

JAERI-M

8292

SCOTCH：高温ガス冷却炉の核・熱流動  
特性結合炉心動特性解析プログラム

1979年6月

江崎 正弘・小沢 保\*・三竹 晋

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、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

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.

JAERI -M 8292

SCOTCH : 高温ガス冷却炉の核・熱流動  
特性結合炉心動特性解析プログラム

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部  
江崎 正弘・小沢 保\*・三竹 晋

(1979年5月29日 受理)

多目的高温ガス実験炉を含む高温ガス冷却炉 (HTGR) の炉心を対象とした炉心動特性解析プログラム SCOTCH の報告である。本プログラムは、多チャネル模擬の熱流動特性と中性子エネルギー2群の径方向1次元原子炉動特性を結合した SCOTCH-RX ならびに軸方向1次元原子炉動特性を結合した SCOTCH-AX の2種のサブ・プログラムでなりたつ。このプログラムのステップ数 (カード枚数) は約 8,000 であり、コア・メモリは約 102 K word を必要とする。

---

\*) 川崎重工業株式会社からの外来研究員 (昭和51年6月1日~昭和52年3月31日)

SCOTCH: A Program for Solution of the One-Dimensional,  
Two-Group, Space-Time Neutron Diffusion Equations with  
Temperature Feedback of Multi-Channel Fluid Dynamics  
for HTGR Cores

Masahiro EZAKI, Tamotsu OZAWA\*, and Susumu MITAKE

Division of Power Reactor Projects, JAERI

( Received May 29, 1979 )

The SCOTCH program solves the one-dimensional (R or Z), two-group reactor kinetics equations with multi-channel temperature transients and fluid dynamics. Sub-program SCOTCH-RX simulates the space-time neutron diffusion in radial direction, and sub-program SCOTCH-AX simulates the same in axial direction.

The program has about 8,000 steps of FORTRAN statement and requires about 102 kilo-words of computer memory.

Keywords: Reactor Kinetics, One-Dimensional Neutron Diffusion Equations, Temperature Transients, Fluid Dynamics, HTGR Core, Computer Program

---

\*) Visiting scientist from Kawasaki Heavy Industries, Ltd.,  
from June 1, 1976 to March 31, 1977.

## 目 次

1. はじめに.....	1
2. 解析モデル.....	2
2.1 解析モデルの概要.....	2
2.2 数式モデルの構成.....	6
2.3 炉心核特性モデル.....	6
2.4 燃料チャンネル温度計算.....	17
2.5 炉心多チャンネル流動モデル.....	22
3. 使用経験.....	27
4. 結 び.....	30
参考文献.....	30
付録A 原子炉動特性の差分式の係数一覧.....	31
付録B Peaceman Rachford の収束定理を用いた 2次元熱計算.....	35
付録C データ入力形式.....	38
付録D 計算出力例.....	49

## CONTENTS

1. Introduction .....	1
2. Model .....	2
2.1 Abstract of analytical model .....	2
2.2 Construction of computing model .....	6
2.3 The time-dependent neutron diffusion equations.....	6
2.4 The heat transfer equations .....	17
2.5 The equations of multi-channel fluid dynamics .....	22
3. Know-how for running the program .....	27
4. Conclusion and acknowledgement .....	30
References	
Appendix A Coefficients of the finite-difference formulation of the diffusion equations .....	31
Appendix B Computations of two-dimensional temperature distribution based on the Peaceman-Rachford's theorem .....	35
Appendix C Input data description .....	38
Appendix D Output listing of a sample problem .....	49

## 1. はじめに

黒鉛減速・ヘリウム冷却型原子炉の炉心の安定性および動特性の問題として、①同熱出力規模の軽水炉の炉心と比較して炉心体積が大きく、かつ炉心空間相互での中性子動特性上の干渉が強い、②炉心の冷却材流れを下向流にする形式を採用した場合に冷却チャンネル内の核・熱・流動の相互干渉が現われ易く、並列チャンネル相互間での干渉が存在する<sup>(1)(2)</sup>などがある。したがって、これら現象の解析が可能な計算プログラムを必要とする。とくに、この核特性と熱流動特性の相互干渉の解析は炉心冷却材流動のレイノルズ数が低い超高温ガス冷却炉（VHTR）では重要である。この目的に沿った計算プログラムを調査した結果、高温ガス炉・炉心の動特性解析プログラムとして、GAKIT<sup>(3)</sup>、COSTANZA<sup>(4)</sup>を挙げることができるが、いずれも半径方向1次元の原子炉動特性の解析のみの機能しか有さず、多チャンネルの熱流動特性と結合した計算プログラムはない。したがって、この空白を埋める計算プログラム SCOTCH (Simulation Code of Two Energy Group - One Dimensional Reactor Kinetics combined with Multi-Channel Fluid Dynamics) を開発した。

この計算プログラムは、多チャンネル模擬の熱流動特性と中性子エネルギー2群の径方向1次元原子炉動特性を結合した SCOTCH-RX ならびに軸方向1次元原子炉動特性を結合した SCOTCH-AX の2種類のサブ・プログラムで成り立つ。このプログラム・ステップ数（カード枚数）は約 8,000 であり、必要なコア・メモリは約 102 Kilo word である。

本報告書は、SCOTCH-RX および AX の解析モデルならびに計算手法を第2章に、試計算に基づく使用経験を第3章に示し、さらに付録Aに原子炉動特性方程式の差分式の係数一覧、付録Bに Peaceman Rachford の収束定理を用いた2次元熱計算、付録Cにデータ入力形式ならびに付録Dに計算出力例を示す。

## 2. 解析モデル

### 2.1 解析モデルの概要

本計算プログラムは中性子エネルギー2群の1次元（径方向または軸方向）原子炉動特性方程式と多チャンネルモデルの熱流動特性式の差分式を時間メッシュ  $\Delta t$  で繰り返し計算して中性子束分布、温度分布ならびに冷却材流量および圧力の過渡現象を解く。そのフローチャートは Fig. 2.1.1 に示す通りである。解析モデルは、Fig. 2.1.2 および Fig. 2.1.3 に示す如く、黒鉛減速ヘリウム冷却炉・炉心、有効炉心上下の中性子反射体および側部反射体、炉心上部のオリフィス構造ならびに上・下のプレナムでなりたつ。外部冷却系の効果は炉心上・下のプレナムへの冷却材の流出・入により考慮される。

解析モデルの内容は次の通りである。

- ① 原子炉動特性は燃料および減速材温度変化に伴う反応度フィード・バックを考慮する。これらの温度は原子炉動特性式の核定数を与える炉心空間の領域分割毎に計算され、各領域に対応した径方向でのチャンネル番号または軸方向でのチャンネル内での軸方向領域分割番号に対応づけされている。したがって、各領域の核定数はこれら温度変化の関数（2次関数）として入力される。
- ② 炉心を構成する燃料体型式は熱流動解析での多チャンネルの2次元円筒モデル（燃料コンパクト、減速材黒鉛ブロック、冷却材通路で構成するユニット・セル）の幾何形状入力で考慮できる。しかし、原子炉動特性式での燃料体系式のモデル化は、核定数をその領域に属す燃料体、減速材、制御材、構造材ならびに冷却材の混合体で計算するため、それら構成物質の混合割合を変えた核定数の設定で行なう。
- ③ 各チャンネル（上記2次元円筒モデル）の熱計算モデルはチャンネル毎の周囲を断熱とする。したがって、チャンネル間の熱伝導はない。しかし、炉心上下のプレナム内で各チャンネルの流出入の冷却材が混合するモデルを採っているため、このプレナム内で混合後の冷却材がチャンネルに流入することによるチャンネル相互の干渉は考慮できる。各チャンネルの冷却材の流動特性は炉心上下のプレナム間の圧力差と各チャンネル流路での冷却材の運動方程式で表わされる。プレナム内の冷却材圧力は、炉心との冷却材の流出・入と外部冷却ループとの流出・入から各時間での冷却材保有量および気体のエンタルピが求められ、その後、気体の状態式から算出される。
- ④ 各チャンネルの流路形状はオリフィス構造を除き同一であり、最大10チャンネルまでモデル化できる。これらチャンネル毎の温度計算点は径方向最大15点、軸方向最大20点であり、伝熱に関する物性値の領域区分は最大15である。また、チャンネル内での冷却材流路は径方向に観て中心点と最外側点から3番目の計算点に位置づけうる。さらに、ヘリウム・ギャップおよびその部分での輻射伝熱の効果を考慮できる。
- ⑤ 原子炉動特性式の計算点は最大99点であり、核定数の設定領域は最大10である。



なお、高温ガス冷却炉の炉心動特性を解析するに当たって、被覆燃料粒子（cfp）の熱伝導上の効果を考慮しなければならぬが、これは cfp を考慮した動特性解析コードによりすでに検討・報告<sup>(5),(6)</sup>されており、本計算コードでは cfp の熱伝導上のモデルを省略する。

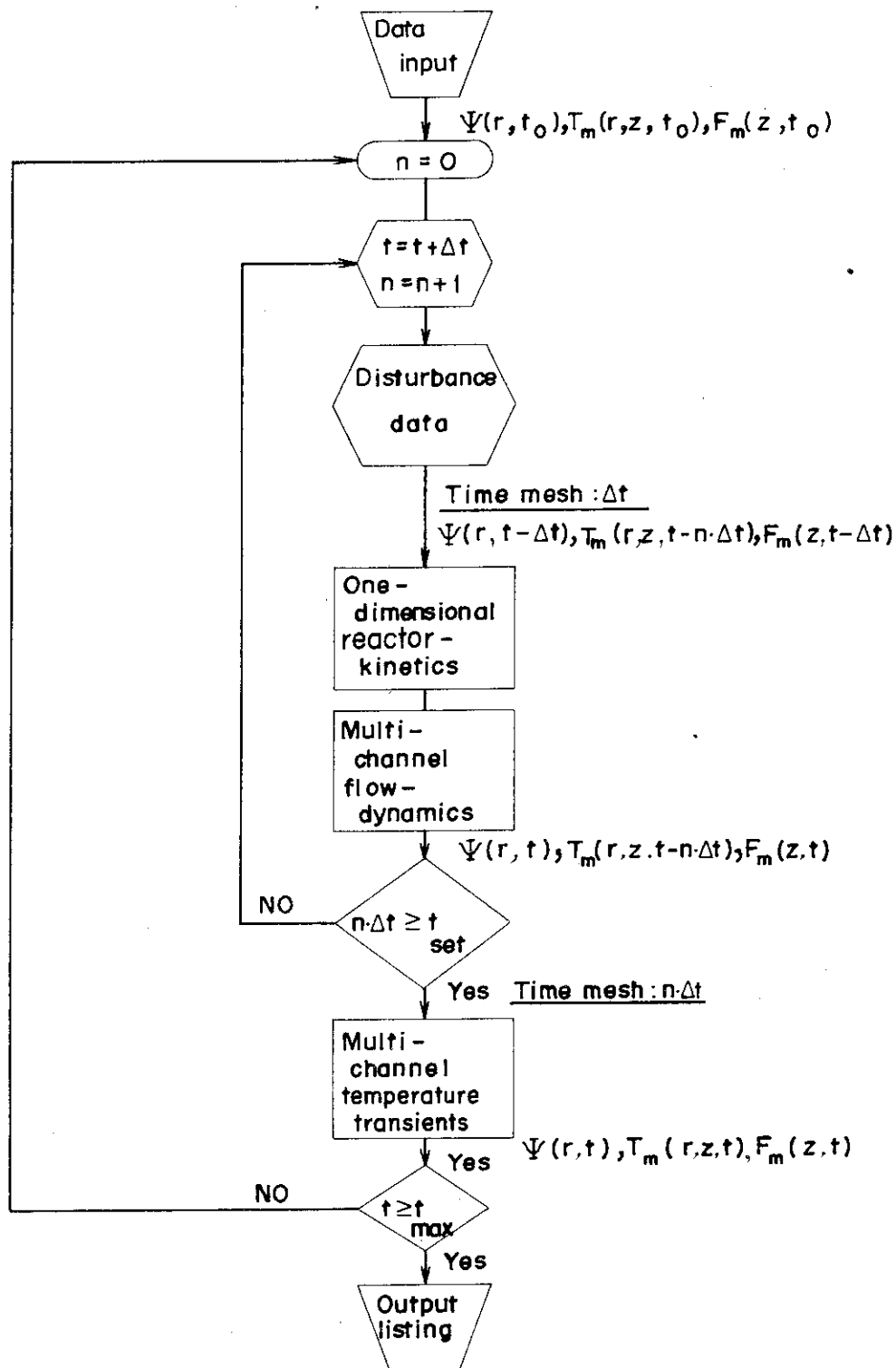


Fig. 2.1.1 Basic flow chart for time mesh controls

where  $t$ ; Current time  $t_0$ ; Initial time  
 $\Psi$ ; Neutron flux  $F$ ; Coolant flow  
 $T$ ; Temperature

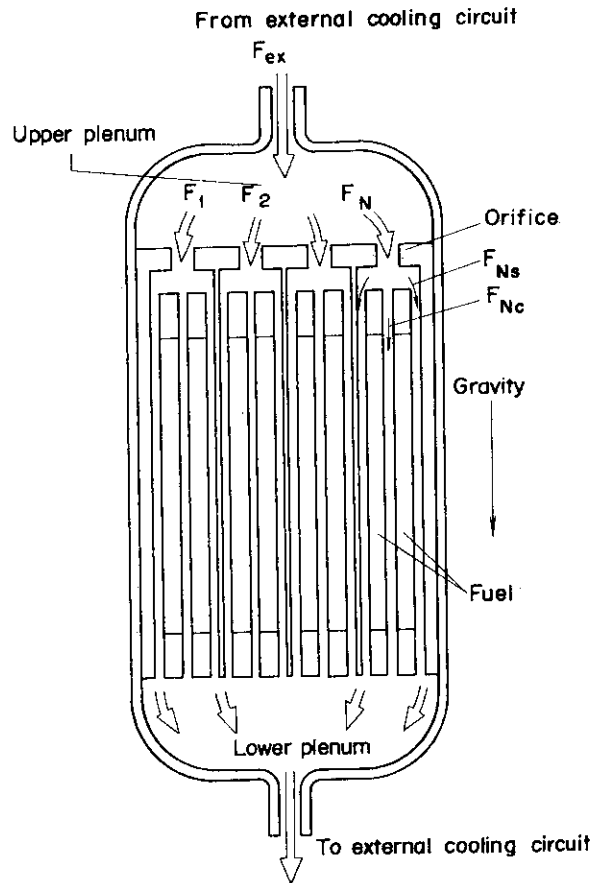


Fig. 2.1.2 Reactor model for simulation of coolant flow dynamics in core.

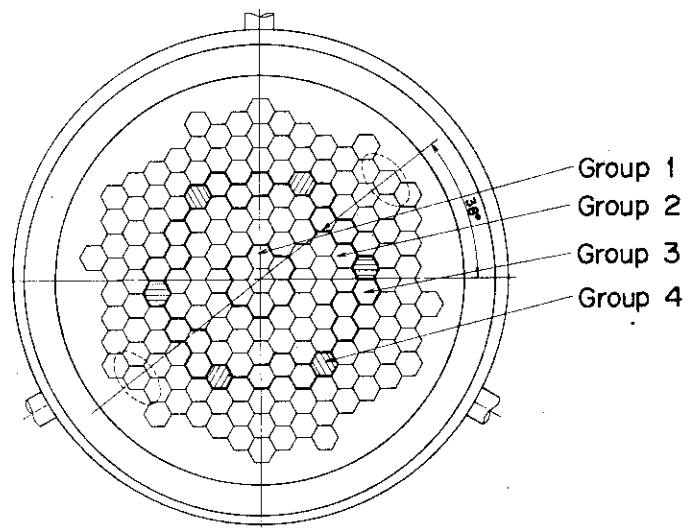


Fig. 2.1.3 Typical core configuration

## 2.2 数式モデルの構成

本計算プログラムでとり扱う数式は原子炉動特性、冷却材流動特性ならびに熱特性を解く3つの数式群で構成される。これらの時間・空間微分方程式を直接的に数値解法（連続シミュレーション言語による）で解くことが時間の経移に最も忠実な解を得ることになり、かつプログラムの構成も単純になる。しかし、著者等の報告<sup>(9)</sup>によると、上記特性で、ガス冷却炉での原子炉動特性の時間積分に必要とするタイム・メッシュは $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 秒、冷却材流動特性では $10^{-3} \sim 10^{-2}$ 秒、熱特性では0.1～3秒になると予測され、全系を同一のタイム・メッシュで直接的に解く数値解法は得策でない。したがって、上記3つの数式群のそれぞれに適したタイム・メッシュで時間積分を行ない計算の効率化を図る。

時間積分に用いるタイム・メッシュは、Fig. 2.1.1にその流れを示すように、最も細かいタイム・メッシュを必要とする原子炉動特性から始まり、冷却材流量計算を経て熱特性計算に入る。この過程で、原子炉動特性および流動特性計算に用いるタイム・メッシュは温度計算のそれと較べ小さいので、時間の流れが一致するように繰返し計算を行なう。また、核定数および熱流動計算用の各種物性値は熱特性の計算のタイム・ステップ毎に計算するため、内部の繰返し計算ではそれら物性値は一定である。しかし、外部からの入力で設定する各種の外乱（制御棒の移動に伴なう中性子吸収材の濃度変化、外部冷却ループとの冷却材の流出・入の変化）は内部の繰返し計算のタイム・ステップ毎に更新される。

## 2.3 炉心核特性モデル

本計算コードは円筒炉心の半径方向または軸方向（とり扱いは平板）の1次元2群の中性子拡散方程式のいずれか一つを解く。その半径方向の拡散方程式を解く場合には軸方向への中性子漏洩を、軸方向の場合には径方向への中性子漏洩をそれぞれのバックリング・データとして入力する。また、中性子拡散方程式に用いられる核定数は燃料温度または減速材温度変化に関する2次関数式でとり扱う。

### 2.3.1 中性子拡散方程式

中性子エネルギー2群の1次元拡散方程式は制御棒の中性子吸収材の毒物の原子の数 $N(\text{コ}/\text{cm}^3)$ を考慮すると次式になる。<sup>(7)</sup>

$$\nabla \cdot D_f \nabla \psi - (\Sigma_{\text{rem},f} + N \delta_{c,f} + D_f \cdot B^2) \psi + (1 - \beta) (\nu \Sigma_{f,f} \psi + \nu \Sigma_{f,t} \varphi) + \sum_{i=1}^L \lambda_i C_i = \frac{1}{w} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (2.3.1)$$

$$\nabla \cdot D_t \nabla \varphi - (\Sigma_{a,t} + N \delta_{c,t} + D_t \cdot B^2) \varphi + \rho \Sigma_{\text{rem},f} \psi = \frac{1}{v} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (2.3.2)$$

$$\frac{\partial C_{\ell}}{\partial t} = \beta_{\ell} (\nu \Sigma_{f,f} \psi + \nu \Sigma_{f,t} \varphi) - \lambda_{\ell} C_{\ell} \quad (\ell = 1, 2, \dots, L) \quad (2.3.3)$$

ここで,

- $\psi$  ; 高速中性子束  $\psi(r, t)$  または  $\psi(z, t)$
- $\varphi$  ; 熱中性子束  $\varphi(r, t)$  または  $\varphi(z, t)$
- $D_f, D_t$  ; 高速中性子, 熱中性子それぞれの拡散係数
- $\Sigma_{rem}$  ; 巨視的除去断面積
- $\Sigma_{f,f}, \Sigma_{f,t}$  ; 高速中性子, 熱中性子それぞれに対する巨視的核分裂断面積
- $\Sigma_a$  ; 巨視的吸収断面積
- $N$  ; 制御棒吸収体の原子の濃度 ( $\text{コ}/\text{cm}^3$ )
- $\delta_{c,f}, \delta_{c,t}$  ; 制御棒吸収体の高速中性子および熱中性子それぞれに対する微視的吸収断面積
- $B^2$  ; 直角方向バックリング
- $p$  ; 共鳴吸収を逃れる確率
- $\beta_{\ell}$  ; 第  $\ell$  種の遅発中性子割合
- $\lambda_{\ell}$  ; 第  $\ell$  種の遅発中性子先行核の崩壊定数
- $C_{\ell}$  ; 第  $\ell$  種の遅発中性子先行核濃度
- $L$  ; 遅発中性子グループ数
- $w, v$  ; 高速中性子, 熱中性子それぞれの速度 ( $\text{cm}/\text{sec}$ )

である。

これら (2.3.1) および (2.3.2) 式を次の境界条件下で解く。

径方向拡散方程式の場合,

$$\frac{d}{dr} \varphi(0, t) = \frac{d}{dr} \psi(0, t) = J_r(0, t) = 0, \quad \varphi(R, t) = \psi(R, t) = 0. \quad (2.3.4)$$

軸方向拡散方程式の場合,

$$\varphi(0, t) = \psi(0, t) = \varphi(H, t) = \psi(H, t) = 0. \quad (2.3.5)$$

ここで,  $R$ ; 外挿距離相当以上の厚さの側部反射体を含む炉心半径 (cm),  $H$ ; 外挿距離相当以上の厚さの上下反射体を含む炉心高さ (cm) である。

拡散方程式 (2.3.1) および (2.3.2) 式の解は対象の空間を微少分割し, それらの濃度点の中性子束を差分近似解法で解く。すなわち, (2.3.1) から (2.3.3) 式を Implicit Method で差分式化してノード点  $i$  での  $\psi_i$  および  $\varphi_i$  を解く。

## (1) 軸方向拡散方程式

拡散方程式 (2.3.1) および (2.3.2) 式は次式に変換できる。

$$\frac{\partial}{\partial Z} \cdot D_f^K \frac{\partial}{\partial Z} \psi - \mathbf{A}^K \cdot \psi + \mathbf{B}^K \cdot \varphi + \mathbf{C}^K = \frac{1}{w^K} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (2.3.6)$$

$$\frac{\partial}{\partial Z} \cdot D_t^K \frac{\partial}{\partial Z} \varphi - \mathbf{E}^K \cdot \varphi + \mathbf{F}^K \cdot \psi = \frac{1}{v^K} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (2.3.7)$$

ここで、

$$\mathbf{A} = \Sigma_{\text{rem},f} + N \delta_{c,f} + D_f B^2 - (1 - \beta) \nu \Sigma_{f,f}$$

$$\mathbf{B} = (1 - \beta) \nu \Sigma_{f,t}$$

$$\mathbf{C} = \sum_{\ell}^L \lambda_{\ell} C_{\ell}$$

$$\mathbf{E} = \Sigma_{a,t} + N \delta_{c,t} + D_t B^2$$

$$\mathbf{F} = P \Sigma_{\text{rem},f}$$

である。また、KはK番目の領域の核定数であることを示し、K番目の領域内での同時刻の核定数は高さ方向の位置(Z)に依存せず一定とする。

今、上記(2.3.6)および(2.3.7)式を Fig. 2.3.1 のように、炉心高さ方向に  $Z_{i-\frac{1}{2}} \leq Z \leq Z_i$  および  $Z_i \leq Z \leq Z_{i+\frac{1}{2}}$  で積分する。ここで、 $Z_i$  はグリッドラインを示し、メッシュ幅  $d_i = Z_{i+1} - Z_i$ 、 $d_{i-1} = Z_i - Z_{i-1}$  となる。まず、(2.3.6)式の両辺をZで積分すると、

$$\int_{Z_{i-\frac{1}{2}}}^{Z_i} \frac{1}{w} \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot dZ = \left[ D_f \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right]_{Z_i} - \left[ D_f \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right]_{Z_{i-\frac{1}{2}}} - \int_{Z_{i-\frac{1}{2}}}^{Z_i} (\mathbf{A} \cdot \psi - \mathbf{B} \cdot \varphi - \mathbf{C}) dZ \quad (2.3.8)$$

$$\int_{Z_i}^{Z_{i+\frac{1}{2}}} \frac{1}{w} \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot dZ = \left[ D_f \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right]_{Z_{i+\frac{1}{2}}} - \left[ D_f \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right]_{Z_i} - \int_{Z_i}^{Z_{i+\frac{1}{2}}} (\mathbf{A} \cdot \psi - \mathbf{B} \cdot \varphi - \mathbf{C}) \cdot dZ \quad (2.3.9)$$

となる。ここで、対象のグリッドライン*i*では中性子束および核定数が連続であると仮定すると上記2式は、

$$\int_{z_{i-\frac{1}{2}}}^{z_{i+\frac{1}{2}}} \frac{1}{w} \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot dZ = \left[ D_f \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right]_{z_{i+\frac{1}{2}}} - \left[ D_f \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right]_{z_{i-\frac{1}{2}}} - \int_{z_{i-\frac{1}{2}}}^{z_{i+\frac{1}{2}}} (\mathbf{A} \cdot \psi - \mathbf{B} \cdot \varphi - \mathbf{C}) \cdot dZ \quad (2.3.10)$$

となる。さらに、時間微分を

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\psi(Z_i, t) - \psi(Z_i, t - \Delta t)}{\Delta t} = \frac{\psi_i^n - \psi_i^{n-1}}{\Delta t} \quad (2.3.11)$$

ここで、 $n$ ；時間ステップ番号

空間積分をグリッドラインを中心として、

$$\int_{z_{i-\frac{1}{2}}}^{z_{i+\frac{1}{2}}} f(Z) \cdot dZ = f_i^- \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} + f_i^+ \cdot \frac{\Delta_i}{2} \quad (2.3.12)$$

で差分化すると、(2.3.10)式は次のように書き替える。

$$0 = \left[ \frac{1}{w} \frac{\psi_i^n - \psi_i^{n-1}}{\Delta t} \right]_{z_{i-}} \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} + \left[ \frac{1}{w} \frac{\psi_i^n - \psi_i^{n-1}}{\Delta t} \right]_{z_{i+}} \cdot \frac{\Delta_i}{2} - D_{f,i+\frac{1}{2}} \frac{\psi_{i+1}^n - \psi_i^n}{\Delta_i} + D_{f,i-\frac{1}{2}} \frac{\psi_i^n - \psi_{i-1}^n}{\Delta_{i-1}} + [\mathbf{A} \cdot \psi^n - \mathbf{B} \cdot \varphi^n - \mathbf{C}]_{z_{i-}} \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} + [\mathbf{A} \cdot \psi^n - \mathbf{B} \cdot \varphi^n - \mathbf{C}]_{z_{i+}} \cdot \frac{\Delta_i}{2} \quad (2.3.13)$$

ここで、対象の領域を  $R_K$  で表示し、その領域内、すなわち  $Z_i \in R_K$  のとき、

$$D_{f,i-\frac{1}{2}} = D_{f,i+\frac{1}{2}} = D_f^K \quad (2.3.14)$$

が成り立つ。また、関数  $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 、 $\mathbf{C}$  および速度  $w$  についても同様であり、(2.3.13)式は  $Z_i \in R_K$  のとき次式になる。

$$-\frac{D_f^K}{\Delta_{i-1}} \psi_{i-1}^n + \left[ D_f^K \left( \frac{1}{\Delta_{i-1}} + \frac{1}{\Delta_i} \right) + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^K \right) \cdot \frac{\Delta_{i-1} + \Delta_i}{2} \right] \psi_i^n - \frac{D_f^K}{\Delta_i} \psi_{i+1}^n - \left( \mathbf{B}^K \frac{\Delta_{i-1} + \Delta_i}{2} \right) \varphi_i^n = \left( \mathbf{C}^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{\Delta_{i-1} + \Delta_i}{2} \quad (2.3.15)$$

となる。

一方、 $Z_i$  が領域  $R_{K-1}$  と  $R_K$  の境界の場合は、

$$\left. \begin{aligned} D_{f,i-\frac{1}{2}} &= D_f^{K-1}, & D_{f,i+\frac{1}{2}} &= D_f^K \\ A_{Z,i-} &= A_i^{K-1}, & A_{Z,i+} &= A_i^K \end{aligned} \right) \quad (2.3.16)$$

となり、関数  $B$ 、 $C$  および速度  $w$  についても関数  $A$  と同様である。したがって領域の境界では (2.3.8) 式の差分化式は次のようになる。

$$\begin{aligned} & -\frac{D_f^{K-1}}{d_{i-1}} \psi_{i-1}^n + \left[ \frac{D_f^{K-1}}{d_{i-1}} + \frac{D_f^K}{d_i} + \left( \frac{1}{w^{K-1} \cdot \Delta t} + A^{K-1} \right) \frac{d_{i-1}}{2} \right. \\ & \left. + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + A^K \right) \frac{d_i}{2} \right] \psi_i^n - \frac{D_f^K}{d_i} \psi_{i+1}^n - \left( \frac{B^{K-1} \cdot d_{i-1}}{2} + \frac{B^K \cdot d_i}{2} \right) \varphi_i^n \\ & = \left( C^{K-1} + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^{K-1} \cdot \Delta t} \right) \frac{d_{i-1}}{2} + \left( C^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \frac{d_i}{2} \end{aligned} \quad (2.3.17)$$

さらに、熱中性子束に関する (2.3.9) 式についても同様の差分化を行なうと次のようになる。  
 $Z_i \in R_K$  のとき、

$$\begin{aligned} & -\frac{D_t^K}{d_{i-1}} \cdot \varphi_{i-1}^n + \left[ D_t^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{1}{d_i} \right) + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + E^K \right) \cdot \left( \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \right) \right] \cdot \varphi_i^n \\ & - \frac{D_t^K}{d_i} \varphi_{i+1}^n - F^K \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \psi_i^n = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i+1} + d_i}{2}. \end{aligned} \quad (2.3.18)$$

$Z_i$  が領域  $R_{K-1}$  と  $R_K$  の境界のとき、

$$\begin{aligned} & -\frac{D_t^{K-1}}{d_{i-1}} \varphi_{i-1}^n + \left[ \frac{D_t^{K-1}}{d_{i-1}} + \frac{D_t^K}{d_i} + \left( \frac{1}{v^{K-1} \cdot \Delta t} + E^{K-1} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} \right. \\ & \left. + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + E^K \right) \frac{d_i}{2} \right] \cdot \varphi_i^n - \frac{D_t^K}{d_i} \cdot \varphi_{i+1}^n - \left( F^{K-1} \frac{d_{i-1}}{2} + F^K \frac{d_i}{2} \right) \cdot \psi_i^n \\ & = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^{K-1} \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_i}{2} \end{aligned} \quad (2.3.19)$$



以上の (2.3.15), (2.3.17), (2.3.18) および (2.3.19) 式を  $\psi_i$  と  $\varphi_i$  について整理すると次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} -R_{i1}\psi_{i-1} + P_{i1}\psi_i - T_{i1}\psi_{i+1} - S_i\varphi_i &= Q_{i1} \\ -M_i\psi_i - R_{i2}\varphi_{i-1} + P_{i2}\varphi_i - T_{i2}\varphi_{i+1} &= Q_{i2} \end{aligned} \quad i = 2, 3, \dots, I_{\max} - 1 \quad (2.3.20)$$

境界条件は,

$$\varphi_1 = \psi_1 = \varphi_{I_{\max}} = \psi_{I_{\max}} = 0$$

$$R_{i1} = T_{I_{\max}-1,1} = T_{I_{\max}-1,2} = 0$$

$$T_{i,1} = R_{i+1,1}, \quad T_{i,2} = R_{i+1,2} \quad (2.3.21)$$

となる。なお、(2.3.20) 式の R, P, T, S, M および Q は (2.3.15), (2.3.17), (2.3.18) および (2.3.19) 式と照らし合せれば容易に定まる。それら係数の定義式を Appendix A にまとめて示す。

(2) 径方向拡散方程式

中性子エネルギー 2 群の 1 次元拡散方程式 (2.3.1) および (2.3.2) を円筒炉心の径方向拡散方程式に書き替えると,

$$\frac{\partial}{\partial r} \cdot D_f^k \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right) - A^k \cdot \psi + B^k \cdot \varphi + C^k = \frac{1}{w^k} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (2.3.22)$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \cdot D_t^k \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\varphi) \right) - E^k \cdot \varphi + F^k \cdot \psi = \frac{1}{v^k} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (2.3.23)$$

になる。なお、A, B, C, D および F は (2.3.6) ならびに (2.3.7) 式と同一の定義である。

まず、(2.3.22) 式の両辺を r について積分すると,

$$\begin{aligned} \int_{r_i}^{r_{i+\frac{1}{2}}} \frac{1}{w} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot dr &= \left[ D_f \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right]_{r_{i+\frac{1}{2}}} - \left[ D_f \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right]_{r_i} \\ &\quad - \int_{r_i}^{r_{i+\frac{1}{2}}} (A \cdot \psi - B \cdot \varphi - C) dr \end{aligned} \quad (2.3.24)$$

$$\int_{r_{i-\frac{1}{2}}}^{r_i} \frac{1}{w} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot dr = \left[ D_f \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right]_{r_i} - \left[ D_f \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right]_{r_{i-\frac{1}{2}}}$$

$$-\int_{r_{i-\frac{1}{2}}}^{r_i} (\mathbf{A} \cdot \psi - \mathbf{B} \cdot \varphi - \mathbf{C}) dr \quad (2.3.25)$$

となる。対象のグリッドライン  $i$  で中性子束および核定数が連続であると仮定すると上記 2 式は、

$$\int_{r_{i+\frac{1}{2}}}^{r_i} \frac{1}{w} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot dr = \left[ D_f \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right]_{r_{i+\frac{1}{2}}} - \left[ D_f \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\psi) \right]_{r_{i-\frac{1}{2}}}$$

$$-\int_{r_{i-\frac{1}{2}}}^{r_i} (\mathbf{A} \cdot \psi - \mathbf{B} \cdot \varphi - \mathbf{C}) \cdot dr \quad (2.3.26)$$

となる。この (2.3.26) 式を差分式化すると次式になる。

$$0 = \left[ \frac{1}{w} \cdot \frac{\psi^n - \psi^{n-1}}{\Delta t} \right]_{r_{i-}} \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} + \left[ \frac{1}{w} \cdot \frac{\psi^n - \psi^{n-1}}{\Delta t} \right]_{r_{i+}} \cdot \frac{\Delta_i}{2}$$

$$- D_{f,i+\frac{1}{2}} \cdot \frac{\psi_{i+1}^n - \psi_i^n}{\Delta_i} + D_{f,i-\frac{1}{2}} \cdot \frac{\psi_i^n - \psi_{i-1}^n}{\Delta_{i-1}}$$

$$- D_{f,i+\frac{1}{2}} \cdot \frac{\psi_i + (\psi_{i+1} - \psi_i) \frac{1}{4}}{r_i + \frac{\Delta_i}{4}} + D_{f,i-\frac{1}{2}} \cdot \frac{\psi_i - (\psi_i - \psi_{i-1}) \frac{1}{4}}{r_i - \frac{\Delta_{i-1}}{4}}$$

$$+ (\mathbf{A} \cdot \psi^n - \mathbf{B} \cdot \varphi^n - \mathbf{C})_{r_{i-}} \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} + (\mathbf{A} \cdot \psi^n - \mathbf{B} \cdot \varphi^n - \mathbf{C})_{r_{i+}} \cdot \frac{\Delta_i}{2} \quad (2.3.27)$$

ここで、対象のメッシュ  $i$  近傍で中性子束および核定数は連続として、次式の近似を導入する。

$$D_{f,i+\frac{1}{2}} \cdot \frac{\psi_i}{r_i + \frac{\Delta_i}{4}} \doteq D_{f,i-\frac{1}{2}} \cdot \frac{\psi_i}{r_i - \frac{\Delta_{i-1}}{4}} \quad (2.3.28)$$

したがって、(2.3.28) 式は、 $r_i \in R_K$  の核定数および中性子速度が一様な領域  $K$  で次式になる。

$$-D_f^K \left( \frac{1}{\Delta_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - \Delta_{i-1}} \right) \psi_{i-1}^n + \left[ D_f^K \left( \frac{1}{\Delta_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - \Delta_{i-1}} + \frac{1}{\Delta_i} \right. \right.$$

$$\left. \left. + \frac{4}{4r_i + \Delta_i} \right) + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^K \right) \cdot \frac{\Delta_{i-1} + \Delta_i}{2} \right] \psi_i^n$$

$$\begin{aligned}
 & -D_f^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right) \psi_{i+1}^n - \mathbf{B}^K \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \cdot \varphi_i^n \\
 & = \left( \mathbf{C}^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \tag{2.3.29}
 \end{aligned}$$

また、領域の境界では、

$$\begin{aligned}
 & -D_f^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) \psi_{i-1}^n + \left[ D_f^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) \right. \\
 & + D_f^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{1}{4r_i + d_i} \right) + \left( \frac{1}{w^{K-1} \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^{K-1} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} \\
 & \left. + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^K \right) \cdot \frac{d_i}{2} \right] \psi_i^n - D_f^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{1}{4r_i + d_i} \right) \psi_{i+1}^n \\
 & - \left( \frac{\mathbf{B}^{K-1} \cdot d_{i-1}}{2} + \frac{\mathbf{B}^K \cdot d_i}{2} \right) \varphi_i^n = \left( \mathbf{C}^{K-1} + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^{K-1} \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} \\
 & + \left( \mathbf{C}^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_i}{2} \tag{2.3.30}
 \end{aligned}$$

さらに、熱中性子束  $\varphi$  についても同様な差分式化を行なうと次のようになる。

$r_i \in R_K$  のとき、

$$\begin{aligned}
 & -D_t^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) \varphi_{i-1}^n + \left[ D_t^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} + \frac{1}{d_i} \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{4}{4r_i + d_i} \right) + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + \mathbf{E}^K \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \right] \cdot \varphi_i^n - D_t^K \left( \frac{1}{d_i} \right. \\
 & \left. + \frac{4}{4r_i + d_i} \right) \varphi_{i+1}^n - \left( \mathbf{F}^K \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \right) \psi_i^n = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \tag{2.3.31}
 \end{aligned}$$

領域の境界では、

$$-D_t^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) \cdot \varphi_{i-1}^n + \left[ D_t^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) \right.$$

$$\begin{aligned}
 &+ D_t^K \left( \frac{1}{\Delta_i} + \frac{4}{4r_i + \Delta_i} \right) + \left( \frac{1}{v^{K-1} \cdot \Delta t} + E^{K-1} \right) \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} \\
 &+ \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + E^K \right) \cdot \frac{\Delta_i}{2} \Big] \cdot \varphi_i^n - D_f^K \left( \frac{1}{\Delta_i} + \frac{4}{4r_i + \Delta_i} \right) \varphi_{i+1}^n \\
 &- \left( \frac{F^{K-1} \cdot \Delta_{i-1}}{2} + \frac{F^K \cdot \Delta_i}{2} \right) \psi_i^n = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^{K-1} \cdot \Delta t} \cdot \frac{\Delta_{i-1}}{2} + \frac{\varphi_i^n}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{\Delta_i}{2}
 \end{aligned}
 \tag{2.3.32}$$

となる。以上の (2.3.29) から (2.3.32) 式を  $\psi_i$  と  $\varphi_i$  について整理すると次式になる。

$$\begin{aligned}
 &\left. \begin{aligned}
 -R_{i1} \psi_{i-1} + P_{i1} \psi_i - T_{i1} \psi_{i+1} - S_i \varphi_i &= Q_{i1} \\
 -M_i \psi_i - R_{i2} \varphi_{i-1} + P_{i2} \varphi_i - T_{i2} \varphi_{i+1} &= Q_{i2}
 \end{aligned} \right) \\
 & \qquad \qquad \qquad i = 2, 3, \dots, I_{\max} - 1
 \end{aligned}
 \tag{2.3.33}$$

となり、境界条件は

$$\left. \begin{aligned}
 \psi_1 = \psi_2, \quad \varphi_1 = \varphi_2 ; \quad \text{ただし, } r_1 = -r_2 \\
 t_{I_{\max}-1, 1} = t_{I_{\max}-1, 2} = 0 \\
 t_{i, 1} = r_{i+1, 1}, \quad t_{i, 2} = r_{i+1, 2}
 \end{aligned} \right)
 \tag{2.3.34}$$

である。なお、(2.3.33) 式の各々の係数を Appendix A にまとめて示す。

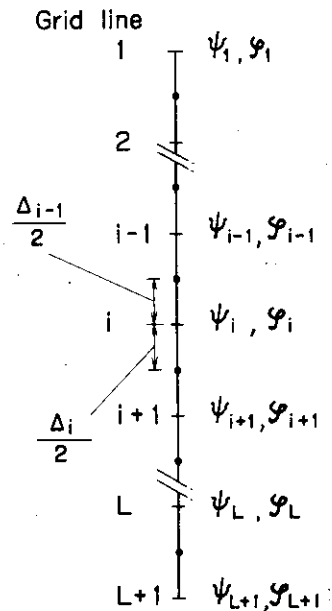


Fig. 2.3.1 Grid lines for showing one-dimensional (Z) reactor kinetics

2.3.2 中性子拡散方程式の解法

差分方程式 (2.3.20) および (2.3.33) 式の解法には次の2方法を考える。

① 熱中性子拡散方程式の  $[\varphi]^n$  に  $\Delta t$  時間前の値  $[\varphi]^{n-1}$  を代用して  $[\varphi]^n$  の近似値を求め、その  $[\varphi]^n$  を高速中性子拡散方程式に代入して  $[\varphi]^n$  を求め、次のタイム・ステップに進む。(Iterative Method)

② 直接的に係数マトリックスを作り解く。(Direct Method)

この2方程式を検討した報告<sup>(7)</sup>によると、①の方法は  $\varphi$  および  $\psi$  の応答に若干の遅れがある。したがって、本コードは②の方法を採用した。

まず、(2.3.20) および (2.3.33) 式の係数マトリックス A は次式で表わすことができる。

$$A = \begin{bmatrix}
 \begin{array}{|c|c|c|c|}
 \hline
 P_{11} & -S_1 & -R_{21} & 0 \\
 \hline
 -M_1 & P_{12} & 0 & -R_{22} \\
 \hline
 -R_{21} & 0 & P_{21} & -S_2 & -R_{31} & 0 \\
 \hline
 0 & -R_{12} & -M_2 & P_{22} & 0 & -R_{32} \\
 \hline
 \end{array} \\
 \\
 \begin{array}{|c|c|}
 \hline
 -R_{L,1} & 0 & P_{L,1} & -S_L \\
 \hline
 0 & -R_{L,2} & -M_L & P_{L,2} \\
 \hline
 \end{array} \\
 \\
 = \begin{bmatrix}
 P_1 & -R_2 \\
 -R_2 & P_2 & -R_3 \\
 \\ \\ \\
 -R_{L-1} & P_{L-1} & -R_L \\
 -R_L & P_L
 \end{bmatrix} \tag{2.3.35}$$

したがって、差分式化された中性子の拡散方程式は、

$$-R_i \cdot X_{i-1} + P_i \cdot X_i - R_{i+1} \cdot X_{i+1} = Q_i \tag{2.3.36}$$

$i = 2, 3, \dots, I_{\max}-1$

ここに、

$$X_i = \begin{pmatrix} \psi_i \\ \varphi_i \end{pmatrix}, \quad Q = \begin{pmatrix} Q_{i1} \\ Q_{i2} \end{pmatrix}$$

である。ここで、中性子マトリックス  $X_i$  は次式の繰り返し計算の形式

$$X_i = H_i \cdot X_{i+1} + B_i \quad (2.3.37)$$

を採用すると、(2.3.36)式より

$$H_i = (P_i - R_i \cdot H_{i-1})^{-1} \cdot R_{i+1} \quad (2.3.38)$$

$$B_i = (P_i - R_i \cdot H_{i-1})^{-1} \cdot (Q_i + R_i \cdot B_{i-1}) \quad (2.3.39)$$

で与えることができる。すなわち、上流側の中性子束  $X_{i+1}$  を既知とする繰り返し計算を可能とするには、上記2式で  $H_i$  と  $B_i$  が算出されねばならない。しかし、 $H_i$  および  $B_i$  は(2.3.38) および(2.3.39)式に示す通り、対象のノード  $i$  の下流側の核定数および中性子速度のみから算出可能であり、最下流のノード、軸方向拡散では  $i = 1$ 、径方向拡散では  $i = 2$  での境界条件から次式が成り立ち、逐次計算により  $H_i$ 、 $B_i$  が求まる。

軸方向拡散方程式の場合、

$$X_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ より, } H_1 = B_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

径方向拡散方程式の場合、

$$X_1 = X_2 \text{ より, } H_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad B_i = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{ただし, } r_1 = -r_2$$

となる。

### 2.3.3 核定数の取り扱い

核定数および中性子速度は、入力データで設定した領域毎に指定し、同一の領域では一様な値となる。これらの値は燃料温度  $T_f$  および減速材温度  $T_m$  の依存性を次式で与える。

$$C_L = C_{L_0} + \alpha_L (T_f - T_{f_0}) + \beta_L (T_m - T_{m_0}) + r_L (T_f - T_{f_0})^2 + \delta_L (T_m - T_{m_0})^2$$

$$L = 1, 2, \dots, 9 \quad (2.3.40)$$

$$C_L \quad ; \quad C_1 = D_f, C_2 = \Sigma_{rem}, C_3 = p, C_4 = \nu \Sigma_{ff}, C_5 = \nu_f, C_6 = D_t, C_7 = \Sigma_{at}, C_8 = \nu \Sigma_{ft}, C_9 = \nu_t,$$

$C_{L_0}$  : 基準核データ,

$T_{f_0}, T_{m_0}$  : 基準核データ設定時の燃料温度  $T_f$  および減速材温度  $T_m$ ,

$\alpha_L, r_L$  :  $C_L$  の燃料温度依存性を与える1次ならびに2次係数,

$\beta_L, \delta_L$  :  $C_L$  の減速材温度依存性を与える1次ならびに2次係数である。

#### 2.3.4 臨界調整ならびに印加反応度

整定状態を得るための臨界調整は、(2.3.1) および (2.3.2) 式中の制御棒吸収体の原子の濃度  $N$  ( $\text{コ}/\text{cm}^3$ ) を調整して炉周期を十分大きく (評価基準を入力データで設定、一般的に  $10^5$  秒以上) する吸収体の原子の濃度の設定で行なわれる。

また、反応度印加は対象の領域の制御棒吸収体の濃度を変えることにより行なう。この濃度変化量はデータ入力で指示される。さらに、本コードは印加反応度  $d\rho$  に相当する吸収体の濃度変化を推定する機能をもつ。すなわち、臨界調整後の炉心状態の核定数の一つ  $\nu \Sigma_{ft}$  を  $(1 \pm d\rho)$  倍して、出力を一定に維持したまま再度臨界に戻すに必要な吸収体原子の濃度変化量を得て、この濃度変化量を反応度  $d\rho$  に相当する値とする。

なお、臨界調整、反応度に相当する吸収体濃度変化の対象となる制御棒の位置のモデル化は、計算の対象となる領域を入力データで指定することにより行なわれる。

#### 2.4 燃料チャネルのモデルおよび計算法

燃料チャネル温度計算は2次元 (R-Z) 円筒モデルを基本とする。この燃料チャネルは炉心の領域分割に対応させ、各領域毎にその領域を代表する燃料チャネル1本について温度が計算される。また、この燃料チャネル温度はその領域の炉心温度として、核定数の温度依存の計算に用いられる。

燃料チャネルの最外側は断熱面として取り扱い、チャネル相互間での熱移動はない。ただし、炉心内で循環ループが形成される場合はプレナム内での冷却材の混合を経て、その冷却材のチャネル流路への流入によりチャネル相互間の熱移動は起りうる。燃料チャネルの熱計算モデルを Fig. 2.4.1 に示す。

##### (1) 燃料チャネルの固体部温度

燃料チャネル固体部 (燃料コンパクト、黒鉛スリーブ、減速材ブロックなど) については2次元 (R-Z) の熱伝導式を差分法で解く。すなわち、熱伝導式

$$\nabla \cdot K \nabla T + q = \rho C \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.4.1)$$

ここで、

$K$  : 熱伝導度 ( $\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ )

$q$  : 発熱量 ( $\text{kcal}/\text{m}^3 \cdot \text{sec}$ )

$\rho$  : 密度 ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$C$  : 比熱 ( $\text{kcal}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ )

を体積積分し、Gauss の定理により左辺第1項を面積分に変換すると次式を得る。

$$\int_{\Delta S} (n \cdot K \nabla T) dS + \int_{\Delta V} q dv = \int_{\Delta V} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} dv \quad (2.4.2)$$

ここで、 $n$  ; 閉曲面  $\Delta S$  の外向きの法線方向単位ベクトル

(2.4.2) 式に  $n \cdot \nabla T = \frac{\partial T}{\partial r}$  なる関係式を代入すると

$$\int_{\Delta S} K \frac{\partial T}{\partial n} dS + \int_{\Delta V} q dv = \int_{\Delta V} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} dv \quad (2.4.3)$$

となる。(2.4.3) 式の解法として、平板モデルを仮定し、閉曲面  $\Delta S$  内の平均温度  $T$  についての集中定数系の解析モデルに変換する。すなわち、固体部では  $K \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha (T_c - T)$ 、 $T_c$  は閉曲面  $\Delta S$  周辺の温度とすると、計算メッシュ点  $i$  の温度  $T_i$  は、その周囲の温度を  $T_j$  として、

$$\rho C_p V_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \sum_j \alpha_j S_j (T_j - T_i) + q V_i \quad (2.4.4)$$

ここで、

$S_j$  ; 計算メッシュ点  $i$  の部分表面  $j$  の面積 ( $m^2$ )

$\alpha_j$  ; 計算メッシュ点  $i$  とその周囲の点  $j$  間の等価熱伝達係数 ( $kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot sec$ )

$V_i$  ; 計算メッシュ  $i$  の体積 ( $m^3$ )

となる。したがって、2次元の熱伝導方程式は、メッシュ分割体積  $V(i, j)$  内では温度、物性値は均一であるとする、

$$\begin{aligned} C_{i,j} M_{i,j} \frac{\partial T}{\partial t} = & S_{i,j} K_{i,j} (T_{i-1,j} - T_{i,j}) + S_{i,j} K_{i+1,j} (T_{i+1,j} - T_{i,j}) \\ & A_{i,j} H_{i,j} (T_{i,j} - T_{i,j}) + A_{i,j+1} H_{i,j+1} (T_{i,j+1} - T_{i,j}) \\ & + q V_{i,j} \end{aligned} \quad (2.4.5)$$

ここで、

$S_{i,j}$  ; メッシュ  $(i, j)$  の径方向の下方側表面積 ( $m^2$ )

$A_{i,j}$  ; メッシュ  $(i, j)$  の軸方向の下方側表面積 ( $m^2$ )

$K_{i,j}$  ; メッシュポイント  $(i-1, j)$  と  $(i, j)$  間の等価熱伝達係数  
( $kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot sec$ )

$H_{i,j}$  ; メッシュポイント  $(i, j-1)$  と  $(i, j)$  間の等価熱伝達係数  
( $kcal/m^2 \cdot ^\circ C \cdot sec$ )

となる。この2次元の熱伝導計算を4次の Runge - Kutta 積分法などの数値解法で解くには、非常に細かいタイム・メッシュを必要とし、CPUタイムが大きくなると推定される。したがって、本コードでは Peaceman Rachford の集束定理を用いた近似解析計算法<sup>(9)</sup>(付録Cに詳細を示す)を適用する。



## (2) 流体領域における温度計算

流体領域にメッシュポイントを設定し、そのポイントを1つのプレナムと想定してエネルギー保存則、

$$\frac{\partial (\rho^* e^*)}{\partial t} = -\nabla (\rho^* e^* \vec{v}) - \nabla \phi^* - \nabla (P^* \vec{v}) \nabla (\vec{\tau}^* \cdot \vec{v}) \quad (2.4.6)$$

ここで、

$$e^* = u^* + \frac{1}{2} v^2$$

- $u^*$  ; 内部エネルギー (kg<sup>\*</sup>m<sup>2</sup>/sec<sup>2</sup> kg<sup>\*</sup>)  
 $v$  ; 流体の流速 (m/sec)  
 $\vec{\phi}^*$  ; 熱流束 (kg<sup>\*</sup>/sec<sup>3</sup>)  
 $P^*$  ; 流体圧力 (kg<sup>\*</sup>/m<sup>\*</sup>sec<sup>2</sup>)  
 $\vec{\tau}^*$  ; 粘性応力テンソル (kg<sup>\*</sup>/m<sup>\*</sup>sec<sup>2</sup>)

を適用する。ここで、プレナム内の摩擦損失、運動エネルギー、位置エネルギーを無視して(2.4.6)式をプレナム体積Vで積分し、プレナム内の流体のエネルギー・バランスを工学単位、 $G = g \rho^* V$  (kg),  $F = g \rho^* v$  (kg/sec),  $u = e^*/J$  (kcal/kg) および熱流束  $\Phi = \vec{\phi}^*/J$  (kcal/m<sup>2</sup>sec), ただしJは熱の仕事当量 (Joule/kcal), を示すと次式

$$\frac{dGu}{dt} = \sum_{i=1}^N F_i u_i + \sum_{i=1}^n S_i \Phi_i \quad (2.4.7)$$

ここで、

- $N$  ; 体積Vへの流入流体数  
 $n$  ; 体積Vの部分表面積  $S_i$  の数

を得る。ここで、体積Vへの入熱  $\sum_{i=1}^n S_i \Phi_i = Q_i$  とすると、

$$\frac{dG_i u_i}{dt} = F_{i, in} \cdot h_{i, in} - F_{i, out} \cdot h_{i, out} + Q_i \quad (2.4.8)$$

ここで、

- $G_i$  ; メッシュ・ポイントiの保有流体重量 (kg)  
 $u_i$  ; 流体の内部エネルギー (kcal/kg)  
 $F_{i, in}, F_{i, out}$  ; メッシュiの流入および流出流量 (kg/sec)  
 $h_{i, in}, h_{i, out}$  ; メッシュiでの流入および流出流体のエンタルピ (kcal/kg)  
 $Q_i$  ; 単位時間にメッシュ内流体  $G_i$  に加わるエネルギー (kcal/sec)

流体を非圧縮性と仮定し、微小時間  $\Delta t$  では流速は一定の1次元流れ (j 方向) とすると、

$$\rho C_p V_{i,j} \frac{\partial T_{i,j}}{\partial t} = C_p F (\bar{T}_{i,j} - \bar{T}_{i,j+1}) + S_{i,j} \cdot K_{i,j} (T_{i-1,j} - T_{i,j})$$

$$+ S_{i+1,j} \cdot K_{i+1,j} (T_{i+1,j} - T_{i,j}) \quad (2.4.9)$$

ここで、

$\bar{T}_{i,j}$  : グリッドライン (i, j) 上の温度 (°C)

が成り立つ。時間微分の差分式化

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T^n - T^{n-1}}{\Delta t} \quad (2.4.10)$$

ここで、n : 時間ステップの番号

および

$$T_{i,j} = \frac{\bar{T}_{i,j+1} + \bar{T}_{i,j}}{2} \quad (2.4.11)$$

から、(2.4.9)式は次の差分方程式になる。

$$\begin{aligned} \bar{T}_{i,j+1} &= \frac{2 F \Delta t - \rho V_{i,j}}{2 F \Delta t + \rho V_{i,j}} \cdot \bar{T}_{i,j} \\ &+ \frac{2 \Delta t}{C_p (2 F \Delta t + \rho V_{i,j})} \{ S_{i,j} K_{i,j} (T_{i-1,j} - T_{i,j}) \\ &+ S_{i+1,j} K_{i+1,j} (T_{i+1,j} - T_{i,j}) \} \end{aligned} \quad (2.4.12)$$

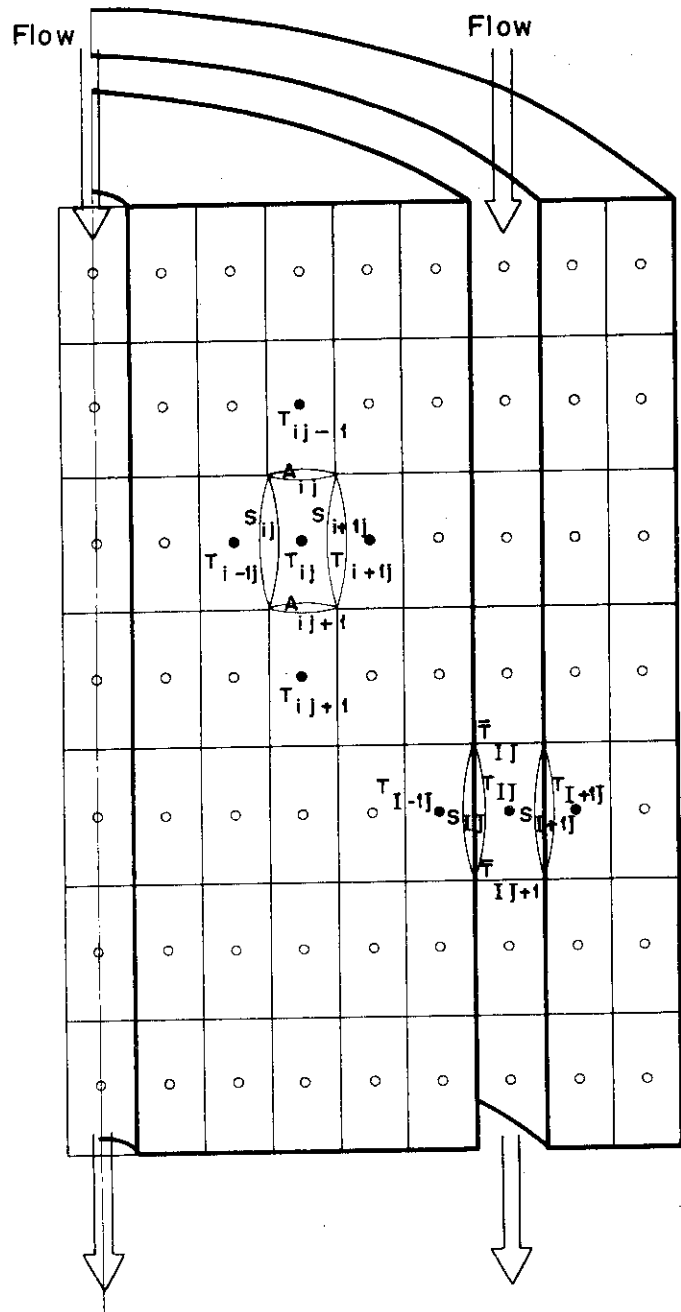


Fig. 2.4.1 Axial plane of a typical rectangular geometry envelope showing grid planes and mesh points

## 2.5 炉心多チャネル流動モデル

炉心内の冷却材流動は前述の燃料チャネル毎について解かれる。すなわち、全炉心の冷却材流量は、その燃料チャネルが代表する炉心の各領域のチャネル本数をそれぞれ掛け合わせ、全領域に渡って加え合せた量となる。解析モデルは Fig. 2.1.2 に示すように円筒状の燃料チャネルに対し中心部（管状流路）半径方向の一箇所（環状流路）の二つの流路をとりあつかい、全チャネルの流路は炉心の上下に設けられたプレナムで結合される構成をとる。

この系をとり扱う計算モデルは、①炉心上下のプレナムのボリューム内の流体は熱力学的に一樣（温度、圧力、エンタルピなどが一樣）として基礎的に質量保存則とエネルギー保存則を適用する、②燃料チャネル内の流路中の冷却材に対し運動量保存則を適用する、などから成り立つ。

## (1) プレナム内の流体の圧力

プレナム内の流体に関し、質量保存則

$$\frac{\partial \rho^*}{\partial t} + \nabla \rho^* \vec{v} = 0 \quad (2.5.1)$$

ここで、

$\rho^*$  ; 流体（ヘリウム）の質量密度 ( $\text{kg}^*/\text{m}^3$ )

$\vec{v}$  ; 速度ベクトル ( $\text{m}/\text{sec}$ )

を適用してプレナムのボリューム  $V_i$  内で積分し、流体重量  $G = g \rho^* V$  ( $\text{kg}$ )、流量  $F = g \rho^* v$  ( $\text{kg}/\text{sec}$ ) を導入して次式

$$\frac{\partial G_i}{\partial t} = - \sum_{j=1}^N n_j (F_{jc} + F_{js}) + F_{ex} \quad (2.5.2)$$

ここで、

$G_i$  ; プレナム  $i$  内の流体重量 ( $\text{kg}$ )

$F_{jc}$  ; プレナム  $i$  からチャネル  $j$  の中心部流路への流出流量 ( $\text{kg}/\text{sec}$ )、流入時は負となる。

$F_{js}$  ; 同上の側部流路への流出重量流量 ( $\text{kg}/\text{sec}$ )、流入時は負となる。

$n_j$  ; チャネル  $j$  でモデル化した燃料要素数

$N$  ; 燃料チャネル数

を得る。

また、プレナム内の流体に対するエネルギー保存則は (2.4.6) 式であり、プレナム内の摩擦損失、運動エネルギー、位置エネルギーを無視すれば、(2.4.7) 式が適用できる。そこで、体積  $V$  への入熱  $\sum_{i=1}^n S_i \cdot \Phi_i = Q_i$  とすると、

$$\frac{d(G_i u_i)}{dt} = \sum_{j=1}^n n_j (F_{jc} \cdot h_{jc} + F_{js} \cdot h_{js}) + F_{ex} \cdot h_{ex} + Q_i \quad (2.5.3)$$

ただし、

- $G_i$  : プレナム内の保有重量 (kg)
- $u_i$  : 流体の単位重量当りの内部エネルギー (kcal/kg)
- $h_{jc}$  : チャネル流量  $F_{jc}$  の流体の比エンタルピ (kcal/kg)
- $h_{js}$  : チャネル流量  $F_{js}$  の流体の比エンタルピ (kcal/kg)
- $h_{ex}$  : 外部冷却ループ流量  $F_{ex}$  の流体のエンタルピ (kcal/kg)
- $Q_i$  : 単位時間にプレナム内流体  $G_i$  に加えられるエネルギー (kcal/sec)

を得る。プレナム内の流体は熱力学的に一様であるとの仮定から状態方程式

$$P_i V_i = G_i R T_i \quad (2.5.4)$$

ここで、

- $P_i$  : プレナム  $i$  の平均圧力 (kg/m<sup>2</sup>)
- $V_i$  : プレナム  $i$  の体積 (m<sup>3</sup>)
- $P$  : 気体定数 (kg・m/°K・kg)

がなりたつ。(2.5.4)式を時間で微分すると、

$$\frac{dP_i}{dt} = \frac{R}{V_i C_v} \cdot \frac{d}{dt} (G_i \cdot u_i) \quad (2.5.5)$$

となる。ここで、 $C_v$  はヘリウムの定容比熱 (kcal/kg・°C)であり、 $C_v$  はヘリウムガスの場合温度、圧力の依存性が少ないため定数として取り扱う。(2.5.5)式に(2.5.3)式を代入すると、

$$\frac{dP_i}{dt} = \frac{R}{V_i C_v} \cdot \left\{ \sum_{j=1}^N n_j (F_{jc} \cdot h_{jc} + F_{js} \cdot h_{js}) + F_{ex} \cdot h_{ex} + Q_i \right\} \quad (2.5.6)$$

となる。

## (2) チャネル内の流量

燃料チャネル内の流路中の冷却材に対しては運動量保存則のみを適用し、前述の炉心上下にあるプレナム中の流体の圧力差とバランスして冷却材が流れるとする。流路は、オリフィスの形状流路断面積、冷却材の温度などの変化を考慮して流れの方向に分割され、その各々の分割されたメッシュ毎に次に示される式が適用される。運動量保存則

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho^* \vec{v}) + \nabla \rho^* \vec{v} \vec{v} = -\nabla P^* - \nabla \vec{\tau}^* \quad (2.5.7)$$

を、分割メッシュ  $i$  で流れの方向  $x$  の1次元の運動方程式として積分を Fig. 2.5.1 に示す如く行なうと、

$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{\partial}{\partial t} (\rho^* v) dx + \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{\partial}{\partial x} (\rho^* v^2) dx$$

$$= - \int_{x_i}^{x_{i+1}} \left( \frac{\partial P^*}{\partial x} + \tau_s^* \frac{S}{A} + g \rho^* \frac{\partial Z}{\partial x} \right) dx \quad (2.5.8)$$

ただし、

- $\tau_s^*$  ; 流体のせん断応力 (kg\*/m・sec<sup>2</sup>)
- S ; 流路の円周 (m)
- A ; 流路の断面積 (m<sup>2</sup>)
- P\* ; 圧力 (kg\*/m・sec<sup>2</sup>)
- Z ; 重力方向の座標 (m)

になる。ここで、連続方程式  $F = g \rho^* v A$  ( $F$  ; 重量流量 kg/sec) を代入して分割メッシュ内では流路断面積は一定であると仮定し、工学単位で示すと、

$$\begin{aligned} \ell_i \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{F^2}{A_i} \left( \frac{1}{\rho_{i+1}} - \frac{1}{\rho_i} \right) \\ = - g A_i (P_{i+1} - P_i) - g \tau_{si} S_i - g A_i \bar{\rho}_i (Z_{i+1} - Z_i) \end{aligned} \quad (2.5.9)$$

ここで、

- $\ell_i = x_{i+1} - x_i$  (m)
- F ; 重量流量 (kg/sec)
- $A_i$  ; メッシュ  $i$  での流路断面積 (m<sup>2</sup>)
- $\rho_i$  ; グリッドライン  $i$  での流体比重量 (kg/m<sup>3</sup>)
- $\bar{\rho}_i$  ; メッシュ  $i$  内での流体平均比重量 (kg/m<sup>3</sup>)
- $P_i$  ; グリッドライン  $i$  での流体圧力 (kg/m<sup>2</sup>)
- g ; 重力加速度 (m/sec<sup>2</sup>)
- $\tau_{si}$  ; メッシュ  $i$  内での流体のせん断応力 (kg/m<sup>2</sup>)
- $S_i$  ; メッシュ  $i$  内でのぬれぶち長さ (m)
- $Z_i$  ; グリッドライン  $i$  での重力方向座標 (m)

となる。この (2.5.9) 式の右辺第 2 項は摩擦圧力損失  $\Delta P_f$  を示し、摩擦係数  $f$  を用いて次式で表わせる。

$$\Delta P_{fi} = \frac{\tau_{si} S_i}{A_i} = \frac{f_i \cdot \ell_i}{2 \cdot g \cdot D_{ei} \cdot A_i^2 \cdot \bar{\rho}_i} F^2 \quad (2.5.10)$$

(2.5.9) 式と (2.5.10) 式より、メッシュ内の圧力差  $\Delta P_i (= P_i - P_{i+1})$  は次式になる。

$$\Delta P_i = \frac{\ell_i}{g A_i} \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{F^2}{g A_i^2} \left( \frac{1}{\rho_{i+1}} - \frac{1}{\rho_i} \right)$$

$$+ \frac{f_i \cdot l_i}{2 g D_{ei} A_i^2 \bar{\rho}_i} F^2 + \bar{\rho}_i (Z_{i+1} - Z_i) \quad (2.5.11)$$

炉心内の流路 (チャンネル  $j$ ) の圧力差  $P_j = \sum_{i=1}^M \Delta P_i$  ( $M$ :メッシュ分割数) は常に炉心上下のプレナム間の圧力差にバランスすべく流量  $F_i$  は計算される。

### (3) 圧力損失

前項の (2.5.10) 式で触れた圧力損失について詳述する。メッシュ分割  $i$  内で近似的に流路断面積は一定であると仮定した。しかし、炉心の流路を分析すると、オリフィス、縮流、拡流などの組み合わせで流路は成り立っている。したがって、圧力損失  $\Delta P_{fi}$  にオリフィス効果として考慮する。

#### i) 流路の摩擦圧力損失; $\Delta P_f$

流路はなめらかな内表面をもつ円筒と仮定し、摩擦圧力損失係数はレイノズル数  $R_e$  に依存させ、次のように定める。

$$\begin{aligned} 4000 \leq R_e & \quad ; \quad f = 0.3164 / R_e^{0.25} \\ 1600 \leq R_e < 4000 & \quad ; \quad f = 0.04 \\ \leq R_e < 1600 & \quad ; \quad f = 64 / R_e \end{aligned}$$

#### ii) オリフィスによる圧力損失; $\Delta P_o$

流路中に存在する形状の効果は全て一つのオリフィスで代表する。オリフィスによる圧力損失  $\Delta P_o$  は、

$$\Delta P_o = \frac{K}{\rho_{i=1}} F^2 \quad (2.5.12)$$

で与え、定数  $K$  は定常状態計算時に他の詳細炉心圧力計算コードの結果を用いて設定する。実際には、初期値計算時に炉心圧力損失と流量配分を設定すると、本コード内でそれ等条件に合わせて定数  $K$  は設定される。

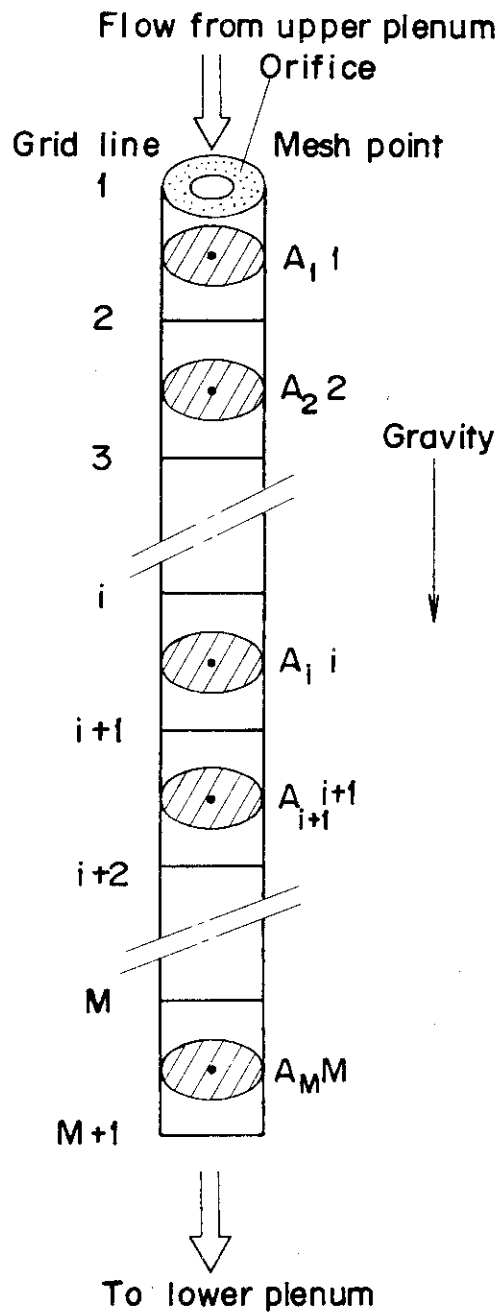


Fig. 2.5.1 Grid lines and mesh points  
for showing one-dimensional  
flow



### 3. 使用 経 験

日本原子力研究所で開発研究中の多目的高温ガス実験炉（熱出力 50 MW）の Mark-III 炉心を解析対象とした SCOTCH-RX および AX の使用経験を以下に示す。

- ① 初期値計算は、炉心の詳細設計データに基づき、炉内流量配分を与え、核熱特性の繰返し計算を経て所定出力での臨界（ $k_{\text{eff}} = 1.0$ ）を得る。臨界の設定は炉周期  $\geq 10^5 \sim 10^6$  秒で行なう。初期値計算に必要とする CPU タイムは、原研計算機 FACOM 230-75 を例にとれば、5 チャンネルモデルで SCOTCH-RX の場合で約 15 分、SCOTCH-AX の場合で約 25 分必要とする。この CPU タイムの差は、SCOTCH-RX の場合に臨界調節を行なう中性子吸収体濃度の変動に伴なう熱出力分布の歪が熱計算を行なうチャンネル・モデルに与える影響が小さいためである。すなわち、SCOTCH-AX では、臨界調節で軸方向への中性子吸収体濃度が変わるための出力分布の歪がチャンネル・モデルの熱計算の軸方向出力分布に影響を与え収束が遅れるためである。
- ② 印加反応度  $\Delta\rho$  に相当する中性子吸収体濃度変化量の推定は、臨界状態の  $\nu\Sigma_{\text{ft}}$  を  $(1 - \Delta\rho)$  で割り、再度臨界調節を行ない、その領域の中性子吸収体濃度の変化量  $\Delta N$  を得ることで行なう。この変化量の推定は、 $\nu\Sigma_{\text{ft}} / (1 + \Delta\rho)$  で行う 2 通り考えられるが、一般的に炉心は負の出力係数をもつため、 $\nu\Sigma_{\text{ft}} / (1 - \Delta\rho)$  から得る  $\Delta N$  が若干大きくなる。Mark-III 炉心<sup>(10)</sup> を例にとるとその差は約 3% であった。この差は、 $\nu\Sigma_{\text{ft}} / (1 - \Delta\rho)$  の場合に  $\Delta\rho$  超臨界から臨界に戻すに必要な中性子吸収体の挿入量を示し、 $\nu\Sigma_{\text{ft}} / (1 + \Delta\rho)$  の場合には  $\Delta\rho$  未臨界から臨界に至らしめるに必要な中性子吸収体の引き抜き量を示すことになる。したがって、制御棒引き抜き事故の解析には、前者の  $\nu\Sigma_{\text{ft}} / (1 - \Delta\rho)$  から求めた  $\Delta N$  を使用すべきである。
- ③ 過渡状態の解析では、タイム・メッシュが問題となり、0.005 ~ 0.01  $\Delta k/k$  程度の反応度が 0.3 秒で印加される例では、内部繰返し計算での初期のタイム・メッシュ  $\Delta t$  は  $1.0^{-4}$  秒であり、1.0 秒の時点で  $10^{-4} \sim 10^{-3}$  秒、1.0 秒以上では  $10^{-3} \sim 3 \times 10^{-3}$  秒になった。しかし、外部繰返し計算では、それら値の 100 倍で安定な解を得た。計算の一例を Fig. 3.1.1 および Fig. 3.1.2 に示す。

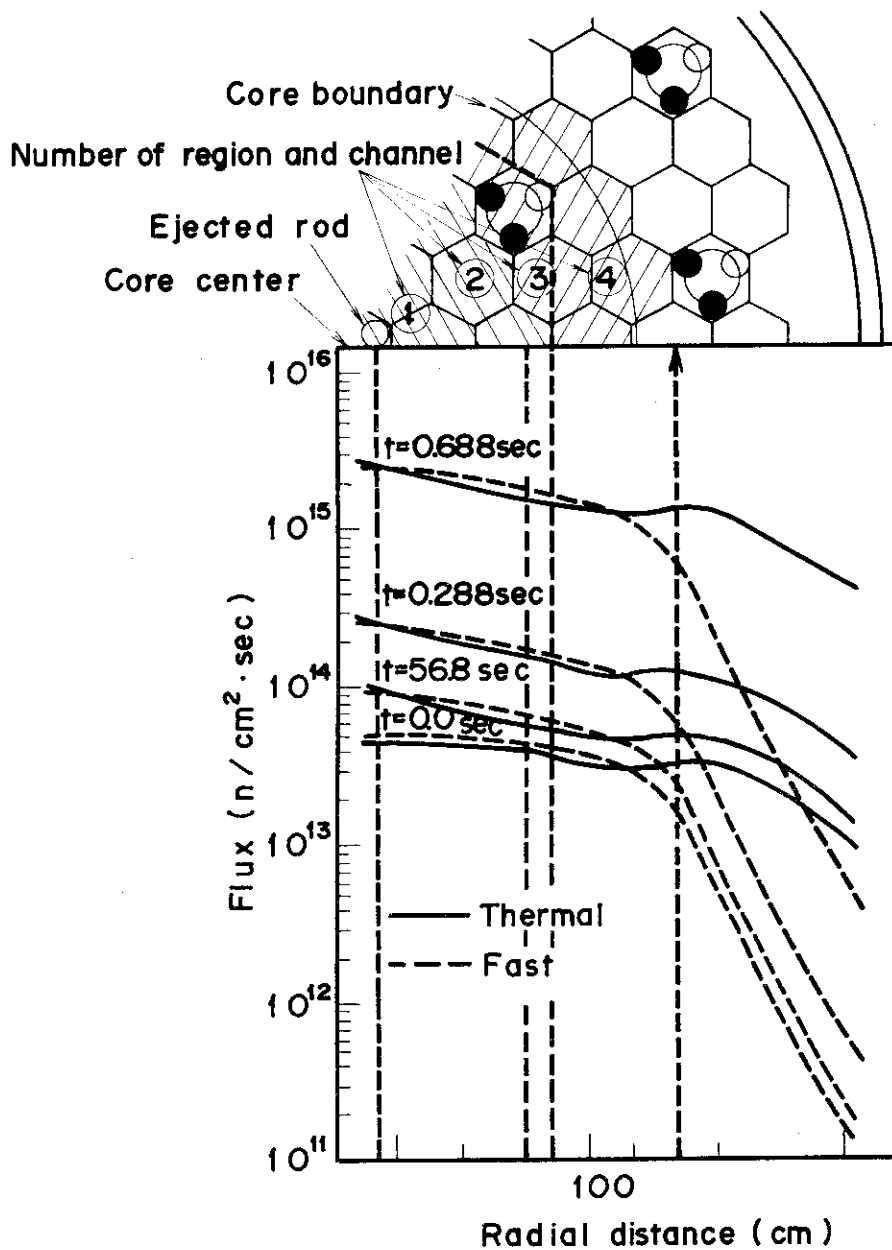


Fig.3.1.1 Neutron flux transients induced by a ramp reactivity ( $\Delta\rho = 0.01 \Delta k/k$ , 0.3sec)

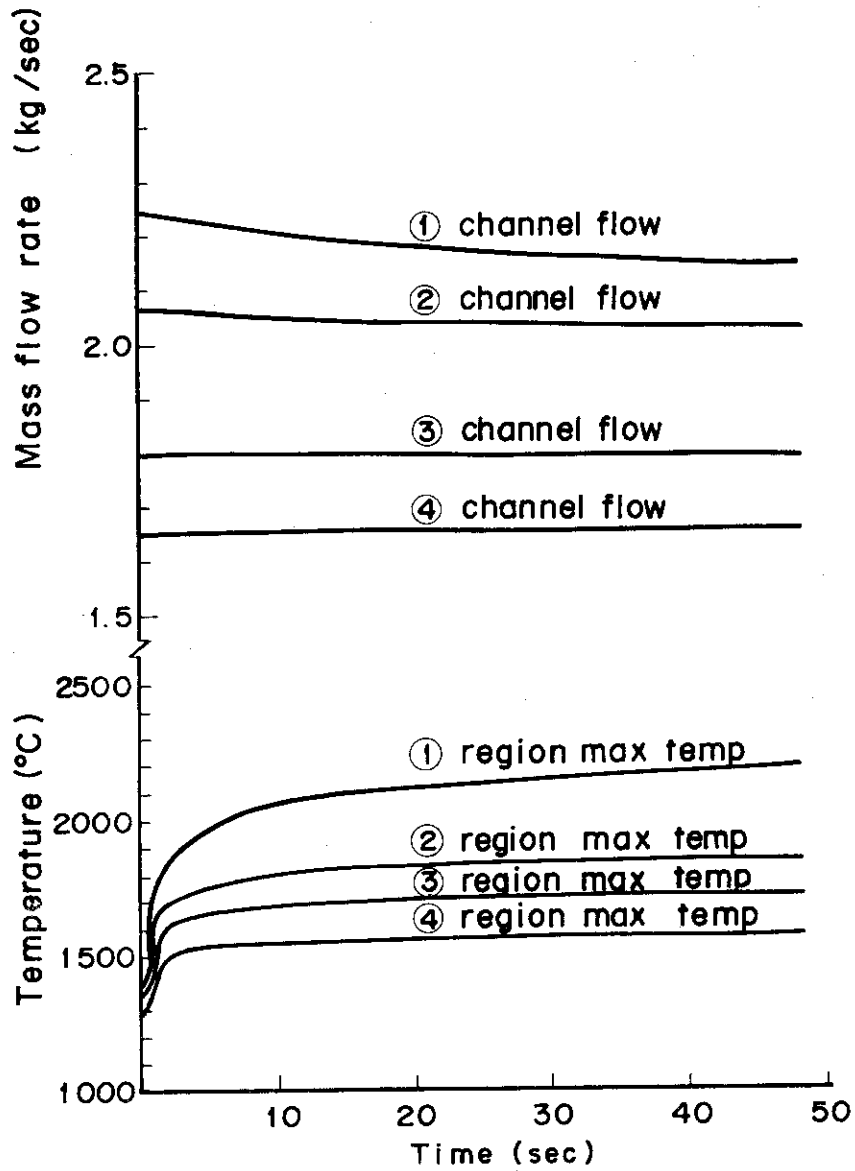


Fig. 3.1.2 Deviations of core channel flow and fuel-kernel temperature with power transients ( $\Delta\rho=0.01\Delta k/k, 0.3\text{ sec}$ )

## 4. 結 び

多目的高温ガス実験炉の設計の進展に伴ない、炉心の高温領域の流動安定性が注目され始め、ひいては核特性と熱流特性の相互干渉の発生にも若干の懸念が持たれ始めた。この問題を解析する手法としてマトリックス伝達関数法による安定性解析が考えられたが、対象とする温度範囲、流量変動（乱流～層流領域）を考慮すると線形理論に基づく伝達関数法での取り扱い精度が低くなると判断された。一方、将来に向けて炉心の運転管理用オンライン詳細解析プログラムの開発の必要性があり、その手初めとしてこのシミュレーション・プログラムを位置づけることができ、SCOTCH-RX および AX が開発された。本計算プログラムの精度チェックは、多目的高温ガス実験炉の R & D のなかで熱流動特性に限って行なうことが可能であるが、核熱流動の諸特性が絡らんだ評価は、実験炉の運転を待たねばならない。

本計算プログラムの核定数の取り扱いに際し、動力炉開発・安全性研究管理部、新藤隆一氏から有益な助言を得たことを心から感謝する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) E. Chin, H. C. Keller, " Experimental results for decay of hot streaks in a HTGR ", ar ASME publication 74-WA/HT-5 (1974)
- (2) C. J. Lawn, D. Withrington, " Condition leading to flow reversal in a downflow core ", an ASME publication 74-WA/HT-63 (1974)
- (3) Reimer Froehlich, et al, " GAKIT: A one dimensional multigroup kinetics code with temperature feedback, GA-8576 (1968)
- (4) K. Friedrich, L. Massimo, E. Vincenti, " COSTANZA-BBK: A one dimensional dynamic code for HTGRs ", EUR 4410 e (1970)
- (5) M. H. Merrill, " BLOOST-6: A combined reactor kinetics - heat transfer program ", GA-8416 (1967)
- (6) 江崎他, 「多目的高温ガス実験炉の安全保護系機能」, JAERI-M 6893 (1977)
- (7) R. Monterosso, E. Vincenti, " Finite difference method for solving the spatio-temporal diffusion equation in the two-group approximation ", EUR 596. e (1964)
- (8) M. Ezaki, et al, " Plant simulation for transient analyses of a very high temperature gas cooled reactor plant ", Power Plant Dynamics, Control and Testing Symposium, Tennessee. (1973)
- (9) 江崎他, 「ICARUS. 1: 多目的高温ガス冷却炉プラント動特性解析コード」, JAERI-M 5058 (1972)
- (10) 青地他, 「多目的高温ガス実験炉の炉心参考設計 Mark-III」, JAERI-M 6895 (1976)

## 4. 結 び

多目的高温ガス実験炉の設計の進展に伴ない、炉心の高温領域の流動安定性が注目され始め、ひいては核特性と熱流特性の相互干渉の発生にも若干の懸念が持たれ始めた。この問題を解析する手法としてマトリックス伝達関数法による安定性解析が考えられたが、対象とする温度範囲、流量変動（乱流～層流領域）を考慮すると線形理論に基づく伝達関数法での取り扱い精度が低くなると判断された。一方、将来に向けて炉心の運転管理用オンライン詳細解析プログラムの開発の必要性があり、その手初めとしてこのシミュレーション・プログラムを位置づけることができ、SCOTCH-RX および AX が開発された。本計算プログラムの精度チェックは、多目的高温ガス実験炉の R & D のなかで熱流動特性に限って行なうことが可能であるが、核熱流動の諸特性が絡んだ評価は、実験炉の運転を待たねばならない。

本計算プログラムの核定数の取り扱いに際し、動力炉開発・安全性研究管理部、新藤隆一氏から有益な助言を得たことを心から感謝する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) E. Chin, H. C. Keller, " Experimental results for decay of hot streaks in a HTGR ", ar ASME publication 74-WA/HT-5 (1974)
- (2) C. J. Lawn, D. Withrington, " Condition leading to flow reversal in a downflow core ", an ASME publication 74-WA/HT-63 (1974)
- (3) Reimer Froehlich, et al, " GAKIT; A one dimensional multigroup kinetics code with temperature feedback, GA-8576 (1968)
- (4) K. Friedrich, L. Massimo, E. Vincenti, " COSTANZA-BBK; A one dimensional dynamic code for HTGRs ", EUR 4410 e (1970)
- (5) M. H. Merrill, " BLOOST-6; A combined reactor kinetics - heat transfer program ", GA-8416 (1967)
- (6) 江崎他, 「多目的高温ガス実験炉の安全保護系機能」, JAERI-M 6893 (1977)
- (7) R. Monterosso, E. Vincenti, " Finite difference method for solving the spatio-temporal diffusion equation in the two-group approximation ", EUR 596. e (1964)
- (8) M. Ezaki, et al, " Plant simulation for transient analyses of a very high temperature gas cooled reactor plant ", Power Plant Dynamics, Control and Testing Symposium, Tennessee. (1973)
- (9) 江崎他, 「ICARUS. 1: 多目的高温ガス冷却炉プラント動特性解析コード」, JAERI-M 5058 (1972)
- (10) 青地他, 「多目的高温ガス実験炉の炉心参考設計 Mark-III」, JAERI-M 6895 (1976)

## Appendix A 原子炉動特性方程式の差分式の係数

(1) 軸方向拡散方程式

 $Z_i \in R_K$  のとき,

$$R_{i1} = \frac{D_f^K}{d_{i-1}}$$

$$P_{i1} = D_f^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{1}{d_i} \right) + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^K \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$T_{i1} = \frac{D_f^K}{d_i}$$

$$S_i = \mathbf{B}^K \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$Q_{i1} = \left( \mathbf{C}^K + \frac{\psi_i}{w^K \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$M_{i1} = \mathbf{F}^K \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$R_{i2} = \frac{D_t^K}{d_{i-1}}$$

$$P_{i2} = D_t^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{1}{d_i} \right) + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + \mathbf{E}^K \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$T_{i2} = \frac{D_t^K}{d_i}$$

$$Q_{i2} = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i+1} + d_i}{2}$$

$Z_i$  が領域  $R_{K-1}$  と  $R_K$  の境界のとき、

$$R_{i1} = \frac{D_t^{K-1}}{d_{i-1}}$$

$$P_{i1} = \frac{D_t^{K-1}}{d_{i-1}} + \frac{D_t^K}{d_i} + \left( \frac{1}{w^{K-1} \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^{K-1} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} \\ + \left( \frac{1}{w^{K-1} \cdot \Delta t} + \mathbf{A}^K \right) \cdot \frac{d_i}{2}$$

$$T_{i1} = \frac{D_t^K}{d_i}$$

$$S_i = \frac{\mathbf{B}^{K-1} \cdot d_{i-1}}{2} + \frac{\mathbf{B}^K \cdot d_i}{2}$$

$$Q_{i1} = \left( \mathbf{C}^{K-1} + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^{K-1} \cdot \Delta t} \right) \frac{d_{i-1}}{2} + \left( \mathbf{C}^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \frac{d_i}{2}$$

$$M_{i1} = \mathbf{F}^{K-1} \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \mathbf{F}^K \cdot \frac{d_i}{2}$$

$$R_{i2} = \frac{D_t^{K-1}}{d_{i-1}}$$

$$P_{i2} = \frac{D_t^{K-1}}{d_{i-1}} + \frac{D_t^K}{d_i} + \left( \frac{1}{v^{K-1} \cdot \Delta t} + \mathbf{E}^{K-1} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} \\ + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + \mathbf{E}^K \right) \cdot \frac{d_i}{2}$$

$$T_{i2} = \frac{D_t^K}{d_i}$$

$$Q_{i2} = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^{K-1} \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_i}{2}$$

(2) 径方向拡散方程式

 $r_i \in R_K$  のとき,

$$R_{i1} = D_f^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right)$$

$$P_{i1} = D_f^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} + \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right) \\ + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + A^K \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$T_{i1} = D_f^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right)$$

$$S_i = B^K \cdot \frac{A_{i-1} + d_i}{2}$$

$$Q_{i1} = \left( C^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$M_{i1} = F^K \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$R_{i2} = D_t^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right)$$

$$P_{i2} = D_t^K \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} + \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right) \\ + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + E^K \right) \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$

$$T_{i2} = D_t^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right)$$

$$Q_{i2} = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i-1} + d_i}{2}$$



$r_i$  が領域  $R_{K-1}$  と  $R_K$  の境界のとき.

$$R_{i1} = D_f^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right)$$

$$P_{i1} = D_f^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) + D_f^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{1}{4r_i + d_i} \right) \\ + \left( \frac{1}{w^{K-1} \cdot \Delta t} + A^{K-1} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \left( \frac{1}{w^K \cdot \Delta t} + A^K \right) \cdot \frac{d_i}{2}$$

$$T_{i1} = D_f^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{1}{4r_i + d_i} \right)$$

$$S_i = \frac{B^{K-1} \cdot d_{i-1}}{2} + \frac{B^K \cdot d_i}{2}$$

$$Q_{i1} = \left( C^{K-1} + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^{K-1} \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \left( C^K + \frac{\psi_i^{n-1}}{w^K \cdot \Delta t} \right) \cdot \frac{d_i}{2}$$

$$M_{i1} = \frac{F^{K-1} \cdot d_{i-1}}{2} + \frac{F^K \cdot d_i}{2}$$

$$R_{i2} = D_t^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} + \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right)$$

$$P_{i2} = D_t^{K-1} \left( \frac{1}{d_{i-1}} - \frac{4}{4r_i - d_{i-1}} \right) + D_t^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right) \\ + \left( \frac{1}{v^{K-1} \cdot \Delta t} + E^{K-1} \right) \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \left( \frac{1}{v^K \cdot \Delta t} + E^K \right) \cdot \frac{d_i}{2}$$

$$T_{i2} = D_t^K \left( \frac{1}{d_i} + \frac{4}{4r_i + d_i} \right)$$

$$Q_{i2} = \frac{\varphi_i^{n-1}}{v^{K-1} \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_{i-1}}{2} + \frac{\varphi_i^n}{v^K \cdot \Delta t} \cdot \frac{d_i}{2}$$

## Appendix B Peaceman Rachford の収束定理を用いた 2次元熱計算

Peaceman Rachford の収束定理では、2つの作用素  $L_1$  および  $L_2$  を導入し、次のように定める。

$$L_1 T(x, y, t) = D_t T(x, y, t) - \delta_x^2 T(x, y, t+k) - \delta_y^2 T(x, y, t) \quad (\text{B. 1})$$

$$L_2 T(x, y, t) = D_t T(x, y, t) - \delta_x^2 T(x, y, t) - \delta_y^2 T(x, y, t+k) \quad (\text{B. 2})$$

ここで、

$$D_u \phi(u) = k^{-1} [\phi(u+k) - \phi(u)]$$

$$\delta_u \phi(u) = h^{-1} [\phi(u+h/2) - \phi(u-h/2)]$$

一般的な二次元の熱伝導計算において格子点における熱平衡式は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} CM \frac{\partial T}{\partial t} = & S_i h_i \{ T(x-\Delta x, y, t) - T(x, y, t) \} \\ & + S_{i+1} h_{i+1} \{ T(x+\Delta x, y, t) - T(x, y, t) \} + S_j h_j \{ T(x, y-\Delta y, t) \\ & - T(x, y, t) \} + S_{j+1} h_{j+1} \{ T(x, y+\Delta y, t) - T(x, y, t) \} \end{aligned} \quad (\text{B. 3})$$

ここで、

$T$  = 温度 [°C]

$t$  = 時間 [sec]

$C$  = 比熱 [kcal/kg]

$M$  = メッシュ点の物質の重量 [kg]

$S_i, S_j$  = メッシュ点の表面積 [m<sup>2</sup>]

$h_i, h_j$  = 等価熱伝達係数 [kcal/m<sup>2</sup>°C・sec]

	$T(x, y + \Delta y, t)$ $\cdot$ $S_{j+1}$	
$T(x - \Delta x, y, t)$ $\cdot$ $S_i$	$T(x, y, t)$ $\cdot$	$T(x + \Delta x, y, t)$ $\cdot$ $S_{i+1}$
	$S_j$ $\cdot$ $T(x, y - \Delta y, t)$	

$\Delta x$  = X方向のポイント間の距離 [m]

$\Delta y$  = Y方向のポイント間の距離 [m]

まず、最初の計算はx方向でおこなう。(B.1)式より  $L_1(t) = 0$  とすると、t段階でTがすでに知られていれば格子線  $y = \text{一定}$  上の格子点の  $t + \Delta t$  におけるTの値が求められる。すなわち、(B.3)式は次のように表わされる。

$$T(x, y, t + \Delta t) = \{ [S_{i+1} h_{i+1} T(x + \Delta x, y, t + \Delta t) + S_i h_i T(x - \Delta x, y, t + \Delta t)]$$

$$+ S_{j+1} h_{j+1} \{ T(x, y + \Delta y, t) - T(x, y, t) \} - S_j h_j \{ T(x, y, t) - T(x, y - \Delta y, t) \} ]$$

$$\frac{\Delta t}{CM} + T(x, y, t) \} / \{ 1 + (S_i h_i + S_{i+1} h_{i+1}) \frac{\Delta t}{CM} \} \quad (\text{B.4})$$

(B.4)式において問題となる値は、 $T(x + \Delta x, y, t + \Delta t)$  および  $T(x - \Delta x, y, t + \Delta t)$  であるが、これらはx方向の境界条件によって求めることが出来る。境界条件としては、両端の断熱面または温度があげられる。任意の格子点の真値をえるためには、x方向の隣接格子点のどちらか1つの真値が得られているものと仮定しなければならない。

したがって、高次側の格子点の真値を得ているものと仮定し、低次側の格子点からの要素による温度成分を  $T'(x, y, t + \Delta t)$ 、高次側の格子点の真値との結合係数を  $H(x, y, t + \Delta t)$  とすると次式の関係が成り立つ。

$$T(x, y, t + \Delta t) = T'(x, y, t + \Delta t) - H(x, y, t + \Delta t) T(x + \Delta x, y, t + \Delta t) \quad (\text{B.5})$$

$$T(x - \Delta x, y, t + \Delta t) = T(x - \Delta x, y, t + \Delta t) - H(x - \Delta x, y, t + \Delta t) T(x, y, t + \Delta t) \quad (\text{B.6})$$

(B.4)式の低次側の格子点の温度  $T(x - \Delta x, y, t + \Delta t)$  を消去するために(B.6)式を使用すると、(B.4)式は次式のように整理される。

$$T(x, y, t + \Delta t) = \{ [S_{i+1} h_{i+1} T(x + \Delta x, y, t + \Delta t) + S_i h_i T'(x - \Delta x, y, t + \Delta t)]$$

$$+ S_{j+1} h_{j+1} \{ T(x, y + \Delta y, t) - T(x, y, t) \} - S_j h_j \{ T(x, y, t) - T(x, y - \Delta y, t) \} ]$$

$$\frac{\Delta t}{CM} + T(x, y, t) \} / \{ 1 + \{ S_i h_i + S_{i+1} h_{i+1} + S_i h_i H(x - \Delta x, y, t + \Delta t) \} \frac{\Delta t}{CM} \}$$

(B.4)

したがって、(B.5)式と(B.7)式を照合すると、

$$H(x, y, t + \Delta t) = \frac{S_{i+1} h_{i+1}}{\frac{CM}{\Delta t} + S_i h_i + S_{i+1} h_{i+1} + S_i h_i H(x - \Delta x, y, t + \Delta t)} \quad (B. 8)$$

$$T'(x, y, t + \Delta t) =$$

$$\frac{S_i h_i T'(x - \Delta x, y, t + \Delta t) + S_{j+1} h_{j+1} \{T(x, y + \Delta y, t) - T(x, y, t)\} - S_j h_j \{T(x, y, t) - T(x, y - \Delta y, t)\}}{\frac{CM}{\Delta t} + S_i h_i + S_{i+1} h_{i+1} + S_i h_i H(x - \Delta x, y, t + \Delta t)} \quad (B. 9)$$

となる。したがって、x軸方向への前進を境界面から出発すれば、(B. 8)式により逐次高次側への $H(x, y, t + \Delta t)$ を得ると同時に(B. 9)式により $T'(x, y, t + \Delta t)$ の値も得る。高次側の境界面に到達した後は、(B. 5)式を使用して折り返せば格子点の真の温度を高次側から低次側へ逐次得ることが出来る。

作用素 $L_2$ による方程式 $L_2(T) = 0$ を次の段階で解くことになる。すなわち、y軸方向の計算を行なう。x軸の場合と同様に(B. 3)式は次のように表わされる。

$$T(x, y, t + \Delta t) = \{ [ S_{i+1} h_{i+1} \{ T(x + \Delta x, y, t) - T(x, y, t) \} - S_i h_i \{ T(x, y, t) - T(x - \Delta x, y, t) \} + S_{j+1} h_{j+1} T(x, y + \Delta y, t + \Delta t) + S_j h_j T(x, y - \Delta y, t + \Delta t) ] \frac{\Delta t}{CM} + T(x, y, t) \} / \{ 1 + (S_j h_j + S_{j+1} h_{j+1}) \frac{\Delta t}{CM} \} \quad (B. 10)$$

(B. 10)式においては問題になる値は $T(x, y + \Delta y, t + \Delta t)$ および $T(x, y - \Delta y, t + \Delta t)$ であるから、これらはy軸方向の境界条件によって、x軸の場合と同様の方法により求まり、(B. 10)式によりy軸方向の計算ができる。

時間経過にしたがって、差分方程式 $L_1(T) = 0$ と $L_2(T) = 0$ を交互に使用して解を得る。

Appendix C Order of input data cards

First, the direction of reactor kinetics solved must be input.

Card type group No.	(Format) or Columns	Description
0.1	I5	0; Reactor kinetics solved is in radial direction 1; In axial direction

## (1) The heat transfer data input

Blank cards are used between sets of data to indicate the last of particular type of card. Dimensions are supplied in meters, temperatures in degrees C, and heat transfer coefficients to sink in kcal/sec·m<sup>2</sup>·°C. The order of cards is as follows:

Blank card		
1.1	I1,9A8	The integer 2 must be supplied on the first card. (This code is applicable only to problems for RZ geometry)
Blank card		
1.2		<u>Coolant flow rate</u> The values set the initial flow rate of channels.
1.2.1	(I10)	NCHAN; Number of channel groups
1.2.2	(8F10.0)	((CF(I,J),I=1,2),J=1,NCHAN); CF(1,J); outer region flow in a channel of J-th group (kg/sec), CF(2,J); inner region flow in a channel of J-th group (kg/sec).
1.3	(6E12.4)	<u>Radial gridline of fuel element on unit-cell model</u> Supply radii in meters in ascending sequence. At least 5 gridlines must be given and 2 gridlines else must be set outside the outer coolant position, so these specify moderator block area. Initial radius is zero unless annular fuel element is used, in which case the first radius to be entered is that of inner coolant channel. Maximum number is 14.

Blank card		
1.4	(6E12.4)	<u>Axial gridline cards</u> Same requirements as for axial. Maximum number is 19.
Blank card		
1.5		<u>Region specification cards</u> Two cards are required per region.
1.5.1	(5E12.4)	<u>First card</u>
	1-12	Lower radial boundary-meters
	13-24	Higher radial boundary-meters
	25-36	Lower axial boundary-meters
	37-48	Higher axial boundary-meters
	49-60	Solid material number
1.5.2	(4E12.4)	<u>Second card</u> (which is required even if there are no gap)
	1-12	Radial gap width on high index side of region-meters. May be left blank if there is no gap.
	13-24	Radial gap gas material number. May be left blank if there is no gap.
	25-36	Axial gap width on high index side of region-meters.
	37-48	Axial gap gas material number (Repeat this sequence for each region.)
Blank card		
1.6	(6E12.4)	<u>Initial temperature distribution cards</u> Each card specifies an area of constant temperature bounded by two radial and two axial gridlines. At least one card must be given. There is no upper limit to these cards and subsequent cards may overlay previous ones. These cards are also used to specify constant temperature sinks as a boundary conditions. To do this the two radial gridlines given are equal and correspond to an outside boundary. The specified temperature is then assigned to the sink and the heat transfer coefficient supplied is assigned. These assignments apply over the axial range specified on the same cards.
	1-12	Lower radial temperature region boundary-meters
	13-24	Higher radial temperature region boundary-meters

	25-36	Lower axial temperature region boundary-meters
	37-48	Higher axial temperature region boundary-meters
	49-60	Temperature of the region to sink (°C)
	61-72	Heat transfer coefficient to sink if required (kcal/sec·m <sup>2</sup> ·°C)
Blank card		
1.7	(5E12.4)	<p><u>Coolant data cards</u></p> <p>Three cards are required for each outside boundary having heat removal by a coolant flow.</p> <p><u>First card</u></p> <p>1-12 Coolant number (1.0 for intermediate, 2.0 for inner)</p> <p>13-24 1st Reynolds number limit RE1</p> <p>25-36 2nd Reynolds number limit RE2</p> <p>37-48 3rd Reynolds number limit RE3</p> <p>49-60 4th Reynolds number limit RE4</p> <p>Supply two blank cards. And, repeat sequence for each boundary.</p>
Blank card		
1.8	(5E12.4)	<p><u>Fuel region designation card</u></p> <p>This card specifies the area within the temperature map to be considered as fuel for purposes of temperature averaging. Averaging is by volume assuming uniform moderator density outside the fuel region which is specified by a ratio. The area specified must be continuous but may include several RAT regions if all of them have the same density.</p> <p>1-12 Number of lowest axial temperature point within fuel area.</p> <p>13-24 Number of highest axial temperature point within fuel area.</p> <p>25-36 Number of innermost radial temperature point within fuel area.</p> <p>37-48 Number of outermost radial temperature point within fuel area.</p>

	49-60	Ratio of moderator density in fuel region to moderator density in non-fuel regions. (Not that temperature point numbers are to be specified and not gridline numbers.)
Blank card		
9	(6E12.4)	<u>Previously punched temperature cards</u> The preliminary run for the calculation of the initial temperature distribution will punch on cards a set of temperatures which are inserted at this point when running kinetics problems. (These cards are also punched at the end of a kinetics problem.)
Blank card (This one must be supplied only if no previously punched temperatures are used.)		
10	(6E12.4)	<u>Function parameter cards</u> Three cards are supplied here giving parameters which may be used in defining the functions in the DATA subroutine.
10.1	1-72	<u>First card</u> Numerical values of A1 through A6, 6 words/card.
10.2	1-72	<u>Second card</u> Same for A7-A12.
10.3	1-72	<u>Third card</u> Same for A13-A18. (If no parameters are needed, three blank cards must be supplied.)

(2) The kinetics data input concerned with job control

Quantities are given fixed addresses by means of location numbers.

The format is as follows:

Column 1 Blank (except for last card of this kinetics set, which has a 1 punch)

Column 2-6 Location number of first data on card

Column 7 Number of words on this card

Column 8-71 Up to seven words in 9 column field (7E9.4)

The data required is the following and the horizontal lines indicate convenient groupings on the cards.



Location number	Fortran name	Description
3	TEND	Time to end the problem-secs
147	AVAIL(3)	Temperature map print out at every AVAIL(3) time steps
148-150	AVAIL(4-6)	Time point at which to start using the next time step $\Delta t_i$
152-155	AVAIL(8-11)	Time steps $\Delta t_i$ During the intervals of time specified in AVAIL(4-6), the corresponding $\Delta t_i$ will be used for time meshes when running the code as a steady state and a transient problem.
159	AVAIL(15)	Enter 1.0 for steady state calculation, and 0.0 for transient problem or estimation of poison concentration corresponding to excess reactivity.
The last card of this set must have a 1 punch in column 1.		

## (3) The fluid dynamics data input

All of this input set specifies the coolant duct geometry in reactor for the simulation of fluid dynamics phenomena. The data must be consistent with "The heat transfer data input". The order of cards is

Card type group No.	(Format) or Columns	Description
3.1	(2I5.2L5)	<u>Miscellaneous data</u>
	1-5	ITYPE: option of fuel element type 0; hollow or solid type element 1; annular type element
	6-10	ITM: number of entries in the coolant flow table
	11-15	ISTORE: option for making restart tape F; not to make restart tape T; to make restart tape
	16-20	RSTART: option of job restart F; not restart job T; restart job
3.2	(7E10.0)	<u>Coolant duct geometry data</u>
	1-10	Initial pressure of coolant in upper plenum
	11-20	Temperature of coolant in upper plenum

	21-30 31-40 41-50 51-60 61-70	Pressure drop of coolant in active core Volume of upper plenum (m <sup>3</sup> ) Volume of lower plenum (m <sup>3</sup> ) Not used Temperature of coolant in lower plenum
3.3	(16I5)	Number of channels under each region group; (NCH(I), I=1, NCHAN)
3.4	(8E10.0)	Cross sectional area of coolant path in outer annulus of fuel element (m <sup>2</sup> ) (A(K,I), K=1, NCHAN)
3.5	(8E10.0)	Equivalent diameter of the outer annulus for computing fluid dynamics (m) (D(K,I), K=1, NCHAN)
If the type of fuel element is annular (ITYPE=1), supply the similar cards to the inner path of fuel element in same sequence above.		
3.7	(5E10.0)	Disturbance data for coolant which flow into plenum, as follows: (TIME(I), GE1(I), GE2(I), TP1(I), TP2(I), I=1, ITM) TIME; Current time of data setting (sec) GE1(I); Rate of coolant flow into upper plenum GE2(I); Coolant flow rate from lower plenum TP1(I); Coolant temperature flowed in upper plenum TP2(I); Coolant temperature flushed out from lower plenum
3.8		<u>Restart setting cards</u> Only if RSTART=1.0, the following cards are supplied.
3.8.1	(E10.0)	Current time at restart point
3.8.2	(8E10.0)	Loss coefficient of orifice for the outer annulus path, to set the start pressure loss (ORIFK(K,1), K=1, NCHAN)
If the type of fuel element is annular (ITYPE=1), supply the similar cards to the inner path of fuel element in same sequence above.		

3.9	(6E12.0)	
	1-10	Initial temperature of coolant in upper plenum ( $^{\circ}\text{C}$ )
	11-20	Initial temperature of coolant in lower plenum ( $^{\circ}\text{C}$ )
	21-30	Initial pressure of coolant in upper plenum ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
	31-40	Initial pressure of coolant in lower plenum ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
	41-50	Helium inventory in upper plenum for setting an initial condition
	51-60	Helium inventory in lower plenum for setting an initial condition

## (4) Reactor kinetics data input

A title card is the first input card of this data section, and it is possible to read the sets of significant data as follows. Each set of data must be preceded by a card containing the integers defining the number of the first and last datum of the set, which number is given in integer form adjusted to the format of 2I12. The data of each set are all in floating form (E12.8) and the last card of this data section must be indicated by -1 in columns 1 and 2.

Location number	Fortran name	Description
3	SI	Reactor power in steady state (watt)
4	IMAX	Number of mesh points in the radial direction or axial direction ( $\leq 100$ ). Point 1 is symmetrical of point 2 with reactor axis. Last point corresponds to the outer (extrapolated) boundary of the reactor in radial direction.
5	NREG	Number of regions for different composition and/or typical coolant channel characteristics to one-dimension model ( $\leq 10$ ).
6	NRIT	Number of delayed neutrons groups ( $\leq 10$ ).
7	BU	$B^2$ : Transverse buckling, same for all region and neutron energy groups ( $\text{cm}^2$ )
8	IDST	Number of steps for initialization.
9	ITCR	Maximum number of inner iterations to find correspondence between period and poison.

11	KPC	Thermal calculation is done every KPC times neutronic time step
14	CALU	Height of actual core for computing the total thermal power
15	ITCI	Number of flux iteration to make the critical core
31-40	BETA	$\beta_i$ : delayed neutron yields per fission
41-50	DLI	$\lambda_i$ : delayed neutron precursors decay constants ( $\text{sec}^{-1}$ )
61-71	I1-I2	Region boundary mesh numbers which is consistent with the distance of mesh points from axis or top.
73	VM	$v_2$ ; neutron velocity for thermal group
74	WM	$v_1$ ; neutron velocity for fast group
75		Microscopic fast cross section of control poison
76		Microscopic thermal cross section of control poison
81	D1	Diffusion coefficient-fast group at fuel or moderator reference temperature (see data 1401)
82	SR	$\Sigma_r = \Sigma_{a1} + \Sigma_{s1}$ : removal cross section at the above temperature
83	P	p: resonance escape probability at the above temperature
84	SF1	$v\Sigma_{f1}$ at the above temperature
85	AEQUI	Energy/fission (wsec/fission)
86	SOR	Neutron flux density (fast) in the initial guess values
87	D2	Diffusion coefficient-thermal group at the reference temperature
88	SA	$\Sigma_{a1}$ : thermal absorption cross section at the reference temperature
90	SF	$v\Sigma_{f2}$ at the reference temperature
91	ANU	Number of secondary neutrons per fission
92	ICAN	$\geq 1$ : if the region is a power producing region for which a thermal calculation has to be performed (exsample; reflector region = 0)
93-104		Same for 2nd region and same input sequence for other region
201-300		Distance of mesh points from axis or top of reactor (cm)

301-330		Current times for setting the successive poison values varied by control rod movement
331-360		Corresponding values of poison number density $N_C(t)$ for first region, which are linearly interpolated to get the current values for each time step
361-900		Supply the current times and corresponding values $N_C(t)$ for other region in same sequence above. After the last time given, the corresponding values $N_C$ is fixed to its last values.
901-1380	CTN(k,L,n)	<p>The coefficients for description of the temperature dependence of two group nuclear constants.</p> <p>The thermal dependence is given as a Taylor expansion as follows:</p> $C_k^n = C_{k0}^n + CTN(k,1,n)\Delta T_f + CTN(k,2,n)\Delta T_m + CTN(k,3,n)\Delta T_f^2 + CTN(k,4,n)\Delta T_m^2,$ <p>where</p> $\begin{aligned} C_1 &= D_1, \\ C_2 &= \Sigma_{rem}, \\ C_3 &= p, \\ C_4 &= v\Sigma_{f1}, \\ C_5 &= V_1, \\ C_6 &= D_2, \\ C_7 &= \Sigma_{a2}, \\ C_8 &= v\Sigma_{f2}, \\ C_9 &= V_2. \end{aligned}$ <p>"n" is the power producing region number (channel number) numbering from the core center or top.</p> $CTN(k,L,n) = DATA(900+12(L-1)+48(n-1)+k)$
1401-1410		Fuel reference temperature for the temperature coefficient calculation, orderly supplied for each region
1411-1420		Moderator reference temperature for the temperature coefficient calculation
1501	DK	Excess reactivity only for calculating the corresponding poison concentration and the prompt lifetime. Only if $DK \neq 0.0$ , this value is calculated.
1521-1530	KV1	Supply the region number for which the poison concentration corresponding to DK has to be calculated, orderly for each region. If $DK = 0.0$ these data are not necessary.

1601-1610	KV(I)	Supply the region number if poison is present in that. The poison is only for the use of critical core.
1611	SPRG	Second guess of control poison concentration $N_c$ for the search of critical core (same for all region checked)
1612	DAPF	Convergence criterium for the search, which is compared with reciprocal of reactor period. If the reciprocal period is DAPF, the critical search will finish.
1613	LF	Maximum number of trials for search
2001-2020		Axial power distribution for 1st power producing region. Relative values to the neutron kinetics power are significant.
2021-2500		Axial or radial power distribution for other power producing region. Supply them in same sequence above. The axial or radial power distribution may be different for each power producing region and is kept constant during transient. They are in use of thermal calculation of fuel channels.

#### Printing instruction of reactor kinetic output

As many printing patterns as wanted can be given, allowing two simultaneous successive printing patterns on current time. After the last is completed the calculation stops and a final print is done.

Location number	Fortran name	Description
1851+6n	KTP	Number of time steps for n-th printing pattern $n = 0, 1, 2$ etc.
1852+6n	IIP	A frequent type of output is printed every time the time steps exceeds IIP.
1853+6n	IIS	Index of the frequent type output Index is, 1: only average fluxes and reactor period, 2: Complete map of fluxes and delayed neutron precursors concentration, 3: average fluxes in the reactor and region by region.

1854+6n	I2P	Number of time steps for less frequent type of output, which has to be multiple of I1P and divisor of KTP
1855+6n		Same index as I1S for less frequent output printing pattern

## (5) Reset data input

This series of data is used to restart initial setting in case of RSTART = 1.0

Card group number	Format	Variables
5.1	3D15.8	PM1, PM2, PMPT
5.2	4D15.8	(P1(I), I=1,IMAX)
5.3	"	(P2(I), I=1,IMAX)
5.4	"	((C(K,I), I=1,IMAX), K=1,NRIT)
5.5	"	(TN1(I), I=1,IMAX)
5.6	"	(TN2(I), I=1,IMAX)
5.7	"	(TMED(M,1), TMED(M,2)), M=1,NREG)
5.8	"	(SMPF(M), M=1,NREG)
5.9	"	(SMPT(M), M=1,NREG)
5.10	"	(SPF1(M), M=1,NREG)
5.11	"	(SPT1(M), M=1,NREG)
5.12	D15.8	SPCR
5.13	I2	NCOSTR

Appendix D 計算出力例

SCOTCH-AX の計算例を以下に示す。

Table D. 1 定常値計算例.....	51 頁
Table D. 2 反応度相当濃度計算例.....	67 頁
Table D. 3 制御棒引き抜き事故解析例.....	73 頁



Table D.1 定常時計算例

```

*****
SCOTCH ... A COMBINED NEUTRON KINETICS, HEAT
TRANSFER AND FLOW DYNAMICS CODE
*****
*****
NEUTRON KINETICS IS SOLVED TO AXIAL DIRECTION
*****
**** CASE=100 ***   VVTR MARK-3 CORE           ****
*****   STEADY STATE CALCULATION               **

=====
CONFIGURATION OF UNIT CELL OF FUEL, COOLANT AND MODERATOR
=====

PRINT OF THE INPUT

                                PROPERTIES OF THE BLOCKS

BLOCK      LOW      HIGH      LOW      HIGH      SOLID      RADIAL      RADIAL      AXIAL      AXIAL
NUMBER     RADIAL    RADIAL    AXIAL    AXIAL    MATERIAL   GAP         GAP         GAP         GAP
           BOUNDARY BOUNDARY BOUNDARY BOUNDARY NUMBER THICKNESS MATERIAL THICKNESS MATERIAL

1 0,0      M, 0,90000E-02 M, 0,11400E+01 M, 0,51300E+01 M, 7 0,0      M, 0 0,0      M, 0
2 0,0      M, 0,23000E-01 M, 0,0      M, 0,11400E+01 M, 1 0,0      M, 0 0,0      M, 0
3 0,90000E-02 M, 0,18000E-01 M, 0,11400E+01 M, 0,22800E+01 M, 2 0,10000E-03 M, 1 0,0      M, 0
4 0,18000E-01 M, 0,23000E-01 M, 0,11400E+01 M, 0,51300E+01 M, 6 0,0      M, 0 0,0      M, 0
5 0,90000E-02 M, 0,18000E-01 M, 0,22800E+01 M, 0,39900E+01 M, 3 0,10000E-03 M, 1 0,0      M, 0
6 0,23000E-01 M, 0,25000E-01 M, 0,0      M, 0,62700E+01 M, 7 0,0      M, 0 0,0      M, 0
7 0,23000E-01 M, 0,45000E-01 M, 0,0      M, 0,62700E+01 M, 6 0,0      M, 0 0,0      M, 0
8 0,90000E-02 M, 0,18000E-01 M, 0,39900E+01 M, 0,51300E+01 M, 4 0,10000E-03 M, 1 0,0      M, 0
9 0,0      M, 0,23000E-01 M, 0,51300E+01 M, 0,62700E+01 M, 5 0,0      M, 0 0,0      M, 0
    
```

RADIAL BOUNDARY ASSIGNMENTS

POINT NUMBER	POINT LOCATION	BOUNDARY LOCATION	GAP NUMBER
1	0,0 M	0,0 M	1
2	0,005 M	0,009 M	2
3	0,011 M		
4	0,013 M		
5	0,015 M		
6	0,017 M	0,018 M	3
7	0,019 M		
8	0,021 M		
9	0,022 M	0,023 M	4
10	0,024 M	0,025 M	5
11	0,030 M		
12	0,040 M	0,045 M	6
13	0,045 M		

AXIAL BOUNDARY ASSIGNMENTS

POINT NUMBER	POINT LOCATION	BOUNDARY LOCATION	GAP NUMBER
1	0,0 M ,	0,0 M ,	1
2	0,285 M ,		
3	0,855 M ,	1,140 M ,	2
4	1,282 M ,		
5	1,568 M ,		
6	1,853 M ,		
7	2,137 M ,	2,280 M ,	3
8	2,423 M ,		
9	2,708 M ,		
10	2,993 M ,		
11	3,278 M ,		
12	3,563 M ,		
13	3,848 M ,	3,940 M ,	4
14	4,133 M ,		
15	4,418 M ,		
16	4,702 M ,		
17	4,988 M ,	5,130 M ,	5
18	5,415 M ,		
19	5,985 M ,	6,270 M ,	6
20	6,270 M ,		

REYNOLDS NUMBER FOR DEFINITION OF  
HEAT TRANSFER COEFFICIENT TO COOLING OF CHANNEL

SPECIFICATIONS FOR FLOW ALONG THE HIGH RADIAL BOUNDARY  
THE REYNOLDS NUMBER LIMITS ARE 0.0 0,2200E+04 0,6000E+04 0,1000E+08

FUEL VOLUME IN UNIT CELL MODEL CHANNEL

FUEL REGION	BOUNDS	FUEL REGION	NON-FUEL	EFFECTIVE	MOD, FRAC.
		VOLUME	VOLUME	MOD, VOL, (M**3)	IN FUEL
4	17 3 6	0,9696E-03	0,7110E-02	0,7837E-02	0,7500E+00

-----  
 \* INITIAL TEMPERATURE DISTRIBUTIONS \*  
 \* TO EACH UNIT CELL MODELED FUEL CHANNEL \*  
 -----

THE CURRENT TIME IS 0.0 HR, OR 0.0 MIN, OR 0.0 SEC, 0 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

TEMPERATURE GRID  
 THE RADIAL DIRECTION IS HORIZONTAL  
 THE AXIAL DIRECTION IS VERTICAL  
 THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES-C

CHANNEL NUMBER = 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0												
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400												
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402												
4	0	550	550	549	547	545	543	542	541	440	442	442	442												
5	0	609	609	608	606	604	602	601	600	499	499	499	499												
6	0	667	667	666	664	662	660	659	658	558	558	558	558												
7	0	725	725	724	722	720	717	716	716	617	617	616	616												
8	0	763	763	763	762	761	760	759	758	671	671	671	671												
9	0	811	811	810	810	809	807	806	806	724	724	724	724												
10	0	863	863	863	862	861	860	859	858	776	776	776	776												
11	0	916	916	915	914	913	912	911	910	828	828	828	828												
12	0	968	968	967	967	966	964	963	963	880	880	880	880												
13	0	1018	1018	1018	1017	1016	1015	1014	1013	931	930	930	930												
14	0	999	999	999	999	998	998	997	997	963	962	962	962												
15	0	1020	1020	1020	1020	1019	1019	1018	1018	984	984	984	984												
16	0	1041	1041	1041	1041	1040	1040	1039	1039	1005	1005	1005	1005												
17	0	1061	1061	1061	1060	1060	1059	1059	1059	1026	1025	1024	1024												
18	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1032	1032	1032												
19	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033												
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1033	0	0	0												

CHANNEL NUMBER = 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0												
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400												
3	0	403	403	403	403	403	403	402	402	401	402	402	402												
4	0	572	573	571	569	566	564	562	561	445	447	447	447												
5	0	639	639	638	636	633	630	629	628	512	512	512	512												
6	0	705	705	703	701	698	696	695	694	579	579	579	579												
7	0	770	770	769	767	764	761	760	759	646	646	646	646												
8	0	813	813	813	812	811	809	808	807	708	708	708	708												
9	0	867	867	866	865	864	863	861	861	768	768	768	768												
10	0	927	927	926	925	924	922	921	920	827	827	827	827												
11	0	986	986	985	984	983	982	981	980	886	886	886	886												
12	0	1046	1046	1045	1044	1043	1042	1041	1040	945	945	945	945												
13	0	1103	1103	1102	1101	1100	1099	1098	1097	1004	1003	1003	1003												
14	0	1082	1082	1081	1081	1080	1079	1079	1079	1040	1039	1039	1039												
15	0	1105	1105	1105	1104	1104	1103	1103	1102	1064	1064	1064	1064												
16	0	1129	1129	1128	1128	1128	1127	1127	1126	1088	1088	1088	1088												
17	0	1151	1151	1151	1151	1150	1149	1149	1149	1111	1110	1110	1110												
18	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119												
19	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119												
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1119	0	0	0												

CHANNEL NUMBER = 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0												
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400												
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402												
4	0	345	345	344	342	340	338	337	337	337	439	441	441												
5	0	603	603	602	600	598	596	595	594	497	497	497	497												
6	0	660	660	658	657	655	653	652	651	555	555	555	555												
7	0	712	712	711	709	707	706	705	704	613	613	613	613												
8	0	752	752	751	751	750	749	748	747	667	666	666	666												
9	0	803	803	802	802	801	800	799	798	718	717	717	717												
10	0	854	854	854	853	852	851	850	849	769	768	768	768												
11	0	906	906	905	904	903	902	901	901	819	819	819	819												
12	0	957	957	956	955	955	953	953	952	870	870	870	870												
13	0	1006	1006	1005	1005	1004	1003	1002	1001	920	919	919	919												
14	0	987	987	987	986	986	986	985	985	951	950	950	950												
15	0	1007	1007	1007	1007	1006	1006	1006	1005	971	971	971	971												
16	0	1028	1028	1028	1027	1027	1026	1026	1026	992	992	992	992												
17	0	1047	1047	1047	1046	1046	1046	1045	1045	1012	1011	1011	1011												
18	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019												
19	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019												
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1019	0	0	0												

CHANNEL NUMBER = 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0												
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400												
3	0	403	403	403	403	403	403	403	403	403	402	403	403												
4	0	538	538	537	536	534	532	531	531	439	441	441	441												
5	0	591	591	590	588	586	585	584	583	495	495	495	495												
6	0	647	647	646	645	643	641	640	640	551	551	551	551												
7	0	703	703	702	701	699	697	697	696	607	607	607	607												
8	0	742	742	742	741	740	739	738	738	659	659	659	659												
9	0	792	792	791	790	790	789	788	787	708	708	708	708												
10	0	841	841	841	840	839	838	838	837	758	758	758	758												
11	0	891	891	890	890	889	888	887	887	807	807	807	807												
12	0	940	940	940	939	938	938	937	936	856	856	856	856												
13	0	987	987	987	986	985	984	984	983	904	902	902	902												
14	0	969	969	969	969	968	968	968	967	934	933	933	933												
15	0	988	988	988	988	988	988	987	987	954	953	953	953												
16	0	1009	1009	1008	1008	1008	1007	1007	1007	999	999	999	999												
17	0	1027	1027	1027	1026	1026	1026	1025	1025	999	999	999	999												
18	0	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999												
19	0	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999												
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	999	0	0	0												

\*\*\*\*\*  
 THE FUNCTION PARAMETER : A1 - A18  
 \*\*\*\*\*

0.10000E+01 0.12400E+01 0.30000E-01 0.60000E-01 0.60000E-01 0.10000E+01  
 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01  
 0.10000E+01 0.30160E-03 0.40000E-02 0.41000E+02 0.10000E+01 0.10000E+01

\*\*\* STEADY STATE CALCULATION \*\*\*

=====

JOB CONTROL DATA

=====

PROBLEM TERMINATION TIME (SEC) ----- 2800.00  
 INITIAL TIME STEP (SEC) ----- 0.0  
 MINIMUM TIME STEP (SEC) ----- 0.0  
 TEMPERATURE MAP PRINT FREQUENCY (SEC) ----- 400.00

TIME MESH CRITERIA FROM (SEC.)	TO (SEC.)	MAX TIME BETWEEN RAT CALC(SEC)
0.0	0.000	0.000100
0.000	2.000	0.000100
2.000	150.000	0.000100
150.000	2800.000	0.000100

=====

NEUTRON KINETIC DATA

CROSS SECTION AND THE TEMP. COEFFICIENTS

=====

MARK-3 REACTIVITY ACCIDENT

=====

RATIO OF NET FUEL VOLUME TO ACTUAL CORE VOLUME

RATIO = 0.91745E+01

=====

=====

REGION NUMBER	VOLUME (CM**2) IN EACH REGION
	VOLUME
1	0.11400E+03
2	0.11400E+03
3	0.17100E+03
4	0.11400E+03
5	0.11400E+03

=====

\*\*THIS VOLUME IS TO UNIT CROSS SECTION OF CORE\*\*

TEMPERATURE COEFFICIENT

CHANNEL N 1

TERM,	D1	S.REMOVAL	P	FAST FISSION	W
ABS. VALUE	0.940770E+00	0.433650E-02	0.999760E+00	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TERM,	D2	TH.ABSORPTION	TH. FISSION	V	
ABS. VALUE	0.817350E+00	0.163370E-03	0.0	0.0	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CHANNEL N 2

TERM,	D1	S.REMOVAL	P	FAST FISSION	W
ABS. VALUE	0.105840E+01	0.414150E-02	0.761700E+00	0.312200E-03	0.0
1	0.677600E-06	0.206000E-07	-0.266500E-04	-0.229000E-08	0.303400E+03
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-0.162900E-09	-0.424400E-11	0.510400E-08	0.471100E-12	-0.554500E-01
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TERM,	D2	TH.ABSORPTION	TH. FISSION	V	
ABS. VALUE	0.892800E+00	0.315200E-02	0.454400E-02	0.0	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.248400E-04	-0.127300E-05	-0.213800E-05	0.183500E+03	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-0.151000E-07	0.374700E-09	0.649200E-09	-0.167300E-01	0.0

CHANNEL N 3

TERM,	D1	S.REMOVAL	P	FAST FISSION	W
ABS. VALUE	0.105840E+01	0.414150E-02	0.761700E+00	0.312200E-03	0.0
1	0.677600E-06	0.206000E-07	-0.266500E-04	-0.229000E-08	0.303400E+03
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-0.162900E-09	-0.424400E-11	0.510400E-08	0.471100E-12	-0.554500E-01
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TERM,	D2	TH.ABSORPTION	TH. FISSION	V
ABS. VALUE	0.892800E+00	0.315200E-02	0.454400E-02	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.248400E-04	-0.127300E-05	-0.213800E-05	0.183500E+03
3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-0.151000E-07	0.374700E-09	0.649200E-09	-0.167300E-01

CHANNEL N 4

TERM,	D1	S.REMOVAL	P	FAST FISSION	W
ABS. VALUE	0.105840E+01	0.414150E-02	0.761700E+00	0.312200E-03	0.0
1	0.677600E-06	0.206000E-07	-0.266500E-04	-0.229000E-08	0.303400E+03
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-0.162900E-09	-0.424400E-11	0.510400E-08	0.471100E-12	-0.554500E-01
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TERM,	D2	TH.ABSORPTION	TH. FISSION	V
ABS. VALUE	0.892800E+00	0.315200E-02	0.454400E-02	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.248400E-04	-0.127300E-05	-0.213800E-05	0.183500E+03
3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-0.151000E-07	0.374700E-09	0.649200E-09	-0.167300E-01

CHANNEL N 5

TERM.	D1	S.REMOVAL	P	FAST FISSION	W
ABS. VALUE	0.940770E+00	0.433650E-02	0.999760E+00	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TERM.	D2	TH.ABSORPTION	TH. FISSION	V
ABS. VALUE	0.817350E+00	0.163370E-03	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0

=====

COEFFICIENTS TO POWER DISTRIBUTION

FAS(N,CHANNEL)=POWER(N,CHANNEL)/POWER(N,1)

=====

CHANNEL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
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
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
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
4	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.1000E+01	0.1200E+01	0.9000E+00	0.8000E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	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 8292

TO = 0.0 IT = 0 PER = 0.50000E-04 PINT = 0.0

	A	P1	P2	P1N	P2N
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.57000E+02	0.72323E+12	0.23102E+14	0.72323E+12	0.23102E+14
3	0.11400E+03	0.12840E+14	0.34336E+14	0.12840E+14	0.34336E+14
4	0.14250E+03	0.27624E+14	0.29298E+14	0.27624E+14	0.29298E+14
5	0.17100E+03	0.32582E+14	0.31724E+14	0.32582E+14	0.31724E+14
6	0.19950E+03	0.35830E+14	0.34567E+14	0.35830E+14	0.34567E+14
7	0.22800E+03	0.38310E+14	0.36923E+14	0.38310E+14	0.36923E+14
8	0.25650E+03	0.40102E+14	0.38645E+14	0.40102E+14	0.38645E+14
9	0.28500E+03	0.41189E+14	0.39692E+14	0.41189E+14	0.39692E+14
10	0.31350E+03	0.41553E+14	0.40043E+14	0.41553E+14	0.40043E+14
11	0.34200E+03	0.41189E+14	0.39692E+14	0.41189E+14	0.39692E+14
12	0.37050E+03	0.40102E+14	0.38645E+14	0.40102E+14	0.38645E+14
13	0.39900E+03	0.38310E+14	0.36923E+14	0.38310E+14	0.36923E+14
14	0.42750E+03	0.35830E+14	0.34567E+14	0.35830E+14	0.34567E+14
15	0.45600E+03	0.32582E+14	0.31724E+14	0.32582E+14	0.31724E+14
16	0.48450E+03	0.27624E+14	0.29298E+14	0.27624E+14	0.29298E+14
17	0.51300E+03	0.12840E+14	0.34336E+14	0.12840E+14	0.34336E+14
18	0.57000E+03	0.72323E+12	0.23102E+14	0.72323E+12	0.23102E+14
19	0.62700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
	MIDDLE	0.25712E+14	0.32858E+14		

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	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
3	0.11736E+08	0.85918E+08	0.11059E+09	0.14898E+10	0.60515E+10	0.22370E+10
4	0.31186E+08	0.22832E+09	0.29387E+09	0.39590E+10	0.16081E+11	0.59446E+10
5	0.33952E+08	0.24856E+09	0.31994E+09	0.43101E+10	0.17507E+11	0.64718E+10
6	0.37017E+08	0.27100E+09	0.34882E+09	0.46991E+10	0.19088E+11	0.70560E+10
7	0.39542E+08	0.28949E+09	0.37261E+09	0.50157E+10	0.20390E+11	0.75373E+10
8	0.41387E+08	0.30299E+09	0.39000E+09	0.52539E+10	0.21341E+11	0.78890E+10
9	0.42506E+08	0.31120E+09	0.40056E+09	0.53962E+10	0.21919E+11	0.81027E+10
10	0.42884E+08	0.31395E+09	0.40410E+09	0.54439E+10	0.22113E+11	0.81744E+10
11	0.42508E+08	0.31120E+09	0.40056E+09	0.53962E+10	0.21919E+11	0.81027E+10
12	0.41387E+08	0.30299E+09	0.39000E+09	0.52539E+10	0.21341E+11	0.78890E+10
13	0.39542E+08	0.28949E+09	0.37261E+09	0.50157E+10	0.20390E+11	0.75373E+10
14	0.37017E+08	0.27100E+09	0.34882E+09	0.46991E+10	0.19088E+11	0.70560E+10
15	0.33952E+08	0.24856E+09	0.31994E+09	0.43101E+10	0.17507E+11	0.64718E+10
16	0.31186E+08	0.22832E+09	0.29387E+09	0.39590E+10	0.16081E+11	0.59446E+10
17	0.11736E+08	0.85918E+08	0.11059E+09	0.14898E+10	0.60515E+10	0.22370E+10
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*\*\*\*\* CAUTION \*\*\*\*\*  
 HEAT TRANSFER TIME MESH IS MODIFIED BY  
 10000.0\*DELTA ONLY IN STEADY STATE CALCULATION  
 OR EXCESS REACTIVITY ESTIMATION  
 \*\*\*\*\*

-----  
 CRITICAL SEARCH START  
 -----

-----  
 ROD POISON REGION = 1 2 3 4 5  
 -----

SPRG = 0.10000E+14    DAPF = 0.10000E-05    LF = 40000    ITCR = 10

ITERATION	L	REP	POISON	
SMPF = 0.10798E-06	SMPT = 0.32339E-03	SPF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28048E+18
SMPF = 0.10798E-06	SMPT = 0.32339E-03	SPF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28048E+18
SMPF = 0.10798E-06	SMPT = 0.32339E-03	SPF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28048E+18
SMPF = 0.10798E-06	SMPT = 0.32339E-03	SPF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28048E+18
SMPF = 0.10798E-06	SMPT = 0.32339E-03	SPF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28048E+18

\*\*\*\* CASE-100 \*\*\* WITH MARK-3 CORE

\*\*\*\* \*\*\*\*\* STEADY \*\*\*\*\* HOLLOW \*\*\*\*\* PAGE NO.

===== TEMPERATURE DISTRIBUTION OF EACH UNIT CELL =====

THE CURRENT TIME IS 0.1111 HR. OR 6.6667 MIN. OR 400.00000 SEC. 400 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

GROUP NO. 1

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES  
 INLET OUTLET FLOW(KG/SEC)  
 INNER RADIAL 0 0 0.0  
 OUTER RADIAL 400 1033 0.19500E+01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	0	0	0	0	0	0	0
4	0	550	550	549	547	545	543	542	541	540	542	442	0	0	0	0	0	0	0
5	0	609	609	608	606	604	602	601	600	600	600	499	499	499	0	0	0	0	0
6	0	667	667	666	664	662	660	658	656	654	658	558	557	557	0	0	0	0	0
7	0	725	725	723	721	719	717	716	715	716	616	616	616	616	0	0	0	0	0
8	0	763	763	762	761	760	759	758	757	671	670	670	670	670	0	0	0	0	0
9	0	810	810	810	809	808	807	806	805	723	723	723	0	0	0	0	0	0	0
10	0	863	863	862	861	860	859	858	857	775	775	775	775	775	0	0	0	0	0
11	0	915	915	914	914	913	913	911	910	827	827	827	827	827	0	0	0	0	0
12	0	967	967	967	966	965	964	963	962	879	879	879	879	879	0	0	0	0	0
13	0	1017	1017	1017	1016	1015	1014	1013	1012	930	929	929	929	929	0	0	0	0	0
14	0	999	999	998	998	998	997	997	996	963	963	963	963	963	0	0	0	0	0
15	0	1019	1019	1019	1018	1018	1017	1017	1017	983	983	983	983	983	0	0	0	0	0
16	0	1040	1040	1040	1040	1039	1039	1038	1038	1004	1004	1004	1004	1004	0	0	0	0	0
17	0	1060	1060	1060	1060	1059	1059	1059	1058	1025	1024	1024	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	0	0	0	0	0
19	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1033	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GROUP NO. 2

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES  
 INLET OUTLET FLOW(KG/SEC)  
 INNER RADIAL 0 0 0.0  
 OUTER RADIAL 400 1120 0.20582E+01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	0	0	0	0	0	0	0
4	0	572	572	571	569	566	563	562	561	465	467	467	0	0	0	0	0	0	0
5	0	639	639	637	635	633	630	629	628	512	512	512	0	0	0	0	0	0	0
6	0	705	705	703	701	698	696	694	693	579	579	579	0	0	0	0	0	0	0
7	0	770	770	768	766	764	761	760	759	646	645	645	0	0	0	0	0	0	0
8	0	813	813	812	811	810	809	808	807	707	707	707	0	0	0	0	0	0	0
9	0	866	866	866	865	864	862	861	860	767	767	767	0	0	0	0	0	0	0
10	0	926	926	925	924	923	921	920	919	826	826	826	0	0	0	0	0	0	0
11	0	985	985	984	984	982	981	980	979	885	885	885	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1045	1045	1044	1043	1042	1040	1039	1038	945	944	944	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1102	1102	1101	1100	1099	1097	1096	1095	1003	1001	1001	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1080	1080	1080	1080	1079	1079	1078	1078	1039	1038	1038	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1104	1104	1103	1103	1103	1102	1102	1101	1063	1063	1063	0	0	0	0	0	0	0
16	0	1128	1128	1128	1127	1127	1126	1126	1125	1087	1087	1087	0	0	0	0	0	0	0
17	0	1151	1151	1150	1150	1150	1149	1149	1148	1110	1110	1110	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1120	0	0	0	0	0	0	0	0	0

JAERI-M 8292

GROUP NO. 3

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES

	INLET		OUTLET		FLOW(KG/SEC)														
	INNER RADIAL	OUTER RADIAL	INNER RADIAL	OUTER RADIAL	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	400	400	1019	1019	0.17954E-01														

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402
4	0	545	545	544	542	540	538	537	536	536	537	536	439	441	441	441	441	441	441
5	0	603	603	601	600	598	596	595	594	594	595	594	497	497	497	497	497	497	497
6	0	659	659	658	656	654	653	652	651	651	655	655	555	555	555	555	555	555	555
7	0	712	712	711	709	707	705	704	703	703	703	613	612	612	612	612	612	612	612
8	0	752	752	751	750	749	748	747	747	747	747	666	666	666	666	666	666	666	666
9	0	802	802	802	801	800	799	798	798	798	798	717	717	717	717	717	717	717	717
10	0	854	854	853	852	851	850	849	849	849	849	768	768	768	768	768	768	768	768
11	0	905	905	904	904	903	902	901	900	900	900	819	819	819	819	819	819	819	819
12	0	956	956	955	955	954	953	952	951	951	951	869	869	869	869	869	869	869	869
13	0	1005	1005	1004	1003	1003	1001	1001	1000	1000	1000	919	918	918	918	918	918	918	918
14	0	986	986	986	986	986	985	985	984	984	984	971	971	971	971	971	971	971	971
15	0	1006	1006	1006	1006	1006	1005	1005	1004	1004	1004	971	971	971	971	971	971	971	971
16	0	1027	1027	1027	1027	1026	1026	1025	1025	1025	992	992	992	992	992	992	992	992	992
17	0	1046	1047	1046	1046	1046	1045	1045	1045	1045	1012	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
18	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
19	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1019	0	0	0	0	0	0	0

GROUP NO. 4

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES

	INLET		OUTLET		FLOW(KG/SEC)														
	INNER RADIAL	OUTER RADIAL	INNER RADIAL	OUTER RADIAL	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	400	400	1000	1000	0.16482E-01														

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3	0	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	402	403	403	403	403	403	403	403
4	0	538	538	537	536	534	532	531	531	531	531	438	441	441	441	441	441	441	441
5	0	591	591	589	588	586	585	584	583	583	583	495	495	495	495	495	495	495	495
6	0	647	647	646	644	643	641	640	639	639	639	551	551	551	551	551	551	551	551
7	0	703	703	702	700	699	697	696	695	695	695	607	607	607	607	607	607	607	607
8	0	742	742	741	741	740	739	738	737	737	737	659	658	658	658	658	658	658	658
9	0	791	791	790	790	789	788	787	787	787	787	708	708	708	708	708	708	708	708
10	0	841	841	840	839	839	838	837	836	836	836	757	757	757	757	757	757	757	757
11	0	890	890	890	889	889	887	887	886	886	886	806	806	806	806	806	806	806	806
12	0	940	940	939	939	938	937	936	935	935	935	855	855	855	855	855	855	855	855
13	0	987	987	986	986	985	984	983	983	983	983	903	902	902	902	902	902	902	902
14	0	969	969	969	968	968	968	967	967	967	967	933	933	933	933	933	933	933	933
15	0	988	988	988	988	987	987	987	986	986	986	953	953	953	953	953	953	953	953
16	0	1008	1008	1008	1008	1007	1007	1007	1006	1006	1006	973	973	973	973	973	973	973	973
17	0	1027	1027	1026	1026	1026	1025	1025	1025	1025	1025	992	992	992	992	992	992	992	992
18	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
19	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0

400 4 0.32227E-02 0.28048E+8

SMPF = 0.10791E-06	SMPT = 0.32316E-03	SFF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28028E+18
SMPF = 0.10791E-06	SMPT = 0.32316E-03	SFF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28028E+18
SMPF = 0.10791E-06	SMPT = 0.32316E-03	SFF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28028E+18
SMPF = 0.10791E-06	SMPT = 0.32316E-03	SFF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28028E+18
SMPF = 0.10791E-06	SMPT = 0.32316E-03	SFF1 = 0.0	SPT1 = 0.0	SPCR = 0.28028E+18

\*\*\*\* CASE-100 \*\*\* VHR MARK-3 CORE

\*\*\*\* ===== STEADY ===== HOLLOW ===== PAGE NO. 2

===== TEMPERATURE DISTRIBUTION OF EACH UNIT CELL =====

THE CURRENT TIME IS 0.2222 HR. OR 13.3333 MIN. OR 800.0000 SEC. 800 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

GROUP NO. 1

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES		FLOW(KG/SEC)		THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE															
INNER RADIAL	OUTER RADIAL	INLET	OUTLET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	400	0	1032	0.0	0.19500E-01	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
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	402	402	402	402	402	402	402
4	0	550	550	549	547	545	543	542	541	440	442	442	442	442	442	442	442	442	442
5	0	609	609	608	606	604	602	601	600	499	499	499	499	499	499	499	499	499	499
6	0	667	667	666	664	662	660	659	658	558	558	558	558	558	558	558	558	558	558
7	0	725	725	724	722	719	717	716	715	617	616	616	616	616	616	616	616	616	616
8	0	763	763	763	762	761	760	759	758	671	671	671	671	671	671	671	671	671	671
9	0	811	811	810	809	808	807	806	805	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724
10	0	863	863	863	862	861	860	859	858	776	776	776	776	776	776	776	776	776	776
11	0	916	916	915	914	913	912	911	910	828	828	828	828	828	828	828	828	828	828
12	0	968	968	967	967	966	964	963	963	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880
13	0	1018	1018	1017	1017	1016	1014	1013	1013	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
14	0	999	999	999	999	998	998	997	997	963	963	963	963	963	963	963	963	963	963
15	0	1020	1020	1019	1019	1019	1018	1018	1017	984	984	984	984	984	984	984	984	984	984
16	0	1041	1041	1040	1040	1040	1039	1039	1039	1005	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
17	0	1060	1060	1060	1060	1059	1059	1059	1058	1025	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
18	0	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032
19	0	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032	1032
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1032	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GROUP NO. 2

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES		FLOW(KG/SEC)		THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE															
INNER RADIAL	OUTER RADIAL	INLET	OUTLET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	400	0	1119	0.0	0.20582E-01	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
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	402	402	402	402	402	402	402
4	0	572	572	571	569	566	564	562	561	445	447	447	447	447	447	447	447	447	447
5	0	639	639	638	635	633	630	629	628	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
6	0	705	705	703	701	698	696	695	694	579	579	579	579	579	579	579	579	579	579
7	0	770	770	769	767	764	761	760	759	646	645	645	645	645	645	645	645	645	645
8	0	813	813	813	812	811	809	808	807	708	708	708	708	708	708	708	708	708	708
9	0	867	867	866	865	864	863	861	860	768	767	767	767	767	767	767	767	767	767
10	0	926	926	926	925	924	922	921	920	827	827	827	827	827	827	827	827	827	827
11	0	986	986	985	984	983	982	981	980	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
12	0	1046	1046	1045	1044	1043	1041	1040	1039	945	945	945	945	945	945	945	945	945	945
13	0	1102	1103	1102	1101	1100	1098	1097	1096	1003	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	0	1081	1081	1081	1081	1080	1079	1079	1079	1039	1039	1039	1039	1039	1039	1039	1039	1039	1039
15	0	1104	1104	1104	1104	1103	1103	1102	1102	1063	1063	1063	1063	1063	1063	1063	1063	1063	1063
16	0	1128	1128	1128	1128	1127	1127	1126	1126	1087	1087	1087	1087	1087	1087	1087	1087	1087	1087
17	0	1151	1151	1150	1150	1149	1149	1149	1148	1110	1109	1109	1109	1109	1109	1109	1109	1109	1109
18	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1118	1118	1118	1118	1118	1118	1118	1118	1118
19	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1119	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GROUP NO. 3

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES  
 INLET           OUTLET           FLOW(KG/SEC)  
 INNER RADIAL    0            0    0.0  
 OUTER RADIAL    400          1019 0.17954E-01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	0
4	0	545	545	544	542	540	538	537	536	439	441	441	0
5	0	603	603	602	600	598	596	595	594	497	497	497	0
6	0	659	659	658	657	655	653	652	651	555	555	555	0
7	0	712	712	711	709	707	706	705	704	613	613	613	0
8	0	752	752	751	751	750	749	748	747	666	666	666	0
9	0	803	803	802	802	801	800	799	798	717	717	717	0
10	0	854	854	854	853	852	851	850	849	768	768	768	0
11	0	905	905	905	904	903	902	901	901	819	819	819	0
12	0	957	957	956	955	954	953	952	952	870	870	870	0
13	0	1005	1005	1005	1004	1003	1002	1001	1000	920	918	918	0
14	0	987	987	987	986	986	986	985	985	951	950	950	0
15	0	1007	1007	1006	1006	1006	1005	1005	1005	971	971	971	0
16	0	1027	1027	1027	1027	1026	1026	1026	1025	992	992	992	0
17	0	1046	1046	1046	1046	1045	1045	1045	1044	1012	1011	1011	0
18	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1018	1018	0
19	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1019	0	0	0

GROUP NO. 4

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES  
 INLET           OUTLET           FLOW(KG/SEC)  
 INNER RADIAL    0            0    0.0  
 OUTER RADIAL    400          999 0.16482E-01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0
3	0	403	403	403	403	403	403	403	403	402	403	403	0
4	0	538	538	537	536	534	532	532	531	438	441	441	0
5	0	591	591	590	588	586	585	584	583	495	495	495	0
6	0	64	647	646	645	643	641	640	640	551	551	551	0
7	0	703	703	702	701	699	697	696	696	607	607	607	0
8	0	742	742	742	741	740	739	738	738	659	659	659	0
9	0	791	791	791	790	790	789	788	787	708	708	708	0
10	0	841	841	841	840	839	838	838	837	758	758	758	0
11	0	891	891	890	890	889	888	887	887	807	807	807	0
12	0	940	940	940	939	938	937	937	936	856	856	856	0
13	0	987	987	987	986	985	984	984	983	904	902	902	0
14	0	969	969	969	969	968	968	968	967	934	933	933	0
15	0	988	988	988	988	988	987	987	987	954	953	953	0
16	0	1008	1008	1008	1008	1007	1007	1007	1006	973	973	973	0
17	0	1026	1026	1026	1026	1026	1025	1025	1025	992	991	991	0
18	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	999	999	999	0
19	0	999	999	999	999	999	999	999	999	999	1000	1000	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	999	0	0	0

800

8

0.35487E-03

0.28028E+18

TO = 0.10000E-03 IT = 0 PER = -0.13468E+07 PINT = 0.0

	A	P1	P2	P1N	P2N
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.57000E+02	0.10267E+13	0.15380E+14	0.10267E+13	0.15380E+14
3	0.11400E+03	0.16740E+14	0.34229E+14	0.16740E+14	0.34229E+14
4	0.14250E+03	0.41063E+14	0.36033E+14	0.41063E+14	0.36033E+14
5	0.17100E+03	0.52691E+14	0.43439E+14	0.52691E+14	0.43439E+14
6	0.19950E+03	0.58633E+14	0.48313E+14	0.58633E+14	0.48313E+14
7	0.22800E+03	0.58342E+14	0.50281E+14	0.58342E+14	0.50281E+14
8	0.25650E+03	0.54964E+14	0.49687E+14	0.54964E+14	0.49687E+14
9	0.28500E+03	0.51760E+14	0.47079E+14	0.51760E+14	0.47079E+14
10	0.31350E+03	0.47759E+14	0.43476E+14	0.47759E+14	0.43476E+14
11	0.34200E+03	0.42899E+14	0.39068E+14	0.42899E+14	0.39068E+14
12	0.37050E+03	0.37212E+14	0.33991E+14	0.37212E+14	0.33991E+14
13	0.39900E+03	0.30465E+14	0.28655E+14	0.30465E+14	0.28655E+14
14	0.42750E+03	0.23914E+14	0.23226E+14	0.23914E+14	0.23226E+14
15	0.45600E+03	0.18255E+14	0.17919E+14	0.18255E+14	0.17919E+14
16	0.48450E+03	0.12697E+14	0.13258E+14	0.12697E+14	0.13258E+14
17	0.51300E+03	0.47680E+13	0.11375E+14	0.47680E+13	0.11375E+14
18	0.57000E+03	0.29244E+12	0.48790E+13	0.29244E+12	0.48790E+13
19	0.62700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
	MIDDLE	0.28278E+14	0.29167E+14		

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	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
3	0.12775E+08	0.93526E+08	0.12038E+09	0.16217E+10	0.65874E+10	0.24351E+10
4	0.41959E+08	0.30718E+09	0.39539E+09	0.53265E+10	0.21636E+11	0.79981E+10
5	0.50803E+08	0.37193E+09	0.47872E+09	0.64492E+10	0.26196E+11	0.96838E+10
6	0.56504E+08	0.41367E+09	0.53245E+09	0.71730E+10	0.29136E+11	0.10771E+11
7	0.55367E+08	0.40534E+09	0.52173E+09	0.70286E+10	0.28550E+11	0.10554E+11
8	0.51312E+08	0.37566E+09	0.48352E+09	0.65138E+10	0.26459E+11	0.97809E+10
9	0.48597E+08	0.35578E+09	0.45793E+09	0.61691E+10	0.25059E+11	0.92633E+10
10	0.44874E+08	0.32853E+09	0.42286E+09	0.56966E+10	0.23139E+11	0.85538E+10
11	0.40324E+08	0.29521E+09	0.37998E+09	0.51189E+10	0.20793E+11	0.76864E+10
12	0.35076E+08	0.25679E+09	0.33053E+09	0.44528E+10	0.18087E+11	0.66861E+10
13	0.28423E+08	0.20808E+09	0.26783E+09	0.36081E+10	0.14656E+11	0.54178E+10
14	0.22106E+08	0.16183E+09	0.20830E+09	0.28062E+10	0.11399E+11	0.42137E+10
15	0.17041E+08	0.12476E+09	0.16058E+09	0.21633E+10	0.87871E+10	0.32483E+10
16	0.12552E+08	0.91896E+08	0.11828E+09	0.15935E+10	0.64726E+10	0.23927E+10
17	0.34499E+07	0.25257E+08	0.32509E+08	0.43795E+09	0.17789E+10	0.65760E+09
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TIME	FAST FLUX AVE.	THERMAL FLUX AVE.	PERIOD					
0,10000E-03 SEC	PM1 = 0,28278E+14	PM2 = 0,29167E+14	PER = -0,13468E+07					
0,2802E+18	0,2802E+18	0,2802E+18	0,2802E+18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FLM1								
0,4698E+13	0,4748E+14	0,4650E+14	0,1812E+14	0,1338E+13	0,0	0,0	0,0	0,0
FLM2								
0,1625E+14	0,4251E+14	0,4213E+14	0,1860E+14	0,5283E+13	0,0	0,0	0,0	0,0

REGION = 1 AVERAGE TEMPERATURE = 401.413

REGION = 2 AVERAGE TEMPERATURE = 635.919

REGION = 3 AVERAGE TEMPERATURE = 889.308

REGION = 4 AVERAGE TEMPERATURE = 1030.371

REGION = 5 AVERAGE TEMPERATURE = 1033.046

PHISICAL CONSTANT AFTER CRITICAL CALCULATION

0,94077E+00	0,43365E-02	0,90000E+00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,81735E+00	0,16337E-03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,10582E+01	0,41351E-02	0,76989E+00	0,31291E-03	0,31180E-10	0,0	0,0
0,88801E+00	0,33853E-02	0,0	0,49364E-02	0,24300E+01	0,0	1
0,10584E+01	0,41407E-02	0,76271E+00	0,31229E-03	0,31180E-10	0,0	0,0
0,89500E+00	0,30358E-02	0,0	0,43487E-02	0,24300E+01	0,0	1
0,10585E+01	0,41436E-02	0,75900E+00	0,31197E-03	0,31180E-10	0,0	0,0
0,89849E+00	0,28301E-02	0,0	0,40049E-02	0,24300E+01	0,0	1
0,94077E+00	0,43365E-02	0,90000E+00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,81735E+00	0,16337E-03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

POWER OF CHANNEL

1	0,0	2	0,28632E+01	3	0,25370E+01	4	0,10286E+01	5	0,0
---	-----	---	-------------	---	-------------	---	-------------	---	-----



Table D.2 反应度相当毒物濃度計算例

```

*****
SCOTCH ... A COMBINED NEUTRON KINETICS, HEAT
TRANSFER AND FLOW DYNAMICS CODE
*****
*****
NEUTRON KINETICS IS SOLVED TO AXIAL DIRECTION
*****
**** CASE=100 ***  VHTR MARK=3 CORE          ****
*****          EXCESS REACTIVITY ESTIMATION  **

=====
CONFIGURATION OF UNIT CELL OF FUEL, COOLANT AND MODERATOR
=====

PRINT OF THE INPUT

                                PROPERTIES OF THE BLOCKS

BLOCK      LOW      HIGH      LOW      HIGH      SOLID      RADIAL      RADIAL      AXIAL      AXIAL
NUMBER     RADIAL     RADIAL     AXIAL     AXIAL     MATERIAL   GAP         GAP         GAP         GAP
          BOUNDARY BOUNDARY BOUNDARY BOUNDARY NUMBER THICKNESS MATERIAL THICKNESS MATERIAL

1 0,0      M, 0,90000E-02 M, 0,11400E+01 M, 0,51300E+01 M,      7 0,0      M,      0 0,0      M,      0
2 0,0      M, 0,23000E-01 M, 0,0      M, 0,11400E+01 M, 0,11400E+01 M,      1 0,0      M,      0 0,0      M,      0
3 0,90000E-02 M, 0,18000E-01 M, 0,11400E+01 M, 0,22800E+01 M,      2 0,10000E-03 M,      1 0,0      M,      0
4 0,18000E-01 M, 0,23000E-01 M, 0,11400E+01 M, 0,51300E+01 M,      6 0,0      M,      0 0,0      M,      0
5 0,90000E-02 M, 0,18000E-01 M, 0,22800E+01 M, 0,39900E+01 M,      3 0,10000E-03 M,      1 0,0      M,      0
6 0,23000E-01 M, 0,25000E-01 M, 0,0      M, 0,62700E+01 M,      7 0,0      M,      0 0,0      M,      0
7 0,25000E-01 M, 0,45000E-01 M, 0,0      M, 0,62700E+01 M,      6 0,0      M,      0 0,0      M,      0
8 0,90000E-02 M, 0,18000E-01 M, 0,39900E+01 M, 0,51300E+01 M,      4 0,10000E-03 M,      1 0,0      M,      0
9 0,0      M, 0,23000E-01 M, 0,51300E+01 M, 0,62700E+01 M,      5 0,0      M,      0 0,0      M,      0
    
```

RADIAL BOUNDARY ASSIGNMENTS

POINT NUMBER	POINT LOCATION	BOUNDARY LOCATION	GAP NUMBER
1	0,0 M ,	0,0 M ,	1
2	0,005 M ,	0,009 M ,	2
3	0,011 M ,		
4	0,013 M ,		
5	0,015 M ,		
6	0,017 M ,	0,018 M ,	3
7	0,019 M ,		
8	0,021 M ,		
9	0,022 M ,	0,023 M ,	4
10	0,024 M ,	0,025 M ,	5
11	0,030 M ,		
12	0,040 M ,	0,045 M ,	6
13	0,045 M ,		

(途中省略)

=== RESET DATA OUTPUT ===

TO = 0.0 IT = 0 PER = 0.0 PINT = 0.0

	A	P1	P2	P1N	P2N
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,57000E+02	0,10264E+13	0,15373E+14	0,10169E+13	0,15231E+14
3	0,11400E+03	0,16735E+14	0,34217E+14	0,16581E+14	0,33901E+14
4	0,14250E+03	0,41052E+14	0,36023E+14	0,40672E+14	0,35689E+14
5	0,17100E+03	0,52679E+14	0,43428E+14	0,52192E+14	0,43026E+14
6	0,19950E+03	0,58622E+14	0,48302E+14	0,58080E+14	0,47855E+14
7	0,22800E+03	0,58335E+14	0,50273E+14	0,57795E+14	0,49807E+14
8	0,25650E+03	0,54962E+14	0,49681E+14	0,54453E+14	0,49221E+14
9	0,28500E+03	0,51761E+14	0,47076E+14	0,51282E+14	0,46640E+14
10	0,31350E+03	0,47762E+14	0,43475E+14	0,47320E+14	0,43072E+14
11	0,34200E+03	0,42904E+14	0,39070E+14	0,42507E+14	0,38708E+14
12	0,37050E+03	0,37218E+14	0,33995E+14	0,36874E+14	0,33680E+14
13	0,39900E+03	0,30474E+14	0,28659E+14	0,30191E+14	0,28394E+14
14	0,42750E+03	0,23922E+14	0,23231E+14	0,23701E+14	0,23016E+14
15	0,45600E+03	0,18262E+14	0,17924E+14	0,18093E+14	0,17758E+14
16	0,48450E+03	0,12703E+14	0,13261E+14	0,12985E+14	0,13139E+14
17	0,51300E+03	0,47703E+13	0,11379E+14	0,47261E+13	0,11273E+14
18	0,57000E+03	0,29258E+12	0,48804E+13	0,28987E+12	0,48352E+13
19	0,62700E+03	0,0	0,0	0,0	0,0
	MIDDLE	0,28278E+14	0,29165E+14		

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	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
3	0,12771E+08	0,93498E+08	0,12034E+09	0,16212E+10	0,65854E+10	0,24344E+10
4	0,41948E+08	0,30710E+09	0,39528E+09	0,53251E+10	0,21630E+11	0,79960E+10
5	0,50791E+08	0,37184E+09	0,47861E+09	0,64477E+10	0,26190E+11	0,96816E+10
6	0,56494E+08	0,41359E+09	0,53235E+09	0,71716E+10	0,29131E+11	0,10769E+11
7	0,55361E+08	0,40530E+09	0,52167E+09	0,70278E+10	0,28547E+11	0,10553E+11
8	0,51310E+08	0,37564E+09	0,48330E+09	0,65136E+10	0,26458E+11	0,97806E+10
9	0,48598E+08	0,35578E+09	0,45794E+09	0,61692E+10	0,25059E+11	0,92635E+10
10	0,44878E+08	0,32855E+09	0,42289E+09	0,56970E+10	0,23141E+11	0,85544E+10
11	0,40329E+08	0,29525E+09	0,38003E+09	0,51196E+10	0,20796E+11	0,76874E+10
12	0,35083E+08	0,25684E+09	0,33059E+09	0,44536E+10	0,18090E+11	0,66873E+10
13	0,28431E+08	0,20814E+09	0,26791E+09	0,36091E+10	0,14660E+11	0,54193E+10
14	0,22114E+08	0,16190E+09	0,20838E+09	0,28072E+10	0,11403E+11	0,42153E+10
15	0,17048E+08	0,12481E+09	0,16065E+09	0,21642E+10	0,87909E+10	0,32496E+10
16	0,12558E+08	0,91939E+08	0,11834E+09	0,15942E+10	0,64756E+10	0,23938E+10
17	0,34516E+07	0,25269E+08	0,32525E+08	0,43816E+09	0,17798E+10	0,65792E+09
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\*\*\*\*\* CAUTION \*\*\*\*\*  
 HEAT TRANSFER TIME MESH IS MODIFIED BY  
 10000,0\*DELT ONLY IN STEADY STATE CALCULATION  
 OR EXCESS REACTIVITY ESTIMATION

=====

EXCESS REACTIVITY SEARCH START  
 ROU = -0,50000E-02 DEL K / K

=====

ROD POISON REGION = 1 2 3 4 5

=====

\*\*\*\* CASE-100 \*\*\* VHTR MARK-3 CORE

\*\*\*\* \*\*\*\*\* TRANSNT \*\*\*\*\* HOLLOW \*\*\*\*\* PAGE NO, 4

=====
   
 = TEMPERATURE DISTRIBUTION OF EACH UNIT CELL =
   
 =====

THE CURRENT TIME IS 0.2222 HR. OR 13.3333 MIN, OR 800.00000 SEC, 800 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

GROUP NO, 1

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES
   
 INLET           OUTLET           FLOW(KG/SEC)
   
 INNER RADIAL    0            0 0.0
   
 OUTER RADIAL    400          1033 0.19500E-01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	402	0	0	0	0	0	0
4	0	550	550	549	547	545	543	542	541	440	442	442	0	0	0	0	0	0	0
5	0	609	609	608	606	604	602	601	600	499	499	499	0	0	0	0	0	0	0
6	0	667	667	666	664	662	660	659	658	558	558	558	0	0	0	0	0	0	0
7	0	725	725	724	722	720	718	716	716	617	616	616	0	0	0	0	0	0	0
8	0	764	764	763	762	761	760	759	758	671	671	671	0	0	0	0	0	0	0
9	0	811	811	811	810	809	808	807	806	724	724	724	0	0	0	0	0	0	0
10	0	864	864	863	862	861	860	859	858	776	776	776	0	0	0	0	0	0	0
11	0	916	916	916	915	914	913	912	911	828	828	828	0	0	0	0	0	0	0
12	0	969	969	968	967	966	965	964	963	881	880	880	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1019	1019	1018	1017	1016	1015	1014	1014	932	931	931	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1000	1000	1000	999	999	998	998	998	963	963	963	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1020	1020	1020	1020	1019	1019	1018	1018	984	984	984	0	0	0	0	0	0	0
16	0	1041	1041	1041	1041	1040	1040	1039	1039	1005	1005	1005	0	0	0	0	0	0	0
17	0	1061	1061	1060	1060	1060	1059	1059	1059	1026	1025	1025	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1032	1032	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1032	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1033	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GROUP NO, 2

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES
   
 INLET           OUTLET           FLOW(KG/SEC)
   
 INNER RADIAL    0            0 0.0
   
 OUTER RADIAL    400          1119 0.20582E-01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0	0	0	0	0	0	0
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	0	0	0	0	0	0	0
4	0	572	573	571	569	566	564	562	561	445	447	447	0	0	0	0	0	0	0
5	0	639	639	638	636	633	630	629	628	512	512	512	0	0	0	0	0	0	0
6	0	705	705	703	701	699	696	695	694	579	579	579	0	0	0	0	0	0	0
7	0	771	771	769	767	764	762	760	759	646	646	646	0	0	0	0	0	0	0
8	0	814	814	813	812	811	809	808	807	708	708	708	0	0	0	0	0	0	0
9	0	867	867	867	866	865	863	862	861	768	768	768	0	0	0	0	0	0	0
10	0	927	927	926	925	924	923	922	921	827	827	827	0	0	0	0	0	0	0
11	0	987	987	986	985	984	982	981	980	887	887	887	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1046	1046	1046	1045	1044	1042	1041	1040	946	946	946	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1104	1104	1103	1102	1101	1099	1098	1097	1004	1003	1003	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1082	1082	1082	1081	1081	1080	1080	1079	1040	1040	1040	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1105	1105	1105	1104	1104	1103	1103	1102	1064	1064	1064	0	0	0	0	0	0	0
16	0	1129	1129	1128	1128	1128	1127	1127	1126	1088	1088	1088	0	0	0	0	0	0	0
17	0	1151	1151	1151	1150	1150	1149	1149	1148	1111	1110	1110	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	1119	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1119	0	0	0	0	0	0	0	0	0



JAERI-M 8292

TO = 0.10000E-03 IT = 0 PER = 0.38418E+07 PINT = 0.0

	A	P1	P2	P1N	P2N
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.57000E+02	0.10245E+13	0.14921E+14	0.10245E+13	0.14921E+14
3	0.11400E+03	0.16703E+14	0.33864E+14	0.16703E+14	0.33864E+14
4	0.14250E+03	0.41188E+14	0.35930E+14	0.41188E+14	0.35930E+14
5	0.17100E+03	0.53015E+14	0.43482E+14	0.53015E+14	0.43482E+14
6	0.19950E+03	0.59082E+14	0.48437E+14	0.59082E+14	0.48437E+14
7	0.22800E+03	0.58810E+14	0.50425E+14	0.58810E+14	0.50425E+14
8	0.25650E+03	0.55392E+14	0.49814E+14	0.55392E+14	0.49814E+14
9	0.28500E+03	0.52141E+14	0.47178E+14	0.52141E+14	0.47178E+14
10	0.31350E+03	0.48082E+14	0.43542E+14	0.48082E+14	0.43542E+14
11	0.34200E+03	0.43155E+14	0.39098E+14	0.43155E+14	0.39098E+14
12	0.37050E+03	0.37395E+14	0.33981E+14	0.37395E+14	0.33981E+14
13	0.39900E+03	0.30571E+14	0.28601E+14	0.30571E+14	0.28601E+14
14	0.42750E+03	0.23949E+14	0.23134E+14	0.23949E+14	0.23134E+14
15	0.45600E+03	0.18232E+14	0.17798E+14	0.18232E+14	0.17798E+14
16	0.48450E+03	0.12633E+14	0.13108E+14	0.12633E+14	0.13108E+14
17	0.51300E+03	0.47177E+13	0.11153E+14	0.47177E+13	0.11153E+14
18	0.57000E+03	0.28935E+12	0.46908E+13	0.28935E+12	0.46908E+13
19	0.62700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
	MIDDLE	0.28420E+14	0.29064E+14		

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	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
3	0.12706E+08	0.93017E+08	0.11973E+09	0.16129E+10	0.65516E+10	0.24219E+10
4	0.42066E+08	0.30797E+09	0.39640E+09	0.53401E+10	0.21691E+11	0.80185E+10
5	0.51126E+08	0.37429E+09	0.48177E+09	0.64902E+10	0.26363E+11	0.97455E+10
6	0.56954E+08	0.41696E+09	0.53669E+09	0.72301E+10	0.29368E+11	0.10856E+11
7	0.55822E+08	0.40867E+09	0.52601E+09	0.70863E+10	0.28784E+11	0.10640E+11
8	0.51714E+08	0.37860E+09	0.48731E+09	0.65648E+10	0.26666E+11	0.98575E+10
9	0.48955E+08	0.35840E+09	0.46131E+09	0.62146E+10	0.25244E+11	0.93316E+10
10	0.45179E+08	0.33076E+09	0.42573E+09	0.57353E+10	0.23297E+11	0.86119E+10
11	0.40566E+08	0.29699E+09	0.38226E+09	0.51497E+10	0.20918E+11	0.77326E+10
12	0.35249E+08	0.25806E+09	0.33216E+09	0.44747E+10	0.18176E+11	0.67191E+10
13	0.28519E+08	0.20879E+09	0.26874E+09	0.36203E+10	0.14706E+11	0.54361E+10
14	0.22135E+08	0.16205E+09	0.20858E+09	0.28099E+10	0.11414E+11	0.42192E+10
15	0.17015E+08	0.12457E+09	0.16034E+09	0.21600E+10	0.87740E+10	0.32434E+10
16	0.12477E+08	0.91342E+08	0.11757E+09	0.15839E+10	0.64336E+10	0.23783E+10
17	0.34001E+07	0.24892E+08	0.32040E+08	0.43163E+09	0.17533E+10	0.64812E+09
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TIME	FAST FLUX AVE.	THERMAL FLUX AVE.	PERIOD						
0.10000E-03 SEC	PM1 = 0.28420E+14	PM2 = 0.29064E+14	PER = 0.38418E+07						
BARRE									
0.2962E+18	0.2962E+18	0.2962E+18	0.2962E+18	0.2962E+18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FLM1									
0.4688E+13	0.4776E+14	0.4681E+14	0.1811E+14	0.1324E+13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FLM2									
0.1593E+14	0.4250E+14	0.4219E+14	0.1848E+14	0.5134E+13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

REGION = 1 AVERAGE TEMPERATURE = 401,414  
 REGION = 2 AVERAGE TEMPERATURE = 635,955  
 REGION = 3 AVERAGE TEMPERATURE = 889,780  
 REGION = 4 AVERAGE TEMPERATURE = 1030,488  
 REGION = 5 AVERAGE TEMPERATURE = 1033,193

PHISICAL CONSTANT AFTER CRITICAL CALCULATION

0,94077E+00	0,43365E-02	0,90000E+00	0,0	0,0	0,0
0,81735E+00	0,16337E-03	0,0	0,0	0,0	0,0
0,10582E+01	0,41351E-02	0,76989E+00	0,31291E-03	0,31180E-10	0,0
0,88801E+00	0,33853E-02	0,0	0,49364E-02	0,24300E+01	0,0
0,10584E+01	0,41407E-02	0,76270E+00	0,31229E-03	0,31180E-10	0,0
0,89501E+00	0,30352E-02	0,0	0,43479E-02	0,24300E+01	0,0
0,10585E+01	0,41436E-02	0,75900E+00	0,31197E-03	0,31180E-10	0,0
0,89850E+00	0,28298E-02	0,0	0,40044E-02	0,24300E+01	0,0
0,94077E+00	0,43365E-02	0,90000E+00	0,0	0,0	0,0
0,81735E+00	0,16337E-03	0,0	0,0	0,0	0,0

POWER OF CHANNEL

1	0,0	2	0,28836E+01	3	0,25412E+01	4	0,10220E+01	5	0,0
	REACTIVITY = -0,005000				MEAN LIFE = 0,000457				
	REACTIVITY = +0,005000				MEAN LIFE = 0,000454				
	REACTIVITY = -0,005000				MEAN LIFE = 0,000453				

PERTURBED REGIONS

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

POISON CONCENTRATION

0,15940E+17	0,15940E+17	0,15940E+17	0,15940E+17	0,15940E+17
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Table D.3 制御棒引き抜き事故解析例

```

*****
SCOTCH ... A COMBINED NEUTRON KINETICS, HEAT
TRANSFER AND FLOW DYNAMICS CODE
*****
*****
NEUTRON KINETICS IS SOLVED TO AXIAL DIRECTION
*****
**** CASE=100 *** VHR MARK=3 CORE *****
***** REACTIVITY ACCIDENT RUM= 0.005 DELTA/K **
*****
=====
CONFIGURATION OF UNIT CELL OF FUEL, COOLANT AND MODERATOR
=====
PRINT OF THE INPUT

                                PROPERTIES OF THE BLOCKS

BLOCK      LOW      HIGH      LOW      HIGH      SOLID      RADIAL      RADIAL      AXIAL      AXIAL
NUMBER     RADIAL    RADIAL    AXIAL    AXIAL    MATERIAL   GAP        GAP        GAP        GAP
           BOUNDARY BOUNDARY BOUNDARY BOUNDARY NUMBER THICKNESS MATERIAL THICKNESS MATERIAL

1 0.0      M. 0.90000E-02 M. 0.11400E+01 M. 0.51500E+01 M.      7 0.0      M.      0 0.0      M.      0
2 0.0      M. 0.23000E-01 M. 0.0          M. 0.11400E+01 M.      1 0.0      M.      0 0.0      M.      0
3 0.90000E-02 M. 0.18000E-01 M. 0.11400E+01 M. 0.22800E+01 M.      2 0.10000E-03 M.      1 0.0      M.      0
4 0.18000E-01 M. 0.23000E-01 M. 0.11400E+01 M. 0.51500E+01 M.      6 0.0      M.      0 0.0      M.      0
5 0.90000E-02 M. 0.18000E-01 M. 0.22800E+01 M. 0.39900E+01 M.      3 0.10000E-03 M.      1 0.0      M.      0
6 0.23000E-01 M. 0.25000E-01 M. 0.0          M. 0.62700E+01 M.      7 0.0      M.      0 0.0      M.      0
7 0.25000E-01 M. 0.45000E-01 M. 0.0          M. 0.62700E+01 M.      6 0.0      M.      0 0.0      M.      0
8 0.90000E-02 M. 0.18000E-01 M. 0.39900E+01 M. 0.51500E+01 M.      4 0.10000E-03 M.      1 0.0      M.      0
9 0.0      M. 0.23000E-01 M. 0.51500E+01 M. 0.62700E+01 M.      5 0.0      M.      0 0.0      M.      0
    
```

RADIAL BOUNDARY ASSIGNMENTS

POINT NUMBER	POINT LOCATION	BOUNDARY LOCATION	GAP NUMBER
1	0.0 M.	0.0 M.	1
2	0.005 M.	0.009 M.	2
3	0.011 M.		
4	0.013 M.		
5	0.015 M.		
6	0.017 M.	0.018 M.	3
7	0.019 M.		
8	0.021 M.		
9	0.022 M.	0.023 M.	4
10	0.024 M.	0.025 M.	5
11	0.030 M.		
12	0.040 M.	0.045 M.	6
13	0.045 M.		

(途中省略)





=====

JOB CONTROL DATA

=====

PROBLEM TERMINATION TIME (SEC) ----- 2800.00  
 INITIAL TIME STEP (SEC) ----- 0.0  
 MINIMUM TIME STEP (SEC) ----- 0.0  
 TEMPERATURE MAP PRINT FREQUENCY (SEC) ----- 10.00

TIME MESH CRITERIA FROM (SEC.)	TO (SEC.)	MAX TIME BETWEEN RAT CALC (SEC)
0.0	0.000	0.000001
0.000	2.000	0.000010
2.000	150.000	0.000100
150.000	2800.000	0.000100

=====

NEUTRON KINETIC DATA

CROSS SECTION AND THE TEMP. COEFFICIENTS

=====

MARK-3 REACTIVITY ACCIDENT

=====

RATIO OF NET FUEL VOLUME TO ACTUAL CORE VOLUME

RATIO = 0.91745E+01

=====

REGION NUMBER	VOLUME (CM**2) IN EACH REGION VOLUME
1	0.11400E+03
2	0.11400E+03
3	0.17100E+03
4	0.11400E+03
5	0.11400E+03

\*\*THIS VOLUME IS TO UNIT CROSS SECTION OF CORE\*\*

=== RESET DATA OUTPUT ===

PM1, PM2, PMPT =  
0.28277633E+14 0.29167336E+14 0.29167336E+14

P1(I) =  
0.0 0.10267351E+13 0.16740239E+14 0.41062599E+14 0.52690945E+14 0.58632815E+14 0.58341884E+14 0.54964261E+14  
0.51760351E+14 0.47758509E+14 0.42898535E+14 0.37211573E+14 0.30465326E+14 0.23913631E+14 0.18254678E+14 0.12696818E+14  
0.47680123E+13 0.29243843E+12 0.0

P2(I) =  
0.0 0.15379555E+14 0.34228628E+14 0.36033059E+14 0.43439027E+14 0.48312519E+14 0.50280912E+14 0.49687076E+14  
0.47078877E+14 0.43475503E+14 0.39068205E+14 0.33991473E+14 0.28654729E+14 0.23226252E+14 0.17918808E+14 0.13257545E+14  
0.11375093E+14 0.48790262E+13 0.0

C(K,I) =  
0.0 0.0 0.12775068E+08 0.41959181E+08 0.50802665E+08 0.56504387E+08 0.55367215E+08 0.51312186E+08  
0.48596786E+08 0.44874474E+08 0.40324086E+08 0.35076429E+08 0.28422698E+08 0.22105548E+08 0.17040853E+08 0.12552434E+08  
0.34498860E+07 0.0 0.0 0.0 0.0 0.93526242E+08 0.30718306E+09 0.37192619E+09  
0.41366848E+09 0.40534325E+09 0.37565639E+09 0.35577695E+09 0.32852592E+09 0.29521254E+09 0.25679445E+09 0.20808250E+09  
0.16183466E+09 0.12475604E+09 0.91896338E+08 0.25256608E+08 0.0 0.0 0.0 0.0  
0.12038119E+09 0.39538702E+09 0.47872037E+09 0.53244846E+09 0.52173274E+09 0.48352166E+09 0.45793408E+09 0.42285822E+09  
0.37997930E+09 0.33052993E+09 0.26783092E+09 0.20830356E+09 0.16057825E+09 0.11828328E+09 0.32508742E+08 0.0  
0.0 0.0 0.0 0.16217326E+10 0.53265134E+10 0.64491507E+10 0.71729564E+10 0.70285980E+10  
0.65138319E+10 0.61691251E+10 0.56965957E+10 0.51189462E+10 0.44527817E+10 0.36081229E+10 0.28061916E+10 0.21632531E+10  
0.15934703E+10 0.43794622E+09 0.0 0.0 0.0 0.0 0.65874418E+10 0.21636179E+11  
0.26196307E+11 0.29136390E+11 0.28550009E+11 0.26459041E+11 0.25058849E+11 0.23139445E+11 0.20793046E+11 0.18087100E+11  
0.14696115E+11 0.11398688E+11 0.87870861E+10 0.64726409E+10 0.17789278E+10 0.0 0.0 0.0  
0.0 0.24351302E+10 0.79980842E+10 0.96837924E+10 0.10770631E+11 0.10553868E+11 0.97809152E+10 0.92633170E+10  
0.85537853E+10 0.76864093E+10 0.66861229E+10 0.54178163E+10 0.42136675E+10 0.32482563E+10 0.23926927E+10 0.65760291E+09  
0.0 0.0

TN1(I) =  
0.0 0.10986277E+13 0.13436301E+14 0.21968914E+14 0.28190199E+14 0.31369162E+14 0.31213511E+14 0.29406448E+14  
0.27692323E+14 0.23551297E+14 0.22951161E+14 0.19908577E+14 0.16299266E+14 0.12794041E+14 0.97664425E+13 0.67929284E+13  
0.38264043E+13 0.31291521E+12 0.0

TN2(I) =  
0.0 0.48101189E+12 0.80290251E+12 0.56348608E+12 0.67930086E+12 0.75551268E+12 0.78629447E+12 0.77700806E+12  
0.73622098E+12 0.67987131E+12 0.61094985E+12 0.53155976E+12 0.44810359E+12 0.36321289E+12 0.28021492E+12 0.20732193E+12  
0.26682614E+12 0.19259675E+12 0.0

TMED(M,1), TMED(M,2) =  
0.40141335E+03 0.40141541E+03 0.63591902E+03 0.55267589E+03 0.88930791E+03 0.82104791E+03 0.10303714E+04 0.10021223E+04  
0.10330460E+04 0.10328792E+04

SPCR =  
0.28021139E+18

NCOSTR = 0

JAERI-M 8292

TO = 0.0 IT = 0 PER = 0.0 PINT = 0.0

	A	P1	P2	P1N	P2N
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.57000E+02	0.10267E+13	0.15380E+14	0.10267E+13	0.15380E+14
3	0.11400E+03	0.16740E+14	0.34229E+14	0.16740E+14	0.34229E+14
4	0.14250E+03	0.41063E+14	0.36033E+14	0.41063E+14	0.36033E+14
5	0.17100E+03	0.52691E+14	0.43439E+14	0.52691E+14	0.43439E+14
6	0.19950E+03	0.58633E+14	0.48313E+14	0.58633E+14	0.48313E+14
7	0.22800E+03	0.58342E+14	0.50281E+14	0.58342E+14	0.50281E+14
8	0.25650E+03	0.54964E+14	0.49687E+14	0.54964E+14	0.49687E+14
9	0.28500E+03	0.51760E+14	0.47079E+14	0.51760E+14	0.47079E+14
10	0.31350E+03	0.47759E+14	0.43476E+14	0.47759E+14	0.43476E+14
11	0.34200E+03	0.42899E+14	0.39068E+14	0.42899E+14	0.39068E+14
12	0.37050E+03	0.37212E+14	0.33991E+14	0.37212E+14	0.33991E+14
13	0.39900E+03	0.30465E+14	0.28655E+14	0.30465E+14	0.28655E+14
14	0.42750E+03	0.23914E+14	0.23226E+14	0.23914E+14	0.23226E+14
15	0.45600E+03	0.18255E+14	0.17919E+14	0.18255E+14	0.17919E+14
16	0.48450E+03	0.12697E+14	0.13258E+14	0.12697E+14	0.13258E+14
17	0.51300E+03	0.47680E+13	0.11375E+14	0.47680E+13	0.11375E+14
18	0.57000E+03	0.29244E+12	0.48790E+13	0.29244E+12	0.48790E+13
19	0.62700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
	MIDDLE	0.28278E+14	0.29167E+14		

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	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
3	0.12775E+08	0.93526E+09	0.12038E+09	0.16217E+10	0.65874E+10	0.24351E+10
4	0.41959E+08	0.30718E+09	0.39539E+09	0.53265E+10	0.21636E+11	0.79981E+10
5	0.50803E+08	0.37193E+09	0.47872E+09	0.64492E+10	0.26196E+11	0.96838E+10
6	0.56504E+08	0.41367E+09	0.53245E+09	0.71730E+10	0.29136E+11	0.10771E+11
7	0.55367E+08	0.40534E+09	0.52173E+09	0.70286E+10	0.28550E+11	0.10554E+11
8	0.51312E+08	0.37566E+09	0.48352E+09	0.65138E+10	0.26459E+11	0.97809E+10
9	0.48597E+08	0.35578E+09	0.45793E+09	0.61691E+10	0.25059E+11	0.92633E+10
10	0.44874E+08	0.32853E+09	0.42286E+09	0.56966E+10	0.23139E+11	0.85538E+10
11	0.40324E+08	0.29521E+09	0.37998E+09	0.51189E+10	0.20793E+11	0.76864E+10
12	0.35076E+08	0.25679E+09	0.33053E+09	0.44528E+10	0.18087E+11	0.66861E+10
13	0.28423E+08	0.20808E+09	0.26783E+09	0.36081E+10	0.14656E+11	0.54178E+10
14	0.22106E+08	0.16183E+09	0.20830E+09	0.28062E+10	0.11399E+11	0.42137E+10
15	0.17041E+08	0.12476E+09	0.16058E+09	0.21633E+10	0.87871E+10	0.32483E+10
16	0.12552E+08	0.91896E+08	0.11828E+09	0.15935E+10	0.64726E+10	0.23927E+10
17	0.34499E+07	0.25257E+08	0.32509E+08	0.43795E+09	0.17789E+10	0.65760E+09
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*\*\*\* CASE-100 \*\*\* VHTR MARK-3 CORE

\*\*\*\* \*\*\*\*\* TRANSNT \*\*\*\*\* HOLLOW \*\*\*\*\* PAGE NO. 3

=====
   
TEMPERATURE DISTRIBUTION OF EACH UNIT CELL
   
=====

THE CURRENT TIME IS 0.0000 HR. OR 0.0000 MIN. OR 0.00010 SEC. 1 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

GROUP NO. 1

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES		THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE													
		INLET		OUTLET		FLOW(KG/SEC)									
INNER RADIAL	OUTER RADIAL	0	400	0	1033	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.19500E-01													
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0	
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	402	0	
4	0	550	550	549	547	545	543	542	541	440	442	442	442	0	
5	0	609	609	608	606	604	602	601	600	499	499	499	499	0	
6	0	667	667	666	664	662	660	659	658	558	558	558	558	0	
7	0	725	725	724	722	720	718	716	716	617	616	616	616	0	
8	0	763	763	763	762	761	760	759	758	671	671	671	671	0	
9	0	811	811	810	810	809	807	806	806	724	724	724	724	0	
10	0	863	863	863	862	861	860	859	858	776	776	776	776	0	
11	0	916	916	915	914	913	912	911	910	828	828	828	828	0	
12	0	968	968	968	967	966	965	964	963	880	880	880	880	0	
13	0	1018	1018	1018	1017	1016	1014	1013	1013	931	931	930	930	0	
14	0	1000	1000	999	999	999	998	998	997	963	962	962	962	0	
15	0	1019	1020	1020	1020	1019	1019	1018	1018	984	984	984	984	0	
16	0	1041	1041	1041	1041	1040	1040	1039	1039	1005	1005	1005	1005	0	
17	0	1060	1061	1061	1060	1059	1059	1058	1058	1025	1025	1025	1025	0	
18	0	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1033	1032	1033	1033	1033	1033	0	
19	0	1033	1033	1033	1033	1033	1032	1033	1032	1033	1033	1033	1033	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1033	0	0	0	0	

GROUP NO. 2

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES		THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE													
		INLET		OUTLET		FLOW(KG/SEC)									
INNER RADIAL	OUTER RADIAL	0	400	0	1119	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.20582E-01													
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	
2	0	400	403	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0	
3	0	403	403	403	403	403	403	402	402	401	402	402	402	0	
4	0	572	572	571	569	566	564	562	561	445	447	447	447	0	
5	0	639	639	638	636	633	630	629	628	512	512	512	512	0	
6	0	705	705	703	701	698	696	695	694	579	579	579	579	0	
7	0	770	770	769	767	764	762	760	759	646	646	646	646	0	
8	0	813	814	813	812	811	809	808	807	708	708	708	708	0	
9	0	867	867	866	865	864	863	862	861	768	768	768	768	0	
10	0	927	927	926	925	924	922	921	920	827	827	827	827	0	
11	0	986	986	986	985	983	982	981	980	886	886	886	886	0	
12	0	1045	1046	1045	1044	1043	1041	1040	1040	946	945	945	945	0	
13	0	1102	1103	1102	1101	1100	1098	1097	1097	1004	1003	1003	1003	0	
14	0	1082	1082	1081	1081	1080	1080	1079	1079	1040	1039	1039	1039	0	
15	0	1104	1105	1105	1104	1104	1103	1103	1102	1064	1063	1064	1064	0	
16	0	1128	1129	1129	1128	1128	1127	1127	1126	1088	1088	1088	1088	0	
17	0	1151	1151	1151	1150	1150	1149	1149	1148	1111	1109	1109	1109	0	
18	0	1120	1120	1119	1119	1119	1120	1119	1119	1119	1118	1118	1118	0	
19	0	1119	1119	1119	1119	1119	1118	1119	1119	1119	1119	1119	1119	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1119	0	0	0	0	

GROUP NO. 3

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES  
 INLET            OUTLET            FLOW(KG/SEC)  
 INNER RADIAL    0                    0 0.0  
 OUTER RADIAL    400                  1019 0.17954E-01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0
3	0	402	402	402	402	402	402	402	402	401	402	402	0
4	0	545	545	544	542	540	538	537	537	439	441	441	0
5	0	603	603	602	600	598	596	595	594	497	497	497	0
6	0	660	660	658	657	655	653	652	651	555	555	555	0
7	0	712	712	711	710	707	706	705	704	613	613	613	0
8	0	752	752	751	751	750	749	748	747	667	666	666	0
9	0	803	803	802	802	801	800	799	798	718	718	718	0
10	0	854	854	854	853	852	851	850	850	769	769	769	0
11	0	906	906	905	904	904	902	902	901	820	820	820	0
12	0	957	957	956	956	955	954	953	952	870	870	870	0
13	0	1005	1005	1005	1004	1004	1002	1001	1001	920	919	919	0
14	0	987	987	987	987	986	986	986	985	951	950	950	0
15	0	1007	1007	1007	1007	1006	1006	1006	1005	972	972	972	0
16	0	1027	1028	1028	1027	1027	1026	1026	1025	992	992	992	0
17	0	1046	1047	1047	1046	1046	1045	1045	1045	1012	1011	1010	0
18	0	1020	1019	1020	1020	1019	1020	1019	1019	1019	1019	1019	0
19	0	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1019	0	0	0

GROUP NO. 4

RESULTS

COOLANT TEMPERATURES  
 INLET            OUTLET            FLOW(KG/SEC)  
 INNER RADIAL    0                    0 0.0  
 OUTER RADIAL    400                  999 0.16482E-01

THE TEMPERATURES ARE IN DEGREES CENTIGRADE

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0
2	0	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	0
3	0	403	403	403	403	403	403	403	402	402	403	403	0
4	0	538	538	537	536	534	532	532	531	438	441	441	0
5	0	591	591	590	588	586	585	584	583	495	495	495	0
6	0	647	647	646	645	643	641	640	640	551	551	551	0
7	0	703	703	702	701	699	697	697	696	607	607	607	0
8	0	742	742	742	741	740	739	739	738	659	659	659	0
9	0	792	792	791	791	790	789	788	787	708	708	708	0
10	0	841	841	841	840	839	838	838	837	758	758	758	0
11	0	891	891	891	890	889	888	887	887	807	807	807	0
12	0	941	941	940	940	939	938	937	936	856	856	856	0
13	0	988	988	987	987	986	985	984	983	904	903	903	0
14	0	970	970	969	969	969	968	968	968	934	933	933	0
15	0	989	989	988	988	988	987	987	987	954	954	954	0
16	0	1008	1009	1009	1008	1008	1007	1007	1006	974	974	974	0
17	0	1026	1027	1027	1026	1026	1026	1025	1025	993	992	992	0
18	0	1000	999	999	1000	1000	1000	999	1000	999	999	999	0
19	0	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	999	0	0	0

TO = 0.10000E-03 IT = 1 PER = 0.23718E+03 PINT = 0.29167E+10

	A	P1	P2	P1N	P2N					
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
2	0.57000E+02	0.10267E+13	0.15380E+14	0.10267E+13	0.15380E+14					
3	0.11400E+03	0.16740E+14	0.34229E+14	0.16740E+14	0.34229E+14					
4	0.14250E+03	0.41063E+14	0.36033E+14	0.41062E+14	0.36033E+14					
5	0.17100E+03	0.52691E+14	0.43439E+14	0.52691E+14	0.43439E+14					
6	0.19950E+03	0.58633E+14	0.48313E+14	0.58633E+14	0.48312E+14					
7	0.22800E+03	0.58342E+14	0.50281E+14	0.58342E+14	0.50281E+14					
8	0.25650E+03	0.54964E+14	0.49687E+14	0.54964E+14	0.49687E+14					
9	0.28500E+03	0.51760E+14	0.47079E+14	0.51760E+14	0.47079E+14					
10	0.31350E+03	0.47759E+14	0.43476E+14	0.47758E+14	0.43476E+14					
11	0.34200E+03	0.42899E+14	0.39068E+14	0.42898E+14	0.39068E+14					
12	0.37050E+03	0.37212E+14	0.33992E+14	0.37211E+14	0.33991E+14					
13	0.39900E+03	0.30465E+14	0.28655E+14	0.30465E+14	0.28655E+14					
14	0.42750E+03	0.23914E+14	0.23226E+14	0.23914E+14	0.23226E+14					
15	0.45600E+03	0.18255E+14	0.17919E+14	0.18255E+14	0.17919E+14					
16	0.48450E+03	0.12697E+14	0.13257E+14	0.12697E+14	0.13257E+14					
17	0.51300E+03	0.47680E+13	0.11375E+14	0.47680E+13	0.11375E+14					
18	0.57000E+03	0.29244E+12	0.48790E+13	0.29244E+12	0.48790E+13					
19	0.62700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0					
	MIDDLE	0.28278E+14	0.29167E+14							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6				
1	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				
3	0.12775E+08	0.93526E+08	0.12038E+09	0.16217E+10	0.65874E+10	0.24351E+10				
4	0.41959E+08	0.30718E+09	0.39539E+09	0.53265E+10	0.21636E+11	0.79981E+10				
5	0.50803E+08	0.37193E+09	0.47872E+09	0.64492E+10	0.26196E+11	0.96838E+10				
6	0.56504E+08	0.41367E+09	0.53245E+09	0.71730E+10	0.29136E+11	0.10771E+11				
7	0.55367E+08	0.40534E+09	0.52173E+09	0.70286E+10	0.28550E+11	0.10554E+11				
8	0.51312E+08	0.37566E+09	0.48352E+09	0.65138E+10	0.26459E+11	0.97809E+10				
9	0.48597E+08	0.35578E+09	0.45793E+09	0.61691E+10	0.25059E+11	0.92633E+10				
10	0.44874E+08	0.32853E+09	0.42286E+09	0.56966E+10	0.23139E+11	0.85538E+10				
11	0.40324E+08	0.29521E+09	0.37998E+09	0.51189E+10	0.20793E+11	0.76864E+10				
12	0.35076E+08	0.25679E+09	0.33053E+09	0.44528E+10	0.18087E+11	0.66861E+10				
13	0.28423E+08	0.20808E+09	0.26783E+09	0.36081E+10	0.14656E+11	0.54178E+10				
14	0.22106E+08	0.16183E+09	0.20830E+09	0.28062E+10	0.11399E+11	0.42137E+10				
15	0.17041E+08	0.12476E+09	0.16058E+09	0.21633E+10	0.87871E+10	0.32483E+10				
16	0.12552E+08	0.91896E+08	0.11828E+09	0.15935E+10	0.64726E+10	0.23927E+10				
17	0.34499E+07	0.25257E+08	0.32509E+08	0.43795E+09	0.17789E+10	0.65760E+09				
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				

TIME	FAST FLUX AVE.	PERIOD	PER						
0.10000E-03 SEC	PM1 = 0.28278E+14	PM2 = 0.29167E+14	PER = 0.23718E+03						
BARRE									
0.2802E+18	0.2802E+18	0.2802E+18	0.2802E+18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FLM1									
0.4698E+13	0.4748E+14	0.4650E+14	0.1812E+14	0.1338E+13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FLM2									
0.1625E+14	0.4251E+14	0.4213E+14	0.1860E+14	0.5283E+13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

JAERI-M 8292

TO = 0.51000E+02 IT = 51 PER = 0.50308E+01 PINT = 0.14879E+12

	A	P1	P2	P1N	P2N
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.57000E+02	0.10272E+13	0.15395E+14	0.10267E+13	0.15386E+14
3	0.11400E+03	0.16749E+14	0.34252E+14	0.16740E+14	0.34234E+14
4	0.14250E+03	0.41083E+14	0.36054E+14	0.41061E+14	0.36035E+14
5	0.17100E+03	0.52715E+14	0.43463E+14	0.52686E+14	0.43439E+14
6	0.19950E+03	0.58659E+14	0.48338E+14	0.58627E+14	0.48311E+14
7	0.22800E+03	0.58367E+14	0.50307E+14	0.58335E+14	0.50280E+14
8	0.25650E+03	0.54988E+14	0.49713E+14	0.54958E+14	0.49686E+14
9	0.28500E+03	0.51783E+14	0.47104E+14	0.51755E+14	0.47078E+14
10	0.31350E+03	0.47780E+14	0.43499E+14	0.47753E+14	0.43475E+14
11	0.34200E+03	0.42918E+14	0.39089E+14	0.42894E+14	0.39068E+14
12	0.37050E+03	0.37228E+14	0.34010E+14	0.37208E+14	0.33991E+14
13	0.39900E+03	0.30480E+14	0.28671E+14	0.30463E+14	0.28655E+14
14	0.42750E+03	0.23925E+14	0.23239E+14	0.23912E+14	0.23227E+14
15	0.45600E+03	0.14264E+14	0.17930E+14	0.18254E+14	0.17920E+14
16	0.48450E+03	0.12704E+14	0.13266E+14	0.12697E+14	0.13259E+14
17	0.51300E+03	0.47709E+13	0.11384E+14	0.47683E+13	0.11378E+14
18	0.57000E+03	0.29260E+12	0.49842E+13	0.29244E+12	0.48815E+13
19	0.62700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
	MIDDLE	0.29291E+14	0.29185E+14		

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	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
3	0.12775E+08	0.93526E+08	0.12038E+09	0.16217E+10	0.65874E+10	0.24351E+10
4	0.41959E+08	0.30718E+09	0.39539E+09	0.53265E+10	0.21636E+11	0.79981E+10
5	0.50803E+08	0.37193E+09	0.47872E+09	0.64492E+10	0.26196E+11	0.96838E+10
6	0.56505E+08	0.41367E+09	0.53245E+09	0.71730E+10	0.29136E+11	0.10771E+11
7	0.55367E+08	0.40534E+09	0.52173E+09	0.70286E+10	0.28550E+11	0.10554E+11
8	0.51312E+08	0.37566E+09	0.48352E+09	0.65138E+10	0.26459E+11	0.97809E+10
9	0.48597E+08	0.35578E+09	0.45794E+09	0.61691E+10	0.25059E+11	0.92633E+10
10	0.44875E+08	0.32853E+09	0.42286E+09	0.56966E+10	0.23139E+11	0.85538E+10
11	0.40324E+08	0.29521E+09	0.37998E+09	0.51189E+10	0.20793E+11	0.76864E+10
12	0.35077E+08	0.25679E+09	0.33053E+09	0.44528E+10	0.18087E+11	0.66861E+10
13	0.28423E+08	0.20808E+09	0.26783E+09	0.36081E+10	0.14656E+11	0.54178E+10
14	0.22106E+08	0.16183E+09	0.20830E+09	0.28062E+10	0.11399E+11	0.42137E+10
15	0.17041E+08	0.12476E+09	0.16058E+09	0.21633E+10	0.87871E+10	0.32483E+10
16	0.12552E+08	0.91896E+08	0.11828E+09	0.15935E+10	0.64726E+10	0.23927E+10
17	0.34499E+07	0.25257E+08	0.32509E+08	0.43795E+09	0.17789E+10	0.65760E+09
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TIME	FAST FLUX AVE.	THERMAL FLUX AVE.	PERIOD	PER					
0.51000E+02 SEC	PM1 = 0.29291E+14	PM2 = 0.29185E+14		PER = 0.50308E+01					
0.2799E+18	0.2799E+18	0.2799E+18	0.2799E+18	0.2799E+18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.4701E+13	0.4750E+14	0.4652E+14	0.1813E+14	0.1339E+13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1626E+14	0.4275E+14	0.4215E+14	0.1862E+14	0.2288E+13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

STEP NO. 1 TIME 5.10000E-03 SEC

\*\*\*\*\* M U L T I C H A N N E L \*\*\*\*\*

GROUP NO.	NO. OF CHN4L	MASS FLOW RATE (KG/SEC)	ACCE.	FRIC.	PRESSURE (KG/CM2)	DROP HEAD	TOTAL	ORIFICE CO-EFF.
1	3	1.9500E-02	1.4591E-02	8.0690E-01	-1.4064E-03	8.2008E-01	-1.4959E+06	
2	216	2.0586E-02	1.8465E-02	9.3848E-01	-1.3586E-03	9.5558E-01	-1.0348E+07	
3	18	1.7957E-02	1.2102E-02	6.9239E-01	-1.4140E-03	7.0307E-01	8.5241E+06	
4	576	1.6482E-02	9.8804E-03	5.8839E-01	-1.4251E-03	5.9684E-01	2.1133E+07	
TOTAL		1.432E+01						

***** PLENUM *****		UPPER	DOWN
DISTURBANCE FLOW (KG/SEC)	-----	14.330	14.330
TEMP. (DEG-C)	-----	400.000	1037.804
TEMPERATURE (DEG-C)	-----	400.000	1037.804
PRESSURE (KG/CM2)	-----	40.6999998	39.8999996
INCREMENT (MOL)	-----	7.9596E-09	-7.9596E-09
TOTAL INVENTORY (MOL)	-----	71.31467	17.94948
TOTAL WEIGHT (KG)	-----	285.25869	71.79792