

JAERI-M

7 0 5 9

モンテカルロ法による高温ガス炉炉心の流量

誤差評価コード:DREAM-FLOW

1977年4月

佐藤貞夫・宮本喜晟

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所がJAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

モンテカルロ法による高温ガス炉炉心の  
流量誤差評価コード：DREAM-FLOW

日本原子力研究所  
動力炉開発・安全性研究管理部  
佐藤貞夫・宮本喜晨

( 1977年4月4日受理 )

DREAM-FLOWコードは、ピン・イン・ブロック型燃料を用いた高温ガス炉炉心の流れの遷移域における摩擦係数のばらつきに注目した多並列流路モデルによる流量の誤差評価を目的に開発したものである。本コードは、計算手法としてモンテカルロ法を適用し、流れが遷移状態である場合の摩擦係数に対して乱数を発生させ、この統計的性質を仮定した上で流量の誤差評価を行っている。本コードの使用によって、摩擦係数のばらつきによる冷却材流量とそれに伴う燃料最高温度の統計的性質を明らかにできる。

本報告書は、このコードの計算モデルと計算方法ならびに使用方法について解説したものである。DREAM-FLOWコードは FACOM230-75 用 FORTRAN-IV で書かれており、所要記憶容量は 125K 語である。

DREAM-FLOW : A Computer Program for Estimating the  
Uncertainty of Channel Coolant Flow Rates of HTGR's  
Core with the Monte Carlo Method

Sadao SATOH and Yoshiaki MIYAMOTO

Division of Power Reactor Projects, Tokai, JAERI

(Received April 4, 1977)

The computer program DREAM-FLOW is for estimating the uncertainty of flow rates in a multi-channel model such as HTGR's core of pin-in-block type fuel elements, taking notice of a fluctuation of the friction factor in the transitional flow. In the calculation procedure, the Monte Carlo method is used to generate random numbers for the friction factor assumed to fluctuate in the transitional flow. Statistical properties of the flow rate and maximum fuel temperature caused by fluctuation of flow are predicted with the program.

The calculational model and usage of the program are described. The program is written in FORTRAN-IV for computer FACOM230-75 and the required core memory is about 125 kilowords.

## 目 次

1. 概 要 .....	1
2. 数値解析法 .....	3
2.1 計算体系と計算手順 .....	3
2.1.1 流路の構造 .....	3
2.1.2 伝熱流動計算の手順 .....	3
2.1.3 モンテカルロ法に関連した摩擦係数の乱数発生 .....	7
2.1.4 繰返し計算における流量の修正と収束判定 .....	8
2.2 圧力計算 .....	9
2.2.1 圧力損失 .....	9
2.2.2 摩擦係数 .....	10
2.2.3 冷却材ヘリウムの物性値 .....	11
2.3 温度計算 .....	11
2.3.1 冷却材温度 .....	11
2.3.2 燃料温度 .....	12
2.3.3 熱伝達率 .....	13
2.3.4 燃料棒の熱伝導率 .....	14
3. 計算コード .....	16
3.1 DREAM-FLOWの構成 .....	16
3.2 入力データ .....	17
3.3 出力データ .....	18
4. 計算例 .....	25
4.1 廉心構成と計算モデル .....	25
4.2 計算条件 .....	25
4.3 遷移域の摩擦係数 .....	30
4.4 解析結果 .....	30
4.5 使用法に関連した特記事項 .....	39
あとがき .....	41
記号表 .....	43
参考文献 .....	44
付録1. 計算例の入力データ .....	45
付録2. 計算例の出力データ .....	47

## 1. 概 要

高温ガス炉はヘリウムを冷却材とする黒鉛減速の原子炉である。高温ガス炉の炉心は従来のガス炉より高温のガスを対象としているために、ガスの動粘性係数増加によってレイノルズ数が小さくなりやすい。<sup>1)</sup>特に、多目的高温ガス実験炉の現在の炉心設計では、レイノルズ数が定格運転時に1万以下であるために、流れが遷移状態に近く、また部分負荷などによる流量減少によって遷移状態になることが考えられる。遷移状態における炉心熱設計上の取扱いについては、従来ブラックボックスとして避けてきた傾向があり、また、伝熱流動解析に必要なデータ、特に遷移域の摩擦係数に関するものも充分とは云い難い。そのために、流れが遷移状態における炉心特性の解析を行なう場合には、その解析法すなわち設計法に大きな問題が生じる。この課題を確決する1つの方法として、摩擦係数の遷移域におけるばらつきが本質的に存在すると仮定した高温ガス炉炉心の冷却材流量の誤差評価を主眼とする設計手法ならびにコードの開発を行なった。

対象とする計算体系は、Fig. 1.1に示すように、多並列流路を流量調節領域ごとにまとめ、この領域の入口部にオリフィスを設け、ピン・イン・ブロック型燃料を用いた高温ガス炉炉心を想定する。流れが遷移状態である場合には、摩擦係数の統計的性質を有するという仮定のもとに、摩擦係数の乱数発生によって生じる各流路の圧力損失の違いを補正するように各流路の冷却材流量を再計算する。この計算の繰返しによって、遷移域の摩擦係数のばらつきによる各流路の冷却材流量配分の誤差とその流量の変動から生じる燃料最高温度の誤差とを求めることができる。

以上が本設計手法の概略であるが、そのコードの特徴を以下に列挙する。

- (i) 計算手法にはモンテカルロ法を適用し、摩擦係数のばらつきによる冷却材流量とそれに伴う燃料最高温度の統計的性質を明らかにできる。
- (ii) 各流路の遷移域の判定は、常に前回の繰返しによって得られた流量に基づくレイノルズ数によって判定し、最初の計算結果の影響を除いている。
- (iii) 領域入口のオリフィス係数の設定ができる。
- (iv) 物性値の温度変化を考慮できる。
- (v) 誤差解析に入る前の標準計算に対する各領域の流量配分方式として、流量一定方式、エンタルピ上昇一定方式、任意方式（入力で与える方法）の指定ができる。
- (vi) 流路内の圧力損失として摩擦損失、加速損失、水頭の他に、上下反射体部の縮流と拡流による損失、および炉心内軸方向任意の位置における積重ねブロック水平間の不整合による損失（offset loss）が考慮できる。
- (vii) 領域ごとに流路断面積などの寸法の軸方向分布を入力方式で考慮できる。
- (viii) 最大領域数は10、各領域の最大流路数は20までとることができる。また、各流路の軸方向分割点数は最大30であり、メッシュ間隔は任意に与えられる。

本報告書は、上記の考え方から開発した計算コードDREAM-FLOWに関する計算体系と計算方法ならびにその使用方法について記述したものである。

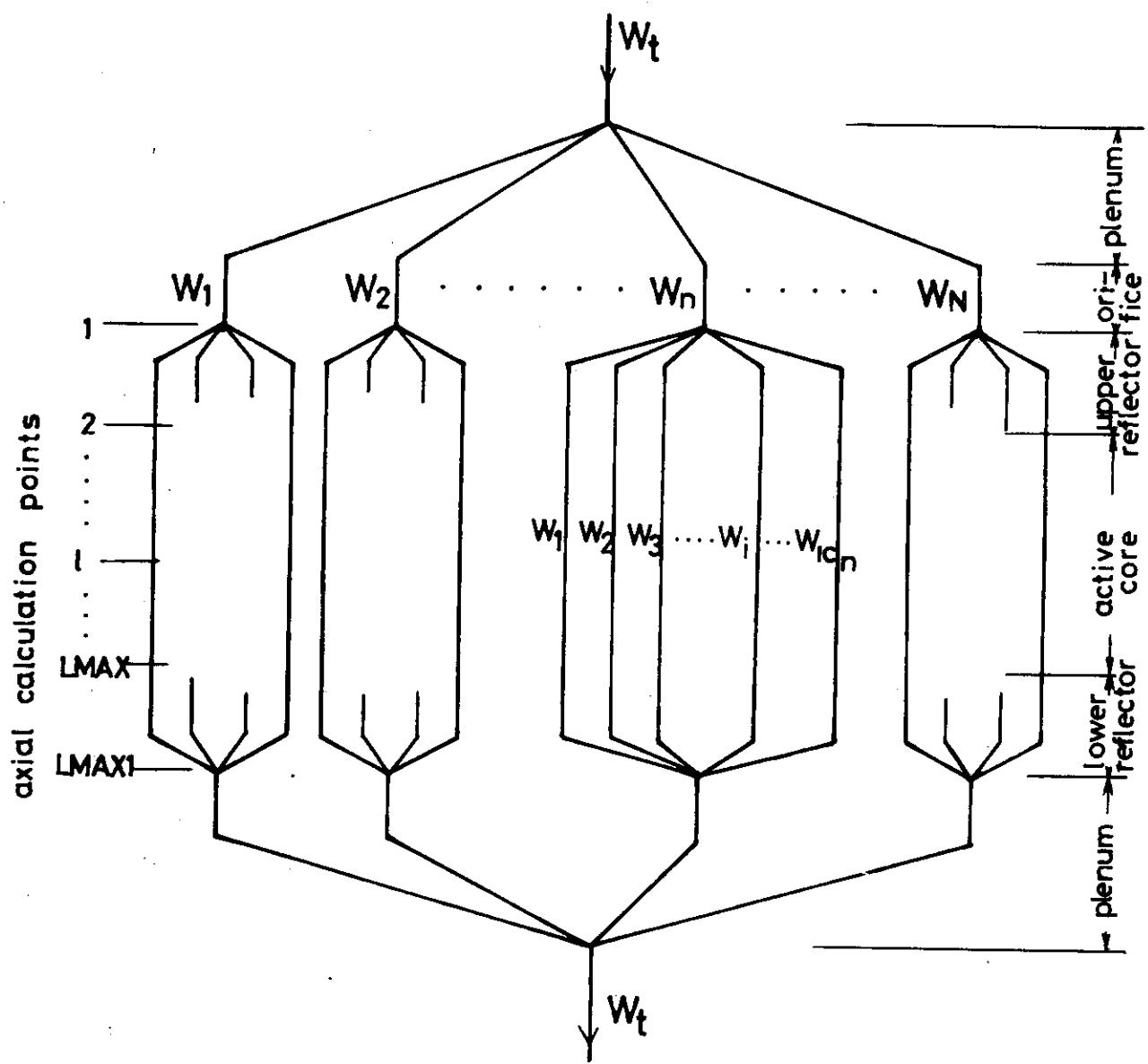


Fig. 1.1 Multi-channel layout for DREAM-FLOW calculation

## 2. 数値解析法

本章では、計算コード DREAM-FLOW の数値解析上の手法を中心に詳しく述べる。まず、流路の構造と計算手順について説明し、次いで計算式等の計算手法を記述する。

### 2.1 計算体系と計算手順

#### 2.1.1 流路の構造

本計算コードの対象とする流路は Fig. 1.1 に示すような構成である。その中で加熱流路の幾何学的形状は多目的高温ガス実験炉の炉心を模擬し、Fig. 2.1 に示すように、軸方向は上部反射体、燃料領域の炉心部、および下部反射体の 3 つの部分から成り、上部反射体の上方にオリフィス部を配置する構成である。また、炉心部は中空円筒型燃料棒（中空型燃料コンパクトの外側に被覆管を配置したもの）を配置し、その外側に冷却材流路を形成する構造である。これら 3 つの軸方向計算ブロックは一応すべて加熱領域とみなし、部分的に非加熱領域があってもよいものとする。加熱流路に入った冷却材は上部反射体の下面で縮流されて炉心内の燃料冷却流路を下降し、下部反射体の上面で拡流され、各加熱流路からの冷却材はプレナムに集められて、全流量として体系から流出される。

#### 2.1.2 伝熱流動計算の手順

本コードの伝熱流動計算は、

- i) 全流量一定 ( $W_t = \text{const.}$ )
- ii) 全流路の圧力損失が同一 ( $\Delta P_1 = \Delta P_2 = \dots = \Delta P_i = \dots$ )

を基本条件としており、内容的に標準解析と誤差解析の 2 種に大別される。前者は各流路の標準的な伝熱流動特性を求めるものであり、これは誤差解析に移行するための準備計算でもある。後者は流れの遷移域の摩擦係数のばらつきに対してモンテカルロ法を適用し、これによって流量と燃料温度の誤差とを求めるものである。以下にこれらの計算手順について説明する。なお、本数値解析手法についての本コードの全体的な計算の流れ図は Fig. 2.2 に示されている。

##### (1) 標準計算法

上部プレナムから下部プレナムに至る流路すべてについて上記基本条件を満すように計算する。実質的な計算は、オリフィス部を含んだ加熱流路についてであり、上部プレナムの流体の状態が入口条件として入力データで与えられる。

加熱流路は前節で定めた 3 つの構成部分について、上部反射体から下部反射体に至るまで逐次計算を行なう。これらのうち、上下反射体領域の分割点はそれぞれの上面（入口）と下面（出口）のみであり、したがってそれぞれが一つの計算単位（計算メッシュ）である。

炉心部は、入力データによって任意に分割されたそれぞれの分割部分の入口点 ( $\ell - 1$ ) と出口点 ( $\ell$ ) の間が一つの計算単位として与えられる。上部反射体に接するオリフィス部の入口条件は、上部プレナム部 (Fig. 1.1) の温度と圧力と同じ入口条件とし、冷却材全流量とともに入力データによって与えられる。

入力データによって指定された流量配分方式に基づき各領域流量を定め、これを各領域内の各流

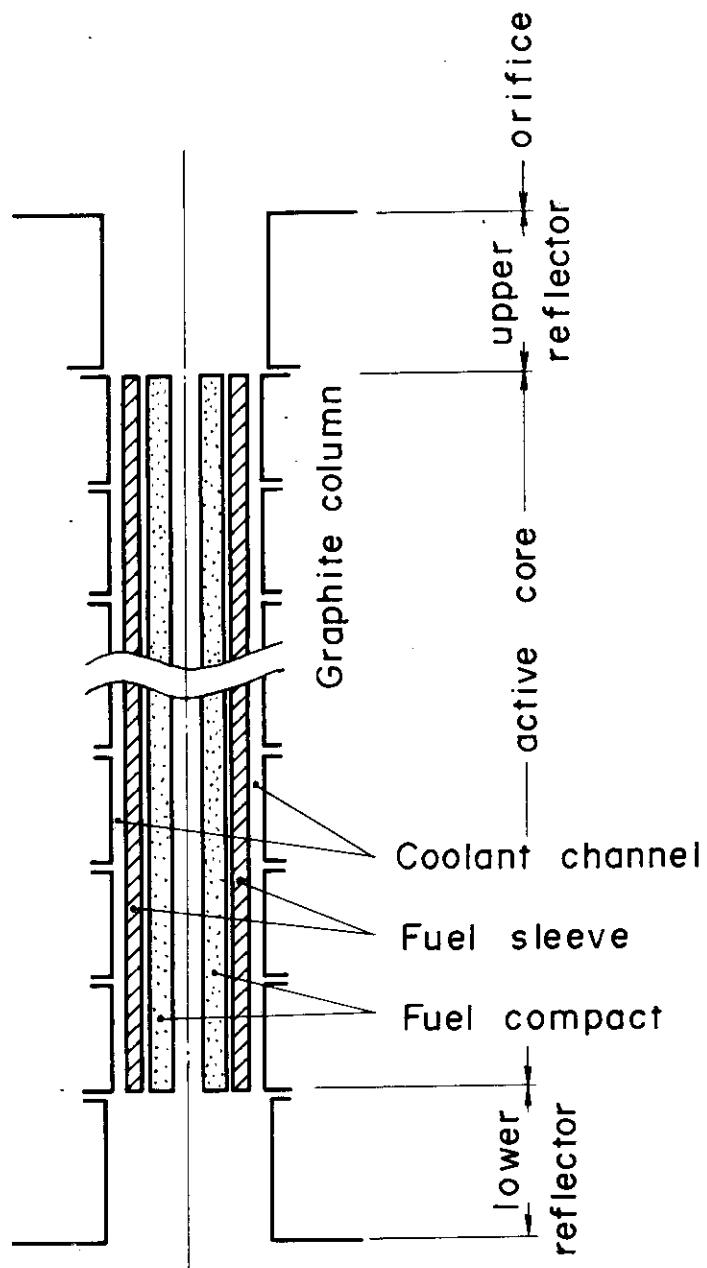


Fig. 2.1 Single channel layout for DREAM-FLOW calculation

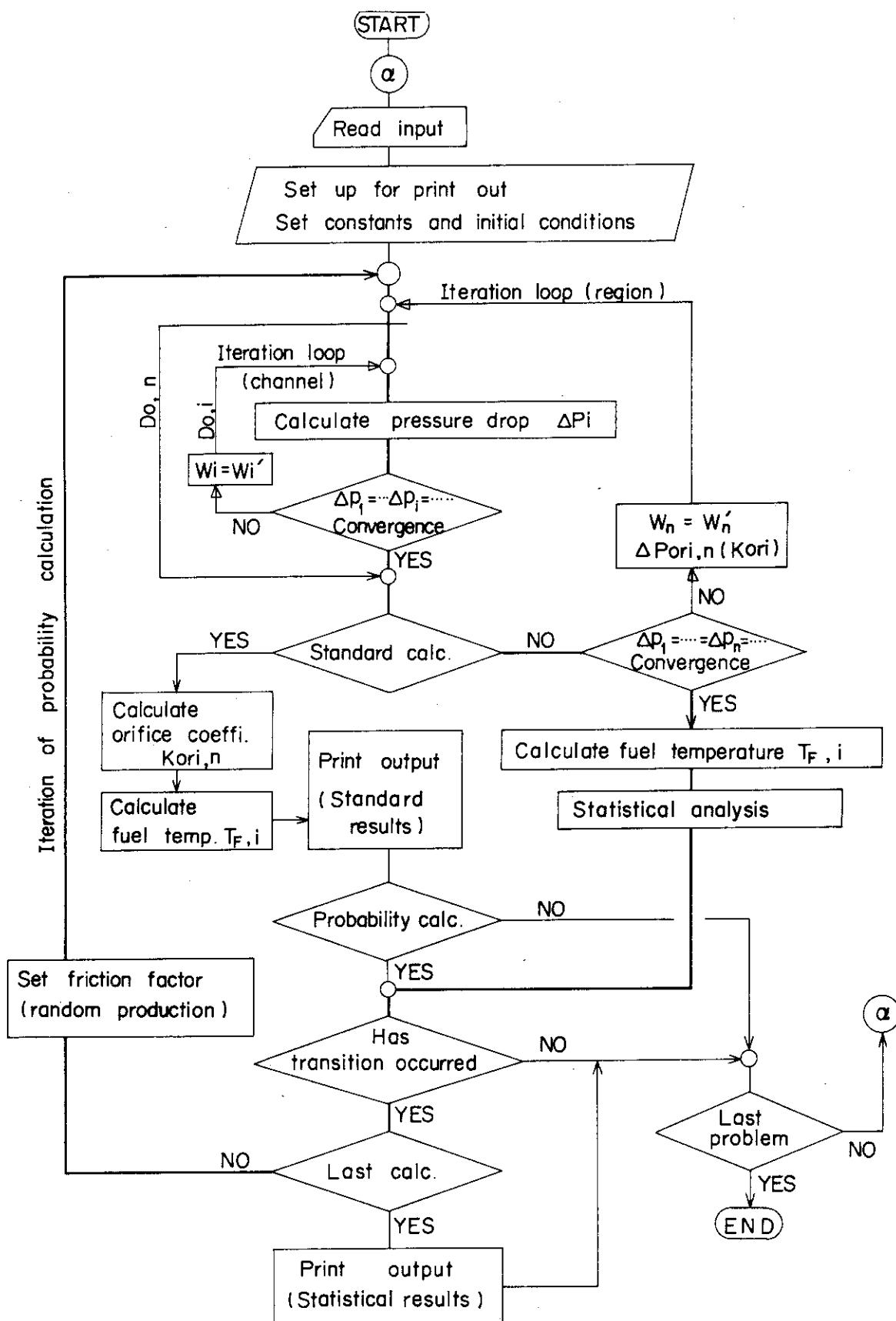


Fig. 2.2 Calculation flow chart of DREAM-FLOW program

路に等分割して個々の流路の流量をまずセットする。そして、オリフィス部の入口条件をひとまず上部反射体の入口条件として、軸方向分割単位ごとに、それぞれの分割単位の入口条件から出口点の温度と圧力を定める。下部反射体の出口に至るまで、領域内のすべての流路についてこの計算を実施し、流路内の全圧力損失を求める。領域内の各流路の圧力損失がすべて等しくなるように、流量を修正し、再び上部反射体の入口からこの部分の入口条件を固定したまま、上記の計算を繰返す。<sup>\*</sup>) 領域内の各流路の圧力損失が等しくなるように流量の配分ができた（収束した）ならば、次の領域に移り同様の計算を行なう。

全領域について、これらの計算が終了したならば、すべての領域の入口から出口に至る圧力損失を等しくするようオリフィス部の圧力損失を算出し、オリフィス係数（各領域の絞り量）を決定する。ここで、もしも炉心部の燃料温度の計算が入力データで指定されているときはこれを実行する。

これで、誤差解析に入る前の標準的な各流路の流量や燃料温度、さらにはオリフィス係数が定まることになる。これらの標準計算の結果を出力し、誤差解析に移行するための初期条件をセットして、この部分の計算は終了する。また、入力データで誤差解析が指定されていない場合は、本ケースでの計算はすべてここで終了し、次のケースに移る。

なお、各領域の繰返し計算における分割計算単位の冷却材物性値は、入口点と出口点における平均圧力と平均温度によって定める。ただし、繰返し計算の第1回目の物性値は、分割単位の各入口条件によって定めている。

## (2) 誤差解析法

まず全流路について、レイノルズ数から判断して流れが遷移状態にある個所の抽出を行なう。遷移個所が1個所もなければ誤差解析をせずに次の計算ケースに移る。遷移個所があれば、全流路のすべての計算分割単位の摩擦係数をセットする。勿論、遷移域の摩擦係数は乱数発生による（次節2.1.3参照）。ここで、反射体入口部の圧力を標準計算(1)において得られたオリフィス係数に基づいてセットし、標準計算と同様な各領域内の流路計算を行なう（内側ループの計算）。領域ごとの各流路の圧力損失が等しくなるように流量配分された（収束した）ならば、オリフィス部から下部反射体の出口に至るまでの、すべての領域の圧力損失が等しくなるように領域流量を修正し、摩擦係数を固定したまま、上記の計算を繰返す。<sup>\*\*)</sup> この繰返しではオリフィス部の圧力損失を再計算し、上部反射体の入口条件をセットし直す。各領域の圧力損失が等しくなるように領域流量が定った（収束した）ならば、入力データの指定に基づき、燃料温度の計算を行ない、さらに統計量（平均値、標準偏差など）の計算を行なう。もしも途中の統計量が必要なとき（入力データで指定）はここで打出す。そして再び遷移個所の存在を確かめ、摩擦係数をセットして入力データで指定された所定の回数に至るまでこれらの計算を繰返す。<sup>\*\*\*)</sup> 終了したならば、統計量の結果を出力してこのケースの計算をすべて終りとする。なお、所定の回数に至る途中で遷移個所が見られなくなった場合は、

\* ) この部分の繰返し計算を特に内側ループと呼ぶ。

\*\*) この部分の繰返しを領域内各流路に対する繰返し計算と区別して外側ループと呼ぶ。

\*\*\*) これは統計的性質を求めるための繰返し計算であり、前の内側および外側ループの繰返し計算と区別されるものである。本報で単に繰返し計算といえばこれを指す。また、本報ではこれを確率計算あるいは誤差計算とも呼んでいる。

\*)  
前回までの結果を出力して次の計算ケースに移ることになっている。

### 2.1.3 モンテカルロ法に関連した摩擦係数の乱数発生

摩擦係数  $\lambda$  の乱数発生は次のように行う。今、流れの遷移区間 ( $c_1 < Re < c_2$ ) の  $\lambda$  が Fig. 2.3 の斜線の部分にあるものとする。これはたとえば、流れの遷移域におけるデータ  $\lambda$  のばらつきの最下限と最上限とをなめらかな曲線で結んで得られた閉曲面である。上記区間 ( $c_1, c_2$ ) は遷移域と考えるもののに他に、これを拡張して全レイノルズ数区間と考えることもできる。さて、閉曲線内部の斜線の領域内では、 $\lambda$  はすべてのレイノルズ数  $Re$  に対してある確率分布に従うものと仮定する。本コードではこの確率分布として、一様確率分布と正規確率分布の2種類が用意されているが（第3章参照）、この各々に対して摩擦係数は次のように定める。

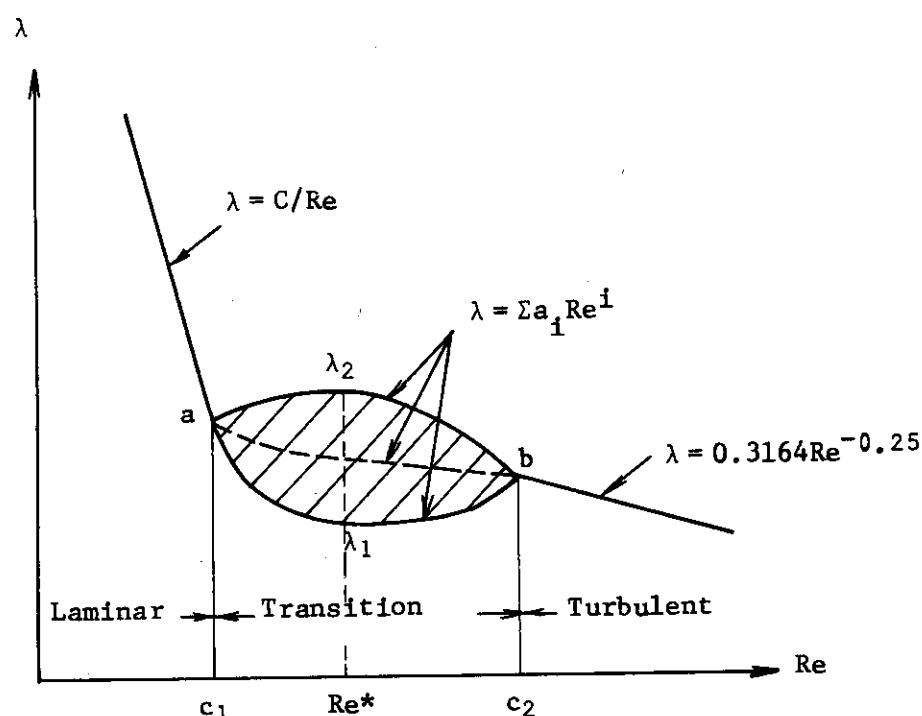


Fig. 2.3 Fluctuation of friction factor in transition zone

一様確率分布（一様分布）の場合には、0から1までの一様乱数  $r$  を発生させ、これを使って領域内の任意の  $Re^*$  について、摩擦係数の区間 ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) における統計的性質をもつ摩擦係数  $\lambda^*$  を、

$$\lambda^* = \lambda_1 + r (\lambda_2 - \lambda_1) \quad (2.1)$$

で与える。なお、 $\lambda_1, \lambda_2$  は  $Re^*$  に対応した  $\lambda$  の最小値と最大値である（Fig. 2.3）。この最下限値と最上限値を与える  $\lambda$  は、あらかじめ  $Re$  の関数として定めておく。本コードでは、これを次式で与えることにしている。

\*) 特殊な場合として、この場合にも前回の遷移個所で乱数を発生させて計算の続行ができるよう、計算オプション（ISPC）が用意されている（Table 3.1 の入力データ参照）。

$$\lambda_i = \sum_{j=0}^7 a_{ij} R_e^j \quad (i = 1, 2) \quad (2.2)$$

正規確率分布(正規分布)の場合には次のようにする。領域内の任意の  $R_e^*$  について、(2.2)式の算術平均として与えられる  $R_e^*$  に対応した  $\lambda$  の平均値を  $\bar{\lambda}$ 、この平均値からの偏差の絶対値(偏差値)、すなわち  $\lambda_2 - \bar{\lambda}$  あるいは  $|\lambda_1 - \bar{\lambda}|$  を  $\Delta\lambda$  とするとき、この  $\Delta\lambda$  が正規分布の標準偏差  $\sigma$  の  $\eta$  倍、たとえば  $\eta = 3$  として  $3\sigma$  で与えられるものとする。つまり、領域内の任意の  $R_e^*$  に対して  $\lambda$  の標準偏差を

$$\sigma = \Delta\lambda/\eta \quad (2.3)$$

とする。そして、正規乱数  $t$ (平均0、標準偏差1)の発生によって、この標準偏差  $\sigma$  と平均値  $\bar{\lambda}$  に対する統計的性質をもった摩擦係数  $\lambda^*$  を得る。つまり、

$$\lambda^* = \bar{\lambda} + \sigma t \quad (2.4)$$

本コードでは、この  $\lambda^*$  は  $\bar{\lambda}$  と  $\sigma$  および一様乱数の初期値とを引数とした FACOM 計算機の科学用サブルーチンライブラリ(SSL)の使用によって直接得ている。なお、(2.3)式の  $\eta$ (信頼度係数)は入力データによって指定されるものである(第3章、Table 3.1 参照)。

#### 2.1.4 繰返し計算における流量の修正と収束判定

領域内各流路間の圧力損失および全ての領域間の圧力損失を等しくするための各流路のあるいは各領域の流量修正は次式によって行なう。

$$W'_i = \sqrt{4P_{ti}/C_i} \quad (2.5)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} C_i &= \Delta P_{ti} / W_i^2 \\ \Delta P_t &= \left( \sum_{i=1}^{IC} W_i / \sum_{i=1}^{IC} \sqrt{1/C_i} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

ここで、 $W'_i$  は新たに修正された流路  $i$  の流量、 $\Delta P_{ti}$ 、 $W_i$  は流路  $i$  の全圧力損失と流量である。また  $IC$  はある領域  $n$  の流路数である。上式は領域内の各流路の圧力損失を等しくするためのものであるが、領域についての関係式もこれと同様であり、この場合には上式の添字として領域内の流路番号  $i$  の代りに領域番号  $n$  をとればよい。下記に述べられる事柄についても同様である。

収束判定は、今回の  $W_i$  と上式によって新たに修正された  $W'_i$  との差の相対誤差の最大値がある値  $\epsilon_w$  より小さくなつた場合、つまり

$$\text{Max} \left( \left| \frac{W'_i - W_i}{W_i} \right| \right) < \epsilon_w \quad (i = 1, 2, \dots, IC_n) \quad (2.7)$$

が満たされたとき収束したものとする。なお、収束しない場合の繰返し計算における流量は、加速因子 $\alpha$ を導入して、

$$W_i = \alpha W_i' + (1 - \alpha) W_i \quad (2.8)$$

と置かれる。繰返し計算におけるこの加速因子は、本モデルの数値解析上重要な要素となっているが、これについては第4章の計算例のところで詳しく述べる。

## 2.2 圧力計算

### 2.2.1 圧力損失

流れ方向(軸方向)の圧力損失の計算は、流れの連続の式と運動方程式とから求めることができる。本計算モデルでは、軸方向分割単位ごとに、入口と出口間の圧力降下 $\Delta P_{1-2}$ を次式にて計算する。なお、流路の番号 $i$ は記述を簡明にするためここでは省略している。

$$\Delta P_{1-2} = \Delta P_s + \Delta P_f + \Delta P_a + \Delta P_h \quad (2.9)$$

上式で右辺各項は、第1項が流路形状の変化(縮流、拡流など)に伴う損失、第2項が摩擦による損失、第3項が温度変化に伴う加速による損失、および第4項が静圧による損失をそれぞれ表わしている。これらの各損失は下記の計算式によって求められる。

$$\Delta P_s = \xi \frac{\bar{r} \bar{u}^2}{2g} \quad (2.10)$$

$$\Delta P_f = \lambda \frac{z_2 - z_1}{2d_e} \cdot \frac{\bar{r} \bar{u}^2}{g} \quad (2.11)$$

$$\Delta P_a = \frac{\bar{r} \bar{u}^2}{g} \cdot \frac{t_2 - t_1}{\bar{t}} \quad (2.12)$$

$$\Delta P_h = \bar{r} (z_2 - z_1) f_h \quad (2.13)$$

ここで、 $r$ 、 $u$ 、 $z$ 、 $d_e$  および  $t$  はそれぞれ冷却材の比重量、流速、軸方向メッシュ位置、流路の等価直径および冷却材の温度である。さらに、(2.10)式の $\xi$ は反射体部と炉心部の損失係数を示すもので、その内訳は、

$$\xi = \begin{cases} \text{反射体部: 縮流、拡流によるもの} (\xi_1 + \xi_2 + \xi_{off}) \\ \text{炉心部: ブロック水平面間の不整合によるもの} (\xi_{off}) \end{cases}$$

である。また、(2.13)式の $f_h$ は流れの方向に関する下記の内容を含むものである。

$$f_h = \begin{cases} -1 : \text{垂直下向流} \\ 0 : \text{水 平 流} \\ 1 : \text{垂直上向流} \end{cases}$$

各加熱流路に対して得られたこれらの値を軸方向全計算メッシュについて合計したものが、領域内各流路における加熱部分の全圧力損失を与えるものとなる。

第2.1節の計算手順の項で述べた内側ループの計算(領域内計算)は、この部分の計算を指している。

外側ループの計算(領域内計算)における各流路のオリフィス部から下部反射体出口に至るまでの軸方向全圧力損失は、上記の計算によって求められた加熱部分の全圧力損失にオリフィス部の圧力損失 $\Delta P_{ori}$ を加えたものとなる。つまり、

$$\Delta P_t = (\sum \Delta P_{1-2}) + (\Delta P_{ori} + \Delta P_{add}) \quad (2.14)$$

ただし、上式の右辺第2項の括弧内の $\Delta P_{add}$ は、あらかじめオリフィス部の圧力損失として考慮される量で、これは入力データによって任意に与えられる。

また、上式のオリフィス部の圧力損失 $\Delta P_{ori}$ は標準計算によって求められたオリフィス係数、

$$\xi_{ori}^* = \xi_{ori} / A_{ori}^2 \quad (2.15)$$

を基に算出される量である。

なお、圧力損失の計算式において、添字1と2は計算区間(軸方向計算メッシュ)の入口点と出口点を、また物性値などの横線-は区間での平均値を表わす。このように、計算区間内の圧力降下はほとんど各区間における平均値、たとえば流速 $\bar{u}$ については、

$$\bar{u} = (W / \bar{A} \tau)$$

を用いて計算している。

## 2.2.2 摩擦係数

流れの層流、乱流域における摩擦係数は簡単な次式によって求める。

$$\lambda = C / Re \quad (\text{層流}) \quad (2.16)$$

$$\lambda = 0.3164 / Re^{0.25} \quad (\text{乱流, Blasiusの式}) \quad (2.17)$$

ただし、流れが層流の場合には、反射体部(円管)と炉心部(二重管)とで、Cをそれぞれ次のようにする。

$$C = \begin{cases} 64 & (\text{反射体部}) \\ 96 & (\text{炉心部}) \end{cases}$$

標準計算における標準流量およびオリフィス係数の設定のための遷移域の摩擦係数は、レイノルズ数 $Re$ の関数として次のような7次以下の多項式で与える。

$$\lambda = \sum_{i=0}^7 a_i Re^i \quad (\text{遷移域}) \quad (2.18)$$

これは、前節2.1.3の(2.2)式と同じ形式のものである。前節の式(2.2)は入力データで指定された遷移区間( $c_1, c_2$ )内のデータ $\lambda$ のばらつきに対して、これらの最下限値と最上限値とを

与えるものであったが、これは上記区間内の  $\lambda$  の平均的な値を示すものであり、Re ( $c_1, c_2$ ) に對応した  $\lambda$  (a, b) 間を、たとえば平均的な値を示すようななめらかな曲線で結び、これを表示する (Fig. 2.3 参照)。これらの具体的な数値例は第 4 章の計算例において示されている。

なお、(2.18)式は (2.2) 式の最小値と最大値の算術平均として与えることもできるが、コード内におけるこの選択は入力データの指定に基づいて行なわれる (Table 3.1 参照)。

### 2.2.3 冷却材ヘリウムの物性値

本計算モデルにおける冷却材はヘリウムである。この物性値は温度  $t$  (°C) と圧力  $P$  (Kg/cm<sup>2</sup>) から以下の次によって算出する。

$$\begin{aligned} k &= (7.50262 \times 10^{-6}) (\beta)(T)^{0.68} && (\text{cal}/\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}) \\ c_p &= 1.2407 && (\text{cal}/\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \\ r &= 110.803/\psi && (\text{g}/\text{cm}^3) \\ \nu &= (3.7281 \times 10^{-8})(\alpha)(\psi)(T)^{0.68} && (\text{cm}^2/\text{s}) \\ P_r &= c_p r \nu / k \end{aligned} \quad (2.19)$$

ただし、

$$\begin{aligned} P^* &= 142235 P && (\text{ps}_i) \\ T &= 273.15 + t && (\text{°K}) \\ \alpha &= 1 + \varphi [0.175 + \varphi (0.7557 - 0.405 \varphi)] \\ \beta &= 1 + \varphi [0.575 + \varphi (0.5017 - 0.204 \varphi)] \\ \psi &= 333927 \frac{T}{P^*} - \frac{8941.8}{P^* + 165.376} + 335.123 \\ \varphi &= \frac{\psi}{333927 \frac{T}{P^*} - \frac{8941.8}{(P^* + 165.376)^2}} - 1 \end{aligned}$$

## 2.3 温度計算

### 2.3.1 冷却材温度

各流路の軸方向分割点 ( $\ell$ ) における冷却材温度  $t_{c\ell}$  は次式によつて計算する。

$$t_{c\ell} = t_{c\ell-1} + \frac{1}{c_p W} \left( \frac{q'_{\ell-1} + q'_{\ell}}{2} \right) (z_{\ell} - z_{\ell-1}) \quad (2.20)$$

$$\ell = 2, 3, \dots, \ell \dots, \text{LMAX1 (出口)}$$

ただし、入口温度  $t_{c\ell=1}$  は入力で与えられる。ここで、

$c_p$  : 冷却材の比熱 ( cal/g °C )

$W$  : 冷却材流量 ( g/s )

$q'$  : 燃料棒の線出力 ( cal/cm s )

$z$  : 軸方向分割点の流路入口からの距離 ( cm )

上式で、流路の番号  $i$  は、記述を簡明にするために省略している。

### 2.3.2 燃料温度

炉心部における軸方向任意の分割点位置の流路内燃料棒の半径方向温度分布 ( Fig. 2.4 ) は、

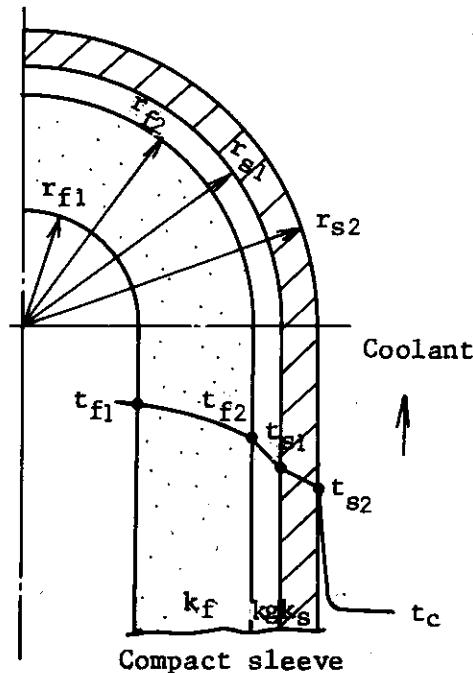


Fig. 2.4 Temperatures fuel rod

その位置における冷却材温度  $t_c$  を境界条件として、一次元の熱伝導方程式に基づいた以下の計算式によって求める。ここでも記述を簡明にするため、流路番号  $i$  および軸方向分割位置  $\ell$  の添字は省略している。

$$t_{s2} = t_c + \frac{q'}{2\pi r_{s2} \cdot h} \quad (2.21)$$

$$t_{s1} = t_{s2} + \frac{q'}{2\pi k_s} \ln \frac{r_{s2}}{r_{s1}} \quad (2.22)$$

$$t_{f2} = t_{s1} + \frac{q'}{\frac{2\pi k_g}{\ln(r_{s1}/r_{f2})} + \epsilon_{eff}\sigma(T_{s1}+T_{f2})(T_{s1}^2+T_{f2}^2)2\pi r_{f2}} \quad (2.23)$$

$$t_{f1} = t_{max} = t_{f2} + \frac{q'}{2\pi k_f} \left[ \frac{1}{2} + \frac{r_{f1}^2}{r_{f2}^2 - r_{f1}^2} \ln \frac{r_{f1}}{r_{f2}} \right] \quad (2.23)$$

ただし、

$$\epsilon_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_f} + \frac{r_{f2}}{r_{s1}} \left( \frac{1}{\epsilon_s} - 1 \right)}$$

$$\sigma = 1.354 \times 10^{-12} \text{ cal/cm}^2 \text{ s}^\circ \text{K}^4 \text{ (ステファン・ボルツマン常数)}$$

$$T = t + 273.15 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

ここで、

$t$  : 温度 ( $^\circ\text{C}$ )

$q'$  : 燃料棒の線出力 ( $\text{cal/cm s}$ )

$h$  : 流路の熱伝達率 ( $\text{cal/cm}^2 \text{s}^\circ \text{C}$ )

$k$  : 燃料棒の熱伝導率 ( $\text{cal/cm s}^\circ \text{C}$ )

$r$  : 燃料棒の半径 (cm)

$\epsilon$  : ふく射率

なお上式で、温度  $t$  および半径  $r$  の添字は上図の通りである。

これらの温度計算に際してのスリープの熱伝導率  $k_s$  あるいはコンパクトの熱伝導率  $k_f$  は、温度依存を考える場合、それぞれの内外表面の平均温度に対して定めることにしている。また、コンパクトとスリープの間のギャップにおける冷却材ヘリウムの熱伝導率  $k_g$  は、第 2.2.3 節に記されているように温度と圧力の関数であり、この場合の温度もそれぞれの表面温度に対する平均値をとっている。また、(2.21)式における冷却材の熱伝達率  $h$  は、次節に記すように壁面温度(スリープの外表面温度)と冷却材温度との比のべき乗項で補正した実験整理式を採用している。このように燃料温度の計算式には未知の温度が含まれているので、このための繰返し計算を実施している。

まず、既知なる表面温度に対して物性値を定め、繰返し計算の 2 回目以降は各表面の平均温度に対してこれを定める。そして、前回の温度  $t'$  と今回の計算値  $t$  との差の相対誤差がある数値以下になつたときに収束したものとする。すなわち、

$$\left| \frac{t' - t}{t} \right| < \epsilon_t \quad (2.25)$$

さらに、(2.23)式のコンパクトの外表面の温度計算において、ふく射熱伝導を考慮しない場合(入力データで指定)は右辺第 2 項の分母のふく射熱伝導に関する項が無視されるが、これを考慮する場合には、この式をコンパクトの外表面温度  $t_{f2}$  の関数、 $F(T_{f2}) = 0$  に整理し、これにニュートンラブソン法を適用して温度を求めている。この場合の繰返し計算における最初のコンパクトの外表面温度はスリープの内表面の温度にとっている。収束判定は(2.25)式と同様なものである。

### 2.3.3 热伝達率

燃料棒の温度計算に必要な炉心部の円環流路における熱伝達率、

$$h = k N_u / d_e \quad (2.26)$$

のヌッセルト数  $N_u$  は、流路の形状係数、

$$\alpha = \text{流路の内外直径比} (d_i/d_o)$$

を考慮した次式から計算する。なお、上式で  $k$  は冷却材の熱伝導率、 $d_e$  は流路の等価直径である。

$R_e \geq 5000$  に対して

$$N_u = N_{u_t} = 0.022 (1/\alpha)^{0.1} \left[ 1 + (1/\alpha - 1) \frac{250}{R_e} \right] R_e^{0.8} P_r^{0.5} \left( \frac{T_B}{T_W} \right)^{0.1} \quad (2.27)$$

$R_e < 5000$  に対して

$$N_u = N_{u_H} = [0.116 (R_e^{2/3} - 125) P_r^{1/3}] \frac{N_{u_T}(R_e=5000, \alpha)}{N_{u_H}(R_e=5000)} \left( \frac{T_B}{T_W} \right)^{0.1} \quad (2.28)$$

ただし、 $N_u (N_{u_H}) < N_{u_L}$  のときは

$$N_u = N_{u_L}$$

とする。この  $N_{u_L}$  は層流域のヌッセルト数であり、これは次式で与える。

$$N_{u_L} = c(\alpha) \left( \frac{T_B}{T_W} \right)^{0.1} \quad (2.29)$$

ここで、

$$c(\alpha) = 9.7107 - 12.2505 \alpha + 12.7516 \alpha^2 - 4.2868 \alpha^3$$

この  $c(\alpha)$  は実験データ<sup>3)</sup>を基に層流域における形状による熱伝達率の変化を3次式で近似したものである。

この外に、円環流路を対象とした最も一般的な次式による計算が可能である。

$$N_u = a R_e^b P_r^c \left( \frac{T_B}{T_W} \right)^d \quad (2.30)$$

ただし、 $N_u < N_{u_0}$  のときは、

$$N_u = N_{u_0}$$

とする。この  $N_{u_0}$  は流れが層流の場合のヌッセルト数であり、この場合の  $N_{u_0}$  は入力データで与える。この選択は入力データによって行われ、熱伝達率の計算式指定オプション  $IHC \neq 0$  の場合がこれに相当する（第3章）。なお、ヌッセルト数の計算式の中の  $T_B/T_W$  は流体と壁面の温度(K)比である。

### 2.3.4 燃料棒の熱伝導率

温度依存を考える場合のコンパクトとスリーブの熱伝導率  $k_c$ 、 $k_f$  は、次に示す温度に関する7次以下の多項式で表わし、この係数を入力で与える。なお、温度依存を考えない場合のそれぞれの

熱伝導率  $k_f, k_s$  は  $k_{o_f}$  および  $k_{o_s}$  に置かれる。

$$k_{f,s} = k_{o_f,s} \sum_{i=0}^7 a_i t^i \quad (2.31)$$

### 3. 計算コード

前章までに計算モデルと計算式などを含んだ数値解析手法について詳述した。本章では、コードの使用法に重点を置いた詳細な説明を行なう。なお本コードは、FACOM 230-75を使用機種とし、現在カード枚数約1,600枚、記憶容量として125k語を要している。

#### 3.1 DREAM-FLOWの構成

本計算コードDREAM-FLOWはFACOM 230-75電子計算機用のFORTRAN(IV)で記述されている。このコードはFig. 3.1に示すように、メインプログラムの他に14個のサブプログラムと2個のFACOM 230-75内蔵プログラム（基本サブルーチン1つを含む）より構成されている。これらの個々のプログラムは、Fig. 2.2の計算の流れに沿った計算機能を効果的に分担するものである。以下に本コードを構成しているこれらのプログラムについて簡単に説明する。

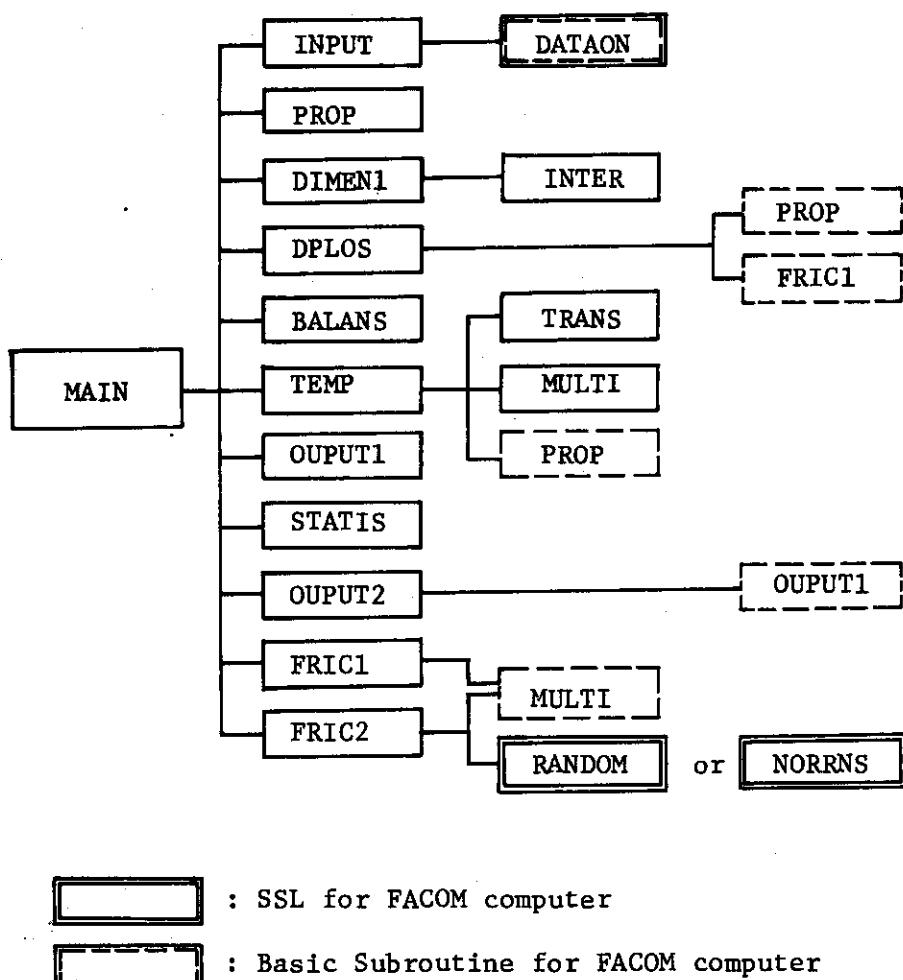


Fig. 3.1 Structure of DREAM-FLOW program

- 1) MAIN : 入力データの読み込みから出力データの書き出しまでの一切の計算の流れをコントロールするメインプログラム。この中には定数や初期条件の設定をはじめ、オリフィス係数の設定および誤差評価のための統計量の計算が含まれる。
- 2) INPUT : 入力データの読み込み。度数分布の計算に必要な階級の設定はここで行なう。
- 3) PPOP : 冷却材ヘリウムの物性値の計算
- 4) DIMEN1 : 流路の軸方向寸法分布の設定
- 5) DPLOS : 軸方向冷却材温度分布と圧力損失分布の計算
- 6) BALANS : 圧力損失の収束判定と流量の修正
- 7) TEMP : 流路内燃料温度の計算
- 8) OUPUT1 : 流路内熱流動特性（詳細出力データ）のプリント
- 9) STATIS : 流量および燃料最高温度に対する度数分布計算
- 10) OUPUT2 : 誤差評価のための統計量のプリント
- 11) FRIC1 : 標準的な摩擦係数の計算
- 12) FRIC2 : ランダム発生による摩擦係数の計算
- 13) INTER : 軸方向計算点の寸法変化を求めるための一次内挿
- 14) TRANS : 冷却材流路の熱伝達率の計算
- 15) MULTI : 7次以下の多項式による関数計算
- 16) RANDOM : 乱数の発生（ただし、一様乱数、正規乱数発生の場合は NORRNS. 内蔵プログラム - SSL）\*
- 17) DATAON : 入力データのプリント（内蔵プログラム - 基本サブルーチン）

### 3.2 入力データ

本計算コードの入力データは、連続計算をする場合の入力データが必要最小限になるように、以下のような23個のカード群に分類されている。このうち最初の2つの群はどの計算ケースについても必要なものである。また、入力データはデータオプションカードで指定したカード群の番号順に入力することが必要である。

- 01) タイトル（計算ケースの内容）
- 02) データオプション
  - 1) 主要計算パラメータ
  - 2) 計算オプション
  - 3) 流路数
  - 4) 摩擦係数の遷移域の指定と運転負荷率
  - 5) 遷移域の摩擦係数

---

\* ) コード内では現在、一様乱数と正規乱数の発生が考慮できるようになっている。この選択は入力データによって行なわれる（Table 3.1 参照）。なお、正規乱数発生の場合には平均値と標準偏差が必要であるが、これは第2章第2.1.3節で述べた方法によって定める。

- 6) 廉心入口条件と数値計算パラメータ
- 7) 領域流量
- 8) 流路の最大線出力
- 9) 流路の軸方向出力分布
- 10) 軸方向計算位置
- 11) 廉心内ブロック水平面間の不整合個所
- 12) 流路形状
- 13) 流路の寸法
- 14) 圧力損失係数等
- 15) 材料物性値
- 16) 熱伝達率の計算係数
- 17)~19) 領域の軸方向寸法分布(寸法変化率)
- 20) 燃料棒の熱伝導率の温度依存係数
- 21) Job の終了指定

上記各群の入力データおよび入力形式などの詳細な内容は一括して Table 3.1 に示す。

### 3.3 出力データ

本計算コードの出力データは、標準計算に対する詳細な熱流動特性とモンテカルロ法を用いた誤差解析結果とに大別される。まず、熱流動特性およびこれに関連した基礎データとして、

- 1) 領域の軸方向寸法
- 2) 流路の軸方向線出力
- 3) 領域内各流路の冷却材流量と領域流量
- 4) 領域のオリフィス係数と全圧力損失およびオリフィス部圧力損失
- 5) 流路の軸方向圧力分布
- 6) 流路の軸方向レイノルズ数分布
- 7) 流路の軸方向摩擦係数分布
- 8) 流路の冷却材および燃料の軸方向温度分布
- 9) 流路の燃料最高温度

誤差解析の出力データ(統計量)として、

- 10) 領域内各流路の冷却材流量と領域流量、および領域内燃料最高温度の相対度数分布
  - 11) 領域流量、領域内燃料最高温度および領域内各流路の冷却材流量と燃料最高温度に対する最大値、最小値、平均値、範囲、標準偏差
  - 12) 領域のオリフィス部圧力損失と全圧力損失
- なお、誤差解析の出力データとして、この他に入力データの指定によって上記の 3) と 4) および 6)~9) の出力が可能である。

Table 3.1 Input data for DREAM-FLOW

GROUP /CARD	FORTRAN DATA	FORMAT
01	TITLE(1)~TITLE(20) タイトル(ケースの内容)	20A4
02	IDC(1)~IDC(21) データオプション IDC(i)は以下に入力するデータの分類番号である。計算に必要な入力データの分類番号を順次書き、この順にデータを並べる。なお、01と02は、すべての連続したケースに必要なカードである。	21I3
1 (1)	NR, LMAX, ISTOP1, ISTOP2, NFL, NMAX, INIV, NCO, NRO, NTO 主要計算パラメータ NR : オリフィス領域の数(最大10) LMAX : 軸方向分割数(最大29) ISTOP1 : 内側ループ線返し計算打切り回数 ISTOP2 : 外側ループ線返し計算打切り回数 NFL : 炉心内軸方向のオフセット数 NMAX : 誤差解析を行なう場合の計算線返し回数 INIV : 一様乱数発生のための初期値および正規乱数を作る時必要な一様乱数の初期値 NCO : 領域内流路流量の度数分布を求めるための粗区間数(20以下) NRO : 領域流量の度数分布を求めるための粗区間数(20以下) NTO : 領域内燃料最高温度の度数分布を求めるための粗区間数(20以下)	10I5
(2)	NCC(1)~NCC(NCO), NRR(1)~NRR(NRO), NTT(1)~NTT(NTO) NCC(i) : 流路流量 i 粗区間内の分割数(密区間数) NRR(i) : 領域流量 i 粗区間内の分割数(密区間数) NTT(i) : 燃料最高温度 i 粗区間内の分割数(密区間数)	16I5
(3)	WCX(1)~WCX(NCO+1) 領域内流路流量の各粗区間値(g/s)	8E1.03
(4)	WRX(1)~WRX(NRO+1) 領域流量の各粗区間値(g/s)	8E1.03
(5)	TFX(1)~TFX(NTO+1) 領域内燃料最高温度の各粗区間値(°C)	8E1.03
2	IW, ITA, ITC, IDD, IPRD, IAFC, IHC, IRR, IKK, IPP, IPPX, ISPC 計算オプション IW : 流量配分方式の指定	12I5

GROUP /CARD	FORTRAN DATA	FORMAT
2 (続き)	<p>IW = <math>\begin{cases} 0 : \text{領域流量を入力で与える任意方式} \\ 1 : \text{領域内エンタルビ上昇一定方式} \\ 2 : \text{領域流量一定方式} \end{cases}</math></p> <p>ITA : 誤差解析の指定 ITA ≠ 0 のとき行なう。ITA = 0 またはブランクのときは標準計算のみ実施。</p> <p>ITC : 燃料温度の計算指定 計算しない場合は 0 またはブランク。計算を行ない、かつ、燃料温度の誤差評価も行なうときは ITA = 1 とする。ただし、誤差解析を実施しない場合は単に ITA ≠ 0 であればよい。</p> <p>IDD : 軸方向寸法変化の指定 領域ごとの流路寸法の軸方向分布を考慮するときには IDD ≠ 0 とする。</p> <p>IPRD : 乱数発生の分布指定 IPRD = <math>\begin{cases} 0 : \text{一様分布} \\ \neq 0 : \text{正規分布} \end{cases}</math> ただし、正規型乱数のときには、IPRD は正規分布の標準偏差 <math>\sigma</math> の信頼度係数を意味する。たとえば IPRD = 3 とすれば <math>\sigma = 4\lambda/3</math> で与えられる。ここに、<math>4\lambda</math> は遷移域における摩擦係数の平均値からの偏差で、最大値（最小値） - 平均値の絶対値である。</p> <p>IAFC : 遷移域の摩擦係数の計算指定 IAFC = <math>\begin{cases} 0 : \text{本文(2.2)式の平均値として与える。} \\ \neq 0 : \text{入力で与える。本文(2.18)式} \end{cases}</math></p> <p>IHC : 熱伝達率の計算式の指定 IHC = <math>\begin{cases} 0 : \text{本文の式(2.27)～(2.29)による。} \\ \neq 0 : \text{本文の式(2.30)による。} \end{cases}</math></p> <p>IRR : ふく射熱伝達の指定 燃料温度を計算する場合、コンパクトとスリープの間のギャップにふく射を考慮するときには IRR ≠ 0 とする。冷却材の伝導による熱伝達のみの場合は 0 またはブランクでよい。</p> <p>IKK : 材料の熱伝導率の温度依存の指定 温度による変化を考慮する場合には IKK ≠ 0 とする。</p> <p>IPP : 誤差解析結果の中途出力の指定 中途結果の出力をする場合、たとえば、IPP = 50 とすれば、NMAX 回まで、50 回ごとに統計量が出力される。</p> <p>IPPX : 誤差解析結果の中途詳細出力の指定</p>	1215

GROUP /CARD	F O R T R A N     D A T A	FORMAT
	<p>IPPX : 中途結果の出力をするとき、統計量の他に各領域各流路の熱流動 (続き) 結果も出力したい場合には IPPX=n × IPP とする。ただし、n = 1, 2, ……。たとえば IPPX=2×50 とすれば、50 回ごとの統計 量の出力に際して、100 回ごとに標準計算において出力される内容 のものとほぼ同じ内容が出力される。出力する必要のないときには IPPX=0 またはブランクとすればよい。</p> <p>ISPC : 誤差解析の特殊指定  誤差解析の繰返し計算の途中で遷移域が無くなってしまったとき、 前の繰返しで得られた遷移域に対してランダム発生を行ない、計算 を続けて実行する場合に使用するオプションで、この場合 ISPC≠ 0 とする。</p>	
3	IC(1)~IC(NR)	16I5
	IC(n) : 第 n オリフィス領域の流路数 (最大 20)	
4	REA1, REA2, RET1, RET2, PLF1 PLF2  摩擦係数の流れの遷移区間と運転負荷率の指定  REA1 と REA2 : 廉心領域 (2 重管) における臨界レイノルズ数の最小値と最大 値  RET1 と RET2 : 反射体領域 (円管) における臨界レイノルズ数の最小値と最大 値  PLF1 と PLF2 : 出力負荷率と流量負荷率  通常の場合は 1.0 またはブランクでよいが、負荷率を 70 % としたいときには 0.7 とする。	6E10.3
5 (1)	A0(1)~A0(8)  2 重管の場合の遷移域における平均的摩擦係数をレイノルズ数に関する 7 次以下の 多項式で近似したときの各係数 (本文の式 (2.18) の $a_i$ )。ただし、IAFC=0 またはブランクのときはブランクカードでもよい。	8E10.3
(2)	A1(1)~A1(8)  2 重管の場合の遷移域における最小摩擦係数をレイノルズ数に関する 7 次以下の多 項式で近似したときの各係数 (本文の式 (2.2) の $a_i$ , ただし下限値)。	8E10.3
(3)	A2(1)~A2(8)  上と同じ。ただし最大値 (上限値)。	8E10.3
(4)	B0(1)~B0(8)  円管の場合の遷移域における平均的摩擦係数をレイノルズ数に関する 7 次以下の多 項式で近似したときの各係数 (本文の式 (2.18) の $a_i$ )。ただし、IAFC=0 また はブランクのときはブランクカードでもよい。	

GROUP /CARD	FORTRAN DATA	FORMAT
(5)	B1(1)~B1(8)  円管の場合の遷移域における最小摩擦係数をレイノルズ数に関する7次以下の多項式で近似したときの各係数(本文の式(2.2)の $a_i$ , ただし下限値)。	8E10.3
(6)	B2(1)~B2(8)  上に同じ。ただし最大値(上限値)。	8E10.3
6	PI, TI, WT, CHI, EPS1, EPS2  炉心入口条件と数値計算パラメータ  PI : 入口プレナム部圧力 (Kg/cm <sup>2</sup> ) TI : 入口プレナム部温度 (°C) WT : 全炉心流量 (g/s) CHI : 収束加速因子 ESP1 : 内側ループ収束判定因子 EPS2 : 外側ループ収束判定因子	6E10.3
7	WR(1)~WR(NR)  オリフィス(領域)流量(g/s)。ただし, IW≠0のときはすべてブランクでよい。 なお, 全炉心流量WTと領域流量との間には $WT = \sum_{n=1}^{NR} WR_n$ の関係がある。	8E10.3
8	QLMAX(1)~QLMAX(KMAX)  各流路の最大線出力(cal/cm s)  ただし, 第1番目の領域の流路から第NR番目の領域の流路まで順番に入力するものとする。KMAXは, これらの連続番号の最大値である。すなわち, $KMAX = \sum_{n=1}^{NR} IC_n$ 。	8E10.3
9	Q(K,1)~Q(K,LMAX+1)  流路Kの軸方向出力分布(単位:任意)  ただし, K=1~KMAX	8E10.3
10	Z(1)~Z(LMAX+1)  軸方向計算位置(cm)	8E10.3
11	ZOF(1)~ZOF(NFL)  炉心内のブロック水平面間の不整合箇所(cm)  NFL≥1のとき, すなわち摩擦損失として軸方向のオフセットロスを考慮するときのみ入力する。	8E10.3
12	AREF1, AREF2, ACORE, DREF1, DREF2, DCORE  流路の形状  AREF1, AREF2, ACORE : 上部反射体, 下部反射体および炉心部の流路断面積(cm <sup>2</sup> )  DREF1, DREF2, DCORE : 同上各部の流路の等価直径(cm)	6E10.3

GROUP /CARD	F O R T R A N     D A T A	FORMAT
13	D00 , D10 , D20 , D30 , D40  流路の寸法 ( cm )  D00 : 冷却材流路の外直径 D10 : 冷却材流路の内直径 ( 燃料スリーブの外直径 ) D20 : 燃料スリーブの内直径 D30 : 燃料コンパクトの外直径 D40 : 燃料コンパクトの内直径	5E10.3
14	FKREF1 , FKREF2 , FKCORE , DPORIO , FH  圧力損失係数等  FKREF1 , FKREF2 , FKCORE : 上部反射体, 下部反射体, 廉心部の損失係数 DPORIO : オリフィス部の初期圧力損失, $\Delta P_{add}$ ( Kg/cm <sup>2</sup> ) FH : 静圧損失係数  $FH = \begin{cases} -1.0 & \text{垂直下向流} \\ 0.0 & \text{水平流} \\ 1.0 & \text{垂直上向流} \end{cases}$	5E10.3
15	CONDCO , CONDSO , EMC , EMS  材料物性値  CONDCO : 燃料コンパクトの熱伝導率 ( cal/cm s °C ) CONDSO : 燃料スリーブの熱伝導率 ( cal/cm s °C ) EMC : 燃料コンパクトのふく射率 EMS : 燃料スリーブのふく射率	4E10.3
16	UNO , ANC , BNC , CNC , DNC  熱伝達率の計算係数 ( IHC=0 のときはブランクでも可 )  UNO : 層流の場合のヌッセルト数 ( 例 4.36 )  ANC : a BNC : b CNC : c DNC : d } Nu = a Re <sup>b</sup> Pr <sup>c</sup> ( T <sub>B</sub> / T <sub>W</sub> ) <sup>d</sup> の各係数, 本文の式 ( 2.30 )	5E10.3
17	NDD(1)~NDD(NR)  NDD(n) : 領域番号 n の流路寸法変化率の軸方向分布点数 ( 最大 30 )  ただし, IDD=0 またはブランクのときは不要。以下カードグループ 18, 19 も同じ。	1615
18	ZDF(n, 1)~ZDF(n, NDD(n))  領域 n の寸法変化率の軸方向分布の入力位置 ( cm )。ただし, n = 1 ~ NR 。	8E10.3
19	DCF(n, 1)~DCF(n, NDD(n))  領域 n の軸方向寸法変化率。ただし, n = 1 ~ NR 。	8E10.3

GROUP /CARD	FORTRAN DATA	FORMAT
19	この変化率は、カードグループ13で指定された寸法D <sub>0</sub> に対するもので、これがD' に変化したものとして、例えばD'/D <sub>0</sub> =1+δにに対するδの値をいう。	
(続き)		
20 (1)	BC(1)～BC(8)  燃料コンパクトの熱伝導率を温度の関数として、7次以下の多項式で近似したとき の各係数。本文の式(2.31)参照。ただし、IKK≤0のときは不要。	8E10.3
(2)	BS(1)～BS(8)  燃料スリープの熱伝導率。上と同じ。	8E10.3
(3)	プランクカード。ただし、IKK=0のときは不要。	
(4)	プランクカード。ただし、IKK=0のときは不要。	
21	IJOB  ケースの終了指定  ケースの終了のときはIJOB=0またはプランクとする。次ケースを連続して行な うときはIJOB≠0とする。これは02カードで指定するケースの入力データがすでに 完了していることを意味する。したがって、新たに変更する入力データのみ、02カ ードで指定し用意すればよい。	I5

## 4. 計 算 例

本章では、コードの使用法に関連し、前章までの説明を補足する意味で、計算コードDREAM-FLOWを用いて行なった計算の一例を示す。ここに示す計算例は、現在日本原子力研究所において研究開発を進めている多目的高温ガス実験炉(VHTR)の第1次概念設計のベースとなった参考炉心Mark-IIIの燃料流路を対象にしたものである。<sup>2)</sup>

以下に、本コードの検証に重点をおいた解析例を一例として示す。なお、参考として、本計算例における入力データと出力データの一部が付録に示されている。

### 4.1 廉心構成と計算モデル

実験炉の炉心部は73の燃料カラム(燃料ブロックを積上げた黒鉛ブロック注)からなり、軸方向には燃料ブロックが7段積されている(Fig. 4.1, Fig. 4.2)。この燃料ブロックには2種類あって、一方は燃料棒と可燃性毒物細棒を挿入したもの(標準燃料体)，他方は燃料棒と制御棒插入孔および後備停止系ボロン球の落下插入孔のついたもの(制御棒插入用燃料体)で、いずれも平径299mm、長さ570mmの六角柱状である(Fig. 4.3)。標準燃料体には孔径50mmの冷却流路が12個設けられ、その中に外径46mmの中空型燃料棒が挿入されている。これに対して、制御棒插入用燃料体には外径104mmの制御棒插入孔2個と後備停止用ボロン球落下孔1個が設けられる他、標準燃料体に挿入される燃料棒と同一の燃料棒が3本挿入されるようになっている。これら炉心部の上下方向には、可動反射体黒鉛ブロックを配置し、この可動反射体の上方には熱遮蔽体を兼ね備えたオリフィス装置が、また下方にはプレナムブロックをはさんで高温プレナム部を配置している。反射体上部に設けられたオリフィス装置によって流量調節を受けた冷却材ヘリウムは、炉心燃料体内の冷却流路を下降しながら炉心を冷却する。そして、これらの冷却材は下部反射体を通過する途中で下部の高温プレナムに集められ、ここでミキシングして冷却材出口管を通って1次系2重配管へと導かれる。冷却材流量は領域ごとに調節され、1領域7カラムが1つの単位で行なわれる。

以上のMark-III炉心構成に対する本計算モデルは次のものである。炉心は径方向について1/6対称であるので、この部分の冷却流路を計算の対象とする。これはFig. 4.4に示すようにI~IVの流量調節領域に分けられている。これら各流量調節領域(オリフィスリージョン)内の燃料カラムに対して、最高出力流路と最低出力流路とを代表流路とする全部で25個の多並列流路を考える。軸方向の構成はFig. 2.1に示されるものであり、流路の軸方向計算メッシュ数は27をとっている。なお、炉心部におけるブロック水平面間の不整合による損失(offset loss)はここでは考慮しない。損失係数は、上部反射体出口の縮流、下部反射体入口の拡流を考慮する。

### 4.2 計算条件

炉心条件はMark-III初期炉心であり、各流路の炉心軸方向出力分布は核計算の結果に基づいている。標準計算(第2.1節参照)に対する各領域(オリフィスリージョン)への流量配分はエンタルピ上昇一定方式を採用する。全流量 $W_t$ は全炉心流量(原子炉全流量15.9Kg/sの90% - 燃料

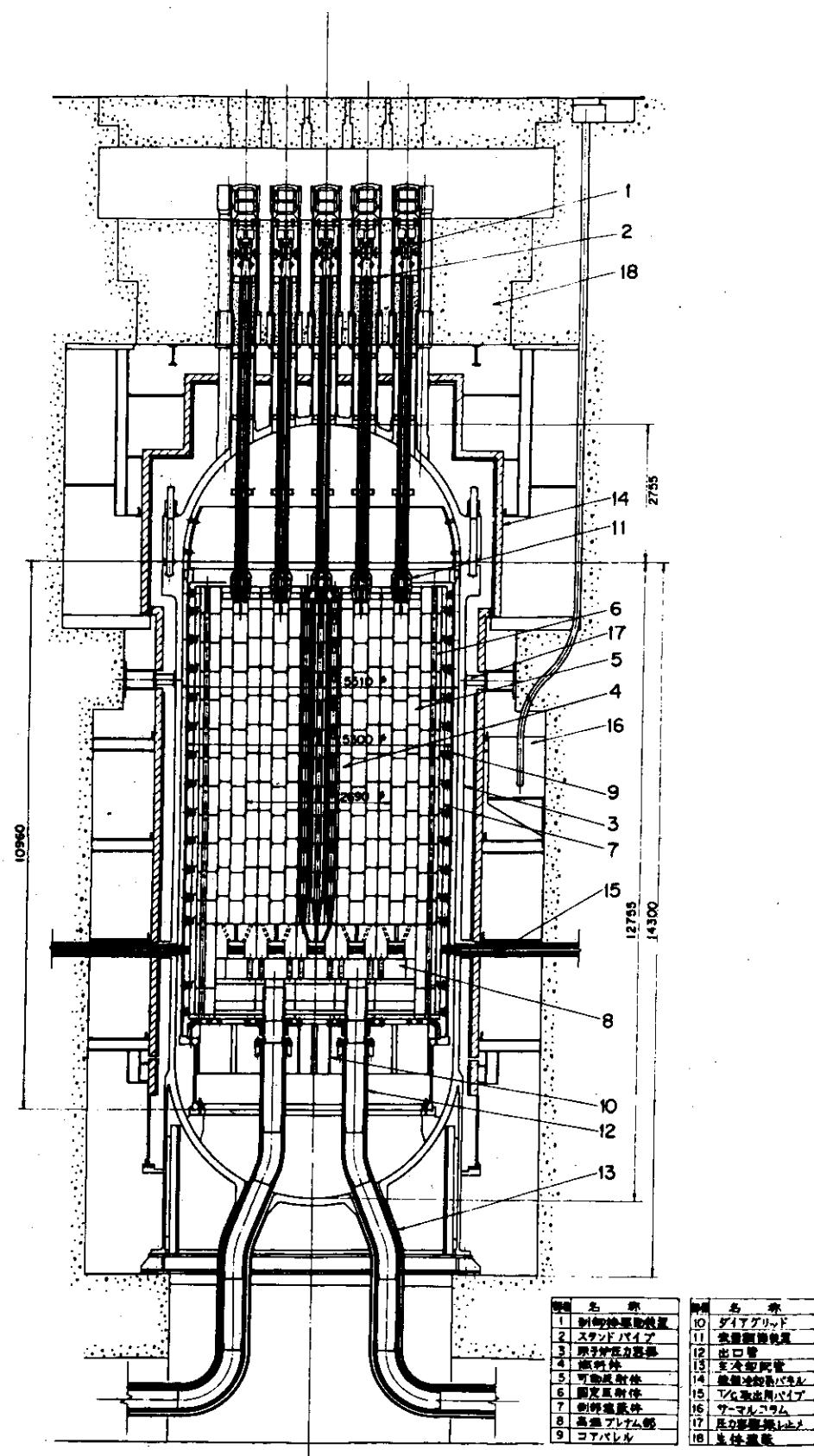


Fig. 4.1 Vertical cross section of the VHTR

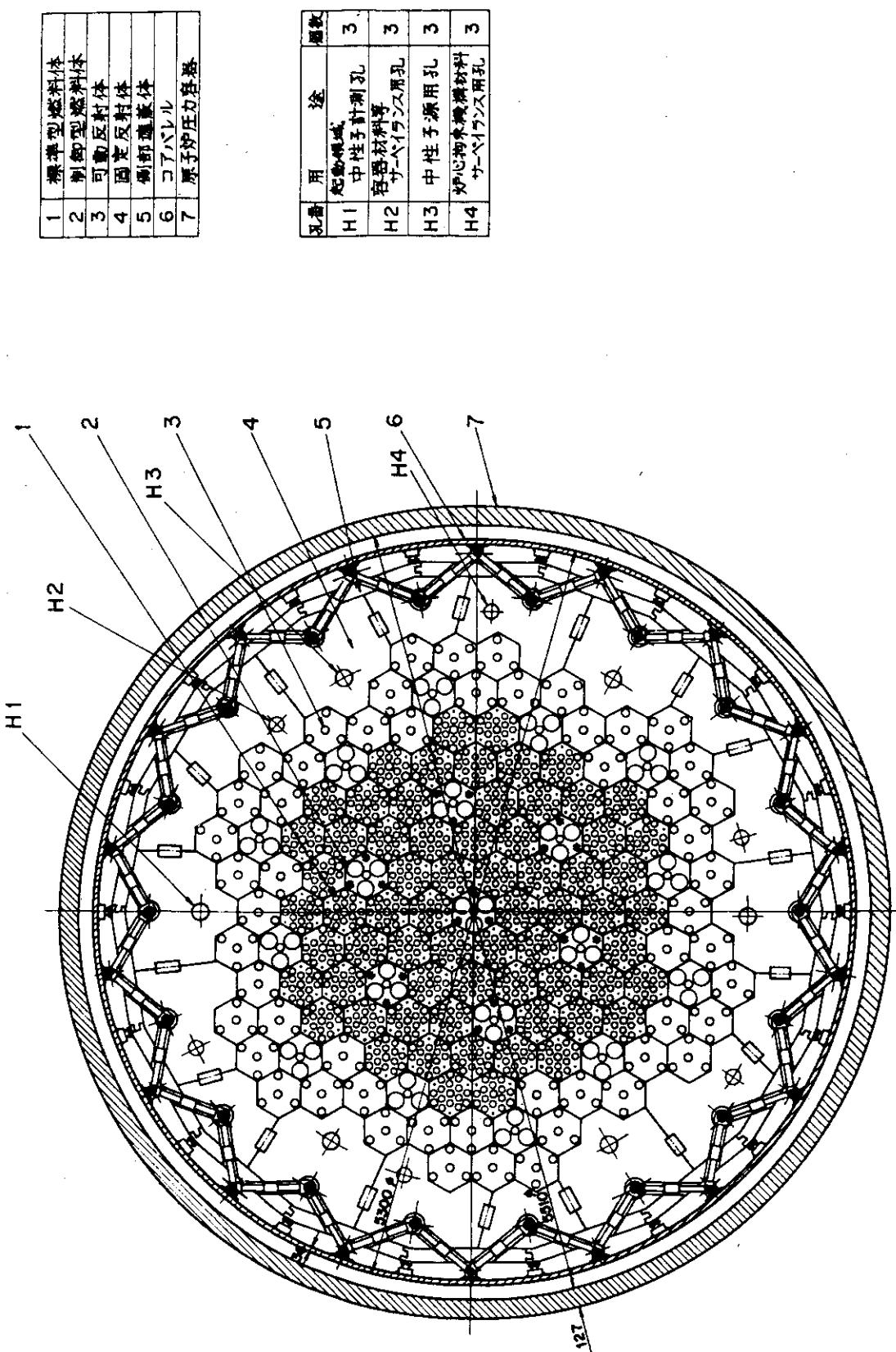


Fig. 4.2 Horizontal cross section of the VHTR

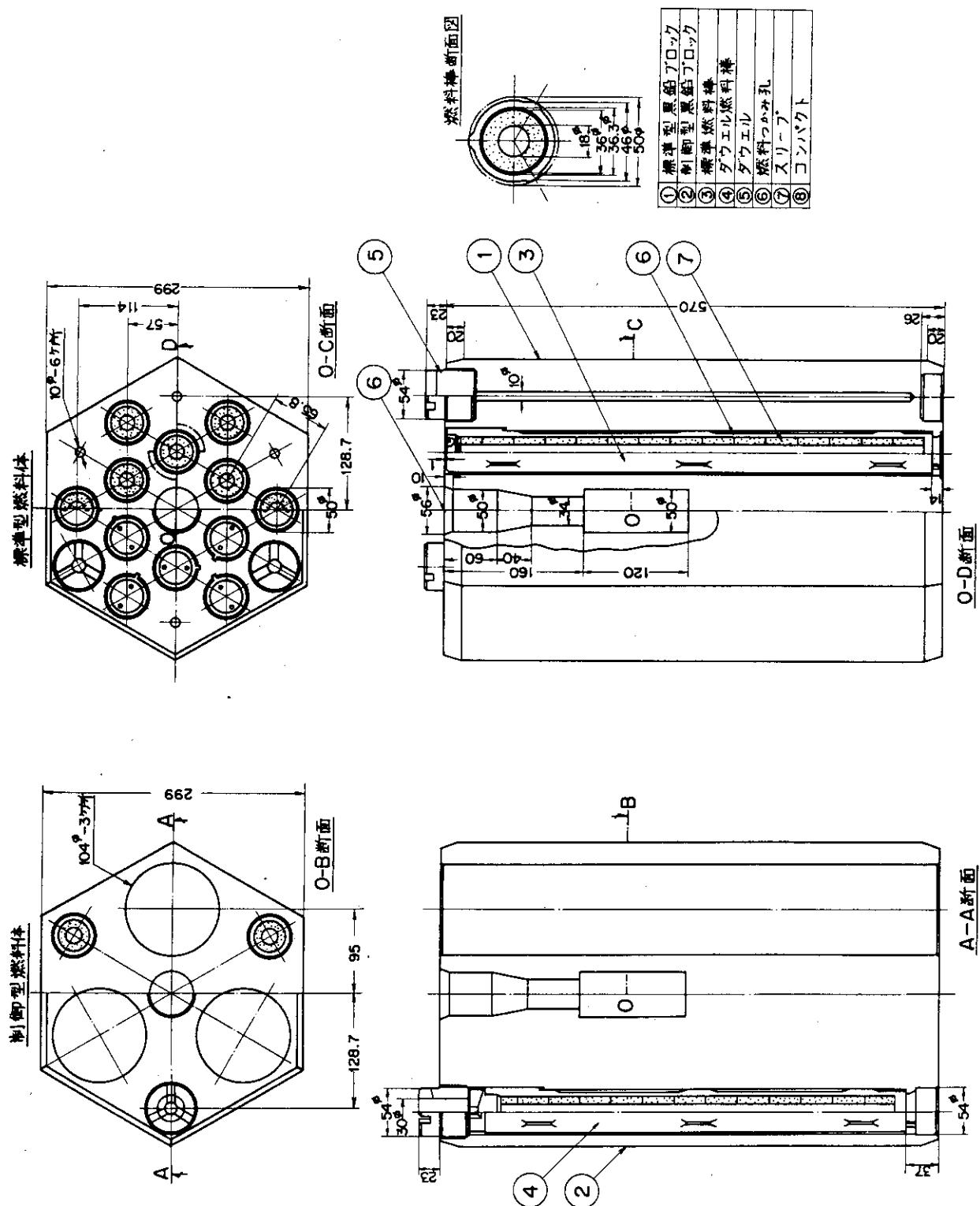


Fig. 4.3 Fuel element of the VHTR

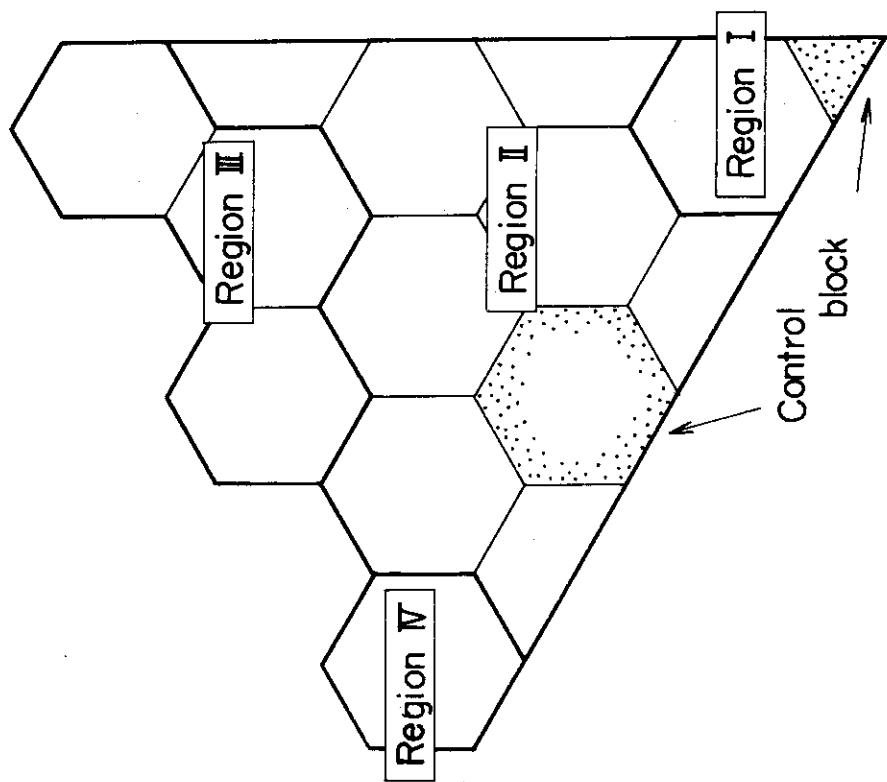
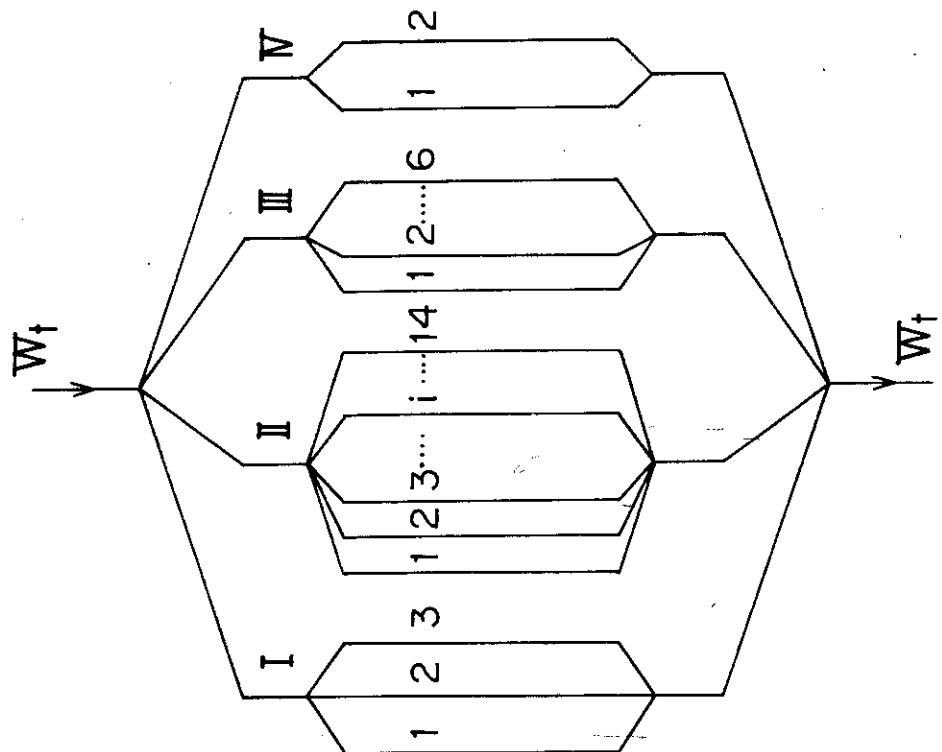


Fig. 4.4 Sample calculation model of M<sub>k</sub>-III core

の冷却に有効な流量)を炉心全冷却流路数813で除した平均流路流量に計算流路数25をかけた440.6 g/s(定格出力運転時)である。また冷却材ヘリウムの入口条件は、圧力40 Kg/cm<sup>2</sup>、温度400°Cである。

#### 4.3 遷移域の摩擦係数

流れの遷移区間(または摩擦係数のデータのはらつき区間)を以下のように設定する。

反射体部(円管流路)の遷移区間  $2000 < Re < 4000$

炉心部(二重管流路)の遷移区間  $2500 < Re < 4000$

データのはらつきを考慮した上記区間における摩擦係数の最小値 $\lambda_1$ と最大値 $\lambda_2$ 、および $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の中間的な値 $\lambda_0$ (標準計算に使用される)を与えるレイノルズ数 $Re$ に関する多項式 $\lambda_j = \sum a_i Re^i$ <sup>4)</sup>の各係数をTable 4.1に、また、これらの根拠となった実験データをFig. 4.5に、それぞれ示す。

なお、本計算例では、上記遷移区間内の摩擦係数に対する乱数発生に、一様確率分布をもつ一様型乱数を採用する。

#### 4.4 解析結果

ここでは代表的な例として70%部分負荷運転の結果について示す。これは定格時の出力と流量の70%の場合である。Fig. 4.6に標準計算における各流路の遷移個所を示す。遷移個所は25流路のすべてにみられ、合計で358個所である。この遷移数は全計算メッシュの約55%に相当している。一様型乱数発生の場合について、繰返し回数をパラメータに、各オリフィス(I~IV領域)流量の統計分布(相対度数)をFig. 4.7に示す。

また代表的な例として、領域Iの流量の統計分布を繰返し回数をパラメータを正規確率紙上にプロットしたものをFig. 4.8に、同じく領域Iの流量について相対度数分布の期待値(理論度数)と実現値との比較をFig. 4.9に示す。この図には中心極限定理によって求めた信頼係数95%の信頼区間も参考として示されている。なおFig. 4.7とFig. 4.9とで相対度数に相異があるが、これは階級の間隔(級間)の違いによるものである。Fig. 4.10には領域Iについての燃料最高温度に対する累積相対度数分布が繰返し回数をパラメータとして示されている。これらの図から、摩擦係数のはらつきによる流量およびそれに伴う燃料最高温度に対する統計的性質は正規型特性で近似され得ること、そして100~300回程度の繰返し計算の実施によってその特性(統計分布)はかなり一定してくることがわかる。

遷移域の摩擦係数に対して、今までの一様型乱数の発生と異なる正規型乱数の発生による各領域の相対度数分布を、繰返し回数300回の場合について、一様分布の場合と対比させてFig. 4.11に参考として示した。なお、この場合の摩擦係数のはらつきに対する正規乱数の標準偏差 $\sigma$ は、はらつきの最大値あるいは最小値の平均値に対する偏差の絶対値 $A\lambda$ が、 $A\lambda = 3\sigma$ であるとしている。

\* ) 統計学の教科書によれば、この種の度数分布を描く場合、階級の数が余り多いと全体の模様をつかむことができないようである。全体の内容をつかみ易くするために階級の数を10乃至20にするのが取扱いに便利であり、通常多く用いられているようである。Fig. 4.9では階級の間隔をほぼ標準偏差に等しくとっている。

Table 4.1 Friction factor for transitional zone used in this sample calculation:  
Coefficients of the polynomial equation (2.2) and (2.18) in the text.

		$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$
Annulus Re=2500 $\sim$ 4000	minimum, $\lambda_1$	5.67060-1	-4.34640-4	8.73684-8	7.30100-12	-1.76133-15	-5.83080-19	9.62024-23*
	maximum, $\lambda_2$	-1.22612-2	4.52484-5	-1.60452-8	3.12890-12	-2.83046-16		
	medium, $\lambda_0$	3.16288-1	-2.79536-4	9.87024-8	-1.42393-11	6.78368-16		
Tube Re=2000 $\sim$ 4000	minimum, $\lambda_1$	5.67960-1	-5.69444-4	1.31961-7	4.18376-11	-2.05978-14	2.18131-18	
	maximum, $\lambda_2$	-2.84364-1	2.94990-4	-5.67680-8	-1.87846-11	8.08128-15	-7.95064-19	
	medium, $\lambda_0$	1.42087-1	-1.37550-4	3.76830-8	1.15450-11	-6.26948-15	6.94396-19	

\* ) Note :  $9.62024-23 \Rightarrow 9.62024 \times 10^{-23}$

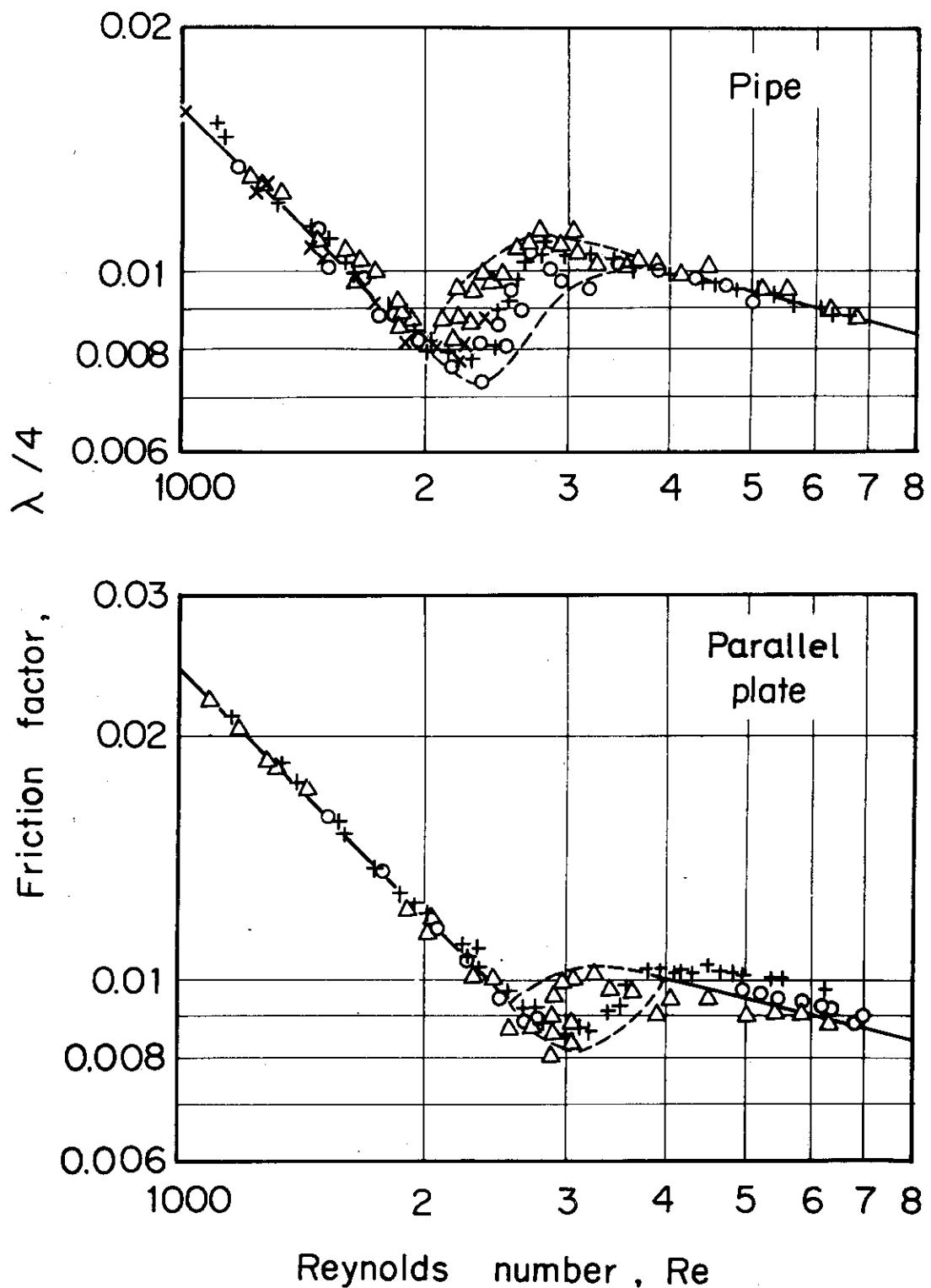


Fig. 4.5 Friction factor for transitional flow  
in the sample calculation

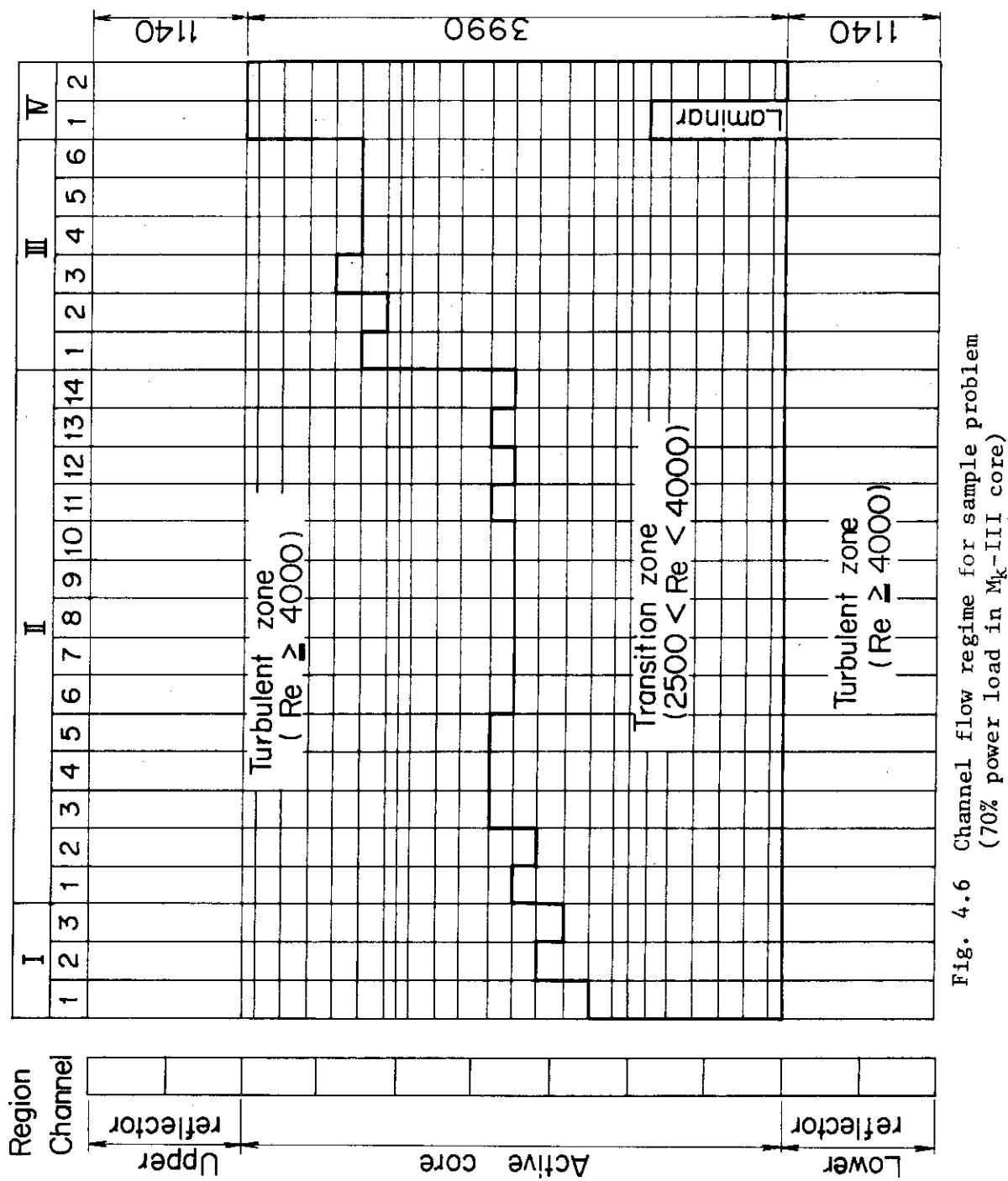


Fig. 4.6 Channel flow regime for sample problem  
(70% power load in M<sub>k</sub>-III core)

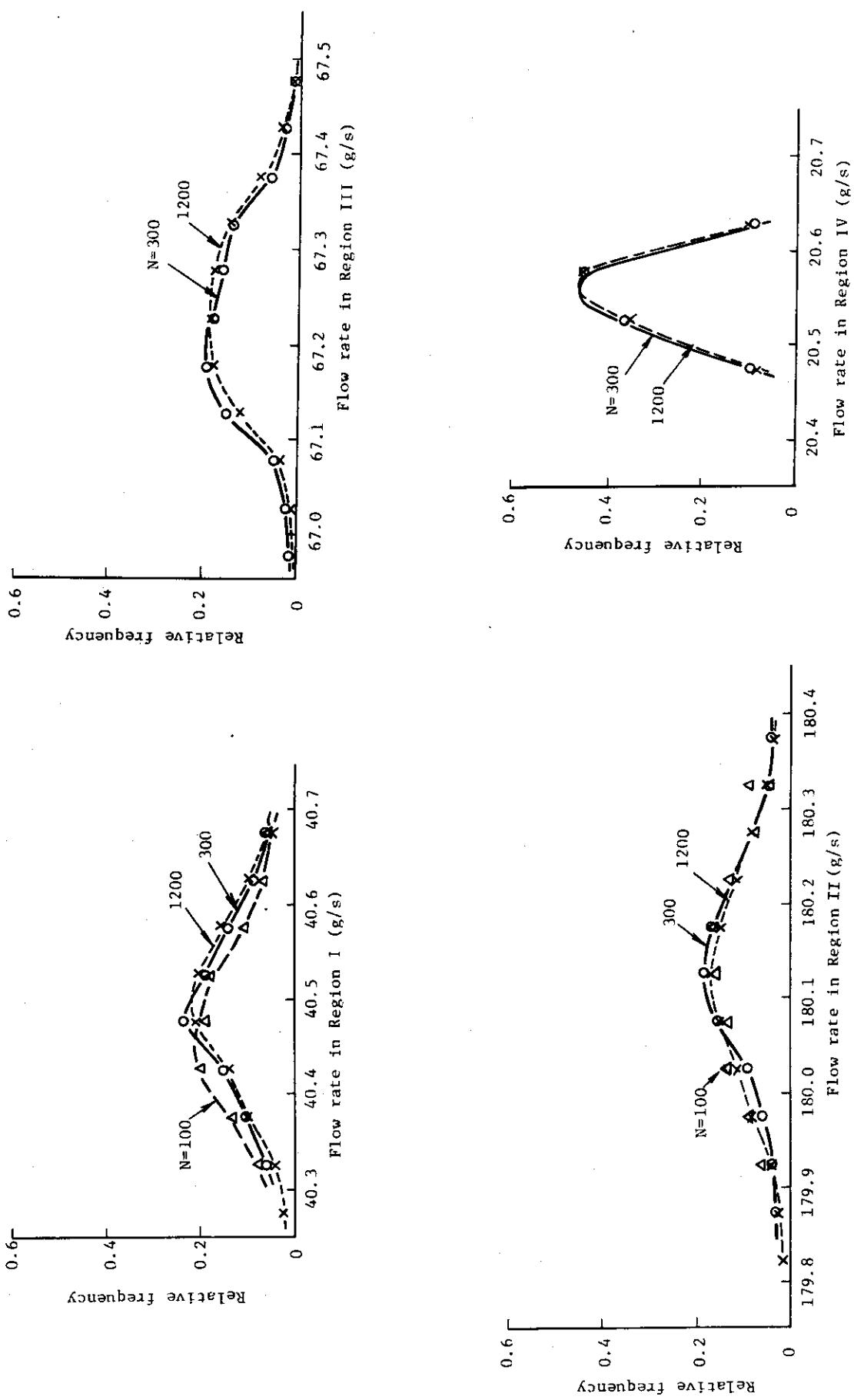


Fig. 4.7 Relative frequency distributions of region flow rates in sample problem (N: Number of iteration of probability analysis)

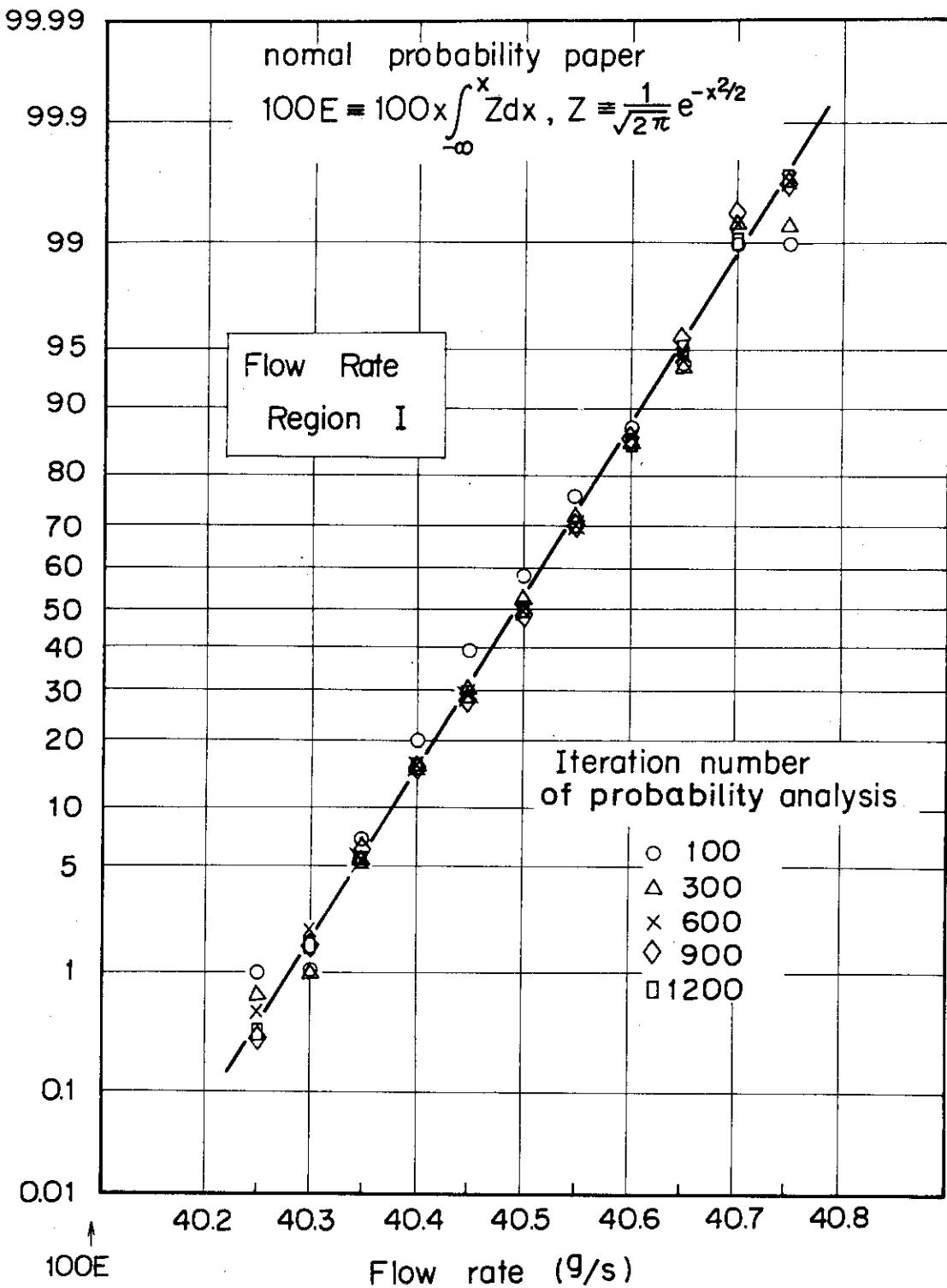


Fig. 4.8 Test of normal distribution for flow rate

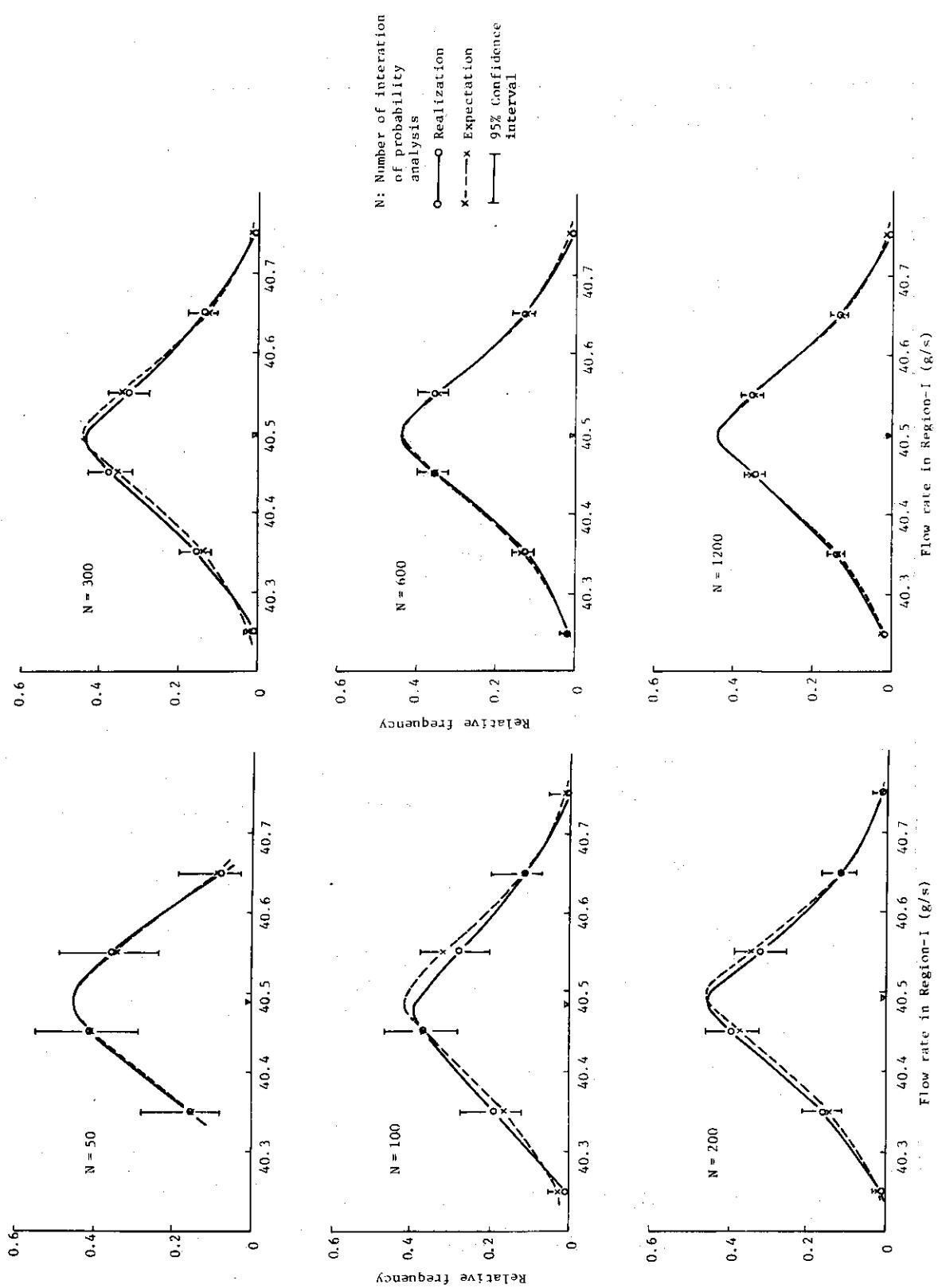


Fig. 4.9 Comparison of relative frequency distribution of region flow rate between realization and expectation, and 95% confidence interval corresponding to sample number N.

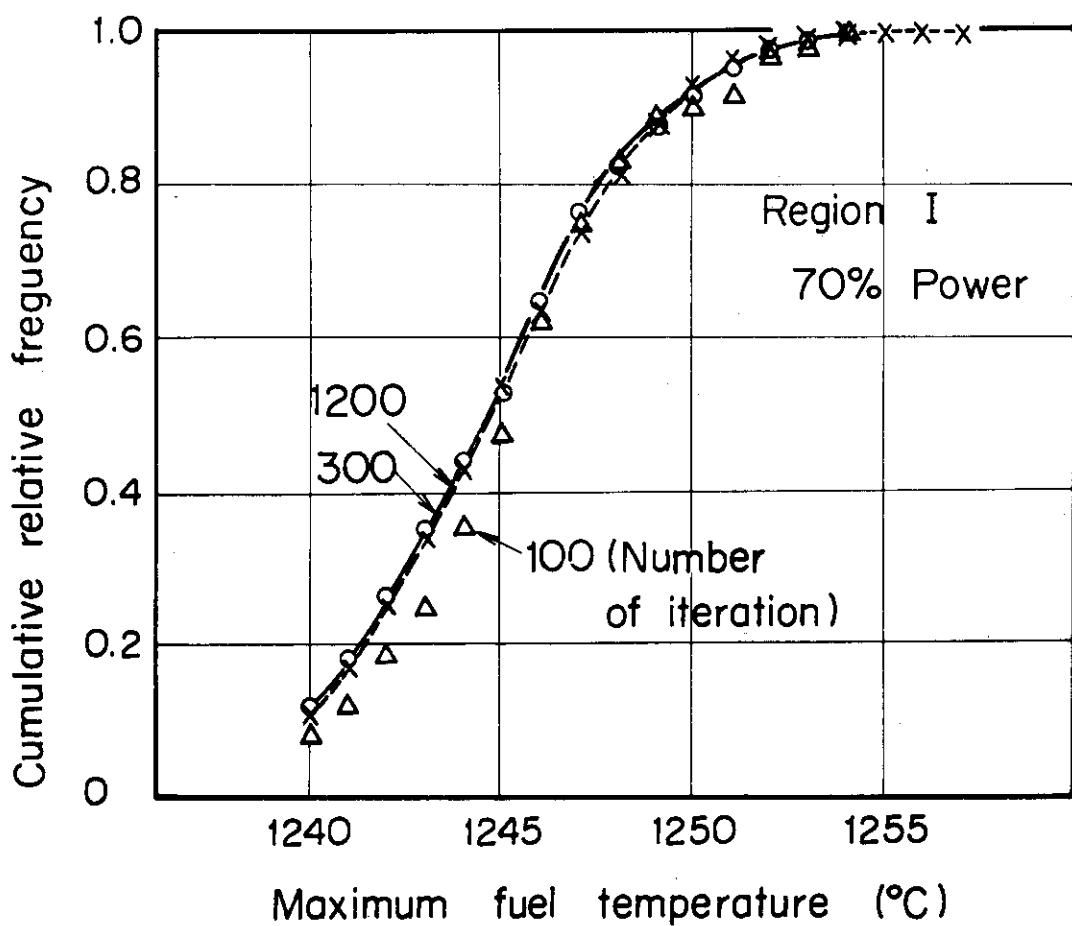


Fig. 4.10 Test of normal distribution for max. fuel temperature

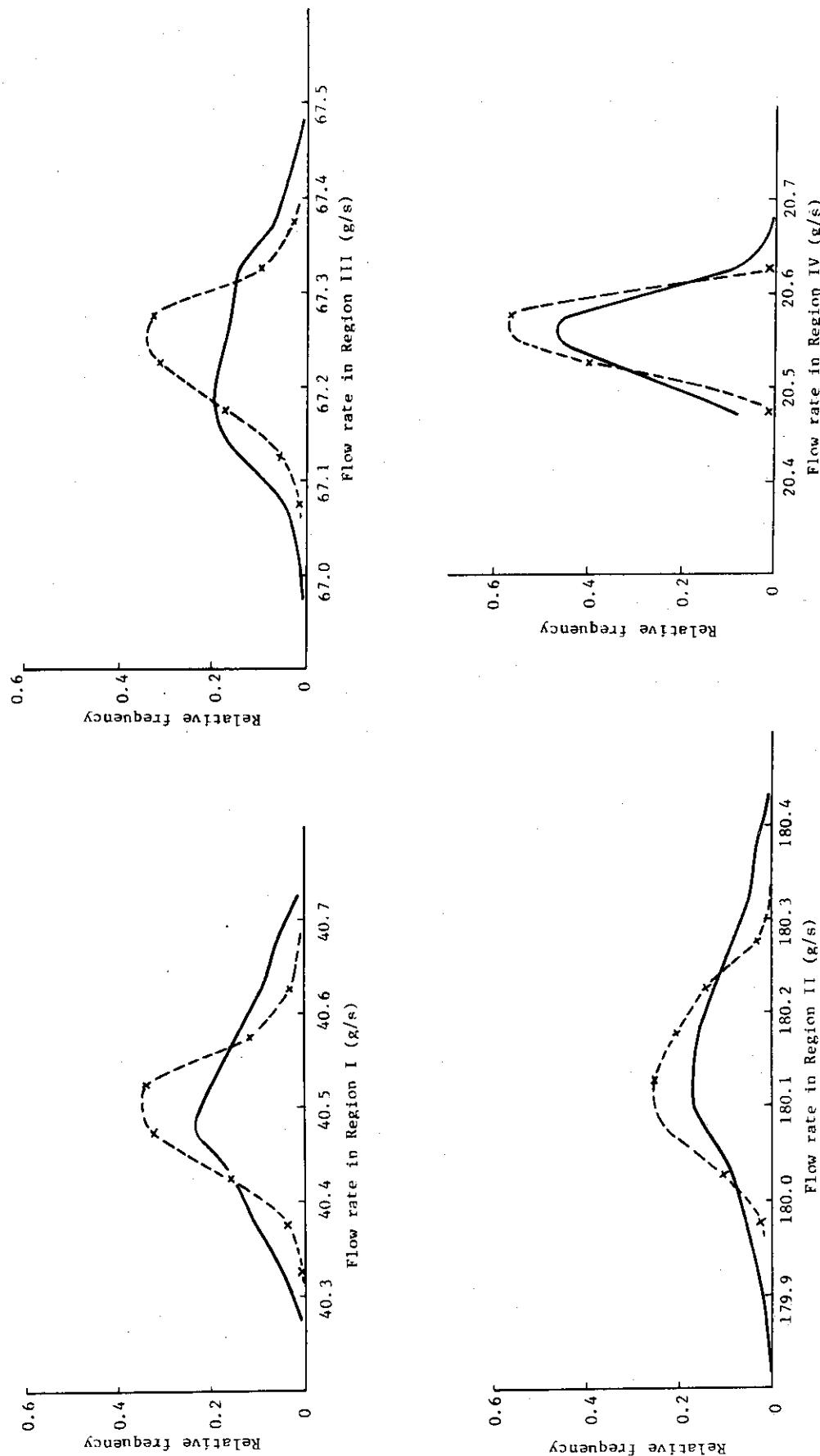


Fig. 4.11 Relative frequency distributions of region flow rates due to uniform and normal random numbers in fluctuation of friction factor (uniform —, normal - - -,  $N = 300$ )

#### 4.5 使用法に関する特記事項

ここでは本コードの使用法に関する特記事項について述べる。

- I) 解の収束と加速因子
- II) 収束判定因子と圧力損失の有効桁数

について述べる。ここでいう解とは、圧力損失が等しくなるように領域内各流路間または領域間に流量が配分されることをいう。これは第2章(第2.1節)で述べたように繰返し計算によって得られるが、本コードでは領域内各流路の流量に対する繰返し計算を内側ループ、領域流量に対するそれを外側ループと呼んで区別しており、それについて収束判定因子が与えられる。

##### (1) 解の収束と加速因子

モンテカルロ法の適用による摩擦係数のばらつきに起因した誤差解析において、外側ループが未収束になることがある。このときには加速因子を変えてやることによって概ね解決される。このように、解の収束には加速因子が重要な役割を果している。流路の圧力損失が小さく、したがって流量の補正量の小さな部分負荷条件下の解の収束に対しては特に重要な因子となる。また、これは計算時間とも関連があり、その選択には注意を要する。参考として、本計算例の体系において計算された、運転負荷率を変えた場合の主要計算パラメータを下表に示す。低負荷運転の場合にはかなり加速してやる必要があるようである。この部分負荷運転の場合の加速因子は、解の収束を得るために表中の値にする必要のあったものである。

所要計算時間は運転負荷率の低下とともに長くなっている。なお、あらかじめオリフィス部の圧力損失  $\Delta P_{add}$  として、たとえば  $0.1 \sim 0.3 \text{ Kg/cm}^2$  を考慮した計算では、この量の増加とともに計算時間が長くかかる。誤差解析を行わない標準計算に要する時間は、本計算例のモデル(領域数4、全流路数25、軸方向分割数26)の場合約4秒である。

Table 4.2 Parameters used in this sample calculations

Loading factor (%)	Total pressure loss ( $\text{kg/cm}^2$ )	Acceleration parameter	Convergence criterion		Calculation time (min.) N = 300*
			Inner loop	Outer loop	
100	0.46	1.0	$2 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	11.9
70	0.23	1.2	$4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	14.2
40	0.086	1.4	$2 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	16.3

\* Number of iteration of probability analysis.

##### (2) 収束判定因子と圧力損失の有効数字

解を収束させるためには加速因子が重要であることは(1)で指摘した通りであるが、また、これに対して収束判定因子を変えてやるもの一法である。計算時間との関連では当然収束判定因子は厳しくない方がよいが、しかし、計算精度上そうむやみに甘くすることはできない。本コードでは、一般に、内側ループの判定因子は外側ループのそれに比しやや厳しくしておく方が解の収束あるいは精度上よいようである。ここでは計算精度に関連し

て、本モデルにおいて計算された運転負荷率40%の場合の解析例にみられる収束判定因子と圧力損失 $\Delta P_t$ <sup>\*</sup>の有効数字との関係を、参考として下図に示す。収束状況が極めて急激なため、ほとんどの場合、図中の最小ラインを越えて収束している。つまり、 $1 \times 10^{-5}$  の収束判定因子の場合でも、全流路についての圧力損失は、ほとんどのものが有効数字5桁目ぐらいまで一致している。

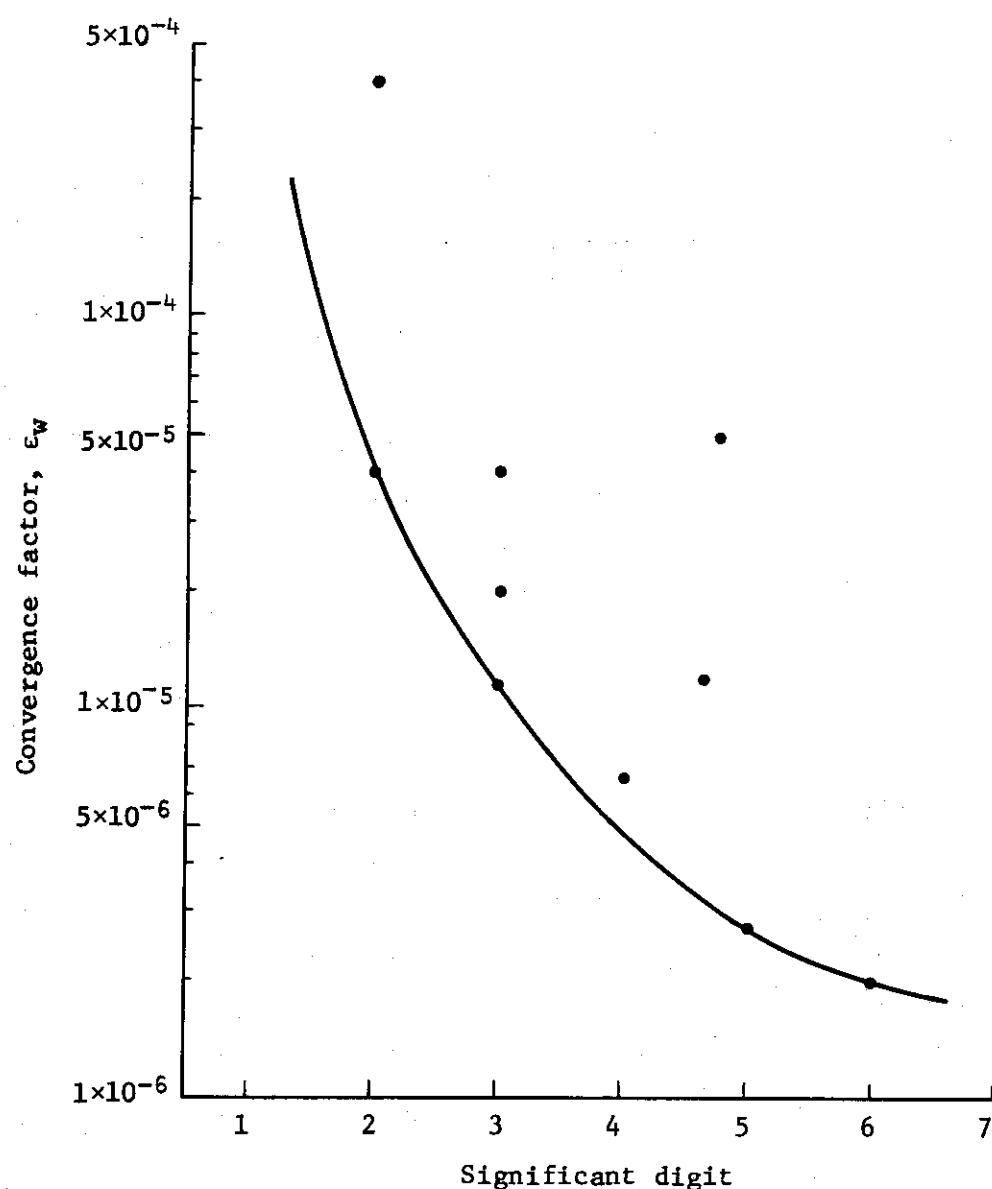


Fig. 4.12 Relation between convergence factor and significant digit in calculation of pressure loss

\*）ある判定因子において各流路の圧力損失が何桁目まで一致しているかという有効数字の最小桁数。

## あとがき

本報告書で記述されているDREAM-FLOWコードは、高温ガス炉（ピン・イン・ブロックを燃料とする炉心）の冷却流路を多並列流路とした炉心の熱流動解析として流量の誤差評価を行ったものである。

この計算コードは、流れの遷移域における摩擦係数のデータのばらつきに注目した各流路の流量誤差とこれに伴う燃料温度の誤差評価とを解析の主眼としている。遷移域の摩擦係数に対してはある統計的性質を仮定し、その解析手法としてモンテカルロ法を適用する。そして、得られた統計的性質（流量や燃料最高温度に対して平均値なり標準偏差なり）によってこれらの誤差評価を行なうものである。

当然これらの統計量によって流量なり、温度なりの誤差評価を行なう場合、第1の基本的な問題として、摩擦係数のばらつきに伴うこれらの統計量がどんな特性分布を示すかということがある。これは第4章の計算例や今までの他の計算例によって流量などの特性分布は正規型特性（正規分布）で近似され得ることが認められている。それは、流量や燃料最高温度の統計分布が理論的に作られた正規曲線を十分よく表現していること、さらに、統計量  $\chi^2$  を検定基準とする  $\chi^2$ -検定によってその判断を確実にしているものである。

第2の問題は、計算繰返し回数（打切り回数）と統計量（特に平均値と標準偏差）との関連である。当然繰返し回数が増大すれば得られた統計的性質の信頼度は大きくなるが、余り多くの計算の繰返しを行なうことは使用上の制約特に計算時間との関連から実用的でない。我々は、流量なり燃料最高温度に対する統計分布（度数分布）が比較的落着く100回以上300回程度の繰返し回数を今までの解析例から推奨している。勿論、一般的には統計的処理の可能な最小回数（たとえば30～50回）で計算を打切ってもよいだろう。そして、誤差評価を行なう場合の平均値や標準偏差の個々の性質の信頼限界は、目的にあるいは必要に応じて区間推定法などの統計的手法を用いて評価すればよいであろう。

DREAM-FLOWコードは、計算機の記憶容量および実用面からの計算時間に対する制約等から、たとえば第4章に示した多目的高温ガス実験炉の炉心にみられるような数多くの流路からなる炉心全体をすべて網羅した解析が行なえない。このため、オリフィス領域内で等価な、たとえば熱的に同じような流路を1つに代表させるとあるいは代表的な流路を抽出するとかして全体の流路数を減少させる必要がある。したがって、得られた統計的性質の結果は必要に応じて再評価することとなるが、この点については、今後、本コードを多目的高温ガス実験炉における炉心の熱流動設計に利用していく際確めて置きたいと考えている。また、さらに多くの解析を進め、より実際に即した解析に備え、必要あらば改善を施していくつもりである。

当面、本コードは上に記したように多目的高温ガス実験炉の炉心の熱流動設計に利用してゆく考え方であるが、今後、この種の誤差評価に対して、上記摩擦係数以外にも次のような外乱を考慮したコードの開発ないしは改良を行い、より一般的な誤差評価コードに改善してゆきたいと考えている。

- I) 遷移域における熱伝達率の不確さ
- II) 摩擦係数、熱伝達率以外の工学的パラメータの不確さ

本コードを作成するに当り、多目的炉設計研究室の荒井長利氏には開発の初期の段階でディスカッションを頂き、また、ヘリウムの物性値については同研究室の瀬谷東光氏が整理されたものを使用させて頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

## 記 号 表

A	： 流路断面積	( cm <sup>2</sup> )
a	： 多項式の係数, 定数	
b, c, d	： 热伝達率の計算係数	
C	： 定 数	
c <sub>p</sub>	： 冷却材ヘリウムの比熱	( cal/g°C )
de	： 流路の等価直径	( cm )
F	： 関 数	
f	： 冷却材の流れの方向係数	
g	： 重力の加速度	( cm/s <sup>2</sup> )
h	： 热伝達率	( cal/cm <sup>2</sup> s °C )
I C	： 領域内の流路数	
k	： 热伝導率	( cal/cm s °C )
Nu	： ヌッセルト数	
P	： 壓 力	( Kg/cm <sup>2</sup> )
ΔP	： 壓力損失	( Kg/cm <sup>2</sup> )
Pr	： プラントル数	
q'	： 燃料棒の線出力	( cal/cm s )
Re	： レイノルズ数	
r	： 乱数, 流路の半径	( cm )
T	： 絶対温度	( °K )
t	： 乱数, 温度	( °C )
u	： 流 速	( cm/s )
W	： 流 量	( g/s )
z	： 軸方向位置	( cm )
α	： 加速因子, 流路の形状係数	
γ	： ヘリウムの比重量	( g/cm <sup>3</sup> )
ε	： 収束判定因子, ふく射率	
η	： 正規分布の信頼度係数	
λ	： 摩擦係数	
Δλ	： 摩擦係数の平均値からの散ばり( 偏差値 )	
ν	： ヘリウムの動粘性係数	( cm <sup>2</sup> /s )
ξ	： 壓力損失係数	

## 添 字

c	： 冷却材
f	： 燃料コンパクト
i	： 流路番号，内側
$\ell$	： 軸方向分割点番号
n	： 領域(オリフィス)番号
o	： 外側
ori	： オリフィス部
s	： 燃料スリーブ
1, 2	： 計算メッシュの入口点と出口点および摩擦係数の最小値と最大値

## 参 考 文 献

- 1) 青地哲男氏：“多目的高温ガス実験路第1次概念設計”，JAERI-M 6845 (1976)
- 2) 青地哲男氏：“多目的高温ガス実験炉の炉心参考設計Mark - III”，JAERI-M 6895 (1976)
- 3) O. E. Dwyer：“On the Transfer of Heat to Fluids Flowing through Pipes, Annuli, and Parallel Plate”，Nuclear Sci. and Eng. 17, 336~344 (1963)
- 4) 宮本喜晟：“流路内遷移域の摩擦データに関する調査”私信 (1976)

## 添 字

c	： 冷却材
f	： 燃料コンパクト
i	： 流路番号，内側
$\ell$	： 軸方向分割点番号
n	： 領域(オリフィス)番号
o	： 外側
ori	： オリフィス部
s	： 燃料スリーブ
1, 2	： 計算メッシュの入口点と出口点および摩擦係数の最小値と最大値

## 参 考 文 献

- 1) 青地哲男氏：“多目的高温ガス実験路第1次概念設計”，JAERI-M 6845 (1976)
- 2) 青地哲男氏：“多目的高温ガス実験炉の炉心参考設計Mark - III”，JAERI-M 6895 (1976)
- 3) O.E. Dwyer：“On the Transfer of Heat to Fluids Flowing through Pipes, Annuli, and Parallel Plate”，Nuclear Sci. and Eng. 17, 336~344 (1963)
- 4) 宮本喜晟：“流路内遷移域の摩擦データに関する調査”私信 (1976)

## Appendix 1 Sample input list

```

(MARK-3 INITIAL CORE    70 PERCENT LOADING
( 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 21 )  

( 4   26   40   40   6   300   1   5   7   5 )  

( 12   1   18   1   30   6   1   12   1   14   1   15   20   1   46   13 )  

( 26 )  

( 10.0   10.6   10.0   11.7   12.4   13.9 )  

( 20.4   20.7   40.4   40.8   66.9   67.6   179.7   180.5 )  

( 1206.   1226.   1230.   1280.   1290.   1316. )  

( 1   1   1   0   6   1   0   1   0   50   0   1 )  

( 3   14   6   2 )  

( 2500.   4000.   2000.   4000.   0.7   0.7 )  

( 3.1628e-1-2.79536e-4 9.67024e-8 1.4239-11 6.7837-16 )  

( 5.6706e-1-4.54640e-8 8.73684e-8 7.3019-12 1.7613-15 5.8304-19 4.6202-23 )  

( -1.22612-2 4.52446-5 1.60452-8 3.1249-12 2.8305-16 )  

( 1.42087-1-1.37550-4 3.76435-8 1.1545-11 6.2695-15 6.9440-19 )  

( 5.67960-1-5.69444-4 1.31961-7 4.1838-11 2.0598-14 2.1843-18 )  

( -2.84364-1 4.44490-4 5.67680-8 1.8755-11 8.0813-19 7.9505-17 )  

( -40.   400.   440.6   1.2   0.4   -5 0.1   -4 )  

( 93.046  81.180  86.473  80.899  74.767  79.337  74.679  71.229 )  

( 61.972  60.262  56.105  64.950  55.913  74.723  68.355  80.531 )  

( 79.116  51.284  45.463  62.031  54.645  57.461  52.066  51.874 )  

( 45.270 )  

( 0.   0.005231  0.07751  0.1062  0.1439  0.1657  0.2200  0.2934 )  

( 0.340  0.2625  0.3483  0.5298  1.170  1.452  1.570  1.573 )  

( 1.500  1.369  1.28  0.5919  0.5032  0.4144  0.3354  0.2646 )  

( 0.2161  0.01492  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.04308  0.6464  0.8759  1.185  1.412  1.900  2.610 )  

( 0.311  2.956  3.226  3.966  4.726  5.263  5.507  5.461 )  

( 5.157  4.691  4.40  2.201  1.869  1.535  1.240  0.9906 )  

( 0.7937  0.05446  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.03123  0.4701  0.6405  0.8679  1.031  1.374  1.844 )  

( 2.16  1.726  2.253  3.023  4.619  5.506  5.895  5.900 )  

( 5.597  5.101  4.79  2.367  2.010  1.653  1.336  1.068 )  

( 0.8583  0.05938  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.005138  0.03594  0.1162  0.1555  0.1790  0.2494  0.4735 )  

( 0.036  0.6980  0.9314  1.113  1.251  1.340  1.372  1.346 )  

( 1.265  1.149  1.07  0.4959  0.4215  0.3473  0.2814  0.2256 )  

( 0.1819  0.01254  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.006308  0.09634  0.1276  0.1671  0.1873  0.2525  0.4159 )  

( 0.654  0.6887  0.8952  1.057  1.174  1.246  1.268  1.239 )  

( 1.153  1.055  1.00  0.4549  0.3869  0.3192  0.2589  0.2077 )  

( 0.1673  0.01162  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.04231  0.6489  0.8770  1.184  1.410  1.908  2.665 )  

( 3.29  2.630  3.339  4.097  4.739  5.197  5.382  5.315 )  

( 5.008  4.552  4.27  2.134  1.812  1.488  1.203  0.9610 )  

( 0.7703  0.05338  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.04231  0.6533  0.8472  1.131  1.333  1.799  2.567 )  

( 3.10  2.666  3.467  4.108  4.613  4.944  5.066  4.969 )  

( 4.567  4.234  3.94  1.979  1.680  1.381  1.117  0.8949 )  

( 0.7170  0.04962  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.04515  0.6721  0.8918  1.131  1.377  1.833  2.575 )  

( 3.15  2.659  3.379  3.993  4.447  4.735  4.832  4.728 )  

( 4.434  4.021  3.74  1.879  1.596  1.313  1.063  0.8506 )  

( 0.6823  0.04692  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.05731  0.8405  1.099  1.431  1.630  2.088  2.739 )  

( 3.16  2.549  3.124  3.389  3.937  4.148  4.204  4.096 )  

( 3.833  3.475  3.29  1.630  1.387  1.143  0.9263  0.742 )  

( 0.5952  0.04115  0.   0.   0.   0.   0.   0. )  

( 0.   0.04077  0.6546  0.7922  1.031  1.175  1.533  2.180 )  

( 2.67  2.534  3.292  3.801  4.192  4.428  4.495  4.383 )  

( 4.105  3.721  3.44  1.723  1.465  1.208  0.9794  0.7831 )  

( 0.6296  0.04415  0.   0.   0.   0.   0.   0. )

```

( 0,	0.05323	0.6665	1.128	1.454	1.631	2.052	2.637	)
( 3.01	2.403	2.905	3.304	3.547	3.769	3.806	3.700	)
( 3.459	3.134	2.94	1.464	1.246	1.029	0.4353	0.6636	)
( 0.5357	0.33892	0.						)
( 0,	0.04846	0.7269	0.9527	1.244	1.424	1.350	2.528	)
( 3.03	2.553	3.213	3.727	4.107	4.340	4.406	4.297	)
( 4.024	2.647	3.43	1.705	1.450	1.194	0.9678	0.7753	)
( 0.6221	0.04345	0.						)
( 0,	0.05692	0.5458	1.097	1.415	1.593	2.010	2.593	)
( 2.94	2.379	2.634	3.285	3.580	3.754	3.793	3.688	)
( 3.449	3.126	2.93	1.468	1.251	1.032	0.8381	0.6720	)
( 0.5372	0.03700	0.						)
( 0,	0.04138	0.6332	0.8471	1.131	1.333	1.799	2.566	)
( 3.07	2.685	3.46	4.108	4.614	4.945	5.069	4.972	)
( 4.009	4.236	3.94	1.980	1.661	1.382	1.118	0.8942	)
( 0.7173	0.04977	0.						)
( 0,	0.04669	0.7024	0.9264	1.248	1.407	1.551	2.565	)
( 3.04	2.619	3.322	3.877	4.295	4.555	4.637	4.529	)
( 4.244	3.866	3.64	1.793	1.528	1.258	1.018	0.8155	)
( 0.6943	0.04523	0.						)
( 0,	0.04231	0.6507	0.3810	1.191	1.420	1.914	2.645	)
( 3.13	2.561	3.296	4.024	4.735	5.237	5.463	5.409	)
( 5.103	4.641	4.38	2.178	1.849	1.518	1.227	0.9800	)
( 0.7053	0.03452	0.						)
( 0,	0.03231	0.5311	0.6773	0.9122	1.086	1.491	2.235	)
( 2.86	2.883	3.552	4.259	4.831	5.214	5.367	5.276	)
( 4.934	4.506	4.24	2.089	1.773	1.458	1.180	0.9443	)
( 0.7552	0.05238	0.						)
( 0,	0.05523	0.9792	1.276	1.639	1.821	2.245	2.762	)
( 3.04	2.347	2.7+1	3.067	3.312	3.455	3.479	3.376	)
( 3.158	2.864	2.69	1.340	1.143	0.9450	0.7692	0.6177	)
( 0.4957	0.03415	0.						)
( 0,	0.06692	1.023	1.326	1.639	1.846	2.241	2.692	)
( 2.97	2.203	2.554	2.791	2.902	3.106	3.118	3.023	)
( 2.824	2.558	2.43	1.180	1.006	0.8339	0.6798	0.5663	)
( 0.4357	0.03000	0.						)
( 0,	0.05946	0.8804	1.151	1.500	1.709	2.153	2.834	)
( 3.20	2.575	3.132	3.591	3.938	4.151	4.208	4.100	)
( 3.837	3.479	3.27	1.633	1.389	1.144	0.9274	0.7429	)
( 0.5955	0.04123	0.						)
( 0,	0.06615	0.9792	1.271	1.636	1.829	2.274	2.831	)
( 3.11	2.441	2.878	3.241	3.513	3.675	3.707	3.602	)
( 3.308	3.054	2.85	1.430	1.219	1.007	0.8180	0.6565	)
( 0.5273	0.03612	0.						)
( 0,	0.06236	0.9218	1.200	1.352	1.749	2.201	2.797	)
( 3.15	2.483	2.975	3.377	3.678	3.658	3.698	3.791	)
( 3.516	3.210	3.04	1.507	1.284	1.059	0.8597	0.6891	)
( 0.5523	0.03646	0.						)
( 0,	0.07365	1.0085	1.416	1.812	1.990	2.437	2.955	)
( 3.25	2.438	2.817	3.135	3.374	3.512	3.632	3.427	)
( 3.202	2.897	2.74	1.329	1.131	0.9361	0.7621	0.6117	)
( 0.4684	0.03392	0.						)
( 0,	0.06169	0.9137	1.185	1.521	1.695	2.108	2.641	)
( 2.99	2.310	2.739	3.006	3.343	3.492	3.559	3.427	)
( 3.174	2.894	2.73	1.353	1.153	0.9530	0.7748	0.6216	)
( 0.4776	0.03466	0.						)
( 0,	0.06808	1.003	1.301	1.655	1.805	2.195	2.644	)
( 2.98	2.161	2.462	2.748	2.947	3.059	3.071	2.977	)
( 2.763	2.521	2.37	1.158	0.9876	0.8194	0.6668	0.5332	)
( 0.4305	0.02962	0.						)
( -114,	9.	9.5	24.5	47.5	66.5	85.5	104.5	)
( 114,	143.5	142.5	161.5	180.5	199.5	218.5	237.5	)
( 256.5	275.5	285.	294.5	313.5	332.5	351.5	370.5	)
( 389.5	399.	513.						)
( 57,	114.	171.	228.	265.	342.			)
( 3.1416	2.1416	3.0159	2.	2.	0.4			)
( 5.0	4.6	3.63	3.6	1.8				)
( 0.42388	1.00174	0.	9.	-1.0				)
( 0.03	0.06	0.8	0.8	0.4				)
( 4.36	0.023	0.8	0.4	0.10				)

## Appendix 2 Sample input list

-- MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

\*\*\* DATE 77-02-14 RESULT NO. 0

*** EQUIVALENT HYDRAULIC DIAMETER (CM)					*** OUTER DIAMETER OF COMPACT (CM)						
L	Z	1	2	3	4	L	Z	1	2	3	4
2	0.0	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2	0.0	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
3	9.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	3	9.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
4	28.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	4	28.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
5	47.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	5	47.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
6	66.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	6	66.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
7	85.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	7	85.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
8	104.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	8	104.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
9	114.0	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	9	114.0	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
10	123.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	10	123.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
11	142.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	11	142.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
12	161.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	12	161.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
13	180.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	13	180.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
14	199.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	14	199.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
15	218.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	15	218.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
16	237.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	16	237.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
17	256.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	17	256.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
18	275.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	18	275.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
19	285.0	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	19	285.0	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
20	294.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	20	294.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
21	313.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	21	313.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
22	332.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	22	332.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
23	351.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	23	351.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
24	370.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	24	370.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
25	389.5	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	25	389.5	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
26	399.0	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	26	399.0	3.6000	3.6000	3.6000	3.6000
27	513.0	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000						
*** COOLANT FLOW AREA (CM)					*** INNER DIAMETER OF COMPACT (CM)						
L	Z	1	2	3	4	L	Z	1	2	3	4
2	0.0	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	2	0.0	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
3	9.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	3	9.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
4	28.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	4	28.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
5	47.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	5	47.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
6	66.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	6	66.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
7	85.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	7	85.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
8	104.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	8	104.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
9	114.0	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	9	114.0	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
10	123.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	10	123.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
11	142.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	11	142.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
12	161.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	12	161.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
13	180.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	13	180.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
14	199.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	14	199.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
15	218.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	15	218.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
16	237.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	16	237.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
17	256.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	17	256.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
18	275.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	18	275.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
19	285.0	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	19	285.0	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
20	294.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	20	294.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
21	313.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	21	313.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
22	332.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	22	332.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
23	351.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	23	351.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
24	370.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	24	370.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
25	389.5	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	25	389.5	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
26	399.0	3.0159	3.0159	3.0159	3.0159	26	399.0	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
*** OUTER DIAMETER OF SLEEVE (CM)					*** INNER DIAMETER OF SLEEVE (CM)						
L	Z	1	2	3	4	L	Z	1	2	3	4
2	0.0	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	2	0.0	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
3	9.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	3	9.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
4	28.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	4	28.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
5	47.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	5	47.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
6	66.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	6	66.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
7	85.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	7	85.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
8	104.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	8	104.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
9	114.0	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	9	114.0	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
10	123.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	10	123.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
11	142.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	11	142.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
12	161.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	12	161.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
13	180.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	13	180.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
14	199.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	14	199.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
15	218.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	15	218.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
16	237.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	16	237.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
17	256.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	17	256.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
18	275.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	18	275.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
19	285.0	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	19	285.0	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
20	294.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	20	294.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
21	313.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	21	313.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
22	332.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	22	332.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
23	351.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	23	351.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
24	370.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	24	370.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
25	389.5	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	25	389.5	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300
26	399.0	4.6000	4.6000	4.6000	4.6000	26	399.0	3.6300	3.6300	3.6300	3.6300

JAERI-M 7059

\*\*\* MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

\*\*\* DATE 77-02-14 RESULT NO. 1

\*\*\* LINEAR HEAT RATING (CAL/CM.S)

CONT. I

Reg.	Chan	Axial			Distance	(cm)	Points	L = 1-15							
		No.	No.	No.				L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	
1	1	-114.0	0.0	9.5	28.5	47.5	66.5	85.5	104.5	114.0	123.5	142.5	161.5	180.5	199.5
1	2	0.0	0.22	3.20	4.38	5.94	6.84	9.08	12.11	14.03	10.83	14.38	21.87	48.29	39.93
1	3	0.0	0.44	6.67	9.04	12.23	14.57	19.61	26.93	3.21	25.86	33.29	40.92	48.77	54.31
1	4	0.0	0.32	4.85	6.61	8.96	10.64	14.18	19.07	22.29	17.81	23.25	31.19	47.66	56.82
2	1	0.0	0.24	3.35	4.80	6.42	7.39	10.29	19.54	28.31	24.80	38.44	45.34	51.64	55.31
2	2	0.0	0.27	3.98	5.27	6.90	7.73	10.42	17.17	26.99	27.60	38.95	43.63	48.46	51.43
2	3	0.0	0.44	6.70	9.05	12.22	14.55	19.69	27.50	33.85	27.14	34.97	42.28	48.90	53.52
2	4	0.0	0.44	6.53	8.74	11.67	13.76	18.56	26.49	31.99	27.72	35.78	42.39	47.60	51.02
2	5	0.0	0.47	6.94	9.20	12.19	14.21	18.91	26.57	32.50	27.44	35.07	41.20	45.89	48.86
2	6	0.0	0.59	8.67	11.34	14.77	16.82	21.55	28.26	32.61	26.30	32.24	37.03	40.63	42.80
2	7	0.0	0.42	6.24	8.17	10.64	12.12	15.82	22.50	27.35	26.15	33.66	39.22	43.26	45.69
2	8	0.0	0.61	6.94	11.64	15.00	16.83	21.17	27.21	31.06	24.80	29.98	34.09	37.12	38.89
2	9	0.0	0.56	7.50	9.83	12.84	14.69	19.09	26.09	31.27	26.34	33.15	38.46	42.38	44.78
2	10	0.0	0.59	8.73	11.32	14.60	16.44	20.74	26.76	30.85	24.55	29.76	33.90	36.94	38.74
2	11	0.0	0.43	6.53	8.74	11.67	13.75	18.56	26.48	31.68	27.71	35.77	42.39	47.61	51.03
2	12	0.0	0.46	7.25	9.56	12.57	14.52	19.10	26.47	31.37	27.03	34.28	40.01	44.32	47.00
2	13	0.0	0.44	6.71	9.09	12.29	14.65	19.75	27.29	32.30	26.43	34.01	41.52	48.86	54.04
2	14	0.0	0.33	5.17	6.99	9.41	11.21	15.39	23.06	29.72	27.69	36.65	43.95	49.85	55.38
3	1	0.0	0.67	10.10	13.19	16.91	18.79	23.17	28.50	31.37	24.22	28.28	31.65	34.18	35.65
3	2	0.0	0.71	10.56	13.68	17.43	19.05	23.12	27.78	30.65	22.73	26.04	28.80	30.87	32.05
3	3	0.0	0.61	9.09	11.88	15.48	17.63	22.53	29.24	33.64	26.57	32.32	37.05	40.64	42.83
3	4	0.0	0.68	10.10	13.12	16.88	18.87	23.46	29.21	32.92	25.19	29.70	33.44	36.25	37.92
3	5	0.0	0.64	9.51	12.38	16.01	18.05	22.71	28.86	32.50	25.62	30.70	34.85	37.93	40.22
3	6	0.0	0.76	11.20	14.61	18.70	20.53	25.15	30.52	33.54	25.16	29.07	32.35	34.82	36.45
4	1	0.0	0.64	9.43	12.23	15.69	17.49	21.75	27.25	30.44	23.84	28.26	31.84	34.50	36.03
4	2	0.0	0.70	10.35	13.42	17.08	18.63	22.65	27.28	29.72	22.30	25.61	28.36	30.41	31.57

\*\*\* LINEAR HEAT RATING (CAL/CM.S)

CONT. 2

REGI	CHAN	Axial	Distance	(cm)	Points	L=16-27						
NO.	No.											
1	1	237.5	256.5	275.5	285.0	294.5	313.5	332.5	351.5	370.5	389.5	399.0
1	2	65.13	61.91	56.51	52.83	24.43	20.77	17.10	13.84	11.09	8.92	0.62
1	2	56.35	53.21	48.41	45.40	22.71	19.29	15.84	12.80	10.22	8.19	0.56
1	3	60.88	57.73	52.64	49.43	24.42	20.74	17.06	13.79	11.02	8.84	0.61
2	1	55.56	52.21	47.42	44.16	20.67	17.40	14.33	11.61	9.31	7.51	0.52
2	2	51.18	48.00	43.55	41.28	18.78	15.97	13.18	10.69	8.57	6.91	0.48
2	3	54.84	51.68	46.97	44.06	22.02	18.70	15.35	12.41	9.92	7.95	0.55
2	4	51.27	48.16	43.69	40.66	20.42	17.34	14.25	11.53	9.22	7.40	0.51
2	5	48.79	45.75	41.49	39.00	19.39	16.47	13.55	10.97	8.78	7.04	0.48
2	6	42.27	39.55	35.86	33.85	16.82	14.31	11.79	9.36	7.66	6.14	0.42
2	7	45.23	42.37	38.40	35.91	17.78	15.12	12.47	10.11	8.10	6.50	0.46
2	8	38.18	35.69	32.34	30.34	15.11	12.86	10.62	8.62	6.91	5.53	0.38
2	9	44.34	41.52	37.63	35.39	17.59	14.96	12.32	9.99	8.00	6.42	0.45
2	10	38.06	35.59	32.28	30.34	15.15	12.91	10.65	8.65	6.93	5.56	0.38
2	11	51.31	48.18	43.71	41.07	20.43	17.35	14.26	11.54	9.23	7.40	0.51
2	12	46.73	43.79	39.71	37.58	18.55	15.77	12.98	10.50	8.42	6.75	0.47
2	13	55.81	52.66	47.89	45.20	22.47	19.08	15.66	12.66	10.11	8.10	0.56
2	14	54.46	51.22	46.50	43.75	21.56	18.30	15.04	12.18	9.74	7.82	0.54
3	1	34.86	32.59	29.55	27.65	13.83	11.79	9.76	7.94	6.37	5.11	0.35
3	2	31.19	29.14	26.40	25.07	12.18	10.38	8.60	7.01	5.64	4.50	0.31
3	3	42.31	39.59	35.90	33.74	16.85	14.33	11.80	9.57	7.67	6.16	0.43
3	4	37.17	34.75	31.51	29.41	14.76	12.58	10.39	8.44	6.77	5.44	0.38
3	5	39.12	36.59	33.17	31.37	15.55	13.25	10.93	8.87	7.11	5.70	0.40
3	6	35.36	33.04	29.89	28.27	13.71	11.67	9.66	7.86	6.31	5.02	0.35
4	1	35.26	32.96	29.86	28.17	13.96	11.90	9.83	7.99	6.41	5.13	0.36
4	2	30.72	28.72	26.01	24.46	11.95	10.19	8.46	6.90	5.55	4.64	0.31

MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

\* \* \* DATE 77-02-14 RESULT NO. 2

\*\*\* REGION AND CHANNEL FLOW RATE (G/S)

REGION NO. 1 2 3 4

\*\* OBRIECE COEFFICIENT 0.0 2.856E-06 8.089E-05 1.189E-03

\*\* PRESSURE DROP  
\* ORIFICE (KG/SQ.CM) 0.0 1.696E-02 6.706E-02 9.213E-02

- - - MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

- - - DATE 77-02-14 RESULT NO. 3

*** DISTRIBUTION OF COOLANT PRESSURE (KG/SW, CM)												CONT. 1				
REGI	CHAN		AXIAL	DISTANCE	(CM)	POINTS	L= 1-15									
NO.	NO.	-114,0	0,0	9,5	28,5	47,5	66,5	85,5	104,5	114,0	123,5	142,5	161,5	180,5	199,5	218,5
1 1	40,000	39,994	39,990	39,984	39,977	39,970	39,963	39,956	39,952	39,948	39,940	39,933	39,924	39,916	39,904	
1 2	40,000	39,994	39,991	39,984	39,978	39,971	39,963	39,956	39,952	39,948	39,940	39,931	39,922	39,912	39,901	
1 3	40,000	39,994	39,991	39,984	39,977	39,970	39,963	39,956	39,952	39,948	39,940	39,932	39,923	39,913	39,902	
2 1	40,000	39,994	39,991	39,985	39,979	39,973	39,967	39,960	39,956	39,953	39,945	39,937	39,928	39,918	39,908	
2 2	40,000	39,994	39,991	39,985	39,979	39,972	39,966	39,959	39,956	39,952	39,944	39,936	39,927	39,917	39,907	
2 3	40,000	39,995	39,992	39,986	39,980	39,973	39,966	39,959	39,955	39,952	39,944	39,935	39,926	39,917	39,907	
2 4	40,000	39,995	39,992	39,985	39,979	39,973	39,966	39,959	39,955	39,952	39,943	39,935	39,926	39,916	39,906	
2 5	40,000	39,995	39,992	39,985	39,979	39,973	39,966	39,959	39,955	39,952	39,942	39,933	39,924	39,914	39,904	
2 6	40,000	39,994	39,991	39,985	39,979	39,972	39,965	39,958	39,954	39,950	39,942	39,933	39,924	39,914	39,904	
2 7	40,000	39,994	39,991	39,985	39,979	39,972	39,965	39,958	39,954	39,951	39,943	39,934	39,925	39,916	39,905	
2 8	40,000	39,994	39,991	39,985	39,978	39,971	39,964	39,957	39,953	39,949	39,941	39,932	39,923	39,913	39,903	
2 9	40,000	39,994	39,991	39,985	39,979	39,972	39,965	39,958	39,954	39,950	39,942	39,934	39,925	39,915	39,905	
2 10	40,000	39,994	39,991	39,985	39,978	39,971	39,964	39,957	39,953	39,950	39,944	39,935	39,926	39,917	39,907	
2 11	40,000	39,995	39,992	39,985	39,979	39,973	39,966	39,959	39,955	39,952	39,943	39,934	39,925	39,915	39,905	
2 12	40,000	39,994	39,991	39,985	39,979	39,972	39,966	39,958	39,955	39,952	39,943	39,934	39,925	39,915	39,905	
2 13	40,000	39,995	39,992	39,986	39,980	39,973	39,966	39,959	39,956	39,952	39,944	39,936	39,927	39,917	39,907	
2 14	40,000	39,995	39,992	39,986	39,979	39,973	39,966	39,960	39,956	39,952	39,945	39,936	39,927	39,918	39,908	
3 1	40,000	39,996	39,993	39,988	39,983	39,978	39,972	39,966	39,963	39,960	39,953	39,946	39,939	39,932	39,925	
3 2	40,000	39,996	39,993	39,988	39,983	39,977	39,971	39,965	39,962	39,959	39,952	39,945	39,938	39,931	39,923	
3 3	40,000	39,996	39,994	39,989	39,984	39,979	39,973	39,968	39,965	39,962	39,956	39,949	39,942	39,935	39,928	
3 4	40,000	39,996	39,993	39,988	39,983	39,978	39,972	39,966	39,963	39,960	39,954	39,947	39,940	39,933	39,925	
3 5	40,000	39,996	39,993	39,989	39,983	39,978	39,973	39,967	39,964	39,961	39,954	39,948	39,941	39,934	39,927	
3 6	40,000	39,996	39,993	39,988	39,983	39,978	39,972	39,966	39,963	39,960	39,953	39,947	39,940	39,933	39,925	
4 1	40,000	39,996	39,995	39,990	39,986	39,982	39,977	39,972	39,970	39,968	39,962	39,957	39,952	39,946	39,940	
4 2	40,000	39,996	39,994	39,990	39,985	39,981	39,976	39,971	39,968	39,966	39,960	39,955	39,949	39,943	39,937	

*** DISTRIBUTION OF COOLANT PRESSURE (KG/SW, CM)												CONT. 2		
REGI	CHAN		AXIAL	DISTANCE	(CM)	POINTS	L=16-27							
NO.	NO.	237,5	256,5	275,5	285,0	294,5	313,5	332,5	351,5	370,5	389,5	399,0	513,0	
1 1	39,893	39,881	39,868	39,862	39,855	39,843	39,830	39,817	39,804	39,791	39,784	39,767		
1 2	39,889	39,878	39,865	39,859	39,853	39,841	39,828	39,816	39,803	39,791	39,784	39,767		
1 3	39,891	39,879	39,867	39,860	39,854	39,842	39,829	39,816	39,804	39,791	39,784	39,767		
2 1	39,896	39,887	39,875	39,870	39,864	39,853	39,841	39,829	39,818	39,806	39,800	39,784		
2 2	39,897	39,886	39,875	39,869	39,863	39,852	39,840	39,829	39,817	39,806	39,800	39,784		
2 3	39,897	39,886	39,875	39,869	39,863	39,852	39,841	39,829	39,818	39,806	39,800	39,784		
2 4	39,896	39,885	39,874	39,869	39,863	39,852	39,840	39,829	39,817	39,806	39,800	39,784		
2 5	39,895	39,885	39,874	39,868	39,862	39,851	39,840	39,829	39,817	39,806	39,800	39,784		
2 6	39,894	39,883	39,872	39,866	39,862	39,850	39,839	39,828	39,816	39,805	39,799	39,784		
2 7	39,895	39,884	39,873	39,867	39,862	39,851	39,839	39,828	39,817	39,805	39,800	39,784		
2 8	39,893	39,882	39,871	39,866	39,860	39,849	39,838	39,827	39,816	39,805	39,799	39,784		
2 9	39,894	39,884	39,873	39,867	39,861	39,850	39,839	39,828	39,817	39,805	39,800	39,784		
2 10	39,893	39,882	39,871	39,866	39,860	39,849	39,838	39,827	39,816	39,805	39,800	39,784		
2 11	39,896	39,885	39,874	39,869	39,863	39,852	39,840	39,829	39,817	39,806	39,800	39,784		
2 12	39,895	39,884	39,873	39,868	39,862	39,851	39,840	39,828	39,817	39,805	39,800	39,784		
2 13	39,897	39,886	39,875	39,870	39,864	39,853	39,841	39,830	39,818	39,806	39,800	39,784		
2 14	39,897	39,886	39,875	39,869	39,864	39,852	39,841	39,829	39,818	39,806	39,800	39,784		
3 1	39,917	39,909	39,901	39,897	39,893	39,883	39,885	39,876	39,868	39,859	39,851	39,846	39,834	
3 2	39,916	39,908	39,900	39,896	39,892	39,882	39,883	39,875	39,873	39,867	39,859	39,851	39,847	39,834
3 3	39,920	39,912	39,904	39,900	39,896	39,886	39,887	39,878	39,869	39,860	39,851	39,847	39,834	
3 4	39,918	39,910	39,902	39,898	39,894	39,885	39,887	39,888	39,886	39,885	39,881	39,874	39,834	
3 5	39,919	39,911	39,903	39,899	39,894	39,886	39,887	39,887	39,889	39,880	39,881	39,887	39,834	
3 6	39,918	39,910	39,902	39,897	39,893	39,885	39,876	39,868	39,859	39,851	39,846	39,834		
4 1	39,933	39,926	39,919	39,916	39,912	39,905	39,897	39,889	39,882	39,874	39,870	39,859		
4 2	39,931	39,924	39,917	39,913	39,910	39,903	39,895	39,886	39,881	39,873	39,870	39,859		

JAERI-M 7059

\* = MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

= \* = DATE 77-02-14 RESULT NO. 4

\*\*\* D I S T R I B U T I O N O F R E Y N O L D S N U M B E R ( 1 0 \* \* 3 U N I T )

CONT. 1

REGI	CHAN	Axial	Distance	(cm)	Points	L = 1-15											
NO.	NO.	-114.0	0.0	9.5	28.5	47.5	66.5	85.5	104.5	114.0	123.5	142.5	161.5	180.5	199.5	218.5	
1	1	25.047	25.047	5.214	9.200	5.175	5.142	5.102	5.051	5.006	4.972	4.924	4.886	4.722	4.529	4.304	
1	2	24.320	24.320	5.058	5.030	4.978	4.912	4.831	4.729	4.655	4.620	4.536	4.394	4.234	4.062	3.891	
1	3	24.617	24.617	5.122	5.102	5.063	5.014	4.954	4.877	4.809	4.759	4.686	4.578	4.437	4.259	4.066	
2	1	23.527	23.527	4.897	4.882	4.854	4.816	4.773	4.711	4.641	4.575	4.462	4.295	4.113	3.930	3.753	
2	2	23.744	23.744	4.941	4.923	4.894	4.856	4.811	4.750	4.665	4.623	4.513	4.352	4.177	4.002	3.835	
2	3	23.144	23.144	4.813	4.785	4.733	4.667	4.587	4.484	4.392	4.323	4.222	4.082	3.927	3.765	3.607	
2	4	23.325	23.325	4.850	4.823	4.773	4.710	4.634	4.536	4.447	4.379	4.277	4.132	3.976	3.817	3.662	
2	5	23.411	23.411	4.866	4.839	4.786	4.721	4.643	4.544	4.454	4.386	4.285	4.144	3.992	3.838	3.690	
2	6	23.578	23.578	4.900	4.865	4.800	4.722	4.632	4.524	4.431	4.365	4.271	4.144	4.009	3.873	3.742	
2	7	23.764	23.764	4.942	4.917	4.870	4.812	4.745	4.659	4.582	4.520	4.422	4.281	4.130	3.978	3.831	
2	8	23.813	23.813	4.949	4.912	4.846	4.767	4.677	4.572	4.482	4.418	4.330	4.210	4.084	3.956	3.833	
2	9	23.618	23.618	4.910	4.880	4.823	4.755	4.674	4.576	4.488	4.422	4.326	4.192	4.049	3.904	3.765	
2	10	23.851	23.851	4.957	4.922	4.857	4.780	4.692	4.588	4.499	4.436	4.348	4.228	4.101	3.974	3.850	
2	11	23.326	23.326	4.851	4.824	4.773	4.710	4.634	4.536	4.447	4.380	4.278	4.133	3.977	3.817	3.663	
2	12	23.501	23.501	4.886	4.856	4.802	4.730	4.655	4.555	4.467	4.400	4.302	4.164	4.016	3.866	3.722	
2	13	23.136	23.136	4.811	4.783	4.731	4.664	4.584	4.482	4.391	4.323	4.226	4.089	3.935	3.773	3.612	
2	14	23.360	23.360	4.860	4.838	4.797	4.746	4.682	4.598	4.518	4.452	4.346	4.193	4.026	3.855	3.690	
3	1	20.624	20.624	4.283	4.242	4.168	4.082	3.985	3.876	3.786	3.726	3.646	3.541	3.431	3.323	3.218	
3	2	20.861	20.861	4.332	4.289	4.213	4.124	4.026	3.918	3.830	3.772	3.696	3.598	3.498	3.397	3.300	
3	3	20.107	20.107	4.177	4.140	4.073	3.993	3.901	3.792	3.700	3.636	3.547	3.428	3.304	3.179	3.060	
3	4	20.431	20.431	4.243	4.202	4.129	4.042	3.945	3.834	3.743	3.680	3.598	3.488	3.375	3.262	3.153	
3	5	20.345	20.345	4.226	4.187	4.117	4.035	3.941	3.833	3.742	3.679	3.594	3.481	3.362	3.244	3.130	
3	6	20.428	20.428	4.240	4.195	4.114	4.020	3.916	3.800	3.707	3.644	3.564	3.459	3.351	3.244	3.141	
4	1	18.565	18.565	3.855	3.817	3.749	3.668	3.579	3.476	3.392	3.334	3.257	3.154	3.047	2.941	2.840	
4	2	18.973	18.973	3.939	3.897	3.822	3.738	3.642	3.537	3.453	3.397	3.325	3.232	3.136	3.040	2.949	

\*\*\* D I S T R I B U T I O N O F R E Y N O L D S N U M B E R ( 1 0 \* \* 3 U N I T )

CONT, 2

REG. NO.	CHAN NO.	AXIAL DISTANCE	(CM)	POINTS	L=16-27						
1	1	237.5	256.5	275.5	285.0	294.5	313.5	332.5	351.5	370.5	389.5
1	2	4,088	3,894	3,729	3,623	3,569	3,522	3,477	3,440	3,411	3,389
1	3	3,729	3,584	3,459	3,377	3,334	3,295	3,257	3,226	3,202	3,183
1	4	3,880	3,713	3,570	3,477	3,429	3,385	3,342	3,308	3,281	3,259
2	1	3,595	3,453	3,331	3,252	3,211	3,175	3,141	3,113	3,091	3,074
2	2	3,682	3,546	3,429	3,352	3,312	3,277	3,244	3,217	3,196	3,178
2	3	3,458	3,326	3,211	3,137	3,098	3,062	3,027	2,999	2,977	2,959
2	4	3,520	3,392	3,282	3,210	3,172	3,138	3,104	3,077	3,055	3,038
2	5	3,552	3,429	3,322	3,252	3,215	3,182	3,149	3,122	3,101	3,084
2	6	3,619	3,508	3,412	3,348	3,315	3,284	3,253	3,229	3,209	3,193
2	7	3,695	3,573	3,467	3,398	3,362	3,329	3,296	3,269	3,248	3,231
2	8	3,717	3,613	3,521	3,463	3,429	3,399	3,370	3,346	3,327	3,304
2	9	3,635	3,519	3,417	3,350	3,315	3,283	3,252	3,226	3,205	3,189
2	10	3,734	3,629	3,537	3,476	3,444	3,414	3,385	3,361	3,342	3,318
2	11	3,520	3,393	3,282	3,210	3,172	3,138	3,104	3,077	3,055	3,038
2	12	3,588	3,468	3,363	3,295	3,259	3,226	3,193	3,167	3,146	3,130
2	13	3,461	3,326	3,209	3,133	3,093	3,057	3,021	2,993	2,970	2,952
2	14	3,537	3,401	3,283	3,207	3,167	3,131	3,095	3,067	3,044	3,026
3	1	3,120	3,032	2,955	2,904	2,877	2,852	2,827	2,807	2,791	2,778
3	2	3,209	3,126	3,054	3,005	2,980	2,956	2,933	2,914	2,899	2,887
3	3	2,950	2,851	2,766	2,710	2,680	2,653	2,627	2,605	2,588	2,574
3	4	3,052	2,961	2,882	2,829	2,802	2,776	2,751	2,731	2,714	2,701
3	5	3,025	2,931	2,848	2,794	2,766	2,739	2,713	2,692	2,675	2,662
3	6	3,046	2,960	2,884	2,834	2,808	2,784	2,760	2,741	2,726	2,713
4	1	2,746	2,662	2,589	2,541	2,515	2,492	2,469	2,450	2,435	2,423
4	2	2,863	2,786	2,718	2,673	2,649	2,627	2,606	2,588	2,574	2,563

\* \* \* MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

= = = DATE 77-02-14 RESULT NO. 5

\*\*\* DISTRIBUTION OF FRICTION FACTOR

CONT. 1

REGI	CHAN		AXIAL	DISTANCE	(CM)	POINTS	L= 1-15									
NO.	NO.	-114.0	0.0	9.5	28.5	47.5	66.5	85.5	104.5	114.0	123.5	142.5	161.5	180.5	199.5	218.5
1	1	0.0	0.0252	0.0372	0.0373	0.0373	0.0374	0.0374	0.0375	0.0376	0.0377	0.0378	0.0379	0.0382	0.0386	0.0391
1	2	0.0	0.0253	0.0375	0.0376	0.0376	0.0377	0.0378	0.0380	0.0382	0.0383	0.0384	0.0386	0.0389	0.0392	0.0396
1	3	0.0	0.0253	0.0374	0.0374	0.0375	0.0376	0.0377	0.0379	0.0380	0.0381	0.0382	0.0385	0.0388	0.0392	0.0396
2	1	0.0	0.0255	0.0378	0.0379	0.0379	0.0380	0.0381	0.0382	0.0383	0.0385	0.0387	0.0391	0.0395	0.0397	0.0393
2	2	0.0	0.0255	0.0377	0.0378	0.0378	0.0379	0.0380	0.0381	0.0382	0.0384	0.0386	0.0390	0.0394	0.0398	0.0395
2	3	0.0	0.0257	0.0380	0.0380	0.0381	0.0383	0.0384	0.0387	0.0389	0.0390	0.0393	0.0396	0.0397	0.0393	0.0388
2	4	0.0	0.0256	0.0379	0.0380	0.0381	0.0382	0.0383	0.0386	0.0387	0.0389	0.0391	0.0395	0.0397	0.0395	0.0390
2	5	0.0	0.0256	0.0379	0.0379	0.0380	0.0382	0.0383	0.0385	0.0387	0.0389	0.0391	0.0394	0.0397	0.0395	0.0391
2	6	0.0	0.0255	0.0378	0.0379	0.0380	0.0382	0.0384	0.0386	0.0388	0.0389	0.0391	0.0394	0.0398	0.0396	0.0393
2	7	0.0	0.0255	0.0377	0.0378	0.0379	0.0379	0.0380	0.0381	0.0383	0.0385	0.0386	0.0388	0.0391	0.0395	0.0397
2	8	0.0	0.0255	0.0377	0.0378	0.0379	0.0379	0.0381	0.0383	0.0385	0.0387	0.0388	0.0390	0.0393	0.0396	0.0397
2	9	0.0	0.0255	0.0378	0.0379	0.0380	0.0381	0.0383	0.0385	0.0387	0.0388	0.0390	0.0393	0.0397	0.0397	0.0393
2	10	0.0	0.0255	0.0377	0.0378	0.0379	0.0381	0.0382	0.0384	0.0386	0.0388	0.0390	0.0392	0.0395	0.0397	0.0396
2	11	0.0	0.0256	0.0379	0.0380	0.0381	0.0382	0.0383	0.0386	0.0387	0.0389	0.0391	0.0395	0.0397	0.0395	0.0390
2	12	0.0	0.0256	0.0378	0.0379	0.0380	0.0381	0.0383	0.0385	0.0387	0.0388	0.0391	0.0394	0.0396	0.0397	0.0392
2	13	0.0	0.0257	0.0380	0.0380	0.0382	0.0383	0.0385	0.0387	0.0389	0.0390	0.0392	0.0396	0.0397	0.0394	0.0388
2	14	0.0	0.0256	0.0379	0.0379	0.0380	0.0381	0.0382	0.0384	0.0386	0.0387	0.0390	0.0393	0.0397	0.0396	0.0391
3	1	0.0	0.0264	0.0391	0.0392	0.0394	0.0396	0.0397	0.0396	0.0394	0.0392	0.0389	0.0385	0.0379	0.0374	0.0374
3	2	0.0	0.0263	0.0390	0.0391	0.0393	0.0395	0.0397	0.0397	0.0395	0.0394	0.0391	0.0387	0.0383	0.0379	0.0374
3	3	0.0	0.0266	0.0394	0.0394	0.0396	0.0397	0.0397	0.0394	0.0391	0.0389	0.0385	0.0380	0.0374	0.0370	0.0366
3	4	0.0	0.0265	0.0392	0.0393	0.0395	0.0397	0.0397	0.0395	0.0393	0.0391	0.0387	0.0383	0.0378	0.0373	0.0369
3	5	0.0	0.0265	0.0392	0.0393	0.0395	0.0397	0.0397	0.0395	0.0393	0.0391	0.0387	0.0382	0.0377	0.0372	0.0368
3	6	0.0	0.0265	0.0392	0.0393	0.0395	0.0397	0.0397	0.0394	0.0392	0.0389	0.0386	0.0381	0.0377	0.0372	0.0368
4	1	0.0	0.0271	0.0396	0.0395	0.0393	0.0390	0.0387	0.0382	0.0378	0.0376	0.0373	0.0369	0.0366	0.0364	0.0365
4	2	0.0	0.0270	0.0397	0.0396	0.0395	0.0393	0.0389	0.0385	0.0381	0.0379	0.0375	0.0372	0.0368	0.0366	0.0364

### \*\*\* DISTRIBUTION OF FRICTION FACTOR

CONT. 2

REGI	CHAN		AXIAL	DISTANCE	(CM)	POINTS	L=16-27					
NO.	NO.											
1	1	0.0396	0.0396	0.0392	0.0388	0.0386	0.0384	0.0382	0.0380	0.0379	0.0378	0.0378
1	2	0.0392	0.0387	0.0381	0.0378	0.0376	0.0374	0.0373	0.0371	0.0370	0.0370	0.0369
1	3	0.0396	0.0392	0.0386	0.0382	0.0380	0.0378	0.0376	0.0375	0.0374	0.0373	0.0372
2	1	0.0387	0.0381	0.0376	0.0372	0.0371	0.0369	0.0368	0.0367	0.0367	0.0366	0.0366
2	2	0.0391	0.0385	0.0380	0.0377	0.0375	0.0373	0.0372	0.0371	0.0370	0.0370	0.0369
2	3	0.0381	0.0375	0.0371	0.0368	0.0367	0.0366	0.0365	0.0365	0.0365	0.0364	0.0364
2	4	0.0384	0.0378	0.0374	0.0371	0.0369	0.0368	0.0367	0.0367	0.0366	0.0365	0.0365
2	5	0.0385	0.0380	0.0375	0.0372	0.0371	0.0370	0.0369	0.0368	0.0367	0.0367	0.0366
2	6	0.0388	0.0384	0.0379	0.0376	0.0375	0.0374	0.0372	0.0371	0.0371	0.0370	0.0370
2	7	0.0391	0.0386	0.0382	0.0379	0.0377	0.0376	0.0374	0.0373	0.0372	0.0371	0.0371
2	8	0.0392	0.0388	0.0384	0.0381	0.0380	0.0379	0.0377	0.0376	0.0375	0.0375	0.0374
2	9	0.0389	0.0384	0.0379	0.0376	0.0375	0.0374	0.0372	0.0371	0.0371	0.0370	0.0370
2	10	0.0392	0.0389	0.0385	0.0382	0.0381	0.0379	0.0378	0.0377	0.0376	0.0375	0.0375
2	11	0.0384	0.0378	0.0374	0.0371	0.0369	0.0368	0.0367	0.0367	0.0366	0.0365	0.0365
2	12	0.0387	0.0382	0.0377	0.0374	0.0373	0.0371	0.0370	0.0369	0.0368	0.0368	0.0368
2	13	0.0381	0.0375	0.0371	0.0368	0.0367	0.0366	0.0365	0.0365	0.0365	0.0364	0.0364
2	14	0.0385	0.0379	0.0374	0.0371	0.0369	0.0368	0.0367	0.0366	0.0366	0.0365	0.0365
3	1	0.0368	0.0366	0.0364	0.0364	0.0364	0.0365	0.0365	0.0365	0.0366	0.0366	0.0366
3	2	0.0371	0.0358	0.0356	0.0365	0.0365	0.0364	0.0364	0.0364	0.0364	0.0364	0.0364
3	3	0.0364	0.0365	0.0366	0.0368	0.0370	0.0371	0.0373	0.0374	0.0375	0.0377	0.0377
3	4	0.0366	0.0364	0.0364	0.0365	0.0365	0.0366	0.0367	0.0367	0.0368	0.0369	0.0369
3	5	0.0365	0.0364	0.0365	0.0365	0.0366	0.0367	0.0368	0.0369	0.0370	0.0371	0.0371
3	6	0.0368	0.0364	0.0364	0.0365	0.0365	0.0366	0.0366	0.0367	0.0368	0.0368	0.0368
4	1	0.0367	0.0371	0.0375	0.0379	0.0382	0.0385	0.0389	0.0392	0.0394	0.0396	0.0397
4	2	0.0364	0.0366	0.0368	0.0370	0.0371	0.0373	0.0374	0.0375	0.0377	0.0378	0.0378

- - - MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

- - - DATE 77-02-14 RESULT NO. 6

## \*\*\* DISTRIBUTION OF FUEL TEMPERATURE (C)

CONT. 1

REGION NO. 1 - CHANNEL NO. 1

REGION NO. 1 - CHANNEL NO. 2

REGION NO. 1 - CHANNEL NO. 3

L	Z	FUEL (CM)	FUEL INNER	FUEL OUTER	SLEEVE INNER	SLEEVE OUTER	COOL -ANT	FUEL INNER	FUEL OUTER	SLEEVE INNER	SLEEVE OUTER	COOL -ANT	FUEL INNER	FUEL OUTER	SLEEVE INNER	SLEEVE OUTER	COOL -ANT
1	-114.0	401.95	401.64	401.64	401.50	400.72	404.99	404.36	403.46	403.18	401.54	402.94	402.48	402.48	402.28	401.10	
2	0.0	422.83	418.07	411.65	409.64	401.68	447.62	438.11	424.95	420.76	403.58	434.51	427.59	417.94	414.89	402.57	
3	9.5	422.83	418.07	411.65	409.64	401.68	471.92	459.03	441.54	435.86	412.62	452.40	442.97	430.00	425.85	409.09	
4	28.5	434.54	428.28	419.57	416.82	405.92	504.54	487.09	464.03	456.35	424.86	476.32	463.54	446.30	440.67	417.94	
5	47.5	450.33	441.85	430.20	426.47	411.69	534.62	513.83	487.01	477.86	450.29	498.10	482.92	462.80	456.12	429.09	
6	66.5	463.19	453.43	440.16	435.36	418.83	585.70	557.73	522.97	510.66	459.96	534.50	514.28	488.20	479.29	443.20	
7	85.5	486.33	473.38	456.07	450.37	427.74	657.36	618.93	573.54	556.62	486.74	583.77	556.56	522.74	510.76	462.11	
8	104.5	517.23	499.95	477.41	469.80	439.58	730.32	651.22	511.64	505.79	503.78	495.42	615.58	583.78	545.13	531.13	473.87
9	114.0	536.64	516.62	490.87	482.06	446.80	801.00	667.94	631.05	587.98	571.73	503.76	598.72	573.30	542.25	531.06	485.27
10	123.5	523.25	507.79	487.83	481.00	453.84	833.28	774.88	713.95	624.87	537.83	655.09	621.92	582.96	568.36	508.63	
11	142.5	559.31	538.80	512.98	503.95	467.96	745.85	698.35	645.78	624.15	592.15	733.74	689.24	639.67	620.07	539.59	
12	161.5	625.58	594.38	556.85	543.11	488.20	833.28	774.88	713.95	688.24	580.54	733.74	708.14	708.20	584.44		
13	180.5	822.11	753.21	679.57	649.24	527.43	929.99	860.40	792.27	761.64	632.17	875.57	607.57	738.14	708.20	584.44	
14	199.5	947.10	861.59	777.28	739.63	587.94	1020.32	942.84	871.42	837.30	691.49	986.32	905.25	828.20	792.53	643.86	
15	218.5	1042.04	949.58	864.22	823.51	657.67	1097.73	1016.65	945.85	910.15	755.46	1074.56	987.77	910.13	871.92	710.77	
16	237.5	1114.57	1021.64	940.38	899.47	730.32	1159.30	1078.90	1011.84	976.44	820.60	1142.77	1052.90	982.04	943.79	780.00	
17	256.5	1166.02	1077.68	1003.70	964.81	801.35	1203.71	1127.70	1066.75	1033.32	883.66	1191.49	1109.09	1041.79	1005.51	847.47	
18	275.5	1200.70	1120.08	1054.80	1019.30	867.56	1234.00	1164.96	1111.00	1080.00	942.15	1224.39	1149.29	1069.65	1056.79	910.25	
19	285.0	1211.91	1136.53	1076.32	1043.14	898.12	1244.91	1180.13	1130.15	1101.63	969.15	1236.46	1165.94	1110.87	1079.82	939.28	
20	294.5	1066.71	1031.85	1002.32	986.98	919.72	1128.13	1095.72	1069.53	1055.26	988.75	1108.81	1073.96	1045.32	1029.97	960.28	
21	313.5	1089.98	1040.35	1015.45	1002.40	944.99	1131.35	1103.83	1051.75	1069.64	1012.92	1112.15	1082.55	1058.43	1045.40	985.97	
22	332.5	1089.29	1044.88	1024.49	1013.75	966.17	1130.62	1106.02	1069.98	1080.03	1033.14	1111.46	1067.12	1067.39	1056.67	1007.47	
23	351.5	1067.08	1047.33	1030.88	1022.18	983.47	1128.53	1110.26	1095.75	1087.71	1046.62	1109.23	1089.56	1073.67	1065.01	1025.01	
24	370.5	1064.47	1048.65	1035.51	1028.55	997.41	1126.02	1111.44	1099.56	1093.44	1052.87	1106.56	1090.84	1078.17	1071.24	1039.12	
25	389.5	1062.61	1049.89	1039.34	1033.74	1008.55	1124.14	1112.46	1103.19	1098.05	1073.47	1104.57	1094.96	1061.82	1076.27	1050.41	
26	399.0	1014.26	1013.39	1013.00	1011.26	1078.83	1078.03	1078.03	1077.67	1075.98	1056.15	1055.28	1054.89	1053.10			
27	513.0					1013.32				1077.92						1055.19	

## \*\*\* DISTRIBUTION OF FUEL TEMPERATURE (C)

CONT. 9

REGION NO. 4 - CHANNEL NO. 1

REGION NO. 4 - CHANNEL NO. 2

REGION NO. 4 - CHANNEL NO. 3

L	Z	FUEL (CM)	FUEL INNER	FUEL OUTER	SLEEVE INNER	SLEEVE OUTER	COOL -ANT	FUEL INNER	FUEL OUTER	SLEEVE INNER	SLEEVE OUTER	COOL -ANT	FUEL INNER	FUEL OUTER	SLEEVE INNER	SLEEVE OUTER	COOL -ANT
1	-114.0	406.39	407.48	406.19	405.79	402.85	409.13	408.13	406.71	406.27	403.11						
2	0.0	476.25	464.80	446.66	440.74	406.67	484.60	469.83	450.00	443.50	407.18						
3	9.5	497.43	477.62	474.80	467.11	422.99	524.23	505.08	480.18	471.75	424.71						
4	28.5	515.05	497.43	474.80	467.11	422.99	524.23	505.08	480.18	471.75	424.71						
5	47.5	561.49	539.10	510.88	501.02	444.03	572.97	548.60	518.14	507.41	447.19						
6	66.5	593.49	574.47	544.02	533.03	469.03	610.16	583.56	551.39	539.69	473.51						
7	85.5	659.90	628.86	592.69	579.03	498.60	669.22	636.90	599.48	585.25	503.94						
8	104.5	736.40	697.52	654.66	637.54	535.52	738.75	699.82	657.00	639.66	540.75						
9	114.0	782.36	738.93	652.60	673.48	557.26	778.17	735.76	690.44	671.77	561.76						
10	123.5	754.93	720.92	684.28	669.31	577.71	744.26	712.44	677.95	663.95	580.93						
11	142.5	825.74	765.41	744.09	726.33	616.97	802.75	766.21	728.24	712.16	616.25						
12	161.5	897.34	851.95	807.68	787.68	662.28	862.36	821.90	781.63	765.82	636.04						
13	180.5	967.51	918.29	872.68	850.99	712.24	920.85	877.46	836.06	816.96	699.36						
14	199.5	1033.32	981.93	936.45	913.81	763.38	975.65	930.61	889.32	869.49	745.05						
15	218.5	1091.96	1040.15	996.23	973.42	819.90	1024.33	979.12	939.14	919.23	791.68						
16	237.5	1140.60	1090.29	1049.17	1027.02	873.82	1064.73	1020.90	983.34	964.04	837.68						
17	256.5	1177.47	1130.45	1093.14	1072.43	929.23	1095.46	1054.49	1020.26	1002.22	881.50						
18	275.5	1203.96	1161.35	1128.33	1109.57	972.56	1117.37	1080.28	1049.86	1039.52	921.84						
19	285.0	1215.73	1175.53	1144.71	1127.02	994.42	1126.20	1091.31	1062.98	1047.62	940.45						
20	294.5	1211.24	1101.22	1082.26	1076.49	1010.30	1045.44	1028.39	1014.02	1006.51	953.87						
21	313.5	1124.64	1107.66	1094.13	1086.66	1029.70	1046.51	1033.97	1021.77	1015.37	970.19						
22	332.5	1125.01	1110.98	1099.84	1093.66	1046.16	1049.18	1037.11	1027.03	1021.72	983.93						
23	351.5	1124.02	1112.61	1103.57	1098.55	1059.59	1048.70	1038.85	1030.63	1026.30	995.25						
24	370.5	1122.35	1113.20	1105.96	1101.93	1070.45	1047.57	1039.65	1033.05	1029.56	1004.46						
25	389.5	1120.84	1113.51	1107.72	1104.50	1079.15	1046.39	1040.06	1034.78	1031.99	1011.80						
26	399.0	1083.71	1083.20	1082.98	1081.22	1015.57	1015.14	1015.14	1014.95	1013.55							
27	513.0					1082.82				1014.91							

## \*\*\* MAXIMUM FUEL TEMPERATURE (C)

CONT. 1

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8

JAERI-M 7059

\* \* \* MARK-3 INITIAL CORE 70 PERCENT LOADING

\* \* \* DATE 77-02-14 RESULT NO. 0

\* \* \* STATISTICAL TABLE AND STATISTICAL DATA

\*\* ITERATION NUMBER OF PROBABILITY ANALYSIS 50 \*\* TOTAL NUMBER OF RANDOM PRODUCTION 19058 ( 0 )

\* \* \* RELATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION OF REGION FLOW RATE

REGION NO	F	L	O	W	R A T E	( G / S )	( C O N T . )	4
	180.35	180.40	180.45	180.50				
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
2	0.0392	0.0196	0.0196	0.0	3.0			
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

\* \* \* RELATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION OF CHANNEL FLOW RATE

## \*\*\* RELATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION OF MAXIMUM FUEL TEMPERATURE

REGION NO	MAXIMUM TEMPERATURE (C)												(CONT.) 1)													
	1206.	1207.	1208.	1209.	1210.	1211.	1212.	1213.	1214.	1215.	1216.	1217.	1218.	1219.	1220.	1221.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0392	0.0	0.0392	0.0588	0.0784	0.1569	0.1765	0.0980	0.0784	0.0784	0.0980	0.0392	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
REGION NO	MAXIMUM TEMPERATURE (C)												(CONT.) 2)													
	1222.	1223.	1224.	1225.	1226.	1234.	1235.	1236.	1237.	1238.	1239.	1240.	1241.	1242.	1243.	1244.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0588	0.0980	0.0588	0.0784	0.1373	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0196	0.0	0.0196	0.0196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
REGION NO	MAXIMUM TEMPERATURE (C)												(CONT.) 3)													
	1245.	1246.	1247.	1248.	1249.	1250.	1251.	1252.	1253.	1254.	1255.	1256.	1257.	1258.	1259.	1260.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0980	0.1765	0.0196	0.1176	0.0392	0.0196	0.0196	0.0	0.0	0.0588	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0196	0.0	0.0196	0.0	0.0196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
REGION NO	MAXIMUM TEMPERATURE (C)												(CONT.) 4)													
	1261.	1262.	1263.	1264.	1265.	1266.	1267.	1268.	1269.	1270.	1271.	1272.	1273.	1274.	1275.	1276.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0392	0.0	0.0196	0.0196	0.0980	0.0980	0.1373	0.1176	0.0784	0.0784	0.0588	0.0588	0.0392	0.0392	0.0392	0.0196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
REGION NO	MAXIMUM TEMPERATURE (C)												(CONT.) 5)													
	1277.	1278.	1279.	1280.	1291.	1292.	1293.	1294.	1295.	1296.	1297.	1298.	1299.	1300.	1301.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0588
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
REGION NO	MAXIMUM TEMPERATURE (C)												(CONT.) 6)													
	1302.	1303.	1304.	1305.	1306.	1307.	1308.	1309.	1310.	1311.	1312.	1313.	1314.	1315.	1316.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.1569	0.0588	0.0980	0.0392	0.0588	0.0588	0.0196	0.0196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

JAERI-M 7059

\* \* \* CHARACTERISTICS OF COOLANT FLOW RATE DISTRIBUTION (G/S) ==REGION==

REGION NO.	1	2	3	4
MINIMUM	40,212	179,960	67,036	20,487
MAXIMUM	40,663	180,425	67,446	20,637
MEAN	40,483	180,146	67,231	20,559
RANGE	4.712E-01	4.645E-01	4.101E-01	1.505E-01
S.DEVIATION	9.667E-02	9.262E-02	9.547E-02	3.260E-02

\* \* \* CHARACTERISTICS OF MAXIMUM FUEL TEMPERATURE DISTRIBUTION (C) ==REGION==

REGION NO.	1	2	3	4
MINIMUM	1236,374	1292,678	1257,994	1209,552
MAXIMUM	1253,266	1311,143	1277,365	1224,297
MEAN	1244,698	1301,088	1267,753	1216,121
RANGE	1.689E+01	1.846E+01	1.937E+01	1.474E+01
S.DEVIATION	3.597E+00	3.865E+00	4.000E+00	3.100E+00

\* \* \* CHARACTERISTICS OF COOLANT FLOW RATE DISTRIBUTION (G/S) == REGION NO. 1 ==

CHANNEL NO	1	2	3
MINIMUM	13,620	13,167	13,326
MAXIMUM	13,860	13,462	13,609
MEAN	13,703	13,315	13,464
RANGE	2.405E-01	2.951E-01	2.832E-01
S.DEVIATION	4.758E-02	6.319E-02	6.524E-02

\* \* \* CHARACTERISTICS OF COOLANT FLOW RATE DISTRIBUTION (G/S) == REGION NO. 2 ==

CHANNEL NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MINIMUM	12,745	12,873	12,495	12,601	12,610	12,798	12,869	12,939	12,822	12,965
MAXIMUM	12,994	13,154	12,774	12,901	12,963	13,062	13,120	13,145	13,041	13,240
MEAN	12,887	13,003	12,653	12,770	12,869	12,921	12,995	13,045	12,924	13,071
RANGE	2.490E-01	2.812E-01	2.782E-01	2.997E-01	3.529E-01	2.646E-01	2.310E-01	2.062E-01	2.185E-01	2.750E-01
S.DEVIATION	5.960E-02	6.615E-02	6.020E-02	7.260E-02	7.348E-02	6.281E-02	5.531E-02	4.892E-02	5.574E-02	5.805E-02

CHANNEL NO	11	12	13	14
MINIMUM	12,615	12,749	12,519	12,595
MAXIMUM	12,901	13,008	12,794	12,914
MEAN	12,758	12,859	12,670	12,779
RANGE	2.864E-01	2.589E-01	2.750E-01	3.192E-01
S.DEVIATION	6.067E-02	6.075E-02	6.030E-02	5.716E-02

\* \* \* CHARACTERISTICS OF COOLANT FLOW RATE DISTRIBUTION (G/S) == REGION NO. 3 ==

CHANNEL NO	1	2	3	4	5	6
MINIMUM	11,169	11,317	10,891	11,078	11,024	11,074
MAXIMUM	11,437	11,576	11,128	11,294	11,295	11,299
MEAN	11,299	11,415	11,007	11,196	11,130	11,184
RANGE	2.687E-01	2.593E-01	2.368E-01	2.195E-01	2.717E-01	2.253E-01
S.DEVIATION	5.676E-02	5.863E-02	4.902E-02	5.198E-02	6.179E-02	4.946E-02

\* \* \* CHARACTERISTICS OF COOLANT FLOW RATE DISTRIBUTION (G/S) == REGION NO. 4 ==

CHANNEL NO	1	2
MINIMUM	10,071	10,310
MAXIMUM	10,239	10,495
MEAN	10,163	10,396
RANGE	1.679E-01	1.850E-01
S.DEVIATION	3.518E-02	4.090E-02

## JAERI-M 7059

\*\*\* CHARACTERISTICS OF MAXIMUM FUEL TEMPERATURE DISTRIBUTION ( C ) == REGION NO. 1 ==

CHANNEL NO	1	2	3
MINIMUM	1204.089	1236.374	1228.982
MAXIMUM	1216.159	1253.266	1244.488
MEAN	1211.910	1244.671	1236.810
RANGE	1.207E+01	1.689E+01	1.551E+01
S.DEVIATION	2.409E+00	3.614E+00	3.559E+00

\*\*\* CHARACTERISTICS OF MAXIMUM FUEL TEMPERATRE DISTRIBUTION ( C ) == REGION NO. 2 ==

CHANNEL NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MINIMUM	1244.725	1184.611	1285.394	1231.723	1202.745	1129.598	1131.325	1068.727	1142.999	1060.301
MAXIMUM	1259.931	1200.147	1303.991	1250.161	1223.581	1143.433	1143.225	1078.405	1154.589	1072.967
MEAN	1251.131	1192.905	1293.323	1239.707	1211.715	1136.896	1137.694	1073.391	1149.118	1068.007
RANGE	1.521E+01	1.554E+01	1.860E+01	1.844E+01	2.084E+01	1.384E+01	1.190E+01	9.678E+00	1.159E+01	1.267E+01
S.DEVIATION	3.630E+00	3.633E+00	4.020E+00	4.455E+00	4.334E+00	3.266E+00	2.842E+00	2.271E+00	2.951E+00	2.704E+00
CHANNEL NO	11	12	13	14						
MINIMUM	1234.235	1176.607	1292.678	1255.630						
MAXIMUM	1251.879	1191.123	1311.143	1275.809						
MEAN	1242.944	1184.864	1300.860	1264.010						
RANGE	1.764E+01	1.452E+01	1.846E+01	2.018E+01						
S.DEVIATION	3.731E+00	3.419E+00	4.024E+00	3.614E+00						

\*\*\* CHARACTERISTICS OF MAXIMUM FUEL TEMPERATURE DISTRIBUTION ( C ) == REGION NO. 3 ==

CHANNEL NO	1	2	3	4	5	6
MINIMUM	1125.606	1064.708	1257.994	1172.598	1199.305	1160.719
MAXIMUM	1142.911	1079.528	1277.365	1187.741	1219.290	1176.287
MEAN	1134.417	1073.627	1267.753	1179.344	1211.303	1166.592
RANGE	1.730E+01	1.482E+01	1.937E+01	1.514E+01	1.999E+01	1.957E+01
S.DEVIATION	3.638E+00	3.384E+00	4.000E+00	3.641E+00	4.550E+00	3.419E+00

\*\*\* CHARACTERISTICS OF MAXIMUM FUEL TEMPERATURE DISTRIBUTION ( C ) == REGION NO. 4 ==

CHANNEL NO	1	2
MINIMUM	1209.552	1118.794
MAXIMUM	1224.297	1132.263
MEAN	1216.121	1125.971
RANGE	1.474E+01	1.347E+01
S.DEVIATION	3.100E+00	2.964E+00

*** PRESSURE DROP	1	2	3	4
* DRIFICE (KG/CM <sup>2</sup> )	0.0	1.700E-02	6.664E-02	9.204E-02
* TOTAL (KG/CM <sup>2</sup> )	2.320E+01	2.320E+01	2.320E+01	2.320E+01