

J A E R I - M

87-063

SRACコードシステムによるJRR-4高濃縮ウラン  
燃料炉心の核特性に関するベンチマーク計算

1987年4月

有金 賢次

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）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1987

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 いばらき印刷株

SRACコードシステムによるJRR-4 高濃縮ウラン  
燃料炉心の核特性に関するベンチマーク計算

日本原子力研究所東海研究所研究炉管理部  
有 金 賢 次

(1987年3月31日受理)

JRR-4 燃料の低濃縮化計画が原研の試験・研究炉濃縮度低減化計画に基づいて進められている。低濃縮炉心の核設計には、SRACコードシステムが用いられている。本報告は、低濃縮炉心の核設計に用いた解析手法の妥当性を明らかにするため行ったJRR-4 高濃縮ウラン燃料炉心のベンチマーク計算について述べたものである。

ベンチマーク計算は、過剰反応度、臨界性、制御棒価値、熱中性子束分布、ボイド係数、温度係数、質量係数、動特性パラメータ及び $^{135}\text{Xe}$ の蓄積による反応度減少の各核特性について実施した。その結果、計算結果と測定結果は良い一致を示し、解析手法の妥当性が示された。

Benchmark Calculations on Nuclear Characteristics of  
JRR-4 HEU Core by SRAC Code System

Kenji ARIGANE

Department of Research Reactor Operation  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 31, 1987)

The reduced enrichment program for the JRR-4 has been progressing based on JAERI's RERTR (Reduced Enrichment Research and Test Reactor) program. The SRAC (JAERI Thermal Reactor Standard Code System for Reactor Design and Analysis) is used for the neutronic design of the JRR-4 LEU Core. This report describes the benchmark calculations on the neutronic characteristics of the JRR-4 HEU Core in order to validate the calculation method.

The benchmark calculations were performed on the various kind of neutronic characteristics such as excess reactivity, criticality, control rod worth, thermal neutron flux distribution, void coefficient, temperature coefficient, mass coefficient, kinetic parameters and poisoning effect by Xe-135 build up. As the result, it was confirmed that these calculated values are in satisfactory agreement with the measured values. Therefore, the calculational method by the SRAC was validated.

**Keywords:** Benchmark Calculation, JRR-4, HEU Core, SRAC, Excess Reactivity, Criticality, Control Rod Worth, Thermal Neutron Flux Distribution, Void Coefficient, Temperature Coefficient, Mass Coefficient, Kinetic Parameters, Xe-135 Build Up

## 目 次

1. 序	1
2. ベンチマーク計算の概要	1
3. ベンチマーク炉心の概要	3
3.1 A型 12本及びA型 16本燃料炉心	4
3.2 A・B型混合 16本及びA・B型混合 18本燃料炉心	4
4. 計算条件	12
4.1 計算コード及びライブラリ	12
4.2 中性子エネルギー群構造	12
4.3 少数群定数の作成	13
4.3.1 新燃料要素	13
4.3.2 燃焼燃料要素	13
4.3.3 燃料以外の炉心構成要素	14
4.3.4 制御棒	14
4.4 計算体系	15
4.5 2次元炉心計算時の軸方向バックリングの設定	15
5. 過剰反応度と臨界性	33
5.1 測定方法	33
5.2 計算方法	33
5.3 測定結果と計算結果の比較	33
6. 制御棒価値	38
6.1 測定方法	38
6.2 計算方法	38
6.3 測定結果と計算結果の比較	40
7. 熱中性子束分布	47
7.1 測定方法	47
7.2 計算方法	47
7.3 測定結果と計算結果の比較	48
8. ボイド係数	55
8.1 測定方法	55
8.2 計算方法	56
8.3 測定結果と計算結果の比較	56
9. 温度係数	62
9.1 測定方法	62
9.2 計算方法	62

9.3 測定結果と計算結果の比較 .....	63
10. 質量係数 .....	74
10.1 測定方法 .....	74
10.2 計算方法 .....	74
10.3 測定結果と計算結果の比較 .....	74
11. 動特性パラメータ .....	77
11.1 測定方法 .....	77
11.2 計算方法 .....	77
11.3 測定結果と計算結果の比較 .....	78
12. $^{135}\text{Xe}$ の蓄積による反応度減少量 .....	83
12.1 測定方法 .....	83
12.2 計算方法 .....	83
12.3 測定結果と計算結果の比較 .....	85
13. まとめ .....	90
14. 結論 .....	93
謝辞 .....	93
参考文献 .....	93
附録A 原子個数密度 .....	94
附録B 少数群定数 .....	113

## CONTENTS

1.	Introduction .....	1
2.	Description of Benchmark Calculations .....	1
3.	Description of Benchmark Cores .....	3
3.1	A Type Fuel 12 and 16 Elements Cores .....	4
3.2	A and B Type Fuel 16 and 18 Elements Cores .....	4
4.	Conditions for Calculation .....	12
4.1	Computer Codes and Libraries .....	12
4.2	Neutron Energy Structure .....	12
4.3	Few Group Constants .....	13
4.3.1	Fresh Fuel Element .....	13
4.3.2	Burned Fuel Element .....	13
4.3.3	Other Core Components .....	14
4.3.4	Control Rod .....	14
4.4	Calculation Models .....	15
4.5	Setting of Axial Buckling for 2-Dimensional Calculation ...	15
5.	Excess Reactivities and Criticarities .....	33
5.1	Measurement Method .....	33
5.2	Calculation Method .....	33
5.3	Comparison between Measurement and Calculation Results ....	33
6.	Control Rod Worth .....	38
6.1	Measurement Method .....	38
6.2	Calculation Method .....	38
6.3	Comparison between Measurement and Calculation Results ....	40
7.	Thermal Neutron Flux Distributions .....	47
7.1	Measurement Method .....	47
7.2	Calculation Method .....	47
7.3	Comparison between Measurement and Calculation Results ....	48
8.	Void Coefficient .....	55
8.1	Measurement Method .....	55
8.2	Calculation Method .....	56
8.3	Comparison between Measurement and Calculation Results ....	56
9.	Temperature Coefficient .....	62
9.1	Measurement Method .....	62
9.2	Calculation Method .....	62
9.3	Comparison between Measurement and Calculation Results ....	63

10. Mass Coefficient .....	74
10.1 Measurement Method .....	74
10.2 Calculation Method .....	74
10.3 Comparison between Measurement and Calculation Results ...	74
11. Kinetic Parameters .....	77
11.1 Measurement Method .....	77
11.2 Calculation Method .....	77
11.3 Comparison between Measurement and Calculation Results ...	78
12. Poisoning Effects by $^{135}\text{Xe}$ Build Up .....	83
12.1 Measurement Method .....	83
12.2 Calculation Method .....	83
12.3 Comparison between Measurement and Calculation Results ...	85
13. Summaries .....	90
14. Conclusion .....	93
Acknowledgment .....	93
Reference .....	93
Appendix A Atomic Number Densities .....	94
Appendix B Few Group Constants .....	113

## 1. 序

核設計計算の妥当性は、最終的には臨界試験及び特性試験等によって確認される。しかし、設計段階において計算値と測定値の差を把握しておくことは、計算結果が核設計のみならず熱水力、遮蔽、原子炉構造、事故解析等原子炉全体の設計に係るため、特に重要である。そのため、使用する計算コードについては多くのベンチマーク計算が要求される。

JRR-4 の低濃縮炉心の核設計に用いた計算コード「SRAC」<sup>1)</sup> は、すでに多くのベンチマーク計算によってその妥当性が確認されている。しかし、個々の計算については、その解析手法によって計算結果に若干の差が生ずる。

本報告は、この点をふまえ、低濃縮炉心の核設計に用いた解析と同じ手法によって JRR-4 高濃縮ウラン燃料炉心の種々の核特性に関するベンチマーク計算を行い、その妥当性を評価したものである。

本報告の構成は、ベンチマーク計算の概要、ベンチマーク炉心の概要、計算条件、少数群定数の作成及び 2 次元炉心計算時の軸方向バックリングの設定を第 2 章から第 4 章に述べ、第 5 章から第 12 章に各核特性毎のベンチマーク計算の計算方法と測定値との比較結果を述べている。そして、第 13 章にはベンチマーク計算のまとめを述べている。

また、附録には、ベンチマーク計算に用いた原子個数密度と 3 群構造の群定数を示している。

## 2. ベンチマーク計算の概要

JRR-4 の核特性に関する実測データとして次のものがある。

- (1) JRR-4 建設に伴う臨界試験と特性測定に関するもの。<sup>2)</sup>
- (2) 3.5 MW 出力上昇試験時の特性測定に関するもの。
- (3) 動特性パラメータの特性に関するもの。<sup>3)</sup>
- (4) 低濃縮ウラン実験用燃料要素の特性測定に関するもの。<sup>4)</sup>

このうち、(1)では過剰反応度、制御棒価値、熱中性子束分布、ボイド係数、温度係数、質量係数、<sup>135</sup>Xe の蓄積による反応度減少量などの各核特性が測定されている。(2)についてもほど(1)と同様の測定がなされている。(3)は JRR-4 の利用者によって測定されたものである。また、(4)は低濃縮ウラン燃料による全炉心実証試験に先立って製作したウラン密度 2.2 g/cm<sup>3</sup> の低濃縮ウラン実験用燃料要素 1 体を高濃縮ウラン燃料炉心に装荷し、低濃縮ウラン燃料の反応度価値、熱中性子束分布及び混合炉心における制御棒価値を測定したものである。

今回のベンチマーク計算では、上記データの中からすでに SRAC コードシステムで解析がなされている(4)のデータを除き、(1)~(3)のデータの中から次の核特性に関するベンチマーク計算を実施した。

(1)のデータから

## 1. 序

核設計計算の妥当性は、最終的には臨界試験及び特性試験等によって確認される。しかし、設計段階において計算値と測定値の差を把握しておくことは、計算結果が核設計のみならず熱水力、遮蔽、原子炉構造、事故解析等原子炉全体の設計に係るため、特に重要である。そのため、使用する計算コードについては多くのベンチマーク計算が要求される。

JRR-4 の低濃縮炉心の核設計に用いた計算コード「SRAC」<sup>1)</sup> は、すでに多くのベンチマーク計算によってその妥当性が確認されている。しかし、個々の計算については、その解析手法によって計算結果に若干の差が生ずる。

本報告は、この点をふまえ、低濃縮炉心の核設計に用いた解析と同じ手法によって JRR-4 高濃縮ウラン燃料炉心の種々の核特性に関するベンチマーク計算を行い、その妥当性を評価したものである。

本報告の構成は、ベンチマーク計算の概要、ベンチマーク炉心の概要、計算条件、少数群定数の作成及び 2 次元炉心計算時の軸方向バックリングの設定を第 2 章から第 4 章に述べ、第 5 章から第 12 章に各核特性毎のベンチマーク計算の計算方法と測定値との比較結果を述べている。そして、第 13 章にはベンチマーク計算のまとめを述べている。

また、附録には、ベンチマーク計算に用いた原子個数密度と 3 群構造の群定数を示している。

## 2. ベンチマーク計算の概要

JRR-4 の核特性に関する実測データとして次のものがある。

- (1) JRR-4 建設に伴う臨界試験と特性測定に関するもの。<sup>2)</sup>
- (2) 3.5 MW 出力上昇試験時の特性測定に関するもの。
- (3) 動特性パラメータの特性に関するもの。<sup>3)</sup>
- (4) 低濃縮ウラン実験用燃料要素の特性測定に関するもの。<sup>4)</sup>

このうち、(1)では過剰反応度、制御棒価値、熱中性子束分布、ボイド係数、温度係数、質量係数、<sup>135</sup>Xe の蓄積による反応度減少量などの各核特性が測定されている。(2)についてもほど(1)と同様の測定がなされている。(3)は JRR-4 の利用者によって測定されたものである。また、(4)は低濃縮ウラン燃料による全炉心実証試験に先立って製作したウラン密度 2.2 g/cm<sup>3</sup> の低濃縮ウラン実験用燃料要素 1 体を高濃縮ウラン燃料炉心に装荷し、低濃縮ウラン燃料の反応度価値、熱中性子束分布及び混合炉心における制御棒価値を測定したものである。

今回のベンチマーク計算では、上記データの中からすでに SRAC コードシステムで解析がなされている(4)のデータを除き、(1)～(3)のデータの中から次の核特性に関するベンチマーク計算を実施した。

(1)のデータから

- (イ) 過剰反応度及び臨界性
  - (ロ) 制御棒価値
  - (ハ) 熱中性子束分布
  - (二) ポイド係数
  - (ホ) 温度係数
  - (ヘ) 質量係数
- (2) のデータから
- (イ) 制御棒価値
  - (ロ)  $^{135}\text{Xe}$  の蓄積による反応度減少量
- (3) のデータから
- (イ) 動特性パラメータ ( $\beta_{\text{eff}}/\ell$ )

### 3. ベンチマーク炉心の概要

JRR-4 は最大熱出力 3.5 MW のスイミングプール型研究用原子炉で、減速材、冷却材は軽水である。

炉心部は、燃料要素、反射体要素、照射筒、制御棒などから構成されており、これらは格子板で支持され、炉心タンク内に納められている。この炉心タンクは、プール上面に渡された炉心ブリッジによってプール内に吊り下げられている。Fig. 3.1 に JRR-4 の立断面図を、Fig. 3.2 に現在の炉心配置図を示す。

燃料要素には A 型と B 型の 2 種類の燃料要素がある。燃料型式は、ETR 型又は平板 MTR 型と呼ばれるタイプであり、燃料板枚数は共に 15 枚である。燃料芯材は 90 ~ 93 % 濃縮ウランの U-Al 合金である。A 型と B 型燃料要素の違いは、A 型燃料要素の各燃料板の U-235 含有量が全て均等になっているのに対し、B 型燃料要素は 3.5 MW 出力上昇に際し除熱上の理由から外側燃料板の U-235 含有量を内側燃料板の半分にした燃料で、燃料要素当りの U-235 含有量、構造及び寸法は A 型燃料要素と同じである。

Table 3.1 に計算に用いた燃料の諸元を示す。この諸元は、実際の燃料製造データに基づいた値で、B 型燃料要素のデータは、第 3、4 次燃料要素のものである。Fig. 3.3 に燃料要素の構造を、Fig. 3.4 及び 3.5 に内側及び外側燃料板を示す。

反射体要素は、黒鉛ブロックをアルミニウムケースで覆ったもので、標準、大型、微調整棒用、後備安全棒用の 4 種類の反射体があり、燃料を取り囲むように配置されている。このうち、微調整棒用と後備安全棒用反射体要素には、それぞれの制御棒のためのアルミニウム製ガイドフレームが付いている。

照射筒は、アルミニウム製のパイプでできており、各種試料の照射に利用されている。このうち、気送管照射筒 (Pn) にはカドミウムフィルタが取り付けられており、熱外中性子による照射ができるようになっている。

JRR-4 の制御棒は板状で、粗調整安全棒 ( $C_1 \sim C_4$ )、微調整棒 ( $C_5$ )、後備安全棒 ( $B_1$  及び  $B_2$ ) の 3 種類がある。これらの制御棒の中性子吸収体は厚さ 5 mm の 1.6 w/o 天然ボロン入りステンレス鋼で、巾は粗調整安全棒が 235 mm、微調整棒が 40 mm、後備安全棒は 140 mm である。制御棒のストロークは全て 650 mm で、粗調整安全棒は燃料要素と燃料要素の間を上下する。これに対し、微調整棒と後備安全棒は、反射体要素に付けられた専用のガイドフレーム内を上下するようになっている。

中性子源要素は、5 Ci の中性子源 ( $\text{Am}-\text{Be}$ ) を入れるための反射体要素で、外形形状は標準反射体と同じである。

また、炉心配置図には示されていないが、臨界実験時及びその後の特性測定時に用いられたものとして格子栓要素がある。この格子栓要素は、 $8.1 \times 8.1$  cm の格子ピッチで 8 行 8 列のプラグ孔が設けられている格子板上のプラグ孔のうち、燃料要素等が挿入されていないプラグ孔をふさぐためのもので、アルミニウム製のダミープラグである。

JRR-4 の初期臨界は昭和 40 年 1 月で、初期臨界から今日までの炉心構成を燃料と熱出力の面から見ると二つに大別できる。一つは、初期臨界から昭和 51 年 10 月までの A 型燃料要素による最大熱出力 2.5 MW の炉心であり、他の一つは、昭和 51 年 10 月から今日までの B 型燃料要素を主体とした最大熱出力 3.5 MW の炉心である（以下、前者を「A 型炉心」、後者を「A・B 型混合炉心」という）。この 2 つの炉心は、臨界試験時の 12 本燃料炉心（A 型炉心のみ）、特性測定時の 16 本燃料炉心を経て、燃焼の経過とともに順次燃料要素を追加し、最終的に燃料要素 20 本で構成される平衡炉心へと推移してきた。

本ベンチマーク計算では、上記 A 型及び A・B 型混合炉心の中から、臨界試験が行われた A 型 12 本燃料炉心、特性測定が行われた A 型及び A・B 型混合 16 本燃料炉心、並びに A・B 型混合 18 本燃料炉心をその対象とした。

各ベンチマーク炉心の概要は次のとおりである。

### 3.1 A 型 12 本及び A 型 16 本燃料炉心

Fig. 3.6 の(1)及び(2)に A 型 12 本及び A 型 16 本燃料炉心の配置図を示す。

A 型 12 本燃料炉心は、JRR-4 の初期臨界が確認された炉心で、12 本の A 型 1 次燃料要素と反射体要素、格子栓要素、中性子源要素、制御棒から構成されている。

A 型 16 本燃料炉心は、臨界試験終了後種々の核特性を測定するため組まれた炉心で、A 型 12 本燃料炉心の D-3, D-7 及び E-3, E-7 に挿入されていた 4 本の反射体要素を燃料要素と交換し、燃料要素数を 16 本に増加した炉心である。この炉心変更に伴い、中性子源要素の挿入位置を F-2 から D-2 に変更された。

### 3.2 A・B 型混合 16 本及び A・B 型混合 18 本燃料炉心

A 型炉心では動特性パラメータに関する特性と通常の運転形態（Daily 運転）に即した  $^{135}\text{Xe}$  の蓄積に関する特性が測定されていない。従って、A・B 型混合炉心ではこの二つの特性が測定された A・B 型混合 16 本燃料炉心と A・B 型混合 18 本燃料炉心の二つの炉心をベンチマーク計算の対象とした。また、A・B 型混合 16 本燃料炉心では制御棒価値についてのベンチマーク計算も行った。

Fig. 3.6 の(3)と(4)に各炉心の配置図を、Fig. 3.7 に各炉心の各燃料要素の平均燃焼率（% $^{235}\text{U}$ ）を示す。この二つの炉心は、最大熱出力を 2.5 MW から 3.5 MW へ上昇した時の特性測定炉心と平衡炉心移行時の過渡的炉心であり、炉心はそれまで使用してきた A 型燃料要素と新たに製作した B 型燃料要素の 2 種類の燃料要素によって構成されている。

燃料要素以外の炉心構成要素<sup>注1)</sup>で A 型炉心と異なる点は次のとおりである。

- (1) 格子栓要素が全て引抜かれ、代りに反射体要素が挿入された。
- (2) 反射体領域にアルミニウム製の簡易照射筒（D, S, T, F, K パルプ及び Pn）が設置された。

注 1 本報告では、燃料要素、反射体要素など炉心を構成するために必要な全ての物を総称して炉心構成要素という。

Table 3.1 JRR-4 HEU Fuel Element Dimension and Composition

Items	Unit	A Type Fuel		B Type Fuel	
		1st Fuel	2nd Fuel	Inner Plate	Outer Plate
Chemical Form	—	U- $\alpha$ Alloy	U- $\alpha$ Alloy	U- $\alpha$ Alloy	U- $\alpha$ Alloy
Enrichment	w/o	89.87	89.8088	93.139	93.139
Isotopes of Uranium	U-234	w/o	0.565	0.5645	0.592
U-235	w/o	89.87	89.8088	93.139	93.139
U-236	w/o	0.432	0.4317	0.416	0.416
U-238	w/o	9.133	9.195	5.853	5.853
U-content	w/o	19.41	20.593	20.371	11.005
U-density	g-U/cm <sup>3</sup>	0.6284	0.6646	0.6571	0.3264
Specific Gravity	g/cm <sup>3</sup>	3.2377	3.2276	3.2248	2.9646
Volume	cm <sup>3</sup>	19.543	18.455	19.396	19.441
Dimension	cm	0.05x6.54x 59.763	0.05x6.54x 56.437	0.05x6.54x 59.315	0.05x6.54x 59.453
U Weight	g/Plate	12.2813	12.266	12.746	6.345
U-234 Weight	g/Plate	0.0694	0.0692	0.0755	0.0376
U-235 Weight	g/Plate	11.0372	11.0159	11.871	5.9097
U-236 Weight	g/Plate	0.0531	0.053	0.053	0.0264
U-238 Weight	g/Plate	1.1217	1.1279	0.746	0.3714
A& Weight in Meat	g/Plate	50.992	47.298	49.802	51.29
Cladding Thickness	cm	0.0385	0.038	0.038	0.038
Number of plates	Plates	15	15	13	2
Fuel Element U-235 Content	g	165.558	165.239	166.142	
Water Gap	cm	0.41	0.41	0.41	0.41

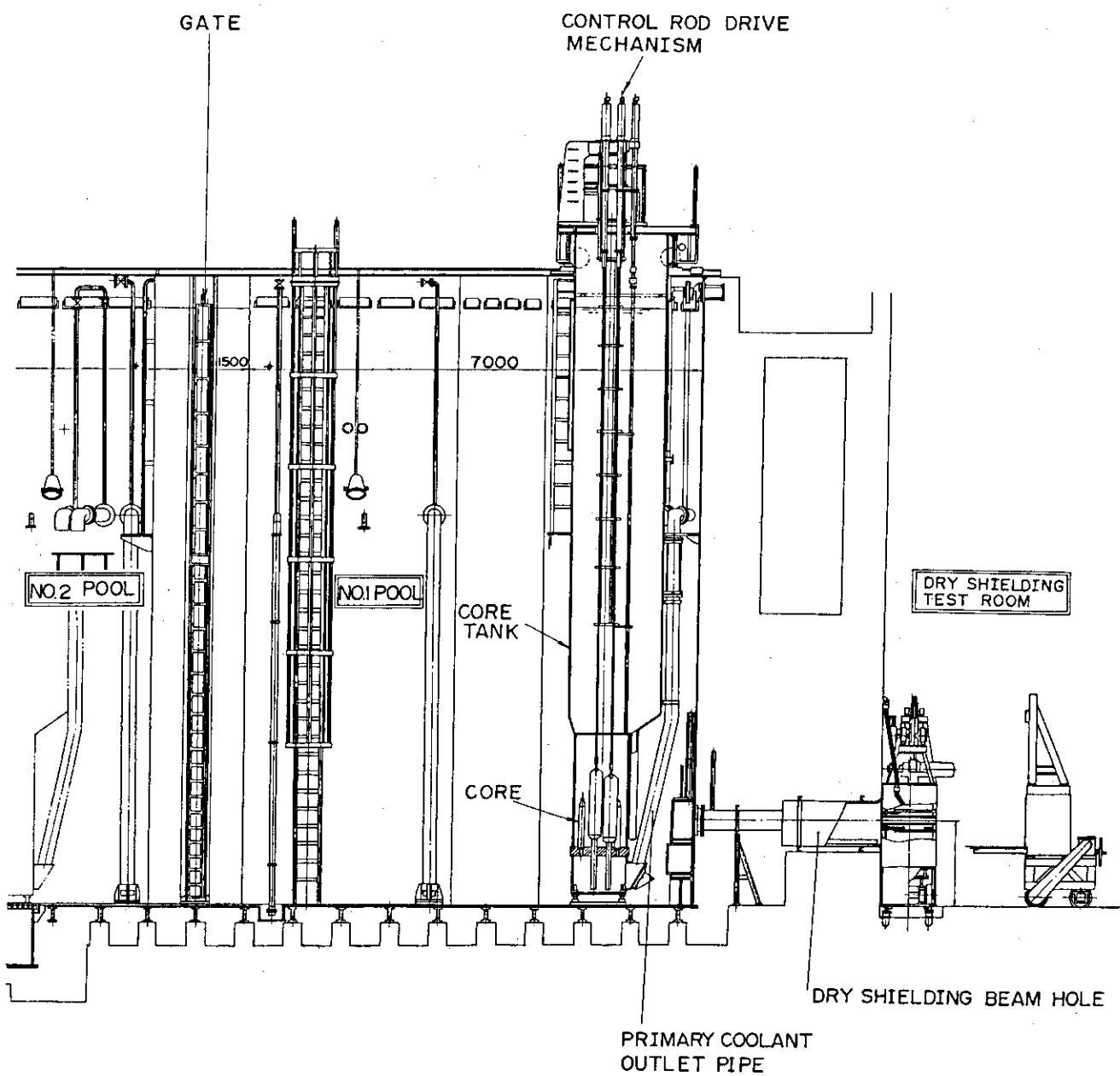


Fig. 3.1 Vertical Section of JRR-4

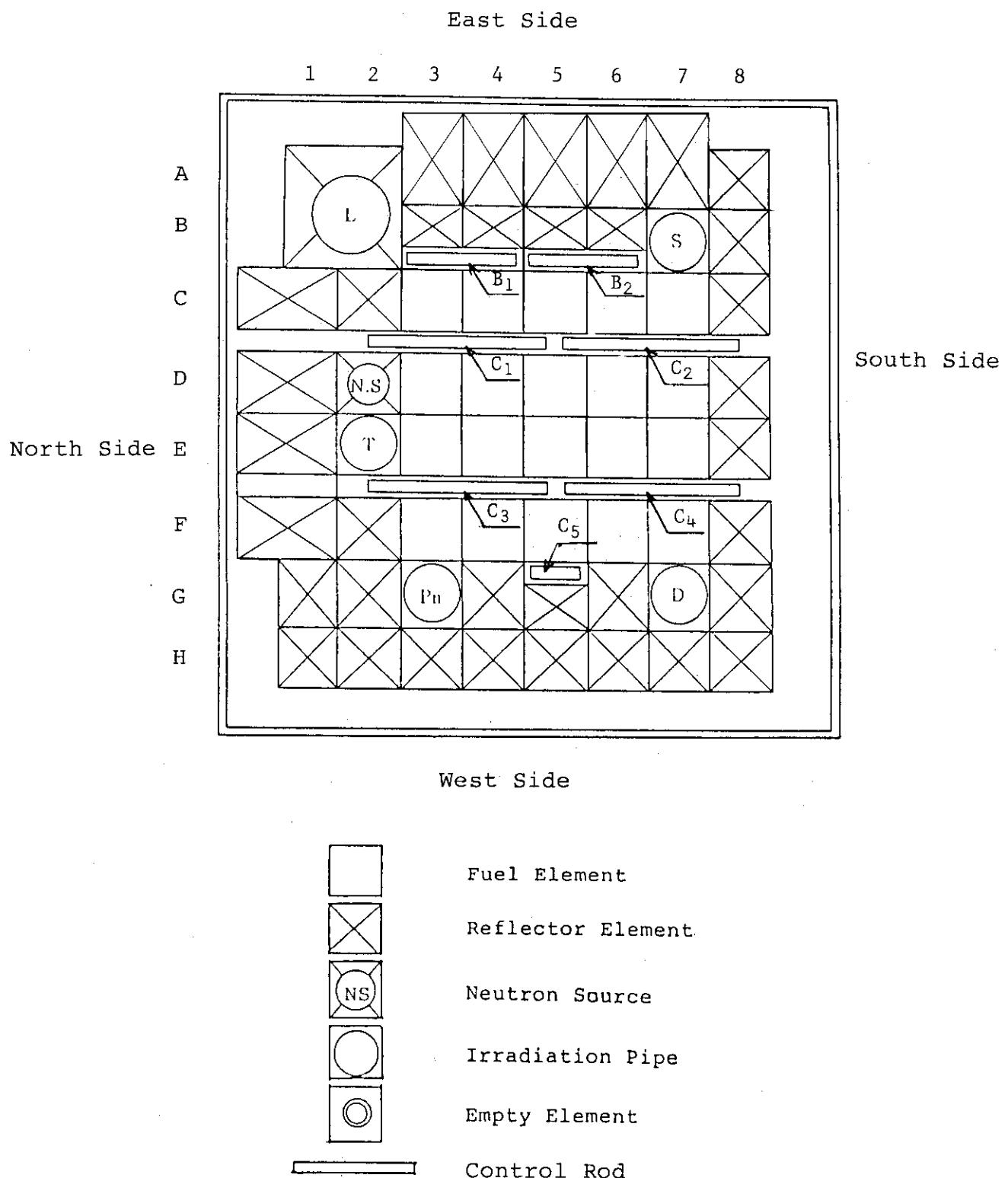


Fig. 3.2 JRR-4 Core Configuration

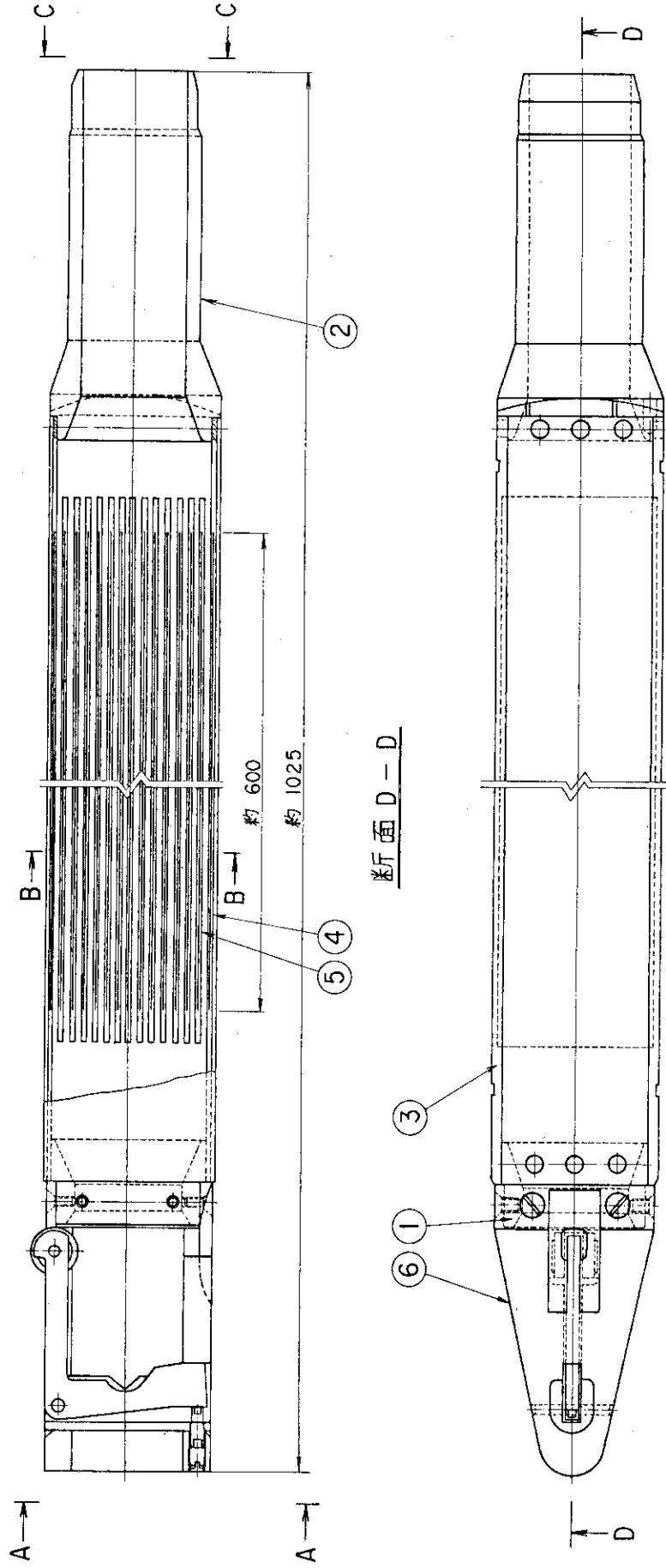
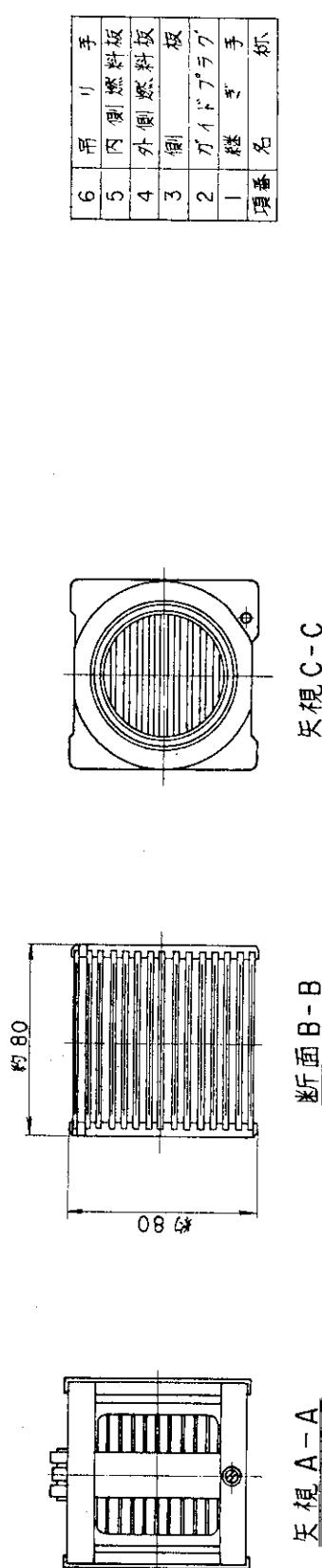


Fig. 3.3 JRR-4 Fuel Element

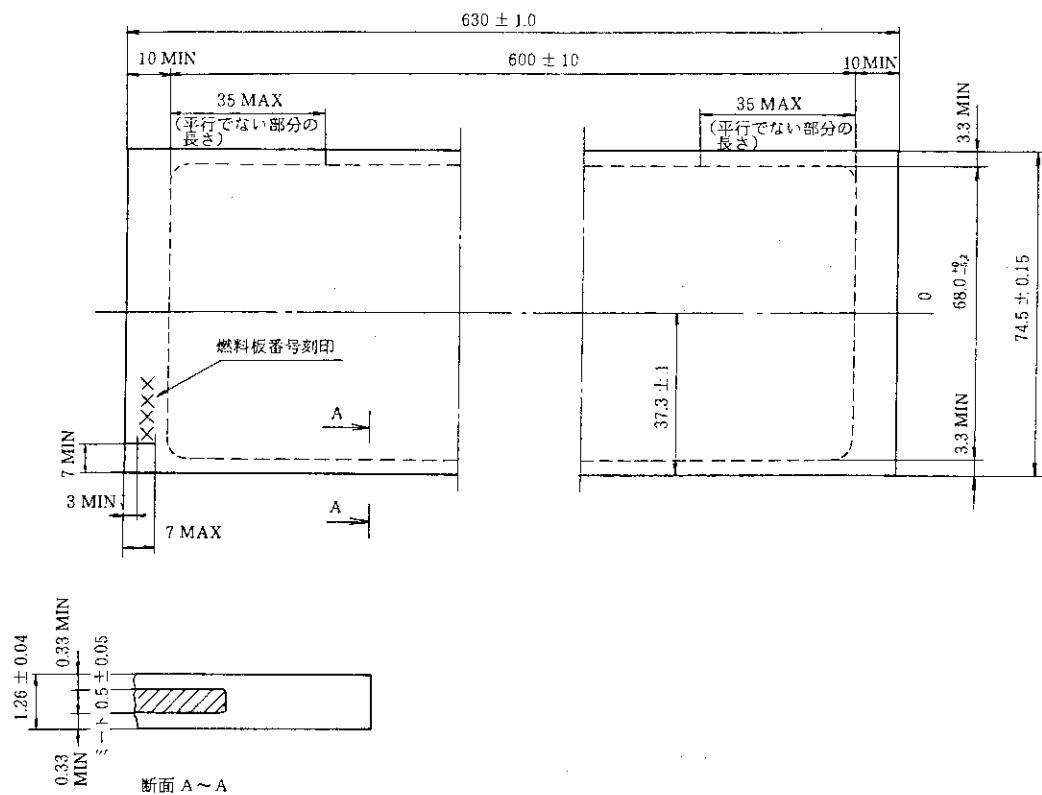


Fig. 3.4 Inner Fuel Plate

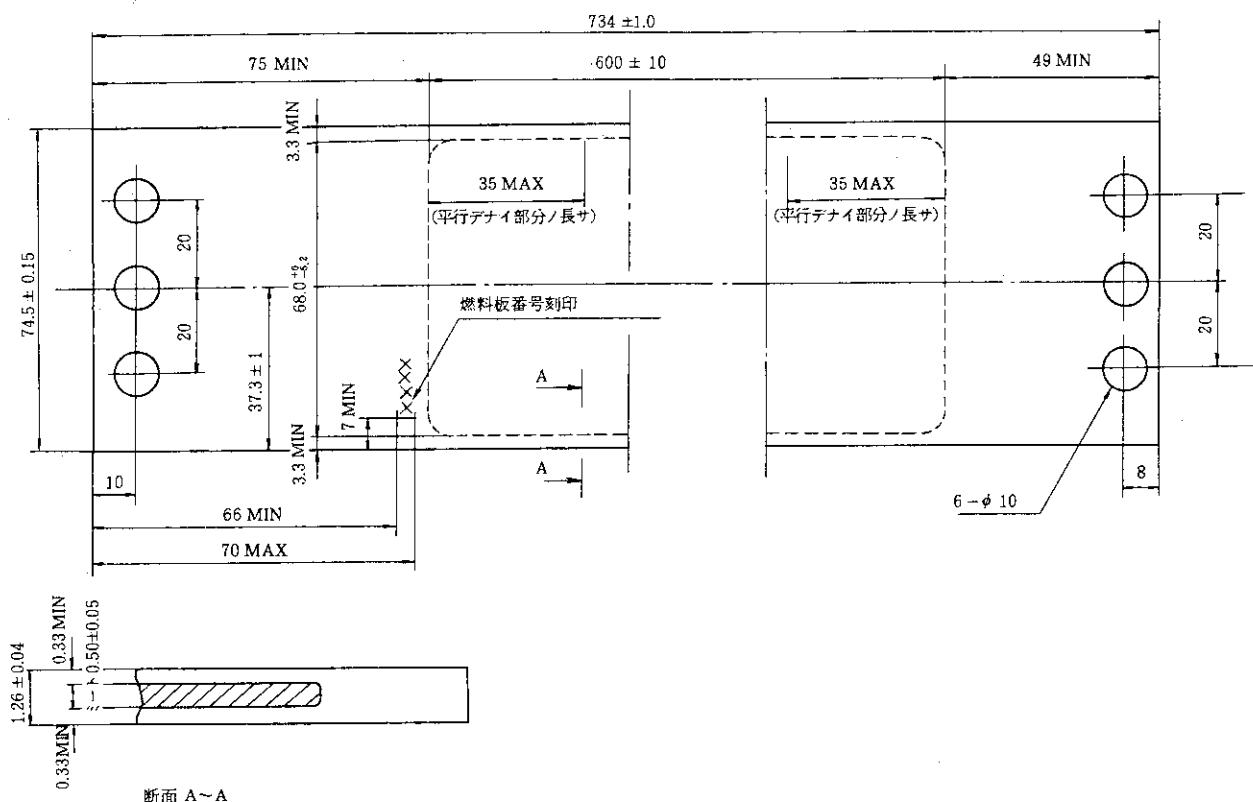
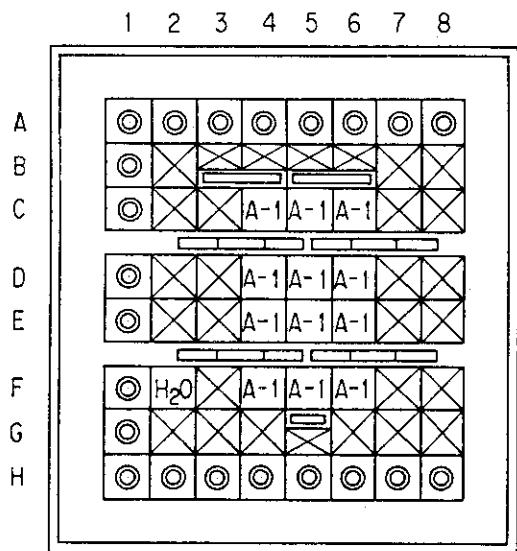
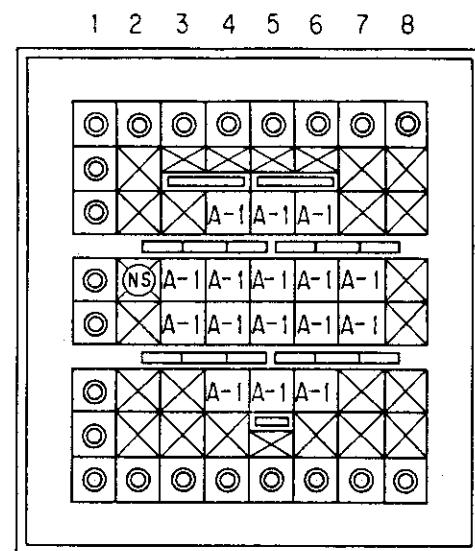


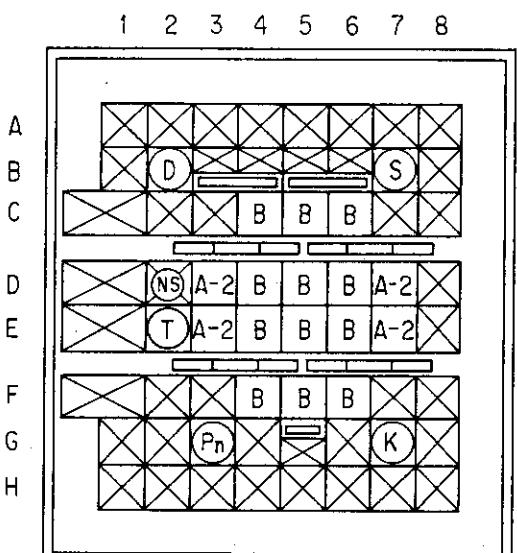
Fig. 3.5 Outer Fuel Plate



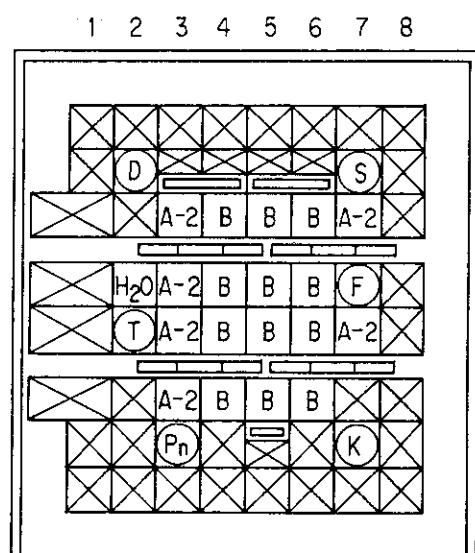
(1) A 12 Elements Core



(2) A 16 Elements Core



(3) A·B 16 Elements Mixed Core



(4) A·B 18 Elements Mixed Core

	A-Type 1st Fuel Element		Neutron Source
	A-Type 2nd Fuel Element		Irradiation Pipe
	B-Type Fuel Element		Empty Element
	Reflector Element		Control Rod

Fig. 3.6 Core Configurations for Benchmark Calculations

		Upper : Fuel Type				Lower : Burn - Up (% <sup>235</sup> U)					
		3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
C		B	B	B	B	X	A - 2	B	B	B	A - 2
		0.0	0.0	0.0	0.0		7.382	0.801	1.084	0.989	3.531
D		B	B	B	B	X	A - 2	B	B	B	F
		0.0	0.0	0.0	0.0		4.229	1.336	1.568	1.333	
E		B	B	B	B	X	A - 2	B	B	B	A - 2
		0.0	0.0	0.0	0.0		2.997	1.323	1.442	1.363	6.963
F		B	B	B	B	X	A - 2	B	B	B	
		0.0	0.0	0.0	0.0		8.628	1.005	1.035	0.954	

## Average Burn - Up

A - 2 Type : 2.656 %  
 B Type : 0.0 %  
 Core : 0.498 %

## (1) A · B 16 ELEMENTS MIXED CORE

## Average Burn - Up

A - 2 Type : 5.622 %  
 B Type : 1.186 %  
 Core : 2.665 %

## (2) A · B 18 ELEMENTS MIXED CORE

Fig. 3.7 Average Burn-Up of Fuel Elements for A · B 16 and A · B 18 Elements Mixed Cores

## 4. 計 算 条 件

ベンチマーク計算は、原研で開発・整備された「SRACコードシステム」<sup>1)</sup>の第3版(SRAC 3)を用いて行った。計算は、大別して少数群定数の作成と炉心臨界計算に分けられる。本章では、計算コードとライブラリ、中性子エネルギー群構造、少数群定数の作成、計算体系、2次元炉心計算時の軸方向バックリングの設定について述べ、各核特性毎の炉心臨界計算の計算条件及び計算方法については第5章から第13章で述べる。

### 4.1 計算コード及びライブラリ

SRACコードシステムは、熱中性子炉の核設計と解析を行うためのコードシステムであり、中性子断面積ライブラリとその処理コード及び種々の輸送、拡散理論コード並びに燃焼計算コード等で構成されている。それらのうち、本計算で使用したコード及びライブラリは次のとおりである。

#### 1) 使用コード

- (1) PIJ : 衝突確率法による中性子スペクトルコード
- (2) CITATION : 1～3次元拡散理論コード
- (3) TWOTRAN : 2次元輸送理論コード
- (4) CORE-BURN : 2～3次元燃焼コード

#### 2) 使用ライブラリ

- (1) Fast Library : FASTLIB
- (2) Thermal Library : THERMLB 3, THERMLB 2
- (3) Burn Up Library : ENDFB 2

### 4.2 中性子エネルギー群構造

本計算の中性子エネルギー群構造は、多数群61群、少数群3群である。これとは別に少数群が10群の群構造も用意した。これは、この程度の群構造であれば計算結果が比較的群構造の影響を受けないとから、制御棒の対数微分定数の設定、2次元炉心計算時の軸方向バックリングの設定及び動特性パラメータの計算を行うため用意した。熱中性子カットオフエネルギーは0.6825 eV、3群構造のエネルギー範囲は次のとおりである。

- (1) 高速中性子群 : 10 MeV～183 KeV
- (2) 热外中性子群 : 183 KeV～0.6825 eV
- (3) 热群 : 0.6825 eV～0.0 eV

なお、このエネルギー範囲は、現行炉心の核設計に用いられたものと同じである。Table 4.1に多数群及び少数群の中性子エネルギー群構造を示す。

#### 4.3 少数群定数の作成

少数群定数は、Fig.4.1 に示す各炉心構成要素の各領域毎に作成した。その作成法は、燃料要素、燃料以外の炉心構成要素、制御棒によって異なる。以下、それぞれの群定数作成法について述べる。なお、「附録A」に群定数作成に用いた原子個数密度を、「附録B」に3群構造の少数群定数を示す。

##### 4.3.1 新燃料要素

燃料要素には燃料芯材、被覆材、減速材から構成される単位燃料板基本セルの非均質性及び複数の燃料板基本セル、側板、減速材から構成される燃料要素基本セルの非均質性の二つの非均質性がある。この二重非均質性を考慮するため、次の手順で燃料要素の少数群定数を作成した。

###### 1) ステップ1：燃料板基本セルの格子計算

Fig.4.2 に示す単位燃料板基本セルについて1次元板状無限体系で多群固定中性子源計算を行い、燃料板基本セルの均質化断面積を求めた。計算法は衝突確率法である。ダンコフ係数は衝突確率法で求め、重い燃料核種の共鳴吸収はエネルギーが130 eV 以上についてはtable-look-up 法で、130 ~ 0.6825 eV についてはIRA 法で求めた。輸送計算で用いる輸送断面積は  $B_1$  近似で求め、拡散係数は  $D = 1/(3 \cdot \Sigma_{tr})$  から求めた。1点近似計算に用いた形状バックリングは  $k_{eff}$  が 1.000 になる値で、Table 4.2 に示した値を用いた。この燃料板基本セルの格子計算は、B型燃料要素では内側燃料板と外側燃料板の U-235 含有量が異なるので、B型燃料要素については内側及び外側燃料板の両方について計算を実施した。

###### 2) ステップ2：側板の群定数作成

側板の群定数は、SRAC 内蔵の漸近スペクトルで縮約して求めた。輸送断面積は、アルミニウムがほとんど吸収のない物質なので Extended Transport 近似によって求めた。

###### 3) ステップ3：燃料要素基本セルの格子計算

ステップ1及びステップ2で作成した燃料板基本セルと側板の多群定数を用い、Fig.4.3 及び 4.4 に示す2次元X-Y体系で燃料要素セルの格子計算を行い、均質化断面積を求めた。燃料被覆材と減速材の均質化領域についてはこの段階で組成を与えて計算したものを用いた。輸送断面積と拡散係数の計算は、燃料板基本セルの計算と同じ条件で行い、少数群への縮約スペクトルは、 $B_1$  近似によって計算される 1 点近似計算のスペクトルを用いた。体系温度は 300 K を基準とし、温度係数計算用として 325 及び 350 K、ボイド係数計算用として 1.0 及び 6.609 % の 3 群定数も作成した。使用した形状バックリングは Table 4.2 に示した値を用いた。

##### 4.3.2 燃焼燃料要素

A・B型混合炉心の燃料要素は、A・B型混合 16 本燃料炉心では A型燃料要素が、A・B型混合 18 本燃料炉心では全ての燃料要素が燃焼燃料要素である。CORE-BURN コードでは、あらかじめ燃焼燃料要素の群定数を数点用意することによって必要とする燃焼度の群定数を内挿して求めることができる。ここでは、あらかじめ作成した燃焼燃料要素の少数群定数の作成法について述べる。なお、計算体系及び計算方法は新燃料要素の少数群定数の作成法と同じである。

## 1) ステップ1：燃料板基本セルの格子燃焼計算

燃焼ルーチンにより燃料板の燃焼計算を行う。燃焼計算の入力データは次のとおりである。

- (1) 燃焼ステップ： 0, 5, 10, 15 %  $^{235}\text{U}$
- (2) 出力 : A型燃料  $3.499306 \times 10^{-5}$  MW  
: B型燃料  $3.587968 \times 10^{-5}$  MW
- (3) 体積修正係数： 1.0

2) ステップ2： $^{135}\text{Xe}$  を除外した燃料板基本セルの格子計算

ステップ1で得られた燃焼時の燃料芯材の組成から  $^{135}\text{Xe}$  を除き、新燃料要素のステップ1と同じ方法で再度燃料板基本セルの格子計算を行い、各燃焼度についての多群均質化断面積を求めた。形状バッククリングは、新燃料要素の計算に用いた値と同じ値を用いた。 $^{135}\text{Xe}$  を除外したのは、各核特性が測定された時の運転条件及び原子炉出力から考えて  $^{135}\text{Xe}$  の蓄積は無視し得ると考えられたためである。

## 3) ステップ3：側板の群定数作成

新燃料要素のステップ2と同じ条件、同じ組成で作成した。

## 4) ステップ4：燃焼燃料要素基本セルの格子計算

ステップ2及びステップ3で作成した群定数を用い、新燃料要素の場合と同じように2次元体系で格子計算を行い、燃焼燃料要素の均質化断面積を求めた。用いた形状バッククリングは新燃料要素の群定数作成時と同じ値で、体系温度は 300 K である。

## 4.3.3 燃料以外の炉心構成要素

制御棒を除く燃料以外の炉心構成要素の群定数は、減速材を含むものについては新燃料要素の1点近似計算のスペクトルによって縮約し、減速材を含まないものについては漸近スペクトルを用いて縮約し求めた。

## 4.3.4 制御棒

制御棒の少数群定数は、炉心計算での制御棒の取扱いを簡単にするため周囲に減速材を含まない中性子吸収体だけの定数とした。衝突確率法で求めた少数群定数をそのまま用いると制御棒価値を過少評価するので、制御棒表面を対数微分境界とし、熱群に対数微分定数を設定した。その方法は次のとおりである。

## 1) 衝突確率法による少数群定数の作成

Fig. 4.5 に示す均質燃料要素、制御棒および軽水から構成される1次元板状無限体系の格子計算を衝突確率法で行って多群定数を求め、それを漸近スペクトルで縮約し少数群定数を求めた。輸送断面積は、制御棒が強い吸収体であるので Extended Transport 近似によって求め、拡散係数は  $D = 1/(3 \cdot \Sigma_{tr})$  から求めた。

## 2) 対数微分定数の設定

制御棒の熱群に設定した対数微分定数は、1/4 炉心2次元体系で拡散計算と輸送計算を行い、拡散計算で求めた制御棒価値が輸送計算で求めた制御棒価値と一致するような値を制御棒の対数微分定数として設定した。計算時のエネルギー群数は、拡散計算が3群、輸送計算が10群で、

輸送計算は  $P_0 S_4$  で計算した。

使用した軸方向バックリング ( $B_z$ )<sup>2</sup> は、拡散計算には 4.5 節で設定する 2 次元計算時のバックリングを、また輸送計算は  $(B_z)^2 = (\pi/H)^2$  から求まるバックリング高さ  $H$  を用い、バックリング高さに外挿距離を含めないオプションを選択し計算した。Fig. 4.6 及び 4.7 に A 型及び A・B 型混合炉心の計算体系図を、Table 4.3 に対数微分定数の設定結果を示す。

#### 4.4 計算体系

炉心臨界計算は、CITATION と CORE-BURN コードを用い、2 次及び 3 次元体系で計算した。

Fig. 4.8 に 2 次元及び 3 次元計算時の X-Y 平面の計算体系図を、Fig. 4.9 及び 4.10 に A 型及び A・B 型混合炉心の 3 次元計算時の軸方向計算体系図を示す。X-Y 平面のメッシュ分割は、燃料要素を 2 次元計算では  $4 \times 4$ 、3 次元計算では  $2 \times 2$  に分割することを基本とし、A 型及び A・B 型混合炉心とも同じものを用いた。しかし、3 次元計算時の軸方向計算体系については、A 型炉心と A・B 型混合炉心では炉心要素数が異なるので、それぞれ別の体系で計算した。炉心周囲の軽水層の厚さは、X-Y 方向については炉心タンク外側から 30 cm、軸方向については燃料要素の両端からそれぞれ 30 cm である。

#### 4.5 2 次元炉心計算時の軸方向バックリングの設定

2 次元炉心計算時の軸方向バックリングは、2 次元全炉心体系で計算した  $k_{\text{eff}}$  が 10 群 3 次元全炉心体系で計算した  $k_{\text{eff}}$  に一致するようなバックリングの値を 2 次元計算時の軸方向バックリングとして設定した。設定した炉心は、A 型炉心については 12 本と 16 本燃料炉心、A・B 型混合炉心は 16 本と 18 本燃料炉心である。Table 4.4 に軸方向バックリングの設定結果を示す。

バックリングの設定に際して基準とした 10 群 3 次元計算の  $k_{\text{eff}}$  は、Fig. 4.8 に示したように炉心を東側と西側に分割し、各  $1/2$  炉心の  $k_{\text{eff}}$  を平均して求めた。この時の制御棒位置は上限で、軸方向計算体系図は A 型炉心が Fig. 4.9(1)、A・B 型混合炉心が Fig. 4.10(1) である。A・B 型混合炉心の燃焼燃料の軸方向燃焼分布は、その燃料の平均燃焼率で均一に燃焼しているものとして計算した。

Table 4.1 Neutron Energy Structure

107G Library			61G	10G	3G	107G Library			61G	10G	3G
Group	Upper Energy (eV)		Cell	Core	Core	Group	Upper Energy (eV)		Cell	Core	Core
1	1.0000E+7					56	1.0677E+1				
2	7.7880E+6		1			57	8.3153		20		
3	6.0653					58	6.4760				
4	4.7237			1		59	5.0435				
5	3.6788		2	1		60	3.9279		21		
6	2.8651					61	3.0590				
7	2.2313					62	2.3824				
8	1.7377		3		1	63	1.8554		22		5
9	1.3534					64	1.6374				
10	1.0540					65	1.4450				
11	8.2085E+5		4			66	1.2752		23		
12	6.3928					67	1.1253				
13	4.9787		5			68	9.9312E-1				
14	3.8774					69	8.7643		24		
15	3.0197		6			70	7.7344				Fast
16	2.3518					71	6.8256		25	1	Thermal
17	1.8316					72	6.0236		26	2	
18	1.4264		7			73	5.3158		27	3	
19	1.1109					74	4.6912		28	4	
20	8.6517E+4					75	4.1399		29	5	6
21	6.7380		8			76	3.8926		30	6	
22	5.2475					77	3.6528		31	7	
23	4.0868					78	3.4206		32	8	
24	3.1828		9		3	79	3.1961		33	9	
25	2.4788					80	2.9792		34	10	
26	1.9305					81	2.7699		35	11	
27	1.5034		10			82	2.5683		36	12	
28	1.1709					83	2.3742		37	13	7
29	9.1188E+3					84	2.1878		38	14	
30	7.1017		11			85	2.0090		39	15	
31	5.5308					86	1.8378		40	16	
32	4.3074					87	1.6743		41	17	3
33	3.3546		12			88	1.5183		42	18	
34	2.6126					89	1.3700		43	19	
35	2.0347					90	1.2293		44	20	8
36	1.5846		13			91	1.0963		45	21	
37	1.2341					92	9.7080E-2		46	22	
38	9.6112E+2					93	8.5397		47	23	
39	7.4852		14			94	7.4276		48	24	
40	5.8295					95	6.4017		49	25	
41	4.5400					96	5.4520		50	26	
42	3.5357		15		4	97	4.5785		51	27	9
43	2.7536					98	3.7813		52	28	
44	2.1445					99	3.0602		53	29	
45	1.6702		16			100	2.4154		54	30	
46	1.3007					101	1.8467		55	31	
47	1.0130					102	1.3543		56	32	
48	7.8893E+1		17			103	9.3805E-3		57	33	
49	6.1442					104	5.9804		58	34	
50	4.7851					105	3.3423		59	35	
51	3.7266		18			106	1.4663		60	36	
52	2.9023					107	3.5238E-4		61	37	
53	2.2603					107L	1.0000E-5				
54	1.7604										
55	1.3710		19								

Table 4.2 Geometoric Buckling for  $B_1$  Approximation in One Point Spectrum Calculation

(unit:  $10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ )

Calculation Steps	Fuel Elements		
	A-1st Type	A-2nd Type	B-Type
Inner Fuel Cell	1.3223	1.35501	1.3713
Outer Fuel Cell	—	—	0.91235
Fuel Element Cell	1.015	1.044898	1.0205

Table 4.3 Logarithmic Derivatives for Control Rod

Core BHCH (cm)	TWOTRAN			CODE			CITATION		
	$k_{\text{eff}}$	Rod Out	Rod In	Rod Worth (% $\Delta k/k$ )	Axial Buckling ( $10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ )	Logarithmic Derivative	$k_{\text{eff}}$	Rod Out	Rod In
A 12 Elements	78.112	1.04557610	0.828945398	24.994	1.61759	0.36084	1.0069990	0.8045110	24.994
A 16 Elements	77.814	1.10302067	0.895896494	20.960	1.63	0.35905	1.0671320	0.8720707	20.961
A+B 16 Elements Mixed	76.925	1.10913476	0.897685945	21.237	1.6679	0.36563	1.0735722	0.8742452	21.237

Table 4.4 Adjustment Results of Axial Buckling Values for 2-D Core Critical Calculation

Core	3-Dimensional Calculation			2-Dimensional Calculation			2-D/3-D
	Energy Groups	Geometry	$k_{eff}$	Energy Groups	Axial Buckling ( $10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ )	$k_{eff}$	
A 12 Elements	10	East Side	1.0066843	3	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
		West Side	1.0077696				
		Full Core	1.0072270			1.61759	1.0072269
A 16 Elements	10	East Side	1.0668001	3	<u>—</u>	<u>—</u>	1.0000
		West Side	1.0673790				
		Full Core	1.0670896			1.63	1.0670891
A•B 16 Elements Mixed	10	East Side	1.0702562	3	<u>—</u>	<u>—</u>	1.0000
		West Side	1.0650311				
		Full Core	1.0676437			1.6679	1.0676470

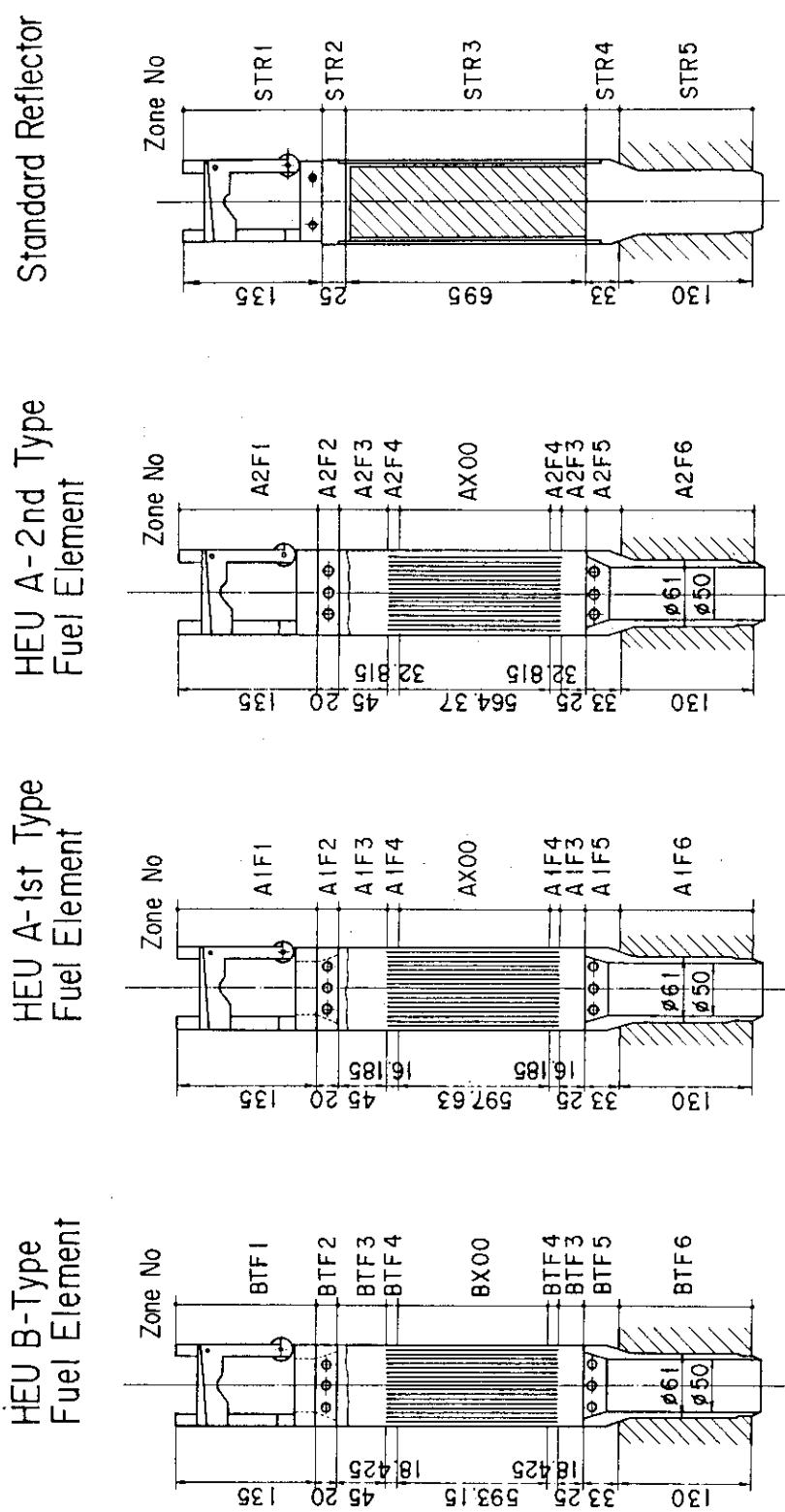


Fig. 4.1 Divided Zone and I·D Name for Macroscopic Cross Section Calculation

**Buck-Up Rod Reflector**  
**C-5 Rod Reflector**  
**Giant Reflector**  
**Neutron Source Reflector**

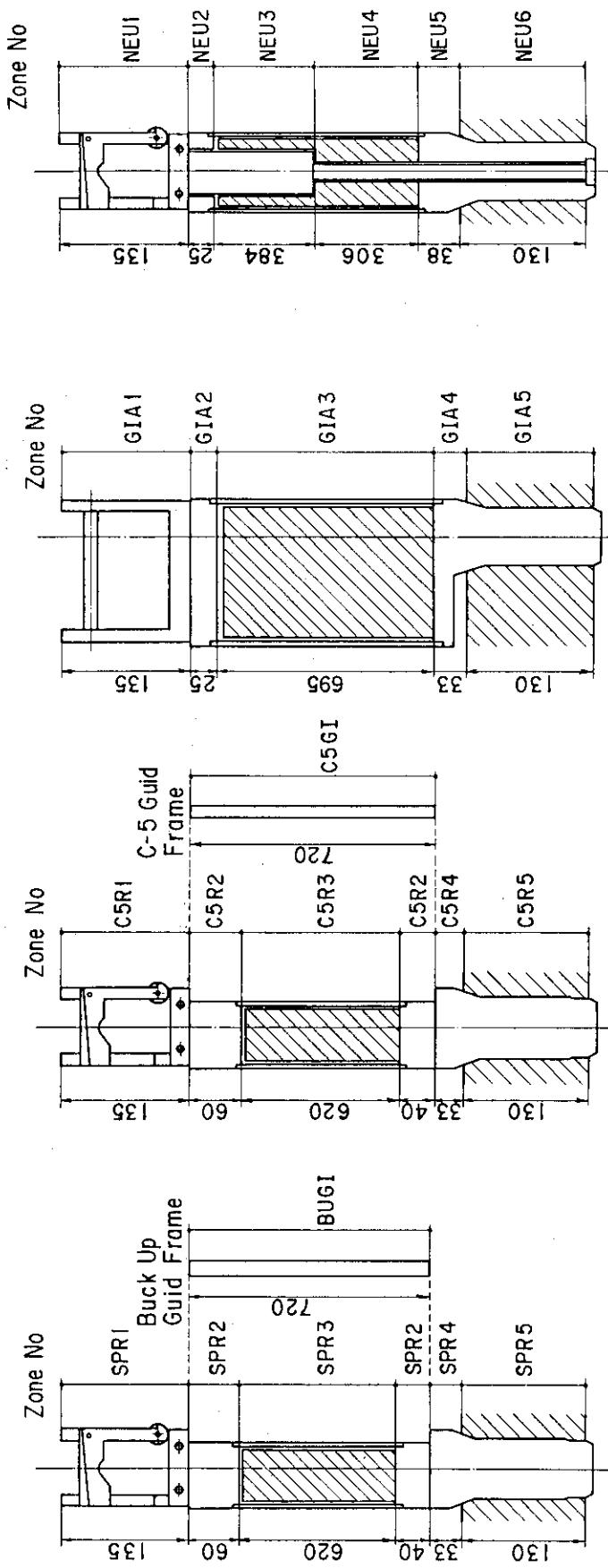


Fig. 4.1 (Continued)

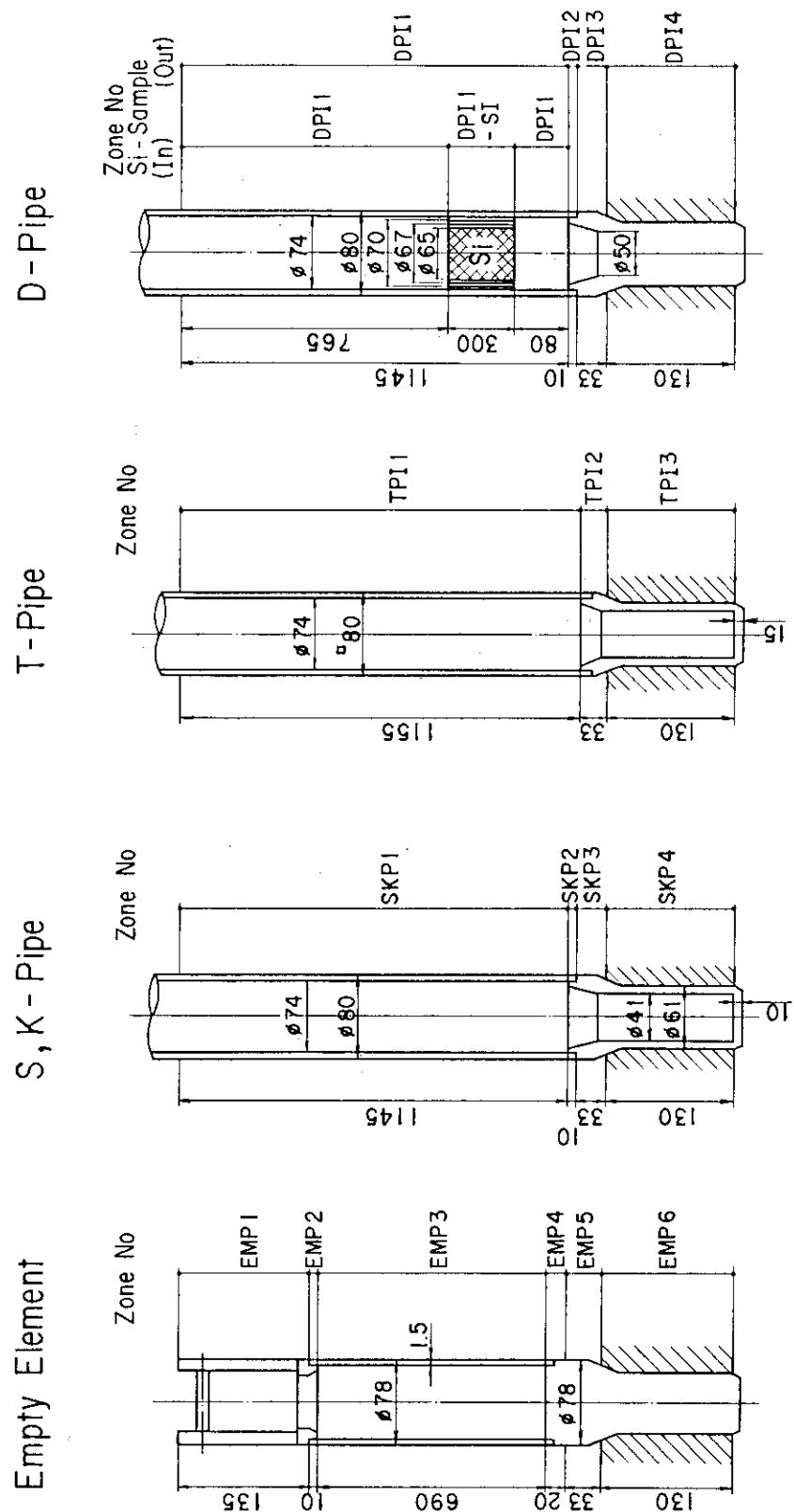


Fig. 4.1 (Continued)

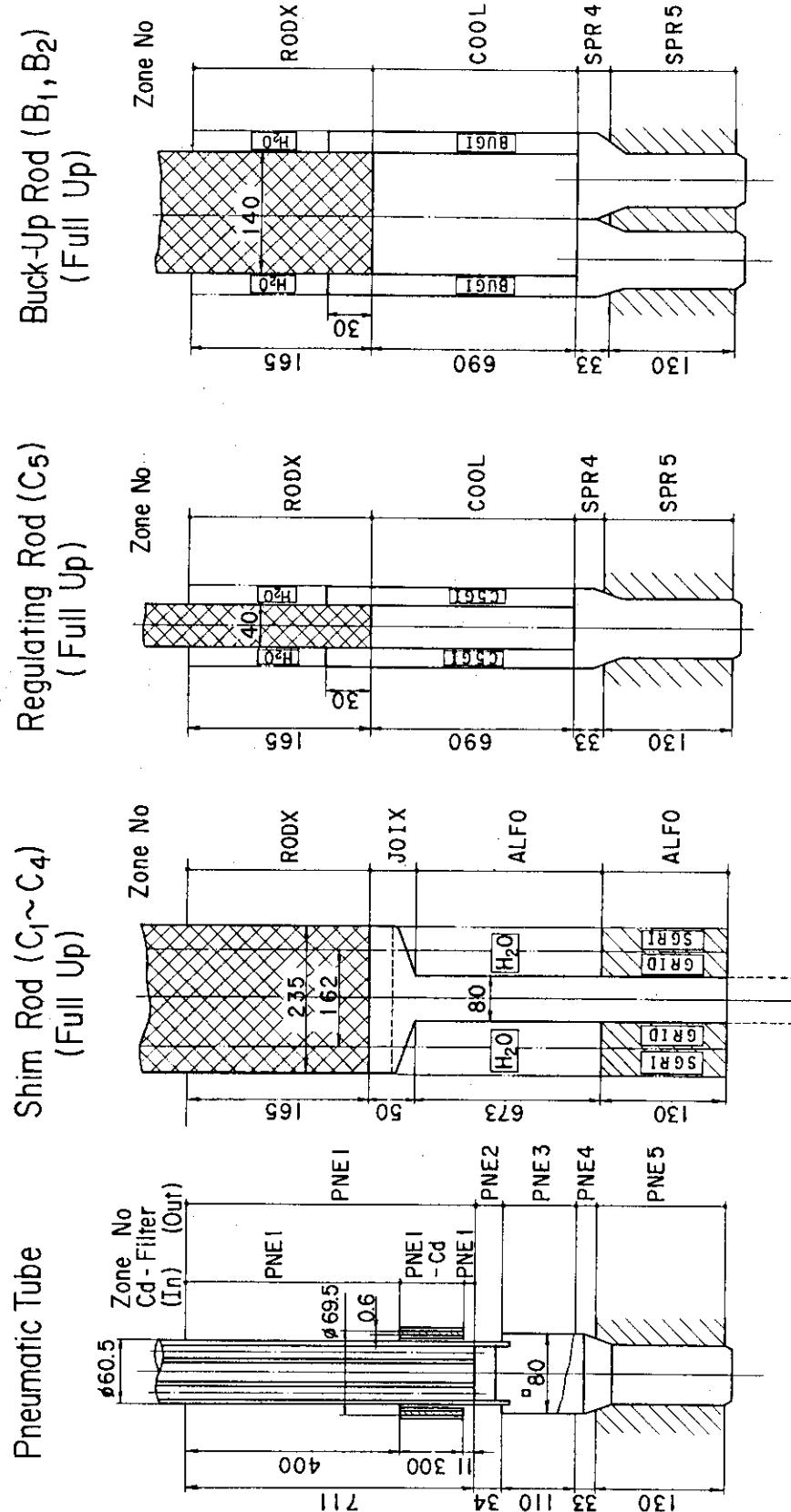


Fig. 4.1 (Continued)

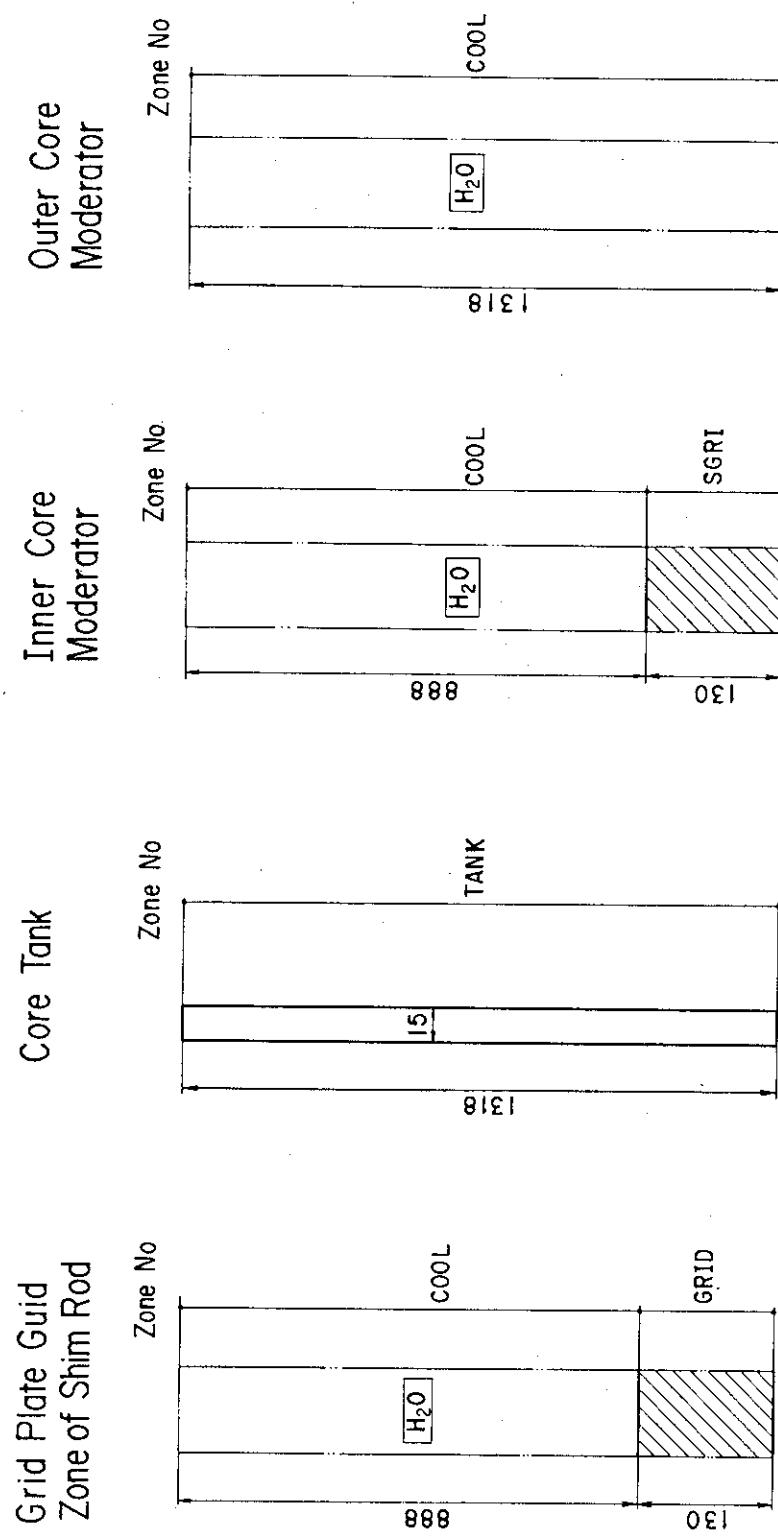
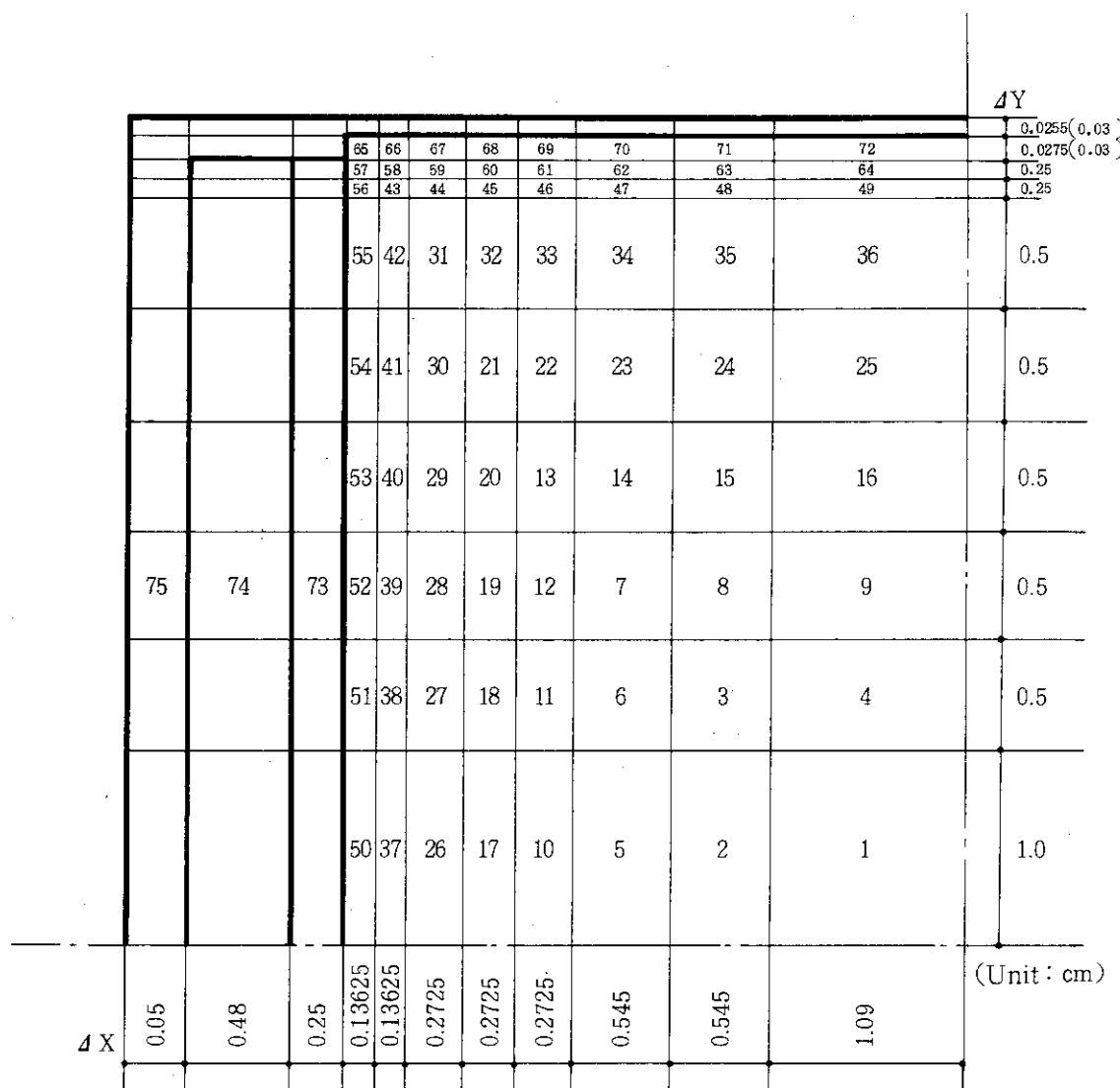


Fig. 4.1 (Continued)

	減速材 H <sub>2</sub> O	被覆 Al	燃料芯材 U+Al	被覆 Al	減速材 H <sub>2</sub> O
M-Region	3	2	1	2	3
Sub-Region	1	2	3	4	5
T-Region	3	2	1	2	3
R-Region	3	2	1	2	3
X-Region	1	1	1	1	1
△X (cm)	0.205	Xc	0.05	Xc	0.205

Xc:A-Type 1st Fuel=0.0385cm  
 A-Type 2nd Fuel=0.038cm  
 B-Type Fuel=0.038cm

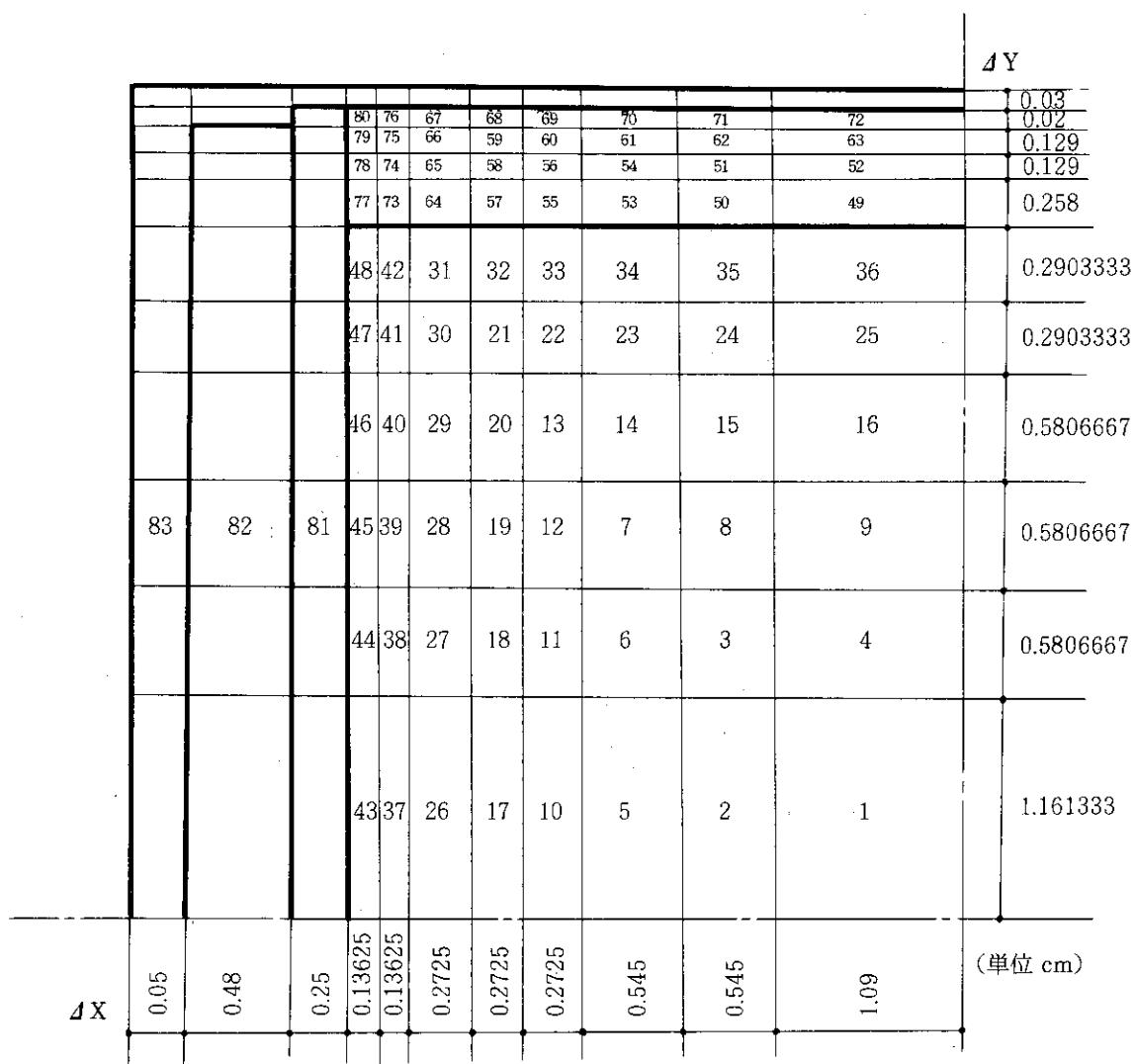
Fig. 4.2 Calculation Model of Fine Group Macroscopic Cross Section for Fuel Plate Cell



T-Region	R-Region	M-Region	Mixture
1 ~ 9	1	1	
10 ~ 36	2	1	Fuel Plate Zone
37 ~ 72	3	1	
73	4	2	$\text{Al} + \text{H}_2\text{O}$
74	5	3	Side Plate
75	6	4	$\text{H}_2\text{O}$

Note : ( ) ..... A-Type 2nd Fuel Element

Fig. 4.3 Calculation Model of Few Group Macroscopic Cross Section for A-Type Fuel Element



T-Region	R-Region	M-Region	Mixture
1 ~ 9	1	1	Inner Fuel
10 ~ 36	2	1	Plate Zone
37 ~ 48	3	1	
49 ~ 63	4	2	Outer Fuel
64 ~ 80	5	2	Plate Zone
81	6	3	Al+H <sub>2</sub> O
82	7	4	Side Plate
83	8	5	H <sub>2</sub> O

Fig. 4.4 Calculation Model of Few Group Macroscopic Cross Section for B-Type Fuel Element

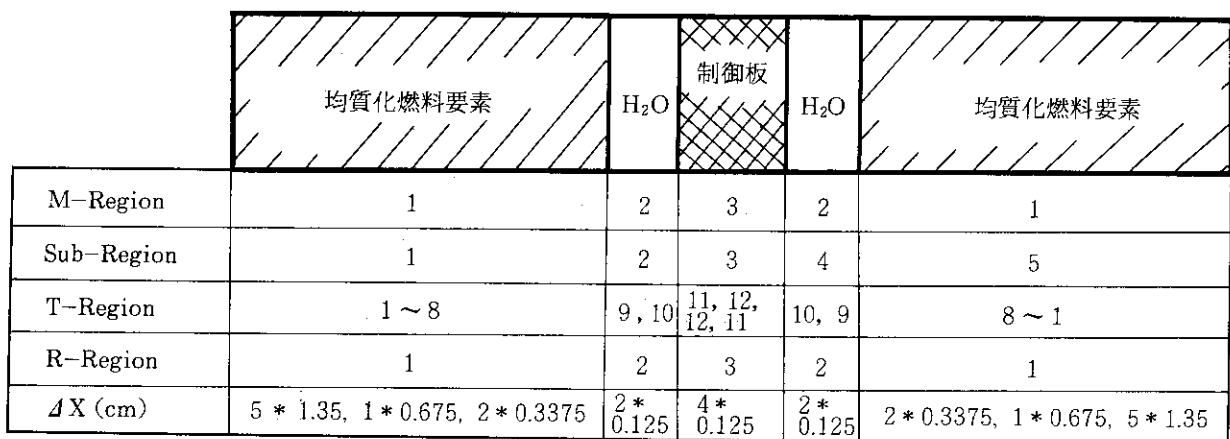
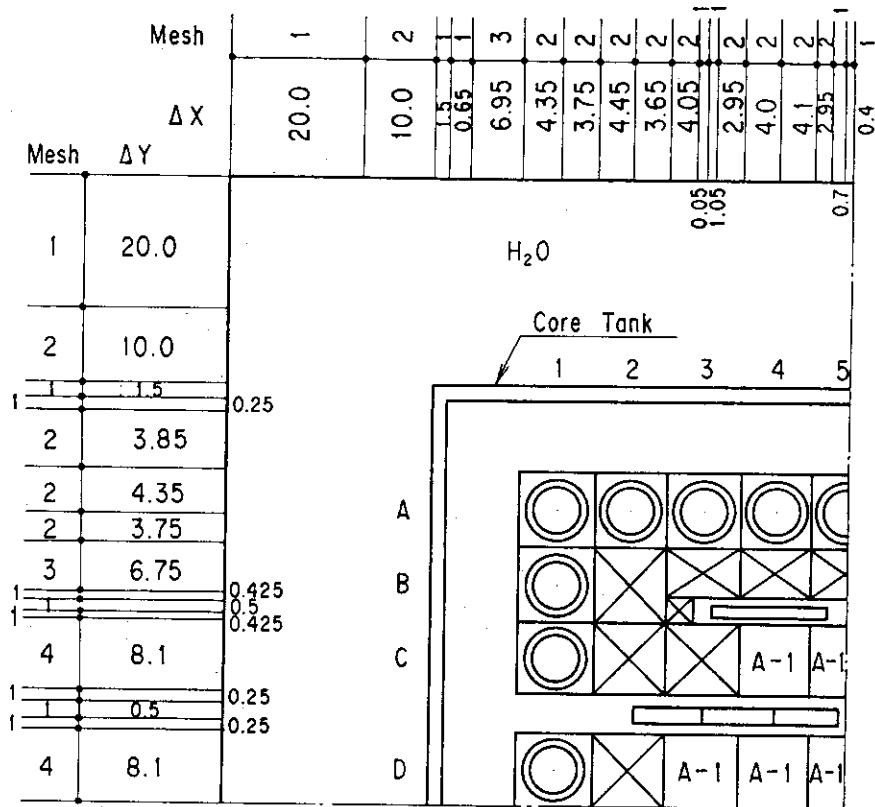


Fig. 4.5 Calculation Model of Few Group Macroscopic Cross Section for Control Rod



(Unit : cm)

Note: At 12 Fuel Elements Core, the Fuel Element of D-3 Position was Replaced by the Reflector Element.

Fig. 4.6 Calculation Model for Adjusting of Logarithmic Derivative on Control Rod Surface in A-Type Fuel Elements Core

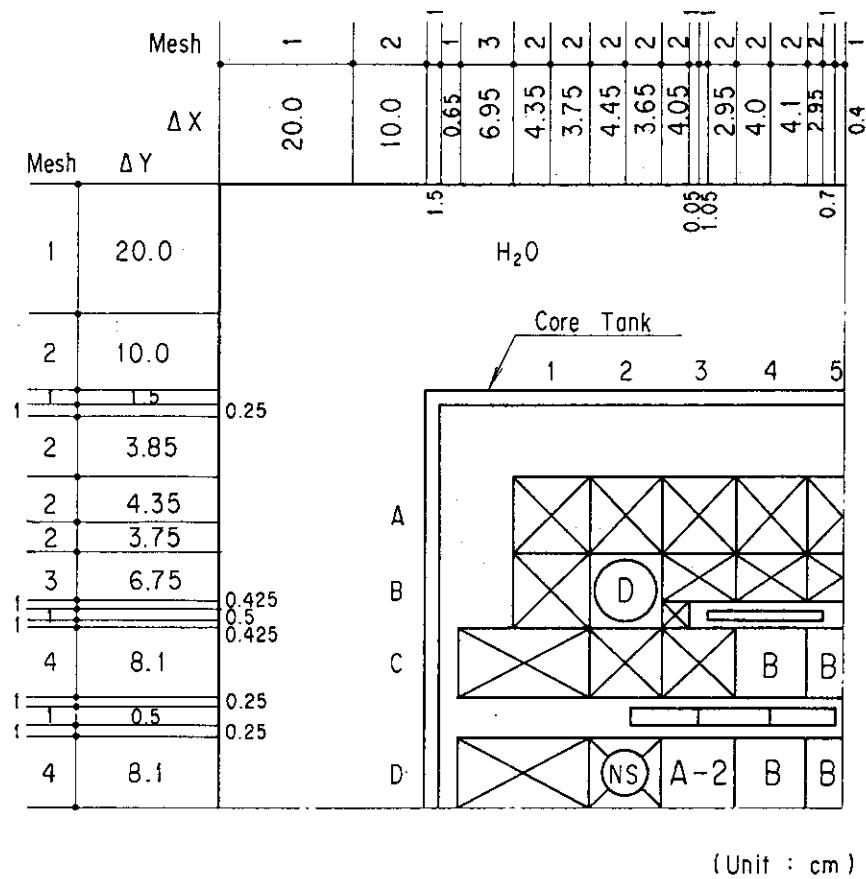


Fig. 4.7 Calculation Model for Adjusting of Logarithmic Derivative on Control Rod Surface in A and B-Type Fuel Elements Mixed Core

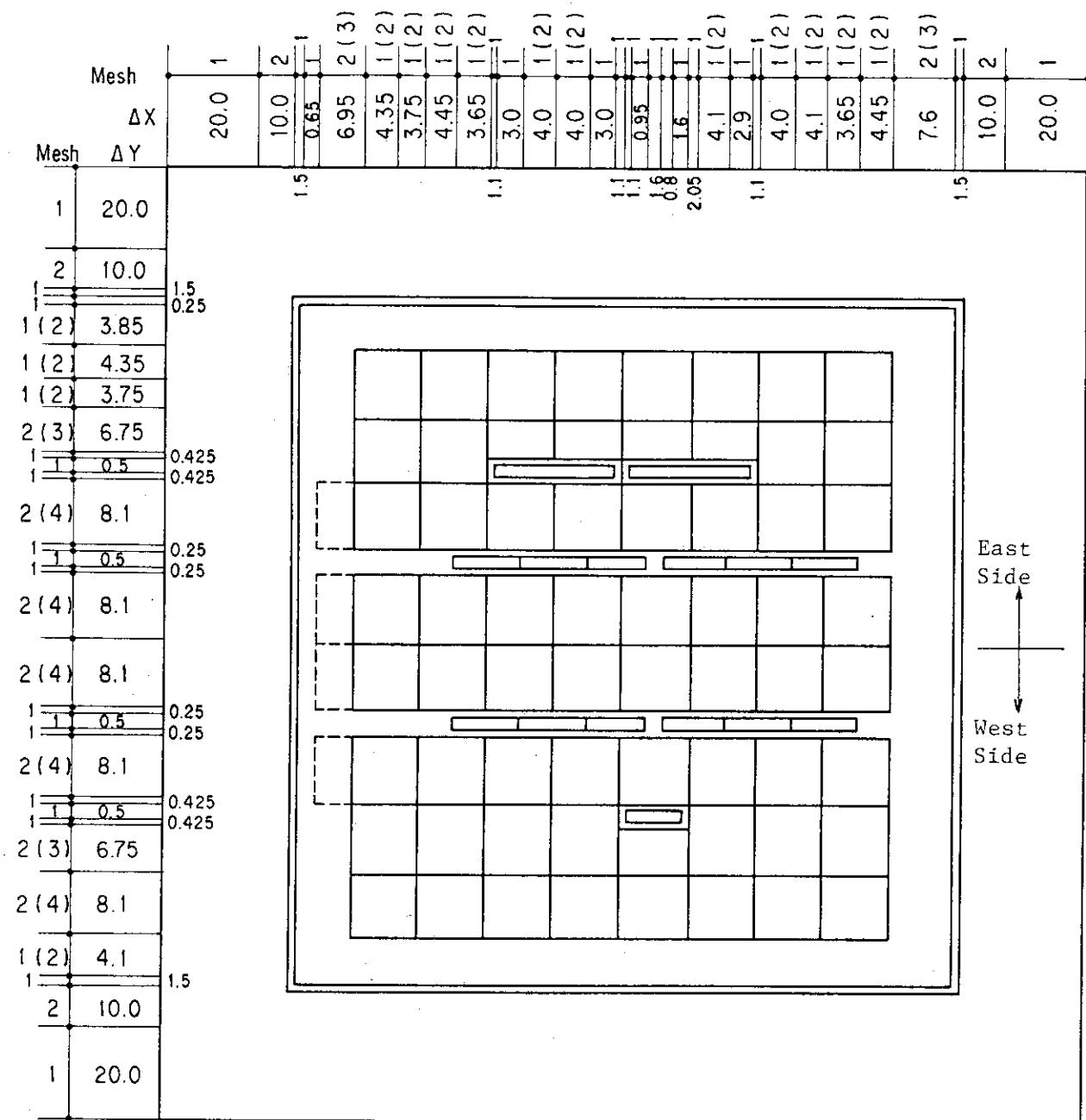


Fig. 4.8 Calculation Model of X-Y Plane for Critical Calculation

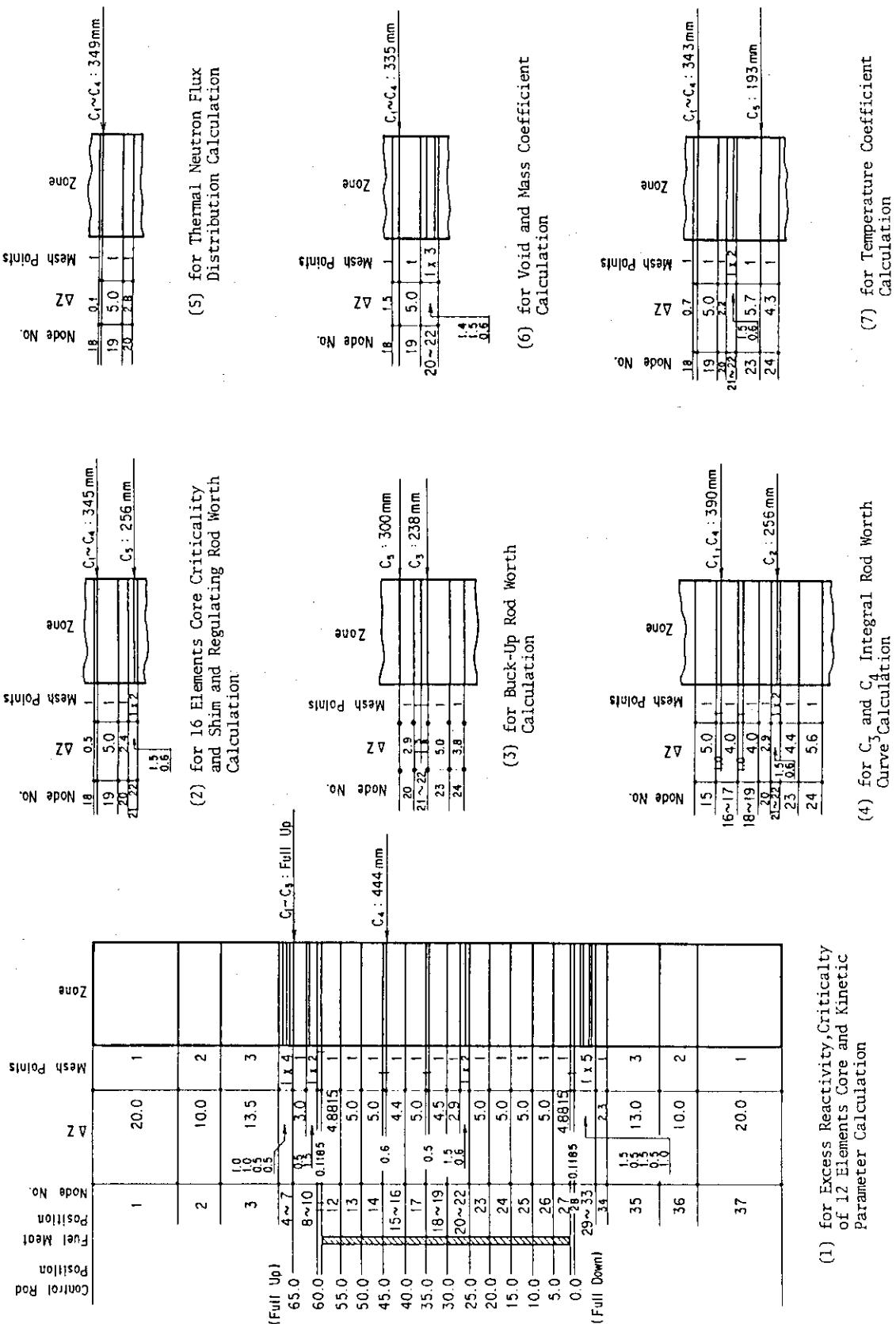
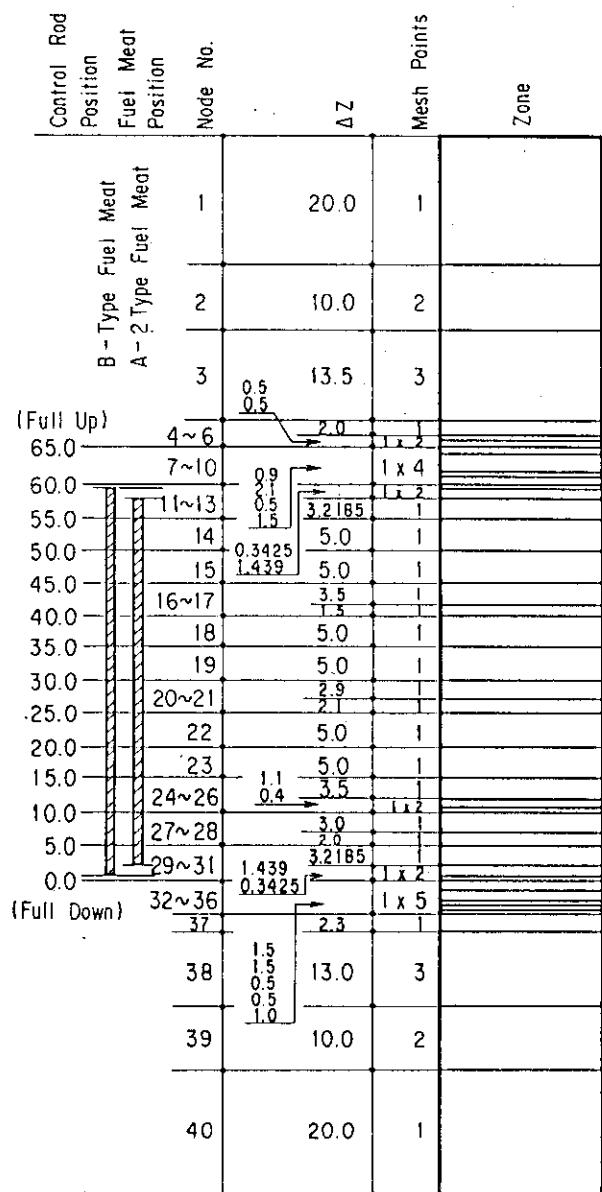
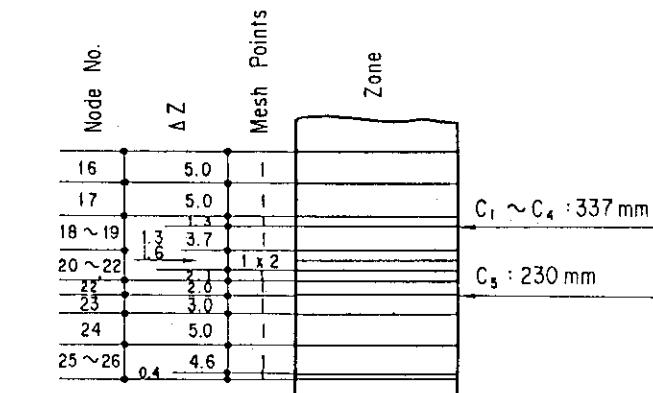


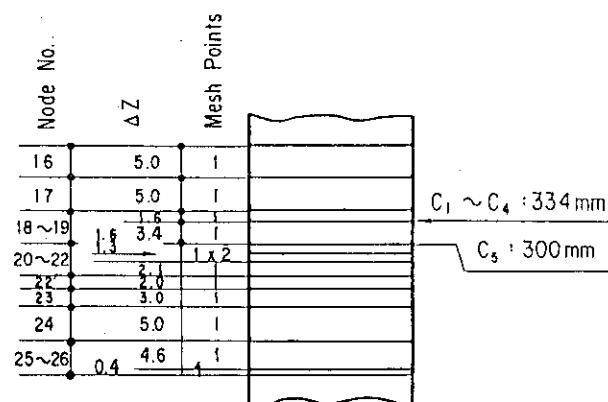
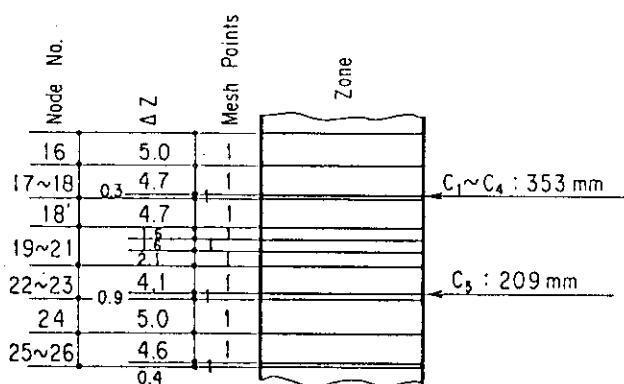
Fig. 4.9 Axial Calculation Models for A-Type Fuel Elements Core



(1) for Excess Reactivity Calculation



(2) for Rod Worth Calculation

(3) for  $C_3$  and  $C_4$  Integral Rod Worth Curve Calculation

(4) for Kinetic Parameter Calculation

Fig. 4.10 Axial Calculation Models for A and B-Type Fuel Elements Mixed Core

## 5. 過剰反応度と臨界性

A型12本燃料炉心とA型16本燃料炉心について行った過剰反応度及び各制御棒を臨界時と同じ位置に設定した場合の  $k_{\text{eff}}$  の臨界らしさ（以下「臨界性」という。）のベンチマーク計算について述べる。測定値との比較は、計算時の体系温度が300 Kであるので、測定値を温度補正し300 Kの  $k_{\text{eff}}$  で比較した。

### 5.1 測定方法

臨界試験は、Fig. 3.6.(1)に示した炉心配置で Fig. 5.1 に示す燃料装荷手順で実施された。臨界は、12本目の燃料要素をC-6に挿入し、C<sub>1</sub>～C<sub>3</sub> 及び C<sub>5</sub> を上限まで引き抜き、さらに C<sub>4</sub> を433 mmまで引き抜いた所で最初の臨界が確認された。そして、F-2に挿入されていた中性子源要素を引き抜き、C<sub>4</sub>で臨界を追跡した結果、444 mmで最終的に臨界が確認された。この時の出力は7.5 W、炉心温度は9 °Cであった。なお、実験用エキストラチャンネルの挿入位置は炉心格子位置A-8, C-1, H-5, H-8と燃料取出シート内の5箇所である。

臨界試験終了後、D-3, D-6, E-3, E-6に4本の燃料が追加され、そして、F-2に挿入されていた中性子源要素もD-2に移され、特性試験のための16本燃料炉心が構成された。この炉心の臨界時の制御棒位置は、C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>が345 mm, C<sub>5</sub>が256 mmである。この臨界点は、中性子源要素が引き抜かれ、炉心温度が10.5 °Cの時のものである。なお、臨界試験に用いられたエキストラチャンネルは、この時点でも挿入されている。

### 5.2 計算方法

過剰反応度の計算は、2次元と3次元の両体系でエネルギー3群で計算した。制御棒は2次元計算では全引抜き、3次元計算では上限である。また、臨界性の計算は、3群3次元計算で制御棒を実験の臨界時と同じ位置に設定して計算した。計算においては、実験時に挿入されていた実験用エキストラチャンネルは挿入されていないものとし、同位置には格子栓要素が挿入されているものとした。なお、中性子源要素が引き抜かれている所は減速材で置き換えて計算した。

### 5.3 測定結果と計算結果の比較

Table 5.1にA型12本及び16本燃料炉心の実験時の過剰反応度及び過剰反応度から求めた  $k_{\text{eff}}$  を示す。ここに示した値は温度補正を加えていない値で、過剰反応度を求めるために用いた制御棒校正曲線は、両炉心とも16本燃料炉心で校正されたものを用いた。これは、12本燃料炉心では落下法によってしか制御棒価値が測定されていないため、任意の制御棒位置の反応度が求められないためである。また、臨界性の比較のための  $k_{\text{eff}}$  は、その制御棒位置で臨界であること

が確認されているので、ここでは臨界時の  $k_{\text{eff}}$  を 1.0000 であると見なし比較した。

Table 5.2 に  $k_{\text{eff}}$  の測定値と計算値の比較を示す。比較は、計算値の体系温度が 300 K であるので、測定値に温度補正を加え 300 K の  $k_{\text{eff}}$  で比較した。測定値の温度補正是、A型 16 本燃料炉心で行われた温度係数測定実験の結果を用い補正した。次に、炉心温度上昇に対する反応度変化の近似式を示す。なお、ここで用いた温度係数のベンチマーク計算については、第 9 章で述べられている。

$$\rho = -0.300 + 0.0145 T + 0.00003 T^2$$

ここで

$\rho$  : 反応度 ( $\% \Delta k/k$ )

T : 炉心温度 (°C)

である。

Table 5.2 から、過剰反応度の測定値に対する計算値の比（以下「C/E」という。）は、A型 12 本燃料炉心で 2 次元計算の場合 1.0027, 3 次元計算の場合 0.9988, また、A型 16 本燃料炉心の場合それぞれ 0.9993 と 0.9934 で、いづれも 2 次元計算の方が 3 次元計算よりも測定値と良い一致を示した。これは、2 次元計算に用いられている軸方向バックリングがその炉心の 10 群 3 次元計算の  $k_{\text{eff}}$  と一致するよう設定されているので、2 次元計算と 3 次元計算の差は 10 群と 3 群計算の差と見なせる。また、A型 12 本燃料炉心の C/E が A型 16 本燃料炉心の C/E に比べ 2 次元計算で約 0.3 %, 3 次元計算で約 0.5 % 大きくなっているのは、A型 12 本燃料炉心の過剰反応度算出に A型 16 本燃料炉心で校正した制御棒校正曲線を用いたためと考えられる。

臨界性の C/E は、A型 12 本燃料炉心で 0.9962, A型 16 本燃料炉心で 0.9973 で、いづれも 1 % 以下の差で計算値と測定値は一致した。特に、C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub> 及び C<sub>5</sub> の各制御棒が全ストロークのほぼ中間まで挿入されている A型 16 本燃料炉心の計算値が測定値と約 0.3 % の差で一致しているということは、対数微分定数の設定及び計算モデルが妥当であることを示しているものと考えられる。

なお、上記二つの核特性の比較に用いた計算値は、いづれも実験用エキストラチャンネルの代りに格子栓要素が挿入されているとした時の値である。この炉心条件の違いによる計算値の差は、エキストラチャンネルの大部分がアルミニウムで出来ており、核的にはエキストラチャンネルと格子栓要素はほとんど同じと考えられるので、大きな差はないと考えられる。また、エキストラチャンネルが挿入されていた所をより吸収の大きい軽水で置き換えた場合の  $k_{\text{eff}}$  と Table 5.2 の  $k_{\text{eff}}$  の差は 0.01 % 以下であり、ほとんど差がなかった。従って、上記炉心条件の違いによる  $k_{\text{eff}}$  の差は、ほとんどないものと考えられる。

過剰反応度の測定誤差として制御棒校正時の実験誤差と臨界確認時の制御棒位置の設定誤差を考えられる。制御棒校正時の実験誤差の主な要因は Doubling Time の測定誤差である。これによる誤差は C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub> については約 0.02 %  $\Delta k/k$ , C<sub>5</sub> については約 0.003 %  $\Delta k/k$  の誤差が見込まれる。また、制御棒位置の設定誤差は制御棒位置指示計の最小目盛が 1 mm であり、0.1 mm 単位の制御棒位置が確認できないために生ずる誤差である。これによる誤差は C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub> については約 0.012 %  $\Delta k/k$ , C<sub>5</sub> については約 0.001 %  $\Delta k/k$  程度である。これを基にして各炉心の過剰反応度の測定誤差を推定すると、A型 12 本燃料炉心の臨界時の制御棒位置は C<sub>4</sub> が 444 mm で

他は上限であるので  $C_4$  のみの誤差を考えれば良く約 0.032 %  $\Delta k/k$  の誤差、また A 型 16 本燃料炉心は  $C_1 \sim C_5$  がほど中間に挿入されているので  $C_1 \sim C_5$  について考慮し約 0.132 %  $\Delta k/k$  の誤差となる。これは、各炉心の過剰反応度に対しそれぞれ約 4.4 % と約 2.0 % の相対誤差となる。

Table 5.1 Experiment Results of Excess Reactivity and  $k_{\text{eff}}$  for A-Type 12 and 16 Fuel Elements Core

Items	A-Type 12 Fuel Elements				A-Type 16 Fuel Elements				Cores	
	Rod	Position (mm)	Excess Reactivity (% $\Delta k/k$ )	Rod	Position (mm)	Rod	Position (mm)	Excess Reactivity (% $\Delta k/k$ )		
Control Rods	C <sub>1</sub>	651	0.0			345		1.550		
	C <sub>2</sub>	650	0.0			345		1.622		
	C <sub>3</sub>	654	0.0			345		1.575		
	C <sub>4</sub>	444	0.720			345		1.670		
	C <sub>5</sub>	651	0.0			256		0.191		
	Total Excess Reactivity (% $\Delta k/k$ )		0.720					6.608		
$k_{\text{eff}}$			1.0073					1.0708		
Core Temperature (°C)			9.0					10.5		

Table 5.2 Comparison of  $k_{\text{eff}}$  between Experiments and Calculations for A-Type 12 and 16 Fuel Elements Core

Benchmark Calculation Items	Core	Experiment				Calculation		
		$k_{\text{eff}}$	Core Temperature (°C)	$k_{\text{eff}}$ at 300°K	Energy Groups	Geometry	$k_{\text{eff}}$ at 300°K	C/E
Excess Reactivity	A-Type 12 Elements	1.0073	9.0	1.0045	3	2-D	1.0072	1.0027
	A-Type 16 Elements	1.0708	10.5	1.0679	3	3-D	1.0033	0.9988
Criticality	A-Type 12 Elements	1.0000	9.0	0.9972	3	2-D	1.0671	0.9993
	A-Type 16 Elements	1.0000	10.5	0.9975	3	3-D	1.0607	0.9934

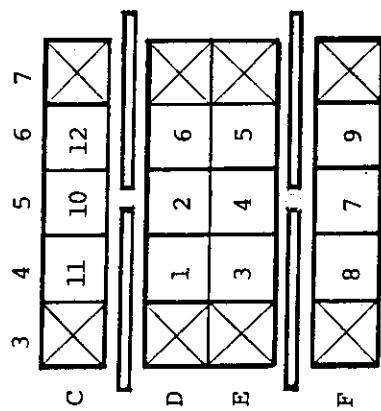


Fig. 5.1 Loading Order of Fuel Elements at Critical Test

## 6. 制御棒価値

A型16本燃料炉心とA・B型混合16本燃料炉心の二つの炉心で測定された制御棒価値のベンチマーク計算について述べる。計算は、粗調整安全棒( $C_1 \sim C_4$ )、微調整棒( $C_5$ )、後備安全棒( $B_1, B_2$ )について行い、計算値と測定値を比較した。

### 6.1 測定方法

A型及びA・B型混合16本燃料炉心の制御棒校正実験は次の方法で行われた。

#### 1) 粗調整安全棒

制御棒校正是、Positive-Period法と比較法を併用して行われた。制御棒の組み合せは、 $C_3$ と $C_2$ 、 $C_4$ と $C_1$ で、どちらも前者がPositive-Period法、後者が比較法である。

#### 2) 微調整棒

Positive-Period法で校正された。補償制御棒は、A型炉心が $C_1 \sim C_4$ の4本の粗調整棒、A・B型混合炉心は $C_1$ 1本である。

#### 3) 後備安全棒

後備安全棒は上限と下限でしか位置の設定ができない。そのため、校正は校正済の粗調整安全棒との比較法で行われた。補償制御棒は、A型炉心が $C_3$ 、A・B型混合炉心は $B_1$ 下限時が $C_3$ 、 $B_2$ 下限時が $C_4$ 、 $B_1, B_2$ 同時下限時が $C_3$ と $C_4$ である。

実験時の炉心配置は、A型炉心がFig. 3.6.(2)、A・B型混合炉心がFig. 3.6.(3)である。しかし、A型炉心では臨界試験に使用された実験用エキストラチャネルがこの時点でも挿入され、中性子源要素は両炉心ともD-2に挿入されている。しかし、A型炉心の粗調整安全棒及び微調整棒の校正時には中性子源要素は引き抜かれて校正が行われた。

測定開始時の制御棒位置は、A型炉心は $C_1$ と $C_2$ が上限、 $C_3$ が238 mm、 $C_4$ が下限で $C_5$ が300 mm、A・B型混合炉心は、 $C_1 \sim C_4$ が334 mm、 $C_5$ が300 mmであり、両者の制御棒パターンには差がある。

Table 6.1に逆時間方程式に使用した動特性パラメータを示す。なお、この値はJRR-4の設計計算値である。

### 6.2 計算方法

制御棒価値の計算は、3群3次元全炉心体系で計算した。A・B型混合炉心に入っている3本の燃焼燃料の燃焼率は、その燃料要素の平均燃焼率と軸方向燃焼分布がJRR-4の燃料管理コードで計算されたものと同じになるよう考慮した。Fig. 6.1にそれらの相対燃焼率分布を示す。また、Table 6.2に燃焼依存群定数作成のための燃焼による個数密度の変化を示す。なお、計算にあたっては実験時に挿入されていたエキストラチャネルは挿入されていないものとした。

次に各制御棒の制御棒価値の計算方法を述べる。

### 1) 粗調整安全棒 (Shim Rods)

まず、各制御棒位置を計算対象炉心の臨界時の制御棒位置と同じ位置に設定し、その状態から制御棒価値を求めようとする制御棒を上限と下限に設定し、上・下限時の  $k_{\text{eff}}$  からその制御棒の制御棒価値を求めた。初期設定時の制御棒位置は次のとおりである。

- (1) A型炉心 ;  $C_1 \sim C_4 : 345 \text{ mm}$ ,  $C_5 : 256 \text{ mm}$ ,  $B_1, B_2 : \text{上限}$
- (2) A・B型混合炉心 ;  $C_1 \sim C_4 : 337 \text{ mm}$ ,  $C_5 : 230 \text{ mm}$ ,  $B_1, B_2 : \text{上限}$

上記制御棒位置は、A型炉心については  $C_5$  の校正時に確認された臨界点、A・B型混合炉心については 16 本燃料炉心を初めて組んだ時の臨界点と同じ制御棒位置である。

### 2) 微調整棒 (Regulating Rod)

粗調整安全棒と同じ方法、同じ条件で計算した。

### 3) 後備安全棒 (Backup Rods)

後備安全棒については、校正時の制御棒パターンが A型炉心と A・B型炉心では異なっているので、次の三つの計算方法で計算し、計算方法による違いを比較した。

#### (1) Case-1

実験時と同じように補償制御棒の制御棒校正曲線を計算で求め、この校正曲線から後備安全棒の制御棒価値を求めた。後備安全棒下限時の補償制御棒位置は、校正時の位置をそのまま用いた。次に制御棒校正曲線計算時の制御棒パターンと補償制御棒位置を示す。この制御棒位置は、A型炉心については  $C_3$  の校正時に確認された臨界点、A・B型混合炉心については後備安全棒校正開始時の臨界点の制御棒位置と同じ制御棒位置である。

##### (イ) A型炉心

- 制御棒パターン ;  $C_1, C_4 : 390 \text{ mm}$ ,  $C_2 : 256 \text{ mm}$ ,  $C_3 : 350 \text{ mm}$ ,  $B_1, B_2 : \text{上限}$
- $C_3$  位置 ; 206, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 650 mm

##### (ロ) A・B型混合炉心

- 制御棒パターン ;  $C_1 \sim C_4 : 334 \text{ mm}$ ,  $C_5 : 300 \text{ mm}$ ,  $B_1, B_2 : \text{上限}$
- $C_3$  位置 ; 334, 400, 450, 650 mm
- $C_4$  位置 ; 334, 400, 450, 500, 650 mm

#### (2) Case-2

制御棒パターンを実験時と同じ (A型炉心は不等高パターン、A・B型混合炉心は等高パターン)<sup>注2)</sup> くし、粗調整安全棒の計算方法と同じ方法で計算した。

#### (3) Case-3

A型炉心の制御棒パターンを等高パターンにし、Case-2と同じ方法で計算した。

注2 不等高パターンとは  $C_5$  が 300 mm,  $C_1$  と  $C_2$  が上限、 $C_4$  が下限で  $C_3$  で臨界にするパターンを言い、等高パターンとは、 $C_5$  が 200~300 mm の範囲内で臨界になるように  $C_1 \sim C_4$  を同じ位置まで引き抜き臨界にする制御棒パターンで定常運転の制御棒パターンである。

### 6.3 測定結果と計算結果の比較

Fig. 6.2 に計算で求めた  $C_3$  と  $C_4$  の制御棒校正曲線を、 Table 6.3 に制御棒価値の計算結果を示す。また、 Table 6.4 に測定値と計算値の比較を示す。

Table 6.4 から、粗調整安全棒の  $C/E$  は、A型炉心で  $0.959 \sim 1.001$ 、A・B 型混合炉心で  $0.998 \sim 1.052$  となり、最大約 5 % の差で良い一致を示した。

微調整棒についての  $C/E$  は、A型炉心で  $1.036$ 、A・B 型混合炉心で  $0.973$  で、最大約 4 % の差で一致した。

後備安全棒についての  $C/E$  は、A型炉心では Case-1 の場合  $0.98 \sim 0.99$ 、Case-2 の場合  $0.83 \sim 1.02$ 、また Case-3 の場合  $0.51 \sim 0.65$  であり計算方法によってかなりの違いが見られた。一方、Case-1 と Case-2 の場合について計算した A・B 型混合炉心の  $C/E$  は、Case-1 の場合  $0.92 \sim 0.97$ 、Case-2 の場合  $0.92 \sim 1.07$  となり、計算方法による差は  $B_1$  と  $B_2$  を同時に下限にした時にしか見られず、いづれの場合も測定値と良い一致を示した。

この二つの炉心の結果から、実験と同じようにして求めた Case-1 の場合は測定値と良い一致を示すが、粗調整安全棒と同じ方法による Case-2 の計算方法では、制御棒パターンによって異なる結果となることが明らかになった。すなわち、等高パターンで校正された A・B 型混合炉心の計算値は、Case-1 と Case-2 はほとんど同じ結果を示しているが、不等高パターンで校正された A型炉心では校正時と同じパターンで計算しても最大 17 % の差が生ずることからも明らかである。

以上から、通常の運転パターンと同じ等高パターンで校正された結果であれば、後備安全棒の制御棒価値は比較的計算が容易な Case-2 の方法でも Case-1 と同じ程度の結果が得られるものと考えられる。

なお、制御棒価値の測定誤差は、第 5 章で検討した結果から、 $C_1 \sim C_4$  については約 0.02 %  $\Delta k/k$ 、 $C_5$  については約 0.003 %  $\Delta k/k$  程度であると考えられる。また、後備安全棒については 2 本同時落下の場合で最大約 0.08 %  $\Delta k/k$  程度の誤差が考えられる。これらは、各制御棒の全制御棒価値に対し  $C_1 \sim C_4$  で約 0.5 %、 $C_5$  で約 0.6 %、 $B_1 + B_2$  で約 3 ~ 5 % の相対誤差となる。

Table 6.1 Kinetic Parameters Used for Experimental Analysis

Prompt Neutron Lifetime	$\lambda$ (sec)	$5.2 \times 10^{-5}$
Delayed Neutron Group	Decay Constant $\lambda_i$ (sec <sup>-1</sup> )	Delayed Neutron Yield $\beta_{effi}$ (%)
1	0.0124	0.0248
2	0.0305	0.165
3	0.111	0.148
4	0.301	0.297
5	1.14	0.0868
6	3.01	0.0316
Total	—	0.7532

Table 6.2 Variations of Fuel Compositions with Burn-Up in Fuel Element  
(for A and B-Type 16 Fuel Elements Mixed Core)

A-Type Fuel Element (A600NDEN)

(DAYS)	0.0	1.47181E+01	2.94774E+01	5.91492E+01	8.88675E+01
(MWD)	0.0	5.78388E-04	1.15665E-03	2.31390E-03	3.47240E-03
(U235)	0.0	2.50000E-02	5.00000E-02	1.00000E-01	1.50000E-01

NAME NUMBER DENSITY

U040	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06
U050	1.52960E-03	1.49136E-03	1.45312E-03	1.37664E-03	1.30016E-03
U060	7.32788E-06	1.34007E-05	1.94763E-05	3.15748E-05	4.35889E-05
U080	1.54630E-04	1.54438E-04	1.54237E-04	1.53826E-04	1.53407E-04
PU90	0.0	1.83296E-07	3.65696E-07	7.08697E-07	1.01818E-06
PU00	0.0	1.51765E-09	6.09431E-09	2.40399E-08	5.27903E-08
PU10	0.0	2.23613E-11	1.76936E-10	1.39840E-09	4.59228E-09
PU20	0.0	8.35776E-14	1.34986E-12	2.21939E-11	1.14999E-10
XE50	0.0	1.53327E-08	1.50795E-08	1.44697E-08	1.37955E-08
SM90	0.0	1.22620E-07	1.28322E-07	1.22514E-07	1.15879E-07
F5N0	0.0	4.95210E-05	9.90108E-05	1.97989E-04	2.96985E-04
F5S0	0.0	1.21144E-05	2.41417E-05	4.79478E-05	7.14094E-05
F5R0	0.0	1.12583E-07	1.71702E-07	2.13016E-07	2.14223E-07
F9N0	0.0	4.98365E-09	2.02603E-08	8.25241E-08	1.87791E-07
F9S0	0.0	1.30003E-09	5.27269E-09	2.13722E-08	4.83864E-08
F9R0	0.0	2.68969E-12	8.39994E-12	2.19634E-11	3.51358E-11

B-Type Fuel Element (B600NDEN)

(DAYS)	0.0	1.47117E+01	2.94634E+01	5.91170E+01	8.88127E+01
(MWD)	0.0	5.92783E-04	1.18538E-03	2.37120E-03	3.55810E-03
(U235)	0.0	2.50000E-02	5.00000E-02	1.00000E-01	1.50000E-01

NAME NUMBER DENSITY

U040	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05
U050	1.56830E-03	1.52909E-03	1.48988E-03	1.41147E-03	1.33305E-03
U060	6.97238E-06	1.32101E-05	1.94508E-05	3.18770E-05	4.42151E-05
U080	9.73128E-05	9.71866E-05	9.70543E-05	9.67839E-05	9.65083E-05
PU90	0.0	1.20614E-07	2.40623E-07	4.66162E-07	6.69442E-07
PU00	0.0	1.00344E-09	4.02873E-09	1.58821E-08	3.48504E-08
PU10	0.0	1.49919E-11	1.18590E-10	9.36702E-10	3.07363E-09
PU20	0.0	5.60834E-14	9.05579E-13	1.48815E-11	7.70599E-11
XE50	0.0	1.57333E-08	1.54732E-08	1.48451E-08	1.41506E-08
SM90	0.0	1.25678E-07	1.31521E-07	1.25545E-07	1.18720E-07
F5N0	0.0	5.07554E-05	1.01478E-04	2.02923E-04	3.04386E-04
F5S0	0.0	1.24162E-05	2.47425E-05	4.91391E-05	7.31812E-05
F5R0	0.0	1.15478E-07	1.76229E-07	2.18811E-07	2.20123E-07
F9N0	0.0	3.28846E-09	1.33687E-08	5.44436E-08	1.23857E-07
F9S0	0.0	8.57811E-10	3.47909E-09	1.40991E-08	3.19106E-08
F9R0	0.0	1.77609E-12	5.54994E-12	1.45169E-11	2.32183E-11

Table 6.3 Calculation Results of Control Rods Worth

Control Rods	A-Type 16 Fuel Elements Core						A and B-Type 16 Fuel Elements Mixed Core		
	$k_{eff}$		Rod Worth		$k_{eff}$		Rod Worth		
	Rod Out	Rod In	(% $\Delta k/k$ )	Rod Out	Rod In	(% $\Delta k/k$ )	Rod Out	Rod In	(% $\Delta k/k$ )
Shim Rods	$C_1$	1.0075541	0.9679141	4.065	1.0070667	0.9642925	4.405		
	$C_2$	1.0087299	0.9666058	4.378	1.0073414	0.9638203	4.483		
	$C_3$	1.0076866	0.9674172	4.131	1.0059757	0.9656042	4.156		
Regulating Rod	$C_4$	1.0082970	0.9662359	4.317	1.0066557	0.9645787	4.333		
	$C_5$	0.9970929	0.9919938	0.516	0.9947838	0.9897847	0.508		
		Case-1	—	1.36	—	—	—		
Buck-Up Rods	$B_1$	Case-2	0.9957613	0.9846215	1.136	0.9921536	0.9850991	0.72	
		Case-3	0.9976956	0.9907098	0.707	—	—	0.722	
		Case-1	—	1.75	—	—	—	—	
$B_1 + B_2$	$B_2$	Case-2	0.9957613	0.9797608	1.640	0.9921536	0.9816269	1.09	
		Case-3	0.9976956	0.9871096	1.075	—	—	1.081	
		Case-1	—	2.37	—	—	—	—	
		Case-2	0.9957613	0.9717898	2.477	0.9921536	0.9767979	1.41	
		Case-3	0.9976956	0.9822470	1.576	—	—	1.584	

Table 6.4 Comparison of Control Rods Worth between Experiment and Calculation

Control Rods	A-Type 16 Fuel Elements Core			A and B-Type 16 Fuel Elements Mixed Core		
	Rod Worth		C/E	Rod Worth		C/E
	Experiment (% $\Delta k/k$ )	Calculation (% $\Delta k/k$ )		Experiment (% $\Delta k/k$ )	Calculation (% $\Delta k/k$ )	
Shim Rods	C <sub>1</sub> 4.213	4.065	0.965	4.202	4.405	1.048
	C <sub>2</sub> 4.375	4.378	1.001	4.260	4.483	1.052
	C <sub>3</sub> 4.274	4.131	0.967	4.051	4.156	1.026
	C <sub>4</sub> 4.504	4.317	0.959	4.343	4.333	0.998
Regulating Rod	C <sub>5</sub> 0.498	0.516	1.036	0.522	0.508	0.973
B <sub>1</sub>	Case-1 1.38	1.36	0.99	0.74	0.72	0.97
	Case-2 —	1.14	0.83	—	0.72	0.97
	Case-3 —	0.71	0.51	—	—	—
Buck-Up Rods	Case-1 1.78	1.75	0.98	1.19	1.09	0.92
	Case-2 —	1.64	0.92	—	1.08	0.92
	Case-3 —	1.08	0.61	—	—	—
B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub>	Case-1 2.42	2.37	0.98	1.48	1.41	0.95
	Case-2 —	2.48	1.02	—	1.58	1.07
	Case-3 —	1.58	0.65	—	—	—

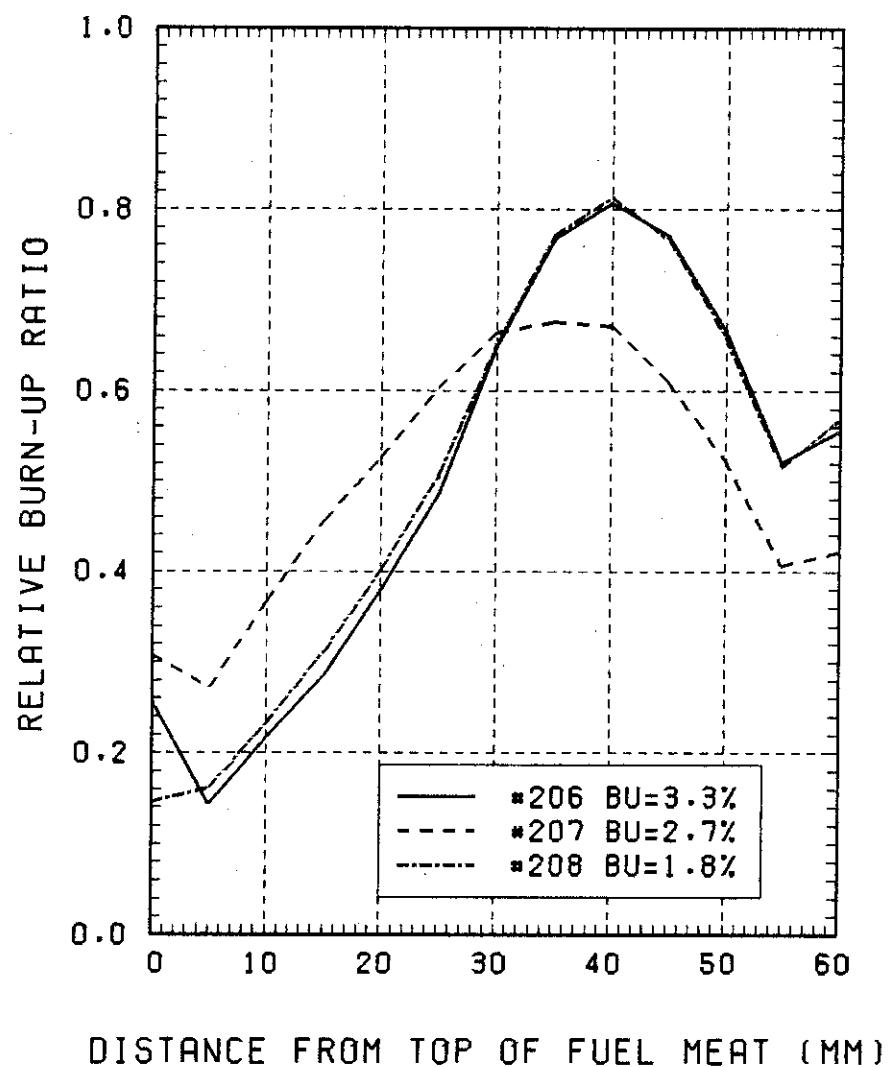


Fig. 6.1 Axial Burn-Up Distribution of A-Type Fuel Elements

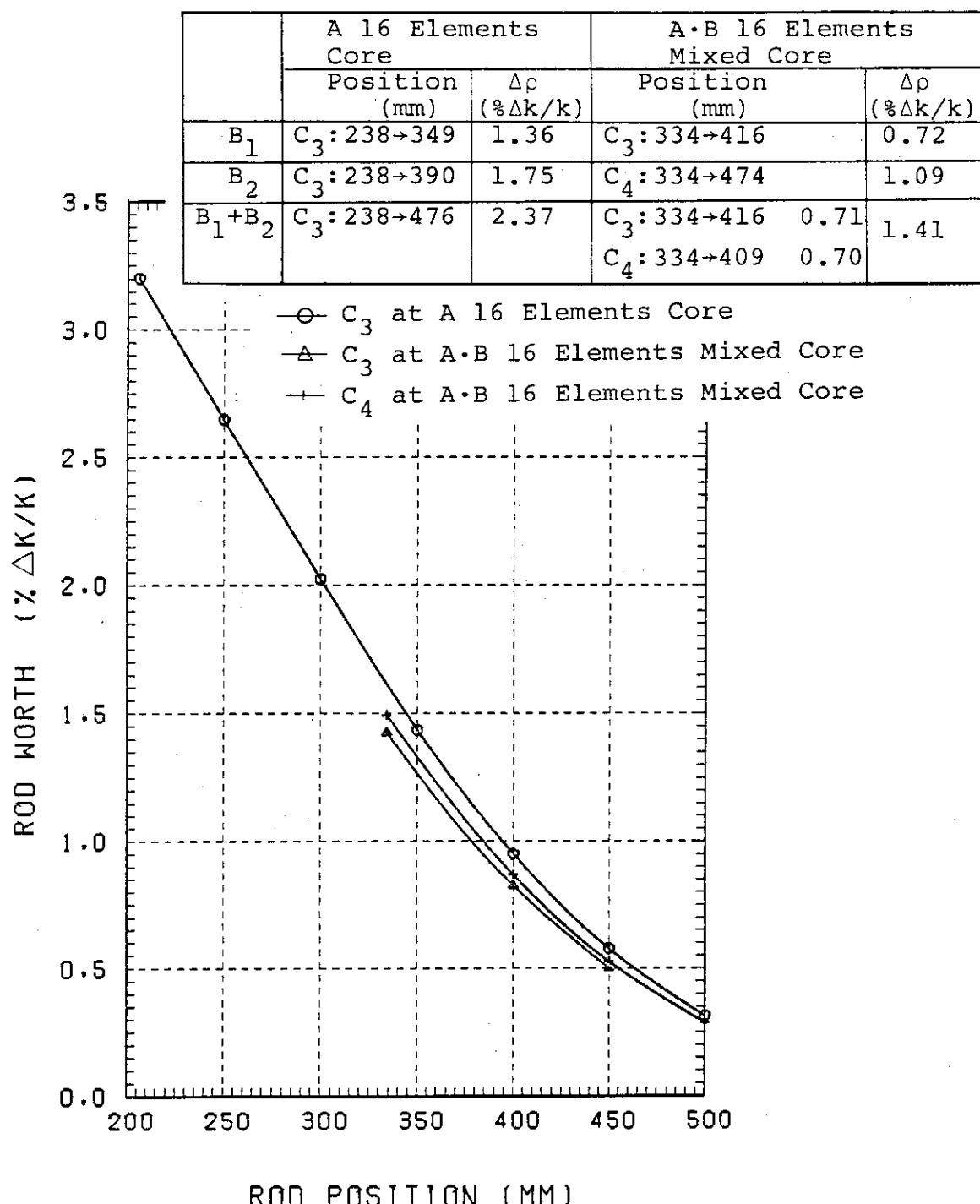


Fig. 6.2 Calculated Control Rod Worth Curves and Rod Worthes of Buck-Up Safety Rods

## 7. 热中性子束分布

A型16本燃料炉心について行った熱中性子束分布のベンチマーク計算について述べる。実験値と計算値の比較は次の項目について行った。

- (1) 热中性子束の半径方向ピーキング係数 ( $F_r$ ) 及び軸方向ピーキング係数 ( $F_z$ )<sup>注3</sup> 並びにその積 ( $F_r \times F_z$ ) の比較
- (2) E行及び5列の水平方向熱中性子束分布の比較
- (3) E-5の軸方向熱中性子束分布の比較

### 7.1 測定方法

炉心内燃料領域の熱中性子束分布は、箔放射化法によって測定された。測定に用いられた試料は、絶対測定用が金箔とカドミウム板、相対測定用が銅テープで、カドミウム板の挿入によって生ずる中性子場の局所的変動を避けるため、絶対測定と相対測定のための照射は別の日に行われた。

測定に使用された金箔は、大きさ  $10 \times 10$  mm, 厚さ  $30 \sim 40$  mg/cm<sup>2</sup>, 純度 99.99 %, カドミウム板は厚さ 0.6 mm, 巾 20 mm のものが用いられた。また、銅テープは、巾 10 mm, 厚さ 20 mg/cm<sup>2</sup> (0.2 mm 厚), 純度 99.9 % のもので、長さは燃料板とほど同じ 640 mm のものが使用された。

熱中性子束の絶対測定は、炉心格子位置 C-3, E-3, E-5, F-4, F-5 に装荷されている 5 本の燃料要素に試料を挿入して測定が行われた。照射時の原子炉出力は 20 W, 照射時間は 43 分である。この時の制御棒位置は,  $C_1 \sim C_4$  が 348 mm, その他は上限である。

熱中性子束の相対分布測定は, Fig. 7.1 に示すように 1 本の燃料要素に 4 本の銅テープを挿入し、全燃料要素について測定された。照射時の原子炉出力は 20 W, 照射時間は 50 分で、制御棒位置は  $C_1 \sim C_4$  が 349 mm, その他は上限である。中性子源要素の位置は両炉心とも D-2 である。

照射済試料の測定は、金箔は  $\beta - \gamma$  同時計数装置、銅テープは GM 計数装置を用いて行われ、軸方向分布は銅テープの放射能を 5 cm 間隔で測定し求められた。

### 7.2 計算方法

熱中性子束分布の計算は、3群3次元全炉心体系で行った。計算時の制御棒位置及び中性子源要素の位置は、銅テープによる相対分布測定時と同じ条件で、熱出力は 3.5 MW で計算した。

注3

本報告では、 $F_r$  及び  $F_z$  を次のように定義する。

$$F_r = \frac{\text{燃料要素平均の熱中性子束}}{\text{炉心平均の熱中性子束}}, \quad F_z = \frac{\text{燃料要素の最大熱中性子束}}{\text{燃料要素平均の熱中性子束}}$$

### 7.3 測定結果と計算結果の比較

測定値と計算値の比較は、原子炉出力 1 W当たりの熱中性子束で比較した。これは、測定値が 1 W当たりの熱中性子束で報告されているためである。

Table 7.1 に、各燃料要素の 1 W当たりの平均熱中性子束と最大熱中性子束及び熱中性子束のピーキング係数の比較結果を示す。ここに示した熱中性子束の平均値と最大値は、測定値については各燃料要素に挿入された 4 本の銅テープの体積平均の平均熱中性子束と最大熱中性子束をそれぞれ平均した値、計算値については燃料要素体積 ( $8.1 \times 8.1 \times 59.763 \text{ cm}^3$ ) 及び軸方向の各プレーン体積で平均した値である。

Table 7.1 から、熱中性子束の C/E は、各燃料要素位置の平均熱中性子束で 0.924 ~ 0.971、最大熱中性子束で 0.877 ~ 0.941、また、ピーキング係数の C/E は、半径方向ピーキング係数 (Fr) で 0.975 ~ 1.024、軸方向ピーキング係数 (Fz) で 0.934 ~ 0.981、Fr × Fz で 0.927 ~ 0.985 となり、熱中性子束及びピーキング係数の計算値は測定値と良い一致を示した。

Fig. 7.2 ~ 7.4 に水平方向及び軸方向の熱中性子束分布の比較を示す。比較は、水平方向については炉心中心を通る E 行 (X 方向) と 5 列 (Y 方向)、軸方向についてはホットチャンネルである E-5 で行い、以下の方法で測定値及び計算値を平均化した熱中性子束で比較した。

#### (1) E 行 (X 方向) の水平方向熱中性子束分布の比較

##### (イ) 測定値

軸方向で熱中性子束が最大となる燃料芯材下端から 20 cm の所の測定値で Fig. 7.1 に示す銅テープ a と b 及び c と d の 2 つの平均値をその測定点の値とした。従って、比較点の数は 1 本の燃料要素について 2 点、E 行全部で 10 点である。

##### (ロ) 計算値

Fig. 7.1 に示した 2 つの X 方向計算ライン (Y 方向のメッシュ番号で NO 21 と NO 22) 上の計算値を X 方向のメッシュ点毎に平均した値で、軸方向は燃料芯材下端から 17.5 cm の所の値である。計算ラインと測定点の差は 2.5 mm で、燃料中心から見ると計算値の方が外側となっている。

#### (2) 5 列 (Y 方向) の水平方向熱中性子束分布の比較

##### (イ) 測定値

軸方向は E 行と同じ所である。Y 方向は銅テープ a と c 及び b と d の 2 つの平均値をその測定点の値とした。比較点の数は 1 本の燃料要素について 2 点、5 列全部で 8 点である。

##### (ロ) 計算値

Fig. 7.1 に示した 2 つの Y 方向計算ライン (X 方向のメッシュ番号で NO 20 と NO 22) 上の計算値を Y 方向のメッシュ点毎に平均した値を用いた。軸方向は E 行と同じ所である。計算ラインと測定点との差は 1.88 cm で、計算値の方が燃料中心側となっている。

#### (3) E-5 の軸方向熱中性子束分布の比較

##### (イ) 測定値

E-5 に挿入された 4 本の銅テープの軸方向の各測定点の平均値である。比較点の数は 13 点である。

## (口) 計算値

E行及び5列の熱中性子束分布の比較に用いたX方向とY方向の各2つの計算ラインが交わる所の4交点の軸方向分布の平均値である。

以上の平均化を行って比較したX, Y及び軸方向の熱中性子分布は, Fig. 7.2 ~ 7.4 に示したように両者は良い一致を示した。しかし、軸方向分布において制御棒が挿入されている部分に計算値の方が熱中性子束を若干過大評価するような傾向が見られた。この傾向は、制御棒の下端から上方に向って徐々に大きくなり、制御棒が挿入されている領域の中性子束分布を若干平坦化させる傾向となっている。これをピーピング係数の評価の面から考えると、軸方向ピーピング係数を過少評価する方向となるので、軸方向ピーピング係数の測定値と計算値の差が半径方向に比べやゝ大きいのはこのことが原因になっているものと考えられる。

なお、熱中性子束分布の測定誤差として、データ処理に炉心平均のカドミウム比を使用したことによる熱中性子束の誤差がある。この誤差は約1.5%である。<sup>2)</sup>

Table 7.1 Comparison of Peaking Factors for Thermal Neutron Flux at A-Type 16 Fuel Elements Core between Experiment and Calculation (Power : 1 Watt)

Fuel Position	Radius Flux Distribution		Axial Flux Distribution		Fr × Fz
	Average Thermal Neutron Flux ( $10^7 \text{ n/cm}^2/\text{s}$ )	Fr	Maximum Thermal Neutron Flux ( $10^7 \text{ n/cm}^2/\text{s}$ )	Fz	
	Upper Middle Lower	Calculation (C) Experiment (E) (C/E-1) × 100 (%)			
C-4	0.98	0.86	1.54	1.56	1.35
	1.01	0.84	1.67	1.66	1.39
	-2.97	2.38	-7.78	-6.02	-2.88
5	1.12	0.98	1.76	1.57	1.54
	1.17	0.98	1.91	1.63	1.60
	-4.27	0.00	-7.85	-3.68	-3.75
6	0.99	0.97	1.54	1.56	1.35
	1.02	0.85	1.65	1.63	1.39
	-2.94	2.35	-6.67	-4.29	-2.88
D-3	0.94	0.82	1.43	1.52	1.25
	0.99	0.83	1.56	1.58	1.31
	-5.05	-1.20	-8.33	-3.80	-4.58
4	1.32	1.16	2.01	1.52	1.77
	1.41	1.18	2.28	1.62	1.91
	-6.38	-1.69	-11.84	-6.17	-7.33
5	1.49	1.31	2.30	1.54	2.02
	1.55	1.29	2.46	1.59	2.05
	-3.87	1.55	-6.50	-3.14	-1.46
6	1.33	1.17	2.03	1.52	1.78
	1.40	1.17	2.21	1.58	1.85
	-5.00	0.00	-8.14	-3.80	-3.78
-7	0.95	0.84	1.44	1.51	1.26
	0.99	0.83	1.53	1.54	1.28
	-4.04	1.20	-5.88	-1.95	-1.56
E-3	0.94	0.83	1.43	1.51	1.26
	1.00	0.83	1.58	1.59	1.32
	-6.00	0.00	-9.49	-5.03	-4.55
-4	1.33	1.17	2.02	1.52	1.78
	1.44	1.20	2.27	1.58	1.90
	-7.64	-2.50	-11.01	-3.80	-6.32
-5	1.50	1.32	2.30	1.54	2.03
	1.62	1.35	2.57	1.59	2.15
	-7.41	-2.22	-10.51	-3.14	-5.58
-6	1.34	1.17	2.03	1.52	1.79
	1.39	1.16	2.23	1.60	1.86
	-3.60	0.86	-8.97	-5.00	-3.76
-7	0.95	0.84	1.44	1.51	1.27
	0.98	0.82	1.56	1.58	1.30
	-3.06	2.44	-7.69	-4.43	-2.31
F-4	0.96	0.84	1.49	1.55	1.31
	1.02	0.85	1.70	1.66	1.41
	-5.88	-1.18	-12.35	-6.63	-7.09
-5	1.10	0.96	1.71	1.56	1.50
	1.17	0.98	1.88	1.61	1.58
	-5.98	-2.05	-9.04	-3.11	-5.06
-6	0.96	0.84	1.50	1.56	1.31
	1.03	0.86	1.66	1.61	1.38
	-6.80	-2.33	-9.64	-3.11	-5.07
Core Average	1.14 1.20 -5.00	1.00 1.00 —	— — —	— — —	— — —

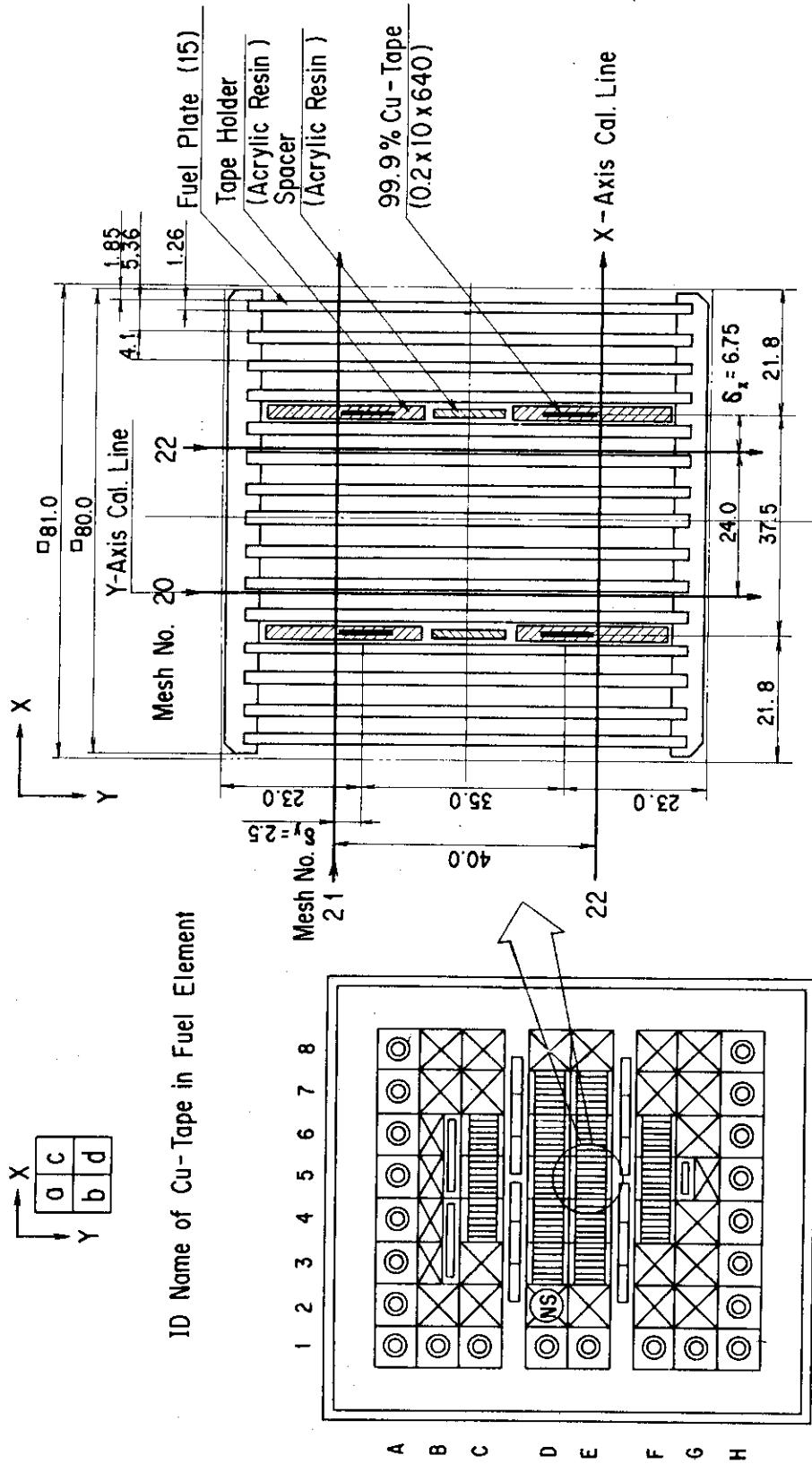


Fig. 7.1 Arrangement of Copper-tape in the Fuel Element for Thermal Neutron Flux Measurement and Calculation Lines of X and Y Axis for Comparison

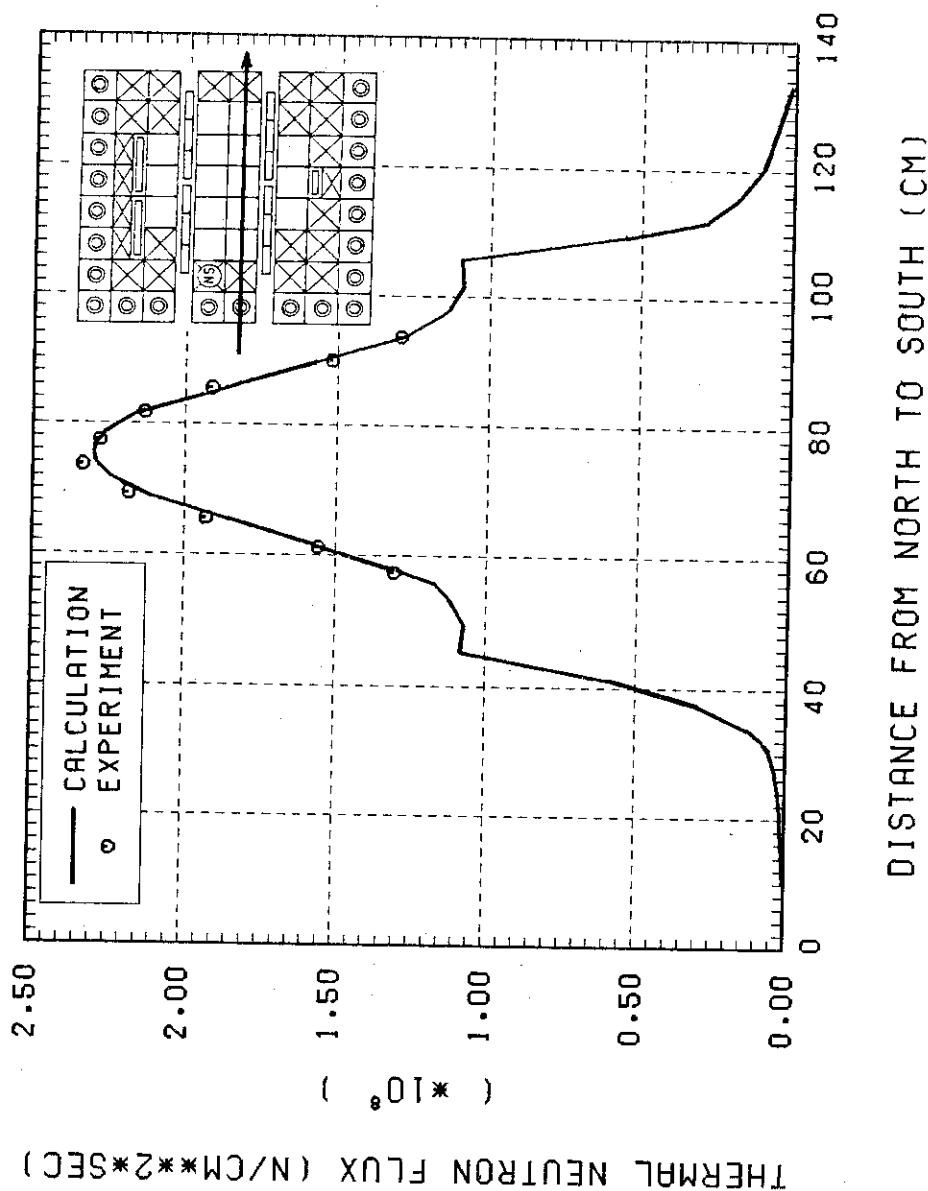


Fig. 7.2 Comparison of Thermal Neutron Flux Distributions in E-Row between Experiment and Calculation  
(Power : 1 Watt)

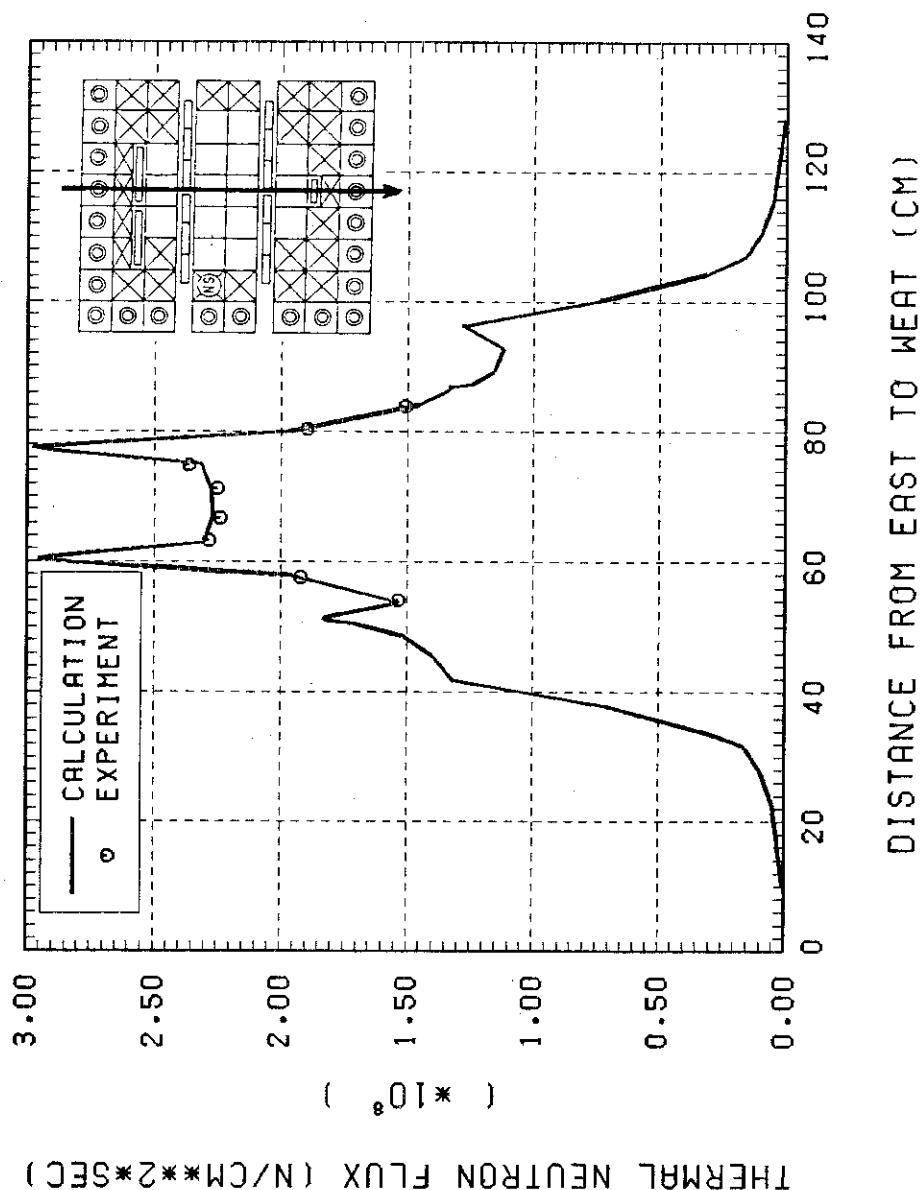


Fig. 7.3 Comparison of Thermal Neutron Flux Distributions in Column-5 between Experiment and Calculation  
(Power : 1 Watt)

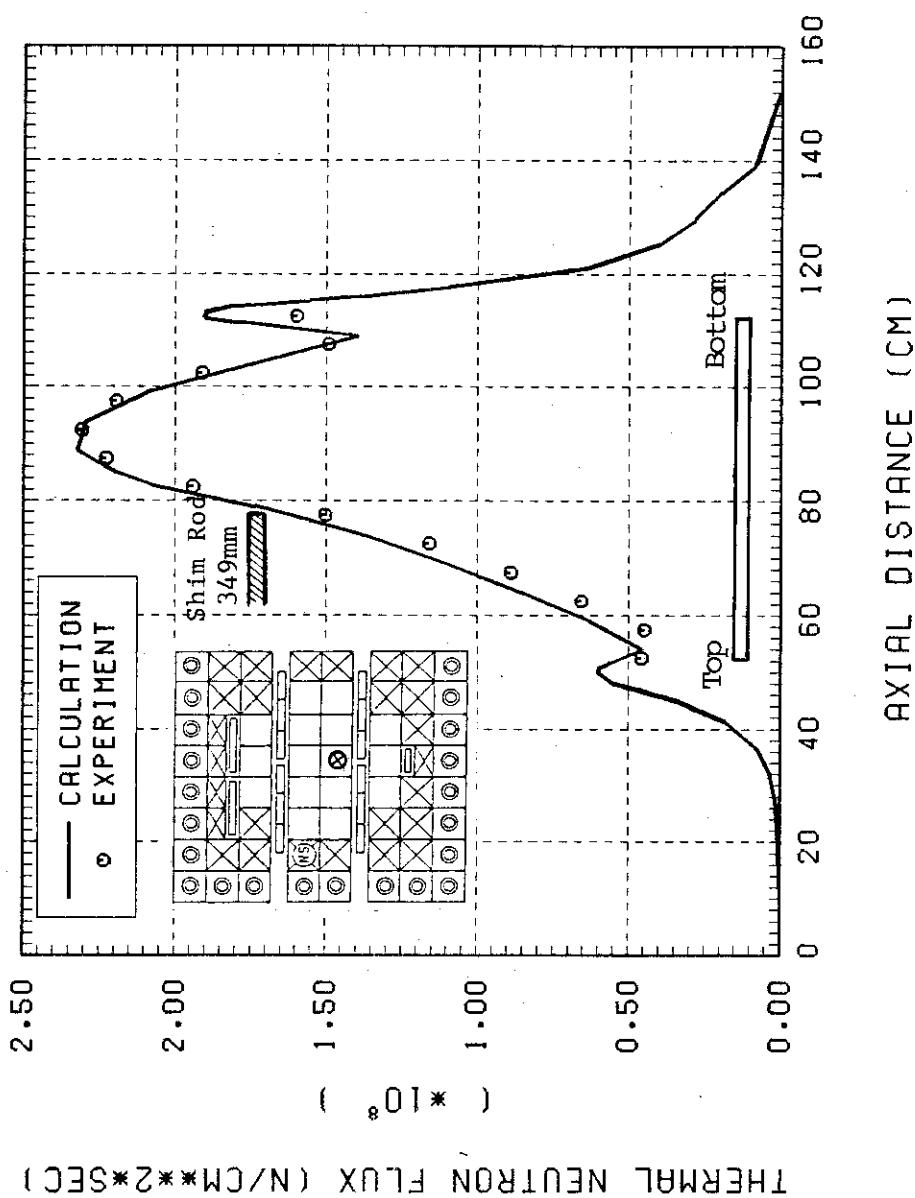


Fig. 7.4 Comparison of Thermal Neutron Flux Distributions in E-5 between Experiment and Calculation  
(Power : 1 Watt)

## 8. ポイド係数

A型16本燃料炉心について行ったポイド係数のベンチマーク計算について述べる。測定値との比較はポイドによる反応度変化量とポイド係数で比較した。

### 8.1 測定方法

ポイドによる反応度変化量の測定は、Fig. 8.1に示したポイドボックス5個を同じく同図に示したように燃料板と燃料板の間に取り付け、その燃料要素を16本燃料炉心のE-5, 6, 7及びF-5, 6に順次挿入し、ポイドボックス上部に接続されたビニールホースから圧縮空気( $1.5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{G}$ )を送り込みポイドを発生させることによって測定された。このポイドボックス5個のポイド体積は $176.3 \text{ cm}^3$ で、燃料要素当りのポイド率は6.609 v/oである。このポイド率は、単位燃料要素セルの体積を $3921.05 \text{ cm}^3 (8.1 \times 8.1 \times 59.763 \text{ cm})$ 、燃料セル内の減速材の割合を68.015 %とした時の値である。次に反応度変化量の測定手順を示す。

- (1) 未臨界の状態でポイドボックス内に空気を供給しポイドを形成する。
- (2) 原子炉を10W臨界にし制御棒位置を確認する。
- (3) ポイドボックス内の空気を抜き、ポイドボックス内を減速材と置換することによって炉に正の反応度を印加する。
- (4) Positive-Period法でポイドによる反応度変化量を測定する。
- (5) 測定が終了したら10W臨界にし、ポイドが減速材で置換された時の制御棒位置を確認し炉を停止する。
- (6) (1)～(5)の手順を繰り返し他の格子位置での反応度変化量を測定する。

また、炉心内燃料芯材領域の減速材にポイドが一様に分布している場合のポイド係数は、上記の手順で測定されたE-5, 6, 7及びF-5, 6の格子位置での反応度変化量が炉心中心を通るX及びY軸に対し対称であると仮定して炉心全体の反応度変化量を求め、それを炉心内燃料芯材領域の減速材のポイド率(6.609 v/o)で除し求められた。反応度変化量が測定された格子位置と対称関係にある格子位置は次のとおりである。

E-5 : D-5

E-6 : D-4, 6 E-4

E-7 : D-3, 7 E-3

F-5 : C-5

F-6 : C-4, 6 F-4

なお、測定時の制御棒位置はC<sub>2</sub>～C<sub>4</sub>が335 mm, C<sub>5</sub>及びB<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>は上限で、C<sub>1</sub>によって反応度の補償がなされた。中性子源要素位置はD-2である。

## 8.2 計算方法

ボイドによる反応度変化量及びボイド係数の計算は、各々について2次元と3次元体系で計算した。2次元計算では、体系の  $k_{\text{eff}}$  がその炉心の過剰反応度を示すような軸方向バックリング ( $(Bz)^2 = 1.63 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ ) と臨界状態を示す軸方向バックリング ( $(Bz)^2 = 2.96776 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ ) の2つの場合について計算し、バックリングによる違いを検討した。

計算は、ボイドを伴った燃料要素の群定数作成と炉心計算の2つのステップに分けて行った。

群定数作成は、燃料要素セル内に含まれる減速材の個数密度をボイド率に応じて減少させ、4.3.1に示した新燃料要素の群定数作成と同じ方法によって作成した。Table 8.1に計算に使用した減速材の個数密度を示す。表の中で、「 $\text{H}_2\text{O} + \text{Al}$ 」は、減速材と側板の内側にある燃料被覆材との均質化領域のものである。作成した群定数は、ボイド率が 1.0 v/o と 6.609 v/o の2種類で、前者は炉心全体の均一ボイド係数計算に、後者は各格子位置における反応度変化量の計算に用いた。

反応度変化量の計算は、まず、ボイドのない燃料要素の群定数を用いて16本燃料炉の炉心計算を行い基準炉心の  $k_{\text{eff}}$  を求め、次に反応度変化量を求ようとする格子位置の群定数をボイドを伴った燃料要素のものと交換し  $k_{\text{eff}}$  を求める。そして、その  $k_{\text{eff}}$  と基準炉心の  $k_{\text{eff}}$  からボイドによる反応度変化量を求めた。

また、ボイド係数の計算は、実験で行われたと同じ方法、つまり、炉心全体の反応度変化量を炉心の対称性を考慮し求め、それをボイド率で除し求める方法 (Case-1) と、燃料要素内の減速材のボイド率を 1.0 v/o とし、この時の  $k_{\text{eff}}$  と基準炉心の  $k_{\text{eff}}$  の差から求める方法 (Case-2) の2つの方法によってボイド係数を求めた。

なお、LEU 炉心の核設計に用いた方法は、2次元体系で臨界状態を示すバックリングを用い Case-2 の方法で行った。

## 8.3 測定結果と計算結果の比較

Table 8.2 に各格子位置における反応度変化量の測定結果を、Table 8.3 に同じ条件の時の2次元及び3次元計算の結果を示す。

Table 8.2 から、測定法による反応度変化量の違いを比較すると、Positive-Period 法による測定結果の方が制御棒位置の差から求めた方法より約 11~30% 小さい値となっている。これは、ボイドボックス中の空気を減速材と置換する際、一度に置換しなかったためと考えられる。このことは、当時のペリオド計の記録によって確認された。従って、ここでは、ベンチマーク計算の対象として置換速度に影響されない制御棒位置の差から求めた反応度変化量を対象とし、検討を進める。

Table 8.4 に炉心全体の均一ボイドによるボイド係数の計算結果を、Table 8.5 と 8.6 に反応度変化量とボイド係数の測定値と計算値の比較を示す。

Table 8.5 から、反応度変化量の C/E は、3次元計算で 0.914 ~ 1.017、一方、2次元計算では  $(Bz)^2 = 2.967 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 1.058 ~ 1.148、 $(Bz)^2 = 1.63 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-2}$  の時 0.731 ~

0.791 となり、3次元計算の結果は約2%～9%の差で測定値と良い一致を示した。しかし、2次元計算の場合はそのバックリングにもよるが最大15%から27%程度の差が見られた。この原因として考えられることは、2次元計算の場合、燃料芯材高さは軸方向バックリングで与えられる炉心高さと同じと見なされ、計算時の燃料芯材高さは実際のものと異ったものとなる。このため、実際の燃料芯材高さの範囲内にしかボイドは存在しないとした頭初の想定は崩れ、計算時にはバックリングで与えられる炉心高さ全体にまで存在することになり、頭初想定したボイド率は異ったものになる。このことがその原因と考えられた。Table 8.5の下段の値はこのバックリングによる効果を補正したものである。補正後のC/Eは、 $(Bz)^2 = 2.967 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 0.965～1.091,  $(Bz)^2 = 1.630 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 0.956～1.026 となり、いづれのバックリングの場合でも測定値と良い一致を示した。のことから、上記の考察は妥当と考えられる。

また、Table 8.6 から、ボイド係数のC/Eは、3次元計算ではCase-1の場合 0.987, Case-2の場合 0.943 となりいづれも測定値と良い一致を示している。一方、2次元計算の場合は  $(Bz)^2 = 2.967 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 Case-1 で 1.110, Case-2 で 1.057, また  $(Bz)^2 = 1.63 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 Case-1 で 0.748, Case-2 で 0.704 となり、バックリング補正前のC/Eは反応度変化量の傾向と同じ傾向となった。しかし、バックリング補正後のC/Eは、Case-1 で 1.072 と 0.975, Case-2 で 1.019 と 0.918 となり、いづれの場合も7～8%の差で測定値と一致する結果が得られた。

以上から、2次元計算で、しかもボイドが燃料芯材領域に限定される場合のボイド係数の計算を行う場合、ボイド率と軸方向バックリングの関係に留意し計算を行う必要があると言える。

なお、ボイドによる反応度変化量の測定誤差は、第5章で検討した誤差要因から最大で約0.027%  $4k/k$  程度と考えられる。

Table 8.1 Atomic Number Densities of the Moderator  
Depending on the Void Rates for the  
Mixtures in the Fuel Element Cell

(unit:  $10^{-2}$  n/barn/cm $^3$ )

Void Rate (% void)	Mixture			
	$H_2O$		$H_2O+Al$	
	H	O	H	O
0.0	6.6634	3.3317	5.0970	2.5485
1.0	6.5968	3.2984	5.0461	2.5230
6.609	6.2230	3.1115	4.7602	2.3801

Table 8.2 Experiment Results of Reactivity Change by Void

Position of the Fuel Ele- ment with Void Box *)	by Control Rod Position**)			by Doubling Time		
	Shim Rod ( $C_1$ ) Position (mm)	Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )		Doubling Time (sec)	Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )	Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )
		no Void	Void			
E-5	347	366	-0.197	19.4	-0.178	
E-6	343	359	-0.173	24.6	-0.154	
E-7	338	347	-0.104	57.3	-0.086	
F-5	338	348	-0.115	51.6	-0.093	
F-6	337	345	-0.093	72.3	-0.072	

\*) Void Rate: 6.609% void/Element  
\*\*) Other Rod Position:  $C_2-C_4; 3335, C_5; 653$

Table 8.3 Calculation Results of Reactivity Change by 6.6% Void

Position of the Fuel Ele- ment with Void Box	2-D Calculation			3-D Calculation	
	$Bz^2 = 2.96776 \times 10^{-3}$	$Bz^2 = 1.63 \times 10^{-3}$	$k_{eff}$	Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )	$k_{eff}$
no void box	1.00000	0.0	1.06786	0.0	0.99566
E-5	0.99777	-0.223	1.06622	-0.144	0.99369
E-6	0.99807	-0.193	1.06640	-0.128	0.99391
E-7	0.99890	-0.110	1.06698	-0.077	0.99462
F-5	0.99868	-0.132	1.06683	-0.091	0.99457
F-6	0.99897	-0.103	1.06705	-0.071	0.99481

Void Rate: 6.609% void/Element

Table 8.4 Calculation Results of Reactivity Change and Void Coefficient  
by 1.0 v/o Uniform Void

Geometry	Axial Buckling ( $10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ )	Void Rate (v/o)	$k_{eff}$	Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )	Void Coefficient (% $\Delta k/k$ )
2-D	$2.96776$	0.0	1.00000	0.0	-0.336
	1.63	1.0	0.99665	-0.336	-0.336
3-D	—	0.0	0.99584	0.0	-0.224
	—	1.0	0.99287	-0.300	-0.300

Table 8.5 Comparison of Reactivity Changes by 6.6 v/o Void between Experiment and Calculation

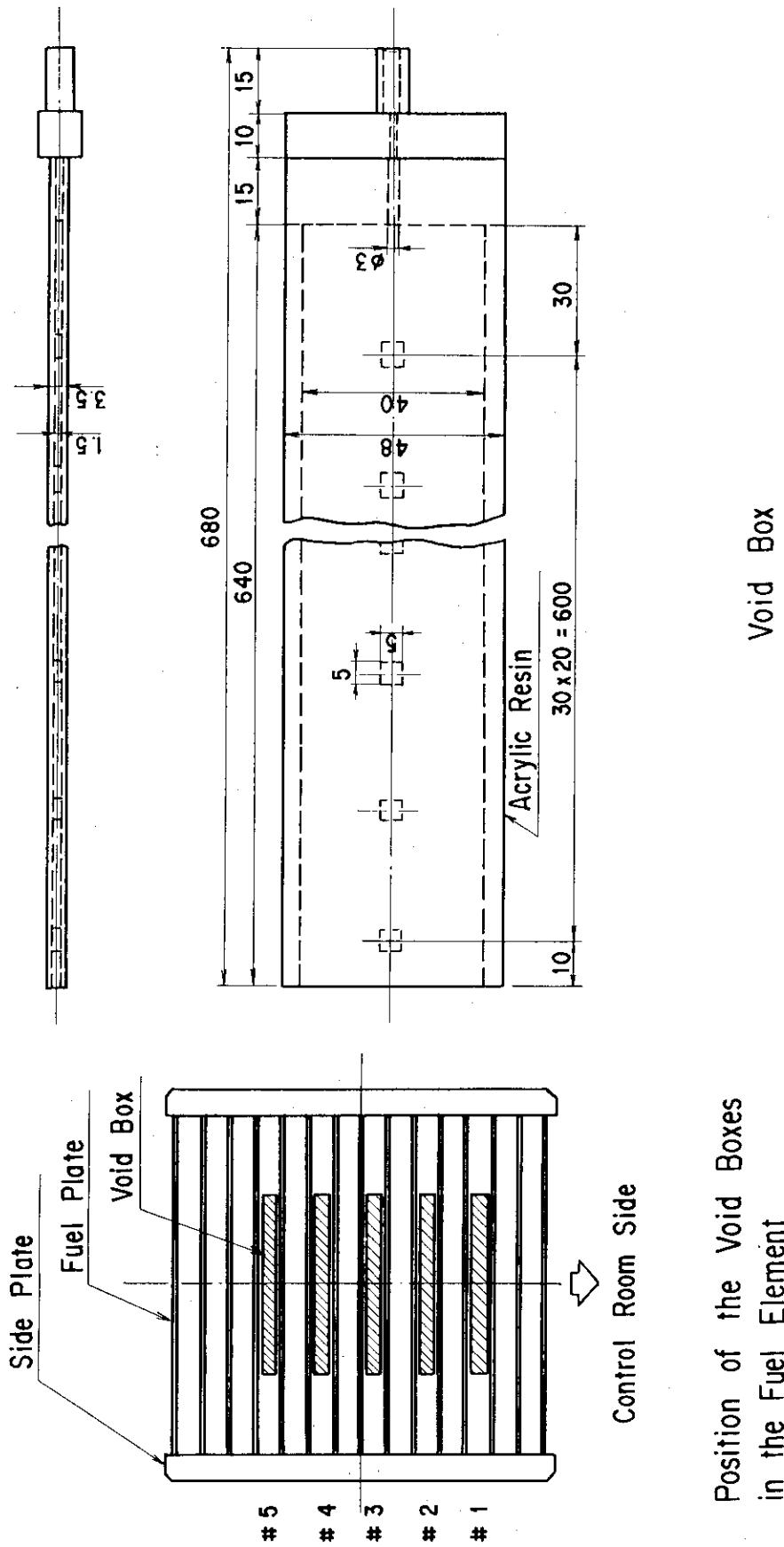
Unit :  $|\frac{\Delta k}{k}|$   
 Upper: Calculation Value  
 Lower: after Buckling Correction  
 ( ) : C/E

Position	Experiment	2-D Calculation		3-D Calculation
		$B_z^2 = 2.967 \times 10^{-3}$	$B_z^2 = 1.63 \times 10^{-3}$	
E-5	0.197	0.223 (1.132) 0.215 (1.091)	0.144 (0.731) 0.188 (0.954)	0.198 (1.005)
	0.173	0.193 (1.116) 0.186 (1.075)	0.128 (0.740) 0.167 (0.965)	0.176 (1.017)
E-7	0.104	0.110 (1.058) 0.106 (1.019)	0.077 (0.740) 0.100 (0.962)	0.104 (1.000)
	0.115	0.132 (1.148) 0.111 (0.965)	0.091 (0.791) 0.118 (1.026)	0.109 (0.948)
F-5	0.093	0.103 (1.107) 0.090 (0.968)	0.071 (0.763) 0.092 (0.989)	0.085 (0.914)

Table 8.6 Comparison of Void Coefficient between Experiment and Calculations

Unit :  $|\frac{\Delta k}{k}/\% \text{ void}|$   
 Upper: Calculation Value  
 Lower: after Buckling Correction  
 ( ) : C/E

Case	Experiment	2-D Calculation		3-D Calculation
		$B_z^2 = 2.96776 \times 10^{-3}$	$B_z^2 = 1.63 \times 10^{-3}$	
Case-1	0.318	0.353 (1.110) 0.341 (1.072)	0.238 (0.748) 0.310 (0.975)	0.314 (0.987)
	0.324	0.336 (1.057) 0.324 (1.019)	0.224 (0.704) 0.292 (0.918)	0.300 (0.943)
Case-2				



## 9. 温 度 係 数

A型16本燃料炉心について行った温度係数のベンチマーク計算について述べる。測定値との比較は、炉心温度を均一に変化させた場合の反応度変化及び温度係数で比較した。また、燃料領域、反射体領域及び燃料要素内の減速材のみを別々に温度変化させた場合の反応度変化についても計算し、それらと炉心温度を均一に変化させた場合の反応度変化との関連についても検討した。

### 9.1 測定方法

温度係数は、炉心温度を強制的に変化させ、温度変化に対する反応度変化の割合を制御棒位置の差から求める方法で測定された。

炉心の温度上昇は、2次冷却水を蒸気で加熱し、熱交換器を通して1次冷却水温度を上昇させるという方法によって行われた。

実験では、温度上昇時と下降時の両方について温度係数の測定が行われているが、ここでは、測定温度範囲が広い温度上昇時の測定結果をベンチマーク計算の対象とした。

実験時の温度範囲は19.7°Cから41.4°Cで、その温度差は21.7°Cである。炉心温度は、炉心直上、真下の温度計TRA-2-1とTRA-2-2及び炉心格子位置E-1に熱電対を取付けた格子栓要素を挿入し測定された。これらの温度計の取付位置は、TRA-2-1が炉心中心から上方に600mm、TRA-2-2が格子板の下で炉心中心から下方に617.5mmの所、また、格子栓要素に取付けられた熱電対は炉心中心から上方に380mmの所である。温度係数を算出する時の炉心温度は、これらの温度計による平均温度が用いられた。

実験時の1次冷却水流量は4.2 m<sup>3</sup>/min、2次冷却水流量は6.0～7.8 m<sup>3</sup>/minで、炉心の温度上昇速度は約4°C/hrであった。この温度上昇速度における各温度測定位置での温度差は、TRA-2-1と2-2では最大0.3°C、TRA-2-1と格子栓要素上方の熱電対では最大0.8°Cであった。

温度変化に伴う反応度変化量は、自動運転中の微調整棒(C<sub>5</sub>)の位置の変化から求められた。反応度変化量を求めるために使用された制御棒価値の積分曲線は、第6章でベンチマークの対象としたC<sub>5</sub>のものである。

測定時の原子炉出力は93W、制御棒位置はC<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>が343mm、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>は上限、C<sub>5</sub>は測定開始時が118mm、終了時が381mmであった。中性子源要素の位置はD-2である。

### 9.2 計算方法

炉心及び燃料領域、反射体領域、燃料要素内減速材の各領域の温度係数は、炉心及び各領域の温度変化に対する反応度変化の計算を行い、得られた結果を用いて温度変化に対する反応度変化的近似式を最小二乗法で求め、さらにその近似式を温度で微分することによって求めた。計算温度は300, 325, 350Kについて行い、300Kを基準温度とした。

計算は、炉心及び燃料要素内減速材（以下「減速材」という。）温度係数については2次元と3次元、その他は2次元体系で計算した。2次元計算の場合は、ボイド係数のベンチマーク計算で行ったと同じように2種類の軸方向バックリングで計算し、3次元計算の結果と比較した。エネルギー群数は全て3群である。3次元計算時の制御棒位置は、C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>が343 mm, C<sub>5</sub>が193 mm B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>は上限で中性子源要素位置はD-2である。なお、熱電対を取り付けるために挿入した格子栓要素は挿入されていないものとした。

炉心全体、燃料領域、反射体領域及び減速材の温度変化に対する反応度変化の計算は、以下に示す方法で行った。群定数作成に用いた減速材の個数密度変化をTable 9.1に示す。なお、炉心構成要素に含まれている減速材については、表に示した個数密度の温度変化の割合と同じ割合で変化させた。

#### (1) 炉心全体の温度変化に対する反応度変化

炉心タンク外側のプール水と制御棒以外の全炉心構成要素の温度を変化させ、基準温度からの反応度変化量を求めた。プール水温度を一定としたのは、炉心とプールは炉心タンクによって隔離されており、さらにプール水は1次冷却水の約25倍もの容量があるため、その温度変化は無視し得ると考えられたためである。また、制御棒の温度を変化させなかつたのは、この程度の温度変化では対数微分定数に大きな変化はないと考えられたためである。

#### (2) 燃料領域の温度変化に対する反応度変化

燃料要素の温度だけを変化させ、基準温度からの反応度変化量を求めた。

#### (3) 反射体領域の温度変化に対する反応度変化

燃料要素、プール水、制御棒以外の炉心構成要素の温度を変化させ、基準温度からの反応度変化量を求めた。

#### (4) 減速材温度変化に対する反応度変化

燃料要素内に含まれる減速材だけの温度を変化させ、基準温度からの反応度変化量を求めた。これらの温度変化に対する反応度変化の近似式は、300, 325, 350 Kの結果及びこれらを作図しそのグラフ上から求めた2つの内挿点(313.15 K, 338.15 K)のデータを用い最小二乗法で求めた。

### 9.3 測定結果と計算結果の比較

Fig. 9.1に炉心温度変化に対する反応度変化の測定結果を示す。図から、反応度変化は、約35°C附近まではほど直線的に変化し、それ以上になると反応度変化割合は若干大きくなる傾向を示している。図に示した実線は、最小二乗法で求めた反応度変化の近似式を示したものである。

Table 9.2及びFig. 9.2～9.5に炉心全体及び各領域の反応度変化の計算結果を示す。Fig. 9.2と9.3は、2次元計算で計算した炉心全体の反応度変化と各領域の反応度変化を示したもので、Fig. 9.2が(Bz)<sup>2</sup> = 2.967 × 10<sup>-3</sup> cm<sup>-2</sup>, Fig. 9.3が(Bz)<sup>2</sup> = 1.63 × 10<sup>-3</sup> cm<sup>-2</sup>の時のものである。この結果から、炉心を燃料領域と反射体領域の2領域に分けた場合の各領域の温度上昇に対する反応度係数は、燃料領域は負、反射体領域は正となる。そして、炉心全体の反応度係数は、燃料領域と反射体領域の反応度係数の和となり、燃料領域の負の効果が大きいため負の反応

度係数を持つことが確認された。そしてまた、燃料領域と減速材の反応度変化の比較から、この炉心に対するドップラ効果の寄与は、燃料領域の反応度変化に対して高々 1 %程度しかないことが確認された。

Fig. 9.4 は、炉心全体の反応度変化の計算値と測定値を比較したもので、測定値に対する計算値の差は 3 次元計算で約 20 %、2 次元計算で  $(Bz)^2 = 2.967 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時約 14 %、 $(Bz)^2 = 1.63 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時約 -15 % の差となり、バックリングがその炉心の過剰反応度を与えるような場合には他の場合と比べ測定値に対し逆の傾向を示す。これは、この体系の大きさが臨界体系より大きく、そのため中性子の漏れが少なくなり、結果的に負の反応度が過少評価されるためであると考えられる。また、Fig. 9.5 は、2 次元と 3 次元計算による減速材の反応度変化を比較したもので、この結果も炉心全体の反応度変化と同様の傾向となっている。従って、これらの結果から、3 次元計算と同じような反応度変化を 2 次元計算で得るためには、その体系の  $k_{\text{eff}}$  が臨界状態を示すような軸方向バックリングを使用して計算しなければならないということが言える。

Table 9.3 に、炉心及び各領域の反応度変化と温度係数の近似式を示す。反応度変化の近似式の基準温度は、測定値が 20.2 °C、計算値は 26.85 °C である。

Table 9.4 と Fig. 9.6 に炉心全体の温度係数の計算値と測定値の比較を示す。比較に用いた温度係数は近似式から求めた値を使用した。その結果、26.85 °C における C/E は、3 次元計算が 1.112、2 次元計算は  $(Bz)^2$  が  $2.967 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 1.025、また、測定温度の上限に近い 40 °C ではそれぞれ 1.266 と 1.213 となり、温度が高くなるに従って測定値と計算値の差は大きくなっている。これは、測定値の近似式が反応度変化が比較的直線的な 19.7 °C ~ 41.4 °C の測定データを基として作成されているのに対し、計算値の近似式はより反応度変化率が大きい 350 K (76.85 °C) のデータも含めて作成されているためと考えられる。

Table 9.1 Atomic Number Densities of Moderator  
depending on the Temperature for  
Mixtures in Fuel Element Cell

(unit:  $10^{-2} n/\text{barn}/\text{cm}^3$ )

Temperature (°C)	Mixture			
	$\text{H}_2\text{O}$		$\text{H}_2\text{O+Al}$	
	H	O	H	O
26.85	6.6634	3.3317	5.0970	2.5485
51.85	6.6005	3.3003	5.0489	2.5245
76.85	6.5104	3.2552	4.9800	2.4900

Table 9.2 Calculation Results of Reactivity Change depending on Temperature

Item	Geometry	Axial Buckling ( $10^{-3} \text{cm}^{-2}$ )	Temperature (°C)	$k_{\text{eff}}$	Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )
Whole Core Temperature Change	2-D	2.96776	26.85	1.00000	0.0
			51.85	0.99494	-0.509
			76.85	0.98804	-1.211
	2-D	1.63	26.85	1.06786	0.0
			51.85	1.06402	-0.338
			76.85	1.05866	-0.814
	3-D	—	26.85	0.99584	0.0
			51.85	0.99057	-0.535
			76.85	0.98376	-1.233
Moderator Temperature Change	2-D	2.96776	26.85	1.00000	0.0
			51.85	0.99390	-0.614
			76.85	0.98615	-1.404
	2-D	1.63	26.85	1.06786	0.0
			51.85	1.06257	-0.467
			76.85	1.05594	-1.057
	3-D	—	26.85	0.99584	0.0
			51.85	0.98956	-0.638
			76.85	0.98181	-1.435
Fuel Zone Temperature Change	2-D	2.96776	26.85	1.00000	0.0
			51.85	0.99380	-0.624
			76.85	0.98605	-1.415
	2-D	1.63	26.85	1.06786	0.0
			51.85	1.06246	-0.476
			76.85	1.05583	-1.067
Reflector Zone Temperature Change	2-D	2.96776	26.85	1.00000	0.0
			51.85	1.00112	0.112
			76.85	1.00192	0.191
	2-D	1.63	26.85	1.06786	0.0
			51.85	1.06941	0.136
			76.85	1.07061	0.240

Table 9.3 Approximations of Reactivity Change and Temperature Coefficient depending on Temperature

Item	Geome-try	Axial Buckling ( $10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ )	Approximation of the Reactivity Change (% $\Delta k/k$ )	Approximation of the Temperature Coefficient (% $\Delta k/k/\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
Exp.	—	—	$-\rho = -0.300 + 0.0145T + 0.0000301T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0145 + 0.0000602T$
Whole Core Temperature Change	3-D	—	$-\rho = -0.380 + 0.0107T + 0.0001338T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0107 + 0.0002676T$
	2-D	2.96776	$-\rho = -0.329 + 0.0083T + 0.0001528T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0083 + 0.0003056T$
	1.63	—	$-\rho = -0.212 + 0.0051T + 0.0001071T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0051 + 0.0002142T$
Moderator Temperature Change	3-D	—	$-\rho = -0.520 + 0.0162T + 0.0001209T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0162 + 0.0002418T$
	2-D	2.96776	$-\rho = -0.475 + 0.0141T + 0.0001346T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0141 + 0.0002692T$
	1.63	—	$-\rho = -0.370 + 0.0113T + 0.0000953T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0113 + 0.0001906T$
Fuel Zone Temperature Change	2-D	2.96776	$-\rho = -0.489 + 0.0148T + 0.0001300T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0148 + 0.0002600T$
	1.63	—	$-\rho = -0.384 + 0.0119T + 0.0000902T^2$	$-\Delta\rho/\Delta T = 0.0119 + 0.0001804T$
	—	—	—	—
Reflector Zone Temperature Change	2-D	2.96776	$\rho = -0.157 + 0.0065T - 0.0000260T^2$	$\Delta\rho/\Delta T = 0.0065 - 0.0000520T$
	1.63	—	$\rho = -0.178 + 0.0072T - 0.0000237T^2$	$\Delta\rho/\Delta T = 0.0072 - 0.0000474T$

Note: T---Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

Table 9.4 Comparison of Temperature Coefficients between Experiment and Calculations

Item	Geome-try	Axial Buckling ( $10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ )	Temperature Coefficient ( $ \% \Delta k/k/\text{ }^{\circ}\text{C} $ )			
			26.85 $^{\circ}\text{C}$	C/E	40.0 $^{\circ}\text{C}$	C/E
Experiment	—	—	0.0161	—	0.0169	—
	3-D	—	0.0179	1.112	0.0214	1.266
Calculation	2-D	2.96776	0.0165	1.025	0.0205	1.213
	2-D	1.63	0.0109	0.677	0.0137	0.811

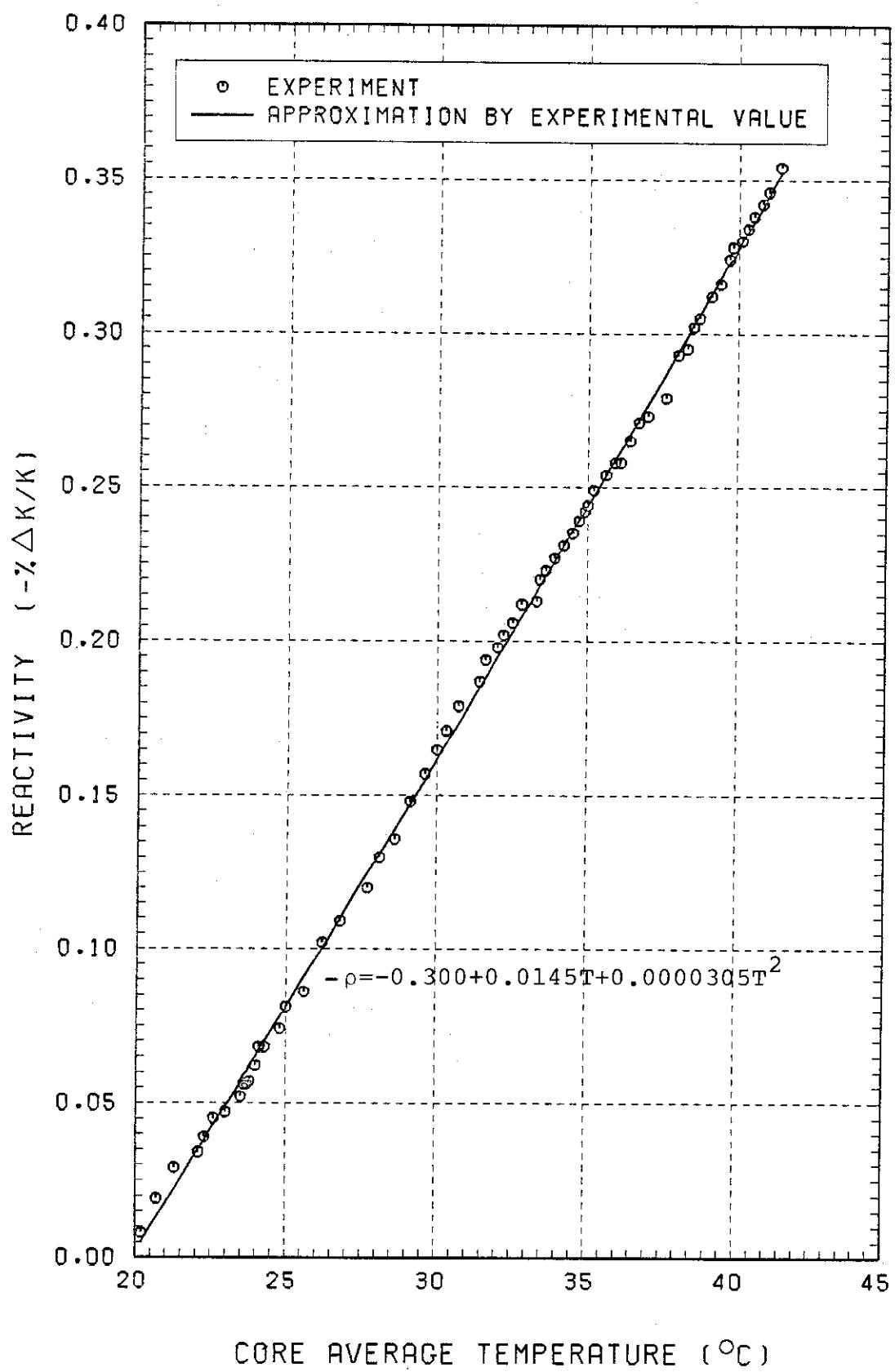


Fig. 9.1 Experimental Results of Reactivity Change depending on Whole Core Temperature Change

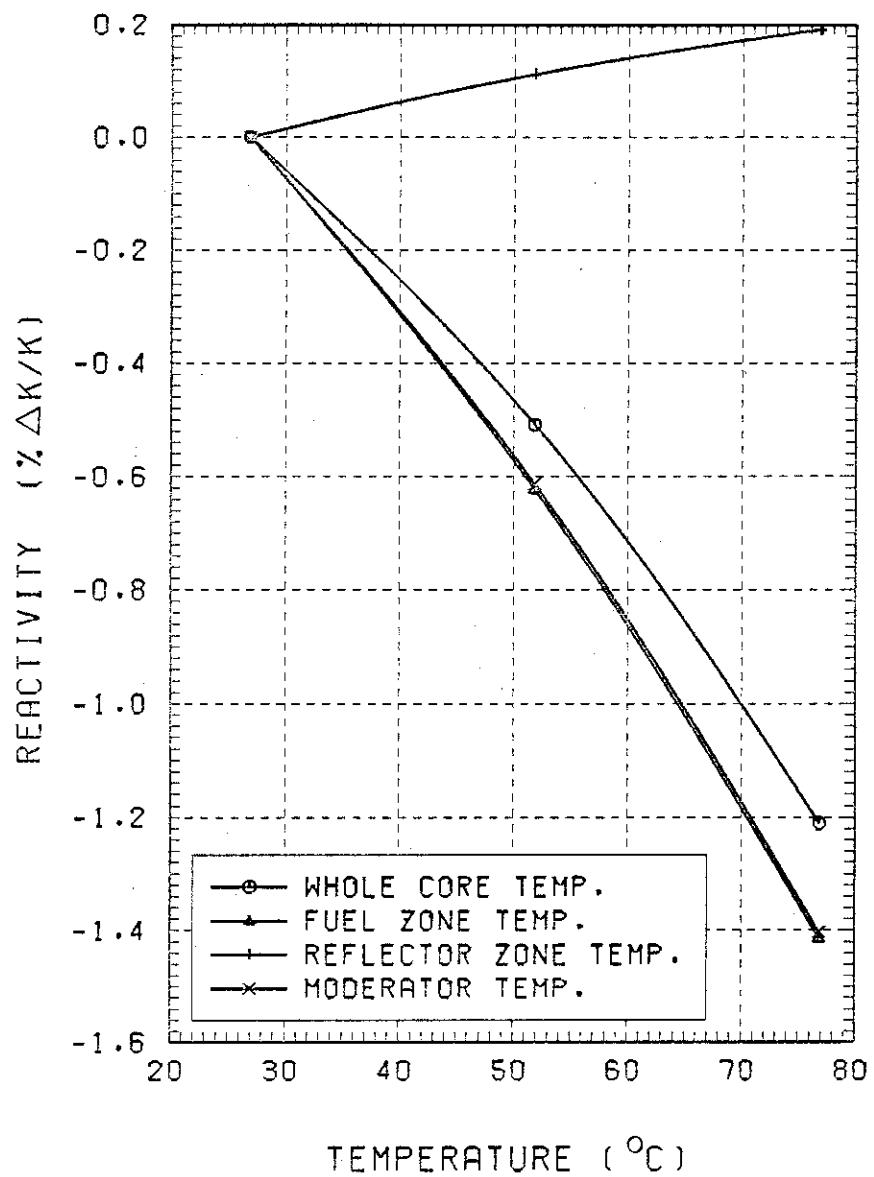


Fig. 9.2 Reactivity Changes depending on Temperature  
for Whole Core, Fuel Zone, Reflector Zone  
and Moderator by 2-D Calculation  
 $((B_z)^2 = 2.967 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2})$

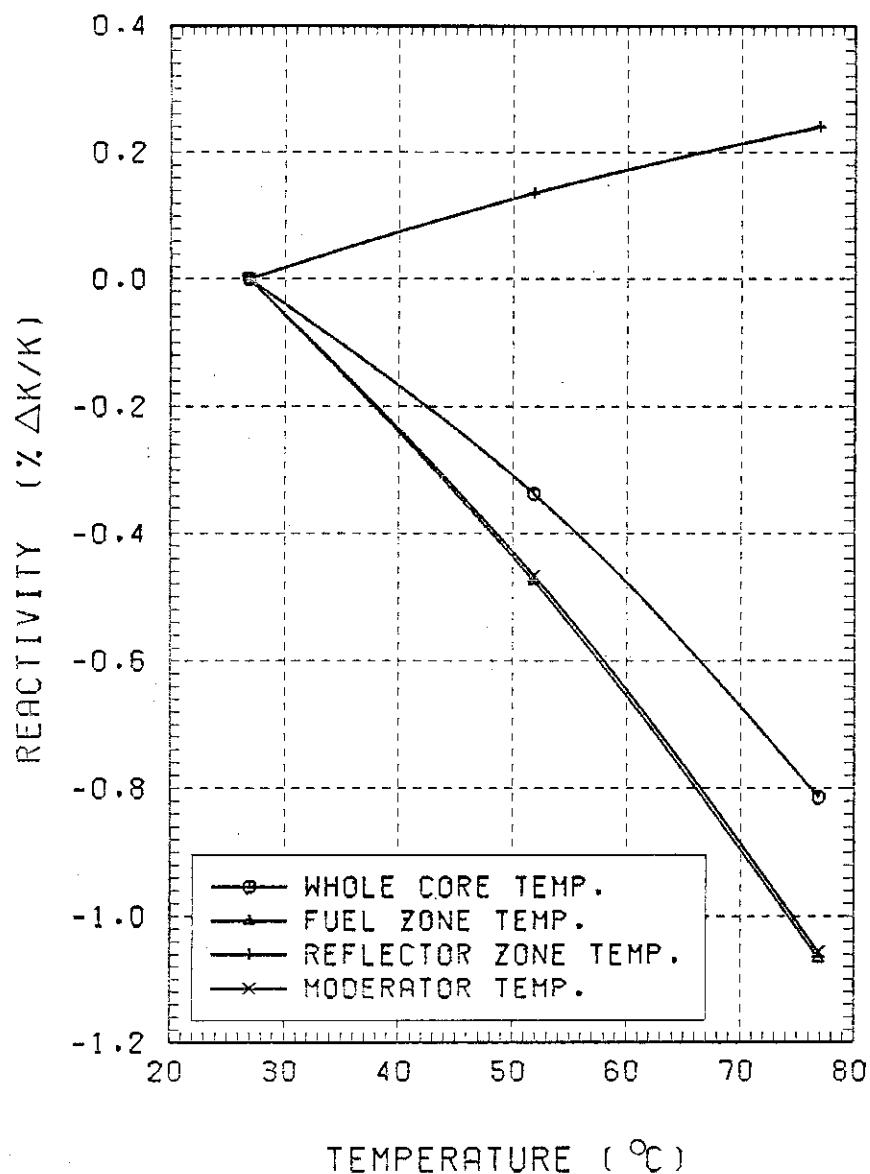


Fig. 9.3 Reactivity Changes depending on Temperature  
for Whole Core, Fuel Zone, Reflector Zone  
and Moderator by 2-D Calculation  
 $((B_z)^2 = 1.63 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2})$

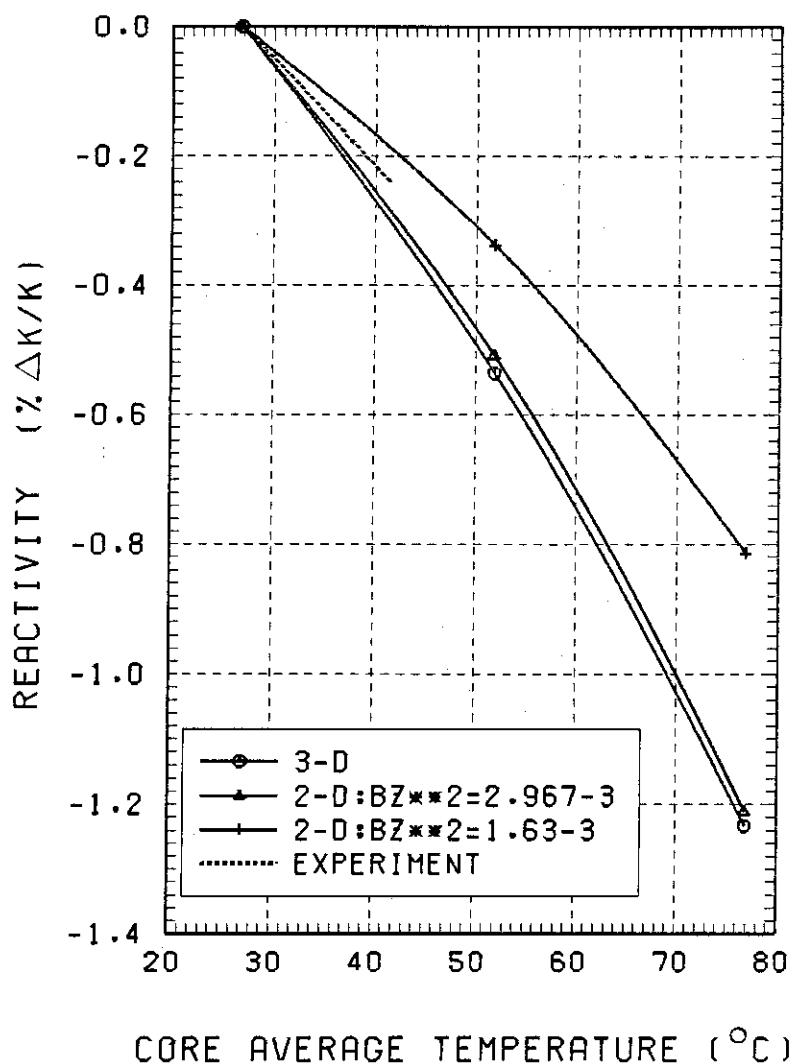


Fig. 9.4 Comparison of Reactivity Changes depending on Core Temperature between Experiment and Calculations

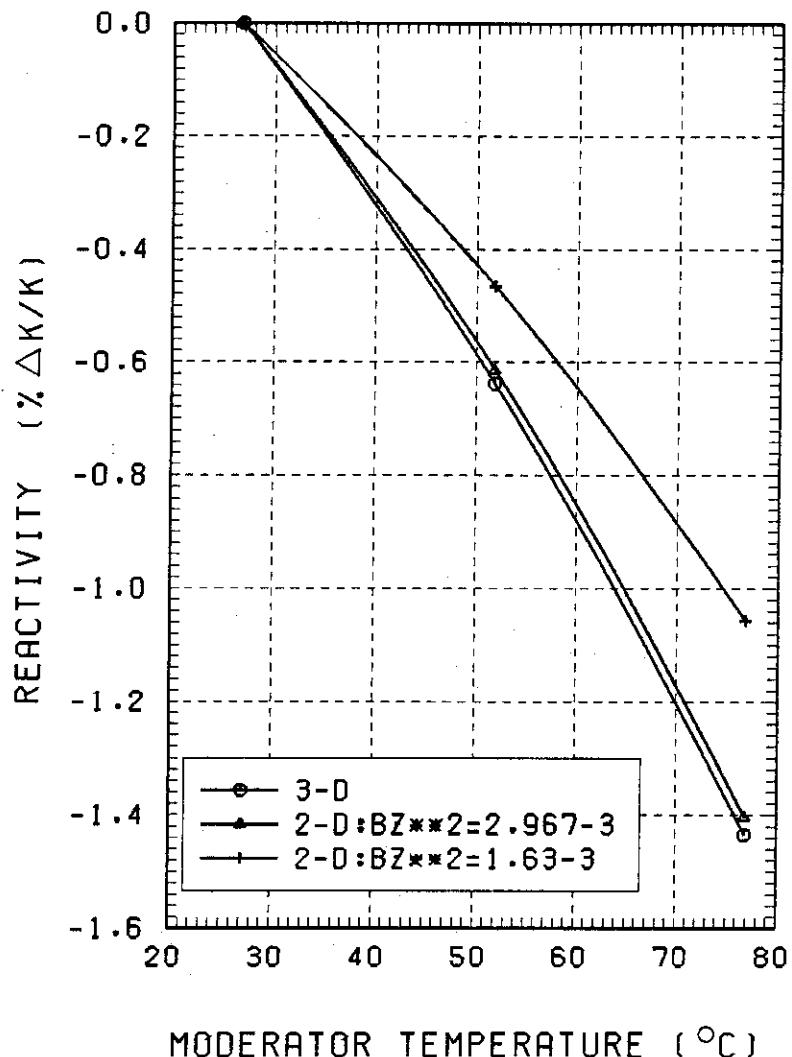


Fig. 9.5 Comparison of Reactivity Changes depending on Moderator Temperature by Calculation Geometries

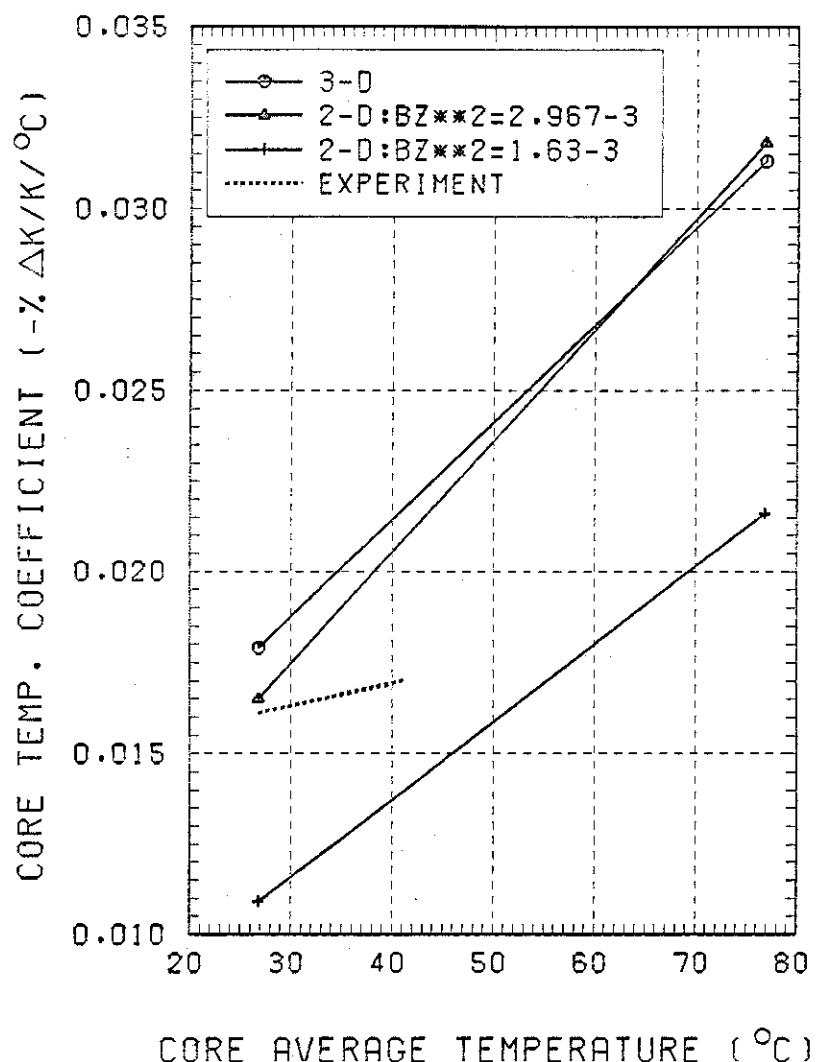


Fig. 9.6 Comparison of Temperature Coefficients between Experiment and Calculations

## 10. 質量係数

A型16本燃料炉心について行った質量係数のベンチマーク計算について述べる。測定値との比較は、U-235 1g当りの反応度価値で比較した。

### 10.1 測定方法

質量係数の測定は、16本燃料炉心の炉心格子位置C-5, 6, D-5, 6, 7の5個所について行われた。測定は、まず、16本燃料炉心で原子炉を10W臨界にし、基準となる炉心の臨界時の制御棒位置を確認し、次に、質量係数を測定しようとする所の燃料要素を引抜き、再び原子炉を10W臨界にする。そして、両者の臨界時の制御棒位置の差からその位置における燃料要素1体当たりの反応度価値を求め、最終的にその燃料要素に含まれるU-235量によって質量係数が求められた。質量係数の算出に用いられた各燃料要素のU-235量は、その位置に装荷された燃料要素の製造データに基づく値が用いられた。反応度価値を求めるために使用された制御棒校正曲線は、第6章でベンチマーク計算の対象としたものである。基準炉心の臨界時の制御棒位置は、C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>が335mm、他は上限で、中性子源要素の位置はD-2である。

### 10.2 計算方法

質量係数の計算は、3群2次元全炉心体系で行った。軸方向バックリングは4.5で設定した値 $1.63 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ を用い、制御棒は全引抜きで計算した。他の条件は測定時と同じである。

計算は、まず実験と同じように16本燃料炉心の炉心計算を行い基準炉心の $k_{\text{eff}}$ を求め、次に、質量係数を求めようとする格子位置の燃料の群定数を減速材のものに置き換え、15本燃料炉心の $k_{\text{eff}}$ を求める。そして、両者の $k_{\text{eff}}$ の差からその位置での燃料要素1体当たりの反応度価値を求め、質量係数を求めた。質量係数を求めるために用いたU-235量は、群定数作成に用いた値(165.56g/要素)を用いた。

### 10.3 測定結果と計算結果の比較

Table 10.1に測定結果を、Table 10.2に計算結果を示す。また、Table 10.3に測定結果と計算結果の比較を示す。

Table 10.3から、質量係数のC/Eは、各格子位置で0.942～1.102、1/4炉心平均で1.027であり、微少な反応度価値の比較にしては測定値と計算値は良い一致を示した。

なお、各格子位置における燃料要素の反応度価値の測定誤差は、最大約0.13%  $\Delta k/k$ 程度と考えられる。これは、燃料要素1体の反応度価値に対し最大約6%の相対誤差となる。

Table 10.1 Experiment Results of Mass Coefficient

Control Rod	Item	Unit	Refer- ence Core	Withdraw Fuel Element Position		
				C-5	C-6	D-5
$C_1$	Position	(mm)	335	335	652	401
	$\rho$	(% $\Delta k/k$ )	1.665	1.665	0.0	0.980
$C_2$	$\Delta \rho$	(% $\Delta k/k$ )	0.0	0.0	1.665	0.685
	Position	(mm)	335	335	422	335
$C_3$	$\rho$	(% $\Delta k/k$ )	1.748	1.748	0.861	1.748
	$\Delta \rho$	(% $\Delta k/k$ )	0.0	0.0	0.887	0.0
$C_4$	Position	(mm)	335	654	654	654
	$\rho$	(% $\Delta k/k$ )	1.693	0.0	0.0	0.0
$C_5$	$\Delta \rho$	(% $\Delta k/k$ )	0.0	1.693	1.693	1.693
	Position	(mm)	335	443	390	650
Total Reactivity Change	$\rho$	(% $\Delta k/k$ )	1.799	0.725	1.180	0.0
	$\Delta \rho$	(% $\Delta k/k$ )	0.0	1.074	0.619	1.799
U-235/Element	Change	(g)	—	2.767	2.312	6.044
Mass Coefficient		(% $\Delta k/k/g$ )	—	1.65.51	165.38	165.61
			—	0.0167	0.0140	0.0365
						0.0252
						0.0129

Table 10.2 Calculation Results of Mass Coefficient

Fuel Position	$k_{\text{eff}}$	Reactivity Change ( $ \% \Delta k/k $ )	U-235/Elemnt (g)	Mass Coefficient ( $ \% \Delta k/k/g $ )
Reference core	1.06709	0.0	—	—
C-5	1.03353	3.043	165.56	0.0184
C-6	1.03941	2.496	165.56	0.0151
D-5	1.00595	5.696	165.56	0.0344
D-6	1.02082	4.247	165.56	0.0257
D-7	1.04343	2.125	165.56	0.0128

$$Bz^2 = 1.63 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$$

Table 10.3 Comparison of Mass Coefficients between Experiments and Calculations

Fuel Position	Experiment ( $\% \Delta k/k$ )	Calculation ( $\% \Delta k/k$ )	C/E
C-5	0.0167	0.0184	1.102
C-6	0.0140	0.0151	1.079
D-5	0.0365	0.0344	0.942
D-6	0.0252	0.0257	1.020
D-7	0.0129	0.0128	0.992

## 11. 動特性パラメータ

A・B型混合18本燃料炉心について行った動特性パラメータのベンチマーク計算について述べる。測定値との比較は、実効遅発中性子放出割合( $\beta_{\text{eff}}$ )と即発中性子寿命( $\ell$ )の比 $\alpha = \beta_{\text{eff}}/\ell$ で比較した。

また、制御棒校正実験で用いられた動特性パラメータと計算で求めた動特性パラメータを比較するため、計算で求めた動特性パラメータを用いて制御棒価値を再評価し、制御棒価値の面から動特性パラメータを比較した。この比較は、A型16本燃料炉心で測定された制御棒価値を対象として行った。

### 11.1 測定方法

A・B型混合18本燃料炉心の $\alpha$ の測定は、中性子検出器に核分裂計数管を用い、検出器をSパイプ中に沈め、極性相関法によって測定された<sup>3)</sup>。測定時の原子炉出力は0.005 W、測定時間は70分である。中性子源要素位置はD-2であるが、測定中はその影響を避けるため引抜かれている。

測定時の制御棒位置は、C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub>が353 mm、C<sub>5</sub>が209 mmで、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>は上限である。測定時の炉心配置と各燃料要素の平均燃焼度はFig. 3.5.(1)とFig. 3.6に示したとおりである。

### 11.2 計算方法

動特性パラメータの計算は、CORE-BURNコードの動特性パラメータ計算オプションを用いて計算した。

計算は、2次元及び3次元の両体系で行い、2次元体系の場合はボイド係数のベンチマーク計算で行ったと同様に2種類の軸方向バックリングを用いて計算し、両者を比較した。エネルギー群数は2次元計算が10群、3次元計算が3群である。制御棒位置は、2次元計算は全引抜き、3次元計算はA型炉心については制御棒価値のベンチマーク計算と同じ位置、A・B型混合炉心については測定時と同じ位置で計算した。なお、A・B型混合炉心の燃料要素の燃焼率については、個々の燃料要素の半径方向燃焼率分布については測定時と同じくなるよう考慮したが、軸方向については均一に燃焼しているものとした。Table 11.1に燃焼依存群定数作成のための燃焼による個数密度変化を示す。

また、動特性パラメータの比較のための制御棒価値は、Positive-Period法で校正された制御棒についてはその制御棒の校正時のデータ(Doubling Time、制御棒位置)と計算で求めた動特性パラメータを用いて制御棒価値を再計算する方法で求めた。また、比較法で校正された制御棒についての制御棒価値は、再計算したPositive-Period法のデータを用いて求めた。この時用いた遅発中性子の先行核の崩壊定数 $\lambda$ は、SRACコードのライブラリに収納されているものの中からU-235のものを用いた。この値をTable 11.2に示す。

### 11.3 測定結果と計算結果の比較

Table 11.3 に、A・B 型混合 18 本燃料炉心の  $\alpha$  の計算値と測定値の比較及び A 型 16 本燃料炉心の動特性パラメータの計算値を示す。A・B 型混合 18 本炉心の  $\alpha$  の C/E は、3 次元計算では 1.077, 2 次元計算では  $(Bz)^2 = 1.788 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 1.057,  $(Bz)^2 = 3.124 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$  の時 1.134 となり、3 次元計算では約 8 %, 2 次元計算では約 6 % と約 13 % の差が生じた。

2 次元計算での  $\alpha$  がバックリングによって異なるのは、主に中性子の漏れが体系の大きさに依存しているためと考えられる。これは、体系の大きさが臨界超過の場合 ( $(Bz)^2 = 1.788 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ ) の中性子寿命  $\lambda$  が中性子生成時間より約 5 % 長くなっていること及び中性子寿命の代りに中性子生成時間を用いて求めた時の  $\alpha$  が 120.2 となり、この  $\alpha$  と臨界状態を示すバックリング ( $(Bz)^2 = 3.124 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2}$ ) の  $\alpha$  がほど一致することからも明らかである。また、エネルギー群数の少ない 3 次元計算の方がエネルギー群数 10 群で計算した 2 次元計算に比べ実験値に近い値が得られた理由として考えられることは、Fig. 11.1 に示した遅発中性子スペクトルと計算に使用した群構造の関係から、3 群と 10 群のエネルギー群構造が遅発中性子のエネルギー領域に対して同じ構造となっており、この領域に対する群構造の違いが見られない。従って、2 次元計算では考慮されていない制御棒が 3 次元計算では測定時と同じ位置に考慮されているのがその理由と考えられる。

Table 11.4 に、計算で求めた動特性パラメータを用いて再評価した制御棒価値と実験値との比較を示す。表から、再評価後の制御棒価値と実験値との差は、2 次元計算で求めたパラメータを用いた場合 (Case-1) 約 +5 %, 3 次元計算での値を用いた場合 (Case-2) は約 -5 % であり、再評価後の制御棒価値と実験値は良い一致を示した。この結果から、計算で求めた動特性パラメータと実験解析に使用した動特性パラメータの差は制御棒価値の面から見た場合約 5 % であると考えられる。

Table 11.1 Variations of Fuel Compositions with Burn-Up in Fuel Element  
(for A and B-Type 18 Fuel Elements Mixed Core)

A-Type Fuel Element (A800NDEN)

(DAYS)	0.0	1.65494E+01	3.31454E+01	6.65095E+01	9.99260E+01
(MWD)	0.0	5.78388E-04	1.15666E-03	2.31393E-03	3.47243E-03
(U235)	0.0	2.50000E-02	5.00000E-02	1.00000E-01	1.50000E-01

NAME	NUMBER	DENSITY	-----	-----	-----	-----
U040	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06	9.64967E-06
U050	1.52960E-03	1.49136E-03	1.45312E-03	1.37664E-03	1.30016E-03	1.30016E-03
U060	7.32788E-06	1.34007E-05	1.94758E-05	3.15735E-05	4.35870E-05	4.35870E-05
U080	1.54630E-04	1.54438E-04	1.54237E-04	1.53826E-04	1.53407E-04	1.53407E-04
PU90	0.0	1.83295E-07	3.65557E-07	7.08305E-07	1.01758E-06	1.01758E-06
PU00	0.0	1.51765E-09	6.09216E-09	2.40256E-08	5.27548E-08	5.27548E-08
PU10	0.0	2.23597E-11	1.76785E-10	1.39655E-09	4.58523E-09	4.58523E-09
PU20	0.0	8.35679E-14	1.34881E-12	2.21625E-11	1.14798E-10	1.14798E-10
XE50	0.0	1.49734E-08	1.47299E-08	1.41460E-08	1.35009E-08	1.35009E-08
SM90	0.0	1.22620E-07	1.28319E-07	1.22511E-07	1.15877E-07	1.15877E-07
F5N0	0.0	4.95211E-05	9.90116E-05	1.97991E-04	2.96988E-04	2.96988E-04
F5S0	0.0	1.21139E-05	2.41396E-05	4.79393E-05	7.13901E-05	7.13901E-05
F5R0	0.0	1.12581E-07	1.71691E-07	2.12992E-07	2.14195E-07	2.14195E-07
F9N0	0.0	4.98363E-09	2.02545E-08	8.24800E-08	1.87674E-07	1.87674E-07
F9S0	0.0	1.29999E-09	5.27094E-09	2.13589E-08	4.83496E-08	4.83496E-08
F9R0	0.0	2.68966E-12	8.39646E-12	2.19476E-11	3.51078E-11	3.51078E-11

B-Type Fuel Element (B800NDEN)

(DAYS)	0.0	1.65423E+01	3.31297E+01	6.64733E+01	9.98643E+01
(MWD)	0.0	5.92784E-04	1.18539E-03	2.37122E-03	3.55814E-03
(U235)	0.0	2.50000E-02	5.00000E-02	1.00000E-01	1.50000E-01

NAME	NUMBER	DENSITY	-----	-----	-----	-----
U040	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05	1.00170E-05
U050	1.56830E-03	1.52909E-03	1.48988E-03	1.41147E-03	1.33305E-03	1.33305E-03
U060	6.97238E-06	1.32101E-05	1.94503E-05	3.18758E-05	4.42130E-05	4.42130E-05
U080	9.73148E-05	9.71886E-05	9.70564E-05	9.67862E-05	9.65108E-05	9.65108E-05
PU90	0.0	1.20617E-07	2.40536E-07	4.65914E-07	6.69056E-07	6.69056E-07
PU00	0.0	1.00345E-09	4.02740E-09	1.58729E-08	3.48277E-08	3.48277E-08
PU10	0.0	1.49912E-11	1.18490E-10	9.35486E-10	3.06896E-09	3.06896E-09
PU20	0.0	5.60785E-14	9.04887E-13	1.48608E-11	7.69262E-11	7.69262E-11
XE50	0.0	1.53643E-08	1.51142E-08	1.45129E-08	1.38482E-08	1.38482E-08
SM90	0.0	1.25678E-07	1.31517E-07	1.25541E-07	1.18717E-07	1.18717E-07
F5N0	0.0	5.07554E-05	1.01479E-04	2.02925E-04	3.04390E-04	3.04390E-04
F5S0	0.0	1.24156E-05	2.47403E-05	4.91304E-05	7.31615E-05	7.31615E-05
F5R0	0.0	1.15476E-07	1.76218E-07	2.18785E-07	2.20094E-07	2.20094E-07
F9N0	0.0	3.28852E-09	1.33651E-08	5.44155E-08	1.23782E-07	1.23782E-07
F9S0	0.0	8.57806E-10	3.47800E-09	1.40906E-08	3.18868E-08	3.18868E-08
F9R0	0.0	1.77611E-12	5.54773E-12	1.45067E-11	2.32001E-11	2.32001E-11

Table 11.2 Decay Constants of Delayed Neutron Groups for U-235 in SRAC Library

Delayed Neutron Group	Decay Constant $\lambda_i$ (sec $^{-1}$ )
1	0.01272
2	0.03174
3	0.116
4	0.311
5	1.4
6	3.87

Table 11.3 Comparison of Kinetic Parameters between Experiment and Calculations for A-B 18 Elements Mixed Core and Kinetic Parameters for A 16 Elements Core

	Core	A.B 18 Elements			A 16 Elements		
		10	3	2-D	3-D	2-D	3
Calculation	Energy Groups	3.12366-3	1.78786-3	—	—	3.11397-3	1.72452-3
	Geometry	2-D	3-D	—	—	2-D	3-D
	Axial Buckling	1.0000	1.0615	0.9926	1.0000	1.0670	1.0000
	$k_{eff}$	6.66099-5	6.96792-5	6.42117-5	6.82692-5	7.19432-5	6.41615-5
	$\Lambda$	6.66095-5	6.56373-5	6.46873-5	6.82710-5	6.74281-5	6.41627-5
	$\beta_{eff}$	8.08886-3	7.88637-3	7.40245-3	8.15253-3	7.93642-3	7.42085-3
	$\beta_{eff1}$	3.14966-4	3.05893-4	2.94994-4	3.17662-4	3.07957-4	2.96099-4
	$\beta_{eff2}$	1.65960-3	1.62780-3	1.48081-3	1.67051-3	1.63672-3	1.48175-3
	$\beta_{eff3}$	1.54266-3	1.50059-3	1.43174-3	1.55543-3	1.51048-3	1.43657-3
	$\beta_{eff4}$	3.31662-3	3.22988-3	3.04304-3	3.34361-3	3.25100-3	3.05146-3
	$\beta_{eff5}$	1.04310-3	1.01582-3	9.57421-4	1.05165-3	1.02253-3	9.59980-4
	$\beta_{eff6}$	2.11930-4	2.06387-4	1.94453-4	2.13672-4	2.07752-4	1.95006-4
$\alpha$	Cal.	$\alpha_c = \beta_{eff}/\Lambda$	121.4	113.2	115.3	119.4	110.3
	Exp.	$\alpha_E$	107.1±2			—	
C/E		$\alpha_c/\alpha_E$	1.134	1.057	1.077	—	—

Table 11.4 Comparison of Control Rod Worths by Difference of Kinetic Parameters

Control Rod		Experiment	Calculation			
			Case-1		Case-2	
		Worth (% $\Delta k/k$ )	Worth (% $\Delta k/k$ )	C/E	Worth (% $\Delta k/k$ )	C/E
Shim Rod	$c_1$	4.213	4.402	1.045	3.985	0.946
	$c_2$	4.375	4.574	1.045	4.141	0.947
	$c_3$	4.274	4.469	1.046	4.047	0.947
	$c_4$	4.504	4.707	1.045	4.261	0.946
	Total	17.366	18.152	1.045	16.434	0.946
Regulating Rod	$c_5$	0.498	0.519	1.042	0.470	0.944
Used Kinetic Parameter $\lambda$ and $\beta_{eff}$		SRR-4 Design Value	Cal. Value 2-D, 10G $Bz^2 = 3.11397 \times 10^{-3}$		Cal. Value 3-D, 3G	

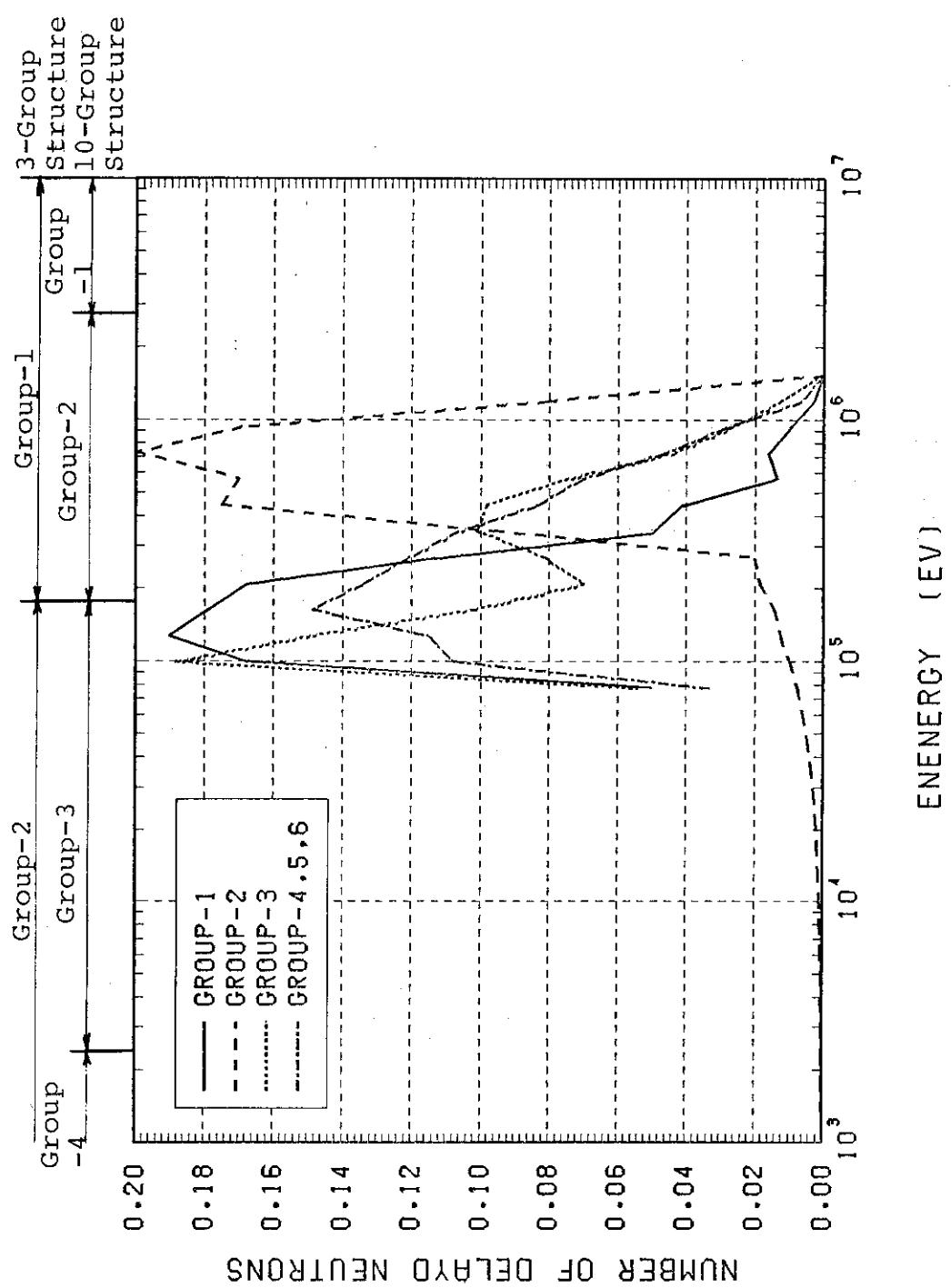


Fig. 11.1 Delayed Neutron Spectrum for U-235 and Neutron Energy Structures

## 12. $^{135}\text{Xe}$ の蓄積による反応度減少量

A・B型混合 16 本燃料炉心について行った $^{135}\text{Xe}$  の蓄積による反応度減少量のベンチマーク計算について述べる。測定値との比較は反応度減少量で比較した。

### 12.1 測定方法

現在の運転状態 (Daily 運転)に即した $^{135}\text{Xe}$  の蓄積による反応度減少量の測定は、A型炉心では実施されていない。そこで、本ベンチマーク計算では、3.5 MW出力上昇試験時の特性試験の一環として行われた高出力性能試験時の運転データから求めた $^{135}\text{Xe}$  による反応度減少量を比較の対象とした。これは、この運転期間中、炉心には照射物、実験物等が挿入されておらず、 $^{135}\text{Xe}$  の蓄積による反応度減少量を評価する上で適していたためである。

高出力性能試験運転は、低出力による特性試験の後 3 日間にわたって行われた。第 1 日目は、5 Wで臨界点を確認した後、出力を 2.5 MWに上げて熱出力校正を行い、その後 2.75, 3.0 MWへと出力を上昇し、合計約 5 時間の高出力運転が行われた。第 2 日目は、出力を 3.0, 3.25, 3.5 MWと変化させ合計約 5 時間の運転が、第 3 日目は出力 3.5 MWで約 6 時間の運転が行われた。この間、熱出力、制御棒位置、炉心温度等のデータが 30 分毎にとられた。

$^{135}\text{Xe}$  の蓄積による反応度減少量は、第 1 日目の 5 W臨界時の過剰反応度を基準とし、高出力運転中の過剰反応度と基準炉心の過剰反応度から運転中の各時点における反応度減少量を求め、それに炉心温度変化と燃焼による反応度変化の補正を加えて求めた。

運転中の過剰反応度は、30 分毎に記録された制御棒位置から求めた。用いた制御棒校正曲線は第 6 章の制御棒価値のベンチマーク計算の対象にしたもの用いた。

燃焼に伴う反応度減少量は、A・B型混合 16 本燃料炉心のデータが無いので、A・B型混合 18 本燃料炉心のデータ ( $0.042\% \Delta k/k/MWD$ ) をベースとし、燃料本数の違いを考慮して求めた値 ( $2 \times 10^{-3}\% \Delta k/k/MWH$ ) を用いた。

炉心温度変化に伴う反応度変化量は、A・B型混合 16 本燃料炉心では温度係数の測定が行われていないので、A・B型混合 18 本燃料炉心で測定されたものをそのまま用いた。その値は、 $12.0 \sim 23.0^\circ\text{C}$ が  $0.0113\% \Delta k/k/\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $23.0 \sim 40.0^\circ\text{C}$ が  $0.0139\% \Delta k/k/\text{ }^\circ\text{C}$ である。

### 12.2 計算方法

$^{135}\text{Xe}$  の蓄積による反応度減少量は、JRR-4 の運転管理用に作成されたコード<sup>2)</sup>を用いて計算した。このコードは、 $^{135}\text{Xe}$  による反応度減少が熱中性子利用率のみに依存すると仮定して $^{135}\text{Xe}$  による反応度減少量を評価するコードである。

計算は、Table 12.1 に示す熱出力、運転時間、平均熱中性子束、核定数及び核断面積等のデータを用い、3 日間の反応度減少量の変化を連続的に求めた。なお、計算に用いた核断面積のデ

ータは、全て熱中性子群のものである。次に、SRACコードシステムで作成したインプットデータの作成法を述べる。

(1)  $^{135}\text{I}$  及び  $^{135}\text{Xe}$  の核分裂収率 ( $\gamma$ ) 及び崩壊定数 ( $\lambda$ )

$\gamma$  及び  $\lambda$  は、SRACコードの燃焼ライブラリ (VSOP モデル) とコードマニアル<sup>1)</sup> から求めた。

(2)  $^{135}\text{Xe}$  の微視的吸収断面積 ( $\sigma_2$ )

A型燃料要素については平均燃焼度 1.992 %  $^{235}\text{U}$  の燃焼組成で、また B型燃料要素については新燃料の組成で燃料板基本セルの格子計算を行い、 $^{135}\text{Xe}$  及び他の核種の微視的吸収断面積を求め、 $^{235}\text{U}$  量 (W) を重みとし次式によって炉心平均の微視的吸収断面積を求めた。この時、A型燃料要素の  $^{135}\text{Xe}$  は完全に崩壊しているとして計算した。

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_{2A} \cdot W_A + \sigma_{2B} \cdot W_B}{W_A + W_B}$$

また

$$\sigma_{2B} = \frac{\sigma_{2I} \cdot W_I + \sigma_{2O} \cdot W_O}{W_I + W_O}$$

ここで、添字 A 及び B は炉心内の A型及び B型燃料要素を、I 及び O は B型燃料要素の内側及び外側燃料板を示す。

(3) 平均熱中性子束 ( $\phi$ )

A・B型混合 16 本燃料炉心の 3 次元炉心計算を行い、燃料要素領域平均の熱中性子束を求め、この値に第 7 章のベンチマーク計算で得られた炉心平均熱中性子束の C/E = 0.95 (Table 7.1 参照) を乗じて得た値  $3.83 \times 10^{13} \text{n} \cdot \text{cm}^2/\text{sec}$  を 3.5 MW の熱中性子束とし、各ステップ毎の熱中性子束はその熱出力に応じて求めた。

(4) 燃料芯材中の  $^{235}\text{U}$  の巨視的核分裂断面積 ( $\Sigma_f$ )

(2)の格子計算から求めた  $^{235}\text{U}$  の微視的核分裂断面積と個数密度から各燃料芯材についての  $^{235}\text{U}$  の巨視的断面積を求め、熱中性子束 ( $\phi$ ) と体積 (V) を重みとし次式によって炉心平均巨視断面積を求めた。平均化のため重みとした熱中性子束は、燃料要素内については均一分布と仮定し、炉心については 3 次元計算によって求めた A型燃料領域と B型燃料領域の領域平均熱中性子束を用いた。

$$\Sigma_f = \frac{\Sigma_{fA} \cdot \phi_A \cdot V_A + \Sigma_{fB} \cdot \phi_B \cdot V_B}{\phi_A \cdot V_A + \phi_B \cdot V_B}$$

また

$$\Sigma_{fB} = \frac{\Sigma_{fI} \cdot \phi_I \cdot V_I + \Sigma_{fO} \cdot \phi_O \cdot V_O}{\phi_I \cdot V_I + \phi_O \cdot V_O}$$

(5) 燃料芯材中のウランの巨視的吸収断面積 ( $\Sigma_a$ )

(4)の方法と同じ方法で全ウラン核種について巨視的吸収断面積を求め、それらを加え合せて求めた。

(6) 热中性子利用率 (f)

(2)の格子計算から求めた燃料芯材、被覆材、減速材の各領域毎の巨視的吸収断面積 ( $\Sigma_a$ )、

平均熱中性子 ( $\bar{\phi}$ ) 及び体積 (V) を用い、以下の式で各燃料板基本セルの熱中性子利用率を求め、(4)の方法と同じ方法で炉心平均の熱中性子利用率を求めた。

$$f = \frac{\sum_a^m \bar{\phi}_m V_m}{\sum_a^m \bar{\phi}_m V_m + \sum_a^c \bar{\phi}_c V_c + \sum_a^{H_2O} \bar{\phi}_{H_2O} V_{H_2O}}$$

ここで、添字 m, c, H<sub>2</sub>O は、それぞれ燃料芯材、被覆材、減速材を示す。

### 12.3 測定結果と計算結果の比較

Table 12.2 に、高出力性能試験運転時の 30 分毎の熱出力、制御棒位置、炉心平均温度、燃焼による反応度減少量、炉心温度変化による反応度変化量及び<sup>135</sup>Xe の蓄積による反応度減少量の測定値と計算値の比較を示す。また、Fig. 12.1 に、計算で求めた 3 日間の<sup>135</sup>Xe の蓄積による反応度減少量の変化と測定値との比較を示す。

Table 12.2 から、反応度減少量の C/E は、第 1 日目の運転開始直後では 0.479 で、計算値は測定値の約 50 % 程度の値しか示さない。しかし、<sup>135</sup>Xe の蓄積が増加しその反応度減少量が約 1 % /k/k となる運転終了時には 0.894 となり、両者は比較的良い一致を示すようになる。第 2 日目の C/E は、運転開始時で 0.803 となり、前日の運転終了時より約 9 % 程度差は大きくなる。しかし、その後は時間の経過とともに両者は良い一致を示し、運転終了時には 1.024 となる。第 3 日目の C/E は、第 2 日目と同じ傾向で、運転開始時は 0.839、運転終了時で 1.017 となる。

以上の結果から、計算で求めた<sup>135</sup>Xe の反応度減少量は、測定値に対し第 1 日目の運転初期で約 50 %、第 2 日目及び第 3 日目の運転初期で約 16 % から約 20 % の差となるが、その他については両者は良い一致を示すことが確認された。

Table 12.1 Nuclear Data and Calculation Model for  $^{135}\text{Xe}$  Build Up Calculation

Constants		$\gamma_1$ : Fission Yield of $\text{I-135}$	$6.33 \times 10^{-2}$	$\Sigma_a$ : Macroscopic Absorption Cross Section of U	$0.7123 \text{ cm}^{-1}$
		$\gamma_2$ : Fission Yield of $\text{xe-135}$	$2.55 \times 10^{-2}$	$\Sigma_f$ : Macroscopic Fission Cross Section of U	$0.6074 \text{ cm}^{-1}$
		$\lambda_1$ : Decay Constant of I-135	$2.924 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$	$\sigma_2$ : Microscopic Absorption Cross Section of $\text{xe-135}$	$2.2612 \times 10^6 \text{ barn}$
		$\lambda_2$ : Decay Constant of $\text{xe-135}$	$2.1 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$	$f$ : Thermal Utilization Factor	0.8194
Calculation Step	1	2	3	4	5
Time Mesh	29	8	13	12	18
Thermal Neutron Flux ( $10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} / \text{s}$ )	3.22	2.64	2.84	3.16	0.0
Operation/Stop Time (Hour)	2.42	0.67	1.08	1.0	17.83
Average Thermal Power (MW)	2.94	2.41	2.60	2.89	0.0
Date	51-10-27 (WED)	51-10-28 (THU)	51-10-29 (FRI)	51-10-29 (FRI)	51-10-29 (FRI)

Table 12.2 Comparison of Reactivity Loss by  $^{135}\text{Xe}$  Build Up between Experiment and Calculations

Date and Time	Power Natural Thermal (MW)	Experiment										Calculation	
		Rod Position(mm)			Excess Reactivity ( $\frac{\Delta\text{K}}{\text{K}}$ )			Core Average Temp. (°C)			Reactivity Change by Core Temp. ( $-\frac{\Delta\text{K}}{\text{K}}$ )	Reactivity Change by Burn up ( $-\frac{\Delta\text{K}}{\text{K}}$ )	Reactivity Change by $\text{Xe-135}$ ( $-\frac{\Delta\text{K}}{\text{K}}$ )
51-10-27 (WED) 11:18	5W —	339 1.560	339 1.585	339 1.410	339 1.575	222 0.300	6.430 6.196	13.2 27.2	0.0 0.169	0.0 0.003	0.0 0.062	0.0 0.036	0.0 0.581
12:11	2.5 3.00	339 1.560	339 1.585	339 1.410	339 1.575	393 0.066	6.196 21.4	27.2 28.9	0.169 0.193	0.003 0.005	0.062 0.192	0.062 0.092	0.062 0.479
12:41	2.5 2.91	348 1.460	348 1.485	348 1.310	348 1.470	214 0.315	6.040 5.953	27.2 29.7	0.169 0.204	0.003 0.008	0.062 0.265	0.062 0.165	0.062 0.623
13:11	2.5 2.95	348 1.460	348 1.485	348 1.310	348 1.470	265 0.228	5.953 328	29.7 29.9	0.204 0.207	0.008 0.010	0.265 0.352	0.265 0.251	0.265 0.713
13:41	2.5 2.91	348 1.460	348 1.485	348 1.310	348 1.470	328 0.136	5.861 5.861	29.9 29.9	0.207 0.207	0.010 0.015	0.352 0.571	0.352 0.451	0.352 0.734
14:11	2.5 2.44	356 1.370	356 1.400	356 1.240	356 1.380	356 0.168	5.758 328	28.4 29.9	0.186 0.193	0.013 0.018	0.473 0.675	0.473 0.572	0.473 0.847
14:41	2.5 2.37	356 1.370	356 1.400	356 1.240	356 1.380	356 0.278	5.668 5.668	27.7 27.7	0.176 0.176	0.015 0.015	0.571 0.571	0.571 0.790	0.571 0.790
15:14	2.75 2.57	356 1.370	356 1.400	356 1.240	356 1.380	356 0.157	5.547 313	28.7 31.3	0.190 0.190	0.018 0.018	0.675 0.675	0.675 0.572	0.675 0.847
15:44	2.75 2.57	362 1.310	362 1.335	362 1.180	362 1.315	242 0.266	5.406 5.406	28.7 28.7	0.190 0.190	0.021 0.021	0.813 0.813	0.813 0.677	0.813 0.833
16:18	3.0 2.91	362 1.310	362 1.335	362 1.180	362 1.315	362 0.153	5.293 316	29.5 31.6	0.201 0.201	0.024 0.024	0.912 0.912	0.912 0.796	0.912 0.873
16:48	3.0 2.86	362 1.310	362 1.335	362 1.180	362 1.315	397 0.057	5.197 5.197	29.6 29.6	0.202 0.202	0.027 0.027	1.004 1.004	1.004 0.898	1.004 0.894
51-10-28 (THU) 11:11	3.0 2.76	392 1.025	392 1.040	392 0.905	392 1.030	318 0.150	4.150 4.150	27.1 27.1	0.168 0.168	0.030 0.030	2.082 2.082	2.082 1.671	2.082 0.803
11:41	3.0 2.71	392 1.025	392 1.040	392 0.905	392 1.030	163 0.398	4.398 4.398	28.9 28.9	0.193 0.193	0.033 0.033	1.806 1.806	1.806 1.512	1.806 0.837
12:11	3.0 2.81	380 1.130	380 1.150	380 1.005	380 1.135	295 0.183	4.603 4.603	29.9 29.9	0.207 0.207	0.034 0.034	1.586 1.586	1.586 1.398	1.586 0.881
12:41	3.0 2.76	380 1.130	380 1.150	380 1.005	380 1.135	217 0.310	4.730 4.730	30.2 30.2	0.211 0.211	0.039 0.039	1.450 1.450	1.450 1.323	1.450 0.912
13:16	3.25 3.00	372 1.210	372 1.230	372 1.080	372 1.215	325 0.142	4.877 4.877	31.5 31.5	0.229 0.229	0.042 0.042	1.282 1.282	1.282 1.262	1.282 0.955

Note: 51-10-27 11:41 2.5MW  
 13:47-14:05 Power Calibration  
 14:44 2.75MW  
 15:48 3.0MW  
 16:50 Shut Down

51-10-28 10:41 3.0MW  
 12:46 3.25MW  
 14:19 3.5MW  
 15:25 Shut Down

51-10-29 10:46 3.5MW  
 16:47 Shut Down

Table 12.2 (Continued)

Date and Time	Nominal Power (MW)	Rod Position(mm) and Excess Reactivity ( $\Delta k/k$ )						Experiment			Calculation			
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	Total	Core Temp. (°C)	Reactivity Change by Core Temp. ( $-\Delta k/k$ )	Reactivity Change by Burn up ( $-\Delta k/k$ )	Reactivity Change by Xe-135 ( $-\Delta k/k$ )	Reactivity Change by Xe-135 ( $-\Delta k/k$ )	C/E	
51-10-28 (THU) 13:46	3.25	3.10	372	372	372	300	4.910	31.1	0.223	0.045	1.252	1.240	0.990	
	14:16	3.25	3.05	372	372	372	298	0.175	0.233	0.048	1.236	1.242	1.005	
14:49	3.5	3.25	372	372	372	312	0.160	4.895	32.7	0.246	0.052	1.237	1.258	1.017
	15:19	3.5	3.25	372	372	372	334	0.130	4.865	33.0	0.250	0.055	1.260	1.290
51-10-29 (FRI) 11:16	3.5	3.15	400	400	400	181	0.370	4.090	28.3	0.184	0.059	2.097	1.760	0.839
	11:46	3.5	3.25	389	389	389	230	0.287	4.377	30.4	0.214	0.062	1.777	1.562
12:16	3.5	3.25	380	380	380	283	0.200	4.620	31.4	0.228	0.066	1.516	1.424	0.939
	12:46	3.5	3.25	380	380	380	209	0.324	4.744	31.7	0.232	0.069	1.385	1.334
13:16	3.5	3.25	380	380	380	155	0.410	4.830	31.8	0.233	0.073	1.294	1.282	0.991
	13:46	3.5	3.25	373	373	373	290	0.190	4.885	32.1	0.237	0.076	1.232	1.262
14:16	3.5	3.29	373	373	373	287	0.194	4.889	32.2	0.239	0.080	1.222	1.266	1.036
	14:46	3.5	3.29	373	373	373	302	0.173	4.868	31.9	0.234	0.083	1.245	1.290
15:16	3.5	3.34	373	373	373	326	0.140	4.835	31.8	0.233	0.087	1.275	1.329	1.042
	15:46	3.5	3.25	373	373	373	369	0.086	4.781	31.7	0.232	0.090	1.327	1.380
16:16	3.5	3.25	380	380	380	244	0.263	4.683	31.4	0.228	0.094	1.425	1.439	1.010
	16:46	3.5	3.25	380	380	380	276	0.210	4.630	31.1	0.223	0.097	1.480	1.505

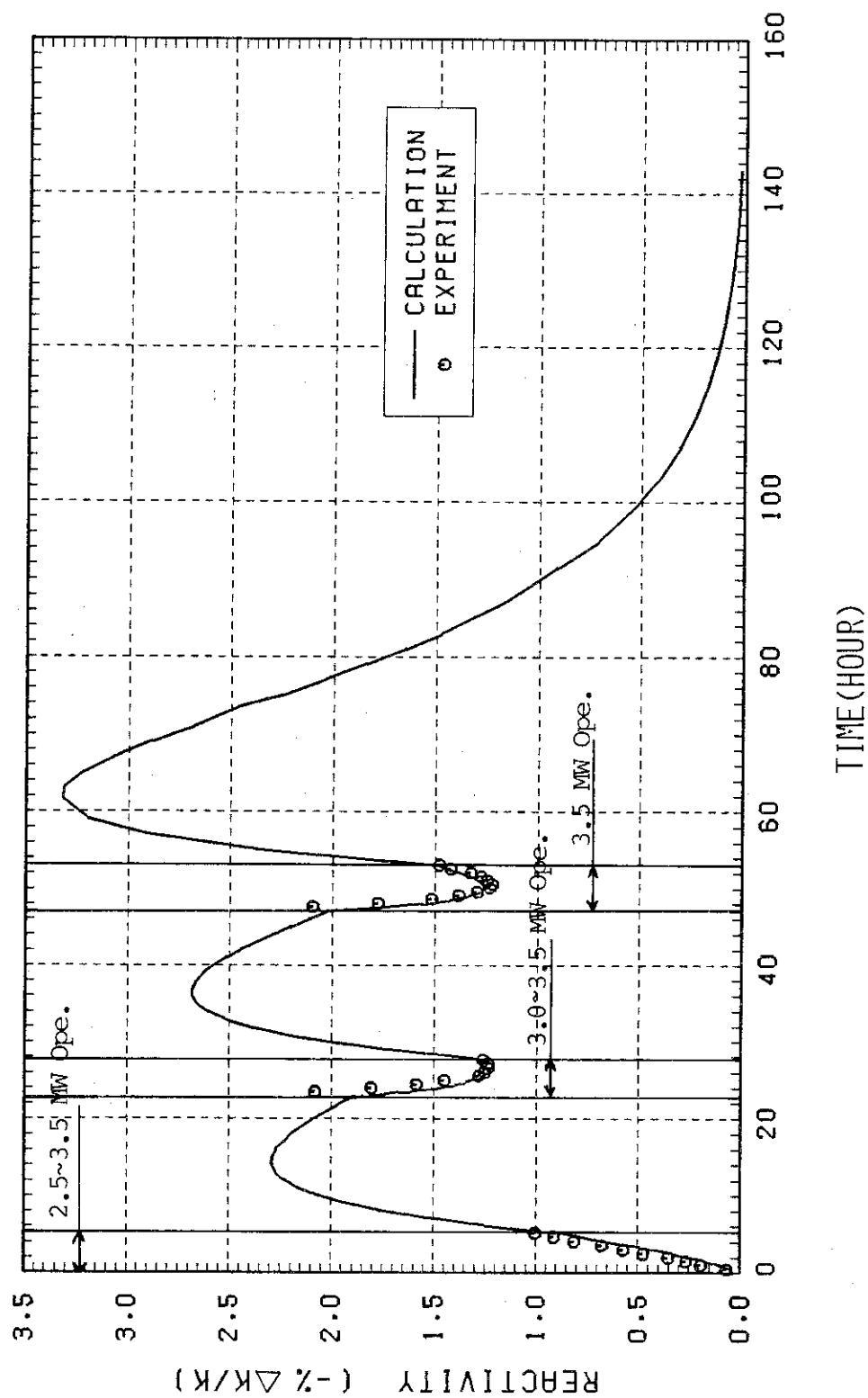


Fig. 12.1 Comparison of Poisoning Effects by  $^{135}\text{Xe}$  Build Up between Experiment and Calculation

## 13. ま　と　め

Table 13.1 に、本ベンチマーク計算の要約を示す。要約に示した項目は、各核特性についてのベンチマーク計算の計算体系、エネルギー群数及びC/Eである。C/Eのうち、2次元体系で異った軸方向バックリングを用いて計算したものについては、体系の  $k_{\text{eff}}$  が臨界状態を示すバックリングを用いた場合のC/Eを示した。

次に、本ベンチマーク計算のまとめを各核特性毎に述べる。

### (1) 過剰反応度

中性子エネルギー群構造の違いと過剰反応度のベンチマーク計算のため、3群と10群の2種類の群構造によって2つの異なった炉心の過剰反応度を3次元体系で計算した。その結果、3群計算でのC/Eは0.9988と0.9984、10群計算でのC/Eは1.0027と0.9993で、3群と10群計算の間には大きな差は無く、3群計算でも大きな差を与えることなく過剰反応度の予測ができることが確認された。

### (2) 臨界性

計算における臨界性を確認するため、制御棒を実験時の臨界制御棒位置と同じ位置に設定し、2つの異なった炉心について計算を実施した。その結果、C/Eは0.9962と0.9973で、約0.3～0.4%の差で臨界点の予測が可能であることが確認された。

### (3) 制御棒価値

2つの異なった炉心について行った制御棒価値のベンチマーク計算のC/Eは、粗調整安全棒で0.959～1.052、微調整棒で1.036と0.973、後備安全棒2本同時挿入時で1.02と1.07であり、制御棒価値は約5%程度の差で予測できることが確認された。この結果は、対数微分定数の設定が妥当であることを示していると考えられる。

### (4) 热中性子束分布

热中性子束分布のベンチマーク計算から得られたピーキング係数  $F_r \times F_z$  のC/Eは、全炉心を対象とした場合0.927～0.985で、計算値と測定値の差は最大でも約7%であり、計算値と測定値は良い一致を示した。これにより、出力ピーキング係数の誤差因子を評価する上で有力な情報が得られた。

### (5) ポイド係数

炉心内の南西側1/4炉心で測定された6.6 v/oによる各格子位置の反応度変化量のC/Eは、2次元計算で0.965～1.091、3次元計算で0.914～1.005、1/4炉心平均のC/Eは、2次元計算で1.024、3次元計算で0.977であった。また、ポイド係数のC/Eは、2次元計算で1.019、3次元計算で0.943となり、両者は良い一致を示した。

### (6) 温度係数

温度係数のベンチマーク計算から得られたC/Eは、2次元計算で1.025～1.213(27°C～40°C)、3次元計算で1.112～1.266(27°C～40°C)であり、微少な反応度係数の比較にしては良い一致を示した。

また、炉心各領域の温度上昇に対する反応度変化から、反射体領域は正のフィードバック特性を持っていることが明らかになった。しかし、燃料領域の負の特性が大きいため、炉心全体としては負の特性を持つことが確認された。また、燃料要素内減速材のフィードバック特性も温度上昇に対して負であることが確認された。

#### (7) 質量係数

2次元体系で実施した炉心内東南側  $1/4$  炉心の質量係数のベンチマーク計算の C/E は、各格子位置で  $0.942 \sim 1.102$ 、 $1/4$  炉心平均で  $1.027$  であり、微少な反応度係数の比較にしては両者は良い一致を示した。

#### (8) 動特性パラメータ ( $\beta_{\text{eff}}/\ell$ )

2次元 10 群と 3 次元 3 群計算で実施した動特性パラメータのベンチマーク計算の C/E は、2 次元計算で  $1.134$ 、3 次元計算で  $1.077$  であった。エネルギー群数の少ない 3 群計算の方が実験値に近い値が得られたのは、3 群と 10 群のエネルギー群構造が遅発中性子のエネルギー領域に対して同じ構造となっており、この領域に対する群構造の違いが無いので、2 次元計算で考慮されていない制御棒が 3 次元計算では考慮されているためであろうと考えられた。

また、計算で求めた動特性パラメータを用いて評価した制御棒価値と実験値との C/E は、2 次元計算で求めたパラメータを用いた場合約  $1.05$ 、3 次元計算で求めたパラメータを用いた場合約  $0.95$  であり、制御棒価値の面から見ると計算で求めたパラメータと制御棒校正実験に用いられたパラメータとの間には大きな差がないことが確認された。

#### (9) $^{135}\text{Xe}$ の蓄積による反応度減少量

3 日間にわたって実施された高出力性能試験運転時の  $^{135}\text{Xe}$  による反応度減少量のベンチマーク計算の C/E は、第 1 日目が  $0.50 \sim 0.90$ 、第 2 日目が  $0.80 \sim 1.02$ 、第 3 日目が  $0.84 \sim 1.02$  であり、 $^{135}\text{Xe}$  の蓄積が少ない第 1 日目の運転初期を除き両者は比較的良い一致を示すことが確認された。

Table 13.1 Summary of Benchmark Calculation Results

Benchmark Calculation Item		Geometry	Energy Groups	C/E
Excess Reactivity		2-D	3	1.0027 (A-12)* <sup>1</sup>
		3-D	3	0.9993 (A-16)* <sup>2</sup> 0.9988 (A-12) 0.9934 (A-16)
Criticality		3-D	3	0.9962 (A-12) 0.9973 (A-16)
Rod Worth	Shim Rod (C <sub>1</sub> ~ C <sub>4</sub> )	3-D	3	0.959~1.001 (A-16) 0.973~1.052 (A·B-16)* <sup>3</sup>
	Regulating Rod (C <sub>5</sub> )	3-D	3	1.036 (A-16) 0.973 (A·B-16)
	Buck Up Rod (B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> )	3-D	3	1.02 (A-16) (Case-2) 1.07 (A·B-16) (Case-2)
Thermal Flux Distribution	Fri	3-D	3	1.024~0.975 0.977 (E-5)* <sup>4</sup>
	Fzi	3-D	3	0.934~0.981 0.969 (E-5)
	Fri×Fzi	3-D	3	0.927~0.985 0.944 (E-5)
Void Coefficient		2-D	3	1.019 (Case-2)
		3-D	3	0.943 (Case-2)
Temperature Coefficient		2-D	3	1.025~1.213 (27~40°C)
		3-D	3	1.112~1.266 (27~40°C)
Mass Coefficient		2-D	3	0.942~1.102
Kinetic Parameter ( $\beta_{eff}/\ell$ )		2-D	10	1.134
		3-D	3	1.077
Xe-135 Build Up		—	Thermal	0.80~1.04

Note \*<sup>1</sup> A 12 Elements Core\*<sup>2</sup> A 16 Elements Core\*<sup>3</sup> A and B Type 16 Elements Core\*<sup>4</sup> Hot Channel of the Core

## 14. 結論

解析手法の妥当性を明らかにするため、これまで測定されてきた種々の核特性についてベンチマーク計算を実施した。その結果、計算値と測定値は良い一致を示し、解析手法の妥当性が明らかになった。従って、本解析手法と同じ手法で計算された低濃縮炉心の核設計は妥当なものであると考えられる。

### 謝 辞

本ベンチマーク計算は、試験・研究炉濃縮度低減化計画の一環として行なわれたもので、本報告は、JRR-4管理課両角実課長を始めとするJRR-4管理課の方々及び同計画に携さる多くの方々の賜である。本報告書の作成にあたっては研究炉開発室鶴田晴通室最代理の御指導を頂いた。SRACコードシステムの使用に関しては原子炉工学部炉物理実験研究室土橋敬一郎主任研究員と(株)アイ・エス・エル井戸勝氏の御指導を頂いた。JRR-4管理課渡辺終吉氏には制御棒校正データ整理コードの使用を、(株)金沢コンピュータサービス根本博行氏には群定数編集コードの使用を快諾して頂いた。また、研究炉管理部桜井裕部長、二村嘉明次長には本報告書を査読して頂き貴重な御意見を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) K. Tsuchihashi, et al. ; "Revised SRAC Code System", JAERI 1302 (1986)
- 2) JRR-4管理課 ; "JRR-4 の臨界試験ならびに特性試験の概要", JAERI 1139 (1967)
- 3) 安田秀志 ; "極性相関法による熱中性子炉の反応度測定に関する実験的研究", JAERI-M 7356 (1977)
- 4) 有金賢次, 他 ; "低濃縮ウラン実験用燃料要素の核的特性測定とSRACコードシステムによる解析" JAERI-M 85-047 (1985)

## 14. 結論

解析手法の妥当性を明らかにするため、これまで測定されてきた種々の核特性についてベンチマーク計算を実施した。その結果、計算値と測定値は良い一致を示し、解析手法の妥当性が明らかになった。従って、本解析手法と同じ手法で計算された低濃縮炉心の核設計は妥当なものであると考えられる。

### 謝 辞

本ベンチマーク計算は、試験・研究炉濃縮度低減化計画の一環として行なわれたもので、本報告は、JRR-4管理課両角実課長を始めとするJRR-4管理課の方々及び同計画に携さわる多くの方々の賜である。本報告書の作成にあたっては研究炉開発室鶴田晴通室最代理の御指導を頂いた。SRACコードシステムの使用に関しては原子炉工学部炉物理実験研究室土橋敬一郎主任研究員と(株)アイ・エス・エル井戸勝氏の御指導を頂いた。JRR-4管理課渡辺終吉氏には制御棒校正データ整理コードの使用を、(株)金沢コンピュータサービス根本博行氏には群定数編集コードの使用を快諾して頂いた。また、研究炉管理部桜井裕部長、二村嘉明次長には本報告書を査読して頂き貴重な御意見を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) K. Tsuchihashi, et al. ; "Revised SRAC Code System", JAERI 1302 (1986)
- 2) JRR-4 管理課 ; "JRR-4 の臨界試験ならびに特性試験の概要", JAERI 1139 (1967)
- 3) 安田秀志 ; "極性相関法による熱中性子炉の反応度測定に関する実験的研究", JAERI-M 7356 (1977)
- 4) 有金賢次, 他 ; "低濃縮ウラン実験用燃料要素の核的特性測定と SRAC コードシステムによる解析" JAERI-M 85-047 (1985)

## 14. 結論

解析手法の妥当性を明らかにするため、これまで測定されてきた種々の核特性についてベンチマーク計算を実施した。その結果、計算値と測定値は良い一致を示し、解析手法の妥当性が明らかになった。従って、本解析手法と同じ手法で計算された低濃縮炉心の核設計は妥当なものであると考えられる。

### 謝 辞

本ベンチマーク計算は、試験・研究炉濃縮度低減化計画の一環として行なわれたもので、本報告は、JRR-4管理課両角実課長を始めとするJRR-4管理課の方々及び同計画に携さわる多くの方々の賜である。本報告書の作成にあたっては研究炉開発室鶴田晴通室最代理の御指導を頂いた。SRACコードシステムの使用に関しては原子炉工学部炉物理実験研究室土橋敬一郎主任研究員と(株)アイ・エス・エル井戸勝氏の御指導を頂いた。JRR-4管理課渡辺終吉氏には制御棒校正データ整理コードの使用を、(株)金沢コンピュータサービス根本博行氏には群定数編集コードの使用を快諾して頂いた。また、研究炉管理部桜井裕部長、二村嘉明次長には本報告書を査読して頂き貴重な御意見を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) K. Tsuchihashi, et al. ; "Revised SRAC Code System", JAERI 1302 (1986)
- 2) JRR-4 管理課 ; "JRR-4 の臨界試験ならびに特性試験の概要", JAERI 1139 (1967)
- 3) 安田秀志 ; "極性相関法による熱中性子炉の反応度測定に関する実験的研究", JAERI-M 7356 (1977)
- 4) 有金賢次, 他 ; "低濃縮ウラン実験用燃料要素の核的特性測定と SRACコードシステムによる解析" JAERI-M 85-047 (1985)

## 附録A 原子個数密度

群定数作成に使用した原子個数密度を以下に示す。核種名及び原子個数密度等の記載方法は SRACコードの入力データと同じである。その他については表中のコメントを参照していただきたい。

```
*****
* NUMBER DENSITIES FOR A-TYPE 1ST FUEL ELEMENT *
*****
```

1 : FUEL PLATE :	00000100		
	00000200		
	00000300		
	00000400		
	00000500		
	00000600		
	00000700		
	00000800		
*** DATA FOR FUEL MEAT***	00000900		
1) MEAT THICKNESS	0.05 CM	00001000	
2) MEAT WIDTH	6.54 CM	00001100	
3) MEAT LENGTH	59.763 CM	00001200	
4) MEAT VOLUME	19.543 CM**3	00001300	
5) COMPOSITION		00001400	
U234	0.0694 G	00001500	
U235	11.0372 G	00001600	
U236	0.0531 G	00001700	
U238	1.1217 G	00001800	
AL	50.992 G	00001900	
1-1 ((FUEL MEAT, U-AL ALLOY))	00002000		
Key Code of Nuclide	(XU040001) 2 0 9.1388E-6	Number Density (n/barn/cm <sup>3</sup> )	00002100
XU050001	2 0 1.4472E-3	00002200	
XU060001	2 0 6.9330E-6	00002300	
XU080001	2 0 1.4522E-4	00002400	
XAL70001	0 0 5.8245E-2	00002500	
1-2 ((CLADDING, A1200))	00002600		
XAL70001	0 0 5.9922E-2	00002700	
XFEN0001	0 0 1.3383E-4	00002800	
XSIN0001	0 0 5.7912E-5	00002900	
1-3 ((H2O, 300.0 K))	00003000		
XH01H001	0 0 6.6634E-2	00003100	
X0060001	0 0 3.3317E-2	00003200	
2 : SOLID SIDE PLATE :	00003300		
	00003400		
	00003500		
	00003600		
	00003700		
	00003800		
XAL70001	0 0 5.9011E-2	00003900	
XFEN0001	0 0 5.5405E-5	00004000	
XSIN0001	0 0 2.9737E-4	00004100	
XMGN0001	0 0 6.0158E-4	00004200	
XMN50001	0 0 2.6614E-6	00004300	
XCRN0001	0 0 7.0301E-5	00004400	
	00004500		
	00004600		
3 : FUEL CELL :	00004700		
	00004800		

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----	-----2-----	-----3-----	-----4-----	-----5-----	-----6-----	-----7-----	R-----8
	((AL-WATER ZONE))						
	XAL70001	0	0	1.3982E-2		00004900	
	XFEN0001	0	0	3.1254E-5		00005000	
	XSIN0001	0	0	1.3511E-5		00005100	
	XH01H001	0	0	5.1085E-2		00005200	
	X0060001	0	0	2.5543E-2		00005300	
						00005400	
						00005500	
						00005600	
4	: FUEL ELEMENT STRUCTURE :					00005700	
	-----					00005800	
	ZONE 1 ((HANDLE AND CONNECTOR ZONE, H=135MM))					00005900	
	(A1F1)	XAL70001	0	0	1.3135E-2	00006000	
		XFEN0001	0	0	1.4607E-3	00006100	
		XSIN0001	0	0	1.0280E-4	00006200	
		XMN50001	0	0	3.5404E-5	00006300	
		XMGN0001	0	0	1.6170E-4	00006400	
		XCRN0001	0	0	4.3607E-4	00006500	
		XNIN0001	0	0	1.6934E-4	00006600	
		XCO2C001	0	0	5.7950E-6	00006700	
		XH01H001	0	0	5.0142E-2	00006800	
		X0060001	0	0	2.5071E-2	00006900	
						00007000	
	ZONE 2 ((CONNECTOR LOWER ZONE + CLAD + SIDE PLATE, H=20MM))					00007100	
	(A1F2)	XAL70001	0	0	2.4720E-2	00007200	
		XFEN0001	0	0	2.5216E-5	00007300	
		XSIN0001	0	0	1.3456E-4	00007400	
		XMN50001	0	0	1.9943E-6	00007500	
		XMGN0001	0	0	2.6114E-4	00007600	
		XCRN0001	0	0	1.4186E-5	00007700	
		XH01H001	0	0	3.8723E-2	00007800	
		X0060001	0	0	1.9362E-2	00007900	
						00008000	
	ZONE 3 ((SIDE PLATES AND OUTER PLATES CLADDING))					00008100	
	(A1F3)	XAL70001	0	0	8.5176E-3	00008200	
		XFEN0001	0	0	9.2084E-6	00008300	
		XSIN0001	0	0	3.9101E-5	00008400	
		XMN50001	0	0	3.6760E-7	00008500	
		XMGN0001	0	0	7.7300E-5	00008600	
		XCRN0001	0	0	9.0288E-6	00008700	
		XH01H001	0	0	5.7231E-2	00008800	
		X0060001	0	0	2.8616E-2	00008900	
						00009000	
	ZONE 4 ((15 FUEL PLATES CLADDING AND SIDE PLATES))					00009100	
	(A1F4)	XAL70001	0	0	1.9060E-2	00009200	
		XFEN0001	0	0	3.3648E-5	00009300	
		XSIN0001	0	0	4.6544E-5	00009400	
		XMN50001	0	0	5.0120E-7	00009500	
		XMGN0001	0	0	7.0592E-5	00009600	
		XCRN0001	0	0	8.2290E-6	00009700	
		XH01H001	0	0	4.5321E-2	00009800	
		X0060001	0	0	2.2661E-2	00009900	
						00010000	
	ZONE 5 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))					00010100	
	(A1F5)	XAL70001	0	0	2.8075E-2	00010200	
		XFEN0001	0	0	1.4887E-4	00010300	
		XSIN0001	0	0	1.5083E-4	00010400	
		XMN50001	0	0	4.6448E-6	00010500	
		XMGN0001	0	0	3.1039E-4	00010600	
		XCRN0001	0	0	3.9317E-5	00010700	

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8

XNIN0001	0	0	6.7567E-6	00010800
XCO2C001	0	0	3.7520E-7	00010900
XH01H001	0	0	3.4914E-2	00011000
X0060001	0	0	1.7457E-2	00011100
				00011200
ZONE 6 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))				00011300
(A1F6) XAL70001	0	0	3.7809E-2	00011400
XFEN0001	0	0	8.4096E-5	00011500
XSIN0001	0	0	2.2329E-4	00011600
XMN50001	0	0	7.3862E-6	00011700
XMGN0001	0	0	3.9543E-4	00011800
XCRN0001	0	0	4.3769E-5	00011900
XNIN0001	0	0	1.5379E-6	00012000
XCO2C001	0	0	8.5240E-8	00012100
XH01H001	0	0	2.3839E-2	00012200
X0060001	0	0	1.1920E-2	00012300
				00012400
				00012500
				00012600
*****				00012700
* NUMBER DENSITIES FOR A-TYPE 2ND FUEL ELEMENT *				00012800
*****				00012900
				00013000
-----				00013100
1 : FUEL PLATE :				00013200
-----				00013300
-----				00013400
*** DATA FOR FUEL MEAT***				00013500
1) MEAT THICKNESS	0.05	CM		00013600
2) MEAT WIDTH	6.54	CM		00013700
3) MEAT LENGTH	56.437	CM		00013800
4) MEAT VOLUME	18.455	CM**3		00013900
5) COMPOSITION				00014000
U234	0.0692	G		00014100
U235	11.0159	G		00014200
U236	0.0530	G		00014300
U238	1.1279	G		00014400
AL	47.298	G		00014500
				00014600
1-1 ((FUEL MEAT, U-AL ALLOY))				00014700
XU040001	2	0	9.6497E-6	00014800
XU050001	2	0	1.5296E-3	00014900
XU060001	2	0	7.3279E-6	00015000
XU080001	2	0	1.5463E-4	00015100
XAL70001	0	0	5.7210E-2	00015200
				00015300
1-2 ((CLADDING, A1200))				00015400
XAL70001	0	0	5.9922E-2	00015500
XFEN0001	0	0	1.3383E-4	00015600
XSIN0001	0	0	5.7912E-5	00015700
				00015800
1-3 ((H2O, 300.0 K))				00015900
XH01H001	0	0	6.6634E-2	00016000
X0060001	0	0	3.3317E-2	00016100
				00016200
-----				00016300
2 : SOLID SIDE PLATE :				00016400
-----				00016500
XAL70001	0	0	5.9011E-2	00016600

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----	-----2-----	-----3-----	-----4-----	-----5-----	-----6-----	-----7-----	R-----8
	XFENO001	0	0	5.5405E-5			00016700
	XSIN0001	0	0	2.9737E-4			00016800
	XMGN0001	0	0	6.0158E-4			00016900
	XMN50001	0	0	2.6614E-6			00017000
	XCRN0001	0	0	7.0301E-5			00017100
							00017200
							00017300
3 : FUEL CELL :							00017400
							00017500
	((AL-WATER ZONE))						00017600
	XAL70001	0	0	1.3982E-2			00017700
	XFEN0001	0	0	3.1254E-5			00017800
	XSIN0001	0	0	1.3511E-5			00017900
	XH01H001	0	0	5.1085E-2			00018000
	X0060001	0	0	2.5543E-2			00018100
							00018200
							00018300
4 : FUEL ELEMENT STRUCTURE :							00018400
							00018500
	ZONE 1 ((HANDLE AND CONNECTOR ZONE,H=135MM))						00018600
(A2F1)	XAL70001	0	0	1.3135E-2			00018700
	XFEN0001	0	0	1.4607E-3			00018800
	XSIN0001	0	0	1.0280E-4			00018900
	XMN50001	0	0	3.5404E-5			00019000
	XMGN0001	0	0	1.6170E-4			00019100
	XCRN0001	0	0	4.3607E-4			00019200
	XNIN0001	0	0	1.6934E-4			00019300
	XCO2C001	0	0	5.7950E-6			00019400
	XH01H001	0	0	5.0142E-2			00019500
	X0060001	0	0	2.5071E-2			00019600
							00019700
	ZONE 2 ((CONNECTOR LOWER ZONE + CLAD + SIDE PLATE,H=20MM))						00019800
(A2F2)	XAL70001	0	0	2.4720E-2			00019900
	XFEN0001	0	0	2.5216E-5			00020000
	XSIN0001	0	0	1.3456E-4			00020100
	XMN50001	0	0	1.9943E-6			00020200
	XMGN0001	0	0	2.6114E-4			00020300
	XCRN0001	0	0	1.4186E-5			00020400
	XH01H001	0	0	3.8723E-2			00020500
	X0060001	0	0	1.9362E-2			00020600
							00020700
	ZONE 3 ((SIDE PLATES AND OUTER FUEL PLATES CLADDING))						00020800
(A2F3)	XAL70001	0	0	8.5176E-3			00020900
	XFEN0001	0	0	9.2084E-6			00021000
	XSIN0001	0	0	3.9101E-5			00021100
	XMN50001	0	0	3.6760E-7			00021200
	XMGN0001	0	0	7.7300E-5			00021300
	XCRN0001	0	0	9.0288E-6			00021400
	XH01H001	0	0	5.7231E-2			00021500
	X0060001	0	0	2.8616E-2			00021600
							00021700
	ZONE 4 ((15 FUEL PLATES CLADDING AND SIDE PLATES))						00021800
(A2F4)	XAL70001	0	0	1.9060E-2			00021900
	XFEN0001	0	0	3.3648E-5			00022000
	XSIN0001	0	0	4.6544E-5			00022100
	XMN50001	0	0	5.0120E-7			00022200
	XMGN0001	0	0	7.0592E-5			00022300
	XCRN0001	0	0	8.2290E-6			00022400
	XH01H001	0	0	4.5321E-2			00022500

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8

X0060001	0	0	2.2661E-2	00022600
				00022700
ZONE 5 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))				00022800
(A2F5) XAL70001	0	0	2.8075E-2	00022900
XFEN0001	0	0	1.4887E-4	00023000
XSIN0001	0	0	1.5083E-4	00023100
XMN50001	0	0	4.6448E-6	00023200
XMGN0001	0	0	3.1039E-4	00023300
XCRN0001	0	0	3.9317E-5	00023400
XNIN0001	0	0	6.7567E-6	00023500
XCO2C001	0	0	3.7520E-7	00023600
XH01H001	0	0	3.4914E-2	00023700
X0060001	0	0	1.7457E-2	00023800
				00023900
ZONE 6 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))				00024000
(A2F6) XAL70001	0	0	3.7809E-2	00024100
XFEN0001	0	0	8.4096E-5	00024200
XSIN0001	0	0	2.2329E-4	00024300
XMN50001	0	0	7.3862E-6	00024400
XMGN0001	0	0	3.9543E-4	00024500
XCRN0001	0	0	4.3769E-5	00024600
XNIN0001	0	0	1.5379E-6	00024700
XCO2C001	0	0	8.5240E-8	00024800
XH01H001	0	0	2.3839E-2	00024900
X0060001	0	0	1.1920E-2	00025000
				00025100
				00025200
*****				00025300
* NUMBER DENSITIES FOR B-TYPE FUEL ELEMENT *				00025400
*****				00025500
				00025600
				00025700
-----1 : INNER FUEL PLATE> :				00025800
				00025900
				00026000
*** DATA FOR FUEL MEAT***				00026100
1) MEAT THICKNESS	0.05	CM		00026200
2) MEAT WIDTH	6.54	CM		00026300
3) MEAT LENGTH	59.315	CM		00026400
4) MEAT VOLUME	19.396	CM**3		00026500
5) COMPOSITION				00026600
U234	0.0755	G		00026700
U235	11.871	G		00026800
U236	0.053	G		00026900
U238	0.746	G		00027000
AL	49.802	G		00027100
				00027200
1-1 ((FUEL MEAT,U-AL ALLOY))				00027300
XU040001	2	0	1.0017E-5	00027400
XU050001	2	0	1.5683E-3	00027500
XU060001	2	0	6.9724E-6	00027600
XU080001	2	0	9.7313E-5	00027700
XAL70001	0	0	5.7317E-2	00027800
				00027900
1-2 ((CLADDING, A1200))				00028000
XAL70001	0	0	5.9922E-2	00028100
XFEN0001	0	0	1.3387E-4	00028200
XSIN0001	0	0	5.7890E-5	00028300
				00028400

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8			
1-3	((H2O, 300.0 K))		
	XH01H001	0	0
	X0060001	0	0
			6.6634E-2
			3.3317E-2
			00028500
			00028600
			00028700
			00028800
			00028900
2	: OUTER FUEL PLATE :		
			00029000
			00029100
			00029200
	*** DATA FOR FUEL MEAT***		
	1) MEAT THICKNESS	0.05	CM
	2) MEAT WIDTH	6.54	CM
	3) MEAT LENGTH	59.453	CM
	4) MEAT VOLUME	19.441	CM**3
	5) COMPOSITION		
	U234	0.0376	G
	U235	5.9097	G
	U236	0.0264	G
	U238	0.3714	G
	AL	51.292	G.
			00029300
			00029400
			00029500
			00029600
			00029700
			00029800
			00029900
			00030000
			00030100
			00030200
			00030300
			00030400
2-1	((FUEL MEAT, U-AL ALLOY))		
	XU040001	2	0
	XU050001	2	0
	XU060001	2	0
	XU080001	2	0
	XAL70001	0	0
			4.9773E-6
			7.7895E-4
			3.4650E-6
			4.8335E-5
			5.8893E-2
			00030500
			00030600
			00030700
			00030800
			00030900
			00031000
			00031100
2-2	((CLADDING, A1200))		
	XAL70001	0	0
	XFEN0001	0	0
	XSIN0001	0	0
			5.9922E-2
			1.3401E-4
			5.7868E-5
			00031200
			00031300
			00031400
			00031500
			00031600
2-3	((H2O, 300.0 K))		
	XH01H001	0	0
	X0060001	0	0
			6.6634E-2
			3.3317E-2
			00031700
			00031800
			00031900
			00032000
			00032100
3	: SOLID SIDE PLATE :		
			00032200
			00032300
	XAL70001	0	0
	XFEN0001	0	0
	XSIN0001	0	0
	XMGN0001	0	0
	XMN50001	0	0
	XCRN0001	0	0
			5.9011E-2
			5.5405E-5
			2.9737E-4
			6.0158E-4
			2.6614E-6
			7.0301E-5
			00032400
			00032500
			00032600
			00032700
			00032800
			00032900
			00033000
			00033100
4	: FUEL CELL :		
			00033200
			00033300
	((AL-WATER ZONE))		
	XAL70001	0	0
	XFEN0001	0	0
	XSIN0001	0	0
	XH01H001	0	0
	X0060001	0	0
			1.3982E-2
			3.1254E-5
			1.3511E-5
			5.1085E-2
			2.5543E-2
			00033400
			00033500
			00033600
			00033700
			00033800
			00033900
			00034000
			00034100
5	: FUEL ELEMENT STRUCTURE :		
			00034200
			00034300

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8					
ZONE 1	((HANDLE AND CONNECTOR ZONE,H=135MM))				
(BTF1)	XAL70001	0	0	1.3135E-2	00034400
	XFEN0001	0	0	1.4607E-3	00034500
	XSIN0001	0	0	1.0280E-4	00034600
	XMN50001	0	0	3.5404E-5	00034800
	XMGN0001	0	0	1.6170E-4	00034900
	XCRN0001	0	0	4.3607E-4	00035000
	XNIN0001	0	0	1.6934E-4	00035100
	XCO2C001	0	0	5.7950E-6	00035200
	XH01H001	0	0	5.0142E-2	00035300
	X0060001	0	0	2.5071E-2	00035400
					00035500
ZONE 2	((CONNECTOR LOWER ZONE + CLAD + SIDE PLATES,H=20MM))				
(BTF2)	XAL70001	0	0	2.4720E-2	00035600
	XFEN0001	0	0	2.5216E-5	00035700
	XSIN0001	0	0	1.3456E-4	00035800
	XMN50001	0	0	1.9943E-6	00035900
	XMGN0001	0	0	2.6114E-4	00036000
	XCRN0001	0	0	1.4186E-5	00036100
	XH01H001	0	0	3.8723E-2	00036200
	X0060001	0	0	1.9362E-2	00036300
					00036400
					00036500
ZONE 3	((SIDE PLATES AND OUTER FUEL PLATES CLADDING))				
(BTF3)	XAL70001	0	0	8.5176E-3	00036600
	XFEN0001	0	0	9.2084E-6	00036700
	XSIN0001	0	0	3.9101E-5	00036800
	XMN50001	0	0	3.6760E-7	00036900
	XMGN0001	0	0	7.7300E-5	00037000
	XCRN0001	0	0	9.0288E-6	00037100
	XH01H001	0	0	5.7231E-2	00037200
	X0060001	0	0	2.8616E-2	00037300
					00037400
					00037500
ZONE 4	((15 FUEL PLATES CLADDING AND SIDE PLATES))				
(BTF4)	XAL70001	0	0	1.9060E-2	00037600
	XFEN0001	0	0	3.3648E-5	00037700
	XSIN0001	0	0	4.6544E-5	00037800
	XMN50001	0	0	5.0120E-7	00037900
	XMGN0001	0	0	7.0592E-5	00038000
	XCRN0001	0	0	8.2290E-6	00038100
	XH01H001	0	0	4.5321E-2	00038200
	X0060001	0	0	2.2661E-2	00038300
					00038400
					00038500
ZONE 5	((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))				
(BTF5)	XAL70001	0	0	2.8075E-2	00038600
	XFEN0001	0	0	1.4887E-4	00038700
	XSIN0001	0	0	1.5083E-4	00038800
	XMN50001	0	0	4.6448E-6	00038900
	XMGN0001	0	0	3.1039E-4	00039000
	XCRN0001	0	0	3.9317E-5	00039100
	XNIN0001	0	0	6.7567E-6	00039200
	XCO2C001	0	0	3.7520E-7	00039300
	XH01H001	0	0	3.4914E-2	00039400
	X0060001	0	0	1.7457E-2	00039500
					00039600
					00039700
ZONE 6	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))				
(BTF6)	XAL70001	0	0	3.7809E-2	00039800
	XFEN0001	0	0	8.4096E-5	00039900
	XSIN0001	0	0	2.2329E-4	00040000
	XMN50001	0	0	7.3862E-6	00040100
					00040200

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----	-----2-----	-----3-----	-----4-----	-----5-----	-----6-----	-----7-----	R-----8
	XMGN0001	0	0	3.9543E-4		00040300	
	XCRN0001	0	0	4.3769E-5		00040400	
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6		00040500	
	XCO2C001	0	0	8.5240E-8		00040600	
	XH01H001	0	0	2.3839E-2		00040700	
	X0060001	0	0	1.1920E-2		00040800	
						00040900	
						00041000	
	*****						00041100
	* NUMBER DENSITIES FOR CORE STRUCTURES *						00041200
	*****						00041300
	*****						00041400
	-----						00041500
1	: STANDARD REFLECTOR, V=8.1*8.1CM :						00041600
	-----						00041700
	ZONE 1	((HANDLE AND CONNECTOR ZONE, H=135MM))					
	(STR1)	XAL70001	0	0	1.6410E-2		00041800
		XFEN0001	0	0	1.4651E-3		00041900
		XSIN0001	0	0	9.3456E-5		00042000
		XMN50001	0	0	3.6019E-5		00042100
		XMGN0001	0	0	2.8563E-4		00042200
		XCRN0001	0	0	4.4037E-4		00042300
		XNIN0001	0	0	1.6934E-4		00042400
		XCO2C001	0	0	5.7950E-6		00042500
		XH01H001	0	0	4.6386E-2		00042600
		X0060001	0	0	2.3193E-2		00042700
						00042800	
						00042900	
	ZONE 2	((CONNECTOR LOWER ZONE, H=25MM))					
	(STR2)	XAL70001	0	0	5.7058E-2		00043000
		XFEN0001	0	0	6.9341E-5		00043100
		XSIN0001	0	0	3.9706E-5		00043200
		XMN50001	0	0	8.4070E-5		00043300
		XMGN0001	0	0	1.5836E-3		00043400
		XCRN0001	0	0	5.0339E-5		00043500
		XH01H001	0	0	1.6351E-3		00043600
		X0060001	0	0	8.1756E-4		00043700
						00043800	
						00043900	
	ZONE 3	((CENTER ZONE, USE FOR 2-D CAL.))					
	(STR3)	XAL70001	0	0	4.3000E-3		00044000
		XFEN0001	0	0	7.9723E-6		00044100
		XSIN0001	0	0	3.3993E-6		00044200
		XCO2C001	0	0	7.1569E-2		00044300
		XH01H001	0	0	1.6351E-3		00044400
		X0060001	0	0	8.1755E-4		00044500
						00044600	
						00044700	
	ZONE 4	((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))					
	(STR4)	XAL70001	0	0	5.0656E-2		00044800
		XFEN0001	0	0	1.8259E-4		00044900
		XSIN0001	0	0	3.6736E-5		00045000
		XMN50001	0	0	8.2283E-6		00045100
		XMGN0001	0	0	1.3982E-3		00045200
		XCRN0001	0	0	7.2146E-5		00045300
		XNIN0001	0	0	6.7591E-6		00045400
		XH01H001	0	0	8.9074E-3		00045500
		X0060001	0	0	4.4537E-3		00045600
						00045700	
						00045800	
	ZONE 5	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))					
	(STR5)	XAL70001	0	0	5.5902E-2		00045900
		XFEN0001	0	0	1.0777E-4		00046000
						00046100	

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----	-----2-----	-----3-----	-----4-----	-----5-----	-----6-----	-----7-----	R-----8
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4		00046200	
	XMN50001	0	0	1.0197E-5		00046300	
	XMGN0001	0	0	1.0590E-3		00046400	
	XCRN0001	0	0	6.5197E-5		00046500	
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6		00046600	
	XCO2C001	0	0	8.5420E-8		00046700	
	XH01H001	0	0	2.7516E-3		00046800	
	X0060001	0	0	1.3758E-3		00046900	
						00047000	
						00047100	
2	: REFLECTOR FOR GUCK UP ROD, V=8.1*8.1CM :					00047200	
						00047300	
	ZONE 1 ((CHANDEL AND CONNECTOR ZONE, H=135MM))					00047400	
(SPR1)	XAL70001	0	0	1.6410E-2		00047500	
	XFEN0001	0	0	1.4651E-3		00047600	
	XSIN0001	0	0	9.3456E-5		00047700	
	XMN50001	0	0	3.6019E-5		00047800	
	XMGN0001	0	0	2.8563E-4		00047900	
	XCRN0001	0	0	4.4037E-4		00048000	
	XNIN0001	0	0	1.6934E-4		00048100	
	XCO2C001	0	0	5.7950E-6		00048200	
	XH01H001	0	0	4.6386E-2		00048300	
	X0060001	0	0	2.3193E-2		00048400	
						00048500	
	ZONE 2 ((UPPER AND LOWER ZONE OF GRAPHITE, H=60 AND 40MM))					00048600	
(SPR2)	XAL70001	0	0	4.7559E-2		00048700	
	XFEN0001	0	0	2.7228E-4		00048800	
	XSIN0001	0	0	3.7271E-5		00048900	
	XMN50001	0	0	1.2243E-5		00049000	
	XMGN0001	0	0	1.3385E-3		00049100	
	XCRN0001	0	0	1.0508E-4		00049200	
	XNIN0001	0	0	2.5126E-5		00049300	
	XCO2C001	0	0	8.5983E-7		00049400	
	XH01H001	0	0	1.2197E-2		00049500	
	X0060001	0	0	6.0987E-3		00049600	
						00049700	
	ZONE 3 ((CENTER ZONE, USE FOR 2-D CAL.))					00049800	
(SPR3)	XAL70001	0	0	4.7327E-3		00049900	
	XFEN0001	0	0	8.7778E-6		00050000	
	XSIN0001	0	0	3.7261E-6		00050100	
	XCO2C001	0	0	7.1858E-2		00050200	
	XH01H001	0	0	1.3101E-3		00050300	
	X0060001	0	0	6.5503E-4		00050400	
						00050500	
	ZONE 4 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))					00050600	
(SPR4)	XAL70001	0	0	5.0656E-2		00050700	
	XFEN0001	0	0	1.8259E-4		00050800	
	XSIN0001	0	0	3.6736E-5		00050900	
	XMN50001	0	0	8.2283E-6		00051000	
	XMGN0001	0	0	1.3982E-3		00051100	
	XCRN0001	0	0	7.2146E-5		00051200	
	XNIN0001	0	0	6.7591E-6		00051300	
	XH01H001	0	0	8.9074E-3		00051400	
	X0060001	0	0	4.4537E-3		00051500	
						00051600	
	ZONE 5 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))					00051700	
(SPR5)	XAL70001	0	0	5.5902E-2		00051800	
	XFEN0001	0	0	1.0777E-4		00051900	
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4		00052000	

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

1	2	3	4	5	6	7-R	8
		XMN50001	0 0	1.0197E-5		00052100	
		XMGN0001	0 0	1.0590E-3		00052200	
		XCRN0001	0 0	6.5197E-5		00052300	
		XNIN0001	0 0	1.5379E-6		00052400	
		XCO2C001	0 0	8.5420E-8		00052500	
		XH01H001	0 0	2.7516E-3		00052600	
		X0060001	0 0	1.3758E-3		00052700	
						00052800	
						00052900	
3	:	BUCK UP ROD GUIDE :				00053000	
		(BUGI)	(( USE FOR ROD IN CAL. V=1.35*16.2-0.5*14CM))			00053200	
		XAL70001	0 0	1.2809E-2		00053300	
		XFEN0001	0 0	1.9034E-5		00053400	
		XSIN0001	0 0	7.5699E-5		00053500	
		XMN50001	0 0	5.1609E-6		00053600	
		XMGN0001	0 0	1.4579E-4		00053700	
		XCRN0001	0 0	1.1584E-5		00053800	
		XH01H001	0 0	5.2115E-2		00053900	
		X0060001	0 0	2.6057E-2		00054000	
						00054100	
4	:	C-5 REFLECTOR,V=8.1*8.1CM :				00054200	
		ZONE 1	(( CHANDEL AND CONNECTOR ZONE,H=135MM))			00054300	
		(C5R1)	XAL70001	0 0	1.6410E-2	00054400	
			XFEN0001	0 0	1.4651E-3	00054500	
			XSIN0001	0 0	9.3456E-5	00054600	
			XMN50001	0 0	3.6019E-5	00054700	
			XMGN0001	0 0	2.8563E-4	00054800	
			XCRN0001	0 0	4.4037E-4	00054900	
			XNIN0001	0 0	1.6934E-4	00055000	
			XCO2C001	0 0	5.7950E-6	00055100	
			XH01H001	0 0	4.6386E-2	00055200	
			X0060001	0 0	2.3193E-2	00055300	
						00055400	
		ZONE 2	(( UPPER AND LOWER ZONE OF GRAPHITE,H=60 AND 40MM))			00055500	
		(C5R2)	XAL70001	0 0	4.7433E-2	00055600	
			XFEN0001	0 0	4.0104E-4	00055700	
			XSIN0001	0 0	3.9719E-5	00055800	
			XMN50001	0 0	1.5308E-5	00055900	
			XMGN0001	0 0	1.3348E-3	00056000	
			XCRN0001	0 0	1.4248E-4	00056100	
			XNIN0001	0 0	4.0201E-5	00056200	
			XCO2C001	0 0	1.3757E-6	00056300	
			XH01H001	0 0	1.2197E-2	00056400	
			X0060001	0 0	6.0987E-3	00056500	
						00056600	
		ZONE 3	(( CENTER ZONE,USE FOR 2-D CAL.))			00056700	
		(C5R3)	XAL70001	0 0	4.7327E-3	00056800	
			XFEN0001	0 0	8.7778E-6	00056900	
			XSIN0001	0 0	3.7261E-6	00057000	
			XCO2C001	0 0	7.1858E-2	00057100	
			XH01H001	0 0	1.3101E-3	00057200	
			X0060001	0 0	6.5503E-4	00057300	
						00057400	
		ZONE 4	(( GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))			00057500	
		(C5R4)	XAL70001	0 0	5.0656E-2	00057600	
			XFEN0001	0 0	1.8259E-4	00057700	
						00057800	
						00057900	

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----	-----2-----	-----3-----	-----4-----	-----5-----	-----6-----	-----7-----	R-----8
		X\$IN0001	0 0	3.6736E-5		00058000	
		X\$MN50001	0 0	8.2283E-6		00058100	
		X\$MGN0001	0 0	1.3982E-3		00058200	
		X\$CRN0001	0 0	7.2146E-5		00058300	
		X\$NIN0001	0 0	6.7591E-6		00058400	
		X\$H01H001	0 0	8.9074E-3		00058500	
		X\$0060001	0 0	4.4537E-3		00058600	
						00058700	
ZONE 5	(C5R5)	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))				00058800	
	X\$AL70001	0 0	5.5902E-2			00058900	
	X\$FEN0001	0 0	1.0777E-4			00059000	
	X\$SIN0001	0 0	1.9508E-4			00059100	
	X\$MN50001	0 0	1.0197E-5			00059200	
	X\$MGN0001	0 0	1.0590E-3			00059300	
	X\$CRN0001	0 0	6.5197E-5			00059400	
	X\$NIN0001	0 0	1.5379E-6			00059500	
	X\$C02C001	0 0	8.5420E-8			00059600	
	X\$H01H001	0 0	2.7516E-3			00059700	
	X\$0060001	0 0	1.3758E-3			00059800	
						00059900	
						00060000	
5	:	C-5 GUID FRAME :				00060100	
						00060200	
	(C5GI)	((USE FOR ROD IN CAL. V=1.35*8.1-4*0.5CM))				00060300	
		((WITHOUT SUS ROLLER ))				00060400	
	X\$AL70001	0 0	3.7096E-2			00060500	
	X\$FEN0001	0 0	5.5123E-5			00060600	
	X\$SIN0001	0 0	2.1921E-4			00060700	
	X\$MN50001	0 0	1.4943E-5			00060800	
	X\$MGN0001	0 0	4.2219E-4			00060900	
	X\$CRN0001	0 0	3.3550E-5			00061000	
	X\$H01H001	0 0	1.2400E-2			00061100	
	X\$0060001	0 0	6.2002E-3			00061200	
						00061300	
						00061400	
6	:	GIANT REFLECTOR,V=8.1*15.05CM :				00061500	
						00061600	
ZONE 1	(GIA1)	((HANDLE AND UPPER PART OF CONNECTOR ZONE,H=135MM))				00061700	
	X\$AL70001	0 0	1.4620E-2			00061800	
	X\$FEN0001	0 0	2.0131E-4			00061900	
	X\$SIN0001	0 0	1.2337E-5			00062000	
	X\$MN50001	0 0	3.4454E-6			00062100	
	X\$MGN0001	0 0	4.1838E-4			00062200	
	X\$CRN0001	0 0	5.5452E-5			00062300	
	X\$NIN0001	0 0	1.0286E-5			00062400	
	X\$C02C001	0 0	5.7284E-7			00062500	
	X\$H01H001	0 0	4.9775E-2			00062600	
	X\$0060001	0 0	2.4887E-2			00062700	
						00062800	
ZONE 2	(GIA2)	((CONNECTOR ZONE,H=25MM))				00062900	
	X\$AL70001	0 0	5.7612E-2			00063000	
	X\$FEN0001	0 0	7.0881E-5			00063100	
	X\$SIN0001	0 0	4.0193E-5			00063200	
	X\$MN50001	0 0	8.2880E-6			00063300	
	X\$MGN0001	0 0	1.5609E-3			00063400	
	X\$CRN0001	0 0	4.9616E-5			00063500	
	X\$H01H001	0 0	1.0413E-3			00063600	
	X\$0060001	0 0	5.2064E-4			00063700	
						00063800	

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8					
ZONE 3 ((CENTER ZONE, USE FOR 2-D CAL.))					00063900
(GIA3)	XAL70001	0	0	7.6700E-3	00064000
	XFEN0001	0	0	1.4172E-5	00064100
	XSIN0001	0	0	5.9280E-6	00064200
	XCO2C001	0	0	6.7949E-2	00064300
	XH01H001	0	0	1.0413E-3	00064400
	XO060001	0	0	5.2064E-4	00064500
					00064600
ZONE 4 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))					00064700
(GIA4)	XAL70001	0	0	5.0656E-2	00064800
	XFEN0001	0	0	1.8259E-4	00064900
	XSIN0001	0	0	3.6736E-5	00065000
	XMN50001	0	0	8.2283E-6	00065100
	XMGN0001	0	0	1.3982E-3	00065200
	XCRN0001	0	0	7.2146E-5	00065300
	XNIN0001	0	0	6.7591E-6	00065400
	XH01H001	0	0	8.9074E-3	00065500
	XO060001	0	0	4.4537E-3	00065600
					00065700
ZONE 5 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))					00065800
(GIA5)	XAL70001	0	0	5.5902E-2	00065900
	XFEN0001	0	0	1.0777E-4	00066000
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4	00066100
	XMN50001	0	0	1.0197E-5	00066200
	XMGN0001	0	0	1.0590E-3	00066300
	XCRN0001	0	0	6.5197E-5	00066400
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6	00066500
	XCO2C001	0	0	8.5420E-8	00066600
	XH01H001	0	0	2.7516E-3	00066700
	XO060001	0	0	1.3758E-3	00066800
					00066900
					00067000
7	: NEUTRON SOURCE REFLECTOR, V=8.1*8.1CM :				
	-----				
ZONE 1 ((HANDLE AND CONNECTOR ZONE, H=135MM))					00067300
(NEU1)	XAL70001	0	0	1.3135E-2	00067400
	XFEN0001	0	0	1.4607E-3	00067500
	XSIN0001	0	0	1.0280E-4	00067600
	XMN50001	0	0	3.5404E-5	00067700
	XMGN0001	0	0	1.6170E-4	00067800
	XCRN0001	0	0	4.3607E-4	00067900
	XNIN0001	0	0	1.6934E-4	00068000
	XCO2C001	0	0	5.7950E-6	00068100
	XH01H001	0	0	5.0142E-2	00068200
	XO060001	0	0	2.5071E-2	00068300
					00068400
ZONE 2 ((CONNECTOR ZONE, H=25MM))					00068500
(NEU2)	XAL70001	0	0	4.5846E-2	00068600
	XFEN0001	0	0	5.5961E-5	00068700
	XSIN0001	0	0	3.1953E-5	00068800
	XMN50001	0	0	6.7106E-6	00068900
	XMGN0001	0	0	1.2635E-3	00069000
	XCRN0001	0	0	4.0162E-5	00069100
	XH01H001	0	0	1.4391E-2	00069200
	XO060001	0	0	7.1954E-3	00069300
					00069400
ZONE 3 ((UPPER ZONE OF GRAPHITE, 2-D CAL. H=384MM))					00069500
(NEU3)	XAL70001	0	0	8.6616E-3	00069600
	XFEN0001	0	0	1.3160E-5	00069700

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8						
	XSIN0001	0	0	6.3521E-6		00069800
	XMN50001	0	0	6.6337E-7		00069900
	XMGN0001	0	0	1.2488E-4		00070000
	XCRN0001	0	0	3.9696E-6		00070100
	XCO2C001	0	0	4.8905E-2		00070200
	XH01H001	0	0	2.8788E-3		00070300
	XO060001	0	0	1.4394E-3		00070400
						00070500
ZONE 4 (NEU4)	((LOWER ZONE OF GRAPHITE ,H=306MM))					00070600
	XAL70001	0	0	4.9439E-3		00070700
	XFEN0001	0	0	8.7120E-6		00070800
	XSIN0001	0	0	3.7915E-6		00070900
	XMN50001	0	0	9.8580E-7		00071000
	XMGN0001	0	0	1.8432E-5		00071100
	XCRN0001	0	0	5.8615E-7		00071200
	XCO2C001	0	0	6.7886E-2		00071300
	XH01H001	0	0	2.9413E-3		00071400
	XO060001	0	0	1.4706E-3		00071500
						00071600
ZONE 5 (NEU5)	((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))					00071700
	XAL70001	0	0	5.0656E-2		00071800
	XFEN0001	0	0	1.8259E-4		00071900
	XSIN0001	0	0	3.6736E-5		00072000
	XMN50001	0	0	8.2283E-6		00072100
	XMGN0001	0	0	1.3982E-3		00072200
	XCRN0001	0	0	7.2146E-5		00072300
	XNIN0001	0	0	6.7591E-6		00072400
	XH01H001	0	0	8.9074E-3		00072500
	XO060001	0	0	4.4537E-3		00072600
						00072700
ZONE 6 (NEU6)	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))					00072800
	XAL70001	0	0	5.5902E-2		00072900
	XFEN0001	0	0	1.0777E-4		00073000
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4		00073100
	XMN50001	0	0	1.0197E-5		00073200
	XMGN0001	0	0	1.0590E-3		00073300
	XCRN0001	0	0	6.5197E-5		00073400
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6		00073500
	XCO2C001	0	0	8.5420E-8		00073600
	XH01H001	0	0	2.7516E-3		00073700
	XO060001	0	0	1.3758E-3		00073800
						00073900
8	: EMPTY ELEMENT,V=8.1*8.1CM :					00074000
						00074100
						00074200
ZONE 1 (EMP1)	((HANDLE AND CONNECTOR ZONE,H=135MM))					00074300
	XAL70001	0	0	5.3983E-3		00074400
	XFEN0001	0	0	4.8485E-6		00074500
	XSIN0001	0	0	2.6778E-6		00074600
	XMN50001	0	0	2.7354E-7		00074700
	XMGN0001	0	0	1.6711E-4		00074800
	XCRN0001	0	0	6.3650E-6		00074900
	XH01H001	0	0	6.0467E-2		00075000
	XO060001	0	0	3.0233E-2		00075100
						00075200
ZONE 2 (EMP2)	((CONNECTOR ZONE,H=10MM))					00075300
	XAL70001	0	0	1.3847E-2		00075400
	XFEN0001	0	0	1.3380E-5		00075500
	XSIN0001	0	0	7.4849E-6		00075600

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8					
	XMN50001	0	0	1.0243E-6	00075700
	XMGN0001	0	0	4.2121E-4	00075800
	XCRN0001	0	0	1.5448E-5	00075900
	XH01H001	0	0	5.0826E-2	00076000
	X0060001	0	0	2.5413E-2	00076100
					00076200
ZONE 3 ((CENTER ZONE, FOR 2-D CAL.H=690MM))					00076300
(EMP3)	XAL70001	0	0	3.2083E-3	00076400
	XFEN0001	0	0	3.8382E-6	00076500
	XSIN0001	0	0	2.2258E-6	00076600
	XMN50001	0	0	4.8792E-7	00076700
	XMGN0001	0	0	9.1860E-5	00076800
	XCRN0001	0	0	2.9202E-6	00076900
	XH01H001	0	0	6.2974E-2	00077000
	X0060001	0	0	3.1487E-2	00077100
					00077200
ZONE 4 ((BETWEEN 30-50MM FROM GRID PLATE FOR GUID PLUG))					00077300
(EMP4)	XAL70001	0	0	4.2526E-2	00077400
	XFEN0001	0	0	5.0875E-5	00077500
	XSIN0001	0	0	2.9449E-5	00077600
	XMN50001	0	0	6.4667E-6	00077700
	XMGN0001	0	0	1.2176E-3	00077800
	XCRN0001	0	0	3.8700E-5	00077900
	XH01H001	0	0	1.8128E-2	00078000
	X0060001	0	0	9.0641E-3	00078100
					00078200
ZONE 5 ((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))					00078300
(EMP5)	XAL70001	0	0	5.0656E-2	00078400
	XFEN0001	0	0	1.8259E-4	00078500
	XSIN0001	0	0	3.6736E-5	00078600
	XMN50001	0	0	8.2283E-6	00078700
	XMGN0001	0	0	1.3982E-3	00078800
	XCRN0001	0	0	7.2146E-5	00078900
	XNIN0001	0	0	6.7591E-6	00079000
	XH01H001	0	0	8.9074E-3	00079100
	X0060001	0	0	4.4537E-3	00079200
					00079300
ZONE 6 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))					00079400
(EMP6)	XAL70001	0	0	5.5902E-2	00079500
	XFEN0001	0	0	1.0777E-4	00079600
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4	00079700
	XMN50001	0	0	1.0197E-5	00079800
	XMGN0001	0	0	1.0590E-3	00079900
	XCRN0001	0	0	6.5197E-5	00080000
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6	00080100
	XCO2C001	0	0	8.5420E-8	00080200
	XH01H001	0	0	2.7516E-3	00080300
	X0060001	0	0	1.3758E-3	00080400
					00080500
					00080600
9 : S AND K-PIPE ,V=8.1*8.1CM :					00080700
					00080800
ZONE 1 ((PIPE ONLY ,USE FOR 2-D CAL.))					00080900
(SKP1)	XAL70001	0	0	6.4487E-3	00081000
	XFEN0001	0	0	5.7943E-6	00081100
	XSIN0001	0	0	6.4063E-6	00081200
	XMN50001	0	0	3.2720E-7	00081300
	XMGN0001	0	0	1.9898E-4	00081400
	XCRN0001	0	0	6.5694E-6	00081500

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8					
	XH01H001	0	0	5.9266E-2	00081600
	X0060001	0	0	2.9633E-2	00081700
					00081800
ZONE 2	((BETWEEN 30-40MM FROM GRID PLATE FOR GUID PLUG))				00081900
(SKP2)	XAL70001	0	0	1.8621E-2	00082000
	XFEN0001	0	0	1.4021E-5	00082100
	XSIN0001	0	0	3.8438E-5	00082200
	XMN50001	0	0	4.3445E-6	00082300
	XMGN0001	0	0	6.5410E-4	00082400
	XCRN0001	0	0	2.6218E-6	00082500
	XH01H001	0	0	4.5682E-2	00082600
	X0060001	0	0	2.2841E-2	00082700
					00082800
ZONE 3	((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))				00082900
(SKP3)	XAL70001	0	0	2.8075E-2	00083000
	XFEN0001	0	0	1.4887E-4	00083100
	XSIN0001	0	0	1.5083E-4	00083200
	XMN50001	0	0	4.6448E-6	00083300
	XMGN0001	0	0	3.1039E-4	00083400
	XCRN0001	0	0	3.9317E-5	00083500
	XNIN0001	0	0	6.7567E-6	00083600
	XCO2C001	0	0	3.7520E-7	00083700
	XH01H001	0	0	3.4914E-2	00083800
	X0060001	0	0	1.7457E-2	00083900
					00084000
ZONE 4	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))				00084100
(SKP4)	XAL70001	0	0	3.7809E-2	00084200
	XFEN0001	0	0	8.4096E-5	00084300
	XSIN0001	0	0	2.2329E-4	00084400
	XMN50001	0	0	7.3862E-6	00084500
	XMGN0001	0	0	3.9543E-4	00084600
	XCRN0001	0	0	4.3769E-5	00084700
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6	00084800
	XCO2C001	0	0	8.5240E-8	00084900
	XH01H001	0	0	2.3839E-2	00085000
	X0060001	0	0	1.1920E-2	00085100
					00085200
10	----- : T-PIPE ,V=8.1*8.1CM :				
					00085300
					00085400
ZONE 1	((PIPE ONLY, USE FOR 2-D CAL.))				00085500
(TPI1)	XAL70001	0	0	8.2181E-3	00085600
	XFEN0001	0	0	9.4188E-6	00085700
	XSIN0001	0	0	8.1386E-6	00085800
	XMN50001	0	0	7.6864E-7	00085900
	XMGN0001	0	0	2.4498E-4	00086000
	XCRN0001	0	0	8.8099E-6	00086100
	XH01H001	0	0	5.7249E-2	00086200
	X0060001	0	0	2.8625E-2	00086300
					00086400
ZONE 2	((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))				00086500
(TPI2)	XAL70001	0	0	2.8075E-2	00086600
	XFEN0001	0	0	1.4887E-4	00086700
	XSIN0001	0	0	1.5083E-4	00086800
	XMN50001	0	0	4.6448E-6	00086900
	XMGN0001	0	0	3.1039E-4	00087000
	XCRN0001	0	0	3.9317E-5	00087100
	XNIN0001	0	0	6.7567E-6	00087200
	XCO2C001	0	0	3.7520E-7	00087300
	XH01H001	0	0	3.4914E-2	00087400

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8						
	X0060001	0	0	1.7457E-2		00087500
						00087600
ZONE 3	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))					00087700
(TPI3)	XAL70001	0	0	3.7809E-2		00087800
	XFEN0001	0	0	8.4096E-5		00087900
	XSIN0001	0	0	2.2329E-4		00088000
	XMN50001	0	0	7.3862E-6		00088100
	XMGN0001	0	0	3.9543E-4		00088200
	XCRN0001	0	0	4.3769E-5		00088300
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6		00088400
	XC02C001	0	0	8.5240E-8		00088500
	XH01H001	0	0	2.3839E-2		00088600
	X0060001	0	0	1.1920E-2		00088700
						00088800
						00088900
11	: D-PIPE ,V=8.1*8.1CM :					00089000
						00089100
ZONE 1	((PIPE ONLY ,USE FOR 2-D CAL.))					00089200
(DPI1)	XAL70001	0	0	6.4487E-3		00089300
	XFEN0001	0	0	5.7943E-6		00089400
	XSIN0001	0	0	6.4063E-6		00089500
	XMN50001	0	0	3.2720E-7		00089600
	XMGN0001	0	0	1.9898E-4		00089700
	XCRN0001	0	0	6.5694E-6		00089800
	XH01H001	0	0	5.9266E-2		00089900
	X0060001	0	0	2.9633E-2		00090000
						00090100
ZONE 2	((BETWEEN 30-40MM FROM GRID PLATE FOR GUID PLUG))					00090200
(DPI2)	XAL70001	0	0	1.8621E-2		00090300
	XFEN0001	0	0	1.4021E-5		00090400
	XSIN0001	0	0	3.8438E-5		00090500
	XMN50001	0	0	4.3445E-6		00090600
	XMGN0001	0	0	6.5410E-4		00090700
	XCRN0001	0	0	2.6218E-6		00090800
	XH01H001	0	0	4.5682E-2		00090900
	X0060001	0	0	2.2841E-2		00091000
						00091100
ZONE 3	((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))					00091200
(DPI3)	XAL70001	0	0	2.8075E-2		00091300
	XFEN0001	0	0	1.4887E-4		00091400
	XSIN0001	0	0	1.5083E-4		00091500
	XMN50001	0	0	4.6448E-6		00091600
	XMGN0001	0	0	3.1039E-4		00091700
	XCRN0001	0	0	3.9317E-5		00091800
	XNIN0001	0	0	6.7567E-6		00091900
	XC02C001	0	0	3.7520E-7		00092000
	XH01H001	0	0	3.4914E-2		00092100
	X0060001	0	0	1.7457E-2		00092200
						00092300
ZONE 4	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))					00092400
(DPI4)	XAL70001	0	0	5.5902E-2		00092500
	XFEN0001	0	0	1.0777E-4		00092600
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4		00092700
	XMN50001	0	0	1.0197E-5		00092800
	XMGN0001	0	0	1.0590E-3		00092900
	XCRN0001	0	0	6.5197E-5		00093000
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6		00093100
	XC02C001	0	0	8.5420E-8		00093200
	XH01H001	0	0	2.7516E-3		00093300

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12	: PNEUMATIC TUBE ,V=8.1*8.1CM :						
ZONE 1	((PIPE ONLY, USE FOR 2-D CAL.))						
(PNE1)	XAL70001	0	0	1.3758E-3		00093400	
	XFEN0001	0	0	9.8726E-3		00093500	
	XSIN0001	0	0	1.0619E-5		00093600	
	XMN50001	0	0	1.0002E-5		00093700	
	XMGN0001	0	0	4.1607E-6		00093800	
	XCRN0001	0	0	5.4328E-4		00093900	
	XH01H001	0	0	3.1956E-6		00094000	
	X0060001	0	0	3.9973E-2		00094100	
				1.9987E-2		00094200	
						00094300	
						00094400	
						00094500	
						00094600	
						00094700	
						00094800	
ZONE 2	((BETWEEN PIPE AND GUID PLUG H=34MM))					00094900	
(PNE2)	XAL70001	0	0	1.2447E-2		00095000	
	XFEN0001	0	0	1.2575E-5		00095100	
	XSIN0001	0	0	1.0680E-5		00095200	
	XMN50001	0	0	4.6248E-6		00095300	
	XMGN0001	0	0	6.9836E-4		00095400	
	XCRN0001	0	0	4.4553E-6		00095500	
	XH01H001	0	0	3.7452E-2		00095600	
	X0060001	0	0	1.8726E-2		00095700	
						00095800	
ZONE 3	((BETWEEN 30-140MM FROM GRID PLATE FOR GUID PLUG))					00095900	
(PNE3)	XAL70001	0	0	5.5685E-2		00096000	
	XFEN0001	0	0	5.3968E-5		00096100	
	XSIN0001	0	0	4.1795E-5		00096200	
	XMN50001	0	0	1.9057E-5		00096300	
	XMGN0001	0	0	3.1654E-3		00096400	
	XCRN0001	0	0	2.1051E-5		00096500	
	XH01H001	0	0	1.6351E-3		00096600	
	X0060001	0	0	8.1754E-4		00096700	
						00096800	
ZONE 4	((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))					00096900	
(PNE4)	XAL70001	0	0	5.0656E-2		00097000	
	XFEN0001	0	0	1.8259E-4		00097100	
	XSIN0001	0	0	3.6736E-5		00097200	
	XMN50001	0	0	8.2283E-6		00097300	
	XMGN0001	0	0	1.3982E-3		00097400	
	XCRN0001	0	0	7.2146E-5		00097500	
	XNIN0001	0	0	6.7591E-6		00097600	
	XH01H001	0	0	8.9074E-3		00097700	
	X0060001	0	0	4.4537E-3		00097800	
						00097900	
ZONE 5	((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))					00098000	
(PNE5)	XAL70001	0	0	5.5902E-2		00098100	
	XFEN0001	0	0	1.0777E-4		00098200	
	XSIN0001	0	0	1.9508E-4		00098300	
	XMN50001	0	0	1.0197E-5		00098400	
	XMGN0001	0	0	1.0590E-3		00098500	
	XCRN0001	0	0	6.5197E-5		00098600	
	XNIN0001	0	0	1.5379E-6		00098700	
	XCO2C001	0	0	8.5420E-8		00098800	
	XH01H001	0	0	2.7516E-3		00098900	
	X0060001	0	0	1.3758E-3		00099000	
						00099100	
						00099200	

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

```

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-R-----8
13 : GRID PLATE GUID ZONE OF SHIM ROD : 00099300
  : (V=1.0*8.1*13.0-0.5*4*13CM) : 00099400
  -----
  (GRID) XAL70001    0   0   1.7831E-2 00099500
  XFEN0001    0   0   2.7153E-2 00099600
  XSIN0001    0   0   4.2979E-4 00099700
  XMN50001    0   0   1.8421E-4 00099800
  XMGN0001    0   0   1.8262E-4 00099900
  XCRN0001    0   0   6.2404E-3 00100000
  XC02C001    0   0   8.4293E-5 00100100
  XNIN0001    0   0   1.5176E-3 00100200
  XH01H001    0   0   1.8104E-2 00100300
  X0060001    0   0   9.0519E-3 00100400
  -----
  -----
14 : CORE TANK , SOLID ALUMNIUM : 00100500
  -----
  (TANK) XAL70001    0   0   5.8512E-2 00100600
  XFEN0001    0   0   5.2414E-5 00100700
  XSIN0001    0   0   4.0531E-5 00100800
  XMN50001    0   0   2.9601E-6 00100900
  XMGN0001    0   0   1.6058E-3 00101000
  XCRN0001    0   0   7.5062E-5 00101100
  -----
  -----
15 : SOLID GRID PLATE : 00101200
  -----
  (SGRI) XAL70001    0   0   5.8795E-2 00101300
  XFEN0001    0   0   9.6093E-5 00101400
  XSIN0001    0   0   3.4741E-4 00101500
  XMN50001    0   0   1.1840E-5 00101600
  XMGN0001    0   0   6.0218E-4 00101700
  XCRN0001    0   0   6.8806E-5 00101800
  -----
  -----
16 : H2O 300.0 K : 00101900
  -----
  (COOL) XH01H001    0   0   6.6634E-2 00102000
  X0060001    0   0   3.3317E-2 00102100
  -----
  -----
  **** * NUMBER DENSITIES OF SHIM ROD,BUCK UP ROD * 00102200
  * AND REGURATING ROD(C-5) * 00102300
  **** * 00102400
  **** * 00102500
  **** * 00102600
  -----
  -----
1 : FOR A-TYPE ELEMENS CORE(1.59% NATURAL BORATED SUS304): 00102700
  -----
  -----
  ZONE 1 (( CONTROL BLADE,BORATED SUS 304,THICKNESS=5MM)) 00102800
  (RODA) XB000001    0   0   1.4873E-3 00102900
  XB010001    0   0   5.5454E-3 00103000
  XC02C001    0   0   1.1930E-4 00103100
  XFEN0001    0   0   5.2837E-2 00103200
  XSIN0001    0   0   1.2584E-3 00103300
  XMN50001    0   0   8.6939E-4 00103400
  XCRN0001    0   0   1.5515E-2 00103500
  XNIN0001    0   0   1.2699E-2 00103600
  -----
  -----
  ZONE 2 ((JOINT PART OF SHIM ROD FOLLOWER V=0.5*23.5*5.0CM)) 00103700
  -----
  -----

```

GEM V10L20 DATE 87.02.12 TIME 10.03.24 LIB=J1398.BENCH.CNTL

		1	2	3	4	5	6	7-R	8
(JOIA)	XB000001	0	0	4.4619E-4				00105200	
	XB010001	0	0	1.6636E-3				00105300	
	XCO2C001	0	0	3.5789E-5				00105400	
	XFEN0001	0	0	1.5910E-2				00105500	
	XSIN0001	0	0	5.7975E-4				00105600	
	XMN50001	0	0	2.7263E-4				00105700	
	XCRN0001	0	0	4.6778E-3				00105800	
	XNIN0001	0	0	3.8781E-3				00105900	
	XAL70001	0	0	2.9263E-2				00106000	
	XMGN0001	0	0	3.3383E-4				00106100	
	XH01H001	0	0	1.3398E-2				00106200	
	X0060001	0	0	6.6988E-3				00106300	
								00106400	
ZONE 3	((SHIM ROD FOLLOWER SOLID ALUMNIUM, THICKNESS=5MM))							00106500	
(ALFO)	XAL70001	0	0	5.8796E-2				00106600	
	XFEN0001	0	0	9.5985E-5				00106700	
	XSIN0001	0	0	3.4741E-4				00106800	
	XMN50001	0	0	1.2060E-5				00106900	
	XMGN0001	0	0	6.0218E-4				00107000	
	XCRN0001	0	0	6.8343E-5				00107100	
								00107200	
								00107300	
2	: FOR A AND B-TYPE MIXED CORE(1.74% NATURL BORATED SUS304 :							00107400	
								00107500	
ZONE 1	((CONTROL BLADE, BORATED SUS304, THICKNESS=5MM))							00107600	
(RODB)	XB000001	0	0	1.6276E-3				00107700	
	XB010001	0	0	6.0686E-3				00107800	
	XCO2C001	0	0	7.9531E-5				00107900	
	XFEN0001	0	0	5.2332E-2				00108000	
	XSIN0001	0	0	1.1904E-3				00108100	
	XMN50001	0	0	8.8677E-4				00108200	
	XCRN0001	0	0	1.5882E-2				00108300	
	XNIN0001	0	0	1.2301E-2				00108400	
								00108500	
ZONE 2	((JOINT PART OF SHIM ROD FOLLOWER V=0.5*23.5*5.0CM))							00108600	
(JOIB)	XB000001	0	0	4.8828E-4				00108700	
	XB010001	0	0	1.8206E-3				00108800	
	XCO2C001	0	0	2.3857E-5				00108900	
	XFEN0001	0	0	1.5759E-2				00109000	
	XSIN0001	0	0	5.5934E-4				00109100	
	XMN50001	0	0	2.7263E-4				00109200	
	XCRN0001	0	0	4.7881E-3				00109300	
	XNIN0001	0	0	3.6902E-3				00109400	
	XAL70001	0	0	2.9263E-2				00109500	
	XMGN0001	0	0	3.3383E-4				00109600	
	XH01H001	0	0	1.3398E-2				00109700	
	X0060001	0	0	6.6988E-3				00109800	
								00109900	
ZONE 3	((SHIM ROD FOLLOWER ,SOLID ALUMNIUM ,THICKNESS=5MM))							00110000	
(ALFO)	XAL70001	0	0	5.8796E-2				00110100	
	XFEN0001	0	0	9.5985E-5				00110200	
	XSIN0001	0	0	3.4741E-4				00110300	
	XMN50001	0	0	1.2060E-5				00110400	
	XMGN0001	0	0	6.0218E-4				00110500	
	XCRN0001	0	0	6.8343E-5				00110600	

HIGHEST SEVERITY CODE=00

STATISTICS: HIGHEST SEVERITY CODE=00

## 附録B 少数群定数

Table A・1～A・50 に A 型炉心の計算に使用した 3 群定数を示す。また、Table B・1～B・57 に A・B 混合炉心の計算に使用した 3 群定数を示す。なお、ここに示した群定数は全て 300 K のもので、表の見方は Table C に示したとおりである。

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A100A010										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.77422E-04	1.42842E-04	3.78164E-04	1.67325E-01	9.64271E-01	1.99212E+00	2.46430E+00	3.88601E-04
2	1	2	1.49271E-01	1.78719E-03	4.32339E-03	3.67366E-01	3.57301E-02	9.07361E-01	8.25854E-01	3.46206E-03
3	2	2	4.76064E+00	4.28431E-02	1.03629E-01	1.49107E+00	0.0	2.23552E-01	2.22440E-01	6.51686E-02
			2.19168E-04	1.42572E+00						

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A1F1A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.75149E-04	0.0	0.0	1.85692E-01	0.0	1.79509E+00	2.40318E+00	2.54862E-04
2	1	2	1.56622E-01	0.0	0.0	4.15412E-01	0.0	8.02414E-01	7.40691E-01	7.55143E-04
3	2	2	5.25905E+00	0.0	0.0	1.73640E+00	0.0	1.91967E-01	1.83857E-01	2.18211E-02
			7.90015E-05	1.71438E+00						

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A1F2A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.85397E-04	0.0	0.0	1.76272E-01	0.0	1.89102E+00	2.43653E+00	2.25978E-04
2	1	2	1.46969E-01	0.0	0.0	3.40693E-01	0.0	9.78397E-01	9.20677E-01	5.03202E-04
3	2	2	5.27195E+00	0.0	0.0	1.35111E+00	0.0	2.46710E-01	2.36516E-01	1.57568E-02
			6.07402E-05	1.33519E+00						

TABLE A.4

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = A1F3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.67959E-04	0.0	0.0	1.87405E-01	0.0	1.77868E+00	2.47052E+00	2.43754E-04
1.04105E-01	8.30566E-02									
2	1	2	1.59551E-01	0.0	0.0	4.34617E-01	0.0	7.66958E-01	7.00624E-01	5.67105E-04
3.56259E-01	7.77875E-02									
3	2	2	5.32424E+00	0.0	0.0	1.98771E+00	0.0	1.67696E-01	1.61935E-01	1.78447E-02
6.12332E-05	1.96971E+00									

TABLE A.5

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = A1F4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78564E-04	0.0	0.0	1.80408E-01	0.0	1.84766E+00	2.44415E+00	2.32499E-04
1.12281E-01	6.78942E-02									
2	1	2	1.52965E-01	0.0	0.0	3.75964E-01	0.0	8.86609E-01	8.25864E-01	5.30159E-04
3.16883E-01	5.85471E-02									
3	2	2	5.29504E+00	0.0	0.0	1.57748E+00	0.0	2.11307E-01	2.03201E-01	1.65289E-02
6.05160E-05	1.56078E+00									

TABLE A.6

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = A1F5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.89896E-04	0.0	0.0	1.74099E-01	0.0	1.91462E+00	2.42813E+00	2.23081E-04
1.19588E-01	5.42882E-02									
2	1	2	1.42312E-01	0.0	0.0	3.20547E-01	0.0	1.03989E+00	9.83775E-01	5.00169E-04
2.78713E-01	4.13299E-02									
3	2	2	5.24954E+00	0.0	0.0	1.22041E+00	0.0	2.73132E-01	2.61124E-01	1.56734E-02
6.27785E-05	1.20457E+00									

TABLE A.7

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = A1F6A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.00389E-03	0.0	0.0	1.65330E-01	0.0	2.01617E+00	2.45281E+00	2.09051E-04
1.26005E-01	3.91140E-02									
2	1	2	1.81824E-01	0.0	0.0	2.52916E-01	0.0	1.31796E+00	1.26094E+00	4.19057E-04
2.30031E-01	2.24627E-02									
3	2	2	5.17316E+00	0.0	0.0	8.42203E-01	0.0	3.95786E-01	3.74919E-01	1.41771E-02
6.65224E-05	8.27936E-01									

TABLE A.8

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = A200A010

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.77194E-04	1.51023E-04	3.99834E-04	1.67309E-01	9.64271E-01	1.99232E+00	2.46691E+00	3.97281E-04
9.96125E-02	6.72999E-02									
2	1	2	1.48600E-01	1.88077E-03	4.54978E-03	3.67378E-01	3.57300E-02	9.07329E-01	8.24720E-01	3.61384E-03
3.07241E-01	5.65204E-02									
3	2	2	4.73927E+00	4.49027E-02	1.08611E-01	1.48867E+00	0.0	2.23913E-01	2.22777E-01	6.75201E-02
2.26734E-04	1.42096E+00									

TABLE A.9

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = A2F1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.75149E-04	0.0	0.0	1.86063E-01	0.0	1.79151E+00	2.40290E+00	2.54646E-04
1.11500E-01	7.43076E-02									
2	1	2	1.56148E-01	0.0	0.0	4.15123E-01	0.0	8.02972E-01	7.40812E-01	7.53200E-04
3.47936E-01	6.64311E-02									
3	2	2	5.25897E+00	0.0	0.0	1.73617E+00	0.0	1.91993E-01	1.83867E-01	2.18208E-02
7.91470E-05	1.71414E+00									

TABLE A.10 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A2F2A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.85256E-04	0.0	0.0	1.76627E-01	0.0	1.88722E+00	2.43660E+00	2.25928E-04
2	1	2	1.46224E-01	0.0	0.0	3.40404E-01	0.0	9.79228E-01	9.20758E-01	5.01062E-04
3	2	2	5.27183E+00	0.0	0.0	1.35079E+00	0.0	2.46768E-01	2.36537E-01	1.57565E-02
			6.09289E-05	1.33487E+00						

TABLE A.11 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A2F3A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.68042E-04	0.0	0.0	1.87799E-01	0.0	1.77495E+00	2.46994E+00	2.43449E-04
2	1	2	1.59153E-01	0.0	0.0	4.34341E-01	0.0	7.67445E-01	7.00738E-01	5.65765E-04
3	2	2	5.32416E+00	0.0	0.0	1.98747E+00	0.0	1.67717E-01	1.61944E-01	1.78445E-02
			6.13611E-05	1.96946E+00						

TABLE A.12 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A2F4A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78524E-04	0.0	0.0	1.80779E-01	0.0	1.84386E+00	2.44397E+00	2.32340E-04
2	1	2	1.52381E-01	0.0	0.0	3.75675E-01	0.0	8.87291E-01	8.25971E-01	5.28379E-04
3	2	2	5.29492E+00	0.0	0.0	1.57719E+00	0.0	2.11345E-01	2.03215E-01	1.65286E-02
			6.06772E-05	1.56505E+00						

TABLE A.13 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A2F5A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.89683E-04	0.0	0.0	1.74444E-01	0.0	1.91083E+00	2.42838E+00	2.23106E-04
2	1	2	1.41450E-01	0.0	0.0	3.20263E-01	0.0	1.04081E+00	9.83827E-01	4.97713E-04
3	2	2	5.24940E+00	0.0	0.0	1.22009E+00	0.0	2.73204E-01	2.61150E-01	1.56730E-02
			6.29875E-05	1.20426E+00						

TABLE A.14 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = A2F6A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.00337E-03	0.0	0.0	1.65645E-01	0.0	2.01235E+00	2.45365E+00	2.09346E-04
2	1	2	1.16724E-01	0.0	0.0	2.52685E-01	0.0	1.31917E+00	1.26067E+00	4.15507E-04
3	2	2	5.17302E+00	0.0	0.0	8.41822E-01	0.0	3.95966E-01	3.74975E-01	1.41767E-02
			6.68216E-05	8.27553E-01						

TABLE A.15 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = STR1A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78729E-04	0.0	0.0	1.83556E-01	0.0	1.81597E+00	2.39470E+00	2.51078E-04
2	1	2	1.54393E-01	0.0	0.0	3.97142E-01	0.0	8.39328E-01	7.79585E-01	7.41366E-04
3	2	2	5.24529E+00	0.0	0.0	1.60835E+00	0.0	2.07252E-01	1.98186E-01	2.13901E-02
			7.92713E-05	1.58677E+00						

TABLE A.16

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP	
1	1	2	1.03232E-03	0.0	0.0	1.40550E-01	0.0	2.37164E+00	2.65820E+00	1.79933E-04	
2	1	2	4.94302E-03	0.0	0.0	1.52341E-01	0.0	2.18807E+00	2.50004E+00	1.39492E-04	
3	1.52198E-01	1.52339E-06	2	3.30783E+00	0.0	0.0	1.36139E-01	0.0	2.44849E+00	2.42994E+00	8.08693E-03
	2.90001E-04	2.27754E-01									

TABLE A.17

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP	
1	1	2	1.05261E-03	0.0	0.0	1.77399E-01	0.0	1.87900E+00	2.05944E+00	4.32345E-05	
2	1.64458E-01	1.28974E-02	1	2.4.00805E-02	0.0	0.0	3.43490E-01	0.0	9.70432E-01	1.00000E+00	2.58178E-05
3	3.42632E-01	8.27117E-04	2	4.20799E+00	0.0	0.0	4.01891E-01	0.0	8.29413E-01	7.94649E-01	1.20908E-03
	2.39439E-04	4.00415E-01									

TABLE A.18

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP	
1	1	2	1.02707E-03	0.0	0.0	1.51242E-01	0.0	2.20397E+00	2.53306E+00	1.89456E-04	
2	1.33849E-01	1.72031E-02	1	2.3.40024E-02	0.0	0.0	1.66129E-01	0.0	2.00647E+00	1.95935E+00	2.22007E-04
3	1.64302E-01	1.60474E-03	2	4.83807E+00	0.0	0.0	3.50287E-01	0.0	9.51597E-01	8.80305E-01	1.20519E-01
	1.02143E-04	3.38103E-01									

TABLE A.19

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP	
1	1	2	1.03032E-03	0.0	0.0	1.41135E-01	0.0	2.36180E+00	2.66209E+00	1.81023E-04	
2	1.33713E-01	7.24077E-03	1	2.6.15149E-03	0.0	0.0	1.46231E-01	0.0	2.27950E+00	2.47955E+00	1.44195E-04
3	1.46075E-01	9.74038E-06	2	3.98497E+00	0.0	0.0	1.62274E-01	0.0	2.05413E+00	1.94581E+00	9.27231E-03
	2.05351E-04	1.52787E-01									

TABLE A.20

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP	
1	1	2	9.78729E-04	0.0	0.0	1.83556E-01	0.0	1.81597E+00	2.39470E+00	2.51078E-04	
2	1.13787E-01	6.95185E-02	1	2.1.54393E-01	0.0	0.0	3.97142E-01	0.0	8.39328E-01	7.79585E-01	7.41366E-04
3	3.35769E-01	6.06284E-02	2	5.24529E+00	0.0	0.0	1.60835E+00	0.0	2.07252E-01	1.98186E-01	2.13901E-02
	7.92713E-05	1.58677E+00									

TABLE A.21

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP	
1	1	2	1.02219E-03	0.0	0.0	1.55094E-01	0.0	2.14922E+00	2.50009E+00	1.95141E-04	
2	1.32633E-01	2.22662E-02	1	2.5.89893E-02	0.0	0.0	1.85152E-01	0.0	1.80032E+00	1.73913E+00	2.87166E-04
3	1.80127E-01	4.73777E-03	2	4.95426E+00	0.0	0.0	4.56852E-01	0.0	7.29631E-01	6.79229E-01	1.30025E-02
	8.92968E-05	4.43748E-01									

TABLE A.22

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05446E-03	0.0	0.0	1.78063E-01	0.0	1.87199E+00	2.04700E+00	4.34066E-05
2	1	2	3.61061E-02	0.0	0.0	3.44279E-01	0.0	9.68210E-01	1.00016E+00	2.61599E-05
3	2	2	4.02920E+00	0.0	0.0	3.91867E-01	0.0	8.50629E-01	8.12319E-01	1.15504E-03
			2.66673E-04	3.90412E-01						

TABLE A.23

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02707E-03	0.0	0.0	1.51242E-01	0.0	2.20397E+00	2.53306E+00	1.89456E-04
2	1	2	3.40024E-02	0.0	0.0	1.66129E-01	0.0	2.00647E+00	1.95935E+00	2.22007E-04
3	2	2	4.83807E+00	0.0	0.0	3.50287E-01	0.0	9.51597E-01	8.80305E-01	1.20519E-02
			1.02143E-04	3.38103E-01						

TABLE A.24

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03032E-03	0.0	0.0	1.41135E-01	0.0	2.36180E+00	2.66209E+00	1.81023E-04
2	1	2	6.15149E-03	0.0	0.0	1.46231E-01	0.0	2.27950E+00	2.47955E+00	1.44195E-04
3	2	2	3.98497E+00	0.0	0.0	1.62274E-01	0.0	2.05413E+00	1.94581E+00	9.27231E-03
			2.05351E-04	1.52787E-01						

TABLE A.25

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BUGIA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.72182E-04	0.0	0.0	1.84253E-01	0.0	1.80911E+00	2.46157E+00	2.38779E-04
2	1	2	1.57212E-01	0.0	0.0	4.10426E-01	0.0	8.12163E-01	7.48108E-01	5.56164E-04
3	2	2	5.31305E+00	0.0	0.0	1.81115E+00	0.0	1.84044E-01	1.77433E-01	1.73035E-02
			6.08342E-05	1.79369E+00						

TABLE A.26

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = C5R1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78729E-04	0.0	0.0	1.83556E-01	0.0	1.81597E+00	2.39470E+00	2.51078E-04
2	1	2	6.95185E-02	0.0	0.0	3.97142E-01	0.0	8.39328E-01	7.79585E-01	7.41366E-04
3	2	2	5.24529E+00	0.0	0.0	1.60835E+00	0.0	2.07252E-01	1.98186E-01	2.13901E-02
			7.92713E-05	1.58677E+00						

TABLE A.27

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = C5R2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02237E-03	0.0	0.0	1.55324E-01	0.0	2.14605E+00	2.49534E+00	1.96469E-04
2	1	2	5.96924E-02	0.0	0.0	1.86695E-01	0.0	1.78545E+00	1.72513E+00	2.98787E-04
3	2	2	4.94077E+00	0.0	0.0	4.57706E-01	0.0	7.28270E-01	6.77883E-01	1.33808E-02
			9.19014E-05	4.44222E-01						

TABLE A.28

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05446E-03	0.0	0.0	1.78063E-01	0.0	1.87199E+00	2.04700E+00	4.34066E-05
2	1	2	3.61061E-02	0.0	0.0	3.44279E-01	0.0	9.68210E-01	1.00016E+00	2.61599E-05
3	2	2	4.02920E+00	0.0	0.0	3.91867E-01	0.0	8.50629E-01	8.12319E-01	1.15504E-03
			2.66673E-04	3.90412E-01						

TABLE A.29

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02707E-03	0.0	0.0	1.51242E-01	0.0	2.20397E+00	2.53306E+00	1.89456E-04
			1.33849E-01	1.72031E-02						
2	1	2	3.40024E-02	0.0	0.0	1.66129E-01	0.0	2.00647E+00	1.95935E+00	2.22007E-04
3	2	2	4.83807E+00	0.0	0.0	3.50287E-01	0.0	9.51597E-01	8.80305E-01	1.20519E-02
			1.02143E-04	3.38103E-01						

TABLE A.30

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03032E-03	0.0	0.0	1.41135E-01	0.0	2.36180E+00	2.66209E+00	1.81023E-04
			1.33713E-01	7.24077E-03						
2	1	2	6.15149E-03	0.0	0.0	1.46231E-01	0.0	2.27950E+00	2.47955E+00	1.44195E-04
3	2	2	3.98497E+00	0.0	0.0	1.62274E-01	0.0	2.05413E+00	1.94581E+00	9.27231E-03
			2.05351E-04	1.52787E-01						

TABLE A.31

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR6A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.92397E-04	0.0	0.0	1.26307E-01	0.0	2.63908E+00	3.35771E+00	1.67520E-04
2	1	2	7.30109E-02	0.0	0.0	1.78838E-01	0.0	1.86388E+00	1.73549E+00	3.21415E-04
3	2	2	5.01750E+00	0.0	0.0	5.28806E-01	0.0	6.30351E-01	5.85634E-01	1.38324E-02
			7.90075E-05	5.14886E-01						

TABLE A.32

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.75149E-04	0.0	0.0	1.85692E-01	0.0	1.79509E+00	2.40318E+00	2.54862E-04
2	1	2	1.56622E-01	0.0	0.0	4.15412E-01	0.0	8.02414E-01	7.40691E-01	7.55143E-04
3	2	2	5.25905E+00	0.0	0.0	1.73640E+00	0.0	1.91967E-01	1.83857E-01	2.18211E-02
			7.90015E-05	1.71438E+00						

TABLE A.33

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.01844E-03	0.0	0.0	1.56985E-01	0.0	2.12336E+00	2.49226E+00	1.95872E-04
2	1	2	7.31301E-02	0.0	0.0	1.95444E-01	0.0	1.70552E+00	1.64207E+00	3.01613E-04
3	2	2	5.03428E+00	0.0	0.0	5.27570E-01	0.0	6.31826E-01	5.90851E-01	1.27173E-02
			7.88884E-05	5.14731E-01						

TABLE A.34 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = NEU3A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02986E-03	0.0	0.0	1.46439E-01	0.0	2.27626E+00	2.62501E+00	5.5475BE-05
1	1.35097E-01	1.12862E-02								
2	1	2	3.13307E-02	0.0	0.0	2.63985E-01	0.0	1.26270E+00	1.29701E+00	4.33430E-05
2	2.63268E-01	6.68925E-04								
3	2	2	4.46554E+00	0.0	0.0	3.42710E-01	0.0	9.72637E-01	9.37964E-01	2.27254E-03
3	1.83719E-04	3.40223E-01								

TABLE A.35 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = NEU4A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.04664E-03	0.0	0.0	1.75172E-01	0.0	1.90289E+00	2.10136E+00	4.83556E-05
1	1.60690E-01	1.44336E-02								
2	1	2	5.27074E-02	0.0	0.0	3.36844E-01	0.0	9.89581E-01	1.01115E+00	3.83954E-05
2	3.35155E-01	1.64770E-03								
3	2	2	4.65022E+00	0.0	0.0	4.34429E-01	0.0	7.67292E-01	7.40765E-01	1.77188E-03
3	1.73570E-04	4.32467E-01								

TABLE A.36 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = NEU5A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02707E-03	0.0	0.0	1.51242E-01	0.0	2.20397E+00	2.53306E+00	1.89456E-04
1	1.53849E-01	1.72031E-02								
2	1	2	3.40024E-02	0.0	0.0	1.66129E-01	0.0	2.00647E+00	1.95935E+00	2.22007E-04
2	1.64302E-01	1.60474E-03								
3	2	2	4.83807E+00	0.0	0.0	3.50287E-01	0.0	9.51597E-01	8.80305E-01	1.20519E-02
3	1.02143E-04	3.38103E-01								

TABLE A.37 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = NEU6A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03032E-03	0.0	0.0	1.41135E-01	0.0	2.36180E+00	2.66209E+00	1.81023E-04
1	1.33713E-01	7.24077E-03								
2	1	2	6.15149E-03	0.0	0.0	1.46231E-01	0.0	2.27950E+00	2.47955E+00	1.44195E-04
2	1.46075E-01	9.74038E-06								
3	2	2	3.98497E+00	0.0	0.0	1.62274E-01	0.0	2.05413E+00	1.94581E+00	9.27231E-03
3	2.05351E-04	1.52787E-01								

TABLE A.38 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = EMP1A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.65265E-04	0.0	0.0	1.88706E-01	0.0	1.76641E+00	2.49089E+00	2.45626E-04
1	1.01392E-01	8.70680E-02								
2	1	2	1.60754E-01	0.0	0.0	4.48512E-01	0.0	7.43197E-01	6.74922E-01	5.73050E-04
2	3.65004E-01	8.29320E-02								
3	2	2	5.33071E+00	0.0	0.0	2.09957E+00	0.0	1.58762E-01	1.53455E-01	1.81461E-02
3	6.14337E-05	2.08126E+00								

TABLE A.39 MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST MEMBER NAME = EMP2A000										
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.73419E-04	0.0	0.0	1.83704E-01	0.0	1.81452E+00	2.45473E+00	2.37505E-04
1	1.08502E-01	7.49643E-02								
2	1	2	1.56556E-01	0.0	0.0	4.04838E-01	0.0	8.23373E-01	7.60261E-01	5.47135E-04
2	3.36761E-01	6.75257E-02								
3	2	2	5.31064E+00	0.0	0.0	1.76810E+00	0.0	1.88526E-01	1.81706E-01	1.70943E-02
3	6.06185E-05	1.75084E+00								

TABLE A.40

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = EMP3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.63327E-04	0.0	0.0	1.89918E-01	0.0	1.75514E+00	2.50286E+00	2.47580E-04
2	1	2	1.61566E-01	0.0	0.0	4.58847E-01	0.0	7.26457E-01	6.56853E-01	5.79266E-04
3	2	2	5.33492E+00	0.0	0.0	2.18578E+00	0.0	1.52501E-01	1.47493E-01	1.84227E-02
			6.17530E-05	2.16720E+00						

TABLE A.41

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = EMP4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.01268E-03	0.0	0.0	1.60671E-01	0.0	2.07463E+00	2.46924E+00	2.00904E-04
2	1	2	9.50751E-02	0.0	0.0	2.18759E-01	0.0	1.52375E+00	1.46367E+00	3.53046E-04
3	2	2	5.10518E+00	0.0	0.0	6.52244E-01	0.0	5.11055E-01	4.80964E-01	1.32589E-02
			7.20739E-05	6.38879E-01						

TABLE A.42

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = EMP5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02707E-03	0.0	0.0	1.51242E-01	0.0	2.20397E+00	2.53306E+00	1.89456E-04
2	1	2	3.40024E-02	0.0	0.0	1.66129E-01	0.0	2.00647E+00	1.95935E+00	2.22007E-04
3	2	2	4.83807E+00	0.0	0.0	3.50287E-01	0.0	9.51597E-01	8.80305E-01	1.20519E-02
			1.02143E-04	3.38103E-01						

TABLE A.43

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = EMP6A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03032E-03	0.0	0.0	1.41135E-01	0.0	2.36180E+00	2.66209E+00	1.81023E-04
2	1	2	6.15149E-03	0.0	0.0	1.46231E-01	0.0	2.27950E+00	2.47955E+00	1.44195E-04
3	2	2	3.98497E+00	0.0	0.0	1.62274E-01	0.0	2.05413E+00	1.94581E+00	9.27231E-03
			2.05351E-04	1.527787E-01						

TABLE A.44

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = COOLA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.60619E-04	0.0	0.0	1.91633E-01	0.0	1.73943E+00	2.52215E+00	2.50302E-04
2	1	2	1.62601E-01	0.0	0.0	4.73215E-01	0.0	7.04399E-01	6.32916E-01	5.86798E-04
3	2	2	5.34058E+00	0.0	0.0	2.31176E+00	0.0	1.44190E-01	1.39571E-01	1.88155E-02
			6.22432E-05	2.292797E+00						

TABLE A.45

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = TANKA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05499E-03	0.0	0.0	1.20410E-01	0.0	2.76832E+00	2.76832E+00	2.47379E-04
2	1	2	1.88077E-01	0.0	0.0	8.42978E-02	0.0	3.95423E+00	3.95423E+00	5.14338E-04
3	2	2	4.49971E+00	0.0	0.0	1.02186E-01	0.0	3.26202E+00	3.26202E+00	1.01034E-02
			8.32851E-02	4.98232E-04						
			8.90015E-05	9.19921E-02						

TABLE A.46

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GRID4000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03536E-03	0.0	0.0	1.91625E-01	0.0	1.73951E+00	1.97381E+00	3.94427E-04
	1.57902E-01	3.33283E-02								
2	1	2	1.29504E-01	0.0	0.0	4.29373E-01	0.0	7.76326E-01	7.44156E-01	2.79094E-03
	4.07046E-01	1.95323E-02								
3	2	2	3.96077E+00	0.0	0.0	8.80281E-01	0.0	3.78668E-01	3.55315E-01	6.84007E-02
	6.92387E-04	8.11107E-01								

TABLE A.47

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SGRIA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05499E-03	0.0	0.0	1.18728E-01	0.0	2.80753E+00	2.80753E+00	2.47663E-04
	1.14321E-01	4.15962E-03								
2	1	2	1.88077E-01	0.0	0.0	8.22327E-02	0.0	4.05353E+00	4.05353E+00	5.28799E-04
	8.12202E-02	4.83595E-04								
3	2	2	4.49971E+00	0.0	0.0	9.97503E-02	0.0	3.34167E+00	3.34167E+00	1.02914E-02
	8.67141E-05	8.93708E-02								

TABLE A.48

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = RODAA010

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.91983E-04	0.0	0.0	2.17216E-01	0.0	1.53457E+00	1.53457E+00	2.08253E-03
	2.08431E-01	6.70287E-03								
2	1	2	1.32205E-01	0.0	0.0	7.73468E-01	0.0	4.30958E-01	4.30958E-01	1.29989E-01
	6.41912E-01	1.56598E-03								
3	2	2	3.29899E+00	0.0	0.0	3.47042E+00	0.0	9.60497E-02	9.60497E-02	3.13076E+00
	1.95152E-03	3.37687E-01								

TABLE A.49

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = JD1AA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.04214E-03	0.0	0.0	1.85949E-01	0.0	1.79260E+00	2.00935E+00	6.85266E-04
	1.59052E-01	2.62115E-02								
2	1	2	5.83563E-02	0.0	0.0	3.79674E-01	0.0	8.77946E-01	8.41771E-01	1.77438E-02
	3.57982E-01	3.94458E-03								
3	2	2	2.02791E+00	0.0	0.0	7.71749E-01	0.0	4.31918E-01	3.13519E-01	5.80942E-01
	2.85228E-03	1.87917E-01								

TABLE A.50

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = ALFDAA00

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05499E-03	0.0	0.0	1.18729E-01	0.0	2.80751E+00	2.80751E+00	2.47664E-04
	1.14322E-01	4.15967E-03								
2	1	2	1.88077E-01	0.0	0.0	8.22375E-02	0.0	4.05329E+00	4.05329E+00	5.28961E-04
	8.12248E-02	4.83594E-04								
3	2	2	4.49971E+00	0.0	0.0	9.97497E-02	0.0	3.34169E+00	3.34169E+00	1.02924E-02
	8.67124E-05	8.93693E-02								

TABLE B.1

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BX00A010

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.77147E-04	1.43846E-04	3.80679E-04	1.67399E-01	9.64272E-01	1.99124E+00	2.46696E+00	3.89488E-04
2	1	2	1.49331E-01	1.80530E-03	4.36721E-03	3.67780E-01	3.57301E-02	9.06338E-01	8.25268E-01	3.42435E-03
3	2	2	4.76366E+00	4.28414E-02	1.03625E-01	1.48933E+00	0.0	2.23813E-01	2.22231E-01	6.51591E-02
			2.18994E-04	1.42400E+00						

TABLE B.2

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BTF1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.75149E-04	0.0	0.0	1.85760E-01	0.0	1.79443E+00	2.40313E+00	2.54821E-04
2	1	2	1.56535E-01	0.0	0.0	4.15358E-01	0.0	8.02518E-01	7.40714E-01	7.54786E-04
3	2	2	5.25904E+00	0.0	0.0	1.73636E+00	0.0	1.91972E-01	1.83859E-01	2.18211E-02
			7.90284E-05	1.71434E+00						

TABLE B.3

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BTF2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.85371E-04	0.0	0.0	1.76337E-01	0.0	1.89032E+00	2.43654E+00	2.25968E-04
2	1	2	1.46831E-01	0.0	0.0	3.40640E-01	0.0	9.78550E-01	9.20692E-01	5.02808E-04
3	2	2	5.27193E+00	0.0	0.0	1.35105E+00	0.0	2.46721E-01	2.36520E-01	1.57568E-02
			6.07748E-05	1.33514E+00						

TABLE B.4

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BTF3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.67975E-04	0.0	0.0	1.87477E-01	0.0	1.77799E+00	2.47041E+00	2.43697E-04
2	1	2	1.59478E-01	0.0	0.0	4.34566E-01	0.0	7.67047E-01	7.00645E-01	5.66858E-04
3	2	2	5.32423E+00	0.0	0.0	1.98767E+00	0.0	1.67700E-01	1.61937E-01	1.78447E-02
			6.12569E-05	1.96967E+00						

TABLE B.5

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BTF4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78557E-04	0.0	0.0	1.80477E-01	0.0	1.84696E+00	2.44412E+00	2.32469E-04
2	1	2	1.52857E-01	0.0	0.0	3.75911E-01	0.0	8.86734E-01	8.25884E-01	5.29832E-04
3	2	2	5.29501E+00	0.0	0.0	1.57743E+00	0.0	2.11314E-01	2.03203E-01	1.65628E-02
			6.05455E-05	1.56074E+00						

TABLE B.6

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BTF5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.89857E-04	0.0	0.0	1.74163E-01	0.0	1.91391E+00	2.42818E+00	2.23085E-04
2	1	2	1.42153E-01	0.0	0.0	3.20494E-01	0.0	1.04006E+00	9.83784E-01	4.99716E-04
3	2	2	5.24952E+00	0.0	0.0	1.22035E+00	0.0	2.73145E-01	2.61129E-01	1.56733E-02
			6.28170E-05	1.20451E+00						

#TABLE B.7 TA000

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = STR1A000		PAGE = 1	
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78722E-04	0.0	0.0	1.83622E-01	0.0	1.81532E+00	2.39467E+00	2.51048E-04
2	1	2	1.54295E-01	0.0	0.0	3.97089E-01	0.0	8.39442E-01	7.79606E-01	7.40970E-04
3	2	2	5.24528E+00	0.0	0.0	1.60830E+00	0.0	2.07258E-01	1.98188E-01	2.13900E-02
			7.93003E-05	1.58671E+00						

TABLE B.8

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03191E-03	0.0	0.0	1.40601E-01	0.0	2.37077E+00	2.65871E+00	1.80169E-04
2	1	2	4.93252E-03	0.0	0.0	1.52507E-01	0.0	2.18568E+00	2.49827E+00	1.39397E-04
3	2	2	3.30557E+00	0.0	0.0	1.36122E-01	0.0	2.44879E+00	2.43045E+00	8.08140E-03
			2.90482E-04	1.27742E-01						

TABLE B.9

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05240E-03	0.0	0.0	1.77461E-01	0.0	1.87834E+00	2.05972E+00	4.32715E-05
2	1	2	3.97952E-02	0.0	0.0	3.43523E-01	0.0	9.70341E-01	1.00005E+00	2.57439E-05
3	2	2	4.20341E+00	0.0	0.0	4.01842E-01	0.0	8.29515E-01	7.94706E-01	1.20777E-03
			2.40533E-04	4.00366E-01						

TABLE B.10

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
3	2	2	4.83825E+00	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
			1.02262E-04	3.38028E-01						

TABLE B.11

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = STR5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02993E-03	0.0	0.0	1.41186E-01	0.0	2.36094E+00	2.66258E+00	1.81245E-04
2	1	2	6.12812E-03	0.0	0.0	1.46380E-01	0.0	2.27718E+00	2.47774E+00	1.44069E-04
3	2	2	3.98421E+00	0.0	0.0	1.62226E-01	0.0	2.05474E+00	1.94606E+00	9.27054E-03
			2.05650E-04	1.52740E-01						

TABLE B.12

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78722E-04	0.0	0.0	1.83622E-01	0.0	1.81532E+00	2.39467E+00	2.51048E-04
2	1	2	1.54295E-01	0.0	0.0	3.97089E-01	0.0	8.39442E-01	7.79606E-01	7.40970E-04
3	2	2	5.24528E+00	0.0	0.0	1.60830E+00	0.0	2.07258E-01	1.98188E-01	2.13900E-02
			7.93003E-05	1.58671E+00						

TABLE B.13

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02199E-03	0.0	0.0	1.55145E-01	0.0	2.14852E+00	2.50041E+00	1.95273E-04
1	1	2	2.22535E-02							
2	1	2	5.86479E-02	0.0	0.0	1.85164E-01	0.0	1.80021E+00	1.73866E+00	2.86349E-04
2	1	2	4.70107E-03							
3	2	2	4.95434E+00	0.0	0.0	4.56780E-01	0.0	7.29747E-01	6.79250E-01	1.30027E-02
3	2	2	4.43675E-01							

TABLE B.14

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05425E-03	0.0	0.0	1.78125E-01	0.0	1.87134E+00	2.04730E+00	4.34446E-05
1	1	2	1.24626E-02							
2	1	2	3.58362E-02	0.0	0.0	3.44318E-01	0.0	9.68101E-01	1.00021E+00	2.60907E-05
2	1	2	6.32433E-04							
3	2	2	4.02426E+00	0.0	0.0	3.91825E-01	0.0	8.50720E-01	8.12361E-01	1.15363E-03
3	2	2	3.90370E-01							

TABLE B.15

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
1	1	2	1.71908E-02							
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
2	1	2	1.58634E-03							
3	2	2	2.4.83825E+00	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
3	2	2	3.38028E-01							

TABLE B.16

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SPR5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02993E-03	0.0	0.0	1.41186E-01	0.0	2.36094E+00	2.66258E+00	1.81245E-04
1	1	2	7.23255E-03							
2	1	2	6.12812E-03	0.0	0.0	1.46380E-01	0.0	2.27718E+00	2.47774E+00	1.44669E-04
2	1	2	9.56182E-06							
3	2	2	3.98421E+00	0.0	0.0	1.62226E-01	0.0	2.05474E+00	1.94606E+00	9.27054E-03
3	2	2	1.52740E-01							

TABLE B.17

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = BUGIA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.72199E-04	0.0	0.0	1.84324E-01	0.0	1.80841E+00	2.46150E+00	2.38733E-04
1	1	2	7.65750E-02							
2	1	2	1.57126E-01	0.0	0.0	4.10374E-01	0.0	8.12265E-01	7.48129E-01	5.55887E-04
2	1	2	6.95392E-02							
3	2	2	5.31304E+00	0.0	0.0	1.81111E+00	0.0	1.84049E-01	1.77435E-01	1.73035E-02
3	2	2	1.79364E+00							

TABLE B.18

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78722E-04	0.0	0.0	1.83622E-01	0.0	1.81532E+00	2.39467E+00	2.51048E-04
1	1	2	6.95140E-02							
2	1	2	1.54295E-01	0.0	0.0	3.97089E-01	0.0	8.39442E-01	7.79606E-01	7.40970E-04
2	1	2	6.05812E-02							
3	2	2	5.24528E+00	0.0	0.0	1.60830E+00	0.0	2.07258E-01	1.98188E-01	2.13900E-02
3	2	2	7.93003E-05	1.58671E+00						

TABLE B.19

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02216E-03	0.0	0.0	1.55375E-01	0.0	2.14534E+00	2.49506E+00	1.96601E-04
2	1	2	5.93509E-02	0.0	0.0	1.86707E-01	0.0	1.78533E+00	1.72468E+00	2.97936E-04
3	2	2	4.77726E-03	0.0	0.0	4.57634E-01	0.0	7.28385E-01	6.77906E-01	1.33810E-02
			9.19991E-05	4.44149E-01						

TABLE B.20

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05425E-03	0.0	0.0	1.78125E-01	0.0	1.87134E+00	2.04730E+00	4.34446E-05
2	1	2	3.58362E-02	0.0	0.0	3.44318E-01	0.0	9.68101E-01	1.00021E+00	2.60907E-05
3	2	2	6.32433E-04	0.0	0.0	3.91825E-01	0.0	8.50720E-01	8.12361E-01	1.15363E-03
			2.67896E-04	3.90370E-01						

TABLE B.21

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
3	2	2	1.58634E-03	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
			1.02262E-04	3.38028E-01						

TABLE B.22

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSR5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02993E-03	0.0	0.0	1.41186E-01	0.0	2.36094E+00	2.66258E+00	1.81245E-04
2	1	2	7.23255E-03	0.0	0.0	1.46380E-01	0.0	2.27718E+00	2.47774E+00	1.44069E-04
3	2	2	9.56182E-06	0.0	0.0	1.62226E-01	0.0	2.05474E+00	1.94606E+00	9.27054E-03
			2.05650E-04	1.52740E-01						

TABLE B.23

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = CSGIA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.00227E-03	0.0	0.0	1.32497E-01	0.0	2.51577E+00	3.08513E+00	1.68710E-04
2	1	2	5.13690E-02	0.0	0.0	1.61605E-01	0.0	2.06265E+00	1.94465E+00	2.12348E-04
3	2	2	3.98173E-03	0.0	0.0	4.43688E-01	0.0	7.51280E-01	6.94955E-01	1.06462E-02
			6.88021E-05	4.32957E-01						

TABLE B.24

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GIA1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.74511E-04	0.0	0.0	1.83457E-01	0.0	1.81695E+00	2.44601E+00	2.38016E-04
2	1	2	1.55925E-01	0.0	0.0	4.01203E-01	0.0	8.30833E-01	7.68284E-01	5.66084E-04
3	2	2	5.30247E+00	0.0	0.0	1.73111E+00	0.0	1.92554E-01	1.85388E-01	1.75029E-02
			6.25742E-05	1.71344E+00						

TABLE B.25

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GIA2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03088E-03	0.0	0.0	1.39224E-01	0.0	2.39422E+00	2.68153E+00	1.79647E-04
2	1	2	4.35715E-03	0.0	0.0	1.54754E-01	0.0	2.15395E+00	2.56472E+00	1.30129E-04
3	2	2	2.83093E+00	0.0	0.0	1.24068E-01	0.0	2.68668E+00	2.78601E+00	6.43628E-03
			3.55216E-04	1.17262E-01						

TABLE B.26

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GIA3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05557E-03	0.0	0.0	1.76266E-01	0.0	1.89108E+00	2.06786E+00	4.94635E-05
2	1	2	2.89195E-02	0.0	0.0	3.34397E-01	0.0	9.96819E-01	1.03377E+00	3.61452E-05
3	2	2	3.76874E+00	0.0	0.0	3.67628E-01	0.0	9.06709E-01	8.62896E-01	1.43694E-03
			3.10398E-04	3.65841E-01						

TABLE B.27

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GIA4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
3	2	2	4.83825E+00	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
			1.02262E-04	3.38028E-01						

TABLE B.28

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GIASA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02993E-03	0.0	0.0	1.41186E-01	0.0	2.36094E+00	2.66258E+00	1.81245E-04
2	1	2	6.12812E-03	0.0	0.0	1.44380E-01	0.0	2.27718E+00	2.47774E+00	1.44069E-04
3	2	2	3.98421E+00	0.0	0.0	1.62226E-01	0.0	2.05474E+00	1.94606E+00	9.27054E-03
			2.05650E-04	1.52740E-01						

TABLE B.29

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.75149E-04	0.0	0.0	1.85760E-01	0.0	1.79443E+00	2.40313E+00	2.54821E-04
2	1	2	1.56182E-06	0.0	0.0	4.15358E-01	0.0	8.02518E-01	7.40714E-01	7.54786E-04
3	2	2	5.25904E+00	0.0	0.0	1.73636E+00	0.0	1.91972E-01	1.83859E-01	2.18211E-02
			7.90284E-05	1.71434E+00						

TABLE B.30

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.01826E-03	0.0	0.0	1.57036E-01	0.0	2.12264E+00	2.49254E+00	1.95985E-04
2	1	2	7.27797E-02	0.0	0.0	1.95440E-01	0.0	1.70555E+00	1.64173E+00	3.00818E-04
3	2	2	5.03430E+00	0.0	0.0	5.27493E-01	0.0	6.31918E-01	5.90871E-01	1.27174E-02
			7.89734E-05	5.14655E-01						

TABLE B.31

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02963E-03	0.0	0.0	1.46512E-01	0.0	2.27512E+00	2.62542E+00	5.55242E-05
2	1	2	3.10979E-02	0.0	0.0	2.64262E-01	0.0	1.26250E+00	1.29698E+00	4.32234E-05
3	2	2	4.46232E+00	0.0	0.0	3.42650E-01	0.0	9.72806E-01	9.38110E-01	2.27090E-03
	1.84444E-04	3.40163E-01								

TABLE B.32

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.04645E-03	0.0	0.0	1.75236E-01	0.0	1.90220E+00	2.10163E+00	4.83932E-05
2	1	2	5.23895E-02	0.0	0.0	3.36864E-01	0.0	9.89521E-01	1.01119E+00	3.62834E-05
3	2	2	4.64723E+00	0.0	0.0	4.34368E-01	0.0	7.67400E-01	7.40845E-01	1.77075E-03
	1.74303E-04	4.32406E-01								

TABLE B.33

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU5A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
3	2	2	4.83825E+00	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
	1.02262E-04	3.38028E-01								

TABLE B.34

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = NEU6A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02993E-03	0.0	0.0	1.41186E-01	0.0	2.36094E+00	2.66258E+00	1.81245E-04
2	1	2	6.12812E-03	0.0	0.0	1.46380E-01	0.0	2.27718E+00	2.47774E+00	1.44069E-04
3	2	2	3.98421E+00	0.0	0.0	1.62226E-01	0.0	2.05474E+00	1.94606E+00	9.27054E-03
	2.05650E-04	1.52740E-01								

TABLE B.35

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SKP1A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.66236E-04	0.0	0.0	1.88188E-01	0.0	1.77128E+00	2.48541E+00	2.44626E-04
2	1	2	1.60262E-01	0.0	0.0	4.43352E-01	0.0	7.51845E-01	6.84151E-01	5.69778E-04
3	2	2	5.32857E+00	0.0	0.0	2.05822E+00	0.0	1.61951E-01	1.56488E-01	1.80128E-02
	6.13123E-05	2.04005E+00								

TABLE B.36

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SKP2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78563E-04	0.0	0.0	1.81648E-01	0.0	1.83504E+00	2.42652E+00	2.33972E-04
2	1	2	1.53251E-01	0.0	0.0	3.80383E-01	0.0	8.76308E-01	8.16612E-01	5.33408E-04
3	2	2	5.29620E+00	0.0	0.0	1.59194E+00	0.0	2.09388E-01	2.01423E-01	1.65637E-02
	6.07348E-05	1.57521E+00								

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = SKP3A000			
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.89857E-04 0.0	0.0	0.0	1.74163E-01 0.0	1.91391E+00 2.42818E+00 2.23085E-04			
1.19659E-01	5.42804E-02									
2	1	2	1.42153E-01 0.0	0.0	0.0	3.20494E-01 0.0	1.04006E+00 9.83784E-01 4.99716E-04			
2.78718E-01	4.12732E-02									
3	2	2	5.24952E+00 0.0	0.0	0.0	1.22035E+00 0.0	2.73145E-01 2.61129E-01 1.56733E-02			
6.28170E-05	1.20451E+00									

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = SKP4A000			
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.00379E-03 0.0	0.0	0.0	1.65388E-01 0.0	2.01546E+00 2.45296E+00 2.09105E-04			
1.26074E-01	3.91049E-02									
2	1	2	1.17865E-01 0.0	0.0	0.0	2.52873E-01 0.0	1.31818E+00 1.26089E+00 4.18401E-04			
2.30050E-01	2.24016E-02									
3	2	2	5.17313E+00 0.0	0.0	0.0	8.42135E-01 0.0	3.95818E-01 3.74930E-01 1.41770E-02			
6.65775E-05	8.27867E-01									

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = TPI1A000			
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.67872E-04 0.0	0.0	0.0	1.87169E-01 0.0	1.78092E+00 2.47702E+00 2.42996E-04			
1.03871E-01	8.30556E-02									
2	1	2	1.59491E-01 0.0	0.0	0.0	4.34557E-01 0.0	7.67064E-01 7.00439E-01 5.65205E-04			
3.56212E-01	7.77773E-02									
3	2	2	5.32468E+00 0.0	0.0	0.0	1.98880E+00 0.0	1.67605E-01 1.61859E-01 1.78015E-02			
6.11318E-05	1.97084E+00									

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = TPI2A000			
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.89857E-04 0.0	0.0	0.0	1.74163E-01 0.0	1.91391E+00 2.42818E+00 2.23085E-04			
1.19659E-01	5.42804E-02									
2	1	2	1.42153E-01 0.0	0.0	0.0	3.20494E-01 0.0	1.04006E+00 9.83784E-01 4.99716E-04			
2.78718E-01	4.12732E-02									
3	2	2	5.24952E+00 0.0	0.0	0.0	1.22035E+00 0.0	2.73145E-01 2.61129E-01 1.56733E-02			
6.28170E-05	1.20451E+00									

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = TPI3A000			
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.00379E-03 0.0	0.0	0.0	1.65388E-01 0.0	2.01546E+00 2.45296E+00 2.09105E-04			
1.26074E-01	3.91049E-02									
2	1	2	1.17865E-01 0.0	0.0	0.0	2.52873E-01 0.0	1.31818E+00 1.26089E+00 4.18401E-04			
2.30050E-01	2.24016E-02									
3	2	2	5.17313E+00 0.0	0.0	0.0	8.42135E-01 0.0	3.95818E-01 3.74930E-01 1.41770E-02			
6.65775E-05	8.27867E-01									

MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST							MEMBER NAME = DPI1A000			
GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.66236E-04 0.0	0.0	0.0	1.88188E-01 0.0	1.77128E+00 2.48541E+00 2.44626E-04			
1.02369E-01	8.55742E-02									
2	1	2	1.60262E-01 0.0	0.0	0.0	4.43352E-01 0.0	7.51845E-01 6.84151E-01 5.69778E-04			
3.61793E-01	8.09854E-02									
6.13123E-05	2.04005E+00									

TABLE B.43

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = DP12A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.78563E-04	0.0	0.0	1.81648E-01	0.0	1.83504E+00	2.42652E+00	2.33972E-04
2	1	2	1.53251E-01	0.0	0.0	3.80383E-01	0.0	8.76308E-01	8.16612E-01	5.33408E-04
3	2	2	5.29620E+00	0.0	0.0	1.59194E+00	0.0	2.09388E-01	2.01423E-01	1.65637E-02
			6.07348E-05	1.57521E+00						

TABLE B.44

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = DP13A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.89857E-04	0.0	0.0	1.74163E-01	0.0	1.91391E+00	2.42818E+00	2.23085E-04
2	1	2	1.42153E-01	0.0	0.0	3.20494E-01	0.0	1.04006E+00	9.83784E-01	4.99716E-04
3	2	2	5.24952E+00	0.0	0.0	1.22035E+00	0.0	2.73145E-01	2.61129E-01	1.56733E-02
			6.28170E-05	1.20451E+00						

TABLE B.45

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = DP14A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02993E-03	0.0	0.0	1.41186E-01	0.0	2.36094E+00	2.66258E+00	1.81245E-04
2	1	2	6.12812E-03	0.0	0.0	1.46380E-01	0.0	2.27718E+00	2.47774E+00	1.44069E-04
3	2	2	3.98421E+00	0.0	0.0	1.62226E-01	0.0	2.05474E+00	1.94606E+00	9.27054E-03
			2.05650E-04	1.52740E-01						

#TABLE B.46TA000

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = PNE1A000

PAGE = 1

GRDUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.71924E-04	0.0	0.0	1.48704E-01	0.0	2.24158E+00	3.17335E+00	1.81664E-04
2	1	2	1.46412E-01	0.0	0.0	3.11814E-01	0.0	1.06901E+00	9.73317E-01	4.00023E-04
3	2	2	5.31081E+00	0.0	0.0	1.38625E+00	0.0	2.40456E-01	2.31376E-01	1.32710E-02
			4.94225E-05	1.37283E+00						

TABLE B.47

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = PNE2A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.74652E-04	0.0	0.0	1.48151E-01	0.0	2.24996E+00	3.13261E+00	1.81494E-04
2	1	2	1.43502E-01	0.0	0.0	3.01008E-01	0.0	1.10739E+00	1.01413E+00	3.93396E-04
3	2	2	5.30137E+00	0.0	0.0	1.30004E+00	0.0	2.56401E-01	2.46367E-01	1.30664E-02
			4.98336E-05	1.28682E+00						

TABLE B.48

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = PNE3A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03626E-03	0.0	0.0	1.41824E-01	0.0	2.35032E+00	2.63302E+00	1.79085E-04
2	1	2	4.98335E-03	0.0	0.0	1.57526E-01	0.0	2.11604E+00	2.39879E+00	1.34542E-04
3	2	2	3.34006E+00	0.0	0.0	1.39768E-01	0.0	2.38491E+00	2.37721E+00	7.51964E-03
			2.94618E-04	1.31947E-01						

TABLE B.49

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = PNE4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
3	2	2	4.83825E+00	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
			1.02262E-04	3.38028E-01						

TABLE B.50

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = PNE4A000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.02681E-03	0.0	0.0	1.51291E-01	0.0	2.20325E+00	2.53345E+00	1.89615E-04
2	1	2	3.37396E-02	0.0	0.0	1.66182E-01	0.0	2.00584E+00	1.95850E+00	2.21399E-04
3	2	2	4.83825E+00	0.0	0.0	3.50214E-01	0.0	9.51797E-01	8.80328E-01	1.20523E-02
			1.02262E-04	3.38028E-01						

TABLE B.51

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = COOLA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.60646E-04	0.0	0.0	1.91709E-01	0.0	1.73874E+00	2.52199E+00	2.50230E-04
			9.67717E-02	9.46877E-02						
2	1	2	1.62545E-01	0.0	0.0	4.73168E-01	0.0	7.04469E-01	6.32936E-01	5.86595E-04
3	2	2	5.34056E+00	0.0	0.0	2.31172E+00	0.0	1.44192E-01	1.39572E-01	1.88155E-02
			6.22635E-05	2.29275E+00						

TABLE B.52

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = TANKA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05499E-03	0.0	0.0	1.20410E-01	0.0	2.76832E+00	2.76832E+00	2.47379E-04
2	1	2	1.88077E-01	0.0	0.0	8.42978E-02	0.0	3.95423E+00	3.95423E+00	5.14338E-04
3	2	2	4.49971E+00	0.0	0.0	1.02186E-01	0.0	3.26202E+00	3.26202E+00	1.01034E-02
			8.90015E-05	9.19921E-02						

TABLE B.53

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = GRIDAO000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.03514E-03	0.0	0.0	1.91660E-01	0.0	1.73919E+00	1.97401E+00	3.94595E-04
2	1	2	1.29336E-01	0.0	0.0	4.29262E-01	0.0	7.76526E-01	7.44290E-01	2.78808E-03
3	2	2	3.96080E+00	0.0	0.0	8.80277E-01	0.0	3.78669E-01	3.55315E-01	6.84012E-02
			6.92470E-04	8.11104E-01						

TABLE B.54

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = SGRIA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05499E-03	0.0	0.0	1.18728E-01	0.0	2.80753E+00	2.80753E+00	2.47663E-04
2	1	2	1.88077E-01	0.0	0.0	8.22327E-02	0.0	4.05353E+00	4.05353E+00	5.28799E-04
3	2	2	4.49971E+00	0.0	0.0	9.97503E-02	0.0	3.34167E+00	3.34167E+00	1.02914E-02
			8.67141E-05	8.93708E-02						

TABLE B.55

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = RODBA010

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	9.91721E-04 0.0	0.0		2.17179E-01 0.0		1.53483E+00	1.53483E+00	2.12798E-03
2	1	2	1.29882E-01 0.0	0.0		7.72358E-01 0.0		4.31578E-01	4.31578E-01	1.39114E-01
3	2	2	3.30024E+00 0.0	0.0		3.68531E+00 0.0		9.04489E-02	9.04489E-02	3.41394E+00 1.94590E-03 2.69403E-01

TABLE B.56

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = JOIBA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.04161E-03 0.0	0.0		1.85758E-01 0.0		1.79444E+00	2.01249E+00	6.97523E-04
2	1	2	5.98007E-02 0.0	0.0		3.77365E-01 0.0		8.83318E-01	8.46415E-01	1.84580E-02
3	2	2	2.00672E+00 0.0	0.0		7.85892E-01 0.0		4.24145E-01	3.03326E-01	6.26157E-01 2.89797E-03 1.56793E-01

TABLE B.57

## MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST

MEMBER NAME = ALFDA000

GROUP	LSS	LGTH	SIG.ACT	SIG.FISSION	NU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	D.1	D.2	SIG.ABSP
1	1	2	1.05499E-03 0.0	0.0		1.18729E-01 0.0		2.80751E+00	2.80751E+00	2.47664E-04 1.14322E-01 4.15967E-03
2	1	2	1.88077E-01 0.0	0.0		8.22375E-02 0.0		4.05329E+00	4.05329E+00	5.28961E-04 8.12248E-02 4.83594E-04
3	2	2	4.49971E+00 0.0	0.0		9.97497E-02 0.0		3.34169E+00	3.34169E+00	1.02924E-02 8.67124E-03 8.93693E-02

Table C Nomenclature in Table of Few-Group Constants

GROUP	LSS	MACROSCOPIC CROSS SECTION DUMP LIST			MEMBER NAME = <u>S022A010</u>			SIG.ABSR
		LGTH	SIG.ACT	SIG.FISS	MU.SIG.F	SIG.TOT	FISS.YLD	
1	1.43736E-01	3.78251E-01	2 2.13345E-01	3.78868E-04	1.00147E-03	1.82276E-01	9.99816E-01	1.82872E+00 2.11096E+00 7.19961E-04
2	2.60006E-01	6.64359E-02	2 2.26924E-01	4.19901E-01	1.01566E-02	3.38631E-01	1.87526E-04	9.84352E-01 9.23815E-01 1.21848E-02
(1)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(3)	(3.37597E-04)	(1.02540E+00)	(2)	(4.26405E+00)	(6.03239E-02)	(1.45912E-01)	(1.10985E+00)	(0.0)

→ ID name

g: energy group number	$\left\{ \begin{array}{l} (1) LSSG \\ (2) LGTHg \\ (3) \Sigma_{act,g} \\ (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Position of the self-scatter on the scattering vector
	$\left\{ \begin{array}{l} (1) LSSG \\ (2) LGTHg \\ (3) \Sigma_{act,g} \\ (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Length of the scattering vector (1/cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (3) \Sigma_{act,g} \\ (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Activation cross section (1/cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Fission cross section (1/cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	$\nu^*$ fission cross section (1/cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Total cross section (1/cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Fission neutron yield (cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Diffusion coefficient 1 (cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Diffusion coefficient 2 (cm)
	$\left\{ \begin{array}{l} (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	Absorption cross section (1/cm)

g: energy group number	$\left\{ \begin{array}{l} (1) LSSG \\ (2) LGTHg \\ (3) \Sigma_{act,g} \\ (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	(h=g-LSSg+1)
	$\left\{ \begin{array}{l} (1) LSSG \\ (2) LGTHg \\ (3) \Sigma_{act,g} \\ (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	$\Sigma_S, g \rightarrow h$
	$\left\{ \begin{array}{l} (1) LSSG \\ (2) LGTHg \\ (3) \Sigma_{act,g} \\ (4) \Sigma_f,g \\ (5) \nu\Sigma_f,g \\ (6) \Sigma_t,g \\ (7) Xg \\ (8) D1g \\ (9) D2g \\ (10) \Sigma_a,g \end{array} \right.$	$\Sigma_S, g \rightarrow h+1$

LSSG	$\Sigma_S, g \rightarrow g$
LSSG+1	$\Sigma_S, g \rightarrow g+1$
LGTHg	$\Sigma_S, g \rightarrow 1$

(1=g+LGTHg-LSSG) ( $1/\text{cm}$ )