

JAERI-M

8553

対配置制御棒反応度価値解析用  
コードDIRKの使用マニュアル

1979年11月

新藤 隆一・平野 光将・深井 佑造\*・長浜 文夫\*

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.

対配置制御棒反応度値解析用コードDIRKの使用マニュアル

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部

新藤隆一・平野光将・深井佑造<sup>\*</sup>・長浜文夫<sup>\*</sup>

(1979年10月16日受理)

多目的実験炉の炉心では2本の制御棒が対配置されるが、このような場合、制御棒の反応度値の評価には対となる制御棒間の相互干渉効果のため高度の解析手法が必要になることから、本コードが開発された。

本コードは、双子型に制御棒が配置された制御棒領域と、その周囲の均質な燃料領域とからなる格子系を対象とするもので、中性子輸送は制御棒領域では衝突確率法で、外周の燃料領域では拡散近似で扱われる。

本コードは、これまで多目的実験炉の炉心設計の一環として、双子型制御棒体系における配置効果の検討に使用されてきている。

---

\* 東京芝浦電機(株)

User's Manual of Code DIRK for Predicting  
the Reactivity Worth of Control Rods in  
Twin Configuration

Ryuiti SHINDO, Mitsumasa HIRANO, Yuzo FUKAI\*  
and Fumio NAGAHAMA\*

Division of Power Reactor Projects, JAERI

(Received October 16, 1979)

In the Experimental Multi-Purpose VHTR, control rods are arranged in twin configuration. Therefore, an advanced analytical method is required to predict the reactivity worth of control rods including the mutual interference effect due to the twin configuration. The code DIRK was developed as an approach to the problem.

DIRK treats a supercell consisting of a twin control rod region and a homogenous fuel region surrounding it. In the former region, neutron transport is solved by collision probability method, and in the latter region, by diffusion approximation.

The code is being used to analyze the twin configuration effect of control rods in the VHTR core.

Keywords ; Control Rod, Reactivity Worth, Twin Configuration, Mutual Interference Effect, Collision Probability, Nuclear Core Design, VHTR Reactor, DIRK Code, Manual.

---

\* Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.

## 目 次

1. はじめに	1
2. 計算式	1
2.1 計算の前提と条件	1
2.2 中性子平衡式	2
2.3 衝突確率	4
2.4 中性子平衡式の解法	8
2.5 縮約群定数	10
3. プログラムの構成	17
3.1 プログラムの概要と計算フロー	17
3.2 プログラムの構造	17
4. 入出力形式	27
4.1 入力形式	27
4.2 出力形式	27
4.3 サンプル計算	28
5. おわりに	41
参考文献	41
附録1 Sample Input List	42
" 2 Sample Output List	43

## Contents

1. Introduction -----	1
2. Calculation formula -----	1
2.1 Condition of calculation -----	1
2.2 Neutron transport formula -----	2
2.3 Collision probability -----	4
2.4 Solution of neutron transport equation -----	8
2.5 Condensed group constants -----	10
3. Program constitution -----	17
3.1 Program outline and calculation flow -----	17
3.2 Program structure -----	17
4. Input and output forms -----	27
4.1 Input form -----	27
4.2 Output form -----	27
4.3 Sample case -----	28
5. Concluding remarks -----	41
Reference -----	41
Appendix 1 Sample Input List -----	42
Appendix 2 Sample Output List -----	43

## 1. はじめに

多目的実験炉の炉心では制御棒が2本を単位として対配置されるが、このような場合制御棒の反応度値の評価には対となる制御棒間の相互の干渉効果のため高度の解析手法が必要になることから、本コードの開発が行われた。

本コードでは双子型に制御棒が配置された制御棒領域とその外周部に均質な燃料領域が存在するという構造をもつ格子体系に対し、少数組の群定数を求める計算を行う。ここで、制御棒領域に対しては衝突確率法を用い、外周の燃料領域には拡散理論を適用する。又、両領域の境界では一次の非等方入射の効果も考慮したがこれは計算の精度を上げるためである<sup>(1)</sup>。このように、制御棒反応度値の計算法で、特に非均質の領域を衝突確率法にて計算するという方法は軽水炉<sup>(2)</sup>、高速炉<sup>(3)</sup>等で用いられているが、高温ガス炉でこのような方式の計算が用いられたのは本コードが最初である。このコードの完成後に、双子型制御棒領域を本コードに示したメッシュ別けとは異なるメッシュ別けにて計算を行う方式も提案されている<sup>(4)</sup>。なお、本コードは昭和51年度、多目的高温ガス実験炉、制御棒駆動装置等の調整設計作業の一環として、「制御棒反応度値評価に及ぼす配置効果の検討」を日本原子力事業K.K.に委託した際に、同検討に用いるために作成されたものである。

又、本コード名DIRKはDipole Rod Calculationから来ている。

## 2. 計 算 式

### 2.1 計算の前提と条件

制御棒の配置された燃料ブロックの群定数を衝突確率法と拡散理論を組合わせた方法で求めるものとし、計算に際して以下の前提、条件をおく。

- (i) 制御棒は双子型配置とする。又、制御燃料体内の制御棒外側は均質媒質とし1領域(1メッシュ)とする。さらに制御棒は中空とし内外に保護管を有する。これを制御棒領域と呼ぶ。
- (ii) 制御棒領域の外側は複数領域の均質媒質とし、最外周部にはセル境界または真空境界条件を与える。この領域を拡散領域と呼ぶ。
- (iii) 制御棒領域は衝突確率法、拡散領域は拡散理論で計算し、両領域は非等方入射を含む中性子流で結合する。
- (iv) 拡散領域は1次元径方向拡散理論で計算され、最大メッシュは100とし、最大領域数は5とする。
- (v) 全計算スキームについて
  - ・全体系の固有値計算を行い、繰返し法で加速収束を行う。

## 1. はじめに

多目的実験炉の炉心では制御棒が2本を単位として対配置されるが、このような場合制御棒の反応度値の評価には対となる制御棒間の相互の干渉効果のため高度の解析手法が必要になることから、本コードの開発が行われた。

本コードでは双子型に制御棒が配置された制御棒領域とその外周部に均質な燃料領域が存在するという構造をもつ格子体系に対し、少数組の群定数を求める計算を行う。ここで、制御棒領域に対しては衝突確率法を用い、外周の燃料領域には拡散理論を適用する。又、両領域の境界では一次の非等方入射の効果も考慮したがこれは計算の精度を上げるためである<sup>(1)</sup>。このように、制御棒反応度値の計算法で、特に非均質の領域を衝突確率法にて計算するという方法は軽水炉<sup>(2)</sup>、高速炉<sup>(3)</sup>等で用いられているが、高温ガス炉でこのような方式の計算が用いられたのは本コードが最初である。このコードの完成後に、双子型制御棒領域を本コードに示したメッシュ別けとは異なるメッシュ別けにて計算を行う方式も提案されている<sup>(4)</sup>。なお、本コードは昭和51年度、多目的高温ガス実験炉、制御棒駆動装置等の調整設計作業の一環として、「制御棒反応度値評価に及ぼす配置効果の検討」を日本原子力事業K.K.に委託した際に、同検討に用いるために作成されたものである。

又、本コード名DIRKはDipole Rod Calculationから来ている。

## 2. 計 算 式

### 2.1 計算の前提と条件

制御棒の配置された燃料ブロックの群定数を衝突確率法と拡散理論を組合わせた方法で求めるものとし、計算に際して以下の前提、条件をおく。

- (i) 制御棒は双子型配置とする。又、制御燃料体内の制御棒外側は均質媒質とし1領域（1メッシュ）とする。さらに制御棒は中空とし内外に保護管を有する。これを制御棒領域と呼ぶ。
- (ii) 制御棒領域の外側は複数領域の均質媒質とし、最外周部にはセル境界または真空境界条件を与える。この領域を拡散領域と呼ぶ。
- (iii) 制御棒領域は衝突確率法、拡散領域は拡散理論で計算し、両領域は非等方入射を含む中性子流で結合する。
- (iv) 拡散領域は1次元径方向拡散理論で計算され、最大メッシュは100とし、最大領域数は5とする。
- (v) 全計算スキームについて
  - ・全体系の固有値計算を行い、繰返し法で加速収束を行う。



- upscattering の効果を考慮する。
  - 得られたスペクトルで群定数の縮約を行う。
- (V) 対象計算体系の断面を Fig.2.1 に示す。図は制御棒を 2 本挿入した場合を示すが、制御棒 1 本挿入の場合は同図に示す制御棒のうち一方が真空になった体系となる。

## 2.2 中性子平衡式

### 2.2.1 制御棒領域

エネルギー群  $g$  で # $i$  メッシュでの中性子平衡式は

$$\sum_i^g V_i \bar{\phi}_i^g = \sum_{j=1}^N P_{ji}^g V_j (\sum_{s,j}^{g \rightarrow g} \bar{\phi}_j^g + S_j^g) + \tilde{P}_i^g S J_-^g \quad ; i = 1 \sim N \quad (2-1)$$

ここで # $j$  メッシュでの中性子源  $S_j^g$  は

$$S_j^g = \frac{1}{\lambda} \chi_j^g \sum_{k=1}^G \nu \sum_{f,j}^k \bar{\phi}_j^k + \sum_{k=1, k \neq g}^G \sum_{s,d,j}^{k \rightarrow g} \bar{\phi}_j^k \quad (2-2)$$

ここで、

- $N$  ; 制御棒領域の全メッシュ数,
- $G$  ; 全エネルギー群数,
- $\lambda$  ; 全計算体系の固有値,
- $\bar{\phi}_i^g$  ; # $i$  メッシュでの平均中性子束,
- $V_i$  ; " 体積,
- $S$  ; 制御棒領域の表面積 =  $2 \pi a$ ,
- $J_-^g$  ; " 単位表面積当りの入射中性子流,
- $P_{ij}^g$  ; # $i \rightarrow$  # $j$  メッシュへの衝突確率,
- $\tilde{P}_i^g$  ; 制御棒領域表面から # $i$  メッシュへの衝突確率,
- $\sum_i^g$  ; # $i$  メッシュの全断面積,
- $\sum_{si}^g$  ; " 散乱断面積
- $\nu \sum_{fi}^g$  ; "  $\nu$  と分裂断面積の積,
- $\sum_{sdj}^{k \rightarrow g}$  ; "  $k \rightarrow g$  エネルギー群への遷移断面積,
- $\chi_i^g$  ; " 分裂スペクトルの割合.

制御棒領域から拡散領域への流出中性子流  $J_+^g$  は

$$J_+^g S = \sum_{j=1}^N \hat{P}_j^g V_j (\sum_{s,j}^g \bar{\phi}_j^g + S_j^g) + \tilde{P}_0^g S J_-^g \quad (2-3)$$

ここで、

- $\hat{P}_j^g$  ; # $j$  メッシュから拡散領域への escape probability,

$\tilde{P}_0^g$  ; 制御棒領域に入射した中性子が制御棒領域内で衝突することなく拡散領域へ escape する確率。

2.2.2 制御棒領域-拡散領域の境界中性子流

この境界で等方成分  $J_-^{g(0)}$  と線型非等方成分  $J_-^{g(1)}$  を考える。 $J_-^{g(0)}$  に対する #iメッシュへの衝突確率を  $Q_i^g$ ,  $J_-^{g(1)}$  に対して  $\tilde{Q}_i^g$  とすると

$$\tilde{P}_i^g J_-^g = Q_i^g J_-^{g(0)} + \tilde{Q}_i^g J_-^{g(1)} ; i = 0 \sim N \quad (2-4)$$

で与える。また、境界上での拡散領域の中性子束を  $\phi_i^g$  とすれば

$$J_-^g + J_+^g = \frac{1}{2} \phi_i^g \quad (2-5)$$

2.2.3 拡散領域

エネルギー群  $g$  の拡散方程式は次式で表わされる。

$$-D^g \nabla^2 \phi^g + \Sigma_r^g \phi^g = \frac{1}{\lambda} \chi^g \sum_{k=1}^G \nu \Sigma_f^k \phi^k + \sum_{k=1, k \neq g}^G \Sigma_{sd}^{k-g} \phi^k \quad (2-6)$$

ここで、

$$\nabla^2 = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr}$$

- $D^g$  ; 第  $g$  群の拡散係数,
- $\Sigma_a^g$  ; 第  $g$  群の吸収断面積,
- $\Sigma_{sd}^{k-g}$  ;  $k \rightarrow g$  群への遷移断面積,
- $\nu \Sigma_f^g$  ; 第  $g$  群の  $\nu$  と分裂断面積の積,
- $\chi^g$  ; " の分裂スペクトルの割合,
- $\phi^g$  ; " の中性子束,
- $\Sigma_r^g$  ; " の全除去断面積

$$= \Sigma_a^g + \sum_{k=1, k \neq g}^G \Sigma_{sd}^{g-k} + D^g B^2 \quad (2-7)$$

境界条件については

(i) 制御棒領域との境界では  $J_-^g = \frac{\phi^g}{4} + \frac{D^g}{2} \frac{d\phi^g}{dr}$  (2-8)

(ii) 外側境界では  $\frac{d\phi^g}{dr} = -\frac{1}{2D^g} \left( \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right) \phi^g$  (2-9)





$$Q(i, j) = \frac{4}{\pi} \int_0^1 du [K_{i3}(D_j - D_i) - K_{i3}(D_j + D_i) - K_{i3}(D_j - D_{i-1}) + K_{i3}(D_j + D_{i-1})] \quad (2-13)$$

$$Z_{ij} = \frac{2}{\pi^2} \frac{\tilde{r}_j}{\tilde{r}_i} \int_{-1}^1 du \int_0^1 dv \frac{I(u, v)}{\sqrt{(2d/r_i)^2 - (u + \tilde{r}_j v/r_i)^2}} \quad (2-14)$$

$$\begin{aligned} I(u, v) = & K_{i3}(E - D_i - D'_j) - K_{i3}(E - D_i + D'_j) \\ & - K_{i3}(E - D_i - D'_{j-1}) + K_{i3}(E - D_i + D'_{j-1}) \\ & - K_{i3}(E + D_i - D'_j) + K_{i3}(E + D_i + D'_j) \\ & + K_{i3}(E + D_i - D'_{j-1}) - K_{i3}(E + D_i + D'_{j-1}) \\ & - K_{i3}(E - D_{i-1} - D'_j) + K_{i3}(E - D_{i-1} + D'_j) \\ & + K_{i3}(E - D_{i-1} - D'_{j-1}) + K_{i3}(E - D_{i-1} + D'_{j-1}) \\ & + K_{i3}(E + D_{i-1} - D'_j) - K_{i3}(E + D_{i-1} + D'_j) \\ & - K_{i3}(E + D_{i-1} - D'_{j-1}) + K_{i3}(E + D_{i-1} + D'_{j-1}) \end{aligned}$$

$$E = \sum_4 \tilde{\ell} + D_3 + D'_3$$

$$D_k = r_i \sum_{q=1}^k \sum_q \ell_q, \quad D'_k = r_j \sum_{q=1}^k \sum_q \ell'_q$$

$$(D_0 = D'_0 = 0)$$

(ii)  $i = j$  の場合

$$P_{ii} = 1 - \frac{2\pi r_i}{4 \sum_i V_i} (Q_{ii} - Z_{ii}) \quad (2-15)$$

$$Q_{ii} = Q(i, i) + Q'(i, i)$$

$$Q'(i, i) = \frac{4}{\pi} \int_0^1 du [K_{i3}(0) - K_{i3}(2D_{i-1}) - K_{i3}(D_i - D_{i-1}) + K_{i3}(D_i + D_{i-1})] \quad (2-16)$$

$$Z_{ii} = Z_{ij}; \quad (2-14) \text{ 式で } i = j \text{ の場合} \quad (2-17)$$

(iii)  $i > j$  の場合

$$P_{ij} = \frac{\sum_j V_j}{\sum_i V_i} P_{ji} \quad (2-18)$$

2)  $Q_i$  と  $\bar{Q}_i$  ( $i = 0 \sim 4$ )

体系モデルを Fig. 2.6 に示す。

$$Q_i = \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\pi/2} d\alpha \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\varphi \cos \varphi G_i(\alpha, \varphi) \quad (2-19)$$

$$\tilde{Q}_i = \frac{6}{\pi^2} \int_0^{\pi/2} d\alpha \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\varphi \cos^2 \varphi \tilde{G}_i(\alpha, \varphi) \quad (2-20)$$

ここで,

$$G_i(\alpha, \varphi) = \sum_{g=1}^k (-1)^{g-1} Ki3(\tilde{L}g) \quad (2-21)$$

$$\tilde{G}_i(\alpha, \varphi) = \sum_{g=1}^k (-1)^{g-1} Ki4(\tilde{L}g) \quad (2-22)$$

但し,  $i = 0$  ;  $k = 1$ ,  $i = 1$  ;  $k = 4$ ,  
 $i = 2, 3$  ;  $k = 8$ ,  $i = 4$  ;  $k = 6$ .

$\tilde{L}g$  は中性子飛跡長である。

3)  $\hat{P}_i$  ( $i = 1 \sim 4$ )

$$\hat{P}_i = \frac{S}{4\Sigma_i V_i} Q_i \quad (2-23)$$

但し,  $V_4 = \pi a^2 - 2\pi r_3^2$ ,  $S = 2\pi a$ .

4)  $P_{i4}$  ( $i = 1 \sim 3$ )

$$P_{i4} = 1 - \hat{P}_i - \sum_{j=1}^3 P_{ij} \quad (2-24)$$

5)  $P_{4i}$  ( $i = 1 \sim 4$ )

$$P_{4i} = \frac{\Sigma_i V_i}{\Sigma_4 V_4} P_{i4} ; \quad i = 1 \sim 3 \quad (2-25)$$

$$P_{44} = 1 - \hat{P}_4 - \sum_{j=1}^3 P_{4j} \quad (2-26)$$

### 2.3.4 制御棒1本挿入の場合の衝突確率の計算

$P_{ij}$  についての計算式は(2-11)式で  $Z_{ij}$  を0に, (2-15)式で  $Z_{ii}$  を0におくことにより求める。

また  $Q_i$  と  $\tilde{Q}_i$  については Fig. 2.6 において中性子飛跡  $\overline{PP'}$  で  $O'$  円形断面内での巨視断面積をすべて0とおくことにより(2-19)式と(2-20)式を計算する。

$\hat{P}_i$ ,  $P_{i4}$  ( $i = 1 \sim 3$ ),  $P_{4i}$  ( $i = 1 \sim 3$ ) についてはそれぞれ(2-23)式~(2-26)式と全く同様にして求める。

### 2.3.5 制御棒全引抜きの場合の衝突確率の計算

この場合  $Q_1$ ,  $Q_0$ ,  $\tilde{Q}_1$ ,  $\tilde{Q}_0$  は(2-19), (2-20)式で計算するが  $\tilde{L}g$  の式では  $\Sigma_4$  以外の  $\Sigma_q$  ( $q = 1 \sim 3$ ) はすべて0とおく。

次に  $\hat{P}_1$  は (2-23) 式によって

$$\hat{P}_1 = \frac{S}{4\Sigma_4 V_4} Q_1 \quad (2-27)$$

また,  $P_{11}$  は (2-24) 式によって

$$P_{11} = 1 - \hat{P}_1 \quad (2-28)$$

になる。

全引抜きの場合の中性子飛跡を Fig. 2.7 に示す。

## 2.4 中性子平衡式の解法

### 2.4.1 拡散方程式の階差表示

拡散領域は Fig. 2.8 のような  $n$  個のメッシュに分割する。

(2-6) 式を Fig. 2.8 の斜線部分で体積積分し, Green の定理に用い, かつ

$$\left. \frac{d\phi^g}{dr} \right|_{r=r_i - \frac{h_{i-1}}{2}} = \frac{\phi_i^g - \phi_{i-1}^g}{h_{i-1}}$$

$$\left. \frac{d\phi^g}{dr} \right|_{r=r_i + \frac{h_i}{2}} = \frac{\phi_{i+1}^g - \phi_i^g}{h_i}$$

$$\phi^g(r) = \phi_i^g$$

の近似を用いると,  $\phi_{i \sim n}^g, J_{i \sim n}^g$  の式を得る。

### 2.4.2 中性子平衡式の解法

2.4.1 節の階差方程式と (2-1) 式 ~ (2-5) 式をマトリクス表示し, エネルギー群  $g$  について

$$A_g \phi_g - \sum_{k=1, k \neq g}^G R_{gk} \phi_k = \frac{1}{\lambda} X_g \sum_{k=1}^G F_k \phi_k \quad (2-29)$$

を得る。

ここで,

$$\phi_g = \begin{bmatrix} \bar{\phi}_1^g \\ \bar{\phi}_2^g \\ \vdots \\ \bar{\phi}_N^g \\ J_-^g \\ \phi_1^g \end{bmatrix} \quad A_g = \begin{bmatrix} \bar{a}_{11}^g & \bar{a}_{12}^g & \cdots & \bar{a}_{1N}^g & \bar{b}_1^g & \bar{c}_1^g \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{a}_{N1}^g & \bar{a}_{N2}^g & \cdots & \bar{a}_{NN}^g & \bar{b}_N^g & \bar{c}_N^g & 0 \\ \tilde{a}_1^g & \tilde{a}_2^g & \cdots & \tilde{a}_N^g & \tilde{b}^g & \tilde{c}^g \\ & & & & a_1^g & b_1^g & c_1^g \\ & & & & & a_2^g & b_2^g & c_2^g \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \phi_1^g \\ \vdots \\ \phi_n^g \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} a_{n-1}^g & b_{n-1}^g & c_{n-1}^g \\ a_n^g & b_n^g & \end{pmatrix}$$

$$R_{gk} = \begin{pmatrix} \bar{e}_{11}^{g,k} & \bar{e}_{12}^{g,k} & \dots & \bar{e}_{1N}^{g,k} & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \bar{e}_{N1}^{g,k} & \bar{e}_{N2}^{g,k} & \dots & \bar{e}_{NN}^{g,k} & 0 \\ \tilde{e}_1^{g,k} & \tilde{e}_2^{g,k} & \dots & \tilde{e}_N^{g,k} & 0 \\ & & & & e_1^{g,k} \\ & & & & e_2^{g,k} \\ & & & & \vdots \\ & & & & e_n^{g,k} \end{pmatrix},$$

$$X_g = \begin{pmatrix} \bar{f}_{11}^g & \bar{f}_{12}^g & \dots & \bar{f}_{1N}^g & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \bar{f}_{N1}^g & \bar{f}_{N2}^g & \dots & \bar{f}_{NN}^g & 0 \\ \tilde{f}_1^g & \tilde{f}_2^g & \dots & \tilde{f}_N^g & 0 \\ & & & & \chi_k \\ & & & & \chi_g \\ & & & & \chi_g \end{pmatrix},$$

$$F_g = \begin{pmatrix} \bar{d}_1^g & & & & \\ & \bar{d}_2^g & & & \\ & & & & 0 \\ & & \bar{d}_N^g & & \\ & & & 0 & \\ & & & & d_1^g \\ & 0 & & & d_2^g \\ & & & & \vdots \\ & & & & d_n^g \end{pmatrix}.$$

さらに全エネルギー群について次のように書く。

$$E\phi = \frac{1}{\lambda} X F \phi \quad (2-30)$$



ここで,

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \phi_G \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_1 & & & & \\ & X_2 & & & 0 \\ & & & & \\ & & & 0 & \\ & & & & \\ & & & & X_G \end{bmatrix},$$

$$E = \begin{bmatrix} A_1 & -R_{12} & -R_{13} & \cdots & -R_{1G} \\ -R_{21} & A_2 & -R_{23} & \cdots & -R_{2G} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ -R_{G1} & -R_{G2} & -R_{G3} & \cdots & A_G \end{bmatrix};$$

$$F = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & \cdots & F_G \\ F_1 & F_2 & \cdots & F_G \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ F_1 & F_2 & & F_G \end{bmatrix}.$$

### 2.5 縮約群定数

今, 多数群に番号を  $k, k'$  で, 少数群に番号を  $L, L'$  で表わすとき, 少数群縮約群定数は次のように求める。

1) 制御棒領域;

$$\Sigma_{\ell}^L = \frac{\sum_{g=k}^{k'} \sum_{i=1}^N \Sigma_{\ell_i}^g V_i \bar{\phi}_i^g}{\sum_{g=k}^{k'} \sum_{i=1}^N V_i \bar{\phi}_i^g} \quad (2-31)$$

但し,  $k, k'$  はエネルギー群  $L$  の上, 下限エネルギー群番号である。

$\ell$  は反応の種類,  $\ell =$  なし 全断面積,

$\ell = a$  吸収 " ,

$\ell = f$  分裂 " ,

$\ell = s$  散乱 " ,

$\ell = \nu f$   $\nu$  と分裂断面積との積 .

拡散係数のときは次の2つの方法で計算する。

(i)  $D^L = 1/3 \Sigma^L$  . (2-32)

$$(ii) \quad \tilde{D}^L = \frac{1}{3} \frac{\sum_{g=k}^{k'} \sum_{i=1}^N \bar{\phi}_i^g V_i \sum_{j=1}^N P_{ij}^g \frac{1}{\Sigma_j^g}}{\sum_{g=k}^{k'} \sum_{i=1}^N \bar{\phi}_i^g V_i \sum_{j=1}^N P_{ij}^g} \quad (2-33)$$

又、遷移断面積は次のようになる。

$$\Sigma_{sd}^{L-L'} = \frac{\sum_{g \in L} \sum_{i=1}^N (\sum_{g' \in L'} \Sigma_{sd}^{g-g'}) V_i \bar{\phi}_i^g}{\sum_{g \in L} \sum_{i=1}^N V_i \bar{\phi}_i^g} \quad (2-34)$$

ここで、 $\sum_{g \in L}$  は少数群Lに属する多数群について和をとることを示す。

2) 拡散領域；

全、吸収、分裂、散乱、中性子生成、遷移断面積についてはそれぞれ(2-31),(2-34)式で $\bar{\phi}_i^g \rightarrow \phi_i^g$ とおいたものになる。

拡散係数の場合は

$$D^L = \frac{\sum_{g=k}^{k'} \sum_{i=1}^{n-1} D_i^g \frac{\phi_{i+1}^g - \phi_i^g}{h_i} S_i}{\sum_{g=k}^{k'} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\phi_{i+1}^g - \phi_i^g}{h_i} S_i} \quad (2-35)$$

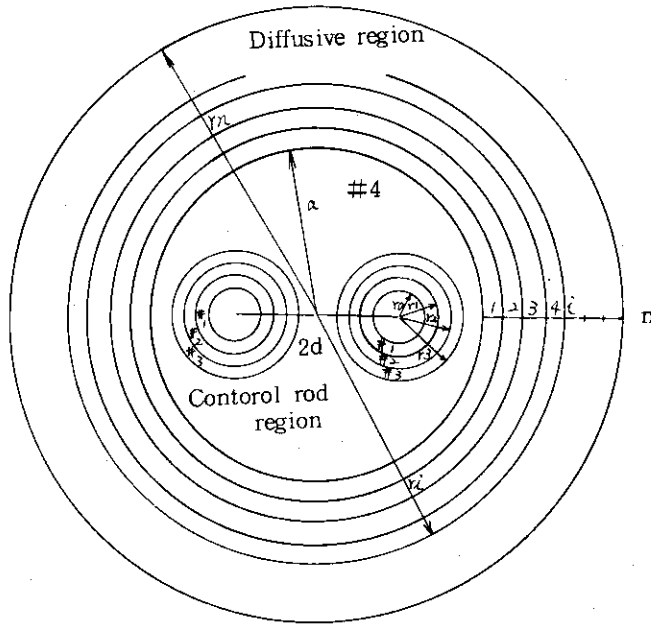
とする。

但し、拡散領域が異なった媒質で構成されている場合はiに対する総和は各媒質毎に行う。

3) 全領域；

拡散係数以外は(2-31),(2-34)式と同じ。拡散係数は(2-32)式と同様の場合と次の式による。

$$D^L = \frac{\sum_{g=k}^{k'} \left[ \sum_{i=1}^N \bar{\phi}_i^g V_i \sum_{j=1}^N P_{ij}^g \frac{1}{3\Sigma_j^g} + \sum_{i=1}^{n-1} D_i^g \frac{\phi_{i+1}^g - \phi_i^g}{h_i} S_i \right]}{\sum_{g=k}^{k'} \left[ \sum_{i=1}^N \bar{\phi}_i^g V_i \sum_{j=1}^N P_{ij}^g + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\phi_{i+1}^g - \phi_i^g}{h_i} S_i \right]} \quad (2-36)$$



(Note)

Height ; infinite

Meshes in control rod region ; 4...with one or two control rods  
1...without control rod.

Meshes in diffusive region ;  $n \leq 100$

$d$  :  $\frac{\text{distance between two control rods}}{2}$

$a$  ; radius of control rod region

$r_0$  ; inner radius of inner sheath

$r_1$  ; inner radius of absorber

$r_2$  ; outer radius of absorber

$r_3$  ; outer radius of outer sheath

Fig.2.1 Cell configuration of DIRK calculation.

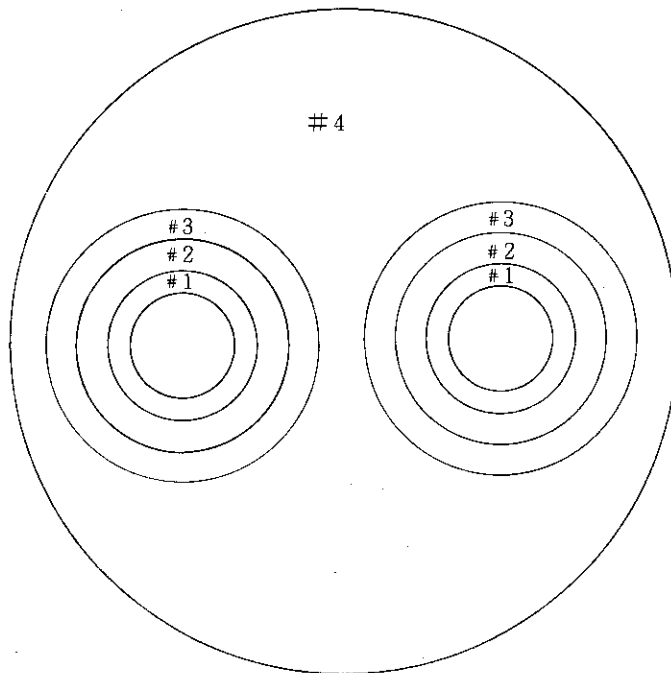


Fig.2.2 Cell configuration with two control rods.

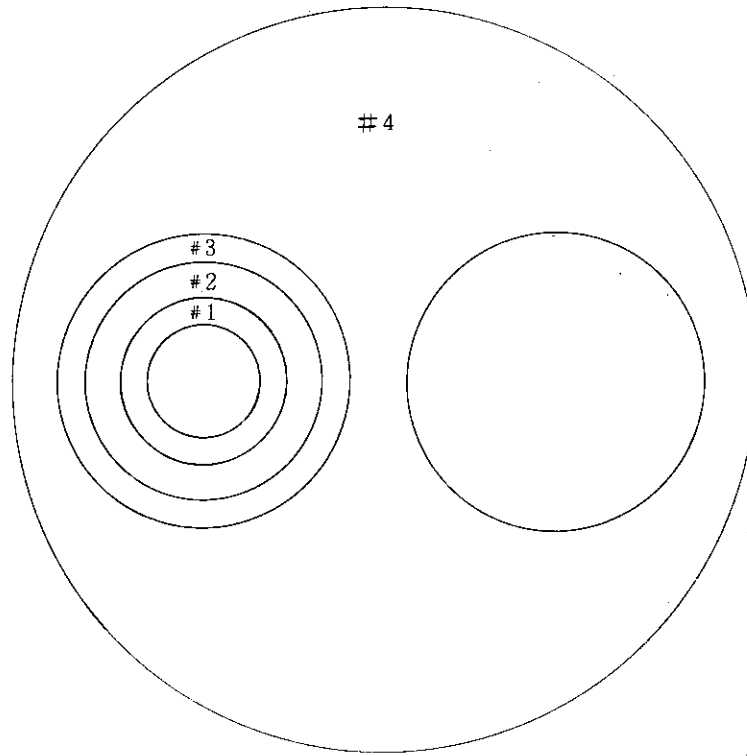


Fig.2.3 Cell configuration with one control rod.

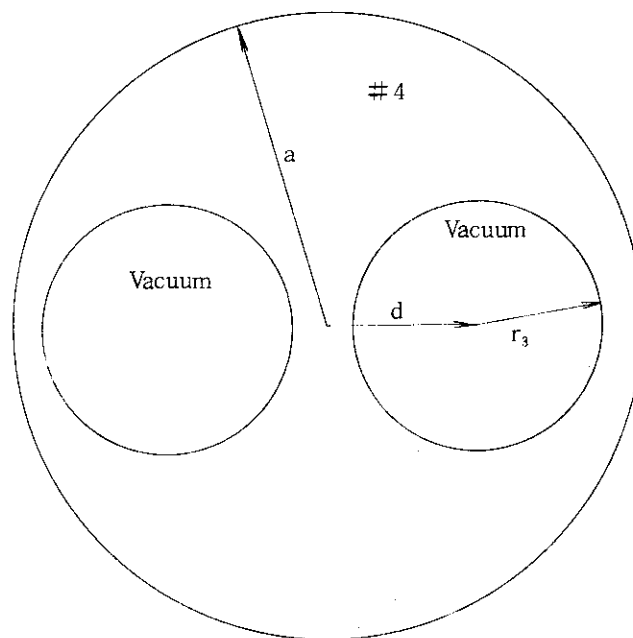


Fig.2.4 Cell model without control rods.

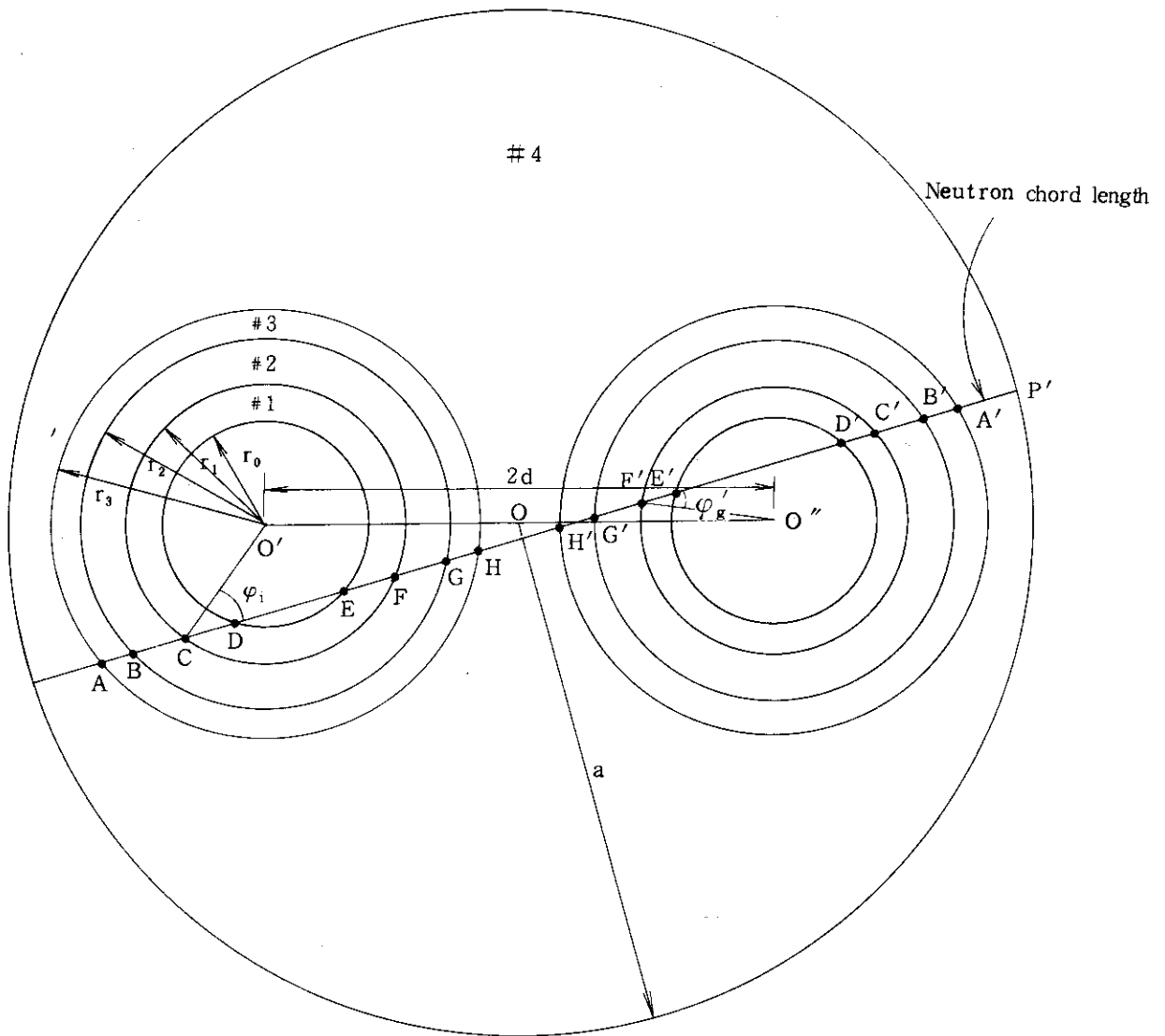


Fig.2.5 Neutron chord length in cell with tow control rods.

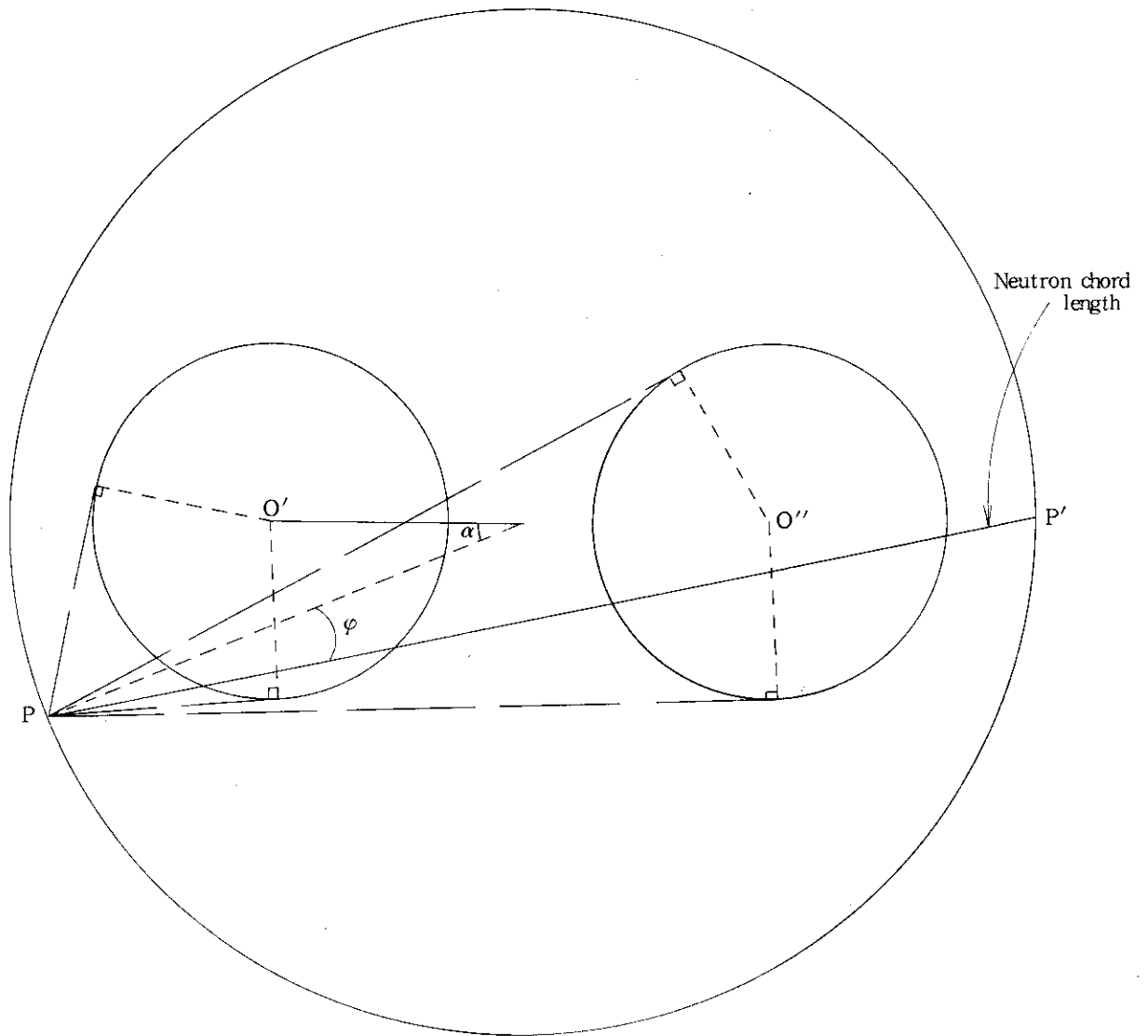


Fig.2.6 Neutron chord length in cell with one control rod.

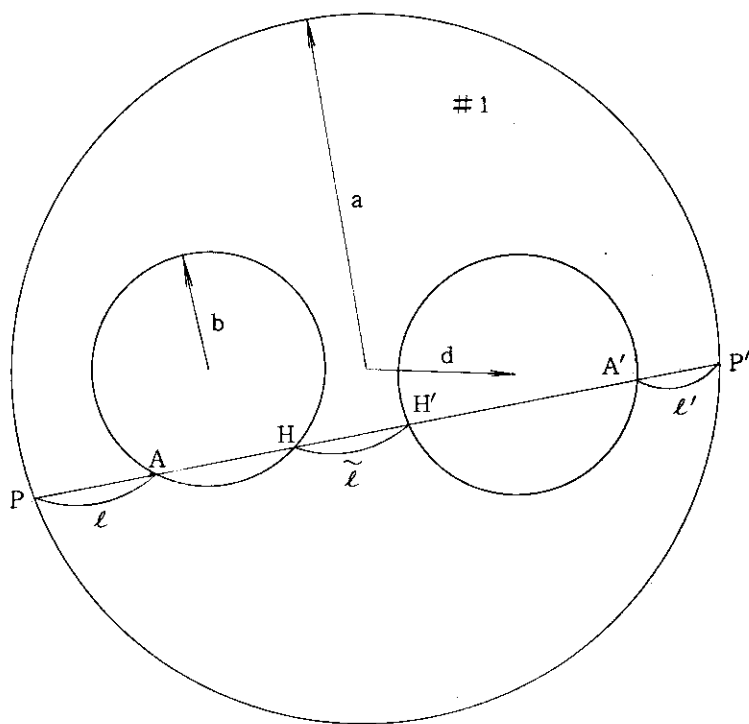


Fig.2.7 Neutron chord length in cell without control rods.

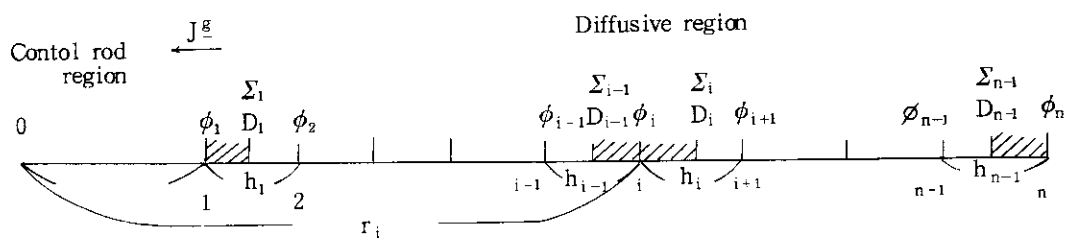


Fig.2.8 Mesh model in diffusive region.

### 3. プログラムの構成

#### 3.1 プログラムの概略と計算フロー

本コードは main program と 112 個の subprogram からなっており、現在 FACOM 230/75 で使用可能となっており、その概略は次の通り。

使用言語	Fortran
ステップ数	約 5,700
使用メモリー	約 140 kW

但し、このメモリーはエネルギー群数が 20 以下の場合であり、現在任意の群数に拡張 (<200) できる pre processor "CHAREA" が作成されている。

本コードの主な制限条件は次の通りである。

制御棒領域内異種組成領域数	$\leq 20$ (但し、現在は 4 に固定)
拡数領域メッシュ数	$\leq 100$
拡数領域内の組成種類数	$\leq 5$
エネルギー群数	$< 200$

また、使用ファイルは次の通りである。

No 11	衝突確率用
" 12	計算用
" 13	"
" 20	中性子飛跡用
" 21	中性子束, 固有値用
" 22	群定数ライブラリー用

なお、本コードにおける主要計算フローを Fig. 3.1 に示す。

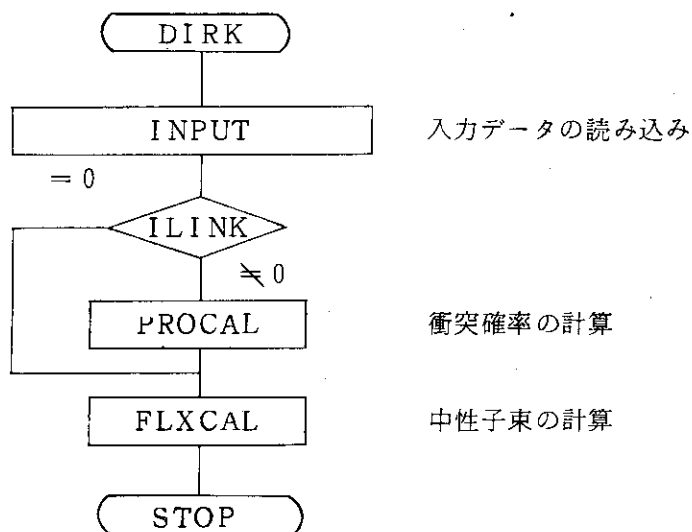
#### 3.2 プログラムの構造

##### 3.2.1 ブロック・ダイアグラム

###### (1) 基本ブロック・ダイアグラム

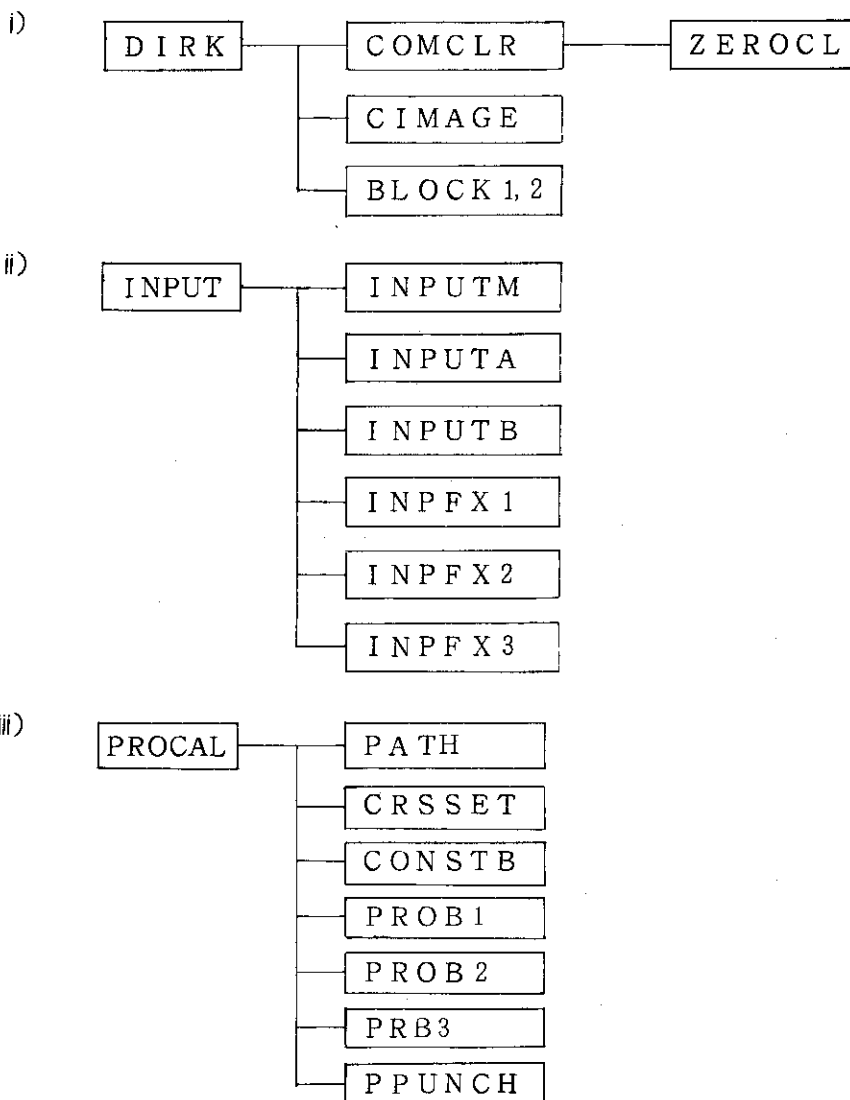
本プログラムのフロー上の基本ブロック・ダイアグラムは次の通りである。

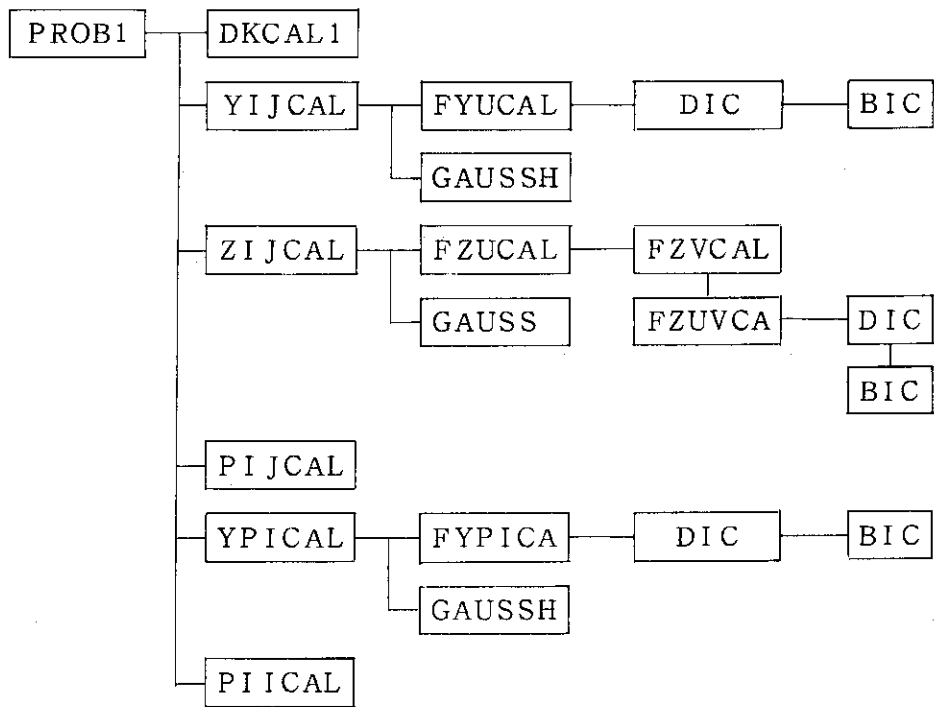
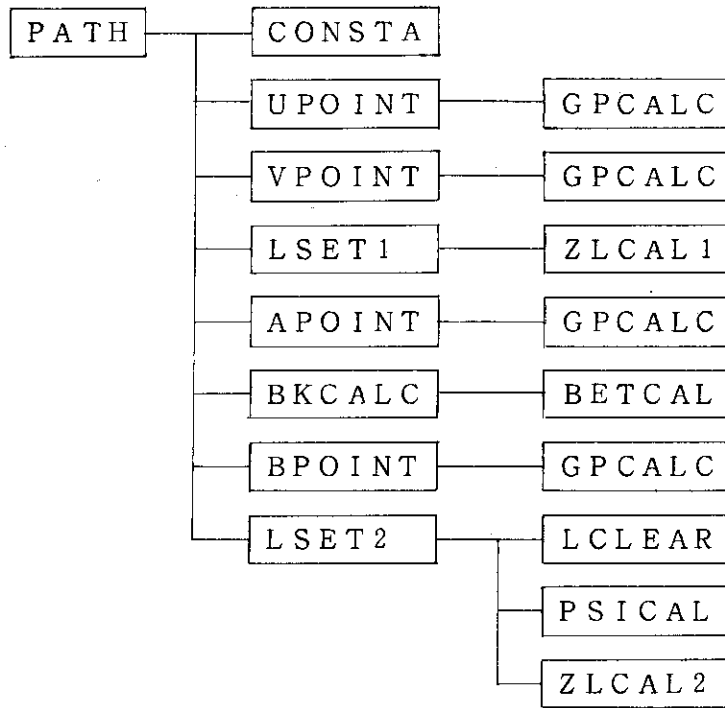


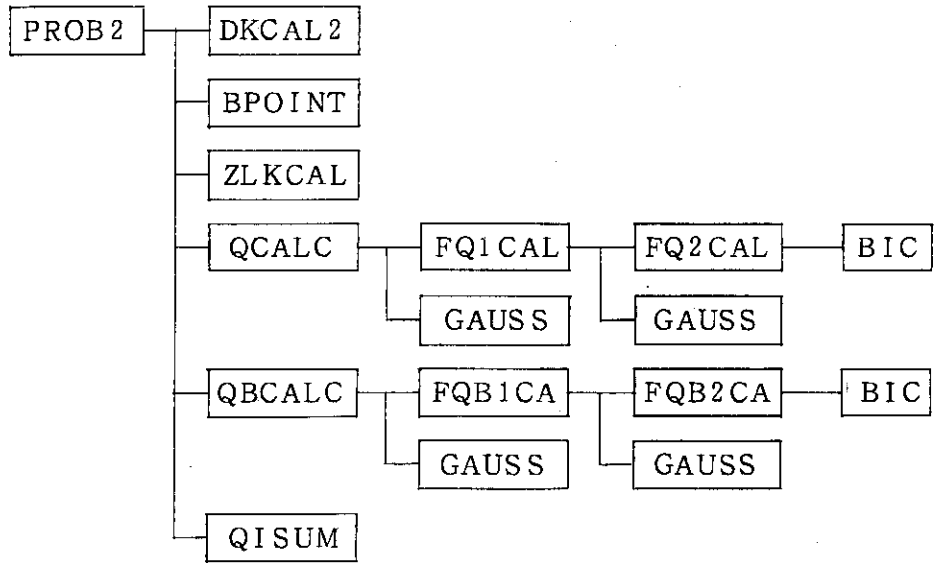


(2) サブブロック・ダイアグラム

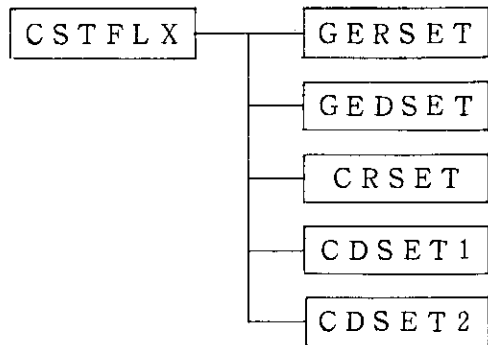
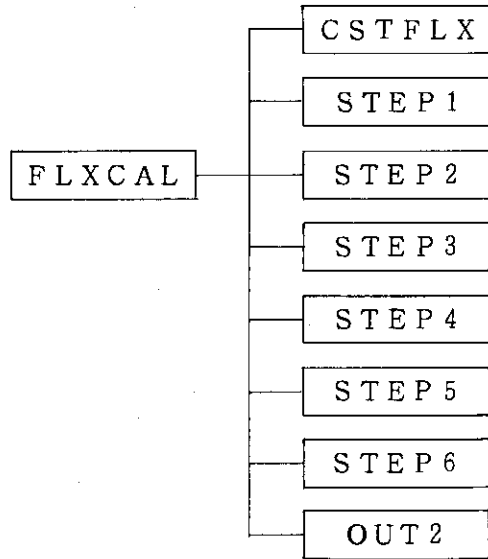
プログラム上の各サブブロックのダイアグラムは次の通りである。

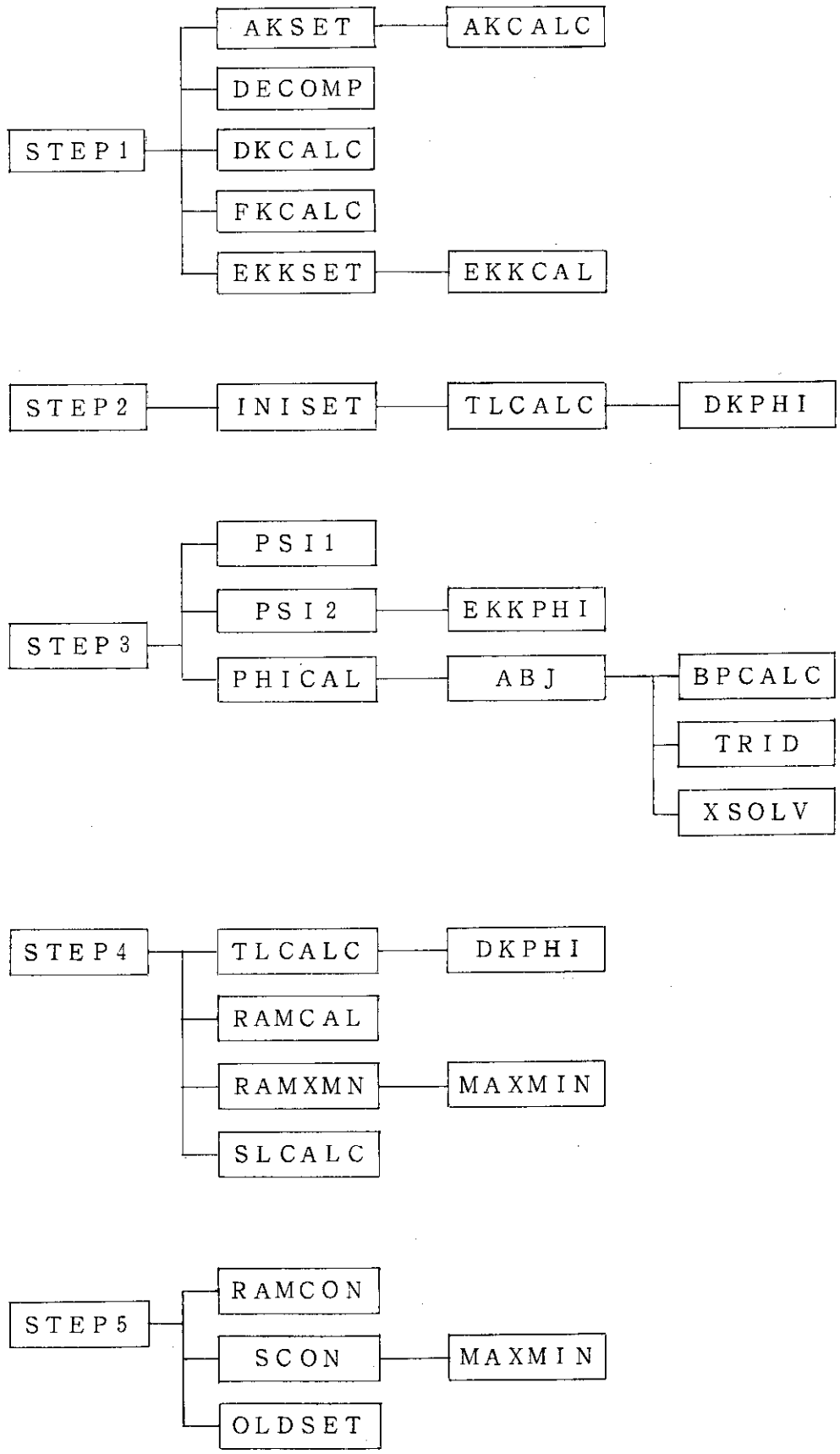


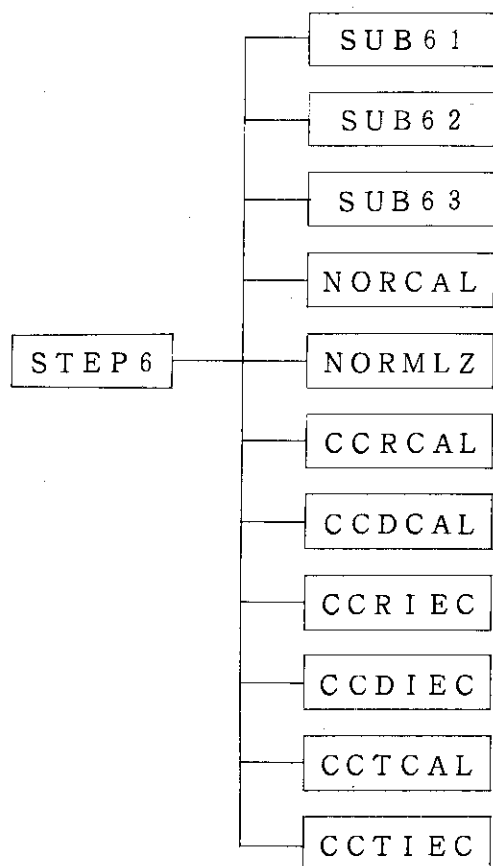




iv)







3.2.2 サブプログラム

- |       |            |                              |
|-------|------------|------------------------------|
| (i)   | (BLOCK1,2) | ブロックデータ                      |
|       | (CIMAGE)   | カードイメージをプリントする               |
|       | (COMCLR)   | 変数 (Common, Dimension) の領域指定 |
|       | (ZEROCL)   | 変数の零セット                      |
| (ii)  | (INPUT)    | 入力データの読み込みの制御                |
|       | (INPUTM)   | タイトル, 制御データの読み込み             |
|       | (INPUTA)   | 飛跡用入力データの読み込み                |
|       | (INPUTB)   | 断面積入力データの読み込み                |
|       | (INPFX1)   | パラメータ, 形状の入力                 |
|       | (INPFX2)   | 断面積の入力                       |
|       | (INPFX3)   | 衝突確率の入力                      |
| (iii) | (PROCAL)   | PROCAL のフロー制御                |
|       | (CONSTA)   | 飛跡用定数の作成                     |
|       | (CONSTB)   | $P_{ij}$ 計算用定数の作成            |
|       | (CRSSET)   | 断面積のセット                      |
|       | (GPCALC)   | Gauss 点の計算                   |
|       | (GAUSS)    | Gauss 積分を行う                  |

(GAUSSH)	Gauss 積分 (対称関数に対するもの)
(BPOINT)	$\varphi$ 積分の Gauss 点計算
(PATH)	飛跡計算メインコントロール
(UPOINT)	u 積分の Gauss 点を計算する
(VPOINT)	v 積分の Gauss 点を計算する
(LSET1)	$P_{ij}$ に使用する飛跡計算のコントロール
(ZLCAL1)	$P_{ij}$ に使用する飛跡の計算
(APOINT)	$\alpha$ 積分の Gauss 点を計算する
(BKCALC)	$\varphi$ の積分計算のコントロール
(BETCAL)	$\varphi$ の積分 ( $i = 1 \sim 4$ ) を計算する
(LSET2)	$Q_i, \tilde{Q}_i$ に使用する飛跡計算のコントロール
(LCLEAR)	飛跡変数の zero clear を行う
(PSICAL)	$\varphi, \varphi^1$ を計算する
(ZLCAL2)	$Q_i, \tilde{Q}_i$ 用飛跡 $\ell_i$ ( $i = 1 \sim 5$ ) の計算
(PROB1)	$P_{ij}$ 計算のコントロール
(DKCAL1)	$D_k(u), D'_k(v), D(u, v), E(u, v)$ を計算する
(YIJCAL)	$Q(i, j)$ の計算
(FYUCAL)	$Q(i, j)$ の被積分関数の計算
(ZIJCAL)	$Z_{ij}$ の計算
(FZUCAL)	$Z_{ij}$ の u 積分の被積分関数の計算
(FZVCAL)	$Z_{ij}$ の v 積分の被積分関数の計算
(FZUVCA)	$I(u, v)$ の計算
(PIJCAL)	$P_{12}, P_{13}, P_{23}$ および $P_{21}, P_{31}, P_{32}$ の計算
(YPICAL)	$Q'(i, i)$ の計算
(FYPICA)	$Q'(i, i)$ の被積分関数の計算
(PIICAL)	$P_{ii}$ の計算
(PROB2)	$Q_i, \tilde{Q}_i$ 計算のコントロール
(DKCAL2)	$D_k, D'_k$ の計算
(ZLKCAL)	$Q_i, \tilde{Q}_i$ 用飛跡の計算
(QCALC)	$Q_i$ の積分区間 $i, j$ における積分値
(FQICAL)	$\alpha$ 積分の被積分関数
(FQ2CAL)	$\varphi$ "
(QBCALC)	$\tilde{Q}_i$ の積分区間 $i, j$ における積分値
(FQB1CA)	$\alpha$ 積分の被積分関数
(FQB2CA)	$\varphi$ "
(QISUM)	$Q_i, \tilde{Q}_i$ を計算する
(PRB3)	$\hat{P}_i, P_{i4}, P_{4i}, P_{44}$ (ロッドインの場合) $\hat{P}_4, P_{44}$ (ロッドアウトの場合)

(V)	(PPUNCH)	衝突確率のパンチアウト
	(BIC)	Bickley 関数の計算
	(DIC)	(Kin (x) - Kin (y)) の計算
	(FLXCAL)	FLXCAL のフロー制御
	(CSTFLX)	定数作成のコントロール
	(GERSET)	制御棒領域形状定数作成
	(GEDSET)	拡散領域形状定数作成
	(CRSET)	制御棒領域の断面積のセット
	(CDSET1)	拡散領域の断面積のセット
	(CDSET2)	〃 $\Sigma_r$ のセット
	(STEP1)	係数計算のコントロール
	(AKSET)	$A_k$ のセット
	(AKCALC)	$A_k$ の計算
	(DECOMP)	$A_k$ の LR 分解を行う。
	(DKCALC)	$F_k$ の計算
	(FKCALC)	$X_k$ の計算
	(EKKSET)	$R_{gk}$ のセット
	(EKKCAL)	$R_{gk}$ の計算
	(STEP2)	初期値セットのコントロール
	(INISSET)	初期値のセット
	(TLCALC)	$T = \sum_{k=1}^{NE} F_k \phi_k$ の計算
	(DKPHI)	$F_k \phi_k$ の計算
	(STEP3)	neutron flux $\phi_k$ を求めるためのコントロール
	(PSI1)	$X_k S^{(L-1)}$ の計算
	(PSI2)	$\phi_k$ の計算
	(EKKPHI)	$R_{gk} \phi_g$ の計算
	(PHICAL)	$A_k \phi_k = \phi_k$ を解く。
	(ABJ)	補助ルーティン
	(BPCALC)	
	(TRID)	
	(XSOLV)	
	(STEP4)	反復計算のコントロール
	(RAMCAL)	固有値 $\lambda$ の計算
	(RAMXMN)	$\lambda_{max}$ , $\lambda_{min}$ の計算
	(MAXMIN)	最大値, 最小値を求める。
	(SLCALC)	$S^{(L)} = \frac{1}{\lambda^{(L)}} T^{(L)} (1 - \theta) + \theta S^{(L-1)}$ の計算

	STEP 5	収束判定のコントロール
	RAMCON	$\lambda$ の収束判定
	SCON	$S^{(L)}$ の収束判定
	OLDSET	$S^{(L-1)} \leftarrow S^{(L)}, \lambda^{(L-1)} \leftarrow \lambda^{(L)}$ のセット
	STEP 6	縮約組定数及びソース分布計算のコントロール
	SUB 6 1	変数のゼロクリアーを行う
	SUB 6 2	制御棒領域縮約定数計算の準備計算
	SUB 6 3	拡散 " "
	NORCAL	normalization constant の計算
	NORMLZ	normalization を行う
	CCRCAL	制御棒領域縮約組定数の計算
	CCDCAL	拡散 "
	CCRIEC	制御棒領域縮約遷移断面積の計算
	CCDIEC	拡散 "
	OUT 2	Flux 計算の出力
	CCTCAL	全領域平均縮約群定数 (遷移断面積を除く) の計算
	CCTIEC	" (遷移断面積) の計算
(v)	ICLEAR	I タイプ変数の数値セット
	PTIME	計算時間の出力
	PRTITL	タイトルの出力
	PAGE	ページの出力



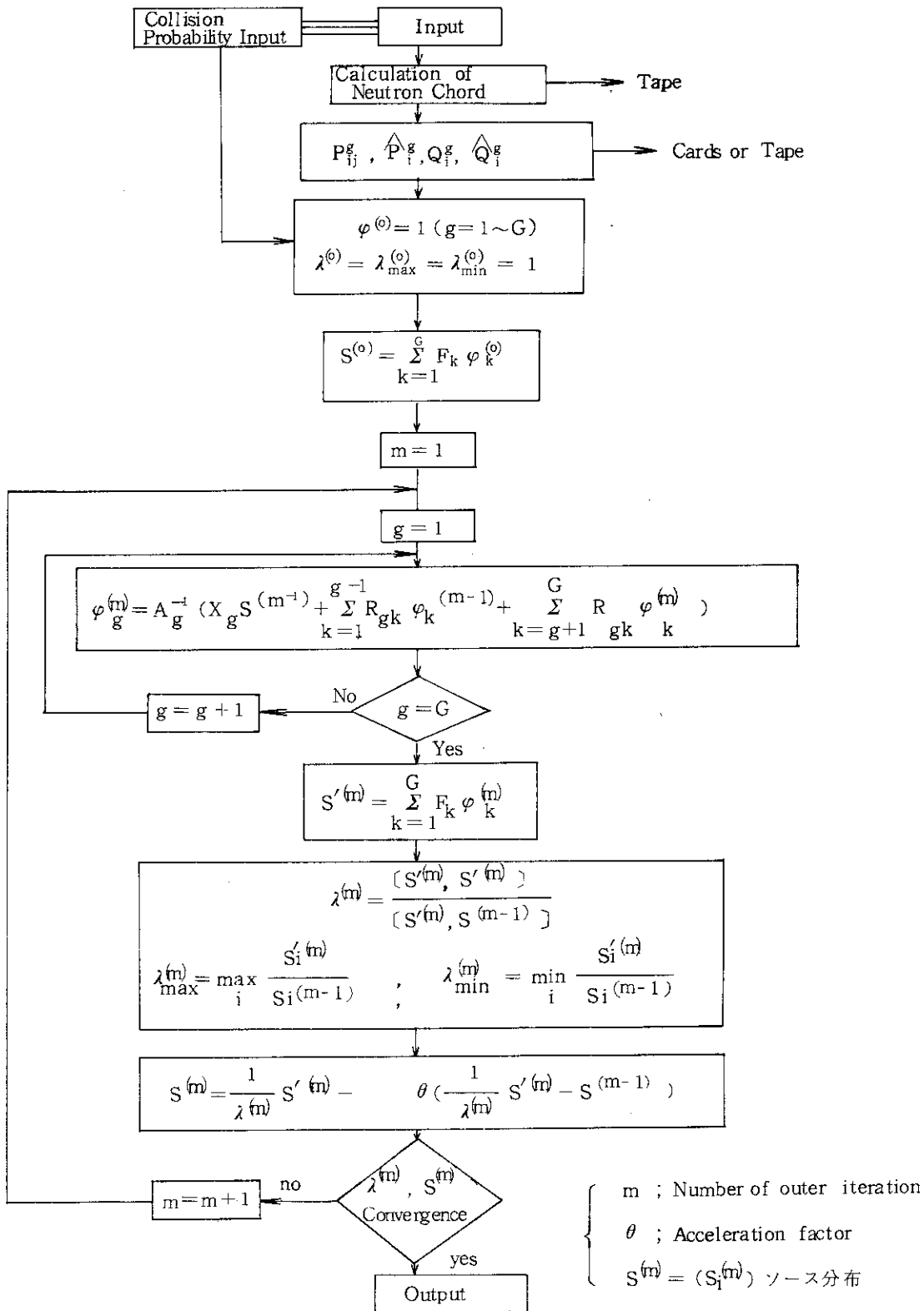


Fig.3.1 Calculation flow diagram.

## 4. 入出力形式

### 4.1 入力形式

入力は次の各項目から構成されている。

- (1) タイトル
- (2) オプションデータ  
衝突確率の計算の有無と入力/出力形式, 制御棒の挿入形状, 積分点数, 等。
- (3) 制御棒領域形状指定データ  
制御棒間距離, 制御棒領域各 region 半径, 等。
- (4) 固有値計算 (反復, 収束計算) 用条件データ  
初期値設定方式, 計算時間制御値, 最大反復回数, 加速因子, 収束判定因子, 等。
- (5) エネルギー群指定用データ  
群数, 群定数平均化用縮約群数とその区分, 等。
- (6) 領域指定用データ  
領域及びメッシュ区分, 物質指定, 等。
- (7) 臨界計算用補足データ  
バックリング, アルベド, 等。
- (8) 群定数データ  
分裂スペクトル, 物質毎巨視断面積セット ( $D, \Sigma_a, \Sigma_f, \nu\Sigma_f, \Sigma^{k-k'}$ ), 等。
- (9) 衝突確率データ (必要なら)  
 $P_{ij}, \hat{P}_i, Q_i, Q_o, \tilde{Q}_i, \tilde{Q}_o$ , 等。
- (10) 連続計算用データ  
連続計算のための変更データの指定とその変更値の入力。

本コードの入力形式を Table 4.1 に示す。又, 入力の具体例を附録 1 に示しておいた。

### 4.2 出力形式

出力は次の項目から構成されている。

- (1) 入力カードイメージ
- (2) 入力データプリント
- (3) PROCAL (衝突確率計算) 結果  
 $P_{ij}, \hat{P}_i, Q_i, \tilde{Q}_i$
- (4) 形状データ  
制御棒領域, 拡散領域における各領域体積 ( $\text{cm}^3$ )

- (5) エネルギー群毎，領域毎の中性子束と固有値の初期値
- (6) エネルギー群毎，領域毎の中性子束と固有値計算結果
  - 繰り返し計算の収斂性
  - 繰り返し計算回数
  - 繰り返し計算時間 (hr.)
  - 固有値
  - 繰り返し計算誤差 (中性子束，固有値)
  - エネルギー群毎，領域毎の中性子束分布
  - 拡散領域での平均中性子束
- (7) エネルギー群毎，領域毎の中性子源及び出力分布計算結果
  - 中性子源分布
  - 出力分布 (w/cc)
  - 出力ピーキング
- (8) 縮約群定数計算結果 (制御棒領域，拡散領域，全領域平均)
  - 全断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )，吸収断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )，分裂断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )， $\nu$ と分裂断面積との積 ( $\text{cm}^{-1}$ )，拡散係数 (cm)，遷移断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )

なお，出力の具体例を附録 2 に示しておいた。

#### 4.3 サンプル計算

サンプルとして，制御棒 2 本挿入，ロッド間隔 16.5 cm，標準燃料体 6 ブロック，濃縮度 4 % (標準燃料ブロック，制御棒孔付燃料ブロック) の体系の場合を計算し，そのサンプルインプットを附録 1 に，データカードイメージとアウトプットリストを附録 2 に示す。

この体系の概略を Fig. 4. 1 に示す。









										1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0										
#9																																																																																									
	NE																																																																																								
	(4I10)																																																																																								
	NE ; 多数エネルギー群数 < 20 (COMMONのサイズを変更することによってこの制限を変更することがきる)																																																																																								
	NKG ; 縮約エネルギー群数 ≤ 10																																																																																								
	NEUP ; upscatter の数																																																																																								
	NBDW ; downscatter の数																																																																																								
#10																																																																																									
	KCE(I) ; I = 1, NKG																																																																																								
	(8I10)																																																																																								
	KCE(I) ; 各縮約エネルギー群に対する多数エネルギー群の最大数 (各縮約エネルギー群の下限に相当する多数エネルギー群数)																																																																																								
#11																																																																																									
	NR																																																																																								
	(I10)																																																																																								
	NG ; 制御領域のRegion数 = 4, 2本または1本制御棒挿入のとき, = 1全引抜きするとき																																																																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				



	1									2									3									4									5									6									7									8															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0									
#12																																																																															
NCR (1)																																																																															
(4F10.0)																																																																															
NCR (1); 制御領域の I - th region の組成番号																																																																															
#13																																																																															
NM																																																																															
(3I10)																																																																															
NM; 拡散領域のメッシュ数 < 100																																																																															
IMH; 拡散領域メッシュサイズ region 数 ≤ 10																																																																															
IMC; 組成 region 数 ≤ 10																																																																															
#14																																																																															
NMH (I, I = 1, IMH)																																																																															
(8I10)																																																																															
NMH (I); I - th mesh size region の終点のメッシュ番号																																																																															
#15																																																																															
HI (I, I = 1, IMH)																																																																															
(8F10.0)																																																																															
HI (I); I - th mesh size (cm)																																																																															





										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
#21-3																																																																															
K=1,NE																																																																															
SIGIE(K, KP, IC), KP=1, NE																																																																															
(8E1,04)																																																																															
SIGIE(K, KP, IC); 過形断面積 $\Sigma^{k-1}, \Sigma^{k-2}, \dots, \Sigma^{k-NE}$																																																																															
#21-4																																																																															
ブランクカード																																																																															
#21-1, #21-2, #21-3をLibraryとして読み込みました。組成の数だけ繰り返り返し入力し、最後にブランクカード#21-4を入れる。																																																																															
#22																																																																															
TITLE(I) I=1,20																																																																															
(20A4)																																																																															
TITLE(1) 衝突確率データカード入力コメント																																																																															
#22-1																																																																															
K=1,NE																																																																															
I=1, NR																																																																															
PIJ(I, J), J=1, NR,																																																																															
(8F100)																																																																															
PIJ(I, J); Pij i-j間衝突確率																																																																															
PHI(I); Phi i-th regionから拡散領域へ逃げる確率																																																																															

	1									2									3									4									5									6									7									8								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
#22-2																																																																								
QI(I), I=1, NR																																																																								
(8F100)																																																																								
QI(1); Qi																																																																								
拡散領域から i																																																																								
th region への衝突確率																																																																								
(等方入射)																																																																								
QO; Qo																																																																								
拡散領域から拡散領域に抜ける確率																																																																								
(等方入射)																																																																								
#22-3																																																																								
QWI(I), I=1, NR																																																																								
(8F100)																																																																								
QWI(1); Qi																																																																								
拡散領域から i																																																																								
th region への衝突確率																																																																								
(非等方入射)																																																																								
QWO; Qo																																																																								
拡散領域から拡散領域に抜ける確率																																																																								
(非等方入射)																																																																								
#23																																																																								
CONT																																																																								
(I10)																																																																								
CONT I; 連続して次のケースを実行するときの, 前ケースのうちの変更データカード数																																																																								
#23-1																																																																								
CARDID																																																																								
(8I10)																																																																								
CARDID; 前ケースのうちの変更分データカードID番号 (#1~#22)																																																																								
#23-2																																																																								
#23-3																																																																								
#23-4																																																																								
#23-5																																																																								
#23-6																																																																								
#23-7																																																																								
#23-8																																																																								

\* 連続して次のケースを実行するときは #23-1, #23-2 が必須



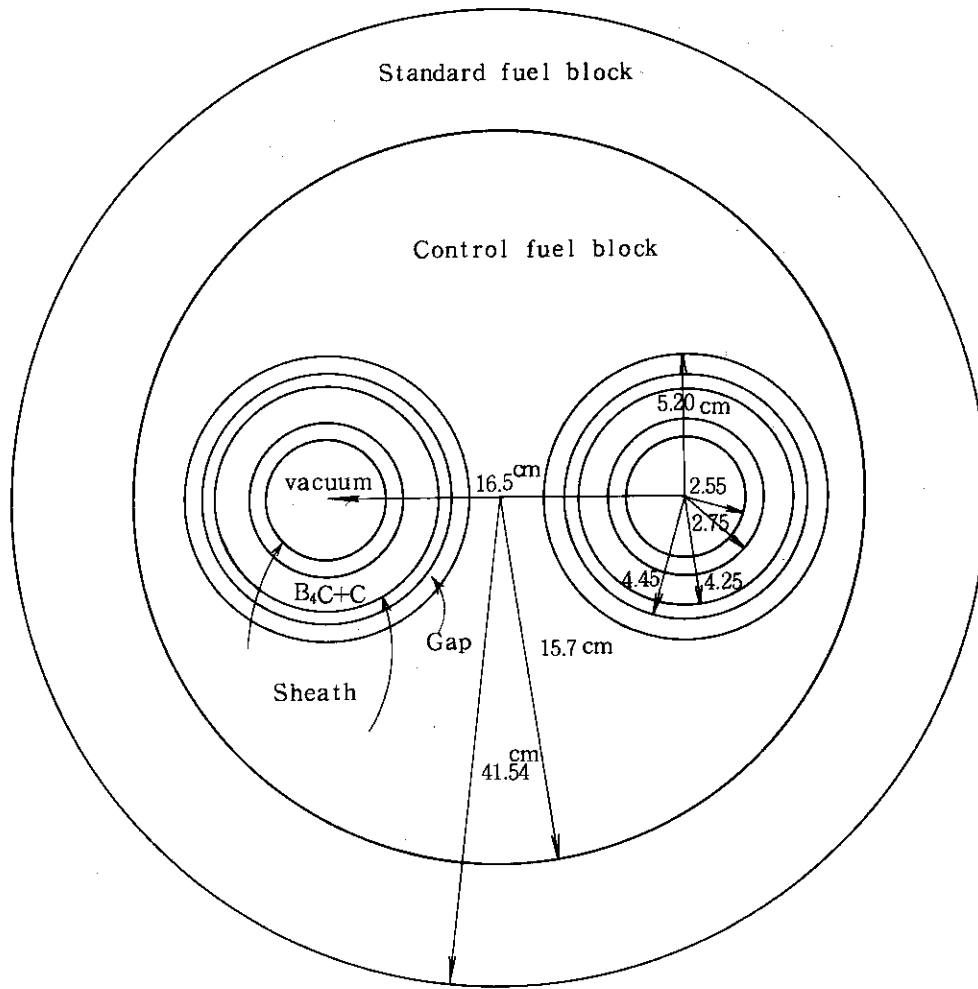


Fig.4.1 Cell configuration of sample case.

## 5. お わ り に

ブロック型燃料の高温ガス炉に用いられる双子型制御棒の反応度値を計算するコードとして本DIRKコードを開発した。このコードの計算法は制御燃料ブロックを衝突確率法で、標準燃料ブロックを拡散理論で取扱い、これを結合して反応度値を計算するもので、他のコードと比較すると形状効果と双子型制御棒の相互作用の効果を正確に取扱うことが出来る点で優れた方法といえる。このDIRKを用い、多目的高温ガス実験炉の炉心の双子型制御棒体系での種々の配置効果の検討も既に行われたが、今後も同種類の問題に対する解析に有効に利用できよう。さらに、臨界実験データの解析や他コードによる計算結果との比較などを通して、本コードの計算精度の検証ならびに改善を計っていくことも必要といえよう。

## 参 考 文 献

- (1) K. Makino, Y. Fukai ; J. Nuclear Energy, 23, 187 (1969)。
- (2) 牧野格次 ; 輸送拡散法による中性子の振舞の取扱いに関する研究(京大学位論文), (1968) (未公開資料)。
- (3) Y. Fukai ; ANS trans. 14, No. 1, 222 (1971)。
- (4) 後藤頼夫, 土橋敬一郎 ; 日本原子力学会, 秋の分科会予稿集(I), D 42, (1978)。



## 5. お わ り に

ブロック型燃料の高温ガス炉に用いられる双子型制御棒の反応度値を計算するコードとして本DIRKコードを開発した。このコードの計算法は制御燃料ブロックを衝突確率法で、標準燃料ブロックを拡散理論で取扱い、これを結合して反応度値を計算するもので、他のコードと比較すると形状効果と双子型制御棒の相互作用の効果を正確に取扱うことが出来る点で優れた方法といえる。このDIRKを用い、多目的高温ガス実験炉の炉心の双子型制御棒体系での種々の配置効果の検討も既に行われたが、今後も同種類の問題に対する解析に有効に利用できよう。さらに、臨界実験データの解析や他コードによる計算結果との比較などを通して、本コードの計算精度の検証ならびに改善を計っていくことも必要といえよう。

## 参 考 文 献

- (1) K. Makino, Y. Fukai ; J. Nuclear Energy, 23, 187 (1969)。
- (2) 牧野格次 ; 輸送拡散法による中性子の振舞の取扱に関する研究 (京大学位論文), (1968) (未公開資料)。
- (3) Y. Fukai ; ANS trans, 14, No. 1, 222 (1971)。
- (4) 後藤頼夫, 土橋敬一郎 ; 日本原子力学会, 秋の分科会予稿集(I), D 42, (1978)。

附録1 Sample Input List

.....1.....\*.....2.....\*.....3.....\*.....4.....\*.....5.....\*.....6.....\*.....7.....\*.....8

```

*** SAMPLE D=21.0 6BLOCK
  1      0
  1      1      0
 16     10      8      8
 10.5
 2.55   2.75   4.25   4.45   5.20   15.7
  0      2.0
 30     0.5    0.0001  0.0001
  4      4      1      2
  1      2      3      4
  4
  2      3     10     5
 50     2      1
 49     50
 0.527  0.544
 50
  6
6.1685E-05
  1.0
 0.96723 0.03277 0.0 0.0
*** 4 GROUP CROSS SECTION *** NO.5,NO.6 4 PERCENT ENRICH ***
  2
1.0549E+001.8120E-03 0.0 0.0
3.0305E-012.2474E-02 0.0 0.0
3.0449E-014.7190E-02 0.0 0.0
2.8015E-011.4230E-01 0.0 0.0
3.0766E-016.5161E-03 0.0 0.0
  0.01.0748E+002.6369E-03 0.0
  0.0 0.01.0597E+00 0.0
  0.0 0.0 0.01.0597E+00
  3
1.1642E+003.4517E-03 0.0 0.0
4.0625E-013.6806E-01 0.0 0.0
8.7179E-023.3915E+00 0.0 0.0
3.1113E-021.0270E+01 0.0 0.0
2.6388E-011.8983E-02 0.0 0.0
  0.04.4700E-015.4545E-03 0.0
  0.0 0.04.0919E-014.6441E-02
  0.0 0.01.4988E-034.6616E-01
  5
 1.5540 3.7778E-051.2079E-053.2528E-05
9.4268E-014.0562E-044.5286E-051.0955E-04
9.8682E-012.2272E-041.1609E-042.8082E-04
9.4710E-019.7599E-046.2719E-041.5172E-03
2.0011E-011.4363E-02 0.0 0.0
  0.03.4849E-014.7066E-03 0.0
  0.0 0.02.8999E-016.4203E-02
  0.0 0.01.2187E-033.6723E-01
  6
 1.45798.2425E-054.0125E-051.0805E-04
8.8291E-011.2529E-031.4523E-043.5132E-04
9.3021E-016.1328E-043.6958E-048.9401E-04
8.9090E-012.8260E-032.0243E-034.8969E-03
2.1328E-011.5270E-021.4906E-11 0.0
  0.03.7193E-014.3512E-03 0.0

```

.....1.....\*.....2.....\*.....3.....\*.....4.....\*.....5.....\*.....6.....\*.....7.....\*.....8

```

  0.0 0.03.2014E-015.5303E-02
  0.0 0.01.7853E-033.8798E-01
  2
  1      5
*** SAMPLE D=16.5 6BLOCK
  8.25
  999
*END

```





\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 3

INPUT DATA (NO 11 - NO 20)

DATA NO	DATA	COMMENT
11	NR = 4	NUMBER OF ROD REGION
12	NCR(I) = 2 3 10 5	COMPOSITION NUMBER FOR THE I-TH REGION
13	NM = 50 IMH = 2 IMC = 1	NUMBER OF MESHES NUMBER OF MESH REGIONS NUMBER OF COMPOSITION TYPES.
14	NMH(I) = 49 50	LAST MESH NUMBER OF THE I-TH MESH REG.
15	HI(I) = 5.270E-01 5.440E-01	MESH SIZE (CM)
16	NMC(I) = 50	LAST MESH NUMBER OF THE I-TH COMPOSITION REG.
17	NCD(I) = 6	COMPOSITION NUMBER FOR THE I-TH COMP. REG.
18	BIS(I) = 6.168E-05	BUCKLING SQUARED FOR THE I-TH COMP. REG.
19	ALPHA = 1.000E+00	ALBEDO
20	CHIK(I) = 9.672E-01 3.277E-02 0.0 0.0	FISSION SPECTRUM

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 4

INPUT DATA NO 21 \*\*\* 4 GROUP CROSS SECTION \*\*\* NO.5+NO.6 4 PERCENT ENRICH \*\*\*

COMPOSITION NUMBER IC = 2

ENERGY GROUP	DIFF. COEF.	ABSORPT. CROS.SEC.	FISSION CROS.SEC.	FISSION NUMBER	SCATTER CROS.SEC.	TOTAL CROS.SEC.
1	1.055E+00	1.812E-03	0.0	0.0	3.077E-01	3.160E-01
2	3.030E-01	2.247E-02	0.0	0.0	1.075E+00	1.100E+00
3	3.045E-01	4.719E-02	0.0	0.0	1.060E+00	1.107E+00
4	2.801E-01	1.423E-01	0.0	0.0	1.060E+00	1.202E+00

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 5

COMPOSITION NUMBER IC = 2

INELASTIC CROSS SECTION

K	K TO 1	K TO 2	K TO 3	K TO 4
1	3.077E-01	6.516E-03	0.0	0.0
2	0.0	1.075E+00	2.637E-03	0.0
3	0.0	0.0	1.060E+00	0.0
4	0.0	0.0	0.0	1.060E+00

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 6

COMPOSITION NUMBER IC = 3

ENERGY GROUP	DIFF. COEF.	ABSORPT. CROS.SEC.	FISSION CROS.SEC.	FISSION NUMBER	SCATTER CROS.SEC.	TOTAL CROS.SEC.
1	1.164E+00	3.452E-03	0.0	0.0	2.639E-01	2.863E-01
2	4.063E-01	3.681E-01	0.0	0.0	4.470E-01	8.205E-01
3	8.718E-02	3.391E+00	0.0	0.0	4.092E-01	3.847E+00
4	3.111E-02	1.027E+01	0.0	0.0	4.662E-01	1.074E+01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 7

COMPOSITION NUMBER IC = 3

INELASTIC CROSS SECTION

K	K TO 1	K TO 2	K TO 3	K TO 4
1	2.639E-01	1.898E-02	0.0	0.0
2	0.0	4.470E-01	5.454E-03	0.0
3	0.0	0.0	4.092E-01	4.644E-02
4	0.0	0.0	1.499E-03	4.662E-01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 8

COMPOSITION NUMBER IC = 5

ENERGY GROUP	DIFF. COEF.	ABSORPT. CROS.SEC.	FISSION CROS.SEC.	FISSION NUMBER	SCATTER CROS.SEC.	TOTAL CROS.SEC.
1	1.554E+00	3.778E-05	1.208E-05	3.253E-05	2.001E-01	2.145E-01
2	9.427E-01	4.056E-04	4.529E-05	1.095E-04	3.485E-01	3.536E-01
3	9.868E-01	2.227E-04	1.161E-04	2.808E-04	2.900E-01	3.544E-01
4	9.471E-01	9.760E-04	6.272E-04	1.517E-03	3.672E-01	3.694E-01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 9

COMPOSITION NUMBER IC = 5

INELASTIC CROSS SECTION

K	K TO 1	K TO 2	K TO 3	K TO 4
1	2.001E-01	1.436E-02	0.0	0.0
2	0.0	3.485E-01	4.707E-03	0.0
3	0.0	0.0	2.900E-01	6.420E-02
4	0.0	0.0	1.219E-03	3.672E-01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 10

COMPOSITION NUMBER IC = 6

ENERGY GROUP	DIFF. COEF.	ABSORPT. CROS.SEC.	FISSION CROS.SEC.	FISSION NUMBER	SCATTER CROS.SEC.	TOTAL CROS.SEC.
1	1.458E+00	8.243E-05	4.012E-05	1.081E-04	2.133E-01	2.286E-01
2	8.829E-01	1.253E-03	1.452E-04	3.513E-04	3.719E-01	3.775E-01
3	9.302E-01	6.133E-04	3.696E-04	8.940E-04	3.201E-01	3.761E-01
4	8.909E-01	2.826E-03	2.024E-03	4.897E-03	3.880E-01	3.926E-01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 11

COMPOSITION NUMBER IC = 6  
INELASTIC CROSS SECTION

K	K TO 1	K TO 2	K TO 3	K TO 4
1	2.133E-01	1.527E-02	1.491E-11	0.0
2	0.0	3.719E-01	4.351E-03	0.0
3	0.0	0.0	3.201E-01	5.530E-02
4	0.0	0.0	1.785E-03	3.880E-01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 12

COMPOSITION NUMBER IC = 10

ENERGY GROUP	DIFF. COEF.	ABSORPT. CROS.SEC.	FISSION CROS.SEC.	FISSION NUMBER	SCATTER CROS.SEC.	TOTAL CROS.SEC.
1	5.443E+00	3.512E-04	0.0	0.0	5.963E-02	6.124E-02
2	1.564E+00	4.356E-03	0.0	0.0	2.083E-01	2.132E-01
3	1.571E+00	9.146E-03	0.0	0.0	2.054E-01	2.145E-01
4	1.445E+00	2.758E-02	0.0	0.0	2.054E-01	2.330E-01

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 13

COMPOSITION NUMBER IC = 10  
INELASTIC CROSS SECTION

K	K TO 1	K TO 2	K TO 3	K TO 4
1	5.963E-02	1.263E-03	0.0	0.0
2	0.0	2.083E-01	5.111E-04	0.0
3	0.0	0.0	2.054E-01	0.0
4	0.0	0.0	0.0	2.054E-01

PATH STORED IN MT IMT = 20

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

PAGE - 14

PROCAL RESULTS FOR ROD IN CASE

ENERGY GROUP = 1

PIJ(I,J)	2	3	4	PHI(I)	
1	1.507E-01	4.292E-01	3.198E-02	2.906E-01	9.753E-02
2	4.782E-02	4.628E-01	4.378E-02	2.891E-01	1.565E-01
3	1.948E-02	2.394E-01	1.046E-01	4.263E-01	2.102E-01
4	4.717E-03	4.212E-02	1.136E-02	7.856E-01	1.562E-01

Q(I)	2	3	4	Q0	
1	8.323E-03	1.198E-01	2.944E-02	8.211E-01	2.126E-02

QWI(I)	2	3	4	QW0	
1	9.770E-03	1.305E-01	2.880E-02	8.214E-01	9.510E-03

ENERGY GROUP = 2

PIJ(I,J)	2	3	4	PHI(I)	
1	3.832E-01	5.133E-01	2.264E-02	6.256E-02	1.825E-02
2	6.946E-02	6.953E-01	6.113E-02	1.277E-01	4.640E-02
3	1.381E-02	2.752E-01	2.527E-01	3.382E-01	1.202E-01
4	2.144E-03	3.233E-02	1.903E-02	8.510E-01	9.548E-02

Q(I)	2	3	4	Q0	
1	5.421E-03	1.018E-01	5.859E-02	8.276E-01	6.591E-03

QWI(I)	2	3	4	QW0	
1	6.710E-03	1.144E-01	5.772E-02	8.196E-01	1.551E-03

ENERGY GROUP = 3

```

PIJ(I,J) =          PHI(I) =
  1          2          3          4
1  3.847E-01 6.148E-01 8.586E-05 2.474E-04 9.598E-05
2  1.786E-02 9.271E-01 1.427E-02 2.986E-02 1.093E-02
3  5.231E-05 2.994E-01 2.520E-01 3.326E-01 1.159E-01
4  8.512E-06 3.937E-02 1.879E-02 8.510E-01 9.487E-02

GI(I) =          GO =
  1          2          3          4
1  2.869E-05 1.124E-01 5.689E-02 8.242E-01 6.479E-03

GWI(I) =          GWO =
  1          2          3          4
1  3.703E-05 1.265E-01 5.605E-02 8.159E-01 1.482E-03
    
```

ENERGY GROUP = 4

```

PIJ(I,J) =          PHI(I) =
  1          2          3          4
1  4.047E-01 5.953E-01 1.182E-09 1.000E-10 1.268E-09
2  6.728E-03 9.739E-01 5.473E-03 1.053E-02 3.740E-03
3  7.199E-10 2.950E-01 2.667E-01 3.268E-01 1.115E-01
4  3.585E-12 3.340E-02 1.923E-02 8.560E-01 9.136E-02

GI(I) =          GO =
  1          2          3          4
1  4.116E-10 1.074E-01 5.941E-02 8.272E-01 5.939E-03

GWI(I) =          GWO =
  1          2          3          4
1  5.454E-10 1.212E-01 5.866E-02 8.189E-01 1.306E-03
    
```

---- GEOMETRIC CONSTANT ----

VOLUME OF EACH REGION IN ROD REGION

1 6.6602E+00 2 6.5973E+01 3 5.6407E+01 4 6.0447E+02

VOLUME OF EACH REGION IN DIFFUSION REGION

1	2.6211E+01	2	5.3731E+01	3	5.5476E+01	4	5.7222E+01	5	5.8967E+01	6	6.0712E+01
7	6.2457E+01	8	6.4202E+01	9	6.5947E+01	10	6.7692E+01	11	6.9437E+01	12	7.1182E+01
13	7.2927E+01	14	7.4672E+01	15	7.6417E+01	16	7.8162E+01	17	7.9907E+01	18	8.1652E+01
19	8.3397E+01	20	8.5142E+01	21	8.6887E+01	22	8.8632E+01	23	9.0377E+01	24	9.2122E+01
25	9.3867E+01	26	9.5612E+01	27	9.7357E+01	28	9.9102E+01	29	1.0085E+02	30	1.0259E+02
31	1.0434E+02	32	1.0608E+02	33	1.0783E+02	34	1.0957E+02	35	1.1132E+02	36	1.1306E+02
37	1.1481E+02	38	1.1655E+02	39	1.1830E+02	40	1.2004E+02	41	1.2179E+02	42	1.2353E+02
43	1.2528E+02	44	1.2702E+02	45	1.2877E+02	46	1.3051E+02	47	1.3226E+02	48	1.3400E+02
49	1.3795E+02	50	7.0761E+01								

TOTAL VOLUME OF DIFFUSION REGION= 4.6467E+03





---- RESULTS FOR FLUX AND EIGEN-VALUE ----

ITERATION CONVERGED

NUMBER OF ITERATION = 15

TIME PER ITERATION = 2.028E-05 (HR.)

EIGEN-VALUE HAM = 7.65844E-01

RELATIVE ERROR FOR FLUX ES = 5.3861E-05  
RELATIVE ERROR FOR EIGEN-VALUE ERAM = -5.8177E-06

FLUX PHIK FOR ENERGY GROUP K = 1  
\*\*\*\*\*

IN ROD REGION									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9.4546E-03	9.6360E-03	9.8947E-03	9.7870E-03						
IN DIFFUSION REGION									
1.0890E-02	1.1173E-02	1.1452E-02	1.1727E-02	1.1997E-02	1.2262E-02				
1.2522E-02	1.2777E-02	1.3026E-02	1.3270E-02	1.3508E-02	1.3741E-02				
1.3967E-02	1.4188E-02	1.4402E-02	1.4611E-02	1.4813E-02	1.5009E-02				
1.5199E-02	1.5382E-02	1.5559E-02	1.5730E-02	1.5894E-02	1.6052E-02				
1.6204E-02	1.6350E-02	1.6489E-02	1.6621E-02	1.6748E-02	1.6868E-02				
1.6982E-02	1.7089E-02	1.7191E-02	1.7286E-02	1.7375E-02	1.7458E-02				
1.7535E-02	1.7606E-02	1.7671E-02	1.7730E-02	1.7784E-02	1.7831E-02				
1.7873E-02	1.7909E-02	1.7939E-02	1.7963E-02	1.7983E-02	1.7996E-02				
1.8004E-02	1.8007E-02								

AVERAGE FLUX IN DIFFUSION REGION  
1.6195E-02

AVERAGE FLUX FOR EACH COMPOSITION IN DIFF. REG.(COMP, NUMB. AND ITS FLUX)  
6 1.6195E-02

FLUX PHIK FOR ENERGY GROUP K = 2  
\*\*\*\*\*

IN ROD REGION									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.4535E-03	8.6829E-03	1.5211E-02	2.0235E-02						
IN DIFFUSION REGION									
2.2115E-02	2.3197E-02	2.4230E-02	2.5218E-02	2.6164E-02	2.7069E-02				
2.7936E-02	2.8767E-02	2.9564E-02	3.0328E-02	3.1061E-02	3.1764E-02				
3.2439E-02	3.3086E-02	3.3706E-02	3.4301E-02	3.4871E-02	3.5418E-02				
3.5941E-02	3.6442E-02	3.6922E-02	3.7380E-02	3.7817E-02	3.8235E-02				
3.8633E-02	3.9011E-02	3.9371E-02	3.9713E-02	4.0037E-02	4.0343E-02				
4.0631E-02	4.0903E-02	4.1158E-02	4.1397E-02	4.1620E-02	4.1826E-02				
4.2018E-02	4.2193E-02	4.2354E-02	4.2499E-02	4.2630E-02	4.2747E-02				
4.2849E-02	4.2937E-02	4.3011E-02	4.3071E-02	4.3117E-02	4.3151E-02				
4.3170E-02	4.3177E-02								

\*\*\* SAMPLE D=21.0 6BLOCK

AVERAGE FLUX IN DIFFUSION REGION  
3.8342E-02

AVERAGE FLUX FOR EACH COMPOSITION IN DIFF. REG.(COMP, NUMB. AND ITS FLUX)  
6 3.8342E-02

FLUX PHIK FOR ENERGY GROUP K = 3  
\*\*\*\*\*

IN ROD REGION									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.7330E-03	1.2646E-04	1.2267E-03	1.8294E-03						
IN DIFFUSION REGION									
2.1200E-03	2.2650E-03	2.4018E-03	2.5311E-03	2.6535E-03	2.7696E-03				
2.8798E-03	2.9846E-03	3.0842E-03	3.1792E-03	3.2696E-03	3.3559E-03				
3.4383E-03	3.5169E-03	3.5919E-03	3.6636E-03	3.7320E-03	3.7973E-03				
3.8597E-03	3.9193E-03	3.9761E-03	4.0302E-03	4.0818E-03	4.1310E-03				
4.1777E-03	4.2221E-03	4.2642E-03	4.3042E-03	4.3419E-03	4.3776E-03				
4.4112E-03	4.4428E-03	4.4724E-03	4.5001E-03	4.5259E-03	4.5499E-03				
4.5720E-03	4.5923E-03	4.6109E-03	4.6277E-03	4.6428E-03	4.6562E-03				
4.6680E-03	4.6782E-03	4.6867E-03	4.6936E-03	4.6990E-03	4.7028E-03				
4.7051E-03	4.7059E-03								

AVERAGE FLUX IN DIFFUSION REGION  
4.1334E-03

AVERAGE FLUX FOR EACH COMPOSITION IN DIFF. REG.(COMP, NUMB. AND ITS FLUX)  
6 4.1334E-03

FLUX PHIK FOR ENERGY GROUP K = 4  
\*\*\*\*\*

IN ROD REGION									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.4761E-05	3.5477E-04	1.1316E-02	1.7987E-02						
IN DIFFUSION REGION									
2.0041E-02	2.1278E-02	2.2469E-02	2.3613E-02	2.4715E-02	2.5774E-02				
2.6794E-02	2.7774E-02	2.8718E-02	2.9626E-02	3.0499E-02	3.1338E-02				
3.2145E-02	3.2921E-02	3.3666E-02	3.4381E-02	3.5068E-02	3.5726E-02				
3.6358E-02	3.6962E-02	3.7541E-02	3.8095E-02	3.8624E-02	3.9128E-02				
3.9609E-02	4.0067E-02	4.0502E-02	4.0915E-02	4.1306E-02	4.1676E-02				
4.2025E-02	4.2354E-02	4.2662E-02	4.2950E-02	4.3219E-02	4.3468E-02				
4.3699E-02	4.3911E-02	4.4104E-02	4.4280E-02	4.4437E-02	4.4578E-02				
4.4701E-02	4.4807E-02	4.4896E-02	4.4968E-02	4.5024E-02	4.5064E-02				
4.5088E-02	4.5097E-02								

AVERAGE FLUX IN DIFFUSION REGION  
3.9279E-02

AVERAGE FLUX FOR EACH COMPOSITION IN DIFF. REG.(COMP, NUMB. AND ITS FLUX)  
6 3.9279E-02

---- RESULTS FOR SOURCE AND POWER DISTRIBUTION ----

SOURCE DISTRIBUTION

\*\*\*\*\*

IN ROD REGION				
1	2	3	4	
0.0	0.0	0.0	3.0358E-05	

POWER DISTRIBUTION

\*\*\*\*\*

IN ROD REGION											
1	1.0898E-04	2	1.1558E-04	3	1.2192E-04	4	1.2802E-04	5	1.3389E-04	6	1.3952E-04
7	1.4495E-04	8	1.5016E-04	9	1.5518E-04	10	1.6000E-04	11	1.6464E-04	12	1.6910E-04
13	1.7339E-04	14	1.7751E-04	15	1.8147E-04	16	1.8527E-04	17	1.8891E-04	18	1.9241E-04
19	1.9578E-04	20	1.9897E-04	21	2.0204E-04	22	2.0498E-04	23	2.0779E-04	24	2.1047E-04
25	2.1302E-04	26	2.1545E-04	27	2.1776E-04	28	2.1995E-04	29	2.2203E-04	30	2.2399E-04
31	2.2585E-04	32	2.2759E-04	33	2.2923E-04	34	2.3076E-04	35	2.3218E-04	36	2.3351E-04
37	2.3473E-04	38	2.3586E-04	39	2.3689E-04	40	2.3782E-04	41	2.3866E-04	42	2.3940E-04
43	2.4005E-04	44	2.4061E-04	45	2.4109E-04	46	2.4147E-04	47	2.4177E-04	48	2.4198E-04
49	2.4211E-04	50	2.4215E-04								

IN DIFFUSION REGION				
1	2	3	4	
0.0	0.0	0.0	1.2528E-05	

IN DIFFUSION REGION											
1	4.5000E-05	2	4.7728E-05	3	5.0349E-05	4	5.2869E-05	5	5.5292E-05	6	5.7622E-05
7	5.9862E-05	8	6.2017E-05	9	6.4090E-05	10	6.6083E-05	11	6.8000E-05	12	6.9842E-05
13	7.1613E-05	14	7.3315E-05	15	7.4950E-05	16	7.6519E-05	17	7.8026E-05	18	7.9470E-05
19	8.0855E-05	20	8.2181E-05	21	8.3451E-05	22	8.4665E-05	23	8.5824E-05	24	8.6931E-05
25	8.7986E-05	26	8.8990E-05	27	8.9944E-05	28	9.0850E-05	29	9.1708E-05	30	9.2519E-05
31	9.3284E-05	32	9.4004E-05	33	9.4680E-05	34	9.5312E-05	35	9.5902E-05	36	9.6449E-05
37	9.6955E-05	38	9.7420E-05	39	9.7844E-05	40	9.8229E-05	41	9.8575E-05	42	9.8883E-05
43	9.9153E-05	44	9.9365E-05	45	9.9580E-05	46	9.9739E-05	47	9.9863E-05	48	9.9950E-05
49	1.0000E-04	50	1.0002E-04								

POWER PEAKING FACTOR

\*\*\*\*\*

IN ROD REGION				
1	2	3	4	
0.0	0.0	0.0	1.6319E-01	

IN DIFFUSION REGION											
1	5.8618E-01	2	6.2171E-01	3	6.5582E-01	4	6.8867E-01	5	7.2023E-01	6	7.5058E-01
7	7.7977E-01	8	8.0784E-01	9	8.3483E-01	10	8.6080E-01	11	8.8576E-01	12	9.0977E-01
13	9.3284E-01	14	9.5900E-01	15	9.7830E-01	16	9.9674E-01	17	1.0164E+00	18	1.0352E+00
19	1.0532E+00	20	1.0705E+00	21	1.0870E+00	22	1.1028E+00	23	1.1179E+00	24	1.1324E+00
25	1.1461E+00	26	1.1592E+00	27	1.1718E+00	28	1.1834E+00	29	1.1946E+00	30	1.2052E+00
31	1.2151E+00	32	1.2245E+00	33	1.2333E+00	34	1.2415E+00	35	1.2492E+00	36	1.2563E+00
37	1.2629E+00	38	1.2690E+00	39	1.2743E+00	40	1.2795E+00	41	1.2840E+00	42	1.2881E+00
43	1.2916E+00	44	1.2946E+00	45	1.2971E+00	46	1.2992E+00	47	1.3008E+00	48	1.3020E+00
49	1.3026E+00	50	1.3029E+00								

---- RESULTS FOR CONTRACTED CROSS SECTIONS ----

IN ROD REGION

ENERGY GROUP	TOTAL CROS.SEC.	ABSORPT. CROS.SEC.	FISSION CROS.SEC.	FISSION NUMBER	DIFF.COEF.	DIFF.COEF. (FROM T.CROS.)
1	2.0984E-01	3.8032E-04	9.9625E-06	2.6828E-05	1.6488E+00	1.5885E+00
2	3.6702E-01	1.6092E-02	4.0396E-05	9.7722E-05	9.1106E-01	9.0821E-01
3	3.7102E-01	2.4658E-02	1.0846E-04	2.6236E-04	9.1098E-01	8.9844E-01
4	3.8292E-01	2.3287E-02	5.9120E-04	1.4301E-03	8.7365E-01	8.7091E-01

INELASTIC CROSS SECTION

	1	2	3	4
1	1.9577E-01	1.3684E-02	0.0	0.0
2	0.0	3.4646E-01	4.4678E-03	0.0
3	0.0	0.0	2.8605E-01	6.0311E-02
4	0.0	0.0	1.1518E-03	3.5848E-01

IN DIFFUSION REGION

COMPOSITION NUMBER IC = 6

ENERGY GROUP	TOTAL CROSS.SEC.	ABSORPT. CROSS.SEC.	FISSION CROSS.SEC.	FISSION NUMBER	DIFF.COEFF.	DIFF.COEFF. (FROM T.CROSS.)
1	2.2863E-01	8.2425E-05	4.0125E-05	1.0805E-04	1.4579E+00	
2	3.7753E-01	1.2529E-03	1.4523E-04	3.5132E-04	8.8291E-01	
3	3.7606E-01	6.1328E-04	3.6958E-04	8.9401E-04	9.3021E-01	
4	3.9259E-01	2.8260E-03	2.0243E-03	4.8969E-03	8.9090E-01	

INELASTIC CROSS SECTION

	1	2	3	4
1	2.1328E-01	1.5270E-02	1.4906E-11	0.0
2	0.0	3.7193E-01	4.3512E-03	0.0
3	0.0	0.0	3.2014E-01	3.5303E-02
4	0.0	0.0	1.7853E-03	3.8798E-01

IN TOTAL REGION

ENERGY GROUP	TOTAL CROSS.SEC.	ABSORPT. CROSS.SEC.	FISSION CROSS.SEC.	FISSION NUMBER	DIFF.COEFF.	DIFF.COEFF. (FROM T.CROSS.)
1	2.0988E-01	3.7964E-04	1.0030E-05	2.7011E-05	2.7690E-01	1.5882E+00
2	3.6705E-01	1.6051E-02	4.0689E-05	9.8429E-05	4.4198E-01	9.0813E-01
3	3.7103E-01	2.4575E-02	1.0937E-04	2.6456E-04	4.7651E-01	8.9839E-01
4	3.8295E-01	2.3218E-02	3.9607E-04	1.4419E-03	4.8551E-01	8.7043E-01

INELASTIC CROSS SECTION

	1	2	3	4
1	1.9581E-01	1.3688E-02	3.3580E-14	0.0
2	0.0	3.4653E-01	4.4675E-03	0.0
3	0.0	0.0	2.8616E-01	6.0294E-02
4	0.0	0.0	1.1540E-03	3.5858E-01