

JAERI-M

8548

一次元少数群核熱結合燃焼計算コード  
ヘリウムガス冷却：棒状外面冷却燃料，  
球状燃料

BRIQUET1MG

1979年11月

田所 啓弘・平野 光将・安川 茂

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

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

一次元少数群核熱結合燃焼計算コード  
ヘリウムガス冷却：棒状外面冷却燃料，球状燃料  
BRIQUET1MG

日本原子力研究所 動力炉開発・安全性研究管理部  
田所啓弘・平野光将・安川 茂

(1979年10月16日受理)

本コードは，高温ガス炉で用いられる棒状外面冷却燃料および球状燃料の核熱特性を解析するために開発された一次元少数群（最大6群）核熱結合燃焼計算コードであり，核特性としては出力密度分布，高速中性子束分布，熱中性子束分布，燃焼度などを，熱特性としては燃料温度分布および圧力損失などを計算することができる。本コードの特徴は，棒状外面冷却燃料の場合には領域別燃料装荷が取り扱えること，さらに球状燃料の場合には運転時連続燃料交換が模擬でき，このときに単位体積当りの燃料重量を時間的に変化させて装荷することも許されることである。

本コードの計算時間（cpu）は，軸方向分割数45，径方向分割数8に対して1燃焼ステップ当りFACOM230/75 システムで約70秒（2群）～約300秒（6群）である。なおプログラム・ステップ数は約2500である。

One-dimensional Few-group Nuclear/Thermal coupling  
Burnup Analysis Code BRIQUETIMG  
for Helium Gas Cooled Reactors  
with Externally Cooled Fuel Rods or Pebble

Yoshihiro TADOKORO, Mitsumasa HIRANO and Shigeru YASUKAWA  
Division of Power Reactor Projects, JAERI

(Received October 16, 1979)

A computer code BRIQUETIMG, modeled by one-dimensional few-group diffusion approximation (up to 6 groups) and taking into consideration the coupling effect between nuclear and thermal performance in fuel burnup analysis, has been developed for high-temperature gas cooled reactors with externally cooled fuel rods or pebbles. The outputs for nuclear characteristics are axial power density, fast neutron flux, thermal neutron flux and burnup distributions, and for thermal characteristics fuel-temperature distribution and coolant flow pressure loss. Features of the code are the following:

- (1) in the case of externally cooled rods, fuel zone loading is possible,
- (2) in the case of pebbles, on-power-refueling is possible and periodical fuel loading of varied fuel weight per unit volume is permitted.

The running time (cpu) for 45 axial and 8 radial mesh points per burnup step is 70 sec (2 groups) ~ 300 sec (6 groups) with the FACOM-230/75 system; the number of program steps is about 2500.

Keywords: Burnup Analysis Code, Externally Cooled Rods, Pebbles, Nuclear/Thermal Coupling, High-Temperature Gas Reactor, Power Density, Neutron Flux, Fuel Temperature, Pressure Loss, One-dimensional Calculation, Few-Energy Groups.

## 目 次

1. 概 要 .....	1
2. 核 計 算 .....	4
2.1 群 定 数 .....	4
2.2 中性子平衡式 .....	5
2.3 出力分布と燃焼度 .....	6
3. 熱 計 算 .....	10
3.1 温度分布 .....	10
3.2 冷却材圧力分布 .....	13
4. 計算コード .....	15
4.1 コードの構成 .....	15
4.2 流れ図 .....	16
4.3 入力量 .....	16
4.4 出力量 .....	23
謝 辞 .....	25
参考文献 .....	25
付 録 サンプルリスト .....	29

## Contents

1. Summary .....	1
2. Nuclear calculation .....	4
2.1 Group constants .....	4
2.2 Neutron balance equation .....	5
2.3 Power distribution and burnup .....	6
3. Thermal calculation .....	10
3.1 Temperature distribution .....	10
3.2 Coolant pressure drop .....	13
4. Computer code .....	15
4.1 Program structure .....	15
4.2 Flow diagram .....	16
4.3 Input format .....	16
4.4 Output format .....	23
Acknowledgments .....	25
References .....	25
Appendix Sample list .....	29

## 1. 概 要

多目的高温ガス炉の冷却材炉心出口平均温度は1000℃を目標としているため、ホットチャンネルの燃料最高温度は被覆燃料粒子に対する許容最高温度(～1350℃)に近づくことが十分に考えられる。このことから高温に耐える被覆燃料粒子の開発が重要であるが、一方、燃料と冷却材の温度差の小さい燃料体の開発も重要である。そのための燃料体の核特性と熱特性を把握するために核熱結合計算コードの開発が必要である。

高温ガス炉の燃料体の種類を構造的に大別すると、Table 1 に示すように、棒状燃料、ブロック型燃料、および球状燃料の3種類に分けることができる。そのなかでブロック型燃料はマルチホール型とピン型に分類でき、その両方とも燃料の形状は棒状であるから、熱的に大別すると結局、棒状燃料と球状燃料の2種類に分けられる。また棒状燃料には外面冷却、内面冷却、および両面冷却の3種類の冷却方式がある。

これらの棒状、および球状燃料体の出力分布特性と燃料温度分布特性を解析する目的で、棒状外面冷却燃料と球状燃料に対しては計算コードBRIQUET1<sup>(1)</sup>が、また、棒状内面冷却と両面冷却燃料に対してはBRIQUET2<sup>(2)</sup>が開発されていた。その後、特に冷却材出口側(高温側)での反射体効果による出力分布の立ち上がりの影響が重要であることを考慮して、2群計算から少数群(最大6群)が可能なようBRIQUET1を改良するとともに、内蔵データである冷却材ヘリウムや燃料コンパクトの物性データを最新のものに更新し、更にこれまでの使用経験を生かして利用に便利なよういくつかの改良・整備を行いBRIQUET1MGを開発した。

本コードは設計コード・システム上では一次元少数群核熱結合燃焼計算コードに属し、棒状外面冷却燃料(以下、省略して棒状燃料と称する)を円柱形に、球状燃料を球形にモデル化することによって諸特性を計算することができる。また本コードの特徴は、棒状燃料の場合には、濃縮度などの異なる燃料を領域別に装荷する領域別燃料装荷が取り扱えるようになっており、指定された燃焼ステップ数を満足すれば計算を終了させることができる。球状燃料の場合には、運転時連続燃料交換が模擬できるようになっており、単位体積当りの燃料重量を時間的に変化させて装荷させることも許される。計算は指定された燃焼ステップ数を満足すれば終了する。

棒状および球状燃料の出力分布特性および燃料温度分布特性は、本コードにおいて、次に示すような計算モデルに基づいて求められる。

### (1) 群定数

- (i) 格子燃焼計算コードを用いて作成されるマクロ核断面積を半固定内蔵データとして入力する。棒状燃料の場合は、領域別燃料装荷に対応して、1つのジョブで核燃料のタイプ数を10種類までとることが可能である。
- (ii) マクロ核断面積は温度、燃焼度およびエネルギー群(最大6群)に依在する。
- (iii) 数値をテーブルの形式に与え、炉内各点の群定数はLagrangeの補間公式から任意の温度、燃焼度に対して内挿、外挿によって求められる。

## (2) 中性子平衡式

- (i) 一次元少数群拡散方程式に従うものとする。従って上方散乱も考慮される。
- (ii) 径方向バックリングは入力量として与える。
- (iii) EXPANDA-2, 4<sup>(注1)</sup>のサブルーチンEXPANDを上方散乱が可能なよう改良して使用している。

## (3) 燃焼度

- (i) 出力分布はコード内で計算されるが、出力レベルは入力値であり燃焼ステップ毎に変変とする。
- (ii) 棒状燃料の場合には、燃焼ステップ間の出力レベルおよび出力分布は時間的に変化しないものとし、ステップ初期の値をとるものと仮定して計算される。
- (iii) 球状燃料の場合には、コードの複雑性をさけるために燃焼ステップ巾を燃焼ステップ当りの燃料の移動距離と1対1の対応をさせてある。従って炉心有効高さ、軸方向分割巾数および燃料移動速度をあらかじめ与え、合理的な燃焼ステップ巾を算定しておく必要がある。燃料移動速度は余剰反応度が初期条件として与えられる値を満足するような速度として求められ、各燃焼ステップにおいて一定とする。

## (4) 伝熱流動

- (i) 冷却材のバルクの温度分布は燃料体の出力、冷却材出入口温度差および冷却材入口温度を入力量として与えることによって計算される。
- (ii) 境界膜の熱伝達率は、棒状燃料に対してDittus-Boelterの式、球状燃料に対してThodosらの整理式を用いる。
- (iii) 圧力降下は摩擦損失、加速損失、および静圧差からなるものとする。棒状燃料に関する摩擦係数はBlasiusの式、球状燃料に関する摩擦損失はCarmanの式を用いる。
- (iv) 冷却材の物性値はバルクの温度に依存するものとする。
- (v) 燃料体の伝導伝熱は径方向のみとする。熱伝導率は燃料体の温度に依存し、その径方向温度分布は三項方程式を用いて解かせる。

## (5) 物性値

- (i) ヘリウムの物性値は入力テーブルの形式に与えられ、最小二乗法によって温度の関数として求められる。
- (ii) 黒鉛の熱伝導率は入力テーブルとして与えられ、最小二乗法によって温度の関数として求められる。中性子照射による熱伝導率の低下の効果を取入れねばならないが、本コードにおいてはこれを取入れていない。
- (iii) 燃料コンパクト(被覆粒子燃料)の熱伝導率は入力テーブルとして与えられ、被覆燃料粒子の充填度<sup>(注2)</sup>と温度に対して二次式の内外挿法で求める。

(注1) 日本IBMが整備した多群1次元拡散コード。

(注2) compactsに占めるcoated particlesの体積割合のことである。熱伝導率に影響を及ぼす充填度以外のパラメータを用いて入力テーブルを作成することもできる。



## (6) 核熱結合

(i) 核熱結合特性の整合をはかるために出力分布と温度分布の反復計算を行わせる。許容誤差範囲内に出力分布が収束すれば結合計算は終了する。なお、出力分布を入力で与えることにより、核計算をスキップした熱流動計算のみも可能である。

(ii) 球状燃料の移動方向と冷却材の流れ方向の組み合わせは次の四通りが可能である。

	燃料移動方向		冷却材流れ方向	
1	上	向	上	向
2	上	向	下	向
3	下	向	上	向
4	下	向	下	向

本コードの計算時間は軸方向分割数45，径方向分割数8に対して1燃焼ステップ当り FACOM230/75システムで約70秒(2群)～約300秒(6群)である。なおプログラム・ステップ数は約2500である。

## 2. 核 計 算

### 2.1 群 定 数

群定数は単位格子を Wigner and Seitz モデルに従って置き換えられた等価格子に対して定義され、その値はあらかじめ格子燃焼計算コード DELIGHT-4<sup>(3)</sup>などで少数群(最大6群まで)に縮約して求めておき、入力量としてテーブルの形で与えられる。核特性の異なる燃料のタイプは区別して指定でき、本コードでは棒状燃料に関しては最大10組まで許される。球状燃料に関しては1組の燃料タイプしか許されないが、単位体積当りの燃料重量を時間的に変化させて装荷することが許される。群定数は温度と燃焼度に依存するため、温度Tに関しては二次式、燃焼度Bに関しても二次式で内外挿され、その結果任意の群定数に対して最低 $3 \times 3 = 9$ 個のデータが必要である。しかし反射体に対しては群定数は温度と燃焼度に依存しないものとしたためデータは1個でよい。なお炉心部における各々の群定数は $D^{(g)}$ ,  $\Sigma_a^{(g)}$ ,  $\nu\Sigma_f^{(g)}$  および  $\Sigma^{(g \rightarrow k)}$  (但し,  $g, k$  はエネルギー群で  $g, k \leq 6$ ) より構成され、反射体においては上部と下部反射体の2種類にわけられそれぞれ  $D^{(g)}$ ,  $\Sigma_a^{(g)}$  および  $\Sigma^{(g \rightarrow k)}$  (但し,  $g, k \leq 6$ ) より構成されるものとする。

群定数の内外挿方法は次に示すように Lagrange の補間公式から求められるものとする。任意の座標点(この場合は格子軸方向位置)における群定数 G.C の値を  $C(B, T)$  とすると、

$$G.C = C(B, T) \quad (1)$$

$$\text{但し, } C(B, T) = \sum_{i=0}^I A_i(B) \cdot T^i$$

$$A_i(B) = \sum_{j=0}^I U_j(i) \cdot D_j(B)$$

$$D_j(B) = \sum_{m=0}^M E_{jm} \cdot B^m$$

$$E_{jm} = \sum_{n=0}^M F_n(m) \cdot H_{jn}$$

なる関係式が得られる。ここで

$$H_{jn} = H(T_j, B_n)$$

は入力テーブルにおけるパラメータの値  $T_j, B_n$  に対応する群定数の値を示す。上式をまとめると次のようになる。

$$C(B, T) = \sum_{j=0}^I a_j \left\{ \sum_{n=0}^M C_n \cdot H_{jn} \right\} \quad (2)$$

$$\text{但し } a_j = \sum_{i=0}^I U_j(i) \cdot T^i$$

$$C_n = \sum_{m=0}^M F_n(m) \cdot B^m$$

ここで I, M は温度および燃焼度に関して内外挿するときの次数であり本コードでは I = 2, M = 2 としている。<sup>(注)</sup> 群定数が与えられたときのパラメータの値  $T_j, B_n$  を一般に  $x_i (i = 0, 1, 2), U_j(i), F_n(m)$  を  $X_\mu(\nu) (\mu = 0, 1, 2; \nu = 0, 1, 2)$  で代表することになると, パラメータ  $x_i$  が与えられたときの  $X_\mu(\nu)$  の具体的な形は次のようになる。

$X_\mu(\nu)$  :

$\mu \backslash \nu$	0	1	2
0	$\frac{1}{b_0} \cdot x_1 \cdot x_2$	$-\frac{1}{b_0} \cdot (x_1 + x_2)$	$\frac{1}{b_0}$
1	$\frac{1}{b_1} \cdot x_2 \cdot x_0$	$-\frac{1}{b_1} \cdot (x_2 + x_0)$	$\frac{1}{b_1}$
2	$\frac{1}{b_2} \cdot x_0 \cdot x_1$	$-\frac{1}{b_2} \cdot (x_0 + x_1)$	$\frac{1}{b_2}$

但し,

$$b_0 = (x_0 - x_1) \cdot (x_0 - x_2)$$

$$b_1 = (x_1 - x_2) \cdot (x_1 - x_0)$$

$$b_2 = (x_2 - x_0) \cdot (x_2 - x_1)$$

である。この  $X_\mu(\nu)$  は変数  $x$  が与えられれば最寄りの 3 点  $x_0, x_1, x_2$  より求めることができる。

## 2.2 中性子平衡式

温度 T と燃焼度 B によって定まる群定数  $C(B, T)$  を用いて, 一次元 (平板) 少数群の中性子平衡式は次のごとく表わせる。

$$-\nabla[D^{(g)}(z)\nabla\phi^{(g)}(z)] + \Sigma_T^{(g)}(z)\phi^{(g)}(z) = x^{(g)}S(z) + \sum_{k \neq g} \Sigma^{(k \rightarrow g)}(z)\phi^{(k)}(z) \quad (3)$$

ここで,  $g, k$  はエネルギー群数,  $z$  は軸方向位置を示す。

また,  $\phi^{(g)}$  ..... 第  $g$  群の中性子束

D ..... 拡散係数

$\Sigma_T$  ..... 全断面積,  $\Sigma_T^{(g)}(z) = \Sigma_a^{(g)}(z) + \Sigma_R^{(g)}(z) + D^{(g)}(z)\{B^{(g)}\}^2$

$\Sigma_a$  ..... 吸収断面積

$\Sigma_R$  ..... 除去断面積,  $\Sigma_R^{(g)}(z) = \sum_{k \neq g} \Sigma^{(g \rightarrow k)}$

$\Sigma^{(g \rightarrow k)}$  ... 第  $g$  群から第  $k$  群への散乱断面積

$\{B^{(g)}\}^2$  ... 第  $g$  群の 方向バックリング

$x^{(g)}$  ..... 第  $g$  群の核分裂中性子スペクトラル ( $\sum_g x^{(g)} = 1.0$ )

(注) I = 1, M = 1 でも計算は可能である。

$S$  …… 規格化された中性子源密度

( $\int_V S(z) dV = 1, 0$ ,  $V$  は系全体を示す),

$$S(z) = \frac{1}{\lambda} \sum_g \nu \Sigma_f^{(g)}(z) \phi^{(g)}(z)$$

$\nu$  …… 核分裂毎に発生する平均中性子数

$\Sigma_f$  …… 分裂断面積

$\lambda$  …… 実効増倍率  $k_{eff}$

(3)式を解く際の境界条件は、炉心-反射体境界においては中性子束及び中性子流は連続であり、反射体外挿距離において中性子束は零とする。従って、中性子源密度と中性子束の初期値として予想値を用いれば、(3)の拡散方程式を三項方程式にして、反復計算により中性子束分布を求めることができる。

固有値  $\lambda$  は(3)式から求められた中性子束分布を用いて、次式により得られる。

$$\lambda = \int_V G(z) dV \quad (4)$$

$$G(z) = \sum_g \nu \Sigma_f^{(g)}(z) \phi^{(g)}(z) \quad (\text{未規格中性子源密度})$$

固有値  $\lambda$  の反復回数 (j) 回目の収束判定は次に示すような条件の組合せによって行う。

$$\frac{\lambda^{(j)} - \lambda^{(j-1)}}{\lambda^{(j)}} \leq \epsilon_1, \quad \frac{\lambda_{\max}^{(j)} - \lambda_{\min}^{(j)}}{\lambda_{\max}^{(j)}} \leq \epsilon_2 \quad (5)$$

$\lambda_{\max}$ ,  $\lambda_{\min}$  の定義は

$$\lambda_{\max} = \max\{\lambda(z)\}$$

$$\lambda_{\min} = \min\{\lambda(z)\}$$

但し、

$$\lambda^{(j)}(z) = G^{(j)}(z) / S^{(j-1)}(z)$$

である。

固有値  $\lambda$  が収束しない場合は、中性子源密度  $S(z)$  を

$$S^{(j)}(z) = \frac{G^{(j)}(z)}{\lambda} + \theta \left( \frac{G^j(z)}{\lambda} - S^{(j-1)}(z) \right)$$

のごとく加速して、(3)式から再び求められた中性子束により固有値  $\lambda$  を再計算する。

## 2.3 出力分布と燃焼度

### (1) 出力分布

#### (i) 棒状燃料

$$P(z) = \sum_{g=1}^{\text{GMAX}} \alpha \cdot \Sigma_f^{(g)}(z) \cdot \phi^{(g)}(z) \quad (6)$$

但し、

$\alpha$  = 出力 / 核分裂数の変換係数

である。格子当りの軸方向積分出力を  $P_t$  とすると、 $P(z)$  は次式を満たさねばならない。

$$P_t = A \int_0^H P(z) dz \quad (7)$$

但し、 $A$  は格子断面積、 $H$  は炉心高さである。格子当り核分裂出力は入力値として与えられるため、中性子束分布および出力分布はそれぞれ格子当り核分裂出力に規格化される。なお、格子当り核分裂出力の入力値は実際の炉心での径方向出力分布が燃焼を通じて変化することに対応させるため、燃焼ステップ毎に可変としている。

## (ii) 球状燃料

球状燃料の場合は燃料が運転中に常に炉内を移動するため出力分布は時間  $t$  とともに変化する。即ち

$$P(z, t) = \sum_{g=1}^{GMAX} \alpha \cdot \Sigma_f^{(g)}(z, t) \cdot \phi^{(g)}(z, t) \quad (8)$$

初期状態  $t = 0$  のときの出力分布は

$$P(z, 0) = P(z)$$

であり、 $P(z)$  は棒状燃料の場合と同様に(6)式より求められる。格子当り核分裂出力は入力値として与えられる。

## (2) 燃 焼 度

一般に燃焼度  $B(z, t)$  と出力  $P(z, t)$  では、

$$\frac{dB(z, t)}{dt} = \frac{P(z, t)}{m(z, t)} \quad (9)$$

が成立する。但し、 $m(z, t)$  は燃料の単位体積当りの重量である。

### (i) 棒状燃料

燃料は燃焼中固定されており、1 燃焼ステップの時間巾  $dt$  において  $P(z)$  を不変とすれば

$$P(z, t) = P(z)$$

$$m(z, t) = m(z) = m$$

である。従って燃焼度は

$$B(z, t) = B(z, t - dt) + \frac{P(z)}{m} dt \quad (10)$$

となる。

### (ii) 球状燃料

燃料は燃焼中一定速度  $v$  で移動し、1 燃焼ステップの時間巾とそのときの移動距離とは 1 対 1 の対応関係にあるものとすれば、 $dz = dt \cdot v$  が成立するから燃焼度と燃料の移動速度の関係は次式で表わされる。

$$\frac{dB(z, t)}{dt} = \frac{\partial B(z, t)}{\partial t} + v \frac{\partial B(z, t)}{\partial z} = \frac{P(z, t)}{m(z, t)} \quad (11)$$

$$m(z, t) = f(z - vt) \quad (12)$$

f は単位体積当りの燃料の重量であり、

$$T = H/v \tag{13}$$

の周期を持つ周期関数とする。

初期状態  $t = 0$  のときの燃焼度  $B$  と燃料の移動速度  $v$  との関係は、燃焼度が定常状態にあるものと仮定すれば次式で表わされる。

$$v \cdot \frac{\partial B(z, 0)}{\partial z} = \frac{P(z, 0)}{m} \tag{14}$$

従って、任意の  $z \neq 0$  なる位置  $z$  における初期状態の燃焼度  $B(z, 0)$  は次式より求めることができる。

$$B(z, 0) = \frac{1}{mv} \cdot \int_0^z P(z, 0) dz \tag{15}$$

境界条件  $z = 0$  のときの燃焼度の値は新燃料または取出し燃料が再装荷されることが考えられるため、入力量として与えることにする。すなわち、

$$B(0, t) = B_0(t) \dots\dots\dots (\text{入力量}) \tag{16}$$

なお(16)式において  $z = 0$ 、(15)式において  $t = 0$  のときは次式が成立するものとする。

$$B(0, 0) = B_0(0) \dots\dots\dots (\text{入力量}) \tag{17}$$

初期状態における燃焼度が(15)、(17)式より求められれば、1 燃焼ステップ時間中  $\Delta t$  後の燃焼度は次式より求まる。

$z = 0$  のとき

$$B(0, \Delta t) = B_0(\Delta t) \dots\dots\dots (\text{入力量}) \tag{18}$$

$z = \Delta z \sim H$  のとき

$$B(z, \Delta t) = B_0(z - \Delta z, 0) + \frac{P(z - \frac{\Delta z}{2}, 0)}{m(z - \frac{\Delta z}{2}, 0)} \Delta t \tag{19}$$

任意の時刻  $t$  に対する燃焼度は、 $z = 0$  のときは(16)式、つまり入力量から定まり、 $z = \Delta z \sim H$  のときは次式より求まる。

$$B(z, t) = B_0(z - \Delta z, t - \Delta t) + \frac{P(z - \frac{\Delta z}{2}, t - \Delta t)}{m(z - \frac{\Delta z}{2}, t - \Delta t)} \Delta t \tag{20}$$

次に余剰反応度と任意の時刻  $t$  における実効増倍率  $\lambda(t)$  との関係は一般に次のように表わされる。

$$P(t) = \frac{\lambda(t) - 1}{\lambda(t)} \tag{21}$$

棒状燃料の場合は臨界調整の計算を行わずに入力量から指定された燃焼ステップ数まで計算され、余剰反応度はその度毎に(21)式より求められる。球状燃料の場合は原子炉の運転のために必要な余剰反応度  $P_0$  を入力量として与える。一方、初期状態における余剰反応度は(21)式において  $t = 0$  とすれば求まり次式で示される。

$$P(o) = \frac{\lambda(o) - 1}{\lambda(o)} \quad (22)$$

初期状態における余剰反応度  $P(o)$  は原子炉の運転のために必要な余剰反応度  $P_0$  を確保していなければならない。そこで(22)式における初期状態における実効増倍率  $\lambda(o)$  を変化させる必要があり、それに見合うように燃料移動速度  $v$  を調整して、

$$P(o) = P_0 \quad (23)$$

を定める。任意の時刻  $t$  における余剰反応度  $P(t)$  は指定された燃焼ステップ数まで(21)式を繰返し使用して求められる。そのときの燃料移動速度は初期状態のときの速度のまま一定に保たれているため、余剰反応度  $P(t)$  は燃焼ステップ毎に変化することになる。<sup>(注)</sup>

---

(注) 反応度の制御は燃料の移動速度  $v$  の調整のみならず制御棒による調整の自由度をも残している。

### 3. 熱 計 算

#### 3.1 温度分布

燃料体からの発熱量は核計算によって算出された格子内出力密度分布  $P(z)$  から直接に求められ、その大部分は冷却材温度上昇に費やされる。Table 1 に示したように円柱形または球形にモデル化された燃料体は、その外面を冷却材で除熱されるものとする。すなわち冷却材伝熱量はすべて冷却材流路断面に対して燃料コンパクト層のある内側より入熱されるものとし、外側からの入熱はないものとする。燃料体内は同心円状にいくつかの層に分けられており、それらは燃料コンパクト層、黒鉛層およびヘリウムガス層<sup>(注)</sup>から構成されるものとする。これらの層は発熱量および熱伝導率が異なり、それぞれ入力量で指定される。

##### (1) 冷却材温度分布

###### (i) 冷却材バルク温度

冷却材入口温度  $T_0$  および冷却材出入口温度上昇  $\Delta T$  を与えれば、冷却材バルク温度は次式より求められる。

$$T(z) = T_0 + \frac{A \int_0^z P(z) dz}{C_p \cdot G} \quad (24)$$

但し、 $A$  は格子断面積、 $C_p$  は冷却材の定圧比熱で温度の関数であり、 $P(z)$  は冷却材で除熱される格子内出力密度分布である。 $G$  は冷却材流量であって次式より求められる。

$$G = \frac{A \cdot \int_0^H P(z) dz}{\int_{T_0}^{T_0 + \Delta T} C_p dT} \quad (25)$$

これらの値は燃焼ステップ毎に計算され、出力分布は燃焼ステップ時間中  $\Delta t$  内においては不変とする。

###### (ii) 境膜温度差

燃料体の外表面と冷却材バルクとの温度差は境膜温度差として定義し、次式より求める。

$$\Delta T_f = C \cdot \phi_\ell \cdot \frac{\phi}{\alpha} \quad (26)$$

但し、 $C$  は種々の形状をした燃料体をモデル化する際に、冷却材伝熱面積の値が実際の燃料体における伝熱面積の値と一致しない場合が生じるための補正係数である。 $\phi_\ell$  は単位格子内に複数本の燃料ピンが存在するような燃料体を想定した場合の局所ピーキング係数である。 $\phi$  は冷

(注) 輻射伝熱は本コードでは考慮されていない。



却材伝熱面における熱流速であり、 $\alpha$ は熱伝達係数である。これらは次式で与えられる。

棒状燃料の場合

$$\phi = \frac{d}{4} q \quad (27)$$

$$\alpha = 0.023 R_e^{0.8} \cdot P_r^{0.4} \cdot \frac{\lambda_c}{D_e} \quad (28)$$

$d$  …… 燃料棒外径

$q$  …… 出力密度

$D_e$  …… 等価水力直径

球状燃料の場合

$$\phi = \frac{r_s}{3} \cdot q \quad (29)$$

$$\alpha = \frac{0.725}{R_e^{0.41} - 1.5} \cdot C_p \cdot G_m \cdot P_r^{-\frac{2}{3}} \quad (30)$$

$$R_e = \frac{2 r_s \cdot G_m}{\mu} \quad (31)$$

$$R_m = \frac{G}{\frac{1}{4} \pi D_c^2} \quad (32)$$

$r_s$  …… 燃料球半径

$q$ は円柱形または球形にモデル化された燃料体当りの出力密度であり、核計算より求められる格子当り出力密度 $P(z)$ と一般に次のような関係式が成立する。

$$q(z) = \frac{A}{A_f} \cdot P(z) \quad (33)$$

但し、 $A_f$ は燃料体の断面積であり、棒状燃料の場合は格子当り燃料棒本数を $n$ とすれば、

$$A_f = n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (34)$$

となり、球状燃料の場合は内径 $D_c$ 内に球状燃料群を装荷したときの空隙率を $\zeta$ とすれば、

$$A_f = \frac{1}{4} \pi D_c^2 \cdot (1 - \zeta) \quad (35)$$

となる。格子の断面積 $A$ は正方格子または六角格子の各格子ピッチを $l$ とすれば、それぞれ $l^2$ 、 $\frac{\sqrt{3}}{2} l^2$ となる。

## (2) 燃料体温度分布

燃料体は燃料コンパクト層、黒鉛層、およびヘリウムガス層より構成されており、それらは同心円状に種々に組合わされているものとする。軸方向および円周方向の熱の流れを無視すれば、径方向の温度分布 $T_i$ は次式より求められる。

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r^k \cdot \lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial r} \right) + \beta_i \cdot \phi_L \cdot q \cdot r^k = 0 \quad (36)$$

$$k = \begin{cases} 1 & \text{円柱形} \\ 2 & \text{球形} \end{cases}$$

$\lambda_i$  ..... 熱伝導率

$\beta_i$  ..... 出力分担係数

添字  $i$  は燃料体を構成している各層の番号である。境界条件は次のとおりである。

○ 中心層 ( $i = 1$ ) に対して

$$\left. \begin{aligned} r = 0 \text{ では } \frac{\partial T_1}{\partial r} &= 0 \\ r = r_1 \text{ では } T_1(r_1) &= T_2(r_1) \\ -\lambda_1 \left( \frac{\partial T_1(r)}{\partial r} \right)_{r=r_1} &= -\lambda_2 \left( \frac{\partial T_2(r)}{\partial r} \right)_{r=r_1} \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

○ 中心以外の層 ( $i = 2 \sim I_m - 1$ ) に対して

$$\left. \begin{aligned} r = r_i \text{ では } T_i(r_i) &= T_{i+1}(r_i) \\ -\lambda_i \left( \frac{\partial T_i(r)}{\partial r} \right)_{r=r_i} &= -\lambda_{i+1} \left( \frac{\partial T_{i+1}(r)}{\partial r} \right)_{r=r_i} \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

○ 最外層 ( $i = I_m$ ) に対して

$$r = r_m \text{ では } T_{I_m}(r_m) = T + \Delta T_f \quad (39)$$

冷却材バルク温度  $T$  および境膜温度差  $\Delta T_f$  は既知量である。  $k = 1$  の場合、  $r$  が燃料体を構成している各層の境界点とすれば、 (36) 式は次に示すような三項方程式で表わされる。

$$a(r) \cdot T_i(r-L) + b(r) \cdot T_i(r) + c(r) \cdot T_{i+1}(r+R) = d(r) \quad (40)$$

但し、

$$a(r) = \lambda_i \cdot \frac{r-L/2}{L}, \quad c(r) = \lambda_{i+1} \cdot \frac{r+R/2}{R}$$

$$b(r) = -\{ a(r) + c(r) \}$$

$$d(r) = -\frac{1}{2} \phi_L \cdot q \left[ \beta_i \left\{ r^2 - \left( r - \frac{L}{2} \right)^2 \right\} + \beta_{i+1} \left\{ \left( r + \frac{R}{2} \right)^2 - r^2 \right\} \right]$$

$L$  .....  $i$  番目の層の分割巾

$R$  ..... ( $i+1$ ) 番目の層の分割巾

$r$  が前述した境界点でなければ、添字 ( $i+1$ ) を  $i$ 、  $R$  を  $L$  に置き換えれば良い。  $r$  が零で

あれば,

$$\begin{aligned} a(0) &= 0 \\ b(0) &= -c(0) \\ c(0) &= \frac{\lambda_1}{2} \\ d(0) &= -\frac{1}{2} \phi_\ell \cdot q \cdot \beta_1 \frac{R^2}{4} \end{aligned}$$

となる。故にこの三項方程式は次に示すように解ける。

$$T_n = \alpha_n T_{n+1} + \beta_n, \quad (n = N-1, N-2, \dots, 1) \quad (41)$$

但し,

$$\begin{aligned} \alpha_n &= -\frac{c_n}{a_n \cdot \alpha_{n-1} + b_n} \\ \beta_n &= \frac{d_n - a_n \cdot \beta_{n-1}}{a_n \cdot \alpha_{n-1} + b_n} \\ \alpha_1 &= -\frac{c_1}{b_1} \\ \beta_1 &= \frac{d_1}{b_1} \end{aligned}$$

$$T_N = T + \Delta T_f$$

すなわち、 $\alpha_n, \beta_n$  を前進消去法により求め、(41)式において後代入することによって $T_n$ を求める。 $k=2$ の場合も同様にして求めることができる。但し、球状燃料群間の熱伝導は本コードでは考慮されていない。

### 3.2 冷却材圧力分布

冷却材の圧力降下は冷却材の流れ方向に沿って起こるものとし、流れに直角な面においては同様とする。それらは摩擦損失、加速損失、および静圧差よりなるものとする。冷却材の物性値は冷却材入口圧力と冷却材バルク温度より求められ、圧力降下による物性値の変化は考慮しない。

#### (1) 摩擦損失

##### (i) 棒状燃料

$$dP_f = \frac{(G/A_0)^2}{2gr} \cdot 4f \cdot \frac{dZ}{D_e} \cdot \xi \quad (42)$$

$$4f = 0.3164 R_e^{-0.25}$$

$A_0$  ..... 流路断面積

$dZ$  ..... 軸方向分割巾  
 $\xi$  ..... 補正係数

(ii) 球状燃料

$$dP_f = \frac{G_m^2}{g r} \cdot f \cdot dZ \frac{a_t}{\zeta^3} \quad (43)$$

$$f = \frac{5}{R_e} + \frac{0.4}{R_e^{0.1}}$$

$$R_e = \frac{G_m}{\mu \cdot a_t}$$

$$a_t = \frac{6(1-\zeta)}{2 r_s}$$

(2) 加速損失

$$dP_a = \frac{(G/A_0)^2}{g r} \cdot \frac{T(z) - T(z - dZ)}{\bar{T}} \quad (44)$$

$\bar{T}$  ..... 平均温度

(3) 静圧差

$$dP_h = \theta \cdot r \cdot dZ \quad (45)$$

$\theta$  ..... 冷却材流れ方向

冷却材圧力分布  $P(z)$  は、冷却材入口圧力を  $P_0$  とすれば次式より求めることができる。

$$P(z) = P_0 - \int_{z=0}^z dP$$

$$dP = dP_f + dP_a + dP_h$$

## 4. 計算コード

## 4.1 コードの構成

本コードのソース・カード枚数は約2500枚であり、使用記憶容量はFACOM 230/75において約50K wordである。使用計算コードがFACOM 230/75の場合、各サブルーチンの構成およびその機能は次に示すとおりである。

MAIN プログラムの logic flow のコントロールを行う。

SUBROUTINE 下記の18ケがある。

- INP 入力値の読み込みと書き込みを行う。
- ERROR 入力の仕方に誤りがあるかどうかを checkする。
- INIT 固定値および初期値を設定する。
- EXPAND 中性子束分布および固有値を計算する。
- REGION EXPANDに附随して使用する。
- CROSS 温度と燃焼度より群定数を求める。
- XTABL Lagrangeの内挿公式の係数を求める。
- POWER 出力の規格化を行い併せて格子当りの軸方向出力密度分布を求める。
- TEMPD 冷却材バルク温度上昇および境膜温度差を求める。
- DTJTEM 燃料要素内の温度分布を求める。
- COOLP 冷却材圧力損失の計算を行う。
- TACOEf 最小二乗法により多項式の係数を求める。
- DSLEQ 最小二乗法に関する正規方程式を解く。なお連立一次方程式の解はGSSL<sup>(注)</sup>に登録されているDCROUTより求められる。
- AVETEM 燃料コンパクトの径方向平均温度を求める。
- STBURN 球状燃料の初期状態における燃焼度を求める。
- BURNUP 燃焼が進んだ場合の棒状燃料又は球状燃料の燃焼度を求める。
- MATEL 単位体積当りの球状燃料の重量を燃焼ステップと合わせて周期的に変化させる。
- OUT 計算結果を印刷する。

FUNCTION 下記の10ケがある。

- TACXF 群定数をLagrangeの内挿公式より求める。
- TARAMR 燃料コンパクトの熱伝導率をLagrangeの内挿公式より求める。
- TARAMI 黒鉛層およびガス層などの熱伝導率を多項式より求める。
- SIMPS EXPANDに附随して使用する。
- TAGAM 冷却材の比重量を多項式より求める。

(注) 原研版科学計算用サブルーチン・ライブラリー

TACP	冷却材の定圧比熱を多項式より求める。
TAMU	冷却材の静粘性係数を多項式より求める。
TARMC	冷却材の熱伝導率を多項式より求める。
TAPR	冷却材のプラントル数を多項式より求める。
SIMPSN	Newton-Cotesの公式およびそれらを反復使用して数値積分を行う。

## 4.2 流れ図

Fig. 1 と Fig. 1 (cont.) に本コードの主な流れ図を示す。Fig. 1 は初期ステップの流れ図であり、Fig. 1 (cont.) は燃焼が進んだ場合の流れ図である。棒状燃料 ( I TYPE = 0 ) の場合は初期ステップおよび燃焼ステップの流れ図において、ともに出力分布が収束するまで反復計算が行われる。球状燃料 ( I TYPE ≠ 0 ) の場合は初期ステップにおいて出力分布反復計算の外側に更に実効増倍率反復計算を行う必要があるが、燃焼ステップにおいては出力分布反復計算だけである。

主な流れ図に使用されている記号について以下に示す。

NLOOPN	実効増倍率反復計算回数
MLOOPM	出力分布反復計算回数
POWZ (I)	出力分布
EPSP	出力分布収束許容誤差
EPSR	実効増倍率収束許容誤差
BZ (I, 1)	初期ステップの燃焼度
$\lambda$	実効増倍率
$v$	燃料移動速度
NST0	燃焼ステップ数
NT	燃焼ステップ打ち切り数
SDELTA	球状燃料における燃焼ステップ巾
DELTA	棒状燃料における燃焼ステップ巾

なお本流れ図に記されていないが、反復計算回数が打ち切り回数以上になった場合はその時点における計算結果を印刷した後でストップする。

## 4.3 入力量

入力量は TITLE CARD, CONTROL CARD および CONTROL CARD で指定される入力群から構成される。すなわち各ケースには TITLE CARD と CONTROL CARD が必要であるが、連続ケースの場合には第 2 ケース以後の入力群は前ケースと異なる入力群のみでよく、またそのときの CONTROL CARD には前ケースと異なる入力群の Card No を指定する。入力群の内容は Card No 別に説明すると次のとおりである。

### 1 オプション データ

- 2 分割点の数, 燃焼ステップ数
- 3 寸法諸元
- 4 初期値, 状態量, 定数
- 5 初期値, 状態量, 定数
- 6 反復計算に関する条件
- 7 棒状燃料または球状燃料に関するデータ
- 8 群定数テーブル, 核分裂生成物の放出率テーブル
- 9 燃料コンパクト層および各層の熱伝導率テーブル
- 10 球状燃料の単位体積当り重量, 炉心入口における燃焼度
- 11 冷却材物性値テーブル

なおBRIQUETIMGの入力形式は次のとおりである。

BRIQUETIMG 入力形式

Card No	Input symbol	Format	Notes
	TITLE	18A4	タイトル
	IOPT(1) (IOPT(I), I=2, 12) IOPT(13)	12I6, I6	0 入力を必要とするCard Noを左づめで入力 IOPT(13)=0 No check output, IOPT(13)=1 check output, IOPT(13)=N check outputをN番 のSYSOUTへ出力する。(左づめして記入しないこと)
1	NO ITYPE NTYPE ITIME IDUMP  THETA  IA	5I6, E120       I6	1 ITYPE=0 棒状燃料, ITYPE=1 球状燃料 NTYPE=0 正方格子, NTYPE=1 六角格子 (4) 出力印刷を燃焼ステップに関してITIME毎に行う (1) IDUMP=0 スキップ, IDUMP≠0 群定数をITIME 毎に印刷する。 THETA=1.0 上向流, THETA=0.0 水平流, THETA=-1.0 下向流 IA=0 熱計算のみ IA=1 核熱結合計算
2 (1)	NO1 NT NZ NP1 NP2 MEET IP IR	8I6	2 燃焼ステップ数(≤200) 軸方向mesh数(≤71) (2) 軸方向燃料-下部反射体境界点mesh番号 軸方向燃料-上部反射体境界点mesh番号 燃料コンパクト層が存在する層の番号(内側より数える) 使用する冷却材物性表の指定番号 使用する燃料コンパクト熱伝導率表の指定番号

Card No	Input symbol	Format	Notes
2 (2)	NO2 IM (II(I), I=1, IM)	6 I 6	2 層の数 ( $\leq 4$ ) [3] 各層の mesh interval 数 (内側より記入する)
2 (3)	NO3 M (MR(I), I=1, IM)	6 I 6	2 燃料コンパクトを除く層の種類の数 ( $\leq 3$ ) 各層で使用する熱伝導率表の指定番号, 但し燃料コンパクト層に対しては0を記入する。
3	NO SL H DC DE A0	I6, 5E12.0	3 格子ピッチ (cm) [4] 炉心有効高さ (cm) [2] 流路内径 (cm) I TYPE = 0 の場合は blank [4] 流路相当直径 (cm) 流路断面積 (cm <sup>2</sup> )
4 (1)	NO1 B0 TF0 RO0 ALPHA BETA0 PHAIL	I6, 6E12.0	4 燃焼度初期値 (MWD/T) 燃料平均温度仮定値 (°C) 初期状態の余剰反応度 I TYPE = 0 の場合は blank 出力/核分裂数の変換係数 (w·sec/fission) 冷却材伝熱量/格子当り核分裂出力 PHAIL = 1.0
4 (2)	NO2 PTFACT IFLAG	I6, E12.0, I6	4 格子当り核分裂出力 (w) IFLAG = 1 PTB(I)を入力する。(燃焼ステップ毎に出力レベルが変る) IFLAG = 1 PTB(I)は入力しない。
4 (3)	NO3 IMAXX IUPSCT	3 I 6	4 エネルギー群数 最大上方散乱群数
4 (4)	NO4 DB(I3) I3=1, IMAXX	I6, 6E12.0	4 径方向バックリング (cm <sup>-1</sup> )
4 (5)	NO5 CHIX(I3) I3=1, IMAXX	I6, 6E12.0	4 核分裂中性子スペクトル
4 (6)	NO6 PTB(I) I=1, NT	I6, 6E12.0/ (6X, 6E12.0)	4 [IFLAG = 1 の場合] 燃焼ステップ毎の格子当り核分裂出力 (w)



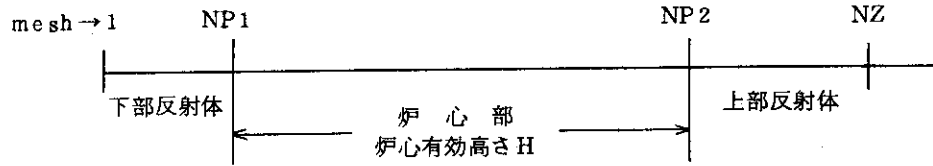
Card No.	Input symbol	Format	Notes
5 (1)	NO1 T0 RDELTA SM0 RO PC0 JFLAG	I6, 5E12.0, I6	5 冷却材入口温度 (°C) 冷却材出入口温度上昇 (°C) 単位体積当りの燃料の重量 (g/cm <sup>3</sup> ) 被覆燃料粒子の充填度 [5] 冷却材入口圧力 (kg/cm <sup>2</sup> ) JFLAG = 1 RDELTA(I) を入力する。(燃焼ステップ毎に冷却材出口温度上昇が変る) JFLAG ≠ 1 RDELTA(I) は入力しない。
5 (2)	NO2 (RDELTA(I), I=1, NT)	I6, 6E12.0	5 [ JFLAG = 1 の場合 ] 燃焼ステップ毎の冷却材出口温度上昇 (°C)
5 (3)	NO3 (BETA(I), I=1, IM)	I6, 4E12.0	5 各層の出力密度分担係数 [6]
6	NO LOOPN LOOPM EPSP EPSR	3I6, 2E12.0	6 実効増倍率反復計算打ち回数 出力分布反復計算打ち回数 出力分布収束許容誤差 実効増倍率収束許容誤差
7 (1)	NO1 NS LL DIM DELTA CCXX	3I6, 3E12.0	7 [ ITYPE = 0 の場合 ] 格子当り燃料棒本数 燃料の種類の数 燃料棒外径 (cm) 燃焼ステップ巾 (days) 冷却材伝熱面補正係数
7 (2)	NO2 (RI(I), I=1, IM)	I6, 4E12.0	7 [ ITYPE = 0 の場合 ] 各層の半径 (cm)
7 (3)	NO3 (LZ(I), I=1, (NP2-NP1))	13I6/ (6X, 12I6)	7 [ ITYPE = 0 の場合 ] 燃料の種類指定番号
7 (4)	NO4 (POWZ(I3), I3=1, NCOP)	I6, 6E12.0/ (6X, 6E12.0)	7 [ IA = 0 の場合 ] 軸方向出力分布
7 (1)	NO1 IT IRET  RIM ZETA V0 CONST	3I6, 4E12.0	7 [ ITYPE = 1 の場合 ] 燃料の種類指定番号 球状燃料群の移動方向, IRET=1 冷却材流れ方向と同方向, IRET=2 異方向 球状燃料の半径 (cm) 空隙率 球状燃料群の移動速度仮定値 (cm/day) 移動速度仮定値の修正 (cm/day)

Card No	Input symbol	Format	Notes
7 (2)	NO2 (RI(I), I=1, IM)	I6, 4E12.0	7 [ ITYPE=1 の場合 ] 球状燃料の各層の半径 (cm)
8 (1)	NO1 NTABLE NT5 NT10 (BDAT(I), I=1, NT10) (TDAT(I), I=1, NT5)	4 I 6    10E 8.0 5E 8.0	8 群定数テーブルの数または燃料の種類の数 (≤10) テーブル中の燃料コンパクト平均温度パラメータの数 (≤5) テーブル中の燃焼度パラメータの数 (≤10) テーブル中のデータに対応する燃焼度の値 (MWD/T) テーブル中のデータに対応する燃料コンパクト平均温度の値 (°C)
DO 1100	K1=1, NTABLE		燃料種類
DO 1100	K3=1, NT5		温度
DO 1100	K4=1, NT10		燃焼度
DO 1100	K2=1, IMAXXX		エネルギー群
	FCX1(K4, K3, K2, K1) FCX2(K4, K3, K2, K1) FCX3(K4, K3, K2, K1) FCX4(K4, K3, K2, K1) (FCX5(K4, K3, K2, K5, K1), K5=1, IMAXXX)	4E12.0/ 6E12.0	diffusion coefficient (cm) absorption cross section (cm <sup>-1</sup> ) nu-fission cross section (cm <sup>-1</sup> ) fission cross section (cm <sup>-1</sup> ) scattering cross section (cm <sup>-1</sup> )
1100	CONTINUE		
DO 1200	K1=1, 2		反射体上部, 下部の順
DO 1200	K2=1, IMAXXX		
	RCX1(K2, K1) RCX2(K2, K1) (RCX5(K2, K3, K1), K3=1, IMAXXX)	2E12.0/ 6E12.0	diffusion coefficient (cm) absorption cross section (cm <sup>-1</sup> ) scattering cross section (cm <sup>-1</sup> )
1200	CONTINUE		
8 (2)	NO2 NT15 NT20 (BDATB(I), I=1, NT20) (TDATT(I), I=1, NT15)	3 I 6   10E 8.0 5E 8.0	8 テーブル中の燃料コンパクト平均温度パラメータの数 (≤5) テーブル中の燃焼度パラメータの数 (≤10) テーブル中のデータに対応する燃焼度の値 (MWD/T) 但し, BDATB(I)≠0 テーブル中のデータに対応する燃料コンパクト平均温度 (°C)
DO 1300	K1=1, NT15		
	(F(K2, K1), K2=1, NT20)	10E 8.0	核分裂生成物の放出率 但し, F(K2, K1)≠0
1300	CONTINUE		

Card No	Input symbol	Format	Notes
9 (1)	NO1 NT1	2 I 6	9 燃料コンパクトを除く層の熱伝導率テーブルの数(≤3)
DO 1400 K1=1, NT1			
	(RAM(K2,K1), K2=1, 10)	10E 8.0	燃料コンパクトを除く層の熱伝導率(kcal/mh℃) (7)
1400 CONTINUE			
9 (2)	NO2 NT2	2 I 6	9 燃料コンパクト層の熱伝導率テーブルの数(≤4)
DO 1500 K1=1, NT2			
DO 1500 K2=1, 3			
	(RAMI(K3, K2, K1), K3=1, 10)	10E 8.0	燃料コンパクト層の熱伝導率(kcal/mh℃) (8)
1500 CONTINUE			
10	NO1 (SF(K2, K2=1, (NP2-NP1)) (B1(K2, K2=1, (NT+1))	I 6 10E 8.0 10E 8.0	10 [ ITYPE=1 の場合 ] 単位体積当りの燃料の重量(g/cm <sup>3</sup> ) 初期および燃焼ステップ中の炉心入口における燃焼度 (MWD/T)
11	NO NT3	2 I 6	11 冷却材物性値テーブルの数または冷却材の種類の数(≤10)
DO 1600 K1=1, NT3			
	PCONS(K1) (GAM(K2,K1), K2=1, 10) (AMU(K2,K1), K2=1, 10) (RAMC(K2,K1), K2=1, 10) (CP (K2,K1), K2=1, 10) (PR (K2,K1), K2=1, 10)	E 8.0 10E 8.0 10E 8.0 10E 8.0 10E 8.0 10E 8.0	テーブル中のデータに対応する冷却材圧力の値(kg/cm <sup>2</sup> ) 比重量(kg/m <sup>3</sup> ) (9) 静粘性係数(g/cm·sec) 熱伝導率(kcal/mh℃) 定圧比熱(kcal/kg℃) プラント数
1600 CONTINUE			

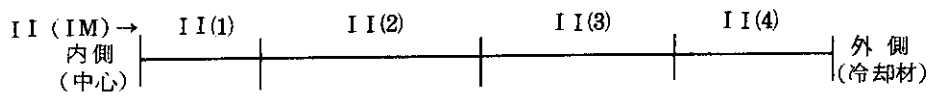
BRIQUETIMG入力形式において、更に説明を必要とする項目について以下に示す。

- (1) ITIME=1とすれば全ステップの計算結果を印刷する。ITIME=2とすれば1, 3, 5, 7……ステップの順で印刷する。
- (2) NZ, NP1, NP2の関係について  
1~NZ間は等分割である。



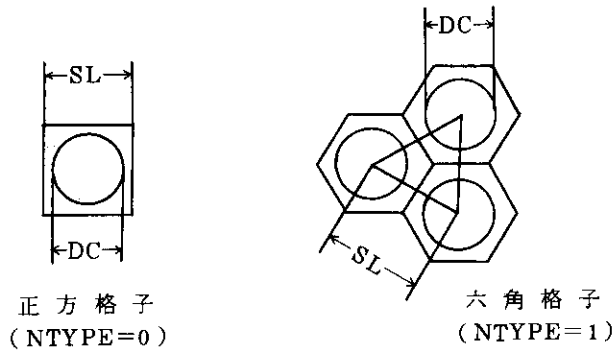
但し、 $NP2 - NP1 \leq 50$ 。

- (3) IM, II(I)の関係について



但し、 $II(1) + II(2) + II(3) + II(4) \leq 14$ 。

- (4) 格子ピッチと流路内径について



- (5) 燃料コンパクトの熱伝導率はボンディングの形態およびコンパクトの成型法によって異なるため、テーブルの作成に関しては燃料温度の他にこれらのパラメータを別に設ける必要がある。パラメータの一例として燃料コンパクトに占める被覆燃料粒子の体積割合としての被覆燃料粒子の充填度が考えられる。

$$(6) \sum_{I=1}^{I=IM} \{q(I) \cdot V(I)\} = q \cdot V, \quad q(I) = \beta(I) \cdot q,$$

- $\beta(I)$  各層の出力密度分担係数
- $V(I)$  各層の体積 ( $\text{cm}^3$ )
- $q(I)$  各層の出力密度 ( $\text{w}/\text{cm}^3$ )
- $q$  燃料要素当りの出力密度 ( $\text{w}/\text{cm}^3$ )
- $V$  燃料要素体積 ( $\text{cm}^3$ )

- (7) 燃料コンパクトを除く各層の熱伝導率の値は200℃から200℃おきに2000℃までの温度に対応して10点記入される。

- 〔8〕 燃料コンパクト層の熱伝導率の値は、先ず初めにパラメータ（例えば被覆燃料粒子の充填度）を記入し、その後200℃から200℃おきに1800℃までの温度に対応して9点記入される。なおパラメータは3点であり、Card No 5 (1)のROと同一内容のものとする。
- 〔9〕 冷却材の物性値は100℃から100℃おきに1000℃までの温度に対応して圧力一定の条件で10点記入される。

#### 4.4 出力量

出力量は入力量の印刷と計算結果の印刷から構成される。入力値の印刷は入力群毎にデータおよびテーブルなどがすべて印刷される。またここで使用されている記号はInput Symbolと同一であるため説明を省略する。計算結果の印刷は1ステップ当り2群計算の場合3頁あり、全ステップに対してITIME毎に印刷される。

##### (1) 1頁目

###### (i) 格子当り印刷

PT 冷却材伝熱量 (w)  
 RO 余剰反応度  
 V 燃料移動速度 (cm/day)  
 G 冷却材流量 (kg/hr)

###### (ii) 軸方向 mesh 毎に印刷

N 軸方向 mesh 点  
 Z 炉心入口からの距離 (cm)  
 POWER 格子当り出力密度 (w/cm<sup>3</sup>)  
 TF 燃料コンパクト平均温度 (°C)  
 TEMP 冷却材バルク温度 (°C)  
 TFR(IM+1) 燃料要素の壁温 (°C)  
 ..... } 燃料要素内各層の境界における温度 (°C)  
 TFR(2) }  
 TFR(1) 燃料要素の中心温度 (°C)  
 RE2 レイノルズ

###### (iii) 径方向 mesh 毎に印刷

##### MAXIMUM FUEL TEMP

燃料ミートの最高温度点に関して軸方向3点、径方向全点にわたって燃料要素の温度分布を印刷する。

##### (2) 2頁目

###### 軸方向 mesh 毎に印刷

N 軸方向 mesh 点  
 Z 炉心入口からの距離 (cm)

B 燃烧度 (MWD/T)  
 PC 冷却材圧力 (kg/cm<sup>2</sup>)  
 R/B 核分裂生成物の放出率  
 FLUX(I)(REF) 反射体部第 I 群中性子束 (cm<sup>-2</sup>·sec<sup>-1</sup>)  
 FLUX(I)(CORE) 炉心部第 I 群中性子束 (cm<sup>-2</sup>·sec<sup>-1</sup>)  
 SQZ 燃料要素当り出力密度 (w/cm<sup>3</sup>)

(3) 3 頁目 ( I DUMP = 0 のときのみ出力 )

軸方向 mesh interval 毎に印刷

MACRO CROSS. SECTION

N+1/2 軸方向 mesh interval  
 DIFF(I) 第 I 群の拡散係数 (cm)  
 SIGA(I) 第 I 群の吸収断面積 (cm<sup>-1</sup>)  
 SIGFNU(I) 第 I 群の分裂利得断面積 (cm<sup>-1</sup>)  
 SIGF(I) 第 I 群の分裂断面積 (cm<sup>-1</sup>)  
 SIGIN(I, J) 第 I 群から第 J 群への散乱断面積 (cm<sup>-1</sup>)

なお、付録 1 に Sample Output を示す。

## 謝 辞

本コードのOriginal版(BRIQUET1)のプログラミングは日本アイ・ビー・エム株式会社の杉 尚明氏によって行われ、多群化の際は同じく金木 弘氏にお世話になった。また、半固定内蔵データである冷却材および燃料コンパクトの物性データの更新では多目的炉設計研究室の鈴木邦彦氏および佐藤貞夫氏の協力を得ました。これらの方々に深甚なる謝意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) 田所啓弘，安川 茂；一次元核熱結合燃焼計算コード（棒状燃料，球状燃料）  
BRIQUET1（未公開資料）（1973）
- (2) 田所啓弘；一次元核熱結合燃焼計算コード（単環燃料） BRIQUET2（未公開資料）  
（1973）
- (3) 新藤隆一，平野光将，南 多善；高温ガス冷却炉・格子燃焼計算コード DELIGHT-  
4 JAERI-M 8097（1979）

## 謝 辞

本コードのOriginal版(BRIQUET1)のプログラミングは日本アイ・ピー・エム株式会社の杉 尚明氏によって行われ、多群化の際は同じく金木 弘氏にお世話になった。また、半固定内蔵データである冷却材および燃料コンパクトの物性データの更新では多目的炉設計研究室の鈴木邦彦氏および佐藤貞夫氏の協力を得ました。これらの方々に深甚なる謝意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) 田所啓弘，安川 茂；一次元核熱結合燃焼計算コード（棒状燃料，球状燃料）  
BRIQUET1（未公開資料）（1973）
- (2) 田所啓弘；一次元核熱結合燃焼計算コード（単環燃料） BRIQUET2（未公開資料）  
（1973）
- (3) 新藤隆一，平野光将，南 多善；高温ガス冷却炉・格子燃焼計算コード DELIGHT-  
4 JAERI-M 8097（1979）



Table 1 Design type of graphite fuel elements

Fuel type from a structural point of view (Reactor name)		Model	Fuel type from a thermal point of view (Code name)
Rod (Dragon Peach Bottom)		Cylinder	Externally cooled rod (BRIQUET1MG)
Block	Multihole type (Fort St. Vrain)		
	Pin-in-block (VHTR)		
		Hollow	
	Annular	Annular	Bilaterally cooled rod (BRIQUET2) ----- Internally cooled rod
Pebble (AVR THTR)		Sphere	Pebble (BRIQUET1MG)

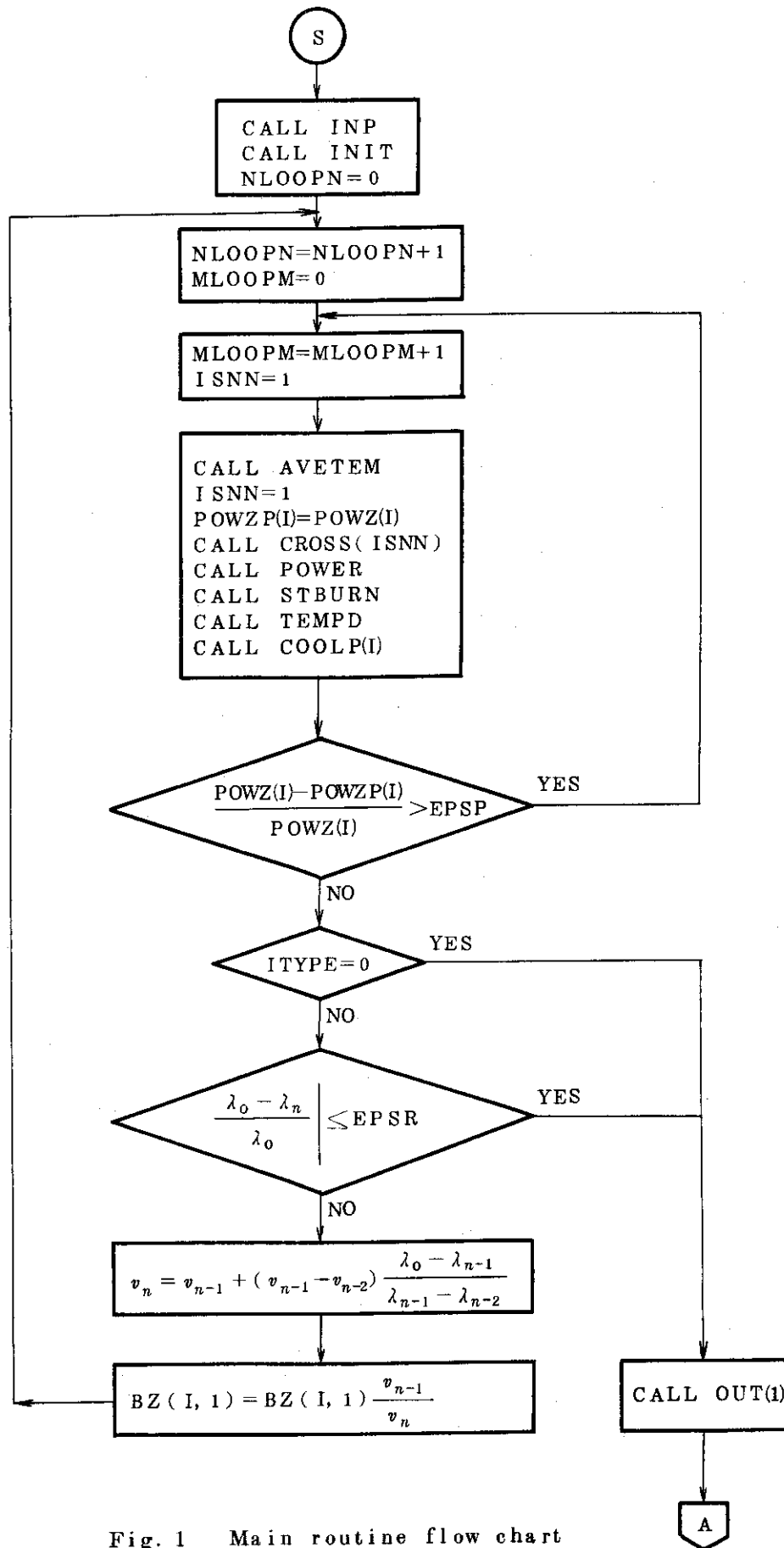


Fig. 1 Main routine flow chart

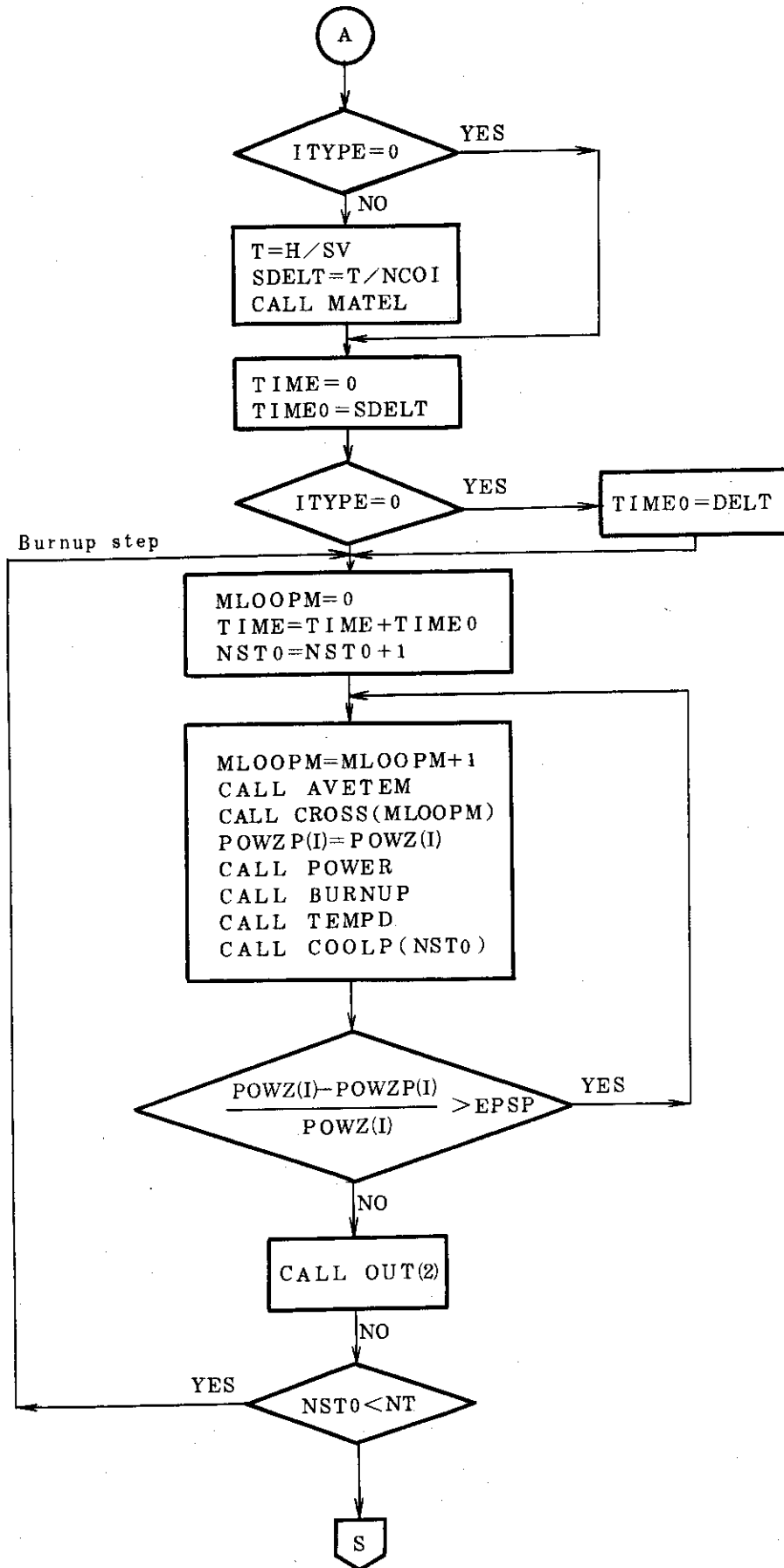


Fig. 1 (cont.) Main routine flow chart



* MACRO CROSS SECTION TABLE NO. 1 *											
IF	0.0	B	2.0000E-02	1.0050E-03	5.0390E-03	1.0052E-04	2.0024E-04	2.9888E-04	3.9888E-04	4.9794E-04	5.9685E-04
DIFFUSION COEF.											
600.0	1.1415E-00	1.1414E-00	1.1414E-00	1.1411E-00	1.1413E-00	1.1412E-00	1.1411E-00	1.1410E-00	1.1410E-00	1.1410E-00	1.1409E-00
1200.0	1.1419E-00	1.1419E-00	1.1419E-00	1.1416E-00	1.1418E-00	1.1417E-00	1.1416E-00	1.1416E-00	1.1415E-00	1.1415E-00	1.1415E-00
600.0	9.9068E-01	9.8986E-01	9.8986E-01	9.5025E-01	9.8978E-01	9.8939E-01	9.8866E-01	9.8792E-01	9.8787E-01	9.8799E-01	9.8799E-01
1200.0	9.8934E-01	9.8866E-01	9.8889E-01	9.8798E-01	9.8751E-01	9.8642E-01	9.8571E-01	9.8531E-01	9.8517E-01	9.8522E-01	9.8522E-01
ABSORPTION											
600.0	1.2472E-03	1.2466E-03	1.2444E-03	1.2319E-03	1.2192E-03	1.1943E-03	1.1728E-03	1.1542E-03	1.1378E-03	1.1231E-03	1.1231E-03
1200.0	1.3192E-03	1.3188E-03	1.3165E-03	1.3047E-03	1.2930E-03	1.2714E-03	1.2538E-03	1.2389E-03	1.2259E-03	1.2139E-03	1.2139E-03
600.0	5.1200E-03	5.4007E-03	5.4090E-03	5.6119E-03	5.7948E-03	6.0555E-03	6.1879E-03	6.2146E-03	6.1514E-03	6.0133E-03	6.0133E-03
1200.0	4.0797E-03	4.3099E-03	4.3695E-03	4.7396E-03	5.0571E-03	5.5398E-03	5.8418E-03	6.0070E-03	6.0618E-03	6.0276E-03	6.0276E-03
NU*FISSION											
600.0	5.6753E-04	5.6642E-04	5.6215E-04	5.4024E-04	5.1391E-04	4.6434E-04	4.2020E-04	3.8051E-04	3.4461E-04	3.0981E-04	3.0981E-04
1200.0	5.6451E-04	5.6347E-04	5.5945E-04	5.3861E-04	5.1404E-04	4.7010E-04	4.3289E-04	3.9997E-04	3.6946E-04	3.4026E-04	3.4026E-04
600.0	9.4844E-03	9.4665E-03	9.4575E-03	9.6575E-03	9.7369E-03	9.6726E-03	9.4367E-03	9.1028E-03	8.6948E-03	8.2241E-03	8.2241E-03
1200.0	7.5060E-03	7.5244E-03	7.6058E-03	8.0742E-03	8.3426E-03	8.6107E-03	8.6700E-03	8.6082E-03	8.4489E-03	8.2041E-03	8.2041E-03
FISSION											
600.0	2.3205E-04	2.3154E-04	2.2959E-04	2.1973E-04	2.0801E-04	1.8607E-04	1.6654E-04	1.4902E-04	1.3305E-04	1.1831E-04	1.1831E-04
1200.0	2.3080E-04	2.3032E-04	2.2846E-04	2.1901E-04	2.0799E-04	1.8826E-04	1.7141E-04	1.5652E-04	1.4289E-04	1.3013E-04	1.3013E-04
600.0	3.9031E-03	3.8927E-03	3.8771E-03	3.9076E-03	3.8893E-03	3.7869E-03	3.6346E-03	3.4564E-03	3.2599E-03	3.0489E-03	3.0489E-03
1200.0	3.0889E-03	3.0927E-03	3.1115E-03	3.2436E-03	3.2993E-03	3.3302E-03	3.2572E-03	3.2292E-03	3.1334E-03	3.0134E-03	3.0134E-03
SCATTERING											
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	2.5594E-03	2.5587E-03	2.5615E-03	2.5632E-03	2.5801E-03	2.5983E-03	2.6135E-03	2.6265E-03	2.6376E-03	2.6474E-03	2.6474E-03
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	2.7051E-03	2.6961E-03	2.7067E-03	2.6933E-03	2.7229E-03	2.7370E-03	2.7481E-03	2.7575E-03	2.7657E-03	2.7734E-03	2.7734E-03
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

* MACRO CROSS SECTION TABLE NO. 2 *												
TF	0.0	2.0000E-02	1.0050E-03	5.0390E-03	1.0052E-04	2.0024E-04	2.9965E-04	3.9888E-04	4.5794E-04	5.5685E-04		
B												
DIFFUSION COEF.												
600.0	1.1407E-00	1.1407E-00	1.1407E-00	1.1404E-00	1.1406E-00	1.1405E-00	1.1405E-00	1.1404E-00	1.1404E-00	1.1404E-00	0.0	0.0
1200.0	1.1412E-00	1.1412E-00	1.1409E-00	1.1411E-00	1.1411E-00	1.1410E-00	1.1410E-00	1.1410E-00	1.1410E-00	1.1410E-00	0.0	0.0
600.0	9.9164E-01	9.9097E-01	9.9126E-01	9.9074E-01	9.9036E-01	9.8966E-01	9.8926E-01	9.8911E-01	9.8911E-01	9.8911E-01	0.0	0.0
1200.0	9.9044E-01	9.8987E-01	9.9001E-01	9.8901E-01	9.8856E-01	9.8754E-01	9.8695E-01	9.8667E-01	9.8667E-01	9.8667E-01	0.0	0.0
ABSORPTION												
600.0	1.1757E-03	1.1751E-03	1.1729E-03	1.1611E-03	1.1493E-03	1.1273E-03	1.1097E-03	1.0953E-03	1.0953E-03	1.0953E-03	0.0	0.0
1200.0	1.2498E-03	1.2493E-03	1.2472E-03	1.2362E-03	1.2255E-03	1.2072E-03	1.1935E-03	1.1827E-03	1.1827E-03	1.1827E-03	0.0	0.0
600.0	4.1217E-03	4.3537E-03	4.3818E-03	4.6083E-03	4.7993E-03	5.0454E-03	5.1479E-03	5.1425E-03	5.1425E-03	5.1425E-03	0.0	0.0
1200.0	3.2421E-03	3.4354E-03	3.5156E-03	3.9157E-03	4.2401E-03	4.6975E-03	4.9605E-03	5.0845E-03	5.0845E-03	5.0845E-03	0.0	0.0
NU*FISSION												
600.0	4.3425E-04	4.3321E-04	4.2920E-04	4.0863E-04	3.8415E-04	3.3989E-04	3.0231E-04	2.6959E-04	2.6959E-04	2.6959E-04	0.0	0.0
1200.0	4.3192E-04	4.3096E-04	4.2722E-04	4.0769E-04	3.8517E-04	3.4735E-04	3.1693E-04	2.9044E-04	2.9044E-04	2.9044E-04	0.0	0.0
600.0	7.3976E-03	7.3952E-03	7.4224E-03	7.6567E-03	7.7417E-03	7.6625E-03	7.4173E-03	7.0843E-03	7.0843E-03	7.0843E-03	0.0	0.0
1200.0	5.7730E-03	5.8035E-03	5.9209E-03	6.4280E-03	6.6964E-03	6.9469E-03	6.9994E-03	6.9320E-03	6.9320E-03	6.9320E-03	0.0	0.0
FISSION												
600.0	1.7729E-04	1.7681E-04	1.7495E-04	1.6559E-04	1.5461E-04	1.3486E-04	1.1808E-04	1.0358E-04	1.0358E-04	1.0358E-04	0.0	0.0
1200.0	1.7633E-04	1.7588E-04	1.7411E-04	1.6517E-04	1.5499E-04	1.3777E-04	1.2376E-04	1.1168E-04	1.1168E-04	1.1168E-04	0.0	0.0
600.0	3.0443E-03	3.0400E-03	3.0382E-03	3.0804E-03	3.0650E-03	2.9613E-03	2.8117E-03	2.6417E-03	2.6417E-03	2.6417E-03	0.0	0.0
1200.0	2.3757E-03	2.3841E-03	2.4163E-03	2.5625E-03	2.6204E-03	2.6502E-03	2.6209E-03	2.5581E-03	2.5581E-03	2.5581E-03	0.0	0.0
SCATTERING												
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	2.6147E-03	2.6139E-03	2.6167E-03	2.6179E-03	2.6341E-03	2.6499E-03	2.6622E-03	2.6717E-03	2.6717E-03	2.6717E-03	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	2.7652E-03	2.7548E-03	2.7665E-03	2.7490E-03	2.7902E-03	2.7808E-03	2.7985E-03	2.8045E-03	2.8045E-03	2.8045E-03	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\* MACRO CROSS SECTION TABLE NO. 3 \*  
 B  
 0.0 2.0000E-02 1.0050E-03 5.0390E-04 1.0052E-04 2.0024E-04 2.9965E-04 3.5888E-04 4.9794E-04 5.5685E-04

DIFFUSION COEF.

600.0	1.1400E-00	1.1400E-00	1.1397E-00	1.1399E-00	1.1399E-00	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	1.1405E-00	1.1405E-00	1.1402E-00	1.1404E-00	1.1404E-00	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	9.9297E-01	9.9207E-01	9.9163E-01	9.9129E-01	9.9067E-01	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	9.9158E-01	9.9110E-01	9.9044E-01	9.8964E-01	9.8875E-01	0.0	0.0	0.0	0.0

ABSORPTION

600.0	1.1029E-03	1.1023E-03	1.1064E-03	1.0898E-03	1.0798E-03	1.0632E-03	0.0	0.0	0.0
1200.0	1.1791E-03	1.1787E-03	1.1768E-03	1.1671E-03	1.1583E-03	1.1457E-03	0.0	0.0	0.0
600.0	3.0450E-03	3.2207E-03	3.2736E-03	3.5369E-03	3.7379E-03	3.9706E-03	0.0	0.0	0.0
1200.0	2.3619E-03	2.5140E-03	2.6217E-03	3.0540E-03	3.3758E-03	3.7958E-03	0.0	0.0	0.0

NU\*FISSION

600.0	2.9902E-04	2.9811E-04	2.9458E-04	2.7631E-04	2.5521E-04	2.2032E-04	0.0	0.0	0.0
1200.0	2.9744E-04	2.9662E-04	2.9334E-04	2.7603E-04	2.5720E-04	2.2931E-04	0.0	0.0	0.0
600.0	5.1441E-03	5.1589E-03	5.2307E-03	5.5181E-03	5.6123E-03	5.5425E-03	0.0	0.0	0.0
1200.0	3.9920E-03	3.9979E-03	4.1620E-03	4.7052E-03	4.9603E-03	5.2055E-03	0.0	0.0	0.0

FISSON

600.0	1.2173E-04	1.2129E-04	1.1960E-04	1.1113E-04	1.0153E-04	8.5664E-05	0.0	0.0	0.0
1200.0	1.2108E-04	1.2067E-04	1.1906E-04	1.1101E-04	1.0235E-04	8.9218E-05	0.0	0.0	0.0
600.0	2.1169E-03	2.1192E-03	2.1340E-03	2.1953E-03	2.1860E-03	2.0944E-03	0.0	0.0	0.0
1200.0	1.6263E-03	1.6404E-03	1.6896E-03	1.8499E-03	1.9070E-03	1.9434E-03	0.0	0.0	0.0

SCATTERING

600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	2.6710E-03	2.6702E-03	2.6729E-03	2.6731E-03	2.6880E-03	2.6994E-03	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	2.8281E-03	2.8155E-03	2.8287E-03	2.8000E-03	2.8376E-03	2.8427E-03	0.0	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\* REFLECTOR \*  
 BOTTOM: TOP

DIFFUSION COEF.

1.1458E-00	1.1458E-00
9.8332E-01	9.8332E-01

ABSORPTION

6.1569E-06	6.1569E-06
2.3588E-04	2.3588E-04

SCATTERING

0.0	0.0
3.7848E-03	3.7848E-03
0.0	0.0

\* R/B TABLE \*  
B

TF	1.0000E-03	5.0000E-03	1.0000E-04	1.5000E-04	2.0000E-04	2.5000E-04	3.0000E-04	3.5000E-04	4.0000E-04	4.5000E-04
500.0	1.0000E-07	5.0000E-07	1.0000E-06	1.5000E-06	2.0000E-06	2.5000E-06	3.0000E-06	3.5000E-06	4.0000E-06	4.5000E-06
700.0	1.0000E-07	5.0000E-07	1.0000E-06	1.5000E-06	2.0000E-06	2.5000E-06	3.0000E-06	3.5000E-06	4.0000E-06	4.5000E-06
1400.0	1.0000E-07	5.0000E-07	1.0000E-06	1.5000E-06	2.0000E-06	2.5000E-06	3.0000E-06	3.5000E-06	4.0000E-06	4.5000E-06
1700.0	1.0000E-05	5.0000E-05	1.0000E-04	1.5000E-04	2.0000E-04	2.5000E-04	3.0000E-04	3.5000E-04	4.0000E-04	4.5000E-04
2000.0	1.0000E-03	5.0000E-03	1.0000E-02	1.5000E-02	2.0000E-02	2.5000E-02	3.0000E-02	3.5000E-02	4.0000E-02	4.5000E-02

\* RAMI TABLE \*  
2

TYPE NO.	1.8360E-01	2.3610E-01	2.8310E-01	3.2370E-01	3.6040E-01	3.9560E-01	4.3020E-01	4.6400E-01	4.9720E-01	5.2960E-01
TYPE NO.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYPE NO.	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01	2.1600E 01

\* RAMI TABLE \*  
1

RO	2.0000E-01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01	1.0800E 01
TYPE NO.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYPE NO.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

\* HE TABLE \* PRESSURE .. 4.0000E 01

	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
GAM	3.3739E 00	2.8772E 00	2.5079E 00	2.2226E 00	1.9955E 00	1.8105E 00	1.6569E 00	1.5274E 00	1.4166E 00	1.3208E 00
AMU	3.0576E-04	3.4104E-04	3.7456E-04	4.0690E-04	4.3806E-04	4.6844E-04	4.9784E-04	5.2646E-04	5.5448E-04	5.8183E-04
RAMC	2.1060E-01	2.3610E-01	2.6040E-01	2.8310E-01	3.0410E-01	3.2370E-01	3.4230E-01	3.6040E-01	3.7800E-01	3.9560E-01
CP	1.2394E 00	1.2397E 00	1.2398E 00	1.2399E 00	1.2400E 00	1.2400E 00	1.2400E 00	1.2400E 00	1.2400E 00	1.2401E 00
PR	6.4830E-01	6.4500E-01	6.4250E-01	6.4210E-01	6.4340E-01	6.4640E-01	6.4970E-01	6.5260E-01	6.5530E-01	6.5700E-01



\*\*\*\*\* BURNUP\_STEP...1 \*\*\*\*\* 2.8388E 01

* TIME	0.0	BURNUP_STEP	1	* V	0.0	* G	2.8388E 01		
* PT	3.1160E 04	* RO	1.8260E-01	* V	0.0	* G	2.8388E 01		
N	Z	POWER	TF	TEMP.	TFR(5)	TFR(4)	TFR(3)	TFR(2)	TFR(1)
1	0.0	8.2079E 00	7.1255E 02	4.0000E 02	5.2274E 02	5.6522E 02	6.5287E 02	8.6717E 02	8.6717E 02
2	12.5	7.3746E 00	7.8757E 02	4.5562E 02	5.6479E 02	6.0295E 02	6.7991E 02	8.7311E 02	8.7311E 02
3	25.0	7.3914E 00	8.3846E 02	5.0728E 02	6.1575E 02	6.5400E 02	7.2856E 02	9.2494E 02	9.2494E 02
4	37.5	7.5871E 00	8.9834E 02	5.6076E 02	6.7118E 02	7.1044E 02	7.8426E 02	9.8818E 02	9.8818E 02
5	50.0	7.7447E 00	9.5799E 02	6.1532E 02	7.2714E 02	7.6722E 02	8.4003E 02	1.0506E 03	1.0506E 03
6	62.5	7.7975E 00	1.0137E 03	6.7067E 02	7.8241E 02	8.2276E 02	8.9378E 02	1.1075E 03	1.1075E 03
7	75.0	7.7371E 00	1.0642E 03	7.2603E 02	8.3614E 02	8.7618E 02	9.4466E 02	1.1575E 03	1.1575E 03
8	87.5	7.6162E 00	1.1115E 03	7.8060E 02	8.8830E 02	9.2771E 02	9.9337E 02	1.2031E 03	1.2031E 03
9	100.0	6.7041E 00	1.1224E 03	8.3240E 02	9.2666E 02	9.6136E 02	1.0183E 03	1.2031E 03	1.2031E 03
10	112.5	5.7367E 00	1.1238E 03	8.7656E 02	9.5685E 02	9.8654E 02	1.0348E 03	1.1929E 03	1.1929E 03
11	125.0	5.4526E 00	1.1494E 03	9.1544E 02	9.9147E 02	1.0197E 03	1.0648E 03	1.2150E 03	1.2150E 03
12	137.5	5.0918E 00	1.1705E 03	9.5283E 02	1.0236E 03	1.0499E 03	1.0915E 03	1.2316E 03	1.2316E 03
13	150.0	4.7043E 00	1.1879E 03	9.8757E 02	1.0527E 03	1.0771E 03	1.1151E 03	1.2443E 03	1.2443E 03
14	162.5	4.3045E 00	1.2022E 03	1.0195E 03	1.0790E 03	1.1012E 03	1.1356E 03	1.2537E 03	1.2537E 03
15	175.0	3.9036E 00	1.2138E 03	1.0485E 03	1.1024E 03	1.1226E 03	1.1535E 03	1.2605E 03	1.2605E 03
16	187.5	3.5284E 00	1.2208E 03	1.0749E 03	1.1234E 03	1.1416E 03	1.1594E 03	1.2660E 03	1.2660E 03
17	200.0	2.7231E 00	1.2124E 03	1.0975E 03	1.1349E 03	1.1490E 03	1.1703E 03	1.2450E 03	1.2450E 03
18	212.5	2.0174E 00	1.1993E 03	1.1142E 03	1.1419E 03	1.1524E 03	1.1682E 03	1.2236E 03	1.2236E 03
19	225.0	1.7910E 00	1.2026E 03	1.1271E 03	1.1517E 03	1.1610E 03	1.1750E 03	1.2241E 03	1.2241E 03
20	237.5	1.5981E 00	1.2064E 03	1.1391E 03	1.1610E 03	1.1693E 03	1.1817E 03	1.2256E 03	1.2256E 03
21	250.0	1.5116E 00	1.2135E 03	1.1500E 03	1.1707E 03	1.1785E 03	1.1902E 03	1.2317E 03	1.2317E 03

\* MAXIMUM FUEL TEMP.

N	0.0	0.40	0.67	0.93	1.20	1.21	1.45	1.70
15	1.260E 03	1.260E 03	1.246E 03	1.210E 03	1.153E 03	1.123E 03	1.112E 03	1.102E 03
16	1.266E 03	1.266E 03	1.253E 03	1.220E 03	1.169E 03	1.142E 03	1.132E 03	1.123E 03
17	1.245E 03	1.245E 03	1.235E 03	1.210E 03	1.170E 03	1.149E 03	1.141E 03	1.135E 03

***** BRIQUET1 OUTPUT LIST *****								
* TIME 0.0 BURNUP STEP ... 1								
N	Z	B	PC	R/B	FLUX(I)(REF)	FLUX(I)(CORE)	SQZ	REZ
1	0.0	0.0	4.0000E 01	0.0	2.1352E 01	4.3625E 03		
					0.0	6.4415E 13		
					0.0	7.1857E 13		
2	12.5	0.0	3.9990E 01	0.0	1.9184E 01	4.0643E 03		
					3.2176E 11	9.4935E 13		
					1.0577E 13	6.2598E 13		
3	25.0	0.0	3.9979E 01	0.0	1.9228E 01	3.8358E 03		
					8.1677E 11	1.0999E 14		
					2.1585E 13	6.2831E 13		
4	37.5	0.0	3.9967E 01	0.0	1.9737E 01	3.6668E 03		
					1.7516E 12	1.1798E 14		
					3.3375E 13	6.5601E 13		
5	50.0	0.0	3.9954E 01	0.0	2.0147E 01	3.5410E 03		
					3.6295E 12	1.2187E 14		
					4.6080E 13	6.8431E 13		
6	62.5	0.0	3.9940E 01	0.0	2.0284E 01	3.4938E 03		
					7.4619E 12	1.2272E 14		
					5.9319E 13	7.0450E 13		
7	75.0	0.0	3.9925E 01	0.0	2.0127E 01	3.4517E 03		
					1.5312E 13	1.2086E 14		
					7.1570E 13	7.1451E 13		
8	87.5	0.0	3.9909E 01	0.0	1.9813E 01	3.4158E 03		
					3.1408E 13	1.1610E 14		
					7.8833E 13	7.1698E 13		
9	100.0	0.0	3.9892E 01	0.0	1.7440E 01	3.3874E 03		
					6.4415E 13	1.0710E 14		
					7.1857E 13	7.2433E 13		
10	112.5	0.0	3.9875E 01	0.0	1.4923E 01	3.3644E 03		
					0.0	9.7167E 13		
					0.0	7.2141E 13		
11	125.0	0.0	3.9858E 01	0.0	1.4184E 01	3.3441E 03		
					0.0	8.9541E 13		
					0.0	6.9352E 13		
12	137.5	0.0	3.9841E 01	0.0	1.3246E 01	3.3272E 03		
					0.0	8.2600E 13		
					0.0	6.5476E 13		
13	150.0	0.0	3.9823E 01	0.0	1.2238E 01	3.3145E 03		
					1.4317E 13	7.5812E 13		
					3.0548E 13	6.1026E 13		
14	162.5	0.0	3.9806E 01	0.0	1.1198E 01	3.3046E 03		
					6.9808E 12	6.8946E 13		
					2.8811E 13	5.6249E 13		
15	175.0	0.0	3.9789E 01	0.0	1.0155E 01	3.2959E 03		
					3.4034E 12	6.1821E 13		
					2.4575E 13	5.1350E 13		
16	187.5	0.0	3.9773E 01	0.0	9.1788E 00	3.2888E 03		
					1.6585E 12	5.4093E 13		
					1.9742E 13	4.6658E 13		
17	200.0	0.0	3.9757E 01	0.0	7.0839E 00	3.2839E 03		
19	225.0	0.0	3.9725E 01	0.0	4.6590E 00	3.2769E 03		
					1.8154E 11	2.9270E 13		
					6.9565E 12	3.5143E 13		
20	237.5	0.0	3.9710E 01	0.0	4.1573E 00	3.2739E 03		
					7.1515E 10	2.2683E 13		
					3.3995E 12	3.1686E 13		
21	250.0	0.0	3.9695E 01	0.0	3.9324E 00	3.2286E 03		
					0.0	1.4317E 13		
					0.0	3.0548E 13		

\*\*\* MACRO CROSS SECTION \*\*\*

DIFF.	SIGN	SIGA	SIGFNU	SIGF
N+1/2	1			
		1.14162E 00	1.26883E-03	5.66622E-04
		0.0	2.603E-03	2.31674E-04
		9.90277E-01	4.80745E-03	8.89001E-03
		0.0	0.0	3.65848E-03
N+1/2	2			
		1.14164E 00	1.27279E-03	5.66456E-04
		0.0	2.611E-03	2.31606E-04
		9.90204E-01	4.75032E-03	8.78135E-03
		0.0	0.0	3.61377E-03
N+1/2	3			
		1.14168E 00	1.27941E-03	5.66179E-04
		0.0	2.625E-03	2.31491E-04
		9.90080E-01	4.65463E-03	8.59939E-03
		0.0	0.0	3.53888E-03
N+1/2	4			
		1.14172E 00	1.28658E-03	5.65878E-04
		0.0	2.639E-03	2.31366E-04
		9.89947E-01	4.55101E-03	8.40232E-03
		0.0	0.0	3.45778E-03
N+1/2	5			
		1.14176E 00	1.29350E-03	5.65588E-04
		0.0	2.653E-03	2.31246E-04
		9.89818E-01	4.45104E-03	8.21221E-03
		0.0	0.0	3.37954E-03
N+1/2	6			
		1.14179E 00	1.29987E-03	5.65320E-04
		0.0	2.666E-03	2.31136E-04
		9.89700E-01	4.35893E-03	8.03762E-03
		0.0	0.0	3.30744E-03
N+1/2	7			
		1.14182E 00	1.30575E-03	5.65074E-04
		0.0	2.678E-03	2.31034E-04
		9.89590E-01	4.27408E-03	7.87566E-03
		0.0	0.0	3.24103E-03
N+1/2	8			
		1.14184E 00	1.30923E-03	5.64927E-04
		0.0	2.685E-03	2.30973E-04
		9.89525E-01	4.22370E-03	7.77986E-03
		0.0	0.0	3.20161E-03
N+1/2	9			
		1.14113E 00	1.24030E-03	4.32218E-04
		0.0	2.746E-03	1.76453E-04
		9.90594E-01	3.35486E-03	5.98125E-03
		0.0	0.0	2.46141E-03

N+1/2	10	1.14115E 00	1.24197E-03	4.32166E-04	1.76431E-04
		0.0	2.749E-03		
		9.90567E-01	3.33501E-03	5.54459E-03	2.44632E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	11	1.14116E 00	1.24485E-03	4.32075E-04	1.76394E-04
		0.0	2.755E-03		
		9.90520E-01	3.30082E-03	5.88145E-03	2.42034E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	12	1.14118E 00	1.24723E-03	4.32000E-04	1.76363E-04
		0.0	2.760E-03		
		9.90482E-01	3.27263E-03	5.82938E-03	2.39890E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	13	1.14119E 00	1.24919E-03	4.31939E-04	1.76338E-04
		0.0	2.764E-03		
		9.90450E-01	3.24937E-03	5.78642E-03	2.38123E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	14	1.14120E 00	1.25078E-03	4.31889E-04	1.76317E-04
		0.0	2.767E-03		
		9.90424E-01	3.23042E-03	5.75142E-03	2.36682E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	15	1.14121E 00	1.25212E-03	4.31847E-04	1.76300E-04
		0.0	2.770E-03		
		9.90402E-01	3.21458E-03	5.72216E-03	2.35478E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	16	1.14121E 00	1.25203E-03	4.31850E-04	1.76301E-04
		0.0	2.770E-03		
		9.90403E-01	3.21560E-03	5.72405E-03	2.35556E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	17	1.14050E 00	1.17984E-03	2.97424E-04	1.21074E-04
		0.0	2.830E-03		
		9.91540E-01	2.35524E-03	3.94037E-03	1.62152E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	18	1.14050E 00	1.17922E-03	2.97437E-04	1.21079E-04
		0.0	2.828E-03		
		9.91548E-01	2.36078E-03	3.95005E-03	1.62550E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	19	1.14050E 00	1.17967E-03	2.97428E-04	1.21075E-04
		0.0	2.829E-03		
		9.91542E-01	2.35677E-03	3.94304E-03	1.62262E-03
		0.0	0.0		
N+1/2	20	1.14051E 00	1.18037E-03	2.97414E-04	1.21069E-04
		0.0	2.831E-03		
		9.91533E-01	2.35055E-03	3.93219E-03	1.61815E-03
		0.0	0.0		