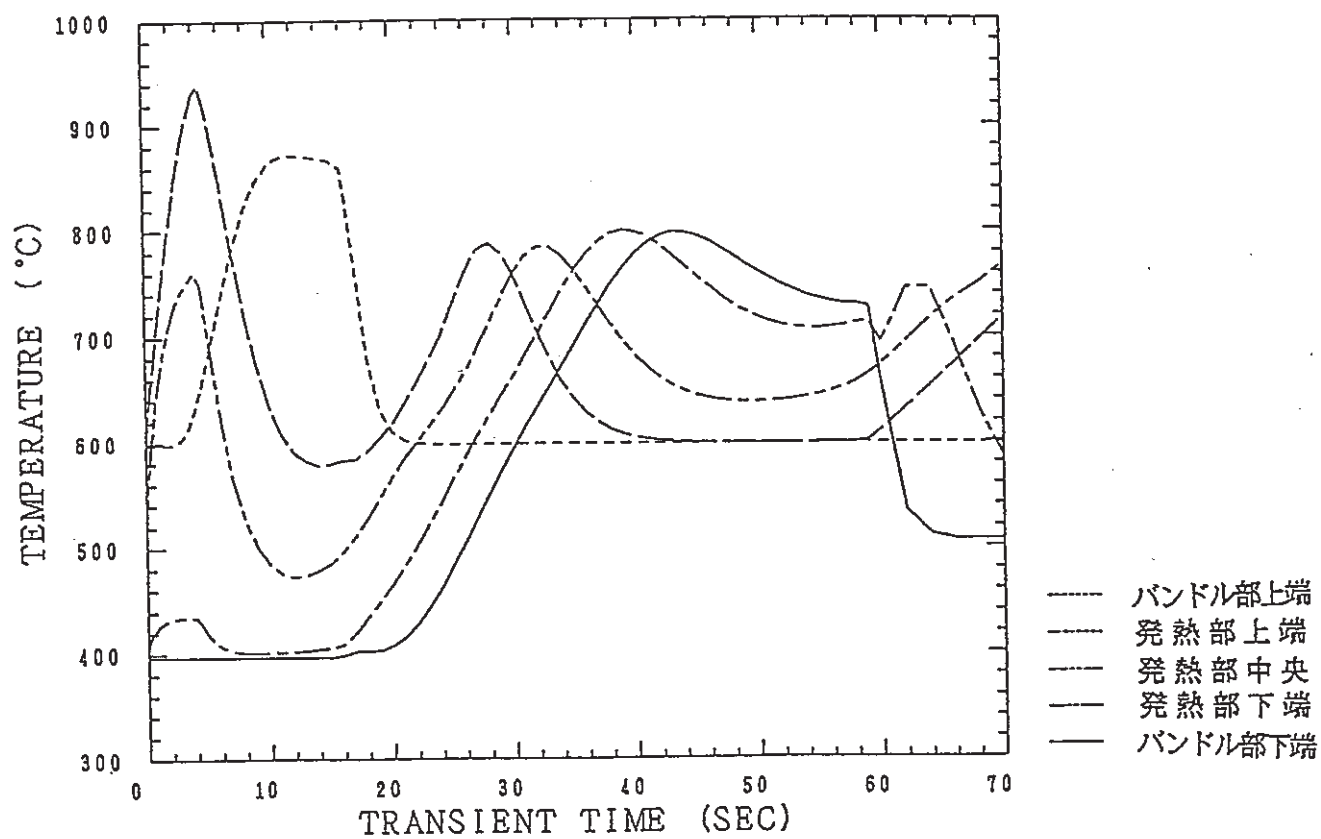
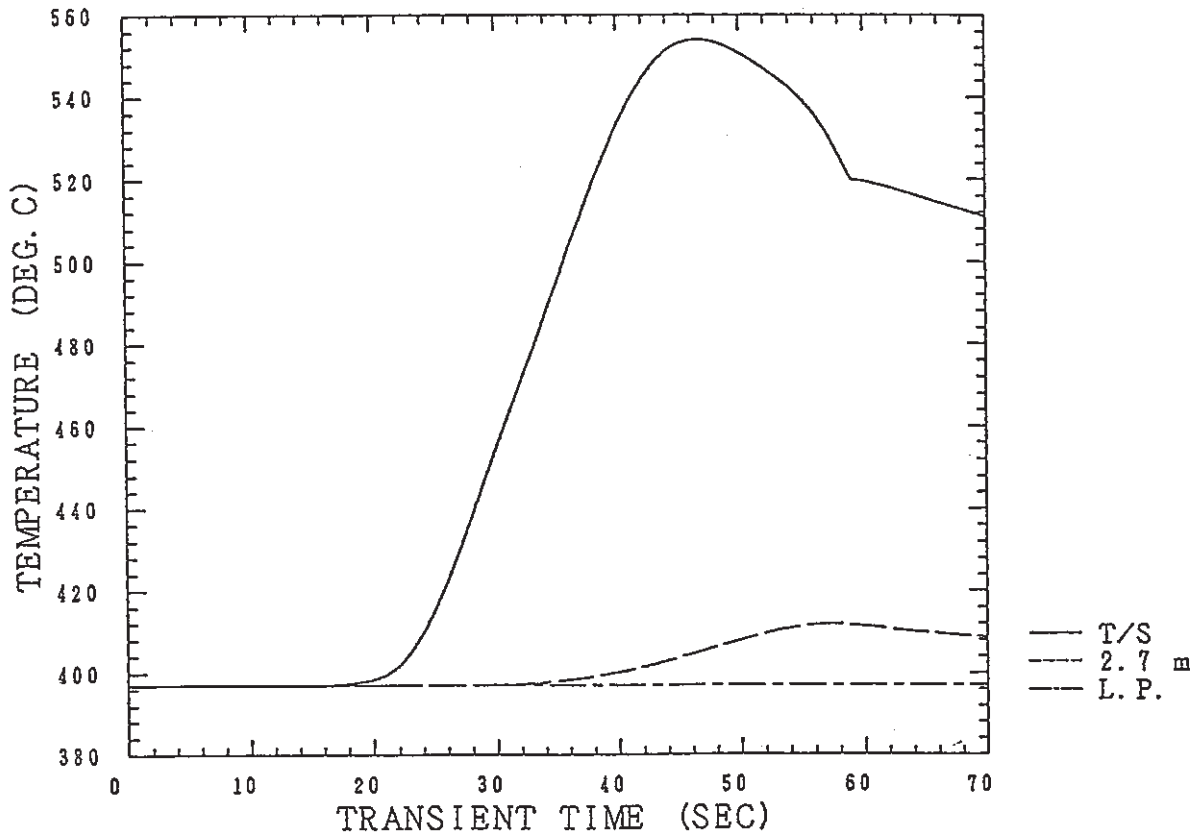


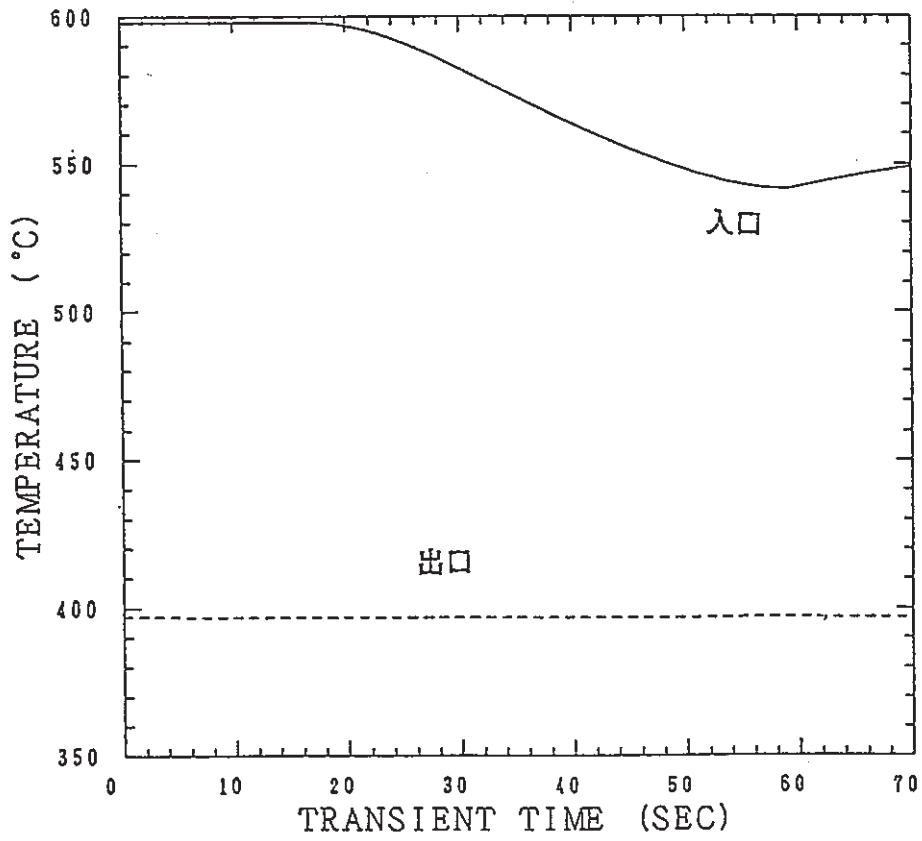
图 A. 2 : 主循环系流量 (0 ~ 600秒)



図A. 3 : 試験体内各部のナトリウム温度 (0~70秒)



図A. 4 : 試験体入口配管部のナトリウム温度 (0~70秒)



図A. 5 : 中間熱交換器1次側出入口ナトリウム温度 (0~70秒)

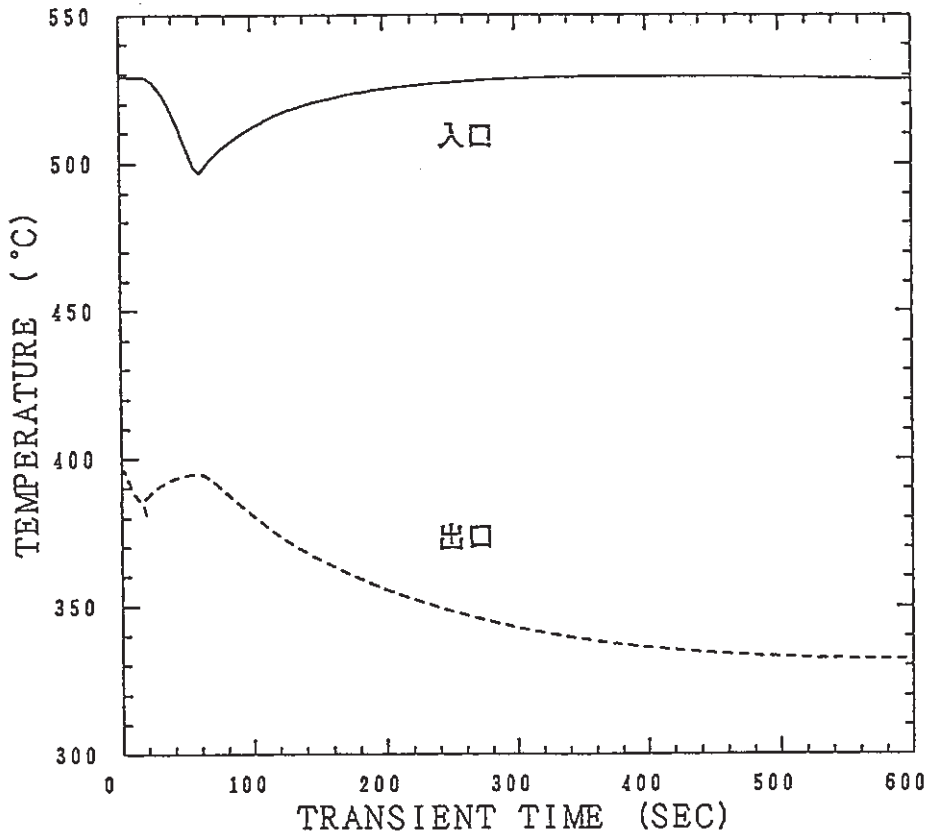
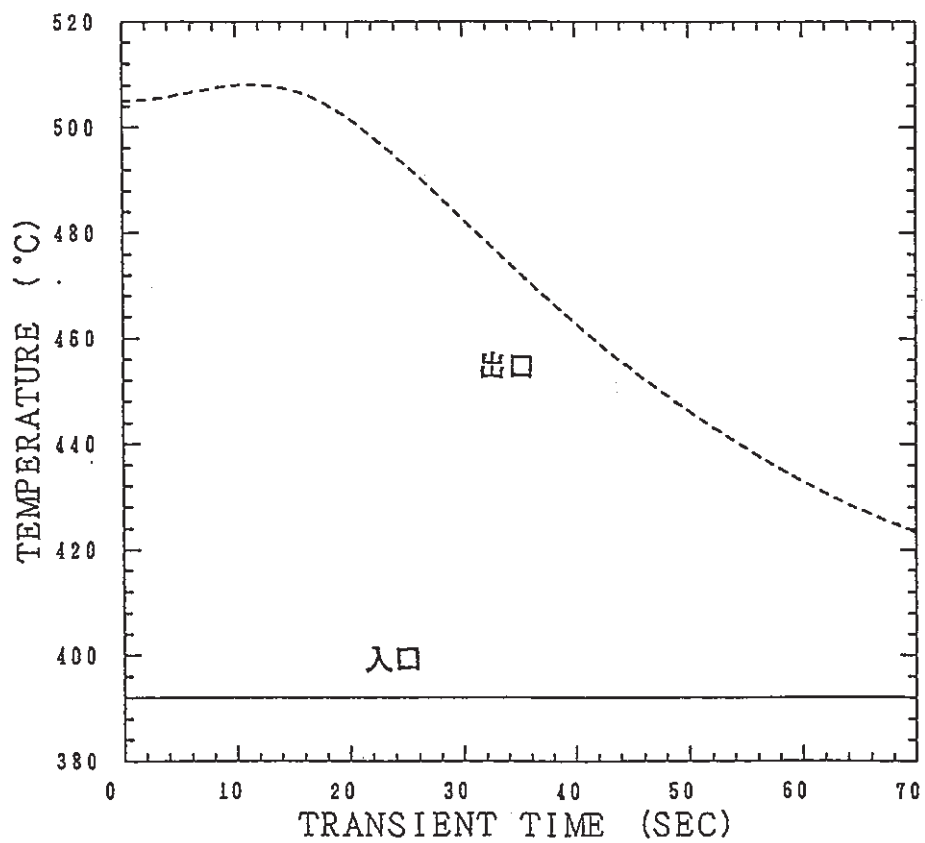


図 A. 6 : 中間熱交換器 1 次側 出入口ナトリウム温度 (0 ~ 600秒)



図A. 7 : 中間熱交換器2次側出入口ナトリウム温度 (0~70秒)

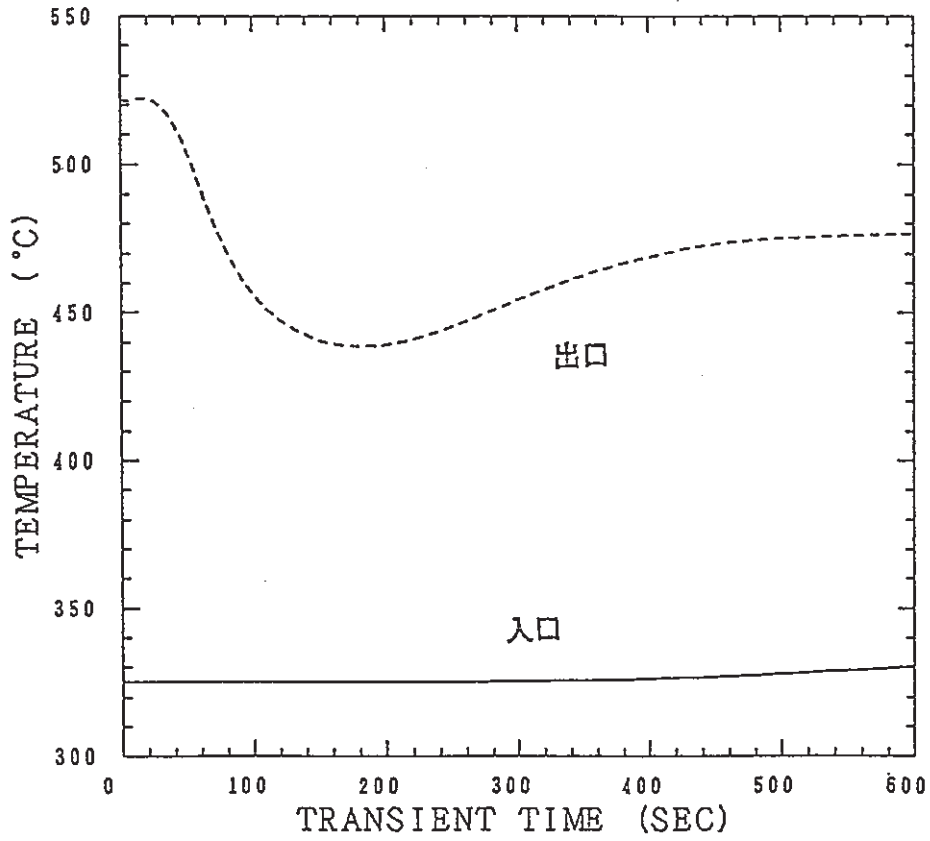
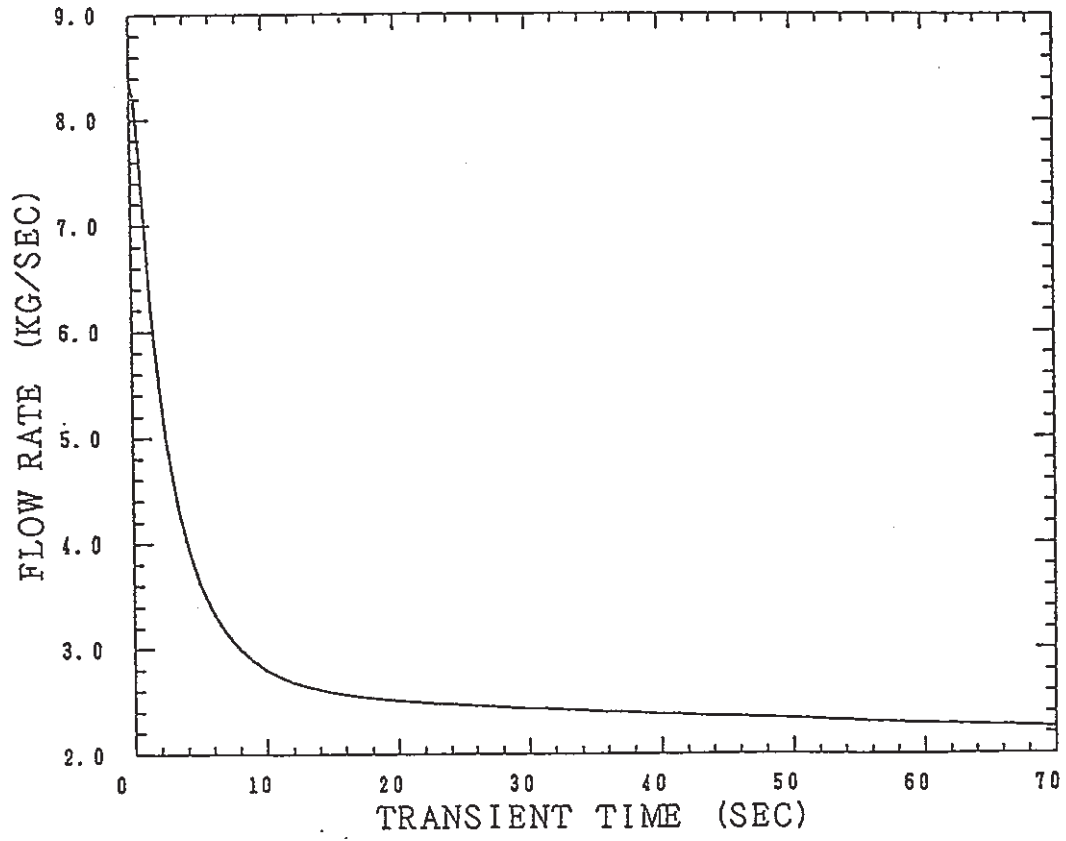
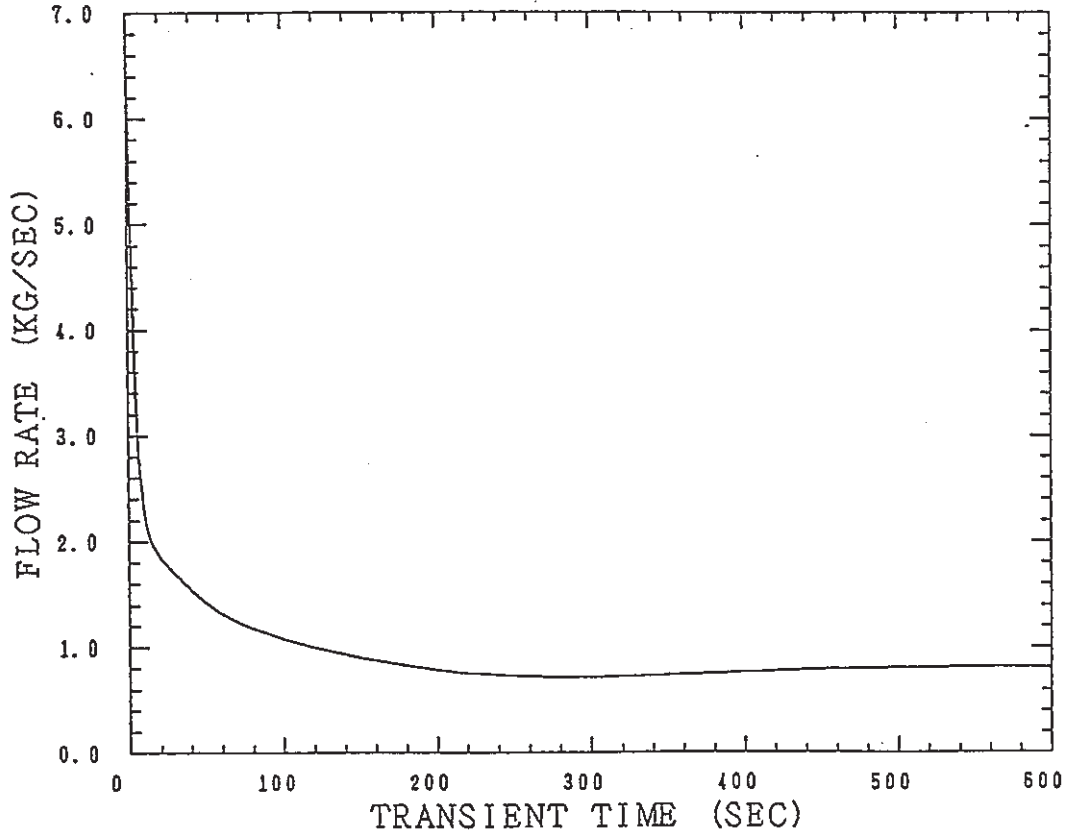


図 A. 8 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 600秒)

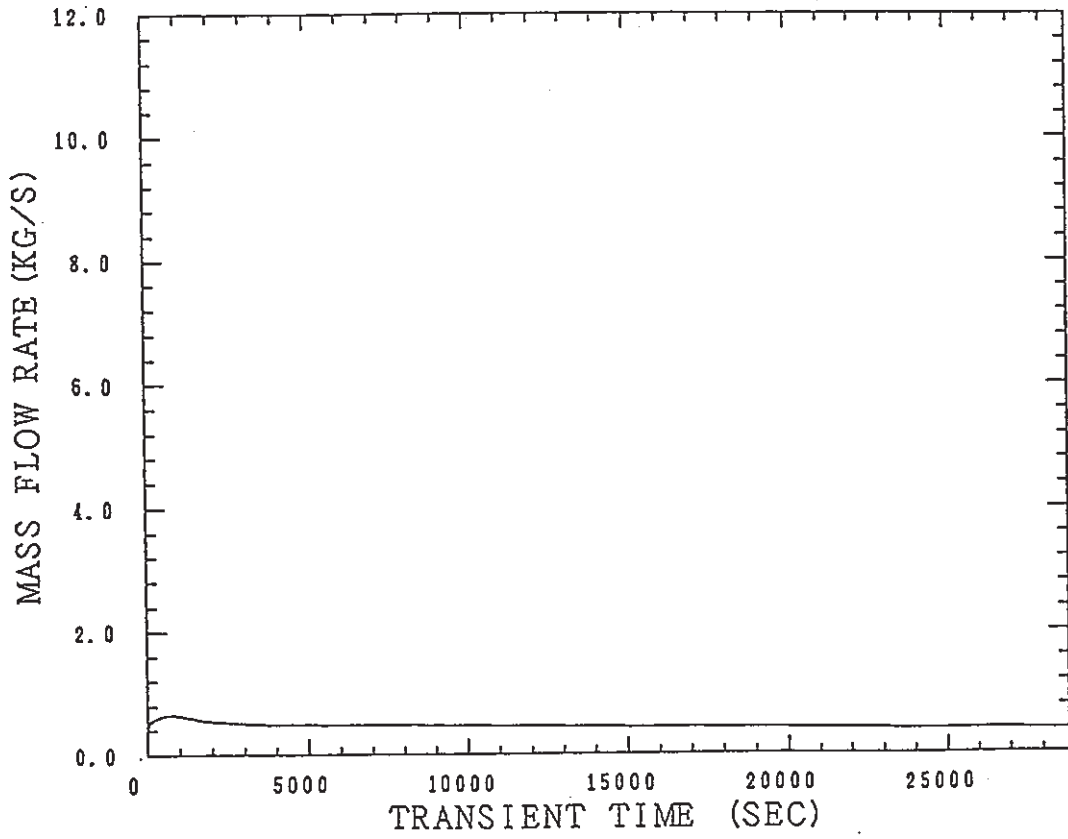


图A. 9 : 2次系流量 (0~70秒)

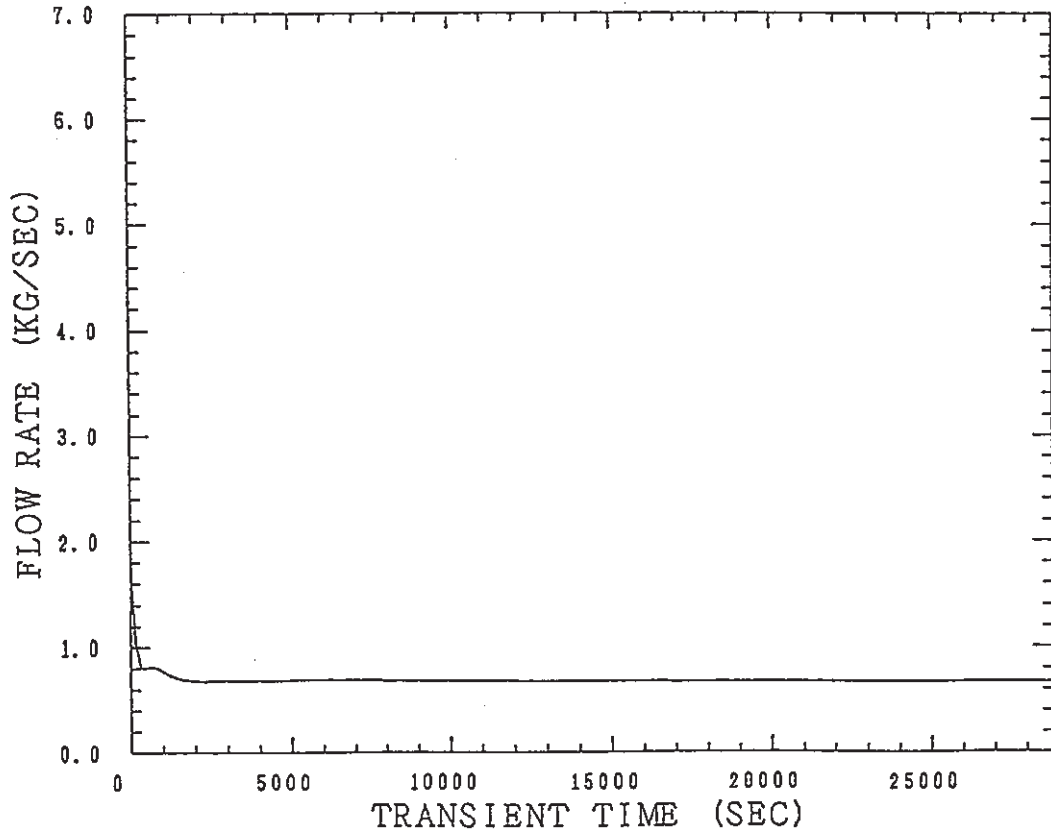


図A. 10: 2次系流量 (0~600秒)

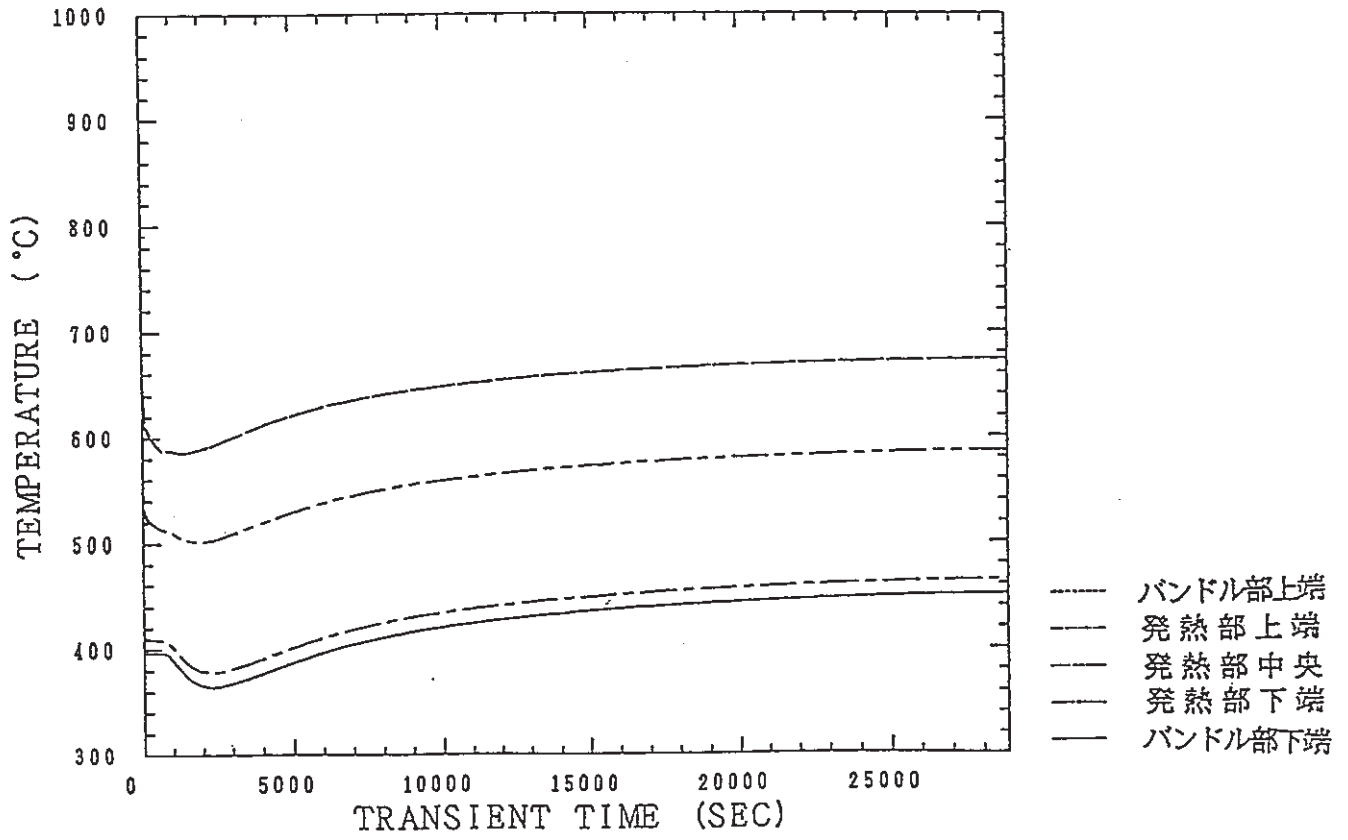
B. 自然循環特性解析



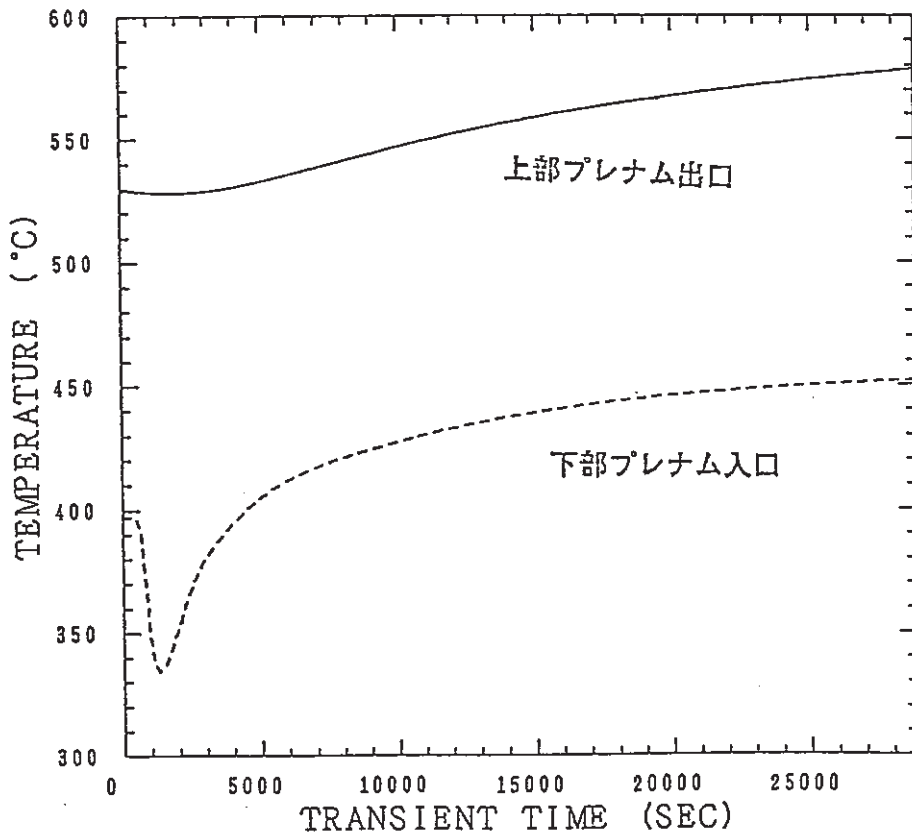
图B. 1 : 主循環系流量



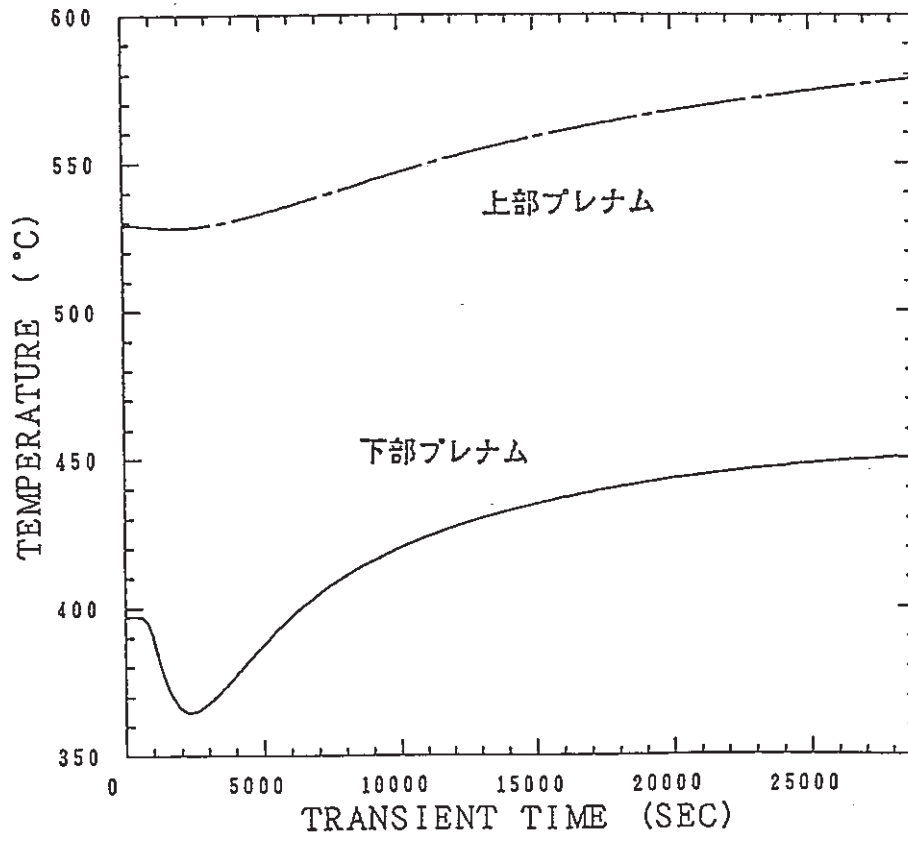
图B. 2 : 2次系流量



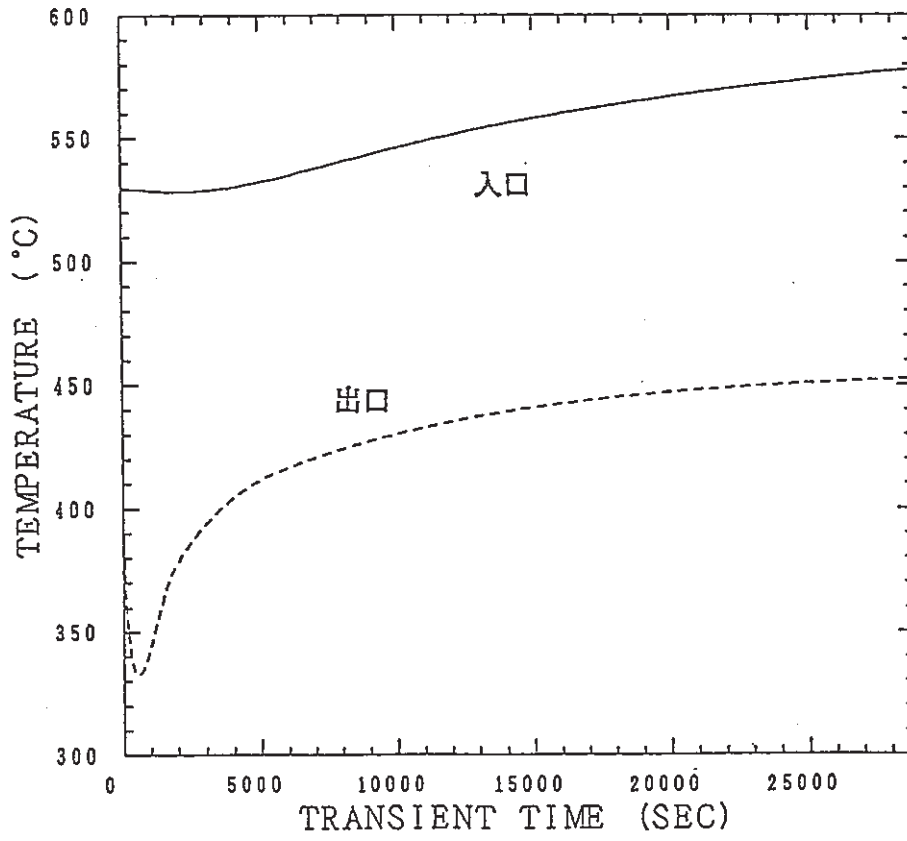
図B. 3 : 試験体内各部のナトリウム温度



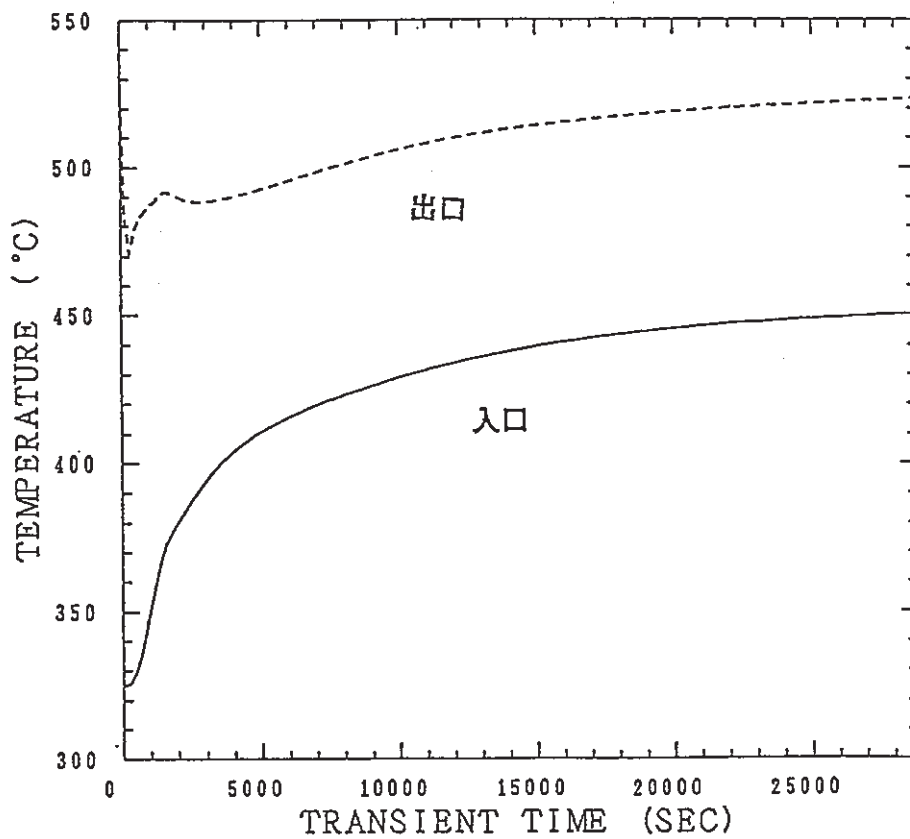
図B. 4 : 上部及び下部プレナム出入口ナトリウム温度



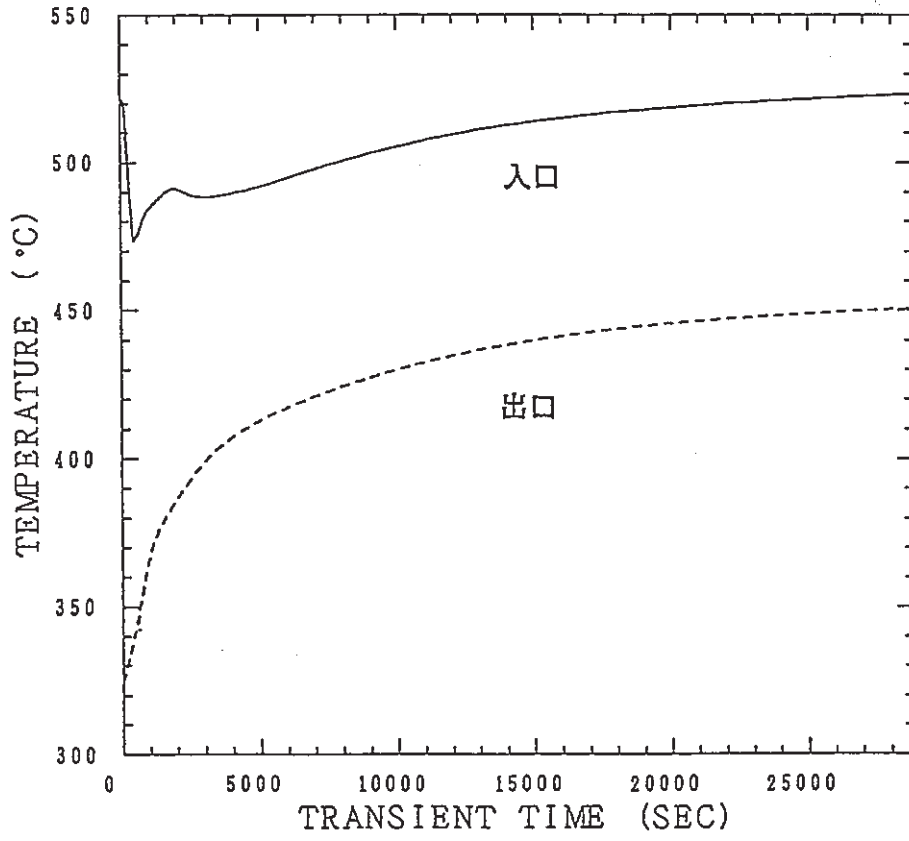
図B. 5 : 上部及び下部プレナム内部ナトリウム温度



図B. 6 : 中間熱交換器1次側出入口ナトリウム温度

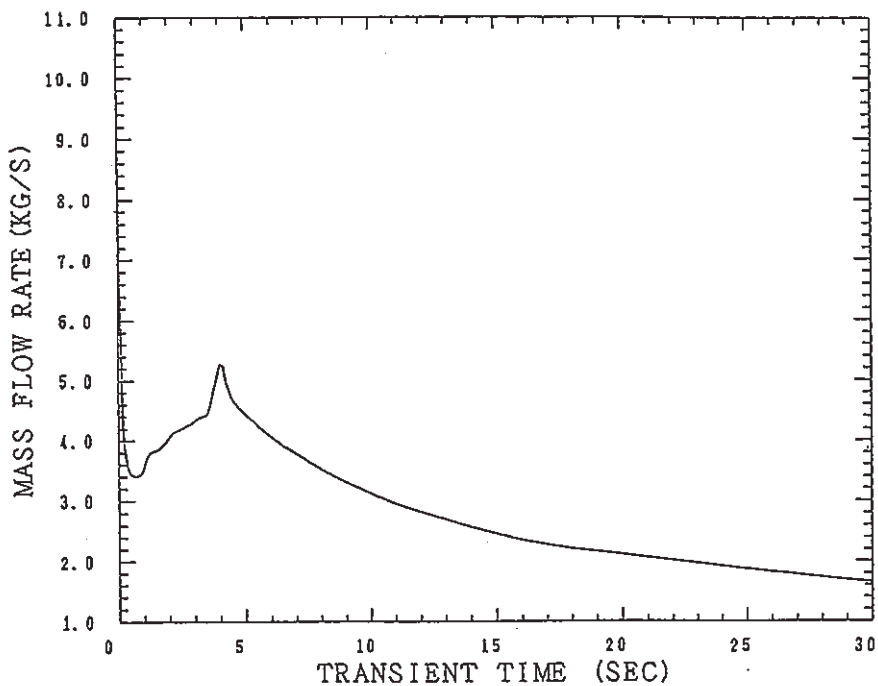


図B. 7 : 中間熱交換器 2 次側 出入口ナトリウム温度

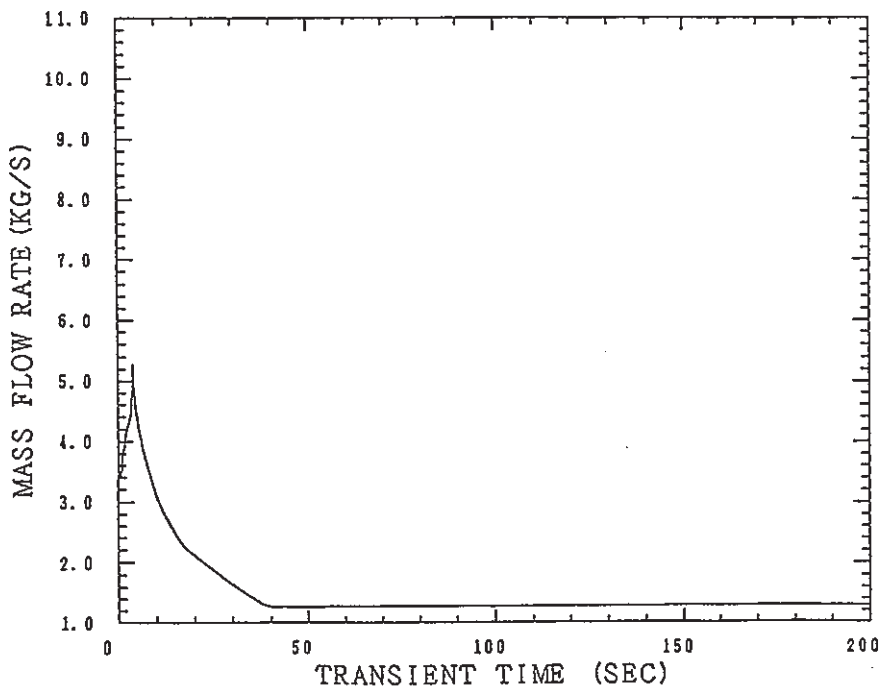


図B. 8 : 空気冷却器出入口ナトリウム温度

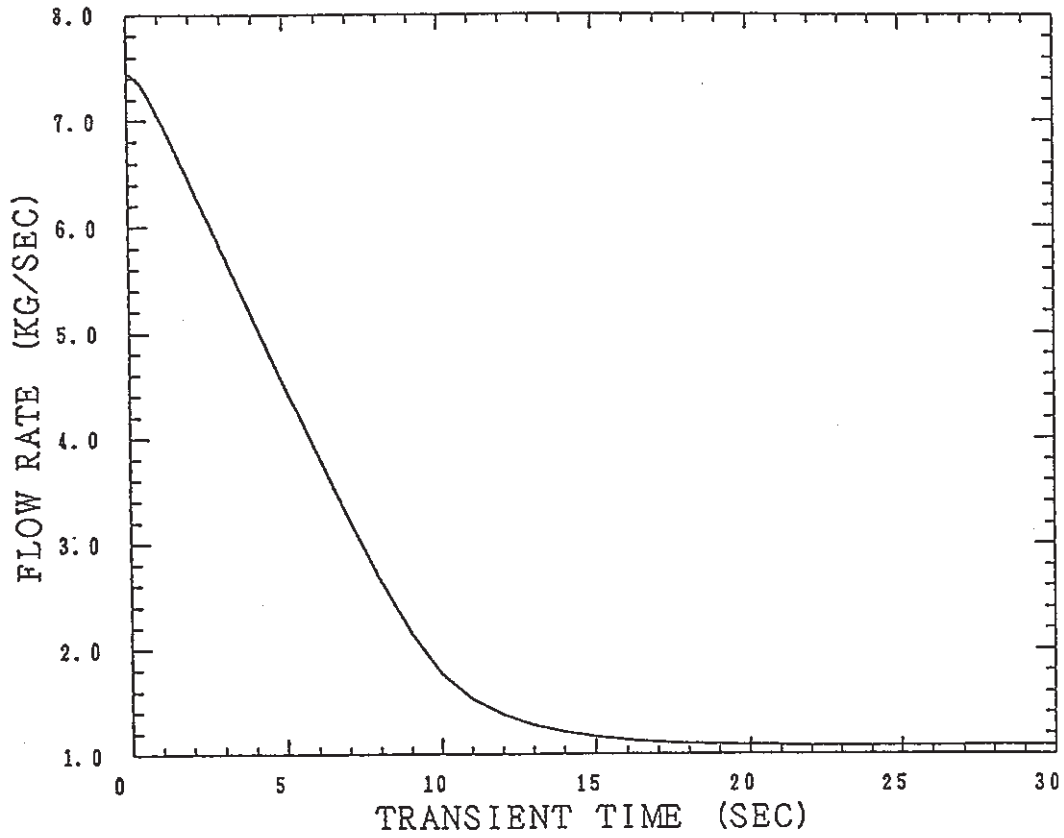
C. LOPI模擬試験の予測解析



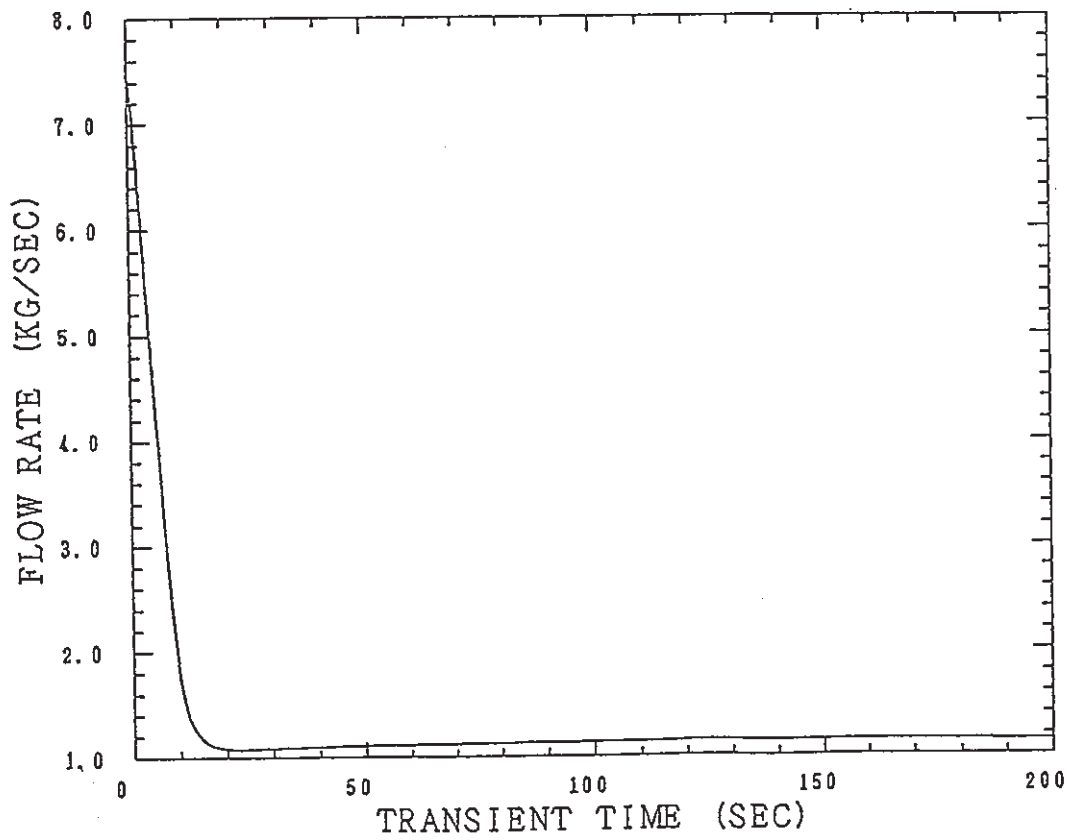
図C. 1 : 主循環系流量 (0 ~ 30秒)



図C. 2 : 主循環系流量 (0 ~ 200秒)



図C. 3 : 2次系流量 (0~30秒)



図C. 4 : 2次系流量 (0~200秒)

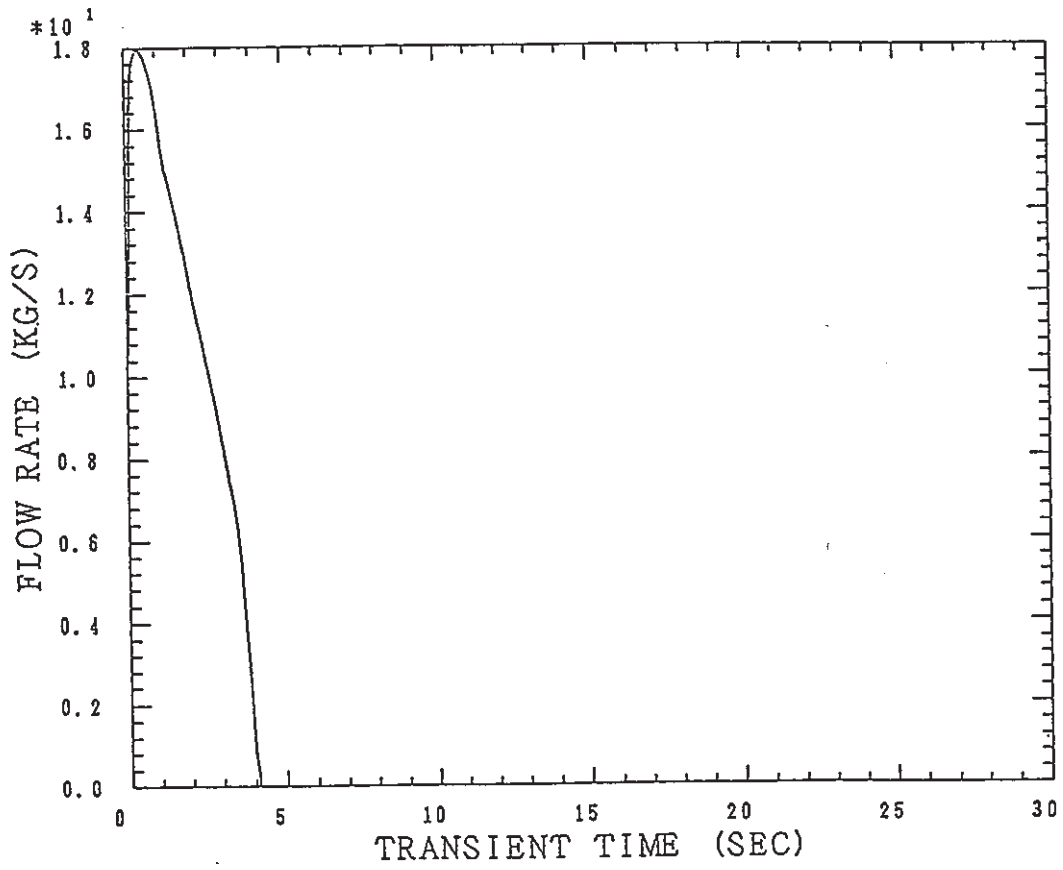
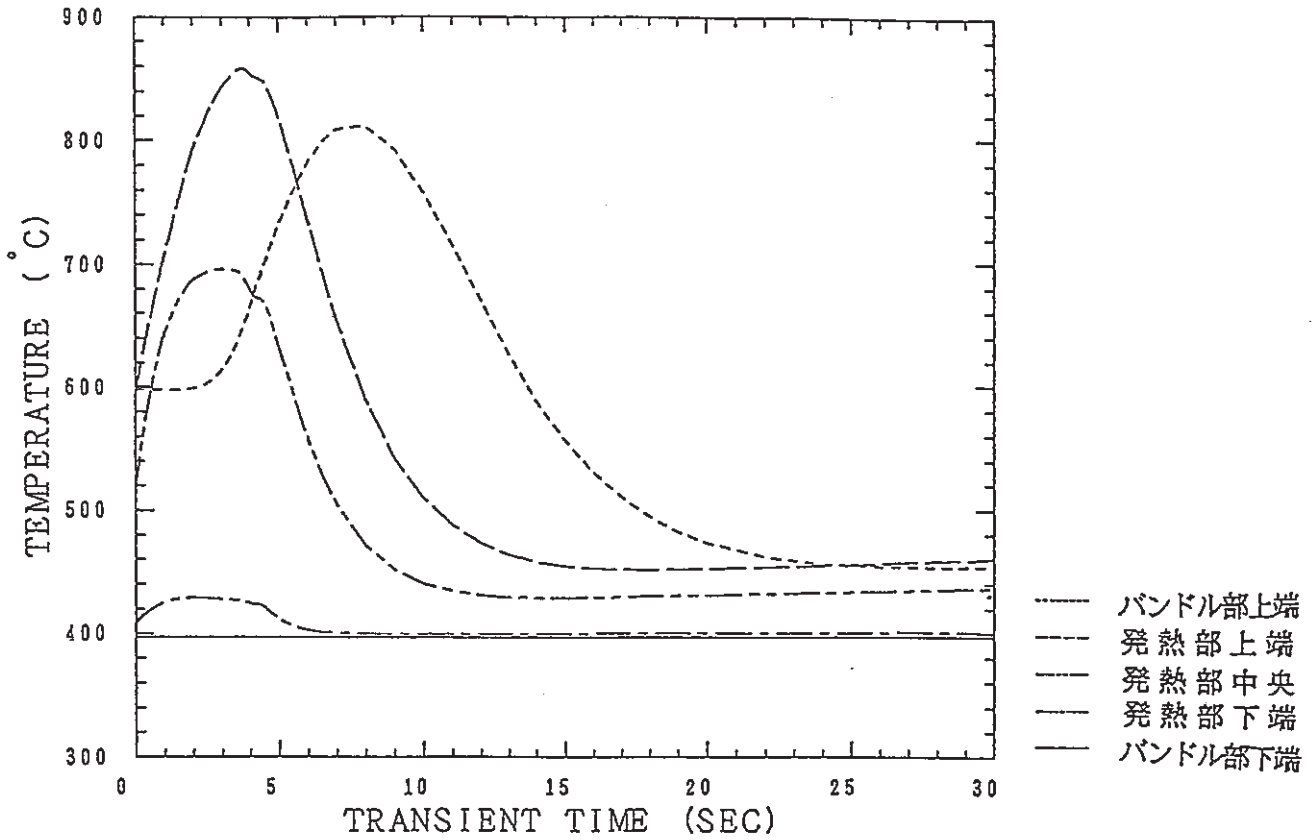
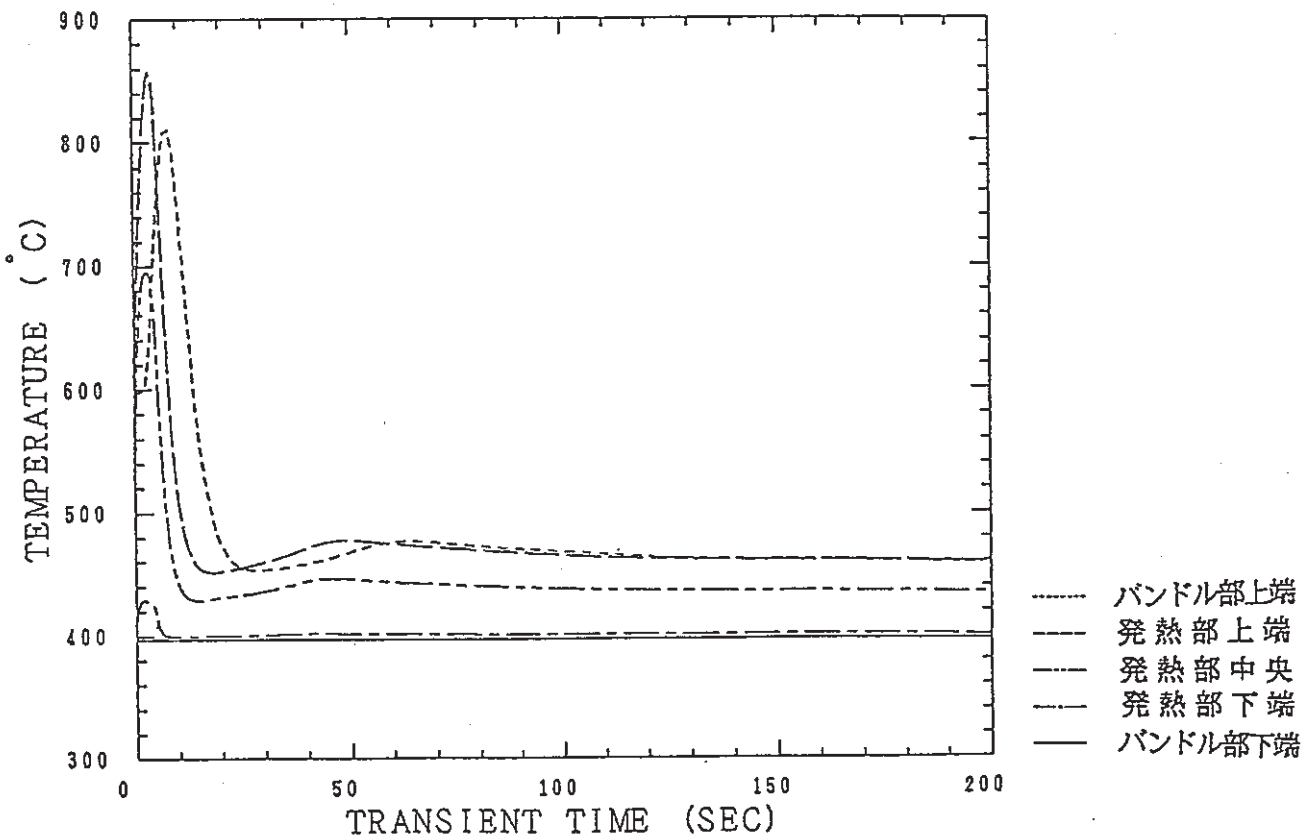


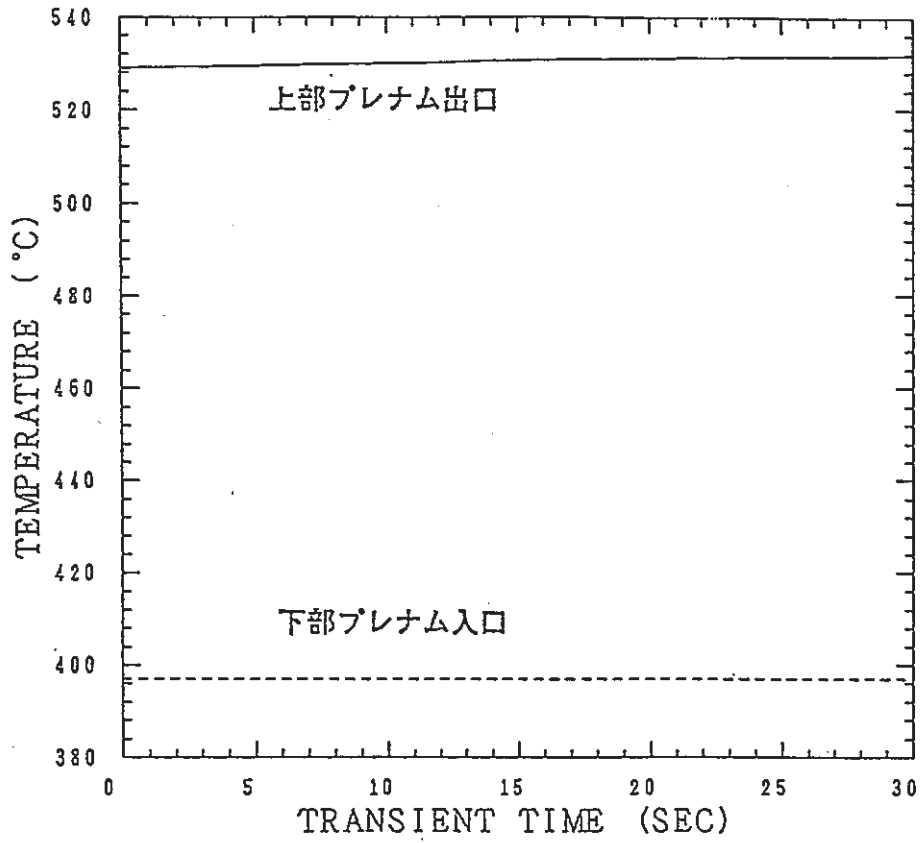
図 C. 5 : 配管破断系放出流量



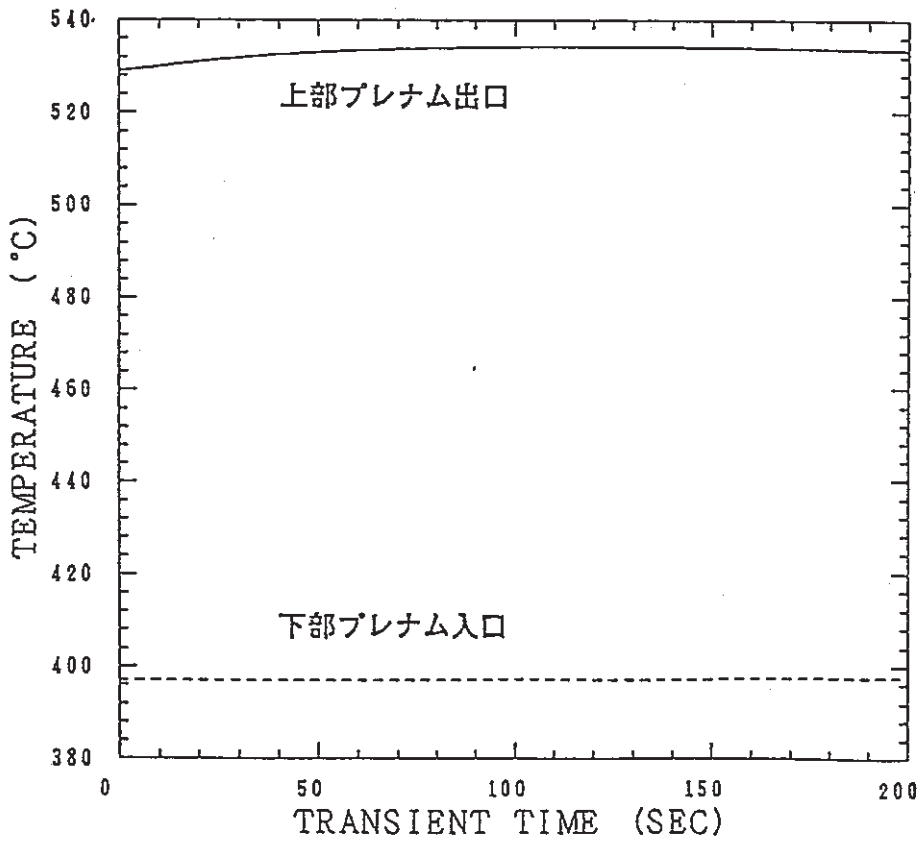
図C. 6 : 試験体内各部のナトリウム温度 (0~30秒)



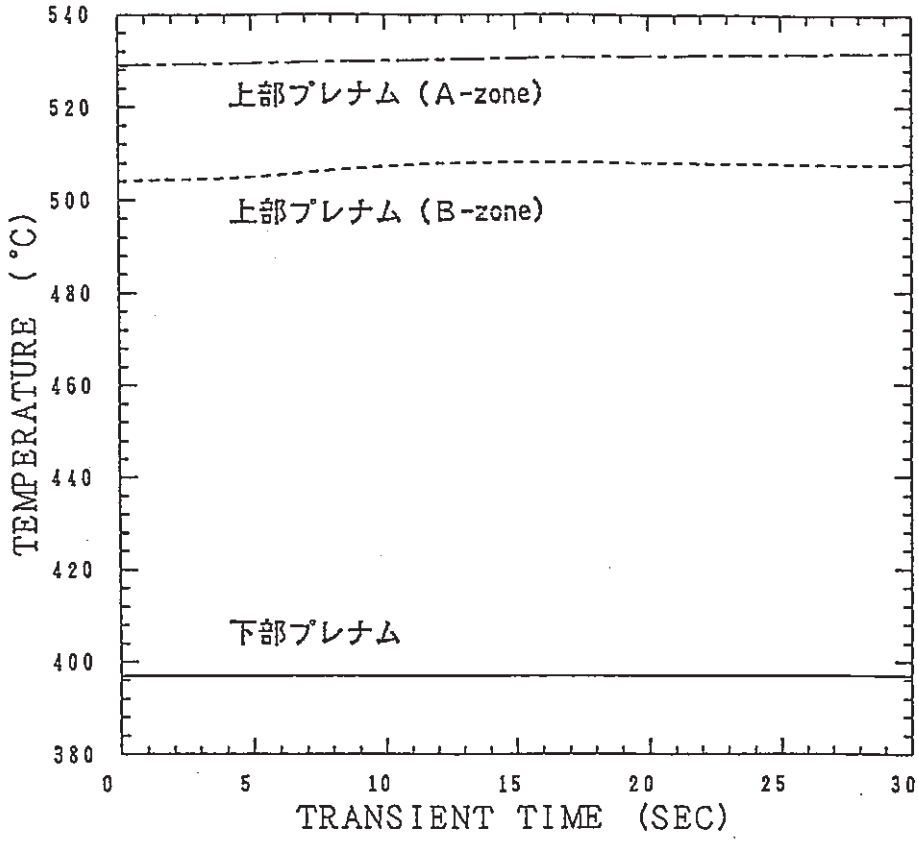
図C. 7 : 試験体内各部のナトリウム温度 (0~200秒)



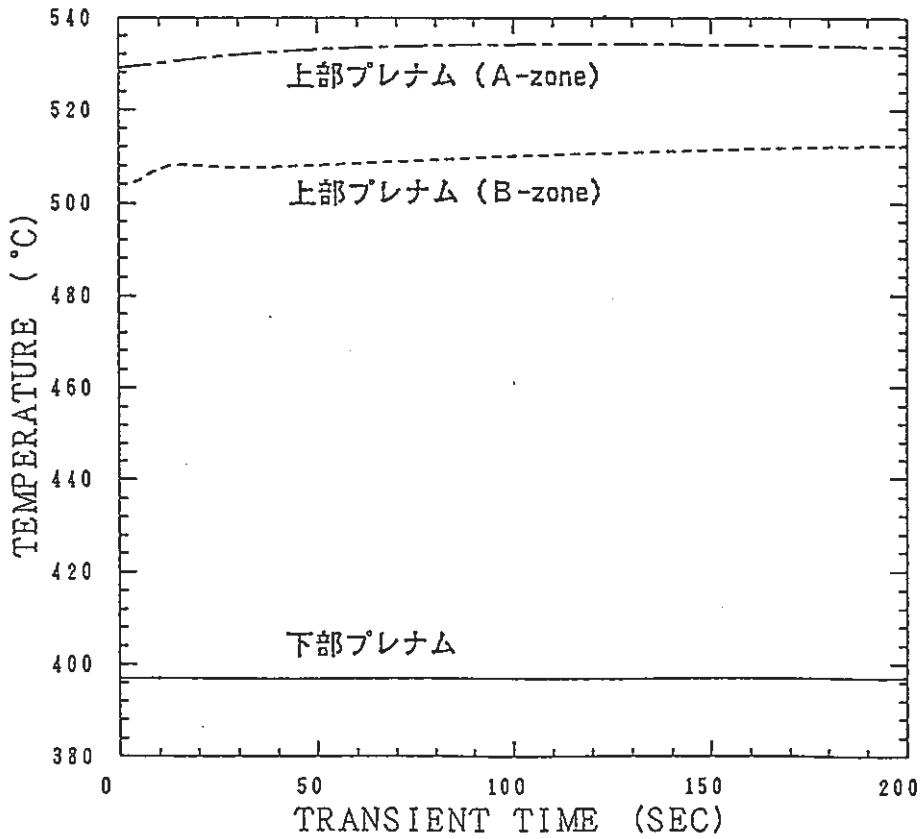
図C. 8 : 上部及び下部プレナム出入口ナトリウム温度 (0~30秒)



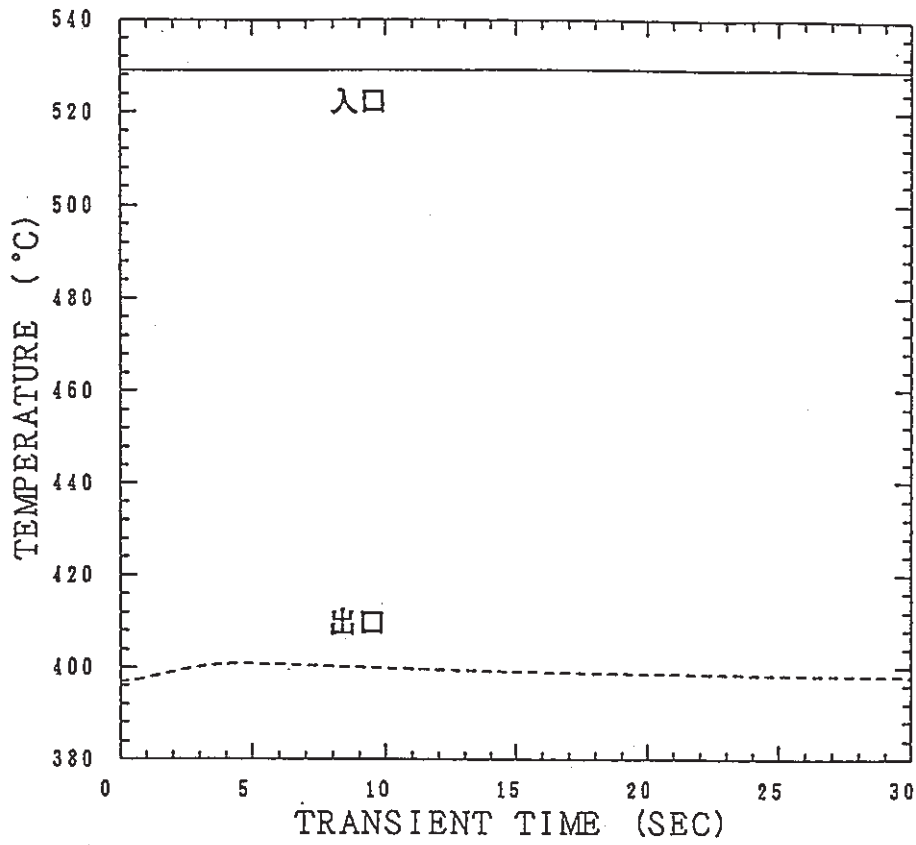
図C. 9 : 上部及び下部プレナム出入口ナトリウム温度 (0~200秒)



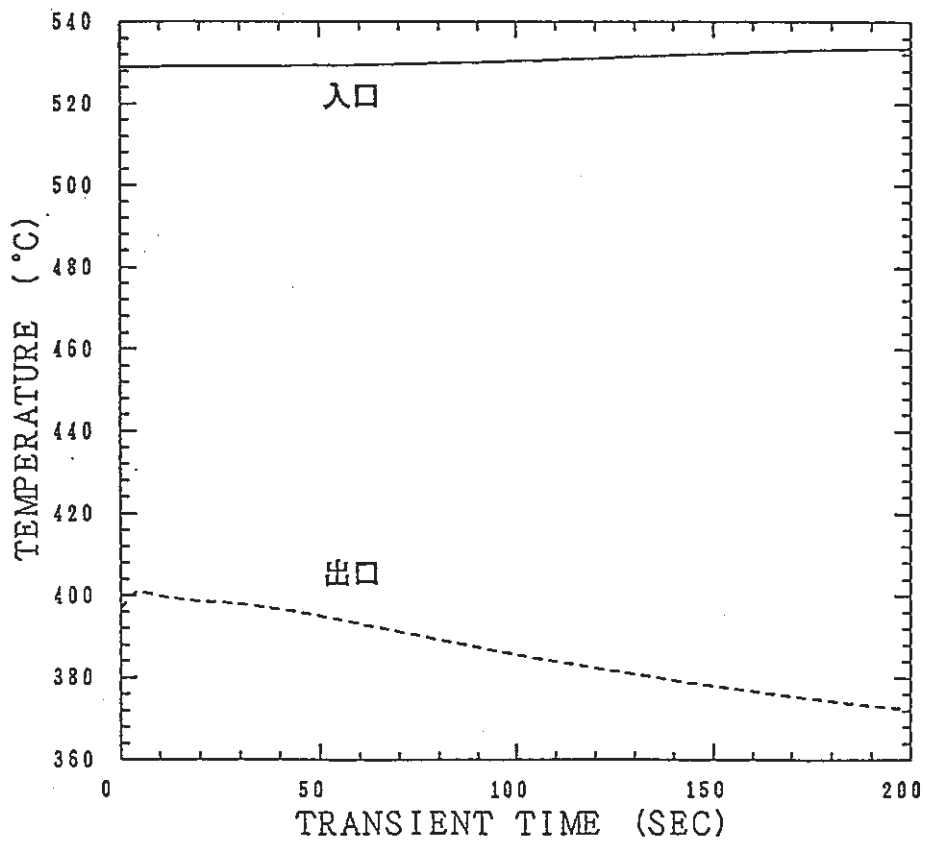
図C. 10: 上部及び下部プレナム内部ナトリウム温度 (0~30秒)



図C. 11: 上部及び下部プレナム内部ナトリウム温度 (0~600秒)



図C. 12：中間熱交換器1次側出入口ナトリウム温度（0～30秒）



図C. 13：中間熱交換器1次側出入口ナトリウム温度（0～200秒）

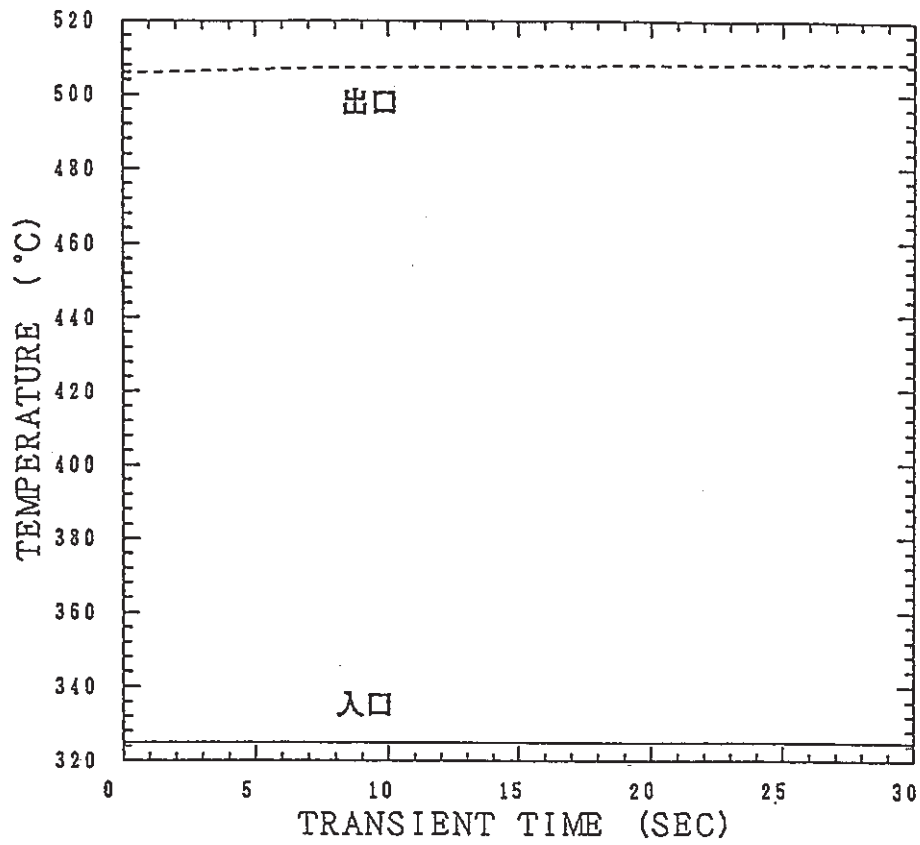


図 C. 14 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 30秒)

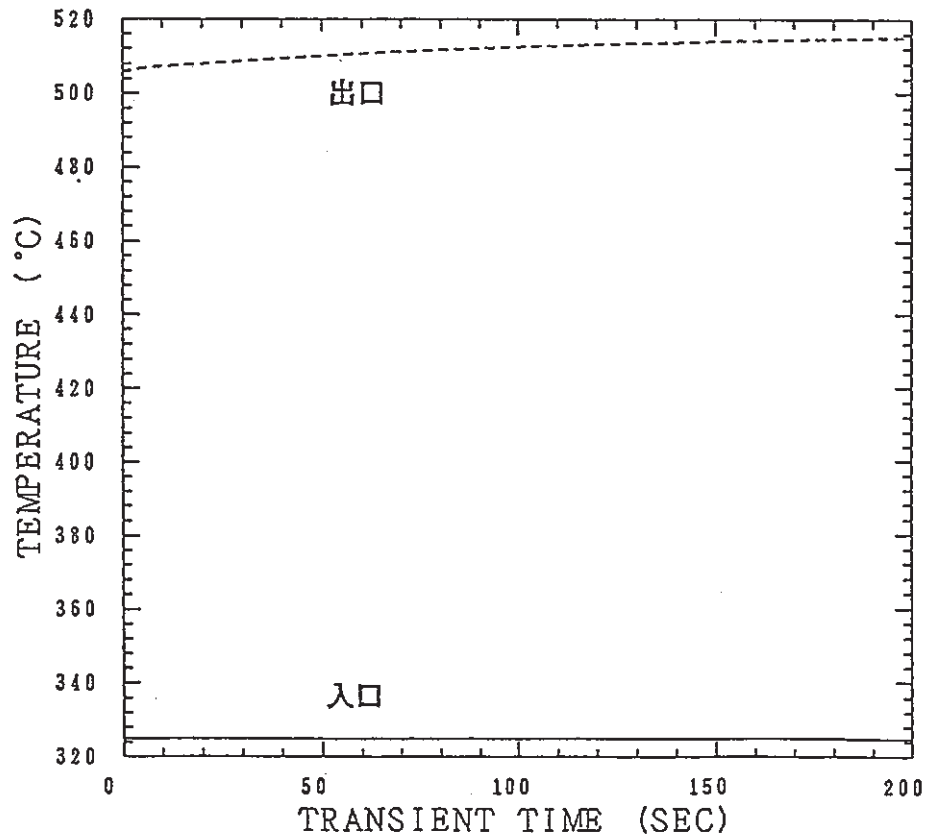
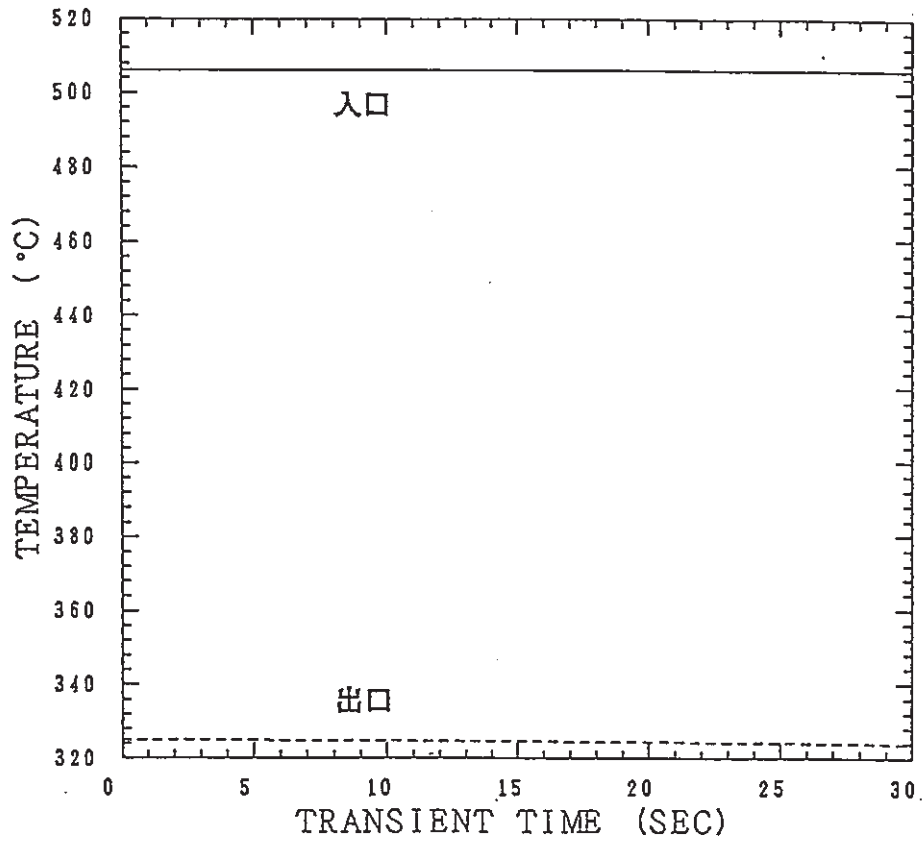
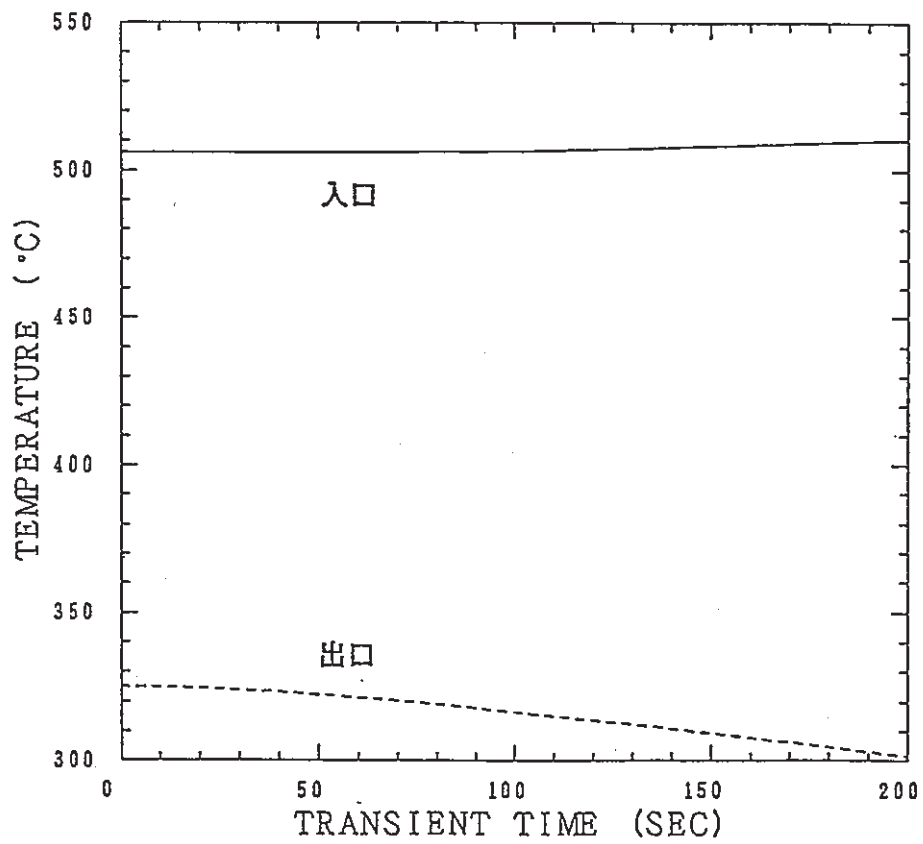


図 C. 15 : 中間熱交換器 2 次側出入口ナトリウム温度 (0 ~ 200秒)



図C. 16：空気冷却器出入口ナトリウム温度（0～30秒）



図C. 17：空気冷却器出入口ナトリウム温度（0～200秒）