

高信頼性 2 重管蒸気発生器の開発(その 9)

— 第 1 期熱流動試験およびDNB 予備試験 —

1992年4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)

高信頼性2重管蒸気発生器の開発（その9）
－第1期熱流動試験およびDNB予備試験－

大平博昭*、谷田部敏男*、佐藤博之*、仲井悟*

要　旨

2重蒸気発生器小型モデル試験では、2次系削除プラントに設置されるSGの開発を目標として、DNB点の温度振動や不安定発生時における構造健全性、およびリーク検出性能等を評価することを目的としている。

これらの評価の際に基礎となる蒸気発生器の伝熱流動の基本特性を明らかにするため、計装系の校正、ギャップコンダクタンスの評価、伝熱性能試験およびDNB予備試験を実施した。

本報告では、国内で初めて採取された2重管蒸気発生器の試験結果を広く検討するため、試験結果、その評価法及び評価を取りまとめたものである。

現状までに得られた結論として、以下のことが言える。

- 1) 本小型モデルは、蒸気発生器としての充分な熱的性能を有している。
- 2) 蒸気発生器特性評価のための伝熱流動に関する各種データの採取が可能である。
- 3) 低負荷時における熱的性能評価法の検討が必要である。
- 4) DNB振動に対する伝熱管構造健全性成立の見通しを得た。

今後、試験の継続、試験結果の評価を行ない、1次系設置用蒸気発生器としてのその評価を行う。

.....
* 機器構造開発部 機器システム開発室

Development of Double-Wall-Tube Steam Generator (No.9)

- Report of the Initial Thermal Hydraulic Tests and the DNB Preliminary Test -

Hiroaki OHIRA*, Toshio YATABE*, Hiroyuki SATO*, Satoru NAKAI*

Abstract

The small test rig of double wall tube steam generator (DWTSG) was installed and experiments were started to evaluate the feasibility of DWTSG. Main objectives of this test rig are to obtain data on structural integrity of the double wall tube under steam generator circumstances such as DNB and instability flow and capability of leak detection.

In order to study the basic thermal characteristics of the double wall tube steam generator, the tests for the thermal hydraulic characteristics and a preliminary DNB test were carried out from November, 1991.

It is important to evaluate the data widely and timely, so preliminary results, analysis methods and results are described in this report. Following results have been obtained so far.

1. The small test rig has a sufficient heat transfer capability.
2. Many kinds of thermal hydraulic data to evaluate the feasibility of DWTSG are obtained.
3. Test results shows the necessity of re-examination for the heat transfer calculation method at low load.
4. The structural integrity of the double wall tube caused by DNB must be maintained.

We are going to carry out the experiments and evaluation.

* Systems and Components Development Section

目 次

第1章 はじめに -----	1
第2章 試験装置および解析方法 -----	2
2.1 試験装置および測定点 -----	2
2.2 試験ケース -----	2
2.2.1 熱損失評価およびナトリウム側熱電対校正試験 -----	2
2.2.2 水側熱電対校正試験 -----	2
2.2.3 水単相流試験 -----	3
2.2.4 沸騰・過熱試験 -----	3
2.2.5 ナトリウム電磁流量計校正試験 -----	4
2.3 データ解析手法 -----	4
2.3.1 蒸気発生器の放熱量 -----	4
2.3.2 2重伝熱管の熱抵抗 -----	5
2.3.3 蒸気発生器内部水側状態の推測 -----	7
第3章 热流动試験結果および考察 -----	28
3.1 ナトリウム電磁流量計流量校正試験 -----	28
3.2 热電対校正試験 -----	28
3.3 SGからの热损失 -----	29
3.3.1 ナトリウム等温运转での热损失 -----	29
3.3.2 過熱蒸気运转での热损失 -----	29
3.4 蒸気発生器伝熱性能 -----	30
3.5 2重伝熱管の熱抵抗 -----	30
3.6 POPAI-6による検討 -----	31
3.6.1 解析条件 -----	31
3.6.2 解析結果および考察 -----	31
第4章 DNB点の温度変化 -----	76
4.1 測定データ -----	76
4.1.1 DNB点での温度変動 -----	76
4.1.2 DNB点近傍の温度、ナトリウムおよび給水流量 -----	76
4.2 測定データからの高周波成分の除去 -----	76
4.2.1 ノイズの識別 -----	76
4.2.2 ノイズの除去 -----	77
4.3 逆熱伝導解析 -----	79
4.3.1 解析方法 -----	79
4.3.2 解析機能の確認 -----	81

4.3.3 解析結果と考察 -----	82
第5章 結 言 -----	114
参考文献 -----	115
Appendix	
A-1 静特性計算プログラムリスト -----	116
A-2 各種伝熱相關式プログラムリスト -----	144
A-3 FFTによる周波数計算プログラムリスト -----	161
A-4 逆熱伝導解析プログラムリスト -----	168

図表番号

表2.2.1 試験条件表	9
表2.2.2 水側熱伝対校正試験条件	10
表2.2.3 試験条件表	11
表2.2.4 試験条件表	13
表2.2.5 沸騰／過熱試験データ採取実績	25
表3.1 電磁流量計校正試験条件表	32
表3.2 ナトリウム側熱電対校正試験条件	32
表3.3 水側熱電対校正試験条件	32
表3.4 各熱電対の温度補正係数	33
表3.5 蒸気発生器蒸気出口熱電対の温度補正係数	37
表3.6 POPAI-6計算条件	38
表3.7 POPAI-6計算ケース	39
表3.8 POPAI-6計算結果	40
 図2.1 小型2重管SG試験装置	26
図2.2 試験装置の温度測定点	27
図3.1.1 ナトリウム電磁流量計の校正結果(FRCA-1) 主加熱器ナトリウム流量計校正曲線	41
図3.1.2 ナトリウム電磁流量計の校正結果(FRCA-2) 空気冷却器出口ナトリウム流量計校正曲線	42
図3.1.3 ナトリウム電磁流量計の校正結果(FRC-3) V-3ラインナトリウム流量計校正曲線	43
図3.1.4 ナトリウム電磁流量計の校正結果(FRC-4) SG出口ナトリウム流量計校正曲線	44
 図3.2.1 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-1)	45
図3.2.2 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-2)	45
図3.2.3 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-3)	46
図3.2.4 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-4)	46
図3.2.5 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-5)	47
図3.2.6 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-6)	47
図3.2.7 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-7)	48
図3.2.8 ナトリウム側熱電対の補正結果(HLOSS-8)	48
図3.2.9 蒸気出口測定用熱電対の補正結果	49
図3.2.10 ナトリウム出入口熱電対校正方法	37
図3.3.1 SG単位長さ当たりの放熱量	50
図3.3.2 熱通過率	51
図3.3.3 ナトリウム側放熱量と水側吸熱量との差	52

図3.4.1 設計定格確認ヒートバランス -----	53
図3.4.2(1) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-01) -----	54
図3.4.2(2) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-16) -----	55
図3.4.2(3) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-57) -----	56
図3.4.2(4) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-49A) -----	57
図3.4.2(5) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-04) -----	58
図3.4.2(6) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-13) -----	59
図3.4.2(7) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-59) -----	60
図3.4.2(8) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-51) -----	61
図3.4.2(9) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-12A) -----	62
図3.4.2(10) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-05) -----	63
図3.4.2(11) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-53) -----	64
図3.4.2(12) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-61) -----	65
図3.4.2(13) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-09) -----	66
図3.4.2(14) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-08A) -----	67
図3.4.2(15) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-63) -----	68
図3.4.2(16) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-55) -----	69
 図3.5.1 水単相試験におけるナトリウム温度、水側温度、内管外表面温度、 および外管内表面温度 -----	70
図3.5.2 水単相試験における伝熱管の軸方向ギャップコンダクタンス分布 -----	70
図3.5.3 Re数とギャップコンダクタンス -----	71
 図3.6.1 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較(BOIL01) -----	72
図3.6.2 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較(BOIL04) -----	73
図3.6.3 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較(BOIL05) -----	74
図3.6.4 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較(BOIL08A) -----	75
 図4.1 DNB点の温度測定結果 -----	84
図4.2 DNB点上部の温度測定結果 -----	85
図4.3 DNB点下部の温度測定結果 -----	86
図4.4 SGの給水温度 -----	87
図4.5 DNB測定用伝熱管の給水流量 -----	88
図4.6 SGのナトリウム入口温度 -----	89
図4.7 SGのナトリウム流量 -----	90
図4.8 SGナトリウム入口温度と周波数特性 -----	91
図4.9 SG給水温度と周波数特性 -----	92
図4.10 SGナトリウム流量と周波数特性 -----	93
図4.11 DNB点レベルのナトリウム温度と周波数特性 -----	94
図4.12 DNB点レベルの外管外表面温度と周波数特性 -----	95

図4.13 DNB管の給水流量と周波数特性	96
図4.14 DNB点レベルの外管内部温度と周波数特性	97
図4.15 移動平均処理後の外管内部温度 (M=5)	98
図4.16 移動平均処理後のナトリウム温度 (M=11)	99
図4.17 移動平均処理後の外管外表面温度 (M=11)	100
図4.18 逆熱伝導解析領域	101
図4.19 逆熱伝導解析フロー	101
図4.20(a) サブルーチン INVERSE の解析フロー	102
図4.20(b) サブルーチン DIRECT の解析フロー	103
図4.21 ANL単管 SG 伝熱管のメッシュ分割	104
図4.22 模擬信号による解析結果	105
図4.23 ANLにおける測定結果と解析結果	106
図4.24 本プログラムによる解析結果	107
図4.25 2重伝熱管のメッシュ分割	108
図4.26 ノイズ除去以前のデータによる解析結果	109
図4.27 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.0625\text{sec.}$)	110
図4.28 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.0781\text{sec.}$)	111
図4.29 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.1000\text{sec.}$)	112
図4.30 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.1250\text{sec.}$)	113

主な記号

- A : 伝導面積
c : 比熱
d : 伝熱管径
 f_c : 遮断周波数
f : 摩擦損失係数または周波数
G : 質量流量
G C : ギャップコンダクタンス
g : 重力加速度またはギャップ
h : エンタルピ
 K_∞ : SG から外気への単位長さ当たりの熱通過率
K : 热通過率
M : 移動平均点数
P : 圧力
 Q_{loss} : 放散熱量
q : ヒートフラックス
r : 伝熱管半径方向長さ
T : 温度
t : 時間
 T_w : 水側バルク温度
 T_s : シェル温度または管壁温度
 ΔT_m : 対数温度差平均
X : クオリティー
- α : 热伝達率
 ξ : 水側吸熱量とナトリウム側降下量の比
 ρ : 比重量

第1章 はじめに

平成3年11月から開始された2重管蒸気発生器（以後SGとする）小型モデル試験では、2次系削除プラントに設置されるSGの開発を目標として、DNB(Deperture from Nucleate Boiling)点の温度振動や不安定発生時における構造健全性、およびリーク検出性能等を評価することを目的としている^[1]。

これらの課題を解決するための最初のステップとしてSGからの放熱量評価、2重伝熱管のギャップコンダクタンス、および静特性を把握することが必要となる。放熱量については、従来の知見によれば、小型モデルクラスでは、その定格交換熱量の数%となることを経験しており、ナトリウム／水の熱交換器としての特性評価を行う際に重要な値である。2重伝熱管のギャップコンダクタンスに関しては、2重伝熱管を用いEBRⅡ過熱器での伝熱管接触熱抵抗の増大による伝熱性能の劣化が報告されている^{[2][3][4]}にもかわらず、現状では100°C前後での短時間データ^[5]、および、高温での1000時間程度のデータ^[6]しか得られていない。ナトリウム入口および蒸気出口温度が500°C以上のSGに適用した場合には、リラクセーションによる接触熱抵抗の増大が運転期間中に生じ伝熱性能が大幅に劣化することも考えられる^[7]。

試験開始よりこれまでに、熱流動試験の一環として、熱電対の校正、SGからの放熱量評価、ギャップコンダクタンスの評価および静特性試験（16ケース）、さらにDNB予備試験および不安定流動試験（4ケース）を実施した。

本報告では上記試験のうち、平成3年に実施した試験をまとめたものである。

第2章 試験装置および解析方法

2.1 試験装置および測定点

図2.1に小型2重管SG試験装置を、また、図2.2にはナトリウムおよび水／蒸気温度の測定点のうち、本試験に必要な測定箇所を示す。

ナトリウム温度は軸方向に13点、径方向に1～5点の計42点、シェル温度は軸方向に9点測定している。一方、水／蒸気側は出入口部で各1箇所ずつの温度および出口圧力を測定している。流量に関しては、ナトリウム側では電磁流量計、水側ではフローノズル型給水流量計を設置している。以上の詳細については参考文献〔1〕を参照のこと。

2.2 試験ケース

2.2.1 熱損失評価およびナトリウム側熱電対校正試験

(1) 目的

本試験では、2重管SG小型モデルに水を通さない状態であるナトリウム純化運転時にSG内部の熱電対の校正およびSG試験体からの熱損失を評価する。

(2) 試験条件

試験条件は以下の通りである。試験条件表を表2.2.1に示す。

- ①ナトリウム入口温度 ····· 380, 350, 300, 250°C
- ②ナトリウム流量 ····· 200, 100, 50 l/min

(3) 試験手順

- ①ナトリウム入口温度および流量を試験条件表の値に設定する。
- ②設定後、30分継続してSG出口ナトリウム温度の変動幅が±2°C以内である事を確認後、データ収録1.0sec、収録時間10分間にてデータ採取する。

(4) データ採取実績

本試験条件表に基づき全てのデータについて採取した。

2.2.2 水側熱電対校正試験

(1) 目的

本試験では、2重管SG水側出口が2相流状態になる条件を用いて、蒸気出口部熱電対の校正を行う。

(2) 試験条件

試験条件は水側が2相流状態となる条件とし、以下に示す値とする。試験条件表を2.2.2に示す。

- ①水側出口圧力 ····· 100, 115, 130atg
- ②水側入口温度 ····· 200°C
- ③給水流量 ····· 1.00, 1.10, 1.30t/h

(3) 試験手順

- ①ナトリウム入口温度、流量および給水温度、流量を試験条件表の値に設定する。
- ②設定後、30分継続してSG出口ナトリウム温度の変動幅が±2°C以内である事を確認

後、データ収録1.0sec、収録時間10分間にてデータ採取する。

(4) データ採取実績

本試験条件表に基づき全てのデータについて採取した。

2.2.3 水単相流試験

(1) 目的

S G 内水単相流状態でナトリウムと水との熱交換を行い、軸方向ナトリウム温度分布および水出入口温度、流量を測定し評価することにより2重伝熱管の接触熱抵抗値等を求める。

(2) 試験条件

試験条件は水側が沸騰しない条件とし、以下に示す値とする。試験条件表を表2.2.3に示す。

①水側出口圧力・・・・・・・ 130atg

②給水入口温度・・・・・・・ 200°C

③ナトリウム入口温度・・・・ 320°C

(3) 試験手順

①ナトリウム側および水側の各値を試験条件表の値に設定する。

②設定後、30分継続して各値の変動幅が±2°C以内である事を確認後、データ収録1.0sec、収録時間10分間にてデータ採取する。

(4) データ採取実績

本試験条件表に基づき全てのデータについて採取した。

2.2.4 沸騰・過熱試験

(1) 目的

2重管S G小型モデルにおいてナトリウムと水との熱交換して蒸気を発生させ、ナトリウム側および水蒸気側の温度、流量、圧力を測定し単相流、2相流および過熱蒸気領域での水側熱伝達率、DNBクオリティ等を評価する。

(2) 試験条件

試験条件は以下に示す通りである。試験条件表を表2.2.4に示す。データ数は96ケースである。

①ナトリウム入口温度・・・・ 540, 520, 500, 480°C

②蒸気出口圧力温度・・・・ 150, 130, 100atg

③給水温度・・・・・・・ 200, 240°C

④熱負荷・・・・・・・ 100, 80, 60, 40%

(3) 試験手順

①ナトリウム側および水側の各値を試験条件表のプライオリティに従って設定する。

②設定後、30分継続して各値の変動幅が±2°C以内である事を確認後、データ収録1.0sec、収録時間10分間にてデータ採取する。

(4) データ採取実績

本試験条件表に基づき表2.2.5に示す16ケースについてデータ採取した。

2.2.5 ナトリウム電磁流量計校正試験

(1) 目的

蒸気発生器性能評価のため、ナトリウム電磁流量計の校正を行なう。

(2) 試験内容

ナトリウム電磁流量計は、IMWSGTF（1MW蒸気発生器試験施設）に取付けられている4個のうち、3個については膨張タンクからストレージタンクへの自由落下法による実流校正を行い、後の1個は実流校正済みの流量計と相対比較することにより校正した。

2.3 データ解析手法

2.3.1 蒸気発生器の放熱量

蒸気発生器の放熱量は、水側を流さない状態で、ナトリウム温度低下および、水側過熱／沸騰状態でナトリウム側と水／蒸気側のエンタルピ差から求める2通りの方法で検討した。

(1) ナトリウム温度変化から求める方法

ナトリウム入口温度、ナトリウム流量を制御して条件設定後、計測点の温度が一定したことを確認した後、データ採取を行う。測定箇所は、伝熱部ナトリウム温度41点であり、評価方法は以下の通りである。

- (i) 各測定点毎にデータ（ナトリウム温度およびナトリウム流量）を平均する。
- (ii) ナトリウム温度を最小二乗法によりZ（軸方向長さ）の3次曲線でフィッティングする。
- (iii) 放熱量評価間隔をL [m]、温度T_{N(i)}でのエンタルピをh_{N(i)} [kcal/kg]、ナトリウム全流量をG_N [kg/h] とすると、

$$Q_{1000}(i)/L = [h_N(i) - h_N(i+1)] G_N / L \quad \dots \quad (2.1)$$

ここで、

$$h_N(i) = -32.9449 + 0.34322 \times T_N(i) - (6.9345 \times 10^{-5}) \times T_N(i)^2 + (3.6847 \times 10^{-8}) \times T_N(i)^3$$

$$T_N(i); [\text{°C}]$$

であるから単位長さ当たりの放熱量；Q₁₀₀₀(i)/L、及びK_∞=Q₁₀₀₀/(L * △T)を計算する。

ここでは△Tはナトリウムと外気の温度差である。

- (vi) 本試験は8ケースであり、1ケース当たり8ヶのK_{∞(i)}，(i=1---8)が求められ、その全点を最小二乗により△Tの2次関数で平滑化する。

(2) 過熱／沸騰状態でナトリウム側と水／蒸気側のエンタルピ差から求める方法

- (i) 収録したSG内部ナトリウムの各測定断面における代表温度を定める。

この代表温度は、各断面での温度を軸方向に全てプロットし、最小二乗法による5次関数で求める。このとき、Z=0.0mおよびZ=18.0mの位置でのナトリウム温度を内挿し出入口温度とする。

(ii) ナトリウム及び水側流量が正しいと仮定し、ナトリウム出入口温度とナトリウム流量から、ナトリウム出入口エンタルピ ($h_{N, out}$, $h_{N, in}$)、および水／蒸気出入口温度、流量、および出口計測圧力から蒸気表を用いて出入口エンタルピ ($h_{w, out}$, $h_{w, in}$) を求めると、放熱量 Q_{loss} は、

$$Q_{loss} = G_N(h_{N, in} - h_{N, out}) - G_w(h_{w, out} - h_{w, in}) \quad \dots \dots \dots (2.2)$$

となる。

2.3.2 2重伝熱管の熱抵抗

水側交換熱量を真と仮定し、次の2通りの方法で熱抵抗を推定する。

(1) 対数温度平均を用いた平均熱抵抗推定方法

ナトリウム側の熱伝達率 (α_N) にはGraber-Riegerの式を、水単相の熱伝達率 (α_w) にはDittus-Boelterの式¹⁰⁾を用い、熱通過率をKとする。

また水出入口圧をSGの出入口圧、SG水側出入口温度をそれぞれ $T_{w, out}$, $T_{w, in}$ とし、ナトリウム側はSG内各断面でのナトリウム温度を軸方向に最小二乗法による5次関数で平滑化し、Z = 0.0m、及び18.0m位置での外挿値を $T_{N, in}$, $T_{N, out}$ とすると、

$$G_w(h_{w, out} - h_{w, in}) = \pi d_g L \cdot K \cdot \Delta T_m \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\Delta T_m = \frac{(T_{N, in} - T_{w, out}) - (T_{N, out} - T_{w, in})}{\ell_n [(T_{N, in} - T_{w, out}) / (T_{N, out} - T_{w, in})]} \quad \dots \dots \dots$$

であるから、

$$K = \frac{G_w(h_{w, out} - h_{w, in})}{\pi d_g L \cdot \Delta T_m} \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

となる。

したがって、(汚れ係数) = 0.0としてギャップコンダクタンスGC ($m^2 h^\circ C / kcal$) は次(2.5)式により求める。

$$GC \left(\frac{d_i}{d_g} \right) = \frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_w} - \frac{d_g}{2\lambda} \ell_n \left(\frac{d_o}{d_i} \right) - \frac{1}{\alpha_N} \left(\frac{d_i}{d_o} \right) + (\text{汚れ係数}) \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

ここで、 d_o 、 d_g 、 d_i はそれぞれ、外管外径、ギャップ径、内管内径であり、また λ は伝熱管の熱伝導率である。

(2) 1次元詳細解析モデルを用いた熱抵抗推定方法

(i) 収録したSG内ナトリウムの各測定断面における代表温度を定める。

この代表温度は、各断面での温度を軸方向に全てプロットし、最小二乗法による5次

関数で求める。このとき、 $Z=0.0\text{m}$ および $Z=18.0\text{m}$ の位置でのナトリウム温度を内挿し出入口温度とする。

- (ii) SG 出口圧力と各伝熱管出口温度より、各伝熱管出口エンタルピ ($h_{w,i}$) を求め、次式(2.6)から平均出口エンタルピ ($h_{w,out}$) を計算する。

$$h_{w,out} = \frac{\sum_{i=1}^{10} [G_w(i) \cdot h_{w,i}] }{\sum_{i=1}^{10} G_w(i)} \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

($i=1, 10$ は通水伝熱管本数に対応)

- (iii) ナトリウム出入口温度とナトリウム流量から、ナトリウム出入口エンタルピ ($h_{N,out}, h_{N,in}$) を求める。また、水出入口温度、流量、及び出口計測圧力から、蒸気表を用いて入口エンタルピ ($h_{w,in}, h_{w,out}$) を求める。そして、(2.6)式より水／蒸気側吸熱量とナトリウム側降下量との比 (ξ) を求める。

$$\xi = \frac{G_w (h_{w,out} - h_{w,in})}{G_N (h_{N,in} - h_{N,out})} \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

- (iv) 対象とする点とその直後の 2 点 (Z_j, Z_{j+1}) における T_N の値 ($T_{N,j}, T_{N,j+1}$) を用いて、下式(2.8) から各点での熱流束を求める。

$$q_j = \xi \cdot G_N \cdot \frac{1}{\pi d_i} \cdot \frac{d h_N}{d Z} \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

$$= G_w \cdot \frac{1}{\pi d_i} \cdot \frac{d h_w}{d Z} \quad \dots \dots \dots (2.9)$$

- (v) 式(2.8)と(2.9)から式(2.10)が得られるので、水側の各点におけるエンタルピを計算する。

$$h_{w,j+1} = h_{w,j} + \xi \cdot \frac{G_N}{G_w} \cdot (h_{N,j+1} - h_{N,j}) \quad \dots \dots \dots (2.10)$$

- (iv) SG 出口蒸気圧力を初期値として給水側へ

$$\frac{d P_w(i)}{d Z} = \frac{f_w(i)}{2 \rho_w g} G_w^2 + \frac{d}{d Z} \left(\frac{G_w^2}{\rho_w g} \right) + \rho_w \quad \dots \dots \dots (2.11)$$

により各点での圧力を計算し、得られた圧力とエンタルピから蒸気表を用いて水側の点での温度 ($T_w(i)$) を求める。

(vii) ナトリウム側の熱伝達率 (α_N) は Graber-Rieger の式から求め、水側熱伝達率 (α_w) は Dittus-Boelter の式から求める。また、式(2.21)～(2.15) より内外管内外表面温度を計算する。

$$T_i = T_w + \frac{q_j}{\pi d_i \alpha_w} \quad \dots \quad (2.12)$$

$$T_o = T_N - \frac{q_j}{\pi d_o \alpha_N} \quad \dots \quad (2.13)$$

$$T_{o,i} = T_o - \frac{q_j \ln(d_o/d_s)}{2 \pi \lambda} \quad \dots \quad (2.14)$$

$$T_{i,o} = T_w + \frac{q_j \ln(d_s/d_o)}{2 \pi \lambda} \quad \dots \quad (2.15)$$

(viii) 熱抵抗 G_C を以下の式から算出する。

$$G_C = (d_s/d_i) \frac{T_{o,i} - T_{i,o}}{q_j} \quad \dots \quad (2.16)$$

2.3.3 蒸気発生器内部水側状態の推測

- (i) DNB点を仮定する。(水入口部から距離 (Zの値) をマニュアルでインプットする。)
- (ii)、(iii)は2.3.2(2)の(i)、(ii)に同じ。
- (iv) 仮定したDNB点を境にして(DNB点前後に最も近い測定点を各々の領域の片端とする。) 領域(I)と領域(II)に分ける。領域(I)では最小二乗法によるZの3次関数で平滑化し、Z = 0.0mの位置でのナトリウム温度を外挿し出口温度とする。
- (v) 領域(II)では最小二乗法によりZの5次関数で平滑化する。そして領域(I)の3次関数および(II)の5次関数の交点を求め、この点を新たなDNB点とする。
- (vi)は2.3.2(2)の(iii)に同じ。
- (vii) 各領域において、Z方向に、領域(II)は126等分割補間、領域(I)は54等分割補間し、これら軸方向ナトリウム温度を $T_{N,i}$ とする。
- (viii)、(ix)、(x)は2.3.2(2)の(iv)、(v)、(vi)に同じ。
- (xi) 式(2.17)から、各点におけるクオリティ (X_e) (蒸気/水の存在比) を求める。

$$h = h_i + h_{ts} \cdot X_e \quad \dots \quad (2.17)$$

(vii)(2.17)式から得られるクオリティで、 $X_e < 0.0$ 、「 $0.0 \leq X_e \leq 1.0$ 」、 $X_e > 1.0$ の3

領域に分けて各点の圧力を計算する。
(xiii)は2.3.2(2)の(vii)と同じ。

上記ステップにより、水側内部プロフィール（温度、熱流束、クオリティー等）が得られる。

以上のプログラムをAppendix A-1に示す。

試験名	熱流動試験 熱損失評価試験 (1/1)
-----	------------------------

表 2. 2. 1 試験条件表

No	優先度	試験番号		ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考
				入口温度	流量		流量				
				精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	-				
1	A	HLOSS-1	予定	380.0	100.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
2	A	HLOSS-2	予定	350.0	100.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
3	A	HLOSS-3	予定	300.0	100.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
4	A	HLOSS-4	予定	250.0	100.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
5	A	HLOSS-5	予定	380.0	200.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
6	A	HLOSS-6	予定	300.0	200.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
7	A	HLOSS-7	予定	380.0	50.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
8	A	HLOSS-8	予定	300.0	50.0		0.0				初期ナトリウム純化特性試験時に実施する。
			実績								
			予定								
			実績								

表 2.2.2 水側熱伝対校正試験条件

No.	試験番号	ナトリウム側		水／蒸気側		
		入口温度 °C	流量 1/min	流量 t/h	入口温度 °C	圧力 kg/cm ²
1	WSNGL-13	404.0	255.0	1.00	200.0	100.0
2	WSNGL-14	452.0	218.0	1.30	203.0	115.0
3	WSNGL-15	452.0	198.0	1.10	204.0	130.0

試験名	熱流動試験 水側単相試験 (1/2)
-----	-----------------------

表 2. 2. 3 - (1) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水 / 蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.1(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
1	A	WSNGL-1	予定	320.0	378.8		1.60	200.0	130.0		
			実績								
2	A	WSNGL-2	予定	320.0	378.8		1.28	200.0	130.0		
			実績								
3	A	WSNGL-3	予定	320.0	378.8		0.96	200.0	130.0		
			実績								
4	A	WSNGL-4	予定	320.0	378.8		0.64	200.0	130.0		
			実績								
5	A	WSNGL-5	予定	320.0	303.3		1.60	200.0	130.0		
			実績								
6	A	WSNGL-6	予定	320.0	303.3		1.28	200.0	130.0		
			実績								
7	A	WSNGL-7	予定	320.0	303.3		0.96	200.0	130.0		
			実績								
8	A	WSNGL-8	予定	320.0	303.3		0.64	200.0	130.0		
			実績								
9	A	WSNGL-9	予定	320.0	227.3		1.60	200.0	130.0		
			実績								

試験名	熱流動試験 水側単相試験 (2/2)
-----	-----------------------

表 2. 2. 3 - (2) 試験条件表

No.	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
10	A	WSNGL-10	予定	320.0	227.3		1.28	200.0	130.0		
			実績								
11	A	WSNGL-11	予定	320.0	227.3		0.96	200.0	130.0		
			実績								
12	A	WSNGL-12	予定	320.0	227.3		0.64	200.0	130.0		
			実績								
13	A	WSNGL-13	予定	320.0	151.5		1.60	200.0	130.0		
			実績								
14	A	WSNGL-14	予定	320.0	151.5		1.28	200.0	130.0		
			実績								
15	A	WSNGL-15	予定	320.0	151.5		0.96	200.0	130.0		
			実績								
16	A	WSNGL-16	予定	320.0	151.5		0.64	200.0	130.0		
			実績								
			予定								
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験 (1/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (1) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	± 2.0 (°C)	± 0.5 (1/min)		± 0.01 (t/h)	± 2.0 (°C)	± 0.1 (atg)		
1	A	BOIL-1	予定	540.0	262.0		1.60	240.0	130.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
2	B	BOIL-2	予定	540.0	262.0		1.60	200.0	130.0		"
			実績								
3	B	BOIL-3	予定	540.0	200.0		1.28	200.0	130.0		"
			実績								
4	A	BOIL-4	予定	540.0	200.0		1.28	240.0	130.0		"
			実績								
5	A	BOIL-5	予定	540.0	150.0		0.96	240.0	130.0		"
			実績								
6	B	BOIL-6	予定	540.0	150.0		0.96	200.0	130.0		"
			実績								
7	B	BOIL-7	予定	540.0	100.0		0.64	200.0	130.0		"
			実績								
8	A	BOIL-8	予定	540.0	100.0		0.64	240.0	130.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰／過熱試験 (2/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (2) 試験条件表

No.	優先度	試験番号		ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考
				入口温度	流量		流量	入口温度	圧力		
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)		±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)		
9	A	BOIL-9	予定	540.0	100.0		0.64	240.0	150.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
10	B	BOIL-10	予定	540.0	100.0		0.64	200.0	150.0		"
			実績								
11	B	BOIL-11	予定	540.0	150.0		0.96	200.0	150.0		"
			実績								
12	A	BOIL-12	予定	540.0	150.0		0.96	240.0	150.0		"
			実績								
13	A	BOIL-13	予定	540.0	200.0		1.28	240.0	150.0		"
			実績								
14	B	BOIL-14	予定	540.0	200.0		1.28	200.0	150.0		"
			実績								
15	B	BOIL-15	予定	540.0	262.0		1.60	200.0	150.0		"
			実績								
16	A	BOIL-16	予定	540.0	262.0		1.60	240.0	150.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験 (3/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (3) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水 / 蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	± 2.0 (°C)	± 0.5 (l/min)		± 0.01 (t/h)	± 2.0 (°C)	± 0.1 (atg)		
17		BOIL-17	予定	540.0	262.0		1.60	240.0	100.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
18		BOIL-18	予定	540.0	262.0		1.60	200.0	100.0		"
			実績								
19		BOIL-19	予定	540.0	200.0		1.28	240.0	100.0		"
			実績								
20		BOIL-20	予定	540.0	200.0		1.28	200.0	100.0		"
			実績								
21		BOIL-21	予定	540.0	150.0		0.96	240.0	100.0		"
			実績								
22		BOIL-22	予定	540.0	150.0		0.96	200.0	100.0		"
			実績								
23		BOIL-23	予定	540.0	100.0		0.64	240.0	100.0		"
			実績								
24		BOIL-24	予定	540.0	100.0		0.64	200.0	100.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験 (4/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (4) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	± 2.0 (°C)	± 0.5 (1/min)		± 0.01 (t/h)	± 2.0 (°C)	± 0.1 (atg)		
25		BOIL-25	予定	520.0	279.0		1.60	240.0	130.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
26		BOIL-26	予定	520.0	279.0		1.60	200.0	130.0		"
			実績								
27		BOIL-27	予定	520.0	200.0		1.28	240.0	130.0		"
			実績								
28		BOIL-28	予定	520.0	200.0		1.28	200.0	130.0		"
			実績								
29		BOIL-29	予定	520.0	166.0		0.96	240.0	130.0		"
			実績								
30		BOIL-30	予定	520.0	166.0		0.96	200.0	130.0		"
			実績								
31		BOIL-31	予定	520.0	110.0		0.64	240.0	130.0		"
			実績								
32		BOIL-32	予定	520.0	110.0		0.64	200.0	130.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰／過熱試験 (5/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (5) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	± 2.0 (°C)	± 0.5 (1/min)		± 0.01 (t/h)	± 2.0 (°C)			
33		BOIL-33	予定	520.0	279.0		1.60	240.0	150.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
34		BOIL-34	予定	520.0	279.0		1.60	200.0	150.0		"
			実績								
35		BOIL-35	予定	520.0	220.0		1.28	240.0	150.0		"
			実績								
36		BOIL-36	予定	520.0	220.0		1.28	200.0	150.0		"
			実績								
37		BOIL-37	予定	520.0	166.0		0.96	240.0	150.0		"
			実績								
38		BOIL-38	予定	520.0	166.0		0.96	200.0	150.0		"
			実績								
39		BOIL-39	予定	520.0	110.0		0.64	240.0	150.0		"
			実績								
40		BOIL-40	予定	520.0	110.0		0.64	200.0	150.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験 (6/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4-(6) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水 / 蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
41		BOIL-33	予定	520.0	274.0		1.60	240.0	100.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
42		BOIL-42	予定	520.0	274.0		1.60	200.0	100.0		"
			実績								
43		BOIL-43	予定	520.0	220.0		1.28	240.0	100.0		"
			実績								
44		BOIL-44	予定	520.0	220.0		1.28	200.0	100.0		"
			実績								
45		BOIL-45	予定	520.0	166.0		0.96	240.0	100.0		"
			実績								
46		BOIL-46	予定	520.0	166.0		0.96	200.0	100.0		"
			実績								
47		BOIL-47	予定	520.0	110.0		0.64	240.0	100.0		"
			実績								
48		BOIL-48	予定	520.0	110.0		0.64	200.0	100.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験 (7/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (7) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水 / 蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
49	A	BOIL-49	予定	500.0	307.0		1.60	240.0	130.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
50	B	BOIL-50	予定	500.0	307.0		1.60	200.0	130.0		"
			実績								
51	A	BOIL-51	予定	500.0	244.0		1.28	240.0	130.0		"
			実績								
52	B	BOIL-52	予定	500.0	244.0		1.28	200.0	130.0		"
			実績								
53	A	BOIL-53	予定	500.0	184.0		0.96	240.0	130.0		"
			実績								
54	B	BOIL-54	予定	500.0	184.0		0.96	200.0	130.0		"
			実績								
55	A	BOIL-55	予定	500.0	123.0		0.64	240.0	130.0		"
			実績								
56	B	BOIL-56	予定	500.0	123.0		0.64	200.0	130.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験 (8/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (8) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水 / 蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
57	A	BOIL-57	予定	500.0	307.0		1.60	240.0	150.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
58	B	BOIL-58	予定	500.0	307.0		1.60	200.0	150.0		"
			実績								
59	A	BOIL-59	予定	500.0	244.0		1.28	240.0	150.0		"
			実績								
60	B	BOIL-60	予定	500.0	244.0		1.28	200.0	150.0		"
			実績								
61	A	BOIL-61	予定	500.0	184.0		0.96	240.0	150.0		"
			実績								
62	B	BOIL-62	予定	500.0	184.0		0.96	200.0	150.0		"
			実績								
63	A	BOIL-63	予定	500.0	123.0		0.64	240.0	150.0		"
			実績								
64	B	BOIL-64	予定	500.0	123.0		0.64	200.0	150.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰／過熱試験 (9/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (9) 試験条件表

No.	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	± 2.0 (°C)	± 0.5 (1/min)		± 0.01 (t/h)	± 2.0 (°C)			
65		BOIL-65	予定	500.0	306.0		1.60	240.0	100.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
66		BOIL-66	予定	500.0	306.0		1.60	200.0	100.0		"
			実績								
67		BOIL-67	予定	500.0	244.0		1.28	240.0	100.0		"
			実績								
68		BOIL-68	予定	500.0	244.0		1.28	200.0	100.0		"
			実績								
69		BOIL-69	予定	500.0	184.0		0.96	240.0	100.0		"
			実績								
70		BOIL-70	予定	500.0	184.0		0.96	200.0	100.0		"
			実績								
71		BOIL-71	予定	500.0	123.0		0.64	240.0	100.0		"
			実績								
72		BOIL-72	予定	500.0	123.0		0.64	200.0	100.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰/過熱試験(10/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (10) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水 / 蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
73		BOIL-73	予定	480.0	345.0		1.60	240.0	130.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
74		BOIL-74	予定	480.0	345.0		1.60	200.0	130.0		"
			実績								
75		BOIL-75	予定	480.0	276.0		1.28	240.0	130.0		"
			実績								
76		BOIL-76	予定	480.0	276.0		1.28	200.0	130.0		"
			実績								
77		BOIL-77	予定	480.0	207.0		0.96	240.0	130.0		"
			実績								
78		BOIL-78	予定	480.0	207.0		0.96	200.0	130.0		"
			実績								
79		BOIL-79	予定	480.0	138.0		0.64	240.0	130.0		"
			実績								
80		BOIL-80	予定	480.0	138.0		0.64	200.0	130.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰／過熱試験(11/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (11) 試験条件表

No.	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	± 2.0 (°C)	± 0.5 (1/min)		± 0.01 (t/h)	± 2.0 (°C)	± 0.1 (atg)		
81		BOIL-81	予定	480.0	345.0		1.60	240.0	150.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
82		BOIL-82	予定	480.0	345.0		1.60	200.0	150.0		"
			実績								
83		BOIL-83	予定	480.0	276.0		1.28	240.0	150.0		"
			実績								
84		BOIL-84	予定	480.0	276.0		1.28	200.0	150.0		"
			実績								
85		BOIL-85	予定	480.0	207.0		0.96	240.0	150.0		"
			実績								
86		BOIL-86	予定	480.0	207.0		0.96	200.0	150.0		"
			実績								
87		BOIL-87	予定	480.0	138.0		0.64	240.0	150.0		"
			実績								
88		BOIL-88	予定	480.0	138.0		0.64	200.0	150.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

試験名	熱流動試験 沸騰／過熱試験(12/12)
-----	-------------------------

表 2. 2. 4 - (12) 試験条件表

No	優先度	試験番号	ナトリウム側条件			水／蒸気側条件			データ採取日時	備考	
			入口温度	流量		流量	入口温度	圧力			
			精度	±2.0 (°C)	±0.5(1/min)	±0.01 (t/h)	±2.0 (°C)	±0.1 (atg)			
89		BOIL-89	予定	480.0	345.0		1.60	240.0	100.0		ナトリウム、蒸気の出口温度は成行き。
			実績								
90		BOIL-90	予定	480.0	345.0		1.60	200.0	100.0		"
			実績								
91		BOIL-91	予定	480.0	276.0		1.28	240.0	100.0		"
			実績								
92		BOIL-92	予定	480.0	276.0		1.28	200.0	100.0		"
			実績								
93		BOIL-93	予定	480.0	207.0		0.96	240.0	100.0		"
			実績								
94		BOIL-94	予定	480.0	207.0		0.96	200.0	100.0		"
			実績								
95		BOIL-95	予定	480.0	123.0		0.64	240.0	100.0		"
			実績								
96		BOIL-96	予定	480.0	123.0		0.64	200.0	100.0		"
			実績								
			予定								
			実績								

表2.2.5 沸騰・過熱試験データ採取実績

No	試験番号	ナトリウム側			水／蒸気側				データ収録 日時
		流量 (t/h)	入口温度 (°C)	出口温度 (°C)	流量 (t/h)	入口温度 (°C)	出口温度 (°C)	出口圧力 (atg)	
1	BOIL55	7.475	505.130	322.200	0.647	233.540	497.470	130.79	1991.12.3
2	BOIL01	15.431	539.008	338.233	1.606	245.520	524.882	132.90	1991.12.6
3	BOIL12A	8.083	537.353	305.265	0.964	245.676	510.260	150.18	1991.12.8
4	BOIL13	10.733	537.983	309.591	1.291	244.565	505.951	150.05	1991.12.7
5	BOIL16	14.170	538.959	324.077	1.608	245.231	516.515	150.29	1991.12.7
6	BOIL04	10.737	538.596	308.998	1.286	244.506	506.598	132.20	1991.12.8
7	BOIL49A	18.318	504.189	341.963	1.602	243.985	487.756	132.17	1991.12.2
8	BOIL05	8.228	538.761	305.725	0.970	245.276	515.781	132.57	1991.12.8
9	BOIL51	14.783	505.191	341.306	1.287	245.022	493.355	132.37	1991.12.2
10	BOIL53	10.539	505.730	328.066	0.969	245.854	493.933	132.16	1991.12.3
11	BOIL57	18.816	507.549	350.475	1.596	244.469	496.071	150.50	1991.12.4
12	BOIL59	14.773	506.466	343.151	1.284	244.930	496.705	150.04	1991.12.2
13	BOIL61	10.509	507.055	332.372	0.952	245.865	497.734	150.32	1991.12.3
14	BOIL63	7.427	505.037	326.905	0.648	244.210	496.900	150.19	1991.12.3
15	BOIL08A	5.754	537.557	298.817	0.654	244.331	519.646	132.18	1991.12.9
16	BOIL09	5.759	539.403	302.036	0.645	244.368	522.007	150.26	1991.12.9

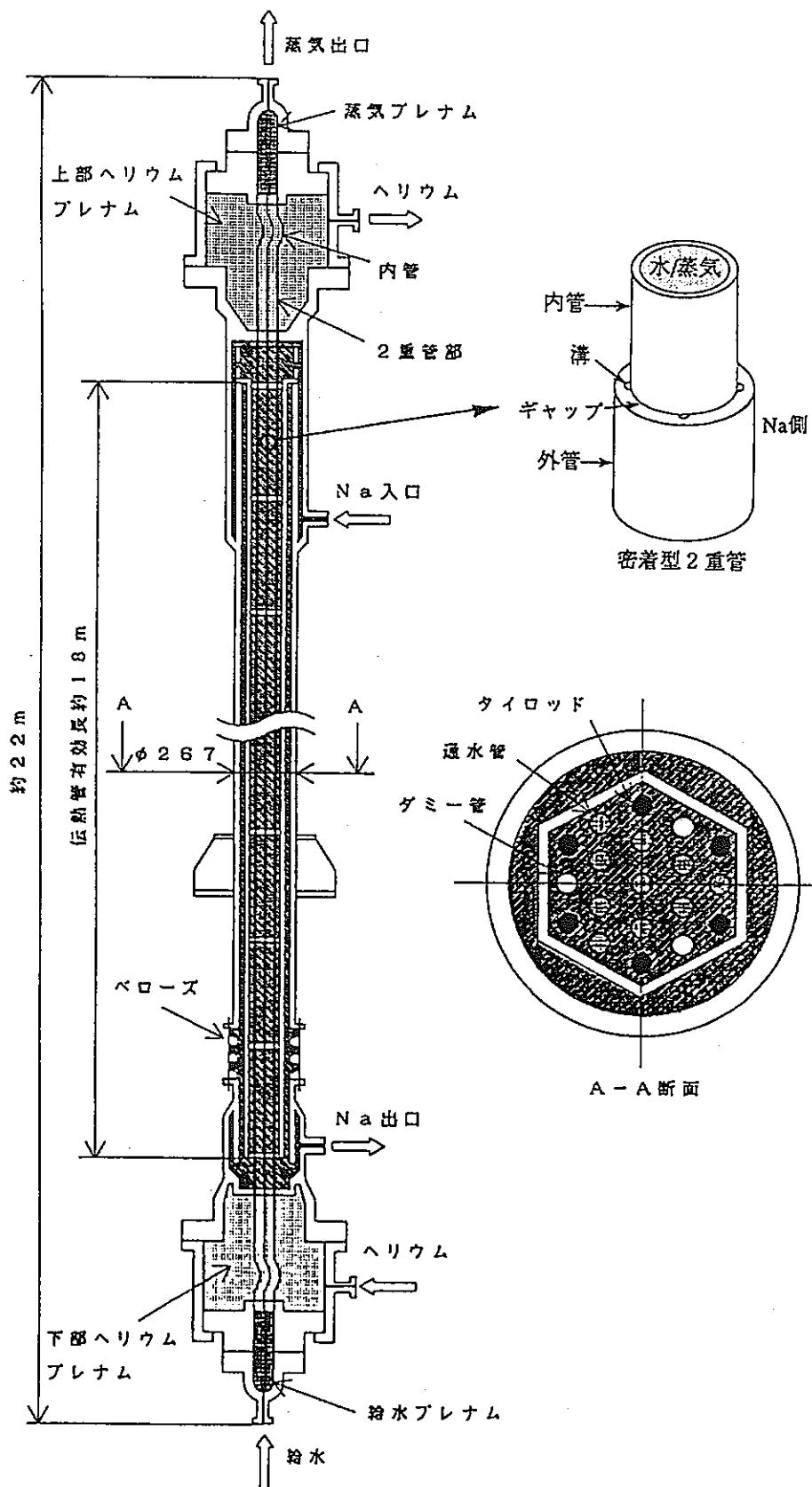


図2.1 小型2重管SG試験装置

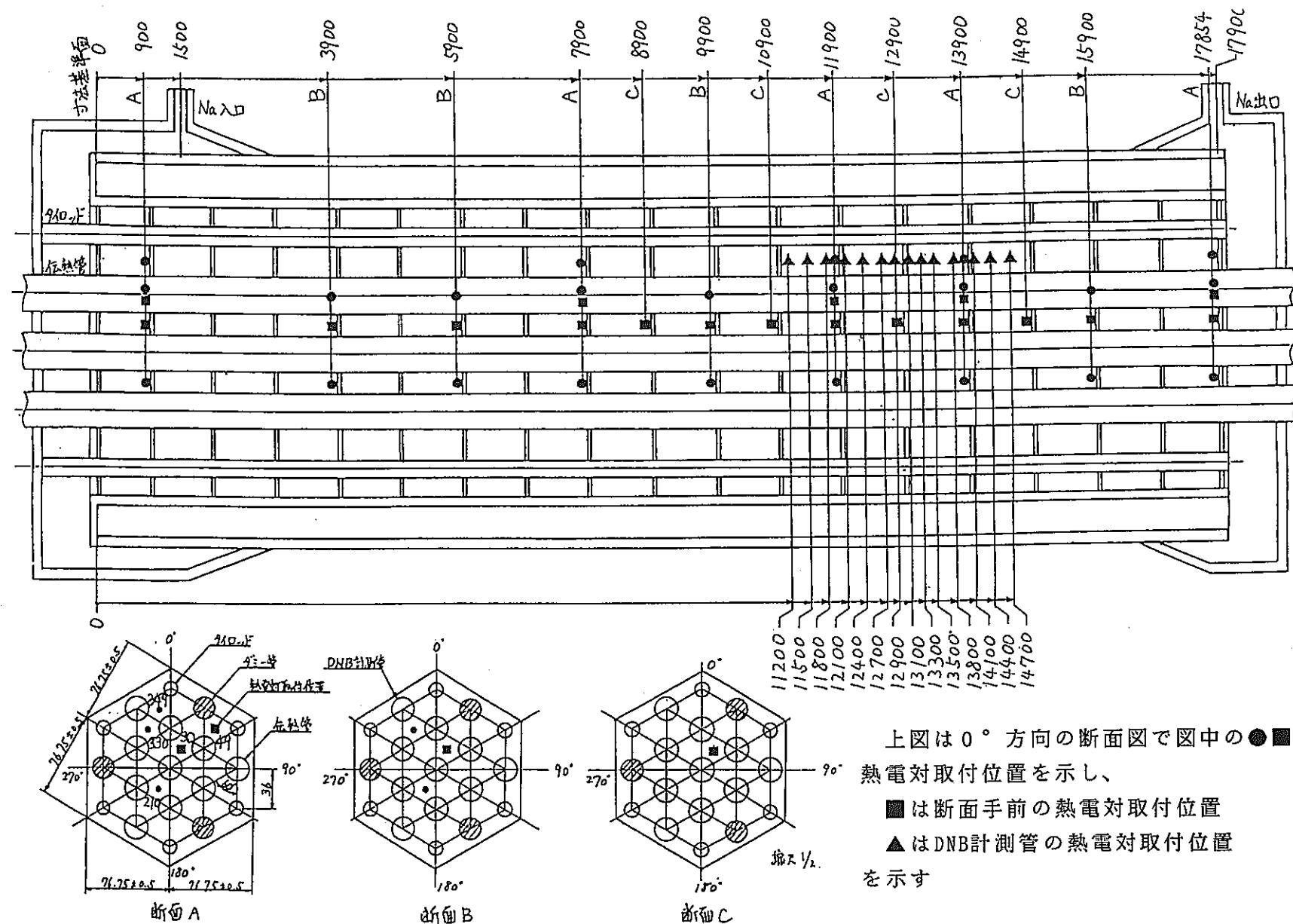


図2.2 試験装置の温度測定点

上図は0°方向の断面図で図中の●■▲は
熱電対取付位置を示し、
■は断面手前の熱電対取付位置
▲はDNB計測管の熱電対取付位置
を示す

第3章 热流动試験結果および考察

3.1 ナトリウム電磁流量計流量校正試験

(1) 試験方法

IMWSGTに取り付けられているナトリウム電磁流量計の校正試験は、4つのうち3つ（主加熱器ナトリウム流量計（FRCA-1）、空気冷却器出口ナトリウム流量計（FRCA-2）、V-3ラインナトリウム流量計（FRCA-3））については膨張タンクからストレージ・タンクへの自由落下による実流量校正試験を行い、残る1つのSG出口ナトリウム流量計（FRC-4）については、実流校正した主加熱器ナトリウム流量計（FRCA-1）と相対比較することにより校正した。

以下、本試験に直接関係する流量計の校正結果について示す。

(2) 試験条件

試験条件を表3.1に示す。FRCA-1、FRCA-2、FRCA-3は同一条件で試験を行いナトリウム流量は膨張タンクからストレージ・タンクに流れ込む際の膨張タンク液位（8500→7500）の減少率から計算した。またタンクのカバーガス圧は、タンク間の連通弁を開くことにより同圧した。

(3) 試験結果

図3.1.1～図3.3.4に校正試験結果を示す。ただし、SG出口ナトリウム流量（FRC-4）は主加熱器ナトリウム流量計FRCA-1の流量計値を実流量とした。以下に流量計の校正式を示す。

①主加熱器ナトリウム流量計（FRCA-1）

$$\begin{aligned} \text{実流量 } F [\ell/\text{min}] &= \text{出力信号 } E [\text{mV}] \times 45.525 [\ell/\text{min}/\text{mV}] \\ &= 1.0358 \times \text{流量計指示値 } [\ell/\text{min}] \end{aligned}$$

②空気冷却器出口ナトリウム流量計（FRCA-2）

$$\begin{aligned} \text{実流量 } F [\ell/\text{min}] &= \text{出力信号 } E [\text{mV}] \times 42.044 [\ell/\text{min}/\text{mV}] \\ &= 1.0486 \times \text{流量計指示値 } [\ell/\text{min}] \end{aligned}$$

③V-3ラインナトリウム流量計（FRCA-3）

$$\begin{aligned} \text{実流量 } F [\ell/\text{min}] &= \text{出力信号 } E [\text{mV}] \times 45.757 [\ell/\text{min}/\text{mV}] \\ &= 1.0032 \times \text{流量計指示値 } [\ell/\text{min}] \end{aligned}$$

④SG出口ナトリウム流量計（FRC-4）

$$\begin{aligned} \text{実流量 } F [\ell/\text{min}] &= \text{出力信号 } E [\text{mV}] \times 48.480 [\ell/\text{min}/\text{mV}] \\ &= 1.0219 \times \text{流量計指示値 } [\ell/\text{min}] \end{aligned}$$

3.2 热電対校正試験

(1) 試験方法

詳細は2.2.1および2.2.2参照。データ収録はIMWSG内部が静定した状態で行い、校正に用いた温度データはデータ収録時間10分間の平均値とした。

(2) 試験条件

ナトリウム側热電対の校正試験条件を表3.2に示す。また、水側の热電対補正試験条件を表3.3に示す。

(3) 試験結果

①ナトリウム側熱電対

熱電対校正試験結果を、図3.2.1～図3.2.8に示す。ただし、□はナトリウム側温度を示す。

以上の結果を用いて校正した、熱電対の補正式を以下に示す。ただし、 $T(i)$ は実験データ、AおよびBは各熱電対の補正係数で、 ΔT_i が温度補正值である。各熱電対における補正係数A、Bを表3.4(1)～(3)に示す。

$$\Delta T_i = A + B \times T(i)$$

また、Na出入口温度を測定する熱電対取付位置から、SG有効伝熱長入口までは図3.2.10のように複雑でヒートロスの計算が困難であるため、SG保温材表面までの距離を ΔL_1 、有効伝熱長入口からノズル中心までを ΔL_2 とし、有効伝熱長入口から $\Delta L_1 + \Delta L_2$ の位置にNa入口熱電対が取り付けられているとした。そしてこれをSG内部熱電対の補正時に用いた近似式と比較し、Na入口熱電対を校正した。またNa出口熱電対についても同様に校正した。

②水側熱電対

熱電対校正試験結果を、図3.2.9に示す。

以上の結果を用いて校正した、熱電対の補正式を以下に示す。ただし、 $T_s(i)$ は実験データ、AおよびBは各熱電対の補正係数で ΔT_{si} が温度補正值である。各熱電対における補正係数A、Bを表3.5に示す。

$$\Delta T_{si} = A + B \times T_s(i)$$

3.3 SGからの熱損失

3.3.1 ナトリウム等温運転での熱損失

図3.3.1にナトリウム温度から計算した単位長さ当たりの放熱量を、また図3.3.2には熱通過率を示す。

図3.3.1から、本SGは軸方向にほぼ均一に放熱しているものの、各試験ケース毎に異なった放熱量となっていることがわかる。放熱量はナトリウム温度上昇により増大し、ナトリウム温度250～380°Cで約0.393～0.688kW/m(7～12kW)となっている。また、図3.3.2の熱通過率では、ナトリウム流量により約30%の差が生じており、その数値としては約1.3～1.7Kcal/mh°Cとなっている。

3.3.2 過熱蒸気運転での熱損失

図3.3.3にナトリウム側と水／蒸気側の交換熱量差を計算した結果を示す。この図から、交換熱量差の平均値は51.7kWであり、40%以上の負荷ではほぼ等しくなっている。

本手法の精度は温度および流量の測定精度により左右される。しかし、熱電対は精度良

く校正してあるため、エンタルピ差を計算するための相対温度については十分な精度を有する。また、ナトリウム側流量は実流校正されており、本差は水／蒸気側流量測定の誤差と考えられる。

3.4 蒸気発生器伝熱性能

(1) 定格条件

2重管SG小型モデルの設計定格値に対する実測のヒートバランスを図3.4.1に示す。本条件はナトリウム入口温度、給水入口温度および給水流量を固定条件とし、蒸気出口温度を設計値(487°C)になるようにナトリウム流量を調整した。その結果、熱出力としてナトリウム側は1.048MWt、水側で0.998MWtであった。

この結果、熱出力は設計値1MWtを達成できた。またナトリウム流量は設計値に対し約7%、ナトリウム出口温度は、約20°Cとそれぞれ低い値となっている。これは、伝熱面積にかなりの余裕があることからと考えられる。設計上の伝熱面積余裕は、伝熱管7本で約12%、10本で約40%である。

(2) 各静特性試験のナトリウム側軸方向温度分布

沸騰・過熱試験(静特性)全16ケースのナトリウム側軸方向の温度分布を図3.4.2(1)～(16)に示す。

3.5. 2重伝熱管の熱抵抗

図3.5.1に蒸気発生器ナトリウム側温度分布測定値より求めた代表的なナトリウム温度、給水温度、内管外表面温度、および外管内表面温度を、また図3.5.2に同ケースでのギャップコンダクタンス分布を示す。

水側出口部(ナトリウム入口部)ではナトリウム側と水側の温度が接近するため、測定誤差による影響が生じ、他の領域と異なる熱抵抗となっていると考えられる。なお軸方向に平均すると、本ケースでは同図に示した値($1.188 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$)が得られた。

ギャップコンダクタンス(GC)の式、

$$GC \left(\frac{d_i}{d_s} \right) = \frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_w} - \frac{d_s}{2\lambda} \ln \left(\frac{d_o}{d_i} \right) - \frac{1}{\alpha_n} \left(\frac{d_i}{d_o} \right) + (\text{汚れ係数}) \quad ----- (3.1)$$

において、各項の影響度を調べるために図3.5.3に水側Re数と熱貫流率、ナトリウム側熱伝達率、水側熱伝達率、ギャップコンダクタンス、伝熱管熱伝導度の相関を示す。

右辺第3項の伝熱管熱伝導度および第4項のナトリウム側熱伝達率はほぼ一定値であり、またその全体の熱貫流率に与える影響も小さい。第2項の水側伝達率は右辺第3項および第4項より影響度は大きくまた水側Re数の関数となっている。特に高Re数域($Re > 4 \times 10^5$)ではギャップコンダクタンスと同程度の数値となっている。右辺第1項の熱貫流率とギャップコンダクタンスはほぼ同様なRe数の関数となっている。ギャップコンダクタンスが水側Re数の関数となることは考えにくく、このような結果が得られたことは、

本試験によってはギャップコンダクタンスの同定が困難、あるいは、評価法のより一層の検討が必要と考えられる。

3.6 POPAI-6による検討

3.6.1 解析条件

本試験結果を用いて、1次元静特性解析コード；POPAI-6との予備的な比較を行った。本コードでは、各領域で異なる伝熱相関式、DNBクオリティー相関式、および放熱量計算のためSG熱通過率とパラメータとすべき項目が多い。また現段階においては、静特性試験、DNB試験共全ケース実施しておらず試験データが充分には得られていないこと及び、その試験結果の評価も十分には行っていない。このため、ここでは、設計条件（伝熱相関式、ドライアウトクオリティー等）を用いてPOPAI-6により実験条件を入力として計算を行ない、設計条件の妥当性及び今後の解析、検証の可能性について検討を行なった。計算条件及びケースを表3.6、3.7に示す。

3.6.2 解析結果および考察

(1) 予備的解析結果

表3.8に計算結果（出入口温度）を示す。図3.6.1～図3.6.4に軸方向温度および熱流束分布を示す。BOIL08A（40%負荷）を除き各ケースとも計算結果の蒸気温度は実験値より高めとなっており、100%から60%の負荷範囲において、設計条件が保守的であったことを示している。

図3.6.1は試験ケース；BOIL01（100%負荷）の結果である。ナトリウム温度分布は、全体として試験結果とほぼ一致しているが、各部を見た場合、核沸騰域（領域長さで約12から15m）において計算値が実験値を下回っている。

図3.6.2は試験ケース；BOIL04（80%負荷）の結果である。本ケースにおいては、ナトリウム温度分布は、過熱部（領域長さ約0から6m）及び予熱部（領域長さで約12から18m）は試験結果とほぼ一致しているが他の領域は実験結果が試験結果より高い温度となった。また、ドライアウトクオリティーについて解析結果では約9mとなっているが、実験結果ではそのナトリウム温度プロフィールからの推定（温度の変曲点）では約11mと思われる。出口蒸気温度は試験結果より約6°C高くなっている。

図3.6.3は試験ケース；BOIL05（60%負荷）の結果である。ナトリウム温度分布は、BOIL04（80%負荷）の結果とほぼ同様となっているが実験結果と計算結果の差は大きくなっている。出口蒸気温度は試験結果より約2°C高くなっている。

図3.6.4は試験ケース；BOIL0A（40%負荷）の結果である。ナトリウム温度分布はBOIL05（60%負荷）BOIL04（80%負荷）の結果とほぼ同様となっており、実験結果と計算結果の差はより大きくなっている。出口蒸気温度は試験結果より約6°C低くなっている。

以上の解析結果より、100%負荷時では試験結果と比較的近い温度分布が得られるものの、低負荷になるに従って本解析に使用した伝熱相関式およびドライアウトクオリティーの精度が悪くなり、温度分布もかけ離れてくることがわかった。伝熱相関式等の評価に着目した精度の高い試験及び詳細な試験結果の評価が必要である。

表 3.1 電磁流量計校正試験条件表

項 目	試験条件	
	FRCA-1, 2, 3	FRC-4
ナトリウム温度 °C	200	
膨張タンク液位 mm	8500→7500	—
ナトリウム流量 l/min	100 200	100 200 300

表 3.2 ナトリウム側熱電対校正試験条件

No.	試験番号	ナトリウム側		水／蒸気側
		入口温度 °C	流量 l/min	流量 t/h
1	HLOSS-1	380.0	100.0	0.0
2	HLOSS-2	350.0	100.0	0.0
3	HLOSS-3	300.0	100.0	0.0
4	HLOSS-4	250.0	100.0	0.0
5	HLOSS-5	380.0	200.0	0.0
6	HLOSS-6	300.0	200.0	0.0
7	HLOSS-7	380.0	50.0	0.0
8	HLOSS-8	300.0	50.0	0.0

表 3.3 水側熱電対校正試験条件

No	試験番号	ナトリウム側		水／蒸気側		
		入口温度 °C	流量 l/min	流量 t/h	入口温度 °C	圧力 kg/cm ²
1	WSNGL-13	404.0	255.0	1.00	200.0	100.0
2	WSNGL-14	452.0	218.0	1.30	203.0	115.0
3	WSNGL-15	452.0	198.0	1.10	204.0	130.0

表 3.4(1) 各熱電対の温度補正係数

熱電対位置	熱電対No.	補正係数	
		A	B × 10 ⁻²
S G 入口 (ナトリウム)	TNNI01	-1.686	-0.4804
S G 出口 (ナトリウム)	TNN001	-2.836	0.4495
210° 方向 (ナトリウム)	TN2101	-0.6821	0.2655
	TN2102	-0.2501	-0.01715
	TN2103	-1.137	0.1770
	TN2104	-0.6304	0.1011
	TN2105	-1.652	-0.4173
	TN2106	0.1200	-0.04939
	TN2107	—	—
	TN2108	-0.7042	0.2488
	TN2109	-0.6818	0.3878
330° 方向 (ナトリウム)	TN3301	0.3228	0.1529
	TN3302	-0.2191	0.1653
	TN3303	-0.2318	0.2604
	TN3304	0.2269	0.1535
	TN3305	-0.3649	-0.1778
	TN3306	0.1536	0.08669
	TN3307	0.8495	0.04908
	TN3308	-0.8802	0.1709
	TN3309	-1.880	-0.06041
DNB管近傍 (ナトリウム)	TNDN01	-0.5423	0.2520
	TNDN02	-0.5062	0.2476
	TNDN03	0.8110	-0.1199
	TNDN04	—	—
	TNDN05	-0.2494	0.3390

表3.4(2) 各熱電対の温度補正係数

熱電対位置	熱電対No.	補正係数	
		A	B × 10 ⁻²
30° 方向 (ナトリウム)	TN0301	-0.5287	-0.3490
	TN0302	0.4071	-0.01151
	TN0303	0.06452	0.1021
	TN0304	-0.5322	0.1600
	TN0305	0.2121	0.1265
	TN0306	-0.4784	-0.7490
	TN0307	1.050	-0.4068
	TN0308	0.8089	0.02426
	TN0309	1.165	0.03064
	TN0310	3.516	-0.3986
	TN0311	0.3765	0.08377
	TN0312	0.07524	0.1790
	TN0313	0.1200	0.3779
ダミー管近傍 (ナトリウム)	TNDU01	1.141	0.1327
	TNDU02	0.2239	-0.4263
	TNDU03	0.8171	-0.4838
	TNDU04	1.262	-0.6387
	TNDU05	-1.362	-0.02873
DNB外管内壁 (伝熱管)	TDIS01	0.9770	-0.2363
	TDIS02	-0.6939	-0.07263
	TDIS03	-0.9514	0.05640
	TDIS04	-0.2619	-0.2039
	TDIS05	0.1307	-0.3615
	TDIS06	0.2738	-0.3251
	TDIS07	0.2258	-0.1278
	TDIS08	-1.418	0.04850
	TDIS09	-0.9042	-0.03380
	TDIS10	-0.1953	-0.1215
	TDIS11	0.08313	-0.1206
	TDIS12	-1.734	-0.3057
	TDIS13	-1.560	-0.1758
	TDIS14	-0.8772	-0.2853

表 3.4(3) 各熱電対の温度補正係数

熱電対位置	熱電対No.	補正係数	
		A	B × 10 ⁻²
DNB外表面 (伝熱管)	TDOS01	-0.5462	-0.09270
	TDOS02	-0.1073	0.1462
	TDOS03	-0.3971	-0.4564
	TDOS04	-0.5488	0.2077
	TDOS05	-0.6586	0.1115
	TDOS06	0.2413	0.05436
	TDOS07	0.3617	0.1325
	TDOS08	-0.2852	0.2651
	TDOS09	-0.01706	0.2503
	TDOS10	-0.02392	0.2025
	TDOS11	0.4244	0.07933
	TDOS12	0.1795	0.1553
	TDOS13	0.4032	0.1102
	TDOS14	0.1507	-0.04576
シェル部外表面	TGSH01	0.2689	-0.2403
	TGSH02	-0.1021	0.2575
	TGSH03	-0.08917	0.03282
	TGSH04	-0.1838	0.2351
	TGSH05	-0.2454	-0.05690
	TGSH06	0.1046	-0.3152
	TGSH07	0.3661	-0.2688
	TGSH08	-0.05795	0.6108
	TGSH09	0.009388	-0.2702

表 3.4(4) 各熱電対の温度補正係数

熱電対位置	熱電対No.	補正係数	
		A	B × 10 ⁻²
DNB外管近傍 (ナトリウム)	TDNA01	0.3418	-0.07370
	TDNA02	0.2957	0.2311
	TDNA03	0.9418	0.05609
	TDNA04	0.06435	0.1647
	TDNA05	0.3758	0.01020
	TDNA06	0.2653	0.05263
	TDNA07	0.09853	0.06632
	TDNA08	0.8354	0.2023
	TDNA09	1.152	0.09115
	TDNA10	0.6475	0.1579
	TDNA11	0.8207	0.05743
	TDNA12	0.5196	0.1033
	TDNA13	0.2098	0.1583
	TDNA14	1.218	-0.1503

表3.5 蒸気発生器蒸気出口熱電対の温度補正係数

熱電対No.	補正係数	
	A	B × 10 ⁻²
1	6.517	0.2673
2	6.769	0.1729
3	7.583	-0.1330
4	8.905	-0.4429
5	9.769	-0.7218
6	12.93	-1.882
7	12.65	-1.457
8	12.77	-1.552
9	11.87	-1.351
10	14.06	-2.050

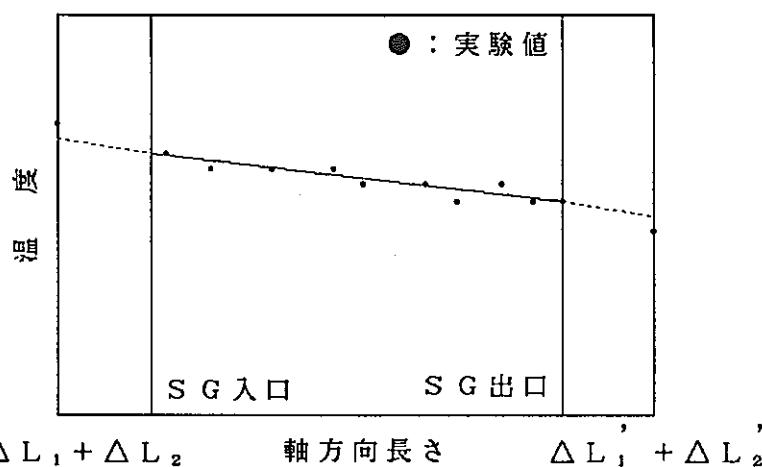
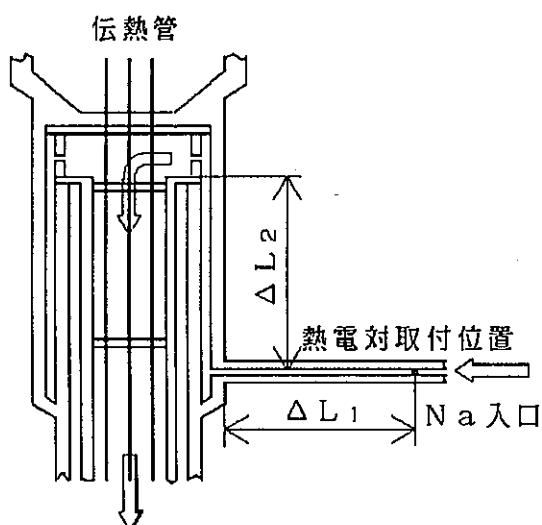


図3.2.10 ナトリウム出入口熱電対校正方法

表3.6 POPAI6計算条件

伝熱相関式 ナトリウム側 水／蒸気側 予熱域 核沸騰域 膜沸騰域 過熱域 DNBクオリティー	Graber-Riegerの式 Dittus-Boelterの式 Jens-Lottesの式 修正Tongの式 Bishopの式 老固の式
伝熱管熱伝導度	POPAI-6組込式(Mod9Cr-1Mo)
ギャップコンダクタンス	5.00E-05
水側汚れ係数	0

表3.7 POPAI-6 計算ケース

計算ケース	BOIL01	BOIL04	BOLI05	BOL08A
ナトリウム流量(t/h)	15.28	10.61	8.10	5.63
入口ナトリウム温度 (°C)	540.1	539.6	539.8	538.6
出口ナトリウム温度 (°C)	332.5	303.5	300.2	293.4
給水流量(t/h)	1.61	1.33	1.02	0.72
蒸気圧力(ata)	133.9	133.2	133.6	133.2
給水温度 (°C)	239.5	238.5	239.2	238.3
蒸気温度 (°C)	521.0	502.3	511.7	515.7

表3.8 POPAI-6計算結果

計算ケース	BOIL01	BOIL04	BOLI05	BOL08A
ナトリウム流量(t/h)	15.28	10.61	8.10	5.63
入口ナトリウム温度 (°C)	540.1	539.6	539.8	538.6
出口ナトリウム温度 (°C) (実験値)	332.5	303.5	300.2	293.4
出口ナトリウム温度 (°C) (計算値)	<u>333.1</u>	<u>295.9</u>	<u>290.4</u>	<u>281.7</u>
給水流量(t/h)	1.61	1.33	1.02	0.72
蒸気圧力(ata)	133.9	133.2	133.6	133.2
給水温度 (°C)	239.5	238.5	239.2	238.3
蒸気温度 (°C) (実験値)	521.0	502.3	511.7	515.7
蒸気温度 (°C) (計算値)	<u>533.5</u>	<u>521.5</u>	<u>525.4</u>	<u>520.3</u>

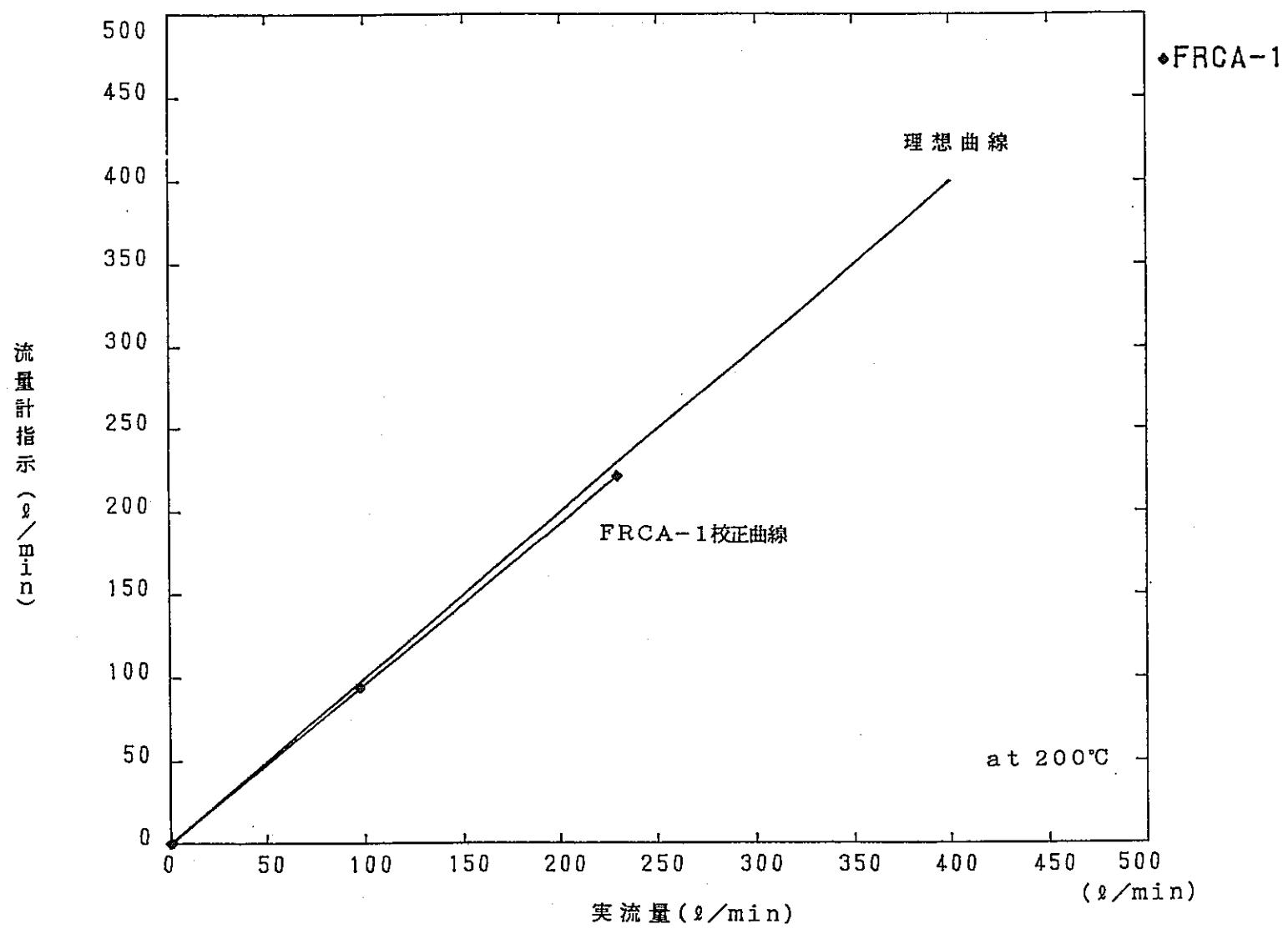


図3.1.1 主加熱器ナトリウム流量計校正曲線

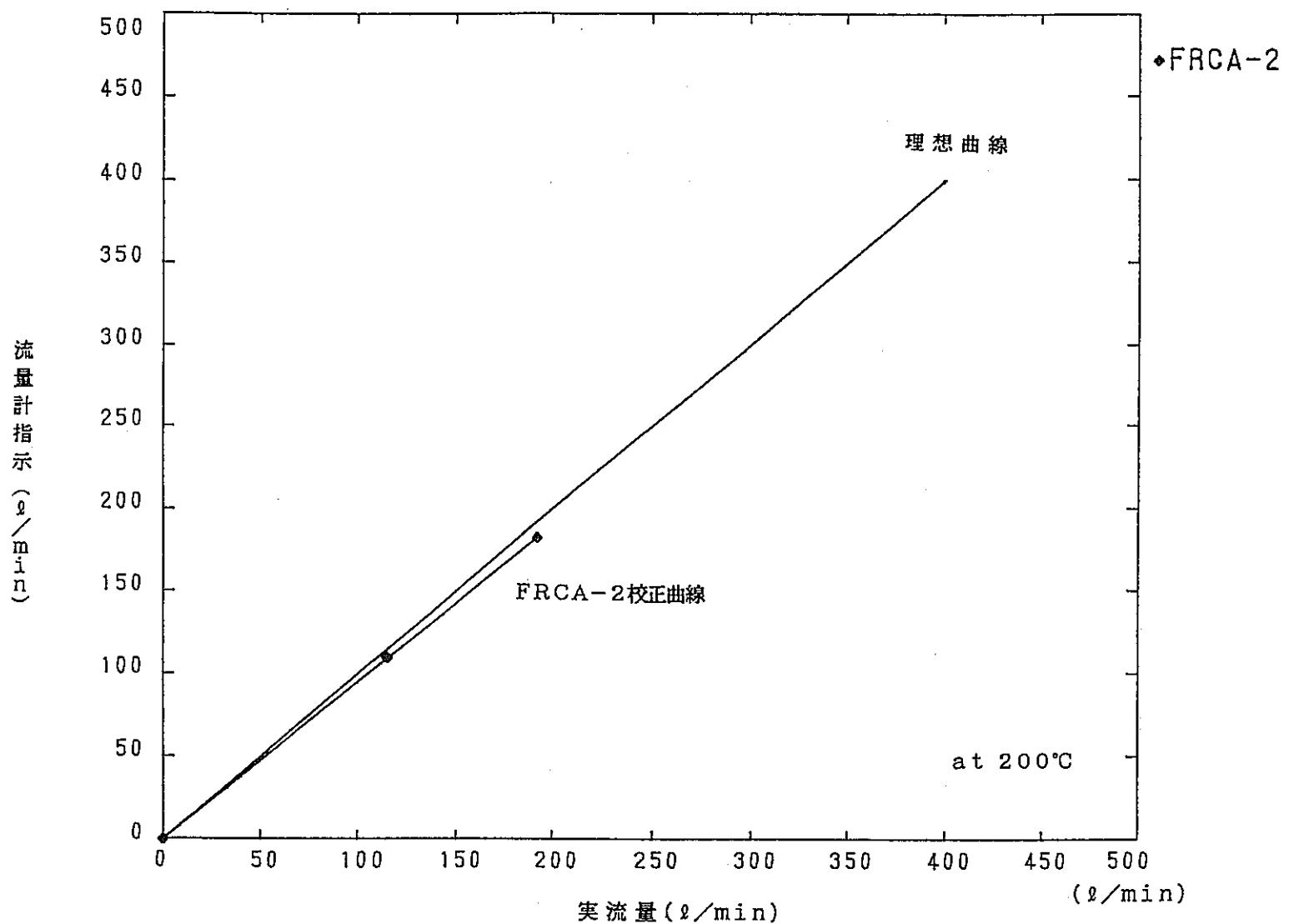


図 3.1.2 空気冷却器出口ナトリウム流量計校正曲線

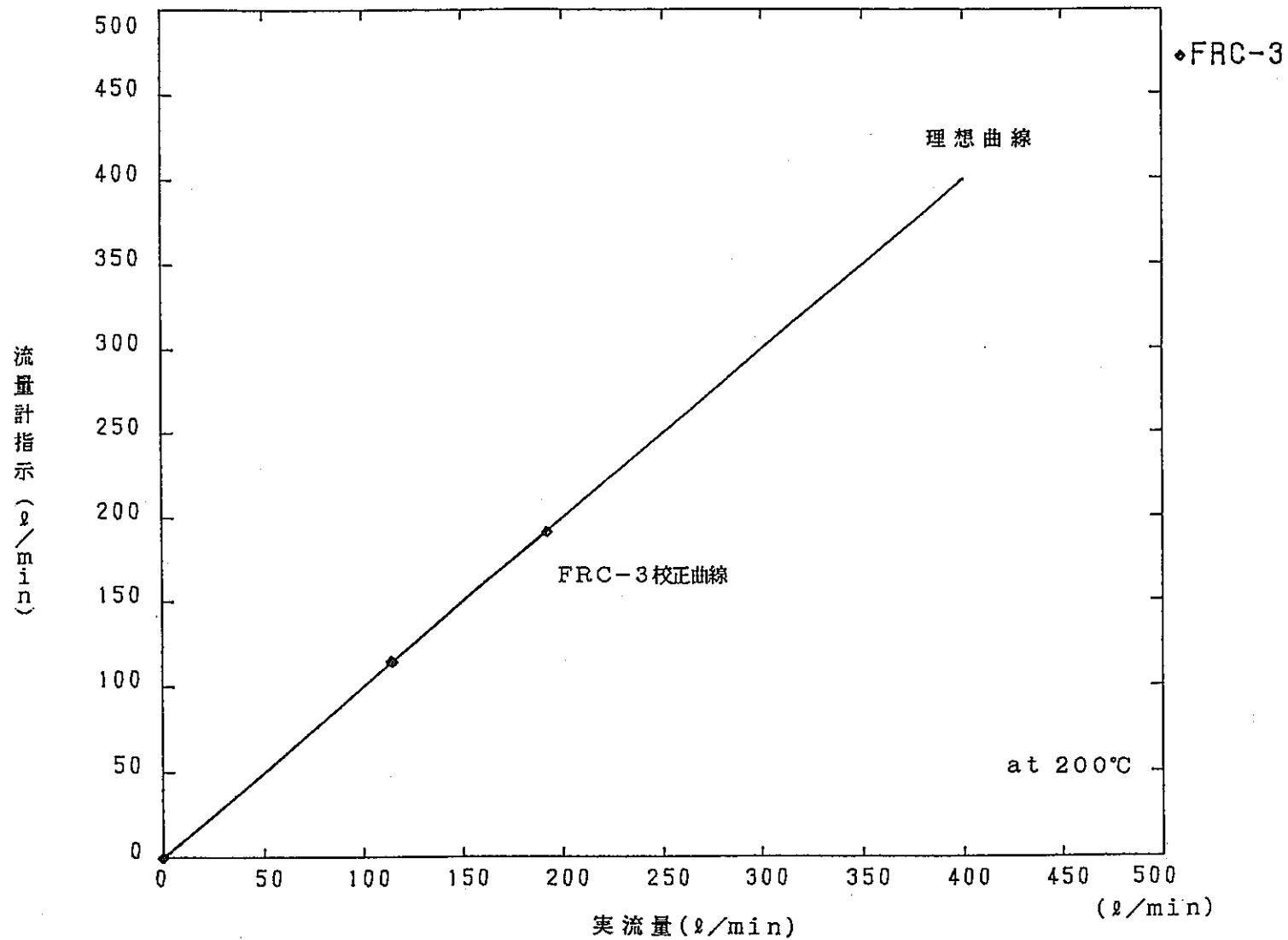


図 3.1.3 V-3 ラインナトリウム流量計校正曲線

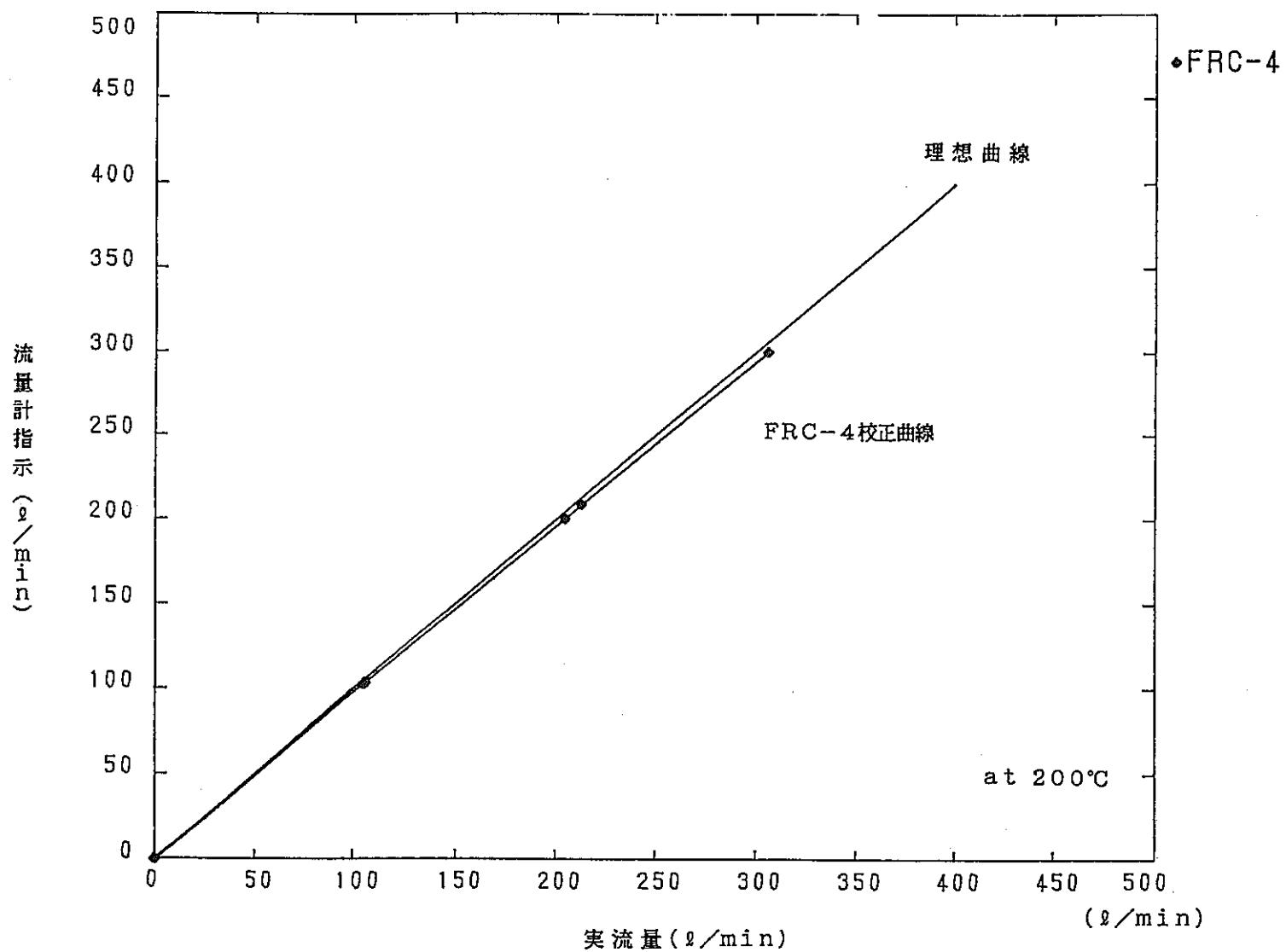


図 3.1.4 SG 出口ナトリウム流量計校正曲線

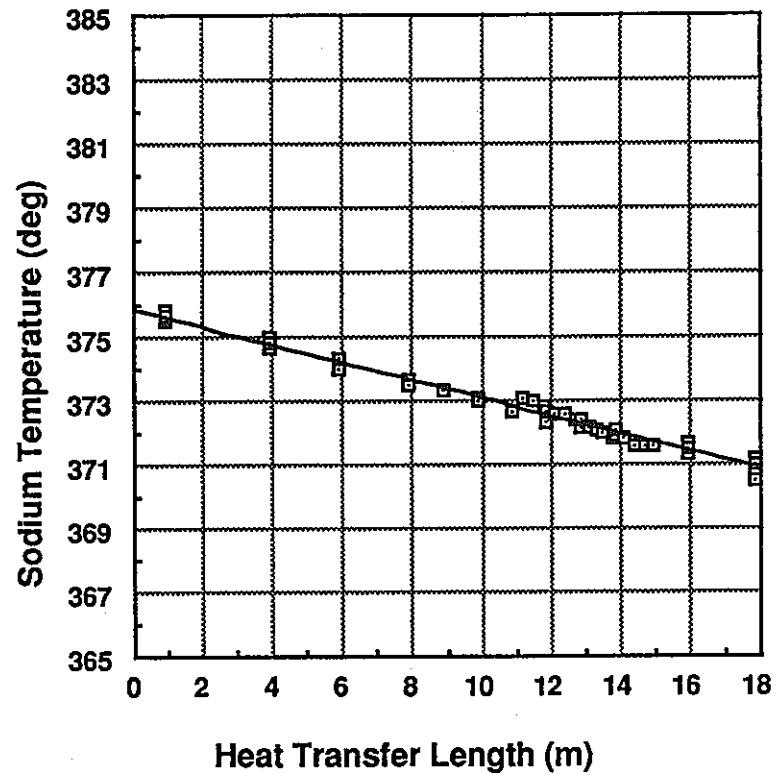


図3.2.1 ナトリウム側熱電対の補正結果（HLOSS-1）

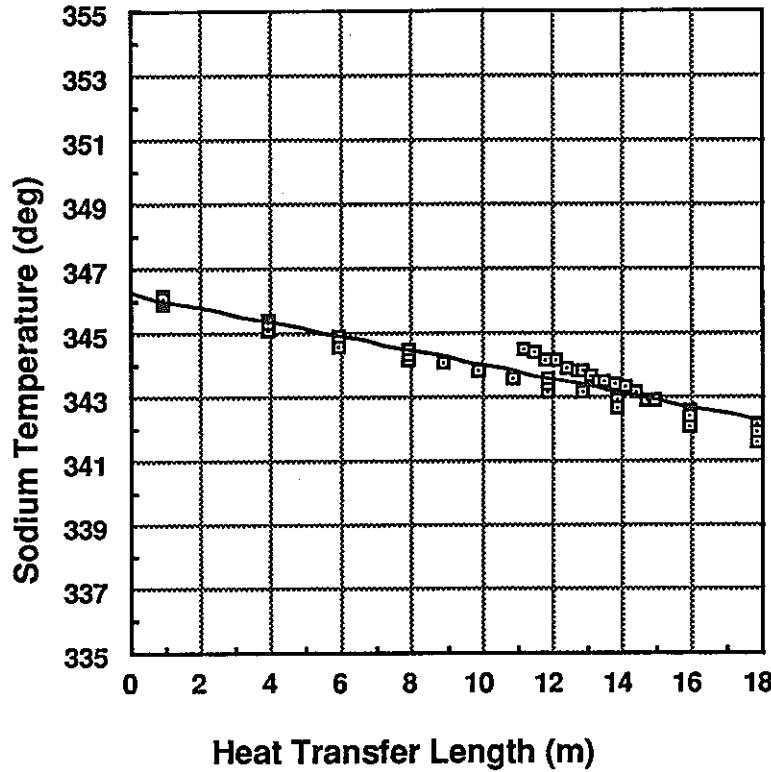


図3.2.2 ナトリウム側熱電対の補正結果（HLOSS-2）

- 46 -

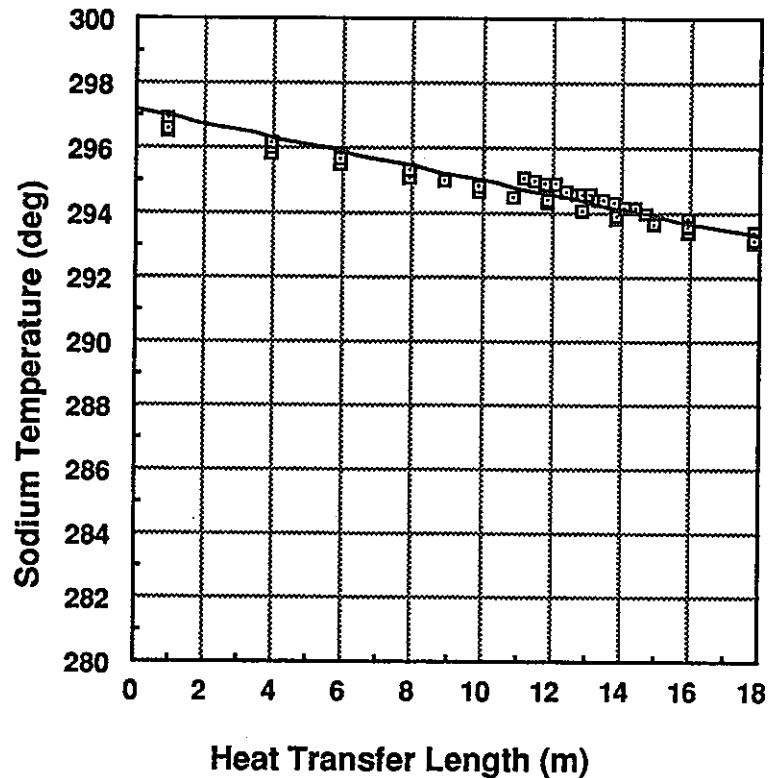


図 3.2.3 ナトリウム側熱電対の補正結果 (HLOSS-3)

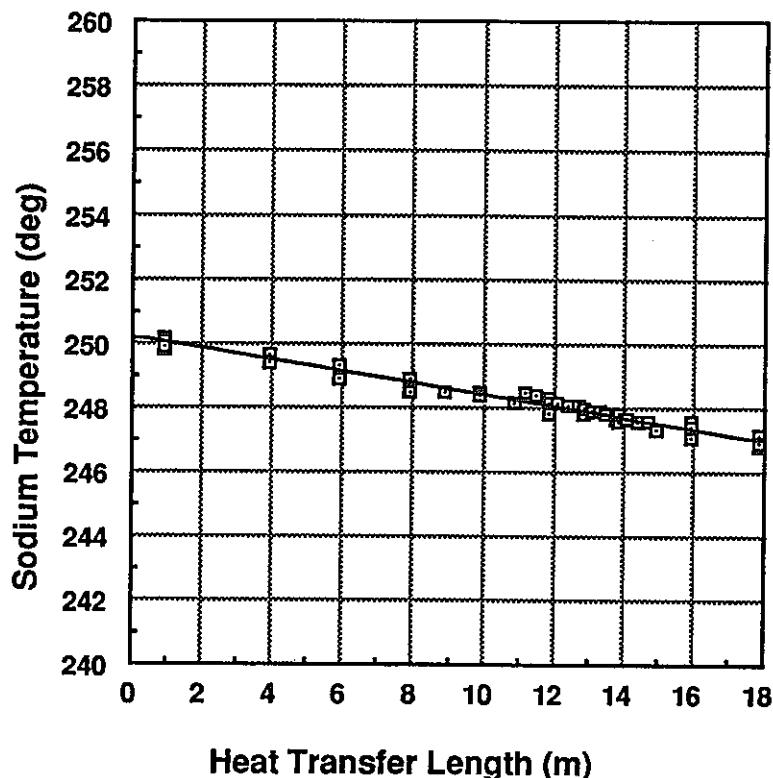


図 3.2.4 ナトリウム側熱電対の補正結果 (HLOSS-4)

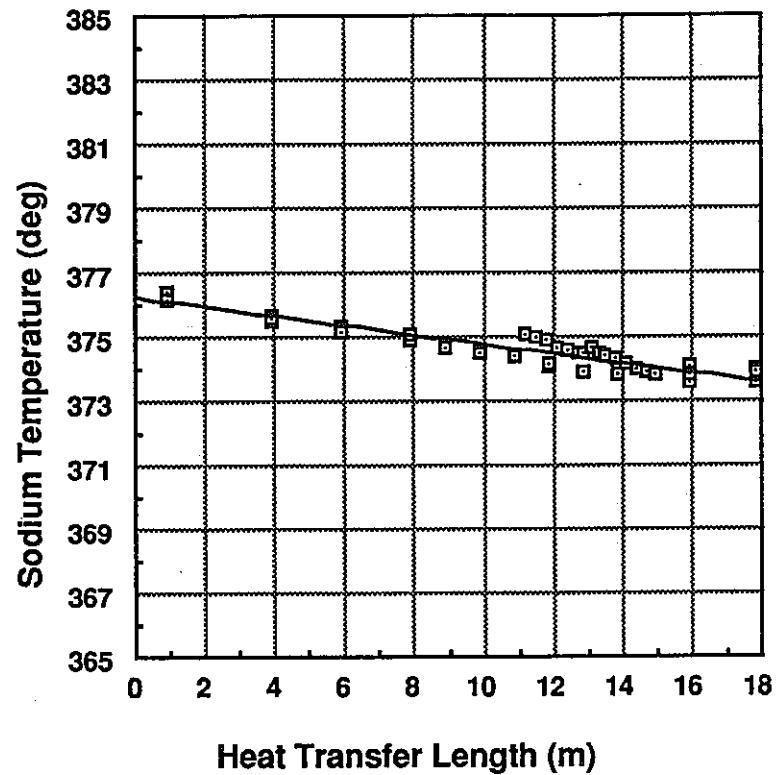


図3.2.5 ナトリウム側熱電対の補正結果（HLOSS-5）

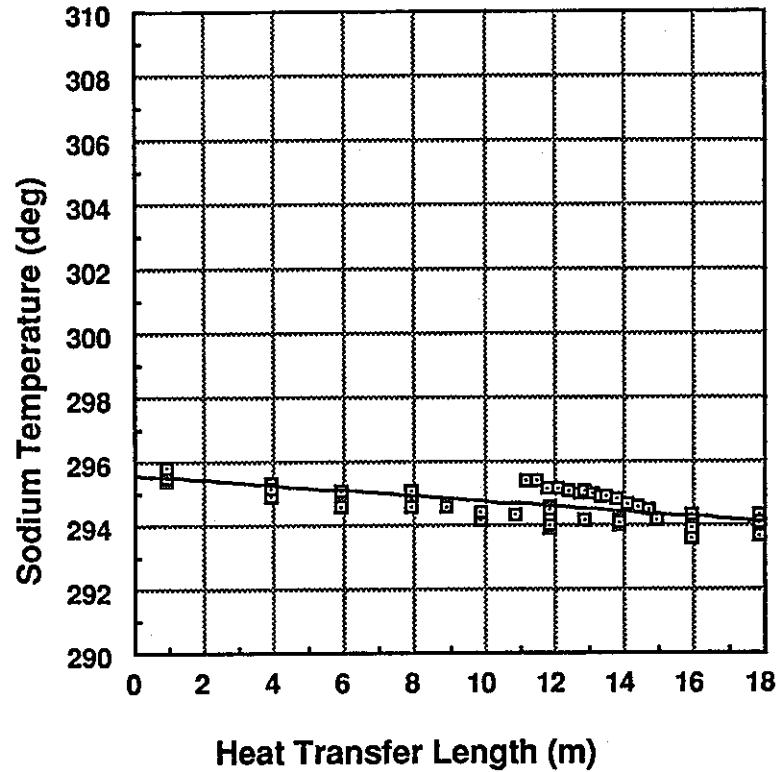


図3.2.6 ナトリウム側熱電対の補正結果（HLOSS-6）

- 48 -

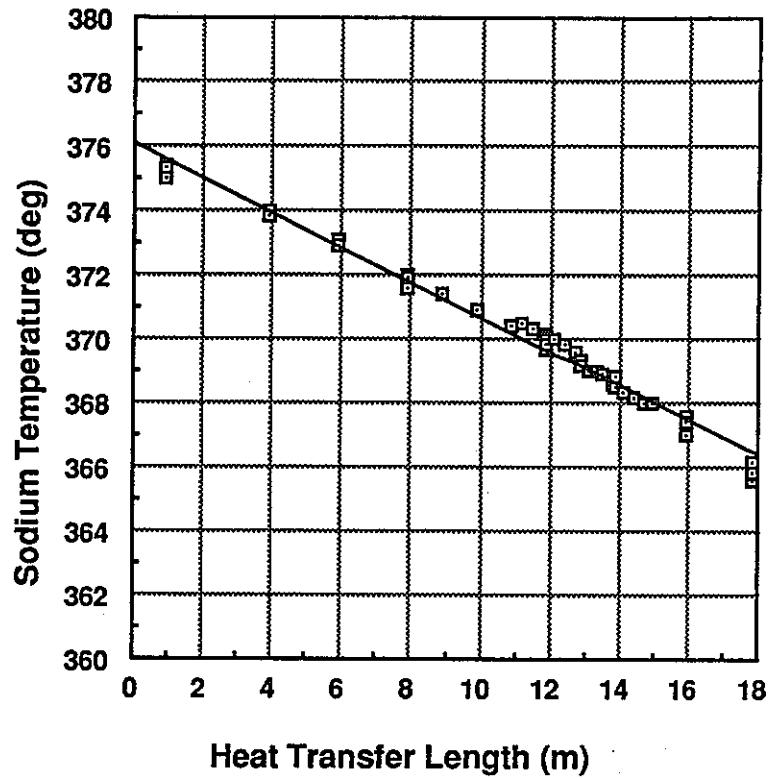


図3.2.7 ナトリウム側熱電対の補正結果 (HLOSS-7)

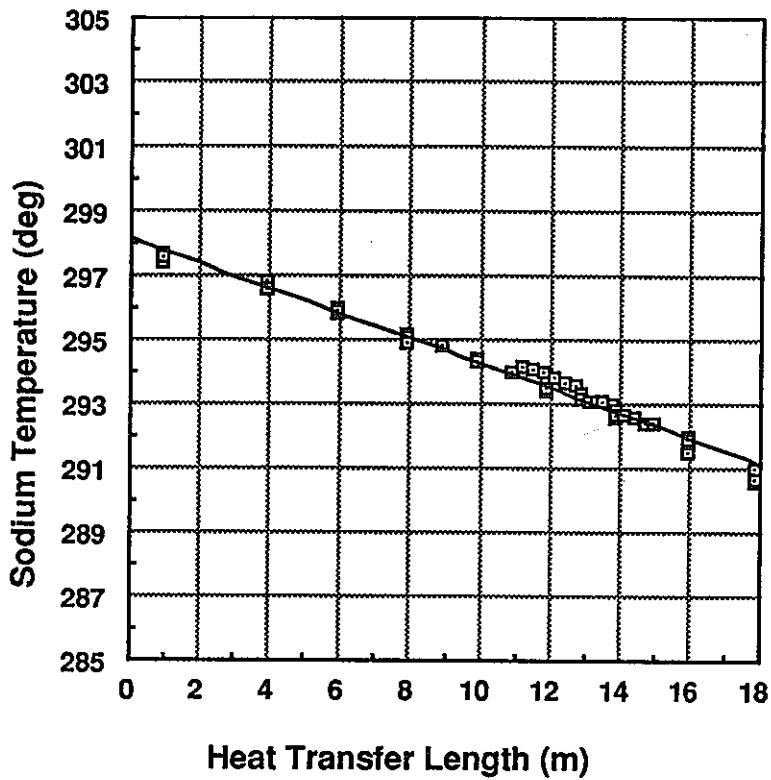


図3.2.8 ナトリウム側熱電対の補正結果 (HLOSS-8)

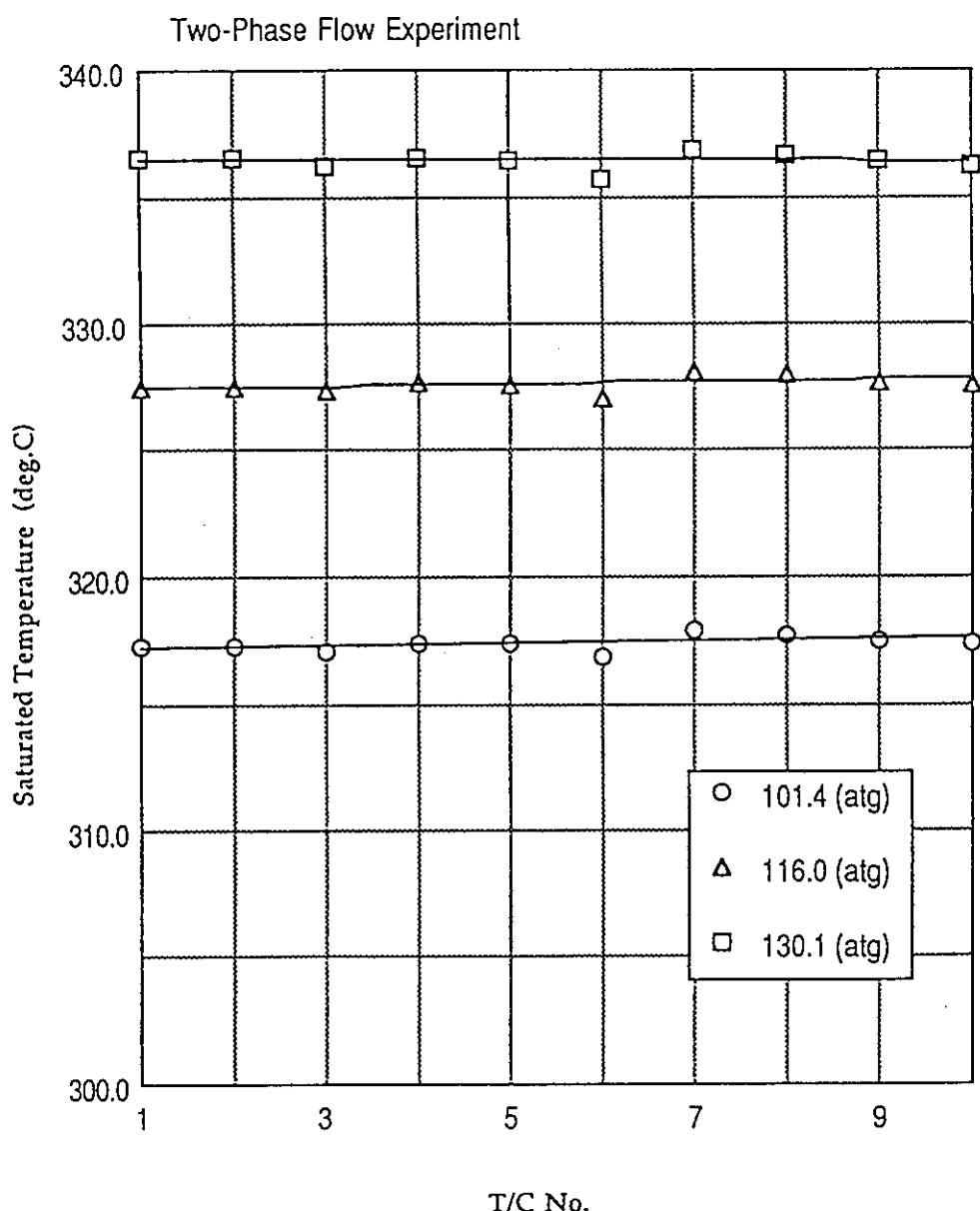


図 3.2.9 蒸気出口測定用熱電対の補正結果

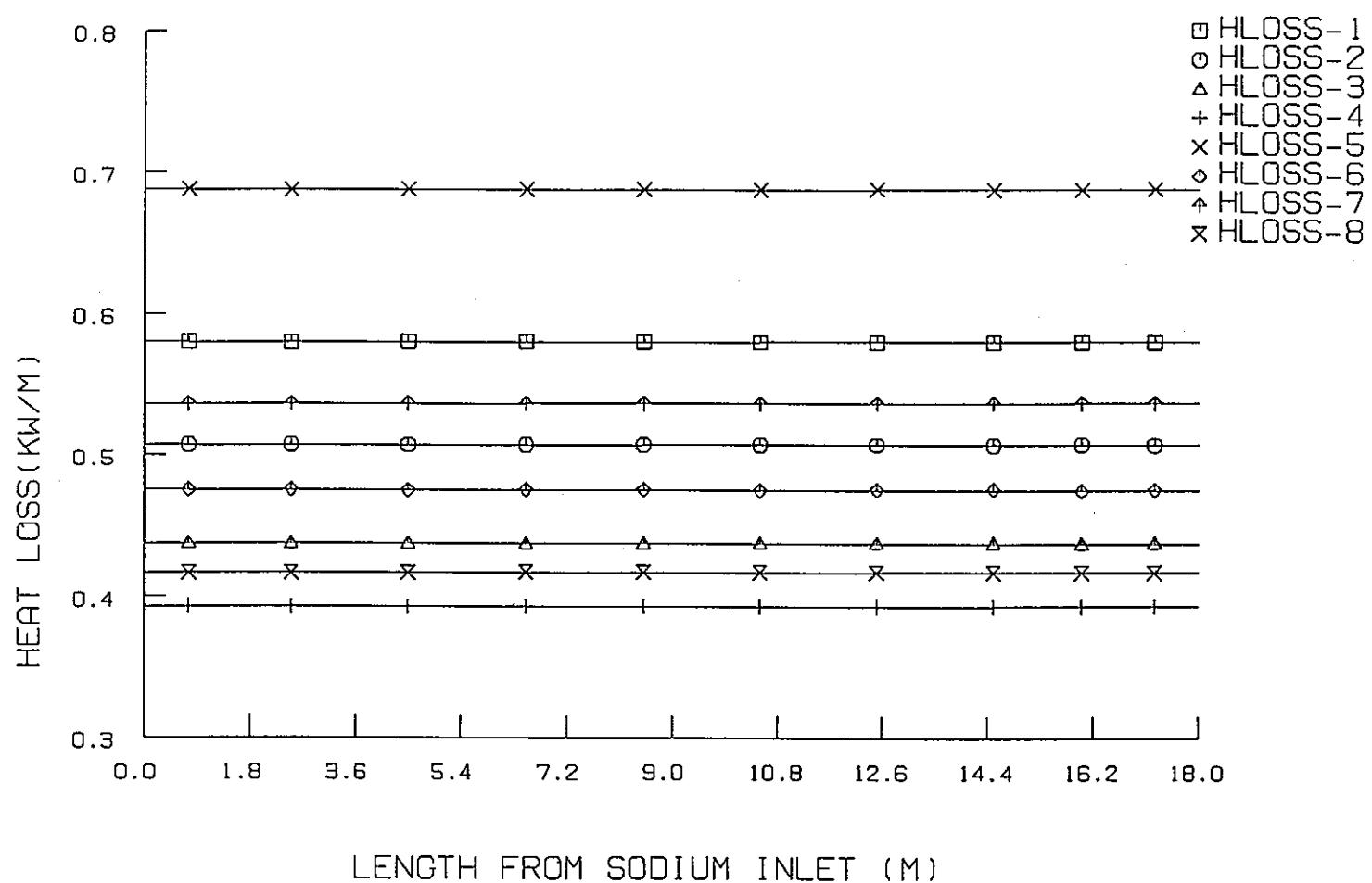


図3.3.1 SG 単位長さ当たりの放熱量

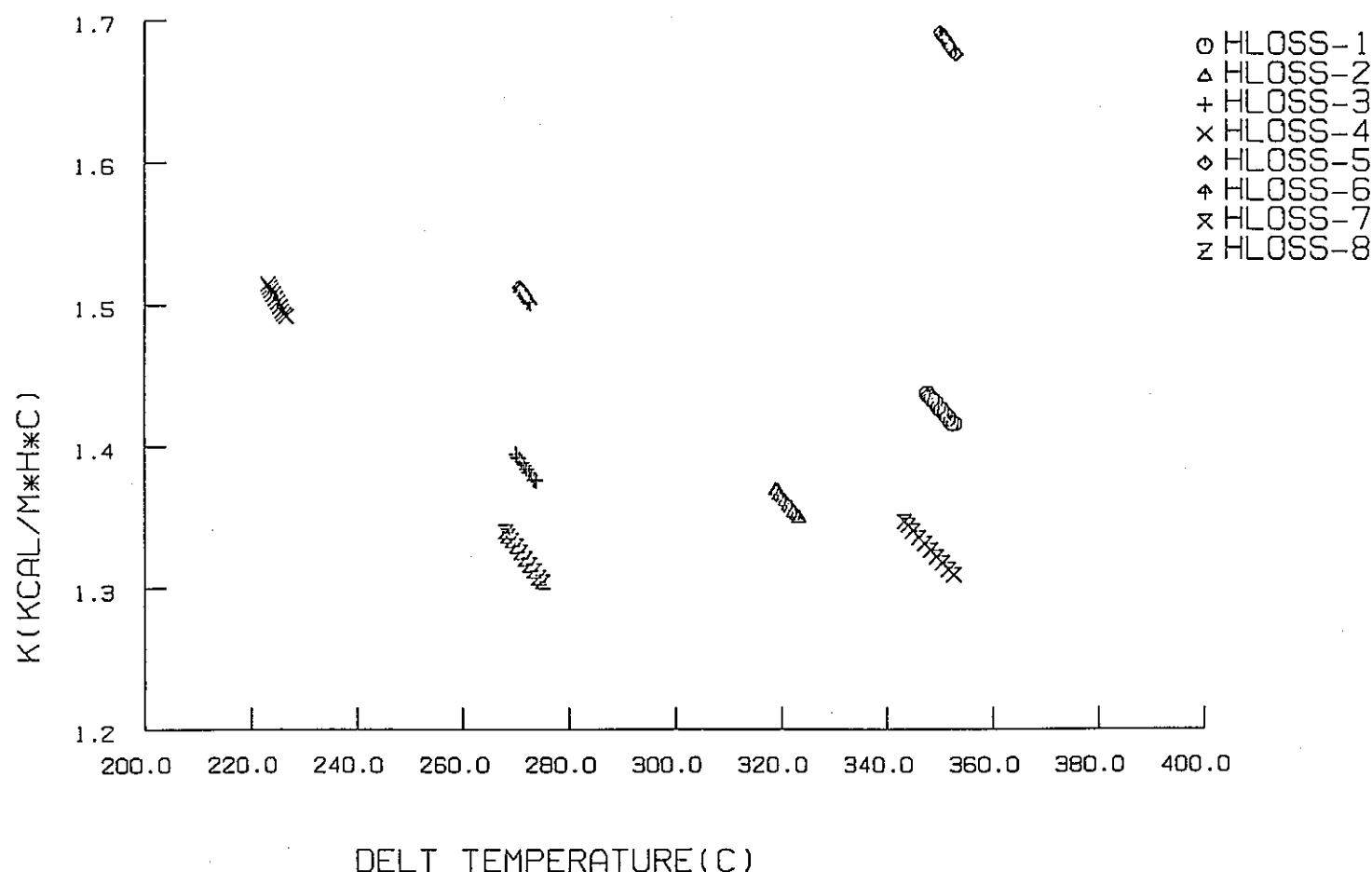


図3.3.2 热通過率

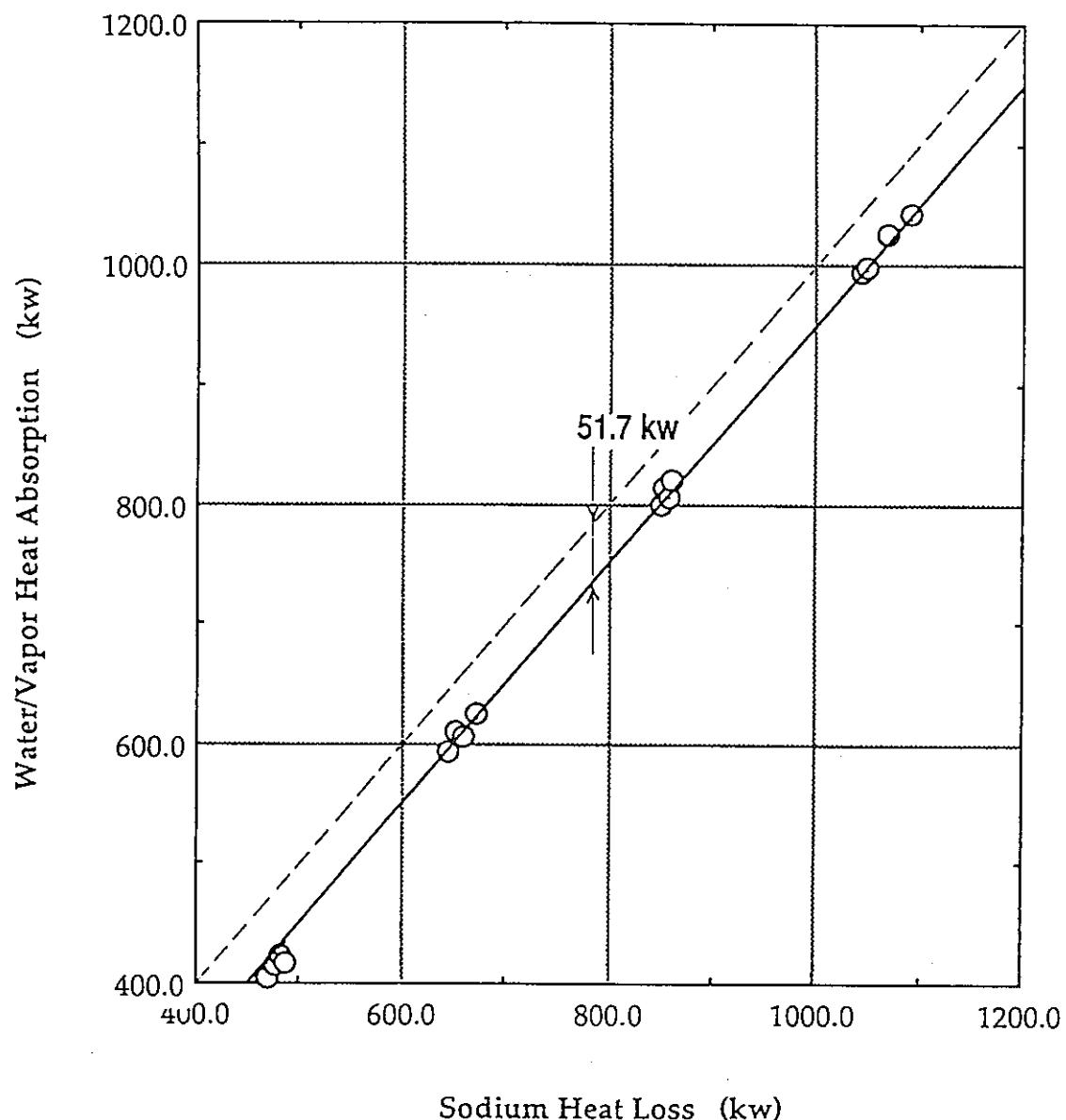


図3.3.3 ナトリウム側放熱量と水側吸熱量との差

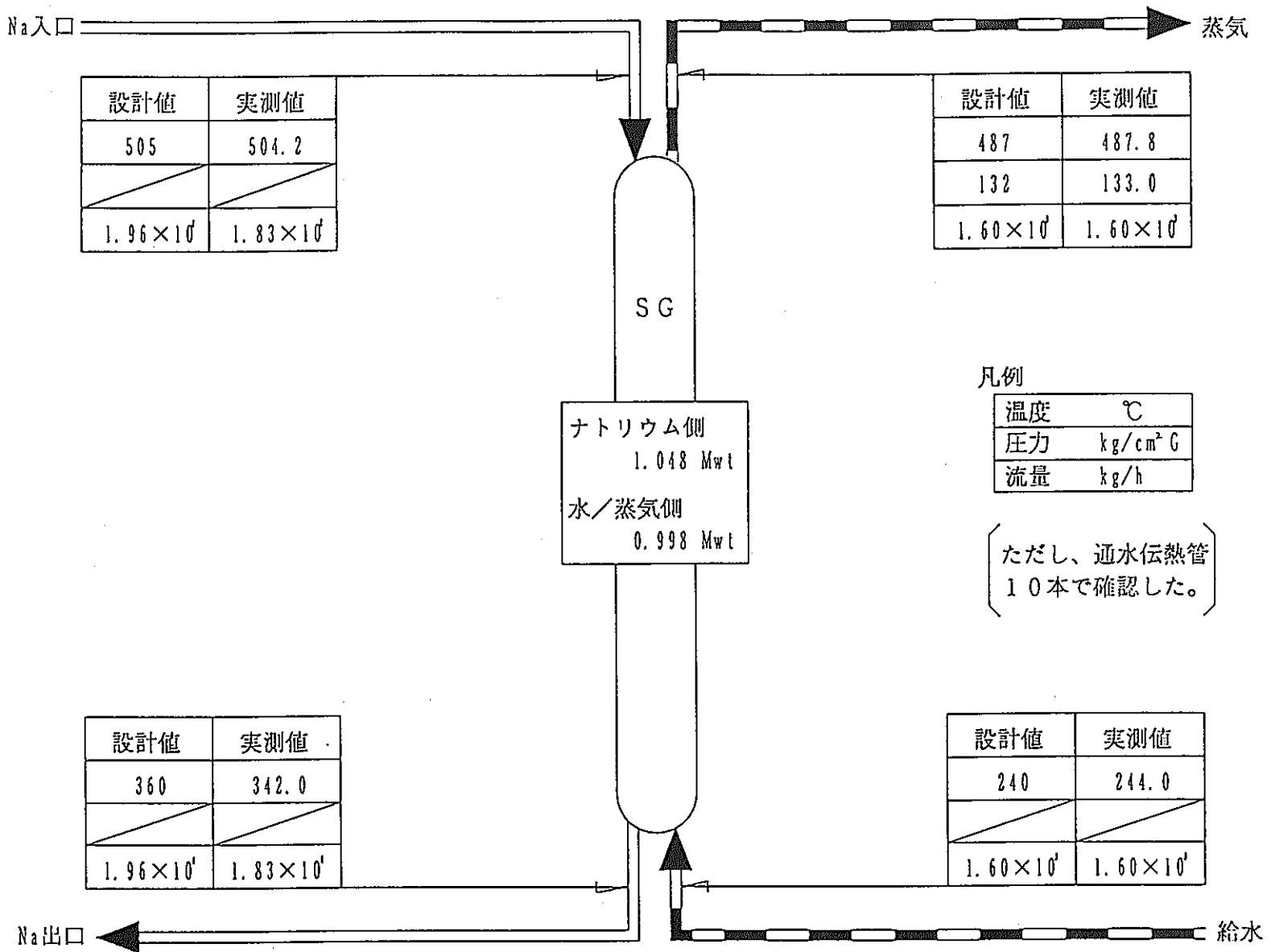
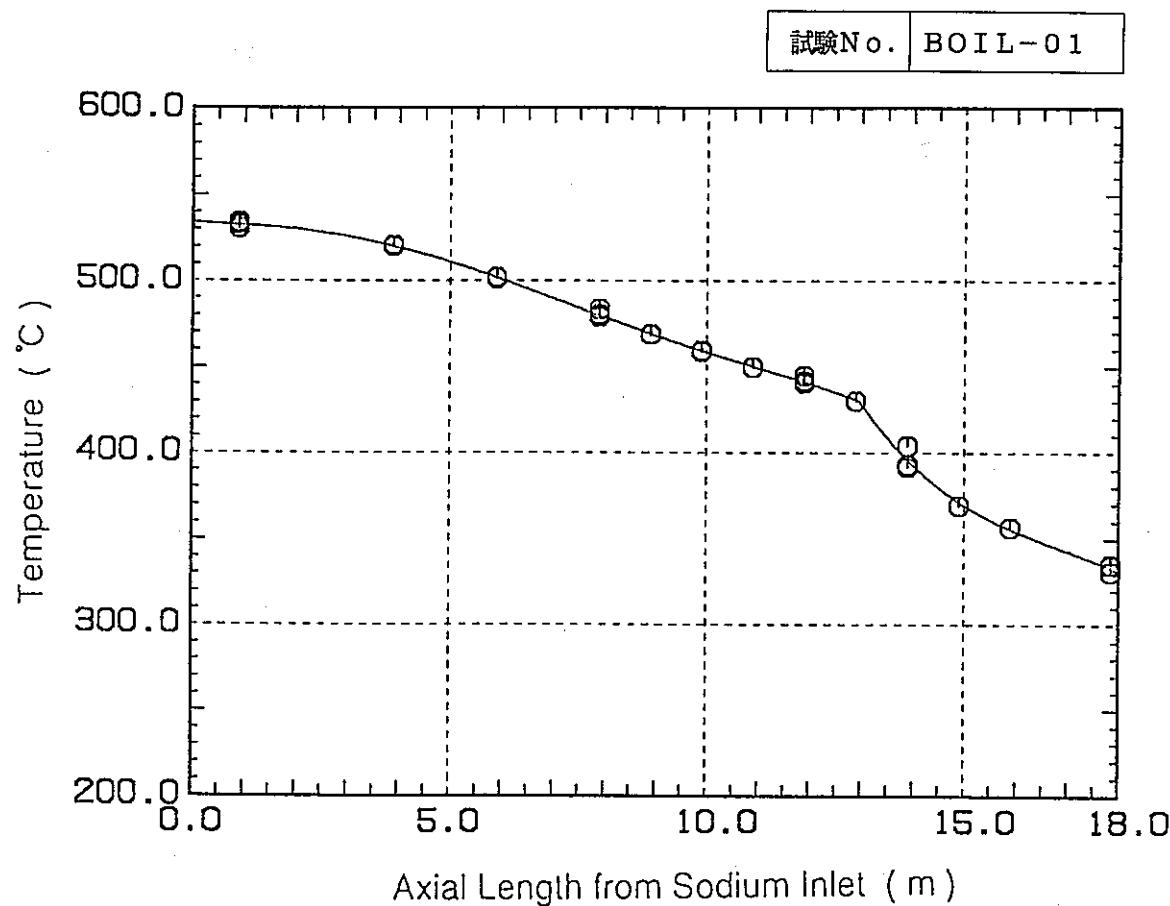
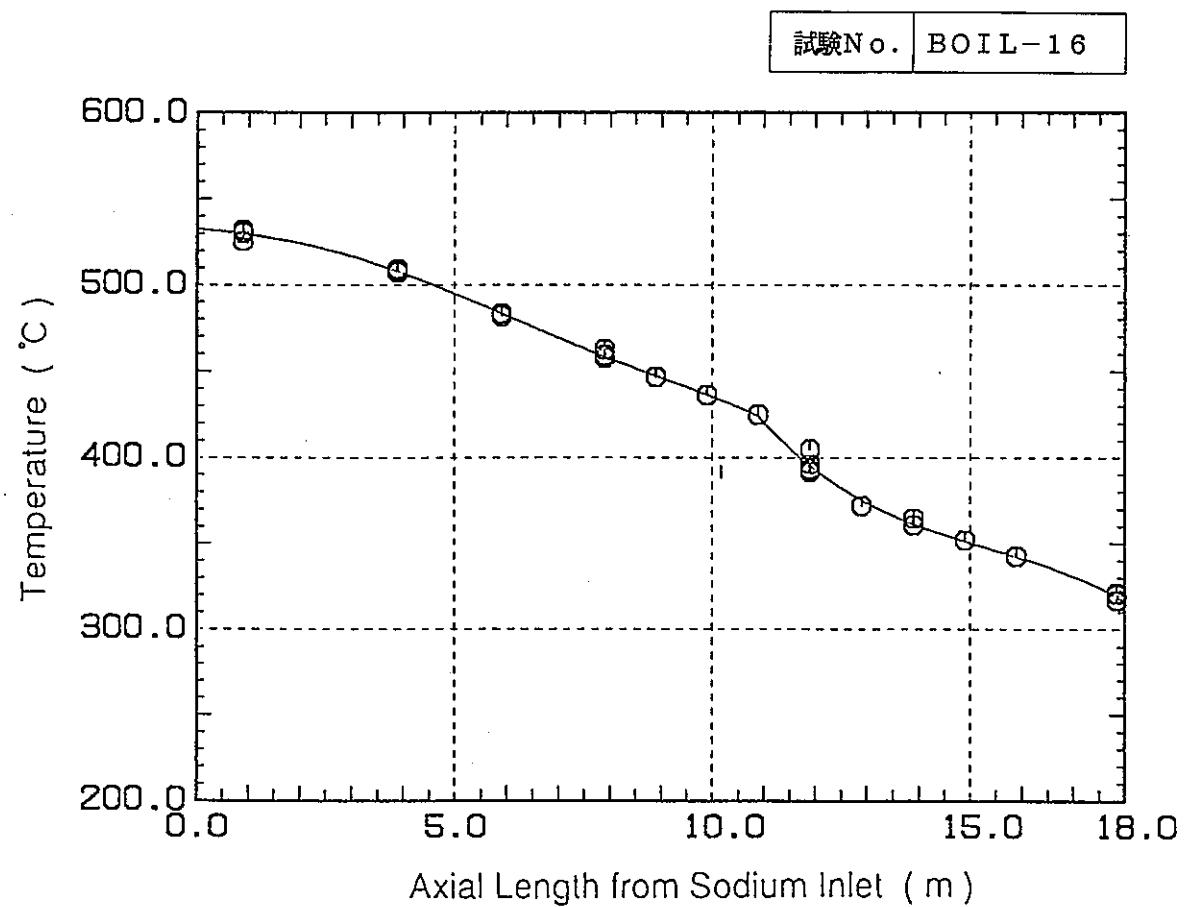


図3.4.1 設計定格確認ヒートバランス



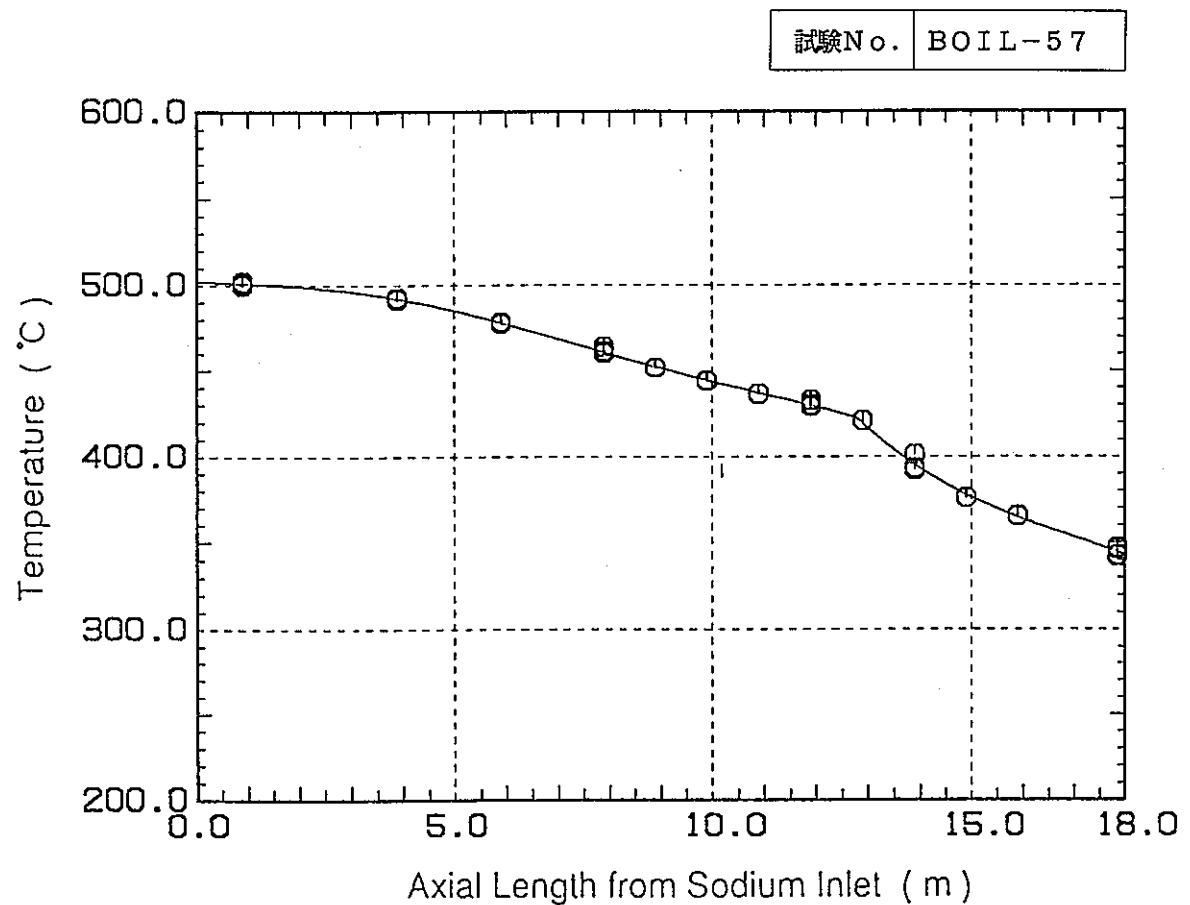
項 目	設定値	実測値
負 荷 (%)	100	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	540.1
出口温度 (°C)	FREE	332.5
流 量 (T/h)	15.34	15.46
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.5
出口温度 (°C)	FREE	521.0
出口圧力(kg/cm ² G)	132.6	132.9
給水流量 (T/h)	1.60	1.61

図3.4.2(1) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-01)



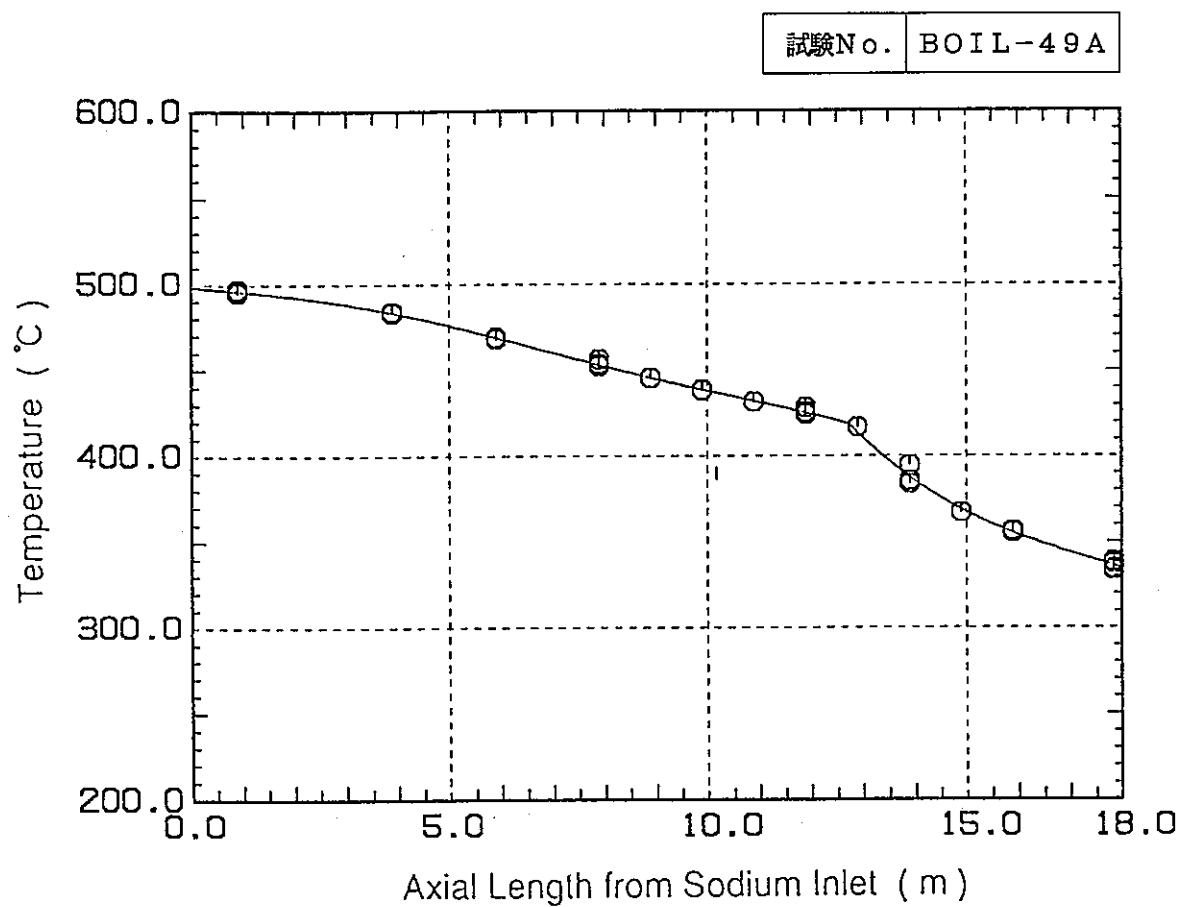
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	100	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	540.0
出口温度 (°C)	FREE	318.4
流 量 (T/h)	13.92	14.19
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.2
出口温度 (°C)	FREE	512.5
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.3
給水流量 (T/h)	1.60	1.61

図3.4.2(2) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-16)



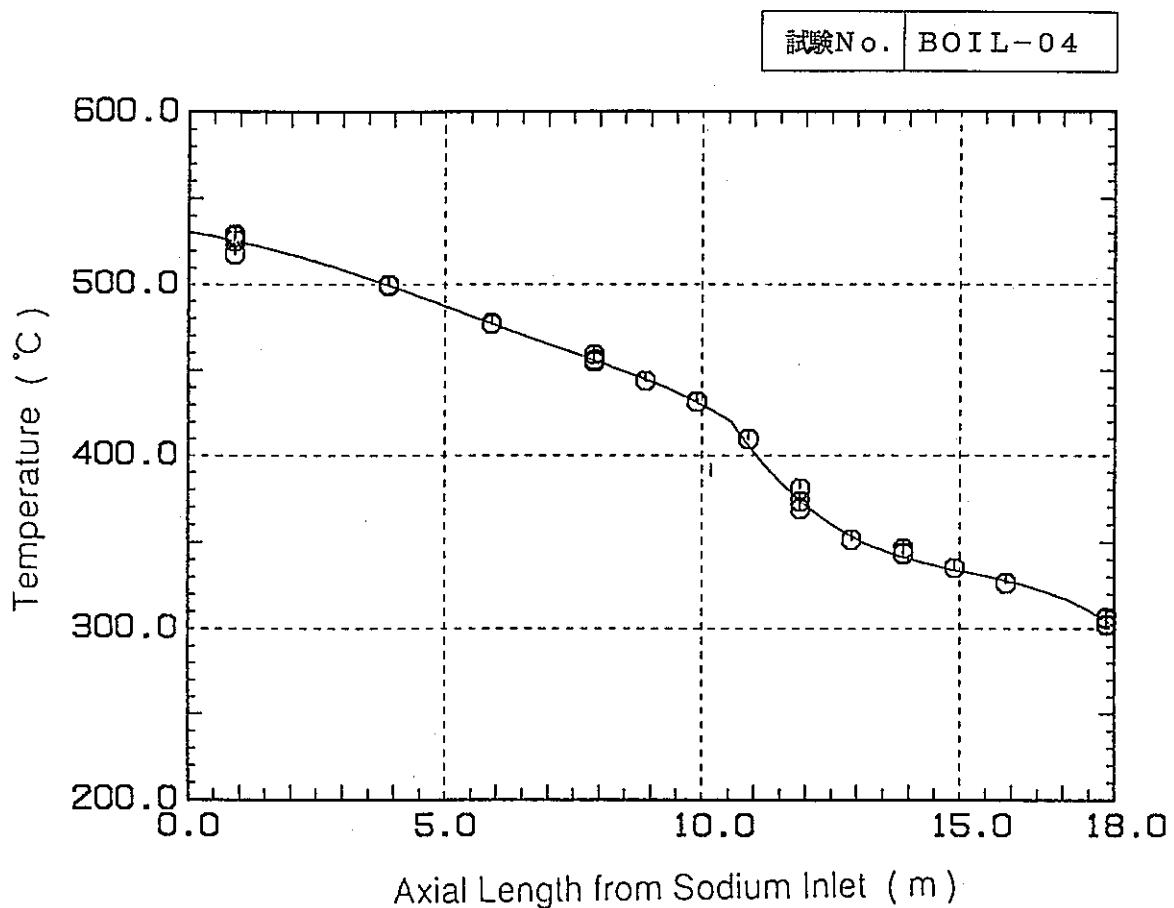
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	100	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	507.6
出口温度 (°C)	FREE	344.7
流量 (T/h)	18.47	18.85
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.4
出口温度 (°C)	FREE	491.5
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.5
給水流量 (T/h)	1.60	1.60

図3.4.2(3) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-57)



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	100	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	504.2
出口温度 (°C)	FREE	336.2
流量 (T/h)	18.04	18.35
水/蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.0
出口温度 (°C)	FREE	483.0
出口圧力(kg/cm ² G)	132.0	132.2
給水流量 (T/h)	1.60	1.60

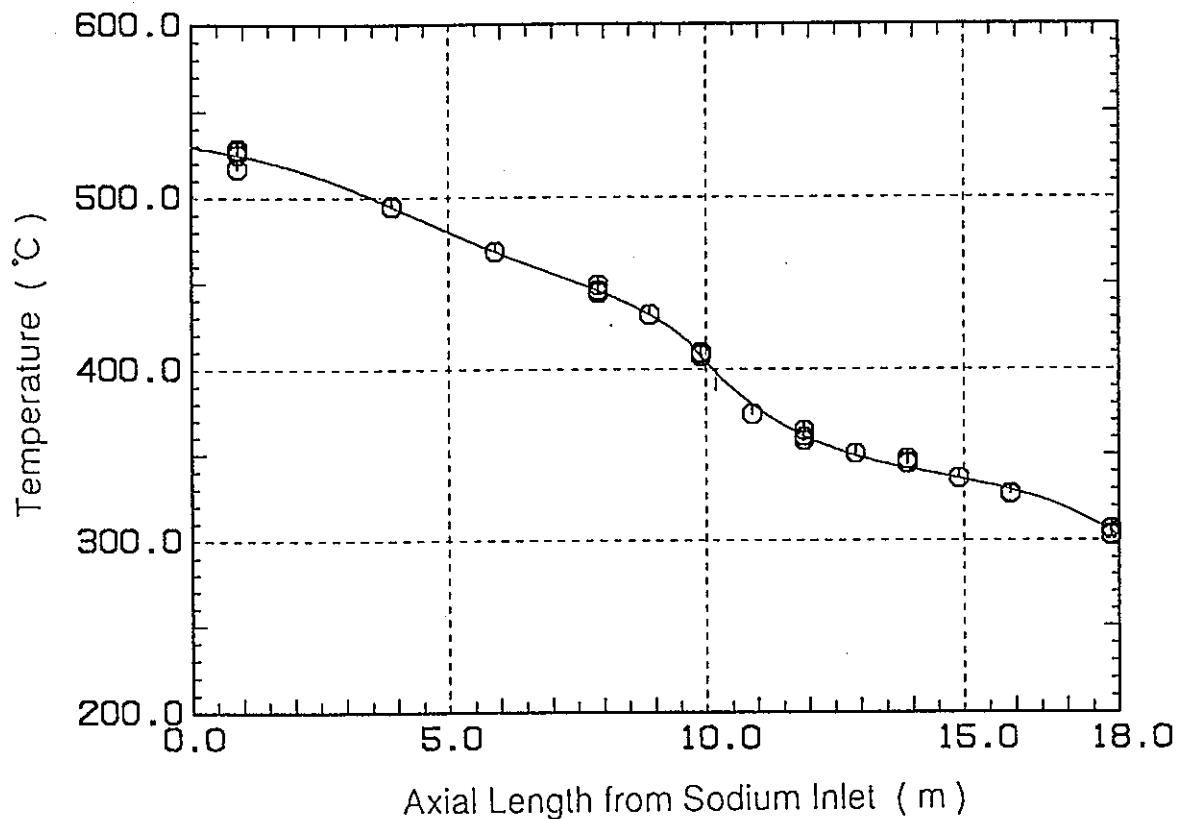
図3.4.2(4) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-49A)



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	80	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	539.6
出口温度 (°C)	FREE	303.5
流量 (T/h)	10.55	10.75
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.5
出口温度 (°C)	FREE	502.3
出口圧力(kg/cm ² G)	132.0	132.2
給水流量 (T/h)	1.28	1.29

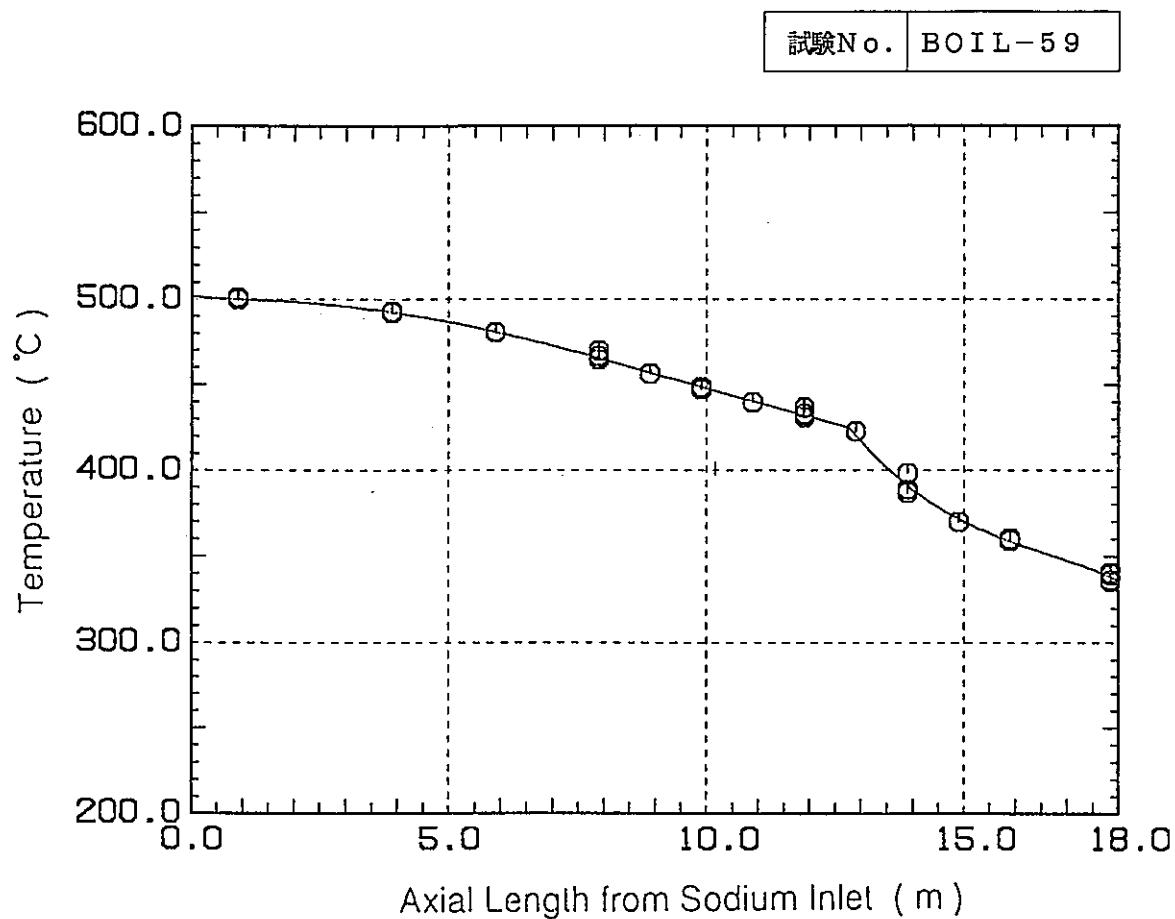
図3.4.2(5) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布 (BOIL-04)

試験No. | BOIL-13



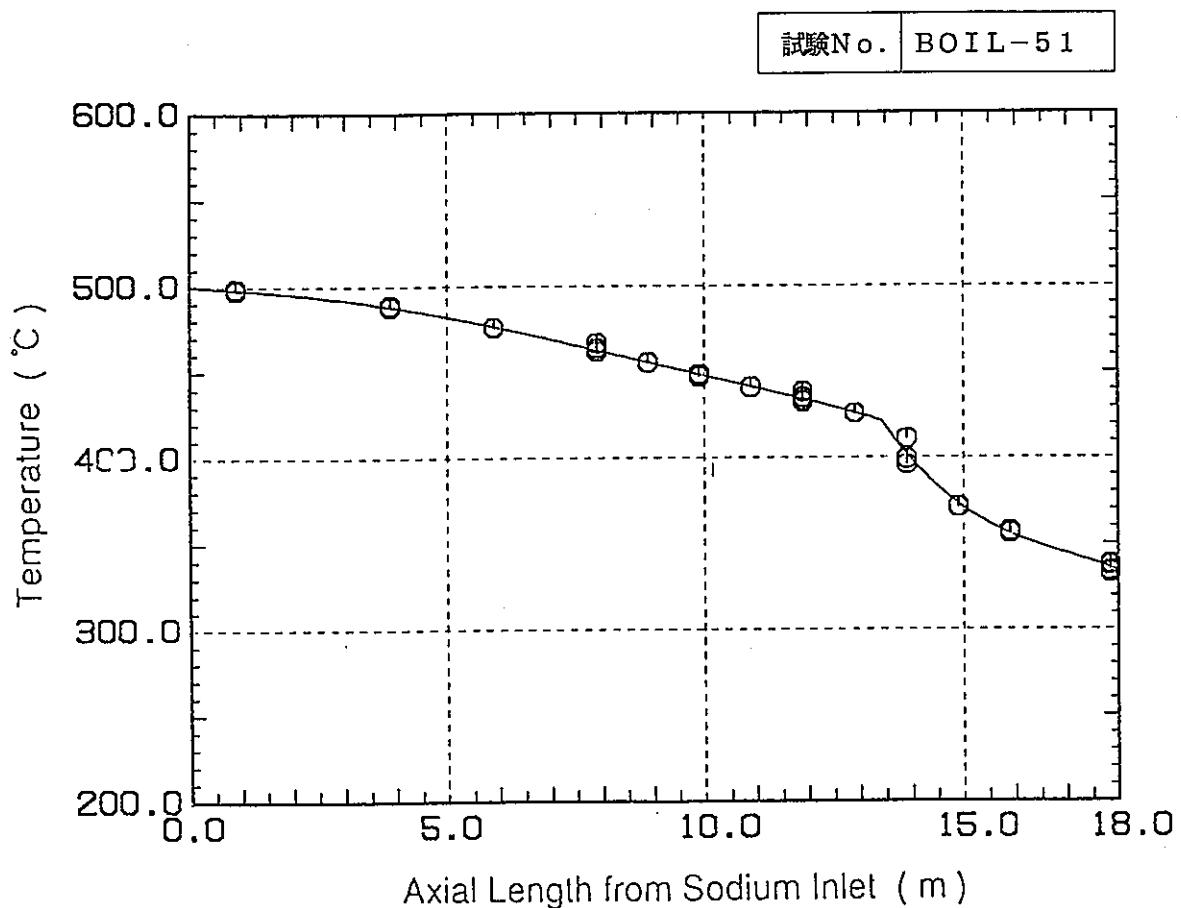
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	80	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	539.0
出口温度 (°C)	FREE	304.1
流量 (T/h)	10.55	10.75
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.5
出口温度 (°C)	FREE	501.6
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.1
給水流量 (T/h)	1.28	1.29

図3.4.2(6) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布 (BOIL-13)



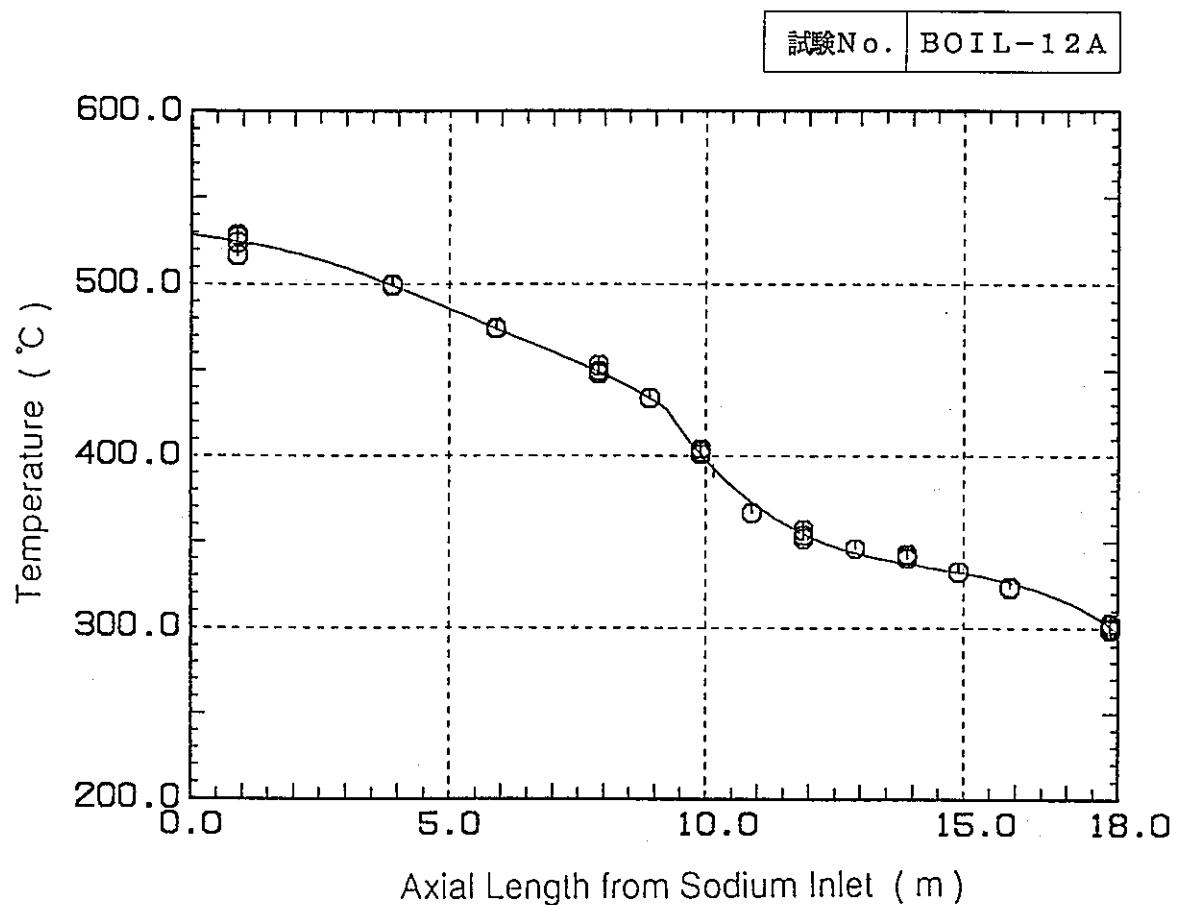
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	80	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	506.5
出口温度 (°C)	FREE	337.4
流 量 (T/h)	14.58	14.80
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.9
出口温度 (°C)	FREE	492.2
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.1
給水流量 (T/h)	1.28	1.28

図3.4.2(7) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-59)



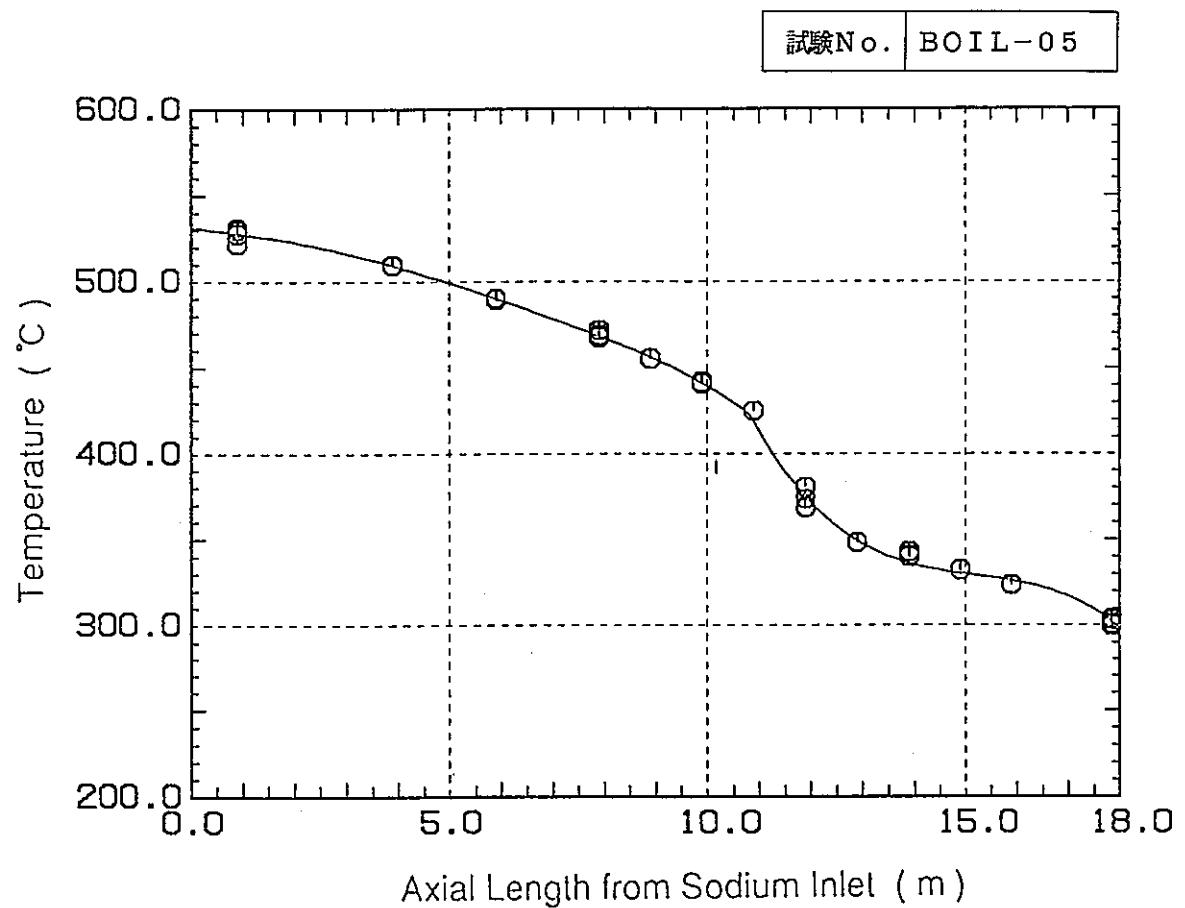
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	80	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	505.2
出口温度 (°C)	FREE	335.6
流 量 (T/h)	14.54	14.81
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.0
出口温度 (°C)	FREE	488.7
出口圧力(kg/cm ² G)	132.0	132.4
給水流量 (T/h)	1.28	1.29

図3.4.2(8) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-51)



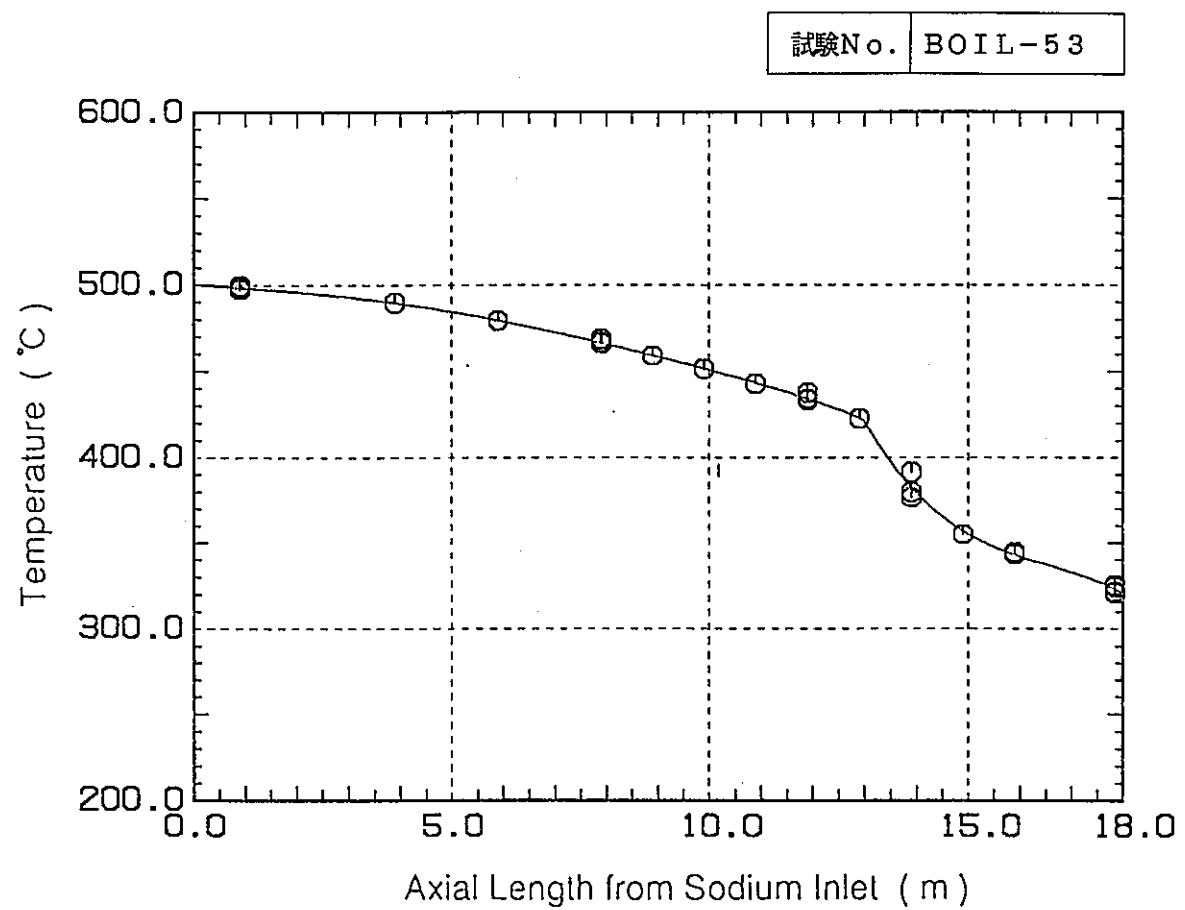
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	60	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	538.4
出口温度 (°C)	FREE	299.8
流量 (T/h)	7.92	8.10
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.6
出口温度 (°C)	FREE	506.1
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.2
給水流量 (T/h)	0.96	0.96

図3.4.2(9) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布 (BOIL-12A)



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	60	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	539.8
出口温度 (°C)	FREE	300.2
流 量 (T/h)	8.08	8.24
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.2
出口温度 (°C)	FREE	511.7
出口圧力(kg/cm ² G)	132.0	132.6
給水流量 (T/h)	0.96	0.97

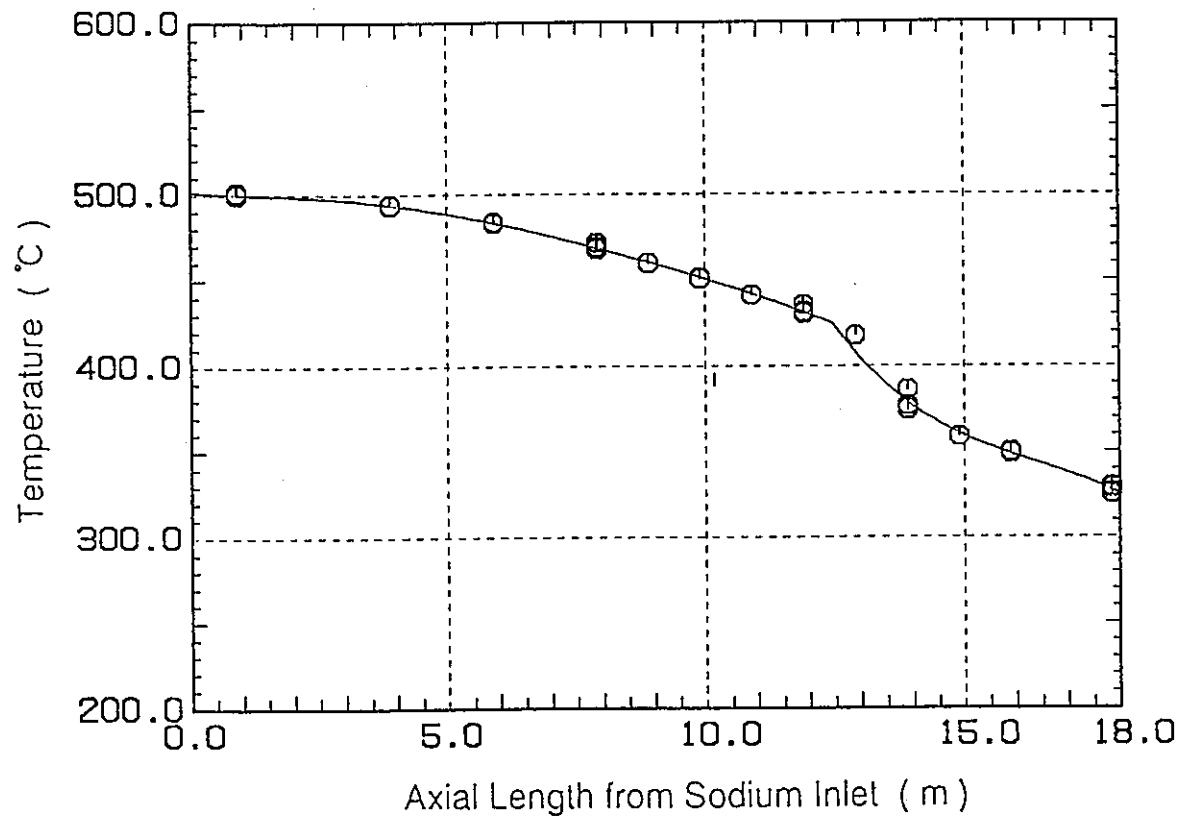
図3.4.2(10) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-05)



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	60	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	505.8
出口温度 (°C)	FREE	322.4
流量 (T/h)	10.33	10.56
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.8
出口温度 (°C)	FREE	489.3
出口圧力(kg/cm ² G)	132.0	132.2
給水流量 (T/h)	0.96	0.97

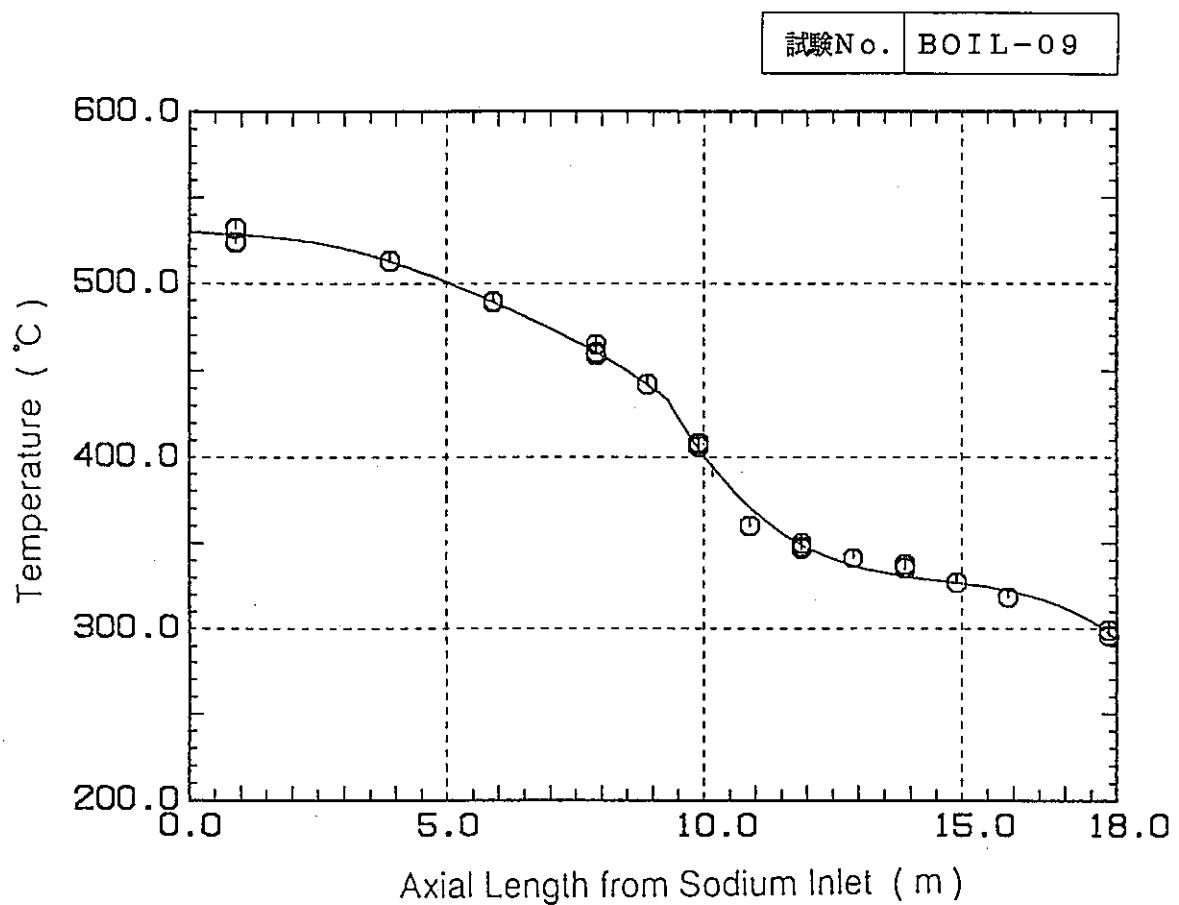
図3.4.2(11) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布 (BOIL-53)

試験No.	BOIL-61
-------	---------



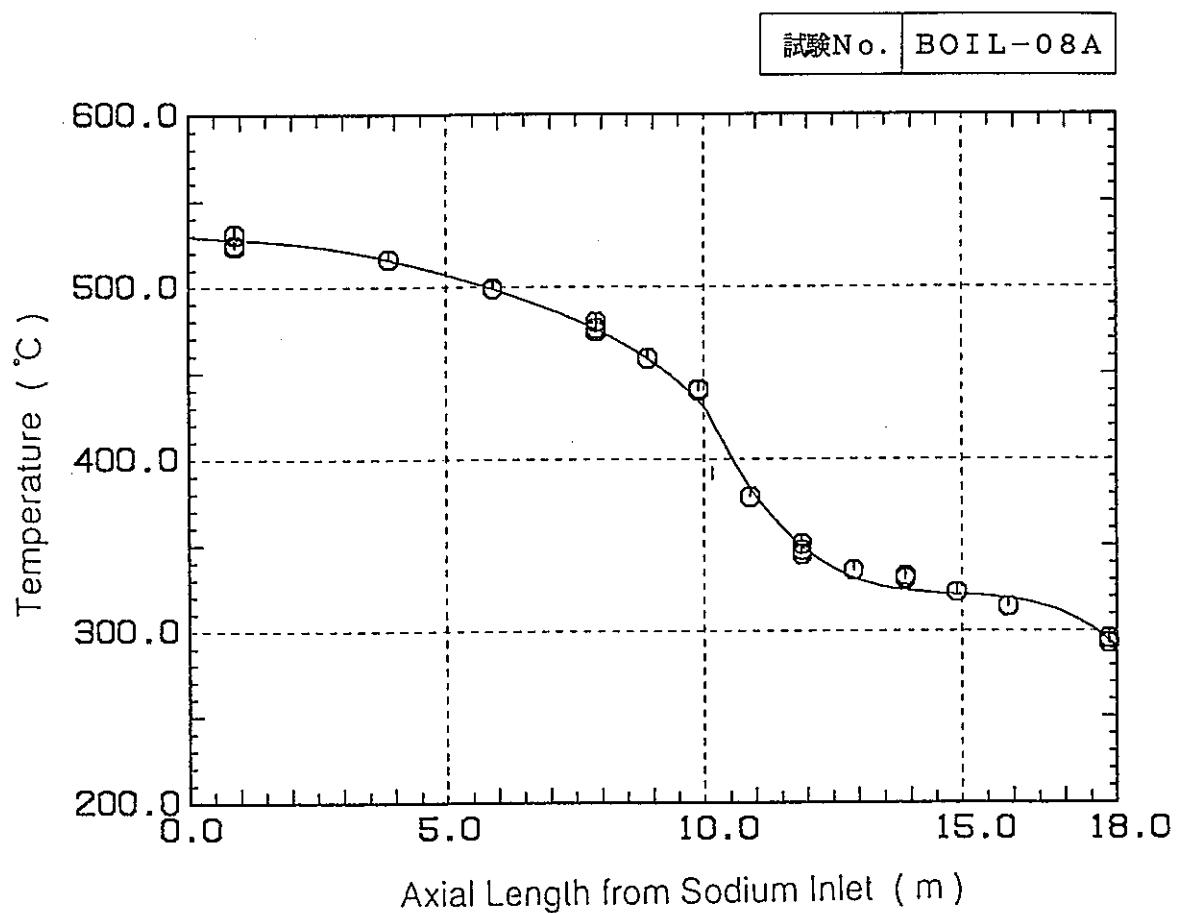
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	60	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	507.1
出口温度 (°C)	FREE	326.7
流量 (T/h)	10.33	10.53
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	239.8
出口温度 (°C)	FREE	493.2
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.3
給水流量 (T/h)	0.96	0.95

図 3.4.2(12) 2重管 SG 小型モデル軸方向ナトリウム温度分布 (BOIL-61)



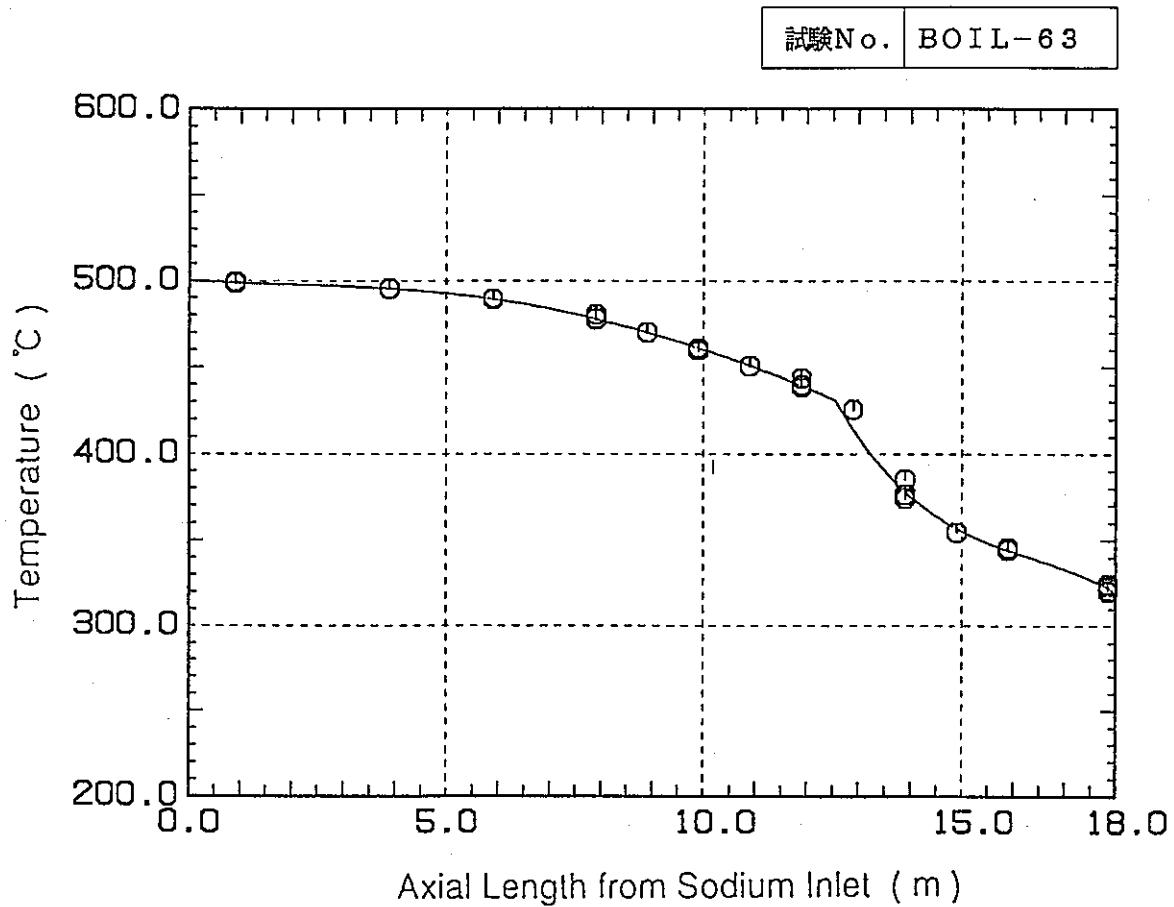
項目	設定値	実測値
負荷 (%)	40	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	540.5
出口温度 (°C)	FREE	296.6
流量 (T/h)	5.62	5.77
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.3
出口温度 (°C)	FREE	518.1
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.3
給水流量 (T/h)	0.64	0.65

図3.4.2(13) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-09)



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	40	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	540.0	538.6
出口温度 (°C)	FREE	293.4
流 量 (T/h)	5.65	5.76
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.3
出口温度 (°C)	FREE	515.7
出口圧力(kg/cm ² G)	132.0	132.2
給水流量 (T/h)	0.64	0.65

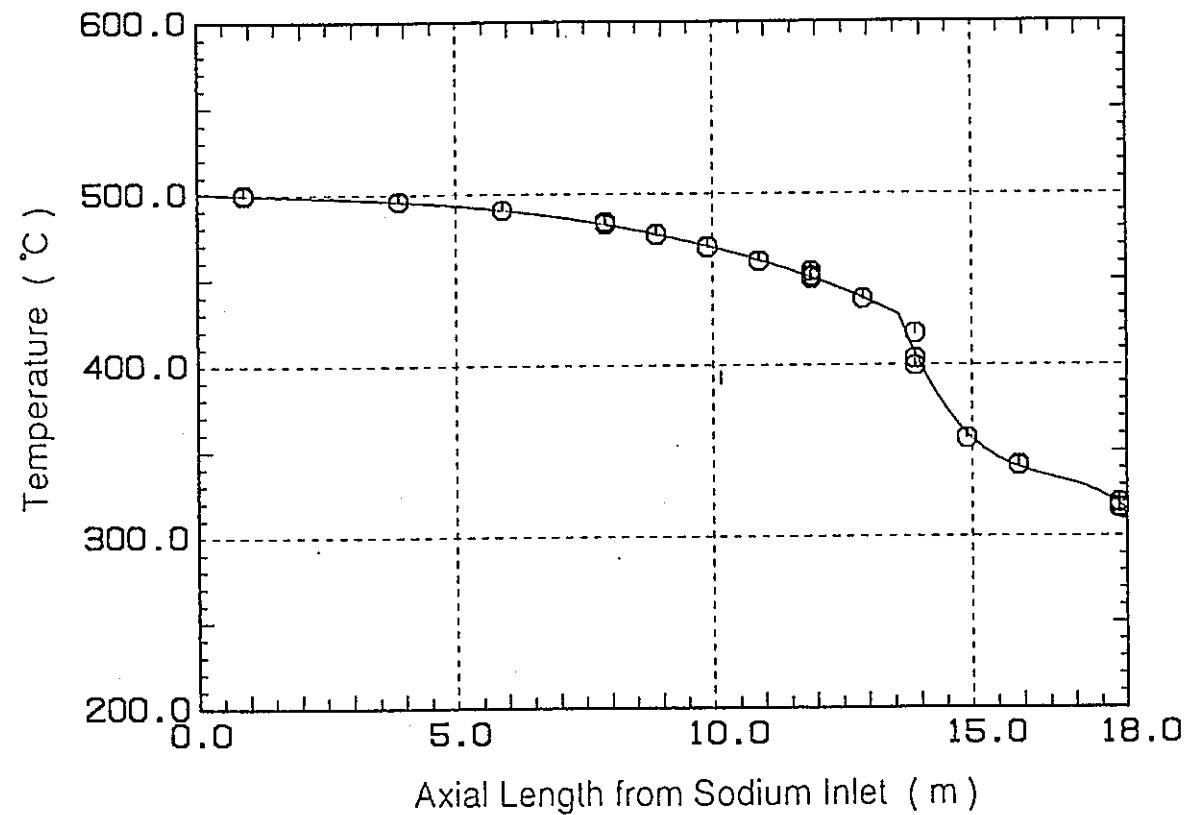
図3.4.2(14) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-08A)



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	40	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	505.0
出口温度 (°C)	FREE	321.2
流量 (T/h)	7.30	7.44
水/蒸気側		
入口温度 (°C)	240.0	238.2
出口温度 (°C)	FREE	492.4
出口圧力(kg/cm ² G)	150.0	150.2
給水流量 (T/h)	0.64	0.65

図3.4.2(15) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布 (BOIL-63)

試験No. BOIL- 55



項目	設定値	実測値
負荷 (%)	40	
ナトリウム側		
入口温度 (°C)	505.0	505.1
出口温度 (°C)	FREE	316.6
流量 (T/h)	7.32	7.49
水／蒸気側		
入口温度 (°C)	228.6	227.8
出口温度 (°C)	FREE	493.0
出口圧力(kg/cm ² G)	130.7	130.8
給水流量 (T/h)	0.64	0.65

図3.4.2(16) 2重管SG小型モデル軸方向ナトリウム温度分布(BOIL-55)

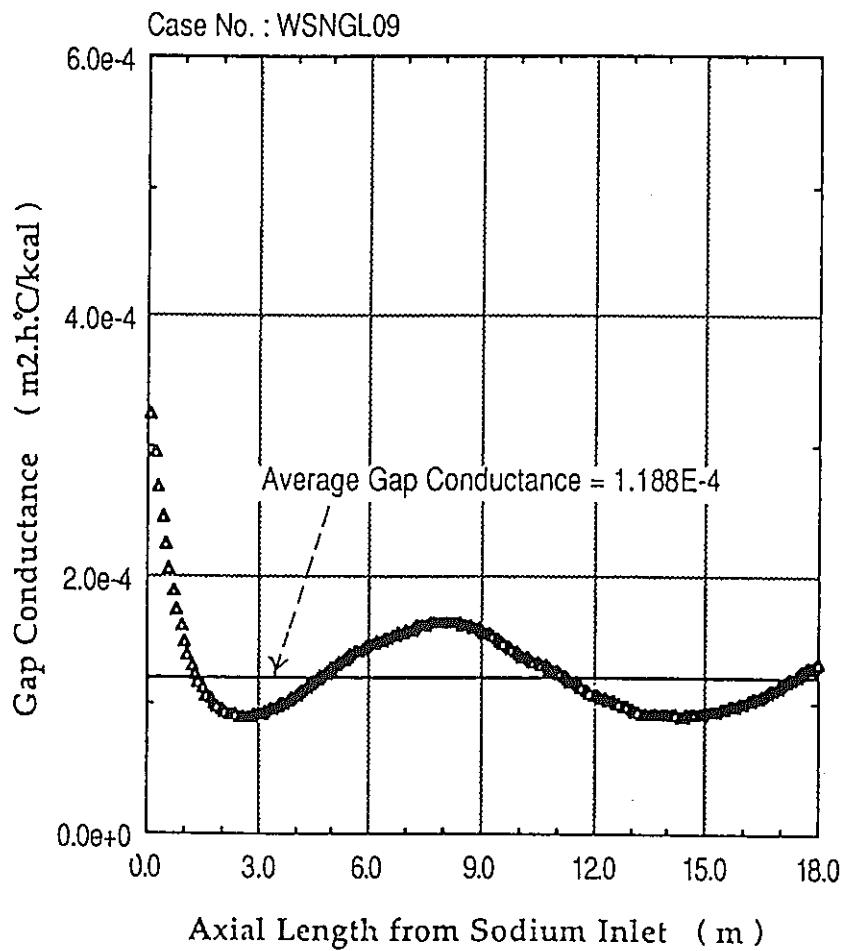
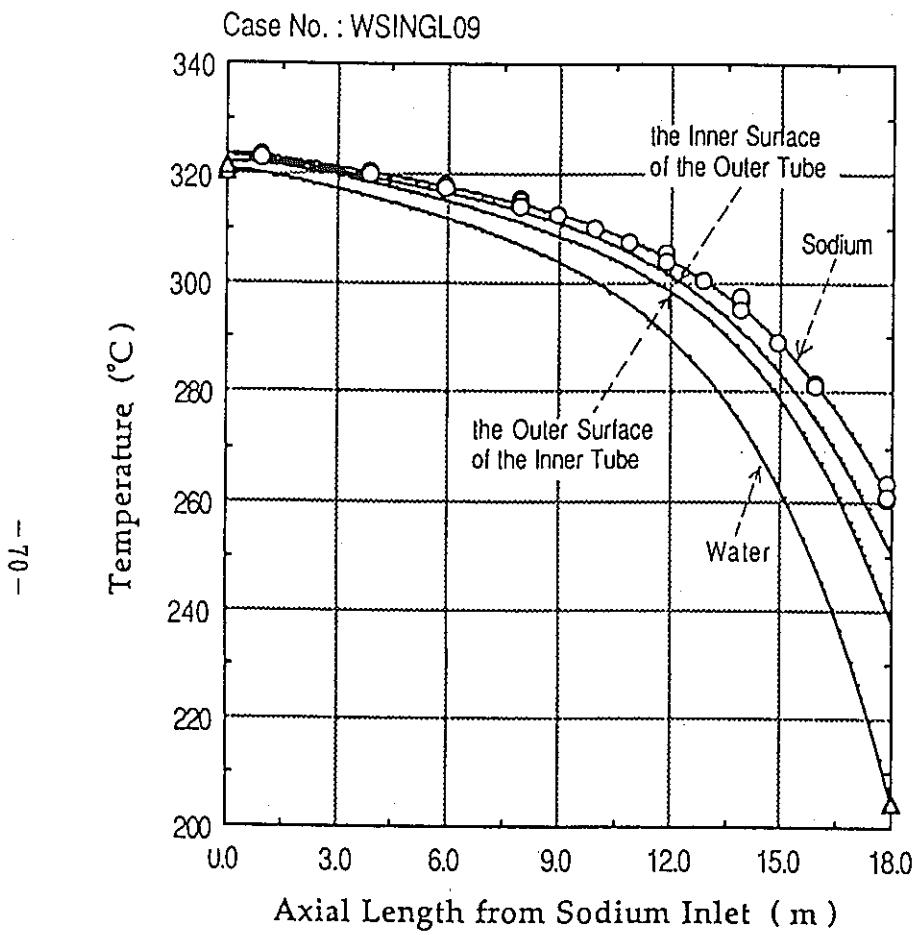


図 3.5.1 水単相試験におけるナトリウム温度、水側温度、内管外表面温度、および外管内表面温度

図 3.5.2 水単相試験における伝熱管の軸方向ギャップコンダクタンス分布

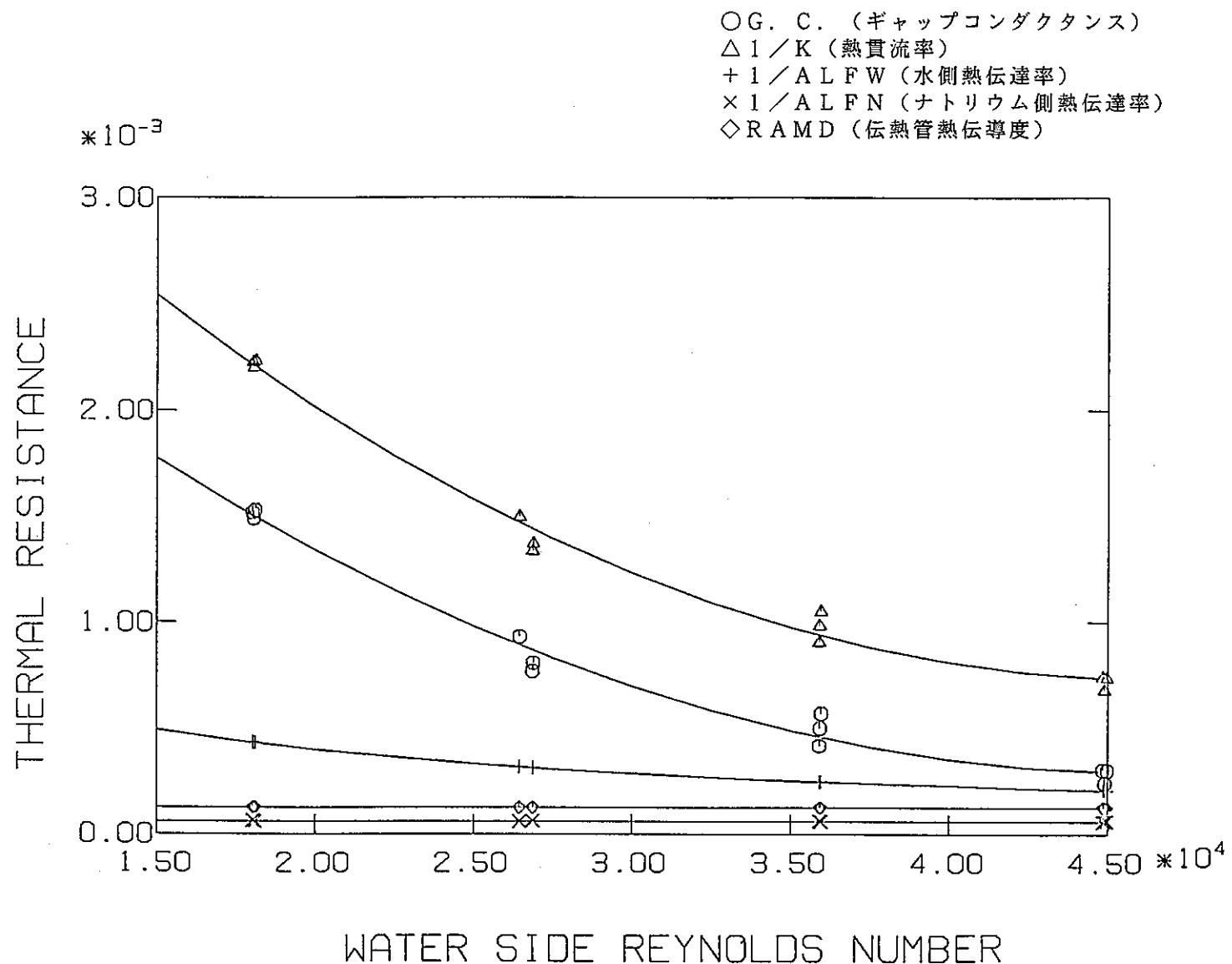


図3.5.3 Re数とギャップコンダクタンス

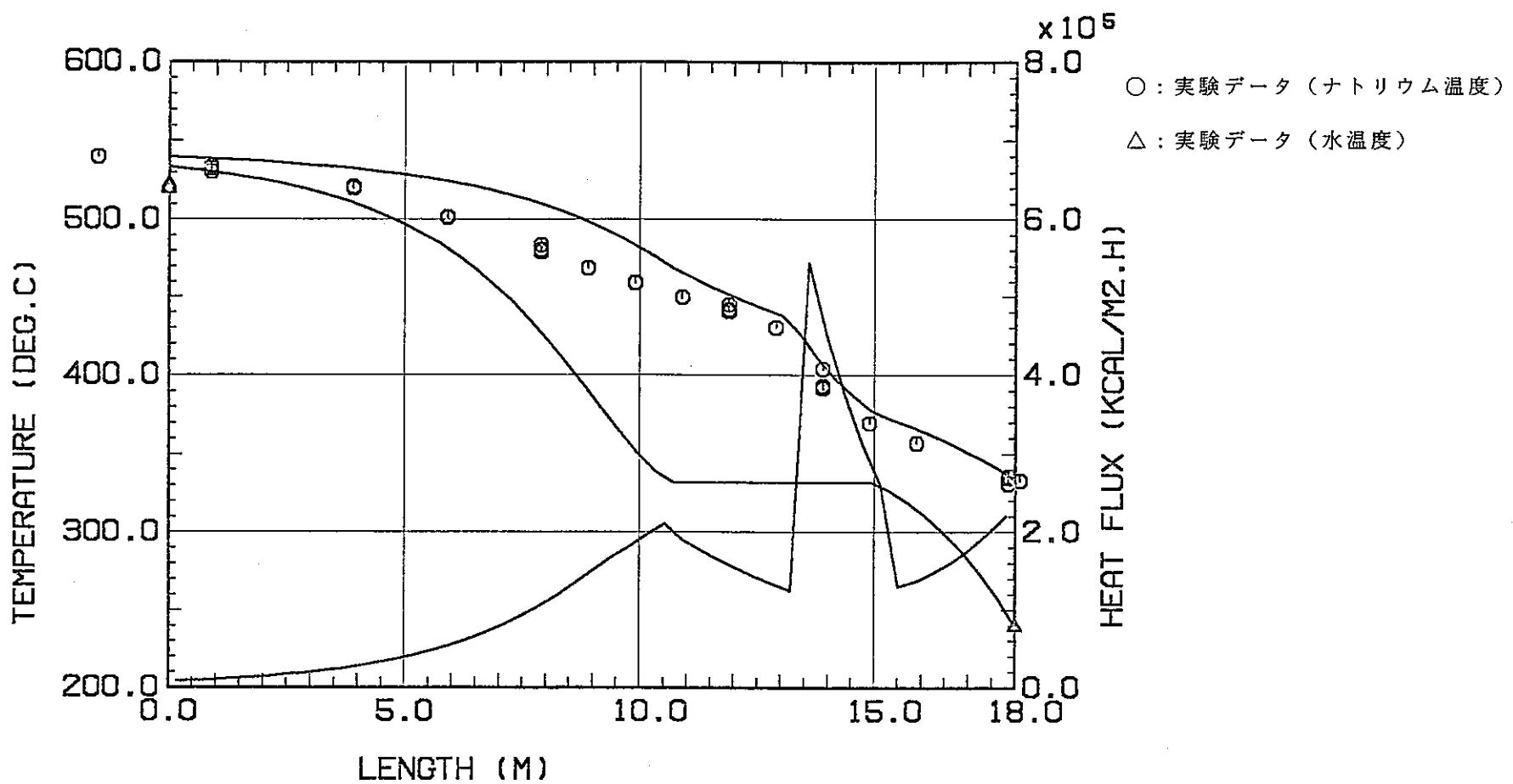


図 3.6.1 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較 (BOIL01)

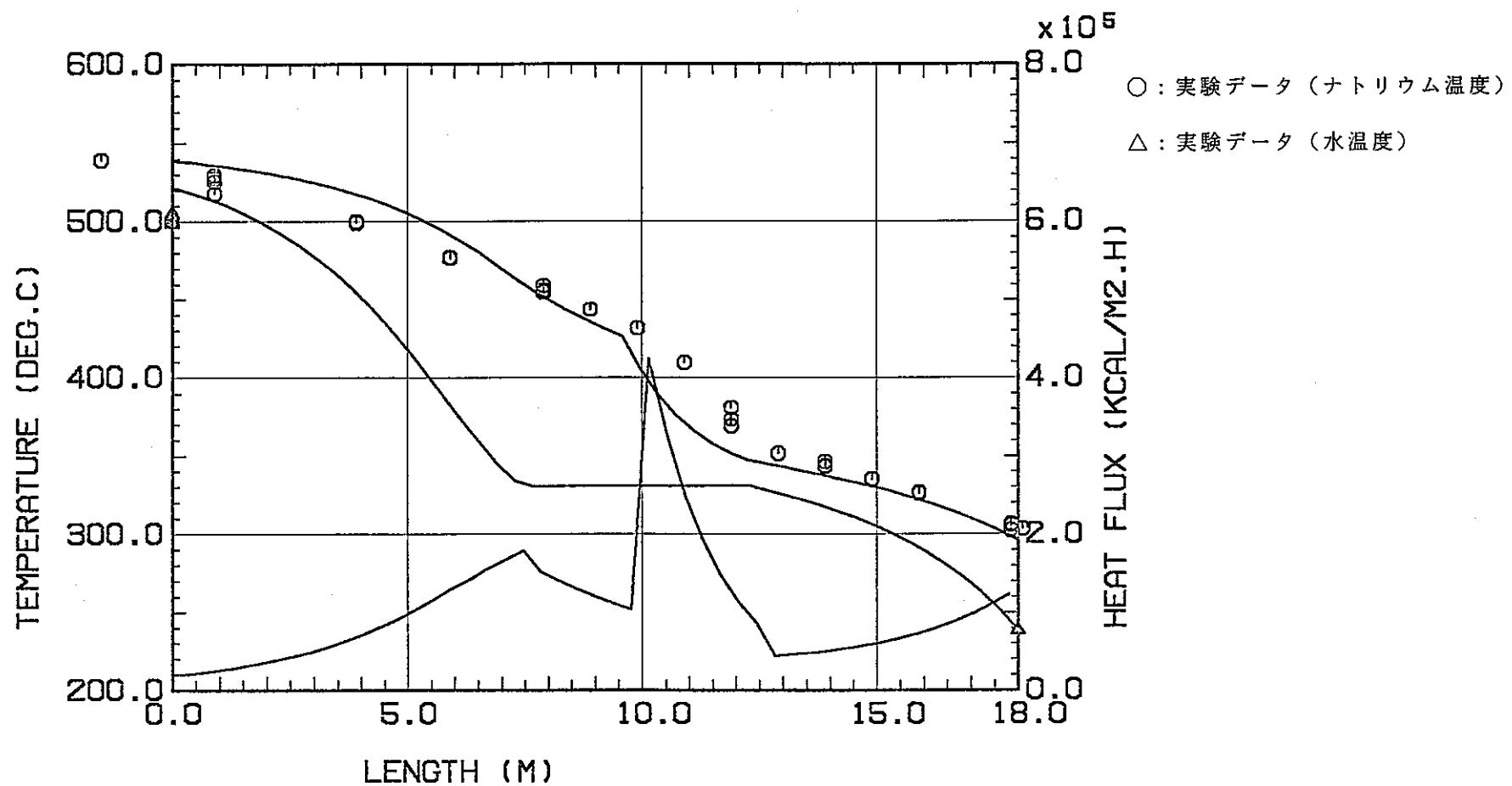


図 3.6.2 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較 (BOIL04)

- 74 -

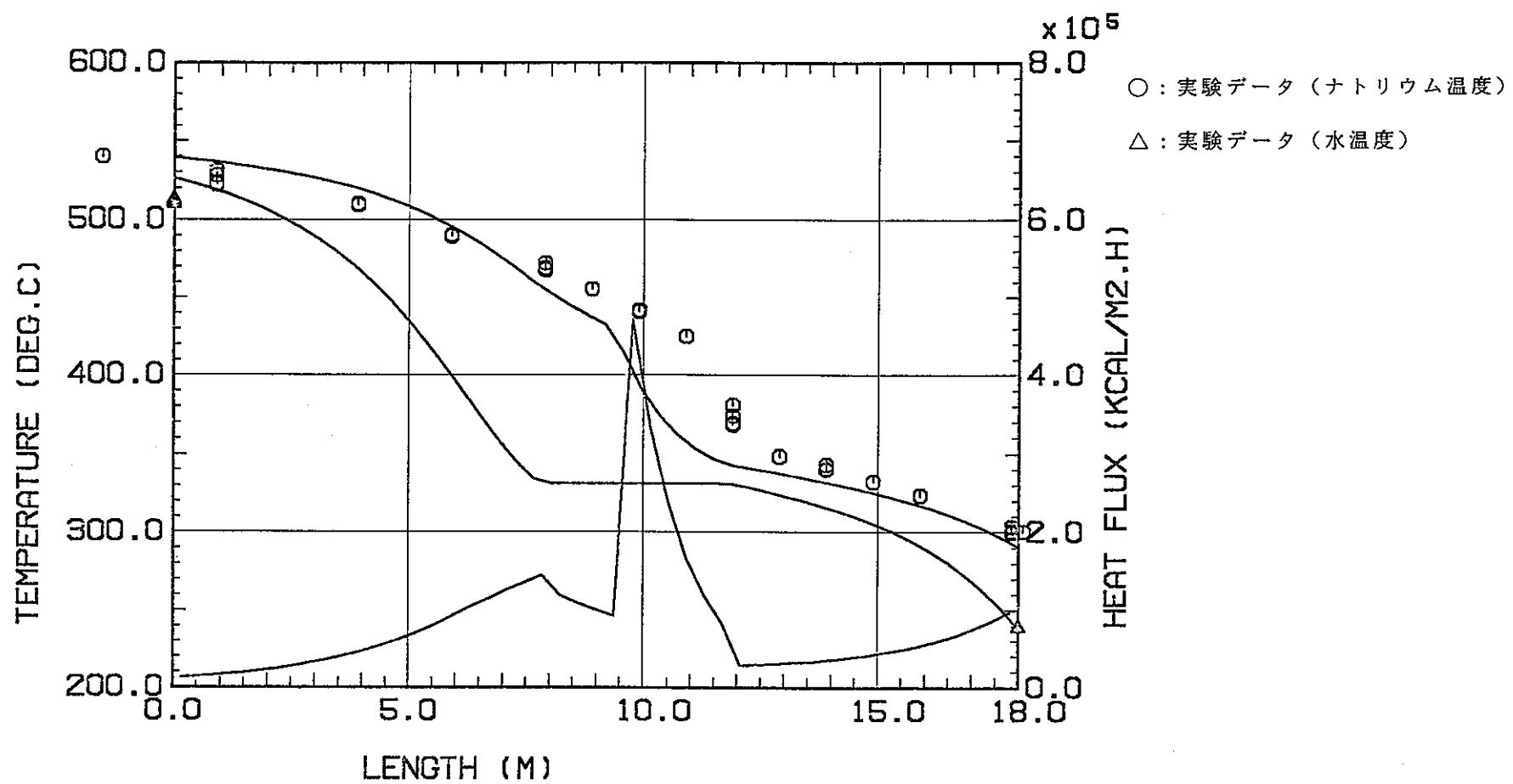


図 3.6.3 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較 (BOIL05)

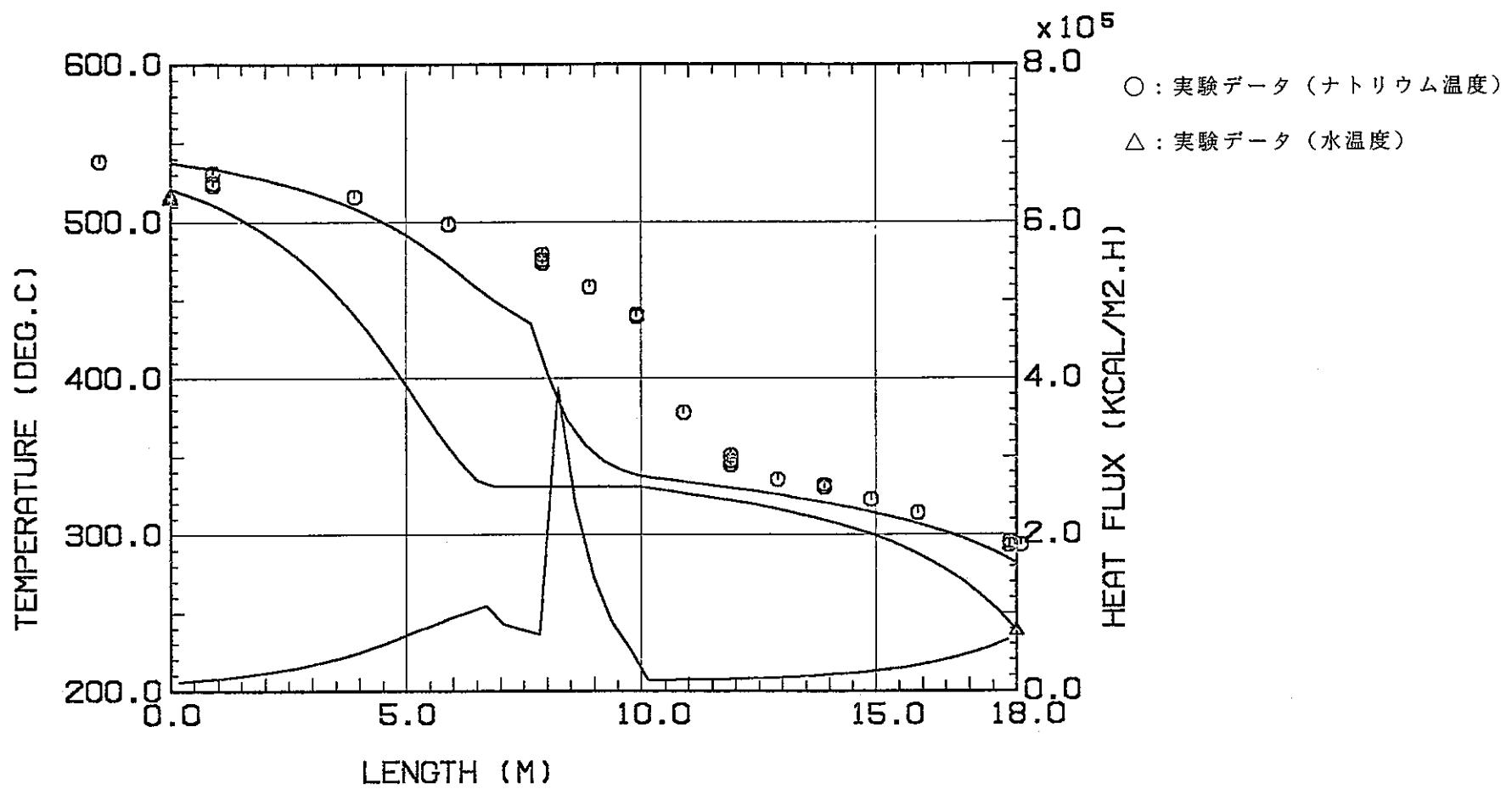


図 3.6.4 POPAI-6による解析結果と試験結果の比較 (BOIL08A)

第4章 DNB点の温度変化

4.1 測定データ

4.1.1 DNB点での温度変動

DNB点の温度測定データを図4.1に示す。測定は、0.04秒間隔で5分間行った。試験ケースはBOIL01である。

図から外管内部温度はおおよそ周期が2～4秒（振動数で0.3～0.6Hz）程度であり、文献[8]の結果（1～4秒、振動数で0.2～1.0Hz）と同程度であるため、この周波数成分の振動はDNB点での振動と考えられる。しかし、各点での温度にはノイズと考えられる高周波成分が乗っており、このまま逆熱伝導解析を実施すると、後に示すように解が発散してしまう。

4.1.2 DNB点近傍の温度、ナトリウムおよび給水流量

図4.2にDNB温度測定点の1つ上の測定点（DNB-Upレベル）での温度を、図4.3に1つ下の測定点（DNB-Downレベル）での温度示す。ここで、DNB-Upレベルでは膜沸騰状態、DNB-Downレベルでは核沸騰状態にある。

まず、DNB-Upレベルでの温度は伝熱管内部ではノイズと考えられる高周波成分のみで、その他はほぼ一定値となっている。次に、外管表面および近傍でのナトリウム温度はDNB-Downレベルと同程度の周期で振動が存在する。

一方、DNB-Downレベルでの温度では外管内部、外管表面およびナトリウム温度は全てDNB-Upレベルと同様な周期となっているが振幅は外管内部を除きDNB点の温度振幅と同程度となっている。

図4.4に給水温度、図4.5にDNB測定管の給水流量、図4.6にナトリウム入口温度、および図4.7にナトリウム流量を示した。これらは、全測定時間に渡ってほぼ一定であったため、0.0～60.0秒のみ示した。

これらの図と上記のDNB点およびその前後でのデータを比較すると、温度データには測定器固有のノイズと考えられる高周波成分が乗っていること、および給水温度、給水流量、ナトリウム温度（高周波成分は除く）の変動は似ておらず、ナトリウム流量変動とDNB点での外管表面温度およびナトリウム温度の変動が似ていることがわかる。したがって、温度データからの高周波成分を除くことが必要となる。

4.2 測定データからの高周波成分の除去

4.2.1 ノイズの識別

DNB点温度振動波形と上記ノイズを識別するために測定した温度および流量波形をフーリエ変換し、周波数領域で識別する。フーリエ変換にはFFTを用いた。結果を図4.8～図4.14に、プログラムをAppendix A-3に示す。ただし、周波数特性は、各々比較できるように直流成分（時間領域での平均値）を除いた。

図4.8にはSGナトリウム入口温度(TNNI01)とその周波数特性を示す。温度は一定値と

なっているがパワースペクトル密度で 4.0×10^{-2} 程度の振動成分が重なっていることがわかる。この振動成分は、図4.9に示すSG給水温度(TWF101)の周波数特性とほぼ一致することから、測定器固有のノイズと考えられる。したがって、DNBレベルの測定データの中でも 4.0×10^{-2} 以下の高周波成分は除かなければならない。次に、図4.10にSGナトリウム流量(FNN001)とその周波数特性を示す。この周波数特性では2.5Hz以上の周波数領域で平坦となっていることから流量データでは少なくとも 2.0×10^{-2} 以下の成分はノイズと見なすことができる。それ以上の成分がいかにDNB温度振動に影響しているかさらに検討するためには、相互相関関数による波形解析を実施する必要がある。しかし、本試験での目的は「逆熱伝導解析の際に発散しない解を得る」ことにあるため、相互相関関数は計算しなかった。

図4.11にDNBレベルでのナトリウム温度(TDNA08)とその周波数特性を示す。周波数特性図の中にはSG入口ナトリウム温度および給水温度から得られたノイズ(4.0×10^{-2} 以下)を、-3dB以下に減衰するとしたときの遮断周波数(2.5Hz)も示した。

図4.12にDNBレベルでの外管表面温度(TDOS08)およびその周波数特性を示す。本特性もナトリウム温度と同様にSG入口ナトリウム温度と等しいノイズを除去するとして遮断周波数は2.5Hzとすることが適当と考えられる。

一方、外管内部温度では、ナトリウム温度およびDNB振動の影響を比較的強く受けると考えられるため、給水流量および給水温度も比較する。

図4.13に給水流量(FW3306)とその周波数特性を示す。本周波数特性はこれまでの温度特性やナトリウム流量特性とは異なり、0.0~1.0Hz程度の小変動と、1.0Hz以上に 3.0×10^{-6} 程度の高周波成分より構成させている。後者は温度変動にどの程度影響を及ぼすかは評価できないが、前者はDNB点の温度変動に影響するものと考えられる。

図4.14のDNBレベルでの外管内部温度とその周波数特性ではこれまでと同様に測定機器固有のノイズを衰退させるとすると、その遮断周波数は1.0Hzが得られるため、給水流量の影響も受けていることがわかる。

4.2.2 ノイズの除去

(1) 移動平均

ノイズ除去のためには、厳密には周波数領域で定めた遮断周波数以上を減衰させるデジタルフィルタを信号成分に作用させて逆フーリエ変換を実施すべきであるが、ここでは簡易な方法、すなわち、デジタルフィルタの一種である移動平均を用いてノイズ除去を実施する。

測定データX(n) {n = 0, 1, 2, ----, N-1} に、M点(Mは奇数とする)移動平均を行った結果の出力信号Y(n)は次のように定義される。

$$Y(n) = \frac{1}{M} \sum_{m=-L}^{m=L} X(n+m) \quad ----- (4-1)$$

ここで、 $L = (M-1)/2$ である。これは現在の時点 n の値および前後 L 個ずつの値を足し合わせた後、Mで割って平均するものである。サンプリング点 $n+m < 0$ や $n+m > N-1$ の範囲ではデータがない、そこで、移動平均を求めるのは $L \leq n \leq N-1-L$ の区間となる。

移動平均には、その他前方の値を利用する方法や後方の値を利用する方法もあり、それらはMが奇数である必要がないというメリットもあるが、入出力データに位相の差が生じる。したがって、ここでは式(4-1)による位相差の生じない方法を用いることとする。

標本間隔 ΔT (秒)、M点移動平均の場合、連続時間では $\tau = M \cdot \Delta T$ (秒)の移動平均となる。そこで τ を用いて式(4-1)を連続系で表すと、

$$Y^\tau(t) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau/2}^{t+\tau/2} X(t) dt \quad \dots \quad (4-2)$$

となる。ここで $X(t)$ を周波数 f (Hz)の正弦波、 $X(t) = \sin 2\pi f t$ とする。

移動平均の結果は、

$$\begin{aligned} Y^\tau(t) &= \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau/2}^{t+\tau/2} \sin 2\pi f t dt \\ &= \frac{1}{2\pi f \tau} 2(1 - \cos 2\pi f \tau) \sin 2\pi f t \quad \dots \quad (4-3) \end{aligned}$$

となる。この $Y^\tau(t)$ と $X(t) = \sin 2\pi f t$ を比較すると、位相は変化せず振幅の特性は周波数 f の関数として

$$\frac{1}{2\pi f \tau} 2(1 - \cos 2\pi f \tau) \quad \dots \quad (4-4)$$

で表されることがわかる。この性質は離散時間での式(4-1)にも当てはまる。

さて、遮断周波数を f_c (Hz)とすると、この周波数では $Y^\tau(t)$ の振幅が $X(t)$ の $1/2$ となるから(4-4)を用いて

$$\frac{1}{2\pi f \tau} 2(1 - \cos 2\pi f \tau) = \frac{1}{2} \quad \dots \quad (4-5)$$

となる。

これを解くと、遮断周波数を f_c とするために必要な τ が求められる。すなわち、

$$\tau = 0.443 / f_c \quad \dots \quad (4-6)$$

デジタル信号の場合、 $\tau = M / \Delta T$ であるから、式(4-6)より

$$M = 0.433 / (f_c \cdot \Delta T) \quad \text{----- (4-7)}$$

となる。

(2) ディジタルフィルタによるノイズ除去結果

逆熱伝導解析に用いるデータはDNB点近傍ナトリウム温度、外管表面温度および外管内部温度であるため、これらのノイズ除去を行った。これらの内、DNB点近傍ナトリウム温度と外管表面温度については遮断周波数を2.5 Hzとし、外管内部温度については遮断周波数を1.0 Hzとして、式(4-7)からM=11、およびM=5を得た。

これらのMを用いて移動平均を計算した結果を図4.15、図4.16、および図4.17に示す。直流成分に比べて 10^{-2} 程度の高周波成分が 10^{-3} 以下に減衰され、時間領域でもなめらかな波形が得られた。これらの結果を用いて次に示す逆熱伝導解析手法により内管内壁温度を計算する。

4.3 逆熱伝導解析

4.3.1 解析方法

(1) 方程式および離散化

2重伝熱管のDNB点での温度測定は、径方向には外管内部、外管表面、および表面近傍のナトリウムであり、周方向には各1点づつである。したがって、本解析では径方向の1次元解析を行う。

図4.18に示すように、解析領域は、従来から多くの数値解析が行われているように両端の境界条件を既知として内部の温度分布等を計算する方法、および片方の境界条件からもう一方の境界値と内部温度分布等を計算する、いわゆる逆熱伝導解析方法とに分けて計算しなければならない。前者は外管内部測定点から外管表面までの領域（以後、DIRECT領域とする）であり、後者は内管内表面から外管内部測定までの領域（以後、INVERSE領域とする）である。

熱伝導方程式は、

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = -\nabla q = \frac{k}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad \text{----- (4-8)}$$

であり、境界条件は、

$$T(R_m, t) = T_m(t) \quad \text{----- (4-9)}$$

$$-k \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_o} = h_o [T_o(t) - T_\infty(t)] \quad \text{----- (4-10)}$$

で与えられる。ここで、 T_o は外管表面温度、 T_m は外管内部の測定一での温度、 T_∞ はDNBレベルでのナトリウム温度である。また、 h_o は外管外表面の熱伝達率である。

完全陰解法を用いて式(4-8)を積分形に書き直すと、

$$\int_{\Delta V} \rho C \frac{\partial T}{\partial t} dV = [- \int_S q \cdot dS]^{n+1} \quad \dots \quad (4-11)$$

となるので、両辺を次のように離散化する。

$$\begin{aligned} - [\int_S q \cdot dS]^{n+1} &= 2\pi (r_i + \frac{\Delta r}{2}) \frac{k}{\Delta r} (T_{i+1}^{n+1} - T_i^{n+1}) \\ &+ 2\pi (r_i - \frac{\Delta r}{2}) \frac{k}{\Delta r} (T_{i+1}^{n+1} - T_i^{n+1}) \quad \dots \quad (4-12) \end{aligned}$$

$$\int_{\Delta V} \rho C \frac{\partial T}{\partial t} dV = (\rho C r)_i \frac{2\pi \Delta r}{\Delta t} (T_i^{n+1} - T_i^n) \quad \dots \quad (4-13)$$

ここで、

$$\begin{aligned} A_i &= -(r_i - \Delta r / 2) k \\ C_i &= -(r_i + \Delta r / 2) k \\ B_i &= (\rho C r)_i (\Delta r)^2 / \Delta t - (A_i + C_i) \\ D_i &= [(\rho C r)_i (\Delta r)^2 / \Delta t] T_i^n \end{aligned}$$

とおくと、式(4-8)は、 $m+1 \leq i \leq N-1$ に対して、

$$A_i T_{i-1}^{n+1} + B_i T_i^{n+1} + C_i T_{i+1}^{n+1} = D_i \quad \dots \quad (4-14)$$

となる。

$i=N$ の場合には、

$$\begin{aligned} A_N &= -2(R_0 - \Delta r / 2) k \\ C_N &= -2h_0 R_0 \end{aligned}$$

$$B_N = \frac{\rho C \Delta r}{\Delta t} (R_0 - \frac{\Delta r}{4}) - (A_N + C_N)$$

$$D_N = \frac{\rho C \Delta r}{\Delta t} (R_0 - \frac{\Delta r}{4}) T_N^n$$

となり、式(4-8)は

$$A_N T_{n-1}^{n+1} + B_N T_N^{n+1} + C_N T_\infty^{n+1} = D_N \quad \dots \quad (4-15)$$

が得られる。そこで、上記の三角対角行列をガウスの消去法を用いて計算する。

一方、INVERSE領域については、式(4.14)が

$$A_i T_{i-1}^{n+1} = D_i - B_i T_i^{n+1} - C_i T_{i+1}^{n+1} \quad \dots \quad (4-16)$$

と変形できるのでDIRECT領域の計算が終了した後では、 $i = m$ および $m + 1$ の全ステップでの結果を用いて $i = m \sim 2$ まで計算できる。

(2) プログラム構成

図4.19に計算の流れを示す。計算では、ナトリウム温度と外管内部温度を用いて上記の逆熱伝導解析を実施し内管内表面温度を計算した後、計算された内管内表面温度とナトリウム温度を境界条件として、完全陰解法で再び全領域を計算する。そして外管表面温度の計算結果と測定値との誤差を求め、測定結果とほとんど変わりないことを確認する。

図4.20(a)および(b)にINVERSE領域を計算するサブルーチン（以後INVERSE）、とDIRECT領域を計算するサブルーチン（以後DIRECT）を示す。また、Appendix A-4にプログラムリストを示す。DIRECT領域では図4.20(b)に示す完全陰解法を用い、またINVERSE領域では図4.20(a)に示すアルゴリズムを用いて計算する。

4.3.2 解析機能の確認

ここでは、単管ではあるがANL試験体系で次の2ケースの解析を実施し、本逆熱伝導解析機能の妥当性を確認した。

(1) 模擬データによる解析

まず、図4.21のANL試験体系で図4.22に示す伝熱管の内表面温度とナトリウム温度を与えることによりDIRECTにて外表面および内部T/C位置での温度を計算した。次にナトリウム温度と内部T/C位置での温度を与えることによりINVERSEで伝熱管の内表面温度を計算し、最初の値と比較した。結果は両者の差が $6.1 \times 10^{-4}\%$ と極めて良い一致が得られた。

(2) ANL試験データによる解析

試験条件およびメッシュ分割を図4.21に、また試験データおよびANLでの解析結果を図4.23に示す。本試験データのディジタル値は入手できなかったため、文献の伝熱管内部温度と外表面温度をグラフから読み取ることにより解析した。また、ナトリウム温度に関してはデータが得られなかったため、全計算時間に渡り一定とした。

解析結果は図4.24のとおり。ANLでの解析結果と本結果は、周期および振幅とも同程度であることがわかる。一方、入力した外管表面温度と、逆熱伝導解析プログラムによって計算した内管内表面温度を用いてDIRECTにより計算した外管外表面温度との差は、 $2.7 \times 10^{-3}\%$ と極めて良い一致が得られた。

以上(1)、(2)の結果から、本逆熱伝導解析プログラムは十分な精度で内管内壁温度が計算できると考えられる。

4.3.3 解析結果と考察

(1) 解析条件

解析条件およびメッシュ分割を図4.25に示す。また、内管と外管との間のギャップを含むメッシュは比熱および比重はMod. 9Cr-Moと同じ値とし、等価熱伝導率 (λ_{eq}) は下式で計算した。

$$\lambda_{eq} = \frac{d_s}{2} \cdot \frac{\lambda}{GC} \cdot 1/n \left[\frac{d(i+1)}{d(i)} \right] \quad \text{----- (4-17)}$$

(2) 解析結果

図4.26にノイズ除去前の測定結果を用いて時間間隔1.0秒で解析した結果を示す。逆熱伝導解析結果はその解が発散し内管内表面温度がナトリウム温度を上回る部分が現われている。また同データを用いてデータサンプリング時間(0.04秒)と同じ時間幅で計算すると図4.26以上に図に表せない程解が発散した。0.1秒間隔でも内管内表面温度がナトリウム温度を上回る部分が現われている。

一方、図4.27～図4.30に計算時間間隔をそれぞれ、0.0625、0.0781、0.10000、および0.1250秒で計算した結果を示す。これらのうち、0.1000秒のケースが最適であることがわかる。このときの解析精度は $3.2 \times 10^{-4}\%$ であった。

図4.29の内管内壁温度では、振幅が約30°C、振動数が0.3～0.6Hz程度の波が観測される。この振動は内管内壁温度の高周波成分(約3Hz)を無視し、温度変化の中心で見たものである。

(3) 考察

DNB試験は予備試験として実施したのみであり、今後試験を実施しその詳細な評価を行う予定である。また、本試験結果のみでは伝熱間の健全性を検討することは十分ではないが、1つの目安として、高信頼性2重管蒸気発生器の研究(その2)⁹⁾で実施したDNB熱疲労の検討を基に二重伝熱管の熱疲労を調べた。

同報告書によれば、温度振動幅30°C、周期3.0秒(0.3Hz)の場合その応力振幅は3.47kg/mm²なっている。またその時の許容サイクル数及び許容期間はそれぞれ 1.95×10^8 、23年となっている。ただしこの評価における材料データ(BDS暫定値)はMod. 9Cr-1Mo鋼ではなく2 1/4Cr-1Mo鋼であること、およびその2 1/4Cr-1Mo鋼のデータ自体も 10^6 を越える高サイクルについては基準化されておらず告示501号の疲労曲線を用いている(10^6 サイクルを越える範囲ではBDS暫定値より告示501の疲労曲線の方が小さい。)。このため許容サイクルの評価は本来の材料の評価ではなくかなり保守的なものとなっている。また疲労曲線として、米国の基準(2 1/4Cr-1Mo鋼)を用いれば、許容サイクル数は 1×10^9 以上となり、健全性は充分保たれることになる。

DNB試験の評価(温度振幅及び周期)も厳密に行ったものではなく時系列プロットから読み取ったものであり詳細な評価を今後行なう予定である。2重伝熱管の構造健全性確認の

重要な項目であるDNBの評価には、今後実施予定の試験によるデータの蓄積および評価が必要と考えられる。

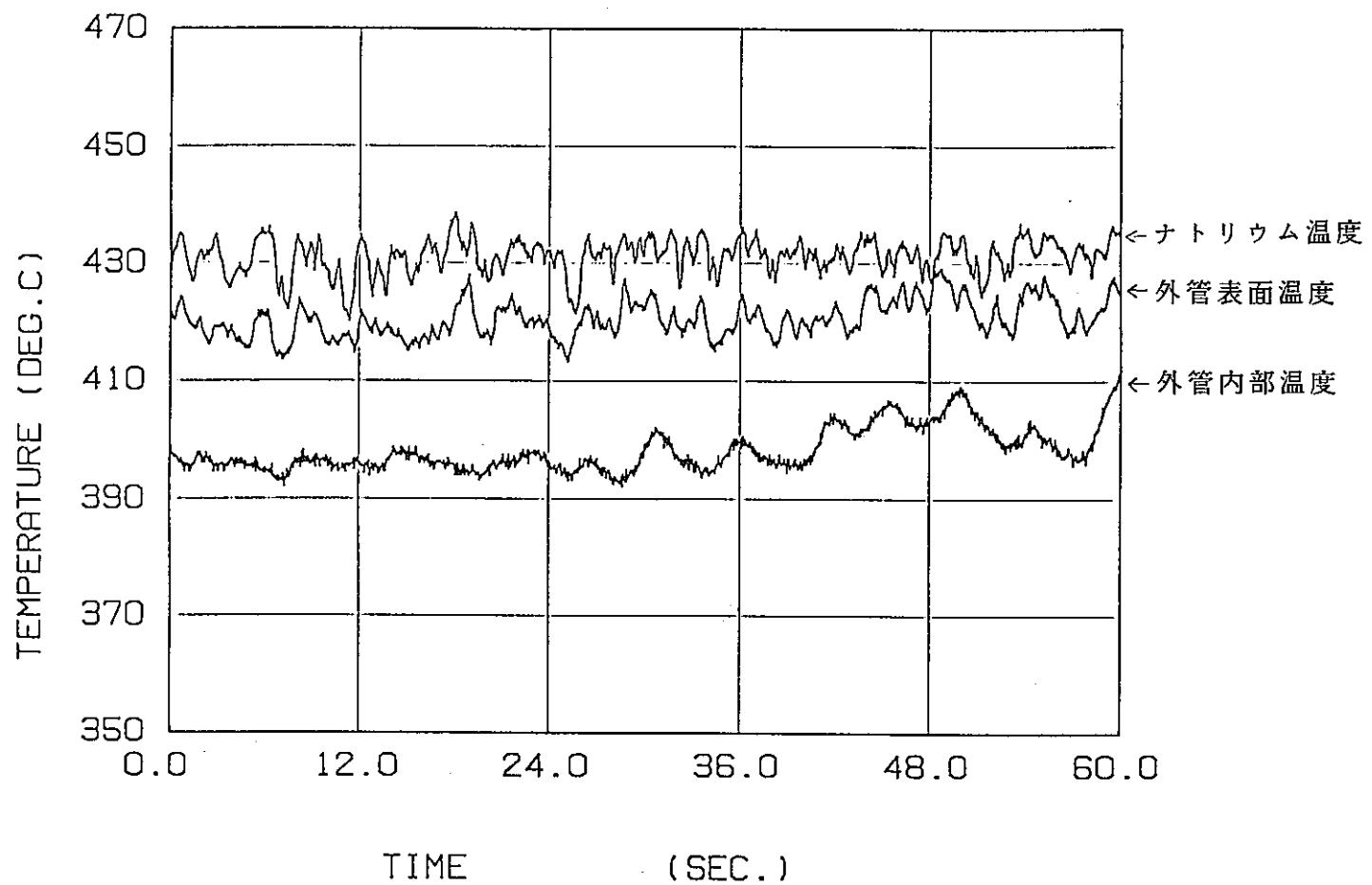


図4.1 DNB点の温度測定結果

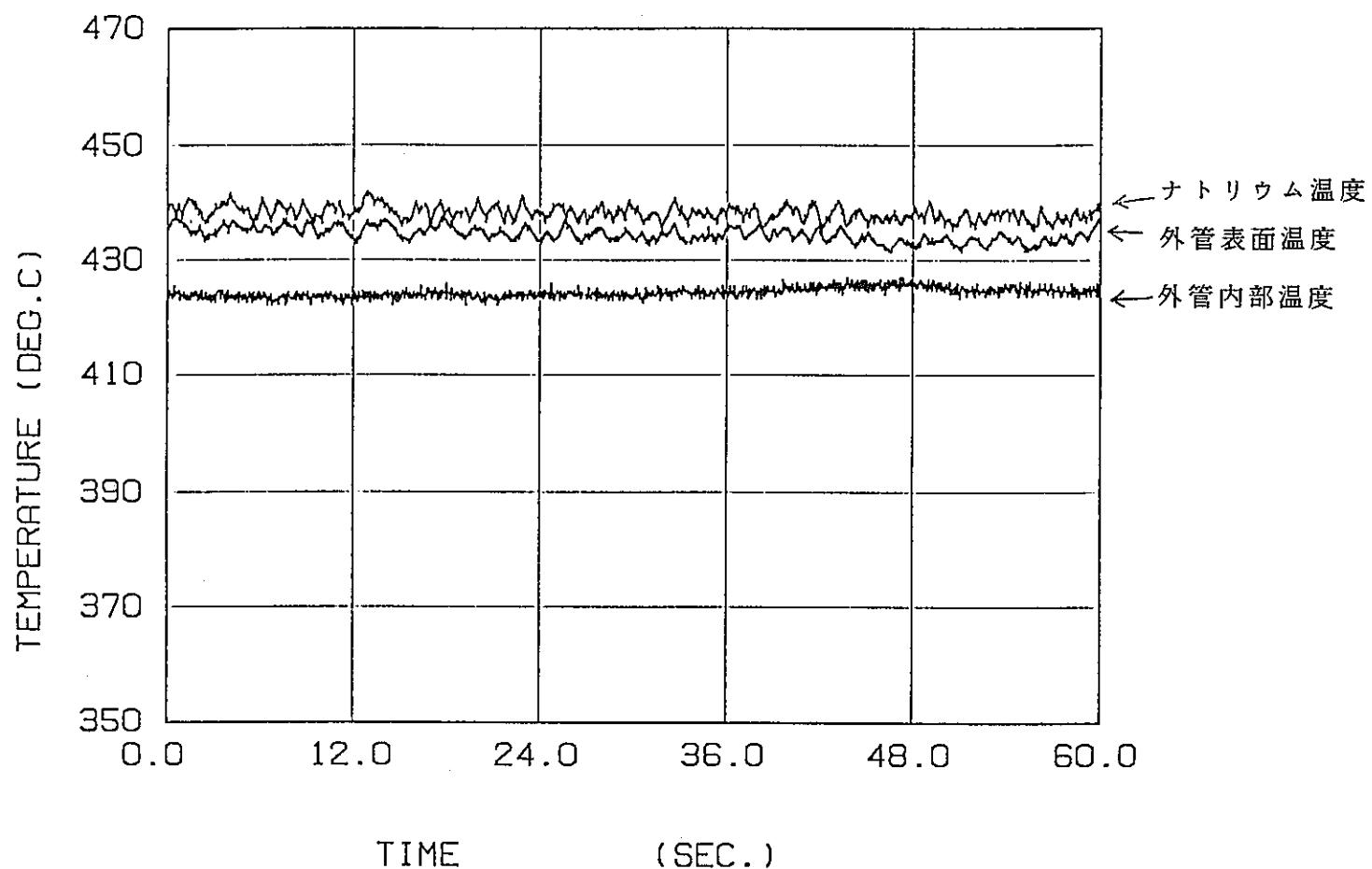


図4.2 DNB点上部の温度測定結果

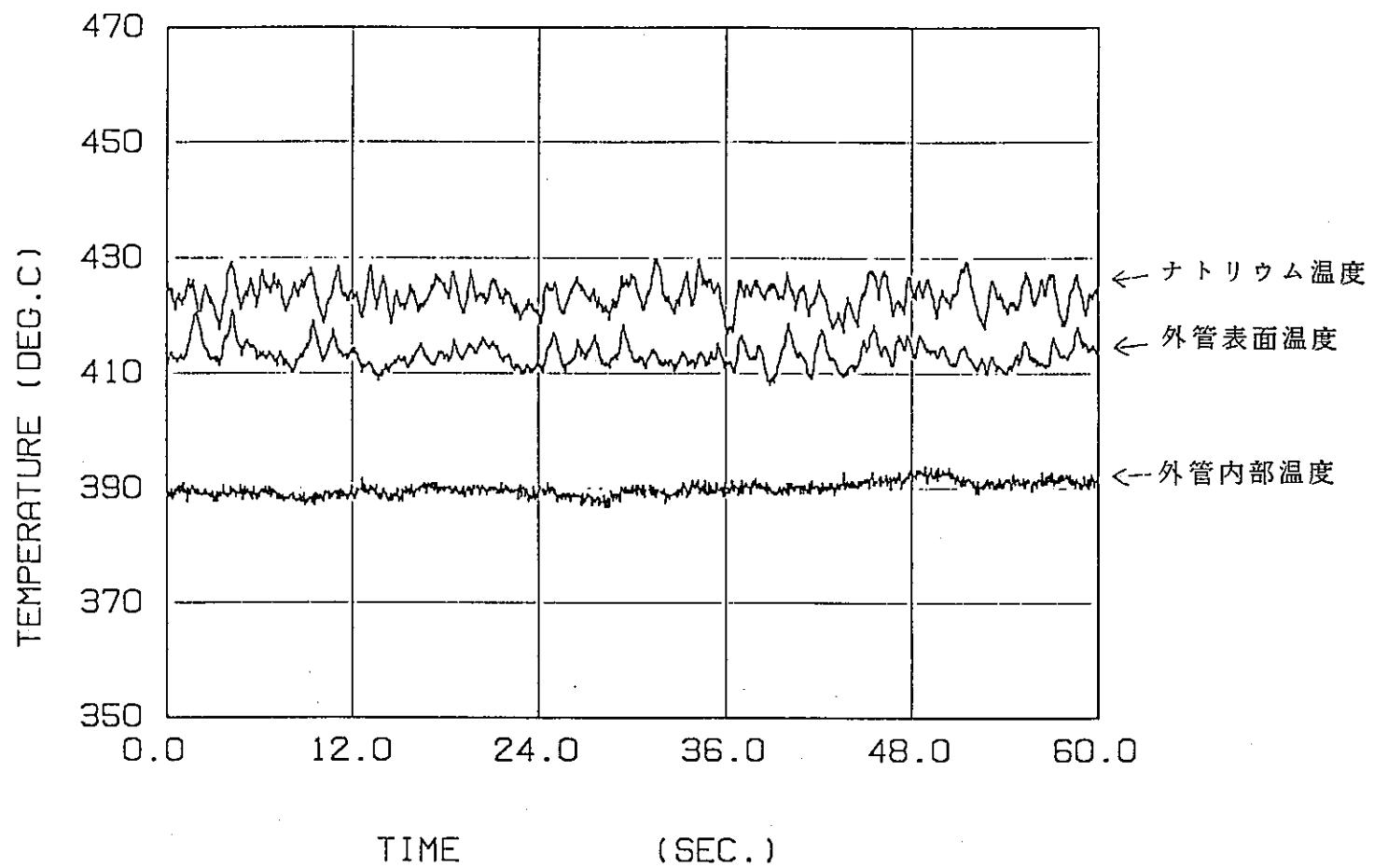


図4.3 DNB点下部の温度測定結果

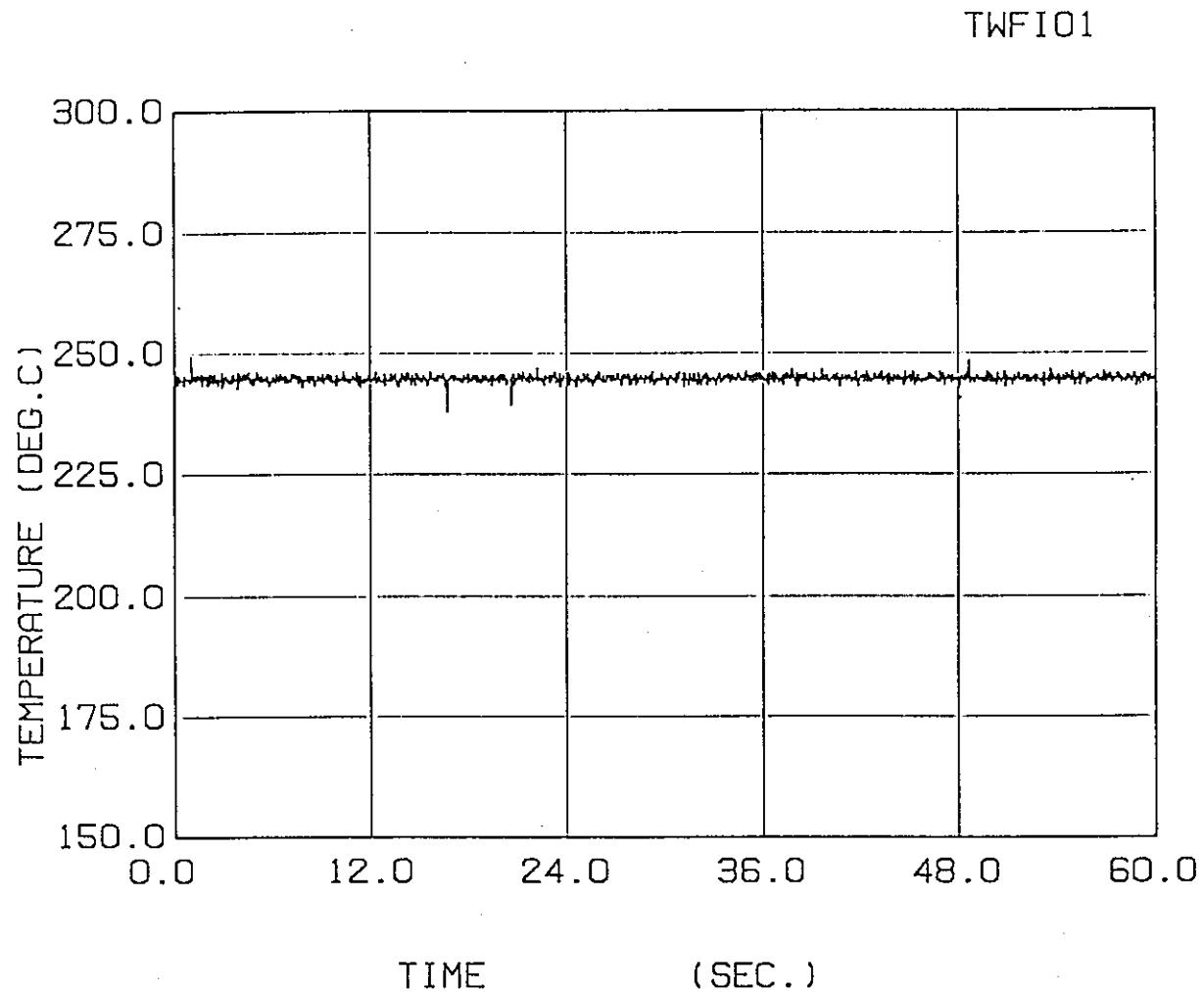


図4.4 SGの給水温度

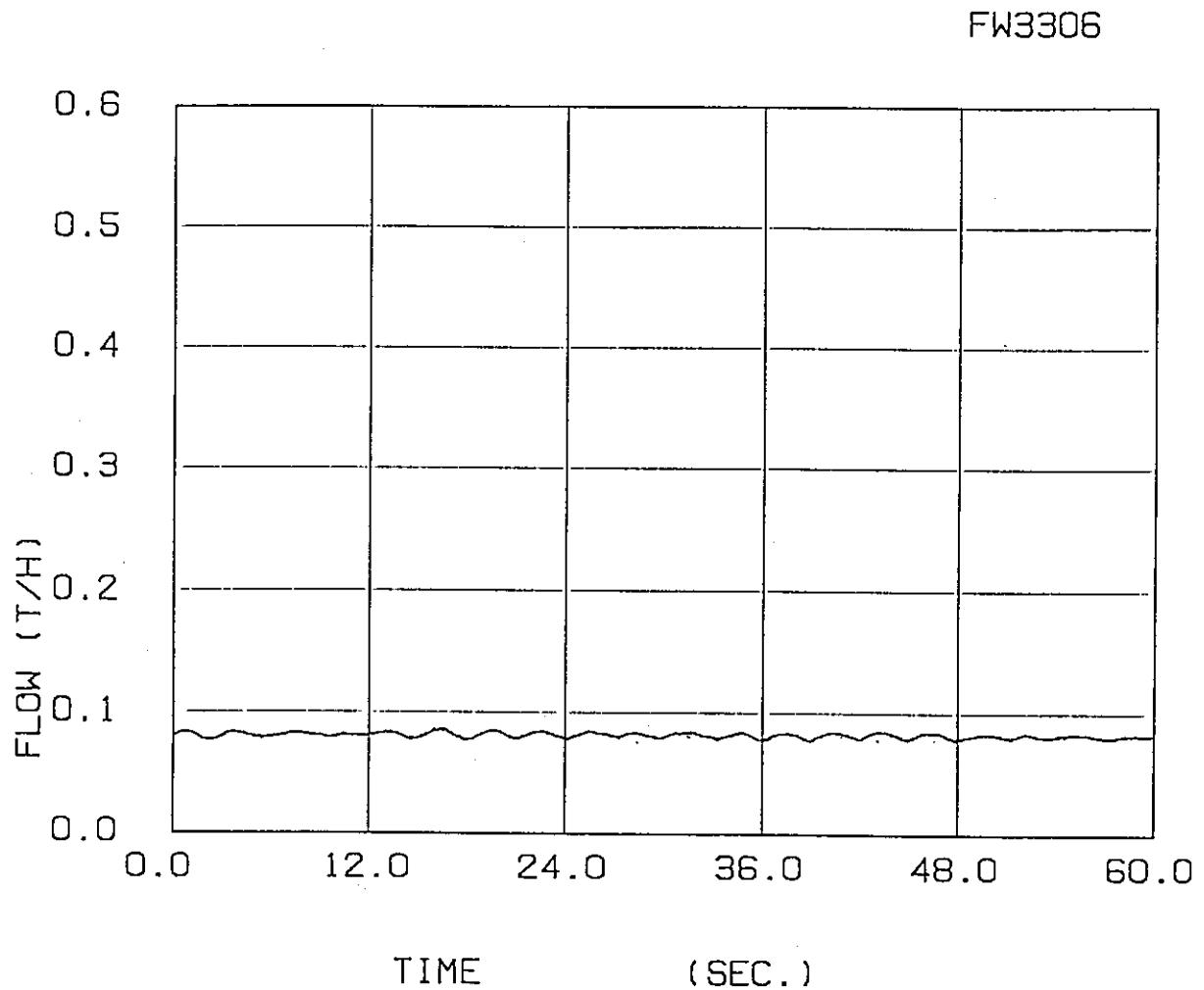


図4.5 DNB測定用伝熱管の給水流量

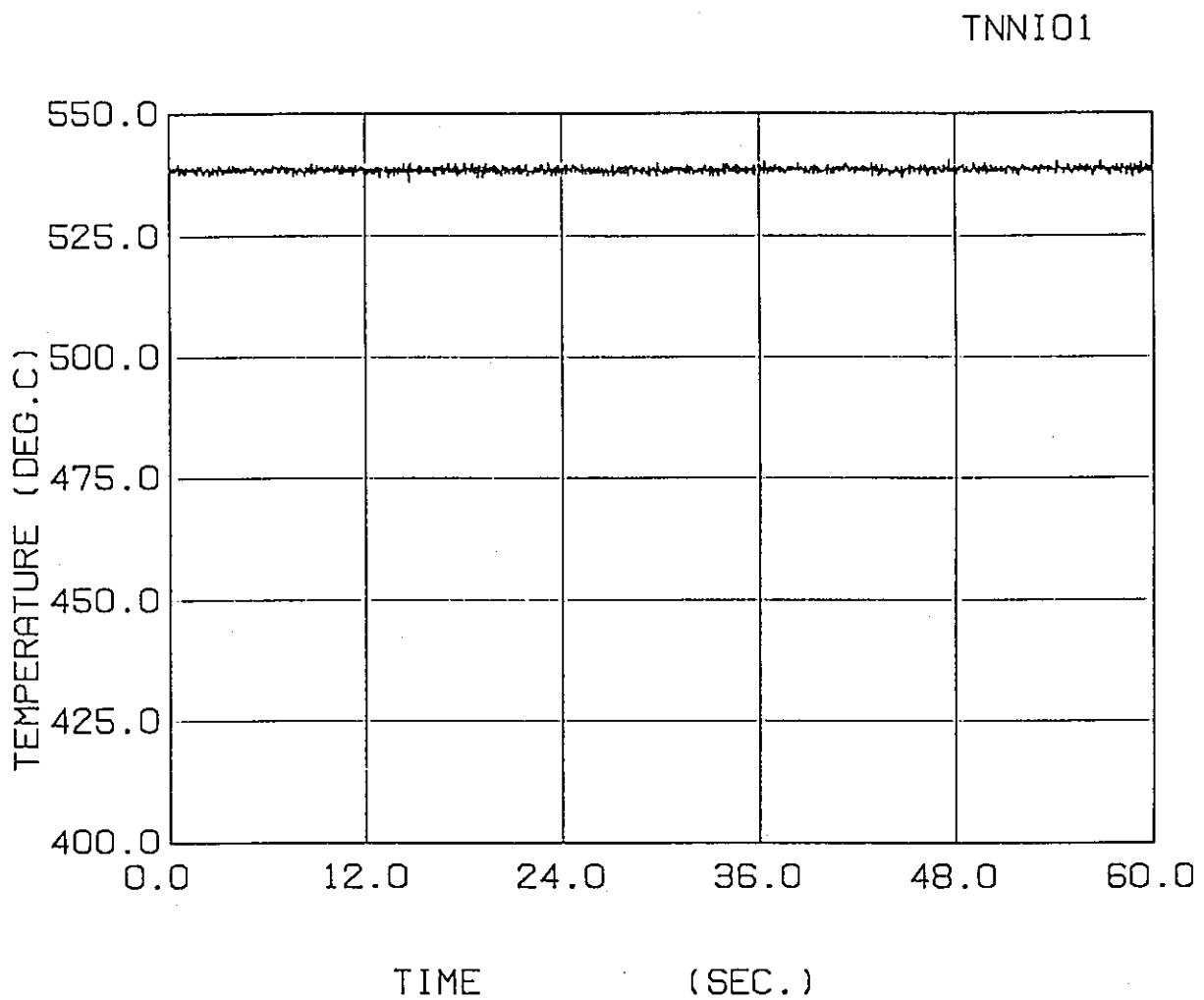


図4.6 SGのナトリウム入口温度

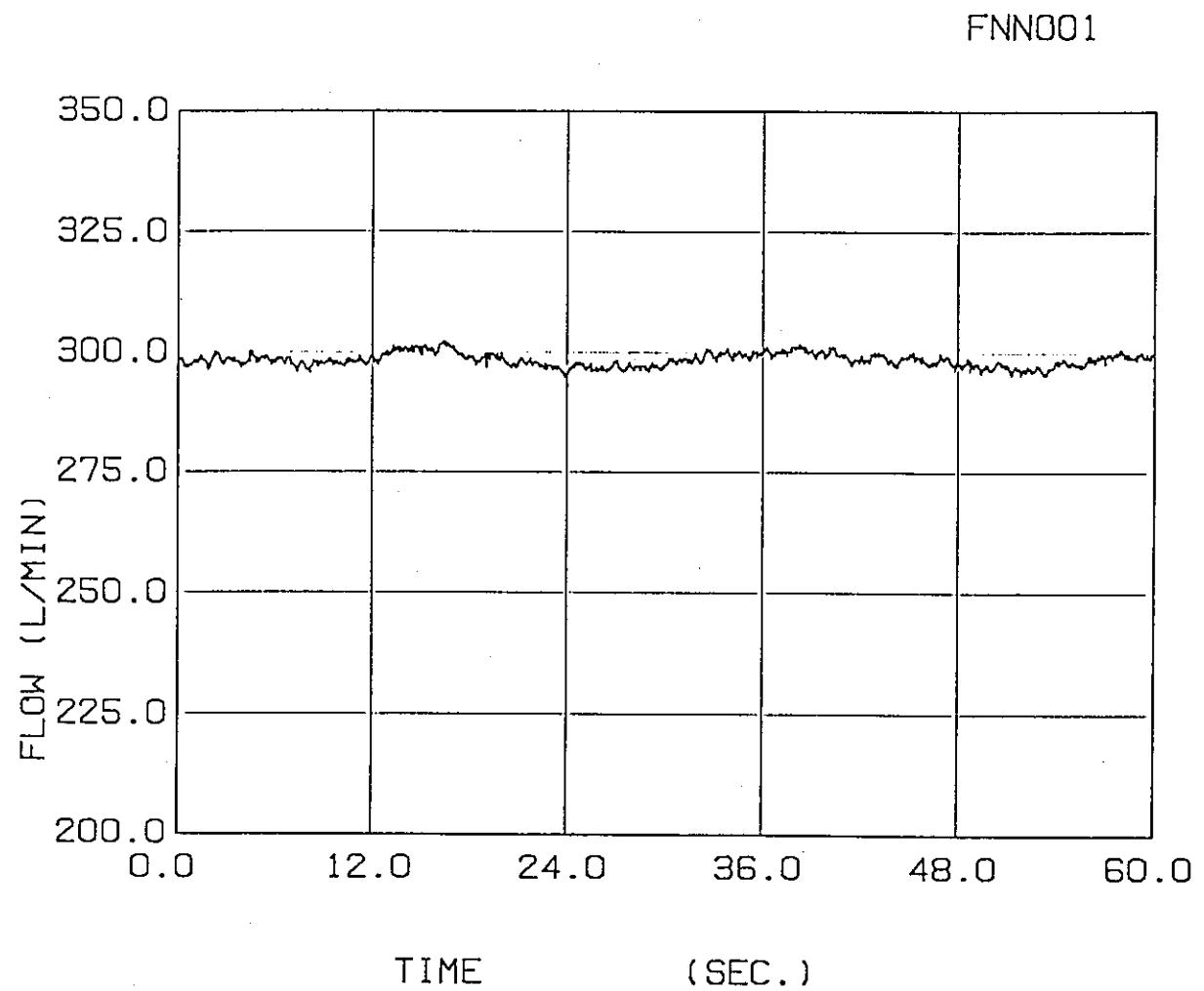


図4.7 SGのナトリウム流量

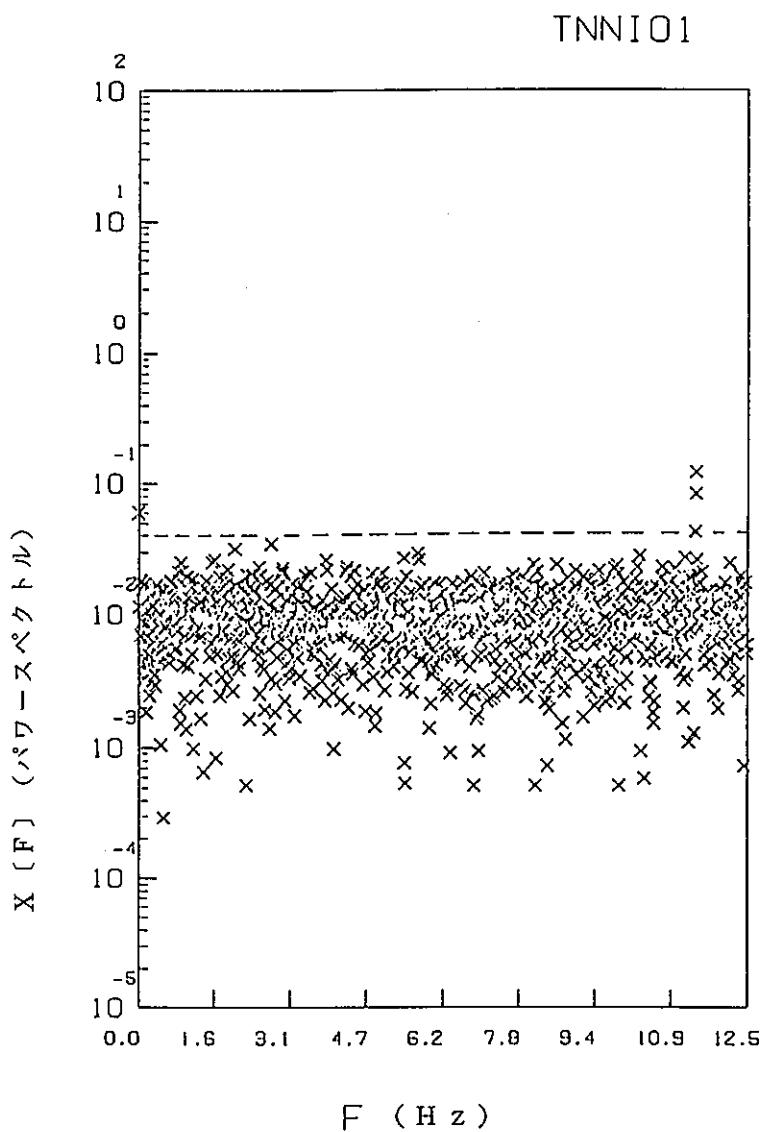
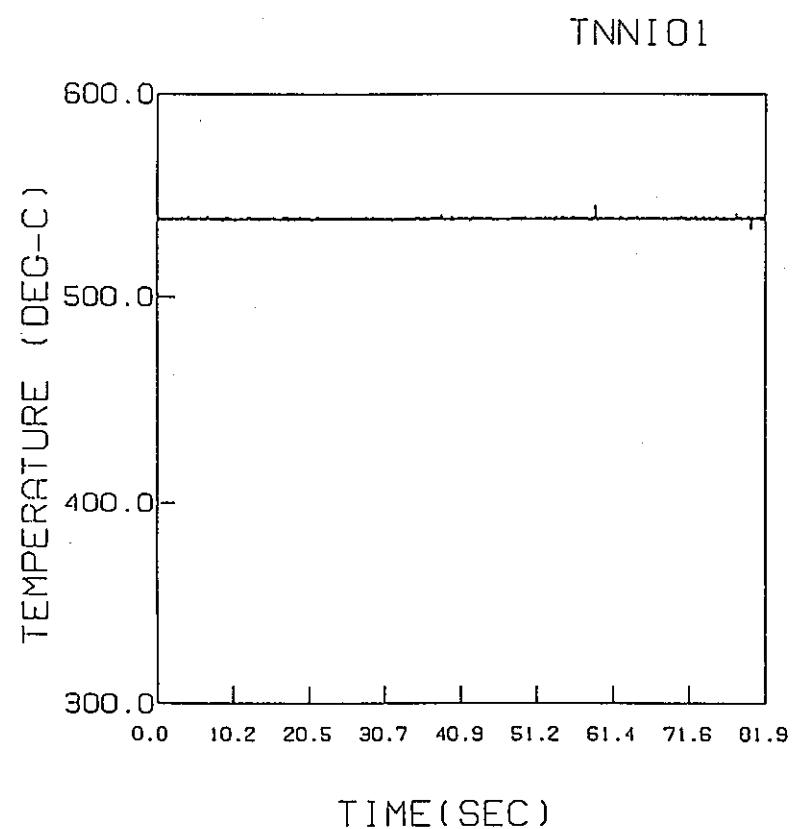


図4.8 SGナトリウム入口温度と周波数特性

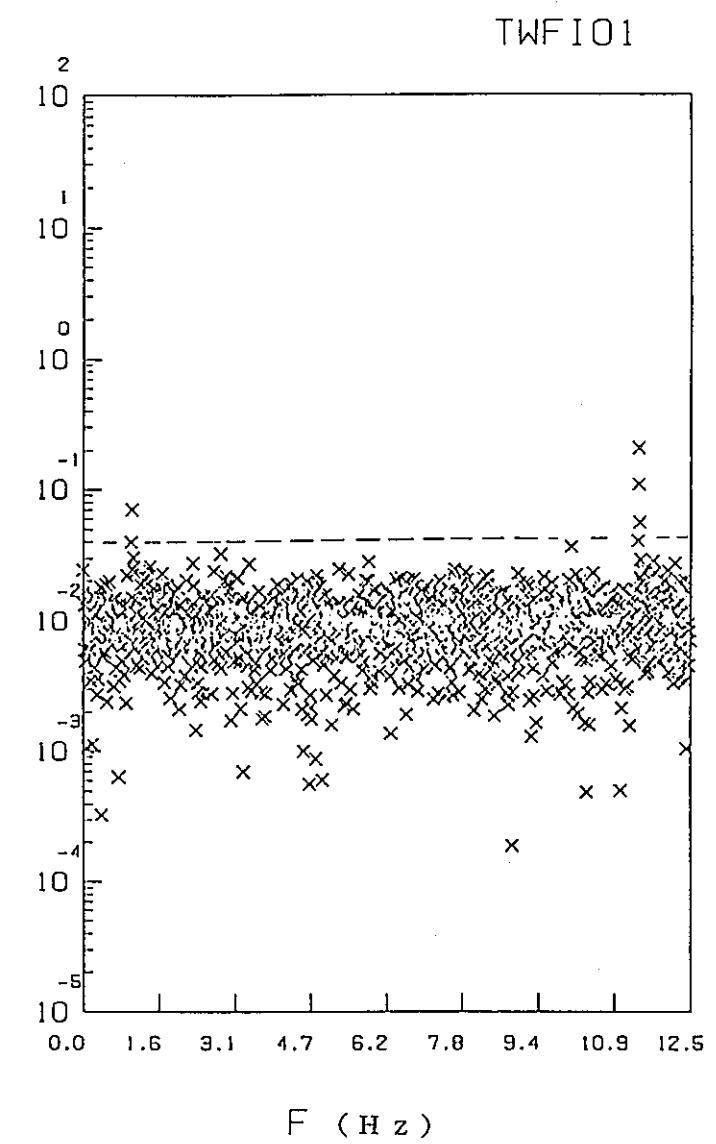
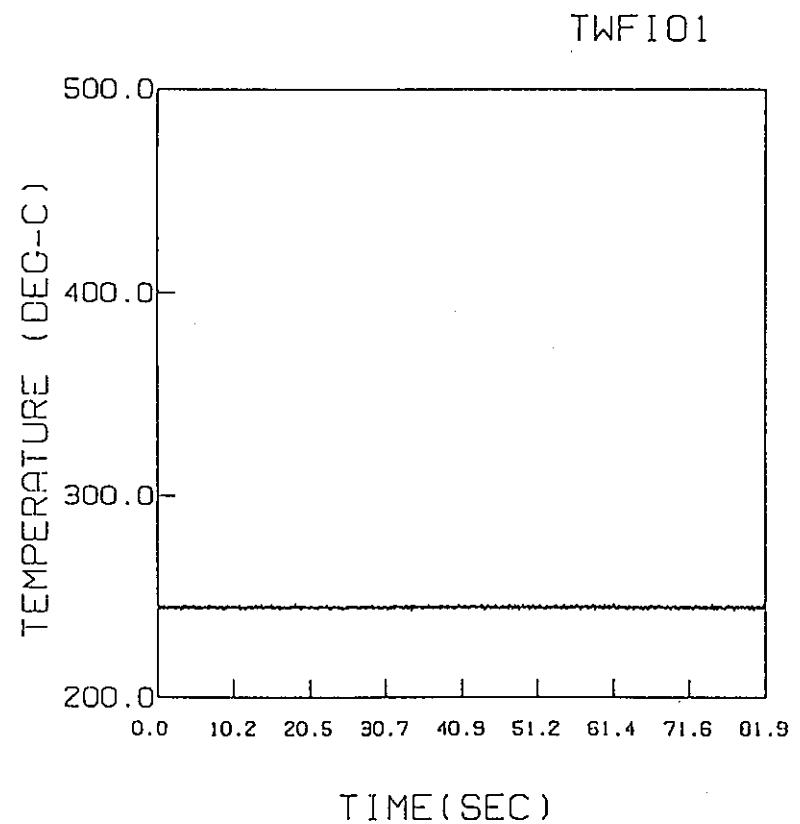


図4.9 SG給水温度と周波数特性

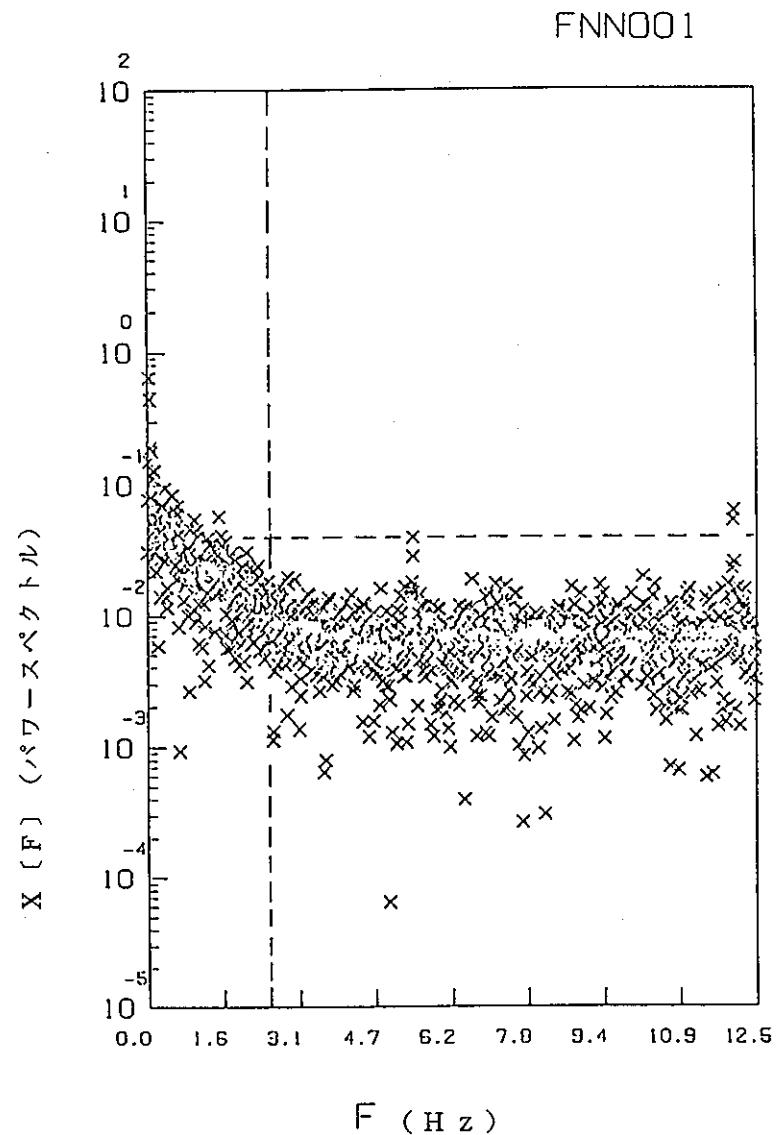
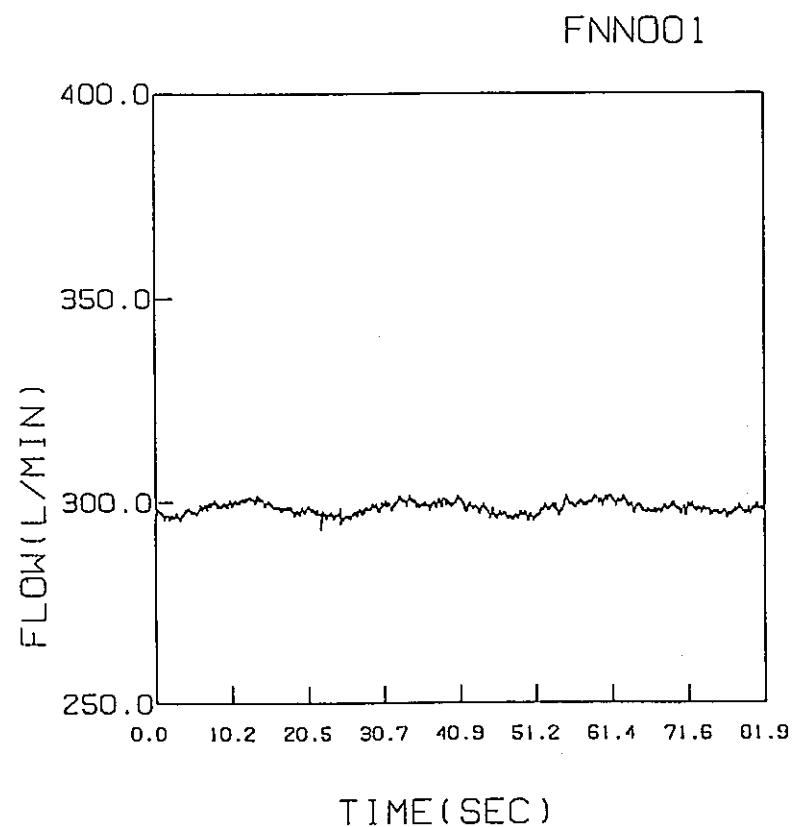


図4.10 SGナトリウム流量と周波数特性

- 46 -

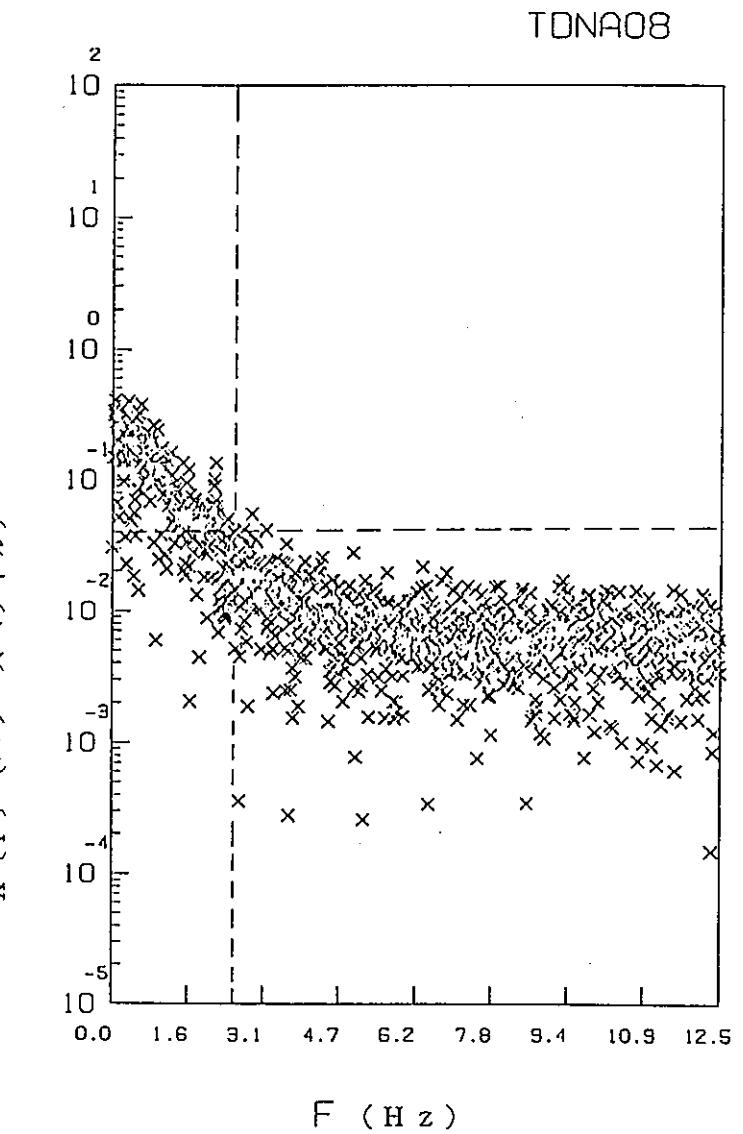
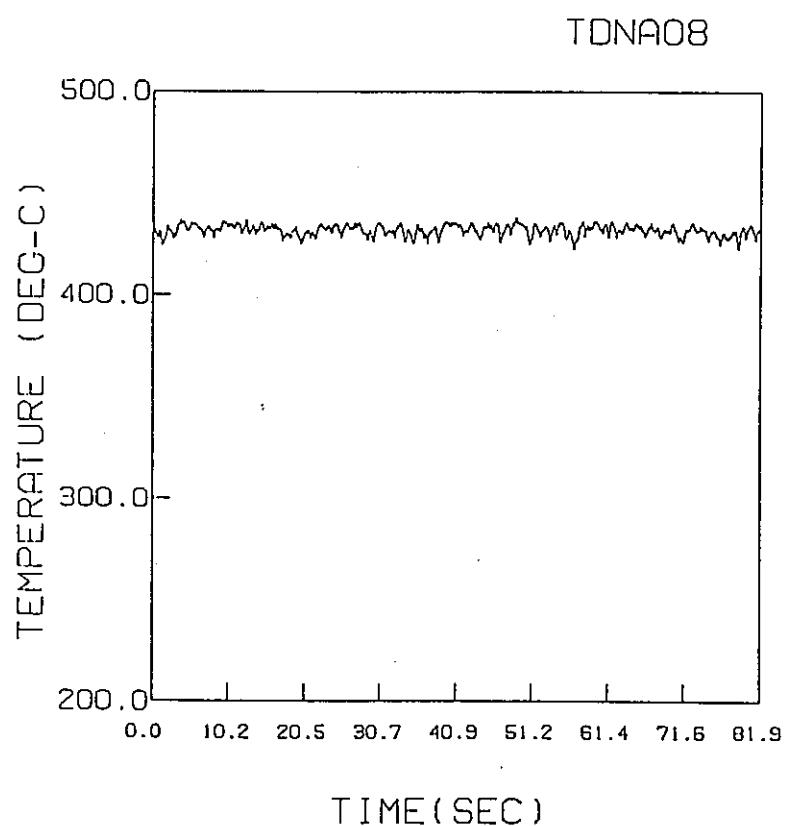


図 4.11 DNB点レベルのナトリウム温度と周波数特性

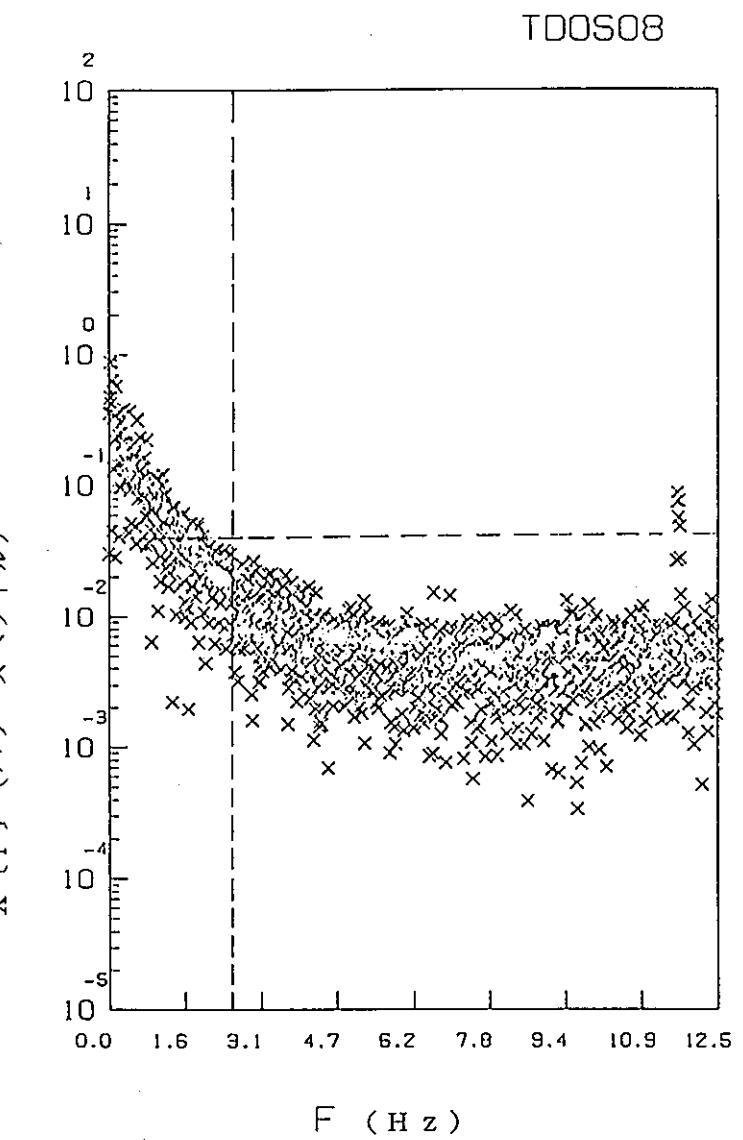
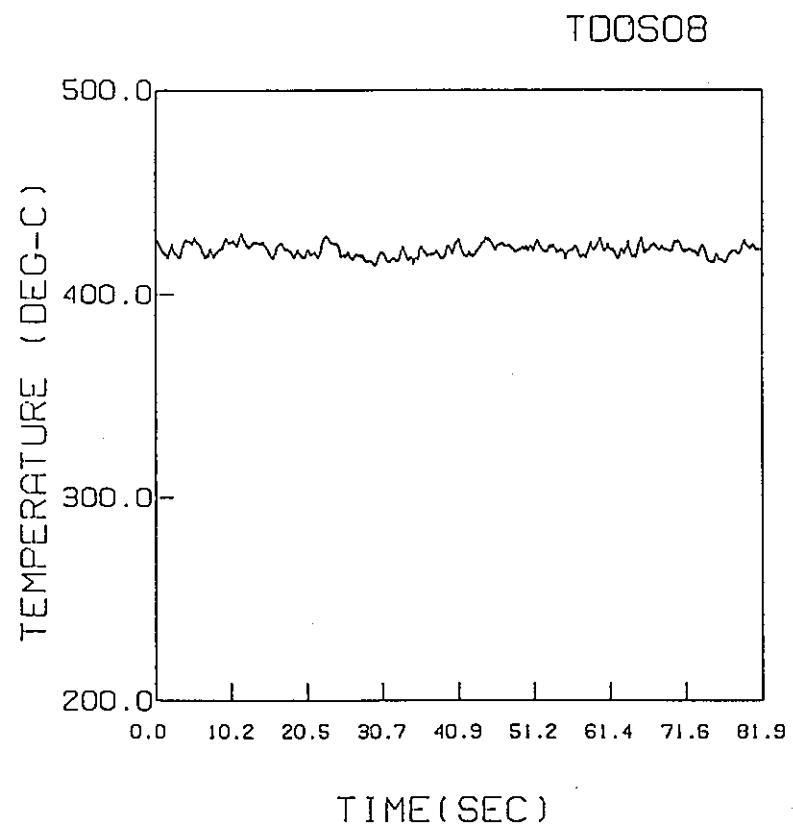


図4.12 DNB点レベルの外管外表面温度と周波数特性

- 96 -

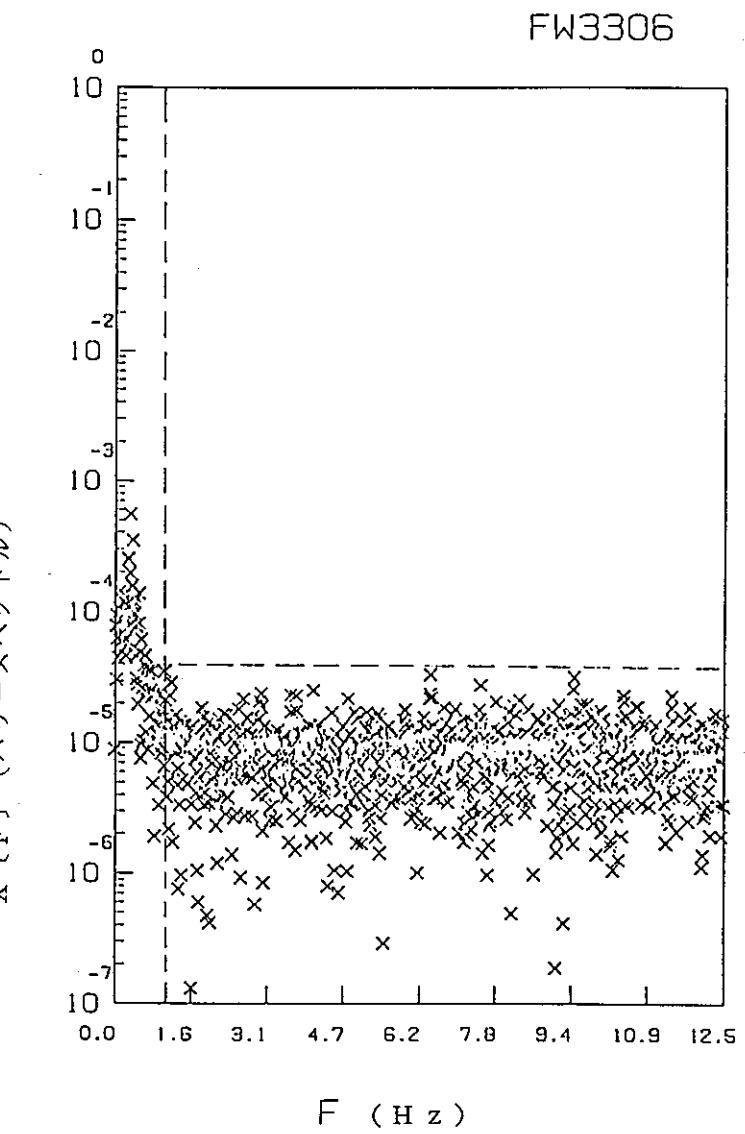
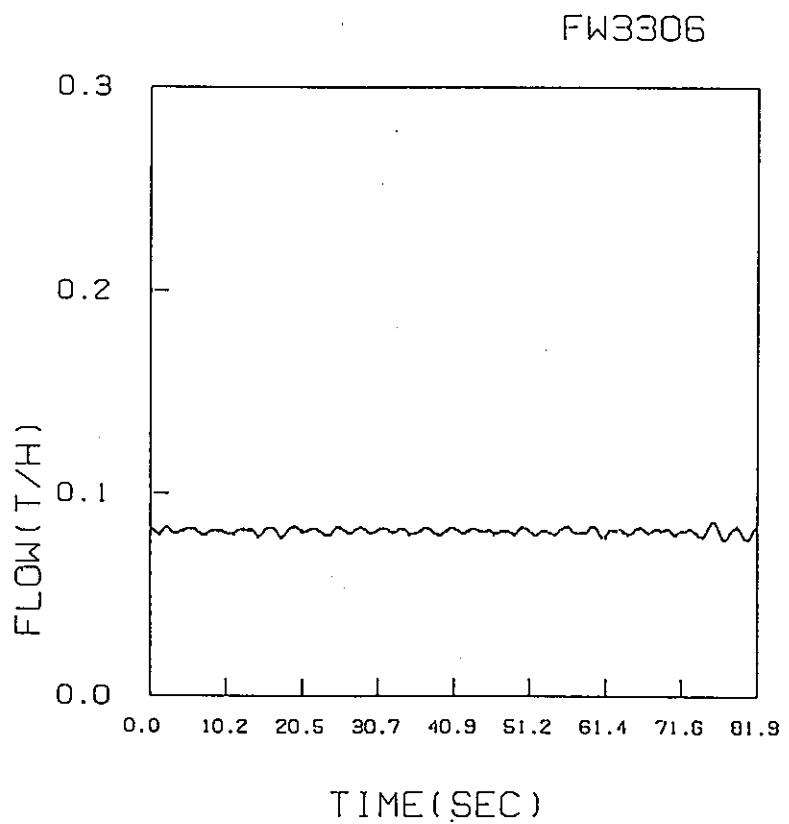


図4.13 DNB管の給水流量と周波数特性

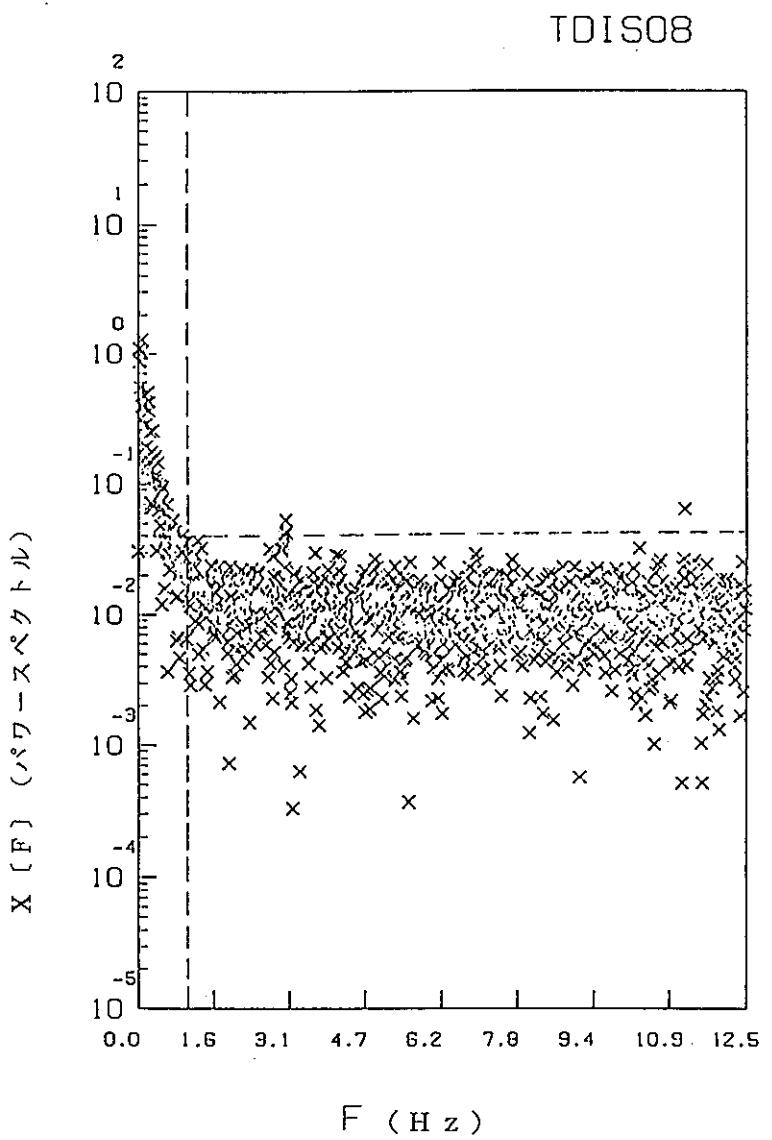
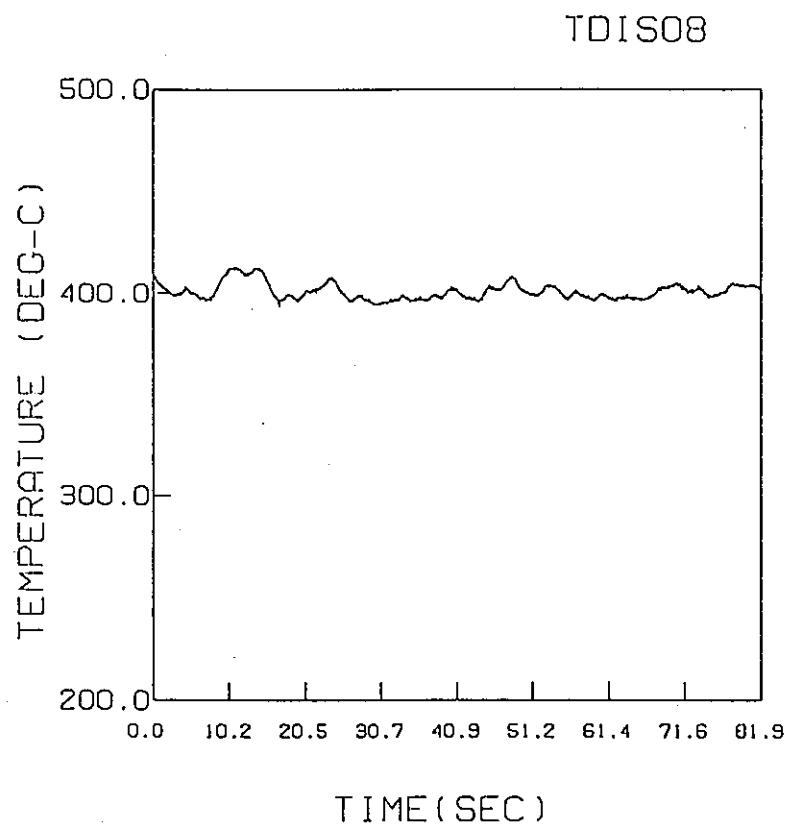


図4.14 DNB点レベルの外管内部温度と周波数特性

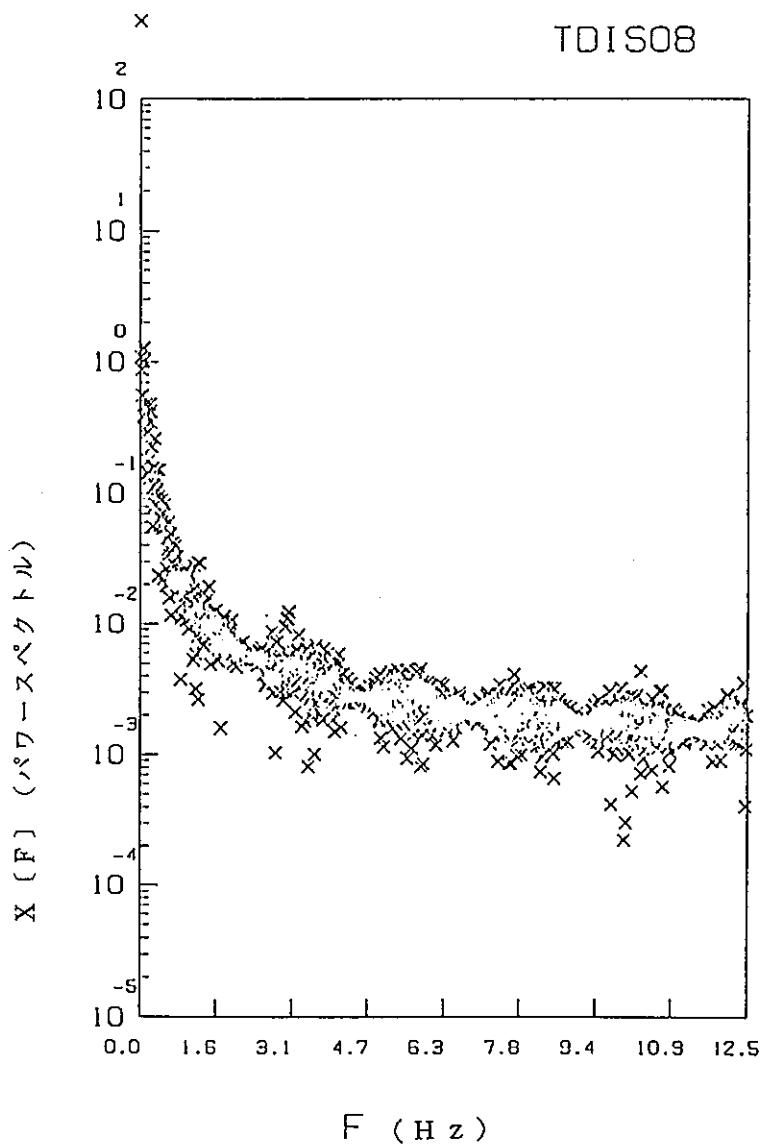
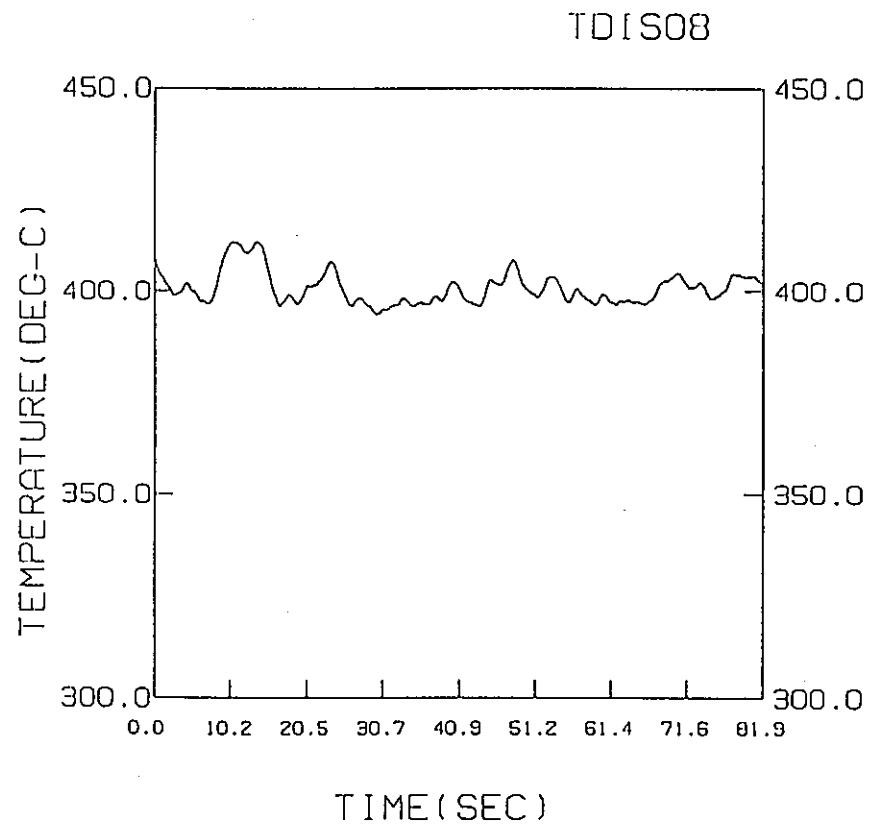


図4.15 移動平均処理後の外管内部温度 (M=5)

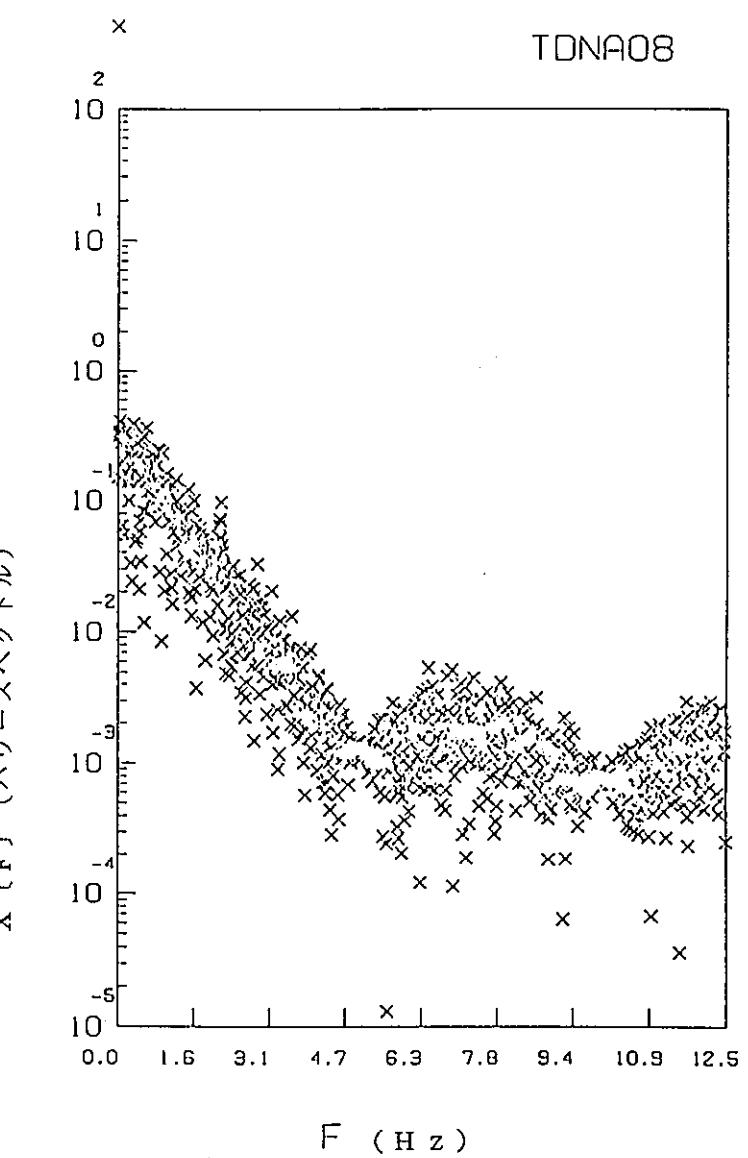
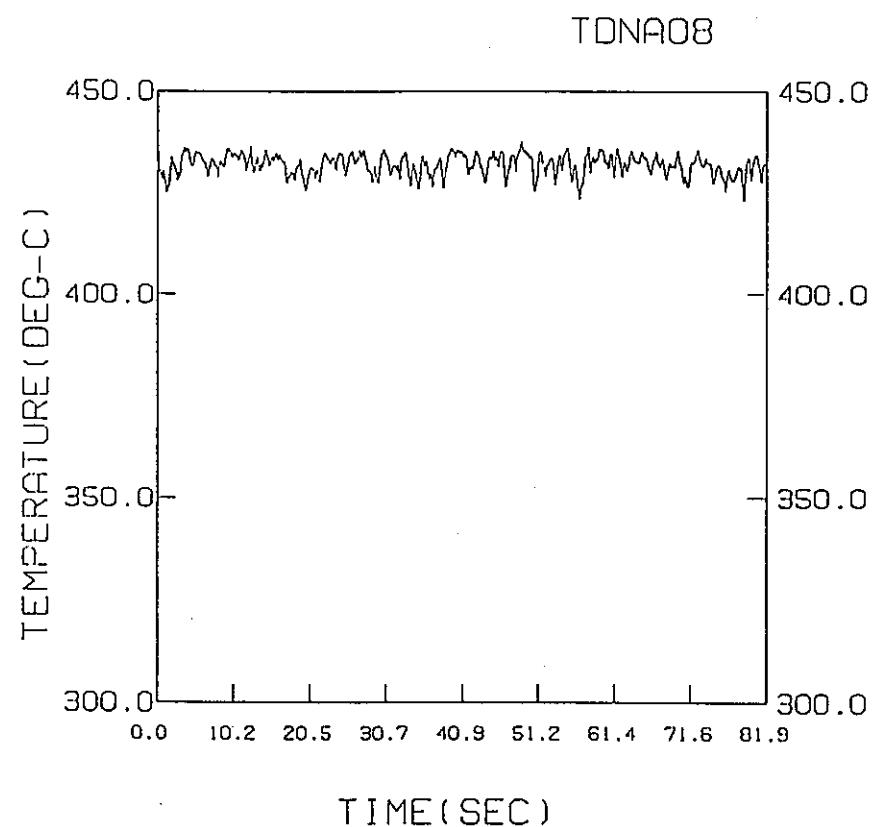


図4.16 移動平均処理後のナトリウム温度 (M=11)

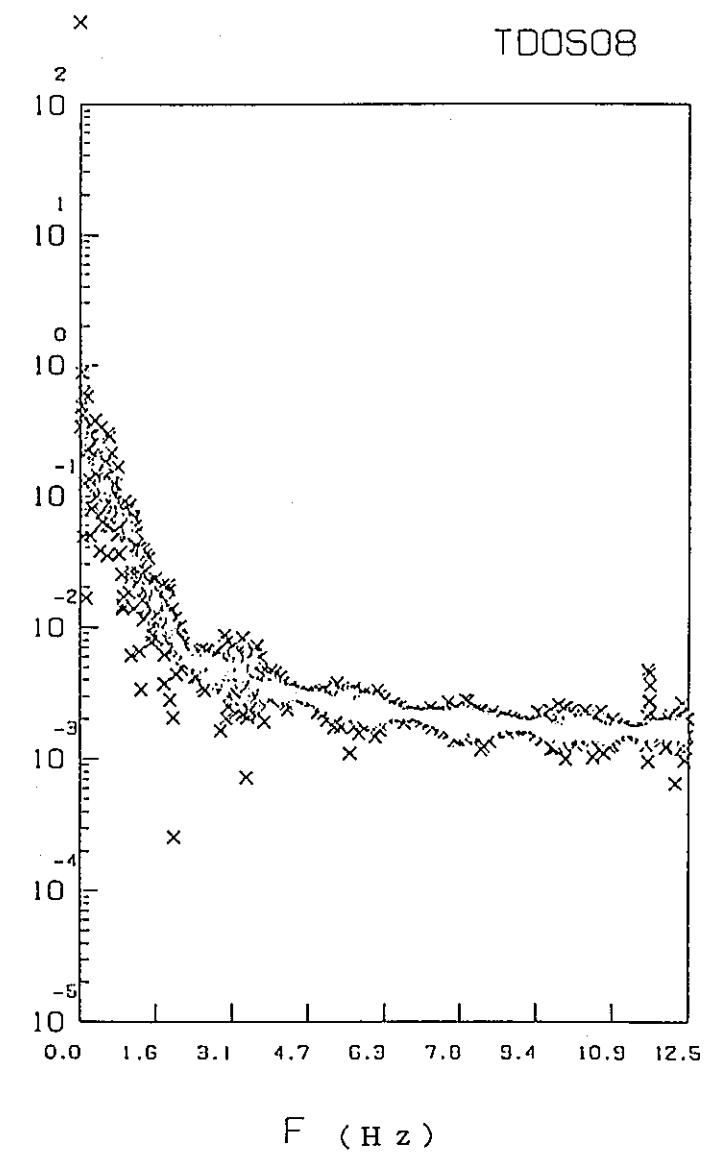
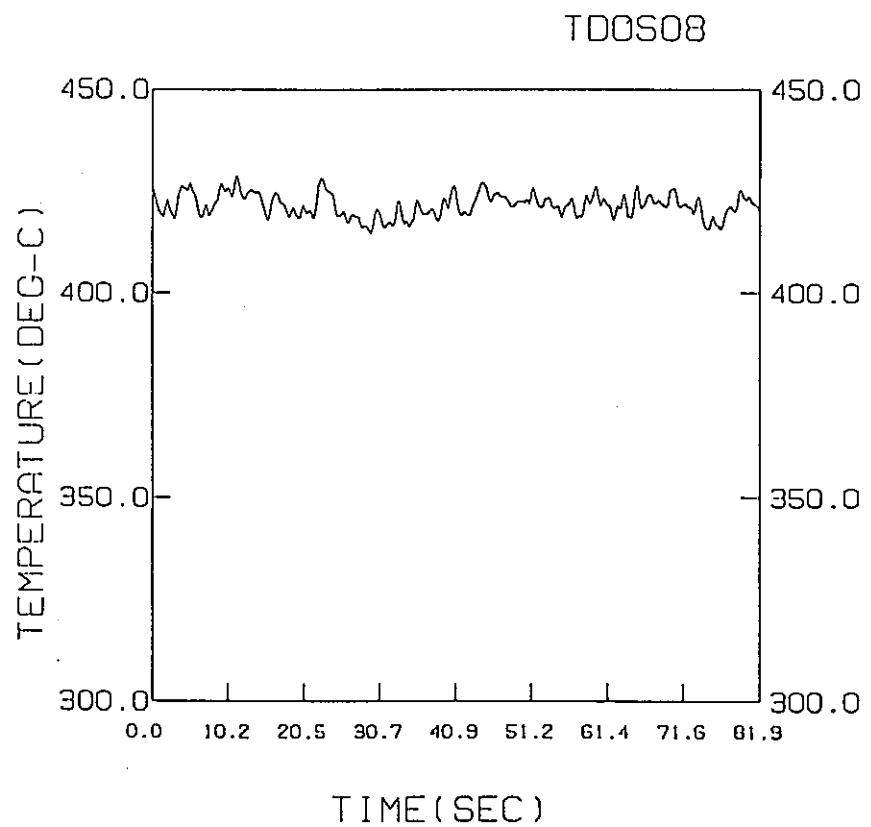


図4.17 移動平均処理後の外管外表面温度 (M=11)

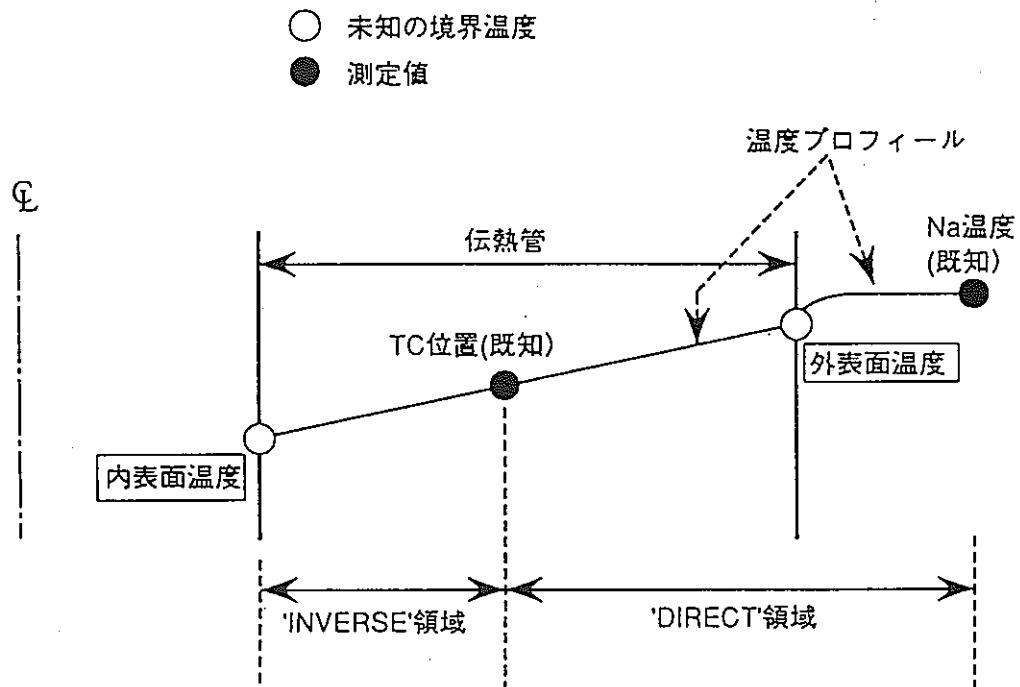


図4.18 逆熱伝導解析領域

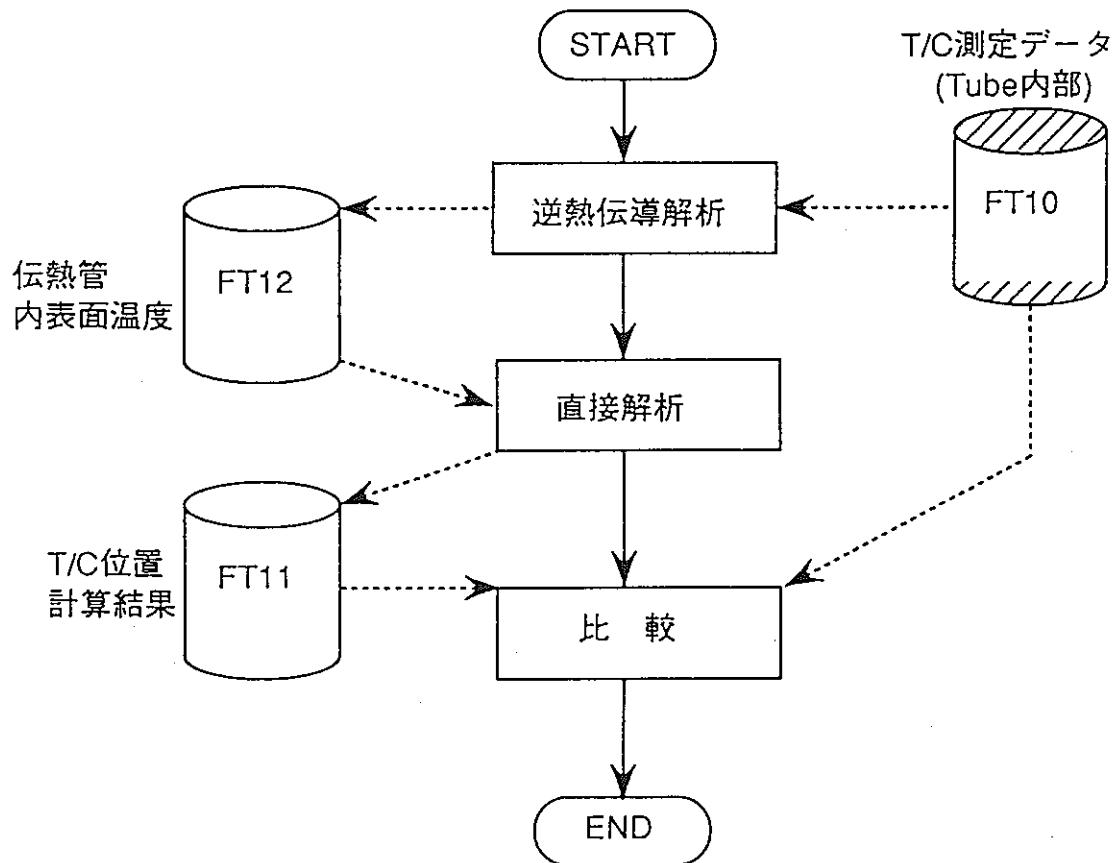


図4.19 逆熱伝導解析フロー

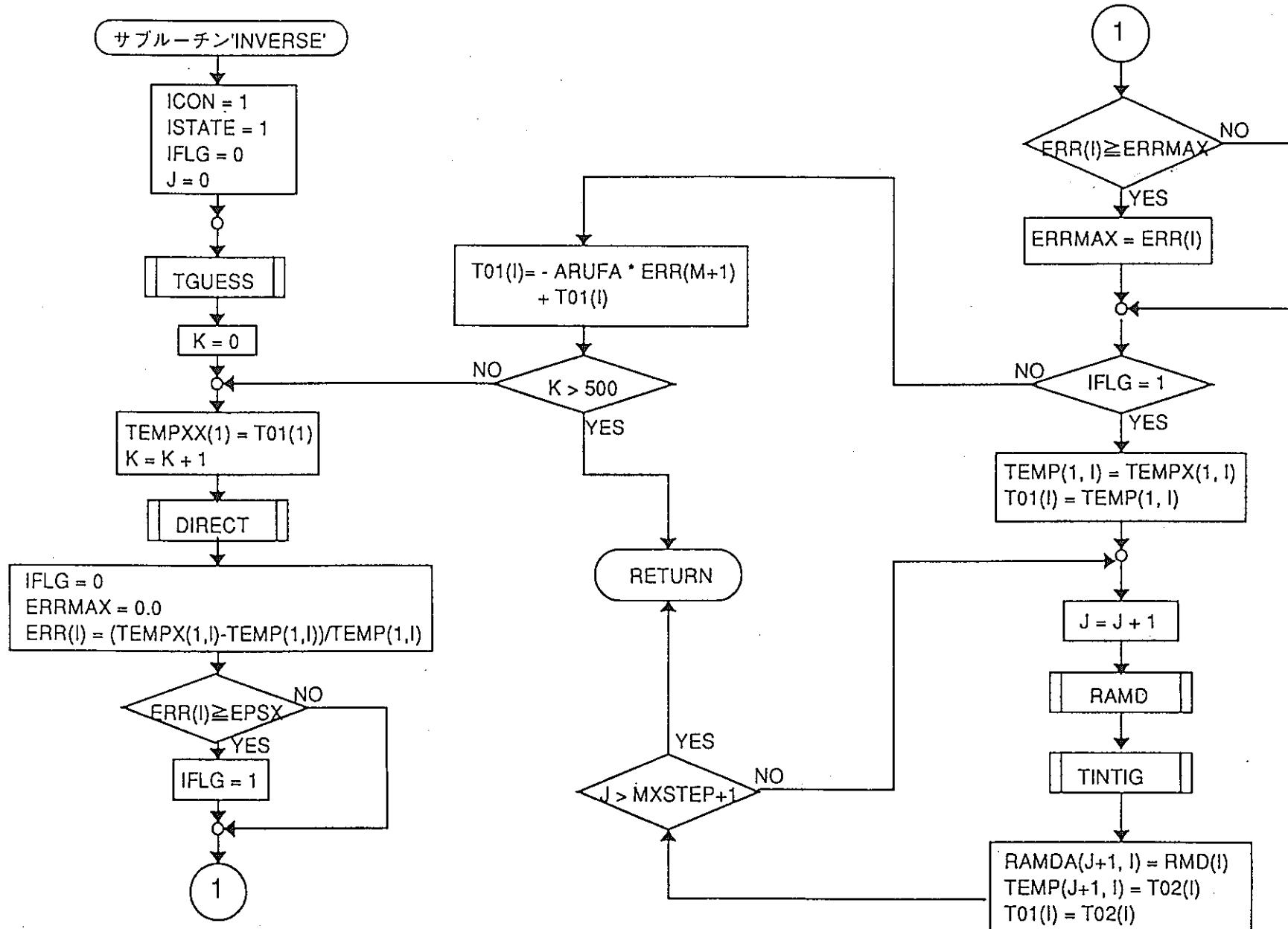


図4.20(a) サブルーチンINVERSEの解析フロー

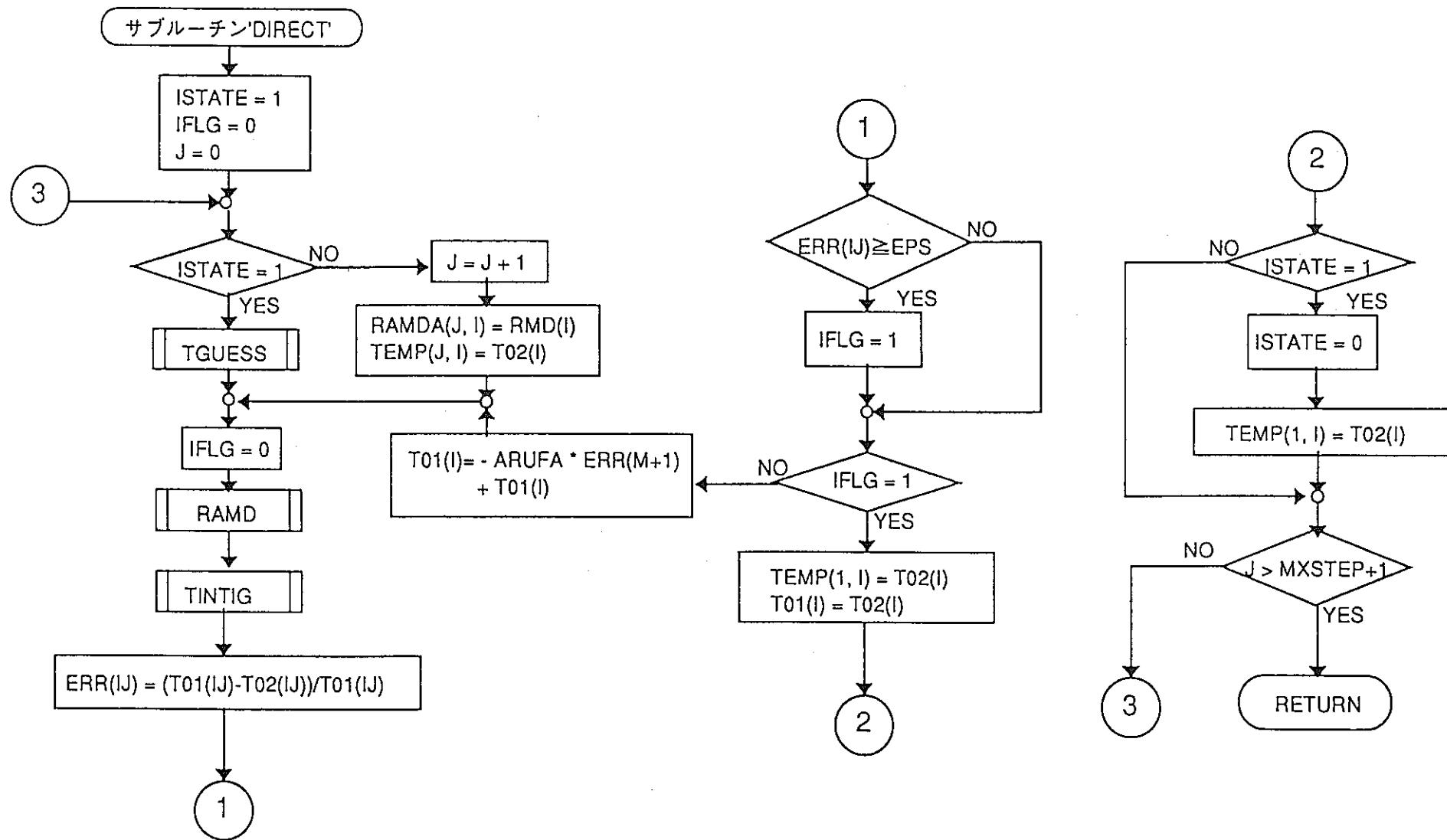


図4.20(b) サブルーチンDIRECTの解析フロー

材質 : 2 1/4 Cr - 1 Mo

$$C_p = 0.1405 \text{ kcal / kg°C}$$

$$\rho = 7687.1 \text{ kg/m}^3$$

$$k_0 = 29.98795 \text{ kcal / mh°C}$$

$$h_\infty = 2.4676 \times 10^4 \text{ kcal / m}^2 \text{ h°C}$$

$$T = 431.0 \text{ °C (一定)}$$

$$\Delta T = 0.050 \text{ sec.}$$

単位 : mm

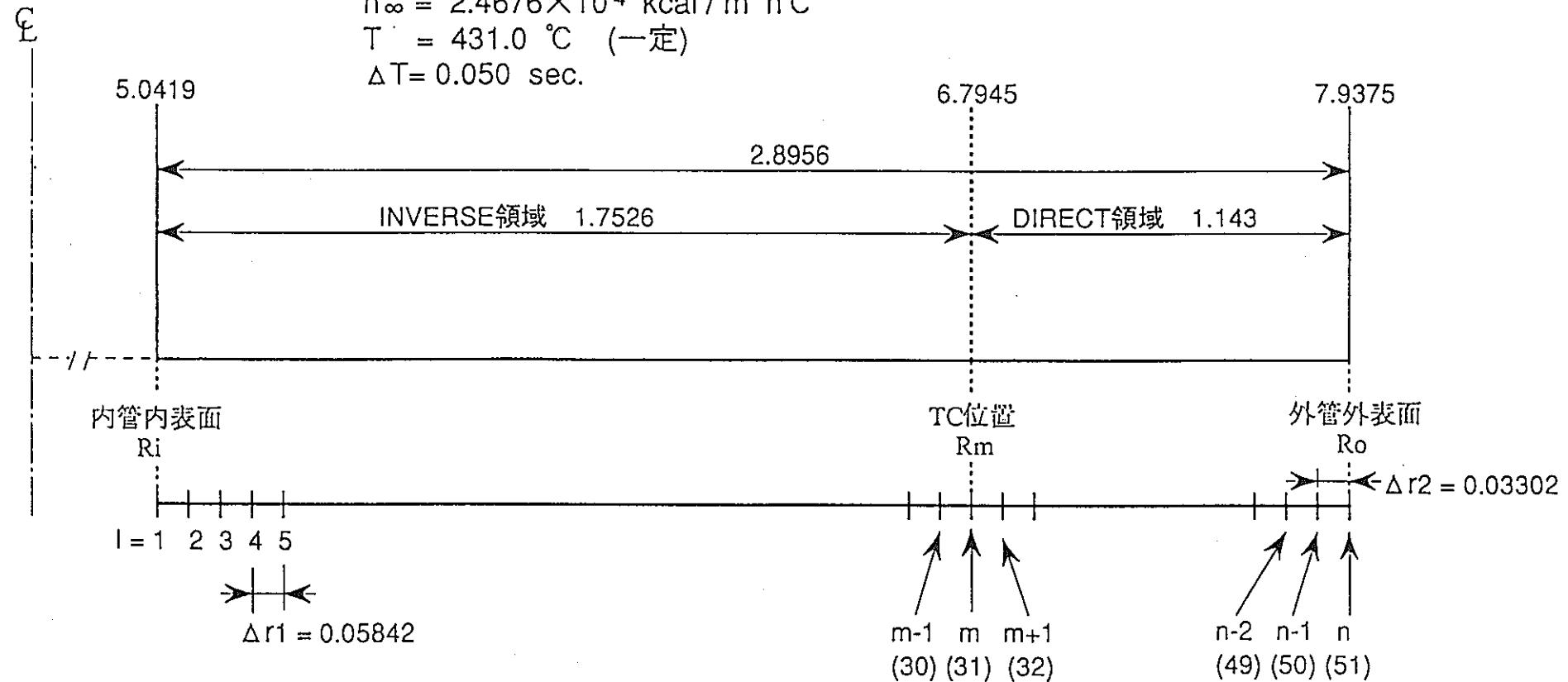


図4.21 ANL单管 SG 伝熱管のメッシュ分割

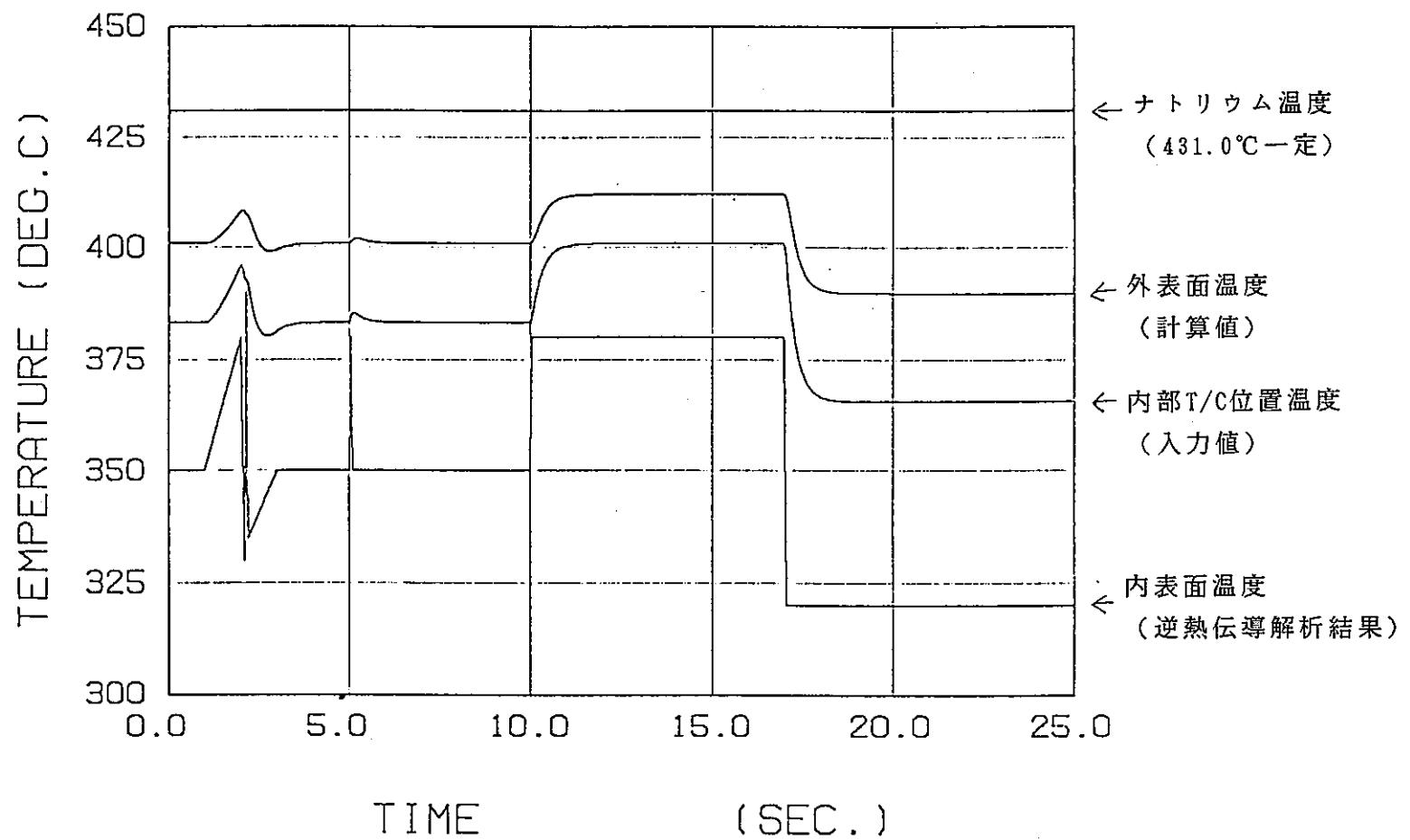


図4.22 模擬信号による解析結果

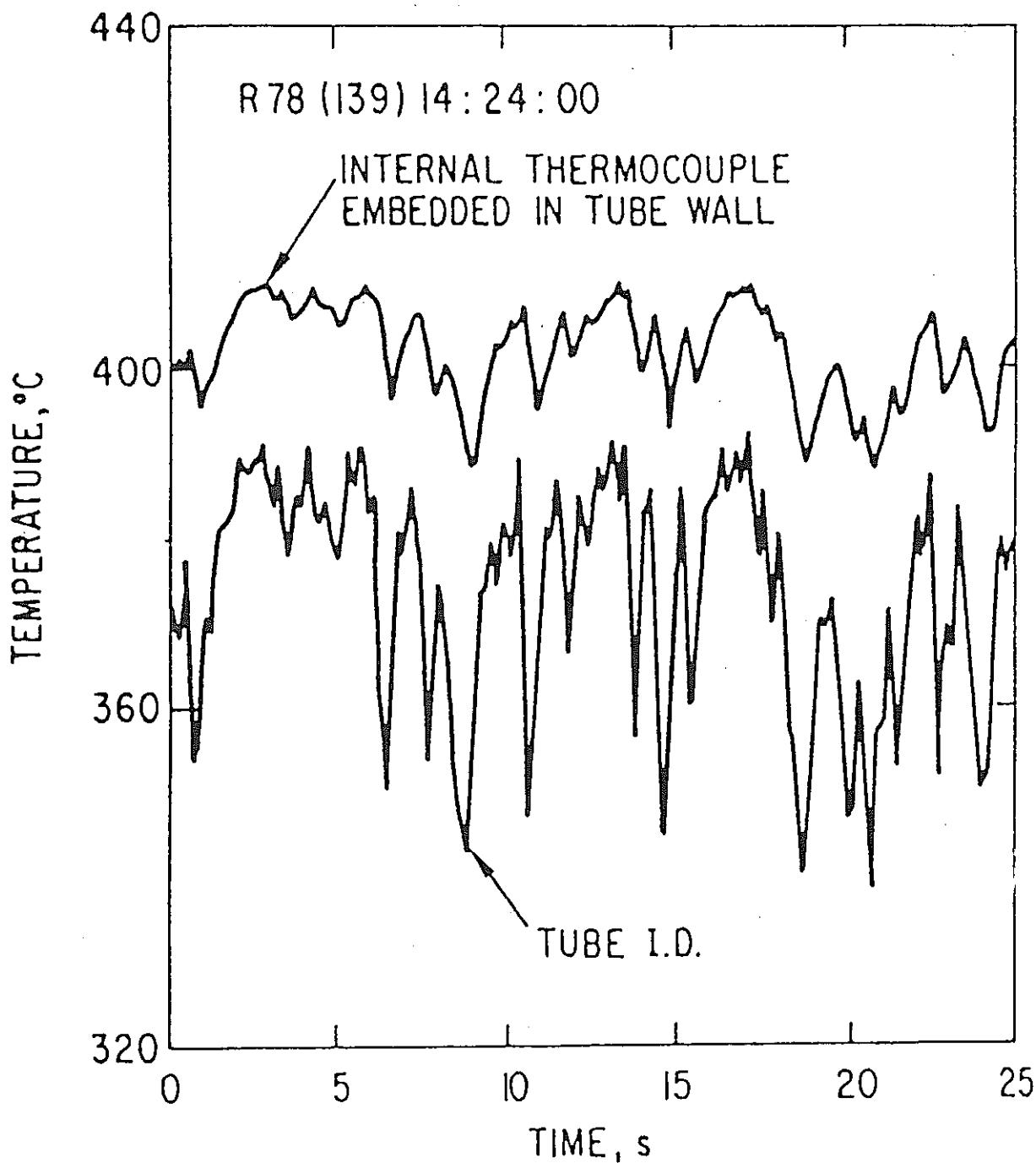


図4.23 ANLにおける測定結果と解析結果

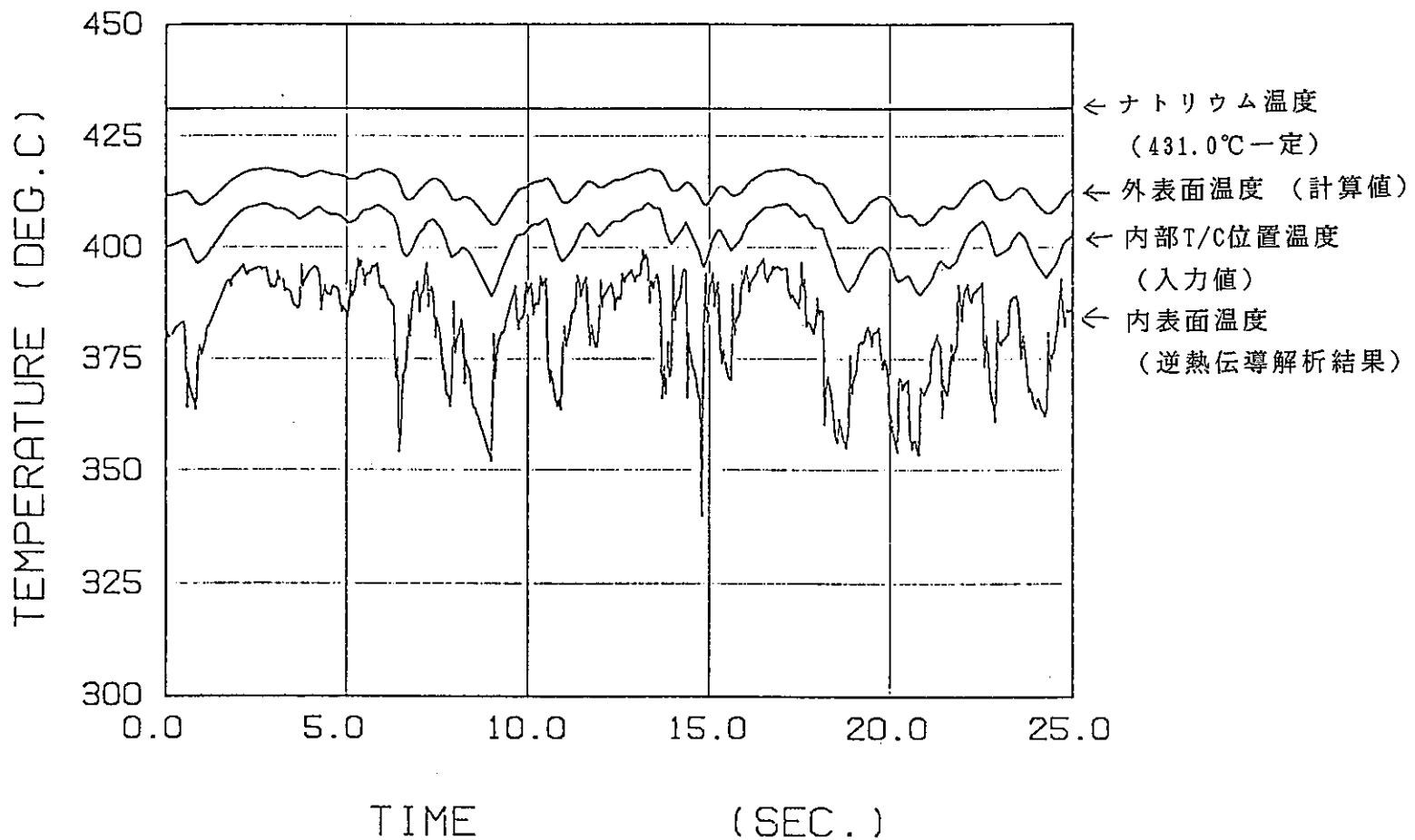


図4.24 本プログラムによる解析結果

材質 : Mod. 9 Cr - 1 Mo

$$C_p = 0.1483 \text{ kcal / kg°C}$$

$$\rho = 7740.0 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 26.43106 \text{ kcal / mh°C}$$

$$h_o = 1.7539 \times 10^4 \text{ kcal / m}^2\text{h°C}$$

$$\Delta T = 0.0625, 0.0781, 0.1000, 0.1250 \text{ sec.}$$

単位 : mm

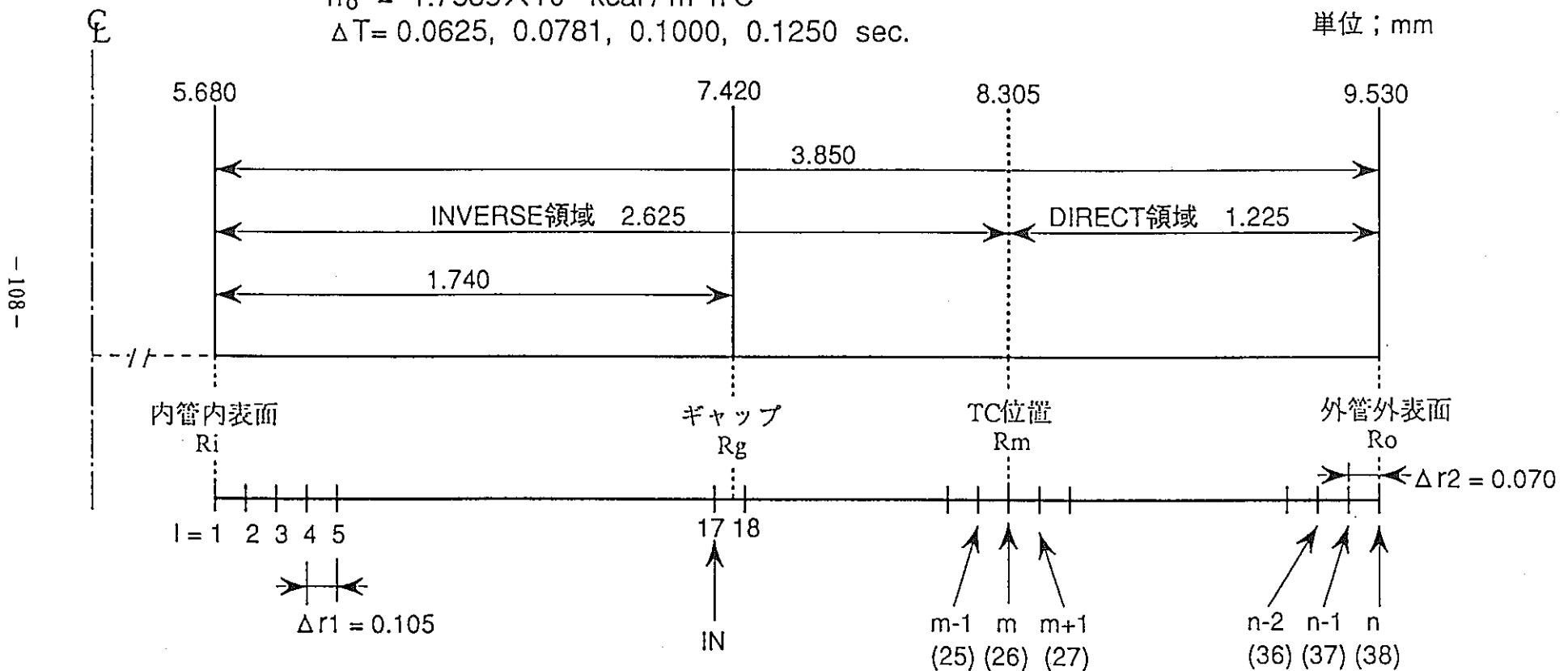


図4.25 2重伝熱管のメッシュ分割

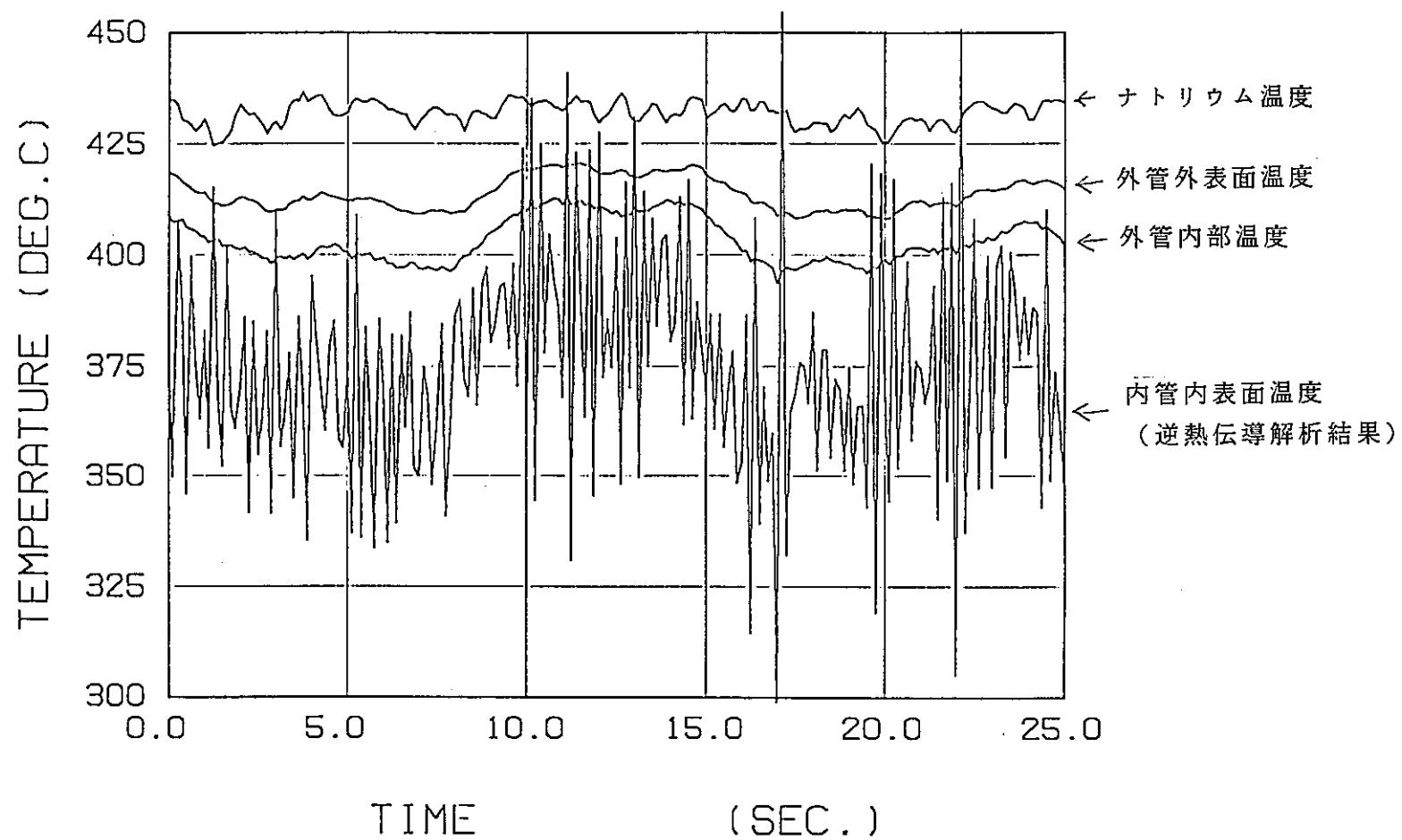


図4.26 ノイズ除去以前のデータによる解析結果

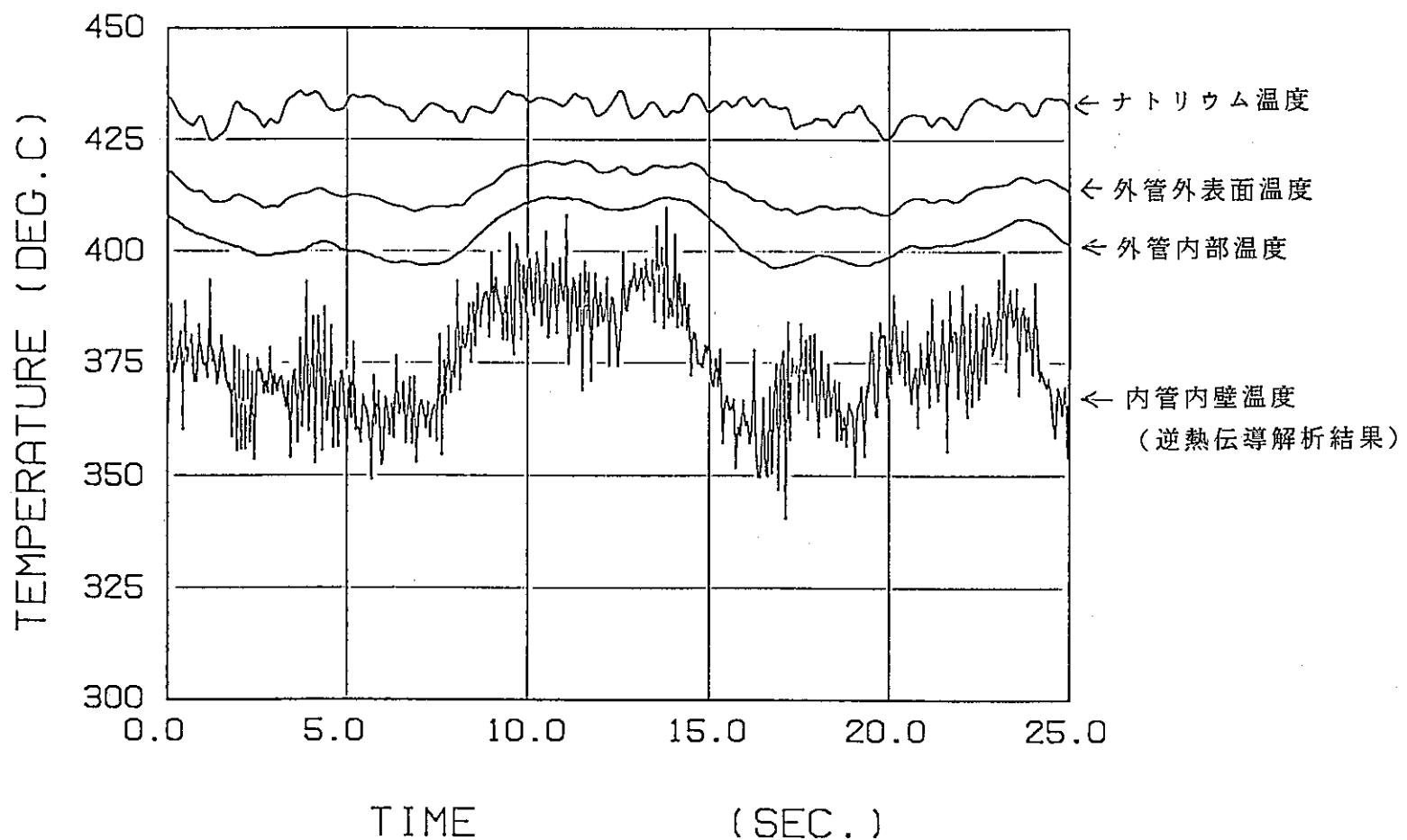


図4.27 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.0625 \text{ sec.}$)

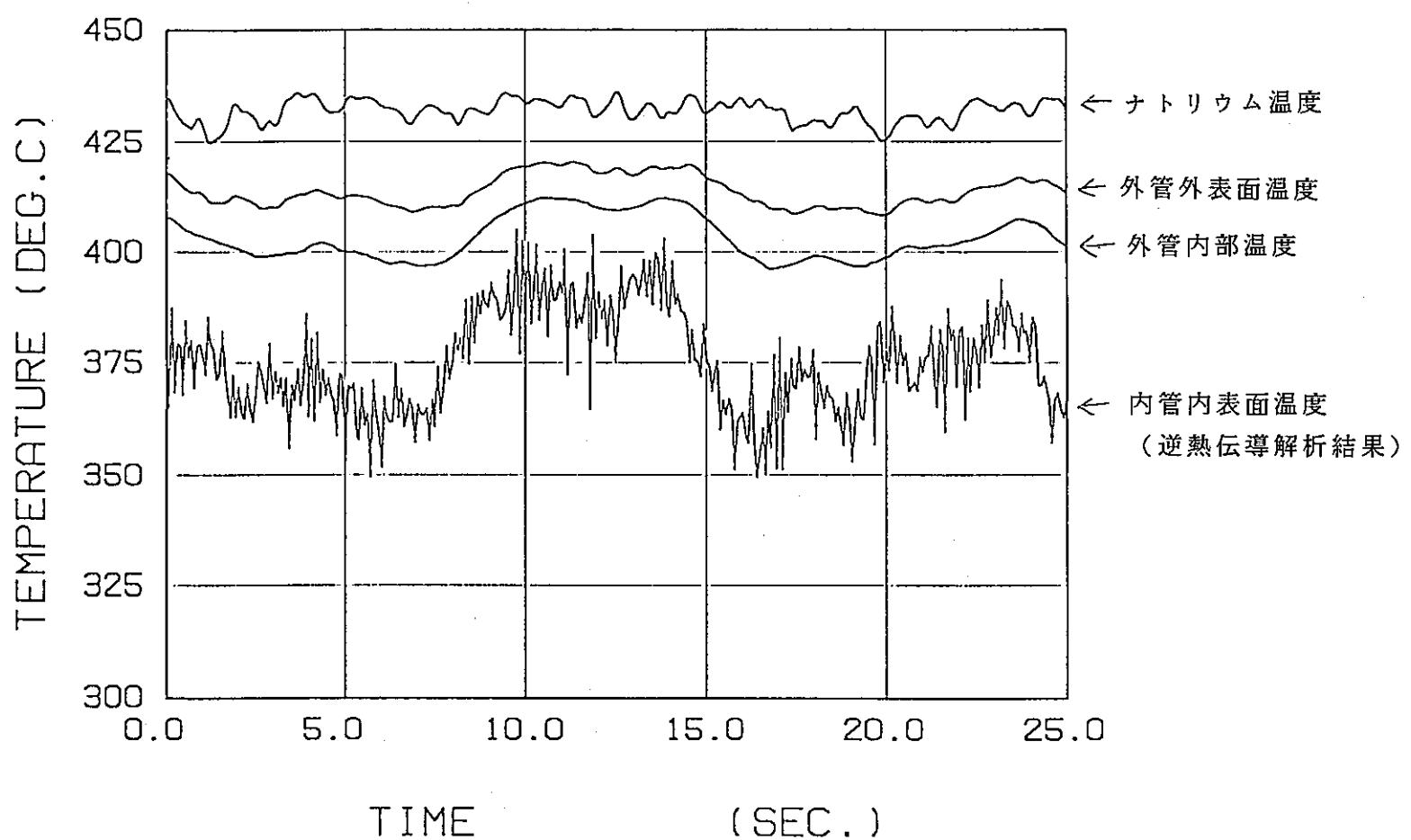


図4.28 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.0781\text{sec.}$)

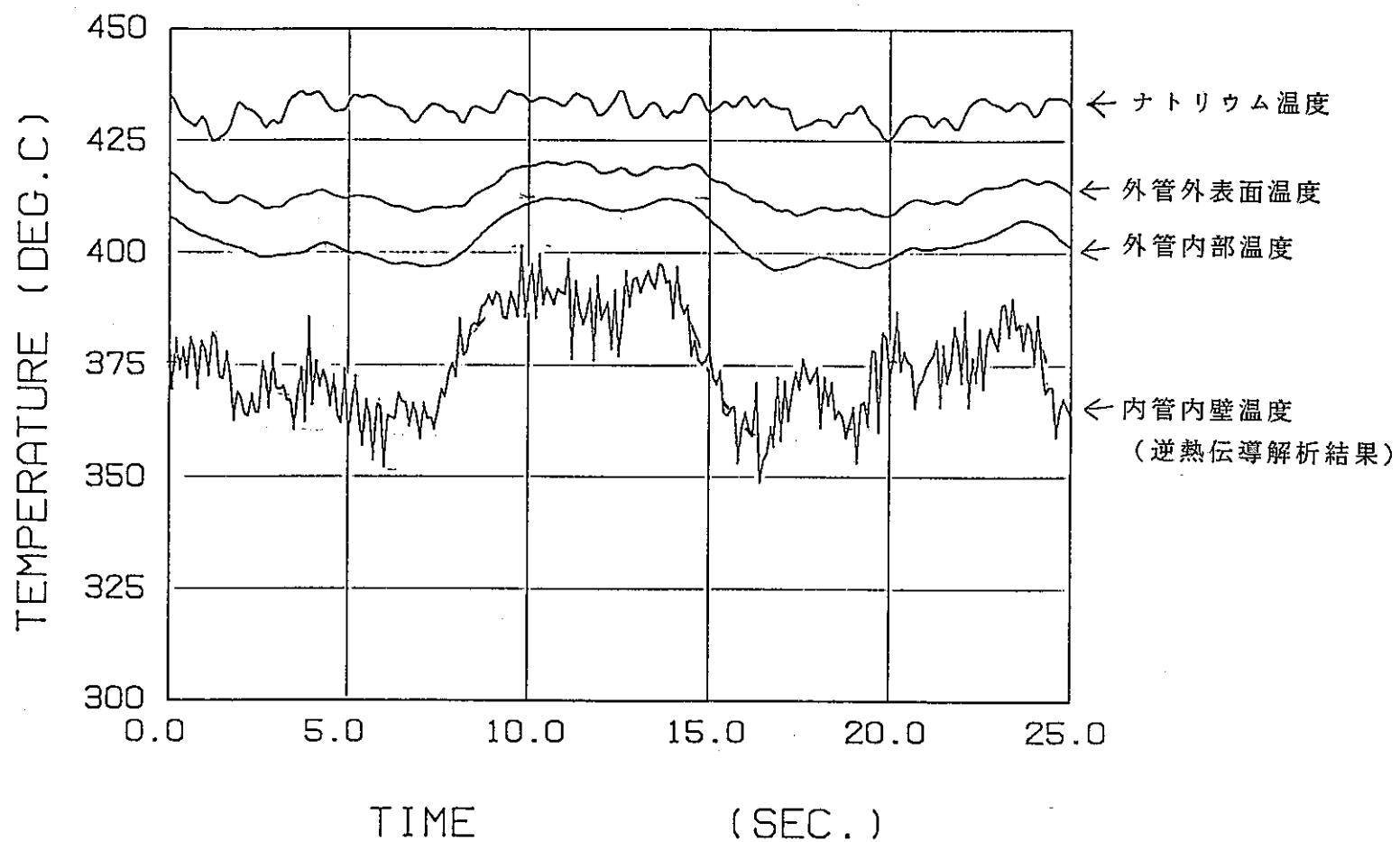


図4.29 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.1000 \text{ sec.}$)

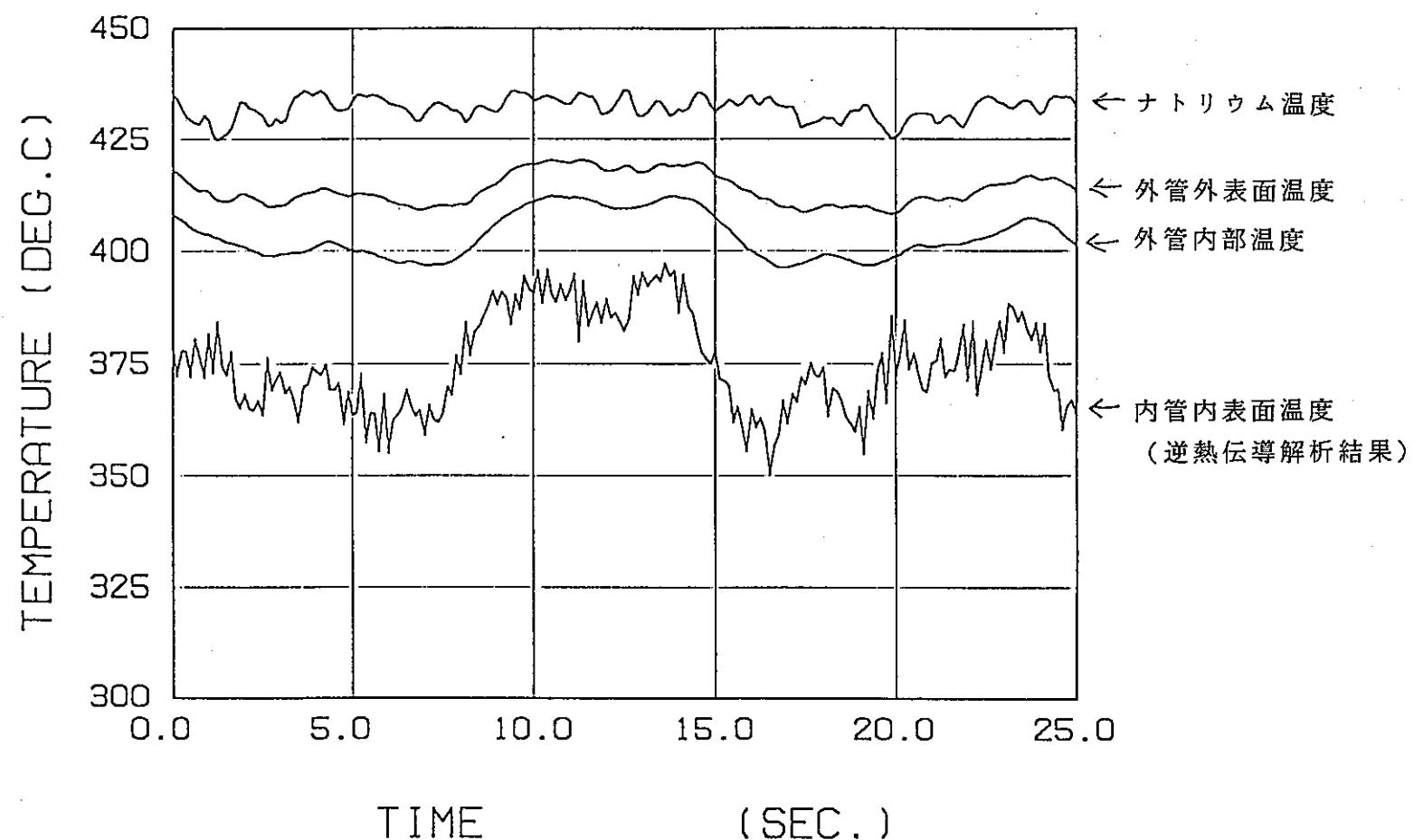


図4.30 移動平均処理後のデータによる解析結果 ($\Delta t = 0.1250 \text{ sec.}$)

第5章 結 言

平成3年11月より熱流動試験の一環として、熱電対の校正、SGからの放熱量評価、ギャップコンダクタンスの評価および静特性試験（16ケース）を実施し、さらにDNB予備試験および不安定流動試験（4ケース）を実施した。これらの結果を検討した結果以下の結論が得られた。

- (1) 測定したナトリウム温度および流量から求まるSGからの放熱量はナトリウム温度に依存する。またその熱通過率は約1.3~1.7Kcal/mh°Cとなった。
- (2) 2重伝熱管のギャップコンダクタンスの範囲はこれまでの試験あるいは本報告で用いた評価法で同定することは困難であることがわかった。
- (3) 蒸気発生器は定格時において充分な伝熱性能を有していることがわかった。
- (4) POPAI-6による計算から定格時においてはほぼ実験結果をシミュレート可能であるが、低負荷時においては伝熱相関式、ドライアウトクオリティー等の検討が必要であることがわかった。
- (5) DNB点での外管およびナトリウム温度測定結果からノイズを除去し、逆熱伝導解析により内管内壁温度を予測することが可能であることがわかった。

以上は静特性に管しては16ケース、DNB予備試験に関しては1ケースであり、平成4年3月より本格的な試験が実施される。したがって、上記の結果をさらに詳細にかつ精度良く評価する予定である。

参考文献

- [1] 谷田部、山本、「高信頼性 2 重管蒸気発生器の開発（その 1）－2 重管蒸気発生器 小型モデルの作成－」、1991年 3月、現在査読中
- [2] K. J. Longua, D. L. Porter and J. A. Buzzell,
“Post-Service Examination of the EBRII Superheater Duplex Tubes” ,
- [3] H. W. Buschman, W. H. Penny, M. D. Quillici and W. H. Radike,
“Operating Experience of the EBRII Steam Generating System” ,
ASME Paper, 81-JPGC-NE-4, 1981,
- [4] H. W. Bushman, W. H. Penny and K. J. Longua,
“The EBRII Steam Generating System-Operation, Maintenance and Inspection” ,
LAEA-IWGFR Specialist Meeting on Maintenance and Repair of LMFBR Steam
Generators, June 4-8, 1984 Oarai, JAPAN
- [5] 日本原子力発電株式会社、動力炉・核燃料開発事業団、
「平成元年度 共同研究報告書、2 次系削除型蒸気発生器の要素試験研究（I）」、
PNCSY9471 90-004(1), 1990.
- [6] 日本原子力発電株式会社、動力炉・核燃料開発事業団、
「昭和63年度 共同研究報告書、2 次系削除型蒸気発生器の要素試験研究（I）」、
PNCSY9471 80-003(1), 1989.
- [7] 大平、中村、「高信頼性 2 重管蒸気発生器の研究－2 重管 SG の予備解析－」、
PNCPN9410 91-108, 1991.
- [8] K. Roko, K. Takitani, et al.,
“Dryout Characteristics at Low Mass Velocities in a Vertical StraightTube
of a Stream Generator” , 6th International Heat Transfer Conference, Tront,
1978

Appendix A-1
静特性計算プログラムリスト

```

FORTRAN 77      V10L31          DATE 92.03.16 TIME 10.41.09          PAGE   1

C*****+
C THIS PROGRAM CALCULATE THE STATIC THERMAL CHARACTERISTICS
C OF DUT-SG EXPERIMENTAL DATA.
C USERS MAKE INPUT-FILE OF EXPERIMENTAL RESULTS.
C JUNE 11, 1991 BY H.DHIRA
C*****+
C
000001  REAL ZLEN(1),TQOUT(10),X(15),IN(15),NZDAT(15)
1 ,GF(110),RAN4(S00),HYUNA,NIN
2 ,PI(S00),Z(S00),TMDAT(41),TPH(S00),T(S00)
3 ,TUBD(S00),TUBF(S00),TUBI2(S00),TUBF1(S00)
4 ,NUHAC(S00),NU4(S00),ARFH(1500),ARFV(500)
5 ,EH(500),EV(S00),Q1(S00),QFLY(S00)

000002  DATA ZLEN
1 /15.1
2 ,5*17.354           , 3*15.9
3 , 14.9              , 3*13.9
4 , 12.9              , 3*11.9
5 , 10.9              , 3* 9.9
6 , 8.9               , 3* 7.9
7 ,3* 5.9              , 3* 3.9
8 ,5* 0.9
9 , -1.5/
000003  DATA X
1 /18.1,17.854,15.9,14.9,13.9,12.9,11.9
2 ,10.9,9.8,9.2,9.5,9.3,9.0,9,-1.5/
000004  DATA NZDAT/ 1, 5, 3, 1, 3, 1, 5, 1, 3, 3, 3, 5, 17
000005  DATA RF, EPS / 5.0E-5, 1.0E-6/
000006  DATA PAI / 3.141592653/
C
000007  COMMON /A1/N,NUFC,TODAT(100),YDATA(100),SI(21),SY(21),
1 ,A(11,12),EXPCT(100)
000008  COMMON /T0N/NFUP,NFDW,N,Z0N8,10,TQOUT(11,12),AIN(11,12)
C
000009  RAN0(T) = (24.57+1.129E-2*T+1.5*9E-5*T**2.0)/3600.0
C
000010  CALL RD14(XPOINT,NOUN,NUP,PSGIN,PSGOUT,GFN,TVIN,GC
1 ,GFV1,TQOUT,TMDAT)
C
000011  NTC = A1
000012  PLN= PSGIN+1.033
000013  POUT= PSGOUT+1.033
000014  NTOTL= NOUN+NUP
000015  SGLEN= 18.0
000016  CALL PROPNA(TH04(1),RHONA,X1,C2,X3,X4)
000017  GFNL= GFN
000018  GFN= GFN*RHONA/(1900.0*60.0)
000019  DO 5 I=1,10
000020  GFV1(I)= GFNL(I)/3.6
000021  5 CONTINUE
C
000022  DO4= 0.0190
000023  DO5= 0.0173
000024  DG= 0.0152
000025  DI= 0.0122
000026  PITCH= 0.0360
000027  PBYD= PITCH/100
C
000028  SMA1= PITCH=PITCH=SQR(3.0)/4.0 + PAI*00*00/8.0
000029  T1L= PAI*00/2.0
000030  DMEH= 4.0*SMA1/T1L
000031  ST= 76.75*76.75*6.0+1.0E-6/SQRT(3.0)
000032  SD= PAI*00*00+13.0-005*005*6.0/4.0
000033  SMA= ST-SD
000034  T1L1= PAI*00*13.0
000035  T1L2= PAI*005*6.0
C  DME= 4.0*SMA/(T1L1+(T1L2+76.75*2.0*6.0+1.0E-3)/SQRT(3.0))
000036  DME= DMEH
C
000037  DO 10 I=1,NFC
000038  TODAT(I)= ZLEN(I)
000039  YODAT(I)= TH04(I)
000040  10 CONTINUE
C
C...SO001UN TEMPERATURE
C
C...TOTAL POINTS UNDER THE DNB POINT
000041  NOUT= 0
000042  DO 20 I=1,XPOINT
000043  NOUT= NOUT+NZDAT(I)
000044  20 CONTINUE
C
C...SO001UM OUTLET SIDE
000045  NB= 1
000046  NE= NOUT
000047  N= NE-NB+1
000048  NFUNC= 3

```

```

FORTRAN 77      V10L31   MAIN      DATE 92.03.16  TIME 10.41.09      PAGE    2

C     IF(NPOINT.GE.6) NFUNC= 5
C     IF(NPO(MI,LT,6) NFUNC= NPO(MI+1)
000049     CALL S2(JY0(NB,NE)
000050     DO 30 I=1,NPO(MI
000051     INC(I)= CALDA(I,I(I))
000052     30 CONTINUE
000053     NFOWN= NFUNC
000054     DO 40 I=1,11
000055     DO 50 J=1,12
000056     AOUT(I,J)= A(I,J)
000057     50 CONTINUE
000058     40 CONTINUE
C
C...SODIUM INLET SIDE
000059     NFUNC= 5
000060     NB= NOUT+1
000061     NE= NTC
000062     N= NE-NB+1
000063     CALL S2(JY0(NB,NE)
000064     DO 60 I=NPO(MI+1,15
000065     INC(I)= CALDA(I,I(I))
000066     60 CONTINUE
000067     NFUP= NFUNC
000068     DO 70 I=1,11
000069     DO 80 J=1,12
000070     AIN(I,J)= A(I,J)
000071     70 CONTINUE
000072     80 CONTINUE
C
C...NEW ONE-POINT BY NEWTON-RAPHSON METHOD
000073     ID= (X(NPO(MI)+X(NPO(MI+1))/2.0
000074     CALL NEWTON
C
C...FINER MESH
000075     DZDWN= (SOLEM-ZDNB)/FLOAT(NDWN)
000076     DZUP= ZDNB/FLOAT(NUP)
000077     Z(0)= X(1)
000078     Z(1)= 18.0
000079     DO 90 I=2,NDWN
000080     Z(I)= Z(I-1)-DZDWN
000081     90 CONTINUE
000082     Z(NDWN+1)= ZDNB
000083     DO 100 I=NOUT+2,NITOL
000084     Z(I)= Z(I-1)-DZUP
000085     100 CONTINUE
000086     Z(NITOL+1)= 0.0
000087     Z(NITOL+2)= -1.5
C     Z(NITOL+2)= X(S)
C
C...SODIUM TEMPERATURE ON FINER MESH
000088     N=NDWN+1
000089     NFUNC= NFOWN
000090     DO 105 I=1,11
000091     DO 106 J=1,12
000092     A(I,J)= AOUT(I,J)
000093     106 CONTINUE
000094     105 CONTINUE
000095     DO 110 I= 1,NOWH+1
000096     FN(I)= CALDA(Z(I))
000097     110 CONTINUE
000098     N=NUP
000099     NFUNC= NFUP
000100     DO 115 I=1,11
000101     DO 116 J=1,12
000102     A(I,J)= AIN(I,J)
000103     116 CONTINUE
000104     115 CONTINUE
000105     DO 120 I= NDWN+2,NITOL+1
000106     FN(I)= CALDA(Z(I))
000107     120 CONTINUE
000108     FN(0)= INC(1)
000109     FN(NITOL+2)= INC(5)
C
C...2001UN ENTHALPY
000110     DO 121 I= 1,NITOL+1
000111     E= FN(I)
000112     CALL PROPPAC(RHOMA,RYMA,RAHA,CPNA,EN1)
000113     EN(I)= EN1
000114     121 CONTINUE
C
C...TUBE INLET/OUTLET VAPOR TEMPERATURE
000115     E49= 0.0
000116     GF4= 0.0
000117     CALL SIMPL(PIN,T49,E49,V49,DUM,F49)
000118     E(I)= EN1
000119     125 CONTINUE
000120     DO 130 I=1,10
000121     CALL SIMPL(POUT,T49D(I),E49,V49,DUM,F49)

```

```

FORTRAN 77      V10L31  MAIN       DATE 92.03.16  TIME 10.41.09
PAGE   3

000122      EVO= EVO+EN1*GF4(1)
000123      GF4= GF4+GF1(1)
000124 130 CONTINUE
000125      EVO= EVO/GF4
000126      EN(NTOTL+1)= EVO
000127      CALL SMPE(POUT,T=0,EVO,SV1,XY,TX)
000128      T=NTOTL+1= TVO
000129
C...HEAT FLUX
000130      CONT= GF4*(EV(NTOTL+1)-EV(1))
000131      CONT= CONT/(GF4*(EN(NTOTL+1)-EN(1)))
000132      Q= 0.0
000133      DO 135 I= 2,NTOTL+1
000134      EV(I)= EV(I-1)+CONT*(EN(I)-EN(I-1))*(GF4/GF4)
000135      IF(I.LE.NNOW+1) THEN
000136          AI= PAI*0.0204N
000137      ELSE
000138          AI= PAI*0.0204R
000139      ENDIF
000140      QFLX(I-1)= GF4*3600.0*(EV(I)-EV(I-1))/(AI*10.0)
000141      Q= Q+QFLX(I-1)*AI*10.0
000142 135 CONTINUE
000143      TM= (4.187E-3)/3600.0
000144      QMV= Q*TM
000145      QMV= QMV*1000.0
000146      SV2= QMV/CONT
000147      TLOSS= QMV-QMV
000148
C...PRESSURE DROP
000149      CF= 1.0
000150      I=NTOTL+1
000151      PT(NTOTL+1)= POUT
000152      CALL SMPE(POUT,TMP,E=1,SV,QTY,TSX)
000153      RMY= FV1SD(POUT,TM*NTOTL+1),QTY)*SV
000154      CALL PDROP(1,0,GF4,RF,CF,POUT,SV,QTY,RMY
000155      1 ,NNW,DZUP,DZWN,OPT,DPF,DPH,DPA)
000156      Q=NTOTL+1-QTY
000157      PT(NTOTL)= POUT-DPT
000158
000159      DO 160 I=NTOTL,2,-1
000160      CALL SMPE(PT(I),TMP,EV(I),SV,QTY,TSX)
000161      RMY= FV1SD(PT(I),TMP,QTY)*SV
000162      CALL PDROP(1,0,GF4,RF,CF,PT(I),SV,QTY,RMY
000163      1 ,NNW,DZUP,DZWN,OPT,DPF,DPH,DPA)
000164      Q=PT(I)-PT(NTOTL+1)
000165      WRITE(6,'(" OPRES = ",1PE12.5)') OPRES
000166
C...WATER/VAPOR TEMPERATURE
000167      DO 170 I=1,NTOTL+1
000168      CALL SMPE(PT(I),TV(I),EV(I),SV1,TTT,TTT)
000169 170 CONTINUE
000170
C...TUBE TEMPERATURES AND WATER/VAPOR HEAT TRANSFER COEFFICIENTS
000171      DO 175 I=1,NTOTL
000172      TUBF0(I)= (TFH(I)+TV(I))/2.0
000173      TUBF1(I)= TUBF0(I)
000174      TUBF2(I)= TUBF0(I)
000175      TUBF3(I)= TUBF0(I)
000176 175 CONTINUE
000177
C...DO 180 I=1,NTOTL
000178      IC= (TFH(I)+TV(I))/2.0
000179      CALL PROPNA(IC,RHOM1,NYUN4,RAMN4,CPN4,EN4)
000180      UNA= GF4/(GNA+RHOM1)
000181      CALL NUQOD(C,PBYD,ONE,ONEH,UNA,NUH,ARFH)
000182      NU4(I)= NUH
000183      ARFH4(I)= ARFH
000184      TUBF0(I)= IC-(QFLX(I)/3600.0)*0/(CARFH4(I)*0)
000185
C...190 TI= (TUBF0(I)+TUBF1(I))/2.0
000186      TUBF1(I)= TUBF0(I)-(QFLX(I)/3600.0)*0/(2.0+RAHOT(TI))*LOG(00/0G)
000187      TUBF2(I)= TUBF1(I)-GC*(01/0G)*QFLX(I)
000188      TUBF3(I)= TUBF2(I)-(QFLX(I)/3600.0)*0/(2.0+RAHOT(TI))*LOG(0G/0I)
000189      D1= ABS((TUBF1-TUBF2(I))/TUBF1(I))
000190      IF(D1.GT.EPS) THEN
000191          TUBF1(I)= TUBF1(I)-0.5*(TUBF1-TUBF2(I))
000192          GO TO 190
000193      ENDIF
000194
000195      TWC= (TFH(I)+TW(I))/2.0
000196      PEC= (PT(I)+PT(I+1))/2.0

```

```

FORTRAN 77      V1931 MAIN      DATE 92.03.16 TIME 10.41.09      PAGE   4

000193      QTC= (QT(I)+QT(I+1))/2.0
000194      ARFW(I)= QFLC(I)/(TUBT(I)-TVC)
000195      RAMW(I)= FRMD(PIC,TVC,QTC)
000196      MUW(I)= ARFW(I)*D/I/RAMW(I)

C
000197      130 CONTINUE
C
C...GRAPH PLOT
000198      CALL PLT1D(NUP,Z,TFN,TV,QFLT,ZLEM,TNOAT,TOUT,TVIN)
000199      CALL PLT2C(NOH,NUP,Z,TFN,TV,QFLT,ZLEM,TNOAT,TOUT,TVIN,TUSTI)
C
000200      GFNS= GFM/SMA
000201      GFVS= GFM/CPL*10.0/4.0
C...PRINT IN DETAIL
000202      CALL PRNDPT,I,NOH,NUP,EN,E4,QTC,QFLT
      1      ,TFN,TV,TUBT0,TUBT1,TUBT2,TUBT1,NUNA,MUW,ARFW,ARFW
C
C...PRINT IN SUMMARY
000203      CALL PRK(PIN,POUT,PT,ONE,DNEH,NOVN,NUP,TNOAT,IV
      1      ,GFN,GFV,GFNS,GFVS,GFHL,EN,E4,QFLT,SQK,VQCV,FLSS
      2      ,ZDNB,IONB)

C
000204      STOP
000205      END

STATISTICS: 205 STEPS, PROCEDURE SIZE= 4024 BYTES, PROGRAM NAME=MAIN , MEMBER NAME=MAIN
233 LINES, PROGRAM SIZE= 43532 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4544K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.15 TIME 10.41.09 PAGE 5

```
000206      FUNCTION CALDAT()
C
C PURPOSE
C CALCULATE Y DATA FROM X DATA
C
C USAGE
C Y = CALDAT(X)
C
C DESCRIPTION OF PARAMETER
C X      - X DATA          ;1
C Y      - Y DATA          ;0
C
000207      COMMON /AA/ X,X,YDATA(100),YDATA(100),ST(21),SY(11)
1           ,A(11,12),EXPECT(100)
000208      DO 10 I=1,N
000209      CALDAT=0.0
000210      DO 20 J=1,N+1
000211      IF(J.EQ.N+1)THEN
000212      CALDAT=CALDAT+A(J,N+2)
000213      ELSE
000214      CALDAT=CALDAT+A(J,N+2)*I**(N-(J-1))
000215      END IF
000216 20      CONTINUE
000217 10      CONTINUE
000218      RETURN
000219      END
```

STATISTICS: 14 STEPS, PROCEDURE SIZE= 336 BYTES, PROGRAM NAME=CALDAT , MEMBER NAME=CALDAT
26 LINES, PROGRAM SIZE= 834 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4604K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.16 TIME 10.41.09 PAGE 6

```

000220      SUBROUTINE FRIC(FRE,TUB10,ROUGH,FRIC)
C
C   CALCULATION OF FRICTION FACTOR
C
C   PARAMETER
C   RE      : REYNOLDS NUMBER
C   TUB10   : TUBE INNER DIAMETER (M)
C   ROUGH  : WALL ROUGHNESS (M)
C   FRICF  : FRICTION FACTOR
C
C...TURBULENT FLOW
000221      IF(RE.LT.2300.) GO TO 30
000222      FRIC= 0.3154/RE+0.25
000223      XROUGH= ROUGH/(TUB10*3.71)
000224      XX1= 1.0 ALOG(10.)
000225      ICOUNT= 0
000226      10 ICOUNT= ICOUNT+1
000227      XX2= 1.0/SQRT(FRIC)
000228      XX3= 2.51/RE*XX2
000229      XX4= XROUGH*XX3
000230      FX= (XX2*2.04ALOG10(XX4))
000231      FOX= (-0.5*XX2-XX1*XX3/XX4)/FRIC
000232      FRICA= FRIC-FX/FOX
000233      XX= FRICA/FRIC
000234      IF((XX.GT.0.999).AND.(XX.LT.1.001)) GO TO 20
000235      IF(ICOUNT.GT.20) GO TO 15
000236      FRIC= FRICA
000237      GO TO 10
000238      15 WRITE(6,6000) FRIC,FRICA
000239      20 FRIC= (FRICA+FRIC)/2.5
000240      GO TO 40
C
C...LAMINAR FLOW
000241      30 FRIC= 5.0/RE
C
000242      40 CONTINUE
000243      RETURN
000244      6000 FORMAT(10X,'*** FRICTION COEFFICIENT NOT CONVERGE ...',1P2E12.3)
000245      END

```

STATISTICS: 26 STEPS, PROCEDURE SIZE= 934 BYTES, PROGRAM NAME=FRICF , MEMBER NAME=FRICF
 39 LINES, PROGRAM SIZE= 3678 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE= 4608K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V19C31 DATE 92.03.16 TIME 10.41.09
PAGE 7

```
000246      SUBROUTINE FUNST(NB,NE)
C
C PURPOSE
C CALCULATE SUMMA L++N
C
C USAGE
C CALL FUNST
C
000247      COMMON /AAA/ N,M,T0DATA(100),Y0DATA(100),S1(21),SY(11),AC11,12)
1          ,EXPECT(100)
000248      DO 10 I=1,M+2+1
000249      S1(I)= 0.0
000250      10 CONTINUE
000251      S1(1)= FLOAD(1)
000252      DO 20 J=2,M+2+1
000253      DO 20 J=NB,NE
000254      S1(J)= S1(J)+Y0DATA(J)**(-1)
000255      20 CONTINUE
000256      RETURN
000257      END

STATISTICS: 12 STEPS, PROCEDURE SIZE= 124 BYTES, PROGRAM NAME=FUNST , MEMBER NAME=FUNST
29 LINES, PROGRAM SIZE= 900 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4608K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=90
```

FORTRAN 77 VIOLIST DATE 92.03.16 TIME 10.41.09 PAGE 3

000253 SUBROUTINE FUNSTY(NB,NE)

C
C PURPOSE
C CALCULATE SIGMAA E+Y**N
C
C USAGE
C CALL FUNSTY
C

000259 COMMON /AAY/ N,N,EDATA(100),YDATA(100),SY(21),SY(11),A(11,12)
1 ,SPECI(100)

000260 DO 10 I=1,N+1
000261 SY(I) = 0.0
000262 DO 20 J=NB,NE
000263 IF(J.EQ.1)THEN
000264 SY(I) = SY(I)+YDATA(J)
000265 ELSE
000266 SY(I) = SY(I)+YDATA(J)*EDATA(J)**(I-1)
000267 END IF
000268 20 CONTINUE
000269 10 CONTINUE
000270 RETURN
000271 END

STATISTICS: 14 STEPS, PROCEDURE SIZE= 394 BYTES, PROGRAM NAME=FUNSTY , MEMBER NAME=FUNSTY
22 LINES, PROGRAM SIZE= 842 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4608K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V10L51 DATE 92.03.16 TIME 19.41.09 PAGE 9

```

000272      SUBROUTINE MATRIT
C
C PURPOSE
C ASSIGN MATRIT
C
C USAGE
C CALL MATRIT
C
000273      COMMON /A4/ N,M,DATA(100),DATA(100),S1(21),SY(11),A(11,12)
C           ,EXPECT(100)
000274      DO 10 I=1,N+1
000275          DO 20 J=1,M+1
000276              X = 2*N+J-I-J
000277              A(I,J) = S1(X)
000278      20      CONTINUE
000279      A(I,M+2) = SY(N+2-I)
000280      10 CONTINUE
C...DEBUG START
C      WRITE(6,'(1H1)')
C      WRITE(6,'(" **** MATRIT ****")')
C      DO 30 I=1,N+1
C 30      WRITE(6,100)(A(I,J),J=1,M+2)
C 100     FORMAT(1H ,I0(1I,E12.5))
C...DEBUG END
000281      RETURN
000282      END

STATISTICS: 11 STEPS, PROCEDURE SIZE= 194 BYTES, PROGRAM NAME=MATRIT , MEMBER NAME=MATRIT
            26 LINES, PROGRAM SIZE= 610 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
            REMAINING SIZE= 46064 BYTES. HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.15 TIME 10.41.09 PAGE 19
 000233 SUBROUTINE MNTABLE QLT,PRS,TPMLT
 C
 C MARTINELLI-NELSON TWO-PHASE FRICTIONAL PRESSURE DROP MULTIPLIER
 C
 000234 DIMENSION TAB(21,5)
 C
 000235 DATA (TAB(I,1),I=1,21)
 1/ 1.00, 5.15, 8.85, 12.45, 15.90, 19.20, 22.30, 25.30, 28.30, 31.05
 2, 33.70, 36.30, 38.90, 41.50, 44.15, 46.65, 48.25, 48.25, 48.50, 43.00
 3, 38.30/
 000236 DATA (TAB(I,2),I=1,21)
 1/ 1.00, 3.30, 5.10, 5.75, 8.30, 9.80, 11.30, 12.75, 14.15, 15.60
 2, 16.90, 18.10, 19.20, 20.95, 20.80, 21.25, 21.55, 21.55, 21.10, 19.75
 3, 17.40/
 000287 DATA (TAB(I,3),I=1,21)
 1/ 1.00, 2.20, 3.30, 4.25, 5.15, 6.00, 6.75, 7.50, 8.25, 8.95
 2, 9.65, 10.30, 10.85, 11.40, 11.85, 12.20, 12.50, 12.70, 12.70, 12.40
 3, 10.20/
 000238 DATA (TAB(I,4),I=1,21)
 1/ 1.00, 1.60, 2.20, 2.70, 3.15, 3.55, 4.00, 4.40, 4.75, 5.15
 2, 5.55, 5.90, 6.30, 6.55, 7.00, 7.35, 7.65, 7.90, 7.90, 7.60
 3, 6.50/
 000239 DATA (TAB(I,5),I=1,21)
 1/ 1.00, 1.30, 1.60, 1.85, 2.10, 2.35, 2.55, 2.75, 2.95, 3.10
 2, 3.30, 3.50, 3.65, 3.80, 3.95, 4.05, 4.15, 4.20, 4.20, 4.15
 3, 4.10/
 C
 000290 NQLT0=QLT/0.05
 000291 NQLT=NQLT+1
 000292 NQLT1=NQLT+1
 000293 RQLT=QLT/0.05-NQLT0
 000294 APRS=PRS/35.15348
 000295 NPRS=APRS
 000296 IF(NPRS.GE.1) GOTO 100
 000297 TPMLT=(TAB(NQLT1,1)-TAB(NQLT,1))+RQLT+TAB(NQLT,1)
 000298 GOTO 900
 000299 100 IF(NPRS.GE.5) GOTO 110
 000300 NPRS1=NPRS+1
 000301 VAL1=(TAB(NQLT1,NPRS)-TAB(NQLT,NPRS1))*RQLT+TAB(NQLT,NPRS)
 000302 VAL2=(TAB(NQLT1,NPRS1)-TAB(NQLT,NPRS1))*RQLT+TAB(NQLT,NPRS1)
 000303 TPMLT=(VAL2-VAL1)*(APRS-NPRS)+VAL1
 000304 GOTO 900
 000305 110 APRS=(PRS-175.7674)/49.7926
 000306 VAL1=(TAB(NQLT1,5)-TAB(NQLT,5))*RQLT+TAB(NQLT,5)
 000307 TPMLT=(1.0-VAL1)*APRS+VAL1
 000308 900 RETURN
 000309 END

 STATISTICS: 27 STEPS, PROCEDURE SIZE= 100 BYTES, PROGRAM NAME=MNTABLE , MEMBER NAME=MNTABLE
 47 LINES, PROGRAM SIZE= 1210 BYTES, DIAGNOSTICS = 0 HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92-03-16 TIME 10.41.09 PAGE 11

```

000310      SUBROUTINE NEWTON
C
C FINDING DNB-POINT BY NEWTON-RAPHSON METHOD
C
000311      REAL A(11)
000312      COMMON /INFOR/NFUP,NFDN,2048,10,AOUT(11,12),AIX(11,12)
000313      DATA EPS/1.0E-5/
C
000314      DO 5 I= 1,11
000315      A(I)= 0.0
000316      S CONTINUE
000317      DO 10 I=NFUP
000318      IF(NFDN+2-I).LE.13 AOUT(NFDN+2-I,NFDN+I)= 0.0
000319      A(I)= AIN(NFUP+2-I,NFUP+I)-AOUT(NFDN+2-I,NFDN+I)
000320      10 CONTINUE
C      WRITE(6,'(1H1)')
C      WRITE(6,'('' **** NEWTON ***** '')')
C      00 15 I=0,5
C      15 WRITE(6,'('' A('',I2,'') ='',E15.7)'') ,A(I)
000321      20 S= 0.0
000322      T= 0.0
000323      DO 30 I= NFUP,1,-1
000324      S= S+(0-A(I))
000325      T= T+0+S
000326      30 CONTINUE
000327      S= S+0-A(0)
000328      X= T-S/T
000329      IF(ABS((X1-X0)/10).LT.EPS) GO TO 40
000330      X0= X1
000331      GO TO 20
000332      40 ZONB= 11
C      WRITE(6,'('' ZDNB = '',F10.5)'') ZDNB
000333      RETURN
000334      END

```

STATISTICS: 25 STEPS, PROCEDURE SIZE= 186 BYTES, PROGRAM NAME=NEWTON , MEMBER NAME=NEWTON
 34 LINES, PROGRAM SIZE= 914 BYTES, DIAGNOSTICS = -3
 REMAINING SIZE= 4604K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.16 TIME 10.21.09 PAGE 12

```
000335      SUBROUTINE NUSOO(FC,PBY0,ONE,DMEH,UNA,NU,ARF)
C
C..NU AND ARFA OF SODIUM SIDE
C
000336      REAL NU,MYUMA
C
000337      A= 0.25 + 6.20*PBY0
000338      B= 0.007 + 0.032*PBY0
000339      C= 0.300 - 0.024*PBY0
C
000340      CALL PROPHACTC,RHOMA,MYUMA,RAHMA,CPNA,ENM
C
000341      PR= RHOMA*MYUMA=CPNA/RAHMA
000342      RE= UNA*ONE/NUYUMA
000343      PE= RE*PR
000344      NU= A + B*PE**C
000345      ARF= RAHMA*NU/ONEH
C
000346      RETURN
000347      END

STATISTICS: 13 STEPS, PROCEDURE SIZE=    492 BYTES, PROGRAM NAME=NUSOO , MEMBER NAME=NUSOO
20 LINES, PROGRAM SIZE=   1116 BYTES, DIAGNOSTICS =    0
REMAINING SIZE= 4603K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00
```

```

FORTRAN 77      V10L3I          DATE 92-03-16  TIME 10.41.09          PAGE  13

000348      SUBROUTINE PORUP(MP,DI,RF,CF,PRES,SV,GRV,RHY
1           ,MD4N,OD4P,DZD4N,DPF,DPH,DPA)
C
000349      REMLZ(VEL,DI,RHY)= VEL+DIS/RHY
C
000350      PAI= 3.141592653
000351      GRV= 9.80665
000352      FA4=(PAI*D1*D1/4.0)*10.0
000353      GFL04= GF4/FA4
000354      DZ= DZUP
000355      IF(MP.LE.DOWN) DZ= DZDN4
C...PRESSURE DROP BY FRICTION
000356      IF((QTY.LE.0.0).OR.(QTY.GE.1.0)) THEN
000357          VEL= GFL04*SV
000358          PDYN= GFL04*GFL04*SV/(2.0*GRV)
000359          XHNL= 1.0
000360          RE= REMLZ(VEL,DI,RHY)
000361          ELSE
000362              CALL SATPV(PRES,ISAT,SVV,SVL)
000363              RHY= FVISOPRES(ISAT,0.0)+SVL
000364              VEL= GFL04*SVL
000365              RE= REMLZ(VEL,DI,RHY)
000366              PDYN= GFL04*GFL04*SVL/(2.0*GRV)
000367              CALL XHTABL(QTY,PRES,XHNL)
000368          ENDIF
000369          CALL FRICF(RE,DI,RF,FRIC)
000370          DPF= PDYN*FRIC=CF*XHNL=DZ*1.0E-4
C
C...PRESSURE DROP BY HEAD
000371          DPH= (1.0/SV)*DZ*1.0E-4
C
C...PRESSURE DROP BY ACCELERATION
000372          IF(MP.EQ.1) THEN
000373              DPA= 0.0
000374              GO TO 1000
000375          ENDIF
000376          DPA= GFL04*GFL04*SV/(2.0*GRV)
000377          DPA= DPA*D1*1.0E-4
C
C...TOTAL PRESSURE DROP
000378 1000 DPT=DPF+DPA+DPH
C
000379      RETURN
000380      END

STATISTICS:   33 STEPS, PROCEDURE SIZE=    652 BYTES, PROGRAM NAME=PORUP      , MEMBER NAME=PORUP
              45 LINES, PROGRAM SIZE=  1240 BYTES, DIAGNOSTICS =     0
              REMAINING SIZE=  4694K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      V10L3I          DATE 92.03.16  TIME 10.41.09          PAGE  14

000381    C
000382    SUBROUTINE PLT(NDW,NUP,LENGTH,TNA,T4,GFLX,TT,YY,ZZ,ZZ1)
000383
000384    REAL TNA(500),LENGTH(500),T4(500),TT(4),YY(4),ZZ(10)
000385    DIMENSION YLN1(500),YLN3(500),YLN(500),CLN1(500),GFLX(500)
000386    !      ,YLN2(500)
000387    CHARACTER LONG*17,NDW*10,HFLX*21,A0*4,A1*4,A2*4
000388
000389    DATA LONG//'HEATED LENGTH (m)''/
000390    DATA NDW//'TEMPERATURE (deg.C)''/
000391    DATA HFLX//'HEAT FLUX (kcal/m2.h)''/
000392    DATA A0//'1''/
000393    DATA A1//' 10''/
000394    DATA A2//'5''/
000395    C
000396    DATA DY* 18.0
000397    DATA DY* 100.0
000398    DATA ISIZE * 13.17
000399    DATA YSIZE * 9.69
000400    C
000401    CALL PLOTS(0.0,10)
000402    C
000403    CALL NEWPEN(4)
000404    CALL PLOT(7.0,5.0,-3)
000405    CALL RECT(0.,0.,YSIZE,ISIZE,0.,3)
000406    C
000407    C...Y-AZ
000408    DO 10 I=1,4
000409    Y = FLOAT(I-1)*0.2+225
000410    CALL NEWPEN(1)
000411    IF((I.EQ.1).OR.((I.EQ.10).OR.(I.EQ.21).
000412    I .OR.(I.EQ.31).OR.((I.EQ.+1))) THEN
000413    CALL PLOT(0.,Y,3)
000414    CALL PLOT(13.17,Y,2)
000415    CALL DASHP(13.17,Y,0,1)
000416    ANUM = FLOAT(I*10+100)
000417    AXUM2= FLOAT(2*I-2)/10.0
000418    CALL NEWPEN(4)
000419    CALL NUMBER(1.6,Y-0.125,0.30,ANUM,0.,1)
000420    CALL NUMBER(13.32,Y-0.125,0.30,ANUM2,0.,1)
000421    ELSEIF((I.EQ.6).OR.((I.EQ.15).OR.(I.EQ.25)
000422    I .OR.(I.EQ.36))) THEN
000423    CALL NEWPEN(2)
000424    CALL PLOT(0.,Y,3)
000425    CALL PLOT(0.,20,Y,2)
000426    CALL PLOT(13.17,Y,3)
000427    CALL PLOT(12.97,Y,2)
000428    ELSE
000429    CALL NEWPEN(2)
000430    CALL PLOT(0.,Y,3)
000431    CALL PLOT(0.,10,Y,2)
000432    CALL PLOT(13.17,Y,3)
000433    CALL PLOT(13.07,Y,2)
000434    ENDIF
000435    10 CONTINUE
000436    C
000437    C...E-AZ
000438    TD = 0.1
000439    DO 20 I=0,130
000440    CALL NEWPEN(1)
000441    I = FLOAT(I)*0.07316666
000442    IF((I.EQ.50).OR.((I.EQ.100).OR.(I.EQ.150))) THEN
000443    CALL PLOT(0.,3)
000444    CALL PLOT(13.69,0,1)
000445    CALL DASHP(13.69,0,1)
000446    ELSEIF((I.EQ. 5).OR.((I.EQ.15).OR.((I.EQ.25).OR.((I.EQ.35).OR.
000447    I .(I.EQ.45).OR.((I.EQ.55).OR.((I.EQ.55).OR.((I.EQ.75).OR.
000448    Z .(I.EQ.95).OR.((I.EQ.95).OR.((I.EQ.105).OR.((I.EQ.115).OR.
000449    J .(I.EQ.125).OR.((I.EQ.135).OR.((I.EQ.145).OR.((I.EQ.155).OR.
000450    K .(I.EQ.165).OR.((I.EQ.175)))) THEN
000451    CALL NEWPEN(2)
000452    CALL PLOT(0.,3)
000453    CALL PLOT(0.,15,2)
000454    CALL PLOT(13.69,3)
000455    CALL PLOT(13.54,2)
000456    ELSEIF((I.EQ.10).OR.((I.EQ.30).OR.((I.EQ.50).OR.((I.EQ.70).OR.
000457    I .(I.EQ.60).OR.((I.EQ.70).OR.((I.EQ.30).OR.((I.EQ.90).OR.
000458    2 .(I.EQ.110).OR.((I.EQ.120).OR.((I.EQ.130).OR.((I.EQ.140).OR.
000459    3 .(I.EQ.160).OR.((I.EQ.170)))) THEN
000460    CALL NEWPEN(2)
000461    CALL PLOT(0.,3)
000462    CALL PLOT(0.,20,2)
000463    CALL PLOT(13.69,3)
000464    CALL PLOT(13.54,2)
000465    ELSE
000466    CALL NEWPEN(2)
000467    CALL PLOT(0.,3)
000468    CALL PLOT(0.,10,2)
000469    CALL PLOT(13.69,3)

```

```

FORTRAN 77      VIO131    PLT      DATE 92.03.16  TIME 10.41.09          PAGE 15
000448      CALL PLOT(X,9.59,3)
000449      ENDIF
000450      IF((1.E0.0).OR.(1.E0.50).OR.(1.E0.100)
1     ,OR.(1.E0.150).OR.(1.E0.180)) THEN
000451      ANUM = FLOAT(I)+10
000452      CALL NEWOPEN(4)
000453      CALL NUMBER(X+0.1,-0.5,0.30,ANUM,0.,1)
000454      ENDIF
000455      20 CONTINUE
C
C...DATA CONVERSION
000456      NTOTL= NDNW*NUP
000457      CALL NEWOPEN(4)
000458      CALL SYMBOL(3.0,-1.4,0.30,LONG,0.0,17)
000459      CALL SYMBOL(-2.1,1.0,0.30,ND00,90.0,19)
000460      CALL SYMBOL(14.82,1.0,0.30,NFL1,90.0,21)
000461      CALL SYMBOL(13.53,10.09,0.20,A0,0.0,1)
000462      CALL SYMBOL(13.23,10.09,0.30,A1,0.0,1)
000463      CALL SYMBOL(14.51,10.24,0.20,A2,0.0,1)
000464      DO 30 J=0,NTOTL+2
000465      XLN(J)= LENIN(J)*XSIZE/01
000466      YLN1(J)= (IN2(J)-200.0)*0.024225
000467      YLN2(J)= (IN2(J)-200.0)*0.024225
000468      30 CONTINUE
000469      DO 35 I=1,NTOTL
000470      YLN3(I)= (LENTH(I)+LENH(I+1))/2.0*XSIZE/01
000471      YLN3(I)= QFL(I)*C0.121125E-4
000472      35 CONTINUE
C
C...SODIUM TEMPERATURE
000473      CALL NEWOPEN(2)
000474      CALL SHOOT(XLN(I),YLN1(I),3)
000475      DO 40 I=2,NDNW+1
000476      CALL SHOOT(XLN(I),YLN1(I),2)
000477      40 CONTINUE
000478      CALL SHOOT(XLN(NDNW+1),YLN1(NDNW+1),3)
000479      DO 50 I=NDNW+2,NTOTL+1
000480      CALL SHOOT(XLN(I),YLN1(I),2)
000481      50 CONTINUE
C
C...WATER TEMPERATURE
000482      CALL NEWOPEN(3)
000483      CALL SHOOT(XLN(I),YLN2(I),3)
000484      DO 55 I=2,NTOTL+1
000485      CALL SHOOT(XLN(I),YLN2(I),2)
000486      55 CONTINUE
C
C...HEAT FLUX
000487      CALL SHOOT(XLN3(I),YLN3(I),3)
000488      DO 60 I=2,NDNW
000489      CALL SHOOT(XLN3(I),YLN3(I),2)
000490      60 CONTINUE
000491      CALL SHOOT(XLN3(NDNW),YLN3(NDNW),3)
000492      DO 70 I=NDNW+1,NTOTL
000493      CALL SHOOT(XLN3(I),YLN3(I),2)
000494      70 CONTINUE
C
C...PLOT EXPERIMENTAL DATA
000495      CALL NEWOPEN(3)
000496      DO 80 I=1,41
000497      XIT=IT(I)*XSIZE/01
000498      YYN=(YY(I)-200.0)*0.024225
000499      CALL SYMBOL(XIT,YYN,0.25,1,0.0,-1)
000500      80 CONTINUE
000501      XIT= 18.0*XSIZE/01
000502      YYN=(ZI(I)-200.0)*0.024225
000503      CALL SYMBOL(XIT,YYN,0.25,2,0.0,-1)
000504      DO 90 I=1,10
000505      IT= 0.0
000506      YYN=(ZI(I)-200.0)*0.024225
000507      CALL SYMBOL(IT,YYN,0.25,2,0.0,-1)
000508      90 CONTINUE
C
000509      CALL PLOT(0.0,0.0,7771)
C
000510      999 CONTINUE
000511      RETURN
000512      END

STATISTICS: 132 STEPS, PROCEDURE SIZE= 2350 BYTES, PROGRAM NAME=PLT      , MEMBER NAME=PLT
166 LINES, PROGRAM SIZE= 14713 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4570K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      V10L31          DATE 22.03.15  TIME 10.41.09          PAGE  16

000513      SUBROUTINE PLT2(NDN,NUP,LENGTH,TX,TY,PLT,XI,YI,ZI,TUBT)
C
000514      REAL TX(500),LENGTH(500),TY(500),XI(43),YI(43),ZI(:)
000515      DIMENSION YLN1(500),YLN2(500),YLN3(500),TLN1(500),TLN2(500),
C           ,YLN3(500),YLN4(500),TUBT(500)
000516      CHARACTER LONG*17,NDN0*19,HFL1*21,ND*1,AL*4,AZ*4
C
000517      DATA LONG//'HEATED LENGTH (M)''/
000518      DATA NDN0//TEMPERATURE (DEG.C)''/
000519      DATA HFLX//HEAT FLUX (XCAL/M2.H)''/
000520      DATA AD//''1''/
000521      DATA AI//''10''/
000522      DATA A2//''5''/
C
000523      DATA X1* 19.0
000524      DATA Y1* 300.0
000525      XSIZE = 13.12
000526      YSIZE = 9.69
C
000527      CALL PLOTS(0,0,10)
C
000528      * CALL NEWPEN(4)
000529      CALL PLOT(7.0,5.0,-3)
000530      CALL RECT(0.,0.,YSIZE,XSIZE,0.,1)
C
C...Y-11
000531      DO 10 I=1,41
000532      Y = FLO4(I-1)*0.24225
000533      CALL NEWPEN(1)
000534      IF((I.EQ.1).OR.((I.EQ.11).OR.(I.EQ.21).
C           ,OR.(I.EQ.31).OR.(I.EQ.41))) THEN
000535      CALL PLOT(0.,Y,1)
000536      CALL PLOT(13.17,Y,2)
000537      CALL DASHP(13.17,Y,0,1)
000538      ANUM = FLO4(I*10+199)
000539      ANUM2= FLO4(I*2*-23/19.0
000540      CALL NEWPEN(1)
000541      CALL NUMBER(-1.6,Y-0.125,0.30,ANUM,0.,1)
000542      CALL NUMBER(13.32,Y-0.125,0.30,ANUM2,0.,1)
000543      ELSEIF((I.EQ.6).OR.(I.EQ.18).OR.(I.EQ.25).
C           ,OR.(I.EQ.36)) THEN
000544      CALL NEWPEN(2)
000545      CALL PLOT(0.,Y,1)
000546      CALL PLOT(0.20,Y,2)
000547      CALL PLOT(13.17,Y,3)
000548      CALL PLOT(12.97,Y,2)
000549      ELSE
000550      CALL NEWPEN(2)
000551      CALL PLOT(0.,Y,1)
000552      CALL PLOT(13.17,Y,2)
000553      CALL PLOT(13.07,Y,3)
000554      ENDIF
000555      10 CONTINUE
C
C...Y-12
000556      TO = 0.1
000557      DO 20 I=0,10
000558      CALL NEWPEN(1)
000559      I = FLO4(I)*0.07316666
000560      IF((I.EQ.50).OR.((I.EQ.100).OR.(I.EQ.150))) THEN
000561      CALL PLOT(1.,0.,3)
000562      CALL PLOT(1.,9.39,2)
000563      CALL DASHP(1.,9.69,0,1)
000564      ELSEIF((I.EQ. 51.08.(I.EQ.15).OR.(I.EQ.25).OR.(I.EQ.35).OR.
C           , (I.EQ.45).OR.(I.EQ.55).OR.(I.EQ.55).OR.(I.EQ.75).OR.
C           , (I.EQ.55).OR.(I.EQ.95).OR.(I.EQ.105).OR.(I.EQ.115).OR.
C           , (I.EQ.125).OR.(I.EQ.135).OR.(I.EQ.145).OR.(I.EQ.155).OR.
C           , (I.EQ.165).OR.(I.EQ.175))) THEN
000565      CALL NEWPEN(2)
000566      CALL PLOT(1.,0.,3)
000567      CALL PLOT(1.,0.15,2)
000568      CALL PLOT(1.,9.39,3)
000569      CALL PLOT(1.,9.54,2)
000570      ELSEIF((I.EQ.101.0R.(I.EQ.201.0R.(I.EQ.301.0R.(I.EQ.401.0R.
C           , (I.EQ.601.0R.(I.EQ.701.0R.(I.EQ.301.0R.(I.EQ.701.0R.
C           , (I.EQ.1101.0R.(I.EQ.1201.0R.(I.EQ.1301.0R.(I.EQ.1401.0R.
C           , (I.EQ.1601.0R.(I.EQ.1701.0R.
000571      CALL NEWPEN(2)
000572      CALL PLOT(1.,0.,3)
000573      CALL PLOT(1.,0.20,2)
000574      CALL PLOT(1.,9.54,3)
000575      ELSE
000576      CALL NEWPEN(2)
000577      CALL PLOT(1.,0.,3)
000578      CALL PLOT(1.,0.10,3)
000579      CALL PLOT(1.,9.54,3)

```

```

FORTRAN 77      V10LJ1    PLT2      DATE 92.02.16  TIME 10.41.09
PAGE   17

000530      CALL PLOT(X,9.59,3)
000531      ENDIF
000532      IF((1.E9,0).OR.(1.E9,50).OR.(1.E9,100)
1..OR.(1.E9,150).OR.(1.E9,130)) THEN
000533          ANUM = FLOAT(I)*4D
000534          CALL NEWPER(4)
000535          CALL NUMBER(I-0.1,-0.5,0.30,ANUM,0.,1)
000536          ENDIF
000537      20 CONTINUE
C...DATA CONVERSION
000538      NTOTL= NOWN*NUP
000539      CALL NEWPER(4)
C      CALL SYMBOL(3.0,-1.4,0.30,LONG,0.0,17)
C      CALL SYMBOL(-2.1,1.0,0.30,0N00,90.0,19)
C      CALL SYMBOL(14.82,1.0,0.30,HFL,90.0,21)
000540      CALL SYMBOL(13.53,10.09,0.29,40,0.0,11)
000541      CALL SYMBOL(13.23,10.09,0.39,41,0.0,41)
000542      CALL SYMBOL(14.51,10.24,0.20,42,0.0,11)
000543      DO 30 J=0,NTOTL+2
000544      ILN(J)= LENGTH(J)*SIZE/01
000545      YLN1(J)= (TNA(J)-200.0)*0.02+225
000546      YLN2(J)= (TV(J)-200.0)*0.02+225
000547      30 CONTINUE
000548      DO 35 I=1,NTOTL
000549      XLN3(I)=((LENTH(I)+LENTH(I+1))/2.0)*SIZE/01
000550      YLN3(I)= OFLC(I)*(0.121125E-4)
000551      YLN4(I)= (FUBI(I)-200.0)*0.02+225
000552      35 CONTINUE
C...SOODIUM TEMPERATURE
000553      CALL NEWPER(2)
000554      CALL SMOOTH(XLNH(1),YLNH(1),3)
000555      DO 40 I=2,NOWN+1
000556      CALL SMOOTH(XLNH(1),YLNH(1),2)
000557      40 CONTINUE
000558      CALL SMOOTH(XLNH(NOWN+1),YLNH(NOWN+1),3)
000559      DO 50 I=NOWN+2,NTOTL+1
000560      CALL SMOOTH(XLNH(1),YLNH(1),2)
000561      50 CONTINUE
C...WATER TEMPERATURE
000562      CALL NEWPER(3)
000563      CALL SMOOTH(XLN(1),YLN2(1),3)
000564      DO 55 I=2,NTOTL+1
000565      CALL SMOOTH(XLN(1),YLN2(1),2)
000566      55 CONTINUE
C...HEAT FLUX
000567      CALL NEWPER(3)
000568      CALL SMOOTH(XLN3(1),YLN3(1),3)
000569      DO 60 I=2,NOWN
000570      CALL SMOOTH(XLN3(1),YLN3(1),2)
000571      60 CONTINUE
000572      CALL SMOOTH(XLN3(NOWN),YLN3(NOWN),3)
000573      DO 70 I=NOWN+1,NTOTL
000574      CALL SMOOTH(XLN3(1),YLN3(1),2)
000575      70 CONTINUE
C...TUBE INNER SURFACE TEMP.
000576      DO 72 I=1,NOWN+1,2
000577          CALL SMOOTH(XLNJ(I),YLN4(I),3)
000578          CALL SMOOTH(XLNJ(I-1),YLN4(I-1),2)
000579      72 CONTINUE
000580      DO 75 I=NOWN+1,NTOTL-1,2
000581          CALL SMOOTH(XLN3(I),YLN4(I),3)
000582          CALL SMOOTH(XLN3(I+1),YLN4(I+1),2)
000583      75 CONTINUE
C...PLOT EXPERIMENTAL DATA
000584      CALL NEWPER(3)
000585      DO 80 I=2,10
000586      ITT=I*((1)+SIZE/01
000587      YYN=(YY(I)-200.0)*0.02+225
000588      CALL SYMBOL(ITT, YYN, 0.25, 1, 0.0, -1)
000589      80 CONTINUE
000590      ITT=15.0*(SIZE/01
000591      YYN=(ZZ(I)-200.0)*0.02+225
000592      CALL SYMBOL(ITT, YYN, 0.25, 2, 0.0, -1)
000593      DO 90 I=1,10
000594      ITT= 0.0
000595      YYN=(ZZ(I)-200.0)*0.02+225
000596      CALL SYMBOL(ITT, YYN, 0.25, 2, 0.0, -1)
000597      90 CONTINUE
C      CALL PLOT(0,0,0,999)
C
000614      499 CONTINUE
000650      RETURN

```

FORTRAN 77 VIOL31 PLT2 DATE 92.03.18 TIME 10.41.09 PAGE 13
000651 END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(PLT2),FLAG(1),OPTIMIZE(2)
JZKS23I-1 NAME:HFILT THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZKS23I-1 NAME:LONG THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZKS23I-1 NAME:RAND THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS: 139 STEPS, PROCEDURE SIZE= 2700 BYTES, PROGRAM NAME=PLT2 , MEMBER NAME=PLT2
177 LINES, PROGRAM SIZE= 17000 BYTES, DIAGNOSTICS = 3
REMAINING SIZE= 456K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 Y10E31 DATE 92.03.16 TIME 10.41.09 PAGE 19

```

000652      SUBROUTINE PRINT(NB,NE)
000653      COMMON /A47/ H,M,X04TA(100),Y04TA(100),S4(21),SY(11),A(11,12)
000654      I,EXPECT(100)
C      CHARACTER*B ALPH(11)
C      DATA ALPH/ 'A'/'*8T', 'C'*2, 'D'*3, 'E'*4,
C      'F'*4, 'G'*6, 'H'*7, 'I'*8, 'L'*9, 'K'*10/
C      WRITE(6,100)(ALPH(I),I=1,N+1)
C      WRITE(6,200)(ALPH((I+H+2)*(Z+2)),A(I,H+2),I=H+1,L-1)
C      WRITE(6,'('' N ''',I3,''' M ''',I3)'') N,M
C      WRITE(6,'('' NB ''',I3,''' NE ''',I3)') NB,NE
000654      DO 10 I=NB,NE
000655      EXPECT(I)=CALDAT(X0DATA(I)),Y0DATA(I),EXPECT(I)
C      WRITE(6,400)(X0DATA(I),Y0DATA(I),EXPECT(I))
000656      10 CONTINUE
000657      100 FORMAT(1H ,11A8)
000658      200 FORMAT(1H ,A1,* 1,E20.7)
C 300 FORMAT(1H ,21I)
000659      400 FORMAT(1H ,3F12.5)
000660      RETURN
000661      END

```

STATISTICS: 10 STEPS, PROCEDURE SIZE= 100 BYTES, PROGRAM NAME=PRINT , MEMBER NAME=PRINT
 20 LINES, PROGRAM SIZE= 476 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE= 4608K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77      VIOLET           DATE 92.03.16  TIME 10.41.09
PAGE  20

C
000662      SUBROUTINE PRNT(PIN,POUT,PI,DNE,ONEH,NDWN,NUP,TNDAT,TV
1          ,GPN,GFN,GFNS,GFNL,EN,EW,OFNL,SKW,WNK,TLOSS
2          ,ZDNB,ZDNB)
C
000663      REAL PI(S90),TNDAT(41),TV(S90),EN(S90),EW(S90),OFNL(S90)
C
000664      NTOTL = NUP+NDWN
000665      GFN= GFN*2.6
000666      GFN= GFN*3.6
000667      EN= EN*NTOTL+1*4.137
000668      EN= EN(1)*4.137
000669      EW= EW(1)*4.137
000670      EW= EW*NTOTL+1*4.137
000671      SKCH= SKW*3600.0*2.338E-1
000672      WCKH= WKW*3600.0*2.338E-1
000673      TLOSS= TLOSS*3600.0*2.338E-1
000674      OFNL= OFNL*(NDWN)*1.163
000675      DEP= PIN-POUT
000676      DCALP= PI(1)-PI(NTOTL+1)

C...PRINT OUT SUMMARY
000677      WRITE(6,'(1H1)')
000678      WRITE(6,'('' **** PROGRAM AND JCL ****'')
000679      WRITE(6,'('' * PROGRAM : P001011.E1INV.FORTE'')
000680      WRITE(6,'('' * JCL   : P001011.E1INV.CNTL'')
000681      WRITE(6,'('' * EXP.DATA: P001011.DATA(-----)'')

C
C...PRINT OUT IN FT06
C....SODIUM
000682      WRITE(6,'(/*****')
000683      WRITE(6,'('' *  SODIUM   '')')
000684      WRITE(6,'('' *****'')
000685      WRITE(6,'('' * SODIUM SIDE '')')
000686      WRITE(6,'('' *      HYDRAULIC DIAMETER''
1          ,F11.5,'' ( M )'')* DNE
000687      WRITE(6,'('' *      THERMAL DIAMETER ''
1          ,F11.5,'' ( M )'')* ONEH
000688      WRITE(6,'('' *      FLOWRATE   ''
1          ,F11.5,'' (T/H)''',F11.5,'' (L/H)'''
2          ,F11.5,'' (KG/M2.S)''') GFN,GFNL,GFNS
000689      WRITE(6,'('' *      INLET TEMPERATURE ''
1          ,F11.5,'' (DEG.C)''')* TNDAT(41)
000690      WRITE(6,'('' *      ENTHALPY   ''
1          ,F11.5,'' (KCAL/KG)''',F11.5,
2          ,'' (KJ/KG)''') EH(NTOTL+1),EW1
000691      WRITE(6,'('' *      OUTLET TEMPERATURE''
1          ,F11.5,'' (DEG.C)''') TNDAT(1)
000692      WRITE(6,'('' *      ENTHALPY   ''
1          ,F11.5,'' (KCAL/KG)''',F11.5,
2          ,'' (KJ/KG)''') EW(1),EW0
000693      WRITE(6,'('' *      HEAT EXCHANGED ''
1          ,IPE12.4,'' ((CAL/H))'',IPE12.4,'' ((W))''') SKCH,SKW
000694      WRITE(6,'('' *      HEAT LOSS   ''
1          ,F11.5,'' (KCAL/H)''',F11.5,'' (W)''') TLOSS,TLOSS
C....WATER/VAPOR
000695      WRITE(6,'('' * WATER/VAPOR SIDE '')
000696      WRITE(6,'('' *      FLOWRATE   ''
1          ,F11.5,'' (T/H)''',F11.5,'' (KG/M2.S)''') GPN,GFNS
000697      WRITE(6,'('' *      INLET TEMPERATURE''
1          ,F11.5,'' (DEG.C)''') T(1)
000698      WRITE(6,'('' *      ENTHALPY   ''
1          ,F11.5,'' (KCAL/KG)''',F11.5,
2          ,'' (KJ/KG)''') EW(1),EW1
000699      WRITE(6,'('' *      OUTLET TEMPERATURE''
1          ,F11.5,'' (DEG.C)''') T(NTOTL+1)
000700      WRITE(6,'('' *      ENTHALPY   ''
1          ,F11.5,'' (KCAL/KG)''',F11.5,
2          ,'' (KJ/KG)''') EW(NTOTL+1),EW0
000701      WRITE(6,'('' *      HEAT EXCHANGED ''
1          ,IPE12.4,'' ((CAL/H))'',IPE12.4,'' ((W))''') SKCH,SKW
000702      WRITE(6,'('' *      PRESSURE   ''
000703      WRITE(6,'('' *      INLET   ''
1          ,F11.5,'' (ATA)''') PIN
000704      WRITE(6,'('' *      OUTLET   ''
1          ,F11.5,'' (ATA)''') POUT
000705      WRITE(6,'('' *      PRESSURE DROP   ''
000706      WRITE(6,'('' *      EXPERIMENT   ''
1          ,F11.5,'' (ATA)''') DEP
000707      WRITE(6,'('' *      CALCULATION   ''
1          ,F11.5,'' (ATA)''') DCALP
000708      WRITE(6,'('' *      DNE POINT   ''
000709      WRITE(6,'('' *      LENGTH   ''
1          ,F11.5,'' ( M )'') ZDNB
000710      WRITE(6,'('' *      QUALITY   ''
1          ,F11.5,'' ( - )''') ZDNB
000711      WRITE(6,'('' *      HEAT FLUX   ''
1          ,IPE12.4,'' ((CAL/M2.H))'

```

```

FORTRAN 77      V10L31   PRNT      DATE 92.03.16 TIME 10.41.09      PAGE  21
      2      ,IPE12.4,'(4/H2)''')*) OFLX(NOUN),OFLV
C
C...PRINT OUT IN F10
C...SODIUM
000712  WRITE(10,('' SODIUM SIDE '''))
000713  WRITE(10,('' HYDRAULIC DIAMETER'')
1     ,F11.5,'(A)''') DNE
000714  WRITE(10,('' THERMAL DIAMETER ''
1     ,F11.5,'(A)''') DNTH
000715  WRITE(10,('' FLOWRATE ''
1     ,F11.5,'(T/H)''',F11.5,'(L/N)''
2     ,F11.5,'(KG/M2.S)''') GFM,GFNL,GFNS
000716  WRITE(10,('' INLET TEMPERATURE ''
1     ,F11.5,'(DEG.C)''') TNDAT(4)
000717  WRITE(10,('' ENTHALPY ''
1     ,F11.5,'(KCAL/KG)',F11.5,
2     ,'(KJ/KG)''') ENK(TDOL(1)),ENH
000718  WRITE(10,('' OUTLET TEMPERATURE ''
1     ,F11.5,'(DEG.C)''') TNDAT(1)
000719  WRITE(10,('' ENTHALPY ''
1     ,F11.5,'(KCAL/KG)',F11.5,
2     ,'(KJ/KG)''') EN(1),ENO
000720  WRITE(10,('' HEAT EXCHANGED ''
1     ,IPE12.4,'(KCAL/H)',IPE12.4,'(KJ)''') SOKCH,SOKV
000721  WRITE(10,('' HEAT LOSS ''
1     ,F11.5,'(KCAL/H)',F11.5,'(KJ)''') FLOSKH,FLOSS
C...WATER/VAPOR
000722  WRITE(10,('' WATER/VAPOR SIDE ''')
000723  WRITE(10,('' FLOWRATE ''
1     ,F11.5,'(T/H)''',F11.5,'(KG/M2.S)''') GFW,GFWS
000724  WRITE(10,('' INLET TEMPERATURE ''
1     ,F11.5,'(DEG.C)''') TW(1)
000725  WRITE(10,('' ENTHALPY ''
1     ,F11.5,'(KCAL/KG)',F11.5,
2     ,'(KJ/KG)''') EW(1),EW1
000726  WRITE(10,('' OUTLET TEMPERATURE ''
1     ,F11.5,'(DEG.C)''') TW(CHEDOL+1)
000727  WRITE(10,('' ENTHALPY ''
1     ,F11.5,'(KCAL/KG)',F11.5,
2     ,'(KJ/KG)''') EW(CHEDOL+1),EW0
000728  WRITE(10,('' HEAT EXCHANGED ''
1     ,IPE12.4,'(KCAL/H)',IPE12.4,'(KJ)''') SOKCH,SOKV
000729  WRITE(10,('' PRESSURE ''
000730  WRITE(10,('' INLET ''
1     ,F11.5,'(ATA)''') PIN
000731  WRITE(10,('' OUTLET ''
1     ,F11.5,'(ATA)''') POUT
000732  WRITE(10,('' PRESSURE DROP ''
000733  WRITE(10,('' EXPERIMENT ''
1     ,F11.5,'(ATA)''') DEXP
000734  WRITE(10,('' CALCULATION ''
1     ,F11.5,'(ATA)''') DCALP
000735  WRITE(10,('' DNB POINT ''
000736  WRITE(10,('' LENGTH ''
1     ,F11.5,'(M)''') ZONE
000737  WRITE(10,('' QUALITY ''
1     ,F11.5,'( - )''') ZONE
000738  WRITE(10,('' HEAT FLUX ''
1     ,IPE12.4,'(KCAL/M2.H)''')
2     ,IPE12.4,'(W/M2)''') OFLX(NOUN),OFLV
C
000739  RETURN
000740  END

STATISTICS:  79 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1296 BYTES, PROGRAM NAME=PRNT      , MEMBER NAME=PRNT
151 LINES, PROGRAM SIZE= 19356 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4584K BYTES,                               HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V19L31 DATE 92.03.16 TIME 10.41.09 PAGE 22

```

C
000741      SUBROUTINE PRNTD(PF,Z,N2,V,NUP,EN,EW,DFLT
1           ,TFN,Tf,TUBT0,TUBT1,TUBT2,TUBT3,NUH1,NUH2,ARFH1,ARFH2)
C
C...PRINT IN DETAIL
C
000742      REAL PF(500),Z(500),TFN(500),Tv(500)
1           ,TUBT0(500),TUBT1(500),TUBT2(500),TUBT3(500)
2           ,NUH1(500),NUH2(500),ARFH1(500),ARFH2(500)
3           ,EN(500),EW(500),DFL(500)
C
000743      XTOFL= NUP+NDW
C
000744      WRITE(6,'(1H1)')
000745      WRITE(6,'(1H1)      I      Z(I)      TFN(I)      Tv(I)    ')
1           ,''      QFL(I)      EW(I)      EN(I)    ''
2           ,''      QX(I)      PX(I)    ''
000746      DO 8000 I=1,XTOFL+2
000747      WRITE(6,9000) I,Z(I),TFN(I),Tv(I),QFL(I)
1           ,EW(I),EN(I),QX(I),PX(I)
000748 8000 CONTINUE
C
000749      WRITE(6,'(1H1)')
000750      WRITE(6,'(1H1)      I      TFN(I)      TUBT0(I)      TUBT1(I)    ')
1           ,''      TUBT2(I)      TUBT3(I)      Tv(I)    ''
000751      DO 8010 I=1,XTOFL+1
000752      WRITE(6,9010) I,TFN(I),TUBT0(I),TUBT1(I),TUBT2(I),TUBT3(I),Tv(I)
000753 8010 CONTINUE
000754      WRITE(6,'(1H1)')
000755      WRITE(6,'(1H1)      I      NUH1(I)      ARFH1(I)      NUH2(I)    ')
1           ,''      ARFH2(I)    ''
000756      DO 8020 I=1,XTOFL+1
000757      ARFH1(I)= ARFH2(I)+3500.0
000758      WRITE(6,9020) I,NUH1(I),ARFH1(I),NUH2(I),ARFH2(I)
000759 8020 CONTINUE
C
000760      WRITE(10,'(1H1)')
000761      WRITE(10,'(1H1)      I      Z(I)      TFN(I)      Tv(I)    ')
1           ,''      QFL(I)      EW(I)      EN(I)    ''
2           ,''      QX(I)      PX(I)    ''
000762      DO 8030 I=1,XTOFL+1
000763      WRITE(10,9000) I,Z(I),TFN(I),Tv(I),QFL(I)
1           ,EW(I),EN(I),QX(I),PX(I)
000764 8030 CONTINUE
000765      WRITE(10,'(1H1)')
000766      WRITE(10,'(1H1)      I      TFN(I)      TUBT0(I)      TUBT1(I)    ')
1           ,''      TUBT2(I)      TUBT3(I)      Tv(I)    ''
000767      DO 8040 I=1,XTOFL+1
000768      WRITE(10,9010) I,TFN(I),TUBT0(I),TUBT1(I),TUBT2(I),
1           ,TUBT3(I),Tv(I)
000769 8040 CONTINUE
000770      WRITE(10,'(1H1)')
000771      WRITE(10,'(1H1)      I      NUH1(I)      ARFH1(I)      NUH2(I)    ')
1           ,''      ARFH2(I)    ''
000772      DO 8050 I=1,XTOFL+1
000773      ARFH1(I)= ARFH2(I)
000774      WRITE(10,9020) I,NUH1(I),ARFH1(I),NUH2(I),ARFH2(I)
000775 8050 CONTINUE
C
000776      9000 FORMAT(2I,14.11,5(1PE12.5,1X))
000777      9010 FORMAT(2I,14.11,5(1PE12.5,1O))
000778      9020 FORMAT(2I,14.11,5(1PE12.5,1O))
C
000779      RETURN
000780      END
STATISTICS: 40 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1204 BYTES, PROGRAM NAME=PRNTD , MEMBER NAME=PRNTD
65 LINES, PROGRAM SIZE= 3960 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4590K BYTES. HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.16 TIME 10.41.09 PAGE 23
 000731 SUBROUTINE PROPNKA(TC,RHOMA,XYUNA,RAMNA,CPNA,ENTNA)
 C
 C..SODIUM PROPERTIES FROM POPAI-6
 C
 000732 REAL XYUNA
 000733 FR= TC + 273.15
 C
 C..DENSITY (KG/M3)
 000734 RHOMA= 950.1 - 0.22976*TC - 1.180E-5*TC**2.0
 1 + 5.638E-9*TC**3.0
 C
 C..KINETIC VISCOSITY (M2/S)
 000735 RHO= RHOMA/1000.0
 000736 IF(TC.LE.500.0) THEN
 000737 XYUNA= 0.1235*RHO**((1.0/3.0)*EXP(697.0*RHO/TK)+1.0E-3/RHOMA
 000738 ELSE
 000739 XYUNA= 0.0851*RHO**((1.0/3.0)*EXP(1040.0*RHO/TX)+1.0E-3/RHOMA
 000740 ENDIF
 C
 C..RAMNA (KCAL/M.S.C)
 000741 RAMNA= (79.925 - 4.9947E-2*TC + 1.0084E-5*TC**2.0)/3600.0
 C
 C..CPNA (KCAL/XG.C)
 000742 CPNA = 0.34322 + 1.3869E-3*TC + 1.1054E-7*TC**2.0
 C
 C..ENTNA (KCAL/KG)
 000743 ENTNA= -32.9449 + 0.34322*TC + 6.9345E-5*TC**2.0
 1 + 3.6847E-8*TC**3.0
 C
 000744 RETURN
 000745 END

 STATISTICS: 15 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1606 BYTES, PROGRAM NAME=PROPNKA , MEMBER NAME=PROPNKA
 31 LINES, PROGRAM SIZE= 1514 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE= 1606K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.15 TIME 10.41.09 PAGE 24
 000796 SUBROUTINE R5IN(NPOINT,NOLN,NUP,PSGIN,PSGOUT,GFN,TIN,GC
 1 ,SF41,TOUT,INDAT)
 C
 000797 REAL GF41(10),TOUT(10),INDAT(10)
 000798 CHARACTER*30 CHAR
 C
 000799 REWIND 5
 000800 WRITE(5,'(I1)')
 000801 S READ(5,1000,END=9) CHAR
 000802 WRITE(5,1010) CHAR
 000803 GO TO 5
 000804 1000 FORM41(A80)
 000805 1010 FORMAT(2X,A80)
 C
 000806 9 REWIND 5
 000807 10 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000808 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 10
 000809 BACKSPACE 5
 000810 READ(5,1100) NPOINT,NOLN,NUP
 000811 1100 FORMAT(3I10)
 C
 000812 20 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000813 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 20
 000814 BACKSPACE 5
 000815 READ(5,1200) PSGIN,PSGOUT,GFN,TIN,GC
 000816 1200 FORMAT(6F10.3,IPE10.3)
 C
 000817 30 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000818 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 30
 000819 BACKSPACE 5
 000820 READ(5,1300) (GF41(I),I=1,5)
 000821 35 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000822 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 35
 000823 BACKSPACE 5
 000824 READ(5,1300) (GF41(I),I=6,10)
 000825 1300 FORMAT(5(IPE10.3))
 C
 000826 40 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000827 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 40
 000828 BACKSPACE 5
 000829 READ(5,1400) (TOUT(I),I=1,5)
 000830 45 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000831 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 45
 000832 BACKSPACE 5
 000833 READ(5,1400) (TOUT(I),I=6,10)
 000834 1400 FORMAT(5F10.3)
 C
 000835 50 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000836 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 50
 000837 BACKSPACE 5
 000838 READ(5,1500) INDAT(1)
 000839 51 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000840 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 51
 000841 BACKSPACE 5
 000842 READ(5,1600) (INDAT(I),I=2,6)
 000843 52 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000844 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 52
 000845 BACKSPACE 5
 000846 READ(5,1700) (INDAT(I),I=7,9)
 000847 53 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000848 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 53
 000849 BACKSPACE 5
 000850 READ(5,1800) INDAT(10)
 000851 54 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000852 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 54
 000853 BACKSPACE 5
 000854 READ(5,1900) (INDAT(I),I=11,13)
 000855 55 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000856 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 55
 000857 BACKSPACE 5
 000858 READ(5,1900) INDAT(14)
 000859 56 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000860 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 56
 000861 BACKSPACE 5
 000862 READ(5,1600) (INDAT(I),I=15,19)
 000863 57 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000864 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 57
 000865 BACKSPACE 5
 000866 READ(5,1500) INDAT(20)
 000867 58 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000868 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 58
 000869 BACKSPACE 5
 000870 READ(5,1700) (INDAT(I),I=21,23)
 000871 59 READ(5,1000,END=9999) CHAR
 000872 IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 59
 000873 BACKSPACE 5
 000874 READ(5,1500) INDAT(24)
 000875 60 READ(5,1000,END=9999) CHAR

PAGE 25

```

FORTRAN ??      VIO131    RDIN      DATE 92.03.16  TIME 10.41.09

000376  IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 60
000377  BACKSPACE 5
000378  READ(5,1600) (IN04T(I),I=25,29)
000379  61 READ(5,1000,END=9999) CHAR
000380  IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 61
000381  BACKSPACE 5
000382  READ(5,1700) (IN04T(I),I=30,32)
000383  62 READ(5,1000,END=9999) CHAR
000384  IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 62
000385  BACKSPACE 5
000386  READ(5,1700) (IN04T(I),I=33,35)
000387  63 READ(5,1000,END=9999) CHAR
000388  IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 63
000389  BACKSPACE 5
000390  READ(5,1600) (IN04T(I),I=36,40)
000391  64 READ(5,1000,END=9999) CHAR
000392  IF(CHAR(1:1).EQ.'*') GO TO 64
000393  BACKSPACE 5
000394  READ(5,1500) IN04T(1)
000395  1500 FORMAT(10X,F10.3)
000396  1600 FORMAT(10X,5F10.3)
000397  1700 FORMAT(10X,3F10.3)
C
000398  9999 CONTINUE
C
000399  RETURN
000400  END

STATISTICS: 105 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1722 BYTES, PROGRAM NAME=RDIN , MEMBER NAME=RDIN
            115 LINES, PROGRAM SIZE= 4826 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
            REMAINING SIZE= 4580K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 VIOL31 DATE 92-03-16 TIME 10.41.09 PAGE 26

```
000901      SUBROUTINE SJIJY0(NB,NE)
000902      COMMON /A1/N,M,(DATA(100),YDATA(100),S*(21),SY(21),A(11,12),
000903      ,EXPCT(100))
000904      CALL FUNSI(NB,NE)
000905      CALL FUNSY(NB,NE)
000906      CALL MATRIX
000907      M1 = N + 1
000908      M2 = N + 2
000909      CALL SWEEP(M1,N2)
000909      CALL PRINT(NB,NE)
000910      RETURN
000911      END
```

STATISTICS: 11 STEPS, PROCEDURE SIZE= 152 BYTES, PROGRAM NAME=SJIJY0 , MEMBER NAME=SJIJY0
12 LINES, PROGRAM SIZE= 520 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4603K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77      VOL31          DATE 92.03.16  TIME 10.41.09          PAGE  22
000912      SUBROUTINE SLEEP(M1,M2)
000913      COMMON /AAT/ N,N,T04TA(100),T04TA(100),S((2)),S(Y(1)),A((1,12))
000914      DO 10 K=1,M1
000915      PVT = A(K,K)
000916      DO 20 J=1,M2
000917      A(K,J) = A(K,J)/PVT
000918      20  CONTINUE
000919      DO 30 I=1,M1
000920      IF(I.EQ.K) GO TO 30
000921      AIK = A(I,K)
000922      DO 40 J=1,M2
000923      A(I,J) = A(I,J)-AIK*A(K,J)
000924      40  CONTINUE
000925      30  CONTINUE
000926      10 CONTINUE
000927      RETURN
000928      END

STATISTICS:  17 STEPS, PROCEDURE SIZE=    230 BYTES, PROGRAM NAME=SLEEP , MEMBER NAME=SLEEP
             17 LINES, PROGRAM SIZE=    730 BYTES, DIAGNOSTICS =  0
             REMAINING SIZE=  36044 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00
SPECIFIED OPTIONS: LC(90),LNH(*)
FORTRAN 77 OPTION LISTS:
 AUTOBL(00000)      NODE      NOINCLUDE   NOMUM      SOURCE     EACDIC
 ERRSH(2)           NOALIGNC   INSOURCE    OBJECT     NOSEQ      FILED
 FLAG(1)            NOASTER    NOITR      NOPI       NOTERM    LMSG
 ISH(C)             NOBYNAME   NOILIL     NOPR       NOTEST
 LANGLVL(77)        NODEBUG    NOLIST     PRINT      NOSRCHSG
 LIMECOUNT(90)      NOFIPS     NOHAP      NORENT
 OPTIMIZE(2)        NOGO      NOHANE     NOSDF      NOTREF
 SIZEC(4700K)       NOHALF
 TOPIC (L, ABOVE,NOMSG)
STATISTICS: 19 UNITS, 928 STEPS, 1321 LINES, DIAGNOSTICS=  3, HIGHEST SEVERITY CODE=00
END OF COMPILEATION

```

Appendix A-2
各種伝熱相関式プログラムリスト

```

FORTRAN 77      V10L3I           DATE 92.03.16 TIME 10.43.44          PAGE   1

C*****THIS PROGRAM HAS BEEN DEVELOPED TO CALCULATE THE IHE-DVTSG
C EXPERIMENT.
C FEB.10,1992 BY H.OHIRA
C*****  

000001  INTEGER (IONB(100),IDBB(100),IFBB(100)
000002  REAL HLOS,SQKV(100),SQKE(100),GFNS(100),GFVS(100)
1 ,QDNB(100),PDNB(100),TDB(100)
2 ,TKHI(100),TA(100),TKDN(100),XCE(100),TLEB(100),TDDR(100)
3 ,Z(200),IFN(200),TV(200),QFL(200),E(200),EN(200)
4 ,IEPC(200),P(200)
5 ,TUB(200),TUBT(200),TUBT2(200),TUBT1(200)
6 ,NUA(200),NUV(200),ARFNA(200),ARFV(200)
000003  CHARACTER CASE(100)*7
000004  DATA INAT/ 101/
000005  DATA (PHLOS, IDNB)/
1      0, 0/
C...NUMBER OF EXPERIMENT MAX = 100
000006  DATA NDATA/ 167
000007  DATA CASE/'BOIL01 ','BOIL04 ','BOIL51 ','BOIL05 '
1     , 'BOIL53 ','BOIL98','BOIL55 ','BOIL16 ','BOIL57 '
2     , 'BOIL13 ','BOIL59 ','BOIL124','BOIL91 ','BOIL09 '
3     , 'BOIL63 '/
C*****  

000008  WRITE(8,'(* * EXPERIMENTAL CALCULATION*)')
000009  WRITE(8,'(* * CASE IDNB  DNB  QDNB   X *)
1      , P  AD-E-S  TDB   (DNB*)')
000010  WRITE(8,'(* *          (Kv)    (Kv)    (KG/M2.S)*')
1      , (KG/M2)  (KCAL/M2)  (-1)  (DEG.C)**')
000011  WRITE(6,'(1H11)')
000012  WRITE(6,'(* * EXPERIMENTAL CALCULATION*)')
000013  WRITE(6,'(* * CASE IDNB  DNB  QDNB   X *)
1      , P  AD-E-S  TDB   (DNB*)')
000014  WRITE(6,'(* *          (Kv)    (Kv)    (KG/M2.S)*')
1      , (KG/M2)  (KCAL/M2)  (-1)  (DEG.C)**')
000015  DO 10 J=1,NDATA
000016  X= J*50
000017  CALL RODATA(Z,IFN,TV,QFL,EN,EX,IEPC,P
1      ,TUB,TUBT,TUBT2,TUBT1
2      ,NUA,NUV,ARFNA,ARFV
3      ,DNEO,GFNS10,GFVS10,SKV50)
000018  SKV(J)=SKV0
000019  SKV(J)=SKV0
000020  GFVS(J)=GFVS10
000021  QDNB(J)= 0.0
000022  DO 20 I=1,INAT
000023  IF(QFL(I).GE.QDNB(J)) THEN
000024  QDNB(J)= QFL(I)
000025  IDNB(J)= I+1
000026  ENDOIF
000027  20 CONTINUE
000028  QDNB(J)= P(IDNB(J))
000029  IDNB(J)= IEPC(IDNB(J))
000030  TDB(J)= TV(IDNB(J))
000031  QDNB(J)= QDNB(J)+1.0E-5
000032  WRITE(8,9010) CASE(J),IDNB(J),SKV(J),SKKE(J),GFVS(J)
1      ,PDNB(J),QDNB(J),TDB(J),QDNB(J)
000033  WRITE(6,9010) CASE(J),IDNB(J),SKV(J),SKKE(J),GFVS(J)
1      ,PDNB(J),QDNB(J),TDB(J),QDNB(J)
000034  10 CONTINUE
000035  9010 FORMAT(1X,A7,2T,13,1F10.3,F10.3,F10.5,F10.3)
000036  DO 30 I=1,NDATA
000037  QDNB(I)= QDNB(I)+1.0E-5
000038  30 CONTINUE
C...CALCULATE HEAT LOSS
000039  CALL HLOSS(PHLOS,NDATA,SKV,SKKE,HLOS,DLHN,DLHN)
C...CALCULATE DNB QUALITY BY VARIOUS CORRELATION, AND COMPARE
000040  CALL DRBTR(PDNB,NDATA,GFVS1,PDNB,JDNB,TDNB,TDNB
1 ,TKHI,TA,IKN,IEPC,TLEB,TDDR)
C...PRINT OUT
000041  CALL PRNT(CASE,NDATA,HLOS,DLHN,DLHN
1 ,IDNB,TKHI,TA,IKN,IEPC,TLEB,TDDR)
C...CALCULATE NUCLEATE BOILING NU,ARFA,DELTA-T
000042  WRITE(6,'(1H11)')
000043  WRITE(6,'(* * CALCULATION OF NUCLEATE BOILING REACTION*)')
000044  WRITE(6,'(* *          DTEP  IEPC  NUW   *)
1      , NUWJL  NUWTH  ARFV   ')
2      , ARFWJL  ARFWTH  P  QFL(*)')
000045  WRITE(6,'(* * CASE  AVEIP  AVJL  AVTH   ')
1      , AVEIP/AVTH*)
000046  DO 40 J=1,NDATA
000047  X= J*50
000048  CALL RODATA(Z,IFN,TV,QFL,EN,IEPC,P
1      ,TUB,TUBT,TUBT2,TUBT1

```

```

FORTRAN 77      V10L3I   MAIN      DATE 92.03.16  TIME 10.43.44      PAGE  3

      ,NUH4,NUV,ARFH4,ARFV
      ,DNE0,GFNS10,50K40,GFVS10,50K40)
000049  WRITE(9,'(1H )')
000050  CALL NUCLB(CASE,J,INAX,P,XEXP,T4,TUBT1
      ,QFLX,INB,NUV,ARFV,IFBB)
000051  40 CONTINUE
C
C...CALCULATE FILM BOILING REGION
000052  WRITE(6,'(1H )')
000053  WRITE(6,'(* * * CALCULATION OF FILM BOILING REGION * * *)')
000054  WRITE(10,'(* * *     REF      REB      REF      REV * * *')
      1  '** XEXP    ARFV    ARFTON  ''
      2  '** ARFTON    ARBIS    ARMBIS    ARDB  ''')
000055  WRITE(20,'(* * * CASE    AVEXP    AVOTON    AVHTON * * *')
      1  '** AVBIS    AVMBIS    AVOB  ''')
000056  DO 50 J=1,NDATA
000057  K= J+50
000058  CALL R004TACK(Z,TFN,T4,QFLX,EV,EN,XEXP,P
      ,TUBT0,TUBT1,TUBT2,TUBT1
      ,NUH4,NUV,ARFH4,ARFV
      ,DNE0,GFNS10,50K40,GFVS10,50K40)
000059  WRITE(10,'(1H )')
000060  CALL FILM(CASE,J,INAX,P,QFLX,XEXP,T4,TUBT1,GFNS10
      ,INB,NUV,ARFV,IFBB)
000061  50 CONTINUE
C
C...CALCULATE SUPER-HEAT REGION
000062  WRITE(6,'(1H )')
000063  WRITE(6,'(* * * CALCULATION OF SUPER-HEAT REGION * * *)')
000064  WRITE(11,'(* * *     REF      REB      AVEXP    AVBSS * * *')
      1  '** AVBSS    AVSTS    AVCOLB  ''')
000065  WRITE(21,'(* * * CASE    AVEXP    AVBISS    AVBSS * * *')
      1  '** AVSTS    AVCOLB  ''')
000066  DO 60 J=1,NDATA
000067  K= J+50
000068  CALL R004TACK(Z,TFN,T4,QFLX,EV,EN,XEXP,P
      ,TUBT0,TUBT1,TUBT2,TUBT1
      ,NUH4,NUV,ARFH4,ARFV
      ,DNE0,GFNS10,50K40,GFVS10,50K40)
000069  WRITE(11,'(1H )')
000070  CALL SUPERH(CASE,J,INAX,P,XEXP,T4,TUBT1,IFBB,NUV
      ,GFNS10,ARFV)
000071  60 CONTINUE
C
C...CALCULATE PRE-HEAT REGION
000072  WRITE(6,'(1H )')
000073  WRITE(6,'(* * * CALCULATION OF PRE-HEAT REGION * * *)')
000074  WRITE(12,'(* * *     REB      NUV      NUOB * * *')
000075  WRITE(22,'(* * * CASE    AVNUKE1    AVNUOB * * *')
000076  DO 70 J=1,NDATA
000077  K= J+50
000078  CALL R004TACK(Z,TFN,T4,QFLX,EV,EN,XEXP,P
      ,TUBT0,TUBT1,TUBT2,TUBT1
      ,NUH4,NUV,ARFH4,ARFV
      ,DNE0,GFNS10,50K40,GFVS10,50K40)
000079  WRITE(12,'(1H )')
000080  CALL PREHCASE(J,INAX,XEXP,P,T4,NUV,GFNS10)
000081  70 CONTINUE
C
000082  STOP
000083  END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME=MAIN 1,FLAG(1),OPFMIZE(2)
J2E523I-1 NAME:GFNS1  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
J2E598I-V ISN:000000007  THE DATA OR TYPE STATEMENT WANTS SOME INITIAL VALUES.

STATISTICS:  83 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1154 BYTES, PROGRAM NAME=MAIN , MEMBER NAME=MAIN
149 LINES, PROGRAM SIZE= 26118 BYTES, DIAGNOSTICS = 2
REMAINKING SIZE= 1578K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=94

```

```

FORTRAN 77      V10L31          DATE 92.03.16  TIME 10.43.44          PAGE   3
000034      SUBROUTINE OMBYO(IPONB,NODATA,M,P,90,TDBN8,TEIP
    |           ,TKHI,TAI,(KOM,13E,1LES1,1DORO)
    C
000035      REAL HFG,M,B(100),P(100),R0(100),TDBN8(100),TEIP(100)
    |           ,XKH(100),TAI(100),TKOM(100),TGE(100),XLEB(100),XDORO(100)
000036      DATA PC/ 225.56/
    C
    C...KH1
000037      DO 10 I=1,NODATA
000038      PCR= P(I)/PC
000039      P= ((2.01*PCR)**2.0 + 5.623*PCR
    |           * 0.8623 )*( K(I)/1000. )**1.2
000040      (XKH(I)= 1.0/(P+1.0)
000041      10 CONTINUE
    C
    C...AI-MSG
000042      DO 20 I=1,NODATA
000043      90BTU= 90C(I)*0.3637
000044      M3= M(I)*737.3
000045      CT= 1.0
000046      IF( 90BTU.LE.2.0E+5 ) CT= 0.2/( 90BTU*1.0E-6 )
000047      CALL SATPV( PC(I),TSAT,V,V )
000048      R0VB= ((1.0/V)**0.06243
000049      R0VB= ((1.0/V)**0.06243
000100      CALL SATPEC( PC(I),TS,ENTG,ENTF )
000101      HFG= (ENTG-ENTF)*1.800
000102      XAI(I)= 18.85*CT/( HFG*(R0VB/R0VB)
    |           *( (M3*1.0E-6)**0.5 ) )
000103      20 CONTINUE
    C
    C...COV-KQV
000104      DO 30 I=1,NODATA
000105      A= 76.6
000106      B= -0.00795
000107      D= 12.2
000108      PBAR= PC(I)/1.01972
000109      (KOM(I)= 1+D(I)**(-1.78)*M(I)**(-1.3)*D**(-0.07)
    |           * (PC(B+PBAR))
000110      30 CONTINUE
    C
    C...SE
000111      DO 40 I=1,NODATA
000112      PCR= P(I)/PC
000113      XGE(I)= 0.944*((1.0-PCR)**1.054
000114      XGE(I)= XGE(I)/( (M(I)*1.0E-3)**0.625 )
000115      40 CONTINUE
    C
    C...LES[TAN]
000116      DO 50 I=1,NODATA
000117      D= 12.2
000118      PLEB= ( PC(I)/1.01972 )/98.0
000119      FP= 0.39*1.57*PLEB-2.04*PLEB**2.0+0.68*PLEB**3.0
000120      XLEB(I)= FP*( M(I)/1000. )**(-0.5)*( D/3.0 )**(-0.15)
000121      50 CONTINUE
    C
    C...OROSCH-CHUK
000122      WRITE(6,'(1H )')
000123      DO 60 I=1,NODATA
000124      T= TDBN8(I)+273.15
000125      TTC= 1.0-T/647.15
000126      SIGMA= 0.2358*TTC**1.256*( 1.0-0.625*TTC )
000127      SIGMA= SIGMA/9.30655
000128      CALL SATPV( PC(I),TS,SVG,SVL )
000129      INYU= FVSD( PC(I),TS,-1.0 )
000130      RHOL= 1.0/SVL
000131      RHOV= 1.0/SVG
000132      INYU= INYU*SVL
000133      XDORO(I)= 3.1E-3*( SIGMA+9.807/INYU )
    |           *( RHOV/( RHOL+RHOV ) )/M(I)
000134      XDORO(I)= XDORO(I)**0.5
    C      WRITE(6,'(1H )',13,' ',INYU,' ',1PE15.2)' 1,INYU
000135      60 CONTINUE
    C
000136      IF(IPONB.EQ.1) THEN
000137      CALL GPLT2(NODATA,P,TEIP,TKHI,TAI,KOM,TGE,XLEB,1DORO)
000138      ENDIF
    C
000139      RETURN
000140      END

STATISTICS:  57 STEPS, PROCEDURE SIZE= 4702 BYTES, PROGRAM NAME=ON010 . MEMBER NAME=ON010
             79 LINES, PROGRAM SIZE= 7315 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
             REMAINING SIZE= 4190K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77.      V10L31          DATE, 92.03.16  TIME 10.43.44
PAGE   4

000141      SUBROUTINE FILM(CASE,J,IMAT,P,QFLT,XEXP,T4,IVSTL,GF40
1           ,IDNB,NUB,ARF4,IFBB)
C
000142      INTEGER IDNB(100),IFBB(100)
000143      REAL P(200),QFLT(200),XEXP(200),NUB(200),ARF4(200)
1       ,NUD10H(200),NUD10K(200),NU081S(200),NUK31S(200),NUDB(200)
2       ,AROTOK(200),ARMTON(200),AR081S(200),ARM31S(200),ARD8(200)
3       ,MYUF,MYUW,MYUB,NU4(200),NUF(200)
4
000144      CHARACTER CASE(100)*7
000145      DATA OI, SI / 12.2E-3, 1.163 /
000146      DATA BISHM,TONGM / 0.50, 0.667 /
C
C...DECIDE THE FLUID BOILING REGION FROM 'IFBB' TO 'IDNB'
000147      DO 10 I= 2,IMAT
000148      IF( (XEXP(I).LT.1.0).AND.(XEXP(I+1).GE.1.0) ) IFBB(J)= I
000149      10 CONTINUE
C
000150      AVREW= 0.0
000151      AVREF= 0.0
000152      AVREB= 0.0
000153      AVEXP= 0.0
000154      AV0TON= 0.0
000155      AVMTON= 0.0
000156      AV0BIS= 0.0
000157      AVDB= 0.0
000158      AVDB= 0.0
C...CALCULATE MANY CORRELATION AND EXPERIMENTAL DATA
000159      DO 20 I= IDNB(J)+1,IFBB(J)
000160      TFILM= (TUBTI(I)+T4(I))/2.0
000161      CALL SHPTP(I),TUBT(I),ENI,SVW,XEXP(I),TSI
000162      CALL SATPV(P(I),TSI,SVB,SLB)
000163      CALL SPROP(P(I)),TUBT(I),XEXP(I),CPF,RAWF,XYUF
000164      CALL SPROP(P(I)),TFILM, XEXP(I),CPF,RAWF,XYUF
000165      CALL SPROP(P(I),T4(I), XEXP(I),CPB,RAWB,XYUB)
000166      IC0NB= XEXP(I)*(1.0-XEXP(I))*(SLB/SVB)
000167      PRV= CPW*MYUF/RAWF/3600.0
000168      REV(I)= (GF40*OI/MYUF)*IC0NB*(SVB/SVW)
000169      PRF(I)= CPF*MYUF/RAWF/3600.0
000170      REF(I)= GF40*OI/MYUF
000171      PRB= CPB*MYUB/RAWF/3600.0
000172      REB(I)= GF40*OI/MYUB
000173      ARF4(I)= SI*ARFW(I)
000174      NUW(I)= ARFW(I)*OI/(RAWF*SI)
000175      NUF(I)= ARFW(I)*OI/(RAWF*SI)
C...TONG
000176      NUOTOK(I)= 0.005*REV(I)*PRV**0.5
000177      AROTON(I)= SI*NUOTOK(I)*RAWF/OI
C...M00.TONG
000178      NUOTOK(I)= TONGM*NUOTOK(I)
000179      ARMTON(I)= SI*NUOTOK(I)*RAWF/OI
C...SISHOP
000180      NU0BIS(I)= 0.0191*(REF(I)**0.3)*(PRF**1.23)
1       +(IC0NB**0.64)*(SLB/SVB)**0.968
000181      AR0BIS(I)= SI*NU0BIS(I)*RAWF/OI
C...M00.91SHOP
000182      NUMBIS(I)= BISHM*NU0BIS(I)
000183      ARMBIS(I)= SI*NUMBIS(I)*RAWF/OI
C...DITUS-BOELTER
000184      NUDB(I)= 0.023*(REB(I)**0.3)*(PRB**0.4)*(IC0NB**0.3)
000185      ARDB(I)= SI*NUDB(I)*RAWF/OI
C...CALCULATE SUM OF ARFA
000186      AVREW= AVREW+REV(I)
000187      AVREF= AVREF+REF(I)
000188      AVREB= AVREB+REB(I)
000189      AVEXP= AVEXP+ARFW(I)
000190      AV0TON= AV0TON+AROTOK(I)
000191      AVMTON= AVMTON+ARMTON(I)
000192      AV0BIS= AV0BIS+AR0BIS(I)
000193      AVMBIS= AVMBIS+ARMBIS(I)
000194      AVDB= AVDB+ARDB(I)
000195      20 CONTINUE
000196      N= IFBB(J)-IDNB(J)+1 J= 1
000197      AVREW= AVREW/FLOAT(N)
000198      AVREF= AVREF/FLOAT(N)
000199      AVREB= AVREB/FLOAT(N)
000200      AVEXP= AVEXP/FLOAT(N)
000201      AV0TON= AV0TON/FLOAT(N)
000202      AVMTON= AVMTON/FLOAT(N)
000203      AV0BIS= AV0BIS/FLOAT(N)
000204      AVMBIS= AVMBIS/FLOAT(N)
000205      AVDB= AVDB/FLOAT(N)
C
C...PRINT THESE RESULTS
000206      WRITE(6,'(" CASE NO. ",A21)" CASE(J)
000207      WRITE(6,'("      AVREW      AVREF      AV0TON      "
1       ,      "      AVREB      AV0BIS      AVMBIS      AVDB"))
000208      WRITE(6,90101) AVEXP,AV0TON,AVMTON,AV0BIS,AVMBIS,AVDB

```

```

FORTRAN 77      V10L31   FILM      DATE 92.03.16  TIME 19.43.44      PAGE   5

C
C   WRITE(5,'(*' I     REB      REF      REV    ''')
C   1   ''', XEP      NUB      NUOTON  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS''')
C   2   ''', NUOTON  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS''')
C   WRITE(10,'(*' I     REB      REF      REV    ''')
C   1   ''', XEXP      NUB      NUOTON  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS''')
C   2   ''', NUOTON  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS  NUOBIS''')
C   DO 30 I= 10NB(j)+1,IFBB(j)
C   WRITE(6,9000) I,REB(1),REF(1),REV(1),XEXP(1)
C   1   ,NUOBIS(1),NUOTON(1),NUOTON(1)
C   2   ,NUOBIS(1),NUOBIS(1),NUOBIS(1)
C   WRITE(10,9000) I,REB(1),REF(1),REV(1),XEXP(1)
C   1   ,NUOBIS(1),NUOTON(1),NUOTON(1)
C   2   ,NUOBIS(1),NUOBIS(1),NUOBIS(1)
C   30 CONTINUE
000209  WRITE(6,'(*' I     REB      REF      REV    ''')
1   ''', XEP      ARFW      AROTOK  AROBIS  AROBIS  AROBIS''')
2   ''', ARFTON  AROBIS  AROBIS  AROBIS  AROBIS  AROBIS''')
000210  DO 35 I= 10NB(j)+1,IFBB(j)
000211  WRITE(6,9000) I,REB(1),REF(1),REV(1),XEXP(1)
1   ,ARFW(1),AROTON(1),AROTON(1)
2   ,AROBIS(1),AROBIS(1),AROBIS(1)
000212  WRITE(10,9000) REB(1),REF(1),REV(1),XEXP(1)
1   ,ARFW(1),AROTON(1),AROTON(1)
2   ,AROBIS(1),AROBIS(1),AROBIS(1)
000213  35 CONTINUE
000214  WRITE(20,9020) IAGE(j),AVREV,AVREF,AVREB
1   ,AVEXP,AVOTON,AVFTON,AVOBIS,AVOBIS,AVOBIS
C
000215  9000 FORMAT( 2,I3,10(IPE12.4) )
000216  9005 FORMAT( 2,I10(IPE12.4) )
000217  9010 FORMAT( 2,I6(IPE12.4) )
000218  9020 FORMAT( 2,I7,9(IPE12.4) )
000219  RETURN
000220  END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(FILM ),FLAG(),OPTIMIZE(2)
JZKS23-I MAH:NUB      THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZKS23-I MAH:QFLX      THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS:  80 STEPS, PROCEDURE SIZE= 3602 BYTES, PROGRAM NAME=FILM , MEMBER NAME=FILM
124 LINES, PROGRAM SIZE= 13050 BYTES, DIAGNOSTICS = 2
REMAINING SIZE= 4586K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      VIOL3I          DATE 92-03-16  TIME 10:43:34          PAGE   5
000221      SUBROUTINE CPLF(NDATA,DON,DO4,MLOSS)
C
000222      REAL MLOSS,DMN(100),DON(100),TLN(100),YLN(100)
000223      CHARACTER S001*22,SATE*33,TITL*19
C
000224      DATA S001//'SODIUM HEAT LOSS (KW)'/'
000225      DATA SATE//'WATER/VAPOR HEAT ABSORPTION (KW)'/'
000226      DATA TITL//'INV-QVSG HEAT LOSS'/
C
000227      DMN= 800.0
000228      DON= 800.0
000229      ISIZE = 9.69
000230      YSIZE = 9.69
000231      YAVB= MLOSS+400.0
000232      YAVS= 400.0
000233      YAVE= 1200.0
000234      YAVE= 1200.0-MLOSS
C
000235      CALL PLOT(0.,0.,10)
C
000236      CALL NEWPEN(4)
000237      CALL PLOT(7.0,5.0,-3)
000238      CALL RECT(0.,0.,YSIZE,ISIZE,0.,0.)
C
C...TAY-4t
000239      DO 10 I=1,9
000240      X = FLOAT(I-1)*1.21125
000241      Y = FLOAT(I-1)*1.21125
000242      CALL NEWPEN(1)
000243      IF((I.EQ.1).OR.((I.EQ.3).OR.(I.EQ.5).
000244      I .OR.(I.EQ.7).OR.(I.EQ.9))) THEN
000245      CALL PLOT(0.,Y,3)
000246      ANUM = FLOAT(I*100+300)
000247      CALL NEWPEN(4)
000248      CALL NUMBER(-1.4,Y-0.125,0.30,ANUM,0.,0)
000249      CALL NEWPEN(1)
000250      CALL PLOT(1.,0.,3)
000251      CALL PLOT(1.,YSIZE,2)
000252      CALL NEWPEN(4)
000253      CALL NUMBER(X-0.425,-0.6,0.30,ANUM,0.,0)
000254      ELSE
000255      CALL NEWPEN(2)
000256      CALL PLOT(0.,Y,3)
000257      CALL PLOT(0.,20.,Y,2)
000258      CALL PLOT(ISIZE,Y,3)
000259      CALL PLOT(YSIZE-0.2,Y,2)
000260      CALL PLOT(1.,0.,3)
000261      CALL PLOT(1.,20.,2)
000262      CALL PLOT(1.,YSIZE,3)
000263      CALL PLOT(1.,YSIZE-0.2,2)
000264      ENDIF
000265      10 CONTINUE
C
C...PLOT EXPERIMENTAL DATA
000266      CALL NEWPEN(4)
000267      CALL SYMBOL(1.0,YSIZE+0.8,0.35,TITL,0.0,19)
000268      CALL SYMBOL(1.0,-1.4,0.30,S001,0.0,22)
000269      CALL SYMBOL(-2.1,0.0,0.30,SATE,90.0,33)
000270      CALL NEWPEN(3)
000271      DO 30 I=1,NDATA
000272      TLN(I)= (DON(I)-100.0)*(YSIZE/DT)
000273      YLN(I)= (DON(I)-100.0)*YSIZE/DT
000274      CALL SYMBOL(TLN(I),YLN(I),-0.20, 0, 0.0, -1)
000275      30 CONTINUE
000276      CALL NEWPEN(2)
000277      CALL PLOT(0.,0.,0.,1)
000278      CALL DASHPCT(YSIZE,YSIZE,0,1)
000279      YAVB=(YAVB+400.0)*YSIZE/DT
000280      YAVB=(YAVB+400.0)*YSIZE/DT
000281      YAVE=YAVE+400.0)*YSIZE/DT
000282      YAVE=(YAVE+400.0)*YSIZE/DT
000283      CALL NEWPEN(2)
000284      CALL PLOT(YAVB,YAVB,1)
000285      CALL PLOT(YAVE,YAVE,2)
C
000286      CALL PLOT(0.0,0.0,199)
C
000287      999 CONTINUE
000288      RETURN
000289      END
STATISTICS:  64 STEPS, PROCEDURE SIZE=    900 BYTES, PROGRAM NAME=CPLF      , MEMBER NAME=CPLF
            81 LINES, PROGRAM SIZE=  3088 BYTES, DIAGNOSTICS =     0
            REMAINING SIZE=  4548K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      VIOL31          DATE 92.03.16  TIME 10.43.44          PAGE   7
000290      SUBROUTINE GLPT2(NDATA,P,XEIP,XKHI,I4I,IKON,XGE,XLEB1,X00R0)
C
000291      REAL P(100),XEIP(100),XKHI(100),I4I(100),IKON(100)
1      ,XGE(100),XLEB1(100),X00R0(100)
000292      CHARACTER XDE*21,XK*21,IIL1*21,ERRBP*4,ERRBM*4
1      ,SYKHI*12,SYA1*12,SYGM*12,SYGE*12,SYLB*12,SY00R*12
C
000293      DATA XDE/'NDNB (EXPERIMENT)'/
000294      DATA XK/'DMS (CORRELATION)'/
000295      DATA IIL1/'INV-DVSG DMS QUALITY'/
000296      DATA SYKHI/'KH'/
000297      DATA SYA1/'AI-HSG'/
000298      DATA SYGM/'XONKOV'/
000299      DATA SYGE/'GE'/
000300      DATA SYLB/'LEBITAN'/
000301      DATA SY00R/'DOROSCH-CHUK'/
000302      DATA ERRBP//''102'/
000303      DATA ERRBM//''102'/
C
000304      DE= 0.400
000305      DY= 0.400
000306      ISIZE = 9.69
000307      YSIZE = 9.69
000308      IAVBP= 0.500
000309      YAVBP= 0.550
000310      IAVEP= 0.510
000311      YAVEP= 0.900
000312      IAVBN= 0.550
000313      YAVBN= 0.500
000314      IAVEN= 0.900
000315      YAVEN= 0.810
C
000316      CALL PLOTS(0.0,10)
C
000317      CALL NEWPEN(1)
000318      CALL PLOT(7.0,5.0,-3)
000319      CALL RECT(0.,0.,YSIZE,ISIZE,0.,3)
C...XY-AX
000320      DO 10 I=1,9
000321      X = FLOAT(I-1)*1.21125
000322      Y = FLOAT(I-1)*1.21125
000323      CALL NEWPEN(1)
000324      IF((1.E9.1).OR.((1.E9.3).OR.((1.E9.5)
1      .OR.(1.E9.7).OR.(1.E9.9))) THEN
000325      CALL PLOT(0.,Y,3)
000326      CALL PLOT(ISIZE,Y,2)
000327      ANUM = FLOAT(15*45)/100.0
000328      CALL NEWPEN(4)
000329      CALL NUMBER(-1.4,Y-0.125,0.30,ANUM,0.,1)
000330      CALL NEWPEN(1)
000331      CALL PLOT(X,0.,3)
000332      CALL PLOT(X,YSIZE,3)
000333      CALL NEWPEN(4)
000334      CALL NUMBER(-0.125,-0.6,0.30,ANUM,0.,1)
000335      ELSE
000336      CALL NEWPEN(2)
000337      CALL PLOT(0.,Y,3)
000338      CALL PLOT(0.20,Y,2)
000339      CALL PLOT(ISIZE,Y,3)
000340      CALL PLOT(ISIZE-0.2,Y,2)
000341      CALL PLOT(X,0.,3)
000342      CALL PLOT(X,0.20,2)
000343      CALL PLOT(Y,YSIZE,3)
000344      CALL PLOT(Y,YSIZE-0.2,2)
000345      ENDIF
000346      10 CONTINUE
C
C...PLOT EXPERIMENTAL DATA
000347      CALL NEWPEN(1)
000348      CALL SYMBOL(1.0,ISIZE*0.3,0.35,IIL1,0.0,21)
000349      CALL SYMBOL(2.0,-1.4,0.30,1DE-6,0.0,21)
000350      CALL SYMBOL(-2.1,2.0,0.30,1DK,90.0,21)
000351      CALL NEWPEN(1)
C
000352      CALL SYMBOL(-0.90,7.00,0.25,ERRBP,0.0,4)
C
000353      CALL SYMBOL(7.00,-0.90,0.25,ERRBM,0.0,4)
000354      CALL SYMBOL(11.5,7.50,0.25,SYKHI,0.0,12)
000355      CALL SYMBOL(11.2,9.60,0.20,1.0,0.,1)
C
000356      CALL SYMBOL(11.5,9.10,0.25,SYGM,0.0,12)
C
000357      CALL SYMBOL(11.2,9.20,0.20,2.0,0.,-1)
C
000358      CALL SYMBOL(11.5,8.70,0.25,SYA1,0.0,12)
C
000359      CALL SYMBOL(11.2,8.30,0.20,0.0,0.,-1)
C
000360      CALL SYMBOL(11.5,8.30,0.25,SYGE,0.0,12)
C
000361      CALL SYMBOL(11.2,8.40,0.20,3.0,0.,-1)
C
000362      CALL SYMBOL(11.5,7.70,0.25,SYLB,0.0,12)
C
000363      CALL SYMBOL(11.2,8.00,0.20,4.0,0.,-1)
C
000364      CALL SYMBOL(11.5,7.50,0.25,SY00R,0.0,12)
C
000365      CALL SYMBOL(11.2,7.60,0.20,10.0,0.,-1)

```

```

FORTRAN 77   V10L31  GPLF2      DATE 92.03.15  TIME 10.43.44    PAGE  3

000356     CALL NEWPEN()
C...CHI
000357     DO 20 I=1,NDATA
000358       XLN= (EXP(I)-0.500)*XSIZE/D
000359       YLN= (IKH(I)-0.500)*YSIZE/D
000360       CALL SYMBOL(XLN,YLN, 0.20, 1, 0.0, -1)
000361     20 CONTINUE
C...SL-MSG
C     DO 30 I=1,NDATA
C       XLN= (EXP(I)-0.500)*XSIZE/D
C       YLN= (XAC(I)-0.500)*YSIZE/D
C       CALL SYMBOL(XLN,YLN, 0.20, 0, 0.0, -1)
C     30 CONTINUE
C...XONKOV
000362     DO 40 I=1,NDATA
000363       XLN= (EXP(I)-0.500)*XSIZE/D
000364       YLN= (IKO(K)-0.500)*YSIZE/D
000365       CALL SYMBOL(XLN,YLN, 0.20, 2, 0.0, -1)
000366     40 CONTINUE
C...GE
C     DO 50 I=1,NDATA
C       XLN= (EXP(I)-0.500)*XSIZE/D
C       YLN= (IGE(I)-0.500)*YSIZE/D
C       CALL SYMBOL(XLN,YLN, 0.20, 3, 0.0, -1)
C     50 CONTINUE
C...LEBITAN
C     DO 60 I=1,NDATA
C       XLN= (EXP(I)-0.500)*XSIZE/D
C       YLN= (LEB(I)-0.500)*YSIZE/D
C       CALL SYMBOL(XLN,YLN, 0.20, 4, 0.0, -1)
C     60 CONTINUE
C...DOROSCHUK
C     DO 70 I=1,NDATA
C       XLN= (EXP(I)-0.500)*XSIZE/D
C       YLN= (DORO(D)-0.500)*YSIZE/D
C       CALL SYMBOL(XLN,YLN, 0.20, 10, 0.0, -1)
C     70 CONTINUE
000367     CALL NEWPEN(2)
000368     CALL PLOT(0.0,0.0,3)
000369     CALL DASHP(4SIZE,YSIZE,0.1)
000370     XAVBP=(XAVBP+0.500)*YSIZE/D
000371     YAVBP=(YAVBP+0.500)*YSIZE/D
000372     XAVEP=(XAVEP+0.500)*YSIZE/D
000373     YAVEP=(YAVEP+0.500)*YSIZE/D
000374     XAVBM=(XAVBM+0.500)*YSIZE/D
000375     YAVBM=(YAVBM+0.500)*YSIZE/D
000376     XAVEM=(XAVEM+0.500)*YSIZE/D
000377     YAVEM=(YAVEM+0.500)*YSIZE/D
000378     CALL NEWPEN(2)
000379     CALL PLOT(XAVEP,YAVBP,3)
000380     CALL DASHP(4SIZE,YSIZE,0.1)
000381     CALL PLOT(XAVBM,YAVBM,3)
000382     CALL DASHP(4SIZE,YSIZE,0.1)
C
000383     CALL PLOT(0.0,0.0,399)
C
000384   999 CONTINUE
000385   RETURN
000386   END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(GPLF2 ),FLAG(),OPTIMIZ(E)
JZK5231-I NAME:ERRBN  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:ERRBP  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:ERRP  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:STAI  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:SYDOR  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:SYGE  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:SYLEB  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:TAL  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:CDORO  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:VGE  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
JZK5231-I NAME:CEBSI  THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS:  97 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1156 BYTES, PROGRAM NAME=GPLF2 , MEMBER NAME=GPLF2
           117 LINES, PROGRAM SIZE= 2356 BYTES, DIAGNOSTICS = 11
           REMAINING SIZE= 45744 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      V10L3T          DATE 92.03.16  TIME 10.43.34      PAGE   9
000337      SUBROUTINE HLOSS(EPHLOS,NDATA,S2K4,WK44,HLOS,QLMIN,QLMAX)
C
C...CALCULATE AVERAGE HEAT LOSS OF LM5-D+TSG DATA
C
000338      REAL HLOS,S2K4(100),WK44(100),DLN4(100)
C
000339      HLOS= 0.0
000340      DO 10 I=1,NDATA
000341      D2K4(I)= S2K4(I)-W4K4(I)
000342      HLOS= HLOS+D2K4(I)
000343      10 CONTINUE
C
000344      HLOS= HLOS/FLOAT(NDATA)
000345      QLMIN= 0.000
000346      QLMIN= 1000.00
000347      DO 20 I=1,NDATA
000348      IF(D2K4(I).GT.QLMAX) QLMAX= D2K4(I)
000349      IF(D2K4(I).LT.QLMIN) QLMIN= D2K4(I)
000350      20 CONTINUE
C
000351      IF((EPHLOS.EQ.1) THEN
000352      CALL GPLT(NDATA,S2K4,WK44,HLOS)
000353      ENIF
C
000354      RETURN
000355      END.

STATISTICS: 19 STEPS, PROCEDURE SIZE=    322 BYTES, PROGRAM NAME=HLOSS , MEMBER NAME=HLOSS
            26 LINES, PROGRAM SIZE=   1143 BYTES, DIAGNOSTICS =   0
            REMAINING SIZE=   4604K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      V1031          DATE 92.03.16   TIME 10.33.44    PAGE 10

000406      SUBROUTINE NUCLB(CASE,J,IHAT,P,VEXP,TW,NUFL)
1           ,NFLI,IONB,NUV,ARFW,LNBB)
C
000407      REAL PC(200),TEXP(200),NUV(200),ARFW(200)
1           ,TW(200),TUBI(200),DTEXP(200),DFLI(200)
2           ,ARFJL(200),ARFLTH(200),NUVJL(200),NUVTH(200),TS(200)
000408      INTEGER IONB(100),INBB(100)
000409      CHARACTER CASE(100)*7
000410      DATA OI,$1/12.2E-3, 1.1E3/
C
C...DECIDE THE NUCLEAR BOILING REGION FROM 'INBB' TO 'IONB'
000411      DO 10 I= 1,IMAX-1
000412      IF((TEXP(I).GE.1.0E-5).AND.(TEXP(I-1).LT.1.0E-5)) .INBB(J)=I
000413      10 CONTINUE
C
000414      AVEP= 0.0
000415      AVJL= 0.0
000416      AVTH= 0.0
C...CALCULATE MANY CORRECTION AND EXPERIMENTAL DATA
000417      DO 20 I= INBB(J),IONB(J)
000418      RAHM= FRAND(P(1),TW(1),TEXP(1))
000419      CALL SATPVS_P(1),TS(1),SV,SL
1           ARFW(1)= SL+ARFW(1)
C...JENS-LOTTES
000420      PJL= P(1)*14.22
000421      TIF= 32.0*TUBI((I)+9.0/5.0
000422      TSF= 32.0*TS(I)+9.0/5.0
000423      QFLXJL= QFLX(I)*0.3637
C      QJL= ((TIF-TSF)/60.0)*EXP(PJL/900.0) 1<<4,0+1.0E+6
C      ARFJLF= QJL/(TIF-TSF)
000424      PCJL= (60.0/10.0**1.5)*EXP(-1.0*PJL/900.0)
000425      ARFLF= QFLXJL**0.75/PCJL
000426      ARFWJL(I)= ARFJLF*4.383
000427      NUWJL(I)= ARFWJL(I)*0.1/RAHM
C...THOM
C      QIH= ((TUBI(I)-TS(I))/0.02+3)*EXP(P(1)/38.6) 1<<2.0
C      ARFWTH(I)= SL+FRAND(TUBI(I)-TS(I))
000428      PC= 0.023*EXP(-1.0*(I)**78.6)
000429      ARFWTH(I)= QFLX(I)**0.5/PC
000430      NUWTH(I)= ARFWTH(I)*0.1/RAHM
C...EXPERIMENT
000431      DTEXP(I)= TUBI(I)-TS(I)
000432      AVEP= AVEP+ARFW(I)
000433      AVJL= AVJL+ARFWJL(I)
000434      AVTH= AVTH+ARFWTH(I)
000435      20 CONTINUE
000436      N= IONB(J)-INBB(J)+1
000437      AVEP= AVEP/FLOAT(N)
000438      AVJL= AVJL/FLOAT(N)
000439      AVTH= AVTH/FLOAT(N)
000440      AVEP= AVEP/AVTH
C
C...PRINT THESE RESULTS
000441      WRITE(6,'(7E15.5)') CASE(J)
000442      WRITE(6,'(7E15.5)') AVEP, AVJL, AVTH
1           , AVEP, AVJL, AVTH
000443      WRITE(6,9910) AVEP,AVJL,AVTH,AVEP
000444      WRITE(6,'(7E15.5)') I , DTEXP , TEXP ,   NUV   ''
1           , NUWJL , NUWTH , ARFW   ''
2           , ARFWJL , ARFWTH , P , QFLX(I)
000445      00 30 I= INBB(J),IONB(J)
000446      WRITE(6,9900) I,DTEXP(P(1),TEXP(I),NUV(I),NUWJL(I),
1           ,NUWTH(I),ARFW(I),ARFWJL(I),ARFWTH(I))
2           ,PC(1),QFLX(I)
000447      WRITE(9,9905) DTEXP(P(1),TEXP(I),NUV(I),NUWJL(I),
1           ,NUWTH(I),ARFW(I),ARFWJL(I),ARFWTH(I))
2           ,PC(1),QFLX(I)
000448      30 CONTINUE
000449      WRITE(12,9020) CASE(J),AVEP,AVJL,AVTH,AVEP
C
000450      9900 FORMAT(2I,1I,1I)(PEI2,1)
000451      9905 FORMAT(2I,1I,1I)(PEI2,4)
000452      9910 FORMAT(2I,4I)(PEI2,1)
000453      9920 FORMAT(2I,4I,1I)(PEI2,4)
C
000454      RETURN
000455      END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(NUCLB ),FLAG(1),OPTIMIZE(2)
JKKS231-1 NAME:SI          THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS:  30 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1334 BYTES, PROGRAM NAME=NUCLB      MEMBER NAME=NUCLB
77 LINES, PROGRAM SIZE= 4560 BYTES, DIAGNOSTICS = 1
REMAINING SIZE= 4544 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      VIOLST           DATE 92.03.16  TIME 10.43.44      PAGE  11
000456      SUBROUTINE PREH(CASE,J,IMAT,IEIP,P,TV,NUV,OP40)
C
000457      REAL TEXP(200),P(200),T4(200),NUV(200),NU08(200),REB(200)
1      ,AVNUET(100),AVNUOB(100),CPB,RAMB,MYUB
000458      INTEGER IPRE(100)
000459      CHARACTER CASE(10) * 7
000460      DATA D1/ 12.2E-3 /
C
000461      PREL= 1.0E-5
000462      IPRE(J)= 0
000463      DO 5 I= 1,IMAT
000464      IF( (TEP(I)).LE.PRELIM).AND.(TEP(I+1).GT.PRELIM) .GT; IPRE(J)= 1
000465      S CONTINUE
C
C...CALCULATE DIFFUSION-BEELTER
000466      AVNUET(J)=0.0
000467      AVNUOB(J)=0.0
000468      DO 10 I= 1,IPRE(J)
000469      CALL SPROP(P(I),T4(I),TEP(I),CPB,RAMB,MYUB )
000470      PR9= CPB*MYUB/(RAMB*3600.0)
000471      REB(I)= GP40*0.1/MYUB
000472      NU08(I)= 0.023*(REB(I)*=0.3)*(PR9*=0.4)
000473      AVNUET(J)= AVNUET(J)+NU08(I)
000474      AVNUOB(J)= AVNUOB(J)+NU08(I)
000475      10 CONTINUE
000476      AVNUET(J)= AVNUET(J)/FLOAT(IPRE(J))
000477      AVNUOB(J)= AVNUOB(J)/FLOAT(IPRE(J))
C
C...PRINT ABOVE RESULTS
000478      WRITE(6,'('' CASE NO.= '',I7)'') CASE(J)
000479      WRITE(6,'(''      AVNUET      AVNUOB '')')
000480      WRITE(6,9910) AVNUET(J),AVNUOB(J)
000481      WRITE(6,'(''      I     REB      NUV      NU08      '')')
000482      DO 20 I= 1,IPRE(J)
000483      WRITE(6,9000) I,REB(I),NUV(I),NU08(I)
000484      WRITE(6,9905) REB(I),NUV(I),NU08(I)
000485      20 CONTINUE
000486      WRITE(6,9920) CASE(J),AVNUET(J),AVNUOB(J)
C
000487      9000 FORMAT( 2I,13.3(1PE12.4) )
000488      9005 FORMAT( 2I,3(1PE12.4) )
000489      9010 FORMAT( 2I,2(1PE12.4) )
000490      9020 FORMAT( 2I,17.2(1PE12.4) )
C
000491      RETURN
000492      END

STATISTICS:   37 STEPS, PROCEDURE SIZE=    1250 BYTES, PROGRAM NAME=PREH      , MEMBER NAME=PREH
              46 LINES, PROGRAM SIZE=    5422 BYTES, DIAGNOSTICS =    0
              REMAINING SIZE=    4600K BYTES,                                HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      V10L3I          DATE 92.03.16  TIME 10.43.44      PAGE  12

000473      SUBROUTINE PRNT(CASE,NDATA,HLDS,QMIN,2CHAC
1           ,NDB3,TKHI,TAI,TKOH,IGE,ILEBI,IODR0)
C
000474      REAL HLDS,X048(100),TKH(100)
1           ,TAI(100),TKOH(100),IGE(100),ILEBI(100),X0DR0(100)
000475      CHARACTER CASE(100)*7
C
C...PRINT IN FT06
000476      WRITE(6,'(1H )')
000477      WRITE(6,'(A10.5,A10.5,A10.5)') HLDS
000478      WRITE(6,'(A10.5,A10.5,A10.5)') QMIN
000479      WRITE(6,'(A10.5,A10.5,A10.5)') QMAX
000480      WRITE(6,'(1H )')
000481      WRITE(6,'(A10.5,A10.5,A10.5)') IGE
000482      WRITE(6,'(A10.5,A10.5,A10.5)') CASE
1           ,TKH(1),TAI(1),TKOH(1)
1           ,IGE(1),ILEBI(1),X0DR0(1)
000483      10 CONTINUE
C
C...PRINT IN FT08
000484      WRITE(8,'(A10.5,A10.5,A10.5)') HLDS
000485      WRITE(8,'(A10.5,A10.5,A10.5)') QMIN
000486      WRITE(8,'(A10.5,A10.5,A10.5)') QMAX
000487      WRITE(8,'(A10.5,A10.5,A10.5)') IGE
000488      WRITE(8,'(A10.5,A10.5,A10.5)') CASE
1           ,TKH(1),TAI(1),TKOH(1)
1           ,IGE(1),ILEBI(1),X0DR0(1)
000489      20 CONTINUE
C
000490      9000 FORMAT(2I,A7,2F10.5)
C
000491      RETURN
000492      END

STATISTICS: 25 STEPS, PROCEDURE SIZE=    554 BYTES, PROGRAM NAME=PRNT      , MEMBER NAME=PRNT
38 LINES, PROGRAM SIZE=   2508 BYTES, DIAGNOSTICS =    0
REMAINING SIZE=   4602K BYTES,                               HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

PAGE 13

```

FORTRAN 77      VIOLET          DATE 92.03.16 TIME 19.43.44

000518      SUBROUTINE RODATAK(Z,TFN,TW,DFLT,EV,EN,XEP,P
1           ,TUSTO,TUBT1,TUBT2,TUBT
2           ,NUMA,NUV,ARFH,A
3           ,ONE,GFNSI,SJKW,GFVSI,LCKV)
C
C...READ THE CALCULATION RESULTS
C
000519      REAL(Z(200),TFN(200),TW(200),DFLT(200),EV(200),EN(200)
1           ,XEP(200),P(200)
2           ,TUBT0(200),TUBT1(200),TUBT2(200),TUBT3(200)
3           ,NUMA(200),NUV(200),ARFH(200),ARFV(200)
000520      CHARACTER*80 CHAR
C
C...READ FLOW RATE
000521      REWIND K
000522      10 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000523      IF(CHAR(1:17).EQ.'Z()') GO TO 15
000524      GO TO 10
000525      15 DO 20 I=1,131
000526      READ(K,9010,Z(I),TFN(I),TW(I),DFLT(I),EV(I),EN(I),XEP(I),P(I)
000527      20 CONTINUE
C           WRITE(6,'(" Z()",'1PE12.5)') Z()
C           WRITE(6,'(" Z(181)"',1PE12.5)') Z(181)
000528      9000 FORMAT(480)
000529      9010 FORMAT(7I,3(1PE12.5,1))
C
000530      REWIND K
000531      30 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000532      IF(CHAR(12:14).EQ.'TFM') GO TO 35
000533      GO TO 30
000534      35 DO 40 I=1,131
000535      READ(K,9020) TUBT0(I),TUBT1(I),TUBT2(I),TUBT3(I)
000536      40 CONTINUE
C           WRITE(6,'(" TUBT(I) ','1PE12.5)') TUBT(I)
C           WRITE(6,'(" TUBT(181)"',1PE12.5)') TUBT(181)
000537      9020 FORMAT(20I,4(1PE12.5,1))
C
000538      REWIND K
000539      50 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000540      IF(CHAR(11:17).EQ.'NUMA') GO TO 55
000541      GO TO 50
000542      55 DO 60 I=1,131
000543      READ(K,9030) NUMA(I),ARFH(I),NUV(I),ARFV(I)
000544      60 CONTINUE
000545      9030 FORMAT(7X,4(1PE12.5,1))
C
000546      REWIND K
000547      70 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000548      IF(CHAR(5:13).EQ.'HYDR') GO TO 75
000549      GO TO 70
000550      75 BACKSPACE K
000551      READ(K,9040) ONE
000552      READ(K,9040) DNEH
000553      READ(K,9050) GFNTPH,GFNLPM,GFNSI
C           WRITE(6,'(" ONE ','F11.5)') ONE
C           WRITE(6,'(" GFNTPH ','1PE12.5)') GFNTPH
000554      9040 FORMAT(22X,F11.5)
000555      9050 FORMAT(22X,F11.5,5T,F11.5,8T,F11.5)
C
000556      80 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000557      IF(CHAR(5:9).EQ.'HEAT') GO TO 85
000558      GO TO 80
000559      85 BACKSPACE K
000560      READ(K,9060) S4KCH,S4KV
000561      READ(K,9070) TLOSSK,TLOSSV
C           WRITE(6,'(" S4KCH ','1PE12.5)') S4KCH
C           WRITE(6,'(" S4KV ','1PE12.5)') S4KV
000562      9060 FORMAT(22I,E12.4,9I,E12.4)
000563      9070 FORMAT(22I,F11.5,9X,F11.5)
C
000564      REWIND K
000565      90 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000566      IF(CHAR(2:6).EQ.'WATER') GO TO 95
000567      GO TO 90
000568      95 READ(K,9080) GFNTPH,GFVSI
C           WRITE(6,'(" GFNTPH ','1PE12.5)') GFNTPH
C           WRITE(6,'(" GFVSI ','1PE12.5)') GFVSI
000569      9080 FORMAT(22X,F11.5,6T,F11.5)
C
000570      100 READ(K,9000,END=9999) CHAR
000571      IF(CHAR(5:9).EQ.'HEAT E') GO TO 105
000572      GO TO 100
000573      105 BACKSPACE K
000574      READ(K,9090) S4KCH,LCKV
C           WRITE(6,'(" S4KCH ','1PE12.5)') S4KCH
C           WRITE(6,'(" LCKV ','1PE12.5)') LCKV
000575      9090 FORMAT(22X,E12.4,9T,E12.4)
C

```

FORTRAN 77 V10L3I RODATA DATE 92.03.16 TIME 10.23.43 PAGE 14

```
000576 110 READ(K,9000,END=9919) CHAR
000577 1IF(CHAR$=91.EQ.'0R3 P') GO TO 115
000578 GO TO 110
000579 115 READ(K,91001) XDN8
000580 READ(K,91001) XDN8
000581 READ(K,91101) QFL10,QFL10
C      WRITE(C6,'(" XDN8 ''',1PE12.5)'') XDN8
C      WRITE(C6,'(" QFL10 ''',1PE12.5)'') QFL10
000582 9100 FORMAT(2Z1,F11.5)
000583 9110 FORMAT(2Z1,E12.4,I2X,E12.4)
C
000584 9999 CONTINUE
000585 RETURN
000586 END

STATISTICS: 69 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1260 BYTES, PROGRAM NAME=RODATA , MEMBER NAME=RODATA
102 LINES, PROGRAM SIZE= 3208 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4588K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00
```

```

FORTRAN 77      V10L31           DATE 92.03.16  TIME 10.43.44          PAGE  15

000587      SUBROUTINE SUPERH(CASE,J,IMAX,P,TEXP,Tv,TU3T1,IF89,NUB
1      ,NUBISS,ARFV,ARF)
C
000588      REAL PC(200),TEXP(200),NUB(200),Tv(200),TU3T1(200)
1      ,NUBISS(200),NUBSS(200),NUSTS(200),NUCOLB(200)
2      ,ARBISS(200),ARBSS(200),ARSTS(200),ARCOLB(200)
3      ,REF(200),REB(200),HYUB,HYUL,HYUF
4      ,ARFW(200),NUF(200)
000589      INTEGER IFBBC100
000590      CHARACTER CASE(100)*47
000591      DATA OL, SI / 12.2E-3, 1.163/
C
000592      AVREF= 0.0
000593      AVREB= 0.0
000594      AVEXP= 0.0
000595      AVBISS= 0.0
000596      AVBBS= 0.0
000597      AVSTS= 0.0
000598      AVCOLB= 0.0
C...CALCULATE MANY CORRELATION AND EXPERIMENTAL DATA
000599      DO 10 I= IFBBC(J)+1,IMAX-1
000600      ARFW(I)= SI*ARFW(I)
000601      TfLM= ( TU3T1(I)+Tv(I) )/2.0
000602      CALL SPROPC( PC(I),Tv(I), TEXP(I),CPB,RAMF,HYUB )
000603      CALL SPROPC( PC(I),NUB(I), TEXP(I),CPB,RAMF,HYUF )
000604      CALL SPROPC( PC(I),TfLM, TEXP(I),CPF,RAMF,HYUF )
000605      PRF= CPF*HYUF/(RAMF/3600.0)
000606      PRB= CPB*HYUB/(RAMF/3600.0)
000607      REF(I)= PRF+0.1*HYUF
000608      REB(I)= PRB+0.1*HYUB
000609      NUF(I)= ARFW(I)+OL/(RAMF+SI)
C...BS1SHOP
000610      NUBISS(I)= 0.0073*(REF(I)+0.88)*(PRF+0.5)
000611      ARBISS(I)= SI*NUBSS(I)=RAMF/OL
C...OITIUS-BOELTER
000612      NUOBSS(I)= 0.023*(REB(I)+0.8)*(PRB+0.3)
000613      AROBSS(I)= SI*NUOBSS(I)=RAMB/OL
C...SIDER-TATE
000614      NUSTS(I)= 0.024*(REB(I)+0.8)*( PRB+0.1/3. )
1      *(HYUF/HYUB)+0.14
000615      ARSTS(I)= SI*NUSTS(I)=RAMB/OL
C...COLBURN
000616      NUCOLB(I)= 0.023*(REB(I)+0.8)*( PRB+0.1/3. )
1      *( HYUF/HYUB)+0.2 *(PRB/PRF)*(2./3.)
000617      ARCOLB(I)= SI*NUCOLB(I)=RAMB/OL
C...CALCULATE SUM OF NU
000618      AVREF= AVREF-REF(I)
000619      AVREB= AVREB-REB(I)
000620      AVEXP= AVEXP-ARFW(I)
000621      AVBISS= AVBISS-ARBISS(I)
000622      AVBBS= AVBBS-AROBSS(I)
000623      AVSTS= AVSTS-ARSTS(I)
000624      AVCOLB= AVCOLB-ARCOLB(I)
000625      10 CONTINUE
000626      N= (IMAX-1)-C(IFBBC(J)+1)+1
000627      AVREF= AVREF/FLOAT(N)
000628      AVREB= AVREB/FLOAT(N)
000629      AVEXP= AVEXP/FLOAT(N)
000630      AVBISS= AVBISS/FLOAT(N)
000631      AVBBS= AVBBS/FLOAT(N)
000632      AVSTS= AVSTS/FLOAT(N)
000633      AVCOLB= AVCOLB/FLOAT(N)
C
C...PRINT THESE RESULTS
000634      WRITE(6,'(*'> CASE NO.= ''',J7)'') CASE(J)
000635      WRITE(6,'(*'>     AVEXP     AVBISS   AVBBS   ''
1      ,''>     AVSTS     AVCOLB   '')')
000636      WRITE(6,9010) AVEXP,AVBISS,AVBBS,AVSTS,AVCOLB
000637      WRITE(6,9030) CASE(J),AVREF,AVREB
1      ,AVEXP,AVBISS,AVBBS,AVSTS,AVCOLB
C      WRITE(6,'(*'>     I  REF     REB     NUB   '',
C      ''>     NUF     NUBISS   NUBSS   NUSTS   NUCOLB''')')
C      WRITE(6,'(*'>     I  REF     REB     NUB   '',
C      ''>     NUF     NUBISS   NUBSS   NUSTS   NUCOLB''')')
C      00 20 I= (IFBBC(J)+1),IMAX-1
C      WRITE(6,9000) I,REF(I), REB(I), NUB(I), NUF(I), NUBISS(I)
C      I      ,NUBSS(I),NUSTS(I),NUCOLB(I)
C      WRITE(6,9000) I,REF(I), REB(I), NUB(I), NUF(I), NUBISS(I)
C      I      ,NUOBSS(I),NUSTS(I),ARCOLB(I)
C      20 CONTINUE
000638      WRITE(6,'(*'>     I  REF     REB     ARFW   '',
1      ,''>     ARBISS   AROBSS   ARSTS   ARCOLB''')')
000639      00 25 I= (IFBBC(J)+1),IMAX-1
000640      WRITE(6,9020) I,REF(I),REB(I),ARFW(I),ARBISS(I),AROBSS(I)
1      ,ARSTS(I),ARCOLB(I)
000641      WRITE(6,9025) REF(I),REB(I),ARFW(I),ARBSS(I),AROBSS(I)
1      ,ARSTS(I),ARCOLB(I)
000642      25 CONTINUE

```

FORTRAN 77 V10LJ1 SUPERH DATE 92.03.16 TIME 10.43.14 PAGE 16

```

C
000643 9000 FORMAT( 2x,13.8(1PE17.4) )
000644 9020 FORMAT( 2x,13.7(1PE12.4) )
000645 9025 FORMAT( 2x,7(1PE12.4) )
000646 9010 FORMAT( 2x,5(1PE12.4) )
000647 9030 FORMAT( 2x,4F,7(1PE12.4) )
C
000648      RETURN
000649      END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(SUPERH),FLAG(),OPTIMIZE(2)
JK523I-I NAME:NUB          THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS:   63 STEPS, PROCEDURE SIZE= 3174 BYTES, PROGRAM NAME=SUPERH , MEMBER NAME=SUPERH
              97 LINES, PROGRAM SIZE= 14074 BYTES, DIAGNOSTICS= 1
              REMAINING SIZE= 4592K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

SPECIFIED OPTIONS: LC(90),LMH(+)

FORTRAN 77 OPTION LIST:
AUTODBL(00000)      NOAE      NOINCLUDE  NOMNUM      SOURCE    ESC01C
ERRISH(2)           NOALIGNC  INSOURCE   OBJECT     NOSEQ     FIXED
FLAG()               NOASTER   NOITR      NOP1       NOTERM   LMSG
ISNC()               NOBYNAME  NOLIL     NOPR       NOTEST
LANGLVL(77)         NODEBUG   NOLIST    PRINT      NOSRCMSG
LINECOUNT(90)        NOFIPS    NOHAP     NORENT
OPTIMIZE(2)         NOGO      NOHNAME   NOSDF     NOREF
SIZEC(4700K)         NOHALF
TOPIC( IL, ABOVE,NOMSG)
STATISTICS: 11 UNITS, 649 STEPS, 966 LINES, DIAGNOSTICS= 17, HIGHEST SEVERITY CODE=04
END OF COMPILEATION

```

Appendix A-3
FFTによる周波数計算プログラムリスト

FORTRAN 77 VIOBJI DATE 92.03.16 TIME 09.03.58 PAGE 1

```

000001      BLOCK DATA BLOCKD          00010000
C   LABELED COMMON /PLOT0FF/ DESCRIPTION OF PARAMETER
C     XTITLE : X AXIS TITLE
C     XSIZE : X AXIS LENGTH(CM)
C     XS : X AXIS INITIAL VALUE
C     XE : X AXIS TERMINAL VALUE
C     IXD : X AXIS DIVIDE COUNT
C     YTITLE : Y AXIS TITLE
C     YSIZE : Y AXIS LENGTH(CM)
C     YS : Y AXIS INITIAL VALUE
C     YE : Y AXIS TERMINAL VALUE
C     IYD : Y AXIS DIVIDE COUNT
C
C   LABELED COMMON /CNFL/ DESCRIPTION OF PARAMETER
C     NND : INPUT DATA MACHINE NUMBER
C     NP : MOVING AVERAGE NUMBER
C     LOT : SAMPLING TIME(NSEC)
C     TSTART: ANALYSYS START TIME (SEC)
C
000002      COMMON /PLOT0F/XTITLE,XSIZE,YS,YE,IYD          00191002
C     ,YTITLE,YSIZE,YS,YE,IYD,IHD          00192002
000003      COMMON /CNFL/NCN(2),NPNC2,LOT,TSTART,TAGNO(2)    00291005
000004      CHARACTER XITLE*32,YITLE*32,IHD*3,TAGNO*3        00210005
000005      DATA XITLE/*X-TITLE           /
000006      DATA YITLE/*Y-TITLE           /
000007      DATA TAGNO /*010A08 *//*10A08 */          00220005
000008      DATA XSIZE, YSIZE/ 10.0,20.0/          00230000
000009      DATA IXD,IYD,S,3/          002+0003
000010      DATA NCN//,8/          002+0003
000011      DATA NPNC//,5/          002+0003
000012      DATA LOT,TSTART/40,50.0/          002+0003
000013      END          00690000

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(BLOCKD),FLAG(1),OPTIMIZE(3)
JZK5011-1 NAM:PLOT0T      THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
                           ELEMENT.
JZK5011-1 NAM:CNFL      THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
                           ELEMENT.

STATISTICS: 13 STEPS, PROCEDURE SIZE=    0 BYTES, PROGRAM NAME=BLOCKD , MEMBER NAME=BLOCKD
            32 LINES, PROGRAM SIZE= 144 BYTES, DIAGNOSTICS = ?          HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 VIOBJI DATE 92.03.16 TIME 09.03.58 PAGE 2

```

000014      SUBROUTINE ONS(ETCTEMP,N,NPN)          00001000
C
000015      DIMENSION ETEMP(1)          00052044
000016      N = N-NPN          00063000
000017      DO 10 I=1,N          00073000
000018      ETEMP(I) = ETEMP(I+NPN)          00033000
000019      10 CONTINUE          00093000
000020      RETURN          006+0000
000021      END          00650000

STATISTICS: 8 STEPS, PROCEDURE SIZE= 110 BYTES, PROGRAM NAME=ONSIFT , MEMBER NAME=ONSIFT
            9 LINES, PROGRAM SIZE= 146 BYTES, DIAGNOSTICS = 0          HIGHEST SEVERITY CODE=00
            REMAINING SIZE= 1754K BYTES,

```

FORTRAN 77 V19CJL DATE 92.03.16 TIME 09.03.58 PAGE 3

```

000022      SUBROUTINE DFLYLG(X,YDATA,YDATA,XINC)
000023      COMMON /PLOT01/XTITLE,XSIZE,XS,XE,IXD
000024      &           ,YTITLE,YSIZE,YS,YE,IYD,IND
000025      DIMENSION XDATA(1),YDATA(1)
000026      CHARACTER XTITLE*32,YTITLE*32,IND*8
000027      DO 10 I=1,N
000028      I = XDAT(1)*XSIZE*(E-X)
000029      Y = (YDATA(1)-LOG10(YS))/YSIZE/(LOG10(YE)-LOG10(YS))
000030      CALL PLOT(I,Y,3)
000031      10 CALL SYMBOL(I,Y,0.2,MARK,0.0,-2)
000032      RETURN
000033      END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(DFLYLG ),FLAG(1),OPTIMIZE(2)
JZK5011-I NAME=PLOT01
THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
ELEMENT.

STATISTICS: 11 STEPS, PROCEDURE SIZE= 498 BYTES, PROGRAM NAME=DFLYLG , MEMBER NAME=DOT
14 LINES, PROGRAM SIZE= 2111 BYTES, DIAGNOSTICS = 1
REMAINING SIZE= 4752K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V19CJL DATE 92.03.16 TIME 09.03.58 PAGE 4

```

000033      COMMON /PLOT01/XTITLE,XSIZE,XS,XE,IXD
000034      &           ,YTITLE,YSIZE,YS,YE,IYD,IND
000035      COMMON /CNTL/MCN(2),NPN(2),IDT,TSTART,TEND(2)
000036      CHARACTER XTITLE*32,YTITLE*32,IND*8,TEND*8
000037      DIMENSION C1(0:99),C2(0:99),TEMP(0:99,3)
000038      DIMENSION X(0:1095),Y(0:1095),Z(0:1095)
000039      DIMENSION X(0:1095),Y(0:1095),F(0:1095)
000040      CALL PLOTS(0,0,10)
000041      DT = IDT/1000.0
000042
000043      NSKIP = TSTART/(DT+10.0)
000044      NFFT = 2048
000045      DO 100 I=1,2
000046      MC = MCN(I)
000047      NP = NPN(I)
000048      IND = TEND(I)
000049      DATA SKIP
000050      DO 4 I=1,NSKIP
000051      READ(MC)
000052      N = NFFT + (NP-1)
000053      READ(MC,200)(CC(I),I=1,N)
000054      200 FORMAT(10FS.3)
000055      DO 44 I=1,N
000056      C1(I) = CC(I)
000057      44 C2(I) = CC(I)
000058      C
000059      TIME AND FREQUENCY SETTING
000060      C
000061      IF = 0
000062      DO 5 I=0,N-1
000063      CC(I) = IF/1000.0
000064      Y(I) = CC(I)*10
000065      IF = IF + 10F
000066      5 CC(I) = 2.0*IF*(I/(IDT+N))
000067      F(I) = 1/(IDT*(NFFT-1))
000068      S CONTINUE
000069      C
000070      C SUMMARY PLOT
000071      C
000072      XS = 0.0
000073      XE = DT*IND
000074      YS = 100.0
000075      YE = 150.0
000076      IYD = 3
000077      XTITLE='TIME(SEC)'
000078      YTITLE='TEMPERATURE(DEG-C)'
000079      YSIZE = 10.0

```

FORTRAN 77 VIOLET MAIN DATE 92.03.16 TIME 09.03.58 PAGE 5

```

000070      CALL PLT(X(0),Y(0),N)          00092673
C
000071      ISM = 1                      00092364
000072      NM = N - (NP-1)                00092954
000073      CALL RFT(C1,NM,ISM,(CON))    00093064
000074      C1(1) = C1(1)/NM              00093164
000075      A(0) = C1(1)                 00093364
000076      Z(0) = A(0)/2                 00093464
000077      N2 = NM/2                   00093564
000078      C1(2) = C1(2)/NM              00093664
000079      A(N2) = C1(2)                00093764
000080      Z(N2) = A(N2)/2               00093864
000081      DO 21 I=1,N2-1               00093964
000082      L1 = 2*I + 1                 00094064
000083      L2 = 2*I + 2                 00094164
000084      C1(L1) = C1(L1)/NM          00094264
000085      A(M) = C1(L1)                00094364
000086      C1(L2) = C1(L2)/NM          00094464
000087      B(M) = C1(L2)                00094564
000088      Z(M) = SORT((A(M)/2.0)*+2*(B(M)/2.0)**2) 00094664
000089      Z(NM-M) = Z(M)              00094764
000090      21 CONTINUE                  00094864
000091      WRITE(6,300)                00094964
000092      DO 31 I=0,NM-1              00095051
000093      WRITE(6,10011,Z(I))       00095150
C
I1 CONTINUE
000095      WRITE(6,50014(0))        00095250
000096      DO 41 I=1,NM/2-1          00095351
000097      WRITE(6,55011,A(I),L,B(I)) 00095450
41 CONTINUE
000098      N2=NM/2                   00095550
000100      WRITE(6,60011,N2, A(N2))  00095650
C
000101      IS = 0.0                   00095750
000102      XE = F(NM-1)/2.0          00095850
000103      YS = 1.0E-5                00095950
000104      YE = 1.0E-2                00096050
000105      XTITLE=' F'              00096150
000106      YTITLE=' X(F)'           00096250
000107      YSIZE = 15.0              00096350
000108      IYO = 7                   00096450
000109      CALL PLYLG(F(0),Z(0),N2)   00096550
000110      CALL PLOT(0.0,0.0,-999)    00096650
C
C SMOOTHING
C
000111      CALL SMOOTH(C2,NP)         00096750
000112      NM = N - (NP-1)            00096850
000113      DO 19 I=0,NM-1            00096950
19      Y(I) = C2(I+1)
000114

```

FORTRAN 77 VIOLET MAIN DATE 92.03.16 TIME 09.03.58 PAGE 5

```

000115      IF(MC.EQ.7)THEN             0011072
000116      TEMP(I+1,1) = T(I)        00110937
000117      TEMP(I+1,2) = Y(I)        00110937
000118      ELSE                      00110937
000119      TEMP(I+1,3) = Y(I)        00110937
000120      END IF                     00110937
000121      19 CONTINUE                  00110902
000122      IS = 0.0                   00110903
000123      XE = 0.1*NM-0.1           00110913
000124      YS = 300.0                 00110962
000125      YE = 450.0                 00110962
000126      XTITLE='TIME(SEC)'       00110903
000127      YTITLE='TEMPERATURE(DEG.C)' 00110903
000128      YSIZE = 10.0               00110936
000129      IYO = 3                   00110957
000130      CALL PLT((),Y(0),NM)       00110973
C
000131      ISM = 1                   00110918
000132      CALL RFT(C2,NM,ISM,(CON)) 00110973
C
000133      C2(1) = C2(1)/NM          00110913
000134      A(0) = C2(1)              00110949
000135      Z(0) = A(0)/2              00110973
000136      N2 = NM/2                 00110973
000137      C2(2) = C2(2)/NM          00110973
000138      A(N2) = C2(2)              00110949
000139      Z(N2) = A(N2)/2            00110921
000140      DO 20 I=1,N2-1            00110920
000141      L1 = 2*I + 1              00110920
000142      L2 = 2*I + 2              00110920
000143      C2(L1) = C2(L1)/NM        00110973
000144      A(M) = C2(L1)              00110949
000145      Z(M) = C2(L1)/NM          00110973
000146      B(M) = C2(L2)              00110949
000147      Z(M) = SORT((A(M)/2.0)*+2*(B(M)/2.0)**2) 00110922
000148      Z(NM-M) = Z(M)              00110973
000149      20 CONTINUE                  00110915
000150      WRITE(6,200)                00112121
000151      200 FORMAT(1X,'HARMONICS',6F,'MAGNETOUE') 00112221
000152      DO 30 I=0,NM-1              00113373
000153      WRITE(6,10011,Z(I))       00113020
000154      30 FORMAT(1X,I9,E15.6)      00110921
000155      30 CONTINUE                  00110920
000156      WRITE(6,50014(0))        00110921
000157      500 FORMAT(1X,'AC(0)',E15.6)  00110921
000158      DO 40 I=1,NM/2-1          00110973
000159      WRITE(6,55011,A(I),L,B(I)) 00110921
000160      550 FORMAT(1X,'AC(14)',E15.6)  00110921
I      B(14) = B(14)*E15.6           00110914
000161      40 CONTINUE                  00110921

```

```

FORTRAN 77      V10L31    MAIN      DATE 92.03.15  TIME 09.03.58      PAGE   7

000152      N2=NN/2                                00430073
000153      WRITE(6,500)N2, A(N2)                  00430013
000154      500 FORMAT(1H ,A(' ',I2,' ')*,E15.5)  00430015
C
000155      TS = 0.0                                00430022
000166      XE = F1NN-11/2.0                      00430073
000167      VS = 1.0E-5                            00500065
000168      YE = 1.0E-2                            00510065
000169      XTITLE*' F                           00520048
000170      YTITLE*' T(F)                         00530048
000171      VSIZE * 15.0                           00531053
000172      IYD * 7                                00540022
000173      CALL PLYLG(F(0),Z(0),N2)                00550075
000174      CALL PLOT(0.0,0.0,-999)                 00550124
000175      111 CONTINUE                            00560072
C
000176      CALL PLOT(0.0,0.0,999)                 00561239
000177      NPM = (NPM(1)*NPM(2))/2               00561472
000178      IF(NPM>1,2,3                          00561572
000179      1 NPM = -1*NPM                         00561572
000180      CALL DHSIFC(TEMP(1,1),NN,NPM)          00561773
000181      GO TO 2                                00561872
000182      3 CALL DHSIFC(TEMP(1,2),NN,NPM)          00561773
000183      2 CONTINUE                               00562072
000184      DO 70 I=1,NN                            00562273
000185      WRITE(10,899)TEMP(1,1),TEMP(1,2),TEMP(1,3) 00571238
000186      800 FORMAT(3F15.3)                      00581237
000187      70 CONTINUE                             00591237
000188      STOP                                    00640090
000189      END                                     00650000

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(MAIN ),FLAG(1),OPTIMIZE(2)
JCK5011-I NAME:PL0T01      THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
                           ELEMENT.
JCK5011-I NAME:CNTL      THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
                           ELEMENT.

STATISTICS: 157 STEPS, PROCEDURE SIZE= 2422 BYTES, PROGRAM NAME=MAIN , MEMBER NAME=MAIN
180 LINES, PROGRAM SIZE= 202113 BYTES, DIAGNOSTICS = 2
REMAINING SIZE= 4715K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      V10L31      DATE 92.03.16  TIME 09.03.58      PAGE   3

000190      SUBROUTINE PLT(X,Y,N)                  00010009
C
C PURPOSE                                         00020006
C DATA PLOT                                         00040004
C
C USAGE                                           00050006
C CALL PLT(X,Y,N)                                00070006
C
C DESCRIPTION OF PARAMETER                       00080006
C X : X DATA                                       00100006
C Y : Y DATA                                       00110006
C N : DATA COUNT                                   00120006
C
C COMMON /PL0T01/TITLE,XSIZE,TS,TE,IYD
C           ,YTITLE,YSIZE,YS,YE,IYD,IYO
000191      ,YPOINT,REAL(1-1)*Y                           00130006
000192      DIMENSION (X1,Y1),XDATA(5000),YDATA(5000)  00140006
000193      CHARACTER TITLE*32,YTITLE*32,IYD*8        00150006
C
C FRAME DRAW                                     00160006
C
C CALL NEWPEN(2)                                 00170006
000194      CALL PLOT(0.0,0.0,-1)                     00180006
000195      CALL RECT(0.0,,YSIZE,XSIZE,0.,.)          00190006
C
C Y AXIS DRAW                                     00200006
C
C YL = YSIZE/IYD                                00210006
000197      DO 10 I=1,IYD+1                        00220006
000198      YPOINT = REAL(I-1)*Y                   00230006
000199      CALL PLOT(0.0 ,YPOINT,.)                00240006
000200      CALL PLOT(0.3 ,YPOINT,.)                00250006
000201      CALL PLOT(XSIZE ,YPOINT,.)              00260006
000202      CALL PLOT(YSIZE ,YPOINT,.)              00270006
000203      CALL PLOT((YSIZE-0.1),YPOINT,.)         00280006
000204      ANUM = (YE-YL)/YSIZE*1.1+REAL(I-1)*YS
000205      YPOINT = YPOINT + 0.15                  00290006
000206      CALL NUMBERC(-1.5 ,YPOINT,0.20,INUM,0.0,1) 00300006
000207      CALL NUMBERC(SIZE*0.2,YPOINT,0.20,INUM,0.0,1) 00310006
000208      10 CONTINUE                               00320006
C
C X AXIS DRAW                                     00330006
C
C TL = XSIZE/IYO                                00430006
000209      DO 20 I=1,IYO+1                        00440006
000210      YPOINT = FLOAT(I-1)*YL                00450006
000211      CALL PLOT((YPOINT,0.,)                00460006
000212      CALL PLOT((YPOINT,0.,)                00470006
000213      CALL PLOT((YPOINT,0.,)                00480006
000214      ANUM = (TE-TS)/XSIZ*1.1+REAL(I-1)*TS
000215      CALL NUMBERC(YPOINT,0.4,-0.05,20,INUM,0.0,1) 00490006
000216      20 CONTINUE                               00500006
C

```

```

FORTRAN 77      V10L3I    PLT      DATE 92.03.16 TIME 09.03.53          PAGE   9
C   TITLE DRAW
C
000217  CALL SYMBOL(3,0,-2.0,0.40,TITLE,0.0,25)          00510006
000218  CALL SYMBOL(-1.8,1.0,0.40,YTITLE,90.0,20)        00520006
000219  CALL SYMBOL(TSIZE-3.2,YSIZE+0.5,0.40,TH0,0.0,3)  00530006
C   DATA PLOT
C
000220  NDATA = 0                                         00540006
000221  DO 30 I=1,N                                      00550006
000222  IF(X(I).GE.XS.AND.X(I).LE.XE)THEN               00560006
000223    NDATA = NDATA + 1                                00570006
000224    XDATA(I) = X(I)                                 00580006
000225    YDATA(I) = Y(I)                                 00590006
000226  END IF
000227  30 CONTINUE
000228  XDATA(NDATA+1)=XS
000229  XDATA(NDATA+2)=(XE-XS)/TSIZE
000230  YDATA(NDATA+1)=YS
000231  YDATA(NDATA+2)=(YE-YS)/YSIZE
000232  CALL LINE(XDATA,YDATA,NDATA,1.0,0)
C
C   RETURN
000233  RETURN
000234  END
FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME=PLT  ,FLAG(1),OPTIMIZE(2)
J2K5011-I HAH:PLOTOT                         THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
                                              ELEMENT.

STATISTICS:  45 STEPS, PROCEDURE SIZE=   586 BYTES, PROGRAM NAME=PLT      MEMBER NAME=PLT
              75 LINES, PROGRAM SIZE=  41702 BYTES, DIAGNOSTICS =  1      HIGHEST SEVERITY CODE=00
              REMAINING SIZE=  4744K BYTES,

```

```

FORTRAN 77      V10L3I      DATE 92.03.16 TIME 09.03.58          PAGE   10
000235  SUBROUTINE PLYLOG(X,Y,N,[II])
C
C   PURPOSE
C   DATA PLOT
C   Y AXIS LOG SCALE
C
C   USAGE
C   CALL PLYLOG(X,Y,N)
C
C   DESCRIPTION OF PARAMETER
C   TSIZE : X AXIS LENGTH(CH)
C   XS : X AXIS INITIAL VALUE
C   XE : X AXIS TERMINAL VALUE
C   IXD : X AXIS DIVIDE COUNT
C   YSIZE : Y AXIS LENGTH(CH)
C   YS : Y AXIS INITIAL VALUE
C   YE : Y AXIS TERMINAL VALUE
C   IYD : Y AXIS DIVIDE COUNT
C
000236  COMMON /PLDFOT//TITLE,TSIZE,XS,TE,IXD,          00110002
C           ,YTITLE,YSIZE,YS,YE,IYD,INO          00120002
000237  DIMENSION (X(1),Y(1),DIA(5000),YDATA(5000)
000238  CHARACTER  TITLE+$2,YTITLE+$2,TH0*$8
C
C   FRAME DRAW
C
000239  CALL NEWPEN(3)
000240  CALL PLOT(TSIZE+5.0,0.0,-3)
000241  CALL RECT(0.,0.,YSIZE,TSIZE,0.,3)
C
C   Y AXIS DRAW
C
000242  YL = YSIZE/IYD
000243  DO 10 I=1,IYD+1
000244    YPOINT = FLOOR(I-1)*YL
000245    CALL PLOT(0.0,YPPOINT,3)
000246    CALL PLOT(9.3,YPPOINT,3)
000247  ANUM = 10.0
000248  CALL NUMBER(-0.5,YPPOINT-0.15,0.30,ANUM,0.0,-1)
000249  ANUM = (LOG10(YE)-LOG10(YS))/YSIZE+YL+REAL(I-1)+LOG10(YS)
000250  CALL NUMBER(-0.1,YPPOINT+0.4,-0.20,ANUM,0.0,-1)
000251  IF(II.EQ.1)YD=10
000252  DO 11 II=2,9
000253    RR = II
000254    YY = YPOINT + LOG10(RR)*YL
000255    CALL PLOT(0.0,YY,3)
000256    CALL PLOT(9.3,YY,3)
000257  11 CONTINUE
000258  10 CONTINUE
C

```

```

FORTRAN 77      VIO131    PLYLG      DATE 92.03.16  TIME 09.03.58
PAGE - 11

C   T ALES DRAW
C
000259     XL = XSIZE/10
000260     DO 20 I=1,L0+1
000261       IPOINT = REAL(I-1)*XL
000262       CALL PLOT(IPOINT,0.0,3)
000263       CALL PLOT(IPOINT,0.3,2)
000264       ANUM = (X-E-S)/XSIZE+L+REAL(I-1)+S
000265       IPOINT = IPOINT + 0.15
000266       CALL NUMBER(IPOINT-0.4,-0.5,.20,ANUM,0.,1)
000267 20 CONTINUE
C
C   TITLE DRAW
C
000268     CALL SYMBOL(3.0,-2.0,0.40,TITLE, 0.0,25)
000269     CALL SYMBOL(-1.8,1.0,0.40,TITLE,90,0,25)
000270     CALL SYMBOL(XSIZE-3.2,YSIZE*0.9,0.40,TN0,0,0,3)
C
C   DATA PLOT
C
000271     NDATA = 0
000272     DO 30 I=1,N
000273       IF(TC(I).GE.TS.AND.TC(I).LE.TE)THEN
000274         NDATA = NDATA + 1
000275         YDATA(NDATA) = T(I)
000276         YDATA(NDATA) = LOG10(Y(I))
000277       END IF
000278 30 CONTINUE
C   YDATA(NDATA+1)=S
C   YDATA(NDATA+2)=(X-E-S)/XSIZE
C   YDATA(NDATA+3)=LOG10(S)
C   YDATA(NDATA+2)=(LOG10(YE)-LOG10(YS))/YSIZE
C   CALL LINE(NDATA,YDATA,NDATA,1.0,0)
000279     CALL DYLG(NDATA,YDATA,YDATA,3)
C
000280     RETURN
000281   END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME=PLYLG ,FLAG(1),OPTIMIZE(2)
J2K5011-I NAME=PLGLOT          THE COMMON BLOCK HAS THE CHARACTER TYPE ELEMENT AND THE OTHER TYPE
ELEMENT.
J2K5231-I NAME=III            THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS:  AT STEPS, PROCEDURE SIZE= 1332 BYTES, PROGRAM NAME=PLYLG , MEMBER NAME=PLYLG
             87 LINES, PROGRAM SIZE= 43536 BYTES, DIAGNOSTICS = 2
             REMAINING SIZE= , 4742K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77      VIO131      DATE 92.03.16  TIME 09.03.58
PAGE - 12

000282     SUBROUTINE SHOTH(C,N,NP)           00001000
000283     DIMENSION C(1),CTEMP(+100)           00050001
000284     DO 10 I=1,N                          00060000
000285       CTEMP(I) = C(I)                   00070000
000286 10 CONTINUE                           00080000
000287     NS = 1                                00120100
000288     NE = N-NP+1                          00120200
000289     DO 20 I=NS,NE                         00121013
000290       TOTAL = 0.0                         00121111
000291     DO 30 J=1,NP                         00122013
000292       TOTAL = TOTAL + CTEMP(I+J-NS)        00123000
000293 30 CONTINUE                           00124013
000294 20 C(I) = TOTAL/NP                      00125001
000295     RETURN                               00126000
000296   END                                    00127000

STATISTICS: 15 STEPS, PROCEDURE SIZE= 211 BYTES, PROGRAM NAME=SHOTH , MEMBER NAME=SHOTH
             15 LINES, PROGRAM SIZE= 12062 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
             REMAINING SIZE= 4752K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00
SPECIFIED OPTIONS: LCL(S2),ELM(4)
FORTRAN 77 OPTION LIST:
AUTODBL(000001)      NOAE      NOINCLUDE  NOMIN      SOURCE    EBCDIC
ERRISK(2)            NOALIGNC  INSOURCE   OBJECT    NOSEN    FILED
FLAG(1)              NOASTER   NOITR     NOPR      NOTERM   LMSG
ISKCC(1)              NOBYNAME  NOILIL    NOPR      NOTEST
LANGVL(77)            NODEBUG   NOLIST   PRINT    NOCHMSG
LINECOUNT(S2)          NOFIPS    NOHAP    NOQENT
OPTIMIZE(2)           NOGO     NOHNAME  NOSEF    NOITREF
SIZEC(4848)           NOIHALF
TOPIC( IL, ABOVE,NUMSG)
STATISTICS: 7 UNITS, 296 STEPS, 112 LINES, DIAGNOSTICS= 8, HIGHEST SEVERITY CODE=00
END OF COMPILATION

```

Appendix A-4
逆熱伝導解析プログラムリスト

FORTRAN 77 VIOL31 DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 1

```

*****+
C << INVERSE HEAT CONDUCTION PROGRAM >>
C   THIS PROGRAM CALCULATE THE MODEL OF BOTH DOUBLE-WALL-
C   TUBE AND SINGLE-WALL-TUBE.
C   AT FIRST, INVERSE CALCULATION IS CARRIED OUT USING THE
C   INNER TEMPERATURE DATA OF THE TUBE.
C   NEXT STEP IS THE DIRECT HEAT CONDUCTION CALCULATION
C   USING THE INNER SURFACE TEMPERATURE CALCULATED THROUGH THE
C   INVERSE CALCULATION.
C   FINALLY, THIS PROGRAM COMPARES THE MESURED DATA AND
C   THE CALCULATED ONE AT THE TIC POINT, AND PRINT OUT THE
C   MAXIMUM TEMPERATURE DIFFERENCE.
C
C   1) A DOUBLE WALL TUBE MODEL: IDWT= 1
C   2) DIRECT CALCULATION ONLY : IRCT= 1
C   3) INVERSE CALCULATION ONLY: INV = 1
C
C   SEPT.4,1991 BY H.OHIRA
*****+
000001  PARAMETER (NS=1001, NM= 200)
C   NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
C   NM = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000002  COMMON /DWT/,IDWT,IRCT,INV
C   ,DT,NSTEP
C   ,RGAP,GAPCON
C   ,DR1,R1,RM
C   ,CP,DENS,RHOT,HTCNA,TINF
000003  REAL HTCNA,RCNA,TEMP(NS,NM),RHOT(NM),
C   THPEX(NS),THPEX(NS),TIE2(NS),THPEX2(NS),
C   TTX(NS),TIO(NS),TII(NS)
C
C   CALL INPUT
C
000005  IF(IDWT.EQ.1.AND.(RGAP.LT.1.0E-6.OR.GAPCON.LT.1.0E-6)) THEN
000006  WRITE(6,'("/* YOU TRIED TO CALCULATE A DWT, AND MISSED */",
C   "/* RGAP OR GAPCON IN YOUR INPUT DATA. */")'
000007  GO TO 9999
000008  ELSEIF(IDWT.EQ.1.AND.(RGAP.GE.1.0E-6.AND.GAPCON.GE.1.0E-6)) THEN
000009  WRITE(6,'("INT,""*****"')
C   "*****")
000010  WRITE(6,'("/* YOU CALCULATED A DOUBLE-TUBE MODEL. */",
C   "/*"')
000011  WRITE(6,'("*****"')
C   "*****")
000012  ELSE
000013  WRITE(6,'("INT,""*****"')
C   "*****")
000014  WRITE(6,'("/* YOU CALCULATED A SINGLE-TUBE MODEL. */',
C   "/*"')

```

FORTRAN 77 VIOL31 MAIN DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 2

```

        "      ****"
000015  WRITE(6,'("*****"')
C   "*****")
000016  ENDOIF
C
000017  RHOT= RHOT/3500.0
000018  HTCNA = HTCNA/3500.0
C
000019  DO 5 J=1,200
000020  RND(J)=RHOT
000021  DO 6 I=1,501
000022  TEMP(I,J)= 0.0
000023  6 CONTINUE
000024  5 CONTINUE
C
000025  WRITE(6,'("/* *****"')
C   "*****")
000026  WRITE(6,'("/* THIS CALCULATION IS FULLY-IMPLICIT"')
C   "/* METHOD. */")
000027  WRITE(6,'("*****"')
C   "*****")
C--- MESH DIVISION ---
000028  ORTH=R0-R1
000029  ORZ=ORTH*DR1+FLOAT(N-2)
000030  REN1=R0
000031  REN1=R1
000032  DO 10 J=2,N-1
000033  REN1=REN1+DR1
000034  10 CONTINUE
C
000035  IF(IDWT.EQ.1) THEN
000036  DO 7 I=1,MIC
000037  IF(RC(I).GE.RGAP.AND.RC(I-1).LT.RGAP) THEN
000038    NGAP= I
000039    AA=(RGAP/GAPCON)*LOG(RC(I)/RC(I-1))
000040    RHOC(I)= AA*(1.0/RHOT)
000041  ENDOF
000042  7 CONTINUE
000043  ENDOIF
C
000044  DRX=DR1+FLOAT(NSTEP-1)
000045  REN1=REN1+1000.0
000046  REN2=REN1+1000.0
000047  RQUT=REN1+1000.0
000048  WRITE(6,'("/* TOTAL MESH   */')
000049  IF(IDWT.EQ.1) THEN
000050  WRITE(6,'("/* GAP POSITION */')
000051  NGAP
000052  ENDOIF

```

```

FORTRAN 77   VIO131  MAIN      DATE 92.03.16  TIME 09.03.25

000052  WRITE(6,'(*'  * TC-POSITION  ***(3)*) HIC
000053  WRITE(6,'(*'  * DTIME    ***(F6.3,/* (SEC.)***)*) DF
000054  WRITE(6,'(*'  * HAX.TIME  ***(F6.3,/* (SEC.)***)*) THAX .
000055  WRITE(6,'(*'  * INNER-RADIUS ***(F10.7,/* (MM)***)*) RIN
000056  IF(IOUTL.EQ.11) THEN
000057  RG=RGA*1000.0
000058  WRITE(6,'(*'  * GAP-POSITION ***(F10.1,/* (MM)***)*) RG
000059  ENDIF
000060  WRITE(6,'(*'  * I/C-POSITION ***(F10.7,/* (MM)***)*) RTC
000061  WRITE(6,'(*'  * OUTER-RADIUS ***(F10.7,/* (MM)***)*) ROUT
C
000062  IF((IDRCT.EQ.1) GO TO 15
C
000063  M= HIC
000064  GO TO 16
000065  IS CONTINUE
000066  K= 1
000067  16 CALL EXPATCH(DT,NSTEP,IMPET,THPNET)
000068  DO 20 I=1,NSTEP
000069  TEMP(I,M)=THPEI(I)
000070  20 CONTINUE
C
000071  CALL STEDY(M,N,DENS,CP,RHO,R,DR1,DR2,DT,THPNET,HICNA,TEMP)
000072  CALL TRANSM(N,DENS,CP,RHO,R,DR1,DR2,NSTEP,DT,THPNET,HICNA,TEMP)
C
000073  IF(M.EQ.1) THEN
000074  WRITE(6,'(1H1,**** DIRECT CALCULATION RESULTS *****)')
000075  WRITE(6,'(*'  * TEMP(I,1) AND TIME ARE GIVEN.***)')
000076  ELSE
000077  WRITE(6,'(1H1,**** INVERSE CALCULATION RESULTS *****)')
000078  WRITE(6,'(*'  * TEMP(I,HIC) AND TIME ARE GIVEN.***)')
000079  ENDIF
000080  WRITE(6,'(*'  * TEMPERATURE OSCILLATIONS --- ***)'
000081  WRITE(6,'(*'  * TIME TEMP(I,1) TEMP(I,HIC)---'
000082  *      * TEMP(I,N) TIME***)')
000083  DO 30 I=1,NSTEP
000084  SEC= DT*FLOAT(I-1)
000085  30  CONTINUE
000086  WRITE(6,'(1H1,**** RADIAL TEMPERATURE DISTRIBUTION ---***)'
000087  *      * TEMP(NSP,JJ)***)'
000088  DO 40 J=1,N
000089  WRITE(6,1100) J,TEMP(1,J),TEMP(2,J),TEMP(NSTEP,J)
000090  40  CONTINUE ,
000091  IF(M.EQ.1) THEN
000092  DO 50 I=1,NSTEP
000093  SEC= DT*FLOAT(I-1)
000094  WRITE(11,1200) SEC,TEMP(1,HIC),THPNET(I)

```

PAGE 3

```

FORTRAN 77   VIO131  MAIN      DATE 92.03.16  TIME 09.03.25

000095  50  CONTINUE
000096  ELSE
000097  DO 55 I=1,NSTEP
000098  SEC= DT*FLOAT(I-1)
000099  WRITE(10,1200) SEC,THPEI(I),IMPNET(I)
000100  WRITE(12,1200) SEC,TEMP(I,1),IMPNET(I)
000101  55  CONTINUE
000102  ENDIF
C
000103  1000 FORMAT(2E,F5.2,4F12.5)
000104  1100 FORMAT(2I,15,3F12.5)
000105  1200 FORMAT(3E15.7)
C
000106  CALL GPLT(HIC,M,N,NSTEP,DT,THPNET,TEMP,TIME2,THPEX2)
C
000107  IF((IDRCT.EQ.1).OR.(INV.EQ.1)) GO TO 9999
C
000108  IF(M.EQ.1) GO TO 60
000109  GO TO 10 15
C
000110  60  CONTINUE
000111  REWIND 10
000112  REWIND 11
000113  DO 70 I=1,NSTEP
000114  READ(10,1200) SEC,F10(1)
000115  READ(11,1200) SEC,F11(1)
000116  70  CONTINUE
000117  AME= 0.0
000118  DO 80 I=1,NSTEP
000119  TXX(I)= ABS(F10(I)-F11(I))/F10(I)
000120  IF(TXX(I).GT.AME) AME= TXX(I)
000121  80  CONTINUE
000122  AME= 100.0*AME
000123  WRITE(6,'(1H1,*****'
000124  *      * *****'
000125  *      * *****'
000126  *      * *****'
000127  *      * *****'
000128  *      * *****'
000129  *      * *****'
C
000130  9999  CONTINUE
C

```

PAGE 4

FORTRAN 77 V10L31 MAIN DATE 92.03.16 TIME 09.03.29
 PAGE 5

```

000131  IF(140T.EQ.0)CALL FINASSNGAP(TEMP,R,DR2)
000132  IF(140T.EQ.1)CALL FINASDNGAP(TEMP,R,DR2)
000133  STOP
000134  END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME=MAIN ,FLAG(1),OPTIMIZE(2)
JZK52+1-1 NAME:140T
          VARIABLE OR ARRAY IS UNDEFINED.

STATISTICS: 134 STEPS, PROCEDURE SIZE= 2108 BYTES, PROGRAM NAME=MAIN , MEMBER NAME=MAIN
204 LINES, PROGRAM SIZE= 340236 BYTES, DIAGNOSTICS = 1
REMAINING SIZE= 47108 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00
  
```

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.16 TIME 09.03.29 PAGE 6

```

000135  BLOCK DATA BLOCK0
000136  COMMON /DWT/,IDRCT,INV
*      ,DT, NSTEP, ,ENV
*      ,RGAP, ,GAPCON
*      ,DR1, ,N, ,HFC
*      ,RI, ,RD, ,RM
*      ,CP, ,DENs, ,RHOt, ,HTCHA, ,TINF
C
C--- ING DWT-SG DATA -----
000137  DATA /DWT, IDRCT, INV/. 1, 0, 0/
000138  DATA /RGAP, GAPCON/. 7.4200E-3, 3.000E-5/
000139  DATA /DT, NSTEP/. 0.050, .501/
000140  DATA /RI, N, HFC/. 1.050E-4, 38, 26/
000141  DATA /RI, RD, RM/
*      5.6800E-3, 9.5200E-3, 8.3050E-3/
000142  DATA /CP, ,DENs, ,RHOt, ,HTCHA, ,TINF/
*      0.1453, 77.0, 26.43106, 2.4676E+4, 431.0/
C
C--- ANL SINGLE TUBE DATA ---
C   DATA /DWT, IDRCT, INV/. 0, 0, 0/
C   DATA /RGAP, GAPCON/. 0.0, 0.0/
C   DATA /DT, NSTEP/. 0.050, .501/
C   DATA /RI, N, HFC/. 5.3420E-5, 51, 21/
C   DATA /RI, RD, RM/
*      5.0410E-3, 7.4375E-3, 6.7745E-3/
C   DATA /CP, ,DENs, ,RHOt, ,HTCHA, ,TINF/
*      0.1405, 7657.1, 29.98725, 2.4676E+4, 431.0/
C-----
C
000143  END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME=BLOCK0,FLAG(1),OPTIMIZE(2)
JZK5161-V
          THE DATA OR TYPE STATEMENT DEFINES AN INITIAL VALUE FOR THE BLANK
          COMMON BLOCK'S ELEMENT.

STATISTICS: 4 STEPS, PROCEDURE SIZE= 0 BYTES, PROGRAM NAME=BLOCK0 , MEMBER NAME=BLOCK0
30 LINES, PROGRAM SIZE= 72 BYTES, DIAGNOSTICS = 1
REMAINING SIZE= 18146 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=04
  
```

```

FORTRAN 27      VIDL31          DATE 00.03.16   TIME 09.03.25    PAGE 7

000143      SUBROUTINE EXPDATA(M,DT,NSTEP,TMPR,TMPRR)
000144      PARAMETER (NS=1001, NH = 200)
000145      C      NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
000146      C      NH = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000147      C
000148      REAL T(20*49), TMP(20*49), TMPP(20*49), TMPR(NS), TMPRR(NS)
000149      C
000150      TMPC(X,XI,XIP1,YI,YIP1)=(Y(P1)-Y1)/(X(P1)-X1)+C1*(X1-X)
000151      C
000152      K= 9
000153      IF(NS.EQ.1) K= 12
000154      NDATA = 0
000155      RES=IND K
000156      1 NDATA = NDATA + 1
000157      READ(K,1000,END=101) T(NDATA),TMP(NDATA),TMPP(NDATA)
000158      IF(NDATA.GT.20*B)THEN
000159      WRITE(6,2000)K
000160      STOP
000161      END IF
000162      GO TO 1
000163      10 CONTINUE
000164      NDATA = NDATA - 1
000165      IF(T(NDATA).LT.DT*(NSTEP-1))THEN
000166      WRITE(6,3000)T(NDATA),DT*(NSTEP-1)
000167      STOP
000168      END IF
000169      DO 20 J=1,NDATA
000170      DO 30 I=1,NSTEP
000171      TMER(I)=FLOAT(I-1)*DT
000172      IF(T(MER(I)).GT.T(J).AND.T(MER(I)).LT.T((J+1))) THEN
000173      TMPR(I)=TMPC(TMER(I),X(J),T(J+1),TMP(J),TMPP(J))
000174      TMPR(I)=TMPC(TMER(I),X(J),T(J+1),TMPP(J),TMPP(J+1))
000175      END IF
000176      IF(T(MER(I)).EQ.T(J)) THEN
000177      TMPR(I)=TMP(J)
000178      TMPC(I)=TMPP(J)
000179      END IF
000180      20 CONTINUE
000181      TMPR(NSTEP)= TMP(NSTEP)
000182      C
000183      1000 FORMAT(1E15.7)
000184      1000 FORMAT(2E15.7)
000185      2000 FORMAT(1H ,THE TOTAL OF INPUT DATA COUNT OVER 20*4 AT FT*
000186      1           ,1Z,'FOOT')
000187      3000 FORMAT(1H ,''SAMPLING TIME ',F3.3,'(SEC) LESS THAN '
000188      1           ,''CALCULATION TIME',F3.3,'(SEC)' )
000189      RETURN
000190      END

```

FORTRAN 77 VIO131 EXPORT DATE 93.08.16 TIME 09.03.35 PAGE 3
 STATISTICS: 30 STEPS, PROCEDURE SIZE= 594 BYTES, PROGRAM NAME=EXPORT , MEMBER NAME=EXPORT
 49 LINES, PROGRAM SIZE= 50946 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE= 47446 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

PAGE 9

```

FORTRAN 77      VIO131      DATE 92.03.16 TIME 09.03.25

000134      SUBROUTINE FINASO(NGAP,TEMP,R,DR2)
000135      PARAMETER (NS=1991, NM=299)
C      NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
C      NM = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000136      COMMON /D4/I ,IORCT ,INV
C      /I ,NSIEP
C      /R ,RGAP ,GAPCON
C      /R1 ,R ,R1C
C      /R2 ,R2 ,R2H
C      /CP ,DENS ,RHOT ,HTCNA ,TINF
C
000137      REAL TEMP(NS,NM),R(NM)
000138      DR1 = R1
000139      DR1 = RGAP-R(GAP-1)
000140      DR2 = R(GAP)-RGAP
000141      DO 21 J=1,NSIEP
000142      IX = TEMP(J,NGAP)
000143      TEMP(J,NGAP) = (DR1*TEMP(J,NGAP-1)+DR2*TEMP(J,NGAP))/01
000144      DO 22 I=NGAP-1,N-1
000145      IXP1 = TEMP(I+1)
000146      TEMP(I,I) = IX
000147      IX = IXP1
000148      22 CONTINUE
000149      21 CONTINUE
C
000150      DR = 0.5*DR1
000151      A1 = DR*TEMP(1,1)
C
000152      DR = DR1
000153      A2 = 0.0
000154      DO 23 I=2,NGAP-2
000155      A2 = A2 + TEMP(I,1)
000156      A2 = 0.5*A2
C
000157      DR = 0.5*DR1+RGAP-R(GAP-1)
000158      A3 = DR*TEMP(1,NGAP-1)
C
000159      DR = 0.5*DR1+R(NGAP)-RGAP
000160      A4 = DR*TEMP(1,NGAP-1)
C
000161      DR = DR1
000162      A5 = 0.0
000163      DO 24 I=NGAP-2,N-1
000164      A5 = A5 + TEMP(I,1)
000165      A5 = 0.5*A5
C
000166      DR = 0.5*(DR1+DR2)
000167      A6 = DR*TEMP(1,N)
C
000168      DR = 0.5*DR2

```

PAGE 10

```

FORTRAN 77      VIO131      FINASO      DATE 92.03.16 TIME 09.03.25

000219      A7 = DR*TEMP(1,N+1)
C
000220      A8 = R0-R1
C
000221      FAV = (A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7)/A8
C
000222      L100 = 100
000223      L200 = 200
000224      L600 = 600
C
000225      WRITE(7,3000)
000226      WRITE(7,3001)FAV
C      DO 12 I=1,N+1
C      MO = MOD(I,2)
C      IF(MO.EQ.1)WRITE(7,3002)I,(600+I,1100,TEMP(I,1))
C      IF(MO.EQ.0)WRITE(7,3003)I,(600+I,1200,TEMP(I,1))
C      12 CONTINUE
C
000227      J1 = 1
000228      J2 = 2
000229      I1 = TEMP(J1,1)
000230      I2 = TEMP(J2,1)
000231      ITEMP = 0
000232      WRITE(7,3002)
000233      ITEMP = ITEMP + 1
000234      WRITE(7,3003)ITEMP
000235      DO 13 I=1,N+1
000236      DELTT = TEMP(I,1) - FAV
000237      MO = MOD(I,2)
000238      IF(MO.EQ.1)WRITE(7,3004)I,(600+I,1100,DELT)
000239      IF(MO.EQ.0)WRITE(7,3004)I,(600+I,1200,DELT)
000240      13 CONTINUE
000241      DO 14 J=1,NSIEP
000242      J3 = J
000243      I3 = TEMP(J3,1)
000244      CALL INCLN(I1,I2,J2,2,INC1)
000245      CALL INCLN(I2,I3,J3,2,INC2)
000246      INC = INC1+INC2
000247      IF(INC.EQ.1)THEN
000248      ITEMP = ITEMP + 1
000249      WRITE(7,3002)ITEMP
000250      DO 15 I=1,N+1
000251      DELTT = TEMP(I2,1) - TEMP(J1,1)
000252      MO = MOD(I,2)
000253      IF(MO.EQ.1)WRITE(7,3004)I,(600+I,1100,DELT)
000254      IF(MO.EQ.0)WRITE(7,3004)I,(600+I,1200,DELT)
000255      15 CONTINUE
000256      J1 = J2
000257      I1 = I3
000258      END IF

```

FORTRAN 77 VIOL31 FINASO DATE 92-03-15 TIME 09.03.25

PAGE 11

```

000259      J2 = J3
000260      J2 = J3
000261 1 CONTINUE
000262  LTEMP = ITEMP + 1
000263  WRITE(7,3003)ITEMP
000264  DO 16 I=1,NY1
000265    DELT = ITEMP(J2,I) + TEMP(J1,I)
000266    MD = MOD(I,2)
000267    IF(MD,EQ,1)WRITE(7,3004)I,1600+I,1100,DELT
000268    IF(MD,EQ,0)WRITE(7,3004)I,1600+I,1200,DELT
000269  16 CONTINUE
000270  WRITE(7,3005)
000271  DO 17 I=1,ITEMP
000272    WRITE(7,3006)I
000273  17 CONTINUE
000274  RETURN
000275  3000 FORMAT('REFERENCE TEMP')
000276  3001 FORMAT(30E,F10.3)
000277  3002 FORMAT('TEMPERATURE')
000278  3003 FORMAT(1S)
000279  3004 FORMAT(10V,5S,5X,F10.3)
000280  3005 FORMAT('HISTORY')
000281  3006 FORMAT('INTERVAL',
   & 11X,'BOUT' 1,
   & 11X,'TEMP' 15)
000282  ENO

STATISTICS: 99 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1600 BYTES, PROGRAM NAME=FINASO , MEMBER NAME=FINASO
126 LINES, PROGRAM SIZE= 3324 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 1730K BYTES. HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 VIOL31 DATE 92-03-15 TIME 09.03.25

PAGE 12

```

000283  SUBROUTINE FINASS(NGAP,TEMP,R,DR2)
C
C  OUTPUT DATA FOR FINAS PROGRAM
C  MODEL IS SINGLE WALL TUBE
C
000284  PARAMETER (NS=1001, NM=200)
C
C  NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
C  NM = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000285  COMMON /ONT/ ,LONT, ,INV
   * ,DF, ,NSTEP
   * ,RGAP, ,SAPCON
   * ,DR1, ,N
   * ,RI, ,R0, ,RN
   * ,CP, ,DEMS, ,R401, ,HICHA, ,FINF
C
000286  REAL TEMP(NS,NM),R(NM)
C
000287  O1 = 0.5*RI
000288  A1 = O1*TEMP(1,1)
C
000289  O1 = O1*RI
000290  A2 = 0.0
000291  DO 23 I=2,N-1
000292  23 A2 = A2 + TEMP(I,1)
000293  A2 = O1*A2
C
C
000294  O1 = 0.5*DR2
000295  A3 = O1*TEMP(1,N+1)
C
000296  A4 = R0-RI
C
000297  FAV = (A1+A2+A3)/A4
C
000298  I100 = 100
000299  I200 = 200
000300  I600 = 600
C
000301  WRITE(7,3001)
000302  WRITE(7,3001)FAV
C
000303  DO 12 I=1,NY1
C
C    MD = MOD(I,2)
C    IF(MD,EQ,1)WRITE(7,3002)I,1600+I,1100,TEMP(I,1)
C    IF(MD,EQ,0)WRITE(7,3002)I,1600+I,1200,TEMP(I,1)
C  12 CONTINUE
C
000303  J1 = 1
000304  J2 = 2
000305  J1 = TEMP(J1,1)
000306  J2 = TEMP(J2,1)

```

PAGE 13

```

FORTRAN 77      VIO131   FINASS      DATE 92.03.16  TIME 09.03.25

000307  ITEMPI = 0
000308  WRITE(7,3002)
000309  ITEMPI = ITEMPI + 1
000310  WRITE(7,3003)ITEMPI
000311  DO 13 I=1,N
000312    DELTT = TEMP(I,I) - TAV
000313    MD = MOD(I,2)
000314    IF(MD.EQ.1)WRITE(7,3004)I,1600+I,1100,DELTt
000315    IF(MD.EQ.0)WRITE(7,3004)I,1600+I,1200,DELTt
000316  13 CONTINUE
000317  DO 14 J=3,NSTEP
000318    J3 = J
000319    T3 = TEMP(J3,1)
000320    CALL INCLNK(I,1,T2,2,INC1)
000321    CALL INCLNK(I,2,I3,2,INC2)
000322    INC = INC1+INC2
000323    IF(INC.EQ.-1)THEN
000324      ITEMPI = ITEMPI + 1
000325      WRITE(7,3003)ITEMPI
000326      DO 15 I=1,N
000327        DELTT = TEMP(I,J2,1) - TEMP(I,J1,1)
000328        MD = MOD(I,2)
000329        IF(MD.EQ.1)WRITE(7,3004)I,1600+I,1100,DELTt
000330        IF(MD.EQ.0)WRITE(7,3004)I,1600+I,1200,DELTt
000331  15 CONTINUE
000332  J1 = J2
000333  I1 = I2
000334  ENDO IF
000335  J2 = J3
000336  T2 = T3
000337  14 CONTINUE
000338  ITEMPI = ITEMPI + 1
000339  WRITE(7,3003)ITEMPI
000340  DO 16 I=1,N
000341    DELTT = TEMP(I,J2,1) - TEMP(I,J1,1)
000342    MD = MOD(I,2)
000343    IF(MD.EQ.1)WRITE(7,3004)I,1600+I,1100,DELTt
000344    IF(MD.EQ.0)WRITE(7,3004)I,1600+I,1200,DELTt
000345  16 CONTINUE
000346  WRITE(7,3005)
000347  DO 17 I=1,ITEMPI
000348    WRITE(7,3006)I
000349  17 CONTINUE
000350  RETURN
000351  3000 FORMAT('REFERENCE TEMP')
000352  3001 FORMAT(30T,F10.3)
000353  3002 FORMAT('TEMPERATURE')
000354  3003 FORMAT(1S)
000355  3004 FORMAT(10T,3IS,3T,F10.3)
000356  3005 FORMAT('HISTORY')

```

PAGE 14

```

FORTRAN 77      VIO131   FINASS      DATE 92.03.16  TIME 09.03.25

000357  3006 FORMAT('INTERVAL',
     1 /1T,'BOUN',1',
     4 /1T,'(TEMP',1S)
000358  END

FORTRAN 77 ERROR MESSAGES: PROGRAM NAME(FINASS),FLAG(),OPTIMIZE(2)
J2KS2JI-L NAME:NGAP           THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.
J2KS2JI-L NAME:R           THIS NAME IS DECLARED BUT NOT USED IN THIS PROGRAM UNIT.

STATISTICS: 76 STEPS, PROCEDURE SIZE: 1158 BYTES, PROGRAM NAME=FINASS , MEMBER NAME=FINASS
194 LINES, PROGRAM SIZE: 2706 BYTES, DIAGNOSTICS = 2
REMAINING SIZE: 47346 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

```

FORTRAN 77   V10L31          DATE 92.03.15  TIME 09.03.25
000359      SUBROUTINE SPLT(MFC,M,N,NSTEP,DT,THMPNL,TEMP)
000360      C
000361      C      PARAMETER (NS = 1001, NM = 200)
000362      C      NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
000363      C      NM = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000364      REAL TEMP(NS,NM),YLNIN(NS),YLNUOT(NS),YLNINF(NS)
000365      *      YLNIN(NS),YLNCC(NS),YLNUOT(NS),YLNINF(NS)
000366      CHARACTER STEP(19,0H00+19)
000367      C
000368      DATA TSIZE, YSIZE / 13.17, 9.69/
000369      DATA STEP//TIME           (SEC.) //'
000370      DATA DH00//TEMPERATURE (DEG.C) //'
000371      C
000372      CALL PLOTS(0,0,10)
000373      CALL NEWPEN()
000374      C
000375      CALL PLOT(7.0,5.0,-3)
000376      CALL RECT(0.,0.,YSIZE,YSIZE,0.,3)
000377      C
000378      DO 30 I=1,7
000379      Y = FLOAT(I-1)*1.615
000380      CALL NEWPEN()
000381      CALL PLOT(0.,Y,3)
000382      CALL PLOT(13.17,Y,2)
000383      ANUM = FLOAT(I)*25.0+275.0
000384      CALL NEWPEN()
000385      CALL NUMBER(-1.2,Y-0.125,0.30,ANUM,0.,-1)
000386      C
000387      CALL NUMBER(13.45,Y-0.20,0.30,ANUM,0.,-1)
000388      30 CONTINUE
000389      C
000390      TD=FLOAT(NSTEP-1)*DT/5.0
000391      ID=FLOAT(SOL-1)*DT/5.0
000392      DO 40 I=1,6
000393      Y = FLOAT(I-1)*2.634
000394      CALL NEWPEN()
000395      CALL SYMBOL(3.0,-2.0,0.40,STEP,0.0,19)
000396      CALL SYMBOL(-1.8,1.0,0.40,0H00,70,0,19)
000397      IF(M.EQ.1) THEN
000398      DO 45 I=1,NSTEP
000399      YLN(I)= DT*FLOAT(I-1)*TSIZE/(DT*FLOAT(NSTEP-1))
000400      YLN(I)= DT*FLOAT(I-1)*TSIZE/(DT*FLOAT(SOL-1))

```

PAGE 15

```

FORTRAN 77   V10L31  SPLT    DATE 92.03.15  TIME 09.03.25
000401      YLNIN(I)=(TEMP(I,1)-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000402      YLNTC(I)=(TEMP(I,M(C))-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000403      YLNOUT(I)=(TEMP(I,N)-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000404      YLNINF(I)=(THMPNL(I)-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000405      45 CONTINUE
000406      ELSE
000407      DO 50 I=1,NSTEP
000408      YLN(I)= DT*FLOAT(I-1)*(YSIZE/(DT*FLOAT(NSTEP-1)))
000409      YLN(I)= DT*FLOAT(I-1)*YSIZE/(DT*FLOAT(SOL-1))
000410      YLNIN(I)=(TEMP(I,1)-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000411      YLNTC(I)=(TEMP(I,M(C))-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000412      YLNOUT(I)=(TEMP(I,N)-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000413      YLNINF(I)=(THMPNL(I)-300.0)*YSIZE/(<50.0-300.0)
000414      50 CONTINUE
000415      ENDF
000416      C-----PLOT TEMPERATURE HISTORY & INNER POSITION : -----
000417      C
000418      C      CALL SHOUT(YLNIN,NSTEP,3)
000419      C      NSTEP = SOL
000420      C
000421      CALL NEWPEN(3)
000422      CALL PLOT(YLN(1),YLNIN(1),3)
000423      DO 60 J=2,NSTEP
000424      CALL PLOT(YLN(J),YLNIN(J),3)
000425      60 CONTINUE
000426      C-----PLOT TEMPERATURE HISTORY & I/C POSITION : -----
000427      CALL NEWPEN(3)
000428      CALL PLOT(YLN(1),YLNTC(1),3)
000429      DO 70 J=2,NSTEP
000430      CALL PLOT(YLN(J),YLNTC(J),3)
000431      70 CONTINUE
000432      C-----PLOT TEMPERATURE HISTORY & OUTER POSITION : -----
000433      CALL NEWPEN(3)
000434      CALL PLOT(YLN(1),YLNOUT(1),3)
000435      DO 80 J=2,NSTEP
000436      CALL PLOT(YLN(J),YLNOUT(J),3)
000437      80 CONTINUE
000438      C-----PLOT TEMPERATURE HISTORY ( SODIUM TEMPERATURE ) -----
000439      CALL NEWPEN(3)
000440      CALL PLOT(YLN(1),YLNINF(1),3)
000441      DO 90 J=2,NSTEP
000442      CALL PLOT(YLN(J),YLNINF(J),3)
000443      90 CONTINUE
000444      C
000445      CALL PLOT(0.0,0.0,999)
000446      C
000447      999 RETURN

```

PAGE 16

FORTRAN 77 VIOL31 SPLT DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 17
 000431 END
 STATISTICS: 73 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1455 BYTES, PROGRAM NAME=SPLT , MEMBER NAME=SPLT
 101 LINES, PROGRAM SIZE= 22794 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE= 4734K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 VIOL31 DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 13
 000432 SUBROUTINE INCLIN(D1,M1,D2,M2,INC)
 C PURPOSE
 C INCLINATION OF GRAPH
 C
 C USAGE
 C CALL INCLIN(D1,M1,D2,M2,INC)
 C
 C DESCRIPTION PARAMETER AND I/O
 C D1 - X AXISE DATA NO 1 :1
 C M1 - Y AXISE DATA NO 1 :1
 C D2 - X AXISE DATA NO 2 :1
 C M2 - Y AXISE DATA NO 2 :1
 C INC - INCLINATION OF GRAPH :0
 C
 000433 IF(M1.GT.M2)THEN
 000434 IF(D1-D2)1,2,3
 000435 ELSE
 000436 IF(D1-D2)3,2,1
 000437 END IF
 000438 1 INC = -1
 000439 GO TO 10
 000440 2 INC = 0
 000441 GO TO 10
 000442 3 INC = 1
 000443 10 CONTINUE
 000444 RETURN
 000445 END
 STATISTICS: 14 STEPS, PROCEDURE SIZE= 156 BYTES, PROGRAM NAME=INCLIN , MEMBER NAME=INCLIN
 28 LINES, PROGRAM SIZE= 460 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE= 17504 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 19

```

000446      SUBROUTINE INPUT
000447      COMMON /DWT/ ,IDRCT ,INV
*      ,DT ,NSTEP
*      ,RCAP ,GAPCON
*      ,ORI ,N ,HTC
*      ,RL ,RO ,RH
*      ,CP ,OENS ,RNDT ,HTCNA ,TINF
C
C-----+
000448      NAMELIST/ CNTL /
*      ,DWT ,IDRCT ,INV
*      ,DT ,NSTEP
000449      NAMELIST/ GEOM /
*      ,RCAP ,GAPCON
*      ,ORI ,N ,HTC
*      ,RL ,RO ,RH
*      ,CP ,OENS ,RNDT ,HTCNA ,TINF
C
000450      CHARACTER=80 LINE
C
C ----- INPUT DATA DUMP -----
C
000451      REGIND S
000452      WRITE(6,100)
000453      10 READ(5,200,END=1000) LINE
000454      WRITE(6,300) LINE
000455      GO TO 10
000456      100 FORMAT(1H1,"*****")
&      ,/1H ,***** INPUT DATA DUMP LIST *****"
&      ,/1H ,*****")
000457      200 FORMAT(480)
000458      300 FORMAT(1H ,480)
C
C ----- READ INPUT DATA -----
C
000459      1000 REGIND S
000460      READ(5,CHFL)
000461      READ(5,GEOM)
C      WRITE(6,CHFL)
C      WRITE(6,GEOM)
000462      RETURN
000463      END

STATISTICS: 18 STEPS, PROCEDURE SIZE= 100 BYTES, PROGRAM NAME=INPUT , MEMBER NAME=INPUT
             42 LINES, PROGRAM SIZE= 1224 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
             REMAINING SIZE= 47504 BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V10L31 DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 20

```

000464      SUBROUTINE SMOOTH(C,N,NP)          00091000
000465      DIMENSION C(1),CTEMP(100)          00050001
000466      DO 10 I=1,N                      00060000
000467      CTEMPI(I) = C(I)                  00070000
000468      10 CONTINUE                      00080000
000469      NS = 1                           00120100
000470      NE = N-NP+1                      00120200
000471      DO 20 I=NS,NE                   00121013
000472      TOTAL = 0.0                      00121111
000473      DO 30 J=1,NP                   00122013
000474      TOTAL = TOTAL + CTEMPI(I+J-NS)    00123000
000475      30 CONTINUE                      00124013
000476      20 C(I) = TOTAL/NE                00125001
000477      RETURN                         00126000
000478      END                           00127000

STATISTICS: 15 STEPS, PROCEDURE SIZE= 214 BYTES, PROGRAM NAME=SMOOTH , MEMBER NAME=SMOOTH
             15 LINES, PROGRAM SIZE= 17062 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
             REMAINING SIZE= 4752K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77 V10L31 SFE0Y DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 21

```

000479      SUBROUTINE SFE0Y(M,N,DENS,CP,RHO,R,DR1,DR2,DT,THPNEX,HICHA,TEMP)
C
000480      PARAMETER (NS=1000, NM=200)
C      NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
C      NM = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000481      REAL HICHA,R(200),TEMP(NS,NM),OS(NM),A(NM),BB(NM),CC(NM),
*           A(NM),B(NM),C(NM),D(NM),DC(NM),
*           TEMP1(NM),TEMP2(NM),T(NM),RND(NM),THPNEX(NS)
C
000482          AA(I)= (R(I)-DR1/2.0)*RHO(I)
000483          BB(I)= DENS*CP*R(I)+DR1+2.0/DT
000484          CC(I)= (R(I)+DR1/2.0)*RHO(I)
000485          DO 5 J=2,N-1
000486          AA(J)= (R(J)-DR1/2.0)*RHO(J-1)
000487          BB(J)= DENS*CP*R(J)+DR1+2.0/DT
000488          CC(J)= (R(J)+DR1/2.0)*RHO(J)
000489          5 CONTINUE
C
C*****DIRECT CALCULATION*****
C DIRECT CALCULATION *
C*****DIRECT CALCULATION*****
000490          DO 10 J=M,N
000491          TEMP1(J)= TEMP(1,M)
000492          TEMP2(J)= TEMP(1,M)
000493          10 CONTINUE
000494          TINF = THPNEX(1)
C*** FULLY-IMPLICIT METHOD ***
000495          15 DO 20 J=M-1,N-1
000496          A(J)= -1.0*A(J)
000497          C(J)= -1.0*CC(J)
000498          B(J)= BB(J)-A(J)-C(J)
000499          D(J)= BB(J)*TEMP1(J)
000500          20 CONTINUE
000501          A(N)= -2.0*(R(N)-DR2/2.0)*RHO(N-1)/DR2
000502          C(N)= -2.0*HICHA*R(N)
000503          B(N)= DENS*CP*DR2*(R(N)-DR2/4.0)/DT-A(N)-C(N)
000504          D(N)= (A(N)+B(N)+C(N))/TEMP1(N)
C
000505          OS(N+1)= DC(N+1)-AC(N+1)*TEMP2(N)
000506          OS(N)= OC(N)-C(N)*TINF
000507          DO 25 J=M+2,N-1
000508          OS(J)= OC(J)
000509          25 CONTINUE
C... SOLUTION BY TDM ...
000510          CD(N+1)= CN+1/B(N+1)
000511          OC(N+1)= OS(N+1)/B(N+1)
000512          DO 30 J=M+2,N
000513          CD(J)= CC(J)/(B(J)-A(J)*CD(J-1))
000514          OC(J)= (OS(J)-A(J)*OC(J-1))/(B(J)-A(J)*CD(J-1))
000515          30 CONTINUE

```

FORTRAN 77 V10L31 SFE0Y DATE 92.03.16 TIME 09.03.25 PAGE 22

```

000516          TEMP2(N)= DD(N)
000517          DO 40 J=M-1,N-1
000518          TEMP2(J)= DC(J)-CO(J)*TEMP2(J+1)
000519          40 CONTINUE
C
000520          DO 60 J=M+1,N
000521          IX(J)= ABS(TEMP1(J)-TEMP2(J))/TEMP1(J)
000522          60 CONTINUE
000523          AMAX= IX(M+1)
000524          DO 70 J=M+1,N-1
000525          IF(IX(J+1).GE.IX(J)) AMAX= IX(J+1)
000526          70 CONTINUE
000527          IF(AMAX.LE.1.0E-5) THEN
000528          DO 75 J=M+1,N
000529          TEMP1(J)= TEMP2(J)
000530          75 CONTINUE
000531          GO TO 80
000532          ELSE
000533          GO TO 90
000534          ENDIF
000535          90 DO 95 J=M+1,N
000536          TEMP1(J)= TEMP2(J)
000537          95 CONTINUE
000538          GO TO 15
C
000539          80 CONTINUE
000540          IF(N.EQ.1) GO TO 110
C*****INVERSE CALCULATION*****
C INVERSE CALCULATION *
C*****INVERSE CALCULATION*****
000541          DO 100 J=M+2,N-1
000542          A(J)= -1.0*AA(J)
000543          C(J)= -1.0*CC(J)
000544          B(J)= BB(J)-A(J)-C(J)
000545          D(J)= BB(J)*TEMP1(J)
000546          TEMP1(J-1)= (DC(J)-BC(J)*(TEMP1(J)-CC(J))/TEMP1(J+1))/AC(J)
000547          100 CONTINUE
C
000548          110 RETURN
000549          END

```

STATISTICS: 71 STEPS, PROCEDURE SIZE: 1396 BYTES, PROGRAM NAME=SFE0Y , MEMBER NAME=SFE0Y
 90 LINES, PROGRAM SIZE: 13172 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
 REMAINING SIZE: 47264 BYTES. HIGHEST SEVERITY CODE=00

```

FORTRAN 77   VIOL3I      DATE 92.03.16  TIME 09.03.25      PAGE  23
000550      SUBROUTINE TRANS(N,M,DENS,CP,RHO,R,DR1,DR2,NSTEP,DT,
                         IMPNEX,HICHA,IEHP)
C
000551      PARAMETER (NS=1001, NM=200)
C      NS = THE TOTAL OF STEP NUMBER
C      NM = THE TOTAL OF MESH NUMBER
000552      REAL HICHA,R(NM),TEMP(NS,NM),DS(NM),AA(NM),BB(NM),CC(NM),
               A(NM),B(NM),C(NM),D(NM),CD(NM),RND(NM),IMPNE(NS)
C
000553      AA(I)= (R(I)-DR1/2.0)*RHO(I)
000554      BB(I)= DENS*CP*R(I)+DR1**2.0/DT
000555      CC(I)= (R(I)+DR1/2.0)*RHO(I)
000556      DO 5 J=2,N-1
000557      AA(J)= (R(J)-DR1/2.0)*RHO(J-1)
000558      BB(J)= DENS*CP*R(J)+DR1**2.0/DT
000559      CC(J)= (R(J)+DR1/2.0)*RHO(J)
000560      S CONTINUE
C
C*****DIRECT CALCULATION *****
C *****DIRECT CALCULATION *****
000561      DO 10 I=2,NSTEP
C*** FULLY-IMPLICIT HEHOD ***
000562      DO 20 J= M+1,N-1
000563      A(J)=-1.0443(CJ)
000564      CJ(J)=-1.0*CC(J)
000565      BJ(J)= BB(J)-A(J)-C(J)
000566      DJ(J)= BC(J)*TEMP(I-1,J)
000567      20 CONTINUE
000568      A(N)= -2.0*(R(N)-DR2/2.0)*RHO(N-1)/DR2
000569      C(N)= -2.0*HICHA(RN)
000570      BN= DENS*CP*DR2*(R(N)-DR2/2.0)/DT-A(N)-CN
000571      RN= (A(N)+BN+C(N))/TEMP(I-1,N)
C
000572      DS(N+1)= DN(I)-A(N+1)*TEMP(I,N)
000573      FINF= IMPNEX(I)
000574      DS(N)= CN(I)-C(N)*TINF
000575      DO 25 J=M+2,N-1
000576      DS(J)= DJ(J)
000577      25 CONTINUE
C... SOLUTION BY TDMA ...
000578      CD(N+1)= CN(I)/BN(N+1)
000579      DO 30 J=M+2,N
000580      DO 30 J=M+2,N
000581      CD(J)= CJ(J)/BN(J)-A(J)*CD(J-1)
000582      DC(J)= (DS(J)-A(J)*DC(J-1))/(BN(J)-A(J)*CD(J-1))
000583      30 CONTINUE
000584      TEMP(I,N)= DC(N)
000585      DO 40 J=N-1,M+1,-1
000586      TEMP(I,J)= DC(J)-CD(J)*TEMP(I,J+1)

```

```

FORTRAN 77   VIOL3I      TRANS      DATE 92.03.16  TIME 09.03.25      PAGE  24
000587      40 CONTINUE
C
000588      10 CONTINUE
000589      IF(M,E9.1) GO TO 120
C*****INVERSE CALCULATION *****
C *****INVERSE CALCULATION *****
000590      DO 100 I=2,NSTEP
000591      DO 110 J=M,2,-1
000592      A(J)=-1.0443(CJ)
000593      CJ(J)=-1.0*CC(J)
000594      BJ(J)= BB(J)-A(J)-C(J)
000595      DJ(J)= BB(J)*TEMP(I-1,J)
000596      TEMP(I,J-1)= (CJ-BJ)*TEMP(I,J)+CC(J)*TEMP(I,J+1)/A(J)
000597      110 CONTINUE
000598      100 CONTINUE
C
000599      120 RETURN
000600      END
STATISTICS: 51 STEPS, PROCEDURE SIZE= 1374 BYTES, PROGRAM NAME=TRANS , MEMBER NAME=TRANS
69 LINES, PROGRAM SIZE= 10974 BYTES, DIAGNOSTICS = 0
REMAINING SIZE= 4730K BYTES, HIGHEST SEVERITY CODE=00
SPECIFIED OPTIONS: LC(S2),ELM(+)
FORTRAN 77 OPTION LISTS:
AUTODBL(000000)      NOAE      NOINCLUDE      NOUNH      SOURCE      EBCDIC
ERRLSK(2)      NOALIGNC      NOISOURCE      OBJECT      NOSEN      FILED
FLAG(L)      NOASIER      NOFLTR      NOFL      NOTERM      LMSG
ISK(C)      NOBYNAME      NOFLIL      NOFR      NOTEST
LANGLVL(77)      NODEBUG      NOFLIST      PRINT      NOSEARCHG
LINECOUNT(52)      NOFIPS      NOFLAP      NOFLRT      NOSEARCH
OPTIMIZE(2)      NOGO      NOFLNME      NOFDF      NOTREF
SIZEC(4444)      NOFLHALF
TOPIC (L, ANHVE, NOMSG)
STATISTICS: 11 UNITS, 600 STEPS, 555 LINES, DIAGNOSTICS= 0, HIGHEST SEVERITY CODE=00
END OF COMPILEATION

```