

JAERI-Tech  
2002-100



JP0350028



# JMTR改良 LEU 炉心の熱水力解析

2003年1月

田畑 俊夫・長尾 美春・小向 文作  
那珂 通裕・武田 卓士\*・藤木 和男

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

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の間合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2003

編集兼発行 日本原子力研究所

JMTR 改良 LEU 炉心の熱水力解析

日本原子力研究所大洗研究所材料試験炉部

田畑 俊夫・長尾 美春・小向 文作  
那珂 通裕・武田 卓士\*・藤木 和男

(2002 年 11 月 22 日受理)

JMTR の燃料の最高燃焼度を増加させて燃料をより有効に使用し、年間運転日数の増加を図れるよう、炉心構成の改良を検討した結果、改良 LEU 炉心として、従来の LEU 炉心の中央部の反射体要素 2 体に代えて燃料要素 2 体を追加した新しい炉心構成を決定した。

本報告書は改良 LEU 炉心の安全評価に関わる熱水力解析の結果をまとめたものである。解析の範囲は、熱設計に関わる定常解析、運転時の異常な過渡変化及び事故について、それぞれ原子炉設置変更許可申請書の添付書類八、同十に記載された事象である。解析条件は核計算によって得られた熱水路係数等に基づいて保守的に定めた。

解析により燃料温度、DNBR、一次系冷却水温度に関する安全上の判断基準を満足することを確認し、これらの結果は原子炉設置変更許可申請に使用された。改良 LEU 炉心についての設置変更許可は平成 13 年 3 月 27 日に取得し、同年 11 月の第 142 サイクルより同炉心による運転を開始した。

Thermal Hydraulic Analysis of the JMTR Improved LEU-core

Toshio TABATA, Yoshiharu NAGAO, Bunsaku KOMUKAI,  
Michihiro NAKA, Takashi TAKEDA\* and Kazuo FUJIKI

Department of JMTR  
Oarai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Oarai-machi Higashiibaraki-gun Ibaraki-ken

( Received November 22, 2002 )

After the investigation of the new core arrangement for the JMTR reactor in order to enhance the fuel burn-up and consequently extend the operation period, the "improved LEU core" that utilized 2 additional fuel elements instead of formerly installed reflector elements, was adopted.

This report describes the results of the thermal-hydraulic analysis of the improved LEU core as a part of safety analysis for the licensing. The analysis covers steady state, abnormal operational transients and accidents, which were described in the annexes of the licensing documents as design bases events. Calculation conditions for the computer codes were conservatively determined based on the neutronic analysis results and others. The results of the analysis, that revealed the safety criteria were satisfied on the fuel temperature, DNBR and primary coolant temperature, were used in the licensing. The operation license of the JMTR with the improved LEU core was granted in March 2001, and the reactor operation with new core started in November 2001 as 142nd operation cycle.

Keywords

JMTR, Low Enriched Uranium Fuel, Safety Analysis, Thermal Hydraulic Characteristics,  
Improved LEU Core

---

\* Radioactive Waste Management and Nuclear Facility Decommissioning Technology Center

## 目次

1. はじめに	1
2. JMTR 原子炉施設の概要と改良 LEU 炉心の炉心設計	2
2.1 JMTR 原子炉施設の概要	2
2.2 炉心検討の概要	3
2.3 改良 LEU 炉心の核特性	4
2.4 改良 LEU 炉心の熱水力特性	5
3. 通常運転時の熱水力特性解析	26
3.1 解析モデルと入力データ	26
3.2 解析結果と評価	26
4. 反応度投入事象の解析	31
4.1 解析モデルと入力データ	31
4.2 起動時における制御棒の異常な引抜き	32
4.3 出力運転中の制御棒の異常な引抜き	33
4.4 照射試料による反応度付加	34
4.5 冷水導入による反応度付加	35
4.6 照射実験設備の破損による反応度の異常な付加	36
4.7 反応度投入事象の解析結果のまとめ	36
5. 冷却能力低下事象の解析	49
5.1 解析モデルと入力データ	49
5.2 一次冷却水の流量低下	50
5.3 二次冷却水の流量低下	51
5.4 商用電源喪失	51
5.5 一次冷却システムの異常な減圧	52
5.6 一次冷却水流出事故	53
5.7 主循環ポンプ軸固着事故	55
5.8 二次冷却系統循環ポンプ軸固着事故	56
5.9 炉心流路閉塞事故	56
5.10 冷却能力低下事象の解析結果のまとめ	57
6. 被ばく評価	68
6.1 炉心流路閉塞事故による被ばく評価	68
6.2 燃料取扱事故による被ばく評価	68
6.3 キャプセル破損事故による被ばく評価	69
7. まとめ	71
謝辞	71
参考文献	71
付録	73

## Contents

1. Introduction	1
2. Outline of JMTR and Core Characteristic of Improved LEU-core	2
2.1 Outline of JMTR	2
2.2 Outline of Core Examination	3
2.3 Nuclear Characteristic of Improved LEU-core	4
2.4 Thermal-hydraulics Characteristic of Improved LEU-core	5
3. Steady State Thermal Hydraulics Characteristic Analysis	26
3.1 Analysis Models and Input Data	26
3.2 Results	26
4. Analysis of Reactivity Initiated Conditions	31
4.1 Analysis Models and Input Data	31
4.2 Control Rod Withdrawal from Zero Power Operation	32
4.3 Control Rod Withdrawal from Full Power Operation	33
4.4 Reactivity Insertion by Removal of Irradiation Samples	34
4.5 Reactivity Insertion by Introduce of Cold Water	35
4.6 Reactivity Insertion by Failure of Irradiation Device	36
4.7 Summary of Analysis Results of Reactivity Initiated Conditions	36
5. Analysis of Decrease in Coolability	49
5.1 Analysis Models and Input Data	49
5.2 Primary Pump Failure and Flow Coastdown	50
5.3 Secondary Pump Failure and Flow Coastdown	51
5.4 Loss of Commercial Electric Power	51
5.5 Abnormal Pressure Decrease in Primary Cooling System	52
5.6 Loss of Primary Coolant Accident	53
5.7 Primary Coolant Pump Stick	55
5.8 Secondary Coolant Pump Stick	56
5.9 Channel Blockage Accident	56
5.10 Summary of Analysis Results of Decrease in Coolability	57
6. Evaluation of Radiation Exposure	68
6.1 Channel Blockage Accident	68
6.2 Fuel Handling Accident	68
6.3 Failure of Irradiation Capsule	69
7. Conclusion	71
Acknowledgment	71
References	71
Appendix	73

## 1. はじめに

JMTR (Japan Materials Testing Reactor、50MW) は、軽水炉燃料・材料や核融合炉材料等の中性子照射試験に幅広く利用されている軽水減速軽水冷却タンク型の汎用型材料試験炉<sup>(1)</sup>である。JMTR では、試験研究炉の濃縮度低減化計画に基づき、1994 年から濃縮度約 19.8%の低濃縮ウラン燃料 (以下「LEU 燃料」という) を用いた炉心で運転を行っている。LEU 燃料では Cd 可燃性吸収体の採用により 1 サイクル連続約 25 日の運転が可能になり、年間 4 ないし 5 サイクル運転されている。しかし、近年、原研内外の照射利用者から年間の中性子照射量の増加が強く要望されている。また今後、軽水炉の炉内構造材の照射誘起応力腐食割れ (IASCC) に関する照射試験、核融合炉材料開発のための照射試験等が予定されており、これらの照射試験では特に高い中性子照射量が必要とされている。これらの照射試験に対応するため、年間の運転日数を増加できる炉心の検討を行った。

本報告書は、改良 LEU 炉心による運転に必要な原子炉設置変更許可申請のための安全解析の一環として行った通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時の熱水力解析等について述べたものである。2 章では JMTR 原子炉施設の概要と改良 LEU 炉心の炉心設計、3 章、4 章及び 5 章では、それぞれ、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時の熱水力解析の内容を、6 章では気象及び社会環境データの見なおしに伴う事故時の被ばく評価の内容について示す。

炉心の安全性の確認については、JMTR 原子炉施設の低濃縮 (20%未満) ウラン燃料要素の使用に係る設置変更許可 (平成 4 年 2 月 28 日付け許可) 時の解析方法と同様の方法で行った。解析の結果から、通常運転時の安全性に関する設計方針、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に関する安全評価の判断基準を満足することを確認した。また、事故時の被ばく評価においては敷地境界外における公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認した。これらの結果をもとに原子炉設置変更許可申請を行い、平成 13 年 3 月 27 日付けで改良 LEU 炉心についての原子炉設置変更許可<sup>(2)</sup>を取得した。

## 2. JMTR 原子炉施設の概要と改良 LEU 炉心の炉心設計

### 2.1 JMTR 原子炉施設の概要

#### (1) 炉心構成

JMTR の原子炉本体は、圧力容器、炉心及び原子炉プールから構成されている。炉心は、7.72cm 角の燃料要素及び反射体要素が 5×7 格子配列に並べられた燃料領域と周辺の反射体領域で構成される。従来の LEU 炉心の燃料領域は、22 体の標準燃料要素、5 体の燃料フォロー付制御棒、照射用反射体要素 8 体で構成され、燃料領域のすぐ外側にはベリリウム反射体要素と固定式のベリリウム枠、さらにその外側にはアルミニウム反射体要素が配置されている。原子炉本体の概略を図 2.1 に、LEU 炉心の炉心配置例を図 2.2 に示す。

燃料要素には標準燃料要素と燃料フォローがある。燃料要素の諸元を表 2.1 に、標準燃料要素及び燃料フォローの概略図を図 2.3 及び図 2.4 に示す。標準燃料要素は燃料板 19 枚と側板等で構成され、燃料板間は冷却水の流路である。標準燃料要素は炉内の格子板に上部から挿入され、自立する構造である。燃料フォローは燃料板 16 枚と側板等で構成され、その上部は制御棒の中性子吸収体(ハフニウム製)に結合されて、制御棒案内管の内部を上下に動く構造である。

燃料芯材はウランシリコンアルミニウム分散型合金( $U_3Si_2-Al$ )であり、燃料板側板部には可燃性吸収体としてアルミニウムで被覆したカドミウムワイヤが挿入されている。

制御棒は粗調整棒(SH-1、2、3)と微調整安全棒(SR-1、2)の 5 本があり、上から中性子吸収体、燃料フォロー、連結部の順に接続されている。原子炉運転時には、微調整安全棒 2 本のうちいずれかの 1 本を自動運転のための微調整棒として使用する。

LEU 炉心では、運転サイクル毎に 2 サイクル使用後の標準燃料要素 10 体又は 12 体、1 サイクル使用後の燃料フォロー 5 体の合計 15 体又は 17 体を交互に取り出す。LEU 炉心の燃料配置を図 2.5 に示す。

#### (2) 原子炉冷却系統

原子炉冷却系統施設は、一次冷却系統、二次冷却系統、非常用冷却系統、UCL 系統及びプールカナル循環系統から構成されている。原子炉冷却系統の概略を図 2.6 に示す。

一次冷却系統は、主循環系統及び精製系統で構成され、主循環系統は、炉心で発生する熱(50MW)を一次冷却水(炉心流量約 6,000m<sup>3</sup>/h)で除去し、熱交換器を介して二次冷却系統に伝えるためのものであり、主循環ポンプ、緊急ポンプ、熱交換器、圧力サージタンク等から構成されている。また、精製系統は、一次冷却水の脱気及び水質の維持を行うためのもので、脱気タンク、移送ポンプ、充填ポンプ、イオン交換塔、フィルタ等から構成されている。

二次冷却系統は、原子炉内で発生する熱を熱交換器を介して一次冷却系統から受け、これを冷却塔から大気に放散するためのもので、冷却塔、循環ポンプ、補助ポンプ等から構成されている。

非常用冷却系統は、運転時の異常な過渡変化時及び事故時において適切な炉心冷却能力を確保するためのものであり、非常用電源駆動の主循環ポンプ、緊急ポンプ、サイフォンブレイク弁、炉プール連通弁等から構成されている。非常用電源駆動の主循環ポンプ、緊急ポンプは崩壊熱を除去するための設備であり、サイフォンブレイク弁、炉プール連通弁及び漏えい水再循環設備は、一次冷却水流出事故時に炉心を冠水状態に維持するための設備である。



### (3) 計測制御設備

計測制御設備は、核計装、プロセス計装、安全保護回路及び制御装置から構成されている。

核計装は、原子炉の起動、運転、停止に必要な、炉内中性子束、ペリオドの計測を行うものであり、起動系、対数出力系、線型出力系からなる。中性子検出器として、起動系には核分裂計数管が、対数出力系及び線型出力系にはガンマ線補償型電離箱が使用されている。これらの検出器は、圧力容器上部から案内管を通して炉心部近くに挿入されている。

プロセス計装は、原子炉プラントを安全に運転するために必要な、各冷却系統の圧力、流量、温度等の計測を行うものである。

安全保護回路は、原子炉の異常の程度に応じてスクラム等の安全動作を開始させるためのものである。安全保護回路の概略を図 2.7 に示す。

制御装置は、5本の制御棒と非常用制御設備から構成される。制御棒は3本の粗調整棒(SH-1, 2, 3)と微調整安全棒(SR-1, 2)からなり、中性子吸収体としてハフニウムを使用している。非常用制御設備としては、五硼酸ソーダ水溶液約 5m<sup>3</sup>を蓄えたポイズンタンクを備えている。制御棒駆動機構の概略を図 2.8 に示す。

### (4) 電源設備

電源系統は、商用電源とディーゼル発電機による非常用電源に大別される。非常用電源には、定電圧系統としてディーゼル発電機から受電する電動機と発電機を組み合わせた M-G 系統及びディーゼル発電機により常に充電状態にあるバッテリー系統が備えられている。非常用電源のディーゼル発電機は、原子炉運転中は常時運転されている。非常用冷却系統、非常用排気設備及び計測制御系統等、原子炉の安全上特に重要なものは、非常用電源から常時受電している。電源系統の概略を図 2.9 に示す。

## 2.2 炉心検討の概要

LEU 燃料は、1 サイクル 25 日の連続運転において、標準燃料要素を 2 サイクル、燃料フォローを 1 サイクル使用したときの燃料要素平均の最高燃焼度は約 40% であり、燃焼度の制限値である 50% に対して余裕がある。そこで炉心の検討においては、燃料要素平均の最高燃焼度は、JMTR の LEU 燃料とほぼ同じ仕様のウランシリサイドアルミニウム分散型低濃縮ウラン燃料を用いている JRR-3 の許可条件と同じく 60% 以下とした。また、経済性の観点から燃料要素の年間使用体数は従来の炉心の 4 サイクル分 64 体以内に収めつつ、年間の運転日数を 180 日以上とすることを目標とした。

炉心の検討に際しては、現行の原子炉設置変更許可に基づく LEU 炉心(標準燃料要素 22 体、制御棒の燃料フォロー 5 体の計 27 体の燃料要素で構成)の配置を変えずに、1 サイクルの運転日数を延長する場合は先ず検討し、続いて LEU 炉心の中央部の反射体 2 体を標準燃料要素に置き換えて、24 体の標準燃料要素、5 体の燃料フォロー付制御棒の計 29 体の燃料要素で構成する炉心の検討を行った。

後者については、標準燃料要素 24 体を 3 バッチ方式で交換するように考え、LEU 炉心からの移行を考慮して、新燃料、1 サイクル使用燃料、2 サイクル使用燃料の体数をそれぞれ、10 体、8 体、6 体とした場合、8 体、8 体、8 体とした場合、またサイクル毎に燃料要素の装荷位置をシャフリングする場合としない場合を検討した。炉心検討の結果を表 2.2 に示す。

検討の結果、目標とした燃料要素平均の最高燃焼度、年間使用燃料体数及び年間運転日数を

十分満足する炉心として検討炉心5を採用することとした（以下「改良 LEU 炉心」という）。改良 LEU 炉心では標準燃料要素は3サイクル使用することとし、新燃料要素8体、1サイクル燃焼燃料8体、2サイクル燃焼燃料8体をそれぞれ装荷する。燃料フォロワは2サイクル使用することとし、新燃料要素2体又は3体、1サイクル燃焼燃料3体又は2体を装荷する。また、1サイクルの運転日数は32日、標準燃料要素の装荷位置はサイクル毎にシャフリングする。これにより、サイクル当たりの新燃料要素の使用数はLEU炉心の平均16体から平均10.5体に抑制され、現在の4サイクル分の燃料要素64体以内で年間6サイクル、最長192日の運転が可能となった。改良 LEU 炉心の炉心配置例を図2.10に、燃料配置とシャフリング方法を図2.11に示す。

### 2.3 改良 LEU 炉心の核特性

試験研究炉の炉心の核設計においては、以下の事項を満足することが要求される。<sup>(3)</sup>

- ① 制御棒は適切な停止余裕を有すること。
- ② すべての運転範囲で負の反応度フィードバック特性を有すること。
- ③ 熱設計との関連では、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料板の損傷が起らないこと。

そこで JMTR の核設計<sup>(4)</sup>においては、以下の項目を満足することを基本方針としている。

#### (1) 過剰反応度

炉心の過剰反応度は、15%  $\Delta k/k$  以下になるようにする。

#### (2) 反応度制御効果

- a. すべての制御棒を挿入した状態での実効増倍率を0.9以下とする。
- b. いずれかの制御棒1本を完全に引き抜いた状態でも炉心を臨界未満にできるようにする。

#### (3) 反応度変化率

反応度変化率は、制御棒が最大駆動速度で引き抜かれても0.5%  $\Delta k/k/s$  以下になるようにする。

#### (4) 反応度係数

減速材温度係数、減速材ボイド係数及びドプラ係数が負となるようにする。

#### (5) 出力分布

炉心は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、熱的制限値を超える異常な出力分布が生じることのないようにする。

#### (6) 燃焼度

LEU 燃料の燃料要素平均の最高燃焼度は、LEU 炉心については50%以下、改良 LEU 炉心については60%以下となるようにする。

改良 LEU 炉心の核特性解析結果<sup>(5)</sup>を LEU 炉心と比較して表2.3に示す。改良 LEU 炉心の核特性解析結果の概略は以下のとおりであり、核設計における基本方針をすべて満足している。

#### (1) 過剰反応度

改良 LEU 炉心の過剰反応度は、燃料体2体の追加及び燃焼度の増加に伴うカドミウムによる吸収反応度の減少により増加する。最大の過剰反応度は、LEU 炉心から移行するため<sup>235</sup>U 装荷量が最も多くなる第1サイクル初期の約13.1%  $\Delta k/k$  である。

## (2) 反応度制御効果

改良 LEU 炉心では過剰反応度が大きいいため、反応度制御効果は LEU 炉心と比較して小さくなる。すべての制御棒を挿入した状態での実効増倍率の最大値は第 1 サイクル初期の約 0.883 である。また、最大反応度効果を有する制御棒 1 本を完全に引き抜いた状態での実効増倍率の最大値は、第 1 サイクル初期の約 0.981 である。

## (3) 反応度変化率

改良 LEU 炉心では燃料体を 2 体追加することに伴い、炉心中央部の中性子束が増加するため、微調整棒の反応度値が増加し、反応度変化率は LEU 炉心の場合より大きくなる。反応度変化率の最大値は、第 3 サイクル末期の約 0.43%  $\Delta k/k/s$  である。

## (4) 反応度係数

燃焼度の増加及び炉心構成の変更による反応度係数への影響は小さく、各反応度係数はすべての運転範囲内において負である。

## (5) 出力分布

改良 LEU 炉心では燃焼度の増加した燃料要素数が増えることにより、新燃料、特に燃料フォロウの出力分担割合が相対的に増加するため、核的熱水路係数の最大値は第 3 サイクル運転初期の燃料フォロウに現れ、その値は 3.41 である。

核計算で得られた核的熱水路係数を用いた解析結果では、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、熱的制限値を超える異常な出力分布は生じていない。

## (6) 燃焼度

改良 LEU 炉心の燃焼計算は、原子炉出力 50MW、1 サイクルの運転日数 32 日で行った。その結果、燃料要素平均の最高燃焼度は第 4 サイクル末期の約 54% であり、改良 LEU 炉心の燃料要素平均の最高燃焼度として設定した 60% 以下である。運転サイクル末期における燃料要素平均の燃焼度分布を図 2.12 に示す。また、LEU 炉心（平衡炉心）の燃料要素平均の燃焼度分布を付録 A.1 に示す。

## 2.4 改良 LEU 炉心の熱水力特性

JMTR の熱出力は 50MW であり、炉心で発生した熱は一次冷却システムにより除去する。一次冷却水は炉心部を下向きに流れ、燃料要素、反射体要素等で発生する熱を除去した後、圧力容器を出て一次冷却系配管を通り、主循環ポンプ、熱交換器を経て圧力容器上部プレナムに戻る。通常運転時の一次冷却水流量は約 6,000m<sup>3</sup>/h、一次冷却水原子炉入口最高温度は 49°C である。炉心の主な熱的仕様を表 2.4 に示す。

本原子炉の熱設計は、核計算で得られた核的熱水路係数、熱出力、伝熱面積、冷却水流量、圧力、工学的熱水路係数等を勘案して行い、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料板の損傷が起こらないよう 2.4.2 項に述べる判断基準を満足することとしている。

### 2.4.1 解析に用いる熱水路係数

通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時の燃料温度の計算において、結果が厳しくなるように炉心の出力分布及び工学的熱水路係数等を考慮している。核的熱水路係数は改良 LEU 炉心の核計算から得られた値を、また、工学的熱水路係数は従来と同じ値を用いた。

## (1) 核的熱水路係数

水平方向の出力分布は、炉心内の水平方向出力分布因子 ( $F_H$ ) と燃料要素内の局部的出力分布因子 ( $F_L$ ) の積に、各運転サイクルの炉心配置及び計算誤差を考慮した値 ( $F_E$ ) を使用する。また、

軸方向出力分布因子( $F_z$ )は、水平方向の出力分布と同様に核計算で求めた値を使用する。改良 LEU 炉心の核的熱水路係数の最大値は、LEU 炉心から改良 LEU 炉心に移行して平衡炉心になる第 3 サイクル運転初期の燃料フォロー SR-1 に現れており、その値は 3.41 である。熱水路係数を表 2.5 に、核的熱水路係数(出力分布因子)の詳細を図 2.13 及び図 2.14 に示す。また、LEU 炉心(平衡炉心)の核的熱水路係数(出力分布因子)の詳細を付録 A.2-1 及び付録 A.2-2 に示す。

## (2) 工学的熱水路係数

工学的熱水路係数として、燃料製作公差、流量分布の不均一性等の不確定因子を熱特性解析に考慮する。核的熱水路係数及び工学的熱水路係数の設定根拠を表 2.6 に示す。

## 2.4.2 解析結果の判断基準

### (1) 通常運転時

通常運転時において、燃料板の損傷が起こらないことを確認するための判断基準は以下のとおりである。

- ① 燃料板表面最高温度は冷却水の沸騰を抑えるため 200℃以下であること。
- ② 最小 DNBR は 1.5 以上であること。
- ③ 燃料芯材最高温度はブリスタ発生温度(400℃)以下であること。

### (2) 運転時の異常な過渡変化時

運転時の異常な過渡変化に関する安全評価で想定された事象が生じた場合に、炉心は燃料の許容設計限界を超えることなく、かつ、原子炉施設は通常運転時に復帰できる状態で事象が収束される設計であることを確認するための判断基準は以下のとおりである。

- ① 最小 DNBR は 1.5 以上であること。
- ② 燃料被覆は機械的に破損しないこと。具体的には、燃料芯材最高温度がブリスタ発生温度(400℃)以下であり、燃料の被覆材に発生する熱応力が耐力以下であることとする。
- ③ 一次冷却系統にかかる圧力は、最高使用圧力以下であること。具体的には、原子炉出口における一次冷却水の温度が飽和温度以下であることとする。

### (3) 事故時

事故に関する安全評価で想定された事象が生じた場合に、炉心の溶融あるいは著しい損傷のおそれなく、かつ、事象の過程において他の異常状態の原因となるような 2 次的損傷が生じなく、さらに放射性物質の放散に対する障壁の設計が妥当であることを確認するための判断基準は以下のとおりである。

- ① 燃料は破損に伴う著しい機械的エネルギーを発生しないこと。また、炉心は著しい損傷に至ることなく、かつ、十分な冷却が可能であること。具体的には、燃料芯材最高温度が被覆材の溶融温度(582℃)以下であることとする。
- ② 一次冷却系統にかかる圧力は、最高使用圧力以下であること。具体的には、原子炉出口における一次冷却水温度が飽和温度以下であることとする。
- ③ 周辺公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと。具体的には、周辺公衆の実効線量当量が 5mSv を超えないこととする。

表 2.1 燃料要素の諸元

項 目		区 分	
		L E U 燃 料	
		標準燃料要素	燃料フォロー
型 式		改良 ETR 型	ETR 型
燃料板枚数		19 枚	16 枚
燃料芯材厚さ (mm)		約 0.51	約 0.51
燃料芯材幅 (mm)		約 62	約 50
燃料芯材長さ (mm)		約 760	約 750
被覆材厚さ (mm)		約 0.380	約 0.380
燃料板厚さ (mm)		約 1.27	約 1.27
燃料板幅 (mm)		約 71	約 60
燃料板長さ (mm)		約 780	約 770
燃料要素寸法 (mm)		約 76×76	約 64×64
<sup>235</sup> U 含有量 (g)		約 410	約 275
冷却水流路	流路厚さ (mm)	約 2.67(12)	約 2.59(15)
	( ): 流路数	約 2.92( 2 )	—
		約 3.02( 4 )	—
	流路数合計	18	15
燃料芯材	種 類	ウランシリコンアルミニウム分散型合金	
	組 成 ウラン密度 (g/cm <sup>3</sup> )	U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> -Al 約 4.8	
被覆材	種 類 材料規格	アルミニウム合金 JIS A 6061、AG3NE *1 又は相当品	
可燃性	種 類	カドミウム	カドミウム
	線 径 (mm)	約 0.3	約 0.3
吸収体	長 さ (mm)	約 760	約 750
	被覆材種類	アルミニウム合金	アルミニウム合金
	被覆材厚さ (mm)	約 0.25	約 0.25
	本 数	18 本	16 本
最高燃焼度 (%) (要素平均)		60	

注：\*1；AG3NE は仏国で開発されたアルミニウム合金である。

表 2.2.2 炉心検討結果一覧 (炉心出力はすべて定格出力 50MW)

炉心	項目	サイクル当りの 運転日数	年間運転日数	燃料使用サイクル数	燃料要素 年間使用数	最高燃焼度 (%)	過剰反応度*2 (% Δk/k)	備考
27 体 炉 心	LEU 炉心 (10-12 炉心) *1	25	100 (4 サイクル)	標準 ; 2 サイクル フォロワ ; 1 サイクル	64 体	約 32	約 3.0	従来の設置許可 による炉心
	検討炉心 1 (11-11 炉心) *1	32	128 (4 サイクル)	フォロワはサイクル毎に 全数 5 体交換		約 44	約 1.2	2 パッチの炉内配 置を対称にした 炉心
29 体 炉 心	検討炉心 2 (8-8-8 炉心) *1	30	180 (6 サイクル)	標準 ; 3 サイクル フォロワ ; 2 サイクル	63 体	約 52	約 1.0	燃料シヤプリングなし
	検討炉心 3 (8-8-8 炉心) *1	30		フォロワは 2 サイクル毎 に全数 5 体交換		約 52	約 2.1	燃料シヤプリングあり
	検討炉心 4 (8-8-8 炉心) *1	32	192 (6 サイクル)	標準 ; 3 サイクル フォロワ ; 2 サイクル		約 54	約 0.9	燃料シヤプリングなし
	検討炉心 5 (8-8-8 炉心) *1	32		フォロワはサイクル毎に 2 体又は 3 体交換		約 54	約 1.5	燃料シヤプリングあり

\*1 : (x-y-z 炉心)の x は、標準燃料の新燃料の数、y は 1 サイクル使用燃料の数、z は 2 サイクル使用燃料の数を表す

\*2 : 運転末期の反応度

表 2.3 核 特 性 一 覧

項 目	LEU 炉 心		改良 LEU 炉 心
	初装荷炉心	平衡炉心	
過剰反応度[% $\Delta k/k$ ]	約 9.9	約 9.6	約 13.1
反応度制御効果( $k_{eff}$ )			
a. 全制御棒挿入時	約 0.864 (約-15.8)* <sup>1</sup>	約 0.862 (約-16.0)* <sup>1</sup>	約 0.883 (約-13.3)* <sup>1</sup>
b. 最大反応度効果を有する 制御棒 1 本完全引抜き時	約 0.960 (約-4.2)* <sup>1</sup>	約 0.959 (約-4.3)* <sup>1</sup>	約 0.981 (約-1.9)* <sup>1</sup>
制御棒価値[% $\Delta k/k$ ]			
a. 全制御棒価値	約 25.7	約 25.6	約 26.2
b. 制御棒最大価値	約 11.6	約 11.7	約 11.3
反応度変化率[% $\Delta k/k/s$ ]	約 0.38	約 0.40	約 0.43
反応度係数			
a. 減速材温度係数(27°C~ 177°C) [% $\Delta k/k/^\circ C$ ]	約 (-2.3~ -5.1) $\times 10^{-2}$	約 (-2.3~ -4.7) $\times 10^{-2}$	約 (-2.2~ -5.0) $\times 10^{-2}$
b. 減速材ボイド係数(0~ 15%void) [% $\Delta k/k/\%void$ ]	約 (-2.4~ -4.0) $\times 10^{-1}$	約 (-2.3~ -3.7) $\times 10^{-1}$	約 (-2.2~ -4.1) $\times 10^{-1}$
c. ドプラー係数(27°C~ 427°C) [% $\Delta k/k/^\circ C$ ]	約 (-1.7~ -2.7) $\times 10^{-3}$	約 (-1.7~ -2.6) $\times 10^{-3}$	約 (-1.7~ -2.6) $\times 10^{-3}$
動特性パラメータ			
a. 即発中性子寿命 [ s ]	約 $4.8 \times 10^{-5}$	約 $5.1 \times 10^{-5}$	約 $4.9 \times 10^{-5}$
b. 実効遅発中性子割合	約 $7.5 \times 10^{-3}$	約 $7.4 \times 10^{-3}$	約 $7.3 \times 10^{-3}$

\*1 は% $\Delta k/k$  で表した値

表 2.4 主な熱的仕様

項目	炉心	
	LEU 炉心	改良 LEU 炉心
熱出力	50 MW	
平均出力密度	約 460 MW/m <sup>3</sup>	約 425 MW/m <sup>3</sup>
一次冷却水流量	約 6,000 m <sup>3</sup> /h	
原子炉入口温度 (最高)	49 °C	
原子炉出口温度	約 56 °C	
原子炉入口圧力 (ゲージ圧)	約 1.37 MPa	
炉心全伝熱面積	約 41 m <sup>2</sup>	約 45 m <sup>2</sup>
平均熱流束	約 1.2 MW/m <sup>2</sup>	約 1.1 MW/m <sup>2</sup>

表 2.5 熱水路係数

因子	炉心		
	LEU 炉心	改良 LEU 炉心	
	標準燃料要素	標準燃料要素	燃料フォロー
核的熱水路係数 ( $F_N = F_H \cdot F_L \cdot F_Z \cdot F_E$ )	3.14	3.01	3.41
・F=水平方向出力分布因子 ( $F_H$ )			
× 局部出力分布因子 ( $F_L$ )	2.12	2.02	2.79
× 不確定因子 ( $F_E$ )			(*2.05)
・垂直方向出力分布因子 ( $F_Z$ )	1.48	1.49	1.22
工学的熱水路係数			
・冷却水バルク温度上昇因子 ( $F_b$ )		1.33	
・フィルム温度上昇因子 ( $F_f$ )		1.57	

\* : ホットチャンネル当たりの発熱量は、F に比例する。

ただし、改良 LEU 炉心の燃料フォローについては、炉心有効長 75cm のうちの 55cm が挿入されているので F は  $2.79 \times 55/75 = 2.05$  となる。



表 2.6 核的熱水路係数及び工学的熱水路係数の設定根拠

因 子	値	統計	設 定 根 拠
(1) 核的因子 $F_N$	3.41(3.14)		( ) 内数字は LEU 炉心の値を示す
①水平方向出力分布因子	1.54(1.17)	無	核計算；制御棒位置に対する最も過酷な水平方向分布
②垂直方向出力分布因子	1.22(1.48)	無	核計算；制御棒位置に対する最も過酷な垂直方向分布
③局部出力分布因子	1.26(1.26)	無	核計算；制御棒位置に対する最も過酷な分布
④不確定因子	1.44(1.44)	無	サイクル間変動（運転統計）と計算誤差（実験）の積
(2) 冷却水バブル温度上昇因子	$F_b$ 1.33		
(a) 発熱側因子			
①出力レベル計測誤差因子	1.05	有	機器仕様；計測誤差±5%
②燃料板内 U235 含有量誤差因子	1.02	有	燃料仕様；含有量誤差±2%
③冷却水正味発熱割合因子	1.00	無	$\gamma$ 線による発熱を考慮しない
(b) 除熱側因子			
①チャンネル流量偏在因子	1.16	無	実験結果；流動試験
チャンネル内流量分布因子	1.08	無	実験結果；流動試験
チャンネル間流量分布因子	1.07	無	実験結果；流動試験
②流路断面積誤差因子	1.13	有	燃料仕様；流路寸法
③流量計測誤差因子	1.02	有	機器仕様；計測誤差±5%
(3) フィルム温度上昇因子	$F_f$ 1.57		
(a) 発熱側因子			
①熱流束レベル測定誤差因子	1.05	有	機器仕様；計測誤差±5%
②燃料板内 U235 含有量誤差因子	1.02	有	燃料仕様；含有量誤差±2%
③燃料板内 U235 分布偏在因子	1.20	有	燃料仕様；ドックボーン部考慮
④燃料体幅分布因子	1.04	有	燃料仕様；幅寸法
⑤燃料体長さ因子	1.01	有	燃料仕様；長さ寸法
⑥燃料板内正味発熱割合因子	1.00	無	$\gamma$ 線による発熱を考慮しない
(b) 除熱側因子			
①熱伝達相関式誤差因子	1.05	無	実験結果；Dittus-Boelter の式
②対熱伝達係数流速偏在因子	1.12	無	実験結果；流動試験
③対熱伝達係数流速計測誤差因子	1.02	有	機器仕様；計測誤差±5%
④対熱伝達係数流路断面積誤差因子	1.01	有	燃料仕様；流路寸法
⑤その他の因子	1.10	無	スウェリング等の諸因子を考慮

統 計；統計処理の有無を示す。

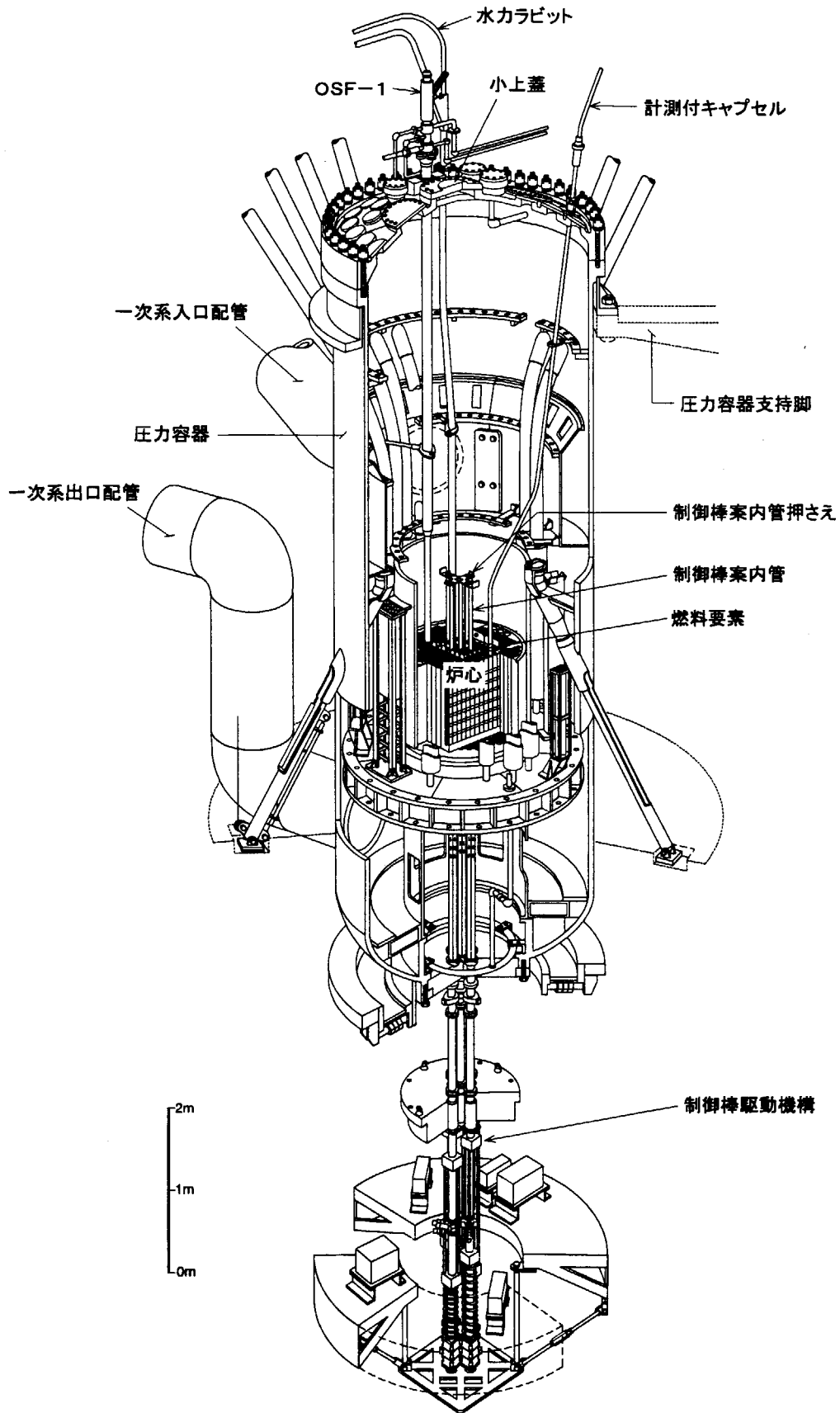
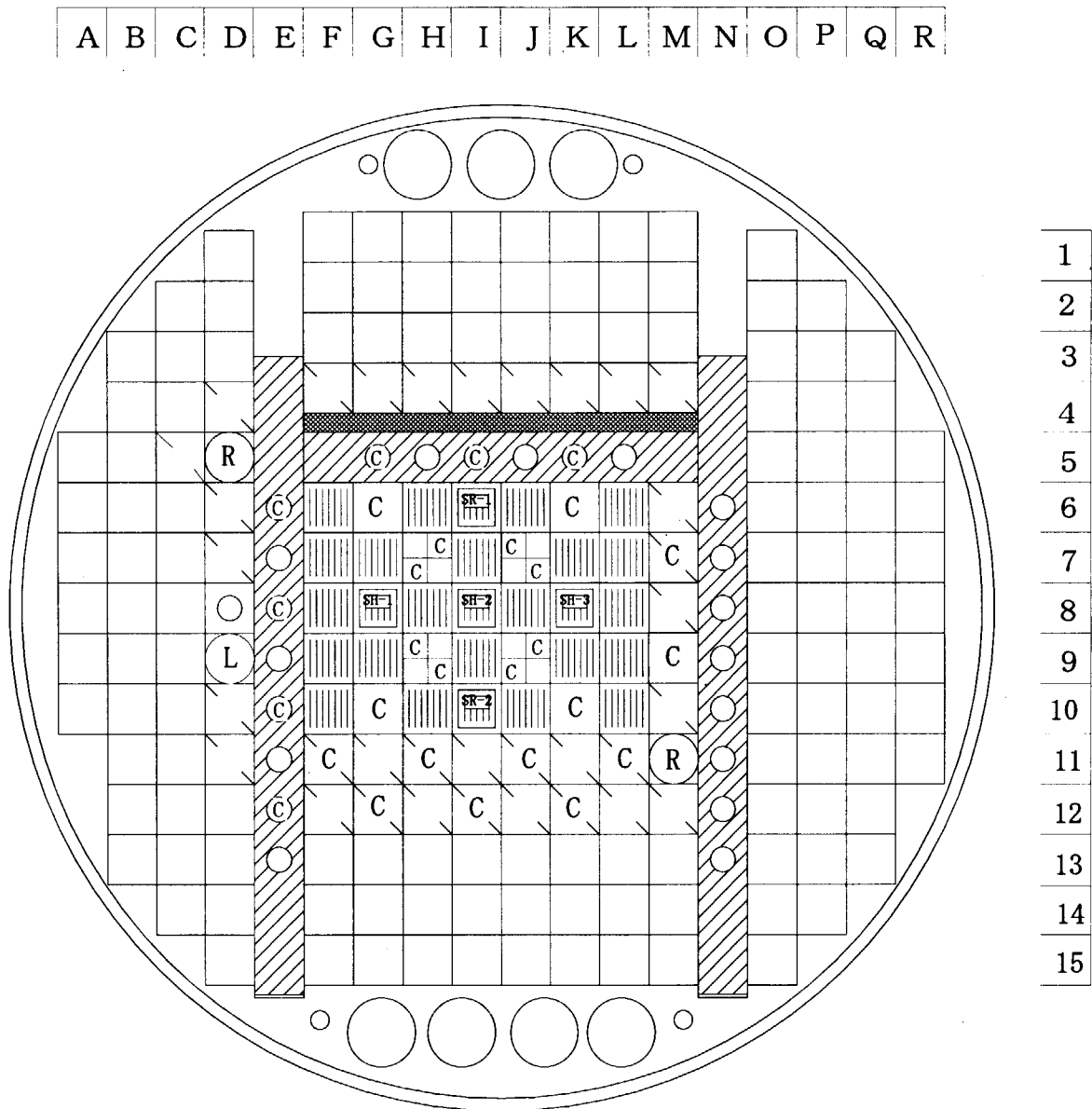


図 2.1 原子炉本体概略図









- |   |            |   |             |
|---|------------|---|-------------|
|  | 標準燃料要素     |  | ベリリウム反射体要素  |
|  | 制御棒、燃料フォロワ |  | アルミニウム反射体要素 |
|  | ベリリウム枠     |  | ガンマ線遮へい板    |
| L   | ループ        |   |             |
| C   | キャプセル      |   |             |
| R   | 水カラビット     |   |             |

図2.2 LEU炉心配置例

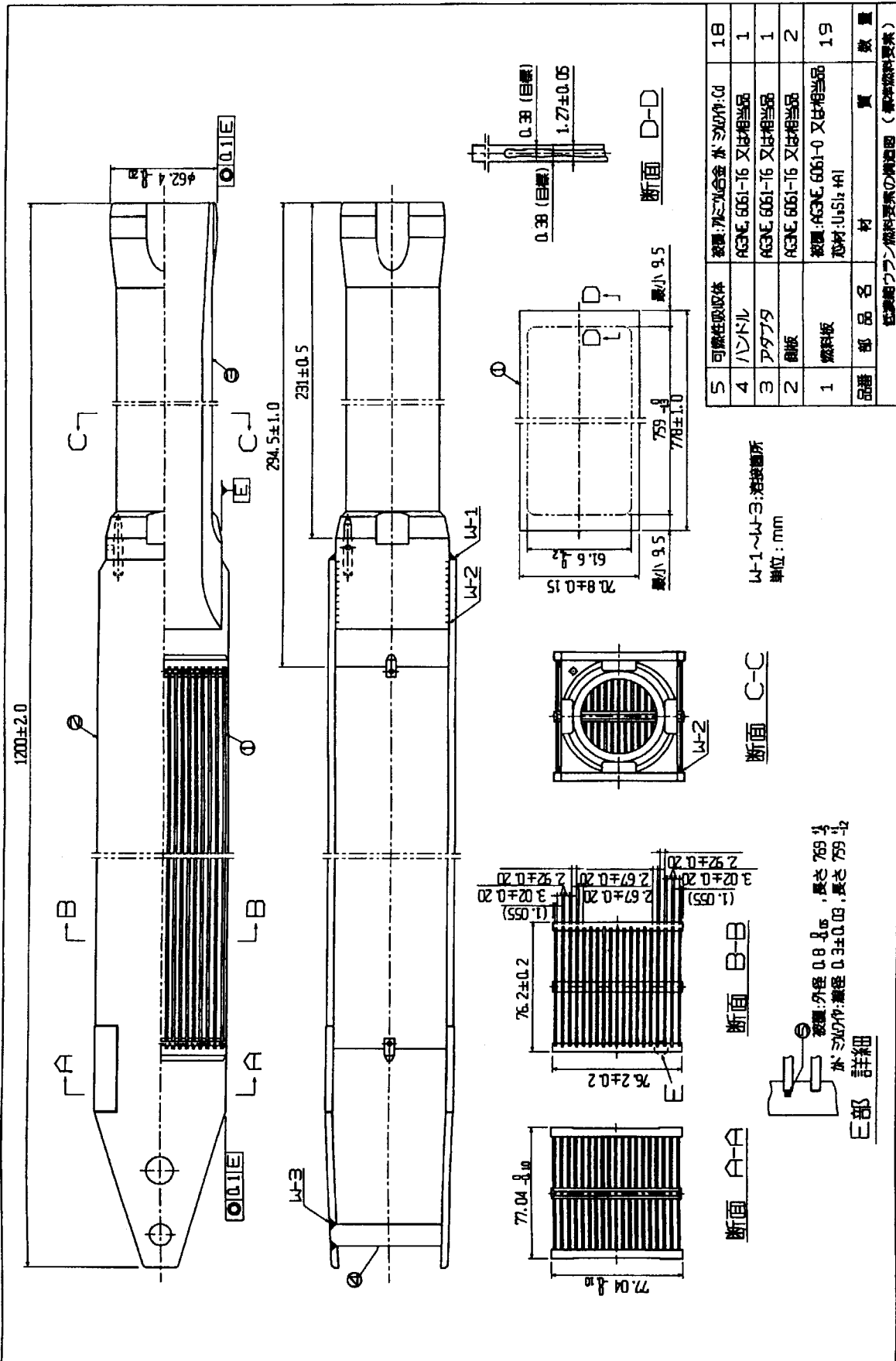


図 2.3 標準燃料要素の概略図

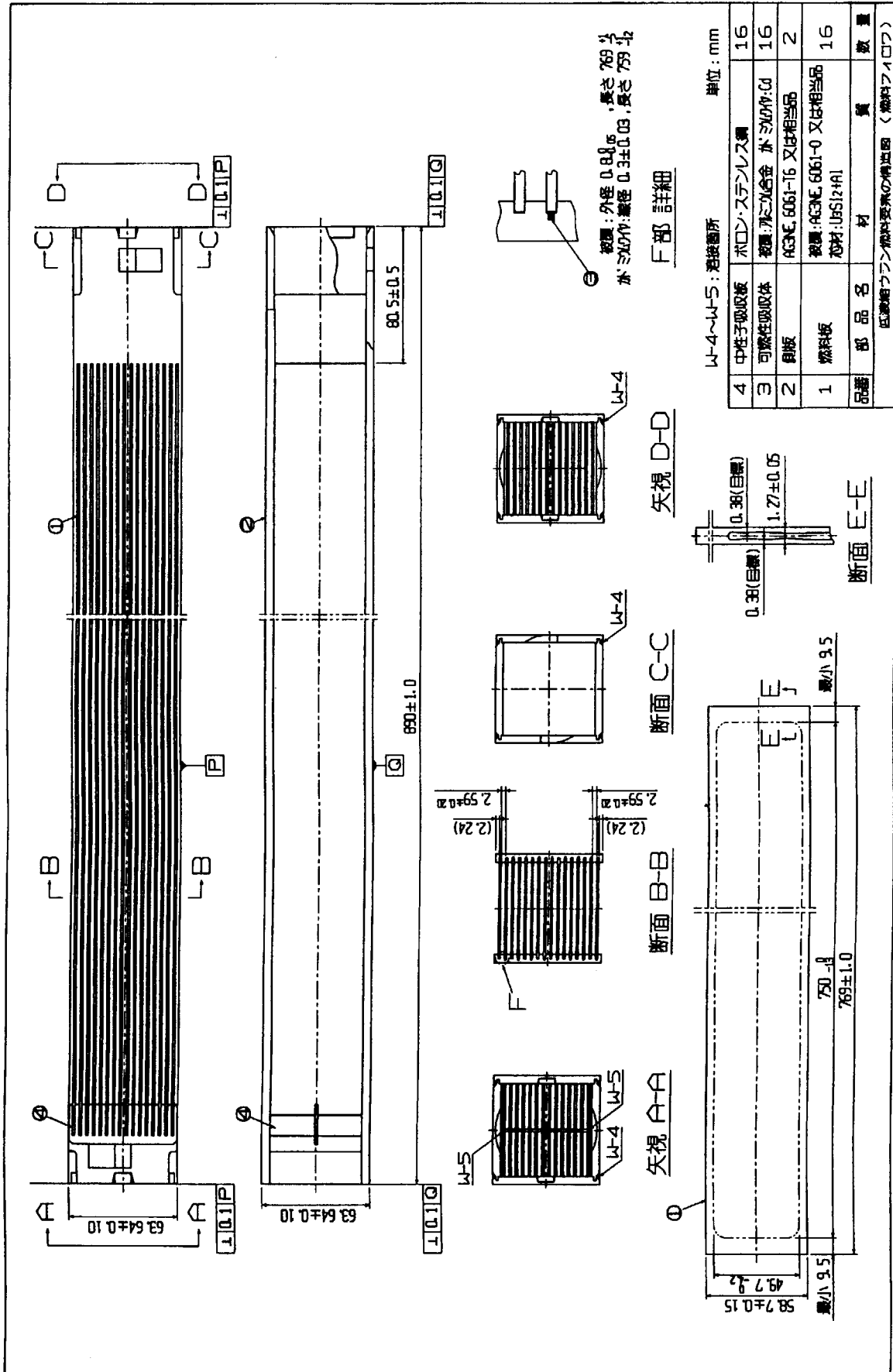
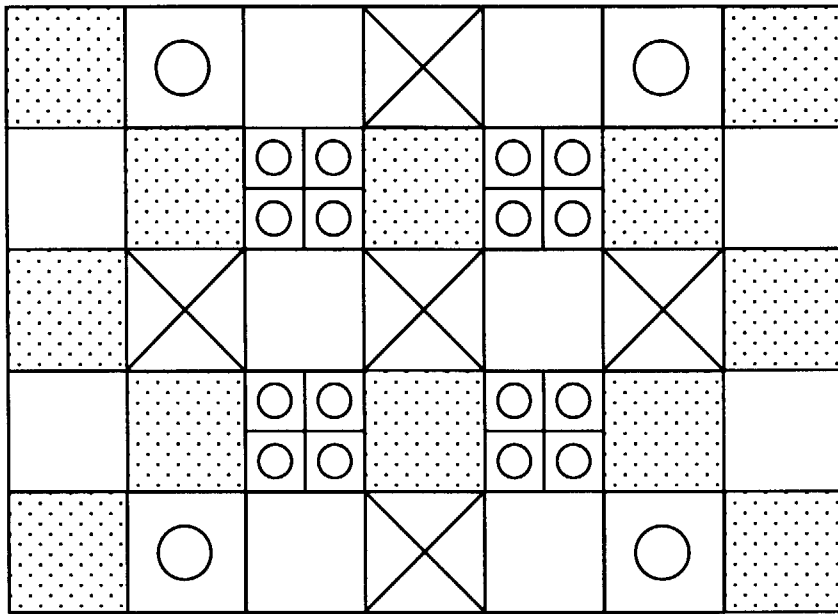
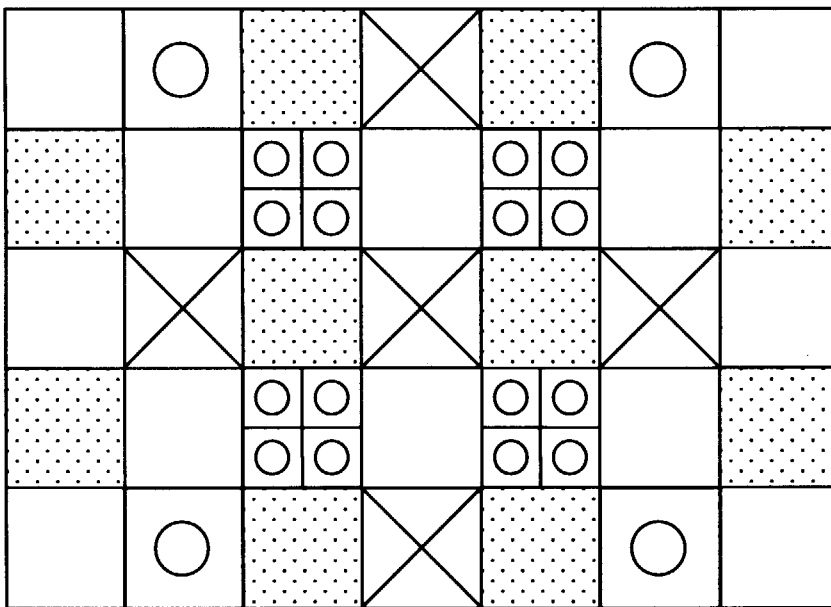


図 2.4 燃料ファオロワの概略図



A 炉心  
 標準燃料要素；  
     新燃料           10 体  
     1 サイクル燃焼燃料   12 体  
 燃料フォロワ；  
     新燃料           5 体



B 炉心  
 標準燃料要素；  
     新燃料           12 体  
     1 サイクル燃焼燃料   10 体  
 燃料フォロワ；  
     新燃料           5 体

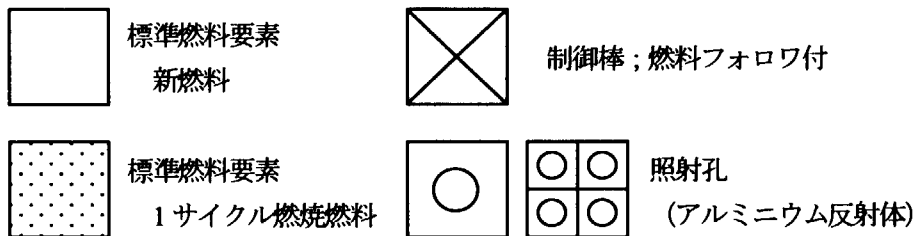


図 2.5 LEU 炉心の燃料配置

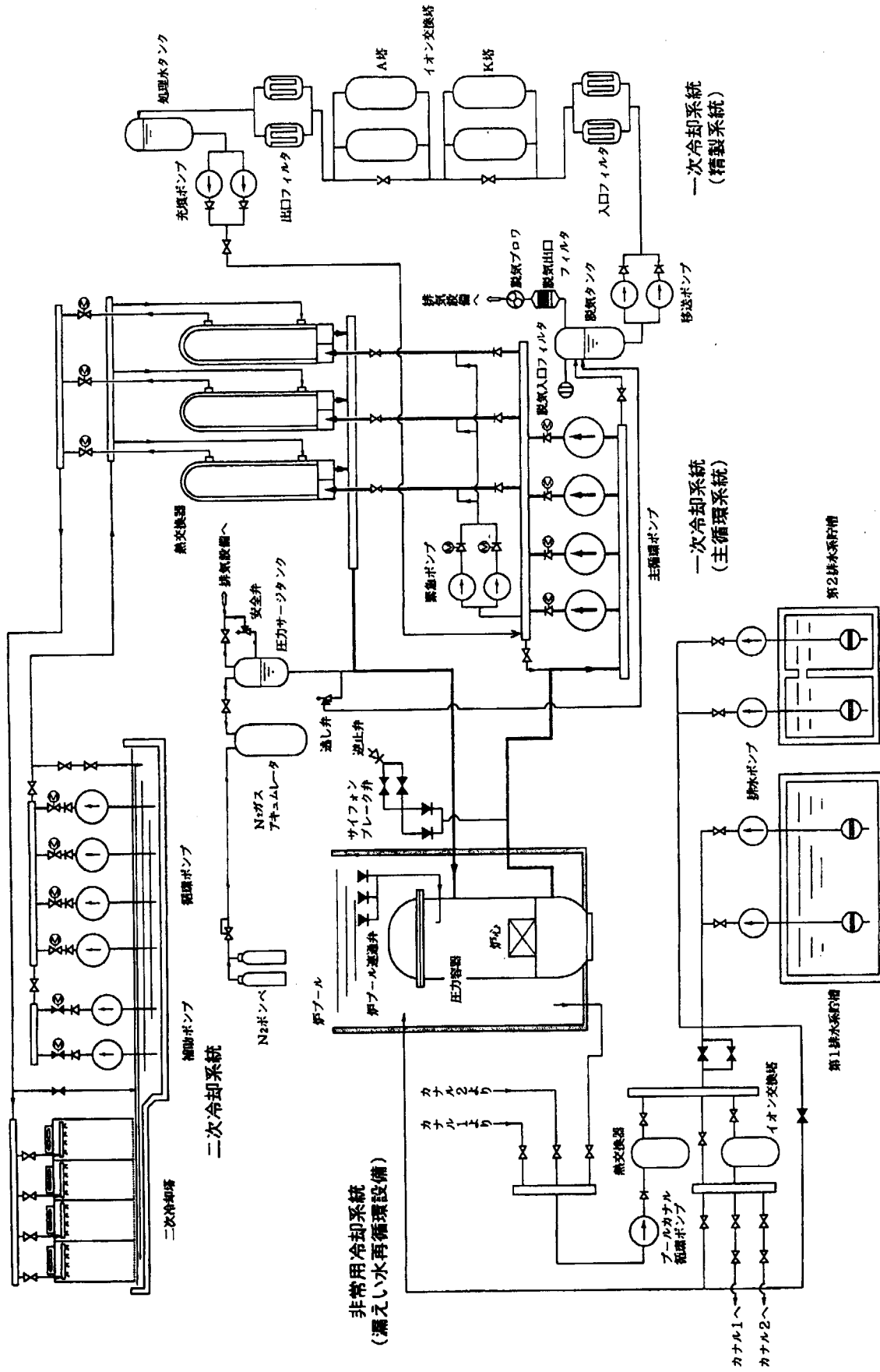


図 2.6 原子炉冷却系統の概略図

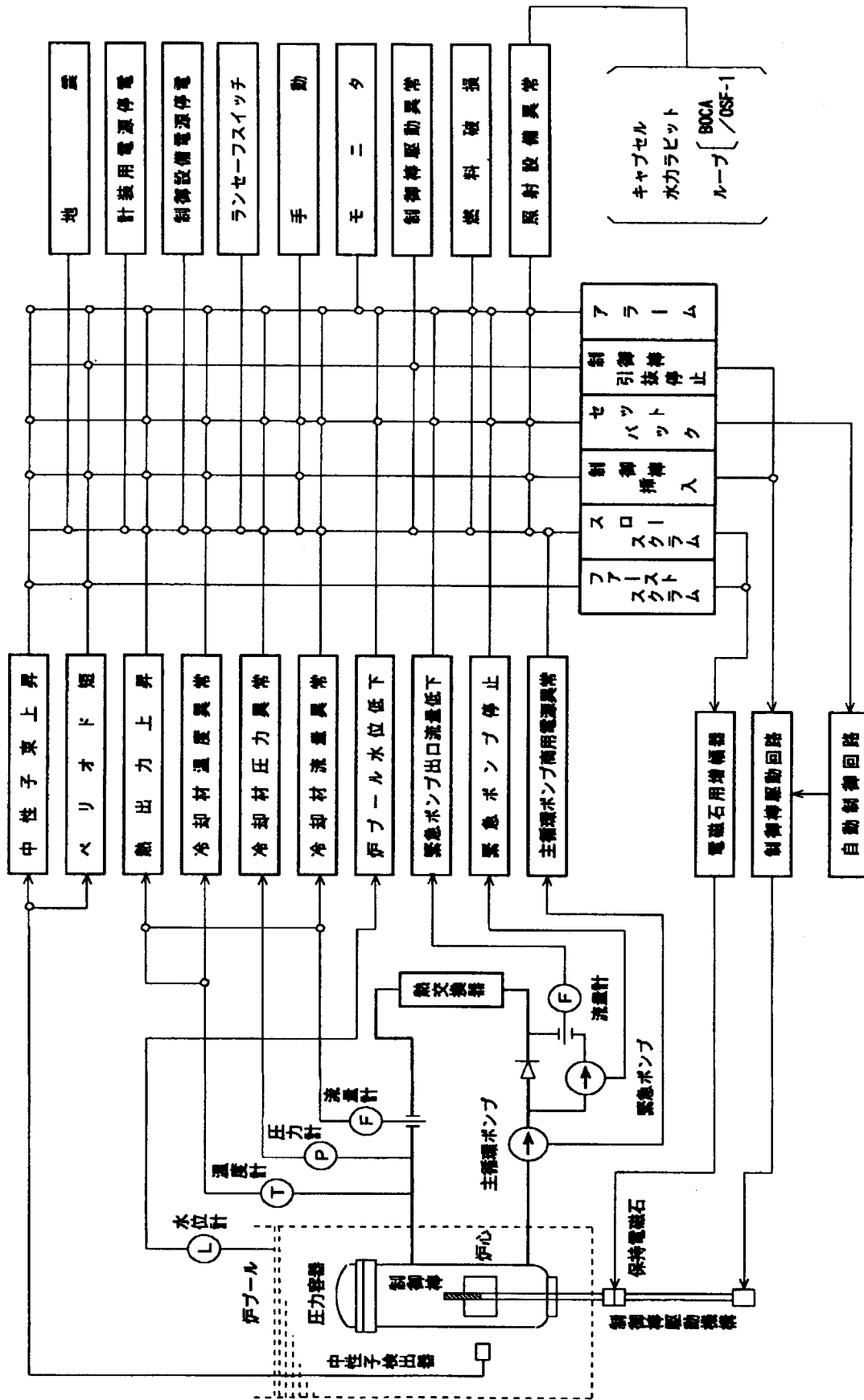


図 2.7 安全保護回路の概略図



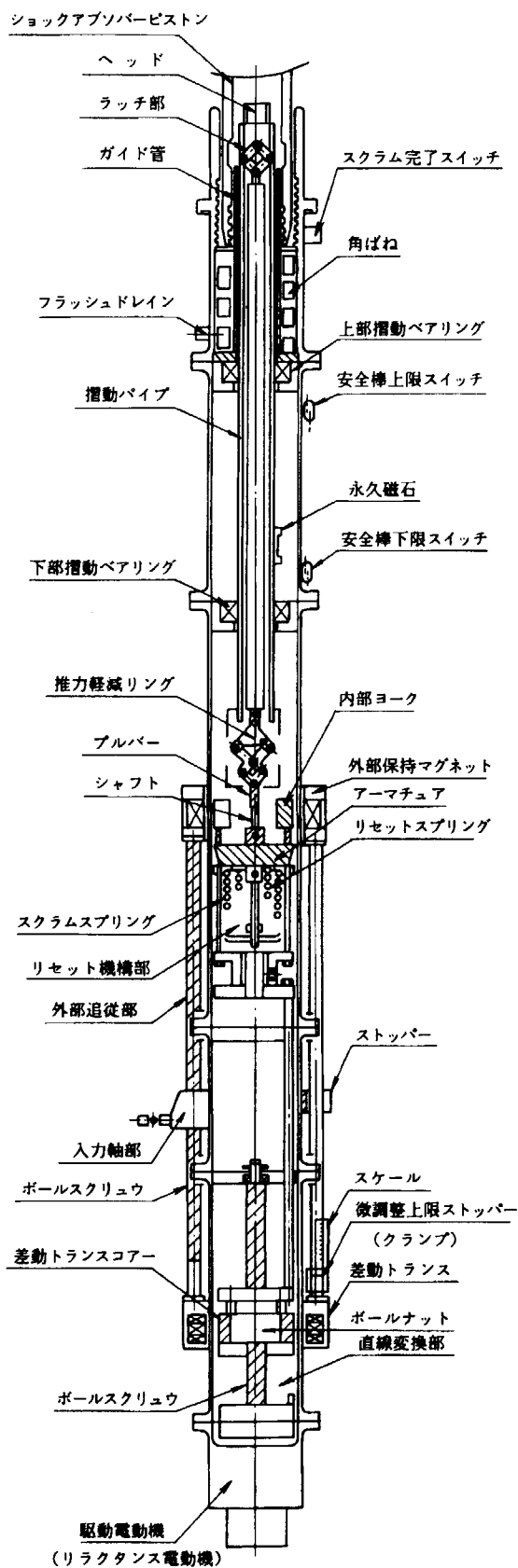


図 2.8 制御棒駆動機構の概略図

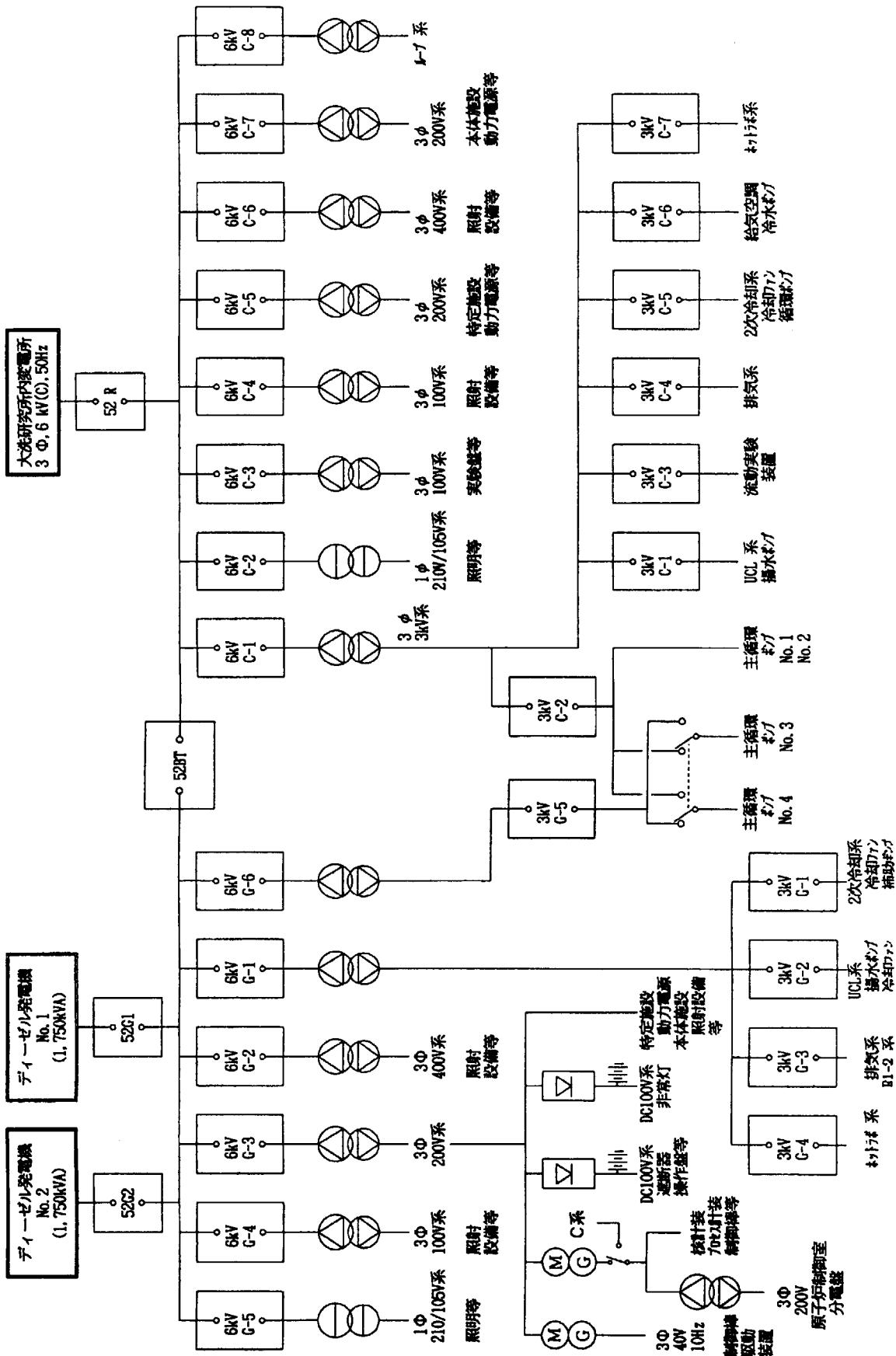


図 2.9 電源系統の概略図

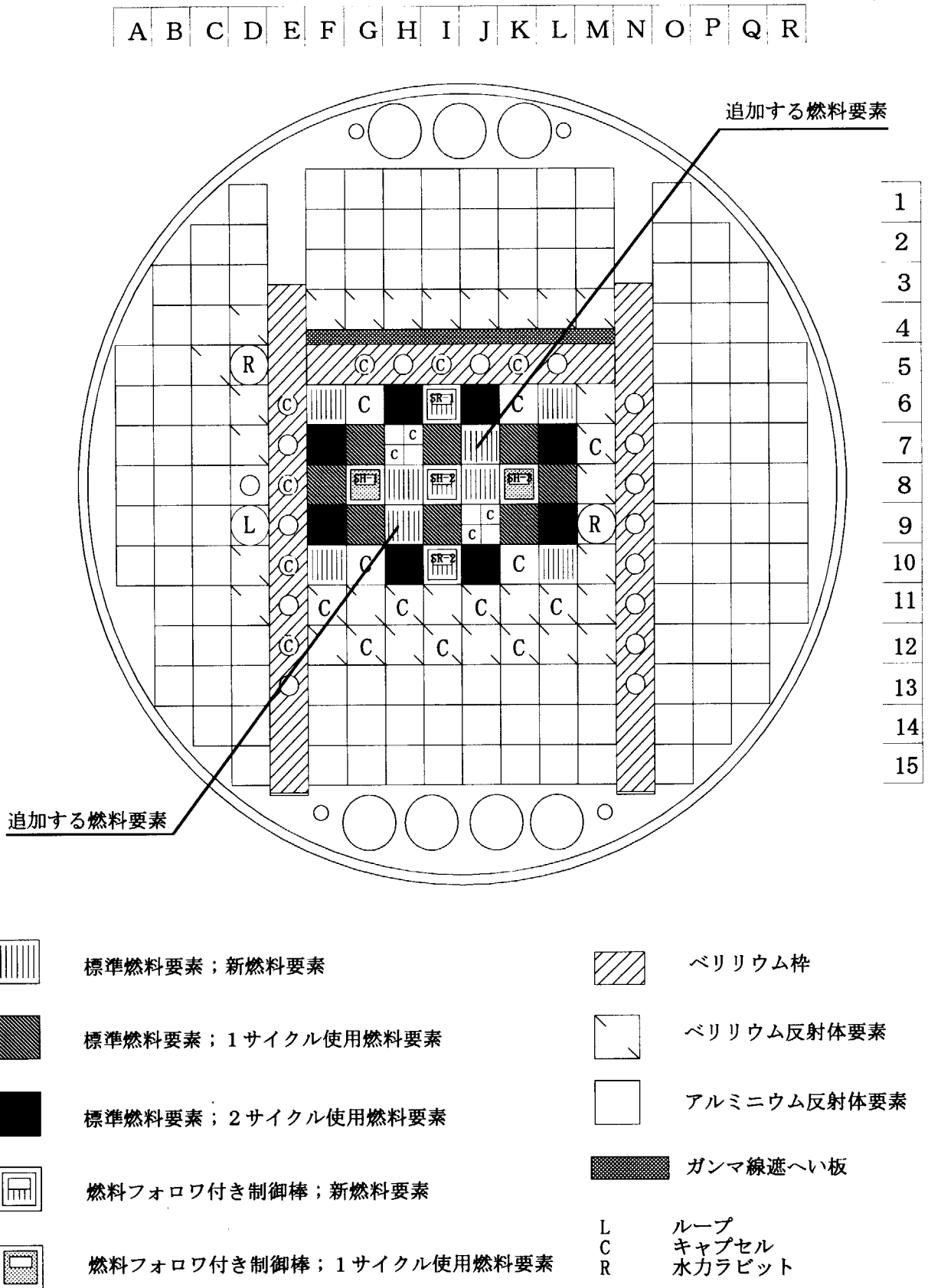


図 2.10 改良LEU炉心の炉心配置例

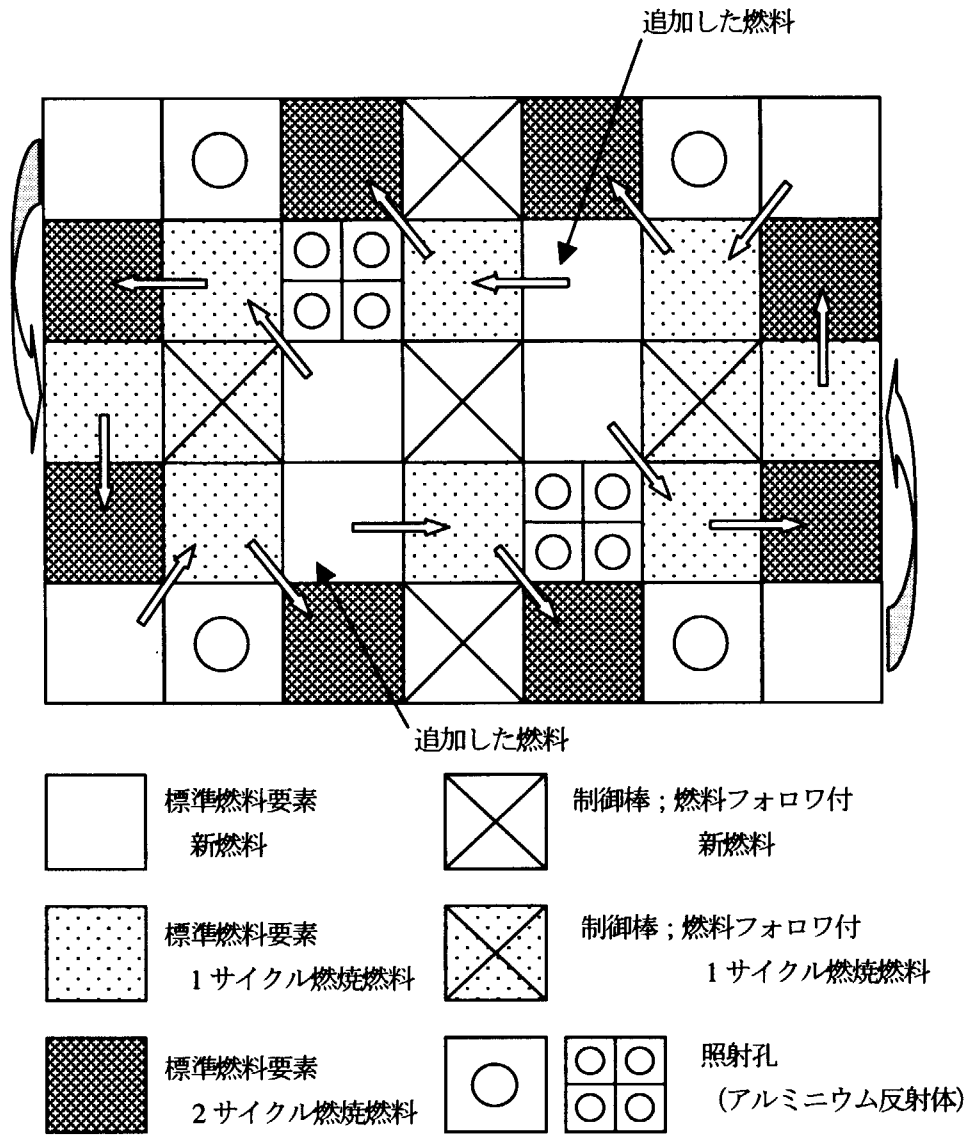


図 2.11 改良 LEU 炉心の燃料配置とシャフリング方法

(運転サイクル末期 U-235%)

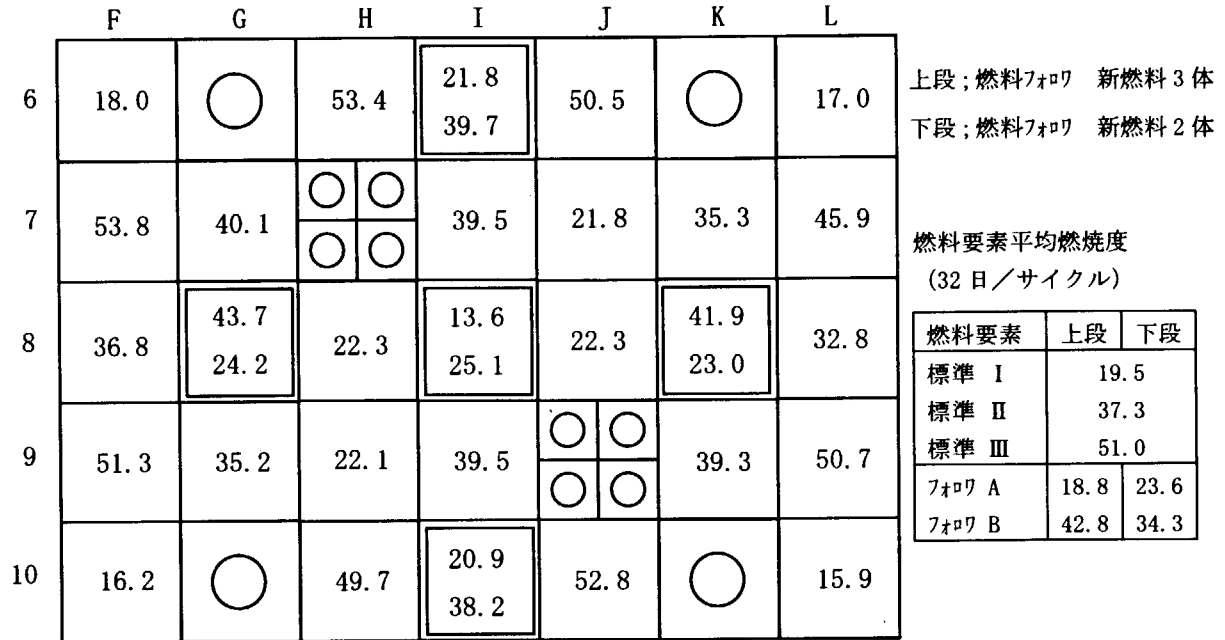


図 2.12 改良 LEU 炉心の燃料要素平均の燃焼度分布

	F	G	H	I	J	K	L
6 FN FH FZ FL FE	2.70 1.08 1.39 1.31 1.44 SH-1,3=500		2.11 0.90 1.22 1.21 1.44 SH-1,3=500	(SR-1) 3.41 1.54 1.22 1.26 1.44 SH-1,3=500	2.10 0.95 1.37 1.12 1.44 SH-1,3=500		2.54 0.95 1.40 1.32 1.44 SH-1,3=500
	2.19 0.91 1.35 1.24 1.44 SH-1,3=500	2.46 1.03 1.43 1.16 1.44 SH-1,3=500		2.48 1.01 1.43 1.19 1.44 SH-2=350	2.88 1.14 1.46 1.20 1.44 SH-1,3=500	2.59 1.04 1.46 1.18 1.44 SH-1,3=500	1.95 0.79 1.38 1.24 1.44 SH-1,3=500
	2.78 1.10 1.46 1.20 1.44 SH-1,3=500	(SH-1) 2.90 1.51 1.20 1.11 1.44 SH-1,3=500	3.01 1.09 1.49 1.29 1.44 SH-1,3=500	(SH-2) 3.40 1.53 1.34 1.15 1.44 SH-2=800	3.00 1.08 1.49 1.29 1.44 SH-1,3=500	2.73 1.42 1.20 1.11 1.44 SH-1,3=500	2.43 0.95 1.48 1.20 1.44 SH-1,3=500
	2.22 0.91 1.37 1.24 1.44 SH-1,3=500	2.71 1.09 1.46 1.18 1.44 SH-1,3=500	2.92 1.16 1.46 1.20 1.44 SH-1,3=500	2.51 1.02 1.43 1.19 1.44 SH-2=350		2.31 0.96 1.44 1.16 1.44 SH-1,3=500	1.79 0.73 1.37 1.24 1.44 SH-1,3=500
7 FN FH FZ FL FE	2.45 0.92 1.40 1.32 1.44 SH-1,3=500		2.02 0.91 1.37 1.12 1.44 SH-1,3=500	(SR-2) 3.21 1.45 1.22 1.26 1.44 SH-1,3=500	1.95 0.83 1.34 1.21 1.44 SH-1,3=500		2.33 0.88 1.40 1.31 1.44 SH-1,3=500

A: LEU新燃料  
 B: LEU1サイクル使用燃料  
 C: LEU2サイクル使用燃料  
 FN: 核的熱水路係数  
 FH: 水平方向出力分布因子  
 FZ: 垂直方向出力分布因子  
 FL: 局部出力因子  
 FE: 不確定因子  
 SH-1,3=500等: 制御棒位置

図 2.13 核的熱水路係数 (出力分布因子) の詳細 第3サイクル炉心

	F	G	H	I	J	K	L
6 FN FH FZ FL FE	2.70 1.03 1.39 1.31 1.44 SH-1,3=500		2.20 0.91 1.33 1.26 1.44 SH-1,3=500	(SR-1) 2.96 1.38 1.19 1.16 1.44 SH-1,3=500	2.18 0.96 1.37 1.16 1.44 SH-1,3=500		2.55 0.96 1.40 1.32 1.44 SH-1,3=500
7 FN FH FZ FL FE	2.18 0.90 1.36 1.24 1.44 SH-1,3=500	B 2.38 1.02 1.42 1.14 1.44 SH-1,3=500		B 2.53 1.02 1.42 1.21 1.44 SH-2=400	A 2.81 1.14 1.46 1.17 1.44 SH-1,3=500	B 2.48 1.03 1.46 1.16 1.44 SH-1,3=500	C 1.95 0.79 1.38 1.24 1.44 SH-1,3=500
8 FN FH FZ FL FE	2.82 1.10 1.46 1.22 1.44 SH-1,3=500	(SH-1) A 3.22 1.64 1.18 1.13 1.44 SH-1,3=500	A 2.88 1.08 1.49 1.24 1.44 SH-1,3=500	(SH-2) B 3.25 1.43 1.36 1.14 1.44 SH-2=800	A 2.86 1.07 1.49 1.24 1.44 SH-1,3=500	(SH-3) A 2.94 1.53 1.18 1.13 1.44 SH-1,3=500	B 2.46 0.95 1.47 1.22 1.44 SH-1,3=500
9 FN FH FZ FL FE	2.25 0.92 1.37 1.24 1.44 SH-1,3=500	B 2.62 1.08 1.46 1.15 1.44 SH-1,3=500	A 2.85 1.16 1.47 1.17 1.44 SH-1,3=500	B 2.55 1.03 1.42 1.21 1.44 SH-2=400		B 2.24 0.95 1.43 1.14 1.44 SH-1,3=500	C 1.76 0.72 1.36 1.24 1.44 SH-1,3=500
10 FN FH FZ FL FE	2.45 0.92 1.40 1.32 1.44 SH-1,3=500		C 2.10 0.92 1.38 1.15 1.44 SH-1,3=500	(SR-2) B 2.84 1.32 1.19 1.25 1.44 SH-1,3=500	C 2.03 0.83 1.34 1.26 1.44 SH-1,3=500		A 2.33 0.88 1.40 1.31 1.44 SH-1,3=500

A : LEU新燃料  
 B : LEU1サイクル使用燃料  
 C : LEU2サイクル使用燃料  
 FN : 核的熱水路係数  
 FH : 水平方向出力分布因子  
 Fz : 垂直方向出力分布因子  
 FL : 局部出力因子  
 FE : 不確定因子  
 SH-1,3=500等 : 制御棒位置

図 2.14 核的熱水路係数 (出力分布因子) の詳細 第4サイクル炉心

### 3. 通常運転時の熱水力特性解析

改良 LEU 炉心における通常運転時の燃料温度、冷却水温度及び最小 DNBR について解析し、燃料板の損傷が起こらないように定めた判断基準を満足することを確認する。

#### 3.1 解析モデルと入力データ

##### (1) 計算コード

計算は板状燃料を使用する研究炉等の定常熱水力特性を計算するために開発された COOLOD コード<sup>(6)</sup>を用いて行う。COOLOD コードでは、ホットチャンネルファクタを考慮して燃料温度、冷却水温度、ONB 温度及び DNB 熱流束の計算を行うことができる。

##### (2) 解析モデル

2.4.1 (1) 項に述べたように、改良 LEU 炉心では核的熱水路係数の最大値は燃料フォロワ SR-1 に現れており、その値は 3.41 である。このため解析では、燃料フォロワ SR-1 の最高出力の燃料板 1 枚と、それに接する流路（片側 1/2 ずつ）をホットチャンネルとしてモデル化し、燃料板の温度分布及び冷却水温度を計算した。また、標準燃料要素については、核的熱水路係数の最大値は格子位置 H-8 の燃料要素に現れており、その値は 3.01 である。そこで、標準燃料要素の冷却水流路の中で最も狭い流路とその流路に接する燃料板 1 枚を別のホットチャンネルとし、核的熱水路係数 3.01 に相当する出力分布を与えて燃料板の温度分布及び冷却水温度を計算した。軸方向出力割合は核計算で求めた軸方向出力密度分布を基に燃料要素の軸方向には 11 領域に等分割して入力した。燃料板の軸方向各位置における熱流束は、燃料表面熱流束の炉心平均値（原子炉出力と燃料要素伝熱部面積の比から計算した値、 $112\text{W}/\text{cm}^2$ ）に、表 2.5 熱水路係数に示した F に軸方向出力割合を乗じて計算される。

COOLOD の入力モデルと燃料要素のウォータギャップを図 3.1 に、標準燃料要素及び燃料フォロワの軸方向出力分布因子の数値を表 3.1 に示す。また、COOLOD コードの入力データを付録 B.1 に示す。

#### 3.2 解析結果と評価

改良 LEU 炉心の通常運転時の熱特性の計算結果を LEU 炉心の場合と比較して表 3.2 に、通常運転時の標準燃料要素及び燃料フォロワのホットチャンネルの温度分布を図 3.2 及び図 3.3 に示す。図 3.2 に示す燃料フォロワのホットチャンネルの温度分布では、炉心入口（上端）から 20cm の間は燃料フォロワが炉心内に部分的に挿入されているため、発熱部がなく温度上昇がない部分である。

##### (1) 燃料板表面最高温度

改良 LEU 炉心の通常運転時の燃料板表面最高温度は、核的熱水路係数の最大値が現れる燃料フォロワ SR-1 における約  $188^\circ\text{C}$  であり、炉心内の冷却水の沸騰を抑えるため燃料板表面最高温度は  $200^\circ\text{C}$  以下とする設計方針を満足している。

##### (2) 燃料芯材最高温度

改良 LEU 炉心の通常運転時の燃料芯材最高温度は、核的熱水路係数の最大値が現れる燃料フォロワ SR-1 における約  $212^\circ\text{C}$  であり、燃料芯材最高温度は  $400^\circ\text{C}$  以下とする設計方針を満足している。



(3) 最小 DNBR

最小 DNBR は DNB 熱流束と最大熱流束の比で現される。DNB 熱流束は加熱開始点から下流に向かうに従い小さくなる傾向にあり、評価に用いた DNB 相関式<sup>(7)</sup>では加熱長に反比例するため、炉心内に挿入される燃料芯材長さがより長い標準燃料要素の方が最小 DNBR は小さくなる。改良 LEU 炉心の通常運転時の最小 DNBR は、標準燃料要素が約 2.8、燃料フォロワが約 3.3 であり、最小 DNBR は 1.5 以上とする設計方針を満足している。

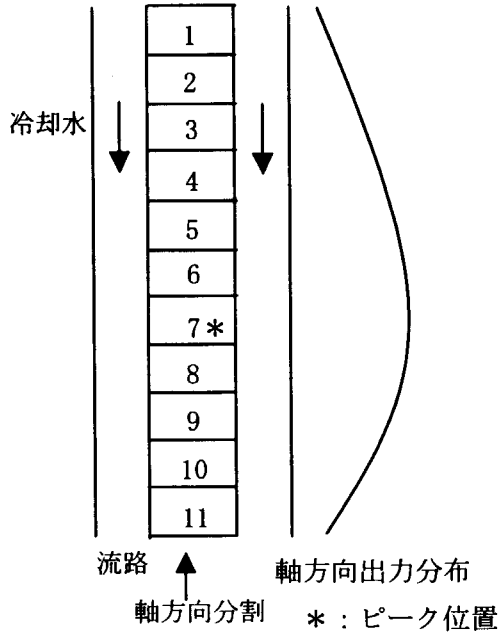
表 3.1 改良 LEU 炉心の軸方向出力分布因子

燃料要素 軸方向分割	標準燃料要素 H-8	燃料フォロー SR-1
	燃料上端	
1	0.25	0.00
2	0.36	0.00
3	0.55	0.00
4	0.80	0.72
5	1.11	0.97
6	1.38	1.14
7	1.49	1.22
8	1.46	1.19
9	1.29	1.04
10	1.02	0.83
11	0.77	0.60
燃料下端		

表 3.2 通常運転時の熱特性

項目	炉心 判断基準	LEU 炉心	改良 LEU 炉心	
		標準燃料要素	標準燃料要素	燃料フォロー
燃料板表面最高温度	$\leq 200^{\circ}\text{C}$	約 186 $^{\circ}\text{C}$	約 174 $^{\circ}\text{C}$	約 188 $^{\circ}\text{C}$
燃料芯材最高温度	$\leq 400^{\circ}\text{C}$	約 209 $^{\circ}\text{C}$	約 195 $^{\circ}\text{C}$	約 212 $^{\circ}\text{C}$
最小 DNB R	$\geq 1.5$	約 2.6	約 2.8	約 3.3

標準燃料要素 H-8  $F_N=3.01$



燃料フォローワ SR-1  $F_N=3.41$

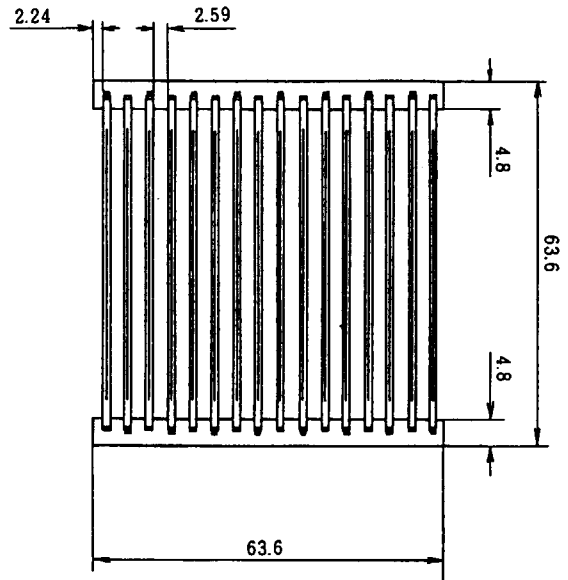
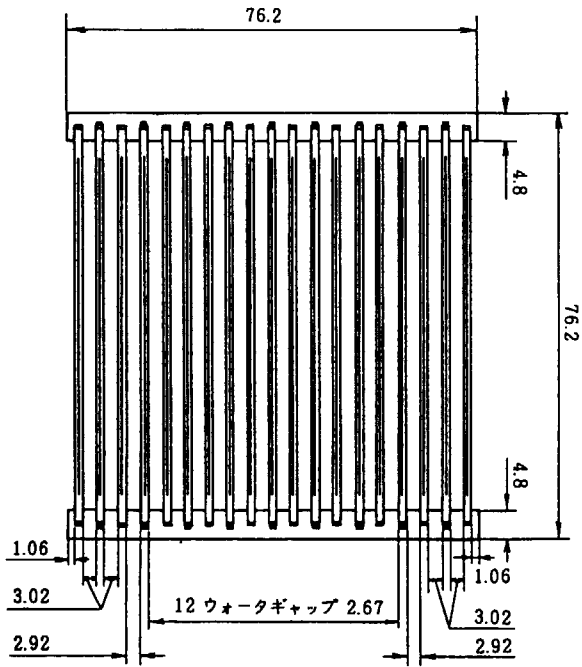
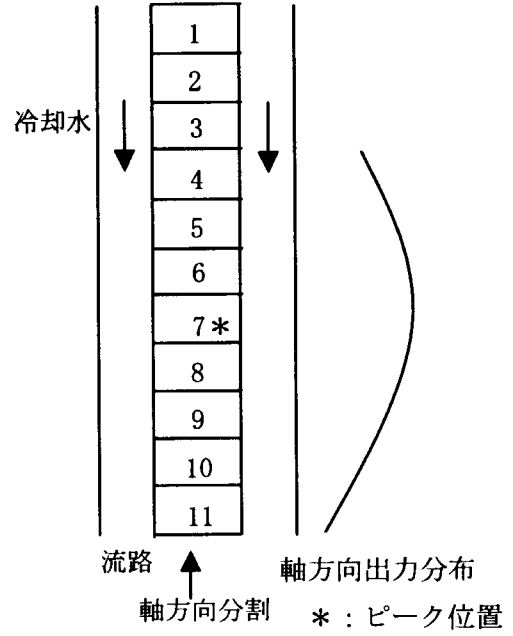


図 3.1 COOLOD の入力モデルと燃料要素のウォーターギャップ

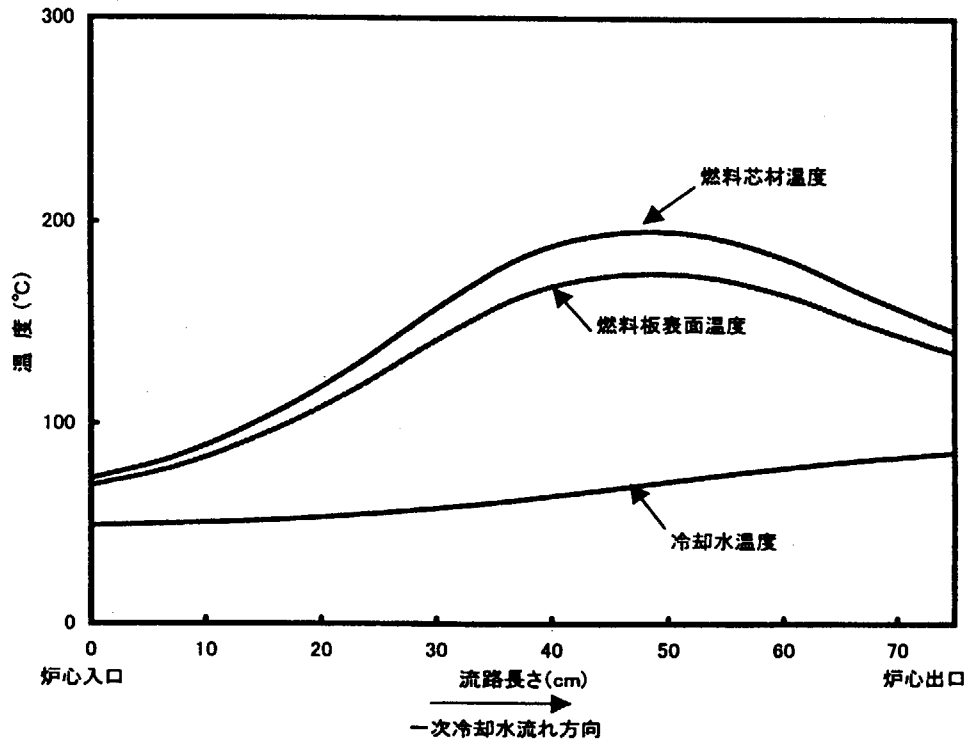


図 3.2 通常運転時のホットチャンネルの温度分布  
(改良 LEU 炉心：標準燃料要素)

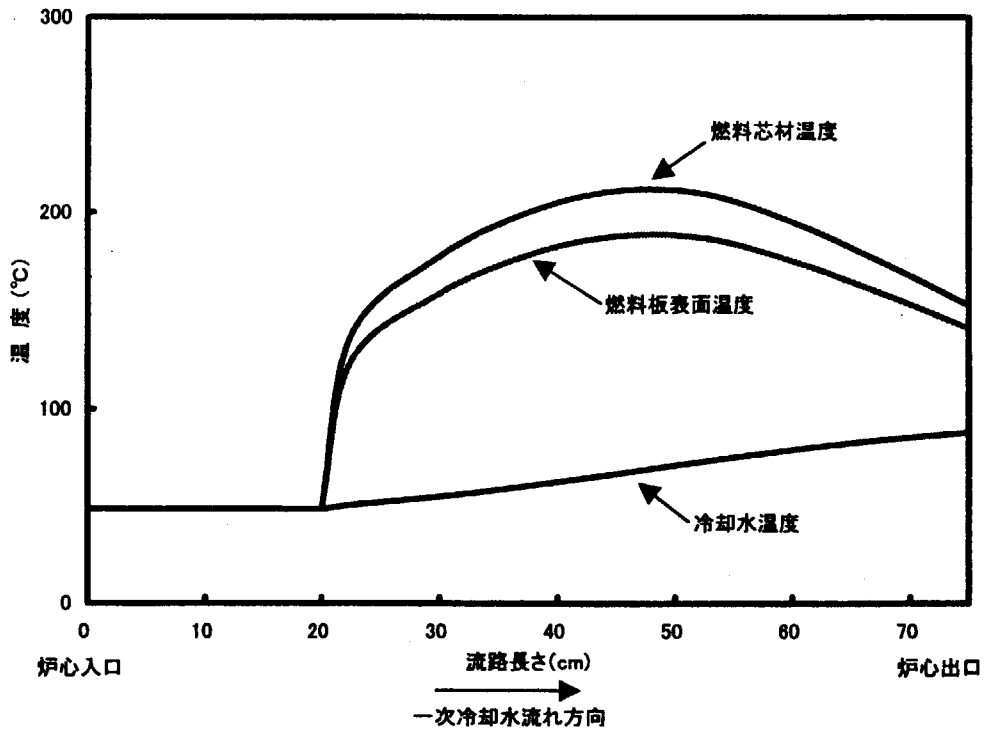


図 3.3 通常運転時のホットチャンネルの温度分布  
(改良 LEU 炉心：燃料フォロワ)

## 4. 反応度投入事象の解析

反応度投入事象の解析では、以下に示すように運転時の異常な過渡変化に関する 4 事象及び事故に関する 1 事象を評価対象とした。

### (1) 運転時の異常な過渡変化

- ① 起動時における制御棒の異常な引抜き
- ② 出力運転中の制御棒の異常な引抜き
- ③ 照射試料による反応度付加
- ④ 冷水導入による反応度付加

### (2) 事故

- ① 照射実験設備の破損による反応度の異常な付加

これらの事象を対象に、LEU 炉心の解析と同様に、原子炉出力、燃料温度、冷却水温度及び最小 DNBR 等について解析し、それぞれの判断基準を満足することを確認した。

## 4.1 解析モデルと入力データ

### (1) 計算コード

計算には軽水型原子炉の反応度事故解析用に開発された EUREKA-2 コード<sup>(8)</sup>を用いる。EUREKA-2 コードは、原子炉に何らかの原因で核的な外乱が加えられたときの炉心の動特性を解析し、炉心の出力、燃料温度、冷却水温度及びフィードバック反応度等の時間変化を求めることができる。

### (2) 解析モデル

出力密度に応じて燃料領域を水平方向に 4 チャンネルに分割した。燃料フォロワの解析では、第 1 チャンネルは核的熱水路係数  $F_N$  の最も大きい燃料フォロワ SR-1 の燃料板 1 枚とそれに接する流路 1 流路をホットチャンネルとした。第 2、第 3 チャンネルは標準燃料要素 24 体を 2 分割して、それぞれ、燃料要素 12 体とした。第 4 チャンネルはホットチャンネルを除く残りの燃料フォロワとした。標準燃料要素の解析では、標準燃料要素における熱水路係数が最も大きい格子位置 H-8 の燃料板 1 枚とそれに接する流路 1 流路をホットチャンネルとして評価した。

燃料フォロワの解析における燃料配置とチャンネル分割を図 4.1 に、各チャンネルの軸方向ノード及びヒートスラブ分割を図 4.2 に示す。また、EUREKA-2 コードによる解析のための入力データ例として「照射実験設備の破損による反応度の異常な付加」の入力データを付録 B.2 に示す。

### (3) 出力割合

出力割合は、核計算から求めた軸方向出力密度分布を基に、EUREKA-2 の定常状態における燃料芯材最高温度及び冷却水最高出口温度が、定常熱水力解析コード COOLOD の解析結果を上回るようにホットチャンネルの出力割合を求めた。各チャンネルの軸方向出力割合を表 4.1 に示す。

### (4) 動特性パラメータ

炉心の動特性を現す実効遅発中性子割合  $\beta_{\text{eff}}$  及び即発中性子寿命  $\lambda$  は、核特性計算から求めた値を用いた。本解析では、解析結果が厳しくなるように燃焼末期の値を用いた。

- ① 実効遅発中性子割合  $\beta_{\text{eff}}$   $7.31 \times 10^{-3}$  -
- ② 即発中性子寿命  $\lambda$   $4.928 \times 10^{-5}$  s

## (5) フィードバック反応度

フィードバック反応度として、減速材温度係数、減速材ボイド係数及びドプラ係数を考慮した。解析に用いる反応度係数は、核特性解析の結果から絶対値が最も小さい値に安全余裕 20%を考慮して 0.8 倍した値を用いた。また、フィードバック反応度は炉心空間のインポートランス分布に依存することから、解析では各チャンネルの軸方向の中性子束と随伴中性子束との積を空間重み因子として用いた。解析に用いた反応度係数を表 4.2 に、反応度係数に対する重み因子を表 4.3 及び表 4.4 に示す。

## (6) スクラム反応度

原子炉がスクラムして制御棒が炉心に挿入されると、炉心に大きな負の反応度が付加される。このとき付加されるスクラム反応度は、最大の反応度価値をもつ制御棒 1 本が完全引き抜き位置に固着して、挿入されない場合に対応した値を用いた。

改良 LEU 炉心のスクラム反応度は、LEU 炉心から改良 LEU 炉心に移行する最初の第 1 サイクルの値が最も小さく、その値は 1.9%  $\Delta k/k$  である。解析ではこれに安全余裕 20%を考慮して 0.8 倍した値 1.5%  $\Delta k/k$  を用いた。解析に用いたスクラム反応度及びスクラム反応度挿入曲線を図 4.3 に示す。

## (7) 物性値

反応度投入事象の解析で用いた物質の物性値を表 4.5 に示す。

## 4.2 起動時における制御棒の異常な引抜き

## (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、起動時における制御棒駆動装置を操作する回路又は制御棒駆動装置の誤動作若しくは運転員の誤操作に起因する制御棒の連続的引抜きが生じることによって炉心に過度の正の反応度が付加され、原子炉の出力が上昇する場合を想定する。

## (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 粗調整棒の引抜き速度は 200mm/min 以下、引抜き最大本数は 2 本とし、反応度変化率が過大にならないようにする。
- 2) 低出力からの出力急上昇を防止するために、起動系の計数率増大及びペリオド短によるアラーム、対数出力系ペリオド短による制御棒挿入及びスクラムを設けている。また、線型出力系線型出力においては出力設定値（原子炉定格出力の 1%以下では出力設定レンジ）の 1.1 倍でアラーム、1.15 倍でセットバック、1.2 倍で制御棒挿入、1.3 倍でスクラムを設けている。

## (3) 解析条件

解析では、実際より厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉出力は 0.5mW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は 6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は 49℃、原子炉入口圧力は約 14kg/cm<sup>2</sup>G とする。
- 3) 反応度付加率は、粗調整棒 2 本が炉心から連続的に引き抜かれるものとし、その値を 0.15%  $\Delta k/k/s$  とする。
- 4) 出力レンジは 500kW に設定されているものとする。したがって、原子炉はこの値の

1.3 倍の 650kW でスクラムする。

#### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約 179°C であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約 159°C である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約 81°C であり、最小 DNBR は標準燃料要素の 2.8 以上である。解析結果を表 4.6、表 4.7 及び図 4.4 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、最高出力は約 2 倍の 45.7MW、燃料芯材最高温度は約 119°C から 179°C に上昇している。燃料温度は、0.25 秒間に定常値の約 49°C から 179°C まで上昇し、この間の燃料板内部の温度差は最大で 21.3°C である。この温度差により、被覆材の熱応力は LEU 炉心 (約 13 N/mm<sup>2</sup>) の約 2 倍 (約 26 N/mm<sup>2</sup>) になっている。また、過渡変化中の最小 DNBR は定常状態における標準燃料要素の値 (LEU 炉心で約 2.6、改良 LEU 炉心で約 2.8) を下回ることはない。

### 4.3 出力運転中の制御棒の異常な引抜き

#### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、定格出力運転中に制御棒駆動装置を操作する回路又は制御棒駆動装置の誤動作若しくは運転員の誤操作に起因する制御棒の連続的引抜きが生じることによって炉心に過度の正の反応度が付加され、原子炉の出力が上昇する場合を想定する。

#### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却システムの圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 自動運転状態での自動制御棒の引抜き速度は 2,000mm/min 以下になるようにする。
- 2) 出力急上昇を防止するために、対数出力系ペリオド短による制御棒挿入及びスクラムを設けている。また、線型出力系線型出力においては出力設定値の 1.1 倍でアラーム、1.15 倍でセットバック、1.2 倍で制御棒挿入、1.3 倍でスクラムを設けている。

#### (3) 解析条件

解析では、実際より厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉出力は 50MW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は 6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は 49°C、原子炉入口圧力は約 14kg/cm<sup>2</sup>G とする。
- 3) 反応度付加率は、微調整棒が炉心から連続的に引き抜かれるものとし、その値は 0.5% Δk/k/s とする。
- 4) 出力設定値は、定格出力 50MW に設定されているものとする。したがって、原子炉はこの値の 1.3 倍の 65MW でスクラムする。

#### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約 255°C であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約 220°C である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約 112°C であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 2.0 である。解析結果を表 4.8、表 4.9 及び図 4.5 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、最高出力が 2.8MW 高く、燃料芯材最高温度は約 249°C から約 255°C に上昇している。燃料芯材温度及び燃料板内部の温度差

は過渡変化の解析において最も厳しい結果となっており、被覆材の熱応力は評価事象中最大の約  $47 \text{ N/mm}^2$  となっている。最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素の約 1.9、改良 LEU 炉心の標準燃料要素の約 2.0 とほぼ同じ値を示しており、過渡変化の解析のうち最も小さい値である。

#### 4.4 照射試料による反応度付加

##### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、定格出力運転中に誤って反応度の過大な照射試料を水カラビット又はループ照射装置内で移動することによって炉心に過度の正の反応度が付加され、原子炉の出力が上昇する場合を想定する。

##### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却システムの圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 炉心内に挿入する照射試料は、種類、形状、最大挿入量及び付加反応度を十分に管理する。
- 2) 原子炉運転中に、水カラビット及びループ照射装置で挿入・取出を行う照射試料の反応度は、それぞれ  $0.1\% \Delta k/k$  を超えないようにする。
- 3) 出力急上昇を防止するために、対数出力系ペリオド短による制御棒挿入及びスクラムを設けている。また、線型出力系線型出力においては、出力設定値の 1.1 倍でアラーム、1.15 倍でセットバック、1.2 倍で制御棒挿入、1.3 倍でスクラムを設けている。

##### (3) 解析条件

解析では、実際より厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉出力は 50MW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は  $6,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、原子炉入口温度は  $49^\circ\text{C}$ 、原子炉入口圧力は約  $14 \text{ kg/cm}^2\text{G}$  とする。
- 3) 照射試料の取り出しによって付加される正の反応度は、試料の最大反応度  $0.1\% \Delta k/k$  の 2 倍の  $0.2\% \Delta k/k$  がステップ状に付加されるものとする。
- 4) 出力設定値は、50MW に設定されているものとする。したがって、原子炉はこの値の 1.3 倍の 65MW でスクラムする。

##### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約  $245^\circ\text{C}$  であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約  $213^\circ\text{C}$  である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約  $106^\circ\text{C}$  であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 2.2 である。解析結果を表 4.10、表 4.11 及び図 4.6 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、最高出力、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度はほぼ同じ値である。この理由は、反応度がステップ状 ( $0.2\% \Delta k/k$ ) に付加された後の出力上昇で、瞬時にスクラム値に到達するため、炉心の違いによる差が少ないことによる。被覆材熱応力は LEU 炉心の場合に比べ、燃料温度が高いことにより僅かに大きくなっている。最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素の約 2.0、改良 LEU 炉心の標準燃料要素の約 2.4 である。



#### 4.5 冷水導入による反応度付加

##### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、誤って二次冷却系統を運転せずに原子炉を起動し、一次冷却水の温度が高くなり、このとき二次冷却系統を起動したため一次冷却水の温度が急激に低下したことによって炉心に過度の正の反応度が付加され、原子炉の出力が上昇する場合を想定する。

##### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 原子炉を起動するときは、起動前に緊急ポンプ及び主循環ポンプを運転し、一次冷却系統が正常運転であることを確認するとともに、二次冷却系統循環ポンプを運転して一次冷却水との温度差を小さくする。
- 2) 原子炉出入口温度差大によるアラーム、制御棒挿入及びスクラムによって一次冷却水温度の過度の変化を防止する。
- 3) 出力急上昇を防止するために、対数出力系ペリオド短による制御棒挿入及びスクラムを設けている。また、線型出力系線型出力においては、出力設定値の1.1倍でアラーム、1.15倍でセットバック、1.2倍で制御棒挿入、1.3倍でスクラムを設けている。

##### (3) 解析条件

解析では、実際より厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉出力は500kWで臨界状態にあるものとする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は49℃、原子炉入口圧力は約14kg/cm<sup>2</sup>Gとする。
- 3) 二次冷却系統の循環ポンプが同時に3台起動されることによって炉心に冷水が導入され、原子炉入口温度はステップ状に15℃下がるものとする。
- 4) 一次冷却水の温度低下によって付加される正の反応度は、温度低下による反応度変化のうち、その差が最も大きくなる値を用いて評価し、0.5%Δk/kがステップ状に付加されるものとする。
- 5) 出力レンジは500kWに設定されているものとする。したがって、原子炉はこの値の1.3倍の650kWでスクラムする。

##### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約55℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約54℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約51℃であり、最小 DNBR は標準燃料要素の2.8以上である。解析結果を表4.12、表4.13及び図4.7に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、最高出力、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度はほぼ同じとなった。この理由は、反応度がステップ状(0.5%Δk/k)に付加された後の出力上昇で、瞬時にスクラム値に到達するため、炉心の違いによる差が少ないことによる。被覆材熱応力は LEU 炉心の場合とほぼ同じである。また、最小 DNBR は定常状態における標準燃料要素の値(LEU 炉心で約2.6、改良 LEU 炉心で約2.8)を下回ることはない。

#### 4.6 照射実験設備の破損による反応度の異常な付加

##### (1) 事故の原因

この事故は、定格出力運転中に、キャプセル照射装置又はループ照射装置の試料の保持装置等が故障して照射試料が炉心部から落下あるいは流出すること、又は照射装置等の配管に損傷が生じてループ内に原子炉の一次冷却水が浸入すること等によって、炉心に過度の正の反応度が付加され、原子炉の出力が上昇する場合を想定する。

##### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも炉心の健全性を確保するとともに、一次冷却システムの圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 照射装置等の設計、製作、据付等に当たっては、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含めて品質管理を十分行う。
- 2) 原子炉の運転中に、照射装置が破損又は試料の保持装置等が故障して照射試料が炉心部から落下あるいは流出する可能性がある場合、又はガスループ照射装置等の配管に破損が生じてループ内に原子炉の一次冷却水が浸入する可能性がある場合、付加される反応度は  $0.5\% \Delta k/k$  を超えないように制限する。
- 3) 出力の急上昇を防止するために、対数出力系ペリオド短による制御棒挿入及びスクラムを設けている。また、線型出力系線型出力では出力設定値の 1.1 倍でアラーム、1.15 倍でセットバック、1.2 倍で制御棒挿入、1.3 倍でスクラムを設けている。

##### (3) 解析条件

解析では、実際より厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉出力は 50MW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は  $6,000\text{m}^3/\text{h}$ 、原子炉入口温度は  $49^\circ\text{C}$ 、原子炉入口圧力は約  $14\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$  とする。
- 3) 照射試料の落下、流出等によって付加される反応度は、0.3 秒間に  $0.5\% \Delta k/k$  とする。
- 4) 出力設定値は、定格出力 50MW に設定されているものとする。したがって、原子炉はこの値の 1.3 倍の 65MW でスクラムする。

##### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約  $286^\circ\text{C}$  であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約  $240^\circ\text{C}$  である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約  $130^\circ\text{C}$  であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 1.57 である。解析結果を表 4.14、表 4.15 及び図 4.8 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、最高出力が約 10MW 高く、燃料芯材最高温度は約  $273^\circ\text{C}$  から  $286^\circ\text{C}$  に上昇している。また、最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素で約 1.53、改良 LEU 炉心の標準燃料要素で約 1.57 である。

#### 4.7 反応度投入事象の解析結果のまとめ

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、解析に用いるスクラム反応度が LEU 炉心 ( $3.4\% \Delta k/k$ ) に比べて小さい ( $1.5\% \Delta k/k$ ) ため、原子炉スクラム後の出力の低下が遅くなり、出力が高めに推移する。また、核的熱水路係数は、LEU 炉心の標準燃料要素の 3.14 に

対して、改良 LEU 炉心では燃料フォロワの場合で 3.41 と大きくなっている。これらの影響から、燃料芯材温度及び燃料板表面温度は改良 LEU 炉心の方が高くなっている。

冷却水出口温度は、LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。この理由は、表 2.4 に示すように、ホットチャンネル当たりの総発熱量が改良 LEU 炉心は LEU 炉心より僅かに低いためである。

最小 DNBR は、発熱長（加熱面積）がより長い標準燃料要素に現れ、改良 LEU 炉心と LEU 炉心の比較では、改良 LEU 炉心の標準燃料要素の核的熱水路係数 3.01 に対して、LEU 炉心の標準燃料要素の核的熱水路係数 3.14 と大きいこと、改良 LEU 炉心では標準燃料要素が 2 体追加され、炉心平均熱流束が低下（約  $120 \text{ W/cm}^2$  から約  $112 \text{ W/cm}^2$  に）することから、LEU 炉心の値が最も厳しくなっている。また、被覆材に生じる熱応力は、燃料温度が高くなる改良 LEU 炉心の燃料フォロワが最大となっている。

以上のように、改良 LEU 炉心における運転時の異常な過渡変化及び事故に関する反応度投入事象については、結果が厳しくなるように解析条件を仮定しても、解析結果は、以下のとおり安全評価に関する判断基準をすべて満足することを確認した。すなわち、

- ① 最小 DNBR は 1.5 以上であり、バーンアウトによる燃料の損傷は発生しない。
- ② 燃料芯材最高温度はブリスト発生温度  $400^\circ\text{C}$  以下であり、被覆材に生じる最大熱応力は耐力以下であることから、燃料板の損傷及び冷却能力の低下は生じない。
- ③ 冷却水最高出口温度は飽和温度に達しないことから、一次冷却系統にかかる圧力は最高使用圧力を超えることはなく、その健全性が損なわれることはない。

表 4.1 各チャンネルの軸方向出力割合

ヒート スラブ 番号	第 1 チャンネル	ヒート スラブ 番号	第 2 チャンネル	ヒート スラブ 番号	第 3 チャンネル	ヒート スラブ 番号	第 4 チャンネル
11	0.00000E+00	22	2.36450E-02	33	2.21770E-02	44	0.00000E+00
10	0.00000E+00	21	4.06415E-02	32	3.69415E-02	43	0.00000E+00
9	7.54548E-04	20	6.22857E-02	31	5.57638E-02	42	5.45217E-03
8	4.84830E-04	19	4.07656E-02	30	3.42675E-02	41	6.94417E-03
7	5.31315E-04	18	4.52955E-02	29	3.72041E-02	40	7.81858E-03
6	5.58671E-04	17	4.79055E-02	28	3.88733E-02	39	8.22184E-03
5	5.65297E-04	16	4.86276E-02	27	3.93076E-02	38	8.26955E-03
4	5.50336E-04	15	4.74793E-02	26	3.85254E-02	37	7.99037E-03
3	5.14110E-04	14	4.44869E-02	25	3.65403E-02	36	7.40570E-03
2	4.57580E-04	13	3.97370E-02	24	3.33662E-02	35	6.53933E-03
1	6.92569E-04	12	6.15248E-02	23	5.39166E-02	34	9.79184E-03

表 4.2 解析に用いた反応度効果

	減速材温度 (°C)	反応度 (% $\Delta k/k$ )
減速材温度係数	27.0	0.492
	52.0	0.000
	77.0	-0.456
	127.0	-1.552
	227.0	-4.728
	ボイド率 (%)	反応度 (% $\Delta k/k$ )
減速材ボイド係数	0.0	0.000
	3.0	-0.560
	5.0	-0.944
	10.0	-2.032
	20.0	-4.544
	燃料温度 (°C)	反応度 (% $\Delta k/k$ )
ドップラー係数	27.0	0.048
	52.0	0.000
	77.0	-0.048
	227.0	-0.312
	627.0	-0.864

表 4.3 減速材温度及びボイド効果に対する重み因子

ヒート スラブ 番号	第1チャンネル	ヒート スラブ 番号	第2チャンネル	ヒート スラブ 番号	第3チャンネル	ヒート スラブ 番号	第4チャンネル
11	0.000	22	$5.847 \times 10^{-3}$	33	$5.602 \times 10^{-3}$	44	0.000
10	0.000	21	$1.843 \times 10^{-2}$	32	$1.782 \times 10^{-2}$	43	0.000
9	$0.278 \times 10^{-5}$	20	$4.306 \times 10^{-2}$	31	$4.526 \times 10^{-2}$	42	$8.185 \times 10^{-3}$
8	$0.227 \times 10^{-5}$	19	$3.738 \times 10^{-2}$	30	$3.630 \times 10^{-2}$	41	$1.458 \times 10^{-2}$
7	$0.272 \times 10^{-5}$	18	$4.658 \times 10^{-2}$	29	$4.419 \times 10^{-2}$	40	$1.929 \times 10^{-2}$
6	$0.300 \times 10^{-5}$	17	$5.229 \times 10^{-2}$	28	$4.923 \times 10^{-2}$	39	$2.188 \times 10^{-2}$
5	$0.306 \times 10^{-5}$	16	$5.390 \times 10^{-2}$	27	$5.059 \times 10^{-2}$	38	$2.263 \times 10^{-2}$
4	$0.291 \times 10^{-5}$	15	$5.126 \times 10^{-2}$	26	$4.805 \times 10^{-2}$	37	$2.159 \times 10^{-2}$
3	$0.255 \times 10^{-5}$	14	$4.476 \times 10^{-2}$	25	$4.193 \times 10^{-2}$	36	$1.893 \times 10^{-2}$
2	$0.204 \times 10^{-5}$	13	$3.536 \times 10^{-2}$	24	$3.313 \times 10^{-2}$	35	$1.503 \times 10^{-2}$
1	$0.234 \times 10^{-5}$	12	$3.996 \times 10^{-2}$	23	$3.763 \times 10^{-2}$	34	$1.696 \times 10^{-2}$

表 4.4 ドップラー効果に対する重み因子

ヒート スラブ 番号	第1チャンネル	ヒート スラブ 番号	第2チャンネル	ヒート スラブ 番号	第3チャンネル	ヒート スラブ 番号	第4チャンネル
11	0.000	22	$5.942 \times 10^{-3}$	33	$5.118 \times 10^{-3}$	44	0.000
10	0.000	21	$1.968 \times 10^{-2}$	32	$1.734 \times 10^{-2}$	43	0.000
9	$0.257 \times 10^{-5}$	20	$4.752 \times 10^{-2}$	31	$4.301 \times 10^{-2}$	42	$7.760 \times 10^{-3}$
8	$0.206 \times 10^{-5}$	19	$4.051 \times 10^{-2}$	30	$3.416 \times 10^{-2}$	41	$1.447 \times 10^{-2}$
7	$0.246 \times 10^{-5}$	18	$5.038 \times 10^{-2}$	29	$4.141 \times 10^{-2}$	40	$1.845 \times 10^{-2}$
6	$0.271 \times 10^{-5}$	17	$5.650 \times 10^{-2}$	28	$4.596 \times 10^{-2}$	39	$2.077 \times 10^{-2}$
5	$0.277 \times 10^{-5}$	16	$5.823 \times 10^{-2}$	27	$4.720 \times 10^{-2}$	38	$2.139 \times 10^{-2}$
4	$0.263 \times 10^{-5}$	15	$5.544 \times 10^{-2}$	26	$4.496 \times 10^{-2}$	37	$2.035 \times 10^{-2}$
3	$0.232 \times 10^{-5}$	14	$4.856 \times 10^{-2}$	25	$3.953 \times 10^{-2}$	36	$1.783 \times 10^{-2}$
2	$0.186 \times 10^{-5}$	13	$3.849 \times 10^{-2}$	24	$3.155 \times 10^{-2}$	35	$1.416 \times 10^{-2}$
1	$0.208 \times 10^{-5}$	12	$4.126 \times 10^{-2}$	23	$3.445 \times 10^{-2}$	34	$1.546 \times 10^{-2}$

表 4.5 物 性 値

材料 物性	芯 材	被 覆 材
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	6.46×10 <sup>3</sup>	2.70×10 <sup>3</sup>
熱伝導度 (kcal/m·h·°C)	27.5	112.0 ( 20 °C ) 122.0 ( 100 °C ) 149.0 ( 300 °C )
熱容量 (kcal/m <sup>3</sup> ·°C)	527.8 ( 10 °C ) 552.3 ( 100 °C ) 606.8 ( 300 °C ) 688.6 ( 600 °C )	594.0 ( 20 °C ) 621.0 ( 100 °C ) 675.0 ( 300 °C )
線膨張率 (1/°C)	15.0×10 <sup>-6</sup>	23.1×10 <sup>-6</sup> ( 30 °C ) 25.1×10 <sup>-6</sup> ( 127 °C ) 26.4×10 <sup>-6</sup> ( 227 °C ) 28.4×10 <sup>-6</sup> ( 327 °C ) 30.9×10 <sup>-6</sup> ( 427 °C ) 34.0×10 <sup>-6</sup> ( 527 °C )

表 4.6 起動時における制御棒の異常な引抜きの解析結果 (1)

項 目	スクラム 出力 (kW)	スクラム値 到達時間 (s)	最高出力 (MW)	最高出力 到達時間 (s)
炉 心				
LEU 炉心	650	約 5.8	約 23.7	約 6.0
改良 LEU 炉心		約 5.7	約 45.7	約 5.9

表 4.7 起動時における制御棒の異常な引抜きの解析結果 (2)

項 目	最 小 DNBR	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	被覆材 熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉 心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	2.6以上	約 119	約 110	約 68	約 13
改良 LEU 炉心	2.8以上	約 179	約 159	約 81	約 26

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°Cにおける耐力

表 4.8 出力運転中の制御棒の異常な引抜き解析結果 (1)

項目	スクラム出力 (MW)	スクラム値到達時間 (s)	最高出力 (MW)	最高出力到達時間 (s)
炉心	65			
LEU 炉心		約 0.5	約 67.3	約 0.5
改良 LEU 炉心		約 0.4	約 70.1	約 0.6

表 4.9 出力運転中の制御棒の異常な引抜き解析結果 (2)

項目	最小 DNBR	燃料芯材最高温度 (°C)	燃料板表面最高温度 (°C)	冷却水最高出口温度 (°C)	被覆材熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	約 1.9	約 249	約 217	約 117	約 43
改良 LEU 炉心	約 2.0	約 255	約 220	約 112	約 47

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°Cにおける耐力

表 4.10 照射試料による反応度付加の解析結果 (1)

項目	スクラム出力 (MW)	スクラム値到達時間 (s)	最高出力 (MW)	最高出力到達時間 (s)
炉心	65			
LEU 炉心		約 0.02	約 65.3	約 0.03
改良 LEU 炉心		約 0.02	約 65.9	約 0.03

表 4.11 照射試料による反応度付加の解析結果 (2)

項目	最小 DNBR	燃料芯材最高温度 (°C)	燃料板表面最高温度 (°C)	冷却水最高出口温度 (°C)	被覆材熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	約 2.0	約 242	約 212	約 112	約 41
改良 LEU 炉心	約 2.2	約 245	約 213	約 106	約 43

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°Cにおける耐力

表 4.12 冷水導入による反応度付加の解析結果 (1)

項目 炉心	スクラム 出力 (kW)	スクラム値 到達時間 (s)	最高出力 (MW)	最高出力 到達時間 (s)
LEU 炉心	650	約 0.01	約 1.43	約 0.07
改良 LEU 炉心		約 0.01	約 1.51	約 0.10

表 4.13 冷水導入による反応度付加の解析結果 (2)

項目 炉心	最 小 DNBR	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	被覆材 熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52 <sup>*1</sup>
LEU 炉心	2.6 以上	約 54	約 53	約 50	約 0.98
改良 LEU 炉心	2.8 以上	約 55	約 54	約 51	約 0.98

\*1; 被覆材温度 220°C における耐力

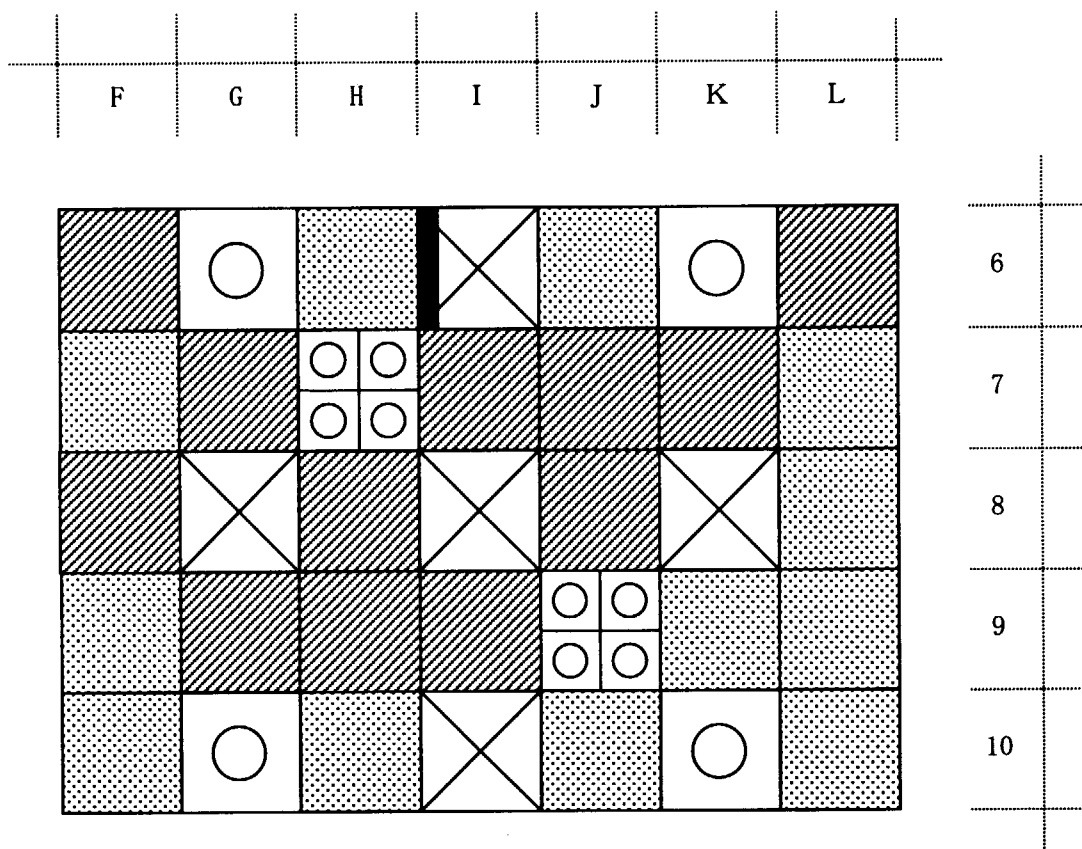
表 4.14 照射実験設備の破損による反応度の異常な付加の解析結果 (1)

項目 炉心	スクラム 出力 (MW)	スクラム値 到達時間 (s)	最高出力 (MW)	最高出力 到達時間 (s)
LEU 炉心	65	約 0.13	約 82.9	約 0.31
改良 LEU 炉心		約 0.13	約 92.3	約 0.31

表 4.15 照射実験設備の破損による反応度の異常な付加の解析結果 (2)

項目 炉心	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	最 小 DNBR
判断基準	≤582	—	飽和温度以下	—
LEU 炉心	約 273	約 234	約 131	約 1.53
改良 LEU 炉心	約 286	約 240	約 130	約 1.57






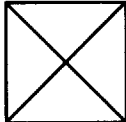
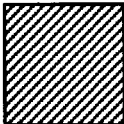
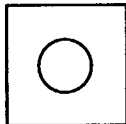
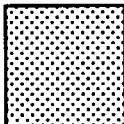
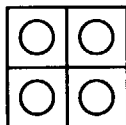
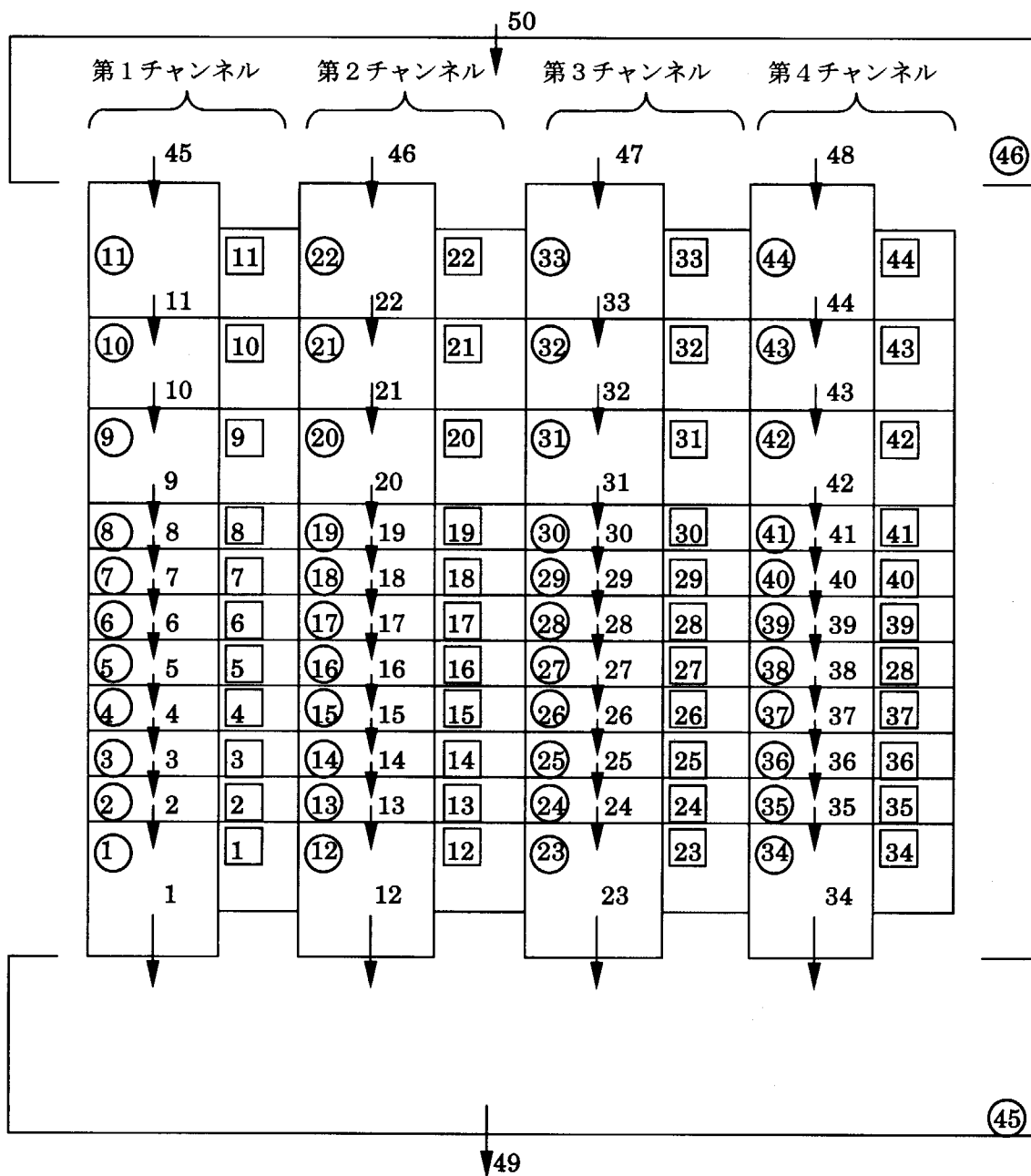
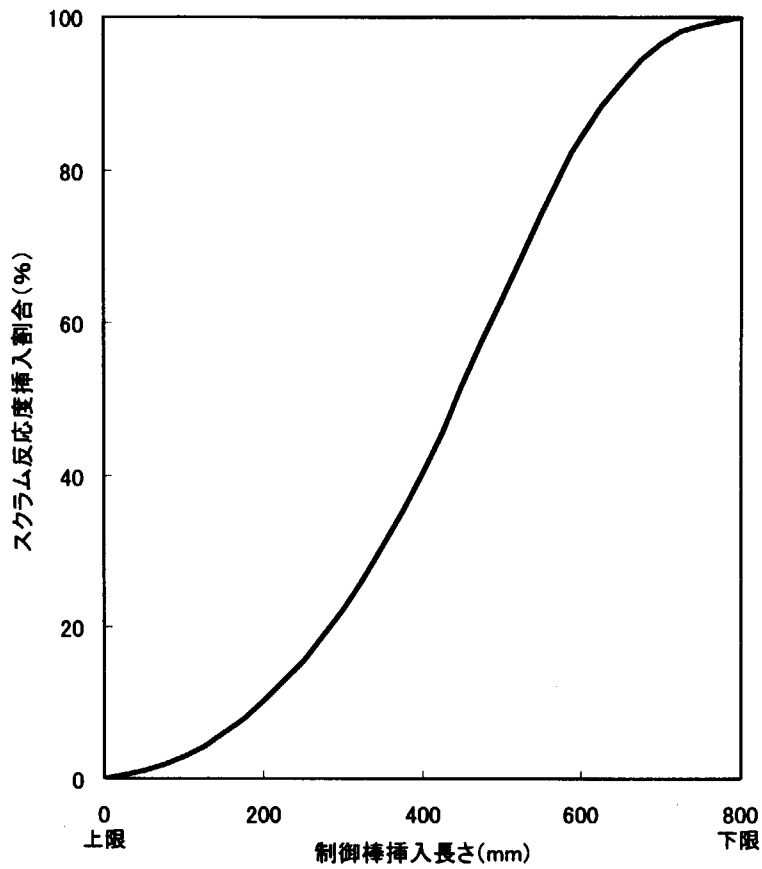
- |  |  |
|--|--|
|  <p>第1チャンネル<br/>(ホットチャンネル)<br/>(フォロワ燃料要素; 1/16 体)</p> |  <p>第4チャンネル<br/>(フォロワチャンネル)<br/>(フォロワ燃料要素; 4+15/16 体)</p> |
|  <p>第2チャンネル<br/>(平均チャンネル)<br/>(標準燃料要素; 12 体)</p>      |  <p>照射孔<br/>(アルミニウム反射体)</p>                               |
|  <p>第3チャンネル<br/>(平均チャンネル)<br/>(標準燃料要素; 12 体)</p>      |  <p>照射孔<br/>(アルミニウム反射体)</p>                               |

図 4.1 燃料配置とチャンネル分割



- n : ノード番号
- n : ジャンクション番号
- n : ヒートスラブ番号

図 4.2 EUREKA-2 コードの解析に用いた  
各チャンネルの軸方向ノード及びヒートスラブ分割



時間 (s)	スクラム反応度 (% $\Delta k/k$ )	
	LEU 炉心	改良 LEU 炉心
0.0	0.000	0.000
0.141	0.102	0.042
0.2	0.3468	0.153
0.245	0.7684	0.3285
0.283	1.3736	0.5835
0.316	2.1386	0.93
0.346	2.873	1.285
0.374	3.281	1.4595
0.4	3.4	1.5

図 4.3 スクラム反応度及びスクラム反応度挿入曲線

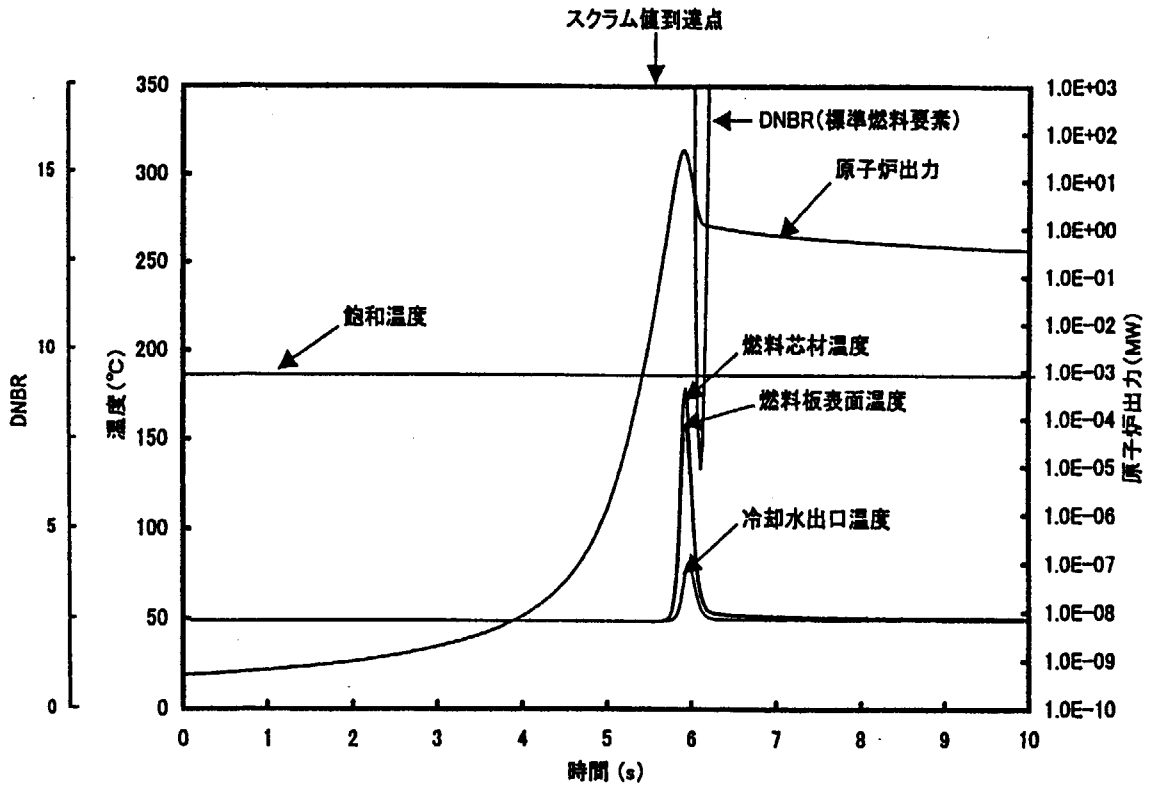


図 4.4 起動時における制御棒の異常な引抜き (改良 LEU 炉心)

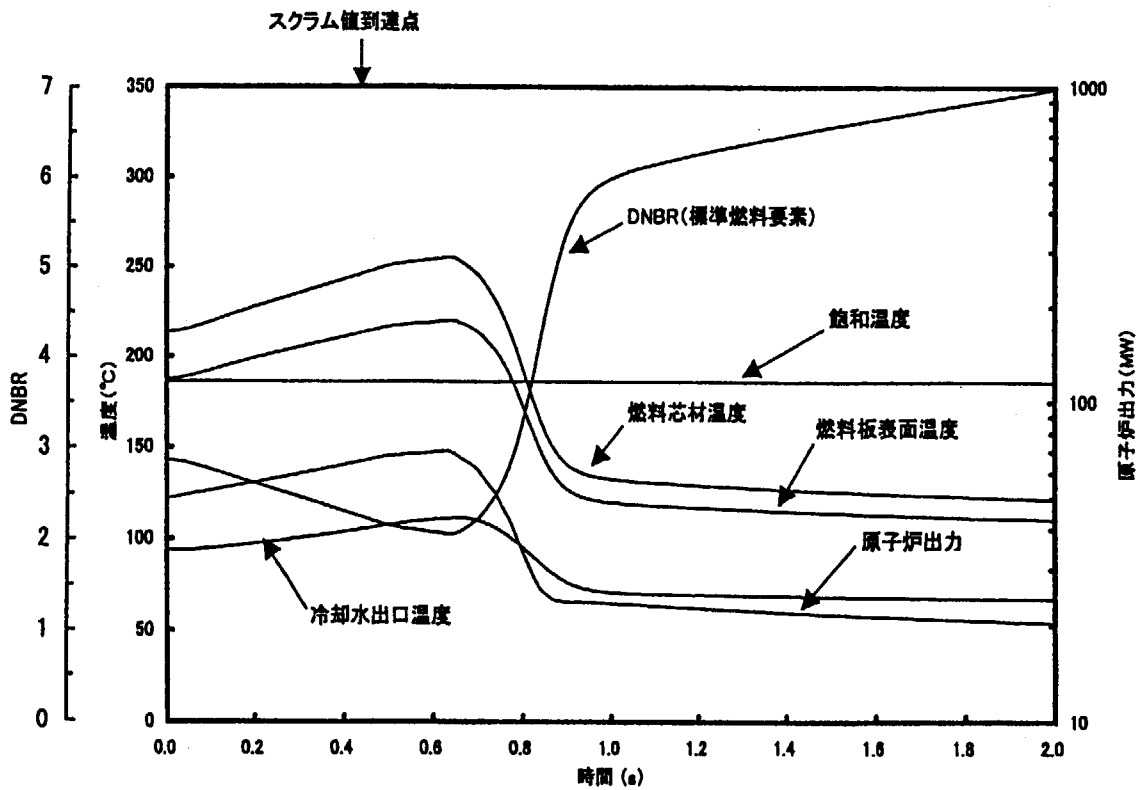


図 4.5 出力運転中の制御棒の異常な引抜き (改良 LEU 炉心)

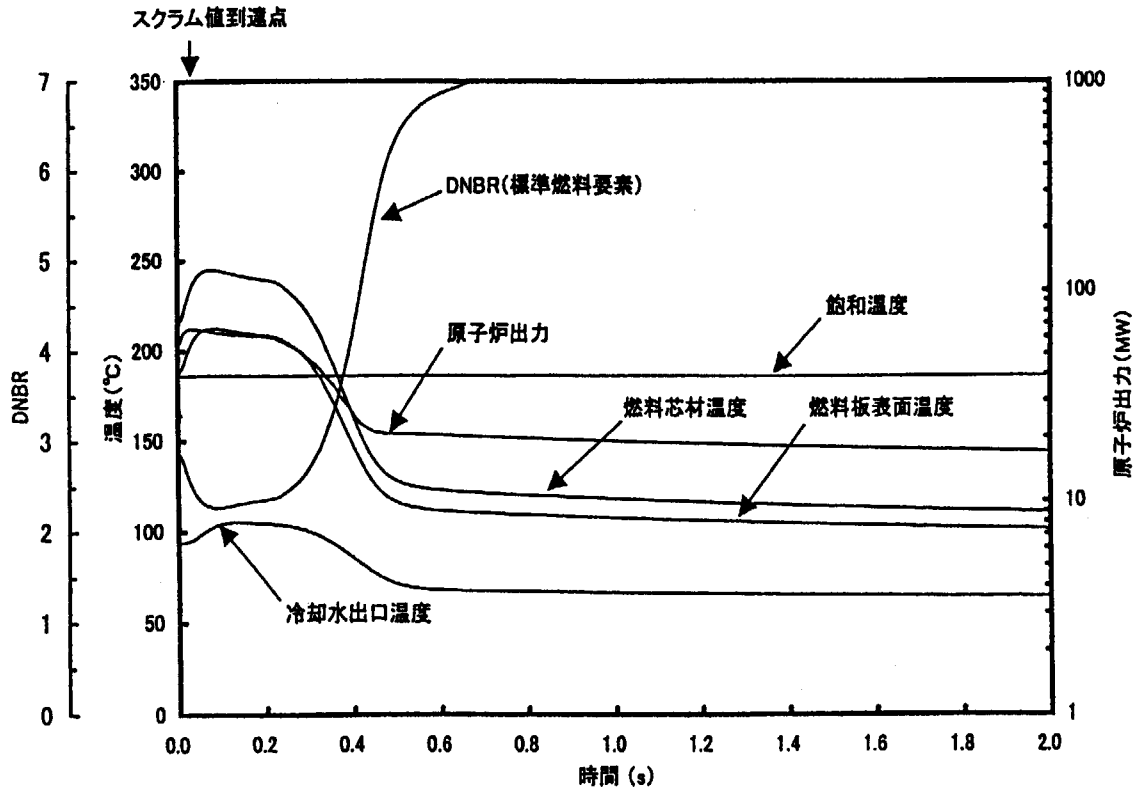


図 4.6 照射試料による反応度付加 (改良 LEU 炉心)

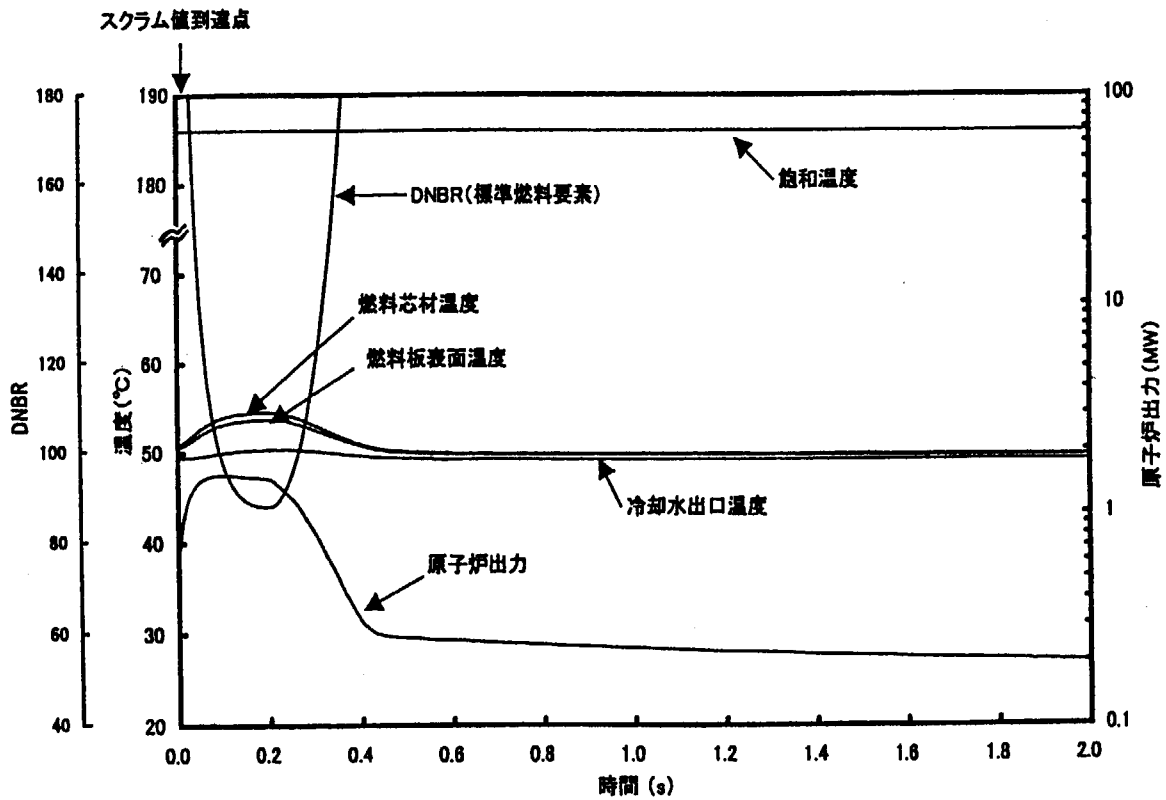


図 4.7 冷水導入による反応度付加 (改良 LEU 炉心)

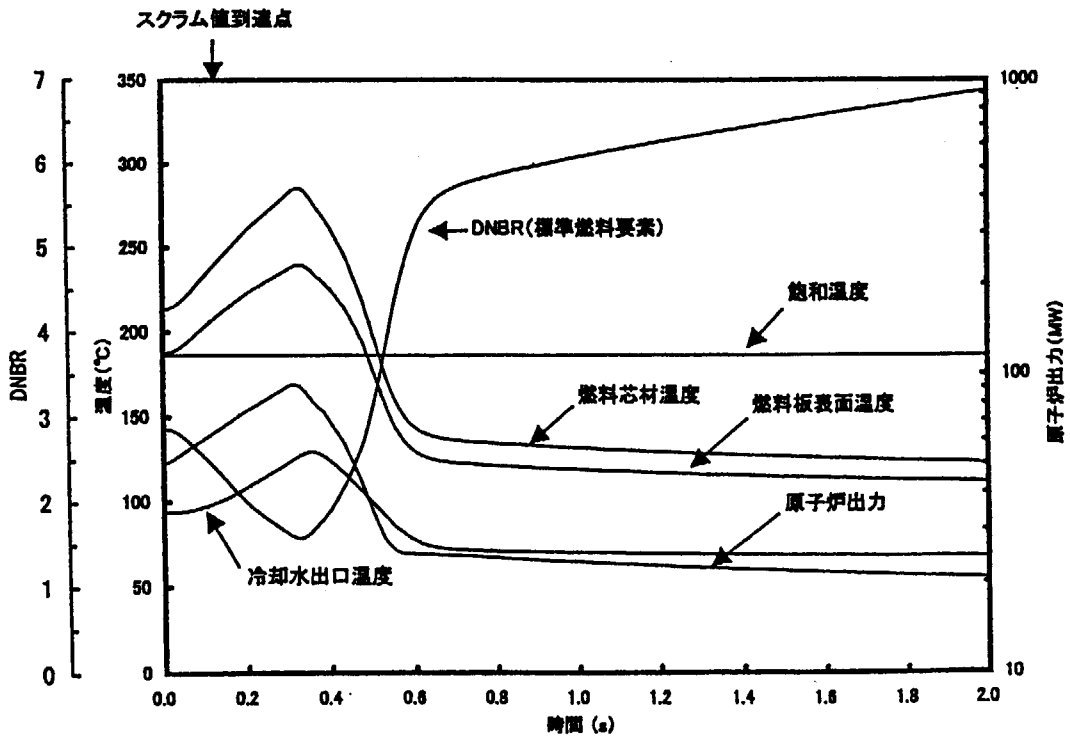


図 4.8 照射実験設備の破損による反応度の異常な付加 (改良 LEU 炉心)

## 5. 冷却能力低下事象の解析

冷却能力低下事象の解析では、以下に示すように運転時の異常な過渡変化に関する4事象及び事故に関する4事象を評価対象とした。

- (1) 運転時の異常な過渡変化
  - ① 一次冷却水の流量低下
  - ② 二次冷却水の流量低下
  - ③ 商用電源喪失
  - ④ 一次冷却システムの異常な減圧
- (2) 事故
  - ① 一次冷却水流出事故
  - ② 主循環ポンプ軸固着事故
  - ③ 二次冷却システム循環ポンプ軸固着事故
  - ④ 炉心流路閉塞事故

これらの事象を対象に、LEU 炉心の解析と同様に、原子炉出力、燃料温度、冷却水温度及び最小 DNBR 等について解析し、それぞれの判断基準を満足することを確認した。

### 5.1 解析モデルと入力データ

#### (1) 計算コード

炉心流路閉塞事故を除く7事象の解析は、軽水型原子炉の冷却材喪失事故の解析用に開発された THYDE-W コード<sup>(9)</sup>を、炉心流路閉塞事故の解析は COOLOD コードを用いて行う。THYDE-W コードは、原子炉を幾つかの体積を持つ要素（ノード）とそれを結合する連結点（ジャンクション）とで構成する液体回路網で表す。各ノード、ジャンクションで冷却水の質量、運動量及びエネルギーの保存式を解き、それらの温度、流量及び圧力の時間変化を求めることができる。

#### (2) 解析モデル

核的熱水路係数  $F_n$  の最も大きい燃料フォロワ（SR-1）の燃料板1枚、1流路をホットチャンネルとして、その他の燃料要素部分を平均チャンネルとした。平均チャンネルの流路数は、流路数と流路断面積の積が総流路断面積になるように補正して608流路とした。

解析用ノード分割モデルを図5.1及び図5.2に、また、炉心部のノードデータを表5.1に示す。THYDE-W コードにおける「一次冷却水流出事故」の入力データを付録B.3に示す。

#### (3) 出力密度

THYDE-W における定常設定では、燃料芯材最高温度、燃料板表面最高温度及び冷却水最高出口温度が定常熱水力解析コード COOLOD の解析結果を上回るように、ホットチャンネルの出力密度は、平均チャンネルで求めた各スラブの出力密度にホットチャンネルファクタを考慮した。ホットチャンネル及び平均チャンネルの軸方向出力密度を表5.2に示す。

#### (4) 動特性パラメータ等

冷却能力低下事象の解析に用いた核データは、動特性パラメータとして即発中性子寿命 ( $4.928 \times 10^{-5}$  s)、初期熱中性子束 ( $1.9 \times 10^{14}/\text{s} \cdot \text{cm}^2$ )、遅発中性子各群の崩壊定数と中性子割合及びスクラム反応度である。遅発中性子各群の崩壊定数と中性子割合を表5.3に示す。スクラム反応度は図4.3に示した値を用いた。

また、解析に用いる反応度係数として減速材温度係数、減速材ボイド係数及びドプラ係

数があるが、冷却能力低下事象の解析では、これらの反応度係数を0とした方が厳しい解析結果が得られることから、反応度係数は0とした。

#### (5) 物性値

冷却能力低下事象の解析で用いた物質の物性値は表 4.5 に示した値を用いた。

### 5.2 一次冷却水の流量低下

#### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、定格出力運転中に電氣的故障によって、主循環ポンプ3台のうち1台が停止して一次冷却水の流量が低下する。その結果、炉心の冷却能力が低下し、燃料の温度が上昇するおそれのある場合を想定する。

#### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 電氣的及び機械的原因による故障に対しては、電気設備、ポンプ等の設計、製作、据付等において、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含めて品質管理を十分行う。
- 2) 主循環ポンプが停止した場合、一次冷却水の流量が低下し「炉心流量低」の信号によって原子炉がスクラムする。さらに、「炉心流量低」のスクラム信号より遅れて「原子炉出入口圧力差小」のスクラム信号が発信する。

#### (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉は定格出力の50MWとする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は49℃、原子炉入口圧力は約14kg/cm<sup>2</sup>Gとする。
- 3) 「炉心流量低」信号によるスクラムは作動しないものとし、炉心差圧が2.2kg/cm<sup>2</sup>で発信する「原子炉出入口圧力差小」の信号によって、原子炉がスクラムするものとする。
- 4) 主循環ポンプ1台が停止する場合の一次冷却水流量のコストダウン曲線は、主循環ポンプの特性を考慮したものとする<sup>(10)</sup>。

#### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約232℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約209℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約106℃であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約2.3である。解析結果を表 5.4 及び図 5.3 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度が僅かに高く、冷却水出口温度が LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。被覆材熱応力は、燃料芯材最高温度と燃料板表面最高温度の差が LEU 炉心の場合と同じことからほぼ同じ値となっている。DNBR は、一次冷却水流量低下に伴い減少するが、原子炉スクラム後の熱流束の減少に伴い増加する。過渡変化中の最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素の約2.2、改良 LEU 炉心の標準燃料要素の約2.3である。



### 5.3 二次冷却水の流量低下

#### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、定格出力運転中に電氣的故障によって、二次冷却系統循環ポンプ 3 台のうち 1 台が停止して二次冷却水の流量が低下し、熱交換器での除熱量が低下する。その結果、一次冷却水の温度上昇が生じて炉心の冷却能力が低下し、燃料の温度が上昇するおそれのある場合を想定する。

#### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 電氣的及び機械的原因による故障に対しては、電気設備、ポンプ等の設計、製作、据付等において、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含めて品質管理を十分行う。
- 2) 二次冷却系統循環ポンプが停止し、一次冷却水の流量が上昇した場合は、「原子炉入口温度高」の制御棒挿入信号によって、原子炉は停止する。さらに、「原子炉入口温度高」の制御棒挿入信号より遅れて「原子炉出口温度高」の制御棒挿入信号が発信する。

#### (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉は定格出力の 50MW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は 6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は 49℃、原子炉入口圧力は約 14kg/cm<sup>2</sup>G とする。
- 3) 過渡変化中に最初に発信する「原子炉入口温度高」による制御棒挿入は作動しないものとし、原子炉出口温度が 60℃で発信する「原子炉出口温度高」の制御棒挿入信号によって、原子炉が停止するものとする。
- 4) 二次冷却系統循環ポンプ 1 台が停止する場合、二次冷却水流量のコーストダウン曲線は、循環ポンプの特性を考慮したものとする<sup>(9)</sup>。

#### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約 214℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約 190℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約 96℃であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 2.8 である。解析結果を表 5.5 及び図 5.4 に示す。

改良 LEU 炉心及び LEU 炉心の解析結果とも、二次冷却水の流量低下後、一次冷却水の炉心出口温度は徐々に上昇するが、約 58℃で一定となり、制御棒挿入には至らない。したがって、解析結果は燃料温度の定常状態の値からほとんど変化しない。改良 LEU 炉心における冷却水出口温度は、LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。被覆材熱応力は LEU 炉心の場合とほぼ同じである。過渡変化中の最小 DNBR は定常状態における標準燃料要素の値 (LEU 炉心で約 2.6、改良 LEU 炉心で約 2.8) を下回ることはない。

### 5.4 商用電源喪失

#### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は、定格出力運転中に送電系統の故障、大洗研究所構内電気設備の故障等によって、商用電源が喪失して一次冷却水及び二次冷却水の流量低下が起こる。その結果、

炉心の冷却能力が低下し、燃料の温度が上昇するおそれのある場合を想定する。

## (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 商用電源が喪失すると「主循環ポンプ商用電源異常」の信号によって、原子炉はスクラムする。
- 2) 原子炉運転中は主循環ポンプ及び緊急ポンプ 1 台を非常用電源駆動とし、商用電源喪失後の炉心冷却に必要な一次冷却水量を確保する

## (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉は定格出力 50MW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は 6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は 49℃、原子炉入口圧力は約 14kg/cm<sup>2</sup>G とする。
- 3) 「主循環ポンプ商用電源異常」の信号によって、原子炉はスクラムするものとする。
- 4) 主循環ポンプが停止する場合、一次冷却水流量のコーストダウン曲線は、主循環ポンプの特性を考慮したものとする。

## (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約 214℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約 190℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約 96℃であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 2.8 である。解析結果を表 5.6 及び図 5.5 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度が僅かに高く、冷却水出口温度が LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。被覆材熱応力は LEU 炉心の場合とほぼ同じである。DNBR は、一次冷却系統の圧力低下に伴い減少するが、原子炉スクラム後の熱流束の減少に伴い増加する。過渡変化中の最小 DNBR は定常状態における標準燃料要素の値値 (LEU 炉心で約 2.6、改良 LEU 炉心で約 2.8) を下回ることではない。

## 5.5 一次冷却系統の異常な減圧

### (1) 過渡変化の原因及び説明

この過渡変化は定格出力運転中に、何らかの原因で圧力サージタンクの窒素ガス排出弁の誤動作によって、一次冷却系統の圧力が異常に減圧する。その結果、炉心の冷却能力が低下し、燃料の温度が上昇するおそれのある場合を想定する。

### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも燃料の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 電氣的及び機械的原因による故障に対しては、電気設備、ポンプ等の設計、製作、据付等において、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含めて品質管理を十分行う。
- 2) 一次冷却系統の圧力が異常減したときは、「原子炉入口圧力低」の信号によって原子炉はスクラムする。

## (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 過渡解析の初期状態として、原子炉は定格出力 50MW とする。
- 2) 過渡解析の初期状態として、一次冷却水の流量は 6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は 49℃、原子炉入口圧力は約 14kg/cm<sup>2</sup>G とする。
- 3) 一次冷却システムの減圧速度は、圧力サージタンクの窒素ガス排出弁から窒素ガスが臨界流速で排出された場合の値とする<sup>(10)</sup>。
- 4) 原子炉入口圧力が 12kg/cm<sup>2</sup>G まで低下すると、「原子炉入口圧力低」の信号によって原子炉はスクラムする。
- 5) 原子炉入口圧力が 5kg/cm<sup>2</sup>G まで低下すると、「原子炉入口圧力低低」の信号によって商用電源駆動の主循環ポンプが停止する。
- 6) 非常用電源駆動の主循環ポンプについては、「原子炉入口圧力低」の信号が発生してから 5 分後に運転を停止するが、緊急ポンプの運転はそれ以降も継続する。
- 7) 主循環ポンプが停止する場合、一次冷却水流量のコーストダウン曲線は、主循環ポンプの特性を考慮したものとする。

## (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約 213℃ であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約 189℃ である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約 95℃ であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 2.7 である。解析結果を表 5.7 及び図 5.6 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度が僅かに高く、冷却水出口温度が LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。被覆材熱応力は LEU 炉心の場合とほぼ同じである。DNBR は、一次冷却システムの圧力低下に伴い減少するが、原子炉スクラム後の熱流束の減少に伴い増加する。過渡変化中の最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素で約 2.5、改良 LEU 炉心の標準燃料要素で約 2.7 である。

## 5.6 一次冷却水流出事故

## (1) 事故の原因及び説明

この事故は、定格出力運転中に実際には予測し難い原因で一次冷却系統配管に破損が生じたことによって、一次冷却水が流出し、その結果、炉心の冷却能力が低下し、燃料の温度が上昇するおそれのある場合を想定する。

## (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも炉心の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 一次冷却系統配管の材料には、耐食性を有するステンレス鋼を使用するとともに、設計、製作、据付等に当たっては、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含め品質管理を十分行う。
- 2) 一次冷却系統配管は、各運転サイクルの起動前に点検を行い、漏えい等のないことを確認する。また、定期的に健全性を確認するための検査を行う。
- 3) 原子炉運転中に、一次冷却系統配管に漏えいが発生した場合、主要個所に設置してある漏水検知器のいずれかが直ちにアラームを発信する。また、原子炉は「原子炉入口圧

力低」の信号によってスクラムする。

- 4) 漏えい水量を低減するため「原子炉入口圧力低低」の信号によって商用電源駆動の主循環ポンプを自動停止する。
- 5) スクラム後の炉心冷却のため、非常用電源駆動の主循環ポンプを「原子炉入口圧力低低」の信号が発生してから約 5 分間運転を継続する。緊急ポンプについては、それ以降も運転を継続する。
- 6) 一次冷却水の喪失を防止するために、「原子炉入口圧力低低」の信号によってサイフォンブレイク弁のロック機構が解除され、同弁の開条件が満たされたとき自動開となるようにする。
- 7) 事故後の崩壊熱除去を長期にわたって確保するために、「原子炉入口圧力低低」信号によって炉プール連通弁の拘束が解除され、その開条件が満たされたとき自動開となるようにし、炉プール水を炉心に注入する。漏えい水は主循環系機器室の床ドレンを通して排水貯槽に溜まり、漏えい水再循環設備によって炉プールに戻される。

### (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 事故の初期状態として、原子炉は定格出力 50MW とする。
- 2) 事故の初期状態として、一次冷却水の流量は  $6,000\text{m}^3/\text{h}$ 、原子炉入口温度は  $49^\circ\text{C}$ 、原子炉入口圧力は約  $14\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$  とする。
- 3) 一次冷却系統配管の使用条件が低温、低圧であること及び材質の特性を考慮して、同配管の破損断面積は  $Dt/4$  (ただし、 $D$ : 配管の外径、 $t$ : 配管の肉厚) を想定する。炉心への影響が最も厳しくなる配管の破損位置は、最も低い位置の最大口径配管である熱交換器出口配管である。開口面積  $2.97 \times 10^{-3}\text{m}^2$  の破損が瞬時に発生するものとし、破損口における放出係数は 1.0 とする。
- 4) 原子炉入口圧力が  $12\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$  まで低下すると、「原子炉入口圧力低」の信号によって原子炉はスクラムする。
- 5) 事故発生から 0.29 秒後に商用電源は喪失<sup>(10)</sup>し、商用電源駆動の主循環ポンプが停止するものとする。
- 6) 原子炉入口圧力が  $5\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$  まで低下すると、「原子炉入口圧力低低」の信号が発信し、サイフォンブレイク弁及び炉プール連通弁は、各々の開条件が満たされた時に開となり得る状態となる。
- 7) 非常用電源駆動の主循環ポンプは「原子炉入口圧力低低」の信号が発生してから 5 分後に停止する。緊急ポンプについては運転を継続する。
- 8) 主循環ポンプが停止する場合、一次冷却水流量のコーストダウン曲線は、主循環ポンプの特性を考慮したものとする。
- 9) 炉プール水位が正常水位より 2m 低下すると、「炉プール水位低」の信号によって漏えい水を炉プールに戻すため排水ポンプが自動起動する。
- 10) 漏えい水を炉プールに戻す量は  $140\text{m}^3/\text{h}$  とする。

### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約  $213^\circ\text{C}$  であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約  $189^\circ\text{C}$  である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約  $96^\circ\text{C}$  であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 1.7 である。解析結果を表

5.8 及び図 5.7 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果を LEU 炉心の場合と比較すると、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度が僅かに高く、冷却水出口温度が LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。被覆材熱応力は LEU 炉心の場合とほぼ同じである。DNBR は、一次冷却システムの圧力低下に伴い減少するが、原子炉スクラム後の熱流束の減少に伴い、増加する。その後、炉心流量の低下により再度低下するが、炉プール連通弁が開き炉心流量が一定になるとともに、崩壊熱の低下によって DNBR は上昇する。最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素の約 1.6、改良 LEU 炉心の標準燃料要素の約 1.7 である。

## 5.7 主循環ポンプ軸固着事故

### (1) 事故の原因及び説明

この事故は、定格出力運転中に何らかの原因で主循環ポンプ 3 台のうち、1 台の回転軸が瞬間的に固着することによって、一次冷却水の流量が低下する。その結果、炉心の冷却能力が低下して、燃料温度の急激な上昇を起こすおそれのある場合を想定する。

### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも炉心の健全性を確保するとともに、一次冷却システムの圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 電氣的及び機械的原因による故障に対しては、電気設備、ポンプ等の設計、製作、据付等において、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含めて品質管理を十分行う。
- 2) 主循環ポンプが停止した場合、一次冷却水の流量が低下し「炉心流量低」の信号によって原子炉がスクラムする。さらに、「炉心流量低」のスクラム信号より遅れて「原子炉出入口圧力差小」のスクラム信号が発信する。

### (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 事故の初期状態として、原子炉は定格出力の 50MW とする。
- 2) 事故の初期状態として、一次冷却水の流量は 6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は 49℃、原子炉入口圧力は約 14kg/cm<sup>2</sup>G とする。
- 3) 過渡変化中に最初に発信する「炉心流量低」信号によるスクラムは作動しないものとし、炉心差圧が 2.2kg/cm<sup>2</sup>G で発信する「原子炉出入口圧力差小」の信号によって、原子炉がスクラムするものとする。

### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約 234℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約 210℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約 107℃であり、最小 DNBR は標準燃料要素の約 2.3 である。解析結果を表 5.9 及び図 5.8 に示す。

改良 LEU 炉心の解析結果と LEU 炉心の解析結果を比較すると、燃料芯材最高温度及び燃料板表面最高温度が僅かに高く、冷却水出口温度は、LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。DNBR は、一次冷却水の流量低下に伴い減少するが、原子炉スクラム後の熱流束の減少に伴い、増加する。最小 DNBR は LEU 炉心の標準燃料要素の約 2.1、改良 LEU 炉心の標準燃料要素の約 2.3 である。

## 5.8 二次冷却系統循環ポンプ軸固着事故

### (1) 事故の原因及び説明

この事故は、定格出力運転中に何らかの原因で二次冷却系統循環ポンプ3台のうち、1台の回転軸が瞬間的に固着することによって、二次冷却水の流量が低下する。その結果、一次冷却水の温度の上昇によって、炉心の冷却能力低下を引き起こすおそれのある場合を想定する。

### (2) 防止対策

本事象の発生を防止し、万一発生した場合にも炉心の健全性を確保するとともに、一次冷却系統の圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 電氣的及び機械的原因による故障に対しては、電気設備、ポンプ等の設計、製作、据付等において、諸規格及び基準に適合するようにし、かつ、供用期間中も含めて品質管理を十分行う。
- 2) 二次冷却系統循環ポンプが停止し、一次冷却水の温度の上昇した場合は、「原子炉入口温度高」の制御棒挿入信号によって、原子炉は停止する。さらに、「原子炉入口温度高」の制御棒挿入信号より遅れて「原子炉出口温度高」の制御棒挿入信号が発信する。

### (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 事故の初期状態として、原子炉は定格出力の50MWとする。
- 2) 事故の初期状態として、一次冷却水の流量は6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は49℃、原子炉入口圧力は約14kg/cm<sup>2</sup>Gとする。
- 3) 「原子炉入口温度高」による制御棒挿入は作動しないものとし、一次冷却水の原子炉出口温度が60℃で発信する「原子炉出口温度高」の制御棒挿入信号によって、原子炉が停止するものとする。

### (4) 解析結果

本事象における改良 LEU 炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約213℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約189℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約95℃であり、最小DNBRは標準燃料要素の約2.8である。解析結果を表5.10及び図5.9に示す。

改良 LEU 炉心及び LEU 炉心の解析結果では、二次冷却水の流量低下後、一次冷却水の炉心出口温度は徐々に上昇するが、約58℃で収束して一定となり、制御棒挿入に至らない。したがって、解析結果は THYDE-W における燃料温度の定常設定温度から変化せず、冷却水出口温度は、LEU 炉心の場合と比較して低くなっている。事故時の最小 DNBR は定常状態における標準燃料要素の値 (LEU 炉心で約2.6、改良 LEU 炉心で約2.8) を下回ることはない。

## 5.9 炉心流路閉塞事故

### (1) 事故の原因及び説明

この事故は、定格出力運転中に何らかの要因で一次冷却水中に混入していた異物が、炉心内の流路を閉塞することによって、その流路内の一次冷却水の流量が減少する。その結果、燃料温度が上昇して燃料板に損傷を起こすおそれのある場合を想定する。

### (2) 防止対策

流路閉塞の発生を防止し、万一発生した場合にも炉心の健全性を確保するとともに、一次

冷却システムの圧力上昇がないようにするために、次の対策を講ずる。

- 1) 一次冷却系統配管内にストレーナを取付け、冷却水中の異物を取り除く。
- 2) 燃料要素、照射試料等の交換作業に用いる工具等は、圧力容器内への落下防止の処置を講ずる。
- 3) 炉心作業終了後、圧力容器内の点検を十分に行う。さらに、定格出力運転前には、一次冷却系統を運転したのちに再度圧力容器内を点検し、異物がないことを確認する。
- 4) 上記の防止対策にも拘わらず、万一、事故が発生した場合を想定して燃料破損検出系を3系統設置し、そのうちの2系統以上の異常検出で発信される「燃料破損」の信号によって原子炉をスクラムさせる。

### (3) 解析条件

解析では、実際より十分に厳しい結果を得るために、解析条件を次のように仮定した。

- 1) 事故の初期状態として、原子炉は定格出力の50MWとする。
- 2) 事故の初期状態として、一次冷却水の流量は6,000m<sup>3</sup>/h、原子炉入口温度は49℃、原子炉入口圧力は約14kg/cm<sup>2</sup>Gとする。
- 3) 流路の閉塞は、ホットチャンネル1流路が完全に閉塞したものとする。
- 4) 閉塞流路に接する燃料板で発した熱は、すべて隣接の正常流路で除去されるものとする。
- 5) 燃料板の側板方向への熱伝達は無視する。

### (4) 解析結果

本事象における改良LEU炉心の解析結果は、燃料芯材最高温度は燃料フォロワの約305℃であり、燃料板表面最高温度は燃料フォロワの約228℃である。また、冷却水最高出口温度は燃料フォロワの約108℃であり、最小DNBRは標準燃料要素の約1.4である。解析結果を表5.11及び図5.10に示す。

改良LEU炉心の解析結果をLEU炉心の場合と比較すると、燃料芯材最高温度が僅かに高く、冷却水出口温度は、LEU炉心の場合と比較して低くなっている。事故時の最小DNBRはLEU炉心の標準燃料要素で約1.3、改良LEU炉心の標準燃料要素で約1.4であり、ともに運転時の異常な過渡変化時の最小DNBRの判断基準1.5を下回る。

事故時の最小DNBRが運転時の異常な過渡変化時の最小DNBRの判断基準を下回ることから、可能性は少ないが燃料板が破損するものとして、敷地境界外の公衆に対する被ばく評価を行った。被ばく評価の結果は「第6章 被ばく評価」に後述する。

## 5.10 冷却能力低下事象の解析結果のまとめ

改良LEU炉心の解析結果をLEU炉心の場合と比較すると、反応度投入事象の解析結果と同様に、スクラム後の原子炉出力が高めに推移すること及び核的熱水路係数が大きいことから燃料温度は改良LEU炉心の方が高くなっている。冷却水出口温度については、表2.5に示すようにホットチャンネル当たりの総発熱量が改良LEU炉心の方がLEU炉心より僅かに低いため、改良LEU炉心が低くなっている。最小DNBR及び被覆材熱応力の解析結果も反応度投入事象と同様の傾向であり、最小DNBRはLEU炉心の値が最も厳しく、被覆材熱応力は、燃料温度が高くなる改良LEU炉心が大きくなっている。

以上のように、改良LEU炉心における運転時の異常な過渡変化及び事故に関する冷却能力低下事象において、結果が厳しくなるように解析条件を仮定しても、解析結果は、安全評価に関

する判断基準をすべて満足することを確認した。すなわち、

- ① 最小 DNBR は 1.5 以上であり、バーンアウトによる燃料の損傷は発生しない。
- ② 燃料芯材最高温度はブリスト発生温度 400℃以下であり、被覆材に生じる最大熱応力は耐力以下であることから、燃料板の損傷及び冷却能力の低下は生じない。
- ③ 冷却水最高出口温度は飽和温度に達しないことから、一次冷却系統にかかる圧力は最高使用圧力を超えることはなく、その健全性が損なわれることはない。



表 5.1 炉心ノードデータ

		ホットチャンネル	平均チャンネル	非加熱チャンネル
流路データ	流路断面積 (m <sup>2</sup> )	$1.400 \times 10^{-4}$	$1.7768 \times 10^{-4}$	—
	水力等価直径 (m)	$4.943 \times 10^{-3}$	$5.1340 \times 10^{-3}$	
	流路数	1	608	
	総流路断面積 (m <sup>2</sup> )	$1.400 \times 10^{-4}$	0.108031	
流量配分	総流路断面積 (m <sup>2</sup> )	$1.400 \times 10^{-4}$	0.108031	0.1047304
	流速 (m/s)	9.8316	10.0	5.5855
	流量 (m <sup>3</sup> /h)	4.9548	$3.889 \times 10^3$	$2.1059 \times 10^3$
	流量配分	$8.2579 \times 10^{-4}$	$6.4818 \times 10^{-1}$	$3.5098 \times 10^{-1}$

表 5.2 ホットチャンネル及び平均チャンネルの軸方向出力密度

炉心入口からの長さ (cm)	軸方向出力密度 (kcal/m <sup>3</sup> ·s)	
	ホットチャンネル	平均チャンネル
0 ~ 25	$6.584 \times 10^5$	$5.318 \times 10^5$
25 ~ 35	$4.467 \times 10^6$	$1.154 \times 10^6$
35 ~ 42.5	$5.331 \times 10^6$	$1.472 \times 10^6$
42.5 ~ 55	$5.604 \times 10^6$	$1.566 \times 10^6$
55 ~ 75	$4.104 \times 10^6$	$1.163 \times 10^6$

表 5.3 崩壊定数と中性子割合

遅発中性子群	崩壊定数 $\lambda_i$ (1/s)	遅発中性子割合 $\beta_i = \beta_i / \beta_{eff}$	$\beta_i$
1	$1.272 \times 10^{-2}$	0.038	$2.762 \times 10^{-4}$
2	$3.174 \times 10^{-2}$	0.213	$1.558 \times 10^{-3}$
3	$1.160 \times 10^{-1}$	0.188	$1.379 \times 10^{-3}$
4	$3.110 \times 10^{-1}$	0.404	$2.959 \times 10^{-4}$
5	$1.400 \times 10^0$	0.129	$9.467 \times 10^{-4}$
6	$3.870 \times 10^0$	0.027	$1.982 \times 10^{-4}$

$$\beta_{eff} ; 7.317 \times 10^{-3}$$

$$l \text{ (s)} ; 4.928 \times 10^{-5}$$

表 5.4 一次冷却水の流量低下の解析結果

項目	最小 DNBR	燃料芯材最高温度 (°C)	燃料板表面最高温度 (°C)	冷却水最高出口温度 (°C)	被覆材熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	約 2.2	約 229	約 206	約 111	約 38
改良 LEU 炉心	約 2.3	約 232	約 209	約 106	約 37

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°C における耐力

表 5.5 二次冷却水の流量低下の解析結果

項目	最小 DNBR	燃料芯材最高温度 (°C)	燃料板表面最高温度 (°C)	冷却水最高出口温度 (°C)	被覆材熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	約 2.6	約 211	約 188	約 101	約 38
改良 LEU 炉心	2.8 以上	約 213	約 190	約 96	約 37

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°C における耐力

表 5.6 商用電源喪失の解析結果

項目	最小 DNBR	燃料芯材最高温度 (°C)	燃料板表面最高温度 (°C)	冷却水最高出口温度 (°C)	被覆材熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	約 2.6	約 210	約 187	約 99	約 38
改良 LEU 炉心	約 2.8	約 214	約 190	約 96	約 39

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°C における耐力

表 5.7 一次冷却システムの異常な減圧の解析結果

項目	最小 DNBR	燃料芯材最高温度 (°C)	燃料板表面最高温度 (°C)	冷却水最高出口温度 (°C)	被覆材熱応力 (N/mm <sup>2</sup> )
炉心					
判断基準	≥1.5	≤400	—	飽和温度以下	≤52* <sup>1</sup>
LEU 炉心	約 2.5	約 210	約 187	約 99	約 38
改良 LEU 炉心	約 2.7	約 213	約 189	約 95	約 39

\*<sup>1</sup>; 被覆材温度 220°C における耐力

表 5.8 一次冷却水流出事故の解析結果

項目 炉心	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	最 小 DNBR
判断基準	≤582	—	飽和温度以下	—
LEU 炉心	約 210	約 187	約 100	約 1.6
改良 LEU 炉心	約 213	約 189	約 96	約 1.7

表 5.9 主循環ポンプ軸固着事故の解析結果

項目 炉心	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	最 小 DNBR
判断基準	≤582	—	飽和温度以下	—
LEU 炉心	約 231	約 208	約 112	約 2.1
改良 LEU 炉心	約 234	約 210	約 107	約 2.3

表 5.10 二次冷却系統循環ポンプ軸固着事故の解析結果

項目 炉心	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	最 小 DNBR
判断基準	≤582	—	飽和温度以下	—
LEU 炉心	約 211	約 188	約 101	約 2.6
改良 LEU 炉心	約 213	約 189	約 95	2.8 以上

表 5.11 炉心流路閉塞事故の解析結果

項目 炉心	燃料芯材 最高温度 (°C)	燃料板表面 最高温度 (°C)	冷却水最高 出口温度 (°C)	最 小 DNBR
判断基準	≤582	—	飽和温度以下	—
LEU 炉心	約 297	約 228	約 109	約 1.3
改良 LEU 炉心	約 305	約 228	約 108	約 1.4

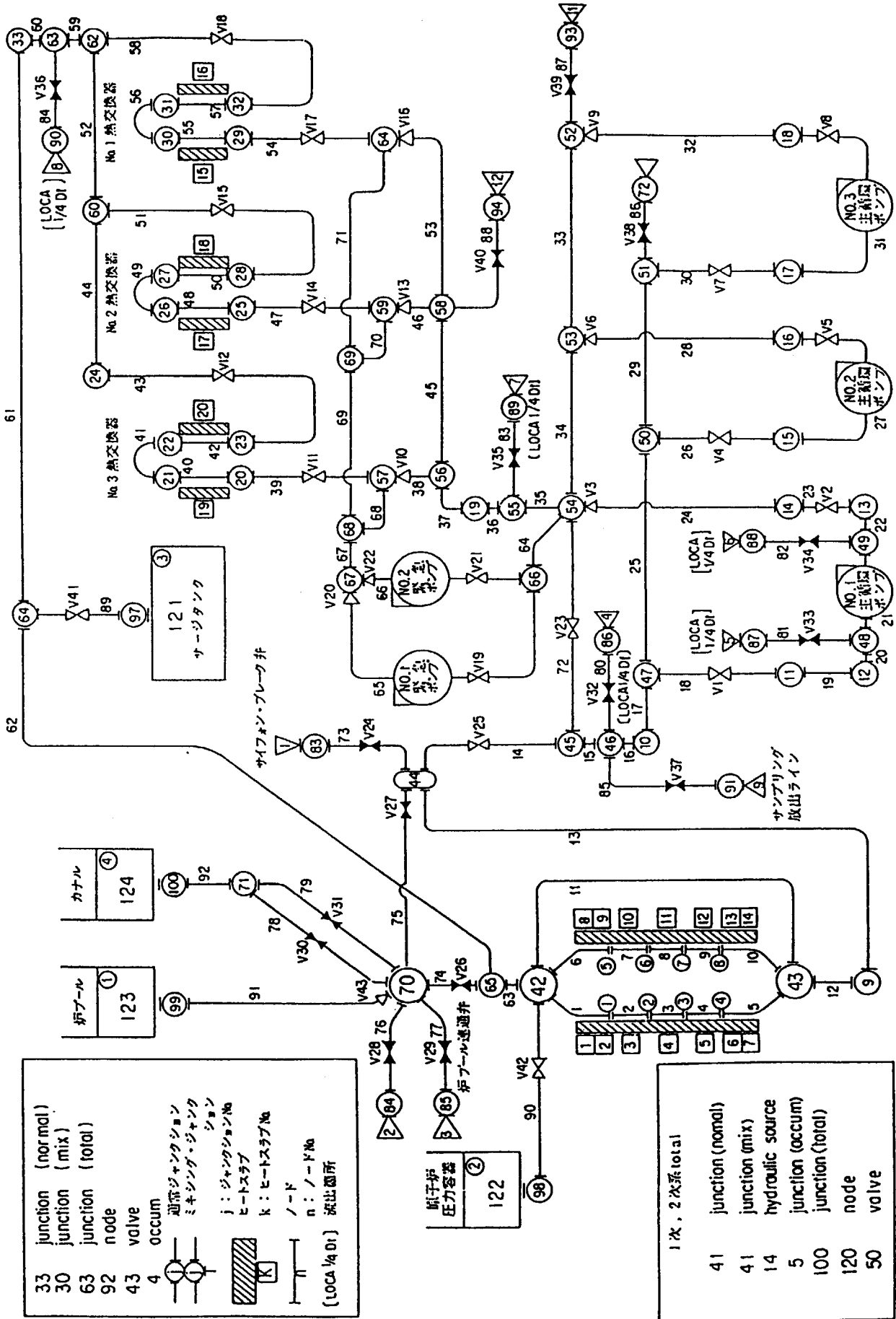


図 5.1 解析用ノード分割モデル (一次冷却系統)

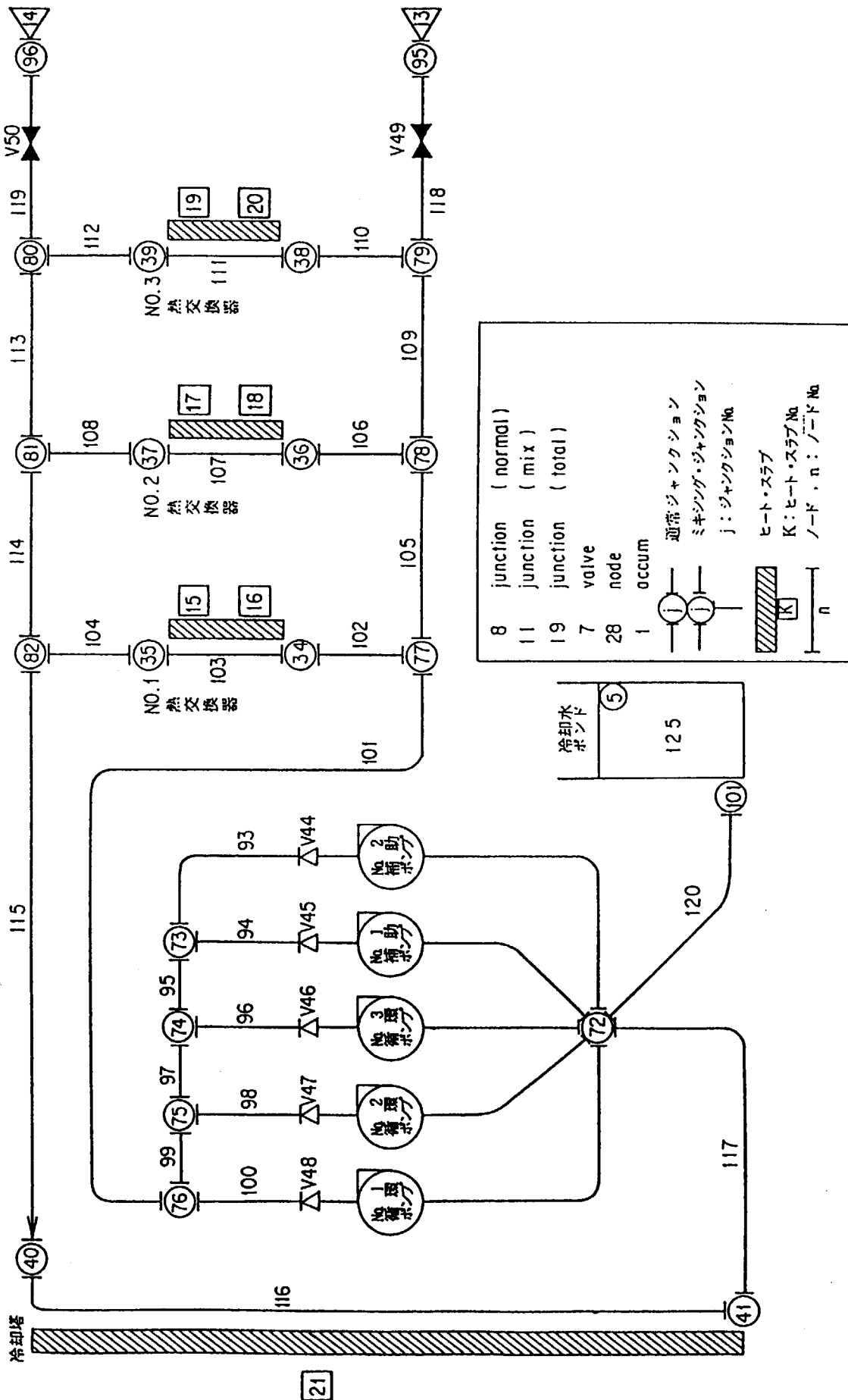


図 5.2 解析用ノード分割モデル (二次冷却系統)

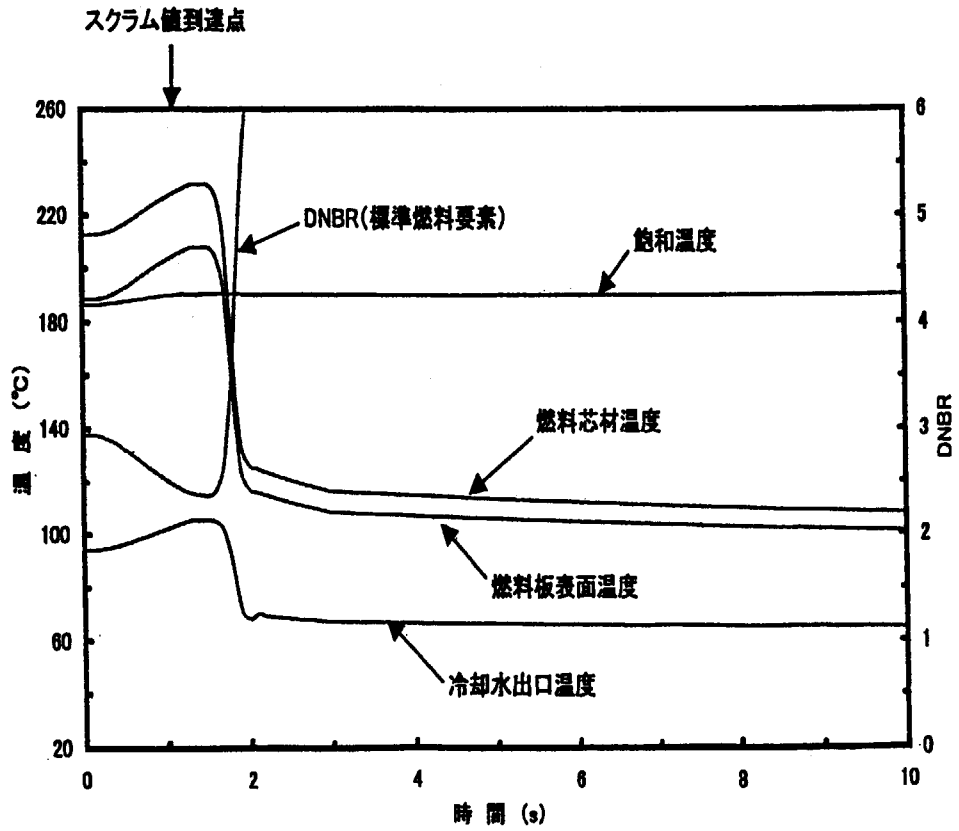


図 5.3 一次冷却水の流量低下 (改良 LEU 炉心)

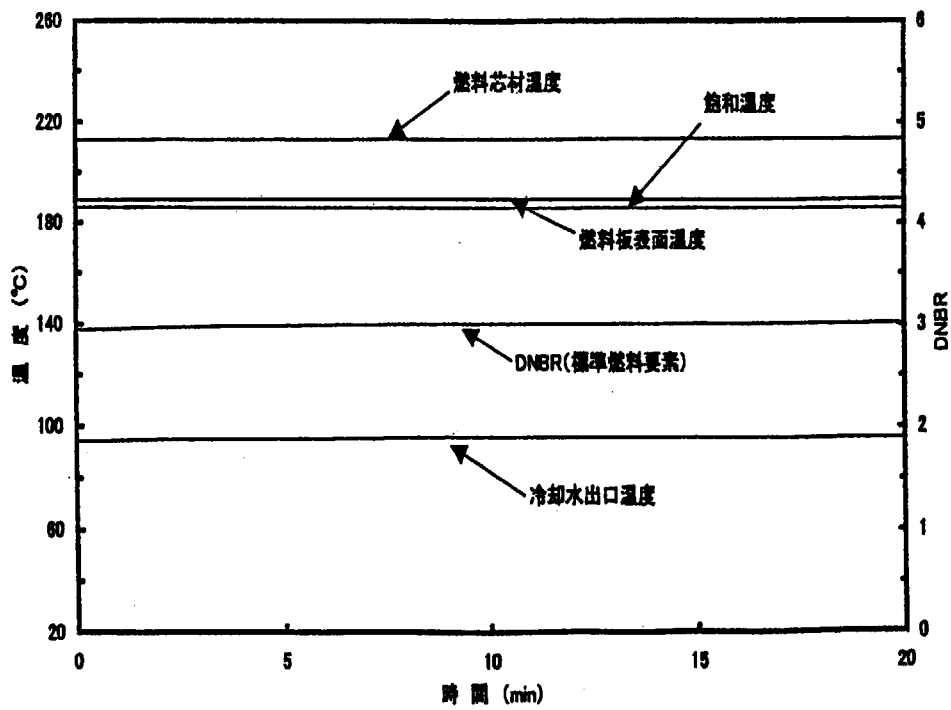


図 5.4 二次冷却水の流量低下 (改良 LEU 炉心)

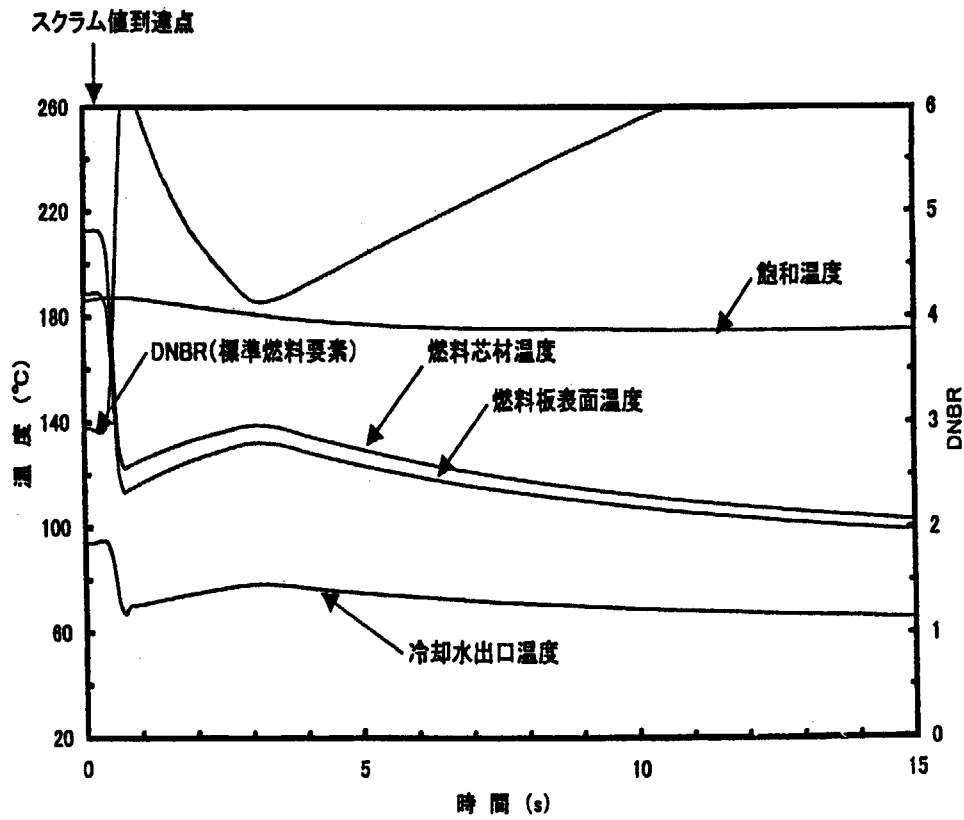


図 5.5 商用電源喪失 (改良 LEU 炉心)

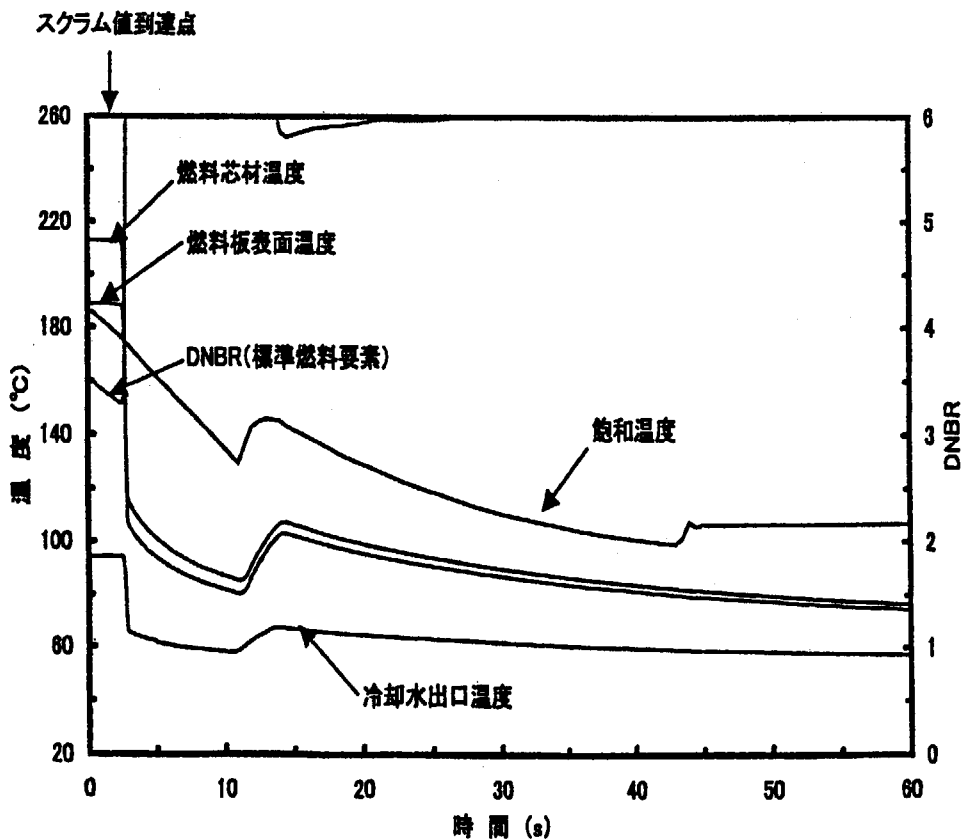


図 5.6 一次冷却システムの異常な減圧 (改良 LEU 炉心)

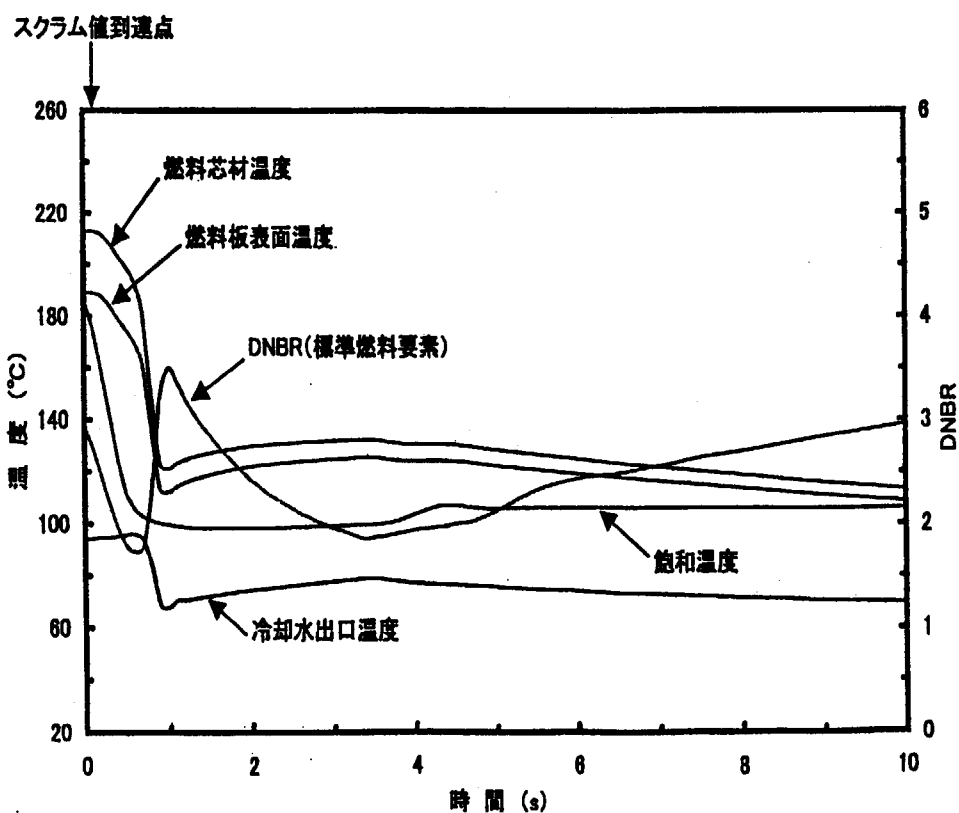


図 5.7 一次冷却水流出事故 (改良 LEU 炉心)

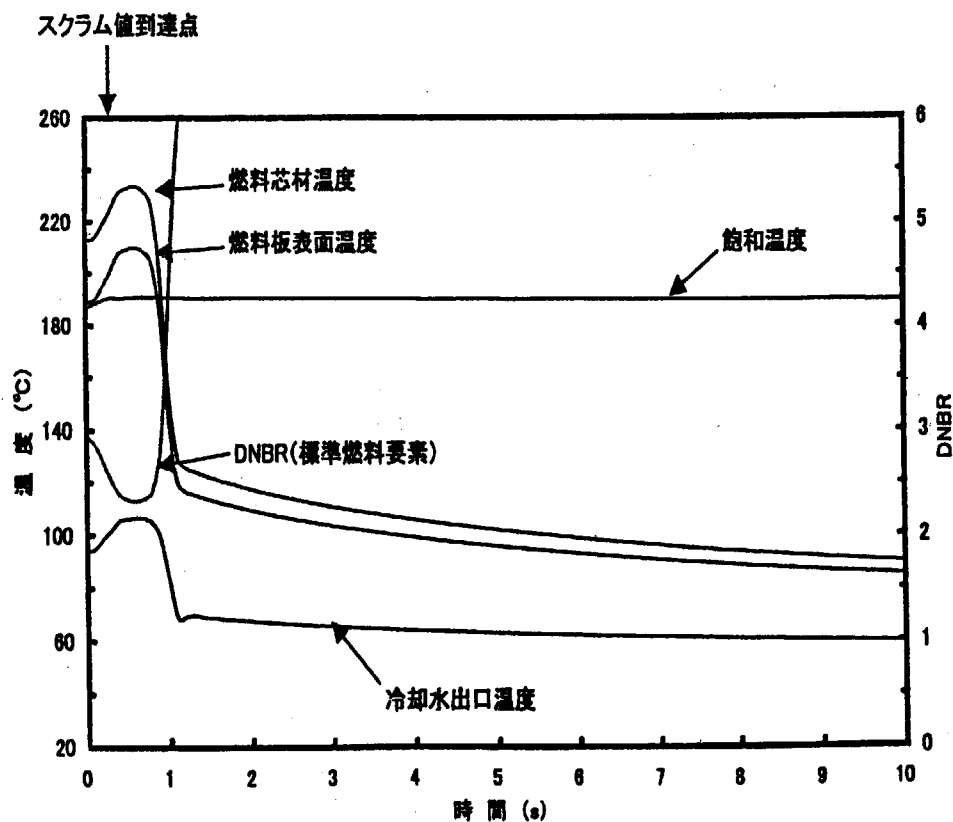


図 5.8 主循環ポンプ軸固着事故 (改良 LEU 炉心)



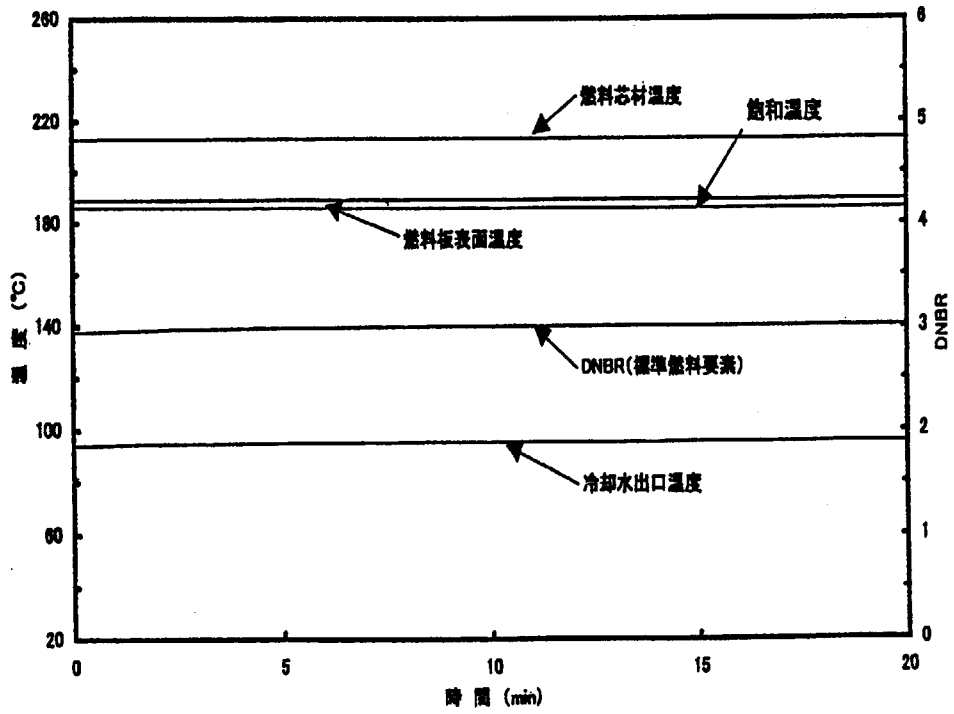


図 5.9 二次冷却系統循環ポンプ軸固着事故 (改良 LEU 炉心)

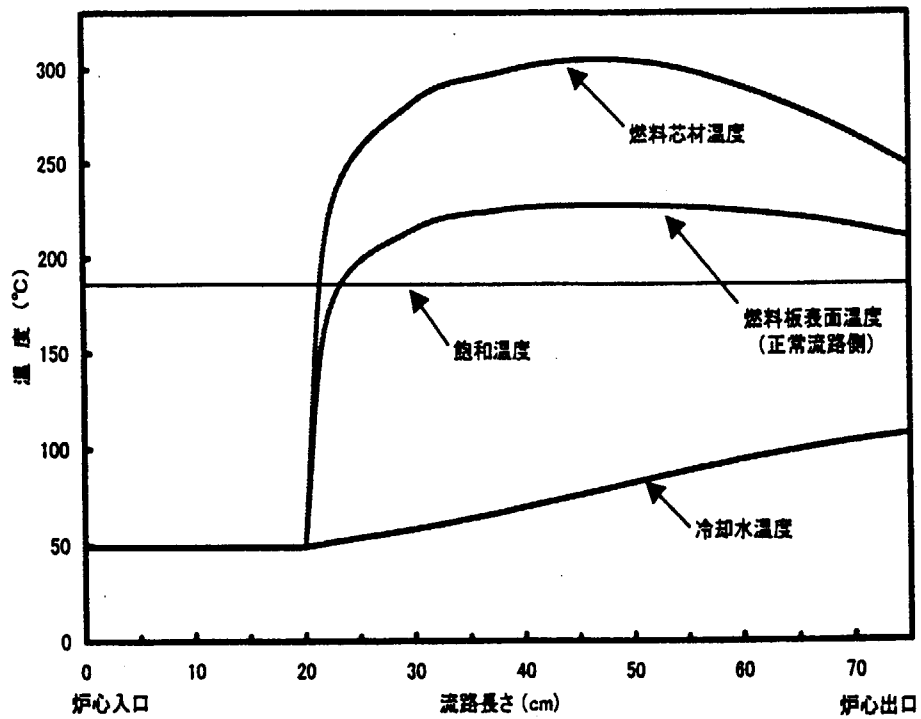


図 5.10 炉心流路閉塞事故 (改良 LEU 炉心)

## 6. 被ばく評価

5章で述べたように、炉心流路閉塞事故の解析結果では最小 DNBR が判断基準の 1.5 を下回り、燃料板の破損の可能性があることが示された。そこで、本事象に関しては、閉塞流路に接する燃料板 2 枚の破損を想定して、放射性物質が一次冷却系へ放出され施設内の移行により施設外部へ放出される過程を解析し、それに基づいて公衆に対する被ばく評価を行った。

また、熱水力解析の対象ではないが、炉心流路閉塞事故と同じように、放射性物質放出の可能性のある事象として、従来の LEU 炉心に対する解析と同様に、燃料取扱事故とキャプセル破損事故についても被ばく評価を行ったので、合わせて記載する。

敷地境界外における公衆に対する線量評価の項目と計算方法は、従来の LEU 炉心に関して行ったものと同様であるが、解析に使用する社会環境データは平成 7 年の国勢調査に基づいて見直したものを使用した。また、相対線量 (D/Q) 及び相対濃度 ( $\chi/Q$ ) については平成 7 年までの気象データにより再評価したデータ (表 6.1) を使用した。

### 6.1 炉心流路閉塞事故による被ばく評価

#### (1) 評価条件

LEU 炉心の安全評価では、事故発生直前まで原子炉は定格出力 50MW で 125 日間連続運転され、閉塞した流路に接した燃料板 2 枚が損傷して、その中に含まれる核分裂生成物の全て (炉心内蓄積量の 0.5% 相当) が一次冷却水中に放出されるものとしている。この仮定における炉心内蓄積量は、炉内に装荷された燃料要素のすべてが平均 72% 燃焼したときの核分裂生成物の量に相当し、燃料要素平均の最高燃焼度が 60% 以下である改良 LEU 炉心に対しても十分保守的な値である。その他の評価条件である放出経路、放出時間、原子炉建家換気率等についても、施設及びその使用方法が従来と変わらないことから、JMTR 施設から外部への核分裂生成物の放出量は従来と同じ値を用いた<sup>(1)</sup>。

#### (2) 評価結果

評価結果を表 6.2 に示す。評価の結果では、表 6.1 に示すように解析に用いる相対線量が減少し、相対濃度が上昇していることから、希ガス及びよう素からのガンマ線の外部被ばくは、従来の約  $6.5 \times 10^{-6}$  Sv から約  $5.3 \times 10^{-6}$  Sv に減少し、よう素吸入による小児の内部被ばくは、従来の約  $2.4 \times 10^{-6}$  Sv から約  $3.2 \times 10^{-6}$  Sv に上昇している。この結果、大気放出に伴う実効線量当量は、敷地境界外で最大となる場所において合計約  $1.5 \times 10^{-5}$  Sv となり、従来の評価と変わらない。

### 6.2 燃料取扱事故による被ばく評価

#### (1) 評価条件

この事故は、原子炉停止中において取扱中の使用済燃料要素が何らかの原因によって損傷し、核分裂生成物が放出する事象を想定している。LEU 炉心の安全評価では、事故発生直前まで原子炉は定格出力 50MW で 125 日間連続運転され、損傷する燃料要素は 1 体とし、燃料板 1 枚に含まれる核分裂生成物の 5% が水中に放出されるものとしている。この放出量は前項と同様に炉内に装荷された燃料要素のすべてが平均 72% 燃焼し、そのうちの燃料要素の 1 体が破損するとしているため、燃料要素平均の最高燃焼度が 60% 以下である改良 LEU 炉心に対しても十分保守的な値である。その他の評価条件である放出経路、放出時間、原子炉建家

換気率等についても、施設及びその使用方法が従来と変わらないことから、JMTR 施設から外部への核分裂生成物の放出量は従来と同じ値を用いた<sup>(11)</sup>。

## (2) 評価結果

評価結果を表 6.3 に示す。評価の結果では、表 6.1 に示すように解析に用いる相対線量が減少し、相対濃度が上昇していることから、希ガス及びよう素からのガンマ線の外部被ばくは、従来の約  $5.16 \times 10^{-7} \text{Sv}$  から約  $4.20 \times 10^{-7} \text{Sv}$  に減少し、よう素吸入による小児の内部被ばくは、従来の約  $1.31 \times 10^{-7} \text{Sv}$  から約  $1.98 \times 10^{-7} \text{Sv}$  に上昇している。この結果、大気放出に伴う実効線量当量は、敷地境界外で最大となる場所において合計約  $6.5 \times 10^{-7} \text{Sv}$  から約  $6.2 \times 10^{-7} \text{Sv}$  に減少している。

## 6.3 キャプセル破損事故による被ばく評価

### (1) 評価条件

この事故は、何らかの原因で照射試料であるキャプセルの外筒管が破損して、キャプセル内部に蓄積している核分裂生成物が OSF-1 冷却系内に流出し、核分裂生成物を含む冷却水が原子炉建家内へ漏えいする事象を想定している。JMTR 炉心に装荷される OSF-1 キャプセルの核分裂生成物の量は、希ガス  $3.1 \times 10^{14} \text{Bq}$ 、よう素  $2.5 \times 10^{14} \text{Bq}$  以下と制限されており、この条件は改良 LEU 炉心においても変わらない。その他の評価条件である放出経路、放出時間、原子炉建家換気率等についても、施設及びその使用方法が従来と変わらないことから、JMTR 施設から外部への核分裂生成物の放出量は従来と同じ値を用いた<sup>(11)</sup>。

### (2) 評価結果

評価結果を表 6.4 に示す。評価の結果では、表 6.1 に示すように解析に用いる相対線量が減少し、相対濃度が上昇していることから、希ガス及びよう素からのガンマ線の外部被ばくは、従来の約  $2.3 \times 10^{-7} \text{Sv}$  から約  $1.9 \times 10^{-7} \text{Sv}$  に減少し、よう素吸入による小児の内部被ばくは、従来の約  $1.2 \times 10^{-7} \text{Sv}$  から約  $1.4 \times 10^{-7} \text{Sv}$  に上昇している。この結果、大気放出に伴う実効線量当量は、敷地境界外で最大となる場所において合計約  $3.5 \times 10^{-7} \text{Sv}$  から約  $3.3 \times 10^{-7} \text{Sv}$  に減少している。

以上のように、被ばく評価において、燃料板の損傷を想定しても放射性物質の放出量は小さく、敷地境界外における公衆の最大実効線量当量の合計は  $5 \text{mSv}$  以下<sup>(12)</sup>であり、周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

表 6.1 相対濃度及び相対線量

実効放出継続時間	相対濃度 ( $\chi/Q$ ) [h/m <sup>3</sup> ]	相対線量 (D/Q) [Gy/(MeV・Bq)]	備 考
1 時間	$1.3 \times 10^{-9}$	$3.5 \times 10^{-19}$	
41 時間	—	$1.9 \times 10^{-19}$	ガンマ線
156 時間	$2.9 \times 10^{-10}$	—	ベータ線
243 時間	$2.6 \times 10^{-10}$	—	よう素
6 時間	$9.9 \times 10^{-10}$	$2.8 \times 10^{-19}$	キャプセル破損

表 6.2 炉心流路閉塞事故時の被ばく評価結果

評 価 項 目	実効線量当量 (Sv)
・ 希ガス及びよう素からのガンマ線の外部被ばく (5分間の放出によるもの)	約 $4.9 \times 10^{-6}$
(5分間以降の放出によるもの)	約 $3.4 \times 10^{-7}$
・ スカイシャシガンマ線の外部被ばく	約 $5.4 \times 10^{-6}$
・ 直接ガンマ線の外部被ばく	約 $2.6 \times 10^{-7}$
・ よう素吸入による小児の内部被ばく (5分間の放出によるもの)	約 $1.7 \times 10^{-6}$
(5分間以降の放出によるもの)	約 $1.5 \times 10^{-6}$
最大実効線量当量の合計	約 $1.5 \times 10^{-5}$

表 6.3 燃料取扱事故時の被ばく評価結果

評 価 項 目	実効線量当量 (Sv)
・ 希ガス及びよう素からのガンマ線の外部被ばく	約 $4.20 \times 10^{-7}$
・ よう素吸入による小児の内部被ばく	約 $1.98 \times 10^{-7}$
最大実効線量当量の合計	約 $6.2 \times 10^{-7}$

表 6.4 キャプセル破損事故時の被ばく評価結果

評 価 項 目	実効線量当量 (Sv)
・ 外部ガンマ線により実効線量当量	約 $1.9 \times 10^{-7}$
・ よう素吸入による小児の実効線量当量	約 $1.4 \times 10^{-7}$
最大実効線量当量の合計	約 $3.3 \times 10^{-7}$

## 7. まとめ

改良 LEU 炉心の安全解析の一環として通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時についての熱水力解析を行った。解析に際しては、解析結果が厳しくなるよう種々の条件を設定した。その結果、通常運転時の安全性に関する設計方針、運転時の異常な過渡変化時及び事故時についての安全評価に関する判断基準をそれぞれ満足することを確認した。唯一、最小 DNBR が判断基準を下回り燃料破損の可能性が想定される炉心流路閉塞事故については、被ばく評価を行い、周辺公衆に対する最大実効線量当量の評価を行った。

これらの結果は、平成 12 年 5 月の改良 LEU 炉心についての原子炉設置変更許可申請に使用され、国の安全審査を経て、平成 13 年 3 月 27 日に設置変更が許可された。改良 LEU 炉心による原子炉の運転は同年 11 月の第 142 サイクルより開始し、平成 14 年 2 月の第 144 サイクルからは 1 サイクルの運転日数を従来の約 25 日から約 30 日に延長した。

## 謝 辞

本報告書に述べた改良 LEU 炉心の導入決定に際しては、馬場治前材料試験炉部長（現大洗研究所長）のご指導を仰ぎました。また、被ばく評価に関してご協力頂いた保安管理室放射線管理課鈴木隆氏に深謝いたします。本報告書作成において助言を頂いた伊藤治彦材料試験炉部長、内容に関して貴重なご意見を頂きました高温工学試験研究炉開発室技術開発室副主任研究員中川繁昭氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- (1) JMTR 照射ハンドブック. 1994 年 4 月
- (2) 日本原子力研究所大洗研究所原子炉設置変更許可申請書（完本），平成 13 年 7 月
- (3) 水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成 3 年 7 月 18 日）
- (4) 永岡芳春，他；“JMTR 低濃縮燃料炉心の核特性”，JAERI-M 92-098，（1992）.
- (5) 小向文作，他；“JMTR 改良 LEU 炉心の核特性解析”，JAERI-Tech 2002-067，（2002）.
- (6) 渡辺終吉，“板状燃料を使用する研究炉の熱水力計算コード-COOLOD”，JAERI-M 84-162，（1984）.
- (7) 石塚悦男，他；“JMTR 燃料の低濃縮化に伴う定常熱水力特性解析”，JAERI-M 92-043，（1992）.
- (8) 大西信秋，他；“軽水炉の反応度投入事象解析コード EUREKA-2”，JAERI-M 84-074，（1984）.
- (9) Y. Asahi, K. Matsumoto and M. Hirano: “THYDE-W: RCS (Reactor Coolant System) ANALYSIS CODE”，JAERI-M 90-172，（1990）.
- (10) 石塚悦男，他；“JMTR 低濃縮燃料炉心の安全解析 (2) - 冷却能力低下事象の解析 -”，JAERI-M 92-096，（1992）.
- (11) 日本原子力研究所大洗研究所原子炉設置変更許可申請書（完本），平成 8 年 8 月
- (12) 水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成 3 年 7 月 18 日）

**This is a blank page.**

## 付 録

- 付録 A. 1 LEU 炉心 (平衡炉心) の燃料要素平均の燃焼度分布
- 付録 A. 2-1 核的熱水路係数 (出力分布因子) の詳細 LEU 平衡炉心 (A)
- 付録 A. 2-2 核的熱水路係数 (出力分布因子) の詳細 LEU 平衡炉心 (B)
  
- 付録 B. 1 COOLOD コードの入力データ例
- 付録 B. 2 EUREKA-2 コードの入力データ例  
(照射実験設備の破損による反応度の異常な付加)
- 付録 B. 3 THYDE-W コードの入力データ例  
(一次冷却水流出事故)

	F	G	H	I	J	K	L
6	26.2	○	15.2	12.9	15.1	○	23.5
7	15.8	31.4	○ ○	30.0	○ ○	28.9	13.4
			○ ○		○ ○		
8	32.0	15.2	17.2	9.0	16.3	14.2	29.6
9	15.7	30.6	○ ○	28.9	○ ○	29.2	15.0
			○ ○		○ ○		
10	24.2	○	14.5	12.6	14.9	○	24.6

平衡炉心 (A)

	F	G	H	I	J	K	L
6	13.7	○	28.7	12.8	24.5	○	12.2
7	29.9	16.7	○ ○	15.8	○ ○	15.3	25.6
			○ ○		○ ○		
8	17.1	15.0	32.2	8.7	30.5	14.0	15.7
9	29.6	16.2	○ ○	15.2	○ ○	15.4	28.4
			○ ○		○ ○		
10	12.6	○	27.5	12.6	28.1	○	12.8

平衡炉心 (B)

[単位 : %]

付録 A.1 LEU 炉心 (平衡炉心) の燃料要素平均の燃焼度分布



	F	G	H	I	J	K	L
6 FN FH Fz FL FE	B 2.61 0.96 1.41 1.34 1.44 SH-1,3=500	X	A 3.02 1.04 1.46 1.38 1.44 SH-1,3=500	(SR-1) A 3.06 1.29 1.22 1.36 1.44 SH-1,3=500	A 2.96 1.02 1.46 1.38 1.44 SH-1,3=500	X	B 2.30 0.84 1.42 1.34 1.44 SH-1,3=500
7 FN FH Fz FL FE	A 3.11 1.13 1.46 1.32 1.44 SH-1,3=500	B 2.57 1.07 1.49 1.12 1.44 SH-1,3=500	X	B 2.36 0.94 1.48 1.11 1.44 SH-1,3=500	X	B 2.32 0.96 1.50 1.12 1.44 SH-1,3=500	A 2.60 0.93 1.47 1.32 1.44 SH-1,3=500
8 FN FH Fz FL FE	B 3.07 1.13 1.49 1.27 1.44 SH-1,3=500	(SH-1) A 3.06 1.58 1.18 1.14 1.44 SH-1,3=500	A 2.69 1.15 1.46 1.12 1.44 SH-2=400	(SH-2) A 2.82 1.51 1.17 1.11 1.44 SH-2=450	A 2.58 1.11 1.44 1.12 1.44 SH-2=450	(SH-3) A 2.83 1.45 1.19 1.14 1.44 SH-1,3=500	B 2.77 1.01 1.50 1.27 1.44 SH-1,3=500
9 FN FH Fz FL FE	A 3.09 1.12 1.45 1.32 1.44 SH-1,3=500	B 2.48 1.03 1.49 1.12 1.44 SH-1,3=500	X	B 2.26 0.90 1.48 1.18 1.44 SH-1,3=500	X	B 2.35 0.97 1.50 1.12 1.44 SH-1,3=500	A 2.91 1.05 1.46 1.32 1.44 SH-1,3=500
10 FN FH Fz FL FE	B 2.37 0.87 1.41 1.34 1.44 SH-1,3=500	X	A 2.84 0.98 1.46 1.38 1.44 SH-1,3=500	(SR-2) A 3.01 1.27 1.22 1.35 1.44 SH-1,3=500	A 2.93 1.01 1.46 1.38 1.44 SH-1,3=500	X	B 2.41 0.88 1.42 1.34 1.44 SH-1,3=500

A : LEU新燃料      FN : 核的熱水路係数      FL : 局部出力因子  
 B : LEU1サイクル使用燃料      FH : 水平方向出力分布因子      FE : 不確定因子  
 Fz : 垂直方向出力分布因子      SH-1,3=500等 : 制御棒位置

付録A.2-1 核的熱水路係数（出力分布因子）の詳細 LEU平衡炉心(A)

	F	G	H	I	J	K	L
6	FN 2.67 0.99 1.41 1.33 1.44 SH-1,3=500		B 2.97 1.01 1.47 1.39 1.44 SH-1,3=500	(SR-1) A 3.11 1.31 1.22 1.35 1.44 SH-1,3=500	B 2.91 0.99 1.47 1.39 1.44 SH-1,3=500		A 2.34 0.86 1.42 1.33 1.44 SH-1,3=500
7	FN 2.95 1.08 1.45 1.31 1.44 SH-1,3=500	A 2.67 1.11 1.49 1.12 1.44 SH-1,3=500		A 2.52 1.06 1.49 1.11 1.44 SH-2=400		B 2.40 0.99 1.50 1.12 1.44 SH-1,3=500	B 2.44 0.88 1.47 1.31 1.44 SH-1,3=500
8	FN 3.14 1.17 1.48 1.26 1.44 SH-1,3=500	(SH-1) A 3.02 1.56 1.18 1.14 1.44 SH-1,3=500	B 2.54 0.98 1.51 1.19 1.44 SH-1,3=500	(SH-2) A 2.83 1.50 1.18 1.11 1.44 SH-2=500	B 2.35 0.91 1.51 1.19 1.44 SH-1,3=500	(SH-3) A 2.79 1.43 1.19 1.14 1.44 SH-1,3=500	A 2.86 1.05 1.50 1.26 1.44 SH-1,3=500
9	FN 2.90 1.06 1.45 1.31 1.44 SH-1,3=500	A 2.57 1.07 1.49 1.12 1.44 SH-1,3=500		A 2.43 1.02 1.49 1.11 1.44 SH-2=400		B 2.44 1.01 1.50 1.12 1.44 SH-1,3=500	B 2.73 0.99 1.46 1.31 1.44 SH-1,3=500
10	FN 2.43 0.90 1.41 1.33 1.44 SH-1,3=500		B 2.80 0.95 1.47 1.39 1.44 SH-1,3=500	(SR-2) A 3.04 1.28 1.22 1.35 1.44 SH-1,3=500	B 2.85 0.97 1.47 1.39 1.44 SH-1,3=500		A 2.47 0.91 1.42 1.33 1.44 SH-1,3=500

A : LEU新燃料  
 FN : 核的熱水路係数  
 FL : 局部出力因子  
 B : LEU1サイクル使用燃料  
 FH : 水平方向出力分布因子  
 FE : 不確定因子  
 Fz : 垂直方向出力分布因子  
 SH-1,3=500等 : 制御棒位置

付録A.2-2 核的熱水路係数（出力分布因子）の詳細 LEU平衡炉心(B)

付録B.1 COOLOD コードの入力データ例

COOLOD - THERMAL HYDRAULIC CALCULATION

CALCULATION DATE 01-01-06

PAGE 1

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* THERMAL HYD. CAL. OF JMTR(SR=1;Fn=3.41;HOB;Fn=3.01) \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* CALCULATION DATE 01-01-06 \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* INITIAL INPUT DATA \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

INPUT CARD B IAMAX 1 IMAX 1 JMAX 11 NMAX 4 NPLOT 0 KEY(1) 1 KEY(2) 1 KEY(3) 0 KEY(4) 1

INPUT CARD C  
 GRR PFLOW TIN DT JAMX  
 CASE 1 50.000 61.164 49.000 0.000 0

INPUT CARD E1 H1 0.025 H2 0.000 H3 0.000 A 0.800 B 0.400 C 0.000 D 0.000 ITWC 1

INPUT CARD E2 FRATE 1.000 VIN 623.670 VOUT 623.670 PRESIN 14.250 XIRAMF 1.000000

INPUT CARD F1 STANDARD FUEL H-08FN=3.01(RYUURDHEISOKU)

INPUT CARD F2 NPMX 5 NFUEL 24.0 MA 2 UDENST 4.800 POROTY 0.000 IDPMX 1 EAREA 36.2130 FRATEN 1.0302

INPUT CARD F3 FR 1.570 FCOOL 1.330 FFFILM 1.570 FCLAD 1.000 FBOND 1.000 FMEAT 1.000

INPUT CARD F4 J  
 1 0.250 FZ  
 2 0.360  
 3 0.550  
 4 0.800  
 5 1.110  
 6 1.380  
 7 1.490  
 8 1.460  
 9 1.290  
 10 1.020  
 11 0.770

INPUT CARD F51	INPUT CARD F52	INPUT CARD F53
PLATE NAME	NPLATE FLOCL IDPL KMX IPLOT IOUT	K ICHL NHEAT FRATEC
NP= 1 STANDARD FUELPLATE-1	1 1.0 1.290 1 1 0 1	1 1 2.0 1.0000
NP= 2 STANDARD FUELPLATE-2	2 2.0 2.580 1 2 0 1	1 1 2.0 1.0000 2 1 2.0 1.0000
NP= 3 STANDARD FUELPLATE-3	2 2.0 1.000 1 2 0 1	1 1 2.0 1.0000 2 2 2.0 1.0000
NP= 4 STANDARD FUELPLATE-4	2 2.0 1.000 1 2 0 1	1 2 2.0 1.0000 2 3 2.0 1.0000
NP= 5 STANDARD FUELPLATE-5	2 2.0 1.000 1 2 0 1	1 3 2.0 1.0000 2 4 2.0 1.0000
INPUT CARD F6	IDP 1 XAI 0.0255 XBI 0.0255 XCI 0.0635 XEI 5.950 XFI 1.275 XGI 75.000 XHI 1.275	HBI 75.000 HCI 1.275

INPUT IDC	CARD F70 XCHI 0.2670	YCHI 6.6600	INPUT IS	CARD F71--73 ZETA	DH	DE	AREA
1			1	0.158	3.650	6.660	44.356
2			2	0.100	2.220	6.660	44.356
3			3	0.031	27.230	4.450	15.553
2	0.2920	6.6600	1	0.158	3.650	6.660	44.356
			2	0.100	2.220	6.660	44.356
			3	0.031	27.230	4.450	15.553
3	0.3020	6.6600	1	0.158	3.650	6.660	44.356
			2	0.100	2.220	6.660	44.356
			3	0.031	27.230	4.450	15.553
4	0.2950	6.6600	1	0.158	3.650	6.660	44.356
			2	0.100	2.220	6.660	44.356
			3	0.031	27.230	4.450	15.553

INPUT CARD F1	FOLLOWER TYPE-A	INPUT CARD F2	FOLLOWER TYPE-A	INPUT CARD F3	FOLLOWER TYPE-A	INPUT CARD F4	FOLLOWER TYPE-A	INPUT CARD F5	FOLLOWER TYPE-A	INPUT CARD F6	FOLLOWER TYPE-A	INPUT CARD F70 IDC	CARD F70 XCHI 0.2590	YCHI 5.4040
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570	FZ 1 0.000		NPLATE 14.0	FLOCL 1.110	IDP 1	XAI 0.0255			
						2 0.000								
						3 0.000								
						4 0.000								
						5 0.000								
						6 1.140								
						7 1.200								
						8 1.150								
						9 0.980								
						10 0.750								
						11 0.550								

INPUT CARD F51	FOLLOWER TYPE-A1	INPUT CARD F52	FOLLOWER TYPE-A2	INPUT CARD F53	FOLLOWER TYPE-A3
	NPLATE 14.0	FLOCL 1.110	IDPL 1	K ICHL 1	NHEAT 2.0
					FRATEC 1.0000

INPUT CARD F54	FOLLOWER TYPE-A4	INPUT CARD F55	FOLLOWER TYPE-A5	INPUT CARD F56	FOLLOWER TYPE-A6
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570

INPUT CARD F57	FOLLOWER TYPE-A7	INPUT CARD F58	FOLLOWER TYPE-A8	INPUT CARD F59	FOLLOWER TYPE-A9
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570

INPUT CARD F60	FOLLOWER TYPE-A10	INPUT CARD F61	FOLLOWER TYPE-A11	INPUT CARD F62	FOLLOWER TYPE-A12
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570

INPUT CARD F63	FOLLOWER TYPE-A13	INPUT CARD F64	FOLLOWER TYPE-A14	INPUT CARD F65	FOLLOWER TYPE-A15
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570

INPUT CARD F66	FOLLOWER TYPE-A16	INPUT CARD F67	FOLLOWER TYPE-A17	INPUT CARD F68	FOLLOWER TYPE-A18
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570

INPUT CARD F69	FOLLOWER TYPE-A19	INPUT CARD F70	FOLLOWER TYPE-A20	INPUT CARD F71--73	FOLLOWER TYPE-A21
	NPMX 2	NFUEL 2.0	MA 2	FR 1.742	FFILM 1.570

INPUT CARD F1	FOLLOWER TYPE-B										INPUT CARD F53
INPUT CARD F2	NPMX	NFUEL	MA	UDENST	POROTY	IDPMX	IDCMX	EAREA	FRATEN		
INPUT CARD F3	FR	FCOOL	FFILM	FCLAD	FBOVD	FMEAT					
INPUT CARD F4	J	FZ									
NP= 1 FOLLOWER TYPE-B1	4	2.0	2	4.800	0.000	1	2	30.5700	0.8550		
NP= 2 FOLLOWER TYPE-B2	2.218	1.330	1.570	1.000	1.000	1.000					
NP= 3 FOLLOWER TYPE-B3	1	0.000									
NP= 4 FOLLOWER TYPE-B4	2	0.000									
INPUT CARD F6	IDP	XAI	XBI	XCI	YAI	HAI	HBI	HCI			
INPUT CARD F70	1	0.0255	0.0255	0.0635	4.760	1.275	75.000	1.275			
INPUT CARD F71	YCHI	ZETA	DE	AREA							
1	0.2590	5.4040									
2	0.4480	5.4040									
INPUT CARD F1	FOLLOWER TYPE-C										INPUT CARD F53
INPUT CARD F2	NPMX	NFUEL	MA	UDENST	POROTY	IDPMX	IDCMX	EAREA	FRATEN		
INPUT CARD F3	FR	FCOOL	FFILM	FCLAD	FBOVD	FMEAT					
INPUT CARD F4	J	FZ									
NP= 1 FOLLOWER TYPE-C1	2	1.0	2	4.800	0.000	1	2	30.5700	0.8550		
NP= 2 FOLLOWER TYPE-C2	2.203	1.330	1.570	1.000	1.000	1.000					
NP= 3 FOLLOWER TYPE-C3	1	0.340									
NP= 4 FOLLOWER TYPE-C4	2	0.600									
NP= 5 FOLLOWER TYPE-C5	3	0.850									
NP= 6 FOLLOWER TYPE-C6	4	1.080									
NP= 7 FOLLOWER TYPE-C7	5	1.250									
NP= 8 FOLLOWER TYPE-C8	6	1.340									
NP= 9 FOLLOWER TYPE-C9	7	1.330									
NP= 10 FOLLOWER TYPE-C10	8	1.220									
NP= 11 FOLLOWER TYPE-C11	9	1.030									
NP= 12 FOLLOWER TYPE-C12	10	0.790									
NP= 13 FOLLOWER TYPE-C13	11	0.590									

NP= 1	FOLLOWER TYPE-C1	INPUT CARD F51 PLATE NAME 14.0	FLOCL 1.150	IDPL 1	KNX 1	IPLOT 0	IOUT 1	HBI 0.000	HAI 1.275	YAI 4.760	XBI 0.0255	XCI 0.0635	K 1	ICHL 1	NHEAT 2.0	FRATEC 1.0000	
NP= 2	FOLLOWER TYPE-C2	INPUT CARD F51 2.0	1.000	1	2	0	1	0.000	1.275	4.760	0.0255	0.0635	1	1	2.0	1.0000	
INPUT CARD F6	IDP 1	XAI 0.0255		XBI 0.0255		XCI 0.0635		HBI 0.000	HAI 1.275	YAI 4.760	XBI 0.0255	XCI 0.0635	HBI 0.000	HAI 1.275	YAI 4.760	XBI 0.0255	XCI 0.0635
INPUT CARD F70	IDC 1	XCHI 0.2590	YCHI 5.4040														
2	0.4480	5.4040															

INPUT CARD F71--73	IS	ZETA	DH	DE	AREA
1	0.056	4.050	4.050	5.845	34.391
2	0.012	4.025	4.025	5.845	34.391
3	0.000	4.025	4.025	5.845	34.391
1	0.056	4.050	4.050	5.845	34.391
2	0.012	4.025	4.025	5.845	34.391
3	0.000	4.025	4.025	5.845	34.391

付録B.2 EUREKA-2 コードの入力データ例

(照射実験設備の破損による反応度の異常な付加)

LISTING OF INPUT DATA FOR CASE 1

```

1  = JMTR LEU-CORE RIA 0.5%DK/K(IRRAD. SAMPLES) ANALYSIS (50MW POWER)
2  *   ZCHANNEL(STD)-2CHANNEL(FOLLOWER)
3  *   SCRAM CURVE-(1.50%DK/K), DELAY 0.05S SET 65MW
4  *   QFRAC=0.00 VOIDLIFE=0.0 PMH=0.0
5  *   INITIAL CONDESION = ICETEA1 & PREDIS1 CODE CALCULATION
6  *   LEU 29-- A CORE EQ.CYCLE -- SH1,3=500(Fn=3.41) HOT CHANNEL SR1
7  *
8  *   PROBLEM DIMENSION DATA
9  *   LDNP NEDI NTC NTRP NVOL NTDV NJUN NCKV NFLL NSLB NGOM NMAT
10 010001 -2 9 4 4 46 1 50 0 2 44 2 2
11 *
12 *   POWER
13 010002 50.0
14 *
15 *   EDIT VARIABLE DATA
16 *20000 AT 1 AX 1 TS 1 AV 1 SV 1 AT 2 AX 2 TS 2 SV 2
17 *20000 PO 0 AT 1 RV 0 RW 0 RD 0 ST 3 ST 4 FR 3 FR 4
18 *20000 PO 0 TR 0 RC 0 RW 0 RD 0 RV 0 RP 0 AE 0 NG 0
19 *20000 KL 0 KL 5 KL 5 KL 5 KL 0 KL 0 KL 5 KL 5
20 020000 PO 0 AT 1 SR 5 ST 5 TR 0 RD 0 RW 0 CR 5 FR 5
21 *
22 *   TIME STEP DATA
23 *   MIN MAJ DMP NCK DELTM DTMIN TLAST ENDCPU
24 030010 50 10 20 0 0.010 0.001 5.0 298. *CPU TIME LIMIT
25 030020 10 50 20 0 0.0005 0.00001 5.5
26 030030 20 50 20 0 0.0005 0.00001 6.0
27 030040 20 100 20 0 0.001 0.00002 7.0
28 *
29 *   TRIP CONTROL DATA
30 *   IDTRP IDSIG IX1 IX2 SETPT DELAY
31 040010 1 1 0 0 7.0 0. * END OF PROBLEM, SEC
32 040020 2 2 0 0 1.3 0.05 * SCRAM INSERTION
33 040030 3 1 0 0 5.0 0. * KINETICS CALC.
34 040040 5 1 0 0 0. 0. * RECYCLE LINE ACTIVE
35 *
36 *   VOLUME DATA
37 * -NO.1 CHANNEL (FOLLOWER) - HOT CHANNEL -----
38 * IREAD P T HORX V ZVOL FLOWA DIAMV ELEV
39 050011 0 12.911 90.71 -1.0 1.540D-5 0.110 1.400D-4 4.943D-3 -0.010
40 050021 0 13.059 85.69 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.10
41 050031 0 13.179 81.47 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.15
42 050041 0 13.293 76.82 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.20
43 050051 0 13.409 71.92 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.25
44 050061 0 13.527 66.99 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.30
45 050071 0 13.646 62.21 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.35
46 050081 0 13.766 57.75 -1.0 7.000D-6 0.05 1.400D-4 4.943D-3 0.40
47 050091 0 13.923 52.31 -1.0 1.400D-5 0.10 1.400D-4 4.943D-3 0.45
48 050101 0 14.129 48.99 -1.0 1.400D-5 0.10 1.400D-4 4.943D-3 0.55
49 050111 0 14.332 48.99 -1.0 1.540D-5 0.110 1.400D-4 4.943D-3 0.65
50 *
51 * -NO.2 CHANNEL ( STD ) -----
52 * IREAD P T HORX V ZVOL FLOWA DIAMV ELEV
53 050121 0 13.117 62.52 -1.0 4.821D-3 0.114 4.229D-2 5.133D-3 -0.014
54 050131 0 13.253 61.07 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.10
55 050141 0 13.366 59.87 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.15
56 050151 0 13.437 58.55 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.20
57 050161 0 13.527 57.17 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.25
58 050171 0 13.618 55.78 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.30
59 050181 0 13.710 54.45 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.35
60 050191 0 13.802 53.21 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.40
61 050201 0 13.936 51.73 -1.0 4.229D-3 0.10 4.229D-2 5.133D-3 0.45
62 050211 0 14.115 50.84 -1.0 4.229D-3 0.10 4.229D-2 5.133D-3 0.55
63 050221 0 14.306 49.67 -1.0 4.821D-3 0.114 4.229D-2 5.133D-3 0.65
64 *
65 * -NO.3 CHANNEL ( STD ) -----
66 * IREAD P T HORX V ZVOL FLOWA DIAMV ELEV
67 050231 0 13.130 60.47 -1.0 4.821D-3 0.114 4.229D-2 5.133D-3 -0.014
68 050241 0 13.266 59.22 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.10
69 050251 0 13.356 58.21 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.15
70 050261 0 13.445 57.14 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.20
71 050271 0 13.534 56.02 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.25
72 050281 0 13.624 54.90 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.30
73 050291 0 13.714 53.81 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.35
74 050301 0 13.805 52.78 -1.0 2.115D-3 0.05 4.229D-2 5.133D-3 0.40
75 050311 0 13.938 51.49 -1.0 4.229D-3 0.10 4.229D-2 5.133D-3 0.45
76 050321 0 14.116 50.16 -1.0 4.229D-3 0.10 4.229D-2 5.133D-3 0.55
77 050331 0 14.307 49.31 -1.0 4.821D-3 0.114 4.229D-2 5.133D-3 0.65
78 *

```

```

79 * -NO.4 CHANNEL ( FOLLOWER ) -----
80 * IREAD P T HORX V ZVOL FLOWA DIAMV ELEV
81 050341 0 13.153 55.05 -1.0 1.348D-3 0.11 1.225D-2 4.943D-3 -0.01
82 050351 0 13.291 54.27 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.10
83 050361 0 13.381 53.61 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.15
84 050371 0 13.471 52.87 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.20
85 050381 0 13.561 52.10 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.25
86 050391 0 13.652 51.31 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.30
87 050401 0 13.743 50.55 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.35
88 050411 0 13.834 49.84 -1.0 6.125D-4 0.05 1.225D-2 4.943D-3 0.40
89 050421 0 13.969 49.25 -1.0 1.225D-3 0.10 1.225D-2 4.943D-3 0.45
90 050431 0 14.147 48.99 -1.0 1.225D-3 0.10 1.225D-2 4.943D-3 0.55
91 050441 0 14.331 48.99 -1.0 1.348D-3 0.11 1.225D-2 4.943D-3 0.65
92 *
93 * ----- PLENUM VOLUME ----- NODE DATA -
94 * IREAD P T HORX V ZVOL FLOWA DIAMV ELEV
95 050451 0 13.210 62.82 -1.0 3.14 1.0 3.14 2.0 -1.01
96 050461 1 15.000 49.00 -1.0 3.14 1.0 3.14 2.0 0.76
97 *
98 *
99 * TIME DEPENDENT VOLUME DATA
100 070100 0
101 *
102 * JUNCTION DATA
103 * NO.1 CHANNEL ( FOLLOWER ) HOT CHANNEL ----- JUNCTION DATA -----
104 * NORF VLV WP AJUN ZJUN INERTA FJUNF FJUNR IHQ NR
105 080011 1 45 0 0 4.897 1.400D-4 -0.010 0.0 0.175 0.0 1
106 080021 2 1 0 0 4.897 1.400D-4 0.10 0.0 0.0 0.0 3
107 080031 3 2 0 0 4.897 1.400D-4 0.15 0.0 0.0 0.0 3
108 080041 4 3 0 0 4.897 1.400D-4 0.20 0.0 0.0 0.0 3
109 080051 5 4 0 0 4.897 1.400D-4 0.25 0.0 0.0 0.0 3
110 080061 6 5 0 0 4.897 1.400D-4 0.30 0.0 0.0 0.0 3
111 080071 7 6 0 0 4.897 1.400D-4 0.35 0.0 0.0 0.0 3
112 080081 8 7 0 0 4.897 1.400D-4 0.40 0.0 0.0 0.0 3
113 080091 9 8 0 0 4.897 1.400D-4 0.45 0.0 0.0 0.0 3
114 080101 10 9 0 0 4.897 1.400D-4 0.55 0.0 0.0 0.0 3
115 080111 11 10 0 0 4.897 1.400D-4 0.65 0.0 0.0 0.0 3
116 *
117 * NO.2 CHANNEL ( STD ) ----- JUNCTION DATA -----
118 * NORF VLV WP AJUN ZJUN INERTA FJUNF FJUNR IHQ NR
119 080121 12 45 0 0 1504.323 4.229D-2 -0.014 0.0 0.177 0.0 1
120 080131 13 12 0 0 1504.323 4.229D-2 0.10 0.0 0.0 0.0 3
121 080141 14 13 0 0 1504.323 4.229D-2 0.15 0.0 0.0 0.0 3
122 080151 15 14 0 0 1504.323 4.229D-2 0.20 0.0 0.0 0.0 3
123 080161 16 15 0 0 1504.323 4.229D-2 0.25 0.0 0.0 0.0 3
124 080171 17 16 0 0 1504.323 4.229D-2 0.30 0.0 0.0 0.0 3
125 080181 18 17 0 0 1504.323 4.229D-2 0.35 0.0 0.0 0.0 3
126 080191 19 18 0 0 1504.323 4.229D-2 0.40 0.0 0.0 0.0 3
127 080201 20 19 0 0 1504.323 4.229D-2 0.45 0.0 0.0 0.0 3
128 080211 21 20 0 0 1504.323 4.229D-2 0.55 0.0 0.0 0.0 3
129 080221 22 21 0 0 1504.323 4.229D-2 0.65 0.0 0.0 0.0 3
130 *
131 * NO.3 CHANNEL ( STD ) ----- JUNCTION DATA -----
132 * NORF VLV WP AJUN ZJUN INERTA FJUNF FJUNR IHQ NR
133 080231 23 45 0 0 1504.323 4.229D-2 -0.014 0.0 0.177 0.0 1
134 080241 24 23 0 0 1504.323 4.229D-2 0.10 0.0 0.0 0.0 3
135 080251 25 24 0 0 1504.323 4.229D-2 0.15 0.0 0.0 0.0 3
136 080261 26 25 0 0 1504.323 4.229D-2 0.20 0.0 0.0 0.0 3
137 080271 27 26 0 0 1504.323 4.229D-2 0.25 0.0 0.0 0.0 3
138 080281 28 27 0 0 1504.323 4.229D-2 0.30 0.0 0.0 0.0 3
139 080291 29 28 0 0 1504.323 4.229D-2 0.35 0.0 0.0 0.0 3
140 080301 30 29 0 0 1504.323 4.229D-2 0.40 0.0 0.0 0.0 3
141 080311 31 30 0 0 1504.323 4.229D-2 0.45 0.0 0.0 0.0 3
142 080321 32 31 0 0 1504.323 4.229D-2 0.55 0.0 0.0 0.0 3
143 080331 33 32 0 0 1504.323 4.229D-2 0.65 0.0 0.0 0.0 3
144 *
145 * NO.4 CHANNEL ( FOLLOWER ) ----- JUNCTION DATA -----
146 * NORF VLV WP AJUN ZJUN INERTA FJUNF FJUNR IHQ NR
147 080341 34 45 0 0 428.443 1.225D-2 -0.01 0.0 0.175 0.0 1
148 080351 35 34 0 0 428.443 1.225D-2 0.10 0.0 0.0 0.0 3
149 080361 36 35 0 0 428.443 1.225D-2 0.15 0.0 0.0 0.0 3
150 080371 37 36 0 0 428.443 1.225D-2 0.20 0.0 0.0 0.0 3
151 080381 38 37 0 0 428.443 1.225D-2 0.25 0.0 0.0 0.0 3
152 080391 39 38 0 0 428.443 1.225D-2 0.30 0.0 0.0 0.0 3
153 080401 40 39 0 0 428.443 1.225D-2 0.35 0.0 0.0 0.0 3
154 080411 41 40 0 0 428.443 1.225D-2 0.40 0.0 0.0 0.0 3
155 080421 42 41 0 0 428.443 1.225D-2 0.45 0.0 0.0 0.0 3
156 080431 43 42 0 0 428.443 1.225D-2 0.55 0.0 0.0 0.0 3
157 080441 44 43 0 0 428.443 1.225D-2 0.65 0.0 0.0 0.0 3
158 *

```



```

159 * JUNCTION BETWEEN CORE AND UPPER PLENUM ----- JUNCTION DATA-----
160 *          NORF VLV  WP          AJUN          ZJUN  INERTA  FJUNF  FJUNR  IHQ  NR
161 080451  46 11  0  0          4.897          1.400D-4  0.76  0.0  0.150  0.0  2
162 080461  46 22  0  0          1504.323  4.229D-2  0.76  0.0  0.155  0.0  2
163 080471  46 33  0  0          1504.323  4.229D-2  0.76  0.0  0.155  0.0  2
164 080481  46 44  0  0          428.443  1.225D-2  0.76  0.0  0.150  0.0  2
165 *
166 * FILL JUNCTION -----
167 *          NORF VLV  WP          AJUN          ZJUN  INERTA  FJUNF  FJUNR  IHQ  NR
168 080491  0 45  1  0          -3441.986  1.0          -1.01  0.0  0.0  0.0  0
169 080501  0 46  2  0          3441.986  1.0          1.76  0.0  0.0  0.0  0
170 *
171 *
172 *          FILL DATA TABLE
173 *          ITF  NPT
174 130100  5  3
175 130200  5  3
176 *
177 130101  0.0  -3441.986  55.797
178 130102  1.  -3441.986  55.797
179 130103  100. -3441.986  55.797
180 *
181 130201  0.0  3441.986  49.248
182 130202  1.  3441.986  49.248
183 130203  100. 3441.986  49.248
184 *
185 * =KINETICS=CONSTANTS=DATA=A-CORE BEGIN=HEAT FLUX UTILIZATION
186 140000  2  0.007317  4.928D-5  0.0
187 *
188 *
189 *          REACTIVITY COEFFICIENT DATA --          --
190 * -NO. CHANNEL ( FOLLOWER ) ----- FEEDBACK WEIGHTING--
191 *          WTVOID          WTDOPT          WTEXP          WTMOD
192 140010  0.234D-5          0.208D-5  0.0          0.234D-5
193 140020  0.204D-5          0.186D-5  0.0          0.204D-5
194 140030  0.255D-5          0.232D-5  0.0          0.255D-5
195 140040  0.291D-5          0.263D-5  0.0          0.291D-5
196 140050  0.306D-5          0.277D-5  0.0          0.306D-5
197 140060  0.300D-5          0.271D-5  0.0          0.300D-5
198 140070  0.272D-5          0.246D-5  0.0          0.272D-5
199 140080  0.227D-5          0.206D-5  0.0          0.227D-5
200 140090  0.278D-5          0.257D-5  0.0          0.278D-5
201 140100  0.000D+0          0.000D+0  0.0          0.000D+0
202 140110  0.000D+0          0.000D+0  0.0          0.000D+0
203 *
204 * -NO.2 CHANNEL ( STD ) ----- FEEDBACK WEIGHTING -
205 *          WTVOID          WTDOPT          WTEXP          WTMOD
206 140120  3996.000D-5          4126.000D-5  0.0          3996.000D-5
207 140130  3536.000D-5          3849.000D-5  0.0          3536.000D-5
208 140140  4476.000D-5          4856.000D-5  0.0          4476.000D-5
209 140150  5126.000D-5          5544.000D-5  0.0          5126.000D-5
210 140160  5390.000D-5          5823.000D-5  0.0          5390.000D-5
211 140170  5229.000D-5          5650.000D-5  0.0          5229.000D-5
212 140180  4658.000D-5          5038.000D-5  0.0          4658.000D-5
213 140190  3738.000D-5          4051.000D-5  0.0          3738.000D-5
214 140200  4306.000D-5          4752.000D-5  0.0          4306.000D-5
215 140210  1843.000D-5          1968.000D-5  0.0          1843.000D-5
216 140220  584.700D-5          594.200D-5  0.0          584.700D-5
217 *
218 * -NO.3 CHANNEL ( STD ) ----- FEEDBACK WEIGHTING -
219 *          WTVOID          WTDOPT          WTEXP          WTMOD
220 140230  3763.000D-5          3445.000D-5  0.0          3763.000D-5
221 140240  3313.000D-5          3155.000D-5  0.0          3313.000D-5
222 140250  4193.000D-5          3953.000D-5  0.0          4193.000D-5
223 140260  4805.000D-5          4496.000D-5  0.0          4805.000D-5
224 140270  5059.000D-5          4720.000D-5  0.0          5059.000D-5
225 140280  4923.000D-5          4596.000D-5  0.0          4923.000D-5
226 140290  4419.000D-5          4141.000D-5  0.0          4419.000D-5
227 140300  3630.000D-5          3416.000D-5  0.0          3630.000D-5
228 140310  4526.000D-5          4301.000D-5  0.0          4526.000D-5
229 140320  1782.000D-5          1734.000D-5  0.0          1782.000D-5
230 140330  560.200D-5          511.800D-5  0.0          560.200D-5
231 *
232 * -NO.4 CHANNEL ( FOLLOWER ) ----- FEEDBACK WEIGHTING -
233 *          WTVOID          WTDOPT          WTEXP          WTMOD
234 140340  1696.000D-5          1546.000D-5  0.0          1696.000D-5
235 140350  1503.000D-5          1416.000D-5  0.0          1503.000D-5
236 140360  1893.000D-5          1783.000D-5  0.0          1893.000D-5
237 140370  2159.000D-5          2035.000D-5  0.0          2159.000D-5
238 140380  2263.000D-5          2139.000D-5  0.0          2263.000D-5
239 140390  2188.000D-5          2077.000D-5  0.0          2188.000D-5
240 140400  1929.000D-5          1845.000D-5  0.0          1929.000D-5
241 140410  1458.000D-5          1447.000D-5  0.0          1458.000D-5
242 140420  818.500D-5          776.000D-5  0.0          818.500D-5
243 140430  0.000D+0          0.000D+0  0.0          0.000D+0
244 140440  0.000D+0          0.000D+0  0.0          0.000D+0

```

```

245 *
246 * SCRAM REACTIVITY
247 141001 -10 2 0.0 0.0 0.141 -0.000420 0.200 -0.00153
248 141002 0.245 -0.003285 0.283 -0.005835 0.316 -0.00930
249 141003 0.346 -0.012825 0.374 -0.014595 0.400 -0.0150
250 141004 100.0 -0.0150
251 *
252 * INSERTION REACTIVITY
253 141101 -3 3 0.0 0.0 0.300 0.005 100. 0.005
254 *
255 * VOID REACTIVITY TABLE DATA
256 142001 -5 0.0 0.00000
257 142002 0.03 -0.00560
258 142003 0.05 -0.00944
259 142004 0.1 -0.02032
260 142005 0.2 -0.04544
261 *
262 * DOPPLER REACTIVITY TABLE DATA
263 143001 -5 27.0 0.00048
264 143002 52.0 0.00000
265 143003 77.0 -0.00048
266 143004 227.0 -0.00312
267 143005 627.0 -0.00864
268 *
269 * MODERATOR TEMP. REACTIVITY TABLE DATA
270 145001 -5 27.0 0.00492
271 145002 52.0 0.00000
272 145003 77.0 -0.00456
273 145004 127.0 -0.01552
274 145005 227.0 -0.04728
275 *
276 * HEAT SLAB DATA
277 *-- NO.1 CHANNEL (FOLLOWER) - HOT CHANNEL ----- HEAT SLAB DATA
278 * VS GOM ISB IMC AHT VOLS HDM DHE ZBOT ZTOP
279 150011 1 2 0 0 9.520D-3 6.045D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.010 0.110
280 150021 2 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
281 150031 3 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
282 150041 4 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
283 150051 5 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
284 150061 6 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
285 150071 7 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
286 150081 8 2 1 0 4.760D-3 3.023D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
287 150091 9 2 1 0 9.520D-3 6.045D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.10
288 150101 10 2 1 0 9.520D-3 6.045D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.10
289 150111 11 2 1 0 9.520D-3 6.045D-6 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.10
290 *
291 *-- NO.2 CHANNEL ( STD ) ----- HEAT SLAB DATA
292 * VS GOM ISB IMC AHT VOLS HDM DHE ZBOT ZTOP
293 150121 12 1 0 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.014 0.114
294 150131 13 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
295 150141 14 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
296 150151 15 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
297 150161 16 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
298 150171 17 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
299 150181 18 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
300 150191 19 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
301 150201 20 1 1 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.10
302 150211 21 1 1 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.10
303 150221 22 1 1 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.10
304 *
305 *-- NO.3 CHANNEL ( STD ) ----- HEAT SLAB DATA--
306 * VS GOM ISB IMC AHT VOLS HDM DHE ZBOT ZTOP
307 150231 23 1 0 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.014 0.114
308 150241 24 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
309 150251 25 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
310 150261 26 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
311 150271 27 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
312 150281 28 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
313 150291 29 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
314 150301 30 1 1 0 1.357 8.615D-4 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.05
315 150311 31 1 1 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.10
316 150321 32 1 1 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.10
317 150331 33 1 1 0 2.713 1.723D-3 5.133D-3 5.977D-3 0.00 0.10
318 *
319 *-- NO.4 CHANNEL ( FOLLOWER ) ----- HEAT SLAB DATA--
320 * VS GOM ISB IMC AHT VOLS HDM DHE ZBOT ZTOP
321 150341 34 2 0 0 7.521D-1 4.776D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.01 0.11
322 150351 35 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
323 150361 36 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
324 150371 37 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
325 150381 38 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
326 150391 39 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
327 150401 40 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
328 150411 41 2 1 0 3.761D-1 2.388D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.05
329 150421 42 2 1 0 7.521D-1 4.776D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.10
330 150431 43 2 1 0 7.521D-1 4.776D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.10
331 150441 44 2 1 0 7.521D-1 4.776D-4 4.943D-3 5.881D-3 0.00 0.10
332 *

```

```

333 * AXIAL POWER DISTRIBUTION
334 * -NO.1 CHANNEL (FOLLOWER) - HOT CHANNEL -----
335 * ISLB ITOPT QFRAC QPMOD
336 160010 1 1 6.92569E-04 0.000
337 160020 2 1 4.57580E-04 0.000
338 160030 3 1 5.14110E-04 0.000
339 160040 4 1 5.50336E-04 0.000
340 160050 5 1 5.65297E-04 0.000
341 160060 6 1 5.58671E-04 0.000
342 160070 7 1 5.31315E-04 0.000
343 160080 8 1 4.84830E-04 0.000
344 160090 9 1 7.54548E-04 0.000
345 160100 10 1 0.00000E+00 0.000
346 160110 11 1 0.00000E+00 0.000
347 *
348 * -NO.2 CHANNEL ( STD ) -----
349 * ISLB ITOPT QFRAC QPMOD
350 160120 12 1 6.17608E-02 0.000
351 160130 13 1 3.98894E-02 0.000
352 160140 14 1 4.46576E-02 0.000
353 160150 15 1 4.76614E-02 0.000
354 160160 16 1 4.88142E-02 0.000
355 160170 17 1 4.80893E-02 0.000
356 160180 18 1 4.54693E-02 0.000
357 160190 19 1 4.09220E-02 0.000
358 160200 20 1 6.25247E-02 0.000
359 160210 21 1 4.07974E-02 0.000
360 160220 22 1 2.37357E-02 0.000
361 *
362 * -NO.3 CHANNEL ( STD ) -----
363 * ISLB ITOPT QFRAC QPMOD
364 160230 23 1 5.41234E-02 0.000
365 160240 24 1 3.34941E-02 0.000
366 160250 25 1 3.66805E-02 0.000
367 160260 26 1 3.86732E-02 0.000
368 160270 27 1 3.94584E-02 0.000
369 160280 28 1 3.90224E-02 0.000
370 160290 29 1 3.73468E-02 0.000
371 160300 30 1 3.43989E-02 0.000
372 160310 31 1 5.59777E-02 0.000
373 160320 32 1 3.70832E-02 0.000
374 160330 33 1 2.22621E-02 0.000
375 *
376 * -NO.4 CHANNEL ( FOLLOWER ) -----
377 * ISLB ITOPT QFRAC QPMOD
378 160340 34 1 9.29831E-03 0.000
379 160350 35 1 6.20879E-03 0.000
380 160360 36 1 7.03244E-03 0.000
381 160370 37 1 7.58764E-03 0.000
382 160380 38 1 7.85275E-03 0.000
383 160390 39 1 7.80745E-03 0.000
384 160400 40 1 7.42451E-03 0.000
385 160410 41 1 6.59418E-03 0.000
386 160420 42 1 5.17737E-03 0.000
387 160430 43 1 0.00000E+00 0.000
388 160440 44 1 0.00000E+00 0.000
389 *
390 *
391 *
392 * HEAT SLAB GEOMETRY DATA
393 * IG NR IM NDX XO XR PF
394 170101 1 2 1 6 0. 2.55D-4 1. *STD FUEL
395 170102 0 2 2 2 3.80D-4 0. * CLAD
396 170201 1 2 1 6 0. 2.55D-4 1. *FOLLOWER FUEL
397 170202 0 2 2 2 3.80D-4 0. * CLAD
398 *
399 * MATERIAL PROPERTIES
400 * = 1 FUEL
401 * = 2 CLAD
402 * THERMAL CONDUCTIVITY DATA
403 180100 -2 10.0 27.5 2000. 27.5
404 180200 -4 20.0 112.0 100.0 122.0 300.0 149.0
405 180201 2000.0 149.0
406 *
407 * VOLUMETRIC HEAT CAPACITY DATA
408 190100 -5 10.0 527.8 100.0 552.3 300.0 606.8 600.0 688.6
409 190101 2000.0 688.6
410 190200 -4 20.0 594.0 100.0 621.0 300.0 675.0
411 190201 2000.0 675.0
412 *
413 * LINEAR EXPANSION COEFFICIENT DATA
414 200100 -6 19.85 15.0D-6 126.85 15.0D-6 226.85 15.0D-6
415 200101 326.85 15.0D-6 426.85 15.0D-6 526.85 15.0D-6
416 200200 -6 19.85 23.1D-6 126.85 25.1D-6 226.85 26.4D-6
417 200201 326.85 28.4D-6 426.85 30.9D-6 526.85 34.0D-6
418 *
419 * MATERIAL DENSITY
420 * FUEL CLADDING
421 400000 6.460D+3 2.70D+3
422 *

```

## 付録B.3 THYDE-W コードの入力データ例 (一次冷却水流出事故)

```

----- 'JMTR PARA ANALYSIS BY THYDE-W (REVISED) -----
/
/ JMBASE = JMTR BASE CASE ANALYSIS INPUT DATA ( '90 LEU )
/ LEU CALCULATION VERSION
/ FILE = J3096.LEU3.DATA(LOCA2) : LOSS OF COOLANT ACCIDENT
/ MODIFICATION MEMO
/   ¥1 1) BB03 TIME STEP CONTROL SMALLER UP TO 5 SEC
/       2) BB14 01,02,03,06,07,08 ----> NO CSSM
/       3) BB30 08 TIME 1E5 ----> 0.0 SEC (HX.OTL.PEPIPE BREAK)
/           '90.5.15 13:30
/   ¥2 4) BB01,BB03 TIME STEP SMALLER (300,2000SEC)
/           CLASS 7 ----> 8           '90.5.17 22:00
/           '90.5.17 21.40
/   ¥3 5) BB04 13 SECONDARY AUX. PUMP START-UP DELAY TIME
/           0 ----> 60 SEC
/       6) BB32 09 SHAFT SPEED IS MODIFIED
/           '90.5.18 10:15
/       7) NEU LEU           '99.6.21 21:45
/ BASE DATA FILE = J3096.LEU1.DATA(BASE2) : STEADY
/
/ ***** PROGRAM CONTROL DATA *****
BBO1
/ LDMP NEDI NTC NTRP NTRG IOUT NPRT ICLAS LSEC IDPSTP DMPTM
/ 0 9 5 19 31 1 0 10 0 0 10.0
/ 2 9 4 19 31 1 1 7 0 0 20050.0 /REST
/
/ ***** MINOR EDIT DATA *****
BBO2
QCR PRE-61 PRE-13 GLE-84 LVL-1 VAL-1 TSL-5 TS1-5 TMP-5
/
/ ***** TIME STEP CONTROL DATA *****
BBO3
SB0301
-1
/
/ TRANSIENT STATE CALCULATION
/ NMIN NMAJ NDMP NCHK DTMAX DTMIN TLAST
SB0302
100 1 50 0 1.0E-3 1.0E-6 5.0
/¥100 10 50 0 1.0E-3 1.0E-6 1.0
SB0303
50 1 50 0 1.0E-2 1.0E-6 121.0
SB0304
500 1 50 0 1.0E-2 1.0E-6 300.0
/¥2 10 30 50 0 1.0E-1 1.0E-6 240.0
SB0305
100 1 50 0 5.0E-2 1.0E-6 2000.0
SB0306
500 1 50 0 1.0E-1 1.0E-6 21000.0
/
/ ***** TRIP CONTROL DATA *****
BBO4
/NUM IDTRP IZ IZ ION IOFF IOSC DELAY
SB0401
401 1 0 0 3001 0 0 0. / END OF PROBLEM (TIME)
/
SB0402
402 3 0 0 3006 0 0 0.4 / REACTOR SCRAM
/
SB0403
403 3 0 0 3007 0 0 20.0 / SLOW SCRAM
/
SB0404
/404 7 86 0 3008 0 0 0. / LOCA(PMP IN HDR-1 1/4 DT)
/404 7 87 0 3008 0 0 0. / LOCA(NO.1 PMP IN 1/4 DT)
/404 7 88 0 3008 0 0 0. / LOCA(NO.1 PMP OUT 1/4 DT)
/404 7 89 0 3008 0 0 0. / LOCA(PMP OUT HDR 1/4 DT)
404 7 90 0 3008 0 0 0. / LOCA(HEAT EX OUT 1/4 DT)
/404 7 91 0 3008 0 0 0. / SAMPLING LINE
/404 7 10 0 3008 0 0 0. / LOCA(PMP IN HDR 2D)
/404 7 12 0 3008 0 0 0. / LOCA(NO.1 PMP IN 2D)
/404 7 13 0 3008 0 0 0. / LOCA(NO.1 PMP OUT 2D)
/404 7 19 0 3008 0 0 0. / LOCA(PMP OUT HDR 2D)
/404 7 33 0 3008 0 0 0. / LOCA(HEAT EX OUT 2D)
/

```

```

SB0405
 405 8 3 0 3009 0 0 0. / SURGE TANK BREAK
/
SB0406
 406 2 1 0 3016 0 0 300.0 / 1ST LOOP NO.1 PUMP TRIP
SB0407
 407 2 2 0 3017 0 0 0. / 1ST LOOP NO.2 PUMP TRIP
SB0408
 408 2 3 0 3017 0 0 0. / 1ST LOOP NO.3 PUMP TRIP
/
SB0409
 409 2 4 0 3027 0 0 0. / 1ST NO.1 EM PUMP STOP
/
SB0410
 410 2 6 0 3020 0 0 0. / 2ND LOOP NO.1 PUMP TRIP
SB0411
 411 2 7 0 3019 0 0 0. / 2ND LOOP NO.2 PUMP TRIP
SB0412
 412 2 8 0 3019 0 0 0. / 2ND LOOP NO.3 PUMP TRIP
/
SB0413
 413 2 9 0 3019 0 0 60. / 2ND LOOP AUX PUMP START
/*3 413 2 9 0 3019 0 0 0. / 2ND LOOP AUX PUMP START
/
SB0414
 414 6 0 0 3019 0 0 0. / LOCA AND ELECTRIC LOSS
/
SB0415
 415 4 26 0 3024 3025 0 0. / POOL-RPV CONN-VLV OPEN
/
SB0416
 416 4 42 0 3025 0 0 0. / RPV ISO VLV OPEN
/
SB0417
 417 4 25 0 3027 0 0 0. / SYPHON BRK EFFE-VLV CLOSE
/
SB0418
 418 4 51 0 3029 0 0 0. / 1ST 900A REVERS FLOW SHUT-VLV
/
SB0419
 419 4 28 0 3030 3031 0 0. / HYD. SOURCE VLV OPEN
/
/

```

```

BB07
/ NMODL IEM NOPTF NOPTD ICHFOP1 ICHFOP2 IHTR0P1 IHTR0P ISTEAM
 0 1 0 4 1 2 2 1 2
/

```

\*\*\*\* PROBLEM DIMENSION DATA \*\*\*\*

```

BB08
/ NNET NVOL NJUNC NMIX NPINJ NPUMP NSHFT NACCM KROD NCTOT
 2 125 101 41 14 10 10 5 2 14
/ NCORE NSLB NRGN NMESH NVLV NSEP NIMP NMAT NRPW NHSTG
 5 21 2 5 51 0 1 4 1 27
/ NCI NCB NCTBL
 8 13 9
/

```

\*\*\*\* STEADY STATE ADJUSTMENT \*\*\*\*

```

BB09
SB0901
/ INET INLET OUTLET NUM OF SET
 1 0 0 0 0 1 2 0 0 0 1
/ IVOL GA(KG/M**2/S) HA(KCAL/KG) (PPM) BORON
 62 2.65616E3 49.0 0.0
 62 2.655913E3 49.2725 0.0
SB0902
/ INET INLET OUTLET NUM OF SET
 2 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1
/ IVOL GA(KG/M**2/S) HA(KCAL/KG) (PPM) BORON
 115 2.4835E3 43.0 0.0
 115 2.482094E3 44.1011 0.0
/

```

\*\*\*\* NODE DATA \*\*\*\*

```

BB10
SB1001
 1 2 42 1 1 1 0 13.46307 1.400E-4 0.0 0.0
 4.943E-3 0.264 -0.264
 0.01 0.01 0.0 0.0
SB1002
 2 2 1 2 1 1 0 12.8699 1.400E-4 0.0 0.0
 4.943E-3 0.1 -0.1
 0.01 0.01 0.0 0.0
SB1003
 3 2 2 3 1 1 0 12.70242 1.400E-4 0.0 0.0
 4.943E-3 0.075 -0.075
 0.01 0.01 0.0 0.0

```

SB1004	4	2	3	4	1	1	0	12.57584	1.400E-4	0.0	0.0
								4.943E-3	0.125	-0.125	
								0.01	0.01	0.0	0.0
SB1005	5	2	4	43	1	1	0	12.37613	1.400E-4	0.0	0.0
								4.943E-3	0.214	-0.214	
								0.01	0.01	0.49919	0.49919
SB1006	6	2	42	5	608	1	0	13.46307	1.7768256E-4	0.0	0.0
								5.13417E-3	0.264	-0.264	
								0.01	0.01	0.0	0.0
SB1007	7	2	5	6	608	1	0	12.85906	1.7768256E-4	0.0	0.0
								5.13417E-3	0.1	-0.1	
								0.01	0.01	0.0	0.0
SB1008	8	2	6	7	608	1	0	12.68666	1.7768256E-4	0.0	0.0
								5.13417E-3	0.075	-0.075	
								0.01	0.01	0.0	0.0
SB1009	9	2	7	8	608	1	0	12.55560	1.7768256E-4	0.0	0.0
								5.13417E-3	0.125	-0.125	
								0.01	0.01	0.0	0.0
SB1010	10	2	8	43	608	1	0	12.34585	1.7768256E-4	0.0	0.0
								5.13417E-3	0.214	-0.214	
								0.01	0.01	0.427	0.427
SB1011	11	3	42	43	1	1	0	13.46307	1.047304E-1	0.0	0.0
								3.478249E-3	0.778	-0.778	
								0.01	0.01	1.56705	1.56705
SB1012	12	1	43	9	1	1	0	12.18183	1.7585	0.0	0.0
								0.0	7.93340	-1.422	
								0.4217	0.8782	0.0	0.0
SB1013	13	1	9	44	1	1	0	11.65462	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	3.006	2.75	
								0.4912	0.6187	0.6	0.6
SB1014	14	1	44	45	1	1	0	11.35600	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.2244	0.0	
								0.4	0.4	0.2	0.2
SB1015	15	1	45	46	1	1	0	11.33042	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	2.3161	0.0	
								0.25	0.25	0.05	0.05
SB1016	16	1	46	10	1	1	0	11.32712	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.01	0.0	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB1017	17	1	10	47	1	1	0	11.32455	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	1.5804	0.0	
								0.05	0.05	0.25	0.25
SB1018	18	1	47	11	1	1	0	11.29660	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	6.9618	-5.064	
								0.888	0.888	0.18	0.18
SB1019	19	1	11	12	1	1	0	11.72193	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	1.1651	-0.711	
								0.12	0.12	0.12	0.12
SB1020	20	1	12	48	1	1	0	11.78222	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.01	0.0	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB1021	21	8	48	49	1	1	0	11.83222	1.27000000E-1	0.0	0.0
								0.0	2.0662	0.0	
								-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1022	22	1	49	13	1	1	0	17.04333	1.19800000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.01	0.0	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB1023	23	1	13	14	1	1	0	17.02547	1.19800000E-1	0.0	0.0
								0.0	2.6096	0.89	
								0.13	0.13	0.13	0.13
SB1024	24	1	14	54	1	1	0	16.88142	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	8.1597	4.83	
								0.8809	0.875	1.56	1.56

SB1025	25	1	47	50	1	1	0	11.29660	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	3.2094	0.0	
								0.2	0.2	0.2	0.2
SB1026	26	1	50	15	1	1	0	11.29684	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	6.9618	-5.064	
								0.888	0.888	0.18	0.18
SB1027	27	8	15	16	1	1	0	11.64887	1.27000000E-1	0.0	0.0
								0.0	5.9286	0.179	
								-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1028	28	1	16	53	1	1	0	17.01277	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	8.1597	4.83	
								0.8809	0.875	1.56	1.56
SB1029	29	1	50	51	1	1	0	11.29684	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	3.2094	0.0	
								0.2	0.2	0.2	0.2
SB1030	30	1	51	17	1	1	0	11.24989	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	6.9618	-5.064	
								0.888	0.888	0.18	0.18
SB1031	31	8	17	18	1	1	0	11.64677	1.270E-1	0.0	0.0
								0.0	5.9286	0.179	
								-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1032	32	1	18	52	1	1	0	17.01066	1.903E-1	0.0	0.0
								0.0	8.1597	4.83	
								0.8809	0.875	1.56	1.56
SB1033	33	1	52	53	1	1	0	15.59189	0.6207	0.0	0.0
								0.0	3.2094	0.0	
								0.2	0.2	0.2	0.2
SB1034	34	1	53	54	1	1	0	15.57269	0.6207	0.0	0.0
								0.0	0.73	0.0	
								0.2	0.2	0.6	0.6
SB1035	35	1	54	55	1	1	0	15.51894	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.8743	0.0	
								0.6	0.6	0.0	0.0
SB1036	36	1	55	19	1	1	0	15.53253	0.6207	0.0	0.0
								0.0	0.01	0.0	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB1037	37	1	19	56	1	1	0	15.53223	0.6207	0.0	0.0
								0.0	0.8643	0.0	
								0.0	0.0	0.2	0.2
SB1038	38	1	56	57	1	1	0	15.50505	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	5.9368	-1.87	
								1.44	1.44	0.96	0.96
SB1039	39	1	57	20	1	1	0	15.58774	0.1903	0.0	0.0
								0.0	3.401	-2.8	
								0.408	0.408	0.168	0.168
SB1040	40	7	20	21	1152	1	0	15.81169	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	8.7993	8.0	
								1.2041	1.1637	0.0	0.0
SB1041	41	1	21	22	1152	1	0	14.78985	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	0.6258	0.0	
								0.3	0.3	0.3	0.3
SB1042	42	7	22	23	1152	1	0	14.76451	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	8.7993	-8.0	
								0.0	0.0	1.1637	1.2041
SB1043	43	1	23	24	1	1	0	15.18806	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	10.8249	-0.95	
								0.528	0.528	1.9483	1.1601
SB1044	44	1	24	60	1	1	0	15.22790	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.5077	0.0	
								0.0	0.0	0.2	0.2
SB1045											

JAERI-Tech 2002-100

	45	1	56	58	1	1	0	15.50505	6.20700000E-1	0.0	0.0
								0.0	2.3174	0.0	
								0.2	0.2	0.2	0.2
SB1046											
	46	1	58	59	1	1	0	15.45802	0.1903	0.0	0.0
								0.0	5.9368	-1.87	
								1.44	1.44	0.96	0.96
SB1047											
	47	1	59	25	1	1	0	15.58222	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	3.401	-2.8	
								0.408	0.408	0.168	0.168
SB1048											
	48	7	25	26	1152	1	0	15.77126	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	8.7993	8.0	
								1.2041	1.1637	0.0	0.0
SB1049											
	49	1	26	27	1152	1	0	14.74950	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	0.6258	0.0	
								0.3	0.3	0.3	0.3
SB1050											
	50	7	27	28	1152	1	0	14.72415	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	8.7993	-8.0	
								0.0	0.0	1.1637	1.2041
SB1051											
	51	1	28	60	1	1	0	15.15282	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	10.4617	-0.95	
								0.408	0.408	1.128	1.128
SB1052											
	52	1	60	62	1	1	0	15.21220	6.207E-1	0.0	0.0
								0.0	3.0094	0.0	
								0.2	0.2	0.2	0.2
SB1053											
	53	1	58	61	1	1	0	15.45802	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	5.9368	-1.87	
								1.84	1.84	0.96	0.96
SB1054											
	54	1	61	29	1	1	0	15.56834	1.90300000E-1	0.0	0.0
								0.0	3.401	-2.8	
								0.408	0.408	0.168	0.168
SB1055											
	55	7	29	30	1152	1	0	15.76442	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	8.7993	8.0	
								1.2041	1.1637	0.0	0.0
SB1056											
	56	1	30	31	1152	1	0	14.74267	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	0.6258	0.0	
								0.3	0.3	0.3	0.3
SB1057											
	57	7	31	32	1152	1	0	14.71733	2.1641E-4	0.0	0.0
								0.0166	8.7993	-8.0	
								0.0	0.0	1.1637	1.2041
SB1058											
	58	1	32	62	1	1	0	15.14599	0.1903	0.0	0.0
								0.0	10.4617	-0.95	
								0.408	0.408	1.128	1.128
SB1059											
	59	1	62	63	1	1	0	15.18016	6.2070E-1	0.0	0.0
								0.0	0.7901	0.0	
								0.25	0.25	0.05	0.05
SB1060											
	60	1	63	33	1	1	0	15.17783	6.2070E-1	0.0	0.0
								0.0	0.01	0.0	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB1061											
	61	1	33	64	1	1	0	15.17219	6.2070E-1	0.0	0.0
								0.0	13.3111	6.2	
								0.15	0.15	0.35	0.35
SB1062											
	62	1	64	65	1	1	0	14.550	0.6207	0.0	0.0
								0.0	4.7763	0.7	
								0.36	0.36	0.8456	0.5326
SB1063											
	63	1	65	42	1	1	0	14.48652	7.0686	0.0	0.0
								0.0	1.225	-1.775	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB1064											
	64	1	54	66	1	1	0	15.51894	0.05285	0.0	0.0
								0.0	6.1232	-4.52	
								1.26	1.26	1.26	1.26
SB1065											
	65	8	66	67	1	1	0	15.90655	3.9870E-2	0.0	0.0
								0.0	7.3834	2.1	
								-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1066											
	66	8	66	67	1	1	0	-4.31	3.9870E-2	0.0	0.0
								0.0	8.4187	2.1	
								-1.0	-1.0	-1.0	-1.0



SB1067	67	1	67	68	1	1	0	15.80790	0.05285	0.0	0.0
								0.0	6.9989	1.85	
								0.7	0.7	0.7	0.7
SB1068	68	1	68	57	1	1	0	15.52233	5.2850E-2	0.0	0.0
								0.0	2.0859	-1.3	
								0.98	0.98	0.98	0.98
SB1069	69	1	68	69	1	1	0	15.52233	5.2850E-2	0.0	0.0
								0.0	2.8762	0.0	
								0.28	0.28	0.28	0.28
SB1070	70	1	69	59	1	1	0	15.51833	0.05285	0.0	0.0
								0.0	2.0859	-1.3	
								0.98	0.98	0.98	0.98
SB1071	71	1	69	61	1	1	0	15.51833	0.05285	0.0	0.0
								0.0	2.9552	-1.3	
								0.56	0.56	1.12	1.12
SB1072	72	1	54	45	1	1	0	15.51894	0.07523	0.0	0.0
								0.0	15.6322	0.055	
								1.092	1.092	1.092	1.092
SB1073	/73	1	44	83	1	1	0	-2.402	0.01389	0.0	0.0
	73	1	44	83	1	1	0	-1.677	0.01389	0.0	0.0
								0.0	1.0	-1.0	
								0.506	1.056	0.896	0.896
SB1074	74	1	70	65	1	1	0	-3.361	0.01389	0.0	0.0
								0.0	3.39	-4.15	
								1.4098	1.959	1.951	1.408
SB1075	/75	1	70	44	1	1	0	-3.559	0.01389	0.0	0.0
	75	1	70	44	1	1	0	-3.284	0.01389	0.0	0.0
								0.0	5.375	-5.375	
								1.2498	1.799	1.76	1.76
SB1076	76	1	70	84	1	1	0	-1.5778	1.38900000E-2	0.0	0.0
								0.0	0.1	-0.1	
								0.514	1.064	1.063	0.5138
SB1077	77	1	70	85	1	1	0	-1.5778	1.38900000E-1	0.0	0.0
								0.0	0.1	0.1	
								0.514	1.064	1.063	0.5138
SB1078	/78	1	70	71	1	1	0	-1.5778	1.38900000E-2	0.0	0.0
	78	1	70	71	1	1	0	-1.577	1.38900000E-2	0.0	0.0
								0.0	0.1	0.0	
								0.514	1.064	1.063	0.5138
SB1079	/79	1	71	70	1	1	0	-1.5778	0.01389	0.0	0.0
	79	1	71	70	1	1	0	-1.577	0.01389	0.0	0.0
								0.0	0.1	0.0	
								0.514	1.064	1.063	0.5138
SB1080	80	1	46	86	1	1	0	-0.02	2.90320000E-3	0.0	0.0
								0.0	0.1	-0.1	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB1081	81	1	48	87	1	1	0	-0.02	1.003E-3	0.0	0.0
								0.0	0.1	-0.1	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB1082	82	1	49	88	1	1	0	-0.02	8.0264E-4	0.0	0.0
								0.0	0.1	-0.1	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB1083	83	1	55	89	1	1	0	-0.02	2.90320000E-3	0.0	0.0
								0.0	0.1	-0.1	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB1084	84	1	63	90	1	1	0	-0.02	2.90320000E-3	0.0	0.0
								0.0	0.1	-0.1	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB1085	85	1	46	91	1	1	0	-200.0	9.2118E-3	0.0	0.0

JAERI-Tech 2002-100

					0.0	13.2	-3.12	
					100.0	100.0	100.0	100.0
SB1086								
86	1	51	92	1 1 0	-200.0	0.6207	0.0	0.0
					0.0	4.7E-3	0.0	
					0.01	0.01	0.01	0.01
SB1087								
87	1	52	93	1 1 0	-200.0	0.6207	0.0	0.0
					0.0	4.7E-3	0.0	
					0.01	0.01	0.01	0.01
SB1088								
88	1	58	94	1 1 0	-200.0	0.6207	0.0	0.0
					0.0	4.7E-3	0.0	
					0.01	0.01	0.01	0.01
SB1089								
89	1	64	97	1 1 0	-6.46	2.3700E-3	0.0	0.0
					0.0	2.57	2.57	
					3.23	3.23	3.23	3.23
SB1090								
90	1	42	98	1 1 0	-0.02	7.0686	0.0	0.0
					0.0	0.01	0.01	
					0.01	0.01	0.01	0.01
SB1091								
91	1	70	99	1 1 0	-0.02	2.82743000E+1	0.0	0.0
					0.0	0.01	0.01	
					0.01	0.01	0.01	0.01
SB1092								
92	1	71	100	1 1 0	-0.02	28.2743	0.0	0.0
					0.0	0.01	0.01	
					0.01	0.01	0.01	0.01
SB1093								
/93	8	72	73	1 2 0	-0.2	0.31229	0.0	0.0
93	8	72	73	1 2 0	-48.3683	0.31229	0.0	0.0
					0.0	4.55	3.9	
					-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1094								
/94	8	72	73	1 2 0	-0.2	0.31229	0.0	0.0
94	8	72	73	1 2 0	-48.3683	0.31229	0.0	0.0
					0.0	4.55	3.9	
					-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1095								
95	1	73	74	1 2 0	-0.44	0.4324	0.0	0.0
					0.0	4.4704	0.0	
					0.22	0.22	0.22	0.22
SB1096								
96	8	72	74	1 2 0	1.221268	0.31229	0.0	0.0
					0.0	4.55	3.9	
					-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1097								
97	1	74	75	1 2 0	5.898581	0.4324	0.0	0.0
					0.0	4.4704	0.0	
					0.22	0.22	0.22	0.22
SB1098								
98	8	72	75	1 2 0	1.221268	0.31229	0.0	0.0
					0.0	4.55	3.9	
					-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB1099								
99	1	75	76	1 2 0	5.884397	0.4324	0.0	0.0
					0.0	4.4704	0.0	
					0.22	0.22	0.22	0.22
SB10100								
100	8	72	76	1 2 0	1.221268	0.31229	0.0	0.0
					0.0	4.55	3.9	
					-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
SB10101								
101	1	76	77	1 2 0	5.840000	0.4324	0.0	0.0
					0.0	128.9912	-14.356	
					0.77	0.77	0.77	0.77
SB10102								
102	1	77	34	1 2 0	7.151131	0.153	0.0	0.0
					0.0	2.3298	2.0	
					0.936	0.936	1.0054	0.6158
SB10103								
103	7	34	35	1 2 0	6.938584	1.3725	0.0	0.0
					0.03851	8.816	7.21	
					0.0	0.0	0.0	0.0
SB10104								
104	1	35	82	1 2 0	6.201754	0.153	0.0	0.0
					0.0	2.9778	2.648	
					0.6158	1.0055	0.936	0.936
SB10105								
105	1	77	78	1 2 0	7.151131	0.4324	0.0	0.0
					0.0	0.4824	0.0	
					0.22	0.22	0.22	0.22

SB10106	106	1	78	36	1	2	0	7.151170	0.153	0.0	0.0
								0.0	2.3298	2.0	
								0.936	0.936	1.0054	0.6158
SB10107	107	7	36	37	1	2	0	6.932423	1.3725	0.0	0.0
								0.03851	8.816	7.21	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB10108	108	1	37	81	1	2	0	6.195621	0.153	0.0	0.0
								0.0	2.9778	2.648	
								0.6158	1.0055	0.936	0.936
SB10109	109	1	78	79	1	2	0	7.151170	0.4324	0.0	0.0
								0.0	1.9824	0.0	
								0.22	0.22	0.22	0.22
SB10110	110	1	79	38	1	2	0	7.127954	0.153	0.0	0.0
								0.0	3.1785	2.0	
								0.84	0.84	0.9094	0.5198
SB10111	111	7	38	39	1	2	0	6.935526	1.3725	0.0	0.0
								0.03851	8.816	7.21	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB10112	112	1	39	80	1	2	0	6.201341	0.153	0.0	0.0
								0.0	3.8265	2.648	
								0.5198	0.9094	0.84	0.84
SB10113	113	1	80	81	1	2	0	5.939196	0.4324	0.0	0.0
								0.0	1.9824	0.0	
								0.22	0.22	0.22	0.22
SB10114	114	1	81	82	1	2	0	5.925081	0.4324	0.0	0.0
								0.0	0.4824	0.0	
								0.22	0.22	0.22	0.22
SB10115	115	1	82	40	1	2	0	5.881149	0.4324	0.0	0.0
								0.0	112.1742	11.084	
								0.77	0.77	1.5406	0.9979
SB10116	116	7	40	41	99856	2	0	1.122944	9.35167E-4	0.0	0.0
								0.005027	10.184	-10.184	
								0.0	0.0	0.0	0.0
SB10117	117	1	41	72	1	2	0	1.0	5.0E2	0.0	0.0
								22.3607	2.3	-2.3	
								0.6614	0.5533	0.0	0.0
SB10118	118	1	79	95	1	2	0	-200.0	0.4324	0.0	0.0
								0.0	0.3412	0.0	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB10119	119	1	80	96	1	2	0	-200.0	0.4324	0.0	0.0
								0.0	0.3412	0.0	
								0.01	0.01	0.01	0.01
SB10120	120	1	72	101	1	2	0	-0.02	537.8	0.0	0.0
								23.1911	0.01	0.01	
								0.01	0.01	0.01	0.01

/  
/ \*\*\*\* JUNCTION DATA \*\*\*\*

BB11	1	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	2	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	3	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	4	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	5	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	6	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	7	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	8	1	1	1	0.0	0.0	0.0
	9	1	1	1	6.207E-1	0.0	0.0
	10	1	1	1	6.207E-1	0.0	0.0
	11	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
	12	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
	13	1	1	1	0.1198	0.0	0.0
	14	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
	15	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
	16	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
	17	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
	18	1	1	1	0.1903	0.0	0.0

19	1	1	1	0.6207	0.0	0.0
20	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
21	1	1	1	0.2493	0.0	0.0
22	1	1	1	0.2493	0.0	0.0
23	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
24	1	1	1	0.6207	0.0	0.0
25	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
26	1	1	1	0.2493	0.0	0.0
27	1	1	1	0.2493	0.0	0.0
28	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
29	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
30	1	1	1	0.2493	0.0	0.0
31	1	1	1	0.2493	0.0	0.0
32	1	1	1	0.1903	0.0	0.0
33	1	1	1	0.6207	0.0	0.0
34	1	2	1	0.153	0.0	0.0
35	1	2	1	0.153	0.0	0.0
36	1	2	1	0.153	0.0	0.0
37	1	2	1	0.153	0.0	0.0
38	1	2	1	0.153	0.0	0.0
39	1	2	1	0.153	0.0	0.0
40	1	2	1	9.209629	0.0	0.0
41	1	2	1	93.3821	0.0	0.0
42	4	1	1	0.7069	0.0	0.0
43	4	1	1	6.1505	0.0	0.0
44	4	1	1	1.7101	0.0	0.0
45	4	1	1	0.5041	0.0	0.0
46	4	1	1	0.03774	0.0	0.0
47	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
48	4	1	1	0.0068	0.0	0.0
49	4	1	1	0.003831	0.0	0.0
50	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
51	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
52	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
53	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
54	4	1	1	2.1891	0.0	0.0
55	4	1	1	0.03774	0.0	0.0
56	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
57	4	1	1	0.1492	0.0	0.0
58	4	1	1	1.2741	0.0	0.0
59	4	1	1	0.1492	0.0	0.0
60	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
61	4	1	1	0.1492	0.0	0.0
62	4	1	1	0.6391	0.0	0.0
63	4	1	1	0.03774	0.0	0.0
64	4	1	1	0.03408	0.0	0.0
65	4	1	1	28.2122	0.0	0.0
66	4	1	1	0.02714	0.0	0.0
67	4	1	1	0.02714	0.0	0.0
68	4	1	1	0.02714	0.0	0.0
69	4	1	1	0.02714	0.0	0.0
70	4	1	1	72.5661	1.405	0.0
71	4	1	1	72.5661	1.405	0.0
72	4	2	1	1.5E3	0.0	0.0
73	4	2	1	3.03	5.899	0.0
74	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
75	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
76	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
77	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
78	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
79	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
80	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
81	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
82	4	2	1	0.5008	0.0	0.0
83	7	1	1	0.0	1.0	0.0
84	7	1	1	0.0	4.0	0.0
85	7	1	1	0.0	5.0	0.0
86	7	1	1	0.0	0.0	0.0
87	7	1	1	0.0	0.0	0.0
88	7	1	1	0.0	0.0	0.0
89	7	1	1	0.0	0.0	0.0
90	7	1	1	0.0	0.0	0.0
91	7	1	1	0.0	0.0	0.0
92	7	1	1	0.0	1.0	0.0
93	7	1	1	0.0	1.0	0.0
94	7	1	1	0.0	1.0	0.0
95	7	2	1	0.4324	1.0	0.0
96	7	2	1	0.4324	1.0	0.0
97	5	1	1	2.3672E-4	14.2294	0.0
98	5	1	1	7.0686	1.5325	0.0
99	5	1	1	28.2743	1.405	0.0
100	5	1	1	28.2743	1.4237	0.0
101	5	2	1	537.8	1.2693	0.0

```

/ **** MIXING JUNCTION DATA ****
BB12
SB1201
  42  4      1  6 11 90      8.25792E-4  0.648186  0.350988  0.0
SB1202
  43  1      12      1.0
SB1203
  44  2      14 73      1.0      0.0
SB1204
  45  1      15      1.0
SB1205
  46  3      16 80 85      1.0      0.0      0.0
SB1206
  47  2      18 25      0.3333333 0.6666667
SB1207
  48  2      21 81      1.0      0.0
SB1208
  49  2      22 82      1.0      0.0
SB1209
  50  2      26 29      0.5      0.5
SB1210
  51  2      30 86      1.0      0.0
SB1211
  52  2      33 87      1.0      0.0
SB1212
  53  1      34      1.0
SB1213
  54  3      35 64 72      0.8288  0.0803  0.0909 / 530 & 600
SB1214
  55  2      36 83      1.0      0.0
SB1215
  56  2      38 45      0.3333334 0.6666666
SB1216
  57  1      39      1.0
SB1217
  58  3      46 53 88      0.5      0.5      0.0
SB1218
  59  1      47      1.0
SB1219
  60  1      52      1.0
SB1220
  61  1      54      1.0
SB1221
  62  1      59      1.0
SB1222
  63  2      60 84      1.0      0.0
SB1223
  64  2      62 89      1.0      0.0
SB1224
  65  1      63      1.0
SB1225
  66  2      65 66      1.0      0.0
SB1226
  67  1      67      1.0
SB1227

```

68	2	68	69			0.3333334	0.6666666		
SB1228									
69	2	70	71			0.5	0.5		
SB1229									
70	6								
74	75	91	76	77	78	0.0	0.0	1.0	0.0
SB1230									
71	2	79	92			0.0	1.0		
SB1231									
72	6								
		93	94	96	98	100	120		
SB1232		0.0	0.0	0.33333333	0.33333333	0.33333333	0.0		
73	1								
SB1233			95			1.0			
74	1								
SB1234			97			1.0			
75	1								
SB1235			99			1.0			
76	1								
SB1236			101			1.0			
77	2								
SB1237			102	105		0.3334	0.6666		
78	2								
SB1238			106	109		0.5	0.5		
79	2								
SB1239			110	118		1.0	0.0		
80	2								
SB1240			113	119		1.0	0.0		
81	1								
SB1241			114			1.0			
82	1								
			115			1.0			

```

/
/ **** HYDRAULIC SOURCE DATA ****
BB13
/NOPINJ IJC IFPT IHFLG IDC HINJ WINJR IMP
SB1301
1 83 2 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1302
2 84 1 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1303
3 85 1 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1304
4 86 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1305
5 87 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1306
6 88 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1307
7 89 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1308
8 90 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1309
9 91 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1310
10 92 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1311
11 93 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1312
12 94 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1313
13 95 3 0 3121 30.0 0.0 0.0
SB1314
14 96 2 0 3121 30.0 0.0 0.0

```

```

/
/ **** HYDRAULIC MACHINE SHAFT DATA ****
BB14
/IDM ID IDC IDC NR NO NS I
/ K1 K2 TAU TR

```

```

SB1401
 1 1 0 0 1450.0 1450.0 0.0 17.375
/¥ 1 1 3121 0 1450.0 1450.0 0.0 17.375
      0.0 0.0 0.04 2655.0014 / 1ST LOOP NO.1 PUMP
SB1402
 2 1 0 0 1450.0 1450.0 0.0 17.375
/¥ 2 1 3121 0 1450.0 1450.0 0.0 17.375
      0.0 0.0 0.04 2655.0014 / 1ST LOOP NO.2 PUMP
SB1403
 3 1 0 0 1450.0 1450.0 0.0 17.375
/¥ 3 1 3121 0 1450.0 1450.0 0.0 17.375
      0.0 0.0 0.04 2655.0014 / 1ST LOOP NO.3 PUMP
SB1404
 4 1 3121 0 970.0 970.0 0.0 0.425
      0.0 0.0 0.04 79.376 /1ST LOOP NO.1 EM-PUMP
SB1405
 5 1 0 0 970.0 0.0 0.0 0.425
      0.0 0.0 0.04 79.376 /1ST LOOP NO.2 EM-PUMP
SB1406
 6 1 0 0 990.0 990.0 0.0 40.0
/¥1 6 1 3121 0 990.0 990.0 0.0 40.0
      0.0 0.0 0.04 2701.7321 / 2ND LOOP NO.1 PUMP
SB1407
 7 1 0 0 990.0 990.0 0.0 40.0
/¥1 7 1 3121 0 990.0 990.0 0.0 40.0
      0.0 0.0 0.04 2701.7321 / 2ND LOOP NO.2 PUMP
SB1408
 8 1 0 0 990.0 990.0 0.0 40.0
/¥1 8 1 3121 0 990.0 990.0 0.0 40.0
      0.0 0.0 0.04 2701.7321 / 2ND LOOP NO.3 PUMP
SB1409
 9 1 3133 0 1450.0 0.0 0.0 1.15
      0.0 0.0 0.04 243.75938 /2ND LOOP NO.1 AUX-PUMP
SB1410
10 1 0 0 1450.0 0.0 0.0 1.15
      0.0 0.0 0.04 243.75938 /2ND LOOP NO.2 AUX-PUMP
/
/
/
/

```

\*\*\*\* HYDRAULIC MACHINE NODE DATA \*\*\*\*

```

BB15
/NM IDM NP ----- NODE# ----- ITAP WR
/ HEADR ----- H-LOSS ----- RHOR
SB1501
 1 1 1 21 0 0 0 0 0 0 1 5.556E-1
 6.0E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.8475E2
SB1502
 2 2 1 27 0 0 0 0 0 0 1 5.556E-1
 6.0E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.8475E2
SB1503
 3 3 1 31 0 0 0 0 0 0 1 5.556E-1
 6.0E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.8475E2
SB1504
 4 4 1 65 0 0 0 0 0 0 2 1.167E-1
 5.0E0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.8475E2
SB1505
 5 5 1 66 0 0 0 0 0 0 2 1.167E-1
 5.0E0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.8475E2
SB1506
 6 6 1 100 0 0 0 0 0 0 3 3.8889E-1
 5.45E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.9662E2
SB1507
 7 7 1 98 0 0 0 0 0 0 3 3.8889E-1
 5.45E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.9662E2
SB1508
 8 8 1 96 0 0 0 0 0 0 3 3.8889E-1
 5.45E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.9662E2
SB1509
 9 9 1 94 0 0 0 0 0 0 4 1.1111E-1
 2.325E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.9662E2
SB1510
10 10 1 93 0 0 0 0 0 0 4 1.1111E-1
 2.325E1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 9.9662E2
/
/

```

\*\*\*\* PUMP DATA TABLE \*\*\*\*

```

BB16
SB1601
 1 / MAIN PUMP
 7 / HAD-HAN
-1.0 1.208 0.0 1.208 0.24 1.2
 0.425 1.193 0.625 1.12 0.8 1.073
 1.0 1.0
 2 / HAR-HAT
-1.0 0.0 1.0 0.0

```

9	/	HVR-HVN						
-1.0		0.0	-0.01	0.0	0.0	-1.0		
0.69		0.144	0.741	0.399	0.8	0.523		
0.909		0.774	0.975	0.945	1.0	1.0		
2	/	HVD-HVT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
7	/	BAD-BAN						
-1.0		0.24	0.0	0.24	0.24	0.601		
0.425		0.713	0.625	0.806	0.8	0.891		
1.0		1.0						
2	/	BAR-BAT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
9	/	BVR-BVN						
-1.0		0.0	-0.01	0.0	0.0	-1.0		
0.69		0.463	0.741	0.577	0.8	0.678		
0.909		0.84	0.975	0.946	1.0	1.0		
2	/	BVD-BVT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD MULTIPL.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE MULTIPL.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
6	6							
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.2	0.0	3.0650E-3	7.7239E-5	1.3263E-4	1.9460E-4	2.6207E-4
		0.4	0.0	4.8660E-5	1.2261E-4	2.1053E-4	3.0996E-4	4.1602E-4
		0.6	0.0	6.3760E-5	1.6066E-4	2.7587E-4	4.0485E-4	5.4514E-4
		0.8	0.0	7.7239E-5	1.9463E-4	3.3419E-4	4.9044E-4	6.6037E-4
		1.0	0.0	8.9628E-5	2.2585E-4	3.8780E-4	5.6910E-4	7.6631E-4
SB1602								
2	/	EMERGENCY PUMP						
8	/	HAD-HAN						
-1.0		1.208	0.0	1.714	0.204	1.672		
0.438		1.55	0.625	1.434	0.803	1.31		
0.953		1.178	1.0	1.0				
2	/	HAR-HAT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
6	/	HVR-HVN						
-1.0		0.0	-0.01	0.0	0.0	-1.0		
0.89		0.684	0.929	0.814	1.0	1.0		
2	/	HVD-HVT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
8	/	BAD-BAN						
-1.0		1.115	0.0	1.115	0.204	1.115		
0.438		1.111	0.625	1.093	0.803	1.116		
0.953		1.156	1.0	1.0				
2	/	BAR-BAT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
6	/	BVR-BVN						
-1.0		0.0	-0.01	0.0	0.0	-1.0		
0.89		0.912	0.929	0.996	1.0	1.0		
2	/	BVD-BVT						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	HEAD DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				
2	/	TORQUE DIFF.						
-1.0		0.0	1.0	0.0				



```

2 / TORQUE DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / HEAD MULTIPL.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE MULTIPL.
-1.0 0.0 1.0 0.0
6 6
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.2 0.0 3.0650E-3 7.7239E-5 1.3263E-4 1.9460E-4 2.6207E-4
0.4 0.0 4.8660E-5 1.2261E-4 2.1053E-4 3.0996E-4 4.1602E-4
0.6 0.0 6.3760E-5 1.6066E-4 2.7587E-4 4.0485E-4 5.4514E-4
0.8 0.0 7.7239E-5 1.9463E-4 3.3419E-4 4.9044E-4 6.6037E-4
1.0 0.0 8.9628E-5 2.2585E-4 3.8780E-4 5.6910E-4 7.6631E-4
SB1603
3 / SECONDARY SYS MAIN PUMP
9 / HAD-HAN
-1.0 1.3394 0.0 1.3394 0.1429 1.3028
0.2857 1.2661 0.4286 1.211 0.5714 1.1743
0.7143 1.1193 0.8571 1.0459 1.0 1.0
2 / HAR-HAT
-1.0 0.0 1.0 0.0
10 / HVR-HVN
-1.0 0.0 -0.01 0.0 0.0 -1.0
0.6863 0.2852 0.7369 0.3985 0.7778 0.4884
0.8235 0.5911 0.875 0.7023 0.9334 0.8392
1.0 1.0
2 / HVD-HVT
-1.0 0.0 1.0 0.0
9 / BAD-BAN
-1.0 0.72 0.0 0.72 0.1429 0.7741
0.2857 0.8283 0.4286 0.8542 0.5714 0.9061
0.7143 0.9358 0.8571 0.957 1.0 1.0
2 / BAR-BAT
-1.0 0.0 1.0 0.0
10 / BVR-BVN
-1.0 0.0 -0.01 0.0 0.0 -1.0
0.6863 0.4758 0.7369 0.5584 0.7778 0.6279
0.8235 0.7001 0.875 0.778 0.9334 0.8769
1.0 1.0
2 / BVD-BVT
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / HEAD DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / HEAD DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / HEAD DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / HEAD DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE DIFF.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / HEAD MULTIPL.
-1.0 0.0 1.0 0.0
2 / TORQUE MULTIPL.
-1.0 0.0 1.0 0.0
6 6
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.2 0.0 3.0650E-3 7.7239E-5 1.3263E-4 1.9460E-4 2.6207E-4
0.4 0.0 4.8660E-5 1.2261E-4 2.1053E-4 3.0996E-4 4.1602E-4
0.6 0.0 6.3760E-5 1.6066E-4 2.7587E-4 4.0485E-4 5.4514E-4
0.8 0.0 7.7239E-5 1.9463E-4 3.3419E-4 4.9044E-4 6.6037E-4
1.0 0.0 8.9628E-5 2.2585E-4 3.8780E-4 5.6910E-4 7.6631E-4
SB1604
4 / SECONDARY SYS AUX. PUMP
9 / HAD-HAN
-1.0 1.4839 0.0 1.4839 0.15 1.3978
0.3 1.3118 0.45 1.2473 0.6 1.1613
0.75 1.0968 0.9 1.043 1.0 1.0
2 / HAR-HAT
-1.0 0.0 1.0 0.0
9 / HVR-HVN
-1.0 0.0 -0.01 0.0 0.0 -1.0
0.641 0.2475 0.6667 0.2963 0.7407 0.4366

```

0.8333	0.6198	0.9524	0.8875	1.0	1.0
2 / HVD-HVT					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
9 / BAD-BAN					
-1.0	0.68	0.0	0.68	0.15	0.7052
0.3	0.7281	0.45	0.8144	0.6	0.8594
0.75	0.9154	0.9	0.9715	1.0	1.0
2 / BAR-BAT					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
9 / BVR-BVN					
-1.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	-1.0
0.641	0.4023	0.6667	0.4475	0.7407	0.5665
0.8333	0.7148	0.9524	0.9195	1.0	1.0
2 / BVD-BVT					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / HEAD DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / HEAD DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / HEAD DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / HEAD DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / TORQUE DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / TORQUE DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / TORQUE DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / TORQUE DIFF.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / HEAD MULTIPL.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
2 / TORQUE MULTIPL.					
-1.0	0.0	1.0	0.0		
6 6					
0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	0.0	3.0650E-3	7.7239E-5	1.3263E-4	1.9460E-4
0.4	0.0	4.8660E-5	1.2261E-4	2.1053E-4	3.0996E-4
0.6	0.0	6.3760E-5	1.6066E-4	2.7587E-4	4.0485E-4
0.8	0.0	7.7239E-5	1.9463E-4	3.3419E-4	4.9044E-4
1.0	0.0	8.9628E-5	2.2585E-4	3.8780E-4	5.6910E-4
7.6631E-4					

/

\*\*\*\* ACCUMLATOR DATA \*\*\*\*

BB17

SB1701

123	99	111.6838	2.0E4	30.03	1.	3.95	30.03	2.8274	0.1
100.0									

/ REACTOR POOL

SB1702

122	98	37.57	2.0E4	48.99	1.	5.315	48.99	7.070E-2	0.01
100.0									

/ REACTOR PRESSURE VESSEL

SB1703

121	97	1.197	1.6833	49.26	14.207563				
1.50	49.26	2.3672E-5	0.01	100.0					

/ PRESSURE SURGE TANK

SB1704

124	100	121.5796	2.0E4	30.03	1.	4.30	30.03	2.8274	0.1
100.0									

/ CANAL

SB1705

125	101	1.5E3	2.0E4	30.02	1.	2.789	30.02	5.378	0.01
100.0									

/ 2ND LOOP ACCUM

/

\*\*\*\* BREAK POINT DATA \*\*\*\*

BB18

/ NREF	C2A	CDA	CEA	C2A	CDA	CEE
1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.6
/ KUF	KUR	KLF	KLR	TUK	TLK	
0.0	1.0	0.0	1.0	0.1	0.1	
/ IREF	JREF	IP				
/ 1	86	2				/ LOCA(1ST PMP IN HDR 1/4 DT)
/ 1	87	2				/ LOCA(NO.1 PMP IN 1/4 DT)
/ 1	88	2				/ LOCA(NO.1 PMP OUT 1/4 DT)
/ 1	89	2				/ LOCA(1ST PMP OUT HDR 1/4 DT)
/ 1	90	2				/ LOCA(HEAT EX OUT 1/4 DT)
/ 1	\$\$	2				/ LOCA(PMP IN HDR-1 1/4 DT)
/ 1	\$\$	2				/ LOCA(RPV IN PIPE 1/4 DT)
/ 1	\$\$	2				/ LOCA(HEAT EX OUT 2D )
	0.0	1.0	30.01			
	1.E5	1.0	30.01			

/

```

/ **** STAGNANT NODE ENTHALPY DATA ****
BB19
/ NODE NO.          (AVE)          ENTHALPY          (E)
/                   (A)
SB1901
  74                30.03          30.03          30.03
SB1902
  75                30.03          30.03          30.03
SB1903
  66                56.2           56.2           56.2
SB1904
  73                30.03          30.03          30.03
SB1905
  76                49.0           49.0           49.0
SB1906
  77                49.0           49.0           49.0
SB1907
  78                30.03          30.03          30.03
SB1908
  80                56.2           56.2           56.2
SB1909
  81                56.2           56.2           56.2
SB1910
  82                56.2           56.2           56.2
SB1911
  83                56.2           56.2           56.2
SB1912
  84                49.00000        49.00000        49.00000
SB1913
  91                30.03          30.03          30.03
SB1914
  90                48.99          48.99          48.99
SB1915
  89                49.26          49.26          49.26
SB1916
  86                56.2           56.2           56.2
SB1917
  87                56.2           56.2           56.2
SB1918
  88                56.2           56.2           56.2
SB1919
  79                30.03          30.03          30.03
SB1920
  92                30.03          30.03          30.03
SB1921
  93                33.02          33.02          33.02
SB1922
  94                33.02          33.02          33.02
SB1923
  95                33.02          33.02          33.02
SB1924
  118               33.02          33.02          33.02
SB1925
  119               44.10          44.10          44.10
SB1926
  120               33.02          33.02          33.02
SB1927
  85                56.2           56.2           56.2

```

```

/ **** CORE DATA ****
BB20
/ IROD
/ NROD   NVB   NVT   NSB   NST   IGAP   IQMW
SB2001
  1      608    6    10    8    14    0    0
SB2002
  2      1     1     5     1     7     0     0

```

```

/
/
BB21
/ IDC   IREAC   IDC   IREAC   IDC   IREAC   IDC   IREAC   IDC
  3122   0       0       0       0       0       0       0       0
/      IREAC   IDC   IREAC   IDC
      0       0       0
/ L
  4.928E-5
/ RAMDA(J) - BETA(J)
  0.01272  2.780E-4  0.03174  1.559E-3  0.1160  1.376E-3
  0.3110  2.956E-3  1.400    9.439E-4  3.870  1.976E-4
/ CR      SIGMA      PHYFO
  0.6     1.2       1.9E14
/ **** REACTIVITY TABLE DATA ****
/ VOID COEFFICIENT (VOID FRAC - VOID COEFF)

```

```

2
      0.0      0.0
      1.0      0.0
/ FUEL TEMPERATURE COEFFICIENT (TEMP - REACTIVITY)
2
      0.0      0.0
     1000.0    0.0
/ COOLANT TEMPERATURE COEFFICIENT (TEMP - REACTIVITY)
2
      0.0      0.0
     1000.0    0.0
/
/ **** HEAT SLAB DATA ****
BB26
SB2601
  1  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  1  0  0  0.014
    0.0      0.0
    0.0      0.0
SB2602
  2  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  1  0  0  0.25
    6.584E5    0.0
    0.0      0.0
SB2603
  3  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  2  0  0  0.1
    4.467E6    0.0
    0.0      0.0
SB2604
  4  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  3  0  0  0.075
    5.331E6    0.0
    0.0      0.0
SB2605
  5  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  4  0  0  0.125
    5.604E6    0.0
    0.0      0.0
SB2606
  6  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  5  0  0  0.2000
    4.104E6    0.0
    0.0      0.0
SB2607
  7  0  1  1  1  2  0.0952  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  5  0  0  0.014
    0.0      0.0
    0.0      0.0
SB2608
  8  0  1  1  608  2  0.09739  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  6  0  0  0.014
    0.0      0.0
    0.0      0.0
SB2609
  9  0  1  1  608  2  0.09739  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  6  0  0  0.25
    5.318E5    0.0
    0.0      0.0
SB2610
 10  0  1  1  608  2  0.09739  6.35E-4  0.  0.  0.
    1  1  3  0  2.55E-4
    2  2  2  0  3.80E-4
    0  7  0  0  0.1
    1.154E6    0.0
    0.0      0.0

```

```

SB2611
11 0 1 1 608 2 0.09739 6.35E-4 0. 0. 0.
    1 1 3 0 2.55E-4
    2 2 2 0 3.80E-4
    0 8 0 0 0.075
    1.472E6 0.0
    0.0 0.0
SB2612
12 0 1 1 608 2 0.09739 6.35E-4 0. 0. 0.
    1 1 3 0 2.55E-4
    2 2 2 0 3.80E-4
    0 9 0 0 0.125
    1.566E6 0.0
    0.0 0.0
SB2613
13 0 1 1 608 2 0.09739 6.35E-4 0. 0. 0.
    1 1 3 0 2.55E-4
    2 2 2 0 3.80E-4
    0 10 0 0 0.2000
    1.163E5 0.0
    0.0 0.0
SB2614
14 0 1 1 608 2 0.09739 6.35E-4 0. 0. 0.
    1 1 3 0 2.55E-4
    2 2 2 0 3.80E-4
    0 10 0 0 0.014
    0.0 0.0
    0.0 0.0
SB2615
15 0 2 2 1152 1 1.532648E-2 1.820241E-2 0.0 0.0 0.0
    1 3 3 0 2.58627E-3
    55 103 0 0 8.0
    3.0164E3 0.0
SB2616
16 0 2 2 1152 1 1.532648E-2 1.820241E-2 0.0 0.0 0.0
    1 3 3 0 2.58627E-3
    57 103 0 0 8.0
    3.0164E3 0.0
SB2617
17 0 2 2 1152 1 1.532648E-2 1.820241E-2 0.0 0.0 0.0
    1 3 3 0 2.58627E-3
    48 107 0 0 8.0
    3.0164E3 0.0
SB2618
18 0 2 2 1152 1 1.532648E-2 1.820241E-2 0.0 0.0 0.0
    1 3 3 0 2.58627E-3
    50 107 0 0 8.0
    3.0164E3 0.0
SB2619
19 0 2 2 1152 1 1.532648E-2 1.820241E-2 0.0 0.0 0.0
    1 3 3 0 2.58627E-3
    40 111 0 0 8.0
    3.0164E3 0.0
SB2620
20 0 2 2 1152 1 1.532648E-2 1.820241E-2 0.0 0.0 0.0
    1 3 3 0 2.58627E-3
    42 111 0 0 8.0
    3.0164E3 0.0
SB2621
21 0 1 2 1 1 3.352430E3 10.9 30.0 0.0 0.0
    1 4 1 0 29.28
    116 -2 3123 0 10.184
    3.6751 0.0

```

/  
/ \*\*\*\* MATERIAL DATA \*\*\*\*

```

BB27
SB2701
1
UAL - AL
2
    0. 1.0 1000. 1.0 /RHO (DUMMY)
4
    10.0 527.8 100.0 552.3 300.0 606.8 /RHO.CP
    600.0 688.6
2
    0.0 0.00763889 1000. 0.00763889 /K
SB2702
2
AL
2
    0. 1.0 1000. 1.0 /RHO (DUMMY)

```

```

5
  0.0 594.0 20.0 594.0 100.0 621.0
300.0 675.0 1000.0 675.0 /RHO.CP
5
  0.0 0.03037 20. 0.03111 100.0 0.03389
300.0 0.04139 1000. 0.04139 /K
SB2703
3
SUS304
2
  0. 1.0 1000. 1.0 /RHO (DUMMY)
7
  0.0 944.11 26.8 944.11 126.8 963.15
326.8 1037.34 526.8 1144.9 726.8 1175.37
1000.0 1175.37 /RHO.CP
7
  0.0 3.822E-3 26.8 3.822E-3 126.8 3.9417E-3
326.8 4.5389E-3 526.8 5.375E-3 726.8 6.1394E-3
1000.0 6.1394E-3 /K
SB2704
4
AIR
2
  0. 1.0 1000. 1.0 /RHO (DUMMY)
6
  0.0 0.3068 26.85 0.2793 66.85 0.2468
126.85 0.2110 226.85 0.17145 326.85 0.14578
6
  0.0 5.75E-3 26.85 6.245E-3 66.85 6.928E-3
126.85 7.895E-3 226.85 9.439E-3 326.85 1.089E-2
/
/ **** VALVE DATA ****
BB29
/ ***** ( 1ST LOOP )*****
/VLVND VLVTP VLVND IDC TAUO TAUO
SB2901
  1 2 18 0 0.0 1.0 / NO.1 PUMP INLET VLV
SB2902
  2 2 23 0 0.0 2.6 / NO.1 PUMP OUTLET CHECK VLV-2
SB2903
  3 1 24 0 0.04 0.04 / NO.1 PUMP OUTLET CHECK VLV-1
SB2904
  4 2 26 0 0.0 1.0 / NO.2 PUMP INLET VLV
SB2905
  5 2 27 0 0.0 2.6 / NO.2 PUMP OUTLET CHECK VLV-2
SB2906
  6 1 28 0 0.04 0.04 / NO.2 PUMP OUTLET CHECK VLV-1
SB2907
  7 2 30 0 0.0 1.0 / NO.2 PUMP INLET VLV
SB2908
  8 2 31 0 0.0 2.6 / NO.2 PUMP OUTLET CHECK VLV-2
SB2909
  9 1 32 0 0.04 0.04 / NO.2 PUMP OUTLET CHECK VLV-1
SB2910
  10 1 38 0 0.04 0.04 / NO.3 HEAT-EXC. INLET CHECK VLV
SB2911
  11 2 39 0 0.0 1.0 / NO.3 HEAT-EXCHANGER INLET VLV
SB2912
  12 2 43 0 0.0 1.0 / NO.3 HEAT-EXCHANGER OUTLET VLV
SB2913
  13 1 46 0 0.04 0.04 / NO.2 HEAT-EXC. INLET CHECK VLV
SB2914
  14 2 47 0 0.0 1.0 / NO.2 HEAT-EXCHANGER INLET VLV
SB2915
  15 2 51 0 0.0 1.0 / NO.2 HEAT-EXCHANGER OUTLET VLV
SB2916
  16 1 53 0 0.04 0.04 / NO.1 HEAT-EXC. INLET CHECK VLV
SB2917
  17 2 54 0 0.0 1.0 / NO.1 HEAT-EXCHANGER INLET VLV
SB2918
  18 2 58 0 0.0 1.0 / NO.1 HEAT-EXCHANGER OUTLET VLV
SB2919
  19 2 65 0 0.0 1.0 / NO.1 EMARGENCY PUMP INLET VLV
SB2920
  20 1 65 0 0.04 0.04 / NO.1 EM-PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2921
  21 2 66 0 0.0 1.0 / NO.2 EMARGENCY PUMP INLET VLV
SB2922
  22 1 66 0 0.04 0.04 / NO.2 EM-PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2923
  23 2 72 0 0.0 1.0 / MAIN PUMP BYPASS VLV
SB2924
  24 -2 73 0 0.8 0.0 / SHIPHON BREAK VLV
SB2925
  25 2 14 0 0.8 0.8 / SHIPHON BREAK VLV EFFECTING VLV

```

```

SB2926
 26 -2 74 0 0.8 0.8 / REACTOR POOL CONNECTING VLV
SB2927
 27 -2 75 0 0.1 0.0 / REAC.POOL - 1ST LOOP CONNEC-VLV
SB2928
 28 -2 76 0 0.1 0.0
SB2929
 29 -2 77 0 0.1 0.0
SB2930
 30 -2 78 0 0.1 0.0 / CANAL - RPV CONNECTING VLV
SB2931
 31 -2 79 0 0.1 0.0 / RPV - CANAL CONNECTING VLV
/ ===== LOCA VALVE =====
SB2932
 32 -2 80 0 0.1 0.0 / M-PUMP IN-HEADER (ND.80,JC.86)
SB2933
 33 -2 81 0 0.1 0.0 / NO.1 PUMP INLET (ND.81,JC.87)
SB2934
 34 -2 82 0 0.1 0.0 / NO.1 PUMP OUTLET (ND.82,JC.88)
SB2935
 35 -2 83 0 0.1 0.0 / M-PUMP OUT-HEADER (ND.83,JC.89)
SB2936
 36 -2 84 0 0.1 0.0 / HEAT-EX OUT-HEADER(ND.84,JC.90)
SB2937
 37 -2 85 0 0.1 0.0 / SAMPLING LINE
SB2938
 38 -2 86 0 0.1 0.0 / NO.3 PUMP INLET (ND.86,JC.92)
SB2939
 39 -2 87 0 0.1 0.0 / NO.3 PUMP OUTLET (ND.87,JC.93)
SB2940
 40 -2 88 0 0.1 0.0 / HEAT-EX IN-HEADER (ND.88,JC.94)
/
SB2941
 41 2 89 0 0.1 0.1 / PRESSURE SURGE TANK INLET VLV
SB2942
 42 -2 90 0 3.0 3.0 / RPV ISO VLV
SB2943
 43 -1 91 0 0.01 0.01 / POOL-RPV CONNEC.VLV CHECK VLV
/
/ ***** ( 2ND LOOP )*****
/ VLVNO VLVTP VLVND IDC TAUO TAUO
SB2944
 44 -2 93 0 0.1 0.0 / NO.2 AUX-PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2945
 45 1 94 0 0.04 0.04 / NO.1 AUX-PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2946
 46 1 96 0 0.04 0.04 / NO.3 PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2947
 47 1 98 0 0.04 0.04 / NO.2 PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2948
 48 1 100 0 0.04 0.04 / NO.1 PUMP OUTLET CHECK VLV
SB2949
 49 -2 118 0 0.1 0.0 / NO.3 HEAT-EXCHANGER INLET VLV
SB2950
 50 -2 119 0 0.1 0.0 / NO.3 HEAT-EXCHANGER OUTLET VLV
/
/ ***** ( 1ST LOOP )*****
SB2951
 51 1 63 0 0.4 0.4 / RPV INLET 900A SHUT-OFF VLV
/
/ **** TRIP TRIGGER CONDITION DATA ****
BB30
SB3001
 3001 1 0 0 0 0 2.005E4 / DUMMY (PROGRAM END)
/
/ ***** ( SCRAM LOGIC )*****
/ SCRAM TRIGGER T.D. = 0.4 SEC
SB3002
 3002 -2 61 0 0 0 1.2614E1 / CORE INLET PRESS LOW
SB3003
 3003 -2 61 0 13 0 2.129245 / CORE IN-OUT DP LOW
SB3004
 3004 -8 61 0 0 0 1.7695E3 / CORE INLET FLOW LOW (66%)
SB3005
 3005 -9 3002 0 3003 0 0.0 / 3002 OR 3003
SB3006
 3006 -9 3004 0 3005 0 0.0 / 3004 OR 3005 (SCRAM SIGNAL)
SB3007
 3007 3 14 0 0 0 60.0 / CORE OUTLET TMP HIGH
/

```

```

SB3008
 3008 1 0 0 0 0 0.0 / LOCA
/ #1 3008 1 0 0 0 0 1.0E5 / LOCA
/
SB3009
 3009 1 0 0 0 0 1.0E5 / ACCUMLATOR BREAK
/
SB3010
 3010 1 0 0 0 0 0.290 / LOSS OF COMM. ELECTRIC POWER
/
SB3011
 3011 1 0 0 0 0 1.0E5 / DUMMY
/
SB3012
 3012 1 0 0 0 0 1.0E5 / 1ST NO.1 PMP FORCED TRIP
/
SB3013
 3013 1 0 0 0 0 1.0E5 / 2ND NO.1 PMP FORCED TRIP
/
SB3014
 3014 -2 61 0 0 0 5.839136 / CORE IN PRS LOW
SB3015
 3015 1 0 0 0 0 1.E5 / DUMMY
SB3016
 3016 -9 3012 0 3014 0 0.0 / 1ST NO.1 PUMP TRIP
SB3017
 3017 -9 3010 0 3014 0 0.0 / 1ST NO.2,3 PUMP TRIP
SB3018
 3018 9 3008 0 3014 0 0.0 / 3008 AND 3014
SB3019
 3019 -9 3010 0 3018 0 0.0 / 2ND NO.2,3 PUMP TRIP
SB3020
 3020 -9 3013 0 3019 0 0.0 / 2ND NO.1 PUMP TRIP
/
/ POOL-RPV CONNECTING VLV OPEN LOGIC
SB3021
 3021 2 91 0 62 0 -0.092 / POOL-RPV DP HIGH
SB3022
 3022 6 1 0 0 0 0.02 / POOL LEVEL HIGH
SB3023
 3023 9 3014 0 3021 0 0.0 / 3014 AND 3021
SB3024
 3024 9 3022 0 3023 0 0.0 / REACTOR POOL VLV OPEN
/
/ POOL-RPV CONNECTING VLV CLOSE LOGIC
SB3025
 3025 -6 1 0 0 0 0.02 / POOL LEVEL LOW
/
SB3026
 3026 -6 2 0 0 0 1.325 / RPV LEVEL LOW
/
SB3027
 3027 -6 2 0 0 0 0.1 / RPV LEVEL LOW
/
/ SYPHON BREAK EFFECT VLV CLOSE
SB3028
 3028 -8 62 0 0 0 -10.0 / CORE INLET REVERS FLOW
SB3029
 3029 -9 3026 0 3028 0 0.0 / HYD.SOURCE VLV
SB3030
 3030 -6 1 0 0 0 1.95 / REACTOR POOL LEVEL LOW
SB3031
 3031 6 1 0 0 0 3.75 / REACTOR POOL LEVEL HIGH
/
/ **** CONTROL SYSTEM MODEL DATA ****
BB31
/*****
/ CONTROL INPUT DATA
/*****
SB3111
TRTM -3111 402 0.0 / TIME COUNT AFTER SCRAM
SB3112
TRTM -3112 414 0.0 / 2ND FAN TRIP
/TIME -3112 0 0.0 / 2ND FAN TRIP TEST
SB3113
LVL -3113 1 1.0 / POOL WATER LEVEL
SB3114
PRA -3114 91 1.0 / POOL WATER PRESS
SB3115
PRE -3115 62 1.0 / RPV WATER PRESS
SB3116
LVL -3116 2 1.0 / CORE WATER LEVEL
SB3117
TRTM -3117 403 0.0 / TIME COUNT AFTER SLOW SCRAM
SB3118
TRTM -3118 413 0.0 / TIME COUNT AFTER 2ND AUX-PUMP START SIGNAL
/

```



```

/*****
/          CONTROL BLOCK DATA
/*****
/          HYDRAULIC SOURCE
SB3121
FGT  3121      0  3201  0  0  1.0  0.  0.  0. -1.E10 1.E10
/
/          SCRAM REACTIVITY
SB3122
FNG  3122 -3111  3202  0  0  1.0  0.  0.  0. -1.E10 1.E10
/
/          2ND FAN TRIP
SB3123
FNG  3123 -3112  3203  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0
/
/          REACTOR POOL CONNECTING VLV OPENING
SB3124
FNG  3124 -3113  3204  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0 / (2)
SB3125
SUM  3125 -3114 -3115  0  0  1.0  1.0 -1.0  0.  0.0  1.0 / (3)
SB3126
FNG  3126  3125  3205  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0 / (4)
SB3127
MUL  3127  3123  3124  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0 / (5)
SB3128
MUL  3128  3127  3126  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0 / (6)
/
/          SIPHON BREAK VLV EFFECTING VLV
SB3129
FNG  3129 -3112  3206  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0 / (1)
SB3130
FNG  3130 -3116  3207  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0 / (2)
SB3131
SUM  3131  3129  3130  0  0  1.0  1.0  1.0  1.0  0.0  1.0 / (3)
/
/          SLOW SCRAM REACTIVITY
SB3132
FNG  3132 -3117  3208  0  0  1.0  0.  0.  0. -1.E10 1.E10
/
/          2ND LOOP 1ST AUX PUMP SPEED
SB3133
FNG  3133 -3118  3209  0  0  1.0  0.  0.  0.  0.0  1.0
/
/***** CONTROL SYSTEM TABLE DATA *****/
BB32
SB3201
*** HYDRAULIC SOURCE ***
    3201  2
        0.0  1.0
        1.E5  1.0
/
SB3202
***** SCRAM REACTIVITY *****
    3202  10
        0.0  0.0  0.141 -0.05740  0.2  -0.2091  0.245  -0.4490
        0.283 -0.7975  0.316 -1.271  0.346 -1.753  0.374  -1.995
        0.4  -2.050  1.0E10 -2.050
/
SB3203
** 2ND FAN **
    3203  4
        0.0  1.0
        0.001  0.33333
        1.0  0.33333
        1.0E10  0.33333
/ TEST
/ 3203  5
/ 0.0  1.0
/ 5.0  0.33333
/ 5.001  0.33333
/ 6.0  0.33333
/ 1.0E10  0.33333
/
SB3204
** REACTOR POOL CONN-VLV CURVE - 2 **
    3204  4
        0.0  0.0
        1.0  0.0
        1.2  1.0
        1.0E10  1.0
/
SB3205
** REACTOR POOL CONN-VLV CURVE - 3 **
    3205  4
        0.0  0.0
        15686.7  0.0
        25490.9  1.0
        1.0E10  1.0
/

```

SB3206

\*\* SIPHON BREAK V EFFEC VLV CURVE 1 \*\*

3206 4  
 0.0 1.0  
 0.0001 1.0  
 4.0 0.0  
 1.0E5 0.0

/

SB3207

\*\* SIPHON BREAK V EFFEC VLV CURVE 2 \*\*

3207 4  
 0.0 0.0  
 0.09 0.0  
 0.1 1.0  
 1.E5 1.0

/

SB3208

\*\*\*\*\* SLOW SCRAM REACTIVITY \*\*\*\*\*

3208 16									
0.0	0.0	300.0	-0.0487	360.0	-0.1067	420.0	-0.2134		
480.0	-0.3865	540.0	-0.6980	600.0	-1.2221	660.0	-2.0427		
750.0	-3.8632	900.0	-8.0117	960.0	-9.8733	1020.0	-11.3434		
1080.0	-12.3655	1140.0	-12.8517	1170.0	-12.9199	1.0E10	-12.9199		

/

SB3209

\*\* 2ND LOOP 1ST AUX PUMP SPEED \*\*

/*3 3209 8			
/	0.0		0.0
/	0.5		0.3935
/	1.0		0.6321
/	2.0		0.8647
/	3.0		0.9502
/	4.0		0.9817
/	5.0		1.0
/	1.E5		1.0

3209 8			
	0.0		0.0
	0.5		0.1995
	1.0		0.3204
	2.0		0.4383
	3.0		0.4817
	4.0		0.4976
	5.0		0.5069
	1.E5		0.5069

/

BEND  
 END

# 国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m·kg/s <sup>2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束密度	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>
放射線量	ベクレル	Bq	s <sup>-1</sup>
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV=1.60218×10<sup>-19</sup>J  
1 u=1.66054×10<sup>-27</sup>kg

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 <sup>18</sup>	エクサ	E
10 <sup>15</sup>	ペタ	P
10 <sup>12</sup>	テラ	T
10 <sup>9</sup>	ギガ	G
10 <sup>6</sup>	メガ	M
10 <sup>3</sup>	キロ	k
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h
10 <sup>1</sup>	デカ	da
10 <sup>-1</sup>	デシ	d
10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>-18</sup>	アト	a

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バーン	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å=0.1nm=10<sup>-10</sup>m  
1 b=100fm<sup>2</sup>=10<sup>-28</sup>m<sup>2</sup>  
1 bar=0.1MPa=10<sup>5</sup>Pa  
1 Gal=1cm/s<sup>2</sup>=10<sup>-2</sup>m/s<sup>2</sup>  
1 Ci=3.7×10<sup>10</sup>Bq  
1 R=2.58×10<sup>-4</sup>C/kg  
1 rad=1cGy=10<sup>-2</sup>Gy  
1 rem=1cSv=10<sup>-2</sup>Sv

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局1985年刊行による。ただし, 1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

## 換算表

力	N (=10 <sup>5</sup> dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘 度 1 Pa·s (=N·s/m<sup>2</sup>)=10 P (ポアズ)(g/(cm·s))

動粘度 1 m<sup>2</sup>/s=10<sup>4</sup>St (ストークス)(cm<sup>2</sup>/s)

圧	MPa (=10bar)	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmHg (Torr)	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062×10 <sup>3</sup>	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322×10 <sup>-4</sup>	1.35951×10 <sup>-3</sup>	1.31579×10 <sup>-3</sup>	1	1.93368×10 <sup>-2</sup>
	6.89476×10 <sup>-3</sup>	7.03070×10 <sup>-2</sup>	6.80460×10 <sup>-2</sup>	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 <sup>7</sup> erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10 <sup>-7</sup>	0.238889	9.47813×10 <sup>-4</sup>	0.737562	6.24150×10 <sup>18</sup>
	9.80665	1	2.72407×10 <sup>-6</sup>	2.34270	9.29487×10 <sup>-3</sup>	7.23301	6.12082×10 <sup>19</sup>
	3.6×10 <sup>6</sup>	3.67098×10 <sup>5</sup>	1	8.59999×10 <sup>5</sup>	3412.13	2.65522×10 <sup>6</sup>	2.24694×10 <sup>25</sup>
	4.18605	0.426858	1.16279×10 <sup>-6</sup>	1	3.96759×10 <sup>-3</sup>	3.08747	2.61272×10 <sup>19</sup>
	1055.06	107.586	2.93072×10 <sup>-4</sup>	252.042	1	778.172	6.58515×10 <sup>21</sup>
	1.35582	0.138255	3.76616×10 <sup>-7</sup>	0.323890	1.28506×10 <sup>-3</sup>	1	8.46233×10 <sup>18</sup>
	1.60218×10 <sup>-19</sup>	1.63377×10 <sup>-20</sup>	4.45050×10 <sup>-26</sup>	3.82743×10 <sup>-20</sup>	1.51857×10 <sup>-22</sup>	1.18171×10 <sup>-19</sup>	1

1 cal = 4.18605J (計量法)  
= 4.184J (熱化学)  
= 4.1855J (15°C)  
= 4.1868J (国際蒸気表)  
仕事率 1 PS (仏馬力)  
= 75 kgf·m/s  
= 735.499W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10 <sup>-11</sup>
	3.7×10 <sup>10</sup>	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10 <sup>-4</sup>	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

JMTR改良LEU炉心の熱水力解析

**R100**

古紙配合率100%再生紙を使用しています