



JAEA-Technology

2007-017



JP0750166

JRR-4低濃縮ウランシリサイド燃料の炉心特性 －初期炉心及び燃焼後－

Core Characteristics of JRR-4 using Low-enriched-uranium-silicided Fuel
—Initial Core and Burn-Up Core—

石黒 裕大

Yasuhiro ISHIKURO

東海研究開発センター
原子力科学研究所
研究炉加速器管理部

Department of Research Reactor and Tandem Accelerator
Nuclear Science Research Institute
Tokai Research and Development Center

March 2007

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っておりま

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

* 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

JRR-4 低濃縮ウランシリサイド燃料の炉心特性

-初期炉心及び燃焼後-

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター

原子力科学研究所 研究炉加速器管理部

石黒 裕大

(2007年1月19日受理)

研究炉 JRR-4(Japan Research Reactor No.4)は、高濃縮ウラン板状燃料を用いた軽水減速・冷却スイミングプール型の研究用原子炉として、1965年から1996年まで運転した。その後、燃料の低濃縮ウランシリサイド化に伴う改造工事を1996年から1998年までの2年間かけて行い、1998年7月14日に初臨界を達成した。その後、1998年10月6日より施設共用運転を実施している。

本報告書は、SRACコードを用いてJRR-4低濃縮ウランシリサイド燃料の初期炉心の過剰反応度、制御棒反応度価値、中性子束分布、出力ピーキングファクター及び燃焼後の過剰反応度といった炉心特性を解析し、実験値と比較してSRACコードの検証を行った。また、燃焼後の出力ピーキングファクター等の炉心特性をSRACコードにより解析した。その結果、実験値に対して、初期炉心の過剰反応度は、実験を模擬した解析手法を用いて約1% $\Delta k/k$ の誤差、出力ピーキングファクターは、約1%の誤差、制御棒反応度価値は、約14%の誤差となった。

以上より、SRACコードは、低濃縮ウランシリサイド燃料の初期炉心及び燃焼後の炉心において、精度よく評価できることを確認した。

Core Characteristics of JRR-4 using Low-enriched-uranium-silicid Fuel
—Initial Core and Burn-Up Core—

Yasuhiro ISHIKURO

Department of Research Reactor and Tandem Accelerator
Nuclear Science Research Institute
Tokai Research and Development Center
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 19, 2007)

JRR-4, a light-water-moderated and -cooled swimming pool type research reactor using high-enriched uranium plate-type fuels had been operated from 1965 to 1996. In order to convert to low-enriched-uranium-silicid fuels, modification work had been carried out for 2 years, from 1996 to 1998. After the modification, the first criticality of low-enriched-uranium-silicid core was achieved on 14th July 1998. The operation has been carried out since 6th October 1998.

In this report, the core characteristics have been analyzed with Full name SRAC code system. SRAC code was verified through comparing -analysed results with the experiment data. The core characteristics were analyzed such as excess reactivity, control rod worth, neutron flux distribution, the peaking factor of initial core, as well as excess reactivity of burn-up core.

Differences between experimental and analyzed values for excess reactivity, peaking factor and control rod worth of the initial core were 1% $\Delta k/k$, 1% and 14%, respectively.

It was confirmed that the SRAC code was useful for evaluation of low-enriched-uranium-silicid fuel core.

Keywords: Research Reactor, JRR-4, Low-enriched-uranium-silicid Fuel, SRAC, Initial Core, Burn-up Core, Core Characteristic

目次

1.	はじめに.....	1
2.	JRR-4 の概要.....	2
2.1	原子炉施設の概要.....	2
2.2	原子炉本体.....	2
3.	計算体系.....	8
3.1	はじめに.....	8
3.2	SRAC コード及びライブラリ.....	8
3.3	エネルギー群構造.....	8
3.4	少數群断面積.....	8
3.4.1	燃料要素.....	8
3.4.2	炉心水平構成要素(非燃料要素).....	9
3.4.3	燃料要素上下構成要素(非燃料要素).....	9
3.4.4	制御棒.....	9
3.5	炉心燃焼計算.....	9
4.	初期炉心の炉心特性の実験と解析.....	21
4.1	反応度抑制効果.....	21
4.1.1	実験手法.....	21
4.1.2	解析手法.....	21
4.1.3	結果.....	21
4.2	熱中性子束.....	25
4.3	出力ピーニングファクター.....	25
4.4	動特性パラメータ.....	26
5.	燃料交換の考え方.....	32
5.1	運転に必要な過剰反応度の設定.....	32
5.2	熱的制限値.....	32
5.3	燃料交換後の炉心の過剰反応度の予測.....	32
6.	燃焼後の炉心特性の実験及び解析.....	35
6.1	過剰反応度.....	35
6.1.1	燃焼計算の考え方.....	35
6.1.2	積算出力について.....	35
6.1.3	実験について.....	35
6.1.4	結果.....	36
6.2	中性子束及び出力密度分布.....	36
6.3	出力ピーニングファクター.....	37
6.4	動特性パラメータ.....	37

7. 結論.....	45
謝辞.....	46
参考文献.....	46
Appendix	
A 燃料要素の原子個数密度及び少数组断面積.....	47
B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少数组断面積.....	48
C 初期炉心のインプットデータ.....	56

Contents

1.	Introduction	1
2.	Outline of Japan Research Reactor No.4 (JRR-4)	2
2.1	Outline of Reactor Institution	2
2.2	Reactor	2
3.	Calculation system	8
3.1	Introduction	8
3.2	Standard Thermal Reactor Analysis Code (SRAC) and Library	8
3.3	Energy Group Structure	8
3.4	Few Group Cross Section	8
3.4.1	Fuel Elements	8
3.4.2	Core level Component (Non Fuel Elements)	9
3.4.3	Fuel Elements up and bottom Component (Non Fuel Elements)	9
3.4.4	Control Rod	9
3.5	Core Burn-Up Calculation	9
4.	Experiments and Analyses of Core Characteristics of Initial Core	21
4.1	Reactivity Control Effect	21
4.1.1	Experiment Technique	21
4.1.2	Analytical Technique	21
4.1.3	Results	21
4.2	Thermal Neutron Flux	25
4.3	Power Peaking Factor	25
4.4	Kinetic parameter	26
5.	Consideration of Fuel Elements Exchange	32
5.1	Necessary Excess Reactivity	32
5.2	Thermal limits	32
5.3	Prediction of Excess Reactivity after Fuel Elements Exchange	32
6.	Experiments and Analyses of Core Characteristics of Burn-Up Core	35
6.1	Excess Reactivity	35
6.1.1	Consideration of Burn-Up Calculation	35
6.1.2	Integrating Power	35
6.1.3	Experiments	35
6.1.4	Results	36
6.2	Neutron Flux Distribution and Power Density Distribution	36
6.3	Power Peaking Factor	37
6.4	Kinetics Parameter	37
7.	Conclusion	45

Acknowledgements	46
References	46
Appendix	
A Atomic Number Density and Few Group Cross Section of Fuel Elements	47
B Atomic Number Density and Few Group Cross Section of Core Component Except Fuel Elements	48
C Initial Core Input Data	56

1. はじめに

JRR-4 (Japan Research Reactor No.4) は、平成 8 年 1 月に高濃縮燃料による運転を終了し、国際的試験・研究用燃料低濃縮化計画に基づき、それまでの 93% 濃縮ウラン燃料炉心から 20% 濃縮ウラン燃料炉心(以下低濃縮ウランシリサイド燃料炉心と言う)へ変更した。

低濃縮ウランシリサイド燃料炉心への変更に伴い、JRR-4 では平成 8 年 1 月から平成 10 年 7 月まで、約 2 年半をかけて各設備・機器の大規模な改造工事を行った。本改造工事においては燃料及び制御棒等炉心要素のほか、計測制御系、冷却系、電源系等、多岐にわたる設計変更、仕様変更が行われ、また利用設備の変更、追加等も行われたことから、改造前に比べ炉心特性の大きな変化が予想された。

本報告書は、まず JRR-4 低濃縮ウランシリサイド燃料炉心の初期炉心及び燃焼後の炉心特性を SRAC コードにより解析し、実験値と比較して SRAC コードの検証を行う。具体的には、初期炉心については、過剰反応度、制御棒反応度係数、出力ピーピングファクター等について行い、燃焼後の炉心については、過剰反応度について行う。次に燃焼後の出力ピーピングファクター等を解析し、燃焼後の炉心特性を確認する。

2. JRR-4 の概要

2.1 原子炉施設の概要

JRR-4 (Japan Research Reactor-4) は、濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型の熱出力 3,500kW の研究用原子炉である。JRR-4 は、中出力炉の特性を活かした小回りの利くデイリー運転形態(1日の中で起動・停止を行なう運転)とし、広範囲な利用に対応するため、気送管照射設備、簡易照射筒、中性子ビーム設備などの各種照射・実験設備を設置している。

JRR-4 は、日本の原子力研究開発の草創期における昭和 37 年 6 月に原子力船開発のため、遮へい実験を目的とした研究用原子炉として建設を開始し、昭和 40 年 1 月に初臨界を達成した。特性試験を経て昭和 41 年 4 月からは、原子力第一船「むつ」の遮へいモックアップ実験を開始し、その後、昭和 49 年 1 月から熱出力 2,500kW の共同利用運転を開始して、昭和 51 年 1 月には熱出力 3,500kW に出力上昇し現在に至っている。この間、原子炉燃料のウラン濃縮度低減化計画に基づき、運転開始当初からの高濃縮ウラン燃料炉心を平成 10 年 9 月に濃縮度 20% の低濃縮ウランシリサイド燃料炉心(LEU 炉心)に移行するとともに、併せて、原子炉建家の補強、計測制御系統の更新、燃料事故モニタ & 非常用排気設備の新設のほかに新たに医療照射設備を設置するなどの整備を行った。

JRR-4 の運転は、原則として火曜日から金曜日までのデイリー運転(約 7 時間運転／日)で、年間約 40 サイクルの共同利用運転を行っている。

2.2 原子炉本体

原子炉本体は Fig. 2.1 に示すように、炉心部、炉心タンク、炉心ブリッジ及びプールから構成される。炉心タンクは炉心部を収納し、炉心ブリッジと炉心タンク脚で固定されている。

(1) 炉心部

炉心主要仕様を Table 2.1 に、炉心平面概略図を Fig. 2.2 に示す。JRR-4 の炉心は燃料要素、反射体要素、格子板及び制御棒等から構成される。炉心部は長さ約 65cm、幅約 67cm、高さ約 60cm の角型形状で、格子板には燃料要素、反射体要素等がそれぞれ垂直に挿入され、自立している。

Table 2.2 に変更前の高濃縮ウラン燃料と変更後の低濃縮ウラン燃料の仕様を示す。 ^{235}U の含有量が燃料要素 1 体あたり 166g から 204g に、ウラン濃縮度が 90~93% から約 20% に変更になったほか、燃料芯材をウランアルミニウム合金からウランシリコンアルミニウム分散型合金($\text{U}_3\text{Si}_2\text{-Al}$)に変更している。燃料要素の各部寸法等は変更前後とも同一寸法としている。燃料要素は、燃料板 15 枚から構成され、燃料板間は、冷却材の流路を形成している。燃料要素の概略図は Fig. 2.3 に示すとおりであり、この燃料要素を炉心に 20 体装荷している。

反射体要素は、黒鉛をアルミニウム合金で被覆したもの及びアルミニウム合金を使用している。反射体要素は、普通反射体要素、大型反射体要素及び特殊反射体要素がある。普通反射体要素は約 8cm 角の長さ約 1m であり、大型反射体要素の断面積はこの約 2 倍である。特殊反射体要素は微調整棒、後備安全棒のガイドや中性子源挿入孔をもつ反射体要素で、合計 36 体を挿入している。

格子板は、長さ約 89cm、幅約 94cm、厚さ約 13cm のアルミニウム鋳物製で、格子板には約 8 行 8 列の合計 64 個の挿入孔と 7 行 5 列の合計 35 個の水循環孔を設け、挿入孔には燃料要素、反射体要素等を垂直に挿入している。

制御棒は、板状をしたボロン入りステンレス鋼製で、粗調整安全棒4本と微調整棒1本から構成される。その他、非常用制御設備として後備安全棒2本を設けている。

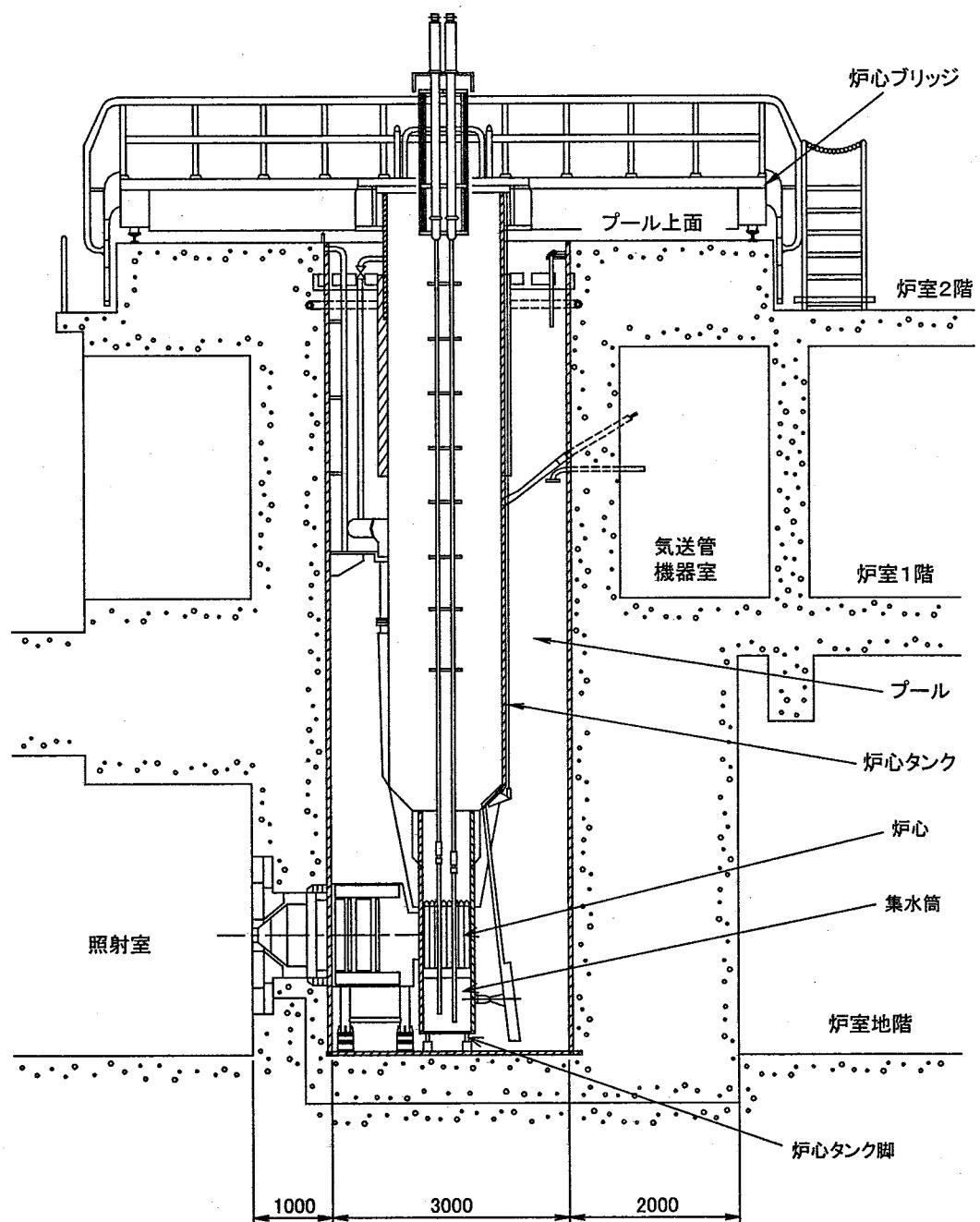
Table 2.1 炉心主要仕様

項目	炉心
最大炉心寸法 (反射体要素含む)	約 65cm(横) × 約 67cm(縦) × 約 65cm(高)
燃料要素数	20 体
減速材	軽水
反射材	軽水、黒鉛及びアルミニウム合金
制御棒	粗調整安全棒 4 本(上部懸垂型、1.6%天然ボロン入りステンレス鋼、ストローク 650mm) 微調整棒 1 本(上部懸垂型、1.6%天然ボロン入りステンレス鋼、ストローク 650mm)
非常用制御設備	後備安全棒 2 本(上部懸垂型、1.6%天然ボロン入りステンレス鋼)

Table 2.2 JRR-4 燃料要素の主要仕様

項目		仕様(変更前)	仕様(変更後)
形 式		MTR 平板型	MTR 平板型
燃料要素寸法		約 80×80×1,025(mm)	約 80×80×1,025(mm)
燃料板枚数		15(枚)	15(枚)
燃料板厚さ		約 1.26(mm)	約 1.26(mm)
燃料板幅		約 75(mm)	約 75(mm)
燃料板長さ/内側燃料板		約 630(mm)	約 630(mm)
燃料板長さ/外側燃料板		約 734(mm)	約 734(mm)
燃料芯材厚さ		約 0.5(mm)	約 0.5(mm)
燃料芯材幅		約 65(mm)	約 65(mm)
燃料芯材長さ		約 600(mm)	約 600(mm)
被覆材厚さ		約 0.38(mm) (最小厚さ 0.30mm)	約 0.38(mm) (最小厚さ 0.30mm)
²³⁵ U 含有量(内側燃料板)		約 11.9(g/枚)	約 14.6(g/枚)
²³⁵ U 含有量(外側燃料板)		約 5.9(g/枚)	約 7.3(g/枚)
²³⁵ U 含有量(燃料要素)		約 166(g/体)	約 204(g/体)
燃料芯材	種 類	ウランアルミニウム合金	ウランシリコンアルミニウム分散型合金
	主な組成	UAl	U ₃ Si ₂ -Al
	ウラン濃縮度	90~93(%)	約 20(%)
	ウラン密度(内側燃料板)	約 0.66(g/cm ³)	約 3.8(g/cm ³)
	ウラン密度(外側燃料板)	約 0.33(g/cm ³)	約 1.9(g/cm ³)
被覆材	種 類	アルミニウム合金	アルミニウム合金
	材料規格	JIS A1100,A1200 又は相当品	JIS A6061,AG3NE* 又は相当品
	最高燃焼度(要素平均) (FIFA ²³⁵ U)	20(%)	50(%)
1 次冷却水流路	流路厚さ	約 4.1(mm)	約 4.1(mm)
	流路幅	約 70(mm)	約 70(mm)
	流路数	14	14

* : AG3NE はフランスで開発された原子力用アルミニウム合金である。



unit : mm

Fig. 2.1 原子炉本体立面図

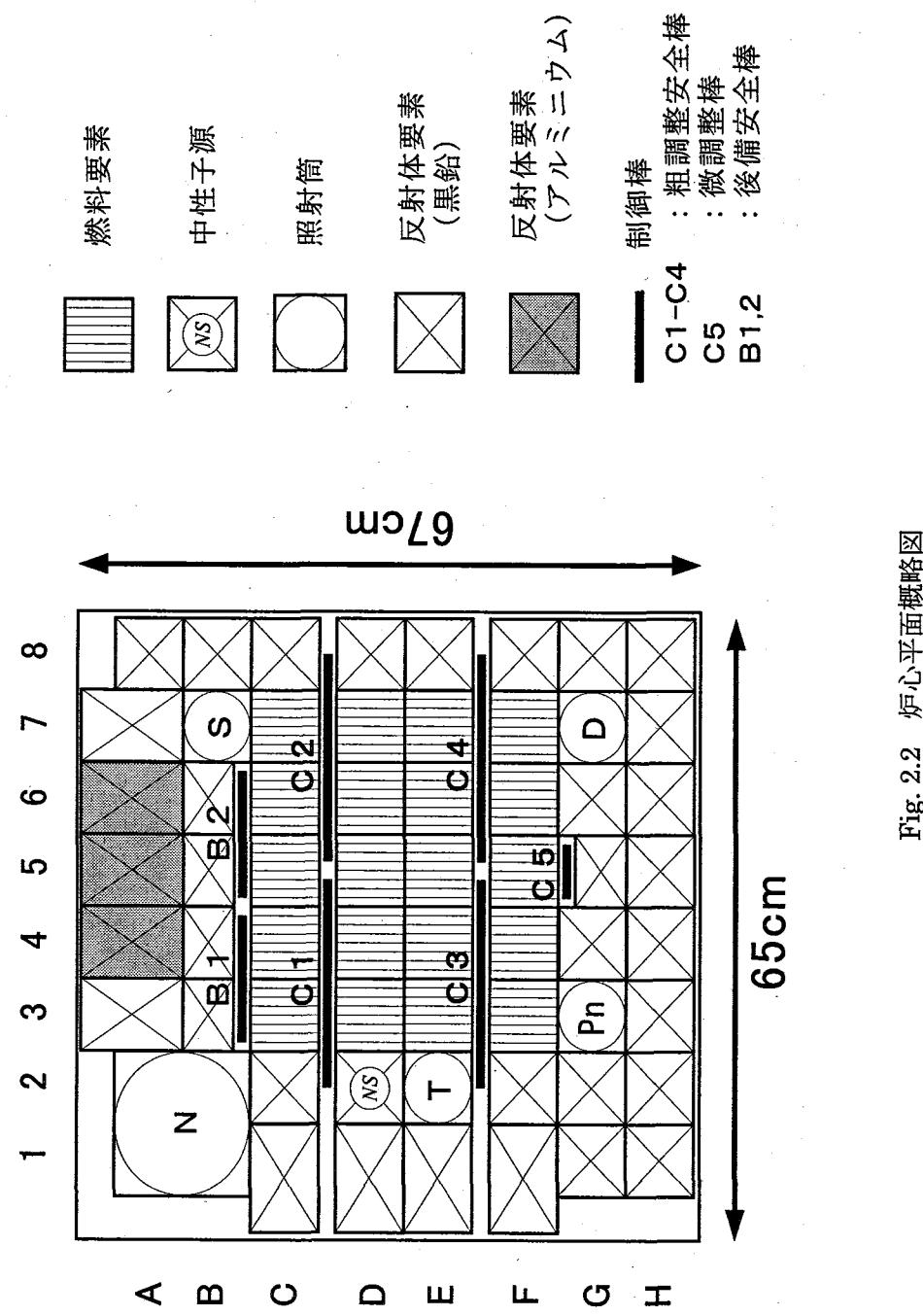


Fig. 2.2 炉心平面概略図

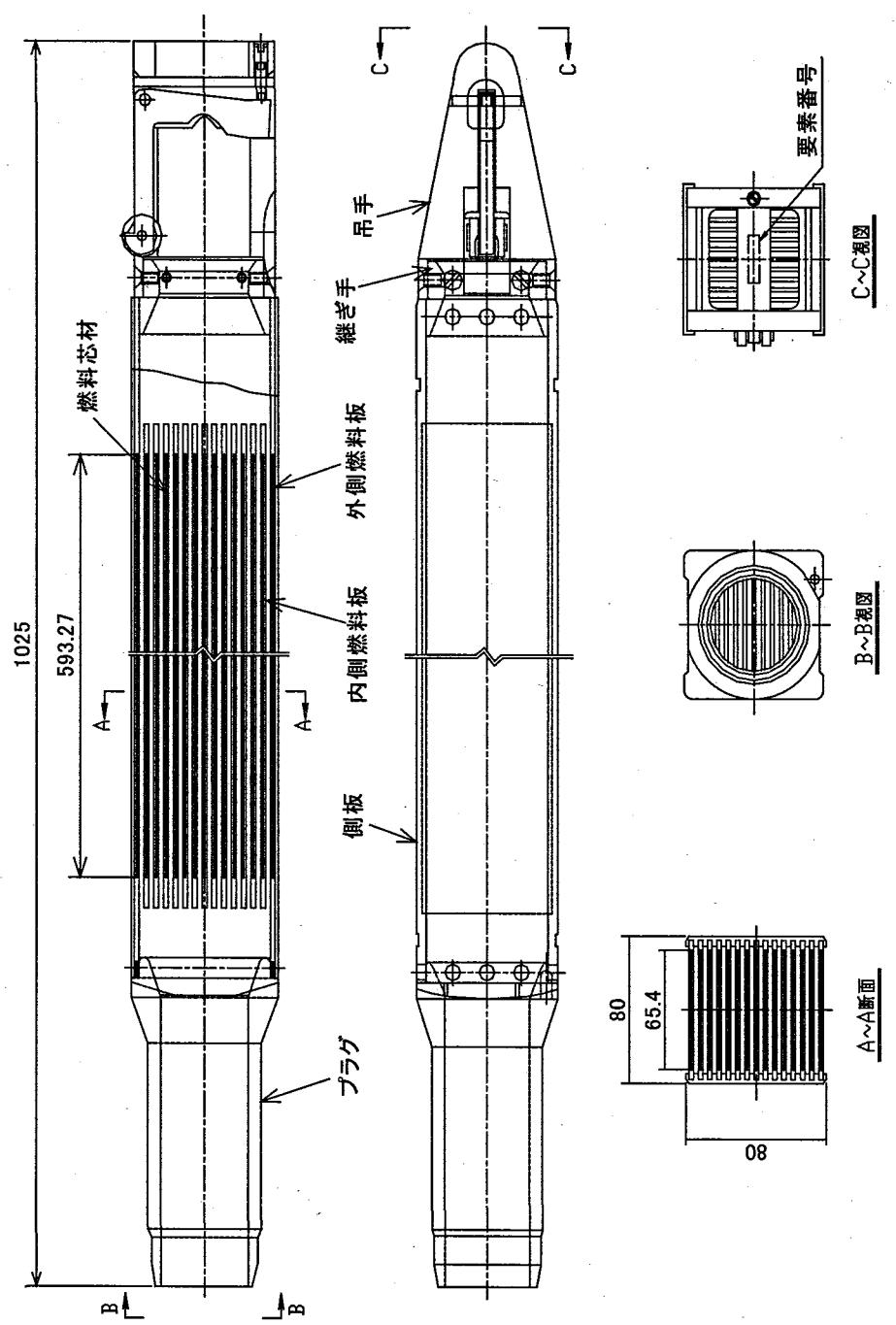


Fig. 2.3 燃料要素
单位 : mm

3. 計算体系

3.1 はじめに

計算は、SRAC コードを用いて燃料の低濃縮ウランシリサイド化に伴う改造での安全審査時の核設計手法に基いて行った。なお、燃料については測定値を用いて行った。以下に詳細を示す。

3.2 SRAC コード及びライブラリ

SRAC コードシステムは、熱中性子炉の核計算のために開発され、炉設計や実験解析に用いられている。その機能には、断面積ライブラリ編集、断面積計算、炉心計算、燃焼計算等を備えている。

使用したライブラリ及び計算項目との関連を示した核計算フローの概略を Fig.3.1 に示す。

中性子断面積ライブラリは、JENDL-3.2 を用いた。燃焼チェーンライブラリーには、UCM66FP を用いた。UCM66FP は、重核種は ^{235}U から ^{245}Cm までの 19 核種、FP 核種は 65 核種と 1 つの擬似核種を採用しており、ウラン燃料に対する標準的な燃焼チェーンモデルである。

3.3 エネルギー群構造

エネルギー群構造を Table 3.1 に示す。炉心燃焼計算で使用する少数群断面積は、全て高速 3 群、熱 3 群の計 6 群とし、それらを求めるための多数群断面積は全て 107 群とした。また、炉心燃焼計算で得られた 6 群の中性子束分布は、熱群 3 群を 1 群化した計 4 群構造で出力した。

3.4 少数群断面積

3.4.1 燃料要素

燃料要素の少数群断面積は、原子炉の運転による ^{235}U の燃焼に伴い変化する。このため、燃料要素については、①燃料ミート部格子燃焼計算、②燃料要素格子計算により燃焼依存少数群断面積を作成した。詳細を以下に示す。なお、燃料要素の原子数密度を及び少数群断面積を appendix A に示す。

①燃料ミート部格子燃焼計算

計算モデルを Fig.3.2 に示す。燃料要素中の 15 枚の燃料板と減速材領域からなる燃料ミート部を格子燃焼計算(1 次元衝突確率計算)により 5 領域に均質化し、それぞれの均質化領域の巨視的断面積テーブルを求めた。巨視的断面積テーブルとは、燃焼度点毎に均質化断面積、核種の個数密度をテーブル化したものである。なお、Xe については、核種組成から除外した。これは、JRR-4 がデイリー運転で通常、翌週初めには、Xe が無視できるほど減衰しているためである。

主要な計算条件を以下に示す。炉心内温度及び減速材温度分布は 300K で一様とした。板状格子燃焼計算の ^{235}U の燃焼ステップは、5~80% の 10 ステップとした。

温度 : 300K (一様)

燃焼度 (%) : 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80

②燃料要素格子計算

計算モデルを Fig.3.3 に示す。①で求めたミート部の巨視的断面積テーブルを用いて燃料要素格子計算(2 次元衝突確率計算)を行い燃料要素の 6 群の均質化燃焼依存少数群断面積を求めた。

3.4.2 炉心水平構成要素(非燃料要素)

計算モデルを Fig.3.4 に示す。炉心水平構成要素(非燃料要素)である反射体、減速材、照射設備及びその他の構造材は、燃料要素を配置し、各領域のスペクトルを考慮して、2 次元拡散計算により少数组群断面積を作成した。各構成要素(非燃料要素)の原子数密度及び少数组群断面積を appendix B に示す。

3.4.3 燃料要素上下構成要素(非燃料要素)

計算モデルを Fig.3.5 に示す。燃料要素上下構成要素(非燃料要素)である反射体、構造材は、燃料要素を配置し、各領域のスペクトルを考慮して、1 次元拡散計算により少数组群断面積を作成した。各構成要素(非燃料要素)の原子数密度及び少数组群断面積を appendix B に示す。

3.4.4 制御棒

制御棒は、燃料要素を配置し、各領域のスペクトルを考慮して 1 次元衝突確率計算を行い、少数组群断面積を作成した。計算モデルを Fig.3.6 に示す。

制御棒のような強い中性子吸収体を全炉心計算で用いる場合、精度のよい結果を得るために、拡散計算でなく輸送計算で解いたほうがよい。何故なら、隣り合う物質で吸収断面積が大きく異なると中性子束の角分布が非等方になり拡散近似が成立しなくなるからである。しかし、本原子炉の体系は 3 次元であるため SRAC コードの制限上拡散計算しか扱えない。そこで、連続エネルギーモンテカルロコード MVP を用いて輸送計算により初装荷炉心の C1～C5 制御棒の等価反応度を C1～C5 制御棒全引抜時の炉心反応度と全挿入時の炉心反応度の差から求め、得られた等価反応度と一致するよう対数微分定数を 3 次元拡散計算で求めて設定した。但し、定数の設定は熱群についてのみ行い、各エネルギー群とも同一値とした。

3.5 炉心燃焼計算

炉心燃焼計算は、3 次元拡散計算で行った。炉心水平の計算モデルの一例は、Fig.3.4 と同様である。炉心軸方向の計算モデルを Fig.3.7 に示す。制御棒全ストローク (650mm) は、約 4cm 間隔の 20 領域に分割 (Fig.3.7 1/5 参照) し、制御棒の移動を模擬できるようにした。

Table 3.1 エネルギー群構造

Group	Upper Energy(ev)	格子計算	炉心計算	中性子束編集	107G	Upper energy(ev)	格子計算	炉心計算	中性子束編集
1	1.0000×10^7	1			55	1.3710×10^1	55		
2	7.7880×10^6	2			56	1.0677×10^1	56		
3	6.0653×10^6	3			57	8.3153×10^0	57		
4	4.7237×10^6	4			58	6.4759×10^0	58	3	3
5	3.6788×10^6	5			59	5.0435×10^0	59		
6	2.8650×10^6	6			60	3.9279×10^0	60		
7	2.2313×10^6	7			61	3.0590×10^0	61		
8	1.7377×10^6	8			62	2.3824×10^0	62		
9	1.3534×10^6	9			63	1.8554×10^0	63		
10	1.0540×10^6	10			64	1.6374×10^0	64		
11	8.2085×10^5	11	1	1	65	1.4450×10^0	65		
12	6.3928×10^5	12			66	1.2752×10^0	66		
13	4.9787×10^5	13			67	1.1253×10^0	67		
14	3.8774×10^5	14			68	9.9312×10^{-1}	68		
15	3.0197×10^5	15			69	8.7642×10^{-1}	69		
16	2.3518×10^5	16			70	7.7344×10^{-1}	70		
17	1.8316×10^5	17			71	6.8256×10^{-1}	71		
18	1.4264×10^5	18			72	6.0236×10^{-1}	72		
19	1.1109×10^5	19			73	5.3158×10^{-1}	73		
20	8.6517×10^4	20			74	4.6911×10^{-1}	74		
21	6.7380×10^4	21			75	4.1399×10^{-1}	75	4	
22	5.2475×10^4	22			76	3.8926×10^{-1}	76		
23	4.0868×10^4	23			77	3.6528×10^{-1}	77		
24	3.1828×10^4	24			78	3.4206×10^{-1}	78		
25	2.4788×10^4	25			79	3.1961×10^{-1}	79		
26	1.9304×10^4	26			80	2.9792×10^{-1}	80		
27	1.5434×10^4	27			81	2.7699×10^{-1}	81		
28	1.1709×10^4	28			82	2.5683×10^{-1}	82		
29	9.1188×10^3	29			83	2.3742×10^{-1}	83		
30	7.1017×10^3	30			84	2.1878×10^{-1}	84		
31	5.5308×10^3	31			85	2.0090×10^{-1}	85		
32	4.3074×10^3	32			86	1.8378×10^{-1}	86		
33	3.3546×10^3	33	2	2	87	1.6743×10^{-1}	87		
34	2.6126×10^3	34			88	1.5183×10^{-1}	88		
35	2.0347×10^3	35			89	1.3700×10^{-1}	89		
36	1.5846×10^3	36			90	1.2293×10^{-1}	90		
37	1.2341×10^3	37			91	1.0963×10^{-1}	91		
38	9.6112×10^2	38			92	9.7080×10^{-2}	92		
39	7.4852×10^2	39			93	8.5397×10^{-2}	93		
40	5.8295×10^2	40			94	7.4276×10^{-2}	94	5	
41	4.5400×10^2	41			95	6.4017×10^{-2}	95		
42	3.5358×10^2	42			96	5.4520×10^{-2}	96		
43	2.7536×10^2	43			97	4.5785×10^{-2}	97		
44	2.1445×10^2	44			98	3.7813×10^{-2}	98		
45	1.6702×10^2	45			99	3.0602×10^{-2}	99		
46	1.3007×10^2	46			100	2.4154×10^{-2}	100		
47	1.0130×10^2	47			101	1.8467×10^{-2}	101		
48	7.8893×10^1	48			102	1.3543×10^{-2}	102		
49	6.1442×10^1	49			103	9.3805×10^{-3}	103		
50	4.7851×10^1	50	3	3	104	5.9804×10^{-3}	104	6	
51	3.7266×10^1	51			105	3.3423×10^{-3}	105		
52	2.9023×10^1	52			106	1.4663×10^{-3}	106		
53	2.2603×10^1	53			107	3.5238×10^{-4}	107		
54	1.7604×10^1	54							

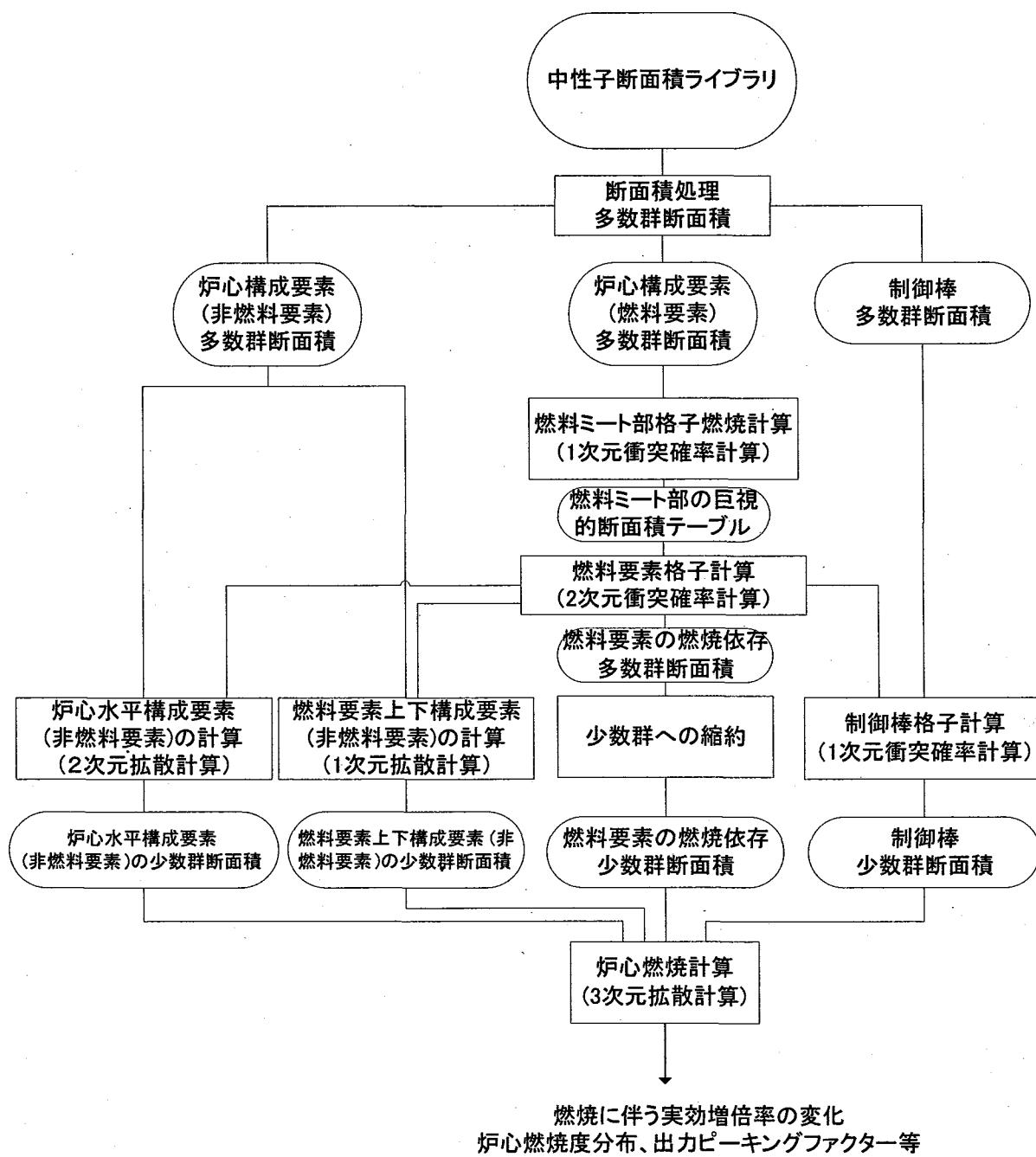


Fig.3.1 核計算フロー概略図

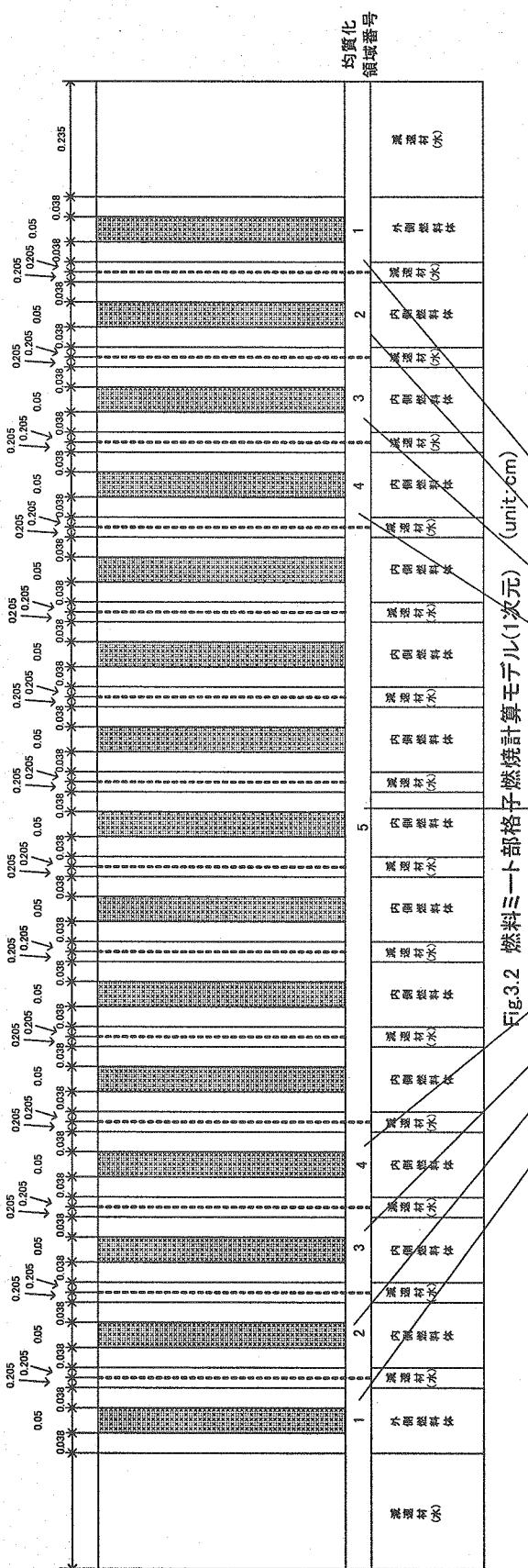


Fig.3.2 燃料ミート部格子燃焼計算モデル(1次元) (unit:cm)

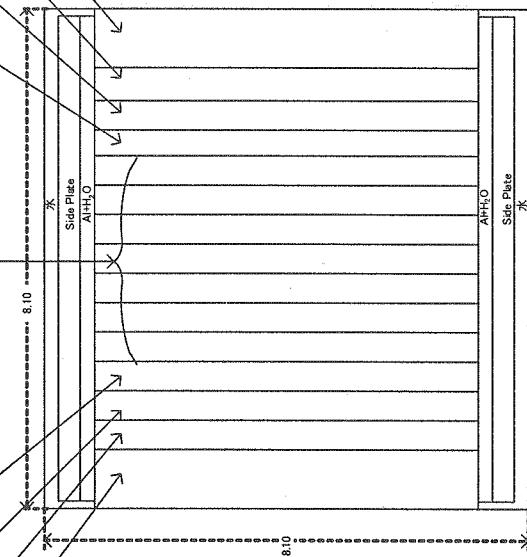


Fig.3.3 燃料要素格子計算モデル(2次元) (unit:cm)

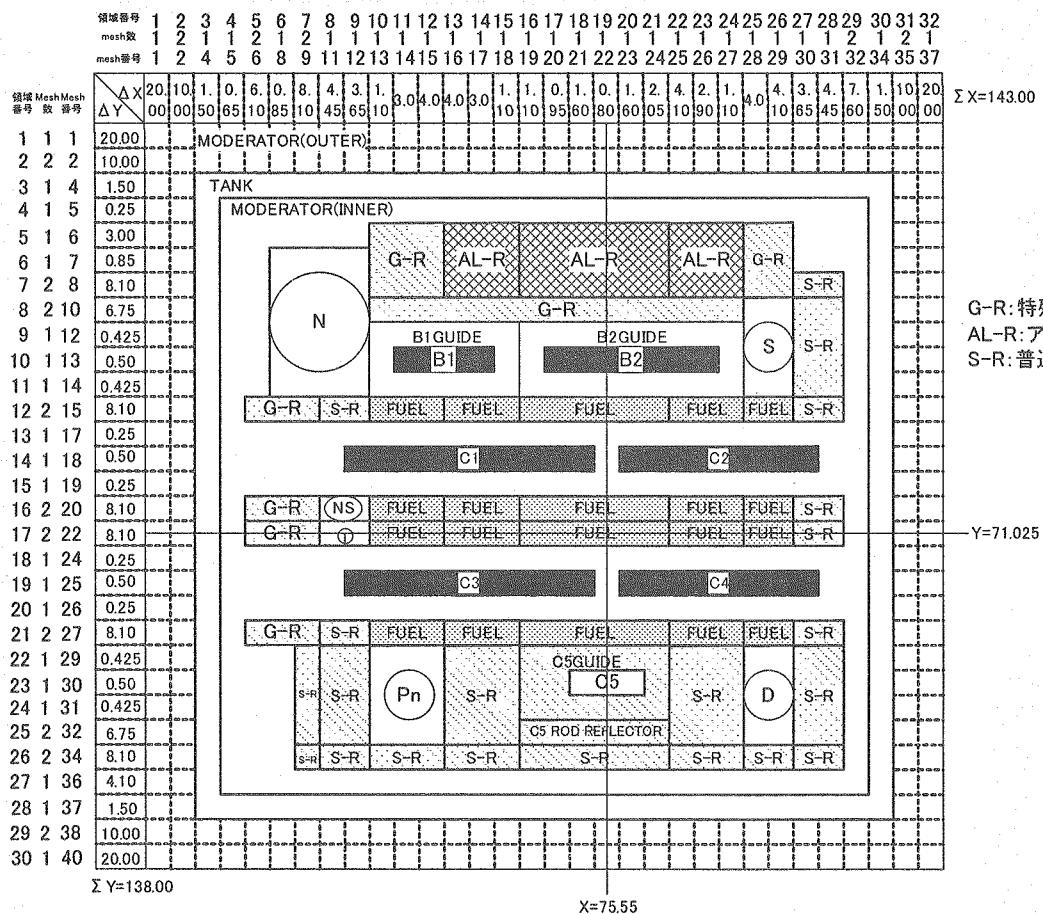


Fig.3.4 炉心水平構成要素計算モデル (unit:cm)

Mesh 数	領域幅 (cm)	領域名(少数组断面積名)
5	20.0	冷却材(水)(COOLA000)
4	10.0	
5	13.5	ハンドルとコネクタ(LTX1A000)
1	2.0	コネクタ タワー(LTX2A000)
2	4.5	燃料アッセンブリー上部(LTX3A000)
1	1.8365	燃料アッセンブリー下部(LTX4A000)
60	59.327	燃料(LEXXAX10)
1	1.8365	燃料アッセンブリー下部(LTX4A000)
1	2.5	燃料アッセンブリー上部(LTX3A000)
2	3.3	ガイドプラグ(LTX5A000)
5	13.0	グリッドプレートとガイドプラグ(LTX6A000)
4	10.0	
5	20.0	冷却材(水)(COOLA000)

Fig.3.5 燃料要素上下構成要素計算モデル

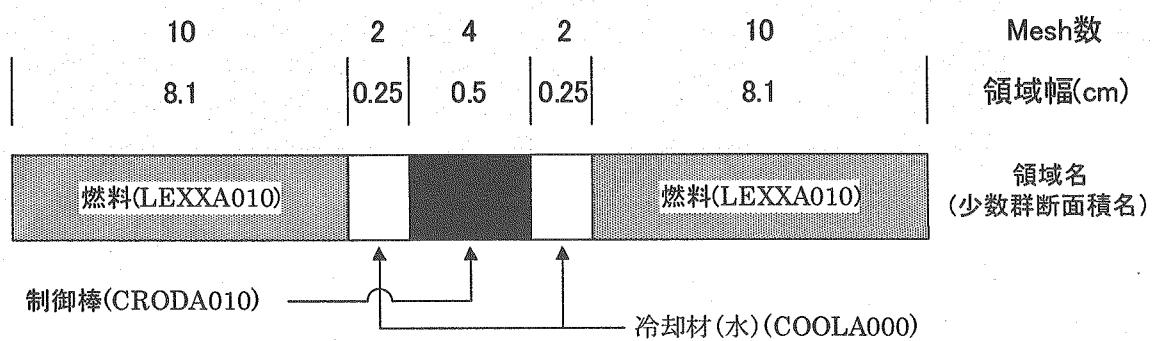
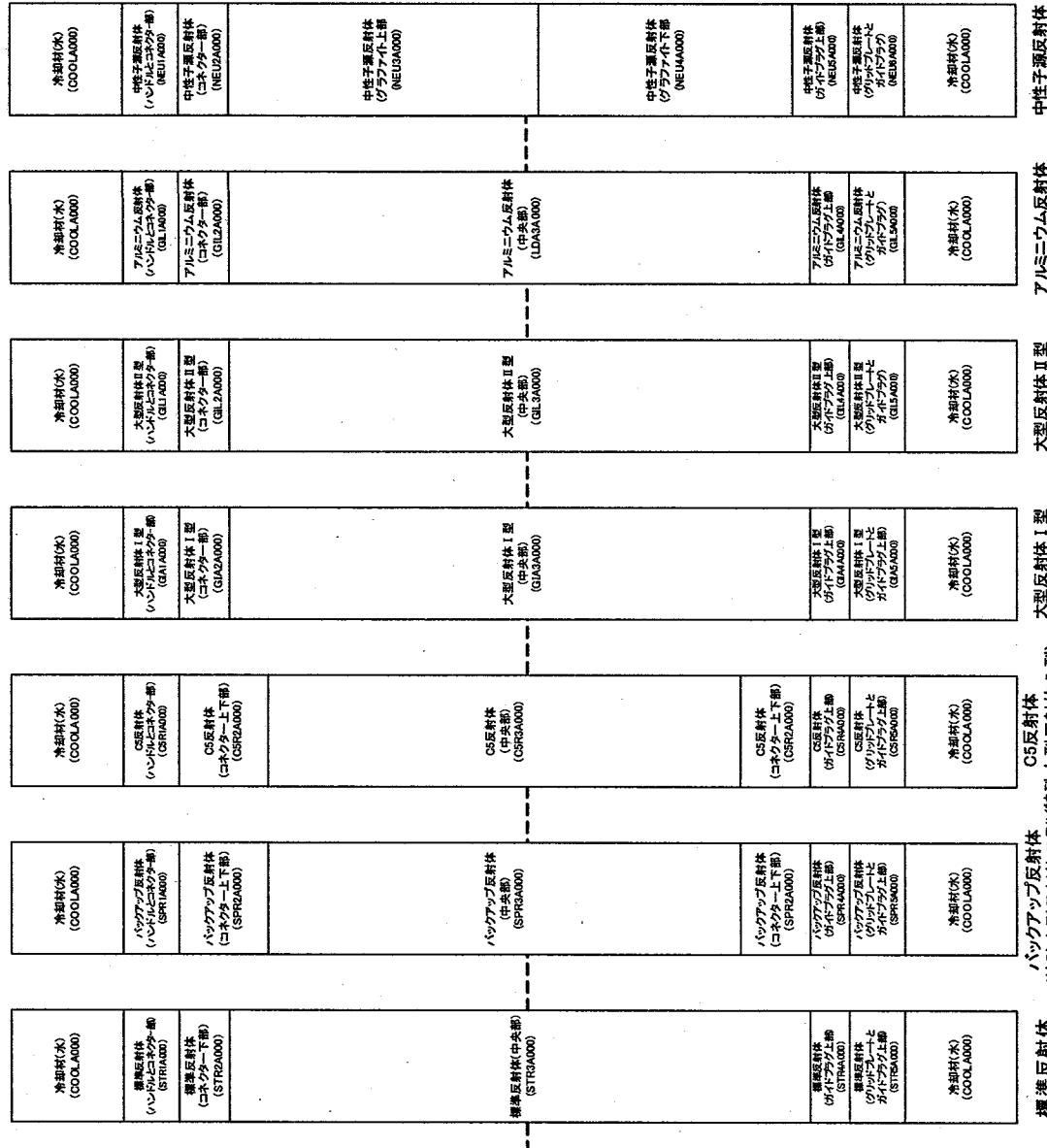


Fig.3.6 制御棒計算モデル

領域Mesh 番号	要素Mesh 番号	領域幅 (cm)	
1	2 1~2	20.0	冷却材(水) (COOLAO00)
2	4 3~6	10.0	冷却材(水) (FUELAO00)
3	4 7~10	13.5	冷却材(水) (COOLAO00)
4	1 11	2.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
5	1 12	0.5	アルミニウム反射体 (ALIA000)
6	1 13 制御棒上限 (65mm)	0.5	アルミニウム反射体 (ALIA000)
7	1 14	3.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
8	1 15	0.5	アルミニウム反射体 (ALIA000)
9	1 16	1.5	アルミニウム反射体 (ALIA000)
10	1 17	0.3365	アルミニウム反射体 (ALIA000)
11	2 18~19	4.5655	アルミニウム反射体 (ALIA000)
12	2 20~21	4.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
13	1 22	4.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
14	1 23	4.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
15	1 24	4.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
16	1 25	4.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
17	1 26	4.0	アルミニウム反射体 (ALIA000)
18	1 27	2~82.4	標準反射体 I 型 (STRA000)
19	1 28	4.0	標準反射体 I 型 (STRA000)
20	1 29	4.0	標準反射体 I 型 (STRA000)
21	1 30	4.0	標準反射体 I 型 (STRA000)
22	1 31	4.7	標準反射体 I 型 (STRA000)
23	2 32~33	3.4	標準反射体 I 型 (STRA000)
24	2 34~35	3.33175	標準反射体 I 型 (STRA000)
25	2 36~37	3.33175	標準反射体 I 型 (STRA000)
26	1 38 制御棒下限 (00mm)	0.3365	標準反射体 I 型 (STRA000)
27	1 39	1.5	標準反射体 I 型 (STRA000)
28	1 40	0.5	標準反射体 I 型 (STRA000)
29	1 41	0.5	標準反射体 I 型 (STRA000)
30	1 42	0.5	標準反射体 I 型 (STRA000)
31	1 43	1.0	標準反射体 I 型 (STRA000)
32	1 44	2.3	標準反射体 I 型 (STRA000)
33	4 45~48	13.0	標準反射体 I 型 (STRA000)
34	4 49~52	10.0	標準反射体 I 型 (STRA000)
35	2 53~54	20.0	標準反射体 I 型 (STRA000)

Fig.3.7 炉心軸方向計算モデル(1/5)



燃料要素

標準反射体
(STRA000)
特殊大型反射体 II 型
(特殊大型反射体 II型)

大型反射体 I 型

中性子源反射体

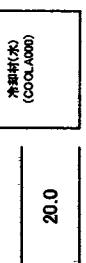
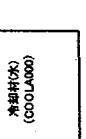
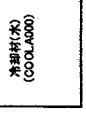
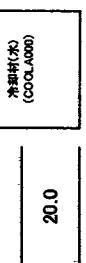
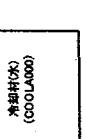
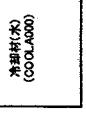
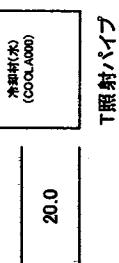
大型反射体 I 型
(STRA000)
大型反射体 II 型
(STRA000)

大型反射体 II 型

中性子源反射体

領域番号	Mesh番号	Mesh数	領域幅(cm)
1	2	1~2	20.0
2	4	3~6	10.0
3	4	7~10	13.5
4	1	11	2.0
5	1	12	0.5
6	1	13	0.5
7	1	14	3.0
8	1	15	0.5
9	1	16	1.5
10	1	17	0.335
11	2	18~19	4.535
12	2	20~21	4.0
13	1	22	4.0
14	1	23	4.0
15	1	24	4.0
16	1	25	4.0
17	1	26	Z=32.4
18	1	27	4.0
19	1	28	4.0
20	1	29	4.0
21	1	30	4.0
22	1	31	4.7
23	2	32~33	3.4
24	2	34~35	3.33175
25	2	36~37	3.33175
26	1	38	0.3365
27	1	39	1.5
28	1	40	1.5
29	1	41	0.5
30	1	42	0.5
31	1	43	1.0
32	1	44	2.3
33	4	45~48	13.0
34	4	49~52	10.0
35	2	53~54	20.0

Fig.3.7 炉心方向計算モデル(2/5)

炉心タンク外
減速材炉心タンク
減速材N照射パイプ
炉心タンク内
減速材D照射パイプ
S照射パイプ
炉心タンク
減速材

領域番号	Mesh 数	Mesh 番号	領域幅 (cm)	C1 ~ C4 上限		C1 ~ C4 下限	
				制御棒 (CRODA010)	制御棒 (CRODA010)	制御棒 (CRODA010)	制御棒 (CRODA010)
1	2	1~2	20.0				
2	4	3~6	10.0				
3	4	7~10	13.5				
4	1	11	2.0				
5	1	12	0.5				
6	1	13	0.5				
7	1	14	3.0	シムロッドフロワ ーのジョイント棒 (COOLADA000)	シムロッドフロワ ーのジョイント棒 (COOLADA000)	シムロッドフロワ ーのジョイント棒 (COOLADA000)	シムロッドフロワ ーのジョイント棒 (COOLADA000)
8	1	15	0.5				
9	1	16	1.5				
10	1	17	0.335				
11	2	18~19	4.5635				
12	2	20~21	4.0				
13	1	22	4.0				
14	1	23	4.0				
15	1	24	4.0				
16	1	25	4.0				
17	1	26 Z=82.4	—4.0—				
18	1	27	4.0				
19	1	28	4.0				
20	1	29	4.0				
21	1	30	4.0				
22	1	31	4.7				
23	2	32~33	3.4				
24	2	34~35	3.33175				
25	2	36~37	3.33175				
26	1	38	0.33365				
27	1	39	1.5				
28	1	40	1.5				
29	1	41	0.5				
30	1	42	0.5				
31	1	43	1.0				
32	1	44	2.3				
33	4	45~48	13.0	グリッドプレート (SGRDAD000)	グリッドプレート (SGRDAD000)	シムロッドフロワ ーのジョイント棒 (COOLADA000)	シムロッドフロワ ーのジョイント棒 (COOLADA000)
34	4	49~52	10.0				
35	2	53~54	20.0				

Fig.3.7 炉心軸方向計算モデル(3/5)

領域番号	Mesh番号	Mesh数	領域幅(cm)	冷却材(水) (COOLA000)		冷却材(水) (COOLA000)	
				冷却材(水) (COOLA000)	制御棒 (CRODA010)	冷却材(水) (COOLA000)	冷却材(水) (COOLA000)
1	2	1~2	20.0				
2	4	3~6	10.0				
3	4	7~10	13.5				
4	1	11	2.0				
5	1	12	0.5				
6	1	13	0.5				
7	1	14	3.0				
8	1	15	0.5				
9	1	16	1.5				
10	1	17	0.3335				
11	2	18~19	4.5635				
12	2	20~21	4.0				
13	1	22	4.0				
14	1	23	4.0				
15	1	24	4.0				
16	1	25	4.0				
17	1	26	Z=82.4 --- 4.0				
18	1	27	4.0				
19	1	28	4.0				
20	1	29	4.0				
21	1	30	4.0				
22	1	31	4.7				
23	2	32~33	3.4				
24	2	34~35	3.33175				
25	2	36~37	3.33175				
26	1	38	0.3365				
27	1	39	1.5				
28	1	40	1.5				
29	1	41	0.5				
30	1	42	0.5				
31	1	43	1.0				
32	1	44	2.3				
33	4	45~48	13.0				
34	4	49~52	10.0				
35	2	53~54	20.0				

Fig.3.7 炉心軸方向計算モデル(4/5)

領域番号	Mesh番号	Mesh数	領域幅(cm)	冷却材(水)(COOLANT)		冷却材(水)(COOLANT)		冷却材(水)(COOLANT)	
				制御棒(CRODA010)	制御棒(CRODA010)	制御棒(CRODA010)	制御棒(CRODA010)	制御棒(CRODA010)	制御棒(CRODA010)
1	2	1~2	20.0						
2	2	3~6	10.0						
3	3	4~7~10	13.5						
4	4	11	2.0						
5	5	12	0.5						
6	6	13	0.5						
7	7	14	3.0						
8	8	15	0.5						
9	9	16	1.5						
10	10	17	0.3365						
11	11	18~19	4.5635						
12	12	20~21	4.0						
13	13	1	22	4.0					
14	14	1	23	4.0					
15	15	1	24	4.0					
16	16	1	25	4.0					
17	17	1	26	Z=82.4	--4.0--				
18	18	1	27	4.0					
19	19	1	28	4.0					
20	20	1	29	4.0					
21	21	1	30	4.0					
22	22	1	31	4.7					
23	23	2	32~33	3.4					
24	24	2	34~35	3.33175					
25	25	2	36~37	3.33175					
26	26	1	38	0.3365					
27	27	1	39	1.5					
28	28	1	40	0.5					
29	29	1	41	0.5					
30	30	1	42	0.5					
31	31	1	43	1.0					
32	32	1	44	2.3					
33	33	4	45~48	13.0					
34	34	4	49~52	10.0					
35	35	2	53~54	20.0					

Fig.3.7 炉心軸方向計算モデル(5/5)

4. 初期炉心の炉心特性の実験と解析

初期炉心の炉心特性の実験及び解析は、制御棒反応度価値等の反応度抑制効果、熱中性子束及び出力ピーピングファクター、動特性パラメータについて行った。

4.1 反応度抑制効果

4.1.1 実験手法

実験は、原子炉出力 10Wでおこない、正ペリオド一比較法で制御棒校正を行って制御棒反応度価値を得た。Table4.1 に制御棒校正の組み合わせを示す。次に得られた制御棒反応度価値と 10W 時の初臨界位置を用いて過剰反応度を求めた。

4.1.2 解析手法

Fig.4.1 に制御棒反応度価値解析方法を示す。制御棒反応度価値の解析値は 2 つの方法で求めた。以下にそれぞれの方法の詳細を示す。

・補償無法

臨界位置から制御棒を一本ずつ引き抜いたときの反応度と、臨界位置から制御棒を一本ずつ挿入したときの反応度の差から制御棒反応度価値を求める方法。

・補償有法

実験と類似した制御棒操作を行い算出する方法で、具体的には、制御棒の引き抜きによる反応度の発生を、補償制御棒を少しづつ挿入して補償して再び臨界とし、この操作を全ストロークにわたっておこなって得られた反応度価値を合計して制御棒反応度価値を求める方法。

補償无法は、安全審査の際に用いた手法である。しかし、実験では、補償无法のような大きな正の反応度を投入することは、安全上できない。そこで本報告書では、実験手法を模擬した補償有も合わせて制御棒反応度価値を求めた。

過剰反応度は、補償无法、補償有法ともに臨界位置からの制御棒反応度価値を合計して求めた。また、後述する燃焼した炉心の過剰反応度を効率よく求めるため、

$$\text{修正因子} = \frac{\text{補償有法で求めた過剰反応度}}{\text{補償无法で求めた過剰反応度}} \text{ を求めた。}$$

4.1.3 結果

初臨界制御棒位置を Table4.2 に、反応度抑制効果を Table4.3 に示す。

臨界制御棒位置については、COMMAS-JRR の軸方向メッシュ(Fig. 3.7 参照)は、燃料要素部で 40mm 間隔となっているため、実験での臨界位置である C1～C 4:259mm 及び C5:318mm を完全に模擬できない。そのため、もっとも近いメッシュ点である C1～C 4:271mm, C5:311mm を解析上の臨界位置(反応度 0.57% Δk/k)とした。

4.1.3.1 制御棒反応度価値

C1～C5合計制御棒反応度価値は、実験値(正ペリオドー比較法)に対し、解析値(補償無法)は約22%、解析値(補償有法)は約17%の過大評価となった。制御棒を個別に比較しても、C1～C4の制御棒は同様の傾向となった。このことから、実験を類似した制御棒操作を行って制御棒干渉効果を模擬することにより、安全審査で用いられた補償無法に比べ約5%の誤差を改善できることがわかった。なお、C5制御棒のみが解析値(補償無法)、解析値(補償有法)共に実験値(正ペリオドー比較法)に対し、約20%の過大評価となったが、これは、C5制御棒の制御棒反応度価値が全制御棒価値に対して非常に小さいため、制御棒の干渉効果が補償無法、補償有法でほとんど変わらないためである。

解析値(補償有法)が、実験値(正ペリオドー比較法)に対し過大評価となったのは、以下の3つの理由がある。

理由① 解析値(補償有法)と実験値(正ペリオドー比較法)の測定ステップの違いによる制御棒干渉効果の違い

理由② 実験値(正ペリオドー比較法)の安定ペリオドまでの待ち時間による誤差

理由③ 実験値(正ペリオドー比較法)の中性子源による影響

以下にそれぞれの理由について詳細に説明する。

①解析値(補償有法)と実験値(正ペリオドー比較法)の測定ステップの違いとは、実験値(正ペリオドー比較法)の約30(ステップ/C1～C4制御棒各1本)に対して解析値(補償有法)は、計算メッシュの関係上約10(ステップ/C1～C4制御棒各1本)で模擬していることにより一回のステップでの投入反応度が、解析値(補償有法)の方が大きく、結果、異なった制御棒干渉効果で反応度価値を評価することである。

C1制御棒を例に説明すると実験値(正ペリオドー比較法)は、平均して一回の投入反応度が $4.09/30=$ 約0.14% $\Delta k/k$ となり、解析値(補償有法)は、 $4.80/10=$ 約0.48% $\Delta k/k$ となる。そのため、臨界位置よりも高いところの反応度価値を求める場合は、解析値(補償有法)の方が、一回のステップでの正の投入反応度が大きいため、実験よりも制御棒干渉効果が小さくなつた状態、言い換えれば被測定制御棒以外の制御棒が相対的に挿入されていない状態で評価し、結果、反応度価値を大きく評価する。反対に臨界位置よりも低いところの反応度価値は、制御棒干渉効果が大きいため小さく評価する。解析値での初期炉心臨界位置は、Table.4.2.に示すようにフルストローク650mmに対して271mmなので、微分反応度価値はストローク位置により違うが、反応度を大きく評価する領域(271mm～650mm)が小さく評価する領域(0mm～271mm)よりも長いため、結果、解析値(補償有法)は、反応度価値を実験値(正ペリオドー比較法)よりも大きく評価する。

②実験値(正ペリオドー比較法)の安定ペリオドまでの待ち時間による誤差とは、大きな反応度を

投入した後、安定ペリオドになるまでのいわゆる待ち時間が短いと正ペリオド法の原理から真値に対して小さく評価することである。C1～C4 制御棒の場合は、待ち時間が平均で約 50 秒なので、約 1% (=0.04% Δ k/k) の過小評価となる。C5 制御棒の場合は、待ち時間が平均で約 150 秒なので、無視できるほど小さいため誤差はないものとする。(文献 5 参照)

③実験値(正ペリオド一比較法)の中性子源による影響とは、実験では中性子源が有るため、臨界時においては、厳密にいうと中性子源の分だけ原子炉は未臨界状態となっており、その結果、反応度測定 1 ステップにつき中性子源分だけ反応度を小さく評価することである。出力が大きいときは影響が小さいので無視できるが、JRR-4 の場合、反応度投入初期の 10W では影響が大きいため無視できない。具体的には、以下の式により求められる。

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - \beta}{\Lambda} N(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i + S \quad (1)$$

N(t): 中性子数(s⁻¹)

ρ (t): 反応度(Δ k/k)

β : 実効遅発中性子割合

Λ : 中性子生成時間(s⁻¹)

λ_i : i 群の遅発中性子先行核崩壊定数(s⁻¹)

C_i : i 群の遅発中性子先行核数(s⁻¹)

S: 中性子源強度(s⁻¹)

これは、正ペリオド法の測定原理である逆時間方程式の元となる一点炉動特性方程式である。

ここで、定常状態の場合を考慮すると、 $N(t)=N_0$ 、 $\frac{dN(t)}{dt}=0$ であるため、(1)式に代入すると

$$\rho = -\frac{S\Lambda}{N_0} \quad (2)$$

を得る。

ここで、全制御棒が着底している状態を考える。このとき、全制御棒反応度価値から過剰反応度を差し引いたもの(未臨界度と定義)より $\rho = -0.0690$ 、Fission Chamber の値を $N_0=190$ とすると、(2)式により $S\Lambda$ は次のように求めることができる。

$$-0.0690 = -\frac{S\Lambda}{N_0} = \frac{S\Lambda}{190} \text{ より } S\Lambda = 13.11 \quad (3)$$

制御棒校正初期条件時(10W 臨界時)の中性子源による未臨界度を、10W 臨界時の Fission Chamber の値($N_0=720123$)と、式(2)及び(3)式で得られた $S\Lambda$ より求めると

$$\rho = -\frac{S\Lambda}{N_0} = \frac{13.11}{720123} = 1.82 \times 10^{-5}$$

となる。

これは、一ステップ分当りの過小評価分なので、実験で行ったステップ数を乗じると各制御棒の

過小評価分を求めることができる。

各制御棒のステップ数は、C1～C4 が約 28 ステップ、C5 が 7 ステップなので、各制御棒の中性子源による過小評価分は、以下の様になる。

C1～C4 制御棒一本あたり:0.051% Δ k/k

C5 制御棒 :0.012% Δ k/k

理由②、③については、上記で説明したとおり定量的に評価することができたため、これらを考慮した実験値(正ペリオドー比較法)(補正後)を求め、再び解析値との比較を行った。

C1～C5 合計制御棒反応度価値は、実験値(正ペリオドー比較法)(補正後)に対し、解析値(補償無法)は約 17%、解析値(補償有法)は約 14%の過大評価となった。制御棒を個別に比較しても、ほぼ同様の傾向となった。

以上の結果をまとめると、解析手法を安全審査で用いた手法(補償無法)から、実験を模擬した手法(補償有法)に変更し、初期炉心の炉心特性の実験値に中性子源及び安定ペリオドまでの待ち時間誤差による補正を加えることにより、制御棒反応度価値の実験値に対する解析値の過大評価は、約 20%から約 14%に改善されることがわかった。

4.1.3.2 過剰反応度

過剰反応度は、臨界時に挿入されている制御棒の反応度価値を合計してそれぞれ求めた。また、未臨界度も合わせて求めた。

解析値(補償無法)と解析値(補償有法)を比較すると、過剰反応度は、解析値(補償有法)の方が高くなっている。これは、解析値(補償有法)の方が、他の制御棒を深く挿入している(Fig.4.1 参照)ことにより被解析制御棒周辺での中性子束を押し上げて制御棒を相対的に過大に評価する効果、いわゆる反遮蔽効果が大きいためである。未臨界度は、反対に解析値(補償無法)の方が、反遮蔽効果が大きいため、解析値(補償有法)の方が小さくなっている。

解析値(補償無法)を実験値(正ペリオドー比較法)(補正後)と比較すると、過剰反応度は 4%の過小評価となってよく一致しているが、未臨界度は、約 50%過大評価している。また、解析値(補償無法)の実験値との絶対誤差は約 0.3% Δ k/k となっており、これは、設計段階で用いた計算誤差の制限値である絶対誤差 1% Δ k/k を十分満足している。

同様に、解析値(補償有法)を実験値(正ペリオドー比較法)(補正後)と比較すると、過剰反応度は、10%の過大評価、未臨界度も 20%の過大評価となっており、全体で見ると解析値(補償無法)よりは一致している。また、解析値(補償有法)の実験値との絶対誤差は約 1.0% Δ k/k となっており、こちらも同様に、設計段階で用いた計算誤差の制限値を満足している。

4.1.3.3 真の過剰反応度

本来、真の過剰反応度とは、全制御棒が同時に全引き抜かれたときの全余剰反応度のことである。しかし、安全上実際に実験することはできない。そこで、真の過剰反応度を求めるため解析により、補正因子= 全制御棒同時全引き抜き時の過剰反応度 / 補償有法で求めた過剰反応度

じて真の過剰反応度を求めた。Table4.4 に真の過剰反応度を示す。Table4.4 より、真の過剰反応度は、 $9.18\% \Delta k/k$ となり、実験値よりも約 11% 過小評価した。これは、反遮蔽効果が大きいためである。

4.2 热中性子束

Fig.4.2 に初臨界時の 3.5MW の炉心中心に位置している E5 燃料要素軸方向の熱中性子束の結果を示す。COMMAS-JRR では、熱中性子カットエネルギーを約 2.4eV と設定している。(Table 3.1 参照) しかし、実験は、カドミを用いた放射箇法であるため、熱中性子カットエネルギーが $0.1\text{eV} \sim 0.18\text{eV}$ となっており厳密な比較検証ができない。そこで、この項目に関してのみ、COMMAS-JRR の熱中性子カットエネルギーを以下の 3 群に分けて解析値を求め、実験値と比較検証した。

- ・熱群 1: ($0.16743\text{eV} \leq E \leq 3.0590\text{eV}$)
- ・熱群 2: ($0.10963\text{eV} \leq E \leq 0.16743\text{eV}$)
- ・熱群 3: ($E \leq 0.10963\text{eV}$)

実験値は、文献 1 に記述されている 3.5MW 換算した第 2 回熱中性子束分布の燃料要素の実験結果を用い、さらに文献 1 に記載されていた燃料領域のカドミ比の標準偏差 1.81%(中性子束に換算して約 ±2%) 分を補正し、再描画した。

燃料領域で比較すると、熱群 3 のみの解析値($E \leq 0.10963\text{eV}$)では、実験値に対して全体的に過小評価となっているが、熱群 2 及び熱群 3 を合計した解析値($E \leq 0.16743\text{eV}$)は、平均約 4% の過小評価となっておりよく一致している。

軽水領域で比較すると、熱群 2 及び熱群 3 を合計した解析値($E \leq 0.16743\text{eV}$)では、傾向はよく合っているが、ピーク値で約 20% 過小評価している。これは、解析の炉心計算に拡散計算を用いているため、燃料領域と軽水領域の境界近傍の中性子束の角分布が大きく非等方になる領域では、精度よく計算できないからである。

4.3 出力ピーピングファクター

出力ピーピングファクターとは、炉心平均出力密度に対する局所最大出力密度の比であり、以下の 3 因子の積として表される。また、熱的制限値を超えないことを確認するパラメータである。

F_r : 半径方向出力分布因子

炉心の水平方向に分布した出力の不均一性を示す因子で、燃料要素の平均出力密度と
炉心平均出力密度の比

F_z : 軸方向出力分布因子

炉心の垂直方向に分布した出力の不均一性を示す因子で、燃料要素の垂直方向で比較した最大出力密度と平均出力密度の比

F_l : 局部的出力分布因子

燃料要素内の水平方向に分布した出力の不均一性を示す因子で、燃料要素の最大出

力密度と平均出力密度の比

実験及び解析では以上の3因子のうち F_r 、 F_z を求めた。

Fig.4.3 に F_r 及び F_z の出力ピーキングファクターの実験値と解析値を、Fig.4.4 に実験値の測定点とその他の燃料要素の計算式と平均値を求める式を示す。実験値、解析値ともに燃料要素 E5 で F_r と F_z の出力ピーキングファクターが最大値をとり、 $F_r \times F_z$ では、実験値 2.32 に対して解析値が 2.344 となり、約 1% の過大評価でよく一致した。また、設計段階で用いた計算誤差の制限値は、相対誤差で 7% であるため、十分満足している。

次に、熱的制限値を超えないことを確認した。具体的には、出力ピーキングファクターが設置許可申請書の制限値である 2.68 を超えないことにより確認した。計算結果を以下に示す。なお、 F_t については、文献 4 により求められた解析値 1.10 を使用した。

$$(F_r \times F_z) \times F_t = 2.32 \times 1.10 = 2.56$$

4.4 動特性パラメータ

Table 4.5 に動特性パラメータの結果を示す。解析は、SRAC の摂動計算オプションを使用して行った。実験値の詳細は、文献 1)を参照のこと。 β / l について実験値と比較すると、誤差は約 7% であり精度よく一致した。

Table 4.1 制御棒校正の組み合わせ

組み合わせ	引き抜き制御棒	挿入制御棒	その他の制御棒
C4-C1	C4	C1	C2、C3:等高、C5:約300mm
C3-C2	C3	C2	C4、C1:等高、C5:約300mm
C5-C1	C5	C1	C2、C3、C4:等高

Table 4.2 初臨界制御棒位置

	制御棒位置(mm)					中性子源	反応度 (%Δk/k)
	C1	C2	C3	C4	C5		
実験値	259	259	259	259	318	有	0
解析値	271	271	271	271	311	無	0.57

Table 4.3 反応度抑制効果

項目		補償無法 (%Δk/k)	補償有法 (%Δk/k)	正ペリオドー比較法 (%Δk/k)	正ペリオドー比較法(補正後) (%Δk/k)	補償無法/ (正ペリオドー比較法)	補償有法/ (正ペリオドー比較法)	補償無法/ (正ペリオドー比較法)(補正後)	補償有法/ (正ペリオドー比較法)(補正後)
C1	制御棒反応度値	4.95	4.80	4.090	4.181	1.21	1.17	1.18	1.15
	過剰反応度分 の反応度値	2.47	2.80	2.490	2.545	0.99	1.12	0.97	1.10
C2	制御棒反応度値	4.93	4.80	4.136	4.227	1.19	1.16	1.17	1.14
	過剰反応度分 の反応度値	2.46	2.79	2.484	2.539	0.99	1.12	0.97	1.10
C3	制御棒反応度値	4.93	4.80	4.098	4.189	1.20	1.17	1.18	1.15
	過剰反応度分 の反応度値	2.43	2.79	2.451	2.505	0.99	1.14	0.97	1.11
C4	制御棒反応度値	5.02	4.86	4.197	4.288	1.20	1.16	1.17	1.13
	過剰反応度分 の反応度値	2.48	2.82	2.523	2.578	0.98	1.12	0.96	1.09
C5	制御棒反応度値	0.55	0.56	0.456	0.472	1.21	1.23	1.17	1.19
	過剰反応度分 の反応度値	0.148	0.158	0.147	0.152	1.01	1.07	0.97	1.04
C1～C5 合計	制御棒反応度値	20.38	19.82	16.997	17.357	1.20	1.17	1.17	1.14
	過剰反応度	9.99	11.36	10.097	10.319	0.99	1.13	0.97	1.10
	未臨界度*	10.39	8.46	6.90	7.04	1.51	1.23	1.48	1.20

*未臨界度=制御棒反応度値-過剰反応度

Table 4.4 真の過剰反応度

項目	過剰反応度(% $\Delta k/k$)
実験値	10.319
全制御棒同時引き抜き(解析)	10.12
補償有法(解析)	11.36
補正因子	0.89
真の過剰反応度	9.18

Table 4.5 動特性パラメータ

	解析値(C)	実験値(E)	C/E
β_1 遅発中性子割合 (実効)	2.50×10^{-4}		
	1.58×10^{-3}		
	1.44×10^{-3}		
	2.85×10^{-3}		
	8.40×10^{-4}		
	3.10×10^{-4}		
β_{eff}	7.259×10^{-3}		
即発中性子寿命l(s)	5.462×10^{-5}		
$\beta_{\text{eff}}/l(s^{-1})$	132.9	126.3	1.05

遅発中性子データ: Tomlinson(JENDL-3.2)

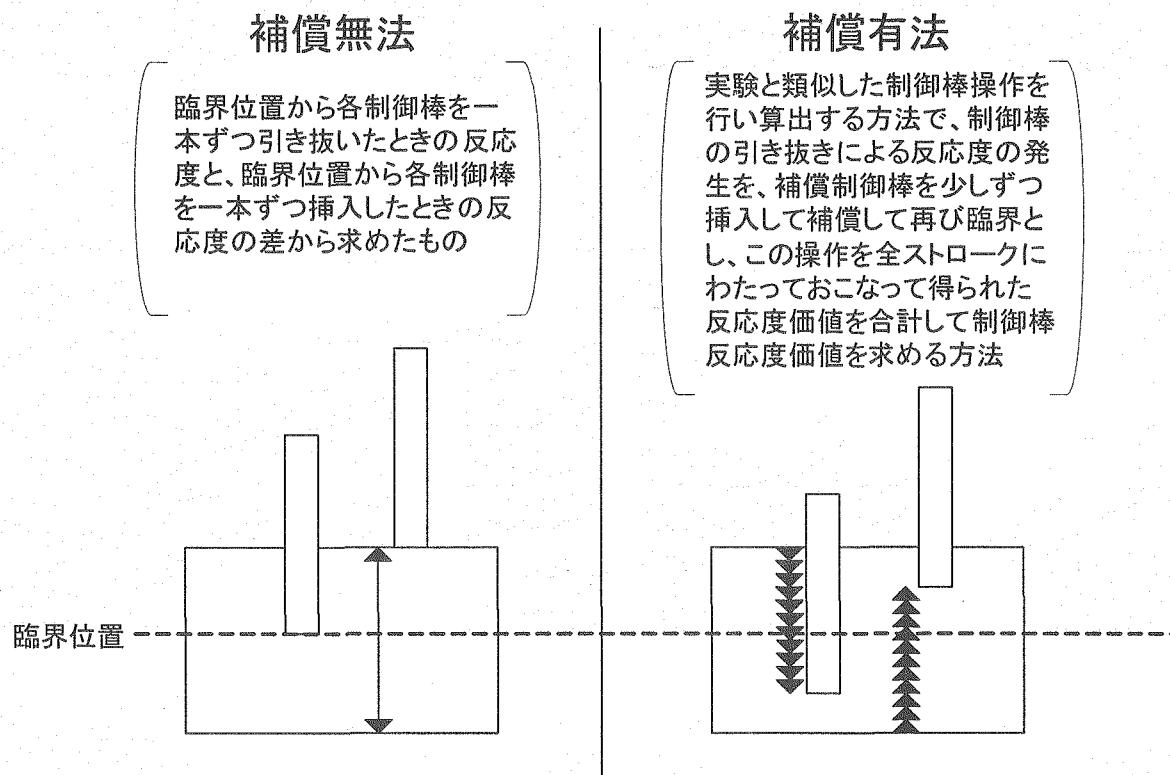


Fig.4.1 制御棒反応度値解析方法

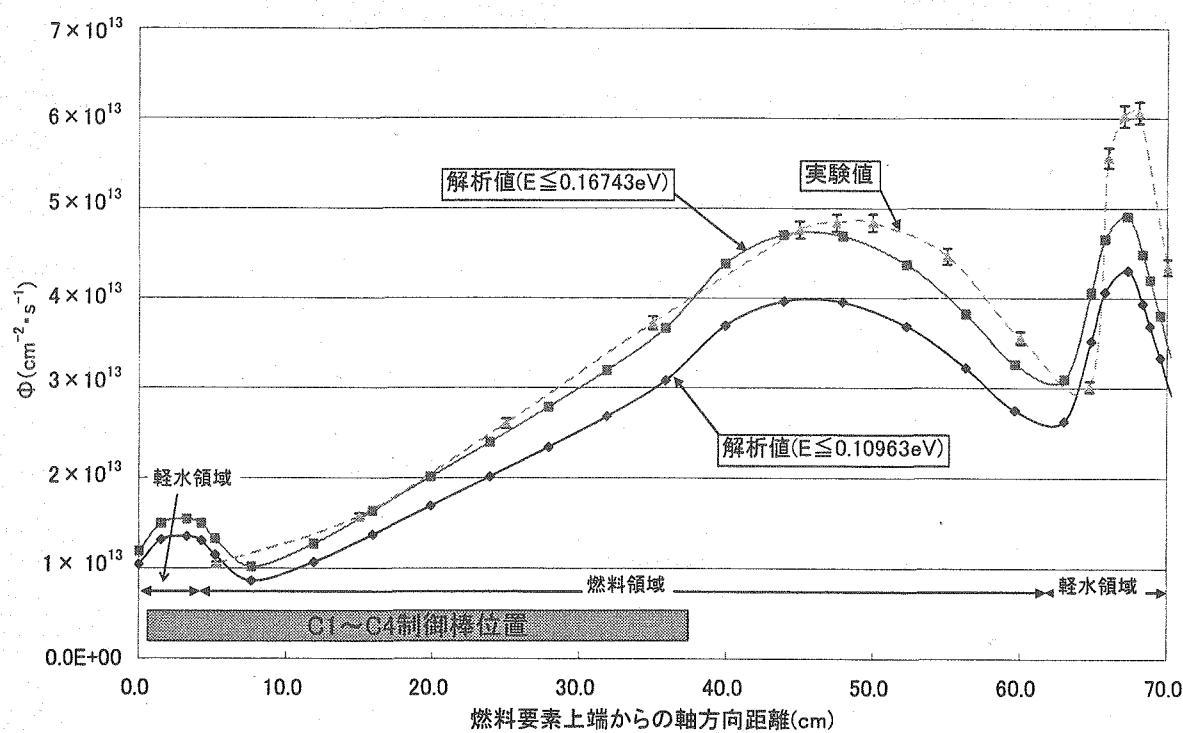
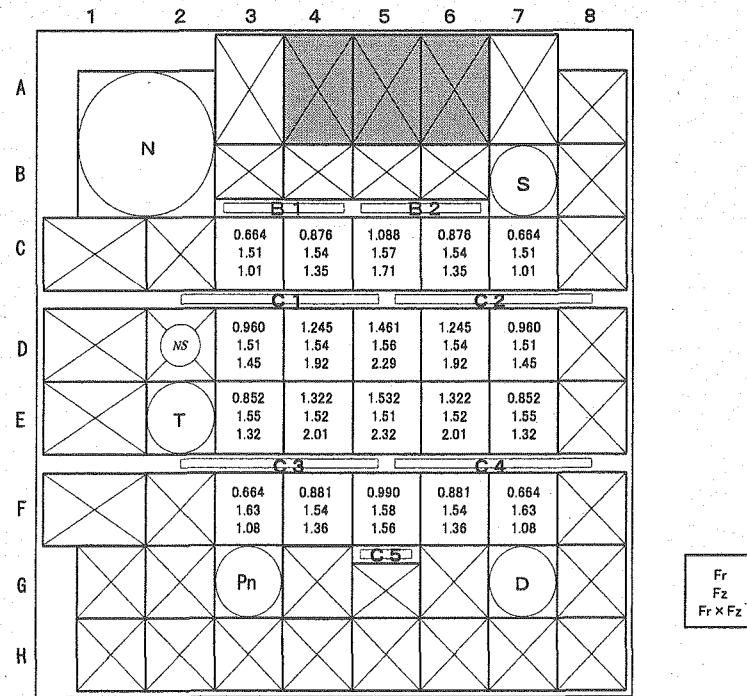
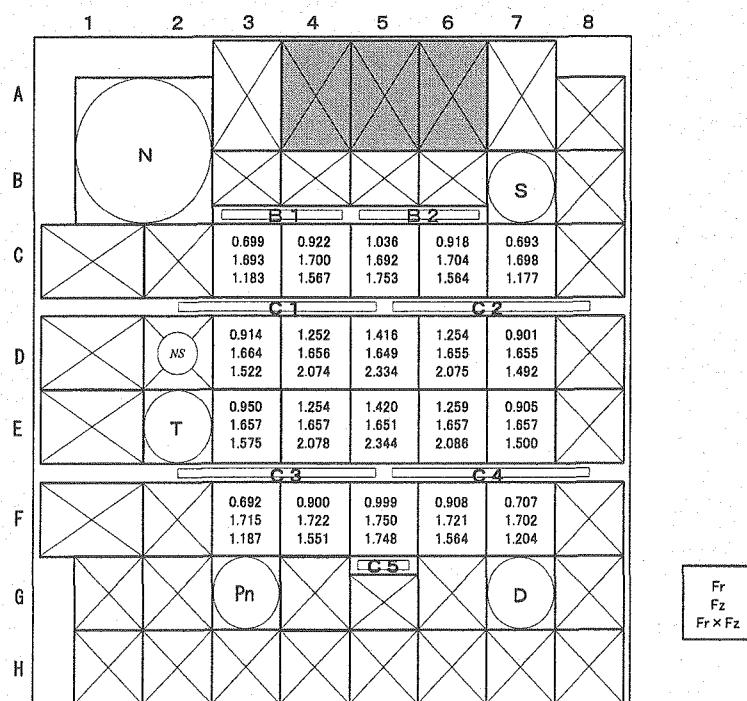


Fig.4.2 E5 燃料要素熱中性子束



a)実験値



b)解析値

Fig.4.3 F_r 及び F_z の出力ピーキングファクター

	3	4	5	6	7
C	Φ_{F7}	$\frac{\Phi_{C5} + \Phi_{F7}}{2}$	Φ_{C5}	$\frac{\Phi_{C5} + \Phi_{F7}}{2}$	Φ_{F7}
D	Φ_{D7}	Φ_{D6}	Φ_{D5}	Φ_{D6}	Φ_{D7}
E	Φ_{E7}	Φ_{E6}	Φ_{E5}	Φ_{E6}	Φ_{E7}
F	Φ_{F7}	Φ_{F6}	Φ_{F5}	Φ_{F6}	Φ_{F7}

$$\Phi_{av} = \{2\Phi_{C5} + \Phi_{D5} + \Phi_{D6} + \Phi_{D7} + \Phi_{E5} + \Phi_{E6} + \Phi_{E7} + \Phi_{F5} + \Phi_{F6} + \Phi_{F7}\}/20$$

水平方向

測定番号	燃料領域上端からの距離(mm)
①	2.5
②	100
③	200
④	300
⑤	400
⑥	425
⑦	450
⑧	500
⑨	550
⑩	597.5

$$\Phi_{av} = \{\Phi_{①} + \Phi_{②} + \Phi_{③} + \Phi_{④} + \Phi_{⑤} + \Phi_{⑥} + \Phi_{⑦} + \Phi_{⑧} + \Phi_{⑨} + \Phi_{⑩}\}/10$$

鉛直方向

Fig.4.4 実験値の測定点とその他の燃料要素の計算式と平均値を求める式

5.燃料交換の考え方

初臨界後、原子炉を長期にわたって運転するには、過剰反応度を維持する必要がある。そのため、燃料交換を実施し炉心の過剰反応度を調整した。

5.1 運転に必要な過剰反応度の設定

JRR-4では、燃料要素内の²³⁵Uが、消費された割合を燃焼度(unit:%)と定義している。燃料交換は、設置許可上の燃料要素平均燃焼度の制限値 50%を超えない条件で、できる限り燃料を燃焼させることで経済性を図り、運転に必要な過剰反応度を維持させることを考慮した。運転に必要な過剰反応度を Table 5.1 に示す。Table 5.1 の項目により燃料交換直後の運転に必要な過剰反応度は約 5% Δ k/k とした。

5.2 熱的制限値

熱的制限値が燃焼による炉心の変化により制限値を越えないことを出力ピーキングファクターにより確認する。具体的には、出力ピーキングファクターは、初期炉心において最大値をとり、以後最大値を超えないように燃料交換を行った。

5.3 燃料交換後の炉心の過剰反応度の予測

燃料交換は、新燃料要素に置き換える方法だけでなく、燃料要素装荷位置のシャフリングも併用している。これは、燃料要素の経済性を高めるため、燃料領域中心部の燃料要素に比べ燃焼の遅い燃料領域サイド部の燃料要素を燃料領域中心部に再配置して使用済燃料要素の燃焼度を均一化させることを目的としている。また、燃料交換に伴って変化する炉心の過剰反応度は、中性子束分布が平坦でないため、交換する燃料要素の位置及び燃焼度に大きく依存する。このため、燃料交換を行う際には、炉心内の燃料要素各位置における単位燃焼度あたりの、炉心の過剰反応度の変化量をあらかじめ測定しておく、燃料交換後の炉心の過剰反応度を予測しておく必要がある。

燃料要素各位置における単位燃焼度あたりの過剰反応度の変化量を求めるため、積算出力約 250MWD、初臨界から燃料交換を 1 回も行っていない炉心で、あらかじめ装荷された燃料要素と新燃料要素を一体ずつ交換して、交換前後の過剰反応度及び燃焼度を求めた。具体的には、交換前後の過剰反応度は、正ペリオドー比較法により得られた制御棒反応度価値及び交換前後の臨界位置から求め、燃料要素の燃焼度は、COMMAS-JRR を用いて計算した。なお、測定箇所は、炉心がほぼ 1/4 対象であることを前提に、1/4 象限について行った。

測定時の炉心は、積算出力が約 250MWD、標準炉心初臨界から燃料交換を 1 回も行っていないため、炉心各位置での燃焼度は、そのまま炉心の出力密度に基本的に比例している。Fig5.1 に燃料要素各位置における単位燃焼度あたりの炉心の過剰反応度の変化量を示す。

燃料交換を行う際には、以上の結果を用いて交換する燃料要素毎に交換前後の燃焼度の差に Fig5.1 の結果を乗じて過剰反応度変化量を算出し、それぞれを積算して燃料交換後の炉心の過剰反応度を予測した。以降、この予測法を燃焼度依存予測法と定義する。

Table5.1 炉心に必要な過剰反応度

項目	過剰反応度
1. 前日から蓄積したXe等の毒物を打ち消す分の過剰反応度 (JRR-4はデイリー運転の原子炉であるため)	最大約 3.3% $\Delta k/k$
2. 照射利用等に必要な過剰反応度(制限値)	0.4% $\Delta k/k$
3. 温度変化に必要な過剰反応度	0.3% $\Delta k/k$
4. 燃料交換から次の燃料交換までの燃焼により減少する反応度を打ち消す分の過剰反応度	1% $\Delta k/k$
合 計	約 5% $\Delta k/k$

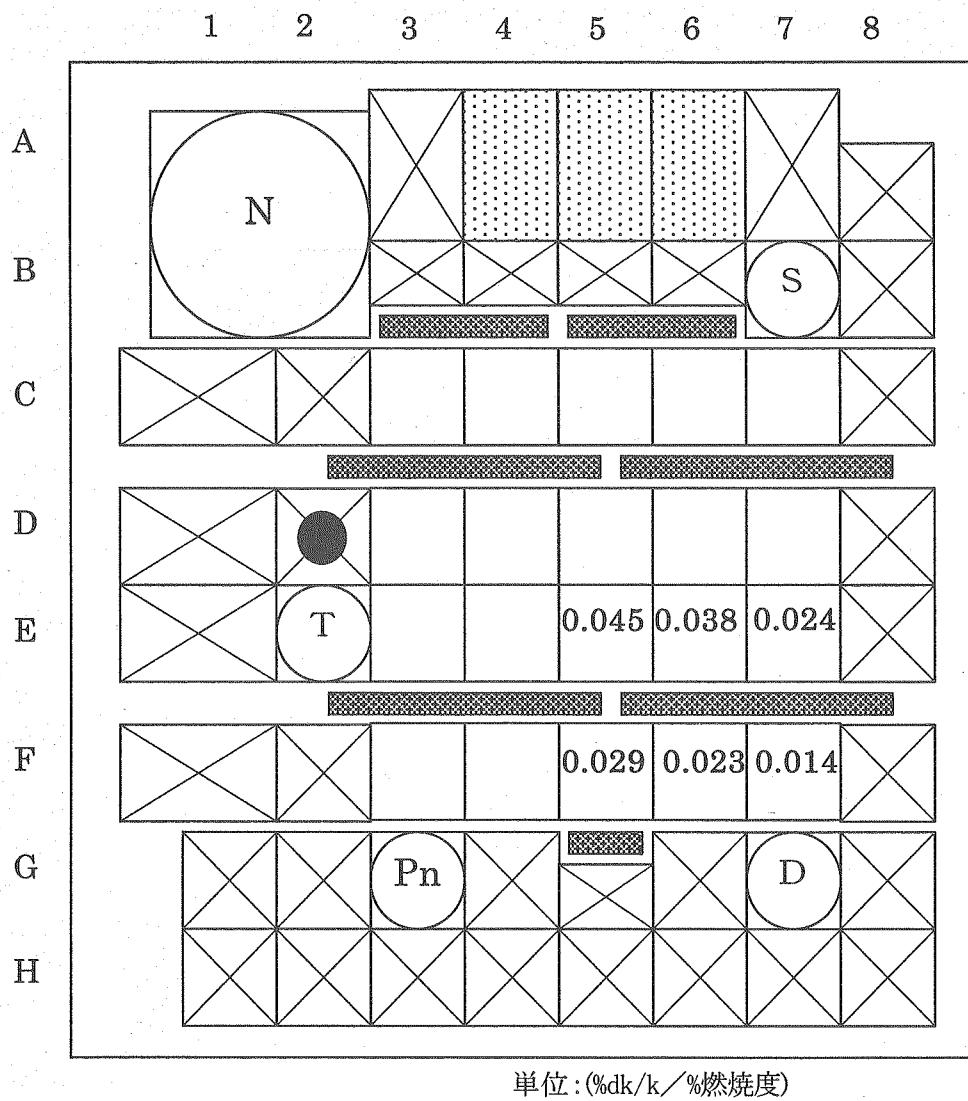


Fig.5.1 燃料要素各位置における単位燃焼度あたりの炉心の過剰反応度の変化量

6. 燃焼後の炉心特性の実験及び解析

燃焼後の炉心特性の実験は、過剰反応度のみを求め、燃焼後の炉心特性の解析は、過剰反応度に加え、中性子束、出力ピーキングファクター、動特性パラメータを求めた。

6.1 過剰反応度

6.1.1 燃焼計算の考え方

JRR-4 はデイリー運転である。具体的には、運転期間中は 1 週間に 7 時間運転を約 4 回行うことが多く燃焼計算では、計算の簡略上、1 ヶ月分の運転をまとめて 3.5MW の 1 サイクル運転と仮定して行った。

燃焼計算では、燃焼ステップ期間毎に拡散計算により熱出力分布を計算し、得られた熱出力分布に燃焼ステップ期間を乗じて燃焼度を算出している。燃焼ステップ期間を短くして燃焼ステップ数を多くするほど正確に評価することになるが、その分、計算時間がかかるてしまう。そこで燃焼ステップ期間は、最大約 50MWD として燃焼ステップを区切った。制御棒位置は、燃焼ステップ毎に一定とする必要があるため、燃焼ステップ毎に解析上での臨界近接となる制御棒位置とした。また、JRR-4 のようなデイリー運転では、主に Xe 等の可燃性毒物の影響により日によって制御棒位置が大きく変化するが、これらは、計算の簡略上無視した。

過剰反応度は、計算簡略のため、補償無法により得られた値に初期炉心解析時に求めた修正因子(4.1.2 を参照)を乗じたものとして求めた。

6.1.2 積算出力について

原子炉出力には、熱出力と核出力がある。通常、サイクルの長い原子炉は、熱出力を基に積算出力を求めているが、JRR-4 はデイリー運転であるため、運転時間に対する熱出力が飽和するまでの時間の割合が大きい、あるいは、熱出力が飽和する前に原子炉を停止するといった理由から、熱出力を基に校正した核出力で運転を実施している。そのため、積算出力も核出力を基に求めているが、真の出力は、熱出力で求めた方が正確である。よって核出力 3500KW 時の熱出力

$$\text{3200kW (熱出力)} \\ \text{3200kW(平成 17 年度の平均値)の違いを 補正係数} = \frac{\text{3200kW (熱出力)}}{\text{3500kW (核出力)}} = 0.9 \text{ として求め、}$$

積算出力を補正した。

6.1.3 実験について

実験は、初臨界から 2001 年まで正ペリオドー比較法を用いて行ってきたが、2002 年以降は、より高い精度で求められること及び測定時間の短縮のため、逆動特性法(Inverse Kinetic method、以下 IK 法と略す)を用いて求めている。正ペリオドー比較法で得られた結果は、4 章に記述した理由により、初臨界時と同様に補正を行った。IK 法は、正ペリオド法と同様、逆動特性方程式から導かれる方法であるが、中性子源の影響を考慮していること及び測定原理上、安定ペリオドになるまでの待ち時間による精度を考慮する必要がなく、より精度の高い測定方法である。

6.1.4 結果

Fig.6.1 に過剰反応度及び炉心燃焼度の推移を示す。炉心燃焼度は、はじめは、積算出力に比例して上昇するが、過剰反応度が $5\% \Delta k/k$ に近づいた 400MWD 以降は、運転に必要な過剰反応度を維持するため 8 回の燃料交換を行った結果、炉心平均燃焼度は 11~13%BU で推移した。

過剰反応度は、正ペリオド一比較法で行った範囲である 0MWD~約 250MWD では、解析値の方が実験値よりも大きくなっている。一方、IK 法で行った範囲である約 290MWD 以降は、実験値の方が解析値よりもやや大きくなっているが、よく一致している。しかし、燃焼が進むにつれて実験値と解析値の差がわずかだが広がる傾向にある。これを燃料交換による過剰反応度の回復量と、燃料燃焼による過剰反応度の消費量に分けて考える。

まず、Table6.1 に燃料交換による過剰反応度の回復量の実験値と燃焼度依存予測法で求めた値及び解析値を示す。Table6.1 より実験値に対して燃焼度依存予測法、解析値共に多少のばらつきがあるが、燃焼度依存予測法は、合計で約 3.4% 実験値に対して過大評価し、解析値は、合計で約 5.4% 実験値に対して過小評価している。

次に、Table6.2 に燃料燃焼による過剰反応度の消費量の実験値と解析値を示す。

Table6.2 より、実験値と解析値は、多少のばらつきがあるが、過剰反応度の消費量は、合計で約 1.4% 実験値に対して過大評価となっている。

以上より、約 290MWD 以降の実験値と解析値の過剰反応度の差は、燃料交換による回復量で約 5.4%、燃料燃焼による過剰反応度の消費量で約 1.4% 過小評価しているためである。また、回復量及び消費量の実験値と解析値でばらつきがあるのは、実際は、JRR-4 は核出力一定運転であるため、熱出力は外気湿球温度が高い夏に近づくほど小さく(約 3000kW)なり、反対に外気湿球温度が低い冬に近づくほど高く(約 3400kW)なって、結果年間を通じて大きく変動しているが、解析では一年間で平均化しているため、これらの変動を考慮していないためである。

6.2 中性子束及び出力密度分布

初期炉心と燃焼して過剰反応度が平衡状態に達した炉心を比較するため、便宜上、積算出力 615MWD、燃焼度 12.05% 時の炉心を平衡炉心と定義する。

定格出力 3.5MW 時の初期炉心及び平衡炉心の X 方向($Y=71.025\text{cm}, Z=82.4\text{cm}$)、Y 方向($X=75.55\text{cm}, Z=82.4\text{cm}$)、Z 方向($X=75.55\text{cm}, Y=71.025\text{cm}$)の中性子束分布及び出力分布を Fig.6.2.1~Fig.6.2.6 にそれぞれ示す。これらは、全て炉心の中心を通る分布となっており、詳細位置は、Fig.3.4 及び Fig.3.7 に示してある。制御棒位置は、臨界状態を考慮して初期炉心は、C1 ~ C 4:271mm($Z=84.4\text{cm}$)、C5:311mm($Z=80.4\text{cm}$)、平衡炉心は、C1~C 4:391mm($Z=72.4\text{cm}$)、C5:311mm($Z=80.4\text{cm}$)となっている。

中性子束分布は、Fig.6.2.3 の中性子束分布 Y 軸で、熱群が大きく変化しているが、これは制御棒位置が違うためである。また、Z 軸は、制御棒位置の違いによりピーク位置が変化している。それ以外についてはいずれにおいても、大きな違いはなく、全体として平衡炉心の方が、X、Y 軸については大きくなっている、Z 軸においては小さくなっている。

出力分布においても同様に、全体として平衡炉心の方が、X、Y 軸については大きくなっている。

Z 軸においてはピーク位置が変化して小さくなっている。

6.3 出力ピーピングファクター

出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)は、3 次元拡散計算で得られた出力分布から計算した。燃焼に伴う出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)の変化を Fig.6.3 に示す。

JRR-4 では、燃焼後の熱的制限値を越えないことを出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)により確認した。具体的には、出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)は、初期炉心において最大値をとり、以後最大値を超えないように管理した。Fig.6.3より出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)の最大値は、初期炉心の E5 燃料要素である 2.344 となっているため燃焼後においても熱的制限値を満足している。また、全体的に出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)の値は、積算出力が大きくなるにつれ小さくなつており、このことから出力分布は、燃焼が進行するにつれて平坦化することがわかる。なお、出力ピーピングファクター($F_r \times F_z$)が突然高くなるところがあるが、これは、燃料交換で装荷した新燃料もしくは周りの燃料要素よりも燃焼度の低い再装荷燃料が局所的に燃焼するためである。

6.4 動特性パラメータ

初期炉心と平衡炉心の動特性パラメータの結果を Table 6.3 に示す。即発中性子寿命 $\tau(s)$ は、平衡炉心の方が大きな値となっているため、平衡炉心のスペクトルの方が軟らかいことがわかる。

Table6.1 燃料交換による過剰反応度の回復量の実験値、燃焼度依存予測法及び解析値

燃料交換回数 (回目)	積算出力 (MWD)	過剰反応度			Ca/E*100 (%)	Cb/E *100 (%)
		実験値(E) (% Δ k/k)	燃焼度依存 予測法(Ca) (% Δ k/k)	解析値(Cb) (% Δ k/k)		
1	294.02	0.271	0.192	0.193	70.8	71.3
2	345.83	0.127	0.167	0.148	131.5	116.4
3	376.76	0.313	0.315	0.307	100.6	98.1
4	431.58	0.486	0.500	0.489	102.9	100.6
5	470.16	0.932	0.880	0.819	94.4	87.8
6	510.73	0.604	0.760	0.546	125.8	90.4
7	544.66	0.764	0.780	0.739	102.1	96.7
8	586.98	0.849	0.880	0.841	103.7	99.1
9	615.47	0.476	0.510	0.478	107.2	100.3
合計		4.822	4.976	4.560	103.4	94.6

Table6.2 燃料燃焼による過剰反応度の消費量の実験値と解析値

期間 スパン	期間 (MWD)	実験値(E) (% Δ k/k)	解析値(C) (% Δ k/k)	C/E*100 (%)
1	294～345	0.827	0.944	114.1
2	345～376	0.521	0.466	89.5
3	376～431	0.699	0.830	118.8
4	431～470	0.806	0.660	81.8
5	470～510	0.612	0.728	118.9
6	510～544	0.624	0.569	91.1
7	544～586	0.844	0.762	90.3
8	586～615	0.497	0.546	109.8
合計		5.430	5.504	101.4

Table 6.3 動特性パラメータ

	初期炉心	平衡炉心 (積算出力:615MWD、 燃焼度 12.05%)
遅発中性子割合 (実効)	β_1	2.50×10^{-4}
	β_2	1.58×10^{-3}
	β_3	1.44×10^{-3}
	β_4	2.85×10^{-3}
	β_5	8.40×10^{-4}
	β_6	3.10×10^{-4}
	β_{eff}	7.259×10^{-3}
即発中性子寿命l(s)		5.462×10^{-5}
$\beta_{\text{eff}}/l(\text{s}^{-1})$	132.9	103.7

遅発中性子データ: Tomlinson(JENDL-3.2)

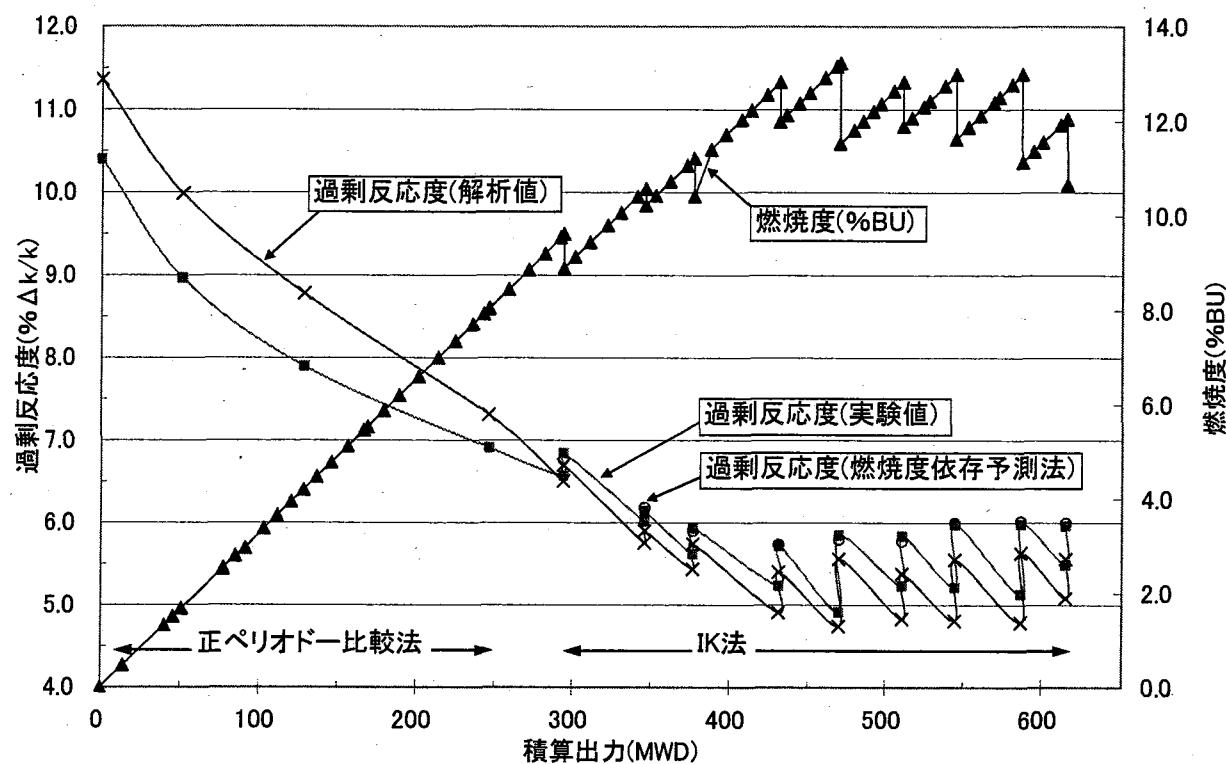


Fig. 6.1 過剰反応度及び炉心燃焼度の推移

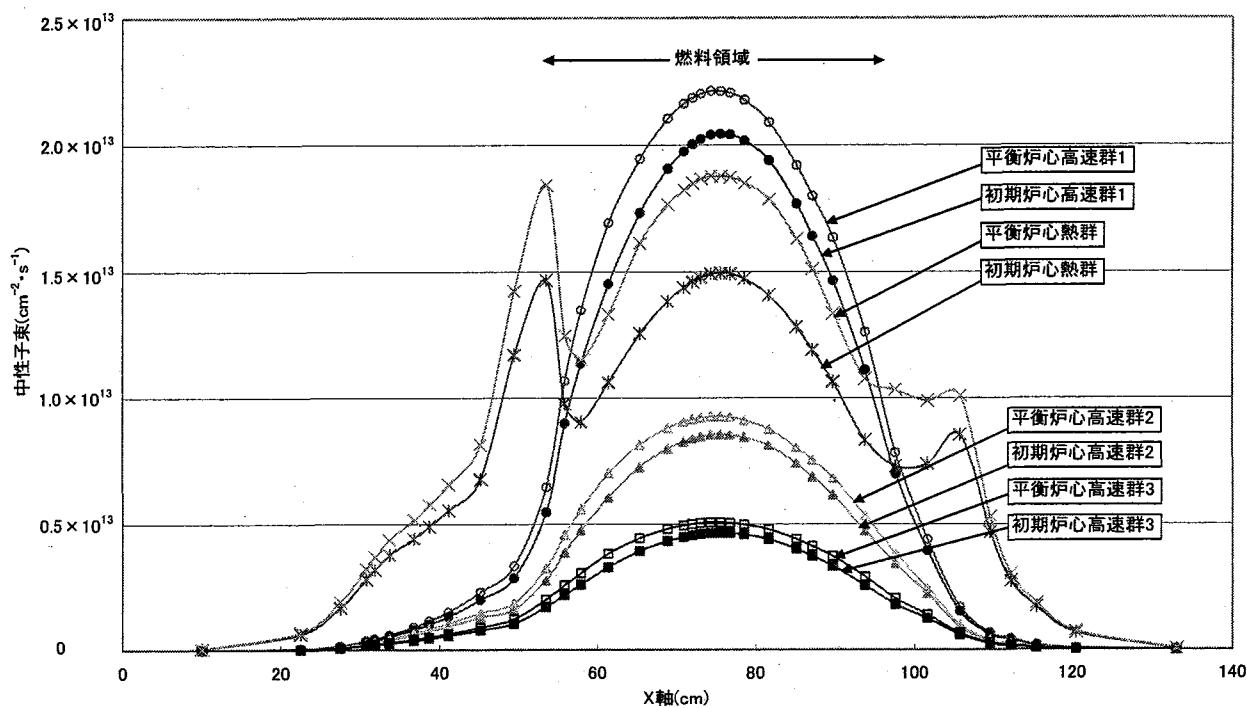


Fig.6.2.1 中性子束分布 X 軸(Y=71.025cm,Z=82.4cm)

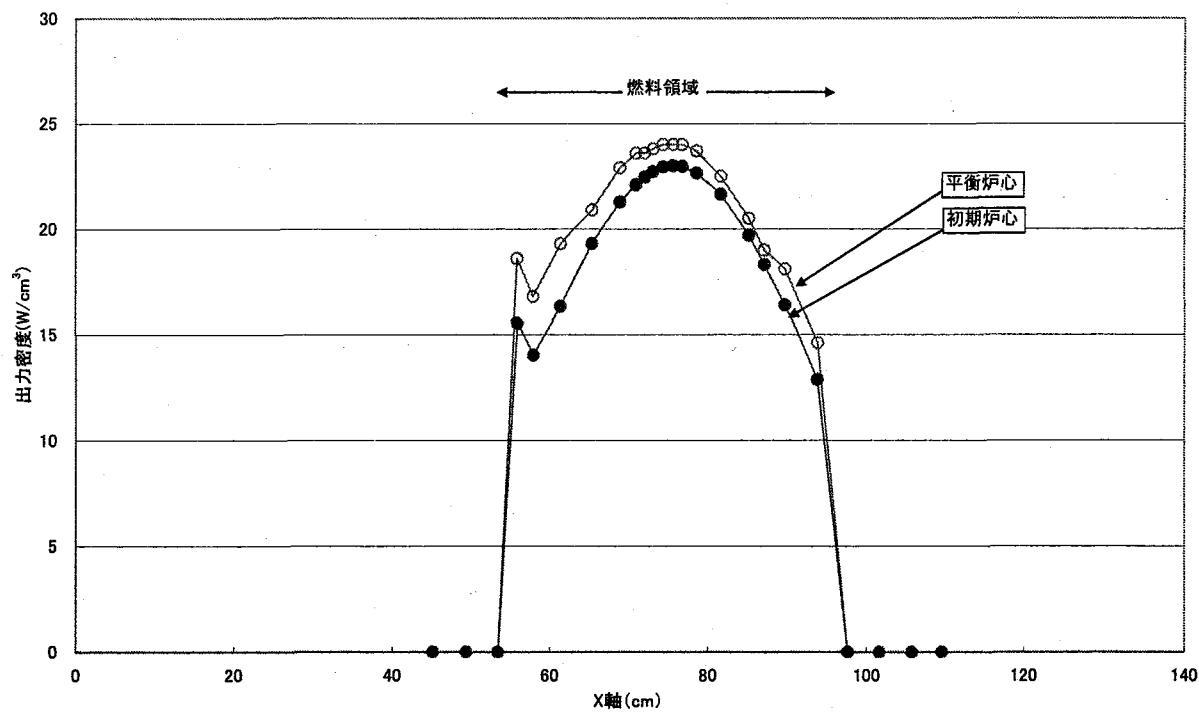


Fig.6.2.2 出力分布 X 軸(Y=71.025cm,Z=82.4cm)

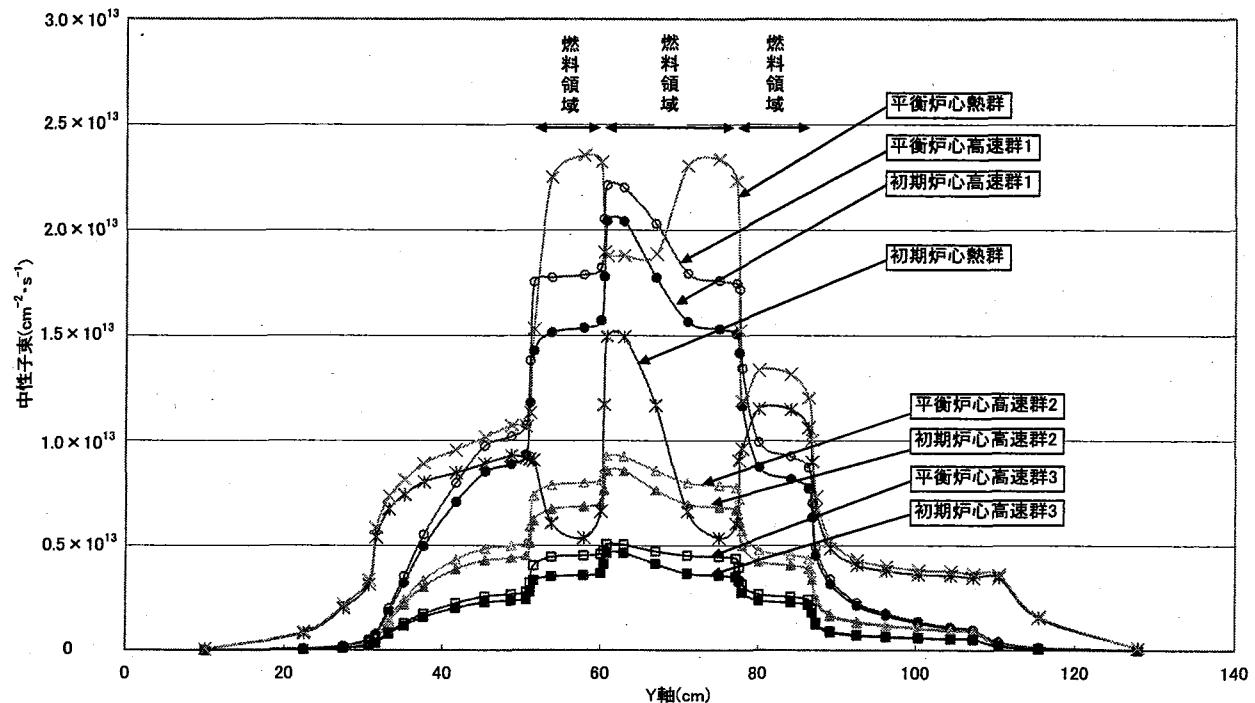


Fig.6.2.3 中性子束分布 Y 軸($X=75.55\text{cm}, Z=82.4\text{cm}$)

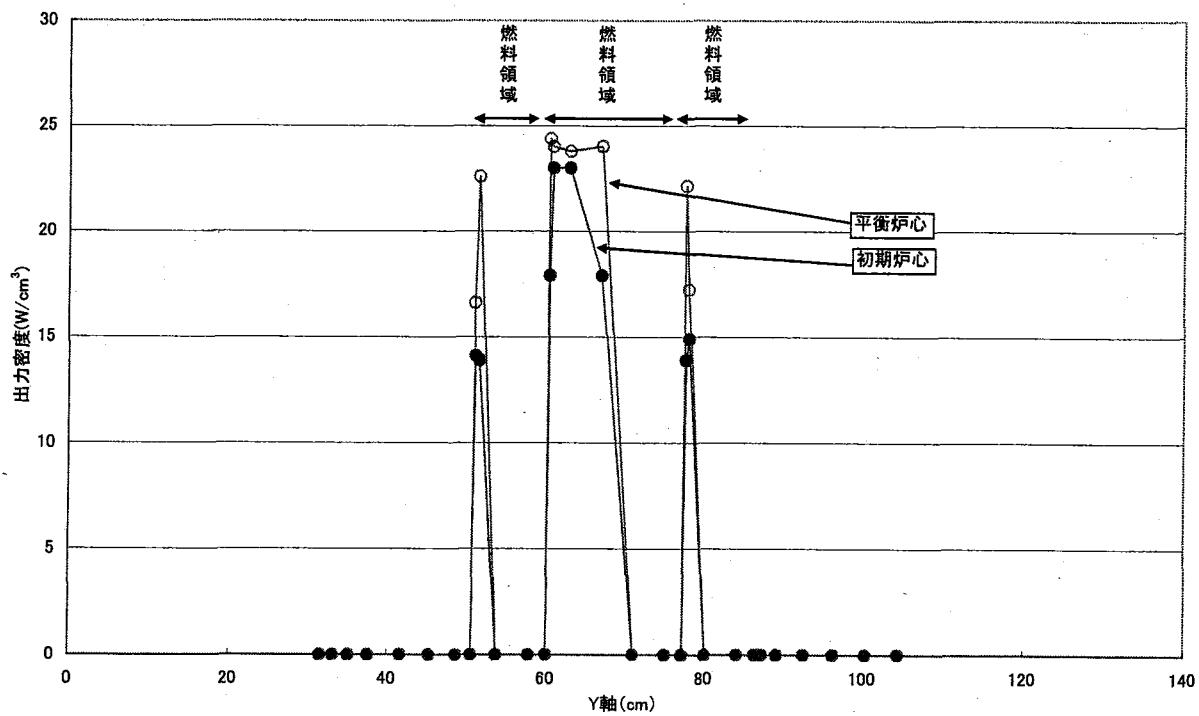
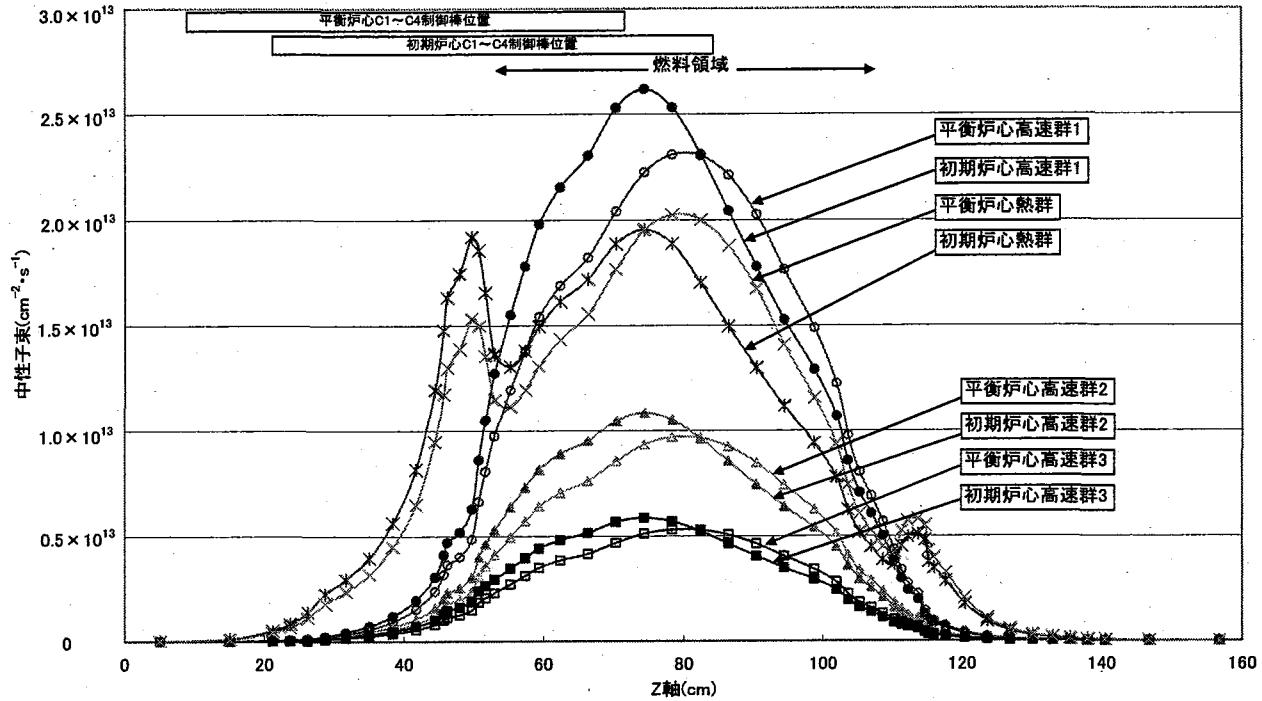
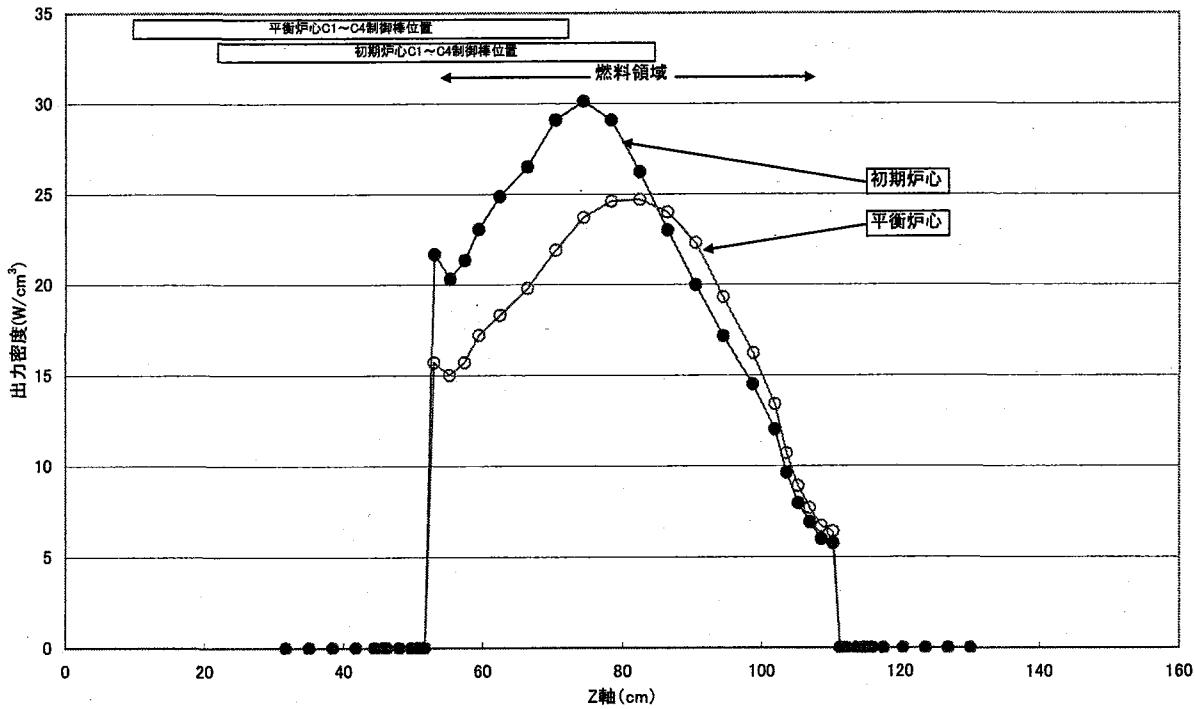


Fig.6.2.4 出力分布 Y 軸($X=75.55\text{cm}, Z=82.4\text{cm}$)

Fig.6.2.5 中性子束分布 Z軸($X=75.55\text{cm}, Y=71.025\text{cm}$)Fig.6.2.6 出力分布 Z軸($X=75.55\text{cm}, Y=71.025\text{cm}$)

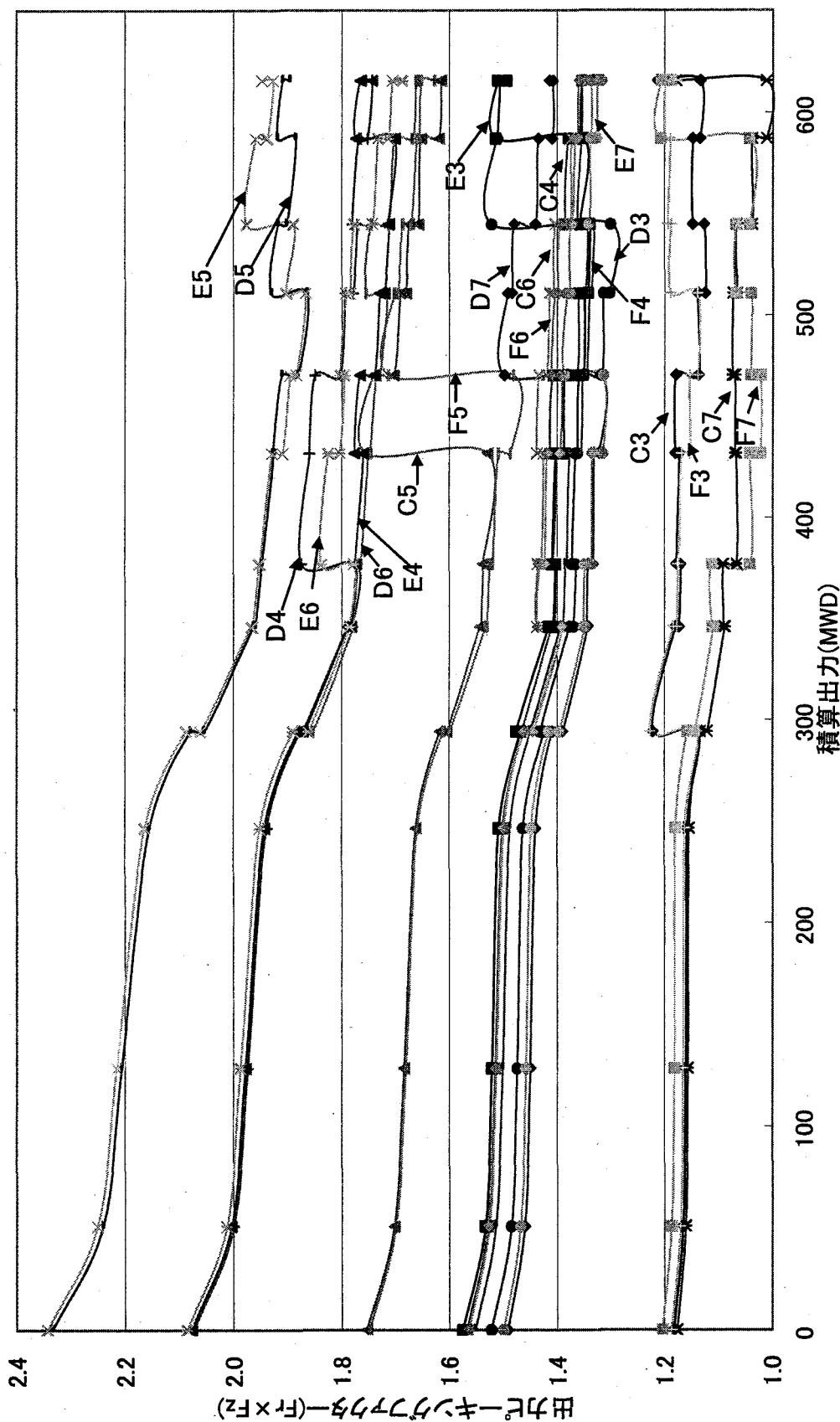


Fig.6.3 燃焼による出力ピーピングファクター

7.結論

SRAC コードを用いて JRR-4 低濃縮ウランシリサイド燃料の初期炉心及び燃焼後の炉心特性を解析し、実験値と比較して SRAC コードの検証を行った。その結果、初期炉心については、実験値に対し過剰反応度は約 9% の過大評価、燃料領域の熱中性子束は約 4% の過小評価、出力ピーキングファクターは約 1% の過大評価となった。過剰反応度、出力ピーキングファクターについては、設置許可上の計算誤差範囲であること及び制限値を満足していることを確認した。また、実験を模擬した解析手法への改良と、実験値の補正を行うことにより、制御棒反応度値は、安全審査の解析手法で求めた約 20% の過大評価から約 14% の過大評価に改善した。

燃焼後の炉心については、実験値に対し過剰反応度の燃料交換による回復量は、約 5.4% の過大評価、燃焼に伴う消費量は、1.4% の過大評価であることを確認し、以上のことから SRAC コードは、低濃縮ウランシリサイド燃料の初期炉心及び燃焼後の炉心において、精度よく評価できることを確認した。

次に SRAC コードを用いて燃焼後の炉心特性を解析した結果、出力ピーキングファクターは、初期炉心において最大値となり、燃焼後においても熱的制限値を満足していること、燃焼が進むにつれ出力分布は平坦化されかつ炉心の中性子スペクトルは軟らかくなることを確認した。

謝辞

本報告書をまとめるにあたり、研究炉加速器管理部山下清信部長、次世代原子力システム研究部門設計統括ユニット革新的水冷却炉設計グループ中野佳弘氏、株式会社アイ・ティ・ジャパンの井戸勝氏、旧所属研究炉加速器管理部 JRR-3 管理課小菅征夫氏、研究炉加速器管理部 JRR-3 管理課加藤友章氏には多大なご指導、ご鞭撻をいただき、また、研究炉加速器管理部 JRR-4 管理課の皆様、研究炉加速器管理部研究炉技術課山本和喜係長にも、多くのご助力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 平根信彦、他: JAEA-Tech2006-028“JRR-4 低濃縮ウランシリサイド燃料炉心の特性試験”(2006).
- 2) JRR-4 管理課“JRR-4 基本図面集 平成 14 年 3 月”(2002).
- 3) 日本原子力研究所“日本原子力研究所原子炉設置許可申請書[JRR-4 原子炉施設の変更] 平成 7 年 9 月”(1995).
- 4) 中野佳弘:JAERI-Tech95-002“ウラン密度 $3.8\text{g}/\text{cm}^3$ の低濃縮ウラン・シリコン分散型燃料を用いた JRR-4 炉心の核特性解析”(1995).
- 5) 伏見康治:“原子炉”(1972).
- 6) 京都大学原子炉実験所:“京都大学臨界実験装置 大学院実験テキスト(改訂第 6 版)”(1994).
- 7) 奥村啓介、他:“SRAC95;汎用核計算コードシステム”(1996) .
- 8) 原子力学会誌:“連載講座 原子炉物理”(2000) .
- 9) ラマーシュ:“原子炉の初等理論(下)”(1995).
- 10) 中野佳弘: RERTR “NEUTRONICS CHARACTERISTICS OF JRR-4 LOW ENRICHED URANIUM CORE”(1998).
- 11) 小向文作、他:JAERI-Tech2002-067“JMTR 改良 LEU 炉心の核特性解析”(2002).
- 12) 片倉純一: JAERI-Conf 99-007“Proceedings of the Specialists' Meeting on Delayed Neutron Nuclear Data”(1999).

Appendix A 燃料要素の原子個数密度及び少群断面積

Table A-1 シリサイド燃料板原子個数密度

(内側燃料密度 3.8gU/cm³、外側燃料密度 1.9gU/cm³) 単位 : ×10²⁴atoms/cm³

	内側燃料	外側燃料
U-234	1.07554E-05	5.37770E-06
U-235	1.92287E-03	9.61434E-04
U-236	1.35721E-05	6.78607E-06
U-238	7.69035E-03	3.84518E-03
Si	6.32544E-03	3.16272E-03
Al	3.80043E-02	4.90307E-02

燃料プレート寸法 : 6.54(W)×0.05(T)×59.327(H) 単位 : cm

Table A-2 シリサイド燃料板の被覆材及び減速材原子個数密度

単位 : ×10²⁴atoms/cm³

	内側燃料	外側燃料
Al	5.9922E-02	5.9922E-02
Fe	1.3387E-04	1.3401E-04
Si	5.7890E-05	5.7868E-05
H	6.6310E-02	
O	3.3155E-02	

Table A-3 シリサイド燃料要素その他の構成物の原子個数密度

単位 : ×10²⁴atoms/cm³

	Side Plate	燃料要素の Al-Water Zone	減速材	少群断面積名
Al	5.9011E-02	1.3982E-02		LEXXAX10
Fe	5.5405E-05	3.1254E-05		
Si	2.9737E-04	1.3511E-05		
Mg	6.0158E-04			
Mn	2.6614E-06			
Cr	7.0301E-05			
H		5.0846E-02	6.6310E-02	
O		2.5423E-02	3.3155E-02	

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少数组断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少数组断面積
1	ハンドルとコネクタ (H=135mm)	300.0	Al : 1.8135E-02 Fe : 1.4607E-03 Si : 1.0280E-04 Mn : 3.5404E-05 Mg : 1.6170E-04 Cr : 4.3607E-04 Ni : 1.6934E-04 C : 5.7950E-06 H : 4.9907E-02 O : 2.4954E-02	FUELA020 (LTX1A000)
2	コネクタ タワー	300.0	Al : 2.4720E-02 Fe : 2.5216E-05 Si : 1.3456E-04 Mn : 1.9943E-06 Mg : 2.6114E-04 Cr : 1.4186E-05 H : 3.8542E-02 O : 1.9271E-02	FUELA030 (LTX2A000)
3	燃料 アッセンブリー上部	300.0	Al : 8.5176E-03 Fe : 9.2084E-06 Si : 3.9101E-05 Mn : 3.6760E-07 Mg : 7.7300E-05 Cr : 9.0288E-06 H : 5.6963E-02 O : 2.8482E-02	FUELA040 (LTX3A000)
4	燃料 アッセンブリー下部	300.0	Al : 1.9060E-02 Fe : 3.3648E-05 Si : 4.6544E-05 Mn : 5.0120E-07 Mg : 7.0592E-05 Cr : 8.2290E-06 H : 4.5109E-02 O : 2.2555E-02	FUELA050 (LTX4A000)
5	ガイドプラグ (上部、H=33mm)	300.0	Al : 2.8075E-02 Fe : 1.4887E-04 Si : 1.5083E-04 Mn : 4.6448E-06 Mg : 3.1039E-04 Cr : 3.9317E-05 Ni : 6.7567E-06 C : 3.7520E-07 H : 3.4750E-02 O : 1.7375E-02	FUELA060 (LTX5A000)
6	グリッドプレートと ガイドプラグ (H=130mm)	300.0	Al : 3.7809E-02 Fe : 8.4096E-05 Si : 2.2329E-04 Mn : 7.3862E-06 Mg : 3.9543E-04 Cr : 4.3769E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5240E-08 H : 2.3727E-02 O : 1.1864E-02	FUELA070 (LTX6A000)
7	冷却材(水) 上部 OUT SIDE	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	FUELA080 (COOLA000)
8	冷却材(水) 上部 IN SIDE	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	FUELA090 (COOLA000)
9	冷却材(水) 下部 IN SIDE	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	FUELA0A0 (COOLA000)
10	冷却材(水) 下部 OUT SIDE	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	FUELA0B0 (COOLA000)

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少数组断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少数组断面積
11	標準反射体 (ハンドルとコネクター部、H=135mm)	300.0	Al : 1.6410E-02 Fe : 1.4651E-03 Si : 9.3456E-05 Mn : 3.6019E-05 Mg : 2.8563E-04 Cr : 4.4037E-04 Ni : 1.6934E-04 C : 5.7950E-06 H : 4.6169E-02 O : 2.3084E-02	STR1A000
12	標準反射体 (コネクター下部、H=135mm)	300.0	Al : 5.7058E-02 Fe : 6.9341E-05 Si : 3.9706E-05 Mn : 8.4070E-05 Mg : 1.5836E-03 Cr : 5.0339E-05 H : 1.6274E-03 O : 8.1373E-04	STR2A000
13	標準反射体 (中央部) NEXT TO FUEL	300.0	Al : 8.3888E-03 Fe : 8.2018E-06 Si : 3.3433E-05 Mg : 4.9940E-05 C : 6.8195E-02 H : 1.6274E-03 O : 8.1372E-04	ELEMA020 (STR3A000)
14	標準反射体 (中央部) NEXT TO FUEL (1 POINT)	300.0	Al : 8.3888E-03 Fe : 8.2018E-06 Si : 3.3433E-05 Mg : 4.9940E-05 C : 6.8195E-02 H : 1.6274E-03 O : 8.1372E-04	ELEMA030 (STR4A000)
15	標準反射体 (中央部)	300.0	Al : 8.3888E-03 Fe : 8.2018E-06 Si : 3.3433E-05 Mg : 4.9940E-05 C : 6.8195E-02 H : 1.6274E-03 O : 8.1372E-04	ELEMA040 (STR3A000)
16	標準反射体 (ガイドプラグ上部、H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	STR4A000
17	標準反射体 (グリッドプレートとガイドプラグ上部、H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	STR5A000
18	バックアップ反射体 (ハンドルとコネクター部、H=135mm)	300.0	Al : 1.6410E-02 Fe : 1.4651E-03 Si : 9.3456E-05 Mn : 3.6019E-05 Mg : 2.8563E-04 Cr : 4.4037E-04 Ni : 1.6934E-04 C : 5.7950E-06 H : 4.6169E-02 O : 2.3084E-02	SPR1A000
19	バックアップ反射体 (コネクター上下部、H=60、40mm、グラファイト)	300.0	Al : 4.7559E-02 Fe : 2.7228E-04 Si : 3.7271E-05 Mn : 1.2243E-05 Mg : 1.3385E-03 Cr : 1.0508E-04 Ni : 2.5126E-05 C : 8.5983E-07 H : 1.2140E-02 O : 6.0701E-03	SPR2A000
20	バックアップ反射体 (グラファイト中央部)	300.0	Al : 4.7327E-03 Fe : 8.7778E-06 Si : 3.7261E-06 C : 7.1858E-02 H : 1.3040E-03 O : 6.5196E-04	ELEMA0A0 (SPR3A000)

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少數群断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少數群断面積
21	バックアップ反射体 (ガイドプラグ上部、 H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	SPR4A000
22	バックアップ反射体 (グリッドプレートとガ イド プ ラ グ 、 H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	SPR5A000
23	C-5 反射体 (ハンドルとコネクター 部、H=135mm)	300.0	Al : 1.6410E-02 Fe : 1.4651E-03 Si : 9.3456E-05 Mn : 3.6019E-05 Mg : 2.8563E-04 Cr : 4.4037E-04 Ni : 1.6934E-04 C : 5.7950E-06 H : 4.6169E-02 O : 2.3084E-02	C5R1A000
24	C-5 反射体 (コネクター上下部、 H=60、40mm、グラフ アイト)	300.0	Al : 4.7433E-02 Fe : 4.0104E-04 Si : 3.9719E-05 Mn : 1.5308E-05 Mg : 1.3348E-03 Cr : 1.4248E-04 Ni : 4.0201E-05 C : 1.3757E-06 H : 1.2140E-02 O : 6.0701E-03	C5R2A000
25	C-5 反射体 (グラファイト中央部)	300.0	Al : 4.7327E-03 Fe : 8.7778E-06 Si : 3.7261E-06 C : 7.1858E-02 H : 1.3040E-03 O : 6.5196E-04	FUELA080 (C5R3A000)
26	C-5 反射体 (ガイドプラグ上部、 H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	C5R4A000
27	C-5 反射体 (グリッドプレートとガ イド プ ラ グ 、 H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	C5R5A000
28	大型反射体 1型 (ハンドルとコネクター 部、H=135mm)	300.0	Al : 1.4620E-02 Fe : 2.0131E-04 Si : 1.2337E-05 Mn : 3.4454E-06 Mg : 4.1838E-04 Cr : 5.5452E-05 Ni : 1.0286E-05 C : 5.7284E-07 H : 4.9542E-02 O : 2.4770E-02	GIA1A000
29	大型反射体 1型 (コネクター部、 H=25mm)	300.0	Al : 5.7612E-02 Fe : 7.0881E-05 Si : 4.0193E-05 Mn : 8.2880E-06 Mg : 1.5609E-03 Cr : 4.9616E-05 H : 1.0364E-03 O : 5.1820E-04	GIA2A000
30	大型反射体 1型 (グラファイト中央部)	300.0	Al : 7.6700E-03 Fe : 1.4172E-05 Si : 5.9280E-06 C : 6.7949E-02 H : 1.0364E-03 O : 5.1820E-04	FUELA070 (GIA3A000)

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少数组断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少数组断面積
31	大型反射体1型 (ガイドプラグ上部、H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	GIA4A000
32	大型反射体1型 (グリッドプレートとガイドプラグ、H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	GIA5A000
33	アルミニウム反射体及び 大型反射体2型 (ハンドルとコネクター 部、H=135mm)	300.0	Al : 1.5101E-02 Fe : 2.7512E-04 Si : 1.8243E-05 Mn : 1.0012E-05 Mg : 4.4344E-04 Cr : 8.9177E-05 Ni : 2.9898E-05 C : 1.0246E-06 H : 4.8987E-02 O : 2.4493E-04	GIL1A000
34	アルミニウム反射体及び 大型反射体2型 (コネクター部、 H=25mm)	300.0	Al : 5.7530E-02 Fe : 7.8261E-05 Si : 6.7528E-05 Mn : 5.4819E-06 Mg : 1.5086E-03 Cr : 6.0937E-05 H : 1.0929E-03 O : 5.4643E-04	GIL2A000
35	大型反射体2型 (グラファイト中央部)	300.0	Al : 8.2758E-03 Fe : 6.4690E-06 Si : 3.4562E-05 Mg : 4.6441E-05 C : 7.1151E-02 H : 1.0929E-03 O : 5.4641E-04	ELEMA050 (GIL3A000)
36	アルミニウム反射体 (アルミニウム中央部)	300.0	Al : 5.4962E-02 Fe : 2.7999E-05 Si : 3.8972E-05 Mn : 1.9923E-05 Mg : 3.0881E-03 Cr : 2.7065E-05 Cu : 7.3819E-06 H : 1.0928E-03 O : 5.4640E-04	ELEMA060 (LDA3A000)
37	アルミニウム反射体及び 大型反射体2型 (ガイドプラグ上部、 H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	GIL4A000
38	アルミニウム反射体及び 大型反射体2型 (グリッドプレートとガ イドプラグ、H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	GIL5A000
39	中性子源反射体 (ハンドルとコネクター 部、H=135mm)	300.0	Al : 1.8135E-02 Fe : 1.4607E-03 Si : 1.0280E-04 Mn : 3.5404E-05 Mg : 1.6170E-04 Cr : 4.3607E-04 Ni : 1.6934E-04 C : 5.7950E-06 H : 4.9907E-02 O : 2.4954E-02	NEU1A000
40	中性子源反射体 (コネクター部、 H=25mm)	300.0	Al : 4.5846E-02 Fe : 5.5961E-05 Si : 3.1953E-05 Mn : 6.7106E-06 Mg : 1.2635E-03 Cr : 4.0162E-05 H : 1.4324E-02 O : 7.1617E-03	NEU2A000

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少數群断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少數群断面積
41	中性子源反射体 (グラファイト上部、 H=384mm)	300.0	Al : 8.6616E-03 Fe : 1.3160E-05 Si : 6.3521E-06 Mn : 6.6337E-07 Mg : 1.2488E-04 Cr : 3.9696E-06 C : 4.8905E-02 H : 2.8653E-03 O : 1.4327E-03	ELEMA0E0 (NEU3A000)
42	中性子源反射体 (グラファイト下部、 H=306mm)	300.0	Al : 4.9439E-03 Fe : 8.7120E-06 Si : 3.7915E-06 Mn : 9.8580E-07 Mg : 1.8432E-05 Cr : 5.8615E-07 C : 6.7886E-02 H : 2.9275E-03 O : 1.4637E-03	NEU4A000
43	中性子源反射体 (ガイドプラグ上部、 H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	NEU5A000
44	中性子源反射体 (グリッドプレートとガ イドプラグ、H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	NEU6A000
45	ハイドリックラビット T照射パイプ (パイプ部)	300.0	Al : 8.2181E-03 Fe : 9.4188E-06 Si : 8.1386E-06 Mn : 7.6864E-07 Mg : 2.4498E-04 Cr : 8.8099E-06 H : 5.6981E-02 O : 2.8491E-02	ELEMA0F0 (TPI1A000)
46	ハイドリックラビット T照射パイプ (パイプ止め、H=75mm)	300.0	Al : 2.8075E-02 Fe : 1.4887E-04 Si : 1.5083E-04 Mn : 4.6448E-06 Mg : 3.1039E-04 Cr : 3.9317E-05 Ni : 6.7567E-06 C : 3.7520E-07 H : 3.4750E-02 O : 1.7375E-02	TPI2A000
47	ハイドリックラビット T照射パイプ (パイプ止めとガイド部 の間、H=43mm)	300.0	Al : 3.7809E-02 Fe : 8.4096E-05 Si : 2.2329E-04 Mn : 7.3862E-06 Mg : 3.9543E-04 Cr : 4.3769E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5240E-08 H : 2.3727E-02 O : 1.1864E-02	TPI3A000
48	S照射パイプ (中央部、H=1145mm)	300.0	Al : 6.4487E-03 Fe : 5.7943E-06 Si : 6.4063E-06 Mn : 3.2720E-07 Mg : 1.9898E-04 Cr : 6.5694E-06 H : 5.8988E-02 O : 2.9494E-02	ELEMA0C0 (SKP1A000)
49	S照射パイプ (パイプとガイドプラグ 上部の間、H=10mm)	300.0	Al : 1.8621E-02 Fe : 1.4021E-05 Si : 3.8438E-05 Mn : 4.3445E-06 Mg : 6.5410E-04 Cr : 2.6218E-06 H : 4.5468E-02 O : 2.2734E-02	SKP2A000
50	S照射パイプ (ガイドプラグ上部、 H=33mm)	300.0	Al : 2.8075E-02 Fe : 1.4887E-04 Si : 1.5083E-04 Mn : 4.6448E-06 Mg : 3.1039E-04 Cr : 3.9317E-05 Ni : 6.7567E-06 C : 3.7520E-07 H : 3.4750E-02 O : 1.7375E-02	SKP3A000

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少群断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少群断面積
51	S 照射パイプ (グリッドプレートとガイドプラグ、H=130mm)	300.0	Al : 3.7809E-02 Fe : 8.4096E-05 Si : 2.2329E-04 Mn : 7.3862E-06 Mg : 3.9543E-04 Cr : 4.3769E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5240E-08 H : 2.3727E-02 O : 1.1864E-02	SKP4A000
52	D 照射パイプ (中央部、H=848mm)	300.0	Al : 6.4487E-03 Fe : 5.7943E-06 Si : 6.4063E-06 Mn : 3.2720E-07 Mg : 1.9898E-04 Cr : 6.5694E-06 H : 5.8988E-02 O : 2.9494E-02	ELEMA0G0 (DPI1A000)
53	D 照射パイプ (ガイドプレートとガイドプラグの間、H=10mm)	300.0	Al : 1.8621E-02 Fe : 1.4021E-05 Si : 3.8438E-05 Mn : 4.3445E-06 Mg : 6.5410E-04 Cr : 2.6218E-06 H : 4.5468E-02 O : 2.2734E-02	DPI2A000
54	D 照射パイプ (ガイドプラグ上部、H=33mm)	300.0	Al : 2.8075E-02 Fe : 1.4887E-04 Si : 1.5083E-04 Mn : 4.6448E-06 Mg : 3.1039E-04 Cr : 3.9317E-05 Ni : 6.7567E-06 C : 3.7520E-07 H : 3.4750E-02 O : 1.7875E-02	DPI3A000
55	D 照射パイプ (ガイドプレートとガイドプラグ、H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5420E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	DPI4A000
56	N 照射パイプ (照射筒部、H=1150mm)	300.0	Al : 4.9929E-03 Mg : 2.8591E-05 Fe : 4.1477E-06 Si : 2.0861E-05 Mn : 2.4801E-07 Ti : 2.8456E-07 H : 6.0753E-02 O : 3.0377E-02	ELEMA0H0 (NPI1A000)
57	N 照射パイプ (プラグ座部、H=38mm)	300.0	Al : 4.9342E-02 Mg : 1.5625E-03 Fe : 6.5593E-05 Si : 4.6173E-05 Mn : 8.4004E-06 Cr : 4.1933E-05 Zn : 2.1062E-06 Cu : 4.3348E-06 H : 9.6216E-03 O : 4.8108E-03	NPI2A000
58	N 照射パイプ (格子板部、H=130mm)	300.0	Al : 5.5417E-02 Mg : 1.5219E-03 Fe : 7.3072E-05 Si : 2.1216E-04 Mn : 1.3486E-05 Cr : 4.8045E-05 Zn : 9.2750E-07 Cu : 1.9089E-06 H : 2.5795E-03 O : 1.2897E-03	NPI3A000
59	気送管(Pn) (中央部、H=711mm)	300.0	Al : 9.8726E-03 Fe : 1.0619E-05 Si : 1.0002E-05 Mn : 4.1607E-06 Mg : 5.4328E-04 Cr : 3.1956E-06 H : 3.9786E-02 O : 1.9893E-02	ELEMA0D0 (PNE1A000)
60	気送管(Pn) (パイプとガイドプラグ上部の間、H=34mm)	300.0	Al : 1.2447E-02 Fe : 1.2575E-05 Si : 1.0680E-05 Mn : 4.6248E-06 Mg : 6.9836E-04 Cr : 4.4553E-06 H : 3.7277E-02 O : 1.8638E-02	PNE2A000

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少数组断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少数组断面積
61	気送管(Pn) (グリッドプレートとガイドプラグの間、H=110mm)	300.0	Al : 5.5685E-02 Fe : 5.3968E-05 Si : 4.1795E-05 Mn : 1.9057E-05 Mg : 3.1654E-03 Cr : 2.1051E-05 H : 1.6274E-03 O : 8.1371E-04	PNE3A000
62	気送管(Pn) (ガイドプラグ上部、H=33mm)	300.0	Al : 5.0656E-02 Fe : 1.8259E-04 Si : 3.6736E-05 Mn : 8.2283E-06 Mg : 1.3982E-03 Cr : 7.2146E-05 Ni : 6.7591E-06 H : 8.8657E-03 O : 4.4328E-03	PNE4A000
63	気送管(Pn) (ガイドプレートとガイドプラグ、H=130mm)	300.0	Al : 5.5902E-02 Fe : 1.0777E-04 Si : 1.9508E-04 Mn : 1.0197E-05 Mg : 1.0590E-03 Cr : 6.5197E-05 Ni : 1.5379E-06 C : 8.5240E-08 H : 2.7387E-03 O : 1.3694E-03	PNE5A000
64	制御棒	300.0	B ¹⁰ : 1.6276E-03 Si : 1.1904E-03 B ¹¹ : 6.0686E-03 Mn : 8.8677E-04 C : 7.9531E-05 Cr : 1.5882E-02 Fe : 5.2332E-02 Ni : 1.2301E-02	CRODA010
65	シムロッドフォロワーのジョイント部	300.0	B ¹⁰ : 4.8828E-04 B ¹¹ : 1.8206E-03 C : 2.3857E-05 Fe : 1.5759E-02 Si : 5.5934E-05 Mn : 2.7263E-04 Cr : 4.7881E-03 Ni : 3.6902E-03 Al : 2.9263E-02 Mg : 3.3383E-04 H : 1.3335E-02 O : 6.6674E-03	JOIXA000
66	グリッドプレート	300.0	Al : 5.8795E-02 Fe : 9.6093E-05 Si : 3.4741E-04 Mn : 1.1840E-05 Mg : 6.0218E-04 Cr : 6.8806E-05	SGRIA000
67	グリッドプレートのシムロッドフォロワーガイドの領域	300.0	Al : 1.7831E-02 Fe : 2.7153E-02 Si : 4.2979E-04 Mn : 1.8421E-04 Mg : 1.8262E-04 Cr : 6.2404E-03 Ni : 1.5176E-03 C : 8.4293E-05 H : 1.8019E-02 O : 9.0095E-03	GRIDIA000
68	シムロッドフォロワーのアルミ部(厚さ=5mm)	300.0	Al : 5.8796E-02 Fe : 9.5985E-05 Si : 3.4741E-04 Mn : 1.2060E-05 Mg : 6.0218E-04 Cr : 6.8343E-05	ELEMA0IO (ALF0A000)
69	C-5 ガイドフレーム (ROD IN、WITH SUS ROLLER)	300.0	Al : 2.8100E-02 Fe : 1.5501E-03 Si : 1.8410E-04 Mn : 2.1362E-05 Mg : 3.1981E-04 Cr : 3.7128E-04 Ni : 8.4395E-05 C : 4.6893E-06 H : 1.4845E-02 O : 7.4226E-03	ELEMA090 (C5GIA000)
70	バックアップロッド 制御棒ガイド(ROD IN)	300.0	Al : 1.2809E-02 Fe : 1.9034E-05 Si : 7.5699E-05 Mn : 5.1609E-06 Mg : 1.4579E-04 Cr : 1.1584E-05 H : 5.1871E-02 O : 2.5935E-02	ELEMA0B0 (BUGIA000)

Appendix B 燃料以外の炉心構成物質の原子個数密度及び少数群断面積

番号	領域	温度	含有核種と原子個数密度($\times 10^{24}$ atoms/cm ³)	少数群断面積
71	炉心タンク (Aluminum) ガイドプラグの間	300.0	Al : 5.8512E-02 Fe : 5.2414E-05 Si : 4.0531E-05 Mn : 2.9601E-06 Mg : 1.6058E-03 Cr : 7.5062E-05	ELEMA0P0 (TANKA000)
72	冷却材(水) 炉心部	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	ELEMA0J0 (COOLA000)
73	冷却材(水) 炉心タンク内	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	ELEMA0K0 (COOLA000)
74	冷却材(水) 炉心タンク外	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	ELEMA0L0 (COOLA000)
75	冷却材(水) 炉心タンク外 (OUT SIDE)	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	ELEMA0M0 (COOLA000)
76	冷却材(水) 制御棒 B1,B2	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	ELEMA0N0 (COOLA000)
77	冷却材(水) 制御棒 C5	300.0	H : 6.6310E-02 O : 3.3155E-02	ELEMA0O0 (COOLA000)

Appendix C 初期炉心のインプットデータ

番号	計算項目	インプットデータ名	備 考
1	燃料ミート部格子燃焼計算	cl1x.sh	
2	燃料要素格子計算	le00.sh	
3	制御棒格子計算	rod0.sh	
4	炉心水平構成要素(非燃料要素)の計算 1/2	macelm.sh	
5	炉心上下構成要素(非燃料要素)の計算	maccit10.sh	
6	炉心水平構成要素(非燃料要素)の計算 2/2	maccit20.sh	
7	炉心計算(制御棒位置)	zenroshin.sh	C1～C5 制御棒位置 271mm

```

=====
# clx.sh
=====
#      mmdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
===== Set by user =====
# LMN : load module name
# BRN = SRACsc.30m(Scalar,3DM). SRACvp.50m(Vector,50M). ...
#       burnup chain library data
#       =ucm6fp : U-Np-Pu-Am-Cn & 65+1 FP & B-10 (standard model)
#       =them60fp : Th-Pa-U-Np-Pu-Am-Cn & 65+1 FP & B-10 (Th model)
#       =lomd4fp : U-Np-Pu-Am-Cn & 30+4 FP & B-10 (simple FP model)
# ODR : directory name in which output data will be stored
# CASE : case name, which is referred as names of output files and PDS
# WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and de
# PDS : directory name in which PDS files will be made
set HOME = /home/ishikuro
=====
#      mmdir for PDS =====
set LMN = SRAC200m
set BRN = ucm6fp
set ODR = $HOME/SRAC/jr4/outp
set CASE = CL1X
set PDS = $HOME/SRAC/jr4/tmp
#      mmdir for PDS =====
#      PDS DIR : directory name of PDS files
# PDS file names must be identical with those in input data
# set PDS_DIR = $PDS/$CASE
mkdn $PDS_DIR
mkdn $PDS_DIR/UFATM
mkdn $PDS_DIR/UMCROSS
mkdn $PDS_DIR/MACROWK
mkdn $PDS_DIR/FLUX
mkdn $PDS_DIR/MICREF
# cp $PDS/CLID/MACROWK/CL1DBNUP $PDS.DIR/MACROWK
=====
#      Change if you like =====
set SRAC_DIR = '$HOME/SRAC'
$SRAC_DIR = $SRAC_DIR/bin/$LMN
set DATE = date +bb%Y-%M-%S
set WKDR = $HOME/SRACtmp.$DATE
# setenv fu50 $SRAC_DIR/lib/burnlibT.old/$BRN
# setenv fu55 $SRAC_DIR/lib/kintab.dat
# setenv fu58 $ODR/$CASE.SFT88.$DATE
# setenv fu59 $ODR/$CASE.SFT98.$DATE
# setenv fu68 $ODR/$CASE.SFT08.$DATE
set OUTEST = $ODR/$CASE.SFT08.$DATE
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
# cd $WKDR
cd < END DATA | LMN & & OUTEST
CLIX
SILICIDE 1D MEAT CAL. (IN 3.8 GU/CM**3) OUT:1.9 GU/CM**3) 60% BURN-UP<6G>
1.1 1.0 1.43 -2.0 0.0 1.0 2.1 0.0 1 / SRAC CONTROL
1.000E-12 / 0 B2
$HOME/SRACLIB-JD132/pds/pfast OLD File
$HOME/SRACLIB-JD132/pds/pthml F
$PDS_DIR/UFATM Scratch Core
=====

```

11(0) / DENFP(Block=11-2-2)
0 / MPOS (Block=11-2-1)

```
END DATA
#==== Remove scratch PS files ====
#
# cd $HOME
# rm -r $WKDR
#==== Remove PDS files if you don't keep them ====
#
# rm -r $PDS_DIR
# rm -r $PDS_DIR/UFAST
# rm -r $PDS_DIR/UTHERMAL
# rm -r $PDS_DIR/UMCROSS
# rm -r $PDS_DIR/MACROWRK
# rm -r $PDS_DIR/MACRO
# rm -r $PDS_DIR/FLUX
# rm -r $PDS_DIR/MICREF
```

```

=====
# le00.sh
=====

# alias mkdir mmdir
# alias cat cat
# alias cd cd
# alias rm rm
# ===== Set by user =====

# LMN : load module name
# BRN = SRACc30m(Scalar,30M), SRACc50m(Vector,50M), ...
# : burnup chain library data
# ucm6fp : Un-Pu-Am-Cm & 65+1 FP & B-10 (standard model)
# thcm6fp : Th-Pa-U-Np-Pu-Cm & 65+1 FP & B-10 (Th model)
# ucm34fp : Un-Pu-Am-Cm & 30+4 FP & B-10 (simple FP model)
# ODR : directory name in which output data will be stored
# CASE : case name which is referred as names of output files and PDS
# WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and de
# PDSR : directory name in which PDS files will be made
# set HOME = /home/ishikuro

set LMN = SRAC200m
set BRN = ucm6fp
set ODR = $HOME/SRAC/jrr4/outp
set CASE = LE00
set PDSR = $HOME/SRAC/jrr4/tmp
# ===== mkdir for PDS =====

# PDSDIR : directory name of PDS files
# PDS file names must be identical with those in input data
# set PDS DIR = $PDS/$CASE
mkdir $PDS DIR
mkdir $PDS DIR/UFAST
mkdir $PDS DIR/UMCROSS
mkdir $PDS DIR/MACROWRK
mkdir $PDS DIR/MACRO
mkdir $PDS DIR/FLUX
mkdir $PDS DIR/MICREF
# op $PDS/CLIX/MACROWRK/CL1X* $PDS.DIR/MACROWRK
# ===== Change if you like =====
# set SRAC DIR = '$HOME/SRAC'
# set LM = '$SRAC DIR/bin/$LMN'
# set DATE = '$date +%b%e %H %M %S'
# set WKDR = '$HOME/SRACtmp/$CASE.$DATE'
# mkdir $WKDR
# setenv fu50 '$SRAC DIR/lib/burnlibT.old/$BRN'
# setenv fu85 '$SRAC DIR/lib/burnlib.old/$BRN'
# setenv fu89 '$ODR/$CASE.SFT89.DATE'
# setenv fu98 '$ODR/$CASE.SFT98.DATE'
setenv fu99 '$ODR/$CASE.SFT99.DATE'
set OUTLST = '$ODR/$CASE.SFT00$DATE'
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
# cd $WKDR
cd - <> END_DATA $LM & & OUTLST
LE00
JRR-4 SILICIDE FUEL ELEMENT DENSITY 3.8-19 GU/CC
1.0 0 -1 4 0 -2 1 0 0 0 2 1 0 0 0 / SRAC CNTL
1.000E-12 / 0 BG**2
$HOME/SRACLIB-JD132/pds/pfast OLD File
$HOME/SRACLIB-JD132/pds/pfmi0 F
$HOME/SRACLIB-JD132/pds/pmers0 F
$PDS.DIR/UFAST

=====
$PDS.DIR/UTHERMAL S C
$PDS.DIR/UMCROSS S C
$PDS.DIR/MACROWRK S C
$PDS.DIR/MACRO New C
$PDS.DIR/FLUX S C
$PDS.DIR/MICREF S C
61 46 3 3 / FAST:61GFP THERMAL:46GRP
61(1) / USER FAST GROUP STRUCTURE
46(1) / USER THERMAL GROUP STRUCTURE
20 25 16 / CONDENSED FAST GROUP STRUCTURE
26 13 7 / CONDENSED THERMAL GROUP STRUCTURE

13 360 90 90 1 120 0 0 3 0 8 90 0 0 180 0 / PATH
1 100 30 5 5 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 2 100 0 0 8 /
90 68 88 87 5 52 50 48 46 44 44 46 46 50 52 54 87 88 89 90
86 78 77 62 53 51 49 47 45 43 45 47 49 53 62 77 78 86
85 76 75 61 42 41 40 39 38 37 38 39 40 41 42 61 75 76 85
84 74 73 69 36 34 32 30 28 26 28 30 32 34 36 60 75 74 84
83 72 71 59 35 33 31 29 27 25 27 29 31 33 35 59 71 72 83
82 70 69 58 24 23 22 21 19 19 20 21 22 23 24 58 69 70 82
81 68 67 57 18 17 16 15 14 13 13 14 15 16 17 18 57 67 81
80 66 65 56 12 11 8 7 6 5 5 6 7 8 11 12 56 65 66 80
79 64 63 55 10 9 4 3 2 1 1 2 3 4 9 10 55 63 64 79
80 66 65 56 12 11 8 7 6 5 5 6 7 8 11 12 56 65 66 80
81 68 67 57 18 17 16 15 14 13 13 14 15 16 17 18 57 67 81
82 70 69 58 24 23 22 21 19 19 20 21 22 23 24 58 69 70 82
83 72 71 58 35 33 31 29 27 25 27 29 31 33 35 59 71 72 83
84 74 73 69 36 34 32 30 28 26 28 30 32 34 36 60 73 74 84
85 76 75 61 52 40 39 38 37 38 39 40 41 42 61 75 76 85
86 78 77 62 53 51 49 47 49 53 62 77 78 86
90 89 88 87 54 52 50 48 46 44 46 46 50 52 54 87 88 90 / T BY SUB

90(1)
12(1) 6(2) 6(3) 2(4) 18(5) 8(6) 16(7) 12(8) / X BY R
0.0 *0.05 *0.24 340.25 240.50 *0.77 1*1.00 / M BY R
1*1.00 140.77 240.50 340.25 240.24 *0.05 / RX IN CM
0.0 *0.05 *0.25 240.50 340.25 240.56 1*4.804 *1.072 / RY IN CM
1*1.072 *1.804 240.536 240.268 2*0.258 1*0.050 / FY IN CM
8 / NMAT
CLIXA052 0 0 333.98 0.1 / INNER PLATE CELL 1
CLIXA042 0 0 333.98 0.1 / INNER PLATE CELL 2
CLIXA032 0 0 333.98 0.1 / INNER PLATE CELL 3
CLIXA022 0 0 333.98 0.1 / INNER PLATE CELL 4
CLIXA012 0 0 333.98 0.1 / OUTER PLATE CELL
ALWAX00X 0 5 136.44 0.1 / FUEL CELL AL-WATER ZONE
XAL70001 0 0 3.392E-2 /
XFEN0001 0 0 3.1254E-5 /
XSIN0001 0 0 1.3511E-5 /
XH01H001 0 0 5.9846E-2 / 5.1085E-2 /
XMGND0001 0 0 2.9737E-4 /
XMNS0001 0 0 6.0158E-4 /
XCRND0001 0 0 2.8423E-2 / 2.5543E-2 /
SI01X00X 0 6 316.44 0.1 / SIDE PLATE
XAL70001 0 0 5.9011E-2 /
XFEN0001 0 0 5.5405E-5 /
XSIN0001 0 0 3.1254E-5 /
XH01H001 0 0 5.9846E-2 / 5.1085E-2 /
XMGND0001 0 0 2.9737E-4 /
XMNS0001 0 0 6.0158E-4 /
XCRND0001 0 0 2.8423E-2 / 2.5543E-2 /
MD03X00X 0 2 316.44 0.0 1.0 / MODERATOR
XH01H001 0 0 6.5330E-2 / 6.6022E-2 /
XDS0001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 /

=====
END_DATA
# ===== Remove scratch PS files =====
# cd $HOME
# rm -r $WKDR
# ===== Remove PDS files if you don't keep them =====
# rm -r $PDS.DIR
# rm -r $PDS.DIR/UFAST

```

rm -r \$PDS.DIR/UTHERMAL
rm -r \$PDS.DIR/UMCROSS
rm -r \$PDS.DIR/MACROWK
rm -r \$PDS.DIR/MACRO
rm -r \$PDS.DIR/FLUX
rm -r \$PDS.DIR/MICREF

```

#=====
# rod.sh
# =====
# alias mkdir mmkdir
# alias cat cat
# alias cd cd
# alias rm rm
# ===== Set by user =====
# LMN : load module name
#      = SRACc30m (Scalar,30m), SRACcv50m(Vecto,50m), ...
# BRN : burnup chain library data
#      = ucmb6fp : UNP-Pu-Am-Om & 65+1 FP & B-10 (standard model)
#      = ethcm6fp : TH-Pa-U-Np-Pu-Cm & B-10 (Th model)
#      = ucm34p : UNP-Pu-Am-Om & 30+4 FP & B-10 (simple FP model)
# ODR : directory name in which output data will be stored
# CASE : case name which is referred as names of output files and PDS
# WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and be
set HOME = /home/ishikuro
set LMN = SRAC20cm
set ODR = $HOME/SRAC/jr4/outp
set CASE = ROD0
set PSD = $HOME/SRAC/jr4/tmp
# ===== mkdir for PDS =====
# PDS_DIR : directory name of PDS files
# PDS file names must be identical with those in input data
# set PDS_DIR = $PDS/$CASE
# mkdir $PDS_DIR
# mkdir $PDS_DIR/UFAST
# mkdir $PDS_DIR/UTHERMAL
# mkdir $PDS_DIR/UMCROSS
# mkdir $PDS_DIR/MACRO
# mkdir $PDS_DIR/FLUX
# mkdir $PDS_DIR/MICREF
# ===== Change if you like =====
# set SRAC_DIR = $HOME/$CASE
# set LMN = $SRAC_DIR/bin/$LMN
# set DATE = date +%b%d%Y%a%S%
# set WKDR = $HOME/SRACmp/$CASE,$DATE
# mmkdir $WKDR
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
# setenv fu50 $SRAC_DIR/lib/burnlibT.old/$BRN
# setenv fu85 $SRAC_DIR/lib/kintab.dat
# setenv fu89 $ODR/$CASE,SET88,DATE
# setenv fu98 $ODR/$CASE,SET98,DATE
# setenv fu99 $ODR/$CASE,SET98,DATE
# set OUTLST = $ODR/$CASE,SET08,$DATE
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
# cd $WKDR
cat - < END DATA | $LMN &> $OUTLST
CLID
SILICIDE FUEL 1D MEAT CAL_(INNER)3.8 GU/CM**3.0UTER:1.9 GU/CM**3
1 1 1 0 1 4 3 -2 0 0 1 0 2 2 1 0 0 0 / SRAC CONTROL
1.000E-12 / 0 B2
#HOME/SRACLIP-JDL32/pds/pfaest OLD File
$HOME/SRACLIP-JDL32/pds/pfml0 F
$HOME/SRACLIP-JDL32/pds/pmcrs0 F
$PDS_DIR/UFAST Scratch Core
$PDS_DIR/UTHERMAL S
$PDS_DIR/UMCROSS S
$PDS_DIR/MACRO New C
$PDS_DIR/MACRO New C
# ===== End of Input Data =====

```

```

=====
#===== Remove PDS files if you don't keep them =====
#- # rm -r $PDS_DIR
#- # rm -r $PDS_DIR/UFAST
#- # rm -r $PDS_DIR/UThermal
#- # rm -r $PDS_DIR/UMCROSS
#- # rm -r $PDS_DIR/MACROWRK
#- # rm -r $PDS_DIR/MACRO
#- # rm -r $PDS_DIR/FLUX
#- # rm -r $PDS_DIR/MICREF

0.1*05 2*0.24 3*0.25 2*0.50 *0.77 2*0.24 *0.05 / M BY R
0.0 1*05 1*0.258 2*0.268 2*0.536 1*0.804 *1*0.72 / RX IN CM
1*1.072 1*0.804 2*0.536 2*0.268 2*0.258 1*0.050 / RY IN CM

8 /NMAT
CLIDA052 0 0 333.99 0. 1. / INNER PLATE CELL 1
CLIDA042 0 0 333.99 0. 1. / INNER PLATE CELL 2
CLIDA032 0 0 333.99 0. 1. / INNER PLATE CELL 3
CLIDA022 0 0 333.99 0. 1. / INNER PLATE CELL 4
CLIDA12 0 0 333.99 0. 1. / OUTER PLATE CELL
ALWAX00X 0 5 316.44 0. 1. / FUEL CELL AL-WATER ZONE
XAL70001 0 0 3.1982E-2 /
XFEN0001 0 0 3.1254E-5 /
XSIN0001 0 0 1.3511E-5 /
XH01H001 0 0 5.0846E-2 / 5.1085E-2 /
XO60001 0 0 2.5423E-2 / 2.5543E-2 /
S101X00X 0 6 316.44 0. 1. / SIDE PLATE
XAL70001 0 0 5.8011E-2 /
XFEN0001 0 0 5.5405E-5 /
XSIN0001 0 0 2.9737E-4 /
XMGN0001 0 0 6.0158E-4 /
XMNSD001 0 0 2.8614E-6 /
XCRN0001 0 0 7.0301E-5 /
MDGX00X 0 2 316.44 0. 1. / MODERATOR
XH01H001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
XO60001 0 0 3.3158E-2 / 3.3311E-2 /
CROD /CONDENSE =====
JRR-4 LEU FUEL C/R CELL
1 1 0 0 1 4 0 0 1
0 0 0 0 0 1 0 0 0 / SRAC CNTR(CONDENSE AFTER DIFF) (C16-0)
1.000E-15 / BG**2
2.000E-15 / BG**2
MDGX00X 0 316.44 0. 1. / H2O REGION
XH01H001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
XO60001 0 0 3.3158E-2 / 3.3311E-2 /
RODX00X 0 8 316.44 0. 1. / CONTROL BRADE SUSS04
XB000001 0 0 1.62716E-3 /
XB010001 0 0 6.05886E-3 / LEU FUEL 16 CORE
XC02C001 0 0 7.9531E-5 / 1.74% =====
XFEN0001 0 0 5.2332E-2 /
XSIN0001 0 0 1.1904E-3 /
XMGN0001 0 0 8.8677E-4 /
XCRN0001 0 0 1.58822E-2 /
XNIN0001 0 0 1.2301E-2 /
=====
END DATA
#===== Remove scratch PS files =====
# od $HOME
# rm -r $WKDR
#

```

```

=====
# mocoem.sh
=====
# alias mkdir cat
alias cd cd
alias rm rm
# ===== Set by user =====
# LMN : load module name
#   = SRACc-30m(Scalar-30M), SRACc-p50m(Vector-50M) ...
# BRN : burnup chain library data
#   = ucm6fp : Th-Pu-U-Np-Am-Cm & 65+1 FP & B-10 (standard model)
#   = thcm6fp : Th-Pa-U-Np-Pu-Cm & 65+1 FP & B-10 (Th mode)
#   = uom34fp : U-Np-Pu-Am-Cm & 30+4 FP & B-10 (simple FP mode)
# QDR : directory name in which output data will be stored
# CASE : case name which is referred as names of output files and PDS
# WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and de
# PDSO : directory name in which PDS files will be made
set HOME = /home/ishikuro
set LMN = SRAC200m
set BRN = ucmb6fp
set ODR = $HOME/SRAC/jr4/output
set CASE = ELEM
set PDSO = $HOME/SRAC/jr4/tmp
# ===== mkdir for PDS =====
# PDS DIR : directory name of PDS files
# PDS file names must be identical with those in input data
# set PDS_DIR = $PDS/$CASE
mkdir $PDS_DIR
mkdir $PDS_DIR/UFAST
mkdir $PDS_DIR/UTHERMAL
mkdir $PDS_DIR/UMCROSS
mkdir $PDS_DIR/MACRO
mkdir $PDS_DIR/FLUX
mkdir $PDS_DIR/MICREF
# ===== Change if you like =====
# set SRAC_DIR = $HOME/$CASE
set LMN = $SRAC_DIR/bin/$LMN
set DATE = `date +%b%d%Y.%M.%S`
set WKDR = $HOME/SRACmp/$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
# setenv fu50 $SRAC_DIR/lib/burnlibT.old/$BRN
setenv fu85 $SRAC_DIR/lib/kmtab.dat
# setenv fu89 $ODR/$CASE.SFT88.$DATE
# setenv fu88 $ODR/$CASE.SFT98.$DATE
setenv fu89 $ODR/$CASE.SFT99.$DATE
set OUTLIST = $ODR/$CASE.SFT06.$DATE
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
# cd $WKDR
cd - << END_DATA | $LM & $OUTLIST
ELME
# SILEIDE NON FUEL MATERIALS
# 1.000E-15 B2 K-EFF=1.0
$HOME/SRACLIB-IDL32/pds/pfcat Old File
$HOME/SRACLIB-IDL32/pds/pfhtml O F
$HOME/SRACLIB-IDL32/pds/pmsrcs O F
$PDS_DIR/UFAST Scratch Core
$PDS_DIR/UTHERMAL S C
$PDS_DIR/UMCROSS S C
$PDS_DIR/MACRO New C
===== STANDARD REFLECTOR V-8.1@.1CM : =====
$XMN5001 0 0 3.6019E-5 /
```

XMGN0001 0 0 2.8563E-4 /
 XCRN0001 0 0 4.4037E-4 /
 XNIN0001 0 0 1.6924E-4 /
 XC02C001 0 0 5.7505E-6 /
 XH01H001 0 0 4.6169E-2 /
 X0060001 0 0 2.3084E-2 /
 STR2X00X 0 8.316.44 0.1 / 8((CONNECTOR LOWER ZONE,H=25MM))
 XAL70001 0 0 5.7058E-2 /
 XFN0001 0 0 6.9341E-5 /
 XSIN0001 0 0 3.9706E-5 /
 XMNE0001 0 0 8.4070E-5 /
 XMGN0001 0 0 1.58346E-3 /
 XGRN0001 0 0 5.0339E-5 /
 XH01H001 0 0 1.6274E-5 /
 X0060001 0 0 8.1373E-4 /
 STR3X00X 0 7.316.44 0.1 / 9((CENTER ZONE USE FOR 2-D CAL.))
 XAL70001 0 0 8.3888E-3 /
 XFN0001 0 0 8.2219E-6 /
 XSIN0001 0 0 3.4343E-5 / STANDARD REFLECTOR,V=8.1*8.1 :
 XMGN0001 0 0 4.9940E-5 / **ND FABRICATION**;
 XC02C001 0 0 6.8195E-2 /
 XH01H001 0 0 1.6274E-3 /
 XG060001 0 0 8.1372E-4 /
 STR4X00X 0 9.316.44 0.1 / 10((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))
 XAL70001 0 0 5.0656E-2 /
 XFN0001 0 0 1.8259E-4 /
 XSIN0001 0 0 3.6736E-5 /
 XMNS0001 0 0 8.2283E-6 /
 XMGN0001 0 0 1.3982E-3 /
 XCRN0001 0 0 7.2146E-5 /
 XNIN0001 0 0 6.7591E-6 /
 XH01H001 0 0 8.8057E-3 /
 X0060001 0 0 4.4298E-3 /
 STR5X00X 0 10.316.44 0.1 / 11((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 1.6351E-3 /
 XFN0001 0 0 5.5030E-2 /
 XC02C001 0 0 1.0777E-4 /
 XSIN0001 0 0 1.9508E-4 /
 XMGN0001 0 0 1.0590E-5 /
 XCRN0001 0 0 6.6161E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.4651E-5 /
 XH01H001 0 0 9.3456E-5 /
 XMNS0001 0 0 3.6019E-5 /
 SPR2X00X 0 10.316.44 0.1 / ((UP & LOW ZONE OF GRAPHITE,H=80 AND 40MM))
 XAL70001 0 0 4.7556E-2 / 13:
 XFN0001 0 0 1.2140E-2 /
 XNIN0001 0 0 6.0701E-3 /
 XMNS0001 0 0 3.7271E-5 /
 XMGN0001 0 0 1.2243E-5 /
 XCRN0001 0 0 1.3385E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.0508E-4 /
 XH01H001 0 0 2.5122E-5 /
 XC02C001 0 0 8.5983E-4 /
 XFN0001 0 0 1.2140E-2 / 12197E-2 /
 XH01H001 0 0 7.1858E-2 /
 XFN0001 0 0 6.0701E-3 / 60937E-3 /
 SPR3X00X 0 6.316.44 0.1 / ((CENTER ZONE,USE FOR 2-D CAL.))
 XAL70001 0 0 4.7322E-3 /
 XFN0001 0 0 8.7778E-6 /
 XSIN0001 0 0 3.7261E-6 /
 XC02C001 0 0 7.1858E-2 /
 XH01H001 0 0 1.3040E-3 / 13101E-3 /
 X0060001 0 0 6.5198E-4 / 6.5503E-4 /
 SPR4X00X 0 9.316.44 0.1 / 15((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))
 XAL70001 0 0 5.0656E-2 /

XAL70001 0 0 5.0656E-2 /
 XFN0001 0 0 1.8254E-4 /
 XSIN0001 0 0 3.6736E-5 /
 XMGN0001 0 0 8.2283E-6 /
 XCRN0001 0 0 7.2146E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.3982E-3 /
 SP5X00X 0 10.316.44 0.1 / 16((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 5.5902E-2 /
 XFN0001 0 0 1.0777E-4 /
 XSIN0001 0 0 1.9508E-4 /
 XMNS0001 0 0 1.0197E-5 /
 XMGN0001 0 0 1.0390E-3 /
 XCRN0001 0 0 6.5197E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.5319E-6 /
 XFN0001 0 0 1.5319E-6 /
 XC02C001 0 0 8.3520E-8 /
 XH01H001 0 0 2.7387E-3 / 2.7516E-3 /
 X0060001 0 0 1.3694E-3 / 1.3758E-3 /
 BUG2X00X 0 8.316.44 0.1 / 17((USE FOR ROD OUT CAL. V=1.35*1.62))
 XAL70001 0 0 8.7098E-3 /
 XFN0001 0 0 1.7947E-5 /
 XSIN0001 0 0 1.5186E-5 / BUCK UP GUIDE :
 XMNS0001 0 0 3.5082E-6 /
 XMGN0001 0 0 9.9124E-5 /
 XCRN0001 0 0 7.8760E-6 /
 XH01H001 0 0 5.6499E-2 / 5.6762E-2 /
 BUG3X00X 0 8.316.44 0.1 / 18((USE FOR ROD IN CAL. V=1.35*16.2*0.5*(14CM)))
 XAL70001 0 0 1.2805E-2 /
 XFN0001 0 0 1.9034E-5 /
 XSIN0001 0 0 7.6599E-5 /
 XMNS0001 0 0 5.1609E-6 /
 XMGN0001 0 0 2.8248E-2 / 2.8381E-2 /
 BUG4X00X 0 8.316.44 0.1 / 19((HANDEL AND CONNECTOR ZONE,H=135MM))
 XH01H001 0 0 5.1871E-2 / 5.2115E-2 /
 X0060001 0 0 2.3938E-2 / 2.6057E-2 /
 C5TRX00X 0 10.316.44 0.1 / 19((HANDEL AND CONNECTOR ZONE,H=135MM))
 XAL70001 0 0 1.6410E-2 /
 XFN0001 0 0 1.6410E-2 /
 XH01H001 0 0 1.4579E-4 /
 XCRN0001 0 0 1.1584E-5 / C-5 REFLECTOR,V=8.1*8.1CM :
 XMNS0001 0 0 3.6019E-5 /
 XMGN0001 0 0 2.8563E-4 /
 XCRN0001 0 0 4.4037E-4 /
 XNIN0001 0 0 1.6934E-4 /
 XC02C001 0 0 5.7850E-6 /
 XH01H001 0 0 4.6116E-2 / 4.6338E-2 /
 X0060001 0 0 2.3084E-2 / 2.3193E-2 /
 C5R2X00X 0 10.316.44 0.1 / 20((UPPER AND LOWER ZONE OF GRAPHITE))
 XAL70001 0 0 4.7433E-2 / H=60 AND 40MM))
 XFN0001 0 0 4.0104E-4 /
 XSIN0001 0 0 3.9719E-5 /
 XMNS0001 0 0 1.5308E-5 /
 XMGN0001 0 0 1.3348E-3 /
 XCRN0001 0 0 1.4248E-4 /
 XNIN0001 0 0 4.0201E-5 /
 XC02C001 0 0 4.4322E-3 /
 XH01H001 0 0 1.3757E-6 /
 X0060001 0 0 6.0701E-3 / 6.0987E-3 /
 ELM2
 SILICIDE NON FUEL MATERIALS
 0.0010 0.0001 0.0002 21000 / SRAC CONTROL
 1.0000E-15 B2 K-EFF=1.0
 20 /NMAT
 C5R3X00X 0 6.316.44 0.1 / 21((CENTER ZONE,USE FOR 2-D CAL.))
 XAL70001 0 0 4.7322E-3 /
 XFN0001 0 0 8.7778E-6 /
 XSIN0001 0 0 3.7261E-6 /
 XC02C001 0 0 7.1858E-2 /
 XH01H001 0 0 1.3040E-3 / 13101E-3 /
 X0060001 0 0 6.5198E-4 / 6.5503E-4 /
 SPR4X00X 0 9.316.44 0.1 / 22((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))
 XAL70001 0 0 5.0656E-2 /

XFEN0001 0 0 1.8259E-4 /
 XSIN0001 0 0 3.6733E-5 /
 XMNS0001 0 0 8.2283E-6 /
 XMGN0001 0 0 1.3892E-3 /
 XCRN0001 0 0 7.2146E-5 /
 XNIN0001 0 0 6.7595E-6 /
 XH01H001 0 0 8.8637E-3 /8.9074E-3 /
 X0080001 0 0 4.4328E-3 /4.4531E-3 /
 C5RX00X 0 10 316.44E-0 1./*23((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 5.902E-2 /
 XFEN0001 0 0 1.077E-4 /
 XSIN0001 0 0 1.9509E-4 /
 XMNS0001 0 0 1.0197E-3 /
 XMGN0001 0 0 1.0590E-3 /
 XCRN0001 0 0 6.5197E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.5370E-6 /
 XC02C001 0 0 8.5420E-8 /
 XH01H001 0 0 2.7387E-3 /2.7516E-3 /
 X0080001 0 0 1.3894E-3 /1.3758E-3 /
 XH01H001 0 0 6.5164E-0 1./*24((USE FOR ROD OUT CAL. V=1.35**3.1(CM)))
 XAL70001 0 0 2.2960E-2 /
 XFEN0001 0 0 1.2662E-3 /
 XSIN0001 0 0 1.5043E-4 : C-5 GUID FRAME :
 XMNS0001 0 0 1.7631E-5 /
 XMGN0001 0 0 2.6132E-4 /
 XCRN0001 0 0 3.0341E-4 /
 XC02C001 0 0 3.8724E-6 /
 XNIN0001 0 0 6.8352E-5 /3.9332E-2 /
 XH01H001 0 0 3.9148E-0 1./*25((USE FOR ROD IN CAL.
 C5GX00X 0 10 316.44E-0 1./*25((USE FOR ROD IN CAL.
 XAL70001 0 0 2.8100E-2 / V=1.3584E-1-*#0.0CM(WITH SUS ROLLER))
 XFEN0001 0 0 1.5501E-3 /
 XSIN0001 0 0 1.8410E-4 /
 XMNS0001 0 0 2.1382E-5 /
 XMGN0001 0 0 3.1981E-4 /
 XCRN0001 0 0 3.7128E-4 /
 XC02C001 0 0 4.6883E-6 /
 XNIN0001 0 0 8.4395E-5 /
 XH01H001 0 0 1.4845E-2 /1.49175E-2 /
 X0080001 0 0 7.4222E-3 /7.4575E-3 /
 C5GN00X 0 8 316.44E-0 1./*26((USE FOR ROD IN CAL. V=1.35**8.1-*#0.5CM))
 XAL70001 0 0 3.0796E-2 / ((WITHOUT SUS ROLLER))
 XFEN0001 0 0 5.5123E-5 /
 XSIN0001 0 0 2.1921E-4 /
 XMNS0001 0 0 1.4932E-5 /
 XMGN0001 0 0 4.2219E-4 /
 XCRN0001 0 0 3.3550E-5 /
 XH01H001 0 0 1.2342E-2 /1.2400E-2 /
 X0080001 0 0 6.1712E-3 /6.2002E-3 /
 G1A1X00X 0 10 316.44E-0 1./*27((HANDLE AND UPPER PART OF CONNECTOR
 XAL70001 0 0 1.4620E-2 /ZONE. H=135MM))
 XFEN0001 0 0 5.5492E-5 /
 XSIN0001 0 0 1.0288E-5 /
 XC02C001 0 0 5.7284E-7 /4.9775E-2 /
 XH01H001 0 0 4.9542E-2 /4.9775E-2 /
 XMNS0001 0 0 3.4454E-6 : GIANT REFLECTOR,V=8.1/*15.05CM :
 XMGN0001 0 0 4.1838E-4 /
 XCRN0001 0 0 5.5492E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.0288E-5 /
 XH01H001 0 0 4.0193E-5 /
 XMNS0001 0 0 8.2890E-6 /
 XMGN0001 0 0 1.5608E-3 /
 XCRN0001 0 0 2.4770E-2 /2.4838E-2 /
 XH01H001 0 0 1.0364E-3 /1.0413E-3 /
 X0080001 0 0 5.1820E-4 /5.2064E-4 /
 G1A3X00X 0 6 316.44E-0 1./*28((CONNECTOR ZONE,H=25MM))
 XAL70001 0 0 7.0881E-5 /
 XFEN0001 0 0 7.6700E-3 /
 XSIN0001 0 0 5.9238E-6 /
 XC02C001 0 0 6.7949E-2 /1.0413E-3 /
 XH01H001 0 0 1.0364E-3 /5.2064E-4 /
 G1A4X00X 0 9 316.44E-0 1./*30((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))
 XAL70001 0 0 5.0550E-2 /
 XFEN0001 0 0 1.9250E-4 /
 XSIN0001 0 0 3.6733E-5 /
 XMNS0001 0 0 8.2283E-6 /
 XMGN0001 0 0 1.3920E-3 /
 XCRN0001 0 0 7.2146E-5 /
 XNIN0001 0 0 6.7595E-6 /
 XH01H001 0 0 8.8657E-3 /8.9074E-3 /
 X0080001 0 0 4.4328E-3 /4.4531E-3 /
 G1A5X00X 0 10 316.44E-0 1./*31((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 5.5802E-2 /
 XFEN0001 0 0 1.077E-4 /
 XSIN0001 0 0 1.3508E-4 /
 XMNS0001 0 0 1.0197E-5 /
 XMGN0001 0 0 1.0590E-3 /
 XCRN0001 0 0 6.5197E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.5050E-3 /
 XH01H001 0 0 6.5197E-5 /
 X0080001 0 0 1.5050E-3 /
 G1L1X00X 0 10 316.44E-0 1./*32((HANDLE AND UPPER PART OF CONNECTOR
 XAL70001 0 0 1.5101E-2 /ZONE,H=135MM))
 XFEN0001 0 0 1.5101E-2 /
 XSIN0001 0 0 2.7612E-4 /
 XMGN0001 0 0 1.8243E-5 /
 XCRN0001 0 0 4.4344E-4 /
 XNIN0001 0 0 2.8698E-5 /
 XH01H001 0 0 1.0246E-6 /
 X0080001 0 0 2.4493E-2 /4.9217E-2 /
 G1L2X00X 0 8 316.44E-0 1./*33((CONNECTOR ZONE,H=25MM))
 XAL70001 0 0 5.7530E-2 /
 XFEN0001 0 0 7.8261E-5 /
 XSIN0001 0 0 6.7256E-5 /
 XMGN0001 0 0 5.4819E-6 /
 XCRN0001 0 0 1.5056E-3 /
 XH01H001 0 0 6.0347E-5 /
 X0080001 0 0 5.4643E-4 /5.4900E-4 /
 G1L3X00X 0 7 316.44E-0 1./*34((CENTER ZONE,USE FOR 2-D CAL.))
 XAL70001 0 0 8.2756E-3 /
 XMGN0001 0 0 4.6441E-5 /
 XFEN0001 0 0 3.4562E-5 /
 XSIN0001 0 0 6.4589E-6 /
 XMGN0001 0 0 7.1151E-2 /
 XH01H001 0 0 1.0392E-3 /1.0980E-3 /
 X0080001 0 0 5.4643E-4 /5.4900E-4 /
 G1L4X00X 0 9 316.44E-0 1./*35((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))
 XAL70001 0 0 5.0055E-2 /
 XFEN0001 0 0 1.8259E-4 /
 XSIN0001 0 0 3.6733E-5 /
 XMGN0001 0 0 8.2283E-6 /
 XCRN0001 0 0 1.3932E-3 /
 XNIN0001 0 0 7.2146E-5 /
 XH01H001 0 0 8.8657E-3 /8.9074E-3 /
 X0080001 0 0 4.4328E-3 /4.4531E-3 /
 G1L5X00X 0 10 316.44E-0 1./*36((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 5.5502E-2 /
 XFEN0001 0 0 1.077E-4 /
 XSIN0001 0 0 1.3508E-4 /
 XMGN0001 0 0 1.0197E-5 /
 XCRN0001 0 0 1.0590E-3 /
 XH01H001 0 0 8.8657E-3 /8.9074E-3 /
 X0080001 0 0 4.4328E-3 /4.4531E-3 /
 G1L6X00X 0 11 316.44E-0 1./*37((CENTER ZONE,USE FOR 2-D CAL.))
 LDA3X00X 0 9 316.44E-0 1./*37((CENTER ZONE,USE FOR 2-D CAL.))

XAL70001 0 0 5.4962E-2 / (AL)

XMGN0001 0 0 3.0881E-3 /

XFEND001 0 0 2.7099E-5 /

XSN0001 0 0 3.8872E-5 /

XMN50001 0 0 1.9923E-5 /

XCRN0001 0 0 2.7065E-5 /

XCN0001 0 0 7.3819E-6 /

XH01H001 0 0 1.0929E-3 /

XH01H001 0 0 1.0929E-3 / 1.0978E-3 /

XH060001 0 0 5.4640E-4 / 5.4891E-4 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 38 ((HANDLE AND CONNECTOR ZONE, H=135MM))

XAL70001 0 0 1.3135E-2 /

XFEND001 0 0 1.4607E-3 /

XSN0001 0 0 1.9280E-4 /

XMN50001 0 0 3.5404E-5 / CM

XGMN0001 0 0 1.6170E-4 /

XCRN0001 0 0 4.3607E-4 /

XNIN0001 0 0 1.6334E-4 /

XG02C001 0 0 5.7930E-6 /

XH01H001 0 0 4.9807E-2 / 5.0142E-2 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 39 ((CONNECTOR ZONE, H=25MM))

XAL70001 0 0 5.5446E-2 /

XFEND001 0 0 5.5901E-5 /

XSN0001 0 0 3.1953E-5 /

XMN50001 0 0 6.7106E-6 /

XCRN0001 0 0 1.2635E-3 /

XH01H001 0 0 4.0162E-5 /

XH01H001 0 0 1.4324E-2 / 1.4391E-2 /

XH01H001 0 0 7.1617E-3 / 7.1954E-3 /

XEUX00DX 0 9 316.44 0.1 / 40 ((UPPER ZONE OF GRAPHITE, 2-D CAL.

XAL70001 0 0 8.6616E-3 / H=384MM))

XFEND001 0 0 3.1360E-5 /

XSN0001 0 0 6.3532E-6 /

XMN50001 0 0 6.6337E-7 /

XGMN0001 0 0 1.2488E-4 /

XG02C001 0 0 3.9636E-6 /

XH01H001 0 0 4.8905E-2 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 42 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))

ELM3 SILICIDE NON FUEL MATERIALS

0.0 0 1.0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 2 2 1 0 0 0 / SRAC CONTROL

1.000E-15 / B2 K-EFF=1.0

20 / NMAT

NEUX00DX 0 9 316.44 0.1 / 41 ((LOWER ZONE OF GRAPHITE, H=306MM))

XAL70001 0 0 4.0439E-3 /

XFEND001 0 0 8.7120E-6 /

XSN0001 0 0 3.7958E-6 /

XMN50001 0 0 9.8585E-7 /

XGMN0001 0 0 1.8432E-4 /

XG02C001 0 0 5.8861E-5 /

XH01H001 0 0 6.7886E-2 /

XH01H001 0 0 2.9235E-3 /

XEUX00DX 0 9 316.44 0.1 / 42 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))

XAL70001 0 0 5.0656E-2 /

XFEND001 0 0 1.8259E-4 /

XSN0001 0 0 3.6736E-5 /

XMN50001 0 0 8.2283E-6 /

XGMN0001 0 0 1.3902E-3 /

XCRN0001 0 0 7.2146E-5 /

XH01H001 0 0 6.7591E-6 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 43 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))

XAL70001 0 0 8.2283E-6 /

XFEND001 0 0 1.3982E-3 /

XSN0001 0 0 1.4637E-3 / 1.4708E-3 /

XMN50001 0 0 6.7591E-6 /

XGMN0001 0 0 8.8657E-3 / 8.9074E-3 /

XSN0001 0 0 4.4328E-3 /

XMN50001 0 0 8.2121E-3 /

XCRN0001 0 0 1.0530E-3 /

XH01H001 0 0 6.5197E-5 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 49 ((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=33MM))

XAL70001 0 0 5.5902E-2 /

XFEND001 0 0 1.0777E-4 /

XSN0001 0 0 6.7591E-6 /

XMN50001 0 0 8.8657E-3 / 8.9074E-3 /

XCRN0001 0 0 1.0530E-3 /

XH01H001 0 0 6.5197E-5 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 50 ((PIPE ONLY, USE FOR 2-D CAL.))

XAL70001 0 0 5.0566E-2 /

XFEND001 0 0 1.0530E-3 /

XSN0001 0 0 6.5197E-5 /

XMN50001 0 0 8.2121E-3 /

XCRN0001 0 0 1.0530E-3 /

XH01H001 0 0 6.5197E-5 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 51 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))

XAL70001 0 0 8.1383E-6 / T-PIPE, V=8.1*8.1CM

XFEND001 0 0 1.0777E-4 /

XSN0001 0 0 6.7591E-6 /

XMN50001 0 0 8.8657E-3 / 8.9074E-3 /

XCRN0001 0 0 1.0530E-3 /

XH01H001 0 0 6.5197E-5 /

XEUX00DX 0 10 316.44 0.1 / 52 ((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))

XAL70001 0 0 2.8075E-2 /

XFEND001 0 0 1.4388E-4 /

XSN0001 0 0 8.8039E-6 /

XMN50001 0 0 1.5084E-4 /

XCRN0001 0 0 4.6448E-6 /

XH01H001 0 0 3.9317E-5 /

XNIN0001 0 0 6.756E-6 /
 XC02C001 0 0 3.7520E-7 /
 XH01H001 0 0 3.4750E-2 /3.4914E-2 /
 XC060001 0 0 1.7475E-2 /1.7475E-2 /
 TP13X00X 0 10316.44 0.1. /52.(GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 3.7810E-2 /
 XEN0001 0 0 8.4098E-5 /
 XSIN0001 0 0 2.3232E-4 /
 XMNS0001 0 0 7.3862E-6 /
 XMGN0001 0 0 3.9543E-4 /
 XCRN0001 0 0 4.3769E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.5379E-6 /
 XC02C001 0 0 8.5240E-8 /
 XH01H001 0 0 2.3127E-2 /2.3839E-2 /
 XEN0001 0 0 1.1684E-2 /1.1920E-2 /
 SKP1X00X 0 8.316.44 0.1. /53.((PIPE ONLY,USE FOR 2-D CAL.))
 XAL70001 0 0 6.4487E-3 /
 XEN0001 0 0 5.7043E-6 /
 XSIN0001 0 0 6.0636E-6 /
 XMGN0001 0 0 9.8988E-4 /
 XCRN0001 0 0 6.6844E-6 /
 XEN0001 0 0 5.8888E-2 /5.9266E-2 /
 XH01H001 0 0 2.9494E-2 /2.9633E-2 /
 SKP2X00X 0 8.316.44 0.1. /54.((BETWEEN 30-40MM FROM GRID PLATE FOR
 XAL70001 0 0 1.8321E-2 /GUIDE PLUG))
 XEN0001 0 0 1.4021E-5 /
 XSIN0001 0 0 3.3433E-5 /
 XMNS0001 0 0 4.3445E-6 /
 XMGN0001 0 0 6.5310E-4 /
 XCRN0001 0 0 2.6218E-6 /
 XH01H001 0 0 4.5468E-2 /4.5632E-2 /
 XEN0001 0 0 2.2734E-2 /2.2841E-2 /
 SKP2X00X 0 10316.44 0.1. /55.((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))
 XAL70001 0 0 2.8075E-2 /
 XEN0001 0 0 1.4887E-4 /
 XSIN0001 0 0 1.5083E-4 /
 XMNS0001 0 0 4.6448E-6 /
 XMGN0001 0 0 3.039E-4 /
 XCRN0001 0 0 3.9317E-5 /
 XIN0001 0 0 6.7561E-6 /
 XC02C001 0 0 3.7520E-7 /
 XH01H001 0 0 3.4750E-2 /3.4914E-2 /
 XC060001 0 0 1.7375E-2 /1.7451E-2 /
 SKP2X00X 0 10316.44 0.1. /56.((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
 XAL70001 0 0 3.7810E-2 /
 XEN0001 0 0 8.4098E-5 /
 XSIN0001 0 0 2.3232E-4 /
 XMNS0001 0 0 7.3862E-6 /
 XMGN0001 0 0 3.9543E-4 /
 XCRN0001 0 0 4.3769E-5 /
 XNIN0001 0 0 1.5379E-6 /
 XC02C001 0 0 8.5240E-8 /
 XH01H001 0 0 2.3727E-2 /2.3839E-2 /
 XEN0001 0 0 1.1684E-2 /1.1920E-2 /
 DP13X00X 0 8.316.44 0.1. /57.((PIPE ONLY,USE FOR 2-D CAL.))
 XAL70001 0 0 6.4487E-3 /
 XEN0001 0 0 5.7043E-6 /
 XNIN0001 0 0 6.0636E-6 /
 XH01H001 0 0 1.8321E-2 /GUIDE PLUG))
 XEN0001 0 0 1.4021E-5 /
 XSIN0001 0 0 3.3433E-5 /
 XMNS0001 0 0 4.3445E-6 /
 XMGN0001 0 0 6.5470E-4 /
 XCRN0001 0 0 2.6218E-6 /
 XH01H001 0 0 4.5468E-2 /4.5632E-2 /
 XEN0001 0 0 2.2734E-2 /2.2841E-2 /
 DP13X00X 0 10316.44 0.1. /58.((BETWEEN 30-40MM FROM GRID PLATE FOR
 XAL70001 0 0 1.8321E-2 /GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))
 XEN0001 0 0 2.2734E-2 /2.2841E-2 /
 XH01H001 0 0 59.((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))
 XEN0001 0 0 8.316.44 0.1. /66.((BETWEEN 30-140MM FROM GRID PLATE FOR
 PNE5X00X 0 8.316.44 0.1. /66.((BETWEEN 30-140MM FROM GRID PLATE FOR

```

XAL70001 0 0 5.5685E-2 / GUIDE PLUG))
XFN0001 0 0 5.3968E-5 /
XSN0001 0 0 4.1798E-5 /
XMN50001 0 0 1.9057E-5 /
XMGN001 0 0 3.1654E-5 /
XCRN001 0 0 2.051E-5 /
XH01H001 0 0 1.6274E-3 / .16351E-3 /
X0050001 0 0 8.1371E-4 / .8.754E-4 /
PNEXX00X 0 9.31644E-0,1 / 87((GUID PLUG UPPER ZONE,H=33MM))
XAL70001 0 0 5.0568E-2 /
XFN0001 0 0 1.8259E-4 /
XSN0001 0 0 3.6739E-5 /
XMN50001 0 0 8.2283E-6 /
XMGN001 0 0 1.3992E-3 /
XCRN001 0 0 7.2146E-5 /
XRN0001 0 0 6.7591E-6 /
XH01H001 0 0 8.8657E-3 / 8.9074E-3 /
X0060001 0 0 4.4328E-3 / 4.4531E-3 /
PNEXX00X 0 10.31644E-0,1 / 68:((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE,H=130MM))
XAL70001 0 0 5.502E-2 /
XFN0001 0 0 1.0771E-4 /
XSN0001 0 0 1.8508E-4 /
XMN50001 0 0 1.0197E-5 /
XMGN001 0 0 1.0590E-3 /
XCRN001 0 0 6.5197E-5 /
XRN0001 0 0 1.5379E-6 /
XCO2C001 0 0 8.5420E-8 /
XH01H001 0 0 2.7387E-3 / 2.7516E-3 /
X0060001 0 0 1.3694E-3 / 1.3758E-3 /
GRIDXX00X 0 10.31644E-0,1 / 69:
XAL70001 0 0 1.7831E-2 / ---- SHIM ROD FOLLOWER GUID ZONE OF :
XFN0001 0 0 2.7153E-2 / : GRID PLATE (V=10.8, I=13.0-0.5;
XSN0001 0 0 4.3979E-4 / : 44*13CM
XMN50001 0 0 1.8421E-4 /
XMGN001 0 0 1.8292E-4 /
XCRN001 0 0 6.2404E-3 /
XCO2C001 0 0 8.4233E-5 /
XRN0001 0 0 1.5170E-3 /
XH01H001 0 0 1.8019E-2 / 1.8104E-2 /
X0060001 0 0 9.0095E-3 / 9.0519E-3 /
TANKXX00X 0 6.31644E-0,1 / 70:
XAL70001 0 0 5.8512E-2 / ----
XFN0001 0 0 5.2414E-5 / ----
XSN0001 0 0 4.0531E-5 / CORE TANK , SOLID ALUMINUM :
XMN50001 0 0 2.9601E-6 /
XMGN001 0 0 1.6056E-5 /
XCRN001 0 0 7.0562E-5 /
COOLXX00X 0 2.31644E-0,1 / 71: H20 31644 K:
XH01H001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
SGRXX00X 0 6.31644E-0,1 / 72:
XAL70001 0 0 3.3150E-2 / 3.3311E-2 /
XFN0001 0 0 5.8795E-2 /
XSN0001 0 0 9.6093E-5 / ----
XMGN001 0 0 3.4741E-4 / : SOLID GRID PLATE :
XMN50001 0 0 1.1840E-5 /
XCRN001 0 0 6.0218E-5 /
XRN0001 0 0 6.88016E-5 /
RODXX00X 0 8.31644E-0,1 / 73: JOINT PART OF SHIM ROD FOLLOWER
XB000001 0 0 1.6279E-3 /
XBN0001 0 0 1.2301E-2 /
JOIXXX00X 0 12.31644E-0,1 / 74:((JOINT PART OF SHIM ROD FOLLOWER
XB000001 0 0 6.0388E-3 / B TYPE FUEL 16 CORE
XC02C001 0 0 7.9531E-5 / 1.7%=====
XFN0001 0 0 5.2332E-2 /
XSN0001 0 0 1.1904E-3 /
XMN50001 0 0 8.8677E-4 /
XGRN001 0 0 1.5882E-2 /
XHN0001 0 0 1.2301E-2 /
JOIXXX00X 0 12.31644E-0,1 / 74:((JOINT PART OF SHIM ROD FOLLOWER
XB000001 0 0 4.8828E-4 / V=0.5*3.5*5.0CM))
XC02C001 0 0 2.3051E-5 / B TYPE FUEL 16 CORE
XFN0001 0 0 5.5934E-4 /
XSN0001 0 0 2.7263E-4 /
XMN50001 0 0 4.7881E-3 /
XCRN001 0 0 6.8343E-5 /
END_DATA
# ===== Remove scratch PS files =====
# rm -r $PSDIR
cd $HOME
# rm -r $PSDIR/UFAST
# rm -r $PSDIR/UThermal
# rm -r $PSDIR/UMCross
# rm -r $PSDIR/MacroWrk
# rm -r $PSDIR/Macro
# rm -r $PSDIR/FLUX
# rm -r $PSDIR/MICREF
# rm -r $PSDIR/MICREF
=====
```

```

=====
# maccito.sh
=====
#      L MN : load module name
#      BRN = $RAACc.30m(Scalar 30M).SRACcv.50m(Vector 50M), ...
#      burnup chain library data
#      =ucnf6fp : U-Np-Pu-Am-Cm & B-10 (standard model)
#      =ethcm6fp : Th-Pa-U-Np-Pu-Am-Cm & B-10 (Th model)
#      =uem34fp : U-Np-Pu-Am-Cm & 30+4 FP & B-10 (simple FP model)
#      ODR : directory name in which output data will be stored
#      CASE : case name which is referred as names of output files and PDS
#      WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and de
#      PDS : directory name in which PDS files will be made
#
===== Set by user =====
set HOME = /home/ishikuro
set LMN = SRAC200lm
set BRN = uem6fp
set ODR = $HOME/SRAC/jr4/outp
set CASE = MACCIT10
set PDSD = $HOME/SRAC/jr4/tkp
#
===== mkdir for PDS =====
# PDS_DIR : directory name of PDS files
# PDS file names must be identical with those in input data
set PDS_DIR = $PDSD/$CASE
mkdir $PDS_DIR/UFAST
mkdir $PDS_DIR/UINTERNAL
mkdir $PDS_DIR/MICROF
#
===== Change if you like =====
# set SRACDIR = /$HOME/SRAC
# set LMN = $SRACDIR/bin/$LMN
# set DATE = $date`%b%d%H.%M.%S`#
set WKDR = $HOME/SRACmp/$CASE,$CASE,$DATE
mkdir $WKDR
#
===== Exec SRAC code with the following input data =====
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LMN >& $OUTLST
CL1D
  SILICIDE FUEL 1D MEAT CAL.(INNER:3.8 GU/CM**3,OUTER:1.9 GU/CM**3)
  1 1 0 -1 3 -2 0 0 0 1/2 2 1 0 0 0 / SRAC CONTROL
  1.0000E-12 / 0 B2
  $HOME/SRACLIB-JDL32/pds/pfsta/Old File
  $HOME/SRACLIB-JDL32/pds/othml/O_F
  $HOME/SRACLIB-JDL32/pds/pmnrs/O_F
  $PDS_DIR/UFAST Scratch Core
  $PDS_DIR/UINTERNAL S_C
  $PDS_DIR/UNCROSS S_C
  $PDS_DIR/MACROWK_S_C
#
===== Set by user =====
# $PDS_DIR/MACROWK New C
$PDS_DIR/FLUX S_C
$PDS_DIR/MICREF S_C
  61 46 3 3 /FAST:61GRP THERMAL46GRP
  61(1) /USER FAST GROUP STRUCTURE
  46(1) /USER THERMAL GROUP STRUCTURE
  26 25 16 /CONDENSED FAST GROUP STRUCTURE
  26 13 7 /CONDENSED THERMAL GROUP STRUCTURE
#
===== Set by user =====
  2 75 38 20 5 1 75 0 0 0 4 0 0 0 0 0 0 0 / PATH
  0 100 50 5 5 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 / 1000 0.5 /
  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
  17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
  33 34 35 36 37 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28
  27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12
  11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 / REG. BY SUB REG.
  3 2 1 2 4 7 6 5 4 3 2 1 / X-REG. BY R-REG.
  14 13 12 13 14 17 16 15 16 17 20 19 18 19 20
  20 19 18 20 19 18 / R-REG. BY T-REG.
  4(1) 4(2) 3(3) 3(4) 6(5) / X-REG. BY R-REG.
  2 4 5 6 1 3 5 1 3 5 1 3 5 1 3 / MATERIAL BY R-REG.
  5 1 3 5 1 3 5 1 3 5 1 3 5 1 3
  0 0 *0.235 *0.038 1*0.05 1*0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  1*0.205 *0.038 1*0.05 *0.038 1*0.038 1*0.205
  5 / NMAT
MT01301X 0 6 333.99 0 100 0 0 / INNER FUEL MEAT 3.8 GU/GM**3
XU1040001 2 0 1975.5E-5 /
XU1050001 2 0 1.9228E-3 /
XU1060001 2 0 1.3572E-5 /
XU1070001 2 0 7.69038E-3 /
XSN10001 0 0 6.32544E-3 /
XAL70001 0 0 3.80043E-2 /
MT02402X 0 6 333.99 0 100 0 0 / OUTER FUEL MEAT 1.9 GU/GM**3
XU1040001 2 0 5.37770E-6 /
XU1050001 2 0 9.61434E-4 /
XU1060001 2 0 6.78807E-6 /
XU1070001 0 0 3.84518E-3 /
XAL70001 0 0 3.16272E-3 /
XSN10001 0 0 1.68272E-3 /
CL01X00X 0 3 316.44 0.076 0 0 / CLADDING OF INNER FUEL
XAL70001 0 0 5.992E-2 /
MD01X00X 0 2 316.44 0.082 0 0 / MODERATOR
XH01H001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
XC060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 /
LE38
===== JRR-4 SILICIDE FUEL ELEMENT DENSITY 38-19 GU/CC
  1.10 1.0 1.4 0 -2 0 0 0 1/2 2 1 0 0 0 / SRAC CNTL
  1.0000E-12 / 0 BG**2
  13 360 90 9 1 1 20 18 0 0 3 0 0 890 0 0 180 0 / PATH
  1 100 50 5.5 1 0.0001 0.0001 1.2 100 0.08 /
  90 89 88 87 54 52 50 48 46 44 44 44 54 87 88 90
  85 78 77 62 51 49 47 45 43 43 45 47 49 51 53 62 77 86
  85 76 75 61 42 41 40 39 38 37 37 38 36 60 73 84
  84 74 73 60 36 34 32 30 28 26 26 28 30 32 34 36 60 73 84
  83 72 71 59 35 33 31 29 27 25 25 27 29 31 33 35 59 71 72 83
=====

```

LTX1X00X 0 10 316.44 0.1 / 2;((HANDLE AND CONNECTOR ZONE,H=13MM))
 XAL70001 0 0 1.313E-2 /
 XFFN0001 0 0 1.460E-3 /
 XSN0001 0 0 1.0280E-4 /
 XMM50001 0 0 3.540E-5 /
 XMGH0001 0 0 1.670E-4 /
 XCRN0001 0 0 4.360E-4 /
 XNN0001 0 0 1.6934E-4 /
 XC02C001 0 0 5.7950E-6 /
 XH01H001 0 0 4.990E-2 / 5.0142E-2 /
 XG060001 0 0 4.954E-2 / 2.5071E-2 /
 LTX2X00X 0 8 316.44 0.1 / ((CONNECTOR LOWER ZONE + CLAD + SIDE PLATE))
 XAL70001 0 0 2.4720E-2 /
 XFFN0001 0 0 2.5215E-5 /
 XSN0001 0 0 1.3456E-4 /
 XMM50001 0 0 1.9843E-6 /
 XMGN0001 0 0 2.6114E-4 /
 XCRN0001 0 0 1.4186E-5 /
 XH01H001 0 0 3.5645E-2 / 3.8723E-2 /
 XG060001 0 0 1.9271E-2 / 1.9362E-2 /
 LTX3X00X 0 8 316.44 0.1 / 4;((SIDE PLATE AND OUTER FUEL CLADDING))
 XAL70001 0 0 8.5170E-3 /
 XFFN0001 0 0 9.0084E-6 /
 XSN0001 0 0 3.9101E-5 /
 XMM50001 0 0 3.6760E-7 /
 XMGH0001 0 0 7.7301E-5 /
 XCRN0001 0 0 9.0288E-6 /
 XH01H001 0 0 5.8896E-2 / 5.7231E-2 /
 XC060001 0 0 2.8482E-2 / 2.8616E-2 /
 LTX4X00X 0 8 316.44 0.1 / 5.1515 FUEL PLATES CLADDING AND SIDE PLATE))
 XAL70001 0 0 1.9060E-2 /
 XFFN0001 0 0 3.3645E-5 /
 XSN0001 0 0 4.6544E-5 /
 XMM50001 0 0 5.0120E-7 /
 XMGN0001 0 0 7.0592E-5 /
 XCRN0001 0 0 8.2290E-6 /
 XH01H001 0 0 4.5109E-2 / 4.5321E-2 /
 XC060001 0 0 2.2555E-2 / 2.2681E-2 /
 LTX5X00X 0 10 316.44 0.1 / 6;((GUID PLUG UPPER ZONE, H=33MM))
 XAL70001 0 0 2.8075E-2 /
 XFFN0001 0 0 1.4887E-4 /
 XSN0001 0 0 1.5083E-4 /
 XMM50001 0 0 4.6448E-6 /
 XMGN0001 0 0 3.1039E-4 /
 XCRN0001 0 0 3.9317E-5 /
 XNN0001 0 0 6.7567E-6 /
 XC02C001 0 0 3.7520E-7 /
 XH01H001 0 0 3.4750E-2 / 3.4914E-2 /
 XC060001 0 0 1.7375E-2 / 1.7457E-2 /
 LTX6X00X 0 10 316.44 0.1 / 7;((GRID PLATE AND GUID PLUG ZONE, H=130MM))
 XAL70001 0 0 3.7800E-2 /
 XFFN0001 0 0 8.4090E-5 /
 XSN0001 0 0 2.2329E-4 /
 XMM50001 0 0 7.3962E-6 /
 XMGN0001 0 0 3.9543E-4 /
 XCRN0001 0 0 4.3769E-5 /
 XNN0001 0 0 1.5379E-6 /
 XC02C001 0 0 8.5540E-8 /
 XH01H001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
 XG060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 /
 WA13X00X 0 2 316.44 0.1 / 8;
 XH01H001 0 0 1.1864E-2 / 1.1920E-2 /
 XG060001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
 XC060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 /
 WA14X00X 0 2 316.44 0.1 / 11;
 XH01H001 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 /
 XG060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 /
 1 10*1 / MAT(N) 1 5 4 6 7 10 11
 8 9 2 3 4 5 1 5 4 6 7 10 11
 11 / NMAT
 LE38X01X 0 0 333.99 0.1 / 1
 1 1.00E-12
 999

```
END_DATA
# ===== Remove scratch PS files =====
#
# cd $HOME
# rm -r $WDR
# ===== Remove PDS files if you don't keep them =====
#
# rm -r $PDS_DIR
# rm -r $PDS_DIR/UFAST
rm -r $PDS_DIR/UTHERMAL
rm -r $PDS_DIR/UMCROSS
rm -r $PDS_DIR/MACROWK
# rm -r $PDS_DIR/MACRO
rm -r $PDS_DIR/FLUX
rm -r $PDS_DIR/MICREF
```

```

=====
# macch20.sh
=====
# =====
# alias mkdir mkdr
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
# ===== Set by user =====
# LMN load module name
# = SRACc.30m(Scalar-3Dm), SRAQvp.50m(Vector-50m), ...
# BRN : burnup chain library data
# = ucmb6fp : U-Np-Pu-Am-Cm & 65+1 FP & B-10 (standard model)
# = thcm6fp : Th-Pu-U-Np-Pu-Cm & 65+1 FP & B-10 (Th model)
# = ucmb34fp : U-Np-Pu-Am-Cm & 30+4 FP & B-10 (simple FP model)
# ODR : directory name in which output data will be stored
# CASE : case name which is referred as names of output files and PDS
# WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and de
# PDSO : directory name in which PDS files will be made
set HOME = /home/ishikuro

set LMN = SRAC200m
# set LMN = SRACvp.100m
set BRN ucmb6fp
set ODR = $HOME/SRAC/jr4/outp
set CASE = MACCIT20
set PDSO = $HOME/SRAC/jr4/tmp
# ===== mkdir for PDS =====
# PDS DIR : directory name of PDS files
# PDS file names must be identical with those in input data
set PDS_DIR = $PDSO/$CASE
mkdr $PDS_DIR
mkdr $PDS_DIR/UFAST
mkdr $PDS_DIR/UTHERMAL
mkdr $PDS_DIR/UMCROSS
mkdr $PDS_DIR/MACROWRK
mkdr $PDS_DIR/MACRO
mkdr $PDS_DIR/FLUX
mkdr $PDS_DIR/MICREF
# set SRAC DIR = $od2/g0434/j4244/srac95
# set SRAC DIR = $HOME/SRAC
set LM_ = $SRAC_DIR/bin/ALMN
set DATE = $date%4id%3MW%3S
set WKDR = $HOME/SRACtmp;$CASE;$DATE
# set WKU = /wka3/'/logname
mkdr $WKDR
# setenv fu50 $SRAC_DIR/lib/burnlib7.old/$BRN
setenv fu85 $SRAC_DIR/lib/kintab.dat
# setenv fu89 $ODR/$CASE/SET98.$DATE
# setenv fu98 $ODR/$CASE/SET98.$DATE
# setenv fu99 $ODR/$CASE/SET99.$DATE
set OUTLST = $ODR/$CASE/SFT06.$DATE
# ===== Change if you like =====
# set SRAC DIR = $od2/g0434/j4244/srac95
# set SRAC DIR = $HOME/SRAC
set LM_ = $SRAC_DIR/bin/ALMN
set DATE = $date%4id%3MW%3S
set WKDR = $HOME/SRACtmp;$CASE;$DATE
# set WKU = /wka3/'/logname
mkdr $WKDR
# setenv fu50 $SRAC_DIR/lib/burnlib7.old/$BRN
# setenv fu85 $SRAC_DIR/lib/kintab.dat
# setenv fu89 $ODR/$CASE/SET98.$DATE
# setenv fu98 $ODR/$CASE/SET98.$DATE
# setenv fu99 $ODR/$CASE/SET99.$DATE
set OUTLST = $ODR/$CASE/SFT06.$DATE
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
# ed $WKDR
ed << END DATA | $LM_ >& $OUTLST
CLID
SILICIDE FUEL ID MEAT CAL (INNER:8 GU / CM**3, OUTER:19 GU / CM**3)
1.1.1.0 1.4.3 -2.0 0.0 1.0 2.1 0.0 0.0 / SRAC CONTROL
1.0000E-12 / 0 B2
$HOME/SRACLIB-JDL32/pds/pfahm O F
$HOME/SRACLIB-JDL32/pds/pmcrs O F
$HOME/SRACLIB-JDL32/pds/pmcrs Q F
===== Scratch Core =====
$PDS_DIR/UFAST
$PDS_DIR/UTHERMAL
$PDS_DIR/UMCROSS
$PDS_DIR/MACROWRK
$PDS_DIR/MACRO
$PDS_DIR/FLUX
$PDS_DIR/MICREF
61.46 3.3 / FAST61GRP THERMAL46GRP
61(1) / USER FAST GROUP STRUCTURE
46(1) / USER THERMAL GROUP STRUCTURE
20 28 16 / CONDENSED FAST GROUP STRUCTURE
26 13 7 / CONDENSED THERMAL GROUP STRUCTURE
2.75 38 20 5.1 75 0 0 0 4 0 0 0 0 0 0 0 / PATH
0 1.00 50 5.5 1 0.0001 0.001 1.0 100 0.5 /
1 2 3 4 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
33 34 35 36 37 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28
27 28 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12
11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 / T-REG. BY SUB REG.
3 2 1 2 4 7 6 5 8 1 10 9 10 11
14 13 12 14 17 16 15 16 17 20 19 18 19 20
20 19 18 19 20 19 18 / R-REG. BY T-REG.
4(1) 2(3) 3(4) 6(5) / X-REG. BY R-REG.
2 4 5 6 1 3 5 1 3
5 1 3 5 1 3 5 1 3
0.0 1*0.235 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
1*0.205 1*0.038 1*0.05 *1*0.038 1*0.205
5 / NMAT
MT01301X 0.6 333.99 0.100 0.0 / INNER FUEL MEAT 3.8 GU / CM**3
XU040001 2 0.1975E-5
XU050001 2 0.192281E-3
XU060001 2 0.135721E-5
XU080001 2 0.763038E-3
XSN0001 0 0.632544E-3
XAL70001 0 0.380043E-2
XAL10001 0 0.633399E-100
WT02A02X 0.6 333.99 0.100 0.0 / OUTER FUEL MEAT 1.9 GU / CM**3
XU040001 2 0.192281E-3
XU050001 2 0.135721E-5
XU060001 2 0.763038E-3
XU080001 2 0.384519E-3
XSN0001 0 0.319272E-3
XAL70001 0 0.490307E-2
XAL10001 0 0.531644 0.076 0.0 / CLADDING OF INNER FUEL
XAL70001 0 0.531644 0.076 0.0 / CLADDING OF OUTER FUEL
XU040001 2 0.192281E-3
XU050001 2 0.135721E-5
XU060001 2 0.763038E-3
XU080001 2 0.384519E-3
XSN0001 0 0.319272E-3
XAL70001 0 0.490307E-2
XAL10001 0 0.531644 0.076 0.0 / MODERATOR
XH01H001 0 0.63311E-2
XO060001 0 0.33155E-2
LE38
JRR-4 SILICIDE FUEL ELEMENT DENSITY 3.8-1.9 GU/CC
1 1.0 1.4 -2.0 0 0 1.0 2 1 0 0 0 / SRAC CNTL
1.0000E-12 / 0 BG**2
13 360 90 1 1 20 18 0 3 0 8 90 0 0 180 0 / PATH
1.10 50 5.5 1 0.0001 0.001 1.0 12 100 0 0 8 /
90 89 88 87 54 52 48 46 44 44 48 50 52 54 87 88 89 90

```



```

X0060001 0 0 2.949E-2 / 2.9633E-2 /
PNE1X00X 0 8 316.44 0.1 / 13 : PN-TUBE
XAL7001 0 0 9.8729E-3 /
XFN0001 0 0 1.0612E-5 / ----- PNEUMATIC TUBE .8.148.1CM :
XSIN001 0 0 1.0032E-5 / -----
XMGN0001 0 0 4.1607E-6 / -----
XMFN0001 0 0 5.4328E-4 /
XCRN0001 0 0 3.9738E-6 / 3.9973E-2 /
XH01H01 0 0 3.1956E-6 / -----
XO060001 0 0 1.3893E-2 / 1.9987E-2 /
NEU3X00X 0 9 316.44 0.1 / 14 : NEUTRON SOURCE
XAL7001 0 0 8.5616E-3 /
XFN0001 0 0 1.31360E-5 / -----
XSIN001 0 0 6.3521E-6 / -----
XMGN0001 0 0 6.6337E-7 / -----
XCRN0001 0 0 1.2488E-4 /
XRN0001 0 0 3.96986E-6 / -----
XC02C001 0 0 4.81050E-2 / -----
XH01H01 0 0 2.8855E-3 / 2.8768E-3 /
XO060001 0 0 1.4322E-3 / 1.4334E-3 /
TP1X00X 0 8 316.44 0.1 / 15 : T-PIPE
XAL7001 0 0 8.2181E-3 /
XFN0001 0 0 9.41388E-6 /
XSIN001 0 0 8.1366E-6 /
XMGN0001 0 0 7.6664E-7 /
XCRN0001 0 0 8.4998E-4 /
XRN0001 0 0 8.8099E-6 / -----
XH01H01 0 0 5.6581E-2 / 5.7249E-2 /
XO060001 0 0 2.8491E-2 / 2.8625E-2 /
DP1X00X 0 8 316.44 0.1 / 16 : D-PIPE
XAL7001 0 0 6.4481E-3 /
XFN0001 0 0 5.7943E-6 / -----
XH01H01 0 0 5.8888E-2 / 5.9266E-2 /
XO060001 0 0 2.9494E-2 / 2.9633E-2 /
NP1X00X 0 8 316.44 0.1 / 17 : PIPE ONLY USE FOR 2-D CAL.,
XAL7001 0 0 4.8920E-6 / H-150MM
XMGN0001 0 0 3.2720E-7 / -----
XCRN0001 0 0 1.9598E-4 /
XRN0001 0 0 6.5634E-6 / -----
XFN0001 0 0 5.5838E-6 / -----
XH01H01 0 0 5.8888E-2 / 5.9266E-2 /
XO060001 0 0 2.9494E-2 / 2.9633E-2 /
NP1X00X 0 8 316.44 0.1 / 17 : PIPE ONLY USE FOR 2-D CAL.,
XAL7001 0 0 4.8920E-6 / H-150MM
XMGN0001 0 0 3.2720E-7 / -----
XCRN0001 0 0 1.9598E-4 /
XRN0001 0 0 6.5634E-6 / -----
XFN0001 0 0 5.5838E-6 / -----
XH01H01 0 0 5.8888E-2 / 5.9266E-2 /
XO060001 0 0 2.9494E-2 / 2.9633E-2 /
XH01H01 0 0 6.0753E-2 / 6.1039E-2 /
XO060001 0 0 3.0377E-2 / 3.0520E-2 /
ALFOX00X 0 6 316.44 0.1 / 18 ((SHIM ROD FOLLOWER ,SOLID ALUMINUM
XAL7001 0 0 5.8196E-2 / THICKNESS=5MM))
XFN0001 0 0 9.5038E-5 /
XSIN0001 0 0 3.4741E-4 /
XMGN0001 0 0 1.2060E-5 / -----
XCRN0001 0 0 6.0218E-4 /
XCRN0001 0 0 6.8343E-5 /
COOA00DX 0 2 316.44 0.1 / 19 H20 316.44 K
XH01H01 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 / :NEXT TO FUEL
XO060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 / :OUTER (IN SIDE)
COOB00DX 0 2 316.44 0.1 / 20 H20 316.44 K
XH01H01 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 / :INNER
XO060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 / :OUTER (OUT SIDE)
COOE00DX 0 2 316.44 0.1 / 21 H20 316.44 K
XH01H01 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 / :B1,B2
XO060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 / :C5
COOF00DX 0 2 316.44 0.1 / 24 H20 316.44 K
XH01H01 0 0 6.6310E-2 / 6.6622E-2 / :C5
XO060001 0 0 3.3155E-2 / 3.3311E-2 / -----
TANKX00X 0 6 316.44 0.1 / 25 :CORE TANK
XAL7001 0 0 5.5512E-2 / -----

```

```

=====
# zerochain.sh
=====
#   Load module name
#   = SRACc_30m(Scalar-30M), SRACc_vp_50m(Vector-50M) ...
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
# ===== Set by user =====
#
# LMN : load module name
#       = SRACc_30m(Scalar-30M), SRACc_vp_50m(Vector-50M) ...
#       = burnup chain library data
#       = ucm66fp : U-Np-Pu-Am-Cm & 65+1 FP & B-10 (standard model)
#       = ethmc66fp : Th-Pa-U-Np-Pu-Cm & 65+1 FP & B-10 (Th model)
#       = ucm34fp : U-Np-Pu-Am-Cm & 30+4 FP & B-10 (simple FP model)
# ODR : directory name in which output data will be stored
# CASE : case name which is names of output files and PDS
# WKDR : directory name in which scratch PS files will be made and de
# PDSN : directory name in which PDS files will be made
set HOME = /home/ishikuro
set LMN = SRAC.Max
set BRN = ucm66fp
set ODR = $HOME/SRAC/jr4/outp
set CASE = dc3D/FRDCRI
set PDSN = $HOME/SRAC/jr4/bmp
# ===== mkdir for PDS =====
#
# PDS.DIR : directory name of PDS files
# # PDS file names must be identical with those in input data
#
set PDS.DIR = $PDSN/$CASE
mkdir $PDS.DIR
mkdir $PDS.DIR/UFAST
mkdir $PDS.DIR/UTHERMAL
mkdir $PDS.DIR/UMCROSS
mkdir $PDS.DIR/MACROWRK
mkdir $PDS.DIR/MACRO
mkdir $PDS.DIR/FUX
mkdir $PDS.DIR/MICREF
# ===== Change if you like =====
#
# set WKDR = /$HOME/`logname`/tmp
# set SRAC.DIR = /$HOME/SRAC
# set LMN = $SRAC.DIR/bin/$LMN
# set CTINP = '$HOME/ib97/bin/citinp.out'
# set DATE = `date %Y-%m-%d %H:%M:%S`
# set WDR = '$HOME/`logname`/tmp/$CASE.$DATE'
# set WKDR = /$HOME/`logname`/tmp
# set SRAC.DIR = /$HOME/SRAC
# set LMN = $SRAC.DIR/bin/$LMN
# set CTINP = '$HOME/ib97/bin/citinp.out'
# set DATE = `date %Y-%m-%d %H:%M:%S`
# set WDR = '$HOME/`logname`/tmp/$CASE.$DATE'
# set WKDR = /$HOME/`logname`/tmp
# set SRAC.DIR = /$HOME/SRAC
# set LMN = $SRAC.DIR/bin/$LMN
# set CTINP = '$HOME/ib97/bin/citinp.out'
# set DATE = `date %Y-%m-%d %H:%M:%S`
# set WDR = '$HOME/`logname`/tmp/$CASE.$DATE'
# set WKDR = /$HOME/`logname`/tmp
# set SRAC.DIR = /$HOME/SRAC
# set LMN = $SRAC.DIR/bin/$LMN
# set CTINP = '$HOME/ib97/bin/citinp.out'
# set DATE = `date %Y-%m-%d %H:%M:%S`
# set WDR = '$HOME/`logname`/tmp/$CASE.$DATE'
# ===== Exec SRAC code with the following input data =====
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LMN > & $OUTLST
CORE
LEU 3.8GU/CM**3 20 FUEL CORE EXCESS REACTIVITY CALCULATION(7G)
# 0.0 0.0 0.0 1.0 5.0 0.1 0.0 0.1 0.0 0 / SRAC CONTROL
# 1.0000E-2 / B2 DUMMY
# $HOME/SRACLIB-JDL32/pds/prast OLD File
# 74 74 75 75 75 65 65 77

```


77
 77
 77 /Z-35

008 -6 3 3
 999

1 78*1 /MAT(N)
 79 /NMAT
 LE00A010 0 0 300.0 0.1./1 LE38
 FUEL0A20 0 0 300.0 0.1./2 LTX1
 FUEL0A30 0 0 300.0 0.1./3 LTX2
 FUEL0A40 0 0 300.0 0.1./4 LTX3
 FUEL0A50 0 0 300.0 0.1./5 LTX4
 FUEL0A60 0 0 300.0 0.1./6 LTX5
 FUEL0A70 0 0 300.0 0.1./7 LTX6
 FUEL0A80 0 0 300.0 0.1./8 COOL_UPPER_FUEL-A
 FUEL0A90 0 0 300.0 0.1./9 COOL_LOWER_FUEL-B
 FUEL0A0 0 0 300.0 0.1./10 COOL_LOWER_FUEL-B
 FUEL0B0 0 0 300.0 0.1./11 COOL_LOWER_FUEL-B
 STRA0A0 0 0 300.0 0.1./12
 STRA0A1 0 0 300.0 0.1./13 STR3-A
 ELEMA020 0 0 300.0 0.1./14 STR3-C
 ELEMA030 0 0 300.0 0.1./15 STR3-B
 ELEMA040 0 0 300.0 0.1./16 STR3-C
 STRA0B0 0 0 300.0 0.1./17
 STRA0B1 0 0 300.0 0.1./18
 SPRA00 0 0 300.0 0.1./19
 ELEMA050 0 0 300.0 0.1./20 SPR3
 SPRA00 0 0 300.0 0.1./21 SPR3
 SPRA00 0 0 300.0 0.1./22
 SPRA00 0 0 300.0 0.1./23
 C5RA00 0 0 300.0 0.1./24
 C5RA00 0 0 300.0 0.1./25
 ELEMA080 0 0 300.0 0.1./26 C5R3
 C5RA00 0 0 300.0 0.1./27
 C5RA00 0 0 300.0 0.1./28
 GIA1A000 0 0 300.0 0.1./29
 GIA2A00 0 0 300.0 0.1./30
 ELEMA070 0 0 300.0 0.1./31 GIA3
 GIA4A00 0 0 300.0 0.1./32
 GIA5A00 0 0 300.0 0.1./33
 GIL1A00 0 0 300.0 0.1./34
 GIL2A00 0 0 300.0 0.1./35
 ELEMA050 0 0 300.0 0.1./36 GIL3
 GIL4A00 0 0 300.0 0.1./37
 GIL5A00 0 0 300.0 0.1./38
 ELEMA060 0 0 300.0 0.1./39 LDA3
 ELEMA010 0 0 300.0 0.1./40 NP11
 NP12A00 0 0 300.0 0.1./41
 NEUJA00 0 0 300.0 0.1./42
 NEUJA00 0 0 300.0 0.1./43
 NEUZA00 0 0 300.0 0.1./44
 ELEMA050 0 0 300.0 0.1./45 NEU3
 NEUJA00 0 0 300.0 0.1./46
 NEUZA00 0 0 300.0 0.1./47
 ELEMA0F0 0 0 300.0 0.1./48
 TP12A00 0 0 300.0 0.1./50
 TP13A00 0 0 300.0 0.1./51
 ELEMA0G0 0 0 300.0 0.1./52 PNE1
 PNE2A00 0 0 300.0 0.1./53
 PNE3A00 0 0 300.0 0.1./54
 PNE5A00 0 0 300.0 0.1./55
 PNE6A00 0 0 300.0 0.1./56
 ELEMA0G0 0 0 300.0 0.1./57 DP11
 DP12A00 0 0 300.0 0.1./58
 DP13A00 0 0 300.0 0.1./59
 DP14A00 0 0 300.0 0.1./60
 ELEMA0G0 0 0 300.0 0.1./61 SKP1
 SKP2A00 0 0 300.0 0.1./62
 SKP3A00 0 0 300.0 0.1./63
 SKP4A00 0 0 300.0 0.1./64
 ELEMA0P0 0 0 300.0 0.1./65 TANK
 SGRIA00 0 0 300.0 0.1./66

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	メートル	m ⁻¹
密度(質量密度)	キログラム毎立法メートル	kg/m ³
質量体積(比体積)	立法メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ(物質量の濃度)	モル毎立方メートル	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率(数の)	1	1

表 3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン ^(a)	rad	m · m ⁻¹ =1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)	m ² · m ⁻² =1 ^(b)
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
圧力, 応力	ニュートン	N	m · kg · s ⁻²
エネルギー, 仕事, 热量	パスカル	Pa	m ⁻¹ · kg · s ⁻²
工率, 放射束	ワット	W	m ² · kg · s ⁻²
電荷, 電気量	クーロン	C	m ² · kg · s ⁻³
電位差(電圧), 起電力	ボルト	V	s · A
静電容量	ファラード	F	m ² · kg · s ⁻³ · A ⁻¹
電気抵抗	オーム	Ω	m ⁻² · kg ⁻¹ · s ⁴ · A ²
コンダクタンス	シemenス	S	V/A
磁束密度	エスラ	Wb	m ² · kg · s ⁻³ · A ²
インダクタンス	ヘンリ	H	Wb/m ²
セルシウス温度	セリュシウス度	°C	Wb/A
光束度	ルクス	lx	K
(放射性核種の)放射能吸収線量, 質量エネルギー一分与, カーマ	ベクレル	Bq	cd · sr ^(c)
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量, 組織線量当量	グレイ	Gy	1m ² / m ²
			1m ² / m ² · cd=cd
			m ² · m ⁻⁴ · cd=m ⁻² · cd
			s ⁻¹
			J/kg
			m ² · s ⁻²
			J/kg
			m ² · s ⁻²

(a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なる性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときのいくつかの用例は表 4 に示されている。

(b) 実際には、使用する時には記号 rad 及び sr が用いられるが、習慣として組立単位としての記号 “1” は明示されない。

(c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号 sr を単位の表し方の中にそのまま維持している。

(d) この単位は、例としてミリセルシウス度 m°C のように SI 接頭語を伴って用いても良い。

表 4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa · s	m ⁻¹ · kg · s ⁻¹
のモーメント	ニュートンメートル	N · m	m ² · kg · s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg · s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m · m ⁻¹ · s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	m · m ⁻¹ · s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg · s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² · kg · s ⁻² · K ⁻¹
質量熱容量(比熱容量), 質量エンントロピー	ジュール毎キログラム	J/(kg · K)	m ² · s ⁻² · K ⁻¹
質量エネルギー(比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² · s ⁻² · K ⁻¹
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m · K)	m · kg · s ⁻³ · K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ · kg · s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m · kg · s ⁻³ · A ⁻¹
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ · s · A
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² · s · A
誘電率	ファラード毎メートル	F/m	m ⁻³ · kg ⁻¹ · s ⁴ · A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m · kg · s ⁻² · A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² · kg · s ⁻² · mol ⁻¹
モルエンントロピー	ジュール毎モル毎ケル	J/(mol · K)	m ² · kg · s ⁻² · K ⁻¹ · mol ⁻¹
モル熱容量	ビン		
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ · s · A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² · s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ · m ⁻² · kg · s ⁻³ =kg · s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル	W/(m ² · sr)	m ² · m ⁻² · kg · s ⁻³ =kg · s ⁻³

表 5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨ	Y	10 ⁻¹	デ	d
10 ²¹	ゼ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エク	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼット	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表 6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h = 60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1° =(π/180) rad
分	'	1' =(1/60)° =(π/10800) rad
秒	"	1" =(1/60)' =(π/648000) rad
リットル	L	1L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg
ネーベル	Np	1Np=1
ベル	B	1B=(1/2) ln10 (Np)

表 7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	1eV=1.6021773(49) × 10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1u=1.6605402(10) × 10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1ua=1.49597870691(30) × 10 ¹¹ m

表 8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	里	1 海里=1852m
ノット	ト	1 ノット=1 海里每時=(1852/3600)m/s
アード	ル	1 a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
バーン	b	1 b=100fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表 9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイナ	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ボアズ	P	1 P=1 dyn · s/cm ² =0.1Pa · s
ストークス	St	1 St =1cm ³ /s=10 ⁻⁴ m ² /s
ガウス	G	1 G =10 ⁻⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe =(1000/4π) A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx =10 ⁻⁸ Wb
スチル	sb	1 sb =1cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホル	ph	1 ph=10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表 10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリ	Ci	1 Ci=3.7 × 10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58 × 10 ⁻² C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X unit	1X unit=1.002 × 10 ⁻⁴ rem
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W · m ⁻² · Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット	Torr	1 metric carat = 200 mg = 2 × 10 ⁻⁴ kg
ト		1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力口リ	cal	
ミクロ	μ	1 μ=1pm=10 ⁻⁶ m