

JAERI-M

5 1 1 9

高速炉燃料集合体の温度解析
(計算コード: FATEC-2-ROD)

1973年2月

官 本 喜 晟

日 本 原 子 力 研 究 所
Japan Atomic Energy Research Institute

高速炉燃料集合体の温度解析

(計算コード; FATEC-2-RÖD)

日本原子力研究所 動力炉開発管理室

宮本喜晟

(1973年1月29日 受理)

本報告はナトリウム冷却高速炉燃料集合体の温度分布を計算する解析方法および計算コード「FATEC-2-RÖD」について述べたものである。この計算モデルの主な特徴は次のとおりである。

- (1) 熱的混合効果を含めた冷却材温度の計算では、ランプド(またはサブチャンネル)モデルが用いられる。
- (2) 熱的混合効果は見掛けの熱伝達率として表わされる。
- (3) 燃料集合体における任意の燃料要素の温度は1次元(r 方向)または2次元($r-\theta$)モデルとして計算される。

この計算コードはFORTRAN IVで書かれており、IBM 360, 195およびFACOM 230-60に用いることができる。

Temperature analysis for the fuel subassembly
of sodium cooled FBR (Code: FATEC-2-ROD)

Yoshiaki MIYAMOTO

Office of Power Reactor Projects, JAERI
(Received January 29, 1973)

An analytical method and the computer code FATEC-2-ROD have been developed for predicting the temperatures in the fuel subassembly of sodium cooled FBR. Features of the mathematical model are the following:

- (1) In calculating the coolant temperature including thermal mixing effect for the fuel subassembly, the lumped (or subchannel) model is used.
- (2) The thermal mixing effect is expressed in terms of an apparent heat transfer coefficient.
- (3) The temperature of a fuel element in the fuel subassembly is calculated with a one dimensional model (r) or a two dimensional model (r- θ).

The code is written in FORTRAN IV, used with IBM/360, 195 and FACOM/230-60 computers.

目 次

1. 概 要	1
2. 計算式とその解法	2
2.1 計算体系と計算方法	2
2.2 計算式	2
2.2.1 冷却材の温度	2
2.2.2 燃料要素の温度	3
2.2.3 ホットスポットの温度	10
3. 計算コードと入出力形式	12
3.1 計算コード	12
3.2 入力形式	20
3.2 出力形式	24
4. モデル計算	25
あとがき	35
参考文献	35
記号表	35

1. 概 要

ナトリウム冷却高速炉の炉心は多数の燃料集合体 (subassembly) から構成されている。この燃料集合体は六角形状のラッパチューブ (またはチャンネルボックス) と呼ばれる管の中に燃料要素 (または燃料ピン) が三角ピッチに配列されたものであり、燃料交換の単位になっている。燃料要素は被覆管に燃料体 (または燃料ペレット) を挿入し被覆管の両端に栓をしたものである。

この高速炉炉心の熱設計を行なう場合、炉心内の冷却材、被覆管および燃料体の温度を正確に計算する必要がある。しかし、精度を上げるために複雑な計算を行なうことは設計の立場からすれば適当ではない。熱特性解析を行なう場合に考えられる最小計算モデルとしては、燃料要素とそのまわりの冷却材からなる単位格子を考えることができる。この単位格子が各々独立に存在すると仮定すれば解析が非常に簡単である。しかし実際は単位格子は相互に冷却材を通して関係しているので、各々独立と仮定した結果と大きな差を生ずる場合も考えられる。この単位格子相互の関係づけは冷却材の熱的混合効果 (thermal mixing effect) という考え方を導入することによって可能である。熱的混合効果は流れのもつ乱れや単位格子の冷却材間の温度勾配によって生じると考えることができ、2章で述べる見掛けの熱伝達率を定義することによって熱的混合効果を含めた冷却材の温度計算ができる。炉心すべてを単位格子に分割して温度計算を行なうとすれば、その数が非常に多くなって取扱いが複雑であるので、本報告では燃料集合体を1つの計算単位体系と考える。この場合燃料集合体が炉心の特別な位置 (例えば半径方向の出力分布が急に変化する場所) にない限り、燃料集合体間の熱的混合効果を含めた計算結果と燃料集合体が独立に存在すると仮定した結果とはそれほど大きな差が生じない。¹⁾

以上の基本的な考えに従ってナトリウム冷却高速炉の燃料集合体内の冷却材、被覆管ならびに燃料体の温度を計算するコード「FATEC-2」を作成した。²⁾ このコードでは、注目している燃料要素のまわりの冷却材温度を平均して、その値を基に被覆管と燃料体の温度を求めている。

新たに報告するコード「FATEC-2-R \bar{O} D」では、被覆管と燃料体の温度をより厳密に解くために、冷却材温度を求める時にモデル化した流路の概念 (lumped model) を燃料要素の分割に適用して、この燃料要素内の温度を2次的に求める方法が用いられる。なお本コードでは「FATEC-2」コードと同じ方法の計算もできるようになっている。この「FATEC-2-R \bar{O} D」コードはFORTRAN IVで書かれており、IBM 360.195およびFACOM 230-60によって計算することができる。

2. 計算式とその解法

2.1 計算体系と計算方式

燃料集合体内の冷却材，被覆管，燃料体の各温度を求めるために以下に述べる仮定を導入して計算を行なう。

- (i) 燃料要素の配列は三角ピッチとする。
- (ii) 燃料集合体の冷却材は单相流で流れる。
- (iii) ある軸面で冷却材の温度は Fig.2.1 に示す1つの流路内で一様とする。

計算方法は最初に燃料集合体内の流路の番号と位置を定めて冷却材の温度分布を求める。次に求めようとする燃料要素に接する冷却材の温度から，燃料要素の中の温度（被覆管，燃料体）を計算する。その計算式は 2.2 に述べる。

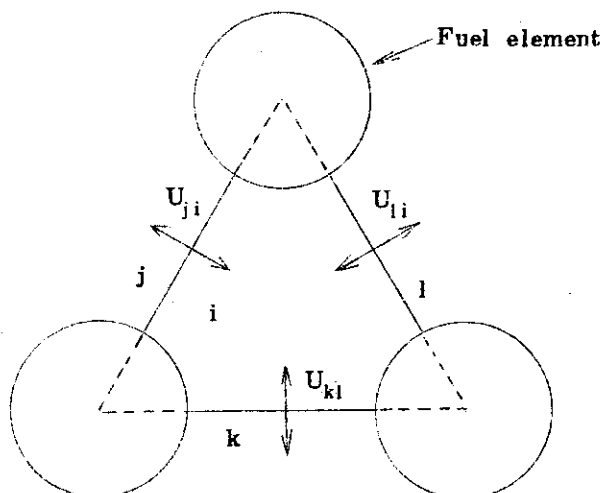


Fig.2.1 Triangular lattice model.

2.2 計算式

2.2.1 冷却材の温度

三角ピッチ配列の燃料集合体は Fig.2.1 に示されるような流路に分割される。燃料集合体内の燃料要素の発熱量が異なる場合，この流路間の冷却材に温度差を生じるために冷却材の温度を均一化する熱的な流れが存在する。またこの他に流れの混合によっても均一化する効果を伴なう。これらの熱的混合効果の一つのパラメータすなわち見掛けの熱伝達率を定義して， i 流路の熱バランスを考えると次式が成立つ。

$$\begin{aligned}
 c_p G_i \frac{d \Delta t_i(z)}{dz} = & q_i(z) + U_{ji} (\Delta t_j(z) - \Delta t_i(z)) \\
 & + U_{ki} (\Delta t_k(z) - \Delta t_i(z)) \\
 & + U_{li} (\Delta t_l(z) - \Delta t_i(z))
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

ここに, c_p : 冷却材の比熱

G_i : i 流路の冷却材流量

Δt_i : i 流路の冷却材入口温度と求める位置での温度差

z : 軸方向座標

q_i : i 流路を取囲む燃料要素から i 流路に流入する単位長熱量

U_{ji} : j 流路から i 流路へ移動する熱量の単位長さあたりの割合 (見掛けの熱伝達率)

また, 見掛けの熱伝達率の効果を知るために混合効果のない場合 (すなわち $U = 0$) の冷却材温度は次式から計算される。

$$\Delta t_i^0(z) = \frac{\int_0^z q_i(z) dz}{c_p G_i} \quad (2.2)$$

ここに $\Delta t_i^0(z)$ は混合効果のない冷却材の温度差である。

2.2.2 燃料要素の温度

各流路の冷却材温度を 2.2.1 に述べた方法によって計算する。この温度を用いて燃料要素の被覆管と燃料体の温度を計算する場合に 2通りの方法が考えられる。一方は燃料要素を囲む流路の冷却材温度を平均して燃料要素の円周方向温度が一樣と仮定した半径方向のみの 1次元問題に帰着する方法であり, それは「FATEC-2」コード²⁾に用いられている。もう一つの方法は燃料要素を囲む流路の冷却材温度を直接用い, 半径-円周方向の 2次元問題として取扱う方法である。前者は解析的に温度を求めることが出来るために計算時間が少なく, 燃料要素を囲む各流路の冷却材温度にそれほど大きな違いがない場合, 例えば燃料集合体内の径方向出力分布がそれほど変化しない場合の中心附近の燃料要素の温度計算などに適していると思われる。しかしラッパチューブに接する燃料要素や燃料集合体内の径方向出力分布が大きく変化する場合などのように燃料要素を囲む各流路の冷却材温度に大きな違いがある場合には, 後者の方法の方が実際の現象をより正確に表わすものと考えられる。

(1) 半径方向による解析

この解析方法は「FATEC-2」コードに用いられている方法である。燃料要素の被覆管と燃料の温度を求めるために必要な冷却材の温度としては燃料要素を囲む流路の冷却材温度を次式のように平均した値が用いられる。

$$t_c(z) = \frac{\sum_i t_i(z) G_i}{\sum_i G_i} \quad (2.3)$$

ここに, t_c : 燃料要素周りの冷却材温度

t_i : 流路 i の冷却材温度

被覆管表面温度については,

$$t_{pi}(z) = \frac{q_L(z)}{h_1 \cdot \pi \cdot d_{pi}} + t_c(z) \quad (2.4)$$

ここに, t_{pi} : 被覆管表面温度

q_L : 燃料要素単位長発熱量

d_{p1} : 被覆管外径

h_1 : 冷却材の熱伝達率

冷却材の熱伝達率は次式で計算される。

$$h_1 = \frac{h_c}{de_p} Nu \quad (2.5)$$

$$Nu = CON \cdot Re^\alpha \cdot Pr^\beta \quad (2.6)$$

$$Re = \frac{de_p}{\nu_c} \frac{G_p}{r_c A_p} \quad (2.7)$$

ここに、 k_c : 冷却材の熱伝導率

ν_c : " の動粘性係数

r_c : " の比重量

Pr : " のプラントル数

G_p : 燃料要素の周りの冷却材流量

de_p : " の等価直径

A_p : " の流路断面積

CON, α, β : 定数

冷却材の物性値は燃料要素を取囲む流路の冷却材平均温度に対する値が用いられる。また、

G_p, de_p, A_p は燃料要素を取囲む流路に対する値を算術平均したものである。

被覆管内面温度については、

$$t_{p2}(z) = \frac{q_L(z)}{2\pi \cdot k_p} \ln(d_{p1}/d_{p2}) + t_{p1}(z) \quad (2.8)$$

ここに、 t_{p2} : 被覆管内面温度

k_p : 被覆管の熱伝導率

d_{p2} : 被覆管内径

燃料体表面温度については、

$$t_{f1}(z) = \frac{q_L(z)}{h_2 \cdot \pi \cdot d_f} + t_{p2}(z) \quad (2.9)$$

ここに、 t_{f1} : 燃料体表面温度

h_2 : ギャップコンダクタンス

d_f : 燃料体直径

燃料体中心温度については、

$$t_{f2}(z) = \frac{q_L(z)}{4\pi \cdot k_f} + t_{f1}(z) \quad (2.10)$$

または、

$$\int_{const}^{t_{f2}(z)} k_f dt = \int_{const}^{t_{f1}(z)} k_f dt + \frac{q_L(z)}{4\pi} \quad (2.11)$$

ここに、 t_{f2} : 燃料体中心温度

k_f : 燃料体の熱伝導率 ((2.11) 式は k_f が温度の関数の場合)

(2) 半径-円周方向による解析

燃料集合体の中で、ある燃料要素に注目すると、その燃料要素に接する流路は6個(ラッパチューブに対する燃料要素とラッパチューブ頂点にある燃料要素の場合は5個)あり、各々の流路の冷却材温度が2.2.1に述べる方法によって求められている。この流路を作る時に用いた仮想線を燃料要素の中心まで引伸して燃料要素を円周方向に6分割(ラッパチューブに接するかまたはその頂点にある燃料要素の場合は5分割)する。また半径方向にも幾つかに分割して燃料要素をメッシュに分ける。Fig.2.2に示されるように1つのメッシュ(図の斜線部分)はそれに接する4つのメッシュと熱的關係があって、それぞれのメッシュの特性は各々1つのメッシュ点で代表される。メッシュ点1での熱平衡を考えると、単位時間にこの点に流れ込む熱量 \dot{Q}_1 は次式で表わされる。

$$\dot{Q}_1 = \sum_{i=2}^5 K_{i1} (t_i - t_1) + \dot{Q}'_1 \quad (2.12)$$

ここに K_{i1} はメッシュ点*i*と点1の間の熱コンダクタンス、 t_i はメッシュ点*i*での温度、 \dot{Q}'_1 はメッシュ点1で発生する単位時間の熱量である。定常状態では上式の左辺が0になる。

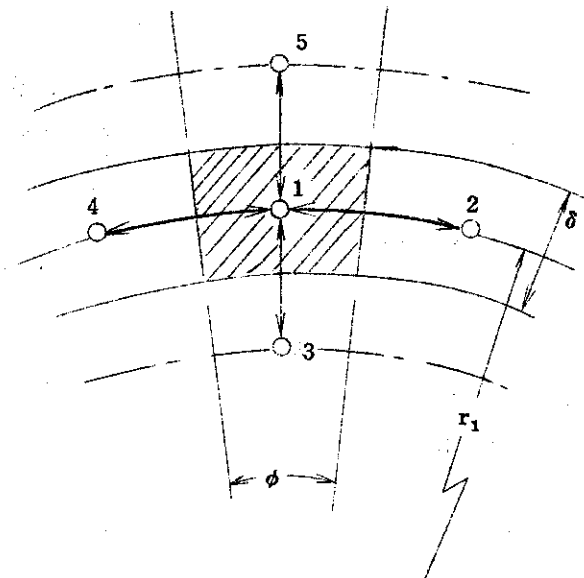


Fig.2.2 General mesh.

各流路の冷却材温度を境界条件として上式を燃料要素内全てのメッシュ点に適用すれば、燃料要素の温度が求められる。(2.12)式の解法については種々の方法が考えられるが、ここでは繰返し法(iteration method)を採用する。この方法は最初に各メッシュ点での温度を仮定して、次に(2.12)式を計算し各メッシュ点の温度を補正する方法である。すなわち、

k番目の繰返し計算が終わった(k+1)番目の計算値 $t_1^{(k+1)}$ は定常状態の(2.12)式を変形すれば、次式で与えられる。

$$t_1^{(k+1)} = \frac{\sum_{i=2}^5 K_{i1}^{(k)} t_i^{(k)} + \dot{Q}'_1}{\sum_{i=2}^5 K_{i1}^{(k)}} \quad (2.13)$$

(2.12)式や(2.13)式の熱コンダクタンスKと発熱量 \dot{Q}'_1 はメッシュの大きさと場所によって異なるが、各々の場合を以下に示す。

(i) 境界のない場合

(a)一般点

Fig.2.2に示される一般メッシュ点(境界に接していないメッシュ)の熱コンダクタンスはその定義から次式で与えられる。

$$\begin{aligned} K_{21} &= k_{21} \frac{\delta}{r_1 \phi} \\ K_{41} &= k_{41} \frac{\delta}{r_1 \phi} \\ K_{31} &= k_{31} \frac{(r_1 - \frac{\delta}{2}) \phi}{\delta} \\ K_{51} &= k_{51} \frac{(r_1 + \frac{\delta}{2}) \phi}{\delta} \end{aligned} \quad (2.14)$$

ここに r_1 はメッシュ点1での半径、 δ はメッシュ1の厚さ、 ϕ はメッシュの角度(ラジアン)、 k は熱伝導率で、とくに後者は次式で表わされる平均値である。

$$k_{i1} = \frac{1}{2} \{ k(t_i) + k(t_1) \} \quad (2.15)$$

また、燃料体のメッシュでは発熱量 \dot{Q}'_1 は次式で表わされる。

$$\dot{Q}'_1 = (\phi r_1 \delta) \times \frac{q_L}{\frac{\pi}{4} d_f^2} \quad (2.16)$$

ここに q_L は線出力、 d_f は燃料ペレット直径である。なお被覆管の場合には $\dot{Q}'_1 = 0$ である。

(b)中心点

燃料体のみ存在するメッシュ点でFig.2.3に示されるように円周方向に6分割した場合には、各々の熱コンダクタンスは次のように表わされる。

$$K_{21} = k_{21} \frac{\phi}{2}$$

$$K_{31} = k_{31} \frac{\phi}{2}$$

..... (2.17)

$$K_{71} = k_{71} \frac{\phi}{2}$$

$$\dot{Q}'_1 = \frac{\pi \delta^2}{4} \times \frac{q_L}{\frac{\pi}{4} d_f^2} \quad (2.18)$$

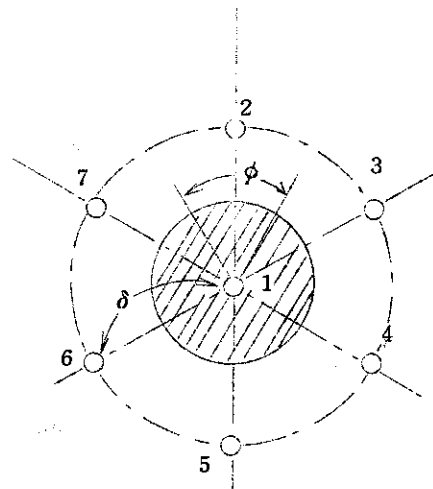


Fig.2.3 Center mesh.

(ii) 冷却材と被覆管表面

冷却材に接する被覆管の表面を表わすメッシュ点は Fig.2.4 に示すようなメッシュに分けられる。

$$K_{21} = k_{21} \frac{\delta}{2 r_{p1} \phi}$$

$$K_{41} = k_{41} \frac{\delta}{2 r_{p1} \phi}$$

$$K_{31} = k_{31} \frac{(r_{p1} - \frac{\delta}{2}) \phi}{\delta} \quad (2.19)$$

$$K_{51} = h_1 \cdot \phi \cdot r_{p1}$$

ここに r_{p1} は被覆管表面の半径、 h_1 は冷却材の熱伝達率である。また、この場合には $\dot{Q}'_1 = 0$ である。

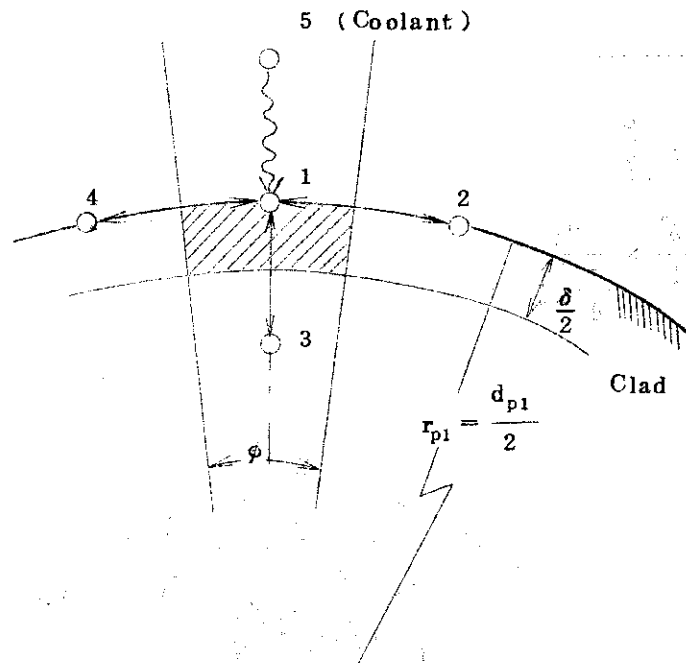


Fig.2.4 Clad outer surface mesh.

(iii) 被覆管内面とギャップ

被覆管内面は燃料体との間にギャップがあるので、被覆管内面を表わすメッシュ点を Fig.2.5 に示すように考えると、各々の熱コンダクタンスは、

$$K_{21} = k_{21} \frac{\delta}{2 r_{p2} \phi}$$

$$K_{41} = k_{41} \frac{\delta}{2 r_{p2} \phi}$$

$$K_{31} = h_2 \cdot \phi \cdot r_{p2}$$

$$K_{51} = k_{51} \frac{(r_{p2} + \frac{\delta}{2}) \phi}{\delta}$$

(2.20)

ここに r_{p2} は被覆管内面の半径、 h_2 はギャップコンダクタンスである。この場合には $\dot{Q}'_1 = 0$ である。

(iv) ギャップと燃料体表面

燃料体表面を表わすメッシュ点を Fig.2.6 に示すように考えれば、

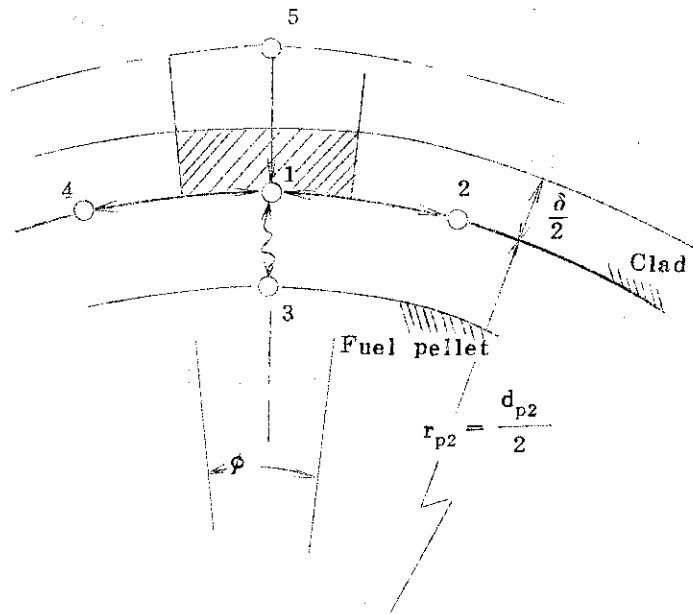


Fig.2.5 Clad inner surface mesh.

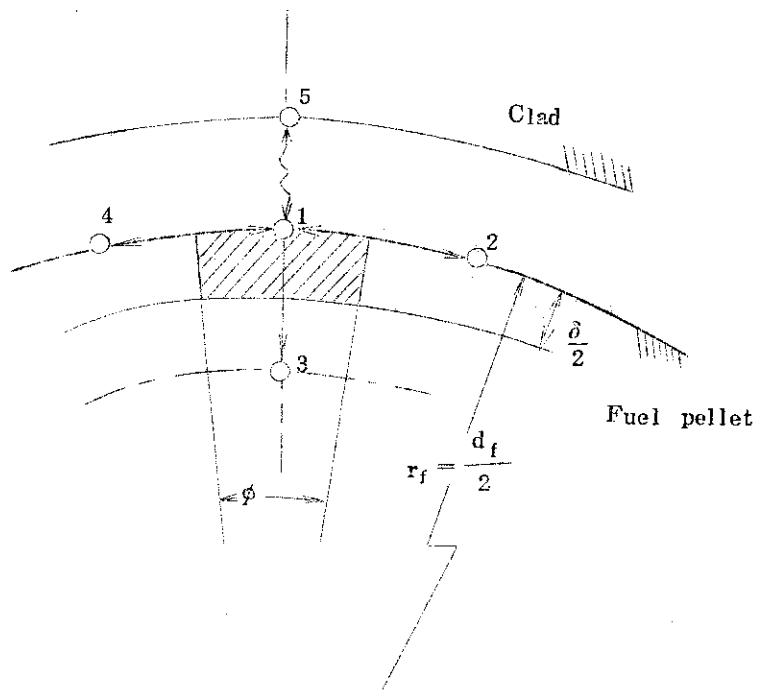


Fig.2.6 Fuel pellet surface mesh.

$$K_{21} = k_{21} \frac{\delta}{2 r_f \phi}$$

$$K_{4f} = k_{41} \frac{\delta}{2 r_f \phi}$$

$$K_{31} = k_{31} \frac{(r_f - \frac{\delta}{2}) \phi}{\delta}$$

(2.21)

$$K_{51} = h_2 \cdot \phi \cdot r_f$$

ここに $r_f (= \frac{d_f}{2})$ は燃料体半径, h_2 はギャップコンダクタンスである。またメッシュ 1 の発熱量は次式で表わされる。

$$\dot{Q}'_1 = \frac{1}{2} \phi \left(r_f \delta - \frac{\delta^2}{4} \right) \times \frac{q_L}{\frac{\pi}{4} d_f^2} \quad (2.22)$$

2.2.3 ホットスポット温度

ホットスポットの温度は、各部の公称温度の差 Δt_j を次のように決め、それに基づいた計算で求めることができる。

冷却材温度上昇	Δt_1
被覆管表面温度上昇	Δt_2
被覆管内面温度上昇	Δt_3
ギャップ温度上昇	Δt_4
燃料体内温度上昇	Δt_5

これらの温度差に対して不確かさ係数 F_{ij} を対応させ、統計的に処理した温度差 Δt_S と累積的に処理した温度差 Δt_C を用いる。すなわち

$$\Delta t_S = \sqrt{\sum_{i=1}^I \left[\sum_{j=1}^J \{ \Delta t_j (F_{ij} - 1) \} \right]^2} \quad (2.23)$$

$$\Delta t_C = \sum_{i=1}^{I'} \left[\sum_{j=1}^J \{ \Delta t_j (F_{i'j} - 1) \} \right] \quad (2.24)$$

ここに I は統計的に取扱う不確かさ係数の数, I' は累積的に取扱う不確かさ係数の数を表わす。したがってホットスポット温度 t_{HS} は公称温度を t_N とすれば次式で表わすことができる。

$$t_{HS} = t_N + \Delta t_S + \Delta t_C \quad (2.25)$$

(2.25) 式で、例えば t_N を冷却材の公称温度として $j=1$ の場合は冷却材のホットスポット温度を表わし、また t_N を被覆管内面の公称温度として $j=3$ の場合には被覆管内面のホットスポット温度を示す。他の温度についても同様である。

現在、計算コードには Table 2.1 に示す不確かさ係数がブロックデータとして組込れているが、3.2 に述べるように任意の値を入力することもできる。

Table 2.1 List of hot spot factors included in FATEC-2-ROD code.

Treatment	No.	Uncertainty	Coolant temp. rise	Temp. drop through film	Temp. drop through clad	Temp. drop through gap	Temp. drop through fuel
statistical	1	Pellet diameter	1.0	1.01	1.01	1.005	1.01
	2	Pellet density	1.0	1.02	1.02	1.02	1.02
	3	Fissile material density	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
	4	Pellet stack length	1.01	1.0	1.0	1.0	1.0
	5	Variation of power	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
	6	Burnup	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
	7	Clad outer diameter	1.0	1.01	1.01	1.0	1.0
	8	Clad thickness	1.0	1.0	1.09	1.0	1.0
	9	Fuel element pitch	1.10	1.10	1.0	1.0	1.0
	10	Coolant flow	1.04	1.0	1.0	1.0	1.0
	11	Enthalpy of coolant	1.01	1.0	1.0	1.0	1.0
	12	Film heat transfer coefficient	1.0	1.30	1.0	1.0	1.0
	13	Thermal conductivity of clad	1.0	1.0	1.04	1.0	1.0
	14	Gap conductance	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0
	15	Thermal conductivity of pellet	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1.
Cumulative	16	Maldistribution of power	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
	17	Malfunction of control rod	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
	18	Flow maldistribution in core	1.01	1.0	1.0	1.0	1.0
	19	Coolant inlet temperature	1.05	1.0	1.0	1.0	1.0

3. 計算コードと入出力形式

3.1 計算コード

(1) 燃料要素と流路の関係

燃料集合体の軸方向断面を2章に述べる方法で分割すれば、燃料要素数と流路の数は Table 3.1 に示される関係にある。なお本コードでは計算機の容量によって、流路の数が最高546個におさえられている。また軸方向の断面数は最高91個である。

燃料要素と流路の関係を表わすために、燃料要素と流路は Fig.3.1 に示されるような時計回りの番号がつけられる。計算コードではこれらの関係を Fig.3.2 に示すように次のパラメータを用いて計算される。なお、これらのパラメータは Table 4.2 の check list に具体例が示されている。

Table 3.1 Relation of fuel element and subchannel numbers.

Concentric circle No. (KPODL)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fuel element No. (KPMAX)*	7	19	37	61	91	127	169	217	271
Subchannel No. (NCMAX)*	18	42	78	126	186	258	342	438	546

* $KPMAX=1+3(KPODL-1)KPODL$, $NCMAX=6\{1+(KPODL-1)KPODL\}$

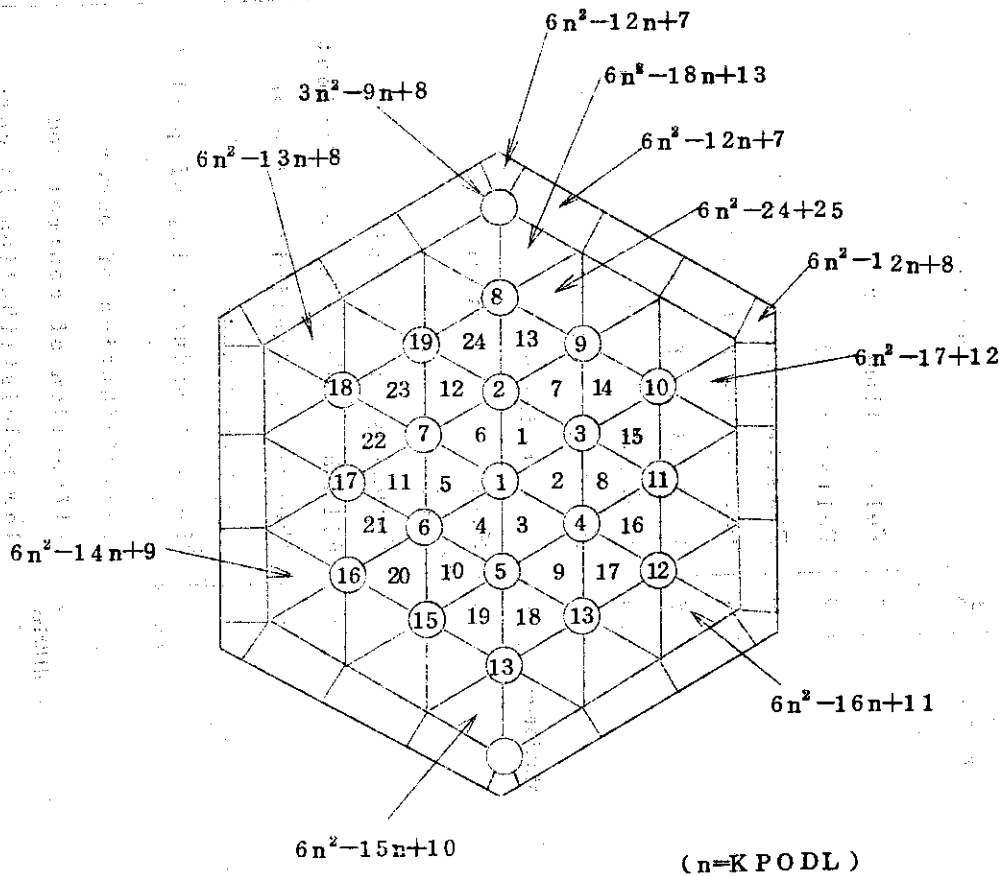


Fig.3.1 Position and number of fuel element and flow subchannel.

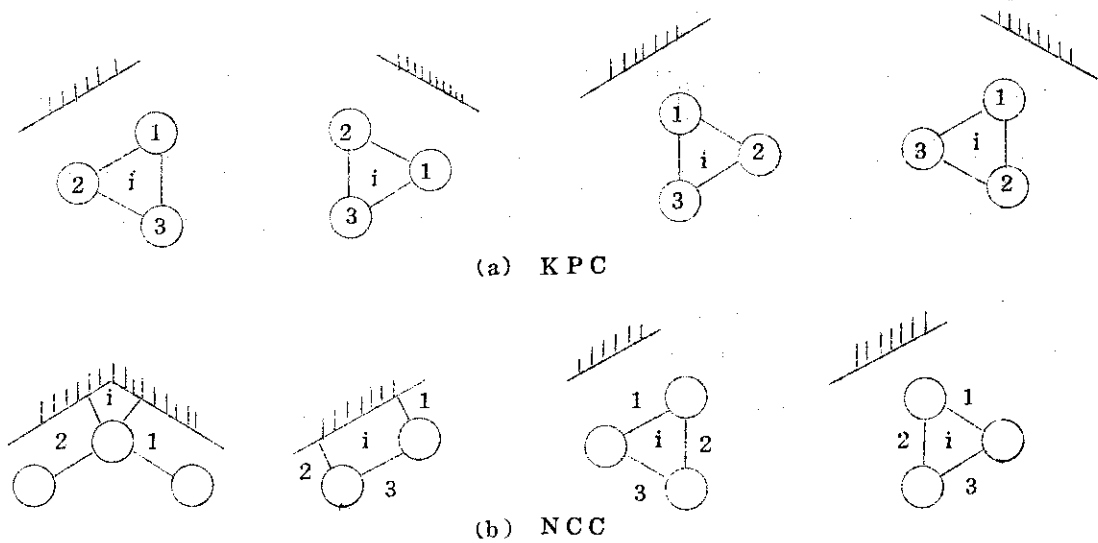


Fig.3.2 Parameter of fuel element subchannel numbers .

(i) KPC……i 流路に流入する燃料要素からの熱量を計算するために、i 流路とそれに関係する燃料要素番号を表わす。

KPC (1, i) : 外回りの燃料要素の大きい番号

KPC (2, i) : 外回りの燃料要素の小さい番号または内回りの燃料要素の大きい番号

KPC (3, i) : 内回りの燃料要素の小さい番号

(ii) NCC……i 流路と隣り合う流路の番号を表わす。

NCC (1, i) : 外回りまたは同心円上の流路の大きい番号

NCC (2, i) : 外回りまたは同心円上の流路の小さい番号

NCC (3, i) : 内回りの流路番号

(iii) NUC……i 流路と隣り合う流路との関係で Fig.3.3に示される見掛けの熱伝達率の区別を表わす。

(iv) KTP……燃料集合体のどの位置に燃料要素があるかを表わす。

KTP=1 : 中央にある燃料要素でこの燃料要素の周りには6個の流路が接している。

KTP=2 : ラPPERチューブに接する燃料要素。

KTP=3 : ラPPERチューブの頂点部分にある燃料要素。

(v) KPT, NCP……KPTは計算する燃料要素の番号を表わす。NCPはこの燃料要素に接する流路番号を表わす。

(vi) NTC……流路の性質を表わす。

NTC=1 : 中央流路

NTC=2 : 周辺流路

NTC=3 : 頂点流路

(2) 冷却材温度の計算

流路の冷却材温度は、(2.1)式に対して炉心入口ですべての流路の冷却材温度が一定という

境界条件, すなわち

$$\Delta t_1(0) = \Delta t_2(0) = \dots = \Delta t_n(0) = 0 \quad (3.1)$$

として Runge-Kutta-Gill 法で計算される。この場合見掛けの熱伝達率は Fig.3.3 に示されるような 4 種類の値である。すなわち, 流路を中央, 周辺, 頂点にわけて考えると以下のようになる。

- U_1 : 中央流路 \longleftrightarrow 中央流路
- U_2 : 中央流路 \longleftrightarrow 周辺流路
- U_3 : 周辺流路 \longleftrightarrow 周辺流路
- U_4 : 周辺流路 \longleftrightarrow 頂点流路

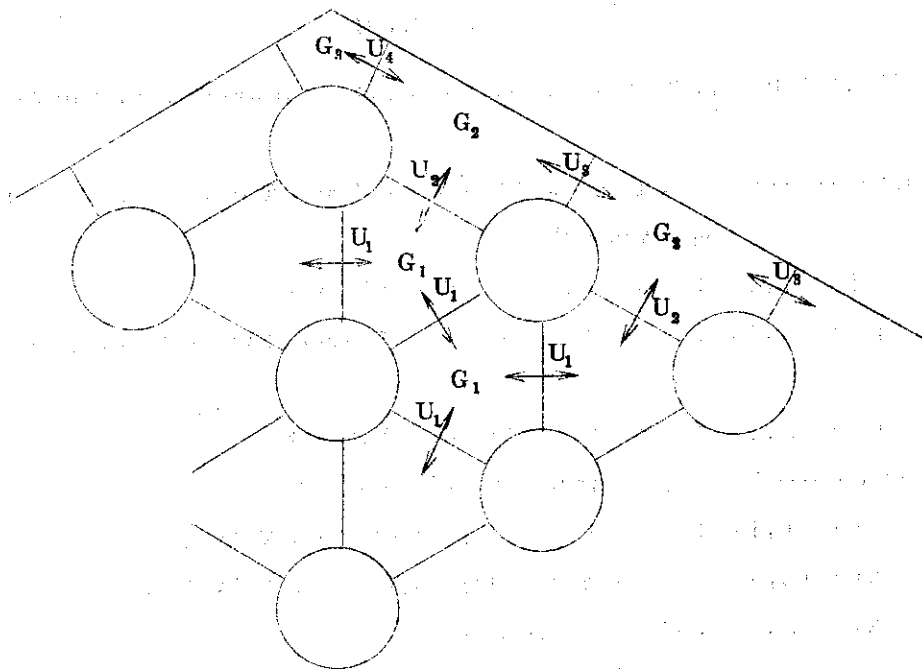


Fig.3.3 Flow rate and apparent heat transfer coefficient in each subchannel.

流路内の冷却材流量については, 軸方向のある断面で摩擦損失による圧力差がどの流路でも等しいと仮定し, 摩擦損失係数が $Re^{-1/4}$ に比例すると考えた場合, 次式で表わされる。

$$G_i = G_T \frac{A_i (de_i)^{5/7}}{\sum_{j=1}^3 n_j A_j (de_j)^{5/7}} \quad (3.2)$$

ここに, G_T は燃料集合体の冷却材全流量, A_i は i 流路の流路断面積, de_i は i 流路の等価直径, n は流路数を表わし, n_1 が中央流路, n_2 が周辺流路, n_3 が頂点流路である。

1 本の燃料要素の発熱量は円周方向に一定とすれば, i 流路に流れ込む単位長さ当りの熱量は Fig.3.4 に示されるような流路によって次式で表わされる。

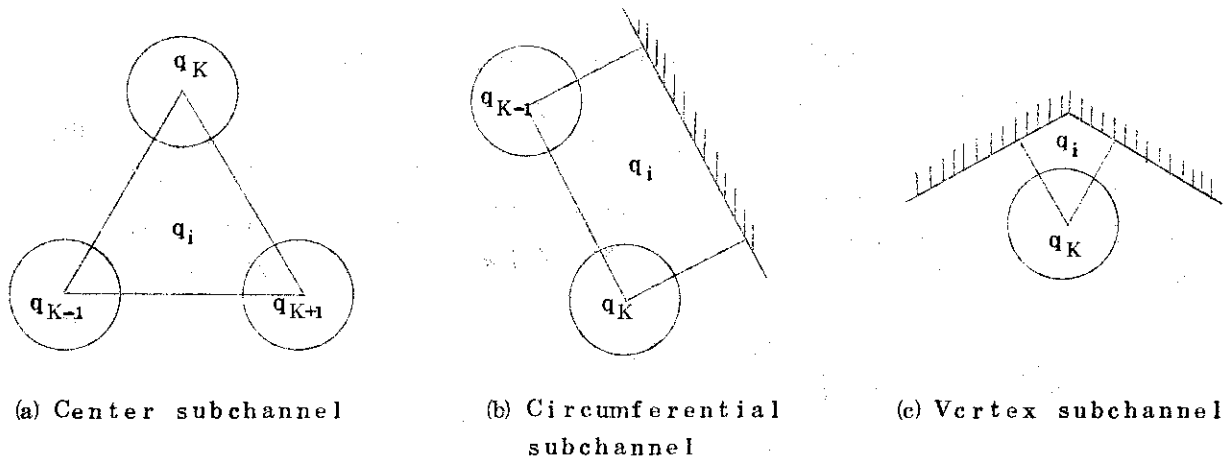


Fig.3.4 Linear heat rate of subchannel from fuel element.

中央流量

$$q_i(z) = \frac{1}{6} \{q_{K-1}(z) + q_K(z) + q_{K+1}(z)\} \quad (3.3)$$

周辺流量

$$q_i(z) = \frac{1}{4} \{q_{K-1}(z) + q_K(z)\} \quad (3.4)$$

頂点流量

$$q_i(z) = \frac{1}{6} q_K(z) \quad (3.5)$$

また、すべての燃料要素は軸方向に同じ発熱分布をしていると仮定する。この場合、次式で表わされるコサイン分布または任意の分布が選択される。

$$q_L(z) = q_{max} \cos \left[C \left(z - \frac{PL}{2} \right) \right] \quad (3.6)$$

ここに、 q_{max} : 燃料要素軸方向最大単位長発熱量

C : 定数

PL : 炉心発熱部長さ

発熱部分より上流の冷却材温度は(2.1)式の右辺にある燃料要素から流路に流れ込む熱量が0として計算される。

(3) 燃料要素の温度計算

燃料要素の温度計算には2.2.2に述べられるように2通りの方法がある。半径方向のみによる解析では(2.3)式から(2.10)式までを解析的に計算すればよい。燃料体の熱伝導率が温度の関数で表わされる場合だけが数値計算になる。すなわち(2.11)式を数値的に求めるために、(2.10)式で t_{f2} を仮りに決め、次式が成立つまで繰返し計算を行なって t_{f2} を求める。

$$\left| \int_{const}^{t_{f2}} k_f dt - \int_{const}^{t_{f1}} k_f dt - \frac{q_L}{4\pi} \right| \leq \epsilon_f \quad (3.7)$$

半径-円周方向による解析では Fig.3.5に示されるように燃料要素は半径方向に対して被覆管が3個，燃料体が4個に分割される。また円周方向に対しては中央の燃料要素では6個，ラップチューブに接する燃料要素とラップチューブの頂点にある燃料要素では5個に分割される。このようにして作ったメッシュに対して2.2.2の(2)項に述べる方法によって繰返し計算が行なわれる。実際の計算コードでは，計算時間を短くするために(2.12)式に加速係数 ω を導入して，

$$t_1^{(k+1)} = t_1^{(k)} + \omega \left[\frac{\sum_{i=2}^5 K_{i1}^{(k)} t_i^{(k)} + Q_1}{\sum_{i=2}^5 K_{i1}^{(k)}} - t_1^{(k)} \right] \quad (3.8)$$

各々のメッシュ点で熱平衡状態に近づくと，上式右辺第2項の括弧の中が0になるはずであるので，収束判定として修正量 $e_1^{(k)}$ を次式のように定義し，

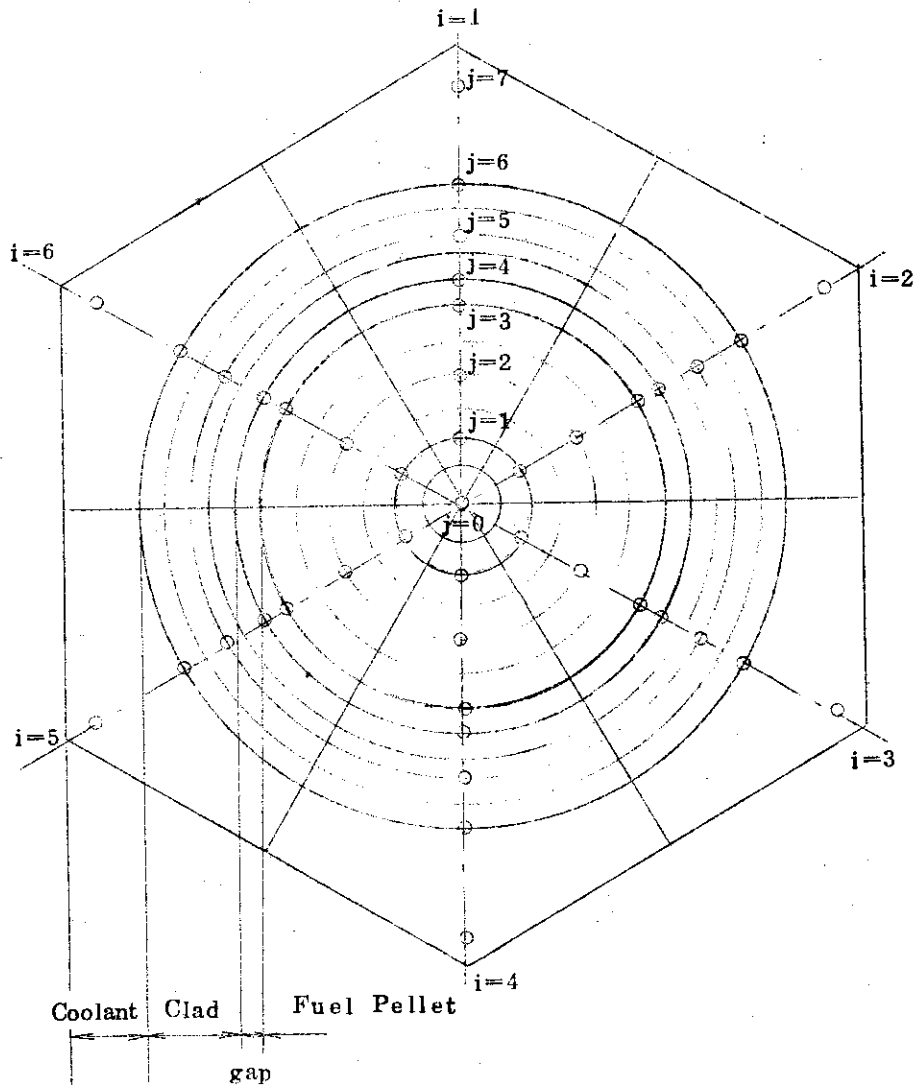


Fig.3.5 Mesh of a fuel element.

$$e_I^{(k)} = \omega \left\{ \frac{\sum_{i=2}^5 K_{ii}^{(k)} t_i^{(k)} + \dot{Q}_1'}{\sum_{i=2}^5 K_{ii}^{(k)}} - t_1^{(k)} \right\} \quad (3.9)$$

全てのメッシュ点における温度修正量の最大値 $\max |e|$ がある値 ϵ_S より小さくなるまで (3.8) 式を繰返し計算する。すなわち、収束判定は次式で与えられる。

$$\max |e| \leq \epsilon_S \quad (3.10)$$

冷却材に接するメッシュ点で冷却材の熱伝達率は (2.5), (2.6), (2.7) 式と同じ式で求められるが、これらの式に用いる流路断面積, 等価直径, 冷却材流量は以下に述べる方法で得られた値である。(Fig.3.6を参照)

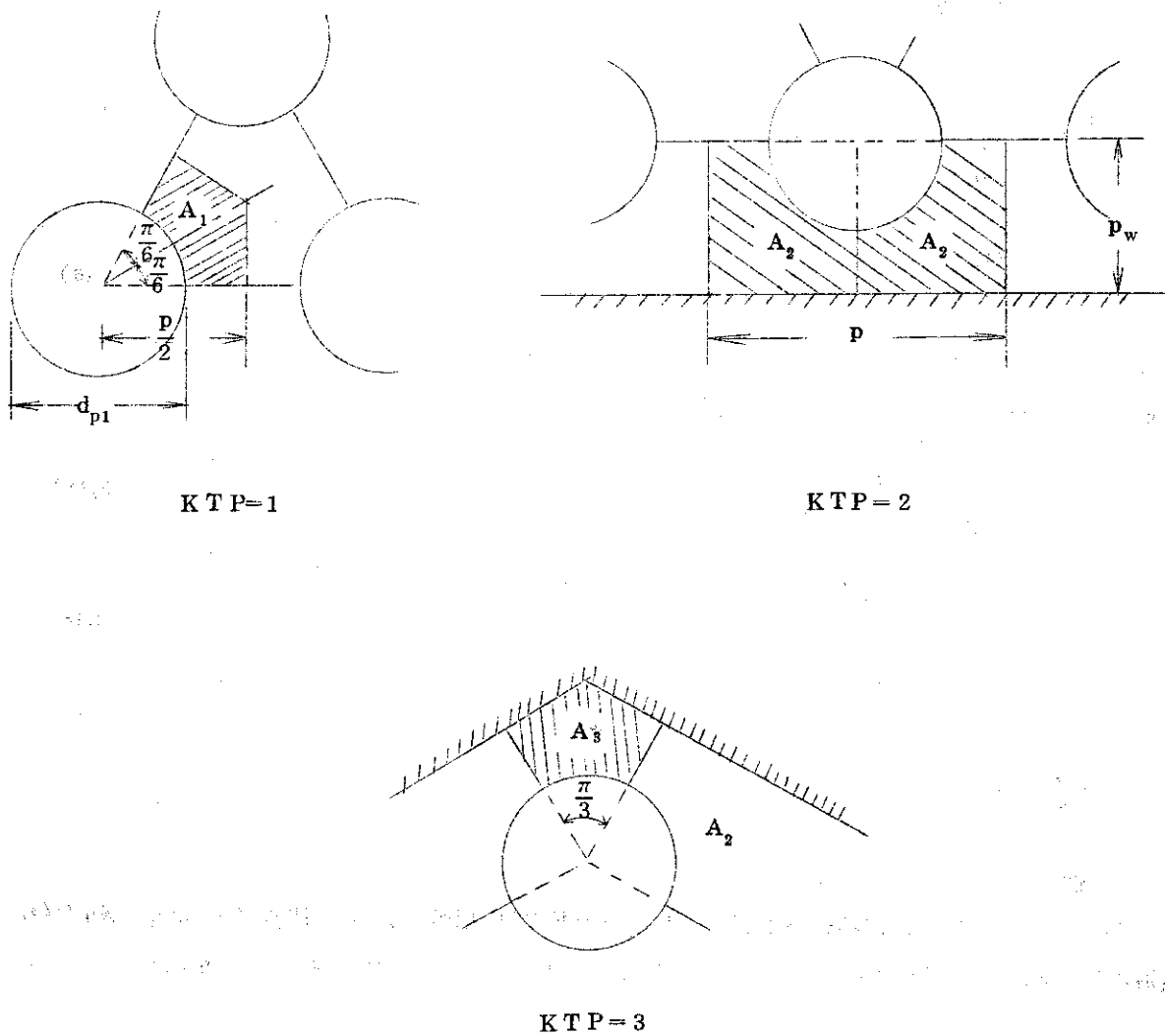


Fig.3.6 Cross section areas.

(i) 中央流路に接するメッシュ

$$A_1' = \left[\frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{p}{2} \right)^2 - \frac{\pi}{6} \left(\frac{d_{p1}}{2} \right)^2 \right] \quad (3.11)$$

$$de_1' = \frac{4A_1'}{\frac{\pi}{3} \left(\frac{d_{p1}}{2} \right)} \quad (3.12)$$

$$G_1' = \frac{G_1}{3} \quad (3.13)$$

ここに、 p は燃料要素の配列ピッチである。

(ii) 周辺流路に接するメッシュ

$$A_2' = p_w \left(\frac{p}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_{p1}}{2} \right)^2 \quad (3.14)$$

$$de_2' = \frac{4A_2'}{\frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{p1}}{2} \right) + \left(\frac{p}{2} \right)} \quad (3.15)$$

$$G_2' = \frac{G_2}{2} \quad (3.16)$$

ここに、 p_w は周辺燃料要素の中心とラップチューブの距離

(iii) 頂点流路に接するメッシュ

$$A_3' = \frac{p_w^2}{\sqrt{3}} - \frac{\pi}{6} \left(\frac{d_{p1}}{2} \right)^2 \quad (3.17)$$

$$de_3' = \frac{4A_3'}{\frac{2}{\sqrt{3}} p_w + \frac{\pi}{3} \left(\frac{d_{p1}}{2} \right)} \quad (3.18)$$

$$G_3' = G_3$$

(4) 物性値

冷却材はナトリウム、被覆管は SUS 32 (TYPE 316 相当)、燃料体は $20\text{PuO}_2 - 80\text{UO}_2$ の物性値を多項式で fitting したもので次式で表わされる式が計算コードに組込まれている。

(i) ナトリウム³⁾熱伝導率: k_c (cal/cm sec °C)

$$k_c = 4.134 \times 10^{-3} [54.306 - 1.878 \times 10^{-2} (1.8t + 32) + 2.0914 \times 10^{-6} (1.8t \times 32)^2] \quad (3.20)$$

比熱: c_p (cal/g °C)

$$c_p = 0.38935 - 1.99078 \times 10^{-4} T + 11.05417 \times 10^{-8} T^2 \quad (3.21)$$

動粘性係数: ν_c (cm²/sec)

$$\nu_c = 0.762 \times 10^{-2} - 0.156 \times 10^{-4} t + 0.012 \times 10^{-6} t^2 \quad (3.22)$$

比重量: r_c (g/cm³)

$$r_c = 0.95424 - 0.12737 \times 10^{-3} (1.8t + 32) - 0.0046 \times 10^{-6} \times (1.8t + 32)^2 + 0.00079 \times 10^{-9} (1.8t + 32)^3 \quad (3.23)$$

プラントル数: Pr

$$Pr = \frac{c_p r_c \nu_c}{k_c} \quad (3.24)$$

(ii) 被覆管熱伝導率⁴⁾: k_p (cal/cm sec °C)

$$k_p = 0.03066 + 0.3584 \times 10^{-4} t - 0.0042 \times 10^{-6} t^2 \quad (3.25)$$

(iii) 燃料体の熱伝導率⁵⁾: k_f (W/cm °C)

$$k_f = 1.011 + \frac{1}{t(0.4848 - 0.4465D)} \quad (3.26)$$

ここに D は燃料体の理論密度比でコードでは 0.94 が採用されている。また、これらの式で、 t は °C、 T は °K で表わした温度である。

「FATEC-2」コードでは、冷却材の温度を計算する(2.1)式における比熱は温度の関数として取扱われたが、ナトリウムの比熱は温度による変化が小さく、計算時間を短縮するために、本コードでは一定として取り扱う。冷却材の熱伝導率を計算する場合の物性値は温度の関数として求められる。半径方向による解析では被覆管の熱伝導率は被覆管表面温度での値が用いられる。燃料体に関しては(3)項に述べるように温度に依存する場合は(3.7)式によって計算され、温度に無関係の場合は一定値として取扱われる。半径-円周方向の解析ではメッシュ間の距離に対する重みを考えた平均温度を物性値の計算に用いる。

(5) 計算コードの構成

本計算コードでは以下に示す各デッキから成立ち、カード枚数は約 2,100 枚である。また使用容量は約 94 KW である。

MAIN … 全計算ルーチンのコントロール。

INPUT … 必要データの入力。

NUMBER … 流路と燃料要素の番号づけ。

- = 3 冷却材の温度計算と燃料要素の温度計算 (半径-円周方向による計算)
- = 4 冷却材, 燃料要素 (半径-円周方向による計算)ならびにホットスポットの計算。

OKPODL : 燃料集合体内の燃料要素同心円数

OLPFLUX : 軸方向発熱分布のオプション (カード#10と#11を参照)

- = 1 コサイン分布
- = 2 任意入力分布

OLPUNIT : 燃料要素の最高単位長出力の単位オプション (カード#9参照)

- = 1 cal/s cm
- = 2 W/cm

OLPLOTT : ダミー

OLCUNIT : 冷却材比熱単位オプション (カード#6参照)

- = 1 cal/g °C
- = 2 Ws/g °C

#5 (6F10.5)

- CL : 燃料要素の全長
- PL : 燃料要素の発熱部分長さ
- DZ : 燃料要素の温度分辺リストの軸方向プリント間隔

#6 (6F10.5)

- SDZ : Runge-Kutta-Gill 法における計算ステップ巾
- EPSC : " " の収束判定定数
- GT : 燃料集合体内冷却材全流量
- TIN : 冷却材炉心入口温度
- CP : 冷却材比熱 (カード#4のLCUNIT参照)

#7 (6F10.5)

- A(1) : 中央流路の流路断面積
- SDE(1) : " の等価直径
- A(2) : 周辺流路の流路断面積
- SDE(2) : " の等価直径
- A3 : 頂点流路の流路断面積
- SDE(3) : " の等価直径

#8 (6F10.5) 見掛けの熱伝達率 (Fig.3.3を参照)

- OU(1) : 中央 ↔ 中央流路の値
- OU(2) : 中央 ↔ 周辺流路の値
- OU(3) : 周辺 ↔ 周辺流路の値
- OU(4) : 頂点 ↔ 周辺流路の値

#9 (6F10.5)

- QP(1) : 1番目の燃料要素の最高単位長発熱量

○QP(2) : 2番目の燃料要素の最高単位長発熱量
 ⋮ : ⋮ " "
 ○QP(n) : n番目の " "

#10 (F10.5) LPFLUX=1の時に必要となる。

○CPW : コサイン分布式の定数 (3.6) 式を参照)

#11 (6F10.5) LPFLUX=2の時に必要となる。

○QZ(1) : 軸方向出力分布の相対値 (Z=0)
 ○QZ(2) : " " (Z=DZ)
 ⋮ : ⋮ ⋮ ⋮
 ○QZ(JZ) : " " (Z=(JZ-1)×DZ)

以下のカードは LTCALC ≥ 2 の時に必要となる。

#12 (6I5)

○LIZT : 燃料要素内温度計算の軸座標指定パラメータ
 <0 座標点間隔を指定 (例えば, この値を -2 とすれば 2DZ 毎に計算する。)
 =0 IZT で指定された1面の計算 (カード#13を参照)
 >0 LIZT 個の面を計算 (")

○LKPT : 計算すべき燃料要素の指定パラメータ
 <0 1個の燃料要素 (-LKPT 番目) の計算
 =0 代表の燃料要素 (13本または7本) の計算
 >0 LKPT 個の燃料要素を計算 (カード#14を参照)

○LKFUEL : 燃料体熱伝導率計算パラメータ
 =1 k_f は一定 (現在使用していない)
 =2 $\int k_f dt$ を計算

○LKSTP : k_f (LKFUEL=2) 計算 (Newton法) の打ち切り目数 (約20でよい)

○LTSKF : k_f (LKFUEL=2) 計算のチェックリスト用プリンタ (必要のない場合は0)

#13 (14I5) LIZT ≥ 0 の場合に必要となる。

○IZT(1) : 軸座標点番号
 ○IZT(2) : " "
 ⋮ : ⋮
 ○IZT(I) : " (Iは最高21個まで)

#14 (14I5) LKPT > 0 の場合に必要になる。

○KPT(1) : 燃料要素の番号
 ○KPT(2) : " "

* KPODL=2の場合, 中心と頂点にある燃料要素の合計が7本。

KPODL > 2の場合, KDODL=2の場合以外に各辺の中央部にある燃料要素6本を加えて13本になる。

OKPT (K) : 燃料要素の番号 (Kは最高21本まで)

#15 (6F10.5)

OCNU : 冷却材の熱伝達率の式の定数 (2.6)式参照)
 OALPHA : " の指数 (")
 OBETA : " の指数 (")

#16 (6F10.5)

ODP1 : 被覆管外径
 ODP2 : 被覆管内径
 OSHG : 被覆管と燃料体のギャップコンダクタンス

#17 (6F10.5)

ODF : 燃料体直径
 OEPSK : k_f (LKFUEL=2) 計算の判束測定 (3.7)式を参照)

以下のカードは LTCALC \geq 3の時に必要となる。

#18 (2I5)

OLQSTP : 繰返し計算の打切り回数 (約20でよい)
 OLTSOR : 繰返し計算チェックリスト用プリント (0の場合プリントしない。6の場合プリント)

#19 (6F10.5)

OPIT : 燃料要素配列ピッチ (3.11)式を参照)
 OPW : 周辺燃料要素の中心とラップチューブの距離
 OEPSQ : 繰返し計算の収束判定 (3.10)式を参照)
 OMEGA : " の加速係数 (3.8)式を参照)

以下のカードは LTCALC=4の時に必要となる。

#20 (3I5)

OISMAX : ホットスポット計算の統計的不確かさ係数の数
 OICMAX : ホットスポット計算の統計的不確かさ係数の数と累積的不確かさ係数の数の和 (すなわち (2.23)式と (2.24)式に表われる変数の和 $I+I'$ になる)
 OIHSPTB : 不確かさ係数のオプション
 ≤ 0 組込みの不確かさ係数 (現在ダミーが入っている)
 > 0 カード #21 によって不確かさ係数を入力

#21 (6F10.5)

OFHS (1.1) : 不確かさ係数
 OFHS (2.1) : "
 : "
 OFHS (IHSPTB, 1) : "
 OFHS (1.2) : "
 : "
 : "

⊙FHS (IHSPTB, IC MAX : 不確かさ係数)

入力例は Table 4.1 に示されている。

3.3 出力形式

出力はオプションによってプリントしないものがあるが一応次のような順序で出力される。

- (1) タイトル
- (2) 入力データ
- (3) チェックリスト
- (4) 各流路の冷却材温度
- (5) 燃料要素の温度 (被覆管表面温度, 被覆管内面温度, 燃料体表面温度, 燃料体中心温度)

なお, 出力例は Table 4.2 に示されている。

4. モデル計算

高速実験炉の第2次概念設計の体系に従ってモデル計算を行なう。ここに使われた主な定数は次下のようなものである。

燃料要素数	KPMAX=91本
被覆管外径	$d_{p1} = 0.63 \text{ cm}$
被覆管内径	$d_{p2} = 0.56 \text{ cm}$
燃料体直径	$d_f = 0.55 \text{ cm}$
ラップチューブと周辺燃料要素の中心の距離	$p_w = 0.445 \text{ cm}$
燃料要素の配列ピッチ	$p = 0.769 \text{ cm}$
炉心長さ	$CL = 120 \text{ cm}$
炉心発熱部長さ	$PL = 60 \text{ cm}$
燃料集合体全流量	$G_T = 9,100 \text{ g/s}$
冷却材入口温度	$t_{inlet} = 370^\circ\text{C}$
冷却材熱伝達率	$Nu = 0.625 Re^{0.4} Pr^{0.4}$
ギャップコンダクタンス	$h_2 = 0.2031 \text{ cal/s cm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
見掛けの熱伝達率	$U_1 = 0.9051 \text{ cal/s cm } ^\circ\text{C}$
〃	$U_2 = 0.7310 \text{ } ^\circ\text{C}$
〃	$U_3 = 0.6930 \text{ } ^\circ\text{C}$
〃	$U_4 = 0.6160 \text{ } ^\circ\text{C}$

流路の種類	流路数	1流路の流路断面積	等価直径
1	150	0.10021 cm^2	0.4051 cm
2	30	0.18635 cm^2	0.4239 cm
3	6	0.06238 cm^2	0.2957 cm

燃料要素の発熱に関しては、軸方向の発熱分布が次式で表わされ、また各燃料要素の軸方向最大単位長発熱量は Fig. 4.1 に示されている。

$$q_L(z) = q_{\max} \cos \left[0.0423 \left(z - \frac{PL}{2} \right) \right]$$

これらのデータの計算コード入力リストは Table 4.1 に示されている。

この入力リストを用いた FACOM 230-60 での計算時間は約4分であり、出力の1部は Table 4.2 に示されている。

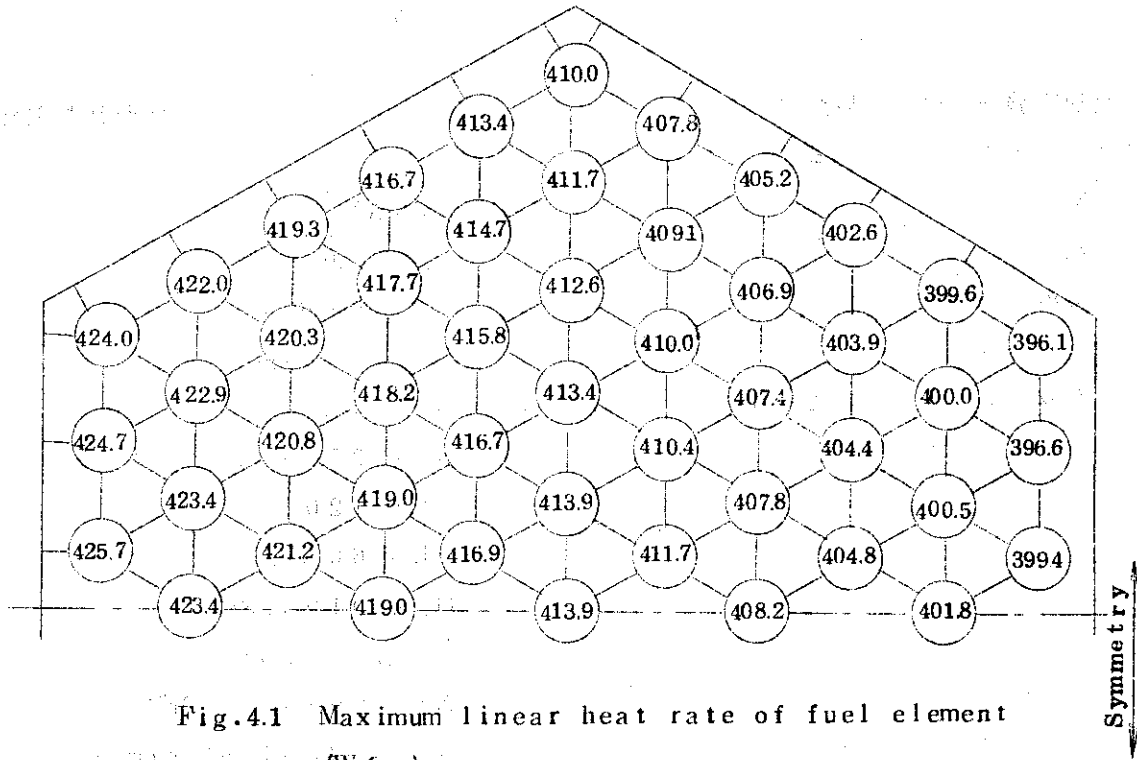


Fig.4.1 Maximum linear heat rate of fuel element (W/cm).

Table 4.1 Input of model calculation

JAERI



INPUT DATE FORM III

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										NAME										DATE									
WORD 1	WORD 2	WORD 3	WORD 4	WORD 5	WORD 6	WORD 7	WORD 8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U																				1970-10-15 (1972-11-20)																			
6	60	10	6	6	0																																		
4	6	1	2	1	2																																		
120.	60.	5.																																					
1.	.0001	9100.	370.	1.27																																			
.10021	.4051	.18635	.4239	.06238	.2957																																		
.9051	.731	.693	.616																																				
413.9	413.9	411.7	411.7	413.9	416.9																																	P 01	
416.9	413.4	410.4	407.8	408.2	407.8																																	P 07	
410.4	413.4	416.7	419.	419.	419.																																	P 13	
416.7	412.6	410.	407.4	404.4	404.8																																	P 19	
404.8	404.4	407.4	410.	412.6	415.8																																	P 25	
418.2	420.8	421.2	421.2	420.8	418.2																																	P 31	
415.8	411.7	409.1	406.9	403.9	400.																																	P 37	
400.5	401.8	400.5	400.	403.9	406.9																																	P 43	
409.1	411.7	414.7	417.7	420.3	422.9																																	P 49	
423.4	423.4	423.4	422.9	420.3	417.7																																	P 55	
414.7	410.	407.8	405.2	402.6	399.6																																	P 61	
396.1	396.6	399.4	399.4	396.6	396.1																																	P 67	
399.6	402.6	405.2	407.8	410.	413.4																																	P 73	
416.7	419.3	422.	424.	424.7	425.1																																	P 79	
425.1	424.7	424.	422.	419.3	416.7																																	P 85	
413.4																																						P 91	
.0423																																							
-4	0	2	20	0																																			
.625	.4	.4																																					
.63	.56	.2031																																					
.55	.0001																																						
20	0																																						
.769	.445	0.	1.4																																				
15	19																																						

Table 4.2 Output of model calculation

THE COOLANT TEMPERATURE DISTRIBUTION OF THE THERMAL MIXING EFFECT IN ONE FUEL-ASSEMBLY

CASE NO: 0 0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U 1970-10-15(1972-11-20)

INPUT DATA LIST

CALCULATING COOLANT TEMPERATURE DISTRIBUTION
AND FUEL-ROD TEMPERATURE DISTRIBUTION USED DETAIL COOLANT TEMPERATURE
AND HOT SPOT TEMPERATURE
USED COSINE DISTRIBUTION FOR AXIAL HEAT FLUX
UNIT FOR POWER (WATT/CM)
NOT DUMP COOLANT TEMPERATURE ON EXTERNAL MEMORY

CONTROL (1-14) 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

REFERENCE NO. FOR OUTPUT LIST LTOU= 6
MAXIMUM LINE FOR OUTPUT LIST MLINE= 60
MAXIMUM LINE FOR OUTPUT BLOCK NLINE= 10
REFERENCE NO. FOR CHECK LIST LTCMK= 6
REFERENCE NO. FOR ERROR LIST LTRKG= 6
REFERENCE NO. FOR DUMP LIST LTPLT= 0

NO. OF FUEL-PIN ON DIAGONAL LINE KPOOL= 6
HEIGHT OF REACTOR CL= 120.00000
CORE HEIGHT PL= 60.00000
AXIAL INCREMENT FOR EDITING DZ= 5.00000
AXIAL INCREMENT IN RKGS SDZ= 1.00000
ACCURACY IN RKGS EPSK= 0.00500
TOTAL FLOW GT= 9100.00
INLET TEMPERATURE TIN= 370.00000
SPECIFIC HEAT OF COOLANT CP= 1.27000
CHANNEL CROSS SECTION (CENTER CHANNEL) A 1= 0.10021
(CIRCUMFERENTIAL CHANNEL) A 2= 0.18635
(VERTEX CHANNEL) A 3= 0.06238
REDUCED DIAMETER (CENTER - CENTER) SDE 1= 0.40510
(CIRCUMFERENTIAL - CENTER) SDE 2= 0.42390
(CIRCUMFERENTIAL - VERTEX) SDE 3= 0.29570
HEAT TRANSFER RATE (CENTER - CENTER) UC 1= 0.90510
(CIRCUMFERENTIAL - CENTER) UC 2= 0.73100
(CIRCUMFERENTIAL - CIRCUMFERENTIAL) UC 3= 0.64900
(VERTEX - CIRCUMFERENTIAL) UC 4= 0.61600

MAXIMUM POWER OF FUEL PIN										
413.9	413.9	411.7	411.7	413.9	416.9	416.9	413.4	410.4	407.8	407.8
408.2	407.8	410.4	413.4	416.7	419.0	419.0	419.0	416.7	412.6	412.6
410.0	407.4	404.4	404.8	404.8	404.4	407.4	410.0	412.6	415.8	415.8
418.2	420.8	421.2	421.2	420.8	418.2	415.8	411.7	409.1	406.9	406.9
403.9	400.0	400.5	401.8	400.5	400.0	403.9	406.9	409.1	409.1	411.7
414.7	417.7	420.3	422.9	423.4	423.4	422.9	422.9	420.3	417.7	417.7
414.7	410.0	407.8	405.2	402.6	399.6	396.1	396.6	399.4	399.4	399.4
396.6	396.1	399.6	402.6	405.2	407.8	410.0	413.4	416.7	419.3	419.3
422.0	424.0	424.7	425.1	425.1	424.7	424.0	422.0	419.3	416.7	416.7
413.4										

HEAT FLUX COSINE DISTRIBUTION CPW= 0.04230

INPUT DATA LIST GROUP-2

CALCULATING FUEL-ROD TEMPERATURE FOR EACH 4 AXIAL POINTS
1 5 9 13 17 21 25
CALCULATING FUEL-ROD TEMPERATURE FOR 13 FUEL PINS (CENTER, VERTEX, CIRCUMFERENTIAL)
1 87 82 77 72 67 62 89 84 79 74 69 64
CALCULATING HEAT CONDUCTANCE OF FUEL

CONSTANT FOR NUSSELT NO. GNU= 0.62500
ALPHA= 0.40000
BETA= 0.40000
DIAMETER OF OUTER SURFACE OF CLAD DP1= 0.63000
DIAMETER OF INNER SURFACE OF CLAD DP2= 0.56000
HEAT TRANSFER RATE OF CLAD-FUEL GAPP SHG= 0.20310
DIAMETER OF FUEL DF= 0.55000
ACCURACY IN XKF EPSK= 0.00010
MAXIMUM ITERATION COUNT IN XKF LKSTP= 20
REFERENCE NO. FOR CHECK LIST IN XKF LTSKF= 0

INPUT DATA LIST GROUP-3

INTERVAL OF FUEL ROD PIT= 0.76900
INTERVAL OF FUEL ROD AND WRAPPER TUBE PW= 0.44500
CONVERGENT FACTOR IN SOR OMEGA= 1.40000
ACCURACY IN SOR EPSO= 0.10000
MAXIMUM ITERATION COUNT IN SOR LBSTP= 20
REFERENCE NO. FOR CHECK LIST IN SOR LTSOR= 0

INPUT DATA LIST GROUP-4

MAXIMUM INDEX OF HOT SPOT COEFFICIENT TABLE ISMAX= 15
STATISTICAL FACTOR ICHAX= 19
CUMULATIVE FACTOR

77	1	1	1	78	1	1	1	79	1	1	1	80	1	1	1							
81	1	1	1	82	1	1	1	83	1	1	1	84	1	1	1							
85	1	1	1	86	1	1	1	87	1	1	1	88	1	1	1							
89	1	1	1	90	1	1	1	91	1	1	1	92	1	1	1							
93	1	1	1	94	1	1	1	95	1	1	1	96	1	1	1							
97	1	1	1	98	1	1	1	99	1	1	1	100	1	1	1							
101	1	1	1	102	1	1	1	103	1	1	1	104	1	1	1							
105	1	1	1	106	1	1	1	107	1	1	1	108	1	1	1							
109	1	1	1	110	1	1	1	111	1	1	1	112	1	1	1							
113	1	1	1	114	1	1	1	115	1	1	1	116	1	1	1							
117	1	1	1	118	1	1	1	119	1	1	1	120	1	1	1							
121	2	1	1	122	2	1	1	123	2	1	1	124	2	1	1							
125	2	1	1	126	2	1	1	127	2	1	1	128	2	1	1							
129	2	1	1	130	2	1	1	131	2	1	1	132	2	1	1							
133	2	1	1	134	2	1	1	135	2	1	1	136	2	1	1							
137	2	1	1	138	2	1	1	139	2	1	1	140	2	1	1							
141	2	1	1	142	2	1	1	143	2	1	1	144	2	1	1							
145	2	1	1	146	2	1	1	147	2	1	1	148	2	1	1							
149	2	1	1	150	2	1	1	151	3	4	2	152	3	3	2							
153	3	3	2	154	3	3	2	155	4	3	2	156	3	4	2							
157	3	3	2	158	3	3	2	159	3	3	2	160	4	3	2							
161	3	4	2	162	3	3	2	163	3	3	2	164	3	3	2							
165	4	3	2	166	3	4	2	167	3	3	2	168	3	3	2							
169	3	3	2	170	4	3	2	171	3	4	2	172	3	3	2							
173	3	3	2	174	3	3	2	175	4	3	2	176	3	4	2							
177	3	3	2	178	3	3	2	179	3	3	2	180	4	3	2							
181	4	4	0	182	4	4	0	183	4	4	0	184	4	4	0							
185	4	4	0	186	4	4	0															
GC	=	43.21	83.00	21.48																		
GC	=	49.35	49.27	49.35	49.56	49.68	49.56	49.21	49.04	49.21	49.67											
		49.88	49.67	49.28	48.97	48.88	48.88	48.97	49.28	49.53	49.87											
		49.97	49.97	49.87	49.53	49.13	48.80	48.61	48.61	48.80	49.13											
		49.61	49.93	50.14	50.14	49.93	49.61	49.21	48.89	48.56	48.46											
		48.49	48.46	48.56	48.89	49.21	49.44	49.80	50.09	50.09	50.22											
		50.21	50.09	49.80	49.44	49.04	48.75	48.41	48.17	48.23	48.17											
		48.41	4A.75	49.04	49.50	49.84	50.14	50.38	50.40	50.38	50.14											
		49.84	49.50	49.11	4A.82	48.50	48.11	47.98	48.06	48.06	47.98											
		48.11	48.50	48.82	49.11	49.33	49.70	50.02	50.33	50.45	50.49											
		50.49	50.45	50.33	50.02	49.70	49.33	48.92	48.62	48.31	47.92											
		47.66	47.85	47.85	47.66	47.92	48.31	48.62	48.92	49.36	49.74											
		50.06	50.38	50.61	50.64	50.64	50.61	50.38	50.06	49.74	49.36											
		48.95	48.66	48.37	4A.02	47.61	47.49	47.64	47.80	47.64	47.49											
		47.61	48.02	48.37	48.66	48.95	49.18	49.56	49.92	50.23	50.52											
		50.63	50.69	50.71	50.69	50.63	50.52	50.23	49.92	49.56	49.18											
		48.84	4A.56	48.25	47.91	47.52	47.34	47.54	47.71	47.54	47.34											
		47.52	47.91	48.25	48.56	48.84	49.18	49.58	49.93	50.25	50.53											
		50.69	50.75	50.78	50.75	50.69	50.53	50.25	49.93	49.58	49.18											
		16.32	15.77	15.77	16.32	16.88	16.88															
GP	=	98.88	98.88	98.36	98.36	98.88	99.60	99.60	98.76	98.04	97.42											
		97.52	97.42	98.04	9A.76	99.55	100.10	100.10	100.10	99.55	98.57											
		97.95	97.33	96.61	96.71	96.71	96.61	97.33	97.95	98.57	97.21											
		99.91	100.53	100.62	100.62	100.53	99.91	99.33	98.36	97.73	97.21											
		96.49	95.56	95.68	95.99	95.68	95.56	96.49	97.21	97.73	98.56											
		99.07	99.79	100.41	101.03	101.15	101.15	101.15	101.03	100.41	99.79											
		99.07	97.95	97.42	96.80	96.18	95.46	94.63	94.75	95.42	95.42											
		94.75	94.63	95.46	96.18	96.80	97.42	97.95	98.76	99.55	100.17											
		100.82	101.29	101.46	101.56	101.56	101.46	101.29	100.82	100.17	99.55											
		98.76																				
ITMAX	=	7																				
KTMAX	=	13																				
SLNDP	=	0.00000																				
KTP	=	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
		1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
		2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
KpT + NCP	=	1	6	5	4	3	2	1	87	186	176	175	146	145	0	82	185	171	170	141	140	0
		77	184	166	165	136	135	0	72	183	161	160	131	130	0	67	182	156	155	126	125	0
		62	181	151	180	121	150	0	89	178	177	148	147	118	0	84	173	172	143	142	114	0
		79	148	167	138	137	110	0	74	163	162	133	132	106	0	69	158	157	128	127	102	0
		64	153	152	123	122	98	0														
SDF	=	0.09167		SDFH	=	0.04583		RF	=	0.27500												
RF01	=	0.04583		RF12	=	0.13750		RF23	=	0.22917												
RF1	=	0.09167		RF2	=	0.18333		RF3	=	0.27500												
SDP	=	0.01750		SDPH	=	0.00875																
RP45	=	0.28875		RP36	=	0.30625																
RP4	=	0.28000		RP5	=	0.29750		RP6	=	0.31500												
AD	=	0.03340	0.09317	0.06238																		
DDE	=	0.40503	0.42384	0.29572																		
VO	=	0.00660	V	=	0.00840	0.01681	0.01155	0.00249	0.00521	0.00272												
BDD4	=	0.0	BDD5	=	0.0	BDD6	=	0.0														
CNN	=	1.00000	0.50000	0.16667	0.03125	0.05882	0.02778															
CNJ	=	0.50000	1.50000	2.50000	0.0	16.50000	17.50000															

THE COOLANT TEMPERATURE DISTRIBUTION OF THE THERMAL MIXING EFFECT IN ONE FUEL-ASSEMBLY

CASE NO. 0 0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U 1970-10-15(1972-11-20) PAGE 1- 1

CHANNEL	Z(1) = 0.0		Z(2) = 5.00		Z(3) = 10.00		Z(4) = 15.00		Z(5) = 20.00	
	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING
1C	0.0	0.0	744.7E-02	744.7E-02	183.5E-01	183.5E-01	322.2E-01	322.1E-01	484.4E-01	484.3E-01
2C	0.0	0.0	743.4E-02	743.2E-02	183.2E-01	183.1E-01	321.6E-01	321.5E-01	483.6E-01	483.5E-01
3C	0.0	0.0	747.8E-02	747.8E-02	184.3E-01	184.3E-01	323.6E-01	323.5E-01	486.2E-01	486.1E-01
4C	0.0	0.0	749.6E-02	749.5E-02	184.7E-01	184.7E-01	324.3E-01	324.3E-01	487.4E-01	487.3E-01
5C	0.0	0.0	747.8E-02	747.8E-02	184.3E-01	184.3E-01	323.6E-01	323.5E-01	486.2E-01	486.1E-01
6C	0.0	0.0	749.6E-02	749.5E-02	184.7E-01	184.7E-01	324.3E-01	324.3E-01	487.4E-01	487.3E-01
7C	0.0	0.0	742.6E-02	742.5E-02	183.0E-01	182.9E-01	321.3E-01	321.2E-01	483.1E-01	483.0E-01
8C	0.0	0.0	739.9E-02	739.8E-02	182.3E-01	182.2E-01	321.3E-01	321.2E-01	483.1E-01	483.0E-01
9C	0.0	0.0	742.6E-02	742.5E-02	183.0E-01	182.9E-01	321.3E-01	321.2E-01	483.1E-01	483.0E-01
10C	0.0	0.0	749.5E-02	749.4E-02	184.7E-01	184.6E-01	324.3E-01	324.2E-01	487.4E-01	487.3E-01
11C	0.0	0.0	752.7E-02	752.6E-02	185.5E-01	185.4E-01	325.7E-01	325.6E-01	489.6E-01	489.5E-01
12C	0.0	0.0	749.5E-02	749.4E-02	184.7E-01	184.6E-01	324.3E-01	324.2E-01	487.4E-01	487.3E-01
13C	0.0	0.0	743.6E-02	743.6E-02	183.2E-01	183.2E-01	321.7E-01	321.7E-01	480.7E-01	480.6E-01
14C	0.0	0.0	738.9E-02	738.9E-02	182.1E-01	182.0E-01	319.7E-01	319.7E-01	479.8E-01	479.8E-01
15C	0.0	0.0	737.6E-02	737.5E-02	181.7E-01	181.7E-01	319.1E-01	319.0E-01	479.8E-01	479.8E-01
16C	0.0	0.0	737.6E-02	737.5E-02	181.7E-01	181.7E-01	319.1E-01	319.0E-01	479.8E-01	479.8E-01
17C	0.0	0.0	738.9E-02	738.9E-02	182.1E-01	182.0E-01	319.7E-01	319.7E-01	479.8E-01	479.8E-01
18C	0.0	0.0	743.6E-02	743.6E-02	183.2E-01	183.2E-01	321.7E-01	321.7E-01	480.7E-01	480.6E-01
19C	0.0	0.0	747.4E-02	747.3E-02	184.2E-01	184.1E-01	323.4E-01	323.3E-01	486.2E-01	486.1E-01
20C	0.0	0.0	752.6E-02	752.4E-02	185.4E-01	185.4E-01	325.6E-01	325.5E-01	489.5E-01	489.3E-01
21C	0.0	0.0	753.9E-02	753.9E-02	185.8E-01	185.8E-01	326.2E-01	326.2E-01	490.4E-01	490.3E-01
22C	0.0	0.0	753.9E-02	753.9E-02	185.8E-01	185.8E-01	326.2E-01	326.2E-01	490.4E-01	490.3E-01
23C	0.0	0.0	752.6E-02	752.4E-02	185.4E-01	185.4E-01	325.6E-01	325.5E-01	489.5E-01	489.3E-01
24C	0.0	0.0	747.4E-02	747.3E-02	184.2E-01	184.1E-01	323.4E-01	323.3E-01	486.2E-01	486.1E-01
25C	0.0	0.0	744.3E-02	744.3E-02	182.6E-01	182.6E-01	320.7E-01	320.7E-01	482.1E-01	482.1E-01
26C	0.0	0.0	736.3E-02	736.4E-02	181.4E-01	181.4E-01	318.6E-01	318.6E-01	479.0E-01	478.9E-01
27C	0.0	0.0	733.5E-02	733.4E-02	180.7E-01	180.7E-01	317.3E-01	317.3E-01	477.1E-01	477.1E-01
28C	0.0	0.0	733.5E-02	733.4E-02	180.7E-01	180.7E-01	317.3E-01	317.3E-01	477.1E-01	477.1E-01
29C	0.0	0.0	736.3E-02	736.4E-02	181.4E-01	181.4E-01	318.6E-01	318.6E-01	479.0E-01	478.9E-01
30C	0.0	0.0	741.3E-02	741.3E-02	182.6E-01	182.6E-01	320.7E-01	320.7E-01	482.2E-01	482.1E-01
31C	0.0	0.0	748.5E-02	748.4E-02	184.4E-01	184.4E-01	323.9E-01	323.7E-01	486.9E-01	486.6E-01
32C	0.0	0.0	748.5E-02	748.4E-02	184.4E-01	184.4E-01	323.9E-01	323.7E-01	486.9E-01	486.6E-01
33C	0.0	0.0	756.5E-02	756.5E-02	186.4E-01	186.4E-01	327.3E-01	327.3E-01	492.1E-01	491.9E-01
34C	0.0	0.0	756.5E-02	756.5E-02	186.4E-01	186.4E-01	327.3E-01	327.3E-01	492.1E-01	491.9E-01
35C	0.0	0.0	753.3E-02	753.3E-02	185.6E-01	185.6E-01	325.9E-01	325.9E-01	489.8E-01	489.8E-01
36C	0.0	0.0	748.5E-02	748.4E-02	184.4E-01	184.4E-01	323.9E-01	323.7E-01	486.9E-01	486.6E-01
37C	0.0	0.0	742.6E-02	742.5E-02	183.0E-01	182.9E-01	321.3E-01	321.2E-01	483.1E-01	483.0E-01
38C	0.0	0.0	737.7E-02	737.7E-02	181.8E-01	181.7E-01	319.2E-01	319.1E-01	479.9E-01	479.9E-01
39C	0.0	0.0	732.7E-02	732.7E-02	180.5E-01	180.5E-01	317.0E-01	316.9E-01	476.6E-01	476.2E-01
40C	0.0	0.0	731.1E-02	731.1E-02	180.2E-01	180.1E-01	316.4E-01	316.2E-01	475.6E-01	475.1E-01
41C	0.0	0.0	731.6E-02	731.6E-02	180.3E-01	180.2E-01	316.6E-01	316.4E-01	475.9E-01	475.5E-01
42C	0.0	0.0	732.2E-02	732.1E-02	180.5E-01	180.4E-01	317.0E-01	316.9E-01	476.6E-01	476.2E-01
43C	0.0	0.0	732.7E-02	732.7E-02	180.5E-01	180.5E-01	317.0E-01	316.9E-01	476.6E-01	476.2E-01
44C	0.0	0.0	737.7E-02	737.7E-02	181.8E-01	181.7E-01	319.2E-01	319.1E-01	479.9E-01	479.9E-01
45C	0.0	0.0	742.6E-02	742.5E-02	183.0E-01	182.9E-01	321.3E-01	321.2E-01	483.1E-01	483.0E-01
46C	0.0	0.0	746.1E-02	746.0E-02	183.9E-01	183.8E-01	322.8E-01	322.6E-01	485.3E-01	484.8E-01
47C	0.0	0.0	751.4E-02	751.4E-02	185.1E-01	185.1E-01	325.8E-01	325.0E-01	488.8E-01	488.4E-01
48C	0.0	0.0	755.8E-02	755.8E-02	186.2E-01	186.2E-01	327.0E-01	326.9E-01	491.7E-01	491.2E-01
49C	0.0	0.0	757.6E-02	757.6E-02	186.7E-01	186.6E-01	327.8E-01	327.7E-01	492.8E-01	492.4E-01
50C	0.0	0.0	757.8E-02	757.8E-02	186.7E-01	186.7E-01	327.9E-01	327.8E-01	493.0E-01	492.6E-01

CASE NO. 0 0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U 1970-10-15(1972-11-20) PAGE 1- 2

CHANNEL	Z(1) = 0.0		Z(2) = 5.00		Z(3) = 10.00		Z(4) = 15.00		Z(5) = 20.00	
	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING
51C	0.0	0.0	757.6E-02	757.6E-02	186.7E-01	186.6E-01	327.8E-01	327.7E-01	492.8E-01	492.4E-01
52C	0.0	0.0	755.8E-02	755.8E-02	186.2E-01	186.2E-01	327.0E-01	326.9E-01	491.7E-01	491.2E-01
53C	0.0	0.0	751.4E-02	751.4E-02	185.1E-01	185.1E-01	325.1E-01	325.0E-01	488.8E-01	488.4E-01
54C	0.0	0.0	746.1E-02	746.0E-02	183.9E-01	183.8E-01	322.8E-01	322.6E-01	485.3E-01	484.8E-01
55C	0.0	0.0	740.0E-02	739.9E-02	182.3E-01	182.2E-01	320.2E-01	319.5E-01	481.4E-01	479.4E-01
56C	0.0	0.0	735.6E-02	735.4E-02	181.2E-01	181.1E-01	318.3E-01	317.6E-01	478.5E-01	476.6E-01
57C	0.0	0.0	730.4E-02	730.2E-02	180.0E-01	179.8E-01	316.0E-01	315.3E-01	475.1E-01	473.1E-01
58C	0.0	0.0	726.8E-02	726.7E-02	179.1E-01	179.0E-01	314.9E-01	313.8E-01	472.8E-01	470.9E-01
59C	0.0	0.0	727.8E-02	727.6E-02	179.3E-01	179.2E-01	314.9E-01	314.2E-01	473.4E-01	471.5E-01
60C	0.0	0.0	726.8E-02	726.7E-02	179.1E-01	179.0E-01	314.9E-01	313.8E-01	472.8E-01	470.9E-01
61C	0.0	0.0	730.4E-02	730.2E-02	180.0E-01	179.8E-01	316.0E-01	315.3E-01	475.1E-01	473.1E-01
62C	0.0	0.0	735.6E-02	735.4E-02	181.2E-01	181.1E-01	318.3E-01	317.6E-01	478.5E-01	476.6E-01
63C	0.0	0.0	740.0E-02	739.9E-02	182.3E-01	182.2E-01	320.2E-01	319.5E-01	481.4E-01	479.4E-01
64C	0.0	0.0	746.8E-02	746.8E-02	184.0E-01	183.9E-01	323.1E-01	322.4E-01	485.8E-01	483.8E-01
65C	0.0	0.0	752.0E-02	751.9E-02	185.3E-01	185.2E-01	325.4E-01	324.7E-01	489.2E-01	487.3E-01
66C	0.0	0.0	756.6E-02	756.5E-02	186.4E-01	186.3E-01	327.3E-01	326.7E-01	492.2E-01	490.2E-01
67C	0.0	0.0	760.2E-02	760.2E-02	187.3E-01	187.2E-01	328.9E-01	328.2E-01	494.3E-01	492.3E-01
68C	0.0	0.0	760.5E-02	760.4E-02	187.4E-01	187.3E-01	329.0E-01	328.4E-01	494.4E-01	492.4E-01
69C	0.0	0.0	760.2E-02	760.2E-02	187.3E-01	187.2E-01	328.9E-01	328.2E-01	494.3E-01	492.3E-01
70C	0.0	0.0	756.6E-02	756.5E-02	186.4E-01	186.3E-01	327.3E-01	326.7E-01	492.2E-01	490.2E-01
71C	0.0	0.0	752.0E-02	751.9E-02	185.3E-01	185.2E-01	325.4E-01	324.7E-01	489.2E-01	487.3E-01
72C	0.0	0.0	746.8E-02	746.8E-02	184.0E-01	183.9E-01	323.1E-01	322.4E-01	485.8E-01	483.8E-01
73C	0.0	0.0	741.0E-02	740.4E-02	182.6E-01	182.5E-01	320.6E-01	318.2E-01	482.0E-01	476.1E-01
74C	0.0	0.0	736.6E-02	736.0E-02	181.5E-01	180.9E-01	318.7E-01	316.7E-01	479.2E-01	474.3E-01
75C	0.0	0.0	731.9E-02	731.3E-02	180.3E-01	179.8E-01	316.7E-01	314.6E-01	476.1E-01	471.2E-01
76C	0.0	0.0	725.9E-02	725.4E-02	178.9E-01	178.3E-01	314.1E-01	311.8E-01	472.2E-01	466.3E-01
77C	0.0	0.0	723.9E-02	723.4E-02	178.4E-01	177.8E-01	313.2E-01	311.0E-01	470.9E-01	465.3E-01
78C	0.0	0.0	725.2E-02	724.9E-02	178.7E-01	178.2E-01	313.8E-01	311.9E-01	471.8E-01	466.3E-01
79C	0.0	0.0	725.2E-02	724.9E-02	178.7E-01	178.2E-01	313.8E-01	311.9E-01	471.8E-01	466.3E-01
80C	0.0	0.0	723.9E-02	723.4E-02	178.4E-01	177.8E-01	313.2E-01	311.0E-01	470.9E-01	465.3E-01
81C	0.0	0.0	725.9E-02	725.4E-02	178.9E-01	178.3E-01	314.1E-01	311.8E-01	472.2E-01	466.3E-01
82C	0.0	0.0	731.9E-02	731.3E-02	180.3E-01	179.8E-01	316.7E-01	314.6E-01	476.1E-01	471.2E-01
83C	0.0	0.0	736.6E-02	736.0E-02	181.5E-01	1				

CASE NO. 0 0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10xU 1970-10-15(1972-11-20)										PAGE 1- 3		
CHANNEL	Z(1) = 0.0		Z(2) = 5.00		Z(3) = 10.00		Z(4) = 15.00		Z(5) = 20.00		NO MIXING	MIXING
	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING		
102C	0.0	0.0	722.0E-02	715.9E-02	177.9E-01	174.1E-01	312.4E-01	302.0E-01	459.7E-01	449.0E-01	459.7E-01	449.0E-01
103C	0.0	0.0	722.0E-02	715.9E-02	177.9E-01	174.1E-01	312.4E-01	302.0E-01	467.9E-01	446.1E-01	467.9E-01	446.1E-01
104C	0.0	0.0	719.2E-02	713.3E-02	177.2E-01	174.2E-01	312.8E-01	301.8E-01	470.4E-01	448.1E-01	470.4E-01	448.1E-01
105C	0.0	0.0	723.1E-02	716.8E-02	179.6E-01	175.8E-01	315.4E-01	304.9E-01	474.2E-01	453.3E-01	474.2E-01	453.3E-01
106C	0.0	0.0	733.7E-02	727.5E-02	180.8E-01	177.0E-01	317.4E-01	306.9E-01	477.3E-01	456.3E-01	477.3E-01	456.3E-01
107C	0.0	0.0	739.0E-02	732.9E-02	181.9E-01	177.8E-01	319.4E-01	308.0E-01	480.2E-01	457.3E-01	480.2E-01	457.3E-01
108C	0.0	0.0	738.1E-02	731.7E-02	183.5E-01	179.4E-01	322.3E-01	310.7E-01	484.5E-01	461.3E-01	484.5E-01	461.3E-01
109C	0.0	0.0	744.9E-02	738.4E-02	184.9E-01	180.9E-01	324.7E-01	313.8E-01	488.2E-01	463.6E-01	488.2E-01	463.6E-01
110C	0.0	0.0	750.5E-02	744.1E-02	186.1E-01	182.1E-01	326.8E-01	315.9E-01	491.4E-01	466.5E-01	491.4E-01	466.5E-01
111C	0.0	0.0										
112C	0.0	0.0	760.1E-02	753.4E-02	187.3E-01	183.0E-01	328.9E-01	317.0E-01	494.5E-01	470.6E-01	494.5E-01	470.6E-01
113C	0.0	0.0	763.6E-02	756.9E-02	188.2E-01	183.9E-01	330.4E-01	318.4E-01	496.7E-01	472.6E-01	496.7E-01	472.6E-01
114C	0.0	0.0	764.2E-02	757.6E-02	188.3E-01	184.2E-01	330.6E-01	319.4E-01	497.1E-01	474.8E-01	497.1E-01	474.8E-01
115C	0.0	0.0	764.2E-02	757.6E-02	188.2E-01	183.9E-01	330.4E-01	318.4E-01	496.7E-01	472.6E-01	496.7E-01	472.6E-01
116C	0.0	0.0	760.1E-02	753.4E-02	187.3E-01	183.0E-01	328.9E-01	317.0E-01	494.5E-01	470.6E-01	494.5E-01	470.6E-01
117C	0.0	0.0	755.4E-02	749.0E-02	186.1E-01	182.1E-01	326.8E-01	315.9E-01	491.4E-01	469.5E-01	491.4E-01	469.5E-01
118C	0.0	0.0	750.5E-02	744.1E-02	184.9E-01	180.9E-01	324.7E-01	313.8E-01	488.2E-01	467.5E-01	488.2E-01	467.5E-01
119C	0.0	0.0	744.9E-02	738.4E-02	183.5E-01	179.4E-01	322.3E-01	310.7E-01	484.5E-01	461.3E-01	484.5E-01	461.3E-01
120C	0.0	0.0	738.1E-02	731.7E-02	182.0E-01	178.4E-01	319.6E-01	308.0E-01	480.2E-01	457.3E-01	480.2E-01	457.3E-01
121C	0.0	0.0										
122C	0.0	0.0	734.2E-02	701.2E-02	180.9E-01	168.4E-01	317.7E-01	290.5E-01	477.6E-01	430.8E-01	477.6E-01	430.8E-01
123C	0.0	0.0	729.8E-02	697.0E-02	179.8E-01	167.4E-01	315.8E-01	288.8E-01	474.7E-01	428.4E-01	474.7E-01	428.4E-01
124C	0.0	0.0	724.6E-02	694.0E-02	178.5E-01	166.3E-01	313.5E-01	286.6E-01	471.4E-01	425.0E-01	471.4E-01	425.0E-01
125C	0.0	0.0	718.4E-02	683.0E-02	177.0E-01	163.3E-01	310.8E-01	280.4E-01	467.3E-01	414.2E-01	467.3E-01	414.2E-01
126C	0.0	0.0	716.6E-02	682.0E-02	176.6E-01	162.9E-01	310.0E-01	279.8E-01	466.1E-01	413.3E-01	466.1E-01	413.3E-01
127C	0.0	0.0	718.9E-02	686.6E-02	177.1E-01	164.9E-01	311.0E-01	284.2E-01	467.6E-01	414.2E-01	467.6E-01	414.2E-01
128C	0.0	0.0	721.3E-02	688.7E-02	177.7E-01	165.3E-01	312.1E-01	285.3E-01	469.2E-01	423.1E-01	469.2E-01	423.1E-01
129C	0.0	0.0	718.9E-02	686.6E-02	177.1E-01	164.9E-01	311.0E-01	284.2E-01	467.6E-01	414.2E-01	467.6E-01	414.2E-01
130C	0.0	0.0	716.6E-02	685.0E-02	176.6E-01	162.9E-01	310.0E-01	279.8E-01	466.1E-01	413.4E-01	466.1E-01	413.4E-01
131C	0.0	0.0	718.4E-02	683.6E-02	177.0E-01	163.3E-01	310.8E-01	280.4E-01	467.3E-01	414.2E-01	467.3E-01	414.2E-01
132C	0.0	0.0										
133C	0.0	0.0	724.6E-02	692.0E-02	178.5E-01	166.2E-01	313.5E-01	286.6E-01	471.4E-01	425.0E-01	471.4E-01	425.0E-01
134C	0.0	0.0	729.8E-02	697.0E-02	179.8E-01	167.4E-01	315.8E-01	288.8E-01	474.7E-01	428.4E-01	474.7E-01	428.4E-01
135C	0.0	0.0	734.2E-02	702.8E-02	182.0E-01	167.8E-01	319.6E-01	288.1E-01	480.5E-01	425.6E-01	480.5E-01	425.6E-01
136C	0.0	0.0	738.1E-02	705.7E-02	184.8E-01	168.5E-01	321.4E-01	289.3E-01	482.7E-01	427.4E-01	482.7E-01	427.4E-01
137C	0.0	0.0	747.9E-02	713.9E-02	184.3E-01	171.4E-01	323.6E-01	293.5E-01	486.5E-01	438.2E-01	486.5E-01	438.2E-01
138C	0.0	0.0	753.2E-02	719.0E-02	185.6E-01	172.6E-01	325.9E-01	297.7E-01	490.0E-01	441.5E-01	490.0E-01	441.5E-01
139C	0.0	0.0	758.0E-02	723.3E-02	186.8E-01	173.7E-01	327.9E-01	299.5E-01	493.1E-01	444.0E-01	493.1E-01	444.0E-01
140C	0.0	0.0	767.3E-02	725.0E-02	187.8E-01	173.1E-01	329.8E-01	297.0E-01	495.9E-01	438.6E-01	495.9E-01	438.6E-01
141C	0.0	0.0	764.0E-02	726.4E-02	188.2E-01	175.4E-01	330.5E-01	297.6E-01	497.0E-01	439.4E-01	497.0E-01	439.4E-01
142C	0.0	0.0										
143C	0.0	0.0	764.9E-02	730.0E-02	188.5E-01	175.2E-01	331.0E-01	302.1E-01	497.6E-01	447.8E-01	497.6E-01	447.8E-01
144C	0.0	0.0	765.2E-02	730.2E-02	188.5E-01	175.2E-01	331.0E-01	302.1E-01	497.6E-01	447.8E-01	497.6E-01	447.8E-01
145C	0.0	0.0	769.0E-02	726.0E-02	188.5E-01	175.2E-01	331.0E-01	302.1E-01	497.6E-01	447.8E-01	497.6E-01	447.8E-01
146C	0.0	0.0	768.0E-02	725.0E-02	188.2E-01	173.4E-01	330.5E-01	297.6E-01	497.0E-01	439.4E-01	497.0E-01	439.4E-01
147C	0.0	0.0	764.9E-02	725.0E-02	187.8E-01	173.1E-01	329.8E-01	297.0E-01	495.9E-01	438.6E-01	495.9E-01	438.6E-01
148C	0.0	0.0	758.0E-02	723.3E-02	186.8E-01	173.7E-01	327.9E-01	299.5E-01	493.1E-01	444.0E-01	493.1E-01	444.0E-01
149C	0.0	0.0	753.2E-02	719.0E-02	185.6E-01	172.6E-01	325.9E-01	297.7E-01	490.0E-01	441.5E-01	490.0E-01	441.5E-01
150C	0.0	0.0	747.9E-02	713.9E-02	184.3E-01	171.4E-01	323.6E-01	293.5E-01	486.5E-01	438.2E-01	486.5E-01	438.2E-01
151S	0.0	0.0	742.0E-02	705.7E-02	182.6E-01	168.5E-01	321.4E-01	289.3E-01	482.7E-01	427.4E-01	482.7E-01	427.4E-01
152S	0.0	0.0	383.7E-02	408.1E-02	945.4E-02	104.4E-01	166.0E-01	188.5E-01	249.6E-01	289.9E-01	249.6E-01	289.9E-01
AVERAGE	0.0	0.0	641.9E-02	641.9E-02	158.2E-01	158.2E-01	277.7E-01	277.7E-01	417.6E-01	417.6E-01		

CASE NO. 0 0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10xU 1970-10-15(1972-11-20)										PAGE 1- 4		
CHANNEL	Z(1) = 0.0		Z(2) = 5.00		Z(3) = 10.00		Z(4) = 15.00		Z(5) = 20.00		NO MIXING	MIXING
	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING	NO MIXING	MIXING		
153S	0.0	0.0	379.0E-02	399.8E-02	933.8E-02	102.3E-01	164.0E-01	185.1E-01	246.5E-01	285.6E-01	246.5E-01	285.6E-01
154S	0.0	0.0	376.4E-02	397.1E-02	927.4E-02	101.6E-01	162.9E-01	184.0E-01	244.8E-01	283.8E-01	244.8E-01	283.8E-01
155S	0.0	0.0	373.3E-02	397.2E-02	919.8E-02	101.7E-01	161.9E-01	183.6E-01	242.8E-01	282.5E-01	242.8E-01	282.5E-01
156S	0.0	0.0	371.9E-02	395.7E-02	916.4E-02	101.3E-01	160.9E-01	183.0E-01	241.9E-01	281.5E-01	241.9E-01	281.5E-01
157S	0.0	0.0	373.5E-02	394.0E-02	920.2E-02	100.9E-01	161.6E-01	182.5E-01	242.9E-01	281.6E-01	242.9E-01	281.6E-01
158S	0.0	0.0	374.8E-02	395.1E-02	923.4E-02	101.1E-01	162.2E-01	182.9E-01	243.8E-01	282.1E-01	243.8E-01	282.1E-01
159S	0.0	0.0	375.3E-02	394.0E-02	920.2E-02	100.9E-01	161.6E-01	182.5E-01	242.9E-01	281.6E-01	242.9E-01	281.6E-01
160S	0.0	0.0	371.9E-02	395.7E-02	916.4E-02	101.3E-01	160.9E-01	183.0E-01	241.9E-01	281.5E-01	241.9E-01	281.5E-01
161S	0.0	0.0	373.3E-02	397.2E-02	919.8E-02	101.7E-01	161.9E-01	183.6E-01	242.8E-01	282.5E-01	242.8E-01	282.5E-01
162S	0.0	0.0	376.4E-02	397.1E-02	927.4E-02	101.6E-01	162.9E-01	184.0E-01	244.8E-01	283.8E-01	244.8E-01	283.8E-01
163S	0.0	0.0	379.0E-02	399.8E-02	933.8E-02	102.3E-01	164.0E-01	185.1E-01	246.5E-01	285.6E-01	246.5E-01	285.6E-01
164S	0.0	0.0	381.4E-02	402.5E-02	939.8E-02	103.0E-01	165.0E-01	186.4E-01	248.1E-01	287.6E-01	248.1E-01	287.6E-01
165S	0.0	0.0	383.7E-02	408.1E-02	945.4E-02	104.4E-01	166.0E-01	188.5E-01	249.6E-01	289.9E-01	249.6E-01	289.9E-01
166S	0.0	0.0	386.3E-02	410.9E-02	951.9E-02	105.2E-01	167.1E-01	189.8E-01	251.3E-01	292.0E-01	251.3E-01	292.0E-01
167S	0.0	0.0	389.5E-02	410.8E-02	956.4E-02	105.8E-01	168.5E-01	190.2E-01	253.3E-01	293.3E-01	253.3E-01	293.3E-01
168S	0.0	0.0	392.2E-02	413.6E-02	959.6E-02	106.5E-01	169.7E-01	191.4E-01	255.1E-01	295.2E-01	255.1E-01	295.2E-01
169S	0.0	0.0	394.7E-02	416.3E-02	972.6E-02	106.5E-01	170.8E-01	192.8E-01	256.8E-01	297.2E-01	256.8E-01	297.2E-01
170S	0.0	0.0	396.9E-02	422.3E-02	978.0E-02	108.0E-01	171.7E-01	194.8E-01	258.2E-01	299.6E-01	258.2E-01	299.6E-01
171S	0.0	0.0	398.2E-02	423.4E-02	981.1E-02	108.3E-01	172.3E-01	195.5E-01	259.0E-01	300.6E-01		

THE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE FUEL ELEMENT WITH THE DETAIL CALCULATION

CASE NO.		0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U										1970-10-15(1972-11-20)		PAGE	6-	1
1Z	Z-AXIS	PIN	CMANNEL	COOLANT	CLAD- 1	CLAD- 2	CLAD- 3	FUEL- 1	FUEL- 2	FUEL- 3	FUEL- 4	RE NO.	NU NO.	HC		
1-	0-0	1C	6C	370.00	375.66	381.89	388.48	472.22	614.27	709.56	743.65	57944.5	6.17849	2.66		
			5C	370.00	375.67	381.89	388.48	472.22	614.27	709.57		57944.5	6.17849	2.66		
			4C	370.00	375.67	381.89	388.49	472.22	614.28	709.57		57944.5	6.17849	2.66		
			3C	370.00	375.67	381.90	388.49	472.22	614.28	709.58		57944.5	6.17849	2.66		
			2C	370.00	375.67	381.90	388.49	472.23	614.29	709.58		57944.5	6.17849	2.66		
			1C	370.00	375.67	381.90	388.49	472.23	614.29	709.59		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			391.76				803.46					
1-	0.0	87V	186V	370.00	375.26	381.67	388.44	474.42	621.33	720.42	756.27	33788.1	4.97946	2.94		
			176S	370.00	375.87	382.24	388.98	474.62	622.36	721.44		62631.9	6.37376	2.62		
			175S	370.00	375.87	382.24	388.99	474.64	622.40	721.48		62631.9	6.37376	2.62		
			146C	370.00	375.81	382.19	388.96	474.85	621.65	720.59		57944.5	6.17849	2.66		
			145C	370.00	375.81	382.19	388.95	474.80	621.50	720.37		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			392.35				818.06					
1-	0.0	82V	185V	370.00	375.26	381.67	388.44	474.42	621.33	720.42	756.27	33788.1	4.97946	2.94		
			171S	370.00	375.87	382.24	388.98	474.62	622.36	721.44		62631.9	6.37376	2.62		
			170S	370.00	375.87	382.24	388.99	474.64	622.40	721.48		62631.9	6.37376	2.62		
			141C	370.00	375.81	382.19	388.96	474.85	621.65	720.59		57944.5	6.17849	2.66		
			140C	370.00	375.81	382.19	388.95	474.80	621.50	720.37		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			392.35				818.06					
1-	0.0	77V	184V	370.00	375.09	381.28	387.83	470.97	611.77	706.44	740.64	33788.1	4.97946	2.94		
			166S	370.00	375.67	381.83	388.36	471.18	612.74	707.40		62631.9	6.37376	2.62		
			165S	370.00	375.68	381.84	388.36	471.19	612.78	707.44		62631.9	6.37376	2.62		
			136C	370.00	375.61	381.79	388.33	471.39	612.08	706.61		57944.5	6.17849	2.66		
			135C	370.00	375.61	381.79	388.32	471.34	611.94	706.41		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			391.62				799.99					
1-	0.0	72V	183V	370.00	374.92	380.90	387.23	467.55	602.36	692.73	725.31	33788.1	4.97946	2.94		
			161S	370.00	375.48	381.43	387.74	467.75	603.27	693.62		62631.9	6.37376	2.62		
			160S	370.00	375.48	381.44	387.74	467.77	603.31	693.66		62631.9	6.37376	2.62		
			131C	370.00	375.42	381.39	387.72	467.95	602.66	692.88		57944.5	6.17849	2.66		
			130C	370.00	375.42	381.39	387.71	467.91	602.52	692.70		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			390.89				782.27					
1-	0.0	67V	182V	370.00	374.92	380.90	387.23	467.55	602.36	692.73	725.31	33788.1	4.97946	2.94		
			158S	370.00	375.48	381.43	387.74	467.75	603.27	693.62		62631.9	6.37376	2.62		
			157S	370.00	375.48	381.44	387.74	467.77	603.31	693.66		62631.9	6.37376	2.62		
			126C	370.00	375.42	381.39	387.72	467.95	602.66	692.88		57944.5	6.17849	2.66		
			125C	370.00	375.42	381.39	387.71	467.91	602.52	692.70		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			390.89				782.27					
1-	0.0	62V	181V	370.00	375.09	381.28	387.83	470.97	611.77	706.44	740.64	33788.1	4.97946	2.94		
			151S	370.00	375.67	381.83	388.36	471.18	612.74	707.40		62631.9	6.37376	2.62		
			150S	370.00	375.68	381.84	388.36	471.19	612.78	707.44		62631.9	6.37376	2.62		
			121C	370.00	375.61	381.79	388.33	471.39	612.08	706.61		57944.5	6.17849	2.66		
			120C	370.00	375.61	381.79	388.32	471.34	611.94	706.41		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			391.62				799.99					
CASE NO.		0-1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U										1970-10-15(1972-11-20)		PAGE	6-	2
1Z	Z-AXIS	PIN	CMANNEL	COOLANT	CLAD- 1	CLAD- 2	CLAD- 3	FUEL- 1	FUEL- 2	FUEL- 3	FUEL- 4	RE NO.	NU NO.	HC		
1-	0-0	89S	178S	370.00	375.80	382.10	388.77	473.48	619.17	716.80	751.11	62631.9	6.37376	2.62		
			177S	370.00	375.80	382.10	388.77	473.49	619.18	716.80		62631.9	6.37376	2.62		
			148C	370.00	375.74	382.05	388.74	473.69	618.46	715.94		57944.5	6.17849	2.66		
			147C	370.00	375.74	382.06	388.74	473.67	618.36	715.78		57944.5	6.17849	2.66		
			118C	370.00	375.75	382.07	388.75	473.70	618.48	715.97		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			392.10				812.07					
1-	0.0	84S	173S	370.00	375.88	382.27	389.03	474.91	623.17	722.64	757.62	62631.9	6.37376	2.62		
			172S	370.00	375.88	382.27	389.03	474.92	623.18	722.65		62631.9	6.37376	2.62		
			143C	370.00	375.82	382.22	389.00	475.12	622.44	721.76		57944.5	6.17849	2.66		
			142C	370.00	375.82	382.22	389.00	475.10	622.33	721.59		57944.5	6.17849	2.66		
			114C	370.00	375.83	382.23	389.01	475.14	622.46	721.78		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			392.41				819.59					
1-	0.0	79S	168S	370.00	375.76	382.02	388.65	472.84	617.39	714.19	748.21	62631.9	6.37376	2.62		
			167S	370.00	375.77	382.03	388.66	472.85	617.39	714.19		62631.9	6.37376	2.62		
			138C	370.00	375.70	381.98	388.63	473.05	616.68	713.34		57944.5	6.17849	2.66		
			137C	370.00	375.70	381.98	388.63	473.03	616.58	713.18		57944.5	6.17849	2.66		
			110C	370.00	375.71	381.99	388.64	473.06	616.70	713.37		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			391.97				808.71					
1-	0.0	74S	163S	370.00	375.57	381.62	388.03	469.37	607.74	700.13	732.57	62631.9	6.37376	2.62		
			162S	370.00	375.57	381.62	388.03	469.37	607.75	700.14		62631.9	6.37376	2.62		
			133C	370.00	375.51	381.58	388.00	469.56	607.08	699.34		57944.5	6.17849	2.66		
			132C	370.00	375.51	381.58	388.00	469.54	606.99	699.19		57944.5	6.17849	2.66		
			106C	370.00	375.52	381.59	388.01	469.57	607.10	699.37		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			391.23				790.62					
1-	0.0	69S	158S	370.00	375.52	381.63	387.89	468.58	603.56	696.96	729.04	62631.9	6.37376	2.62		
			157S	370.00	375.53	381.63	387.89	468.59	603.57	696.97		62631.9	6.37376	2.62		
			128C	370.00	375.46	381.48	387.86	468.77	604.91	696.19		57944.5	6.17849	2.66		
			127C	370.00	375.47	381.49	387.86	468.75	604.82	696.04		57944.5	6.17849	2.66		
			102C	370.00	375.47	381.49	387.87	468.78	604.94	696.21		57944.5	6.17849	2.66		
			HOT-SPOT	370.00			391.06				786.55					
1-	0.0	64S	153S	370.00	375.60	381.69	388.14	470.01	609.51	702.71	735.44	62631.9	6.37376	2.62		
			152S	370.00	375.61	381.70	388.15	470.01	609.52	702.72		62631.9	6.37376	2.62		
			123C	370.00	375.54	381.65	388.12	470.20	608.84	701.91		57944.5	6.17849	2.66		
			122C	370.00	375.55	381.65	388.12	470.18	608.75	701.76						

CASE NO.		D=1 ASSEMBLY, COSINE DISTRIBUTION, 10*U										1970-10-15(1972-11-20)		PAGE 6- 3		
IZ	Z-AXIS	PIN	CHANNEL	COOLANT	CLAD= 1	CLAD= 2	CLAD= 3	FUEL= 1	FUEL= 2	FUEL= 3	FUEL= 4	RE NO.	NU NO.	HC		
5-	20.00	87V	186V	400.76	417.35	436.42	456.41	721.19	1406.09	1915.74	2105.43	36098.1	5.01042	2.90		
			176S	399.96	418.30	437.16	456.97	719.88	1411.73	1921.36		66800.8	6.41231	2.59		
			175S	400.06	418.46	437.37	457.22	720.39	1413.08	1922.87		66815.2	6.41245	2.59		
			146C	413.86	431.99	450.61	470.22	732.99	1416.66	1921.19		63605.4	6.23392	2.61		
			145C	413.94	432.04	450.63	470.21	732.75	1415.43	1919.44		63616.2	6.23403	2.61		
			HOT-SPOT	430.47			494.78				2381.22					
5-	20.00	82V	185V	400.76	417.35	436.42	456.41	721.19	1406.10	1915.75	2105.43	36098.1	5.01042	2.90		
			171S	400.06	418.40	437.25	457.07	719.97	1411.81	1921.40		66815.2	6.41245	2.59		
			170S	399.96	418.36	437.27	457.12	720.30	1413.01	1922.83		66800.8	6.41231	2.59		
			141C	413.94	432.08	450.69	470.29	733.05	1416.69	1921.20		63616.2	6.23403	2.61		
			140C	413.86	431.96	450.55	470.13	732.69	1415.38	1919.42		63605.4	6.23392	2.61		
			HOT-SPOT	430.47			494.88				2381.23					
5-	20.00	77V	184V	399.80	415.83	434.30	453.66	709.70	1363.08	1848.34	2029.02	36025.0	5.00942	2.90		
			166S	399.20	416.93	435.18	454.37	708.29	1364.45	1853.67		66694.7	6.41131	2.59		
			165S	398.99	416.78	435.10	454.32	708.84	1369.54	1855.01		66665.6	6.41104	2.59		
			136C	412.72	430.24	448.27	467.25	721.30	1373.36	1853.62		63457.6	6.23242	2.61		
			135C	412.56	430.05	448.05	467.02	720.89	1372.07	1851.92		63436.0	6.23220	2.61		
			HOT-SPOT	428.79			491.11				2292.88					
5-	20.00	72V	183V	398.84	414.32	432.19	450.93	698.30	1320.81	1782.18	1954.04	35952.8	5.00844	2.90		
			161S	398.25	415.36	433.03	451.60	697.22	1325.78	1787.16		66561.2	6.41005	2.59		
			160S	398.15	415.33	433.04	451.65	697.54	1326.91	1788.50		66547.5	6.40993	2.59		
			131C	411.42	428.33	445.78	464.15	709.57	1330.75	1787.30		63288.9	6.23072	2.61		
			130C	411.34	428.22	445.64	463.99	709.23	1329.56	1785.70		63278.0	6.23061	2.61		
			HOT-SPOT	427.00			487.26				2206.17					
5-	20.00	67V	182V	398.84	414.32	432.19	450.93	698.30	1320.81	1782.18	1954.04	35952.8	5.00844	2.90		
			165S	398.15	415.27	432.63	451.51	697.14	1325.71	1787.12		66547.5	6.40993	2.59		
			159S	398.25	415.42	433.14	451.74	697.62	1326.98	1788.53		66561.2	6.41005	2.59		
			126C	411.34	428.25	445.70	464.08	709.51	1330.71	1787.29		63278.0	6.23061	2.61		
			125C	411.42	428.30	445.72	464.07	709.29	1329.60	1785.72		63288.9	6.23072	2.61		
			HOT-SPOT	427.00			487.17				2206.16					
5-	20.00	62V	181V	399.80	415.83	434.30	453.66	709.70	1363.07	1848.33	2029.02	36025.0	5.00942	2.90		
			151S	398.99	416.72	434.98	454.18	708.42	1368.29	1853.58		66665.6	6.41104	2.59		
			180S	399.20	416.99	435.29	454.52	709.00	1369.68	1855.09		66694.7	6.41131	2.59		
			121C	412.56	430.08	448.11	467.10	721.18	1373.29	1853.61		63436.0	6.23220	2.61		
			150C	412.72	430.21	448.20	467.17	721.01	1372.16	1851.96		63457.6	6.23242	2.61		
			HOT-SPOT	428.79			491.02				2292.88					
5-	20.00	89S	178S	399.52	417.75	436.49	456.16	716.73	1399.91	1903.27	2085.26	66739.8	6.41174	2.59		
			177S	399.72	417.94	436.66	456.32	716.81	1399.82	1903.08		66768.1	6.41201	2.59		
			148C	414.15	432.10	450.53	469.93	730.01	1404.40	1902.41		63643.6	6.23430	2.61		
			147C	414.40	432.44	450.94	470.38	730.69	1405.44	1902.89		63675.9	6.23463	2.61		
			118C	416.95	434.87	453.21	472.54	732.24	1406.37	1903.41		64006.9	6.23800	2.60		
			HOT-SPOT	434.61			498.06				2358.36					
5-	20.00	84S	173S	400.01	418.49	437.47	457.40	721.55	1418.07	1931.56	2117.11	66808.0	6.41238	2.59		

あ と が き

本報告の計算コード「FATEC-2-ROD」は昭和45年度動燃団委託の高速実験炉熱特性解析の途中で作成されたものであるが、発表の機会がなくそのままになっていた。今回、原研の原子力コード委員会高速炉安全性コード開発専門部会で高速実験炉「常陽」の運転監視用コード・システムを開発することになり、その1部として本コードが使われることになった。この機会に本コードをFACOM 230-60でも計算できるように手直したものである。なお本報告をまとめるにあたり本コードをプログラミングされた日本IBM社の岡本一彰氏ならびに種々のご援助を賜った動力炉開発管理室の方々に感謝します。

参 考 文 献

- 1) Y. MIYAMOTO : "Method of Core Thermal Calculation for Multichannel on Sodium Cooled EBR", J. Nucl. Sci. Technol., Vol.9, p.186~188 (1972).
- 2) 宮本喜晟 : "燃料集合体温度分布の計算コード(FATEC-2)", JAERI-memo 3844 (公開), (1970).
- 3) G. H. Golden, et al : "Thermophysical Properties of Sodium", ANL-7323 (1967).
- 4) "Liquid Metal Fast Breeder Reactor Design Study", GEAP-4418, Vol.III (1963).
- 5) W. E. Baily, et al : "Thermal Conductivity of Uranium-Plutonium Oxide Fuels", Paper of AIME Symposium (Phoenix), (Oct. 4-6, 1967).

記 号 表

A_i	i 流路の流路断面積
A_p	燃料要素の周りの流路断面積
A'	流路断面積
C	コサイン分布の定数
CL	炉心長さ
CON	冷却材熱伝達率式の定数
c_p	冷却材の比熱
D	燃料体の密度
d_f	燃料体直径
d_{p1}	被覆管外径
d_{p2}	被覆管内径
de_i	i 流路の等価直径

* 3.1節のコードに用いる記号説明は省略。

あとがき

本報告の計算コード「FATEC-2-ROD」は昭和45年度動燃団委託の高速実験炉熱特性解析の途中で作成されたものであるが、発表の機会がなくそのままになっていた。今回、原研の原子力コード委員会高速炉安全性コード開発専門部会で高速実験炉「常陽」の運転監視用コード・システムを開発することになり、その1部として本コードが使われることになった。この機会に本コードをFACOM 230-60でも計算できるように手直したものである。なお本報告をまとめるにあたり本コードをプログラミングされた日本IBM社の岡本一彰氏ならびに種々のご援助を賜った動力炉開発管理室の方々に感謝します。

参考文献

- 1) Y. MIYAMOTO : "Method of Core Thermal Calculation for Multichannel on Sodium Cooled EBR", J. Nucl. Sci. Technol., Vol.9, p.186~188 (1972).
- 2) 宮本喜晟 : "燃料集合体温度分布の計算コード(FATEC-2)", JAERI-memo 3844 (公開), (1970).
- 3) G. H. Golden, et al : "Thermophysical Properties of Sodium", ANL-7323 (1967).
- 4) "Liquid Metal Fast Breeder Reactor Design Study", GEAP-4418, Vol.III (1963).
- 5) W. E. Baily, et al : "Thermal Conductivity of Uranium-Plutonium Oxide Fuels", Paper of AIME Symposium (Phoenix), (Oct. 4-6, 1967).

記号表^{*}

A_i	i 流路の流路断面積
A_p	燃料要素の周りの流路断面積
A'	流路断面積
C	コサイン分布の定数
CL	炉心長さ
CON	冷却材熱伝達率式の定数
c_p	冷却材の比熱
D	燃料体の密度
d_f	燃料体直径
d_{p1}	被覆管外径
d_{p2}	被覆管内径
de_i	i 流路の等価直径

* 3.1節のコードに用いる記号説明は省略。

あ と が き

本報告の計算コード「FATEC-2-RÖD」は昭和45年度動燃団委託の高速実験炉熱特性解析の途中で作成されたものであるが、発表の機会がなくそのままになっていた。今回、原研の原子力コード委員会高速炉安全性コード開発専門部会で高速実験炉「常陽」の運転監視用コード・システムを開発することになり、その1部として本コードが使われることになった。この機会に本コードをFACOM 230-60でも計算できるように手直したものである。なお本報告をまとめるにあたり本コードをプログラミングされた日本IBM社の岡本一彰氏ならびに種々のご援助を賜った動力炉開発管理室の方々に感謝します。

参 考 文 献

- 1) Y. MIYAMOTO : "Method of Core Thermal Calculation for Multichannel on Sodium Cooled FBR", J. Nucl. Sci. Technol., Vol.9, p.186~188 (1972).
- 2) 宮本喜晟 : "燃料集合体温度分布の計算コード(FATEC-2)", JAERI-memo 3844 (公開), (1970).
- 3) G. H. Golden, et al : "Thermophysical Properties of Sodium", ANL-7323 (1967).
- 4) "Liquid Metal Fast Breeder Reactor Design Study", GEAP-4418, Vol.II (1963).
- 5) W. E. Baily, et al : "Thermal Conductivity of Uranium-Plutonium Oxide Fuels", Paper of AIME Symposium (Phoenix), (Oct. 4-6, 1967).

記号表^{*}

A_i	i 流路の流路断面積
A_p	燃料要素の周りの流路断面積
A'	流路断面積
C	コサイン分布の定数
CL	炉心長さ
CON	冷却材熱伝達率式の定数
c_p	冷却材の比熱
D	燃料体の密度
d_f	燃料体直径
d_{p1}	被覆管外径
d_{p2}	被覆管内径
de_i	i 流路の等価直径

* 3.1節のコードに用いる記号説明は省略。

de_p	燃料要素の周りの等価直径
de'	等価直径
e	繰返し収束判定の修正量
F	不確かさ係数
G_i	i 流路の冷却材流量
G_p	燃料要素の周りの冷却材流量
G_T	燃料集合体の冷却材流量
G'	冷却材流量
h_1	冷却材熱伝達率
h_2	ギャップコンダクタンス
I	統計的取扱いを行なう不確かさ係数の数
I'	累積的取扱いを行なう不確かさ係数の数
i	流路番号, メッシュ番号, 不確かさ係数の番号, 等
J	各温度差の数
j	流路番号, 不確かさ係数の番号
K	熱コンダクタンス, 燃料要素番号
$KPMAX$	燃料集合体の燃料要素数
$KPODL$	燃料要素の同心円数
k	繰返し計算の回数, 流路番号, メッシュの熱伝導率
k_c	冷却材の熱伝導率
k_f	燃料体の熱伝導率
k_p	被覆管の熱伝導率
l	流路番号
$NCMAX$	燃料集合体の流路数
Nu	ヌッセルト数
PL	炉心発熱部長さ
Pr	プラントル数
p	燃料要素の配列ピッチ
p_w	周辺燃料要素の中心とラップチューブの距離
\dot{Q}	単位時間メッシュに流れ込む熱量
\dot{Q}'	単位時間メッシュで発生する熱量
q_i	i 流路に流れ込む単位長熱量
q_L	燃料要素で発生する単位長熱量
q_{max}	燃料要素で発生する最高単位長熱量
Re	レイノルズ数
r	半径
r_{p1}	被覆管外半径
r_{p2}	被覆管内半径

r_f	燃料体半径
T	絶対温度
t	温度
t_c	冷却材温度
t_{f1}	燃料体表面温度
t_{f2}	燃料体中心温度
t_{inlet}	冷却材入口温度
t_{HS}	ホットスポット温度
t_N	公称温度
t_{p1}	被覆管外表面温度
t_{p2}	被覆内表面温度
Δt_O	累積的に処理した温度差
Δt_i	i 流路の冷却材入口とある位置での温度差
Δt_i^0	混合効果のない i 流路の温度差
Δt_S	統計的に処理した温度差
U	見掛けの熱伝達率
Z	軸方向座標
α	冷却材熱伝達率の式の定数
β	冷却材熱伝達率の式の定数
γ_c	冷却材の比重量
δ	メッシュの厚さ
ϵ_f	$\int k_f dt$ の収束判定定数
ϵ_S	繰返し計算の収束判定定数
ν_c	冷却材の動粘性係数
ϕ	メッシュの角度
ω	繰返し計算の加速係数