

JAERI - M  
85-048

CITDEGA  
3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コード  
—使用手引書—

1985年4月

高野 誠・平野 光将・鈴木 邦彦  
中野 鴻\*・川崎 光弘\*

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 山田軽印刷所

CITDEGA

3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コード

— 使用手引書 —

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部

高野 誠・平野 光将・鈴木 邦彦

中野 鴻\*・川崎 光弘\*

(1985年3月8日受理)

多目的高温ガス実験炉の炉心核熱特性を3次元モデルにより燃焼依存で解析可能なCIT-DEGAコードを開発した。本報は、CITDEGAコードの使用方法について示したものである。

---

\* センチュリー・リサーチ・センター(株)

CITDEGA

A three-dimensional coupled neutronic-thermohydraulic core  
burnup analysis code  
- User's manual -

Makoto TAKANO, Mitsumasa HIRANO, Kunihiro SUZUKI,  
Kou NAKANO\* and Mitsuhiro KAWASAKI\*  
Department of Power Reactor Projects, JAERI

(Received March 8, 1985)

We have developed CITDEGA code which analyzes the  
neutronic-thermohydraulic performance of VHTR core.  
The present report is written as a user's manual of CITDEGA  
code.

Keywords: VHTR, Core, CITDEGA, Manual, Computer, Input Data,  
JCL, Neutronics, Thermohydraulics

---

\* Century Research Center Co., Ltd.

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 入力データとJCL .....	1
2.1 入力データ .....	1
2.2 サンプルデータとJCL .....	29
3. 出力ファイル処理プログラム使用法 .....	41
3.1 出力ファイル処理プログラム .....	41
3.2 作図用ファイル処理プログラム .....	43
謝 辞 .....	46
参考文献 .....	46
付録1 CITDEGAコードの開発過程 .....	49
付録2 熱計算部チャンネルモデル計算式 .....	57

## CONTENTS

1. Introduction .....	1
2. Input data and JCL .....	1
2.1 Input data .....	1
2.2 Sample data and JCL .....	29
3. Manual for output file processor .....	41
3.1 Processor of LP output file .....	41
3.2 Processor of plotter data file .....	43
Acknowledgement .....	46
References .....	46
Appendix 1 Development history of CITDEGA code .....	49
Appendix 2 Formula for the channel model of thermohydraulic part .....	57

## 1. はじめに

多目的高温ガス実験炉は、定格運転状態では炉心平均の冷却材入口温度が約400℃で出口温度が約1100℃であり、炉心構成材の温度領域は広い。しかも燃焼に伴う制御棒による臨界維持のみならず、出力分布は冷却材温度分布調整のための制御棒操作や冷却材流量調節などにより炉心温度分布が大きく変化するので、核特性と熱特性の相関は他のガス炉には例をみない程大きい。また、実験炉炉心は、燃料温度、燃料温度勾配、レイノルズ数或は圧力損失などの熱流動特性上の制約条件が厳しいので、核特性と熱流動特性に相互フィードバックをかけながら炉心特性を解析することが重要である。

そのため、3次元核熱結合炉心燃洗特性解析コードCITDEGAを開発して来たが、コードの基本部分が完成したため、本報では本コード用入力データ作成法や使用方法について示す。本コードは、基本的には3次元拡散計算コードCITATION<sup>1)</sup>およびガス冷却炉用チャンネル熱計算コードDEGA-3<sup>2)</sup>を、炉心出力分布ファイルおよび炉心温度分布ファイルを介して結合したものである。本コードの有する機能については付録1を参照されたい。

## 2. 入力データとJCL

### 2.1 入力データ

本コードの核計算部は基本的にはCITATIONコードと同様であり熱計算部をスキップさせれば、得られる結果も同一となる。入力データもCITATIONコードと同様の方法が与えるが、熱計算部用データとして013および014セクションが新設されている。また核熱結合計算を行うために必要となったデータもある。以下に示す入力データマニュアルでは、CITATIONコードの入力データと異なる部分についてのみ示し、同一の部分については省略している。したがって、入力データ作成時には、CITATIONコードの入力データマニュアルも必要である。

以下に示した入力データマニュアルでは、各々のデータはセクション番号( $N_1$ )、カード番号( $N_2$ )、データ番号( $N_3$ )で区別されており、( $N_1, N_2, N_3$ )と指定することにより任意のデータを引用している。また、標準値の欄に示された値はデフォルト値である。ただし、括弧内に示された値は推奨値である。

## 1. はじめに

多目的高温ガス実験炉は、定格運転状態では炉心平均の冷却材入口温度が約400℃で出口温度が約1100℃であり、炉心構成材の温度領域は広い。しかも燃焼に伴う制御棒による臨界維持のみならず、出力分布は冷却材温度分布調整のための制御棒操作や冷却材流量調節などにより炉心温度分布が大きく変化するので、核特性と熱特性の相関は他のガス炉には例をみない程大きい。また、実験炉炉心は、燃料温度、燃料温度勾配、レイノルズ数或は圧力損失などの熱流動特性上の制約条件が厳しいので、核特性と熱流動特性に相互フィードバックをかけながら炉心特性を解析することが重要である。

そのため、3次元核熱結合炉心燃洗特性解析コードCITDEGAを開発して来たが、コードの基本部分が完成したため、本報では本コード用入力データ作成法や使用方法について示す。本コードは、基本的には3次元拡散計算コードCITATION<sup>1)</sup>およびガス冷却炉用チャンネル熱計算コードDEGA-3<sup>2)</sup>を、炉心出力分布ファイルおよび炉心温度分布ファイルを介して結合したものである。本コードの有する機能については付録1を参照されたい。

## 2. 入力データとJCL

### 2.1 入力データ

本コードの核計算部は基本的にはCITATIONコードと同様であり熱計算部をスキップさせれば、得られる結果も同一となる。入力データもCITATIONコードと同様の方法が与えるが、熱計算部用データとして013および014セクションが新設されている。また核熱結合計算を行うために必要となったデータもある。以下に示す入力データマニュアルでは、CITATIONコードの入力データと異なる部分についてのみ示し、同一の部分については省略している。したがって、入力データ作成時には、CITATIONコードの入力データマニュアルも必要である。

以下に示した入力データマニュアルでは、各々のデータはセクション番号( $N_1$ )、カード番号( $N_2$ )、データ番号( $N_3$ )で区別されており、( $N_1, N_2, N_3$ )と指定することにより任意のデータを引用している。また、標準値の欄に示された値はデフォルト値である。ただし、括弧内に示された値は推奨値である。

CITDEGA入力データ

TOP

データシケ		ンス情報		記述		情報	
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	単位
TOP	1~2	1	-	-	18 A 4	計算ケースのタイトルを2枚のカードに記入する。	-

000 ..... 1

データシケ		ンス情報		記述		情報	
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	単位
000	1	1	-	I	I 3	▼000 ▼ を入力 マクロ断面積ライブラリの作成。 コントロールオプション	
	2	1	LIT	I	I 3	014 ..... 000 セクションの入力データ終了を示す。 018 ..... マクロ断面積の I セットを新たにディスク (FT36) へ作成する。 019 ..... 018 で作成した断面積セットの後へ別のセットを追加する。 020 ..... Xe, Sm の効果を検討するため, Xe, Sm のミクロ断面積を入力する。このとき, マクロ断面積は予め作成しておき FT35 へアサインし, Xe, Sm のミクロ断面積データを FT37 より入力する。ライブラリは, 018, 019 の場合と同様 FT36 に作成される。	



CITDEGA 入力データ

000.....2

データシケン情報				記述情報				
セクション	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
						カード2のコントロールポジションが018, 020のときカード3 ~13を入力する。 NGC24(1, 2, 24) > 0とする。		
	3	1	-	A	18A4	以下に入力する断面積セット(1種)のタイトルのタイトルを記述する。		
	4	1	NT	I	I4	燃料温度点数		
		2	NG	I	I4	黒鉛温度点数		
		3	NB	I	I4	燃焼温度点数		
		4	ND	I	I4	エネルギー群数		
		5	NZ	I	I4	Xe, Sm ミクロ断面積入力。 0 : No. 1 : 入力する。		
	5		FTAB(i) i = 1~NT	R	(6E12.4)	燃料温度をNT(0, 4, 1)個与える。	°K	-
	6		GTAB(i) i = 1~NG	R	(6E12.4)	黒鉛温度をNG(0, 4, 2)個与える。	°K	
	7		BTAB(i) i = 1~NB	R	(6E12.4)	燃焼温度をNB(0, 4, 3)個与える。	MWday/t	-
	8	1	ATW	R	E12.4	重金属密度。入力される断面積を作成した際のセル平均重金属 (分裂物質 + 親物質) 重量密度	g/cm³	-

CITDEGA 入力データ

000 .....3

データシケンス情報				記述情報				
セクション	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
		2	FLPO	R	E12.4	<p>全 fission エネルギーの内, 熱エネルギーとなる割合。通常 1.0。                      ここで, 燃焼度は  <math display="block">\frac{W}{\text{cm}^3} \times (\text{day}) \times \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}}\right) = W \text{ day/g}</math>                     = MW day/g                      で求めている。つまり</p>	—	(1.0)
						<p>カード 9 ~ 13 を, NT × NG × NB 回繰り返す。                      カードの読み込みは次のような DO ループを用いている。</p> <pre> DO i = 1, NT.....燃料温度 DO j = 1, NG.....黒鉛温度 DO k = 1, NB.....燃焼度 DO l = 1, ND.....エネルギー群 (カード 9, 10, 11) CONTINUE (カード 12) DO l = 1, ND (カード 13) CONTINUE CONTINUE CONTINUE CONTINUE CONTINUE                     </pre>		

CITDEGA入力データ

000.....4

データシケン情報			記述内容		情報			
セクション	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
	9	1	—	—	12 X	ダミーデータ	—	—
		2	BSIG1	R	E 12.4	拡散係数 (D)	cm	—
		3	BSIG2	R	E 12.4	吸収断面積 ( $\Sigma a$ )	cm <sup>-1</sup>	—
		4	BSIG3	R	E 12.4	生成断面積 ( $\nu \Sigma f$ )	cm <sup>-1</sup>	—
		5	BSIG4	R	E 12.4	中性子速度の逆数 (1/v)。通常は不要。	cm <sup>-1</sup>	—
		6	BSIG5	R	E 12.5	単位 flux 当りの熱出力。 ( $\alpha / \Sigma f$ )	W/fission	—
	10	7	N 73	I	I 1	$\alpha$ (W・sec/fission) : 核分裂当りのエネルギー収率。 拡散異方性のオプション 0 : No. 1 : 異方性あり。カード10が必要。 データ 1 ~ 6 までは DELIGHT コードの CITATION 形式出力をそのまま使用可能。ただし、データ 7 (N 73) は 73 カラム目に位置するので、入力カードのシーケンスフィールドを 73 ~ 80 とした場合には注意が必要。 N 73 (0, 9, 7) = 1 の時、カード 10 が必要。 拡散係数 (Y 方向) Dy 拡散係数 (Z 方向) Dz X 方向の拡散係数としては、D (0, 9, 2) が使用される。 散乱断面積。エネルギー群数個必要 (i = 1, ND)	—	—
		1	BSIG6	R	E 12.4		cm	—
		2	BSIG6	R	E 12.4		cm	—
		11	BSCT(i) i = 1, ND	R	(6E 12.4)		cm <sup>-1</sup>	—

CITDEGA 入力データ

000.....5

データ		シケ			ン		ス		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			
						先の図に示した通り、カード9~カード11のデータをエネルギー群数 (ND) 回繰り返して与える。						
12				→		NZ (0, 4, 5), = 1 のとき、カード12とカード13が必要。						
	1			12 X		ダミーデータ						
	2	XEφ	R	E 12.4		<sup>135</sup> Xeの原子数密度。(各燃焼ステップで異なる値となる。)		10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup>				
	3	SMφ	R	E 12.4		<sup>149</sup> Smの原子数密度。		10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup>				
13	1	BSXE	R	E 12.4		<sup>135</sup> Xeのマイクロ吸収断面積		cm <sup>2</sup>				
	2	BSSM	R	E 12.4		<sup>149</sup> Smのマイクロ吸収断面積		cm <sup>2</sup>				
	3	BAφI	R	E 12.4		<sup>135</sup> Xeの発生割合に関する指標						
	4	BFφI	R	E 12.4		<sup>149</sup> Smの発生割合に関する指標						
						ここで、カード12とカード13のデータはDELIGHTコードより出力され、Nxe, Nsm, σ <sub>a</sub> <sup>135</sup> (Xe), σ <sub>a</sub> <sup>149</sup> (Sm), A <sub>0</sub> <sup>135</sup> , F <sub>0</sub> <sup>135</sup> が対応する。 また、カード13はエネルギー群数個必要である。						
						以上のカード9~13をNT G×NB回繰り返した後、カード2のコントロールオプションを再び入力し、次の断面積セットを入力するか014で終了とする。カード⑨~⑪の入力順序は次の様になる。 エネルギー群 1~ND ⑨ N 73 = 1 のとき必要 ⑩ ⑪ まで繰り返す。						

CITDEGA入力データ

000.....6

データシケ		ンス情報		記述		情報		
セクション	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
						<p>⑫ エネルギー群 1~ND まで繰り返す</p> <p>⑬ NZ=1のとき必要</p> <p>カード⑨から⑬までをカードグループ⑭とすれば本000セクションのデータ入力順序は以下のようになる。</p> <p>カード</p> <p>① 000 ② 018 ③ タイトル ④~⑧</p> <p>④ 1 ⑤ 1 ⑥ 1 ④ 2 ⑤ 2 ⑥ 2 ④ 3 ⑤ 3 ⑥ 3 ④ ? ⑤ ? ⑥ ? ④ NB ⑤ NG ⑥ NT</p> <p>② 019又は020 014のときは000セクションデータ終了</p> <p>⑭のカードグループをNT×NG×NB回入力することになる。</p>		

CITDEGA 入力データ

000.....1

データシケンス情報					記述内容			情報		
セクション	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
001	1	1		I	I 3	▼001 ▼と入力すれば、001セクションデータの読み込みを開始する。		—		(001)
	2	1	NGC 1	I	I 3	熱計算部オプション 0 ..... No (核計算のみ) 1 ..... Yes (核熱結合計算を行う)		—		—
		2	NGC 2	I	I 3	リスタートオプション 0 ..... No. 正.....前回の計算で核熱ループが収束しているときには次の 燃焼ステップ番号を与える。未収束の場合には前回計算 算終了時の燃焼ステップ番号を与える。(燃焼ステッ プに関する情報は前回のLP出力のサマリースト部 に表示される。) 負.....前回からの計算を自動的に続行する。		—		—

CITDEGA入力データ

001.....2

データカード		変数名		タイプ		フォーマット		記述情報		
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	容	単	位	標準値
		3	NGC 3	I	I 3	リスタート用ファイルの作成 0.....No. 1.....リスタートに必要なファイルを作成する。以下のファイルのアロケートする必要がある。(カタログファイルとして次の計算でリスタート) FT13...リスタートコントロールデータ FT14...散乱断面積 FT36...マクロ断面積 FT39...温度分布 FT40...出力分布 さらにリスタート時にはFT21とFT26が作業用ファイルとして必要である。		-	-	
		4	NGC 4		3 X	ダミー		-	-	-
		5	NGC 5	I	I 3	マクロ断面積のファイル出力オプション。 0.....No. 1.....FT31に格納 -1.....FT07にカードイメージで出力。		-	-	-
		6	NGC 6	I	I 3	中性子束分布のファイル出力オプション。 0.....No. 正.....メッシュ単位の中性子束分布をFT09へ出力。		-	-	-

CITDEGA 入力データ

001 ..... 3

データカード		変数名		タイプ	フォーマット	記述		情報	
セクション	データ	変数名	変数名	タイプ	フォーマット	内	容	単	位
									標準値
	7	NGC 7		I	I 3	出力分布のファイル出力オプション。 0 ..... No. 正 ..... メッシュ単位の出力分布を FT 32 へ出力。(ただし, IEDG 14 (1, 3, 14) > 0 とする必要あり, このとき, LP 出力はされない。) 核熱計算時には常にこのファイルが必要。			
	8	NGC 8		I	I 3	(CITATION コードと同じ)			
	9	NGC 9		I	I 3	Xe 振動解析用 1 次モード計算オプション 0 ..... No. 正 ..... 1 次モードの Regular と Adjoint 中性子束分布を求める。 このとき NGC 7 (1, 2, 7) = 1 NGC 13 (1, 2, 13) = -1 NDPL 5 (2, 2, 5) = -1 とし, さらに 040 セクションの入力が必要である。 必要なファイルは, FT 34 ..... 基本モードの Regular と Adjoint flux FT 36 ..... 000 セクションの 020 オプションで作成した Xe, Sm 詳細考慮用断面積ライブラリ。			



CITDEGA入力データ

001.....4

データシターケンション情報				記述情報				
セクション	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
						FT09.....1次モードのRegularとAdjoint fluxが得られる。 FT41.....作業用ファイル		
		10	NGC10	I	I 3	(CITATIONコードと同じ)		
		18	NGC18	I	I 3			
		19	NGC19	I	I 3		マクロ断面積入力オプション 0.....000セクションで作成されたマクロ断面積ライブラリ (FT 36) を使用する。断面積のアサインについては、012, 020セクションを参照のこと。ただし, Fission Spectrumだけは008セクションより入力する必要がある。 正.....008セクションより入力した断面積のみ使用する。	
		20	NGC20	I	I 3	(CITATIONコードと同一)		
		23	NGC23	I	I 3			
		24	NGC24	I	I 3		Xe, Sm効果の詳細考慮に関するオプション。 0.....No. 正.....詳細考慮をするための計算ループ繰り返し回数。このとき、000セクションのオプション020を使用する必要がある。	

CITDEGA 入力データ

001.....5

データカード		データベース情報			記述情報			標準値	
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	容	単	位
	3					<p>本カードでは、各種の出力に対するオプションを指定する。これらの出力は、ラインプリンタイメージで一旦FT51にストアされる。補助プログラムを用いて、別ジョブでLPへ出力する。(FT51をLP出力にリサイジングしてもよい。この時、ジョブは異常終了するが、計算結果は正しいものが得られている。以下のようなオプション指定が可能である。</p> <p>0 .....出力しない。</p> <p>1 .....核熱計算収束時の結果を出力する。</p> <p>2 .....1, および1回目の核熱イテレーション計算結果, 熱計算収束時の結果を出力する。</p> <p>3 .....核熱イテレーション毎および熱計算収束時の結果を出力する。</p> <p>4 .....核熱イテレーション毎および熱計算イテレーション毎の結果を出力する。</p>			
		1	I EDG 1	I	I 3		(CITATIONコードと同じ)		
		13	I EDG 13	I	I 3				
		14	I EDG 14	I	I 3		メッシュ毎の中性子束分布出力オプション 但し, NGC 7 (1, 2, 7) > 0 のときには出力されない。		

CITDEGA 入力データ

001 ..... 6

データーカード		データー名			タイプ		フォーマット		記述内容		情報	
セクション	データ	変数名	変数名	変数名	タイプ	タイプ	フォーマット	フォーマット	内容	単位	標準値	
	15	I EDG15			I		I 3		(CITATIONコードと同じ)	—	—	
	22	I EDG22			I		I 3		ゾーンマップ出力オプション。本コードでは通常、全ゾーンへ005セクションでBlack absorberを割り当て、次に006セクションでゾーンをオーバーレイ方式で設定する。したがって005セクション入力の段階で出力されるBlack absorberのゾーンマップは不要となる。 0 ..... Black absorber のゾーンマップを出力する。 1 ..... Black absorber のゾーンマップは出力しない。 2 ..... 1と同じ。さらに005セクションは入力不要。このときNUAC17 (3, 2,17) の値がBlack absorberとして全領域に割り合てられている。			
	23	I EDG23			I		I 3					
	24	I EDG24			I		I 3		(CITATIONコードと同じ)			
4	1	I TMX 1			I		I 3		(CITATIONコードと同じ)		(200)	
	2	I TMX 2			I		I 3				(200)	
	3	I TMX 3			I		I 3		Final ループの Iteration 回数上限値	—	(50)	
	4	I TMX 4			I		I 3		核熱計算ループの Iteration 回数上限値。	—	(3)	
	5	I TMX 5			I		I 3		0を入力する。(不要ループの Iteration をスキップするため)	—	0	

CITDEGA入力データ

001.....7

データカード		変数名			タイプ		フォーマット		記述内容		情報	
セクション	データ	変数名	変数名	変数名	タイプ	タイプ	フォーマット	フォーマット	内容	単位	標準値	
	6	ITMX 6			I		I 3		(CITATIONコードと同じ)	—	—	
	7	7			7		7					
	21	ITMX 21			I		I 3					
	22	ITMX 22			I		I 3		核熱計算ループの計算打ち切り時間。	分	( 30 )	
	23	ITMX 23			I		I 3		Final ループの計算打ち切り時間。	分	( 60 )	
	24	ITMX 24			I		I 3		全計算打ち切り時間。	分	( 120 )	
5	1	GLIM 1			R		E 12.4		(CITATIONコードと同じ)			
	7	7			7		7					
	6	GLIM 6			R		E 12.4					

CITDEGA 入力データ

002.....1

データシケンス情報				記述情報					
セクション	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	
2	1	1		I	I 3	▼002▼と入力すれば, 002セクションデータの読み込みを開始する。	—	(002)	
	2	1	NDPL 1	I	I 3	全燃焼ステップ数を入力する。	—	—	
		2	NDPL 2	I	I 3	1を入力。(オリジナルCITATIONコードの燃料交換サイクルをCITDEGAコードでは燃焼計算用ループとして使用するための措置。)	—	(1)	
		4	NDPL 4	I	I 3				
		5	NDPL 5	I	I 3	通常ブランクとする。(CITDEGAコードでは不要のデータである)	—	—	
		24	NDPL 24	I	I 3				
		3					ブランクカードを入力する。	—	—
		4	1	DPLT 1	R	E 12.4	第1燃焼ステップの長さ	day	—
			2	DPLT 2	R	E 12.4	0.0を入力する。	—	(0.0)
			3	DPLT 3	R	E 12.4	0.0を入力する。	—	(0.0)
			4	DPLT 4	R	E 12.4	第2燃焼ステップ以降のステップ長さ。(第2燃焼ステップ以降では, 総て同一のステップ長さとなることに注意)	day	—
			5	DPLT 5	R	E 12.4	0.0を入力する。	—	—
			6	DPLT 6	R	E 12.4	0.0を入力する。	—	—
		5	1	JEDG 1	I	I 3	燃焼計算での出力オプション。オプション指定方法は, 001セクションのカード3と同一。		
			24	JEDG 24	I	I 3			

CITDEGA 入力データ

003 ..... 1

データシケンス情報				記述情報			報	
セッション	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
003	1	1		I	I 3	▼003▼と入力すれば、003セクションデータの読み込みを開始する。	—	(003)
	2	1	NUAC 1	I	I 3	(CITATIONコードと同一)	—	—
		?	?	?	?			
	5	5	NUAC 5	I	I 3			
	6	6	NUAC 6	I	I 3	改良粗メッシュ適用オプション。 0 ..... No. 1 ..... Yes. (作業用ファイルFT60が必要となる。)	—	—
	7	7	NUAC 7	I	I 3	(CITATIONコードと同一)	—	—
		?	?	?	?			
	22	22	NUAC 22	I	I 3			
	23	23	NUAC 23	I	I 3	Inner Iteration回数。3次元Tri-Z計算では5回が適当。	—	(5)
	24	24	NUAC 24	I	I 3	(CITATIONコードと同一) CITDEGAコードの核熱計算はNUAC5(3, 2, 5) = 14のTri-Zメッシュモデルでのみ可能である。NUAC≠14では、核計算のみ可能。 (CITATIONコードと同一)		
	3	1	EP 11	R	E 12. 4	(CITATIONコードと同一)	—	10 <sup>-4</sup>
		2	EP 12	R	E 12. 4			10 <sup>-5</sup>
		3	EP 13	R	E 12. 4	粗メッシュ計算時の中性子束収束条件。通常EP11(3, 3, 1)の10倍程度とする。ただし、0.0を入力するとEP13=EP11×10となる。	—	—

CITDEGA 入力データ

003 ..... 2

データシケン情報		記述情報		単位	標準値	
セクション	カード	変数名	タイプ	フォーマット	内容	
	4	EP 14	R	E 12.4	粗メッシュ計算時の固有値収束条件。通常EP12 (3, 3, 2) の10倍程度の値とする。ただし0.0を入力するとEP 14=EP 12×10となる。	—
	5	EP 15	R	E 12.4	ダミーデータ (ブランクを入力)	—
	6	EP 16	R	E 12.4		—
	1	XMIS 1	R	E 12.4	(CITATIONコードと同一)	
	2	XMIS 2	R	E 12.4		
	3	XMIS 3	R	E 12.4		MWt
	4	XMIS 4	R	E 12.4	解析対象としている炉心の全熱出力。(計算モデルが、全炉心をカバーしていない場合でも全炉心分の出力を入力する。全炉心に対するモデルの体積割合はXMIS 5 (3, 4, 5) で与える。)	—
	5	XMIS 5	R	E 12.4	核分裂エネルギーの内熱エネルギーとして有効な割合。通常1.0を入力する。この値は、BSIG5 (0, 9, 6) の値を変更するのに使用される。	1.0
	6	XMIS 6	R	E 12.4	計算モデル部分の解析対象としている炉心に対する体積的割合。XMIS 3 (3, 4, 3) × XMIS 5 = (計算モデル部での熱出力)	—
004					(CITATIONコードと同一)	
006					(CITATIONコードと同じ)	

CITDEGA 入力データ

データシケンス情報				記述情報			報		
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	容	単位	標準値
008	1	1		I	I 3	▼008▼ と入力すると、このセクションでマクロ断面積を入力できる。ただし、NGC19(1,2,19) > 0 とすること。			
	2					(CITATIONコードと同じ。ただし、カード3の73カラムに			
	3					1 をパンチすると、Y, Z方向の拡散係数を必要とする。入力			
	4					方法は 000セクションのカード10と同一である。			
	5								
012	1	1		I	I 3	▼012▼ と入力すると、005, 006セクションで予め作成した			(012)
	2	1	NZ 1	I	I 3	FT36のライブラリ内断面積を了サインできる。			
	3	2	NZ 2	I	I 3	最後のゾーン番号 (From)			
	4	3	NSUB	I	I 3	最後のゾーン番号 (To)			
	5	4	NORD	I	I 3	ダミー (ブランク)			
	6	5	NID	I	I 3	了サインする断面積のマクロライブラリ (FT36)内での順番。			
	7	6	NCS	I	I 3	ダミー (ブランク)			
	8	7	NDP	I	I 3	ゾーンの燃焼度による依存性。			
	9	8	NEX	I	I 3	0 ……依存性なし (黒鉛ブロック等)			
	10	9	NAME	A	3A4	1 ……依存性あり (燃料ブロック等)			
	11	10	FTEZ	R	E 12.4	ダミー (ブランク)			
	11	GTEZ	R	E 12.4	コメント (任意)				
						燃料温度の初期値。(燃料のみ)		°K	
						黒鉛温度の初期値。		°K	



CITDEGA 入力データ

データシケンス情報				記述			情報		
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	容	単位	標準値
		12	BURZ	R	E 12.4	燃焼度の初期値。(燃料のみ) 必要なだけカード2を繰り返す。最後にブランクカードを与えれば、本セクション入力は終了する。		MWD/t	--
013	1	1		I	I 3	▼013▼を入力 熱計算用データセクション		--	013
	2	1	M	I	I 4	サブコア番号		--	--
	2	2	KORIFI	I	I 4	サブコアの流量調節方式 1.....各チャネルに等しく流す 2.....各オリフィス出口温度を等しくする。 3.....各オリフィス出口温度を指定された値とする。 4.....各オリフィス燃料最高温度を等しくする。 5.....各オリフィス燃料最高温度を指定された値とする。 6.....各オリフィス最小レイノルズ数を等しくする。 7.....各オリフィス最小レイノルズ数を指定された値とする。 8.....各オリフィス限界熱流束比を等しくする。 9.....各オリフィス限界熱流束比を指定された値とする。		--	--
		3	LNO	I	I 4	サブ・コアのオリフィス数		--	--
	3	1~18		I	I 4	オリフィス番号を、サブ・コアのオリフィス数だけ与える。 カード2とカード3を組にして必要ならだけ繰り返す。 サブ・コア番号がブランクで終了しカード4に進む		--	--
	4	1		I	I 4	オリフィス番号		--	--

CITDEGA入力データ

データシケン情報			記述情報			報		
セクション	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			I	3(4I4,8X)	<p>オリフィス番号を径方向メッシュに区切る(CITATION形式)</p> <p>1 2 3 4 左 → 右 上 → 下 (I4) (I4) (I4) (I4)</p> <p>入力方法は、CITATIONコードのオーバレイ用データに準じ、ブランクデータでカード5の入力終了となる。 1番目のデータがブランクの時にカード4へ戻る。 カード4とカード5をセットにして必要なだけ繰り返す。オリフィス番号が0のときカード6へ進む。</p>		
	6	1	M	I	I 4	チャネル番号		
		2	NTYPE	I	I 4	<p>燃料型式</p> <p>- 1 円盤型 (DEG31) 0 中空型 (DEG32) 1 中実型 ( " ) 2 セミピン型 (DEG33) 3 マルチ・ホール型 ( " )</p>		
		3	HEIGHT	R	E 12.0	チャネル高さ (放射体部を除いたチャネル高さ)	cm	
		4	GCHAN	R	E 12.0	メッシュ当りの燃料チャネル数		
		5	GCHAN	R	E 12.0	メッシュ当りの冷却チャネル数 (GCHANと等しい場合はブランクを入力する。)		

CITDEGA 入力データ

データシケンス情報				記述情報			報	
セクション	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
014	1	1		I	3(4I4, 8X)	チャンネル・ブロックをメッシュに区切る(CITATION形式) 1 2 3 4 左 → 右 上 → 下 (I4) (I4) (I4) (I4) 入力方法はCITATIONコードのオーバーレイ用データに準じ、 ブランクデータでカード7の入力終了となる。 このデータは1番目のデータがブランクのとき読み込み終了となる。 カード6とカード7をセットにして必要だけ繰り返し。チャンネル番号が0のとき次の014セクションへ進む。	—	—
	2	1	KPOW	I	I 3	▼014▼を入力。熱計算用データセクション 計算指定チャンネルのオプション (核熱計算で採用するチャンネル、 収束時は全チャンネルに対し計算する。 0 ……全チャンネル 1 ……最大出力チャンネル 2 ……2番目の出力チャンネル 3 ……3番目の出力チャンネル 4 ……平均出力チャンネル 5 ……最小出力チャンネル 6 ……ピーキング最大出力チャンネル 7 ……線出力最大チャンネル	—	—

## CITDEGA 入力データ

データカード		変数名			タイプ		フォーマット		記述内容		情報	
セクション	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内	容	単	位	標準値			
	2	KF	I	I 3	高速中性子照射効果を考慮する高速群中の下限群番号 (例, 高速, 熱全 6 群に対し, KF = 3 or 2)							
	3	KL	I	I 3	層流化計算オプション 0 = No, 1 = Yes							
	4	KH	I	I 3	ホットスポット計算オプション 0 ..... No. 正 ..... カード 9, 10 でシステマティックファクターを入力。 負 ..... 内蔵データを使用							
	5	KMS	I	I 3	核移動距離分布の計算 0 ..... No. 正 ..... 距離メッシュ点数を指定						(20)	
	6	KSI	I	I 3	SiC 層腐蝕体積割合分布の計算 0 ..... No. 正 ..... 割合分布計算メッシュ点数を指定 (大きい程, 詳細な分布が計算される。)						(20)	
	7	KSOPT	I	I 3	SiC 層腐蝕計最定数 (KSI (14, 2, 6) > 0 の時有効) 0 ..... No. 1 ..... Tiegs (H, E, U) 2 ..... Tiegs (all) 3 ..... Bongratz 4 ..... Stansfield							

CITDEGA 入力データ

データ		シケ			ン		ス		情		報	
セクション	カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	記	述	内	容	単	位	標準値
								5 …… Pearson				
								6 …… GA				
		8	KTS	I	I 3			燃料温度体製割合分布の計算				
								0 …… No.				
								正 …… 割合分布計算メッシュ点数を指定				(20)
								熱計算部の出力オプション				
								- 2 …… 熱計算部収束時のサマリーを出力。				
								- 1 …… -1 および熱計算部収束時のチャネル毎計算結果も出力。				
								0 …… Iteration 毎にチャネル毎出力を行う。				
								1 …… 全項目の出力を行う。				
		1	ISW(1)	I	I 3			流量配分結果表の出力				
		2	ISW(2)	I	I 3			チャネル計算結果の出力				
		3	ISW(3)	I	I 3			燃料・黒鉛平均温度の出力				
		4	ISW(4)	I	I 3			層流化計算結果の出力 (KL (14, 2, 3) = 1 のとき必要)				
		5	ISW(5)	I	I 3			ホットスポット計算結果の出力 (KH (14, 2, 4) = 1 のとき有効)				
		6	ISW(6)	I	I 3			径方向温度分布計算結果の出力				
		7	ISW(7)	I	I 3			核移動距離分布の計算結果の出力 (KMS (14, 2, 5) > 0 のとき有効)				

CITDEGA 入力データ

データカード		データベース情報			記述情報			標準値	
セクション	データ	変数名	タイプ	フォーマット	内容	単位	標準値		
	8	ISW(8)	I	I 3	SiC層腐蝕量分布の計算結果出力 (KSI(14, 2, 6) > 0のとき有効)	-	-		
	9	ISW(9)	I	I 3	燃料温度体積割合分布計算結果出力 (KTS (14, 2, 8) > 0のとき有効)	-	-		
4	1	FLAMS	R	E 12.4	燃料スリーブの熱伝導率	cal/cm <sup>2</sup> •s•°C	(0.06)		
	2	FLAMC	R	E 12.4	燃料コンパクトの熱伝導率	"	(0.03)		
	3	GNEUS	R	E 12.4	燃料スリーブのポアソン比	/°C	(0.17)		
	4	GNEUC	R	E 12.4	燃料コンパクトのポアソン比 <sup>*</sup>	/°C	(0.1)		
	5	QP	R	E 12.4	炉心平均出口密度	W/cc	-		
	6	P1	R	E 12.4	炉心入口冷却材圧力	kg/cm <sup>2</sup>	-		
5	1	TH1	R	E 12.4	炉心入口冷却材温度	°C	-		
	2	HCS	R	E 12.4	炉心発熱部高さ。(燃料チャネル軸方向に存在する黒鉛部を除 去した時の高さ)	cm	-		
	3	HRL	R	E 12.4	軸方向上部反射体厚さ。(下部反射体の厚さもこの値となる)	cm	-		
	4	EE	R	E 12.4	冷却チャネルの粗さ(フリクションファクタ計算用)	cm	(0.005)		
	5	AAX	R	E 12.4	流量配分の加速因子	-	0.6		
	6	ALPHAS	R	E 12.4	燃料スリーブの線膨張係数	/°C	(3.69-6)		
6	1	ALPHAC	R	E 12.4	燃料コンパクトの線膨張係数 <sup>*</sup>	/°C	(2.2-6)		
	2	FLOSUM	R	E 12.4	モデル炉心領域流量	g/s	-		
	3	PHIM	R	E 12.4	燃焼日数(照射変形量計算用)	day	-		

CITDEGA 入力データ

デ ー タ		セ ク シ ョ ン			変 数 名		タ イ プ		フ ォ ー マ ッ ト		記 述 内 容		情 報	
カード	データ	変数名	タイプ	フォーマット	変数名	タイプ	フォーマット	記述	内 容	単 位	標準値			
	4	EPSCF	R	E 12.4	流量再配分収束条件 0.0 ……再配分計算は行わない。							—	—	
7				→	KMS (14, 2, 5) + KSI (14, 2, 6) + KTS (14, 2, 8) > 0 で必要									
	1	DELMU	R	E 12.0	核移動距離スペクトラム間隔							—	—	
	2	DELSI	"	"	SiC 層腐蝕体積割合の間隔							—	—	
	3	DELTS	"	"	燃料温度体積割合の間隔							—	—	
8	1	N 1	I	I 6	最初のサブコアの番号							—	—	
	2	N 2	I	I 6	最後のサブコアの番号							—	—	
	3	TH2 (i)	R	E 12.0	サブコア平均冷却材出口温度							°C	—	
	4	TMAXCT (i)	"	"	燃料最高温度							°C	—	
	5	REMIN (i)	"	"	最小レイノルズ数							—	—	
	6	QLMIN (i)	"	"	最小限界熱流束比							—	—	
9				→	KH (14, 2, 4) > 0 で必要。									
	1	N 1	I	I 6	最初のオリフィスの番号							—	—	
	2	N 2	I	I 6	最後のオリフィスの番号							—	—	
	3	TH2 (i)	R	E 12.0	サブコア平均冷却材出口温度							°C	—	
	4	TMAXCT (i)	"	"	燃料最高温度							°C	—	
	5	REMIN (i)	"	"	最小レイノルズ数							—	—	
	6	QLMIN (i)	"	"	最小限界熱流束比							—	—	





CITDEGA 入力データ

データカード		変数名			タイプ		フォーマット		記述情報		標準値	
セクション	データ	変数名	変数名	変数名	タイプ	タイプ	フォーマット	内	容	単位	標準値	
	6	D 3 (i)			R		E 12.4	コンパクトの外径		cm	—	
	7	D 2 (i)			"		"	外側スリーブの内径		"	—	
	13	D 1 (i)			"		"	外側スリーブの外径		"	—	
	2	D (i)			"		"	単位格子の流路径		"	—	
	3	P (i)			"		"	燃料格子のピッチ*		"	—	
	4	DH I (i)			"		"	内側流路の等価直径		"	—	
	5	FK I (i)			"		"	内側流路の断面積	( D1~D6 が与えられていれば ) ブランクを入力する。	cm <sup>2</sup>	—	
	6	DHO (i)			"		"	外側流路の等価直径		cm	—	
	14	FKO (i)			"		"	外側流路の断面積		cm <sup>2</sup>	—	
	2	EQNPIN(i)			"		"	燃料ピン本数 (マルチホール以外ではブランク)		—	2.0	
								013-card 6 で指定したチャネル数(i)だけセット				
								N 2=MCF で次のカードへ進む ( card 12~14はペア)				
								*印のデータ作成については、サンプルデータを参照のこと。				
015								▼015 ▼を入力すると、図形処理用データファイルをFT70に作成する。別ジョブで作図を行う。		—	—	
018								本セクションはCITDEGAコードでは使用できない。		—	—	
020								本セクションはCITDEGAコードでは使用できない。		—	—	
024										—	—	
026										—	—	
028								(CITATIONコードと同一)		—	—	

CITDEGA 入力データ

データシケンス情報				記述情報				
セクション	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
030						本セクションはCITDEGAコードでは使用できない。	—	—
034								
036								
038						(CITATIONコードと同一)	—	—
040							—	—
091						本セクションはCITDEGAコードでは使用できない。	—	—
093							—	—
999						▼999を入力すると、計算ケースの終了を意味する。このカードの次に、TOPセクションのタイトルを入力し、必要なセクションのみ再入力し、次の計算を連続して行うこともできる。 ▼999の次にブランクカードを入力すれば、完全に終了する。	—	(999)

## 2.2 サンプルデータとJCL

データおよびJCLを対として、代表的な3ケースについて示す。

### (1) ケース1

本ケースではCITDEGAコードは以下のように使用される。

- ① マクロ断面積作成および核熱計算を一度に行う。
- ② CITDEGAコードはソースプログラムから処理する。

サンプルデータをTable 2.1に、JCLをTable 2.2に示す。

### (2) ケース2

本ケースはCITDEGAコードは以下のように使用されている。

- ① マクロ断面積を000セクションから入力し、FT36ヘライブラリを作成する。核熱計算は行わない。
- ② CITDEGAコードは、ロードモジュールとなっているものを使用する。

サンプルデータをTable 2.3に、JCLをTable 2.4に示す。このサンプルデータでは、燃料および黒鉛温度は一定であり燃焼度のみがパラメータとなっている。さらに、タイトルがBPBLOCKとなっている所では黒鉛温度の代わりにボロンの濃度に関する指標をパラメータとしている。このように、燃料温度、黒鉛温度又は燃焼度の依存性を燃料濃縮度等の依存性を表現するために使用することも可能である。

### (3) ケース3

本ケースではCITDEGAコードは以下のように使用されている。

- ① マクロ断面積はケース2で作成したライブラリから供給する。核熱計算を行う。
- ② CITDEGAコードは、ロードモジュールとなっているものを使用するが、核計算および熱計算に必要なメモリーサイズを変更している。

サンプルデータをTable 2.5に、JCLをTable 2.6に、メモリーサイズ変更用メインプログラムをTable 2.7に示す。核計算用メモリーサイズは

```
COMMON / ARRAY / A (20000)
```

```
MEMORY = 20000
```

で定まり、熱計算用メモリーサイズは

```
COMMON / SUBARY / AA (3000)
```

```
KSLMT = 3000
```

で定まる。定際に必要なメモリーサイズは、一度CITDEGAコードをランさせれば出力される。

このサンプルデータではTri-Zの3次元形状でFig. 2.1に示すような炉心部分がモデル化されている。熱計算部では、半径33.4cmの黒鉛ブロック内に燃料棒が18本挿入された状態をモデル化している。炉心全体では計49カラムが炉心領域となっており、その内7カラムは制御棒案内カラムである。炉心出力を50MWとすれば熱計算に必要なデータは次のようにして求められる。

- ① 炉心平均出力密度QP (14, 4, 5)

$$QP \left( \frac{W}{cc} \right) = 50 \text{ MW (炉心体積)}$$

ここで炉心体積は、炉心部断面積（49カラム）と炉心発熱部高さHCS（14, 5, 2）との積である。したがって、

$$QP = 50 \times 10^6 / \left( 49 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times 33.5^2 \times 370.3 \right) = 2.8353 \text{ (w/cm}^3\text{)}$$

となる。

燃料格子ピッチ（14, 13, 3）

燃料格子ピッチPは、炉心内へ全燃料チャンネルを六角配列で均一に配置した際の配列ピッチである。この場合には、全燃料チャンネル数は $18 \times (49 - 7) = 756$ であり

$$756 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times P^2 = 49 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times 33.5^2$$

より、 $P = 8.52868 \text{ cm}$ となる。

③ モデル炉心領域流量FLOSUM（14, 6, 2）

この値は、モデル領域中の全燃料チャンネルへ流れる冷却材流量である。したがって、全燃料チャンネルへ流れる流量（有効流量）をqとすれば、

$$\text{FLOSUM} = q \times \frac{\text{モデル中燃料チャンネル}}{\text{全燃料チャンネル}}$$

で示される。炉心出入口温度を $950^\circ\text{C} / 395^\circ\text{C}$ とすれば炉出力50MWの時、炉内総流量は $17.4 \text{ kg/s}$ となる。サンプルデータは、有効流量割合を82%としており、

$$\text{FLOSUM} = 17400 \times 0.82 \times \frac{1 \times 18}{42 \times 18} = 339.71 \text{ g/s}$$

となる。



Table 2.1 Sample data of case 1

\*\*\* CITATION-DEGA CARD INPUT DATA LIST \*\*\*

1	BACK UP CORE DESIGN, NO BU 3D, ALL ROD OUT S.P.						00000100
2	WB=1.50 3,3,2,1,1,1,1 (CASE-TEMP.)						00000200
3	000						
4	018						
5	NO. 1						
6	3	0	10	4	0	0	
7	750.0		1050.0		1350.0		
8	0.0						
9	0.0	200.32	1002.9	3011.0	5012.8	9975.6	
10	19620.0	29134.0	38563.0	47912.0			
11	0.04685	1.00					
12	1	1	2.1448E+00	5.1675E-05	6.7765E-05	7.8653E-16	
13	1.4497E-01	1.0393E-02	0.0	0.0	0.0		
14	1	2	1.2995E+00	8.7363E-04	2.9809E-04	3.8299E-15	
15	0.0	2.5271E-01	2.9392E-03	0.0	0.0		
16	1	3	1.3665E+00	4.6827E-04	7.3133E-04	9.3963E-15	
17	0.0	0.0	2.2421E-01	3.1106E-02	0.0		
18	1	4	1.3094E+00	2.6230E-03	4.7793E-03	6.1405E-14	
19	0.0	0.0	4.5051E-04	2.6378E-01	0.0		
20	1	1	2.1448E+00	5.1653E-05	6.7717E-05	7.8585E-16	
21	1.4497E-01	1.0393E-02	0.0	0.0	0.0		
22	1	2	1.2995E+00	8.7390E-04	2.9729E-04	3.8186E-15	
23	0.0	2.5271E-01	2.9389E-03	0.0	0.0		
24	1	3	1.3664E+00	4.7205E-04	7.2899E-04	9.3644E-15	
25	0.0	0.0	2.2423E-01	3.1081E-02	0.0		
26	1	4	1.3090E+00	2.7675E-03	4.7586E-03	6.1094E-14	
27	0.0	0.0	4.7224E-04	2.6370E-01	0.0		
28	1	1	2.1449E+00	5.1561E-05	6.7527E-05	7.8318E-16	
29	1.4497E-01	1.0393E-02	0.0	0.0	0.0		
30	1	2	1.2995E+00	8.7328E-04	2.9412E-04	3.7738E-15	
31	0.0	2.5270E-01	2.9383E-03	0.0	0.0		
32	1	3	1.3664E+00	4.7337E-04	7.2004E-04	9.2419E-15	
33	0.0	0.0	2.2423E-01	3.1075E-02	0.0		
34	1	4	1.3089E+00	2.7778E-03	4.7667E-03	6.1016E-14	
35	0.0	0.0	4.7224E-04	2.6369E-01	0.0		
36	1	1	2.1449E+00	5.1329E-05	6.7041E-05	7.7642E-16	
37	1.4496E-01	1.0393E-02	0.0	0.0	0.0		
38	1	2	1.2995E+00	8.7172E-04	2.8608E-04	3.6616E-15	
39	0.0	2.5270E-01	2.9369E-03	0.0	0.0		
40	1	3	1.3663E+00	4.9707E-04	6.9761E-04	8.9366E-15	

(Continued)

252	019									
253	NO. 2									
254	3	0	10	4	0	0	0	0	0	0
255	0.7500E+03	0.1050E+04	0.1350E+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
256	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
257	0.0	0.2052E+03	0.1029E+04	0.3098E+04	0.5160E+04	0.1032E+05	0.0	0.0	0.0	0.0
258	0.2051E+05	0.3061E+05	0.4068E+05	0.5071E+05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
259	0.1124E+00	0.1000E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260	1	1	0.1609E+01	0.1108E-03	0.1627E-03	0.0	0.0	0.1888E-141	0.0	0.0
261	0.0	0.1931E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
262	0.2072E+00	0.1480E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
263	1	2	0.9088E+00	0.1927E-02	0.6869E-03	0.0	0.0	0.8825E-141	0.0	0.0
264	0.0	0.1091E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
265	0.0	0.3616E+00	0.3627E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
266	1	3	0.9579E+00	0.1335E-02	0.1737E-02	0.0	0.0	0.2231E-131	0.0	0.0
267	0.0	0.1150E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
268	0.0	0.0	0.3204E+00	0.4302E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
269	1	4	0.9178E+00	0.6538E-02	0.1081E-01	0.0	0.0	0.1389E-121	0.0	0.0
270	0.0	0.1101E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
271	0.0	0.0	0.1046E-02	0.3737E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
272	1	1	0.1609E+01	0.1107E-03	0.1626E-03	0.0	0.0	0.1887E-141	0.0	0.0
273	0.0	0.1931E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
274	0.2072E+00	0.1480E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
275	1	2	0.9088E+00	0.1928E-02	0.6857E-03	0.0	0.0	0.8805E-141	0.0	0.0
276	0.0	0.1091E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
277	0.0	0.3616E+00	0.3627E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
278	1	3	0.9579E+00	0.1342E-02	0.1733E-02	0.0	0.0	0.2226E-131	0.0	0.0
279	0.0	0.1150E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280	0.0	0.0	0.3204E+00	0.4304E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
281	1	4	0.9175E+00	0.6799E-02	0.1077E-01	0.0	0.0	0.1382E-121	0.0	0.0
282	0.0	0.1101E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
283	0.0	0.0	0.1101E-02	0.3735E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
284	1	1	0.1609E+01	0.1106E-03	0.1625E-03	0.0	0.0	0.1883E-141	0.0	0.0
285	0.0	0.1931E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
286	0.2072E+00	0.1480E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
287	1	2	0.9089E+00	0.1926E-02	0.6810E-03	0.0	0.0	0.8730E-141	0.0	0.0
288	0.0	0.1091E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
289	0.0	0.3616E+00	0.3627E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
290	1	3	0.9580E+00	0.1338E-02	0.1716E-02	0.0	0.0	0.2202E-131	0.0	0.0



Table 2.2 JCL of case 1

```

-INC JCHEAD
T.3 C.2 W.4 I.5 SRP
OPTP NOTIFY=J2130,PASSWORD=
/*****
/***** -J2130.CITDGST.CNTL(SMPL84)- SAMPLE DATA RUN
/*****
//STP01 EXEC FORT77,SO=J2130.CITDG84,A='ELM(*)',OPT=0
//STP03 EXEC LKED77,A='OVLY,LET',CNTL=NO
//SYSIN DD DSN=J2130.CITDGOV.DATA(OVLYVO),DISP=SHR
//STP04 EXEC GO
//FT05F001 DD DSN=J2130.CITDGST.DATA(SMPL84),DISP=SHR
//FT07F001 DD DUMMY
//FT01F001 DD DSN=&&FT01,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT02F001 DD DSN=&&FT02,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT03F001 DD DSN=&&FT03,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT08F001 DD DSN=&&FT08,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT09F001 DD DSN=&&FT09,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT10F001 DD DSN=&&FT10,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT13F001 DD DSN=&&FT13,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT14F001 DD DSN=&&FT14,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT15F001 DD DSN=&&FT15,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT19F001 DD DSN=&&FT19,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT21F001 DD DSN=&&FT21,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT26F001 DD DSN=&&FT26,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT36F001 DD DSN=&&FT36,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT37F001 DD DSN=&&FT37,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT38F001 DD DSN=&&FT38,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT39F001 DD DSN=&&FT39,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT40F001 DD DSN=&&FT40,DISP=(,DELETE),
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT51F001 DD DSN=J2130.LP.DATA,DISP=(NEW,CATLG),
// DCB=(RECFM=UA,LRECL=137,BLKSIZE=13700),UNIT=TSSWK2,
// SPACE=(TRK,(100,50))
//FT61F001 DD DUMMY
//FT70F001 DD DSN=J2130.PLOT.DATA,DISP=(NEW,CATLG),
// DCB=(RECFM=F,DSORG=DA),UNIT=TSSWK2,
// SPACE=(TRK,(100,50))
++
//

```



Table 2.3 Sample data of case 2

```

** VHTR/4 STEP4 XSEC FOR ONE COLUMN MODEL ***
** APR.18 1984 -J3520.VHTR4.DATA(LIB4)- ***
000
018
** DSO65B6 (E=6.5%,TF=1123K,TM=600K) **
  1 1 9 10 0 0
1123.0
 600.0
 0.0          2.4558 +2 1.2280 +3 2.4554 +3 4.9047 +3 9.7681 +3
1.4611 +4 1.9440 +4 2.4258 +4
 0.1018      1.0
          -INC DSO65B6
019
** DSO55D9 (E=5.5%,TF=1273K,TM=900K) **
  1 1 9 10 0 0
1273.0
 900.0
 0.0          2.4582 +2 1.2322 +3 2.4645 +3 4.9287 +3 9.8255 +3
1.4685 +4 1.9524 +4 2.4349 +4
 0.1018      1.0
          -INC DSO55D9
019
** DSO40D9 (E=4.0%,TF=1343K,TM=900K) **
  1 1 9 10 0 0
1343.0
 900.0
 0.0          2.4604 +2 1.2360 +3 2.4721 +3 4.9439 +3 9.8424 +3
1.4692 +4 1.9517 +4 2.4327 +4
 0.1018      1.0
          -INC DSO40D9
019
** DSO30EC (E=3.0%,TF=1398K,TM=1200K) **
  1 1 9 10 0 0
1398.0
1200.0
 0.0          2.4527 +2 1.2239 +3 2.4448 +3 4.8668 +3 7.2812 +3
9.6899 +3 1.2094 +4 1.4494 +4
 0.1018      1.0
          -INC DSO30EC
019
** BPBLOCK (TEMP EXPRESSES FACTOR OF BORON CONTENT) SAY 2000.0=2.0
  1 7 1 10 0 0
1000.0
 1.0          10.0          50.0          100.0          500.0          1000.0
2000.0
 0.0          1.0
          -INC BPBLOCK
019
** REFBLOCK
  1 1 1 10 0 0
1000.0
1000.0
 0.0          1.0
          -INC REFBLOCK
019
** CNTBLOCK
  1 1 1 10 0 0
1000.0
1000.0
 0.0          1.0
          -INC CNTBLOCK
014
999

```

Table 2.4 JCL of case 2

```

-INC JCHEAD
  T.1 C.2 W.4 I.3 SRP
  OPTP NOTIFY=J2130,PASSWORD=
  /*******
  /****** -J2130.CITDGST.CNTL(SMPL84A)- SAMPLE DATA RUN
  /*******
  /**STP04 EXEC LMGO,LM=J2130.CITDG84
  /**FT05F001 DD DSN=J3520.VHTR4.DATA(LIB4),DISP=SHR
  /**FT07F001 DD DUMMY
  /**FT01F001 DD DSN=&&FT01,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT02F001 DD DSN=&&FT02,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT03F001 DD DSN=&&FT03,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT08F001 DD DSN=&&FT08,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT09F001 DD DSN=&&FT09,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT10F001 DD DSN=&&FT10,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT13F001 DD DSN=&&FT13,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT14F001 DD DSN=&&FT14,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT15F001 DD DSN=&&FT15,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT19F001 DD DSN=&&FT19,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT21F001 DD DSN=&&FT21,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT26F001 DD DSN=&&FT26,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT36F001 DD DSN=J2130.MACLIB.DATA,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=TSSWK2,
  /**          SPACE=(TRK,(10,10))
  /**FT37F001 DD DSN=&&FT37,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT38F001 DD DSN=&&FT38,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT39F001 DD DSN=&&FT39,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT40F001 DD DSN=&&FT40,DISP=(,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=VBS,LRECL=19064,BLKSIZE=19068),UNIT=WK10,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT51F001 DD DSN=J2130.LW.DATA,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=FB,LRECL=137,BLKSIZE=13700),UNIT=TSSWK2,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  /**FT61F001 DD DUMMY
  /**FT70F001 DD DSN=J2130.PLOW.DATA,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),
  /**          DCB=(RECFM=F,DSORG=DA),UNIT=TSSWK2,
  /**          SPACE=(TRK,(100,50))
  ++
  /**

```





Table 2.7 Main program for alteration of memory siges

```
COMMON/ARRAY / A(20000)
COMMON/SUBARY/ AA(3000)
COMMON/ADSUB / KSLMT
MEMORY = 20000
KSLMT = 3000
WRITE(6,200)
NC = 1
1 READ (5,100,END=20) (A(I),I=1,20)
WRITE(6,210) NC,(A(I),I=1,20)
NC = NC + 1
GO TO 1
20 REWIND 5
100 FORMAT(20A4)
200 FORMAT(1H1,10X,'*** CITATION-DEGA CARD INPUT DATA LIST ***'// )
210 FORMAT(1H ,I5,2X,20A4)
DO 10 K=1,KSLMT
10 AA(K) = 0.0
CALL INPT(A,MEMORY)
STOP
END
```

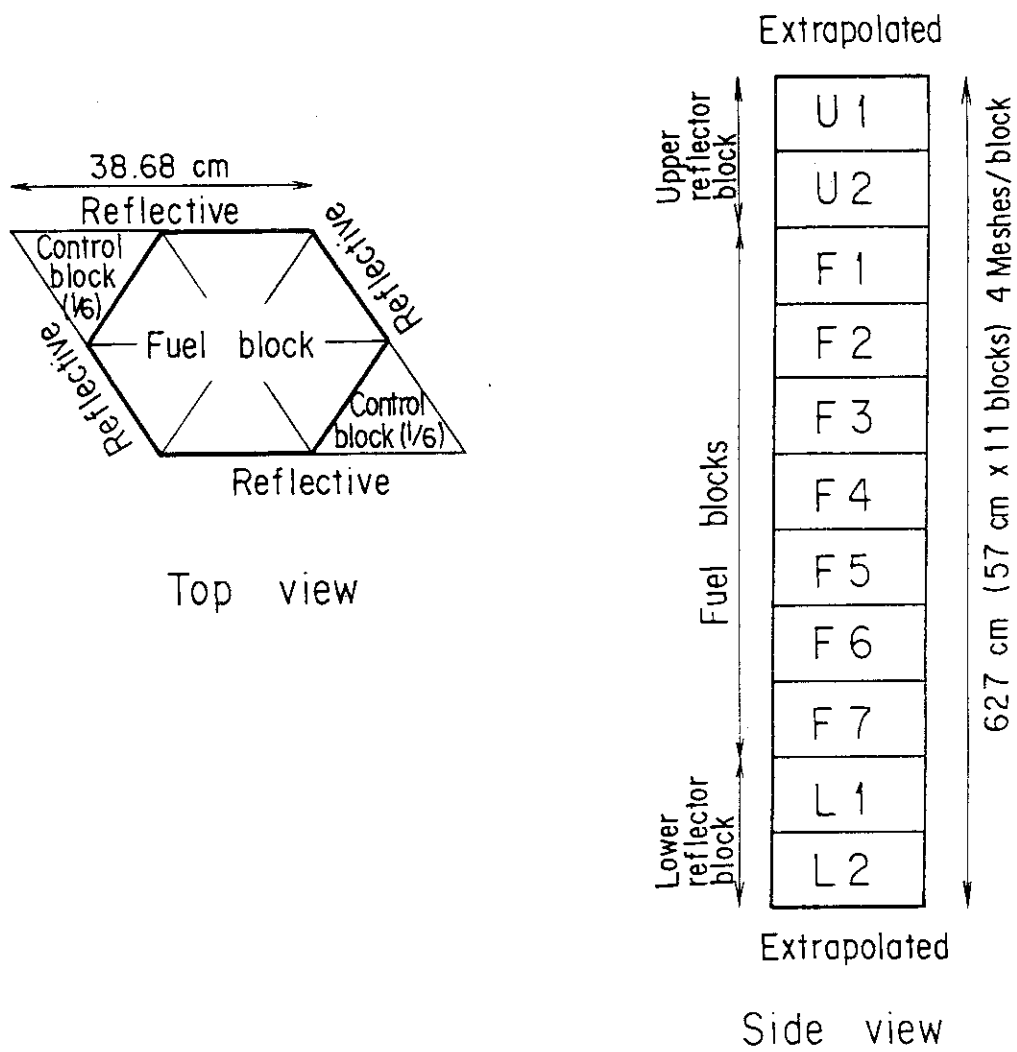


Fig. 2.1 Geometrical model of case 3

### 3. 出力ファイル処理プログラム使用簿

#### 3.1 LP出力ファイル処理プログラム

本コードにより得られる情報は比較的大量なため、ラインプリンタへの出力が多く本コードを効率良く使用するための制約となる可能性がある。そのため、各種炉心計算を行った結果を一旦 FT51 のファイルへ格納し、計算結果のサマリーのみを出力するようになっている。ファイルへ格納された情報は処理プログラムを使用して出力することができる。

##### (1) 出力ファイルの作成

ファイル定義名 FT51F001 に出力される情報は総てラインプリンタイメージであり、内容毎に検索用のキイが付してある。CITDEGA コードを実行する際に次のような DD 文を入れておけばよい。

```
// FT51F001 DD DSN=J?????. LP. DATA,
//          DISP=(NEW, CATLG, DELETE),
//          DCB=(RECFM=FB, LRECL=137, BLKSIZE=13700),
//          UNIT=?????, SPACE=(TRK, (100, 50))
```

又は、

```
// EXPAND, DFDISK, DDN=FT51F001, DSN=J?????. LP,
//          BSIZE=13700, RSIZE=137, UNIT=?????,
//          SPC=∇ 100, 50 ∇
```

ここで????の部分には適当なパラメータを入れるものとする。一方、出力ファイルを作成せずに CITDEGA の実行時に全 LP 出力を得る場合には次のような DD 文を使用する。

```
// FT51F001 DD SYSOUT=*,
//          DBC=(RECFM=UA, LRECL=137, BLKSIZE=1370)
```

又は

```
// EXPAND PRTFD, DDN=FT51F001
```

ただし、この時にはジョブは完了コード 016 で異常終了するが計算結果には問題はない。

##### (2) ファイルからラインプリンタへの出力

FT51 に作成されたファイルは順データセット (PS) であり全内容を出力したい場合には PSTOLP ジョブマクロを使用すれば良い。

```
// EXEC PSTOLP, DSN=J?????. LP
```

FT51 に記録された計算結果は項目別に検索用キイ (ITEM) が付されており、項目単位で出力を行うことも可能である。この場合には CITDEGA から LP 出力される OUTPUT FILE INDEX の情報により出力専用プログラム POST のデータを作成する必要がある。Fig. 3.1 に OUTPUT FILE INDEX の例を示す。出力項目としては、ITEM No. -1 ~ 28 までの計 29 項目あり、各々の項目に対し FT51 への書込み状況が OPT の値で示されている。OPT の値の

意味はCITDEGA入力データのIEDG<sub>n</sub>(1, 3, 1~24), JEDG<sub>n</sub>(2, 5, 1~24), ISW<sub>n</sub>(14, 3, 1~9)で使用されたオプションと同一である。また、燃焼ステップ数、核熱ループのIteration回数、Finalループの収束状況、熱計算の収束状況、核熱ループの収束状況についての情報も出力されている。これらの情報は総て検索キイとしてFT51のファイル内に記録されており、任意の項目を任意の燃焼ステップや核熱のIteration回数に対し出力することが可能である。

出力専用プログラムPOSTへの入力データ方法を以下に示す。

POST 入力データ

データシーケンス情報						記述情報		
セクション	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
	1	1	ITM(1)	I	I 3	出力する項目番号 (ITEM No.)を入力する。計23項目まで可能。 ただし、 ITM(1)-99とすれば、全ITEM No.の項目を出力する。 カード1の出力項目の燃焼ステップ等を指定する。	-	-
		23	ITM(23)	I	I 3			
		1	KCD	I	I 3	核熱収束に関する出力指定 0……収束時のみ 1……収束時のみ 99……総てに対して無条件出力。	-	-
		2	KDG	I	I 3	熱収束に関する出力指定。(ITEM No. 20~24に有効) 0……未収束時のみ 1……収束時のみ -1……全情報を出力	-	-
		3	ICY	I	I 3	出力させたい燃焼ステップを入力する。ただし、0を入力すると全燃焼ステップの情報が出力される。		
		4	IRC	I	I 3	ダミー (ブランクを入力)		
		5	IST	I	I 3	ダミー (ブランクを入力)		
		6	IRS	I	I 3	ダミー (ブランクを入力)		
		7	ILS	I	I 3	Final loopの収束指定 0……未収束時のみ 1……収束時のみ		
						カード1とカード2をペアにして、必要なだけ入力する。		

出力専用プログラムPOSTとそのJCLは、Gemファイル

J 2130. CITDGST. CNTL

MOD = POST

に格納されている。



### 3.2 作図用ファイル処理プログラム

先節で述べたLP出力ファイルの内容は、CITDEGAのLP出力イメージのままであり、プロッタ用プログラムのデータとして利用するには不適當である。そのため、CITDEGAの入力データも含め計算結果をバイナリの数値データとして記録するファイルを作成可能である。この機能はCITDEGAコードへ015セクションを入力することで作動し、直接編成(DA)ファイルに格納される。DAファイルとすることにより、必要なデータを効率良く読み出すことが可能である。

#### (1) 作図用ファイルの作成

015セクションをCITDEGAコードに入力することにより、Sub. PLOTDAが呼ばれる。Sub. PLOTDAでは、総記録数512, 最大記録長1024語(1024×4バイト)のDAファイルをFT70に定義している。これらのDAファイルに対するパラメータを変更する必要がある場合にはSub. PLOTDA内の定数を変更すれば良い。必要なDD文は、

```
// FT70 F001 DD DSN=J?????. PLOT. DATA,
//          DISP= (NEW, CATLG, DELETE), UNIT=?????,
//          DCB= (RECFM=F, DSORG=DA),
//          SPAC= (TRK, (100, 50))
```

となる。

このDAファイルの内容に関する情報が、CITDEGAコードの出力としてFig. 3.2のように得られる。ここに示されている各変数の意味は以下の様である。

N ..... 1連番号  
 NPNT ..... DAファイルの記録番地  
 LENGTH ..... 記録長さ(ワード単位)  
 NCY ..... 燃焼ステップ  
 NDT ..... 記録データ内容コード(1~23)  
 NGP ..... 中性子エネルギー群番号  
 NSC ..... サブコア番号  
 NOR ..... オリフィス番号  
 JCOL ..... 熱計算チャンネル径方向メッシュ番号  
 IROW ..... 熱計算チャンネル軸方向メッシュ番号

これらの変数に対する値を定めれば、Fig. 3.2により必要な作図データの記録されたDAファイルの記録番地を求めることができる。また、Fig. 3.2と同じ情報がDAファイルの1番目のレコードとして格納されている。以下に、NDT = 1~23の内容について示す。

NDT = 1, タイトル, データサイズ,

```
TITL1(18), TITL2(18) ; タイトル
JMAX, IMAX, KMAX ; メッシュサイズ
KMAX ; エネルギー群数
LMAX, MMAX, NMAX ; 物質数, ゾーン数
```

- = 2, INNO{100} ; 入力セクション
- = 3, NGC {24} ; 入力セクション1, カード2
- = 4, NDPL{24} ; 入力セクション2, カード2
- = 5, NUAC{24} ; 入力セクション3, カード2
- = 6, X { JMAX } ; Mid point (x)
- = 7, XX { JMAX+1 } ; Inter fact (x)
- = 8, Y { IMAX } ; Mid pant (y)
- = 9, YY { IMAX+1 } ; Inter fact (y)
- = 10, Z { KBMAX } ; Mid point (z)
- = 11, ZZ { KBMAX+1 } ; Inter fact (z)
- = 12, NRGNE { JMAX, IMAX, KBMAX } ; ゾーン番号  
J=1, JMAX), I=1, IMAX), KB=1, KBMAX)
- = 13, P2E { JMAX, IMAX, KBMAX } ; Regular flux
- = 14, P2E { JMAX, IMAX, KBMAX } ; Adjoint flux
- = 15, Keff 関係
- NCY ; 燃焼サイクル
- SPARE (12) ; 燃焼日数
- XKEF1 ; 実効増倍率 Keff
- = 16, UTITL { JMAX, IMAX, KBMAX } ; Point Power
- = 20, 温度分布
- NCH ; チャネル数
- HCHAN ; チャネルの高さ
- KG ; 燃料ピンタイプ
- IZ1 ; メッシュ数
- D<sub>1</sub>~D<sub>6</sub> ; 径方向の長さ
- Z { IZ1 } ; 軸方向の長さ
- T1 { IZ1 } ; スリーブ外面温度
- T2 { IZ1 } ; スリーブ内面温度
- T3 { IZ1 } ; コンパクト外面温度
- T4 { IZ1 } ; コンパクト内面温度
- T5 { IZ1 } ; スリーブ内面温度
- T6 { IZ1 } ; スリーブ外面温度
- THO { IZ1 } ; 出口冷却材温度
- THI { IZ1 } ; 入口冷却材温度
- TMAX { IZ1 } ; 最高温度
- PO { IZ1 } ; 圧力分布
- PI { IZ1 } ; "
- TS12 { IZ1, 11 } ; 径方向温度分布 (D<sub>1</sub>~D<sub>2</sub>) 等間隔

TF 34 [ I Z 1, 11 ] ; 径方向温度分布 (D<sub>3</sub> ~ D<sub>4</sub>) 等間隔  
 TS 56 [ I Z 1, 11 ] ; " (D<sub>5</sub> ~ D<sub>6</sub>) "  
 J=1, 11), I=I Z 1)

\* 径方向のメッシュは等間隔である。

=21 核移動距離体積割合 [K, M, L]

NCH ; チャンネル数 (3角メッシュ当り)  
 KG ; 燃料ピンタイプ  
 KMS ; ΔLの間隔数  
 DMu TBL [KMS+1] ; 間隔 (ΔL) の長さ  
 δ [KMS] ; 微分スペクトラム  
 Δ [KMS] ; 積分スペクトラム

=22 Si-C層腐蝕体積割合

NCH ; チャンネル数  
 KG ; 燃料ピンタイプ  
 KSI ; ΔLの間隔数  
 DSu TBL [KSI+1] ; 間隔 (ΔL) の長さ  
 δ [KSI] ; 微分スペクトラム  
 Δ [KSI] ; 積分スペクトラム

=23 燃料温度体積割合

NCH ; チャンネルの数  
 KG ; 燃料ピンタイプ  
 KTS ; ΔTの間隔数  
 DTTBL [KTS+1] ; 温度間隔 (ΔT) の長さ  
 δ [KTS] ; 微分スペクトラム  
 Δ [KTS] ; 積分スペクトラム

(2) データの読み出し

作図用ファイルから必要なデータを読み出すプログラムがGemファイルJ 2130, CD84 PRO, FORT 77に格納されている。このプログラムに作図用のプログラムを追加することにより, 任意のデータを作図化することが可能である。このプログラムで必要とする入力データを以下に示す。

## 謝 辞

本報告書の作成にあたり種々の御助言をいただいた多目的高温ガス実験炉設計室炉心グループの皆様へ感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) T. B. Fowler, "Nuclear Reactor Core Analysis Code : CITATION", ORNL-TM-2496 (Rev. 2) (1971).
- (2) 鈴木邦彦, 「ガス冷却炉用チャンネル熱計算コード DEGA-3」 (内部資料)。

## CITDEGA 入力データ

データシーケンス情報						記 述 情 報		
セクション	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
	1	1	NDT	I	I 5	記録データ内容コード (NDT=1~23)	—	—
		2	NCY	I	I 5	燃焼ステップ	—	—
		3	NGP	I	I 5	中性子エネルギー群番号	—	—
		4	NSC	I	I 5	サブコア番号 (全サブコアの場合 0 を入力)	—	—
		5	NOR	I	I 5	オリフィス番号 (全オリフィスの場合 0 を入力)	—	—
		6	JCOL	I	I 5	熱計算チャンネル径方向メッシュ番号 (全メッシュの場合 0 を入力)		
		7	IROW	I	I 5	熱計算チャンネル軸方向メッシュ番号 (全メッシュの場合 0 を入力)		
						このカードを必要なだけ繰り返す。 最後にブランクカードを 1 枚入れておく。		

## 謝 辞

本報告書の作成にあたり種々の御助言をいただいた多目的高温ガス実験炉設計室炉心グループの皆様へ感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) T. B. Fowler, "Nuclear Reactor Core Analysis Code : CITATION", ORNL-TM-2496 (Rev. 2) (1971).
- (2) 鈴木邦彦, 「ガス冷却炉用チャンネル熱計算コード DEGA-3」 (内部資料)。

### CITDEGA 入力データ

データシーケンス情報					記 述 情 報			
セクション	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
	1	1	NDT	I	I 5	記録データ内容コード (NDT=1~23)	—	—
		2	NCY	I	I 5	燃焼ステップ	—	—
		3	NGP	I	I 5	中性子エネルギー群番号	—	—
		4	NSC	I	I 5	サブコア番号 (全サブコアの場合 0 を入力)	—	—
		5	NOR	I	I 5	オリフィス番号 (全オリフィスの場合 0 を入力)	—	—
		6	JCOL	I	I 5	熱計算チャンネル径方向メッシュ番号 (全メッシュの場合 0 を入力)		
		7	IROW	I	I 5	熱計算チャンネル軸方向メッシュ番号 (全メッシュの場合 0 を入力)		
						このカードを必要なだけ繰り返す。 最後にブランクカードを 1 枚入れておく。		

\*\*\*\*\*CITATION-DEGA OUTPUT FILE INDEX\*\*\*\*\*

ITEM	OPT	COMMENT
-1	3	INPUT AND CIT-DEGA EACH CYCLE
1	3	ITERATION DATA EACH MESH SWEEP
2	3	FINAL NUCLIDE DENSITIES
3	2	MACROSCOPIC GROUP-GROUP TRANSFER X.S.
4	2	MACROSCOPIC REACTION RATE X.S.
5	3	GROSS NEUTRON BALANCE OVER SYSTEM BY GROUP
6	0	GROSS NEUTRON BALANCE BY ZONE BY GROUP
7	3	GROSS REACTION RATE IN INDIVIDUAL NUCLIDE
8	3	NUCLIDE REACTION RATE BY ZONE CLASS
9	3	ZONE AVERAGE FLUX VALUE BY GROUP
10	0	POINT FLUX VALUES BY GROUP
11	0	---
12	3	ZONE AVERAGE POWER DENSITIES
13	3	RELATIVE POWER DENSITY TRAVERSES THROUGH PEAK
14	2	POINT POWER DENSITIES
15	0	POINT CUMULATIVE HEAT DEPOSITED IN COOLANT
16	3	POINT NEUTRON DENSITIES SUMMED OVER ENERGY
17	3	POINT NEUTRON ABSORPTION RATES IN THIS NUCLIDE
18	2	7 CHANNEL CHARACTERISTICS
19	3	EDIT SPACE POINT MAPS OF DAMAGE RATES
20	0	CONTROL FLOW CHARACTERISTICS OF DEGA CALC.
21	0	TEMPERATURE DISTRIBUTION OF CHANNEL
22	0	PEUL & GRAPHITE TEMPERATURE OF CHANNEL
23	0	HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF COOLANT
24	0	HOT SPOT ANALYSIS SYSTEMATIC TEMPERATURE
25	0	TEMPERATURE OF RADIAL COMPACT FUEL.
26	0	KERNEL MIGRATION LENGTH(K.M.L) POINT WISE.
27	717	SI-C POINT WISE.
28	0	TEMPERATURE IN COMPACT FUEL POINT WISE.

PRINT OPTION = 0 ; NON  
 = 1 ; CIT-DEGA CONVERGENCE TIMES  
 = 2 ; CIT-DEGA CONVERGENCE TIMES & 1 ITERATION TIME  
 = 3 ; CIT-DEGA ITERATION & DEGA CONVERGENCE TIMES  
 = 4 ; ITERATION EACH TIMES

<<<< CONDISION CODE OF ITERATION >>>>  
 1 CIT-DEGA CONVERGENCE 0/1 = NO/YES  
 0 DEGA CONVERGENCE 0/1 = NO/YES  
 2 CYCLE  
 1 REPEAT CYCLE  
 1 TIME STEP  
 1 REPEAT TIME STEP  
 0 FINAL 0/1 = NO/YES

Fig. 3.1 Output file index for post processor

JAERI-M 85-048

\*\*\* DIRECT ACCESS FILE DEFINED. \*\*\*

LOGICAL UNIT	70 RECORD SIZE	1024 RECORD LENGTH	512
1	3	8	3
2	5	6	4
3	4	7	4
4	7	8	4
1	5	5	3
2	4	6	3
3	2	7	3
4	7	5	4

N	NPNT	LENGTH	NCY	NDT	NGP	NSC	NOR	JCOL	IROW
1	2	43	0	1	0	0	0	0	0
2	3	100	0	2	0	0	0	0	0
3	4	24	0	3	0	0	0	0	0
4	5	24	0	4	0	0	0	0	0
5	6	24	0	5	0	0	0	0	0
6	7	8	0	6	0	0	0	0	0
7	8	9	0	7	0	0	0	0	0
8	9	4	0	8	0	0	0	0	0
9	10	5	0	9	0	0	0	0	0
10	11	11	0	10	0	0	0	0	0
11	12	12	0	11	0	0	0	0	0
12	13	352	0	12	0	0	0	0	0
13	14	352	1	13	1	0	0	0	0
14	15	352	1	13	2	0	0	0	0
15	16	352	1	13	3	0	0	0	0
16	17	352	1	13	4	0	0	0	0
17	18	3	1	15	0	0	0	0	0
18	19	352	1	16	0	0	0	0	0
19	20	415	1	20	0	1	1	8	3
23	24	415	1	20	0	1	2	5	3
27	28	64	1	21	0	1	1	8	3
31	32	64	1	21	0	1	2	5	3
35	36	64	1	21	0	0	1	0	0
36	37	64	1	21	0	0	2	0	0
37	38	64	1	21	0	1	0	0	0
38	39	64	1	21	0	0	0	0	0
39	40	64	1	22	0	1	1	8	3
43	44	64	1	22	0	1	2	5	3
47	48	64	1	22	0	0	1	0	0
48	49	64	1	22	0	0	2	0	0
49	50	64	1	22	0	1	0	0	0
50	51	64	1	22	0	0	0	0	0
51	52	64	1	23	0	1	1	8	3
55	56	64	1	23	0	1	2	5	3
59	60	64	1	23	0	0	1	0	0
60	61	64	1	23	0	0	2	0	0
61	62	64	1	23	0	1	0	0	0
62	63	64	1	23	0	0	0	0	0
63	64	352	2	13	1	0	0	0	0
64	65	352	2	13	2	0	0	0	0
65	66	352	2	13	3	0	0	0	0
66	67	352	2	13	4	0	0	0	0
67	68	3	2	15	0	0	0	0	0
68	69	352	2	16	0	0	0	0	0
69	70	415	2	20	0	1	1	8	3
73	74	415	2	20	0	1	2	5	3
77	78	64	2	21	0	1	1	8	3
81	82	64	2	21	0	1	2	5	3
85	86	64	2	21	0	0	1	0	0
86	87	64	2	21	0	0	2	0	0
87	88	64	2	21	0	1	0	0	0
88	89	64	2	21	0	0	0	0	0
89	90	64	2	22	0	1	1	8	3
93	94	64	2	22	0	1	2	5	3
97	98	64	2	22	0	0	1	0	0
98	99	64	2	22	0	0	2	0	0
99	100	64	2	22	0	1	0	0	0
100	101	64	2	22	0	0	0	0	0
101	102	64	2	23	0	1	1	8	3
105	106	64	2	23	0	1	2	5	3
109	110	64	2	23	0	0	1	0	0
110	111	64	2	23	0	0	2	0	0
111	112	64	2	23	0	1	0	0	0
112	113	64	2	23	0	0	0	0	0
113	114	1017	999	999	0	0	0	0	0

DIRECT ACCESS FILE CLOSED. \*\*\*

LOGICAL UNIT 70 TOTAL RECORDS ARE 115

Fig. 3.2 Index of Direct Access file for plotting

## 付録1 CITDEGAコードの開発過程

本コードの開発は1975年より始められ、毎年新たな改良が加えられている。以下に1984年までの開発過程を示す。

### (1) 1975年 CITATIONコードのライブラリをマクロ断面積化

三次元炉心計算コードCITATIONの燃焼計算は微視断面積を用いた方式のみが可能であり、物質毎・核種毎に別個のライブラリを持ち、燃焼による断面積変化（特に可燃性毒物）を取り入れるためには、燃焼ステップ毎にライブラリ指定をやり直す必要があるなど、その使用は必ずしも簡便ではないほか、計算機容量上の制限も生じやすい。今回、格子燃焼計算コード（例えばDELIGHT）により算出した燃焼依存の巨視断面積をライブラリ・データとして持つことにより、群定数の変化を自動的に組み入れた燃焼計算が行えるように改善した。なお、制御棒挿入・引抜きを模擬した物質指定変更も、最初の入力指定により取り換える。これらの改良により、炉心が小さく燃料装荷・反応度制御方式が比較的複雑なため、種々の特性評価を炉心体系で扱う必要性の高い本実験炉の、三次元炉心燃焼計算を従来より簡便に行うことが可能となった。

### (2) 1976年 CITATIONコードとDEGA-ELOWコードの結合

多目的高温ガス実験炉は、通常運転状態でも炉心構成物の温度領域が広く、しかも燃焼、制御棒操作、流量調節などによりその温度分布が大きく変化するので、核特性と熱特性との相関は他のガス炉には見られない程大きい。また、本炉心は燃料温度や熱流束、レイノルズ数などの熱流動特性上の制約条件が厳しいので、核特性と熱流動特性に相互フィードバックをかけながら炉心特性をワンスルーに解析できる計算コードが必要である。そのため、2次元核熱結合炉心燃焼計算コードを作成することとし、今期は核熱ワンスルー計算が可能な状態まで開発・整備した。

本コードは、核計算部分は前々開発したCITATION-MACROコード（CITATIONコードを巨視断面積による燃焼計算が可能なるよう改良したもの）を一部改良したものから成っており、定められた制御棒挿入状態の炉心反応度、出力分布などの核特性、及び、定められた流量調節（例えば、それぞれ領域毎の平均出口ガス温度、燃料最高温度、限界熱流束を等しくするなどのオプションがある。）を行った後の炉内温度分布、流量分布などの熱流動特性を、ワンスルーに解析することが可能である。

次期以降、制御棒による臨界調整の自動化や、核熱フィードバック計算などが可能なよう改良する予定である。

### (3) 1977年 核熱フィードバックループの導入

多目的高温ガス実験炉は炉心構成物の温度領域が広いうえ、燃焼、制御棒操作、流量調節などによってもその温度分布が変わるため核特性と熱特性との相関が非常に強い。さらに、燃料温度や熱流束、レイノルズ数などの熱流動特性上の制約条件も厳しく、核特性と熱流動特性相互のフィードバックを考慮する必要があり本CITATION-DEGAコードの開発を進めてきたが、今期はこの核特性および熱流動特性を相互にフィードバックした燃焼計算が可能な状態まで開発・整備した。

本コードを使用すると、任意の制御棒挿入状態の炉心の反応度や出力分布などの核特性および任意の流量調節を行った時の炉内の温度分布や流量分布などの熱流動特性について、相互のフィー



ドバックを考慮した解析が可能である。

#### (4) 1978年 全チャンネル熱計近オプションおよび各種流量調節方式の導入

3次元核熱結合炉心燃焼計算コード“CITATION-DEGA”は核熱結合計算を行うため、できるだけ計算時間の短縮をはかっている。そのために、熱計算部分では全冷却チャンネルの計算を行わず、各流量調節領域において熱設計上の制限を与えると思われる代表的な7つのチャンネル（冷却チャンネルとしての積分出力が最大のもの、2番、3番、平均、最小の各チャンネル、最大線出力をもつチャンネルおよび軸方向出力分布の歪みが最大のチャンネル）を選んで熱計算を行っている。しかし、燃料設計などの解析・評価のためには上記チャンネルだけでは不十分である。そのため、CITATION-DEGAによって磁気ファイルに出力保存された、炉心の出力分布を用いて任意のチャンネルの出力分布を取り出すプログラムを新たに作成した。今までの核熱結合計算では一つの流量調節方式についての結果しか得られないが、本改良によって複数の流量調節方式によるパラメータ計算も可能となった。

#### (5) 1980年 Version Iの完成

多目的高温ガス実験炉は、通常運転状態でも炉心構成物の温度領域が広く、しかも燃焼、制御棒操作、流量調節などによりその温度分布が大きく変化するので、核特性の相関は他のガス炉には見られない程大きい。また、本炉心は燃料温度や熱流束、レイノルズ数などの熱流動特性上の制約条件が厳しいので、核特性と熱流動特性に相互フィードバックをかけながら炉心特性を解析することが重要である。そのため、数年前から3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コードCITDEGAを開発していたが、今期Version Iが完成した。

本コードは、多群3次元炉心燃焼解析コードCITATION-MACROと単チャンネル熱計算コードDEGA-3を、それぞれ一部改良して組み込んだ核熱結合コードである。Fig. A 1(1)に、CITDEGAコードのブロックダイアグラムを示す。まず、Fig. A 1(2)に示すように断面積テーブル、領域指定、メッシュ分割などの核計算用データに加えて、熱流動計算に用いる燃料棒形状、オリフィス領域指定、流量調節方式指定など入力定数として読み込む。次いで、核計算を行い（Fig. A 1(3)参照）、収束後に各メッシュ点毎の出力分布と高速中性子照射分布を、先に読み込んで燃料チャンネル条件に従って熱計算用に編集を行う。次に、指定された流量調節方式に従って熱計算を行い、燃料温度、黒鉛温度を核計算用に編集する（Fig. A 1(4)参照）。本コードでは、核定数をマクロ断面積で扱っているが、核熱結合の繰り返し計算で与えられる物質領域平均の燃焼度、燃料温度及び黒鉛温度をパラメータとして、前もって核定数作成用コードにより算出してライブラリー化してあるマクロ断面積テーブルから内外挿を行って核定数を決定する（Fig. A 1(3)参照）。核熱結合計算の収束判定は、各メッシュ点の出力分布の相対誤差で評価している。なお、CITDEGAコードで現在取り扱える冷却材流量調節方式は、①各チャンネルとも同流量、②各オリフィス領域毎の冷却材出口平均温度を等しくする、③各オリフィス領域毎の燃料最高温度を等しくする、の3種であり、解析対象とする燃料棒型式は、中実型、中空型（内側冷却及び外側冷却）、円環型及びマルチホール型である。

CITDEGAの計算ループは、Fig. A 1(1)に示すように大きく分けて3重になっている。最外側ループはサイクルループで、燃料交換の時に使用され、収束判定を行う繰り返しサイクルループが副ループとしてある。2番目のループはステップとして使用される。最も内側のループ

は核熱結合計算ループであり、核熱結合計算のステップ内の収束判定が行なわれる。

本コードを用いることにより、任意の制御棒挿入状態の炉心の反応度、出力分布、中性子束などの核特性、及び、定められた流量調節を行った後の炉内温度分布、冷却材流量分布などの熱流動特性を、相互にフィードバックをかけながら解析することが可能である。

なお、入力指定により、本コードを核特性解析のみに用いることもできる。このとき、核計算結果を熱計算用に編集してディスク上に記憶することもできるので、これを入力データとして、複数種の指定された流量調節方式に従った熱計算を、DEGA-3の炉心版により実行することが可能である。

#### (6) 1981年 3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コードCITDEGAの開発

核熱結合計算により精度良く炉心特性を算出する計算コードCITDEGAは、前期VERS-I ON Iが完成している。今期の主要な改良点は以下の通りである。

##### 1) Xe及びSm蓄積効果の詳細考慮

本コードは格子計算により作成された少数群マクロ定数を用いて炉心計算を行う方法である。従って、Xe及びSmの蓄積効果は、格子計算の入力値である出力レベルと出力量である中性子束エネルギー分布に強く依存して定まる蓄積量を反映した、マクロ吸収断面積を用いることでのみ考慮されていた。すなわち、本コードによる炉心計算により求められた出力レベルや中性子束レベルには依存しなかった。今回、炉心計算結果の出力レベルと中性子束エネルギー分布を用いて、Xe及びSmの蓄積量を再評価し、その結果により補正されたマクロ吸収断面積を用いて、臨界計算を再度実行できるよう改良した。

マクロ吸収断面積の補正式は次の通りである。

$$\Sigma_a^i = \Sigma_{a0}^i - \Sigma_{a0}^i (Xe) \left(1 - \frac{N_{Xe}}{N_{Xe}^0}\right) - \Sigma_{a0}^i (Sm) \left(1 - \frac{N_{Sm}}{N_{Sm}^0}\right)$$

$$N_{Xe} = \sum_{i=1}^I A_0^i \phi^i \times 10^{-24} / [\lambda(^{135}Xe) + \sum_{i=1}^I \sigma_e^i(^{135}Xe) \phi^i \times 10^{-24}]$$

$$N_{Sm} = \sum_{i=1}^I F_0^i \phi^i / \sum_{i=1}^I \sigma_e^i(^{149}Sm) \phi^i$$

$$\Sigma_{a0}^i (Xe) = N_{Xe}^0 \sigma_a^i (Xe)$$

$$\Sigma_{a0}^i (Sm) = N_{Sm}^0 \sigma_a^i (Sm)$$

ここで、

$N_{Xe}$ ,  $N_{Sm}$  は $^{135}Xe$ 及び $^{149}Sm$ の原子数密度 ( $\times 10^{24} \text{ cm}^{-3}$ )

$\sigma_a^i (Xe)$ ,  $\sigma_a^i (Sm)$  は $^{135}Xe$ 及び $^{149}Sm$ のミクロ吸収断面積 (bars)

$A_0^i$ ,  $F_0^i$  は $^{135}Xe$ 及び $^{149}Sm$ の発生割合に関する指標

$\lambda(^{135}Xe)$  は $^{135}Xe$ の崩壊定数 ( $\text{sec}^{-1}$ )

$\phi^i$  は  $\Sigma_a^i = \Sigma_{a0}^i$  を用いてCITDEGAで求めた中性子束 ( $\text{cm}^{-2}, \text{sec}^{-1}$ )

なお suffix 0 はCITDEGAに入力される初期値であることを示す。

## 2) 拡散係数の異方性の導入

中性子平衡式における中性子の漏れの項は、 $D_{r,g} \Delta^2 \phi_{r,g}$  ( $r$ : 場所,  $g$ : エネルギー,  $\Delta^2$ : Laplacian geometric operator) で表わされており、場所  $r$  の代表的な拡散係数  $D_{r,g}$  を用いていた。しかし、実験炉では燃料体形状などに依存の拡散係数  $D_{r,g}^x, D_{r,g}^y, D_{r,g}^z$  を適用できるように改良した。

## 3) 流量調節に関するサブコアの導入

これまで、選択された或る1つの流量調節方式に従って全炉心の流量調節が行われた。しかし、実験炉の目的の1つである照射利用等を想定すると、流量調節を行なう指標である温度等の制限値が領域によって異なる場合がある。そこで、今回、流量調節のためのサブコアを新たに定義し、サブコアを単位に流量調節方式の指定が可能とした。すなわち、流量調節領域をサブコア毎に分類し、同じ炉心の中でもサブコア毎に異なった流量調節が行なえるようにプログラムの改良を行なった。また、炉心全流量が与えられている場合には、流量に関するサブコア間の連成が考慮される。サブコアまでの炉心流量調節計算の流れを Fig. A 2 に示す。

## 4) 流量調節方式の追加

サブコアあたりに指定できる流量調節方式は、今回新に追加した6方式を加え、次の9方式である。

- ① 各冷却チャンネルに等しく流す方式
- ② 各流量調節領域の出口平均冷却材温度を等しくする方式
- ③ 各流量調節領域の出口平均冷却材温度を指定温度とする方式
- ④ 各流量調節領域の燃料最高温度を等しくする方式
- ⑤ 各流量調節領域の燃料最高温度を指定温度とする方式
- ⑥ 各流量調節領域の最小レイノル数を等しくする方式
- ⑦ 各流量調節領域の最小レイノル数を指定値とする方式
- ⑧ 各流量調節領域の最小限界熱流束比を等しくする方式
- ⑨ 各流量調節領域の最小限界熱流束比を指定値とする方式

方式①および⑤～⑨までが今回の改良で追加された流量調節方式である。

## 5) 異種燃料チャンネルの導入

これまで、全炉心において燃料棒は同一形状として取り扱った。しかし、耐高温の新型燃料が装荷される照射炉心を想定し、異種燃料チャンネルが混在する場合も取り扱えるように改良を行なった。異種燃料の装荷は燃料要素毎に行なわれると想定されるが、計算プログラム上では燃料要素としての区別は行なわず、径方向の分割メッシュを単位として燃料チャンネルを任意に指定できる。軸方向の区分は行なわない。なお、3) で述べた流量調節サブコアの指定とは全く独立に、燃料チャンネルの指定が可能であり、同一サブコア内、さらには、同一流量調節領域内に異種燃料チャンネルが混在する場合の流量調節が可能である。

## (7) 1982年 3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コードCITDEGAの開発

核熱結合計算により精度良く炉心特性を算出する計算コードCITDEGAのVERSION・IIに対し以下のような改良を行った。

## 1) 核計算部精度向上のための修正粗メッシュ法の導入

VHTR 炉心の核熱特性を詳細に算出するため現在三角-Zメッシュの三次元モデルによる解析を本コードにより行っている。しかし計算機コア容量制限との関係からメッシュ間隔を平均自由行程と同程度まで小さくすることは困難であり、そのため竹田<sup>\*</sup>らの開発した修正粗メッシュ法を本コードに適用した。この方法によれば計算機コア容量を殆ど増加させることなくメッシュ間隔を1/2にした詳細メッシュ計算と同程度の計算精度を得ることができ、VHTR 炉心の実効増倍率や出力分布に対するメッシュ効果の改善が可能である。

修正粗メッシュ法では、各メッシュ点間に仮想点な二つのメッシュ点を導入しこれらの点で中性子バランスを考慮することによりメッシュ境界での中性子流を補正するものである。竹田らは六角-Zメッシュに対し補正式を導出しているが、CITDEGAコードへの適用のため三角-Zメッシュに対する補正式を拡散係数の異方性も考慮した形で導出した。補正の基本式は以下のものであり補正された拡散係数  $D'_g$  を用いて計算を続行する。

$$D'_g = D_g \left( 1 - \frac{2}{27} h^2 \beta_g^2 \right), \quad (1)$$

$$\beta_g^2 = \frac{1}{D_g} \left( \frac{x_g}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^G \nu \Sigma_{g'}^f \frac{\phi'_{g'}}{\phi_g} + \sum_{g'=g}^G \Sigma_{g'-g}^s \frac{\phi_{g'}}{\phi_g} - \Sigma_g^a - \Sigma_g^r \right) \quad (2)$$

ここで各記号は以下のようなものである。

- $D_g$  :  $g$  群の拡散係数 (異方性に関する表示は省略した) (cm)
- $h$  : メッシュ間隔 (cm)
- $x_g$  :  $g$  群の核分裂中性子スペクトル
- $k_{eff}$  : 実効増倍率
- $\nu$  : 核分裂当り中性子収量
- $\Sigma_g^f, \Sigma_g^a, \Sigma_g^r$  : それぞれ  $g$  群の分裂・吸収・除去断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )
- $\Sigma_{g'-g}^s$  :  $g'$  群から  $g$  群への散乱断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )
- $\phi_g$  :  $g$  群の中性子束 ( $\text{cm}^{-2}, \text{sec}^{-1}$ )

小さいサンプル問題に対し修正粗メッシュ法を適用した際の効果を Table A 1 に示す。この結果からメッシュ効果の改善が十分行われておりさらに修正粗メッシュ法を適用しないケースと比べ計算時間もあまり変わらないことがわかる。

## 2) 核計算部領域数の増加

本コードでは領域毎に群定数を割り当てるため、炉心出力分布に応じた燃焼分布を詳細に考慮する場合には多くの領域を必要とする。そのため取り扱い可能な最大領域数を 200 から 999 となるよう改良した。

## 3) 入出力型式の整備等

本コードの出力量はかなり多量であるので、各種出力は一旦ディスクへ保存し必要部分だけ

を別のジョブでラインプリンタへ出力できるように改良した。

またリスタートの機能を設けることにより計算時間を多く必要とする詳細な核熱計算も実行できるようにした。

#### 4) 領域内流量再配分効果の考慮

熱計算部分では、流量調節領域内の各冷却チャンネル流量をその圧力損失特性に依存して定める機能を追加した。その結果、異種燃料が混在する照射利用炉心の流量分布や、高出力チャンネルにおける流量減少の効果を正しく評価できるようになった。これまでは、上記流量減少による燃料温度への影響をシステムティック因子として高温点解析で考慮していたが、本機能の追加によって通常の公称温度計算に含めることができる。既存の流動調節機能と関連して、より正確に流量調節を行うことが可能となった。

#### 5) 燃料核移動臨離計算機能の追加

被覆燃料粒子の性能評価の重要なパラメータである燃料核移動距離を以下に示すような式を用いて計算し、その炉心内の体積割合を求める機能を追加した。

$$\Delta \mu (r, Z) = 200 \exp \left( -\frac{14800}{T(r, Z)} \right) \cdot \frac{1}{T(r, Z)^2} \cdot \frac{dT(r, Z)}{dr} \cdot \Delta \tau$$

ここで、

$r, Z$  : コンパクト中の径方向および軸方向位置

$T(r, Z)$  : 点  $(r, Z)$  における温度 (K)

$\frac{dT(r, Z)}{dr}$  : 点  $(r, Z)$  における温度勾配 (K/cm)

$\Delta \tau$  : 温度  $T(r, Z)$  が出現している期間 (sec)

$\Delta \mu(r, Z)$  : 点  $(r, Z)$  における  $\Delta \tau$  の期間の燃料核移動距離 ( $\mu\text{m}$ )

#### (8) 1983年 3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コードCITDEGAの開発

核熱結合計算により精度良く炉心特性を算出する計算コードCITDEGAに対し以下のような改良を行った。

##### 1) $\lambda$ モード法によるXe振動解析

VHTR炉心の核熱特性を3次元的に解析可能な本コードでさらにXe振動特性の解析も行えるよう改良した。ここではXe振動解析手法のうち線形化解析に属する $\lambda$ モード法を使用した。 $\lambda$ モード法では従来のCITDEGAコードで得られる基本モードのRegularとAdjointの中性子束分布の他に、第1次の高次モードに対するRegular及びAdjointの中性子束分布が必要となる。今回の改良ではこれら第1次高次モードを求めるための作業を行った。

VHTR炉心内の燃料濃縮度や可燃性毒物の分布さらに制御棒の位置も考慮した第1次高次モードを求めることは容易ではない。ここでは、通常の計算で得られる基本モードのRegular, Adjoint中性子束分布 $\phi_0(r)$ ,  $\phi_0^*(r)$ を用いて、各Iteration毎のソース項 $S^{(n)}(r)$ を調整して第1次高次モードのRegularとAdjoint中性子束分布 $\phi_1(r)$ ,  $\phi_1^*(r)$ を求めてゆく方法を使用した。<sup>\*</sup>

\* ) Takeda, Komano, Annals of Nuclear Energy, Vol 6. pp 65-80 (1979).

この方法で $\phi_1(r)$ を求める際には,

$$S^{(n+1)}(r) = S^{(n)}(r) - \frac{T^{(n)}}{T_0} S_0(r) \quad (1)$$

なるソース項の補正を各Outer iteration毎に行う。ここで、(n)はiterationの回数を示す。さらに,

$$T^{(n)} = \int dr S^{(n)}(r) S_0^*(r) \quad (2)$$

$$T_0 = S_0(r) S_0^*(r) \quad (3)$$

$$S_0(r) = \sum_{g=1}^G \nu \Sigma_f^g(r) \phi_0^g(r) \quad (4)$$

$$S_0^*(r) = \sum_{g=1}^G x^g \phi_0^{g*}(r) \quad (5)$$

である。記号は通常使用される場合の意味と同一である。(2)式より $T^{(n)}$ の値は $S^{(n)}(r)$ と $S_0^*(r)$ が直交関係にある時に0となるため、(1)式が収束した時に得られる中性子分布は $\phi_1(r)$ であると考えられる。 $\phi_1^*(r)$ についても同様の方法で求めている。

### 2) 流量調節領域内流量再配分

冷却チャネルの流量抵抗が流量調節領域内の各チャネルによって異なる場合、それぞれの冷却チャネルの流量は、ほぼ流動抵抗に反比例して流れる。このような効果を考慮して冷却材の再配分を行い冷却チャネルの流量を評価するよう改良を行った。

### 3) 燃料核移動距離 (KML) の計算

熱計算部で得られた各チャネル毎の温度分布を用いて、炉心の任意位置にある燃料コンパクトに対するKMLの計算を行えるよう改良した。さらにKMLに対する燃料の体積割合を求められるようにした。KMLは次式で計算されるものとした。

$$\Delta \mu(r, z) = 200 \exp\left(-\frac{14800}{T(r, z)}\right) \cdot \frac{1}{T^2} \frac{dT(r, z)}{dr} \cdot \Delta \tau \quad (6)$$

ここで、 $\Delta \mu(r, z)$  ; コンパクトの位置 (r, z) における期間  $\Delta \tau$  でのKML ( $\mu\text{m}$ )

$T(r, z)$  ; コンパクトの位置 (r, z) における温度 ( $^{\circ}\text{K}$ )

$dT(r, z)/dr$  ; コンパクトの位置 (r, z) における温度勾配 ( $^{\circ}\text{K}/\text{cm}$ )

$\Delta \tau$  ; 温度  $T(r, z)$  が発生している期間 (燃焼ステップの時間間隔に対する)

また(6)式中の温度分布 $T(r, z)$  および温度勾配 $dT(r, z)/dr$ は円環, 中空, 中実, セミピン, マルチホールの各燃料タイプ毎に異なる式を用いている。ここで、燃焼期間を通して積算された核移動距離は

$$\mu(r, z) = \sum_{i=1}^n \Delta \mu_i(r, z) \quad (7)$$

\*) Vondy, Fowler, Nuclear Science and Engineering, Vol. 83, pp. 100-111 (1983)

で示される。ただし  $n$  は燃焼ステップ総数である。

(9) 1984年 3次元核熱結合炉心燃焼特性解析コードCITDEGAの開発  
核熱結合計算により精度良く炉心特性を算出する計算コードCITDEGAに対し以下のような改良を行った。

1) 被覆燃料粒子のSiC層腐蝕体積割合の計算

SiC層のパラジウムによる腐蝕距離を温度依存の式を用いて計算し、その体積割合分布を求める機能を追加した。すなわち、円柱及び中空円筒の燃料コンパクトを軸方向及び半径方向に等分割した微小体積  $v(r_i, z_j)$  に対し、SiC層腐蝕距離  $\chi(r_i, z_j)$  を次式により求めた。

$$\chi(r_i, z_j) = \sum_k \Delta t_k(r_i, z_j) A \exp(-Q/RT) \quad (1)$$

ここで、 $k$  : 燃焼ステップ数、 $\Delta t_k$  : 燃焼ステップ  $k$  の燃焼時間 (h)、 $T$  : 燃料コンパクト温度 (K)、 $R$  : ガス定数 (8.314 J/mol K) である。また、 $n$ 、 $A$ 、 $Q$  は定数であり Table A 2 に示す 6 種類の中の 1 つを入力データにより指定する。(1) 式により、各燃料チャンネルでの SiC 層腐蝕距離を求めた後、燃料チャンネル毎、オリフィス領域毎、サブコア毎及び炉心全体に対する腐蝕体積割合を編集する。

また、同様の方法で燃料温度の体積割合に関する計算も行えるように改良した。

2) 図形処理用出力データファイルの作成

本コードは炉心の核的および熱的情報を 3 次元的に得るために使用されるので得られる情報は膨大なものとなるが、得られた情報を 2 次元および 3 次元的な図形情報に加工すれば効率よく解析結果を把握することができる。このために、CITDEGA コードで得られた解析結果を、後の図形処理に便利な形でデータファイルに保存できるように改造した。データファイルをダイレクトアクセス形式として、必要データの読み出しが容易に行えるよう配慮した。本データファイルと ARGUS 等の作図用プログラムパッケージを用いて作図を行うことができる。

## 付録 2. 熱計算部チャンネルモデル計算式

## 1. チャンネルの寸法計算

炉心構成材料の体積比，コンパクト，スリーブの厚さがわかれば，チャンネルの寸法は次式で計算される。(Fig. B 1 参照)

中実型燃料ピン

$$D = \left\{ \frac{\beta}{\alpha} \cdot d_3^2 + d_1^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

$$P = \left\{ \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot (\alpha + \beta + \gamma) \cdot d_3^2 \right\}^{1/2} \quad (2)$$

中空型燃料ピン

$$D = \left\{ \frac{\beta}{\alpha} \cdot (d_3^2 - d_4^2) + d_1^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

$$P = \left\{ \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot (\alpha + \beta + \gamma) \cdot (d_3^2 - d_4^2) \right\}^{1/2} \quad (4)$$

円環型燃料ピン

$$D = \left\{ \frac{\beta}{\alpha} \cdot (d_3^2 - d_4^2) + (d_1^2 - d_6^2) \right\}^{1/2} \quad (5)$$

$$P = \left\{ \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot (\alpha + \beta + \gamma) \cdot (d_3^2 - d_4^2) \right\}^{1/2} \quad (6)$$

単位格子の面積  $A_t$  は

$$A_t = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot P^2 \quad (7)$$

である。

流路径，流路断面積は

$$DHI = d_6 \quad (8)$$

$$DHO = D - d_1 \quad (9)$$

$$FKI = \frac{\pi}{4} \cdot d_6^2 \quad (10)$$

$$FKO = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_1^2) \quad (11)$$



## 2. 個々のセクション毎の計算

冷却材の軸方向エンタルピー分布は次式で求める。

$$\begin{aligned}
 I(z) &= I_e + \frac{1}{G} \cdot \int_{z_{HC/2}}^z qL(z) \cdot dz - \frac{1}{2} (v^2 - v_e^2) \\
 &= I_e + \frac{1}{G} \cdot \sum_{k=1}^n \left[ \frac{qL(k) - qL(k-1)}{2} \cdot \{ z(k) - z(k-1) \} \right] \\
 &\quad - \frac{1}{2} \cdot (v^2 - v_e^2)
 \end{aligned} \tag{12}$$

$v$  : 冷却材速度

$i(z)$  から、冷却材の温度分布  $\vartheta(z)$  が計算される。

そのとき、圧力損失も同時に計算される。

ヌッセルト数  $N_u$  は次式で求められる。

乱流のとき

$$N_u = \text{ANG} \cdot \text{Re}^{m_1} \cdot \text{Pr}^{m_2} \cdot \left( \frac{\theta}{T_w} \right)^{m_3} \tag{13}$$

$T_w$  : 壁温度 (°K)

$\theta$  : 冷却材混合温度 (°K)

層流のとき

$$N_u = 4.36 \text{ (熱負荷一定の式)} \tag{14}$$

ヌッセルト数から熱伝達率  $h(z)$  が求まる。

$$h(z) = \frac{k_{\text{cool}}}{de} \cdot N_u \tag{15}$$

壁温度の計算

$$t_1(z) = \vartheta(z) + \frac{qL(z) - qr(z)}{h(z) \cdot \pi \cdot d_1} \tag{16}$$

$qr(z)$  はふく射による熱流で次式で表わされる。

$$qr(z) = \frac{A_s}{\frac{1}{\varepsilon_s} + \frac{A_s}{A_B} \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_B} - 1 \right)} \sigma (T_1^4 - \theta^4) \tag{17}$$

スリーブ内面温度は

$$t_2(z) = t_1(z) + \frac{qL(z)}{2 \pi \cdot k_s} \ln \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \tag{18}$$

ギャップ熱伝達計算

$$t_3(z) = t_2(z) + \frac{qL(z) - qr(z)}{2 \pi k_g} \ln \left( \frac{d_2}{d_3} \right) \tag{19}$$

ここに、 $q_r(z)$  は、下に示すようなふく射伝熱量である。

$$q_r(z) = \frac{A_c}{\frac{1}{\varepsilon_c} + \frac{A_c}{A_s} \left( \frac{1}{\varepsilon_s} - 1 \right)} \cdot \sigma (T_3^4 - T_2^4) \quad (20)$$

円環型燃料ピンの場合も同様に計算できて、内側スリーブ表面、内面の温度をそれぞれ、 $t_6(z)$ 、 $t_5(z)$ 、 $t_4(z)$  とする。

中実型燃料ピンの中心温度と、中空燃料ピンのコンパクト内側の温度を  $t_4(z)$  とする。

燃料コンパクトでの発熱が半径方向、周方向ともに全く均一であるとして、熱伝導方程式を一次元で解けば、 $t_4(z)$  は、それぞれ次のようになる。

中実型燃料ピン

$$t_4(z) = t_3(z) + \frac{q}{16 k_c} d_3^2 \quad (21)$$

中空型燃料ピン

$$t_4(z) = t_3(z) + \frac{q}{16 k_c} \left\{ d_3^2 - d_4^2 + 2 d_4^2 \cdot \ln \left( \frac{d_4}{d_3} \right) \right\} \quad (22)$$

このときの燃料ピン最高温度は  $t_4(z)$  にあられる。

円環型燃料ピンの半径方向最高温度は  $t_3(z)$ 、 $t_4(z)$  の関数であり、次式で求まる。

$$t_m(z) = \frac{q}{16 k_c \ln \left( \frac{d_3}{d_4} \right)} \cdot \left\{ d_3^2 \ln \left( \frac{d_m}{d_4} \right) + d_4^2 \ln \left( \frac{d_3}{d_m} \right) - d_m^2 \ln \left( \frac{d_3}{d_4} \right) \right\} \\ + \frac{1}{\ln \left( \frac{d_3}{d_4} \right)} \cdot \left\{ t_3(z) \ln \left( \frac{d_m}{d_4} \right) + t_4(z) \ln \left( \frac{d_3}{d_m} \right) \right\} \quad (23)$$

ここに

$$d_m = \left[ \frac{1}{\ln(d_3/d_4)} \cdot \left\{ \frac{1}{2} (d_3^2 - d_4^2) + \frac{8 k_c}{q} (t_3(z) - t_4(z)) \right\} \right] \quad (24)$$

また内外流路に分配される熱量は次式で計算される。

$$q_{Li}(z) = \frac{q_L(z)}{2 (d_3^2 - d_4^2) \ln(d_3/d_4)} \cdot \left\{ d_3^2 - d_4^2 - 2 d_4^2 \ln(d_3/d_4) \right\} \\ + \frac{2 \pi k_c}{\ln(d_3/d_4)} (t_3 - t_4) \quad (25)$$

$$q_{Lo}(z) = \frac{-q_L(z)}{2 (d_3^2 - d_4^2) \ln(d_3/d_4)} \cdot \left\{ d_3^2 - d_4^2 - 2 d_3^2 \ln(d_3/d_4) \right\} \\ - \frac{2 \pi k_c}{\ln(d_3/d_4)} (t_3 - t_4) \quad (26)$$

### 3. 圧力損失計算

冷却材の炉心圧力損失  $\Delta P_{\text{core}}$  は、セクション毎の圧力損失  $\Delta P$  を積分して求める。

$$\Delta P_{\text{core}} = \int_0^{H_c} \Delta P \, dz \quad (27)$$

セクションにおける冷却材圧力損失計算は冷却材の温度計算と同時に行い次式で計算される。

$$\Delta P = \left( \frac{\lambda}{F_k} \right) \left\{ \frac{1}{2 \, de} \int \frac{dz}{r(z)} + \left( \frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_e} \right) \right\} \quad (28)$$

右辺の第1項は摩擦圧力損失の項で、第2項は加速圧力損失の項である。水頭差は無視している。

円環型燃料ピンの場合には内外流路の原子炉出口における冷却材圧力損失が等しくなるように、流量が配分される。

### 4. 接触熱伝達計算

○式によるスリーブの伸び、○、○、○式によるコンパクトの伸びの計算の結果、コンパクトとスリーブとが直接に接触するような場合に(19)式のギャップ熱伝達計算は使えない。固体の接触面間の熱伝達は接触面の表面の状態による影響が大きく数式的に取り扱うことは非常に困難であるが、便宜的な計算式として以下の式を用いて計算する。\*)

スリーブとコンパクトが接触した場合の接触面間の熱コンダクタンス  $h_g$  は、次式により求められる。

$$h_g = \frac{q_L}{\Delta t} = \left\{ \frac{1}{\frac{\delta_c}{k_c} + \frac{1}{h_o} + \frac{\delta_s}{k_s}} - \frac{k_g}{\delta_c + \delta_s} \right\} \cdot \frac{P_c}{H} + \frac{k_g}{\delta_c + \delta_s} \quad (29)$$

$P_c$  は次式で求める。

$$P_c = \frac{\delta}{r_2} \frac{1}{\frac{1-\nu_c}{E_c} + \frac{1}{E_s} \cdot \left( \frac{r_1^2 + r_2^2}{r_1^2 - r_2^2} + \nu_s \right)} \quad (30)$$

\*) 伝熱工学資料 p 125

## 記 号

温度についての大文字は絶対温度であることを示す。

$\alpha$	( cm )	燃料領域のコンパクト断面積比
$\beta$	( cm )	” 冷却材断面積比
$\gamma$	( cm )	” 減速材断面積比
DF	( cm )	コンパクトの厚さ
DS <sub>1</sub>	( cm )	外側スリーブの厚さ
DS <sub>6</sub>	( cm )	内側 ”
d <sub>1</sub>	( cm )	外側スリーブの外径
d <sub>2</sub>	( cm )	” 内径
d <sub>3</sub>	( cm )	コンパクトの外径
d <sub>4</sub>	( cm )	” 内径
d <sub>5</sub>	( cm )	内側スリーブの外径
d <sub>6</sub>	( cm )	” 内径
D	( cm )	単位格子の流路径
P	( cm )	燃料ピンのピッチ
A <sub>t</sub>	( cm <sup>2</sup> )	単位格子の断面積
DHI	( cm )	内側流路の等価直径
DHO	( cm )	外側流路の ”
FKI	( cm <sup>2</sup> )	内側流路の断面積
FKO	( cm )	外側流路の ”
HC	( cm )	炉心燃料領域の高さ
HBL	( cm )	上下軸方向反射体高さ
qL	( cal/m·s )	燃料ピン線出力
I	( kcal/kg )	冷却材エンタルピ
G	( g/s )	チャンネルの冷却材流量
$\vartheta$	( °C )	冷却材温度
$v$	( m/s )	冷却材速度
Nu		ヌッセルト数
ANG		(13)式の係数
T <sub>w</sub>	( °C )	壁 温 度
m <sub>1</sub>		” レイノルズ数の指数
m <sub>2</sub>		” プラントル数 ”
m <sub>3</sub>		” 温度補正項 ”
h		熱伝達係数
d <sub>e</sub>		等価直径
k <sub>cool</sub>		冷却材の熱伝導率

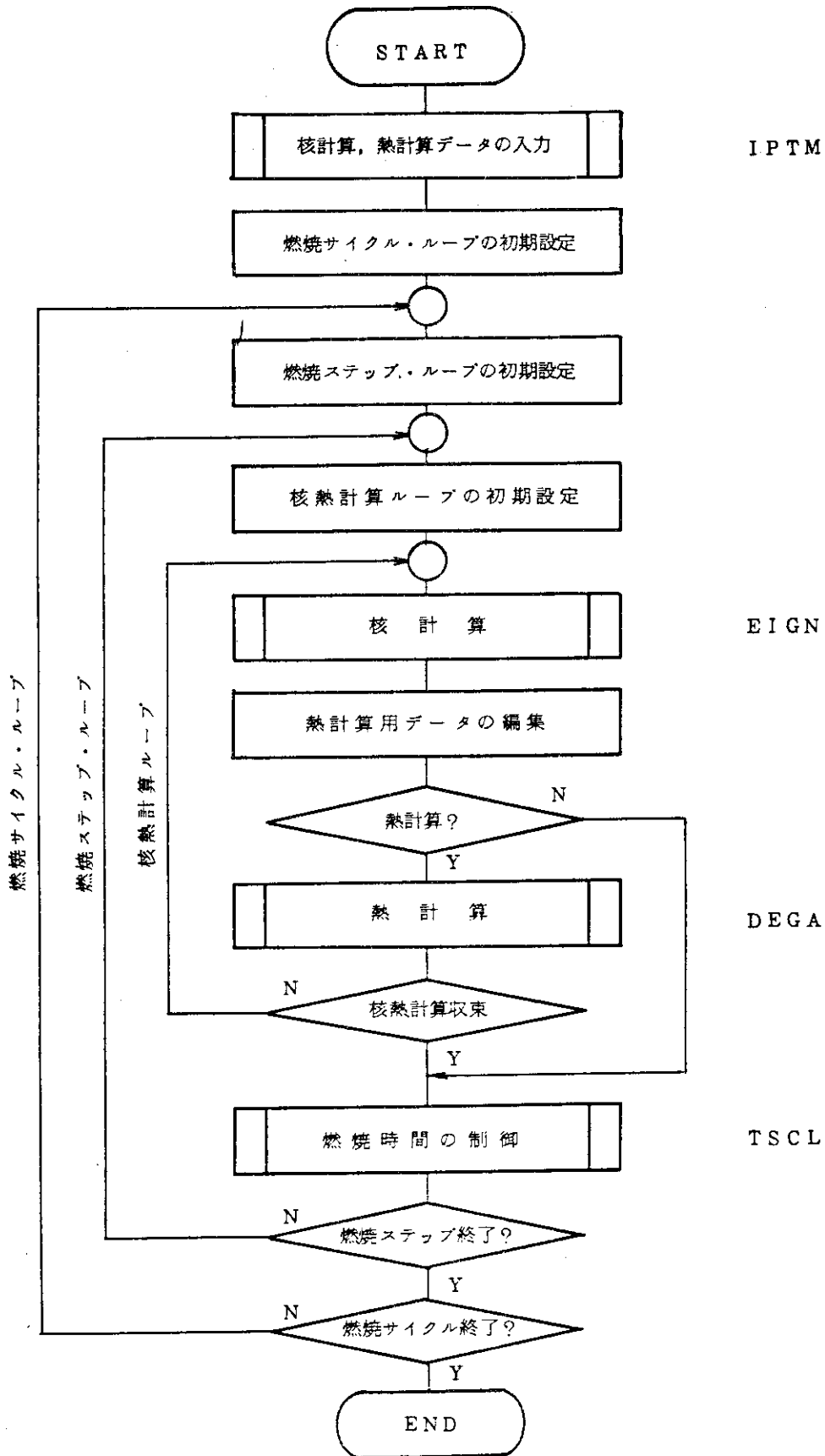


Fig. A1(1) Block diagram of the CITDEGA code.

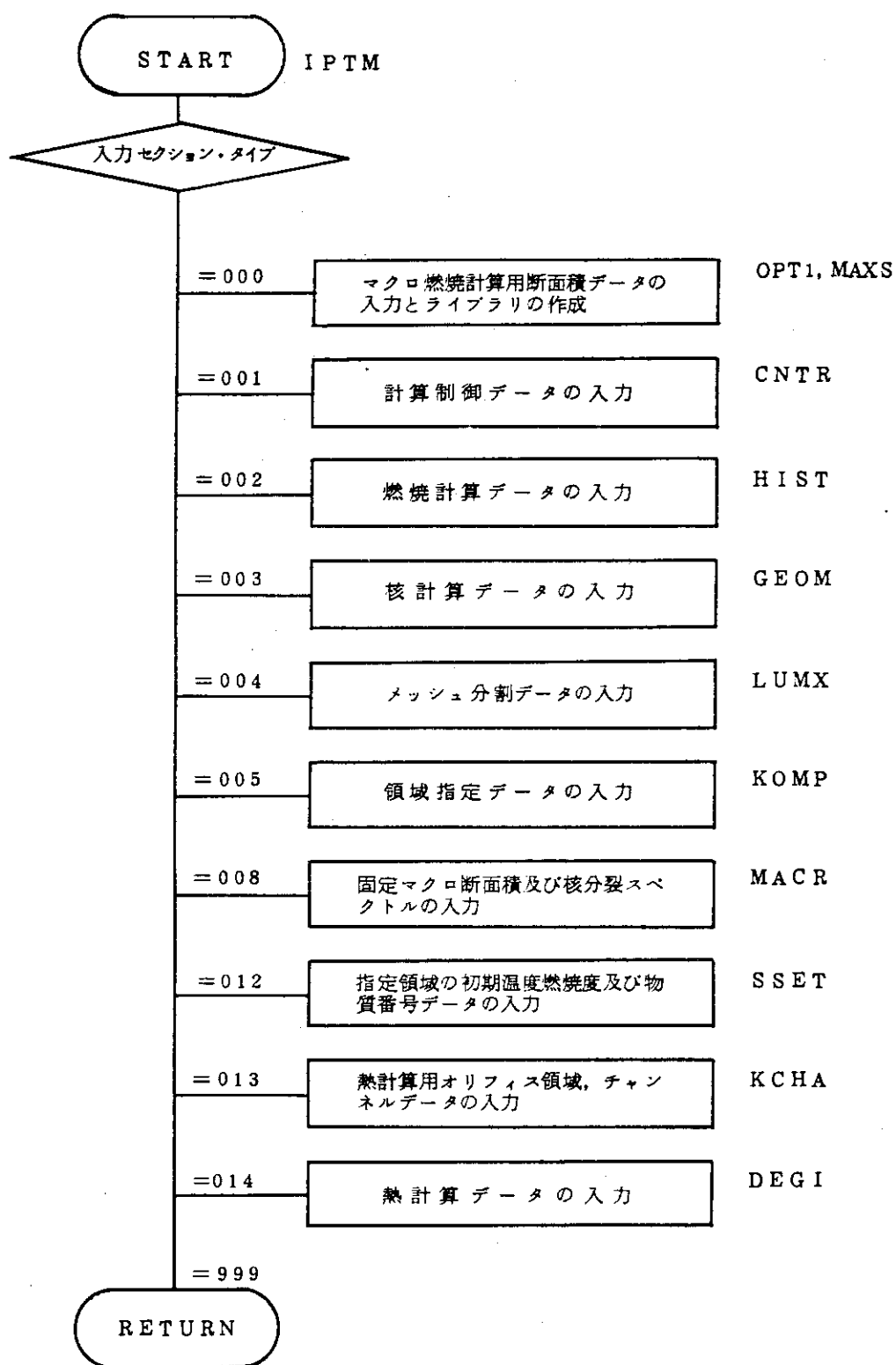


Fig. A1(2) Inputs of the CITDEGA code.

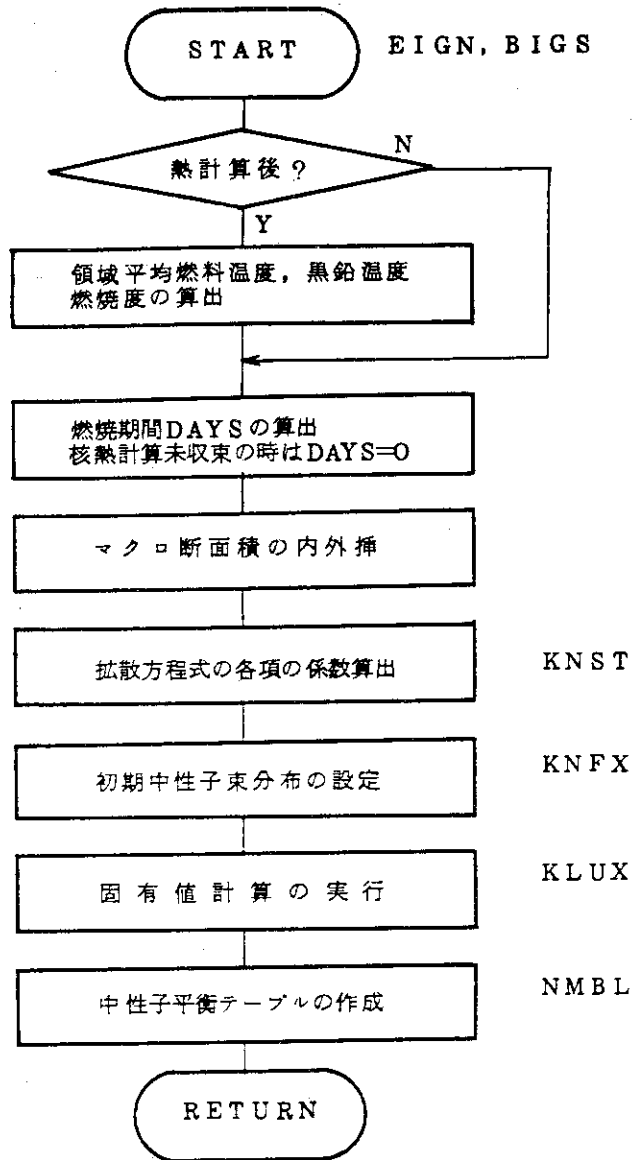


Fig. A1(3) Nuclear calculations in the CITDEGA code.

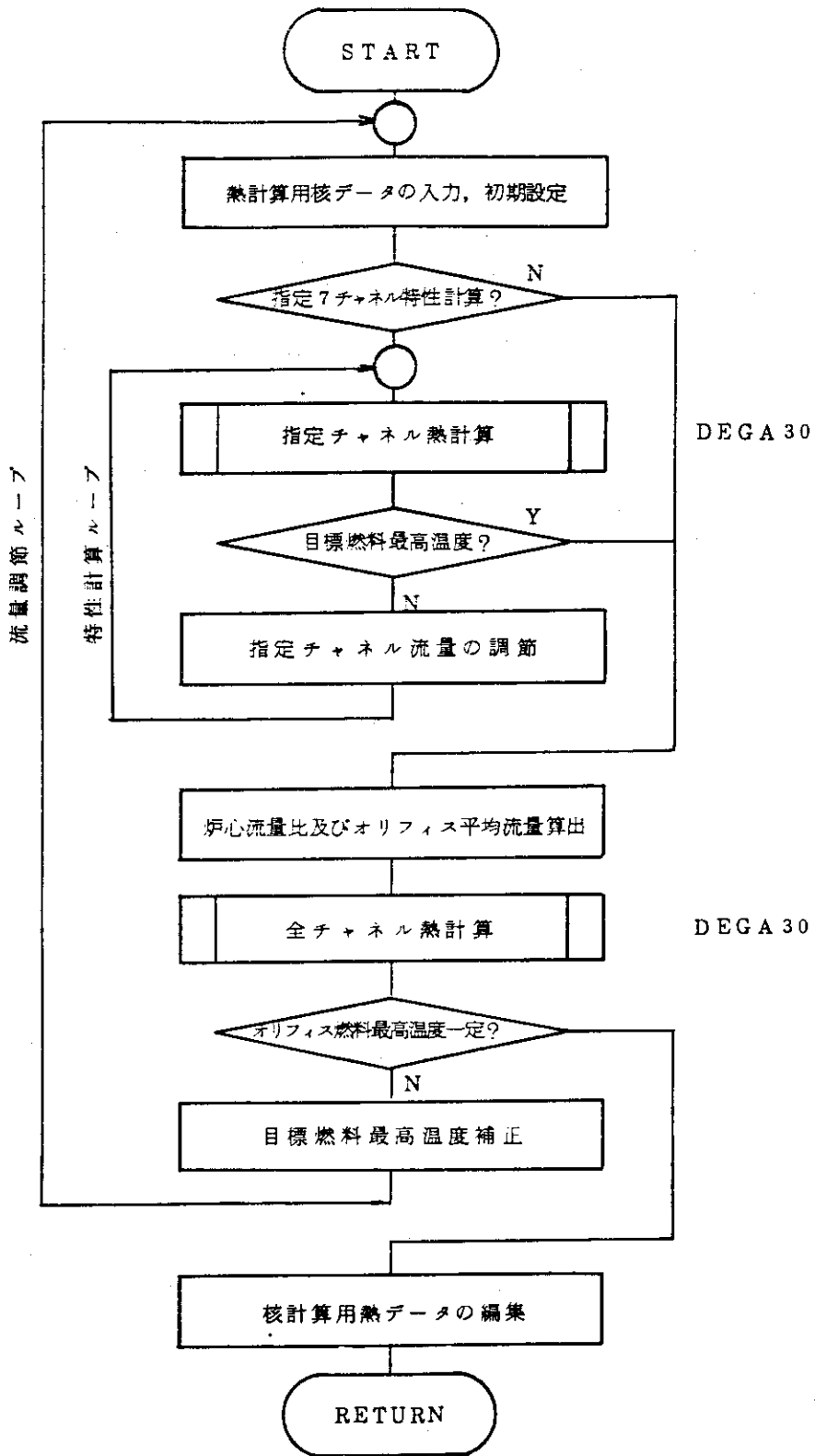


Fig. A1(4) Thermo-hydraulic calculations in the CITDEGA code.



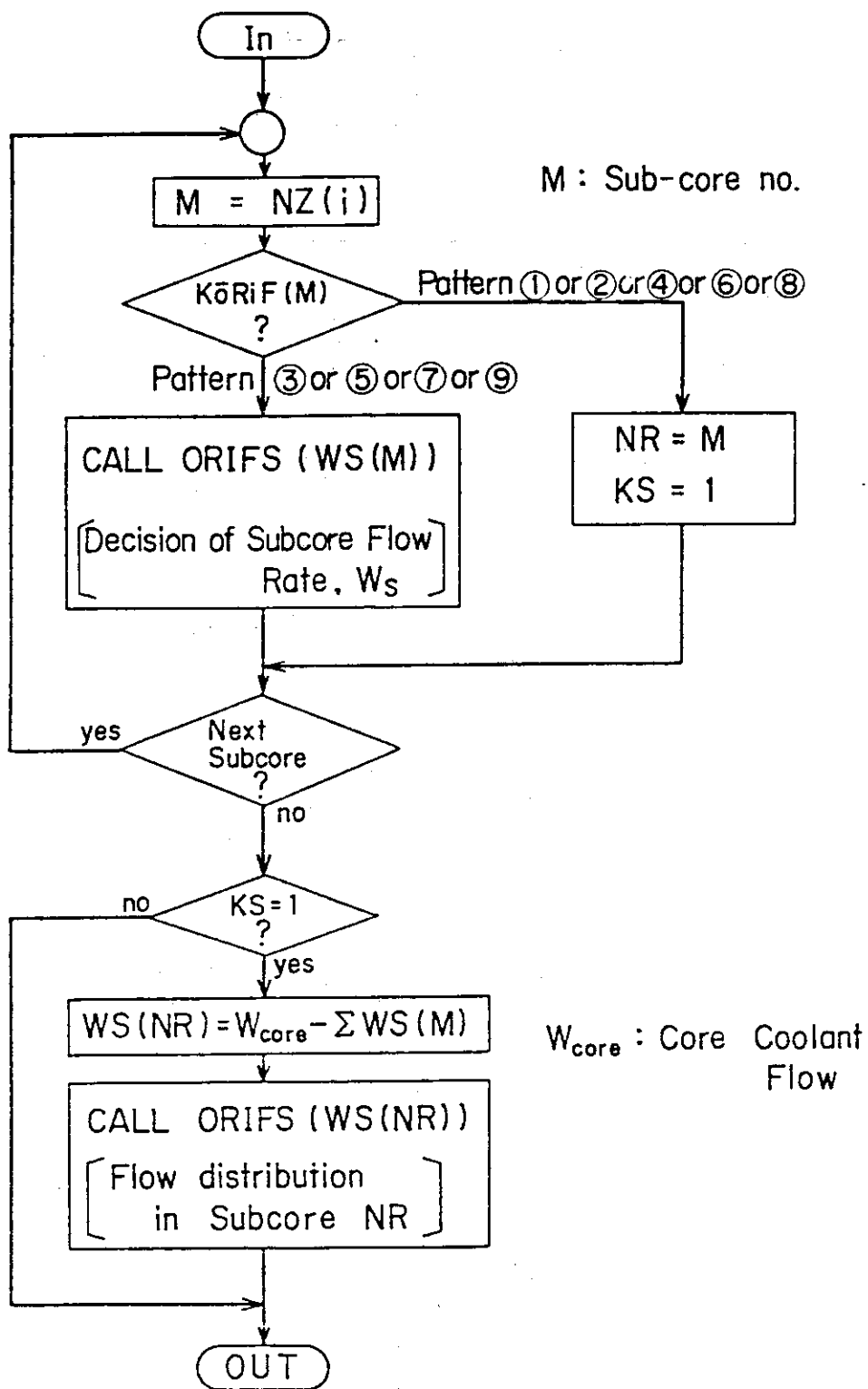


Fig.A2 Flow chart of subcore flow calculation

$k_s$	( cal/cm·s·°C )	スリーブの熱伝導率
$k_c$	( " )	コンパクトの熱伝導率
$k_g$	( " )	ギャップのヘリウムガスの熱伝導率
$A_s$	( cm <sup>2</sup> )	スリーブの単位長さ当りの外面または内面の面積
$A_c$	( " )	コンパクトの単位長さ当りの外面または内面の面積
$A_B$	( " )	外側チャンネルの単位長さ当りの燃料要素ブロックの面積
$\sigma$	( cal/cm <sup>2</sup> ·s·°C <sup>4</sup> )	ステファン・ボルツマン定数
$\epsilon_B$		燃料要素の黒鉛のふくしゃ率
$\epsilon_s$		スリーブのふくしゃ率
$\epsilon_c$		コンパクトのふくしゃ率
$qL_i$	( cal/cm·s )	内側流路に流れる燃料ピン出力
$qL_o$	( " )	外側流路 "
$q$	( cal/cm <sup>3</sup> )	コンパクトの発熱密度 ( = $qL / \frac{\pi}{4} (d_s^2 - d_i^2)$ )
$Q_{th}$	( MW )	原子炉熱出力
$Q_p$	( kW/ℓ )	炉心平均出力密度
$\gamma$	( g/cm <sup>3</sup> )	冷却材比重量
$r_i$	( cm )	スリーブまたはコンパクトの内側半径
$r_o$	( " )	" 外側半径
$\Delta P_{core}$	( kg/cm <sup>2</sup> )	炉心の冷却材圧力損失
$\Delta P$	( " )	セクションでの冷却材圧力損失
$u$	( cm )	熱膨脹による伸び
$t_1$	( °C )	外側スリーブ外面温度
$t_2$	( " )	" 内面温度
$t_3$	( " )	コンパクト外面温度
$t_4$	( " )	" 内面温度
$t_5$	( " )	内側スリーブ外面温度
$t_6$	( " )	" 内面温度
$d_m$	( cm )	円環型燃料ピンの最高温度になる点
$t_m$	( °C )	" 半径方向最高温度
$\lambda$	( )	摩擦係数
$\alpha_c$	( /°C )	コンパクトの線膨脹係数
$\alpha_s$	( /°C )	スリーブの "
$\nu_c$	( )	コンパクトのポアソン比
$\nu_s$	( )	スリーブの "
$\Delta t$	( °C )	接触面における温度差
$\delta_c$	( cm )	コンパクト表面のあらさ
$\delta_s$	( " )	スリーブ内面のあらさ
$h_o$	( cal/cm <sup>2</sup> ·s·°C )	直接接点における熱コゝダクタンス

$P_g$	( kg/cm <sup>2</sup> )	接触面おしつけ圧力
$H$	( " )	接触固体のかたさ ( Brinell No. )
$\delta$	( cm )	焼ばめ代
$E_c$	( kg/cm <sup>2</sup> )	コンパクトのヤング率
$E_s$	( " )	スリーブのヤング率

## 添 字

e	セクションの入口における値であることを示す。
a	セクションの出口における値であることを示す。
cool	冷却材に関する値であることを示す。
s	スリーブ "
c	コンパクト "
o	外側の意
i	内側の意
g	ギャップにおける値であることを示す。

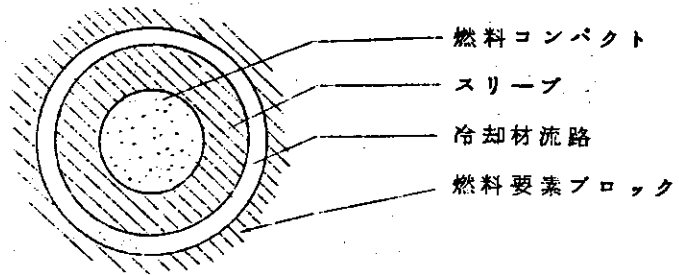
Table A 1 Effect of Improved Coarse-Mesh Method Introduced into CITDEGA Code

Case No.	Apply Improved Coarse - Mesh Method ?	No. of Meshes (Triangular-Z)	keff	CPU Time (sec)		Error of keff (%)
1	NO	8 × 4 × 5	0.77680	3.42		+ 0.74
2	YES	8 × 4 × 5	0.77111	4.47		+ 0.01
3	NO	16 × 8 × 11	0.77106	19.75		(Base Case)

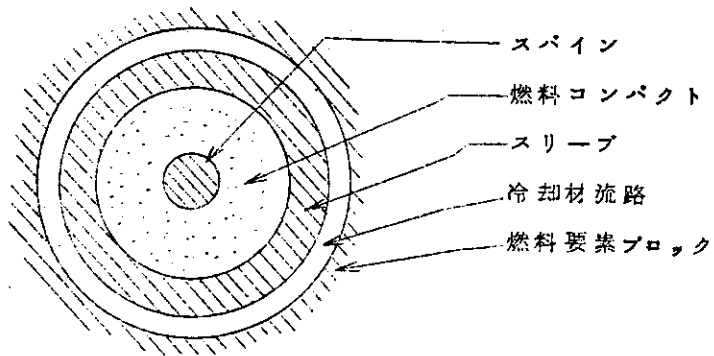
Table A 2 Values of A, Q and n for  $\chi(r_i, z_j)$  calculation

Option	Data proposed by	A ( $\mu\text{m}/\text{h}^n$ )	Q (J/mol)	n
1	Tiegs (HEU)	255.2	$1.599 \times 10^5$	1.0
2	Tiegs (all)	46.2	$1.358 \times 10^5$	1.0
3	Bongartz	1197	$1.24 \times 10^5$	0.5
4	Stansfield	2114	$1.795 \times 10^5$	1.0
5	Pearson	114.84	$1.28 \times 10^5$	1.0
6	GA	6.43	$1.08 \times 10^5$	1.0

中実型燃料ピン



中空型燃料ピン



円環型燃料ピン

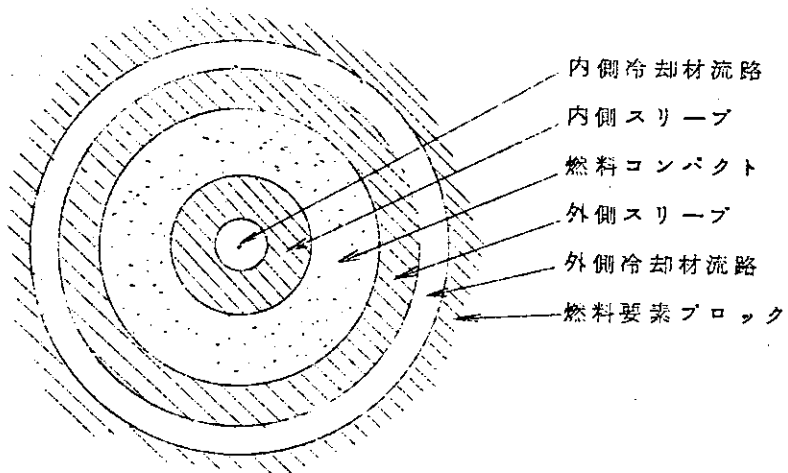


Fig. B1 燃料ピンの形状