

JAERI-M

82-182

多目的高温ガス炉とガス冷却高速炉から  
なる共存エネルギー・システムの研究(II)  
—ガス冷却高速炉の核特性評価—

1982年12月

飯島 進・吉田 弘幸・堀田 雅一\*

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

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

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

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1982

---

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 山田軽印刷所

多目的高温ガス炉とガス冷却高速炉からなる  
共存エネルギー・システムの研究(II)  
—ガス冷却高速炉の核特性評価—

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部  
飯島 進・吉田弘幸・堀田雅一\*

(1982年11月10日受理)

この報告書は、 GCFR-VHTR 共存エネルギー・システムに適する 1,000 MWe 基準 GCFR 炉心の平衡サイクルにおける核特性をまとめたものである。本報告書では、特に増殖特性と各種反応度効果について検討評価した。これらの特性はすべて、 JAERI-Fast 25群断面積セット・II に基く 2 次元拡散および燃焼計算によって得られたものである。増殖特性には、平衡サイクルにおける装荷燃料と取出し燃料の組成、増殖比および共存システムの倍増時間が含まれ、反応度効果としては、ドップラー効果、材料膨張効果、冷却材 He の喪失および密度減少効果、水蒸気炉心侵入効果を考慮した。更に、上述反応度効果の計算結果に基づき、基準 GCFR の制御系が制御すべき反応度の要請値を設定すると共に、将来の動特性解析に必要となる反応度フィードバック係数を算出した。

本報告書では、 2 次元計算に基づく核特性評価が主体であり、制御棒位置を考慮した 3 次元計算を必要とする制御棒反応度値および出力分布の解析については別途報告する。

---

\*アイ・エス・エル株式会社

Evaluation of Symbiotic Energy System Between Gas-Cooled  
Fast Breeder Reactor (GCFR) and Multi-Purpose Very High  
Temperature Reactor (VHTR) (II)

- Nuclear Characteristics of Reference GCFR Core -

Susumu IIJIMA, Hiroyuki YOSHIDA and Masakazu HOTTA\*

Division of Reactor Engineering, Tokai Research Establishment, JAERI

(Received November 10, 1982)

The present paper summarises the reactor physics work related to the equilibrium fuel cycle of the 1,000 MWe gas-cooled fast breeder reactor suitable for the GCFR-VHTR symbiotic energy system. Special attention is devoted to breeding performance and reactivity effects, all of which are calculated by using two dimensional R-Z diffusion and burnup codes together with JAERI-Fast 25 group cross-section Version II. The former performance includes charged and discharged fuel compositions during an equilibrium cycle, breeding ratio and doubling time of the symbiotic system. The latter includes reactivity effects of Doppler, material expansion, coolant He-loss and density reduction, and steam entry into the core. And also based on the above mentioned reactivity effect calculations, we set up the reactivity requirements for the control rod system of the reference GCFR core, and the reactivity feedback coefficients for the future kinetic analyses.

Analyses on control rod reactivity worth and power distribution are excluded from the present paper, since they needs extensive three-dimensional calculations, considering control rod position.

Keywords; Gas-Cooled Fast Reactor, Symbiotic Energy System, Nuclear Analysis, TWO Dimensional Diffusion Calculation, Burnup Calculation, Breeding Ratio, Doubling Time, First-Order Perturbation Method, Doppler Reactivity Effect, Material Expansion Reactivity Effect, He-Density Reduction Reactivity Effect, He-Loss Reactivity Effect, Steam Entry Reactivity Effect, Prompt Neutron Life Time, Effective Delayed Neutron Fraction

---

\* ISL Ltd.

## 目 次

1. 序 論 .....	1
2. GCFR プラントと炉心の概要 .....	3
3. 原子炉モデルと計算方法 .....	7
3.1 原子炉モデル .....	7
3.2 計算方法 .....	7
4. 平衡サイクルの燃料組成 .....	10
4.1 装荷 Pu について .....	10
4.2 平衡サイクルの燃料組成 .....	10
5. 平衡サイクルの基本的核特性 .....	15
5.1 実効増倍率と Pu 富化度 .....	15
5.2 増殖比と共存システムの倍増時間 .....	16
5.3 中性子分布と中性子スペクトル .....	20
6. 平衡サイクルの反応度効果 .....	51
6.1 物質反応度価値 .....	51
6.2 ドップラー反応度効果 .....	52
6.3 膨張反応度効果 .....	53
6.4 冷却材 He 喪失反応度効果 .....	56
6.5 制御系に要求される反応度とフィードバック反応度係数 .....	57
6.6 水蒸気炉心侵入反応度効果 .....	58
6.7 動特性パラメーター .....	59
7. まとめ .....	107
謝 辞 .....	110
参考文献 .....	110

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Brief Description of GCFR Plant and Core Configuration .....	3
3. Reactor Calculation Model and Methods .....	7
3.1 Reactor Model .....	7
3.2 Calculation Methods .....	7
4. Variation of Fuel Compositions During An Eqilibrium Cycle .....	10
4.1 On the Charged Plutonium Composition .....	10
4.2 Fuel Compositions in Equilibrium Cycle .....	10
5. Fundamental Nuclear Characteristics of Reference GCFR in Equilibrium Cycle .....	15
5.1 Effective Multiplication and Pu Enrichment .....	15
5.2 Breeding Ratio and Doubling Time for a Symbiotic System .....	16
5.3 Neutron Spatial Distribution and Neutron Energy Spectrum .....	20
6. Reactivity Effect on Reference GCFR in Equilibrium Cycle.....	51
6.1 Material Reactivity Worth .....	51
6.2 Doppler Reactivity Effect .....	52
6.3 Expansion Reactivity Effect .....	53
6.4 He-Loss Reactivity Effect .....	56
6.5 Reactivity Requirements for Control Rod System and Feedback Reactivity Coefficients .....	57
6.6 Steam Entry Reactivity Effects .....	58
6.7 Kinetic Parameters .....	59
7. Summary .....	107
Acknowledgement .....	110
References .....	110

## 1. 序 論

ガス冷却高速炉は、高速炉として増殖性が高く、かつ安全性にもすぐれているので、熱中性子炉、特に高温ガス炉と共存システムを形成する場合の高速炉として最適な炉型であると考えられる。前報においては、<sup>(1)(2)</sup> VHTR-GCFR共存システムの意義を明確にすると共に、このシステムに適するGCFRの炉心概念と諸元を設定した。

本報告書では、前報で設定したGCFR炉心概念に基き炉心内に19本の制御棒チャンネルを設けたGCFR基準炉心を設定し、この炉心の核特性を検討すると共に、安全性解析、共存システムに関する原子炉導入戦略解析と核燃料サイクル解析のための基礎を準備することを主な目的とした。

核特性解析の対象としたGCFRは、VHTR-GCFR共存システムに適し、VHTRに<sup>233</sup>Uを供給する機能を有することから、U-Puサイクルに基く炉心と軸方向ブランケット、およびTh-<sup>233</sup>Uサイクルに基く径方向ブランケットから構成されている。このU、Th混合サイクルの基準炉心の核特性を、核断面積データとしてJAERI-Fast 25群断面積セットを用い、主に平衡サイクルを対象として検討評価した。

平衡サイクルの核燃料組成および増殖性を求めるために、2次元拡散近似に基く燃焼解析コードPHENIX<sup>(4)</sup>を用いた。主な反応度係数であるドップラー反応度係数、燃料、被覆管およびラッパーチューブの膨張による反応度係数、これらに基く等温および出力反応度係数、冷却材減圧反応度係数および動特性パラメータなどは、2次元R-Z体系を用いて拡散コードCITATION<sup>(5)</sup>によって求めた中性子束と随伴中性子束を用い1次摂動論コードPERKY<sup>(6)</sup>によって計算した。

蒸気発生器破損によって生ずる炉心への水蒸気侵入による反応度効果は、通常の1次摂動論では大きな誤差を伴なうので、2次元R-Z体系を用い拡散コードCITATIONによって求めた水蒸気の侵入していない非摂動系の随伴中性子束と水蒸気の侵入した摂動系の中性子束を用いて、Exact Perturbation Theoryによって計算した。このために、再び摂動論コードPERKYを用いている。

制御棒反応度価値と制御棒の配置に敏感であると考えられる出力分布については、別の報告書にまとめることにした。

以上述べてきたように本報告書のGCFRに関する核特性の検討評価は、拡散近似に基き、燃料集合体内の燃料ピン配列による非均質効果の計算は行なっていない。このことは、輸送理論に関する補正、非均質効果に関する補正が必要であることを意味しているが、これらについては、過去に実施してきたLMFBR、GCFRに対する検討結果を内外挿することによって適用することにした。

平衡サイクルにおいて装荷する燃料と同じものを初装荷燃料として用いると、初装荷時の実効増倍率が極めて高くなる。初装荷時と平衡サイクル間の実効増倍率の大きな相違を制御棒によって補償するとすれば、制御棒の本数を極めて多くしなければならないことになり、このことは増殖特性を始めとする核特性に好ましくない影響を及ぼすことになる。この問題を避ける

ためには、いくつかの方法が考えられるが、ここでは、初装荷時から数サイクルは、平衡サイクルの装荷燃料よりPu富化度の低い燃料を用いることで対処する方法について検討する。

第2章では、GCFRプラントについて簡単にレビューすると共に、解析対象とする基準炉心の諸元について説明する。第3章では、解析に用いた基本的な原子炉モデルと計算方法について記述する。第4章では、平衡サイクルの核燃料所要量、増殖性などの核特性評価のための燃焼計算結果について記述する。第5章では、平衡サイクルにおける反応度係数の解析結果を示した。反応度係数としては、ドップラー反応度係数、燃料、被覆管およびラッパー管熱膨張による反応度係数、冷却材He減圧による反応度係数、およびそれらに基く等温および出力反応度係数である。また蒸気発生器破損による水蒸気の炉心侵入に伴なう反応度効果もこの章で取扱っている。

## 2. GCFR プラントと炉心の概要

（略）

1000MWe GCFR プラントは、通常の原子炉プラントと同様に、原子炉建家とタービン建家から構成されている。原子炉建家には、PCRV、燃料取扱い系、プラントのサービス系が収納されると共に、この建家は 2 次格納容器としての機能を有している。PCRV は、ガス冷却熱中性子炉のそれと類似しており、原子炉、1 次冷却系、蒸気発生器などを収納している。

1 次冷却系は、GBRA の設計になる GBR-4 と同様に、蒸気発生器と循環機からなる 6 つの主ループと 3 つの補助ループから構成されるものとした。冷却材 He は、圧力 90 気圧であり、炉心内を上向きに流れ、入口温度 260°C から出口混合温度 560°C に加熱されるものとした。

原子炉の炉心は、Fig. 1 で見られるように、252 本の炉心燃料集合体、270 本の径方向ブランケット集合体と 19 本の制御棒から構成されている。これら 6 角形状燃料集合体は、炉心下部グリッド・プレイトに固定されている。したがって、グリッド・プレイトは低温部に設置されている。

炉心燃料集合体は、382 本の燃料ピンを含んでいる。燃料ピンは、AGR でのように表面熱伝達を改善するために被覆管表面に粗面が施されていることを除くと、ほぼ LMFBR の燃料ピンと同じである。炉心燃料ピンは、円環状  $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$  ペレットを 0.35mm の 316 SS によって被覆したものである。この燃料ピンの内部圧力は外部冷却材圧力とほぼ等しく保たれ、ガス状核分裂生成物はベントされて He 純化系に導かれる機構になっている。この機構から圧力平衡型ベント燃料ピンと呼ばれ、外部冷却材圧力、あるいは内部核分裂生成物ガス圧による被覆管にかかる機械的応力を避けることができる。また、出力平坦化を目的とし、炉心は Pu 富化度の異なる 3 領域から構成されている。

炉心の上部および下部に設けられる軸方向ブランケットは、被覆管表面には粗面が施されていないが、炉心燃料ピンと同一であり、劣化  $\text{UO}_2$  が充填されている。径方向ブランケットは 4 層の集合体から構成され、集合体は炉心燃料集合体と同一寸法であるが、271 本の  $\text{ThO}_2$  燃料ピンを含んでいる。

炉心と軸方向ブランケットは U-Pu サイクルに基き、増殖比を 1 以上に保つことによって GCFR 自身の Pu 燃料を自給可能にする。他方、径方向ブランケットは Th-U サイクルに基き、 $^{233}\text{U}$  を生産することによって共存システムの構成炉型である VHTR の燃料  $^{233}\text{U}$  を供給可能にする。

炉心および径方向ブランケットの第 1 層に対しては、各集合体毎に冷却材流量調節を施し、各集合体の被覆管最高温度をできるかぎり等しくする。当然、この冷却材流量調節がオンラインで行えることが望ましい。

反応度制御は、 $\text{B}_4\text{C}$  中性子吸収体を待つ 19 本の制御棒によって行なう。19 本の制御棒は、2 つの独立なシステムに分割し、13 本の制御棒と 6 本の炉停止棒から構成されるものとした。これらは、計測と操作に関して完全に独立したシステムである必要がある。

燃料交換に関しては、炉心と軸方向ブランケット燃料は一体として 1 年の周期で 1/3 づつ交

換することを考えている。稼動率を75%と仮定しているので、燃料の炉内滞存期間は820 FPD (Full Power Days) である。燃料交換の方式は、炉心内の隣接する燃料集合体の照射年数が必ずしも異なるように配慮することとした。装荷燃料のPu同位元素組成比は、常に一定とし、55.84% Pu-239, 23.73% Pu-240, 15.08% Pu-241, 5.35% Pu-242, であり、30,000 MWD/T燃焼したLWR取出しPuの組成に相当している。共存システム導入初期に関しては、軽水炉から取出すPuをGCFRの装荷燃料とすることは妥当であるが、共存システムが平衡状態に達した時には、GCFR自身で生産するPuの組成を設定する方が妥当であろう。一方、径方向ブランケットの燃料交換周期は炉心燃料の場合と異なる。一般的に言って、径方向ブランケットの燃料交換方式として2つの方法が考えられる。1つは固定方式と称されるもので、装荷から取出しまで位置を変えない方法であり、他はシャッフル方式と称され、最初に内側ブランケットを取り出し、その位置に外側ブランケットを移動させ、装荷ブランケットは外側ブランケットに装荷する方法である。ここでは、前者の固定方式を径方向ブランケット交換方式として採用した。この場合の径方向ブランケットは1体として3年毎に交換するものと仮定したが、この交換周期が特に<sup>233</sup>U生産に与える影響についてはあらためて検討する必要があろう。

核特性解析に重要と考えられるGCFR主要諸元をTable 1に示した。

Table 1 Principal Design Parameters of Reference GCFR

<u>Thermal plant data</u>	
- Thermal power	2875 MWT
- Net electric power	1000 MWe
- Net plant efficiency	34.8 %
- Temperature in the inlet plenum	260 °C
- Temperature in the outlet plenum	570 °C
- Pressure in the inlet plenum	90 kg/cm <sup>2</sup>
<u>Core and axial blanket assembly</u>	
- Core fuel material	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>
- Axial blanket material	Depleted UO <sub>2</sub>
- Material of Wrapper and spacer grids	AISI 405
- Fuel pin clad material	AISI 316
- Active core height	1500 mm
- Number of assemblies/core	252
- Number of fuel pins/assembly	382
- Wrapper across flats inner diameter	199.8 mm
- Wrapper across flats outer diameter	206.0 mm
- Wrapper wall thickness	3.1 mm
- Fuel pin pitch	11.55 mm
- Fuel assembly pitch	213.0 mm
<u>Core and axial blanket fuel pin</u>	
- Outer diameter of smooth fuel pin	7.84 mm
- Inner diameter of fuel pin	7.14 mm
- Clad thickness of smooth fuel pin	0.35 mm
- Fuel pellet diameter	7.00 mm
- Fuel material smear density	85 % TD
- Axial blanket length (each)	600 mm
- Axial blanket smear density	93 % TD
<u>Radial blanket assembly</u>	
- Assembly length (fuel)	3000 mm
- Number of blanket assemblies	270
- Number of blanket pins/assembly	271
- Wrapper across flats inner diameter	199.8 mm
- Wrapper across flats outer diameter	206.0 mm
- Wrapper wall thickness	3.1 mm
- Blanket pin pitch	12.76 mm
- Blanket fuel material	ThO <sub>2</sub>
- Blanket clad material	AISI 316
<u>Radial blanket fuel pin</u>	
- Outer diameter	11.90 mm
- Inner diameter	11.00 mm
- Fuel pellet diameter	10.86 mm
- Blanket smear density	93 % TD

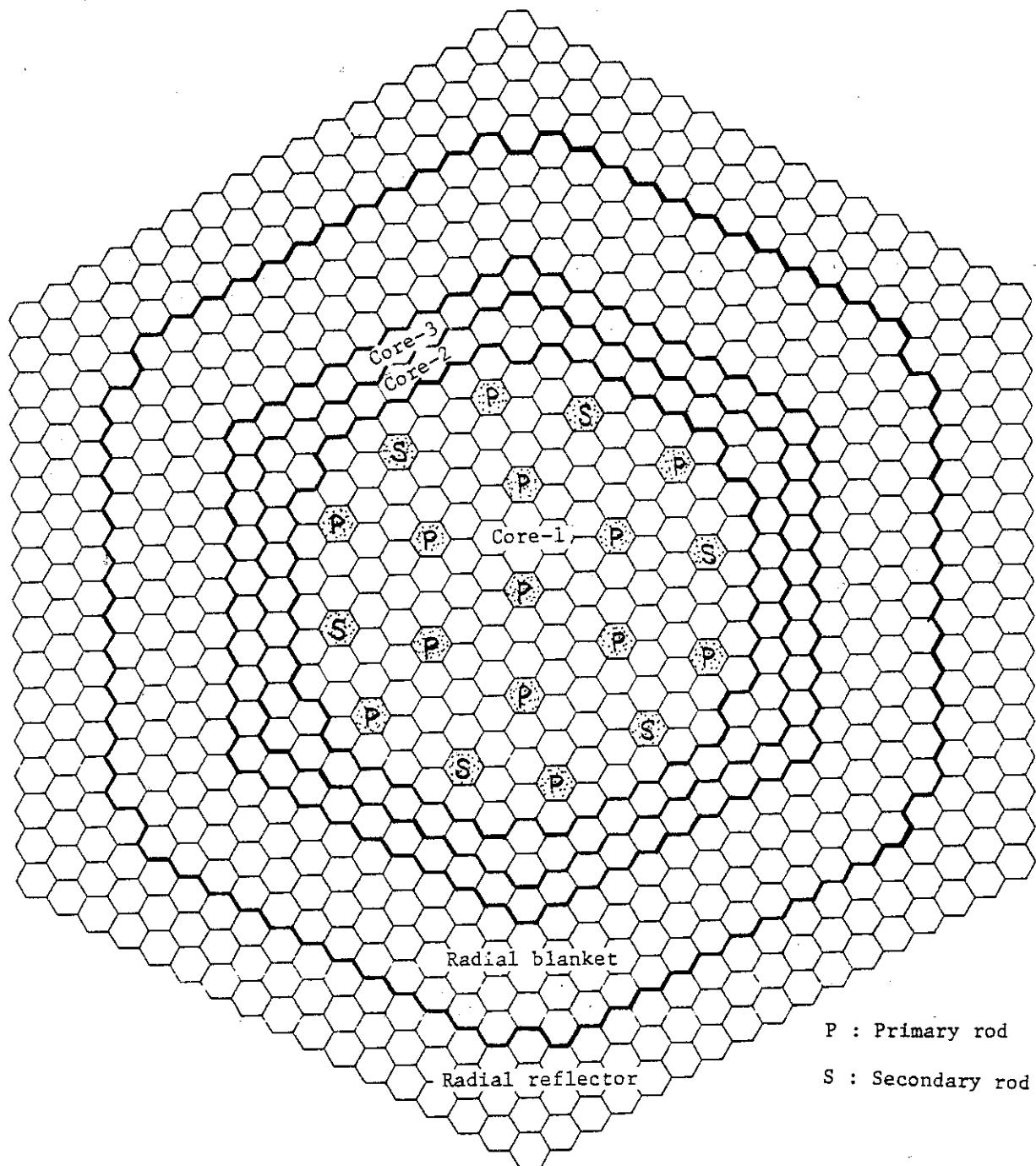


Fig. 1 Cross-Sectional View of Reference GCFR Core

### 3. 原子炉モデルと計算方法

核特性の計算精度は、用いる核断面積データ、計算手法に依存すると共に、採用する原子炉のモデル化にも依存する。ここでは、1000MWe GCFR の核特性評価のための原子炉モデルと核断面積データを含む計算手法の概略を説明する。

#### 3.1 原子炉モデル

基準とした原子炉モデルは、Fig. 2 に示したように2次元円筒モデルである。このモデルから明らかなように、炉心はPu富化度の異なる3つの領域に分割し、出力の平坦化を可能にするように考慮した。制御棒チャンネルは、19本の制御棒を中心の円柱領域と3つの同心円環領域によって模擬している。これは、制御棒の中心からの距離を各円環領域の中心とし、等距離にある制御棒を体積保存させることで円環領域の体積を定めている。

制御棒反応度価値および制御棒挿入に伴なう出力分布歪みの解析を除けば、すべての核特性解析にはこの原子炉モデルを使用することは妥当である。

各領域は、物質が均質に混り合っているとする均質モデルに基づいている。各領域の燃料、冷却材および構造材の存在比をTable 2 に示した。ただし、4つの制御棒領域における組成は、制御棒がすべて引抜かれた状態、すなわちフォロワー状態にあるものとしている。

炉心の $\text{UO}_2$  および $\text{PuO}_2$  のスマア密度は理論密度 ( $10.97\text{ g/cm}^3$  :  $\text{UO}_2$ ,  $11.46\text{ g/cm}^3$  :  $\text{PuO}_2$ ) の85%，軸方向ブランケットの $\text{UO}_2$  および径方向ブランケットの $\text{ThO}_2$  のスマア密度は理論密度 ( $10.0\text{ g/cm}^3$  :  $\text{ThO}_2$ ) の93%であるとした。冷却材Heの密度は、圧力がP気圧、温度がT絶対温度とした時、 $48P/T(g/\ell)$  と仮定した。この仮定はGCFRにおいて問題となる圧力と温度範囲で妥当である。被覆管はAISI 316L，構造材はAISI 405 とし、混合した組成は、計算コードの物質数制限から、17.5%Cr, 76.0%Fe, 6.5%Niと仮定した。比較的小比率のMn, Mo, をFeと置換したこの仮定はGCFR核特性に大きな影響をもたらさないと考える。

#### 3.2 計算方法

原子炉の核特性予測精度に対して、核断面積データの選択による影響が大きい。我国では、過去に標準的核断面積セット JAERI Fast セットが作成され、数次に亘る改良を経てきた。また、我国においても米国のENDF/B と同程度の評価済み核データ・ファイルを作成する活動があり、Japanese Evaluated Nuclear Data Library (JENDL) として、JENDL-1が(8) 公開された。それに引き続き、多くの高速炉臨界実験の結果を解析することによってその妥当性がチェックされ現在改訂作業が進められている。(9)

本研究では、前報と同様の手法に基づくことを基本としたので上述のJAERI-Fast セットの25群構造のVersionを採用することにした。以下、このセットを JFS-V 2-25 と称する。

JENDLによる解析は、現在進行中の改訂作業が終了し、公開された段階で必要になるかも知れない。

組成に依存する実効断面積作成にはPIGEONを用いた。<sup>(10)</sup>多くの実効断面積は均質領域に対するものであるが、非均質な燃料ピン配列の効果を考慮する必要があると考えられるいくつかの核特性評価のために、同じPIGEONの衝突確率法オプションを用いて燃料ピン非均質配列を考慮した非均質実効断面積を作成した。

核特性解析は、上述の実効断面積を用い、主に2次元円筒形状原子炉モデルに対する拡散計算によっている。拡散計算にはCITATIONを用いたが、平衡サイクルの燃料組成を決定するために出力平坦化コードFLAT-P、燃焼解析コードPHENIXを用いた。いずれも2次元拡散近似に基づくコードである。

平衡サイクルにおける装荷燃料のPu富化度は3つの炉心領域で異なるが、平衡サイクル初期(BOEC)において3つの炉心領域の装荷燃料の最高出力密度ができるかぎり同一になるよう、3つの炉心領域への装荷燃料のPu富化度を定めた。このために、出力平坦化コードFLAT-Pによる結果を最大限に利用した。

温度反応度係数、出力反応度係数については、上述の2次元拡散計算によって得られた中性子束、随伴中性子束を用いた摂動計算(PERKY)によっている。出力反応度係数に関しては、定常運転時からの出力上昇に対する燃料、被覆管、冷却材の温度上昇に換算する必要があるが、これについて動特性解析コードMR.<sup>(11)</sup>Xの準定的な取扱いをすることによって求めた。

水蒸気侵入反応度効果の解析には、炉心に侵入する水蒸気による中性子スペクトル軟化の程度が大きく、通常の摂動計算による解析では無理であるので、摂動論コードPERKYのExact Perturbation Methodのオプションを用いることとした。

Table 2 Material Volume Fraction in Each Region of  
the Reference GCFR

Region \ Material	Fuel	Coolant He	Clad	Structure
Core 1 ~ 3	29.54	59.12	8.34	3.00
Axial blanket	29.54	59.12	8.34	3.00
Control rods Na-follower	—	85.00	—	15.00
Radial blanket	58.22	26.60	12.18	3.00
Axial & radial reflector	—	20.00	—	80.00

(unit : v/o)

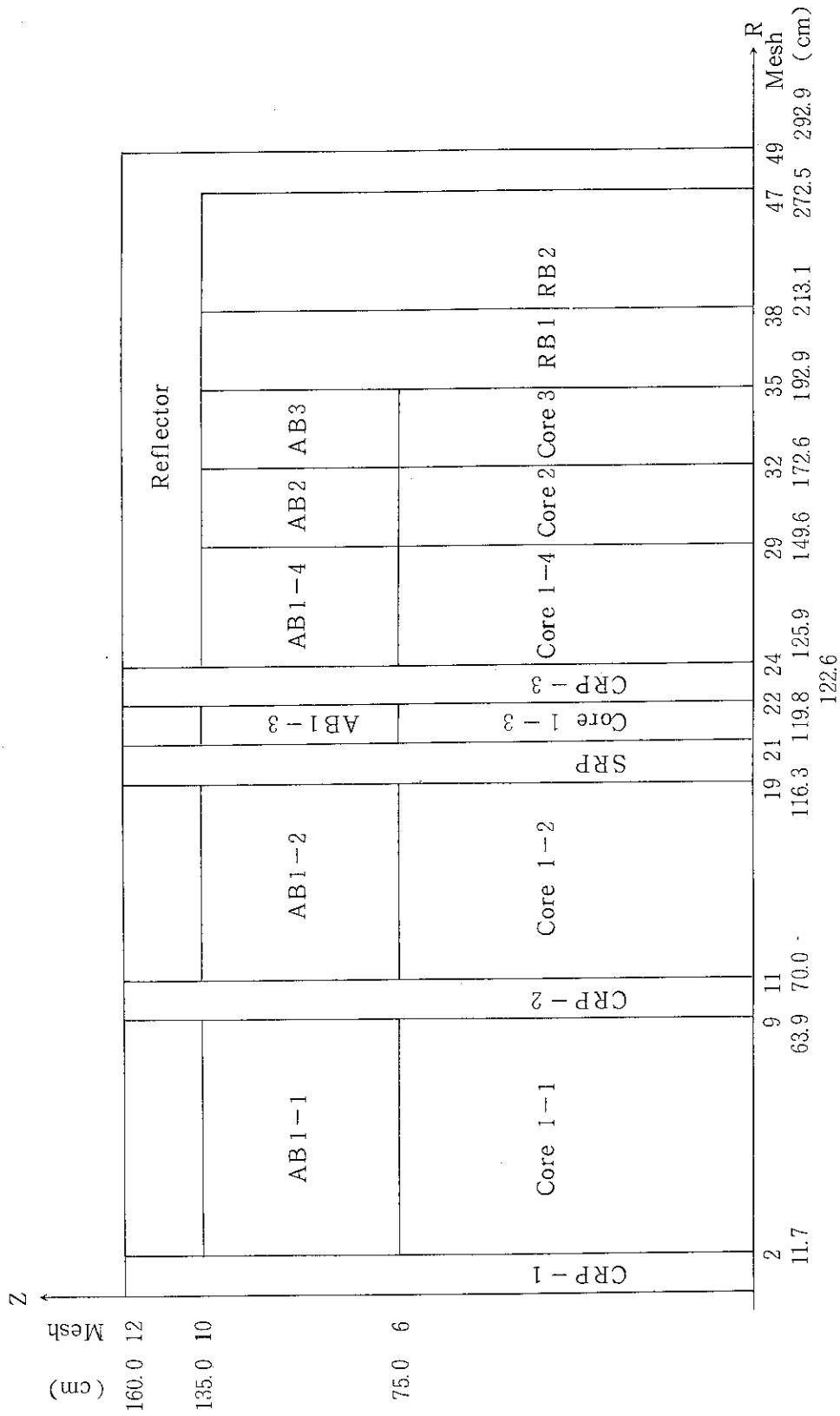


Fig. 2 R-Z Model of Reference GCFR Core

## 4. 平衡サイクルの燃料組成

### 4.1 装荷Puについて

VHTR-GCFR共存エネルギー・システムが核エネルギー供給の主力となる前には、Ref(1)で見たようにLWR、高濃縮ウラン- $\text{Th}$ 燃料VHTR、U-PuサイクルGCFRが多く投入されてきているはずである。したがって、共存システムのGCFRに装荷されるPuは、初期の共存システムにおいては、U-PuサイクルGCFRから取出される平衡状態に達したPuの余剰分であり、その後の共存システムにおいては、共存システムを構成するGCFR自身の炉心と軸方向ブランケットから生産されるPuの余剰分であると考えるのが妥当である。複雑なことには、共存システムの上述の2つの時期の間には過渡的時期が存在する。以上のことから、かなり遠い将来に核エネルギー供給の主力となりうる共存システムを考える時、共存システムの構成要素であるGCFRの炉心に装荷するPuの同位元素組成比を定めることには非常な困難を伴なうことになることがわかる。すなわち、ある時期に装荷するPuは、その時期以前に装荷するPuによって一義的に定まり、平衡状態（燃焼によってPu同位元素組成比は不変）にないかぎり、装荷Puの同位元素組成比は時間によって常に変動し、これを正しく推定するためには、原子炉導入シナリオに基づき龐大な燃焼計算を必要とすることを意味するからである。

本論文では、装荷PuはすべてLWRからの取出しPuを使用するとしているので、上述の意味で、共存システムのGCFR核特性を論ずるには不適当である。しかし、原子力需要予測の一層の低下、あるいはU資源利用可能量の増加によっては、一見矛盾しているようであるが、共存システムの早期導入が有効になる。この場合には、高濃縮ウラン- $\text{Th}$ 燃料VHTRの導入に統いて、共存システムが導入されるシナリオが可能となり、共存システム導入初期のGCFRへの装荷Puが軽水炉から取出されるPuの同位元素組成比を持つことも考えられる。

装荷Pu同位元素組成比とGCFR核特性の関連性については、別の論文において検討することとして、ここでは、軽水炉取出しPuをGCFRの装荷Puとした時のGCFRの燃焼特性を論ずることにする。軽水炉取出しPuの同位元素組成比は、 $^{239}\text{Pu} : ^{240}\text{Pu} : ^{241}\text{Pu} : ^{242}\text{Pu} = 55.8 : 23.7 : 15.1 : 5.4$ 、である。

### 4.2 平衡サイクルの燃料組成

燃料の炉内滞在期間は、特に炉心燃料に関し、最高燃焼度を目安として定められる。炉内滞在期間が定まれば、燃焼交換バッチ数とそれによる燃料交換周期を定めることになるが、そのためには燃焼期間中の反応度を充分考慮に入れる必要がある。炉心の燃料交換法が定まれば、軸方向ブランケットの燃料交換法は一義的に定まる。一方、径方向ブランケットについては、炉心および軸方向ブランケットとは独立に、被覆管への累積中性子照射量、増殖性と燃料サイクルコストを考慮しながら、その燃料交換法を定めるのが普通である。

ここでは、炉心燃料の交換法に関し、初装荷炉心（BOL）からワンスルーの燃焼計算結果を用い、炉内滞在期間、燃料交換バッチ数および燃料交換周期を定める方法について述べる。燃料の最高燃焼度  $B(t)$ 、実効増倍率  $K(t)$  は燃焼日数  $t$  に関して1次関数で表わせるものと仮定する。燃料交換時点を  $t_0$  とすると、 $t > t_0$  において、

$$B(t) = b(t - t_0) \quad (b > 0) \quad (1)$$

$$K(t) = K(t_0) - a(t - t_0) \quad (a > 0) \quad (2)$$

となる。この仮定は、多くの高速炉に関してほぼ成立することが経験として得られている。

BOL からワンスルー燃焼計算については、(1), (2)式は

$$B(t) = bt \quad (1')$$

$$K(t) = K(0) - at \quad (2')$$

となる。ここで、 $t = T$ とした  $K(T)$  を平衡サイクル終期（EOEC）で保持しなければならない実効増倍率とする。 $(2)'$  の仮定のもとでは、平衡サイクルの燃料交換周期  $\Delta T$  は、燃料交換バッチ数を  $N$  とすると

$$\Delta T = \frac{2}{N + 1} T \quad (3)$$

で表わすことができる。燃料交換周期  $\Delta T$ 、燃料交換バッチ数  $N$  の燃料炉内滞在期間  $\ell$  は

$$\ell = N \Delta T \quad (4)$$

となることは当然である。この燃料炉内滞在期間  $\ell$  において、燃料の最高燃焼度が所定の  $B_{\max}$  (例えば 100,000 MWD/T) に達するものとすると、 $(1)'$  より

$$\ell = \frac{B_{\max}}{b} \quad (5)$$

とも書ける。 $(2)'$  式において、 $t = T$  とし、(3), (4), (5)式を代入することによって

$$K(0) = K(T) + \frac{a}{b} \cdot \frac{N+1}{2N} \cdot B_{\max} \quad (6)$$

が得られる。すなわち、燃料交換バッチ数、燃料取出し時の最高燃焼度、EOECにおける実効増倍率を設定し、かつ最高燃焼度と実効増倍率の燃焼日数に関する変化率がわかれば、(6)式によって、BOLにおける実効増倍率が定まる。逆に言えば、(6)式にしたがう BOLにおける実効増倍率を満足する炉心のPu富化度を定めれば、それが平衡サイクルにおける装荷Pu富化度となり、サイクル期間の燃焼による反応度低下を保障し、かつ燃料炉内滞在期間に達する燃料の最高燃焼度を満足することになる。このことから、BOLからのワンスルー燃焼計算によって、平衡サイクルにおける装荷Pu富化度、サイクル周期、炉内滞在期間を、反応度と最高燃焼度の条件を満足しながら、決定できることを意味している。

平衡サイクル初期（BOEC）に保持する実効増倍率  $K(T_{EQ})$  は、(2)式より  $t_0 = T_{EQ}$ 、 $t = T_{EQ} + \Delta T$  とおくと

$$K(T_{EQ}) = K(T_{EQ} + \Delta T) + a \cdot \Delta T \quad (7)$$

となる。 $K(T_{EQ} + \Delta T)$  は EOEC の実効増倍率に相当するもので、 $K(T)$  と等しくなる。 $(2)'$  で  $t = T$  とおくと、

$$a = \frac{1}{T} \left\{ K(0) - K(T) \right\}$$

となり、(7)式に代入すると

$$K(T_{EQ}) = K(T) + \frac{4T}{T} \left\{ K(0) - K(T) \right\}$$

となり、(3)式を代入することによって、

$$K(T_{EQ}) = \frac{2}{N+1} K(0) + \frac{N-1}{N+1} K(T) \quad (8)$$

が得られる。

2次元拡散計算に基づく燃焼計算コードPENIXの計算結果によると、燃焼に対する最高燃焼度および実効増倍率の時間変化の直線性は非常によく

$$b = 25500 \text{ MWD/T/yr}$$

$$a = 0.0165 \text{ dk/k/yr}$$

である。ただし、稼動率75%を仮定しているので、1年の全出力運転日数は $365 \times 0.75 = 274$ 日である。

炉内燃料滞在期間を3年、燃料交換バッチ数を3バッチとすることは、燃料交換サイクル期間1年であること、炉心燃料を燃焼度の異なるものを隣接配置する分散型燃料交換を容易にするなどの点から、望ましい。この場合、取出し燃料の最高燃焼度は76,500 MWD/Tとなり、現在目標とされている100,000 MWD/Tをかなり下回ることになる。最高燃焼度100,000 MWD/Tを達成するためには、炉心燃料炉内滞在期間を4年とし、燃料交換周期を1年とした時には4バッチ、燃料交換バッチ数を3バッチとする時には燃料交換周期を1.3～1.5年とする必要がある。

最高燃焼度76,500 MWD/T、したがって炉心燃料炉内滞在期間3年(稼動率75%)、燃料交換周期1年、燃料交換バッチ数3、とした時、平衡サイクル終期(EOEC)の実効増倍率を1.01とすれば、平衡サイクルの諸特性を計算するに要するBOLでの実効増倍率K(0)は、(6)式より

$$K(0) = 1.010 + \frac{0.0165}{25500} \times \frac{4}{6} \times 76,500 = 1.043$$

となる。K(0)=1.043となるように、初装荷燃料のPu富化度を定めれば、それが平衡サイクルにおける装荷燃料のPu富化度となる。平衡サイクル初期(BOEC)に保持する実効増倍率K(T<sub>EQ</sub>)は(8)式により、

$$K(T_{EQ}) = 1.0265$$

となる。

最高燃焼度100,000 MWD/Tとする場合を考えてみる。まず、燃料交換バッチ数3、燃料交換周期4/3年とした時には、K(0)=1.054になるように初装荷燃料のPu富化度を定め、平衡サイクルの装荷燃料のPu富化度とする。この時、BOECの実効増倍率K(T<sub>EQ</sub>)=1.032となる。一方、燃料交換バッチ数4、燃料交換周期1年とした時には、K(0)=1.051になるように初装荷燃料のPu富化度を定め、平衡サイクルの装荷燃料のPu富化度とする。この場合、K(T<sub>EQ</sub>)=1.0264となる。

最高燃焼度を向上させると、同一炉心系では、 $K(0)$ を比較することによって、燃料のPu富化度が大きくなる。このことは、Pu炉心内増殖比を低下させることになる。共存システムを構成するGCFRでは、適切なPu増殖性を達成すると共に、最高燃焼度を向上させることによって燃料サイクルコストを低下させる努力が必要である。Ref.(1)の共存システム導入解析によれば、共存システムの有効性はPu増殖性によって支配される所が大きく、Pu増殖性は必ずしも充分ではないことが明らかになっている。このことから、今回の研究では、最高燃焼度をひかえ目に76,500 MWD/Tとすることにした。

最高燃焼度76,500MWD/Tとした場合の実効増倍率の経年変化をFig. 3に示した。実効増倍率の観点から見ると、平衡サイクルは3サイクル目から達成されることになる。平衡サイクルの装荷燃料のPu富化度は、BOLにおける初装荷燃料のPu富化度として求められることは前述した。しかし、このPu富化度を持つ燃料を初装荷時から常に用いることは、BOLにおける余剰反応度を極めて高く保持しなければならないことに相当することはFig. 3から明らかである。余剰反応度を高く保つことは、それを相殺する制御棒を多く設けることを必要とし、原子炉核特性に好ましくない効果を及ぼすことになる。

以上の考え方から、BOLからの数サイクルでは、平衡サイクル装荷燃料より低いPu富化度を有する燃料を用いることによって、BOLからの数サイクルの余剰反応度を低下させることを考える。この初装荷時から平衡サイクルに至る過渡状態に関する検討は、近い将来あらためて実施する予定である。

以上述べてきた方法に基き、平衡サイクルにおける装荷燃料の組成を計算し、Table 3に示した。炉心は、Pu富化度の異なる3つの領域から構成され、領域によるPu富化度の比率はBOECにおいて出力平坦化が達成できることを条件として定めた。

Table 3 Amount of Fuel Nuclides Charged at BOEC

Region Nuclide \	Core-1	Core-2	Core-3	A. Blanket	R. Blanket
U - 235	12.7	4.5	4.3	22.7	0.0
U - 238	6452.5	2302.7	2155.6	11536.0	0.0
Pu - 239	628.2	302.7	386.2	0.0	0.0
Pu - 240	267.1	128.7	164.1	0.0	0.0
Pu - 241	144.5	69.6	88.8	0.0	0.0
Pu - 242	60.3	29.0	37.1	0.0	0.0
Th - 232	0.0	0.0	0.0	0.0	49858.0

(unit: kg)

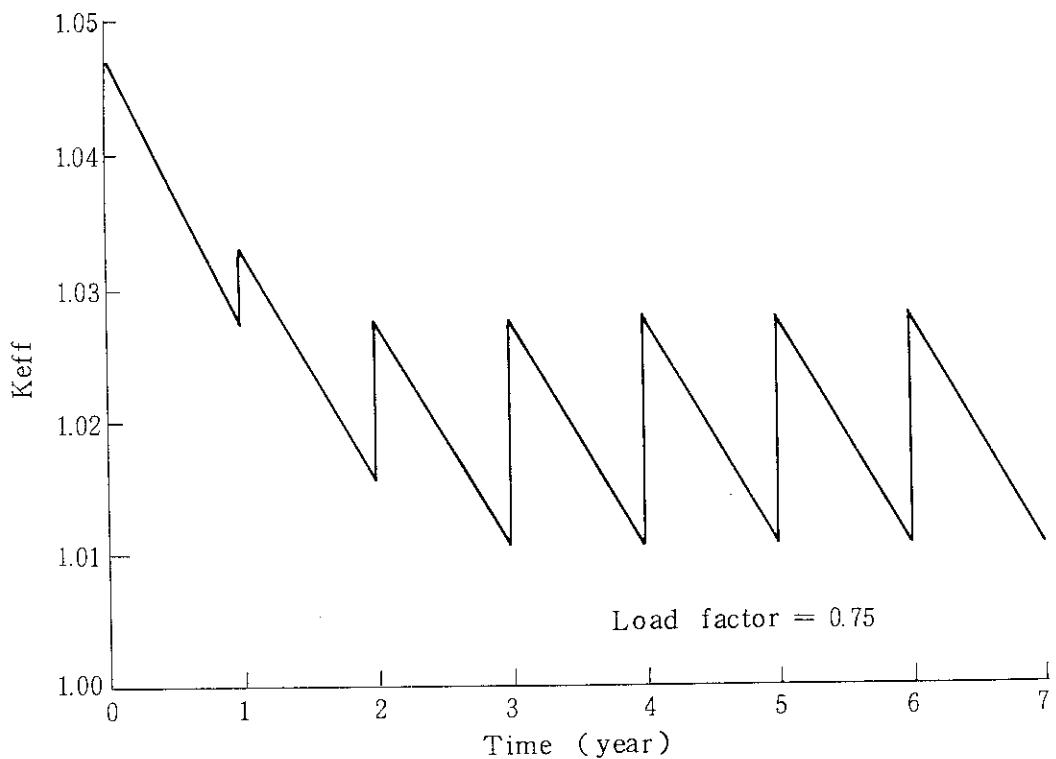


Fig. 3 Burnup Dependence in  $K_{eff}$  of Reference GCFR  
When Charged Fuel in Equilibrium Cycle is  
Used During Life

## 5. 平衡サイクルの基本的核特性

平衡サイクルはその代表時点の初期(BOEC), 中期(MOEC), 終期(EOEC)で表わすことが多い。今回採用した炉心と軸方向ブランケットの燃料交換法は、燃料交換バッチ数3, 燃料交換周期1年, 炉内滞在期間3年, 稼動率75%に基づいている。したがって、取出し燃料の最高燃焼度は約75,000 MWD/Tである。炉心と軸方向ブランケットについて、BOEC時には新燃料, 1年照射燃料, 2年照射燃料が1/3づつ存在し, MOEC時には1/2年, 3/2年, 5/2年照射燃料が1/3づつ存在し, EOEC時には1年, 2年, 3年照射燃料が1/3づつ存在している。

Table 3 の装荷燃料に対応して、各領域の1年, 2年, 3年照射燃料の組成変化を Table 4 ~ 6 に示した。径方向ブランケットについてもこれらのTableに示してある。Table 3 ~ 6 に示した燃料量と Table 2 の各物質体積比を用いて、上述の意味での BOEC, EOEC の平均原子数密度を求め Table 7 と Table 8 に示した。

基本的核特性として、系の実効増倍率、それを定める核分裂性物質富化度、増殖比、物質バランスおよび中性子束分布と中性子スペクトル、を選び、BOEC, EOEC に対して説明する。

### 5.1 実効増倍率とPu富化度

Table 9 に、BOEC と EOEC における実効増倍率と各炉心領域の平均的 Pu 富化度を示した。これらの計算は通常の拡散近似に基づいて行なわれているので、燃料ピンの非均質配列効果、輸送理論適用の効果を加味する必要がある。また、BOEC および EOEC に対して径方向ブランケットの燃焼状態を考慮するといくつかの異なる BOEC, EOEC が存在しうることを考慮する必要がある。

燃料ピンの非均質配列効果は、均質系に対して得られた実効増倍率を、冷却材チャンネルによる中性子ストリーミングと燃料、構造材、冷却材領域の微細中性子束分布の影響について補正することに相当する。GCFR では、中性子反応断面積の低い He を冷却材として使用していること、加えて、He 密度が低くかつ冷却チャンネルが広いことなどから、特に中性子ストリーミングの効果を充分に考慮する必要がある。この非均質効果は、一般に非均質性を考慮した方向依存拡散係数を含む実効断面積を計算し、実効増倍率を求めるごとにによって得られる。この非均質実効断面積は、PIGEON コードのような衝突確率法に基づくセル計算によって求めることが可能である。この場合、セル内の燃料ペレット、被覆管、冷却材の領域  $i$  における中性子束を  $\phi_i$  とし、断面積を  $\Sigma_{x,i}$  とすると、非均質実効断面積  $\Sigma_x$  は、

$$\Sigma_x = \frac{\sum_i \Sigma_{x,i} \phi_i}{\sum_i \phi_i} \quad (9)$$

となる。また、中性子ストリーミングを考慮した方向依存拡散係数  $\tilde{D}_k$  は、同じセル計算にお

いて、Benoist の近似法により、<sup>(12)</sup>

$$\tilde{D}_k = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sum \sum \phi_i P_{ij}^k / \Sigma_{tr,j}}{\sum \phi_i} \quad (10)$$

として求められる。 $\tilde{D}_k$  は  $k$  方向への拡散係数、 $\Sigma_{tr,j}$  は  $j$  領域の輸送断面積、 $P_{ij}^k$  は  $i$  領域で生れた中性子が  $j$  領域で衝突する確率の  $k$  方向成分、である。

この実効増倍率に対する非均質効果は、GBR-4 に関して計算されており、<sup>(13),(14)</sup>  $-0.35\% \Delta k/k$  に相当している。したがって、非均質効果は、均質系に対して拡散計算によって得られた実効増倍率を下げるよう働き、中性子ストリーミングの増加による負の効果が、自己遮蔽および中性子束微細構造に関する正の効果以上になることを意味している。

一方、実効増倍率に対する輸送理論効果は、拡散計算による結果を大きくする正の効果として働き、原子炉寸法が大きくなるにつれてその効果は小さくなる。また、制御棒挿入本数の増加にしたがって大きくなる。GCFR に関する輸送理論効果の検討は行なっていないが、700 MWe クラスの LMFBR では、<sup>(15)</sup>  $0.30\sim0.74\% \Delta k/k$  である。このことから、より体系の大きくなる GCFR では、輸送効果として  $0.50\% \Delta k/k$  を採用することはほぼ妥当な所であると考えられる。

以上の結果を反映させると、Table 9 に示した実効増倍率は、 $0.15\% \Delta k/k$  高くなると考えられる。個々の効果はかなり大きなものであるが、GCFR では中性子ストリーミングの負の効果が非常に大きく、正の輸送理論効果を相殺するよう働きいている。 $0.15\% \Delta k/k$  は余剰反応度と比較して大きくなく、かつこの相異が他の核特性に影響を与えるとは考えられない。

次に、燃焼状態 BOEC, EOEC について考えてみる。BOEC, EOEC は炉心と軸方向ブランケットの燃料組成から設定したものである。つまり、BOEC では、初装荷燃料、1 年燃焼燃料、2 年燃焼燃料、EOEC では、1 年、2 年、3 年燃焼燃料が、それぞれ  $1/3$  づつ挿入されている原子炉系である。半径方向ブランケットの燃料交換法が炉心と軸方向ブランケットのそれと異なるとすれば、各 BOEC, EOEC に対して半径方向ブランケットの異なる燃焼状態に対応して、種々の BOEC, EOEC を考えることができる。本研究においては、半径方向ブランケットを一体として、3 年毎に交換することを仮定しているので、BOEC として、半径方向ブランケット燃料が初装荷、1 年燃焼、2 年燃焼の 3 つのケースを考えられる。それに対応して、EOEC では、半径方向ブランケット燃料が 1 年、2 年、3 年燃焼の 3 つのケースを考えることができる。これらの燃焼状態の異なる系の実効増倍率を Table 3～6 の物質原子数密度と後に示す Table 21, 22 の物質反応度係数を用い、1 次摂動論によって推定し、非均質効果、輸送効果と共に実効増倍率を Table 10 にまとめた。また、炉心、および径方向ブランケットの燃料交換を考慮した場合の実効増倍率の時間的推移の一例を Fig. 4 に示した。

## 5.2 増殖比と共存システムの倍増時間

核燃料の増殖性を表わす量として増殖比、倍増時間がよく用いられる。増殖比 BR としては、

$$BR = \sum_j BR_j = \sum_j \frac{\sum_g \sum_l N^{l,j} \sigma_{c,g}^{l,j} \phi_g^j}{\sum_k \sum_m \sum_g N^{m,k} \sigma_{a,g}^{m,k} \phi_g^k} \quad (11)$$

と定義される。ここで、 $m$ と $l$ はそれぞれ核分裂性核種と親核種を表わすインデックスであり、 $j$ と $k$ はそれらの核種が存在する領域を表わすインデックスである。 $g$ は中性子エネルギー群のインデックスであり、 $N$ ,  $\sigma_c$ ,  $\sigma_a$ ,  $\phi$ はそれぞれ原子数密度、中性子捕獲群定数、中性子吸収群定数、領域積分中性子束である。

倍増時間には、一般にSDT (Simple Doubling Time)とCSDT (Compound System Doubling Time)が用いられることが多い。SDTは、原子炉からの増殖利得( $BR-1$ )を貯蔵し続け、その累積貯蔵量が初装荷燃料量と等しくなるに要する時間(年単位)である。一方、CSDTは、比較的多数基の高速炉がすでに投入されており、それらの原子炉からの増殖利得は直ちに新設高速炉の核燃料として用いられることから、出力規模が当初の2倍になるに要する時間と考えることができる。SDTとCSDTは、通常の1種類の燃料サイクルに基く高速炉には適用できるが、ここで問題としている2種類の核燃料サイクルに基く共存システムに対しては、そのまま適用することはできない。

通常の倍増時間は、高速炉から生産された核燃料物質は再び高速炉で使用される、つまり高速炉のみによって形成されるシステムを対象としている。これと同等の共存システムに対する倍増時間は、共存システムのみによって形成される核エネルギー・システムを対象とすると考えることが妥当であろう。この観点から、共存システムの倍増時間を考えてみる。ここでは、通常のCSDTに対応する共存システムの倍増時間DTSS (Doubling Time for Symbiotic System)について考察する。

時刻 $t$ の共存システムの熱出力を $P_s(t)$ とすると、

$$P_s(t) = P_c(t) + P_v(t) \quad (12)$$

である。ここで、 $P_c(t)$ と $P_v(t)$ は共存システムを構成するGCFRとVHTRの熱出力である。GCFRとVHTRの構成比は時刻 $t$ に依存せず、一定であるとする。

$$P_v(t) = k P_c(t) \quad (13)$$

となり、VHTRはGCFRより多く投入されることが共存システムに関して望ましいので、 $k > 1$ である。

共存システムの成長率を $\alpha$ とすると、VHTRとGCFRの構成比が時間に依存せず一定であることを考慮すれば $P_s(t)$ は、

$$\begin{aligned} P_s(t) &= P_s^0 \cdot \exp(\alpha t) \\ &= (P_c^0 + P_v^0) \cdot \exp(\alpha t) \end{aligned} \quad (14)$$

となる。 $P_s^0$ ,  $P_c^0$ ,  $P_v^0$ は初期条件としての熱出力である。共存システムの倍増時間DTSSとして、初期出力の2倍になるに要する時間として考えると、

$$DTSS = \frac{1}{\alpha} \ln 2$$

となる。成長率 $\alpha$ は、当然核エネルギー需要予測が決れば、一義的に定まるのであるが、一方、共存システムの増殖性能によって制限を受ける。共存システムの倍増時間を問題にする場合、通常のCSDTを考える場合と同様に、 $\alpha$ を増殖性能の関数として与えることによって、需要予測によって期待される生成率を満足するかどうかを検討する。

熱出力の時間的変化を核分裂性物質のバランスの観点から定式化すると

$$\left. \begin{aligned} M^{Pu} \frac{d P_g(t)}{dt} &= g^{Pu} P_g(t) \cdot l_f \\ M^U \frac{d P_v(t)}{dt} + r^U P_v(t) \cdot l_f &= g^U P_g(t) \cdot l_f \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

となる。ここで、 $M^{Pu}$ 、 $M^U$ は単位熱出力当たりに要するGCFRの炉心の初装荷核分裂性Pu所要量とVHTRの初装荷U233所要量である。 $g^{Pu}$ と $g^U$ はGCFRにおける単位時間、単位熱出力当たりの核分裂性PuとU233の増殖利得である。 $r^U$ はVHTRにおける単位時間、単位熱出力当たりのU233消費量である。 $l_f$ は原子炉稼動率であり、GCFRとVHTRで同じであると仮定している。(13)と(14)を(15)に代入すれば、

$$\left. \begin{aligned} M^{Pu} \alpha &= g^{Pu} \cdot l_f \\ M^U \alpha &= \left( \frac{g^U}{k} - r^U \right) l_f \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

となる。成長率 $\alpha > 0$ であるので、共存システムの成長率は、

$$(i) \quad M^U \cdot g^{Pu} \geq M^{Pu} \left( \frac{g^U}{k} - r^U \right) \text{ の時には,}$$

$$\alpha = \frac{(g^U - k r^U) l_f}{k \cdot M^U} \quad (17)$$

$$(ii) \quad M^U g^{Pu} \leq M^{Pu} \left( \frac{g^U}{k} - r^U \right) \text{ の時には}$$

$$\alpha = \frac{g^{Pu} \cdot l_f}{M^{Pu}} \quad (18)$$

となる。(i)の場合では共存システムのPu増殖利得に余剰を生じ、(ii)の場合ではU-233増殖利得に余剰を生じることになる。また、(17)と(18)から、GCFRとVHTRの成長率を一致させるように、両者の構成比 $k$ を定めると、

$$\begin{aligned} k &= \frac{P_v(t)}{P_g(t)} = \frac{M^{Pu} \cdot g^U}{M^U g^{Pu} + M^{Pu} r^U} \\ &= \frac{g^U / M^U}{g^{Pu} / M^{Pu} + r^U / M^U} \end{aligned} \quad (19)$$

となる。したがって、<sup>16</sup>式の $\alpha$ 、または<sup>18</sup>式を満足する、すなわち<sup>17</sup>、<sup>18</sup>を両方とも満足する $\alpha$ 、を用いて、共存システムの倍増時間DTSSを求めることができる。

$g^{Pu}$ ,  $g^U$ ,  $r^U$ について、炉心サイクルにおける損失を考慮し、1年当たり、1GWt当たり、として表わすことにする。GCFRの燃料炉内滞在期間を、炉心と軸方向ブランケットに対して $T_G^1$ (年)、径方向ブランケットに対して $T_G^2$ (年)とし、VHTRのそれを $T_V$ (年)とする。これらの滞在期間を経て取出される燃料の1GWt当たりの核分裂物質量を、 $M_G^{Pu}(T_G^1)$ ,  $M_G^U(T_G^2)$ ,  $M_V^U(T_V)$ とする。これらは、それぞれ、GCFRの炉心と軸方向ブランケット、径方向ブランケットから取出される核分裂性Pu, U-233、およびVHTRからのU-233の量である。また、炉外サイクル(再処理、再加工)における損失率をGCFR、VHTRに共通の $v$ を仮定すると、 $g^{Pu}$ ,  $g^U$ ,  $r^U$ は、

$$\left. \begin{aligned} g^{Pu} &= \frac{1}{T_G^1} \left\{ M_G^{Pu}(T_G^1) \cdot (1-v) - M^{Pu} \right\} \\ g^U &= \frac{1}{T_G^2} \cdot M_G^U(T_G^2) \cdot (1-v) \\ r^U &= \frac{1}{T_V} \left\{ M^U - M_V^U(T_V) \cdot (1-v) \right\} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

となり、燃焼計算を行うことによって求められる。GCFRに関する燃料に伴う変化は原子数密度の形でTable 4～6に与えている。VHTRについては、Ref.(1)にDELIGHTコードの計算結果が得られている。したがって、これらを換算することによって $g^{Pu}$ ,  $g^U$ ,  $r^U$ を求めることができる。

Table 11にBOEC, EOECにおける<sup>10</sup>式に基く増殖比を示した。Table 12には、GCFRとVHTRの熱出力、初装荷核分裂物質量、平衡サイクルにおける装荷および取出し核分裂物質量についてまとめて示した。初装荷核分裂物質量として、平衡サイクル時の装荷核分裂物質量にバッチ数を乗じて与えているが、4.2の議論からかなり過大評価し、増殖性能は過小評価することになる。Table 13には、GCFRの増殖利得 $g^{Pu}$ ,  $g^U$ およびVHTRの燃料消費量 $r^U$ を<sup>20</sup>式に基き炉外サイクルでの損失率をパラメータとして計算し、まとめている。

Table 14には、<sup>17</sup>式と<sup>18</sup>式が共に成立する場合のGCFRとVHTRの投入割合 $k = P_V(t)/P_G(t)$ を炉外サイクルでの燃料損失率をパラメータとして示した。この結果、選定したGCFR 1基は約2基のVHTRに燃料供給する共存システムを成立する可能性があることを示している。

Table 15には、GCFR 1基とVHTR約2基からなる共存システムのみによる核エネルギー供給成長率 $\alpha$ と<sup>18</sup>式の意味での共存システムの倍増時間を示している。炉外サイクルにおける核燃料損失率を1%～2%と考えると、上述の共存システムは、核エネルギー需要成長率が比較的低い、0.9%～0.8%/年に対応でき、その場合の倍増時間は80～90年になる。共存システムのVHTRの投入割合をより高く、かつ倍増時間をより短かくするためには、GCFRのPuおよびU-233増殖性能を共に格段に向上させることが要件となる。

以上の共存システムの倍増時間の検討より、共存システムのみによって核エネルギー需要を将来長期に亘って充足するためには、高々年間成長率1%の比較的低い経済成長に対してのみ

有効であることが明らかとなった。

### 5.3 中性子分布と中性子スペクトル

GCFRでは、冷却材としてHeを使用し、このHeは中性子との反応面積が小さく、かつ中性子減速断面積も小さい。このことによって、GCFRは中性子漏洩が大きな体系で、かつ中性子スペクトルもLMFBRのそれと比較して硬いことが特徴である。中性子束分布と中性子スペクトルは、GCFRの各領域の物質の中性子照射量を知る上で重要となる。Table16とTable17にBOEC、EOECにおける各領域の体積平均での中性子束分布を示した。中性子束は熱出力が2857 MWtになるように規格化されている。したがって、近似的に  $\int \Sigma_f \phi dv = \text{一定}$  となるので、燃焼に伴なう中性子束分布の変動は、各領域の  $\Sigma_f$  が燃焼によって変化することに伴なって生ずることが主原因である。この計算結果は均質モデルに基くものであるが、燃料ピンの非均質配列を考慮した非均質モデルに基く計算によれば、均質モデルの結果と比較して、特に軸方向の分布に影響がでてくる。すなわち、軸方向への中性子漏洩が増加するため、非均質モデルに基く中性子束分布はより軸方向に平坦化され、プレナム最外端では、約7~10%高くなる。<sup>(13)</sup>

BOECとEOEC時の各領域における平均中性子スペクトルをTable 18とTable 19に示した。この場合、g群の中性子束を  $\phi_g$  とすると、各領域について  $\sum_g \phi_g = 1$  に規格化している。これらのTableの値を比較することによって、燃焼に伴なう中性子スペクトル変化は非常に小さいことがわかる。燃焼による影響は低エネルギー側に現われ、EOEC時の中性子スペクトルはBOECのそれと比較して硬化している。これは核分裂生成物の蓄積による影響である。しかし、この場合には燃焼に伴なう制御棒挿入状態から引抜き状態になるために生ずる中性子スペクトル軟化の効果を考慮していない。したがって、この効果を導入すれば、特に制御棒が存在するCore-1領域の中性子スペクトルの燃焼に伴なう変動は、Tableの値より小さくなるものと推定される。

Table 4      Fuel Composition after 1 Year Irradiation  
of Charged Fuel given in Table 3

(unit : kg)

Region Nuclide \	Core 1	Core 2	Core 3	A. Blanket	R. Blanket
U - 235	10.6	3.9	3.8	21.3	0.0
U - 238	6297.3	2256.6	2122.8	11455.1	0.0
Pu - 239	652.5	298.5	373.0	74.9	0.0
Pu - 240	272.8	129.7	165.0	0.8	0.0
Pu - 241	120.3	59.6	79.0	0.0	0.0
Pu - 242	62.9	29.9	37.9	0.0	0.0
U - 233	0.0	0.0	0.0	0.0	89.4
Th - 232	0.0	0.0	0.0	0.0	49766.0

Table 5      Fuel Composition after 2 Year Irradiation  
of Charged Fuel given in Table 3

(unit ; kg)

Region Nuclide \	Core 1	Core 2	Core 3	A. Blanket	R. Blanket
U - 235	8.7	3.4	3.4	20.0	0.0
U - 238	6142.9	2211.7	2090.9	11372.1	0.0
Pu - 239	670.7	294.4	361.1	146.6	0.0
Pu - 240	279.1	130.6	165.7	2.9	0.0
Pu - 241	104.3	53.1	72.7	0.0	0.0
Pu - 242	64.5	30.5	38.5	0.0	0.0
U - 233	0.0	0.0	0.0	0.0	175.5
Th - 232	0.0	0.0	0.0	0.0	49674.7

Table 6      Fuel Composition after 3 Year Irradiation  
of Charged Fuel given in Table 3

(unit; kg)

Region Nuclide \	Core 1	Core 2	Core 3	A. Blanket	R. Blanket
U - 235	7.2	2.9	3.1	18.7	0.0
U - 238	5990.3	2168.3	2059.9	11287.4	0.0
Pu - 239	683.4	290.4	350.3	214.9	0.0
Pu - 240	285.6	131.5	166.2	6.2	0.0
Pu - 241	96.3	50.1	69.7	0.0	0.0
Pu - 242	65.3	30.7	38.9	0.0	0.0
U - 233	0.0	0.0	0.0	0.0	258.7
Th - 232	0.0	0.0	0.0	0.0	49582.7

Table 7 Atomic Number Densities used for 2-D Calculation at BOEC

Nuclide	Core 1-1	Core 1-2	Core 1-3	Core 1-4
O-235	8.61031094E-06	8.70012809E-06	8.77052935E-06	8.84415294E-06
O-238	5.12270257E-02	5.12958083E-03	5.13600558E-03	5.13972342E-03
Pu-239	5.31332800E-04	5.30304620E-04	5.29377721E-04	5.27575146E-04
Pu-240	2.21165625E-04	2.20811271E-04	2.20612391E-04	2.19659822E-04
Pu-241	1.10379682E-04	1.11312809E-04	1.12125330E-04	1.12735215E-04
Pu-242	5.05635107E-05	5.04579803E-05	5.04295604E-05	5.01858740E-05
RE	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04
O	1.22359991E-02	1.22359991E-02	1.22359991E-02	1.22359991E-02
K	1.69850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03
Fe	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03
Ni	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04
H-232	0.0	0.0	0.0	0.0
O-236	4.67940822E-07	4.47004425E-07	4.33506418E-07	4.08266089E-07
Pa-233	0.0	0.0	0.0	0.0
O-233	0.0	0.0	0.0	0.0
O-234	0.0	0.0	0.0	0.0
An-241	4.49329218E-06	4.52957297E-06	4.55947611E-06	4.58702743E-06
Fp-235	2.03880916E-05	1.94103632E-05	1.78176997E-05	1.90521823E-05
Fp-239	1.04985093E-04	9.95939504E-05	9.53241833E-05	9.31653049E-05

Table 7 Cont'd

Nuclide	Core		
	Core 1	Core 2	Core 3
U-235	8.62137949E-06	8.38502001E-06	1.47952162E-09
U-238	4.90384176E-03	4.61308286E-03	9.65410477E-12
PU-239	6.45957189E-04	8.07266450E-04	0.0
PU-240	2.79437052E-04	3.55608063E-04	0.0
PU-241	1.47498853E-04	1.94410823E-04	0.0
PU-242	6.36975616E-05	8.09898920E-05	0.0
HE	6.90799905E-04	6.90799905E-04	3.10749980E-04
J	1.22440010E-02	1.22490004E-02	2.44570002E-02
CK	1.69850001E-03	1.69850001E-03	2.34099990E-03
FE	7.30900094E-03	7.30900094E-03	9.59460065E-03
NI	6.29520044E-04	6.29520044E-04	9.59610101E-04
TH-232	0.0	0.0	1.23429447E-02
U-236	3.38123812E-07	2.56666121E-07	5.63000777E-15
PA-233	0.0	0.0	1.28028751E-06
U-233	0.0	0.0	7.68403606E-06
U-234	0.0	0.0	3.39926657E-07
AM-241	5.99861050E-06	7.88319358E-06	8.24038437E-09
FP-235	1.87825062E-05	1.36557121E-05	0.0
FP-239	1.06218926E-04	1.01928104E-04	5.28013757E-08
			0.0

Table 7 Cont'd

	AB 1-1	AB 1-2	AB 1-3	AB 1-4
J -235	1.22830597E-05	1.23470081E-05	1.23735445E-05	1.25105189E-05
J -238	6.65200502E-03	6.65535405E-03	6.65682927E-03	6.66395202E-03
PU-239	5.77890605E-05	5.46135577E-05	5.33162820E-05	4.69837541E-05
PU-240	8.04130707E-07	7.13058625E-07	6.64438289E-07	5.07421021E-07
PU-241	1.22371766E-08	9.96970862E-09	8.75805384E-09	5.74341286E-09
PU-242	7.02839037E-11	5.38062234E-11	4.54058596E-11	2.58372768E-11
HE	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04
J	1.33219995E-02	1.33219995E-02	1.33219995E-02	1.33219995E-02
CR	1.69850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03
FE	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03
NI	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04
Fr-232	0.0	0.0	0.0	0.0
J -236	3.35790901E-07	3.16634441E-07	3.06981008E-07	2.68004782E-07
PA-233	0.0	0.0	0.0	0.0
J -233	0.0	0.0	0.0	0.0
J -234	0.0	0.0	0.0	0.0
AM-241	1.20431193E-10	9.83303439E-11	8.62188237E-11	5.65584662E-11
FP-235	3.43620104E-06	3.26265023E-06	3.29693361E-06	3.02898843E-06
FP-239	1.70029762E-06	1.52076427E-06	1.45493959E-06	1.10882775E-06

Table 7 Cont'd

Nuclide	AB 2	AB 3	Reflector	CRP & SRP
U-235	1.27255089E-05	1.29450254E-05	0.0	0.0
U-238	6.67543337E-03	6.68757036E-03	0.0	0.0
PU-239	3.64259031E-05	2.54287558E-05	0.0	0.0
PU-240	2.99487681E-07	1.47086098E-07	0.0	0.0
PU-241	2.60811572E-09	1.04922693E-09	0.0	0.0
PU-242	8.93688162E-12	2.51672294E-12	0.0	0.0
Hf	6.90799905E-04	6.90799905E-04	4.67000064E-04	1.75240007E-03
O	1.3321995E-02	1.3321995E-02	0.0	0.0
Ck	1.69850001E-03	1.69850001E-03	7.10820034E-03	1.68309989E-03
Fe	7.30900094E-03	7.30900094E-03	4.43079993E-02	1.09690018E-02
Ni	6.29520044E-04	6.29520044E-04	0.0	0.0
Th-232	0.0	0.0	0.0	0.0
U-236	2.06273910E-07	1.44968908E-07	0.0	0.0
Pa-233	0.0	0.0	0.0	0.0
U-233	0.0	0.0	0.0	0.0
U-234	0.0	0.0	0.0	0.0
Am-241	2.56965144E-11	1.03431057E-11	0.0	0.0
Fp-235	2.61596233E-06	1.83669908E-06	0.0	0.0
Fp-239	6.61874708E-07	3.22295421E-07	0.0	0.0

Table 8 Atomic Number Densities used for 2-D Calculations at EOEC

Nuclide	Core 1-1	Core 1-2	Core 1-3	Core 1-4
U-235	6.98663551E-06	7.1576146E-06	7.29059138E-06	7.42283282E-06
U-238	4.98562679E-05	5.00122085E-03	5.01532108E-03	5.02353534E-03
PU-239	5.47241420E-04	5.45552699E-04	5.44099603E-04	5.40984096E-04
PU-240	2.27013355E-04	2.26202828E-04	2.26151940E-04	2.23857147E-04
PU-241	9.01796864E-05	9.17963043E-05	9.32080564E-05	9.41819453E-05
PU-242	5.19176974E-05	5.17735316E-05	5.17662702E-05	5.13583800E-05
H-1	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04
O	1.22359991E-02	1.22359991E-02	1.22359991E-02	1.22359991E-02
CR	1.59850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03
FE	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03
NI	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04
TH-232	0.0	0.0	0.0	0.0
U-236	8.40212254E-07	8.03274190E-07	7.79776371E-07	7.36609024E-07
PA-233	0.0	0.0	0.0	0.0
U-233	0.0	0.0	0.0	0.0
U-234	0.0	0.0	0.0	0.0
AM-241	7.50824438E-06	7.64601009E-06	7.75666103E-06	7.85416250E-06
FR-235	4.01242432E-05	3.79760313E-05	3.46586312E-05	3.69009356E-05
FP-239	2.07935242E-04	1.96571855E-04	1.86595338E-04	1.81778349E-04

Table 8 Cont'd

Nuclide	Core 2	Core 3	RB 1		RB 2
			RB 1	RB 2	
U -235	7.42134216E-06	7.50051368E-06	7.48985229E-09	5.20845589E-11	
U -238	4.80642542E-03	4.54374775E-03	0.0	0.0	
PU-239	6.37066085E-04	7.81502575E-04	0.0	0.0	
PU-240	2.81488756E-04	3.57107725E-04	0.0	0.0	
PU-241	1.25193983E-04	1.69905776E-04	0.0	0.0	
PU-242	6.50669972E-05	6.22915463E-05	0.0	0.0	
HE	6.90799905E-04	6.90799905E-04	3.10749980E-04	3.10749980E-04	
U	1.22440010E-02	1.22490004E-02	2.44570002E-02	2.44570002E-02	
CK	1.69850001E-03	1.69850001E-03	2.34099990E-03	2.34099990E-03	
FE	7.30900094E-03	7.30900094E-03	9.59460065E-03	9.59460065E-03	
NI	6.29520044E-04	6.29520044E-04	9.59610101E-04	9.59610101E-04	
TH-232	0.0	0.0	1.22117922E-02	1.22117922E-02	
U -236	6.16380000E-07	4.80146639E-07	5.32771882E-11	6.17662930E-14	
PA-233	0.0	0.0	9.71824738E-06	1.30745775E-06	
U -233	0.0	0.0	1.21866789E-04	1.67448743E-05	
U -234	0.0	0.0	9.96348717E-07	2.43420963E-08	
AM-241	1.04529590E-05	1.41379269E-05	0.0	0.0	
FP-235	3.61399434E-05	2.63194088E-05	7.46327805E-06	1.72858506E-07	
FP-239	2.03729942E-04	1.94997716E-04	0.0	0.0	

Table 8 Cont'd

Nuclide	AB 1-1	AB 1-2	AB 1-3	AB 1-4
U -235	1.11887630E-05	1.13218264E-05	1.13793267E-05	1.16341043E-05
U -238	6.58598915E-03	6.59391284E-03	6.59771636E-03	6.61218166E-03
Pu-229	1.13427595E-04	1.06977881E-04	1.03509199E-04	9.15572164E-05
Pu-240	2.86442810E-06	2.50590438E-06	2.33655464E-06	1.78868777E-06
Pu-241	5.40300178E-08	5.61422659E-08	5.10697333E-08	3.36687123E-08
Pu-242	7.11582127E-10	6.40876241E-10	5.54689628E-10	3.16609849E-10
He	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04	6.90799905E-04
Ca	1.33219995E-02	1.33219995E-02	1.33219995E-02	1.33219995E-02
Fe	1.69650001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03	1.69850001E-03
Ni	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03	7.30900094E-03
Tl-232	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04	6.29520044E-04
U-236	0.0	0.0	0.0	0.0
Pa-233	0.0	0.0	0.0	0.0
U-233	0.0	0.0	0.0	0.0
U-234	0.0	0.0	0.0	0.0
Am-241	1.22431532E-09	1.19225696E-09	1.07524922E-09	7.10019821E-10
Fm-235	7.42184329E-06	6.99907741E-06	7.07764138E-06	6.30950035E-06
Fm-239	6.51655409E-06	5.75969716E-06	5.47816580E-06	4.17891079E-06

Table 8 Cont'd

Nuclid	AB 2	AB 3	Reflector	CRP & SRP
U -235	1.20370705E-05 6.63545355E-03	1.24550024E-05 6.65985048E-03	0.0 0.0	0.0 0.0
U -238	7.14101479E-05 1.06575044E-06	5.02273324E-05 5.27172052E-07	0.0 0.0	0.0 0.0
PU-239	1.57814490E-08	5.92250871E-09	0.0	0.0
PU-240	1.12500148E-10	3.00716951E-11	0.0	0.0
PU-241	6.90799905E-04	6.90799905E-04	4.67000064E-04	1.75240007E-03
PU-242	1.33219995E-02	1.33219995E-02	0.0	0.0
H E	1.69850001E-03	1.69850001E-03	7.10820034E-03	1.68309989E-03
D	7.30900094E-03 6.29520044E-04	7.30900094E-03 6.29520044E-04	4.43079993E-02 0.0	1.09690018E-02 0.0
C R	0.0	0.0	0.0	0.0
F E	3.55179939E-07	2.30911706E-07	0.0	0.0
N I	0.0	0.0	0.0	0.0
H -232	0.0	0.0	0.0	0.0
U -236	0.0	0.0	0.0	0.0
P A -233	0.0	0.0	0.0	0.0
U -233	0.0	0.0	0.0	0.0
U -234	0.0	0.0	0.0	0.0
A m -241	3.31384475E-10	1.27119801E-10	0.0	0.0
F P -235	5.36997504E-06	3.75583022E-06	0.0	0.0
F P -239	2.50321318E-05	1.22094207E-06	0.0	0.0

Table 9 Keff's and Fissile Plutonium Enrichments at  
BOEC and EOEC Calculated by Standard  
2-D Diffusion Approximation

Item	BOEC	EOEC
Keff	1.02678	1.01031
Fissile Pu enrichment (a/o)		
Core 1	10.46	10.74
Core 2	13.12	12.87
Core 3	16.53	16.01
Core	12.33	12.33

Table 10 Corrections for Keff obtained by  
Standard Diffusion Calculation

Items	BOEC	EOEC
Keff Standard	1.0268	1.0103
Transport correction	0.0050	0.0050
Heterogeneity correction	-0.0035	-0.0035
Radial blanket correction		
- Initial charge	-0.0018	-0.0038
- 1 year dwelling	-	-0.0021
- 2 year dwelling	0.0021	-
- 3 year dwelling	0.0039	0.0018

Table 11      Breeding Ratio at BOEC  
and EOEC

Region	Burnup state	BOEC	EOEC
Core		0.8207	0.8095
Axial blanket		0.3035	0.3082
Radial blanket		0.3579	0.3585
Sum		1.4821	1.4762

Table 12      Initial Fissile Inventory and Charged  
and Discharged Fissile of GCFR and  
VHTR in Symbiotic System

Item	Reactor	GCFR	VHTR
Thermal power (GWt)		2.857	3.000
Initial Fissile Inventory (t/GWt)			
- Pu - 239		1.383	0
- Pu - 241		0.318	0
- U - 233		0	0.708
Sum		1.701	0.708
Charged Fissile at BOEC (t/GWt·yr)			
- Pu - 239		0.461	0
- Pu - 241		0.106	0
- U - 233		0	0.177
Sum		0.567	0.177
Discharged Fissile at EOEC (t/GWt·yr)			
- Pu - 239		0.539	0
- Pu - 241		0.076	0
- U - 233		0.091	0.154
Sum		0.706	0.154

Table 13 Fissile Pu and U-233 Breeding  
 Gain of GCFR and VHTR as a  
 Function of Loss Factor in  
 External Cycle

Fuel loss factor in external cycle	G C F R		V H T R
	Fissile Pu gain	$^{233}\text{U}$ gain	$^{233}\text{U}$ gain
0.000	0.0484	0.0906	- 0.0230
0.005	0.0454	0.0902	- 0.0238
0.010	0.0423	0.0897	- 0.0245
0.015	0.0392	0.0892	- 0.0253
0.020	0.0362	0.0888	- 0.0261

(unit: t/GWt·yr)

Table 14 VHTR/GCFR Installed Power Ratio in Symbiotic System as a Function of Fissile Loss Factor in External Cycle

Fissile Loss factor	$P_v / P_g$
0.000	2.09
0.005	2.10
0.010	2.12
0.015	2.14
0.020	2.15

 $P_v$  : Thermal power from VHTR $P_g$  : Thermal power from GCFR

Table 15 Growth Rate and Doubling Time of A Symbiotic System between a GCFR and two VHTRs

Fissile loss factor	Expected system growth rate (1/yr)	Symbiotic system doubling time (yr)
0.000	0.0101	69.0
0.005	0.0094	73.6
0.010	0.0088	79.0
0.015	0.0082	85.1
0.020	0.0075	92.3

Table 16 Region Average Neutron Flux Density at BOEC

Group	Region Average Neutron Flux Density at BOEC			
	Core 1-1	Core 1-2	Core 1-3	Core 1-4
1	0.779948E+15	0.726760E+15	0.642478E+15	0.697684E+15
2	0.360396E+14	0.336683E+14	0.295679E+14	0.322385E+14
3	0.872927E+14	0.815993E+14	0.726716E+14	0.780969E+14
4	0.166479E+15	0.155793E+15	0.142138E+15	0.148756E+15
5	0.232117E+15	0.217310E+15	0.199818E+15	0.207317E+15
6	0.356757E+15	0.334715E+15	0.318425E+15	0.316614E+15
7	0.565441E+15	0.530924E+15	0.502166E+15	0.496974E+15
8	0.517720E+15	0.486622E+15	0.457304E+15	0.449523E+15
9	0.544160E+15	0.510372E+15	0.482421E+15	0.464030E+15
10	0.456259E+15	0.426806E+15	0.401830E+15	0.380957E+15
11	0.263164E+15	0.245231E+15	0.223551E+15	0.215946E+15
12	0.144252E+15	0.134155E+15	0.125212E+15	0.116769E+15
13	0.892903E+14	0.828828E+14	0.796956E+14	0.711494E+14
14	0.449859E+14	0.416954E+14	0.405269E+14	0.352424E+14
15	0.195693E+14	0.181170E+14	0.182463E+14	0.150668E+14
16	0.707124E+13	0.653793E+13	0.701212E+13	0.535571E+13
17	0.199361E+13	0.183318E+13	0.215186E+13	0.148633E+13
18	0.410856E+12	0.376437E+12	0.501171E+12	0.301466E+12
19	0.793293E+11	0.717723E+11	0.108363E+12	0.570928E+11
20	0.106579E+11	0.945587E+10	0.171328E+11	0.752515E+10
21	0.172142E+10	0.147769E+10	0.308133E+10	0.118001E+10
22	0.100094E+10	0.864674E+09	0.140618E+10	0.697891E+09
23	0.334990E+09	0.274137E+09	0.490469E+09	0.231451E+09
24	0.385392E+08	0.311648E+08	0.893428E+08	0.265576E+08
25	0.202878E+07	0.159823E+07	0.811207E+07	0.137236E+07
TOTAL	0.354068E+16	0.315406E+16	0.304287E+16	0.272729E+16

(unit : n/cm<sup>2</sup> - sec)

Table 16 Cont'd

Group	Core 3	RB 1	RB 2	Reflector	AB 1-1
1	0.559571E+13	0.688322E+12	0.195184E+11	0.554340E+10	0.928052E+12
2	0.259530E+14	0.314255E+13	0.861595E+11	0.236870E+11	0.424805E+13
3	0.617482E+14	0.801945E+13	0.244028E+12	0.760665E+11	0.109533E+14
4	0.114715E+15	0.172098E+14	0.664343E+12	0.236150E+12	0.223286E+14
5	0.157012E+15	0.286562E+14	0.137446E+13	0.579835E+12	0.351880E+14
6	0.222309E+15	0.461644E+14	0.267300E+13	0.160068E+13	0.675455E+14
7	0.333572E+15	0.821122E+14	0.583565E+13	0.393457E+13	0.135169E+15
8	0.295345E+15	0.846092E+14	0.719916E+13	0.412296E+13	0.144420E+15
9	0.295093E+15	0.945189E+14	0.948820E+13	0.633134E+13	0.178456E+15
10	0.237441E+15	0.863291E+14	0.106741E+14	0.938863E+13	0.179236E+15
11	0.136596E+15	0.579102E+14	0.805745E+13	0.340801E+13	0.115327E+15
12	0.728362E+14	0.346858E+14	0.532493E+13	0.229951E+13	0.702897E+14
13	0.420834E+14	0.231542E+14	0.396280E+13	0.241219E+13	0.501245E+14
14	0.202760E+14	0.124591E+14	0.235873E+13	0.178538E+13	0.313542E+14
15	0.836078E+13	0.708023E+13	0.152064E+13	0.141293E+13	0.184874E+14
16	0.286553E+13	0.356852E+13	0.869097E+12	0.116131E+13	0.103927E+14
17	0.760085E+12	0.151654E+13	0.415384E+12	0.929170E+12	0.498799E+13
18	0.160717E+12	0.595586E+12	0.219555E+12	0.723672E+12	0.234204E+13
19	0.403589E+11	0.288639E+12	0.106625E+12	0.535099E+12	0.833714E+12
20	0.964951E+10	0.172643E+12	0.846988E+11	0.366923E+12	0.295085E+12
21	0.419855E+10	0.105724E+12	0.677322E+11	0.236521E+12	0.102994E+12
22	0.368712E+10	0.505631E+11	0.488291E+11	0.140374E+12	0.102384E+12
23	0.102303E+10	0.222074E+11	0.272376E+11	0.730808E+11	0.665388E+11
24	0.811512E+09	0.169342E+11	0.136024E+11	0.328775E+11	0.359930E+11
25	0.644866E+07	0.537179E+10	0.738816E+10	0.121823E+11	0.620106E+10
101AL			0.595184E+15	0.613431E+14	0.108322E+16

Table 16 Cont'd

Group	AB 1-2	AB 1-3	AB 1-4	AB 2	AB 3
1	0.860009E+12	0.840527E+12	0.758934E+12	0.650836E+12	0.446988E+12
2	0.393387E+13	0.381112E+13	0.347225E+13	0.299492E+13	0.205930E+13
3	0.101592E+14	0.995882E+13	0.898065E+13	0.767425E+13	0.527148E+13
4	0.207591E+14	0.208809E+14	0.183382E+14	0.153569E+14	0.105678E+14
5	0.328152E+14	0.336561E+14	0.290165E+14	0.238548E+14	0.165881E+14
6	0.632525E+14	0.663212E+14	0.555916E+14	0.437907E+14	0.298962E+14
7	0.127102E+15	0.132774E+15	0.110660E+15	0.843419E+14	0.571650E+14
8	0.135768E+15	0.135713E+15	0.117186E+15	0.896409E+14	0.609366E+14
9	0.167311E+15	0.163049E+15	0.142777E+15	0.109334E+15	0.743432E+14
10	0.167493E+15	0.164821E+15	0.141026E+15	0.105629E+15	0.721026E+14
11	0.107272E+15	0.986302E+14	0.896920E+14	0.691856E+14	0.479363E+14
12	0.651865E+14	0.600098E+14	0.541467E+14	0.420510E+14	0.293505E+14
13	0.463380E+14	0.433237E+14	0.382542E+14	0.295200E+14	0.207118E+14
14	0.289072E+14	0.267807E+14	0.237304E+14	0.182767E+14	0.127527E+14
15	0.170111E+14	0.158950E+14	0.138989E+14	0.106401E+14	0.746319E+13
16	0.955621E+13	0.908658E+13	0.779259E+13	0.591742E+13	0.415853E+13
17	0.458666E+13	0.450639E+13	0.373904E+13	0.280258E+13	0.196789E+13
18	0.216111E+13	0.217619E+13	0.177849E+13	0.133504E+13	0.956288E+12
19	0.769596E+12	0.834382E+12	0.633196E+12	0.465421E+12	0.340481E+12
20	0.272968E+12	0.310225E+12	0.226558E+12	0.166755E+12	0.133722E+12
21	0.947153E+11	0.115089E+12	0.778058E+11	0.564980E+11	0.496279E+11
22	0.931124E+11	0.931143E+11	0.747732E+11	0.564869E+11	0.475533E+11
23	0.548614E+11	0.542668E+11	0.463745E+11	0.380340E+11	0.307819E+11
24	0.300777E+11	0.268260E+11	0.255874E+11	0.215929E+11	0.170217E+11
25	0.545165E+10	0.637653E+10	0.503130E+10	0.447305E+10	0.428604E+10
TOTAL	0.101179E+16	0.993675E+15	0.861927E+15	0.663804E+15	0.455296E+15

Table 16 Cont'd

Group	CRP 1	CRP 2	SPR	CRP 3
1	0.352974E+13	0.360821E+13	0.334071E+13	0.332624E+13
2	0.161340E+14	0.165731E+14	0.153502E+14	0.152848E+14
3	0.405006E+14	0.410368E+14	0.379803E+14	0.378072E+14
4	0.818586E+14	0.810817E+14	0.749316E+14	0.745322E+14
5	0.118358E+15	0.115955E+15	0.107136E+15	0.106579E+15
6	0.201037E+15	0.191142E+15	0.176320E+15	0.175157E+15
7	0.329736E+15	0.314496E+15	0.290053E+15	0.287956E+15
8	0.305966E+15	0.293888E+15	0.270315E+15	0.267996E+15
9	0.337227E+15	0.322593E+15	0.294464E+15	0.291261E+15
10	0.302525E+15	0.287840E+15	0.259675E+15	0.256535E+15
11	0.166070E+15	0.162480E+15	0.145845E+15	0.143915E+15
12	0.986676E+14	0.944421E+14	0.840057E+14	0.825244E+14
13	0.663122E+14	0.636374E+14	0.561103E+14	0.550166E+14
14	0.377832E+14	0.350088E+14	0.307224E+14	0.300667E+14
15	0.199986E+14	0.180825E+14	0.157226E+14	0.153518E+14
16	0.100749E+14	0.881253E+13	0.758519E+13	0.739460E+13
17	0.462344E+13	0.391633E+13	0.333775E+13	0.325128E+13
18	0.208784E+13	0.176968E+13	0.150348E+13	0.1465597E+13
19	0.929489E+12	0.796917E+12	0.671786E+12	0.654888E+12
20	0.422589E+12	0.380700E+12	0.320717E+12	0.312841E+12
21	0.208556E+12	0.196729E+12	0.164264E+12	0.160046E+12
22	0.124790E+12	0.124421E+12	0.104445E+12	0.101676E+12
23	0.692837E+11	0.679470E+11	0.558025E+11	0.545460E+11
24	0.331601E+11	0.323622E+11	0.265891E+11	0.260011E+11
25	0.103777E+11	0.101182E+11	0.817018E+10	0.801546E+10
ALL	0.214629E+16	0.205797E+15	0.157575E+15	0.185674E+16

Table 17 Region Average Neutron Flux Density at EOEC

Group	Core 1-1			Core 1-2			Core 1-3			Core 1-4			Core 2		
	Core 1-1	Core 1-2	Core 1-3	Core 1-2	Core 1-3	Core 1-4	Core 1-3	Core 1-4	Core 2	Core 1-4	Core 1-3	Core 2	Core 1-3	Core 2	Core 1-3
1	0.801709E+13	0.738956E+13	0.643390E+13	0.690061E+13	0.699849E+13	0.699849E+13	0.318834E+14	0.324037E+14	0.324037E+14	0.318834E+14	0.324037E+14	0.324037E+14	0.772240E+14	0.772240E+14	0.772240E+14
2	0.370429E+14	0.341378E+14	0.296092E+14	0.727501E+14	0.727501E+14	0.727501E+14	0.206003E+15	0.206003E+15	0.206003E+15	0.206003E+15	0.206003E+15	0.206003E+15	0.147597E+15	0.147597E+15	0.147597E+15
3	0.697073E+14	0.827162E+14	0.158436E+15	0.142735E+15	0.142735E+15	0.142735E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.200359E+15	0.200359E+15	0.200359E+15
4	0.171693E+15	0.158436E+15	0.221266E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.200888E+15	0.319861E+15	0.319861E+15	0.319861E+15	0.319861E+15	0.319861E+15	0.319861E+15	0.292278E+15	0.292278E+15	0.292278E+15
5	0.239726E+15	0.340392E+15	0.340392E+15	0.305181E+15	0.305181E+15	0.305181E+15	0.495150E+15	0.495150E+15	0.495150E+15	0.495150E+15	0.495150E+15	0.495150E+15	0.446076E+15	0.446076E+15	0.446076E+15
6	0.368056E+15	0.584170E+15	0.540565E+15	0.460366E+15	0.460366E+15	0.460366E+15	0.485390E+15	0.485390E+15	0.485390E+15	0.485390E+15	0.485390E+15	0.485390E+15	0.48730E+15	0.48730E+15	0.48730E+15
7	0.584170E+15	0.535068E+15	0.495030E+15	0.404546E+15	0.404546E+15	0.404546E+15	0.381314E+15	0.381314E+15	0.381314E+15	0.381314E+15	0.381314E+15	0.381314E+15	0.318952E+15	0.318952E+15	0.318952E+15
8	0.561449E+15	0.519114E+15	0.438545E+15	0.245243E+15	0.245243E+15	0.245243E+15	0.126163E+15	0.126163E+15	0.126163E+15	0.126163E+15	0.126163E+15	0.126163E+15	0.117221E+15	0.117221E+15	0.117221E+15
9	0.470221E+15	0.458548E+14	0.420457E+14	0.180326E+14	0.180326E+14	0.180326E+14	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.714437E+14	0.714437E+14	0.714437E+14
10	0.190276E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.205129E+13	0.205129E+13	0.205129E+13	0.141319E+13	0.141319E+13	0.141319E+13	0.141319E+13	0.141319E+13	0.141319E+13	0.352590E+14	0.352590E+14	0.352590E+14
11	0.271024E+15	0.136334E+15	0.840944E+14	0.802461E+14	0.802461E+14	0.802461E+14	0.406220E+14	0.406220E+14	0.406220E+14	0.406220E+14	0.406220E+14	0.406220E+14	0.216517E+15	0.216517E+15	0.216517E+15
12	0.148491E+15	0.917151E+14	0.420457E+14	0.181010E+14	0.107387E+14	0.107387E+14	0.107387E+14								
13	0.695177E+13	0.637300E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.521512E+13	0.521512E+13	0.521512E+13
14	0.458548E+14	0.196771E+14	0.180326E+14	0.136334E+15	0.136334E+15	0.136334E+15	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.684045E+13	0.714437E+14	0.714437E+14	0.714437E+14
15	0.196771E+14	0.637300E+13	0.637300E+13	0.637300E+13	0.637300E+13	0.637300E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.174275E+13	0.406220E+14	0.406220E+14	0.406220E+14
16	0.695177E+13	0.376049E+12	0.342918E+12	0.245243E+15	0.245243E+15	0.245243E+15	0.989359E+09	0.989359E+09	0.989359E+09	0.989359E+09	0.989359E+09	0.989359E+09	0.461181E+12	0.461181E+12	0.461181E+12
17	0.190276E+13	0.376049E+12	0.342918E+12	0.621278E+11	0.621278E+11	0.621278E+11	0.953738E+11	0.953738E+11	0.953738E+11	0.953738E+11	0.953738E+11	0.953738E+11	0.500037E+11	0.500037E+11	0.500037E+11
18	0.376049E+12	0.688650E+11	0.621278E+11	0.739731E+10	0.739731E+10	0.739731E+10	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.139161E+11	0.599316E+10	0.599316E+10	0.599316E+10
19	0.688650E+11	0.657864E+09	0.563072E+09	0.156447E+09	0.156447E+09	0.156447E+09	0.960531E+09	0.960531E+09	0.960531E+09	0.960531E+09	0.960531E+09	0.960531E+09	0.470230E+09	0.470230E+09	0.470230E+09
20	0.834913E+10	0.174834E+09	0.160399E+08	0.619792E+06	0.619792E+06	0.619792E+06	0.306401E+09	0.306401E+09	0.306401E+09	0.306401E+09	0.306401E+09	0.306401E+09	0.137626E+09	0.137626E+09	0.137626E+09
21	0.115866E+10	0.176159E+08	0.160399E+08	0.619792E+06	0.619792E+06	0.619792E+06	0.514321E+08	0.514321E+08	0.514321E+08	0.514321E+08	0.514321E+08	0.514321E+08	0.147962E+08	0.147962E+08	0.147962E+08
22	0.657864E+09	0.176159E+08	0.160399E+08	0.619792E+06	0.619792E+06	0.619792E+06	0.366218E+07	0.366218E+07	0.366218E+07	0.366218E+07	0.366218E+07	0.366218E+07	0.555153E+06	0.555153E+06	0.555153E+06
23	0.174834E+09	0.176159E+08	0.160399E+08	0.619792E+06	0.619792E+06	0.619792E+06	0.337118E+16	0.337118E+16	0.337118E+16	0.337118E+16	0.337118E+16	0.337118E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16
24	0.176159E+08	0.176159E+08	0.160399E+08	0.619792E+06	0.619792E+06	0.619792E+06	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.269001E+16	0.269001E+16	0.269001E+16
25	0.745920E+06	0.745920E+06	0.745920E+06	0.745920E+06	0.745920E+06	0.745920E+06	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.303533E+16	0.291558E+06	0.291558E+06	0.291558E+06
TOTAL															

Table 17 Cont'd.

Group	Core 3	RB 1		RB 2	RB 3	Reflector	AB 1-1
		RB 1	RB 2				
1	0.538942E+13	0.737090E+12	0.250292E+11	0.811765E+10	0.114957E+13		
2	0.249910E+14	0.337145E+13	0.111372E+12	0.348587E+11	0.527594E+13		
3	0.395074E+14	0.852895E+13	0.306207E+12	0.109303E+12	0.134235E+14		
4	0.111042E+15	0.181549E+14	0.799452E+12	0.331497E+12	0.270073E+14		
5	0.152571E+15	0.295481E+14	0.160280E+13	0.785702E+12	0.417128E+14		
6	0.216896E+15	0.475689E+14	0.301301E+13	0.202969E+13	0.775459E+14		
7	0.327524E+15	0.636555E+14	0.638562E+13	0.466335E+13	0.150674E+15		
8	0.291311E+15	0.856072E+14	0.772136E+13	0.472079E+13	0.158307E+15		
9	0.292104E+15	0.950865E+14	0.100117E+14	0.704406E+13	0.192590E+15		
10	0.235940E+15	0.883871E+14	0.110993E+14	0.101057E+14	0.190313E+15		
11	0.136122E+15	0.576954E+14	0.829657E+13	0.359405E+13	0.121145E+15		
12	0.728227E+14	0.343820E+14	0.544846E+13	0.241511E+13	0.732279E+14		
13	0.431261E+14	0.227979E+14	0.402580E+13	0.251652E+13	0.516145E+14		
14	0.202821E+14	0.121511E+14	0.237823E+13	0.184882E+13	0.317150E+14		
15	0.830195E+13	0.679558E+13	0.151880E+13	0.145104E+13	0.181991E+14		
16	0.280411E+13	0.334608E+13	0.858651E+12	0.118254E+13	0.980445E+13		
17	0.733094E+12	0.137904E+13	0.405484E+12	0.939412E+12	0.449023E+13		
18	0.148243E+12	0.602084E+12	0.210644E+12	0.725706E+12	0.189468E+13		
19	0.342241E+11	0.234100E+12	0.999908E+11	0.534144E+12	0.647693E+12		
20	0.686544E+10	0.122713E+12	0.754006E+11	0.364960E+12	0.210153E+12		
21	0.238565E+10	0.664253E+11	0.573910E+11	0.234690E+12	0.753015E+11		
22	0.194859E+10	0.344673E+11	0.392372E+11	0.138652E+12	0.835409E+11		
23	0.393310E+09	0.960106E+10	0.198032E+11	0.719845E+11	0.494181E+11		
24	0.285602E+08	0.472220E+10	0.960879E+10	0.321987E+11	0.229287E+11		
25	0.256640E+07	0.211794E+10	0.500768E+10	0.118782E+11	0.244752E+10		
TOTAL	0.200166E+16	0.600667E+15	0.545248E+14	0.458948E+14	0.117118E+16		

Table 17 Cont'd

Group	AB 1 - 2	AB 1 - 3			AB 1 - 4			AB 2			AB 3		
		AB 1 - 2	AB 1 - 3	AB 1 - 4	AB 1 - 3	AB 1 - 4	AB 2	AB 1 - 3	AB 1 - 4	AB 2	AB 3	AB 1 - 3	AB 1 - 4
1	0.103849E+13	0.969280E+12	0.870787E+12	0.717186E+12	0.485849E+12	0.485849E+12	0.330396E+13	0.399218E+13	0.399218E+13	0.224007E+13	0.485849E+12	0.485849E+12	0.485849E+12
2	0.476279E+13	0.440692E+13	0.399218E+13	0.330396E+13	0.840182E+13	0.840182E+13	0.102126E+14	0.102126E+14	0.102126E+14	0.569965E+13	0.224007E+13	0.224007E+13	0.224007E+13
3	0.121409E+14	0.113903E+14	0.236318E+14	0.206480E+14	0.167139E+14	0.167139E+14	0.321606E+14	0.257142E+14	0.257142E+14	0.113849E+14	0.569965E+13	0.569965E+13	0.569965E+13
4	0.244924E+14	0.236318E+14	0.374081E+14	0.321606E+14	0.464818E+14	0.464818E+14	0.601614E+14	0.464818E+14	0.464818E+14	0.113849E+14	0.113849E+14	0.113849E+14	0.113849E+14
5	0.379652E+14	0.374081E+14	0.719539E+14	0.601614E+14	0.316100E+14	0.316100E+14	0.17253E+15	0.883353E+14	0.883353E+14	0.597802E+14	0.316100E+14	0.316100E+14	0.316100E+14
6	0.709630E+14	0.138655E+15	0.140805E+15	0.1422764E+15	0.931034E+14	0.931034E+14	0.14562E+15	0.112708E+15	0.112708E+15	0.632603E+14	0.140805E+15	0.140805E+15	0.140805E+15
7	0.138655E+15	0.140805E+15	0.177212E+15	0.169588E+15	0.148100E+15	0.148100E+15	0.177212E+15	0.148100E+15	0.148100E+15	0.766517E+14	0.177212E+15	0.177212E+15	0.177212E+15
8	0.145630E+15	0.145630E+15	0.174890E+15	0.169588E+15	0.144851E+15	0.144851E+15	0.174890E+15	0.108141E+15	0.108141E+15	0.738655E+14	0.174890E+15	0.174890E+15	0.174890E+15
9	0.177212E+15	0.174890E+15	0.110971E+15	0.10861E+15	0.915079E+14	0.915079E+14	0.110971E+15	0.704295E+14	0.704295E+14	0.488333E+14	0.110971E+15	0.110971E+15	0.110971E+15
10	0.174890E+15	0.174890E+15	0.669457E+14	0.610702E+14	0.549439E+14	0.549439E+14	0.669457E+14	0.426108E+14	0.426108E+14	0.297688E+14	0.669457E+14	0.669457E+14	0.669457E+14
11	0.110971E+15	0.10861E+15	0.471010E+14	0.437438E+14	0.385145E+14	0.385145E+14	0.471010E+14	0.297140E+14	0.297140E+14	0.208746E+14	0.471010E+14	0.471010E+14	0.471010E+14
12	0.669457E+14	0.610702E+14	0.410151E+13	0.266875E+14	0.235870E+14	0.235870E+14	0.410151E+13	0.181960E+14	0.181960E+14	0.127289E+14	0.610702E+14	0.610702E+14	0.610702E+14
13	0.471010E+14	0.437438E+14	0.165977E+14	0.155140E+14	0.135355E+14	0.135355E+14	0.165977E+14	0.104081E+14	0.104081E+14	0.733474E+13	0.471010E+14	0.471010E+14	0.471010E+14
14	0.289138E+14	0.266875E+14	0.165977E+14	0.155140E+14	0.135355E+14	0.135355E+14	0.289138E+14	0.562415E+13	0.562415E+13	0.398910E+13	0.165977E+14	0.165977E+14	0.165977E+14
15	0.165977E+14	0.155140E+14	0.896356E+13	0.858107E+13	0.734094E+13	0.734094E+13	0.896356E+13	0.257888E+13	0.257888E+13	0.183620E+13	0.896356E+13	0.896356E+13	0.896356E+13
16	0.896356E+13	0.858107E+13	0.411860E+13	0.410151E+13	0.339353E+13	0.339353E+13	0.411860E+13	0.104081E+14	0.104081E+14	0.833692E+12	0.896356E+13	0.896356E+13	0.896356E+13
17	0.411860E+13	0.410151E+13	0.175407E+13	0.182330E+13	0.147679E+13	0.147679E+13	0.175407E+13	0.383987E+12	0.383987E+12	0.287899E+12	0.175407E+13	0.175407E+13	0.175407E+13
18	0.175407E+13	0.182330E+13	0.603763E+12	0.676140E+12	0.507568E+12	0.507568E+12	0.603763E+12	0.128135E+12	0.128135E+12	0.104121E+12	0.603763E+12	0.603763E+12	0.603763E+12
19	0.603763E+12	0.676140E+12	0.195702E+12	0.235375E+12	0.167830E+12	0.167830E+12	0.195702E+12	0.586776E+11	0.586776E+11	0.442560E+11	0.195702E+12	0.195702E+12	0.195702E+12
20	0.195702E+12	0.235375E+12	0.694959E+11	0.889110E+11	0.586776E+11	0.586776E+11	0.694959E+11	0.475660E+11	0.475660E+11	0.379056E+11	0.694959E+11	0.694959E+11	0.694959E+11
21	0.694959E+11	0.889110E+11	0.757876E+11	0.770471E+11	0.617464E+11	0.617464E+11	0.757876E+11	0.387868E+11	0.387868E+11	0.372133E+11	0.757876E+11	0.757876E+11	0.757876E+11
22	0.757876E+11	0.770471E+11	0.456154E+11	0.457701E+11	0.387868E+11	0.387868E+11	0.456154E+11	0.315287E+11	0.315287E+11	0.218420E+11	0.456154E+11	0.456154E+11	0.456154E+11
23	0.456154E+11	0.457701E+11	0.214428E+11	0.217587E+11	0.189111E+11	0.189111E+11	0.214428E+11	0.161180E+11	0.161180E+11	0.115618E+11	0.214428E+11	0.214428E+11	0.214428E+11
24	0.214428E+11	0.217587E+11	0.333368E+10	0.333368E+10	0.2333793E+10	0.2333793E+10	0.333368E+10	0.2333793E+10	0.2333793E+10	0.217993E+10	0.333368E+10	0.333368E+10	0.333368E+10
25	0.2333793E+10	0.333368E+10	0.107432E+16	0.103597E+16	0.896168E+15	0.896168E+15	0.107432E+16	0.684969E+15	0.684969E+15	0.469430E+15	0.107432E+16	0.107432E+16	0.107432E+16
TOTAL													

Table 17 Cont'd

Group	CRP 1	CRP 2	SRP	CRP 3
1	0.370593E+13	0.375749E+13	0.340199E+13	0.337491E+13
2	0.169405E+14	0.172597E+14	0.156335E+14	0.155090E+14
3	0.425089E+14	0.427193E+14	0.386570E+14	0.383414E+14
4	0.861841E+14	0.846589E+14	0.764638E+14	0.757927E+14
5	0.124739E+15	0.121186E+15	0.109385E+15	0.108473E+15
6	0.211596E+15	0.199455E+15	0.179698E+15	0.178020E+15
7	0.346750E+15	0.327842E+15	0.295388E+15	0.292568E+15
8	0.321324E+15	0.305897E+15	0.275079E+15	0.272126E+15
9	0.353152E+15	0.334785E+15	0.299162E+15	0.295340E+15
10	0.315720E+15	0.297709E+15	0.263403E+15	0.259850E+15
11	0.172652E+15	0.167449E+15	0.147673E+15	0.145533E+15
12	0.102393E+15	0.971487E+14	0.849884E+14	0.833821E+14
13	0.706232E+14	0.652057E+14	0.566172E+14	0.554588E+14
14	0.387225E+14	0.355455E+14	0.307709E+14	0.300963E+14
15	0.201830E+14	0.180595E+14	0.155214E+14	0.151547E+14
16	0.992687E+13	0.857001E+13	0.730949E+13	0.713065E+13
17	0.442877E+13	0.369474E+13	0.312801E+13	0.305109E+13
18	0.190422E+13	0.158306E+13	0.133904E+13	0.130873E+13
19	0.835640E+12	0.709888E+12	0.596215E+12	0.582416E+12
20	0.378909E+12	0.340233E+12	0.284498E+12	0.277790E+12
21	0.191411E+12	0.181175E+12	0.149993E+12	0.146248E+12
22	0.115343E+12	0.115012E+12	0.957805E+11	0.933045E+11
23	0.612953E+11	0.614901E+11	0.512493E+11	0.500638E+11
24	0.278211E+11	0.277830E+11	0.231994E+11	0.227180E+11
25	0.905708E+10	0.851067E+10	0.678638E+10	0.662970E+10
TOTAL		0.224507E+16	0.213397E+16	0.190482E+16
				0.188169E+16

Table 18 Neutron Spectra in Each Region at BOEC

Group	Core 1 - 1	Core 1 - 2	Core 1 - 3	Core 1 - 4
1	2.20 - 3	2.20 - 3	2.07 - 3	2.29 - 3
2	1.02 - 2	1.02 - 2	9.5 - 3	1.06 - 2
3	2.47 - 2	2.46 - 2	2.34 - 2	2.57 - 2
4	4.7 - 2	4.7 - 2	4.6 - 2	4.9 - 2
5	6.6 - 2	6.6 - 2	6.4 - 2	6.8 - 2
6	1.01 - 1	1.01 - 1	1.02 - 1	1.04 - 1
7	1.60 - 1	1.60 - 1	1.61 - 1	1.63 - 1
8	1.46 - 1	1.47 - 1	1.47 - 1	1.48 - 1
9	1.53 - 1	1.54 - 1	1.55 - 1	1.52 - 1
10	1.29 - 1	1.29 - 1	1.29 - 1	1.25 - 1
11	7.4 - 2	7.4 - 2	7.2 - 2	7.1 - 2
12	4.1 - 2	4.0 - 2	4.0 - 2	3.8 - 2
13	2.52 - 2	2.50 - 2	2.56 - 2	2.34 - 2
14	1.27 - 2	1.26 - 2	1.30 - 2	1.16 - 2
15	5.5 - 3	5.5 - 3	5.9 - 3	5.0 - 3
16	2.00 - 3	1.97 - 3	2.25 - 3	1.76 - 3
17	5.6 - 4	5.5 - 4	6.9 - 4	4.9 - 4
18	1.16 - 4	1.14 - 4	1.62 - 4	9.9 - 5
19	2.24 - 5	2.16 - 5	3.5 - 5	1.88 - 5
20	3.0 - 6	2.85 - 6	5.5 - 6	2.47 - 6
21	4.9 - 7	4.5 - 7	9.9 - 7	3.9 - 7
22	2.8 - 7	2.61 - 7	4.5 - 7	2.29 - 7
23	9.5 - 8	8.3 - 8	1.58 - 7	7.6 - 8
24	1.09 - 8	9.4 - 9	2.88 - 8	8.7 - 9
25	5.7 - 10	4.8 - 10	2.62 - 9	4.5 - 10

Table 18 Cont'd

Group	Core 2	Core 3	RB 1	RB 2	Reffector
1	2.65 - 3	2.75 - 3	1.16 - 3	3.2 - 4	1.33 - 4
2	1.23 - 2	1.28 - 2	5.3 - 3	1.40 - 3	5.7 - 4
3	2.94 - 2	3.04 - 2	1.35 - 2	4.0 - 3	1.82 - 3
4	5.5 - 2	5.6 - 2	2.9 - 2	1.08 - 2	5.6 - 3
5	7.5 - 2	7.7 - 2	4.8 - 2	2.2 - 2	1.39 - 2
6	1.10 - 1	1.09 - 1	7.8 - 2	4.4 - 2	3.8 - 2
7	1.66 - 1	1.64 - 1	1.38 - 1	9.5 - 2	9.4 - 2
8	1.47 - 1	1.45 - 1	1.42 - 1	1.17 - 1	9.9 - 2
9	1.47 - 1	1.45 - 1	1.59 - 1	1.55 - 1	1.51 - 1
10	7.5 - 2	1.17 - 1	1.48 - 1	1.7 - 1	2.24 - 1
11	6.7 - 2	6.7 - 2	9.7 - 2	1.31 - 1	8.1 - 2
12	3.52 - 2	3.58 - 2	5.8 - 2	8.7 - 2	5.5 - 2
13	2.07 - 2	2.12 - 2	3.9 - 2	6.5 - 2	5.8 - 2
14	9.8 - 3	1.00 - 2	2.1 - 2	3.8 - 2	4.3 - 2
15	3.9 - 3	4.11 - 3	1.19 - 2	2.5 - 2	3.4 - 2
16	1.29 - 3	1.41 - 3	6.0 - 3	1.42 - 2	2.8 - 2
17	3.24 - 4	3.77 - 4	2.5 - 3	6.8 - 3	2.22 - 2
18	5.8 - 5	7.9 - 5	1.17 - 3	3.6 - 3	1.73 - 2
19	1.01 - 5	1.98 - 5	4.8 - 4	1.7 - 3	1.28 - 2
20	1.22 - 6	4.74 - 6	2.9 - 4	1.38 - 3	8.8 - 3
21	1.86 - 7	2.06 - 6	1.8 - 4	1.10 - 3	5.7 - 3
22	1.44 - 7	1.81 - 6	1.02 - 4	8.0 - 4	3.4 - 3
23	5.2 - 8	5.0 - 7	3.7 - 5	4.4 - 4	1.75 - 3
24	5.2 - 9	3.99 - 8	1.8 - 5	2.2 - 4	7.9 - 4
25	2.59 - 10	4.15 - 9	9.0 - 6	1.20 - 4	2.9 - 4

Table 18 Cont'd

Group	AB 1 - 1	AB 1 - 2	AB 1 - 3	AB 1 - 4	AB 2
1	8.57 - 4	8.50 - 4	8.5 - 4	8.8 - 4	9.8 - 4
2	3.92 - 3	3.89 - 3	3.8 - 3	4.0 - 3	4.5 - 3
3	1.01 - 2	1.00 - 2	1.00 - 2	1.04 - 2	1.1 - 2
4	2.06 - 2	2.05 - 2	2.1 - 2	2.1 - 2	2.3 - 2
5	3.25 - 2	3.24 - 2	3.4 - 2	3.4 - 2	3.6 - 2
6	6.24 - 2	6.25 - 2	6.7 - 2	6.4 - 2	6.6 - 2
7	1.25 - 1	1.26 - 1	1.3 - 1	1.3 - 1	1.27 - 1
8	1.33 - 1	1.34 - 1	1.4 - 1	1.4 - 1	1.35 - 1
9	1.65 - 1	1.65 - 1	1.6 - 1	1.7 - 1	1.6 - 1
10	1.65 - 1	1.66 - 1	1.7 - 1	1.6 - 1	1.6 - 1
11	1.06 - 1	1.06 - 1	9.9 - 2	1.04 - 1	1.04 - 1
12	6.49 - 2	6.44 - 2	6.0 - 2	6.3 - 2	6.3 - 2
13	4.63 - 2	4.58 - 2	4.4 - 2	4.4 - 2	4.4 - 2
14	2.89 - 2	2.86 - 2	2.7 - 2	2.8 - 2	2.8 - 2
15	1.71 - 2	1.68 - 2	1.6 - 2	1.6 - 2	1.6 - 2
16	9.6 - 3	9.44 - 3	9.1 - 3	9.0 - 3	8.9 - 3
17	4.60 - 3	4.53 - 3	4.5 - 3	4.3 - 3	4.2 - 3
18	2.16 - 3	2.14 - 3	2.2 - 3	2.1 - 3	2.0 - 3
19	7.70 - 4	7.61 - 4	8.4 - 4	7.3 - 4	7.0 - 4
20	2.72 - 4	2.70 - 4	3.1 - 4	2.6 - 4	2.5 - 4
21	9.5 - 5	9.36 - 5	1.2 - 4	9.0 - 5	8.5 - 5
22	9.5 - 5	9.20 - 5	9.4 - 5	8.7 - 5	8.5 - 5
23	6.33 - 5	5.42 - 5	5.5 - 5	5.4 - 5	5.7 - 5
24	3.32 - 5	2.97 - 5	2.9 - 5	3.0 - 5	3.3 - 5
25	5.72 - 6	5.39 - 6	6.4 - 6	6.2 - 6	6.7 - 6

Table 18 Cont'd

Group	A B 3	C R P 1	C R P 2	S R P	C R P 3
1	9.8 - 4	1.64 - 3	1.75 - 3	1.78 - 3	1.79 - 3
2	4.5 - 3	7.5 - 3	8.1 - 3	8.2 - 3	8.2 - 3
3	1.16 - 2	1.89 - 2	1.99 - 2	2.02 - 2	2.04 - 2
4	2.3 - 2	3.81 - 2	3.94 - 2	3.99 - 2	4.01 - 2
5	3.6 - 2	5.5 - 2	5.6 - 2	5.7 - 2	5.7 - 2
6	6.6 - 2	9.4 - 2	9.3 - 2	9.4 - 2	9.4 - 2
7	1.26 - 1	1.54 - 1	1.53 - 1	1.55 - 1	1.55 - 1
8	1.34 - 1	1.43 - 1	1.43 - 1	1.44 - 1	1.44 - 1
9	1.63 - 1	1.57 - 1	1.57 - 1	1.57 - 1	1.57 - 1
10	1.58 - 1	1.41 - 1	1.40 - 1	1.38 - 1	1.38 - 1
11	1.05 - 1	7.7 - 2	7.9 - 2	7.8 - 2	7.8 - 2
12	6.4 - 2	4.60 - 2	4.59 - 2	4.48 - 2	4.44 - 2
13	4.5 - 2	3.18 - 2	3.09 - 2	2.99 - 2	2.96 - 2
14	2.8 - 2	1.76 - 2	1.70 - 2	1.64 - 2	1.62 - 2
15	1.64 - 2	9.3 - 3	8.8 - 3	8.4 - 3	8.3 - 3
16	9.1 - 3	4.7 - 3	4.28 - 3	4.04 - 3	3.98 - 3
17	4.3 - 3	2.15 - 3	1.90 - 3	1.78 - 3	1.75 - 3
18	2.10 - 3	9.7 - 4	8.6 - 4	8.0 - 4	7.9 - 4
19	7.5 - 4	4.33 - 4	3.87 - 4	3.58 - 4	3.53 - 4
20	2.9 - 4	1.97 - 4	1.85 - 4	1.71 - 4	1.68 - 4
21	1.09 - 4	9.7 - 5	9.6 - 5	8.8 - 5	8.6 - 5
22	1.04 - 4	5.8 - 5	6.0 - 5	5.6 - 5	5.5 - 5
23	6.8 - 5	3.23 - 5	3.3 - 5	2.97 - 5	2.94 - 5
24	3.7 - 5	1.54 - 5	1.57 - 5	1.42 - 5	1.40 - 5
25	9.4 - 6	5.1 - 6	4.9 - 6	4.36 - 6	4.32 - 6

Table 19 Neutron Spectrum in Each Region at EOEC

Group	Core 1-1	Core 1-2	Core 1-3	Core 1-4	Core 2
1	2.20 - 3	2.19 - 3	2.06 - 3	2.27 - 3	2.60 - 3
2	1.01 - 2	1.01 - 2	9.5 - 3	1.05 - 2	1.20 - 2
3	2.46 - 2	2.45 - 2	2.33 - 2	2.54 - 2	2.89 - 2
4	4.7 - 2	4.7 - 2	4.6 - 2	4.9 - 2	5.4 - 2
5	6.6 - 2	6.6 - 2	6.4 - 2	6.8 - 2	7.4 - 2
6	1.01 - 1	1.01 - 1	1.02 - 1	1.04 - 1	1.09 - 1
7	1.60 - 1	1.60 - 1	1.62 - 1	1.63 - 1	1.66 - 1
8	1.47 - 1	1.47 - 1	1.47 - 1	1.48 - 1	1.47 - 1
9	1.54 - 1	1.54 - 1	1.55 - 1	1.53 - 1	1.48 - 1
10	1.29 - 1	1.29 - 1	1.29 - 1	1.26 - 1	1.19 - 1
11	7.4 - 2	7.4 - 2	7.2 - 2	7.1 - 2	6.7 - 2
12	4.1 - 2	4.0 - 2	4.0 - 2	3.9 - 2	3.58 - 2
13	2.51 - 2	2.49 - 2	2.57 - 2	2.35 - 2	2.11 - 2
14	1.26 - 2	1.25 - 2	1.30 - 2	1.16 - 2	1.00 - 2
15	5.4 - 3	5.3 - 3	5.8 - 3	4.99 - 3	4.0 - 3
16	1.90 - 3	1.89 - 3	2.19 - 3	1.72 - 3	1.29 - 3
17	5.2 - 4	5.2 - 4	6.6 - 4	4.7 - 4	3.19 - 4
18	1.03 - 4	1.02 - 4	1.47 - 4	9.1 - 5	5.6 - 5
19	1.89 - 5	1.84 - 5	3.05 - 5	1.65 - 5	9.2 - 6
20	2.29 - 6	2.19 - 6	4.4 - 6	1.97 - 6	1.00 - 6
21	3.2 - 7	2.93 - 7	7.1 - 7	2.67 - 7	1.31 - 7
22	1.80 - 7	1.67 - 7	3.07 - 7	1.55 - 7	9.7 - 8
23	4.8 - 8	4.6 - 8	9.8 - 8	4.5 - 8	3.02 - 8
24	4.8 - 9	4.8 - 9	1.64 - 8	4.9 - 9	2.86 - 9
25	2.04 - 10	1.84 - 10	1.17 - 9	1.83 - 10	1.08 - 10

Table 19 Cont'd

Group	Core 3	RB 1	RB 2	Reflector	A B 1-1
1	2.69 - 3	1.23 - 3	3.9 - 4	1.77 - 4	9.8 - 4
2	1.25 - 2	5.6 - 3	1.7 - 3	7.6 - 4	4.50 - 3
3	2.97 - 2	1.42 - 2	4.7 - 3	2.4 - 3	1.15 - 2
4	5.5 - 2	3.0 - 2	1.24 - 2	7.2 - 3	2.31 - 2
5	7.6 - 2	5.0 - 2	2.5 - 2	1.71 - 2	3.56 - 2
6	1.08 - 1	7.9 - 2	4.7 - 2	4.4 - 2	6.62 - 2
7	1.64 - 1	1.39 - 1	9.9 - 2	1.02 - 1	1.29 - 1
8	1.46 - 1	1.43 - 1	1.20 - 1	1.03 - 1	1.35 - 1
9	1.46 - 1	1.58 - 1	1.6 - 1	1.53 - 1	1.64 - 1
10	1.18 - 1	1.47 - 1	1.7 - 1	2.2 - 1	1.62 - 1
11	6.8 - 2	9.6 - 2	1.29 - 1	7.8 - 2	1.03 - 1
12	3.64 - 2	5.7 - 2	8.4 - 2	5.3 - 2	6.25 - 2
13	2.15 - 2	3.8 - 2	6.2 - 2	5.5 - 2	4.41 - 2
14	1.01 - 2	2.0 - 2	3.7 - 2	4.0 - 2	2.71 - 2
15	4.15 - 3	1.13 - 2	2.4 - 2	3.2 - 2	1.55 - 2
16	1.40 - 3	5.6 - 3	1.33 - 2	2.6 - 2	8.37 - 3
17	3.66 - 4	2.3 - 3	6.3 - 3	2.05 - 2	3.83 - 3
18	7.4 - 5	1.00 - 3	3.3 - 3	1.58 - 2	1.62 - 3
19	1.71 - 5	3.9 - 4	1.55 - 3	1.16 - 2	5.53 - 4
20	3.43 - 6	2.0 - 4	1.17 - 3	8.0 - 3	1.79 - 4
21	1.19 - 6	1.11 - 4	8.9 - 4	5.1 - 3	6.43 - 5
22	9.7 - 7	5.7 - 5	6.1 - 4	3.0 - 3	7.13 - 5
23	1.96 - 7	1.60 - 5	3.1 - 4	1.57 - 3	4.22 - 5
24	1.43 - 8	7.9 - 6	1.49 - 4	7.0 - 4	1.96 - 5
25	1.28 - 9	3.5 - 6	7.8 - 5	2.6 - 4	2.09 - 6

Table 19 Cont'd

Group	AB 1-2	AB 1-3	AB 1-4	AB 2	AB 3
1	9.7 - 4	9.36 - 4	9.7 - 4	1.05 - 3	1.03 - 3
2	4.43 - 3	4.25 - 3	4.5 - 3	4.8 - 3	4.8 - 3
3	1.13 - 2	1.10 - 2	1.1 - 2	1.23 - 2	1.21 - 2
4	2.28 - 2	2.28 - 2	2.3 - 2	2.4 - 2	2.4 - 2
5	3.53 - 2	3.61 - 2	3.6 - 2	3.8 - 2	3.8 - 2
6	6.61 - 2	6.95 - 2	6.7 - 2	6.8 - 2	6.7 - 2
7	1.29 - 1	1.36 - 1	1.3 - 1	1.29 - 1	1.27 - 1
8	1.36 - 1	1.38 - 1	1.4 - 1	1.36 - 1	1.35 - 1
9	1.65 - 1	1.64 - 1	1.7 - 1	1.6 - 1	1.63 - 1
10	1.63 - 1	1.64 - 1	1.6 - 1	1.6 - 1	1.57 - 1
11	1.03 - 1	9.7 - 2	1.02 - 1	1.03 - 1	1.04 - 1
12	6.23 - 1	5.89 - 2	6.1 - 2	6.2 - 2	6.3 - 2
13	4.38 - 2	4.22 - 2	4.3 - 2	4.3 - 2	4.4 - 2
14	2.69 - 2	2.58 - 2	2.6 - 2	2.7 - 2	2.7 - 2
15	1.54 - 2	1.50 - 2	1.5 - 2	1.5 - 2	1.56 - 2
16	8.34 - 3	8.28 - 3	8.2 - 3	8.2 - 3	8.5 - 3
17	3.83 - 3	3.96 - 3	3.8 - 3	3.8 - 3	3.9 - 3
18	1.63 - 3	1.76 - 3	1.6 - 3	1.7 - 3	1.78 - 3
19	5.59 - 4	6.53 - 4	5.7 - 4	5.6 - 4	6.1 - 4
20	1.82 - 4	2.27 - 4	1.9 - 4	1.9 - 4	2.2 - 4
21	6.47 - 5	8.58 - 5	6.5 - 5	6.5 - 5	8.1 - 5
22	7.05 - 5	7.44 - 5	6.9 - 5	6.9 - 5	7.9 - 5
23	4.25 - 5	4.42 - 5	4.3 - 5	4.6 - 5	4.7 - 5
24	2.00 - 5	2.10 - 5	2.1 - 5	2.4 - 5	2.5 - 5
25	2.21 - 6	3.22 - 6	2.6 - 6	3.4 - 6	4.6 - 6

Table 19 Cont'd

Group	CRP 1	CRP 2	SRP	CRP 3
1	1.65 - 3	1.76 - 3	1.79 - 3	1.79 - 3
2	7.5 - 3	8.1 - 3	8.2 - 3	8.2 - 3
3	1.89 - 2	2.00 - 2	2.03 - 2	2.04 - 2
4	3.84 - 2	3.97 - 2	4.01 - 2	4.03 - 2
5	5.6 - 2	5.7 - 2	5.7 - 2	5.8 - 2
6	9.4 - 2	9.3 - 2	9.4 - 2	9.5 - 2
7	1.54 - 1	1.54 - 1	1.55 - 1	1.55 - 1
8	1.43 - 1	1.43 - 1	1.44 - 1	1.45 - 1
9	1.57 - 1	1.57 - 1	1.57 - 1	1.57 - 1
10	1.41 - 1	1.40 - 1	1.38 - 1	1.38 - 1
11	7.7 - 2	7.8 - 2	7.8 - 2	7.7 - 2
12	4.6 - 2	4.55 - 2	4.46 - 2	4.43 - 2
13	3.15 - 2	3.06 - 2	2.97 - 2	2.95 - 2
14	1.72 - 2	1.67 - 2	1.62 - 2	1.60 - 2
15	9.0 - 3	8.5 - 3	8.1 - 3	8.1 - 3
16	4.42 - 3	4.02 - 3	3.84 - 3	3.79 - 3
17	1.97 - 3	1.73 - 3	1.64 - 3	1.62 - 3
18	8.5 - 4	7.4 - 4	7.0 - 4	7.0 - 4
19	3.72 - 4	3.33 - 4	3.13 - 4	3.10 - 4
20	1.69 - 4	1.59 - 4	1.49 - 4	1.48 - 4
21	8.5 - 5	8.5 - 5	7.9 - 5	7.8 - 5
22	5.1 - 5	5.4 - 5	5.03 - 5	4.96 - 5
23	2.73 - 5	2.88 - 5	2.69 - 5	2.66 - 5
24	1.24 - 5	1.30 - 5	1.22 - 5	1.21 - 5
25	4.03 - 6	3.99 - 6	3.56 - 6	3.52 - 6

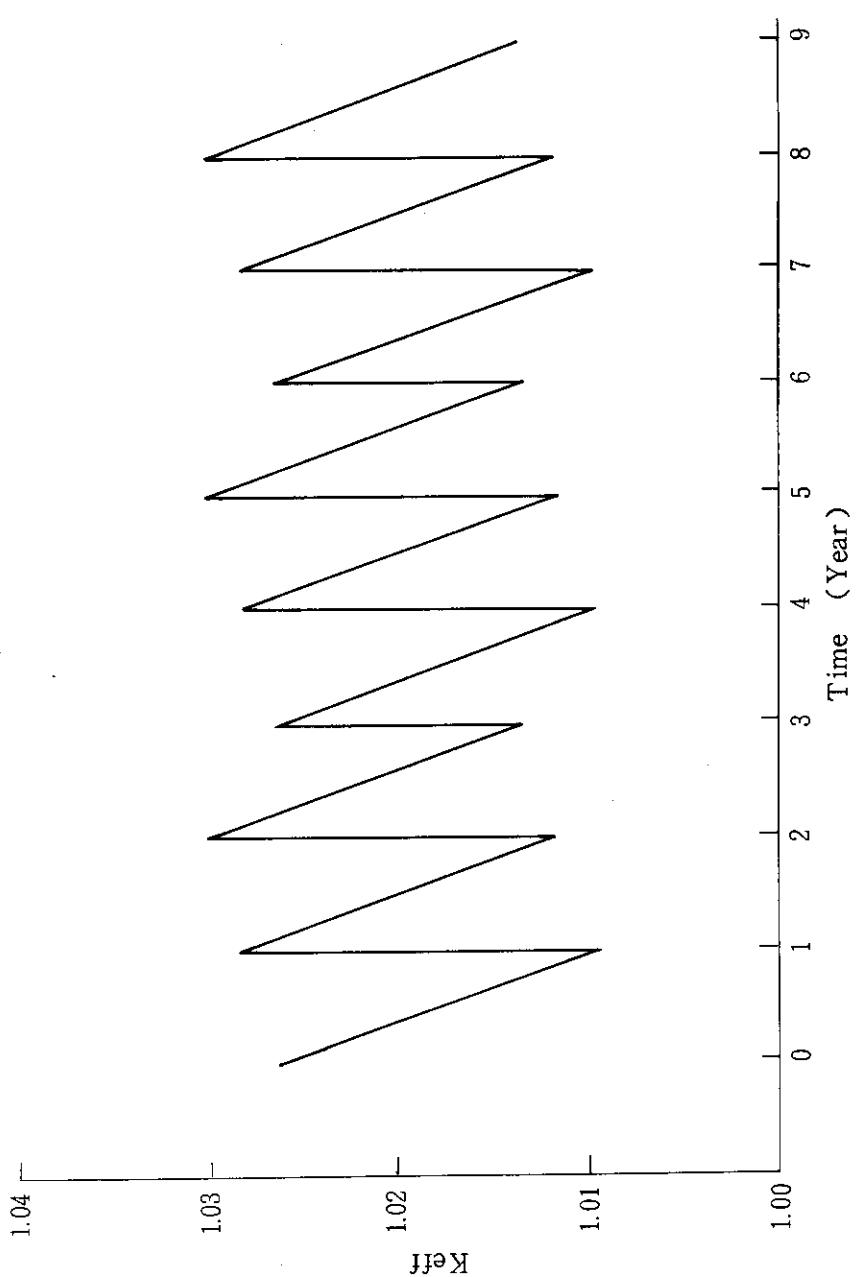


Fig. 4 An Example of Burnup Dependence of  $K_{\text{eff}}$  during Equilibrium Cycle When Radial Blanket Refuelling is Considered

## 6. 平衡サイクルの反応度効果

負の固有の反応度係数が存在することが、原子炉の安定性、安全性に資することが多い。GCFRでは、この意味からは、ドップラー係数、種々の膨張係数に依存している。

反応度係数は2つのカテゴリーに分けて考えることができる。すなわち、第1のカテゴリーに属する反応度係数は、ドッパー効果、膨張効果および冷却材密度減小効果など事故状態を想定する必要のないものであり、第2のカテゴリーに属する反応度係数は、燃料除去、被覆管除去、冷却材除去および水蒸気炉心侵入などなんらかの事故と関連する反応度係数である。燃料および被覆管除去の効果はそれらの物質の溶融落下事故によって生ずる反応度効果であり、冷却材除去の効果は冷却材減圧あるいは喪失事故と関連する反応度効果である。水蒸気炉心侵入反応度効果は、GCFR特有の反応度効果であり、蒸気発生器伝熱面の破損に伴なって生ずる反応度効果である。

原子炉を常温状態から全出力運転状態にする場合の温度上昇に係わる反応度係数は主に第1カテゴリーに属し、制御棒反応度価値を定めるために必要となる。常温状態を20°C(293°K)とし、冷却材入口温度260°C(533°K)まで全材料は等しく上昇し、その後出力上昇によって燃料、冷却材、構造材が各領域に依存し、それぞれ温度上昇を続け、全出力運転状態の温度分布になる。このため、温度上昇に伴なう反応度係数を反応度温度係数として、20°Cから260°Cまでと260°Cから全出力運転状態の温度までの2つに温度領域に分けて計算することにした。運転状態の各領域の各物質の平均温度をTable 20に示した。

### 6.1 物質反応度効果

多くの反応度係数は1次摂動論によって計算可能である。この摂動項は、温度変化あるいはその他状況の変化による個々の物質の原子数密度あるいは断面積そのものの変化となって現われる。したがって、各領域の各物質についての物質反応度価値は、多くの反応度係数算出のために有用なデータとなりうるので、この節でまとめて示す。

物質反応度価値を、BOEC、EOEC時に対して、Table 21とTable 22にまとめて示したが、この物質反応度価値は領域に対して積分した量であり、領域としては、Fig. 2に示した領域に対応させている。したがって、数式的には、領域k、核種mの物質反応度価値 $W_k^m$ を以下に示すように定義している。

$$W_k^m = C_k^m + F_k^m + S_k^m + L_k^m \quad (21)$$

$$C^m = -\frac{1}{Y} \sum_g \int_{V_k} \phi_g^*(r) \sigma_{e,g}^{m,k} \phi_g(r) dr \quad (22)$$

$$F^m = \frac{1}{Y} \sum_k \int_{V_k} \left[ \sum_g \phi_g^*(r) x_g \sum_g \nu \sigma_{f,g}^{m,k} \phi_g(r) - \sum_g \phi_g^*(r) \sigma_{f,g}^{m,k} \phi_g(r) \right] dr \quad (23)$$

$$S^m = \frac{1}{Y} \sum_g \sum_{g'=g+1} \int_{V_k} (\phi_{g'}^*(r) - \phi_g^*(r)) \sigma_{g,g'}^{m,k} \phi_g(r) dr \quad (24)$$

$$L_k^m = \frac{3}{Y} \sum_g \int_{V_k} \nabla \phi_g^*(r) (D_g^k)^2 \sigma_{ff,g}^{m,k} \nabla \phi_g(r) dr \quad (25)$$

$$Y = \sum_k \sum_g \sum_{g'} \int_{V_k} \phi_g^*(r) x_g \nu \sum_{f,g'}^k \phi_{g'}(r) dr \quad (26)$$

$C_k^m$ ,  $F_k^m$ ,  $S_k^m$ ,  $L_k^m$  は、物質反応度価値に対する中性子捕獲、核分裂、中性子減速、中性子漏洩の各要素を表わしている。領域平均物質反応度価値が必要な場合には、Table 中に領域体積を併記しているのでその値で除すことによって得ることができる。

BOEC と EOEC 時の物質反応度価値を比較すれば、燃焼に伴なう物質反応度価値の変化を見ることができる。核分裂性物質は、いずれも EOEC 時において物質反応度価値がより高く、親物質などの中性子吸収物質は、炉心中心近傍を除くと EOEC 時においてより低い反応度価値を有している。このことは、燃焼進行に伴なうインポータンス空間分布が炉心中心においてより高くなること（例えば出力分布は EOEC においてより平坦化されるので、相対的に炉心中心で高くなることからも推定される）、核分裂生成物の蓄積によって中性子スペクトルが硬化すること、などが上に見た物質反応度価値の燃焼依存性の原因になると考えられる。

## 6.2 ドップラー反応度効果

GCFR を含むすべての高速炉系にとって、ドップラー反応度効果はもっとも信頼のおける負のフィードバック係数をもたらす。GCFRにおいては、通常過渡時あるいは事故過渡時においても、ドップラー効果を極めて低くするような物質組成変化は存在しない。1つ考えられるとすれば、非常に起りにくいが、すべての被覆管が溶融落下し、中性子スペクトルが硬化した場合であるが、この場合でもドップラー効果は若干低下するのみである。一方、LMFBR では、冷却材喪失事故時には、減速材的性格の強い Na の喪失によって、Na ボイド反応度係数と呼ばれる正の反応度が印加されると共に、大きな中性子スペクトル硬化によってドップラー反応度係数もドラスティックに減少する。

等温変化に関しては、炉心、軸方向および径方向ブランケットの燃料温度  $293^\circ\text{K}$ ,  $533^\circ\text{K}$  の断面積を計算し、その断面積を用いて 2 次元拡散計算によって、それぞれの温度に対する実効増倍率を求めた。各温度の実効増倍率を  $K(293)$ ,  $K(533)$  とすると、BOEC と EOEC 時のドップラー効果による等温反応度変化は、

$$\frac{K(533) - K(293)}{K(293)} = \begin{cases} -5.50 \times 10^{-3} \Delta k/k \text{ at BOEC} \\ -4.91 \times 10^{-3} \Delta k/k \text{ at EOEC} \end{cases}$$

である。一般に、ドップラー一定数Cとして

$$\frac{1}{K_0} \frac{dK}{dT} = \frac{C}{T} \quad (27)$$

として表わすことが多い。この形でドップラー反応度係数を求めるとき、

$$\frac{T}{K(293)} \frac{dK}{dT} = \begin{cases} -0.00956 \text{ at BOEC} \\ -0.00853 \text{ at EOEC} \end{cases}$$

が得られる。ドップラー一定数が非常に大きいように見えるが、炉心のみではなく軸方向および径方向ブランケットの<sup>238</sup>U, Thのドップラー効果を考慮しているためである。

次に、出力上昇時のドップラー反応度変化を求める。この場合には、Table 20に示した全出力運転状態時の各領域燃料温度に対する実効増倍率K(F.P.)とK(533)の差として反応度変化を求めることができる。K(F.P.)は再び2次元円筒モデルに対する2次元拡散計算を行うことによって得られた。533 °Kから全出運転時に燃料温度が上昇することによるドップラー反応度変化は、

$$\frac{K(F.P.) - K(533)}{K(533)} = \begin{cases} -6.94 \times 10^{-3} \Delta k/k \text{ at BOEC} \\ -6.20 \times 10^{-3} \Delta k/k \text{ at EOEC} \end{cases}$$

である。

EOEC時のドップラー反応度効果は、BOEC時のそれと比較して10%程度低くなる。この相違はEOEC時ではより核分裂生成物が蓄積したことにより中性子スペクトル硬化が生じ、共鳴エネルギー領域の中性子が減少するために生じている。しかし、前にも述べたように、BOEC時には燃焼による反応度減少を抑えるため制御棒が挿入されているので、計算によって得たBOEC時ドップラー反応度効果はより小さくなる方向にある。

反応度事故解析に用いたフィードバック反応度係数としてのドップラー反応度係数に関しては後節において他の種々反応度係数と共に記述することにする。

### 6.3 膨脹反応度効果

温度上昇による材料膨脹のために生ずる反応度効果は、体系寸法が変化するか、あるいは材料の炉内における原子数密度が変化するか、その両方かによって生ずる。ここでは、この膨脹反応度効果として、炉心燃料軸方向膨脹反応度、被覆管軸方向および径方向膨脹反応度、冷却材He密度変化による反応度、グリッド板膨脹反応度、を選んで解析した。これらの反応度効果は、燃焼に伴なって大巾に変化することは考えられず、1次摂動論的に考えると物質反応度係数の燃焼依存性程度である。したがって、解析はBOEC時にのみ限定して実施している。

#### (1) 炉心燃料軸方向膨脹反応度効果

温度上昇によって炉心高さが  $H_0$  から  $H_0 + \Delta H$  に増加し、燃料原子の全数が保存されるので、炉心内燃料核種の原子数密度が減少する。すなわち、炉心燃料軸方向膨脹反応度効果は、炉心が  $1 + \Delta H / H_0$  の比だけ大きくなことによる正の効果と原子数密度減少による負の効果の和として与えられる。燃料膨脹には当然径方向膨脹もあるが、この場合、燃料と被覆管の間に設けられたギャップの一部をうずめにすぎないので反応度変化としては現われてこない。

燃料  $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$  の線膨脹係数として  $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  を使用した。炉心高さが 1 cm 延びた場合の燃料核種（核分裂生成物も含む）の原子数密度を求め、その場合の実効増倍率を 2 次元拡散計算によって求めることによって燃料膨脹反応度効果を計算した。この結果、

$$\text{燃料膨脹反応度効果} = -1.07 \times 10^{-3} \Delta k / k / \text{cm}$$

を得た。室温時の炉心高さを 150 cm としているので、1 cm の延びは  $667^\circ\text{C}$  の温度上昇によって得られるので、等温領域 ( $293^\circ\text{K} \rightarrow 533^\circ\text{K}$ ) の反応度変化は  $-3.74 \times 10^{-4} \Delta k / k$ 、出力領域 ( $533^\circ\text{K} \rightarrow 1139^\circ\text{K}$ ) の反応度変化は  $-9.74 \times 10^{-4} \Delta k / k$  となる。

### (2) 被覆管軸方向膨脹反応度効果

被覆管が軸方向に膨脹する場合、反応度変化として現われる現象は燃料の場合と同じである。しかし被覆管は炉心と軸方向ブランケットに共通であるので、炉心内の被覆管核種の原子数密度低下による反応度変化のみで充分である。したがって、被覆管軸方向膨脹反応度効果は被覆管核種の物質反応度値を用いて、1 次摂動論による計算が可能である。基準温度  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ 、昇温時の温度  $T$  とし、領域  $k$  の被覆管核種  $m$  の原子数密度を  $N_k^m(T)$  とすると、

$$(\Delta k / k)_{\text{CAE}} = \sum_m \sum_k \left\{ N_k^m(T) - N_k^m(T_0) \right\} W_k^m$$

となる。温度  $T$  の炉心高さを  $l(T)$  とすると、

$l(T) = l(T_0) \{ 1 + \alpha (T - T_0) \}$ 、 $\alpha$  は SUS 316 の線膨脹係数であり、 $\alpha = 2.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  である。原子数密度は炉心高さに反比例することを用いれば、上式は

$$\left( \frac{\Delta k}{k} \right)_{\text{CAE}} = -\frac{\alpha (T - T_0)}{1 + \alpha (T - T_0)} \sum_m \sum_k N_k^m(T_0) W_k^m \quad (28)$$

となる。

等温領域 ( $20^\circ\text{C} \rightarrow 260^\circ\text{C}$ ) の反応度変化は  $5.07 \times 10^{-5} \Delta k / k$ 、出力領域 ( $260^\circ\text{C} \rightarrow 543^\circ\text{C}$ ) の反応度変化は  $6.08 \times 10^{-5} \Delta k / k$  である。

燃料集合体を保持するラッパ管も、被覆管と同様の軸方向反応度効果が存在する。この場合の温度上昇は、等温領域では被覆管と同じであるが出力領域では冷却材温度上昇と同じになる（Table 20 参照）。ラッパ管は被覆管の約 45% の体積比を有し、かつ材質が両方とも同じであると仮定すると、ラッパ管軸方向膨脹反応度変化  $(\Delta k / k)_{\text{WAE}}$  は、等温領域で  $2.28 \times 10^{-5} \Delta k / k$ 、出力領域で  $1.49 \times 10^{-5} \Delta k / k$  となる。

### (3) 被覆管径方向膨脹反応度効果

被覆管が径方向に膨脹することによって、被覆管核種自身の原子数密度には変化がないが、冷却材チャンネルを細くするように働く。したがって、このことによる反応度変化は冷却材 He の原子数密度減少によって生ずることになる。常温時  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  の被覆管外径  $R(T_0) = 7.84$

mm, 昇温時Tにおける外径をR(T)とすると,

$R(T) = R(T_0) \left\{ 1 + 2\alpha(T - T_0) \right\}^{1/2}$  である。1次摂動論を用いると、被覆管径方向膨脹反応度変化( $\Delta K/K$ )<sub>CRE</sub>は,

$$\left( \frac{\Delta K}{K} \right)_{CRE} = - \frac{2\alpha(T - T_0)}{V_p/V_c} \sum_{k \in core} N_k^4(T_0) W_k^4 \quad (29)$$

となる。ここで、 $V_p$ と $V_c$ は常温時の炉心に占める燃料ピンと冷却材の体積比であり、それぞれ38.08%, 58.92%である。また、 $N_k^4(T_0)$ は常温時のHeの原子数密度である。線膨脹係数 $\alpha = 2.0 \times 10^{-5}/\text{°C}$ を用いると、等温領域における反応度変化は $5.92 \times 10^{-5} \Delta K/K$ 、出力領域における反応度変化は $1.87 \times 10^{-5} \Delta K/K$ 、である。

ラッパ管の径方向膨脹は、ラッパ管間のギャップに吸収されるものと考えられるので反応度効果としては表面に現われない。

#### (4) 冷却材密度減少による反応度効果

冷却材Heの密度は、圧力P(単位: 気圧)、温度T(単位: 絶対温度)の時 $4.8 \times 10^{-2} P/T$  ( $\text{g/cm}^3$ )で与えられる。したがって、温度上昇にしたがってHeの原子数密度は絶対温度Tに逆比例的に変化することになる。ただし、圧力は常に一定であることを仮定する。このHe原子数密度の変化によって、反応度も変化する。これを冷却材密度減少による反応度変化( $\Delta K/K$ )<sub>c</sub>と称する。絶対温度TのHe原子数密度を $N_k^4(T)$ 、常温 $T_0 = 293\text{K}$ の原子数密度を $N_k^4(T_0)$ とすると、1次摂動論を用いることによって、

$$\left( \frac{\Delta K}{K} \right)_c = - \sum_{k \in reactor} \frac{T^k - T_0}{T^k} N_k^4(T_0) W_k^4 \quad (30)$$

となる。ただし、 $T^k$ は領域kの温度である。

等温領域における反応度変化は、 $4.41 \times 10^{-3} \Delta K/K$ 、出力領域の反応度変化は、 $1.19 \times 10^{-3} \Delta K/K$ である。

#### (5) グリッドプレイト膨脹反応度効果

グリッドプレイトは燃料集合体を支持し、低温部に設けられるものとする。したがって、温度上昇は常温時 $T_0 = 20\text{°C}$ から冷却材入口温度 $T = 260\text{°C}$ までであり、この温度上昇に伴なう反応度効果は、等温領域だけに限定される。昇温によって、グリットプレイトは径方向に膨脹し、それによって支持されている燃料集合体も径方向に移動することによって炉心が拡大する。この拡大分だけ冷却材Heが入ると仮定しても不都合はないと考えられる。したがって、グリッドプレイト膨脹による反応度変化( $\Delta K/K$ )<sub>GE</sub>は、炉心拡大に伴なう燃料核種の原子数密度変化による反応度変化、炉心拡大による反応度変化および冷却材He原子数密度増加による反応度変化の和として考えることができる。グリッドプレイトの材質をSUS 316と仮定すると、線膨脹係数は $2.0 \times 10^{-5}/\text{°C}$ を用いることができる。

等温領域の反応度変化を上述の1次摂動論的要素に分けて計算すると、第1の効果は $-3.35 \times 10^{-3} \Delta K/K$ 、第2の効果は $1.09 \times 10^{-3} \Delta K/K$ 、第3の効果は $-1.51 \times 10^{-4} \Delta K/K$ となり、グリッドプレイト膨脹反応度変化( $\Delta K/K$ )<sub>GE</sub> $= -2.41 \times 10^{-3} \Delta K/K$ 、となる。

#### 6.4 冷却材 He 壊失反応度効果

1次冷却系圧力バウンダリーが破断した場合、減圧事故が起り、Heは完全喪失に近い状態になる。この結果として反応度変化が生ずる。この反応度効果は現象的にはLMFBRのNaボイド反応度効果と類似している。Heは、その中性子散乱断面積は極めて小さいが、一種の中性子減速材として考えられるので、そのHeが喪失することによって中性子スペクトルは硬化し、核分裂性物質の $\eta$ 値を高め、あるいは親物質の核分裂ボーナスを高めると共に中性子吸収を小さくするように働く。これらの効果はすべて反応度的には正の効果である。一方、Heが喪失することによって、Naの場合ほどではないが、中性子漏洩または中性子流れ込みが増大する。前者は負の効果であり、特に炉心領域で生じ、後者は正の効果であり、炉心内でも制御棒チャンネルおよびブランケットで生ずると考えられる。

Naボイド反応度効果とHe喪失反応度効果の大きな相違は、冷却材が喪失する場所である。前者の場合、燃料溶融等によって局所的にNaボイド化が生じ、それが伝播することによってNaボイド領域が拡大し、最大の正の反応度変化を引起す領域範囲が論理的に考えられる。一方、後者のHe喪失は、Heが単相であることからNaボイドと様子が異なり、減圧事故時のみを問題とする。したがって考慮しなければならない領域は、Naボイドが局所的であったのに対して、原子炉の全領域を対象とすることになる。

He喪失反応度変化は、Naボイドの場合のように大きな中性子束のエネルギーおよび空間分布の変動がないので、1次摂動論によって取扱うことができる。この反応度変化  $(\Delta K/K)_{He\text{-loss}}$  を1次摂動論的に表現すると、

$$(\Delta K/K)_{He\text{-loss}} = (\Delta K/K)_{He} + \sum (\Delta K/K)_m$$

とすることができます。各辺第1項は、Heの原子数密度変化による反応度変化であり、第2項はHe喪失によるBackground cross-section変化に伴なう共鳴核種mの反応度変化である。一般的に、第2項の効果は非常に小さいので第1項のみで表わすと、Table 21, Table 22に示した各領域のHeの物質反応度価値  $W_k^4$  を用いて計算することが可能となる。すなわち、

$$\left( \frac{\Delta K}{K} \right)_{He\text{-loss}} = - \sum_{k \in \text{reactor}} N_k^4 W_k^4 \quad (31)$$

である。BOECとEOEC時における(31)式の意味でのHe喪失反応度変化を各領域毎に計算し、Table 23に示した。この結果、燃焼の進行によって、EOEC時の反応度変化は、BOEC時と比較して、約12%増大しているが、後章で示すように  $1\$ = 0.404\% \Delta K/K$  を考慮するとHe喪失による反応度変化は1\$強であるに過ぎない。Naボイド反応度が均質炉心において5\$程度と云われているのに比べ、非常に小さいと云える。

中性子散乱物質が喪失する場合には中性子ストリーミングの問題がある。前にも述べたようにHeはNaと比べ散乱断面積が格段に低く、かつその原子数密度も低い。したがって、中性子ストリーミングの問題はNaボイド反応度の場合と比較して極めて小さくなると推定できる。中性子ストリーミング効果は燃料ピン配列の非均質性を考慮し、(10)式の非等方拡散係数を用いることで算出することができる。計算の結果、中性子ストリーミングを考慮することによっ

て、この節で得られたHe喪失反応度変化を、燃焼状態の相違にかかわらず、約3%小さくするよう働く。この効果は、予想通り、極めて小さい量であると云える。

## 6.5 制御系に要求される反応度とフィードバック反応度係数

GCFR基準炉心は13本の主炉停止系と6本の後備停止系とからなる19本の制御棒を有している。この制御棒によって、常温状態から全出力運転状態への昇温による反応度変化、燃焼に伴なう反応度変化、その他の反応度印加、を制御する必要がある。ここでは、今まで計算した反応度変化をまとめることによって、制御棒が有すべき反応度価値の要求値を推定する。また、GCFRの安全性評価として、冷却材減圧事故および制御棒引抜き事故の解析を予定しているので、これらの事故解析の入力データとなるフィードバック反応度係数についてここにまとめて記述する。

### (1) 制御系に要請される反応度

GCFR基準炉心は、(1)常温状態から全出力運転状態への昇温による反応度損失、(2)燃焼に伴なう核分裂性物質減少と核分裂生成物蓄積による反応度損失、(3) $^{239}\text{Np}$ の生成による反応度損失、(4)冷却材Heの減圧効果、などを充分に余裕を持って収納できる余剰反応度を有する必要があり、この余剰反応度を19本の制御棒によって制御することになる。

昇温効果については、ドッpler効果、燃料、被覆管およびグリッドプレイト膨脹効果、冷却材密度減少効果を考慮した。燃焼反応度効果は、Table 9に示した実効増倍率からBOECとEOEC間の反応度損失として、 $1.60\% \Delta K/K$ となる。GCFR基準炉心では、 $^{239}\text{Np}$ 生成の外に径方向ブランケットにおける $^{233}\text{Pa}$ の生成効果があるが、その値は小さいとして無視し、 $0.2\% \Delta K/K$ を $^{239}\text{Np}$ 生成効果とした。冷却材Heの減圧効果としては、 $0.45\% \Delta K/K$ を設定し安全余裕として燃料スランピングと共に4\$を仮定した。この他には、燃料集合体弯曲効果、被覆管および構造材のスエーリング効果などが考えられるが今回は考慮していない。

以上の結果をまとめ、Table 24に制御棒設計の基本となる反応度効果を示し、Table 25には各種安全余裕を含めた主炉停止系と後備炉停止系に要請される反応度価値を示した。

### (2) フィードバック反応度係数

GCFRの安全性評価の一環として全出力運転時における制御棒引抜き事故時の炉心の熱的動特性を解析している。この解析のためには、核的特性の入力としてRef. (17)のTable 15の制御棒反応度価値のS字曲線、本節で議論する各種フィードバック係数および次章で解析する動特性パラメーターを必要とする。

全出力運転時からの出力上昇と温度上昇の関係は、冷却材入口温度一定と冷却材流量率一定の条件の下に、動特性解析コードMR-Xを準静的に取扱うことによって求めた。全出力を2857MWtとした時の出力上昇時点における各領域の各材料の平均温度をTable 26に示した。各材料の物性データは温度に対応したデータを用いている。

フィードバック反応度については、全出力運転時の温度分布から1次摂動論に基き計算した。フィードバック反応度係数としては、出力および温度上昇に対して比較的即発的であるドッpler反応度係数、燃料軸方向膨脹反応度係数、被覆管軸方向膨長反応度係数および冷却材密

度減少反応度係数、を選んだ。全出力運転時から 1MWt の出力上昇があった場合の温度上昇は、Table 25 から算出でき、燃料については、炉心で  $0.26^{\circ}\text{C}$ 、軸方向と径方向ブランケットで、それぞれ、 $0.06^{\circ}\text{C}$ 、 $0.01^{\circ}\text{C}$  上昇する。被覆管温度は、炉心で  $0.10^{\circ}\text{C}$  上昇する。冷却材は、炉心で  $0.05^{\circ}\text{C}$ 、軸方向および径方向ブランケットで、それぞれ  $0.06^{\circ}\text{C}$ 、 $0.01^{\circ}\text{C}$  上昇する。各出力変動領域の平均反応度係数を Table 27 に示した。この Table 中の各反応度係数の最下段に示した原子炉反応度係数は、炉心温度  $1^{\circ}\text{C}$  上昇に対応する値である。また、原子炉出力変動に対応したフィードバック反応度変化を定格時を基準として、Fig. 5 に示した。フィードバック反応度の大部分は、炉心燃料のドップラー効果と燃料膨脹によって占められており、その内でも特にドップラー効果の寄与が圧倒的に大きい。

## 6.6 水蒸気炉心侵入反応度効果

1 次冷却系と 2 次冷却系が接する伝熱面に破損が生じた場合、2 次系水蒸気圧力は 1 次系ヘリウム圧力より高く設計されているため、水蒸気が炉心に侵入し反応度変化が発生すると予想される。これがガス冷却高速炉特有の反応度印加事故と考えられている水蒸気侵入反応度効果であり、ガス冷却高速炉の開発初期段階では正の大きな反応度となりガス冷却炉の安全性を脅かす固有の不安全要素との指摘もなされていた。<sup>(18)</sup>その後の研究により、原子炉の運転状態により反応度は正の値から負の値まで大きく変動することが明らかになったが、依然ガス冷却高速炉の炉心の安全性を確認する上で重要な反応度である。炉心に水蒸気が侵入した場合、中性子減速能の大きい水素による反応度への影響が大きい。体系から漏れる中性子が減少することによる正の反応度、そして中性子スペクトルが軟化することによる負の反応度が考えられる。水蒸気侵入反応度はこれら正負の反応度の相殺により正味の値が決まる。そのため水蒸気侵入事故が発生した時点の原子炉の運転状態、特に中性子スペクトルの様子により反応度の値は大きく変動する。中性子スペクトルの形を決定し、水蒸気侵入反応度に大きな影響を持つ要素としては、

- (i) 原子炉運転温度
- (ii) 制御棒挿入状態
- (iii) 炉心燃焼状態 (F.P. の蓄積量を含む)

があげられる。このほかに炉心とブランケットでは反応度の値が異なり付号が逆転することもある。大型ガス冷却高速炉を対象とし先に行なった解析によれば、<sup>(18)</sup>炉心温度が高くなるにつれて反応度は負の方向へ変化する。また制御棒を挿入することにより反応度は負の方向へ変化する。燃焼状態については、炉心の燃焼が進み、燃料の反応度が下り、核分裂生成物の蓄積量が増加するにつれて、負の値となる。水蒸気侵入反応度が最も大きな値となるのは初装荷炉心(BOL)で原子炉が停止し、しかも全制御棒が引抜かれた場合となるが、現実にはありえないモデルで<sup>(19)</sup><sup>(20)</sup>ある。炉心に侵入する水蒸気の量については、A. Torri および E. Eisemann の提案がある。A. Torri の提案は原子炉の安全系などを考慮した、現実的なモデルに基づいてなされたものであり、1 次系冷却材チャンネルに侵入する水蒸気の量を最大  $0.006 \text{ gr/cm}^3$  と推定している。これに対し E. Eisemann は、2 次系の水蒸気圧力が 1 次系のヘリウム圧力と等しくなるまで水

蒸気が侵入し、その間まったく安全系の作動を考えないという仮想的なモデルに基き、冷却材チャンネルに侵入する水蒸気の量を  $0.05 \text{ gr/cm}^3$  と推定している。本解析では冷却材チャンネルに侵入する水蒸気の量を  $0.01 \text{ gr/cm}^3$  と  $0.05 \text{ gr/cm}^3$  に設定した。

解析モデルは平衡炉心初期(BOEC)と平衡炉心終期(EOEC)の燃焼状態とし、原子炉は運転状態にあるとして炉心およびブランケットの温度を設定した。平衡炉心終期では全制御棒が引抜き状態にあるとした。平衡炉心初期には制御棒は部分挿入の状態にあるのが現実的モデルである。しかし、制御棒挿入を考慮すると計算モデルが複雑になること、また制御棒引抜き状態で計算することにより反応度の上限を押えることができるので、平衡炉心初期についても全制御棒引抜き状態で計算した。

計算では、水蒸気侵入反応度を、水蒸気が侵入した炉心と定常運転中の炉心の反応度の差として求めた。ただし反応度印加による炉心温度の変化は考慮しておらず、温度変化からくるドップラーおよび燃料膨脹によるフィードバック反応度、また水蒸気侵入に伴ない1次冷却系から流出するヘリウムの密度変化による反応度への影響は考慮していない。

計算はFig. 2に示したR-Z計算モデルを使用し、 $0.01 \text{ gr/cm}^3$ あるいは $0.05 \text{ gr/cm}^3$ の濃度の水蒸気が侵入することとし、平衡炉心初期および平衡炉心終期で反応度を計算した。炉心および軸方向ブランケットに水蒸気が侵入したときの反応度と径方向ブランケットに侵入したときの反応度をそれぞれ計算した。結果をTable 28に示す。

炉心の燃焼状態が平衡サイクルに達し、運転中の炉心に水蒸気が侵入した場合、水蒸気の密度を仮想的な条件のもとに設定した場合をも含めて反応度は全て負の値となる。これは中性子の漏れが少なくなることによる正の反応度より、中性子スペクトルの軟化からくる吸収項の増加による負の反応度の方が大きいという現象が、各ケースの炉心およびブランケット領域で起きているためである。その絶対値は燃焼が進むにつれて大きくなる。制御棒の挿入を考慮するとこの反応度はさらに負の方向へ変化すると予想される。

以上の結果から、1000 MWe GCFRでは、水蒸気侵入により正の反応度が印加されることはないことが明らかになった。

## 6.7 動特性パラメーター

動特性パラメーターとして、即発中性子寿命  $\ell_p$  と実効遅発中性子割合  $\beta_{\text{eff}}$  を、Fig. 2 の体系に対する2次元25群拡散計算とその結果を用いた1次摂動論による計算によって算出した。2次元拡散コードは CITATION、1次摂動論コードは PERKYである。

即発中性子寿命  $\ell_p$  は、

$$\ell_p = \frac{1}{Y} \sum_g \int \left\langle \frac{1}{v} \right\rangle_g \phi_g(r) \phi_g^*(r) dr$$

であり、 $\left\langle \frac{1}{v} \right\rangle_g$  はエネルギー群  $g$  の中性子速さの平均である。平衡サイクルにおけるBOECとEOEC時の  $\ell_p$  は、

$$\ell_p = \begin{cases} 6.34 \times 10^{-7} \text{ sec} & \text{at BOEC} \\ 6.09 \times 10^{-7} \text{ sec} & \text{at EOEC} \end{cases}$$

となった。 $\ell_p$  は、EOEC 時と比較して、BOEC 時で約 4 % 短くなっているが、これは EOEC 時の核分裂生成物の蓄積による中性子スペクトルの硬化によるためである。GCFR の安全評価のための動特性解析は BOEC を対象としているので、 $\ell_p = 6.3 \times 10^{-7}$  sec を用いている。

実効遅発中性子割合  $\beta_{\text{eff}}$  は、核種 m の遅発中性子群 j の実効遅発中性子割合を  $\bar{\beta}_j^m$  とすると

$$\beta_{\text{eff}} = \sum_m \sum_j \bar{\beta}_j^m \text{ となり,}$$

$$\bar{\beta}_j^m = \frac{k_{\text{eff}}}{Y} \sum_k \sum_g \sum_{g'} \int_{V_k} \beta_j^m f_{j,g} \nu \sum_{f,g'}^{m,k} \phi_g^*(r) \phi_{g'}(r) dr$$

である。ここで、 $\beta_j^m$  は核種 m に対する遅発中性子割合であり、 $f_{j,g}$  は遅発中性子群 j の遅発核分裂スペクトルである。

遅発中性子データ  $\bar{\beta}_j^m$  は、JENDL に収録されているデータを使用した。ただし、 $^{242}\text{Pu}$  については  $^{240}\text{Pu}$  のデータを使用した。遅発核分裂スペクトルについては、 $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  のデータを用い、 $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  については  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{232}\text{Th}$  については  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{U}$  については  $^{235}\text{U}$  のデータをそれぞれ適用した。

BOEC と EOEC 時の  $\bar{\beta}_j^m$  と  $\beta_{\text{eff}}$  を Table 29 にまとめて示した。GCFR では、硬い中性子スペクトルが得られることで、 $^{238}\text{U}$  の核分裂割合は LMFBR の場合と比較して高くなる。この結果、GCFR の  $\beta_{\text{eff}}$  はかなり高めの値が得られている。BOEC, EOEC 時の  $\beta_{\text{eff}}$  の相異は、Table 29 から、主に  $^{238}\text{U}$  の核分裂による消滅が原因となり、EOEC 時の  $\beta_{\text{eff}}$  は BOEC 時と比較して、約 4 % 低くなる。

動特性解析に用いる崩壊定数を Table 30 にまとめて示した。ここでも、 $^{242}\text{Pu}$  のデータが見当らないので  $^{240}\text{Pu}$  のデータを使用した。

Table 20 Average Material Temperature in Each Region at Full Power Operation

Material	Temperature (°C)
<u>Core</u>	
— Fuel pellet	868
— Clad	547
— Wrapper tube	414
— Coolant	414
<u>Axial blanket</u>	
— Fuel pellet	432
— Clad	428
— Wrapper tube	420
— Coolant	420
<u>Radial blanket</u>	
— Fuel pellet	287
— Clad	285
— Wrapper tube	283
— Coolant	283

Table 21 Material Reactivity Worth at BOEC

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
U -235								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.65289E+01	1.06223E+02	-1.48981E+00	8.82047E+01	4.41565E-01	8.86463E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-3.13736E+01	2.01470E+02	-2.81817E+00	1.67278E+02	8.50112E-01	1.68128E+02
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-2.18048E+00	1.36725E+01	-1.81460E-01	1.13105E+01	5.29572E-02	1.13635E+01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.93588E+01	1.24353E+02	-1.76781E+00	1.03226E+02	5.49780E-01	1.03776E+02
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.70046E+01	1.09532E+02	-1.67473E+00	9.08524E+01	9.27571E-01	9.17800E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-9.66706E+00	6.18387E+01	-9.55953E-01	5.12157E+01	1.83586E+00	5.30515E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-2.74656E+00	2.12752E+01	-2.32731E-01	1.82960E+01	1.02871E+00	1.93246E+01
8	RB 2	2.4448E+07	-2.34295E-01	2.77637E+00	-1.68270E-02	2.52524E+00	8.22344E-02	2.60748E+00
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.92909E-01	2.33459E+00	-5.66833E-03	2.13601E+00	1.15079E-01	2.25109E+00
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.59272E+00	1.34784E+01	-1.08432E-01	1.17773E+01	2.62869E-01	1.20401E+01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.99001E+00	2.54090E+01	-2.04043E-01	2.22149E+01	4.97748E-01	2.27127E+01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.23015E-01	1.75924E+00	-1.36198E-02	1.522261E+00	3.32925E-02	1.55590E+00
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.62619E+00	1.38382E+01	-1.15247E-01	1.20968E+01	3.48387E-01	1.24452E+01
14	AB 2	2.7941E+06	-1.12733E+00	9.90628E+00	-9.09401E-02	8.68800E+00	3.44621E-01	9.03262E+00
15	AB 3	2.7941E+06	-5.51761E-01	4.92212E+00	-4.56418E-02	4.32471E+00	2.39860E-01	4.56457E+00
16	CRP-1	1.3798E+05	-7.11810E-01	4.28457E+00	-4.79455E-02	3.52482E+00	4.40469E-01	3.96529E+00
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.68729E+00	2.35710E+01	-2.91149E-01	1.95926E+01	2.61891E+00	2.22114E+01
18	SRP	8.2788E+05	-3.01203E+00	1.93293E+01	-2.41941E-01	1.60754E+01	2.24015E+00	1.83155E+01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.94311E+00	1.88853E+01	-2.36565E-01	1.57056E+01	2.21461E+00	1.79202E+01

Table 21 Cont'd

U -238		NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-6.94690E+00	2.39266E+00	-1.91953E+00	-6.47376E+00	4.38794E-01	-6.03496E+00		
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.32029E+01	4.54276E+00	-3.63124E+00	-1.22913E+01	8.40752E-01	-1.14506E+01		
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-9.01883E-01	2.91075E-01	-2.32908E-01	-8.43717E-01	5.19211E-02	-7.91795E-01		
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-8.26174E+00	2.99693E+00	-2.28387E+00	-7.54867E+00	5.41718E-01	-7.00696E+00		
5	CORE 2	3.4926E+06	-7.52379E+00	3.18595E+00	-2.19054E+00	-6.52837E+00	9.04777E-01	-5.62360E+00		
6	CORE 3	3.4926E+06	-4.27498E+00	1.87102E+00	-1.24886E+00	-3.65281E+00	1.83610E+00	-1.81671E+00		
7	RB 1	6.9852E+06	-1.97690E+00	2.44705E-01	-2.75989E-01	-2.00818E+00	1.04048E+00	-9.67704E-01		
8	RB 2	2.4448E+07	-2.54705E-01	6.95877E-03	-1.85706E-02	-2.66317E-01	8.22511E-02	-1.84064E-01		
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.19914E-01	1.52698E-03	-5.60237E-03	-2.23989E-01	1.10389E-01	-1.13599E-01		
10	AB 1-1	1.4859E+06	-5.42556E-01	8.96087E-02	-1.26331E-01	-5.79279E-01	2.57778E-01	-3.21501E-01		
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.02582E+00	1.68904E-01	-2.36834E-01	-1.09375E+00	4.88155E-01	-6.05596E-01		
12	AB 1-3	2.5253E+05	-7.70578E-02	1.21954E-02	-1.54358E-02	-8.02982E-02	3.22581E-02	-4.80402E-02		
13	AB 1-4	2.4590E+06	-5.68285E-01	9.81966E-02	-1.34038E-01	-6.04127E-01	3.39178E-01	-2.64949E-01		
14	AB 2	2.7941E+06	-3.98749E-01	7.94169E-02	-1.08470E-01	-4.27802E-01	3.38822E-01	-8.89789E-02		
15	AB 3	2.7941E+06	-1.93968E-01	3.96620E-02	-5.44916E-02	-2.08798E-01	2.33788E-01	2.49906E-02		
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.44537E-01	7.20677E-02	-6.01259E-02	-4.32594E-01	4.28723E-01	-3.87081E-03		
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.17952E+00	4.45728E-01	-3.68882E-01	-2.10267E+00	2.54846E+00	4.45790E-01		
18	SRP	8.2788E+05	-1.76610E+00	3.75846E-01	-3.06966E-01	-1.69722E+00	2.18075E+00	4.83531E-01		
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.72294E+00	3.70757E-01	-3.00134E-01	-1.65232E+00	2.15590E+00	5.03583E-01		

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
PU-239								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.30647E+01	1.23907E+02	-9.75245E-01	1.09867E+02	4.63343E-01	1.10330E+02
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.47768E+01	2.35263E+02	-1.84369E+00	2.08643E+02	8.90790E-01	2.09533E+02
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.72875E+00	1.59194E+01	-1.16509E-01	1.40741E+01	5.53310E-02	1.41295E+01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.51639E+01	1.47214E+02	-1.16284E+00	1.30887E+02	5.75300E-01	1.31463E+02
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.30355E+01	1.33449E+02	-1.11597E+00	1.19298E+02	9.67023E-01	1.20265E+02
6	CORE 3	3.4926E+06	-7.35801E+00	7.53344E+01	-6.33440E-01	6.73429E+01	1.93051E+00	6.92734E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-2.58989E+00	2.37523E+01	-1.48499E-01	2.10140E+01	1.07166E+00	2.20856E+01
8	RB 2	2.4448E+07	-2.53124E-01	3.10452E+00	-1.08467E-02	2.84055E+00	8.53973E-02	2.92595E+00
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.37864E-01	3.25455E+00	-4.50964E-03	3.01218E+00	1.15415E-01	3.12760E+00
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.45542E+00	1.40692E+01	-7.48953E-02	1.25388E+01	2.73563E-01	1.28124E+01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.72210E+00	2.65488E+01	-1.41827E-01	2.36849E+01	5.18003E-01	2.42029E+01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.01962E-01	1.86461E+00	-9.75337E-03	1.65290E+00	3.46055E-02	1.68750E+00
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.46987E+00	1.45704E+01	-8.02041E-02	1.30204E+01	3.62544E-01	1.33829E+01
14	AB 2	2.7941E+06	-1.01951E+00	1.04887E+01	-6.17430E-02	9.40743E+00	3.59401E-01	9.76683E+00
15	AB 3	2.7941E+06	-5.05097E-01	5.22731E+00	-3.07817E-02	4.69143E+00	2.50103E-01	4.94153E+00
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.58107E-01	4.99866E+00	-2.98174E-02	4.31074E+00	4.53413E-01	4.76415E+00
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.28917E+00	2.75083E+01	-1.86211E-01	2.40329E+01	2.69558E+00	2.67285E+01
18	SRP	8.2788E+05	-2.66227E+00	2.26537E+01	-1.55133E-01	1.98364E+01	2.30642E+00	2.21428E+01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.59468E+00	2.21670E+01	-1.51946E-01	1.94204E+01	2.28026E+00	2.17006E+01

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
<hr/>								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.20763E+01	2.57344E+01	-8.90582E-01	1.277676E+01	4.59437E-01	1.32271E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.29301E+01	4.88945E+01	-1.68354E+00	2.42808E+01	8.82271E-01	2.51631E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.59155E+00	3.22190E+00	-1.05725E-01	1.52462E+00	5.47273E-02	1.57934E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.42549E+01	3.16849E+01	-1.06492E+00	1.63651E+01	5.69081E-01	1.69342E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.26492E+01	3.16223E+01	-1.04087E+00	1.79323E+01	9.53851E-01	1.88861E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-7.15997E+00	1.81869E+01	-5.87190E-01	1.04397E+01	1.90647E+00	1.23462E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-3.98436E+00	3.35255E+00	-1.11562E-01	-7.43369E-01	1.04699E+00	3.03627E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-9.87214E-01	1.96338E-01	-7.43374E-03	-7.98308E-01	7.85584E-02	-7.19747E-01
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.02847E+00	7.26934E-02	-2.53597E-03	-9.58325E-01	1.06124E-01	-8.52199E-01
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.60518E+00	1.49357E+00	-5.71440E-02	-1.68755E-01	2.70096E-01	1.01341E-01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.91579E+00	2.81236E+00	-1.06714E-01	-1.21015E+00	4.94022E-01	-7.16125E-01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.86750E-01	2.000887E-01	-6.90822E-03	-9.27710E-02	3.31156E-02	-5.96554E-02
13	AB 1-4	2.4590E+06	-2.11894E+00	1.59899E+00	-6.03237E-02	-5.80276E-01	3.47354E-01	-2.32922E-01
14	AB 2	2.7941E+06	-1.50454E+00	1.21921E+00	-4.85013E-02	-3.33831E-01	3.45979E-01	1.21479E-02
15	AB 3	2.7941E+06	-8.26069E-01	6.04377E-01	-2.41733E-02	-2.45865E-01	2.41991E-01	-3.87474E-03
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.43764E-01	8.61516E-01	-2.59154E-02	1.91836E-01	4.47973E-01	6.39810E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.18123E+00	5.07093E+00	-1.64837E-01	1.72485E+00	2.66233E+00	4.38719E+00
18	SRP	8.2788E+05	-2.55358E+00	4.24742E+00	-1.37577E-01	1.555626E+00	2.27835E+00	3.83462E+00
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.49168E+00	4.17887E+00	-1.34722E-01	1.55246E+00	2.25253E+00	3.80499E+00

Table 21 Cont'd

PU-241								
NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.34867E+01	1.777518E+02	-1.49028E+00	1.62541E+02	4.81153E-01	1.63022E+02
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.55866E+01	3.36789E+02	-2.82003E+00	3.08382E+02	9.25400E-01	3.09308E+02
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.78011E+00	2.28676E+01	-1.83436E-01	2.09040E+01	5.75030E-02	2.09615E+01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.57389E+01	2.08516E+02	-1.75941E+00	1.91017E+02	5.97930E-01	1.91615E+02
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.37607E+01	1.84770E+02	-1.62499E+00	1.69385E+02	1.00581E+00	1.70390E+02
6	CORE 3	3.4926E+06	-7.82615E+00	1.04335E+02	-9.26638E-01	9.55824E+01	2.01169E+00	9.75941E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-2.30193E+00	3.51734E+01	-2.55858E-01	3.26155E+01	1.12271E+00	3.37383E+01
8	RB 2	2.4448E+07	-2.10116E-01	4.73137E+00	-1.97877E-02	4.50146E+00	8.86557E-02	4.59012E+00
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.77126E-01	4.95759E+00	-7.13413E-03	4.77333E+00	1.20008E-01	4.89334E+00
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.35017E+00	2.19977E+01	-1.22038E-01	2.05255E+01	2.83289E-01	2.08088E+01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.52864E+00	4.14714E+01	-2.30113E-01	3.87126E+01	5.36460E-01	3.92491E+01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.87788E-01	2.89682E+00	-1.54977E-02	2.69353E+00	3.58018E-02	2.72934E+00
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.37076E+00	2.26134E+01	-1.29734E-01	2.11129E+01	3.75654E-01	2.14886E+01
14	AB 2	2.7941E+06	-9.51835E-01	1.61604E+01	-1.00575E-01	1.51080E+01	3.73289E-01	1.54813E+01
15	AB 3	2.7941E+06	-4.68303E-01	8.04711E+00	-5.03803E-02	7.52843E+00	2.59573E-01	7.78800E+00
16	CRP-1	1.3798E+05	-5.89674E-01	7.17837E+00	-5.01452E-02	6.53855E+00	4.69368E-01	7.00792E+00
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.03817E+00	3.93173E+01	-2.98765E-01	3.59804E+01	2.79099E+00	3.87714E+01
18	SRP	8.2788E+05	-2.47613E+00	3.22654E+01	-2.47753E-01	2.95415E+01	2.38804E+00	3.19295E+01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.41765E+00	3.15362E+01	-2.42296E-01	2.88763E+01	2.36087E+00	3.12371E+01

Table 21 Cont'd

PU-242							DELT-K/K	
NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-9.51325E+00	1.88190E+01	-9.82805E-01	8.32299E+00	4.34287E-01	8.75728E+00
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.80399E+01	3.57485E+01	-1.85965E+00	1.58491E+01	8.35964E-01	1.66850E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.26047E+00	2.33171E+00	-1.20161E-01	9.51081E-01	5.21045E-02	1.00318E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.10508E+01	2.33854E+01	-1.16856E+00	1.11661E+01	5.38879E-01	1.17049E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-9.55374E+00	2.39918E+01	-1.09733E+00	1.33408E+01	9.08980E-01	1.422497E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-5.43810E+00	1.38999E+01	-4.26937E-01	7.83482E+00	1.79746E+00	9.63229E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-2.41688E+00	2.23967E+00	-1.68137E-01	-3.45344E-01	9.96153E-01	6.50808E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-4.13523E-01	9.88342E-02	-1.27548E-02	-3.27442E-01	8.17598E-02	-2.45681E-01
9	REFLEC	2.2844E+07	-3.67174E-01	3.04534E-02	-4.69171E-03	-3.41420E-01	1.13670E-01	-2.27748E-01
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.29028E+00	8.93605E-01	-7.90455E-02	-4.75731E-01	2.54062E-01	-2.21668E-01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.37523E+00	1.68741E+00	-1.49497E-01	-8.37321E-01	4.81713E-01	-3.55608E-01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.74858E-01	1.21722E-01	-9.91677E-03	-6.30534E-02	3.24346E-02	-3.06189E-02
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.26643E+00	9.71264E-01	-8.46231E-02	-3.79790E-01	3.38427E-01	-4.13628E-02
14	AB 2	2.7941E+06	-8.72389E-01	7.60678E-01	-6.61478E-02	-1.77858E-01	3.34240E-01	1.56382E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-4.52489E-01	3.78567E-01	-3.31706E-02	-1.07093E-01	2.33716E-01	1.26623E-01
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.76842E-01	6.03572E-01	-3.20748E-02	9.46552E-02	4.31992E-01	5.26647E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.35116E+00	3.61794E+00	-1.94555E-01	1.07221E+00	2.56726E+00	3.63948E+00
18	SRP	8.2788E+05	-1.89832E+00	3.04127E+00	-1.61958E-01	9.80985E-01	2.19491E+00	3.17590E+00
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.84968E+00	2.99622E+00	-1.58477E-01	9.88059E-01	2.16957E+00	3.15763E+00

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
<hr/>								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.13351E+01	3.96730E-01	-1.87922E+00	-1.28176E+01	4.24696E-01	-1.23929E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.15006E+01	7.53277E-01	-3.55467E+00	-2.43019E+01	8.16335E-01	-2.34856E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.50664E+00	4.82018E-02	-2.26786E-01	-1.68522E+00	5.06828E-02	-1.63454E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.32414E+01	4.97525E-01	-2.23949E+00	-1.49834E+01	5.26959E-01	-1.44565E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.15766E+01	5.30781E-01	-2.15440E+00	-1.32002E+01	8.86747E-01	-1.23135E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-6.62685E+00	3.12350E-01	-1.22182E+00	-7.53632E+00	1.76943E+00	-5.76688E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-1.20327E+00	4.00981E-02	-2.62322E-01	-1.42549E+00	9.85055E-01	-4.40443E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-7.15113E-02	1.09713E-03	-1.75073E-02	-8.79213E-02	7.30627E-02	-11.48589E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.49921E-01	2.38998E-04	-5.59010E-03	-1.55227E-01	1.06421E-01	-4.88505E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.17377E+00	1.45930E-02	-1.26048E-01	-1.28522E+00	2.51848E-01	-1.03338E+00
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.19767E+00	2.75166E-02	-2.36810E-01	-2.40696E+00	4.76899E-01	-1.93006E+00
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.63852E-01	1.99181E-03	-1.55293E-02	-1.77389E-01	3.17884E-02	-1.45601E-01
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.18721E+00	1.60060E-02	-1.34106E-01	-1.30531E+00	3.33053E-01	-9.72262E-01
14	AB 2	2.7941E+06	-8.20533E-01	1.29399E-02	-1.07708E-01	-9.15302E-01	3.30539E-01	-5.84762E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-4.02705E-01	6.466393E-03	-5.38383E-02	-4.50079E-01	2.29575E-01	-2.20504E-01
16	CRP-1	1.3798E+05	-5.06925E-01	1.18843E-02	-5.87161E-02	-5.53757E-01	4.10957E-01	-1.42800E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.56228E+00	7.36740E-02	-3.62337E-01	-2.85094E+00	2.44350E+00	-4.07440E-01
18	SRP	8.2788E+05	-2.08539E+00	6.21515E-02	-3.01656E-01	-2.32489E+00	2.09073E+00	-2.34164E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.03612E+00	6.13253E-02	-2.95064E-01	-2.26986E+00	2.06661E+00	-2.03249E-01

Table 21 Cont'd

PA-233	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1 CORE 1-1	1	1.8573E+06	-2.87233E+01	3.36369E+00	-3.40544E+00	-2.87651E+01	4.37794E-01	-2.83273E+01	
2 CORE 1-2	2	4.0668E+06	-5.44605E+01	6.38650E+00	-6.44773E+00	-5.45218E+01	8.41639E-01	-5.36800E+01	
3 CORE 1-3	3	3.1566E+05	-3.79606E+00	4.09368E-01	-4.27402E-01	-3.81409E+00	5.23095E-02	-3.76178E+00	
4 CORE 1-4	4	3.0737E+06	-3.33303E+01	4.21366E+00	-4.00692E+00	-3.31235E+01	5.44421E-01	-3.25791E+01	
5 CORE 2	5	3.4926E+06	-2.89517E+01	4.47827E+00	-3.57776E+00	-2.80511E+01	9.15024E-01	-2.71361E+01	
6 CORE 3	6	3.4926E+06	-1.65429E+01	2.62965E+00	-2.06435E+00	-1.59776E+01	1.82433E+00	-1.41533E+01	
7 RB 1	7	6.9852E+06	-4.99765E+00	3.44880E-01	-7.08410E-01	-5.36118E+00	1.02113E+00	-4.34004E+00	
8 RB 2	8	2.4448E+07	-5.06279E-01	9.85207E-03	-5.91629E-02	-5.55589E-01	7.94396E-02	-4.76148E-01	
9 REFLEC	9	2.2844E+07	-4.26639E-01	2.17073E-03	-2.32060E-02	-4.47674E-01	1.07799E-01	-3.39874E-01	
10 AB 1-1	10	1.4859E+06	-2.94525E+00	1.26176E-01	-3.30880E-01	-3.14995E+00	2.58754E-01	-2.89120E+00	
11 AB 1-2	11	3.2534E+06	-5.48143E+00	2.37852E-01	-6.27477E-01	-5.87105E+00	4.90294E-01	-5.38076E+00	
12 AB 1-3	12	2.52533E+05	-4.05612E-01	1.71851E-02	-4.25584E-02	-4.30985E-01	3.26727E-02	-3.98313E-01	
13 AB 1-4	13	2.4590E+06	-2.96340E+00	1.38295E-01	-3.52390E-01	-3.17749E+00	3.42713E-01	-2.83477E+00	
14 AB 2	14	2.7941E+06	-2.05995E+00	1.11794E-01	-2.65751E-01	-2.21390E+00	3.40372E-01	-1.87353E+00	
15 AB 3	15	2.7941E+06	-1.01835E+00	5.58361E-02	-1.33240E-01	-1.09575E+00	2.36216E-01	-8.59537E-01	
16 CRP-1	16	1.3798E+05	-1.25854E+00	1.01352E-01	-1.21651E-01	-1.27884E+00	4.24397E-01	-8.54445E-01	
17 CRP-2	17	8.2786E+05	-6.45624E+00	6.26478E-01	-7.06792E-01	-6.53656E+00	2.52334E+00	-4.01321E+00	
18 SRP	18	8.2788E+05	-5.24755E+00	5.28258E-01	-5.85562E-01	-5.30485E+00	2.15954E+00	-3.14531E+00	
19 CRP-3	19	8.2791E+05	-5.12003E+00	5.21117E-01	-5.72795E-01	-5.17170E+00	2.13500E+00	-3.03670E+00	

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
U -233								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-7.17111E+00	1.57747E+02	-1.26987E+00	1.49306E+02	4.04418E-01	1.49710E+02
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.36267E+01	2.99248E+02	-2.40166E+00	2.83220E+02	7.77865E-01	2.83998E+02
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-9.39180E-01	2.02960E+01	-1.53763E-01	1.92031E+01	4.82449E-02	1.92513E+01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-8.50633E+00	1.85076E+02	-1.51105E+00	1.75058E+02	5.00191E-01	1.75558E+02
5	CORE 2	3.4926E+06	-7.64137E+00	1.63695E+02	-1.45263E+00	1.54601E+02	8.43803E-01	1.55444E+02
6	CORE 3	3.4926E+06	-4.33203E+00	9.24033E+01	-8.27882E-01	8.72433E+01	1.68492E+00	8.89282E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-1.16023E+00	3.10993E+01	-1.80846E-01	2.97582E+01	9.41428E-01	3.06996E+01
8	RB 2	2.44448E+07	-1.03205E-01	4.13326E+00	-1.20871E-02	4.01796E+00	7.44023E-02	4.09236E+00
9	REFLEC	2.2844E+07	-8.13683E-02	3.90543E+00	-3.79375E-03	3.82027E+00	1.04381E-01	3.92465E+00
10	AB 1-1	1.4859E+06	-6.40059E-01	1.95621E+01	-8.44048E-02	1.88377E+01	2.38690E-01	1.90764E+01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.20173E+00	3.68721E+01	-1.58440E-01	3.55119E+01	4.52261E-01	3.59642E+01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-9.01368E-02	2.56049E+00	-1.03328E-02	2.46002E+00	3.02326E-02	2.49025E+00
13	AB 1-4	2.4590E+06	-6.59729E-01	2.01066E+01	-8.96748E-02	1.93572E+01	3.16466E-01	1.96736E+01
14	AB 2	2.7941E+06	-4.60170E-01	1.44023E+01	-7.23397E-02	1.38698E+01	3.13929E-01	1.41837E+01
15	AB 3	2.7941E+06	-2.26362E-01	7.16517E+00	-3.62943E-02	6.90251E+00	2.18808E-01	7.12132E+00
16	CRP-1	1.3798E+05	-2.94359E-01	6.31636E+00	-3.99899E-02	5.98200E+00	3.96116E-01	6.37812E+00
17	CRP-2	8.2786E+05	-1.55985E+00	3.47902E+01	-2.45633E-01	3.29847E+01	2.35576E+00	3.53405E+01
18	SRP	8.2788E+05	-1.28232E+00	2.85559E+01	-2.04377E-01	2.70693E+01	2.01433E+00	2.90836E+01
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.25552E+00	2.79084E+01	-1.99783E-01	2.64530E+01	1.99064E+00	2.84437E+01

Table 21 Cont'd

AM-241		NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-4.16647E+01	2.342267E+01	-1.11066E+00	-1.93486E+01	4.29673E-01	-1.89189E+01		
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-7.90702E+01	4.44715E+01	-2.10145E+00	-3.66999E+01	8.27725E-01	-3.58722E+01		
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-5.50930E+00	2.88894E+00	-1.36957E-01	-2.75732E+00	5.15994E-02	-2.70572E+00		
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-4.87613E+01	2.89946E+01	-1.31370E+00	-2.10803E+01	5.35227E-01	-2.05451E+01		
5	CORE 2	3.4926E+06	-4.27578E+01	2.97496E+01	-1.21842E+00	-1.42265E+01	9.04380E-01	-1.33222E+01		
6	CORE 3	3.4926E+06	-2.43573E+01	1.73052E+01	-6.99592E-01	-7.75176E+00	1.78489E+00	-5.96687E+00		
7	RB 1	6.9852E+06	-7.30910E+00	2.88193E+00	-1.99414E-01	-4.62658E+00	9.98266E-01	-3.62831E+00		
8	RB 2	2.4448E+07	-7.37442E-01	1.61195E-01	-1.54568E-02	-5.91702E-01	8.06156E-02	-5.11084E-01		
9	REFLEC	2.2844E+07	-6.63371E-01	8.06401E-02	-5.44530E-03	-5.88174E-01	1.11007E-01	-4.77166E-01		
10	AB 1-1	1.4859E+06	-4.25622E+00	1.22616E+00	-9.07826E-02	-3.12083E+00	2.53858E-01	-2.86697E+00		
11	AB 1-2	3.2534E+06	-7.93109E+00	2.31133E+00	-1.71370E-01	-5.79112E+00	4.81254E-01	-5.30987E+00		
12	AB 1-3	2.5253E+05	-5.90772E-01	1.64375E-01	-1.15156E-02	-4.37912E-01	3.22850E-02	-4.05627E-01		
13	AB 1-4	2.4590E+06	-4.30440E+00	1.31379E+00	-9.67778E-02	-3.08738E+00	3.37860E-01	-2.74951E+00		
14	AB 2	2.7941E+06	-2.98983E+00	1.01869E+00	-7.52028E-02	-2.04634E+00	3.34202E-01	-1.71213E+00		
15	AB 3	2.7941E+06	-1.48183E+00	5.08352E-01	-3.78457E-02	-1.01133E+00	2.33147E-01	-7.78181E-01		
16	CRP-1	1.3798E+05	-1.81828E+00	7.51658E-01	-3.73751E-02	-1.10401E+00	4.31040E-01	-6.72969E-01		
17	CRP-2	8.2786E+05	-9.34583E+00	4.51621E+00	-2.22838E-01	-5.05244E+00	2.56194E+00	-2.49049E+00		
18	SRP	8.2788E+05	-7.62082E+00	3.78704E+00	-1.84971E-01	-4.01873E+00	2.19113E+00	-1.82760E+00		
19	CRP-3	8.2791E+05	-7.44428E+00	3.72865E+00	-1.80854E-01	-3.89647E+00	2.16615E+00	-1.73032E+00		

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.50615E+01	5.19753E+00	-1.94757E+00	-1.18116E+01	4.74615E-01	-1.13370E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.85858E+01	9.86833E+00	-3.68397E+00	-2.24015E+01	9.12982E-01	-2.14885E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.98587E+00	6.34701E-01	-2.35742E-01	-1.58691E+00	5.68247E-02	-1.53009E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.77180E+01	6.50180E+00	-2.31783E+00	-1.35341E+01	5.90493E-01	-1.29436E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.57356E+01	6.85517E+00	-2.22839E+00	-1.11088E+01	9.93962E-01	-1.01148E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-8.99408E+00	4.01045E+00	-1.27386E+00	-6.25749E+00	1.97602E+00	-4.28146E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-2.76322E+00	5.62878E-01	-2.83574E-01	-2.48391E+00	1.10780E+00	-1.37610E+00
8	RB 2	2.4448E+07	-3.12015E-01	1.81237E-02	-1.89705E-02	-3.12861E-01	8.77979E-02	-2.25062E-01
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.43243E-01	4.20438E-03	-5.68832E-03	-2.44727E-01	1.19848E-01	-1.24879E-01
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.44402E+00	2.04720E-01	-1.28967E-01	-1.36826E+00	2.82030E-01	-1.08624E+00
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.70736E+00	3.85953E-01	-2.41971E-01	-2.56338E+00	5.33964E-01	-2.02941E+00
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.02884E-01	2.78623E-02	-1.58212E-02	-1.90843E-01	3.56580E-02	-1.55185E-01
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.47239E+00	2.24356E-01	-1.37119E-01	-1.38515E+00	3.73245E-01	-1.01191E+00
14	AB 2	2.7941E+06	-1.02293E+00	1.80879E-01	-1.10860E-01	-9.52916E-01	3.69906E-01	-5.83010E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-5.05263E-01	9.04710E-02	-5.57705E-02	-4.70562E-01	2.57248E-01	-2.13313E-01
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.50408E-01	1.58580E-01	-6.11484E-02	-5.52976E-01	4.63698E-01	-8.92783E-02
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.34289E+00	9.73866E-01	-3.76349E-01	-2.74537E+00	2.75672E+00	1.13468E-02
18	SRP	8.2788E+05	-2.73161E+00	8.20689E-01	-3.13255E-01	-2.22418E+00	2.35865E+00	1.34472E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.67019E+00	8.09407E-01	-3.06251E-01	-2.16703E+00	2.33180E+00	1.64764E-01

Table 21 Cont'd

U -234	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1 CORE 1-1	1.8573E+06	-9.42671E+00	1.47781E+01	-1.46024E+00	3.89116E+00	4.55095E-01	4.34626E+00		
2 CORE 1-2	4.0668E+06	-1.78271E+01	2.80812E+01	-2.76298E+00	7.49120E+00	8.75365E-01	8.36656E+00		
3 CORE 1-3	3.1566E+05	-1.27735E+00	1.84150E+00	-1.77390E-01	3.86765E-01	5.44176E-02	4.41183E-01		
4 CORE 1-4	3.0737E+06	-1.07022E+01	1.83939E+01	-1.73653E+00	5.95521E+00	5.65889E-01	6.52110E+00		
5 CORE 2	3.4926E+06	-8.87878E+00	1.88312E+01	-1.65312E+00	8.29934E+00	9.52390E-01	9.25173E+00		
6 CORE 3	3.4926E+06	-5.18446E+00	1.08772E+01	-9.43345E-01	4.74938E+00	1.89743E+00	6.64681E+00		
7 RB 1	6.9852E+06	-2.46775E+00	1.74172E+00	-2.23905E-01	-9.49933E-01	1.05994E+00	1.10014E-01		
8 RB 2	2.4448E+07	-4.31218E-01	7.26268E-02	-1.57759E-02	-3.74365E-01	8.40387E-02	-2.90325E-01		
9 REFLEC	2.2844E+07	-3.43472E-01	2.14854E-02	-5.17813E-03	-3.27165E-01	1.14185E-01	-2.12978E-01		
10 AB 1-1	1.4859E+06	-1.20887E+00	6.86277E-01	-1.04187E-01	-6.26788E-01	2.69370E-01	-3.57417E-01		
11 AB 1-2	3.2534E+06	-2.24271E+00	1.29627E+00	-1.96012E-01	-1.14245E+00	5.09973E-01	-6.32481E-01		
12 AB 1-3	2.5253E+05	-1.67053E-01	9.44599E-02	-1.29497E-02	-8.55428E-02	3.40234E-02	-5.15194E-02		
13 AB 1-4	2.4590E+06	-1.19066E+00	7.49464E-01	-1.10939E-01	-5.52137E-01	3.56694E-01	-1.95443E-01		
14 AB 2	2.7941E+06	-8.15256E-01	5.88070E-01	-8.83395E-02	-3.15525E-01	3.54097E-01	3.85715E-02		
15 AB 3	2.7941E+06	-4.10565E-01	2.92440E-01	-4.43240E-02	-1.62448E-01	2.46225E-01	8.37764E-02		
16 CRP-1	1.3798E+05	-4.81818E-01	4.79629E-01	-4.65856E-02	-4.87749E-02	4.42917E-01	3.94142E-01		
17 CRP-2	8.2786E+05	-2.26599E+00	2.85342E+00	-2.84786E-01	3.02636E-01	2.63371E+00	2.93635E+00		
18 SRP	8.2788E+05	-1.81440E+00	2.39994E+00	-2.36983E-01	3.48553E-01	2.25347E+00	2.60202E+00		
19 CRP-3	8.2791E+05	-1.76341E+00	2.36452E+00	-2.31775E-01	3.69331E-01	2.22775E+00	2.59708E+00		

Table 21 Cont'd

HE	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	0.0	0.0	-1.52754E+00	-1.52754E+00	1.32126E-01	-1.39541E+00	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	0.0	0.0	-2.89027E+00	-2.89027E+00	2.49752E-01	-2.64051E+00	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	0.0	0.0	-1.88127E-01	-1.88127E-01	1.49352E-02	-1.73192E-01	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	0.0	0.0	-1.81486E+00	-1.81486E+00	1.57315E-01	-1.65754E+00	
5	CORE 2	3.4926E+06	0.0	0.0	-1.70759E+00	-1.70759E+00	2.53671E-01	-1.45392E+00	
6	CORE 3	3.4926E+06	0.0	0.0	-9.87967E-01	-9.87967E-01	5.83441E-01	-4.04525E-01	
7	RB 1	6.9852E+06	0.0	0.0	-2.89658E-01	-2.89658E-01	3.27183E-01	3.75254E-02	
8	RB 2	2.44448E+07	0.0	0.0	-2.40861E-02	-2.40861E-02	1.88213E-02	-5.26475E-03	
9	REFLEC	2.2844E+07	0.0	0.0	-8.82167E-03	-8.82167E-03	1.25405E-02	3.71881E-03	
10	AB 1-1	1.4859E+06	0.0	0.0	-1.28023E-01	-1.28023E-01	7.10510E-02	-5.69721E-02	
11	AB 1-2	3.2534E+06	0.0	0.0	-2.42373E-01	-2.42373E-01	1.34587E-01	-1.07786E-01	
12	AB 1-3	2.5253E+05	0.0	0.0	-1.63340E-02	-1.63340E-02	8.64043E-03	-7.69361E-03	
13	AB 1-4	2.4590E+06	0.0	0.0	-1.36932E-01	-1.36932E-01	9.19972E-02	-4.49352E-02	
14	AB 2	2.7941E+06	0.0	0.0	-1.05764E-01	-1.05764E-01	9.76384E-02	-8.12552E-03	
15	AB 3	2.7941E+06	0.0	0.0	-5.34862E-02	-5.34862E-02	6.70393E-02	1.35533E-02	
16	CRP-1	1.3798E+05	0.0	0.0	-5.07132E-02	-5.07132E-02	5.98720E-02	9.15880E-03	
17	CRP-2	8.2786E+05	0.0	0.0	-3.03845E-01	-3.03845E-01	3.57882E-01	5.40377E-02	
18	SRP	8.2788BE+05	0.0	0.0	-2.52794E-01	-2.52794E-01	3.08062E-01	5.52685E-02	
19	CRP-3	8.2791E+05	0.0	0.0	-2.47056E-01	-2.47056E-01	3.03248E-01	5.61921E-02	

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
0								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-3.98304E-02	0.0	-6.24075E-01	-6.63905E-01	1.77242E-01	-4.86663E-01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-7.54994E-02	0.0	-1.18097E+00	-1.25646E+00	3.39487E-01	-9.16982E-01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-4.72340E-03	0.0	-7.80520E-02	-8.27755E-02	2.09947E-02	-6.17809E-02
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-4.94479E-02	0.0	-7.36029E-01	-7.85477E-01	2.20138E-01	-5.65338E-01
5	CORE 2	3.4926E+06	-5.26800E-02	0.0	-6.30190E-01	-6.82870E-01	3.66001E-01	-3.16868E-01
6	CORE 3	3.4926E+06	-3.08654E-02	0.0	-3.62798E-01	-3.93664E-01	7.42458E-01	3.48794E-01
7	RB 1	6.9852E+06	-3.63057E-03	0.0	-1.81057E-01	-1.84687E-01	4.13342E-01	2.28655E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-8.85000E-05	0.0	-1.79742E-02	-1.80627E-02	3.04013E-02	1.23384E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.65496E-05	0.0	-9.51022E-03	-9.52676E-03	4.07081E-02	3.11812E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.48691E-03	0.0	-9.23416E-02	-9.38284E-02	1.03971E-01	1.01428E-02
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.78803E-03	0.0	-1.77637E-01	-1.80425E-01	1.96834E-01	1.64093E-02
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.93411E-04	0.0	-1.25911E-02	-1.27845E-02	1.29753E-02	1.90764E-04
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.61169E-03	0.0	-1.00079E-01	-1.01690E-01	1.36817E-01	3.51261E-02
14	AB 2	2.7941E+06	-1.33503E-03	0.0	-7.12776E-02	-7.26126E-02	1.37076E-01	6.44635E-02
15	AB 3	2.7941E+06	-6.64645E-04	0.0	-3.55888E-02	-3.62535E-02	9.43156E-02	5.80624E-02
16	CRP-1	1.3798E+05	-1.15279E-03	0.0	-2.49849E-02	-2.61377E-02	1.72064E-01	1.45926E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-7.38164E-03	0.0	-1.44170E-01	-1.51552E-01	1.02394E+00	8.72391E-01
18	SRP	8.2788E+05	-6.21672E-03	0.0	-1.19724E-01	-1.25941E-01	8.77678E-01	7.51737E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-6.12549E-03	0.0	-1.17336E-01	-1.23461E-01	8.67975E-01	7.44513E-01

Table 21 Cont'd

CR	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE	1-1	1.8573E+06	-4.37152E-01	0.0	-6.62004E-01	-1.09915E+00	2.15815E-01	-8.83342E-01
2	CORE	1-2	4.0668E+06	-8.30557E-01	0.0	-1.25395E+00	-2.08450E+00	4.13914E-01	-1.67058E+00
3	CORE	1-3	3.1566E+05	-5.64926E-02	0.0	-7.94510E-02	-1.35944E-01	2.57299E-02	-1.10214E-01
4	CORE	1-4	3.0737E+06	-5.17666E-01	0.0	-7.93268E-01	-1.31093E+00	2.66657E-01	-1.04427E+00
5	CORE	2	3.4926E+06	-4.68881E-01	0.0	-7.40388E-01	-1.20927E+00	4.43672E-01	-7.65598E-01
6	CORE	3	3.4926E+06	-2.65112E-01	0.0	-4.16783E-01	-6.81895E-01	8.99631E-01	2.17735E-01
7	RB	1	6.9852E+06	-6.28672E-02	0.0	-1.27169E-01	-1.90036E-01	5.10028E-01	3.19991E-01
8	RB	2	2.4448E+07	-3.98012E-03	0.0	-1.04499E-02	-1.44301E-02	3.81178E-02	2.36875E-02
9	REFLEC		2.2844E+07	-2.43120E-03	0.0	-3.70696E-03	-6.13806E-03	3.50213E-02	2.88832E-02
10	AB	1-1	1.4859E+06	-3.47715E-02	0.0	-6.11403E-02	-9.59114E-02	1.27771E-01	3.18600E-02
11	AB	1-2	3.2534E+06	-6.56689E-02	0.0	-1.16285E-01	-1.81954E-01	2.42176E-01	6.02221E-02
12	AB	1-3	2.5253E+05	-4.90537E-03	0.0	-8.01909E-03	-1.29245E-02	1.60950E-02	3.17051E-03
13	AB	1-4	2.4590E+06	-3.63230E-02	0.0	-6.64358E-02	-1.02759E-01	1.67470E-01	6.47113E-02
14	AB	2	2.7941E+06	-2.55522E-02	0.0	-5.10768E-02	-7.66287E-02	1.67621E-01	9.09917E-02
15	AB	3	2.7941E+06	-1.24304E-02	0.0	-2.55638E-02	-3.79942E-02	1.16212E-01	7.82173E-02
16	CRP-1		1.3798E+05	-1.58007E-02	0.0	-1.98056E-02	-3.56064E-02	1.48435E-01	1.12829E-01
17	CRP-2		8.2786E+05	-8.67887E-02	0.0	-1.25419E-01	-2.12208E-01	8.80203E-01	6.67995E-01
18	SRP		8.2788E+05	-7.15265E-02	0.0	-1.05168E-01	-1.76695E-01	7.54369E-01	5.77673E-01
19	CRP-3		8.2791E+05	-7.00542E-02	0.0	-1.03243E-01	-1.73297E-01	7.44965E-01	5.71667E-01

Table 21 Cont'd

FE NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-2.38764E-01	0.0	-6.19157E-01	-8.57922E-01	1.77690E-01	-6.80231E-01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-4.53683E-01	0.0	-1.17143E+00	-1.62511E+00	3.40698E-01	-1.28441E+00
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-3.08323E-02	0.0	-7.48289E-02	-1.05661E-01	2.10247E-02	-8.46363E-02
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-2.85668E-01	0.0	-7.41418E-01	-1.02709E+00	2.18221E-01	-8.08866E-01
5	CORE 2	3.4926E+06	-2.64512E-01	0.0	-7.11507E-01	-9.76020E-01	3.65210E-01	-6.10810E-01
6	CORE 3	3.4926E+06	-1.50225E-01	0.0	-4.00562E-01	-5.50788E-01	7.49981E-01	1.99193E-01
7	RB 1	6.9852E+06	-3.42414E-02	0.0	-9.26503E-02	-1.26892E-01	4.30021E-01	3.03128E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-2.16266E-03	0.0	-6.31872E-03	-8.48138E-03	3.19234E-02	2.34419E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.21349E-03	0.0	-1.95726E-03	-3.17075E-03	1.74768E-02	1.43061E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.80649E-02	0.0	-4.52824E-02	-6.33472E-02	1.04718E-01	4.13715E-02
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.40776E-02	0.0	-8.54303E-02	-1.19508E-01	1.98255E-01	7.87471E-02
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.54310E-03	0.0	-5.57442E-03	-8.11752E-03	1.31537E-02	5.03615E-03
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.89024E-02	0.0	-4.89391E-02	-6.78414E-02	1.37934E-01	7.00930E-02
14	AB 2	2.7941E+06	-1.34345E-02	0.0	-3.95025E-02	-5.29370E-02	1.37917E-01	8.49804E-02
15	AB 3	2.7941E+06	-6.55599E-03	0.0	-1.97808E-02	-2.63368E-02	9.58107E-02	6.94739E-02
16	CRP-1	1.3798E+05	-7.79452E-03	0.0	-1.81333E-02	-2.59278E-02	8.01104E-02	5.41828E-02
17	CRP-2	8.2786E+05	-4.30122E-02	0.0	-1.13040E-01	-1.56052E-01	4.74371E-01	3.18319E-01
18	SRP	8.2788E+05	-3.56352E-02	0.0	-9.44733E-02	-1.30108E-01	4.07043E-01	2.76934E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-3.49528E-02	0.0	-9.25089E-02	-1.27462E-01	4.01424E-01	2.73962E-01

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-9.37509E-01	0.0	-4.66982E-01	-1.40448E+00	3.11086E-01	-1.09340E+00
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.78109E+00	0.0	-8.79170E-01	-2.66026E+00	6.00570E-01	-2.05969E+00
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.17213E-01	0.0	-5.04961E-02	-1.67710E-01	3.75201E-02	-1.30190E-01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.13825E+00	0.0	-5.70937E-01	-1.70919E+00	3.85306E-01	-1.32388E+00
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.10837E+00	0.0	-5.69318E-01	-1.67768E+00	6.58192E-01	-1.01949E+00
6	CORE 3	3.4926E+06	-6.35051E-01	0.0	-3.22407E-01	-9.57459E-01	1.23203E+00	2.74578E-01
7	RB 1	6.9852E+06	-1.17069E-01	0.0	-1.05778E-01	-2.22847E-01	7.04601E-01	4.81753E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-6.05761E-03	0.0	-9.38384E-03	-1.54416E-02	6.28367E-02	4.73957E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-3.53068E-03	0.0	-7.02428E-03	-1.05549E-02	1.04396E-01	9.38409E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-5.81419E-02	0.0	-5.97579E-02	-1.17899E-01	1.93381E-01	7.54821E-02
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.09936E-01	0.0	-1.16399E-01	-2.26335E-01	3.66833E-01	1.40498E-01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-8.14308E-03	0.0	-8.91037E-03	-1.70534E-02	2.48346E-02	7.78118E-03
13	AB 1-4	2.4590E+06	-6.18260E-02	0.0	-6.67936E-02	-1.28619E-01	2.56201E-01	1.27582E-01
14	AB 2	2.7941E+06	-4.52275E-02	0.0	-4.66047E-02	-9.18319E-02	2.47554E-01	1.55722E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-2.21427E-02	0.0	-2.30770E-02	-4.52197E-02	1.72845E-01	1.27626E-01
16	CRP-1	1.3798E+05	-3.28402E-02	0.0	-1.21182E-02	-4.49585E-02	3.80881E-01	3.35923E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-1.91136E-01	0.0	-8.70708E-02	-2.78207E-01	2.26650E+00	1.98829E+00
18	SRP	8.2788E+05	-1.59215E-01	0.0	-7.36516E-02	-2.32867E-01	1.93162E+00	1.69875E+00
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.56474E-01	0.0	-7.27819E-02	-2.29256E-01	1.90781E+00	1.67855E+00

Table 21 Cont'd

H	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-5.58607E-03	0.0	4.00943E-02	3.45084E-02	1.43246E-01	1.77754E-01	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.05938E-02	0.0	1.91732E-01	1.81138E-01	2.76677E-01	4.57816E-01	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-7.37347E-04	0.0	1.10957E-01	1.10219E-01	1.74002E-02	1.27620E-01	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-6.49299E-03	0.0	-3.95412E-01	-4.01905E-01	1.80231E-01	-2.21674E-01	
5	CORE 2	3.4926E+06	-5.65399E-03	0.0	2.06631E-01	2.00977E-01	3.05776E-01	5.06754E-01	
6	CORE 3	3.4926E+06	-3.22582E-03	0.0	2.24813E-01	2.21587E-01	5.79886E-01	8.01473E-01	
7	RB 1	6.9852E+06	-9.58483E-04	0.0	-2.27466E+00	-2.27562E+00	3.29148E-01	-1.94647E+00	
8	RB 2	2.44468E+07	-9.25177E-05	0.0	-2.44874E-01	-2.44967E-01	2.79680E-02	-2.16998E-01	
9	REFLEC	2.2844E+07	-7.92988E-05	0.0	-2.06080E-01	-2.06159E-01	4.50358E-02	-1.61123E-01	
10	AB 1-1	1.4859E+06	-5.64586E-04	0.0	-1.45443E+00	-1.45499E+00	8.83605E-02	-1.36663E+00	
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.05384E-03	0.0	-2.89731E+00	-2.89837E+00	1.67331E-01	-2.73103E+00	
12	AB 1-3	2.5253E+05	-7.80710E-05	0.0	-2.28215E-01	-2.28293E-01	1.12366E-02	-2.17056E-01	
13	AB 1-4	2.4590E+06	-5.70508E-04	0.0	-1.68699E+00	-1.68756E+00	1.17157E-01	-1.57040E+00	
14	AB 2	2.7941E+06	-3.96609E-04	0.0	-1.10712E+00	-1.10752E+00	1.13889E-01	-9.93632E-01	
15	AB 3	2.7941E+06	-1.95708E-04	0.0	-5.45905E-01	-5.46100E-01	7.89676E-02	-4.67133E-01	
16	CRP-1	1.3798E+05	-2.43019E-04	0.0	1.00533E-02	9.81034E-03	1.66318E-01	1.76129E-01	
17	CRP-2	8.2786E+05	-1.25127E-03	0.0	-1.23896E-01	-1.25148E-01	9.89216E-01	8.64068E-01	
18	SRP	8.2778E+05	-1.01816E-03	0.0	-1.39559E-01	-1.40577E-01	8.45216E-01	7.04638E-01	
19	CRP-3	8.2791E+05	-9.93688E-04	0.0	-1.63015E-01	-1.64009E-01	8.35939E-01	6.71930E-01	

Table 21 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.05654E+01	0.0	-2.30548E+00	-1.28709E+01	7.67639E-01	-1.21033E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.00301E+01	0.0	-4.35924E+00	-2.43893E+01	1.47168E+00	-2.29176E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.40497E+00	0.0	-2.76120E-01	-1.68109E+00	9.09813E-02	-1.59011E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.22521E+01	0.0	-2.75426E+00	-1.50064E+01	9.47539E-01	-1.40588E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.05867E+01	0.0	-2.66563E+00	-1.32523E+01	1.58286E+00	-1.16694E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-6.06486E+00	0.0	-1.50903E+00	-7.57389E+00	3.22964E+00	-4.34425E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-1.93492E+00	0.0	-3.25956E-01	-2.26088E+00	1.80863E+00	-4.52244E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-2.04611E-01	0.0	-2.19281E-02	-2.26539E-01	1.35041E-01	-9.14969E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.73713E-01	0.0	-8.25352E-03	-1.81966E-01	1.71065E-01	-1.09004E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.12165E+00	0.0	-1.59854E-01	-1.28150E+00	4.48982E-01	-8.32527E-01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.09403E+00	0.0	-3.01360E-01	-2.39539E+00	8.50235E-01	-1.54516E+00
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.55575E-01	0.0	-2.01689E-02	-1.75744E-01	5.64110E-02	-1.19333E-01
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.12853E+00	0.0	-1.71271E-01	-1.29980E+00	5.91861E-01	-7.07945E-01
14	AB 2	2.7941E+06	-7.80306E-01	0.0	-1.36132E-01	-9.16438E-01	5.92812E-01	-3.23625E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-3.85044E-01	0.0	-6.80212E-02	-4.53066E-01	4.11183E-01	-4.18831E-02
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.76821E-01	0.0	-7.09747E-02	-5.47796E-01	6.80762E-01	1.32966E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.40272E+00	0.0	-4.42462E-01	-2.84519E+00	4.04825E+00	1.20306E+00
18	SRP	8.2788E+05	-1.95006E+00	0.0	-3.68798E-01	-2.31886E+00	3.46605E+00	1.14719E+00
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.90207E+00	0.0	-3.60952E-01	-2.26302E+00	3.42537E+00	1.16234E+00

Table 21 Cont'd

FP (PU)	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.39893E+01	0.0	-2.42097E+00	-1.64102E+01	7.50468E-01	-1.56598E+01	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.65298E+01	0.0	-4.57768E+00	-3.11074E+01	1.43891E+00	-2.96685E+01	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.85514E+00	0.0	-2.90773E-01	-2.14592E+00	8.89362E-02	-2.05698E+00	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.622710E+01	0.0	-2.88934E+00	-1.91603E+01	9.26227E-01	-1.82340E+01	
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.41345E+01	0.0	-2.79043E+00	-1.69249E+01	1.54772E+00	-1.53772E+01	
6	CORE 3	3.4926E+06	-8.08347E+00	0.0	-1.58153E+00	-9.66501E+00	3.15862E+00	-6.50639E+00	
7	RB 1	6.9852E+06	-2.55158E+00	0.0	-3.45016E-01	-2.89659E+00	1.76762E+00	-1.12896E+00	
8	RB 2	2.4448E+07	-2.72033E-01	0.0	-2.32943E-02	-2.95327E-01	1.32226E-01	-1.63099E-01	
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.29488E-01	0.0	-8.48085E-03	-2.37969E-01	1.67380E-01	-7.05875E-02	
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.45856E+00	0.0	-1.66885E-01	-1.62545E+00	4.38483E-01	-1.18697E+00	
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.72384E+00	0.0	-3.14341E-01	-3.03818E+00	8.30373E-01	-2.20781E+00	
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.02706E-01	0.0	-2.09878E-02	-2.23693E-01	5.50981E-02	-1.68595E-01	
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.47139E+00	0.0	-1.78572E-01	-1.64996E+00	5.78249E-01	-1.07172E+00	
14	AB 2	2.7941E+06	-1.01801E+00	0.0	-1.42272E-01	-1.16028E+00	5.79323E-01	-5.80964E-01	
15	AB 3	2.7941E+06	-5.02690E-01	0.0	-7.11725E-02	-5.73862E-01	4.01923E-01	-1.71939E-01	
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.23523E-01	0.0	-7.50659E-02	-6.98590E-01	6.65778E-01	-3.28111E-02	
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.16216E+00	0.0	-4.65876E-01	-3.62804E+00	3.95930E+00	3.31260E-01	
18	SRP	8.2788E+05	-2.57068E+00	0.0	-3.88115E-01	-2.95880E+00	3.38981E+00	4.31010E-01	
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.50874E+00	0.0	-3.79754E-01	-2.88849E+00	3.34997E+00	4.61477E-01	

Table 22 Material Reactivity Worth at EOEC

U -235		NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
		1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.67947E+01	1.15228E+02	-1.62890E+00	9.68041E+01	4.36144E-01	9.72402E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-3.11747E+01	2.13253E+02	-3.00407E+00	1.79075E+02	8.34144E-01	1.79909E+02		
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-2.12704E+00	1.41931E+01	-1.89356E-01	1.18767E+01	5.14504E-02	1.19281E+01		
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.86843E+01	1.27406E+02	-1.81789E+00	1.06904E+02	5.21988E-01	1.07425E+02		
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.61793E+01	1.10322E+02	-1.68795E+00	9.24543E+01	8.80721E-01	9.33350E+01		
6	CORE 3	3.4926E+06	-9.19159E+00	6.18417E+01	-9.49914E-01	5.17001E+01	1.69069E+00	5.33908E+01		
7	RB 1	6.9852E+06	-2.77471E+00	2.09633E+01	-2.30767E-01	1.79579E+01	9.65713E-01	1.89236E+01		
8	RB 2	2.4448E+07	-2.82193E-01	2.80126E+00	-1.79711E-02	2.50110E+00	8.79682E-02	2.58907E+00		
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.66031E-01	2.54864E+00	-6.57041E-03	2.27604E+00	1.45118E-01	2.422116E+00		
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.83737E+00	1.47775E+01	-1.28011E-01	1.28122E+01	2.72169E-01	1.30843E+01		
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.35097E+00	2.71152E+01	-2.32899E-01	2.35314E+01	5.05647E-01	2.40370E+01		
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.41036E-01	1.83949E+00	-1.49667E-02	1.58348E+00	3.34161E-02	1.61690E+00		
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.75258E+00	1.43737E+01	-1.25538E-01	1.24956E+01	3.44887E-01	1.28405E+01		
14	AB 2	2.7941E+06	-1.19375E+00	1.02121E+01	-9.66845E-02	8.92162E+00	3.34030E-01	9.25565E+00		
15	AB 3	2.7941E+06	-5.84823E-01	5.06011E+00	-4.78579E-02	4.42743E+00	2.30869E-01	4.65830E+00		
16	CRP-1	1.3798E+05	-7.34918E-01	4.68908E+00	-5.30402E-02	3.90111E+00	4.48277E-01	4.34939E+00		
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.76145E+00	2.53850E+01	-3.17090E-01	2.13064E+01	2.62315E+00	2.39296E+01		
18	SRP	8.2788E+05	-2.97396E+00	2.01162E+01	-2.54162E-01	1.68881E+01	2.17562E+00	1.90637E+01		
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.89691E+00	1.95855E+01	-2.47281E-01	1.64413E+01	2.14176E+00	1.85831E+01		

Table 22 Cont'd

U -238		NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-7.14797E+00	2.58085E+00	-2.08817E+00	-6.65529E+00	4.32459E+01	-6.22283E+00		
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.32707E+01	4.78173E+00	-3.85269E+00	-1.23416E+01	8.22978E+01	-1.15186E+01		
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-8.89300E-01	2.99671E-01	-2.41861E-01	-8.31490E-01	5.03185E-02	-7.81171E-01		
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-8.04097E+00	3.02754E+00	-2.33729E+00	-7.35072E+00	5.12072E+01	-6.83865E+00		
5	CORE 2	3.4926E+06	-7.19247E+00	3.11773E+00	-2.19569E+00	-6.27043E+00	8.58273E+01	-5.41215E+00		
6	CORE 3	3.4926E+06	-4.08235E+00	1.81890E+00	-1.23600E+00	-3.49945E+00	1.68513E+00	-1.81431E+00		
7	RB 1	6.9852E+06	-1.94012E+00	2.59886E-01	-2.75301E-01	-1.95554E+00	9.76833E-01	-9.78712E-01		
8	RB 2	2.4448E+07	-3.05002E-01	8.79674E-03	-2.00049E-02	-3.16210E-01	8.79290E-02	-2.28279E-01		
9	REFLEC	2.2844E+07	-3.00158E-01	2.45483E-03	-6.67178E-03	-3.04375E-01	1.39443E-01	-1.64931E-01		
10	AB 1-1	1.4859E+06	-6.30023E-01	1.16166E-01	-1.51362E-01	-6.65219E-01	2.65276E-01	-3.99942E-01		
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.15350E+00	2.10932E-01	-2.74282E-01	-1.21685E+00	4.92808E-01	-7.24050E-01		
12	AB 1-3	2.5253E+05	-8.33205E-02	1.44354E-02	-1.72088E-02	-8.60940E-02	3.22217E-02	-5.38723E-02		
13	AB 1-4	2.4590E+06	-6.11691E-01	1.14846E-01	-1.47675E-01	-6.44520E-01	3.33923E-01	-3.10597E-01		
14	AB 2	2.7941E+06	-4.20896E-01	8.87073E-02	-1.16128E-01	-4.48317E-01	3.26480E-01	-1.21837E-01		
15	AB 3	2.7941E+06	-2.04809E-01	4.36617E-02	-5.74895E-02	-2.18636E-01	2.24027E-01	5.39092E-03		
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.54962E-01	7.87524E-02	-6.62372E-02	-4.42447E-01	4.36464E-01	-5.98259E-03		
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.21144E+00	4.80269E-01	-4.00267E-01	-2.13143E+00	2.55345E+00	4.22015E-01		
18	SRP	8.27788E+05	-1.73676E+00	3.90284E-01	-3.21388E-01	-1.66786E+00	2.11860E+00	4.50737E-01		
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.68943E+00	3.83015E-01	-3.12624E-01	-1.61904E+00	2.08550E+00	4.66453E-01		

Table 22 Cont'd

PU-239		NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
		1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.32013E+01	1.33818E+02	-1.06959E+00	1.19547E+02	4.57203E-01	1.20005E+02
		2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.44958E+01	2.47915E+02	-1.97126E+00	2.21447E+02	8.73149E-01	2.22320E+02
		3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.67883E+00	1.64414E+01	-1.22107E-01	1.46405E+01	5.36990E-02	1.46942E+01
		4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.45833E+01	1.49923E+02	-1.19804E+00	1.34142E+02	5.45315E-01	1.34687E+02
		5	CORE 2	3.4926E+06	-1.23992E+01	1.33300E+02	-1.12437E+00	1.19776E+02	9.17698E-01	1.20694E+02
		6	CORE 3	3.4926E+06	-7.00605E+00	7.47828E+01	-6.28746E-01	6.71480E+01	1.77502E+00	6.89230E+01
		7	RB 1	6.9852E+06	-2.60793E+00	2.33261E+01	-1.45375E-01	2.05728E+01	1.00703E+00	2.15798E+01
		8	RB 2	2.4448E+07	-3.07942E-01	3.04898E+00	-1.12766E-02	2.72976E+00	9.11884E-02	2.82095E+00
		9	REFLEC	2.2844E+07	-3.25692E-01	3.54526E+00	-4.74597E-03	3.21482E+00	1.45777E-01	3.36059E+00
		10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.65081E+00	1.54152E+01	-8.66204E-02	1.36778E+01	2.83712E-01	1.39615E+01
		11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.00614E+00	2.82984E+01	-1.58624E-01	2.51337E+01	5.27136E-01	2.56609E+01
		12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.15331E-01	1.94192E+00	-1.04848E-02	1.71611E+00	3.47807E-02	1.75089E+00
		13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.56570E+00	1.50869E+01	-8.59734E-02	1.34352E+01	3.59296E-01	1.37945E+01
		14	AB 2	2.7941E+06	-1.06956E+00	1.07680E+01	-6.49864E-02	9.63347E+00	3.48687E-01	9.98216E+00
		15	AB 3	2.7941E+06	-5.29524E-01	5.34751E+00	-3.19914E-02	4.78600E+00	2.40805E-01	5.02680E+00
		16	CRP-1	1.3798E+05	-6.74189E-01	5.44320E+00	-3.32149E-02	4.73580E+00	4.61577E-01	5.19737E+00
		17	CRP-2	8.2786E+05	-3.33115E+00	2.94949E+01	-2.03703E-01	2.59601E+01	2.70070E+00	2.86608E+01
		18	SRP	8.2788E+05	-2.61366E+00	2.34635E+01	-1.63594E-01	2.06862E+01	2.24054E+00	2.29268E+01
		19	CRP-3	8.2791E+05	-2.54005E+00	2.28756E+01	-1.59434E-01	2.01761E+01	2.20571E+00	2.23818E+01

Table 22 Cont'd

PU-240	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1 CORE 1-1	1	1.8573E+06	-1.23025E+01	2.77577E+01	-9.65291E-01	1.44901E+01	4.52598E-01	1.49427E+01	
2 CORE 1-2	2	4.0668E+06	-2.28389E+01	5.14539E+01	-1.78040E+00	2.68345E+01	8.63439E-01	2.76979E+01	
3 CORE 1-3	3	3.1566E+05	-1.55525E+00	3.31840E+00	-1.09574E-01	1.65357E+00	5.30404E-02	1.70661E+00	
4 CORE 1-4	4	3.0737E+06	-1.37786E+01	3.20765E+01	-1.08541E+00	1.72125E+01	5.38671E-01	1.77512E+01	
5 CORE 2	5	3.4926E+06	-1.20420E+01	3.11557E+01	-1.03665E+00	1.80771E+01	9.04720E-01	1.89818E+01	
6 CORE 3	6	3.4926E+06	-6.80805E+00	1.78106E+01	-5.78035E-01	1.04245E+01	1.75157E+00	1.21761E+01	
7 RB 1	7	6.9852E+06	-3.30499E+00	3.47063E+00	-1.10174E-01	5.54625E-02	9.84417E-01	1.03987E+00	
8 RB 2	8	2.4448E+07	-1.11728E+00	2.20033E-01	-7.80983E-03	-9.05076E-01	8.25155E-02	8.22558E-01	
9 REFLEC	9		2.2844E+07	-1.24008E+00	9.34139E-02	-2.80568E-03	-1.14947E+00	1.33053E-01	-1.01642E+00
10 AB 1-1	10	1.4859E+06	-1.67136E+00	1.81413E+00	-6.88816E-02	7.38919E-02	2.79960E-01	3.53852E-01	
11 AB 1-2	11	3.2534E+06	-3.06047E+00	3.31333E+00	-1.25079E-01	1.27780E-01	5.20154E-01	6.47935E-01	
12 AB 1-3	12	2.5253E+05	-2.20876E-01	2.27794E-01	-7.94690E-03	-1.02921E-03	3.43493E-02	3.33201E-02	
13 AB 1-4	13	2.4590E+06	-1.61249E+00	1.79080E+00	-6.74863E-02	1.10822E-01	3.54617E-01	4.65440E-01	
14 AB 2	14	2.7941E+06	-1.11374E+00	1.32760E+00	-5.27820E-02	1.61073E-01	3.44186E-01	5.05259E-01	
15 AB 3	15	2.7941E+06	-7.55704E-01	6.49546E-01	-2.51493E-02	-1.31308E-01	2.33866E-01	1.02558E-01	
16 CRP-1	16	1.3798E+05	-6.53925E-01	9.41792E-01	-2.85774E-02	2.59289E-01	4.55999E-01	7.15289E-01	
17 CRP-2	17	8.2786E+05	-3.21866E+00	5.46237E+00	-1.78702E-01	2.06500E+00	2.66650E+00	4.73150E+00	
18 SRP	18	8.2788E+05	-2.52315E+00	4.41000E+00	-1.43902E-01	1.74295E+00	2.21248E+00	3.95543E+00	
19 CRP-3	19	8.2791E+05	-2.45421E+00	4.31865E+00	-1.40171E-01	1.72426E+00	2.17818E+00	3.90244E+00	

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.36928E+01	1.91785E+02	-1.63623E+00	1.76456E+02	4.75344E-01	1.76931E+02
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.54085E+01	3.55062E+02	-3.01735E+00	3.26636E+02	9.08073E-01	3.27545E+02
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.73598E+00	2.356403E+01	-1.92136E-01	2.17122E+01	5.58612E-02	2.17680E+01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.51869E+01	2.12724E+02	-1.81703E+00	1.95720E+02	5.67205E-01	1.96287E+02
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.30943E+01	1.85211E+02	-1.64747E+00	1.70469E+02	9.54849E-01	1.71424E+02
6	CORE 3	3.4926E+06	-7.44326E+00	1.03881E+02	-9.24583E-01	9.55130E+01	1.85152E+00	9.73645E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-2.31421E+00	3.44443E+01	-2.51826E-01	3.18782E+01	1.05472E+00	3.29330E+01
8	RB 2	2.4448E+07	-2.52820E-01	4.68368E+00	-2.09037E-02	4.40996E+00	9.45306E-02	4.50449E+00
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.41809E-01	5.39983E+00	-8.33016E-03	5.14970E+00	1.51544E-01	5.30124E+00
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.55260E+00	2.40727E+01	-1.42194E-01	2.23778E+01	2.93457E-01	2.26713E+01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.82818E+00	4.41691E+01	-2.59360E-01	4.10815E+01	5.45221E-01	4.16268E+01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.02688E-01	3.01916E+00	-1.68677E-02	2.79961E+00	3.59621E-02	2.83557E+00
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.47510E+00	2.34332E+01	-1.39907E-01	2.18181E+01	3.71947E-01	2.21901E+01
14	AB 2	2.7941E+06	-1.00623E+00	1.66196E+01	-1.06101E-01	1.55072E+01	3.61708E-01	1.58689E+01
15	AB 3	2.7941E+06	-4.94453E-01	8.24510E+00	-5.24663E-02	7.69818E+00	2.49844E-01	7.94802E+00
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.07720E-01	7.81994E+00	-5.56542E-02	7.15656E+00	4.77810E-01	7.63437E+00
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.09380E+00	4.21683E+01	-3.26333E-01	3.87481E+01	2.79609E+00	4.15442E+01
18	SRP	8.2788E+05	-2.44156E+00	3.34397E+01	-2.60911E-01	3.07372E+01	2.31970E+00	3.30570E+01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.37660E+00	3.25696E+01	-2.53980E-01	2.99391E+01	2.28355E+00	3.22226E+01

Table 22 Cont'd

PU-242		NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-9.61874E+00	2.02851E+01	-1.08729E+00	9.57920E+00	4.27998E-01	1.00072E+01		
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.78461E+01	3.75971E+01	-2.00411E+00	1.77469E+01	8.18598E-01	1.85655E+01		
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.22480E+00	2.39925E+00	-1.26710E-01	1.04774E+00	5.05316E-02	1.09827E+00		
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.06325E+01	2.36322E+01	-1.21340E+00	1.17864E+01	5.11168E-01	1.22976E+01		
5	CORE 2	3.4926E+06	-9.07534E+00	2.35510E+01	-1.11659E+00	1.33591E+01	8.62400E-01	1.42215E+01		
6	CORE 3	3.4926E+06	-5.16033E+00	1.35617E+01	-6.27042E-01	7.77435E+00	1.65404E+00	9.42840E+00		
7	RB 1	6.9852E+06	-2.25192E+00	2.34226E+00	-1.64140E-01	-7.37978E-02	9.38876E-01	8.65079E-01		
8	RB 2	2.4448E+07	-4.85668E-01	1.15662E-01	-1.32544E-02	-3.83258E-01	8.72135E-02	-2.96043E-01		
9	REFLEC	2.2844E+07	-4.72901E-01	4.25843E-02	-5.22789E-03	-4.35544E-01	1.43048E-01	-2.92495E-01		
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.44409E+00	1.11544E+00	-9.07686E-02	-4.19423E-01	2.63740E-01	-1.55683E-01		
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.62242E+00	2.03242E+00	-1.66036E-01	-7.56035E-01	4.90363E-01	-2.65672E-01		
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.87311E-01	1.40051E-01	-1.06451E-02	-5.79057E-02	3.26085E-02	-2.52973E-02		
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.35345E+00	1.10525E+00	-9.00912E-02	-3.38292E-01	3.35686E-01	-2.60607E-03		
14	AB 2	2.7941E+06	-9.15940E-01	8.35532E-01	-6.91068E-02	-1.49515E-01	3.24738E-01	1.75223E-01		
15	AB 3	2.7941E+06	-4.64806E-01	4.11502E-01	-3.42281E-02	-8.75325E-02	2.25493E-01	1.37960E-01		
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.87727E-01	6.59383E-01	-3.58295E-02	1.35826E-01	4.39581E-01	5.75407E-01		
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.38193E+00	3.89564E+00	-2.13736E-01	1.29997E+00	2.57117E+00	3.87114E+00		
18	SRP	8.2788E+05	-1.86604E+00	3.15569E+00	-1.71441E-01	1.11821E+00	2.13158E+00	3.24979E+00		
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.81302E+00	3.09374E+00	-1.66917E-01	1.11380E+00	2.09817E+00	3.21198E+00		

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.14738E+01	4.29547E-01	-2.04294E+00	-1.30872E+01	4.19291E-01	-1.26679E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.12909E+01	7.95889E-01	-3.76917E+00	-2.42642E+01	8.00558E-01	-2.34637E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.46453E+00	4.98101E-02	-2.35491E-01	-1.65021E+00	4.92050E-02	-1.60101E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.27464E+01	5.04411E-01	-2.28979E+00	-1.45318E+01	4.99657E-01	-1.40321E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.09941E+01	5.21084E-01	-2.15555E+00	-1.26285E+01	8.41729E-01	-1.17868E+01
6	CORE 3	3.4926E+06	-6.28530E+00	3.04610E-01	-1.20722E+00	-7.18791E+00	1.62760E+00	-5.56031E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-1.22413E+00	4.28059E-02	-2.61612E-01	-1.44294E+00	9.19699E-01	-5.23246E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-8.42979E-02	1.40219E-03	-1.88378E-02	-1.01733E-01	7.82831E-02	-2.34506E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.10440E-01	3.87687E-04	-6.50388E-03	-2.16556E-01	1.34455E-01	-8.20999E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.35306E+00	1.90361E-02	-1.50081E-01	-1.48410E+00	2.60453E-01	-1.22365E+00
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.46355E+00	3.45725E-02	-2.72510E-01	-2.70149E+00	4.83869E-01	-2.21762E+00
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.77294E-01	2.37043E-03	-1.71941E-02	-1.92118E-01	3.18714E-02	-1.60246E-01
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.28236E+00	1.88246E-02	-1.46972E-01	-1.41051E+00	3.29301E-01	-1.08121E+00
14	AB 2	2.7941E+06	-8.71262E-01	1.45265E-02	-1.14942E-01	-9.71677E-01	3.19937E-01	-6.51741E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-4.28510E-01	7.14998E-03	-5.66352E-02	-4.77995E-01	2.20714E-01	-2.57281E-01
16	CRP-1	1.3798E+05	-5.21515E-01	1.30354E-02	-6.46164E-02	-5.73096E-01	4.18228E-01	-1.54868E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.60662E+00	7.96839E-02	-3.92580E-01	-2.91951E+00	2.44747E+00	-4.72041E-01
18	SRP	8.-2788E+05	-2.05464E+00	6.47802E-02	-3.15372E-01	-2.30523E+00	2.03056E+00	-2.74667E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.00011E+00	6.35889E-02	-3.06908E-01	-2.24343E+00	1.99857E+00	-2.44859E-01

Table 22 Cont'd

PA-233															
NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K							
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-2.90466E+01	3.63153E+00	-3.79496E+00	-2.92100E+01	4.32204E-01	-2.87778E+01							
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-5.38855E+01	6.72852E+00	-6.99388E+00	-5.41509E+01	8.25350E-01	-5.33255E+01							
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-3.68934E+00	4.21837E-01	-4.53229E-01	-3.72073E+00	5.07885E-02	-3.66994E+00							
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-3.20744E+01	4.26048E+00	-4.19514E+00	-3.20091E+01	5.16192E-01	-3.14929E+01							
5	CORE 2	3.4926E+06	-2.75016E+01	4.38632E+00	-3.68952E+00	-2.68047E+01	8.68554E-01	-2.59362E+01							
6	CORE 3	3.4926E+06	-1.57038E+01	2.55876E+00	-2.08367E+00	-1.52287E+01	1.67858E+00	-1.35502E+01							
7	RB 1	6.9852E+06	-4.99481E+00	3.66568E-01	-6.89416E-01	-5.31766E+00	9.57298E-01	-4.36036E+00							
8	RB 2	2.4448E+07	-6.06341E-01	1.24563E-02	-6.18818E-02	-6.55766E-01	8.47740E-02	-5.70990E-01							
9	REFLEC	2.2844E+07	-5.76898E-01	3.49117E-03	-2.59490E-02	-5.99356E-01	1.36130E-01	-4.63225E-01							
10	AB 1-1	1.4859E+06	-3.37619E+00	1.63670E-01	-3.78142E-01	-3.59066E+00	2.67475E-01	-3.32319E+00							
11	AB 1-2	3.2534E+06	-6.14435E+00	2.97217E-01	-6.94053E-01	-6.54118E+00	4.96962E-01	-6.04422E+00							
12	AB 1-3	2.5253E+05	-4.38850E-01	2.03546E-02	-4.56406E-02	-4.64136E-01	3.27459E-02	-4.31390E-01							
13	AB 1-4	2.4590E+06	-3.19691E+00	1.61851E-01	-3.74532E-01	-3.40959E+00	3.38653E-01	-3.07094E+00							
14	AB 2	2.7941E+06	-2.18135E+00	1.24969E-01	-2.77471E-01	-2.33385E+00	3.29274E-01	-2.00458E+00							
15	AB 3	2.7941E+06	-1.07313E+00	6.15202E-02	-1.37464E-01	-1.14908E+00	2.27096E-01	-9.21983E-01							
16	CRP-1	1.3798E+05	-1.29431E+00	1.10857E-01	-1.36534E-01	-1.31999E+00	4.31968E-01	-8.88027E-01							
17	CRP-2	8.2786E+05	-6.56312E+00	6.75658E-01	-7.80775E-01	-6.66824E+00	2.52762E+00	-4.14061E+00							
18	SRP	8.2788E+05	-5.16862E+00	5.49055E-01	-6.22946E-01	-5.24251E+00	2.09745E+00	-3.14506E+00							
19	CRP-3	8.2791E+05	-5.02780E+00	5.38842E-01	-6.06682E-01	-5.09564E+00	2.06478E+00	-3.03085E+00							

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-7.33415E+00	1.71004E+02	-1.38396E+00	1.62286E+02	3.99623E-01	1.62685E+02
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.36203E+01	3.16534E+02	-2.55266E+00	3.00362E+02	7.63440E-01	3.01126E+02
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-9.20914E-01	2.10516E+01	-1.59973E-01	1.99707E+01	4.68731E-02	2.00176E+01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-8.24222E+00	1.89448E+02	-1.54877E+00	1.79657E+02	4.74759E-01	1.80132E+02
5	CORE 2	3.4926E+06	-7.28272E+00	1.64678E+02	-1.45783E+00	1.55937E+02	8.01171E-01	1.56738E+02
6	CORE 3	3.4926E+06	-4.12250E+00	9.23042E+01	-8.20029E-01	8.73616E+01	1.55212E+00	8.89137E+01
7	RB 1	6.9852E+06	-1.15438E+00	3.05650E+01	-1.80269E-01	2.92303E+01	8.84725E-01	3.01150E+01
8	RB 2	2.4448E+07	-1.211773E-01	4.10458E+00	-1.30040E-02	3.96980E+00	7.95569E-02	4.04936E+00
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.08877E-01	4.25258E+00	-4.43978E-03	4.13926E+00	1.31435E-01	4.27070E+00
10	AB 1-1	1.4859E+06	-7.35181E-01	2.14678E+01	-1.00536E-01	2.06321E+01	2.47233E-01	2.08793E+01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.34397E+00	3.93894E+01	-1.82400E-01	3.78630E+01	4.59451E-01	3.83225E+01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-9.71615E-02	2.67798E+00	-1.14458E-02	2.56937E+00	3.03494E-02	2.59972E+00
13	AB 1-4	2.4590E+06	-7.08592E-01	2.08953E+01	-9.83076E-02	2.00885E+01	3.13265E-01	2.04017E+01
14	AB 2	2.7941E+06	-4.85098E-01	1.48489E+01	-7.72057E-02	1.42866E+01	3.04317E-01	1.45909E+01
15	AB 3	2.7941E+06	-2.37778E-01	7.35767E+00	-3.81751E-02	7.08171E+00	2.10667E-01	7.29238E+00
16	CRP-1	1.3798E+05	-3.05536E-01	6.90816E+00	-4.40623E-02	6.55856E+00	4.03055E-01	6.96161E+00
17	CRP-2	8.2786E+05	-1.59933E+00	3.74521E+01	-2.66593E-01	3.55862E+01	2.35907E+00	3.79453E+01
18	SRP	8.2788E+05	-1.27133E+00	2.97030E+01	-2.14049E-01	2.82176E+01	1.95611E+00	3.01737E+01
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.24064E+00	2.89270E+01	-2.08155E-01	2.74782E+01	1.92488E+00	2.94031E+01

Table 22 Cont'd

AM-241	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1 CORE 1-1	1	8.573E+06	-4.22819E+01	2.52098E+01	-1.22880E+00	-1.83010E+01	4.24644E-01	-1.78764E+01	
2 CORE 1-2	2	4.0668E+06	-7.84799E+01	4.66985E+01	-2.26478E+00	-3.40459E+01	8.12633E-01	-3.32333E+01	
3 CORE 1-3	3	3.1566E+05	-5.36813E+00	2.96863E+00	-1.44390E-01	-2.54388E+00	5.01592E-02	-2.49372E+00	
4 CORE 1-4	4	3.0737E+06	-4.70201E+01	2.92652E+01	-1.36566E+00	-1.91206E+01	5.08553E-01	-1.86121E+01	
5 CORE 2	5	3.4926E+06	-4.06555E+01	2.91641E+01	-1.24374E+00	-1.27352E+01	8.58886E-01	-1.18763E+01	
6 CORE 3	6	3.4926E+06	-2.31319E+01	1.68562E+01	-7.01636E-01	-6.97736E+00	1.64517E+00	-5.33218E+00	
7 RB 1	7	6.9852E+06	-7.25725E+00	2.99090E+00	-1.95780E-01	-4.46212E+00	9.39053E-01	-3.52307E+00	
8 RB 2	8	2.4448E+07	-8.79131E-01	1.78755E-01	-1.63015E-02	-7.16675E-01	8.59197E-02	-6.30753E-01	
9 REFLEC	9	2.2844E+07	-8.80668E-01	9.71357E-02	-6.27616E-03	-7.89807E-01	1.39977E-01	-6.49828E-01	
10 AB 1-1	10	1.4859E+06	-4.83306E+00	1.49616E+00	-1.05172E-01	-3.44205E+00	2.63327E-01	-3.17872E+00	
11 AB 1-2	11	3.2534E+06	-8.81299E+00	2.72628E+00	-1.92048E-01	-6.27874E+00	4.89454E-01	-5.78929E+00	
12 AB 1-3	12	2.5253E+05	-6.34381E-01	1.86065E-01	-1.24629E-02	-4.60778E-01	3.24404E-02	-4.28338E-01	
13 AB 1-4	13	2.4590E+06	-4.60662E+00	1.47247E+00	-1.03848E-01	-3.23799E+00	3.34793E-01	-2.90320E+00	
14 AB 2	14	2.7941E+06	-3.14156E+00	1.10708E+00	-7.90492E-02	-2.11352E+00	3.24279E-01	-1.78924E+00	
15 AB 3	15	2.7941E+06	-1.54587E+00	5.46852E-01	-3.92759E-02	-1.03829E+00	2.24696E-01	-8.13597E-01	
16 CRP-1	16	1.3798E+05	-1.87383E+00	8.19296E-01	-4.17253E-02	-1.09626E+00	4.38688E-01	-6.57581E-01	
17 CRP-2	17	8.2786E+05	-9.52041E+00	4.85198E+00	-2.44851E-01	-4.91326E+00	2.56604E+00	-2.34721E+00	
18 SRP	18	8.2788E+05	-7.51789E+00	3.92255E+00	-1.95885E-01	-3.79122E+00	2.12799E+00	-1.66323E+00	
19 CRP-3	19	8.2791E+05	-7.32128E+00	3.84341E+00	-1.90602E-01	-3.66846E+00	2.09490E+00	-1.57356E+00	

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
U -236								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.53218E+01	5.61002E+00	-2.12579E+00	-1.18376E+01	4.68685E-01	-1.13689E+01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.84361E+01	1.03938E+01	-3.92103E+00	-2.19633E+01	8.95530E-01	-2.10678E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.93823E+00	6.53871E-01	-2.45557E-01	-1.52992E+00	5.51825E-02	-1.47473E+00
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.71106E+01	6.57372E+00	-2.37884E+00	-1.29157E+01	5.60226E-01	-1.23555E+01
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.49687E+01	6.71953E+00	-2.23973E+00	-1.04889E+01	9.43541E-01	-9.54535E+00
6	CORE 3	3.4926E+06	-8.53521E+00	3.90627E+00	-1.26329E+00	-5.89223E+00	1.81914E+00	-4.07309E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-2.71657E+00	5.95881E-01	-2.82772E-01	-2.40347E+00	1.03978E+00	-1.36368E+00
8	RB 2	2.4448E+07	-3.70080E-01	2.24619E-02	-2.04477E-02	-3.68066E-01	9.39121E-02	-2.74152E-01
9	REFLEC	2.2844E+07	-3.28187E-01	6.63846E-03	-6.73090E-03	-3.28279E-01	1.51459E-01	-1.76819E-01
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.66385E+00	2.63516E-01	-1.53513E-01	-1.55385E+00	2.91769E-01	-1.26208E+00
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.03271E+00	4.78728E-01	-2.78406E-01	-2.83238E+00	5.41987E-01	-2.29040E+00
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.19069E-01	3.28014E-02	-1.75127E-02	-2.03780E-01	3.57667E-02	-1.68013E-01
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.58661E+00	2.61006E-01	-1.50208E-01	-1.47581E+00	3.69229E-01	-1.10658E+00
14	AB 2	2.7941E+06	-1.08273E+00	2.01414E-01	-1.18208E-01	-9.99524E-01	3.58253E-01	-6.41271E-01
15	AB 3	2.7941E+06	-5.34104E-01	9.94080E-02	-5.86113E-02	-4.93307E-01	2.47440E-01	-2.45866E-01
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.70949E-01	1.73430E-01	-6.74585E-02	-5.64976E-01	4.71972E-01	-9.30036E-02
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.41292E+00	1.05008E+00	-4.08966E-01	-2.77180E+00	2.76152E+00	-1.02825E-02
18	SRP	8.2788E+05	-2.69934E+00	8.52769E-01	-3.28435E-01	-2.17500E+00	2.29097E+00	1.15965E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.63029E+00	8.36750E-01	-3.19430E-01	-2.11297E+00	2.25527E+00	1.42288E-01

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-9.39038E+00	1.59748E+01	-1.59715E+00	4.98725E+00	4.49752E-01	5.43700E+00
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.74001E+01	2.96163E+01	-2.94618E+00	9.27014E+00	8.59129E-01	1.01293E+01
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.22577E+00	1.90007E+00	-1.85132E-01	4.89166E-01	5.28704E-02	5.42036E-01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.01965E+01	1.86384E+01	-1.78553E+00	6.65646E+00	5.36943E-01	7.19340E+00
5	CORE 2	3.4926E+06	-8.38667E+00	1.85381E+01	-1.66520E+00	8.48626E+00	9.04218E-01	9.39047E+00
6	CORE 3	3.4926E+06	-4.87327E+00	1.06446E+01	-9.36913E-01	4.83445E+00	1.74779E+00	6.58243E+00
7	RB 1	6.9852E+06	-2.31699E+00	1.82739E+00	-2.21691E-01	-7.11290E-01	9.96455E-01	2.85164E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-5.09656E-01	8.61005E-02	-1.67507E-02	-4.40304E-01	8.94802E-02	-3.50821E-01
9	REFLEC	2.2844E+07	-4.59126E-01	3.12427E-02	-6.06121E-03	-4.33944E-01	1.44099E-01	-2.89843E-01
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.37939E+00	8.62436E-01	-1.22587E-01	-6.39552E-01	2.78791E-01	-3.60760E-01
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.49968E+00	1.57135E+00	-2.22951E-01	-1.15128E+00	5.17856E-01	-6.33429E-01
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.79991E-01	1.09221E-01	-1.41919E-02	-8.49619E-02	3.41488E-02	-5.08132E-02
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.28357E+00	8.57086E-01	-1.20424E-01	-5.46908E-01	3.52963E-01	-1.93945E-01
14	AB 2	2.7941E+06	-8.65126E-01	6.48517E-01	-9.35975E-02	-3.10207E-01	3.42986E-01	3.27791E-02
15	AB 3	2.7941E+06	-4.33635E-01	3.19151E-01	-4.63315E-02	-1.60815E-01	2.36893E-01	7.60778E-02
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.88301E-01	5.25550E-01	-5.15048E-02	-1.42564E-02	4.50864E-01	4.36608E-01
17	CRP-2	8.2788E+05	-2.27894E+00	3.08148E+00	-3.09986E-01	4.92552E-01	2.63842E+00	3.13098E+00
18	SRP	8.2788E+05	-1.77199E+00	2.49718E+00	-2.48779E-01	4.76392E-01	2.18892E+00	2.66531E+00
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.71767E+00	2.44827E+00	-2.42107E-01	4.88505E-01	2.15473E+00	2.64323E+00

Table 22 Cont'd

HE	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
	1	CORE 1-1	1.8573E+06	0.0	0.0	-1.70308E+00	-1.70308E+00	1.30993E-01	-1.57209E+00
	2	CORE 1-2	4.0668E+06	0.0	0.0	-3.13784E+00	-3.13784E+00	2.45283E-01	-2.89256E+00
	3	CORE 1-3	3.1566E+05	0.0	0.0	-1.99711E-01	-1.99711E-01	1.44448E-02	-1.85266E-01
	4	CORE 1-4	3.0737E+06	0.0	0.0	-1.89818E+00	-1.89818E+00	1.47273E-01	-1.75091E+00
	5	CORE 2	3.4926E+06	0.0	0.0	-1.75140E+00	-1.75140E+00	2.40185E-01	-1.51121E+00
	6	CORE 3	3.4926E+06	0.0	0.0	-9.94786E-01	-9.94786E-01	5.32079E-01	-4.62707E-01
	7	RB 1	6.9852E+06	0.0	0.0	-2.82218E-01	-2.82218E-01	3.03383E-01	2.11653E-02
	8	RB 2	2.4448E+07	0.0	0.0	-2.49485E-02	-2.49485E-02	2.05526E-02	-4.39586E-03
	9	REFLEC	2.2844E+07	0.0	0.0	-9.70294E-03	-9.70294E-03	1.68455E-02	7.14248E-03
	10	AB 1-1	1.4859E+06	0.0	0.0	-1.45406E-01	-1.45406E-01	7.32230E-02	-7.21827E-02
	11	AB 1-2	3.2534E+06	0.0	0.0	-2.66366E-01	-2.66366E-01	1.35957E-01	-1.30408E-01
	12	AB 1-3	2.5253E+05	0.0	0.0	-1.73502E-02	-1.73502E-02	8.63133E-03	-8.71888E-03
	13	AB 1-4	2.4590E+06	0.0	0.0	-1.44615E-01	-1.44615E-01	9.03144E-02	-5.43010E-02
	14	AB 2	2.7941E+06	0.0	0.0	-1.10023E-01	-1.10023E-01	9.35487E-02	-1.64744E-02
	15	AB 3	2.7941E+06	0.0	0.0	-5.50123E-02	-5.50123E-02	6.38406E-02	8.82836E-03
	16	CRP-1	1.3798E+05	0.0	0.0	-5.69498E-02	-5.69498E-02	6.10514E-02	4.10156E-03
	17	CRP-2	8.2786E+05	0.0	0.0	-3.35661E-01	-3.35661E-01	3.59326E-01	2.36652E-02
	18	SRP	8.2788E+05	0.0	0.0	-2.69055E-01	-2.69055E-01	3.00251E-01	3.11956E-02
	19	CRP-3	8.2791E+05	0.0	0.0	-2.61612E-01	-2.61612E-01	2.93685E-01	3.20731E-02

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
0								
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-4.17581E-02	0.0	-7.34685E-01	-7.76444E-01	1.74736E-01	-6.01707E-01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-7.72784E-02	0.0	-1.34871E+00	-1.42599E+00	3.32390E-01	-1.09360E+00
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-4.73137E-03	0.0	-8.71235E-02	-9.18548E-02	2.03474E-02	-7.15074E-02
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-4.86208E-02	0.0	-8.07986E-01	-8.56606E-01	2.07931E-01	-6.48676E-01
5	CORE 2	3.4926E+06	-5.02009E-02	0.0	-6.84319E-01	-7.34520E-01	3.47104E-01	-3.87416E-01
6	CORE 3	3.4926E+06	-2.92073E-02	0.0	-3.80306E-01	-4.09513E-01	6.80859E-01	2.71346E-01
7	RB 1	6.9852E+06	-3.77531E-03	0.0	-1.68278E-01	-1.72053E-01	3.85328E-01	2.13274E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-1.12680E-04	0.0	-1.75270E-02	-1.76396E-02	3.25132E-02	1.48734E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.64977E-05	0.0	-9.86901E-03	-9.89549E-03	5.20678E-02	4.21722E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.89700E-03	0.0	-9.75146E-02	-9.94116E-02	1.06970E-01	7.55891E-03
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.42770E-03	0.0	-1.82093E-01	-1.85520E-01	1.98646E-01	1.31254E-02
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.25141E-04	0.0	-1.26129E-02	-1.28380E-02	1.29606E-02	1.22564E-04
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.85338E-03	0.0	-9.99622E-02	-1.01816E-01	1.34658E-01	3.28424E-02
14	AB 2	2.7941E+06	-1.46202E-03	0.0	-7.09748E-02	-7.24367E-02	1.31965E-01	5.95281E-02
15	AB 3	2.7941E+06	-7.15420E-04	0.0	-3.51742E-02	-3.58896E-02	9.03050E-02	5.44156E-02
16	CRP-1	1.3798E+05	-1.22459E-03	0.0	-2.92158E-02	-3.04404E-02	1.75221E-01	1.44780E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-7.73409E-03	0.0	-1.65260E-01	-1.72995E-01	1.02618E+00	8.53182E-01
18	SRP	8.2788E+05	-6.28326E-03	0.0	-1.31699E-01	-1.37982E-01	8.52777E-01	7.14794E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-6.15866E-03	0.0	-1.28496E-01	-1.34654E-01	8.39623E-01	7.04968E-01

Table 22 Cont'd

NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-4.48276E-01	0.0	-7.47488E-01	-1.19576E+00	2.12454E-01	-9.83311E-01
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-8.32239E-01	0.0	-1.37743E+00	-2.20967E+00	4.04716E-01	-1.80496E+00
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-5.55490E-02	0.0	-8.55724E-02	-1.41121E-01	2.48930E-02	-1.16228E-01
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-5.02643E-01	0.0	-8.37113E-01	-1.33975E+00	2.52080E-01	-1.08767E+00
5	CORE 2	3.4926E+06	-4.47521E-01	0.0	-7.63871E-01	-1.21139E+00	4.20646E-01	-7.90745E-01
6	CORE 3	3.4926E+06	-2.53007E-01	0.0	-4.21002E-01	-6.74010E-01	8.26017E-01	1.52007E-01
7	RB 1	6.9852E+06	-6.39650E-02	0.0	-1.20595E-01	-1.84561E-01	4.76736E-01	2.92175E-01
8	RB 2	2.4448E+07	-4.71200E-03	0.0	-1.02902E-02	-1.50023E-02	4.10716E-02	2.60691E-02
9	REFLEC	2.2844E+07	-3.26175E-03	0.0	-3.87330E-03	-7.13493E-03	4.49281E-02	3.77930E-02
10	AB 1-1	1.4859E+06	-4.03155E-02	0.0	-6.76325E-02	-1.07948E-01	1.31441E-01	2.34931E-02
11	AB 1-2	3.2534E+06	-7.37671E-02	0.0	-1.24529E-01	-1.98297E-01	2.44409E-01	4.61117E-02
12	AB 1-3	2.5253E+05	-5.29809E-03	0.0	-8.31252E-03	-1.36106E-02	1.60596E-02	2.44899E-03
13	AB 1-4	2.4590E+06	-3.90553E-02	0.0	-6.86510E-02	-1.07706E-01	1.64849E-01	5.71424E-02
14	AB 2	2.7941E+06	-2.69465E-02	0.0	-5.21934E-02	-7.91397E-02	1.61628E-01	8.24887E-02
15	AB 3	2.7941E+06	-1.31129E-02	0.0	-2.58099E-02	-3.89228E-02	1.11411E-01	7.24879E-02
16	CRP-1	1.3798E+05	-1.64592E-02	0.0	-2.27009E-02	-3.91601E-02	1.51059E-01	1.11899E-01
17	CRP-2	8.2786E+05	-8.91725E-02	0.0	-1.40383E-01	-2.29556E-01	8.81910E-01	6.52354E-01
18	SRP	8.2788E+05	-7.10294E-02	0.0	-1.13141E-01	-1.84170E-01	7.33121E-01	5.48950E-01
19	CRP-3	8.2791E+05	-6.93256E-02	0.0	-1.10505E-01	-1.79831E-01	7.20584E-01	5.40753E-01

Table 22 Cont'd

FE	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-2.45795E-01	0.0	-6.83409E-01	-9.29206E-01	1.75450E-01	-7.53755E-01	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-4.56266E-01	0.0	-1.25991E+00	-1.71617E+00	3.34016E-01	-1.38216E+00	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-3.04050E-02	0.0	-7.87929E-02	-1.09198E-01	2.03907E-02	-8.88072E-02	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-2.77990E-01	0.0	-7.67302E-01	-1.04529E+00	2.06553E-01	-8.38739E-01	
5	CORE 2	3.4926E+06	-2.52454E-01	0.0	-7.19899E-01	-9.72354E-01	3.46596E-01	-6.25757E-01	
6	CORE 3	3.4926E+06	-1.43128E-01	0.0	-3.99332E-01	-5.42460E-01	6.89145E-01	1.46685E-01	
7	RB 1	6.9852E+06	-3.47815E-02	0.0	-8.95786E-02	-1.24360E-01	4.02365E-01	2.78004E-01	
8	RB 2	2.4448E+07	-2.56671E-03	0.0	-6.27940E-03	-8.84615E-03	3.43659E-02	2.55197E-02	
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.64001E-03	0.0	-2.36775E-03	-4.00773E-03	2.26632E-02	1.86554E-02	
10	AB 1-1	1.4859E+06	-2.10833E-02	0.0	-5.13459E-02	-7.24289E-02	1.08115E-01	3.56860E-02	
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.85428E-02	0.0	-9.36619E-02	-1.32205E-01	2.00805E-01	6.85998E-02	
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.76368E-03	0.0	-5.90046E-03	-8.66413E-03	1.31683E-02	4.50414E-03	
13	AB 1-4	2.4590E+06	-2.04402E-02	0.0	-5.14208E-02	-7.18608E-02	1.36149E-01	6.42883E-02	
14	AB 2	2.7941E+06	-1.42174E-02	0.0	-4.08064E-02	-5.50238E-02	1.33261E-01	7.82372E-02	
15	AB 3	2.7941E+06	-6.92423E-03	0.0	-2.02076E-02	-2.71319E-02	9.19744E-02	6.48426E-02	
16	CRP-1	1.3798E+05	-8.15095E-03	0.0	-2.02003E-02	-2.83513E-02	8.16222E-02	5.32713E-02	
17	CRP-2	8.2786E+05	-4.43862E-02	0.0	-1.23680E-01	-1.68067E-01	4.75990E-01	3.07923E-01	
18	SRP	8.2788E+05	-3.55168E-02	0.0	-9.96179E-02	-1.35135E-01	3.96260E-01	2.61124E-01	
19	CRP-3	8.2791E+05	-3.47062E-02	0.0	-9.70173E-02	-1.31723E-01	3.88730E-01	2.57006E-01	

Table 22 Cont'd

NI	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
	1	CORE 1-1	1.8573E+06	-9.72352E-01	0.0	-5.57179E-01	-1.52952E+00	3.05270E-01	-1.22425E+00
	2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.80382E+00	0.0	-1.01847E+00	-2.82229E+00	5.86230E-01	-2.23605E+00
	3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.16300E-01	0.0	-5.81954E-02	-1.74495E-01	3.63632E-02	-1.38132E-01
	4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.11244E+00	0.0	-6.29352E-01	-1.74178E+00	3.66078E-01	-1.37570E+00
	5	CORE 2	3.4926E+06	-1.05802E+00	0.0	-6.05673E-01	-1.66369E+00	6.24183E-01	-1.03951E+00
	6	CORE 3	3.4926E+06	-6.04111E-01	0.0	-3.32465E-01	-9.36577E-01	1.13614E+00	1.99564E-01
	7	RB 1	6.9852E+06	-1.19276E-01	0.0	-9.50986E-02	-2.14375E-01	6.62843E-01	4.48467E-01
	8	RB 2	2.4448E+07	-7.14461E-03	0.0	-8.36487E-03	-1.55096E-02	6.74380E-02	5.19294E-02
	9	REFLEC	2.2844E+07	-4.69314E-03	0.0	-6.53473E-03	-1.12279E-02	1.31857E-01	1.20629E-01
	10	AB 1-1	1.4859E+06	-6.86897E-02	0.0	-6.07410E-02	-1.29430E-01	1.99169E-01	6.97389E-02
	11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.25611E-01	0.0	-1.14963E-01	-2.40575E-01	3.70877E-01	1.30301E-01
	12	AB 1-3	2.5253E+05	-8.90203E-03	0.0	-8.58840E-03	-1.74904E-02	2.48099E-02	7.31942E-03
	13	AB 1-4	2.4590E+06	-6.72782E-02	0.0	-6.46878E-02	-1.31966E-01	2.52886E-01	1.20920E-01
	14	AB 2	2.7941E+06	-4.80134E-02	0.0	-4.53766E-02	-9.33897E-02	2.39972E-01	1.46581E-01
	15	AB 3	2.7941E+06	-2.33989E-02	0.0	-2.22704E-02	-4.56694E-02	1.66459E-01	1.20790E-01
	16	CRP-1	1.3798E+05	-3.45158E-02	0.0	-1.50796E-02	-4.95954E-02	3.86563E-01	3.36967E-01
	17	CRP-2	8.2786E+05	-1.98170E-01	0.0	-1.02819E-01	-3.00990E-01	2.26468E+00	1.96369E+00
	18	SRP	8.2788E+05	-1.59345E-01	0.0	-8.31230E-02	-2.42468E-01	1.87225E+00	1.62978E+00
	19	CRP-3	8.2791E+05	-1.55959E-01	0.0	-8.16314E-02	-2.37590E-01	1.84194E+00	1.60435E+00

Table 22 Cont'd

H	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-5.65475E-03	0.0	-2.45677E+00	-2.46242E+00	1.40759E-01	-2.32166E+00	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.04917E-02	0.0	-4.13821E+00	-4.14869E+00	2.70383E-01	-3.87831E+00	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-7.17203E-04	0.0	-1.64455E-01	-1.65173E-01	1.68741E-02	-1.48299E-01	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-6.25245E-03	0.0	-2.77388E+00	-2.78013E+00	1.71157E-01	-2.60897E+00	
5	CORE 2	3.4926E+06	-5.37288E-03	0.0	-1.88511E+00	-1.89049E+00	2.90115E-01	-1.60037E+00	
6	CORE 3	3.4926E+06	-3.06367E-03	0.0	-6.19971E-01	-6.23034E-01	5.33974E-01	-8.90595E-02	
7	RB 1	6.9852E+06	-9.60025E-04	0.0	-1.70465E+00	-1.70561E+00	3.08634E-01	-1.39697E+00	
8	RB 2	2.4448E+07	-1.11077E-04	0.0	-1.81855E-01	-1.81966E-01	2.98344E-02	-1.52131E-01	
9	REFLEC	2.2844E+07	-1.07075E-04	0.0	-1.95331E-01	-1.95438E-01	5.65647E-02	-1.38873E-01	
10	AB 1-1	1.4859E+06	-6.46477E-04	0.0	-1.24622E+00	-1.24687E+00	9.09597E-02	-1.15591E+00	
11	AB 1-2	3.2534E+06	-1.17719E-03	0.0	-2.44573E+00	-2.44691E+00	1.69050E-01	-2.27785E+00	
12	AB 1-3	2.5253E+05	-8.42049E-05	0.0	-1.96627E-01	-1.96711E-01	1.12290E-02	-1.85482E-01	
13	AB 1-4	2.4590E+06	-6.13407E-04	0.0	-1.44381E+00	-1.44442E+00	1.15581E-01	-1.32884E+00	
14	AB 2	2.7941E+06	-4.18756E-04	0.0	-9.61420E-01	-9.61839E-01	1.10156E-01	-8.51683E-01	
15	AB 3	2.7941E+06	-2.05945E-04	0.0	-4.75058E-01	-4.75264E-01	7.59299E-02	-3.99334E-01	
16	CRP-1	1.3798E+05	-2.50090E-04	0.0	-7.00865E-02	-7.03365E-02	1.69112E-01	9.87754E-02	
17	CRP-2	8.2786E+05	-1.27263E-03	0.0	-5.44976E-01	-5.46248E-01	9.89797E-01	4.43549E-01	
18	SRP	8.2788E+05	-1.00312E-03	0.0	-4.43318E-01	-4.44321E-01	8.19984E-01	3.75662E-01	
19	CRP-3	8.2791E+05	-9.76045E-04	0.0	-4.58379E-01	-4.59355E-01	8.07811E-01	3.48456E-01	

Table 22 Cont'd

FP(U)	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.06633E+01	0.0	-2.52065E+00	-1.31839E+01	7.58085E-01	-1.24258E+01	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-1.97827E+01	0.0	-4.64747E+00	-2.44300E+01	1.44303E+00	-2.29870E+01	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.36294E+00	0.0	-2.88407E-01	-1.65135E+00	8.82526E-02	-1.56310E+00	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.17737E+01	0.0	-2.82892E+00	-1.46026E+01	8.96668E-01	-1.37059E+01	
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.00469E+01	0.0	-2.67667E+00	-1.27235E+01	1.50173E+00	-1.12218E+01	
6	CORE 3	3.4926E+06	-5.74842E+00	0.0	-1.49506E+00	-7.24348E+00	2.96701E+00	-4.27647E+00	
7	RB 1	6.9852E+06	-1.93023E+00	0.0	-3.21448E-01	-2.25168E+00	1.69235E+00	-5.59328E-01	
8	RB 2	2.4448E+07	-2.46185E-01	0.0	-2.29668E-02	-2.69152E-01	1.45009E-01	-1.24141E-01	
9	REFLEC	2.2844E+07	-2.37867E-01	0.0	-9.16650E-03	-2.47034E-01	2.17307E-01	-2.97252E-02	
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.28881E+00	0.0	-1.86864E-01	-1.47568E+00	4.63826E-01	-1.01185E+00	
11	AB 1-2	3.2534E+06	-2.34443E+00	0.0	-3.40467E-01	-2.68489E+00	8.61624E-01	-1.82327E+00	
12	AB 1-3	2.5253E+05	-1.68182E-01	0.0	-2.18838E-02	-1.90066E-01	5.65063E-02	-1.33560E-01	
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.21743E+00	0.0	-1.84770E-01	-1.40220E+00	5.84406E-01	-8.17796E-01	
14	AB 2	2.7941E+06	-8.27254E-01	0.0	-1.43727E-01	-9.70981E-01	5.72779E-01	-3.98190E-01	
15	AB 3	2.7941E+06	-6.07734E-01	0.0	-7.08522E-02	-4.78586E-01	3.94718E-01	-8.38678E-02	
16	CRP-1	1.3798E+05	-4.89450E-01	0.0	-7.85806E-02	-5.68031E-01	6.93004E-01	1.24974E-01	
17	CRP-2	8.2786E+05	-2.43912E+00	0.0	-4.81671E-01	-2.92078E+00	4.05600E+00	1.13521E+00	
18	SRP	8.2788E+05	-1.91822E+00	0.0	-3.87221E-01	-2.30544E+00	3.36747E+00	1.06202E+00	
19	CRP-3	8.2791E+05	-1.86554E+00	0.0	-3.77013E-01	-2.24255E+00	3.31318E+00	1.07063E+00	

Table 22 Cont'd

FP (PU)	NO.	REGION	VOLUME	CAPTURE	FISSION	SCATTERING	NON-LEAKAGE	LEAKAGE	DELT-K/K
1	CORE 1-1	1.8573E+06	-1.41463E+01	0.0	-2.64639E+00	-1.67927E+01	7.41320E-01	-1.60514E+01	
2	CORE 1-2	4.0668E+06	-2.62481E+01	0.0	-4.87940E+00	-3.11275E+01	1.41124E+00	-2.97162E+01	
3	CORE 1-3	3.1566E+05	-1.80239E+00	0.0	-3.03603E-01	-2.10600E+00	8.62874E-02	-2.01971E+00	
4	CORE 1-4	3.0737E+06	-1.56553E+01	0.0	-2.96768E+00	-1.86229E+01	8.76648E-01	-1.77463E+01	
5	CORE 2	3.4926E+06	-1.34239E+01	0.0	-2.80306E+00	-1.62269E+01	1.46851E+00	-1.47584E+01	
6	CORE 3	3.4926E+06	-7.66691E+00	0.0	-1.56754E+00	-9.23445E+00	2.90235E+00	-6.33209E+00	
7	RB 1	6.9852E+06	-2.53852E+00	0.0	-3.40875E-01	-2.87939E+00	1.65462E+00	-1.22476E+00	
8	RB 2	2.4448E+07	-3.26076E-01	0.0	-2.45169E-02	-3.50593E-01	1.41878E-01	-2.08713E-01	
9	REFLEC	2.2844E+07	-3.12330E-01	0.0	-9.54774E-03	-3.21877E-01	2.12497E-01	-1.09378E-01	
10	AB 1-1	1.4859E+06	-1.67205E+00	0.0	-1.95686E-01	-1.86774E+00	4.53133E-01	-1.41461E+00	
11	AB 1-2	3.2534E+06	-3.04405E+00	0.0	-3.56232E-01	-3.40029E+00	8.41778E-01	-2.55851E+00	
12	AB 1-3	2.5253E+05	-2.18731E-01	0.0	-2.28461E-02	-2.41577E-01	5.52101E-02	-1.86367E-01	
13	AB 1-4	2.4590E+06	-1.58422E+00	0.0	-1.93143E-01	-1.77737E+00	5.71118E-01	-1.20625E+00	
14	AB 2	2.7941E+06	-1.07723E+00	0.0	-1.50463E-01	-1.22769E+00	5.59887E-01	-6.67807E-01	
15	AB 3	2.7941E+06	-5.30940E-01	0.0	-7.42539E-02	-6.05194E-01	3.85912E-01	-2.19282E-01	
16	CRP-1	1.3798E+05	-6.40758E-01	0.0	-8.30686E-02	-7.23827E-01	6.77765E-01	-4.60615E-02	
17	CRP-2	8.2786E+05	-3.21407E+00	0.0	-5.07052E-01	-3.72112E+00	3.96694E+00	2.45818E-01	
18	SRP	8.2788E+05	-2.53130E+00	0.0	-4.07446E-01	-2.93875E+00	3.29346E+00	3.54711E-01	
19	CRP-3	8.2791E+05	-2.46296E+00	0.0	-3.96602E-01	-2.85956E+00	3.24032E+00	3.80749E-01	

Table 23 Burnup Dependence of He-Loss Reactivity  
Effect at Full Power Operation

Region \ Burnup state	BOEC	EOEC
Core - 1	$3.254 \times 10^{-3}$	$3.551 \times 10^{-3}$
Core - 2	$8.061 \times 10^{-4}$	$8.382 \times 10^{-4}$
Core - 3	$2.243 \times 10^{-4}$	$2.566 \times 10^{-4}$
Na-follower	$-2.458 \times 10^{-4}$	$-1.281 \times 10^{-4}$
Axial blanket	$1.175 \times 10^{-4}$	$1.516 \times 10^{-4}$
Radial blanket	$-8.045 \times 10^{-6}$	$-4.183 \times 10^{-6}$
Reflector	$-1.393 \times 10^{-6}$	$-2.679 \times 10^{-6}$
Sum	$4.147 \times 10^{-3}$	$4.662 \times 10^{-3}$

(Unit :  $\Delta K/K$ )

Table 24 Reactivity at BOEC to be Controlled by  
Primary and/or Secondary Rod System

(Unit :  $\Delta K/K$ )

Cold clean to hot operation	<u>- 0.01036</u>
- Doppler effect	- 0.01244
- Fuel axial expansion	- 0.00135
- Clad axial expansion	0.00012
- Clad radial expansion	0.00008
- He density reduction	0.00560
- Wrapper axial expansion	0.00004
- Grid plate expansion	- 0.00241
Burnup	<u>- 0.01804</u>
- Burnup reactivity	- 0.01604
- $^{239}\text{Np}$ buildup	- 0.00200
Safety	<u>0.00450</u>
- He Loss reactivity	0.00450

Table 25 Reactivity Requirements for Primary and  
Secondary Control Rod System

(unit : % ΔK/K (\$))

Items	Primary system	Secondary system
(1) Cold to hot operation (Doppler, expansion, etc)	1.04 ( 2.57 )	1.04 ( 2.57 )
(2) Loss during burnup cycle (Burnup, swelling)	1.60 ( 3.96 )	—
(3) Safety allowance (He-loss, slumping)	1.62 ( 4.00 )	1.62 ( 4.00 )
(4) Other allowance (Np-239 decay)	0.20 ( 0.50 )	—
(5) Error margin	0.40 ( 1.00 )	0.40 ( 1.00 )
(6) Shutdown margin	0.40 ( 1.00 )	0.40 ( 1.00 )
(7) One rod stuck margin	0.46 ( 1.14 )	0.74 ( 1.83 )
Sum	5.72 ( 14.16 )	4.20 ( 10.40 )

Not: primary and secondary systems consist of  
13 and 6 control rods, respectively.

Table 26 Variation of Averaged Material Temperature  
due to Power Increase at BOEC

Materials	Nominal power	Over power		
		110 %	120 %	130 %
Core				
- Fuel	868.0	943.7	1021.7	1101.9
- Cladding	546.5	575.8	605.3	634.8
- Structure	413.9	429.3	444.7	460.1
- Coolant	413.9	429.3	444.7	460.1
Axial blanket				
- Fuel	432.1	449.3	466.5	483.7
- Coolant	419.7	435.6	451.6	467.6
Radial blanket				
- Fuel	286.8	289.5	292.2	294.8
- Coolant	283.2	285.5	287.8	290.1

(Unit : °C)

Table 27 Feedback Reactivity Coefficients used  
for Kinetic Analysis

Item	Power range		
	100% to 110% power	110% to 120% power	120% to 130% power
Dopple effect			
- Core	- 7.16	- 6.65	- 6.16
- Axial blanket	- 1.48	- 1.44	- 1.41
- Radial blanket	- 1.05	- 1.04	- 1.03
- Reactor	- 7.84	- 7.05	- 6.64
Fuel axial expansion	- 1.61	- 1.61	- 1.61
Clad axial expansion	0.22	0.22	0.22
Coolant density reduction			
- Core	3.18	3.04	2.91
- Axial blanket	0.09	0.09	0.08
- Radial blanket	- 0.01	- 0.01	- 0.01
- Reactor	3.27	3.13	2.99

(unit :  $10^{-6} \Delta K/K/\text{°C}$ )

Table 28 Steam Entry Reactivity Worth

(%  $\Delta K/KK'$ )

	Steam Density (gr/cm³)	
	0.01	0.05
<u>BOEC</u>		
Core and Axial Blanket	- 0.567	- 0.037
Radial Blanket	- 0.040	- 0.110
Total	- 0.607	- 0.147
<u>EOEC</u>		
Core and Axial Blanket	- 0.969	- 1.545
Radial Blanket	- 0.032	- 0.070
Total	- 1.001	- 1.615

Table 29 Effective Delayed Neutron Fractions

(1) BOEC

Nuclide	1	2	3	4
U -235	1.837515E-06	1.113228E-05	9.223476E-06	2.009787E-05
U -238	2.347767E-05	2.664388E-04	2.961310E-04	7.121672E-04
PU-239	4.197132E-05	3.309085E-04	2.391835E-04	3.661383E-04
PU-240	3.940730E-06	4.106431E-05	2.708969E-05	4.977398E-05
PU-241	8.010254E-06	1.961550E-04	1.389267E-04	3.156911E-04
PU-242	6.814542E-07	7.099980E-06	4.684453E-06	8.607000E-06
U -233	4.812187E-07	1.785235E-06	1.309084E-06	1.851537E-06
TH-232	5.751345E-07	2.919716E-06	2.695022E-06	7.848202E-06
Sum	8.097503E-05	8.574994E-04	7.192378E-04	1.482171E-03
Nuclide	5	6		SUM
U -235	6.320717E-06	1.283894E-06	4.989537E-05	
U -238	4.108571E-04	1.369523E-04	1.846020E-03	
PU-239	1.149760E-04	3.906959E-05	1.132241E-03	
PU-240	1.820308E-05	4.124125E-06	1.441957E-04	
PU-241	1.473226E-04	1.295145E-05	8.190547E-04	
PU-242	3.147706E-06	7.131515E-07	2.493367E-05	
U -233	4.263813E-07	1.343387E-07	5.987792E-06	
TH-232	3.026653E-06	7.566600E-07	1.782132E-05	
Sum	7.042747E-04	1.959852E-04	4.040152E-03	

(2) EOEC

Nuclide	1	2	3	4
U -235	1.561389E-06	9.510227E-06	7.846129E-06	1.710340E-05
U -238	2.279988E-05	2.603063E-04	2.878858E-04	6.925375E-04
PU-239	4.236463E-05	3.359606E-04	2.414908E-04	3.698952E-04
PU-240	3.950313E-06	4.139043E-05	2.716237E-05	4.993500E-05
PU-241	6.654786E-06	1.638113E-04	1.154456E-04	2.624705E-04
PU-242	6.852301E-07	7.178367E-06	4.711583E-06	8.661574E-06
U -233	9.891464E-07	3.651600E-06	2.687977E-06	3.799862E-06
TH-232	5.938360E-07	3.010158E-06	2.781830E-06	8.098667E-06
Sum	7.959893E-05	8.248149E-04	6.900060E-04	1.412498E-03
Naclide	5	6		SUM
U -235	5.378964E-06	1.092602E-06	4.249238E-05	
U -238	3.993744E-04	1.331248E-04	1.796025E-03	
PU-239	1.161558E-04	3.947051E-05	1.145332E-03	
PU-240	1.826200E-05	4.137464E-06	1.448374E-04	
PU-241	1.224862E-04	1.076802E-05	6.816334E-04	
PU-242	3.167665E-06	7.176732E-07	2.512199E-05	
U -233	8.750451E-07	2.756998E-07	1.227933E-05	
TH-232	3.123246E-06	7.808080E-07	1.838850E-05	
Sum	6.688172E-04	1.903673E-04	3.866124E-03	

Table 30 Decay Constants of Delayed Neutron Precursors

family	U - 235	U - 238	Pu - 239	Pu - 240	Pu - 241	Pu - 242	U - 233	Th - 232
1	1.272 - 2	1.323 - 2	1.29 - 2	1.294 - 2	1.28 - 2	1.294 - 2	1.258 - 2	1.24 - 2
2	3.174 - 2	3.212 - 2	3.11 - 2	3.131 - 2	2.99 - 2	3.131 - 2	3.342 - 2	3.34 - 2
3	1.16 - 1	1.39 - 1	1.34 - 1	1.35 - 1	1.24 - 1	1.35 - 1	1.31 - 1	1.21 - 1
4	3.11 - 1	3.59 - 1	3.31 - 1	3.33 - 1	3.52 - 1	3.33 - 1	3.03 - 1	3.21 - 1
5	1.40	1.41	1.26	1.36	1.61	1.36	1.27	1.21
6	3.87	4.03	3.21	4.03	3.47	4.03	3.14	3.29

(Unit : sec<sup>-1</sup>)

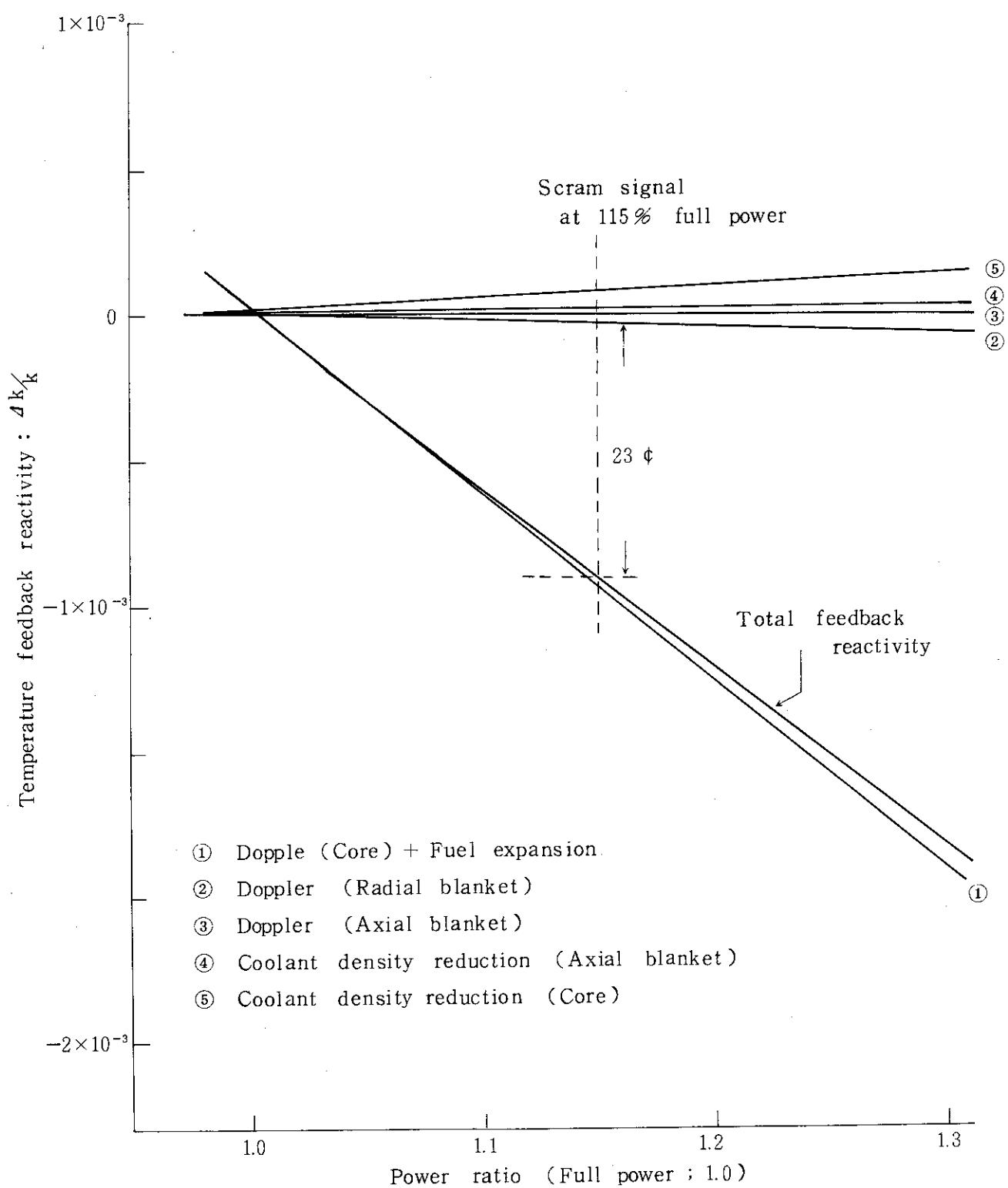


Fig. 5 Feedback Reactivity due to Power Increase

## 7. ま　と　め

多目的高温ガス炉との共存システムを形成する観点からガス冷却高速炉（GCFR）の炉心設計研究を進めている。GCFRは、VHTR-GCFR共存システムの適切な成長率を達成できるように、GCFR自身に用いる核分裂性物質PuとVHTRの装荷および消費する核分裂性物質<sup>233</sup>Uと共に充足する高い増殖性能を有することが最大の要件である。以上の考え方に基き、1000MWe級GCFRの広範囲に亘る核熱解析と共存システムの戦略解析を実施し、高増殖性能を達成し、かつ熱的にも許容できる基準GCFR炉心を設定した。この炉心は、13本の主炉停止系と6本の後備炉停止系の合計19本の1000MWe級高速炉としては比較的小数の制御棒を含み、増殖比1.48を達成している。基準GCFR炉心の制御棒位置を含む炉心構成の検討、熱流動特性および制御棒反応度価値の検討については、多目的高温ガス炉とガス冷却高速炉とからなる共存エネルギー・システムの研究（Ⅲ），として報告する。

本報告書では、基準GCFR炉心に関する平衡サイクルにおける基本的核特性と反応度効果について検討した結果についてまとめた。基本的核特性では、平衡サイクルにおける装荷燃料組成を決定する簡便法を提案し、臨界性と増殖比、中性子スペクトルと中性子束空間分布の燃焼依存性を基準とした2次元拡散計算結果に中性子ストリーミングを主とする非均質効果、輸送効果を加えて検討した。更に、共存システムの倍増時間を定義し、原子力エネルギー需要成長率との関係を明らかにすることによって、1000MWe基準GCFR1基と3000MWt VHTR2基を単位とする共存システムは、核燃料を自給しながら、比較的緩かな年1%までの原子力エネルギー需要成長率に対応できることを明らかにした。

反応度効果は、制御棒が制御すべき反応度を設定するため、動特性解析のフィードバック係数の入力として用いるため、およびGCFRの核的安全性を確認するため、詳細な解析を必要とする。前2者の目的のために、ドップラー反応度効果、燃料、被覆管、ラッパー管およびグリッドプレイトの膨脹効果、冷却材Heの密度変化と喪失効果について、主に1次摂動論に基づく検討を加えた。更に、GCFR特有の反応度効果である2次冷却水の炉心への侵入に伴なう水蒸気侵入反応度効果についてExact perturbation法によって検討を加え、以前に得た結果と同様に、基準GCFRにおいても水蒸気侵入反応度効果は安全上重要な因子とはなりえないことを確認した。

本報告書での解析は、すべて2次元円筒形原子炉モデルに対する拡散近似に基くものであり、かつ制御棒の挿入効果については考慮されていないが、ここに採りあげた核特性の多くは制御棒挿入に伴なう局所的効果によって左右されないと考えられる。制御棒挿入によって大きく影響を受ける唯一の特性は、低中性子エネルギー領域を問題とする水蒸気侵入反応度効果であるが、これについては本文中に検討したように、制御棒挿入を考慮することによってより安全側になる。

制御棒位置を考慮した3次元原子炉モデルに基く解析を必要とする核特性として、制御棒反応度価値、出力分布がある。出力分布は詳細な熱流動解析の基礎となるものであり、上述3次

元的検討を必要とする解析結果については、熱流動性解析結果と共に Ref. (17)にまとめた。

本報告書の解析に用いた中性子断面積データは JAERI-Fast25 群断面積セット・Version II である。現在、我国では、原研を中心として我国の評価済み核データライブラリー JENDL を整備中であり、完成の時点において再度 JENDL を用いて解析することは興味深い。

最後に、解析によって得られた基準GCFRの核特性を Table 31 にまとめて示した。

Table 31 Physics Characteristics of Reference  
Gas-Cooled Fast Reactor

Reactor thermal output .....	2875 MWt
Active core height .....	150.0 cm
Equivalent active core diameter .....	385.8 cm
Core volume .....	16300 ℥
Axial UO <sub>2</sub> blanket thickness .....	60.0 cm
Radial ThO <sub>2</sub> blanket thickness .....	79.6 cm
Number of fuel elements in core .....	252
Number of control rod elements .....	19
Number of radial blanket elements .....	270
Fuel lifetime .....	820 full power days
Refuelling cycle .....	1 yr
Average power density at midcycle .....	167.6 W/cm <sup>3</sup>
Reactor power fractions at midcycle	
Core .....	93.62 %
Axial blanket .....	4.65 %
Radial blanket .....	1.73 %
Core volume fractions	
Fuel .....	29.54 v/o
Helium coolant .....	59.12 v/o
Clad .....	8.34 v/o
Structure .....	3.00 v/o
Average core fissile Pu enrichment	
at BOL .....	11.76 a/o
at BOEC .....	12.33 a/o
at EOEC .....	12.33 a/o
Charged fuel at BOEC .....	12.59 a/o
Core fissile loading at BOL .....	4687.6 kg
Core fissile masses at BOEC	
Core (Pu) .....	4873.2 kg

Axial blanket (Pu) .....	221.5 kg
Radial blanket (U-233) .....	264.9 kg
Core fissile masses at EOEC	
Core (Pu) .....	4740.6 kg
Axial blanket (Pu) .....	436.4 kg
Radial blanket (U-233) .....	523.6 kg
Core fissile loading at BOEC	
Pu-239 .....	1317.1 kg
Pu-241 .....	302.8 kg
Core fissile unloading at EOEC	
Pu-239 .....	1539.0 kg
Pu-241 .....	216.1 kg
U-233 .....	258.7 kg
Breeding ratio at BOEC/EOEC .....	1.482 / 1.476
Breeding gain	
Fissile Pu .....	53.0 kg/GWt·yr
U-233 .....	91.0 kg/GWt·yr
Maximum fuel burnup .....	76500 MWD/T
Reactivity swing over equilibrium cycle .....	1.604% ΔK/K/yr
Doppler constant at operating temperature .....	-0.0089 TdK/Kd T
Total He reactivity worth .....	$4.15 \times 10^{-3} \Delta K/K$
Steam entry reactivity worth (0.01g/cc)	
at BOEC .....	- 0.607% ΔK/KK
at EOEC .....	- 1.001% ΔK/KK
Isothermal temperature coefficient at 260°C .....	$-1.30 \times 10^{-6} \Delta K/K/^\circ C$
Steady state power coefficient .....	$-3.50 \times 10^{-6} \Delta K/K/MWt$
Effective delayed neutron fraction .....	0.00404
Prompt neutron lifetime .....	$6.3 \times 10^{-7}$ sec

## 謝 辞

本研究は、動力炉開発・安全性研究管理部高速炉設計研究室においてなされた成果である。ガス冷却高速炉の研究は、OECD/NEAの主催するガス冷却高速炉協力研究計画の成果による所が多い。原研がこの研究計画に参加でき、著者等が高速炉の研究テーマの下に研究を続行できたのは、当時高速炉設計研究室長、現安全解析部長平田実穂氏の御協力の賜物である。共存システムに関する一連の成果を報告するに際し、著者一同、平田実穂氏に深甚の感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) 吉田弘幸・飯島 進; 多目的高温ガス炉とガス冷却高速炉からなる共存エネルギー・システムの研究(I), JAERI-M 9544 (1981).
- (2) S. Iijima, H. Yoshida et al. ; A Strategic Investigation on a Role of VHTR-GCFR Symbiotic Energy System to Nuclear Energy Demand, Proceedings of International Conference on Fast Reactor Fuel Cycles, London, p177 - p 181 (1981).
- (3) H. Takano et al. ; JAERI-Fast Reactor Group Constants Set, Version II, JAERI 1255 (1978).
- (4) R. D. O'Dell and T. J. Hirons ; PHENIX, a Two - Dimensional Diffusion-Burnup - Refueling Code, LA-4231 (1970).
- (5) T. B. Fowler and D. R. Vondy ; Nuclear Reactor Core Analysis Code; CITATION ORNL-TM-2496 (1969).
- (6) 飯島 進, 吉田弘幸, 桜木広隆; 高速炉設計用計算プログラム2-2次元・3次元拡散摂動理論計算コード; PERKY-, JAERI-M 6993 (1977).
- (7) B. Pellaud ; The Physics Design of the Gas-Cooled Fast Breeder Reactor Demonstration Plant, GA-10509 (1971).
- (8) S. Igrashi et al. ; Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version - 1 - JENDL-1-, JAERI 1261 (1979).
- (9) Y. Kikuchi et al. ; Benchmark Tests of JENDL-1, JAERI 1275 (1982).
- (10) 大杉俊隆, 吉田弘幸, 井原 均; 高速炉設計用計算プログラム1, 衝突確率法を用いたセル計算コード, PIGEON , JAERI-M 6038 (1975).
- (11) K. Kobayash, R. Tanaka and H. Yoshida ; A Thermo-Hydraulics- Neutronics Code Mr. X for Gas-Cooled Fast Breeder Reactors, Proc. of GCFR Safety Specialist Meeting in Brussele (1979).

## 謝 辞

本研究は、動力炉開発・安全性研究管理部高速炉設計研究室においてなされた成果である。ガス冷却高速炉の研究は、OECD/NEAの主催するガス冷却高速炉協力研究計画の成果による所が多い。原研がこの研究計画に参加でき、著者等が高速炉の研究テーマの下に研究を続行できたのは、当時高速炉設計研究室長、現安全解析部長平田実穂氏の御協力の賜物である。共存システムに関する一連の成果を報告するに際し、著者一同、平田実穂氏に深甚の感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) 吉田弘幸・飯島 進; 多目的高温ガス炉とガス冷却高速炉からなる共存エネルギー・システムの研究(I), JAERI-M 9544 (1981).
- (2) S. Iijima, H. Yoshida et al. ; A Strategic Investigation on a Role of VHTR-GCFR Symbiotic Energy System to Nuclear Energy Demand, Proceedings of International Conference on Fast Reactor Fuel Cycles, London, p177 - p 181 (1981).
- (3) H. Takano et al. ; JAERI-Fast Reactor Group Constants Set, Version II, JAERI 1255 (1978).
- (4) R. D. O'Dell and T. J. Hirons ; PHENIX, a Two - Dimensional Diffusion - Burnup - Refueling Code, LA-4231 (1970).
- (5) T. B. Fowler and D. R. Vondy ; Nuclear Reactor Core Analysis Code; CITATION ORNL-TM-2496 (1969).
- (6) 飯島 進, 吉田弘幸, 桜木広隆; 高速炉設計用計算プログラム 2 - 2 次元・3次元拡散摂動理論計算コード; PERKY-, JAERI-M 6993 (1977).
- (7) B. Pellaud ; The Physics Design of the Gas - Cooled Fast Breeder Reactor Demonstration Plant, GA-10509 (1971).
- (8) S. Igrashi et al. ; Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version - 1 - JENDL-1 -, JAERI 1261 (1979).
- (9) Y. Kikuchi et al. ; Benchmark Tests of JENDL-1, JAERI 1275 (1982).
- (10) 大杉俊隆, 吉田弘幸, 井原 均; 高速炉設計用計算プログラム 1, 衝突確率法を用いたセル計算コード, PIGEON , JAERI-M 6038 (1975).
- (11) K. Kobayash, R. Tanaka and H. Yoshida ; A Thermo - Hydraulics- Neutronics Code Mr. X for Gas - Cooled Fast Breeder Reactors, Proc. of GCFR Safety Specialist Meeting in Brussele (1979).

- (12) P. Benoist ; Streaming Effects and Collision Probabilities in Lattices, Nucl. Sci. Eng. 34 285 - 307 (1968).
- (13) 大杉俊隆, 吉田弘幸, 太田文夫 ; ガス冷却高速炉の非均質効果に関する検討, JAERI-M 7608 (1978).
- (14) S. Iijima, T. Osugi and H. Yoshida ; Heterogeneity Effects on Safety-Related Reactivity in a 1000 MWe Gas-Cooled Breeder Reactor, Proc. of An International Symposium on Fast Reactor Physics, Aix-en-Provence, p 381-p 391 (1980).
- (15) PNC ; Analysis of ZPPR-10 (Includins ZPPR-9), to be published.
- (16) 新藤隆一, 渡部 隆 ; 高温ガス冷却炉・格子燃焼計算コード DELIGHT-B, JAERI-M 6973 (1977).
- (17) 吉田弘幸, 飯島 進, 他 ; 多目的高温ガス炉とガス冷却高速炉からなる共存エネルギー・システムの研究(Ⅲ) —ガス冷却高速炉の炉心構成と熱流動特性—, JAERI-M 82-183 (1982).
- (18) 吉田弘幸, 飯島 進, 他 ; ガス冷却高速炉における水蒸気の炉心侵入による反応度効果, JAERI-M 9473, (1981).
- (19) A. Torri and M. J. Driscoll ; Reactivity Insertion Mechanisms in the GCFR, GA-A 12934 (1974).
- (20) E. Eisemann ; Consideration on the Accident : Water Ingress in the Primary Loop of a Helium Cooled Fast Breeder Reactor with Secondary Steam Cycle, KFK-1487 (1971).