

JAERI - M
84-242

多目的高温ガス実験炉用
3次元炉心核熱動特性解析コード
—COMIC-60 (Version 1)—

1985年2月

高野 誠・滝川 好夫*

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division
Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-
mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1985

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷(株)

多目的高温ガス実験炉用
3次元炉心核熱動特性解析コード
— COMIC-60 (Version 1) —

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部

高野 誠・滝川好夫*

(1984年12月22日受理)

多目的高温ガス実験炉の炉心動特性を解析するための計算コードを開発した。本コードは、炉心の60度回転対称性を利用して、全炉心の1/6部分を3次元モデルにより取扱う。炉心の核的な動特性は、時間・空間依存の拡散方程式を時間に関し積分して解き、さらに熱的な動特性は炉心内に存在する冷却チャンネルの伝熱計算モデルを解いて表現している。また、制御棒を使用して原子炉出力や炉心出口温度を一定に維持するための制御系も組み込まれている。

* 原子力データセンター

Analysis code of three dimensional core dynamics
for the experimental multi-purpose Very High Temperature Reactor
-COMIC-60 (Version 1)-

Makoto TAKANO and Yoshio TAKIKAWA*

Department of Power Reactor Projects, JAERI

(Received December 22, 1984)

The code has been developed for core dynamics analysis of the experimental multi-purpose very high temperature reactor. Utilizing 60 degrees rotational symmetry, the code models the 1/6 part of core in three dimension. Space-time dependent diffusion equation is integrated in time to solve neutronic dynamics of the core. Temperature effect is taken into consideration by solving coolant channel models distributed over the core. The control rods can be adjusted by built-in control systems so that reactor power and coolant temperature at reactor outlet are kept constant.

KEYWORDS: VHTR, COMIC-60, Computer Simulation, Dynamics, Nuclear Reactor,
Space-time Dependent, Control System, Three Dimension,
Diffusion Equation, Accident, Operation, Reactor Simulator

* Nuclear Energy Data Center

目 次

1. 緒言	1
2. コード作成仕様の概略	2
2.1 核計算部	3
2.2 熱計算部	6
2.3 制御部	8
2.4 断面積編集部	11
3. プログラム設計	18
3.1 プログラムの基本設計	18
3.2 プログラムフローチャート	22
3.3 変数名	59
4. 使用方法	66
4.1 JCLとSLCS-M用入力データ	67
4.2 データ入力マニュアル	70
4.3 エラー番号一覧	85
4.4 断面積テーブルの拡張方法	86
4.5 必要なデータセット	87
5. サンプル入出力	88
5.1 入力データリスト	88
5.2 出力リスト	92
6. 結言	101
謝辞	101
参考文献	101

LIST OF CONTENTS

1. Introduction	1
2. Specification of COMIC-60	2
2.1 Nuclear part	3
2.2 Thermal part	6
2.3 Control part	8
2.4 Cross section editor	11
3. Programmer's manual	18
3.1 Basic design	18
3.2 Program flow charts	22
3.3 Variable names	59
4. User's manual	66
4.1 JCLs and data for SLCS-IV	67
4.2 Input data manual	70
4.3 Error stops	85
4.4 Expansion of cross section table	86
4.5 Data set specification	87
5. Sample input and output	88
5.1 Input data list	88
5.2 Output list	92
6. Conclusion	101
Acknowledgement	101
References	101

1. 緒 言

本報は、多目的高温ガス実験炉用3次元炉心核熱動特性解析コードCOMIC-60 (COre dynaMICS for 60 degrees portion)に関して、使用している基礎式、プログラム構成、入力データマニュアル、サンプル入出力を記述したものである。本コードは、多目的高温ガス実験炉 (VHTR) の炉心を対象として開発されており、VHTR 炉心の60度回転対称性を利用し、全炉心の1/6部分をモデル化している。炉心の核的な動特性は、時間・空間依存の拡散方程式により取扱う。熱計算は、燃料カラム毎に一本設けられた単位冷却チャンネルにより行われる。熱計算により得られた炉心内の温度分布により、温度依存の断面積が核計算で使用される。また、制御棒による原子炉出力や原子炉出口温度の制御、各冷却チャンネルへの流量配分の制御や外乱等を与えることができる。本コードにより、制御棒誤引抜き等の事故時のシミュレーション、出力一定運転等の制御系の原子炉運転特性解析、パルス中性子実験のシミュレーション、キセノン振動特性のシミュレーション等を行うことができる。本コードでは、微分方程式系で記述される問題を解くために開発されたシミュレーション言語 SLCS⁽¹⁾⁽²⁾-IVを用いている。

本報の第2章では使用されている基本式について、核計算部、熱計算部、制御部および断面積編集部のそれぞれについて示す。第3章では、本コードの基本設計と各種のフローチャートを示しており、今後の改良やメンテナンスに役立つものである。第4章では、本コードを実際に使用するためのJCL (ジョブコントロール言語) および入力データ作成法について示し、第5章にサンプル入出力を示す。

2. コード作成仕様の概略

本コードは、VHTR 炉心の空間および時間依存の動特性を解析するために使用され、炉心の 60 度回転対称性を仮定し、全炉心の 1/6 部分がモデル化されている。形状モデルは、Fig. 2.1 と Fig. 2.2 に示されるように、六角柱状ブロックが水平方向に 37 個、垂直方向に 12 段存在する。各々の六角柱状ブロックが核計算用のメッシュ点と対応する。この形状モデルには全部で 444 個のブロックが存在するが、各々のブロックを燃料ブロックとするか黒鉛ブロックとするかは入力データで任意に指定可能である。また、総てのブロックの平径および高さは入力データにより任意に設定できる。ただし、形状モデル中のブロック寸法は総て同一のものとなる。

本コードは、連続型シミュレーション言語 (SLCS-IV) で記述されており、開発に必要な時間および費用の低減を図っている。本コードには、計算モードとして、次の 2 種がある。

① STATIC モード

定常状態を得るためのモードであり、反応度等の外乱設定は無視される。通常、実効増倍率 (k_{eff}) を調整して定常状態を作成する。このモードでは炉出力は常に一定であり、入力値に固定される。

② DYNAMIC モード

反応度外乱等を与えた後の過渡現象を解析するモードである。

また、コード内部は機能面から次の 4 部分に分割される。

i) 核計算部

時間・空間依存の原子炉動特性方程式を解く部分である。中性子エネルギー 4 群、遅発中性子 6 群の拡散理論に基づく動特性方程式を使用している。また、オプションにより、キセノンやヨウ素の炉内濃度分布の時間変化も解析でき、キセノン振動のシミュレーションも行える。

ii) 熱計算部

各燃料カラム毎に代表 1 チャンネルの熱計算を行い、燃料コンパクト、黒鉛スリーブ、黒鉛減速材および He 冷却材の温度を求めている。冷却チャンネルの軸方向メッシュ位置は、核計算用メッシュ点と対応している。

iii) 制御部

制御部には以下の様な操作を行うための機能が存在する。

k_{eff} の計算 …… STATIC モードで炉心の定常状態を k_{eff} の調整で得るために使用される。

制御棒のコントロール …… 原子炉出力一定運転や冷却材炉心出口温度一定運転をシミュレーションするための制御系が組み込まれている。また外乱として任意の制御棒をタイムテーブルにより操作することもできる。

冷却材流量配分のコントロール …… 各冷却チャンネル出口温度が一定となる様、燃料カラム毎の流量を調整するロジックが組み込まれている。また、炉心全流量のタイムテーブルによる操作も可能である。

iv) 断面積編集部 …… ここでは、核計算用各種断面積の温度依存性を考慮するため、熱計算

部で得られた温度分布に基づき新たな断面積を編集する。

さらに、本コードの計算には多大なCPU時間を必要とすると考えられるため、リスタート機能を持たせておく。

2.1 核計算部

核計算部では、モデル化された炉心の各メッシュ点に対し以下の様な微分方程式を時間積分として解いてゆく。

なお、以下の式に用いている各記号の定義を節末に示す。

① 中性子束 ϕ_g ($g=1\sim 4$)

$$\begin{aligned} \frac{V}{v_g} \frac{\partial \phi_g}{\partial t} = & D_g \nabla^2 \phi_g V + \frac{(1-\beta)}{k} \sum_{g'=1}^4 \nu \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} \chi_g^p V - \Sigma_t^g \phi_g V \\ & + \sum_{g' \neq g}^4 \Sigma_s^{g' \rightarrow g} \phi_{g'} V + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i \chi_g^d V, \end{aligned} \quad (2.1)$$

ただし、

$$\Sigma_t^g = \Sigma_a^g + \sigma_{xg} X + \sum_{g' \neq g}^4 \Sigma_s^{g \rightarrow g'} + F_g + \Sigma_{rod}^g, \quad (2.2)$$

である。

② 遅発中性子先行核濃度 C_i ($i=1\sim 6$)

$$V \frac{\partial C_i}{\partial t} = \frac{\beta_i}{k} \sum_{g'=1}^4 \nu \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} V - \lambda_i C_i V \quad (2.3)$$

③ ヨウ素濃度 I

$$\frac{\partial I}{\partial t} V = \frac{\Gamma^I}{k} \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} V - \lambda^I I V \quad (2.4)$$

④ キセノン濃度 X

$$\frac{\partial X}{\partial t} V = \lambda^I I V + \frac{\Gamma^X}{k} \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} V - X \sum_{g'=1}^4 \sigma_{xg'} \phi_{g'} V - \lambda^X X V \quad (2.5)$$

ここで、(2.1)式中の右辺第1項である $D_g \nabla^2 \phi_g V$ を次のように表わす。

$$D_g \nabla^2 \phi_k^g V = \sum_{j=1}^6 \left[\frac{2D_k^g D_j^g S_r}{h_r (D_k^g + D_j^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_k^g)$$

$$+ \sum_{j=7}^8 \left[\frac{2 D_k^g D_j^g S_z}{h_z (D_k^g + D_j^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_k^g) \quad (2.6)$$

ただし、k, jの添字はメッシュ点の位置を示す (Fig. 2.3 参照)。(2.6)式は、注目しているメッシュ点kの周囲および上下に他のメッシュ点が存在している場合に適用可能であるが、注目しているメッシュ点kがモデルと外界の境界上の点である場合には直接適用できない。この時には、60度回転対称境界条件や外挿境界条件を適用する必要がある。60度回転対称境界条件が適用される例として、Fig. 2.4のメッシュ点No.3を考えれば、 $\phi_j^g (j=1\sim6)$ に対してメッシュ点No.2, 4, 6, 5およびNo.4, 7が対応することになる。メッシュ点No.1は多少特殊な場合であり、 $\phi_j^g (j=1\sim6)$ に対してメッシュ点No.2が総て対応する。一方、外挿境界条件が適用される場合には次式を使用する。炉心周囲に存在する外挿境界に対し、

$$- \frac{C_s^g D_k^g S_r}{D_k^g + \frac{h_r}{2} C_s^g} \phi_k^g \quad (2.7)$$

を使用し、炉心上下に存在する外挿境界に対しては

$$- \frac{C_s^g D_k^g S_z}{D_k^g + \frac{h_z}{2} C_s^g} \phi_k^g \quad (2.8)$$

を使用する。外挿境界条件となるメッシュ点は、Fig. 2.1およびFig. 2.4に示されているが、Fig. 2.5に示されるようなメッシュ点では、(2.6)式は(2.7)式と(2.8)式を用いて次のように表現される。

$$D_g V^2 \phi_k^g = \sum_{j=1}^4 \left[\frac{2 D_k^g D_j^g S_r}{h_r (D_k^g + D_j^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_k^g) - \frac{2 C_s^g D_k^g S_r}{D_k^g + \frac{h_r}{2} C_s^g} \phi_k^g + \frac{2 D_k^g D_8^g S_r}{h_z (D_k^g + D_8^g)} (\phi_8^g - \phi_k^g) - \frac{C_s^g D_k^g S_z}{D_k^g + \frac{h_r}{2} C_s^g} \phi_k^g \quad (2.9)$$

以上の式を解くために必要となる積分器の総数は、モデル中の全メッシュ点数が444であり、各メッシュ点に対し(2.1)式から(2.5)式に対応して12個の積分器が必要となるため、全部で5328個の積分器が必要となる。この数自体はSLCS-IVの制約とは直接関連はないが、計算時間やコアサイズ等に影響を与える。また核計算部で必要となるデータは、カード入力、断面積編集部、制御部より与えられる。他の計算部へ供給されるデータとして、中性子束分布と出力分布がそれぞれ制御部および熱計算部へ出力されている。ここで、出力分布 P_k は

$$P_k \propto \sum_{g=1}^4 \Sigma_f^g \phi_k^g \quad (2.10)$$

として,

$$\int P_k dV = P \quad (2.11)$$

となるよう規格化されたものである。この規格化は static モードでは各時間メッシュ毎に行うが、DYNAMIC モードの時には $t = 0$ にのみ行い、 $t > 0$ では $t = 0$ で求めた規格化因子を用いる。一方、中性子束に対する初期値としては、全炉心全群に対し一定値を使用し、 C_i, I, X の初期値は (2.2) 式～(2.5) 式中の左辺を零と置き定常時の値を求めて使用している。

以下に本節で用いられた記号の名称および単位を示す。さらに、これら変数に対する値が入力データで与えられるものか、計算により与えられるものかどうかについても示している。

記号	名称	単位	I / O
t	時間	s	SLCS 内部変数
ϕ_g	中性子束 (第 g 群)	$\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	計算結果
ϕ_k^g	"	"	k はメッシュ点位置を示す。
C_i	遅発中性子先行核濃度 (i 群)	cm^3	計算結果
I	ヨウ素濃度	$10^{24} / \text{cm}^3$	"
X	キセノン濃度	"	"
V	メッシュ体積	cm^3	入力データから計算
h_r	水平方向メッシュ点間距離	cm	"
h_z	垂直 "	"	入力データ
S_r	ブロック側面積の 1/6	cm^2	入力データより計算
S_z	ブロック上面の面積	"	"
C_s^g	外挿境界条件定数	-	定数 0.4692 (全群に対し同一)
P	定常時炉出力	MW	入力データ
v_g	中性子速度	cm/s	断面積編集部出力
D_g	拡散係数	cm	"
β	遅発中性子比率	-	$\beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i$
k	実効増倍率	-	入力データ又は制御部出力
ν	核分裂当り中性子収量	-	断面積編集部出力
Σ_f^g	核分裂断面積	cm	"
χ_g^p	即発中性子スペクトル	cm	断面積編集部出力
χ_g^d	遅発 "	-	"
Σ_a^g	吸収断面積	cm	"
σ_{xg}	X_e のマイクロ吸収断面積	cm^2	"
$\Sigma_s^{g \rightarrow g'}$	$g \rightarrow g'$ 群への散乱断面積	cm	"
F_g	外乱で与える吸収断面積	cm	制御部出力

記号	名称	単位	I / O
Σ_{rod}^g	制御棒の動きを示す吸収断面積	/cm	"
β_i	第i群の遅発中性子比率	-	断面積編集部出力
λ_i	第i群の遅発中性子先行核崩壊	/s	"
	定数		
Γ^I	ヨウ素の核分裂当り収率	-	" (I^{135} U ²³⁵ 6.17%)
Γ^X	キセノン "	"	" (X^{135} U ²³⁵ 0.24%)
λ^I	ヨウ素の崩壊定数	/s	" (I^{135} 2.882×10^{-5})
λ^X	キセノン "	/s	" (X^{135} 2.109×10^{-5})
	添字		
g	中性子群数		(現在4群に固定, g=1~4)
i	遅発中性子先行核群数		(現在6群に固定, g=1~6)
k	メッシュ位置指標		(k=1~444)
j	"		(k=1~444)

2.2 熱計算部

熱計算部では核計算部で得られた出力分布に基づき、炉心中の各燃料カラム毎に単位冷却チャンネルモデルによる熱計算を行い、燃料コンパクト、黒鉛スリーブ、冷却材および黒鉛減速材の温度を求める。得られた各部の温度から、各燃料ブロックに対する燃料平均温度および黒鉛平均温度が求められ断面積編集部へ送られる。燃料ブロックか黒鉛ブロックかの判断は、核計算部で得られた出力分布の値が正か零かで行う。例えば、Fig.2.6に示される様な炉心構成では、メッシュ点2~5および7~11が燃料カラムとなっており、これらの点では核計算部の出力値は正である。また軸方向には、Fig.2.1よりF1~F8以外の点(U1; U2, L1, L2)では出力分布は零となっている。熱計算式は以下に示す様な簡単なものを使用している。この熱計算モデルは、単位冷却チャンネルの半径方向の熱移動についてのみ取扱い、軸方向の熱移動については考慮していない。軸方向には、冷却材の温度のみが伝達されてゆく(Fig. 2.7参照)。

$$V_1 C_1 \rho_1 \frac{dT_1}{dt} = K_{12} S_1 \frac{T_2 - T_1}{\Delta R_1} \quad (2.12)$$

$$V_2 C_2 \rho_2 \frac{dT_2}{dt} = K_{23} S_2 \frac{T_3 - T_2}{\Delta R_2} - K_{12} S_1 \frac{T_2 - T_1}{\Delta R_1} + \frac{\alpha P_i}{N_{CH}} - \beta_{24} (T_2 - T_4) \quad (2.13)$$

$$V_3 C_3 \rho_3 \frac{dT_3}{dt} = K_{34} S_3 \frac{T_4 - T_3}{\Delta R_3} - K_{23} S_2 \frac{T_3 - T_2}{\Delta R_2} \quad (2.14)$$

$$V_4 C_4 \rho_4 \frac{dT_4}{dt} = H_{45} S_4 (T_5 - T_4) - K_{34} S_3 \frac{T_4 - T_3}{\Delta R_3} + \beta_{24} (T_2 - T_4) - \beta_{46} (T_4 - T_6) \quad (2.15)$$

$$V_5 C_5 \rho_5 \frac{dT_5}{dt} = H_{56} S_5 (T_6 - T_5) - H_{45} S_4 (T_5 - T_4) - C_5 F_{\ell} 2 (T_5 - T_{5in}) \quad (2.16)$$

$$V_6 C_6 \rho_6 \frac{dT_6}{dt} = -H_{56} S_5 (T_6 - T_5) + \beta_{46} (T_4 - T_6) \quad (2.17)$$

$$T_{5out} = 2 (T_5 - T_{5in}) + T_{5in} \quad (2.18)$$

これらの式により単位冷却チャンネルモデルの各部温度が求められる。各記号については節末に示す。熱計算部より断面積編集部へ出力される燃料平均温度 T_f および黒鉛平均温度 T_m は次式により求められる。

$$T_f = T_2 \quad (2.19)$$

$$T_m = T_4 V_4 + T_6 V_6 / (V_4 + V_6) \quad (2.20)$$

(2.12)式から(2.18)式までの計算は、冷却材の流れる方向に燃料ブロック F 1 から F 7 の順に連続的に行われ、燃料ブロック F 7 の冷却材出口温度 T_{5out} が、この冷却チャンネルに対する炉心出口冷却材温度 T_{cout} となる。

熱計算部で必要となるデータは、カード入力データ、核計算部および制御部より供給され、計算結果である温度分布や炉心出口冷却材温度は断面積編集部や制御部へそれぞれ送られる。また STATIC モード時の初期値として、総ての温度を 700℃ に設定している。以下に、本節で用いられた記号の意味および単位について示す。ただし、核計算部で既に使用されたものについては前節の表を参照されたい。

記号	名 称	単 位	J / O
R _{1~6}	ユニットセル半径	cm	入力カード
C _{1~6}	比熱(メッシュ構成物質)	cal/g・°C	"
$\rho_{1~6}$	密度	g/cm ³	"
K _{m n}	m~n 間の等価熱伝導率	cal/cm・s・°C	"
H _{m n}	" 等価熱伝達率	cal/cm ² ・s・°C	"
α	MW → cal 換算係数	cal/s・MW	2.389 × 10 ⁵
$\beta_{m n}$	熱輻射用係数	-	入力カード(熱輻射の効果を考慮するための係数。)
V _{1~6}	熱計算メッシュ体積	cm ³	入力データより計算
S _{1~6}	" 側面積	cm ²	"
$\Delta R_{1~6}$	メッシュ点間距離	cm	" (メッシュ点位置は、メッシュ体積) の中間にあるものとする。
P _i	核計算メッシュ点炉出力	MW	核計算部より
T _{5 in}	冷却材入口温度	°C	最上段メッシュに対しては制御部より 他のメッシュは、その上段メッシュの T _{5 out} を使用
F _ℓ	冷却材流量	g/s	制御部より
T _{1~6}	熱計算メッシュ点温度	°C	計算結果
T _{f, m}	燃料, 減速材平均温度	"	"
T _{cout}	燃料チャンネル冷却材出口温度	"	"
N _{CH}	核計算1メッシュ内燃料 チャンネル数	-	入力データ

2.3 制御部

制御部は、SLCS-M 言語で使用者が自由に制御ロジック等を組み込めるものであるが、ここでは以下の様なものを予め作成しておく。

① k_{eff} の計算

STATIC モードにおいて定常状態を炉心の実効増倍率(k_{eff})の調整により得る場合に用いられる。ここでは、k_{eff}の初期値(k_{eff}⁽⁰⁾)を1.0とし、 ΔT_k 時間毎に次のようなチェックを行う。

$$\int_{g=1}^4 \sum \left| \frac{\partial \phi_g}{\partial t} \right| dV \leq \varepsilon_1 \quad (2.21)$$

(2.21)式が成立しない場合には、中性子束が十分収束していないと考え、 k_{eff} の値を調整する。まず Δk_1 を次式で求める。

$$\Delta k_1 = \text{Sign} \left[\int_{g=1}^4 \sum \frac{\partial \phi_g}{\partial t} dV \right] \times |k_{\text{eff}}^{(n-1)} - k_{\text{eff}}^{(n-2)}| \quad (2.22)$$

として Δk_1 を求める。ただし、 n は ΔT_k をタイムメッシュとした時の計算回数であり、 $n=1, 2$ の時には、 $|k_{\text{eff}}^{(n-1)} - k_{\text{eff}}^{(n-2)}| = 0.1$ とする。得られた Δk_1 を、Fig.2.8に示す制御用の非線形関数を通し Δk_2 を得る。求める $k_{\text{eff}}^{(n)}$ を次式で求めるものとする。

$$k_{\text{eff}}^{(n)} = k_{\text{eff}}^{(n-1)} + \Delta k_2 \quad (2.23)$$

求められた $k_{\text{eff}}^{(n)}$ を用いて ΔT_k 時間だけ計算を行い次のタイムステップへ到達する。

② 制御棒のコントロール

制御棒挿入用カラムの位置はデータで指定可能であり、最大10本まで使用可能となっている。制御棒の挿入可能長さは炉心高さ (Fig.2.1のU1~L2まで)として、自動制御により制御棒挿入長が炉心高さ以上となった場合や、炉心上部から引抜かれてしまう場合にはメッセージを出力し、制御棒位置を炉心下端又は上端にそれぞれ固定する。ここで、制御棒の動作として次の3種類を考える。

- あらかじめ設定された挿入位置から上下に移動しない。
- タイムテーブルにより挿入位置が上下に移動する。DYNAMICモードでは、制御棒による反応度添加等に用いることができる。
- 制御系を組み、この信号により制御棒を上下させる。

ここで、a) および b) の場合にはどちらもタイムテーブルを使用する。これは、制御棒先端の炉心上部からの位置を時間の関数として入力するものである (Fig.2.9) 参照。一方 c) の場合には中性子検出器位置に対応する核計算メッシュ点位置をカード入力データで指定し、 $t=0$ での値を参照値として定値制御を行う制御系を組み込むものとする。この制御系は、Fig.2.10に示されるような構成のものであり、測定値と参照値との差にゲインを乗じ、さらに非線形特性を通したものを制御棒駆動速度信号としている。速度信号を積分した値を出力し、制御棒挿入長を調整している。Fig.2.11に使用した非線形特性を示す。ここで組み込んだ制御系の変更は非常に容易であり、目的に応じた制御系を組むことが可能である。

制御部より出力される制御棒挿入長変化は、核計算部で直接データとして使用することができず制御ブロックに対する吸収断面積の変化として核計算部へ与える必要がある。ここでは、制御棒が部分挿入となる制御ブロックの吸収断面積を、挿入割合に比例させて変化させている。つまり制御棒挿入長を l_{rod} とすれば、制御ブロック高さが h_z であるから

$$l_{\text{rod}} = N \cdot h_z + \mu h_z \quad (2.24)$$

と表わせる。ただし、 N は整数であり、 $0 < \mu < 1$ である。核計算部で使用する断面積として

は、炉心最上段からN段目には Σ_{rod} を与え、N + 1 段目には $\mu \Sigma_{rod}$ を与えることになる。

Σ_{rod} は、制御棒挿入状態の制御ブロックを均質化した際の吸収断面積である。

制御系による制御棒操作の方法として、冷却材炉心出口温度を参照値とする方法も可能である。冷却材の炉心出口温度 $T_{ave out}$ は、

$$T_{ave out} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{\ell}^i T_{C out}^i}{F_{total}}, \quad (2.25)$$

として求められる。ここで、n は燃料カラム数に対応する。

③ 冷却材流量配分のコントロール

冷却チャンネル当りの流量 F_{ℓ} は、

$$F_{\ell} = F_{total} / (N_{CH} \times \text{燃料カラム数}) \quad (2.26)$$

で示され、 F_{total} の値はタイムテーブルにより可変なものとなっている。流量配分のコントロールは、各燃料カラム単位で計算されている冷却チャンネル出口温度が等しくなる様に、燃料カラム毎に流量を調整するものである。各燃料カラムでの冷却材出口温度 $T_{C out}^i$ を等しくするために、流量配分係数 C_f^i を

$$C_f^i = T_{C out}^i \times (\text{燃料カラム数}) / \sum_{i=1}^n T_{C out}^i \quad (2.27)$$

で定義すれば、各燃料カラム中の冷却チャンネルに対する冷却材流量 F_{ℓ}^i は

$$F_{\ell}^i = C_f^i \times F_{total} / (N_{CH} \times \text{燃料カラム数}) \quad (2.28)$$

で求められる。

④ 外乱

外乱として、ある核計算メッシュ点の吸収断面積をカード入力データにより変化させるものを考えている。外乱は最大12点の核計算メッシュで同時刻に発生し、同時刻に終了する。

以下に、本節で用いられた記号の意味および単位について示す。

記号	名 称	単位	I / O
ΔT_k	k 計算時, k サーチタイムメッシュ	s	入力カード (ΔT_k 毎に k の値が更新される)
ϵ_1	k 計算, Flux 収束条件	-	" (全メッシュ点での収束誤差の和に対する指標)
ϵ_2	" k 収束条件	-	" (ϵ_2 以下の k 値は修正しない)
δ_1	k 計算, k の最大変化幅	-	"
K_1, K_2	制御系ゲイン	-	入力カード
ϕ_{ref}	参照用中性子束	$\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	核計算部より (そのメッシュ位置は入力カードで指定)
V_{min}	制御棒最小速度	cm/s	入力カード
V_{max}	" 最大速度	"	"

記号	名 称	単 位	I / O
L ₁	制御棒駆動系不感帯	-	入力カード
I C	制御棒初期位置	cm	"
Σ_{rod}^g	制御棒断面積	/cm	断面積ファイルより入力
F _g	外乱用吸収断面積	"	"
F _{total}	炉心全流量	g/s	入力カード or テーブル入力
C _f ⁱ	流量配分係数 (i 燃料カラム)	-	計算結果
F _ℓ ⁱ	i 燃料カラム, チャンネル流量	g/s	"
T _{ave out}	炉心出口冷却材温度	℃	"
T _{ave r}	参照用冷却材温度	"	入力カード

2.4 断面積編集部

断面積編集部では、断面積の温度依存性を考慮するため、熱計算部で得られた温度分布に基づき、核計算部に必要な断面積を温度依存で作成する。温度依存性は燃料ブロックに対してのみ考慮しており、予め燃料温度と黒鉛温度をパラメータとして与えられた断面積セットを温度に対し直線内挿することにより必要な断面積を得ている。温度依存性は燃料ブロックデータの内、次のものに対し考慮している。

$$v_g, D_g, \Sigma_f^g, \Sigma_a^g, \sigma_{xg}, \Sigma_s^{g \rightarrow g'}$$

ここで黒鉛の反射体ブロックや制御棒ブロックに対しては、温度計算は行われておらず温度依存性は考慮できない。

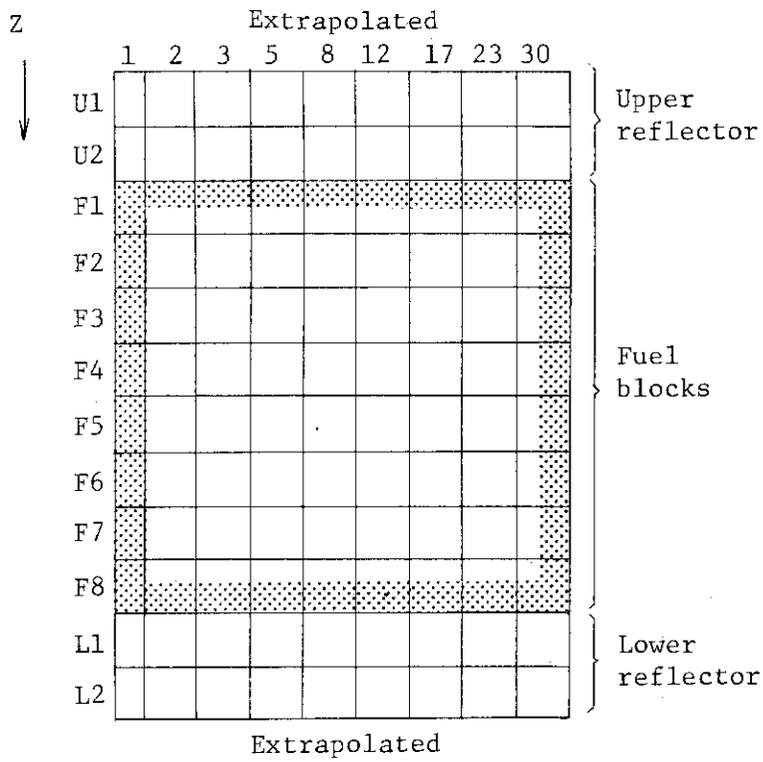


Fig. 2.1 Vertical cross section of core model (Along line A-A' in Fig. 2.2)

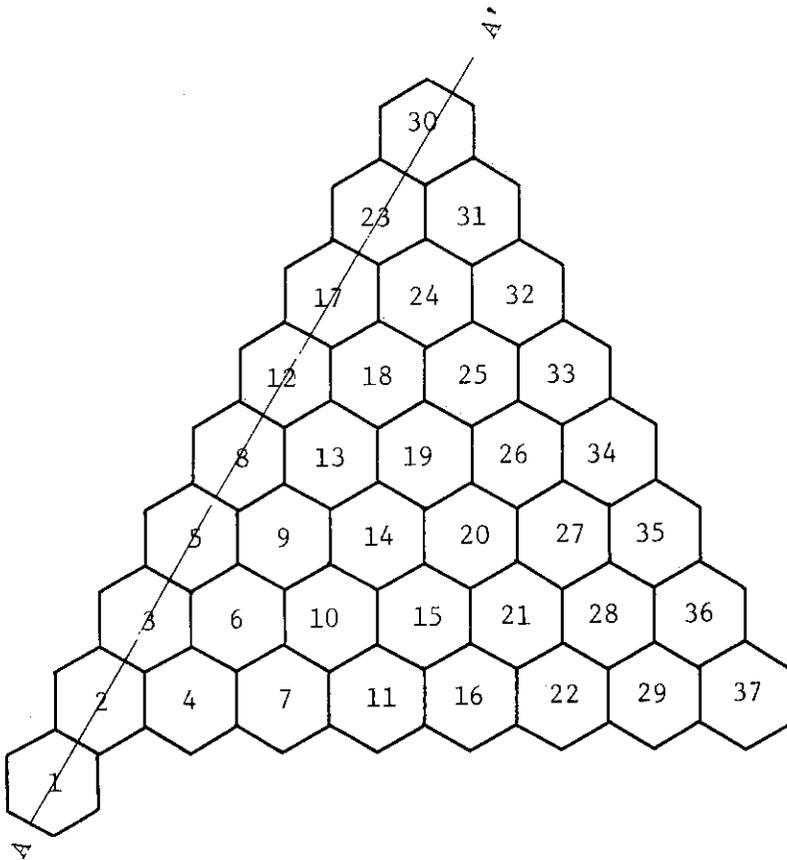


Fig. 2.2 Horizontal cross section of core model (Column numbers are shown.)

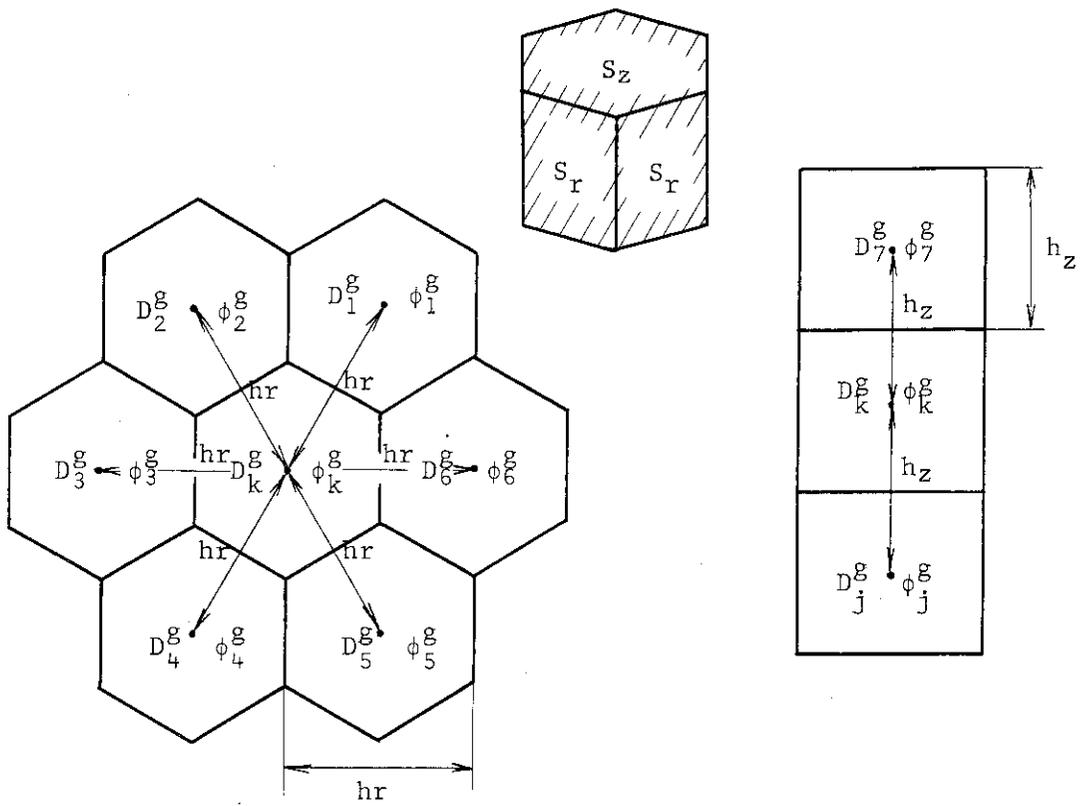


Fig. 2.3 Scheme of finite difference method

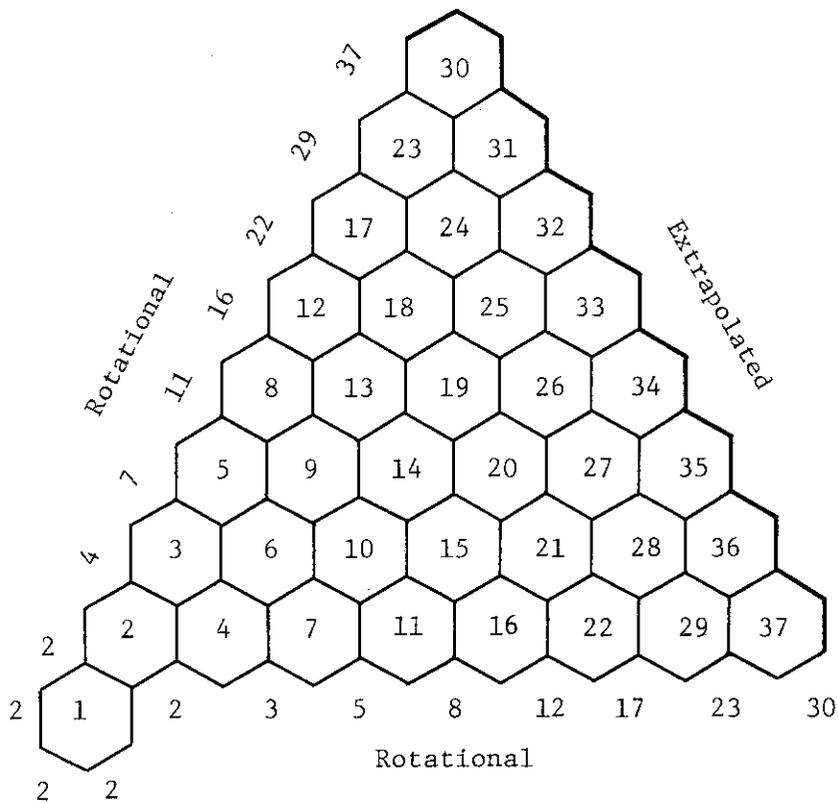


Fig. 2.4 Boundary condition

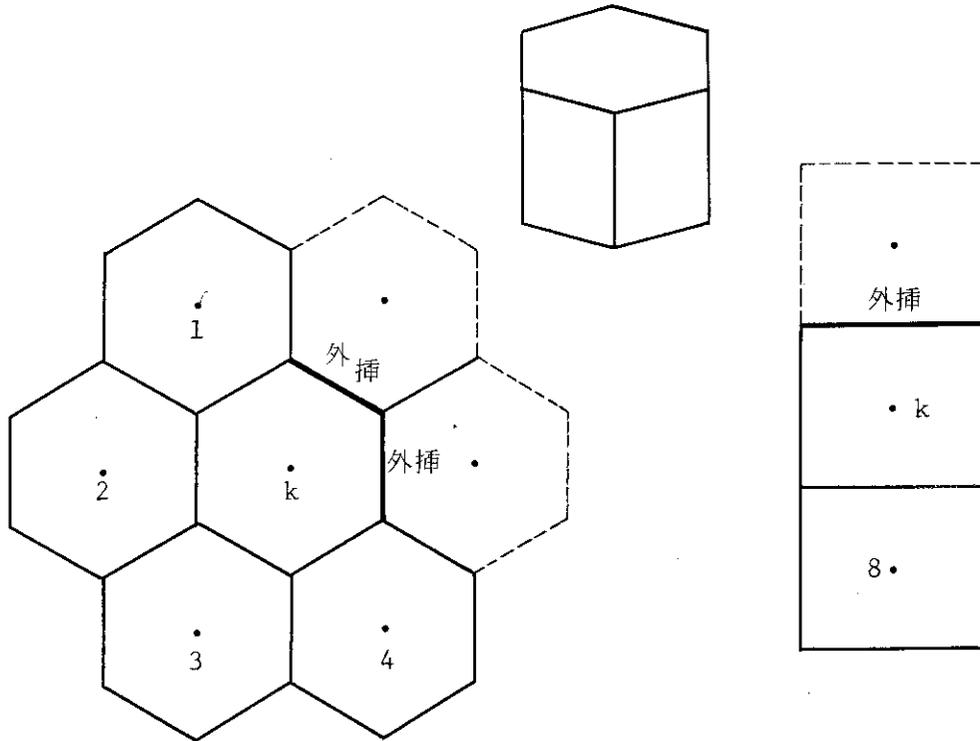


Fig. 2.5 Example of boundary condition

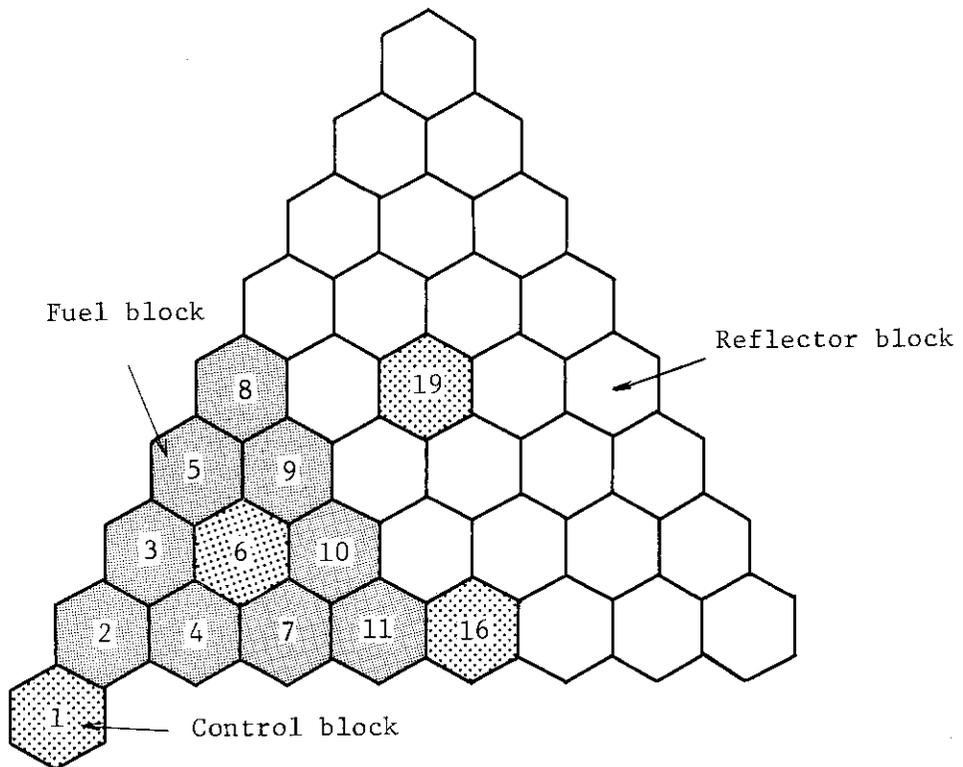


Fig. 2.6 Example of core pattern

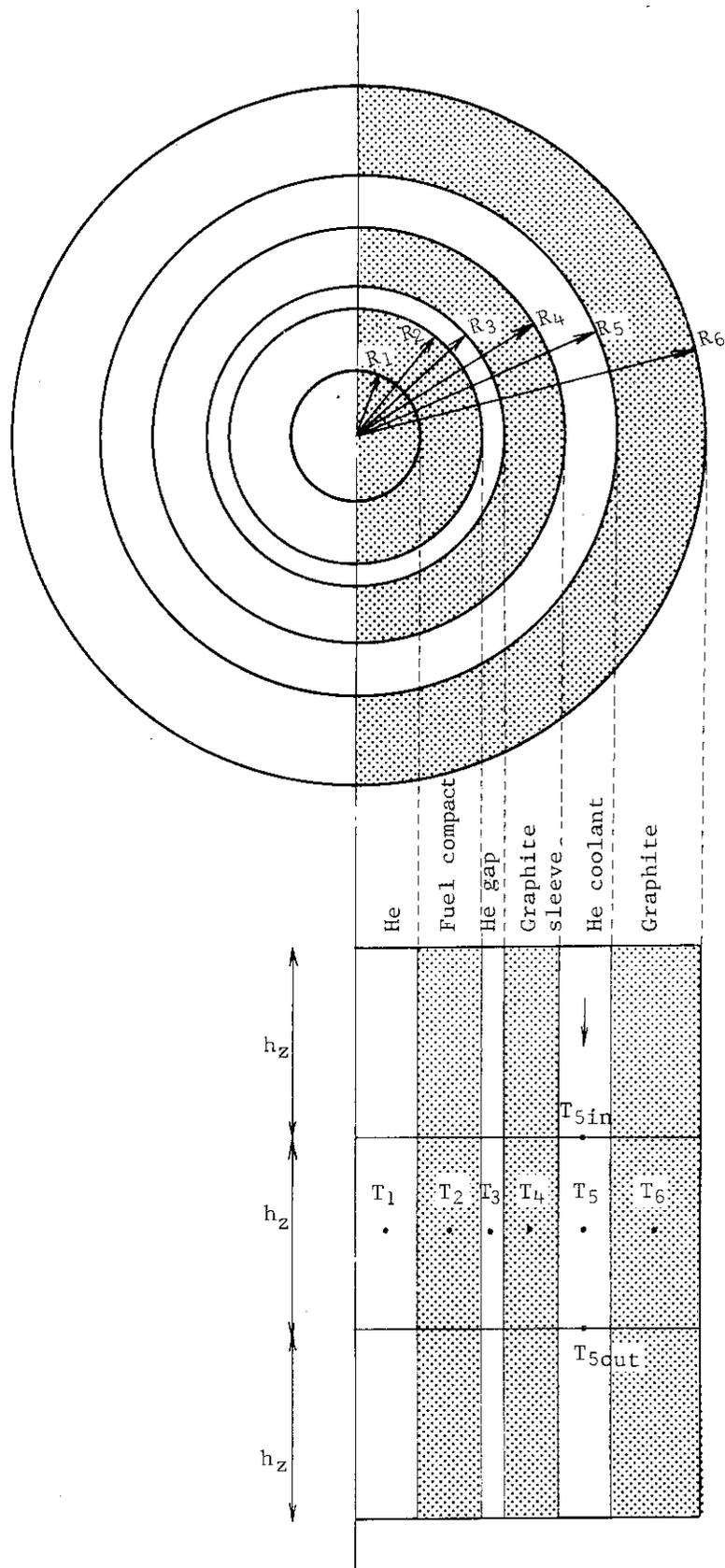


Fig. 2.7 Geometrical model for thermal calculation

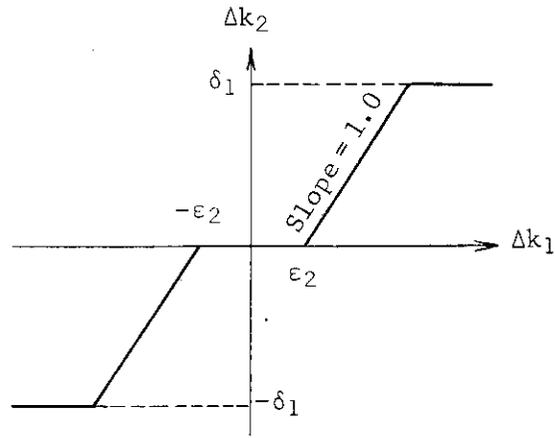


Fig. 2.8 Nonlinear control function for k_{eff} adjustment

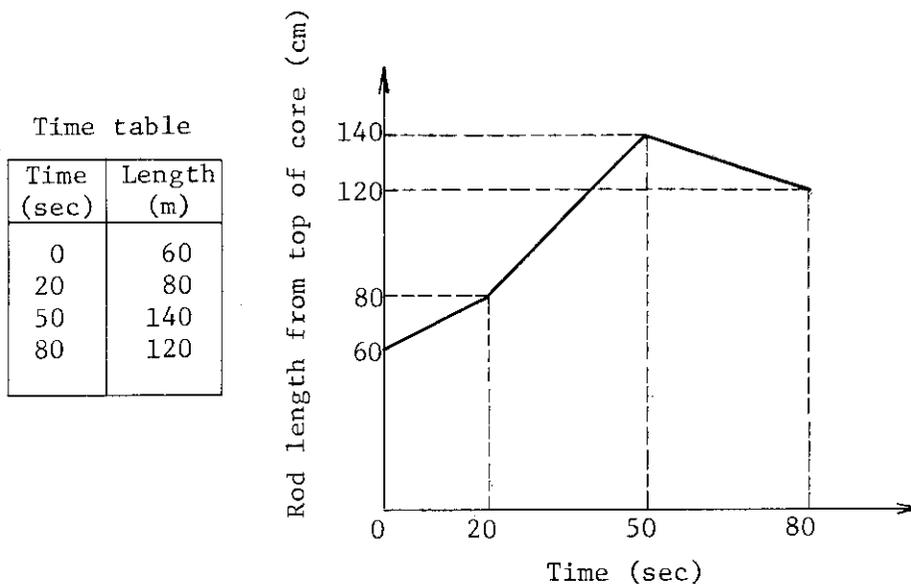


Fig. 2.9 Time table for insertion length of control rod (example)

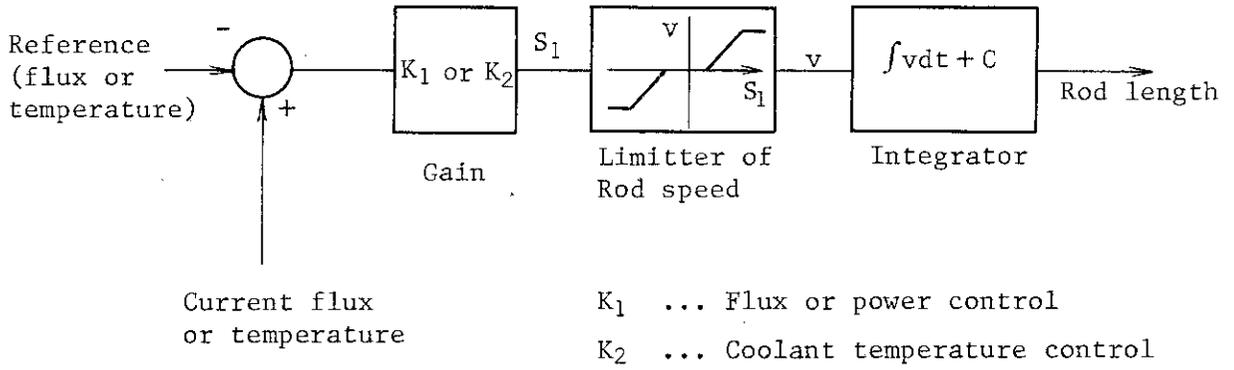


Fig. 2.10 Block diagram of rod controller

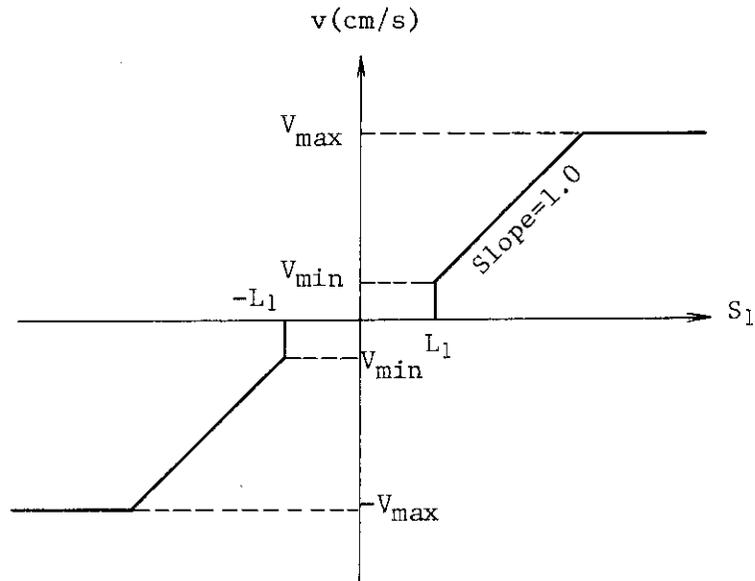


Fig. 2.11 Speed limiter of rod control system

3. プログラム設計

本コードの保守等のため、プログラムの基本構成について初めに示し、さらに各部のプログラムフローチャートを示している。また、使用された変数名の意味についても詳細に記しており、本コードを改良する際には大変役立つものと思われる。

3.1 プログラムの基本設計

3.1.1 制御部用オプション

STATICモードとDYNAMICモードに対する制御部用オプションは次の様である。

(a) STATICモードに対し以下の4種のオプションがある。

- i) k_{eff} を変化させ定常をとる。
- ii) 制御棒位置を変化させ定常をとる。(中性子束又は冷却材炉心出口温度参照)
- iii) k_{eff} を変化させかつ流量配分を行い定常をとる。
- iv) 制御棒位置を変化させかつ流量配分を行い定常をとる。
(この時、タイムテーブル入力による外乱変化、制御棒位置変化、炉心全流量変化、冷却材入口温度変化は無い)

(b) Dynamicモードでは、以下の様な操作が行われる。

制御棒位置変化、流量配分を個別又は同時に行いながら、かつ外乱発生、タイムテーブル変化(制御棒位置、炉心全流量、冷却材入口温度)がある。 k_{eff} に関する操作は無い。

以上の関係を Table 3.1 に整理して示す。

3.1.2 プログラム構造

本プログラムは以下の4部分より構成されている。

(a) Initial section

入力データの読み込みと初期値の設定を行う。

(b) Dynamic section

核計算、熱計算、制御、断面積編集を行う。

特に核計算はPART構造として、細かいタイムメッシュによる計算を行う。

(c) Terminal section

計算結果をRestart(定常)ファイルに書き出す。

(d) FORTRAN サブルーチン群

処理の細かい所はFORTRANで記述する。

3.1.3 Initial sectionにおける処理

Initial sectionでは、入力データの処理および初期値の設定を行う。

Table 3.1 Options of control system for STATIC and DYNAMIC modes

Operation	STATIC mode	DYNAMIC mode
k_{eff} adjustment	o	x
Control rod drive(*1)	o	o
Coolant flow distribution	o	o
Operation by time table		
Disturbance	x	o
Control rod drive	x	o
Total flow	x	o
Coolant temperature at core inlet	x	o

(*1) --- Reference value is either neutron flux or coolant temperature.

o --- applicable

x --- not applicable

(1) 入力データの処理

(a) STATICモード, DYNAMICモード又はRESTARTモードの設定を行う。さらに核計算部に対し, キセノンおよびヨウ素の濃度分布計算の有無を設定し, また制御部に対し, k_{eff} の調整, 制御棒操作, 流量配分に対するオプションの有無も設定する。

(b) メッシュデータの編集

各メッシュ点の周囲6点および上下2点のメッシュ番号を設定する。ここで, 外挿境界に相当し実際のメッシュが存在しない場合には, メッシュ番号を0として設定しておく。さらに各メッシュ点が燃料ブロック, 黒鉛ブロックまたは制御ブロックのいずれに相当するかを入力データにより設定する。このデータとしては, メッシュオーバーレイの方法を使用する。さらに, 各カラムを燃料カラム, 黒鉛カラム, 制御カラムに分類する。

(c) 核計算部用データ

ブロックの高さ h_z , 半径 h_r および炉出力 P を読み込み, 体積 V や表面積 S_r, S_z 等を計算する。

(d) 熱計算部用データ

熱計算用単位チャンネルの半径, 密度, 熱伝導率, 熱伝達率, 熱輻射用係数データを読み込み, 体積, 側面積, 熱計算メッシュ点間距離を計算する。

(e) 制御部用データ

制御部用初期値として, 実効増倍率 k_{eff} , 冷却材総流量, 冷却材炉心入口温度を読み込む。また k_{eff} 計算時に必要となる, k_{eff} 調整時間間隔, k_{eff} 収束条件, k_{eff} 調整用非線形関数パラメータを読み込む。さらに制御棒駆動による制御を行う時には, 中性子検出器を設置するカラム番号と軸方向位置(段数), 制御信号とする中性子エネルギー群数, 参照用中性子束値又は参照用冷却材出口温度, 制御系のゲインや非線形関数パラメータを与える。また外乱に関するデータも設定する。

(f) 断面積編集部用データ

燃料ブロックおよび黒鉛ブロックの断面積データや制御ブロックへの制御棒挿入状態を表現する吸収断面積, 外乱を表現するための吸収断面積を読み込む。燃料ブロックに対しては, 温度非依存データを入力した後, 温度依存の断面積セットを入力する。

(2) 初期値の設定

積分器の $t=0$ における値を設定する必要がある。各積分器に対し次のように設定されている。

(a) 核計算部初期値

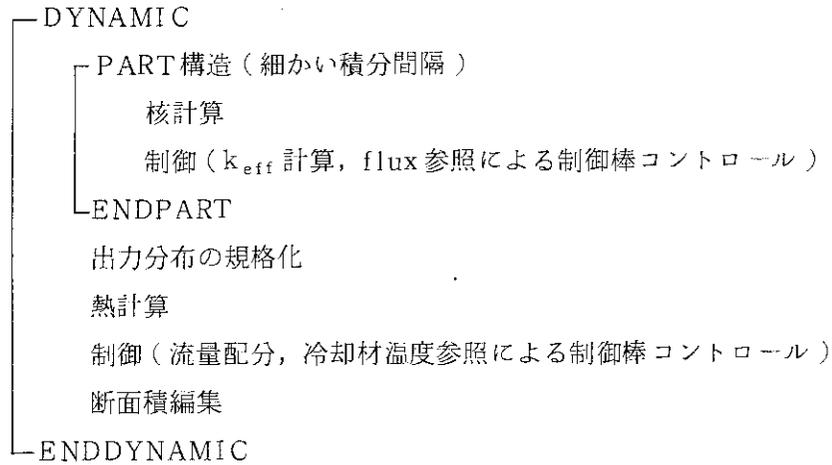
中性子束 ϕ_k^g の初期値としては入力値(FLUXIC)が与えられる。FLUXICは実行時にパラメータ文で与えられる。遅発中性子先行核濃度 C_i , ヨウ素濃度 I およびキセノン濃度 X については, (2.3)~(2.5)式の左辺の時間微分項を零と置いた平衡状態の式と, ϕ_k^g の初期値から求められる。

(b) 熱計算部初期値

燃料コンパクト, 黒鉛スリーブ, 黒鉛減速材等の初期値として, 700℃が設定されている。

3.1.4 Dynamic sectionにおける処理

Dynamic sectionでは、Part構造を採用し核計算部の計算時間間隔を熱計算部のものより細かくしている。既略の構成は次のようになっている。

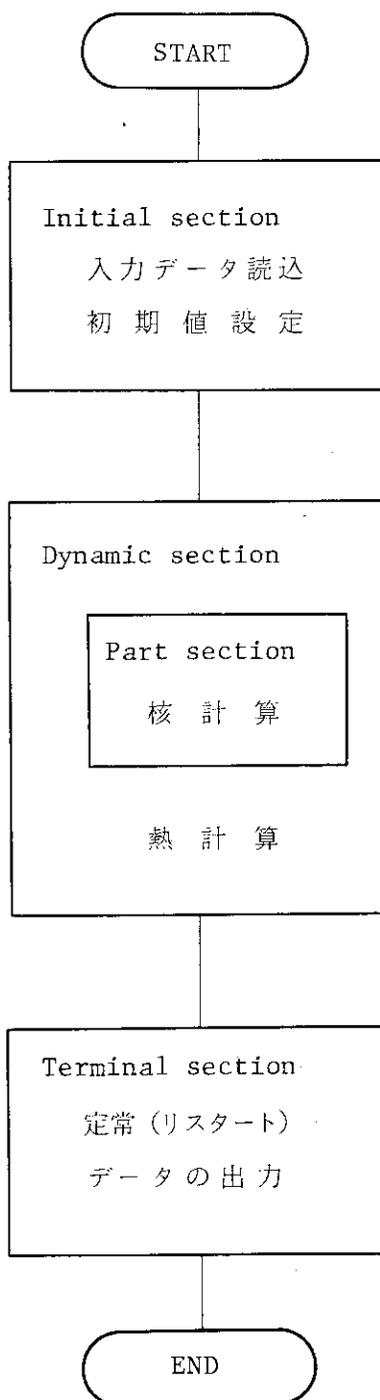


3.1.5 Terminal sectionにおける処理

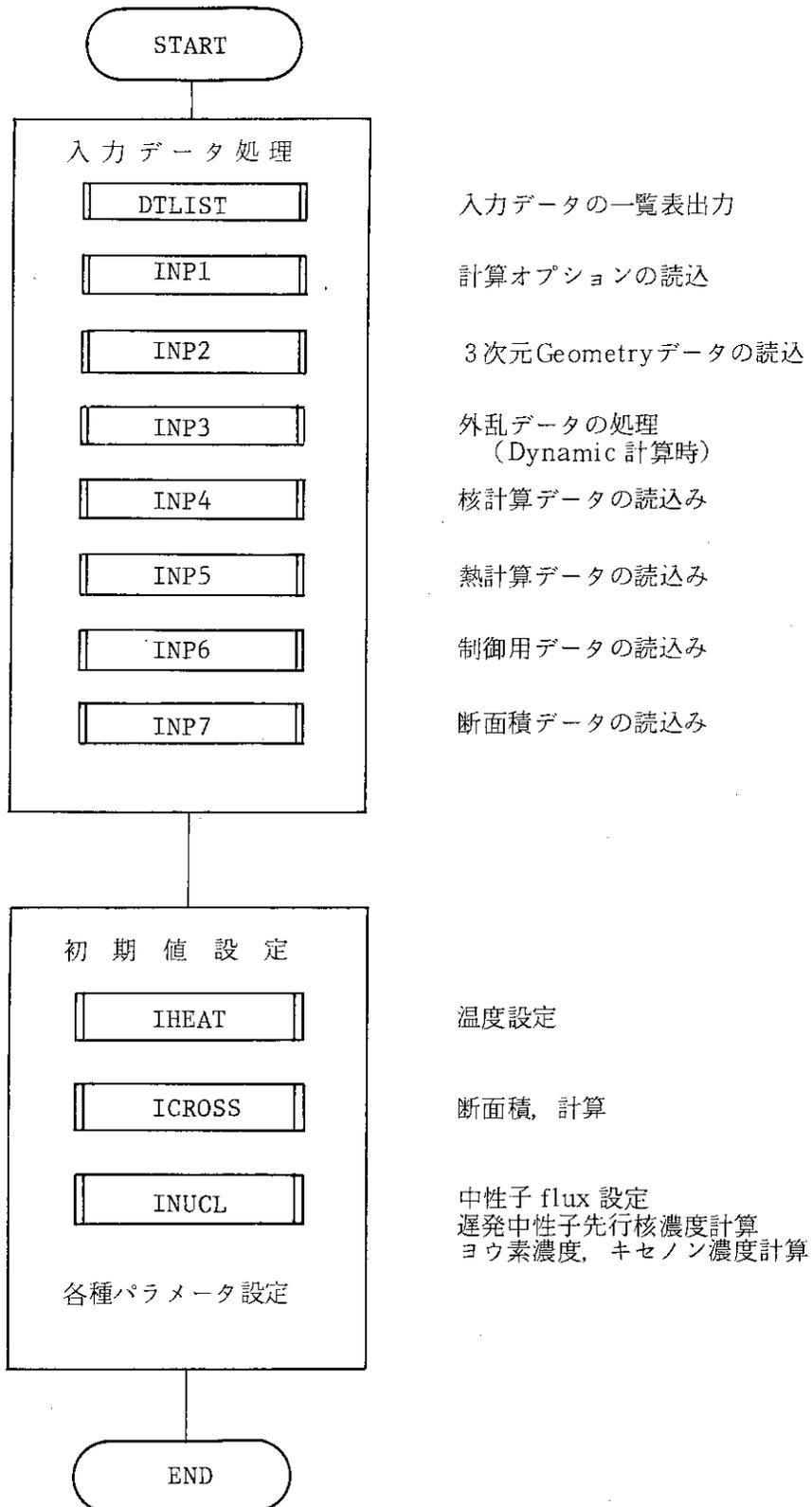
Terminal sectionでは、リスタートに必要な各種データをファイルへ格納する。入力データおよび積分器の出力値を総て記録しておく必要がある。

3.2 プログラムフローチャート

本コードの基本的なプログラムフローは以下の様になっている。各セクション毎のフローチャートを以降に示す。

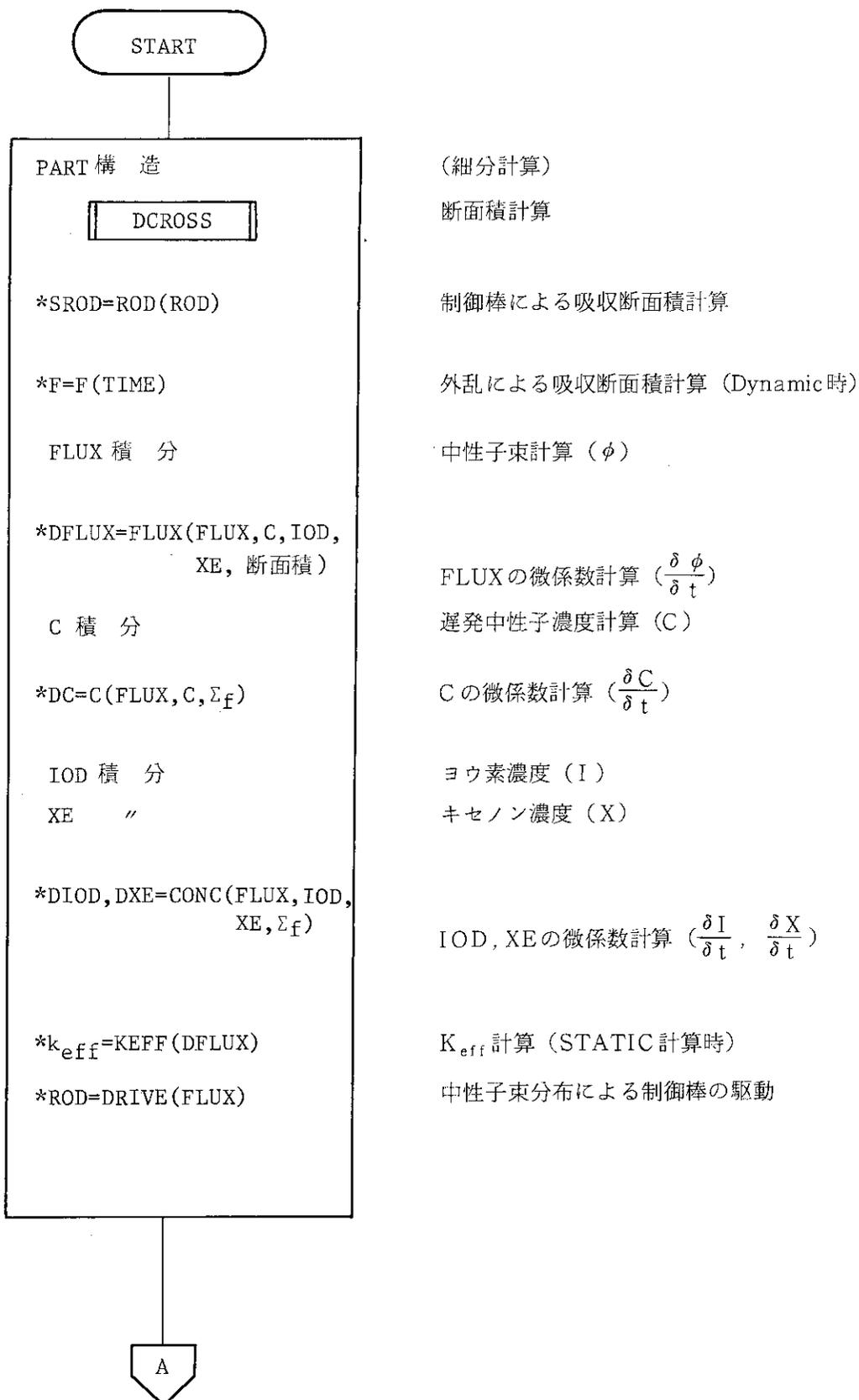


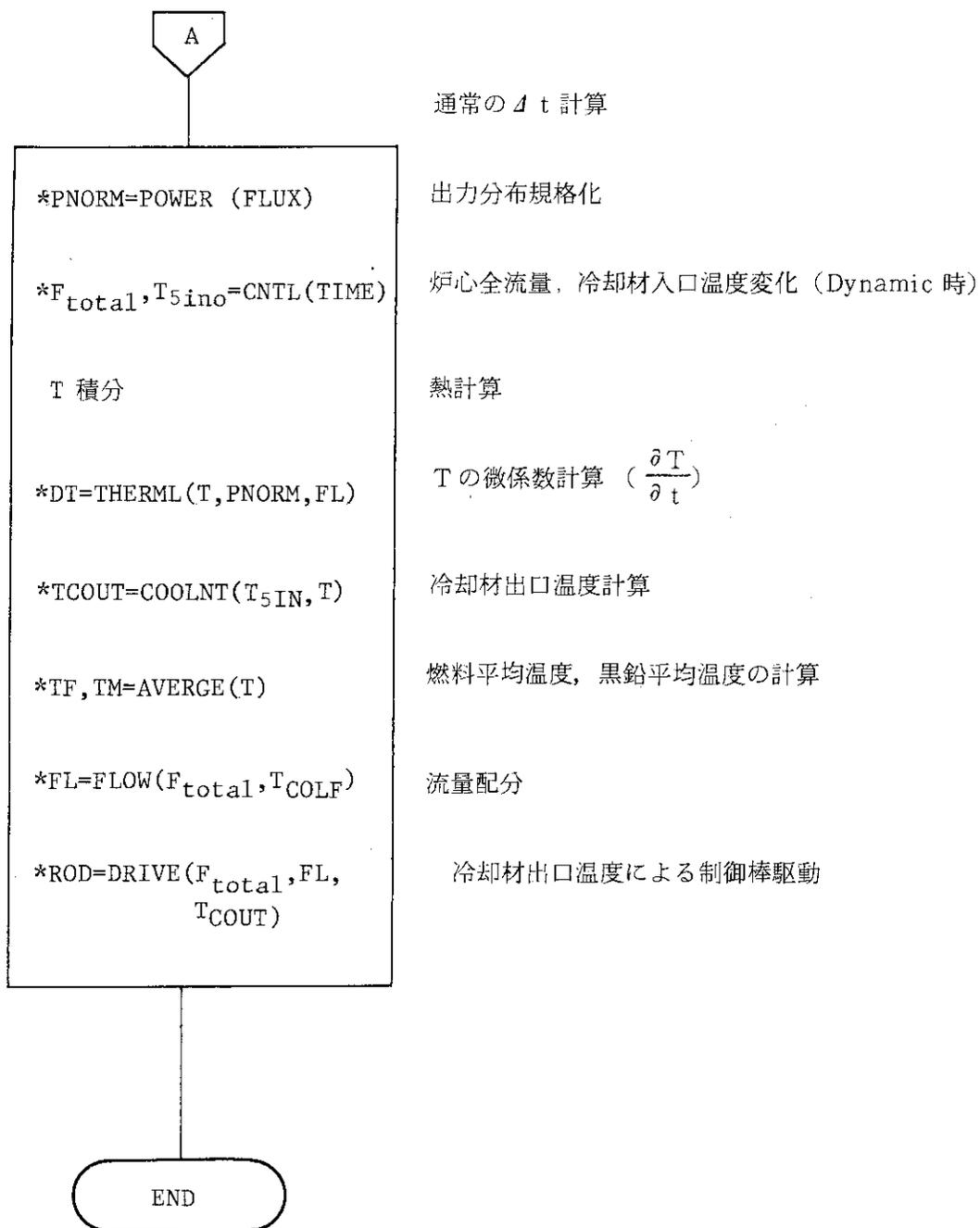
3.2.1 Initial section



3.2.2 Dynamic section

*PROCEDURE BLOCK





3.2.3 Terminal section



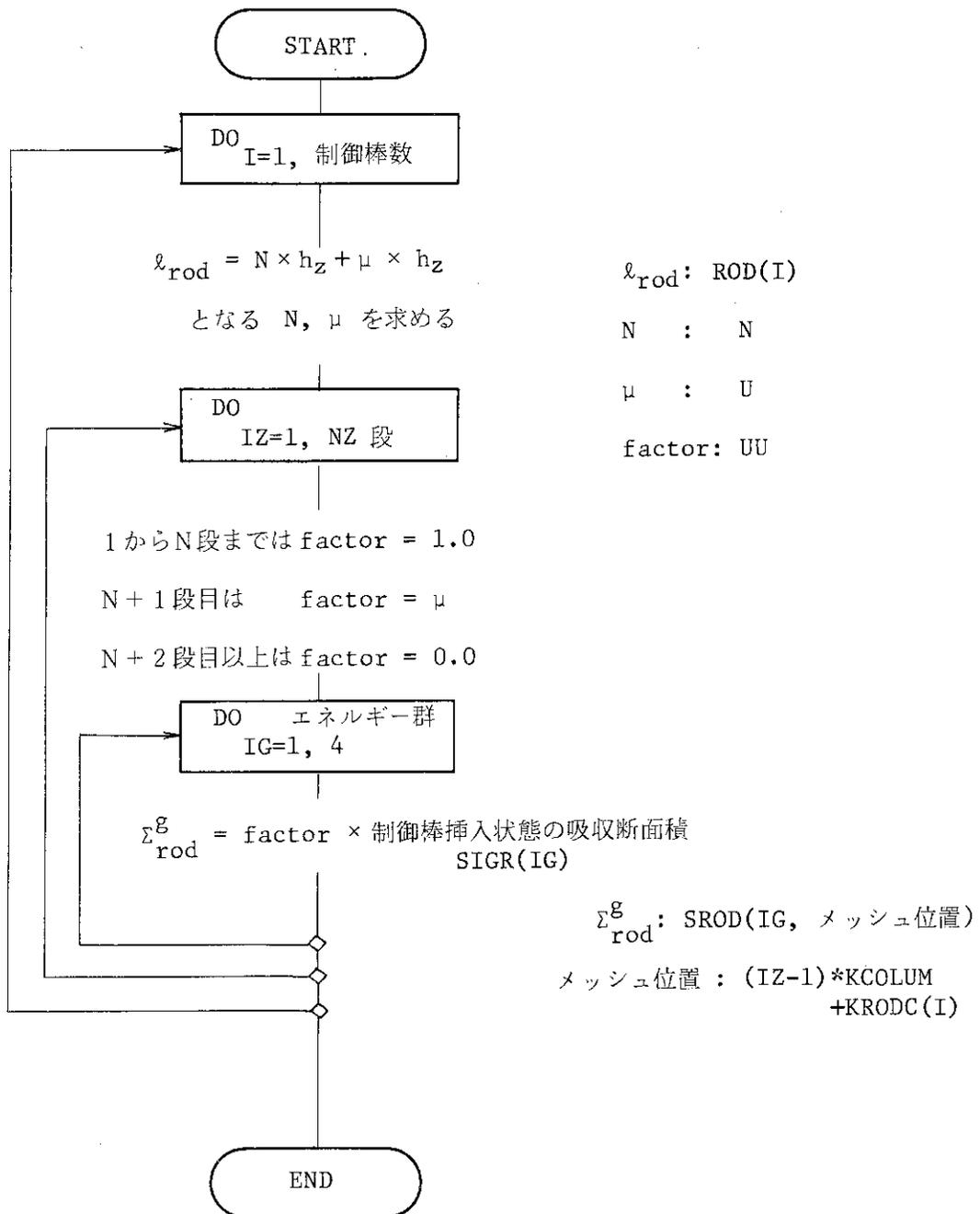
3.2.4 Procedure block

Dynamic sectionで使用されている各種の Procedure block に対するフローチャートを以下に示す。これらは主に、積分器の微係数を求めるために使用されている。

(1) 制御棒による吸収断面積計算

出力 Σ_{rod}^g : 吸収断面積

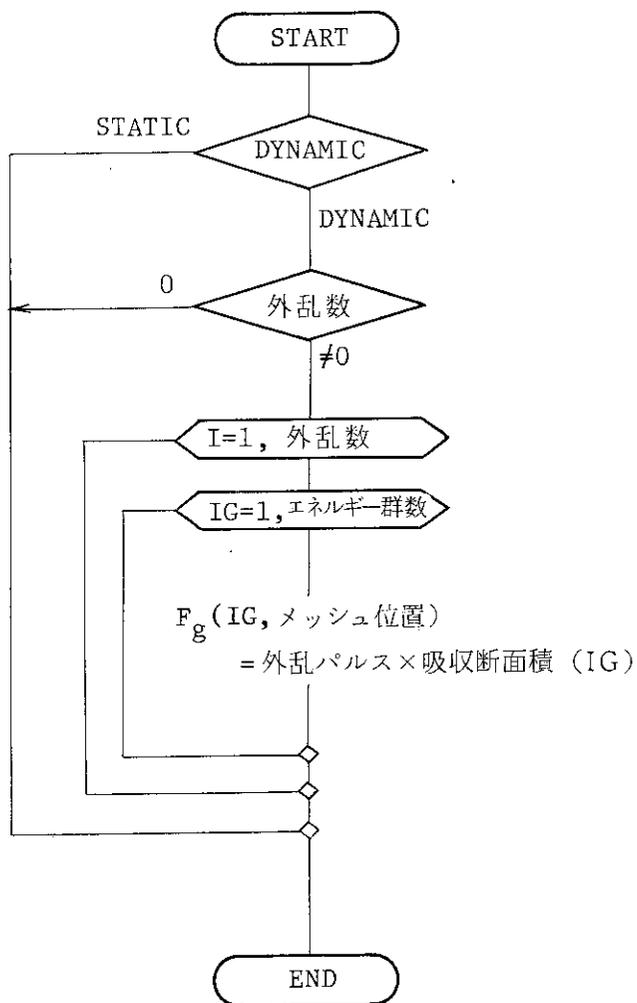
入力 l_{rod} : 制御棒位置



(2) 外乱による吸収断面積計算

出力 F_g : 吸収断面積

入力 time : 時間



F_g : F (IG, メッシュ位置)

メッシュ位置 : KFMESHI)

外乱数 : NOFM

外乱パルス : PULSE

(パルス幅, 発生時刻)

吸収断面積 : SIGI (IG)

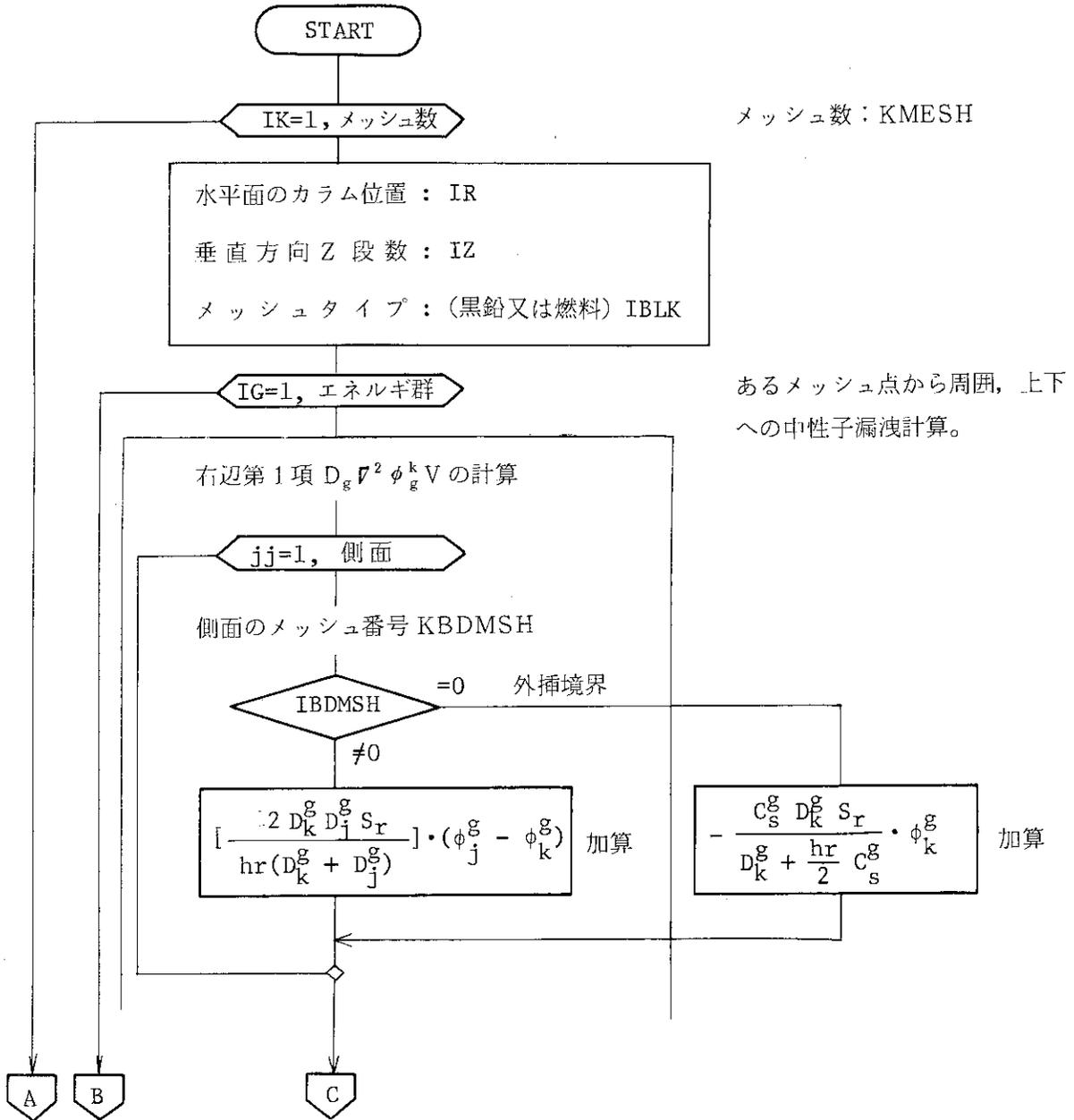
(3) 中性子FLUXの微係数計算

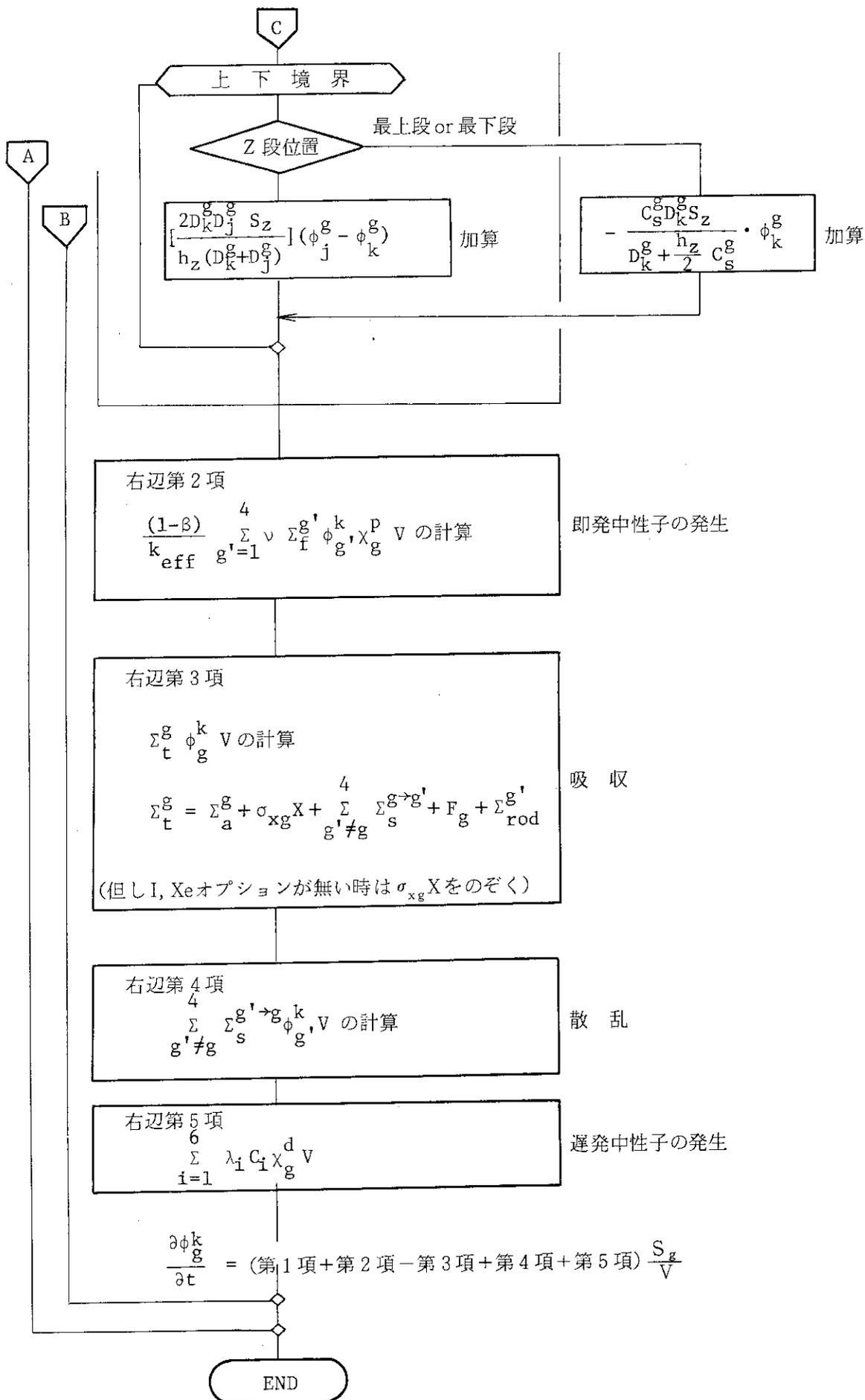
偏微分方程式 ($g = 1, 4, k = 1 \sim 3$ 次元メッシュ数)

$$\frac{V}{v_g} \frac{\partial \phi_g^k}{\partial t} = D_g \nabla^2 \phi_g^k V + \frac{(1-\beta)}{k_{eff}} \sum_{g'=j}^4 \nu \Sigma_f^{g'} \phi_{g'}^k \chi_g^p V$$

$$- \Sigma_t^g \phi_g^k V + \sum_{g' \neq g}^4 \Sigma_s^{g' \rightarrow g} \phi_{g'}^k V$$

$$+ \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i \chi_g^d V$$

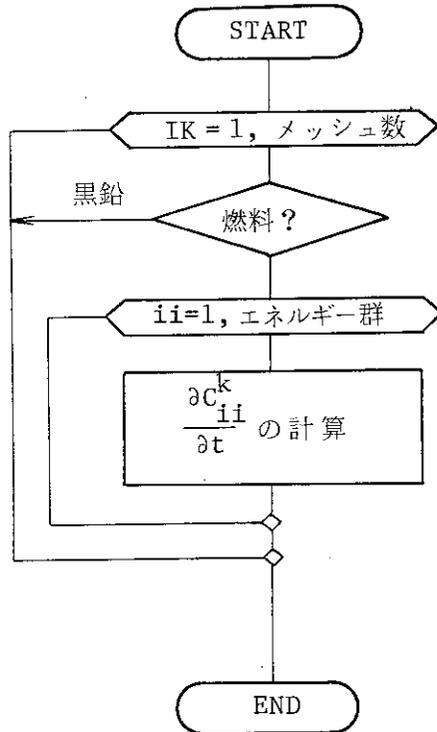




(4) 遅発中性子先行核濃度の微係数計算

偏微分方程式

$$V \frac{\partial C_i^k}{\partial t} = \frac{\beta_i}{k_{eff}} \sum_{g'=i}^4 \nu \Sigma_f^{g'} \phi_g^k V - \lambda_i C_i^k V$$



$$\frac{\partial C_i^k}{\partial t} : DC(ii, Ik)$$

遅発エネルギー群数 ii = 1, 6

メッシュ位置 Ik = 1, KMESH

β_i : BETA(ii)

k_{eff} : KEFF

ν : NU

$\Sigma_f^{g'}$: SFISS(IG, IK)

ϕ_g^k : FLUX(IG, IK)

既発エネルギー群数 IG = 1, 4

V : VM

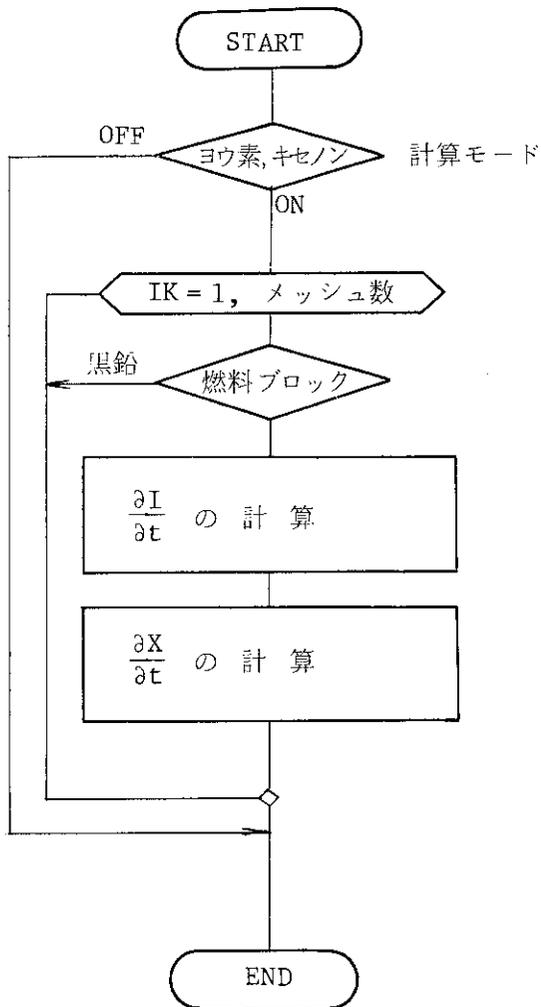
λ_i : RAMPA(ii)

C_i : C(ii, IK)

(5) ヨウ素濃度, キセノン濃度の微係数計算
偏微分方程式

$$\frac{\partial I}{\partial t} V = \frac{\Gamma^I}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} V - \lambda^I IV$$

$$\frac{\partial X}{\partial t} V = \lambda^I IV + \frac{\Gamma^X}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} V - X \sum_{g'=1}^4 \sigma_{xg'} \phi_{g'} V - \lambda^X XV$$



計算モード : ISW(2)

$\frac{\partial I}{\partial t}$: DIOD (IK)

メッシュ位置 IK=1, KMESH

V : VM

Γ^I : GAMMAI

k_{eff} : KEFF

$\Sigma_f^{g'}$: SFISS (IG,IK)

エネルギー群数 IG=1, 4

$\phi_{g'}$: FLUX (IG,IK)

λ^I : RAMDAI

I : IOD (IK)

Γ^X : GAMMAX

X : XE (IK)

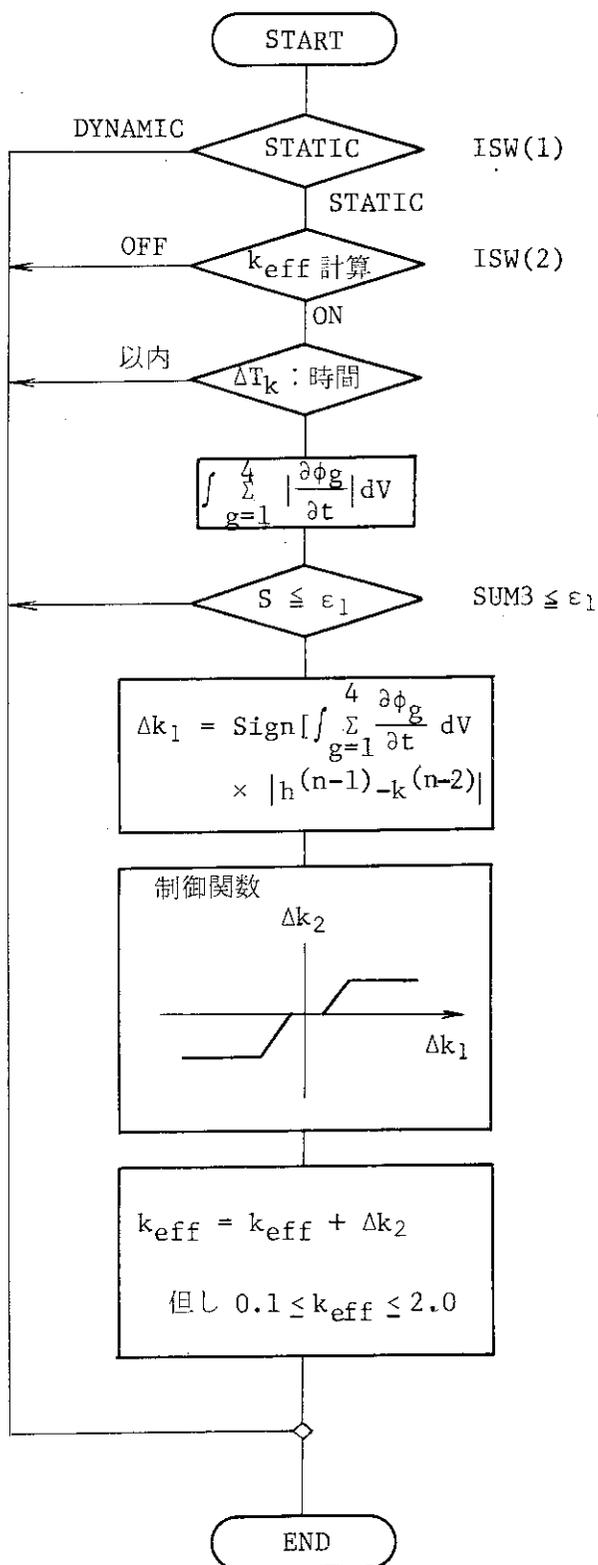
$\sigma_{xg'}$: MXE (IG,IK)

λ^X : RAMDAX

(6) 計算

入力 $\frac{\partial \phi_g}{\partial t}$

出力 k_{eff}



ΔT_k : DTK

時間経過 : TIME - OLDTM1

$\frac{\partial \phi_g}{\partial t}$: DFLUX (IG, IK)

エネルギー群数 IG = 1, 4

メッシュ位置 IK = 1, KMESH

Δk_1 : K3

$\int \sum_{g=1}^4 \left| \frac{\partial \phi_g}{\partial t} \right| dV$: SUM3

$\int \sum_{g=1}^4 \frac{\partial \phi_g}{\partial t} dV$: SUM4

Sign[...] : SIGN

$k^{(n-1)}$: K1

$k^{(n-2)}$: K2

$|k^{(n-1)} - k^{(n-2)}|$: K2K1

制御関数

不感帯

$$\Delta k_1 = \text{DEADSP}(-\epsilon_1, \epsilon_2, \Delta k_1)$$

制限

$$\Delta k_2 = \text{LIMIT}(-\delta_1, \delta_1, \Delta k_1)$$

ϵ_2 : EPS 2

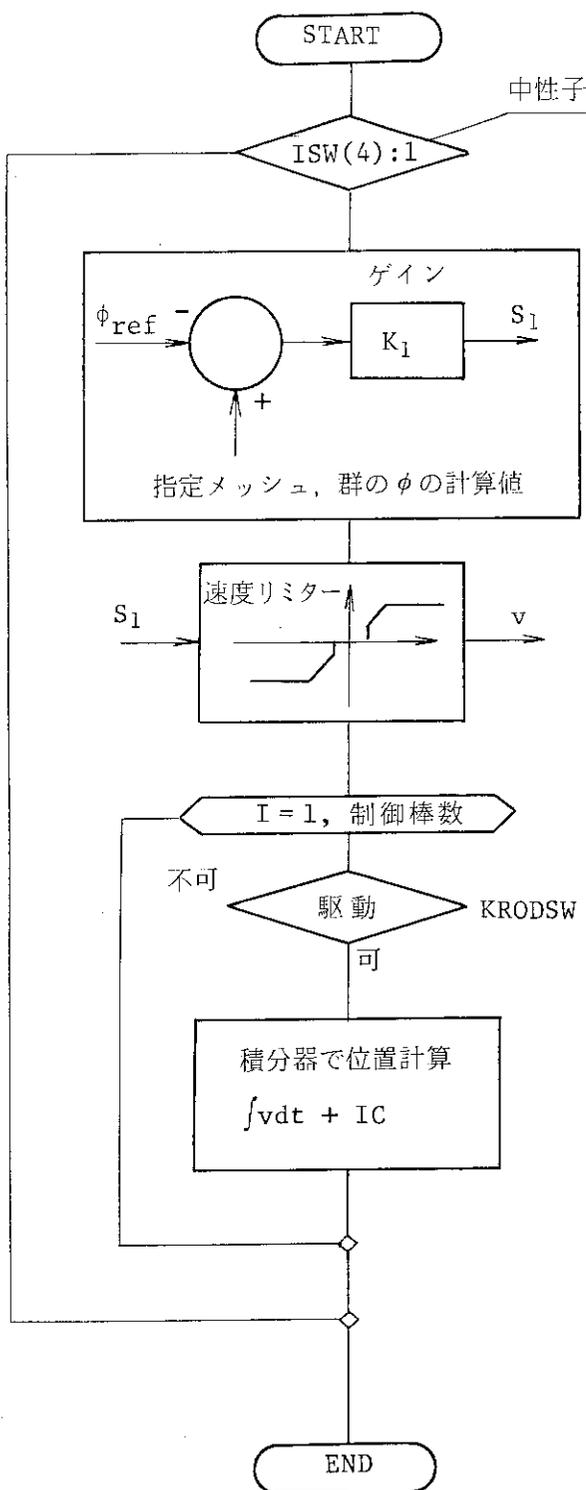
δ_1 : DELTA1

ϵ_1 : EPS 1

(7) 中性子束参照による制御棒の駆動

入力 ϕ_g (中性子束)

出力 制御棒位置



ϕ_{ref} : FREF

指定メッシュ : KRODDT

指定エネルギー群 : IGROUP

ϕ の計算値 : FLUX (IGREF, KRODDT)

ゲイン k_1 : GAIN1

s_1 : S1

速度リミター

不感帯 DEADSP(-L1, L1, S1)

最小速度 : ±VMIN

最大速度 : ±VMAX

速度 v : SPEED

制御棒位置 : ROD(I)

初期位置 : ICROD(I)

積分器

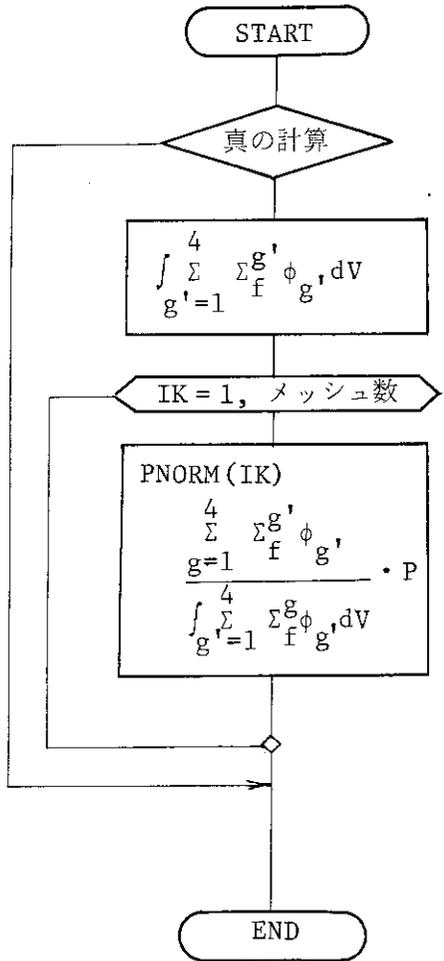
$ROD = \int vdt + ICROD$

制御棒数 : NOROD

(8) 出力分布計算

出力 P_{norm} : 規格化された炉出力分布

入力 ϕ : 中性子束分布



$$\int \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} dV : PF$$

$$\sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} : SUM$$

$$\Sigma_f^{g'} : SFISS (IG, IK)$$

エネルギー群数 $IG = 1, 4$

メッシュ位置 $IK = 1, KMESH$

$\phi_{g'}$: FLUX (IG, IK)

V : VM

P (炉出力) : P

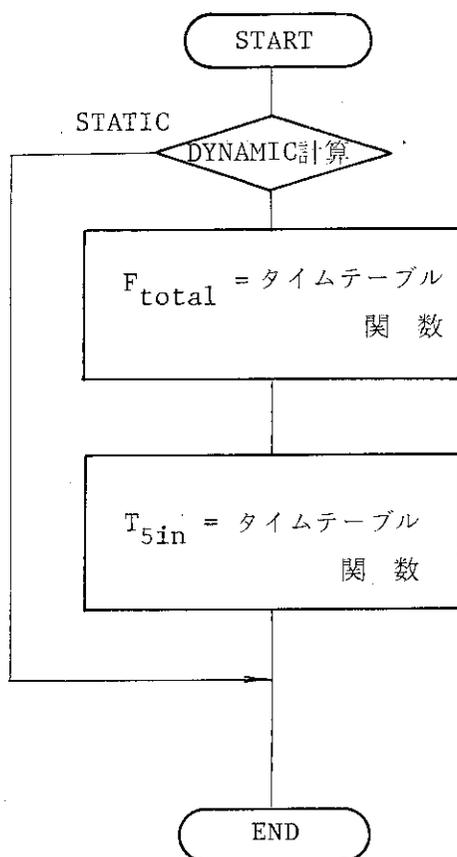
P_{norm} : PNORM(IK)

(9) 炉心全流量，冷却材入口温度変化

入力 Time : 時間

出力 T_{total} : 炉心全流量

T_{5in} : 冷却材入口温度



関数名 TMFLOW

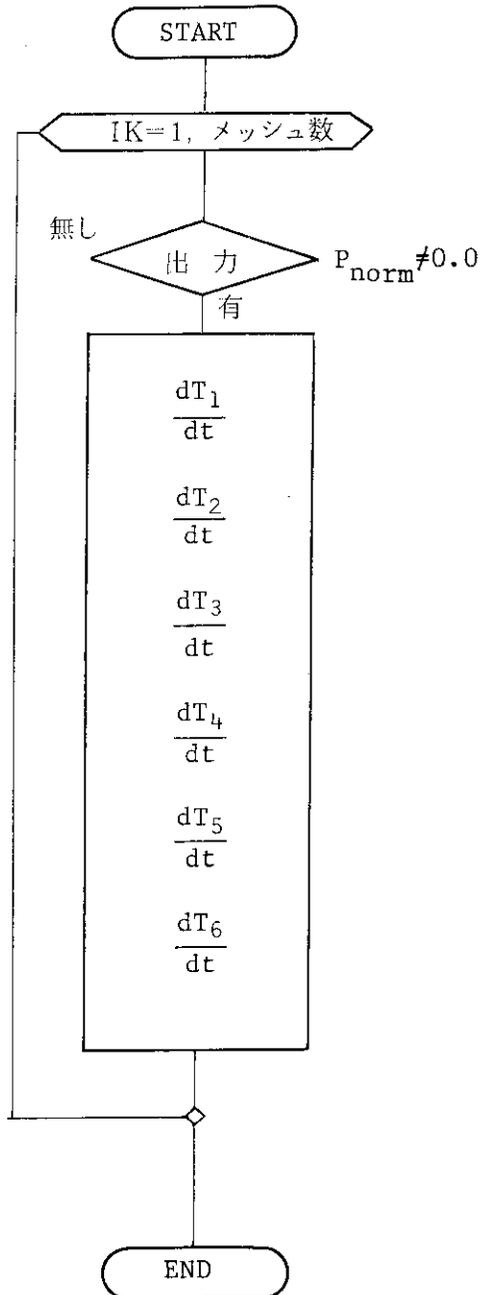
関数名 TMT5IN

(注) 関数値は，Dynamic計算実行時にFUNCTION文で設定する。

(10) 熱計算

出力 $\frac{dT_{1\sim 6}}{dt}$

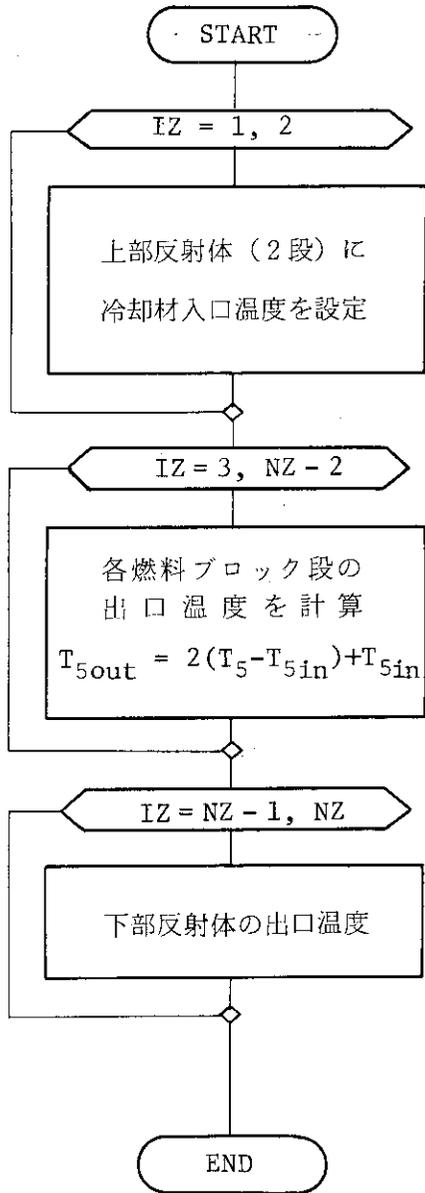
入力 P_{norm}, F_L



$T_{1\sim 6} : T(I, IK)$
 燃料棒半径メッシュ $I=1, 6$
 3次元メッシュ位置 $IK=1, KMESH$
 $V_{1\sim 6} : VF(I)$
 $C_{1\sim 6} : CHF(I)$
 $\rho_{1\sim 6} : DENF(I)$
 $S_{1\sim 6} : SF(I)$
 $\Delta R_{1\sim 6} : DRF(I)$
 $K_{12}, K_{23}, K_{34} : K12, K23, K34$
 $H_{45}, H_{56} : H45, H56$
 $\beta_{24}, \beta_{26} : B24, B26$
 $\alpha : ALPHA$
 $P_i : PNORM(IK)$
 $N_{CH} : NCH$
 $F_L : FL(IR)$
 燃料棒カラム $IR=1, KCOLUM$

(1) 冷却材出口温度計算

- 出力 T_{cout} : 冷却材出口温度
- 入力 $T_{5\text{in}}$: 冷却材入口温度
- T_5 : 冷却材流路の温度分布



$$TCOUT(IR, 1) = T_{5in}$$

$$TCOUT(IR, 2) = T_{5in}$$

$$T_{5out} : TCOUT(IR, IZ)$$

$$T_{5in} : TCOUT(IR, IZ - 1)$$

$$T_5 : T(5, IK)$$

$$TCOUT(IR, NZ - 1) = TCOUT(IR, IZ - 2)$$

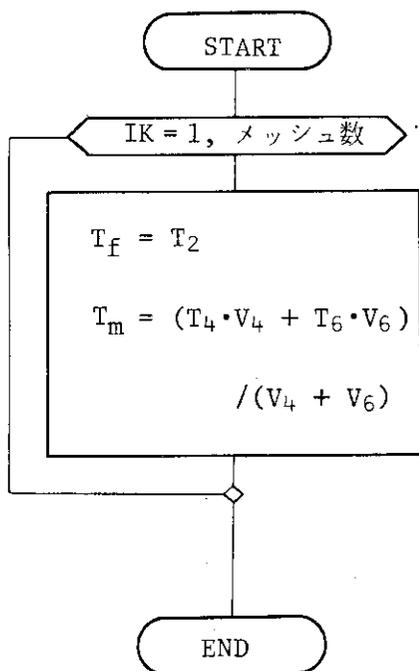
$$TCOUT(IR, NZ) = \quad \quad \quad "$$

(12) 燃料平均温度，黒鉛平均温度の計算

出力 T_f : 燃料平均温度

T_m : 黒鉛平均温度

入力 $T_{1\sim 6}$: 温度



T_f : TF (IK)

メッシュ位置 IK = 1, KMESH

T_m : TM (IK)

T_2 : T (2, IK)

T_4 : T (4, IK)

T_6 : T (6, IK)

V_4 : VF(4)

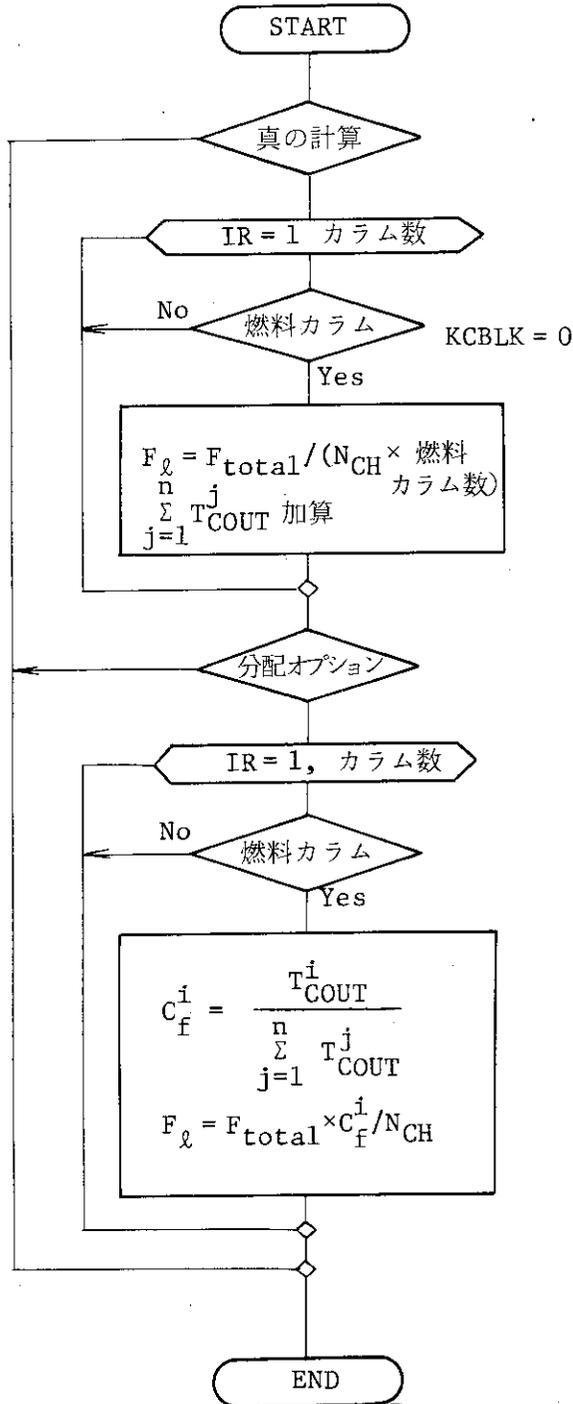
V_6 : VF(6)

(13) 流量配分

出力 F_{ℓ} : 各燃料チャンネル流量

入力 F_{total} : 炉心全流量

T_{cout} : 燃料チャンネル出口の冷却材温度



F_{ℓ} : FL (IR)

カラム位置 IR = 1, KCOLUM

F_{total} : FTOTAL

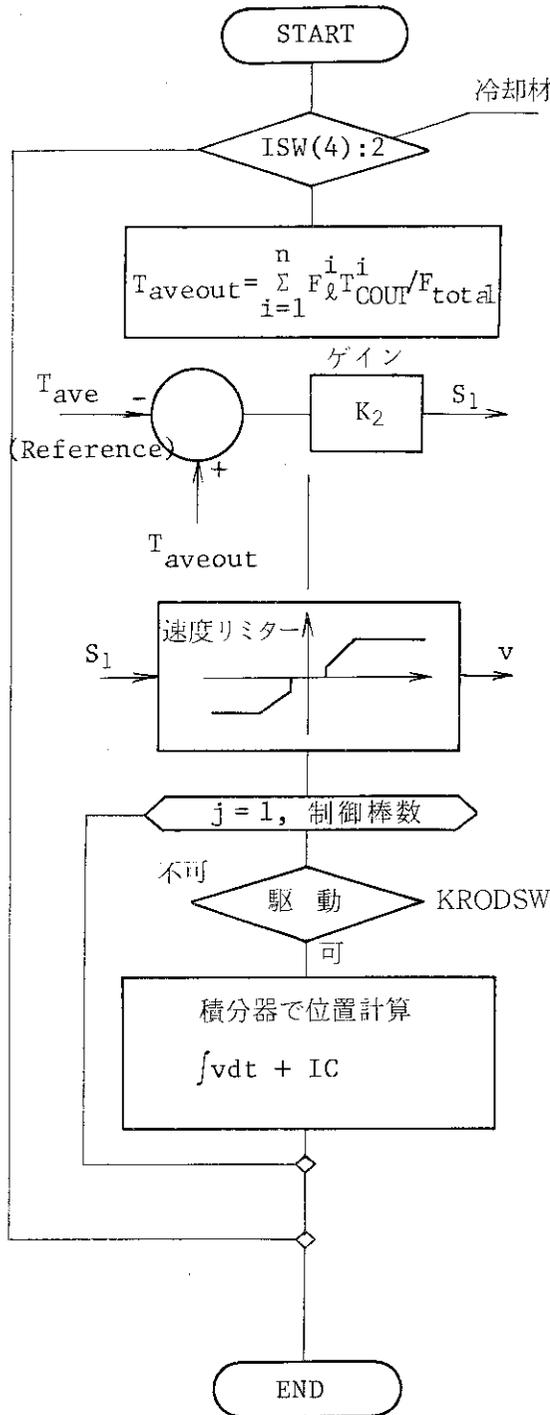
N_{CH} : NCH

C_f^i : CF (IR)

T_{cout}^i : TCOT (IR, NZ)

(14) 冷却材出口温度による制御棒の駆動

- 出力 l_{rod} : 制御棒位置
 入力 F_{total} : 炉心全流量
 F_{ℓ} : 燃料チャンネル流量
 T_{cout} : 冷却材出口温度



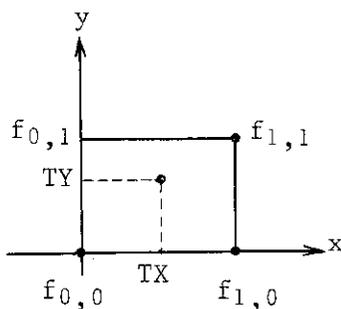
- T_{aveout} : TAVOUT
 F_{ℓ}^i : FL (IR)
 カラム位置 IR=1, KCOLUM
 (注)燃料カラム以外は $F_{\ell}^i = 0.0$
 T_{cout}^i : TCOUT (IR, NZ)
 炉心出口位置 : NZ
 T_{ave} : TAVER
 (Reference)
 ゲイン K_2 : GAIN2
 S_1 : S1
 速度リミター
 不感帯 DEADSP (-L1, L1, S1)
 最小速度 : $\pm VMIN$
 最大速度 : $\pm VMAX$
 速度 v : SPEED
 制御棒位置 : ROD (I)
 初期位置 : ICROD (I)
 制御棒数 : NOROD

3.2.5 Fortran subprogram

Fortran subprogram は主に、Initial section および Terminal section から呼び出され、入力データの読み込みと処理およびリスタート用ファイルの作成等を行っている。以下にサブルーチン名とその機能を示す。

サブプログラム名 (エントリ名)	機 能
BINTER	: $Z=f(x, y)$ の補間値を求める関数
INP 1 (OUT 1)	: 計算オプションの読み込み (ファイルへの出力)
INP 2 (OUT 2)	: 3次元 Geometry データの読み込み (")
INP 3 (OUT 3)	: 外乱データの処理 (")
INP 4 (OUT 4)	: 核計算データの読み込み (")
INP 5 (OUT 5)	: 熱計算データの読み込み (")
INP 6 (OUT 6)	: 制御用データの読み込み (")
INP 7 (OUT 7)	: 断面積データの読み込み (")
IHEAT (OHEAT)	: 初期温度の設定 (最終温度のファイル出力)
ICROSS	: 初期断面積の計算
(DCROSS)	: 積分間隔毎の断面積計算
(OCROSS)	: 最終断面積のファイル出力
INUCL	: 核計算初期値の設定
(ONUCL)	: 最終核計算値のファイル出力
ERROR	: エラーコード出力
DTLIST	: 入力データの一覧表出力

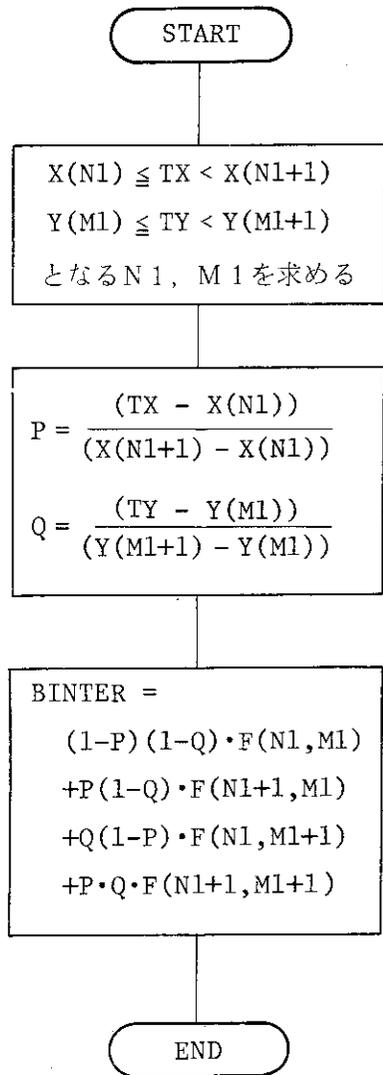
(1) BINTER



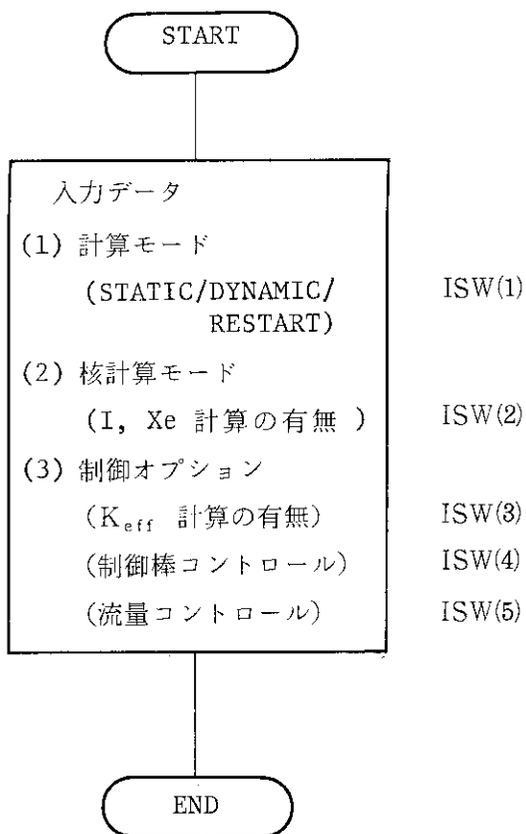
入力 X (N)
 Y (M)
 F (N, M)
 TX
 TY
 出力 BINTER = f (TX, TY)

X-Y空間の関数値 $F(TX, TY)$ を補間して求める。

$$\begin{aligned} \text{補間式: } f(x_0 + ph, y_0 + qk) &= (1-p)(1-q)f_{0,0} + p(1-q)f_{1,0} \\ &+ q(1-p)f_{0,1} + pqf_{1,1} + O(h^2) \end{aligned}$$

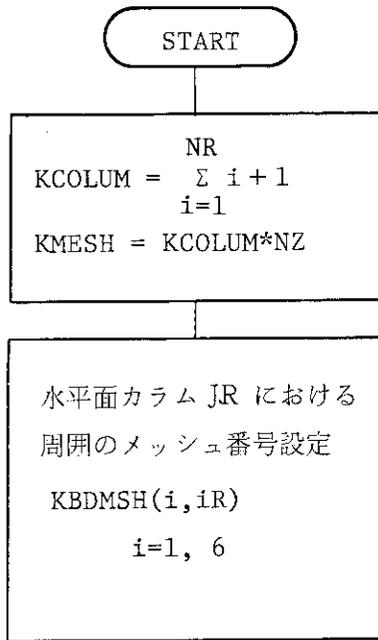


(2) INP1

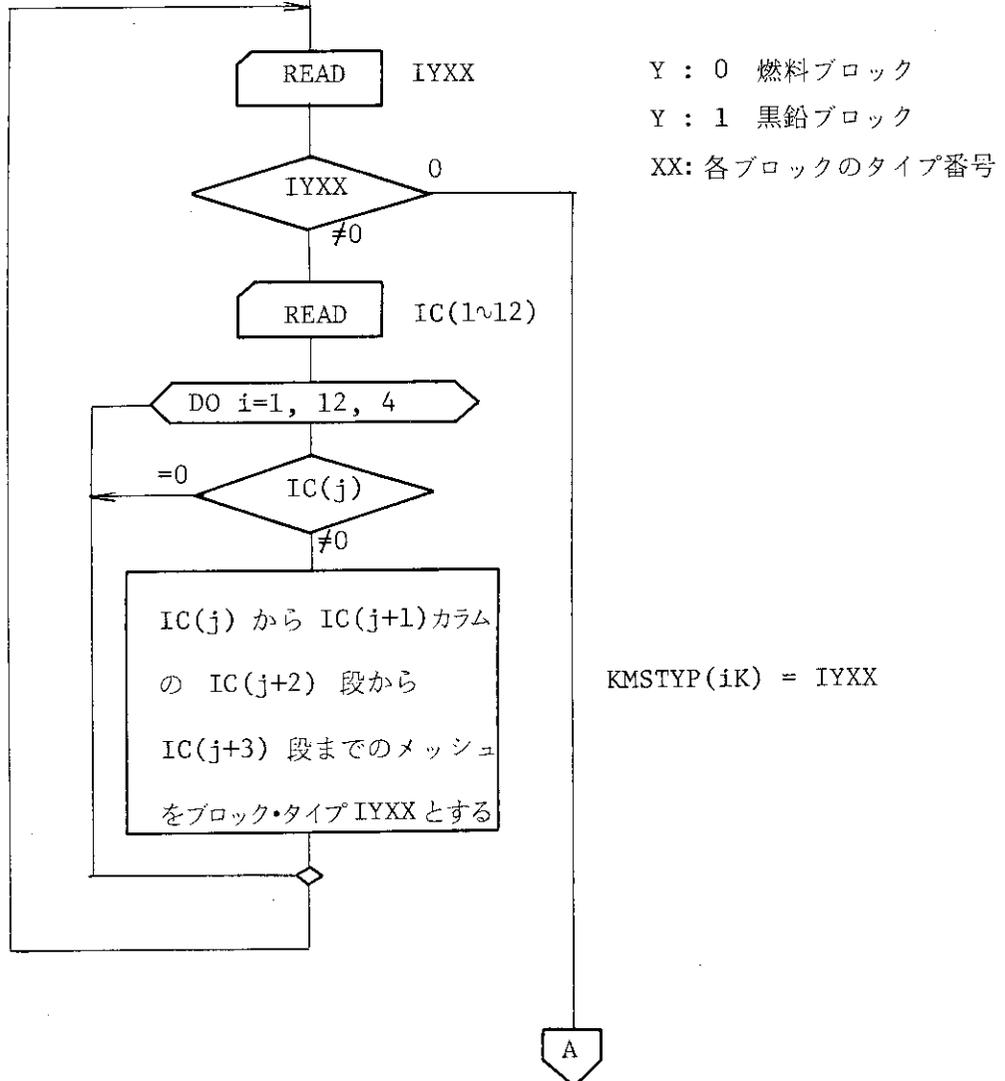


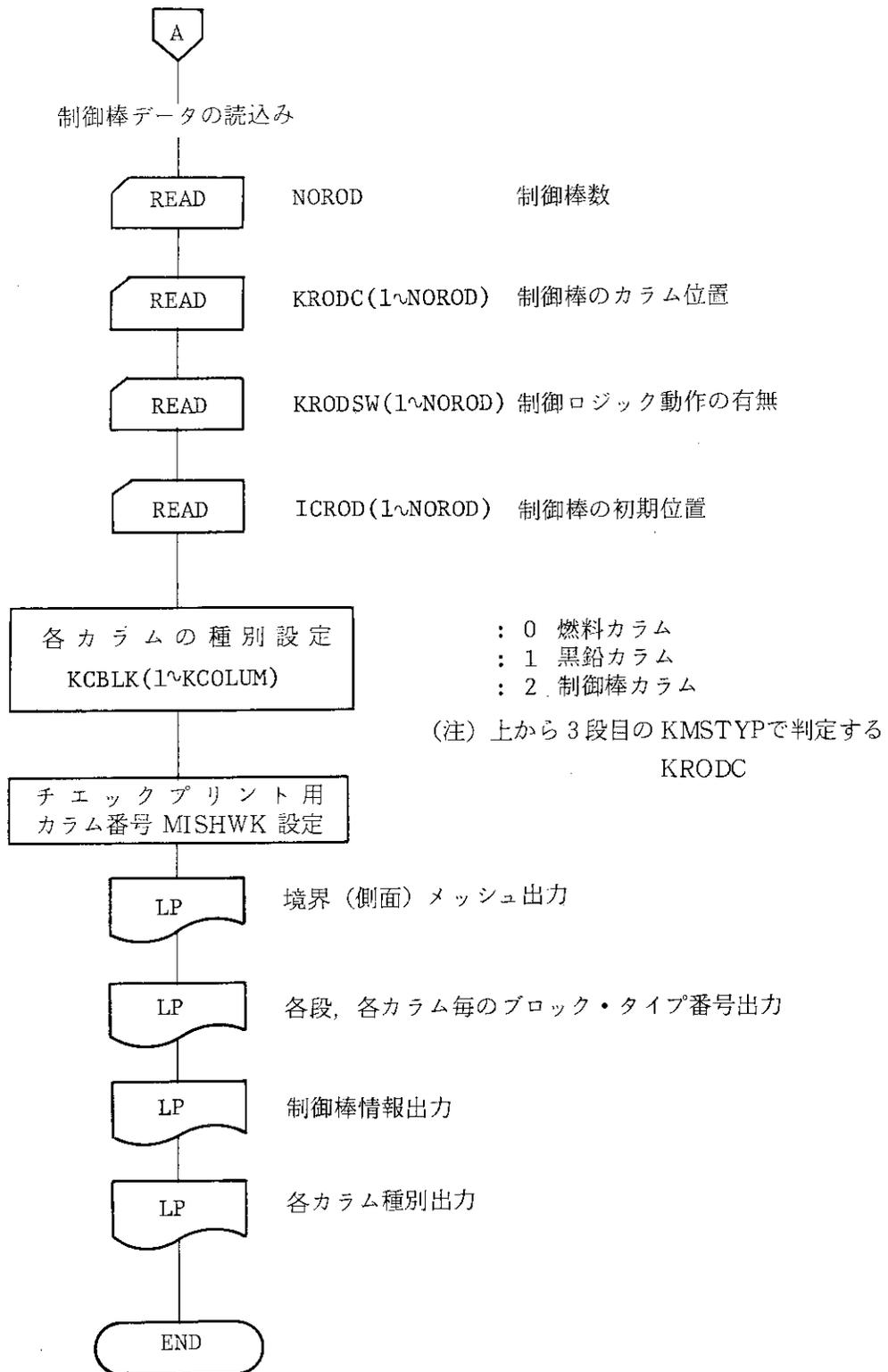
(3) INP 2

入 力 NR = 8
NZ = 12

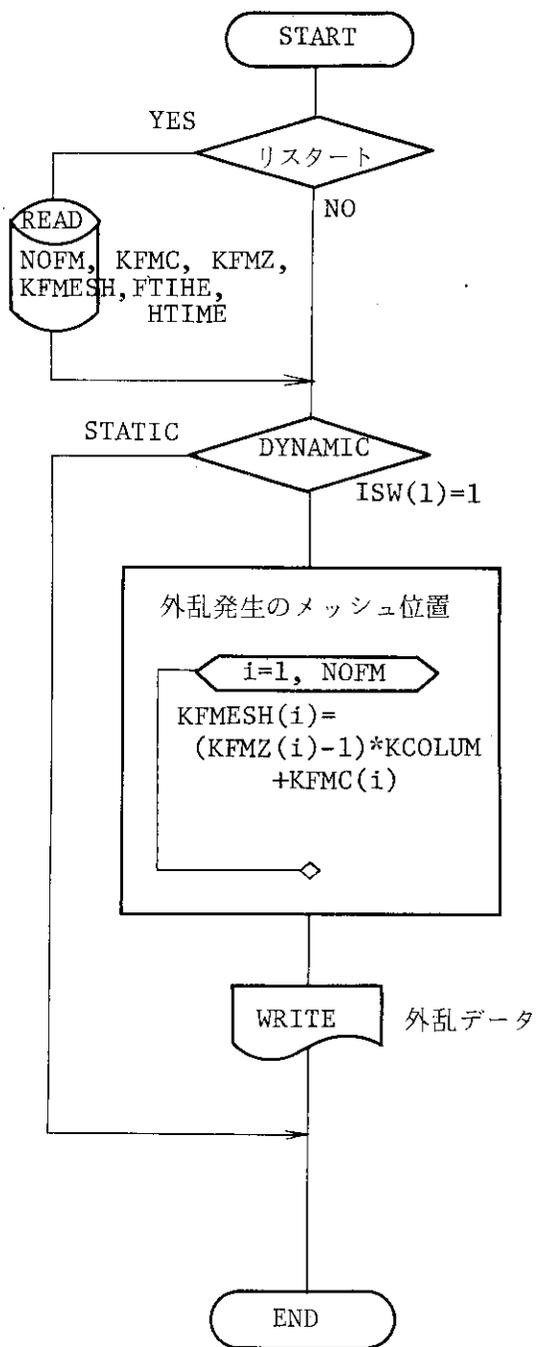


3次元メッシュのブロックタイプ読み込み (サイテーション方式)





(4) INP 3



外乱データの処理

パラメータ入力

NOFM : 外乱発生点数

KFMC(NO FM): 外乱発生カラム位置

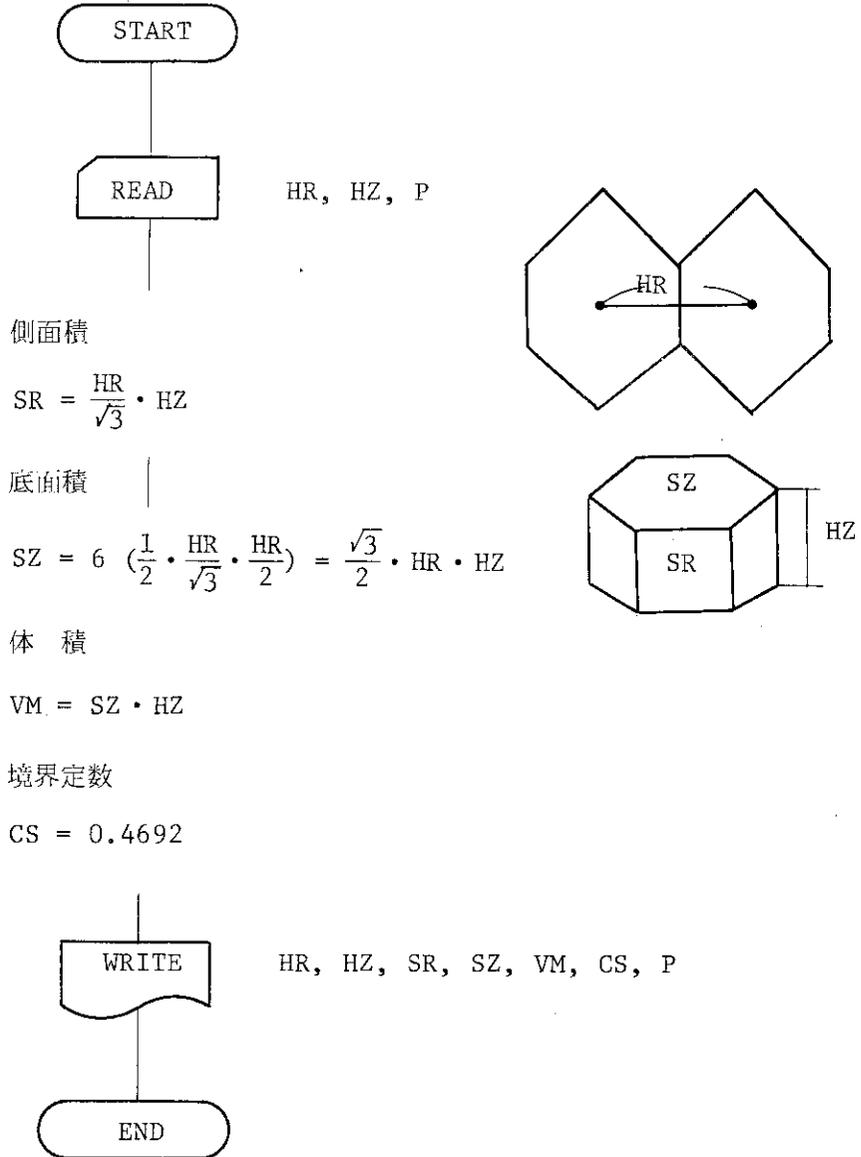
KFMZ(NO FM): 外乱発生段数

FTIME : 外乱発生時刻

HTIME : 外乱の持続時間

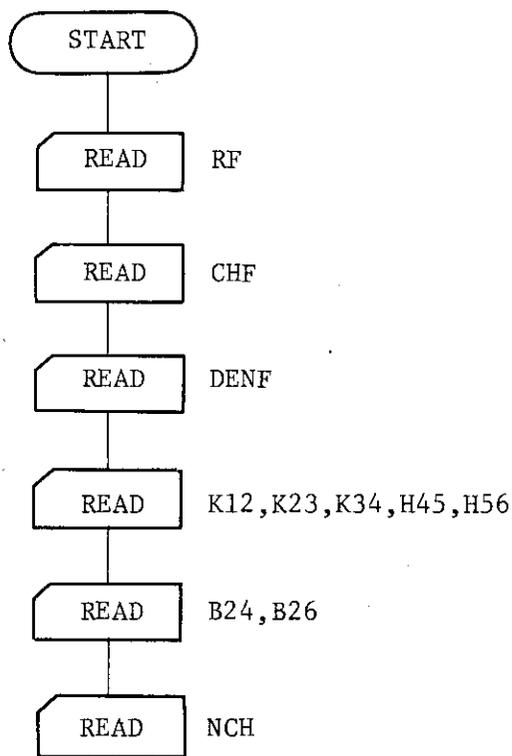
(5) INP4

核計算データの読み込み



(6) INP 5

熱計算データの読み込み



$$\text{ALPHA} = 2.389 \times 10^5$$

表面積 $SF = 2 \cdot \pi \cdot RF \cdot HZ$

円筒体積

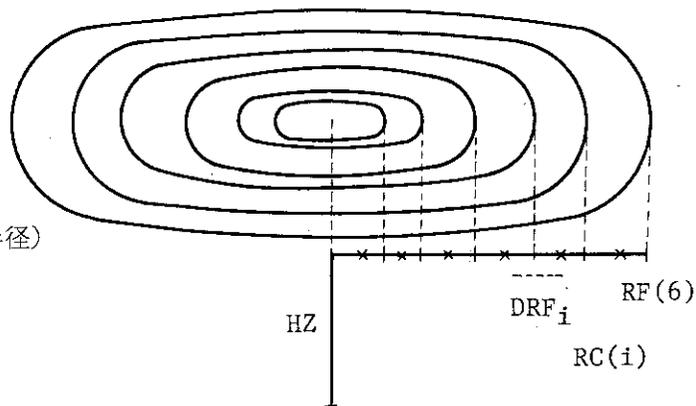
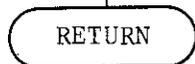
$$VF_i = \pi \cdot RF_i^2 \cdot HZ - \pi \cdot RF_{i-1}^2 \cdot HZ$$

半径メッシュ点間距離 (面積中心半径)

面積中心半径

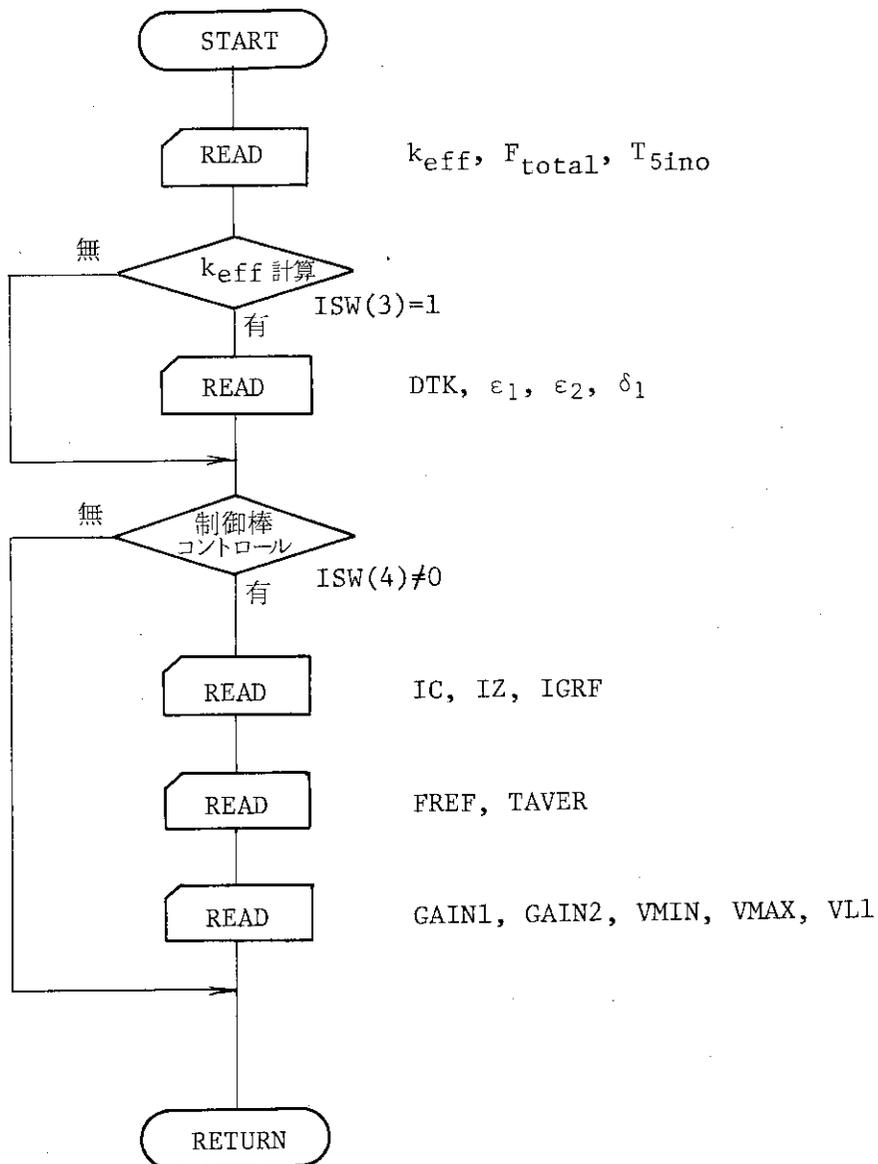
$$RC_i = \sqrt{RF_i^2 + RF_{i-1}^2} / \sqrt{2}$$

$$DRF_{i-1} = RC_i - RC_{i-1}$$

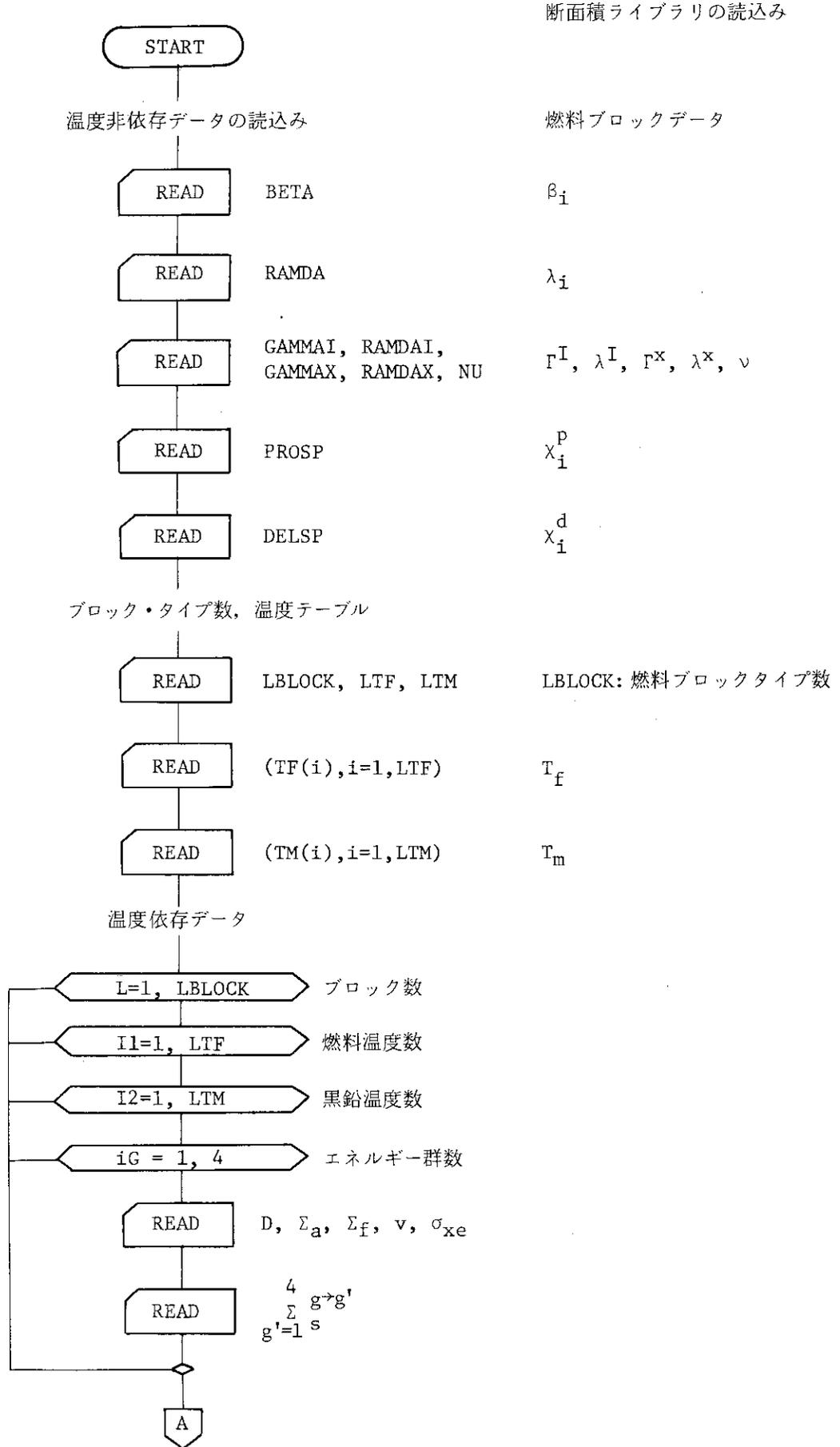


(7) INP6

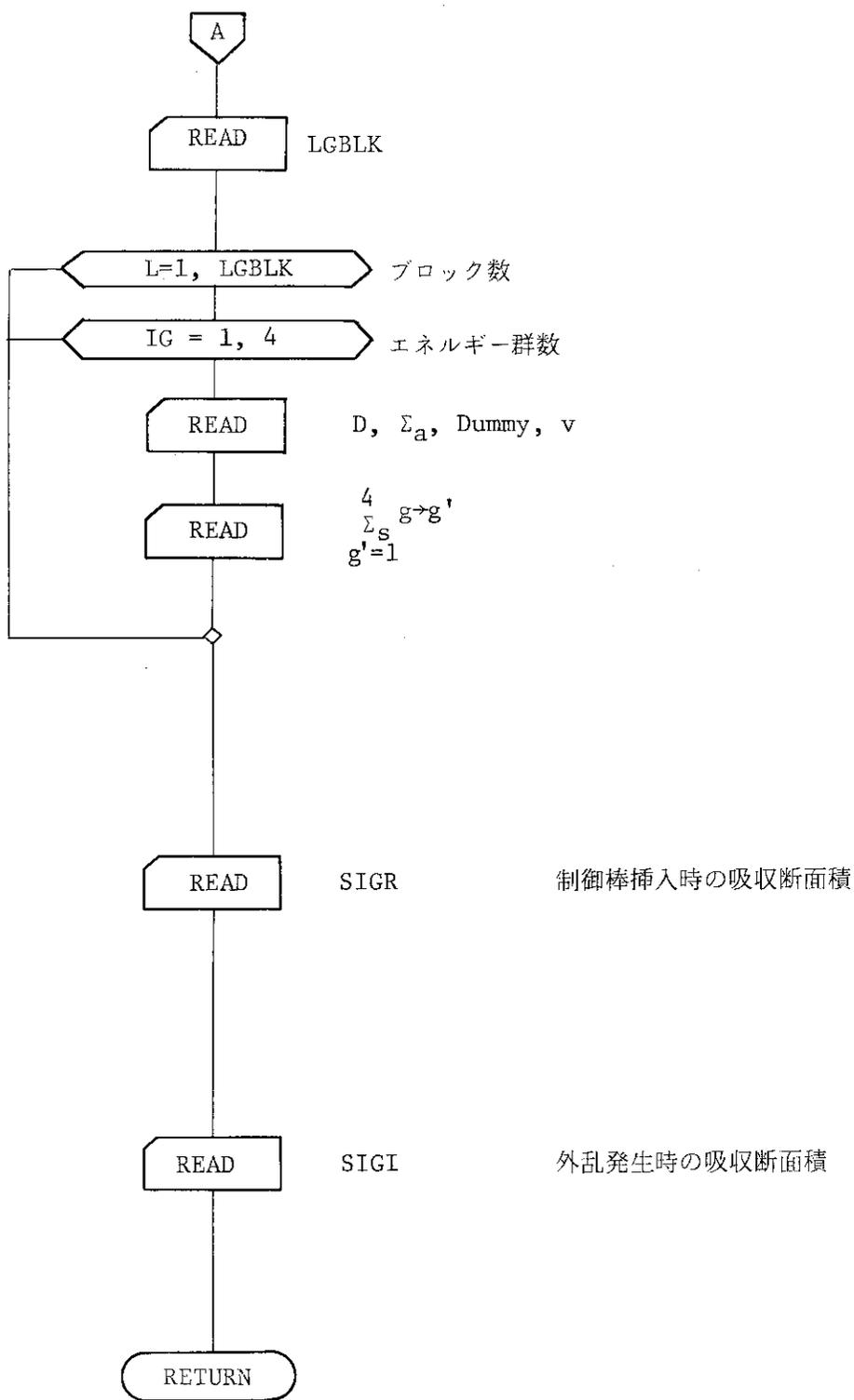
制御用データの読み込み



(8) INP7



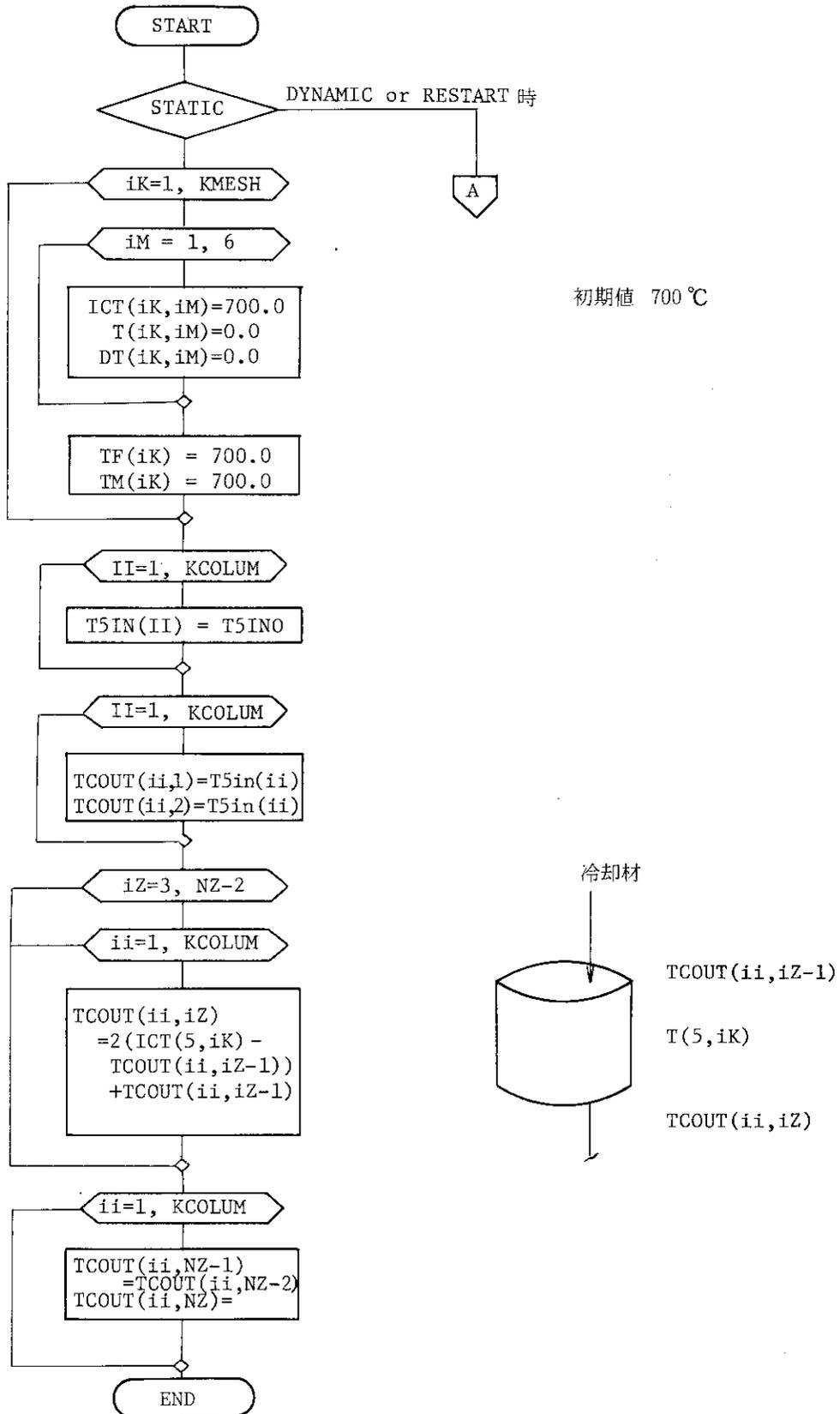
黒鉛ブロックデータ

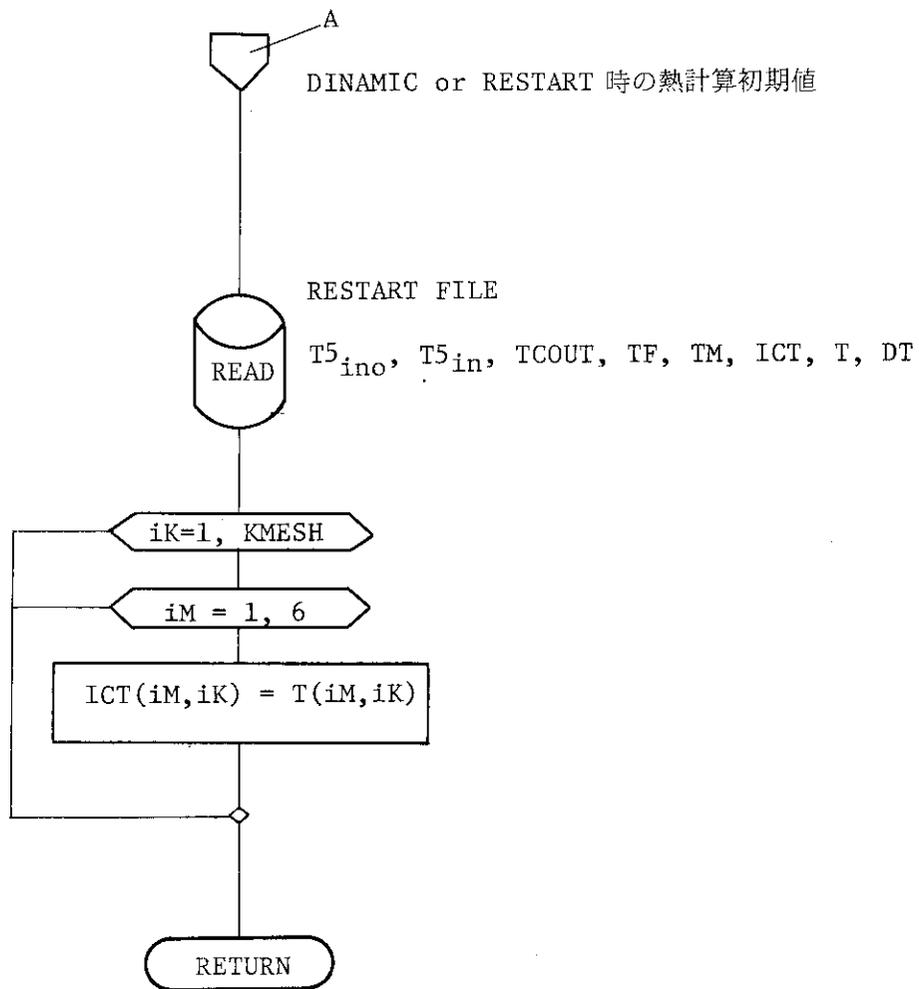


(9) IHEAT

熱計算初期値の設定

入力 T5ino



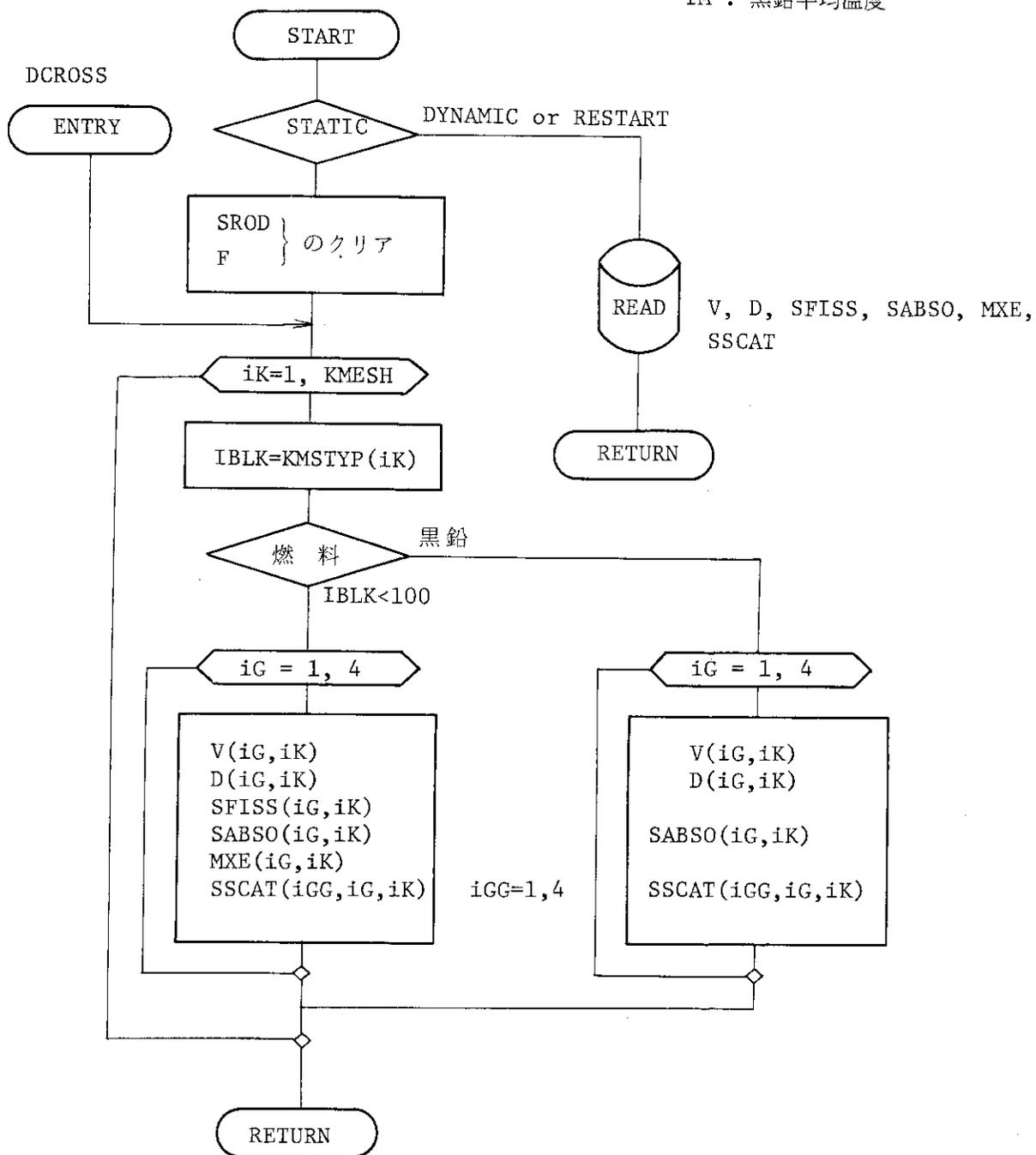


(10) ICROSS

断面積編集

入力 TF : 燃料平均温度

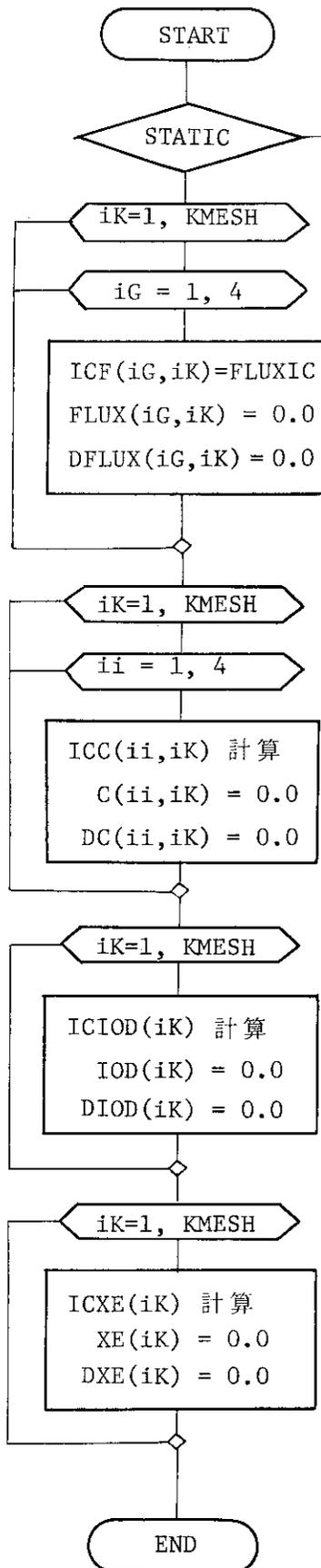
TM : 黒鉛平均温度



(11) INUCL

核計算の初期値設定

入力 FLUXIC



ICF, FLUX, DFLUX,
ICC, C, DC,
ICIOD, IOD, DIOD,
ICXE, XE, DXE

ICF ← FLUX
ICC ← C
ICIOD ← IOD
ICXE ← XE

END

遅発中性子先行核濃度

$$\lambda_i C_i V = \frac{\beta_i}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^4 \nu \Sigma_f^{g'} \phi_{g'} V$$

ヨウ素濃度

$$\lambda^I I_{IV} = \frac{\Gamma^I}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^g \phi_{g'} V$$

キセノン濃度

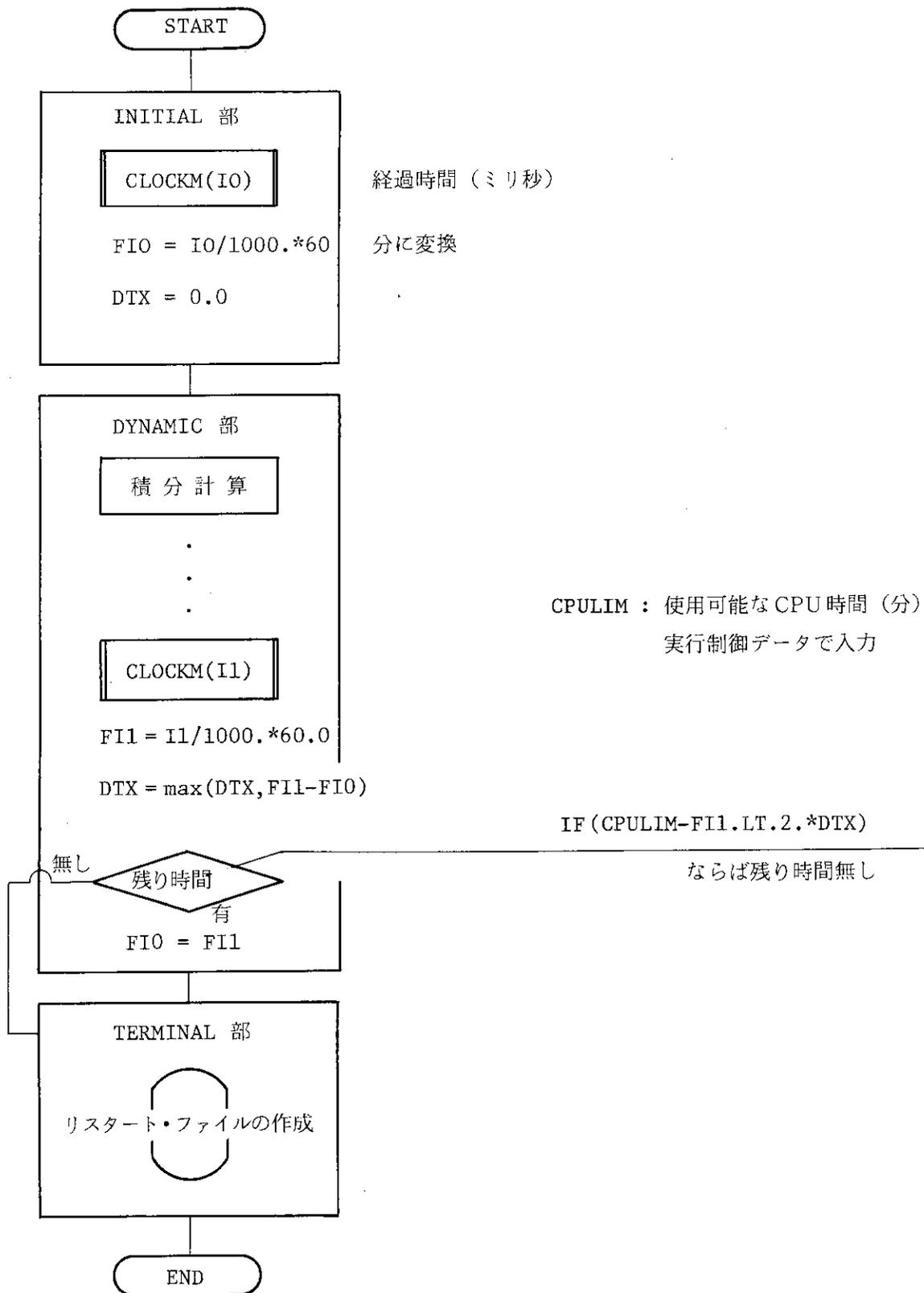
$$\begin{aligned} X_{g'=1}^4 \Sigma \sigma_{x,g'} \phi_{g'} V + \lambda^X X V \\ = \lambda^I I_{IV} + \frac{\Gamma^X}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^4 \Sigma_f^g \phi_{g'} V \end{aligned}$$

3.2.6 CPU時間制限によるジョブの自動終了

長時間のCPUを必要とする問題を解くため、CPU時間を指定してジョブを終了し、リスタートファイルを作成する。以下にプログラムロジックを示す。CPU時間は、

```
PARAMETER CPULIM = 10.0
```

として分単位で与える。



3.3 変数名

本プログラム中で使用されている変数名とその意味について以降に示す。

3.3.1 計算スイッチ

変 数 名	記 号	名 称	単 位	I / O
ISW (1)		= 0 STATiC計算 = 1 DYNAMiC計算	-	入力データ
ISW (2)		核計算部 = 0 I, X _e 計算無し = 1 I, X _e 計算有り	-	入力データ
ISW (3)		制御部 = 0 k _{eff} 計算無し = 1 k _{eff} 計算有り	-	入力データ
ISW (4)		制御部 = 0 制御棒コントロール無し = 1 中性子束による制御棒コントロール有り = 2 冷却材温度による制御棒コントロール有り	-	入力データ
ISW (5)		制御部 = 0 流量コントロール無し = 1 流量コントロール有り	-	入力データ
ISW (6)		計算スイッチ = 0 通常計算 = 1 リスタート計算	-	入力データ
DYTIME		シミュレーション時間 (Restart 時に継続する)	-	内部計算

3.3.2 3次元メッシュデータ

変 数 名	記 名	名 称	単 位	I / O
NR		R方向外周辺のブロック数	-	8 (パラメータ)
NZ		Z方向段数(分割数) 但し 1, 2 はU 1, U 2で上部反射体, 11, 12はL 1, L 2で下部反射体	-	12 (パラメータ)

変数名	記名	名称	単位	I / O
KCOLUM		水平面カラム数	-	計算値 $\sum_{i=1}^{NR} i+1 (=37)$
KMESH		全3次元メッシュ(六角柱)数	-	計算値 KCOLUM×NZ (=444)
KCBLK(i)		水平面カラムから見た垂直方向のブロックの種類 = 0 燃料カラム = 1 黒鉛カラム = 2 制御棒カラム (i = 1, KCOLUM)	-	入力データから判断
KMSTYP(k)		3次元メッシュの各メッシュにおける各ブロックのタイプ番号 (k = 1, 444)	-	入力データ
KBDMSH(6,i)		水平面においてメッシュiを囲む他のメッシュ番号。核計算で使用。(i = 1, KCOLUM)	-	内部計算
NOFUEL		燃料棒(カラム)の数	-	内部計算
KFUELC(30)		燃料棒のカラム番号	-	内部計算

3.3.3 核計算

変数名	記名	名称	単位	I / O
TIME	t	時間	s	SLCS内部変数
FLUX(g, k)	ϕ_k^g	中性子束(第g群)	$\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	積分値
DFLUX(g, k)	$\frac{\partial \phi_k^g}{\partial t}$	微係数		
ICF(g, k)		初期値	$\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	初期値
C(i, k)	cm^3	遅発中性子先行核濃度(i群)	cm^3	積分値
DC(i, k)	$\frac{\partial C_k^i}{\partial t}$	微係数		
ICC(i, k)		初期値	cm^3	初期値
IOD(k)	I_k	ヨウ素濃度	10^{24}cm	積分値
DIOD(k)	$\frac{\partial I_k}{\partial t}$	微係数		
ICIOD(k)		初期値	10^{24}cm	初期値
XE(k)	X_k	キセノン濃度	10^{24}cm	積分値

変数名	記号	名称	単位	I/O
DXE (k)	$\frac{\partial X^k}{\partial t}$	微係数		
ICXE (k)		初期値	$10^{24}/\text{cm}$	初期値
FLUXIC		中性子束の初期値	$1/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	1.0 (パラメータ)
VM	V	メッシュ体積	cm^3	入力データから計算
HR	h_r	水平方向メッシュ点間距離	cm	入力データ
HZ	h_z	垂直 "	cm	入力データ
SR	S_r	ブロック側面積の 1/6	cm^2	入力データから計算
SZ	S_z	ブロック上面の面積	cm^2	入力データから計算
CS	C_s	外挿境界条件定数	-	定数 0.4692
P	P	定常時炉出力	MW	入力データ
PNORM (k)		規格化された出力分布	MW	中性子束から計算 熱計算で使用。

3.3.4 制御部

(1) keff 計算

変数名	記号	名称	単位	I/O
KEFF	keff	実効増倍率	-	初期値を 1.0 として計算
DTK	ΔT_{keff}	keff 計算時 keff サーチタイムメッシュ	s	入力データ
EPS 1	ϵ_1	" FLUX 収束条件	-	入力データ
EPS 2	ϵ_2	" keff 収束条件	-	入力データ
DELTA 1	δ_1	" keff 最大変化幅	-	入力データ
K 3	k^n	" 制御関数用メモリ	-	
K 2	k^{n-1}		-	
K 1	k^{n-2}		-	

(2) 制御棒コントロール

変数名	記号	名称	単位	I/O
NOROD		制御棒 (カラム) の数	-	入力データ (≤ 10)
KRODC (10)		制御棒のカラム番号	-	入力データ
KRODSW (10)		制御棒の動作オプション = 0 タイムテーブル又は不動 (DYNAMiC) (STATiC) = 1 制御ロジックによる動作	-	入力データ
ICROD (10)	l_{rod}	制御棒の初期位置	cm	入力データ
ROD (10)	l_{rod}	制御棒の位置	cm	積分値

(3) 流量コントロール

変数名	記号	名称	単位	I/O
FL (i)	F_{ℓ}^i	各燃料カラムの冷却材チャンネル 流量	g/s	計算値
FTOTAL	F_{total}	炉心全流量	g/s	入力データ又はタイムテーブル
CF (i)	C_f^i	流量配分係数 (i 燃料カラム)	-	計算値
TAVOUT	T_{avout}	炉心出口冷却材温度	℃	計算値
TAVER	T_{aver}	参照用冷却材温度	℃	入力データ
GAIN2	K_2	制御系ゲイン	-	入力データ
VMIN	V_{min}	制御棒駆動最小速度	cm/s	入力データ
VMAX	V_{max}	制御棒駆動最大速度	cm/s	入力データ
VL1	L_1	制御棒駆動系不感帯	-	入力データ
S1		制御系用変数		計算値

(4) 外乱

変数名	記号	名称	単位	I/O
NOFM		外乱の発生場所数	-	パラメータ入力 (≤ 12)
KFMESH (12)		外乱のあるメッシュ番号 (1~444)	-	内部計算 (KFMCとKFMZより)
KFMC (12)		" カラム番号	-	テーブル入力
KFMZ (12)		" 段数	-	テーブル入力
FTIME		外乱発生時刻	s	パラメータ入力
HTIME		外乱持続時間	s	パラメータ入力

3.3.5 熱計算

変数名	記号	名称	単位	I/O
PNORM (k)	P_i	規格化された炉出力分布	MW	核計算後に計算
NCH	N_{CH}	核計算 1 メッシュ内燃料チャンネル本数	-	入力データ
T5IN (i)	T_{5in}	冷却材入口温度	℃	入力データ
FL (i)	F_{ℓ}^i	冷却材チャンネル流量	g/s	制御部で計算
	i	添字 燃料カラム番号 (1~37) (最上段メッシュを意味する)		
T (m, k)	$T_{1\sim 6, k}$	熱計算メッシュ点温度	℃	積分値
DT (m, k)	$\frac{dT_{1\sim 6, k}}{dt}$	微係数		

変数名	記号	名称	単位	I/O
ICT (m, k)		初期値	℃	初期値 700℃
TF (k)	T _f	燃料平均温度	℃	計算値, 断面積計算で使用
TM (k)	T _m	減速材平均温度	℃	計算値, 断面積計算で使用
TCOUT(i, iz)	T _{cout}	燃料チャンネル冷却材出口温度 (i = 1, NZ) (iz = 1, NZ)	℃	計算値, 制御部で使用
RF (m)	R _{1~6}	ユニットセル半径	cm	入力データ
CHF (m)	C _{1~6}	比熱(メッシュ構成物質)	cal/g℃	入力データ
DENF (m)	ρ _{1~6}	密度	g/cm ³	入力データ
K 12	K _{mn}	m~n間の等価熱伝導率	$\frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{℃}}$	入力データ
K 23				
K 34				
H 45	H _{mn}	m~n間の等価熱伝達率	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{℃}}$	入力データ
H 56				
B 24	β _{mn}	m~n間の熱輻射用係数	-	入力データ
B 46				
ALPHA	α	MW → cal 換算係数	$\frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{MW}}$	2.389 × 10 ⁵
VF (m)	V _{1~6}	熱計算メッシュ体積	cm ³	入力データから計算
SF (m)	S _{1~6}	" 側面積	cm ²	入力データから計算
DRF (m)	△R _{1~6}	メッシュ点間距離 (メッシュ点位置は, メッシュ体積の中間にあるものとする)	cm	入力データから計算
添字	m	熱計算メッシュ 1~6 1:He, 2:燃料, 3:GAP (He) 4:スリーブ, 5:He冷却材 6:黒鉛		

3.3.6 断面積編集テーブル

(1) 燃料ブロックの変数

変数名	記号	名称	単位	I/O
BETAT	β	遅発中性子比率	-	$\beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i$
BETA (i)	β _i	第i群の遅発中性子比率	-	入力データ
RAMDA (i)	λ _i	第i群の遅発中性子 先行核崩壊定数	/s	入力データ

変数名	記号	名称	単位	I / O
GAMMAI	Γ^I	ヨウ素の核分裂当り収率	-	入力データ ($^{135}\text{U}^{235}$ 6.17%)
GAMMAX	Γ^X	キセノン "	"	" ($^{135}\text{U}^{235}$ 0.24)
RAMDAI	λ^I	ヨウ素の崩壊定数	/s	入力データ (^{135}I 2.882×10^{-5})
RAMDAX	λ^X	キセノン "	/s	入力データ (^{135}X 2.109×10^{-5})
NU	ν	核分裂当り中性子収量	-	入力データ
PROSP (g)	χ_g^p	既発中性子スペクトル	-	入力データ
DELSP (g)	χ_g^d	遅発 "	-	入力データ
LBLOCK		燃料ブロックのタイプ数	-	入力データ (≤ 10)
VELF (t, g, l)	v_g	中性子速度	cm/s	入力データ
DIFF (t, g, l)	D_g	拡散係数	cm	入力データ
SIGF (t, g, l)	Σ_f^g	核分裂断面積	/cm	入力データ
SIGAF (t, g, l)	Σ_a^g	吸収断面積	/cm	入力データ
MICXE (t, g, l)	σ_{xg}	Xcのミクロ吸収断面積	cm ²	入力データ
SIGSF (t, gg, l)	$\Sigma_s^{g \rightarrow g'}$	g \rightarrow g'群への散乱断面積	/cm	入力データ
添字	g	中性子群数		4
	i	遅発中性子先行核群数		6
	l	燃料ブロックタイプ番号		最大10 (l=1, LBLOCK)
	t	温度点		入力データ
	gg'	散乱群番号 ($\Sigma_s^{g \rightarrow g'}, g'=1,4$), g=1,4)		16
TEMPF (t f)	T _f	温度依存データの燃料平均温度テーブル	℃	入力データ (700°K, 1500°K)
TEMPM (t m)	T _m	" 減速材 "	℃	" (600°K, 1300°K)
LTF	t _f	温度点 (t / 2)	-	入力データ (≤ 2)
LTM	t _m	温度点 (t / 2)	-	入力データ (≤ 2)
LTFM		LTF * LTM	-	

(2) 黒鉛(制御)ブロックの変数, 外乱, 制御棒断面積

変数名	記号	名称	単位	I / O
LGBLK		黒鉛ブロックタイプ数		入力データ (≤ 2)
VELG (g, l')	v_g	中性子速度	cm/s	入力データ
DIFG (g, l')	D_g	拡散係数	cm	入力データ
SIGAG (g, l')	Σ_a^g	吸収断面積	/cm	入力データ
SIGSG (gg', l')	$\Sigma_s^{g \rightarrow g'}$	散乱断面積	/cm	入力データ
SIGR (g)	Σ_{rod}^g	制御棒の動きを示す吸収断面積	/cm	入力データ
SIGI (g)	F _g	外乱で与える吸収断面積	/cm	入力データ

(3) 断面積編集部の計算値

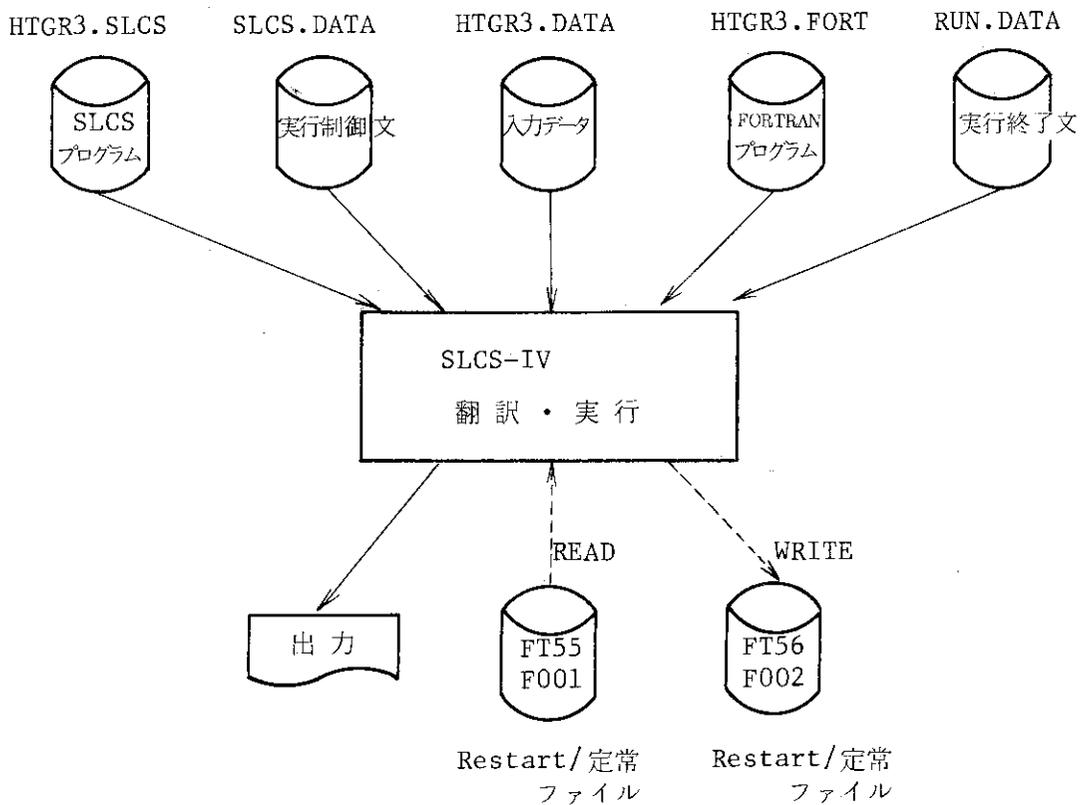
各メッシュ毎の温度依存のデータと外乱，制御棒の断面積

変数名	記号	名称	単位	I/O
$V(g, k)$	v_g	中性子速度	cm/s	各タイムステップ毎に断面積編集部で計算
$D(g, k)$	D_g	拡散係数	cm	"
SFISS(g, k)	Σ_f^g	核分裂断面積	/cm	" (黒鉛ブロックは0.0)
SABSO(g, k)	Σ_a^g	吸収断面積	/cm	各タイムステップ毎に断面積編集部で計算
MXE(g, k)	σ_{xg}	Xeのマイクロ吸収断面積	cm ²	" (黒鉛ブロックは0.0)
SSCAT(g; g, k)	$\Sigma_s^{g \rightarrow g'}$	g-g'群への散乱断面積	/cm	各タイムステップ毎に断面積編集部で計算
SROD(g, k)	Σ_{rod}^g	制御棒の動きによる吸収断面積	/cm	各タイムステップ毎に断面積編集部で計算かつ制御部で計算の場合もある (制御棒が入らない所は0.0)
F(g, k)	F_g	外乱による吸収断面積	/cm	" (外乱が発生しない所は0.0)
添字	k	メッシュポイント (1~444)		

4. 使用方法

本コードを使用するためのJCL,入力データ等について示す。SLCS-IV言語を使用しているため、通常のFortran言語によるコードと異なり、入力データの作成法に多少注意が必要である。つまり、FortranではFT05F001より読み込まれる入力データが、SLCS-IVではプログラムの一部として扱われるためである。

本コードをSLCS-IV言語の下で処理するために必要なファイルを下図に示す。



各ファイルの内容は次の様である。

DD名	データセット名(編成)	I/O	用途
MODEL	HTGR3・SLCS(PS)	I	SLCSIV言語で書かれているプログラム本体
"	SLCS・DATA(PS)	I	SLCSIVの実行制御(時間,積分法,パラメータ等)文
"	HTGR3・DATA(PS)	I	プログラムに対するカード入力データ
"	HTGR3・FORT(PS)	I	FORTRAN言語で書かれたサブルーチン群
"	RUN・DATA(PS)	I	実行終了文
FT55F001	RESTAR・DATA(PS)	I	Restart又は定常ファイル(初期値に使用)
FT50F001	(PS)	O	Restart又は定常ファイルの作成

4.1 JCLとSLCS-IV用入力データ

本節では、翻訳・実行用JCL, ロードモジュール作成用JCL, 実行用JCLについて示し, 各々のケースに対するSLCS-IV用入力データ(SLCS-IVジョブストリーム)も示す。

4.1.1 翻訳・実効

(1) JCL

```

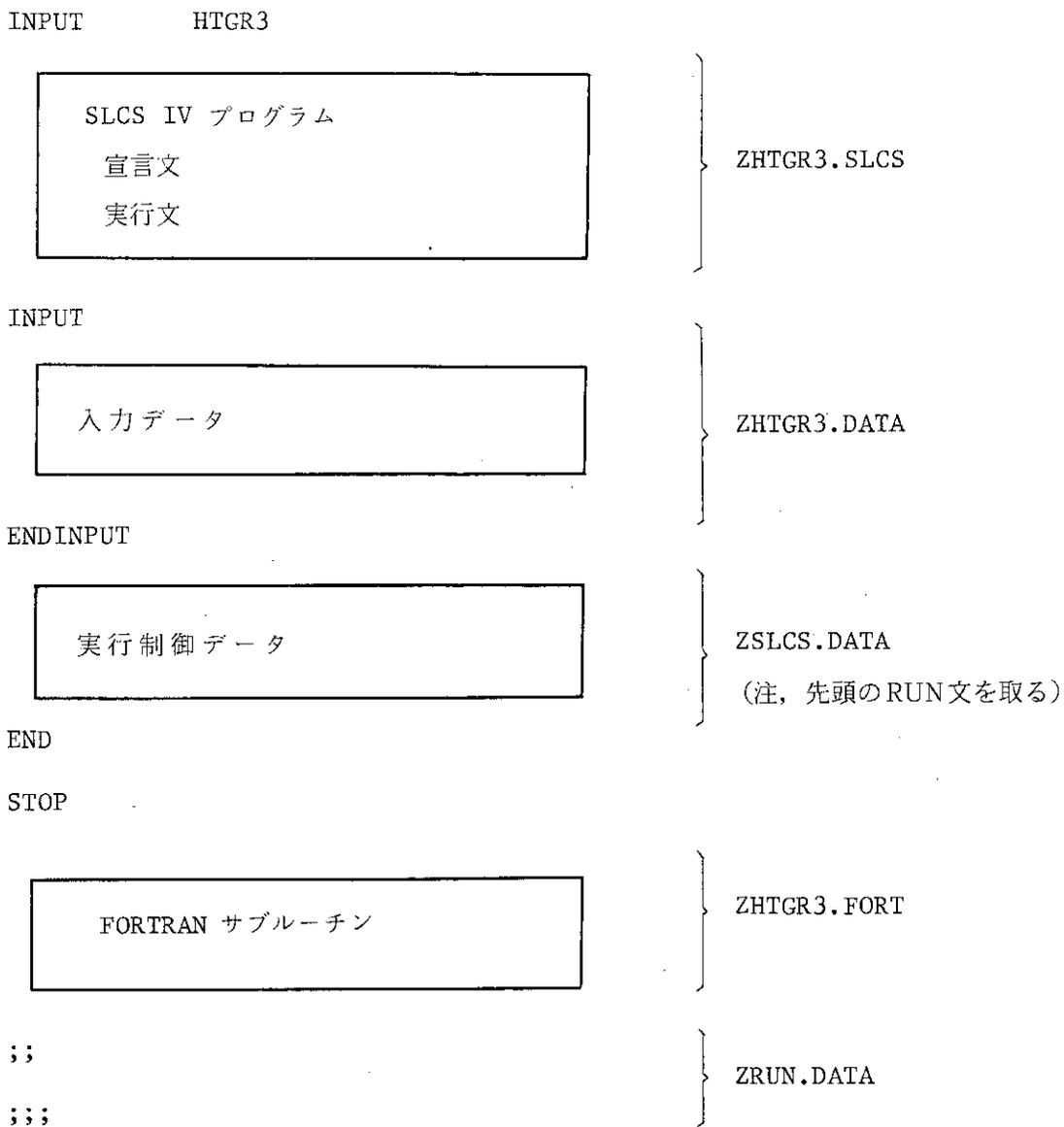
FILE = J3520.ZDYNAP.CNTL

*****
** HTGR3      **
*****

//JCLG JOB
// EXEC JCLG
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 93713520,TAKANO.MAKOT,0194.200,FIBJOB
    C.5 T.03 W.02 I.04 SRP
    OPTP NOTIFY=J3520,PASSWORD=
//HTGR3D EXEC SLCS4,REGION.SLCS4=2048K
//*      PARM.SLCS4='CHECK,MAP,FLIST,LLIST,LIST,MENT=1'
//FT03F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(100,100)),
// DCB=(LRECL=80,BLKSIZE=3120,RECFM=FB)
//MODEL   DD DSN=J3520.ZHTGR3.SLCS,DISP=SHR
//        DD DSN=J3520.ZHTGR3.DATA,DISP=SHR
//        DD DSN=J3520.ZSLCS.DATA,DISP=SHR
//        DD DSN=J3520.ZHTGR3.FORT,DISP=SHR
//        DD DSN=J3520.ZRUN.DATA,DISP=SHR
//*T55F001 DD DSN=J3520.ZRESTAR5.DATA,DISP=SHR } (前回のリスタートファイル。
//FT55F001 DD DUMMY                          } 初回には必要なし。)
//*T56F001 DD DSN=J3520.ZRESTART.DATA,DISP=SHR } (今回出力されるリスタート
//FT56F001 DD DUMMY                          } ファイル。)
++
//

```

(2) SLCS-IV ジョブストリーム (ファイル定義名 = MODEL)



4.1.2 ロードモジュールの作成

(1) JCL

```

FILE = J3520.ZDYNAP.CNTL

*****
** HTGR3LOD **
*****

//JCLG JOB
// EXEC JCLG
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 81633520,TAKANO.MAKOT,0194.200,FIBJOB
      C.3 T.01 W.00 I.04 CLS
      OPTP NOTIFY=J3520,PASSWORD=
//COND EXEC CONDENSE,DSN=J3520.MHTGR3
//HTGR3D EXEC SLCS4,REGION.SLCS4=1024K
//SYSMOD DD DSN=J3520.MHTGR3.LOAD,DISP=SHR,UNIT=MSS
//MODEL DD DSN=J3520.MHTGR3.SLCS,DISP=SHR
// DD DSN=J3520.LSLCS.DATA,DISP=SHR
// DD DSN=J3520.ZHTGR3.FORT,DISP=SHR
// DD DSN=J3520.ZRUN.DATA,DISP=SHR
++
//
  
```

(2) SLCS-IVジョブストリーム(ファイル定義名=MODEL)

INPUT HTGR3

SLCS IV プログラム 宣言文 実行文

END

STOP

FORTRAN プログラム

;;

;;;

4.1.3 実行

(1) JCL

```

FILE = J3520.ZDYNAP.CNTL

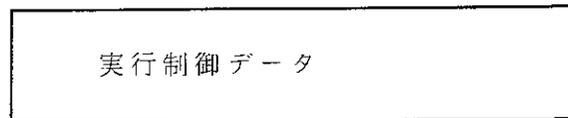
*****
** HTGR3RUN **
*****

//JCLG JOB
// EXEC JCLG
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 81633520,TAKANO.MAKOT,0194.200,FIBJOB
      C.4 T.12 W.04 I.05 CLS SPB
      OPTP NOTIFY=J3520,PASSWORD=
//* -J3520.ZDYNAP.CNTL(HTGR3RUN)- PD FILE
//HTGR3D EXEC SLCS4,REGION.SLCS4=2048K
//SYSLMOD DD DSN=J3520.MHTGR3.LOAD,DISP=SHR,UNIT=MSS
//FT05F001 DD DSN=J3520.ZHTGR3.DATA,DISP=SHR,UNIT=MSS,
//          LABEL=(,/,IN)
//MODEL DD DSN=J3520.ZSLCS.DATA,DISP=SHR
//          DD DSN=J3520.ZRUN.DATA,DISP=SHR
//FT55F001 DD DSN=J3520.ZRESTAR5.DATA,DISP=SHR
//FT56F001 DD DSN=J3520.ZRESTART.DATA,DISP=SHR
++
//

```

(2) SLCS -M ジョブストリーム (ファイル定義名=MODEL)

```
RUN HTGR3
```



```
} ZSLCS.DATA
```

```
END
```

```
;;
```

```
;;;
```

4.2 データ入力マニュアル

本コードでは、SLCS -Mの機能を利用して入力データを記述する部分と、Fortranタイプのカード入力データとして記述するものの2種存在する。

4.2.1 実行制御データ

SLCS -Mの実行制御データには、データ文、実行制御文および出力制御文がある。制御棒挿

入長変化を示すテーブルはデータ文により記述される。各々の制御文の詳細についてはSLCS - IV解説書を参照されたい。

(1) データ文

データ文は、プログラムで使用するパラメータや初期条件に値を設定したり、座標関数に座標点を設定するために使用される。以下の6種類の文がある。

- PARAMETER文
- INCON文
- CONSTANT文
- FUNCTION文
- TWOFUNC文
- TABLE文

(2) 実行制御文

実行制御文はシミュレーションの時間に関するシステム変数（開始時刻，終了時刻，積分間隔，プリント出力間隔，最小積分間隔等）への値の設定や積分関数の出力に対する相対誤差，絶対誤差などを与える文である。以下の7種類の文がある。

- TIMER文
- FINISH文
- RELERR文
- ABSERR文
- METHOD文
- END文
- RESET文

(3) 出力制御文

出力制御文はシミュレーションの結果を種々な形式で出力するための指定を行う文である。出力形式は次の五つに大別できる。

- 表形式出力 : 値を表形式で出力する
- グラフ形式出力 : 種々のグラフで結果を出力する
- ブリペアデータ出力 : 結果をブリペアデータセットへ出力する
- レンジ出力 : ランにおける結果の最大値と最小値を出力する
- ディスプレイ出力 : シミュレーションの時々刻々の計算値を表形式で出力する。

出力制御文は、各出力形式に対応して次のものがある。

- 表形式出力 : PRINT文, TITLE文, RERUN文
- グラフ形式出力 : OUTPUT文, LABEL文, PAGE文, RERUN文
- ブリペアデータ出力 : PREPARE文, RERUN文
- レンジ出力 : RANGE文
- ディスプレイ出力 : DISPLAY文

(4) コード中での使用例

以下に実行制御文の例を示す。

```

FUNCTION      TMROD1 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD2 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD3 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD4 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD5 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD6 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD7 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD8 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD9 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD10 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMFLOW = (0,1740.0),(9999,1740.0)
FUNCTION      TMT5IN = (0, 410.0),(9999, 410.0)
PARAMETER NR=8
PARAMETER NZ=12
PARAMETER FLUXIC=1.000
PARAMETER FACTOR=1.000
PARAMETER CPULIM=0.900
PARAMETER CPULIM=119.0
TIMER TIME=0.0,FINTIM=9999.0,DELT=1.D-5,PRDEL=1.D-4,DELMIN=1.D-32
METHOD RKSGILL
PARAMETER FACTOR=5.0
DISPLAY      DYTIME,KEFF,SUM4
OUTPUT       FLUX(4,38-74)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       FLUX(4,112-148)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       FLUX(1,186-222)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       FLUX(4,186-222)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       FLUX(4,260-296)
PAGE         CONTOR
END

```

} タイムテーブル
入力 (STATIC
モードでは使用
されない。

} 後の入力が優先する。

ジュミレーション時間の制御

(5) 制御棒挿入長変化用タイムテーブル入力例

制御棒用のタイムテーブルはTMROD 1 から TMROD 10 まで 10 個用意されている。例として、1 本目の制御棒は制御系により操作され、2 本目は挿入長 280 cm で一定、3 番目は Fig. 4.1 のような変化をすれば、次のように記述することとなる。

```

FUNCTION TMROD1 = (0, 0), (9999, 0)
FUNCTION TMROD2 = (0, 280), (9999, 280)
FUNCTION TMROD3 = (0, 280), (10, 280), (11, 0), (12, 280)
                (9999, 280)

```

ここで、TMROD 1 については、制御系による操作を受けるため、FUNCTION 文での記述は任意である。

炉心全流量変化を示すタイムテーブルおよび冷却材炉心入口温度変化を示すタイムテーブルも同様の方法で、TMFLOW および TMT5IN にそれぞれ記述すれば良い。

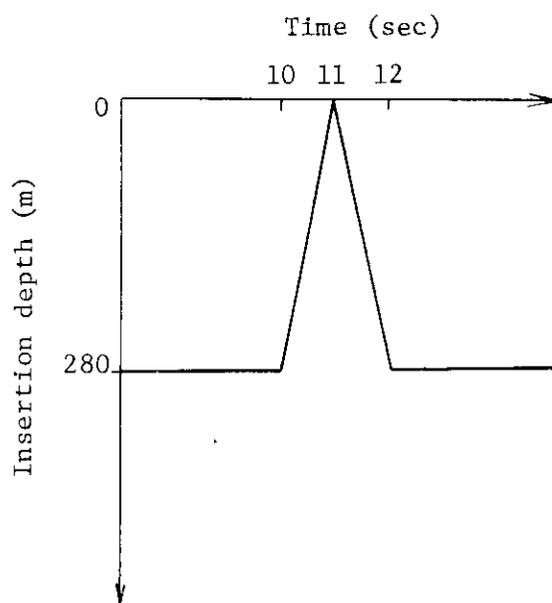


Fig. 4.1 Control rod motion

(6) 外乱データ入力例

本コードでは任意のメッシュ点にカード入力データで与えた外乱用吸収断面積を、任意時刻、任意時間与えることができる。外乱発生点数 (NOFM), 外乱発生カラム (KFMC), 外乱発生段数 (KFMZ), 外乱発生時刻 (FTIME), 外乱持続時間 (HTIME) は次のようにして与える。

```
PARAMETER NOFM=2
TABLE KFMC(1)=2, KFMZ(1)=3
TABLE KFMC(2)=6, KFMZ(1)=7
PARAMETER FTIME=10.0, HTIME=0.1
```

炉内の2ヶ所でシミュレーション開始後10秒から0.1秒間の外乱が2メッシュ点で発生する。KFMCとKFMZの値から、各メッシュ点番号が計算される。

(7) その他

実行制御データとして与えられているものとしては、さらに以下の様なものがある。

NR …… 形状モデルにおけるR方向のカラム層数
 NZ …… 形状モデルにおける軸方向ブロック総段数

これらは現在の所、固定されており、メッシュ数は可変ではない。

FLUXIC …… 中性子束 ϕ_k^g の初期値
 FACTOR …… STATIC モードで、熱計算部を加速させるための因子。時間微分項に
 乗じられる値である。DYNAMIC モードでは 1.0 に設定する必要がある。
 CPULIM …… CPU 打ち切り時間。CPULIM まで CPU 時間が経過すると、計算は強制終
 了し、リスタートファイルが作成される。

4.2.2 カード入力データ

カード入力データとして必要な情報は以下の様な6種のカテゴリーに分類される。

- ① 計算オプション
- ② 3次元メッシュ記述データ
- ③ 核計算部用データ
- ④ 熱計算部用データ
- ⑤ 制御部用データ
- ⑥ 断面積編集部用データ

DYNAMICモードおよびRESTARTモードにおいても、カード入力データに対する処理はSTATICモードと同様であるため、各モードともに同一のカード入力データが必要となる。特に3次元Geometryデータは全く同一でないと、計算に矛盾を生じる。但し定常を早める為に比熱容量の変更(FACTOR)、制御オプションの変更等は許される。DYNAMICモード、RESTARTモード時には、 k_{eff} 初期値、制御棒初期位置入力データは無視され、Restart fileに書かれている値を優先して使用する。

以降にカード入力データのフォーマット等について示す。

データシケンス情報		記述情報								
カテゴリー	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	記述	情報	単位	標準値
①	1	1	I I	C	A 4, 3X	計算モードの指定を行う。次に示す3種類の文字列のいずれかを指定する。 'STATIC', 'DYNAMIC', 'RESTART'				
		2	ISW(2)	I	I 5	キセノン, ヨウ素分布の計算オプション。 0 計算しない。 1 計算する。				
		3	ISW(3)	I	I 6	k_{eff} 計算のオプション。 0 計算しない。 1 計算する。				
		4	ISW(4)	I	I 6	制御棒を制御系により操作するかどうかのオプション 0 制御系により操作しない。 1 中性子束を参照値として制御操作をする。 2 冷却材出口温度を参照値として制御操作をする。				
		5	ISW(5)	I	I 6	冷却材流量配分に対する制御のオプション 0 流量配分制御はしない。 1 流量配分制御をする。				
②	1	1	IYXX	I	I 6	六角ブロックのタイプを指定する。3桁の整数であり, 100の位で, 黒鉛ブロックか燃料ブロックかを指定する。10の位, 1の位は黒鉛ブロック又は燃料ブロックのタイプ番号を示す。				

データシケンス情報				記述情報		標準値	
カード	データ	変数名	タイプ	内 容	単 位	標準値	
				10^2 10^1 10^0 タイプ番号 1~99 0 黒鉛ブロック 1 燃料ブロック			
				例. 103 黒鉛ブロックで、3番目のタイプである。タイプ番号は後に入力される断面積セットの順番に対応する。			
2	1~12	IC(i) i = 1~12	I	IYXX で示されるブロックの位置を指定する。 IC(1) } IC(2) } カラム番号範囲を指定。 IC(3) } IC(4) } 軸方向ブロック段数範囲を指定。 IC(5)~IC(12)も同様。IC(1)番目のコラムからIC(2)番目のコラムで、IC(3)からIC(4)段目までに存在するブロックは総て、ブロックタイプIYXXであると見なされる。 このカードは、何枚でも入力でき、IC(1)、IC(5)又はIC(9)が零であると読みを終了する。 (CITATIONコードのメッシュオーバーレイと同様) カード1とカード2のセットを繰り返し入力し、全メッシュ点に対するブロックタイプを指定する。 カード1のIYXXに'____000'を入力することにより、読み込みが終了する。(ブラケットのみは不可)はブラケットを意味する。			

データーベース情報		記述情報			標準値						
カテゴリ	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内 容	単 位	標準値			
						入 力 例+.....*.....+.....*.....+.....*.....+.....*.....+ 101 1 37 1 12 102 30 37 1 12 001 11 3 10 002 11 3 6 101 1 1 1 12 6 1 12 16 16 1 12 19 19 1 12 000					
	3	1	NOROD	I	I 6	全制御棒本数(制御カラム数)。(≦10)					
	4	1~10	KROD(i) i=1~NOROD	I	12 I 6	各制御棒の位置をカラム番号で指定する。					
	5	1~10	KRODSW(i) i=1~NOROD	I	12 I 6	制御系による操作の有無を指定 0 制御系による操作はない。(タイムテーブルにより変化 する。) 1 制御系により操作される。					
	6	1~10	ICROD i=1~NOROD	R	6F 12.0	制御棒の初期挿入長さ。(DYNAMICモード, RESTARTモード は無視されるが, カードは必要)制御棒本数が7本以上の場合は2枚	cm				

データシークエンス情報		記述情報		標準値	
カード	データ	変数名	タイプ	内 容	単 位
③	1	HR	R	炉心を構成するブロックの半径 (hr)	cm
	2	HZ	R	炉心を構成するブロックの高さ (hz) (炉心中では、総て同一形状のブロックが使用される。)	cm
	3	P	R	原子炉熱出力	MW
④	1 ~ 6	RF(i) i = 1 ~ 6	R	熱計算用ユニットセル半径。下図のR ₁ ~ R ₆ に対応。	cm
	2	CHE(i) i = 1 ~ 6	R	各メッシュの物質に対する比熱。(C ₁ ~ C ₆)	cal/g°C



i = 1 2 3 4 5 6

データシケンス情報		記述情報			単位	標準値
カード	変数名	タイプ	フォーマット	内容	容	容
3	DENF(i) i = 1~6	R	6F 12.0	各メッシュ点の物質に対する密度。(ρ ₁ ~ ρ ₆)		g/cm ³
4	K 12 K 23 K 34	R " "	F 12.0 " "	メッシュ点 1, 2 間に対する等価熱伝導率。 " " "		cal / cm ² ·s·°C
	H 45 H 56	R "	F 12.0 "	メッシュ点 4, 5 間に対する等価熱伝導率。 " "		cal / cm ² ·s·°C
5	B 24 B 46	R "	F 12.0 "	メッシュ点 2, 4 間に対する熱幅射用係数。 " " (β _{mn})		-
6	NCH	R	F 12.0	1 燃料カラム当りに存在する冷却チャンネルの数。		-
⑤	KEFF	R	F 12.0	実効増倍率 (k _{eff}) の初期値。		-
	FTOTAL	R	F 12.0	炉心を流れる冷却材の初期全流量。		g/s
	T51 NO	R	F 12.0	炉心入口での初期冷却材温度。		°C
				k _{eff} 計算オプション (ISW(3)) が 0 のときは, カード 2 は不要。		
2	DTK	R	F 12.0	k _{eff} 計算における, k _{eff} 調整時間間隔。(ΔT _k)		s

データシケンス情報		記述情報			単位	標準値
カード	変数名	タイプ	フォーマット	内容	容	
	2	EPS 1	R	F 12.0	k_{eff} 計算の収束条件。中性子束に関する収束条件。(ϵ_1)	-
	3	EPS 2	R	F 12.0	k_{eff} 値の収束条件。(ϵ_2)	-
	4	DELTA 1	R	F 12.0	k_{eff} 計算時の最大 k_{eff} 変化幅。(δ_1) (2.3 節および Fig. 2.8 参照)	-
					制御棒の制御系による操作オプシジョン ISW(4) が 0 のときにはカード 3~5 は不要。	
3	1	IC	I	I 6	中性子検出器のカラム位置。(制御系への入力となる中性子束の 位置)	-
	2	IZ	I	I 6	同上, 軸方向位置 (段数) 。	-
	3	IGREF	I	I 6	参照すべき中性子エネルギー群数。	-
4	1	FREF	R	F 12.0	制御系の参照用 (定値制御用) 中性子束値。(Fig. 2.10 参照)	$\text{cm}^2 \cdot \text{s}$
	2	TAVER	R	F 12.0	制御系の参照用 (定値制御用) 冷却材炉心出口温度。	$^{\circ}\text{C}$
5	1	GAIN 1	R	F 12.0	中性子束を使う制御系のゲイン (K_1)。Fig. 2.10 参照。	
	2	GAIN 2	R	F 12.0	冷却材炉心出口温度の制御系ゲイン (K_2)。	

データシケンス情報		記述情報					
カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	単位	標準値
	3	VMIN	R	F 12.0	制御棒の最大駆動速度 (V_{max})。Fig. 2.11 参照。	cm/s	
	4	VMAX	R	F 12.0	制御棒の最小駆動速度 (V_{min})。	cm/s	
	5	VL 1	R	F 12.0	制御棒駆動信号に対する不感帯 (L_1)。	-	
⑥	1 ~ 6	BETA(i) i = 1 ~ 6	R	6F 12.0	遅発中性子束比率 (β_i)。	-	
	2	RAMDA(i) i = 1 ~ 6	R	6F 12.0	遅発中性子先行核崩壊定数 (λ_i)。	/s	
	3	GAMMAI	R	F 12.0	ヨウ素の核分裂当り収率 (Γ^I)。	-	
	2	RAMDAI	R	F 12.0	ヨウ素の崩壊定数 (λ^I)。	/s	
	3	GAMMAX	R	F 12.0	キセノンの核分裂当り収率 (Γ^x)。	-	
	4	RAMDAX	R	F 12.0	キセノンの崩壊定数 (λ^x)。	/s	
	5	NU	R	F 12.0	核分裂当り中性子収率 (ν)。	-	
	4	PROSP(i) i = 1 ~ 4	R	4F 12.0	即発中性子スペクトル	--	

データベース情報				記述情報				
カテゴリ	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	単位	標準値
	5	1~4	DELSP(i) i = 1~4	R	4 F 12.0	遅発中性子スペクトル	-	
	6	1	LBLOCK	I	I 6	燃料ブロックタイプ総数 (燃料濃縮度種類)。	-	
		2	LTF	I	I 6	燃料コンパクト平均温度点数 (現在 ≤ 2, 拡張可能)	-	
		3	LTM	I	I 6	黒鉛部平均温度点数 (現在 ≤ 2, 拡張可能)	-	
	7	1~	TEMPF(i) i = 1~LTF	R	6 F 12.0	燃料コンパクト平均温度テーブル	℃	
	8	1~	TEMPM(i) i = 1~LTM	R	6 F 12.0	黒鉛部平均温度テーブル	℃	
						以下に燃料ブロックの断面積セットを入力する。 断面積セットの順番は以下の様である。 <pre> ┌──DO i = 1~LBLOCK (燃料ブロックタイプ) │ │ ┌──DO j = 1~LTM (黒鉛温度) │ │ │ │ ┌──DO k = 1~LTF (燃料温度) │ │ │ │ │ │ ┌──DO ℓ = 1~4 (中性子エネルギー群数) │ │ │ │ │ │ │ │ ┌──(断面積セット) │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ └──CONTINUE │ │ │ │ │ │ │ │ │ └── │ │ │ └── │ │ └── │ └── └── </pre>		

データシケンス情報		記述情報			単位	標準値
カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	
					第 l 群のものを例として、以下に(断面積セット)の入力フォーマットを示す。(カードNo.9~10)	
9	1	DIFF	R	F 12.0	拡散係数 (D_l)	cm
	2	SIGAF	R	F 12.0	吸収断面積 (Σ_a^l)	/cm
	3	SIGF	R	F 12.0	核分裂断面積 (Σ_f^l)	/cm
	4	VELF	R	F 12.0	中性子速度 (v_l)	cm/s
	5	MICXE	R	F 12.0	キセノンのミクロ吸収断面積 (σ_{xl})	cm ²
10	1~4	SIGSF(i) i = 1~4	R	4 F 12.0	第 l 群から第 i 群への散乱断面積。 ($\Sigma_s^{l \rightarrow 1}, \Sigma_s^{l \rightarrow 2}, \Sigma_s^{l \rightarrow 3}, \Sigma_s^{l \rightarrow 4}$)	/cm
11	1	LGBLK	I	I 6	黒鉛ブロックタイプ総数	
					以下に黒鉛ブロックの断面積セットを入力する。 断面積セットの順番は以下の様である。 DO i = 1~LGBLK (黒鉛ブロックタイプ) DO j = 1~4 (中性子エネルギー群数) (断面積セット) CONTINUE	

		データシケンス情報				記述情報			単位	標準値
カテゴリ	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内	容	単	位	標準値
							第j群のものを例として、以下に(断面積セット)の入力フォーマットを示す。(カードNo.12~13)			
12	1	DIFG	R	F 12.0			拡散係数(D _j)	cm		
	2	SIGAG	R	F 12.0			吸収断面積(Σ_a^j)	/cm		
	3	-	-	12X			ブランク	-		
	4	VELG	R	F 12.0			中性子速度(v _j)	cm/s		
13	1~4	SIGSG(i) i=1~4	R	4 F 12.0			第j群から第i群への散乱断面積。 ($\Sigma_s^{j \rightarrow i}, \Sigma_s^{j \rightarrow 2}, \Sigma_s^{j \rightarrow 3}, \Sigma_s^{j \rightarrow 4}$)	/cm		
14	1~4	SIGR(i) i=1~4	R	4 F 12.0			制御棒の動きを示すための吸収断面積(Σ_{rod}^i) (制御棒挿入時の制御ブロック均質化断面積の吸収断面積に相当)	/cm		
15	1~4	SIGI(i) i=1~4	R	4 F 12.0			外乱を表現するための吸収断面積(F _i)	/cm		
							以上でカード入力データは終了。(5963)			

4.3 エラー番号一覧

エラー番号	エラー内容
1	計算モードの指定がSTATIC/DYNAMIC/RESTARTのいずれでもない。 (入力エラー)
2	I, X _e の計算の指定が0/1でない。
3	k _{eff} 計算の指定が0/1でない。
4	制御棒コントロールの指定が0/1/2でない。
5	流量コントロールの指定が0/1でない。 (以下3次元メッシュ記述データ)
11	ブロック・タイプ番号の指定が0 ≤ ≤ 199でない
12	水平面のチャンネル番号指定が1 ≤ IC 1 ≤ KCOLUMでない。
13	" IC 1 ≤ IC 2 ≤ KCOLUMでない。
14	Z方向段数指定が 1 ≤ IC 3 ≤ NZ でない。
15	" IC 3 ≤ IC 4 ≤ NZ でない。
16	ブロック・タイプ番号YXXのXX(下2桁)が0である。 (以下制御棒記述データ)
21	制御棒数が制限範囲(1 ≤ NOROD ≤ 10)を超える。
22	制御棒のカラム位置指定が1 ≤ IC ≤ KCOLUMでない。
23	制御棒の動作オプションが0/1でない。
24	制御棒の初期位置指定が0.0 ≤ ICROD ≤ HZ * HZ でない。
31	中性子検出器のカラム位置が 1 ≤ IC ≤ KCOLUM でない。
32	" Z段数 " 1 ≤ IZ ≤ NZ でない。
33	" エネルギー群番号が1 ≤ IG ≤ 4 でない。
41	燃料ブロック・タイプ数が1 ≤ LBLOCK ≤ 10 でない。
42	燃料平均温度テーブル数が1 ≤ LTF ≤ 2 でない。
43	減速材平均温度テーブル数が1 ≤ LTM ≤ 2 でない。
44	黒鉛ブロックタイプ数が1 ≤ LGBLK 2 でない。
51	断面積編集時, 制御棒のカラム位置に矛盾が生じた。
61	外乱発生場所数が 1 ≤ NOFM ≤ 12 でない。
62	" カラム位置が1 ≤ KFMC ≤ KCOLUM でない。
63	" Z段数が 1 ≤ KFMZ ≤ NZ でない。
71	熱計算時燃料ブロックの判定に矛盾が生じた。
81	BINTERの使用方法がまちがっている。X又はYの独立点数は2以上必要である。

4.4 断面積テーブルの拡張方法

現在、燃料ブロックタイプ総数は10種まで、また黒鉛ブロックタイプ総数は2種までとなっている。さらに燃料ブロックの燃料コンパクトおよび黒鉛部の温度点としては各々2点まで可能となっている。これらの断面積テーブルの拡張方法について示す。

4.4.1 燃料ブロック断面積テーブルの拡張

l_b : 拡張した燃料ブロック・タイプ数

l_f : 拡張した燃料平均温度点数

l_m : 拡張した黒鉛平均温度点数

とすれば、SLCS-N言語で確保する配列を下記の様にする。

```
STORAGE VELT( $l_f \times l_m$ , 4,  $l_b$ ), DIFF( $l_f \times l_m$ , 4,  $l_b$ ),
          SIGF( $l_f \times l_m$ , 4,  $l_b$ ), SIGAF( $l_f \times l_m$ , 4,  $l_b$ )
STORAGE MICXE( $l_f \times l_m$ , 4,  $l_b$ ), SIGSF( $l_f \times l_m$ , 16,  $l_b$ )
STORAGE TEMPE( $l_f$ ), TEMPM( $l_m$ )
```

さらに、FOTRAN SUBROUTINE INP7の配列サイズをチェックするIF文を次のように修正する。

```
IF(LBLOCK .LT.1 .OR. LBLOCK .GT.  $l_b$ ) CALL ERROR(41)
IF(LTF .LT.1 .OR. LTF .GT.  $l_f$ ) CALL ERROR(42)
IF(LTM .LT.1 .OR. LTM .GT.  $l_m$ ) CALL ERROR(43)
```

4.4.2 黒鉛ブロック断面積テーブルの拡張

l_g : 拡張した黒鉛ブロックタイプ数

とすれば、SLCS-N言語で確保する配列を下記の様にする。

```
STORAGE VELG(4,  $l_g$ ), DIFG(4,  $l_g$ ), SIGAG(4,  $l_g$ ),
          SIGSG(16,  $l_g$ )
```

さらに、FORTRAN SUBROUTINE INP7の配列サイズをチェックするIF文を次のように修正する。

```
IF(LGBLK .LT. 1 .OR. LGBLK .GT.  $l_g$ ) CALL ERROR(44)
```

4.5 必要なデータセット

本コードで必要となるデータセットを下に示す。

データセット名	UNIT	LRECL/BSIZE	DSORG	コメント
J 3520・ZHTGR 3・SLCS	MSS	80/3200	PS	SLCS -IVで書かれたプログラム本体
J 3520・SLCS・DATA	MSS	80/3200	PS	実行制御データ
J 3520・ZHTGR 3・DATA	MSS	80/3200	PS	サンプルデータ
J 3520・ZHTGR 3・FORT	MSS	80/3200	PS	FORTRANサブルーチン
J 3520・ZRUN・DATA	MSS	80/3200	PS	実行終了文
J 3520・ZRESTART・DATA	MSS		VBS	サンプルデータのRestartファイル
J 3520・ZDYNAP・CNTL	DISK		PO	メンバー名HTGR 3に翻訳, 実行のJCL例が入っている。

5. サンプル入出力

STATICモードでの計算例を示す。炉心の構成は、Fig.2.1 および Fig.2.6 に示されたものと同一である。ここでは、 k_{eff} 計算により定常状態を求めている。

5.1 入力データリスト

(1) 実行制御データ

```

FUNCTION      TMROD1 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD2 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD3 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD4 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD5 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD6 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD7 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD8 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD9 = (0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMROD10=(0,0),(9999,0)
FUNCTION      TMFLOW = (0,1740.0),(9999,1740.0)
FUNCTION      TMT5IN = (0, 410.0),(9999, 410.0)
PARAMETER NR=8
PARAMETER NZ=12
PARAMETER FLUXIC=1.0D0
PARAMETER FACTOR=1.0D0
PARAMETER CPULIM=0.9D0
PARAMETER CPULIM=118.0
TIMER TIME=0.0,FINTIM=9999.0,DELT=1.D-5,PRDEL=1.D-4,DELMIN=1.D-32
METHOD RKSGILL
PARAMETER FACTOR=5.0
DISPLAY      DYTIME,KEFF,SUM4
OUTPUT       DFLUX(4,38-74)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       DFLUX(4,112-148)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       FLUX(4,112-148)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       DFLUX(4,260-296)
PAGE         CONTOR
OUTPUT       FLUX(4,260-296)
PAGE         CONTOR
END

```

(2) カード入力データ

CARD.NO	STATIC	0	1	0	0	0	1	12	16	16	1	12
① 1	STATIC	0	1	0	0	0						
2	101											
3	1	37	1	12								
4	102											
5	30	37	1	12								
6	001											
7	2	11	3	10								
② 8	002											
9	2	11	3	6								
10	101											
11	1	1	1	12	6	6	1	12	16	16	1	12
12	19	19	1	12								
13	000											
14	4											
15	1	6	16	19								
16	1	0	0	0								
V17	280.0		280.0		280.0		140.0					
③ 18	33.4		70.0		50.0							
19	0.9		1.3		1.315		2.3		2.8		4.7	
20	1.24000	0.3092	-2		1.24000	0.5445	-2	1.24000	0.5445	-2		
④ 21	1.93D-3		2.4		1.93D-3		1.8	1.93D-3		1.8		
22	0.25		0.25		0.25		1.0		1.0			
23	0.5		0.3									
V24	15.0											
⑤ 25	1.0		1.74D+3		410.0							
V26	1.0	-5	0.500		1.00D-5		1.00-3					
27	1.792D-4		1.0045-3		8.8657-4		1.9193-3	6.0362-4		1.2261-4		
28	1.27	-2	3.17	-2	1.15	-1	3.11	-1	1.4		3.87	
29	0.0617		2.882	-5	0.0024		2.109	-5	2.43			
⑥ 30	1.0		0.0		0.0		0.0		0.0			
31	1.0		0.0		0.0		0.0		0.0			
32	2	2	2									
33	426.85		1226.85									
34	326.85		1026.85									
35	1.4762		1.4373	-4	3.8513	-5	2.8029	+8	9.3290	-3		
36	2.7661	-1	5.5611	-3	2.2688	-11	0.0					
37	9.8960	-1	2.1635	-3	2.2226	-4	4.4871	+6	1.8886	+1		
38	0.0		3.4586	-1	8.0332	-3	0.0					
39	1.0075		5.3481	-4	3.1097	-4	1.5289	+6	2.8230	+3		
40	0.0		0.0		3.2685	-1	3.7989	-2				
41	9.4552	-1	3.0041	-3	2.1523	-3	5.0068	+5	1.7240	+6		
42	0.0		0.0		2.5382	-4	3.6624	-1				
43	1.4762		1.4552	-4	3.8512	-5	2.8029	+8	9.3276	-3		
44	2.7661	-1	5.5591	-3	2.2689	-11	0.0					
45	9.8853	-1	2.4475	-3	2.2056	-4	4.4871	+6	1.8508	+1		
46	0.0		3.4604	-1	7.8759	-3	0.0					
47	1.0075		5.3480	-4	3.1097	-4	1.5289	+6	2.8231	+3		
48	0.0		0.0		3.2684	-1	5.2302	-3				
49	9.4552	-1	3.0041	-3	2.1523	-3	5.0068	+5	1.7240	+6		
50	0.0		0.0		2.5382	-4	3.6624					

断面積
セット
(燃料)

CARD.NO	*	+	*	+	*	+	*	+	*	+	*	+
51	1.4762		1.4373	-4	3.8514	-5	2.8029	+8	9.3289	-3		
52	2.7661	-1	5.5610	-3	2.2687	-11	0.0					
53	9.8960	-1	2.1635	-3	2.2226	-4	4.4871	+6	1.8886	+1		
54	0.0		3.4586	-1	8.0332	-3	0.0					
55	9.6364	-1	5.6418	-4	3.4090	-4	1.5289	+6	3.5694	+3		
56	0.0		0.0		3.1314	-1	5.6550	-2				
57	9.5738	-1	2.2980	-3	1.6273	-3	5.0068	+5	1.0106	+6		
58	0.0		0.0		2.5875	-3	3.6210	-1				
59	1.4762		1.4552	-4	3.8513	-5	2.8029	+8	9.3275	-3		
60	2.7661	-1	5.5591	-3	2.2689	-11	0.0					
61	9.8853	-1	2.4475	-3	2.2056	-4	4.4871	+6	1.8508	+1		
62	0.0		3.4604	-1	7.8759	-3	0.0					
63	9.6364	-1	5.6417	-4	3.4090	-4	1.5289	+6	3.5696	+3		
64	0.0		0.0		3.1314	-1	5.6552	-2				
65	9.5738	-1	2.2980	-3	1.6273	-3	5.0068	+5	1.0106	+6		
66	0.0		0.0		2.5876	-3	3.6210	-1				
67	1.4762		1.4996	-4	4.4086	-5	2.8029	+8	9.3277	-3		
68	2.7661	-1	5.5587	-3	2.2476	-11	0.0					
69	9.8936	-1	2.2488	-3	2.8823	-4	4.4871	+6	1.8782	+1		
70	0.0		3.4586	-1	7.9873	-3	0.0					
71	1.0071		6.4824	-4	4.0325	-4	1.5289	+6	2.8184	+3		
72	0.0		0.0		3.2696	-1	3.7899	-2				
⑥ 73	9.4580	-1	3.6379	-3	2.6998	-3	5.0068	+5	1.6660	+6		
74	0.0		0.0		3.0711	-4	3.6577	-1				
75	1.4762		1.5173	-4	4.4086	-5	2.8029	+8	9.3263	-3		
76	2.7661	-1	5.5567	-3	2.2477	-11	0.0					
77	9.8831	-1	2.5289	-3	2.8606	-4	4.4871	+6	1.8409	+1		
78	0.0		3.4604	-1	7.8322	-3	0.0					
79	1.0071		6.4823	-4	4.0325	-4	1.5289	+6	2.8186	+3		
80	0.0		0.0		3.2696	-1	3.7901	-2				
81	9.4580	-1	3.6379	-3	2.6998	-3	5.0068	+5	1.6660	+6		
82	0.0		0.0		3.0711	-4	3.6577	-1				
83	1.4762		1.4996	-4	4.4086	-5	2.8029	+8	9.3276	-3		
84	2.7661	-1	5.5586	-3	2.2475	-11	0.0					
85	9.8936	-1	2.2488	-3	2.8823	-4	4.4871	+6	1.8782	+1		
86	0.0		3.4586	-1	7.9873	-3	0.0					
87	9.6305	-1	6.8112	-4	4.3774	-4	1.5289	+6	3.4668	+3		
88	0.0		0.0		3.1552	-1	5.4198	-2				
89	9.5664	-1	2.8248	-3	2.0743	-3	5.0068	+5	9.8864	+5		
90	0.0		0.0		2.7762	-3	3.6181	-1				
91	1.4762		1.5173	-4	4.4086	-5	2.8029	+8	9.3262	-3		
92	2.7661	-1	5.5567	-3	2.2476	-11	0.0					
93	9.8831	-1	2.5289	-3	2.8606	-4	4.4871	+6	1.8409	+1		
94	0.0		3.4604	-1	7.8322	-3	0.0					
95	9.6305	-1	6.8112	-4	4.3774	-4	1.5289	+6	3.4669	+3		
96	0.0		0.0		3.1551	-1	5.4201	-2				
97	9.5664	-1	2.7762	-3	2.0743	-3	5.0068	+5	9.8846	+5		
98	0.0		0.0		2.7762	-3	3.6181	-1				
99	2											
100	1.7511		7.2143	-3			2.8029	+8				

CARD.NO*+*+*+*+*+
⑥ 101	2.4274	-1	4.3391	-11	7.4198	-47	0.0			
102	9.8951	-1	3.8159	-1			4.4871	+6		
103	0.0		3.5204	-1	9.1633	-3	0.0			
断面積 104	9.7778	-1	4.2193	-5			1.5289	+6		
セット 105	0.0		0.0		3.3577	-1	4.0825	-2		
(黒鉛) 106	9.1336	-1	1.7786	-4			5.0068	+5		
107	0.0		0.0		2.6964	-5	3.8075	-1		
108	1.7511		7.2143	-3			2.8029	+8		
109	2.4274	-1	4.3391	-11	7.4198	-47	0.0			
110	9.8951	-1	3.8159	-1			4.4871	+6		
111	0.0		3.5204	-1	9.1633	-3	0.0			
112	9.3915	-1	4.8915	-5			1.5289	+6		
113	0.0		0.0		2.7912	-1	1.0256	-1		
114	9.3048	-1	1.2756	+4			5.0068	+5		
115	0.0		0.0		1.9040	-3	3.7506	-1		
116	5.0	-4	6.0	-3	8.0	-3	1.0	-2		
√117	0.0		0.0		0.0		1.0	-2		

5.2 出力リスト

(1) 計算オプションに関するリスト

```

CALCULATIONAL MODE           = 0
                                (0=STATIC,1=DYNAMIC)
IODINE,XENON CALCULATION     = 0(0=OFF/1=ON)
K-EFFECTIVE CONTROL          = 1(0=OFF/1=ON)
CONTROL ROD DRIVE             = 0(0=OFF/1=FLUX/2=TEMPERATURE)
COOLANT FLOW DIVIDE          = 0(0=OFF/1=ON)
RESTART CALCULATION           = 0(0=OFF/1=ON)
RESTART TIME (SEC)           = 0.0
    
```

(2) 各メッシュの境界条件を示すリスト

BOUNDARY MESH CHECK SHEET

```

      2  2
      2 ( 1) 2
      2  2

      2  4      4  7      7  11      11  16      16  22      22  29      29  37      37  0
      1 ( 2) 3    2 ( 3) 5    3 ( 5) 8    5 ( 8) 12    8 (12) 17    12 (17) 23    17 (23) 30    23 (30) 0
      2  4      4  6      6  9      9  13      13  18      18  24      24  31      31  0

      2  3      3  5      5  8      8  12      12  17      17  23      23  30
      2 ( 4) 6    4 ( 6) 9    6 ( 9) 13    9 (13) 18    13 (18) 24    18 (24) 31    24 (31) 0
      3  7      7  10     10  14     14  19     19  25     25  32     32  0

      4  6      6  9      9  13      13  18      18  24      24  31
      3 ( 7) 10   7 (10) 14   10 (14) 19   14 (19) 25   19 (25) 32   25 (32) 0
      5  11     11  15     15  20     20  26     26  33     33  0

      7  10     10  14     14  19     19  25     25  32
      5 (11) 15   11 (15) 20   15 (20) 26   20 (26) 33   26 (33) 0
      8  16     16  21     21  27     27  34     34  0

      11  15     15  20     20  26     26  33
      8 (16) 21   16 (21) 27   21 (27) 34   27 (34) 0
      12  22     22  28     28  35     35  0

      16  21     21  27     27  34
      12 (22) 28  22 (28) 35  28 (35) 0
      17  29     29  36     36  0

      22  28     28  35
      17 (29) 36  29 (36) 0
      23  37     37  0

      29  36
      23 (37) 0
      30  0
    
```

N_2 N_3
 N_1 (カラム番号) N_4
 N_6 N_5
 $N_1 \sim N_6$ ……周囲に存在するカラム番号
 $N_i = 0$ のときは外挿境界を示す。

(3) 各層におけるブロックタイプの指定を示すリスト

HTGR 1/6 GEOMETRY MAP

BLOCK TYPE NUMBER		NZ = 1					
1(101)							
2(101)	3(101)	5(101)	8(101)	12(101)	17(101)	23(101)	30(102)
4(101)	6(101)	9(101)	13(101)	18(101)	24(101)	31(102)	
7(101)	10(101)	14(101)	19(101)	25(101)	32(102)		
11(101)	15(101)	20(101)	26(101)	33(102)			
16(101)	21(101)	27(101)	34(102)				
22(101)	28(101)	35(102)					
29(101)	36(102)						
37(102)							

⌋ (省略)

BLOCK TYPE NUMBER		NZ = 4					
1(101)							
2(2)	3(2)	5(2)	8(②)	12(101)	17(101)	23(101)	30(102)
4(2)	6(101)	9(2)	13(101)	18(101)	24(101)	31(102)	
7(2)	10(2)	14(101)	19(101)	25(101)	32(102)		
11(2)	15(101)	20(101)	26(101)	33(102)			
16(101)	21(101)	27(101)	34(102)				
22(101)	28(101)	35(102)					
29(101)	36(102)						
37(102)							

燃料ブロックタイプNo. 2

カラム番号

黒鉛ブロックタイプNo. 2

⌋ (省略)

BLOCK TYPE NUMBER		NZ =12					
1(101)							
2(101)	3(101)	5(101)	8(101)	12(101)	17(101)	23(101)	30(102)
4(101)	6(101)	9(101)	13(101)	18(101)	24(101)	31(102)	
7(101)	10(101)	14(101)	19(101)	25(101)	32(102)		
11(101)	15(101)	20(101)	26(101)	33(102)			
16(101)	21(101)	27(101)	34(102)				
22(101)	28(101)	35(102)					
29(101)	36(102)						
37(102)							

(4) 制御棒に関するデータのリスト

```
CONTROL ROD DESCRIPTION
NUMBER OF CONTROL ROD = 4

COLUMN NUMBER (0/1 MOVE)
1(1) 6(0) 16(0) 19(0)

INITIAL DEPTH
2.800D+02 2.800D+02 2.800D+02 1.400D+02
```

(5) 制御カラムの位置を示すマップ

```
CHANNEL (COLUMN) TYPE

1 (CROD)

2 (FUEL) 3 (FUEL) 5 (FUEL) 8 (FUEL) 12 (GRAP) 17 (GRAP) 23 (GRAP) 30 (GRAP)
4 (FUEL) 6 (CROD) 9 (FUEL) 13 (GRAP) 18 (GRAP) 24 (GRAP) 31 (GRAP)
7 (FUEL) 10 (FUEL) 14 (GRAP) 19 (CROD) 25 (GRAP) 32 (GRAP)
11 (FUEL) 15 (GRAP) 20 (GRAP) 26 (GRAP) 33 (GRAP)
16 (CROD) 21 (GRAP) 27 (GRAP) 34 (GRAP)
22 (GRAP) 28 (GRAP) 35 (GRAP)
29 (GRAP) 36 (GRAP)
37 (GRAP)

N (CHAR)
N: カラム番号
CHAR.....FUEL (燃料カラム)
          GRAP (黒鉛カラム)
          CROD (制御カラム)
```

(6) 核計算部用データのリスト

```
NEUTRON FLUX CALCULATION MESH MODEL

CORE RADIUS 2.67(M) MESH RADIUS 33.40(CM)
CORE HIGHT 8.40(M) MESH HIGHT 70.00(CM)

MESH SIDE AREA 1349.84(CM2)
MESH BASE AREA 966.10(CM2)
MESH VOLUME 67627.23(CM3)
BOUNDARY FACTOR 0.4692(CONSTANT)
POWER 50.00(MW)
```

(7) 熱計算部データのリスト

THERMAL CALCULATION MODEL

	HELIUM	FUEL	GAP HELIUM	SLEEVE	COOLANT HE.	GRAPHITE
OUTER RADIUS (CM)	0.90000	1.3000	1.3150	2.3000	2.8000	4.7000
AREA CENTER (CM)	0.63640	1.1180	1.3075	1.8734	2.5622	3.8685
VOLUME (CM3)	178.13	193.52	8.6260	783.06	560.77	3133.7
SIDE AREA (CM2)	395.84	571.77	578.37	1011.6	1231.5	2067.2
SPECIFIC HEAT (CAL/G.C)	1.2400	0.309200D-02	1.2400	0.544500D-02	1.2400	0.544500D-02
DENSITY (G/CM3)	0.19300D-02	2.4000	0.19300D-02	1.8000	0.19300D-02	1.8000
EQUIVALENT THERMAL CONDUCTIVITY	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000	(CAL/CM.S.C)	
EQUIVALENT HEAT TRANSFER COEFFICIENT (CAL/CM2.S.C)				1.0000	1.0000	1.0000
RADIATION HEAT RATE			0.50000		0.30000	
EQUIVALENT NUMBER OF COOLANT CHANNEL	15.000					
CONVERSION FACTOR		0.238900+06 (CAL/S.MW)				

(8) 制御部データのリスト

CONTROL SYSTEM INITIAL CONDITIONS

K-EFFECTIVE	1.00
TOTAL COOLANT FLOW (G/S)	0.174D+04
ENTRANCE COOLANT TEMPERATURE (C)	410.

K-EFFECTIVE CALCULATION MODE

TIME INTERVAL (SEC)	0.100D-04
FLUX CONVERGENCE FACTOR	0.500
K-EFF CONVERGENCE FACTOR	0.100D-04
K-EFF LIMITTER	0.100D-02

(9) 断面積編集データのリスト

CROSS SECTION LIBRARY									
DELAYED NEUTRON FRACTION	0.47158D-02								0.12261D-03
DELAYED NEUTRON PRECURSOR DECAY CONSTANT (/S)	0.17920D-03	0.10045D-02	0.88657D-03	0.19193D-02	0.60362D-03	0.11500	0.31100	1.4000	3.8700
IODINE YIELD PER FISSION									
	0.61700D-01								
DECAY CONSTANT (/S)									
	0.28820D-04								
XENON YIELD PER FISSION									
	0.24000D-02								
DECAY CONSTANT (/S)									
	0.21090D-04								
NEUTRON YIELD PER FISSION									
	2.4300								
PROMPT NEUTRON SPECTRUM									
	1.0000	0.0	0.0	0.0	0.0				
DELAYED NEUTRON SPECTRUM									
	1.0000	0.0	0.0	0.0	0.0				
NUMBER OF FUEL BLOCK TYPE									
	2								
FUEL AVERAGE TEMPERATURE TABLE (C)									
		426.85	1226.8						
MODERATOR AVERAGE TEMPERATURE TABLE (C)									
		326.85	1026.8						
CROSS SECTION TABLE OF FUEL BLOCK TYPE # 1									
FUEL TEMP. =	426.85	MODERATOR TEMP. = 326.85							
ENERGY GROUP NUMBER # 1									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.14373D-03	0.38513D-04	0.22688D-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SCATTERING (/CM)	0.27661	0.55611D-02							
ENERGY GROUP NUMBER # 2									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.98960	0.21635D-02	0.22226D-03	0.44871D+07	18.886				
SCATTERING (/CM)	0.0	0.0	0.34586						
ENERGY GROUP NUMBER # 3									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.53481D-03	0.31097D-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SCATTERING (/CM)	1.0075	0.0							
ENERGY GROUP NUMBER # 4									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.30041D-02	0.21523D-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SCATTERING (/CM)	0.94552	0.0							
FUEL TEMP. = 1226.8 / MODERATOR TEMP. = 326.85									
ENERGY GROUP NUMBER # 1									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.14552D-03	0.38512D-04	0.22689D-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SCATTERING (/CM)	1.4762	0.55591D-02							
ENERGY GROUP NUMBER # 2									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.98853	0.24475D-02	0.22056D-03	0.44871D+07	18.508				
SCATTERING (/CM)	0.0	0.0	0.34604						
ENERGY GROUP NUMBER # 3									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.53480D-03	0.31097D-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SCATTERING (/CM)	1.0075	0.0							
ENERGY GROUP NUMBER # 4									
DIFFUSION COEFFICIENT (CM)	0.30041D-02	0.21523D-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SCATTERING (/CM)	0.94552	0.0							

∫ (省略)

SCATTERING(/CM)	0.97778	0.42193D-04	0.15289D+07	0.33577	0.40825D-01
ENERGY GROUP NUMBER # 4		0.0	0.0		
DIFUSION COEFFICIENT(CM)	0.91336	0.17786D-03	0.50068D+06		
NEUTRON VELOCITY(CM/SEC)		0.0	0.0	0.26964D-04	0.38075
SCATTERING(/CM)					

CROSS SECTION TABLE OF GRAPHITE BLOCK TYPE # 2

ENERGY GROUP NUMBER # 1					
DIFUSION COEFFICIENT(CM)	1.7511	0.72143D-02	0.28029D+09		
NEUTRON VELOCITY(CM/SEC)		0.24274	0.43391D-10	0.74198D-46	0.0
SCATTERING(/CM)					
ENERGY GROUP NUMBER # 2					
DIFUSION COEFFICIENT(CM)	0.98951	0.38159	0.44871D+07		
NEUTRON VELOCITY(CM/SEC)		0.0	0.35204	0.91633D-02	0.0
SCATTERING(/CM)					
ENERGY GROUP NUMBER # 3					
DIFUSION COEFFICIENT(CM)	0.93915	0.48915D-04	0.15289D+07		
NEUTRON VELOCITY(CM/SEC)		0.0	0.0	0.27912	0.10256
SCATTERING(/CM)					
ENERGY GROUP NUMBER # 4					
DIFUSION COEFFICIENT(CM)	0.93048	0.12756D-03	0.50068D+06		
NEUTRON VELOCITY(CM/SEC)		0.0	0.0	0.19040D-02	0.37506
SCATTERING(/CM)					

ABSORPTION CROSS SECTION BY CONTROL ROD DRIVE
 0.50000D-03 0.60000D-02 0.80000D-02 0.10000D-01

ABSORPTION CROSS SECTION BY INCIDENT
 0.0 0.0 0.0 0.10000D-01

-- SYSTEM VARIABLES CONDITION
 PRINT INTERVAL : 1.0000D-04 OUTPUT INTERVAL : 1.0000D-04
 SEGMENT START-TIME FINISH-TIME STEP-SIZE MAX-STEP MIN-STEP
 : 0.0 9.9990D+03 1.0000D-05 1.0000D-04 1.0000D-32

-- INTEGRATION METHOD
 SEGMENT METHOD : RKSGILL
 ABC : RKS

(10) 計算結果出力例
表形式出力

OSIV/F4 SLCSIV V-01.L-07(830221) 84-08-13

-- DISPLAY OUTPUT CASE- 1 RUN- 1

TIME	DYTIME	KEFF	SUM4
0.0	0.0	1.00000D+00	0.0
1.00000D-04	1.00000D-04	1.00180D+00	1.91900D-04
2.00000D-04	2.00000D-04	1.00339D+00	1.84799D-04
3.00000D-04	3.00000D-04	1.00512D+00	1.82157D-04
4.00000D-04	4.00000D-04	1.00666D+00	1.80923D-04
5.00000D-04	5.00000D-04	1.00820D+00	1.79824D-04
6.00000D-04	6.00000D-04	1.00990D+00	1.79165D-04
7.00000D-04	7.00000D-04	1.01142D+00	1.79235D-04
8.00000D-04	8.00000D-04	1.01311D+00	1.78757D-04
9.00000D-04	9.00000D-04	1.01462D+00	1.77955D-04
1.00000D-03	1.00000D-03	1.01612D+00	1.74742D-04
1.10000D-03	1.10000D-03	1.01777D+00	1.75324D-04
1.20000D-03	1.20000D-03	1.01924D+00	1.71646D-04
1.30000D-03	1.30000D-03	1.02085D+00	1.70316D-04
1.40000D-03	1.40000D-03	1.02225D+00	1.66828D-04
1.50000D-03	1.50000D-03	1.02372D+00	1.59752D-04
1.60000D-03	1.60000D-03	1.02422D+00	1.57515D-04
1.70000D-03	1.70000D-03	1.02477D+00	-1.56229D-04
1.80000D-03	1.80000D-03	1.02486D+00	1.53593D-04
1.90000D-03	1.90000D-03	1.02504D+00	-1.52805D-04
2.00000D-03	2.00000D-03	1.02535D+00	1.24510D-04
2.10000D-03	2.10000D-03	1.02514D+00	1.32221D-04
2.20000D-03	2.20000D-03	1.02487D+00	1.48000D-04
2.30000D-03	2.30000D-03	1.02440D+00	-1.61291D-04
2.40000D-03	2.40000D-03	1.02447D+00	-1.63737D-04
2.50000D-03	2.50000D-03	1.02412D+00	-1.40527D-04
2.60000D-03	2.60000D-03	1.02394D+00	1.46920D-04
2.70000D-03	2.70000D-03	1.02363D+00	-1.35682D-04
2.80000D-03	2.80000D-03	1.02341D+00	1.26121D-04
2.90000D-03	2.90000D-03	1.02296D+00	-1.40831D-04
3.00000D-03	3.00000D-03	1.02266D+00	1.30259D-04
3.10000D-03	3.10000D-03	1.02205D+00	1.47174D-04
3.20000D-03	3.20000D-03	1.02154D+00	-1.61447D-04
3.30000D-03	3.30000D-03	1.02121D+00	1.45808D-04
3.40000D-03	3.40000D-03	1.02072D+00	-1.46129D-04
3.50000D-03	3.50000D-03	1.02013D+00	-1.54768D-04
3.60000D-03	3.60000D-03	1.01995D+00	-1.52805D-04
3.70000D-03	3.70000D-03	1.01935D+00	1.47176D-04
3.80000D-03	3.80000D-03	1.01908D+00	1.37819D-04
3.90000D-03	3.90000D-03	1.01830D+00	-1.67312D-04
4.00000D-03	4.00000D-03	1.01798D+00	-1.57763D-04
4.10000D-03	4.10000D-03	1.01752D+00	-1.37094D-04
4.20000D-03	4.20000D-03	1.01693D+00	-1.46764D-04
4.30000D-03	4.30000D-03	1.01658D+00	-1.38975D-04
4.40000D-03	4.40000D-03	1.01612D+00	-1.45641D-04
4.50000D-03	4.50000D-03	1.01541D+00	-1.67698D-04
4.60000D-03	4.60000D-03	1.01504D+00	-1.53254D-04
4.70000D-03	4.70000D-03	1.01461D+00	1.43904D-04
4.80000D-03	4.80000D-03	1.01402D+00	-1.36079D-04
4.90000D-03	4.90000D-03	1.01354D+00	-1.68705D-04
5.00000D-03	5.00000D-03	1.01283D+00	-1.67267D-04
5.10000D-03	5.10000D-03	1.01253D+00	-1.44739D-04
5.20000D-03	5.20000D-03	1.01211D+00	1.47082D-04

等高線形式出力

OSIV/F4 SLCSIV V-01.L-07(830221) 84-08-13

-- CONTOUR OUTPUT CASE- 1 RUN- 1

1=FLUX(4,112) 2=FLUX(4,113) 3=FLUX(4,114) 4=FLUX(4,115) 5=FLUX(4,116) 6=FLUX(4,117)
 9=FLUX(4,120) 10=FLUX(4,121) 11=FLUX(4,122) 12=FLUX(4,123) 13=FLUX(4,124) 14=FLUX(4,125)
 17=FLUX(4,128) 18=FLUX(4,129) 19=FLUX(4,130) 20=FLUX(4,131) 21=FLUX(4,132) 22=FLUX(4,133)
 25=FLUX(4,136) 26=FLUX(4,137) 27=FLUX(4,138) 28=FLUX(4,139) 29=FLUX(4,140) 30=FLUX(4,141)
 33=FLUX(4,144) 34=FLUX(4,145) 35=FLUX(4,146) 36=FLUX(4,147) 37=FLUX(4,148)

SCALE VALUES 'L'= 2.900D-02 '1'= 3.290D-01 '2'= 6.290D-01
 '3'= 9.290D-01 '4'= 1.229D+00 '5'= 1.529D+00 '6'= 1.829D+00
 '7'= 2.129D+00 '8'= 2.429D+00 '9'= 2.729D+00 'H'= 3.029D+00

TIME	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		
0.0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
1.00000D-04										4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2.00000D-04																																									
3.00000D-04																																									
4.00000D-04																																									
5.00000D-04																																									
6.00000D-04																																									
7.00000D-04																																									
8.00000D-04																																									
9.00000D-04																																									
1.00000D-03																																									
1.10000D-03																																									
1.20000D-03																																									
1.30000D-03																																									
1.40000D-03																																									
1.50000D-03																																									
1.60000D-03																																									
1.70000D-03																																									
1.80000D-03																																									
1.90000D-03																																									
2.00000D-03																																									
2.10000D-03																																									
2.20000D-03																																									
2.30000D-03																																									
2.40000D-03																																									
2.50000D-03																																									
2.60000D-03																																									
2.70000D-03																																									
2.80000D-03																																									
2.90000D-03																																									
3.00000D-03																																									
3.10000D-03																																									
3.20000D-03																																									
3.30000D-03																																									
3.40000D-03																																									
3.50000D-03																																									
3.60000D-03																																									
3.70000D-03																																									
3.80000D-03																																									
3.90000D-03																																									
4.00000D-03																																									

6. 結 言

VHTR炉心の3次元核熱動特性を解析するコードCOMIC-60を開発した。現在の所、本コードは比較的簡単な問題に対してもCPU時間(FACOM-M380)を10時間以上必要とするため、多くの解析を行うことができない。そのため、Quasi Static法などの近似手法を適用する必要がある。また本コードではSLCS-IVの配列積分を多く用いており、ベクトルプロセッサを利用しやすい型となっており、これによってもCPU時間を短かくすることが可能である。

謝 辞

本コードの開発に際し当時、多目的高温ガス実験炉設計室の三竹晋氏(現在、安全解析部)には有益な御指摘を多数いただいた、ここに深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 富士通「FACOM OS-IV SLCS-IV解説書(言語編)連続型シミュレーション言語」(1979)。
- (2) 富士通「FACOM OS-IV/F4 SLCS-IV使用手引書連続型シミュレーション言語」(1979)。
- (3) J. K. Fletcher, M. A. Perks, "MAGIK: a computer program to investigate transients in AGR and Magnox reactors" p99~103, Gas Cooled Reactors Today, BNES, London, (1982)。

6. 結 言

VHTR炉心の3次元核熱動特性を解析するコードCOMIC-60を開発した。現在の所、本コードは比較的簡単な問題に対してもCPU時間(FACOM-M380)を10時間以上必要とするため、多くの解析を行うことができない。そのため、Quasi Static法などの近似手法を適用する必要がある。また本コードではSLCS-Nの配列積分を多く用いており、ベクトルプロセッサを利用しやすい型となっており、これによってもCPU時間を短かくすることが可能である。

謝 辞

本コードの開発に際し当時、多目的高温ガス実験炉設計室の三竹晋氏(現在、安全解析部)には有益な御指摘を多数いただいた、ここに深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 富士通「FACOM OS-N SLCS-N解説書(言語編)連続型シミュレーション言語」(1979)。
- (2) 富士通「FACOM OS-N/F4 SLCS-N使用手引書連続型シミュレーション言語」(1979)。
- (3) J. K. Fletcher, M. A. Perks, "MAGIK: a computer program to investigate transients in AGR and Magnox reactors" p99~103, Gas Cooled Reactors Today, BNES, London, (1982)。

6. 結 言

VHTR炉心の3次元核熱動特性を解析するコードCOMIC-60を開発した。現在の所、本コードは比較的簡単な問題に対してもCPU時間(FACOM-M380)を10時間以上必要とするため、多くの解析を行うことができない。そのため、Quasi Static法などの近似手法を適用する必要がある。また本コードではSLCS-IVの配列積分を多く用いており、ベクトルプロセッサを利用しやすい型となっており、これによってもCPU時間を短かくすることが可能である。

謝 辞

本コードの開発に際し当時、多目的高温ガス実験炉設計室の三竹晋氏(現在、安全解析部)には有益な御指摘を多数いただいた、ここに深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 富士通「FACOM OS-IV SLCS-IV解説書(言語編)連続型シミュレーション言語」(1979)。
- (2) 富士通「FACOM OS-IV/F4 SLCS-IV使用手引書連続型シミュレーション言語」(1979)。
- (3) J. K. Fletcher, M. A. Perks, "MAGIK: a computer program to investigate transients in AGR and Magnox reactors" p99~103, Gas Cooled Reactors Today, BNES, London, (1982)。