

JAERI-M

9 6 3 8

粗メッシュ法に基く3次元拡散コード  
の高速炉核特性評価への適用性

1981年8月

堀田 雅一<sup>\*</sup>・飯島 進・吉田 弘幸

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

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、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

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

粗メッシュ法に基づく3次元拡散コードの  
高速炉核特性評価への適用性

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部

堀田雅一・飯島 進・吉田弘幸

(1981年7月30日受理)

6角形状燃料集合体から構成される高速増殖炉の詳細な核特性評価のために、3次元拡散コードにおける6角粗メッシュ法の適用性を、より精度の高い3角メッシュ法と比較しながら、検討した。

考慮した高速増殖炉は、非均質炉心を含む種々の炉心構成のLMFBRと燃焼状態の異なるGCFRである。比較検討に用いた核特性は、実効倍率、出力分布と中性子束分布、増殖比、種々の反応度効果、制御棒反応度価値である。

比較検討の結果、通常の粗メッシュ法は高速炉核特性の詳細評価には適切でないが、T. Takedaらが開発した修正粗メッシュ法は、径方向非均質炉心LMFBRのような特別複雑な炉心形状をした高速炉の出力分布、増殖比の評価に若干の問題があるが、高速炉核特性の詳細評価に充分適う方法であることが明らかとなった。

---

\* 外来研究員；株式会社 アイ・エス・エル

Applicability of Three Dimensional Diffusion Theory Programmes  
Based on Coarse Mesh Methods to Calculating Nuclear  
Characteristics of Fast Breeder Reactors

Masakazu HOTTA\*, Susumu IIJIMA and Hiroyuki YOSHIDA

Division of Power Reactor Projects, JAERI

(Received July 30, 1981)

Hexagonal coarse mesh methods in three dimensional diffusion theory programme have been examined for calculating in detail nuclear characteristics of fast breeder reactors composed of hexagonal fuel assemblies, comparing with more accurate triangular fine mesh method.

The fast breeder reactors considered here are LMFBRs with different core configurations including heterogeneous core and GCFRs in different burnup states. The nuclear characteristics investigated in the comparative study are effective multiplication factor, power and neutron flux distributions, breeding ratio, reactivity effects and control rod reactivity worth.

The comparative study indicates that the conventional coarse mesh method is not adequate to detailed evaluation on nuclear characteristics of fast breeder reactors, and that the improved coarse mesh method developed by T. Takeda et al. is very useful for this purpose, though some problems exists in evaluation of power distribution and breeding ratio of the extremely composite fast breeder reactors, such as the radially heterogeneous core LMFBR.

Keywords : Fast Breeder Reactors, Three Dimensional Diffusion Calculation, Coarse Mesh Method, Effective Multiplication Factor, Power Distribution, Neutron Flux Distribution, Breeding Ratio, Na Void Reactivity, Doppler Reactivity, Steam Ingress Reactivity, Control Rod Worth

---

\* On leave from ISL Ltd.

## 目 次

1. 序 論 .....	1
2. 計算方法 .....	2
2.1 三角メッシュ法 .....	2
2.2 六角メッシュ法 .....	3
2.3 修正六角メッシュ法 .....	3
3. LMFBRに対する比較検討 .....	6
3.1 基準系に対する計算 .....	6
3.2 反応度効果 .....	8
3.3 計算時間の検討 .....	8
4. GCFRに対する比較検討 .....	42
4.1 基準系に対する計算 .....	42
4.2 反応度効果 .....	43
4.3 計算時間の検討 .....	44
5. 結 論 .....	74
参考文献 .....	75

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Calculation methods .....	2
2.1 Triangular fine mesh method .....	2
2.2 Conventional hexagonal coarse mesh method .....	3
2.3 Improved hexagonal coarse mesh method .....	3
3. Comparative investigation on LMFBR .....	6
3.1 Keff, power distribution and breeding ratio .....	6
3.2 Reactivity effects .....	8
3.3 Computation time .....	8
4. Comparative investigation on GCFR .....	42
4.1 Keff, power distribution and breeding ratio .....	42
4.2 Reactivity effects and control rod worth .....	43
4.3 Computation time .....	44
5. Concluding remarks .....	74
References .....	75

## 1. 序 論

大型高速炉の概念設計の進展にしたがい、その核特性評価も詳細化を要請されるようになってきた。最大の詳細化は、系統的に行なう燃料の取替えを含む燃料管理を考慮した核特性評価を行なう必要があることにある。すなわち、炉心内の異なる位置にある燃料の燃焼による組成変化を精度よく推定し、かつ燃焼状態の異なる燃料集合体配列を考慮し核特性を評価する必要がある。

高速炉の炉心は、異なる核分裂性物質富化度を持ついくつかの炉心領域と軸方向および径方向プランケットからなり、それらの組成は燃焼によって変化する。加えて、高速炉の燃料集合体の形状は6角柱形状であるから、上述の複雑な燃料集合体配列を考慮した高速炉の核特性評価には、燃料集合体の6角形状を考慮した3次元拡散近似に基く燃焼計算コードの開発が少なくとも必要になる。近年著しく脚光をあびてきた炉心内に径方向プランケットを配列する非均質炉心(Heterogeneous core)概念では、益々上述の複雑さの程度を増加させ、上述計算コード開発の必要性を高めている。

この方法では、1燃料集合体当たり1メッシュ・ポイントを与えて計算する通常の6角メッシュ法(通常粗メッシュ法)と1燃料集合体当たり6メッシュ・ポイントを与えて計算する3角メッシュ法が主に使用されてきた。しかし、高速炉の大型化に伴ない、燃料集合体本数の増加と燃料集合体6角断面積の増加が共に著しくなり、両メッシュ法の適用性に問題が生じてきた。通常粗メッシュ法と3角メッシュ法に基く3次元拡散理論を現在の計算機に適用すると、燃料集合体本数の著しい増加は、3角メッシュ法では空間メッシュを著しく増加させ、記憶容量および計算時間の点から、3次元拡散計算がほぼ不可能に近いことを意味する。一方、燃料集合体の6角断面積の増加は、6角メッシュ法に基く計算では空間メッシュ間隔が著しく増加し、数値計算結果の精度が著しく低下することを意味する。

以上述べた状況を改善し、記憶容量と計算時間の低減と計算精度の向上を同時に目指した修正6角メッシュ法(修正粗メッシュ法)<sup>(1)</sup>が開発された。この方法の有効性については、比較的単純な体系についてRef.(1)に示されているが、前述の複雑な体系に対する適用性については未だ検討されていない。

本報告書は、燃焼の異なる燃料集合体が混在する炉心、炉心内に径方向プランケットが配列される非均質炉心、などの複雑な体系の核特性評価への通常粗メッシュ法、修正粗メッシュ法の適用性を、より精度の高い3角メッシュ法と比較しながら、検討したものである。考慮した高速炉は、LMFBRとGCFRであり、前者は通常の2領域均質炉心、径方向非均質炉心、アイランド非均質炉心の初装荷状態、後者は初装荷状態(BOL)、平衡サイクル初期(BOEC)、平衡サイクル末期(EOEC)、をそれぞれ検討対象とした。検討した核特性は、実効増倍率、出力分布、増殖比、ドップラー効果、Naボイド反応度(LMFBR)、水蒸気侵入反応度(GCFR)、制御棒反応度値(GCFR)<sup>(2)</sup>である。断面積セットはJAERI-Fast Version-II・25群セット<sup>(2)</sup>を用い、3次元拡散計算は6群縮約定数を用い、60度回転対称境界条件の下に、CITATION<sup>(4)</sup>、HEX-3D<sup>(5)</sup>コードによって行なった。

本報告書の構成は、第2章では3角メッシュ法、通常粗メッシュ法、修正粗メッシュ法の基本的な計算式を記述し、第3章ではLMFBR、第4章ではGCFRに対する検討をそれぞれ行なっている。

## 2. 計 算 方 法

以下に三角メッシュ法、通常粗メッシュ法、修正粗メッシュ法の拡散方程式の基本式を記述する。

### 2.1 三角メッシュ法

Fig. 2.1 に  $A_0$ ,  $A_1$  をメッシュポイントとした三角メッシュ構造を示す。 $A_0$ ,  $A_1$  での中性子束を  $\phi_{A0}^g$ ,  $\phi_{A1}^g$  と表わす。 $g$  はエネルギーグループを示す。 $A_0$  から  $S_1$  を通り  $A_1$  にもれる中性子の流れに着目する。 $C_1^g$  を  $S_1$  での中性子束とすると、 $A_0$  から  $S_1$  への中性子の流れは、

$$J^g = -D_0^g (C_1^g - \phi_{A0}^g) \left( \frac{S_1}{h/2} \right) \quad (1)$$

となる。ここで、 $D_0^g$  は  $A_0$  での  $g$ -群拡散係数を表わす。また、 $S_1$  を通り  $A_1$  に流れる中性子は、

$$J^g = -D_1^g (\phi_{A1}^g - C_1^g) \left( \frac{S_1}{h/2} \right) \quad (2)$$

である。(1), (2)式から  $C_1^g$  を消去すると、

$$J^g = - \left[ \frac{2 D_0^g D_1^g S_1}{h (D_0^g + D_1^g)} \right] (\phi_{A1}^g - \phi_{A0}^g) \quad (3)$$

となり、(3)式は  $A_0$  から  $A_1$  にもれる中性子の流れを表わしたものである。

したがってメッシュポイント  $i$  での 3 次元階差式は次式になる。

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^3 \left[ -\frac{2 D_{ir}^g D_{jr}^g S_r}{h_r (D_{ir}^g + D_{jr}^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_i^g) \\ & + \sum_{j=4}^5 \left[ -\frac{2 D_{iz}^g D_{rz}^g S_z}{h_z (D_{iz}^g + D_{rz}^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_i^g) + \sum_{ai}^g \phi_i^g V_i + \sum_{ri}^g \phi_i^g V_i \\ & = \frac{\chi^g}{K_{eff}} \sum_{g'} \nu \sum_{fi}^g \phi_i^{g'} V_i + \sum_{g' \neq g} \sum_{Si}^{g' \rightarrow g} \phi_i^{g'} V_i \end{aligned} \quad (4)$$

$D_i^g$  :  $i$  - 領域での  $g$  群拡散係数

$\Sigma_{ai}^g$  :  $i$  - 領域での  $g$  群吸収断面積

$V_i$  :  $i$  - 領域の体積

$\Sigma_{ri}^g$  :  $i$  - 領域での  $g$  群散乱除去断面積

$\chi^g$  :  $g$  群核分裂スペクトル

$K_{\text{eff}}$	実効増倍率
$\nu \Sigma_{f_i}^{g'}$	$i$ - 領域での $g'$ 群生成断面積
$\Sigma_{S_i}^{g' \rightarrow g}$	$i$ - 領域での $g'$ 群から $g$ 群への散乱断面積

(4)式の左辺第1項は XY 平面の近接するメッシュポイント 3 点への漏れを表わし、左辺第2項は Z 方向の上下のメッシュポイントへの漏れを表わす。

## 2.2 通常粗メッシュ法

Fig. 2.2 に通常の六角メッシュ構造を示す。

メッシュポイント  $B_0$  から  $B_1$  への中性子の正味の流れは、(3)式より

$$J_c^g = - \left[ \frac{2 D_0^g D_1^g S_1}{h (D_0^g + D_1^g)} \right] (\phi_{B1}^g - \phi_{B0}^g) \quad (5)$$

となる。よって 3 次元階差式は次式になる。

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^6 \left[ - \frac{2 D_{ir}^g D_{jr}^g S_r}{h_r (D_{ir}^g + D_{jr}^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_i^g) \\ & + \sum_{j=7}^8 \left[ - \frac{2 D_{iz}^g D_{jz}^g S_z}{h_z (D_{iz}^g + D_{jz}^g)} \right] (\phi_j^g - \phi_i^g) + \Sigma_{a_i}^g \phi_i^g V_i + \Sigma_{r_i}^g \phi_i^g V_i \\ & = \frac{\chi^g}{K_{\text{eff}}} \sum_{g'} \nu \Sigma_{f_i}^{g'} \phi_i^{g'} V_i + \sum_{g' \neq g} \Sigma_{S_i}^{g' \rightarrow g} \phi_i^{g'} V_i \end{aligned} \quad (6)$$

## 2.3 修正粗メッシュ法

Fig. 2.3 に修正粗メッシュ法でのメッシュ構造を示す。通常粗メッシュ法ではメッシュ間隔が大きく良い精度を期待できない。そこで、通常のメッシュポイント、 $B_0$ 、 $B_1$  の他に  $A_0$ 、 $A_1$  を補足し、中性子の流れを考える。

$A_0$  と  $A_1$  での中性子の正味の流れは、

$$J_f^g = - \left[ \frac{6 D_0^g D_1^g S_1}{h (D_0^g + D_1^g)} \right] (\phi_{A1}^g - \phi_{A0}^g) \quad (7)$$

である。

領域  $R_0$  で右側の面と左側の面から入ってくる中性子の流れは、それぞれ  $D_0^g (\phi_{B0}^g - \phi_{A0}^g) S_1 / (h/3)$  と  $2 D_0^g D_1^g (\phi_{B0}^g - \phi_{A0}^g) S_1 / [(D_0^g + D_1^g) h/3]$  となる。同様に領域  $R_1$  では、 $2 D_0^g D_1^g (\phi_{A0}^g - \phi_{A1}^g) S_1 / [(D_0^g + D_1^g) h/3]$  と  $D_1^g (\phi_{B1}^g - \phi_{A1}^g) S_1 / (h/3)$  である。

$R_0$  での中性子のバランスをとると,

$$\frac{D_0^g (\phi_{B0}^g - \phi_{A0}^g)}{h/3} + \frac{2 D_0^g D_i^g (\phi_{A1}^g - \phi_{A0}^g)}{(D_0^g + D_i^g) h/3} + \frac{h}{3} D_0^g \beta_{i,g}^2 \phi_{A0}^g = 0 \quad (8)$$

$R_1$  では

$$\frac{D_1^g (\phi_{B1}^g - \phi_{A1}^g)}{h/3} + \frac{2 D_0^g D_i^g (\phi_{A0}^g - \phi_{A1}^g)}{(D_0^g + D_i^g) h/3} + \frac{h}{3} D_1^g \beta_{i,g}^2 \phi_{A1}^g = 0 \quad (9)$$

となる。ここで,

$$\beta_{i,g}^2 = \frac{1}{D_i^g} \left[ \frac{\chi^g}{K_{\text{eff}}} \sum_{g'} \nu \Sigma_{f_i}^{g'} \frac{\phi_{A_i}^{g'}}{\phi_{A_i}^g} + \sum_{g' \neq g} \Sigma_{S_i}^{g' \rightarrow g} \frac{\phi_{B_i}^{g'}}{\phi_{B_i}^g} - \Sigma_{a_i}^g - \Sigma_{r_i}^g \right] \quad (10)$$

である。

(8), (9)式を使って(7)式を書き直すと次の様になる。

$$J_f^g = - \left[ \frac{2 D_0^{g^*} D_i^{g^*} S_i}{h (D_0^{g^*} + D_i^{g^*})} \right] (\phi_{B1}^{g^*} - \phi_{B0}^{g^*}) \quad (11)$$

ここで,

$$D_i^{g^*} = D_i^g (1 - \frac{1}{9} h^2 \beta_{i,g}^2) / (1 - \frac{1}{27} h^2 \beta_{i,g}^2) \quad (12)$$

$$\phi_i^{g^*} = \phi_i^g / (1 - \frac{1}{9} h^2 \beta_{i,g}^2) \quad (13)$$

である。

(10)式の  $\phi_{A_i}^{g'}/\phi_{A_i}^g$  を  $\phi_{B_i}^{g'}/\phi_{B_i}^g$  と近似し、書き直すと

$$\beta_{i,g}^2 = \frac{1}{D_i^g} \left[ \frac{\chi^g}{K_{\text{eff}}} \sum_{g'} \nu \Sigma_{f_i}^{g'} \frac{\phi_{B_i}^{g'}}{\phi_{B_i}^g} + \sum_{g' \neq g} \Sigma_{S_i}^{g' \rightarrow g} \frac{\phi_{B_i}^{g'}}{\phi_{B_i}^g} - \Sigma_{a_i}^g - \Sigma_{r_i}^g \right] \quad (14)$$

となり、これで(11)~(14)式には補足した  $\phi_{A0}^g$ ,  $\phi_{A1}^g$  を含む項はなくなり、(12), (13)式の拡散係数と中性子束の修正により、通常の粗メッシュ法と同様に解くことができる。(11)~(14)式を使って、メッシュポイント  $i$  での 3 次元階差式は以下の式になる。

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^6 \left[ - \frac{2 D_{ir}^{g^*} D_{jr}^{g^*} S_r}{h_r (D_{ir}^{g^*} + D_{jr}^{g^*})} \right] (\phi_j^{g^*} - \phi_i^{g^*}) \\ & + \sum_{j=7}^8 \left[ - \frac{2 D_{iz}^{g^*} D_{jz}^{g^*} S_z}{h_z (D_{iz}^{g^*} + D_{jz}^{g^*})} \right] (\phi_j^{g^*} - \phi_i^{g^*}) + \Sigma_{ai}^g \phi_i^g V_i + \Sigma_{ri}^g \phi_i^g V_i \\ & = \frac{\chi^g}{K_{\text{eff}}} \sum_{g'} \nu \Sigma_{f_i}^{g'} \phi_i^{g'} V_i + \sum_{g' \neq g} \Sigma_{S_i}^{g' \rightarrow g} \phi_i^{g'} V_i \end{aligned} \quad (15)$$

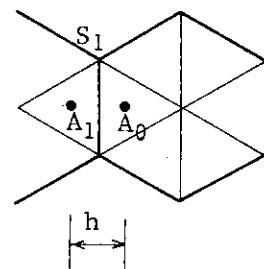


Fig. 2.1 Triagonal mesh point

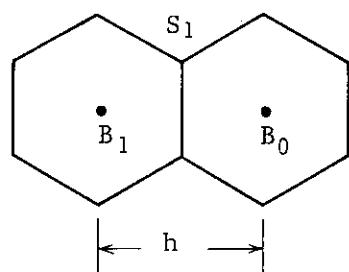


Fig. 2.2 Conventional Hexagonal mesh point

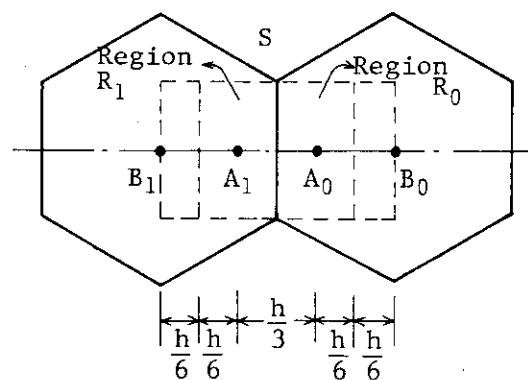


Fig. 2.3 Improved Hexagonal mesh point

### 3. LMFBRに対する比較検討

解析の対象としたLMFBRはFig. 3.1～3.3に示した均質炉心, Radial Heterogeneous Core, Island型炉心である。それぞれ前述の3つの計算法により、実効増倍率、出力分布、増殖比、ドップラー反応度、Naボイド反応度を算出し、比較・検討を行なった。

#### 3.1 基準系に対する計算

計算手順をFig. 3.4に示す。実効断面積はPIGEON<sup>(3)</sup>で作成し、温度はCoreで1500 °K、その他の領域では800 °Kとして計算した。使用した各炉心の原子数密度をTable 3.2～3.4に示す。均質炉心とRadial Heterogeneous Coreについては、Fig. 3.5, 3.6に示す体系で25群-2次元RZ計算を行ない、得られた領域平均中性子束を用いて6群に縮約し、3次元計算用の断面積を作成した。25群と6群の群構造、核分裂スペクトルをTable 3.1に示す。Island型炉心はRZ体系で模擬することが困難なため、6群への縮約はRadial Heterogeneous Coreの2次元計算で得られた領域平均中性子束を用いて3次元用の断面積を作成した。3次元拡散計算はCITATION<sup>(4)</sup>とHEX 3D<sup>(5)</sup>を用いて計算した。

##### (1) 実効増倍率

Table 3.5に実効増倍率の結果を示す。三角メッシュ法を基準にすると、通常メッシュ法は実効増倍率を過大に評価し、逆に修正粗メッシュ法は過小に評価している。通常粗メッシュ法では三角メッシュ法との差が最大で1.3%あるのに対して、修正粗メッシュ法では0.5%以下と小さくなっている。体系全体のSourceを1.0に規格化して比較した領域毎の中性子バランスをTable 3.6～3.8に示す。炉心全体に着目すると、漏れの項は3計算法とも大きな差はないが、吸収項は通常粗メッシュ法で小さく、これが実効増倍率を大きくする原因になり、修正粗メッシュ法では吸収項を大きく評価し、実効増倍率を小さくしている。領域別に比較すると、通常粗メッシュ法ではOuter Coreで吸収が増加しているが、他の領域、特にInner Coreでの減少が著しい。修正粗メッシュ法ではOuter Coreで吸収が小さく、Inner Coreで大きくなっている。

##### (2) 出力分布

Fig. 3.7～3.9にそれぞれ均質炉心、Radial Heterogeneous Core、Island型炉心の炉心中心面上でのPower分布を示す。三角メッシュ法でのPowerは1アセンブリー平均の値を算出した。また炉出力は2500 MWTで計算した。Fig. 3.10～3.12には比較しやすいように、粗メッシュ法と三角メッシュ法で計算したPowerの比を表わした。均質炉心に着目すると、通常粗メッシュ法ではInner Coreで小さく(最大4.1%)、Outer Coreで大きくなり(最大6.4%)、修正粗メッシュ法では傾向が逆でInner Coreで大きく(最大1.5%)、Outer Coreで小さくなっている(最大3.0%)。径プランケット領域では通常粗メッシュ法、修正粗メッシュ法とも内側で過小評価し、外側で過大評価している。Radial Heterogeneous Core、Island型炉心でも同様の傾向を示し、通常粗メッシュ法では炉心の内側(IB1, IC, IB2)で過小評価し、外側

(OC) で過大に評価しており、修正粗メッシュ法では逆の傾向を示し、内側 (IB 1, IC, IB 2 の内側) で大きく、外側 (IB 2 の外側、OC) で小さく評価している。径プランケット領域の最外端を除くと修正粗メッシュ法での Power の計算値は、通常粗メッシュ法と比べてかなり改善されている。計算に用いた断面積は 3 計算法とも同じであることから Power 分布の相違は Flux 分布の相違に帰因する。Fig. 3.13 ~ 3.18 は炉心中心面上の粗メッシュ法で計算した Flux と三角メッシュ法で計算した Flux の比を示したものである。Flux のこのような分布は後の検討項目である増殖比にも影響を与えている。

Table 3.9 ~ 3.11 に、Inner Core 領域と Outer Core 領域の炉心中心で最大出力ポイントで規格化した軸方向の Power 分布を示す。軸方向の Power 分布の形は 3 計算法とも大きな差はない。

Table 3.12 に Inner Core と Outer Core の 1 アセンブリー当たりの最大出力比を示す。通常粗メッシュ法は三角メッシュ法と比べて 4.3 ~ 34% 過大評価している。修正粗メッシュ法は、Radial Heterogeneous Core で 12% という大きな差を示しているが、他のモデルでは 1% 台で良い一致を示している。

### (3) 増殖比

増殖比の計算式は

$$BR_k = \frac{\int_{Rk} \sum_j \Sigma_{Cj}^{\text{fertile}} \phi_j dV}{\int_{\text{Reactor}} \sum_j \Sigma_{aj}^{\text{fissile}} \phi_j dV}$$

$$BR = \sum_k BR_k$$

$k$  : 領域

$j$  : エネルギー群

$\Sigma_c^{\text{fertile}}$  :  $U^{238}$ ,  $Pu^{240}$ ,  $Th^{232}$  の捕獲断面積

$\Sigma_a^{\text{fissile}}$  :  $U^{235}$ ,  $Pu^{239}$ ,  $Pu^{241}$ ,  $U^{233}$  の吸収断面積

として算出した。

Table 3.13 に領域毎の増殖比を示す。炉心全体の増殖比をみると、三角メッシュ法に比べて通常粗メッシュ法は 0.25 ~ 2.3% 過小評価し、修正粗メッシュ法ではやや過大評価してはいるがその差は 0.12 ~ 0.9% で小さくなっている。使用した断面積は 3 計算法で同じであり、増殖比の違いは Flux 分布の違いに依存する。領域別にみると Flux 分布の差が表われ、通常粗メッシュ法では Outer Core で大きく、Inner Core で小さくなり、修正粗メッシュ法ではその逆の傾向を示している。プランケット領域に着目すると、均質炉心は 3 計算法とも大きな差はなく、Radial Heterogeneous Core と Island 型炉心の軸及び径プランケットも差は小さい。しかし内部プランケットでは通常粗メッシュ法で 6.2 ~ 8.5% 小さく、修正粗メッシュ法で 2.8 ~ 4.6% 大きく評価している。

### 3.2 反応度効果

#### (1) Na ボイド反応度効果

Inner Core, Outer Core のナトリウムが抜けた体系で、基準計算と同様の手順でNaボイド反応度を計算した。Island 型炉心の縮約用領域平均中性子束は Radial Heterogeneous Core の 2 次元 RZ 基準計算で得られたものを使用した。

Table 3.14 に Na ボイド反応度の計算値を示す。均質炉心では、通常粗メッシュ法、修正粗メッシュ法とも三角メッシュ法との差は小さく 0.5 % 以下で良い一致を示している。Radial Heterogeneous Core と Island 型炉心では差が、通常粗メッシュ法でそれぞれ 1.6 %, 2.5 % であるのに対して修正粗メッシュ法では 5.7 %, 6 % で大きくなっている。

#### (2) ドップラー反応度効果

Inner Core, Outer Core の温度を  $1500^{\circ}\text{K}$  から  $2100^{\circ}\text{K}$  にえたときの反応度を計算した。計算は基準計算と同様で、Island 型炉心の縮約用 Flux は Radial Heterogeneous Core のものを使用した。

Table 3.15 に Core の温度を  $2100^{\circ}\text{K}$  にしたときの反応度を示す。均質炉心、Island 型炉心では、三角メッシュ法と粗メッシュ法との差は 1.2 % 以下で良い一致を示している。Radial Heterogeneous Core では通常粗メッシュ法で 4.3 % の差であるのに対して、修正粗メッシュ法では 2.9 % となり差は小さくなっている。

### 3.3 計算時間の検討

Table 3.16 に基準計算、Na ボイド計算、ドップラー計算での拡散計算にかかった時間を示す。機種は FACOM M200 を使用し、収れん条件は  $\Delta K = 0.00001$ ,  $\Delta \phi = 0.0001$  として計算した。修正粗メッシュ法では期待していた程計算時間は短かくなく、体系によっては三角メッシュ法より時間がかかることがある。

Table 3.1 Energy Group Structure and Fission Spectrum  
from JAERI-FAST Version II Revised

25 - Group			6 - Group		
Energy Group	Energy Range	Fission Spectrum	Energy Group	Energy Range	Fission Spectrum
1	10.5 MeV - 6.5 MeV	0.0234	1	10.5 MeV - 1.4 MeV	0.5692
2	6.5 MeV - 4.0 MeV	0.0996	2	1.4 MeV - 400 KeV	0.3328
3	4.0 MeV - 2.5 MeV	0.1847	3	400 KeV - 100 KeV	0.0841
4	2.5 MeV - 1.4 MeV	0.2615	4	100 KeV - 10 KeV	0.0135
5	1.4 MeV - 800 KeV	0.1955	5	10 KeV - 1 KeV	0.0004
6	800 KeV - 400 KeV	0.1373			
7	400 KeV - 200 KeV	0.0603			
8	200 KeV - 100 KeV	0.0238			
9	100 KeV - 46.5 KeV	0.0094			
10	46.5 KeV - 21.5 KeV	0.0031			
11	21.5 KeV - 10 KeV	0.0010			
12	10 KeV - 4.65 KeV	0.0003			
13	4.65 KeV - 2.15 KeV	0.0001			
14	2.15 KeV - 1 KeV	0.0			
15	1 KeV - 465 eV	0.0			
16	465 eV - 215 eV	0.0			
17	215 eV - 100 eV	0.0			
18	100 eV - 46.5 eV	0.0			
19	46.5 eV - 21.5 eV	0.0			
20	21.5 eV - 10 eV	0.0	6	1 KeV - 0.215 eV	0.0
21	10 eV - 4.65 eV	0.0			
22	4.65 eV - 2.15 eV	0.0			
23	2.15 eV - 1 eV	0.0			
24	1 eV - 0.465 eV	0.0			
25	0.465 eV - 0.215 eV	0.0			

Table 3.2 Atomic Number Densities of Homogeneous LMFBR

(unit :  $10^{24}/\text{cm}^3$ )

Region Nuclide \	IC	OC	RB	AB1	AB2
Pu-239	6.84393 -4	8.93628 -4	0	0	0
240	2.83190 -4	3.69778 -4	0	0	0
241	1.65200 -4	2.15701 -4	0	0	0
242	4.71992 -5	6.16293 -5	0	0	0
U-235	1.97602 -5	2.23545 -5	3.59380 -5	2.44260 -5	2.82500 -5
238	6.56691 -3	7.42922 -3	1.19430 -2	8.11760 -3	9.38860 -3
O	1.53780 -2	1.78050 -2	2.39590 -2	1.62840 -2	1.88340 -2
Na	1.06930 -2	8.81740 -3	7.37440 -3	1.06930 -2	8.81740 -3
Cr	3.26760 -3	3.55920 -3	2.83560 -3	3.26760 -3	3.55920 -3
Ni	1.92870 -3	2.10090 -3	1.67370 -3	1.92870 -3	2.10090 -3
Mo	1.96880 -4	2.14450 -4	1.70850 -4	1.96880 -4	2.14450 -4
Fe	1.14930 -2	1.25190 -2	9.97380 -3	1.14930 -2	1.25190 -2

Table 3.3 Atomic Number Densities of Radial Heterogeneous LMFBR

(unit :  $10^{24}/\text{cm}^3$ )

Region Nuclide \	IC	OC	IB1, IB2, RB AB1, AB3	AB2, AB4	CRP
Pu-239	8.84043 -4	1.04949 -3	0	0	0
240	3.65809 -4	4.34271 -4	0	0	0
241	2.13390 -4	2.53324 -4	0	0	0
242	6.09687 -5	7.23789 -5	0	0	0
U-235	2.00509 -5	1.91950 -5	3.59377 -5	2.57411 -5	0
238	6.66355 -3	6.37918 -3	1.19433 -2	8.55460 -3	0
O	1.62518 -2	1.62518 -2	2.39589 -2	1.71607 -2	0
Na	1.00483 -2	1.00483 -2	7.37443 -3	1.00491 -2	2.05200 -2
Cr	3.36785 -3	3.36785 -3	2.83558 -3	3.36785 -3	1.37750 -3
Ni	1.98791 -3	1.98791 -3	1.67373 -3	1.98791 -3	5.16780 -3
Mo	2.02919 -4	2.02919 -4	1.70849 -4	2.02919 -4	8.61160 -4
Fe	1.18460 -2	1.18460 -2	9.97379 -3	1.18459 -2	1.09780 -4

Table 3.4 Atomic Number Densities of Island Heterogeneous LMFBR

(unit :  $10^{24}/\text{cm}^3$ )

Region Nuclide \diagdown	IC	OC	IB1, IB2, RB AB1, AB3	AB2, AB4	CRP
Pu-239	8.39840 -4	9.39294 -4	0	0	0
240	3.47519 -4	3.88672 -4	0	0	0
241	2.02720 -4	2.26725 -4	0	0	0
242	5.79202 -5	6.47791 -5	0	0	0
U-235	2.02795 -5	1.97650 -5	3.59377 -5	2.57411 -5	0
238	6.73953 -3	6.56859 -3	1.19433 -2	8.55460 -3	0
O	1.62518 -2	1.62518 -2	2.39589 -2	1.71607 -2	0
Na	1.00483 -2	1.00483 -2	7.37443 -3	1.00491 -2	2.05200 -2
Cr	3.36785 -3	3.36785 -3	2.83558 -3	3.36785 -3	1.37750 03
Ni	1.98791 -3	1.98791 -3	1.67373 -3	1.98791 -3	5.16780 -3
Mo	2.02919 -4	2.02919 -4	1.70849 -4	2.02919 -4	8.61160 -4
Fe	1.18460 -2	1.18460 -2	9.97379 -3	1.18459 -2	1.09780 -4

Table 3.5 Comparison of the Effective Multiplication Factor of LMFBR

	Homogeneous	Radial Hetero	Island Hetero
2-D (RZ)	1.04282 (0.0470)*	1.04263 (0.1210)	—
Triangle	1.04233	1.04137	1.03894
Hex (Conv)	1.04410 (0.1698)	1.05520 (1.3281)	1.04802 (0.8740)
Hex (Impr)	1.04132 (-0.0969)	1.03669 (-0.4494)	1.03570 (-0.3119)

\* (%ΔK/K) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 3.6 COMPARISON OF NEUTRON BALANCE FOR HOMOGENEOUS CORE

REGION	ABSORPTION			LEAKAGE		
	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )
INNER CORE	0.4999	0.4897	0.5038	0.0802	0.0771	0.0814
OUTER CORE	0.2819	0.2911	0.2782	0.0752	0.0786	0.0749
RADIAL BLANKET	0.0592	0.0591	0.0594	-0.0507	-0.0514	-0.0511
AXIAL BLANKET	0.0915	0.0912	0.0918	-0.0779	-0.0776	-0.0781
REACTOR	0.9325	0.9310	0.9333	0.0269	0.0267	0.0271

Table 3.7 COMPARISON OF NEUTRON BALANCE FOR RADIAL HETEROGENEOUS CORE

REGION	ABSORPTION			LEAKAGE		
	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )
INNER CORE	0.2545	0.2122	0.2743	0.0785	0.0623	0.0869
OUTER CORE	0.4039	0.4426	0.3849	0.1776	0.1900	0.1728
INTERNAL BLANKET	0.1038	0.0940	0.1080	-0.0849	-0.0789	-0.0889
RADIAL BLANKET	0.0902	0.0933	0.0880	-0.0762	-0.0805	-0.0747
AXIAL BLANKET	0.0842	0.0820	0.0854	-0.0711	-0.0693	-0.0721
REACTOR	0.9365	0.9242	0.9406	0.0237	0.0235	0.0240

Table 3.8 COMPARISON OF NEUTRON BALANCE FOR ISLAND HETEROGENEOUS CORE

REGION	ABSORPTION			LEAKAGE		
	TRI.	HEX<CONV>	HEX<IMPR>	TRI.	HEX<CONV>	HEX<IMPR>
INNER CORE	0.3044	0.2910	0.3081	0.0845	0.0783	0.0872
OUTER CORE	0.3932	0.4061	0.3889	0.1410	0.1437	0.1418
INTERNAL BLANKET	0.0850	0.0788	0.0873	-0.0690	-0.0659	-0.0714
RADIAL BLANKET	0.0660	0.0655	0.0665	-0.0561	-0.0567	-0.0568
AXIAL BLANKET	0.0890	0.0881	0.0896	-0.0755	-0.0747	-0.0759
REACTOR	0.9377	0.9294	0.9405	0.0248	0.0247	0.0250

Table 3.9 COMPARISON OF AXIAL POWER DENSITY DISTRIBUTIONS IN HOMOGENEOUS CORE

MESH	AXIAL (CM)	INNER CORE			OUTER CORE		
		TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )
1	2.50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	7.50	0.9864	0.9864	0.9864	0.9860	0.9860	0.9860
3	12.50	0.9594	0.9594	0.9593	0.9583	0.9582	0.9582
4	17.50	0.9195	0.9195	0.9194	0.9172	0.9171	0.9170
5	22.50	0.8674	0.8674	0.8671	0.8635	0.8633	0.8632
6	26.56	0.8159	0.8159	0.8163	0.8104	0.8101	0.8114
7	29.69	0.7722	0.7723	0.7727	0.7654	0.7650	0.7662
8	32.81	0.7251	0.7252	0.7254	0.7166	0.7161	0.7173
9	35.94	0.6748	0.6749	0.6750	0.6645	0.6638	0.6651
10	39.06	0.6221	0.6223	0.6223	0.6098	0.6088	0.6101
11	42.19	0.5678	0.5680	0.5679	0.5532	0.5520	0.5534
12	45.31	0.5131	0.5132	0.5131	0.4958	0.4943	0.4960
13	48.44	0.4594	0.4596	0.4595	0.4395	0.4376	0.4398
14	51.50	0.0547	0.0547	0.0551	0.0498	0.0498	0.0503
15	54.50	0.0420	0.0420	0.0423	0.0372	0.0371	0.0376
16	57.50	0.0325	0.0325	0.0326	0.0281	0.0279	0.0283
17	60.50	0.0252	0.0252	0.0253	0.0213	0.0212	0.0215
18	63.50	0.0197	0.0197	0.0197	0.0163	0.0162	0.0164
19	67.50	0.0139	0.0139	0.0141	0.0113	0.0111	0.0115
20	72.50	0.0090	0.0090	0.0091	0.0071	0.0070	0.0073
21	77.50	0.0055	0.0055	0.0056	0.0043	0.0042	0.0043
22	82.50	0.0028	0.0028	0.0028	0.0021	0.0021	0.0021

Table 3.10 COMPARISON OF AXIAL POWER DENSITY DISTRIBUTIONS IN RADIAL HETERO-CORE

MESH	AXIAL (CM)	INNER CORE			OUTER CORE		
		TRI.	HEX (CONV)	HEX (IMPR)	TRI.	HEX (CONV)	HEX (IMPR)
1	2.50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	7.50	0.9859	0.9860	0.9859	0.9857	0.9858	0.9857
3	12.50	0.9580	0.9581	0.9579	0.9574	0.9575	0.9574
4	17.50	0.9167	0.9169	0.9166	0.9156	0.9156	0.9155
5	22.50	0.8627	0.8630	0.8625	0.8608	0.8609	0.8608
6	26.56	0.8093	0.8097	0.8109	0.8067	0.8068	0.8091
7	29.69	0.7641	0.7646	0.7655	0.7607	0.7610	0.7632
8	32.81	0.7151	0.7157	0.7164	0.7110	0.7113	0.7134
9	35.94	0.6628	0.6636	0.6641	0.6579	0.6583	0.6602
10	39.06	0.6079	0.6088	0.6091	0.6020	0.6025	0.6043
11	42.19	0.5512	0.5523	0.5523	0.5443	0.5449	0.5466
12	45.31	0.4939	0.4952	0.4950	0.4858	0.4866	0.4881
13	48.44	0.4377	0.4393	0.4388	0.4284	0.4293	0.4306
14	51.50	0.0485	0.0484	0.0492	0.0444	0.0443	0.0454
15	54.50	0.0364	0.0363	0.0369	0.0328	0.0328	0.0335
16	57.50	0.0274	0.0274	0.0278	0.0244	0.0244	0.0249
17	60.50	0.0208	0.0208	0.0211	0.0183	0.0183	0.0187
18	63.50	0.0159	0.0159	0.0160	0.0138	0.0138	0.0141
19	67.50	0.0109	0.0110	0.0112	0.0093	0.0094	0.0096
20	72.50	0.0069	0.0069	0.0070	0.0058	0.0058	0.0060
21	77.50	0.0041	0.0041	0.0042	0.0034	0.0034	0.0035
22	82.50	0.0020	0.0021	0.0021	0.0017	0.0017	0.0018

Table 3.11 COMPARISON OF AXIAL POWER DENSITY DISTRIBUTIONS IN ISLAND HETERO-CORE

MESH	AXIAL(CCM)	INNER CORE			OUTER CORE		
		TRI.	HEX(CONV)	HEX(CIMPR)	TRI.	HEX(CONV)	HEX(CIMPR)
1	2.50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	7.50	0.9860	0.9860	0.9860	0.9859	0.9860	0.9859
3	12.50	0.9581	0.9582	0.9581	0.9581	0.9581	0.9580
4	17.50	0.9170	0.9171	0.9169	0.9168	0.9169	0.9166
5	22.50	0.8632	0.8633	0.8630	0.8629	0.8630	0.8626
6	26.56	0.8100	0.8102	0.8113	0.8096	0.8097	0.8110
7	29.69	0.7649	0.7652	0.7662	0.7644	0.7645	0.7658
8	32.81	0.7161	0.7165	0.7173	0.7155	0.7156	0.7168
9	35.94	0.6640	0.6645	0.6651	0.6633	0.6634	0.6645
10	39.06	0.6094	0.6099	0.6104	0.6085	0.6086	0.6097
11	42.19	0.5530	0.5536	0.5539	0.5519	0.5520	0.5530
12	45.31	0.4959	0.4967	0.4968	0.4947	0.4947	0.4958
13	48.44	0.4399	0.4409	0.4409	0.4386	0.4386	0.4397
14	51.50	0.0499	0.0498	0.0505	0.0463	0.0466	0.0473
15	54.50	0.0375	0.0375	0.0379	0.0346	0.0348	0.0353
16	57.50	0.0284	0.0284	0.0287	0.0260	0.0261	0.0265
17	60.50	0.0216	0.0216	0.0218	0.0197	0.0198	0.0201
18	63.50	0.0166	0.0166	0.0167	0.0150	0.0151	0.0153
19	67.50	0.0114	0.0115	0.0116	0.0103	0.0104	0.0106
20	72.50	0.0072	0.0073	0.0074	0.0065	0.0065	0.0067
21	77.50	0.0043	0.0043	0.0044	0.0039	0.0039	0.0040
22	82.50	0.0022	0.0022	0.0022	0.0019	0.0019	0.0020

Table 3.12 Comparison of the Peak Power Ratio of LMFBR (OC/IC)

	Homogeneous	Radial Hetero	Island Hetero
2-D (RZ)	1.017 (-4.5%)*	1.128 (-4.2%)	—
Triangle	1.033	1.151	0.944
Hex (Conv)	1.095 (6.0%)	1.539 (33.7%)	0.985 (4.34%)
Hex (Impr)	1.016 (-1.6%)	1.017 (-11.6%)	0.933 (-1.16%)

\* ( ) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 3.13 Region Components of Breeding Ratio for LMFBR

	2-D	Triangle	Hex (Conv)	Hex (Impr)
(i) Homogeneous Core				
Inner Core	0.595	0.600	0.589	0.605
Outer Core	0.319	0.314	0.323	0.310
Ax. and Rad. Blanket	0.355	0.352	0.351	0.353
Total	1.268(0.17)*	1.266	1.263(-0.25)	1.268(0.12)
(ii) Radial Heterogeneous Core				
Inner Core	0.264	0.277	0.231	0.299
Outer Core	0.399	0.388	0.424	0.370
Ax. and Rad. Blanket	0.424	0.416	0.417	0.413
Inner Blanket	0.255	0.259	0.237	0.271
Total	1.342(0.12)	1.341	1.310(-2.32)	1.353(0.90)
(iii) Island Heterogeneous Core				
Inner Core	—	0.340	0.324	0.344
Outer Core	—	0.407	0.419	0.403
Ax. and Rad. Blanket	—	0.369	0.365	0.371
Inner Blanket	—	0.210	0.197	0.216
Total	—	1.326	1.305(-1.56)	1.334(0.65)

\* (      ) : Difference from the value of Triangular Cal. %

Table 3.14 Comparison of Na Void Worth for LMFBR

	Homogeneous	Radial Hetero	Island Hetero	(%ΔK/K)
2-D (RZ)	2.693 (0.003)*	0.846 (-0.010)	—	
Triangle	2.690	0.856	1.075	
Hex (Conv)	2.694 (0.004)	0.842 (-0.014)	1.102 (0.027)	
Hex (Impr)	2.677 (-0.013)	0.807 (-0.049)	1.011 (-0.064)	

\* ( ) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 3.15 Comparison of Doppler Reactivity Worth for LMFBR

	Homogeneous	Radial Hetero	Island Hetero	(%ΔK/K)
2-D (RZ)	-0.341 (0.002)	-0.202 (0.005)	—	
Triangle	-0.343	-0.207	-0.248	
Hex (Conv)	-0.341 (0.002)	-0.198 (0.009)	-0.245 (0.003)	
Hex (Impr)	-0.345 (-0.002)	-0.213 (-0.006)	-0.248 (0.0)	

\* ( ) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 3.16 Comparison of the Iteration Times for LMFBR

(minutes)

	Homogeneous	Radial Hetero	Island Hetero
2-D (RZ)			
Ref.	1.406	1.428	—
Na-void	1.381	1.224	—
Doppler	1.413	1.491	—
Triangle			
Ref.	8.424	7.608	14.205
Na-void	8.281	12.803	11.464
Doppler	5.807	15.443	13.412
Hex (Conv)			
Ref.	2.502	11.998	5.748
Na-void	2.192	3.364	4.313
Doppler	2.594	7.246	3.396
Hex (Impr)			
Ref.	6.920	12.561	12.443
Na-void	6.232	9.791	12.639
Doppler	6.645	24.149	11.111

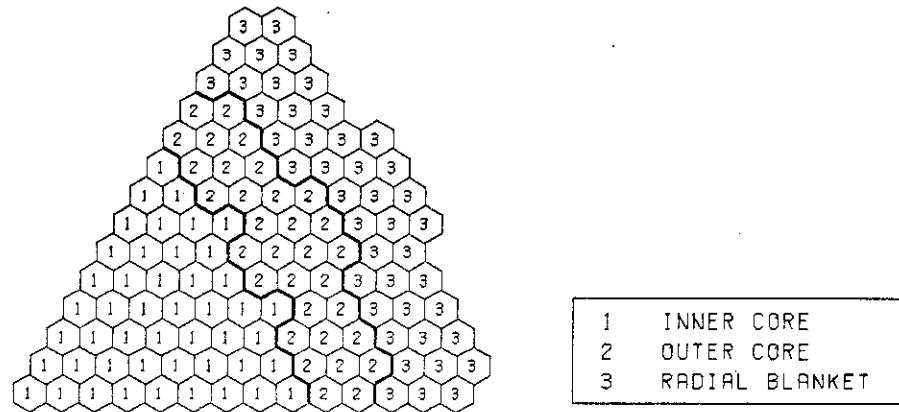


FIG.3.1 HOMOGENEOUS CORE CONFIGURATION

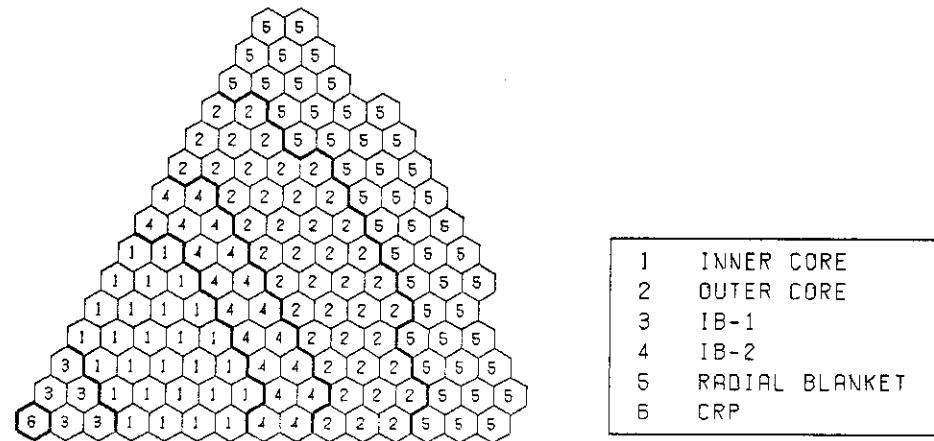


FIG.3.2 RADIAL HETEROGENEOUS CORE CONFIGURATION

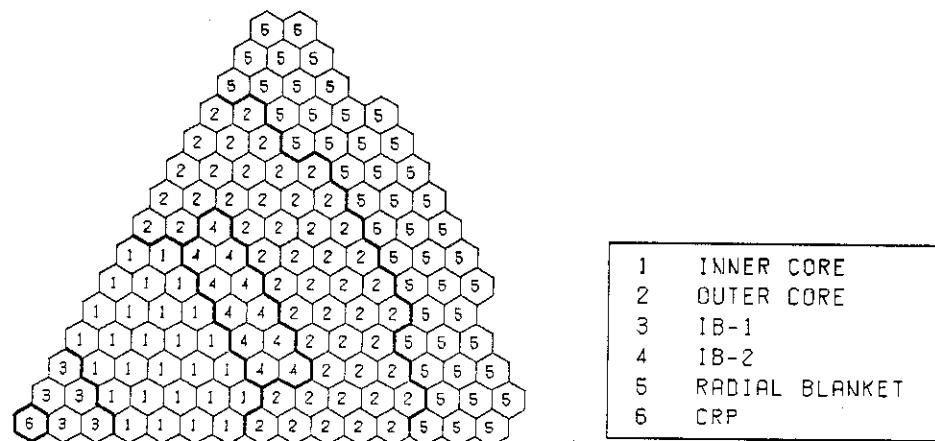


FIG.3.3 ISLAND HETEROGENEOUS CORE CONFIGURATION

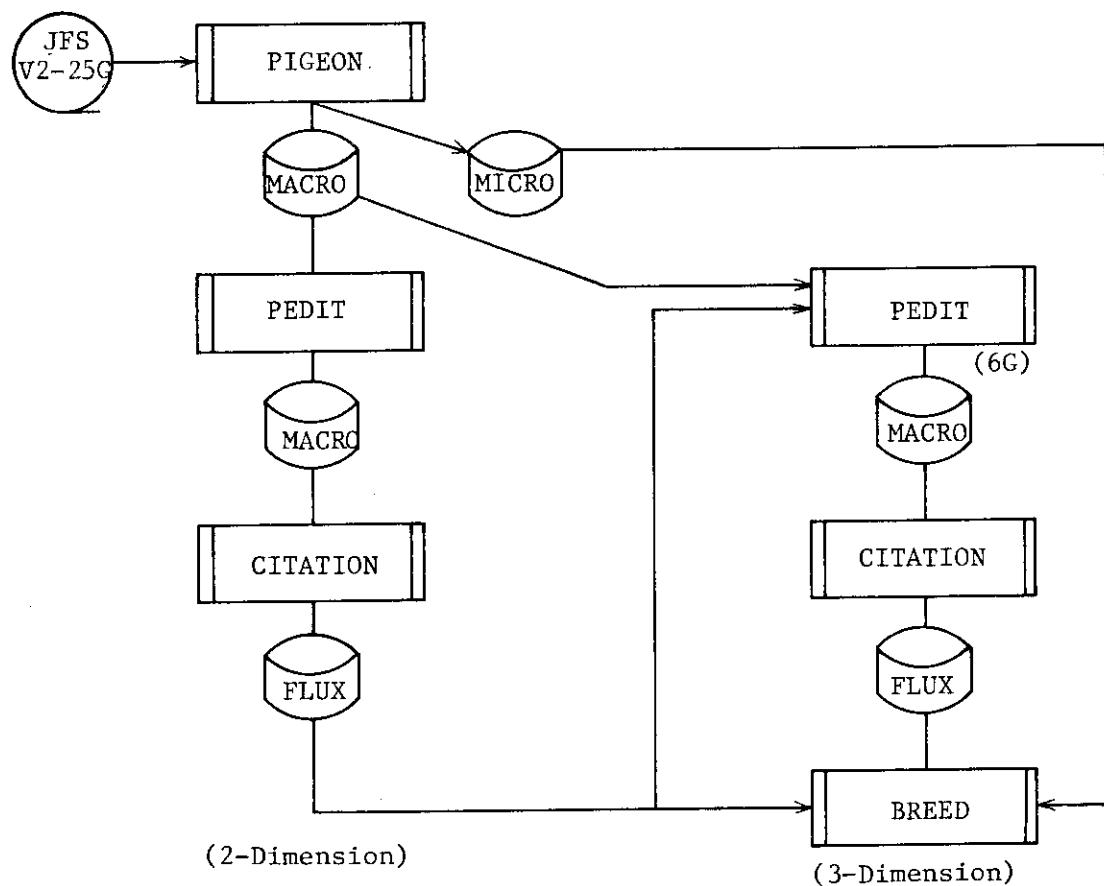


Fig. 3.4 Calculation flow for LMFBR

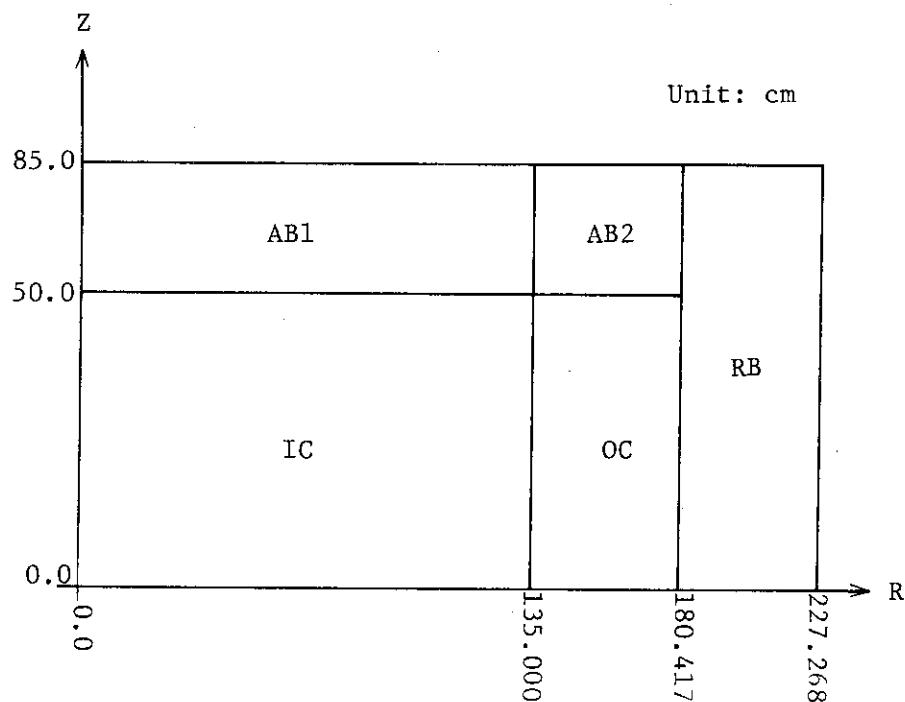


Fig. 3.5 R-Z Cylindrical Model for Homogeneous LMFBR

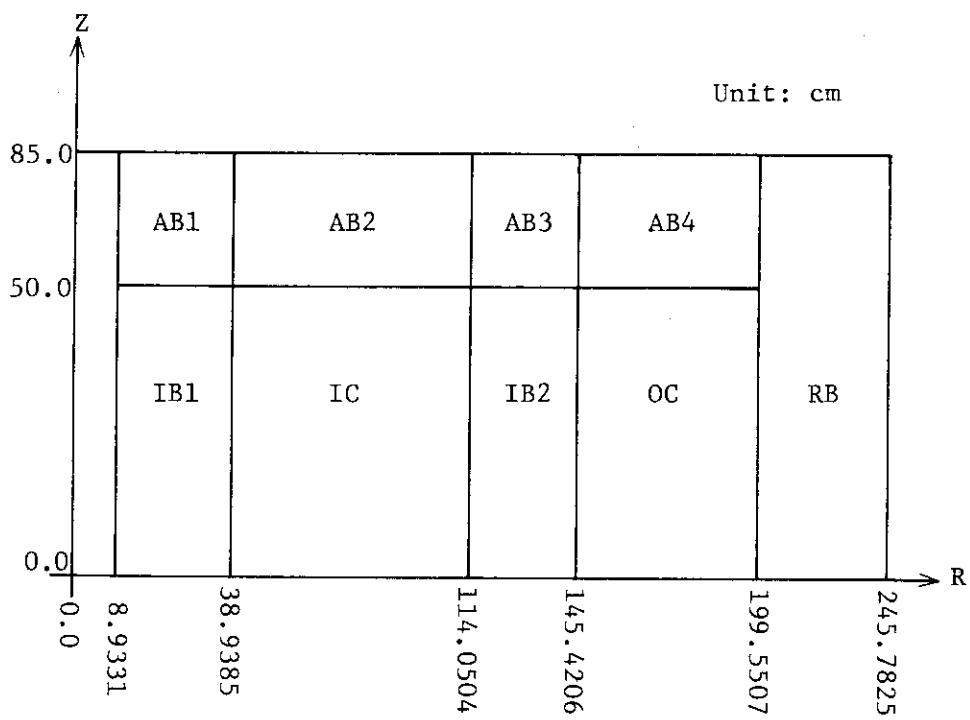
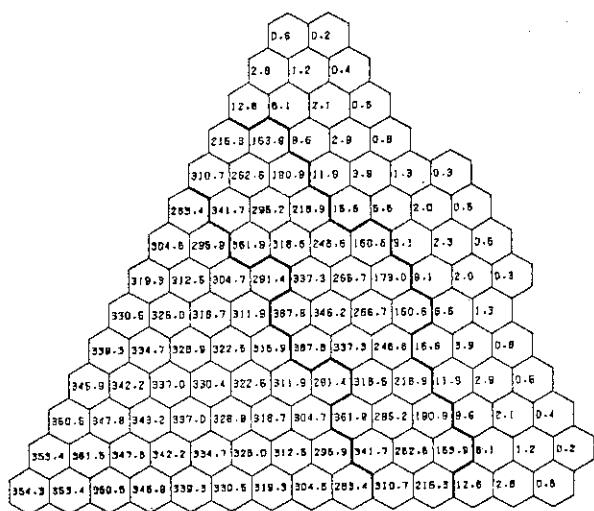
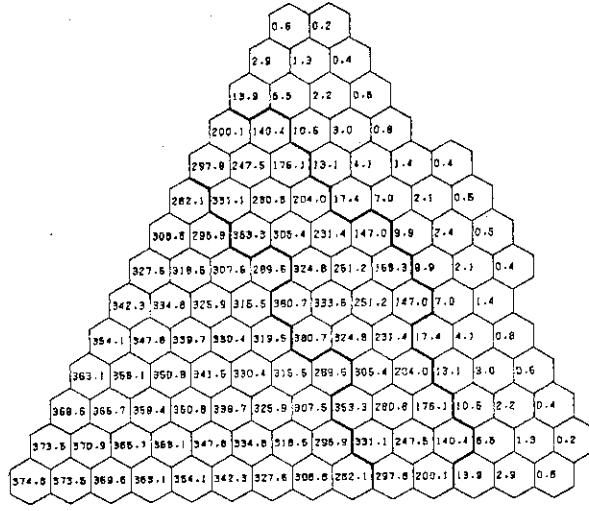


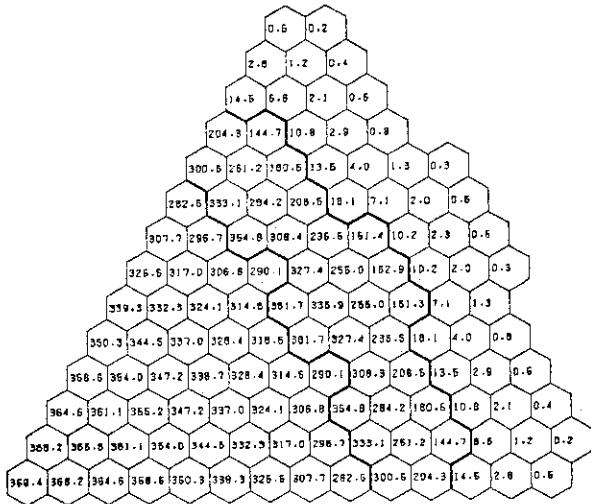
Fig. 3.6 R-Z Cylindrical Model for Radial Heterogeneous LMFBR



&lt;&lt; HEX( CONV. ) &gt;&gt;



&lt;&lt; HEX( IMPR. ) &gt;&gt;



&lt;&lt; TRI &gt;&gt;

Fig. 3.7 HOMOGENEOUS CORE POWER DISTRIBUTION (W/CC)

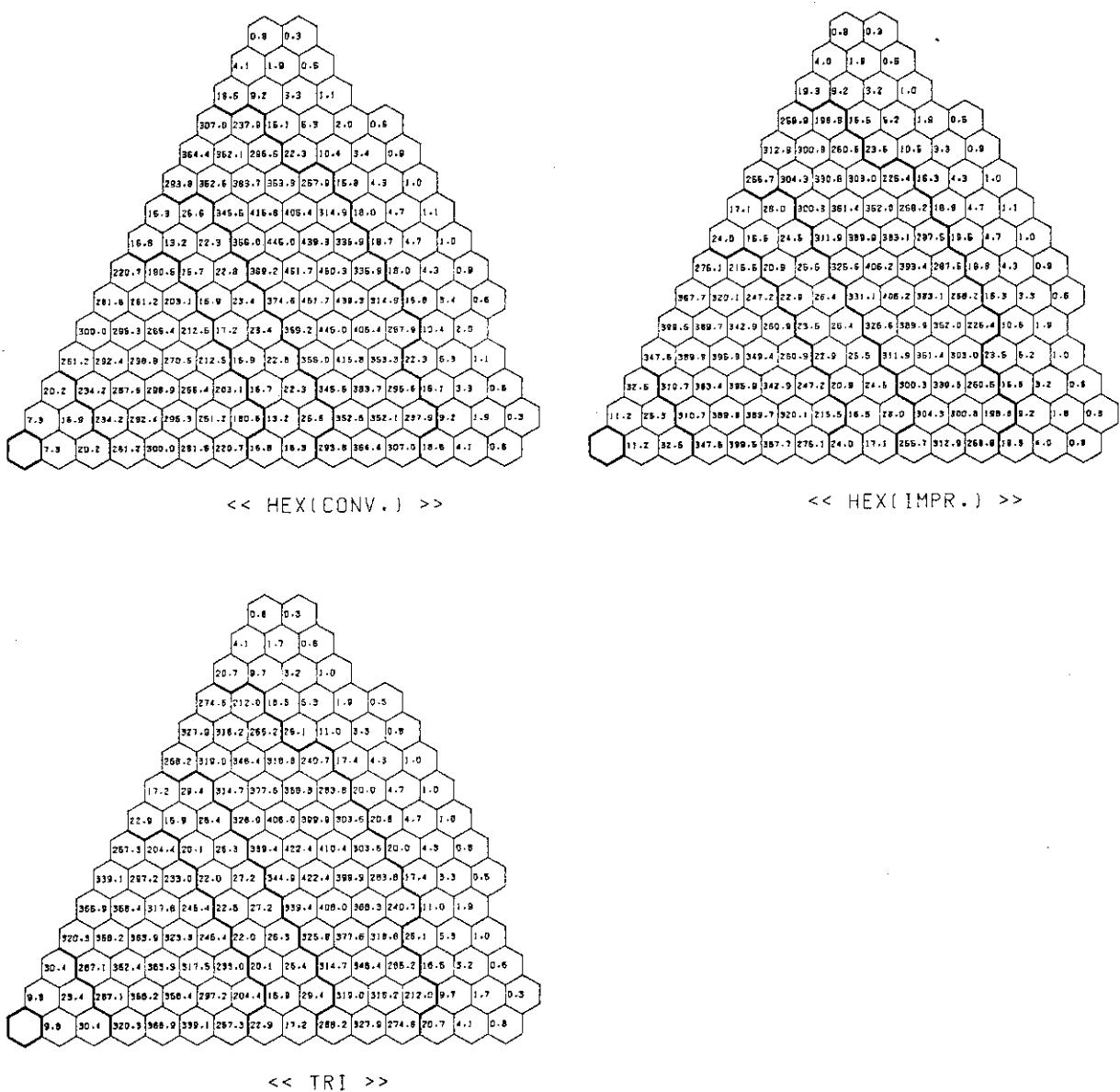


Fig. 3.8 RADIAL HETEROGENEOUS CORE POWER DISTRIBUTION (W/CC)

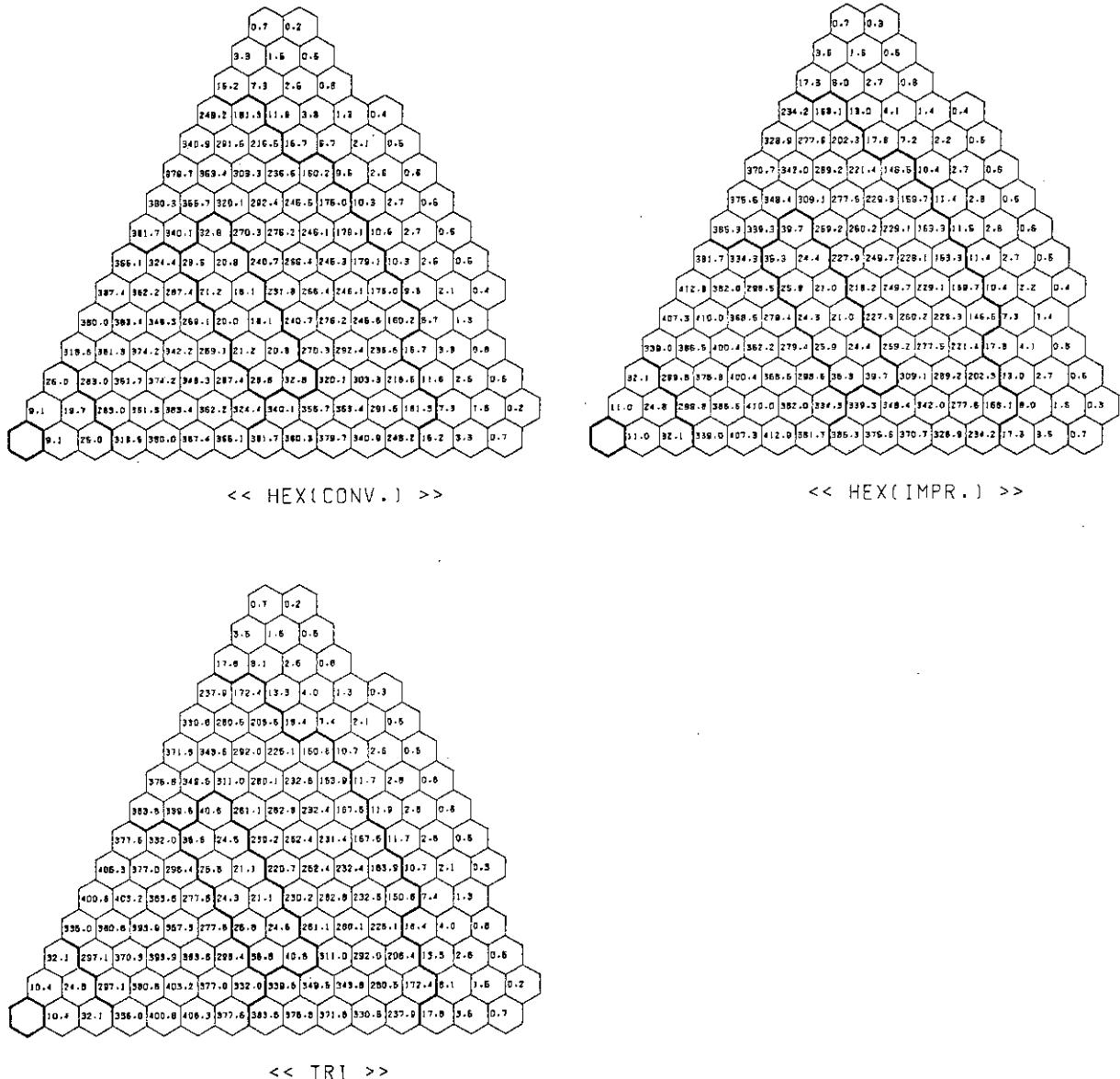
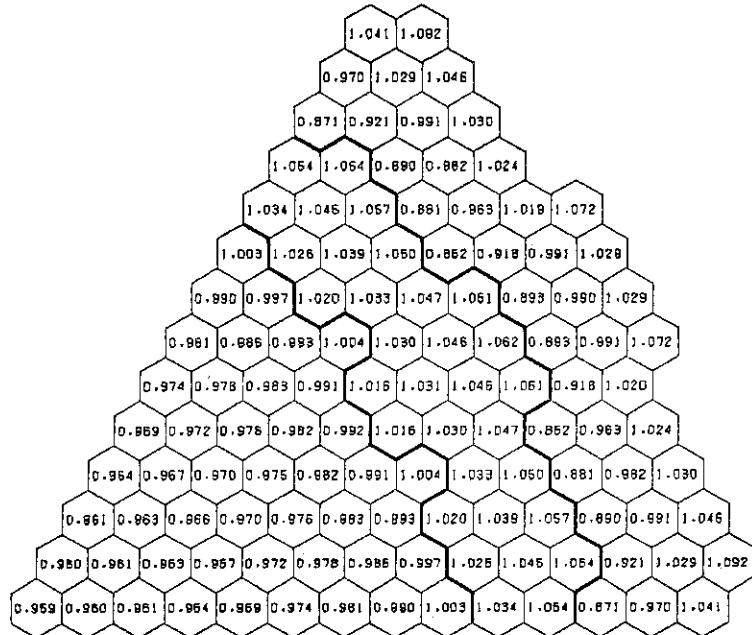
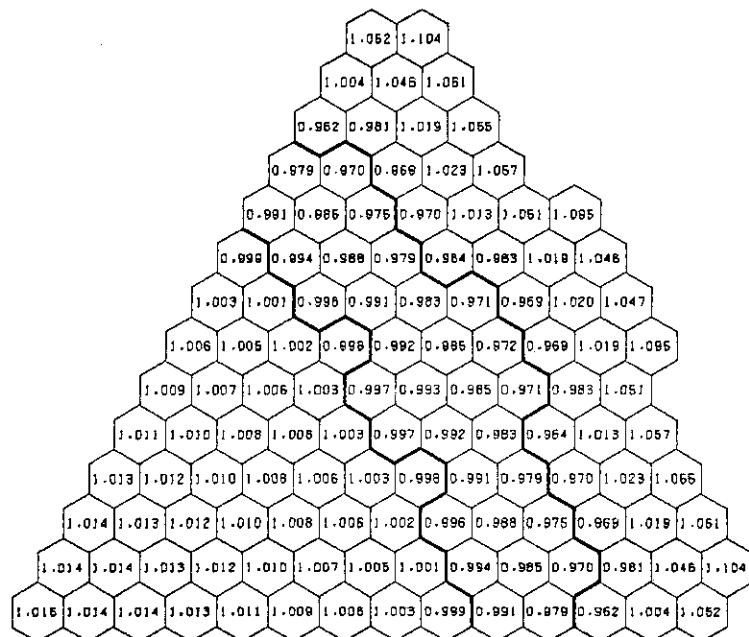


Fig. 3.9 ISLAND HETEROGENEOUS CORE POWER DISTRIBUTION (W/CC)



&lt;&lt; HEX( CONV. ) &gt;&gt;



&lt;&lt; HEX( IMPR. ) &gt;&gt;

Fig. 3.10 HOMOGENEOUS CORE POWER RATIO &lt;&lt; HEX / TRI &gt;&gt;

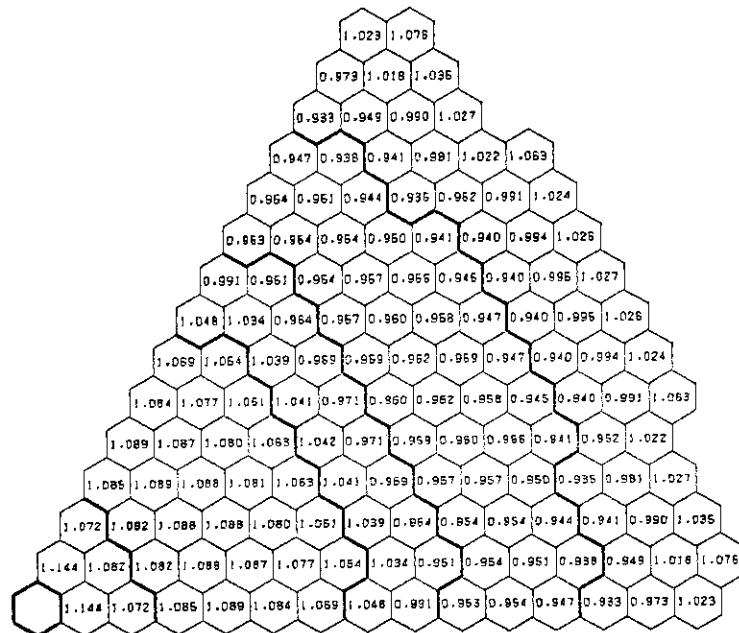
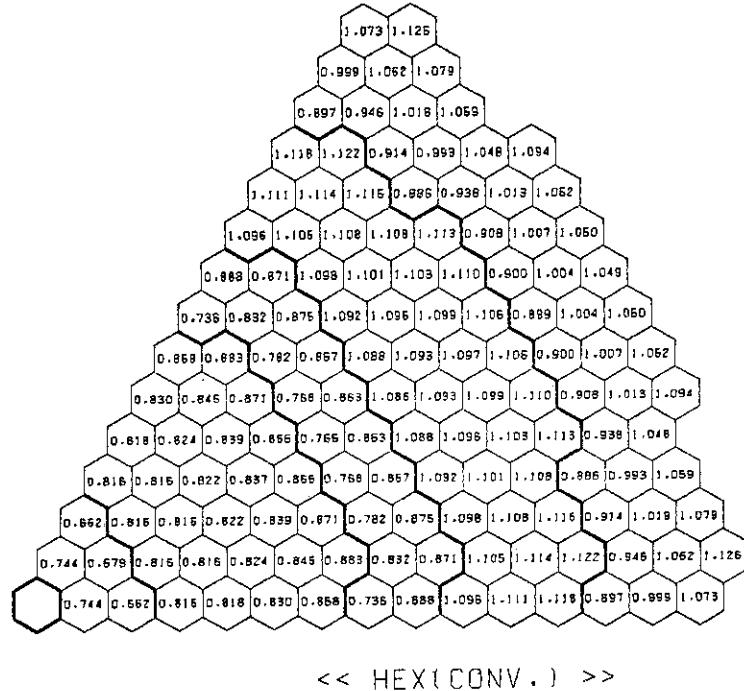
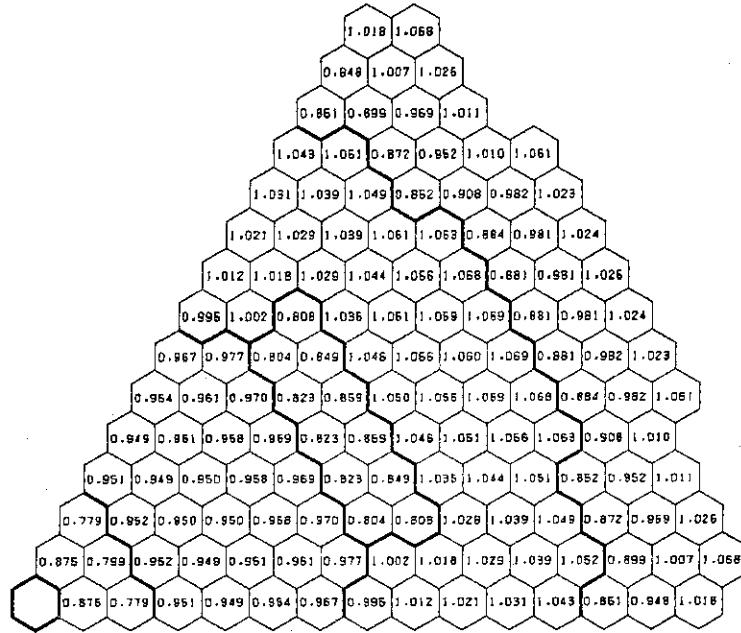
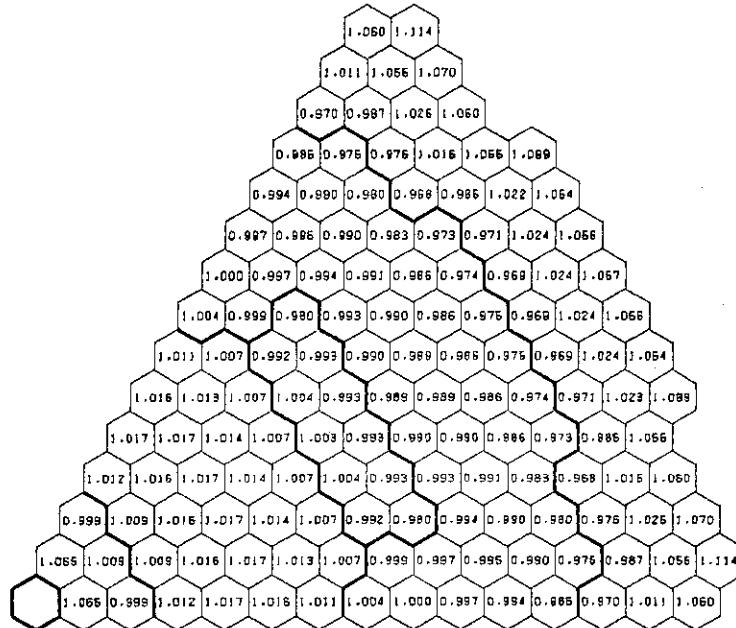


Fig. 3.11 RADIAL HETEROGENEOUS CORE POWER RATIO &lt;&lt; HEX / TRI &gt;&gt;



&lt;&lt; HEX(CONV.) &gt;&gt;



&lt;&lt; HEX(IMPR.) &gt;&gt;

Fig. 3.12 ISLAND HETEROGENEOUS CORE POWER RATIO &lt;&lt; HEX / TRI &gt;&gt;

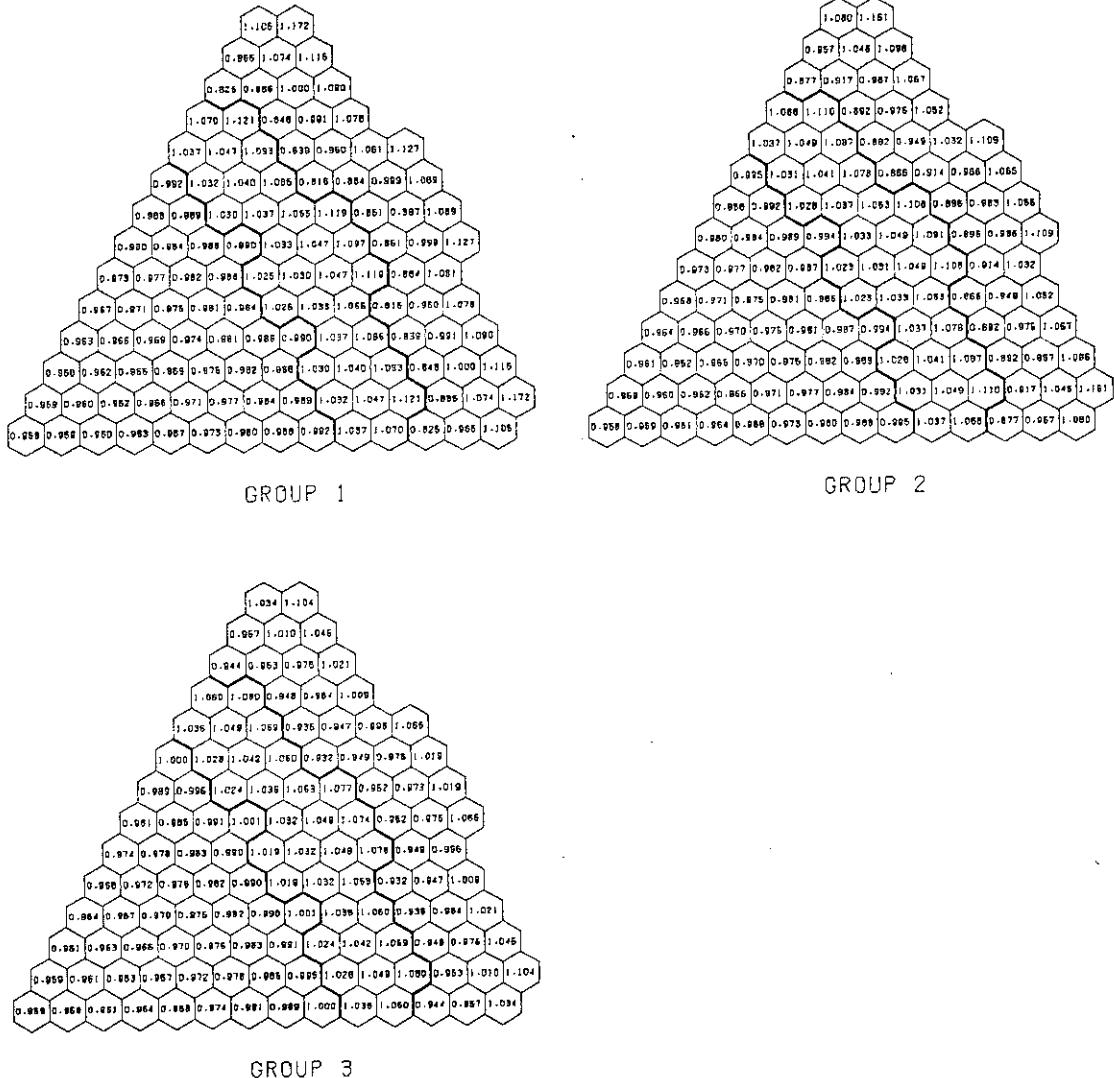


Fig. 3.13 HOMOGENEOUS CORE FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(CONV.) / TRI &gt;&gt;

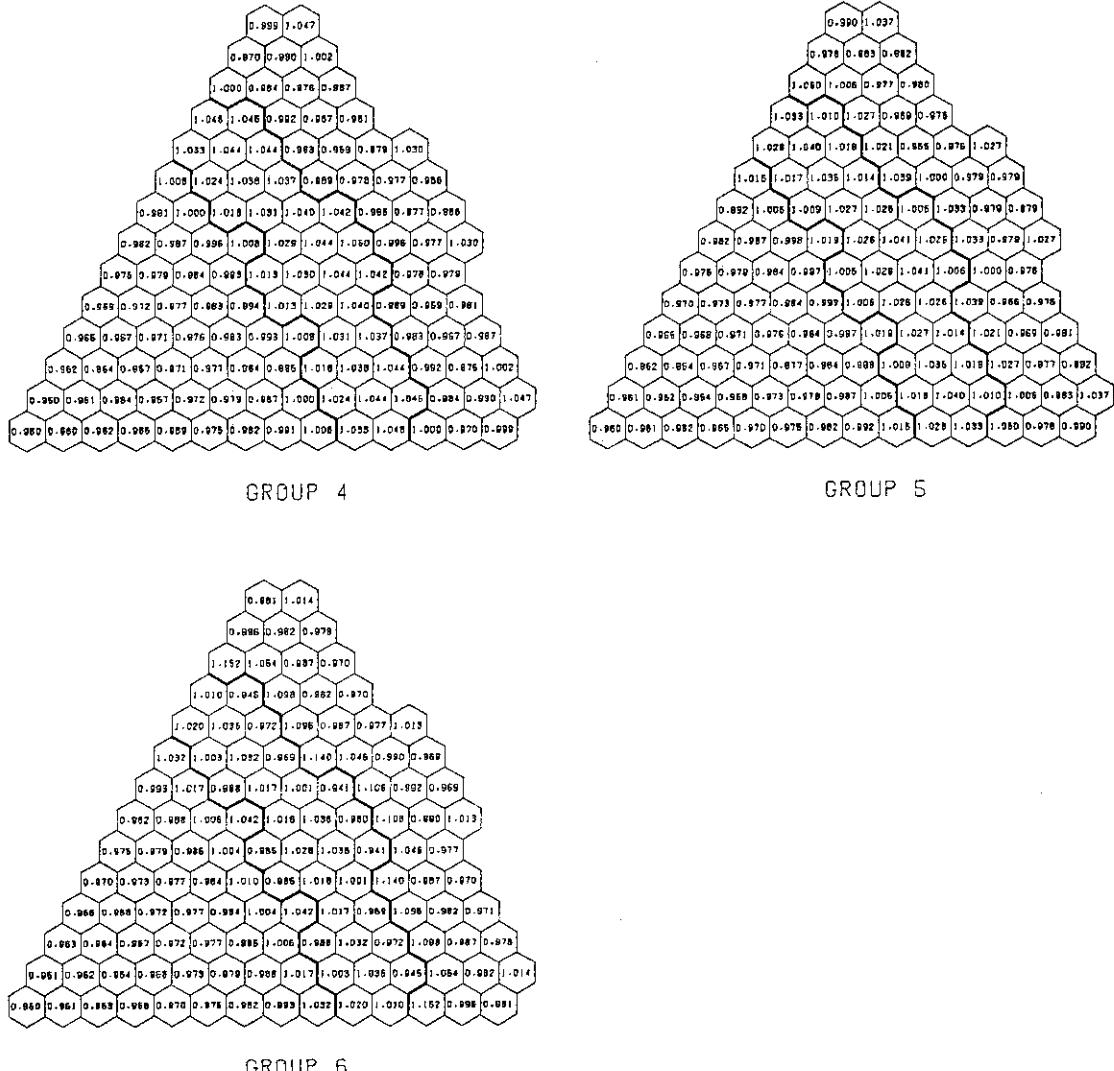


Fig. 3.13 Continued

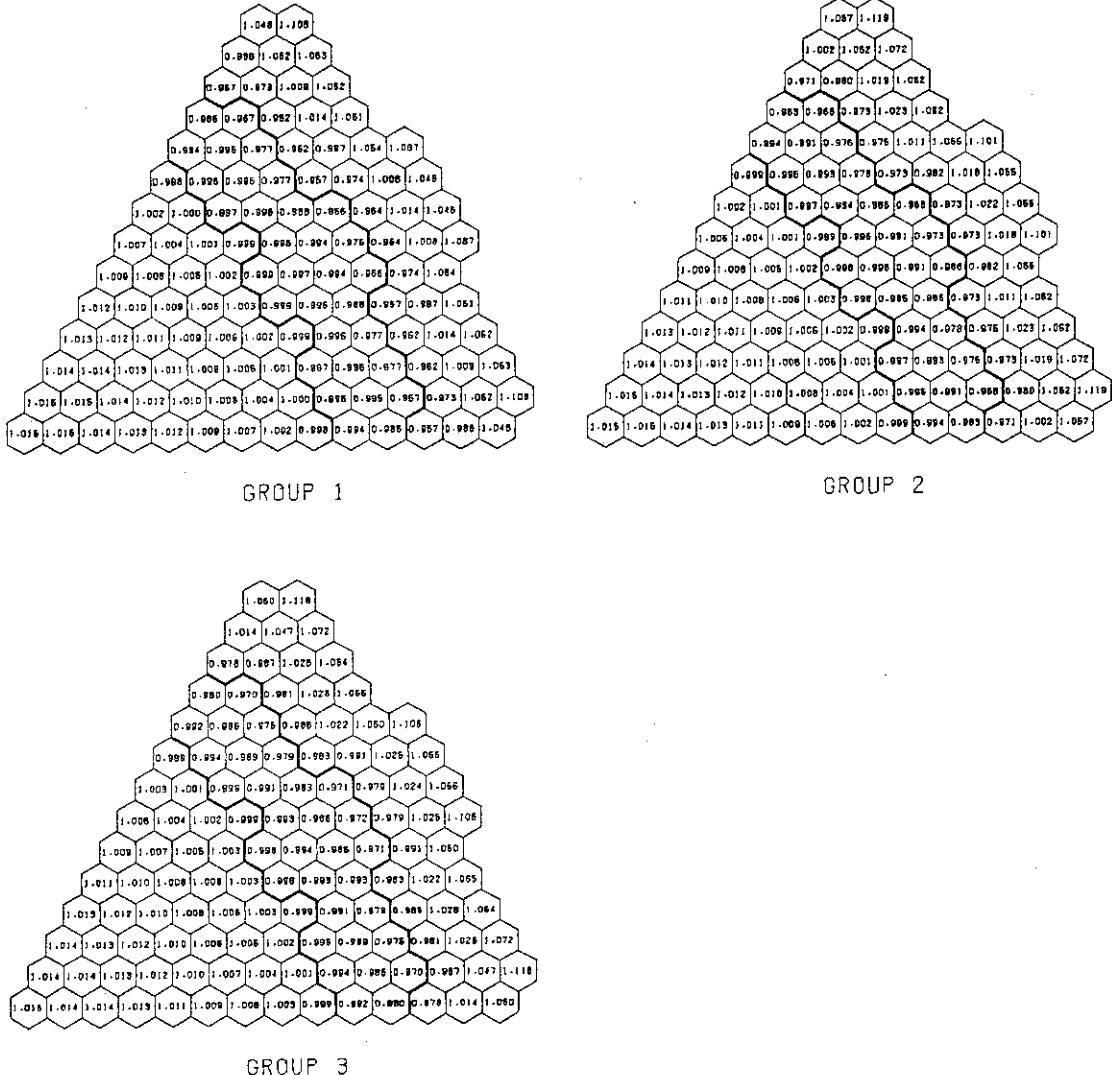
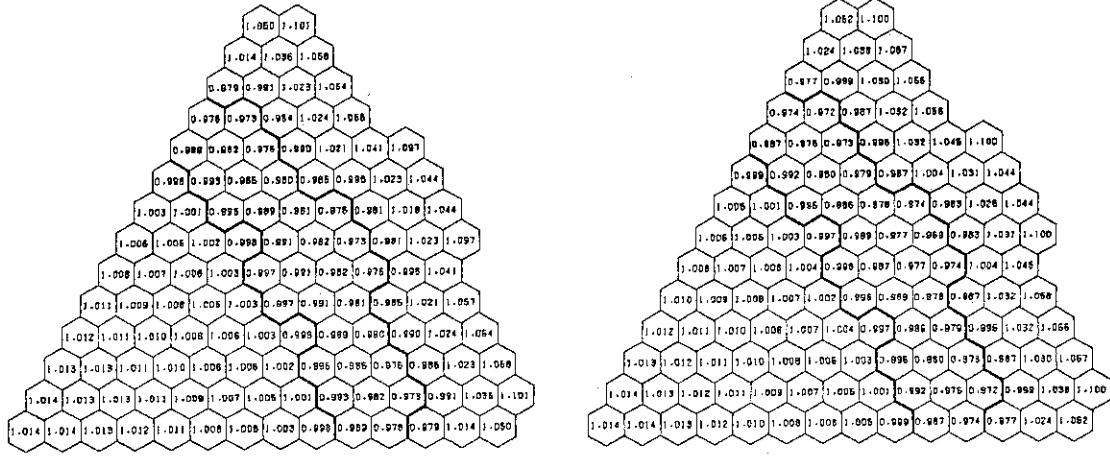


Fig. 3.14 HOMOGENEOUS CORE FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(IMPR.) / TRI &gt;&gt;



GROUP 5

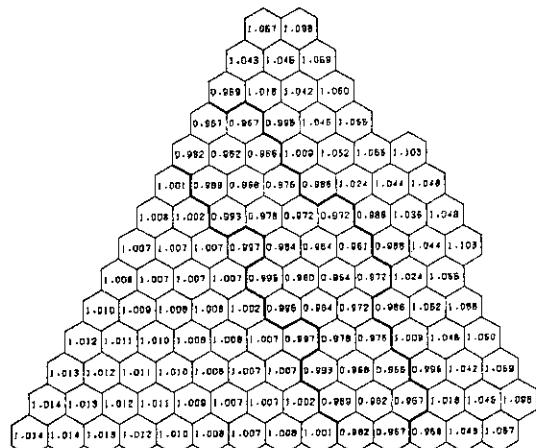


Fig. 3.14 Continued

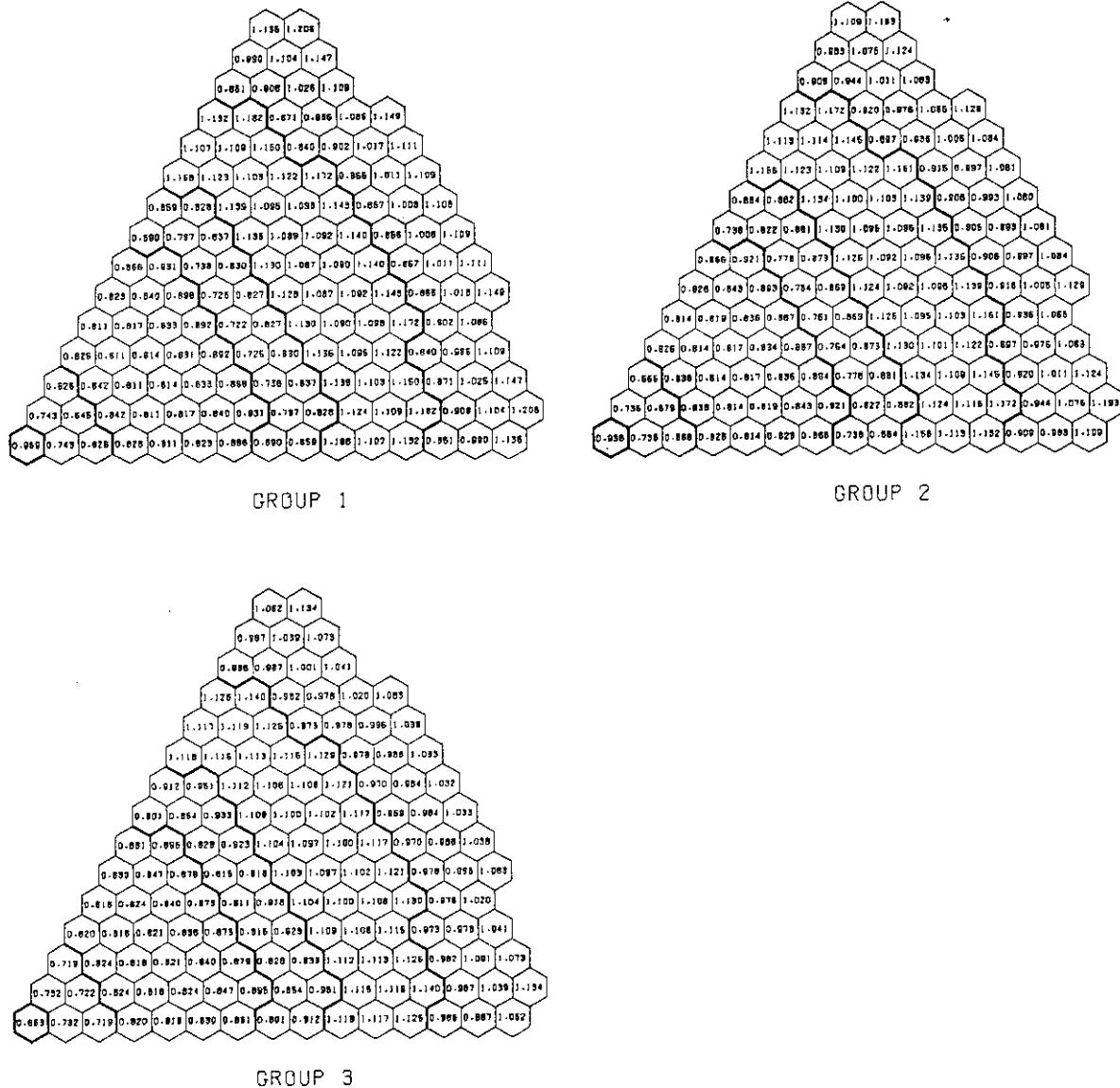


Fig. 3.15 RADIAL HETEROGENEOUS CORE FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(CONV.) / TRI &gt;&gt;

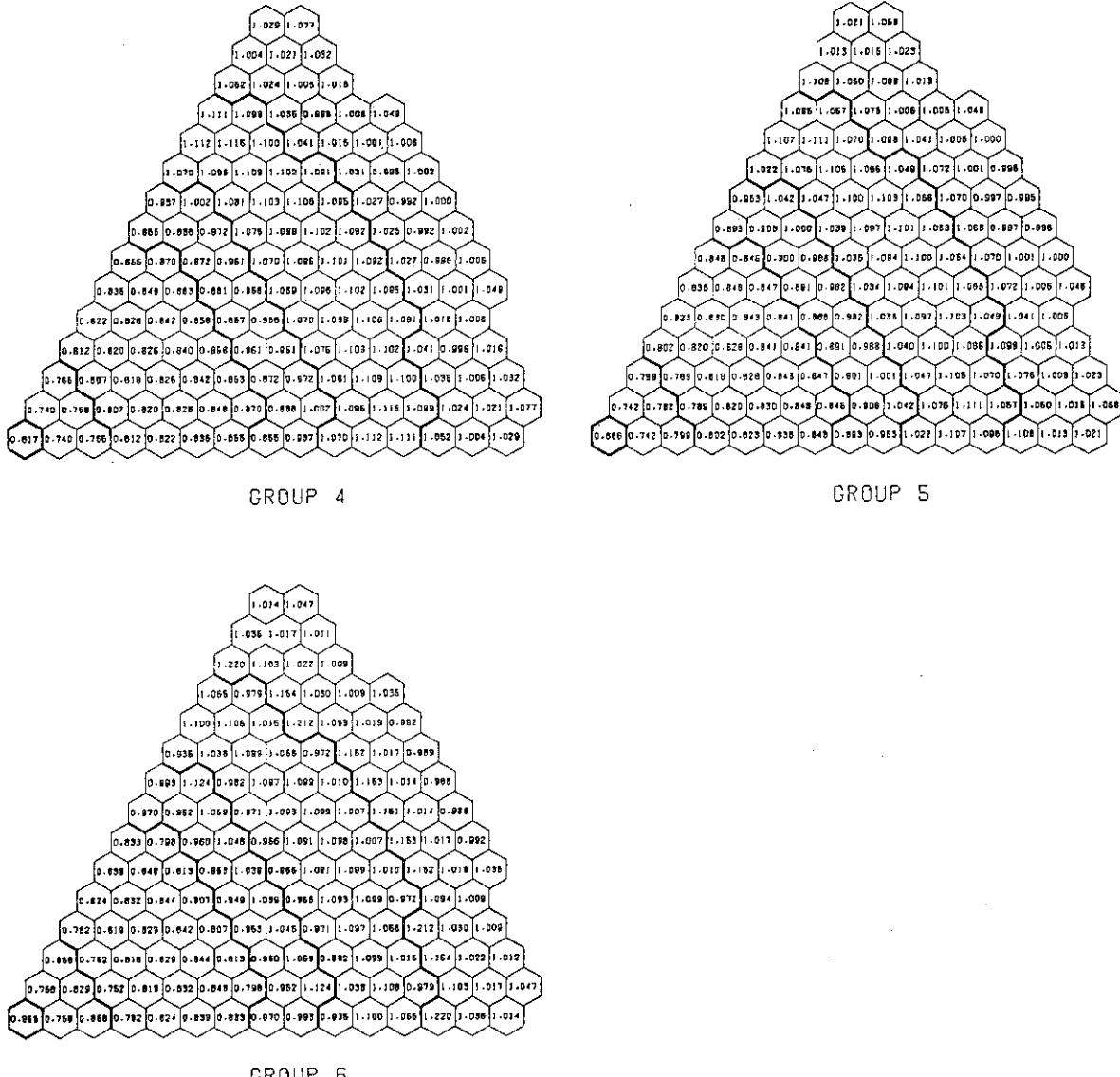


Fig. 3.15 Continued

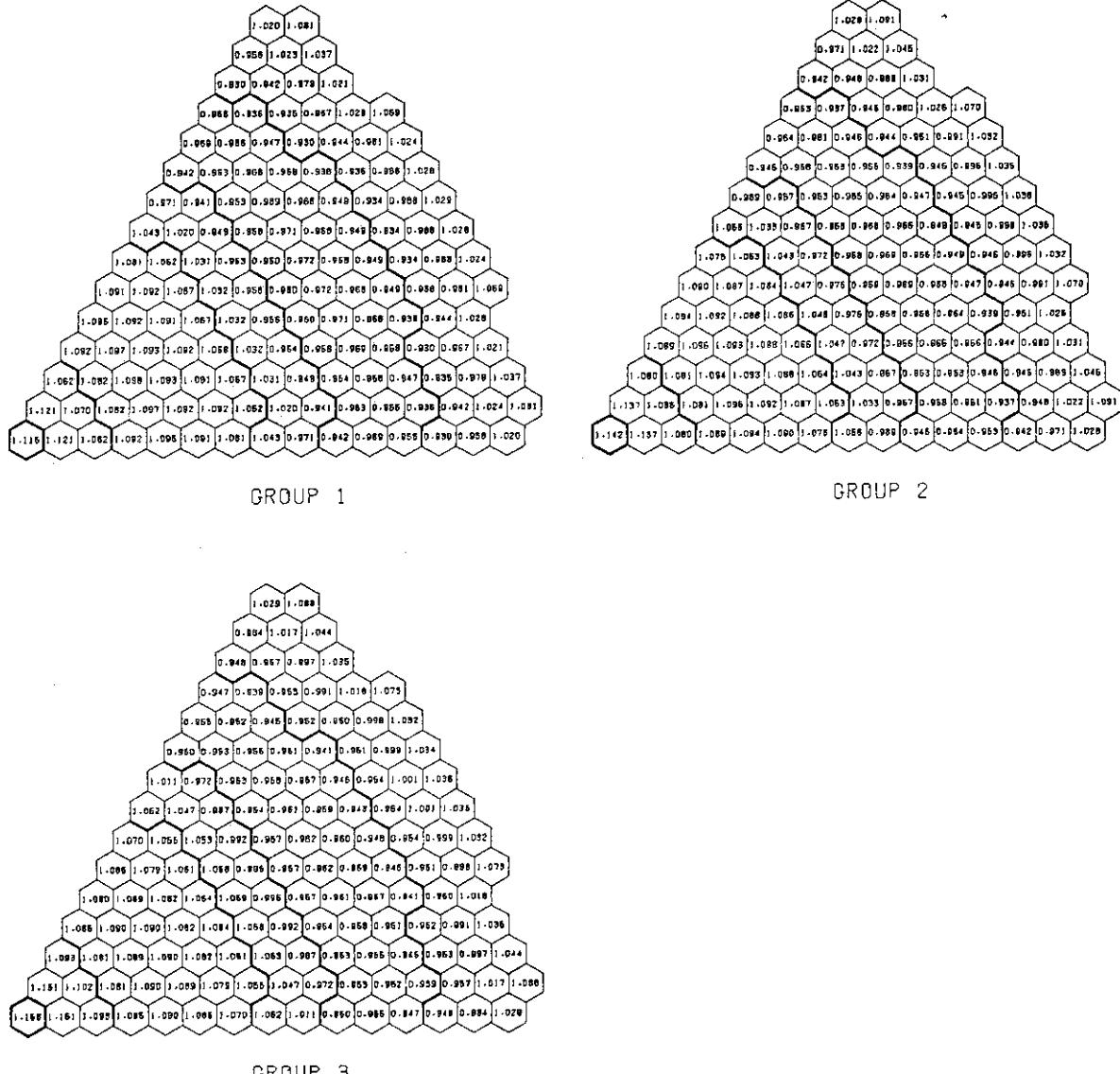


Fig. 3.16 RADIAL HETEROGENEOUS CORE FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(IMPR.) / TRI &gt;&gt;

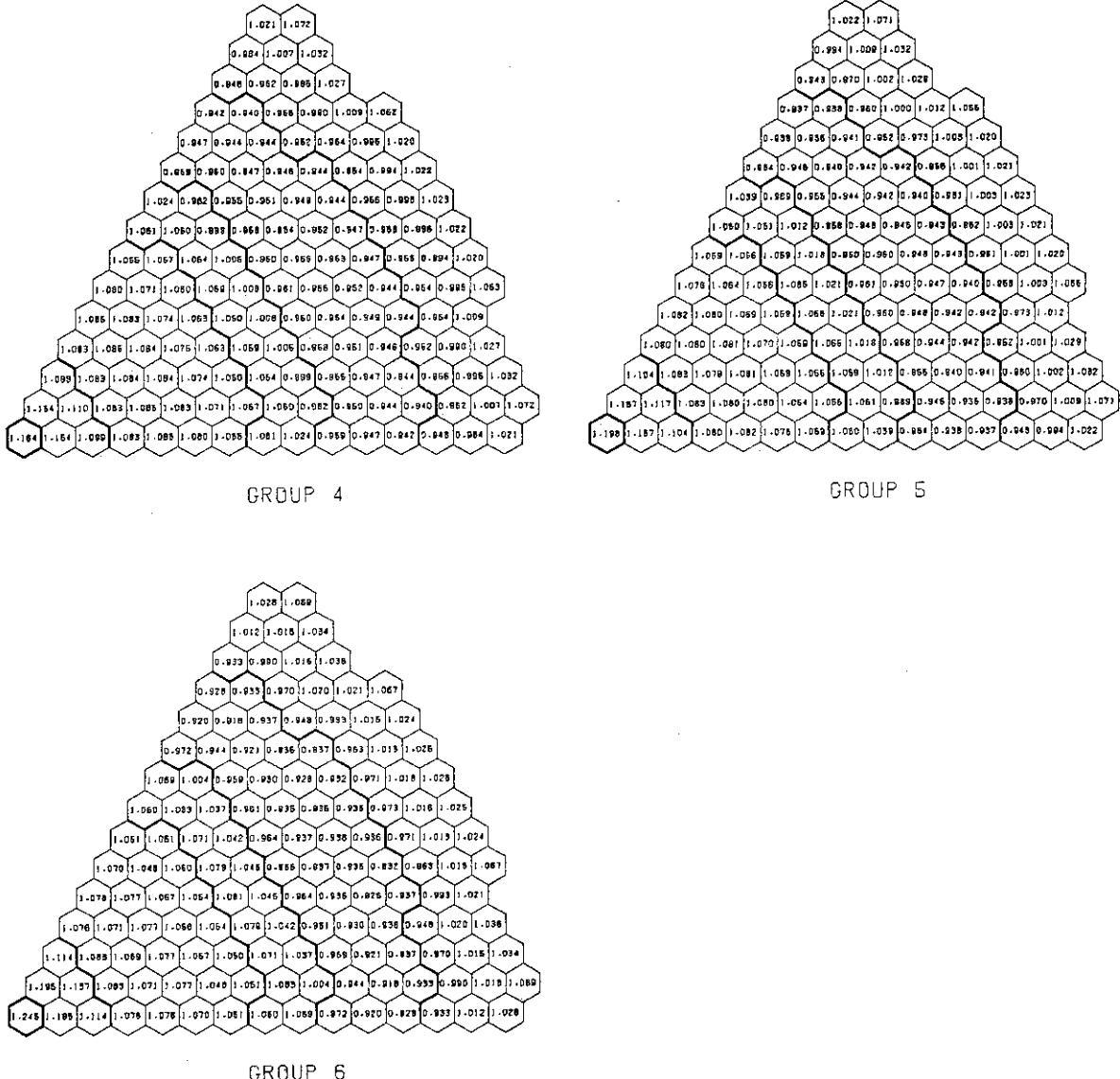


Fig. 3.16 Continued

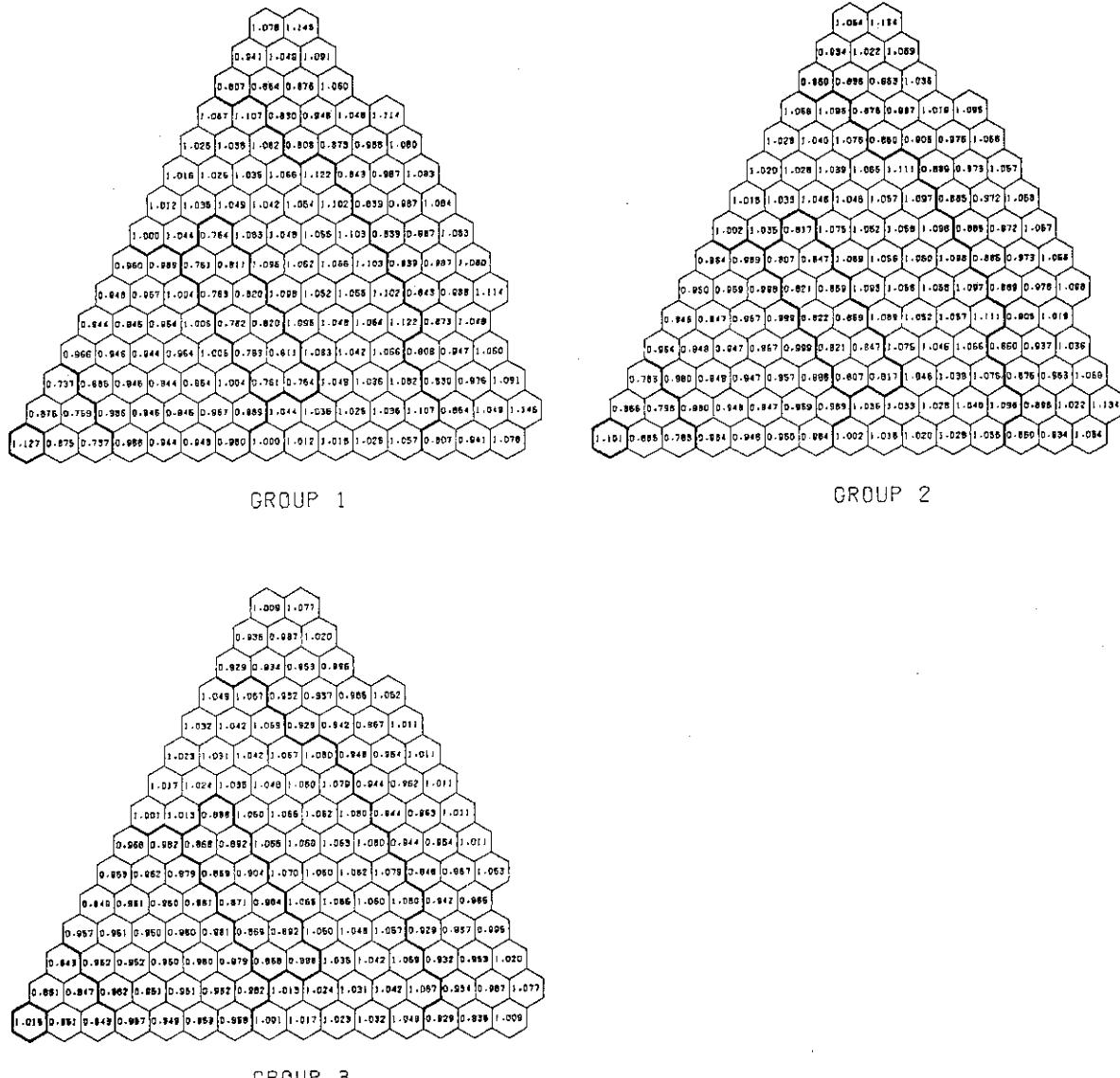


Fig. 3.17 ISLAND HETEROGENEOUS CORE FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(CONV.) / TRI &gt;&gt;

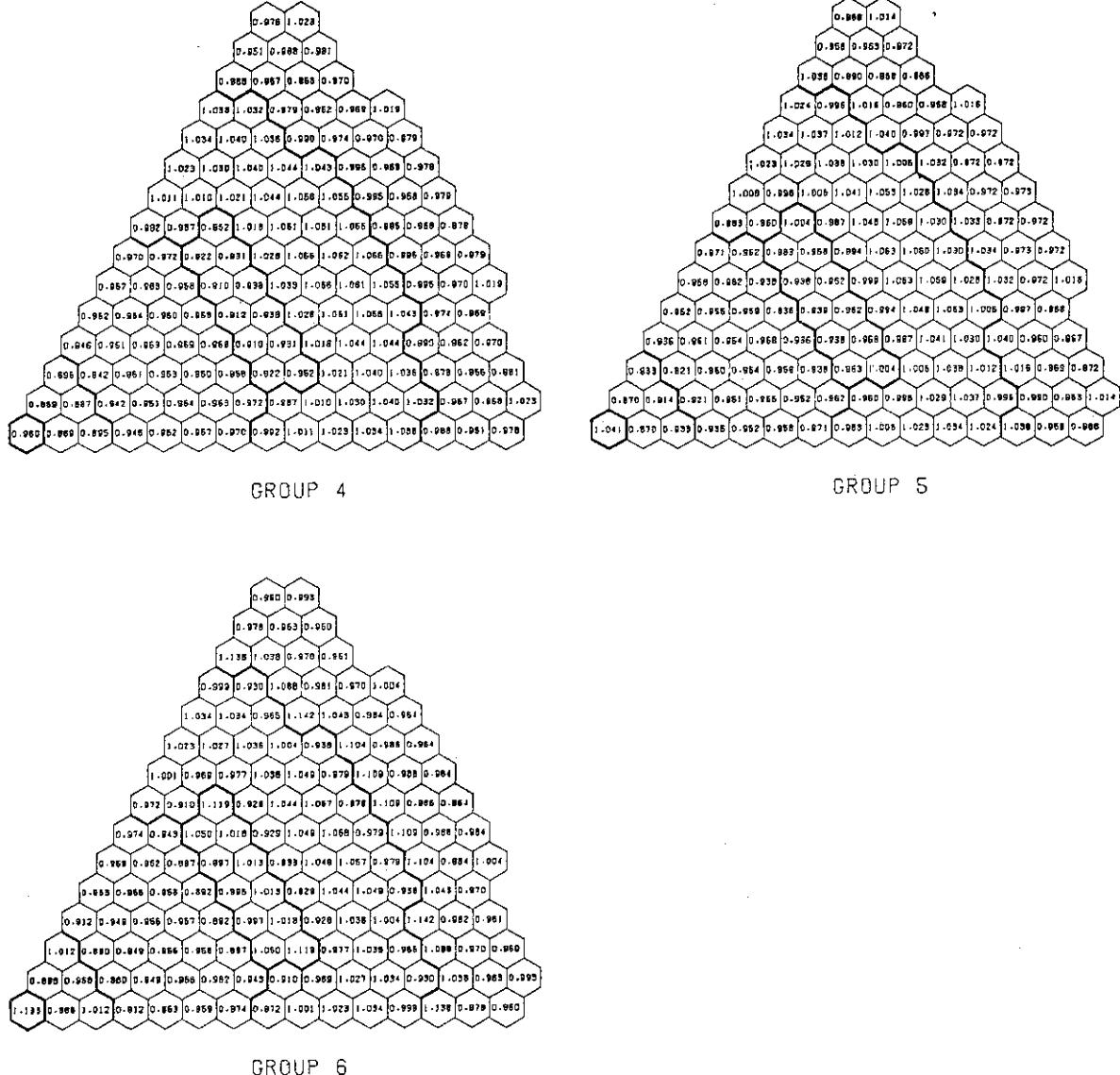


Fig. 3.17 Continued

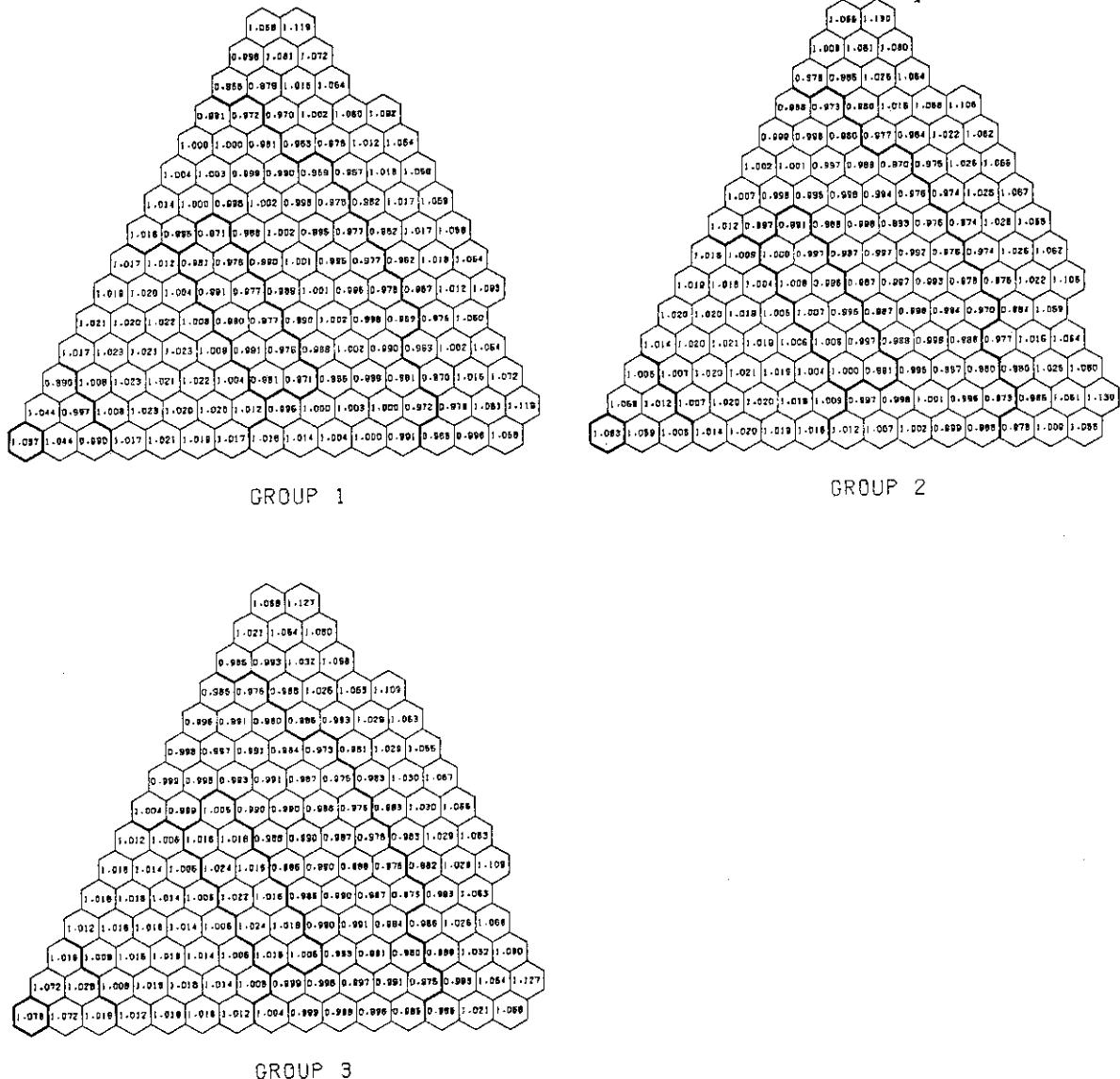


Fig. 3.18 ISLAND HETEROGENEOUS CORE FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(IMPR.) / TRI &gt;&gt;

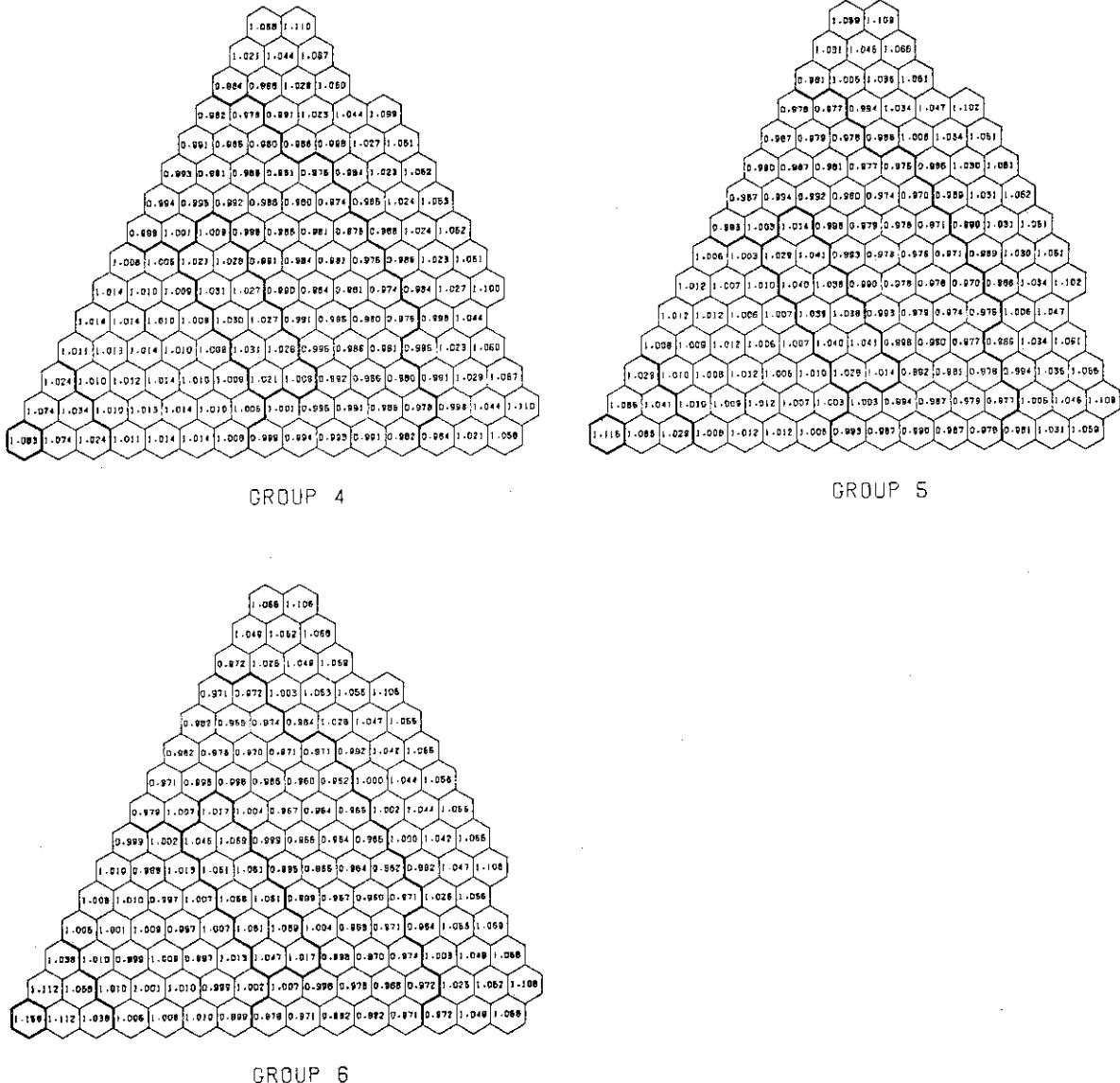


Fig. 3.18 Continued

## 4. GCFRに対する比較検討

GCFR の計算モデルは

- i) 初期炉心 (Beginning of Life : BOL)
- ii) 平衡サイクル初期 (Beginning of Equilibrium cycle : BOEC)
- iii) 平衡サイクル終期 (End of Equilibrium cycle : EOEC)

を設定した。炉心と軸方向ブランケットは、1年の燃料交換期間で3バッチ燃料交換方式とし、径方向ブランケットは平衡サイクル初期 (BOEC) では新燃料、平衡サイクル終期 (EOEC) では3年燃焼燃料を使用した。Fig. 4.1 ~ 4.3 にそれぞれ BOL, BOEC, EOEC の体系を示す。それぞれの炉心について実効増倍率、出力分布、増殖比、ドップラー反応度、水蒸気侵入反応度効果、制御棒反応度を計算し、3次元計算法の比較・検討を行なった。

### 4.1 基準系に対する計算

Fig. 4.4 に3次元計算用断面積作成の手順を示す。燃焼計算は PHENIX<sup>(6)</sup> で行ない、各タイムステップの原子数密度と領域平均中性子束を計算した。温度は Core で 1500 °K、その他は 800 °K として計算した。各タイムステップ毎の 25 群実効断面積を PIGEON で作成し、それを 6 群に縮約して 3 次元計算用断面積ファイルを作成した。BOL での原子数密度を Table 4.1 に、また RZ モデルを Fig. 4.5 に示す。

#### (1) 実効増倍率

Table 4.2 に実効増倍率の結果を示す。通常粗メッシュ法では、三角メッシュ法と比べて 1.1 ~ 1.5 % 過大評価している。修正粗メッシュ法では 0.16 ~ 0.32 % 過小評価しており、その差は小さくなっている。Table 4.3 ~ 4.5 に示した中性子バランス（体系全体の Source を 1.0 に規格化）で詳細に検討すると、修正粗メッシュ法は炉心全体で吸収項と漏れの項が大きく、実効増倍率を過小評価する原因となっている。領域別では Core-1 で吸収項が増加しているが、Core-2, Core-3 で減少し、相殺されて炉心全体ではやや増加している。一方、通常粗メッシュ法では、漏れの項は BOL, EOEC で小さく、BOEC で大きく、吸収項は 3 炉心とも大幅に減少しており、特に BOEC で著しい。領域別では Core-1 の吸収項の過小評価が大きく影響している。

#### (2) 出力分布

Fig. 4.6 ~ 4.8 に BOL, BOEC, EOEC での 1 アセンブリー当たりの炉心中心面上での Power 分布を示す。炉出力は 2857 MWT で算出した。また Fig. 4.9 ~ 4.11 に、粗メッシュ法と三角メッシュ法との Power の比を示す。BOL では通常粗メッシュ法は Core-1 で最大 10% 過小評価し、Core-2, Core-3 で最大 11% 大きく評価している。修正粗メッシュ法は、Core-1 で最大 3% 大きく、Core-2, Core-3 で最大 4% 小さく評価している。この傾向は BOEC, EOEC でも同様である。一方、径ブランケット領域に着目すると、BOL, BOEC では両粗メッシュ法とも RB 1 で過小評価し RB 2 で過大評価し、外側に向って過大評価の度合も大きくなり、通常粗メ

メッシュ法で最大 240 %, 修正粗メッシュ法で 54 %にも達している。EOEC では RB 1 でやや過小評価し, RB 2 では通常粗メッシュ法で最大 16 %, 修正粗メッシュ法で 18 %過大評価してはいるが BOL, BOEC と比べると差はかなり縮まっている。Fig. 4.12 ~ 4.17 に粗メッシュ法と三角メッシュ法で得られた炉心中心面での中性子束の比を示す。通常粗メッシュ法での中性子束は炉心の内側で小さく, 外側で大きくなり, 修正粗メッシュ法と逆の傾向を示している。

Table 4.6 ~ 4.8 に Core-1 領域と Core-2 領域の炉心中心面の最大出力ポイントで規格化した軸方向の Power 分布を示す。軸方向の Power 分布の形は 3 計算法に大きな相違はない。

### (3) 増殖比

Table 4.9 に領域毎の増殖比を示す。通常粗メッシュ法では Core 2, Core 3 でやや大きいが, Core 1 とブランケット領域で小さく, 炉心全体では 1.4 ~ 2.0 %過小に評価している。修正粗メッシュ法では傾向が逆で, Core 1 とブランケット領域で大きく, Core 2, Core 3 で小さく, 炉心全体では 0.4 ~ 0.7 %過大に評価している。ブランケット領域を径ブランケットと軸ブランケットに分けてみると, 通常粗メッシュ法ではそれぞれで 2 %程度過小評価しており, 修正粗メッシュ法では過大評価してはいるが差は 1 %以下である。

## 4.2 反応度効果

### (1) 水蒸気侵入反応度効果

冷却材チャンネルに水蒸気が  $0.02 \text{ g/cm}^3$  侵入したときの反応度効果を計算した。Table 4.10 に結果を示す。通常粗メッシュ法では三角メッシュ法との差は 2.0 ~ 4.5 %過大評価している。修正粗メッシュ法では BOL で 0.8 %過小評価し, BOEC, EOEC では 0.03 ~ 0.05 %過大評価している。

### (2) ドップラー反応度効果

Table 4.11 に Core の温度を  $1500^\circ\text{K}$  から  $2100^\circ\text{K}$  にしたときの反応度の結果を示す。通常粗メッシュ法では三角メッシュ法と比べてドップラー反応度は減少し, 修正粗メッシュ法では増加している。その差は通常粗メッシュ法で 2.3 ~ 4.0 %であるのに対して, 修正粗メッシュ法では 0.3 ~ 1.4 %で小さくなっている。

### (3) 制御棒反応度値

BOL で, 制御棒を第 2, 第 4 層目に挿入したときの反応度を計算した。制御棒を挿入したときの炉心中心面を Fig. 4.18 に示す。制御棒の原子数密度は Table 4.12 に示した  $\text{B}_4\text{C}$  20 v/o の  $\text{B}^{10}$  20 w/o,  $\text{B}^{10}$  50 w/o の 2 種類の組成を用意しそれぞれの反応度を計算した。なお断面積の 6 群への縮約は第 1 層(炉心中心)の領域平均中性子束を使用した。

Table 4.13 に制御棒反応度値の結果を示す。通常粗メッシュ法では三角メッシュ法に比べると差が非常に大きく 22 ~ 28 %も大きく過小評価している。一方, 修正粗メッシュ法では差は 0.2 ~ 1.6 %でありよく改善されている。Fig. 4.19, 4.20 に  $\text{B}^{10}$  20 w/o の制御棒を挿入したときの炉心中心での Flux の比を示す。修正粗メッシュ法では, 制御棒挿入位置での Flux は三角メッシュ法と比較して良い一致を示しているが, 通常粗メッシュ法では 20 ~ 30 %も過小評価している。これは, 通常粗メッシュ法ではメッシュポイントがあらく, Flux の急激な変動をうまく

表現できないことに対して、修正粗メッシュ法では、通常の六角メッシュに6 Flux ポイントを模擬して計算されるのでFlux の変動をより詳細にとらえられるからである。

#### 4.3 計算時間の検討

Table 4.14 に基準計算、水蒸気侵入反応度効果、ドップラー反応度効果、制御棒反応度価値の計算での拡散計算に使用したCPU時間を示す。機種はFACOM M200、収束条件は $\Delta K = 0.00001$ 、 $\Delta \phi = 0.0001$ として計算した。GCFRでの計算時間はLMFBRほどバラツキはなく、三角メッシュ法で5～8分、修正粗メッシュ法で3～6分、通常粗メッシュ法で2分以内である。

Table 4.1 Atomic Number Densities of GCFR  
(unit :  $10^{24}/\text{cm}^3$ )

	Core 1	Core 2	Core 3	A. Blanket	R. Blanket	Reflector	CRP
U-235	1.13296 -5	1.03095 -5	9.48945 -6	1.4336 -5	0.0	0.0	0.0
U-238	5.65337 -3	5.14437 -3	4.73519 -3	7.1537 -3	0.0	0.0	0.0
Pu-239	5.14315 -4	8.02696 -4	1.03364 -3	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu-240	2.17661 -4	3.39710 -4	4.37456 -4	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu-241	1.37761 -4	2.15009 -4	2.76865 -4	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu-242	4.86759 -5	7.59699 -5	9.78267 -5	0.0	0.0	0.0	0.0
He	6.8846 -4	6.8846 -4	6.8846 -4	6.8846 -4	2.7598 -4	4.6700 -4	1.7524 -3
O	1.3035 -2	1.3044 -2	1.3049 -2	1.4192 -2	2.6289 -2	0.0	0.0
Cr	1.4394 -3	1.4394 -3	1.4394 -3	1.4394 -3	2.1273 -3	7.1082 -3	1.6831 -3
Fe	6.1940 -3	6.1940 -3	6.1940 -3	6.1940 -3	8.7189 -3	4.4308 -2	1.0969 -2
Ni	5.3348 -4	5.3348 -4	5.3348 -4	5.3348 -4	8.7203 -4	0.0	0.0
Th-232	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3277 -2	0.0	0.0

Table 4.2 Comparison of the Effective Multiplication Factor of GCFR

	BOL	BOEC	EOEC
Triangle	1.04596	1.02309	1.02165
Hex (Conv)	1.06147 (1.4828)*	1.03670 (1.3303)	1.02369 (1.0902)
Hex (Impr)	1.04257 (-0.324)	1.02034 (-0.269)	1.01104 (-0.159)

\* (%ΔK/K) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 4.3 COMPARISON OF NEUTRON BALANCE FOR GCFR-BOL

REGION	ABSORPTION			LEAKAGE		
	TRI.	HEX( CONV)	HEX( IMPR)	TRI.	HEX( CONV)	HEX( IMPR)
CORE-1	0.4243	0.4040	0.4304	0.1045	0.0907	0.1079
CORE-2	0.1409	0.1462	0.1394	0.0798	0.0808	0.0801
CORE-3	0.1113	0.1193	0.1077	0.0775	0.0844	0.0758
RADIAL BLANKET	0.1335	0.1298	0.1348	-0.1301	-0.1270	-0.1314
AXIAL BLANKET	0.0700	0.0681	0.0704	-0.0557	-0.0542	-0.0559
OTHERS	0.0099	0.0100	0.0099	-0.0099	-0.0100	-0.0099
REACTOR	0.8899	0.8775	0.8927	0.0662	0.0646	0.0665

Table 4.4 COMPARISON OF NEUTRON BALANCE FOR GCFR-BOEC

REGION	ABSORPTION			LEAKAGE		
	TRI.	HEX( CONV)	HEX( IMPR)	TRI.	HEX( CONV)	HEX( IMPR)
CORE-1	0.4463	0.4171	0.4522	0.1137	0.1106	0.1168
CORE-2	0.1371	0.1425	0.1355	0.0751	0.0765	0.0752
CORE-3	0.1050	0.1126	0.1016	0.0696	0.0764	0.0679
RADIAL BLANKET	0.1299	0.1266	0.1309	-0.1266	-0.1238	-0.1276
AXIAL BLANKET	0.0777	0.0757	0.0781	-0.0503	-0.0494	-0.0505
OTHERS	0.0103	0.0103	0.0102	-0.0103	-0.0103	-0.0102
REACTOR	0.9062	0.8847	0.9085	0.0712	0.0799	0.0715

Table 4.5 COMPARISON OF NEUTRON BALANCE FOR GCFR-EDEC

REGION	ABSORPTION			LEAKAGE		
	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )	TRI.	HEX( CONV )	HEX( IMPR )
CORE-1	0.4355	0.4210	0.4397	0.1087	0.0983	0.1106
CORE-2	0.1309	0.1355	0.1299	0.0664	0.0675	0.0665
CORE-3	0.1014	0.1078	0.0990	0.0640	0.0694	0.0629
RADIAL BLANKET	0.1542	0.1500	0.1544	-0.1116	-0.1095	-0.1123
AXIAL BLANKET	0.0810	0.0794	0.0814	-0.0430	-0.0426	-0.0431
OTHERS	0.0106	0.0108	0.0106	-0.0106	-0.0108	-0.0106
REACTOR	0.9136	0.9045	0.9149	0.0739	0.0724	0.0741

Table 4.6 COMPARISON OF AXIAL POWER DENSITY DISTRIBUTIONS IN GCFR-BOL

MESH	AXIAL (CM)	CORE-1			CORE-2		
		TRI.	HEX (CONV)	HEX (IMPR)	TRI.	HEX (CONV)	HEX (IMPR)
1	5.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	15.00	0.9788	0.9788	0.9787	0.9773	0.9772	0.9772
3	25.00	0.9369	0.9368	0.9365	0.9325	0.9321	0.9320
4	35.00	0.8752	0.8750	0.8744	0.8665	0.8657	0.8655
5	42.50	0.8153	0.8148	0.8164	0.8021	0.8009	0.8066
6	47.50	0.7711	0.7705	0.7719	0.7546	0.7532	0.7587
7	52.50	0.7231	0.7223	0.7235	0.7029	0.7012	0.7066
8	57.50	0.6715	0.6705	0.6716	0.6473	0.6454	0.6507
9	62.50	0.6168	0.6156	0.6166	0.5885	0.5863	0.5915
10	67.50	0.5597	0.5583	0.5592	0.5271	0.5246	0.5298
11	72.50	0.5009	0.4994	0.5001	0.4641	0.4615	0.4665
12	77.50	0.696	0.6688	0.6703	0.538	0.541	0.552
13	82.50	0.518	0.512	0.523	0.385	0.388	0.395
14	87.50	0.390	0.385	0.392	0.278	0.280	0.285
15	92.50	0.0298	0.0293	0.0297	0.0204	0.0205	0.0208
16	97.50	0.0230	0.0226	0.0228	0.0151	0.0152	0.0153
17	102.50	0.0181	0.0178	0.0176	0.0115	0.0115	0.0115
18	111.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	123.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 4.7 COMPARISON OF AXIAL POWER DENSITY DISTRIBUTIONS IN GCFR-BOEC

MESH	AXIAL (CM)	CORE-1			CORE-2		
		TRI.	HEX (CONV)	HEX (IMPR)	TRI.	HEX (CONV)	HEX (IMPR)
1	5.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	15.00	0.9794	0.9794	0.9793	0.9777	0.9777	0.9777
3	25.00	0.9387	0.9385	0.9383	0.9340	0.9336	0.9335
4	35.00	0.8788	0.8785	0.8780	0.8694	0.8685	0.8683
5	42.50	0.8205	0.8200	0.8216	0.8063	0.8050	0.8108
6	47.50	0.7777	0.7770	0.7784	0.7598	0.7582	0.7638
7	52.50	0.7310	0.7301	0.7313	0.7091	0.7071	0.7126
8	57.50	0.6810	0.6797	0.6809	0.6546	0.6522	0.6577
9	62.50	0.6279	0.6263	0.6274	0.5967	0.5939	0.5994
10	67.50	0.5724	0.5703	0.5715	0.5361	0.5329	0.5386
11	72.50	0.5151	0.5126	0.5138	0.4738	0.4702	0.4759
12	77.50	0.4164	0.4149	0.4164	0.3554	0.3555	0.3569
13	82.50	0.0956	0.0940	0.0953	0.0405	0.0403	0.0415
14	87.50	0.0792	0.0776	0.0786	0.0299	0.0296	0.0306
15	92.50	0.0661	0.0645	0.0652	0.0225	0.0220	0.0229
16	97.50	0.0554	0.0540	0.0544	0.0170	0.0166	0.0172
17	102.50	0.0467	0.0456	0.0456	0.0131	0.0127	0.0130
18	111.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	123.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 4.8 COMPARISON OF AXIAL POWER DENSITY DISTRIBUTIONS IN 'GCFR-EOEC'

MESH	AXIAL(CCM)	CORE-1			CORE-2		
		TRI.	HEX(CONV)	HEX(CIMPR)	TRI.	HEX(CONV)	HEX(CIMPR)
1	5.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	15.00	0.9799	0.9799	0.9798	0.9784	0.9782	0.9782
3	25.00	0.9402	0.9400	0.9398	0.9356	0.9351	0.9351
4	35.00	0.8817	0.8813	0.8809	0.8724	0.8714	0.8714
5	42.50	0.8247	0.8242	0.8259	0.8107	0.8093	0.8149
6	47.50	0.7828	0.7820	0.7836	0.7652	0.7633	0.7689
7	52.50	0.7371	0.7364	0.7376	0.7154	0.7132	0.7187
8	57.50	0.6880	0.6867	0.6881	0.6619	0.6592	0.6648
9	62.50	0.6359	0.6341	0.6356	0.6049	0.6018	0.6075
10	67.50	0.5813	0.5790	0.5805	0.5451	0.5415	0.5474
11	72.50	0.5247	0.5219	0.5236	0.4833	0.4793	0.4853
12	77.50	0.1603	0.1587	0.1602	0.0801	0.0797	0.0816
13	82.50	0.1362	0.1343	0.1357	0.0627	0.0620	0.0638
14	87.50	0.1160	0.1141	0.1153	0.0496	0.0488	0.0504
15	92.50	0.0990	0.0972	0.0980	0.0397	0.0388	0.0402
16	97.50	0.0846	0.0829	0.0834	0.0320	0.0311	0.0322
17	102.50	0.0723	0.0709	0.0709	0.0260	0.0252	0.0260
18	111.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	123.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 4.9 Region Components of Breeding Ratio for GCFR

	Triangle	Hex (Conv)	Hex (Impr)
(i) BOL			
Core 1	0.576	0.552	0.585
Core 2	0.141	0.146	0.139
Core 3	0.093	0.097	0.090
Ax. and Rad. Blanket	0.582	0.569	0.588
Total	1.391	1.363 (-2.02)*	1.401 (0.705)
(ii) BOEC			
Core 1	0.590	0.568	0.599
Core 2	0.139	0.144	0.137
Core 3	0.090	0.095	0.087
Ax. and Rad. Blanket	0.576	0.564	0.580
Total	1.395	1.371 (-1.74)	1.403 (0.583)
(iii) EOEC			
Core 1	0.556	0.540	0.562
Core 2	0.133	0.137	0.131
Core 3	0.088	0.092	0.086
Ax. and Rad. Blanket	0.583	0.571	0.585
Total	1.359	1.340 (-1.42)	1.365 (0.376)

\* ( ) : Difference from the value of Triangonal Cal. %

Table 4.10 Comparison of Steam Entry Reactivity Worth of GCFR  
(%ΔK/K)

	BOL	BOEC	EOEC
Triangle	-2.006	-2.920	-3.674
Hex (Conv)	-2.095 (-0.089)*	-2.994 (-0.066)	-3.746 (-0.072)
Hex (Impr)	-1.989 (0.017)	-2.921 (-0.001)	-3.675 (-0.001)

\* ( ) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 4.11 Comparison of Doppler Reactivity Worth of GCFR  
(%ΔK/K)

	BOL	BOEC	EOEC
Triangle	-0.1855	-0.1730	-0.1570
Hex (Conv)	-0.1781 (0.0074)*	-0.1678 (0.0052)	-0.1534 (0.0036)
Hex (Impr)	-0.1861 (-0.0006)	-0.1745 (-0.0015)	-0.1592 (-0.0018)

\* ( ) : Difference from the value of Triagonal Calculation.

Table 4.12 Atomic Number Densities of 20 v/o Control Rod  
(unit :  $10^{24}/\text{cm}^3$ )

	20 w/o	50 w/o
He	1.3470 -3	1.3470 -3
Cr	1.6831 -3	1.6831 -3
Fe	1.0969 -2	1.0969 -2
C	5.2665 -3	5.3860 -3
B <sup>10</sup>	4.5419 -3	1.1281 -2
B <sup>11</sup>	1.6524 -2	1.0263 -2

Table 4.13 Comparison of Control Rod worth at BOL  
(%ΔK/K)

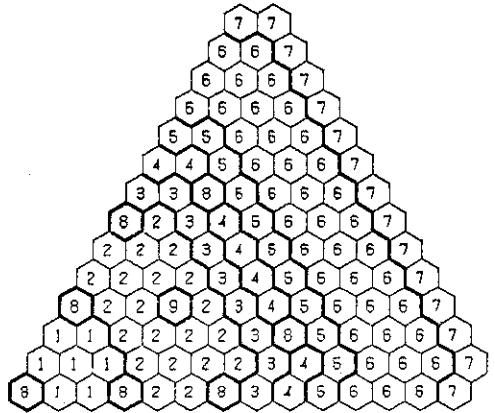
	20 w/o	50 w/o
Triangle	-4.2526	-6.6312
Hex (Conv)	-3.3058 (0.9468)*	-4.7783 (1.8529)
Hex (Impr)	-4.2625 (-0.0099)	-6.5262 (0.1050)

\* ( ) : Difference from the value of  
Triagonal Calculation.

Table 4.14 Comparison of the Iteration Times for GCFR

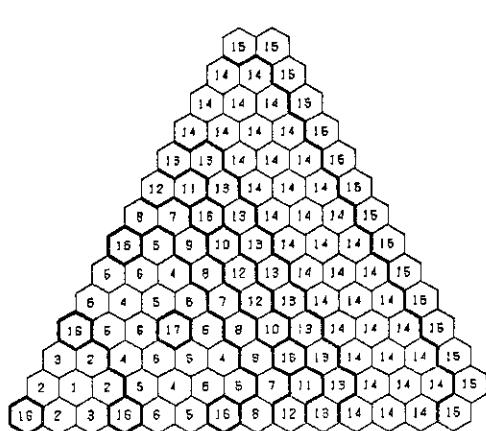
(minutes)

	BOL	BOEC	EOEC
Triangle			
Ref.	7.647	7.734	5.344
Steam entry	7.093	7.868	5.353
Doppler	7.408	7.881	5.226
C/R 20	8.760	—	—
" 50	8.038	—	—
Hex (Conv)			
Ref.	1.385	1.672	1.266
Steam entry	1.286	1.722	1.932
Doppler	1.721	1.316	1.626
C/R 20	1.287	—	—
" 50	1.287	—	—
Hex (Impr)			
Ref.	5.788	3.313	3.012
Steam entry	—	4.180	2.917
Doppler	3.427	2.962	4.695
C/R 20	2.967	—	—
" 50	3.319	—	—



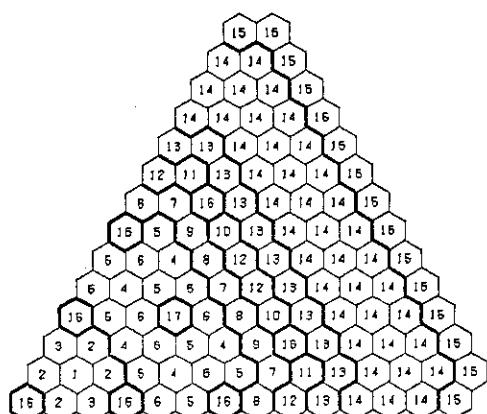
1	CORE1-1
2	CORE1-2
3	CORE2
4	CORE3
5	RB1
6	RB2
7	REFLECTOR
8	CRP
9	SRP

FIG.4.1 GCFR CONFIGURATION AT BOL



1	CORE1-1 OY
2	CORE1-1 1Y
3	CORE1-1 2Y
4	CORE1-2 OY
5	CORE1-2 1Y
6	CORE1-2 2Y
7	CORE2 OY
8	CORE2 1Y
9	CORE2 2Y
10	CORE3 OY
11	CORE3 1Y
12	CORE3 2Y
13	RB1
14	RB2
15	REFLECTOR
16	CRP
17	SRP

FIG4.2 GCFR CONFIGURATION AT BOEC



1	CORE1-1 1Y
2	CORE1-1 2Y
3	CORE1-1 3Y
4	CORE1-2 1Y
5	CORE1-2 2Y
6	CORE1-2 3Y
7	CORE2 1Y
8	CORE2 2Y
9	CORE2 3Y
10	CORE3 1Y
11	CORE3 2Y
12	CORE3 3Y
13	RB1
14	RB2
15	REFLECTOR
16	CRP
17	SRP

FIG.4.3 GCFR CONFIGURATION AT EOEC

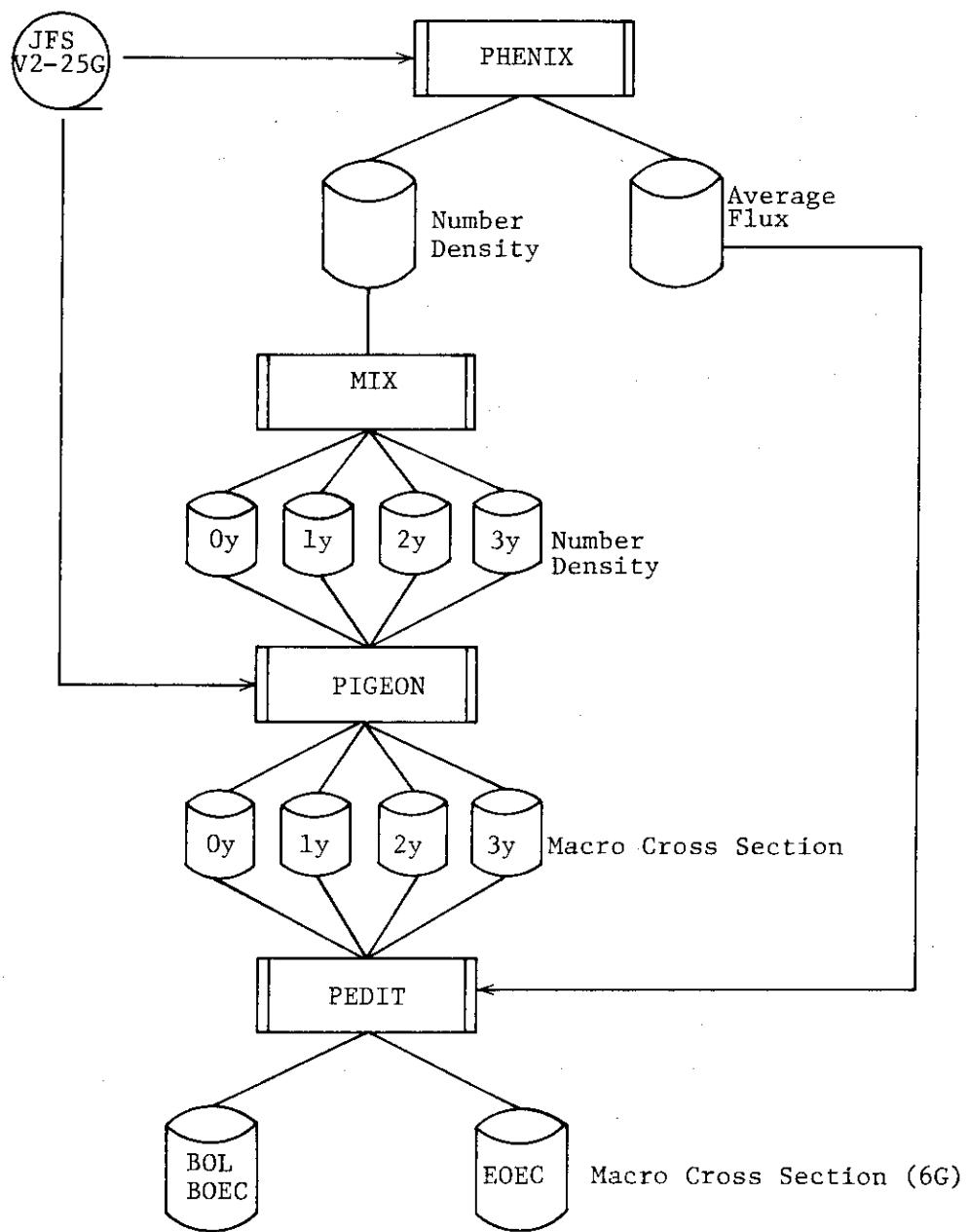


Fig. 4.4 Calculation flow for GCFR

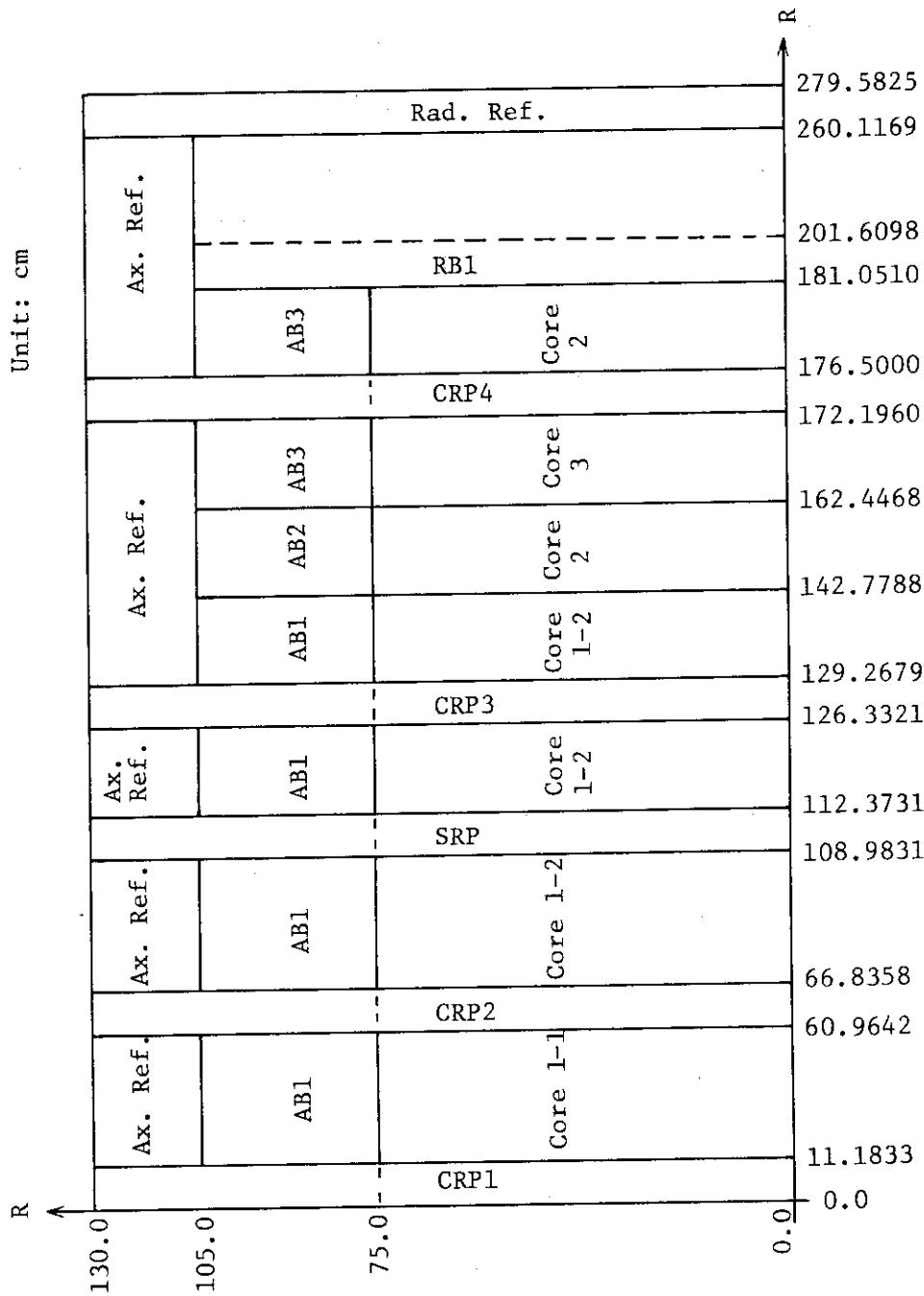


Fig. 4.5 R-Z Cylindrical Model for GCFR

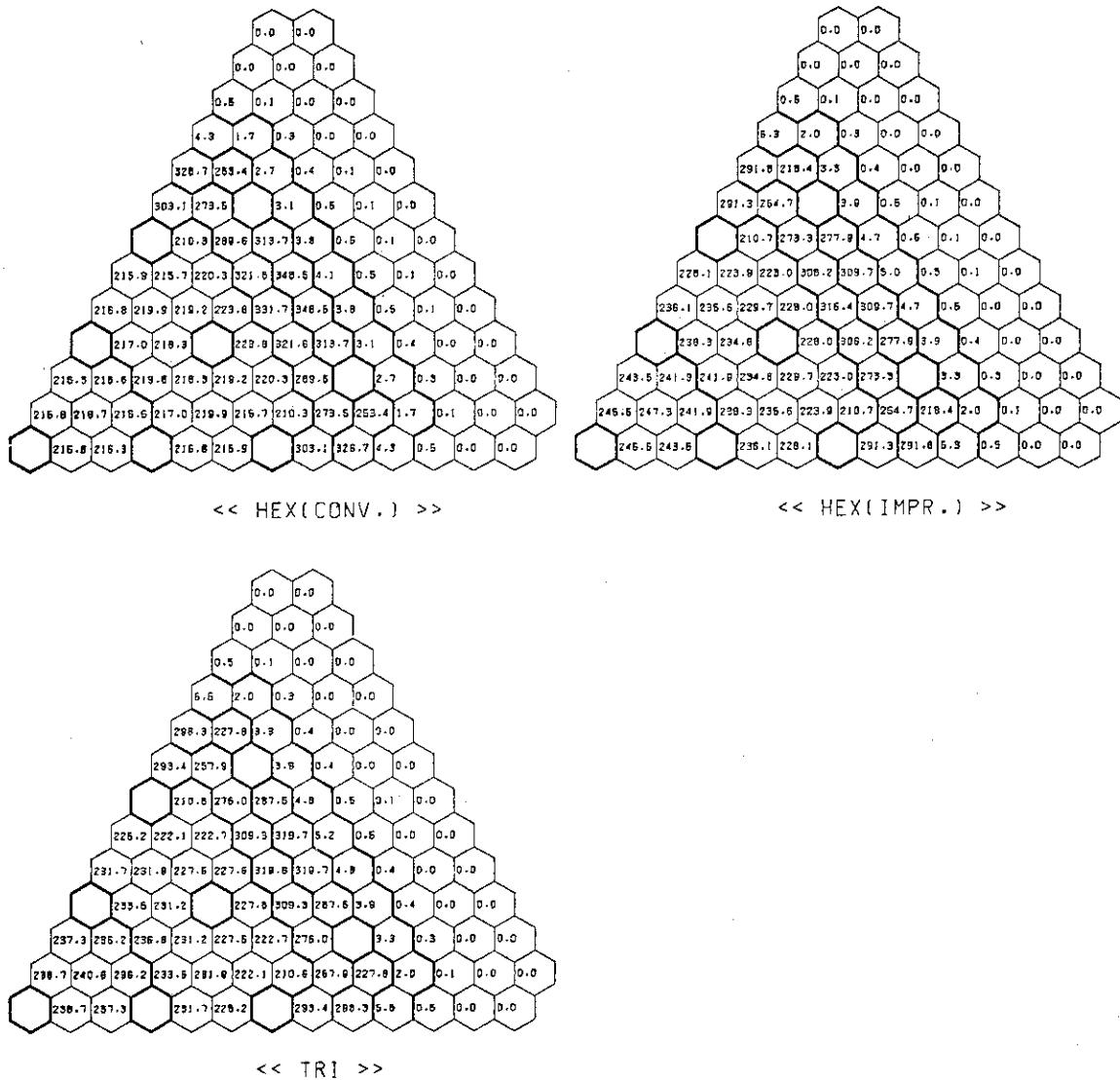


Fig. 4.6 GCFR-BOL POWER DISTRIBUTION (W/CC)

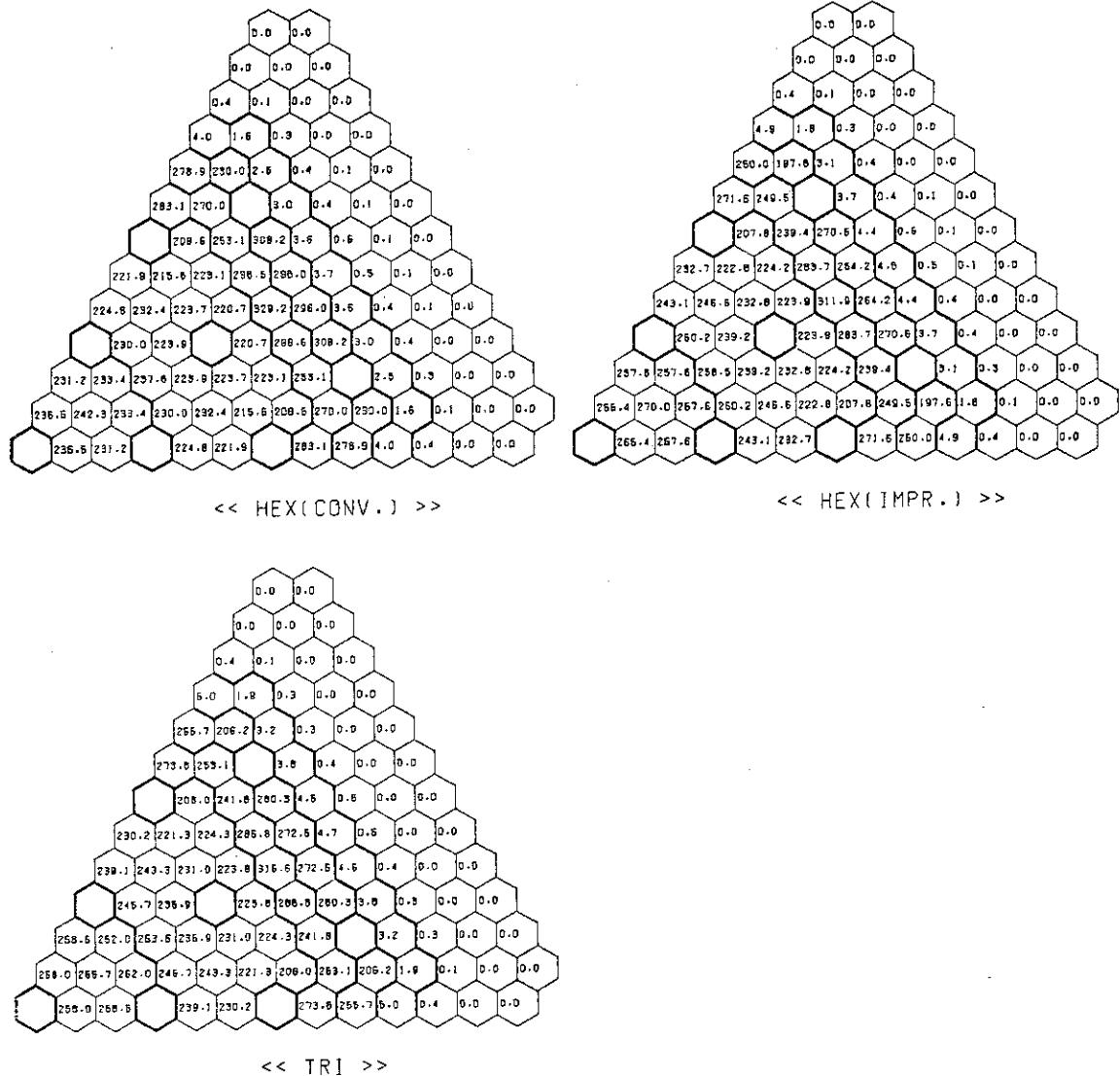


Fig. 4.7 GCFR-BOEC POWER DISTRIBUTION (W/CC)

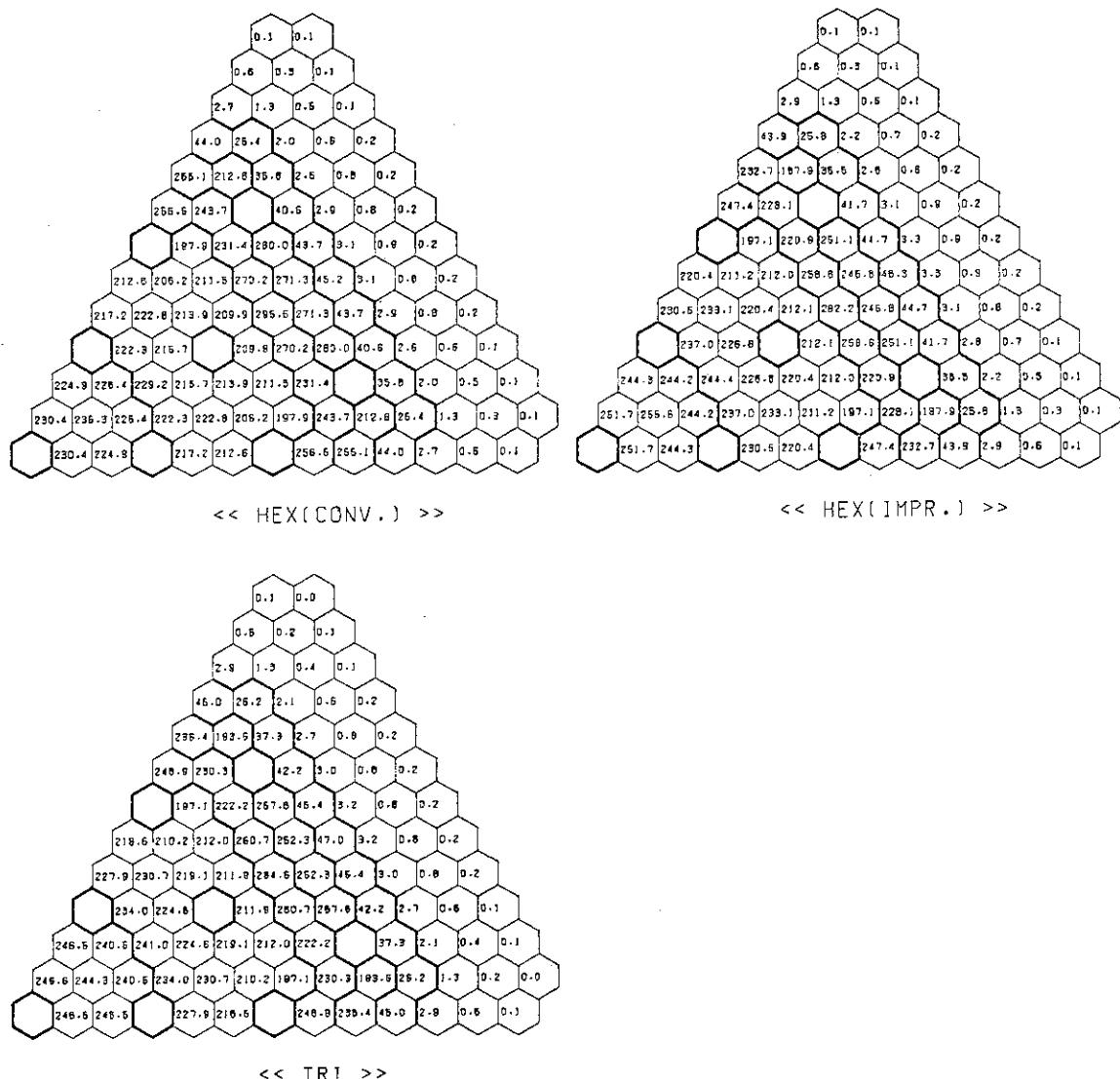
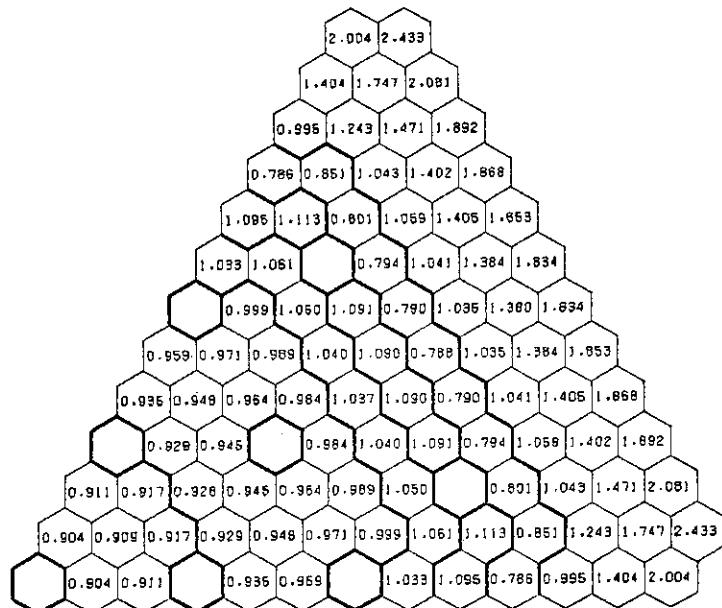
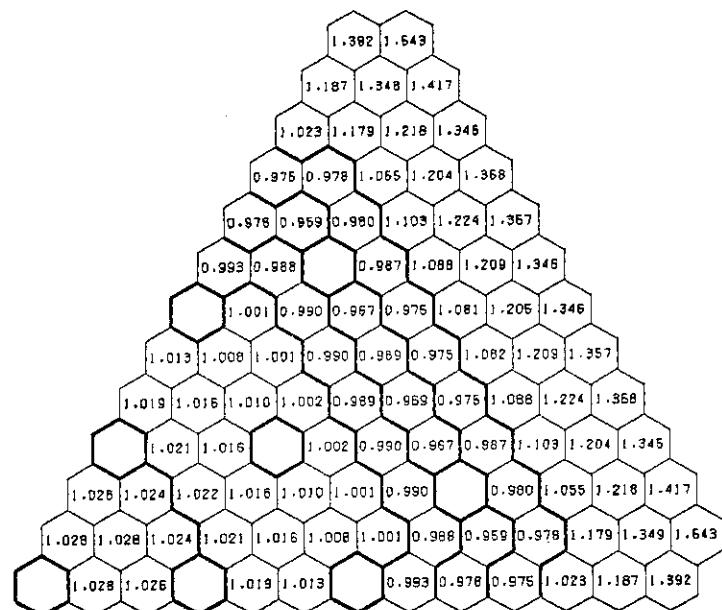


Fig. 4.8 GCFR-EOEC POWER DISTRIBUTION (W/CC)

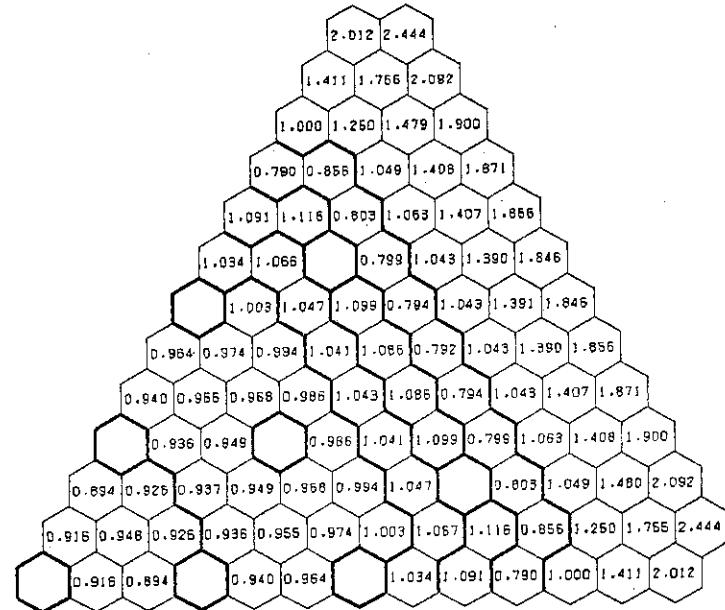


&lt;&lt; HEX( CONV. ) &gt;&gt;

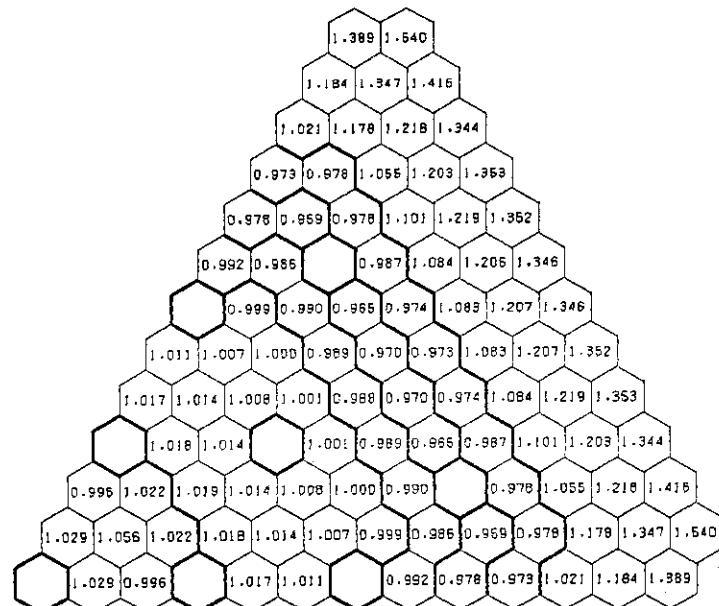


&lt;&lt; HEX( IMPR. ) &gt;&gt;

Fig. 4.9 GCFR-BOL POWER RATIO &lt;&lt; HEX / TRI &gt;&gt;

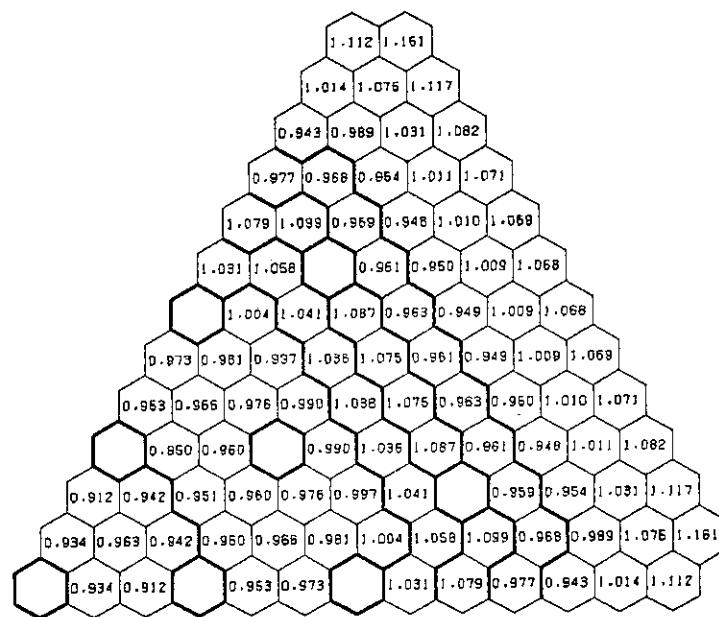


&lt;&lt; HEX( CONV . ) &gt;&gt;

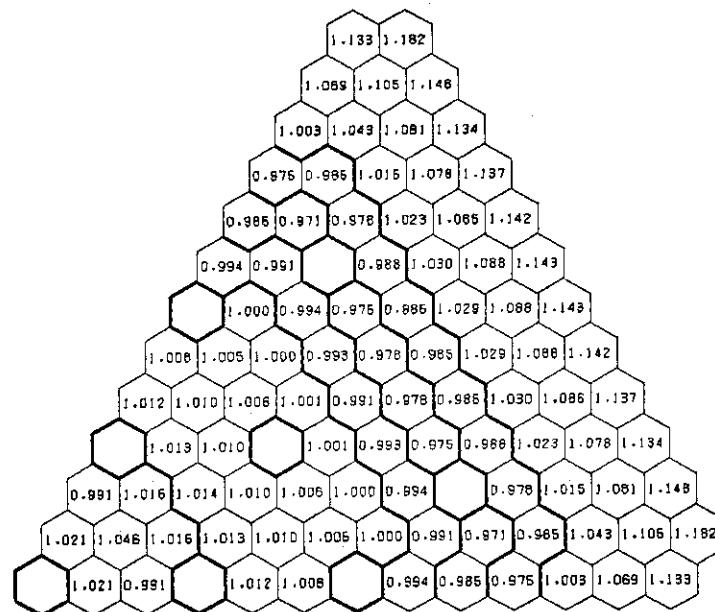


&lt;&lt; HEX( IMPR . ) &gt;&gt;

Fig. 4.10 GCFR-BOEC POWER RATIO &lt;&lt; HEX / TRI &gt;&gt;



&lt;&lt; HEX( CONV. ) &gt;&gt;



&lt;&lt; HEX( IMPR. ) &gt;&gt;

Fig. 4.11 GCFR-EOEC POWER RATIO &lt;&lt; HEX / TRI &gt;&gt;

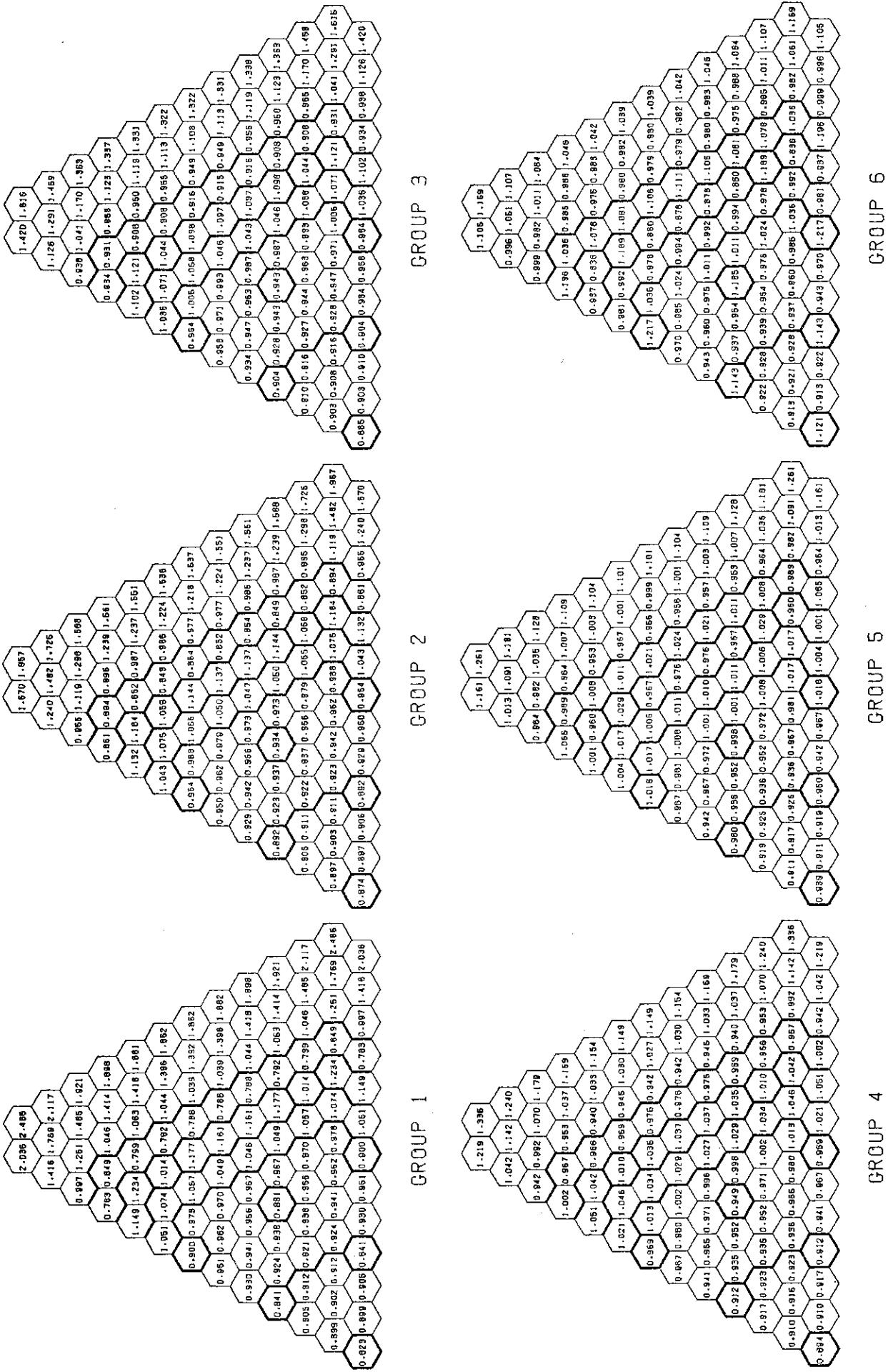


Fig. 4. 12 GCFR-BOL FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(CONV.) / TRI &gt;&gt;

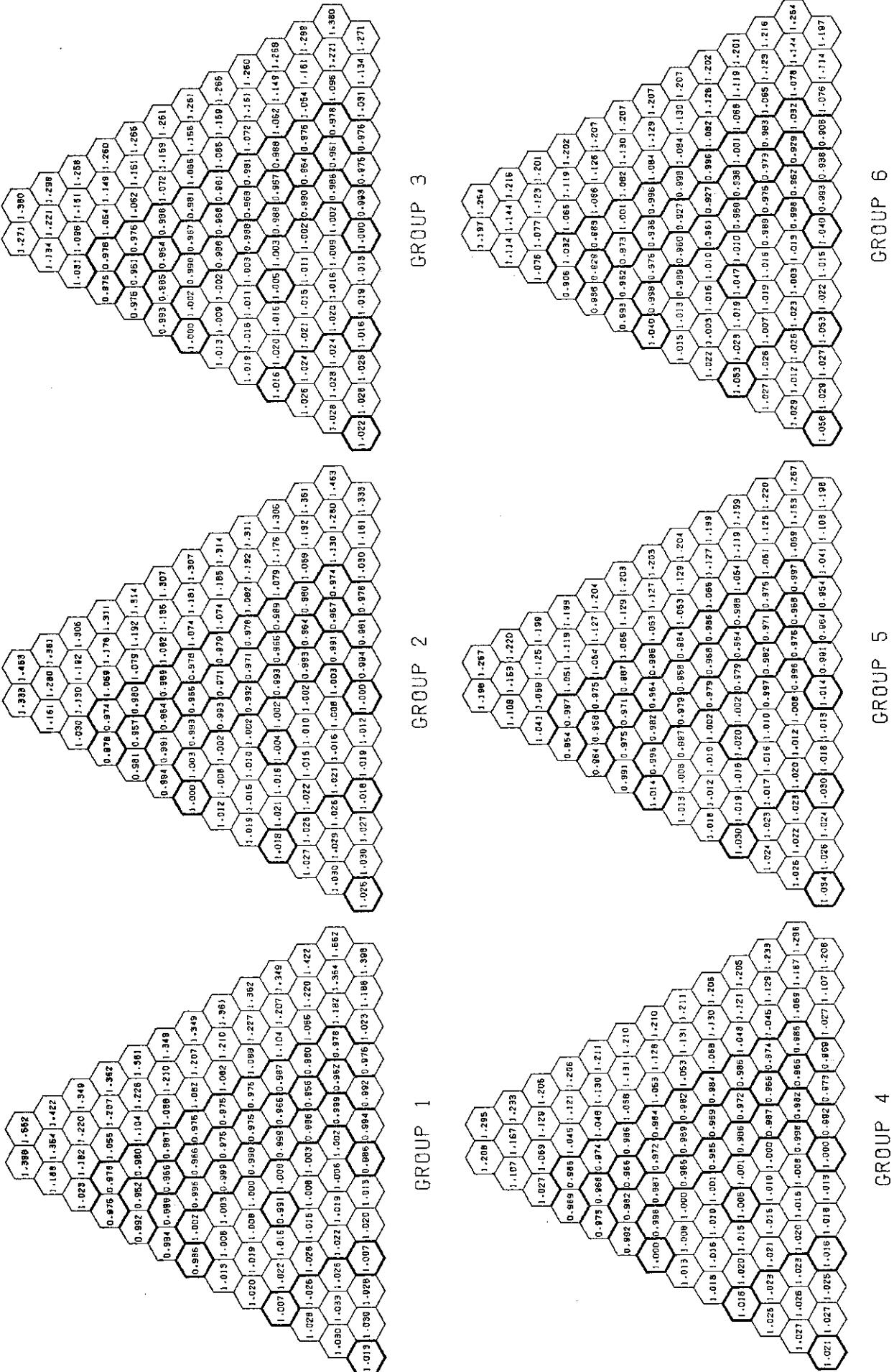


Fig. 4. 13 GCFR-BOL FLUX RATIO << HEX(IMPR.) / TRI >>

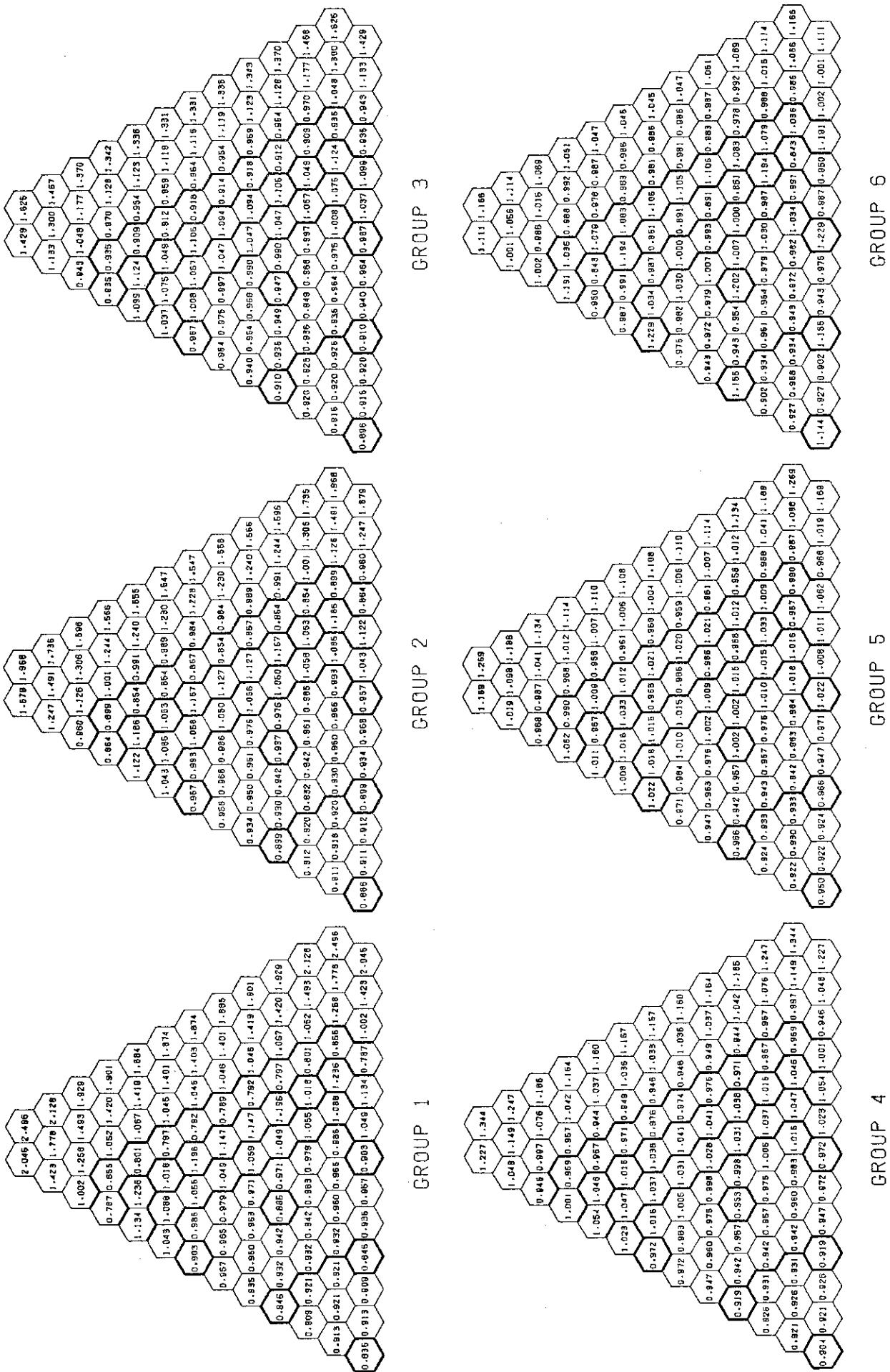
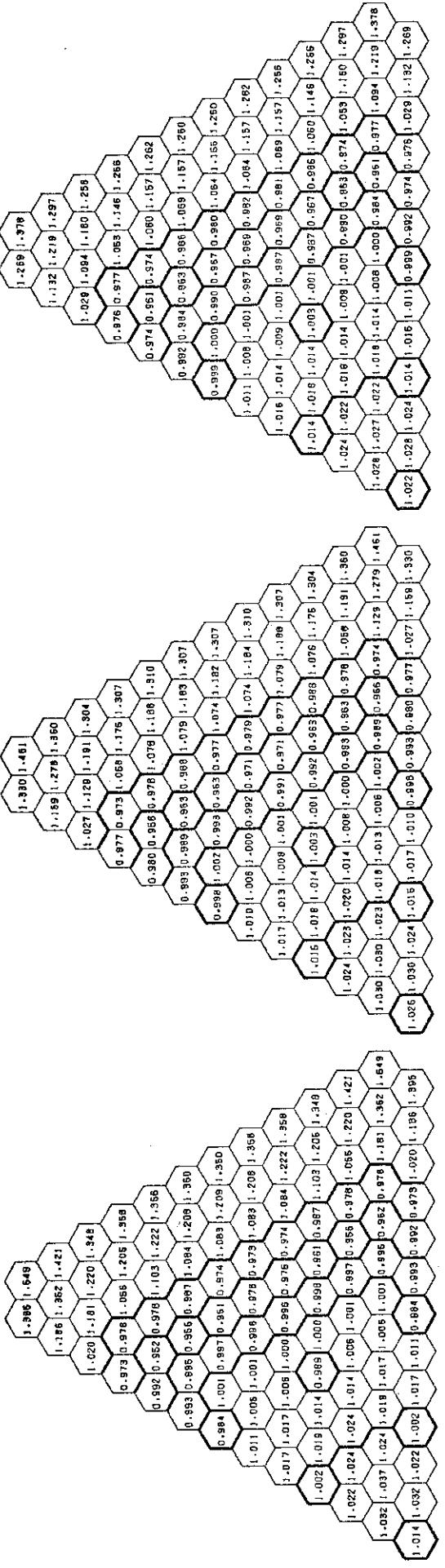


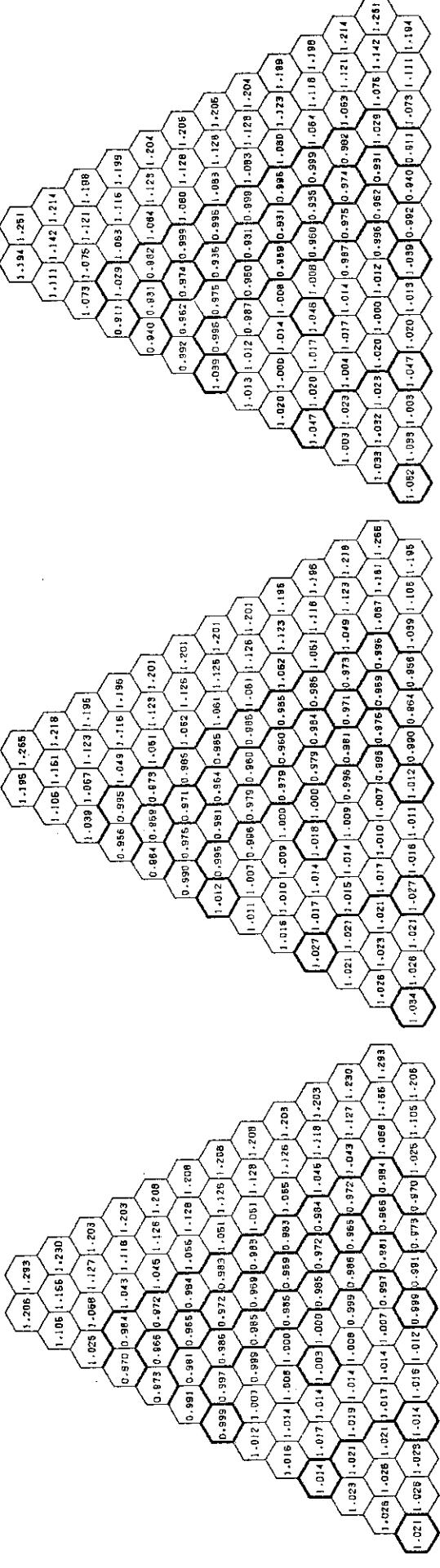
Fig. 4. 14 GCFR-BOEC FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(CONV.) / TRI &gt;&gt;



GROUP 1

GROUP 2

GROUP 3



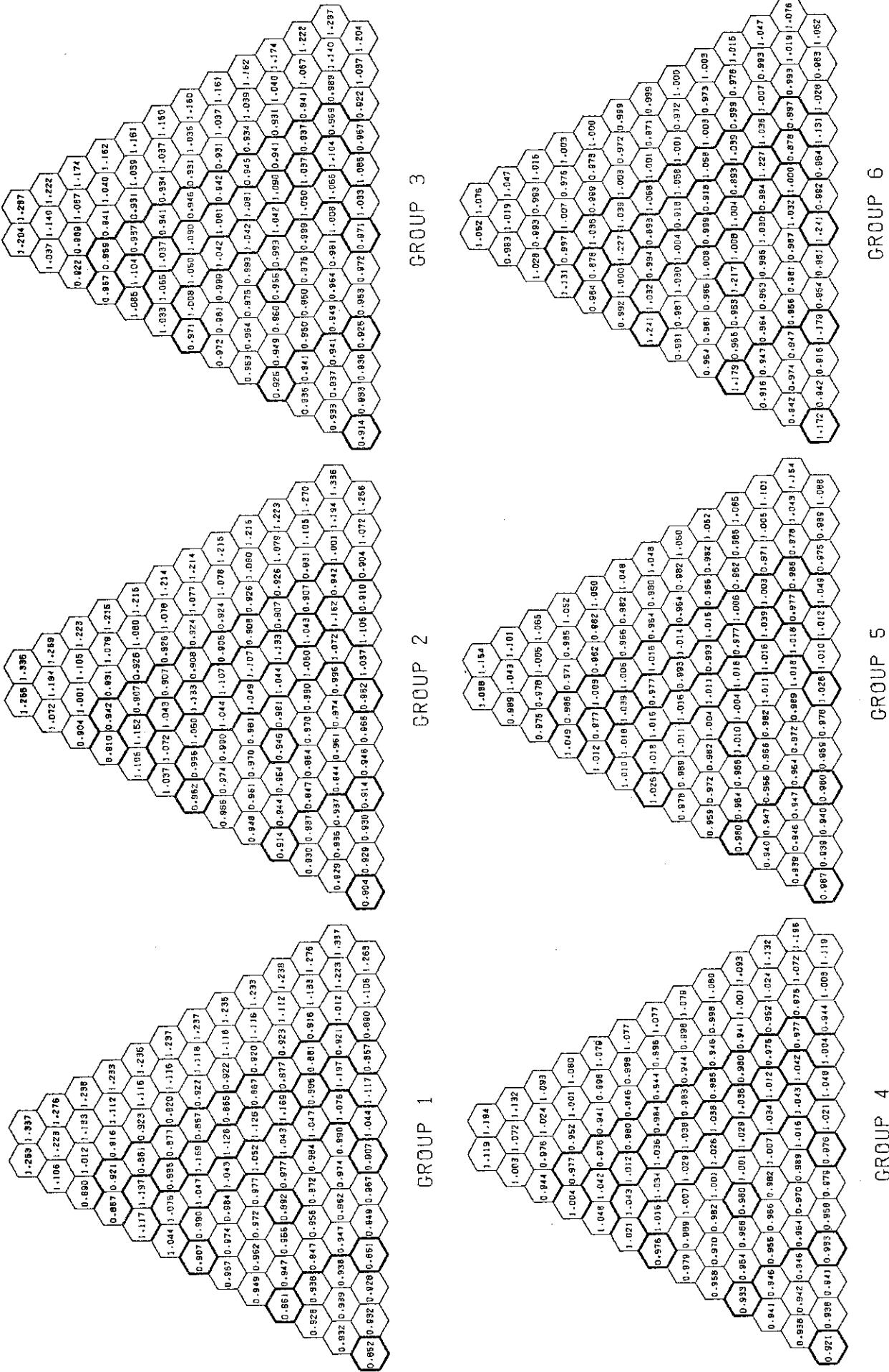
GROUP 4

GROUP 5

GROUP 6

Fig. 4. 15 GCFR-BOEC FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(IMPR.) / TRI &gt;&gt;

Fig. 4. 16 GCFR-EOEC FLUX RATIO &lt;&lt; HEX(CONV.) / TRI &gt;&gt;



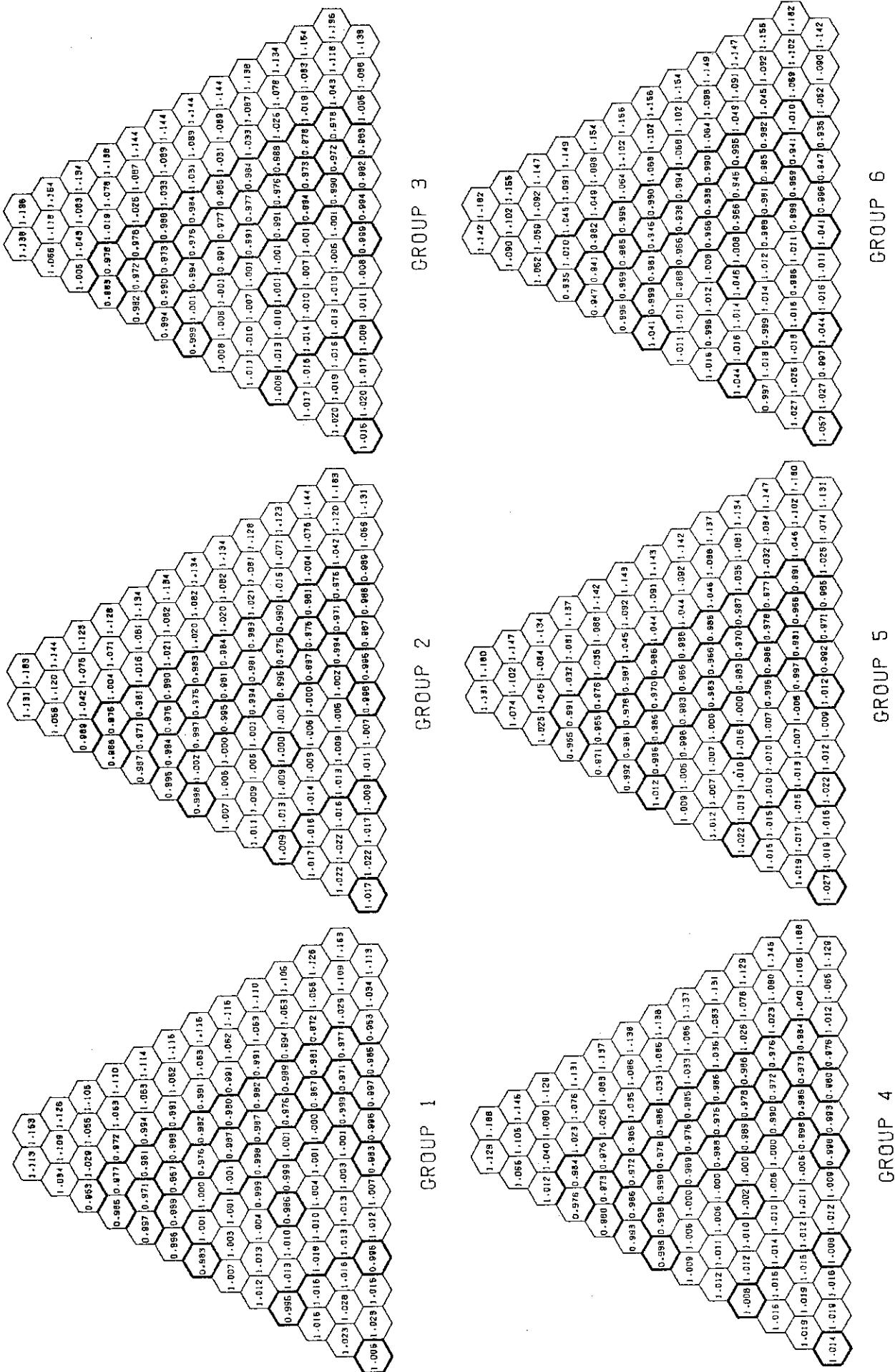


Fig. 4. 17 GCFR-EOEC FLUX RATIO << HEX(IMPR.) / TRI >>

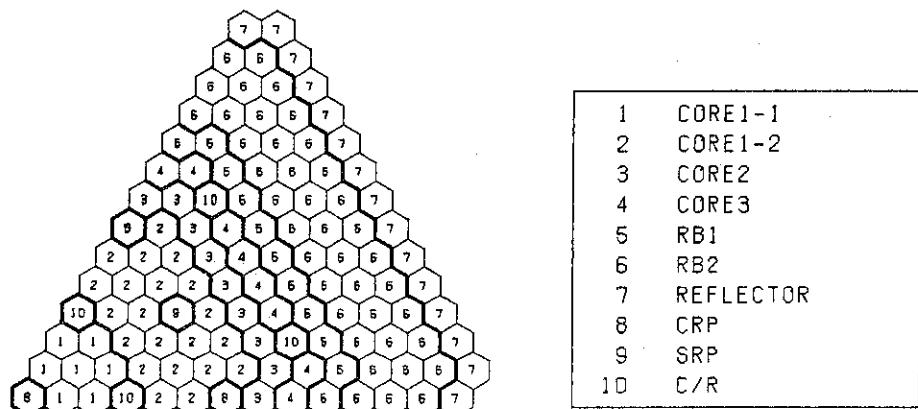
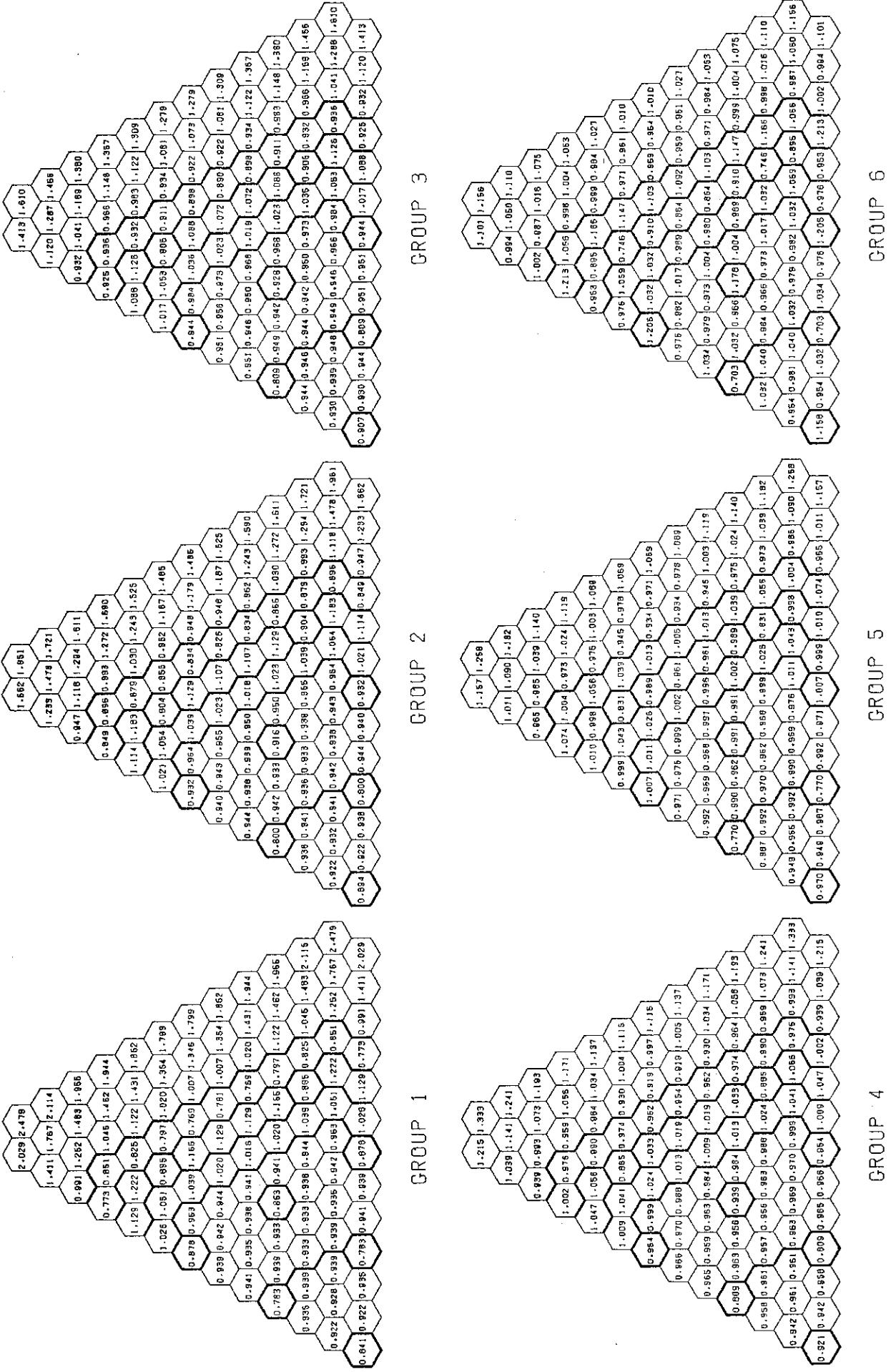


FIG.4.18 GCFR CONFIGURATION AT BOL (C/R INSERT)



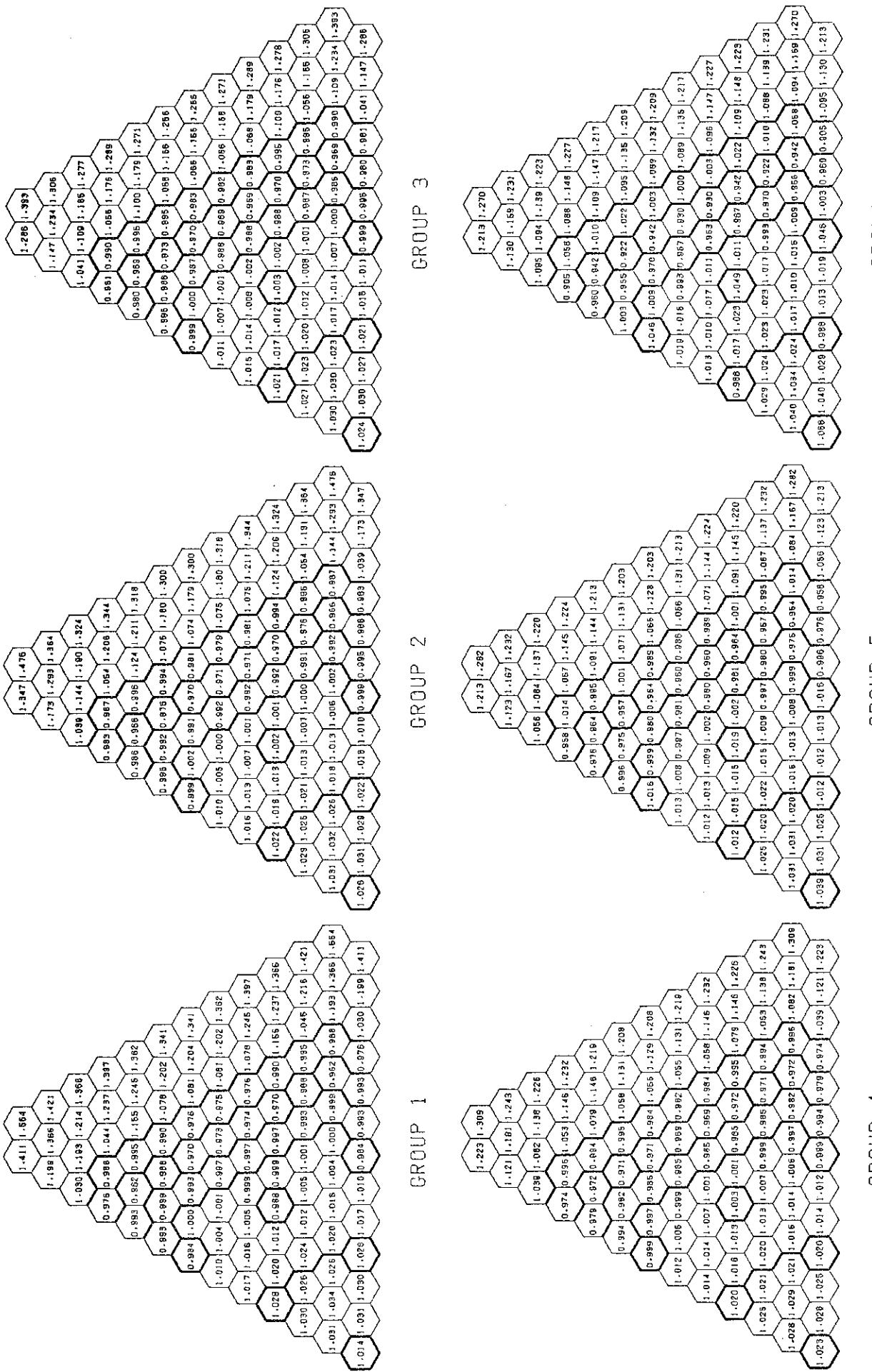


Fig. 4. 20 GCFR-BOL FLUX RATIO (20W% C/R IN) << HEX(IMPR.) / TRI >>

## 5. 結 論

LMFBR と GCFR の種々の炉心特性を通し、

- I) 三角メッシュ法
- II) 通常粗メッシュ法
- III) 修正粗メッシュ法

の 3 次元拡散計算法の検討・評価を行なった。主な結果は以下の通りである。

(1) 実効増倍率は三角メッシュ法に比較して、通常粗メッシュ法では LMFBR で 0.17 ~ 1.33 %, GCFR で 1.09 ~ 1.48 % 過大評価している。一方、修正粗メッシュ法では LMFBR で 0.1 ~ 0.45 %, GCFR で 0.16 ~ 0.32 % 過小評価しているが差は縮まっている。

(2) 中性子束分布は通常粗メッシュ法では炉心の内側で過小評価し、外側で過大評価する。修正粗メッシュ法では傾向が逆になり、炉心の内側で過大評価し、外側で過小評価しているが、三角メッシュ法との差は小さい。このことは出力分布、増殖比の結果に表われて、修正粗メッシュ法での計算値が三角メッシュ法での結果に接近した値となっている。

(3) Na ボイド反応度効果 (LMFBR), 水蒸気侵入反応度効果 (GCFR), ドップラー反応度効果 (LMFBR, GCFR) については、三角メッシュ法と両粗メッシュ法では大きな差はない。

(4) 制御棒反応度価値の計算は、通常粗メッシュ法では三角メッシュ法との差が 22 ~ 28 % も大きく過小評価しているのに対して、修正粗メッシュ法では 1.6 % 以下で良く改善されている。

(5) 修正粗メッシュ法での計算時間は Radial Heterogeneous Core, Island 型炉心を除くと通常粗メッシュ法の約 2 倍程度かかる。粗メッシュ法での使用する計算機のコア容量は三角メッシュ法の半分でよい。ただし、修正粗メッシュ法では、Z 方向の粗メッシュ適用を考慮していない。

今回はメッシュポイントを細かくとっている三角メッシュ法を基準として比較を行ない、修正粗メッシュ法が高速炉の炉心特性を計算するのに適用でき得る、ということが明らかになったが、ブランケット中の増殖比、中性子束分布に不確かさがあり、燃焼計算による核分裂物質生成、出力分布変動の妥当性を検証する必要があると考えられる。

## 参 考 文 献

- (1) T. Takeda and Y. Komano ; Extension of Askew's Coarse Mesh Method to Few-Group Problems for Calculating Two-Dimensional Power Distribution in Fast Breeder Reactors, Journal of Nucl. Sci. and Tech. 15, 523-532 (1978).
- (2) H. Takano, A. Hasegawa, M. Nakagawa, Y. Ishiguro and S. Katsuragi ; JAERI Fast Group Constants Set, Version II , JAERI-1255 (1978).
- (3) 大杉俊隆, 吉田弘幸, 井原均:高速炉設計用計算プログラム I, 衝突確率法を用いたセル計算コード; PIGEON, JAERI-M 6038 (1975).
- (4) T.B. Fowler and D.R. Vondy ; Nuclear Reactor Core Analysis Code ; CITATION, ORNL-TM-2496 (1969).
- (5) 川辺俊明; CITATION を改良した修正粗メッシュプログラム; HEX 3D, 私信
- (6) O'Dell, R.D. and Hirons, T.J.; PHENIX, LA-4231 (1970).