

JAERI-M  
83-046

大破断LOCAにおけるROSA-IIIと  
BWR/6の相似性の検討

1983年3月

与能本泰介・秋永 誠\*・安部 信明\*  
田坂 完二・青木 英人\*\*・斯波 正誼

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

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

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

---

編集兼発行 日本原子力研究所  
印刷 日立高速印刷株式会社

大破断 LOCA における ROSA-III と BWR/6 の相似性の検討

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

与能本泰介・秋永 誠\*・安部 信明\*・田坂 完二

青木 英人\*\*・斯波 正誼

(1983年2月12日受理)

ROSA-III と BWR/6 の大破断 LOCA 時の相似性を検討する為に、まず ROSA-III 装置による大破断実験解析を RELAP4/MOD6/U4/J3 コードを用いて行った。解析の対象とした実験は HPCS 故障を仮定した再循環ポンプ入口側配管での両端破断実験 RUN926 である。本解析により、RELAP4/MOD6/U4/J3 コードのモデルの特徴を把握した。さらに実験解析で用いた解析モデルを BWR/6 に適用し、大破断 LOCA の解析を行った。

これらの解析結果より、大破断 LOCA 時の圧力変化は ROSA-III と BWR/6 で良く一致する事が分かった。水位および被覆管表面温度変化は、こまかい点に関してさらに検討が必要であるが、全体的な傾向は良く一致した。本解析により、ROSA-III 実験は BWR の大破断 LOCA の主要現象を模擬できることが分かった。

---

\* : 日本原子力事業 (株)

\*\* : 東京芝浦電気 (株)

EXAMINATION OF SIMILARITY BETWEEN ROSA-III AND BWR/6 DURING  
A LARGE BREAK LOCA

Taisuke YONOMOTO, Makoto AKINAGA\*, Nobuaki ABE\*,  
Kanji TASAKA, Hideto AOKI\*\* and Masayoshi SHIBA

Division of Nuclear Safety Research,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received February 12, 1983)

In order to investigate a similarity between ROSA-III and BWR/6 during a large break LOCA, a large break test analysis in ROSA-III facility was done using the RELAP4/MOD6/U4/J3 code, the selected test for the analysis is RUN926 which is a double-ended break at the recirculation pump inlet pipe with the assumption of HPCS failure. By this test analysis, the features of the analytical model in RELAP4/MOD6/U4/J3 was understood. Furthermore, the same model using the test analysis was applied for BWR/6 calculation, and the analysis of a large break LOCA was done.

Analytical results show a good agreement in the system pressure transients between ROSA-III and BWR/6 during a large break LOCA. Although the mixture level and the fuel rod surface temperature transients are slightly different between the two systems the overall tendency is quite similar. It is found from this analysis that ROSA-III test facility can simulate the important phenomena during a BWR large break LOCA.

Keywords: ROSA-III, BWR/6, Large Break LOCA, Similarity, RELAP4/MOD6/U4/J3

---

\* Nippon Atomic Industry Group Co., Ltd.

\*\* Toshiba Co.

## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. ROSA-Ⅲ実験RUN926の概要 .....	3
2.1 実験装置 .....	3
2.2 実験条件及び実験方法 .....	4
2.3 実験結果 .....	5
3. 解析条件 .....	26
3.1 解析コードの概要 .....	26
3.2 解析条件 .....	27
4. ROSA-Ⅲ実験RUN926の解析 .....	43
4.1 ROSA-Ⅲ解析結果の概要 .....	43
4.2 まとめ .....	46
5. BWR/6 LOCAの解析及びROSA-ⅢとBWR/6の相似性の検討 .....	76
5.1 BWR/6 LOCAの解析及び相似性の検討 .....	76
5.2 まとめ .....	80
6. 感度解析 .....	105
7. 結 論 .....	125
参考文献 .....	126
Appendix A RUN926実験解析標準ケース入力データ .....	127
Appendix B BWR/6大破断LOCA入力データ .....	136

CONTENTS

1.	INTRODUCTION .....	1
2.	OUTLINE OF ROSA-III TEST RUN 926 .....	3
2.1	ROSA-III Test Facility .....	3
2.2	Test Conditions and Experiment Procedure .....	4
2.3	Test Results .....	5
3.	ANALYTICAL CONDITIONS .....	26
3.1	Description of RELAP4/MOD6/U4/J3 Code .....	26
3.2	Analytical Conditions .....	27
4.	ANALYSIS OF ROSA-III TEST RUN 926 .....	43
4.1	Analysis Results .....	43
4.2	Summary .....	46
5.	ANALYSIS OF BWR/6 LOCA AND INVESTIGATION OF SIMILARITY BETWEEN ROSA-III AND BWR/6 .....	76
5.1	Similarity between ROSA-III Test and BWR/6 LOCA .....	76
5.2	Summary .....	80
6.	SENSITIVITY STUDY .....	105
7.	CONCLUSIONS .....	125
	REFERENCES .....	126
Appendix A	Input Data List of RELAP4/MOD6/U4/J3 Code for Analysis of ROSA-III RUN 926 .....	127
Appendix B	Input Data List of RELAP4/MOD6/U4/J3 Code for Analysis of BWR/6 LOCA .....	136

## LIST OF TABLES

Table 2.1	Primary Characteristics of BWR/6 and ROSA-III
Table 2.2	Instrumentation List
Table 2.3	Test Conditions of RUN 926
Table 2.4	Sequence of Events
Table 2.5	Valve Characteristics of Steam Discharge Line
Table 2.6	Valve Control Sequence of Steam Discharge Line in RUN 926
Table 3.1	Description of Volumes
Table 3.2	Description of Junctions
Table 3.3	Description of Heat Slabs
Table 3.4	Bubble Rise Model used for Analyses
Table 4.1	Comparison of Sequence of Events (ROSA-III,U4/J3 for ROSA-III)
Table 5.1	Comparison of Sequence of Events (ROSA-III,U4/J3 for ROSA-III and U4/J3 for BWR/6)

## LIST OF FIGURES

Fig. 2. 1	Schematic Diagram of ROSA-III Test Facility
Fig. 2. 2	Internal Structure of Pressure Vessel of ROSA-III Test Facility
Fig. 2. 3	ROSA-III Piping Schematics
Fig. 2. 4	Arrangement of Heater Rods
Fig. 2. 5	Axial Power Distribution of Heater Rods
Fig. 2. 6	Radial Power Distribution of Heater Rods
Fig. 2.7(a)	Break Orifice Details
Fig. 2.7(b)	Break Nozzle Details
Fig. 2.8(a)	Flow Diagram and Instrumentation Location of ROSA-III Test Facility
Fig. 2.8(b)	Instrumentation Location in Pressure Vessel of ROSA-III Test Facility
Fig. 2. 9	Power Curve of ROSA-III
Fig. 2.10	Steam Discharge Line
Fig. 2.11	System Pressure in Lower Plenum
Fig. 2.12	Estimated Liquid Level

- Fig. 2.13 Heater Surface Temperature of All Rod
- Fig. 2.14 Density at Pump Side Break
- Fig. 2.15 Density at Vessel Side Break
- Fig. 2.16 Flow Rate at Pump Side Break
- Fig. 2.17 Flow Rate at Vessel Side Break
- Fig. 3. 1 Nodalization Diagram for ROSA-III Test Analysis
- Fig. 3. 2 BWR/6 Nodalization Diagram
- Fig. 3. 3 Axial Power Distribution
- Fig. 3. 4 Decay Heat Curve
- Fig. 3. 5 Feedwater Flow Rate (ROSA-III)
- Fig. 3. 6 Main Steam Flow Rate (ROSA-III)
- Fig. 3. 7 Main Steam Flow Characteristics (BWR/6)
- Fig. 3. 8 LPCS and LPCI Flow Rate (ROSA-III)
- Fig. 3. 9 LPCS Flow versus System Pressure
- Fig. 3.10 LPCI Flow versus System Pressure
- Fig. 3.11 Homologous Head Curve (ROSA-III)
- Fig. 3.12 Homologous Torque Curve (ROSA-III)
- Fig. 3.13 Homologous Head Curve (BWR/6)
- Fig. 3.14 Homologous Torque Curve (BWR/6)
- Fig. 4. 1 Lower Plenum Pressure
- Fig. 4. 2 Vessel Side Break Flow
- Fig. 4. 3 Pump Side Break Flow
- Fig. 4. 4 Broken Loop Jet Pump Drive Flow
- Fig. 4. 5 Broken Loop Jet Pump Suction Flow
- Fig. 4. 6 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow
- Fig. 4. 7 Intact Loop Jet Pump Drive Flow
- Fig. 4. 8 Intact Loop Jet Pump Suction Flow
- Fig. 4. 9 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow
- Fig. 4.10 High Power Channel Inlet Flow
- Fig. 4.11 Average Power Channel Inlet Flow
- Fig. 4.12 High Power Channel Outlet Flow
- Fig. 4.13 Average Power Channel Outlet Flow



- Fig. 4.14 Guide Tube Inlet Flow
- Fig. 4.15 Guide Tube Outlet Flow
- Fig. 4.16 Core Bypass Outlet Flow
- Fig. 4.17 Leak Flow
- Fig. 4.18 LPCS Flow into High Power Channel
- Fig. 4.19 Vapor Flow of LPCS from High Power Channel
- Fig. 4.20 Droplet Flow of LPCS into High Power Channel
- Fig. 4.21 LPCS Flow into Average Power Channel
- Fig. 4.22 Vapor Flow of LPCS from Average Power Channel
- Fig. 4.23 Droplet Flow of LPCS into Average Power Channel
- Fig. 4.24 LPCS Flow into Core Bypass
- Fig. 4.25 Comparison of Injected and Net LPCS Flow
- Fig. 4.26 LPCI Flow
- Fig. 4.27 Broken Loop Recirculation Pump Flow
- Fig. 4.28 Intact Loop Recirculation Pump Flow
- Fig. 4.29 Mixture Level in Downcomer
- Fig. 4.30 Mixture Level in Upper Plenum
- Fig. 4.31 Mixture Level in High Power Channel
- Fig. 4.32 Mixture Level in Average Power Channel
- Fig. 4.33 Mixture Level in Lower Plenum
- Fig. 4.34 Mixture Level in Core Bypass
- Fig. 4.35 Mixture Level in Guide Tube
- Fig. 4.36 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.1)
- Fig. 4.37 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.2)
- Fig. 4.38 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.3)
- Fig. 4.39 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.4)
- Fig. 4.40 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.5)
- Fig. 4.41 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.6)
- Fig. 4.42 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.7)
- Fig. 4.43 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.1)
- Fig. 4.44 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.2)
- Fig. 4.45 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.3)
- Fig. 4.46 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.4)
- Fig. 4.47 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.5)

- Fig. 4.48 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.6)
- Fig. 4.49 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.7)
- Fig. 4.50 Heat Transfer Coefficient of High Power Channel (Pos.1)
- Fig. 4.51 Heat Transfer Coefficient of High Power Channel (Pos.4)
- Fig. 4.52 Heat Transfer Coefficient of High Power Channel (Pos.7)
- Fig. 4.53 Heat Transfer Coefficient of Average Power Channel (Pos.1)
- Fig. 4.54 Heat Transfer Coefficient of Average Power Channel (Pos.4)
- Fig. 4.55 Heat Transfer Coefficient of Average Power Channel (Pos.7)
- Fig. 5. 1 Lower Plenum Pressure
- Fig. 5. 2 Vessel Side Break Flow
- Fig. 5. 3 Pump Side Break Flow
- Fig. 5. 4 Main Steam Flow
- Fig. 5. 5 Core Inlet Flow
- Fig. 5. 6 Broken Loop Jet Pump Drive Flow
- Fig. 5. 7 Broken Loop Jet Pump Suction Flow
- Fig. 5. 8 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow
- Fig. 5. 9 Intact Loop Jet Pump Drive Flow
- Fig. 5.10 Intact Loop Jet Pump Suction Flow
- Fig. 5.11 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow
- Fig. 5.12 LPCS into Central Core
- Fig. 5.13 Droplet Flow of LPCS into Central Core
- Fig. 5.14 Vapor Flow of LPCS from Central Core
- Fig. 5.15 LPCS into Peripheral Core
- Fig. 5.16 Droplet Flow of LPCS into Peripheral Core
- Fig. 5.17 Vapor Flow of LPCS from Peripheral Core
- Fig. 5.18 LPCS Flow into Core Bypass
- Fig. 5.19 LPCI Flow
- Fig. 5.20 Core Bypass Outlet Flow
- Fig. 5.21 Leak Hole Flow
- Fig. 5.22 Guide Tube Inlet Flow
- Fig. 5.23 Upper Downcomer Mixture Level
- Fig. 5.24 Lower Downcomer Mixture Level
- Fig. 5.25 Upper Plenum Mixture Level
- Fig. 5.26 Central Core Mixture Level (BWR/6)
- Fig. 5.27 Peripheral Core Mixture Level (BWR/6)
- Fig. 5.28 High Power Channel Mixture Level (ROSA-III)

- Fig. 5.29 Average Power Channel Mixture Level (ROSA-III)
- Fig. 5.30 Core Inlet Region Mixture Level
- Fig. 5.31 Lower Plenum Mixture Level
- Fig. 5.32 Core Bypass Mixture Level
- Fig. 5.33 Guide Tube Mixture Level
- Fig. 5.34 Upper Plenum Total Mass
- Fig. 5.35 Lower Plenum Total Mass
- Fig. 5.36 Fuel Rod Surface Temperature at Central Core
- Fig. 5.37 Fuel Rod Surface Temperature at Peripheral Core
- Fig. 5.38 Heat Transfer Coefficient at Core Top of Central Core
- Fig. 5.39 Heat Transfer Coefficient at Core Center of Central Core
- Fig. 5.40 Heat Transfer Coefficient at Core Bottom of Central Core
- Fig. 5.41 Comparison of Fuel Rod Surface Temperature (Core Top)
- Fig. 5.42 Comparison of Fuel Rod Surface Temperature (Core Midplane)
- Fig. 5.43 Comparison of Fuel Rod Surface Temperature (Core Bottom)
- Fig. 6. 1 Lower Plenum Pressure (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 2 Core Bypass Outlet Flow (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 3 Upper Plenum Total Mass (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 4 Leak Hole Flow (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 5 Average Power Channel Total Mass (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 6 High Power Channel Total Mass (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 7 Average Power Channel Mixture Level (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 8 High Power Channel Mixture Level (Effect of Slip Model)
- Fig. 6. 9 Comparison of C.H.F.
- Fig. 6.10 Heater Surface Temperature (Effect of CHF Correlation)
- Fig. 6.11 Average Channel Core Outlet Enthalpy (Effect of Bubble Rise Model)
- Fig. 6.12 High Power Channel Outlet Enthalpy (Effect of Bubble Rise Model)
- Fig. 6.13 Average Power Channel Mass (Effect of Bubble Rise Model)
- Fig. 6.14 High Power Channel Mass (Effect of Bubble Rise Model)
- Fig. 6.15 Heat Transfer Rate from PV Wall at Lower Plenum to Fluid
- Fig. 6.16 Lower Plenum Pressure (Effect of Stored Heat)(ROSA-III)
- Fig. 6.17 Lower Plenum Pressure (Effect of Stored Heat)(BWR/6)
- Fig. 6.18 Average Power Channel Mixture Level (Effect of Power Curve)
- Fig. 6.19 High Power Channel Mixture Level (Effect of Power Curve)
- Fig. 6.20 Heater Surface Temperature (Effect of Power Curve)

- Fig. 6.21 Lower Plenum Mixture Level (Effect of J.P. Bottom)
- Fig. 6.22 Core Inlet Flow (Effect of J.P. Bottom)
- Fig. 6.23 Average Power Channel Mixture Level (Effect of J.P. Bottom)
- Fig. 6.24 High Power Channel Mixture Level (Effect of J.P. Bottom)
- Fig. 6.25 Lower Plenum Pressure (Effect of Core Mixture Cal. Model)
- Fig. 6.26 Core Inlet Flow (Effect of Core Mixture Cal. Model)
- Fig. 6.27 Separator Flow (Effect of Core Mixture Cal. Model)
- Fig. 6.28 Average Power Channel Mixture Level (Effect of Core Mixture Cal.  
Model)
- Fig. 6.29 High Power Channel Mixture Level (Effect of Core Mixture Cal. Model)

## 1. 緒 言

軽水炉の安全評価においては、設計基準事故として、1次冷却系配管の破断による冷却材喪失事故（LOCA：Loss of Coolant Accident）が想定されている。1次冷却系の破断が起きた時には、原子炉の緊急停止装置が働き、原子炉の運転は停止するが、燃料内の核分裂生成物（FP：Fission Product）の崩壊熱による発熱は長期にわたって持続する。このため、冷却能力の低下した炉心の燃料は温度が上昇し、その結果、燃料被覆管の破損を招き、FPが原子炉格納容器内に放出されるという一連の経過を取ることが考えられる。

しかし被覆管に過熱による破損が起きたとしても、その破損を小さな範囲におさえ、燃料棒が冷却可能な形状を維持するならば、LOCAの影響を小さくすることができる。それにより周辺的一般公衆に放射線障害を及ぼすリスクを小さくし、許容値以下におさえることが可能となる。このため、LOCA時に炉心に冷却水を注入する非常用炉心冷却系（ECCS：Emergency Core Cooling System）が設けられている。ECCSは原子炉施設の安全確保上極めて重要な設備であるから、その有効性及びそれに及ぼす諸因子の影響を実証的かつ定量的に把握し、LOCAの実態を明らかにしECCSの安全余裕を定量化しておくことが必要である。

ROSA-Ⅲ（Rig of Safety Assessment -Ⅲ）計画においては昭和53年4月以来、沸騰水型軽水炉（BWR：Boiling Water Reactor）のLOCAの開始から、終結までの熱水力学的挙動とECCSの有効性を数多くのLOCA総合模擬実験を行い明らかにして来た。しかしROSA-Ⅲ装置による実炉の模擬には限界がある。模擬の限界となる因子には試験装置の大きさ、炉心の高さ、模擬燃料棒の材質や発熱特性などがある。したがってROSA-Ⅲ実験の結果をそのまま実炉に適用することはできない。解析により両者の相似性を明確にしておく必要がある。相似性を検討することにより、ROSA-Ⅲ実験の結果のうちどの点までが実炉に適用可能か、またどの程度の誤差があるかを明らかとすることが出来る。

LOCAに対する安全性の信頼を増すためには、LOCA現象とECCSの有効性の実験的検証、ならびに解析コードの実験データとの比較による改良および精度の向上の両面が必要である。すなわち実験と解析はLOCAに対する安全性向上の為の両輪であり、相補的關係にある。実験データなくしては解析コードの評価および改良は不可能であり、解析コードなくしては実験データの実炉への適用性の検討は困難である。そして両者をつなぐ接点に位置するのが総合実験と実炉のLOCAとの相似性の検討である。総合実験の実炉LOCAへの適用の為には当然としても、解析コードの改良の為にも相似性は出来るだけ優れている方がよい。ROSA-Ⅲ実験のデータを解析することにより、実炉のLOCA解析における解析コードの信頼性を向上するためには、ROSA-Ⅲ実験は実炉のLOCAを出来るだけ良く模擬している必要がある。

そこでBWRのLOCAにおいて最も冷却材の喪失速度の大きい再循環ポンプ入口配管における200%両端破断の場合につきROSA-Ⅲ実験とBWRのLOCAとの相似性の検討を行った。ECCSのうち高圧炉心スプレー（HPCS：High Pressure Core Spray）は不動作と仮定した。ROSA-Ⅲ実験の結果から大破断においても、最も厳しいECCSの単一故障条件はHPCSの故障であることが明らかとなっている。第5章における相似性の検討に先だち、まず

第4章でROSA-Ⅲ実験RUN926の実験解析を行った。実験解析により適切にROSA-Ⅲ体系に対する入力モデルを決定することができ、その同じモデルを使ってBWR体系の解析を行い第5章で相似性の検討を行った。ROSA-Ⅲ実験RUN926は再循環ポンプ入口配管における200%両端破断LOCAの模擬実験であり、HPCSの単一故障を仮定している。RUN926の概要を第2章において述べる。また第6章にはROSA-Ⅲ体系とBWR体系に対して感度解析の結果を示す。第7章には結論を示す。

## 2. ROSA-Ⅲ 実験RUN926の概要

ROSA-Ⅲ実験RUN926は第4次炉心の装荷されたROSA-Ⅲ装置において、高圧炉心スプレ(HPCS)系統の単一故障を仮定した再循環ポンプ吸込側配管の200%両端破断実験である。本章ではROSA-Ⅲ装置<sup>(1)</sup>およびRUN926実験について述べる。

### 2.1 実験装置

ROSA-Ⅲ装置は、BWRの冷却材喪失事故時の冷却材流出開始から、非常用炉心冷却系(ECCS)作動後までの一連の一次冷却系の熱水力学の挙動を解明するためのシステム実験装置であり、GE社の熱出力 $3.8 \times 10^3$  MWのBWR/6(251-848)を基に、体積比にして1/424に縮尺した規模である。BWR/6とROSA-Ⅲ装置との主要諸元の比較を表を2.1に示す。

ROSA-Ⅲ装置主要部の鳥瞰図を図2.1、2.2に、系全体の配管系統図を図2.3に示す。ROSA-Ⅲ装置は主として次の4つのサブシステムから構成されている。

- ① 圧力容器
- ② 主蒸気ラインおよび給水ライン
- ③ 再循環システム
- ④ 非常用炉心冷却系

以下順を追って説明する。

#### ① 圧力容器

圧力容器内にはBWR実炉を模擬して、炉心、下部プレナム、ダウンコマ、気水分離器、蒸気乾燥板および蒸気ドームが設けられている。ジェットポンプは、その体積と炉心に対する高さを模擬するために圧力容器外部に設置してある。

炉心は実炉の1/2の長さの模擬燃料集合体4体と模擬制御棒から成る。各集合体には62本の模擬燃料棒と2本の模擬ウォーターロッド(図2.4)が8×8配列で、上部および下部タイプレート、さらにその間の4組のスペーサにより支持されている。模擬燃料棒は間接加熱型ヒータピンであり、図2.5に軸方向発熱分布、図2.6に径方向発熱分布を示す。チャンネルAは、他の3体に対して1.4倍の出力比となっている。また各集合体内でも出力分布をもち、ピーキングファクター1.1、1.0、0.875と3領域に分けられる。

炉心入口部には、炉心の流れの抵抗を模擬するためにオリフィスが設けられている。

#### ② 主蒸気ラインおよび給水ライン

主蒸気ラインは蒸気ドームと接続されており、定常時用ライン、破断後用ラインおよびADSラインの3系統ある。

給水ラインはダウンコマ上部の給水スパーージャに接続されている。給水は、熱交換器により所定の温度に昇温されている給水タンク（FWT, Feedwater Tank）内の水が給水ポンプ（FWP, Feedwater Pump）により供給される。

### ③ 再循環システム

再循環システムは図 2.3 に示すように 2 ループから成り、それぞれのループに再循環ポンプ 1 台とジェットポンプ 2 台が設けられている。2 つのループのうち一方が健全側ループ、他方が破断側ループである。破断側ループにおいては、両端破断とスプリット破断が模擬できるように、二回の急速開放弁（QOBV quick opening blowdown valve）と一個の急速遮断弁（QSV quick shutoff valve）が設けられている。破断口径の調整は、ノズルかオリフィス（図 2.7(a), 図 2.7(b)）で行われ、口径 26.2 mm が実炉の 100% 破断に相当する。

### ④ 非常用炉心冷却系

非常用炉心冷却系（ECCS）は実炉 BWR/5 or 6 と同様に、高圧炉心スプレー（HPCS）、低圧炉心スプレー（LPCS）、低圧注入系（LPCI）および自動減圧装置（ADS）とから成る。

HPCS および LPCS は、冷却水が炉心上部にスプレーされ、LPCI は炉心バイパス部に注入される。

また ROSA-III 装置における計測装置は熱水力データを採取し、LOCA 解析コードの評価ができるように設計されている。図 2.8(a), 2.8(b) に ROSA-III 装置における計測点を示す。ROSA-III 実験で測定される諸量は圧力、差圧、流量、電気出力、ポンプ回転数、各種機器の作動信号、流体温度、水位、流体密度およびモーメントフラックスなどであり、約 700 点の計測項目である。表 2.2 に計測機器の種類と数量を示す。

## 2.2 実験条件及び実験方法

RUN926 の実験条件を表 2.3 に示す。RUN926 は再循環ポンプ吸込側配管の 200% 両端破断である。破断形状は直径 26.2 mm のノズルが用いられ、破断面積は  $5.391 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 2$  で実炉（BWR/6-251）の 1/424 に相当する。

実験の初期条件は次の通りである。蒸気ドーム圧力は 7.37 MPa、下部プレナム流体温度は 553 K であり、そのサブクール度は 10.0 K である。炉心出力は 3967 MW であり、定格出力の 44% に相当する。最大線出力密度は 16.7 KW/m である。全炉心流量は 16.3 kg/s であり、炉心バイパス流量を 10% と仮定して、炉心出口クオリティは 14.6% と推定される。

実験は破断口の下流側の 2 個の急速開放弁を開くことにより開始された。2 台の再循環ポンプは破断と同時にトリップした。RUN926 で得られた主要事象の生起時刻を表 2.4 に示す。

炉心出力は破断後 8.5 秒まで初期出力のまま一定に保たれ、その後実炉における冷却材の伝熱量変化にあわせて減少する<sup>[2]</sup>。(図 2.9)

図 2.10 に主蒸気ライン系統図、表 2.5 に各バルブの特性、表 2.6 にバルブの操作手順を示す。破断前には圧力容器内の圧力は定常時ラインのコントロールバルブ CV130 により設定



値に保たれた。破断と同時に熱交換器に到るラインが閉鎖され（バルブ CV1, CV2 の閉鎖）バルブ CV130 が手動で全開にされた。この時蒸気流量はオリフィス OR3 ( $\phi 18.0$  mm) で制限された。給水は破断後 1.5 秒から減少し始め 3.7 秒で零となった。破断後、ダウンコマ水位が低下し圧力容器底から 4.76 m (L2 レベル) に達した後、3 秒遅れでバルブ CV130 が手動で閉じられた。（MSIV 閉）MSIV 閉鎖時間は 6 秒から 8.6 秒である。

破断後 7.1 秒、炉内圧力 2.13 MPa で低圧炉心スプレ系（LPCS）、9.6 秒、1.45 MPa で低圧注入系（LPCI）が作動し、非常用冷却水が注入された。また、破断後 13.1 秒で自動減圧系（ADS）が作動した。ADS 用ライン中には ADS 流量を模擬するためにオリフィス OK4 ( $\phi 15.5$  mm) が設けられている。

### 2.3 実験結果

図 2.11 に下部プレナム圧力変化を示す。圧力は破断後 6 秒まで破断口と蒸気ラインからの流体の流出により減少する。破断後 6 秒で主蒸気隔離弁（MSIV）が閉じ始めると圧力は上昇に転ずる。13 秒でダウンコマ水位が再循環ポンプ入口配管高さまで低下すると、破断クオリティが急増し体積流量が増加するので圧力は再び急低下する。圧力低下により破断後 17 秒で下部プレナム水が飽和状態となり、減圧沸騰がおこる（下部プレナムフラッシング）。この時の蒸気発生量の増加により一時的に減圧が緩和される。さらに圧力が低下すると破断後 7.1 秒、9.6 秒でそれぞれ LPCS および LPCI が作動する。また、破断後 6.8 秒頃減圧が緩やかになるのは、給水ライン中に停留していた水のフラッシングによるものである。

図 2.12 にシュラウド内およびシュラウド外水位変化を示す。水位は触針式水位計より推定された気液混合水位である。破断後 10 秒でジェットポンプサクション部が露出すると、炉心入口流量は急激に減少するので炉心内水位は低下する。破断後 17 秒で下部プレナムフラッシングが発生すると、水位は一時的に回復する。その後フラッシングがおさまるにつれて炉心内水位は低下し始め（破断後 40 秒頃）破断後 6.8 秒頃給水ラインフラッシングにより減圧が小さくなると、気水分離が促進され、水位が急低下し、破断後約 8.0 秒で全炉心が露出する。また、下部プレナムフラッシング以後、下部プレナムに水位が形成され、下部プレナムで発生する蒸気により、炉心入口オリフィスにおいて気液対向流制限（CCFL）が生じる。また、LPCS 作動以降上部タイプレートにおける CCFL により、上部プレナム内に水位が形成される。破断後 9.6 秒で LPCI が作動すると炉心バイパス部へ注入された冷却水が炉心バイパス下端のリークホールを通して炉心内へ流入し、炉心内の水位は急速に回復して再冠水に到る。

図 2.13 に代表的なヒータ表面温度として、高出力チャンネル A 内の模擬燃料棒 A 11 ロッドの軸方向表面温度変化を示す。破断後約 8 秒で炉心入口流量低下、炉心内水位低下により炉心上部（Pos. 1, Pos. 2）において初期ドライアウトがおこる。下部プレナムフラッシングにより、炉心内水位が回復するとヒータ表面はすべてリウエットする。その後 4.0 秒頃から 7.0 秒頃にかけて炉心水位の低下に伴ない、炉心上部から順次表面温度は上昇していく。Pos. 1, 2, 3 においては 7.3 秒から 10.3 秒の間リウエットするが、これは上部タイプレートから落下したスプレイ水がヒータ表面を一時的に濡らすためである。破断後 8.8 秒から 14.7 秒にかけて、炉心上部からのスプレイ水の落下および炉心下部からの炉心内水位上昇により、ヒータ表面はすべ

てクエンチする。本実験で得られた最高被覆管表面温度（PCT）はA71 ロッドのPos.4（炉心中央）における785 Kである。

図 2.14～図 2.17 にポンプ側破断口，ベッセル側破断口での破断流密度および破断流量を示す。破断流量は $r$ 線密度計とドラッグディスク（高レンジ，低レンジ）による運動量束の測定結果をもとに求められたものである。ベッセル側破断口は再循環ポンプ吸込口が露出する破断後1.3秒から二相流となる。一方ポンプ側破断口からは破断直後から二相流が流出する。しかし運動量束の測定器の較正法および精度については，今後さらに検討する必要がある。

Table 2.1 Primary Characteristics of BWR-6 and ROSA-III

	BWR-6	ROSA-III	BWR/ROSA
No. of Recirc. Loops	2	2	1
No. of Jet Pumps	24	4	6
No. of Separators	251	1	251
No. of Fuel Assemblies	848	4	212
Active Fuel Length (m)	3.76	1.88	2
Total Volume (m <sup>3</sup> )	621	1.42	437
Power (MW)	3800	4.4	864
Pressure (MPa)	7.23	7.23	1
Core Flow (kg/s)	1.54x10 <sup>4</sup>	36.4	424
Recirculation Flow (l/s)	2970	7.01	424
Feedwater Flow (kg/s)	2060	4.86	424
Feedwater Temp ( K )	489	489	1

Table 2.2 Instrumentation List

TYPE	SENSOR	NUMBER	NOTE
PRESSURE	PRESSURE TRANSDUCER	20	
DIFFERENTIAL PRESSURE	DP CELL	60	PV AND LOOP 44 LEVEL MEASUREMENT 5 FLOW METER 11
FLUID TEMPERATURE	CA THERMOCOUPLE	129	PRIMARY LOOP 23 DTT 4 TIE ROD 28 UPPER PLENUM 10 LOWER PLENUM 10 TIE PLATE 40 BY PASS 14
FUEL ROD TEMPERATURE	CA THERMOCOUPLE	213	
SLAB SURFACE TEMPERATURE	CA THERMOCOUPLE	70	CORE BARREL 24 PRESSURE VESSEL 3 CHANNEL BOX 35 SHROUD SUPPORT 8
SLAB INNER TEMPERATURE	CA THERMOCOUPLE	9	JP DIFFUSER 4 PV WALL 5
VOLUMETRIC FLOW RATE	TURBINE METER VENTURI METER ORIFICE METER	3 4 6	ECCS LOOP 3 PRIMARY LOOP 10
MASS FLOW RATE	TURBINE METER ORIFICE METER	4 3	RECIC. LOOP 4 STEAM LINE 3
LIQUID LEVEL	CONDUCTIVITY PROBE CAPACITANCE PROBE	138 2	
DENSITY	GAMMA DENSITOMETER	10	2 BEAM GD 2 3 BEAM GD 2
MOMENTUMR FLUX	DRAG DISK	7	
SIGNAL	ON/OFF SWITCH	14	
PUMP SPEED	REVOLUTION COUNTER	2	
ELECTRIC POWER	VA METER	2	
TOTAL		696	

TABLE 2.3 Test Conditions of RUN 926

Parameter	Specified Value	Measured Value
<b>Break Conditions</b>		
Location	MRP suction	MRP suction
Type	Double-ended	Double-ended
Break Nozzle Diameter (mm)	26.2/26.2	26.2/26.2
<b>Initial System Conditions</b>		
Steam Dome Pressure (MPa)	7.35	7.37
Lower Plenum Temperature (K)	551.7	553.0
Lower Plenum Subcooling (K)	10.5	10.0
Core Inlet Flow Rate (kg/s)	16.0	16.3
Core Outlet Quality (%)	14.5**	14.6**
Power Level (kW)	1260 + 2700	1263 + 2704
Maximum Linear Heat Rate(kW/m)		
Channel A P.F.=1.1	16.65	16.69
P.F.=1.0	15.13	15.17
P.F.=0.875	13.24	13.27
Channel B-D P.F.=1.1	11.89	11.91
P.F.=1.0	10.81	10.83
P.F.=0.875	9.46	9.47
Water Level in PV* (m)	5.0	5.05
<b>Feedwater Conditions</b>		
Temperature (K)	489	489
Flow Rate (kg/s)	2.39	2.03
Initiation of Line Closure(s)	2.0	1.5 (completely closed at 4.0s)

\* note, L3 Level for Scram : 5.0 m from PV Bottom

\*\* not include core bypass flow

core bypass flow is assumed to be 10% of core flow.

TABLE 2.3 Test conditions of RUN 926 (contd.)

Parameter	Specified Value	Measured Value
Steam Discharge Conditions		
Steady State Flow Rate(kg/s)	2.39	2.00
Transient Flow Rate (kg/s)	keep steady value	Fig.3.10
Orifice Diameter (mm)	18.0	18.0
Initiation of Line Closure(s)	L2*+3(s)or $P \leq 6.67$ (MPa)	6.0 s (by level trip signal)
Safety Relief Valve Setting Pressure (MPa)	$P = 8.14$	not operated
ECCS Conditions		
HPCS	not-used	not-used
LPCS		
Injection Location	Upper Plenum	Upper Plenum
Initiation Conditions	L1*+40(s) and $\leq 2.16$ (MPa)	71 (s) at PV Pressure 2.13 (MPa)
Coolant Temperature (K)	313	313
Injection Flow Rate(m <sup>3</sup> /s)	$1.13 \times 10^{-3}$	Fig.3.12
LPCI		
Injection Location	Top of Core Bypass	Top of Core Bypass
Initiation Conditions	L1*+40(s) and $\leq 1.57$ (MPa)	96 (s) at PV Pressure 1.45 (MPa)
Coolant Temperature (K)	313	313
Injection Flow Rate (m <sup>3</sup> /s)	$3.50 \times 10^{-3}$	Fig.3.13
ADS Conditions		
Initiation Time (s)	L1*+120 (s)	131 (s)
Flow Rate	Scaled Flow of BWR	Figs.3.8 through 3.10
Orifice Diameter (mm)	15.5	15.5

\* note : Each trip level is as follows;

L3 Level for Scram : 5.0 m from PV Bottom

L2 Level for MSIV and HPCS : 4.76 m from PV Bottom

L1 Level for LPCS, LPCI and ADS : 4.25 from PV Bottom

\*\* note : System pressure is controlled to maintain at 6.67 MPa before MSIV closure by low level signal (L2 + 3s).

Table 2.4 Sequence of Events

Time after Break (s)	Events
0.0	Break Initiate core power control Terminate intact loop recirculation pump power (simple coast down) Terminate broken loop recirculation pump power (simple coast down)
1.5	Initiation of feed water line valve closure
3.0	Liquid level in downcomer decreased to L2 level
4.0	Closure of feed water line
6.0	Initiation of steam discharge line valve closure
7.8	Liquid level in downcomer decreased to L1 level
8.5	Initiation of core power curve reduction
8.6	Closure of steam discharge line
10	Liquid level in downcomer decreased to jet pump suction nozzle
13	Liquid level in downcomer decreased to recirculation pump suction line
17	Initiation of lower plenum flashing
71	LPCS initiation (at system pressure 2.13 MPa)
96	LPCI initiation (at system pressure 1.45 MPa)
131	ADS initiation (at system pressure 0.74 MPa)
688	End of data acquisition

Table 2.5 Valve Characteristics of Steam Discharge Line

Valve	Close to Open (sec)	Open to Close (sec)
AV165	Not Used	Not Used
AV168	-	0.1
AV169	0.3	2.0

Orifice	Diameter (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )
OR3	18.0	254.5
OR4	15.5	188.7
OR5	Not Used (Blind)	Not Used (Blind)

Table 2.6 Valve Control Sequence of Steam Discharge Line in RUN 926

Time	$t < 0$ s	$t = 0$ s (Break)	$P \leq 6.67$ MPa	$L2 + 3$ s	---	$P \geq 8.14$ MPa	---	$L1 + 120$ s
CV-1	Open	Close (Manual)	Closed	Closed		Closed		Closed
CV-2 (see Fig.2.3)	Open	Close (Manual)	Closed	Closed		Closed		Closed
CV-130	Control to maintain steady state pressure	Open (Manual)	Control to maintain system pressure at 6.67MPa (Auto)	Close (Manual)		Control to maintain system pressure at 8.14MPa (Auto)		Closed
AV-168	Open	Open	Open	Open		Open		Close (Auto)
AV-169 (ADS Line)	Closed	Closed	Closed	Closed		Closed		Open (Auto)

$t = 0$  s : Break

$t = L2 + 3$  s : MSIV closure

$t = L1 + 120$  s : ADS valve opening



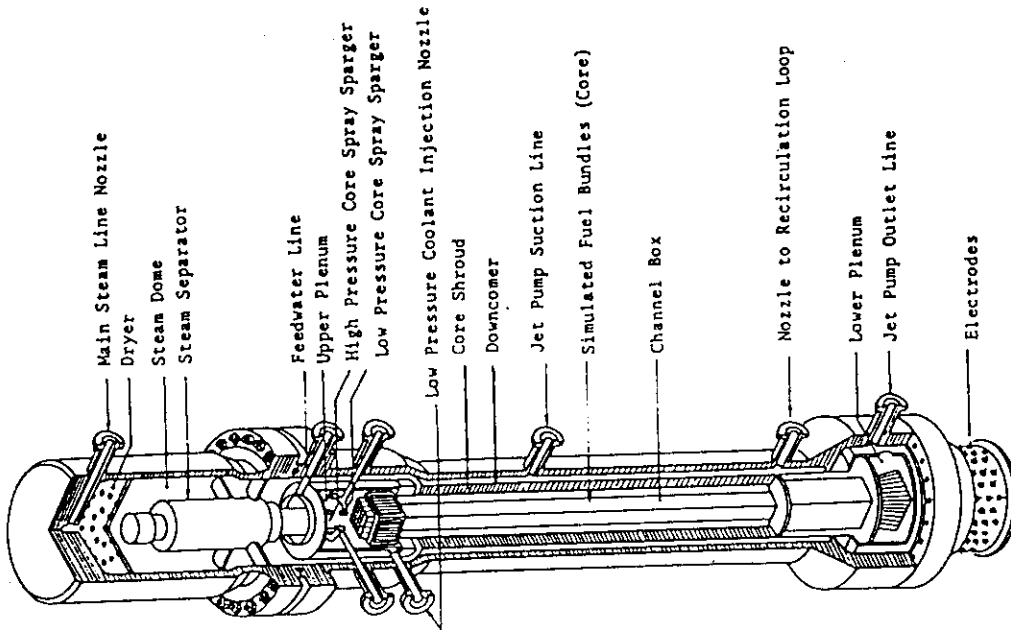


Fig. 2. 2 Internal Structure of Pressure Vessel of ROSA-III Test Facility

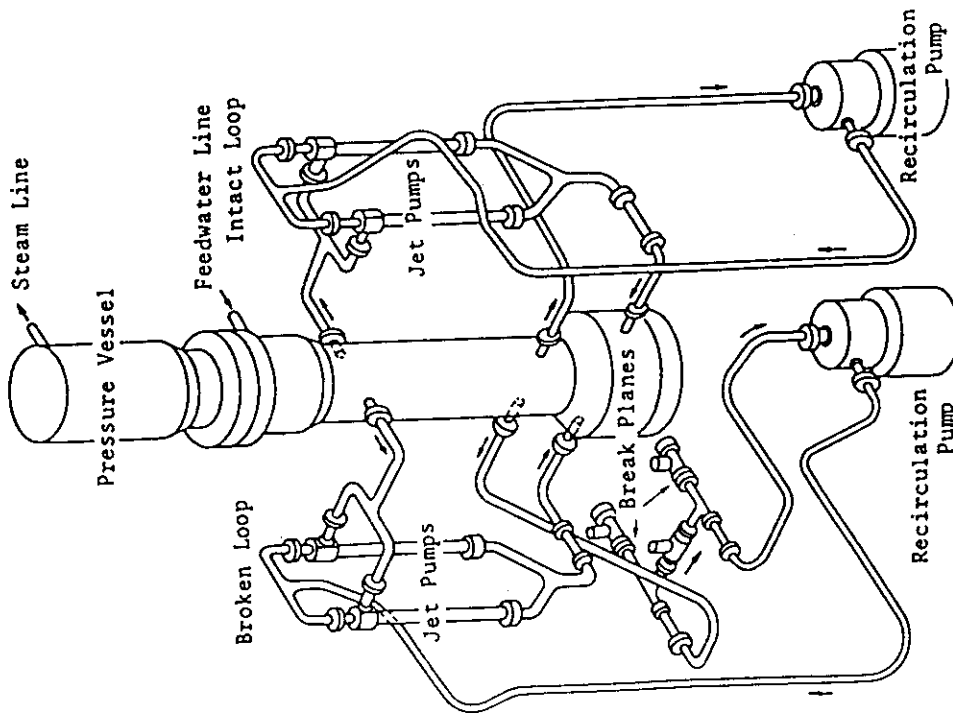


Fig. 2. 1 Schematic Diagram of ROSA-III Test Facility

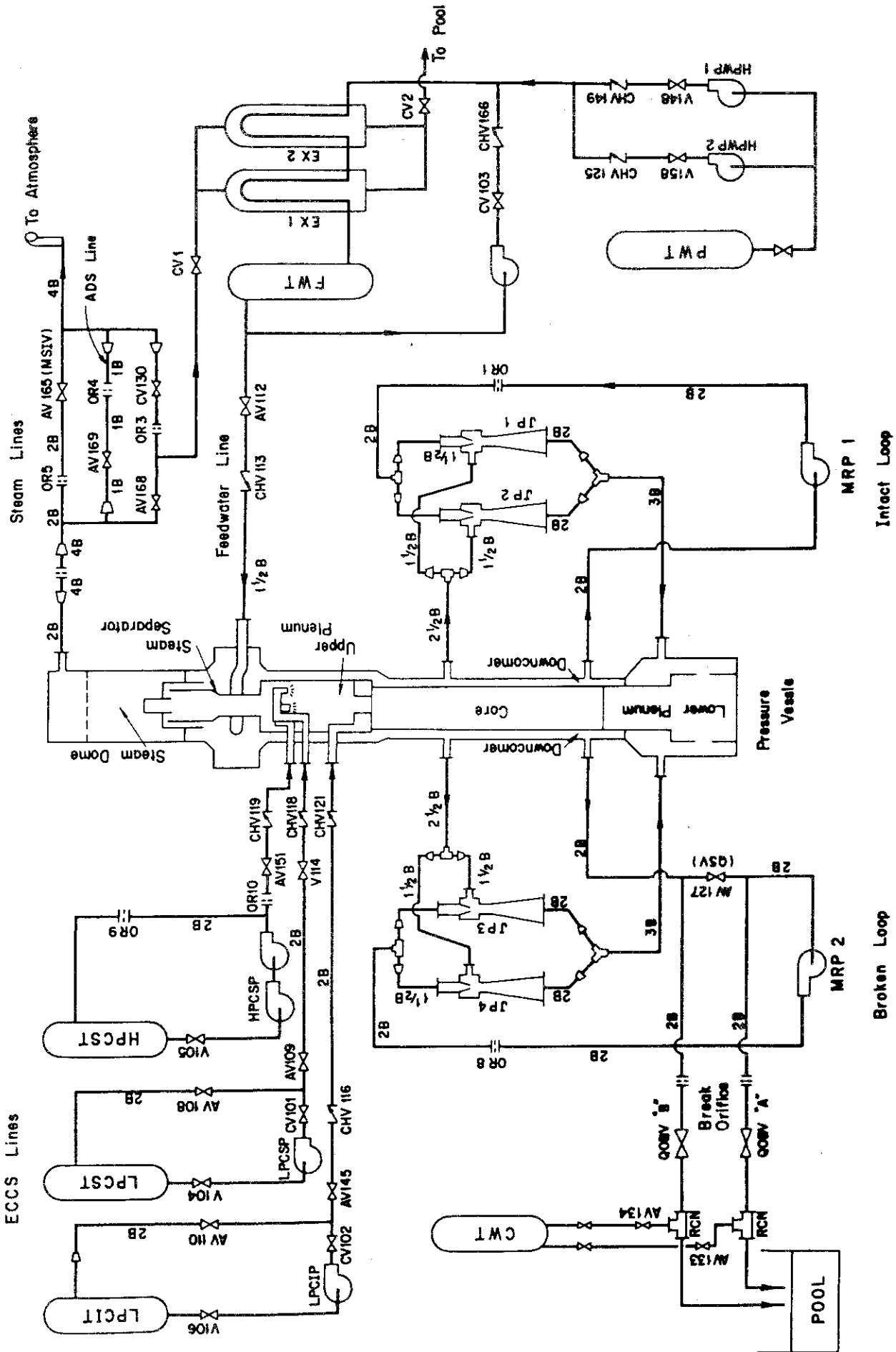
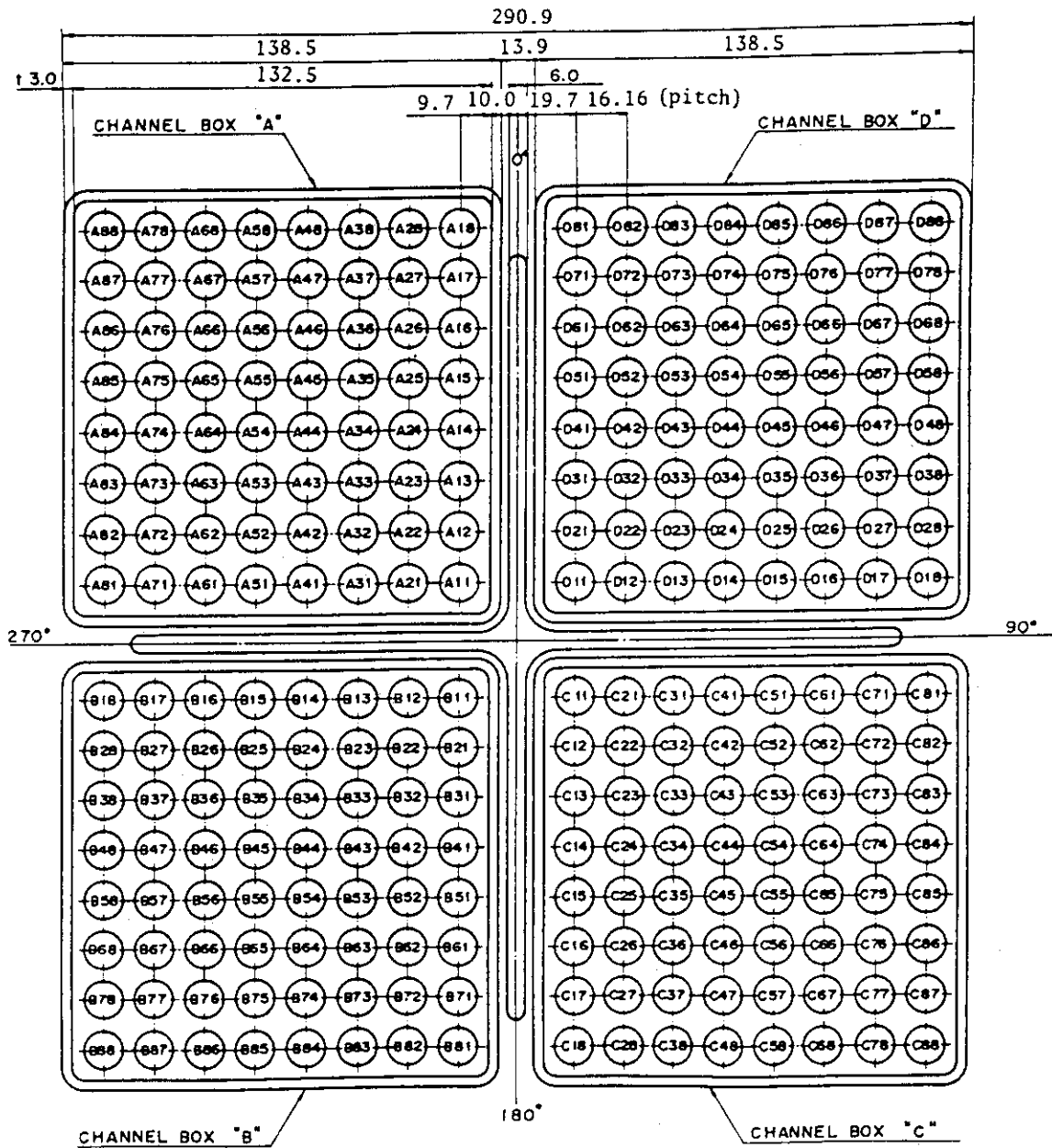
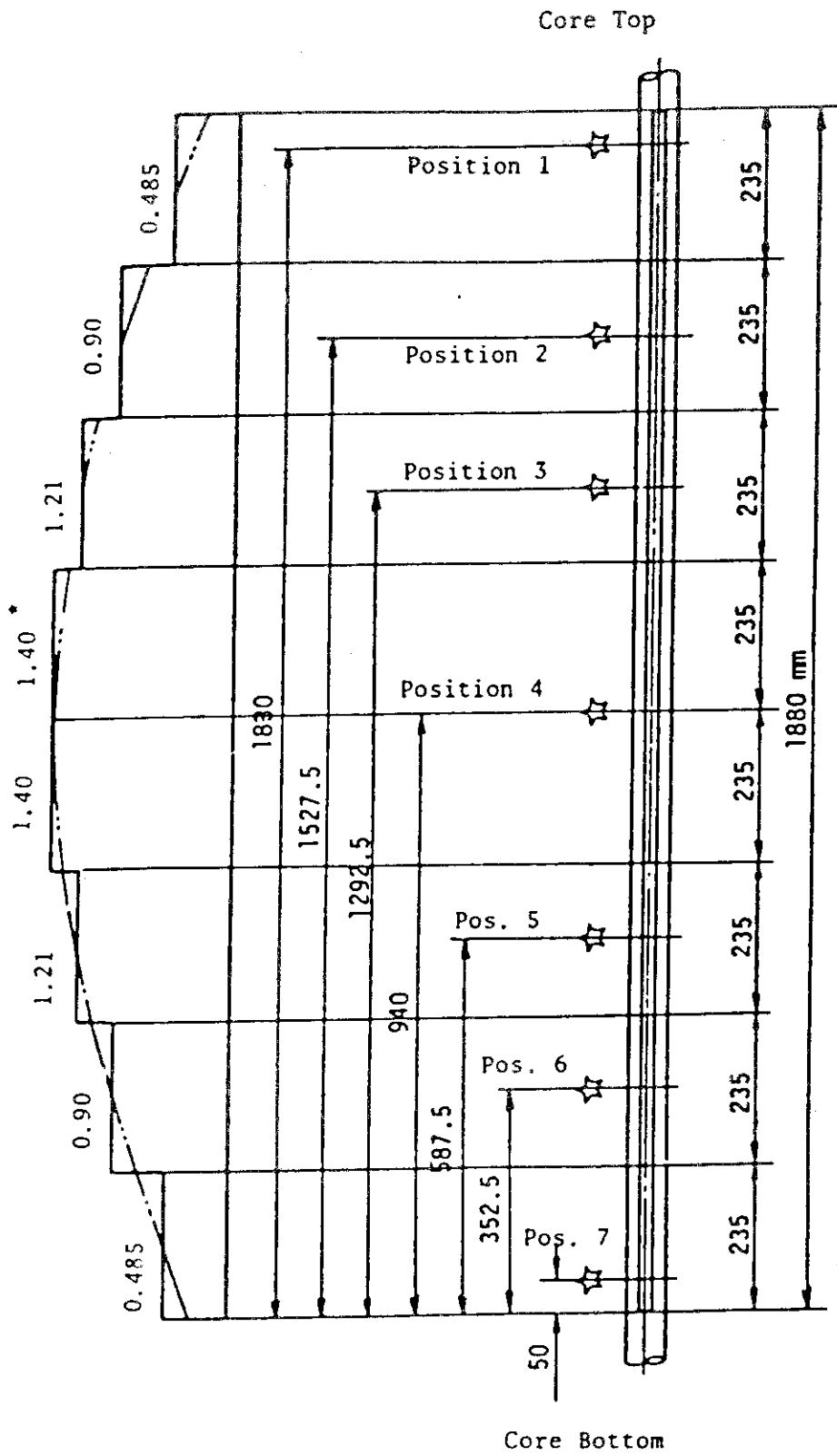


Fig.2.3 ROSA-III Piping Schematics



Peaking Factor ; A = 1.4, B = 1.0, C = 1.0, D = 1.0  
 Heater rod O.D. is 12.27 mm.  
 A44, A55, B44, B55, C44, C55, D44 and D55 are water rod simulators.  
 The O.D. is 15.01 mm.

Fig. 2. 4 Arrangement of Heater Rods



☆ Indicates position of thermocouple. \* Axial Peaking Factor

Fig. 2. 5 Axial Power Distribution of Heater Rods

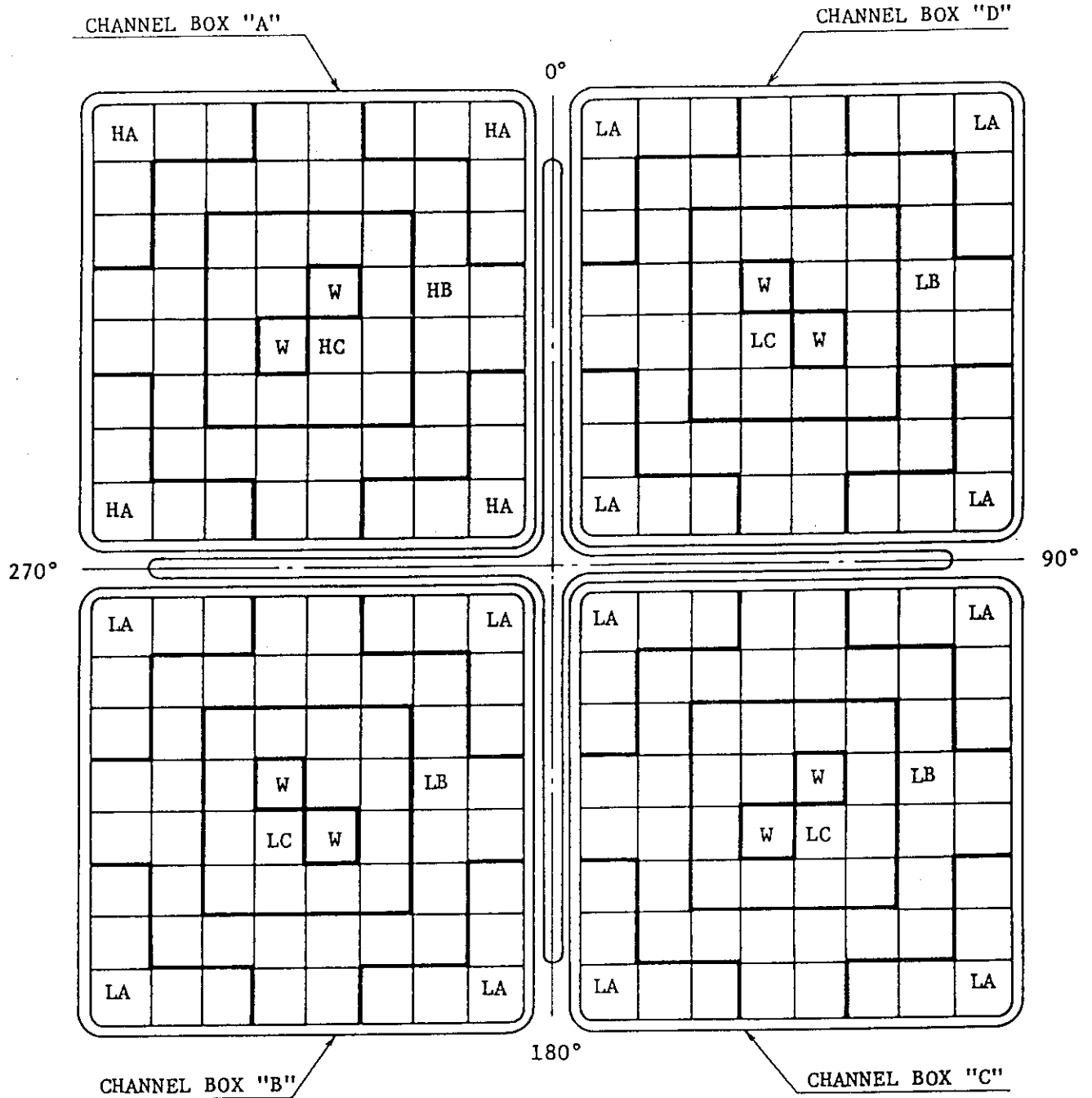
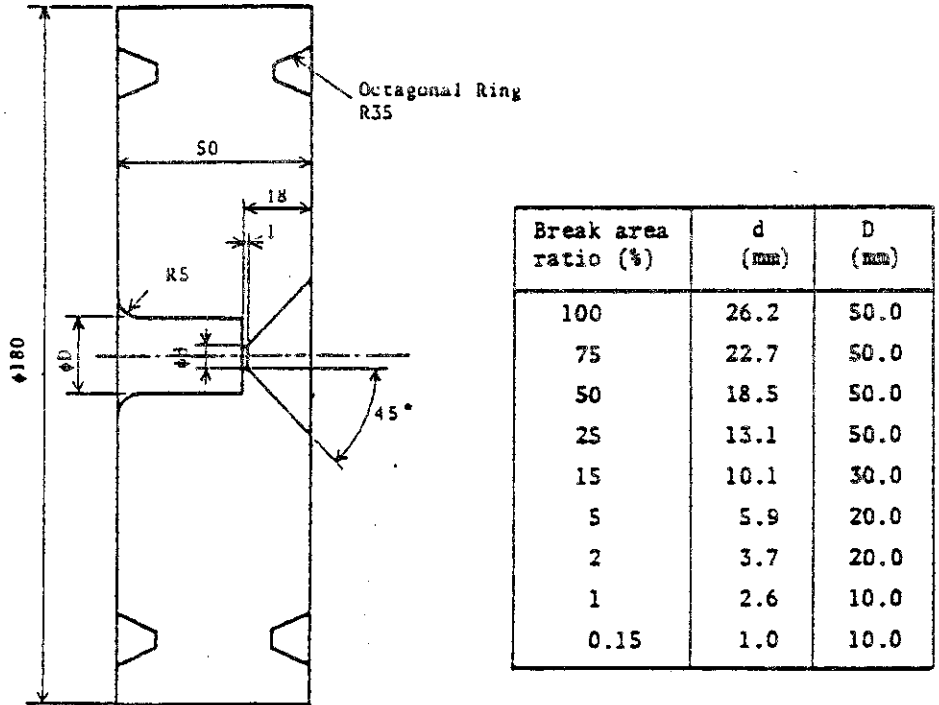


Fig. 2. 6 Radial Power Distribution of Heater Rods

Region	HA	HB	HC	LA	LB	LC	W
Linear Heat Rate (kw/m)*	18.5	16.81	14.41	13.21	12.01	10.29	0.0
Local Peaking factor	1.1	1.0	0.875	1.1	1.0	0.875	0.0
No. of Rods	20	28	14	60	84	42	8

note : Radial Peaking factor is 1.4

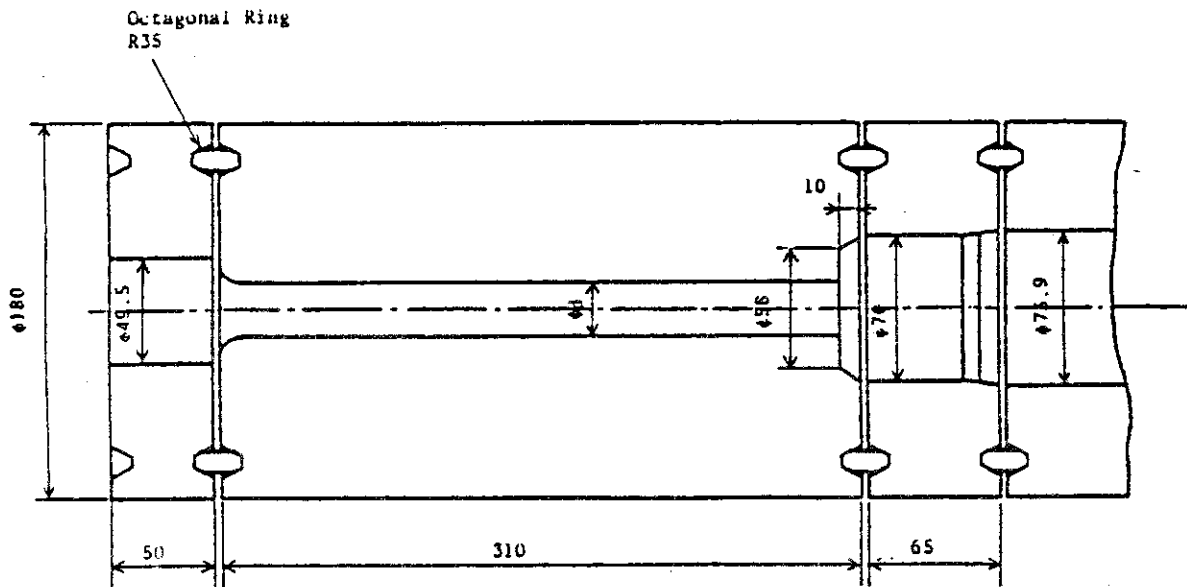
\* in the case of power = 4.4MW



Material SUS304

Dimension in mm

Fig. 2.7(a) Break Orifice Details



Material SUS304

Dimension in mm

Fig. 2.7(b) Break Nozzle Details

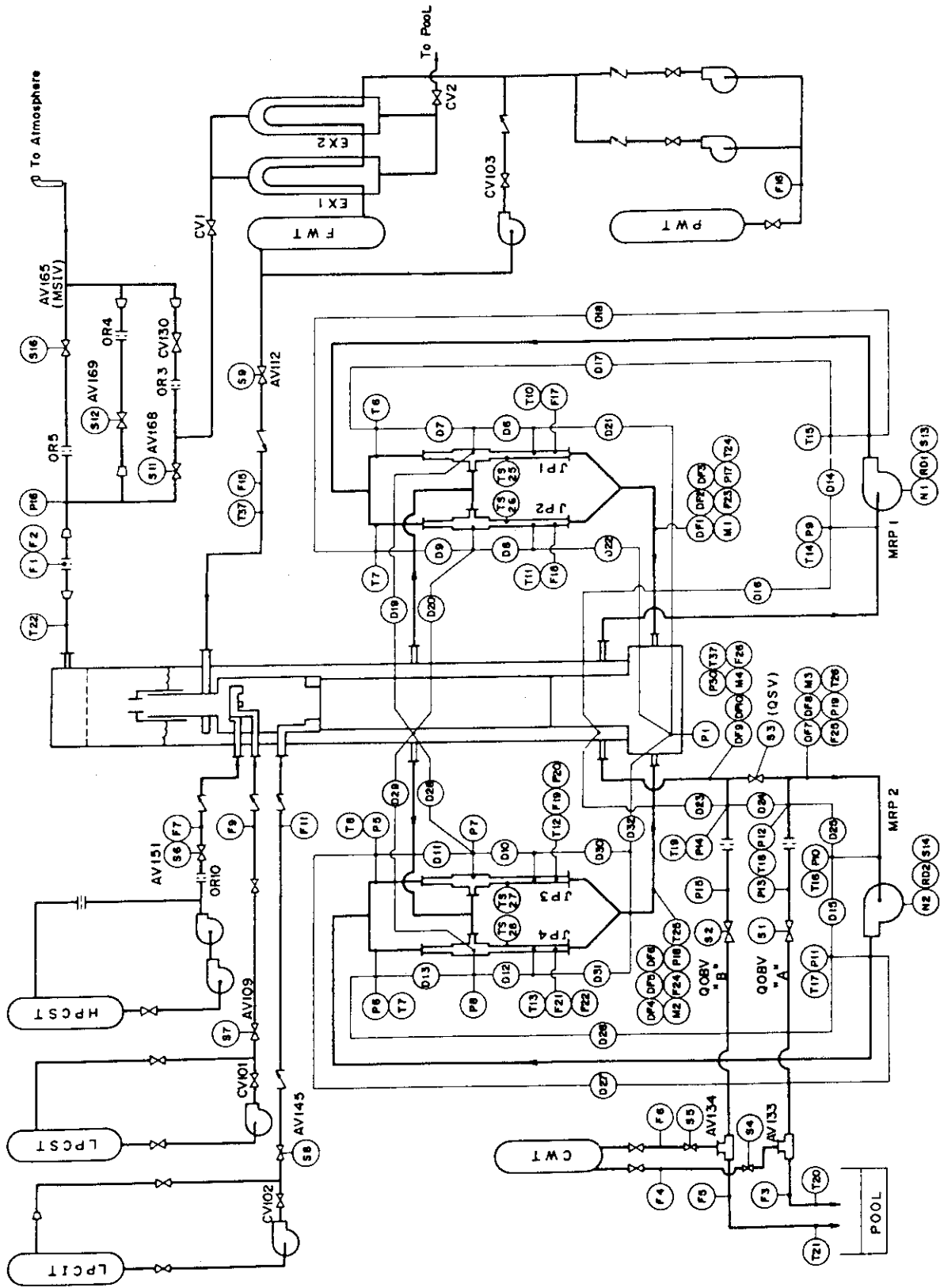


Fig. 2.8(a) Flow Diagram and Instrumentation Location of ROSA-III Test Facility

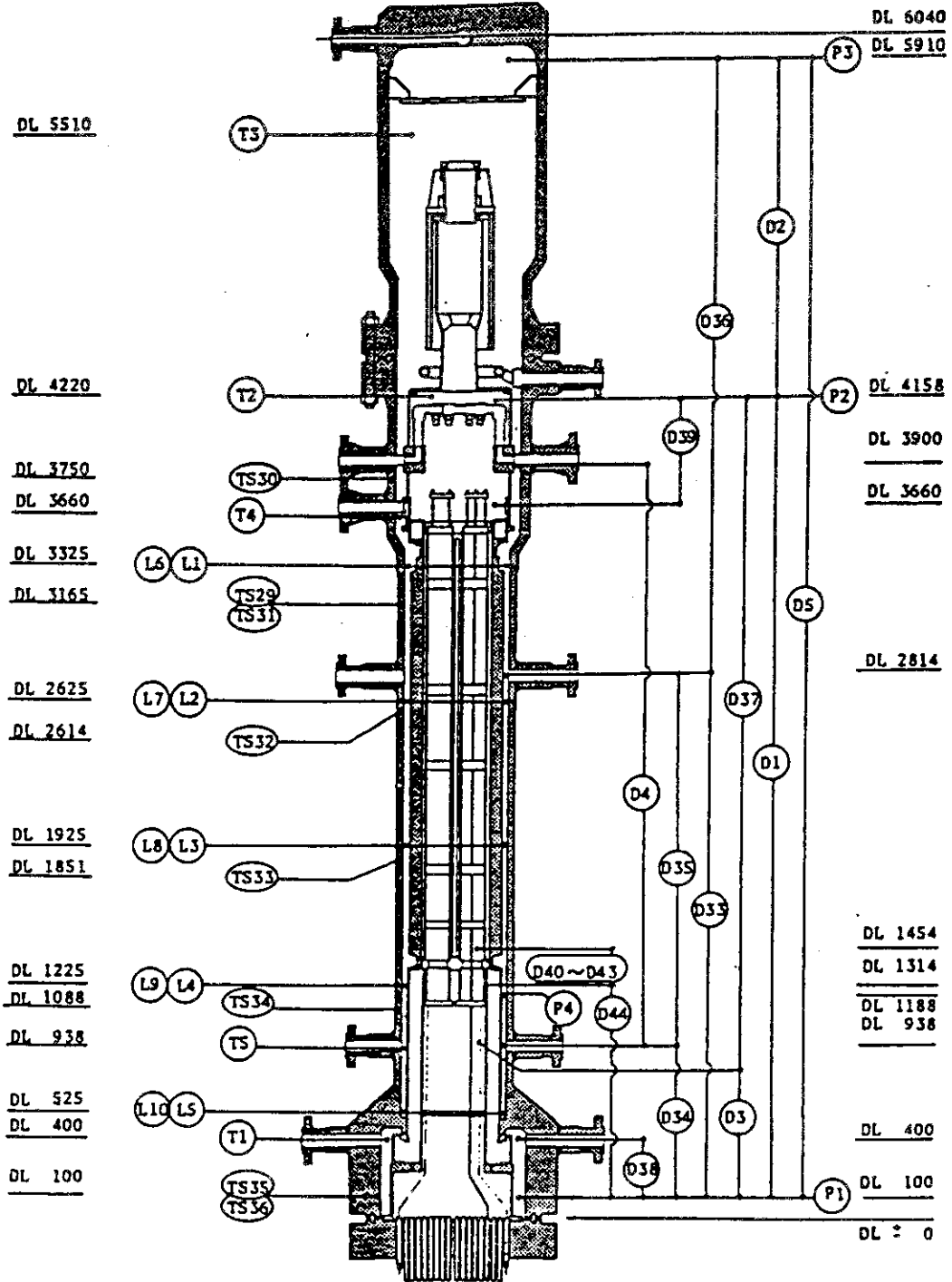


Fig. 2.8(b) Instrumentation Location in Pressure Vessel of ROSA-III Test Facility



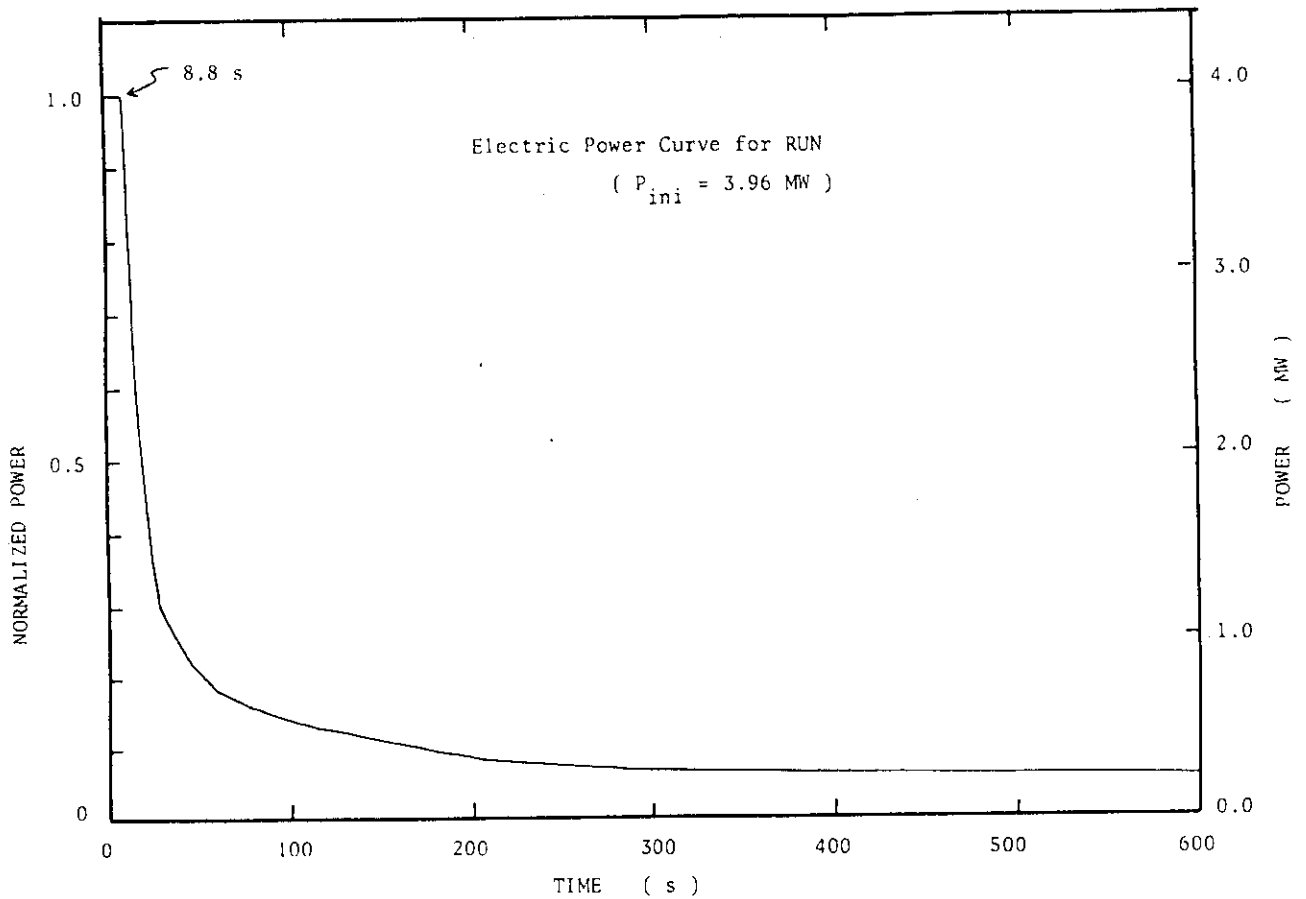


Fig. 2. 9 Power Curve of ROSA-III

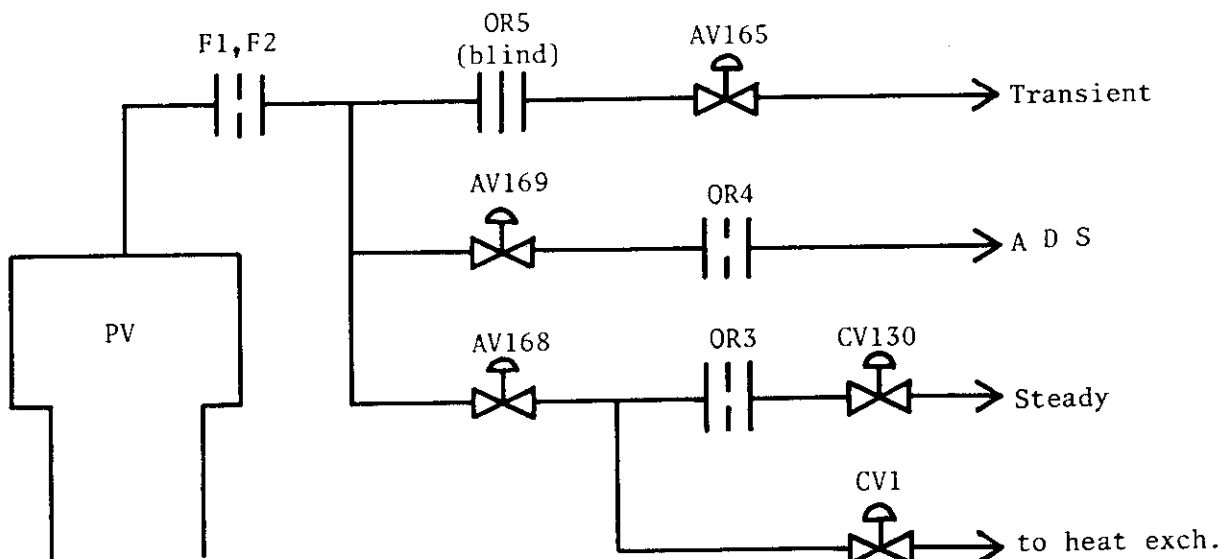


Fig. 2.10 Steam Discharge Line

RUN 926 - 200 % BREAK WITH HPCS FAILURE

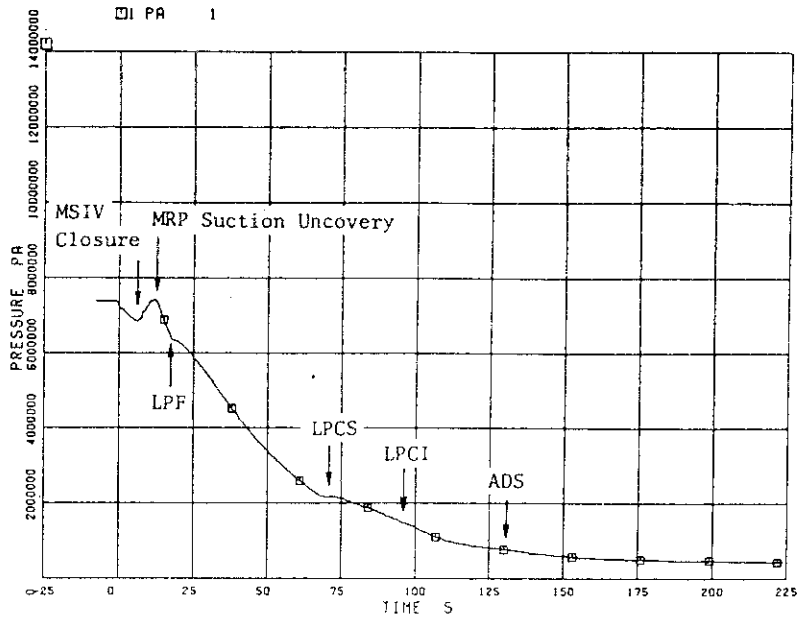


Fig. 2.11 System Pressure in Lower Plenum

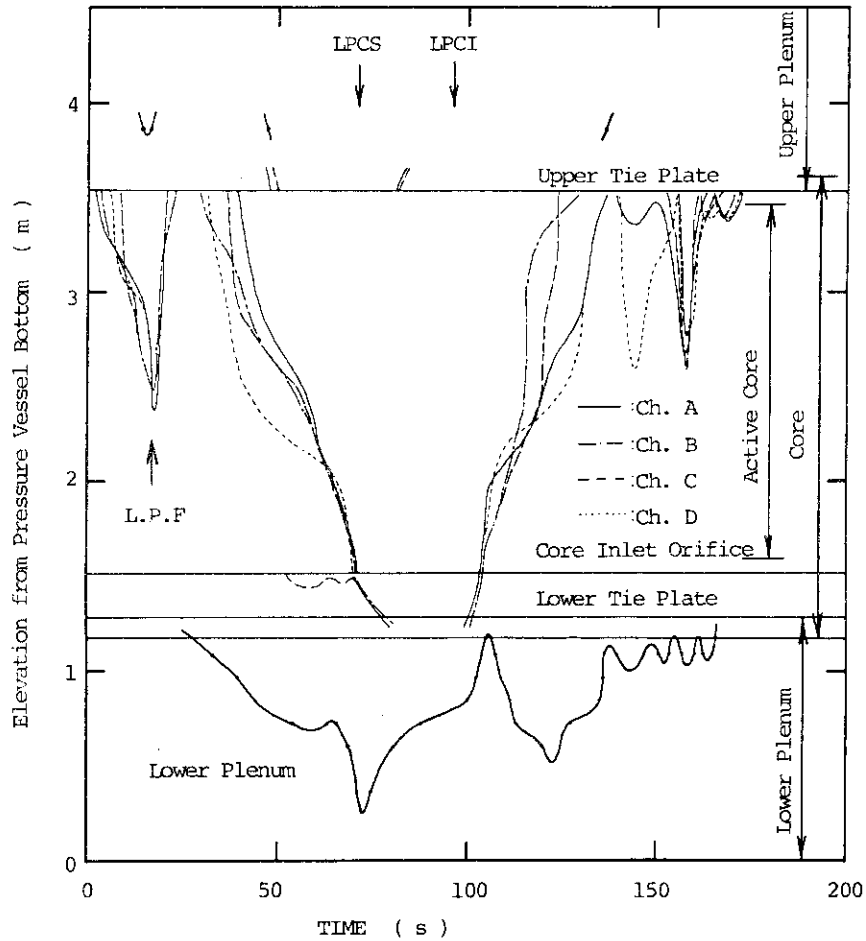


Fig. 2.12 Estimated Liquid Level

RUN 926 200%-BREAK HPCS FAILURE

□ TE 201 ○ TE 202 ▲ TE 203 + TE 204 ⊙ TE 205  
 ↑ TE 206 × TE 207

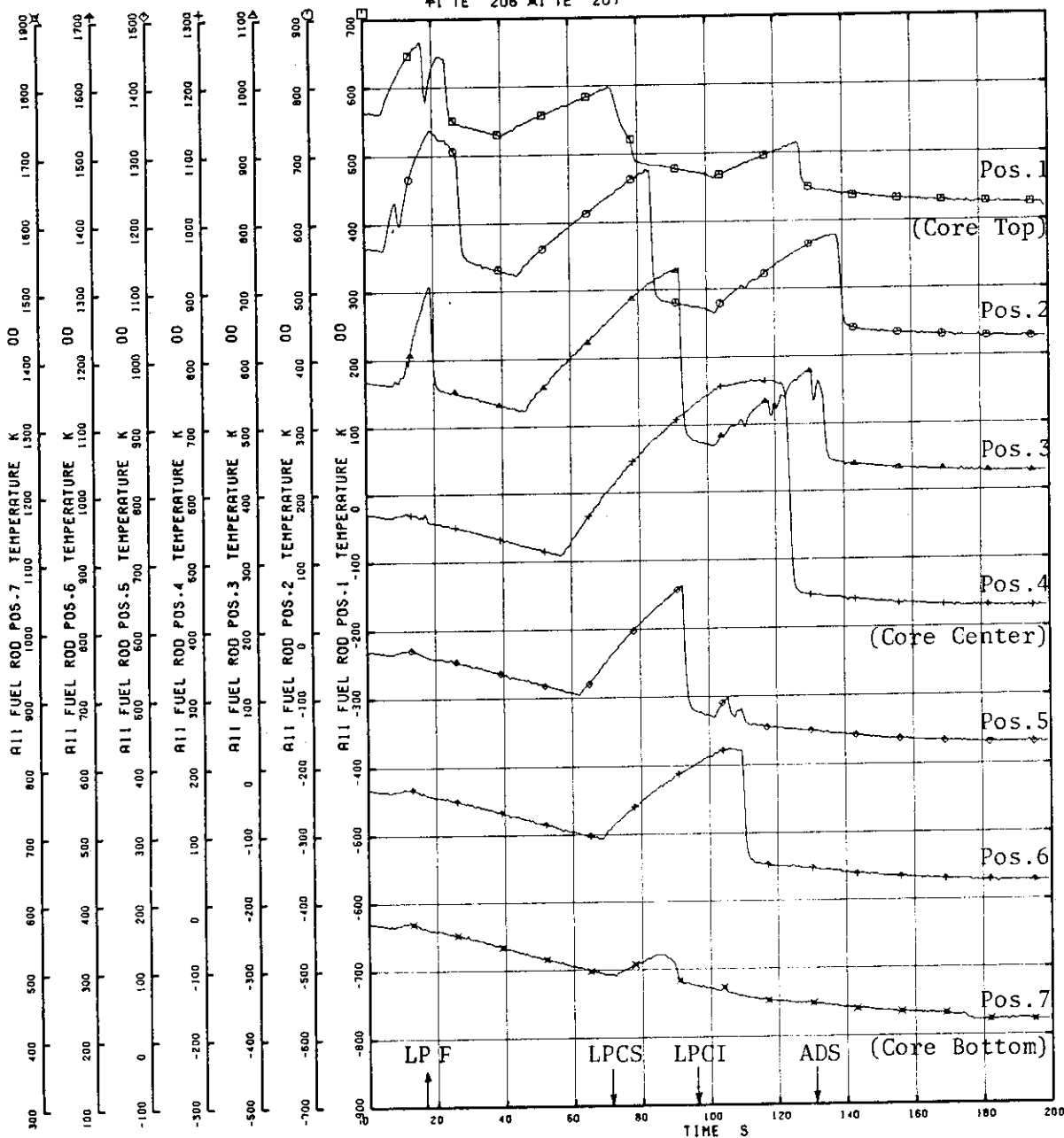


Fig. 2.13 Heater Surface Temperature of All Rod

ROSA-III RUN926(200%-BREAK) POST-TEST BY U4J3

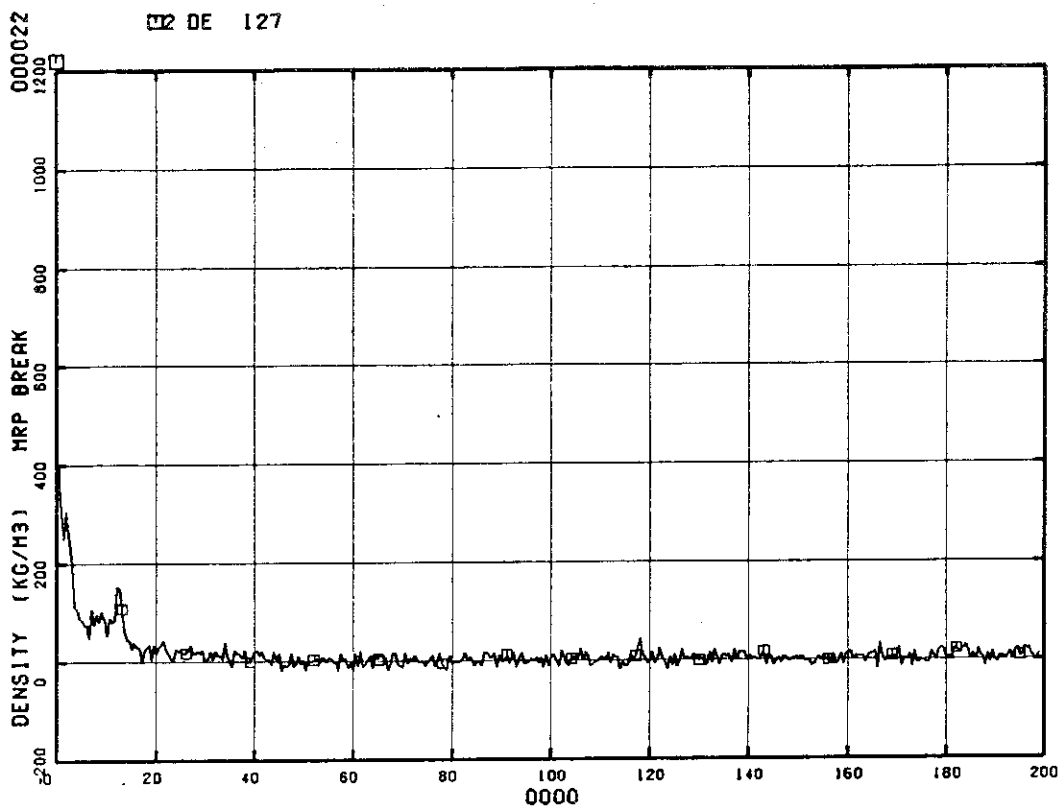


Fig. 2.14 Density at Pump Side Break

ROSA-III RUN926(200%-BREAK) POST-TEST BY U4J3

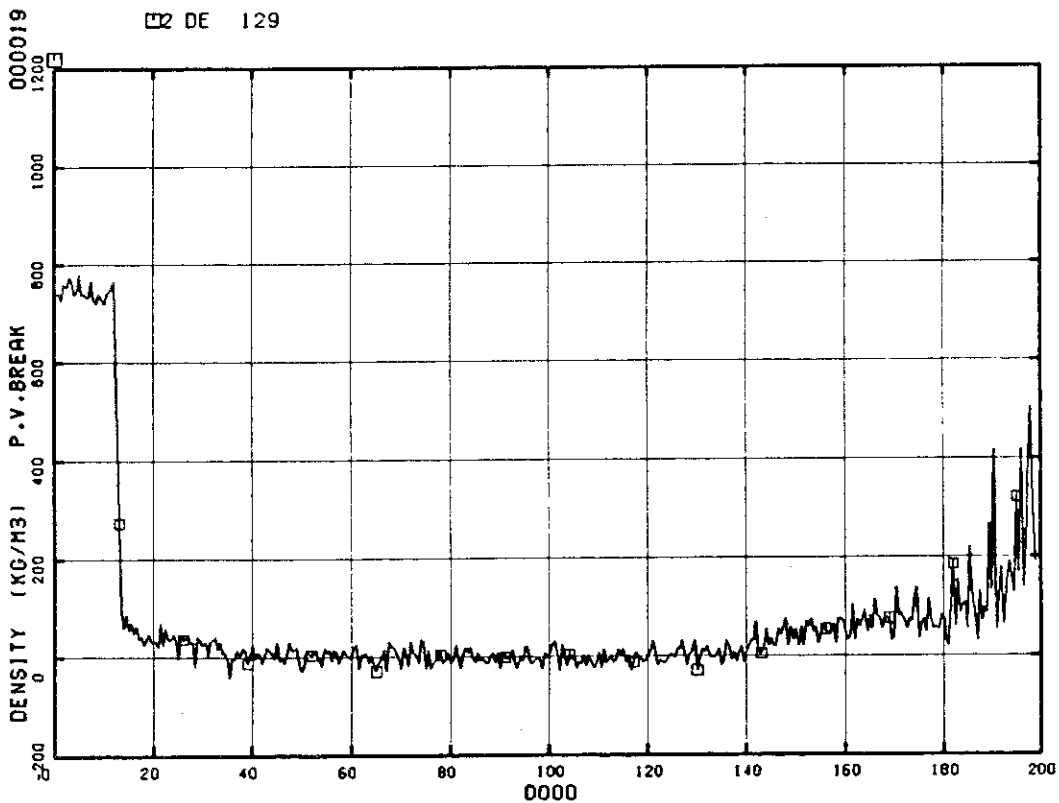


Fig. 2.15 Density at Vessel Side Break

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FA 15

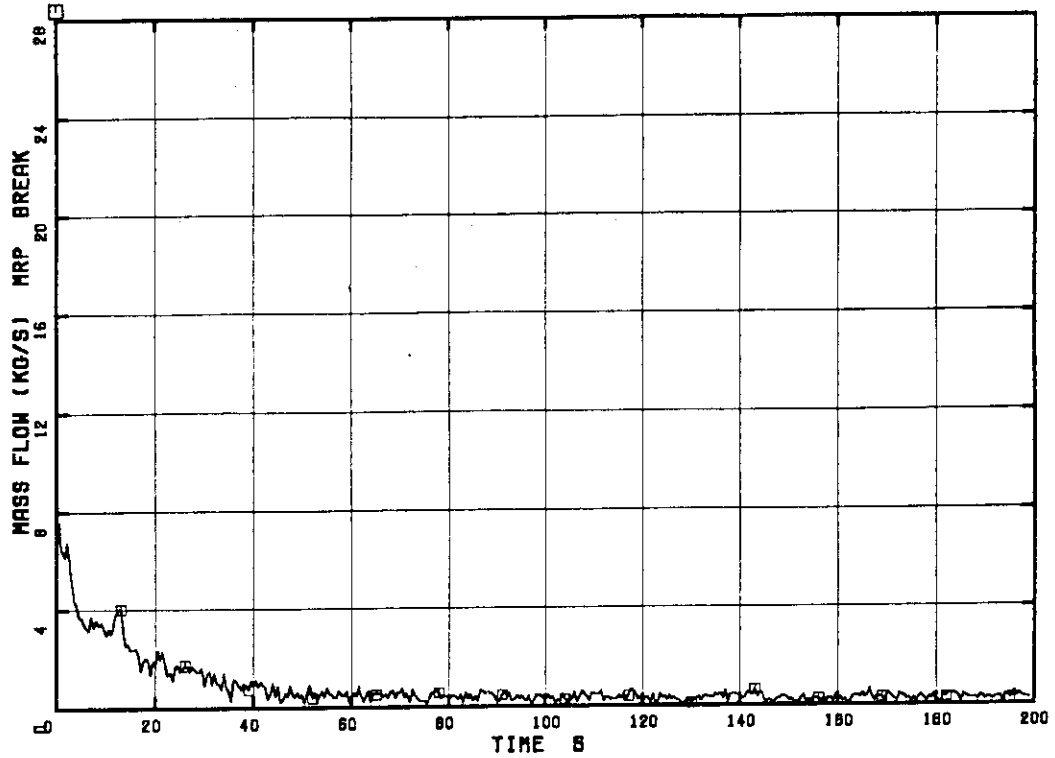


Fig. 2.16 Flow Rate at Pump Side Break

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FA 6

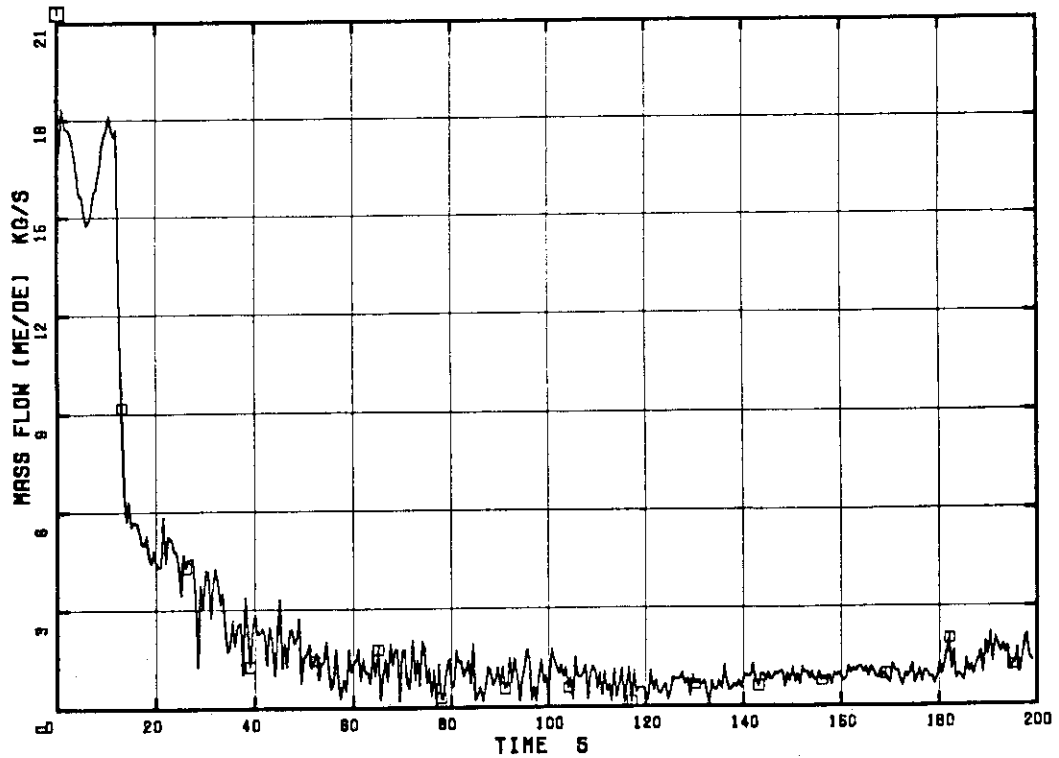


Fig. 2.17 Flow Rate at Vessel Side Break

### 3. 解析条件

本章では ROSA-III 実験 RUN926 と BWR/6 の解析に用いたコード (RELAP4/MOD6/U4/J3) の概要と解析条件について述べる。解析モデルは ROSA-III 実験解析において ECCS 流量, 給水流量及び主蒸気管流量として実験値を用いたこと及び圧力容器の蓄積熱をヒートスラブで考慮したこと以外同じである。この差による影響は, 次章以降検討を加える。

#### 3.1 解析コードの概要

RELAP4/MOD6/U4/J3 コード<sup>[3]</sup> (以下 U4/J3 コードと略す) は, 軽水冷却型原子炉 (LWR) の冷却材喪失事故 (LOCA) 時および過渡変化時の熱水力学的現象を解析するためのコードである。このコードは米国 NRC で開発された RELAP4/MOD6/Update 4 コードをもとにして原研で改良を加えたものである。

U4/J3 コードの改良, 修正は, 主に軽水炉の小破断 LOCA 解析および沸騰水型原子炉 (BWR) の炉心スプレイ系作動中の熱水力学解析のために行われている。主な改良は

- ① 水位スタッキング・オプションに関する改良
- ② 垂直方向スリップジャンクションモデルに関する改良
- ③ ジャンクションエンタルピーの平滑化

である。BWR LOCA 解析のための改良として, 本コードには従来の RELAP4 のバージョン (MOD2, MOD3, MOD5, MOD6) で解析不十分であった炉心出口, および炉心バイパス出口における上向蒸気流によるスプレイ水落下の制限 (CCFL 現象) を取り扱う CCFL 計算モデルや炉心に注入された, スプレイ水による炉心内熱伝達を取り扱うスプレイ熱伝達モデルが組み込まれている。CCFL 計算には Wallis 型相関式が使用される。スプレイ水はフィルジャンクションを通して注入され, 流量は面積比で振り分けられる。計算の手順は, はじめに炉心出口に降らせたスプレイ水について, 炉心出口上向き蒸気流に対する CCFL 計算を行ない, 次に炉心バイパス出口に降らせたスプレイ水と炉心部に流入できなかったスプレイ水とを加えたものについて, 炉心バイパス出口上向き蒸気流に対する CCFL 計算が行なわれる。CCFL 計算で炉心および炉心バイパスへ流入できなかったスプレイ水は, 体系から失われたと仮定される。また, 現在の CCFL 計算モデルには, 次のような制限がある。

- ① 炉心に蒸気相があるときに上部プレナムに水位ができると, 炉心出口での流れが二重に計算されるために, CCFL 計算が正しく行なわれなくなる。
- ② 炉心部は垂直方向に 1 ノードしかとれない。
- ③ スプレイ水は飽和水と仮定される。

スプレイ熱伝達モデルでは, 炉心内に流入したスプレイ水について, 液膜として進行する水, 液膜表面から蒸発する水および液膜より液滴として落下する水とに分け液膜の移動を計算する。その結果燃料棒表面は, 液膜で濡れている部分, 蒸気中に露出している部分, 下から再冠水し

ている部分に分けられる。これらの部分に対する熱伝達係数については入力で与えることができる。以上のようなCCFL計算モデル、炉心スプレイ熱伝達モデルが組み込まれたU4/J3コードではBWR LOCAについて、ブローダウンから再冠水に至るまでの現象を一貫して解析できるようになっている。またこれ以外に、炉心バイパスから下部プレナムへのECC水のリークージに関するGE社の実験相関式およびEp崩壊熱モデルとしてGE+3σをオプションで使えるような機能が追加されている。

### 3.2 解析条件

RELAP4 (MOD6/U4/J3) コードは均質平衡二相流モデルに基づくコードであり、様々な解析モデルのオプションを有している。従って解析モデルの使い方によっては計算結果が大きく異なる場合がある。本解析ではROSA-Ⅲ実験RUN926の解析において数ケースの感度解析を行ない、実験結果と最も良く一致したケースを標準ケースとして、その解析モデルのオプションをBWR/6解析に適用した。ここではROSA-ⅢおよびBWR/6の標準ケースに適用した解析モデルについて述べる。

ROSA-Ⅲ装置の形状に関する入力データは文献〔1〕を参考にし、BWR/6解析に関する入力データは文献〔4〕、〔5〕の入力データをベースにGESSAR<sup>(6)</sup>を参考に作成した。本解析に用いたROSA-Ⅲ、BWR/6に対する標準ケースの入力データをAppendix A, Bに示す。ただし、BWR/6に関しては不明な点もあり、この入力値は確定したものではなく、さらに検討をする必要がある。

#### (1) ノーディング

ROSA-Ⅲ装置およびBWR/6を本解析用にモデル化したものをそれぞれ図3.1, 3.2に示す。ROSA-Ⅲのボリューム数は22, ジャンクション数は41, ヒートスラブ数は19であり、BWR/6はそれぞれ20, 40, 14である。

シュラウド内側は炉心をROSA-Ⅲでは高出力チャンネル(1バンドル), 平均出力チャンネル(3バンドル)に、BWR/6では中央領域炉心746バンドルと周辺領域炉心102バンドルの2ボリュームに分けた。上部プレナムと気水分離器および制御棒案内管、炉心バイパス部をそれぞれ1ボリュームで表わした。また炉心入口部には下部タイプレート領域に当たる1ボリュームを設けた。シュラウド外側は下部ダウンカム, 上部ダウンカムおよび蒸気ドームの3ボリュームに分割した。破断流は大気状態を模擬する格納容器に放出するものとした。

ヒートスラブはBWR/6については燃料棒のみを考え、RPSA-Ⅲでは実験装置の蓄積熱や熱損失を考慮するため、ヒートスラブとして圧力容器も考えた。燃料棒ヒートスラブは軸方向に7分割とした。軸方向出力分布を図3.3に示す。軸方向出力分布はROSA-Ⅲ, BWR/6で同じとした。

表3.1, 3.2, 3.3にそれぞれボリューム, ジャンクション, ヒートスラブの説明を示す。

## (2) 臨界流モデル

本解析は再循環ポンプ吸込側配管の200%両端破断LOCAの解析であり、破断面積は $5.391 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 2$  (ROSA-III),  $0.2285 \text{ m}^2 \times 2$  (BWR/6)である。臨海流モデルは均質平衡モデル (HEM) を用い、放出係数は1.0とした。

## (3) 炉心出力変化

ROSA-III実験解析では、RUN926実験で用いられた電気出力変化を時間の関数として与えた。BWR/6解析では、(GE + 3 $\sigma$ )の出力変化を用いた。図3.4に炉心出力変化を示す。

## (4) 給水および主蒸気流量

ROSA-III実験解析では給水および主蒸気流量ともに、実験値をフィルジャンクションで入力した。(図3.5, 3.6) BWR/6解析では、給水流量は破断後2秒間一定であり、その後減少し4秒で零となるようフィルジャンクションで模擬した。また蒸気流量は図3.7に示すように蒸気ドーム圧力に依存し、7.06 MPaから6.48 MPaにかけて流量が低下するのは、圧力制御系を模擬している。主蒸気隔離弁はL2レベル+3秒で全閉となるようにバルブ付のフィルジャンクションで模擬した。

## (5) ECCS

本解析は高圧炉心スプレイ (HPCS) 系統の単一故障を仮定しており、低圧炉心スプレイ系 (LPCS) および低圧注入系 (LPCI) が作動する。ROSA-III実験の解析では、実験で得られたLPCS, LPCI流量を時間の関数で与えた。(図3.8) BWR/6解析では、LPCSおよびLPCIともにL1レベル+40秒で作動し、図3.9および3.10に示すベッセル内圧力の関数で注水されるとした。LPCSおよびLPCIの締切り圧力はそれぞれ2.1 MPa, 1.6 MPaである。図3.9, 3.10にROSA-IIIで用いられている流量と圧力の関係を示す。

## (6) 再循環ポンプ特性

ポンプ特性はホモログスヘッドおよびトルク曲線により入力される。ROSA-III実験の解析では、ヘッドおよびトルク曲線ともROSA-III再循環ポンプのデータを用いた。BWR/6解析では、NRCのサンプルインプット<sup>(7)</sup>で使用されているBWR/5のポンプ特性曲線を用いた。図3.11～図3.14にROSA-IIIおよびBWR/6解析で使用したポンプヘッドおよびトルクホモログス曲線を示す。

## (7) 水位計算モデル

BWR LOCAでは、燃料棒表面温度と時間変化は炉心内水位変化と密接な関係があるため、水位計算は重要である。水位計算は気水分離モデルを用いることにより行なわれる。本解析では、ROSA-III, BWR/6ともにジェットポンプを除く圧力容器内のすべてのボリュームに対して破断直後から気水分離モデルを適用した。尚、スタッキングオプションは用いなかった。表3.4に気水分離モデルに用いた気泡勾配係数および気泡離脱速度を示す。



## (8) 熱伝達モデル

熱伝達ロジックとしてMOD6の最適評価のロジックを使用した。膜沸騰相関式はGroenveld 5.9, 限界熱流束はGEの相関式を用いた。

## (9) CCFL計算モデルおよび炉心スプレイ熱伝達モデル

本モデルは炉心スプレイに伴う現象を解析するモデルであり、U4/J3コードがもつ大きな特徴である。

ROSA-III解析では図3.1において高出力チャンネル、平均出力チャンネルおよび炉心バイパス出口にCCFLモデルを適用した。すなわちフィルジャンクション26, 39, 27でLPCS水を模擬し、フィルジャンクション30でLPCI水を模擬した。また、通常CCFL計算モデルの制限上フィルジャンクション27, 30には炉心バイパスがECC水で満水になり上部プレナムにオーバーフローしないようにバルブが設けられるが、本解析では保守的にではなく最適条件で解析するためLPCS作動後炉心出口逆流抵抗を十分大きく(10%)し、バルブによるECCS流量の調整はおこなっていない。

ROSA-III解析におけるフィルジャンクション28, 29, 40, 41及びBWR/6解析におけるフィルジャンクション32, 33, 34, 35はCCFL計算のために設けた特殊なジャンクションであり、炉心に落下したスプレイ水のうち、燃料表面に形成される液膜から蒸発し上部プレナムに入る蒸気及び燃料棒に付着できず液滴となって落下する水を示している。

CCFL計算モデルに関して、Wallis型相関式

$$Jg^{*\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{4}} + k_1 J_1^{*\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{4}} = k_2$$

$$Jg^* = v_g \cdot \rho_g \frac{1}{2} \{ g \cdot D \cdot (\rho_l - \rho_g) \}^{-\frac{1}{2}}$$

$$J_1^* = v_1 \cdot \rho_l \frac{1}{2} \{ g \cdot D \cdot (\rho_l - \rho_g) \}^{-\frac{1}{2}}$$

ここで

$v_g, v_1$  = 蒸気および水の速度

$\rho_g, \rho_l$  = 蒸気および水の密度

$g$  = 動力加速度

$D$  = 等価直径

のパラメータ  $k_1, k_2$  は炉心出口に対して ( $k_1 = 1.0, k_2 = 0.46$ ) 炉心バイパス出口に対して ( $k_1 = 0.7, k_2 = 0.47$ ) を用いた。

炉心スプレイ熱伝達モデルに関して、バンドル内は1領域とし、スプレイ熱伝達係数  $H_{conv}$  は  $2.5 \text{ BTU/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$  を用い、top down quench に対する熱伝達係数  $H_{wet}$ , bottom uys quench に対する熱伝達係数  $H_{flood}$  はともに  $1000 \text{ BTU/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$  を用いた。

Table 3.1 Description of Volumes

Description	ROSA-III	BWR/6
Upper Plenum and Steam Separator	4*	1*
High Power Channel	22	-
Central Core	-	18
Average Power Channel	3	-
Peripheral Core	-	12
Core Inlet Region	2	20
Lower Plenum	1	11
Core Bypass	8	13
Guide Tube	7	19
Steam Dome	6	3
Upper Downcomer	5	2
Lower Downcomer	9	4
Intact Loop Jet Pump	17	14
"            Suction Line	16	-
Broken Loop Jet Pump	11	15
"            Suction Line	10	-
Intact Loop Recirculation Suction Line	18	8
"            Pump	19	9
"            Discharge Line	20	10
Broken Loop Recirculation Suction Line	13	5
"            Pump	14	6
"            Discharge Line	15	7
Break Volume in Broken Loop	12	16
Containment	21	17

\* Volume Number

Table 3.2 Description of Junctions

Description	ROSA-III	BWR/6
Core Inlet	1*	38*
High Power Channel Inlet	37	-
Central Core Inlet	-	26
Average Power Channel Inlet	2	-
Peripheral Core Inlet	-	14
High Power Channel Outlet	38	-
Central Core Outlet	-	27
Average Power Channel Outlet	3	-
Peripheral Core Outlet	-	15
Steam Separator Outlet	4	1
Core Bypass to Core Inlet Region	24	16
Core Bypass outlet	8	17
Guide Tube to Lower Plenum	6	39
Guide Tube to Core Bypass	7	40
Steam Dryer	5	2
Upper Downcomer to Lower Downcomer	9	3
Intact Loop Jet Pump Drive	23	13
"    Suction	18	12
"    Suction Line	17	-
"    Discharge	19	18
Broken Loop Jet Pump Drive	16	8
"    Suction	11	4
"    Suction Line	10	-
"    Discharge	12	19
Intact Recirculation Loop Inlet	20	9
Intact Loop Recirculation Pump Inlet	21	10
"    Outlet	22	11
Broken Recirculation Loop Inlet	13	5
Broken Loop Recirculation Pump Inlet	14	6
"    Outlet	15	7
QSV	34	20
Vessel Side Break	32	22
Pump Side Break	33	23
Main Steam Line	31,36	25
SRV	-	-
ADS	-	21
Feedwater Line	25,35	24
LPCS into High Power Channel	26	-
"    Central Core	-	28
"    Average Power Channel	39	-
"    Peripheral Channel	-	29
"    Core Bypass	27	30
LPCI	30	31
Core Spray Model (liquid Droplet)	40,28	32,34
Core Spray Model (Vapor)	41,29	33,35

\* Junction Number

Table 3.3 Description of Heat Slabs

Heat Slab Number		Description
BWR/6	ROSA-III	
1	13	High Power Channel (ROSA-III) (bottom)
2	14	or
3	15	Central Core (BWR/6)
4	16	
5	17	
6	18	
7	19	
8	6	Average Power Channel (ROSA-III) (bottom) (top)
9	7	or
10	8	Central Core (BWR/6)
11	9	
12	10	
13	11	
14	12	(top)
-	1	Steam Dome Wall
-	2	Upper Downcomer Wall
-	3	Lower Downcomer Wall
-	4	Lower Downcomer Wall
-	5	Lower Plenum Wall

Table 3.4 Bubble Rise Model used for Analysis

Volume	Bubble Gradient Parameter	Bubble Rise Velocity
Upper Plenum	0.0	Wilson Eq.
Core	0.0	Wilson Eq.
Core Bypass	0.0	Wilson Eq.
Lower Plenum	1.0	Wilson Eq.
Steam Dome	1.0	0.0
Upper Downcomer	0.6	Wilson Eq.
Lower Downcomer	0.8	3.0 (ft/s)

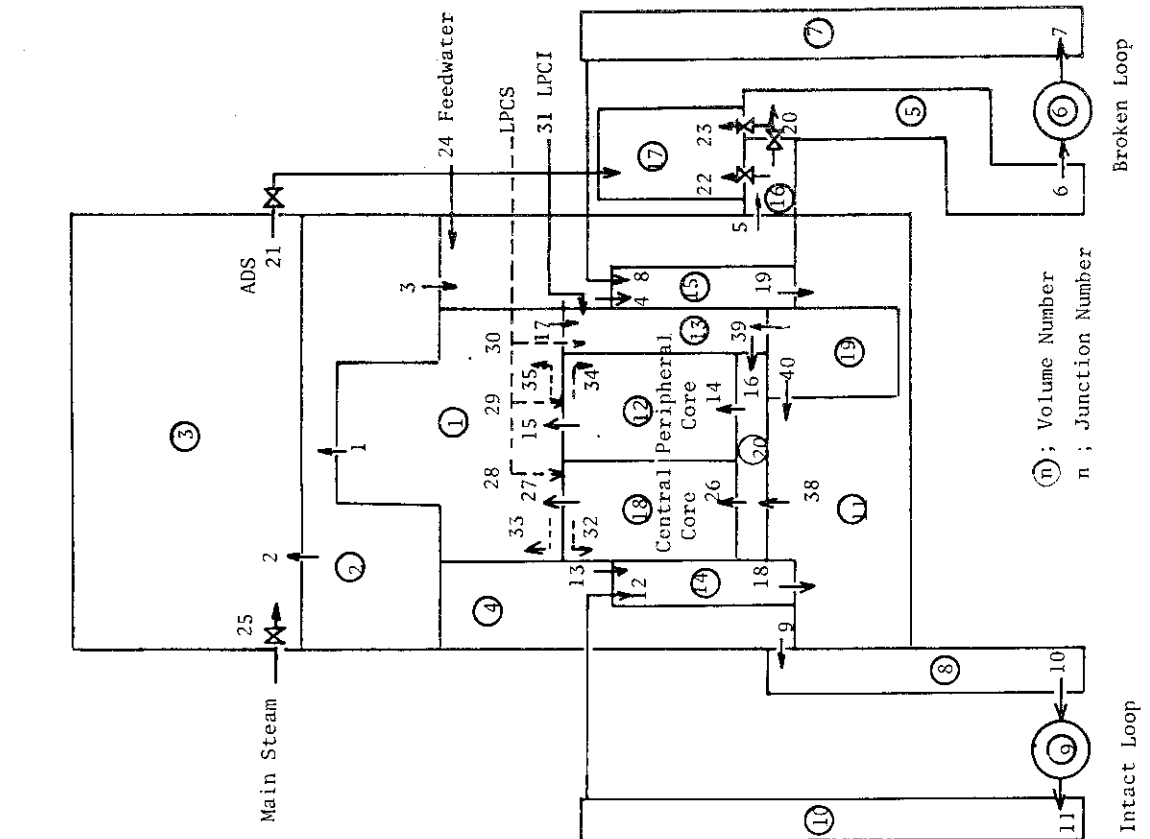


Fig. 3.1 Nodalization Diagram for ROSA-III Test Analysis

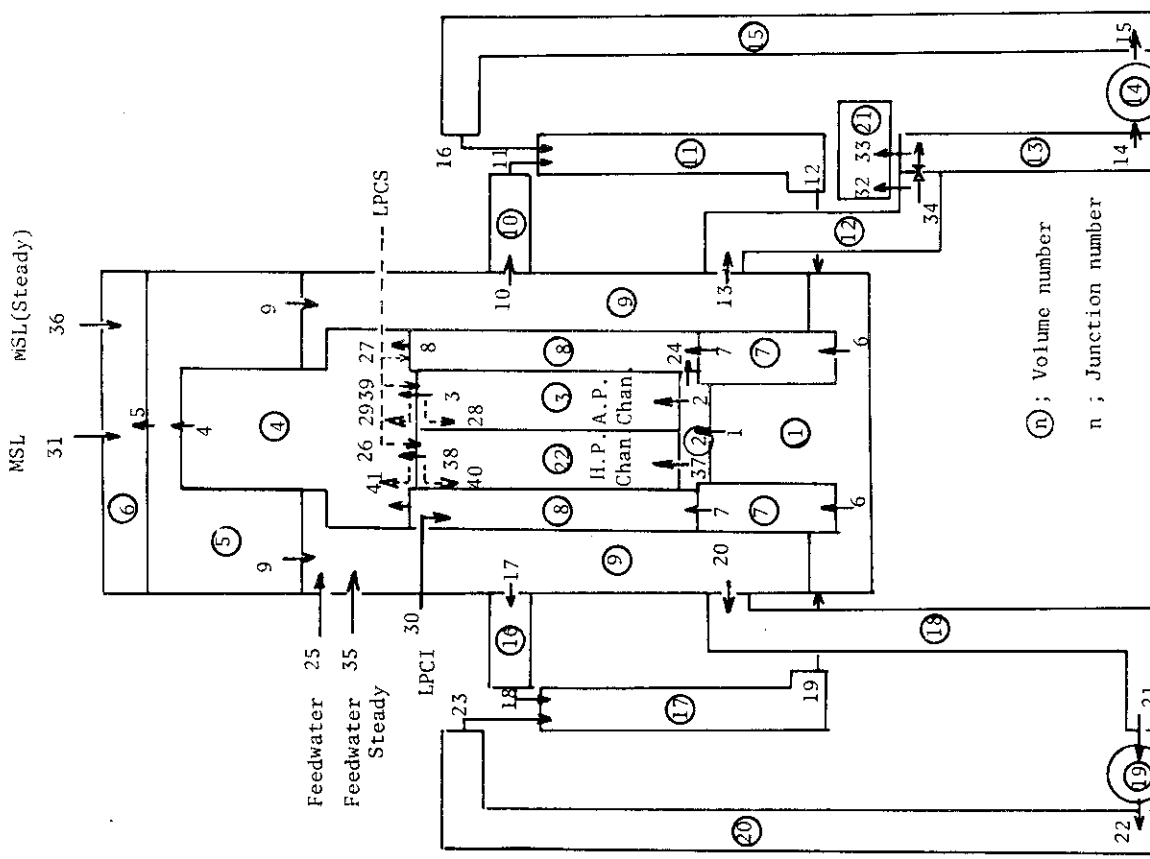
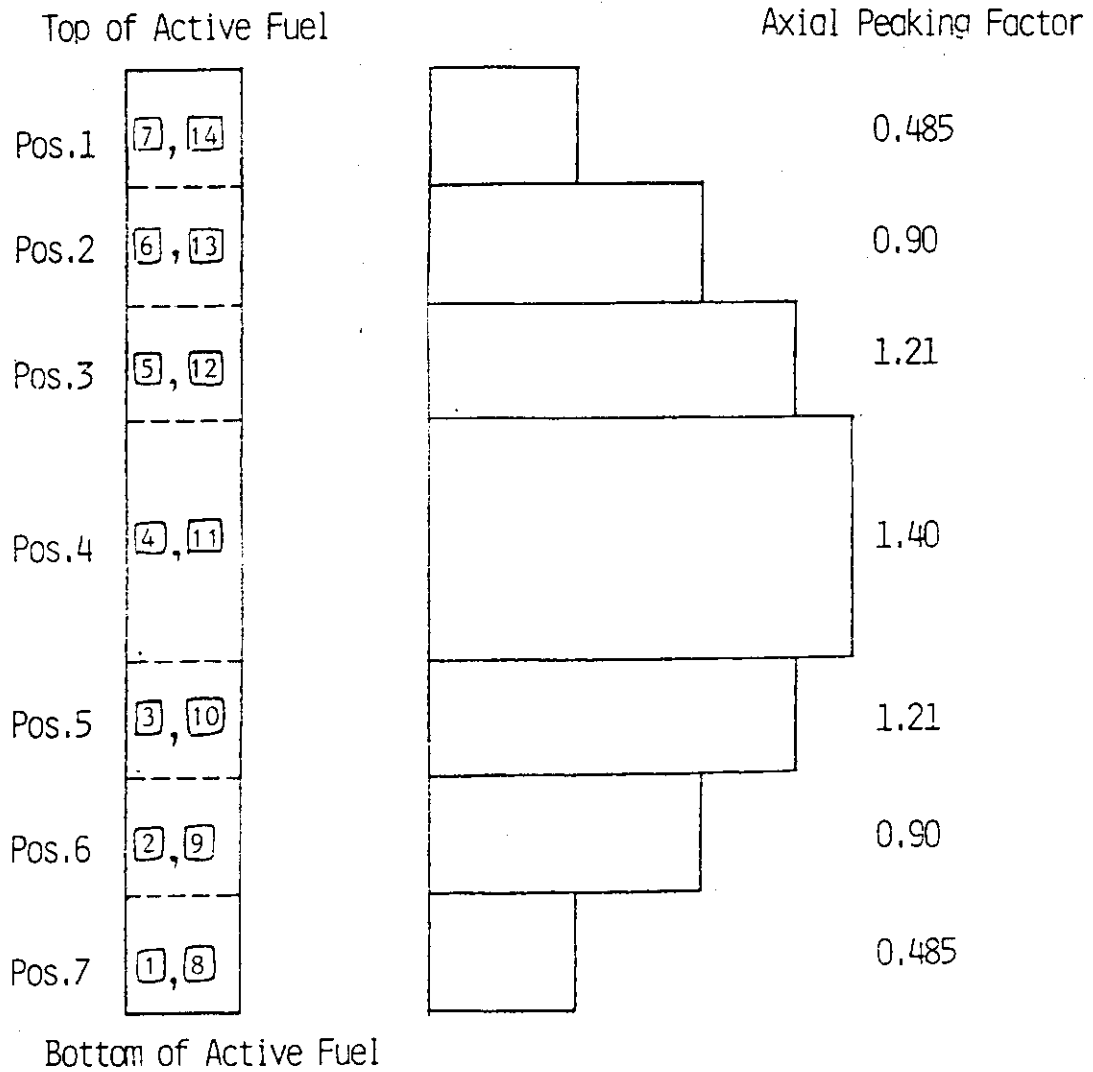


Fig. 3.2 BWR/6 Nodalization Diagram



Initial Average Linear Heat Rate

ROSA-III	{	Ave. Power Ch. : 17.4 kW/m	(* 44 %)
		High Power Ch. : 24.5 kW/m	
BWR/6	{	Central Core : 20.0 kW/m	
		Peripheral Core: 13.5 kW/m	

Fig. 3. 3 Axial Power Distribution

### ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ 1 R NO    ○ 2 R NO

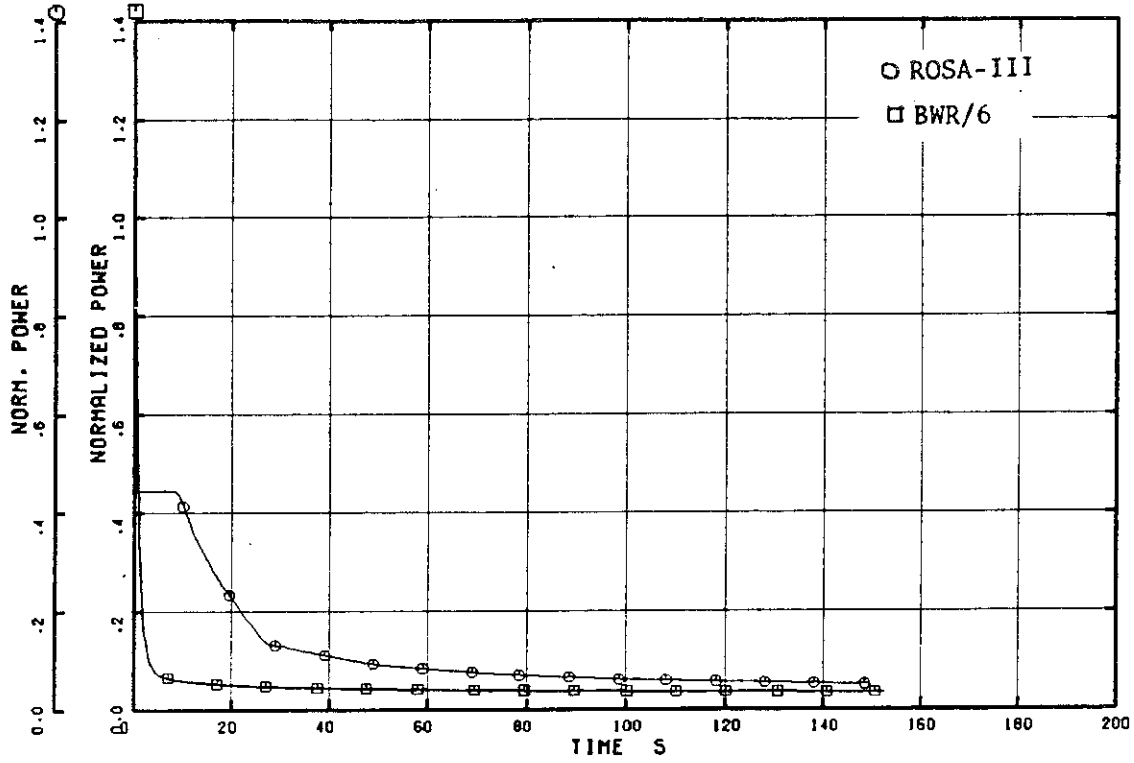


Fig.3.4 Power Curve



ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FV 76

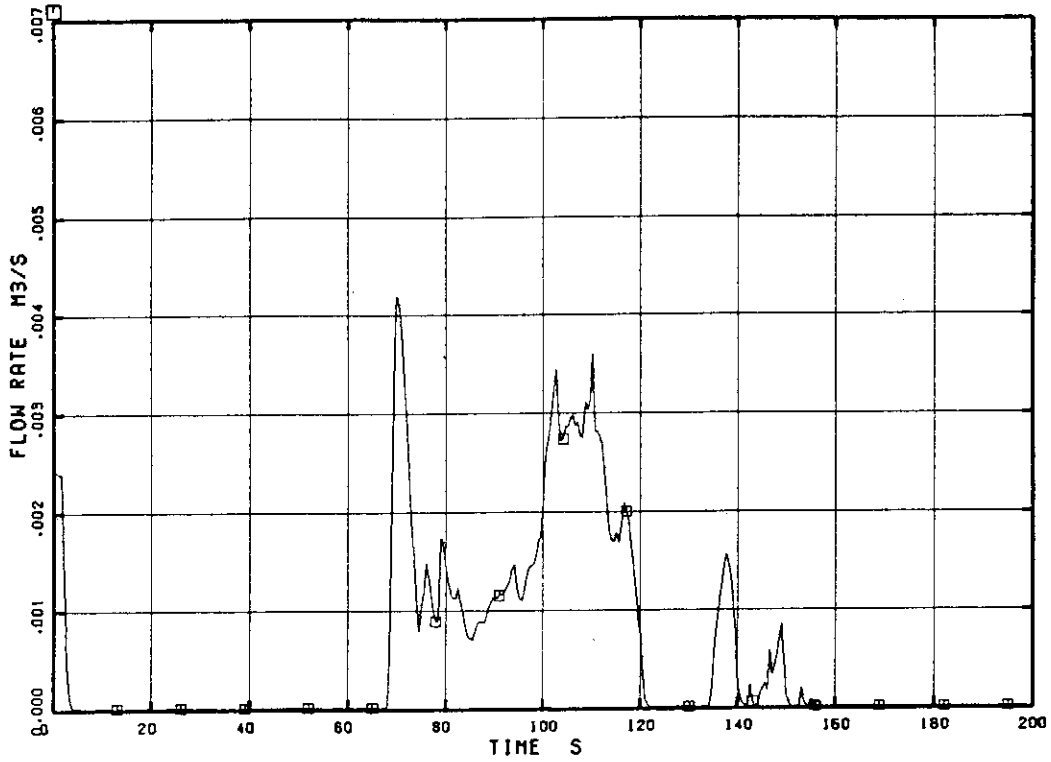


Fig. 3.5 Feedwater Flow Rate

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FM 71

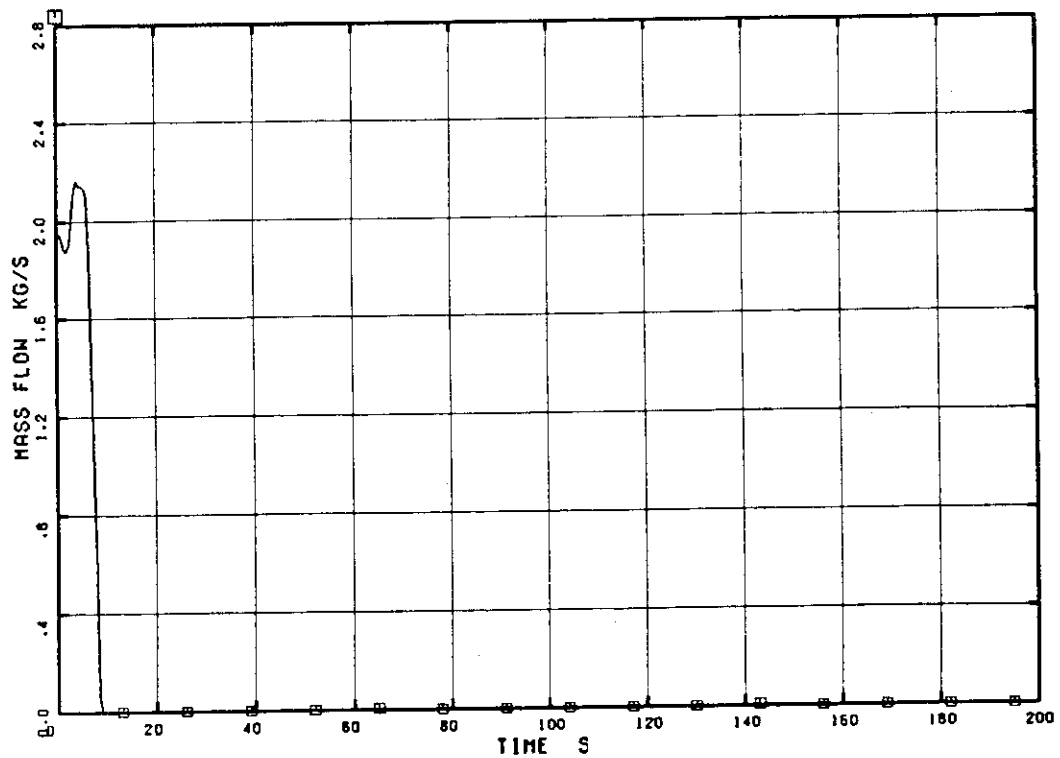


Fig. 3.6 Main Steam Flow Rate

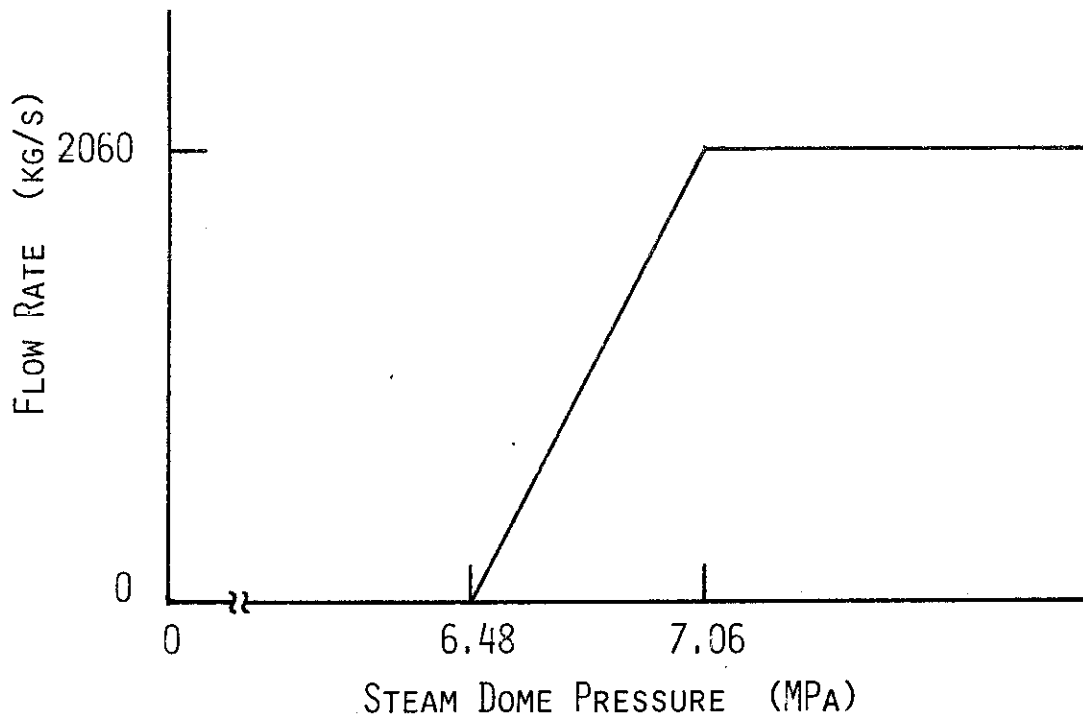


Fig. 3.7 Main Steam Flow Characteristics (BWR/6)

**ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3**

□ I FV 74 ○ I FV 75

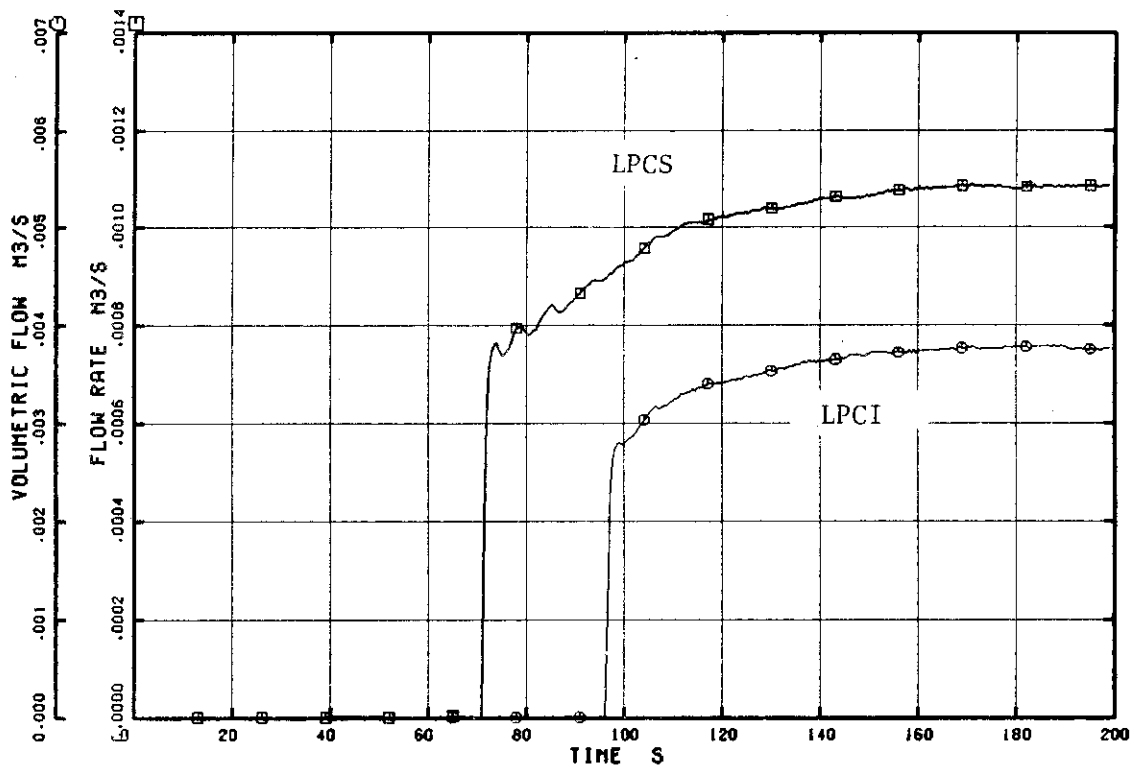


Fig. 3.8 LPCS and LPCI Flow Rate

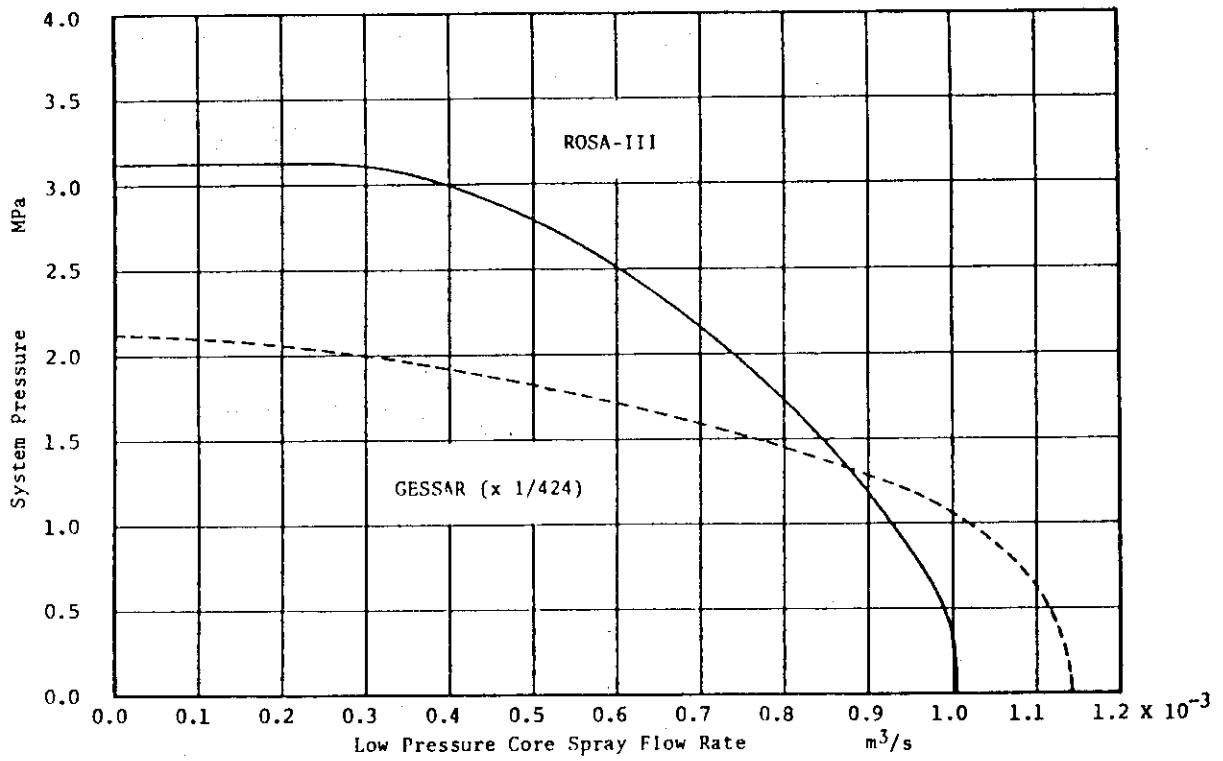


Fig. 3.9 LPCS Flow versus System Pressure

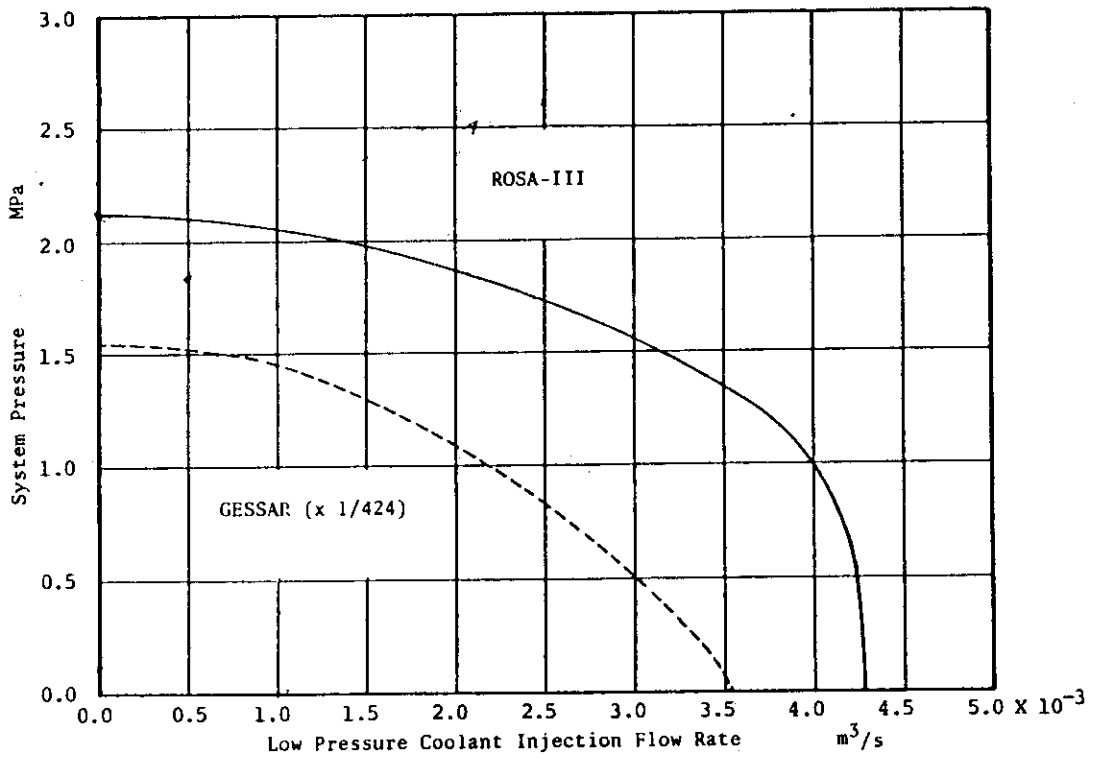


Fig. 3.10 LPCI Flow versus System Pressure

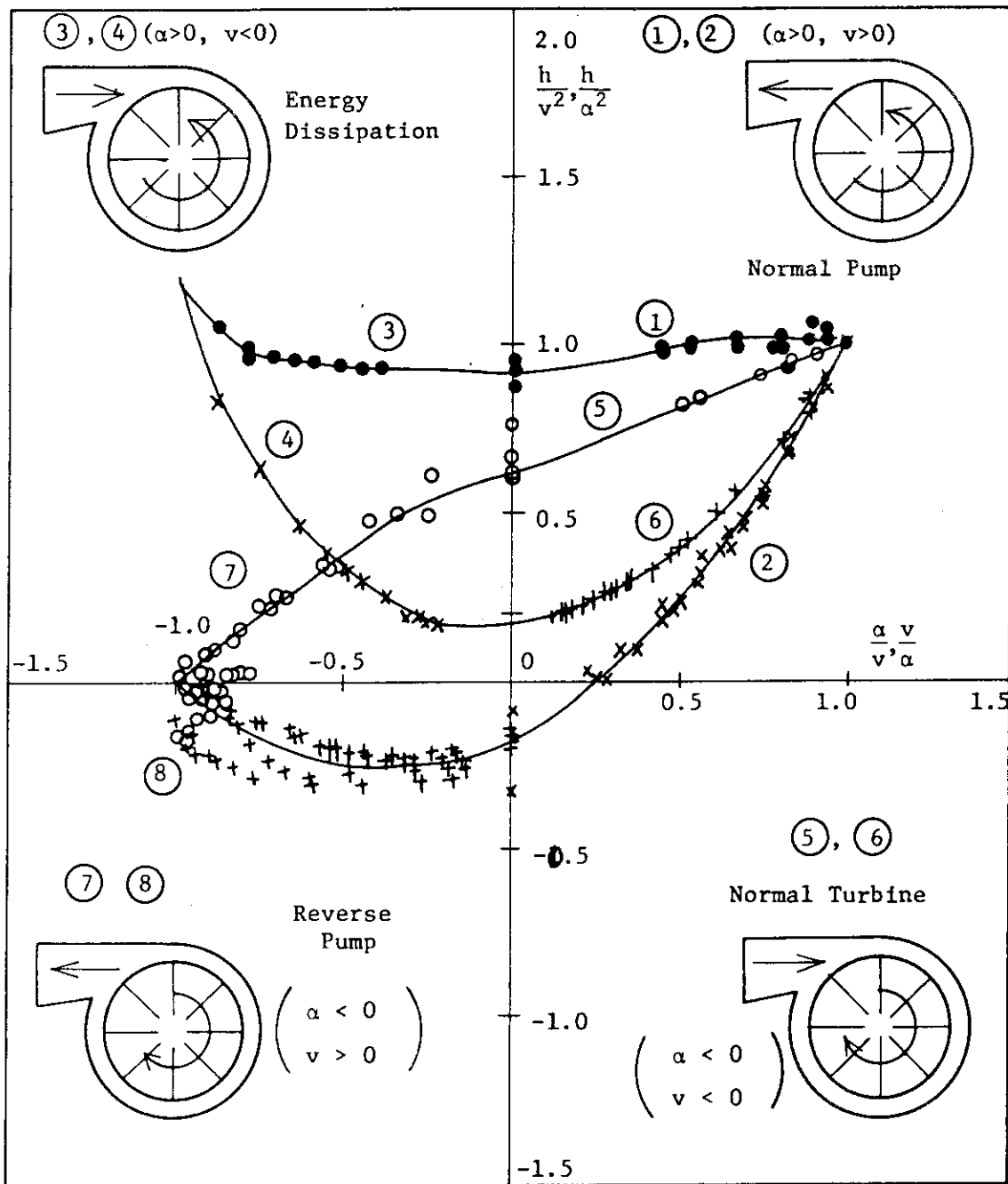


Fig. 3.11 Homologous Head Curve (ROSA-III)

$$\begin{aligned}
 Q_r &= 450 \text{ l/min}, & v &= Q/Q_r \\
 \omega_r &= 3600 \text{ rpm}, & \omega &= \omega/\omega_r \\
 H_r &= 262 \text{ m}, & h &= H/H_r
 \end{aligned}$$

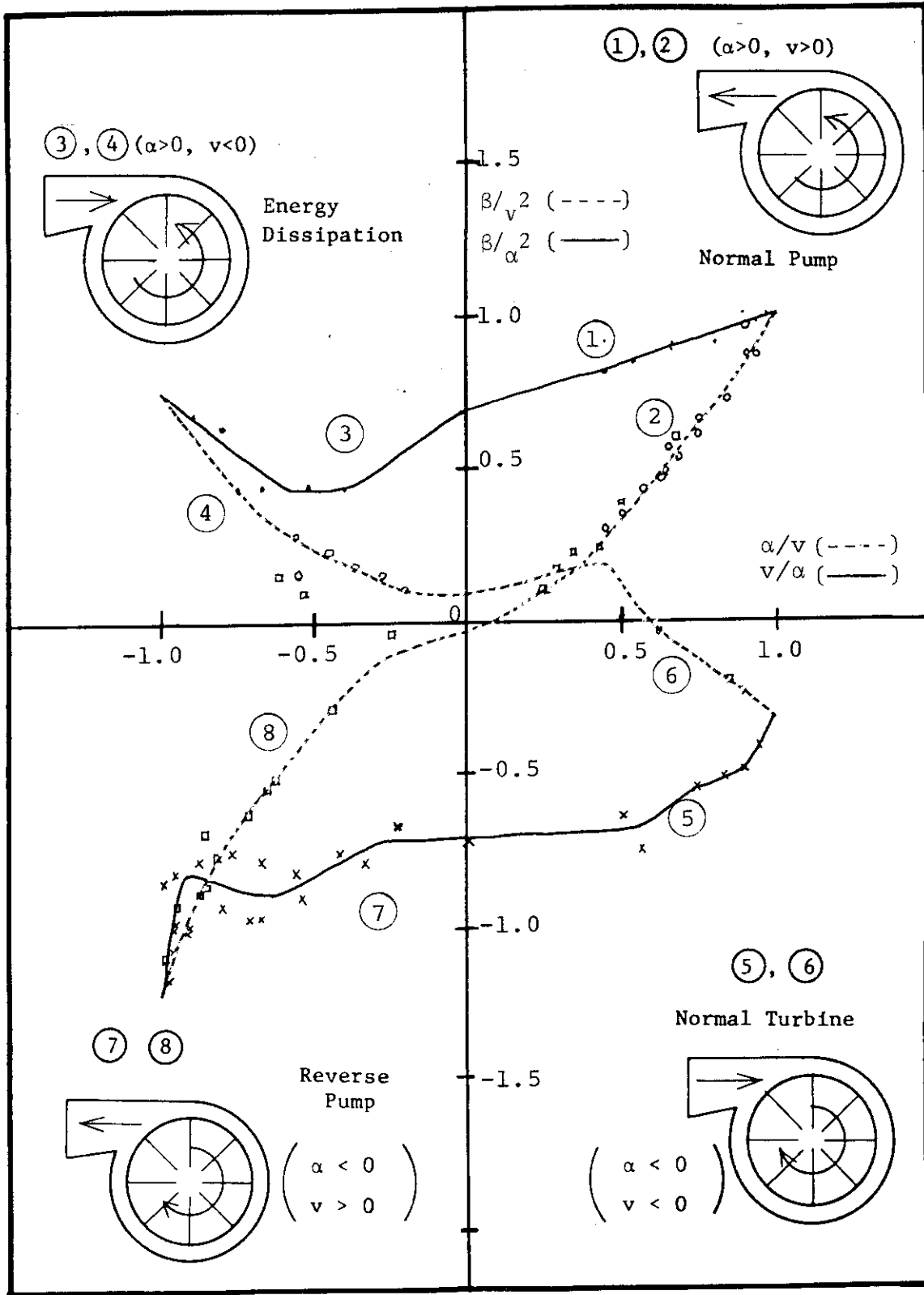


Fig. 3.12 Single-phase Homologous Torque Curve for the ROSA-III Recirculation Pump

$Q_r = 450 \text{ l/min}$  ,  $v = Q/Q_r$   
 $\omega_r = 3600 \text{ rpm}$  ,  $\alpha = \omega/\omega_r$   
 $T_r = 184 \text{ Nm}$  ,  $\beta = T/T_r$

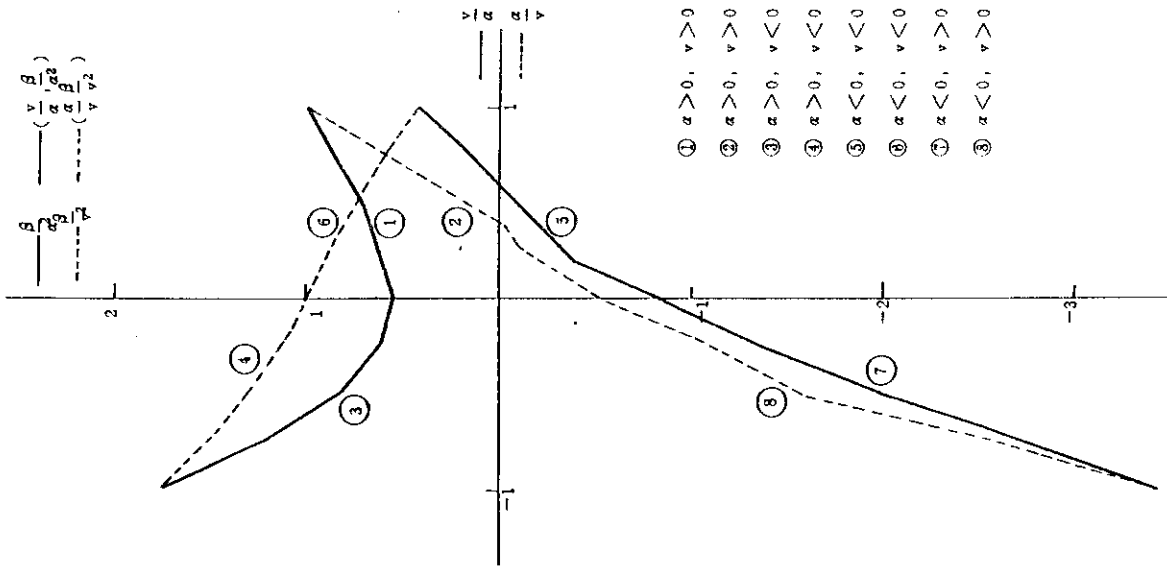


Fig. 3.13 Homologous Head Curve (BWR/6)

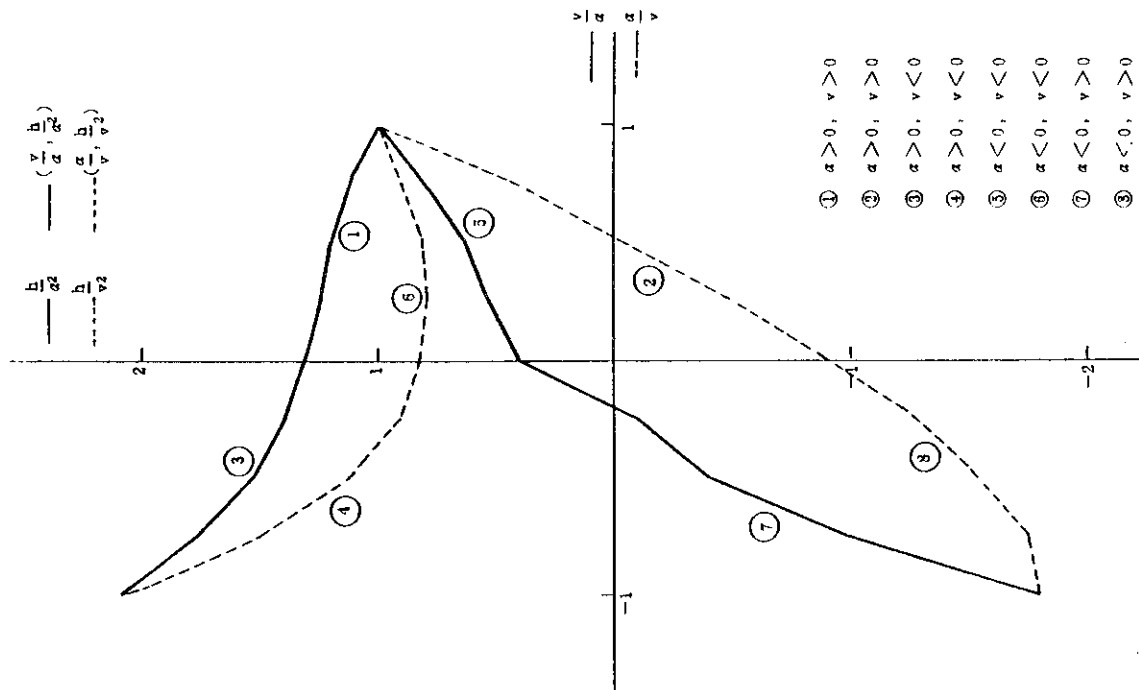


Fig. 3.14 Homologous Torque Curve (BWR/6)

## 4. ROSA-Ⅲ 実験RUN926の解析

本章では、U4/J3コードによるROSA-Ⅲ実験RUN926の解析結果について述べる。

### 4.1 ROSA-Ⅲ 解析結果の概要

#### 4.1.1 主要事象の生起時刻

表4.1に主要事象の生起時刻を比較する。ブローダウン期間中の各主要事象の生起時刻は実験と解析ではよく一致している。

#### 4.1.2 圧力挙動

図4.1に炉内圧力の代表的なものとして下部プレナム圧力変化を比較する。

破断後、破断口からの冷却材流出および主蒸気管からの蒸気流出により炉内圧力は低下する。その後、MSIV閉により主蒸気流量が減少するため炉内圧力は上昇するが、破断後13.5秒でダウンコマ水位が再循環系への出口ノズルの高さまで低下すると圧力容器側破断口から高クオリティ二相流が流出するので再び炉内圧力は急低下する。炉内圧力が下部プレナム温度に対する飽和圧力にまで低下すると下部プレナムフラッシングが開始する。下部プレナムフラッシングまでの炉内圧力変化は実験と解析で良く一致している。

実験では下部プレナムフラッシングにより蒸気発生量が、増加するため減圧は一時的に緩和になるが、解析ではこの効果は実験結果ほど顕著ではない。この原因の一つとして第6章で述べるように圧力容器内の熱構造物をモデル化していない事が考えられる。このため、解析では下部プレナムフラッシング以降の炉内圧力が実験より低くなっている。減圧にともない2.2MPaにおいて、実験では給水配管中の停留した水がフラッシングするので、炉内圧力の低下は一時的に緩和される。一方、解析では給水ラインをモデル化していないため、炉内圧力は単調に低下している。

しかしながら、全体として炉内圧力変化は実験と解析で定性的に良く一致している。

#### 4.1.3 破断流挙動

図4.2、図4.3に圧力容器側破断流量、ポンプ側破断流量変化の計算結果と実験結果を比較する。

圧力容器側破断流量は破断直後に最大値に達し、その後炉内圧力に対応して変化する。再循環系への出口ノズルが露出すると高クオリティの二相流となり、流量は急激に減少する。ポンプ側破断流量は破断直後から二相流となり、ジェットポンプノズルから破断ループへ流入する流れに従って減少する。

ポンプ側破断流量は解析の方が若干多いが、実験での破断流量の測定誤差などを考慮すると破断流モデルとしてHEM、放出係数が1.0を用いた事が妥当であることがわかる。

#### 4.1.4 流動挙動

図 4.4～図 4.6 に破断側ジェットポンプおよび図 4.7～図 4.9 に健全側ジェットポンプの駆動流量，吸込流量，吐出流量の時間変化を示す。

破断側ジェットポンプ駆動流量および吐出流量ともに破断後瞬時に逆流する。また，破断側吸込流量はダウンコマ水位がジェットポンプ吸込口高さまで低下すると急激に減少する。

健全側ジェットポンプ吸込流量は破断側と同様に，ジェットポンプ吸込口露出により急激に減少し逆流する。健全側ジェットポンプ駆動流量は再循環ポンプのコーストダウンに伴ない次第に減少し，ダウンコマ水位が低下して再循環系への出口ノズルが露出すると，健全側再循環ループが二相状態となるため振動しながら減少していく。また，健全側ジェットポンプ吐出流量は駆動流の減少にともない減少していく。

図 4.10, 4.11 に炉心入口流量の時間変化の計算結果を示す。炉心入口流量は破断後再循環ポンプのコーストダウンにより減少し，ジェットポンプ吸込口が露出すると急激に減少しほぼ零になる。その後，下部プレナムフラッシングにより一時的に上昇する。下部プレナムフラッシングにともなう炉心入口流量の回復は，平均出力チャンネルでは顕著であるが，高出力チャンネルではそれ程顕著ではない。

図 4.12 および図 4.13 に炉心出口流量の時間変化の計算結果を示す。高出力および平均出力チャンネルともに出口流量は正流のままである。

図 4.14 から図 4.17 にガイドチューブ入口，ガイドチューブ出口，炉心バイパス出口およびリークホール流量の時間変化の計算結果を示す。ガイドチューブ流量は破断後瞬時に逆流する。ガイドチューブ内流体のフラッシングにより破断後約 17 秒でガイドチューブ出口流量は一時的に増加するが，LPCI の作動により急激に逆流する。炉心バイパス出口流量も同様に LPCI の作動により炉心バイパス部へサブクール水が注入されると蒸気の凝縮により，上部プレナムから炉心バイパスへ一時的に二相流が流入するため逆流する。リークホール流量は破断後減少し逆流状態が維持され，LPCI 作動後バイパスでの凝縮減圧に伴い一時的に正流となるが，バイパス領域での蓄水にともない大きく逆流している。この炉心バイパスから炉心入口部への流れは，大きく炉心再冠水に寄与している。

図 4.18 から図 4.25 に U4/J3 コードの特徴である CCFL 計算モデルに関する LPCS 流量の時間変化の計算結果を示す。本解析においては，高出力および平均出力チャンネル出口，炉心バイパス出口に対して本モデルを適用している。高出力および平均出力チャンネル出口では上向き蒸気流が多いため，LPCS 水の落下は制限されている。一方，CCFL は炉心バイパス出口では顕著でなく，かなりの LPCS 水が炉心バイパスへ流入し，リークホールを通しての炉心再冠水に寄与している。CCFL のため各領域へ流入できなかった LPCS 水はシステムから除去されている。

図 4.26 に LPCI 流量変化を示す。LPCI 水はすべて炉心バイパス領域に注入されている。

図 4.27, 4.28 に破断側および健全側再循環ポンプ流量変化を示す。破断側ポンプ流量は瞬時に逆流する。健全側ポンプ流量は破断後コーストダウンし，ダウンコマ水位の低下にともない再循環系への出口配管が露出すると逆流する。



#### 4.1.5 水位挙動

図 4.29 にダウンカマ水位の時間変化を示す。ダウンカマ水位の時間変化は連続的であり、破断後 2.1 秒で L2 レベル、6.1 秒で L1 レベルに達し、さらに 8.7 秒でジェットポンプ吸込部、13.5 秒で再循環ポンプ入口配管まで低下する。実験と解析でダウンカマ水位の時間変化は良く一致している。これは破断流量変化を精度良く解析できているからである。

図 4.30 から図 4.35 に上部プレナム、高出力および平均出力チャンネル、下部プレナム、炉心バイパスおよびガイドチューブ内の水位変化を示す。上部プレナム水位変化は解析と実験で異なる。すなわち、実験では破断後約 50 秒で上部プレナムの水位が零になるが、解析では LRCI 作動時刻まで水位が形成されている。スリップモデルを含めた水位計算モデルに若干の検討の余地がある。LPCI 作動後炉心バイパス内の蒸気凝縮による圧力低下のため、上部プレナム内の蓄積水が炉心バイパスへ流入するので、上部プレナム水位は急激に低下する。炉心内水位は高出力チャンネルおよび平均出力チャンネルともに下部プレナムフラッシング以前に炉心上部で水位低下、下部プレナムフラッシングによる水位回復が生じ実験と良く一致している。下部プレナムフラッシング以降の水位低下は平均出力チャンネルの方が早く、この傾向は定性的に実験と一致する。しかしながら、高出力チャンネルと平均出力チャンネルの水位低下の差は解析の方が顕著である。この点に関しては、第 6 章に感度解析を行なった結果を示す。高出力チャンネルは破断後 60 秒で水位が零となる。破断後 71 秒で LPCS 水が注入されるとスプレイ水の落下により炉心水位はやや回復する。さらに、破断後 96 秒で LPCI が作動すると炉心バイパスが急激に満水状態となりリークホールを通して、高出力および平均出力チャンネルともに炉心下部から再冠水していく。破断後約 110 秒で高出力および平均出力チャンネルはともに再冠水する。この時刻は実験と良く一致している。しかしながら、実験では高出力チャンネルの方が平均出力チャンネルよりも若干早く再冠水するが、解析ではこの差は見られなかった。

炉心バイパス水位は二相状態になった後、次第に低下していくが LPCS 作動により回復し、さらに LPCI 作動により急激に冠水する。下部プレナム水位はフラッシング後低下し炉心が再冠水した後も水位は残っている。この傾向は破断後、約 140 秒まで実験と良く一致している。しかし、それ以降は下部プレナム水位は、実験と異なり回復がみられない。これは、均質二相流モデルに基づく RELAP4 コードでは、炉心入口部での CCFL が十分に計算できないからである。ガイドチューブ水位は LPCI 作動により炉心バイパスが満水になった後、次第に回復し破断後約 115 秒で完全に満水になる。

シュラウド内外の水位変化はブローダウンから再冠水まで解析と実験で定性的に良く一致している。しかしながら、上部プレナムの水位変化および高出力チャンネルと平均出力チャンネルの水位の差に関して、解析と実験で異なっており今後の検討が必要である。

#### 4.1.6 ヒータ表面温度

図 4.36 から図 4.49 に高出力チャンネルおよび平均出力チャンネルにおける、表面の温度変化をの計算結果を実験結果と比較して示す。

実験では破断直後に炉心入口流量減少、炉心内水位低下によって沸騰遷移がおこり、ヒータ

表面温度は大きく上昇し、下部プレナムフラッシングによりリウエットする。しかし、解析では炉心上部におけるリウエット前の温度上昇は、それほど顕著ではない。また、実験ではその後の炉心内水位低下に対応して温度は上昇する。一方解析の高出力チャンネルにおける温度上昇は Pos.1 を除いて水位低下によらず、沸騰遷移により起っている。ヒータ表面温度上昇開始時刻は高出力および平均出力チャンネルともに実験に比べて計算値はやや早い。解析されたヒータ表面 クエンチは高出力チャンネル Pos.1 においてスプレ水流入による top-down クエンチがみられる他はすべて炉心下部からの水位上昇による bottom-up クエンチによっている。被覆管最高温度の計算値は 873 K であり、実験値の 785 K と比較して 88 K 計算値の方が高くなっている。

図 4.50 から図 4.55 に高出力チャンネルおよび平均出力チャンネルのヒータ表面での熱伝達係数の時間変化を示す。高出力チャンネルではすべて破断後約 10 秒以降、熱伝達モードが核沸騰から遷移沸騰および膜沸騰になり沸騰遷移が生じている。一方、平均出力チャンネルでは炉心内水位の低下に伴ない核沸騰から膜沸騰へ移行し沸騰遷移が生じている。

## 4.2 ま と め

U4/J3 コードによる ROSA-III 実験解析により以下の事がわかった。

- (a) 給水ラインを模擬していないので給水ラインのフラッシングによる、圧力低下の緩和が計算できなかった。しかし、全体として炉内圧力変化は解析と実験で定性的によく一致した。
- (b) ダウンカマの水位低下および破断流量の比較から、破断流モデルとして HEM、放出係数 1.0 が妥当であることが明らかとなった。
- (c) 炉心入口流量を含めた圧力容器内の流動挙動を定性的によく解析できた。
- (d) ダウンカマ水位および炉心内水位変化は解析と実験で定性的に一致したが、上部プレナムおよび ECCS 作動後の下部プレナム水位変化は、十分な結果が得られなかった。
- (e) ヒータ表面温度変化は U4/J3 コードがもつ CCFL モデル及びスプレイ熱伝達モデルにより、実験と同様なトップダウンクエンチが計算できた。しかしながら沸騰遷移時刻など解析と実験での一致は不十分である。高出力チャンネルでは、水位より上に燃料表面が露出する前に、沸騰遷移を起しており限界熱流束の検討が必要である。

Table 4.1 Comparison of Sequence of Events (ROSA-III,U4/J3 for ROSA-III)

	Exp.	ROSA-III Analysis
L2 Level	2.8 s	2.1 s
MSIV closure	6 s ~ 9 s	Exp.
L1 Level	8 s	6.1 s
Uncovery of Jet Pump Suction	9.7 s	8.7 s
Uncovery of Recirculation Line	13 s	13.5 s
Lower Plenum Flashing	17 s	17.5 s
Uncovery of Jet Pump Outlet	71 s	56 s
Fweed Water Flashing	68 s	-
LPCS	71 s (2.1MPa)	Exp. (1.8MPa)
LPCI	96 s (1.5MPa)	Exp. (1.0MPa)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

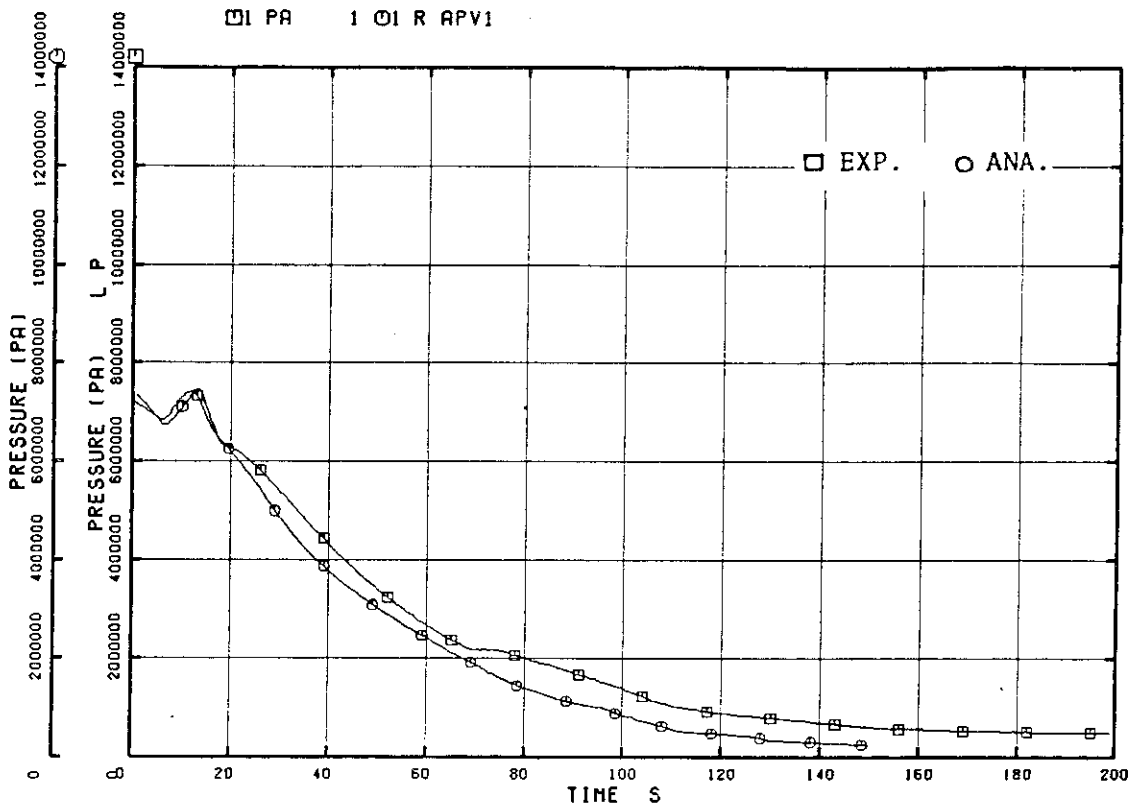


Fig. 4. 1 Lower Plenum Pressure

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

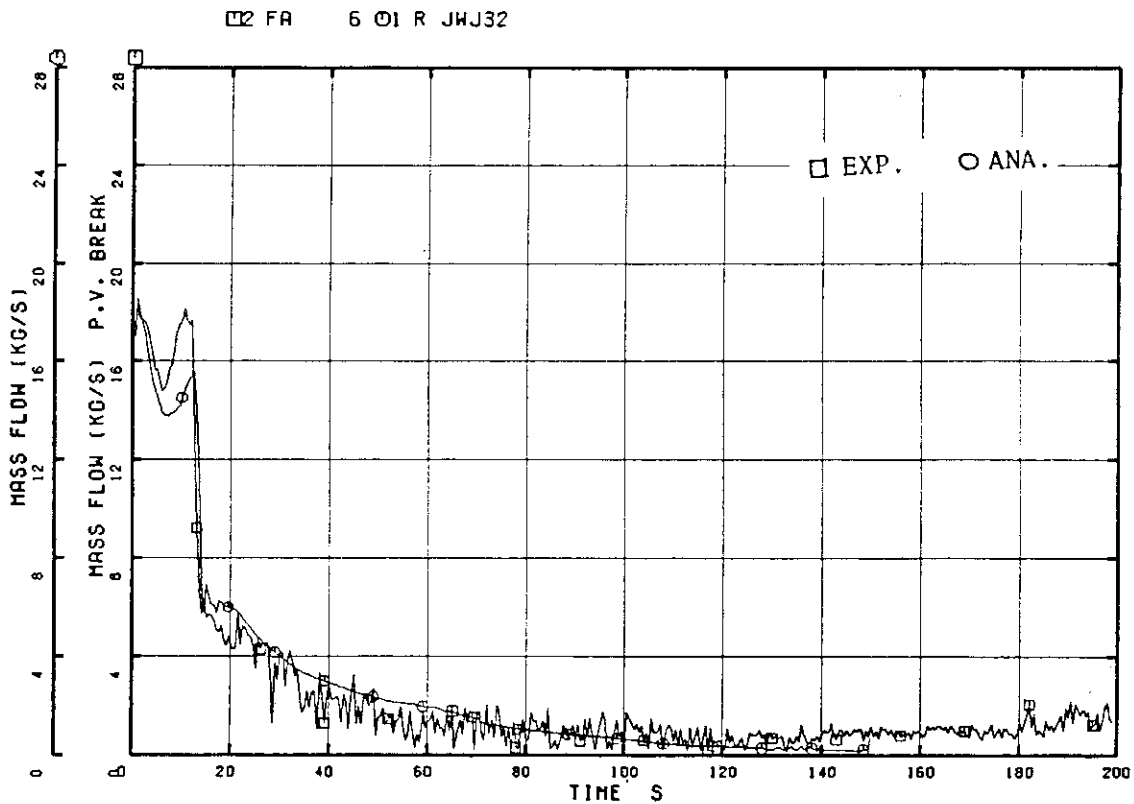


Fig. 4. 2 Vessel Side Break Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FA 15 OI R JWJ33

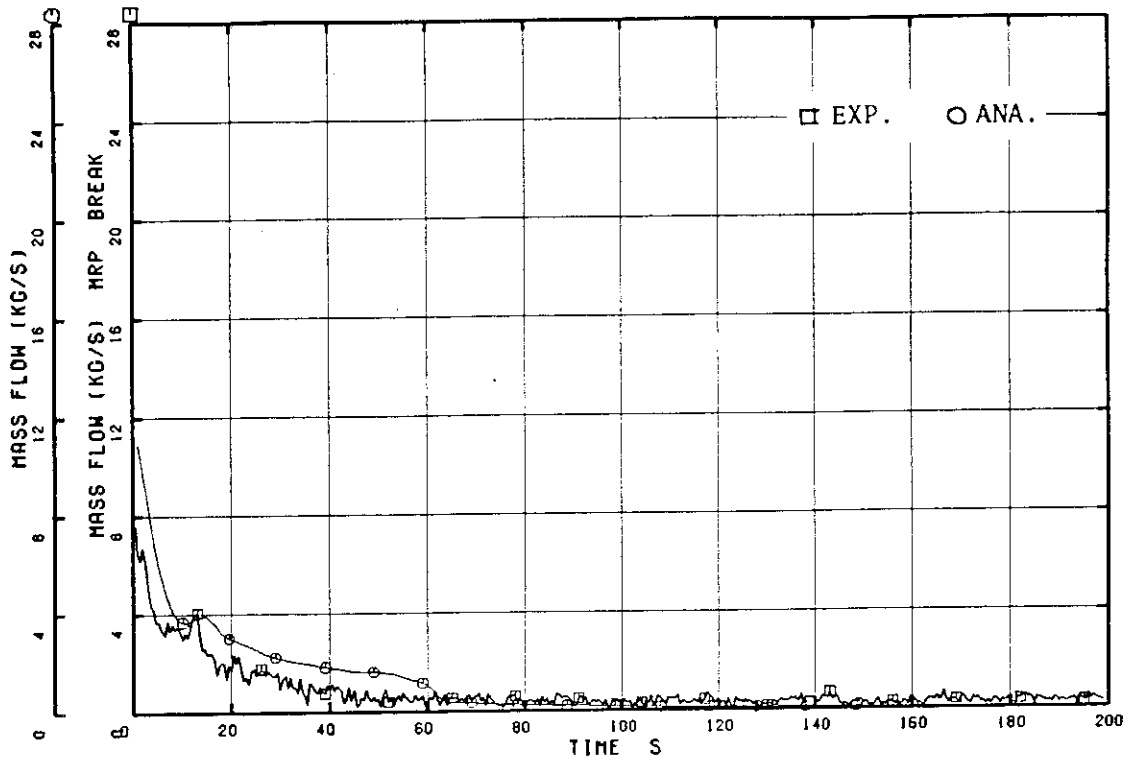


Fig. 4. 3 Pump Side Break Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ16

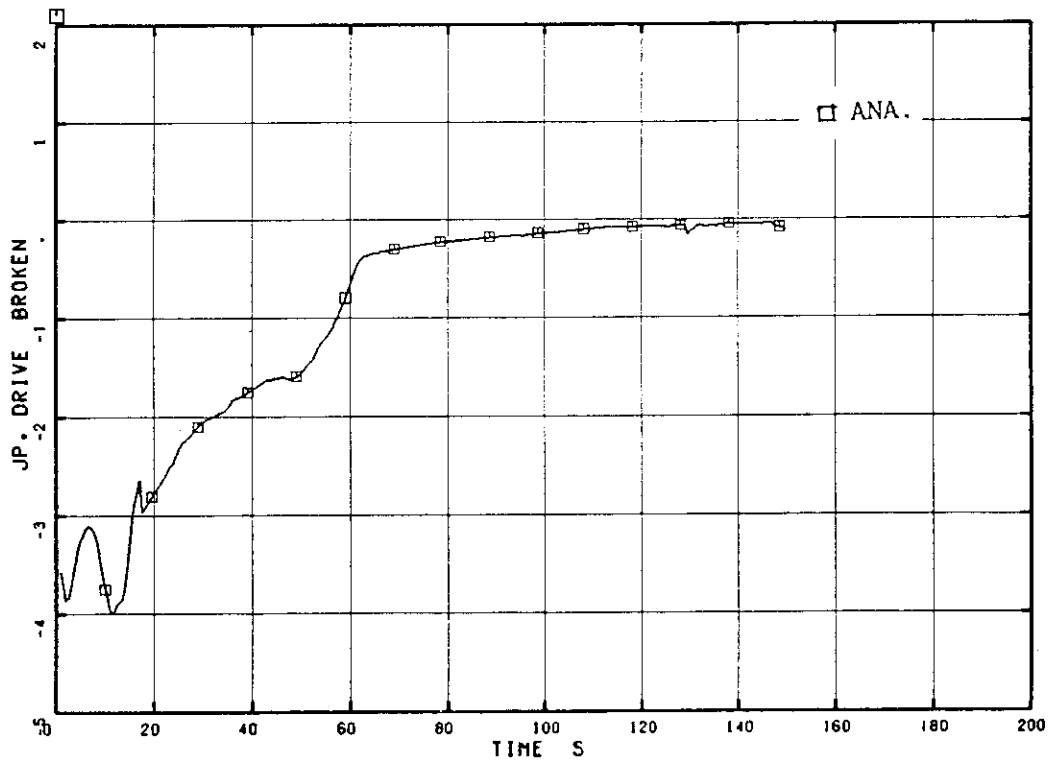


Fig. 4. 4 Broken Loop Jet Pump Drive Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ11

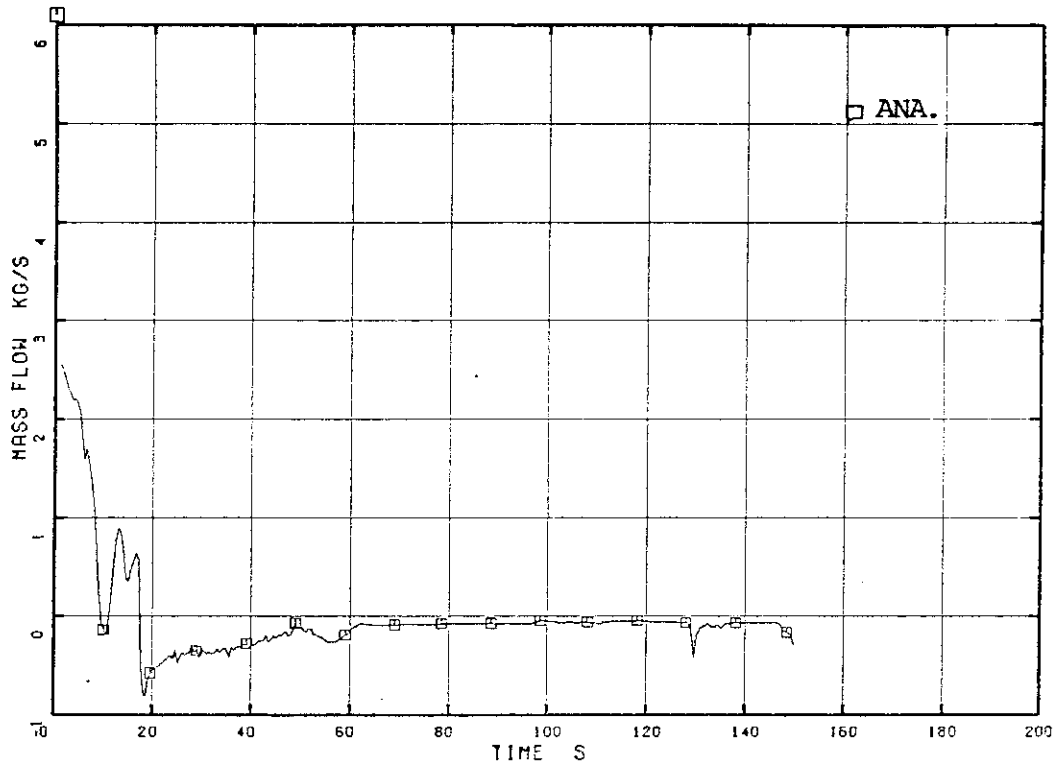


Fig. 4. 5 Broken Loop Jet Pump Suction Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ I R JWJ12

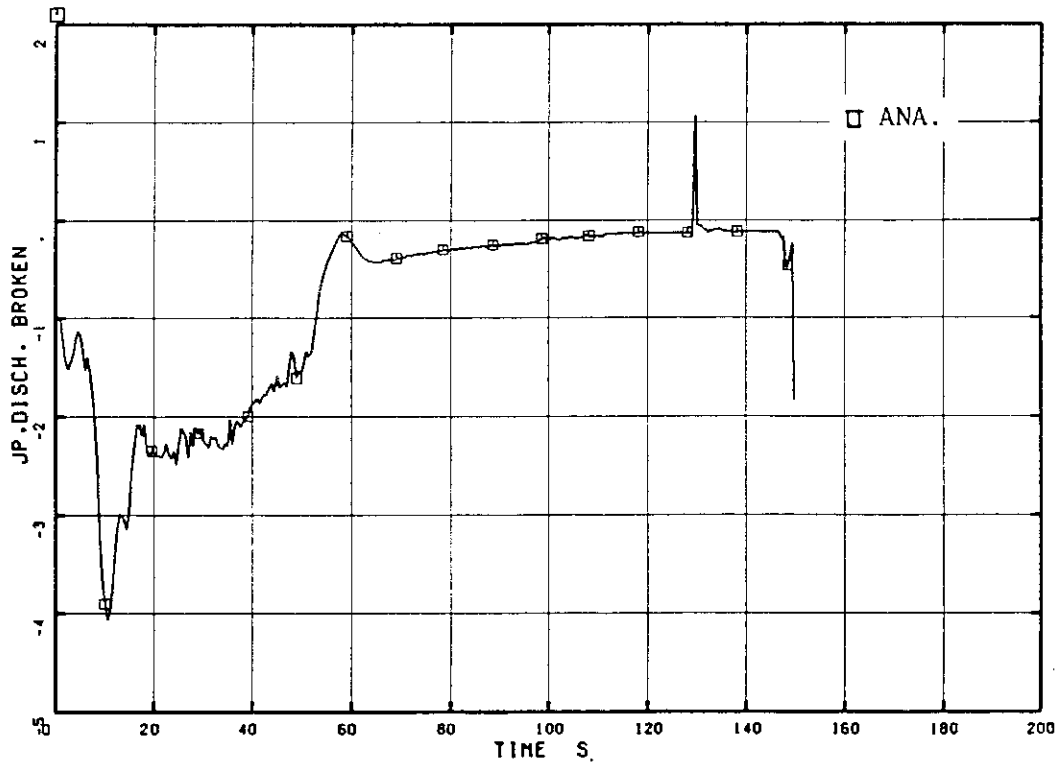


Fig. 4. 6 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ23

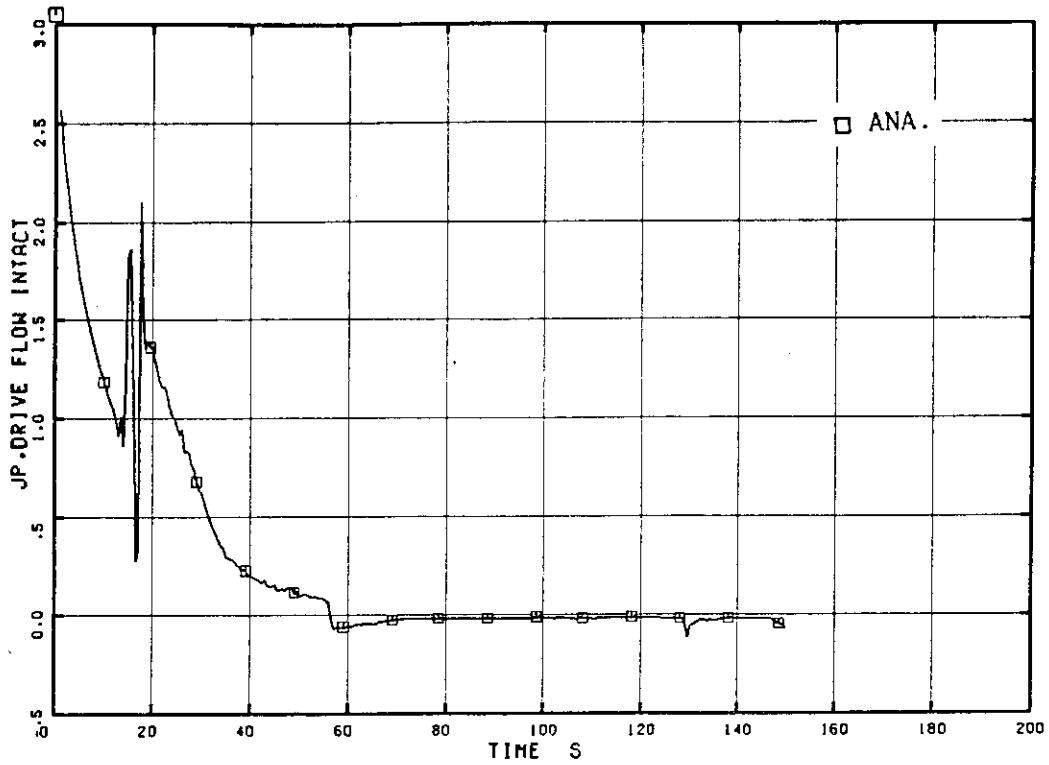


Fig. 4. 7 Intact Loop Jet Pump Drive Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ18

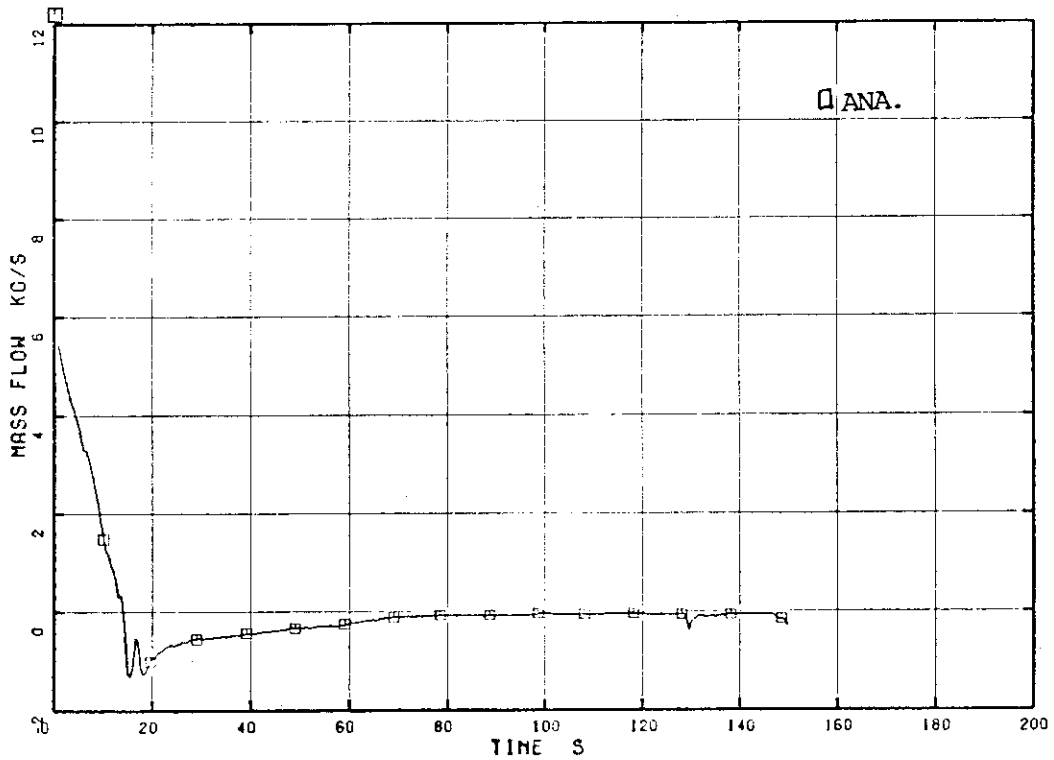


Fig. 4. 8 Intact Loop Jet Pump Suction Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ19

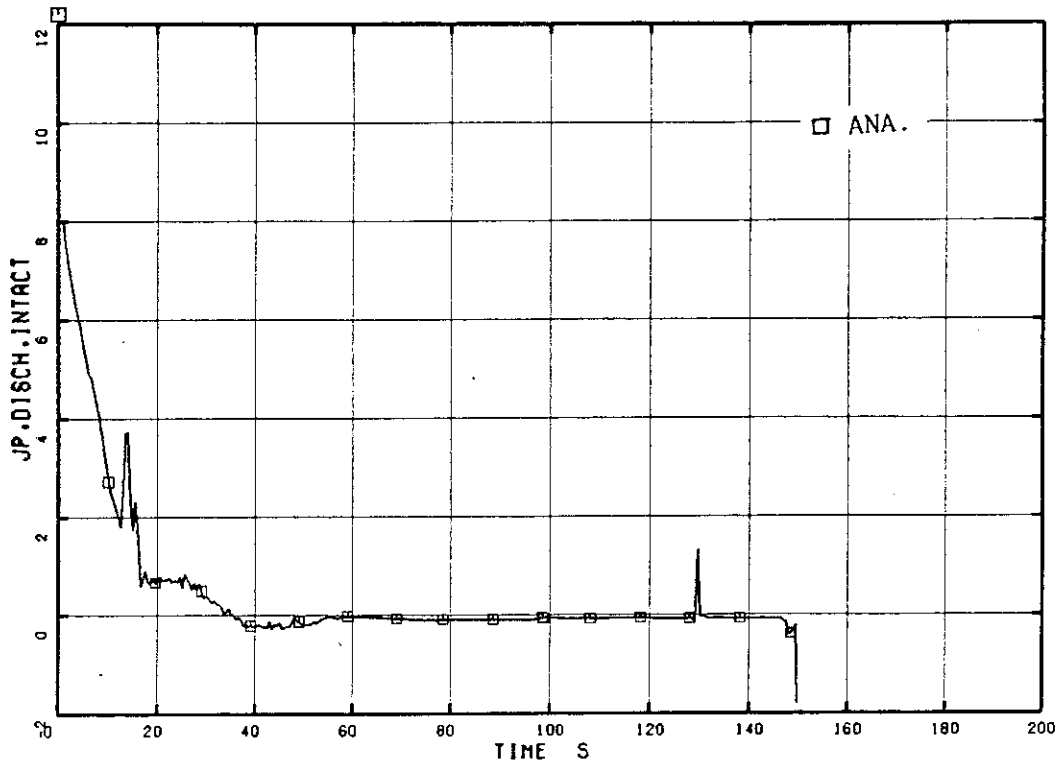


Fig. 4.9 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ37

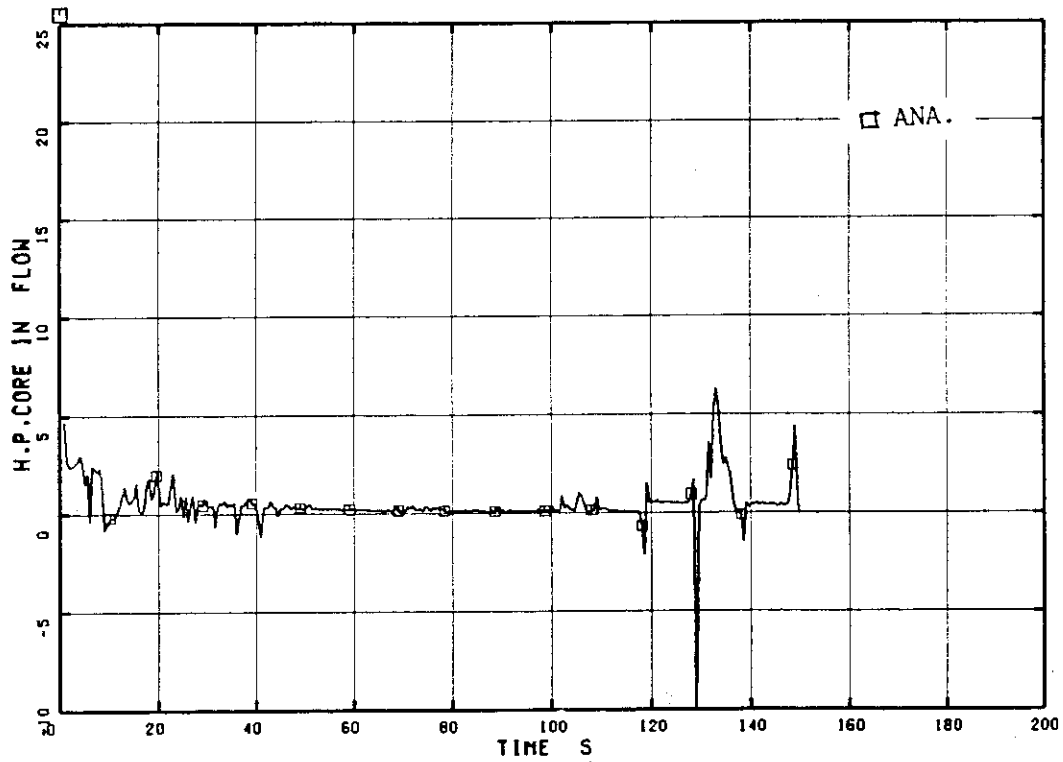


Fig. 4.10 High Power Channel Inlet Flow



ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

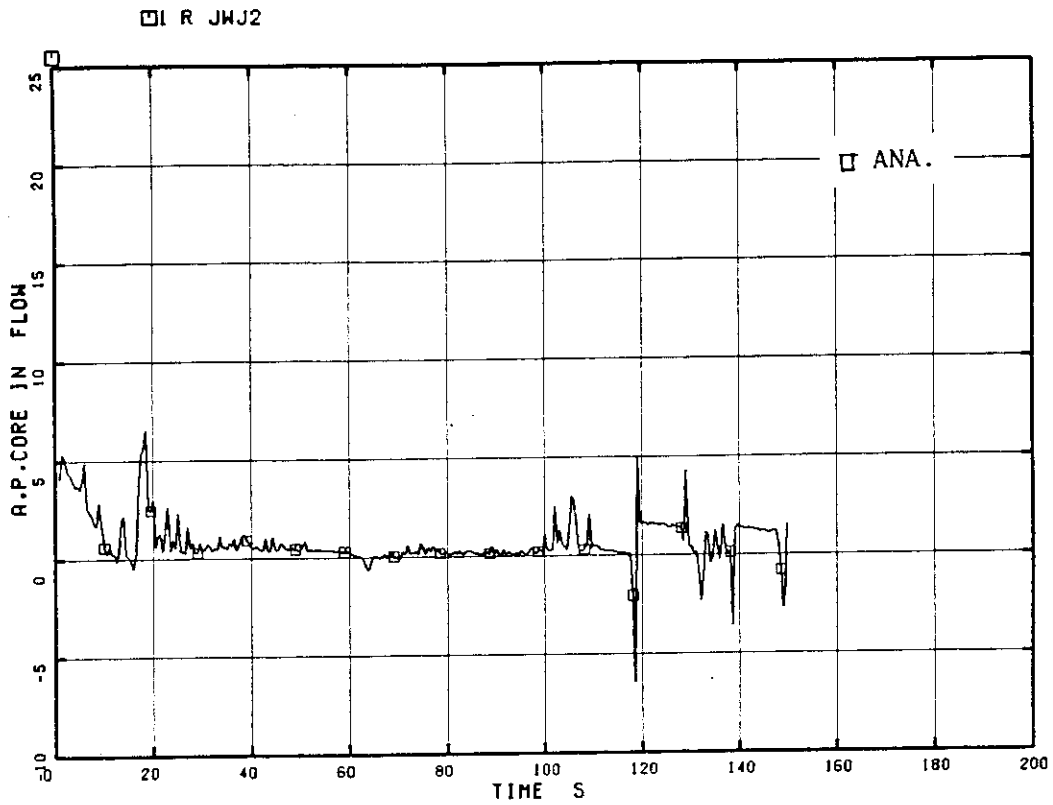


Fig. 4.11 Average Power Channel Inlet Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

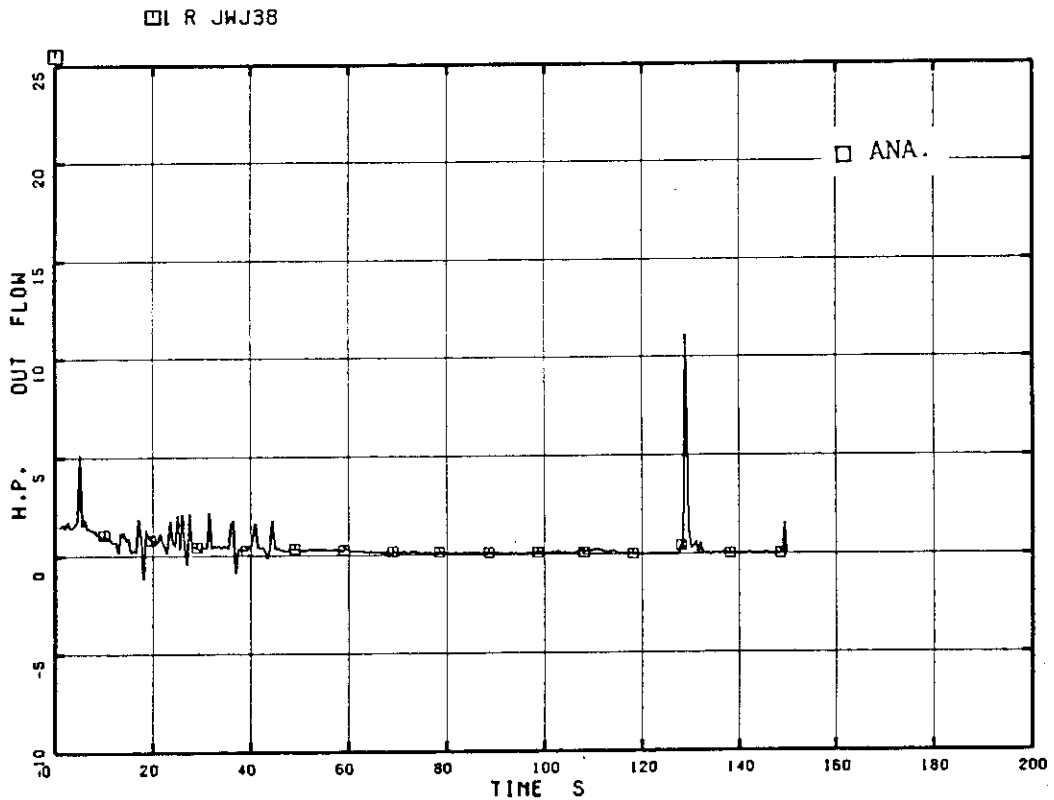


Fig. 4.12 High Power Channel Outlet Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ3

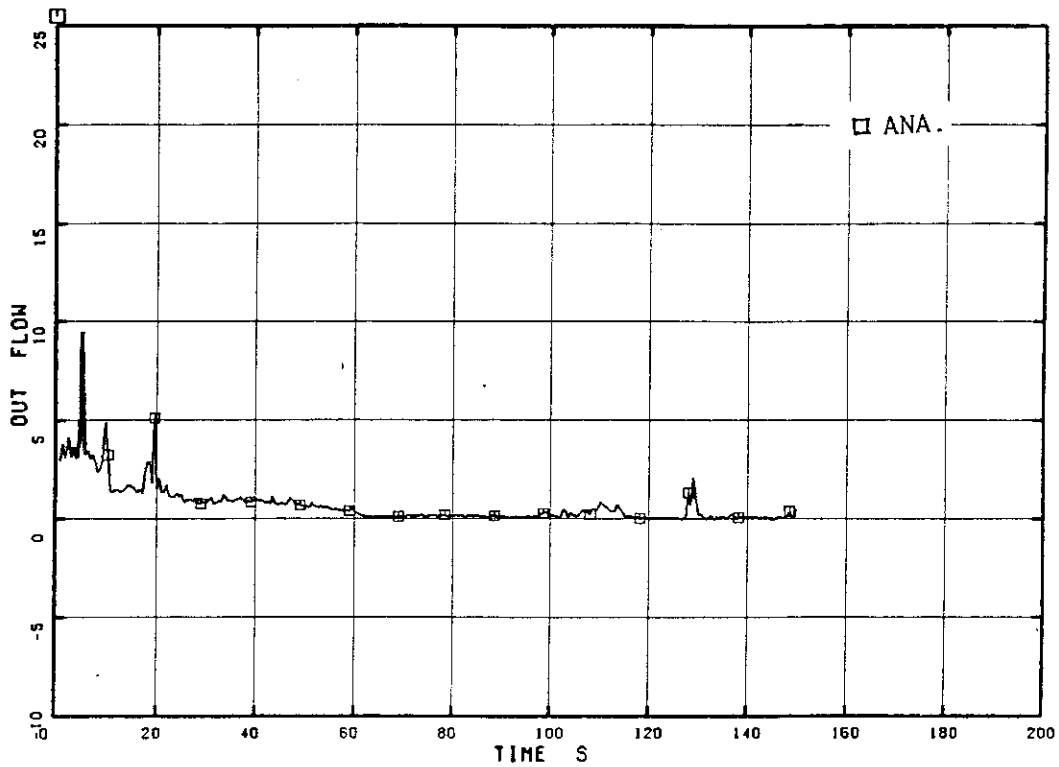


Fig. 4.13 Average Power Channel Outlet Flow  
ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ6

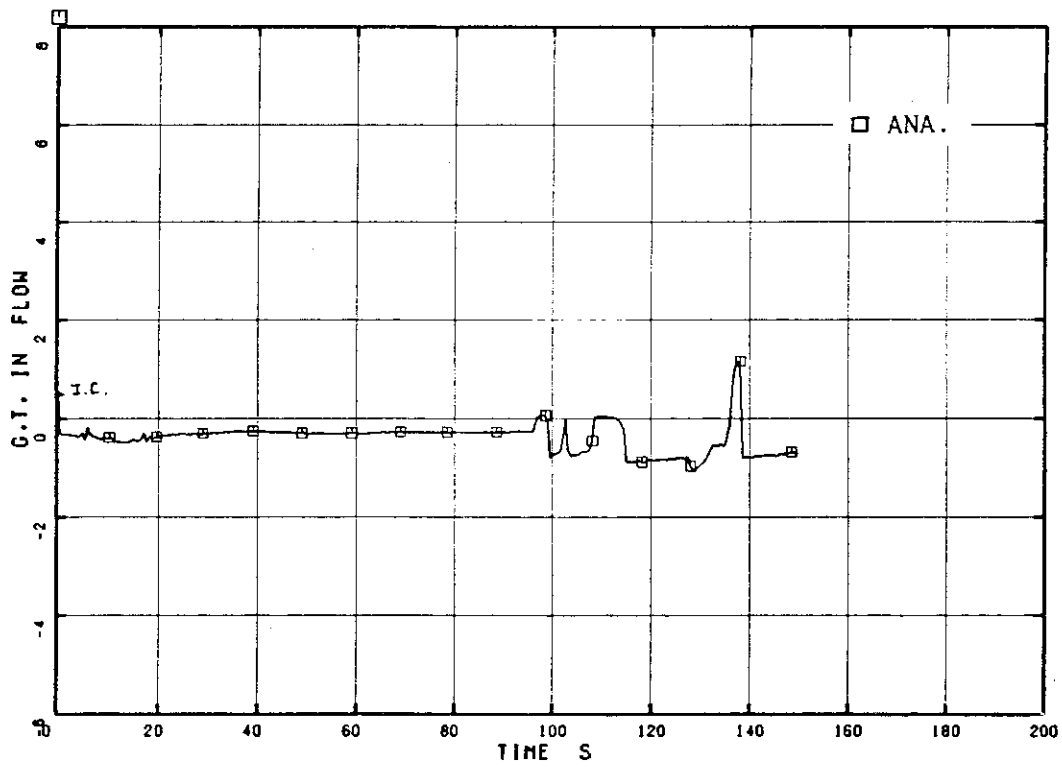


Fig. 4.14 Guide Tube Inlet Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

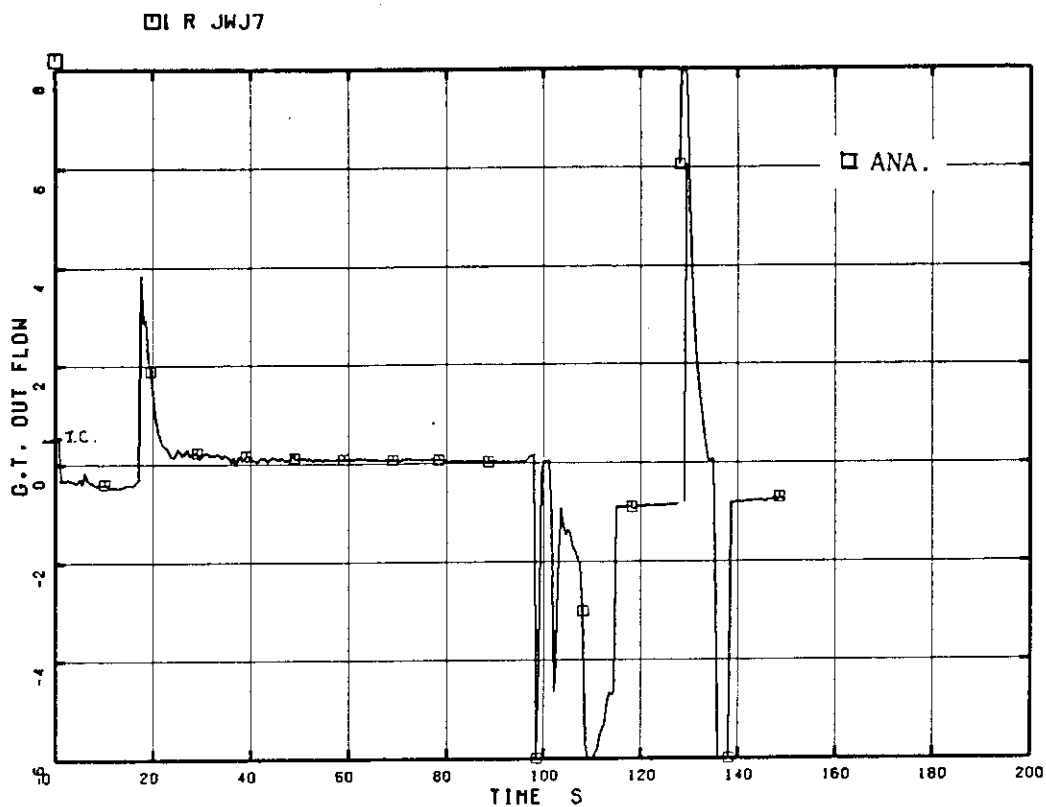


Fig. 4.15 Guide Tube Outlet Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

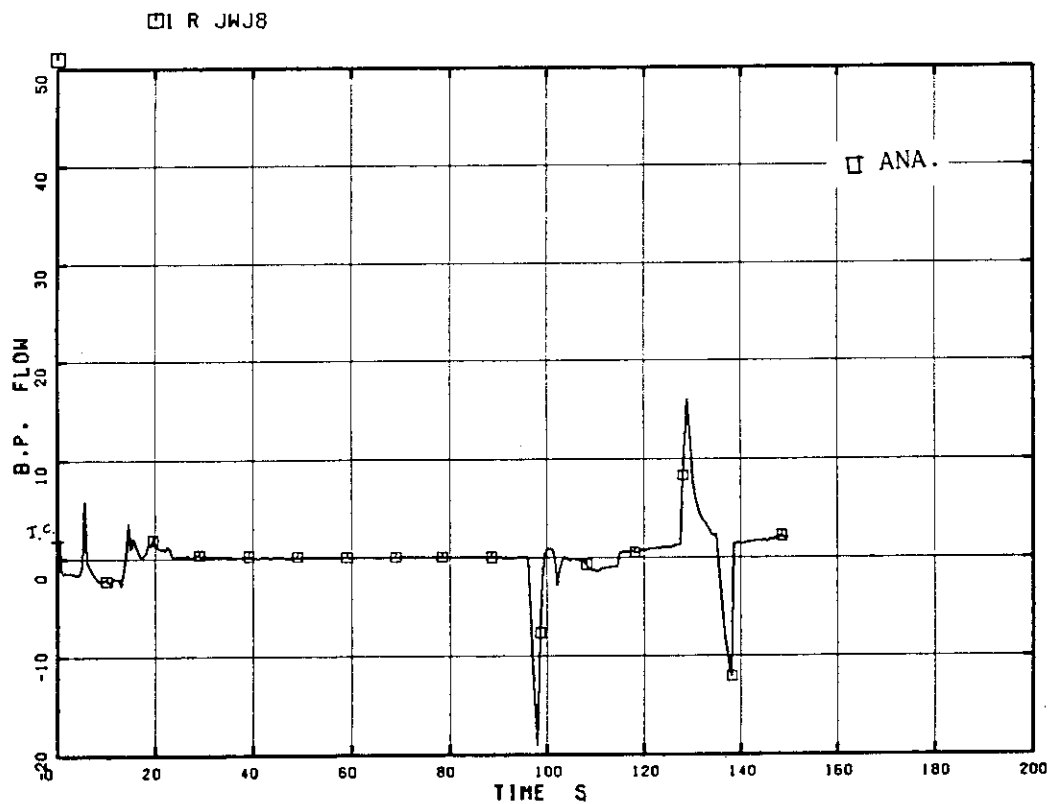


Fig. 4.16 Core Bypass Outlet Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

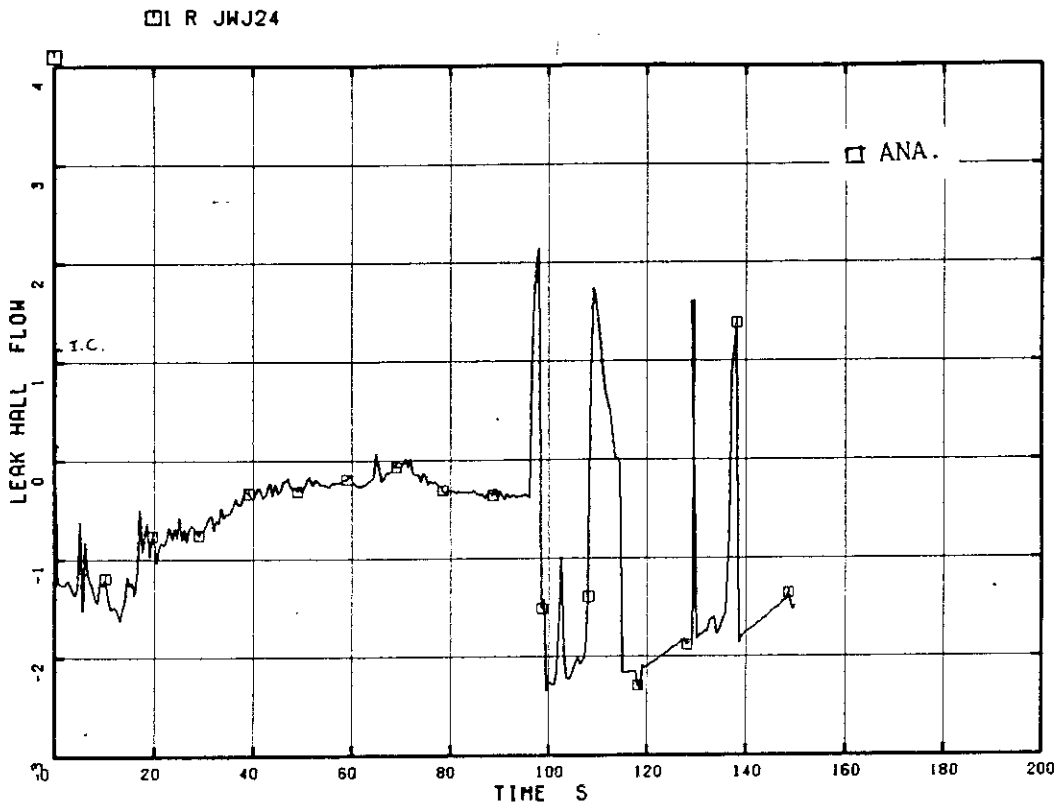


Fig. 4.17 Leak Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

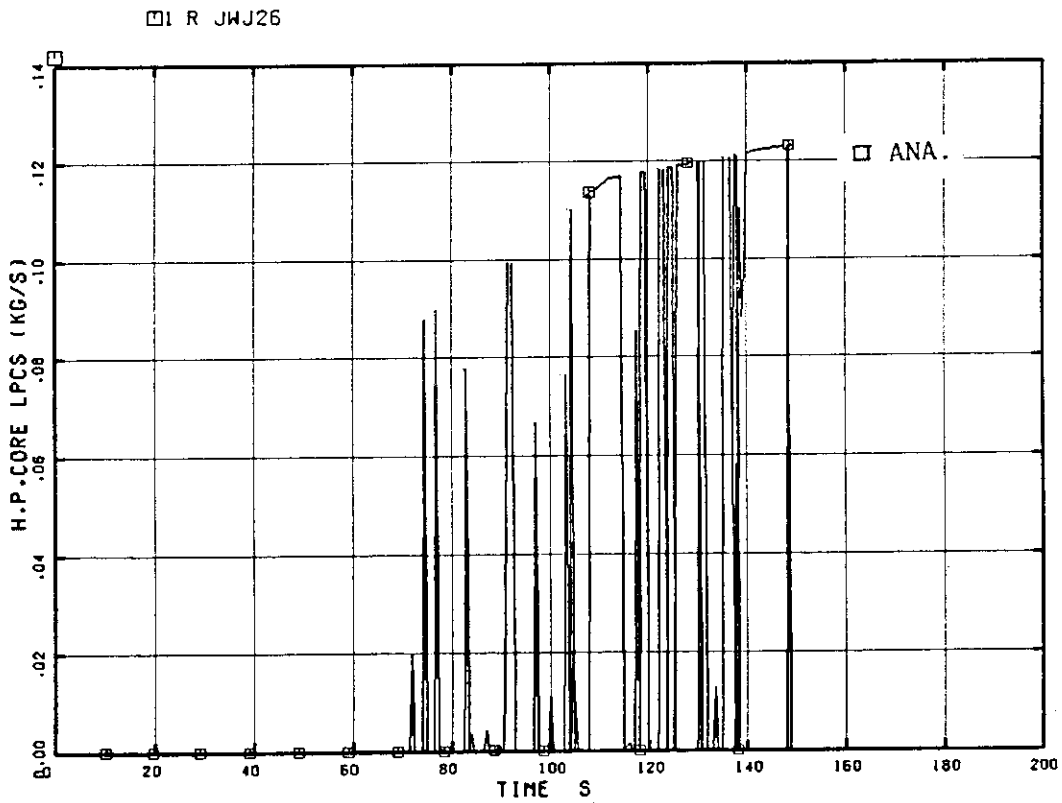


Fig. 4.18 LPCS Flow into High Power Channel

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ41

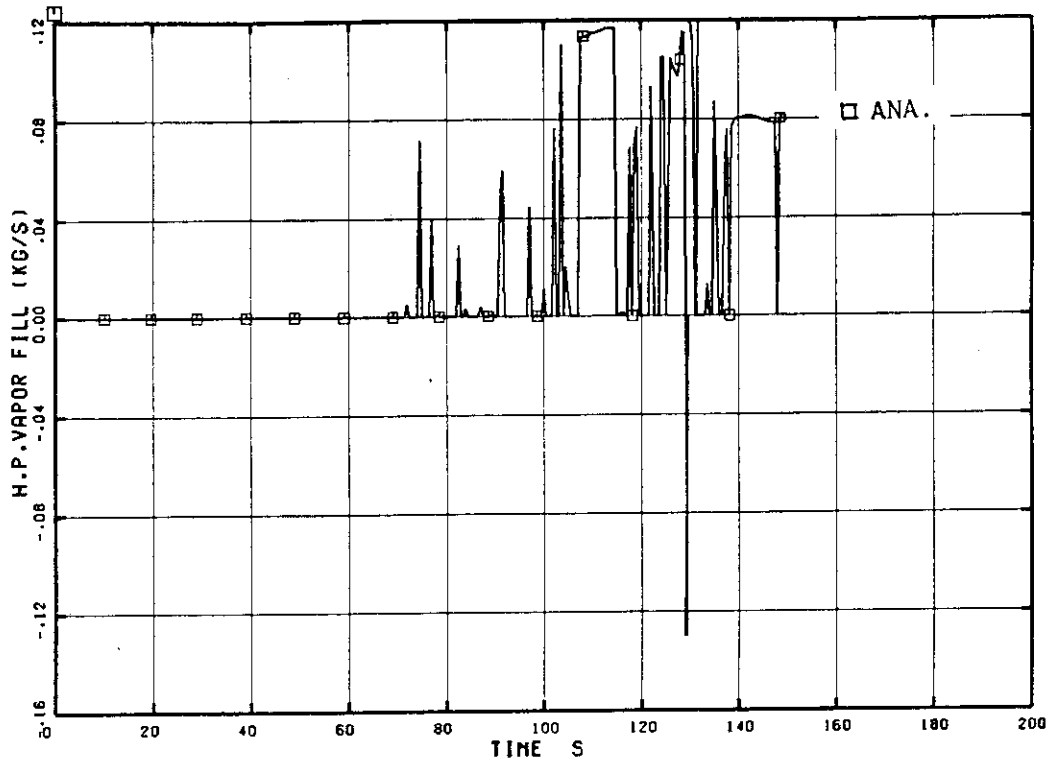


Fig. 4.19 Vapor Flow from High Power Channel by LPCS

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ38

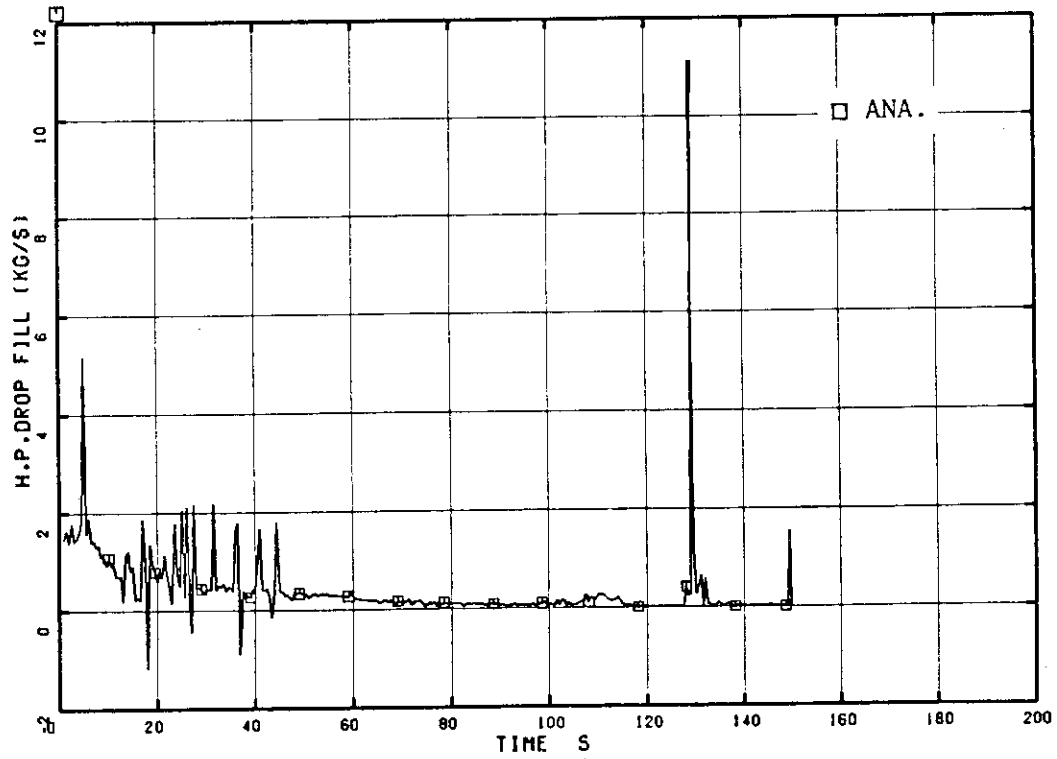


Fig. 4.20 Droplet Flow into High Power Channel by LPCS

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ39

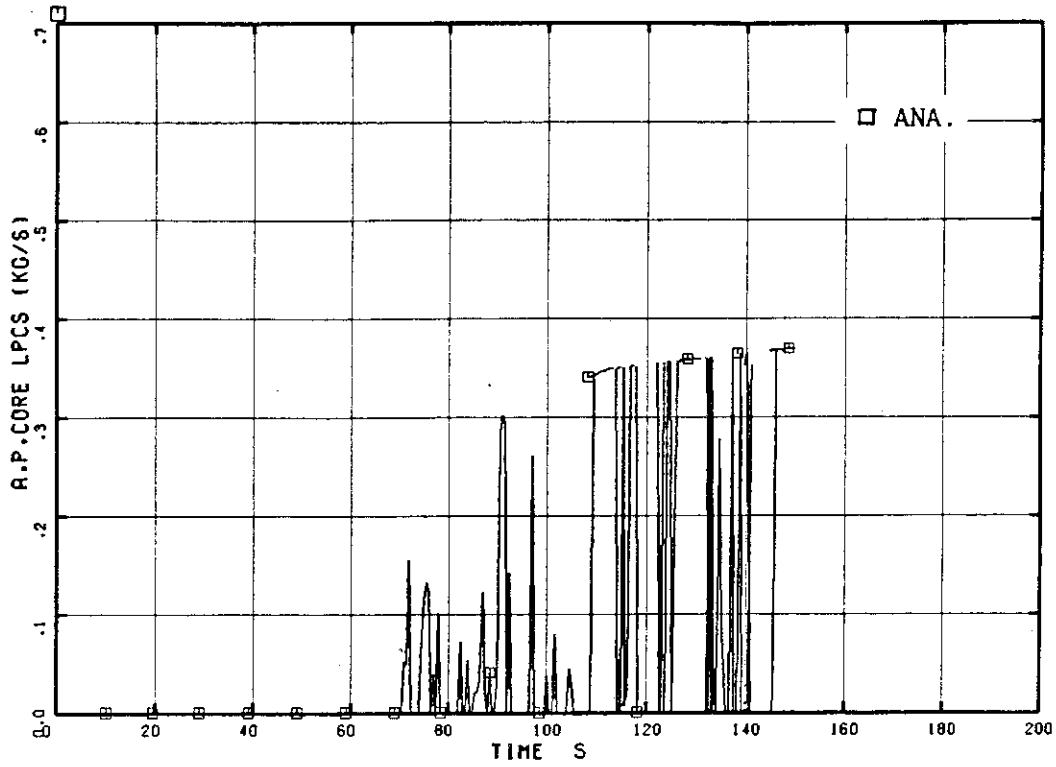


Fig. 4.21 LPCS Flow into Average Power Channel

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ29

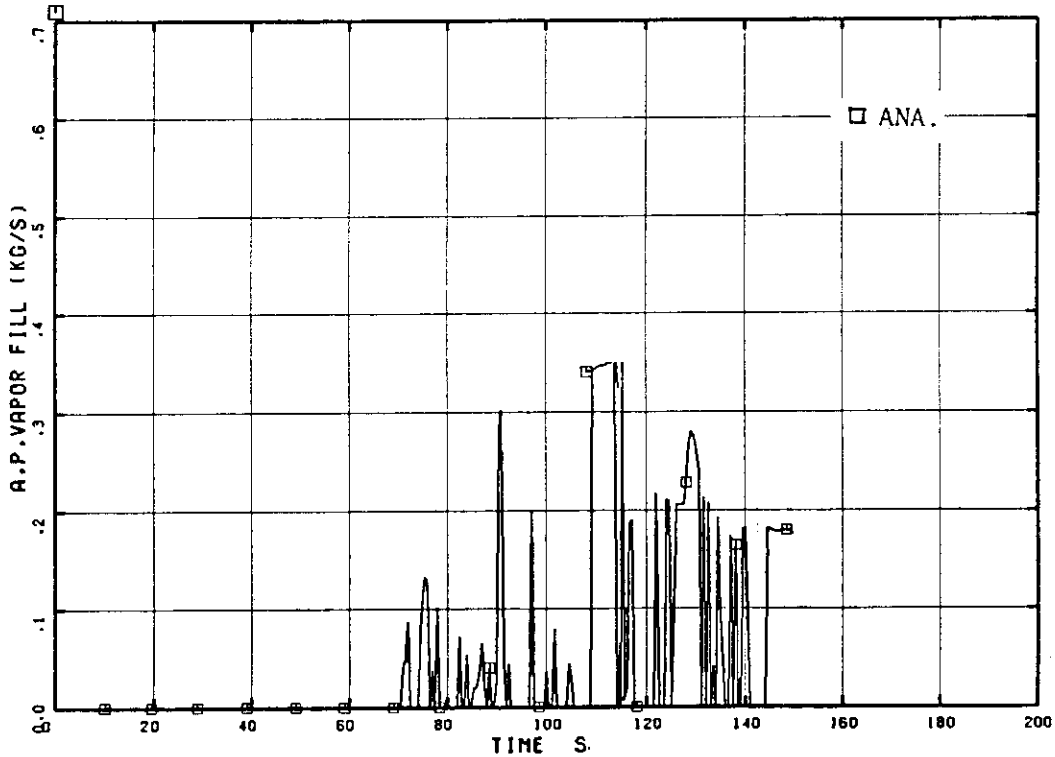


Fig. 4.22 Vapor Flow from Average Power Channel by LPCS

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

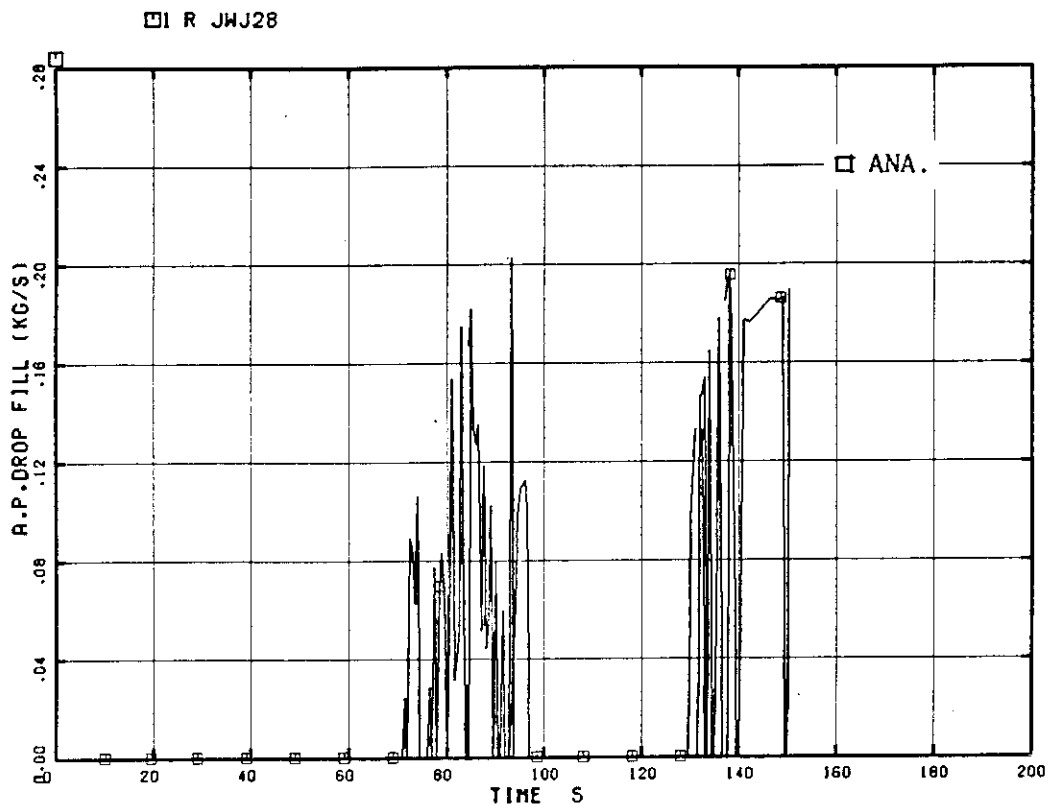


Fig. 4.23 Droplet Flow into Average Power Channel by LPCS

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

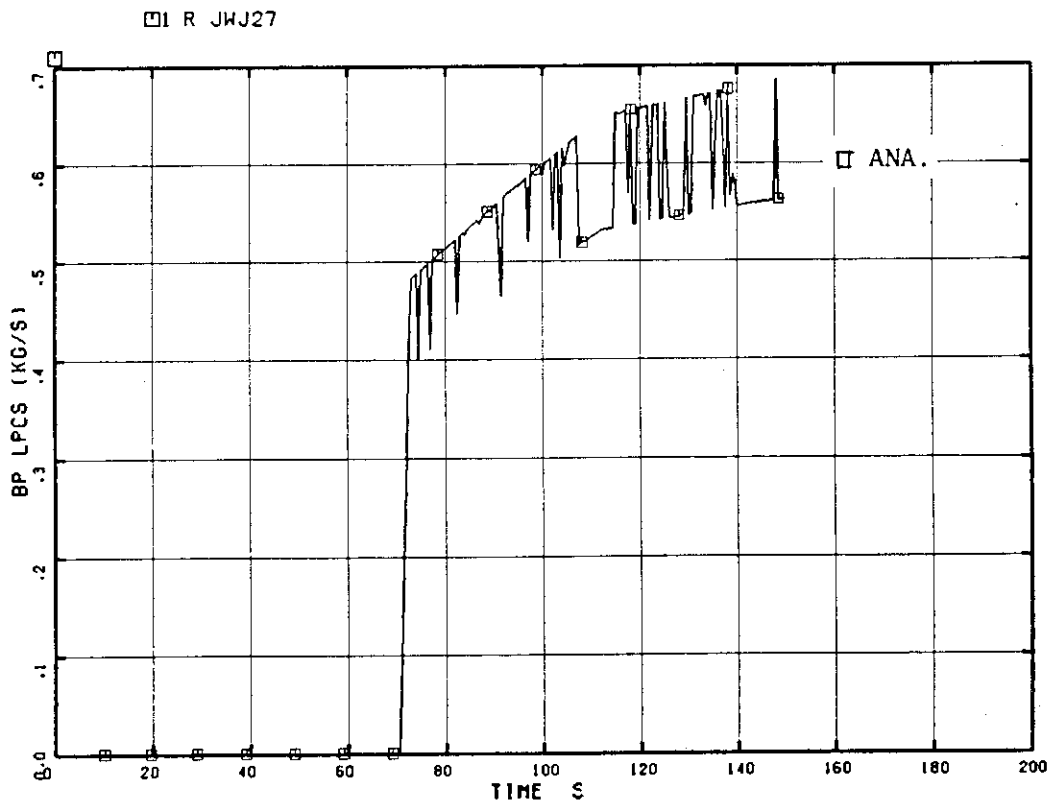


Fig. 4.24 LPCS Flow into Core Bypass

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FV 74 ○ R JWJ10

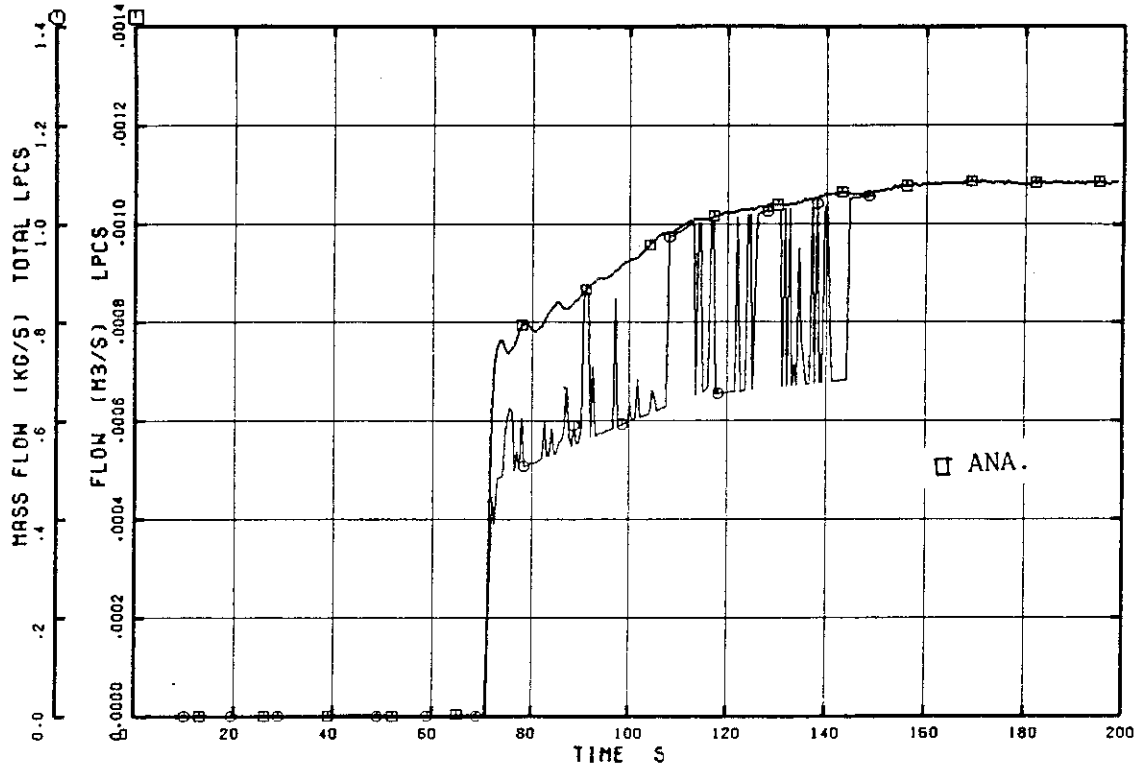


Fig. 4.25 Comparison of Injected and Net LPCS Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ FV 75 ○ R JWJ30

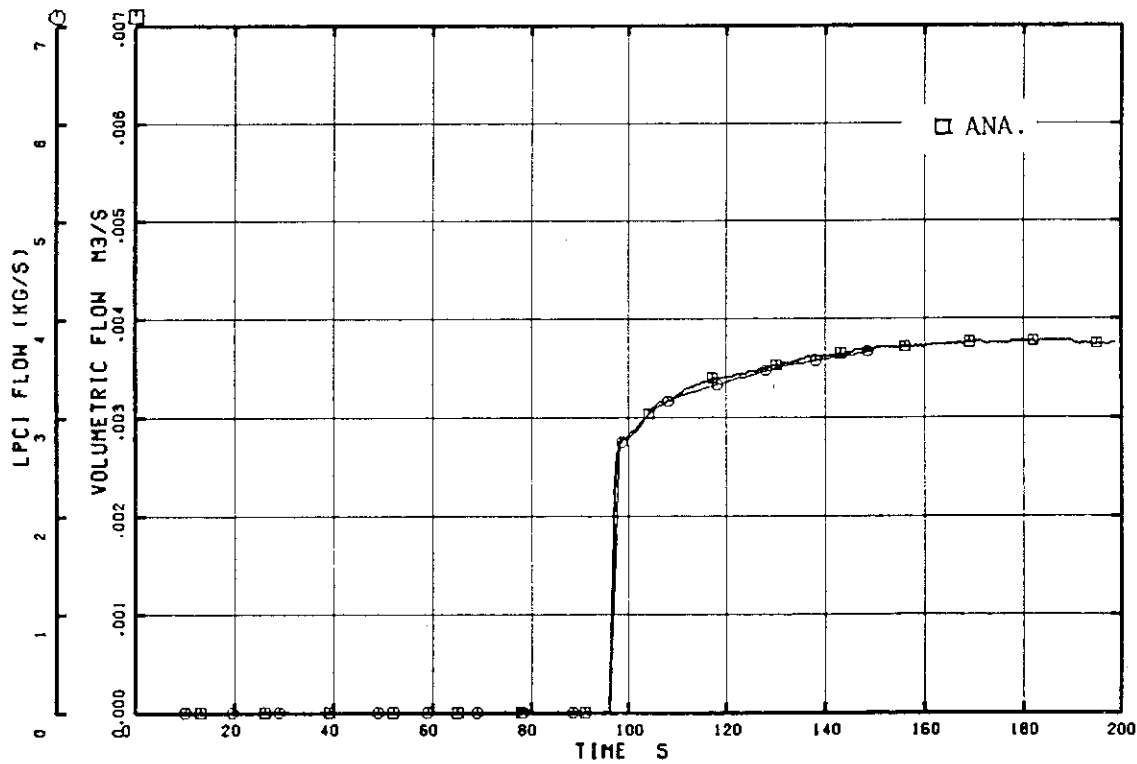


Fig. 4.26 LPCI Flow



ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ14 ○ R JWJ15

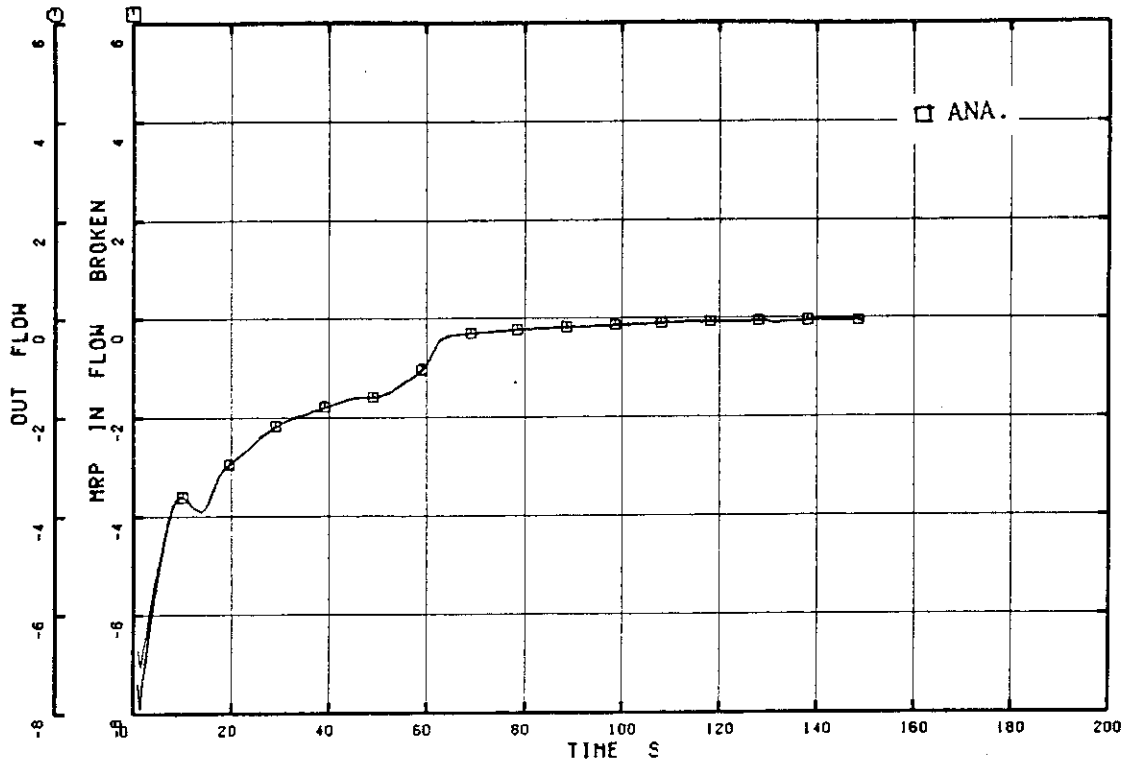


Fig. 4.27 Broken Loop Recirculation Pump Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ21 ○ R JWJ22

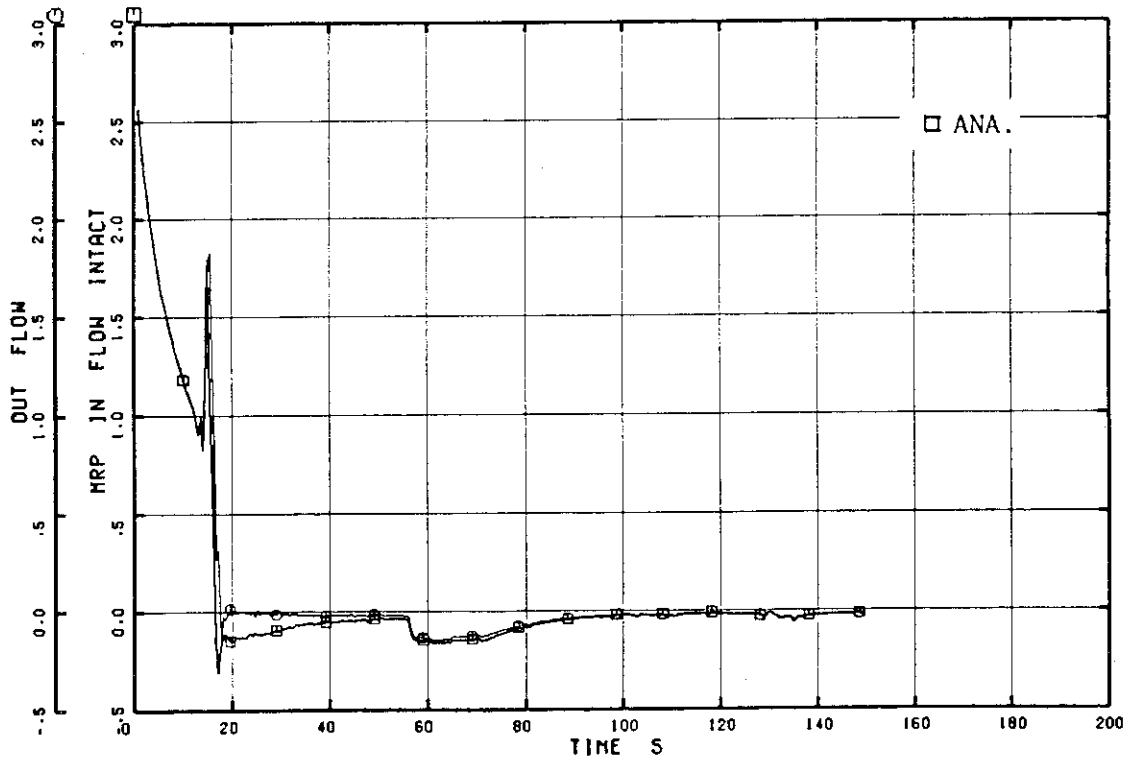


Fig. 4.28 Intact Loop Recirculation Pump Flow

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV5 ○ R MLV9

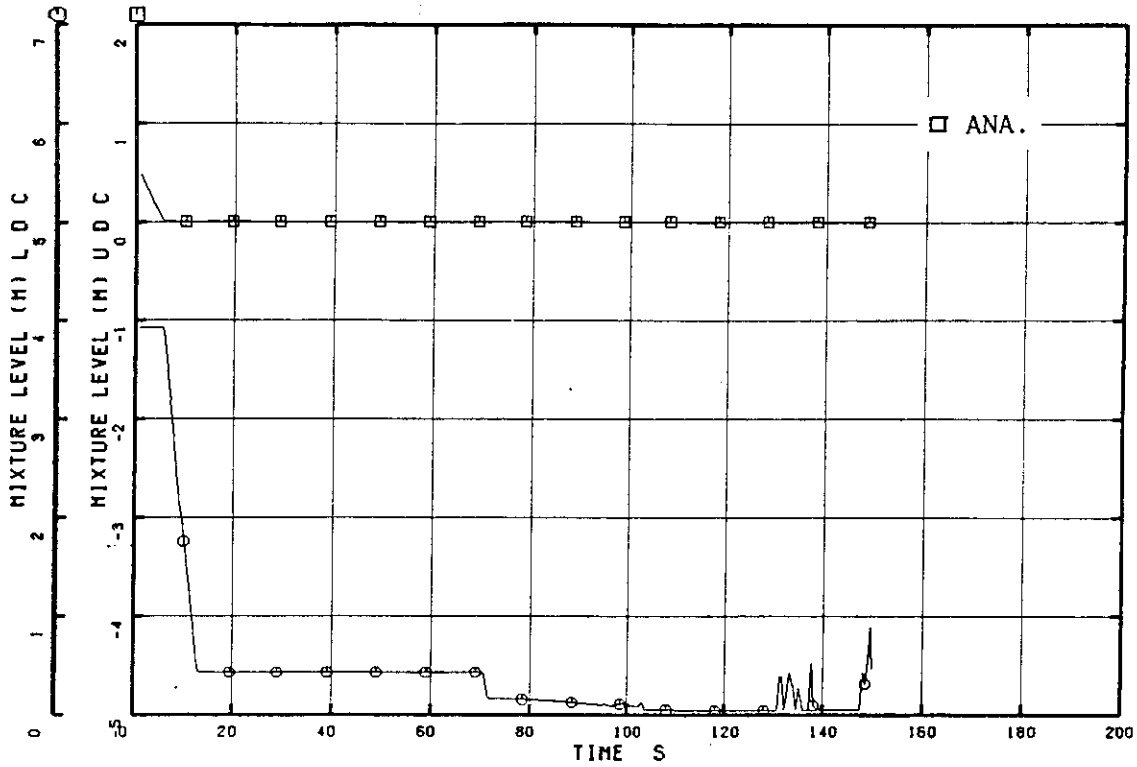


Fig. 4.29 Mixture Level in Downcomer

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV4

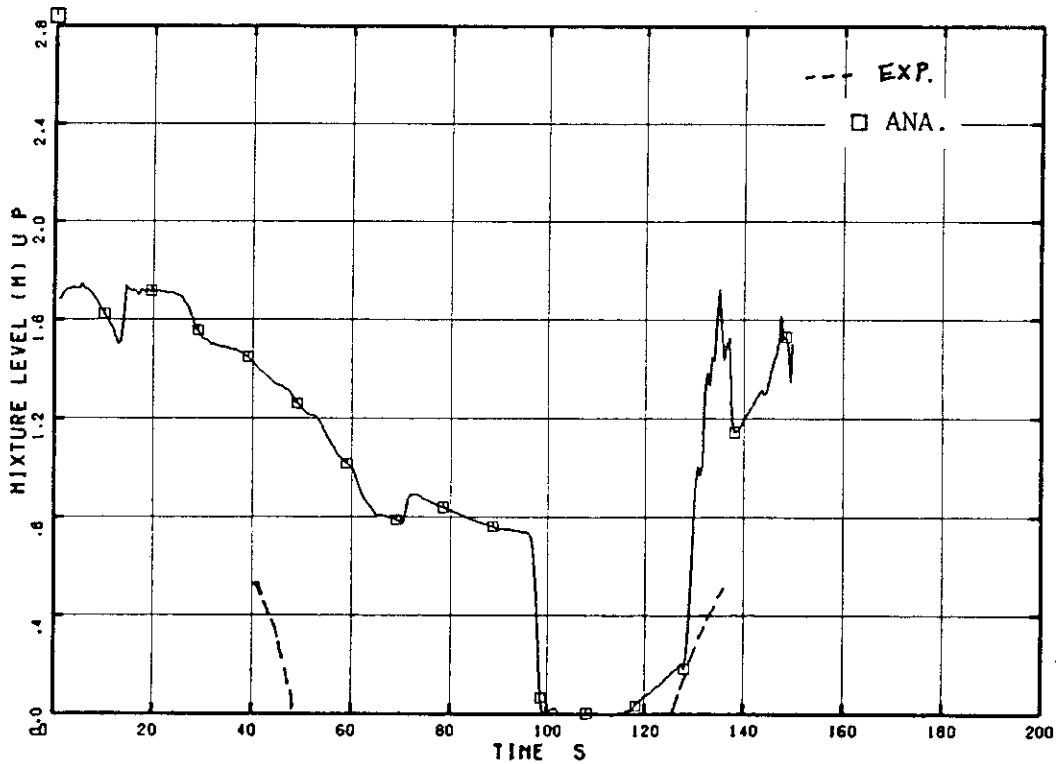


Fig. 4.30 Mixture Level in Upper Plenum

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV22

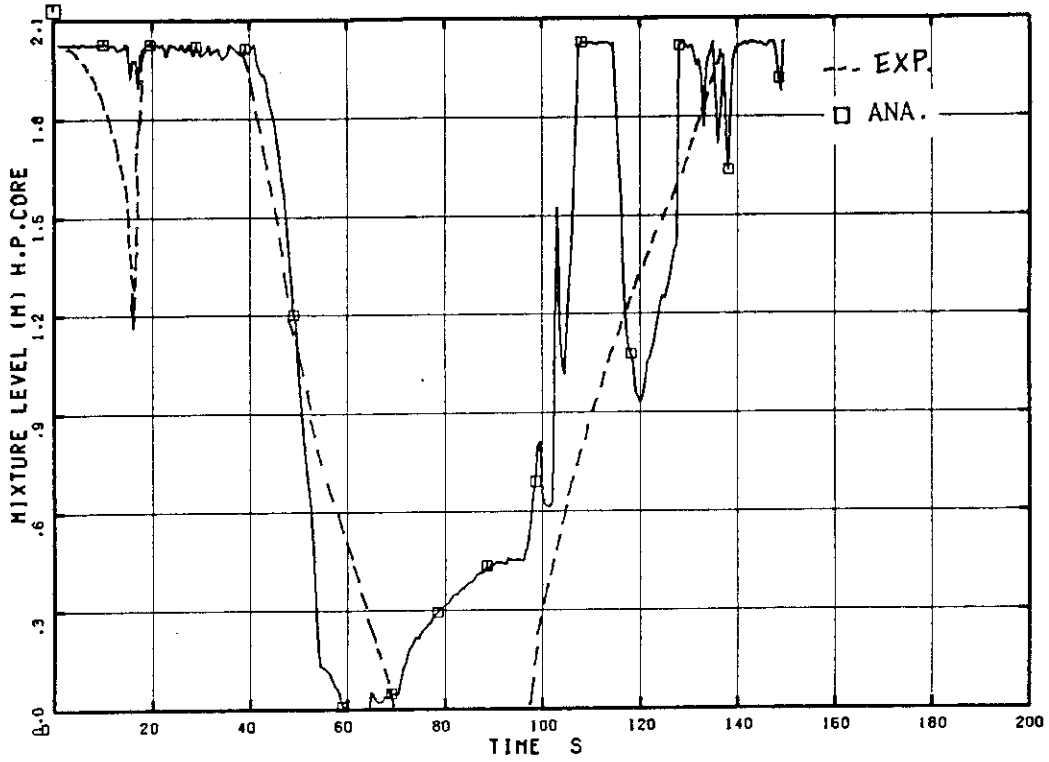


Fig. 4.31 Mixture Level in High Power Channel

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV3

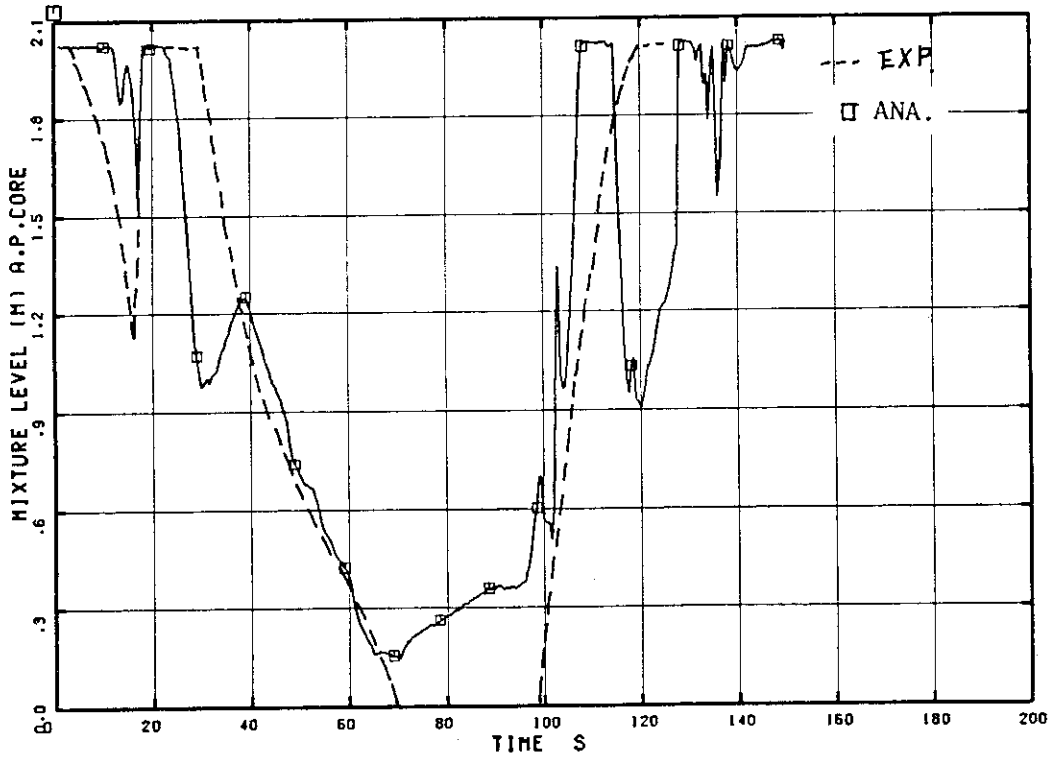


Fig. 4.32 Mixture Level in Average Power Channel

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV1

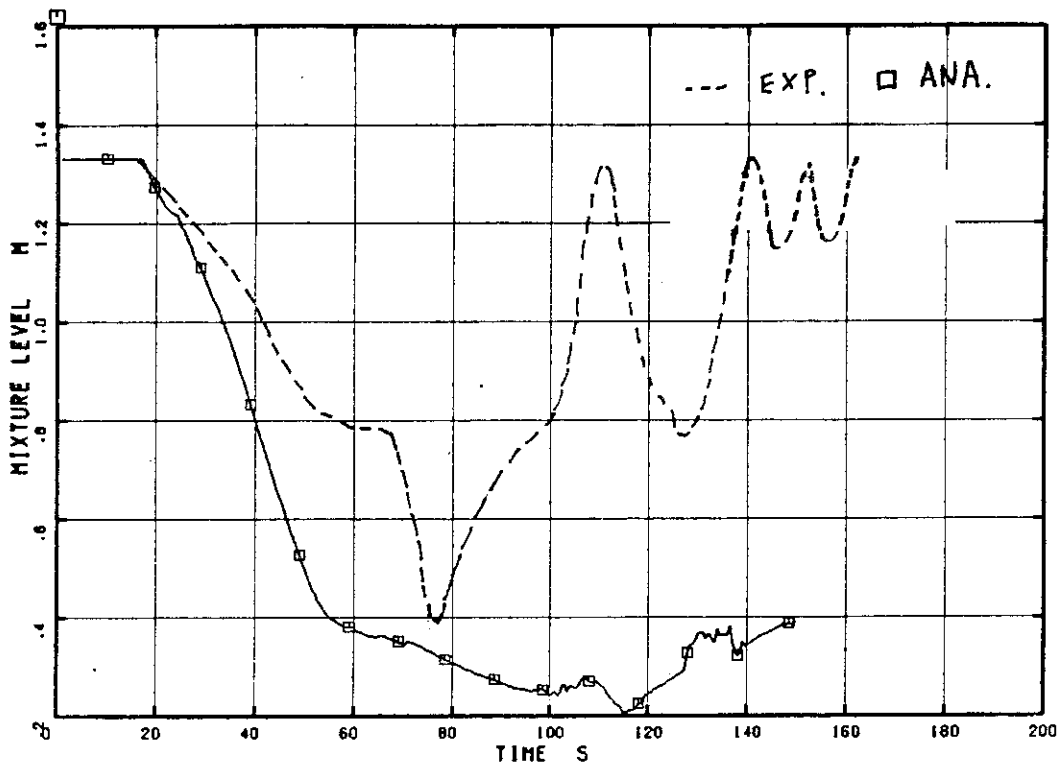


Fig. 4.33 Mixture Level in Lower Plenum

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV8

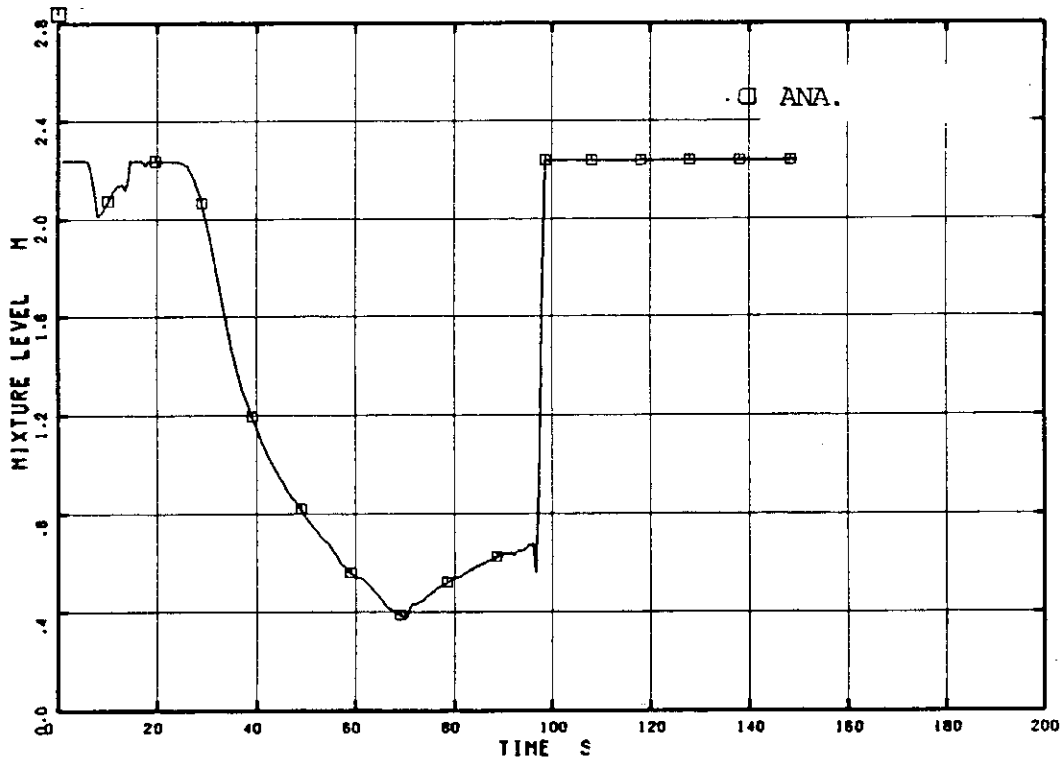


Fig. 4.34 Mixture Level in Core Bypass

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R HL7

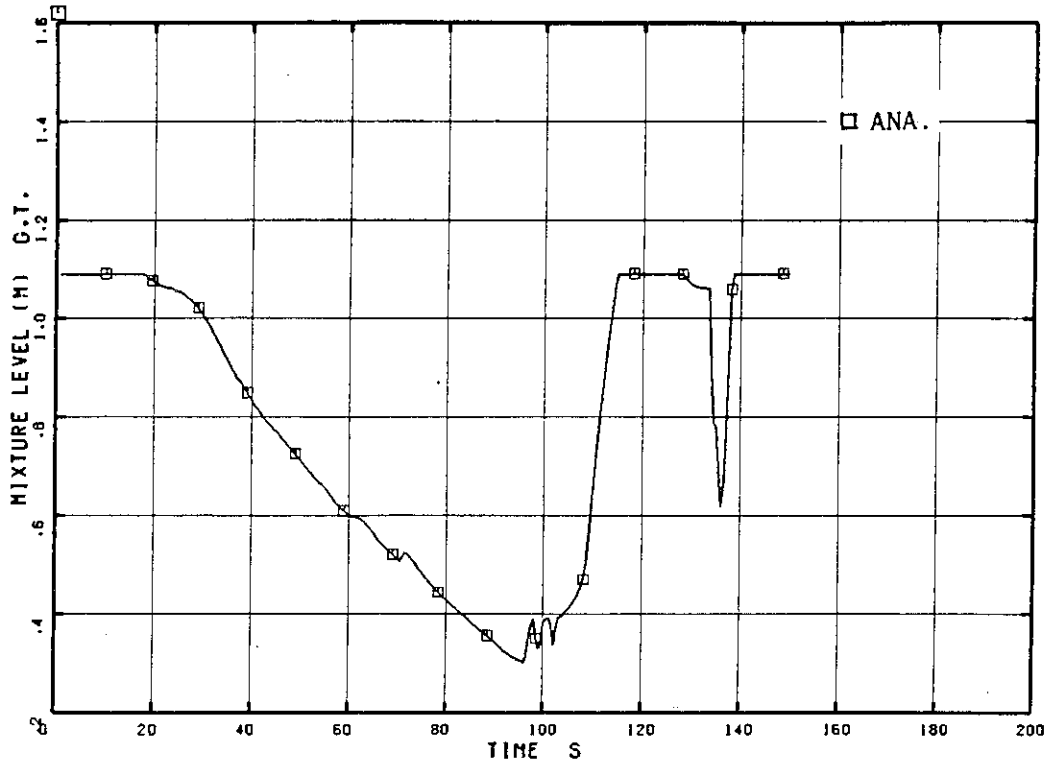


Fig. 4.35 Mixture Level in Guide Tube

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 233 ○ TE 298 ▲ R SRS19

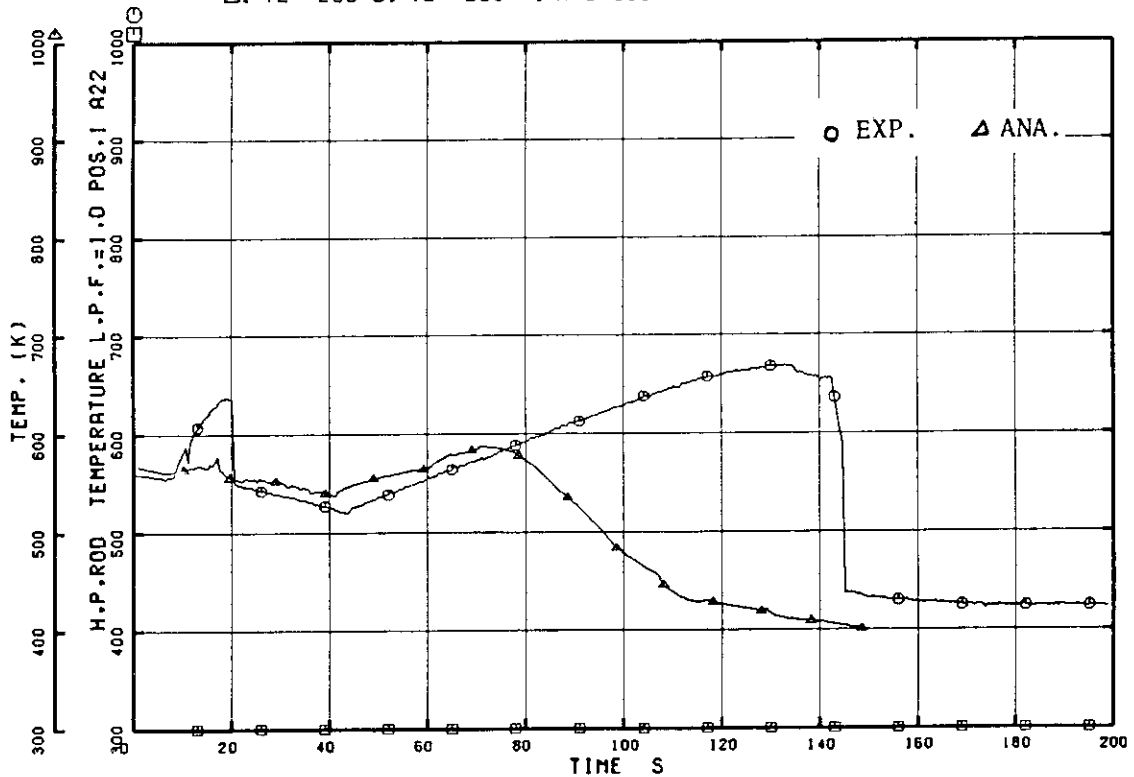


Fig. 4.36 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.1)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 234 ○ TE 299 △ R SRS18

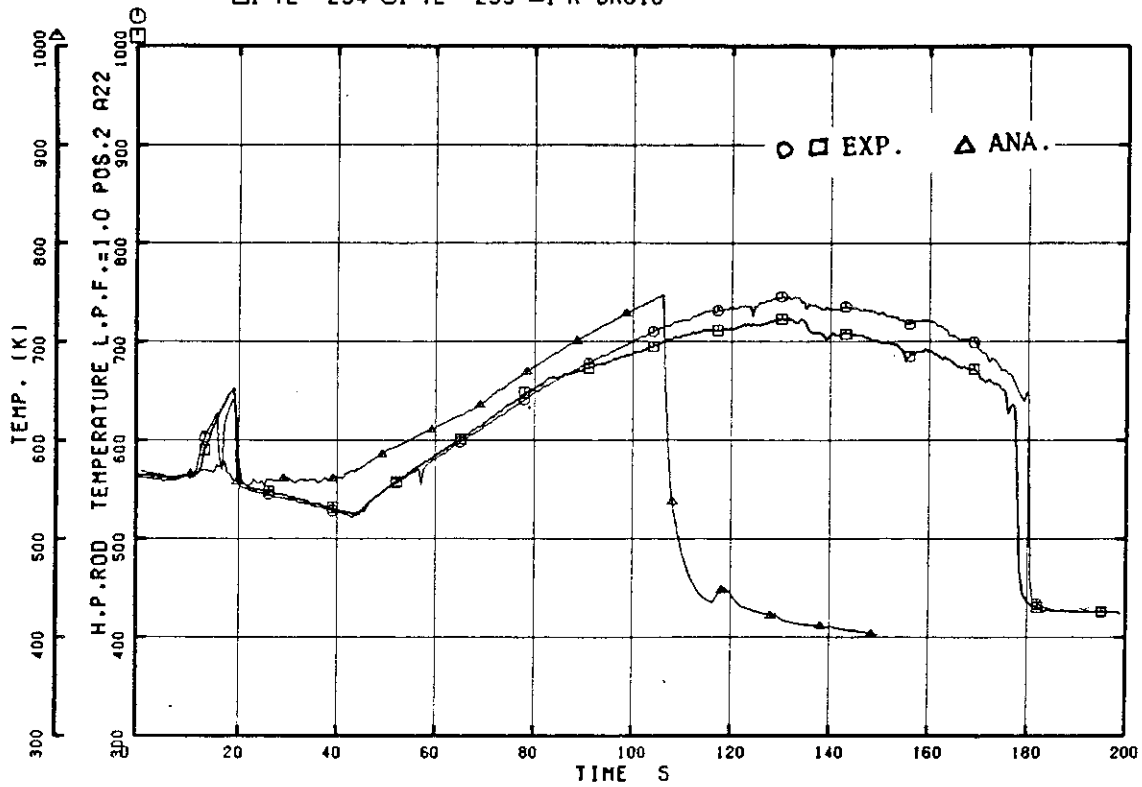


Fig. 4.37 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.2)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 235 ○ TE 300 △ R SRS17

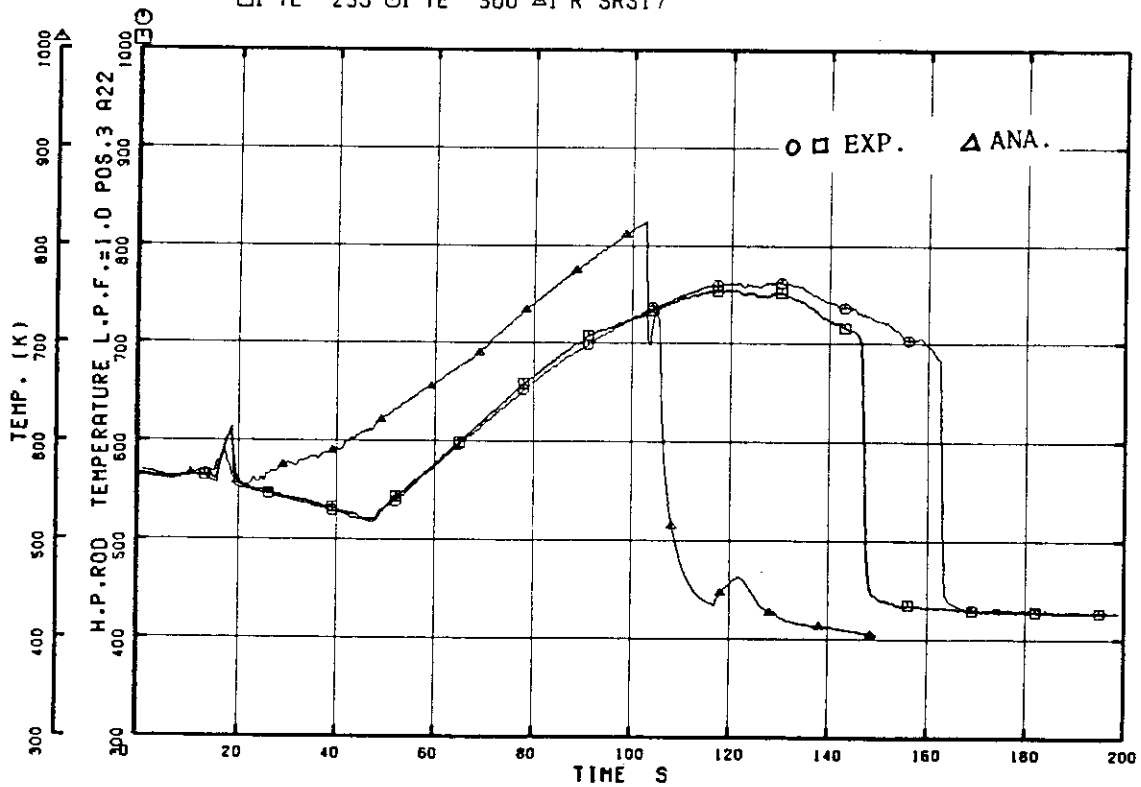


Fig. 4.38 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.3)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

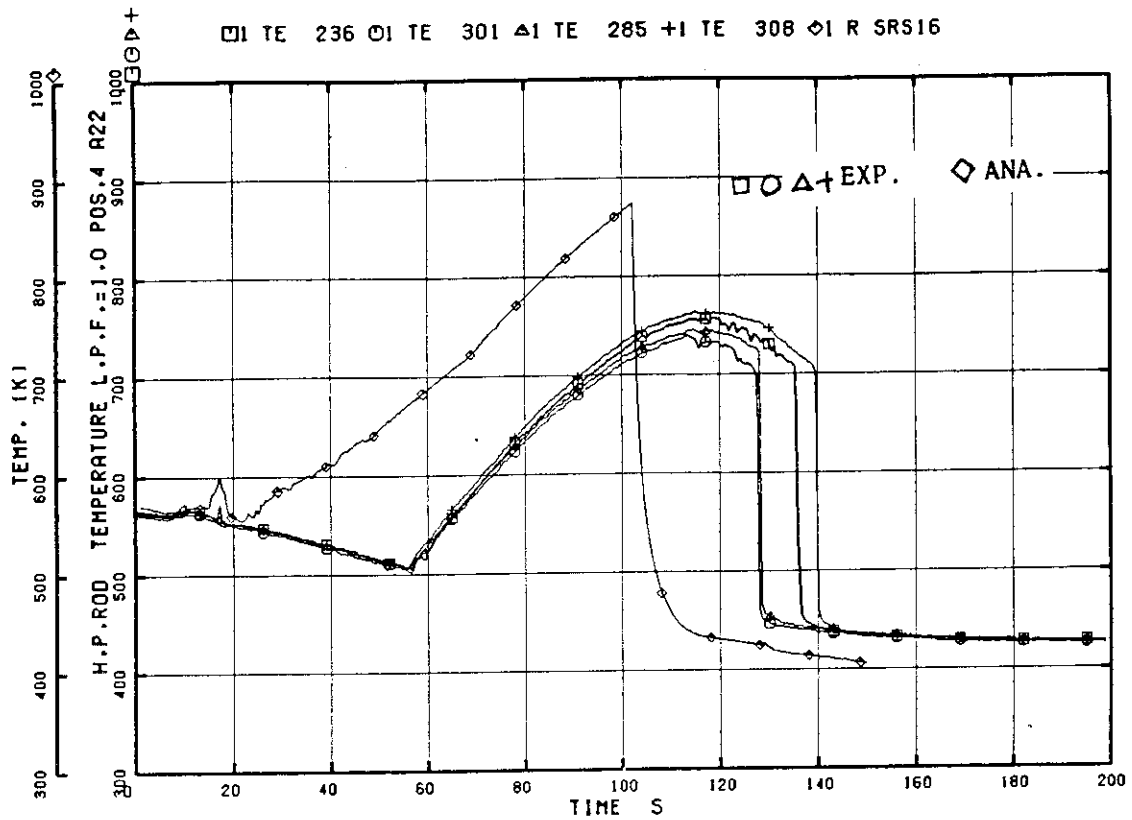


Fig. 4.39 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.4)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

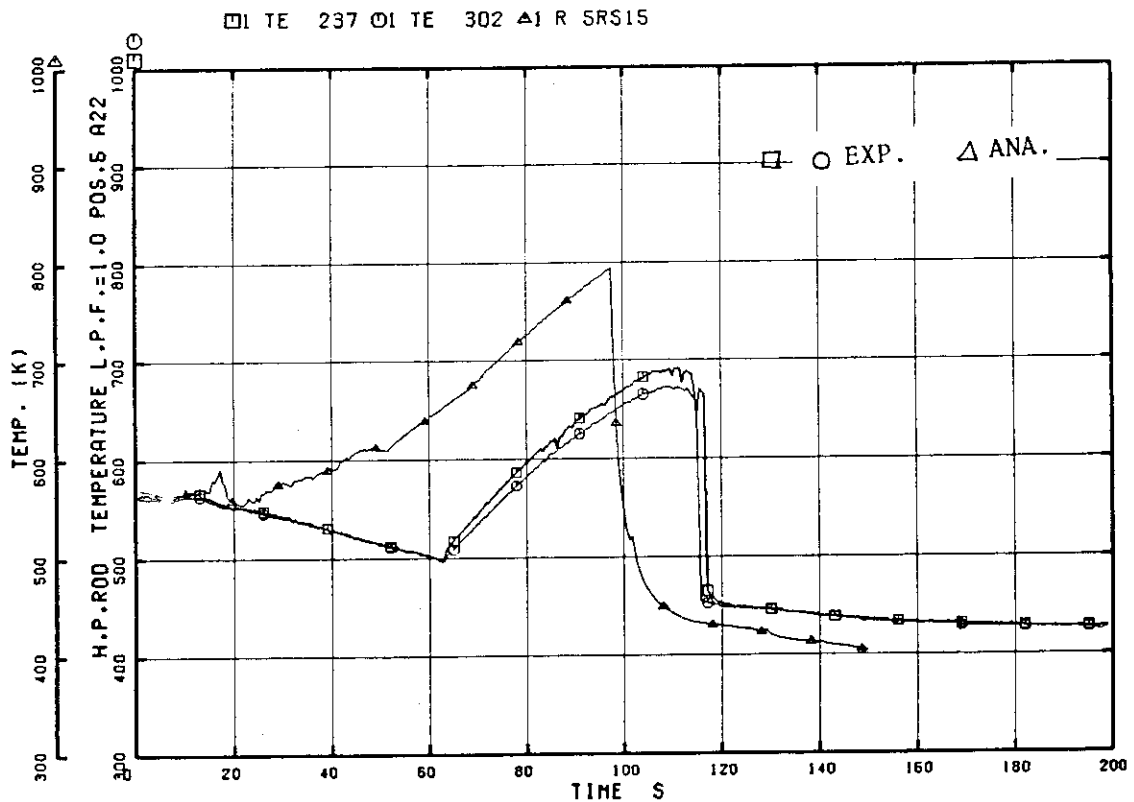


Fig. 4.40 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.5)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 238 □ TE 303 △ R SRS14

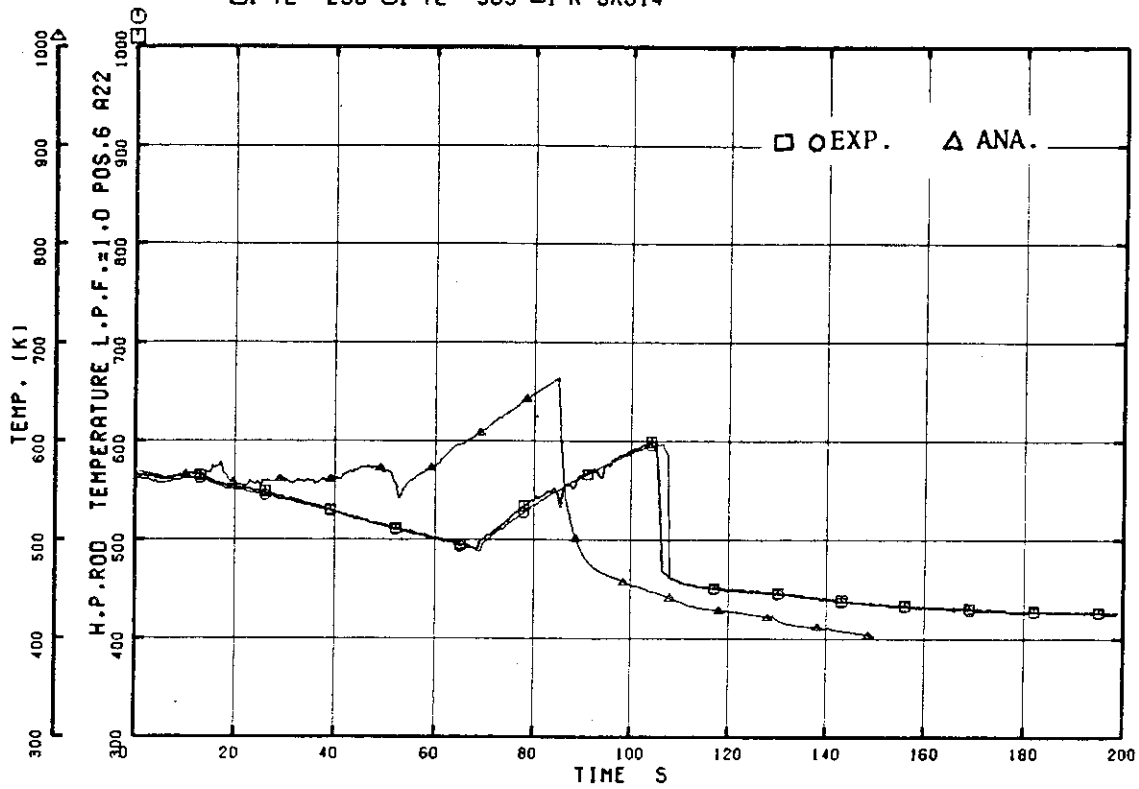


Fig. 4.41 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.6)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 239 □ R SRS13

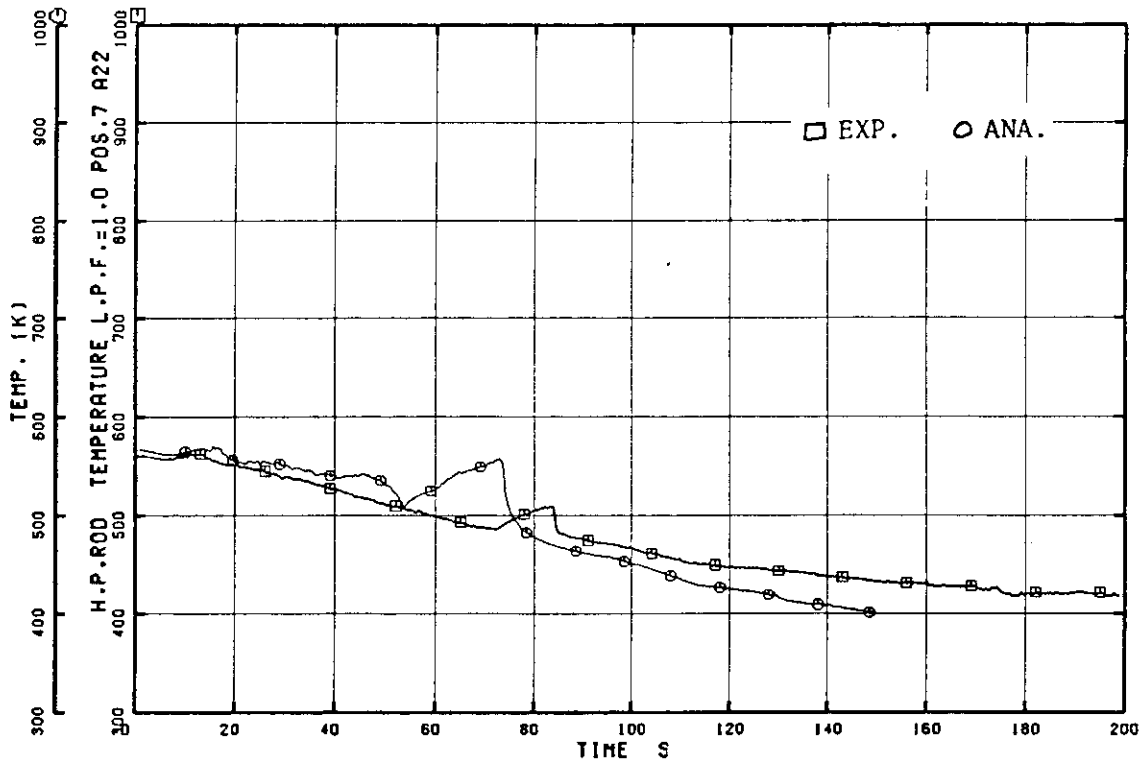


Fig. 4.42 Heater Surface Temperature of High Power Channel (Pos.7)



ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

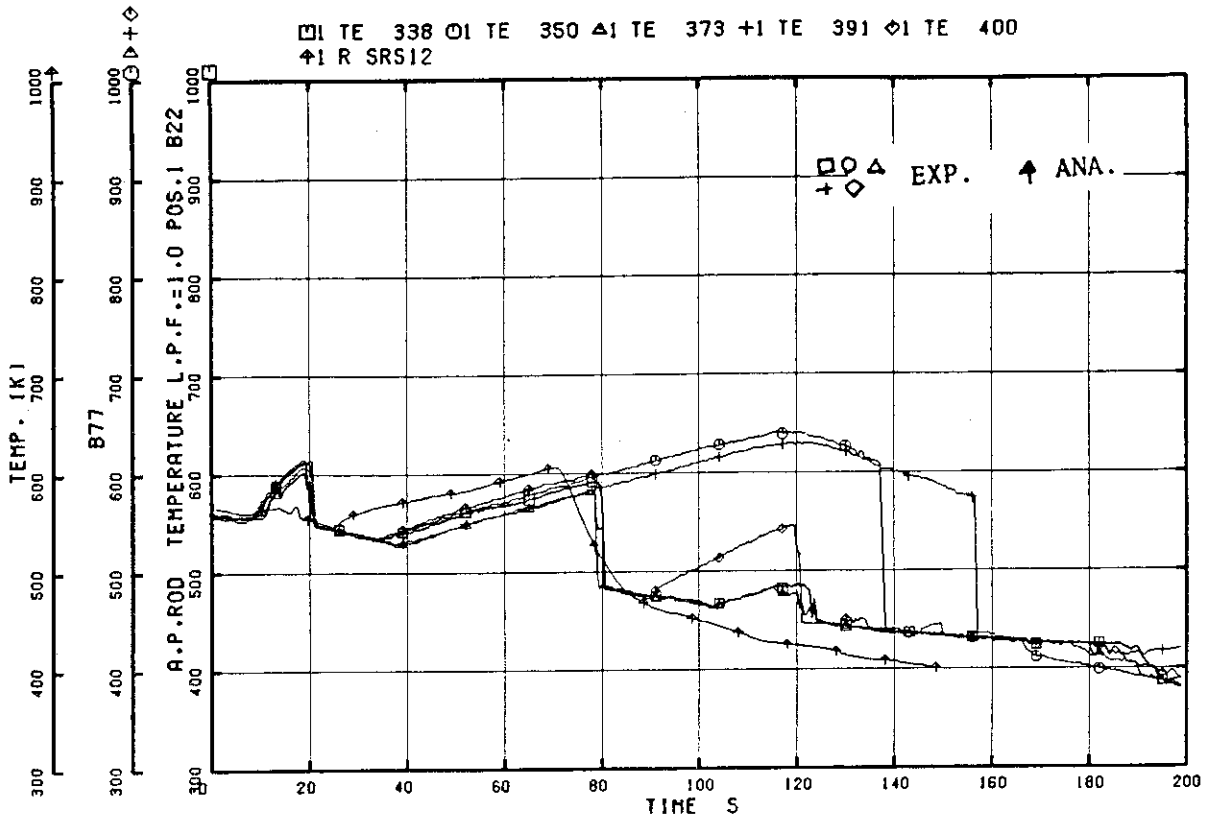


Fig. 4.43 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.1)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

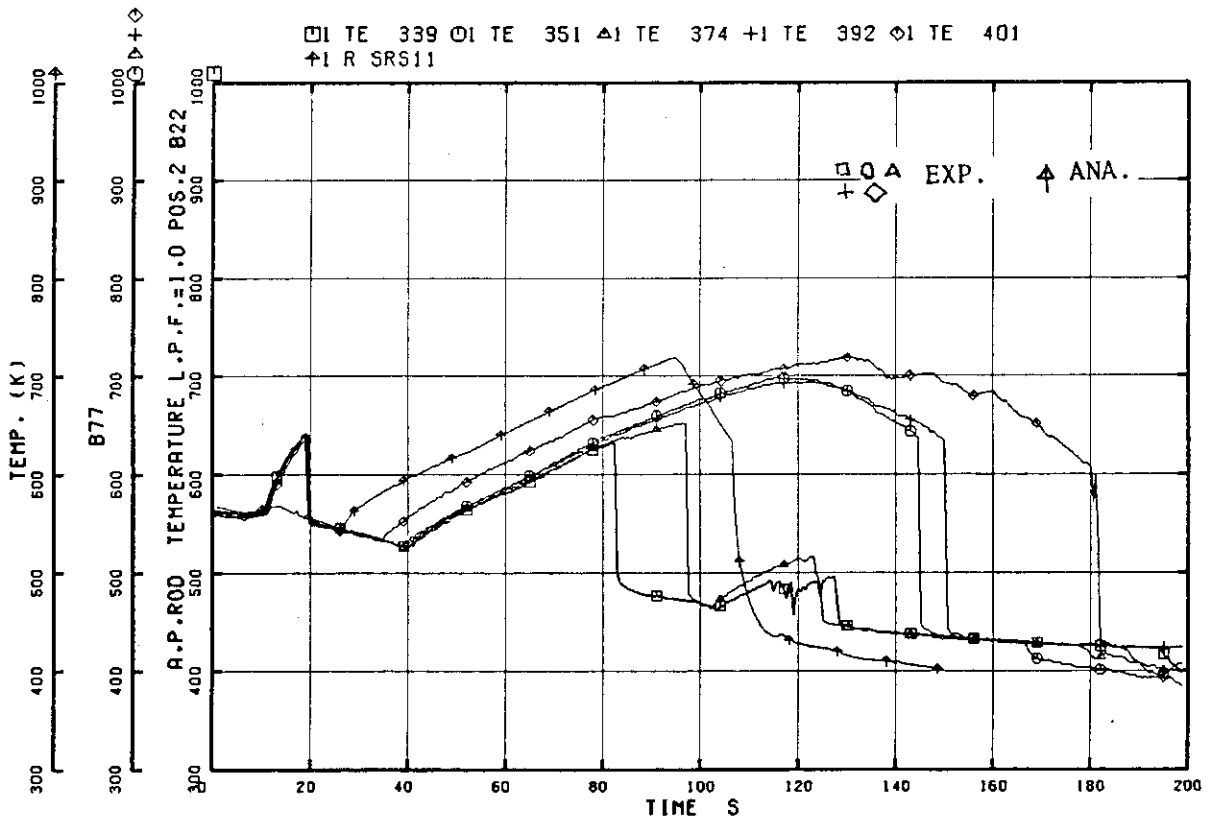


Fig. 4.44 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.2)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

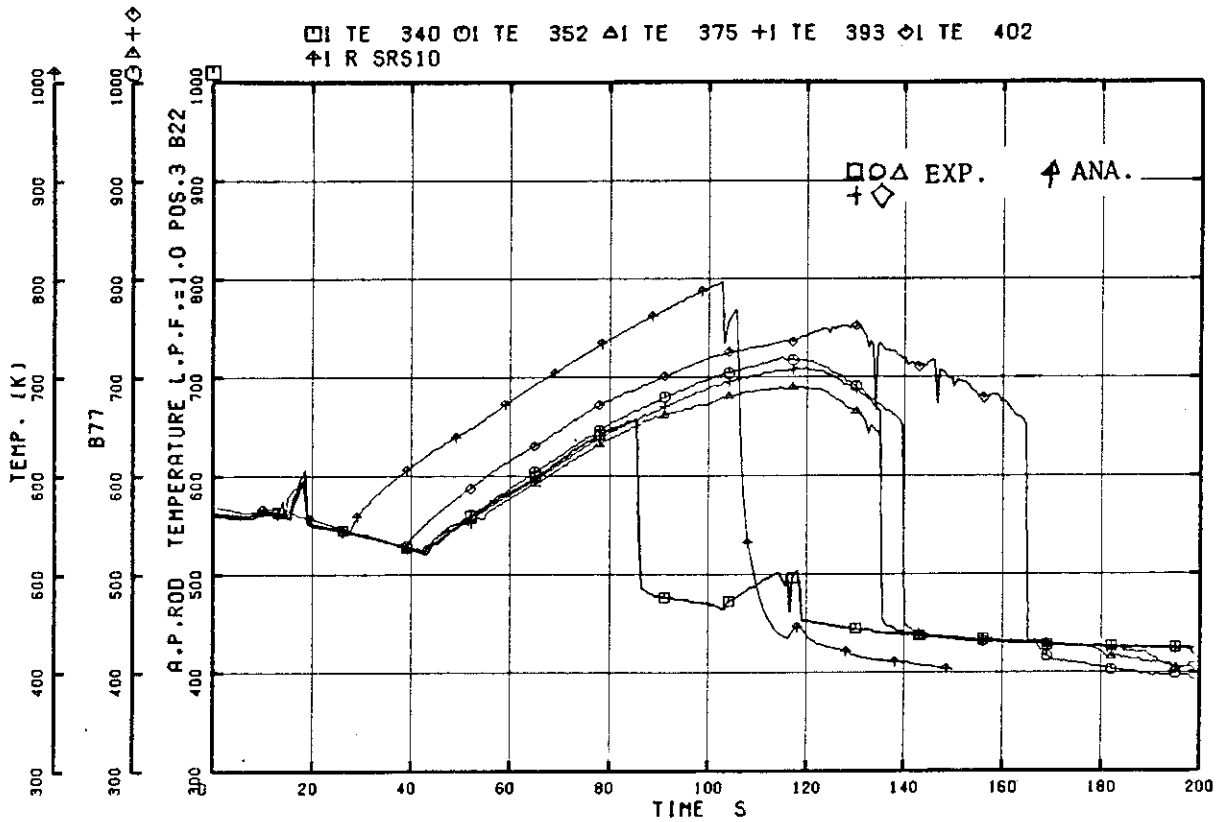


Fig. 4.45 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.3)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

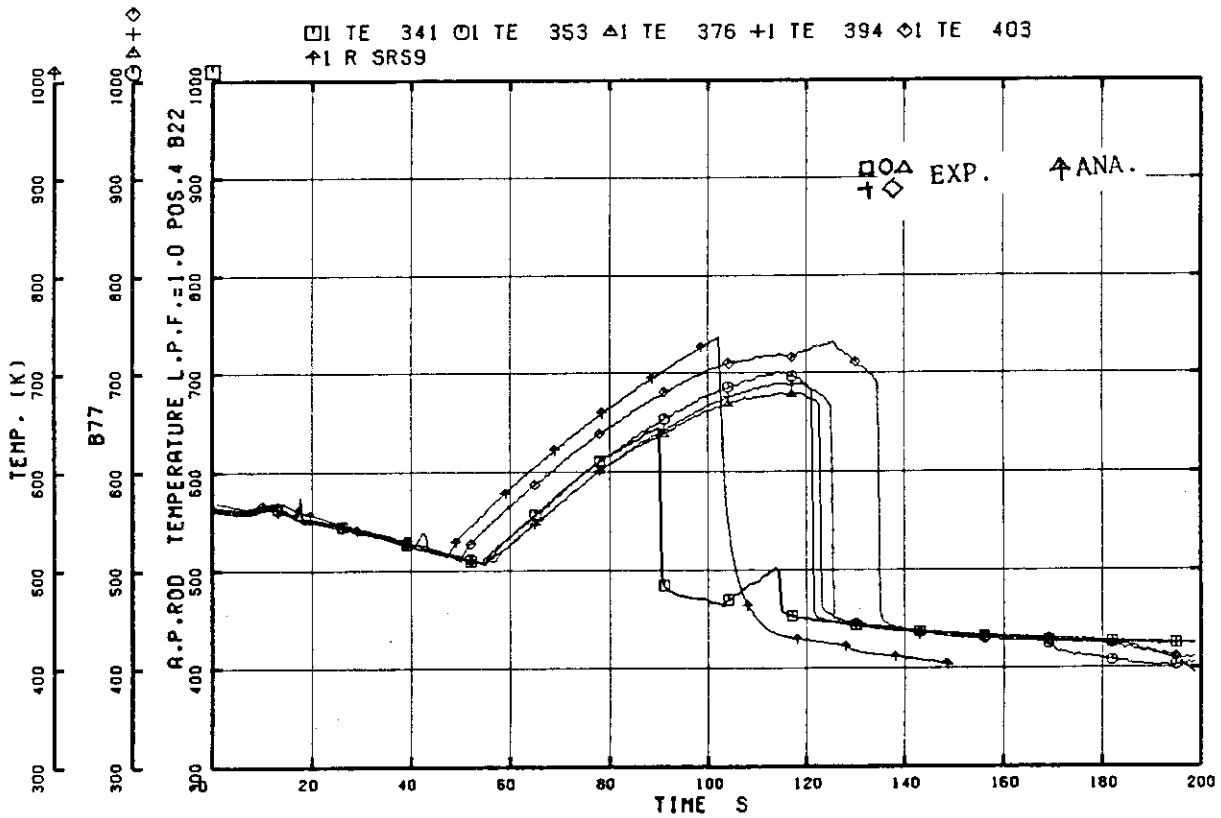


Fig. 4.46 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.4)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

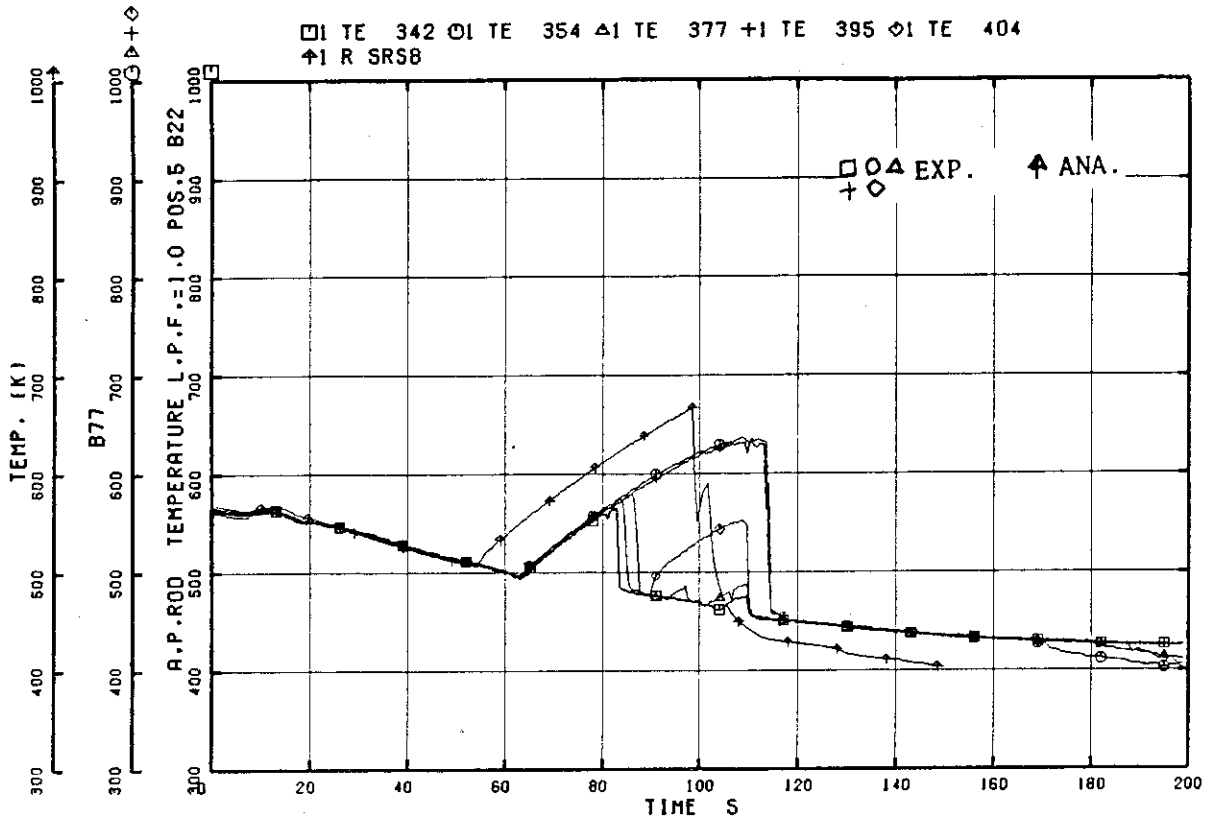


Fig. 4.47 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.5)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

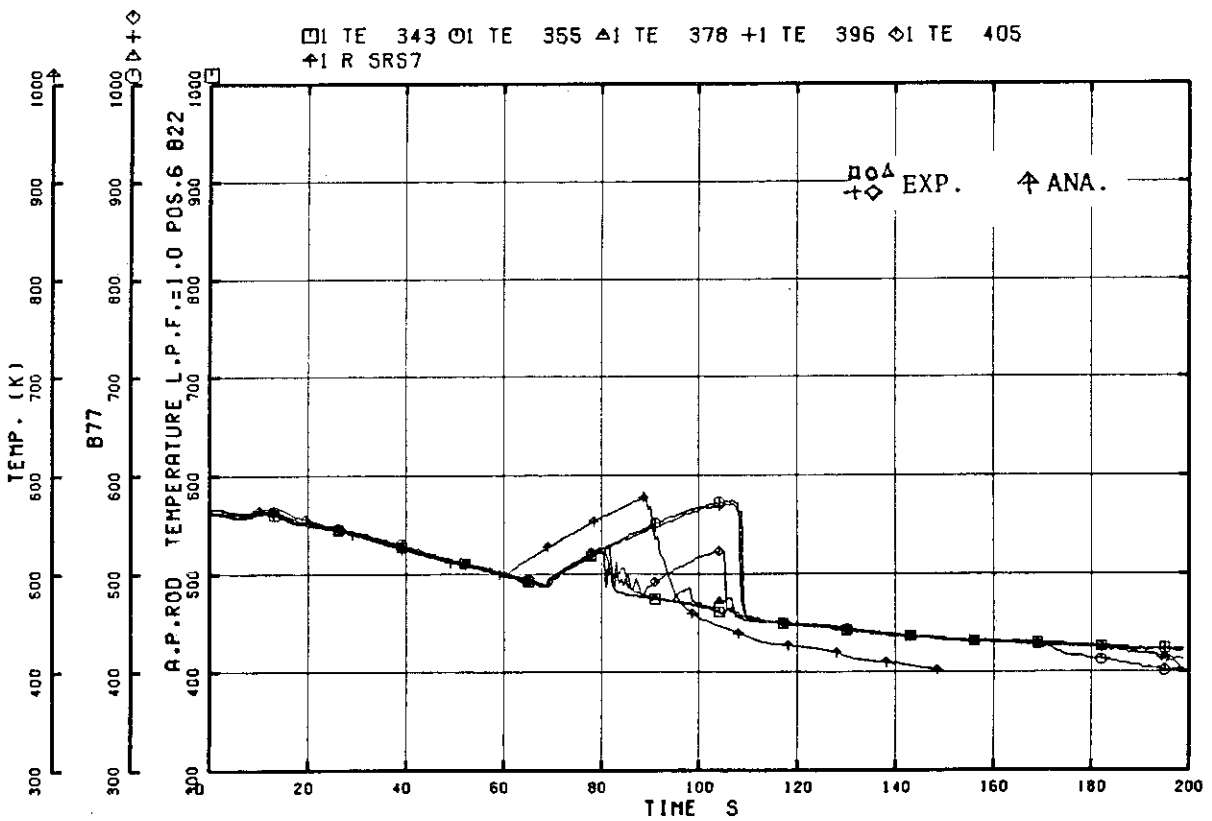


Fig. 4.48 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.6)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

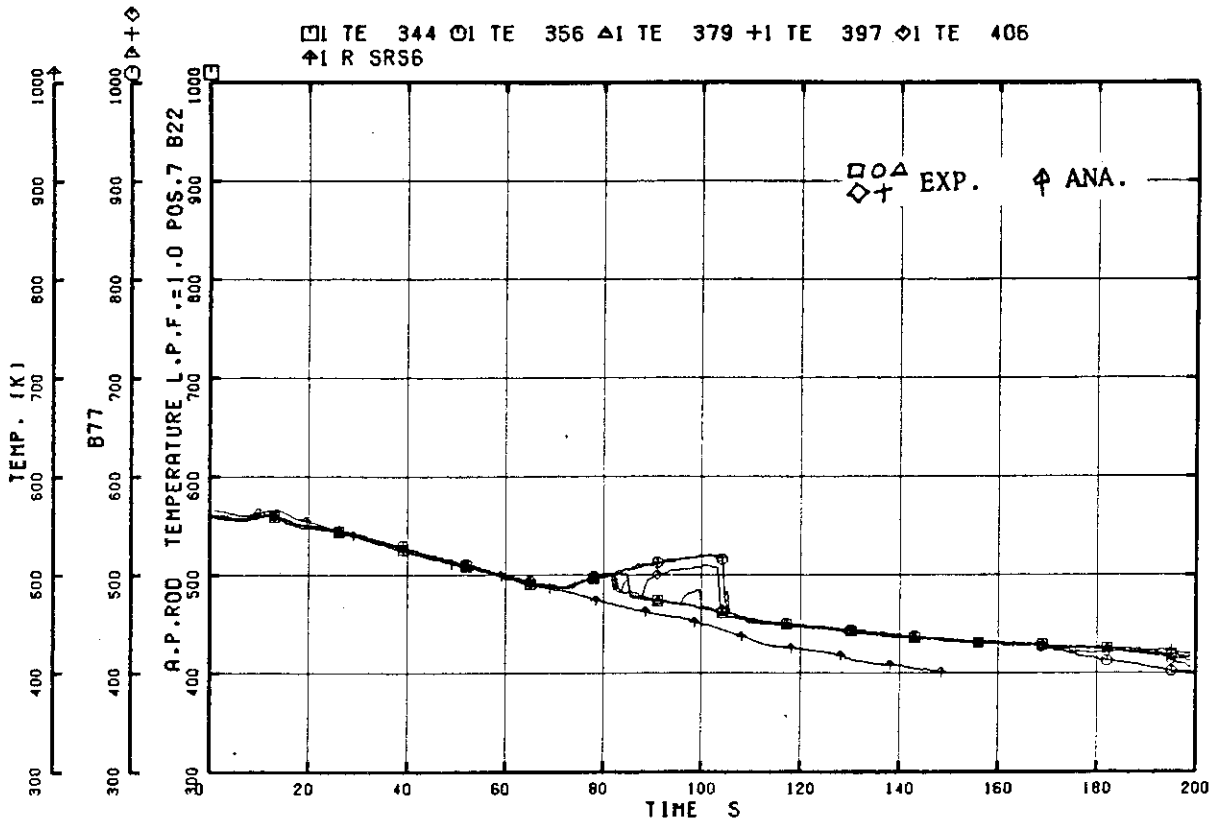


Fig. 4.49 Heater Surface Temperature of Average Power Channel (Pos.7)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

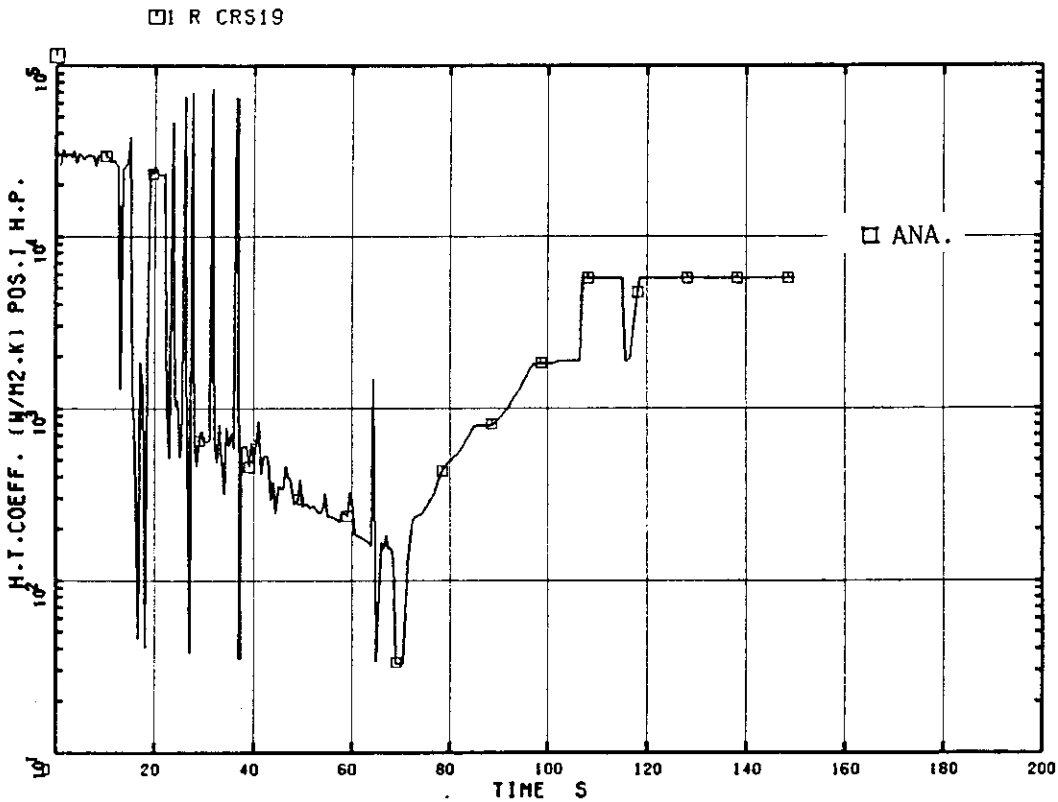


Fig. 4.50 Heat Transfer Coefficient of High Power Channel (Pos.1)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

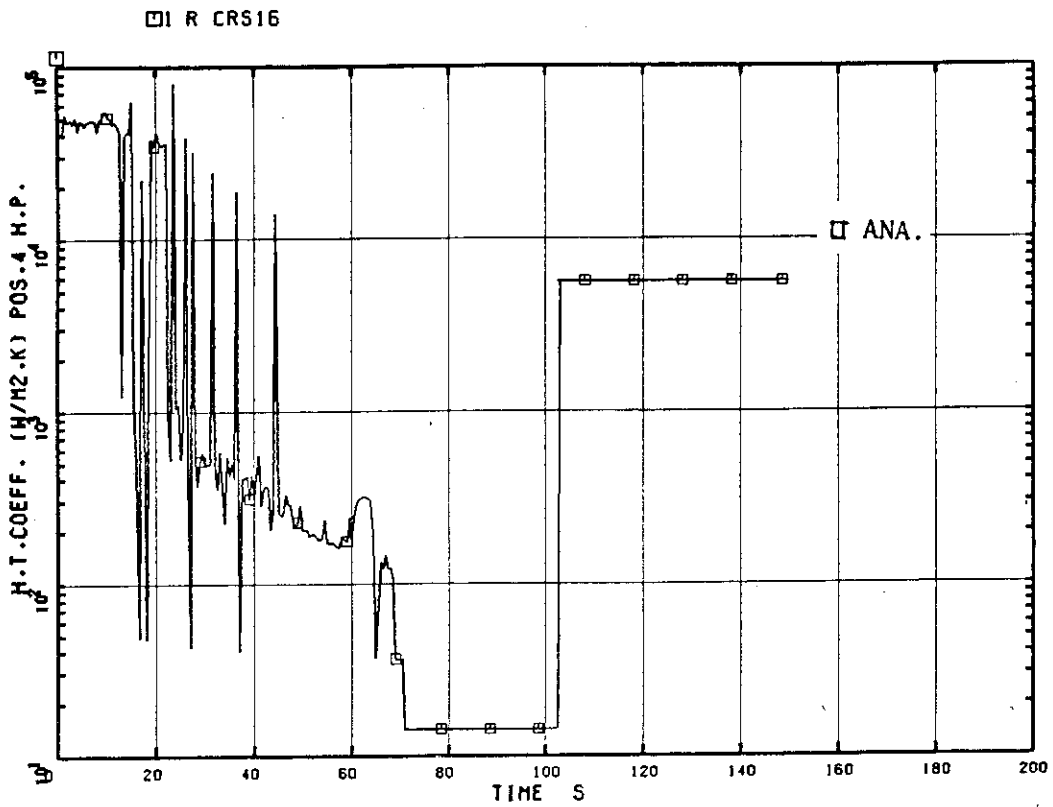


Fig. 4.51 Heat Transfer Coefficient of High Power Channel (Pos.4)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

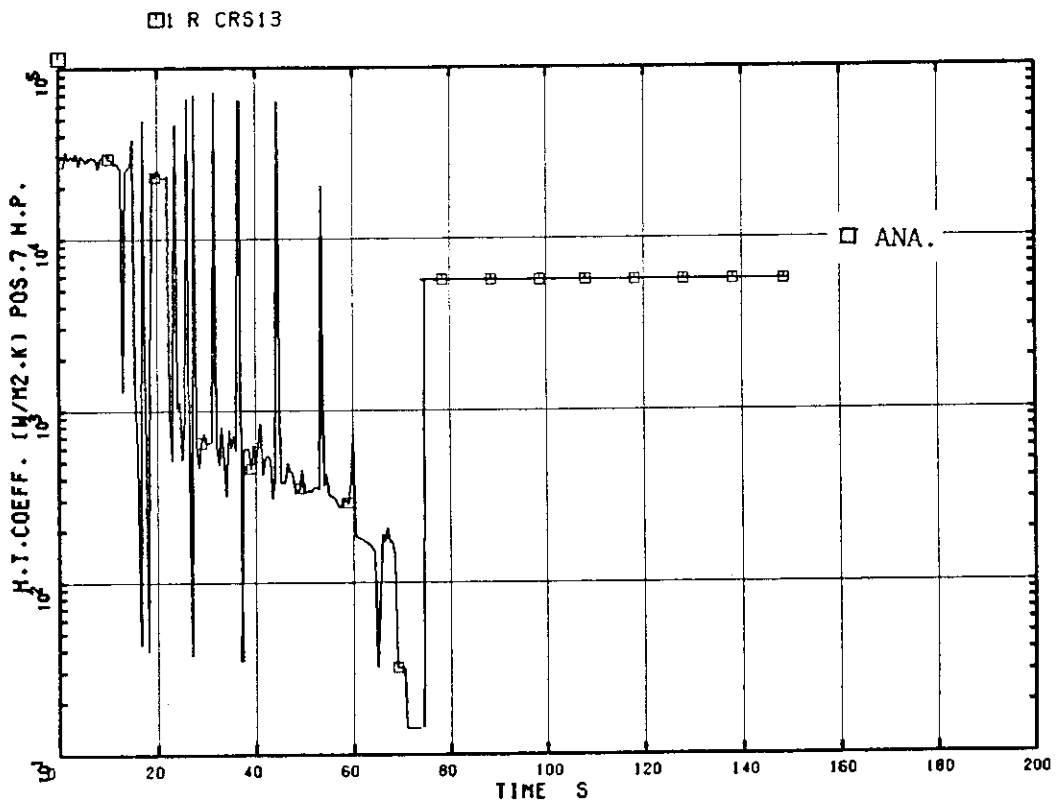


Fig. 4.52 Heat Transfer Coefficient of High Power Channel (Pos.7)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R CRS12

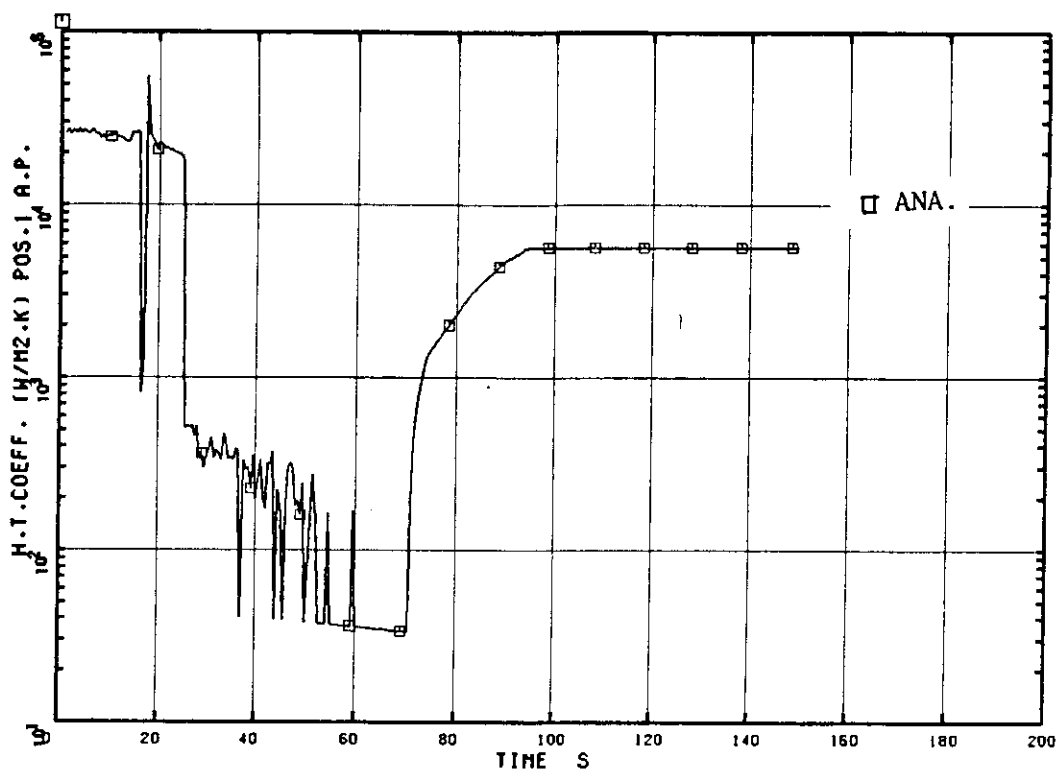


Fig. 4.53 Heat Transfer Coefficient of Average Power Channel (Pos.1)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R CRS9

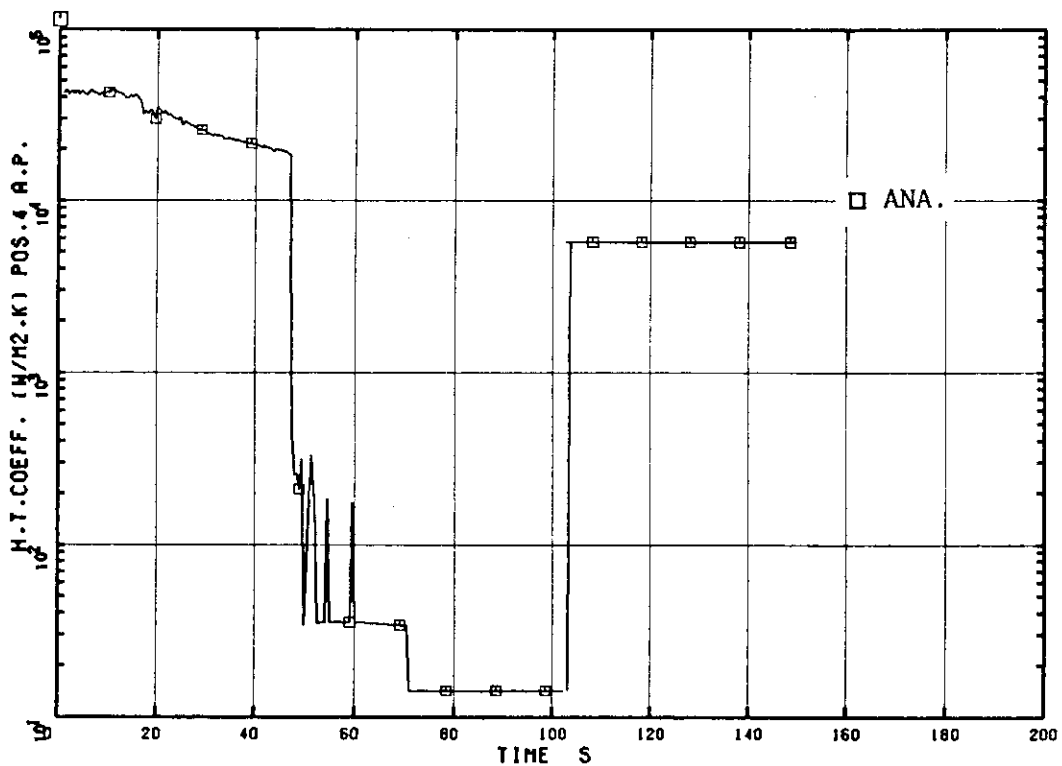


Fig. 4.54 Heat Transfer Coefficient of Average Power Channel (Pos.4)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

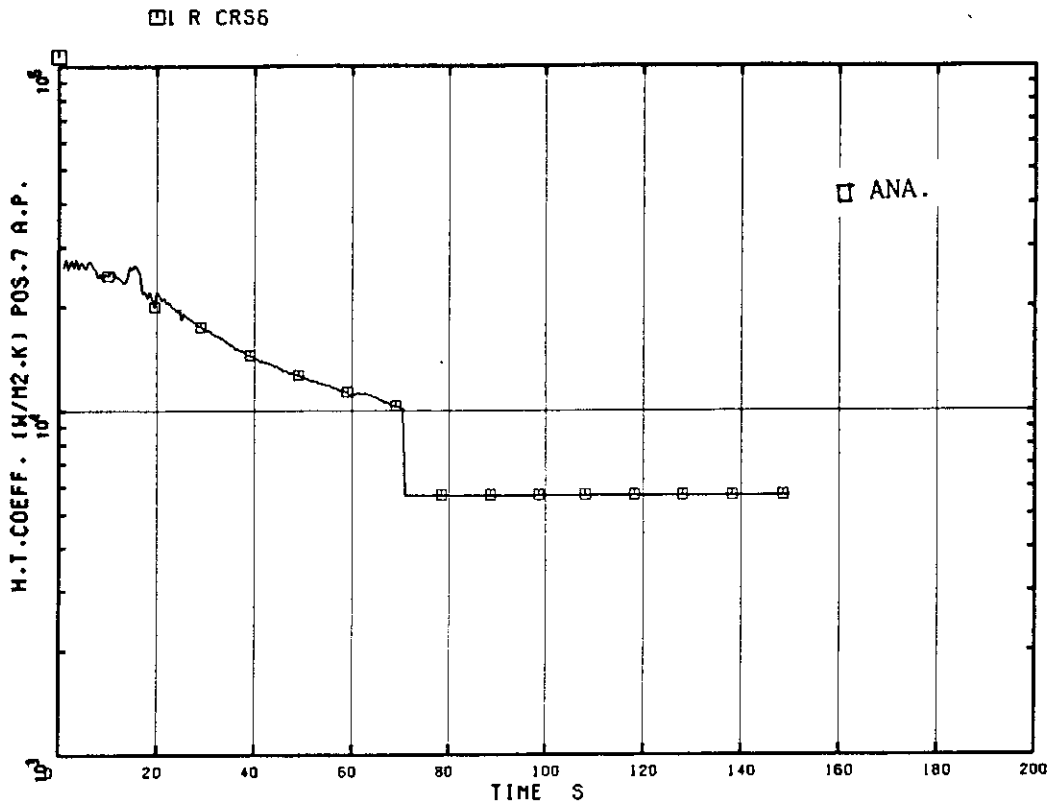


Fig. 4.55 Heat Transfer Coefficient of Average Power Channel (Pos.7)

## 5. BWR/6 LOCAの解析及びROSA-ⅢとBWR/6の相似性の検討

本章では第3章で述べたROSA-Ⅲ実験解析標準ケース（以下ROSA-Ⅲケースと略す）とBWR/6 LOCA解析結果（以下BWRケースと略す）とを比較し、大破断LOCAにおけるROSA-ⅢとBWR/6との相似性について検討する。

なお、両解析結果を同一図面で比較するため、BWRケースの流量及び冷却材質量は1/424にした。

### 5.1 BWR/6 LOCAの解析及び相似性の検討

（ROSA-Ⅲ実験解析標準ケースとの比較）

#### 5.1.1 圧力挙動

図5.1に炉内圧力の代表的なものとして、下部プレナム圧力変化を示す。BWRケースはROSA-Ⅲケースと同様に破断後、破断口から冷却材流出および主蒸気管からの蒸気流出により圧力は低下する。BWRケースでは破断後2秒で蒸気ドーム圧力が7.06 MPa (1025 psia)以下となるため蒸気流量が減少し始め（図5.4参照）、3.7秒でダウンカマ水位がL2レベルにまで低下すると（図5.23参照）3秒遅れで主蒸気隔離弁（MSIV）が全閉する。主蒸気流量の減少にとともに、BWRケース、ROSA-Ⅲケースとも実験と同様に圧力は上昇する。また、破断後13.5秒で両解析とも再循環ポンプ吸込口が露出すると圧力は急低下する。その後下部プレナムフラッシングが生じるが、BWRケースの方がROSA-Ⅲケースに比べて発生時刻が早い。これはBWRケースにおいて上部ダウンカマ水位零およびジェットポンプ吸込口露出時に計算上の不安定が顕著に生じ一時的に圧力が低下しているためである。また、解析の両ケースとも下部プレナムフラッシングによる蒸気発生の影響が実験ほど顕著ではない。その後圧力が低下しBWRケースでは圧力が2.1 MPa、1.5 MPaに低下した60秒、69秒でそれぞれLPCS、LPCIが作動する。下部プレナムフラッシング以後の減圧率はROSA-Ⅲに比べてBWRケースがわずかに大きい。これは主に下部プレナムにおける蒸気発生、炉心水位変化の違いによるものと考えられる。下部プレナム内の蒸気発生に関しては第6章で感度解析を行なった。全体的な圧力変化はBWRケースと、実験、ROSA-Ⅲケースではほぼ一致しており、ROSA-ⅢがBWR大破断時の圧力挙動を充分模擬しているといえる。

#### 5.1.2 破断流挙動

図5.2、5.3にベッセル側およびポンプ側破断流量を示す。BWRケースは実際の流量の1/424で示されている。（以下流量に関しては同じように示す。）ベッセル側破断流量はROSA-Ⅲケースと比べてサブクール域において小さいが、これは破断口ボリュームの初期設定圧力の違いによる。またポンプ側破断流量も破断後60秒頃までROSA-Ⅲケースに比べて小さい。ポンプ側破断流量は破断側ジェットポンプドライブノズルでの逆流に依存している。BWRケースでは破断側ジェットポンプドライブノズルで臨界流となっておらず、これはドラ



イブノズルでの逆流抵抗値を過大評価したためと考えられる。

### 5.1.3 流動挙動

図 5.4 に主蒸気流量変化を示す。BWR ケースでは蒸気ドーム圧力が 7.06 MPa (1025 psia) 以下となり圧力制御系が働くため主蒸気流量は、減少し始めダウンカム水位が L2 レベルに低下すると 3 秒遅れで MSIV が全閉し流量は零となる。

図 5.5 に炉心入口流量，図 5.6～図 5.8 に破断側ジェットポンプおよび図 5.9～図 5.11 に健全側ジェットポンプの駆動流，吸込流，吐出流の流量変化を示す。

炉心入口流量は BWR ケース，ROSA-III ケースともに破断後再循環ポンプのコーストダウンにより減少する。破断開始前の炉心入口流量が ROSA-III ケースと BWR ケースで異なっているのは，ROSA-III 装置の最大炉心出力が定格の 44.3% であり，下部プレナムの未飽和度および炉心内のクオリティ分布を実炉に一致させるため，炉心入口流量も定格の約 44% にしていることによる。ジェットポンプ吸込口が露出すると炉心入口流量も急減し，その後下部プレナムフラッシングにより BWR ケース，ROSA-III ケースともわずかにその時刻は異なるが二相流の吹き上げにより一時的に流量が増加する。その後気水分離により下部プレナム内には水位が形成され始める。(図 5.31 参照) BWR ケースでは破断後 60 秒まで逆流となるのに対して ROSA-III ケースではほぼ正流状態が持続している。これは BWR ケースでは破断後約 30 秒で下部プレナム水位がジェットポンプの下端にまで低下し，このため炉心部への蒸気吹き上げが減少したことによると考えられる。この点に関しては 6 章の感度解析においても検討される。

破断側ジェットポンプ駆動流量 (図 5.6) はポンプ側破断口からの冷却材流出により BWR ケース，ROSA-III ともに破断後瞬時に逆流する。また健全側ジェットポンプ駆動流量

(図 5.9) は再循環ポンプのコーストダウンに伴ない除々に減少し，再循環ポンプ吸込口が露出すると健全側再循環ループが二相状態となるため振動しながら減少していく。ジェットポンプ吸込流量は破断側 (図 5.7)，健全側 (図 5.10) ともにジェットポンプ吸込口が露出すると減少し逆流する。ROSA-III ケースの吸込流の逆流は BWR ケースに比べて少ない。これは，ROSA-III 装置特有のジェットポンプ吸込配管によって，ジェットポンプ吸込口の逆流抵抗が BWR に比べて大きいとためと考えられる。またジェットポンプ吐出口流量 (図 5.8, 5.11) は BWR ケース，ROSA-III ケースともに破断後減少あるいは逆流する。特に健全側ジェットポンプ吐出側については BWR ケースと ROSA-III ケースで異なり，下部プレナムフラッシング以降 BWR ケースでは逆流するが ROSA-III ケースでは正流が続く。

図 5.12～図 5.18 に CCFL 計算モデルに関する LPCS 流量を示す。中央領域および周辺領域炉心出口では吹き上げ蒸気流が多いため，スプレイ水の落下は ROSA-III ケースと同様に制限されており，一方炉心バイパス部へは多量のスプレイ水が落下している。

図 5.19 に LPCI 流量を示す。ROSA-III ケースでは実験値を与えているため BWR ケースよりも作動時刻が遅いが，図に示す圧力と流量の関係をを用いると破断後 7.8 秒で作動することになり BWR ケースに近づく。

図 5.20 に炉心バイパス出口流量を示す。BWR ケースはジェットポンプ吐出口露出するまで正流であるが，ROSA-III ケースは破断後瞬時に逆流する。その後フラッシングにより再ケー

スとも再び正流となる。その後 LPCI が作動し炉心バイパスが満水となるまで大きく逆流する。これは炉心バイパス部に未飽和水が注入されるとバイパス内の蒸気が凝縮されるために上部プレナム内の蓄積水が、バイパス内へ一時的に流入することによっている。またその後の流量ははげしく振動する。

図 5.21 にリークホール流量（炉心入口領域から炉心バイパスの流れ）を示す。破断直後は BWR ケース、ROSA-Ⅲ ケースとも炉心バイパス出口流量と同様な挙動を示す。その後 LPCI が作動すると炉心バイパス内へ多量の水が流れ込みリークホール流量は振動するが大きく逆流する。

図 5.22 にガイドチューブ入口流量を示す。破断直後の挙動はバイパス出口及びリークホール流量と同じである。BWR ケースで破断後約 40 秒で流量が急減するのは、ガイドチューブ内水位が低下し、蒸気単相の流れとなるためである。一方 ROSA-Ⅲ ケースではガイドチューブ入口は BWR と異なりバイパス／ガイドチューブへの種々の漏洩流路をすべてガイドチューブ下端に設けてあり、水もしくは二相流が常に流れている。

#### 5.1.4 水位挙動

図 5.23、図 5.24 にそれぞれ上部および下部ダウンコマ水位変化を示す。BWR ケースと ROSA-Ⅲ ケースでジェットポンプ吸込口および再循環ポンプ吸込口露出時刻がほぼ一致しており、ROSA-Ⅲ のダウンコマ水位変化は BWR をよく模擬している。

図 5.25～図 5.33 に上部プレナム、炉心、炉心入口部、下部プレナム、炉心バイパスおよびガイドチューブ内の水位変化を示す。上部プレナムについては BWR ケースと ROSA-Ⅲ ケースとも同一傾向を示し、破断後から LPCI 作動まで水位が形成され、LPCI 作動後急低下する。両解析とも実験と異なった挙動を示している。図 5.34 に上部プレナム内残存水量を示すが、LPCI 作動時まで BWR ケース、ROSA-Ⅲ ケースとも初期水量からほとんど減少していない。炉心内水位については BWR ケース、ROSA-Ⅲ ケース共に下部プレナムフラッシング以後炉心水位が低下し、炉心が完全に蒸気雰囲気中に露出するという同一傾向を示す。しかしながら半径方向に分割した炉心間の水位変化の差は、ROSA-Ⅲ ケースの方が大きく表われている。これは BWR ケースと ROSA-Ⅲ ケースで炉心分割法の違いからくる水位変化の差であると考えられる。この点に関しては 6 章の感度解析で検討される。また、ROSA-Ⅲ ケースと異なり BWR ケースでは、破断後約 30 秒で下部プレナム水位がジェットポンプ吐出口まで低下すると炉心部への吹き上げ蒸気が減少するため炉心入口流量が逆流しやすくなり、水位低下率が早くなっている。この下部プレナム水位低下の時間差は下部プレナム体積とジェットポンプ吐出位置との相対関係が BWR ケースと ROSA-Ⅲ ケースで異なっているためと考えられ、6 章において感度解析を行なった。

下部プレナムにおいては、BWR ケース、ROSA-Ⅲ ケースともに下部プレナムフラッシング以後、気水分離により水位が形成される。一方実験においても水位が形成されている。これは、炉心入口における気液対向流制限（CCFL）が生じていることによっている。ただし、3 章で述べたように均質平衡コードによる BWR ケース、ROSA-Ⅲ ケースの計算で炉心入口での CCFL が計算できているわけではない。炉心バイパス水位については BWR ケース、ROSA-Ⅲ

ケースで破断後約30秒頃から低下し始め、LPCI作動後急速に水位回復がおこるといふ同一の傾向を示す。

LPCSおよびLPCI作動後の炉心内水位の挙動は炉心バイパスからリークホールを通り炉心入口部に流入するECCS水が炉心に吹き上げられるか、下部プレナムに逆流するかにより大きく依存する。BWRケースでは下部プレナムへ逆流する量がROSA-IIIケースに比べて多い。

図5.35に下部プレナム内の残存水量を示す。BWRケースでは破断後約80秒から残存水量は増加するが、ROSA-IIIケースでは増加がみられない。また、下部プレナム水位の上昇もBWRケースの方が顕著である。BWRケースの炉心水位は炉心入口流量の激しい振動に対応し振動する。破断後約120秒で一時炉心上端まで水位の回復するが、炉心内は高ボイド高クオリティの二相流状態となっているため引き続き振動する。一方ROSA-IIIケースでは第6章で述べられるように、圧力容器の蓄積熱が下部プレナム内の蒸気発生に大きく寄与しており、BWRケースとは冠水過程の水位挙動がやや異なっている。

#### 5.1.5 燃料棒表面温度挙動

図5.36, 5.37にそれぞれBWRケースにおける中央領域および周辺領域炉心の軸方向7点における燃料棒表面温度変化を示す。また、中央領域炉心のPos.1(炉心上部), Pos.4(炉心中央), Pos.7(炉心下部)における熱伝達係数変化を図5.38~図5.40に示す。表面温度の上昇時刻は中央領域および周辺領域炉心ともに水位低下と良く一致しており、実験結果と同一傾向を示す。燃料棒表面が水位以下にある時は核沸騰が維持され表面温度は流体の飽和温度に伴う。破断後約20秒頃から炉心水位が低下していくと、それにもなって炉心上部から順次ドライアウトしていく。破断後60秒でLPCSが作動すると、CCFLモデルにより計算されたスプレイ水が炉心内へ流入し、燃料棒表面を液膜となって落下するため、Pos.1からPos.4までtopdownクエンチがおこり、表面温度は飽和温度まで低下する。一方Pos.5からPos.7の炉心下部においては、図4.26, 4.27に示したように炉心水位が激しく振動しながら上昇するため、表面温度もbottomup quenchとドライアウトを繰り返しながら低下して行く。

Pos.1, Pos.4, Pos.7について、BWRケース、実験およびROSA-IIIケースの表面温度変化の比較を図4.41, 4.42, 4.43にそれぞれ示す。実験結果は高出力チャンネルのローカルピーキングファクター0.875(初期軸方向平均線出力密度21.4KW/m)および平均出力チャンネルでは1.1(19.1KW/m)と1.0(17.4KW/m)の模擬燃料棒を取り出して示す。

ROSA-IIIケースは平均出力チャンネル(17.4KW/m)、BWRケースは中央領域炉心(20.0KW/m)におけるヒートスラブの表面温度変化である。ドライアウトのタイミングはBWRケース、ROSA-IIIケースともに実験値に比べて水位低下の違いから10~20秒早くなっている。また、温度上昇率に関してはROSA-IIIケースがBWRケースに比べて高い。これはBWRケースの崩壊熱曲線(GE+3 $\sigma$ )とROSA-IIIで用いられる崩壊熱模擬曲線の違いによるものである。しかしながら、ドライアウト、PCT、ターンアラウンドクエンチなど全体的傾向はBWRケースとROSA-IIIケースでよく一致している。

## 5.2 ま と め

BWRとROSA-Ⅲの再循環ポンプ入口での両端破断LOCAの解析結果の比較により、両者の相似性について以下の結論が得られた。

- (1) 炉内圧力変化については、BWRケースとROSA-Ⅲケースではほぼ一致しており、ROSA-ⅢはBWR大破断時の圧力挙動をよく模擬している。
- (2) 圧力容器内流動挙動に関しては、BWRに比べてROSA-Ⅲの初期炉心流量が小さく（炉心出力との関係のため）、またジェットポンプまわりの抵抗が大きいため、ポンプコストダウンによる炉心流量の減少が早く、下部プレナムフラッシングによるジェットポンプ逆流が小さいが、その後の流動挙動はほぼ一致している。
- (3) ダウンカマ水位に関しては、BWRケースとROSA-Ⅲケースでジェットポンプ吸込口および再循環ポンプ吸込口露出時刻がほぼ一致した。また、シェラウド内水位変化に関しては、BWRケースとROSA-Ⅲケースで時間的な差はあるものの、破断後の炉心入口流量減少により炉心上部が高ボイド二相流状態となる。その後下部プレナムフラッシングが起こると一時的に炉心入口流量が増加するが、これがおさまるにつれて炉心内水位が低下し始め、炉心は蒸気雰囲気中に完全に露出する。そしてECCS作動後炉心上部及び下部から炉心内へ水が流入し、炉心内が高ボイド高クオリティの二相流で満たされるという実験結果の傾向がROSA-ⅢおよびBWRケースともによく計算されている。
- (4) 被覆管表面温度に関してもドライアウト、PCT、ターン・アラウンドクエンチなど全体的傾向はよく一致している。

Table 5.1 Comparison of Sequence of Events (ROSA-III,U4/J3 for ROSA-III  
and U4/J3 for BWR/6)

	Exp.	ROSA-III Analysis	BWR/6 Analysis
L2 Level	2.8 s	2.1 s	3.7 s
MSIV closure	6 s ~ 9 s	Exp.	2 s ~ 7 s
L1 Level	8 s	6.1 s	7.3 s
Uncovery of Jet Pump Suction	9.7 s	8.7 s	8.2 s
Uncovery of Recirculation Line	13 s	13.5 s	13.5 s
Lower Plenum Flashing	17 s	17.5 s	14 s
Uncovery of Jet Pump Outlet	71 s	56 s	30 s
Fweed Water Flashing	68 s	-	-
LPCS	71 s (2.1MPa)	Exp. (1.8MPa)	60 s (2.1MPa)
LPCI	96 s (1.5MPa)	Exp. (1.0MPa)	69 s (1.5MPa)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

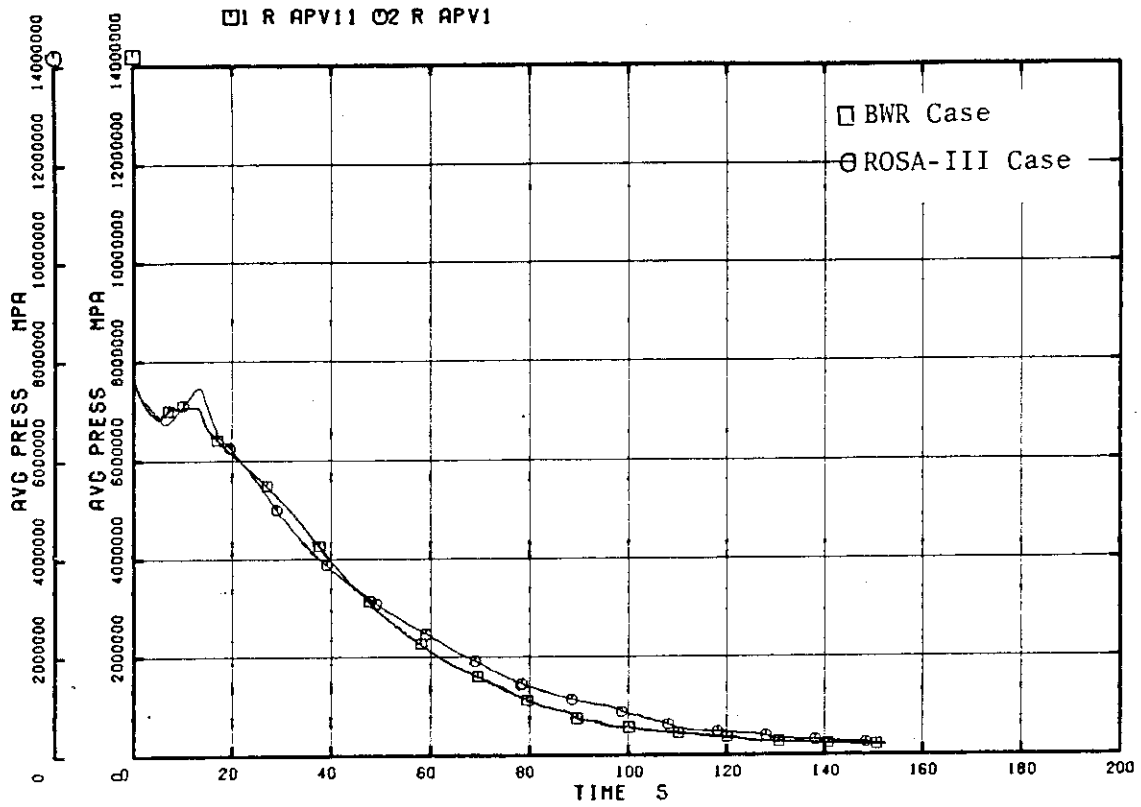


Fig. 5. 1 Lower Plenum Pressure

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

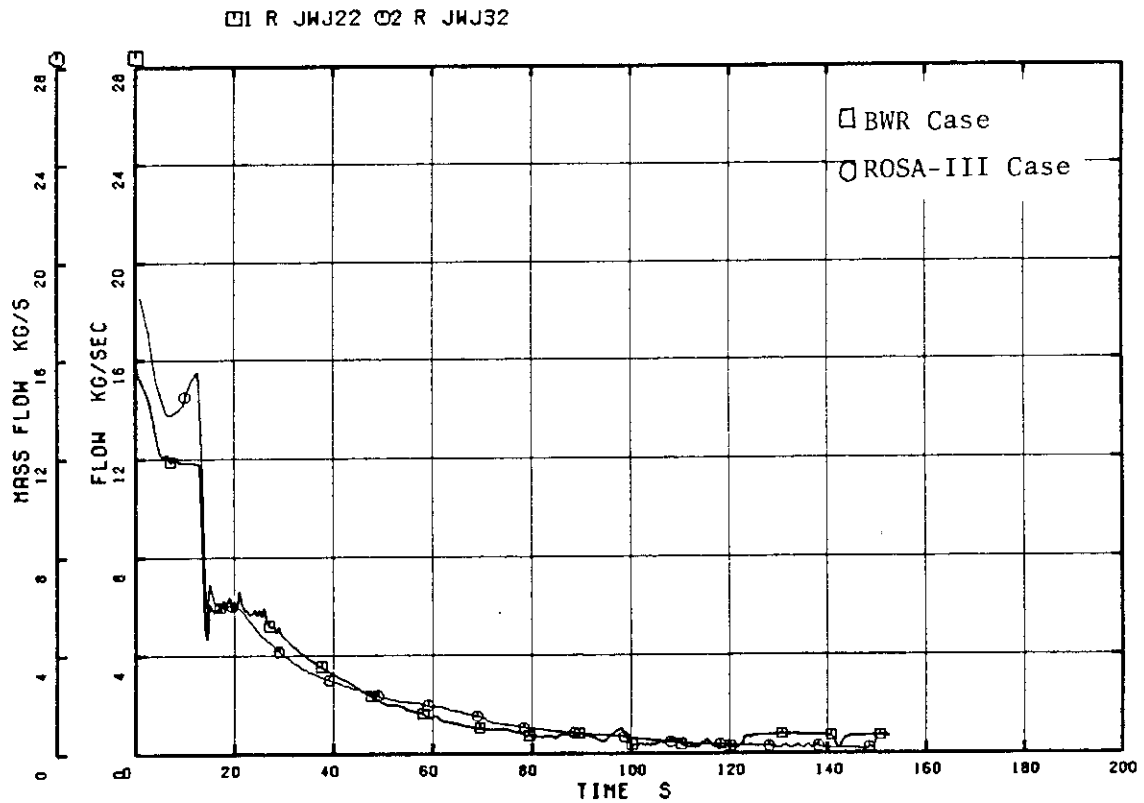


Fig. 5. 2 Vessel Side Break Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ23 ○ R JWJ33

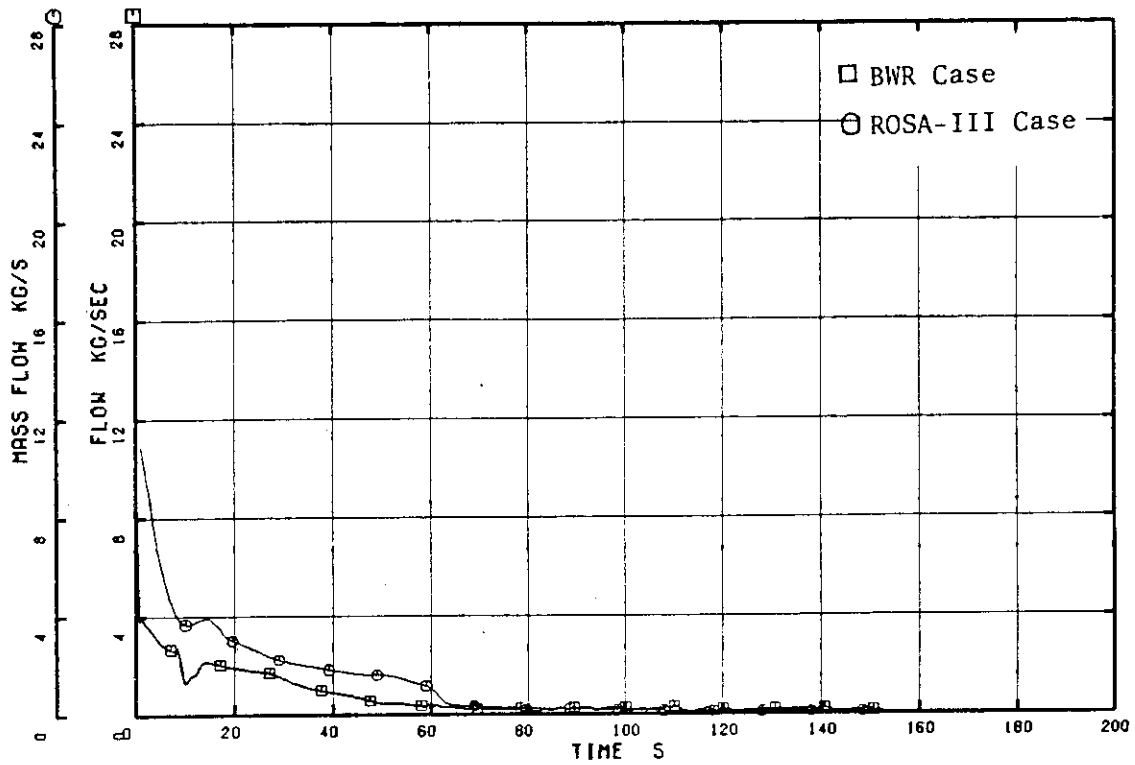


Fig. 5. 3 Pump Side Break Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ25 ○ R JWJ31

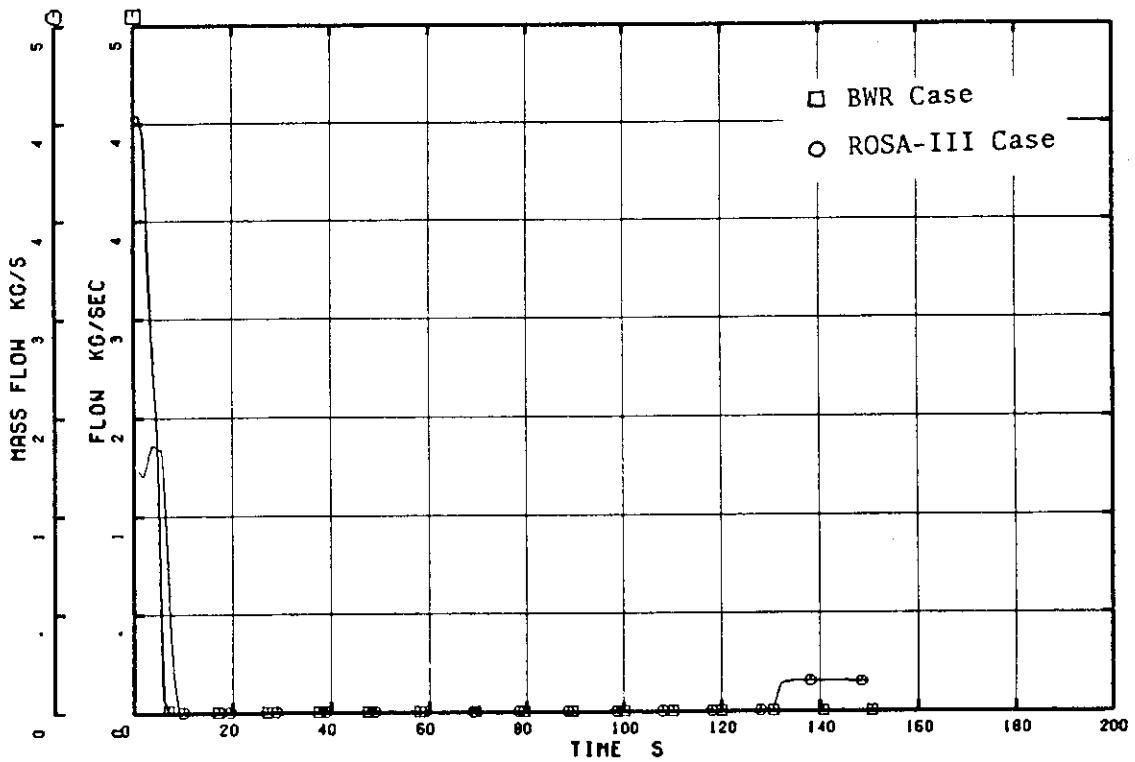


Fig. 5. 4 Main Steam Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ38 ○ R JWJ1

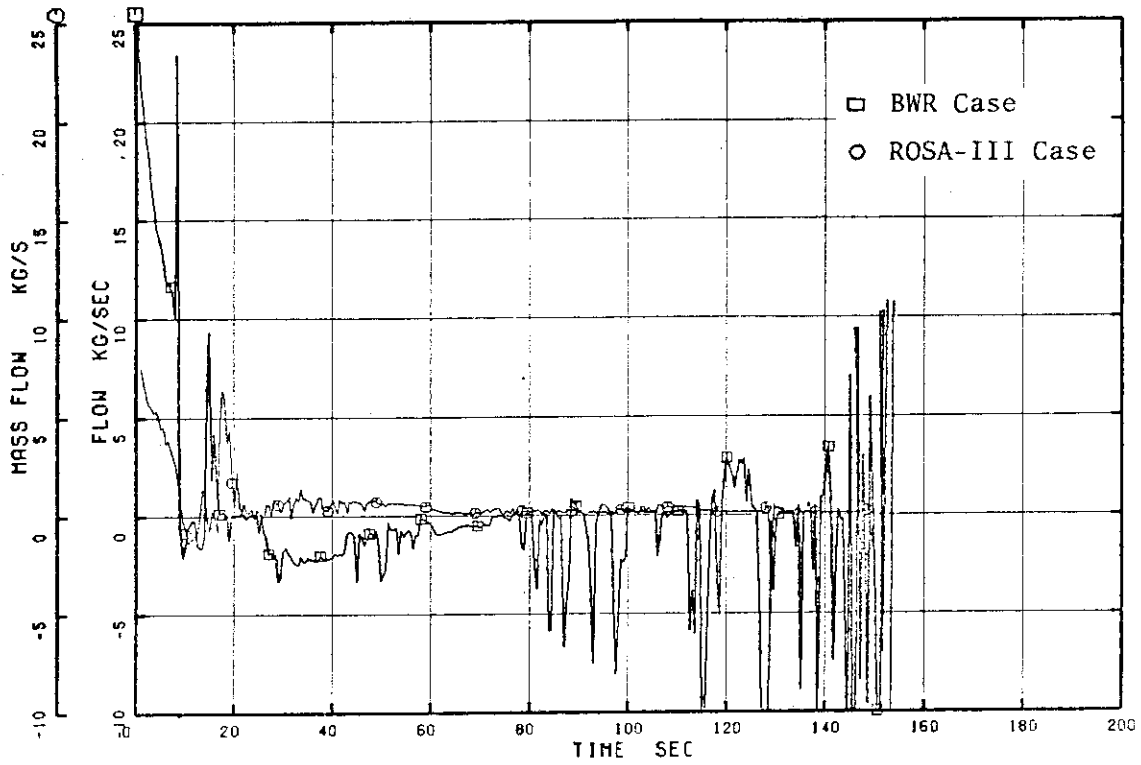


Fig. 5. 5 Core Inlet Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ8 ○ R JWJ16

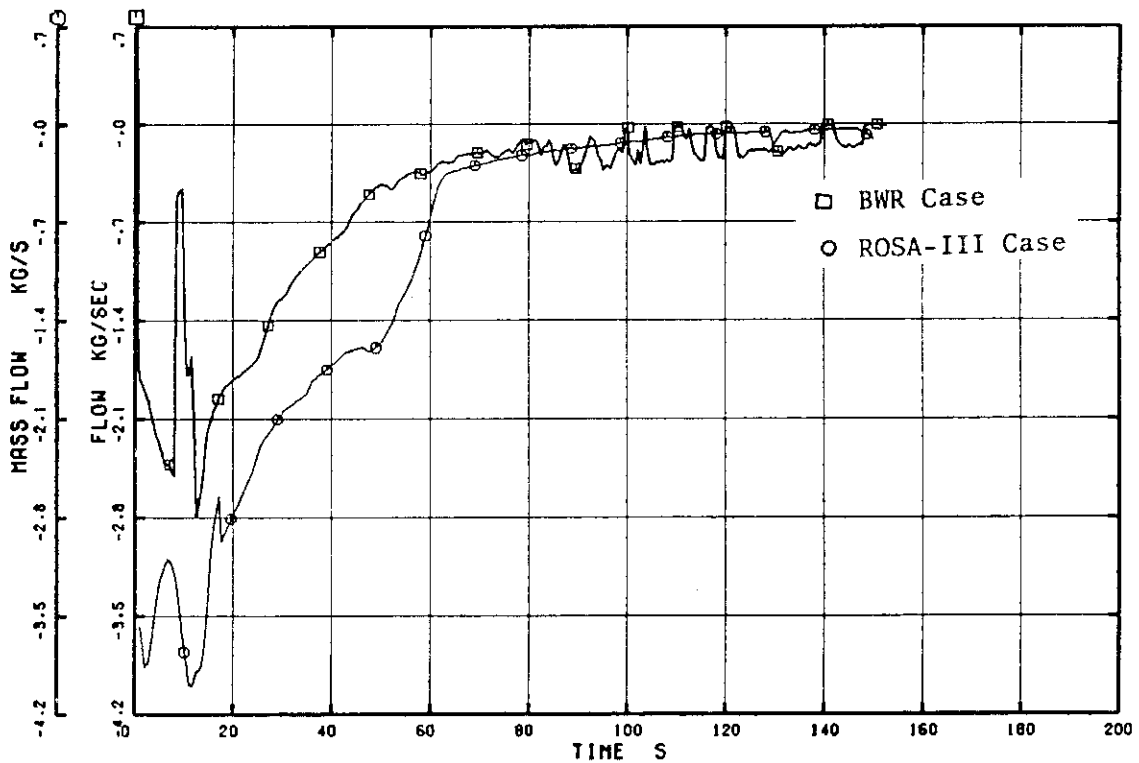


Fig. 5. 6 Broken Loop Jet Pump Drive Flow



ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ4 ○ R JWJ11

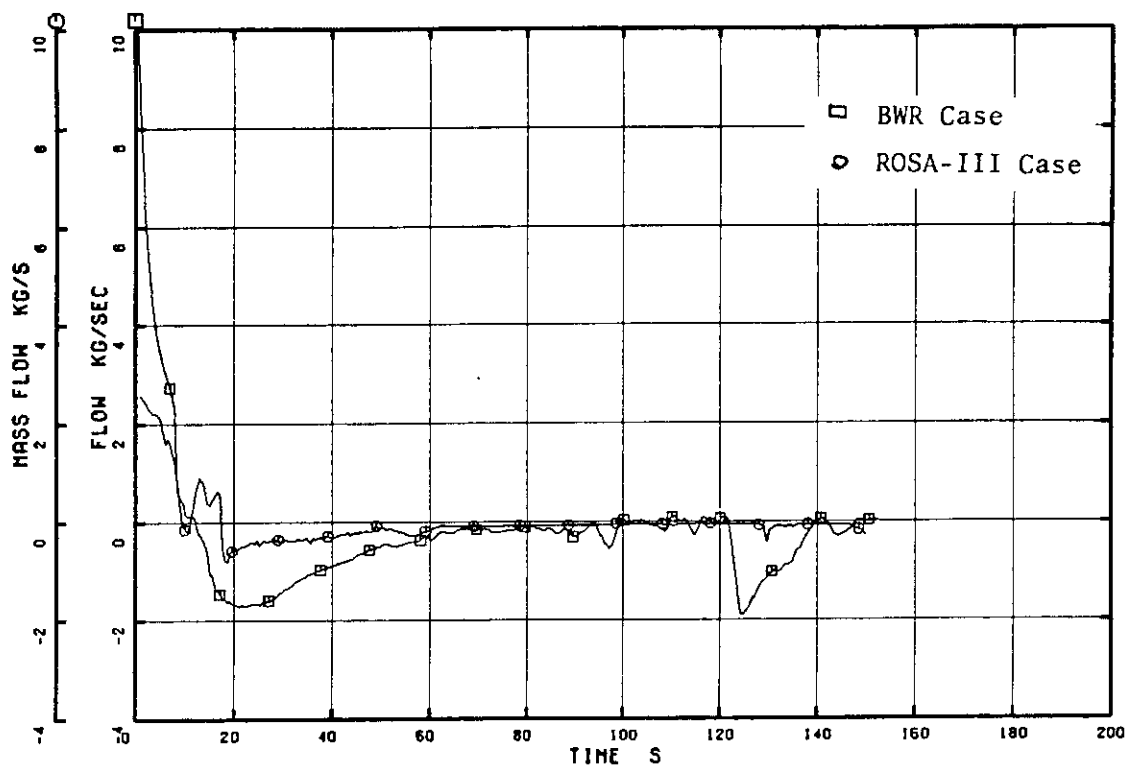


Fig. 5. 7 Broken Loop Jet Pump Suction Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ19 ○ R JWJ12

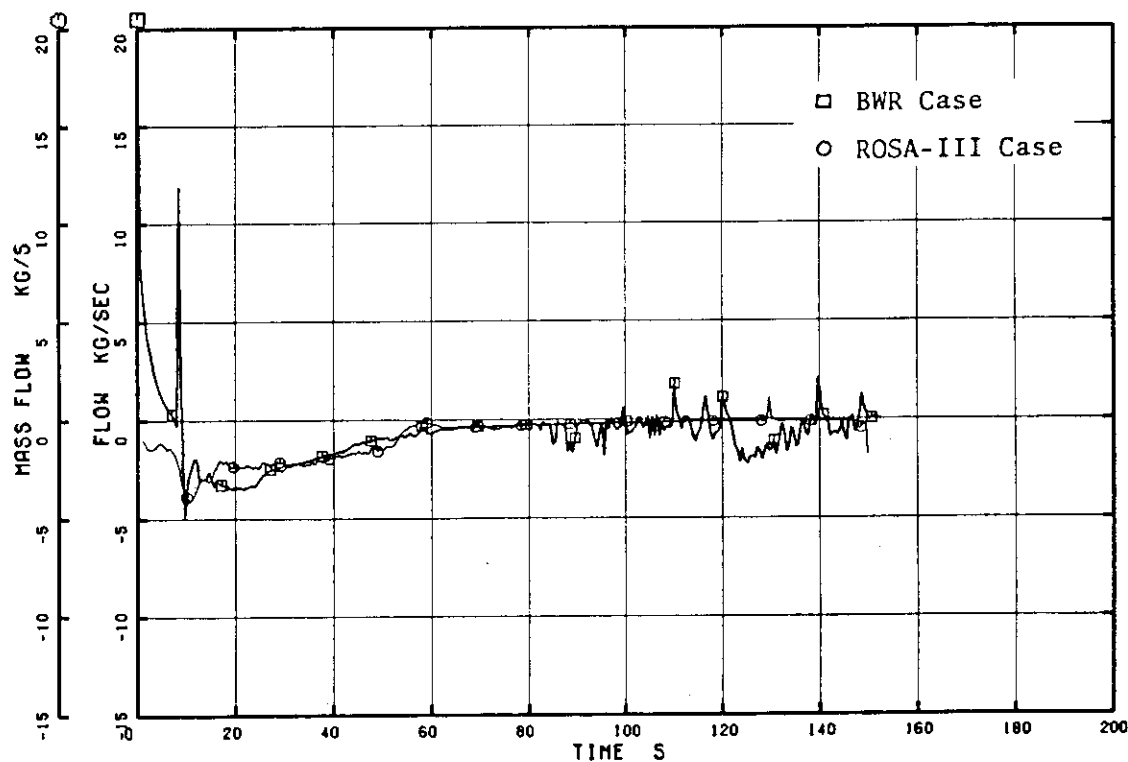


Fig. 5. 8 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ12 ○ R JWJ23

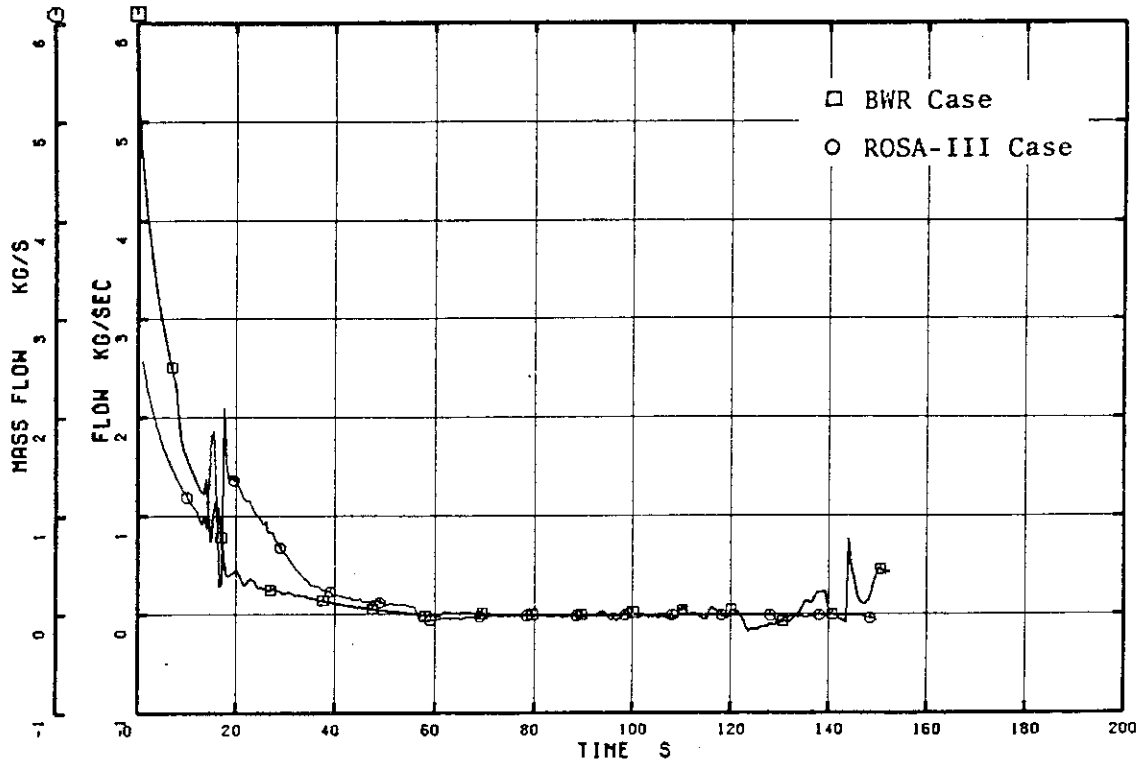


Fig. 5. 9 Intact Loop Jet Pump Drive Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ13 ○ R JWJ18

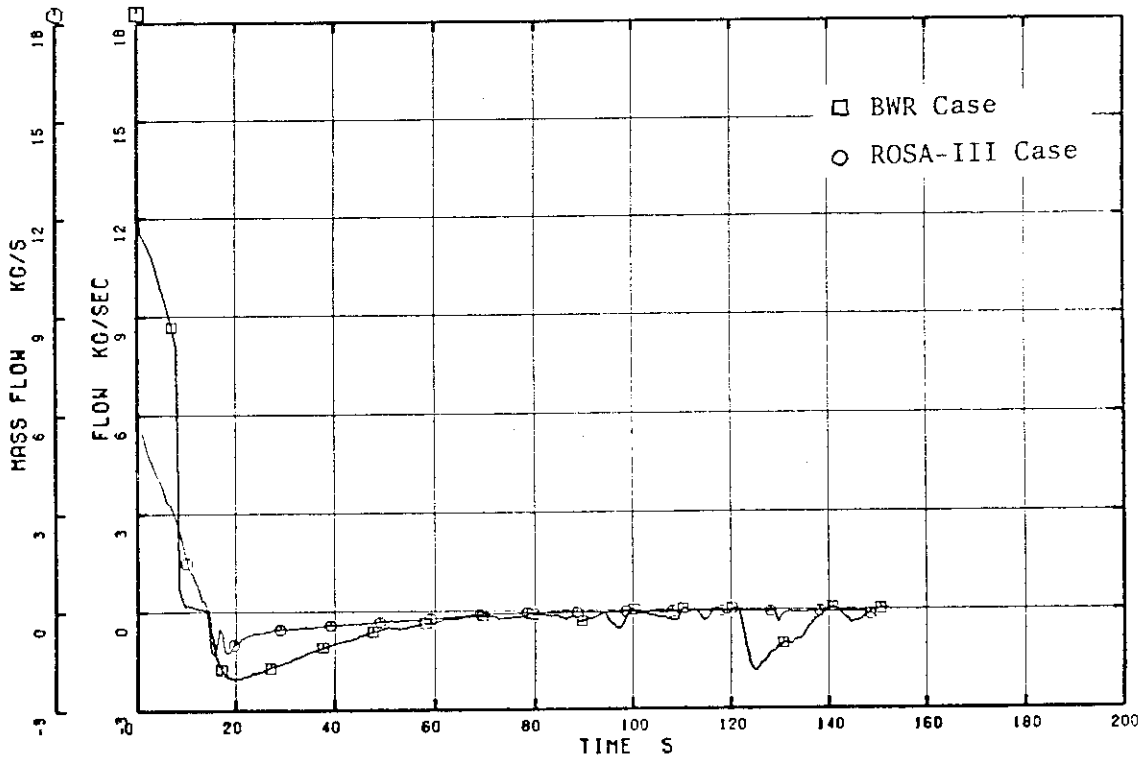


Fig. 5.10 Intact Loop Jet Pump Suction Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ18 ○ R JWJ19

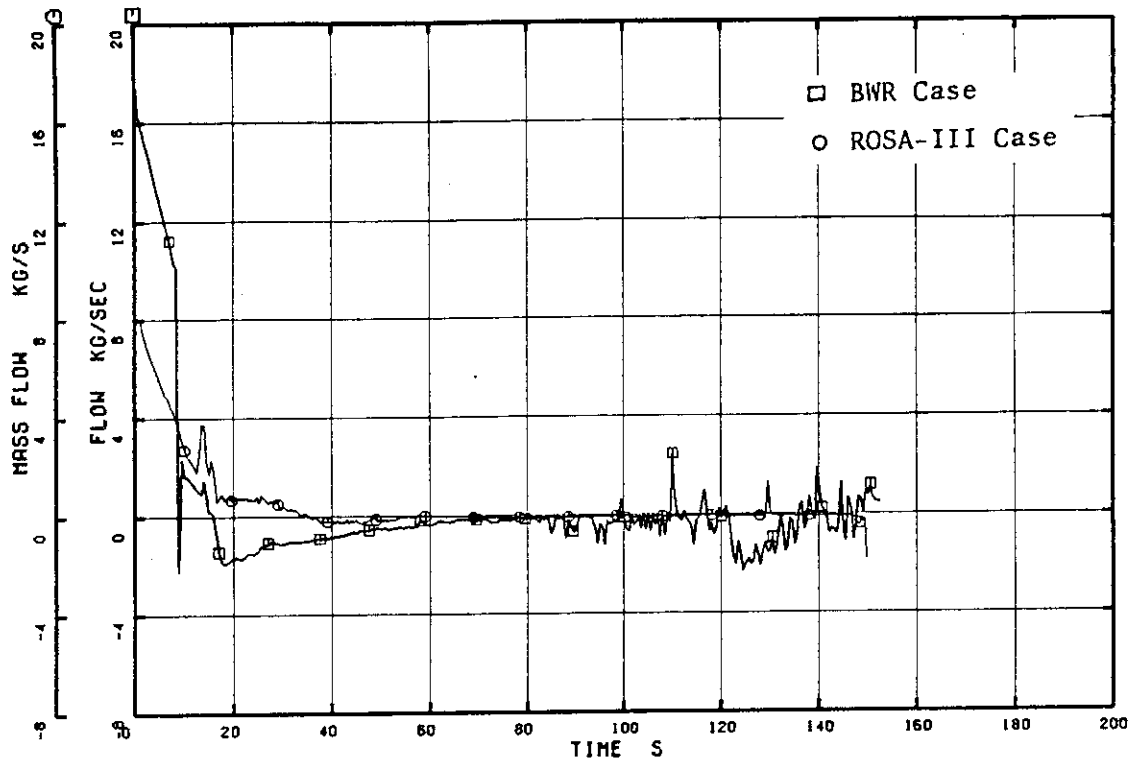


Fig. 5.11 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ28

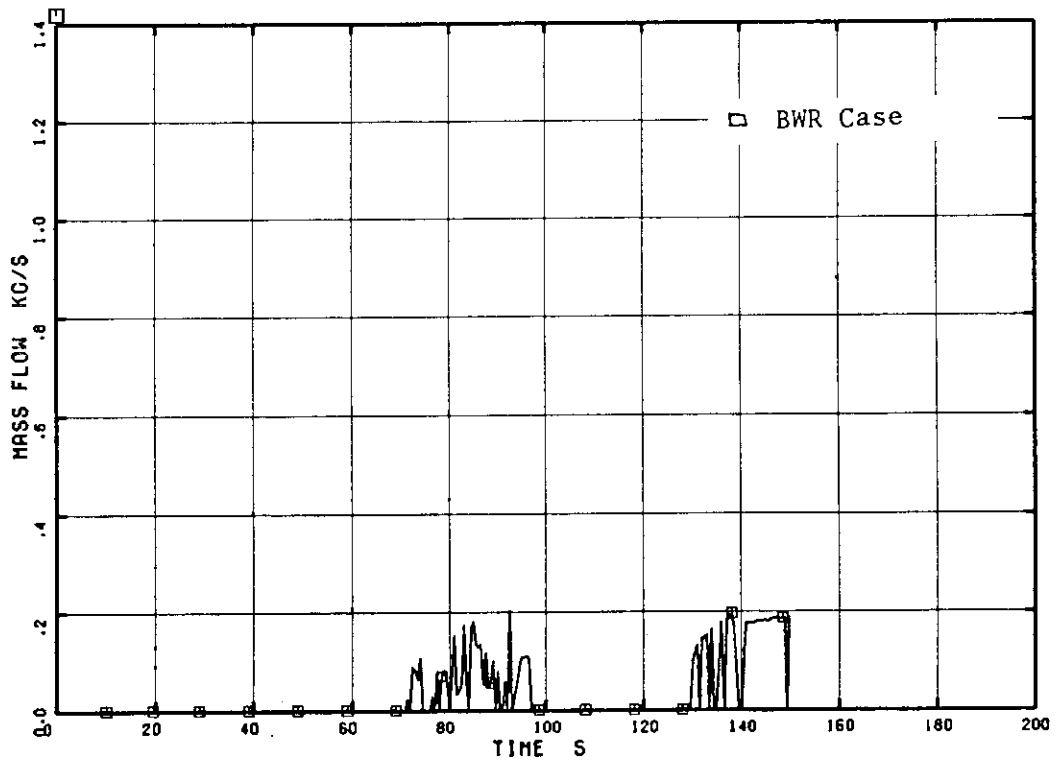


Fig. 5.12 LPCS into Central Core

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ32

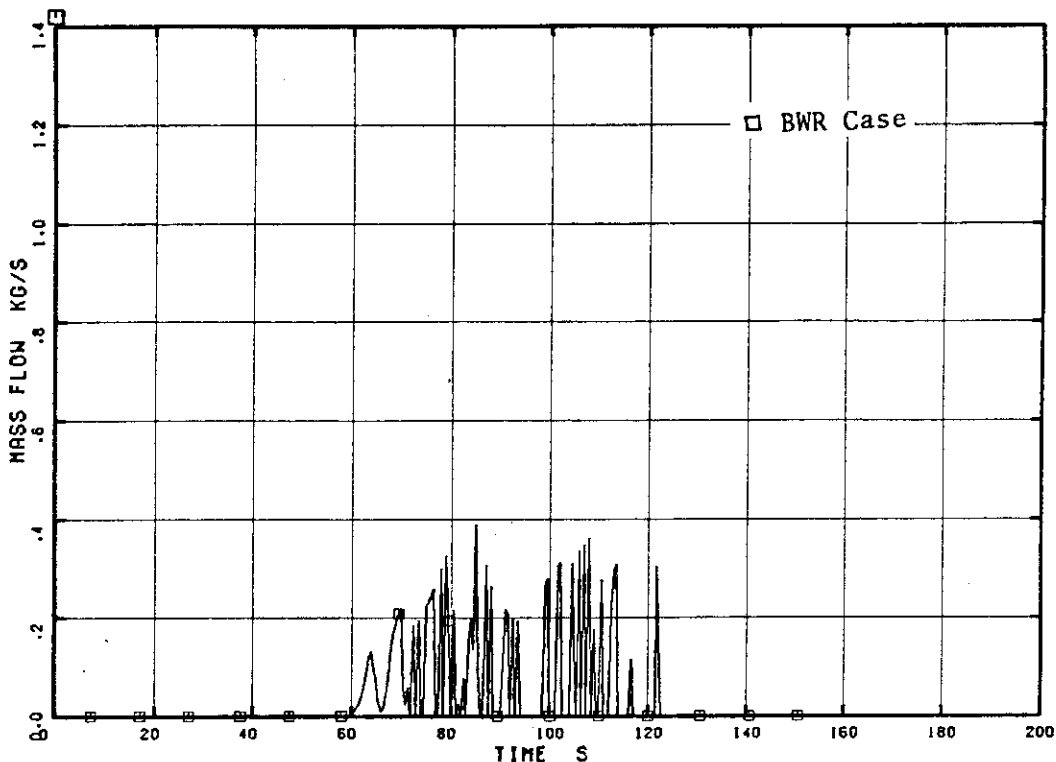


Fig. 5.13 Droplet Flow into High Power Channel by LPCS

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ33

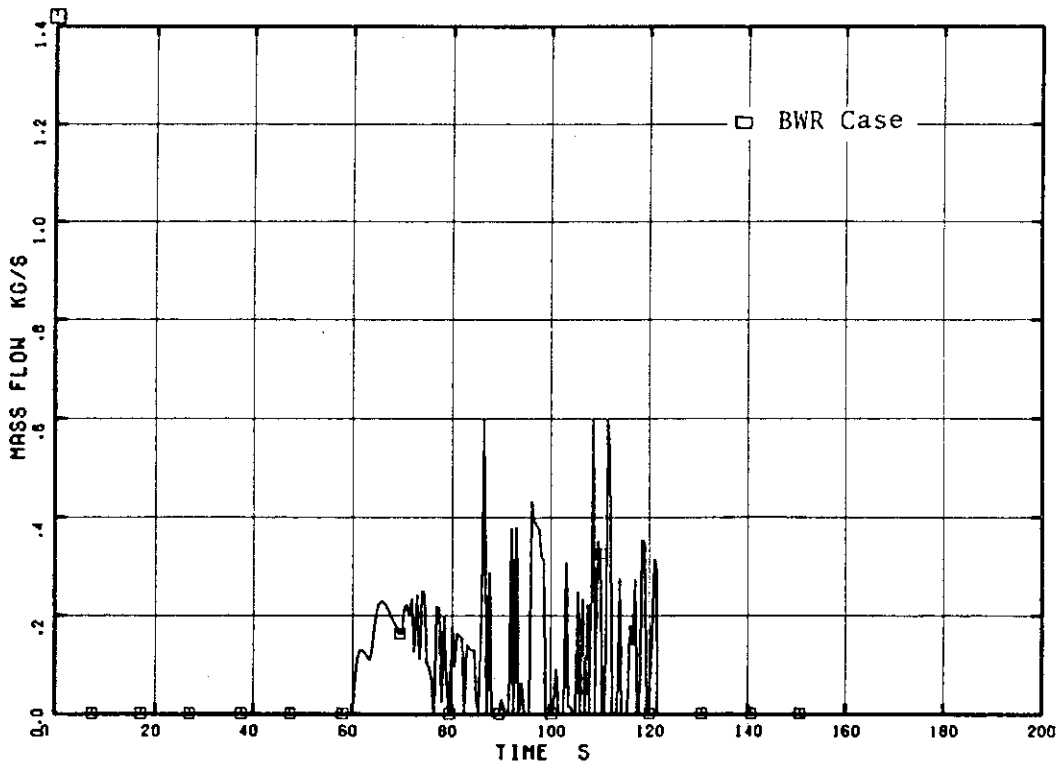


Fig. 5.14 Vapor Flow from Central Core by LPCS

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ29

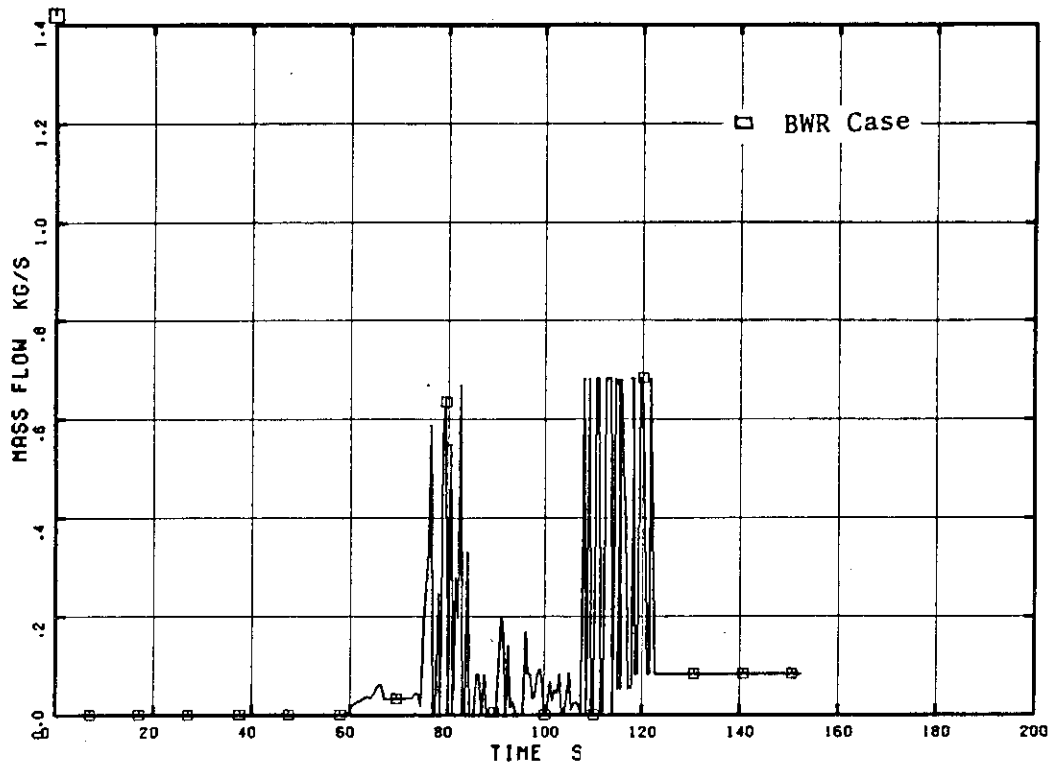


Fig. 5.15 LPCS into Peripheral Core

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ34

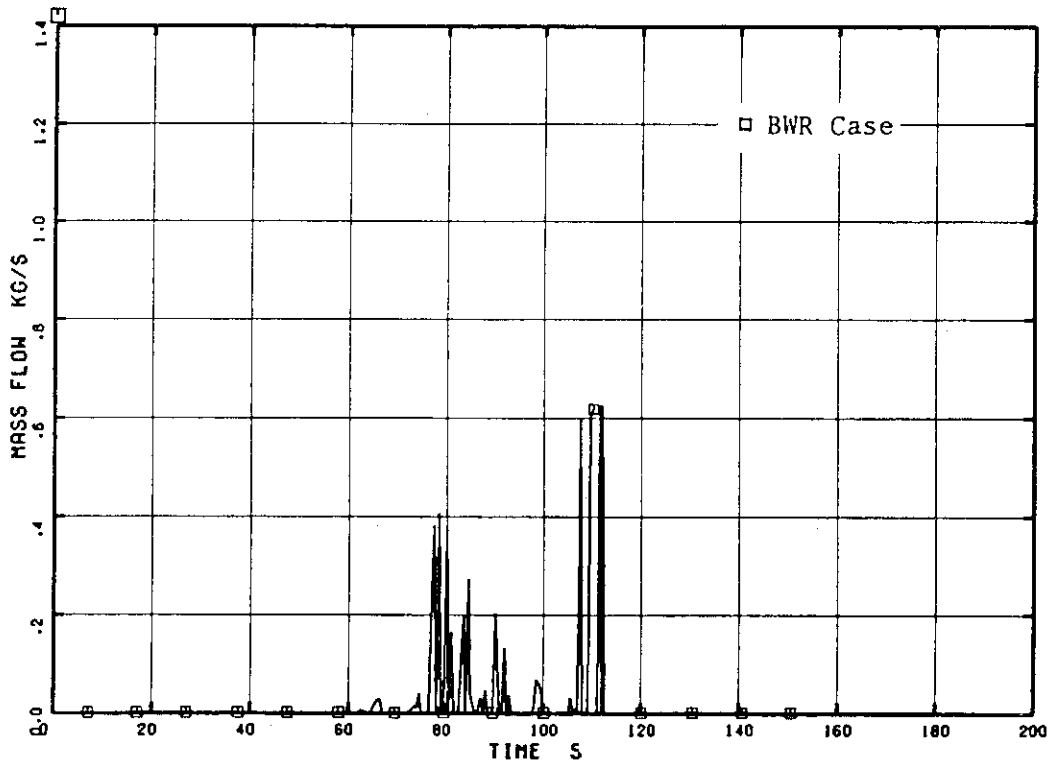


Fig. 5.16 Droplet Flow into Peripheral Core by LPCS

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ35

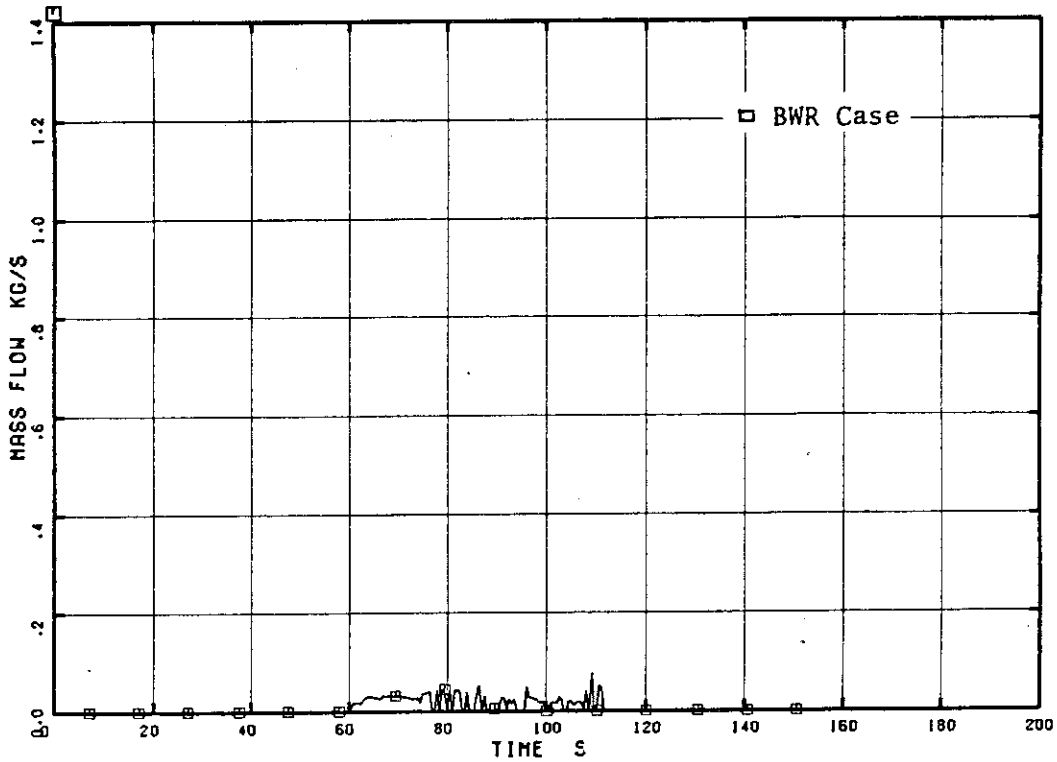


Fig. 5.17 Vapor Flow from Peripheral Core by LPCS

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ30 ○ R JWJ27

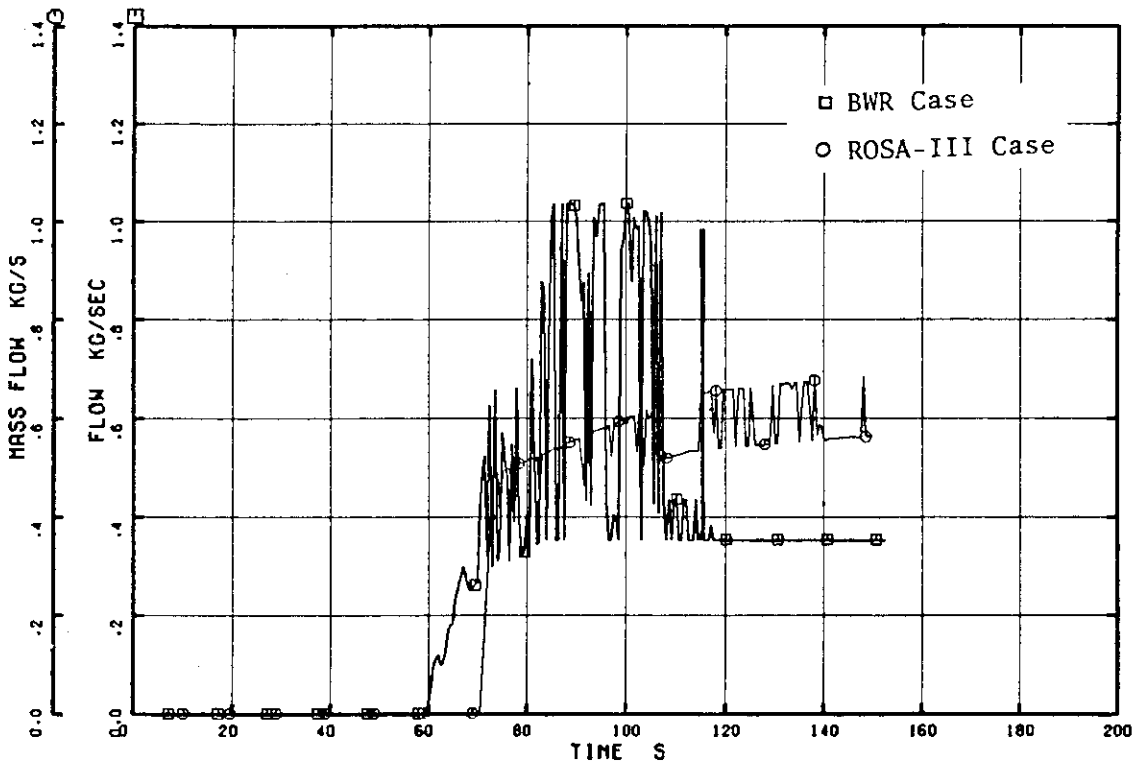


Fig. 5.18 LPCS Flow into Core Bypass

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ31 ○ R JWJ30

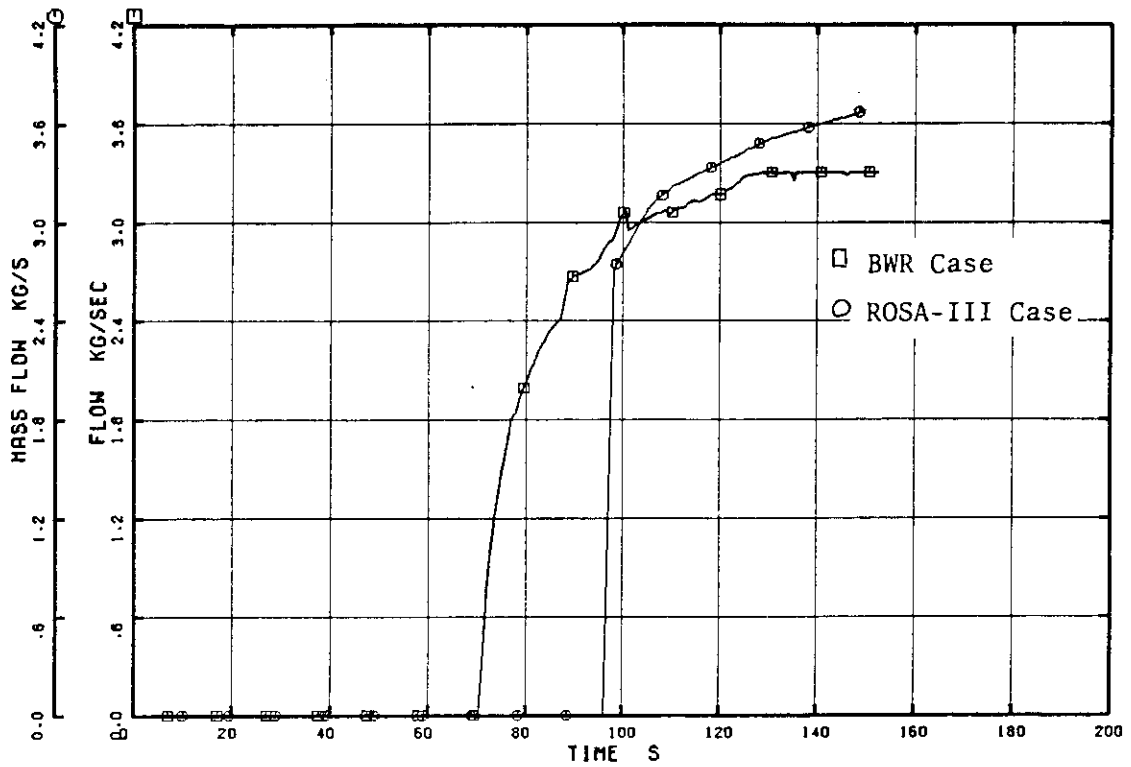


Fig. 5.19 LPCI FLOW

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ17 ○ R JWJ8

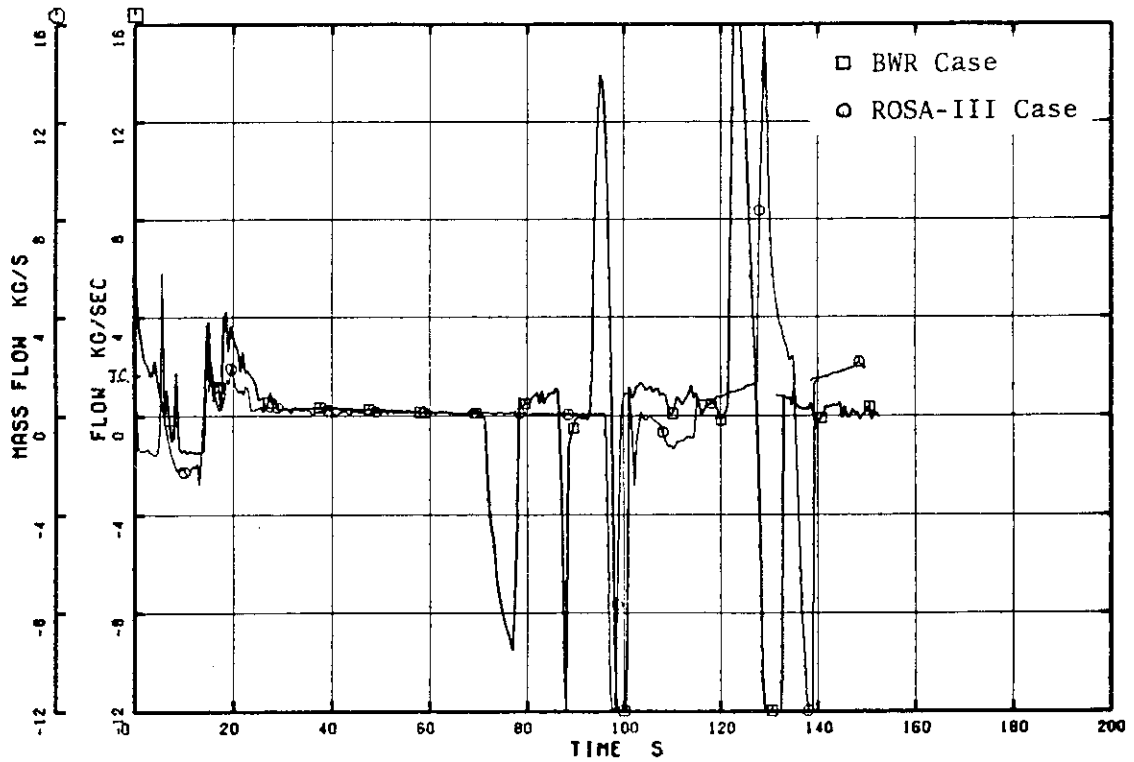


Fig. 5.20 Core Bypass Outlet Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ16 ○ R JWJ24

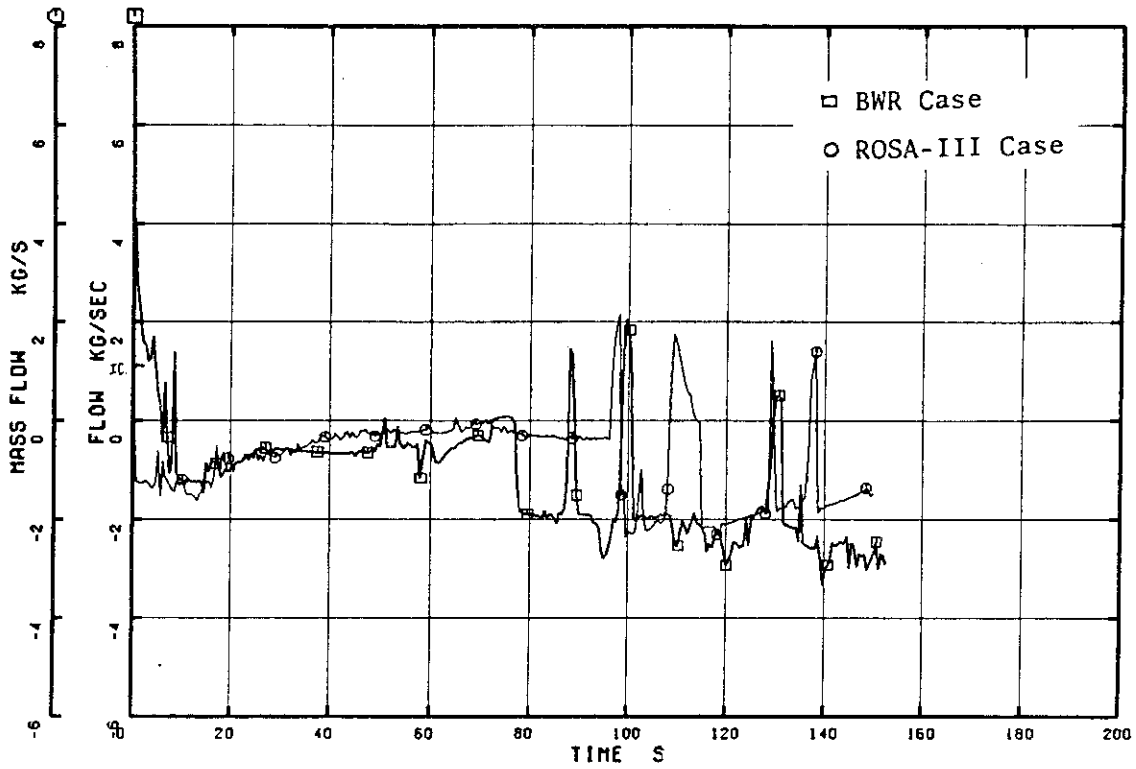


Fig. 5.21 Leak Hole Flow

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ40 ○ R JWJ6

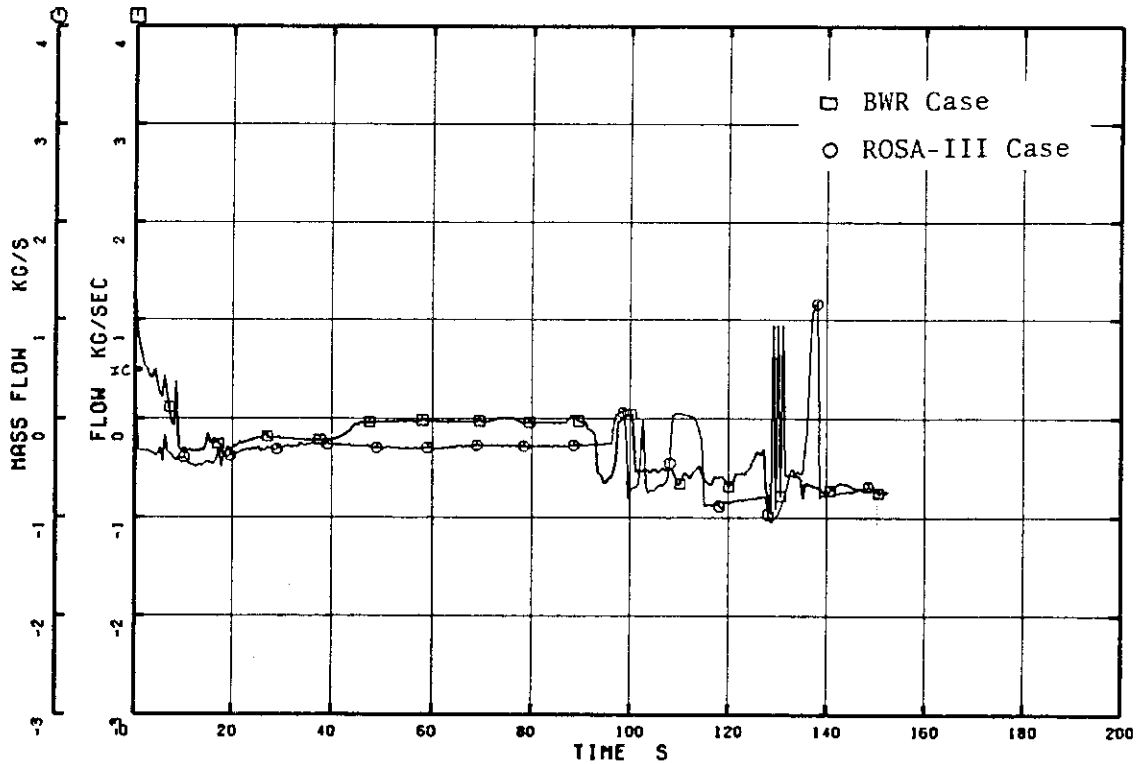


Fig. 5.22 Guide Tube Inlet Flow



ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ I R MLV2 ○ 2 R MLV5

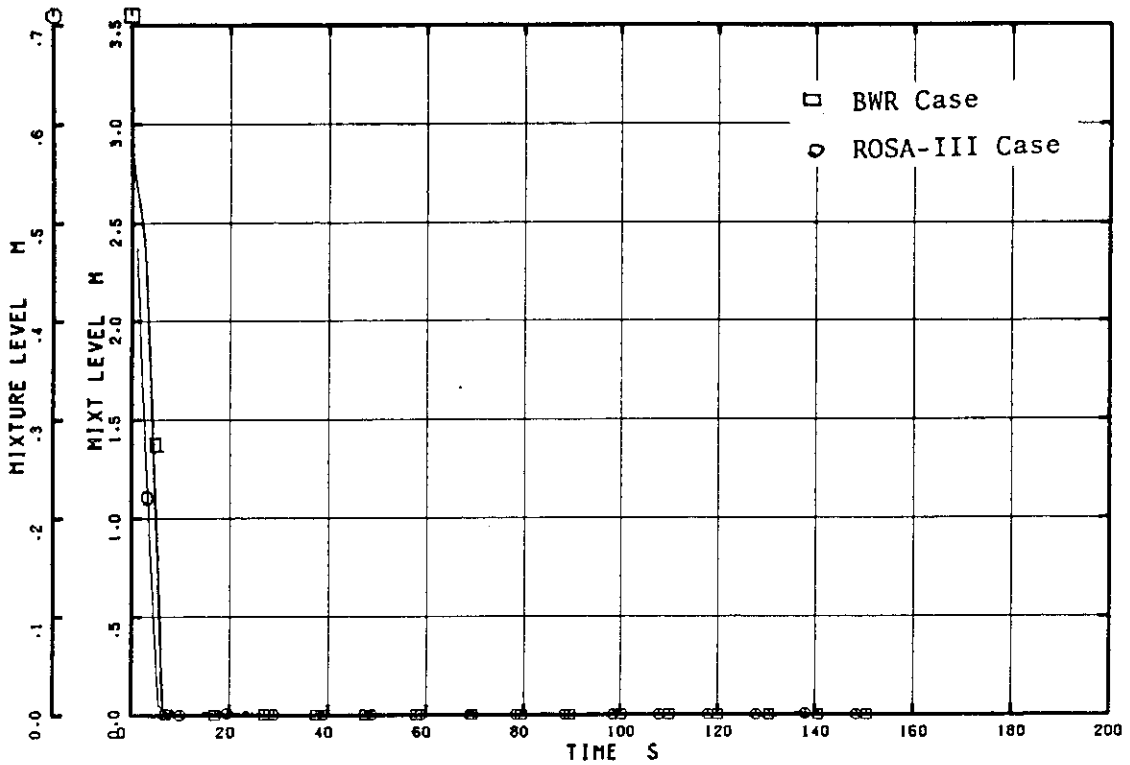


Fig. 5.23 Upper Downcomer Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ I R MLV4 ○ 2 R MLV9

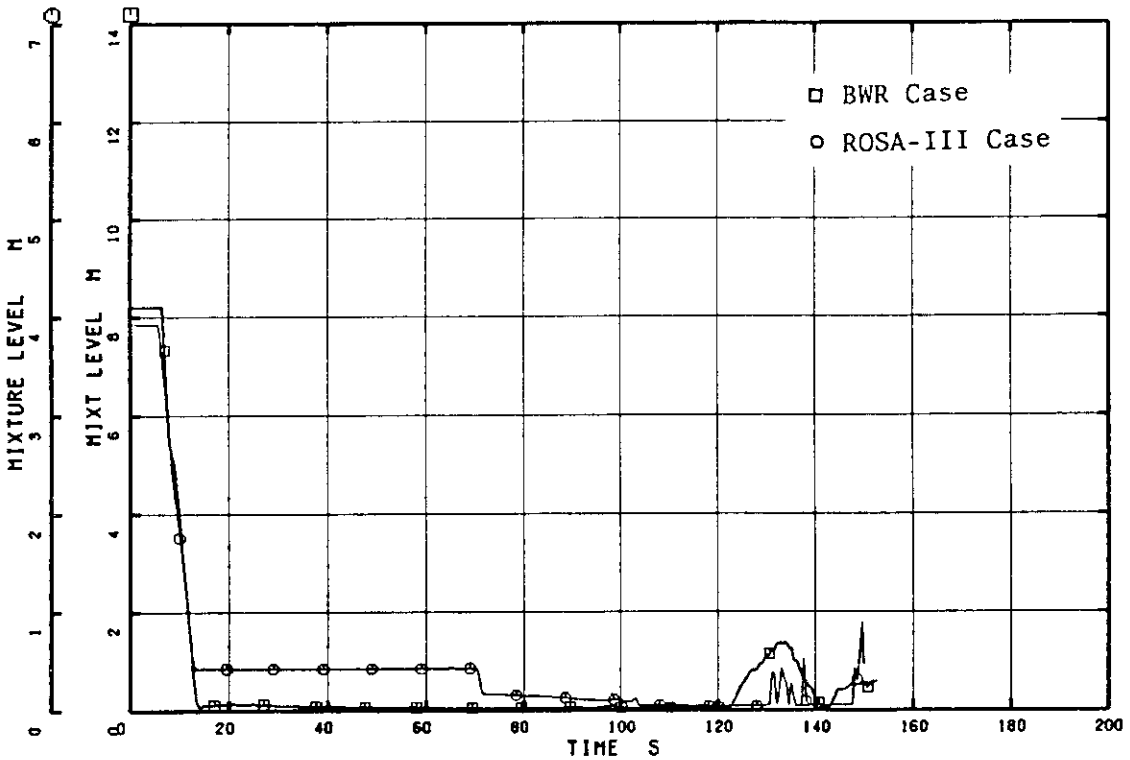


Fig. 5.24 Lower Downcomer Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

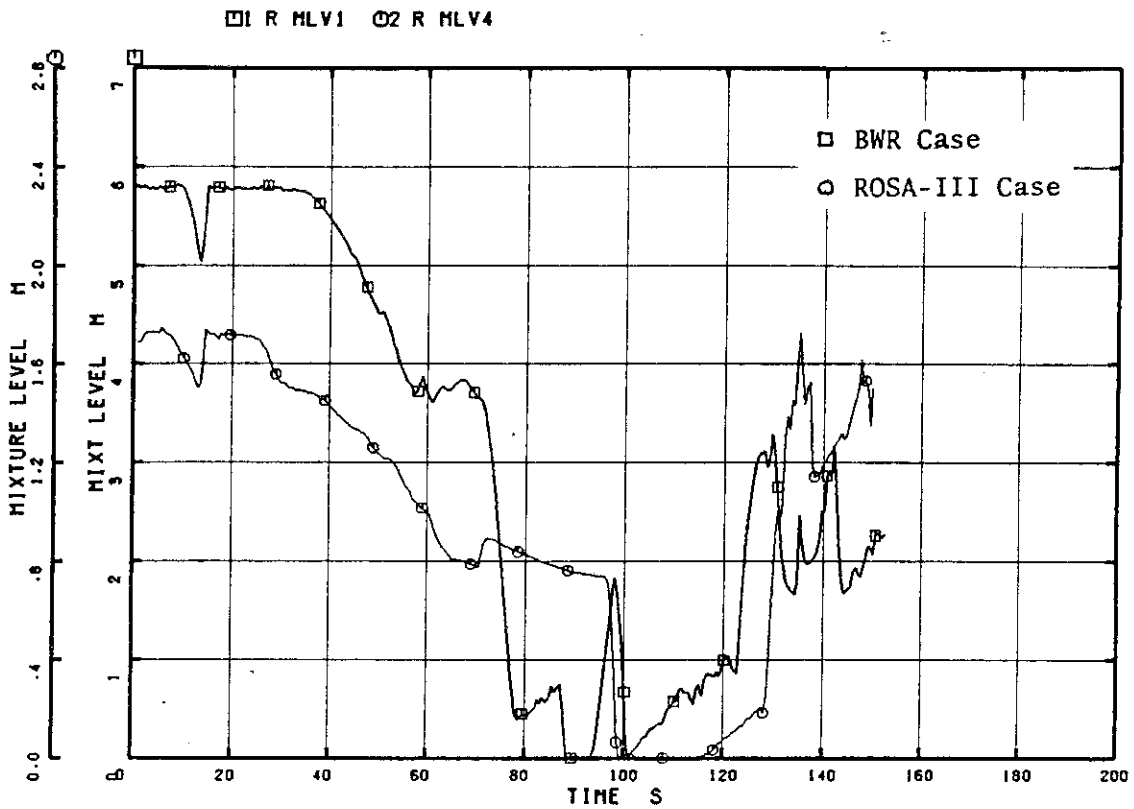


Fig. 5.25 Upper Plenum Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

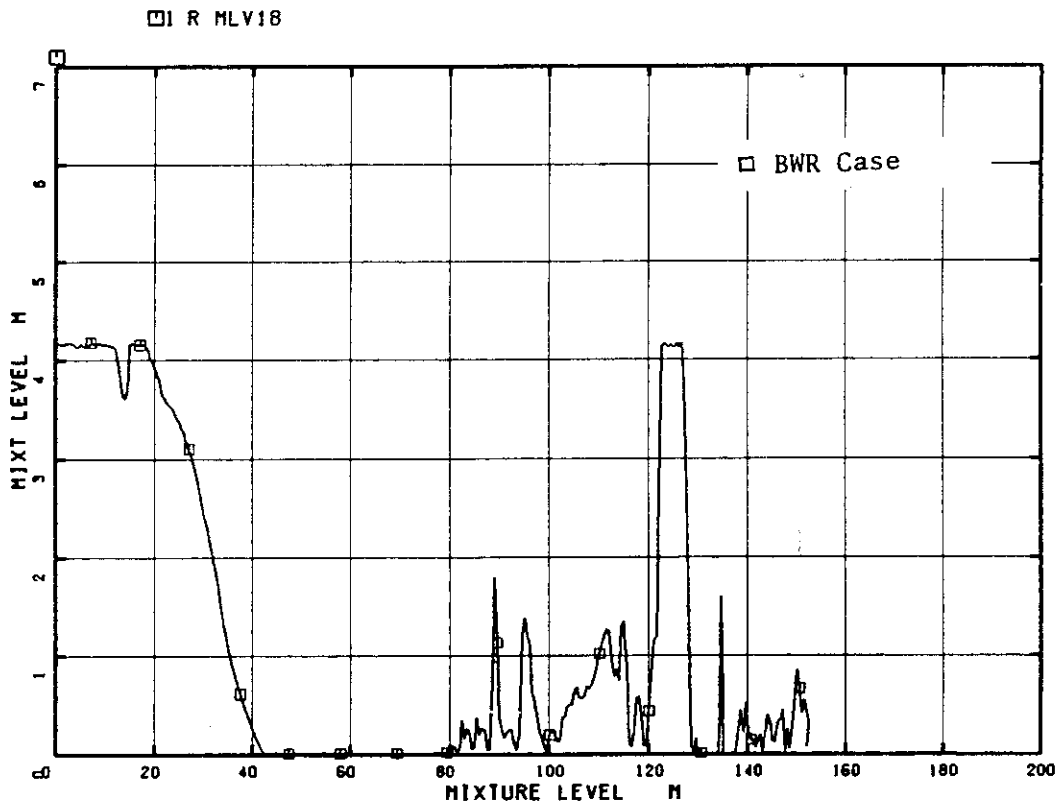


Fig. 5.26 Central Core Mixture Level (BWR/6)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

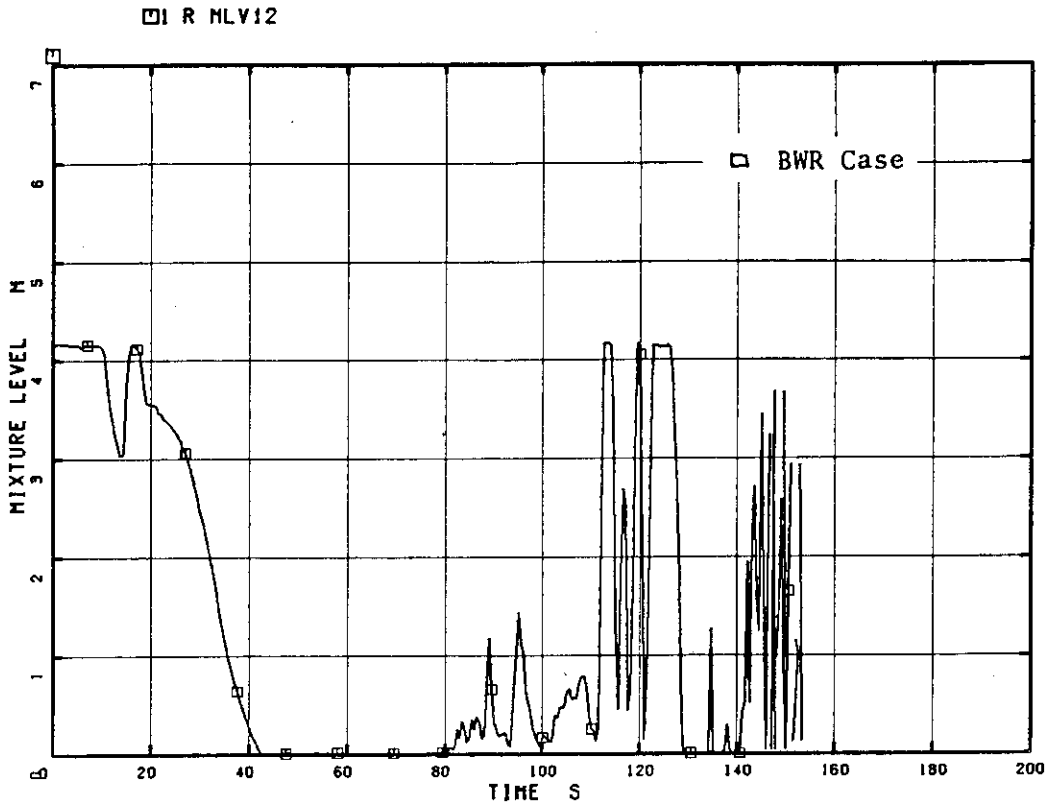


Fig. 5.27 Peripheral Core Mixture Level (BWR/6)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

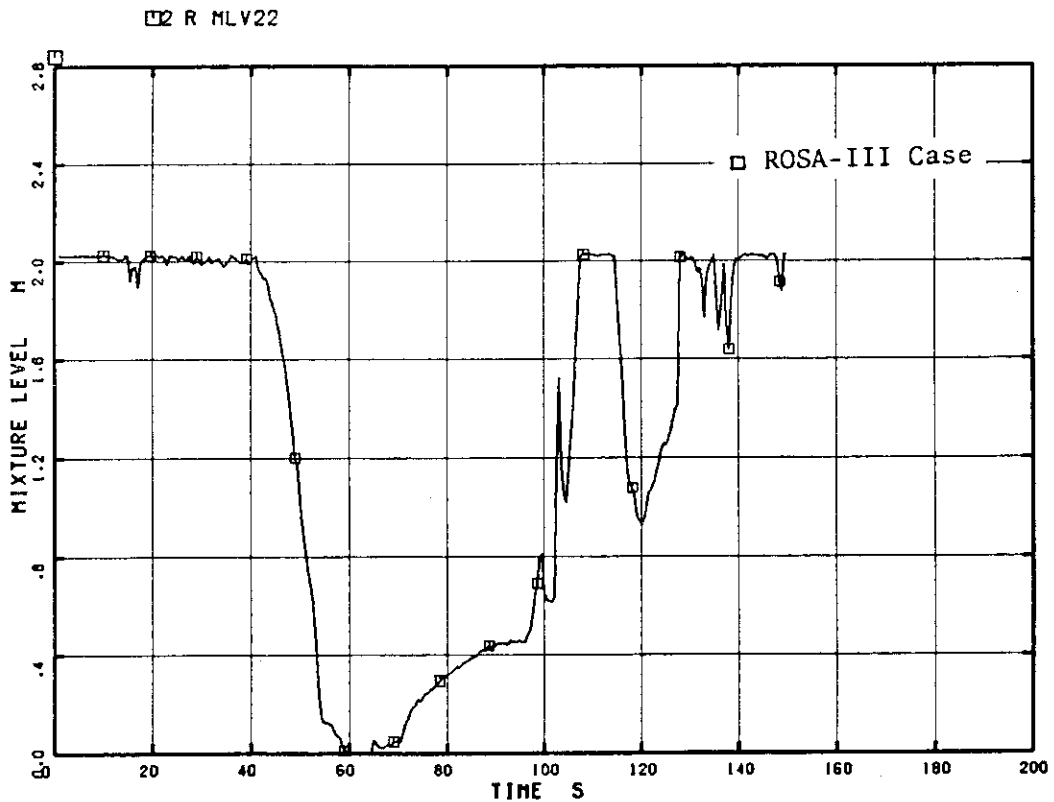


Fig. 5.28 High Power Channel Mixture Level (ROSA-III)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV3

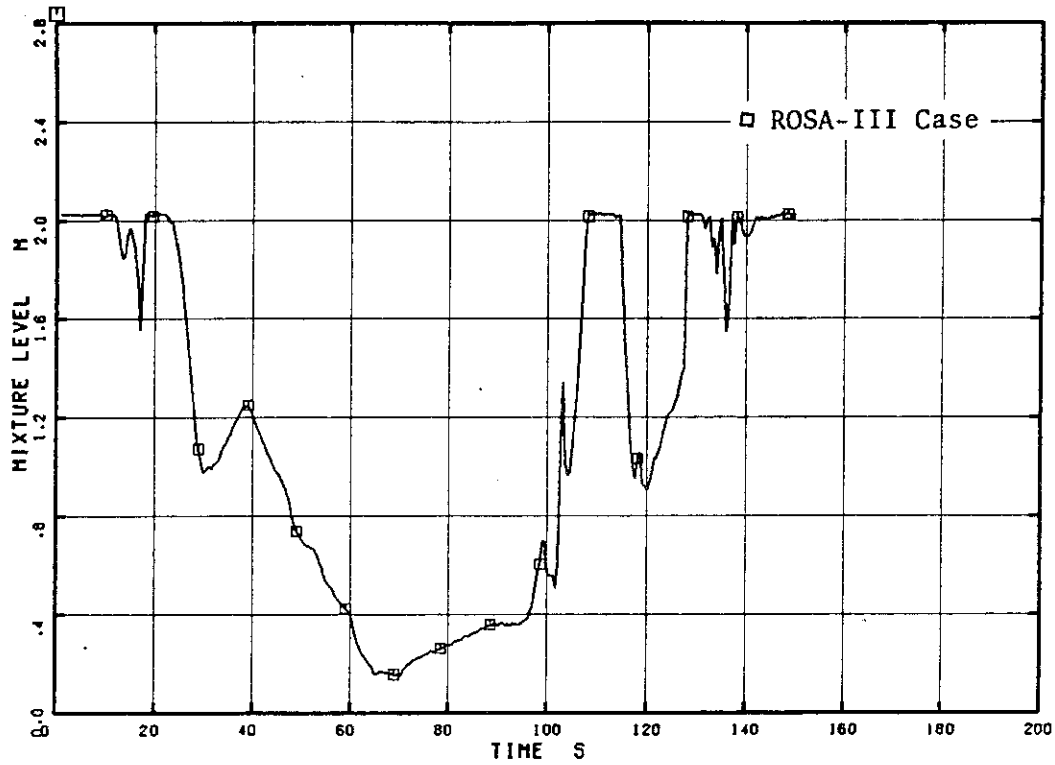


Fig. 5.29 Average Power Channel Mixture Level (ROSA-III)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV20 ○ R MLV2

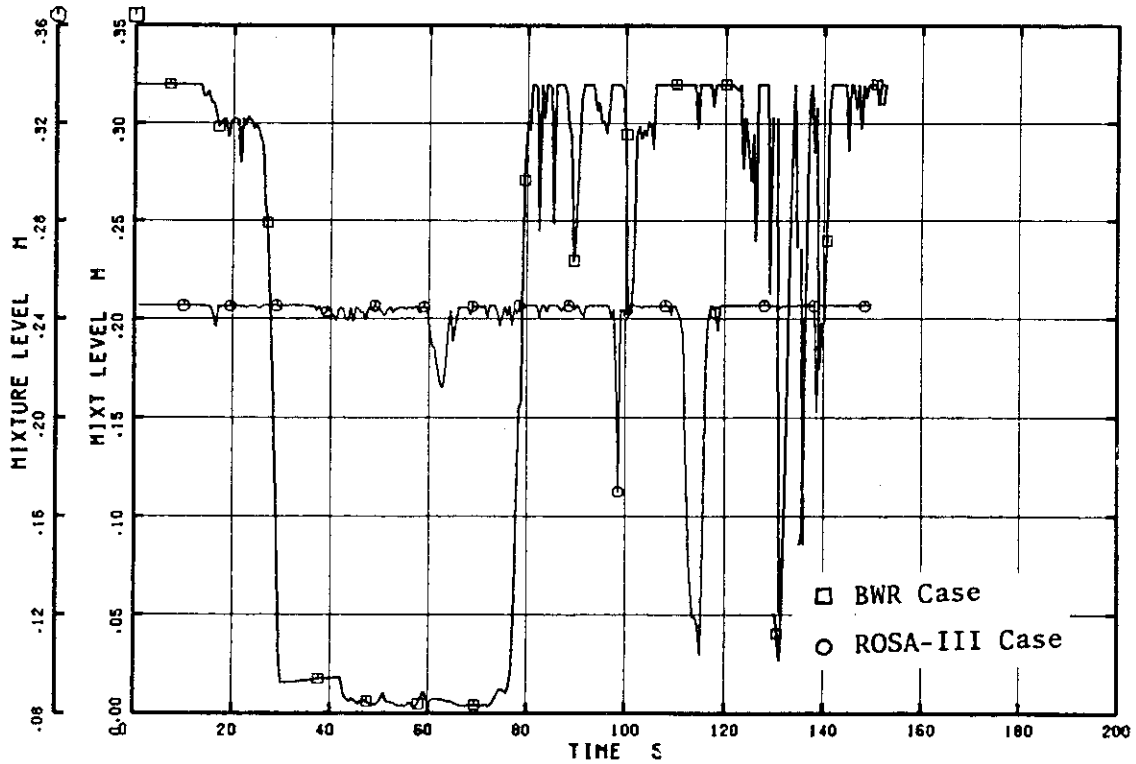


Fig. 5.30 Core Inlet Region Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV11 ○ R MLV1

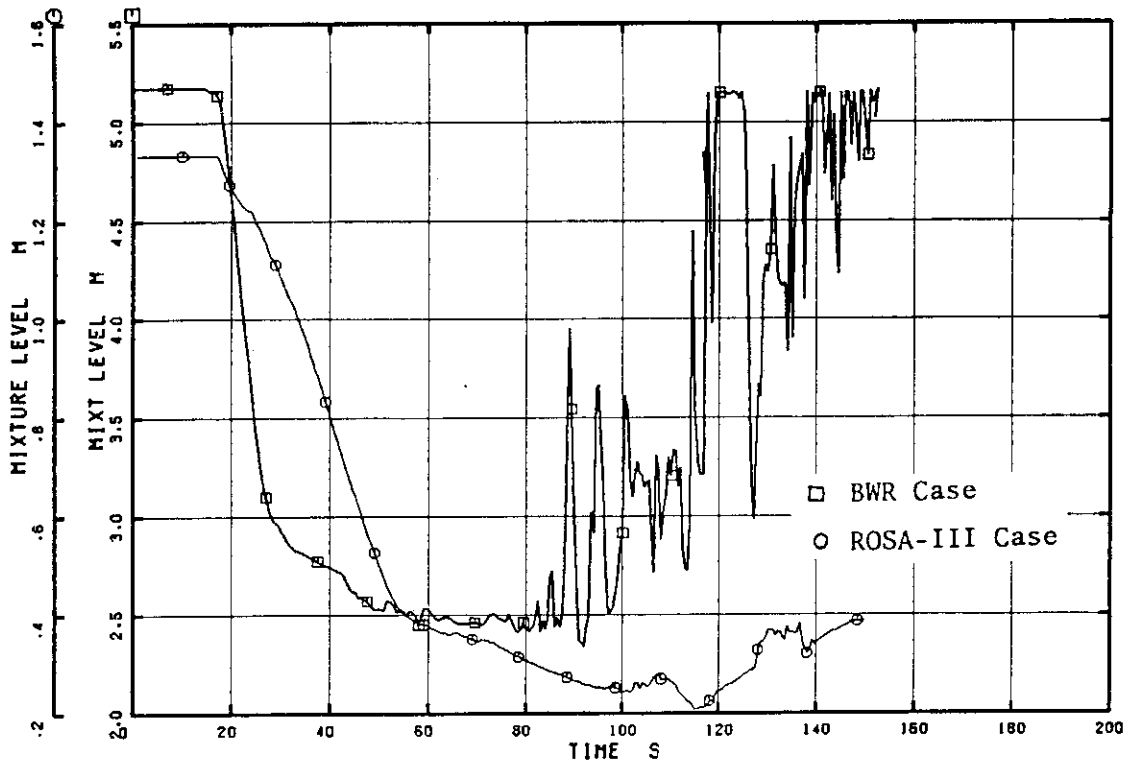


Fig. 5.31 Lower Plenum Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV13 ○ R MLV8

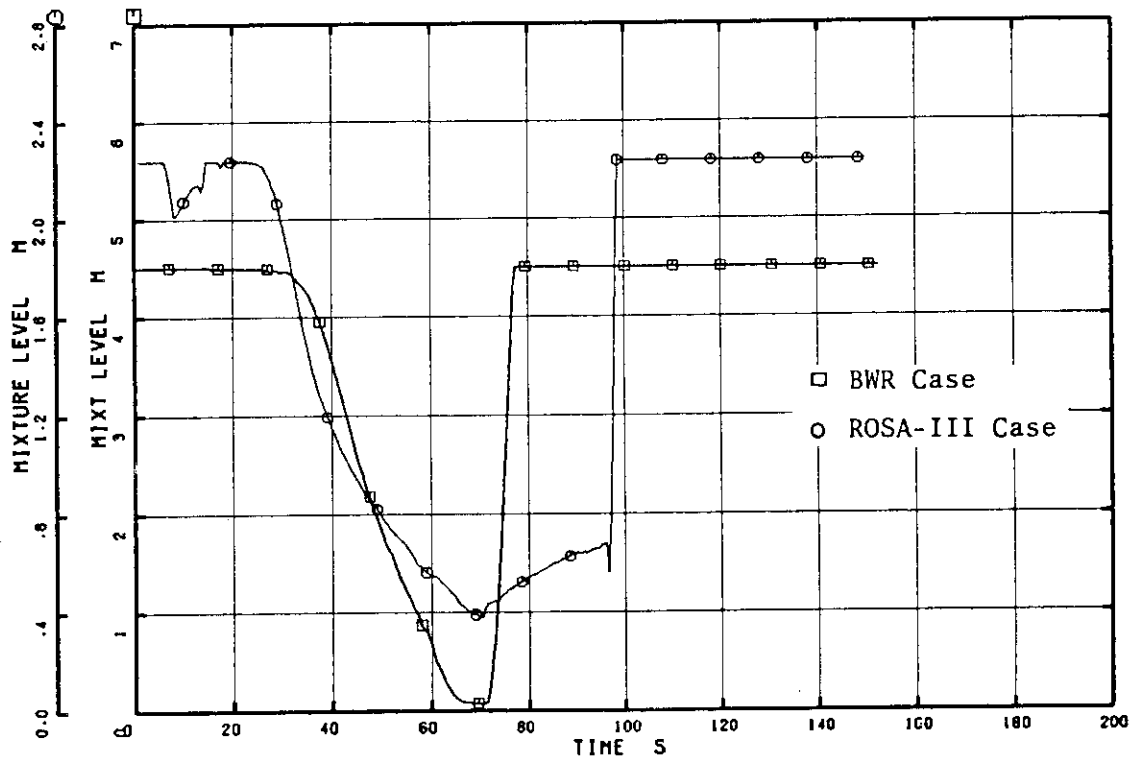


Fig. 5.32 Core Bypass Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV19 ○ R MLV7

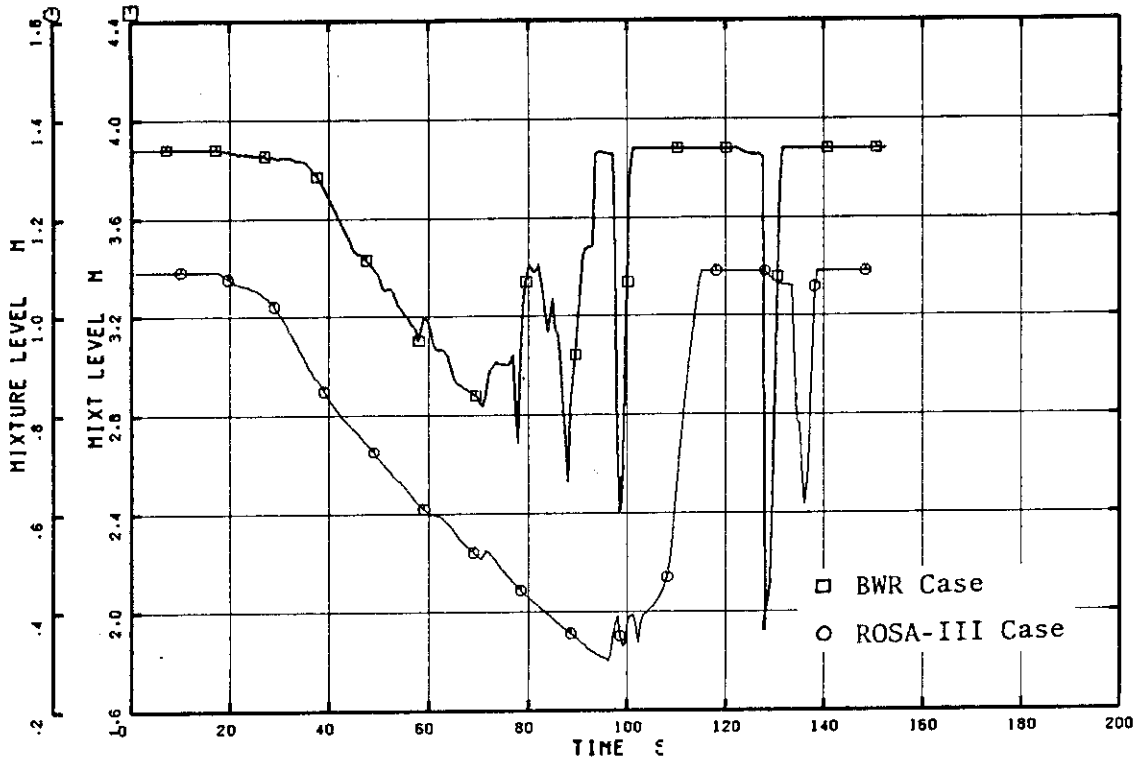


Fig. 5.33 Guide Tube Mixture Level

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R TMV1 ○ R TMV4

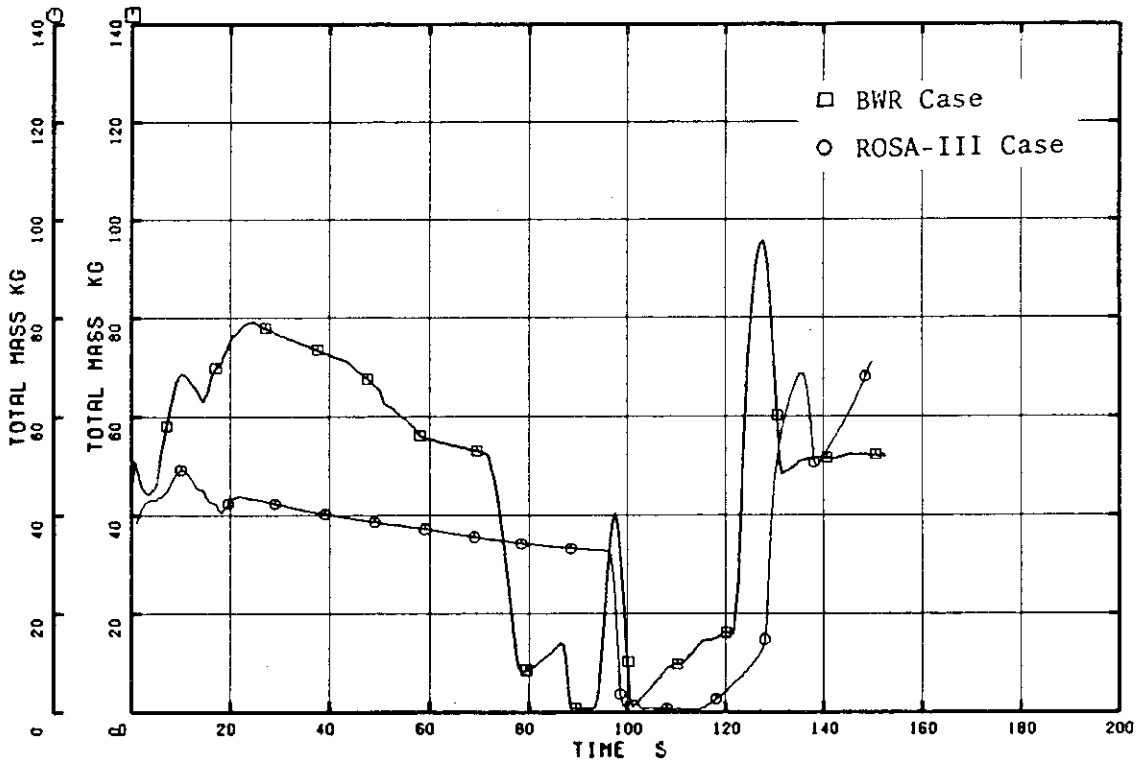


Fig. 5.34 Upper Plenum Total Mass

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R TNV11 ○ R TNV1

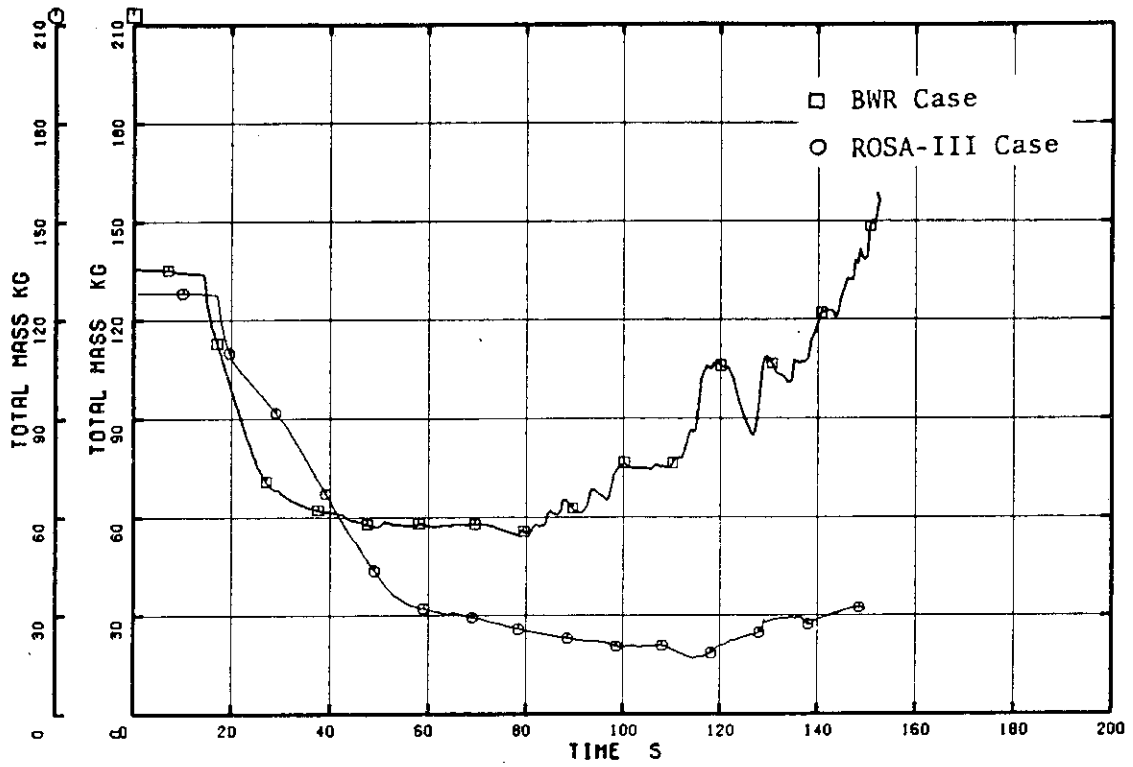


Fig. 5.35 Lower Plenum Total Mass

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

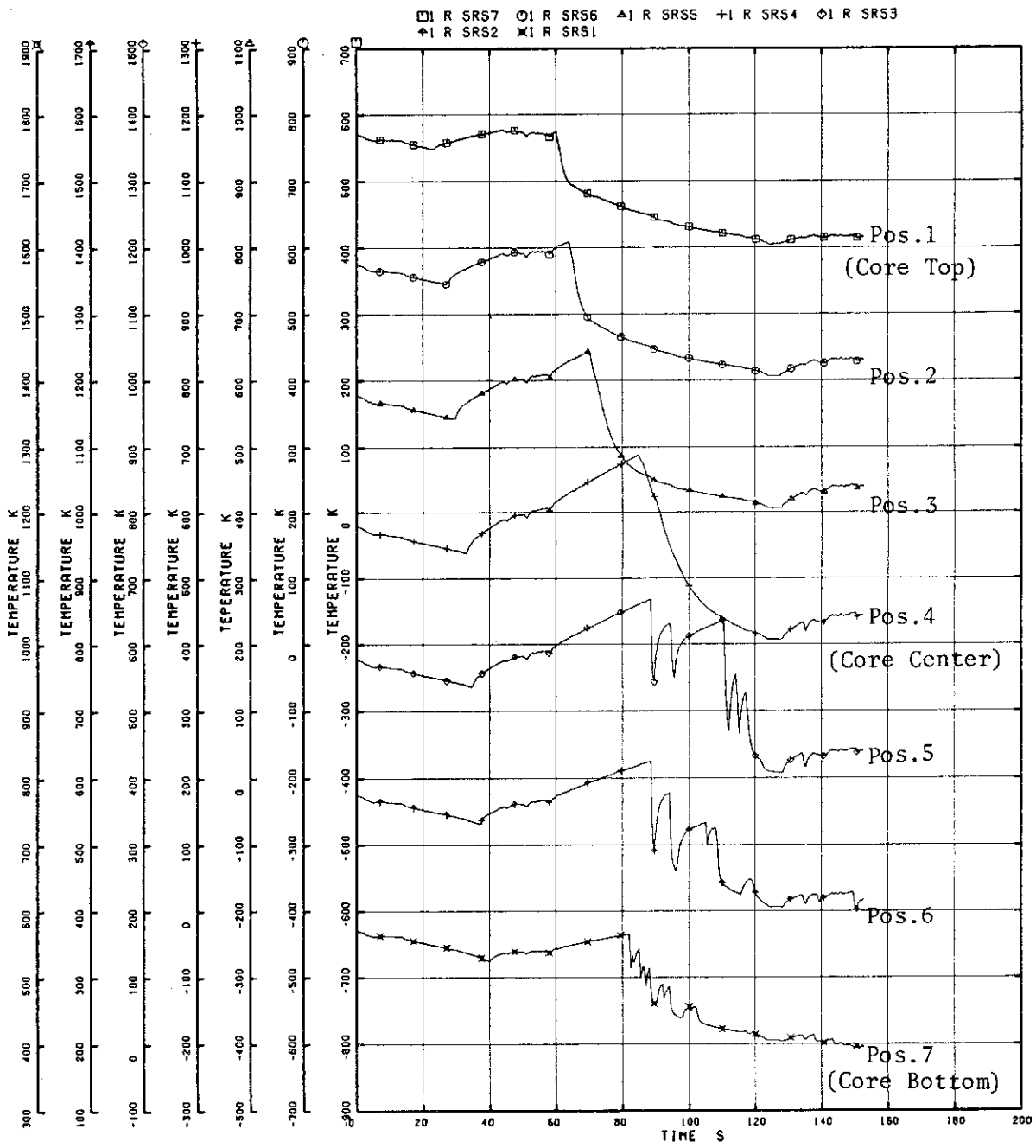


Fig. 5.36 Fuel Rod Surface Temperature at Central Core



ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

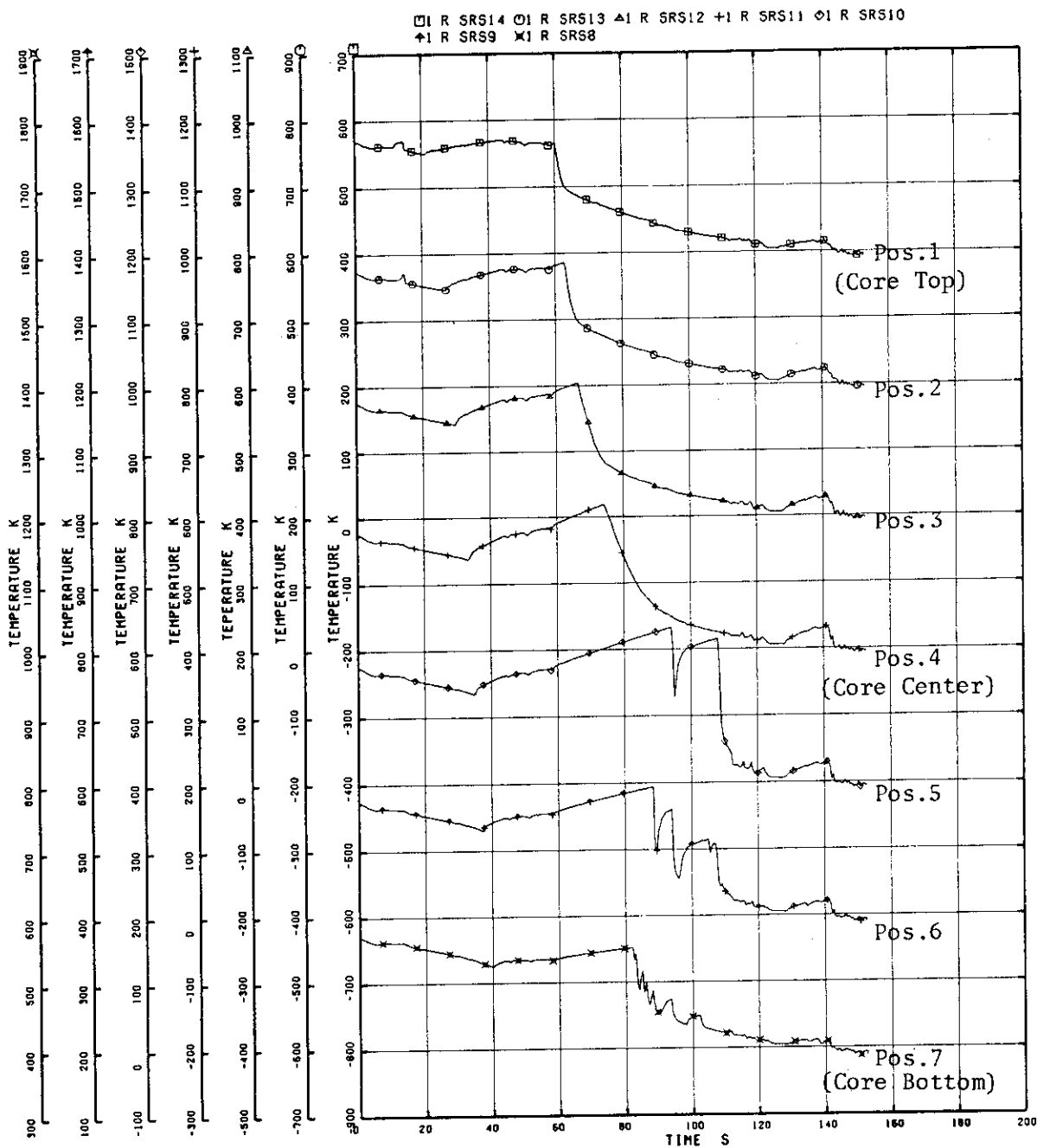


Fig. 5.37 Fuel Rod Surface Temperature at Peripheral Core

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R CRS7

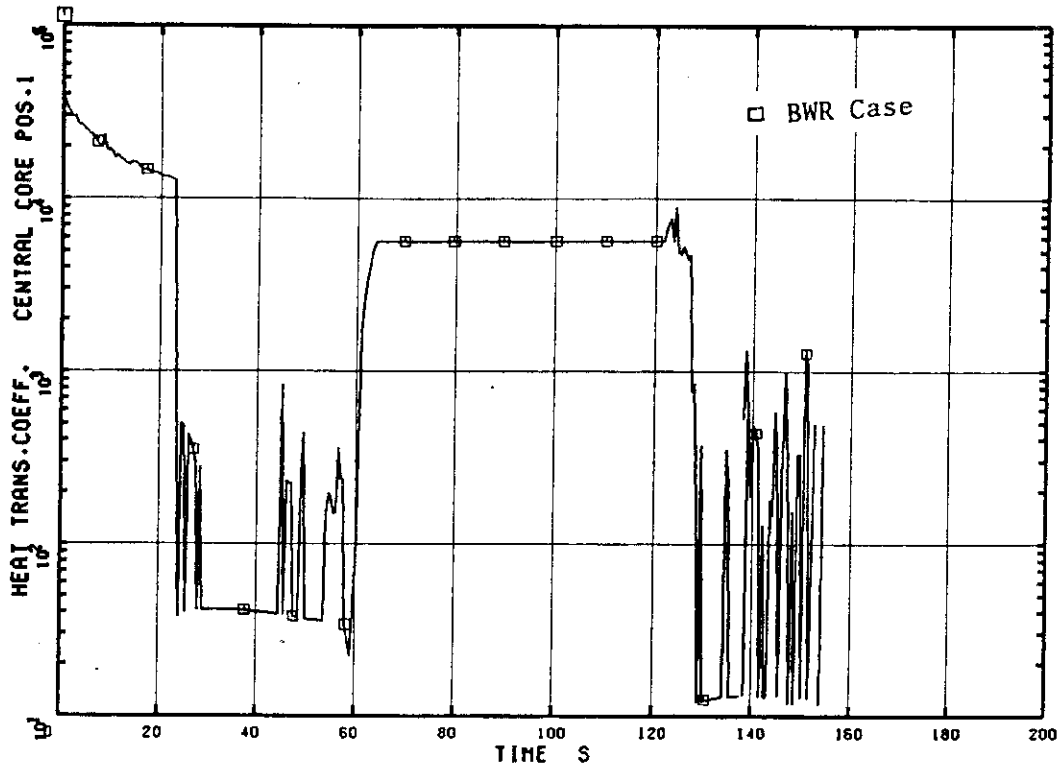


Fig. 5.38 Heat Transfer Coefficient at Core Top of Central Core

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R CRS4

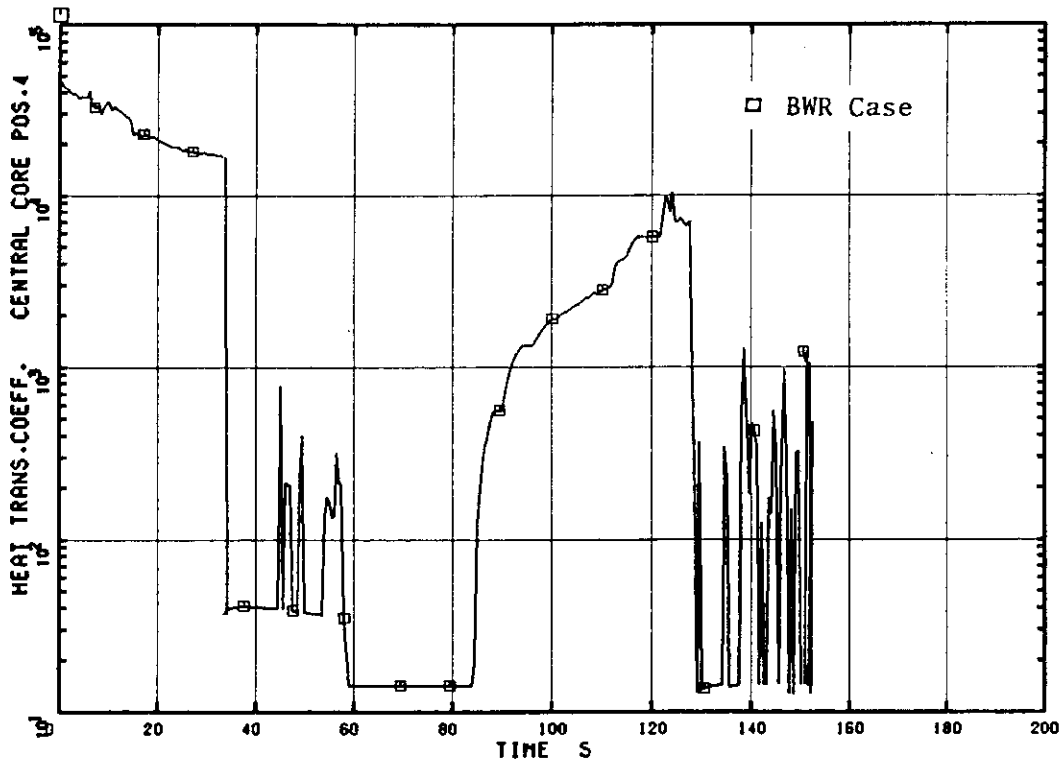


Fig. 5.39 Heat Transfer Coefficient at Core Center of Central Core

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

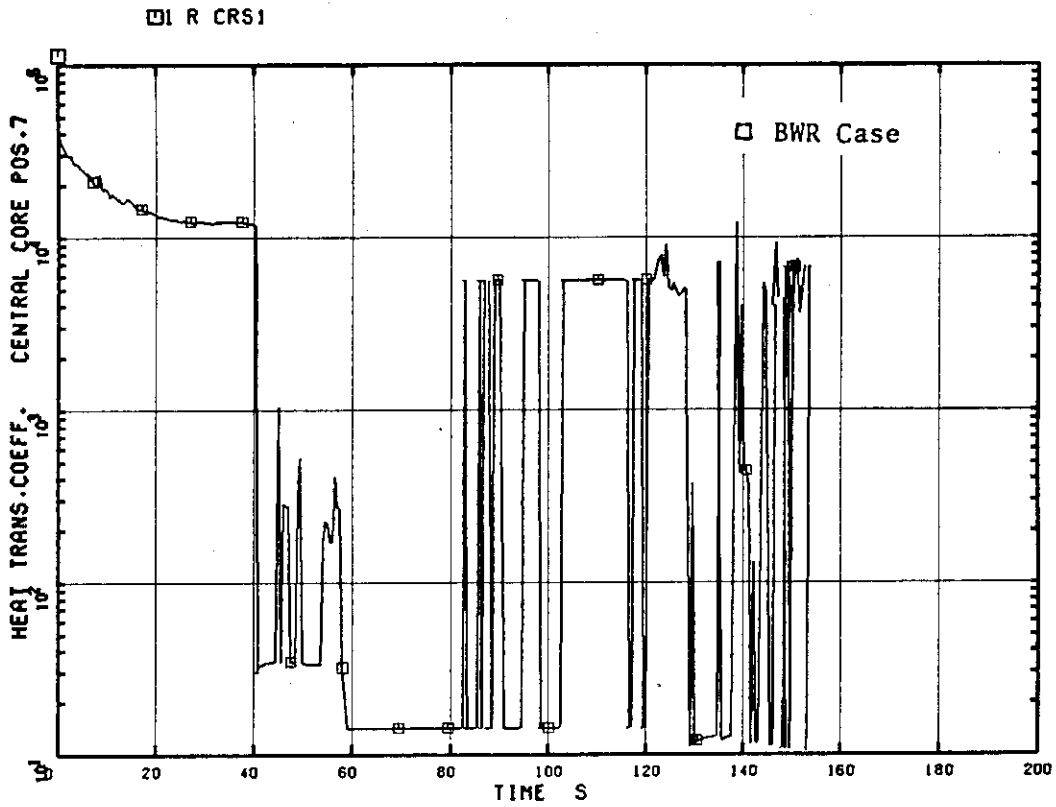


Fig. 5.40 Heat Transfer Coefficient at Core Bottom of Central Core

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

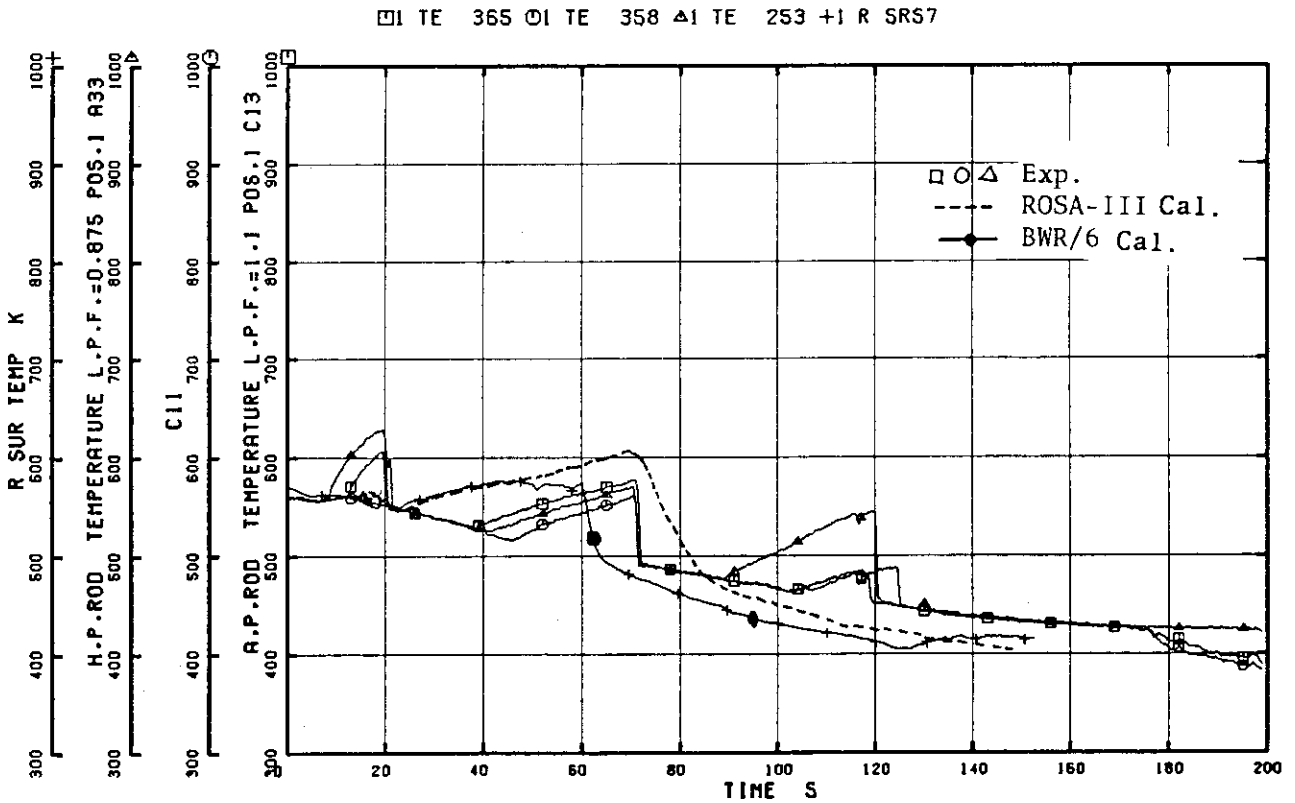


Fig. 5.41 Comparison of Fuel Rod Surface Temperature (Core Top)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 368 ○ TE 361 △ TE 256 + I R SRS4

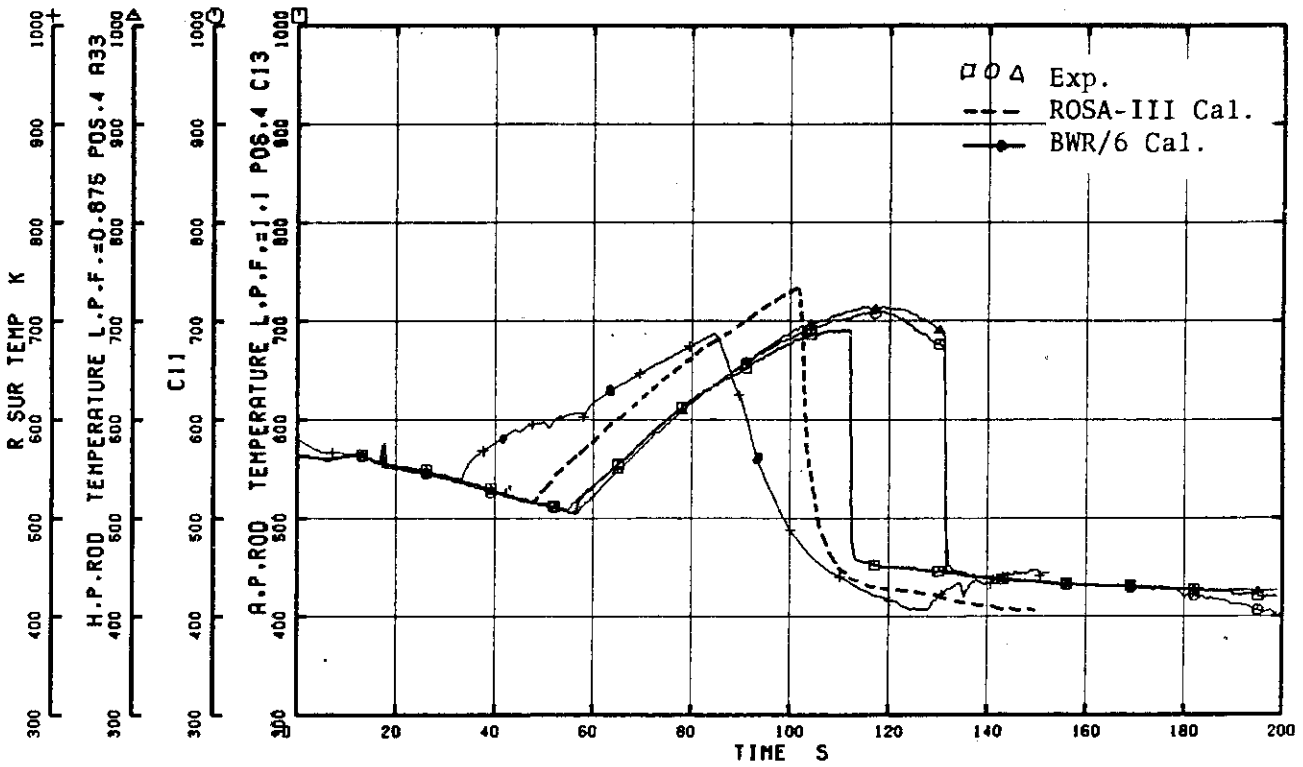


Fig. 5.42 Comparison of Fuel Rod Surface Temperature (Core Midplane)

ROSA-III & BWR/6 200% BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ TE 371 ○ TE 364 △ TE 259 + I R SRS1

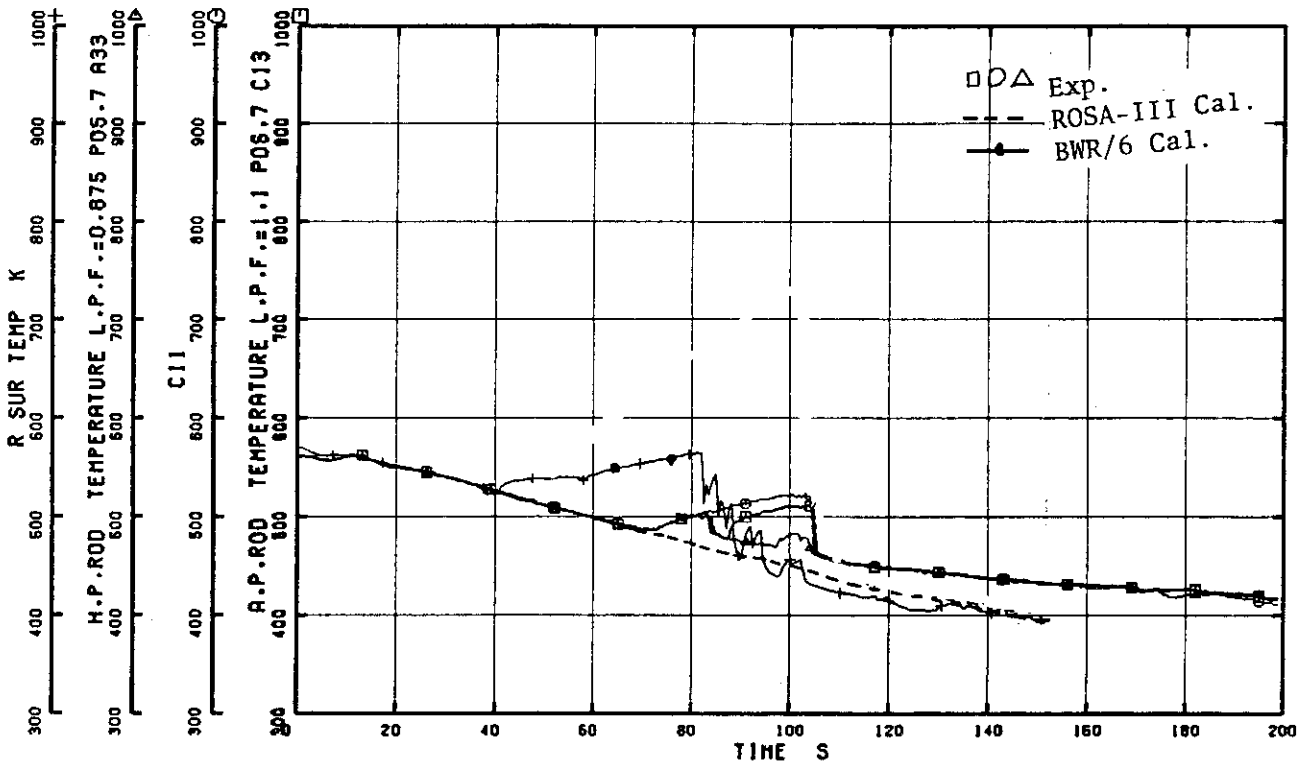


Fig. 5.43 Comparison of Fuel Rod Surface Temperature (Core Bottom)

## 6. 感度解析

本章では、ROSA-Ⅲ及びBWR両体系に対して、おこなった感度計算について述べる。6.1節では、入力モデルを決定するためにROSA-Ⅲ体系に対しておこなった感度計算について述べる。第3章でのべた入力モデルは、このような感度計算と実験結果との比較から決定されたものである。次に、前章の解析結果どうしの比較により、特に相似性の検討が必要と思われる点について感度計算をおこなった。検討した事項は、圧力容器蓄積熱の影響、炉心出力の差による影響及びジェットポンプ吐出口高さの違いによる影響である。さらに、LOCA解析において水位挙動の解析は、最も重要な点でありROSAケースで、高出力チャンネルと平均出力チャンネルで水位挙動が異なった点や、再冠水過程における炉心水位の激しい振動などについて検討を加える必要がある。一般的な水位形成モデルの検討は、影響する因子が多く複雑な問題であるので、ここでは解析において炉心の分割法を変えることがどう影響するかのみをしぼり検討した。又あわせて水位計算法について考察した。

### 6.1 入力モデル決定のための感度計算

RELAP4コードには、気液スリップモデルや水位形成モデルなど、実験的な相関式を用いたモデルが数多く組込まれており、均質一次元コードとしての限界がかなり改善されている。

これらのモデルに対する入力値や過渡現象の、どの時期でこれらを使用するかを選択等入力モデルに多くの自由度がある。

本節では、入力モデルを決定するため及びコードの特徴を、同確にするためにおこなった感度計算について述べる。検討した事項は、スリップモデル、限界熱流束相関式、水位形成モデルである。

#### 6.1.1 スリップモデル

このモデルは、ジャンクションでの気液二相のすべり速度を、実験データに基づく相関式で求めるものである。実験データとしては、重力支配の流れ場におけるものを用いており、圧力勾配が相対的に大きいブローダウン過程等での適用には、問題がある可能性が強い。

また、過渡現象のどの時期で使用するかについては明確な基準がないので、破断と同時に使用する場合と使用しない場合について比較した。スリップモデルを適用した場所は、炉心入口、出口、バイパス出口及びジェットポンプ出口である。

図6.1に示されるように、系圧力に関しては使用してもしなくてもあまり差がない。しかしバイパス出口での流れの挙動にはかなりの影響がある(図6.2参照)。すなわち、スリップモデルを使用すると、バイパス出口での逆流が顕著となり、上部プレナムの質量が減少しバイパス部と炉心入口部との間の逆流が大きくなる(図6.3、6.4参照)。このため炉心入口流量が増え炉心の冷却材質量が増加し、炉心水位は低下が遅れ、炉心中央部までしか露出しない

(図 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 参照)。

スリップモデルを用いない場合のほうが、炉心水位に関して実験データの傾向と良く一致するので、スリップモデルを用いずに計算することにした。

### 6.1.2 限界熱流束相関式

限界熱束相関式の選択は、被覆管温度の計算に大きな影響を及ぼし重要である。本コードには、数種類のもものが組込まれているが、ここでは主な三つの相関式 Barnett の式、Zuber の式、General Electric 社の実験データに基づく相関式について検討した。

図 6.9 に限界熱流束の時間変化を示す。

図中の

Case 1 は G. E. 相関式

Case 2 は Zuber の式

Case 3 は Barnett の式を用いた場合である

熱及び流体条件が同じ、初期状態においても限界熱流束は  $2.39 \text{ MW/m}^2$  (Case 1),  $1.34 \text{ MW/m}^2$  (Case 2),  $0.543 \text{ MW/m}^2$  (Case 3) と値が異なっている。このため図 6.10 で見られるように、Case 3, Case 2, Case 1 と限界熱流束が小さい順番に、被覆管で沸騰遷移が起きている。最も限界熱流束の大きい G E 相関式を、相似性検討のために使用したがこの場合でも、水位が低下する前に高出力チャンネルでは沸騰遷移が起っており、これに関して伝熱相関式に問題があるのか、又は、流体挙動の計算に問題があるのか、今後の検討が必要なところである。

### 6.1.3 水位計算モデル

この水位計算モデルは、ボリューム内の二相混合水位を、二相流体中の蒸気質量のバランスから決めるものである。このモデルに関しては、二相流体中の気泡上昇温度、及び気泡勾配に関する入力と過渡現象のどの時期から、このモデルを使用するかという選択がある。スリップモデルと同様に、過渡現象のどの時期で使用するかについては、明確な基準がないと考えられるので、相似性検討のための入力モデルとしては、気泡上昇速度の入力データに標準的な Wilson の相関式を主に用い、計算初めからこのモデルを使用した。しかし、過渡現象の途中から、このモデルを使用することもよく行なわれているので、このような使用をする場合どのような影響があらわれるかを、明確にするためこのモデルを使用する場合と使用しない場合につき、計算結果の比較検討を行った。

図 6.11, 6.12 に、炉心出口でのジャンクションエンタルヒを示す。水位計算モデルを使用すると、炉心出口ジャンクションは蒸気中に露出するので、エンタルピが高くなっている。このため、エネルギーバランスにより、このモデルを用いない場合、相対的に炉心出口流量が増大し図 6.13, 6.14 に見られるように、炉心冷却質量の減少のしかたは大きくなる。

すなわち、このモデルを過渡現象のどのタイミングに使用するかにより、炉心冷却材質量をある程度調節することが可能である。

## 6.2 蓄積熱放出の影響

ROSA-Ⅲ装置は、実炉に比べて構造材の体積が大きく、しかも構造材と冷却水が接する面積が、冷却材体積に対して相対的に大きくなり、構造材の蓄積熱放出の影響が大きく表われる可能性がある。ROSAケースでは、圧力容器の蓄積熱のみをヒートスラブで考慮している。この蓄積熱放出の影響を見るため、ヒートスラブを取り除いて感度計算をおこなった。

図 6.15 に、下部プレナムに接する圧力容器から、冷却材への伝熱量を示す。28秒に下部プレナム水の温度が構造材温度まで低下すると、蓄積熱の放出が開始される。その後、40秒から120秒までほぼ一定に約1 MWの伝熱が続く。これは約0.5 kg/sの蒸気発生に対応する。

図 6.16 に、圧力変化をROSAケースと比較して示す。破断後約30 s以降炉心水位の低下に対応し、蓄積熱の放出を無視した感度計算の圧力減少がより早くなっている。

このことから、ROSAケースでは圧力容器の蓄積熱による蒸気発生が大きいため、炉心のドライアウトによる蒸気発生低下が、圧力にそれほど大きく影響していないことがわかる。

これらのことから、ROSA-Ⅲ装置の他の構造材、例えば下部プレナムにある炉心支持材等を正しくモデル化すれば、実験で顕著に表われるLPFによる圧力の回復も解析しうることが期待できる。

実炉に対しても圧力容器の蓄積熱のみ考慮して同様な感度計算を起こした。結果を図 6.17 に示す。伝熱面積と体積の関係から推定できるように、実炉では圧力容器の蓄積熱は、圧力変化にほとんど影響しない。

蓄積熱の放出による蒸気発生増大は、炉心の炊き上げ流の増大をもたらし、炉心水位挙動に影響する可能性があるため、今後詳細な検討が必要である。

## 6.3 炉心出力曲線の差による影響

ROSA-Ⅲ実験で用いている電気出力曲線は、核分裂生成物やアクチニド系列の崩壊熱だけでなく、核燃料の蓄積熱放出による伝熱も考慮している。そのためBWRケースで用いたGE+3σの出力曲線よりも、図 3.4 に示されるように値が大きくなっている。この出力曲線の差は前述のように、ドライアウト後の被覆管表面温度の上昇のしかたに直接的に影響し、BWRケースとROSAケースでの差は主にこれによると考えられる。

ここでは、この出力曲線の差による影響を明確にするため、ROSAの電気出力をGE+3σとして感度計算をおこなった。

図 6.18、6.19 に炉心水位を示す。感度計算では、ヒーターピンから冷却材への伝熱量が、大きく減少するため蒸気発生量が減り、LPF (Lower Plenum Flashing) 前の水位の低下がほとんどなくなり、その後の水位の低下も遅れている。

図 6.20 に、平均チャンネルの中央部でのヒーターピン表面温度を、ROSA-Ⅲケース、BWRケースと比較して示す。ROSAケースと比べて感度計算では、水位の低下が遅いので、ドライアウトのタイミングが遅くなっているドライアウトにより、冷却材への伝熱量が急激に減少し、ピン内の温度分布がほぼ平坦になった後は、表面温度の上昇率は、電気出力とヒータ

ーピンの熱容量の比で決まるので、ROSA-Ⅲケースと感度計算で温度上昇率が異なるのは、電気入力の違いによると考えられる。又、感度計算で温度上昇が直線的であるのは、この時間範囲で電気出力がほぼ一定であることに対応し、ROSA-Ⅲケースで傾きが時間とともに変化するの、出力が時間とともに変化することに対応している。BWRケースにおいてドライアウト後に温度が急上昇するのは、蓄積熱の影響と思われる。BWRケースに対して感度計算の出力が87%（炉心分割法を異なるため）で温度上昇率が72%であるのは、ROSA-Ⅲのヒーターピンの熱容量が、この温度領域において核燃料ピンの熱容量の1.2倍あることによる。

#### 6.4 ジェットポンプ出口位置の影響

図5.5に見られるようにBWRケースでは、32秒以降炉心入口流量が逆流し、ほぼ同時刻より炉心の水位の低下のしかたが早くなっている。この原因としては前述のように30sに、ジェットポンプ出口が下部プレナム蒸気空間中に露出し、蒸気がジェットポンプを通りダウンカムに抜け、炉心入口での蒸気の吹き上げ量が低下したことによると思われる。ROSA-Ⅲケースではジェットポンプ出口露出は56sで、このタイミングで入口流量は減少するが逆流はしていない。

入力データを比較するとROSA-Ⅲケースにおいては、ジェットポンプ出口位置より上側の下部プレナム体積が、BWRケースのそれと比べて相対的に1.6倍大きくなっており、このためROSAケースではジェットポンプ出口露出が遅れたということが考えられる。そこで相対的な体積が等しくなるよう、ジェットポンプ出口の位置を変更し感度計算をおこなった。

図6.21に、下部プレナム水位を示す。感度計算においては43秒にジェットポンプ出口が露出する。これにより炉心入口流量は減少し、水位低下率も増化する。このことよりジェットポンプを通る下部プレナムからの蒸気の逃げが、炉心入口流量や水位に影響することがわかり、今後BWRケースとの定量的な差については、ジェットポンプ配管や逆流抵抗、及び下部プレナムでの蓄積熱による蒸気発生率の差などを考慮して解析する必要があることがわかる。又、実炉についてもさらに細かい検討が必要になることがわかる。

#### 6.5 炉心水位計算に関する検討

第4章で見たように、ROSA-Ⅲケースでは高出力チャンネルと、低出力チャンネルの水位挙動が異なっている。一方、実験データにおいてもBWRケースにおいても、二つの炉心領域の水位挙動にあまり大きな差はない。炉心挙動は炉心冷却に関して非常に主要であり、ROSA-Ⅲケースにおいて二つの炉心領域でかなり大きな差が生じたのは、明確な物理的根拠によるものか、単に解析モデルが不十分で現象を正しく計算していないからか、検討することが必要である。

第5章でのべたように、ROSA-ⅢとBWRケースでは、炉心の分割のしかたが異なる。このことの影響を見るため、ROSA-Ⅲの炉心分割をBWRケースと同様にして、感度計算をおこなった。

図6.25に、圧力変化を図6.26、6.27に炉心入口流量と、セパレータ出口流量を示す。当然



予測されるように、両者にほとんど差はない。しかし、図 6.28 と 6.29 に示すように、中央領域炉心及び周辺領域炉心に相当する炉心の水位挙動は、ROSA-Ⅲ ケース、BWR ケース及び実験データと異なり、相対的に出力の高い中央炉心の水位低下がより早くなっている。

前述のように水位は、二相流体中の蒸気のバランスで決まる。例えば、二相流体中の蒸気発生が多くなると、体積増大による水位上昇の効果と気泡離脱速度の増大による水位低下の効果とが、同時に働き水位は、そのつりあいにより決定される。BWR ケース及び ROSA-Ⅲ ケースでは、前者の効果がより強く働いて出力の高いチャンネルの水位低下が遅くなったのだと考えられ、感度計算では後者の効果がより強く働いて、高出力側の炉心水位が早く減少したのだと考えられる。このつりあいに関して、一般性が完全にあれば問題はないが、このモデルが実験データに基づいた相関式である以上適用に限界があるのは当然である。ROSA-Ⅲ ケースで高出力チャンネルと平均チャンネルで、水位の挙動が異なったのは主にモデルの不十分な点からきていると思われる。又再冠水後 BWR ケース、ROSA ケースともに水位が激しく振動しているが、ボイド率が高い場合の水位モデルの限界と考えられ、この振動は再冠水後も不安定な二相流状態がしばらく続いていると考えるべきである。ROSA-Ⅲ 実験 RUN926 の結果においても炉心で、LPCI 作動後約 80 秒間は二相流状態が続いていることが、液面計のデータより分かっている。

本コードによる水位計算においては、水位のこまかい挙動まで議論することは無意味でありより詳細な検討のためには、RELAP5 のようなより厳密な二相流モデルに基づくコードを用いる必要があると思われる。

## 6.6 ま と め

本章でおこなった感度計算の結果について簡単にまとめてみる。入力モデルを決定するためにおこなった感度計算により、炉心まわり及びバイパス出口に垂直スリップモデルを適用すると、炉心水位挙動が実験結果と大きく異なること。臨界熱流束相関式については、GE 社の相関式が最も良いがこれを使った場合でも、実験結果では見られない、炉心水位低下まえの燃料棒表面温度の上昇が起こることなどがわかった。又水位形成モデルを用いない場合、炉心冷却材量の減少が著しくなることがわかった。

さらに ROSA-Ⅲ と BWR の相似性を検討するためにおこなった感度計算により、ROSA-Ⅲ 装置においては、圧力容器から下部プレナム冷却水への蓄積熱の放出による蒸気発生が大きく圧力に影響すること、BWR に関しては、この影響がほとんどないこと、RUN926 実験に用いた電気出力は、GE+3 $\sigma$  曲線で与えられる崩壊熱放出より大きく、ドライアウト後の温度上昇が、実炉の解析結果よりかなり大きくなること、実炉の解析で明確に見られたジェットポンプ吐出口が、下部プレナム蒸気空間中に露出することによる影響が、ROSA-Ⅲ 解析では BWR 解析と比べて大きく表われなかった理由について、下部プレナムでの蒸気発生差や、ジェットポンプまわりの逆流抵抗の差も考慮して検討する必要があることなどがわかった。

最後に、LOCA 解析において最も重要である。炉心水位挙動について炉心の分割方法を変えるだけで、二つのチャンネルの相対的な水位挙動が大きく異なり、本コードの水位計算は、細かい水位挙動の議論のためには十分とは言いがたいことがわかった。

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

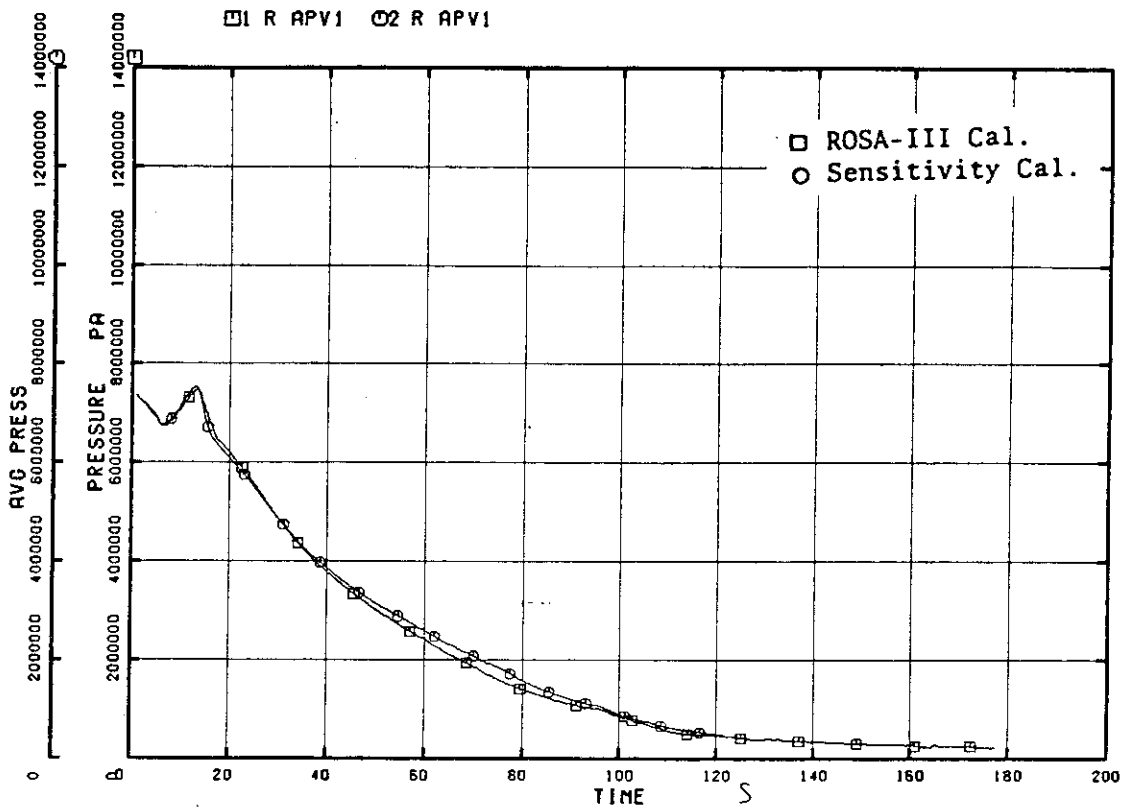


Fig. 6. 1 Lower Plenum Pressure (Effect of Slip Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

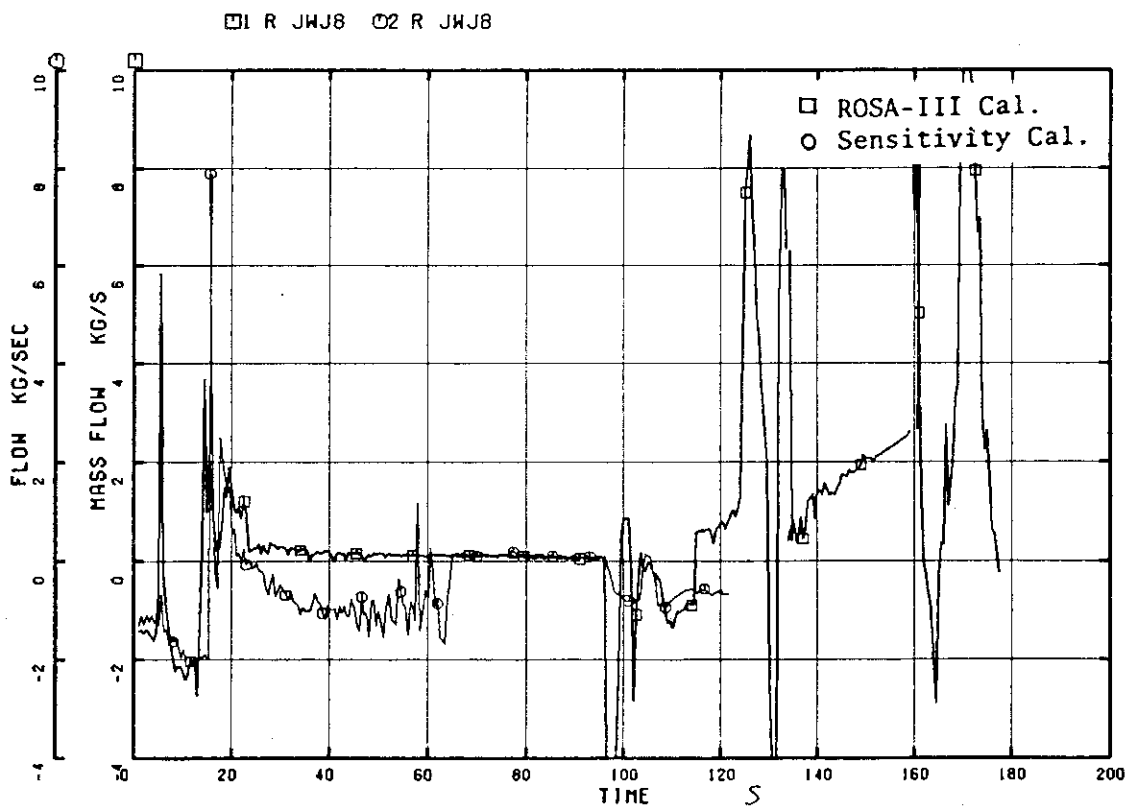


Fig. 6. 2 Core Bypass Outlet Flow (Effect of Slip Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R TMV4 ○ R TMV4

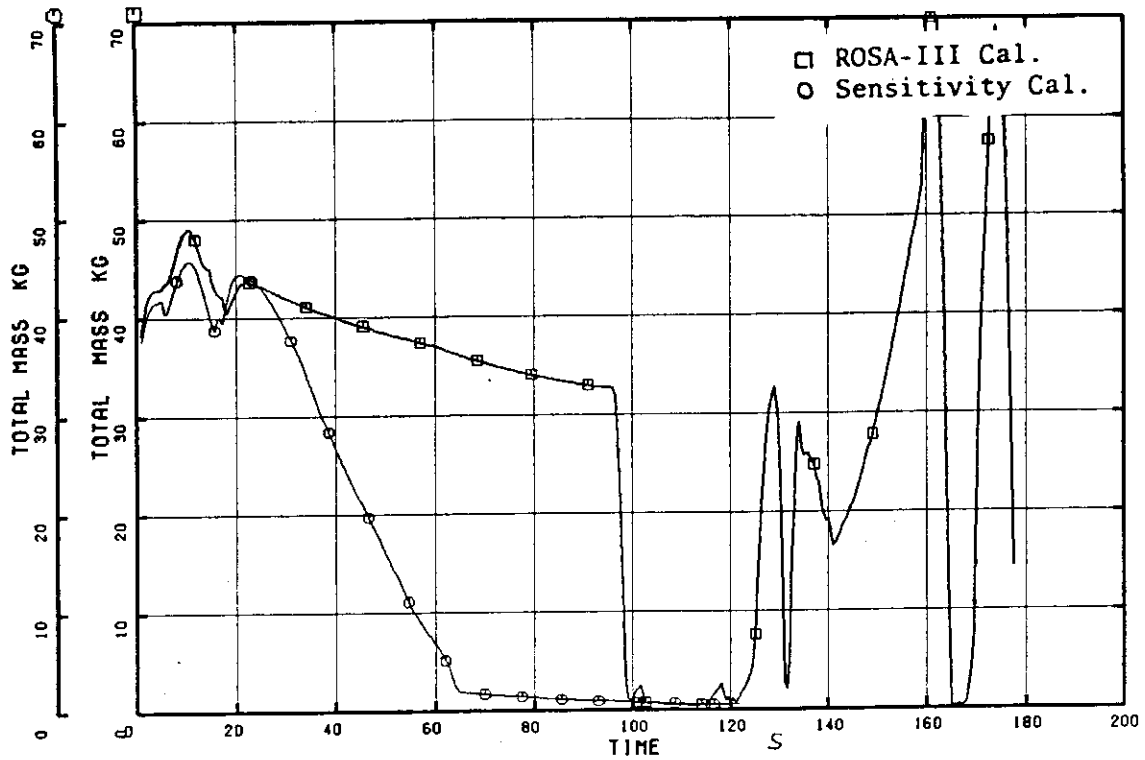


Fig. 6. 3 Upper Plenum Total Mass (Effect of Slip Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R JWJ24 ○ R JWJ24

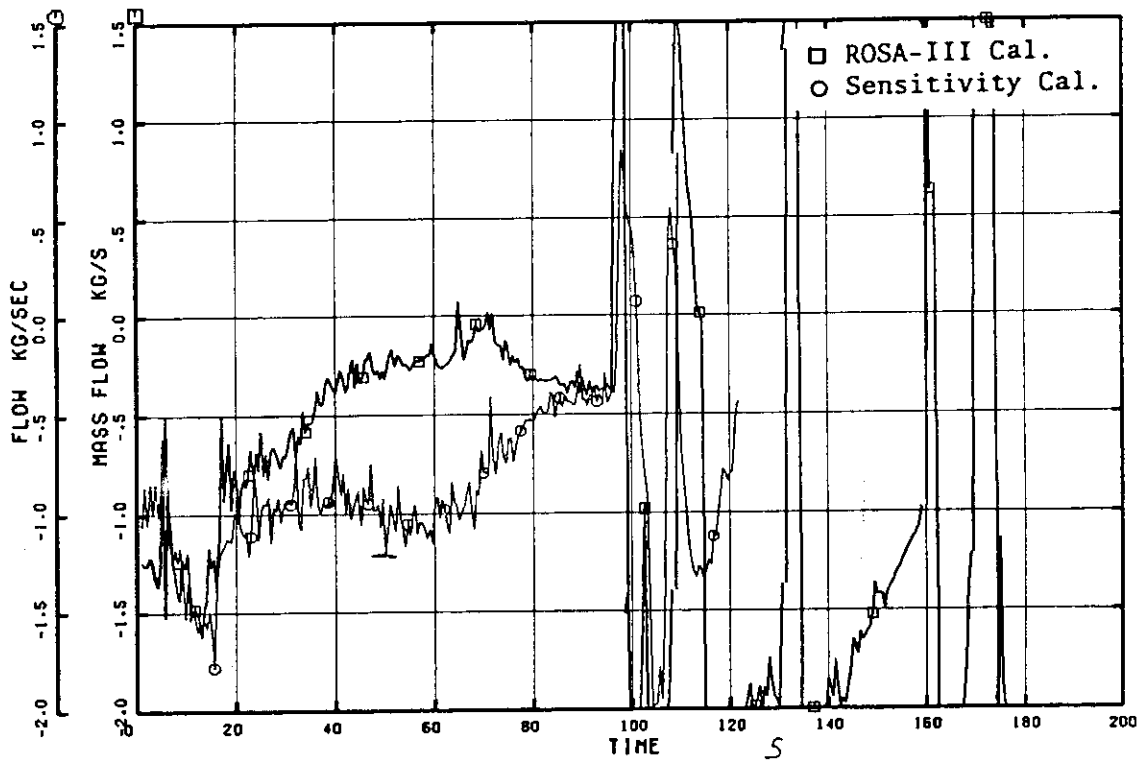


Fig. 6. 4 Leak Hole Flow (Effect of Slip Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R TMV3 ○ R TMV3

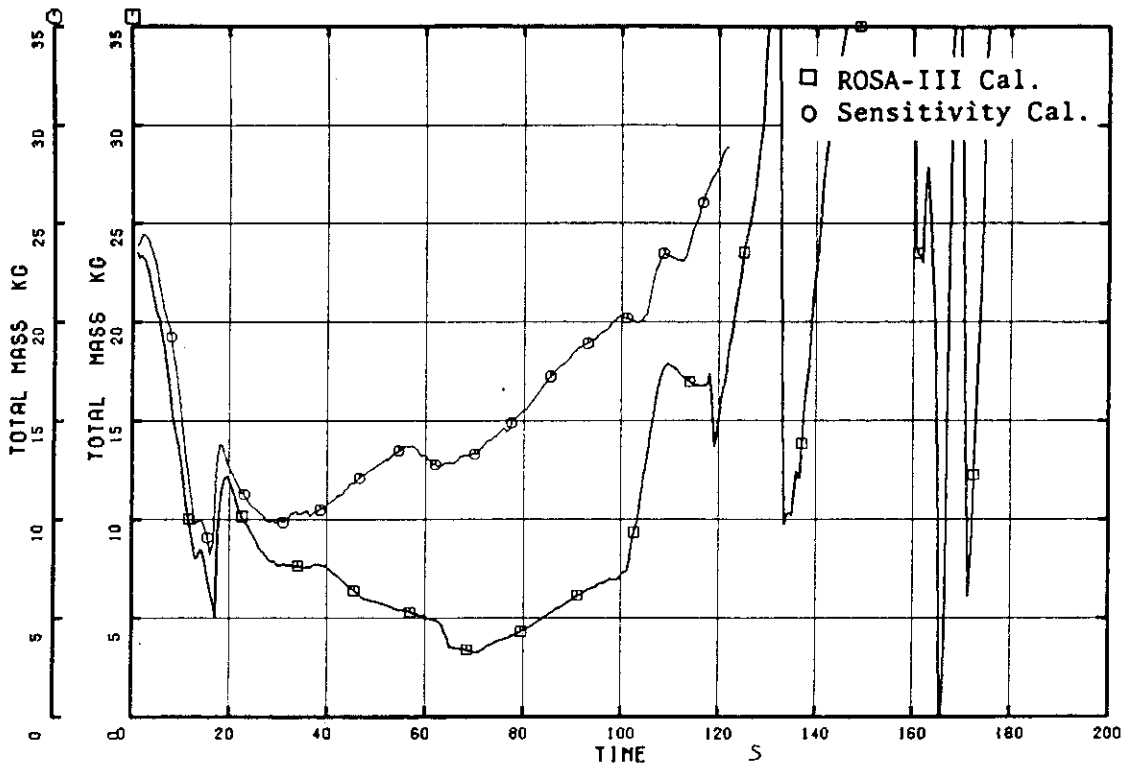


Fig. 6. 5 Average Power Channel Total Mass (Effect of Slip Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R TMV22 ○ R TMV22

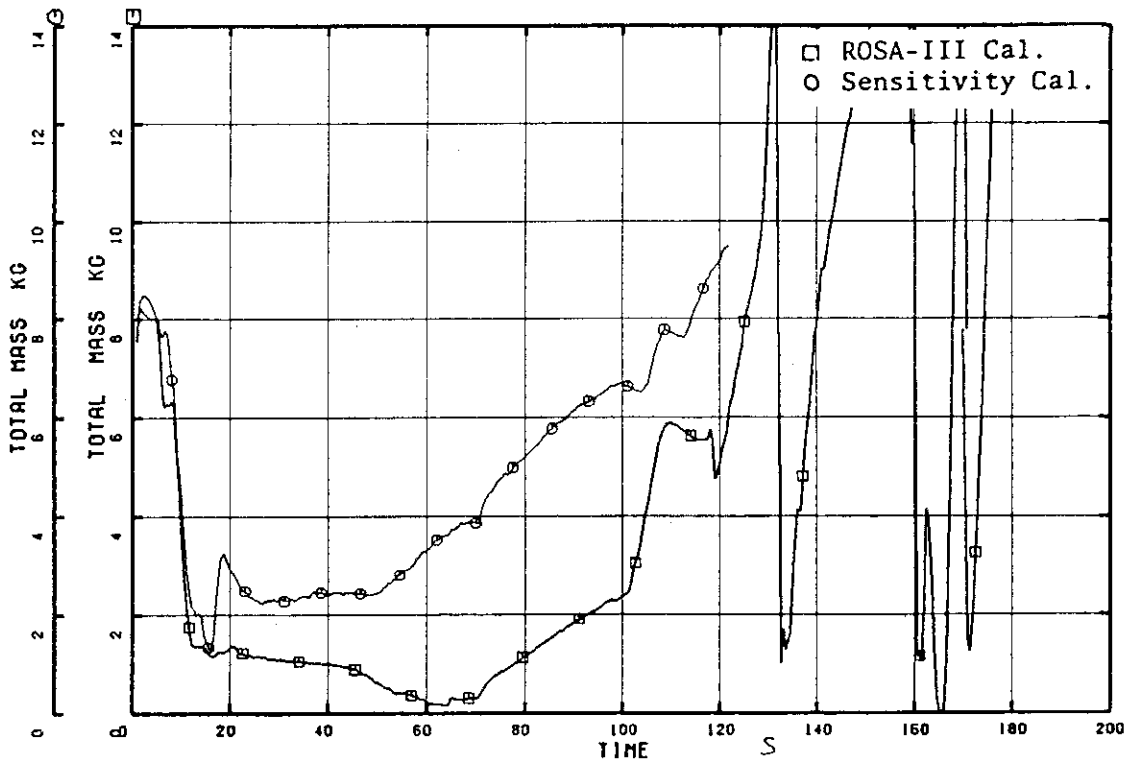


Fig. 6. 6 High Power Channel Total Mass (Effect of Slip Model)

**ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3**

□ R MLV3 ○ R MLV3

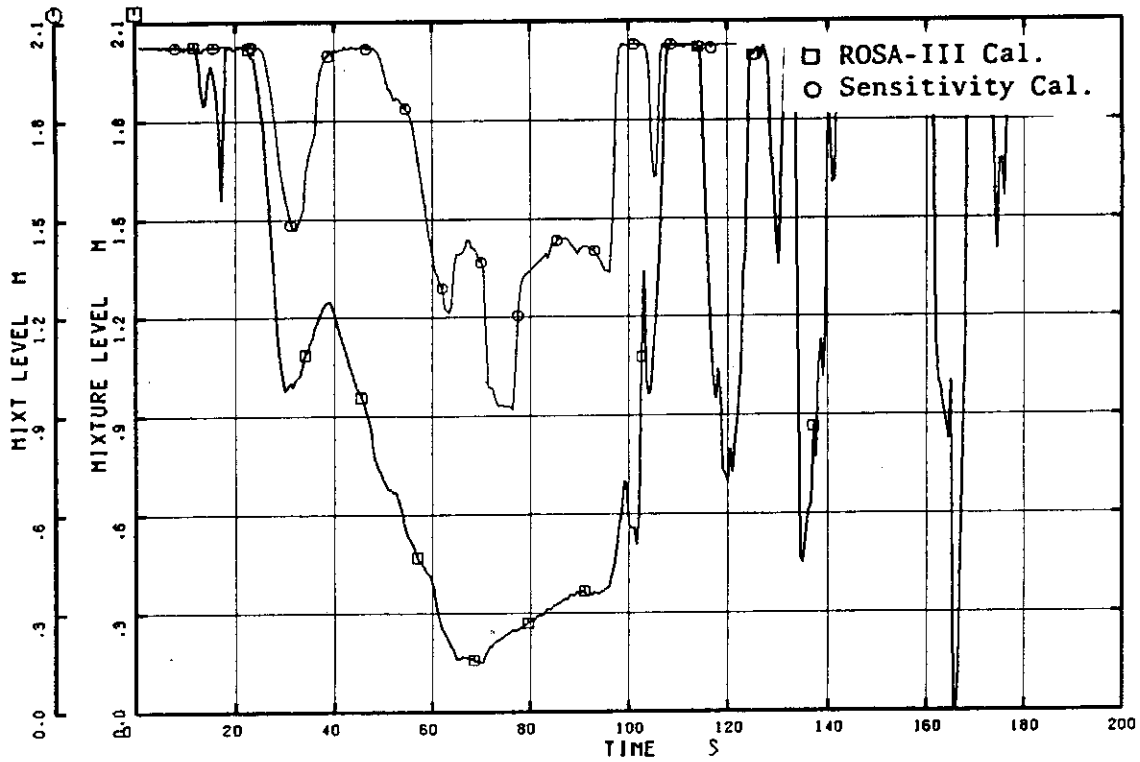


Fig. 6. 7 Average Power Channel Mixture Level (Effect of Slip Model)

**ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3**

□ R MLV22 ○ R MLV22

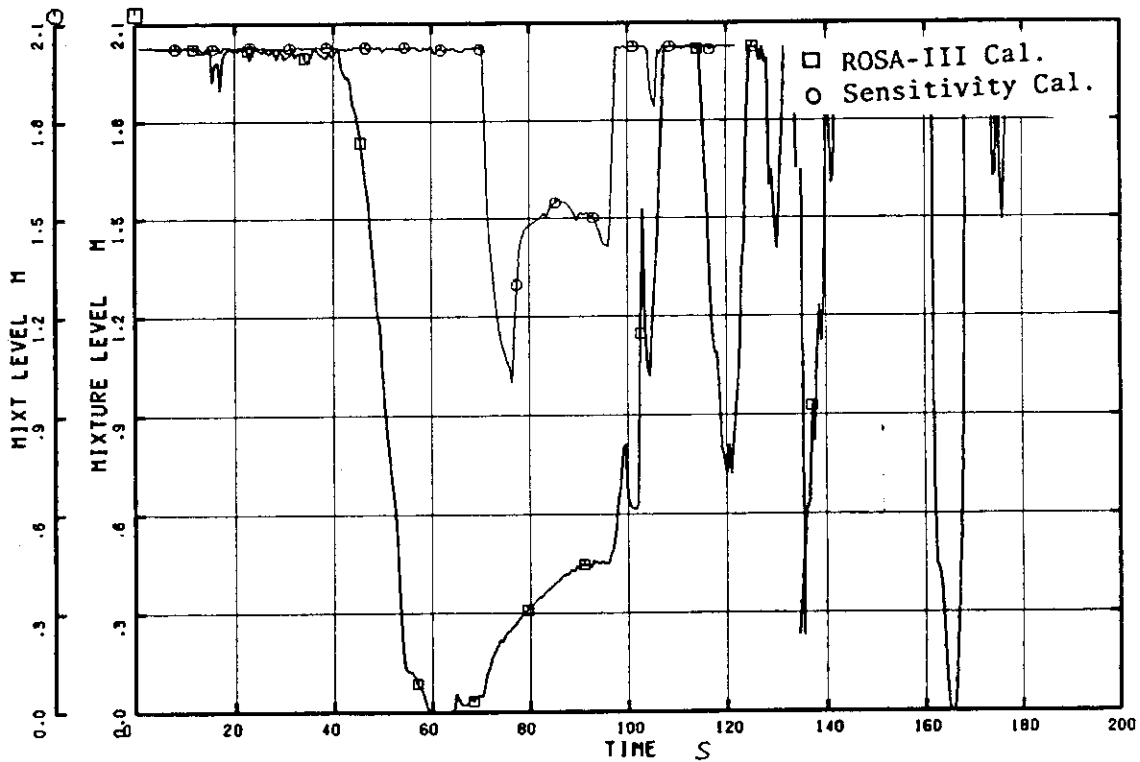


Fig. 6. 8 High Power Channel Mixture Level (Effect of Slip Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

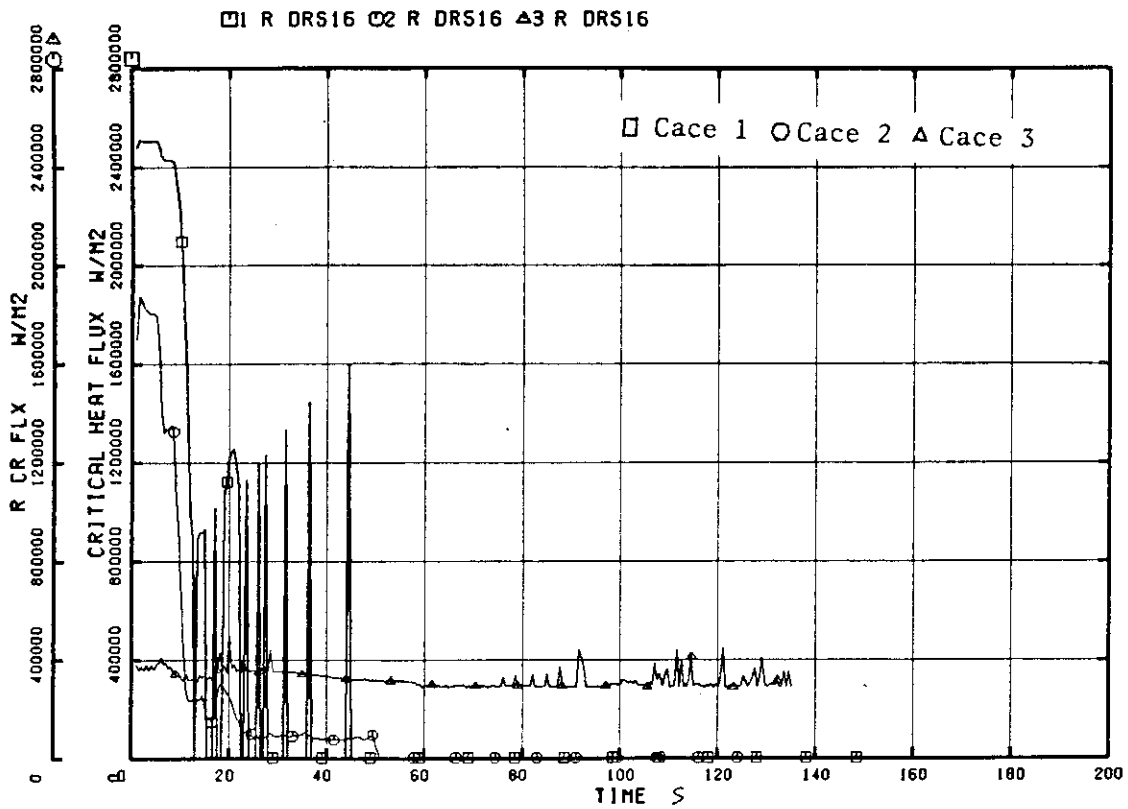


Fig. 6.9 Comparison of C.H.F.

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

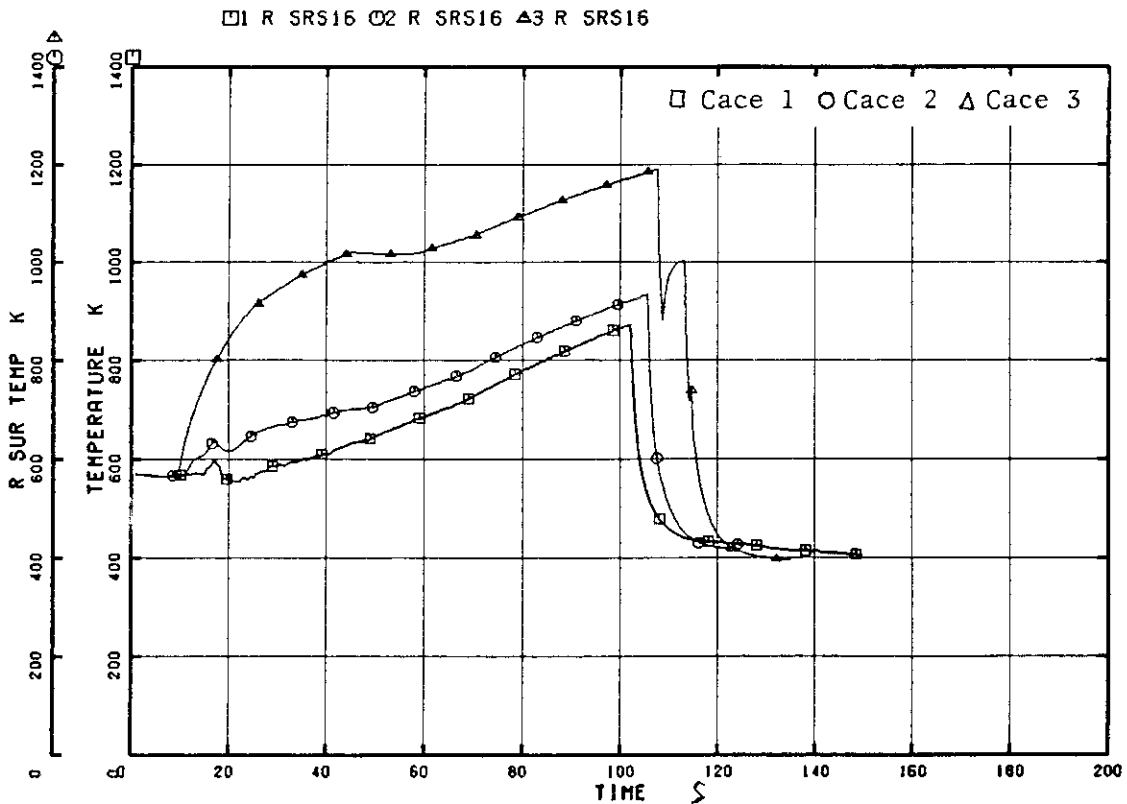


Fig. 6.10 Heater Surface Temperature (Effect of CHF Correlation)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

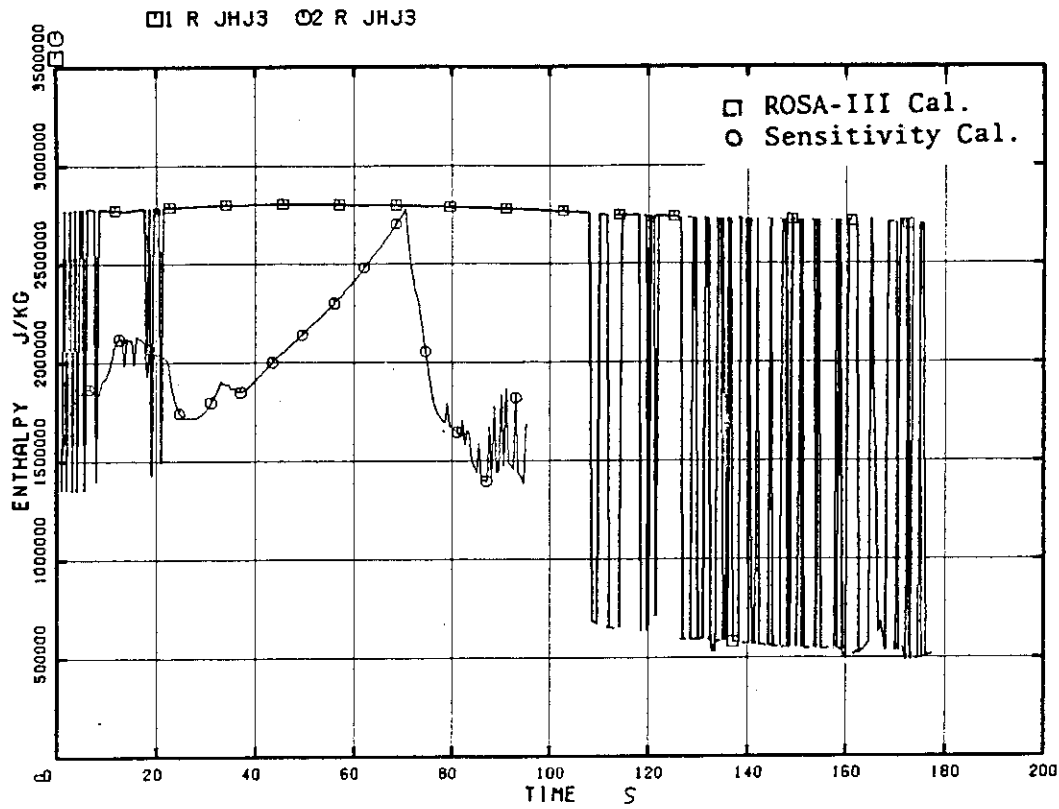


Fig. 6.11 Average Channel Core Outlet Enthalpy (Effect of Bubble Rise Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

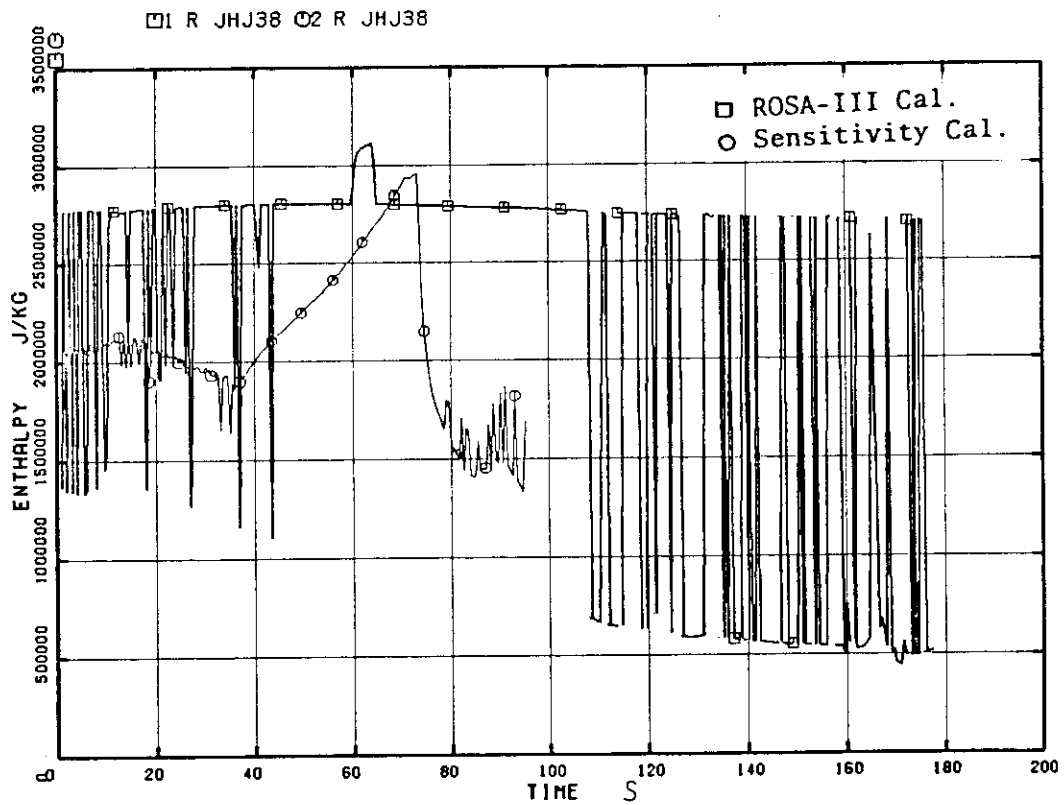


Fig. 6.12 High Power Channel Outlet Enthalpy (Effect of Bubble Rise Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□1 R TMV3 ○2 R TMV3

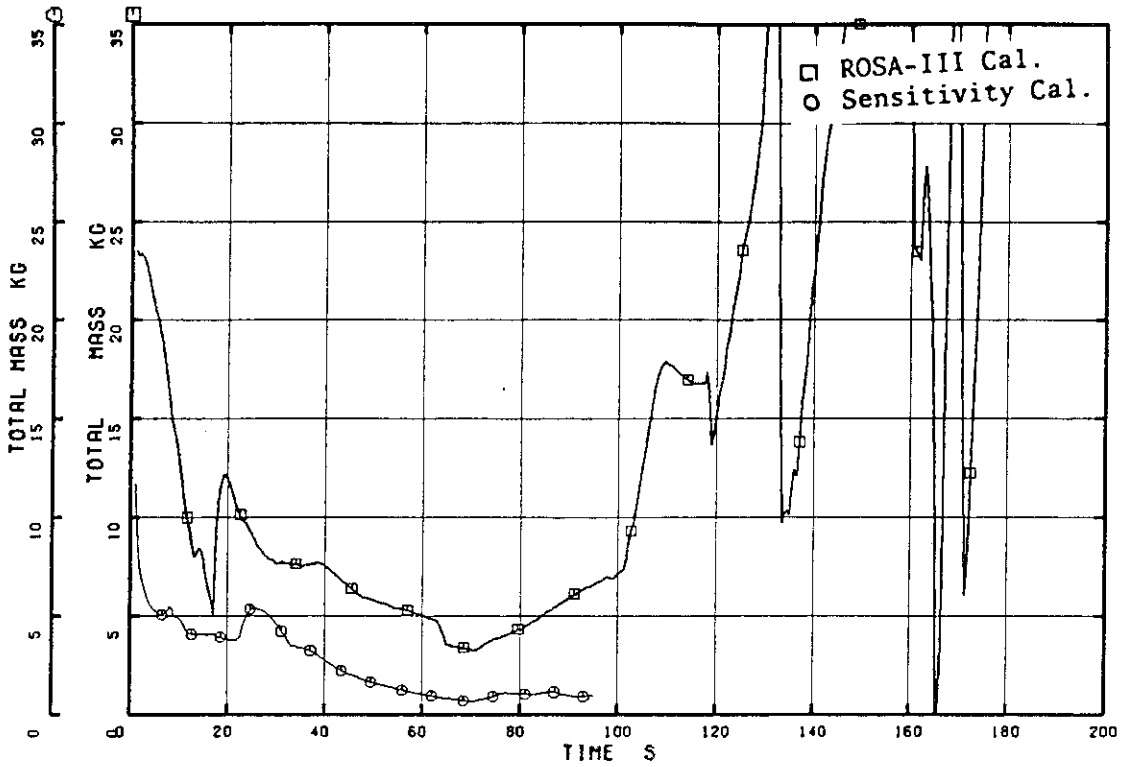


Fig. 6.13 Average Power Channel Mass (Effect of Bubble Rise Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□1 R TMV22 ○2 R TMV22

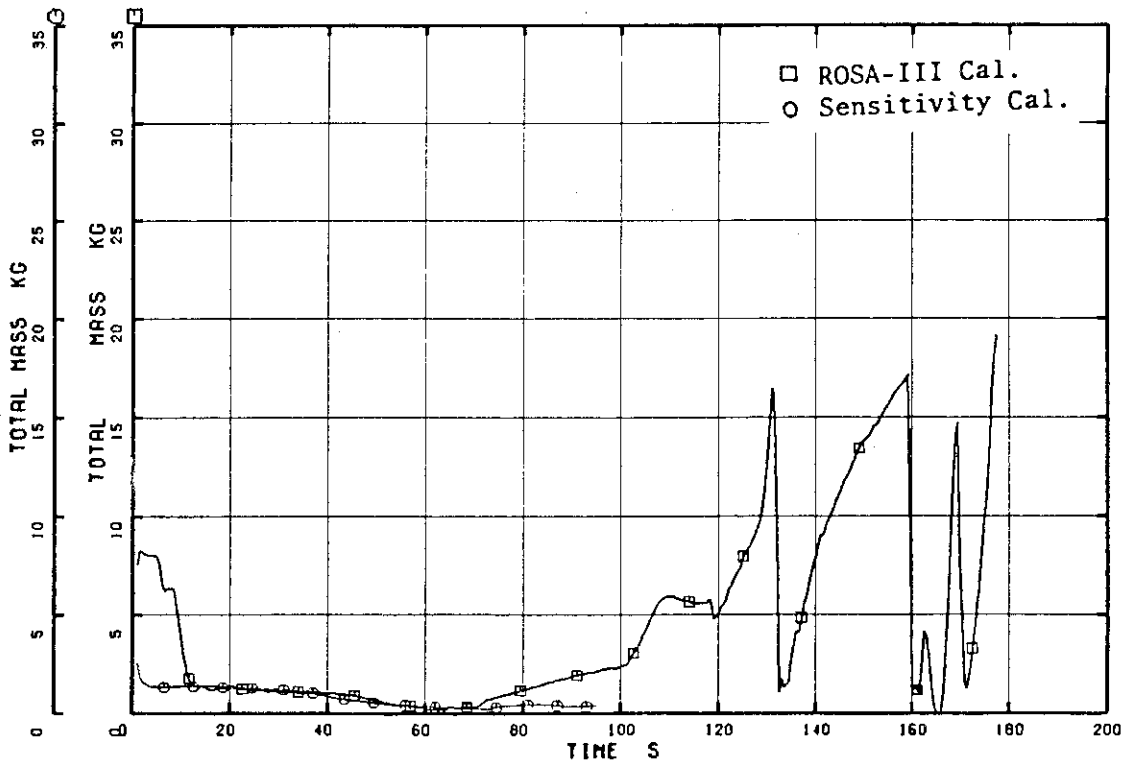


Fig. 6.14 High Power Channel Mass (Effect of Bubble Rise Model)



ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

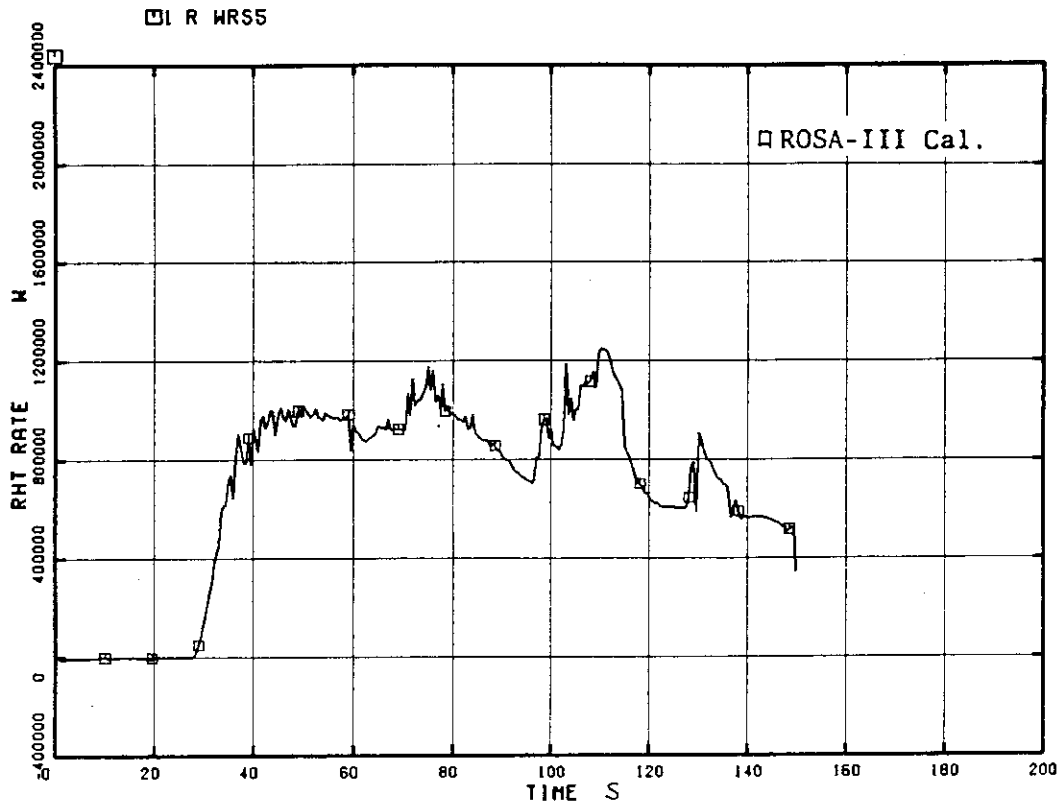


Fig. 6.15 Heat Transfer Rate from PV Wall at Lower Plenum to Fluid

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

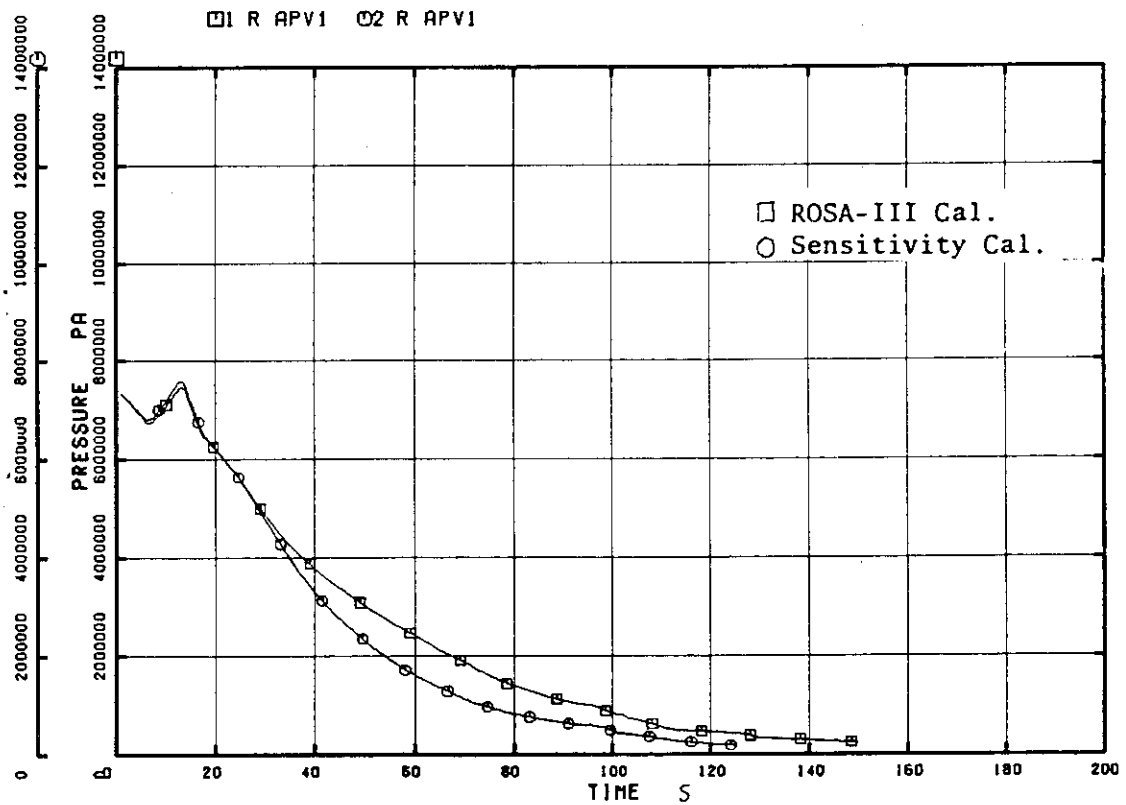


Fig. 6.16 Lower Plenum Pressure (Effect of Stored Heat)(ROSA-III)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

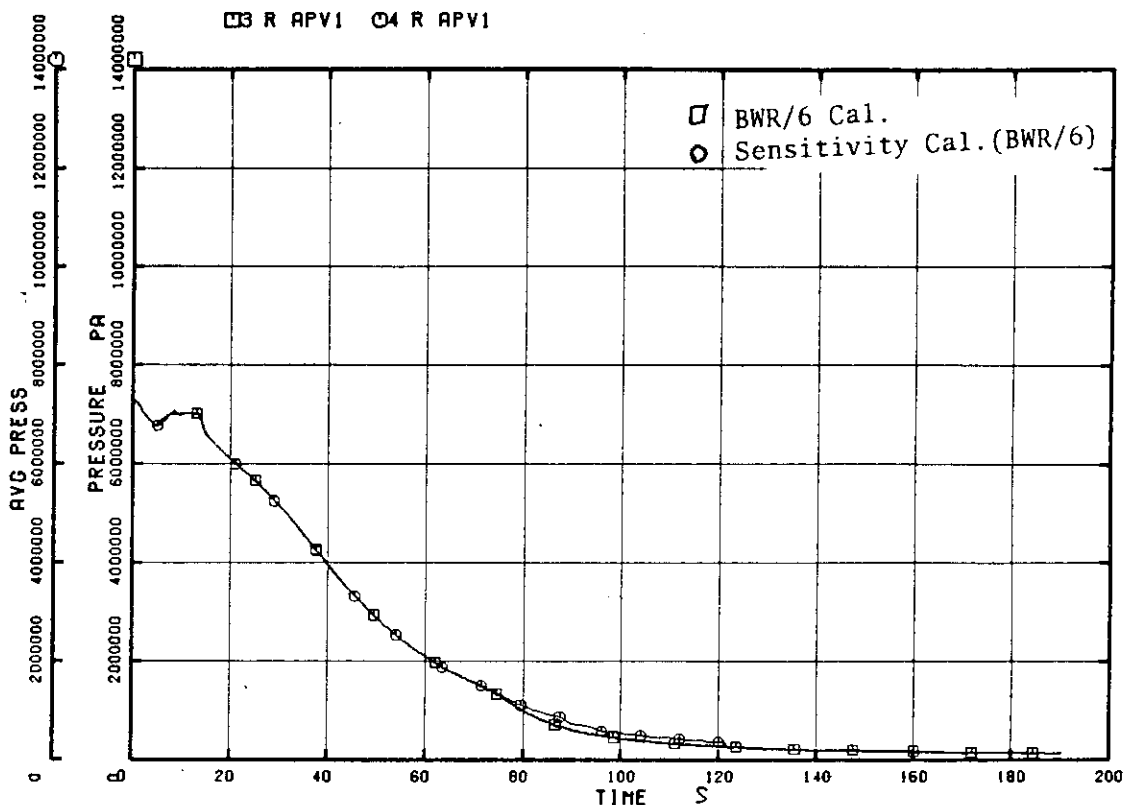


Fig. 6.17 Lower Plenum Pressure (Effect of Stored Heat) (BWR/6)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

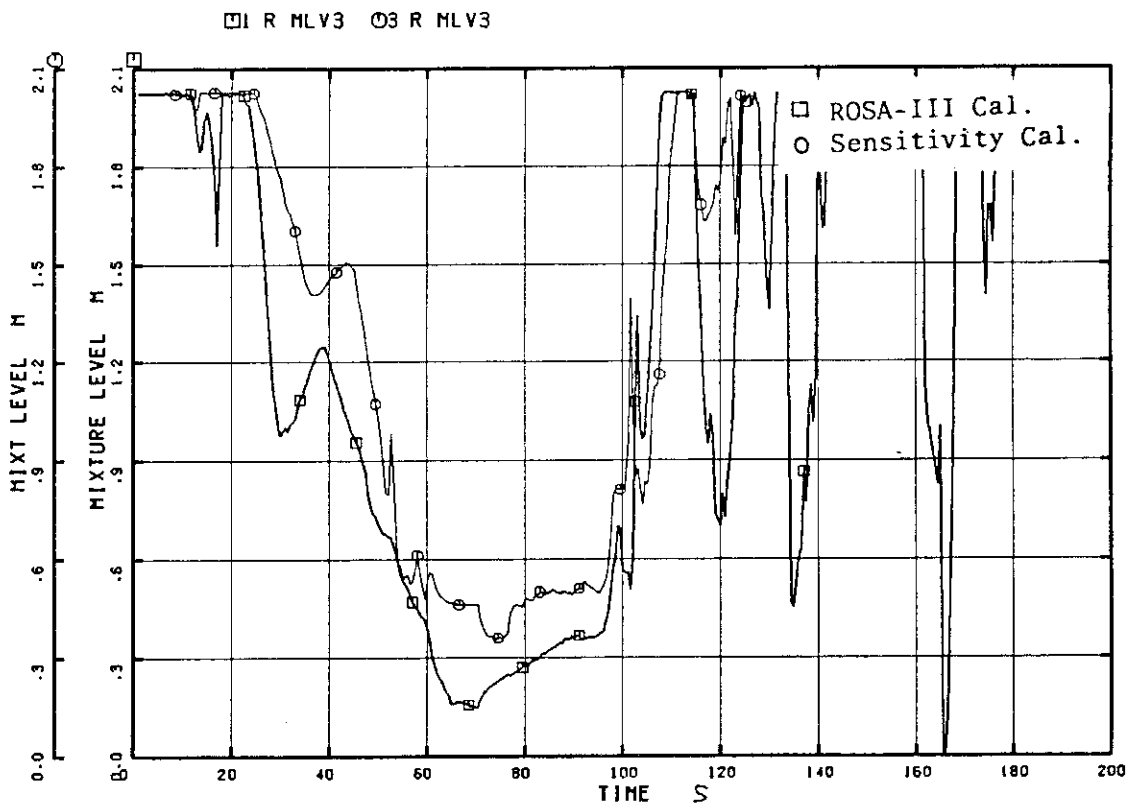


Fig. 6.18 Average Power Channel Mixture Level (Effect of Power Curve)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

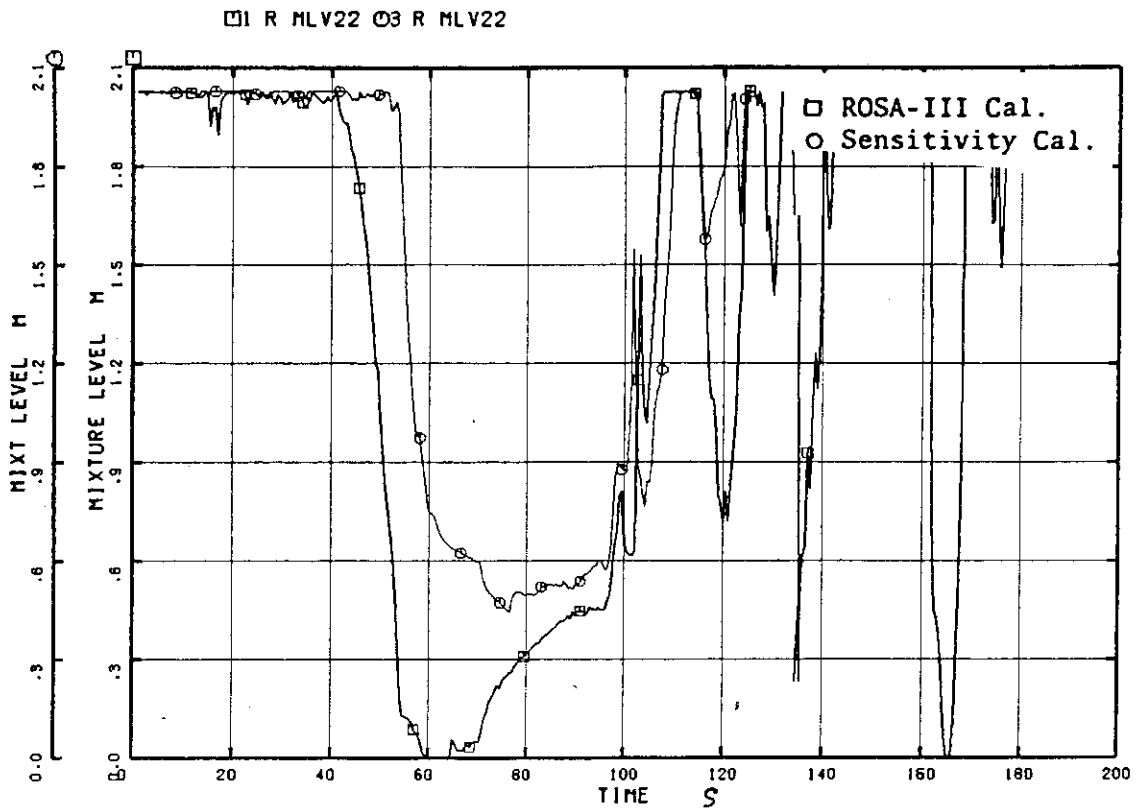


Fig. 6.19 High Power Channel Mixture Level (Effect of Power Curve)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

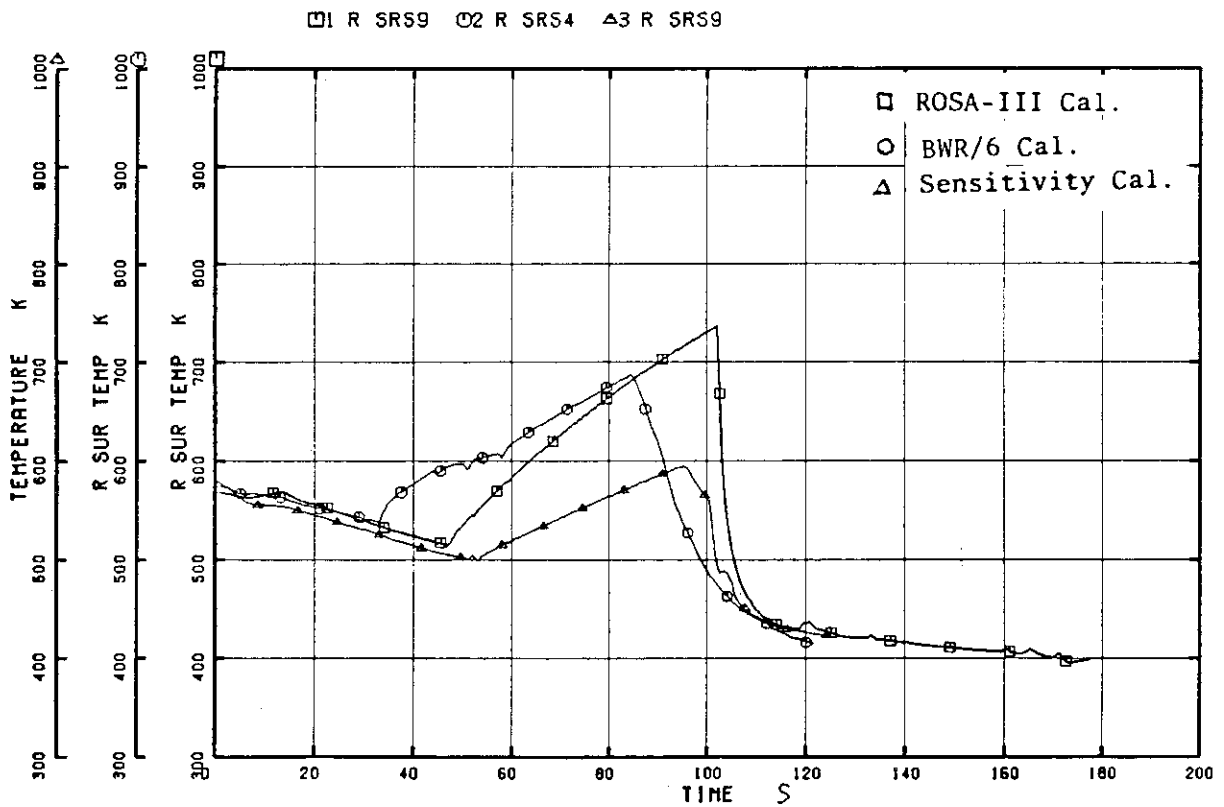


Fig. 6.20 Heater Surface Temperature (Effect of Power Curve)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

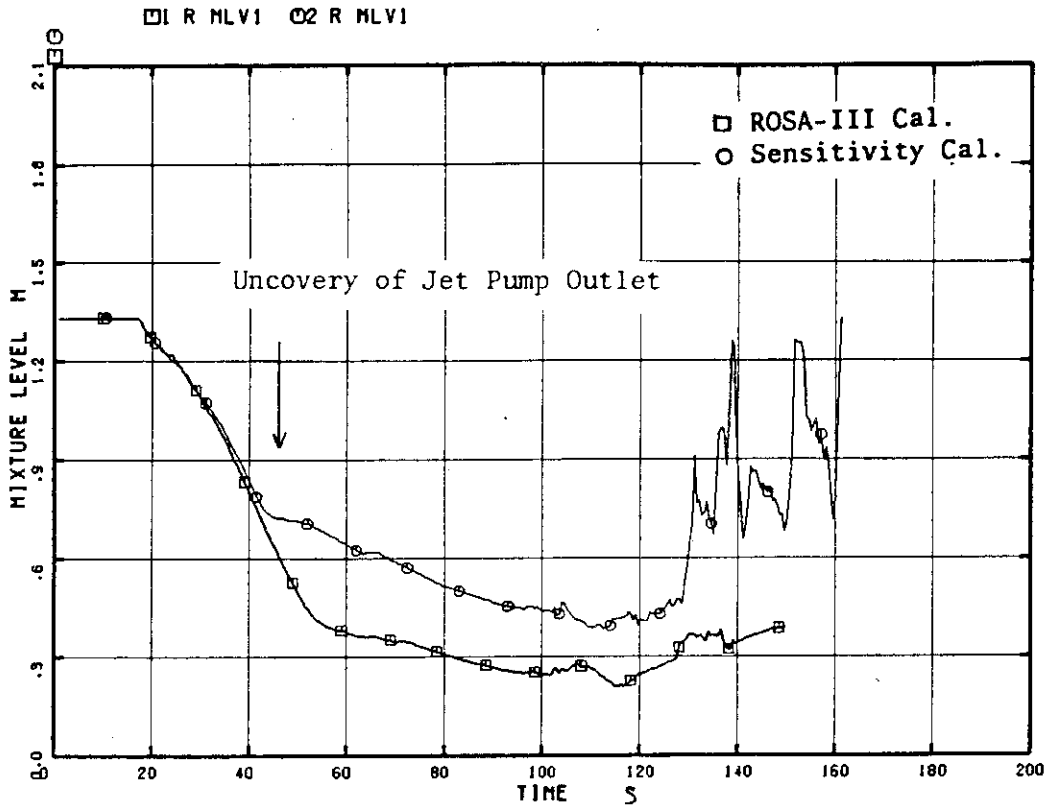


Fig. 6.21 Lower Plenum Mixture Level (Effect of J.P. Bottom)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

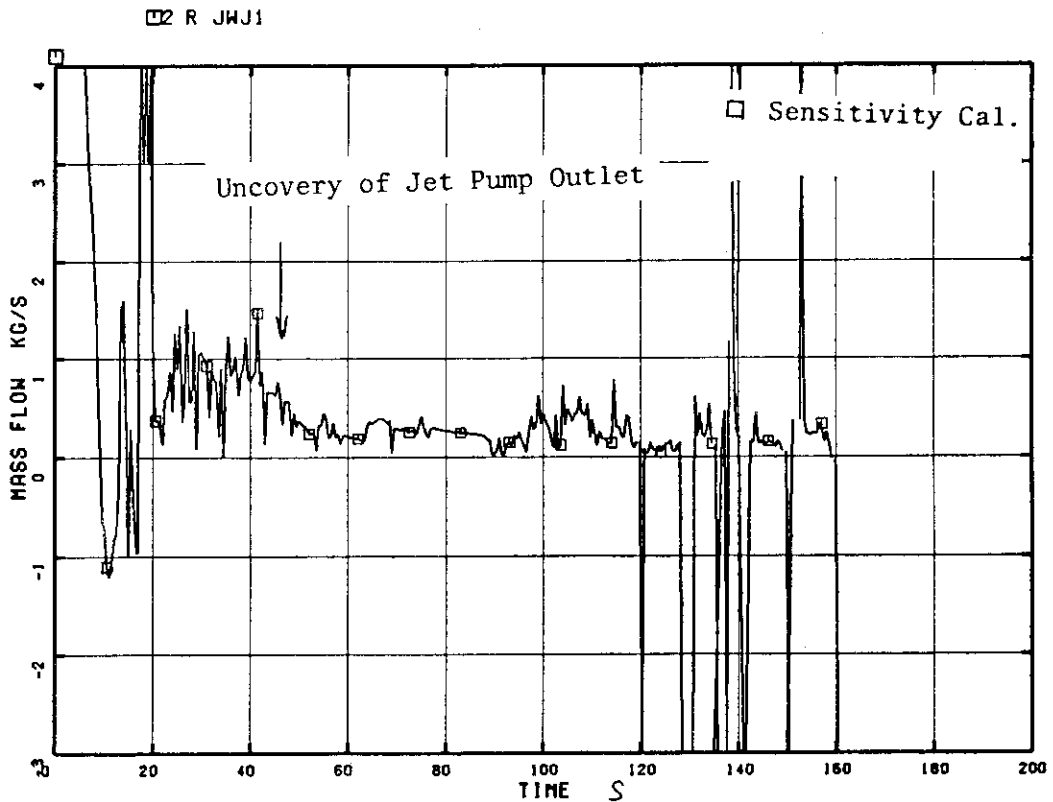


Fig. 6.22 Core Inlet Flow (Effect of J.P. Bottom)

**ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3**

□ R MLV3 ○ R MLV3

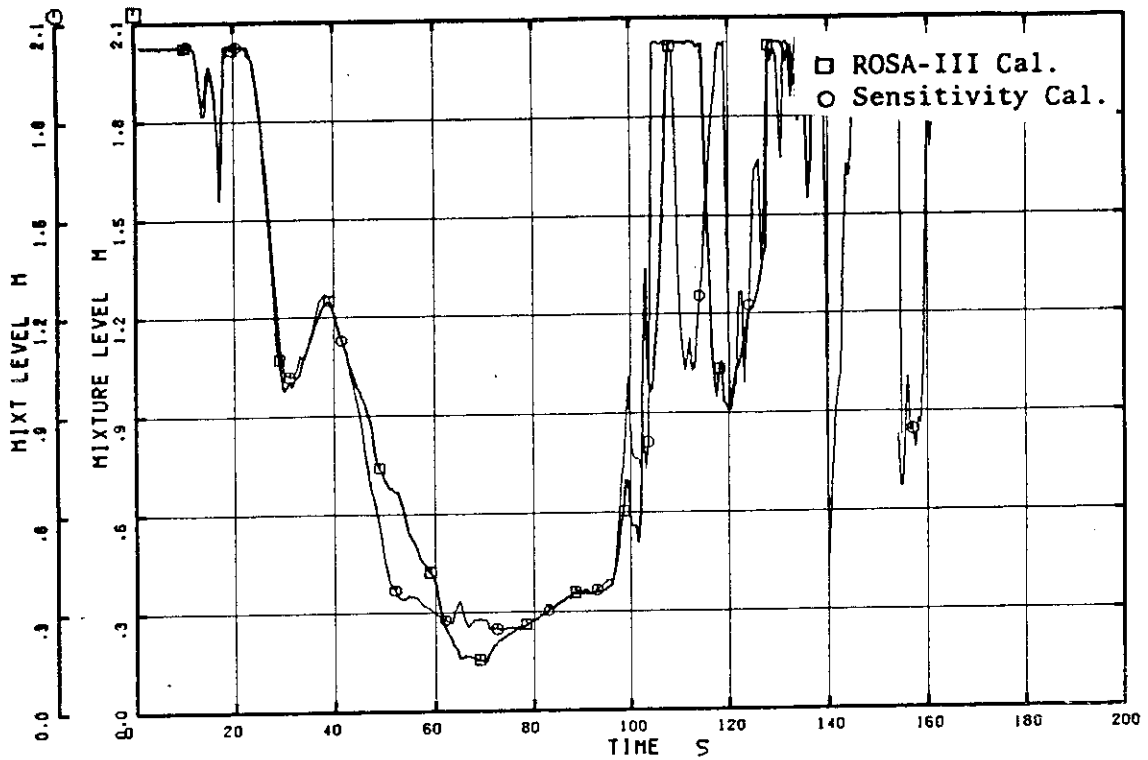


Fig. 6.23 Average Power Channel Mixture Level (Effect of J.P. Bottom)

**ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3**

□ R MLV22 ○ R MLV22

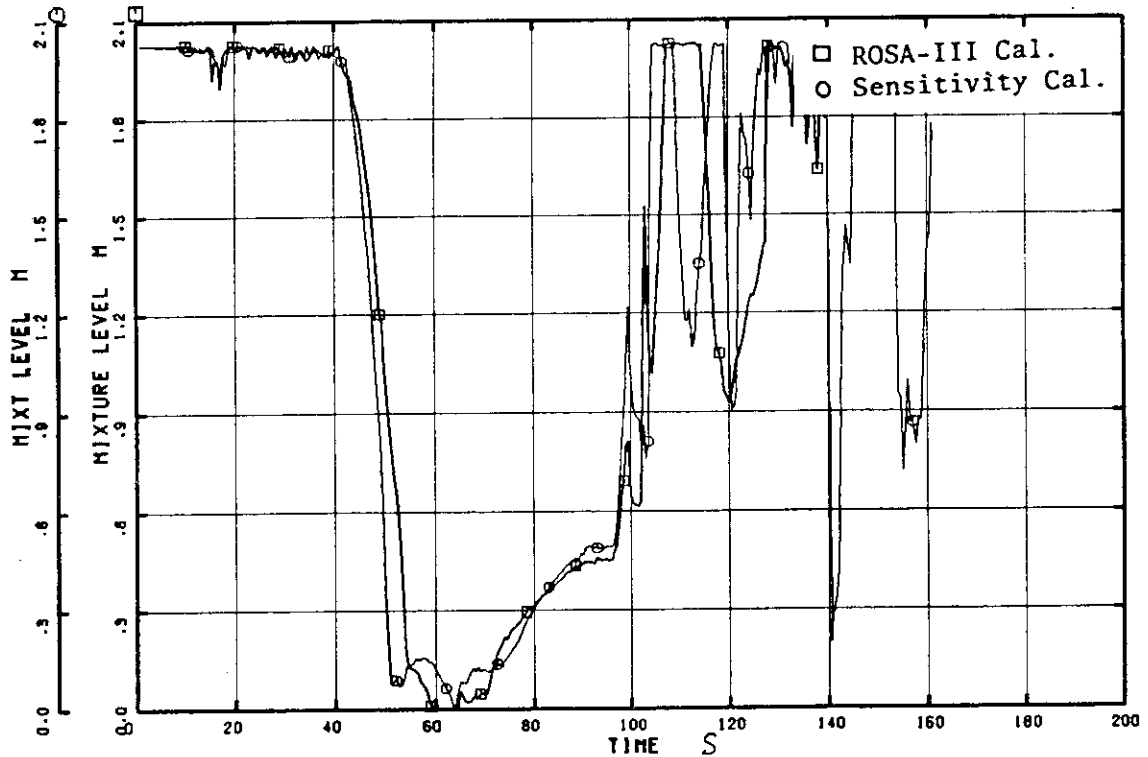


Fig. 6.24 High Power Channel Mixture Level (Effect of J.P. Bottom)

**ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3**

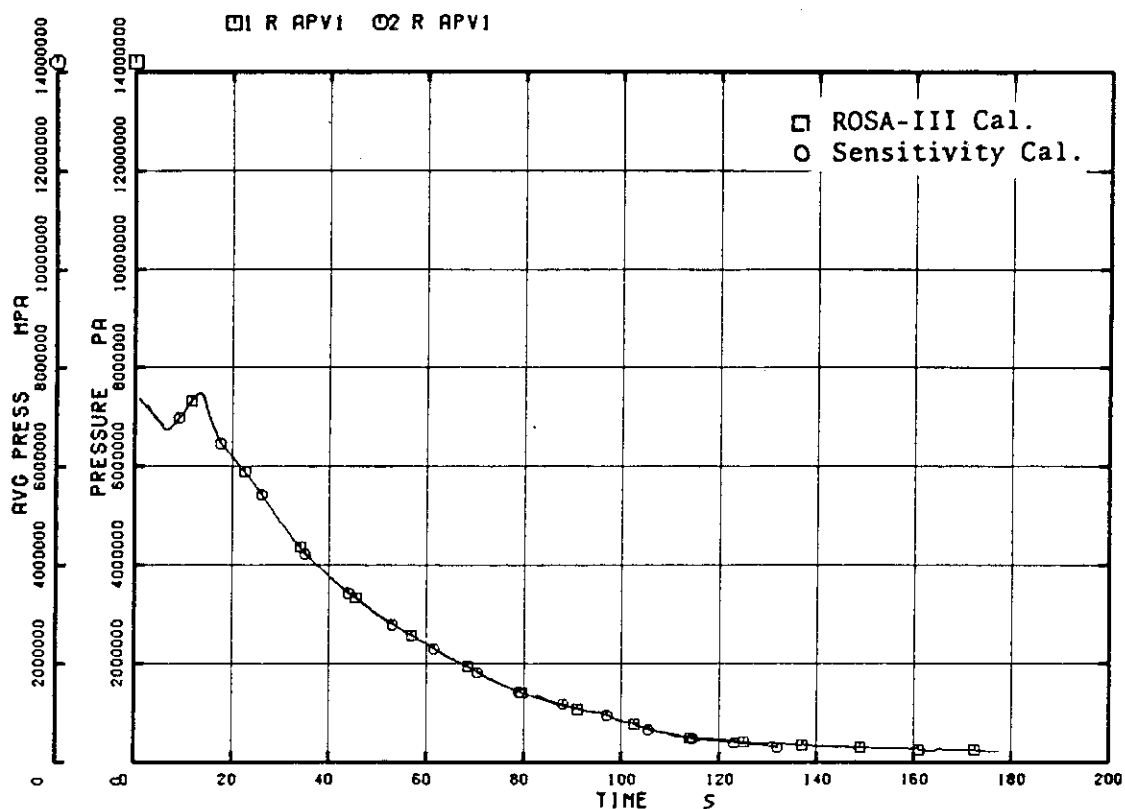


Fig. 6.25 Lower Plenum Pressure (Effect of Core Mixture Cal. Model)

**ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3**

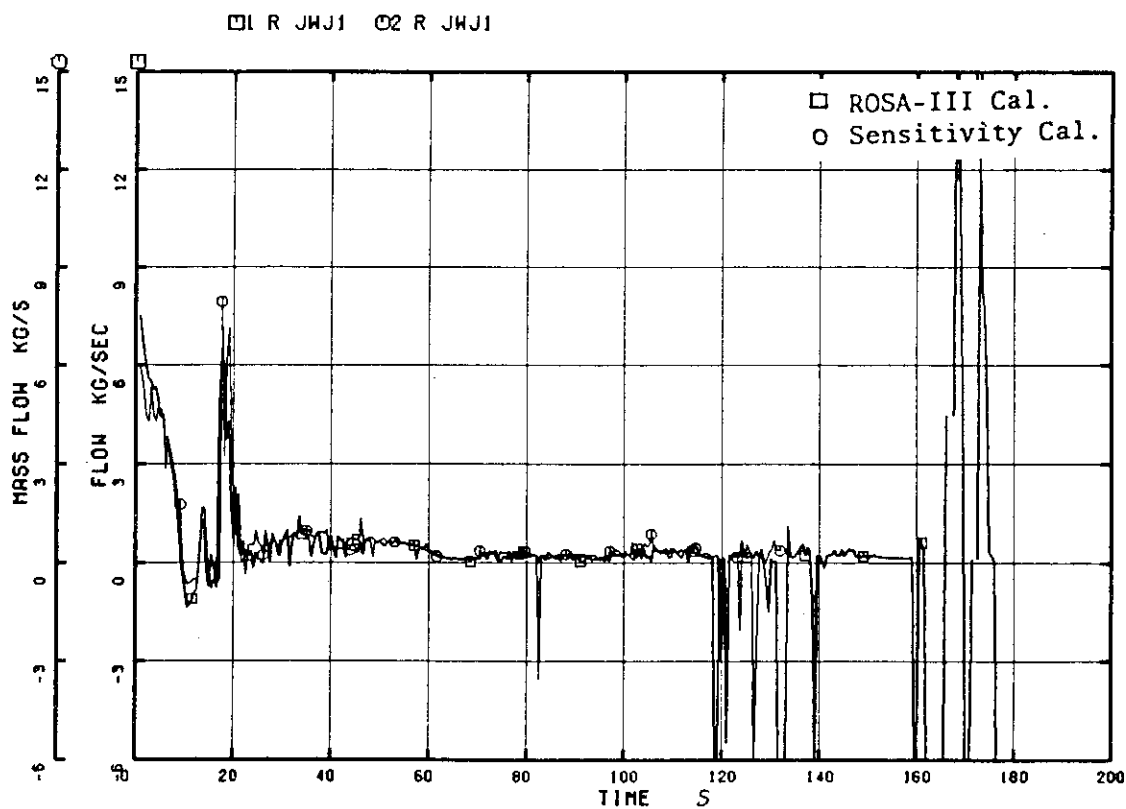


Fig. 6.26 Core Inlet Flow (Effect of Core Mixture Cal. Model)

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□1 R JWJ4 ○2 R JWJ4

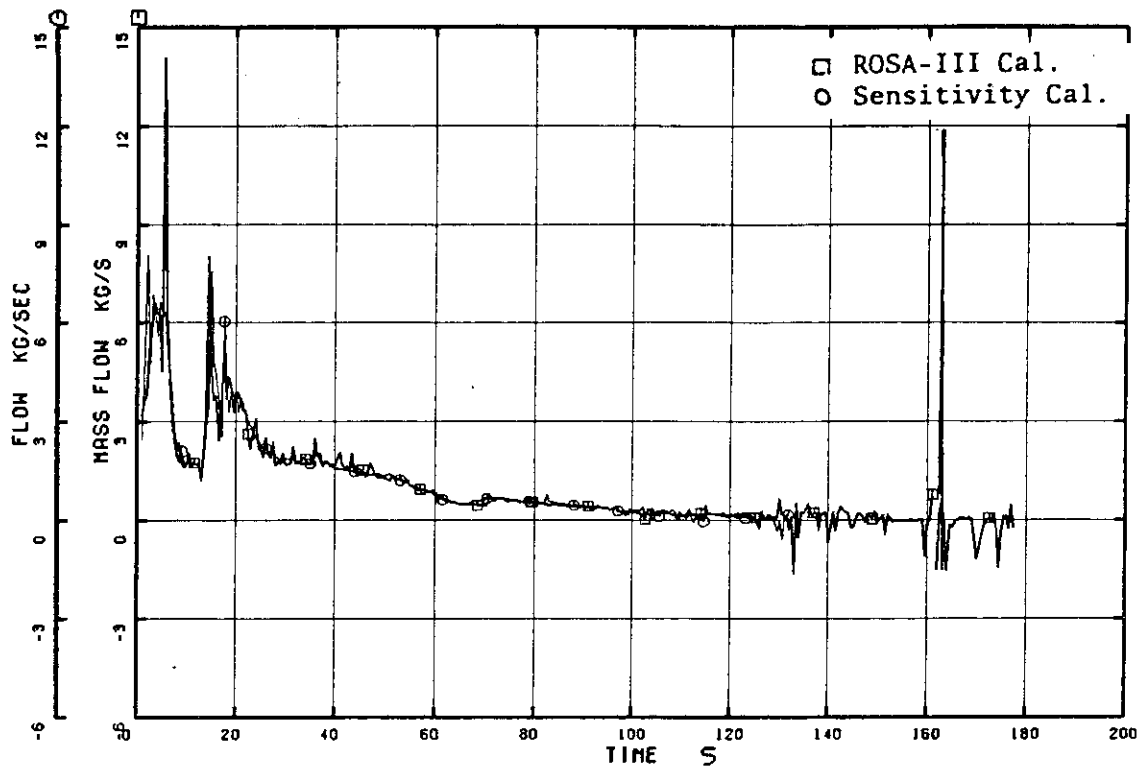


Fig. 6.27 Separator Flow ( Effect of Core Mixture Level Cal. Model )

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□2 R MLV3

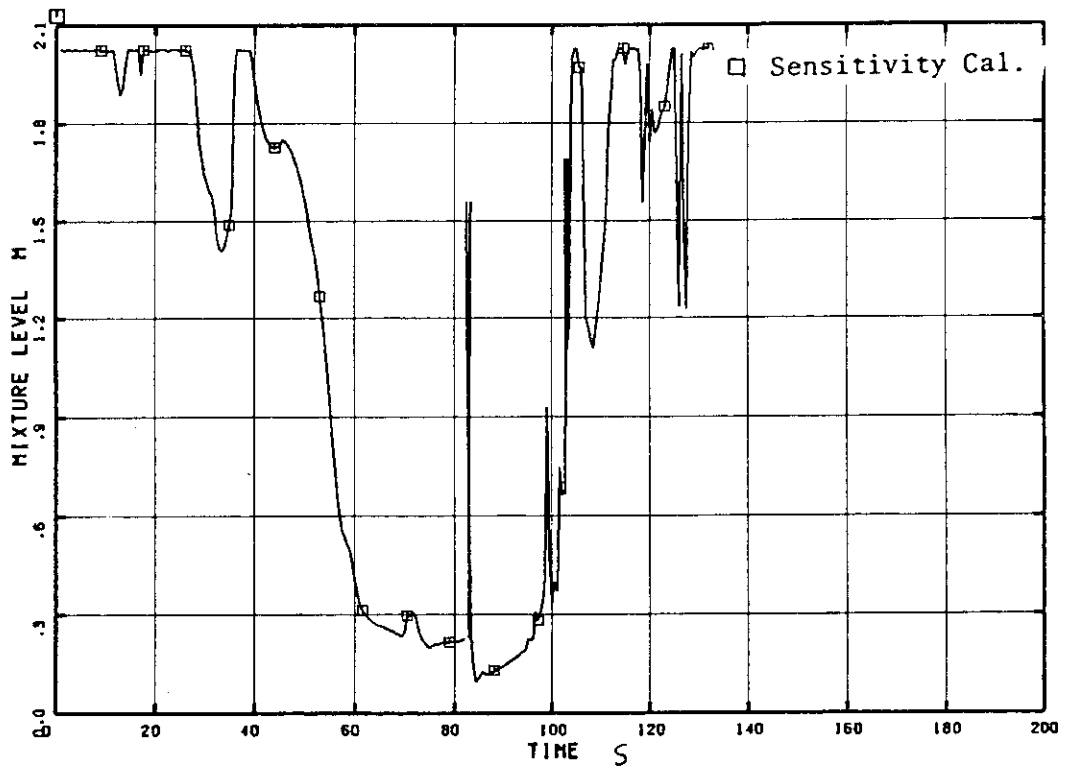


Fig. 6.28 Peripheral Core Mixture Level  
( Effect of Core Mixture Level Cal. Model )

ROSA-III & BWR 200%-BREAK ANALYSIS BY U4J3

□ R MLV22

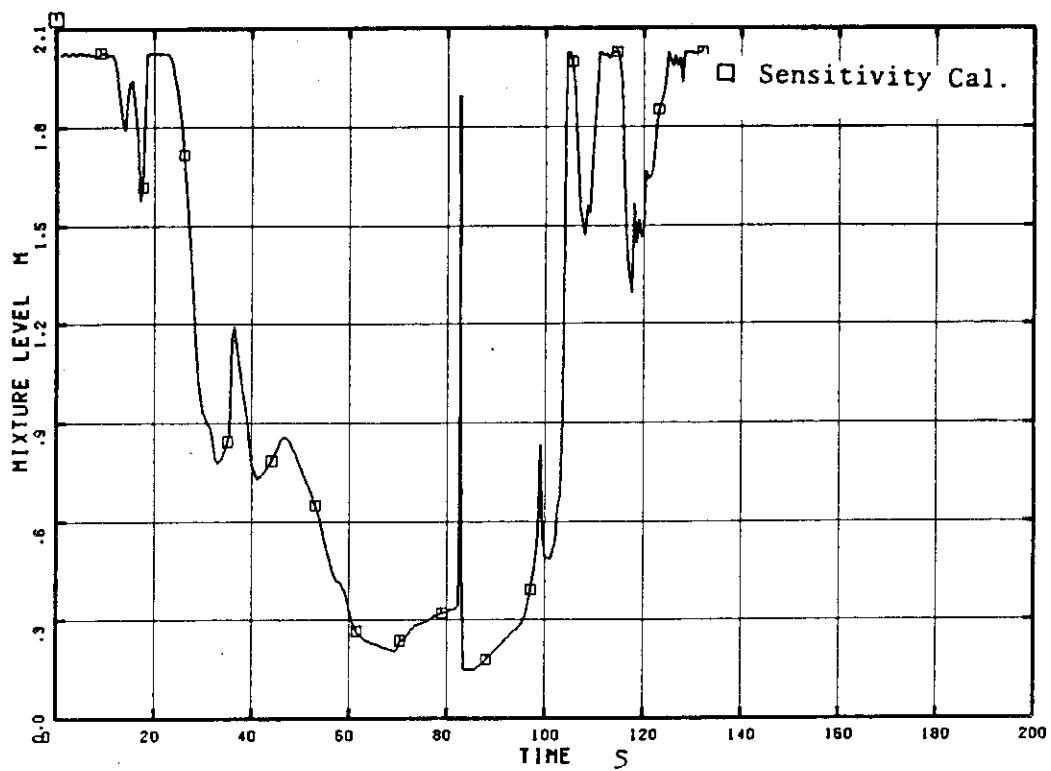


Fig. 6.29 Central Core Mixture Level (Effect of Core Mixture Cal.Model)



## 7. 結 論

ROSA-Ⅲ大破断実験結果のBWR/6への適用性を検討するため、まず、ROSA-Ⅲ装置による大破断実験解析をRELAP4/MOD6/U4/J3コードを用いて行なった。解析の対象とした実験はHPCS故障を仮定した再循環ポンプ入口配管での両端破断実験RUN926である。本解析により、ROSA-Ⅲ体系に対する入力モデルを決定し、その同じモデルをBWR/6に適用してRUN926と同一条件の大破断LOCAの解析を行ない相似性の検討を行なった。ROSA-Ⅲ実験解析では圧力変化および炉心内水位はほぼ実験と解析で一致したが、上部プレナム水位およびECCS作動後の下部プレナム水位挙動については十分な結果は得られなかった。これは、RELAP4コードが均質二相流モデルに基づいており、正確な気液間のスリップが取り扱えないためである。特にBWR LOCAではそのシュラウド内水位挙動を支配すると考えられ、またROSA-Ⅲ実験でもみられる炉心入口部でのCCFL現象を解析することができない。これらの実験解析をふまえて、ROSA-ⅢとBWR/6との大破断LOCAに関する相似性について検討し、次のような結論を得た。

- (1) 炉内圧力変化についてはROSA-Ⅲ実験、ROSA-ⅢとBWR/6両体系の解析ではほぼ一致しており、ROSA-ⅢはBWR大破断時の圧力挙動をよく模擬している。
- (2) ダウンカム水位変化に関してはROSA-Ⅲ実験、ROSA-ⅢとBWR/6の両体系の解析ジェットポンプ吸込口および再循環ポンプ吸込口露出時刻がほぼ一致し、ROSA-ⅢはBWR大破断時のダウンカム水位変化をよく模擬している。一方シュラウド内水位変化に関しては下部プレナムフラッシング以後に炉心が蒸気雰囲気中に露出し、その後ECCSが作動すると炉心上部および下部から炉心内へ水が流入し、炉心内が激しい二相流状態を示し、最終的に燃料棒がクエンチするという実験結果の傾向がROSA-ⅢとBWR/6の両体系の解析ともよく計算された。
- (3) 被覆管表面温度に関しては、ROSA-ⅢとBWRの両体系の計算でドライアウトのタイミングが実験より10～20秒早く、また温度上昇率はROSA-ⅢがBWRに比べてやや高い。しかし、ドライアウト、PCT、ターンアラウンドクエンチなど全体的な表面温度挙動の傾向はよく一致している。

以上のように大破断LOCAに関するシナリオの全体的傾向はROSA-Ⅲ実験、ROSA-ⅢとBWRの両体系の計算で一致し、ROSA-Ⅲ実験がBWR大破断LOCAの主要現象を十分な精度で模擬しうることがわかった。

また、本解析によりROSA-ⅢとBWRの相似性に関し以下の点で異なっており、水位や被覆管表面温度の詳細に影響を及ぼす事がわかった。

- 構造材（特に下部プレナム内）の蓄積熱
- ジェットポンプ出口の相対的位置およびジェットポンプまわりの配管の逆流特性
- 炉心出力模擬

これらはBWR大破断LOCAの基本的現象の傾向には影響を及ぼさないが、定量的には差を与え今後さらに詳細については検討を続ける事が必要である。

参 考 文 献

1. ANODA, Y. et al., "ROSA-III System Description for Fuel Assembly No.4", JAERI-M9363, (2, 1981)
2. 安部信明, 田坂完二, "ROSA-III実験における電気出力変化", JAERI-M8728, (3, 1980)
3. YOSHIDA, K. et al., "RELAP4/MOD6/U4/J3 A JAERI IMPROVED VERSION OF RELAP4/MOD6 FOR TRANSIENT THERMAL-HYDRAULIC ANALYSIS OF LWR INCLUDING EFFECTS OF BWR CORE SPRAY", JAERI-M 9394, (3, 1981)
4. 田坂完二他3名, "冷却材喪失事故におけるROSA-IIIとBWRとの相似性の検討 (ROSA-IIIの予備解析)", JAERI-M 6703, (9, 1976)
5. 北口秀美他2名, "ROSA-III試験のためのBWR/6 LOCA解析", JAERI-M 8185, (3, 1979)
6. "General Electric Standard Safety Analysis Report, BWR/6", DOCKET-STN-50447-48, GE, CO. (1975)
7. "RELAP4-MOD5, A Computer Program for Transient Thermal Hydraulic Analysis of Nuclear Reactors and Related System", ANCR-NUREG-1335, (9, 1976)

Appendix A Input Data for ROSA-III Analysis

LISTING OF INPUT DATA FOR CASE 1

```

1 *
2 * ROSA-3 ANALYSIS BY RELAP4/MOD6/U4/J3
3 *
4 * CORE 2 VOLUME ** CREATED AT 82/11/27 **
5 *
6 * FILE ; J3815.RLP4.DATA
7 * MODULE ; U4926005
8 *
9 = ROSA3 / BWR 200% BREAK TEST ANALYSIS ; RUN926
10 *
11 ***PROBLEM DIMENSIONS***
12 *
13 * LDMP NTC NVOL NTDV NPMP NLK NSLE NMAT NHTX
14 * NEDI NTRP NBUB NJUN NCKV NLL NGOM NGR ISPRG
15 010001 -2 9 6 5 22 5 0 41 2 3 1 10 19 6 7 14 0 0
16 *
17 ***PROBLEM CONSTANTS***
18 *
19 * POWER OMEGA PQUITL PQUTH TQUITL TQUITH
20 010002 3.967 1.0 * DEFAULT VALUES *
21 *
22 ***EDIT VARIABLES***
23 *
24 020000 AP 1 JW 34 ML 10 ML 9 ML 4 ML 3 JW 40 JW 33 SR 16
25 *
26 ***TIME STEP CONTROL CARDS***
27 *
28 * NMIN NMAJ NDMP NCHK DELTM DTMIN TLAST ENDCPU
29 030010 50 60 1 0 1.0-2 1.0-5 30. 7200.
30 030020 50 20 1 0 1.0-2 1.0-6 50.
31 030030 50 30 1 0 1.0-2 1.0-6 135.
32 030040 50 10 1 0 1.0-2 1.0-8 155.
33 030050 50 30 1 0 1.0-2 1.0-7 360.
34 030060 50 30 1 0 1.0-2 1.0-7 1.0+6
35 *
36 ***TRIP CONTROLES***
37 *
38 * IDTRP IDSIG IX1 IX2 SETPT DELAY
39 040010 1 1 0 0 2000. 0. * END BY TIME
40 040020 2 1 0 0 0. 0. *
41 040030 3 1 0 0 1000. 0. * SLIP CAL START
42 040040 4 1 0 0 0. 0. * BREAK START
43 040050 5 1 0 0 0. 0. * BUBBLE RISE START
44 *
45 ***VOLUME DATA***
46 * BASED ON PREDICTION
47 *
48 * IBUB IREAD P TEMP HORX V ZVOL ZM
49 * (PSIA) (DEGF) (QLTY) (FT**3) (FT) (FT)
50 050011 54 0 1082.43 536.2 -1. 6.018 4.367 4.367
51 050021 51 0 1081.03 536.2 -1. .3194 .8042 .8042
52 050031 51 0 1080.15 -1. .053 2.156 6.647 6.647
53 050041 51 0 1077.686 -1. .121273 5.504 5.992 5.992
54 050051 1 0 1077.43 -1. 3.21833-4 13.16 4.05 1.900
55 050061 52 0 1077.09 -1. .999724 4.287 1.14 1.14
56 050071 51 0 1080.993 536.2 -1. 2.523 3.579 3.579
57 050081 51 0 1079.2 536.2 -1. 1.851 7.336 7.336
58 050091 3 0 1079.83 536.2 -1. 6.226 12.859 12.859
59 050101 0 0 1078.645 536.2 -1. .2312 .374 .374
60 050111 0 0 1082.2 536.2 -1. .8949 7.802 7.802

```

61	050121	0	0	1081.425	536.2	-1.	.6166	4.884	4.884	* 00006100
62	050131	0	0	1081.825	536.2	-1.	.8399	10.475	10.475	*00006200
63	050141	0	0	1119.151	536.2	-1.	.187	.955	.955	*00006300
64	050151	0	0	1149.125	536.2	-1.	.8972	19.197	19.197	*00006400
65	050161	0	0	1078.645	536.2	-1.	.2312	.374	.374	*00006500
66	050171	0	0	1081.81	536.2	-1.	.8403	7.802	7.802	*00006600
67	050181	0	0	1082.172	536.2	-1.	.4902	10.49	10.49	*00006700
68	050191	0	0	1118.972	536.2	-1.	.187	.955	.955	*00006800
69	050201	0	0	1149.623	536.2	-1.	1.0695	19.357	19.357	*00006900
70	050211	5	0	14.696	100.000	0.6	1.EE	250.	0.0	*00007000
71	050221	51	0	1080.15	-1.	.0825	.7188	6.647	6.647	*00007100
72	*									*00007200
73	*	JTPMV	FLOWA	DIAMV	ELEV	IAMBLO	ZMA3V	DWILSN		*00007300
74	*		(FT**2)	(FT)	(FT)					*00007400
75	050012	0	1.548	0.	-0.0594	0				*00007500
76	050022	0	.4865	.04341	4.160	0				*00007600
77	050032	0	.3244	.04341	4.964	0				*00007700
78	050042	0	.9188	.973	11.61	0				*00007800
79	050052	0	3.25	0.	14.48	0				*00007900
80	050062	0	3.809	2.202	18.53	0				*00008000
81	050072	0	.7048	.276	.8593	0				*00008100
82	050082	0	.2523	.1307	4.4383	0				*00008200
83	050092	0	.4158	.1493	1.621	0				*00008300
84	050102	0	.03095	.1665	8.993	0				*00008400
85	050112	0	.06449	0.	1.191	0				*00008500
86	050122	0	.02264	.1624	-1.725	0				*00008600
87	050132	0	.02383	.1646	-7.333	0				*00008700
88	050142	0	.1958	.4944	-8.288	0				*00008800
89	050152	0	.02161	.1658	-8.288	0				*00008900
90	050162	0	.03095	.1865	8.993	0				*00009000
91	050172	0	.05738	0.	1.191	0				*00009100
92	050182	0	.02346	.1657	-7.333	0				*00009200
93	050192	0	.1958	.4944	-8.288	0				*00009300
94	050202	0	.02238	.1657	-8.288	0				*00009400
95	050212	1	100000.	100.	-10.	0				*00009500
96	050222	0	.1081	.04341	4.964	0				*00009600
97	*									*00009700
98	***	COEF.	OF	CCFL	COR.					*00009800
99	*									*00009900
100	*	K1	K2							*00010000
101	*									*00010100
102	060002	1.0	.46							*00010200
103	060012	0.7	.47							*00010300
104	*									*00010400
105	***	BUBBLE	DATA	CARDS	***					*00010500
106	*									*00010600
107	*	ALPH	VBUB							*00010700
108	*		(FT/SEC)							*00010800
109	060011	0.0	-1.							*00010900
110	060021	1.0	0.0							*00011000
111	060031	0.8	3.0							*00011100
112	060041	1.0	-1.0							*00011200
113	060051	0.0	1.E6							*00011300
114	*									*00011400
115	***	HENRY-FAUSKE/HEM	DIALS	CARD	***					*00011500
116	*									*00011600
117	*	DLHEM	DLHRY	DLEHRY	DLXTFE					*00011700
118	*									*00011800
119	*82003	1.0	1.2	1.0	0.3					*00011900
120	*									*00012000
121	***	JUNCTION	DATA	***						*00012100
122	*									*00012200

	*	IW1	IW2	IPUMP	IVALVE	WP	AJUN	ZJUN	INERTAL/A)				
	*	FROM	TO			(LB/SEC)	(FT**2)	(FT)	(1/FT)				
123	*									*00012300			
124	*									*00012400			
125	080011	1	2	0	0	34.856	0.07678	4.160	3.08	*00012500			
126	080021	2	3	0	0	24.255	0.1013	4.964	1.787	*00012600			
127	080031	3	4	0	0	24.255	0.1013	11.61	8.71	*00012700			
128	080041	4	5	0	0	35.934	0.1610	17.602	9.14	*00012800			
129	080051	5	6	0	0	4.475	0.206	18.53	0.567	*00012900			
130	080061	1	7	0	0	1.078	1.892-3	0.8593	437.7	*00013000			
131	080071	7	8	0	0	1.078	0.0208	4.4383	19.0	*00013100			
132	080081	8	4	0	0	3.593	0.1557	11.77	21.8	*00013200			
133	080091	5	9	0	0	31.459	2.16	14.48	0.849	*00013300			
134	080101	9	10	0	0	11.549	0.0328	9.233	1.212+2	*00013400			
135	080111	10	11	0	0	11.549	1.8022-2	8.993	2.708+2	*00013500			
136	080121	11	1	0	0	17.967	0.04616	1.312	1.415+2	*00013600			
137	080131	9	12	0	0	6.418	0.0207	3.078	5.041+2	*00013700			
138	080141	13	14	-2	0	6.418	.0207	-7.333	7.506+2	*00013800			
139	080151	14	15	2	0	6.418	2.96-3	-8.186	5.654+2	*00013900			
140	080161	15	11	0	0	6.418	1.192-3	8.993	1.097+3	*00014000			
141	080171	9	16	0	0	11.549	0.03280	9.233	1.212+2	*00014100			
142	080181	16	17	0	0	11.549	1.8022-2	8.993	2.708+2	*00014200			
143	080191	17	1	0	0	17.967	0.04616	1.312	1.415+2	*00014300			
144	080201	9	18	0	0	6.418	0.0207	3.078	5.047+2	*00014400			
145	080211	18	19	-1	0	6.418	.0207	-7.333	4.463+2	*00014500			
146	080221	19	20	1	0	6.418	2.96-3	-8.186	6.955+2	*00014600			
147	080231	20	17	0	0	6.418	1.192-3	8.993	1.192+3	*00014700			
148	080241	2	8	0	0	2.516	5.648-3	4.59	44.	*00014800			
149	080251	0	9	3	0	0.0	0.01246	14.217	0.0 *FW	*00014900			
150	080261	0	22	1	0	0.0	1.454-3	11.6	0.0 *LPCS H.P.	*00015000			
151	080271	0	8	1	0	0.0	0.006643	11.7	0.0*LPCS BYPS	*00015100			
152	080281	0	3	105	0	0.0	1.	11.6	0.0*DRPLT COR	*00015200			
153	080291	0	4	106	0	0.0	0.1013	11.7	0.0*STEAM U.P.	*00015300			
154	080301	0	8	2	0	0.0	0.0207	11.66	0.0 *LPCI	*00015400			
155	080311	0	6	4	0	0.0	0.0207	19.67	0.0 *MSL	*00015500			
156	080321	12	21	0	2	0.0	0.005803	-1.643	5.039+2 *BRK B	*00015600			
157	080331	13	21	0	2	0.0	0.005803	-1.643	5.039+2 *BRK A	*00015700			
158	080341	12	13	0	3	6.418	0.02264	-1.481	63.3 *QSV	*00015800			
159	080351	0	9	7	3	4.475	0.01246	14.217	0.0 *FW STEADY	*00015900			
160	080361	0	6	8	3	-4.475	0.0207	19.67	0.0 *MSL ST	*00016000			
161	080371	2	22	0	0	8.085	0.03378	4.964	0.0	*00016100			
162	080381	22	4	0	0	8.085	0.03378	11.61	15.	*00016200			
163	080391	0	3	1	0	0.0	0.004363	11.6	0.0*LPCS A.P.	*00016300			
164	080401	0	22	109	0	0.0	1.	11.6	1.0 *DLOP.H.P.	*00016400			
165	080411	0	4	110	0	0.0	0.03378	11.7	1.0 *STEAM H.P.	*00016500			
166	*									00016600			
167	*	FJUNF	FJUNR	JVERTL	JCALC	DIAMJ	CONCL	ICHOKE	SRCUS	IFLOOD	*00016700		
168	*			JCHOKE	MVMIX	(FT)	(CD)	IHQCOR	IADJUN		*00016800		
169	080012	1.165	1.31	1	4	0	0	0.	1	0	-231.	*00016900	
170	080022	3.500	0.879	1	4	3	0	0.	1	0	-231.	*00017000	
171	080032	1.036	1.008	1	4	0	0	0.	1	0	-231.	*00017100	
172	080042	.665	1.036	1	4	0	0	-0.4	0.	1	0	0	*00017200
173	080052	1.5	1.5	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00017300
174	080062	1.0	1.0	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00017400
175	080072	1.83	2.40	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00017500
176	080082	2.65	20.	1	4	0	0	0.	0.	1	0	-231.	*00017600
177	080092	0.152	0.114	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00017700
178	080102	.74	60.0	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00017800
179	080112	2.093	7.9	1	4	0	2	0.	0.	1	0	0	*00017900
180	080122	2.449	2.449	1	4	0	0	0.	0.	1	0	231.	*00018000
181	080132	1.46	1.97	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00018100
182	080142	2.	2.	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00018200
183	080152	.1	.1	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0	*00018300
184	080162	0.069	1.4	1	4	0	2	0.	0.	1	0	0	*00018400

185	080172	.74	60.0	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00018500
186	080182	0.723	7.9	1	4	0	2	0.	0.	1	0	0		*00018600
187	080192	1.409	1.409	1	4	0	0	0.	0.	1	0	231.		*00018700
188	080202	3.052	3.052	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00018800
189	080212	2.	2.	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00018900
190	080222	.1	.1	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00019000
191	080232	0.069	1.4	1	4	0	2	0.	0.	1	0	0		*00019100
192	080242	1.5	1.5	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00019200
193	080252	0.0	0.0	1	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00019300
194	080262	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0	411	*00019400
195	080272	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0.	82	*00019500
196	080282	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00019600
197	080292	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00019700
198	080302	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00019800
199	080312	35.02	0.0	0	4	2	0	0.	0.	1	0	0		*00019900
200	080322	1.698	0.0	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00020000
201	080332	1.698	0.0	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00020100
202	080342	0.0	0.0	1	4	0	0	0.	0.	1	0	0		*00020200
203	080352	0.0	0.0	1	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00020300
204	080362	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00020400
205	080372	0.0	0.0	1	4	3	0	0.	0.	1	0	-231.		*00020500
206	080382	1.036	1.008	1	4	0	0	0.	0.	1	0	-231.		*00020600
207	080392	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0.	291	*00020700
208	080402	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00020800
209	080412	0.0	0.0	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0		*00020900
210	*													*00021000
211	*** PUMP DESCRIPTION ***													*00021100
212	*													*00021200
213	* IPC ITPMP IRP IPH IMT POMGAR PRSAT PFLOW PHEAD PTORKR													*00021300
214	* (RPM) (RATIO) (GPM) (FT) (LBF.FT)													*00021400
215	090011 3 4 1 1 0 3600. .502 132. 859.6 21.5													*00021500
216	090021 3 4 1 1 0 3600. .51 132. 859.6 21.5													*00021600
217	*													*00021700
218	*													*00021800
219	* PINRTA VRHOI TORKF(3) TORKMR TORKF(1) TORKF(2) TORKF(4)													*00021900
220	* (LBM.FT2) (LBM/FT3) (LBF.FT)													*00022000
221	090012 11.27 0. 5.58 0. 0. 0. 31.5													*00022100
222	090022 11.27 0. 5.58 0. 0. 0. 31.5													*00022200
223	*													*00022300
224	*** PUMP HEAD MULTIPLIER													*00022400
225	*													*00022500
226	* NPHM PHDM(1), PHDM(2),-----													*00022600
227	* (VOID) (MLTPLR)													*00022700
228	091001 -11 0.0 .0 .1 .0 .15 .05 .24 .8 .3 .96													*00022800
229	091002 .4 .98 .6 .97 .8 .9 .9 .8 .96 .5													*00022900
230	091003 1.0 .0													*00023000
231	*													*00023100
232	*** PUMP TORQUE MULTIPLIER ***													*00023200
233	*													*00023300
234	* NPTM PTKM(1),PTKM(2),-----													*00023400
235	* (VOID) (MLTPLR)													*00023500
236	092001 -2 0.0 0.0 1.0 0.0 * NOT USED													*00023600
237	*													*00023700
238	*** PUMP CURVE INPUT INDICATOR ***													*00023800
239	*													*00023900
240	* NC(1) NC(2) NC(3) NC(4)													*00024000
241	100000 0 0 16 0													*00024100
242	*													*00024200
243	*** PUMP HEAD OR TORQUE DATA CARDS ***													*00024300
244	*													*00024400
245	* IT IC N PHEAD(1) OR PTORK(1), PHEAD(2) OR PTORK(2) -----													*00024500
246	103011 1 1 5 0.0 0.92 0.2 0.94 0.4 0.97 0.6 1.0 1.0 1.0													*00024600

247	103021	1 2 5	0.0	-0.2	0.25	0.0	0.4	0.12	0.7	0.5	1.0	1.0	*00024700
248	103031	1 3 5	-1.0	1.2	-0.8	0.98	-0.6	0.94	-0.3	0.92	0.0	0.92	*00024800
249	103041	1 4 5	-1.0	1.2	-0.8	0.7	-0.5	0.33	-0.2	0.16	0.0	0.26	*00024900
250	103051	1 5 5	0.0	0.94	0.2	1.06	0.5	1.23	0.7	1.3	1.0	1.45	*00025000
251	103061	1 6 5	0.0	0.26	0.4	0.3	0.7	0.7	0.9	1.1	1.0	1.45	*00025100
252	103071	1 7 5	-1.0	0.2	-0.8	0.4	-0.5	0.65	-0.2	0.84	0.0	0.94	*00025200
253	103081	1 8 5	-1.0	0.2	-0.8	-0.1	-0.5	-0.26	-0.2	-0.3	0.0	-0.2	*00025300
254	103091	2 1 3	0.0	0.69	0.5	0.84	1.0	1.0					*00025400
255	103101	2 2 5	0.0	-0.03	0.1	0.01	0.3	0.13	0.8	0.71	1.0	1.0	*00025500
256	103111	2 3 4	-1.0	0.76	-0.6	0.44	-0.4	0.44	0.	0.69			*00025600
257	103121	2 4 4	-1.0	0.76	-0.7	0.39	-0.2	0.1	0.	0.1			*00025700
258	103131	2 5 5	0.0	-0.72	0.54	-0.69	0.7	-0.58	0.9	-0.48	1.0	-0.33	*00025800
259	103141	2 6 5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.44	0.16	0.7	-0.1	1.0	-0.33	*00025900
260	103151	2 7 5	-1.0	-1.23	-0.92	-0.82	-0.66	-0.9	-0.26	-0.72	0.0	-0.72	*00026000
261	103161	2 8 5	-1.0	-1.23	-0.9	-0.95	-0.7	-0.6	-0.24	-0.1	0.0	-0.03	*00026100
262	*												*00026200
263	***	VALVE DATA CARDS	***										*00026300
264	*												*00026400
265	*	ITCV	IACV	LATCH	PCV	CV1	CV2	CV3					*00026500
266	110010	-4	1	0	0.	0.	0.	0.			* BYPASS MIXL CONTROL		*00026600
267	110020	-4	0	0	0.	0.	0.	0.			* BRK		*00026700
268	110030	4	0	0	0.	0.	0.	0.			* QSV		*00026800
269	*												*00026900
270	*												*00027000
271	***	LEAK TABLE CARDS	***										*00027100
272	*	NAREA	ITYPE	SINK		TAREA(1),TAREA(2),----							*00027200
273	*	ITLEAK		(PSIA)									*00027300
274	120100	-4	4	-2	14.7	0.0	1.0	7.0	1.0	7.1	0.0	*BYPS	*00027400
275	120101									8.0	0.0	*MIXL C.	*00027500
276	*												*00027600
277	***	FILL TABLE DATA	***										*00027700
278	*												*00027800
279	*	ITFILL	ITYPE	NPTS	ICALC	ISATFL	UNITS		PDRT		HORX		*00027900
280	*												*00028000
281	130100	4	1	9	-104	0	'LBS/SEC'		57.35		.01736		*00028100
282	130101	0.0		0.0		70.5	0.0		73.0		131.6		*00028200
283	130102	94.0		156.4		112.0	176.6		145.0		186.		*00028300
284	130103	175.		190.4		220.0	190.4		500.0		192.0		*00028400
285	*										* LPCS		*00028500
286	*												*00028600
287	130200	4	1	10	4	0	'LBS/SEC'		57.35		103.75		*00028700
288	130201	0.0		0.0		96.0	0.0		98.0		289.5		*00028800
289	130202	105.0		328.0		110.0	342.3		130.0		373.2		*00028900
290	130203	150.0		391.8		170.0	398.4		220.0		399.6		*00029000
291	130204	500.0		401.7							* LPCI		*00029100
292	*												*00029200
293	130300	4	1	6	1	0	'LBS/SEC'		1087.8		340.294		*00029300
294	130301	0.0		359.15		1.5	347.1		2.0		229.0		*00029400
295	130302	2.5		65.41		3.0	0.0		500.0		0.0		*00029500
296	130303										* FW		*00029600
297	*												*00029700
298	130400	4	1	12	-406	0	'LBS/SEC'		552.3		1.0		*00029800
299	130401	0.0		-216.18	1.9		-202.8		3.3		-231.7		*00029900
300	130402	5.7		-227.5	7.7		-46.86		9.1		0.0		*00030000
301	130403	130.2		0.0	132.0		-23.22		134.5		-26.09		*00030100
302	130404	145.0		-25.8	155.0		-24.69		500.0		-22.9		*00030200
303	*										* MSL	*	00030300
304	*												*00030400
305	130500	4	1	2	-103	0	'LBS/SEC'		552.3		1.0		*00030500
306	130501	0.0		0.0		2000.	0.				* DROPLET A.P.		*00030600
307	*												*00030700
308	130600	4	1	2	-203	0	'LBS/SEC'		552.3		1.0		*00030800





371	150012	0.	0.	0.	0.	0.	1.14	0.20-3	0.5	*00037100	
372	150022	0.	0.	0.	0.	0.	4.05	9.10-3	20.0	*00037200	
373	150032	0.	0.	0.	0.	0.	3.47	8.96-3	20.0	*00037300	
374	150042	0.	0.	0.	0.	0.	9.389	22.09-3	25.0	*00037400	
375	150052	0.	0.	0.	0.	0.	4.367	5.10-3	15.0	*00037500	
376	150062	0.	0.	0.	0.	0.285	1.056			*00037600	
377	150072	0.	0.	0.	0.	1.056	1.827			*00037700	
378	150082	0.	0.	0.	0.	1.827	2.598			*00037800	
379	150092	0.	0.	0.	0.	2.598	4.14			*00037900	
380	150102	0.	0.	0.	0.	4.14	4.911			*00038000	
381	150112	0.	0.	0.	0.	4.911	5.682			*00038100	
382	150122	0.	0.	0.	0.	5.682	6.453			*00038200	
383	150132	0.	0.	0.	0.	0.285	1.056			*00038300	
384	150142	0.	0.	0.	0.	1.056	1.827			*00038400	
385	150152	0.	0.	0.	0.	1.827	2.598			*00038500	
386	150162	0.	0.	0.	0.	2.598	4.14			*00038600	
387	150172	0.	0.	0.	0.	4.14	4.911			*00038700	
388	150182	0.	0.	0.	0.	4.911	5.682			*00038800	
389	150192	0.	0.	0.	0.	5.682	6.453			*00038900	
390	*									*00039000	
391	*** CORE SLAB DATA ***										
392	*									*00039100	
393	*	ISLB	NOOT1	NOOT2	NOOT3	CLTI	QFRAC			*00039200	
394	*					(FT)				*00039300	
395	160010	6	1	4	9	0.	.04137			*00039400	
396	160020	7	1	4	9	0.	.07675			*00039500	
397	160030	8	1	4	9	0.	.1032			*00039600	
398	160040	9	1	4	9	0.	.2388			*00039700	
399	160050	10	1	4	9	0.	.1032			*00039800	
400	160060	11	1	4	9	0.	.0765			*00039900	
401	160070	12	1	4	9	0.	.04137			*00040000	
402	160080	13	1	4	9	0.	.01932			*00040100	
403	160090	14	1	4	9	0.	.03585			*00040200	
404	160100	15	1	4	9	0.	.0482			*00040300	
405	160110	16	1	4	9	0.	.1116			*00040400	
406	160120	17	1	4	9	0.	.0482			*00040500	
407	160130	18	1	4	9	0.	.03585			*00040600	
408	160140	19	1	4	9	0.	.01932			*00040700	
409	*									*00040800	
410	*** CORE SLAB FOR EM 16XXXXY NOT USED ***										
411	*									*00040900	
412	*									*00041000	
413	*** SLAB GEOMETRY DATA ***										
414	*									*00041100	
415	* 01	IG	NR		IM	NDX	XO	XR	PF	*00041200	
416	* 02			IGP	IM	NDX		XR	PF	*00041300	
417	*						(FT)	(FT)		*00041400	
418	170101	2	4		1	3	0.0	0.009678	0.0	*HEATER	
419	170102			0	2	1		0.001887	1.0	*	
420	170103			0	3	1		0.004296	0.0	*	
421	170104			0	4	3		0.004265	0.0	*	
422	170201	1	1		5	1	0.0	0.509	0.0	*LOWER PLENUM	
423	170301	1	1		5	1	0.0	0.18	0.0	*STEAM DOME	
424	170401	1	1		5	1	0.0	0.13	0.0	*VESSEL	
425	170501	1	1		5	1	0.0	0.148	0.0	*VESSEL	
426	170601	1	1		5	1	0.0	0.16	0.0	*UPPER HED	
427	*									*00042200	
428	*									*00042300	
429	*** THERMAL CONDUCTIVITY DATA										
430	*									*00042400	
431	*									*00042500	
432	*	NKP TPK(1),TPK(2) -----									*00042600
										*00042700	
										*00042800	
										*00042900	
										*00043000	
										*00043100	
										*00043200	

433	*	(DEGF)	(BTU/FT-HR-F)						*00043300	
434	*								*00043400	
435	180101	-6	* SINTERED BORON NITRIDE						*00043500	
436	180102	260.3	13.29	440.3	13.00	800.3	12.42		*00043600	
437	180103	1160.3	11.85	1520.3	11.44	1880.3	11.04		*00043700	
438	*								*00043800	
439	180201	-6	* NICKROME 5						*00043900	
440	180202	122.1	5.95	212.1	6.47	572.1	8.55		*00044000	
441	180203	932.1	10.58	1292.1	12.71	1652.1	14.74		*00044100	
442	*								*00044200	
443	180301	-5	* PACKED BORON NITRIDE						*00044300	
444	180302	212.1	3.63	392.1	3.96	752.1	4.44		*00044400	
445	180303	1112.1	4.70	1472.1	4.84				*00044500	
446	*								*00044600	
447	180401	-9	* INCONEL 600						*00044700	
448	180402	70.0	8.58	200.0	9.08	400.0	10.1		*00044800	
449	180403	600.0	11.1	800.0	12.1	1000.0	13.2		*00044900	
450	180404	1200.0	14.3	1400.0	15.5	1600.0	16.7		*00045000	
451	*								*00045100	
452	180501	-2	* SUS						*00045200	
453	180502	32.	9.41	932.	12.1				*00045300	
454	*								*00045400	
455	180601	-11	* MGO						*00045500	
456	180602	392.	15.4	572.	11.9	752.	9.92		*00045600	
457	180603	932.	8.13	1112.	6.77	1292.	5.81		*00045700	
458	180604	1472.	5.08	1832.	3.99	2192.	3.63		*00045800	
459	180605	2252.	3.87	2912.	4.23				*00045900	
460	*								*00046000	
461	180701	1	32.	8.42					*00046100	
462	*								*00046200	
463	*								*00046300	
464	***	VOLUMETRIC HEAT CAPACITY ***								*00046400
465	*								*00046500	
466	*	NCP TPC(1),TPC(2) -----								*00046600
467	*	(DEGF) (BTU/FT3-F)								*00046700
468	*								*00046800	
469	190101	-6	* SINTERED BORON NITRIDE						*00046900	
470	190102	260.3	30.01	440.3	35.84	800.3	43.44		*00047000	
471	190103	1160.3	48.74	1520.3	52.11	1880.3	54.49		*00047100	
472	*								*00047200	
473	190201	-2	* NICKROME 5						*00047300	
474	190202	122.1	54.56	1652.1	54.56				*00047400	
475	*								*00047500	
476	190301	-6	* PACKED BORON NITRIDE						*00047600	
477	190302	260.3	29.22	440.3	34.90	800.3	42.30		*00047700	
478	190303	1160.3	47.46	1520.3	50.74	1880.3	53.06		*00047800	
479	*								*00047900	
480	190401	-9	* INCONEL 600						*00048000	
481	190402	70.	55.7	200.	58.3	400.	60.9		*00048100	
482	190403	600.	63.6	800.	66.2	1000.	69.3		*00048200	
483	190404	1200.	73.5	1400.	76.2	1600.	78.3		*00048300	
484	*								*00048400	
485	190501	1	32.	59.3				* SUS	*00048500	
486	190601	1	32.	50.3				* MGO	*00048600	
487	190701	1	32.	54.3					*00048700	
488	*								*00048800	
489	***	CORE SPRAY MODEL DATA								*00048900
490	*								*00049000	
491	205000	6	3(0)	7	7(0)				*00049100	
492	205010	39282903	0.	10.0	1.0+6			*	*00049200	
493	205020	26404138	0.	10.0	1.0+6				*00049300	
494	205100	1000.							*00049400	

495	205110	144.	.5	.003	.5		*00049500
496	205120	1000.	1000.	0.	1000.	.05	*00049600
497	205210	2.5					*00049700
498	205220	2.5					*00049800
499	205310	0.004265					*00049900
500	205320	0.004265					*00050000
501	205410	1.					*00050100
502	205420	1.					*00050200
503	*						*00050300
504	.	* END TERMINATOR					*00050400

Appendix B Input Data for BWR/6 Analysis

LISTING OF INPUT DATA FOR CASE 1

```

1  = ROSA3 / BWR 200% BREAK TEST ANALYSIS ; RUN926          *00000100
2  *   BWR/6 251,848 ( 3800MWT )                             *00000200
3  *                                                           *00000300
4  *                                                           *00000400
5  *                                                           *00000500
6  *                                                           *00000600
7  *-----*                                                *00000700
8  *                                                           *00000800
9  *   PROBLEM DIMENSION                                       *00000900
10 *                                                           *00001000
11 *   LDMP NTCN NVOL NTDV NPUMP NLK NSLB NMATNHTX?*          00001100
12 *   NEDI NTRP N3UB NJUN NCKV NFILL NGDMNCORISPLOG*        00001200
13 010001 -2 9 5 13 20 5 0 40 2 10 5 E 14 10 5 14 0 0 1 *00001300
14 *                                                           *00001400
15 *   POWER OMEGA                                             *00001500
16 010002 3800. 1.0                                           *00001600
17 *                                                           *00001700
18 *   IPROGM IEMHT IEMPS IEMEC                               *00001800
19 010003 0 0 0 0 0                                           *00001900
20 *                                                           *00002000
21 *   EDIT VARIABLES                                          *00002100
22 *   1 2 3 4 5 6 7 8 9                                       *00002200
23 020000 AP 11 ML 1 ML 12 ML 11 ML 13 JW 24 JW 25 JW 17 JW 20 *00002300
24 *                                                           *00002400
25 *-----*                                                *00002500
26 *                                                           *00002600
27 *   TIME STEP CONTROL CARD                                  *00002700
28 *                                                           *00002800
29 *   NMIN NMAJ NDMP NCHK DELTM DTMIN TLAST ENDCPU          *00002900
30 030010 10 30 2 0 1.0-2 1.0-6 1.0 7100.                   *00003000
31 030020 10 30 2 0 5.0-2 1.0-6 5.0+1                       *00003100
32 030030 10 30 2 0 5.0-2 1.0-5 5.8+1                       *00003200
33 030040 10 30 2 0 5.0-2 1.0-5 1.2+2                       *00003300
34 030050 10 30 2 0 5.0-2 1.0-5 1.0+3                       *00003400
35 *                                                           *00003500
36 *-----*                                                *00003600
37 *                                                           *00003700
38 *   TRIP CONTROL CARD                                       *00003800
39 *                                                           *00003900
40 040010 1 1 0 0 2.0+3 0.0 * PROBLEM END                    *00004000
41 040020 2 1 0 0 0.0 0.0 * FW, MSL                          *00004100
42 040030 3 1 0 0 1.0-3 0.0 * BREAK                           *00004200
43 040040 4 1 0 0 2.0-3 0.0 * SCRAM, MRP, QSV, SRV           *00004300
44 040050 5 -5 2 0 5.11 0.0 * MSIV = MODIFIED L2             *00004400
45 040060 6 1 0 0 1.0+3 0.0 *                                *00004500
46 040070 7 -5 4 0 21.72 4.0+1 * LPCS = MODIFIED L1          *00004600
47 040080 8 1 0 0 0.0 1.0+6 * SLIP ON                         *00004700
48 040090 9 -5 4 0 16.14 1.2+2 * ADS                          *00004800
49 040100 10 1 0 0 35.01 0.0 *                                *00004900
50 040110 11 -5 4 0 21.72 4.0+1 * MODIFIED LEAKAGE FLOW ON   *00005000
51 040120 12 -5 4 0 21.72 4.0+1 * LPCI, CCFL VALVE          *00005100
52 *                                                           *00005200
53 *   = MODIFIED L1                                           *00005200
54 040130 13 1 0 0 1.+6 0. * MODIFIED LEAKAGE FLOW OFF       *00005300
55 *-----*                                                *00005400
56 *                                                           *00005500
57 *   VOLUME DATA                                           *00005600
58 *                                                           *00005700
59 *   IBUB IREAD PRESSURE TEMP. HORX VOLUME                  *00005800
60 050011 2 0 1058.30 -1. 0.1303 2843.0 * UP + SS           *00005900
61 050021 2 0 1055.91 -1. 0.0 3980.0 * U DOWNCOMER          *00006000

```

JAERI-M 83-046

61	050031	1	0	1054.07	-1.	0.9999	5580.0	* STM. DOME	*00006100
62	050041	5	0	1061.42	535.0	-1.0	2147.0	* L DOWNCOMER	*00006200
63	050051	0	0	1056.10	535.0	-1.0	106.8	* BRK LOOP, SUC.	*00006300
64	050061	0	0	1180.92	535.0	-1.0	42.4	* BRK LOOP, MRP	*00006400
65	050071	0	0	1252.35	535.0	-1.0	185.4	* BRK LOOP, DEL.	*00006500
66	050081	0	0	1056.46	535.0	-1.0	149.2	* INT LOOP, SUC.	*00006600
67	050091	0	0	1180.92	535.0	-1.0	42.4	* INT LOOP, MRP	*00006700
68	050101	0	0	1252.35	535.0	-1.0	185.4	* INT LOOP, DEL.	*00006800
69	050111	3	0	1088.19	535.0	-1.0	2694.25	* L PLENUM	*00006900
70	050121	2	0	1075.28	-1.0	0.0780	151.0	* PER. CHANNEL	*00007000
71	050131	2	0	1062.46	535.0	-1.0	862.0	* CORE BYPASS	*00007100
72	050141	0	0	1080.51	535.0	-1.0	123.2	* INT JET PUMP	*00007200
73	050151	0	0	1080.51	535.0	-1.0	123.2	* BRK JET PUMP	*00007300
74	050161	0	0	1052.47	535.0	-1.0	42.4	* BRK LOOP, SUC.	*00007400
75	050171	4	0	14.7	100.	0.6	1.9E+8	* CONTAINMENT	*00007500
76	050181	2	0	1073.33	-1.0	0.061	1099.0	* CENTRAL CHANNEL	*00007600
77	050191	2	0	1066.97	535.0	-1.0	1547.0	* GUIDE TUBE	*00007700
78	050201	3	0	1077.14	535.0	-1.0	95.75	* CORE INLT REGN	*00007800
79	*								*00007900
80	*	ZVDL	ZM	JTPMV	FLDWA	DIAMV	ELEV	IAMBLU	*00008000
81	050012	19.065	19.065	0	198.0	0.	31.725		*00008100
82	050022	16.03	9.45	0	122.0	0.	36.89		*00008200
83	050032	20.0	20.0	0	343.6	0.	52.92		*00008300
84	050042	26.89	26.89	0	117.0	0.	10.0		*00008400
85	050052	32.17	32.17	0	2.46	0.	-20.17		*00008500
86	050062	2.0	2.0	0	2.46	0.	-20.17		*00008600
87	050072	47.87	47.87	0	2.14	0.	-20.17		*00008700
88	050082	32.17	32.17	0	2.46	0.	-20.17		*00008800
89	050092	2.0	2.0	0	2.46	0.	-20.17		*00008900
90	050102	47.87	47.87	0	2.14	0.	-20.17		*00009000
91	050112	16.976	16.976	0	120.0	0.	0.		*00009100
92	050122	13.7	13.7	0	11.00	0.04285	18.025		*00009200
93	050132	14.794	14.794	0	58.4	0.	16.976		*00009300
94	050142	17.2	17.2	0	7.163	0.	10.0		*00009400
95	050152	17.2	17.2	0	7.163	0.	10.0		*00009500
96	050162	2.0	2.0	0	2.46	0.	10.0		*00009600
97	050172	250.0	0.0	1	1.0+5	1.0+2	-1.0+1		*00009700
98	050182	13.7	13.7	0	80.28	0.04285	18.025		*00009800
99	050192	12.726	12.726	0	121.6	0.	4.25		*00009900
100	050202	1.049	1.049	0	91.2E	0.	16.976		*00010000
101	*								*00010100
102	*								*00010200
103	*								*00010300
104	*	CCFL CORRELATION COEF.							*00010400
105	*								*00010500
106	060002	1.0	.46						*00010600
107	060012	0.7	.47						*00010700
108	*								*00010800
109	*	BUBBLE DATA							*00010900
110	*								*00011000
111	060011	1.0	0.0						*00011100
112	060021	0.0	-1.0						*00011200
113	060031	1.0	-1.0						*00011300
114	060041	0.0	1.E6						*00011400
115	060051	0.8	-1.0						*00011500
116	*								*00011600
117	*								*00011700
118	*								*00011800
119	*	JUNCTION DATA							*00011900
120	*	IVALV							*00012000
121	*	IW1 IW2 IPUMP	WP	AJUN	ZJUN				*00012100
122	080011	1 2 0 0	34028.0	50.104	50.79			* SS OUTLET	*00012200

123	080021	2	3	0	0	4542.	343.6	52.92	* UD TO SD	*00012300				
124	080031	2	4	0	0	29486.	122.0	36.89	* UD TO LD	*00012400				
125	080041	4	15	0	0	12057.	2.1264	27.2	* BRK JP SUCTION	*00012500				
126	080051	4	16	0	0	4957.	2.46	11.0	* B LOOP RECIRC. SU	*00012600				
127	080061	5	6	-1	0	4957.	2.46	-19.17	* BRK PUMP INLET	*00012700				
128	080071	6	7	1	0	4957.	2.14	-19.17	* BRK PUMP OUTLET	*00012800				
129	080081	7	15	0	0	4957.	0.5032	27.2	* BRK JP DRIVE	*00012900				
130	080091	4	8	0	0	4957.	2.46	11.	* I LOOP RECIRC. SU	*00013000				
131	080101	8	9	-2	0	4957.	2.46	-19.17	* INTACT PUMP INLET	*00013100				
132	080111	9	10	2	0	4957.	2.14	-19.17	* INTACT PUMP OUTLE	*00013200				
133	080121	10	14	0	0	4957.	0.5032	27.2	* INTACT JP DRIVE	*00013300				
134	080131	4	14	0	0	12057.	2.1264	27.2	* INTACT JP SUCTION	*00013400				
135	080141	20	12	0	0	2197.	11.	18.025	* PERIPH. CH. INLET	*00013500				
136	080151	12	1	0	0	2197.	7.091	31.725	* PERIPH. CH. OUT	*00013600				
137	080161	13	20	0	7	-2550.	4.884	17.5	* CORE BYPASS INLET	*00013700				
138	080171	1	13	0	0	-3403.	30.47	31.725	* CORE BYPASS OUT	*00013800				
139	080181	14	11	0	0	17014.	14.1431	10.0	* INTACT JP DISCH.	*00013900				
140	080191	15	11	0	0	17014.	14.1431	10.0	* BRK JP DISCHARGE	*00014000				
141	080201	16	5	0	1	4957.	2.46	11.0	* QSV	*00014100				
142	080211	3	17	0	3	0.	0.484	54.	* AUS	*00014200				
143	080221	16	17	0	4	0.	2.46	11.0	* VESSEL SIDE BREAK	*00014300				
144	080231	17	5	0	4	0.	2.46	11.0	* PUMP SIDE BREAK	*00014400				
145	080241	0	4	1	0	4542.	4.712	34.	* FEEDWATER LINE	*00014500				
146	080251	0	3	2	2	-4542.	14.75	54.	* MAIN MTEAM LINE	*00014600				
147	080261	20	18	0	0	28428.	80.28	18.025	* CENTRAL CH. INLET	*00014700				
148	080271	18	1	0	0	28428.	51.80	31.725	* CENTRAL CH. OUT	*00014800				
149	080281	0	18	4	0	0.	0.5797	31.72	* CCEL FILL FOR CC	*00014900				
150	080291	0	12	4	0	0.	0.0794	31.72	* CCFL FILL FOR PC	*00015000				
151	080301	0	13	4	8	0.	0.3409	31.72	* CCFL FILL FOR BP	*00015100				
152	080311	0	13	3	8	0.	1.0	31.72	* LPCI FILL	*00015200				
153	080321	0	18	105	0	0.	1.0	31.035	* LIQUID DROP FOR C	*00015300				
154	080331	0	1	106	0	0.	51.80	31.8	* STEAM FOR CC	*00015400				
155	080341	0	12	107	0	0.	1.0	31.035	* LIQUID DROP FOR P	*00015500				
156	080351	0	1	108	0	0.	7.091	31.8	* STEAM FOR PC	*00015600				
157	080361	3	17	0	9	0.	0.1993	72.	* SRV	*00015700				
158	080371	3	17	0	10	0.	0.1993	72.	* SRV	*00015800				
159	080381	11	20	0	0	30625.	18.914	16.976	* LTP REGION INLET	*00015900				
160	080391	19	13	0	0	853.	46.62	16.976	* GT TO BP	*00016000				
161	080401	19	11	0	5	-853.	0.5869	16.0	* BP TO LP	*00016100				
162	*									*00016200				
163	* INERTA				FJUNR		JCHKE	MVMIX	CONCO	IHQCOR	IFLGD			
164	* FJUNF				JVERTL	JCALCI	DIAMJ	ICHKE		SRCOS				
165	080012	0.	3.3		3.3	0	4	2	0	0.	0.	1	0	*00016400
166	080022	0.	90.0		90.0	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00016500
167	080032	0.	0.		0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00016600
168	080042	30.	0.2084		1.17	2	4	0	2	0.	0.	1	0	*00016700
169	080052	0.	0.4		0.4	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00016800
170	080062	0.	0.14		0.14	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00016900
171	080072	0.	2.0		2.0	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00017000
172	080082	47.	0.2373		6.8	1	4	0	2	0.	0.	1	0	*00017100
173	080092	0.	0.4		0.4	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00017200
174	080102	0.	0.14		0.14	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00017300
175	080112	0.	2.0		2.0	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00017400
176	080122	47.	0.2373		6.8	1	4	0	2	0.	0.	1	0	*00017500
177	080132	30.	0.2084		1.17	2	4	0	2	0.	0.	1	0	*00017600
178	080142	0.	0.		0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00017700
179	080152	0.	3.92		3.92	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00017800
180	080162	0.	18.402		18.402	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00017900
181	080172	0.	17.0		17.0	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00018000
182	080182	0.	0.6242		0.6242	1	4	2	0	0.0	0.	1	0	*00018100
183	080192	0.	0.6242		0.6242	1	4	2	0	0.0	0.	1	0	*00018200
184	080202	0.	0.		0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00018300
														*00018400

185	080212	1.	1.	1.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00018500			
186	080222	0.	1.	0.5	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00018600			
187	080232	0.	0.5	1.	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00018700			
188	080242	0.	0.	0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00018800			
189	080252	0.	0.	0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00018900			
190	080262	0.	0.	0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	*00019000			
191	080272	0.	3.92	3.92	1	4	2	0	0.	0.	1	0	-281. *00019100			
192	080282	0.	0.	0.	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0. 331 *00019200			
193	080292	0.	0.	0.	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0. 351 *00019300			
194	080302	0.	0.	0.	0	4	3	0	0.	0.	1	0	0. -172 *00019400			
195	080312	1.	0.	0.	0	4	0	0	0.	0.	1	0	*00019500			
196	080322	0.	0.	0.	0	4	0	0	0.	0.	1	0	*00019600			
197	080332	0.	0.	0.	0	4	0	0	0.	0.	1	0	*00019700			
198	080342	0.	0.	0.	0	4	0	0	0.	0.	1	0	*00019800			
199	080352	0.	0.	0.	0	4	0	0	0.	0.	1	0	*00019900			
200	080362	1.	1.	1.	0	4	1	0	0.	0.	1	0	*00020000			
201	080372	1.	1.	1.	0	4	1	0	0.	0.	1	0	*00020100			
202	080382	0.	1.34	0.74	1	4	2	0	0.	0.	1	0	-281. *00020200			
203	080392	0.	0.	0.	1	4	3	0	0.	0.	1	0	-281. *00020300			
204	080402	0.	2.568	2.568	1	4	2	0	0.	0.	1	0	*00020400			
205	*												*00020500			
206	-----												*00020600			
207	*												*00020700			
208	*	PUMP DESCRIPTION DATA											*00020800			
209	*												*00020900			
210	*	IPC	ITPMP	IRP	IPM	IMT	POMGAR	PRSAT	PFLOW	PHEAD	PTORKR		*00021000			
211	*						(RPM)	(RATIO)	(GPM)	(FT)	(LBF.FT)		*00021100			
212		090011	3	4	1	1	0	1780.	1.0	47170.	810.	21540.	*00021200			
213		090021	3	4	1	1	0	1780.	1.0	47170.	810.	21540.	*00021300			
214	*												*00021400			
215	*	PINRTA	VRHOI		TORKF(3)	TORKMR	TORKF(1)	TORKF(2)	TORKF(4)				*00021500			
216	*	(LBM.FT2)	(LBM/FT3)		(LBF.FT)								*00021600			
217		090012	20450.	47.17	2154.	0.	0.	0.	0.				*00021700			
218		090022	20450.	47.17	2154.	0.	C.	0.	0.				*00021800			
219	*												*00021900			
220	*	PUMP HEAD MULTIPLIER DATA											*00022000			
221	*												*00022100			
222		091001	-11	0.	0.	.1	0.	.15	.05	.24	.8		*00022200			
223		091002		.3	.96	.4	.98	.6	.97	.8	.9		*00022300			
224		091003		.9	.8	.96	.5	1.	0.				*00022400			
225	*												*00022500			
226	*	PUMP TORQUE MULTIPLIER DATA											*00022600			
227	*												*00022700			
228		092001	-2	0.	0.	1.	0.						*00022800			
229	*												*00022900			
230	*	PUMP STOP DATA											*00023000			
231	*												*00023100			
232		095011	0.	0.	0.								*00023200			
233		095021	0.	0.	0.								*00023300			
234	*												*00023400			
235	*	PUMP CURVE INPUT INDICATOR DATA											*00023500			
236	*												*00023600			
237		100000	0	0	16	0							*00023700			
238	*												*00023800			
239	*	PUMP HEAD AND TORQUE DATA											*00023900			
240	*												*00024000			
241		103011	1	1	5	0.	1.31	.25	1.25	.5	1.20	.75	1.12	1.	1.0	*00024100
242		103021	1	2	5	0.	-0.9	.25	-.5	.5	-0.05	.75	.4	1.	1.0	*00024200
243		103031	1	3	5	-1.	2.1	-.75	1.775	-.5	1.54	-.25	1.4	0.	1.31	*00024300
244		103041	1	4	5	-1.	2.1	-.75	1.50	-.5	1.13	-.25	.92	0.	.825	*00024400
245		103051	1	5	5	0.	.4	.25	.53	.5	.625	.75	.8	1.	1.0	*00024500
246		103061	1	6	5	0.	.825	.25	.79	.5	.815	.75	.9	1.	1.0	*00024600

247	103071	1	7	5	-1.	-1.8	-.75	-1.	-.5	-0.4	-.25	.1	0.	0.4	*00024700
248	103081	1	8	5	-1.	-1.8	-.75	-1.72	-.5	-1.54	-.25	-1.27	0.	-0.9	*00024800
249	*														*00024900
250	103091	2	1	5	0.	.55	.25	.63	.5	.71	.75	.86	1.	1.0	*00025000
251	103101	2	2	5	0.	-.55	.2	-0.175	.4	.0	.75	.58	1.	1.0	*00025100
252	103111	2	3	5	-1.	1.77	-.75	1.23	-.5	.83	-.25	.62	0.	.55	*00025200
253	103121	2	4	5	-1.	1.77	-.75	1.52	-.5	1.32	-.25	1.13	0.	1.0	*00025300
254	103131	2	5	5	0.	-0.8	.2	-.375	.5	-0.1	.75	.15	1.	.43	*00025400
255	103141	2	6	5	0.	1.0	.25	0.88	.5	0.75	.75	0.61	1.	.43	*00025500
256	103151	2	7	5	-1.	-3.45	-.75	-2.75	-.50	-2.0	-.25	-1.375	0.	-.8	*00025600
257	103161	2	8	5	-1.	-3.45	-.75	-2.62	-.50	-1.583	-.25	-1.15	0.	-.55	*00025700
258	*														*00025800
259	*														*00025900
260	*														*00026000
261	*														*00026100
262	*														*00026200
263	110010	4	0	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00026300
264	110020	5	1	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00026400
265	110030	-9	0	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00026500
266	110040	-3	0	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00026600
267	110050	1300	19	0	0.	253.	1.7	0.							*00026700
268	110060	-6	0	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00026800
269	110070	1300	13	0	0.	735.	0.	0.							*00026900
270	110080	12	3	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00027000
271	110090	-4	4	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00027100
272	110100	-4	5	0	0.	0.	0.	0.	0.						*00027200
273	*														*00027300
274	*														*00027400
275	*														*00027500
276	*														*00027600
277	*														*00027700
278	120101	5	5	0	14.7										*00027800
279	120102	0.0	1.0	0.6	1.0	1.6	0.04	3.0	0.0	1000.0	0.0				*00027900
280	*														*00028000
281	120201	3	8	9	14.7	0.	1.	.01	.853	1000.	.853				*00028100
282	*														*00028200
283	120301	4	12	-2	14.7										*00028300
284	120302	0.0	1.0	14.7	1.0	14.79	1.0	14.794	1.0						*00028400
285	*														*00028500
286	120401	12	4	1	14.7	1.	0.	1084.29	0.						*00028600
287	120402	1084.3	1.	1094.19	1.	1094.2	3.								*00028700
288	120403	1104.19	3.	1104.2	5.	1114.09	5.								*00028800
289	120404	1114.1	7.	1124.09	7.	1124.1	9.								*00028900
290	120405	2000.	9.												*00029000
291	*														*00029100
292	120501	12	4	1	14.7	1.	0.	1139.69	0.						*00029200
293	120502	1139.7	1.	1189.49	1.	1189.5	3.								*00029300
294	120503	1199.49	3.	1199.5	5.	1209.39	5.								*00029400
295	120504	1209.4	7.	1219.39	7.	1219.4	9.								*00029500
296	120505	2000.	9.												*00029600
297	*														*00029700
298	*														*00029800
299	*														*00029900
300	*														*00030000
301	*														*00030100
302	130100	2	1	4	4	0	'LBS/SEC'	1050.	420.18						*00030200
303	130101	0.	963.9219	2.	963.9219	4.	0.								*00030300
304	130102	10000.	0.												*00030400
305	*														*00030500
306	*														*00030600
307	130200	2	2	4	3	0	'LBS/SEC'	548.	.99						*00030700
308	130201	0.	0.	940.	0.	1025.	-307.9322	3000.	-307.9322						*00030800



```

309 *
310 * LPCI * 3 *00030900
311 130300 12 2 12 4 0 'GAL/MIN' 14.7 104. *00031000
312 130301 0.0 22350. 35.7 22350. 64.7 20674. 89.7 18998. *00031100
313 130302 114.7 17210. 139.7 15198. 164.7 12963. 189.7 9834. *00031200
314 130303 202.2 8046. 214.7 4917. 224.7 0. 2000. 0. *00031300
315 * *00031400
316 * LPCS *00031500
317 130400 7 2 11 -101 0 'GAL/MIN' 14.7 0.016103 *00031600
318 130401 0.0 7000. 136.7 7000. 164.7 6370. 189.7 5810. *00031700
319 130402 214.7 5180. 239.7 4410. 264.7 3500. 289.7 2240. *00031800
320 130403 302.2 1400. 303.7 0. 2000. 0. *00031900
321 * *00032000
322 130500 2 1 2 -118 0 'GAL/MIN' 14.7 0.016719 *00032100
323 130501 0. 0. 1000. 0. *00032200
324 * *00032300
325 130600 2 1 2 -218 0 'GAL/MIN' 14.7 0.016719 *00032400
326 130601 0. 0. 1000. 0. *00032500
327 * *00032600
328 130700 2 1 2 -112 0 'GAL/MIN' 14.7 0.016719 *00032700
329 130701 0. 0. 1000. 0. *00032800
330 * *00032900
331 130800 2 1 2 -212 0 'GAL/MIN' 14.7 0.016719 *00033000
332 130801 0. 0. 1000. 0. *00033100
333 * *00033200
334 * *00033300
335 * *00033400
336 * KINETICS CONSTANTS DATA *00033500
337 * *00033600
338 140000 0 0 0. 0. 0. *00033700
339 * *00033800
340 * POWER CURVE *00033900
341 * *00034000
342 141001 -20 4 *00034100
343 141002 0.0 1.0000 0.1 0.9834 0.2 0.9265 0.4 0.7450 *00034200
344 141003 0.6 0.5919 1.0 0.3445 2.0 0.1628 3.0 0.1009 *00034300
345 141004 4.0 0.0810 5.0 0.0714 7.0 0.0648 8.0 0.0622 *00034400
346 141005 10.0 0.0576 20.0 0.0493 30.0 0.0456 40.0 0.0428 *00034500
347 141006 70.0 0.0383 100.0 0.0358 200.0 0.0313 500.0 0.0268 *00034600
348 * *00034700
349 * HTC CORRELATION OPTION *00034800
350 * *00034900
351 150000 2 0 0 0 *00035000
352 * *00035100
353 * *00035200
354 * *00035300
355 ***** HEAT SLAB DATA FOR BWR/6***** *00035400
356 * *00035500
357 * IVSL IVSR IGDM ISB IXLO IMCL IMCR AHTL AHTR *00035600
358 150011 0 18 1 0 2 1 10 0 9192.9 * CENTRAL CH. BOTTOM *00035700
359 150021 0 18 1 1 2 1 10 0 9192.9 *00035800
360 150031 0 18 1 1 2 1 10 0 9192.9 *00035900
361 150041 0 18 1 1 2 1 10 0 18385.8 * CENTRAL CH. CENTER *00036000
362 150051 0 18 1 1 2 1 10 0 9192.9 *00036100
363 150061 0 18 1 1 2 1 10 0 9192.9 *00036200
364 150071 0 18 1 1 2 1 10 0 9192.9 * CENTRAL CH. TOP *00036300
365 * *00036400
366 150081 0 12 1 0 2 1 10 0 1256.9 * PERIPH. CH. BOTTOM *00036500
367 150091 0 12 1 1 2 1 10 0 1256.9 *00036600
368 150101 0 12 1 1 2 1 10 0 1256.9 *00036700
369 150111 0 12 1 1 2 1 10 0 2513.9 * PERIPH. CH. CENTER *00036800
370 150121 0 12 1 1 2 1 10 0 1256.9 *00036900

```

371	150131	0	12	1	1	2	1	10	0	1256.9		*00037100
372	150141	0	12	1	1	2	1	10	0	1256.9	* PERIPH. CH. TOP	*00037200
373	*											*00037300
374	*	VOLS	HDML	HDMR	DHEL	DHER	CHNL	CHNR	ZBOT	ZTOP		*00037400
375	150012	94.416	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	0.69	2.23	*CC BOTTOM	*00037500
376	150022	94.416	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	2.23	3.77		*00037600
377	150032	94.416	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	3.77	5.31		*00037700
378	150042	188.831	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	5.31	8.39	*CC CENTER	*00037800
379	150052	94.416	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	8.39	9.93		*00037900
380	150062	94.416	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	9.93	11.47		*00038000
381	150072	94.416	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	11.47	13.01	*CC TOP	*00038100
382	*											*00038200
383	150082	12.909	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	0.69	2.23	*PC BOTTOM	*00038300
384	150092	12.909	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	2.23	3.77		*00038400
385	150102	12.909	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	3.77	5.31		*00038500
386	150112	25.819	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	5.31	8.39	*PC CENTER	*00038600
387	150122	12.909	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	8.39	9.93		*00038700
388	150132	12.909	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	9.93	11.47		*00038800
389	150142	12.909	0	0.04285	0	0.04285	0	12.32	11.47	13.01	*PC TOP	*00038900
390	*											*00039000
391	*											*00039100
392	*****	CORE SLAB DATA FOR BWR/6	*****									*00039200
393	*											*00039300
394	*	ISLB	NOOT	CLTI	QFRAC							*00039400
395	160010	1	7	9	15	0.002833	0.055564				* CENTRAL CHANNEL BOTTOM	*00039500
396	160020	2	7	9	15	0.002833	0.103107					*00039600
397	160030	3	7	9	15	0.002833	0.138622					*00039700
398	160040	4	7	9	15	0.002833	0.320780				* CENTRAL CHANNEL CENTER	*00039800
399	160050	5	7	9	15	0.002833	0.138622					*00039900
400	160060	6	7	9	15	0.002833	0.103107					*00040000
401	160070	7	7	9	15	0.002833	0.055564				* CENTRAL CHANNEL TOP	*00040100
402	*											*00040200
403	160080	8	7	9	15	0.002833	0.005137				* PERIPHERAL CHANNEL BOTTOM	*00040300
404	160090	9	7	9	15	0.002833	0.009533					*00040400
405	160100	10	7	9	15	0.002833	0.012817					*00040500
406	160110	11	7	9	15	0.002833	0.029659				* PERIPHERAL CHANNEL CENTER	*00040600
407	160120	12	7	9	15	0.002833	0.012817					*00040700
408	160130	13	7	9	15	0.002833	0.009533					*00040800
409	160140	14	7	9	15	0.002833	0.005137				* PERIPHERAL CHANNEL TOP	*00040900
410	*											*00041000
411	*											*00041100
412	*****	SLAB GEOMETRY DATA FOR BWR/6*****										*00041200
413	*											*00041300
414	*	IG	IGP	NR	IM	NDX	XD	XR	PF			*00041400
415	170101	2		3	1	6	0.0	0.017333	1.0			*00041500
416	170102		0		2	2		0.000375	0.0			*00041600
417	170103		0		3	8		0.002833	0.0			*00041700
418	*											*00041800
419	170201	1	2	4	3	0.0		.4	0.			*00041900
420	170202	0		5	1			.0208	0.			*00042000
421	*											*00042100
422	170301	1	1	5	1	0.		.17	0.			*00042200
423	170401	1	1	5	1	0.		.125	0.			*00042300
424	170501	1	1	5	1	0.		.33	0.			*00042400
425	170601	1	1	5	1	0.		.0138	0.			*00042500
426	170701	1	1	5	1	0.		.0625	0.			*00042600
427	170801	1	1	5	1	0.		.042	0.			*00042700
428	170901	1	1	5	1	0.		.08	0.			*00042800
429	171001	1	1	5	1	0.		.0234	0.			*00042900
430	*											*00043000
431	-----											*00043100
432	*											*00043200

```

433 *          THERMAL CONDUCTIVITY DATA          *00043300
434 *          *          *          *          *          *00043400
435 180100 -20 500. 3.341 650. 2.971 800. 2.677 950. 2.439 1100. 2.242 *00043500
436 180101 1250. 2.078 1400. 1.940 1550. 1.823 1700. 1.724 1850. 1.639 *00043600
437 180102 2000. 1.568 2150. 1.507 2300. 1.457 2450. 1.415 2600. 1.382 *00043700
438 180103 3100. 1.323 3600. 1.333 4100. 1.406 4600. 1.538 5100. 1.730 *00043800
439 *          *          *          *          *          *00043900
440 180200 2          32.          .41562 5400.          .41562 *00044000
441 *          *          *          *          *          *00044100
442 180300 18 32. 7.812 212. 7.992 392. 8.208 *00044200
443 180301 572. 8.784 752. 9.540 932. 10.404 *00044300
444 180302 1112. 11.268 1292. 12.492 1472. 13.176 *00044400
445 180303 1652. 13.968 1832. 14.796 2012. 16.128 *00044500
446 180304 2192. 17.784 2372. 19.656 2552. 21.780 *00044600
447 180305 2732. 24.048 3092. 28.908 3360. 33.120 *00044700
448 *          *          *          *          *          *00044800
449 180401 -5 32. 30. 212. 29.5 392. 28.3 572. 26.6 752. 24.7 *00044900
450 *          *          *          *          *          *00045000
451 180501 -2 200. 8.33 1200. 12.92 *00045100
452 *          *          *          *          *          *00045200
453 *          *          *          *          *          *00045300
454 *          *          *          *          *          *00045400
455 *          VOLUMETRIC HEAT CAPACITY DATA          *00045500
456 *          *          *          *          *          *00045600
457 190100 16 32.          34.45          122.          38.35          212.          40.95 *00045700
458 190101          392.          43.55          752.          46.8          2012.          51.35 *00045800
459 190102          2732.          52.65          3092.          56.55          3452.          63.05 *00045900
460 190103          3812.          72.8          4352.          89.7          4532.          94.25 *00046000
461 190104          4712.          98.15          4892.          100.1          5144.          101.4 *00046100
462 190105          8000.          101.4 *00046200
463 *          *          *          *          *          *00046300
464 190200 2 32.          .000075 5400.          .000075 *00046400
465 *          *          *          *          *          *00046500
466 190300 9 32.          25.92          212.          28.755          392.          30.375 *00046600
467 190301          572.          31.57          932.          33.615          1292.          35.235 *00046700
468 190302          1742.          36.855          1743.          35.235          3360.          35.235 *00046800
469 *          *          *          *          *          *00046900
470 190401 -7 130. 56.9 350. 60.8 450. 62.3 530. 65.2 620. 67.2 710. 70.2 *00047000
471 190402          800.          77.5 *00047100
472 *          *          *          *          *          *00047200
473 190501 -10 68. 52.8 200. 56.7 400. 61.6 600. 64. 800. 66. 1000. .67 *00047300
474 190502          1200. 68.4 1400. 71.8 1600. 75.8 1800. 80.6 *00047400
475 *          *          *          *          *          *00047500
476 *          *          *          *          *          *00047600
477 *          *          *          *          *          *00047700
478 ***** CORE SPRAY MODEL DATA FOR BWR/6***** *00047800
479 *          JSTK(1,1)----- JSTK(2,1)----- *00047900
480 205000 1          0 0 0 2          0 0 0 0 0 0 0 *00048000
481 *          JON          TON          ZLL          TOF *00048100
482 205010 28323327 0.          13.7          1.E6 *00048200
483 205020 29343515 0.          13.7          1.E6 *00048300
484 *          RECRIT *00048400
485 205100 1000. *00048500
486 *          TOIF          BTM          DDROP          EMDRY *00048600
487 205110 144. 0.5 0.003 0.5 *00048700
488 *          HWETS          HWETR          HSPUT          HFLD          XCRFL *00048800
489 205120 1000. 1000. 0. 1000. 0.05 *00048900
490 *          HCONV(1,X) *00049000
491 205210 2.50 *00049100
492 205220 2.50 *00049200
493 *          WALLTK *00049300
494 205310 0.002833 *00049400

```

495	205320	0.002833					*00049500	
496	*	AFRAT					*00049600	
497	205410	1.					*00049700	
498	205420	1.					*00049800	
499	*****			END OF INPUT	*****			*00049900
500	.						*00050000	