

JAERI-M

8627

ROSA III実験 RUN 702の実験解析

1980年1月

小泉 安郎・菊池 治*・早田 邦久

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

ROSA III 実験 RUN 702 の実験解析

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

小泉安郎・菊地 治*・早田邦久

(1979年11月29日受理)

沸騰水型原子炉 (BWR) を縮尺模擬し、核燃料棒の代わりに電気ヒータを用いた ROSA III による実験の目的は、BWR の冷却材喪失事故 (LOCA) 時の熱水力学の挙動並びに緊急炉心冷却系 (ECCS) の作動特性を調べ、原子炉安全性解析コードの検証並びに改良に寄与する情報を提供することである。RUN 702 実験は平均炉心出力、再循環系ポンプ吸込側配管の 200% スプリット破断を模擬した実験であり、ECCS は作動させなかった。この実験結果に対し、解析コード RELAP 4J を用いて解析を行った。

系圧力の挙動についての解析結果と実験結果の一致はほぼ満足できるものであった。しかしながら、燃料棒表面温度の計算値は実験値よりかなり高く、また軸方向の温度分布も実験での傾向とは異なった結果となった。これらの結果より、炉心内ボイド分布の表わし方のコード上の問題点や、圧力容器内ノーディング法についてなどの解析上の問題点を指摘するとともに、実験において種々の特性試験を行うことや流量の計測を強化することなどの検討課題を提示した。

* 外来研究員；東京芝浦電気株式会社

Post- Test Analysis of ROSA-III Experiment Run 702

Yasuo KOIZUMI, Osamu KIKUCHI* and Kunihisa SODA

Division of Reactor Safety

Tokai Research Establishment, JAERI

(Received November 29, 1979)

The purpose of the ROSA-III experiment with a scaled BWR test facility is to examine primary coolant thermal-hydraulic behavior and performance of ECCS during a postulated loss-of-coolant accident of BWR. The results provide information for verification and improvement of reactor safety analysis codes.

Run 702 assumed a 200 % split break at the recirculation pump suction line under an average core power without ECCS activation. Post-test analysis of the Run 702 experiment was made with computer code RELAP4J.

Agreement of the calculated system pressure and the experiment one was good. However, the calculated heater surface temperatures were higher than the measured ones. Also, the axial temperature distribution was different in tendency from the experimental one.

From these results, the necessity was indicated of improving the analytical model of void distribution in the core and the nodalization in the pressure vessel, in order to make the analysis more realistic. And also, the need of characteristic test was indicated for ROSA-III test facility components, such as jet pump and piping form loss coefficient ; likewise, flow rate measurements must be increased and refined.

Keywords : BWR, LOCA, ROSA-III Test Facility, RELAP-4J Code, ECCS, Thermal-Hydraulic Behavior, Split Break.

* On leave from Toshiba Corporation

SUMMARY

The purpose of ROSA-III experiment with the scaled BWR test facility is to investigate the system behavior during a postulated loss-of-coolant accident of BWR and to provide informations to be used for verification and improvement of LOCA analysis codes.

ROSA-III test facility is designed to provide information for evaluation of thermo-hydraulic behavior of primary coolant and ECCS during a postulated LOCA in a typical BWR system. Volumetric scaling ratio of the facility is taken as 1/424 and major system components of actual BWR are simulated. Recirculation lines are simulated by two recirculation lines with main recirculation pumps, one is intact loop and the other is broken loop. Jet pumps are simulated by four jet pumps, two each for intact and broken loop. The jet pumps are externally placed outside the vessel. In the core, four 8×8 simulated fuel assemblies are installed with channel boxes and one simulated water rod in each channel box. The simulated fuel rod is an electrically heated rod with chopped cosine power distribution in the axial direction. Its heated length is 1880 mm, one half of actual fuel rod length. The test facility is capable of performing simulated LOCA experiment with many experimental parameters which includes break locations, break size, ECC injection locations and others.

The present report describes results of the post test analysis of the second ROSA-III experiment, RUN 702. RELAP-4J was used for analysis.

RUN 702 had been intended to simulate a typical 200 % double ended break at recirculation pump suction side without ECCS activation in order to obtain base line data. It turned out however that RUN 702 assumed a 200 % split break at the recirculation pump suction line, and moreover discharge from the pressure vessel side break plane started at 9.7 sec after the initiation of discharge from the pump side break plane.

Initial core power was 3.73 MW and radial power distribution in the core was uniform. Total power to the fuel rod assemblies after break was controlled by predetermined power decay curve which represents decay heat, delayed neutron and stored energy. Initial inlet flowrate was 36.3 kg/s and initial pressure in pressure vessel was 7.25 MPa. A sharp edged orifice with throat area of $5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ was used at each break plane.

The system behavior analysis was made with use of RELAP-4J by using 31 volumes including one core volume, 50 junctions and 41 heat slabs to represent the ROSA-III test facility.

Major results, conclusions and recommendations are as follows.

(1) The agreement of the post-test-predictions on the experiment and the experiment results was not good. Phase separations in a lower plenum, a guide tube, a core bypass and a core were observed in the experiment. On the other hand, homogeneous assumption in these volumes was made in the post-test-prediction. It was the most important reason for the disagreement.

(2) Application of the mixture level option with the Wilson bubble rise velocity to all volumes in the pressure vessel led to a good agreement between calculated pressure transients and experimental results. Reverse flow form loss coefficients at a jet pump suction and at a piping from the lower plenum to a jet pump discharge affect core inlet flow rate. Therefore, these form loss coefficients should be measured by a characteristic test and verified.

(3) The use of the Zaloudek-Moody model and the Fauske model in calculating critical flow rate of subcooled fluid and a low quality fluid yielded little difference in the results throughout the transients observed in the present ROSA-III test.

(4) One of the RELAP-4J options is that the critical flow rate in a high quality region can be determined by taking larger value either from the Moody critical flow rate or a critical flow rate calculated from a vapor sonic velocity. The use of this option can not be recommended as the results of the present analysis.

(5) Following conclusions and recommendations are obtained from a comparison between experiment results and calculated results based on (1), (2), (3) and (4) described above.

The agreement between calculated and measured pressure transients were reasonably good. Overall transient behavior of the mixture level in a downcomer and that of density in the intact loop jet pump discharge flow were calculated well. However, the lower plenum flashing phenomena could not be well identified. Core flow recovery after the initiation of lower plenum flashing could not be calculated well. One of the reasons for these poor results is that the lower plenum was represented by three volumes. It is recommended to use a single volume rather than three volumes.

(6) Differential pressure between main recirculation pump delivery and suction, between jet pump discharge and suction and between jet pump drive and suction could not be calculated well. A revolution of the recirculation pumps could not be also calculated well. It is recommended to perform characteristic tests for these components. The improvement of the jet pump model is necessary.

(7) Flow rate measurements are insufficient and its accuracy is questionable. The flow rates through the nozzles to and from the pressure vessel should be measured throughout transient. These data would be used to estimate core flow rate. Effort must be made to measure discharge flow rate from the break plane.

(8) Heater rod surface temperature were calculated in a separate calculation using 35 volumes, 54 junctions and 50 heat slabs including 5 core volumes and 11 core heat slabs based on (1), (2), (3) and (4). This modification in analysis did not create notable difference in pressures, flow rates and other quantities comparing to the previous noding.

In the experiment, a dry-out on heater rod surface propagated from the top of the core to the bottom. Lower half of the core did not exhibit dry-out. Rewetting of the dry-out regions occurred after the initiation of the lower plenum flashing and then second dry-out started from the top of the core slowly. During the first dry-out phase, the highest temperature region was in the upper part of the core.

In the calculation, dry-out occurred in a whole core at the same time and earlier than the experiment. Rewetting could not be calculated except the lowest part of the core. The highest temperature region was at the middle elevation of the core; at the peak heat generation region.

The reasons of these discrepancies are as follows. First, a reverse core flow before the initiation of the lower plenum flashing existed in the calculation, and a core flow recovery after the initiation of the lower plenum flashing was not well calculated. Second, in the experiment the upper part of the core was in a high void condition and the lower part of the core was in a low void condition. On the contrary to the test results, the calculation using RELAP-4J could not describe this tendency. Therefore the heat transfer calculation did not follow the actual phenomena. Therefore calculation model for the core heat transfer needs improvement so that void and quality distributions in the core and heat transfer rate can be estimated more realistically.

目 次

1. まえがき	1
2. ROSAⅢ実験装置ならびに実験 RUN 702 の概略	2
2.1 ROSAⅢ実験装置	2
2.2 実験 RUN 702	3
3. 実験結果	20
4. RELAP4J による計算	26
4.1 解析に用いた入力データ 1	26
4.2 解析に用いた入力データ 2	27
4.3 RELAP4J の主な特色	27
5. 計算結果とその考察	35
5.1 予測解析結果と実験結果との比較	35
5.2 低クオリティ臨界流量の影響 ; ケース 2, ケース 3	36
5.3 高クオリティ域流出流量計算法の影響 ; ケース 4	37
5.4 水位形成モデル適用の影響 ; ケース 5, ケース 6	38
5.5 破断口流出抵抗, ジェットポンプ吸込側逆流抵抗の影響 ; ケース 7, ケース 8	40
5.6 RELAP4J 諸条件選択に関する結論 ; ケース 9	42
6. 計算結果と実験データの比較	55
6.1 代表的事象	55
6.2 主な計算結果と実験結果	56
7. 結論および今後の検討課題	73
謝 辞	74
参考文献	75
付録 1 入力データリスト ; ケース 9 (炉心 1 ボリューム)	76
付録 2 入力データリスト ; ケース 10 (炉心 5 ボリューム)	82

CONTENTS

1. INTRODUCTION	1
2. BRIEF DESCRIPTION OF ROSA III TEST FACILITY AND EXPERIMENT RUN 702	2
2.1 ROSA III Test Facility	2
2.2 Experiment RUN 702	3
3. EXPERIMENT RESULTS	20
4. CALCULATION USING THE REACTOR SAFETY ANALYSIS CODE RELAP 4J	26
4.1 Input Data 1	26
4.2 Input Data 2	27
4.3 Characteristics of RELAP 4J	27
5. RESULTS OF ANALYSIS AND DISCUSSION	35
5.1 Evaluation of Prediction	35
5.2 Effect of Low Quality Critical Flow Rate Calculation ; Case 2 and Case 3	36
5.3 Effect of High Quality Critical Flow Rate Calculation ; Case 4	37
5.4 Effect of Mixture Level Calculation in Pressure Vessel ; Case 5 and Case 6	38
5.5 Effect of Form Loss Coefficient at Break Plane and Reverse Form Loss Coefficient at Jet Pump Suction ; Case 7 and Case 8	40
5.6 Conclusion on the RELAP 4J Options	42
6. COMPARISON OF EXPERIMENT AND BEST CALCULATED RESULTS	55
6.1 Typical Events	55
6.2 Comparisons and Discussions of Results	56
7. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION	73
ACKNOWLEDGEMENT	74
REFERENCES	75
APPENDICES	
Appendix 1. Input Data List 1 ; Case 9 (Core 1 Volume)	76
Appendix 2. Input Data List 2 ; Case 10 (Core 5 Volume)	82

LIST OF TABLES

Table 2.1	Primary Characteristics of BWR6 and ROSA III
Table 2.2	Specified Experiment Conditions of RUN 702
Table 2.3	Primary Timer Setting for RUN 702
Table 3.1	Measured Experiment Conditions
Table 3.2	Chronology of Events in RUN 702
Table 4.1	Description of Volumes
Table 4.2	Description of Junctions
Table 4.3	Description of Heat Slabs
Table 5.1	Calculation Condition

LIST OF FIGURES

Fig. 2.1	Schematic Drawing of ROSA III Test Facility
Fig. 2.2	Flow Diagram of ROSA III Test Facility
Fig. 2.3	Main Component of ROSA III Test Facility
Fig. 2.4	ROSA III Pressure Vessel
Fig. 2.5	Heater Rod Structure
Fig. 2.6	Axial Power Distribution of Heater Rod
Fig. 2.7	Jet Pump Structure
Fig. 2.8	Specified Power Transient
Fig. 3.1	Quick-Shut-Off Valve Close Signal
Fig. 3.2	Pressure Vessel Side Break Plane Upstream Pressure
Fig. 3.3	Pressure Vessel Side Break Plane Downstream Pressure
Fig. 3.4	Pump Side Break Plane Upstream Pressure
Fig. 3.5	Pump Side Break Plane Downstream Pressure
Fig. 3.6	Feed Water Flow Rate after Break
Fig. 3.7	Stream Discharge Flow Rate, High Range
Fig. 3.8	Steam Discharge Flow Rate, Low Range
Fig. 3.9	Lower Plenum Pressure
Fig. 3.10	Fluid Temperature and Saturation Temperature in Lower Plenum
Fig. 3.11	Measured Power Transient
Fig. 3.12	Measured Heater Rod Surface Temperature
Fig. 4.1	Node Junction Representation of ROSA III

- Fig. 4.2 Feed Water and Steam Discharge Flow Rate used in Analysis
Analysis
- Fig. 4.3 Node Junction Representation of ROSA III, Core 5 Volume
- Fig. 5.1 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 1
- Fig. 5.2 Fluid Temperature and Saturation Temperature at
the Upstream of Pump Side Break Plane
- Fig. 5.3 Lower Plenum Pressure ; Data, Case 1 and Case 2
- Fig. 5.4 Lower Plenum Pressure ; Data, Case 1 and Case 2
- Fig. 5.5 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane ; Case 1
and Case 2
- Fig. 5.6 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane ; Case 1
and Case 3
- Fig. 5.7 Junction Quality at Pump Side Break Plane ; Case 1
- Fig. 5.8 Lower Plenum Pressure ; Data, Case 1 and Case 4
- Fig. 5.9 Discharge Flow Rate at Vessel Side Break
- Fig. 5.10 Measured and Case Calculated Mixture Level in Downcomer
- Fig. 5.11(a) Void Signal in Lower Plenum
- Fig. 5.11(b) Void Signal in Lower Plenum at Elevation EL=913 mm
- Fig. 5.12 Void Signal in Lower Plenum Guide Tube
- Fig. 5.13 Measured Heater Rod Surface Temperature
- Fig. 5.14 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 5
- Fig. 5.15 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 6
- Fig. 5.16 Discharge Flow Rate from Broken Loop Jet Pump to Lower
Plenum ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.17 Junction Quality at Lower Plenum Inlet from Broken Loop
Jet Pump ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.18 Discharge Flow Rate from Intact Loop Jet Pump to Lower
Plenum ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.19 Junction Quality at Lower Plenum Inlet from Intact Loop
Jet Pump ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.20 Average Quality in Lower Plenum ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.21 Mixture Level in Lower Plenum V1 ; Case 6
- Fig. 5.22 Quality at Pressure Vessel Side Break Plane ; Case 4
and Case 6
- Fig. 5.23 Quality at Pump Side Break Plane ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.24 Discharge Flow Rate at Pressure Vessel Side Break Plane
; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.25 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane ; Case 4
and Case 6

- Fig. 5.26 Core Inlet Flow Rate ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.27 Core Outlet Flow Rate ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.28 Quality at Core Outlet ; Case 4 and Case 6
- Fig. 5.29 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 7
- Fig. 5.30 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane ; Case 6 and Case 7
- Fig. 5.31 Detail Drawing of Jet Pump Suction
- Fig. 5.32 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 8
- Fig. 5.33 Flow Rate at Broken Loop Jet Pump Suction ; Case 6 and Case 8
- Fig. 5.34 Flow Rate at Intact Loop Jet Pump Suction ; Case 6 and Case 8
- Fig. 5.35 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 6 and Case 8
- Fig. 5.36 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 8
- Fig. 6.1 Measured and Calculated Mixture Level in Downcomer
- Fig. 6-2 Measured Downcomer Head and Calculated Mixture Level in Downcomer
- Fig. 6.3 Lower Plenum Pressure Data
- Fig. 6.4 Fluid Density at Jet Pump Discharge
- Fig. 6.5 Lower Plenum Fluid Temperature and Saturation Temperature
- Fig. 6.6 Lower Plenum Pressure
- Fig. 6.7 Discharge Flow Rate from Intact Loop Jet Pump
- Fig. 6.8 Discharge Flow Rate from Broken Loop Jet Pump
- Fig. 6.9 Core Inlet Flow Rate
- Fig. 6.10 Core Outlet Flow Rate
- Fig. 6.11 Mixture Level in Volume 1, 2, 3
- Fig. 6.12 Heater Rod Surface Temperature Distribution
- Fig. 6.13 Differential Pressure, Lower Plenum to Upper Plenum
- Fig. 6.14 Differential Pressure, Upper Plenum to Steam Dome
- Fig. 6.15 Differential Pressure, Lower Plenum to Steam Dome
- Fig. 6.16 Lower Plenum Head
- Fig. 6.17 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump Discharge to Suction
- Fig. 6.18 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump Drive to Suction
- Fig. 6.19 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump Discharge to Suction

- Fig. 6.20 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump Drive to Suction
- Fig. 6.21 Broken Loop Recirculation Pump Pump Head
- Fig. 6.22 Intact Loop Recirculation Pump Pump Head
- Fig. 6.23 Intact Loop Pump Rotation
- Fig. 6.24 Broken Loop Pump Rotation
- Fig. 6.25 Fluid Temperature in Upper Plenum
- Fig. 6.26 Fluid Temperature at Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle
- Fig. 6.27 Fluid Temperature at Intact Loop Jet Pump Discharge
- Fig. 6.28 Fluid Temperature at Broken Loop Jet Pump Discharge
- Fig. 6.29 Fluid Temperature at Upstream of Pump Side Break Plane
- Fig. 6.30 Pressure at Upstream of Pump Side Break Plane
- Fig. 6.31 Lower Plenum Pressure ; Data and Case 10
- Fig. 6.32 Measured Downcomer Head and Case 10 Mixture Level in Downcomer
- Fig. 6.33 Lower Plenum Pressure ; Case 10 and Case 9
- Fig. 6.34 Discharge Flow Rate at Pressure Vessel Side Break Plane ; Case 10 and Case 9
- Fig. 6.35 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane ; Case 10 and Case 9
- Fig. 6.36 Core Inlet Flow Rate ; Case 10 and Case 9
- Fig. 6.37 Core Outlet Flow Rate ; Case 10 and Case 9
- Fig. 6.38 Heater Rod Surface Temperature, Position 1
- Fig. 6.39 Heater Rod Surface Temperature, Position 2
- Fig. 6.40 Heater Rod Surface Temperature, Position 4
- Fig. 6.41 Heater Rod Surface Temperature, Position 6
- Fig. 6.42 Heater Rod Surface Temperature, Position 7
- Fig. 6.43 Core Inlet Flow Rate, Case 10
- Fig. 6.44 Heater Rod Surface Condition

1. ま え が き

軽水炉安全性に関する研究は最近の軽水炉の大型化、性能の向上に伴い、近年ますますその重要性を増すばかりである。とりわけ、一次系の配管破断による冷却材喪失事故（LOCA）時のシステム挙動の解明には、事故時の事象を実験的に把握する方面から、更には起きる可能性のある現象を解析的に予測する方面から、また安全性評価コードの評価性能を検証する方面から多大の努力が注がれている。原研ではこれらの安全性研究の一環としてLOCA時の冷却材挙動を総合的に調べるROSA計画を実施している。

ROSA計画では、ROSA I, ROSA II 実験を終了した後、現在ROSA III実験を行っている。ROSA III実験では、沸騰水型原子炉（BWR）を縮尺し炉心を電気ヒータで模擬した実験装置を用いて総合実験を行っている。この実験の目的はBWR LOCA 時の熱水力学的现象を実験的に解明するとともに、従来、事故時のシステム挙動の解析に用いられている安全性解析コードの検証ならびに精度向上の基となるデータを提供することである。

ROSA IIIでの実験は、現在、実験RUN 701～RUN 721 と実験RUN 721が終了している。実験RUN 701～RUN 710 はROSA III実験装置の基本的特性を明らかにすると共に、ECCSのシステム挙動に及ぼす影響を調べる実験であった。実験RUN 701はROSA III装置炉心内4チャンネル間で出力にアンバランスがあった場合のシステム挙動を調べる結果であった。なお、破断条件は、すべて再循環ポンプ吸込側配管瞬時両端破断を模擬したものである。

これまでにROSA III実験に関して8つの報告がある。田坂ら⁽¹⁾、北口ら^{(2),(3),(4)}はROSA III実験装置の模擬の基となっているGE社のBWR/6とROSA III実験装置との模擬性について検討を行ない、ROSA III実験装置の設計および最適実験条件の選択のための資料を提供した。早田⁽⁵⁾はRUN 701の実験に先立ち、計算コードRELAP4J⁽⁶⁾を用いて実験結果の予測計算を行ない、実験後の実験結果との比較検討から計算コードの精度評価を行なう際の資料を提供するとともに、計算コードの若干の問題点を指摘した。同様の趣旨で小泉らはRELAP4Jを用いて実験RUN 702、実験RUN 703 の予測計算を行なった^{(7),(8)}。実験後の解析については実験RUN 701に対するものがある⁽⁹⁾。

本報は以上の経緯を踏まえて行なった実験RUN 702 の実験解析である。本解析の目的は、予測計算の結果と実験結果との対比から、予測計算の精度を評価し、更に、実験より得られた種々の情報を用いて再計算を行ない、計算コードの能力評価、問題点の指摘を行なうことである。計算にはRELAP4Jコードを用いている。

実験RUN 702 は炉心半径方向の出力分布は一律とし、再循環ポンプの吸込側配管両端破断を仮定し、ECCSを作動させない単純放出実験である。この実験は今後の諸条件を変えた実験の比較の基礎となるもので、計算コードの性能評価上も多くの情報を提供する。なお、実際に実験RUN 702 では、スプリット破断となり、圧力容器側の破断がポンプ側破断から9.7秒遅れとなっている。

2. ROSA III 実験装置ならびに実験 RUN 702 の概略

2.1 ROSA III 実験装置

ROSA III 実験装置はBWRのLOCA時の冷却材の流出開始から緊急炉心冷却系(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に作られた実験装置であって、実炉(GE社のBWR/6⁽¹⁰⁾熱出力 3.8×10^3 MW)を体積比にして1/424に縮尺した規模である。BWR/6とROSA III実験装置との主要諸元の比較を表2.1に示す。なお、縮尺比からROSA III実験装置での炉心出力は9.2MW必要であるが、電源装置の制約から最大で4.45MWに押えられている。

ROSA III実験装置の概略図を図2.1に、系全体の系統図を図2.2に示す。図2.3は実験装置主要部の鳥瞰図である。なお、図2.3には計測系統も同時に示されている。

実験装置は、模擬炉心の納められている圧力容器、再循環系、給水系、蒸気放出系、緊急炉心冷却系、炉心用電源装置、計測系および装置の運転制御系からなり立っている。

図2.4に圧力容器内部形状と圧力容器内計測位置を示す。炉心は 8×8 配列の模擬燃料集合体と模擬ウォーターロッド1本が入れている。図2.5は模擬燃料棒の構造を示したものであり、図2.6はその発熱分布である。模擬燃料棒は電気間接加熱型で、外径12.52mm、発熱部長さは1880mmで、実炉燃料棒の1/2の長さである。軸方向発熱分布は階段状チョップトコサイン分布であって実炉燃料棒の発熱分布を模擬したものである。炉心水平断面内発熱分布には多少の選沢の余地がある。被覆管材質はインコネル600であり、被覆管厚さは1.3mmである。なお、図2.6中には被覆管表面温度測定用熱電対(埋込型)取付位置が示されているが、燃料棒には熱電対7個取付けのもの、5個取付けのもの、3個取付けのもの、取付けのないものとあり、総計で68個の熱電対が取り付けられている。

圧力容器内は、炉心のほか、実炉の場合とほぼ同様に、下部プレナム、ガイドチューブ、炉心バイパス、上部プレナム、気水分離器、ダウンカムなどに区分されている。ただし、ジェットポンプは圧力容器の外にある。気水分離器は性能を模擬した構造となっているが、蒸気乾燥器には抵抗のみを模擬した多孔板オリフィスを用いている。

再循環ループは2つあり、1つは破断ループであり、1つは健全ループで、それぞれに再循環ポンプ(Main Recirculation Pump: MRP)1台がついている。破断ループ内にある破断装置は2つの破裂板と1つの急速遮断弁とから成り立っており、破裂板の個数と弁の開閉の選択により両端破断、スプリット破断などの模擬ができる構造となっている。

図2.7はジェットポンプの構造図である。ジェットポンプは健全ループに2台、破断ループに2台置かれている。ジェットポンプの駆動流ノズルの流路断面積とスロート部の断面積は実炉とROSA IIIとの縮尺比より決められており、定常時の性能も実炉のジェットポンプの性能をも模擬できる設計となっている。

給水系統は定常時用と破断後用と2系統ある。定常時には、PWT(Pure Water tank, 純水タ

ンク) から常温水がHPWP(High Pressure Water Pump, 高圧注水ポンプ) 2台によって圧力容器内に注入されるが、破断と同時に破断後用給水系に切り替り、所定の温度に昇温されているFWT(Feed Water Tank, 給水タンク) 内の水をFWP(Feed Water Pump, 給水ポンプ) により給水する。(Fig. 2.2 参照) 給水時間、給水流量、給水温度は各実験ごと可変である。

蒸気放出系も定常時間と破断後用と2系統ある。定常時用蒸気放出系には圧力調節弁がついており、系の圧力を設定圧力に保っている。破断と同時に破断後用蒸気放出系に切り替る。破断後の蒸気放出流量、放出時間は各実験ごとに可変である。

ECCS (Emergency Core Cooling System, 緊急炉心冷却装置) は実炉を模擬し、HPCS (High Pressure Core Spray, 高圧炉心スプレイ), LPCS (Low Pressure Core Spray, 低圧炉心スプレイ), LPCI (Low Pressure Coolant Injection, 低圧注水) とADS (Automatic Depressurization System, 自動減圧装置) の4系統が具備されている。

それぞれHPCSI (High Pressure Core Spray Pump, 高圧炉心スプレイポンプ), LPCSP (Low Pressure Core Spray Pump, 低圧炉心スプレイポンプ), LPCIP (Low Pressure Core Injection Pump, 低圧炉心注入ポンプ) によって注入される。各流量は各実験ごとに可変である。

ROSA IIIの計測項目は約350点あるが、その詳細については統報に譲ることとする。

2.2 実験 RUN 702

実験 RUN 702 は再循環ポンプ吸込側配管両端破断実験である。各実験条件をまとめたものを表 2.2 に示す。なお、実際には急速遮断弁が閉じずスプリッド破断となり、しかも圧力容器側の破断は 9.7秒遅れた。

炉心半径方向出力分布は一樣である。定常時炉心出力は 3.73 MW であり、放出実験開始後の炉心内発熱量は図 2.8 に示す発熱時間変化曲線に従って制御する。この発熱時間変化曲線は崩壊熱、遅発性中性子および実炉燃料棒内蓄積熱の影響から決めたものである。なお、ROSA IIIでは実炉との対応上定格時において 9 MW の出力が必要であるが、ROSA IIIの電源装置の制約から実験 RUN 702 の最大出力は 3.73 MW である。このため、理想上の出力が 3.73 MW に下がる 11.5秒以前は図のように一定値 3.73 MW に保つ。

破断口面積は実炉再循環ポンプ吸込側配管流路面積の $1/424$ であってその口径は 26.2 mm である。なお、破断口形状は薄刃オリフィスである。

健全側、破断側の両再循環ポンプは配管破断と同時に電源を切り、回転数制御は行なわない。

ECCS は作動させない。実験 RUN 702 では ECCS 作動時のデータと比較する基準データを得ることを目的としている。

放出実験初期条件達成後約 30 分の定常運転後に配管破断を模擬する破断装置の破裂板を破り冷却材を流出させることにより開始する。実験開始後のバルブ開閉などの諸操作はあらかじめ定められた手順に従い自動的に行う。実験 RUN 702 の場合の各操作機器の設定時刻および動作は表 2.2 に示したとおりである。給水弁に閉信号を送るのが破断後 2 秒、蒸気放出弁へは 3 秒である。これは給水量および蒸気放出量について北口らの解析⁽²⁾を参考にし、それぞれの弁が閉信号を受けた後完全にしまりきるのに約 2 秒かかることより決められた。

Table 2.1 Primary Characteristics of BWR6 and ROSA-III

(a) Comparison of Major Design Parameters

	BWR6 (251/848)	ROSA-III	Ratio ($\frac{\text{BWR6}}{\text{ROSA-III}}$)
Reactor Type	BWR	Simulated BWR	
Number of			
Recirc. Loops	2	2	1
Steam Lines	4	1	4
Jet Pumps	24	4	6
Separators	251	1	251
Core Heat Up	Nuclear Fission	Electric Heater	
Total Power (kW)	3800×10^3	<4450	>854
Active Fuel Length (m)	3.759	1.880	2
Number of fuel Assemblies	848	4	212
Total Volume (m ³)	621.4	1.421	437
Operating Conditions			
Pressure (MPa)	7.43	up to 9.29	
Core Flow (kg/sec)	15430.0	36.4	424
Steam Flow (kg/sec)	2060.0	<4.86	>424
Recirc. Pump Flow Rate per 1 Pump (m /sec)	2.97	7.01×10^{-3}	424
Feed Water Temp (K)	488.8	488.8*	1
		* Transient	

Table 2.1 (continued)

(b) ECCS Conditions

	BWR6 (251/848)	ROSA-III	Ratio ($\frac{\text{BWR6}}{\text{ROSA-III}}$)
HPCS			
Number of Lines	1	1	
Injection Flow Rate (m ³ /sec)			
at 7.9 MPa	0.104	0.228×10^{-3}	456
at 0.84 MPa	0.442	0.967×10^{-3}	457
Water Temp. (K)	333	up to 393	
Injection Location	upper plenum	upper plenum	
LPCS			
Number of Lines	1	1	
Injection Flow Rate (m ³ /sec)			
at 0.84 MPa	0.442	0.967×10^{-3}	457
Water Temp. (K)	333	up to 393	
Injection Location	upper plenum	upper plenum	
LPCI (RHR)			
Number of Lines	3	1	
Injection Flow Rate (m ³ /sec)			
at 0.14 MPa	0.47	1.033×10^{-3}	457
Water Temp. (K)	333	up to 393	
Injection Location	in-shroud	in-shroud	

Table 2.1 (continued)
 (c) Volume Distribution and Main Component Dimension

Items	BWR6 (251/848)	ROSA III	Ratio (BWR6/ROSA III)	Comment
Lower Plenum & Guide Tubes	123	0.259	473	
Lower Plenum	79.0	0.188	420	
Guide Tubes	43.8	0.0714	614	
Core	59.8	0.134	446	
Core in Channels	35.4	0.0184	435	
Core Bypass	24.4	0.0524	465	
Upper Plenum & Steam Separators	80.5	0.185	435	
Upper Plenum	52.5	0.124	423	
Steam Separators	28.0	0.0610	459	
Steam Dome	206	0.439	468	above normal water level
Downcomer	123	0.233**	529	below normal water level
Above Jet Pump Suction	74.2*	0.164***	452	*BWR5
Between Jet Pump Suction and Recirculation Outlet	36.8*	0.0600**	613	** include jet pump suction lines
Below Recirculation Outlet	12.2	0.00900	1360	*** not include jet pump suction lines
Recirculation Loops & Jet Pumps	29.6	0.171***	174	
Total Volume	621	1.421	437	

(c) continued

Item	BWR6 (251/848)	ROSA III	Ratio (BWR6/ROSA III)	Comment
Pressure Vessel Dimension				
Inner Height	22.3*	6.01	3.71	* BWR5
Inner Diameter	6.38*	0.492**	13.0	** out diameter of lower downcomer
Water Level	14.1*	4.62	3.04	*** bottom of active fuel
Jet Pump Suction Level	8.28*	2.82	2.93	
Lower Core End Level	5.49*	1.60***	3.43	
Recirculation Line Level	3.88*	0.938	4.13	
Recirculation Loop Pipe Inner Diameter	0.56	≤0.0495		

Table 2.1 (continued)

(d) Thermal Characteristics

	BWR6 (251/848)	ROSA-III	Ratio($\frac{\text{BWR6}}{\text{ROSA-III}}$)
Active Length (m)	3.759	1.880	2
Number of fuel rods	53424	254	210
Number of water rods	848	4	212
Rods Array	8×8 square	8×8 square	
Fuel Rod O.D. (mm)	12.52	12.52	1
Cladding Thickness (mm)	0.864	1.3	0.665
Fuel Rod Pitch (mm)	16.26	16.26	1
Total Fuel Heat Transfer Area (m ²)	7900	18.8	421
Clad Material	Zirconium	Inconel 600	
Average Linear Rod Power (kW/m)	18.9	9.32	≥2.03
Core Average Heat Flux (kW/m ²)	481	237	≥2.03
Core Coolant Flow Rate * (kg/sec)	15430	36.4	424
Core Inlet Flow Speed** (m/sec)	2.16	1.09	
Total Core Flow Area (m ²)	8.56	0.0402	213
Peaking Factor			
Local F.P.	1.13	3.65	3.23
Axial P.F.	1.40	1.41	1
Radial P.F.	1.40	-	
Gross P.F.	1.96	-	
Total P.F.	2.22	-	

* Include core bypass

** Exclude core bypass flow rate, as 10% of core coolant flow rate

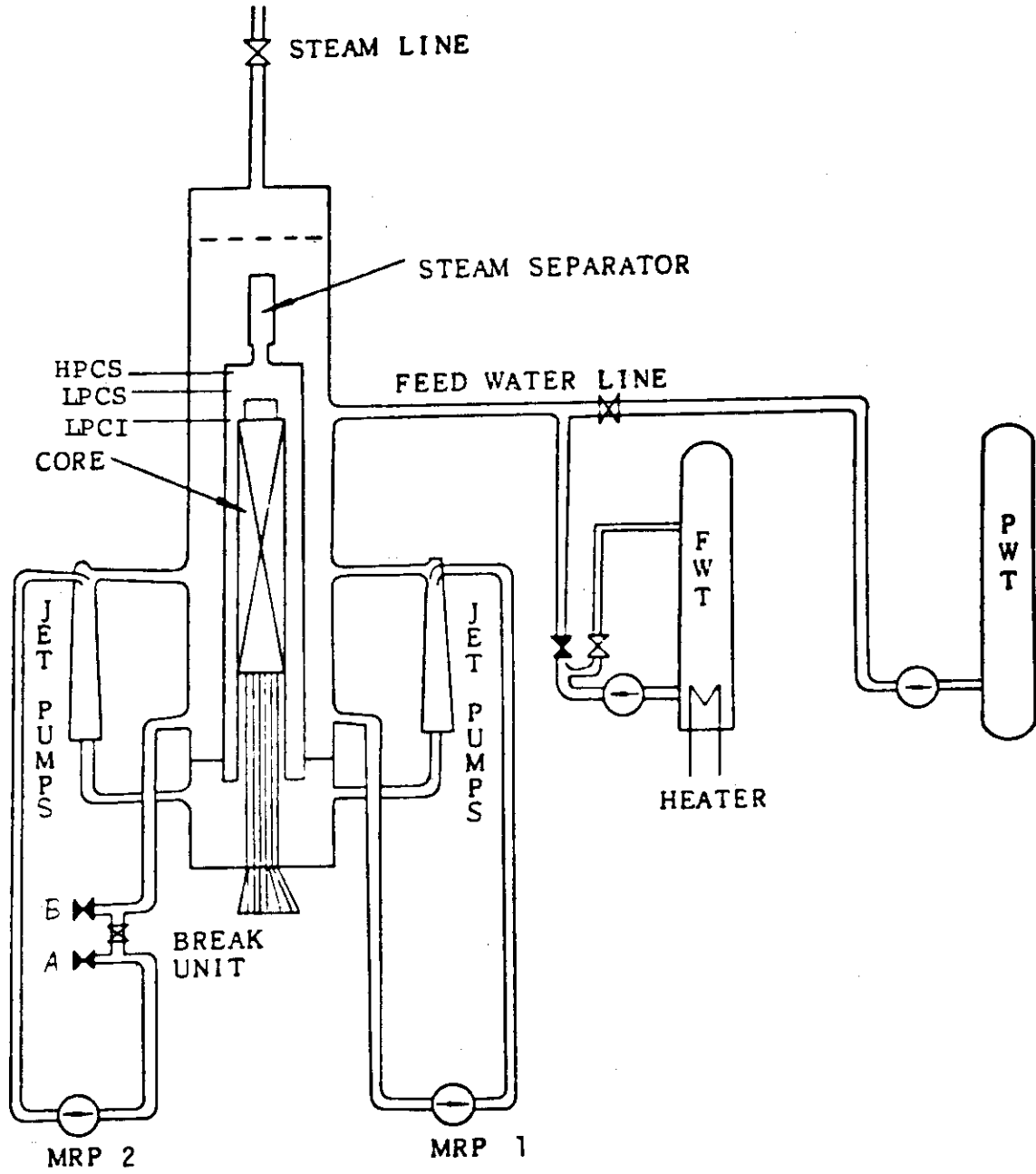


Fig. 2.1 Schematic Drawing of ROSA III Test Facility

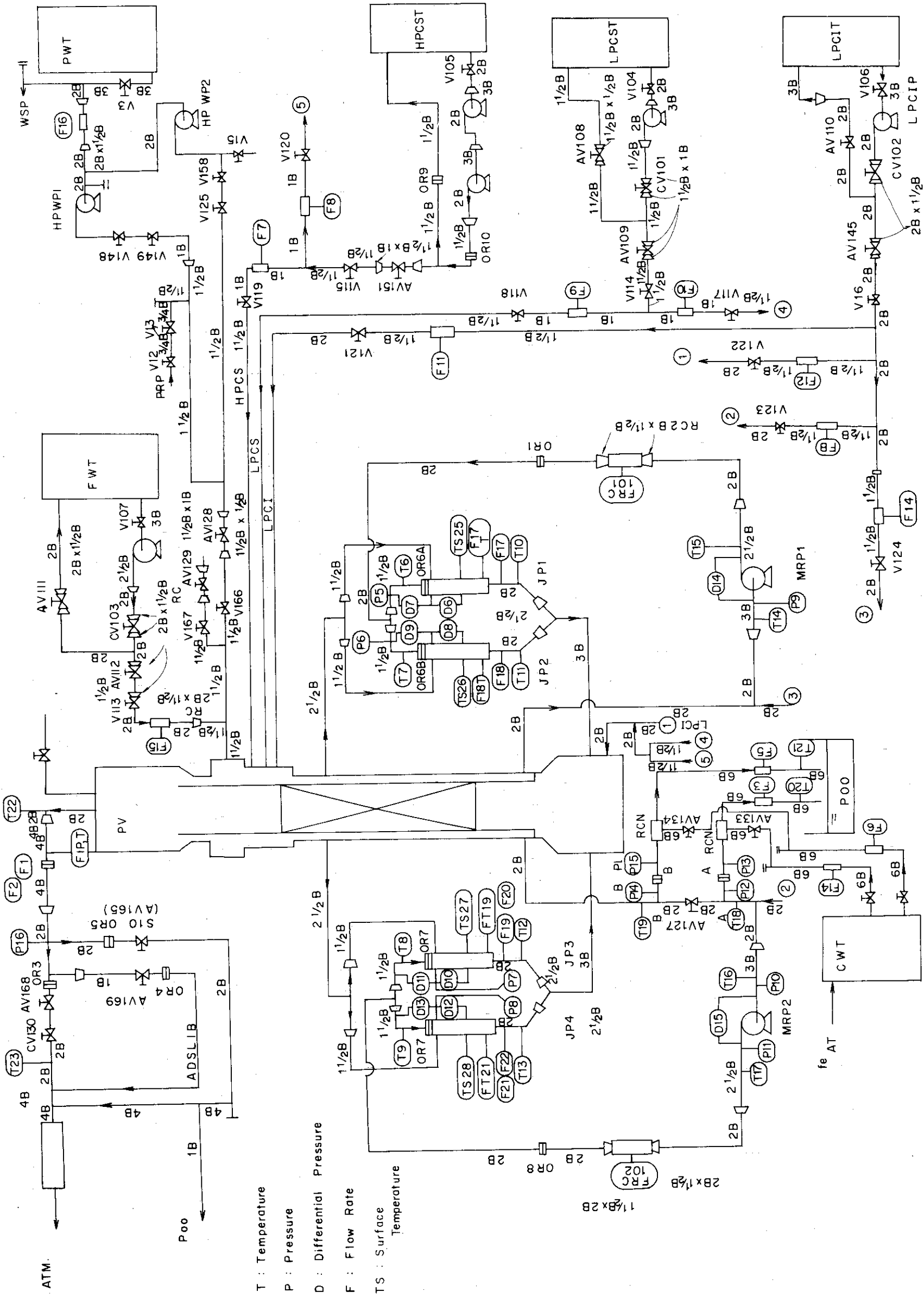


Fig. 2.2 Flow Diagram of ROSA III Test Facility

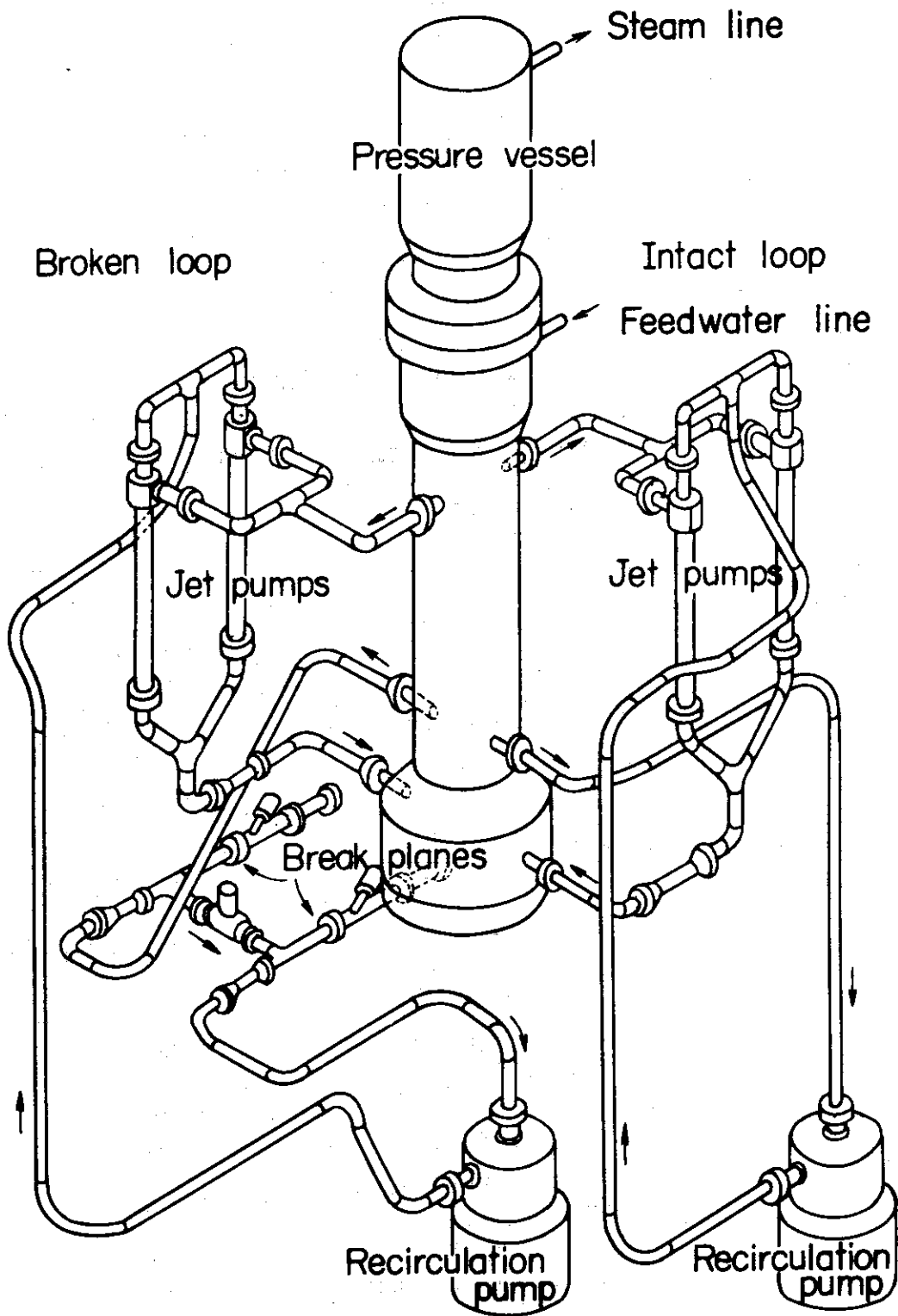


Fig. 2.3 Main Components of ROSA III Test Facility

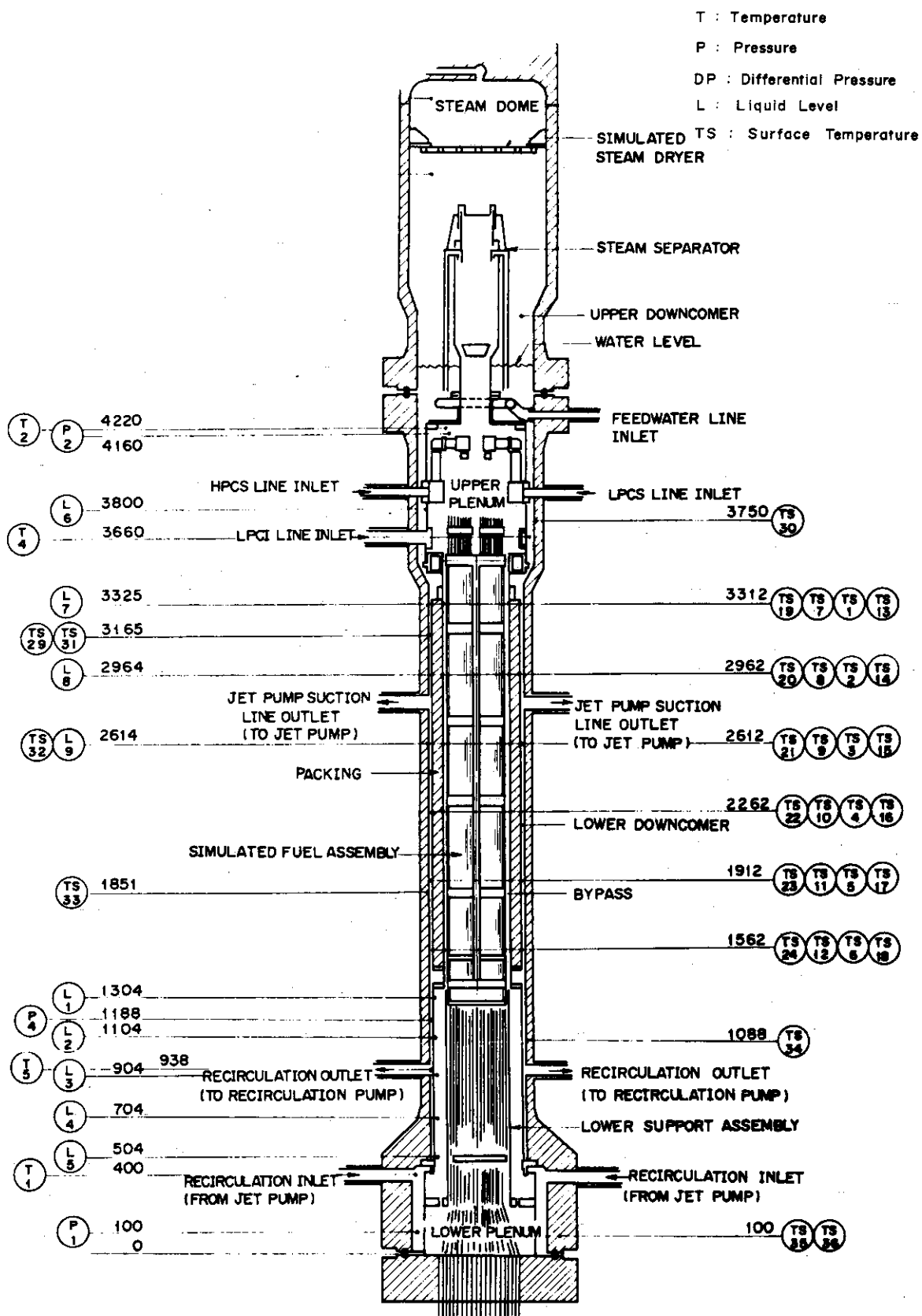
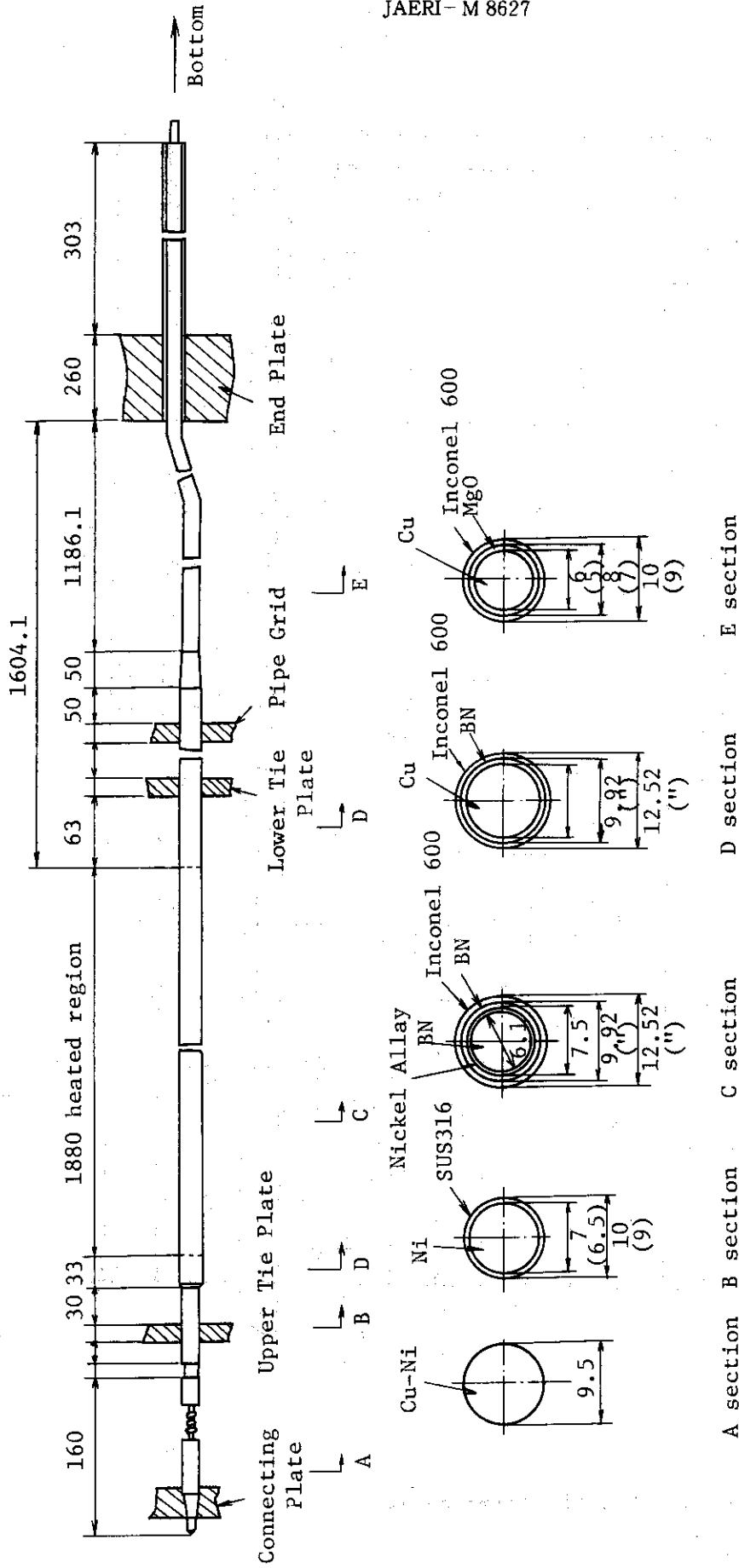


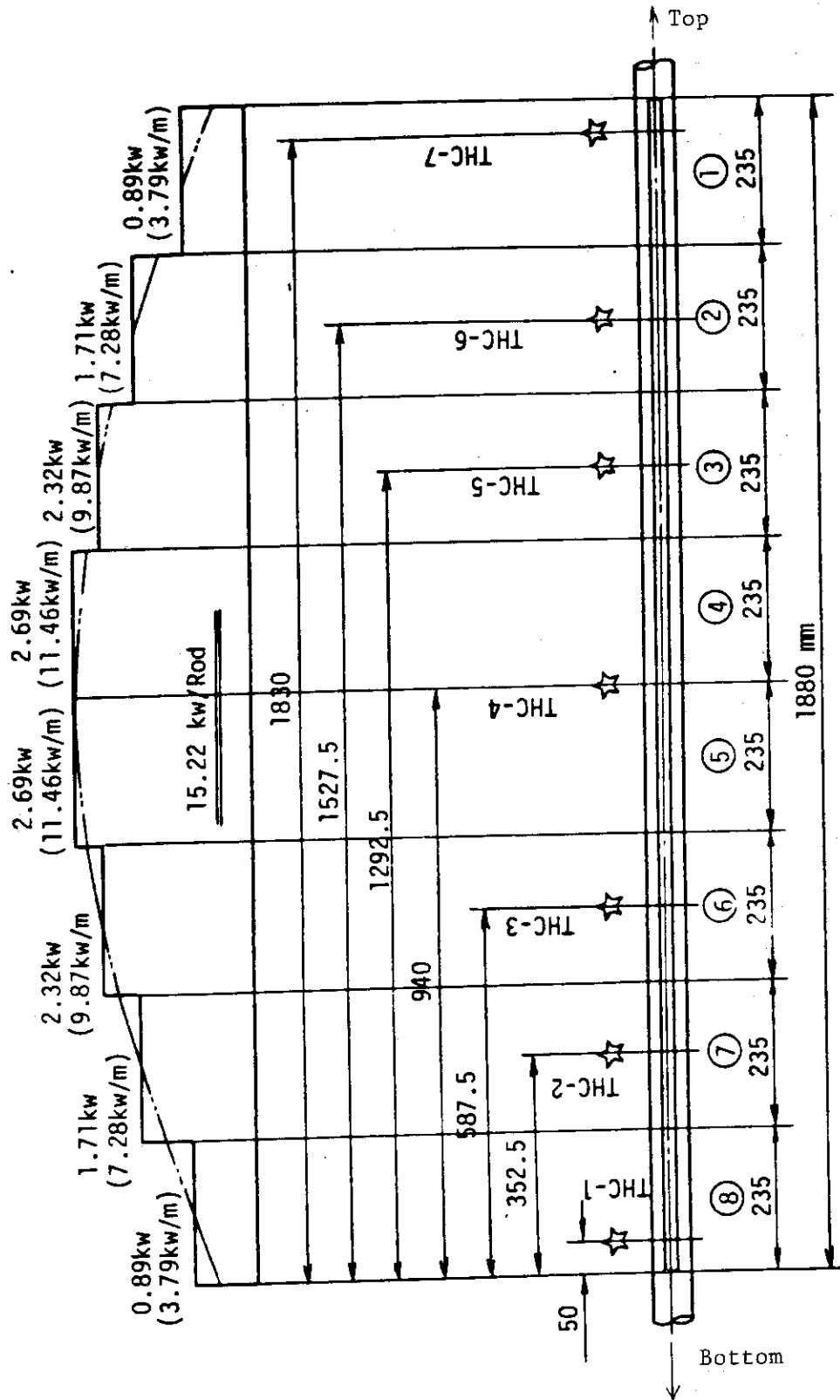
Fig. 2.4 ROSA III Pressure Vessel

12 13 20 20 215 20



Note : () denotes low heat flux rod.

Fig. 2.5 Heater Rod Structure



☆ indicates position of thermocouple.

Fig. 2.6 Axial Power Distribution of Heater Rod

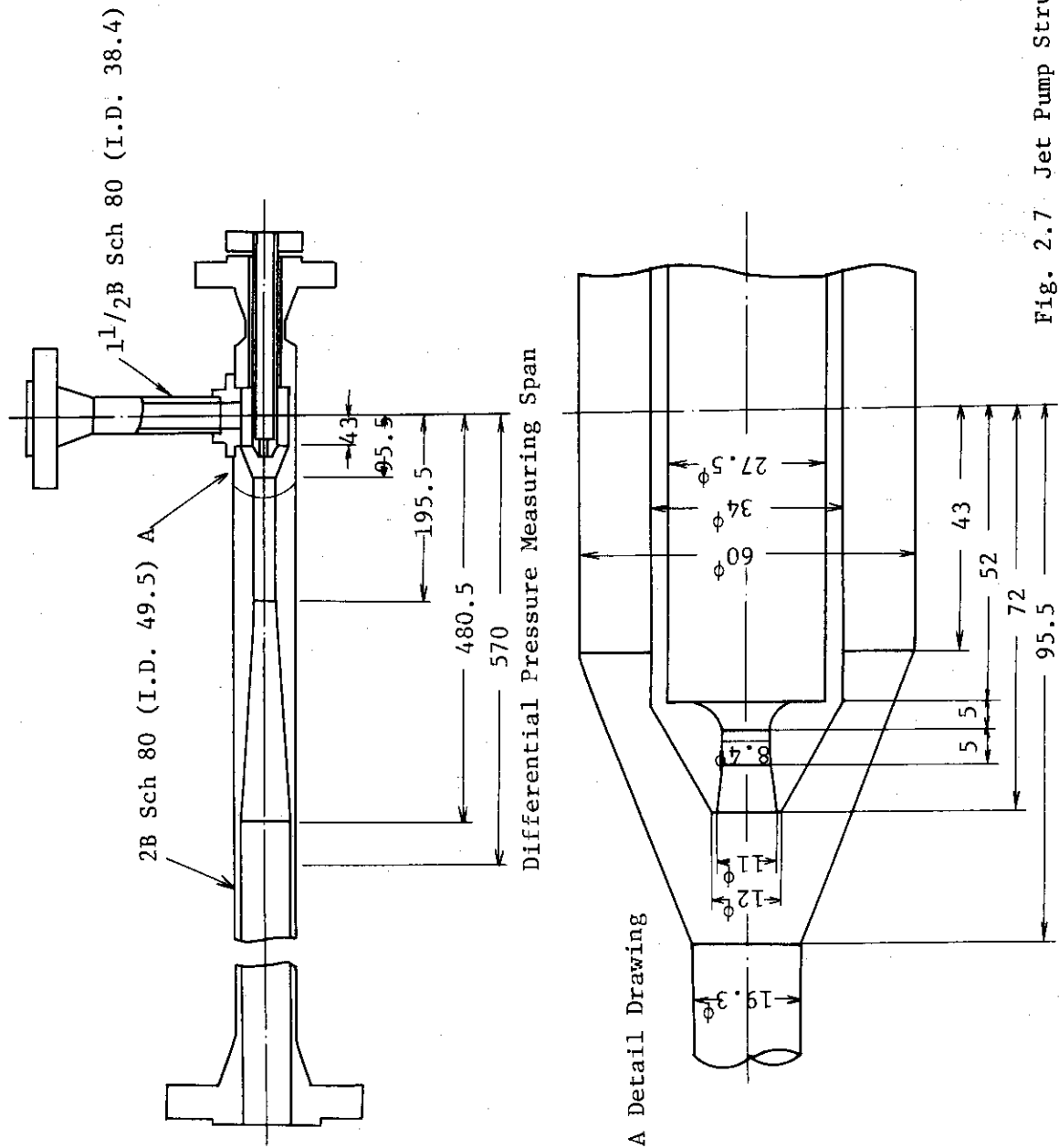


Fig. 2.7 Jet Pump Structure

Table 2.2 Specified Experiment Conditions of Run 702

	Specified Experiment Condition of Run 702
Break Conditions Location Break Area	Recirculation Pump Suction Line Double-Ended Break $5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 2, 200 \%$
System Conditions Steam Dome Pressure Steam Dome Temperature Flowrate at Core Inlet Broken Loop Flowrate Intact Loop Flowrate Initial Core Power Water Level in Pressure Vessel	7.16 MPa (72 kg/cm ² g) 287 °C 36.4 kg/s $7.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} *$ $7.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} *$ 3.73 MW 4.62 m
Feed Water Condition Pressure Temperature Injection Flowrate	7.46 MPa (75.0 kg/cm ² g) 205 °C $2.41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (2.07 kg/s)
Steam Discharge Condition Discharge Flowrate Discharge Line Orifice Diameter	2.07 kg/s 20.0 mm
ECCS Condition Not used	
ADS Condition not used	

* supposed value, adjusted to obtain specified core inlet flowrate.

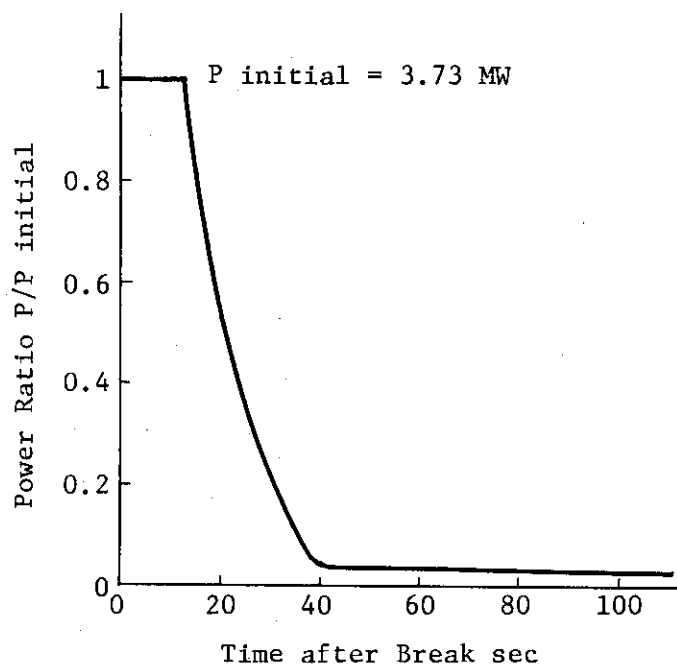


Fig. 2.8 Specified Power Transient

Table 2.3 Primary Timer Setting for RUN 702

Timer Index	Item	Signal	Set Time sec.	Sequential Time After Break
T1	Quick shut off valve	close	0.0	T1+T2 = 0.0
T2	Break of rupture disk and Power supply control	break	0.0	T2 = 0.0
T3	Intact loop recirculation pump control	on	0.0	T1+T2+T3 = 0.0
T4	Broken loop recirculation pump control	on	0.0	T1+T2+T4 = 0.0
T5	Power supply to intact loop pump	off	0.0	T1+T2+T3+T5 = 0.0
T6	Power supply to broken loop pump	off	0.0	T1+T2+T4+T6 = 0.0
T13	Steam discharge valve and Feed water pump on	open	0.0	T2+T13 = 0.0
T14	Steam discharge valve	close	3.0	T2+T13+T14 = 3.0
T15	Feed water pump	off	2.0	T2+T15 = 2.0

3. 実験結果

この章では主なる実験結果について簡単に触れる。

図 3.1 は急速遮断弁 AV127 の閉信号である。図より明らかなとおり、急速遮断弁は全期間をとおして閉じていない。

図 3.2 は圧力容器側破断口のオリフィス上流側の圧力、図 3.3 は下流側の圧力である。破裂板はこの圧力測定位置より更に下流側についている。図 3.4 はポンプ側破断口のオリフィス上流側圧力、図 3.5 は下流側圧力である。これらより、ポンプ側破断口では 0 秒で完全に破裂板が破れ放出が開始されたのに対し、圧力容器側破断口の破裂板が完全に破裂したのは実験開始後 9.7 秒であったことがわかる。

図 3.6 は給水流量の測定値、図 3.7 は放出蒸気流量計の高レンジ流量計、図 3.8 は低レンジ流量計による放出蒸気の流量である。

図 3.9 は下部プレナム圧力測定値である。図 3.10 は下部プレナム圧力に対応する飽和温度と下部プレナム流体温度の測定値である。これより、下部プレナムフラッシングは破断後 15~16 秒で開始したことがわかる。

図 3.11 は炉心発熱量の測定値である。

図 3.12 は燃料棒表面温度の軸方向各位置における測定例である。炉心低部を除き 10 秒~14 秒にかけ燃料棒表面はドライアウトして高温になった後、下部プレナムフラッシングの影響を受け 17~30 秒でリウェットし、再び 32 秒以降ドライアウトし温度が上昇していく。しかし、この上昇速度はすでに発熱量が少なくなっているためゆるやかである。

以上より明らかなように、実験手順が実験前設定条件と異なったもの、ずれたものがあった。これらを含めて、実際の実験条件および主な事象を表 3.1、表 3.2 に示す。

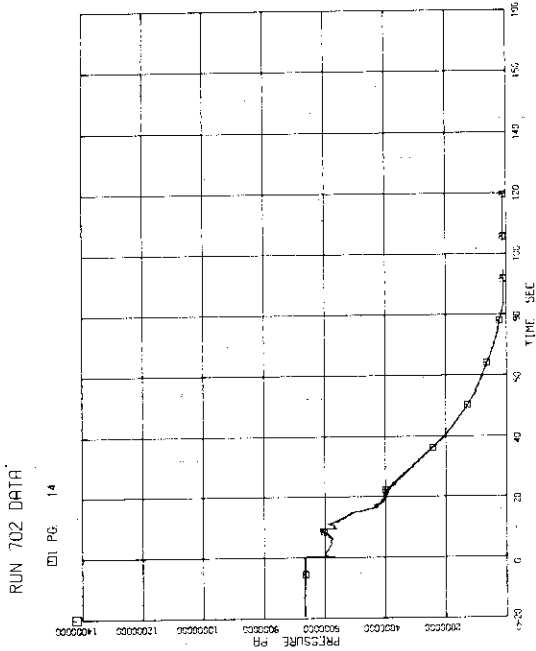


Fig. 3.2 Pressure Vessel Side Break Plane Upstream Pressure

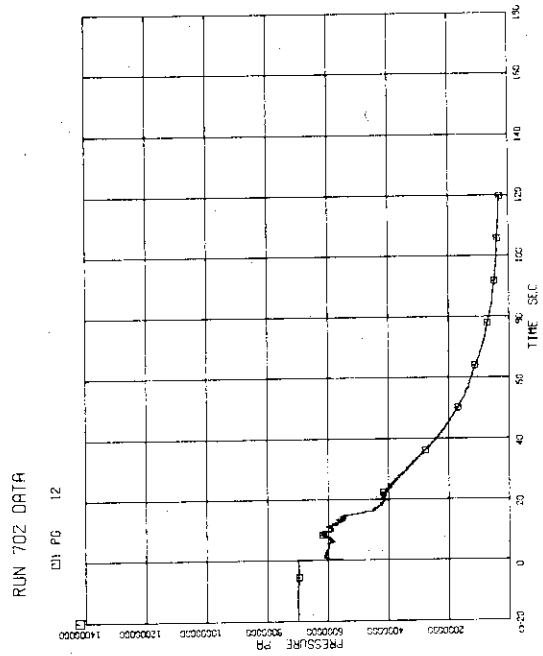


Fig. 3.4 Pump Side Break Plane Upstream Pressure

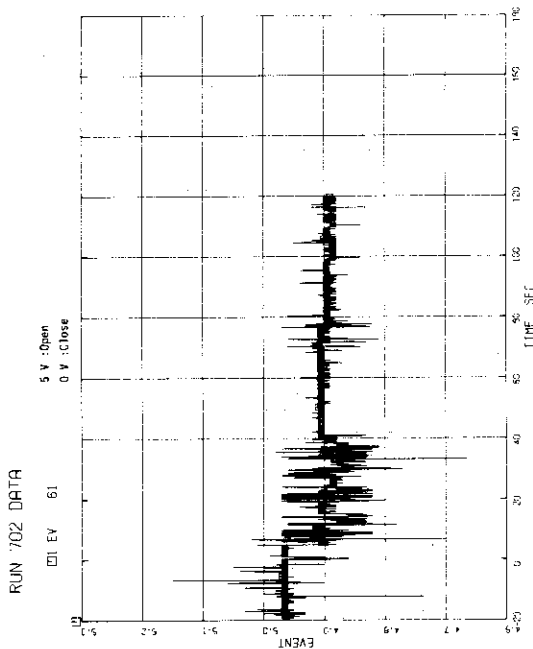


Fig. 3.1 Quick-Shut-Off Valve Close Signal

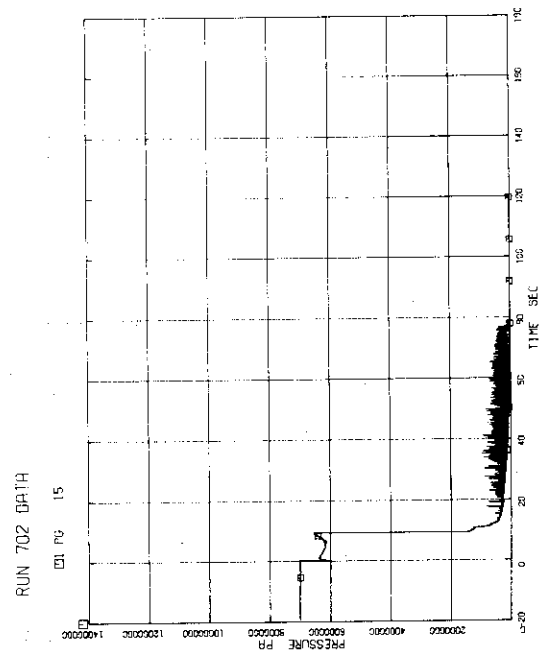


Fig. 3.3 Pressure Vessel Side Break Plane Downstream Pressure

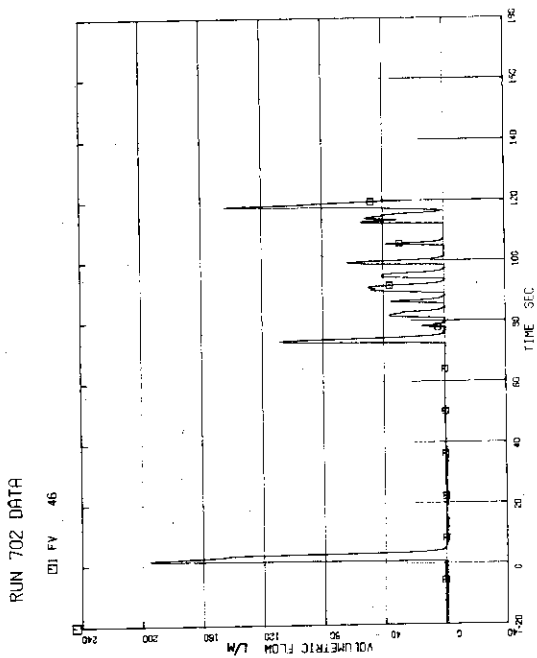


Fig. 3.6 Transient Feed Water Flow Rate after Break

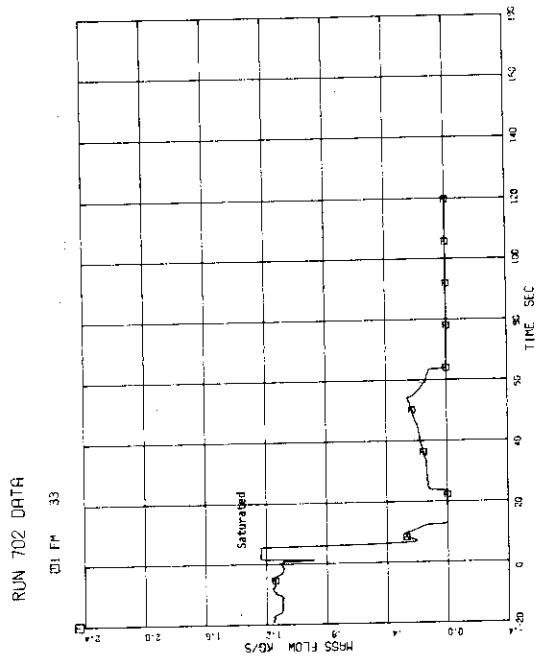


Fig. 3.8 Steam Discharge Flow Rate, Low Range

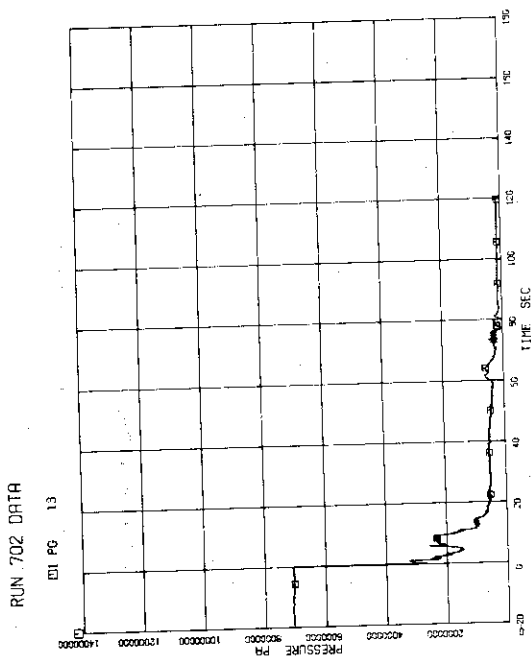


Fig. 3.5 Pump Side Break Plane Downstream Pressure

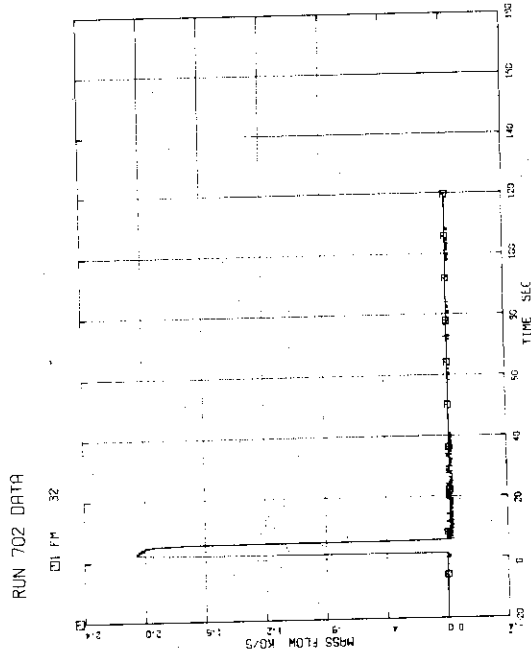


Fig. 3.7 Steam Discharge Flow Rate, High Range

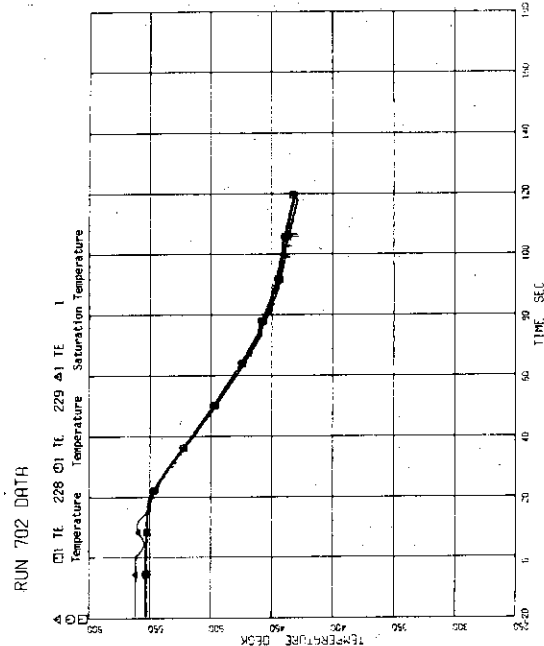


Fig. 3.10 Fluid Temperature and Saturation Temperature in Lower Plenum

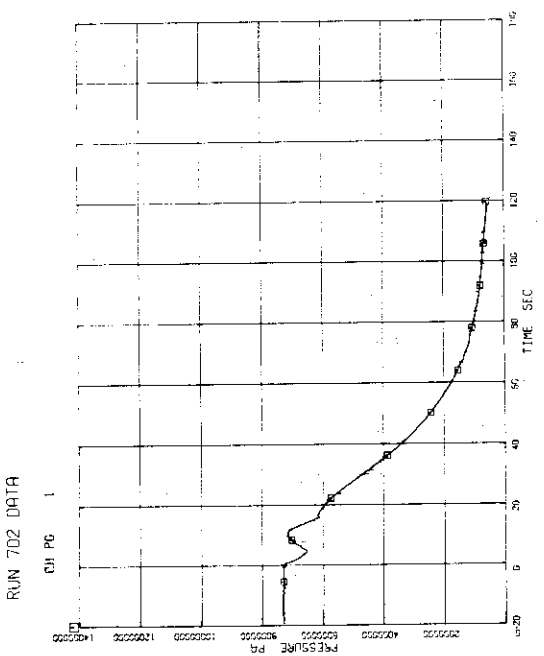


Fig. 3.9 Lower Plenum Pressure

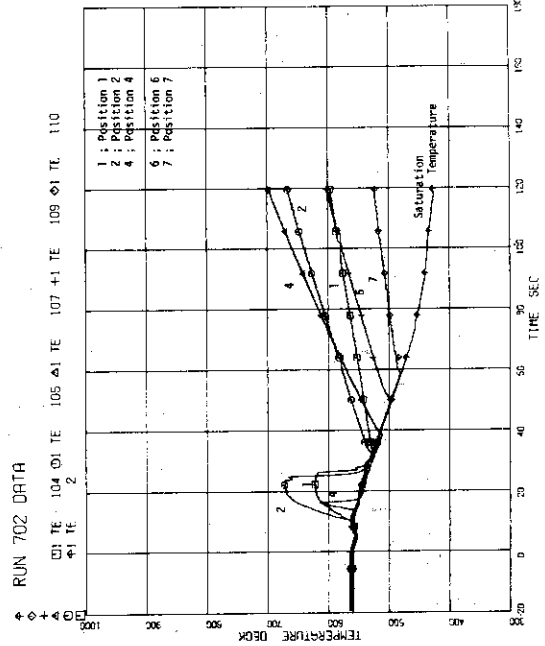


Fig. 3.12 Measured Heater Rod Surface Temperature, All rod

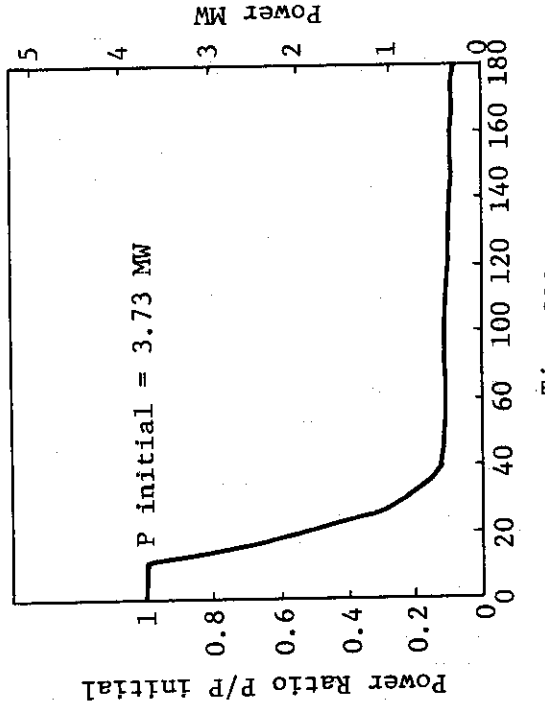


Fig. 3.11 Measured Power Transient

Table 3.1 Measured Experiment Condition

Item	Measured Value
Break Condition	
Location	Recirculation Pump Suction Line
Break Area	200 % Split Break $5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 2$
Break of Rupture Disc A (Pump Side)	0.0 sec
Break of Rupture Disc B (Vessel Side)	9.7 sec
Quick-Shut-Off-Valve Close	∞
System Condition	
Steam Dome Pressure	7.25 MPa
Steam Dome Temperature	287 °C
Flow Rate at Core Inlet	36.3 kg/s
Broken Loop Flow Rate	18.3 kg/s
Intact Loop Flow Rate	18.1 kg/s
Initial Core Power	3.73 MW
Water Level in Pressure Vessel	4.62 m
Lower Plenum Fluid Temperature	279 °C
Lower Plenum Pressure	7.39 MPa
Transient Feed Water Condition	
Temperature	199 °C
Injection Flow Rate	Fig. 3.6
Steam Discharge Condition	Fig. 3.7, 3.8
Steady Feed Water Flow Rate	not measured
Steady Steam Discharge Condition	Fig. 3.7, 3.8
MRP1	
Flow Rate	7.88 kg/s
Inlet Pressure	7.10 MPa
Pump Head	not measured
Rotation	3155 rpm
Inlet Temperature	279 °C
Outlet Temperature	280 °C
MRP2	
Flow Rate	7.92 kg/s
Inlet Pressure	6.99 MPa
Outlet Pressure	8.70 MPa
Pump Head	1.88 MPa
Rotation	3414 rpm
Inlet Temperature	277 °C
Outlet Temperature	278 °C

Table 3.1 (continued)

Item	Measured Value
JP1 Discharge Flow Rate	8.99 kg/s
JP2 Discharge Flow Rate	9.07 kg/s
JP3 Discharge Flow Rate	9.54 kg/s
JP4 Discharge Flow Rate	8.74 kg/s
JP1 Drive Pressure	8.62 MPa
JP2 Drive Pressure	8.66 MPa
JP1 Drive Discharge Differential Pressure	1.41 MPa
JP1 Discharge Suction Differential Pressure	0.227 MPa
JP2 Drive Discharge Differential Pressure	1.44 MPa
JP2 Discharge Suction Differential Pressure	0.232 MPa
JP3 Suction Pressure	7.11 MPa
JP4 Suction Pressure	7.22 MPa
JP3 Drive Discharge Differential Pressure	1.56 MPa
JP3 Discharge Suction Differential Pressure	0.249 MPa
JP4 Drive Discharge Differential Pressure	0.241 MPa
JP4 Discharge Suction Differential Pressure	1.55 MPa

Table 3.2 Chronology of Events in RUN 702

Break of Rupture Disc A	0.0 sec
Break of Rupture Disc B	9.7 sec
Quick-Shut-Off Valve Close	∞
Steady State Steam Discharge End	1.27 sec
Transient Steam Discharge Start	1.32 sec
Transient Steam Discharge End	5.78 sec
Feed Water Start	0.51 sec
Feed Water End	5.0 sec
Jet Pump Suction Uncovery	10 > sec
MRP Suction Uncovery	13 ~ 17 sec
Start of Lower Plenum Flashing	13.8 ~ 17 sec
Start of Steam Discharge from Pump Side Break	83 sec
Start of Steam Discharge from Vessel Side Break	152 sec

4. RELAP 4Jによる計算

3章で示した実験 RUN 702 の結果に対し RELAP4J を用いて解析を行なった。

計算手法は、まず系全体の挙動に着目し、炉心を1ボリューム、1ヒートスラブとして系全体の流動状態を計算した。次に燃料棒表面温度を計算する目的で、炉心を更に5ボリューム、10ヒートスラブに分割した計算を行なった。

4.1 解析に用いた入力データ 1

実験 RUN 702 の予測解析で用いたのと同じのノディングを行ない、ROSAIII を31ボリューム、50ジャンクション、41ヒートスラブで表わした。炉心は1ボリューム、1ヒートスラブである。図 4.1 にノディングの構成を示す。図中、○で囲んだ数字はボリューム番号を、□で囲んだ数字はヒートスラブ番号を、無印の数字はジャンクション番号を表わす。表 4.1～表 4.3 は各ボリューム、ジャンクション、ヒートスラブに対し説明を加えたものである。表中の各番号は図 4.1 中の番号に対応している。なお、ボリューム 29 (V29) は、気水分離器 V 6 で水だけを分離しそれをジャンクション 34 (J34) から V29 に流入させることを計算上可能にする目的で設けられた小さなボリュームである。本解析では簡単のため、V29, J29, J34 は用いなかった。

入力データとして用いた初期圧力、温度、流量は可能な限り実験データに基づいて定めた。形状損失係数は幾何形状より求まる値を用いた。圧力、流量分布と形状損失係数とは、計算コードの初期条件を設定するうえでそれぞれ互いに影響しあう。また、実験では、差圧の計測は不十分で、各部の形状損失係数を実験データより定めることはできない。そこで、幾何形状より算出した形状損失係数は保存し、圧力分布、流量分布は実験データに容認できる範囲内で、計算コード初期条件入力データが矛盾なくバランスがとれるよう定めた。炉心発熱量時間変化曲線は図 3.11 に示す測定値に基づいた。初期発熱量は測定値に基づき、3.728 MW とした。

図 4.2 は計算で用いた給水流量と蒸気放出流量である。これらは、図 3.6～図 3.8 に示す実験値より定めた。

3章で触れたように、圧力容器側破断口破裂板は、放出実験開始後 9.7 秒で破裂した。そこで、ポンプ側破断口では、実験開始と同時に放出開始とし、圧力容器側破断口では実験開始後 9.7 秒で放出開始とした。また、急速遮断弁は実験の全期間を通じ開とした。

以上の他の入力データで実験結果を適用できるものについてはすべて実験値を用いた。

健全、破断両ループの再循環ポンプ特性曲線には、ROSAIII 実験装置で用いているポンプの特性試験を行なって得た結果に一部推定値を加えて求めたものを用いた。従って必ずしも精度の高いポンプ特性曲線ではない。なお、入力データの詳細は巻末に付した付録 1 入力データリストを参照されたい。

4.2 解析に用いた入力データ 2

炉心を5ボリューム、10ヒートスラブに分割した場合のノーディング構成図を図4.3に示す。炉心は4つのスペーサを境界として、5ボリュームに分割してある。燃料棒は発熱密度とスペーサの有無により、10ヒートスラブとした。他の条件は4.1節で述べたものと同一である。詳しくは巻末の付録2を参照されたい。

4.3 RELAP 4Jの主な特色

RELAP4J⁽⁶⁾は日本原子力研究所においてRELAP4/Mod 2⁽¹¹⁾に改良を加えた計算コードである。主な特色は次に示すようなものである。

- (1) Moody 臨界流量⁽¹²⁾に対する放出係数 C_D に実験から定められたクオリティ x の影響を加えた関係式

$$C_D = 0.57 + \frac{0.002}{x}$$

を用いることができる。

- (2) 未飽和、低クオリティ二相臨界流量には Zaloudek⁽¹³⁾の結果を用い、飽和域の C_D を付加したMoody 臨界流量になめらかに接続する。
- (3) 高クオリティ域での臨界流量はMoody 臨界流量と蒸気音速から決まる臨界流量のどちらか大きいほうで与えることができる。これを適用するクオリティ域は入力で与えるが、 $x \geq 0.8$ が推奨値である。
- (4) 気泡離脱速度にWilson⁽¹⁴⁾の実験式を用いることができる。
- (5) 気水分離モデルの適用は流動状態に応じて自動的に選択されるようにすることができる。

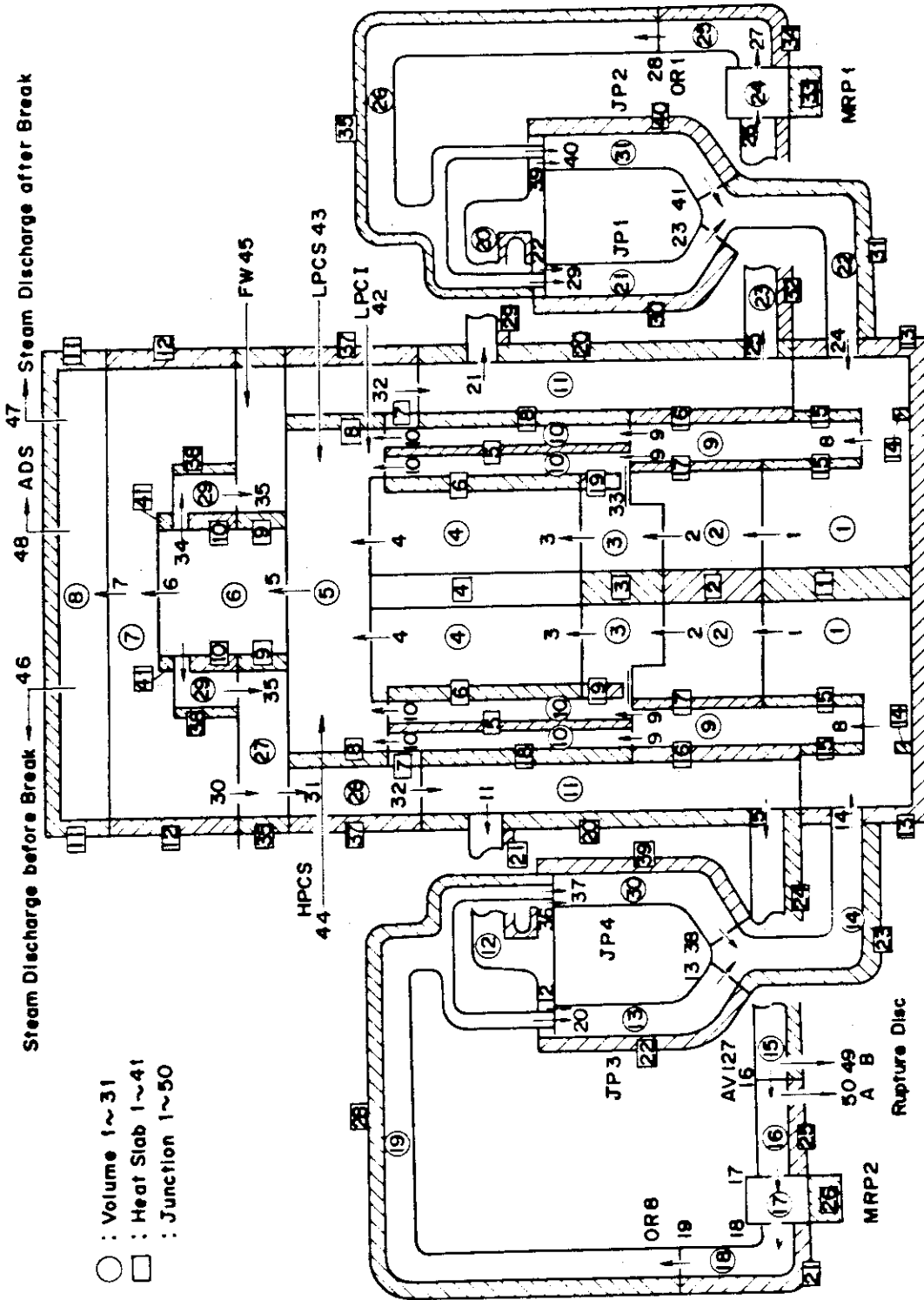


Fig. 4.1 Node Junction Representation of ROSA III

Table 4.1 Description of Volumes

Volume	Description
1	Lower plenum below tie grid
2	Lower plenum above tie grid
3	Core inlet chambers
4	Core
5	Upper plenum
6	Steam separator
7	Upper head
8	Steam dome
9	Guide tube simulator
10	Bypass
11	Downcomer
12	Broken loop jet pump suction line
13	Broken loop jet pump 3
14	Broken loop jet pump discharge line
15	Broken loop recirculation pump suction line, vessel side
16	Broken loop recirculation pump suction line, pump side
17	Broken loop recirculation pump
18	Broken loop recirculation pump discharge line
19	Broken loop jet pump drive line
20	Intact loop jet pump suction line
21	Intact loop jet pump 1
22	Intact loop jet pump discharge line
23	Intact loop recirculation pump suction line
24	Intact loop recirculation pump
25	Intact loop recirculation pump discharge line
26	Intact loop jet pump drive line
27	Feed water inlet space
28	Upper downcomer
29	Steam separator downcomer (not used)
30	Broken loop jet pump 4
31	Intact loop jet pump 2

Table 4.2 Description of Junctions

Junction	from	to	Description
1	1	2	Lower plenum tie grid
2	2	3	Core inlet orifice
3	3	4	Lower tie plate
4	4	5	Upper tie plate
5	5	6	Steam separator inlet
6	6	7	Steam separator outlet
7	7	8	Steam dryer simulator
8	1	9	Guide tube simulator inlet
9	9	10	Bypass inlet
10	10	5	Bypass outlet
11	11	12	Outlet from downcomer to broken loop jet pump suction
12	12	13	Broken loop jet pump 3 suction
13	13	14	Broken loop jet pump 3 delivery
14	14	1	Broken loop recirculation flow inlet to lower plenum
15	11	15	Outlet from downcomer to broken loop recirculation pump
16	15	16	Quick shutoff valve
17	16	17	Broken loop recirculation pump suction
18	17	18	Broken loop recirculation pump delivery
19	18	19	Broken loop recirculation line flow resistance simulation orifice
20	19	13	Broken loop jet pump 3 drive nozzle
21	11	20	Outlet from downcomer to intact loop jet pump suction
22	20	21	Intact loop jet pump 1 suction
23	21	22	Intact loop jet pump 1 delivery
24	22	1	Intact loop recirculation flow inlet to lower plenum
25	11	23	Outlet from downcomer to intact loop recirculation pump
26	23	24	Intact loop recirculation pump suction
27	24	25	Intact loop recirculation pump delivery
28	25	26	Intact loop recirculation line flow resistance simulation orifice
29	26	21	Intact loop jet pump 1 drive nozzle
30	7	27	Upper head
31	27	28	Upper downcomer inlet
32	28	11	Downcomer inlet

Table 4.2 Description of Junctions (Cont'd)

Junction	from	to	Description
33	3	10	Flow path from core inlet chamber to bypass
34	6	29	Steam separator outer cylinder inlet, (not used)
35	29	27	Steam separator outer cylinder outlet, (not used)
36	12	30	Broken loop jet pump 4 suction
37	19	30	Broken loop jet pump 4 drive nozzle
38	30	14	Broken loop jet pump 4 delivery
39	20	31	Intact loop jet pump 2 suction
40	26	31	Intact loop jet pump 2 drive nozzle
41	31	22	Intact loop jet pump 2 delivery
42	0	5	LPCI (not used)
43	0	5	LPCS (not used)
44	0	5	HPCS (not used)
45	0	27	Feed water inlet
46	8	0	Steam discharge before break
47	8	0	Steam discharge after break
48	8	0	ADS (not used)
49	15	0	Break plane vessel side
50	16	0	Break plane pump side

Table 4.3 Description of Heat Slabs

Heat slab	Description
1	Lead rods in lower plenum below tie grid
2	Lead rods in lower plenum above tie grid
3	Lead rods in core inlet chambers
4	Heater rods
5	Control rod simulator
6	Channel box wall
7	Upper downcomer wall between bypass and upper downcomer
8	Upper downcomer wall between upper plenum and upper downcomer
9	Steam separator wall below bottom of steam separator outer cylinder
10	Steam separator wall between steam separator and steam separator downcomer
11	Steam dome wall
12	Upper head wall
13	Lower plenum wall
14	Lower support structure in lower plenum below tie grid
15	Lower support structure between lower plenum below the grid and guide tube simulator
16	Downcomer wall between downcomer and guide tube simulator
17	Lower support structure between guide tube simulator and lower plenum above tie grid
18	Downcomer wall between downcomer and bypass
19	Core inlet chamber wall
20	Vessel side downcomer wall
21	Broken loop jet pump suction line pipe wall
22	Broken loop jet pump 3 wall
23	Broken loop jet pump discharge line pipe wall
24	Vessel side broken loop recirculation pump suction line pipe wall
25	Pump side broken loop recirculation pump suction line pipe wall
26	Broken loop recirculation pump casing
27	Broken loop recirculation pump discharge line pipe wall
28	Broken loop jet pump drive line pipe wall
29	Intact loop jet pump suction line pipe wall
30	Intact loop jet pump 1 wall
31	Intact loop jet pump discharge line pipe wall

Table 4.3 Description of Heat Slabs (Cont'd)

Heat slab	Description
32	Intact loop recirculation pump suction line pipe wall
33	Intact loop recirculation pump casing
34	Intact loop recirculation pump discharge line pipe wall
35	Intact loop jet pump drive line pipe wall
36	Feed water inlet space wall
37	Vessel side downcomer wall
38	Steam separator outer cylinder
39	Broken loop jet pump 4 wall
40	Intact loop jet pump 2 wall
41	Steam separator wall between steam separator and upperhead

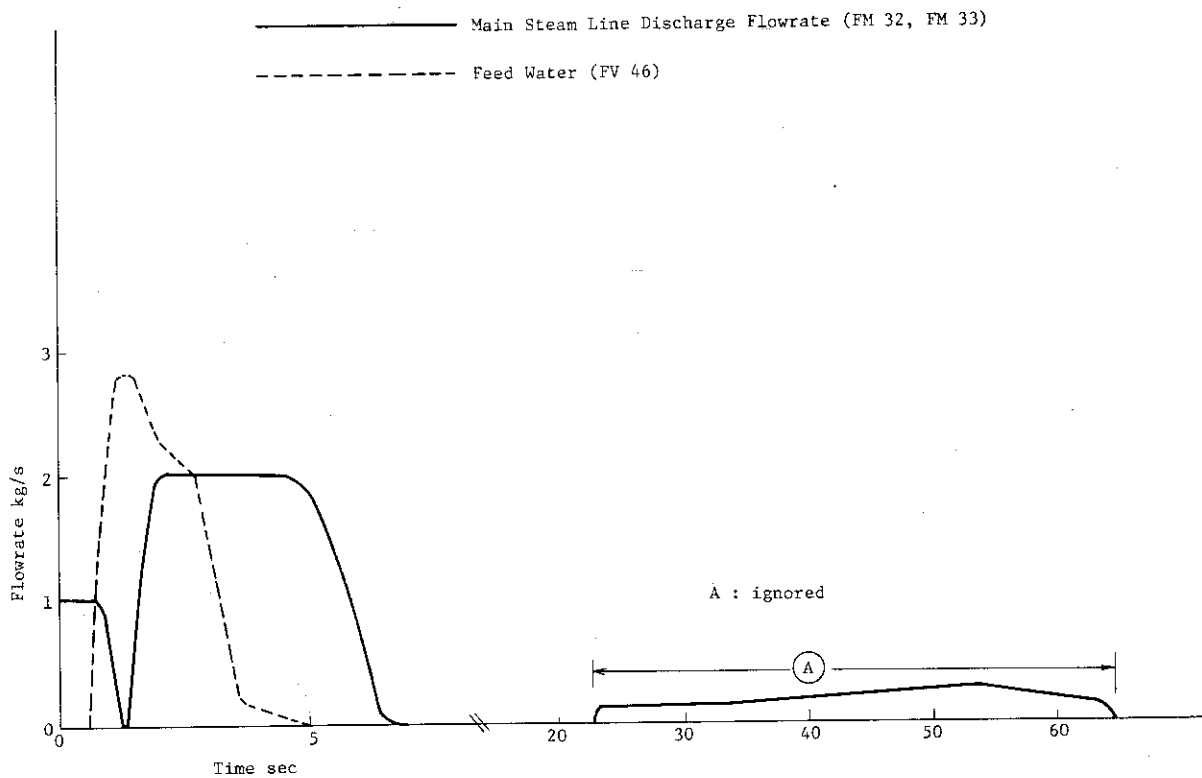


Fig. 4.2 Feed Water and Steam Discharge Flow Rate used in Analysis

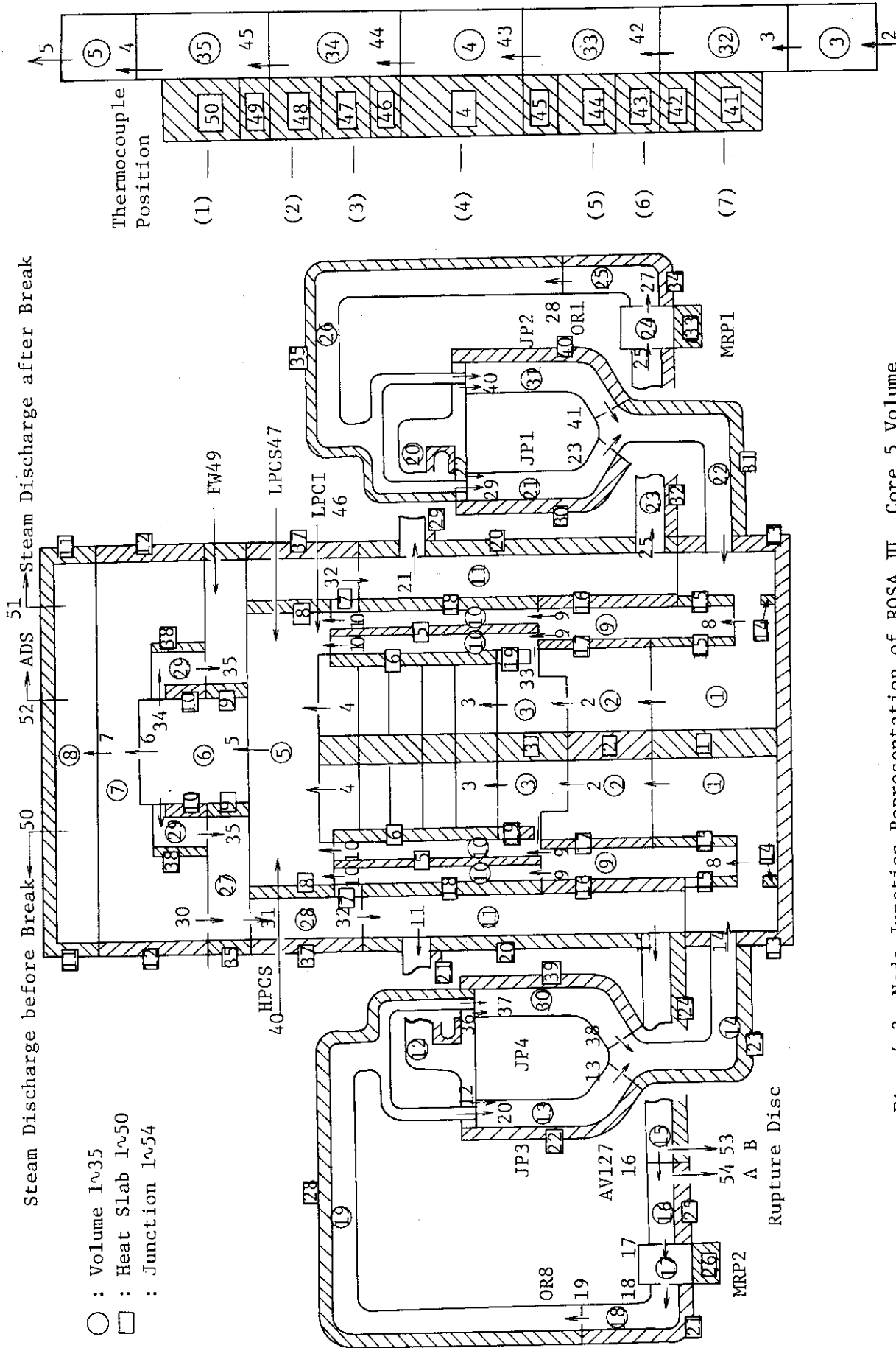


Fig. 4.3 Node Junction Representation of ROSA III, Core 5 Volume

Detail Drawing
in Core

5. 計算結果とその考察

実験 RUN 702 の結果と、RELAP4J による計算結果との比較検討を行なう。

まずはじめに予測解析との比較を行う。次に、RELAP4J を POSAⅢ に適用する場合の諸条件の影響を実験データとの対比を通して調べる。次に、実験 RUN 702 の主なデータと RELAP 4 J による計算結果との比較検討を行なう。

5.1 予測解析結果と実験結果との比較

実験前に実験条件を基に実験 RUN 702 の予測解析を行なった⁽⁷⁾。しかしながら、3章で触れたように、機器の条件設定の誤りや誤動作により、実際の実験条件は本来の実験条件とずれたものになった。そこで、RELAP4J の計算諸条件の選択の方法については実験前予測解析と同一にし、実際の実験条件を用いて実験後予測解析を行なった。これを以後ケース 1 と呼ぶことにする。実験前予測解析の入力データに対し、実際の実験条件で修正した点は、

- ① 圧力分布 : 4.1 節参照
- ② 温度分布 : 4.1 節参照
- ③ 炉心発熱量 : 図 4.2 の値を用いた。4.1 節参照。
- ④ 給水流量 : 図 4.2 の値を用いた。4.1 節参照。
- ⑤ 蒸気放出流量 : 図 4.2 の値を用いた。
- ⑥ 破断時刻 : ポンプ側破断口からは 0 秒で放出開始、圧力容器側破断口からは 9.7 秒で放出開始。
- ⑦ 急速遮断弁は全期間開。
- ⑧ 流量分布 : 4.1 節参照。

池の条件は実験前予測解析と同一にした。その主なものは以下のとおりである。

- (1) 飽和二相臨界流量は Moody の式による臨界流量と慣性流運動方程式による流量のうちの小さいほうとする。また、Moody 臨界流量に対する放出係数

$$C_D = 0.57 + \frac{0.002}{x} \quad (5.1)$$

の関係式は放出口に薄刃オリフィスを用いた場合のものである。これを両破断口 (ジャンクション 49, 50) に適用する。

- (2) 未飽和、低クオリティ二相臨界流量には、望月らによって修正された Zaloucleck の飽和水臨界流量式

$$G_C = C C_0 \sqrt{2 \rho_l (P_1 - P_B)} \quad (5.2)$$

$$P_B = C_B P_{sat}$$

$$1/C^2 = 1 + K_a - 1 / \left(\frac{A_1}{C_0 A_0} \right)^2$$

$$K_a = 0.45 \quad C_o \leq 0.622$$

$$K_a = 7.5 \times 10^{-4} / (C_o - 0.605)$$

G_c : 流量, C : 流量係数, C_o : 縮流係数, ρ_l : 液体密度

P_1 : 上流圧力, P_B : 背圧, C_B : 背圧係数, P_{saf} : 上流飽和圧力

A_1 : 上流流路面積, A_o : オリフィス最小断面積, K_a : オリフィス縮流部加速圧力損失係数

を適用し, クオリティが0.05以下で Moody の飽和二相臨界流量になめらかに接続するようにする。式(5.2)中の背圧係数 C_B は望月らの推奨値 0.4 を用いる。

(3) クオリティが 0.8 以上での臨界流量は Moody 臨界流量と蒸気音速から決まる臨界流量のどちらか大きいほうで与える。

(4) 水位形成モデルを上部ヘッド (V7), 蒸気ドーム (V8), ダウンカム (V11), 上部ダウンカム (V28) に適用し, 水面下の気泡密度勾配は 0.8 とし, 水面からの気泡離脱速度には Wilson の実験式を用いる。

ケース 1 による下部プレナム圧力の計算結果と実験値を図 5.1 に示す。計算値と実験値の一致は悪い。

これを基に, 主として圧力変化過程に注目し, RELAP4J を ROSA III に適用する場合の諸条件の影響を見つつ, 合計 41 ケースの計算を行なった。そのうち主なもの 10 ケースを以下で扱う。表 5.1 はその各計算ケースの主な条件を表にまとめたものである。

以下の 5.2 節~5.6 節で各計算ケースに対し検討を加える。なお, ケース 1~ケース 9 は図 4.1 に示すノーディング法により, ケース 10 は図 4.3 のノーディング法による。

5.2 低クオリティ臨界流量の影響 : ケース 2, ケース 3

図 5.2 にポンプ側破断口直前での流体温度の測定値とその位置における圧力測定値に対する飽和温度を示す。破断口直前では破断後 1 秒もしないうちに流体は飽和状態となっていることが理解される。この破断直後の時間帯の流れは未飽和水低クオリティ流体流出状態である。

Henry⁽¹⁵⁾ はクオリティが 0.1 以下においては, オリフィス, 短管路に対する臨界流量は熱平衡モデルでは過小評価となることを指摘している。

RELAP4J では, これを修正することを目的とし, Zalouckek のデータを基にした, 未飽和水および飽和水の臨界流量を与える式, 式(5.2)を導入している。

これに対し, Fauske⁽¹⁶⁾ は, シャープエッジのオリフィスのような短管路から飽和水が流出する場合の臨界流量は, 非圧縮性液体単相流の流出と同様に扱え, 次式

$$G_c = 0.61 \sqrt{2 \rho_l (P_1 - P_2)} \quad (5.3)$$

G_c : 臨界流量

ρ_l : 液体密度

P_1 : 上流圧力, P_2 : 出口側圧力

で表わせるとしている。早田⁽⁹⁾ はこれを RELAP4J に組み入れ, 未飽和水, 低クオリティ臨界流量を Fauska の式で与えられるようにした。

ケース2は、未飽和水、低クオリティ臨界流量に Fauska の式を用いたものである。出口圧力は、図 3.5 の破断口オリフィス下流側の圧力より、この式の適用されると考えられる破断後初期の値をとり、2.3 MPa とした。他の条件はケース1と同一である。

式(5.2)の臨界流量を与える式の中の指圧係数 C_B はかなり任意性の高い値である。そこで、 $C_B = 0.2$ (ケース1では $C_B = 0.4$) とし、他はケース1と同じにした場合がケース3である。

なお、ケース1の場合、式(5.2)は、

$$G_c = 0.56 \sqrt{2\rho_l(P_1 - P_B)}, P_B = 2.2 \text{ MPa} \quad (5.4)$$

となり、ケース3の場合は

$$G_c = 0.56 \sqrt{2\rho_l(P_1 - P_B)}, P_B = 1.1 \text{ MPa} \quad (5.5)$$

となる。

図 5.3 はケース1とケース2の、図 5.4 はケース1とケース3の下部プレナム圧力の計算値の比較である。また、図 5.5 と図 5.6 はケース1とケース2 および、ケース1とケース3のポンプ側破断口からの流出流量計算値の比較である。図 5.6 にはケース1の場合のポンプ側破断口クオリティも同時に示されている。以上より明らかなように、破断直後の流出流量に多少の違いはあるものの、減圧過程全体を通しての圧力の計算値には、ケース1、ケース2、ケース3相互の差はほとんどないと言える。すなわち、未飽和水および低クオリティ流出状態は破断直後のごく短時間の状況であるため、式(5.3)、式(5.4)、式(5.5)のいずれを用いても、圧力計算の全体に与える影響は小さいと言える。なお、流出流量の測定ができていないため、実験値と計算値の比較はできない。

ここで一つ注意すべきことは、式(5.2)内不確定変数の背圧係数 C_B である。RELAP4J では推奨値として 0.4 としているが、この場合、式(5.4)となり、Fauske が単相流と同等の扱い方をして導いた臨界流量の式(5.3)と酷似していることである。すなわち、背圧係数 C_B は背圧 P_B が破断口の出口圧力となるよう入力を与えるべきであることを暗示していると言えよう。

5.3 高クオリティの流出流量計算法の影響 : ケース4

ケース1の圧力計算値(図5.1)は30秒付近から実験値とは異なった傾向となる。

図 5.7 はケース1の圧力容器側破断口ジャンククオリティ(JX49)の計算値である。30秒過ぎてからの不一致の一因は、高クオリティ域流出流量計算法にあると推測される。

ケース1では、4.3節に示したRELAP2Jの特色を生かし、クオリティが0.8以上ではMoodyの臨界流量と蒸気音速から決まる臨界流量のどちらか大きいほうで臨界流量を与えるようにしている。しかしながら、臨界流の考え方として、大きいほうを臨界流量として採用することには幾分か疑問が生じる。

ケース4として、クオリティが0.8以上でもMoodyの臨界流量を適用する計算を行なった。他の条件はケース1と同一である。

図 5.8 はケース1とケース4及び実験での下部プレナム圧力である。図 5.9 はケース1、ケース4の圧力容器側破断口からの流出流量の計算値である。

40秒過ぎからの破断口からの流出流量はケース4はケース1に比べて減少しており、それに

対応して圧力は高めに計算され、実験の傾向に近づいている。

実験において流出流量が測定できていないため、計算値と直接比較して結論を導くことはできないが、以上より4.3節でRELAP4Jの特色として挙げた高クオリティ臨界流量計算手段は採用しないほうがよいことがうかがえる。破断口からの流出流量の測定が切望される。

5.4 水位形成モデル適用の影響 : ケース5, ケース6

予測計算, ケース1では, Wilson の気泡離脱速度を併用した水位^(注)形成モデルを, 上部ヘッド(V7), 蒸気ドーム(V8), ダウンカム(V11), 上部ダウンカム(V28)に適用した。これは, 上部ヘッド, 上部ダウンカムには初期状態において水位が形成されていること, ダウンカムでは破断口へ向って再循環ポンプ吸込口へ通じるダウンカム出口ノズルを通して流体が流出していく過程で, ダウンカム内に水位が現出するであろうという考えに基づいている。図5.10はダウンカム水位^(注)の実験値とケース1での計算値である。実験でも明らかにダウンカム内に水位が存在していることがわかる。

ところで, 図5.11(a)は下部プレナム内水位の測定値である。図5.11(b)は下部プレナム内EL=913mm位置の触針式ボイド計の出力信号を例示したものである。図中に示すように水, 水-蒸気2相, 蒸気各状態を判定し, 図5.11(a)を描いた。明らかに水位の存在することがわかる。GEが行なったTLTA⁽¹⁸⁾実験でも, 下部プレナム内に水位が形成されるという同様な結果を得ている。この水位の存在の有無は系の圧力変化過程を計算するに際し重要な要素と考えられる。すなわち下部プレナム内流体がジェットポンプを逆流して, また炉心を通して, 破断口より流出していくに際し, 低クオリティの流体として流出していくか高クオリティの流体として流出していくかは, 圧力容器内残存水量と破断口流出流量に大きな影響を与え, 減圧速度が異なってくるからである。

図5.12はガイドチューブ内水位の測定値である。ここにも水位が存在していることがわかる。図5.13は燃料棒表面温度の軸方向温度分布を示したものである。上方の2点は10秒で表面はドライアウトし表面温度は上昇していくのに対し下位ではこれらの時刻には表面温度上昇は見られない。また, 燃料棒表面は1度rewetした後, 上方から順に32秒から59秒にかけて再び表面はドライアウトし表面温度は上昇していく。このことは炉心内下部は低クオリティ流体で満たされており, 上部は蒸気が充満している状態となっていることを暗示している。以上より, 圧力容器内他の部分にも水位が形成されていることが推察できる^(注)。

そこで, 5.3節の結果を踏まえてケース4に加えるに, ケース5では下部プレナム(V1)に水位形成モデルを適用した計算を, またケース6では更に圧力容器内全ボリューム(タイグリッドより上方の下部プレナムV2, 炉心入口チャンバV3, 炉心V4, 上部プレナムV5, 気水分

(注) 水位が存在することは, 体積要素内上方に蒸気層が存在し, 下方に気泡と水の混合流体が存在する状態を言い, 蒸気層と気泡, 水混合流体層の境を水位と言っている。明確な気液界面が存在する状態でないことに注意されたい。

(注) 圧力容器内各体積要素は, 障害物などによって絞られた入口, 出口の流路と, 比較的広い流路断面積を持った空間とによって形成されている。

離器 V6, ガイドチューブ V9, バイパス V10) に水位形成モデルを適用した計算を行なった。それぞれ他の条件はケース 4 と同一である。

図 5.14 はケース 5 の, 図 5.15 はケース 6 の下部プレナム圧力の計算値と実験値を比較したものである。図 5.8 と比べると下部プレナムに水位を考えたことによる計算値の改善は大きいと言える。更に圧力容器内全ボリュームに水位の形成を考えたケース 6 では, 一層よい実験との一致が見られる。また, ケース 5 とケース 6 の比較から, 下部プレナムに水位の形成を適用することが最も重要と言える。以上より, RELAP4J を ROSAⅢ に適用するには圧力容器内全ボリュームに Wilson の気泡離脱速度を併用した水位形成モデルを適用することが肝要と言える。

図 5.16 は破断ループ側ジェットポンプから下部プレナムへの流量 (JW14), 図 5.17 はその流れのクオリティをケース 4 とケース 6 について比較したものである。図 5.18, 図 5.19 は同様に, 健全ループ側ジェットポンプから下部プレナムへの流量 (JW24) とその流れのクオリティを比較したものである。

また, 図 5.20 はダウンカム内クオリティをケース 4 とケース 6 について比較したものである。図 5.21 はケース 6 の下部プレナム内水位の計算値である。

18 秒過ぎに注目してみよう。図 5.16 に示す流量は, 下部プレナムから破断ループ側ジェットポンプを逆流し, サクション部を経てダウンカムを通り破断口から流出する流れと, ジェットポンプから破断ループ側ジェットポンプ駆動ノズルを逆流して破断口から流出していく流れの合計を表わしている。また, 図 5.18 (JW24) は下部プレナムから, 健全ループ側ジェットポンプを逆流してダウンカムを経て破断口から流出する流れを表わしている。ところで, ケース 6 では図 5.21 の下部プレナム水位の変化から次のことがわかる。すなわち水位が低下し, ジェットポンプから下部プレナムへの入口ノズル位置に達すると, 破断ループ側, 健全ループ側各ジェットポンプへの逆流の流れのクオリティは上昇することである。それ故, 図 5.16, 図 5.18 に示すように, ケース 4 に対し, ケース 6 では下部プレナムからの流出量は減少する。また, ダウンカム内クオリティもケース 6 ではケース 4 より大きくなる。

以上の理由により, 図 5.22, 図 5.25 に示す各破断口の流れのクオリティはケース 4 に対しケース 6 では高くなり, 流出流量は図 5.24, 図 5.25 に示すように減少する。

それ故, 圧力容器内各ボリュームに水位形成モデルを適用した計算ケース 6 ではケース 4 に比べると, 30 秒程度までは高クオリティ流体が流出するため体積流量大となり減圧率は大となるが, その後残存水量が大となるため減圧率は押えられる。なお, 圧力の減少速度は流出流量 (体積流量) と蒸気発生量とによって基本的には左右される。流出流量については測定値がなく, 直接の比較はできない。間接的ではあるが, 圧力の計算値の比較から見るかぎりにおいては, ケース 4 に対し, ケース 6 のほうが, より実際に近い計算をしていると考えられる。

図 5.26 は炉心入口の, 図 5.27 は炉心出口の流量を, また図 5.28 は炉心出口クオリティをケース 4 とケース 6 について比較したものである。ケース 6 ではケース 4 に比べ 20 秒過ぎでも炉心出口では正流が維持されており, 炉心内に水位を考えたことにより, 炉心出口は蒸気流となり, ダウンカム内クオリティ, 延いては破断口クオリティの上昇に寄与している。しかしながら, 前述の下部プレナムからジェットポンプへの逆流流量の変化の度合いに比べ, その寄与の度合は小さい。

以上より、RELAP4JをROSAⅢに適用する場合に、压力容器内特に下部プレナムに水位計算モデルを適用することは圧力変化過程すなわち、流出流量を正しく計算するための重要な因子であると言える。

5.5 破断口流出抵抗, ジェットポンプ吸込側逆流抵抗の影響 : ケース7, ケース8

破断口からの流出流量の計算に際し、破断口における圧力や比容積などの状態の変化が流量の計算に与える影響を見るため、破断口の流出抵抗, 形状損失係数 K_f , を変えた計算を行なった。ほとんどの時間帯で流れは臨界流状態であるが、運動方程式を解く上で、形状損失係数 K_f を変えたことにより、ジャクソン(破断口)圧力は影響を受け、比容積やジャクソンクオリティは変化し臨界流量の計算値も変化する。

破断口における K_f は、ケース1~ケース6では幾何学的形状から計算によって求めている。压力容器側破断口では、压力容器から破断口に至るまでの管路のうち破断口側の半分のみを考え Idelchik⁽¹⁹⁾, 機械工学便覧⁽²⁰⁾を参考にし、管路中のエルボ, オリフィスの圧力損失係数の総和を求め、ジャクソンの形状損失係数にした。すなわち、この管路の配管径は2インチであり、エルボが2個, 45°ベンドが1つと26.2mmφのオリフィスが1つある。従って、流路断面積 A_0 が2インチ管相当 ($1.923 \times 10^{-3} \text{m}^2$)での損失係数は K_0 。

$$K_0 = 0.24 \times 2 + 0.14 + 21 = 21.62$$

となり、ジャクソン面積 A_J $0.5389 \times 10^{-3} \text{m}^2$ に対する形状損失係数 K_f に換算しなおすと、

$$K_f = 21.62 \times (A_0/A_J)^2 = 1.698$$

となる。

同様に、ポンプ側破断口ではエルボが5個とオリフィスがあることにより、

$$K_f = 1.743$$

となる。

これらの K_f は実際に測定されたものではなく、不確定要素を含んだ値である。そこで、試みとして、これらの形状損失係数を小さくした場合(50%)、すなわち、压力容器側形状損失係数を $K_f = 0.849$ (A_J 当りの値)、ポンプ側形状損失係数 $K_f = 0.872$ (A_J 当りの値)とした場合をケース7として、計算を行なってみた。他の条件はケース6と同じである。

図529はケース7の下部プレナム圧力計算結果と実験値を比較したものである。また、図530はポンプ側破断口流出流量についてケース6とケース7の計算結果を比較したものである。図から明らかなように、破断口からの流出流量の値についてはケース6とケース7では際立った差異はないものの、圧力の計算値については図515に示すケース6の場合に比べ、破断口から30秒ほどの間の実験との一致の度合はわずかによくなっている。

次に、ケース8として、ジェットポンプ吸込部の逆流形状損失係数の影響を見る計算を行なってみた。

図2.7に示すように、ROSAⅢで用いているジェットポンプのサクション部分は実炉で用いているジェットポンプに比べ特殊な構造をしている。そこで、ケース1~ケース7ではこのジェッ

トポンプ吸込部逆流時形状損失係数は以下のように考えた。この管路の形状は図 5.31(a)のようになっている。これを、ジェットポンプ部、レジューサ部、エルボ部、チーズ部と分けて考えた。ジェットポンプ部は同図中(b)のようにモデル化した。それぞれの部分における損失係数と流速を定義する基準面積は、

ジェットポンプ部	$K_1 = 1.0$	$A_1 = 1.158 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
レジューサ	$K_2 = 0.13$	$A_2 = 1.158 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
エルボ	$K_3 = 1.13$	$A_3 = 1.158 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
チー	$K_4 = 1.25$	$A_4 = 3.047 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

である⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾。ジェットポンプ吸込部ジャンクション面積は $A_J = 0.8374 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ であって、またチーズの基準面積部 A_4 における流量はジャンクション流量の 2 倍であるから、結局、逆流時のジャンクション形状損失係数 K_{fR} は、

$$K_{fR} = K_1 \left(\frac{A_1}{A_J} \right)^2 + K_2 \left(\frac{A_2}{A_J} \right)^2 + K_3 \left(\frac{A_3}{A_J} \right)^2 + 4 K_4 \left(\frac{A_4}{A_J} \right)^2 = 1.763$$

となる。

このジェットポンプ吸込部の逆流時の形状損失係数は、下部プレナム内からこの部分を通りダウンカムを通過して破断口から流出していく流れを計算するに際し、大きな影響を持つと考えられる。上記の K_{fR} の算出方法、特に、ジェットポンプ部の損失係数の求め方にはかなりの不確定性があると考えられる。そこで、ケース 8 では試みに破断側、健全側両ジェットポンプ吸込部の逆流形状損失係数を幾何形状より求めた上記の値より大きくとった場合（5 倍）、すなわち

$$K_{fR}' = 8.815$$

とした計算を行なってみた。これは、流動抵抗を大きくすることによりジェットポンプサクション部逆流流量、すなわち下部プレナムからジェットポンプ吐出側への逆流流量を押えることを意味する。他の条件はケース 6 と同一にした。

図 5.32 はこの場合の下部プレナム圧力計算値を実験値と比較したものである。図 5.15 に示してあるケース 6 の場合に比べ 30 秒付近までの実験値との一致は良い。図 5.33 は破断側の、図 5.34 は健全側のジェットポンプ吸込部の流量を、また図 5.35 は、ポンプ側破断口からの流出流量をケース 6 とケース 8 について比較したものである。ジェットポンプ吸込部の逆流流量は、形状損失係数を大きくしたことにより、ケース 8 ではケース 6 に比べ、小さい。これによって破断口への低クオリティ流体の流れが減少し、下部プレナムから炉心を通して破断口に到る高クオリティ流体の流れが増え、破断口クオリティはその分上昇し流出流量は減少するが体積流量は増加する。以上の理由により、ケース 8 の圧力変化はケース 6 に比べ 0 秒から 30 秒に分けて実験値との一致が若干改善されている。

ケース 7 とケース 8 の計算から、破断口の形状損失係数を幾何形状から計算された値より小さく見積った場合、また、ジェットポンプ吸込部の逆流時形状損失係数を幾何形状から計算された値より大きく見積った場合、圧力の計算値と実験値との一致は改善されるという結果を得た。上記の件は、形状損失係数の測定が ROSA III 実験装置に対してはなされていない現在、形状損失係数選択の妥当性の確認のすべはない。しかしながら、間接的とは言えるが、圧力の計算値と実験値の一致が改善されるという意味においては、これらの形状損失係数の値は RELAP4J の入力デ

ータとしては、より望ましい値と言えよう。また、実際に測定による確認の必要性があると伴に、より普遍的な形状損失係数算出法の確立ならびにより多くの実測が望まれる。

5.6 RELAP4J 諸条件選択に関する結論 : ケース9

本章の目的は、予測計算(ケース1)の結果と実験値との比較から始まり、計算値と実験値との不一致の原因をさぐりつつ、RELAP4JをROSA III実験装置に適用する場合の諸条件の影響を調べ、ROSA III実験の圧力変化を最もよく表現できるRELAP4Jのインプットデータを見つけ出すことであった。ケース1からケース8までの計算から上記の目的は一応達成された。

RELAP4Jを現在のノーディング法でROSA III実験装置に適用する場合の最良の入力データとして以下の結論を得た。

- ① 未飽和水、低クオリティ臨界流量の計算式に、望月らによって修正されたZaloudekの式を用いた場合とFauskeの式を用いた場合では計算結果に大きな差異はない。RELAP4Jの特色であるZaloudekの式を用いる。

背圧係数 C_B の選択は破断口下流側の状態によって左右される。ROSA IIIで破断口下流に急速凝縮器を使用している場合には $C_B = 0.4$ でよい。

- ② RELAP4Jでは、クオリティ x が $x \geq 0.8$ の臨界流量はMoodyの式による臨界流量と蒸気音速から決まる臨界流量の大きいほうとするのがよいとしているが、 $x = 1$ まで臨界流量の計算にはMoodyの式のみを適用するのがよい。
- ③ Wilsonの気泡離脱速度を併用した水位計成モデルを圧力容器内全ボリュームに適用する。
- ④ 破断口の形状損失係数は、試みとして幾何学的形状から算出される値より小さくすると圧力の計算値と実験値の一致は若干改善される。例として $K_f = 0.849$ を用いた。

また、ジェットポンプ吸込部の逆流時の形状損失係数は幾何学的形状より算出される値より大きくすると圧力の計算値と実験値の一致は若干改善される。一例として $K_{fR} = 8.815$ を用いた。

以上を基に、予測計算(ケース1)に対し修正を施しRELAP4JのROSA III実験に対する入力データの最終形態をケース9として計算を行なった。付録1にその入力データリストを示す。図5.3は下部プレナム圧力の計算値と実験値の比較である。計算値と実験値の一致の度合は満足できる状態にあると言える。

次章において、ケース9の計算結果と各実験データの詳細な検討を行なう。

Table 5.1 Calculation Condition

Case No.	Conditions			High Quality Critical Flow Model
	Critical Flow Model	Mixture Level Option with Wilson VB		
1	Zaloudek -Moody	Volume 7, 8, 11, 28		used
2	Fauske -Moody	↓		used
3	Zaloudek -Moody	↓	$C_B=0.2$	used
4	↓	↓		not used
5	↓	Volume 1, 7, 8, 11, 28		↓
6	↓	Volume 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 28		↓
7	↓	↓	J49, J50 $k_f=0.849$	↓
8	↓	↓	J12, J22, J36, J39 $K_{FR}=8.815$	↓
9	↓	↓	J49, J50 $k_f=0.849$ J12, J22, J36, J39 $K_{FR}=8.815$	↓
10	↓	↓	5 Core Volumes and 10 Core Heat Slabs	↓

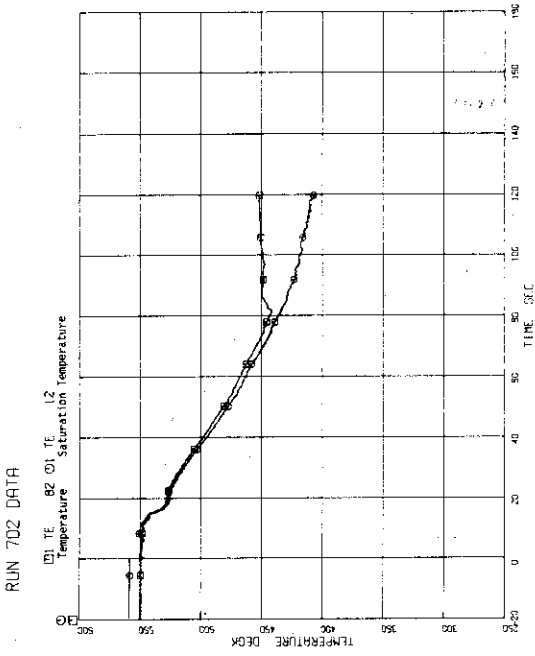


Fig. 5.2 Fluid Temperature and Saturation Temperature at the Upstream of Pump Side Break Plane.

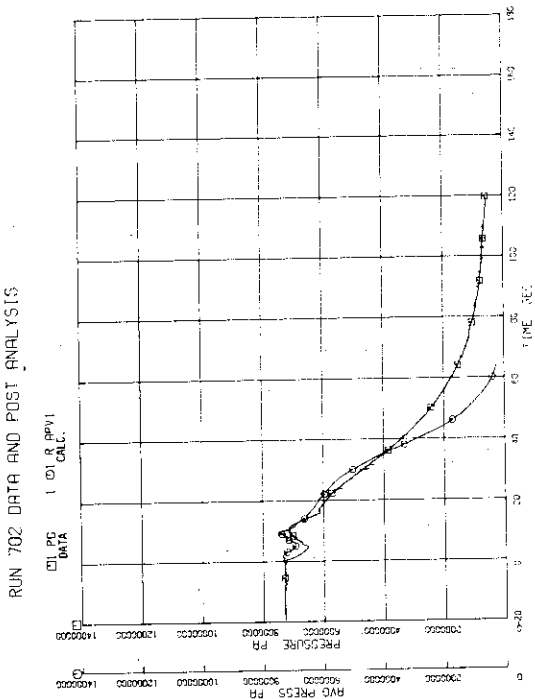


Fig. 5.1 Lower Plenum Pressure, Data and Case 1

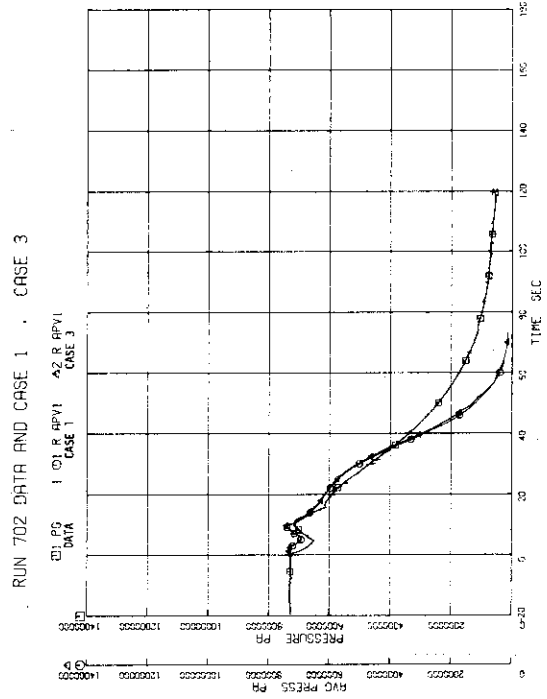


Fig. 5.4 Lower Plenum Pressure; Data, Case 1 and Case 3.

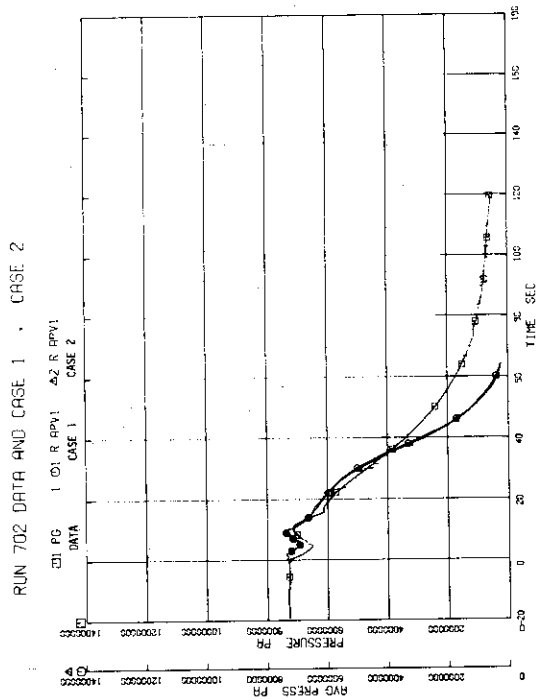


Fig. 5.3 Lower Plenum Pressure; Data, Case 1 and Case 2.

RUN 702 DATA AND CASE 1 CASE 3

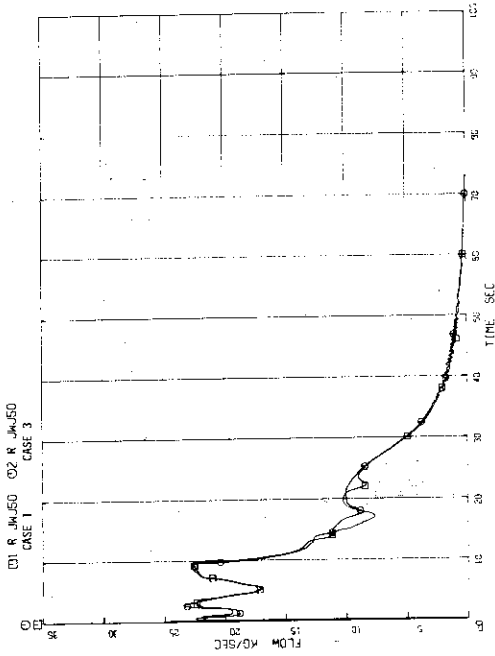


Fig. 5.6 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 1 and Case 3.

RUN 702 DATA AND CASE 1 CASE 2

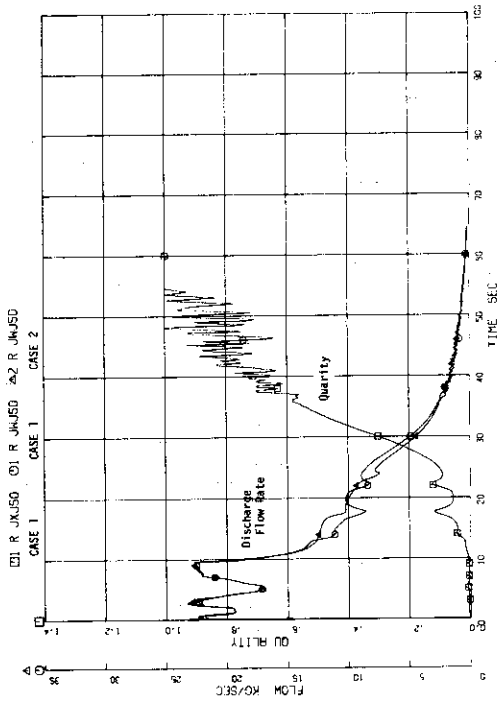


Fig. 5.5 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 1 and Case 2.

RUN 702 DATA AND CASE 1 CASE 4

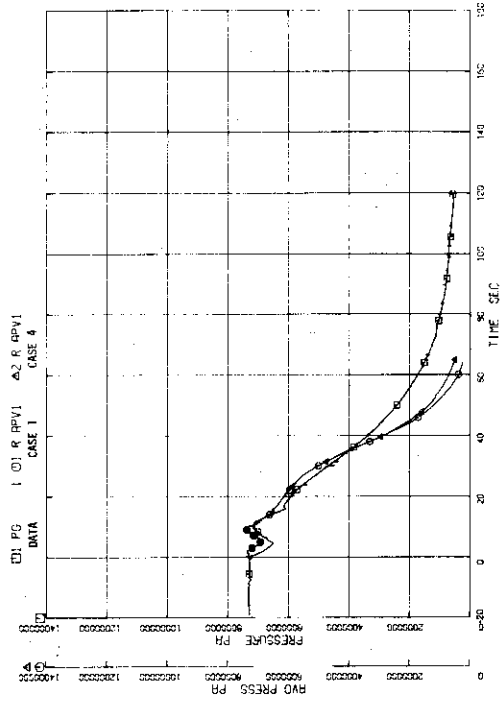


Fig. 5.8 Lower Plenum Pressure; Data, Case 1 and Case 4.

RUN 702 DATA AND CASE 1 CASE 2

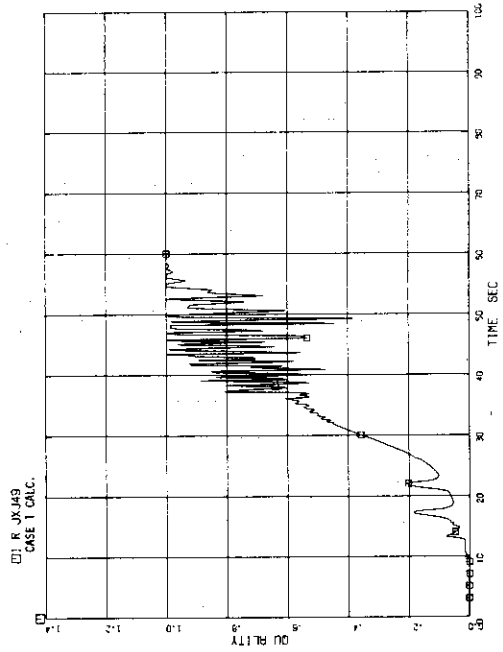


Fig. 5.7 Junction Quality at Pump Side Break Plane, Case 1.

RUN 702 DATA AND POST ANALYSIS

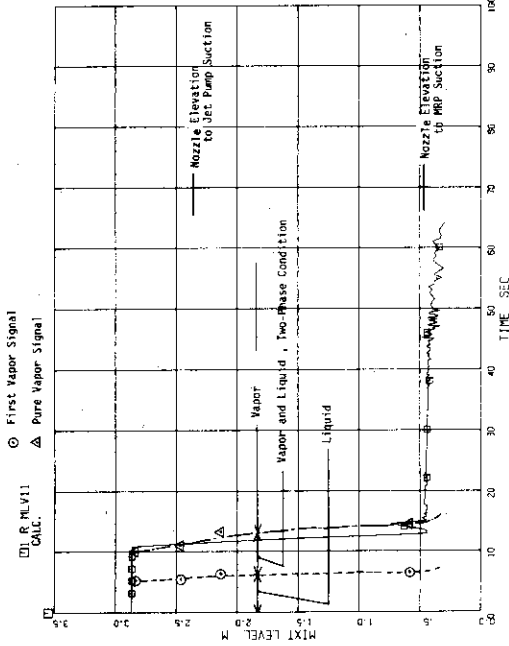


Fig. 5.10 Measured and Case 1 Calculated Mixture Level in Downcomer.

RUN 702 DATA AND CASE 1, CASE 4

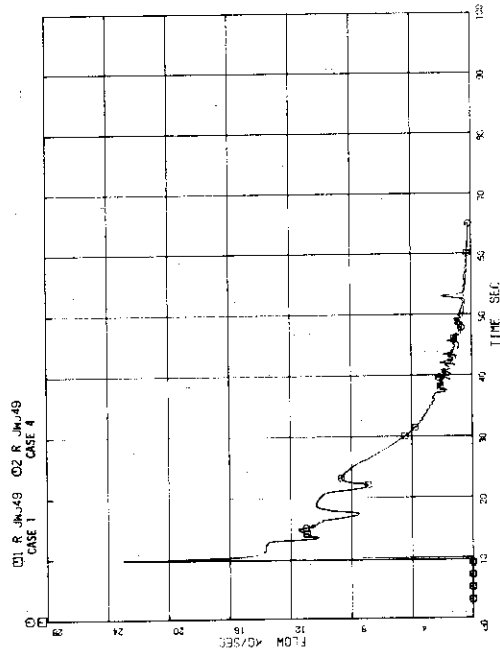


Fig. 5.9 Discharge Flow Rate at Vessel Side Break Plane.

RUN 702 SURTION BREAK DIAMETER (EG.2/26.2)

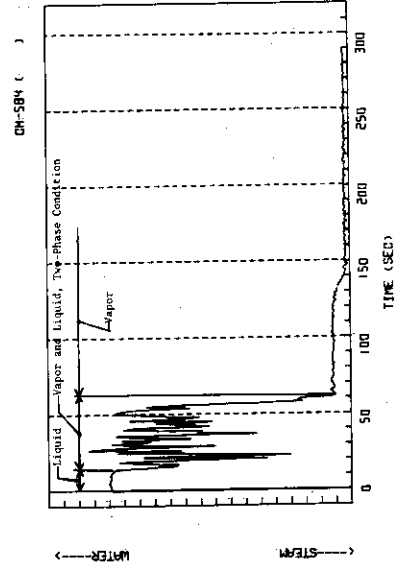


Fig. 5.11(b) Void Sensor Signal in Lower Plenum at Elevation EL=913 mm.

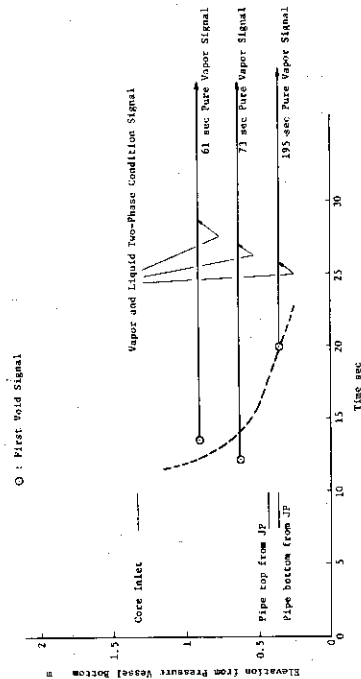


Fig. 5.11(a) Void Signal in Lower Plenum

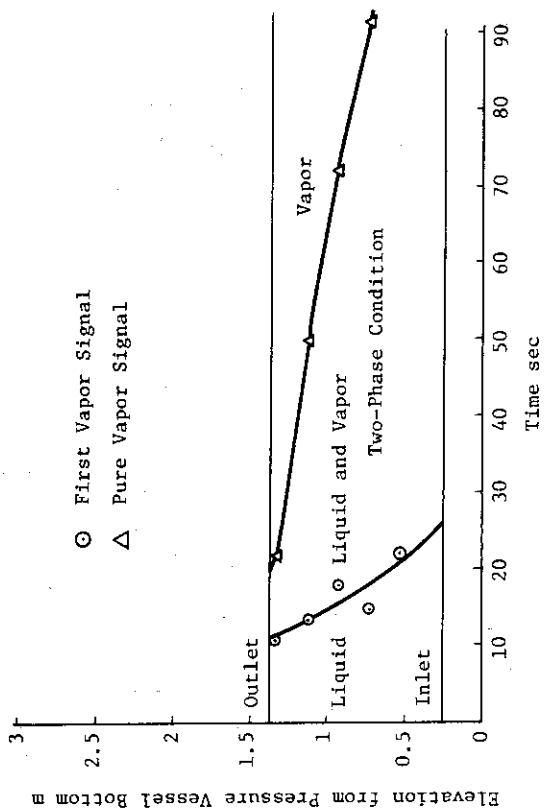


Fig. 5.12 Void Signal in Lower Plenum Guide Tube

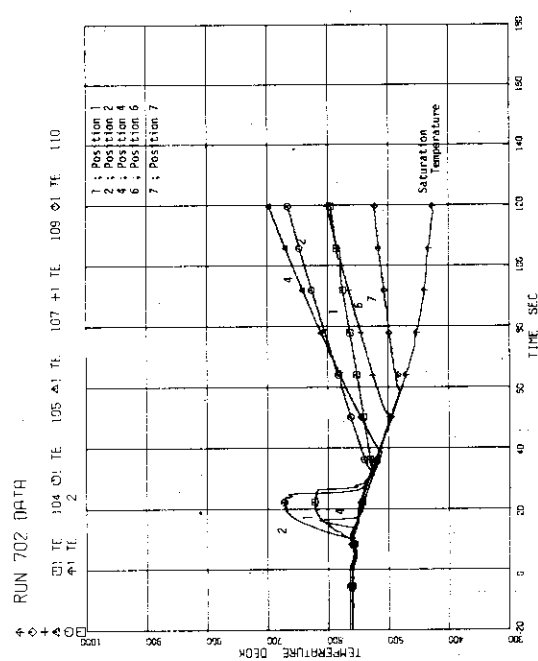


Fig. 5.13 Measured Heater Rod Surface Temperature, Rod No. All.

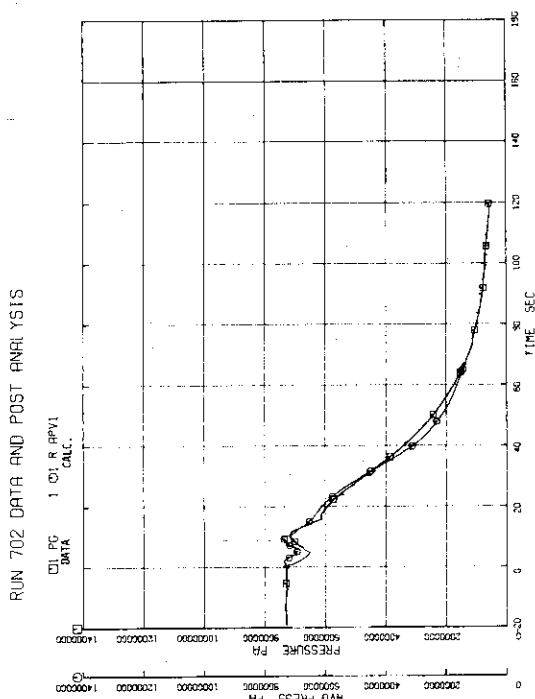


Fig. 5.14 Lower Plenum Pressure; Data and Case 5.

RUN 702 CASE 4 AND CASE 6

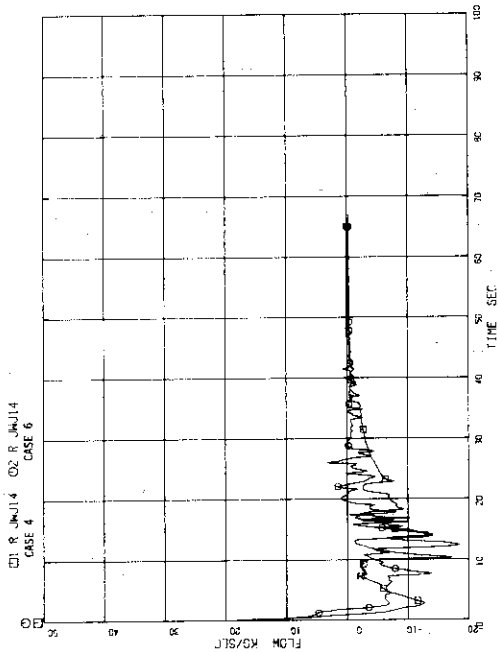


Fig. 5.16 Discharge Flowrate from Broken Loop Jet Pump to Lower Plenum; Case 4 and Case 6.

RUN 702 CASE 4 AND CASE 6

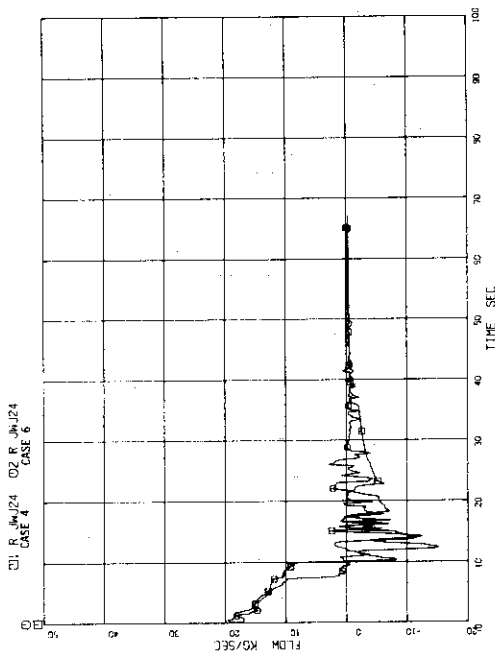


Fig. 5.18 Discharge Flow Rate from Intact Loop Jet Pump to Lower Plenum; Case 4 and Case 6.

RUN 702 DATA AND POST ANALYSIS

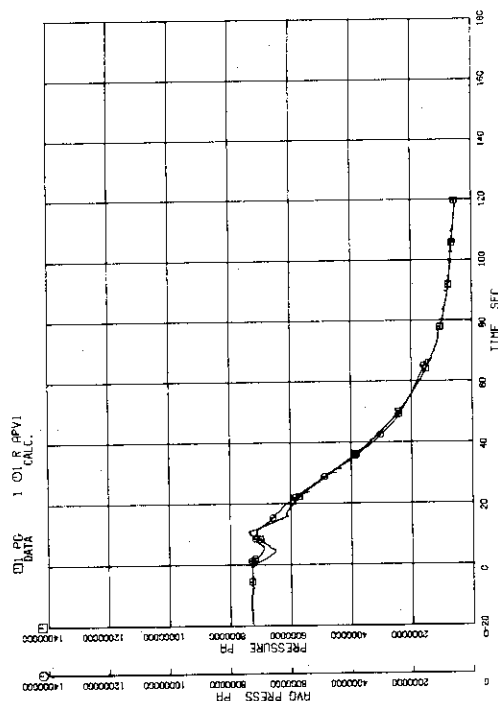


Fig. 5.15 Lower Plenum Pressure; Data and Case 6.

RUN 702 CASE 4 AND CASE 6

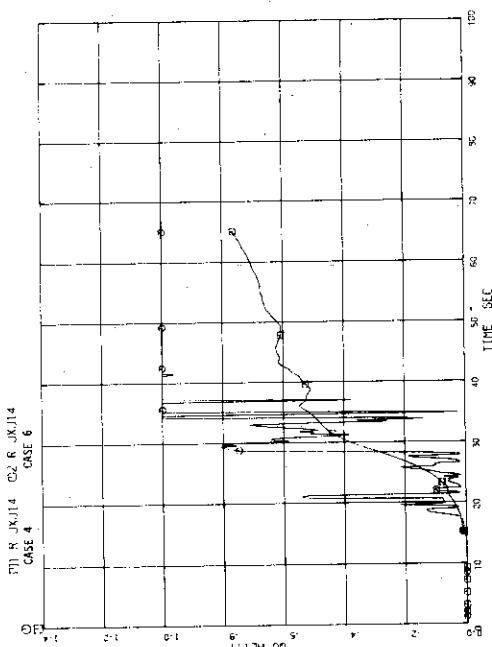


Fig. 5.17 Junction Quality at Lower Plenum Inlet from Broken Loop Jet Pump; Case 4 and Case 6.

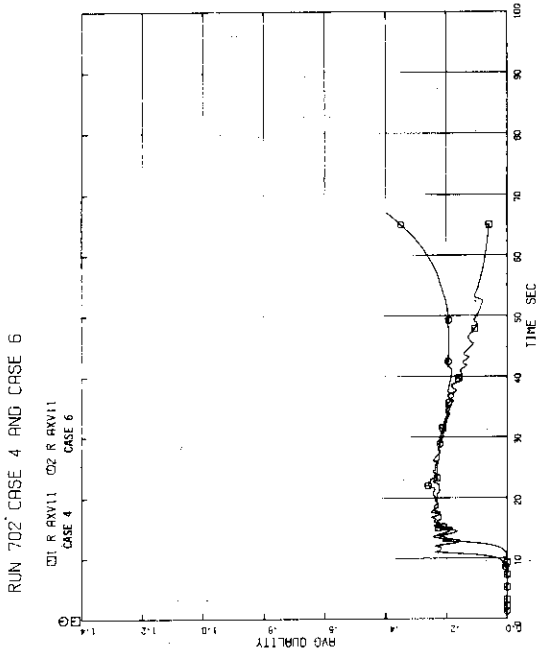


Fig. 5.20 Average Quality in Lower Plenum VI; Case 4 and Case 6.

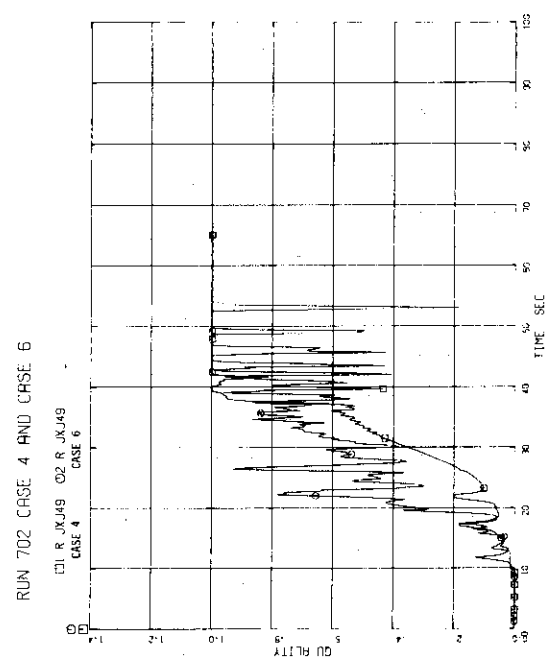


Fig. 5.22 Quality at Pressure Vessel Side Break Plane; Case 4 and Case 6.

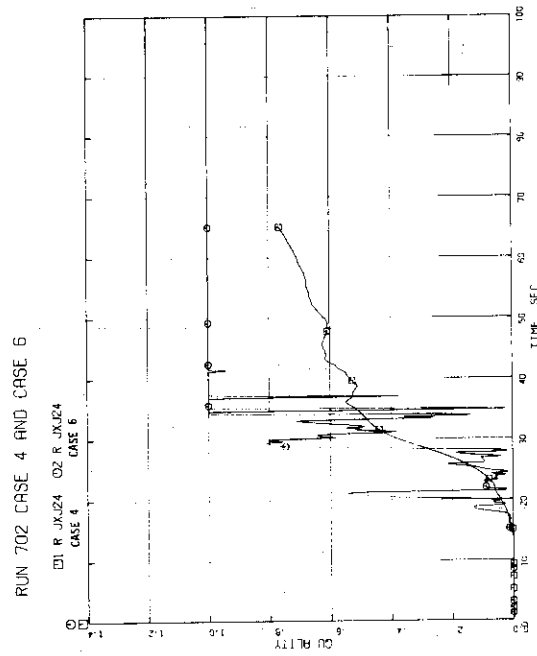


Fig. 5.19 Junction Quality at Lower Plenum Inlet from Intact Loop Jet Pump; Case 4 and Case 6.

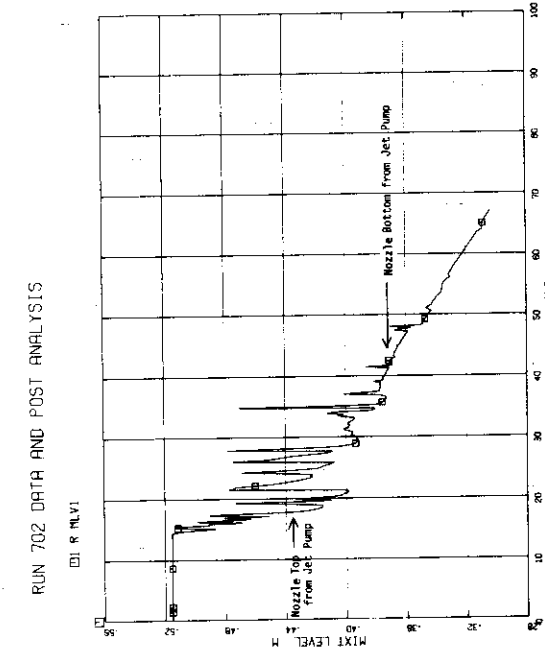


Fig. 5.21 Mixture Level in Lower Plenum VI, Case 6.

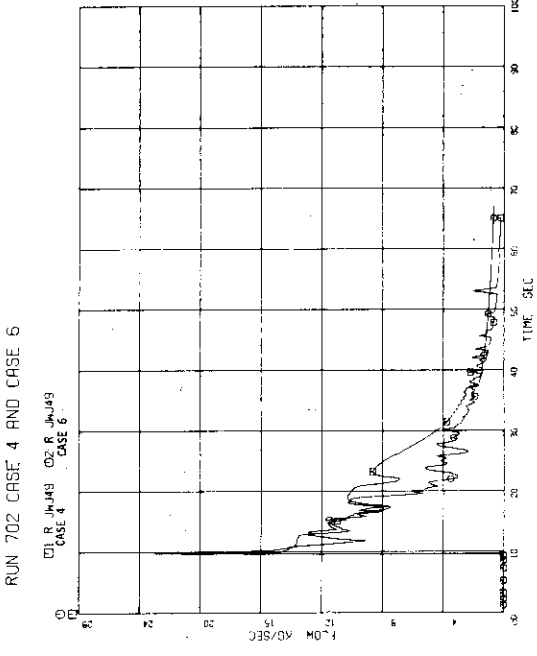


Fig. 5.24 Discharge Flow Rate at Pressure Vessel Side Break Plane; Case 4 and Case 6.

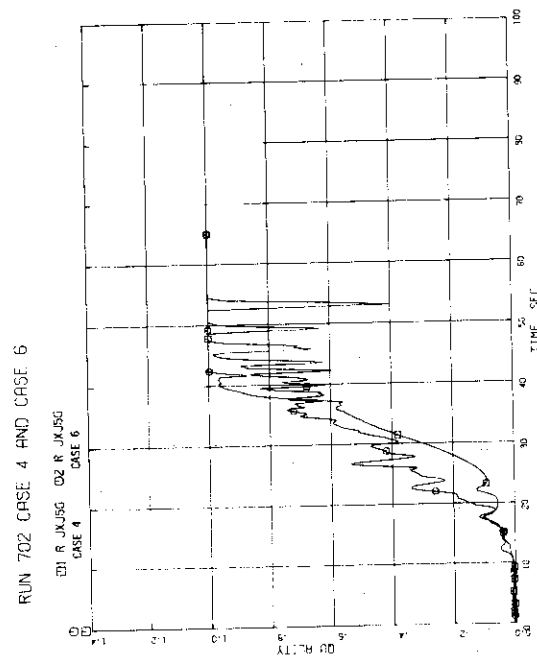


Fig. 5.23 Quality at Pump Side Break Plane; Case 4 and Case 6.

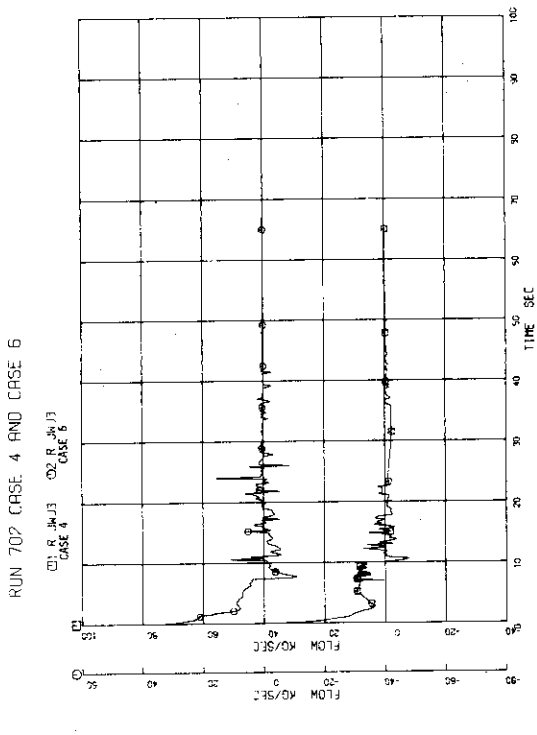


Fig. 5.26 Core Inlet Flow Rate; Case 4 and Case 6.

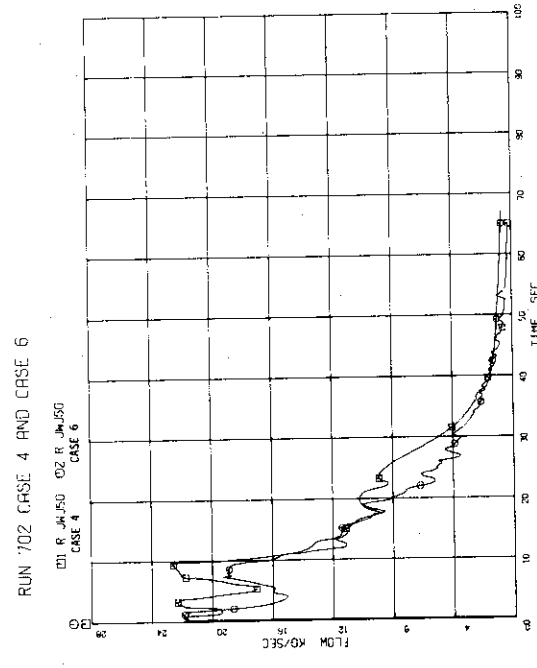


Fig. 5.25 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 4 and Case 6.

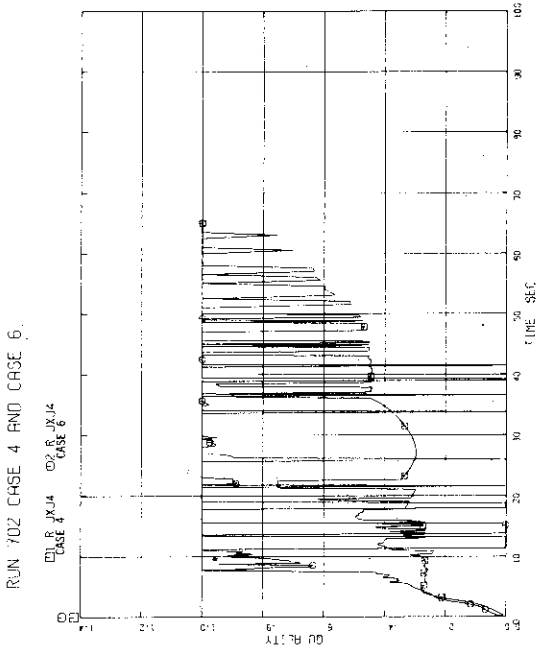


Fig. 5.28 Quality at Core Outlet; Case 4 and Case 6.

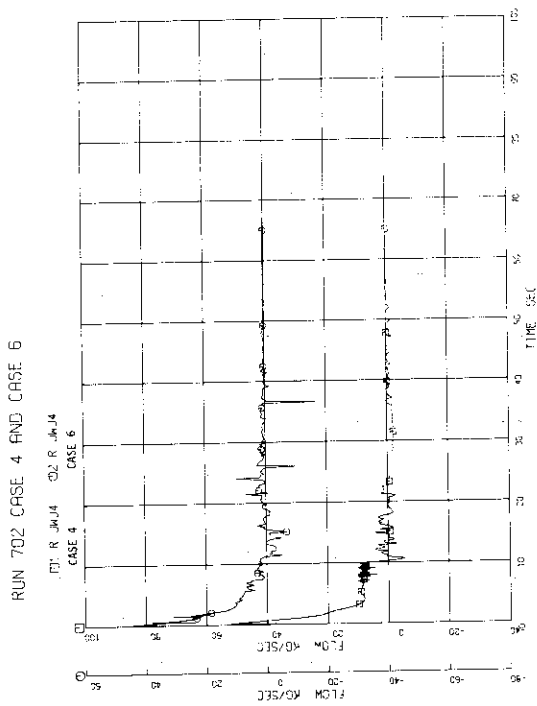


Fig. 5.27 Core Outlet Flow Rate; Case 4 and Case 6.

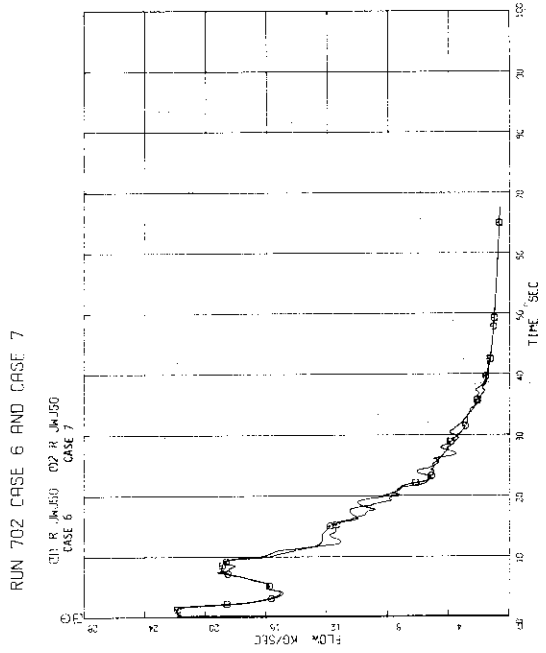


Fig. 5.30 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 6 and Case 7.

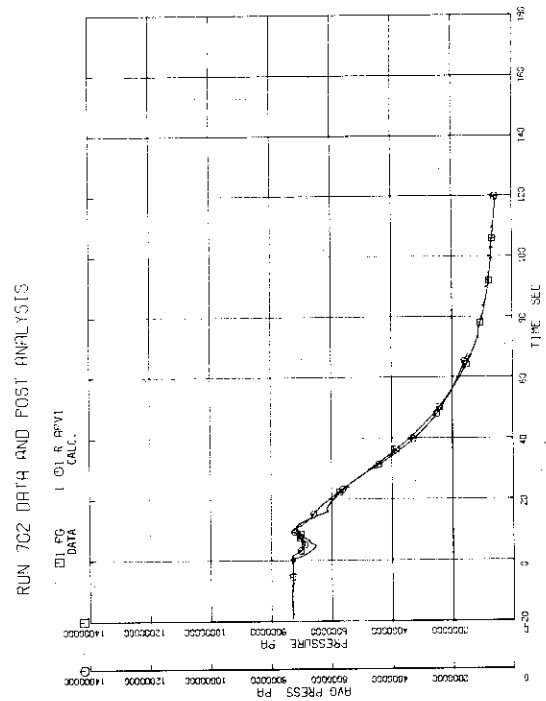


Fig. 5.29 Lower Plenum Pressure; Data and Case 7.

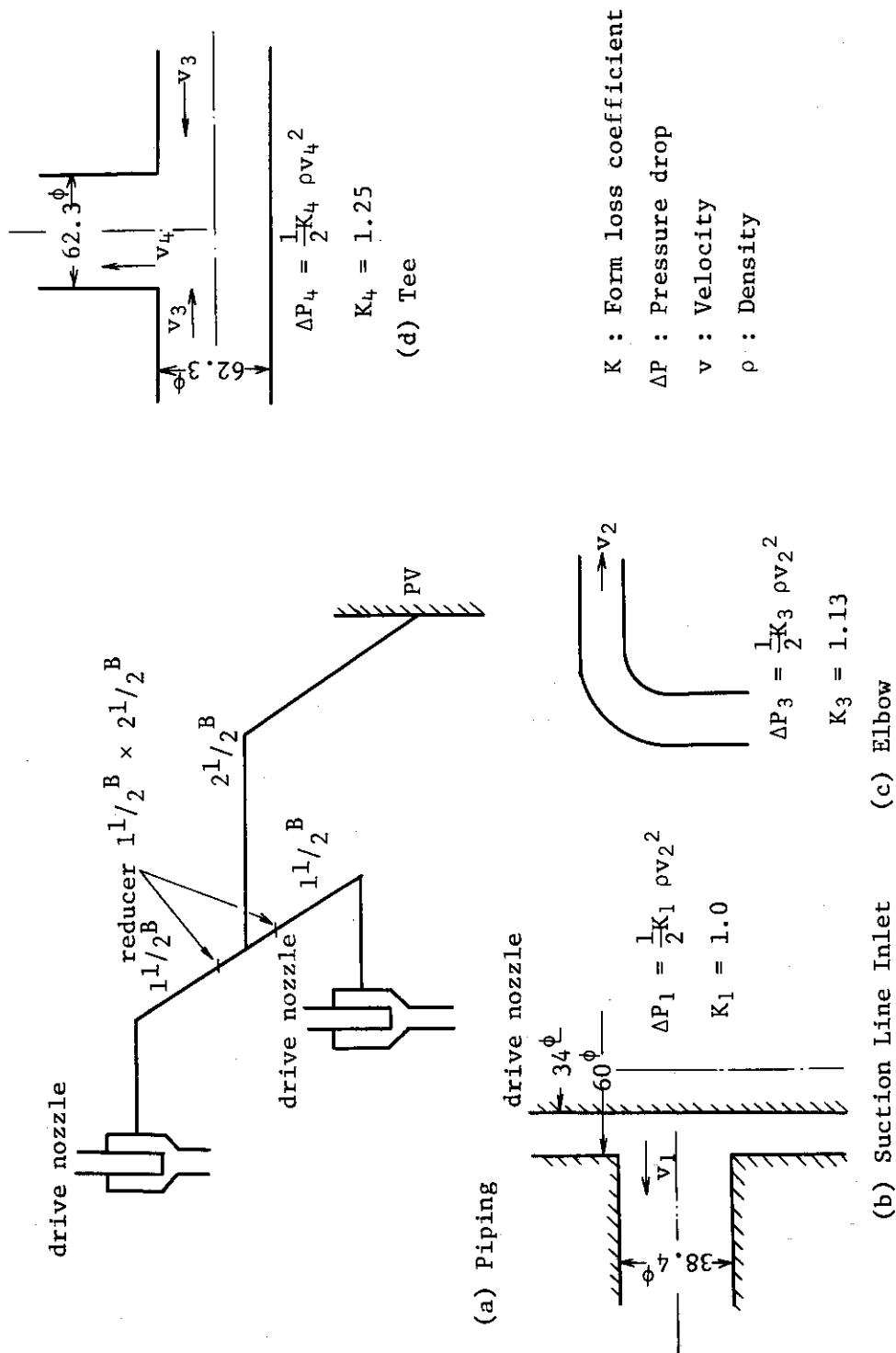


Fig. 5.31 Detail Drawing of Jet Pump Suction

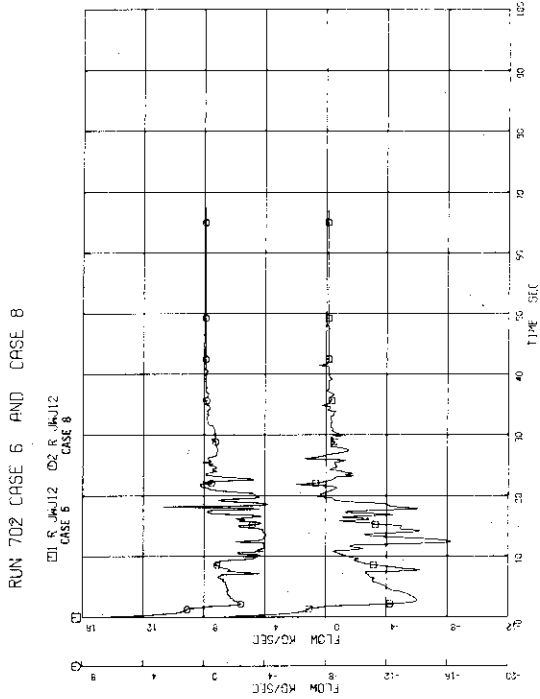


Fig. 5.33 Flow Rate at Broken Loop Jet Pump Suction; Case 6 and Case 8

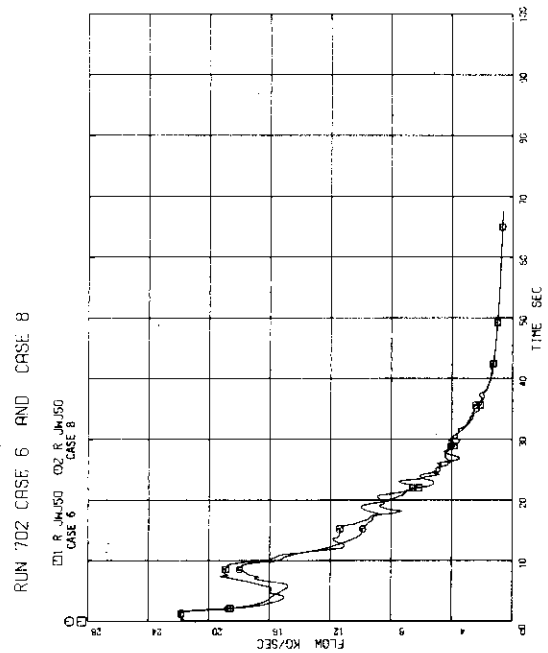


Fig. 5.35 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 6 and Case 8.

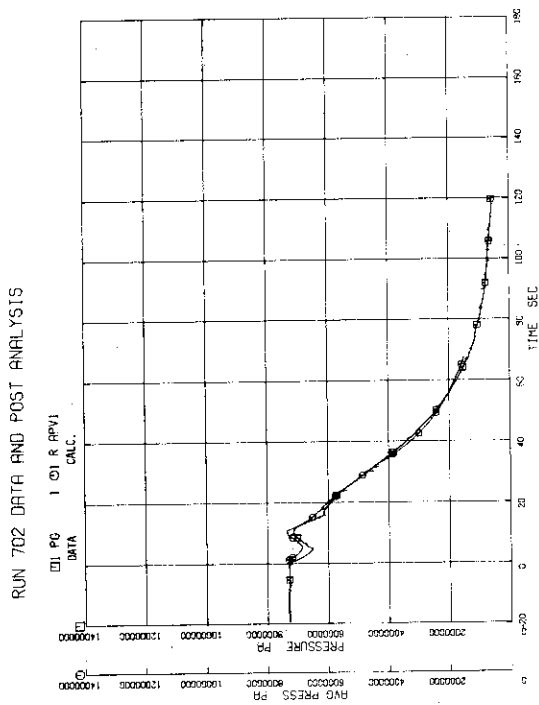


Fig. 5.32 Flow Rate at Broken Loop Jet Pump Suction; Case 6 and Case 8.

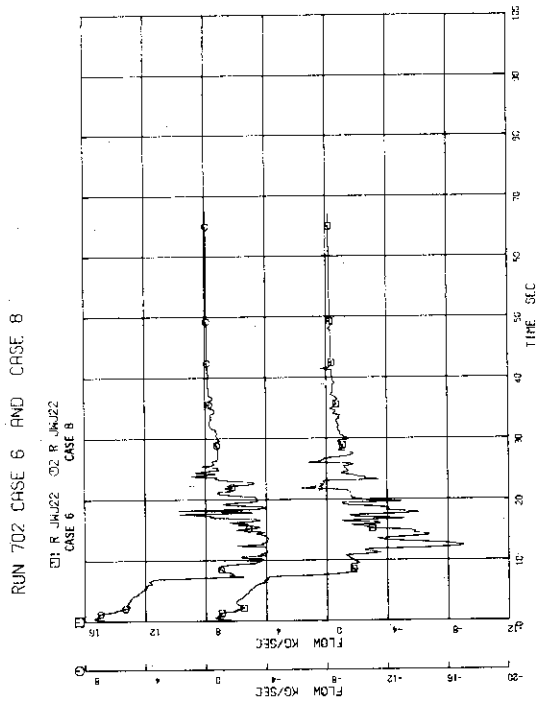


Fig. 5.34 Flow Rate at Intact Loop Jet Pump Suction; Case 6 and Case 8.

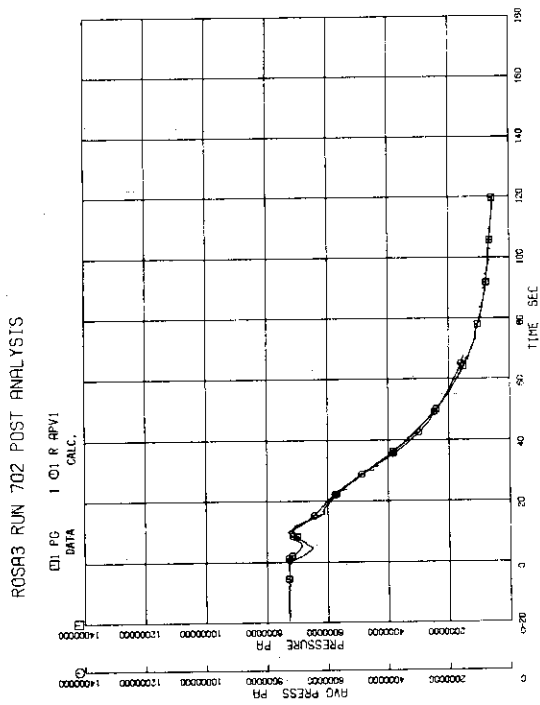


Fig. 5.36 Lower Plenum Pressure; Data and Case 9.

6. 計算結果と実験データの比較

本章では実験結果と前章の結論をもとにして得られた計算結果（ケース9）との比較を行なうとともに、RELAP4Jの問題的指摘ならびに今後の課題の指摘を行なう。なお、ROSA III実験装置の計測点数は約350点あるが、の中には比較的重要度の低いものも含まれており、また結果として疑問の持たれるものが含まれている。そこで、本章ではこれらのものを除外して考察することとする。

6.1 代表的事象

(1) ジェットポンプサクシオンアンカバリ時刻

図 6.1 はダウンカマ水位の測定値とダウンカマ水位計算値を比較したものであり、図 6.2 はダウンカマヘッド測定値とダウンカマ水位計算値を比較したものである。ダウンカマヘッドの急激な減少の開始時刻は10秒付近であることから、実験でジェットポンプサクシオンアンカバリ時刻は10秒近傍と判定できる。計算では、ジェットポンプサクシオンへのダウンカマ出口ノズルの上端にダウンカマ水位が達する時刻は10.4秒であって、このノズル下端以下に水位が下がるのは17秒であった^(注1)。

(2) MRP サクシオンアンカバリ時刻

計算では、ダウンカマからMRPへの出口ノズル上端にダウンカマ水位が達するのは17.8秒であった。それに対し、実験では、図 6.3 に示す下部プレナム圧力の測定値から判断すると、MRPサクシオンアンカバリ時刻は13～14秒である。（MRPサクシオンアンカバリにより圧力容器内蒸気が破断口から放出されるようになると減圧速度は早まる。）また、ダウンカマヘッドの急激な減少の終了する時刻は13秒であって、減少の終了する時刻は17秒であった。従ってダウンカマヘッド測定値からは、MRPサクシオンアンカバリ時刻は13～14秒と言える。

図 6.4 は健全側ジェットポンプ1, 2出口の密度測定値と計算結果の比較である。密度測定値は3ビームガンマ線密度計による^(注2)。両者の傾向は一致しており、ジェットポンプに蒸気が吸い込まれてくる状況など計算で表わされている。

(注1) 14秒付近で水位計算値は一時的に回復しているが、これは計算の不安定性により高ボイド流体が一時的に流入するためであり、水の体積の増加量としては少く、全体に対する影響は小さい。現在のノーディング法ではダウンカマがV11, V28, V27, V7と4ボリュームに分かれているが、従来から指摘されているように縦に連なる各ボリュームに水位を仮定する場合には注意が必要であり、より現実的に水位を取扱う必要がある場合には、これらは1ボリュームとすべきであろう。

(注2) 3ボリュームのうち、ビーム3最上部のみの測定値である。従って必ずしも精度が高いとは言えない。

(1)および上記より、ダウムカマ水位の計算値は、幾分かの不規則性はあるが、実験の傾向をほぼ表わしている。

(3) 下部プレナムフラッシング

図 6.5 は下部プレナム温度の測定値と、下部プレナム圧力の測定値より求めた飽和温度である。この図より下部プレナムフラッシング時刻を判定すると、15～16 秒である。

図 6.3 より圧力減少速度の緩和される時刻を下部プレナムフラッシング時刻とすると 17 秒である。図 5.11 に示した下部プレナム水位計の信号から判断すると、ボイド発生時刻は 12～20 秒であって、上部ほど早い時刻にボイドが発生している。

一方、計算ではボリューム 1 の下部プレナムフラッシング発生時刻は 13.8 秒であった。

一般にフラッシングが発生するには液が過熱状態となることが必要であって、その意味で熱的な平衡状態を仮定している RELAP4J の計算では実際よりフラッシング発生時刻は早くなり、また過熱液の存在が許されないためフラッシングはゆるやかに進行する。図 6.6 は下部プレナム圧力の測定値と計算値の比較であるが、下部プレナムフラッシング発先時刻前後の傾向の不一致の理由の 1 つとして、以上のことが挙げられよう。計算において、下部プレナムフラッシングについては過熱液の存在を考慮できるよう改善の必要性が感じられる。

6.2 主な計算結果と実験結果

(1) 流量の計算結果と実験結果との比較

図 6.7 は健全側ループジェットポンプ 2 の、図 6.8 は破断側ループジェットポンプ 4 の吐出流量の計算値と実験値である。測定値は正流のみ意味を持つ。また、流量計は水単相の体積流量計である。従って、計算値と実験値を比較する場合、ボイドの発生する 14 秒以降は意味がない。逆流に転ずる時期については計算と実験では大差はないが、値としての一致は悪い。

炉心流量については測定値がなく直接的比較はできないが、ある程度の検討を加えることができる。図 6.9 は炉心入口の、図 6.10 は炉心出口の流量計算結果である。炉心出口流量は全期間を通し正流であるのに対し、炉心入口流量は 7 秒から 135 秒にかけて負の流れになっている。下部プレナムフラッシング発生 (13.8 秒) による炉心入口流量の増加は顕著ではない。ところで、6.1 節で示した下部プレナムフラッシング発生時刻 13.8 秒はボリューム 1 についてであった。しかしながら炉心より下にはボリューム 1, 2, 3 と 3 つのボリュームがある。図 6.11 はこれら 3 つのボリュームの水位計算値を示したものである。図から明らかなように、フラッシングはボリューム 3 からはじまり順次下に進行している。従って、計算での下部プレナムフラッシングは、6.1 節で示した理由の他に、上記の理由により、ゆるやかに進行するため、炉心入口流量はフラッシングによって大きく影響を受けないのであろう^(注)。また、再循環管路の下部プレナムからジェットポンプ吐出側、サクシオン部を経てダウムカマに至る管路抵抗が計算で過小に評価されているた

(注) 図 5.11 の下部プレナムボイド信号測定値によると、上部と下部でフラッシング開始時刻に差があり、実験においても、計算ほどではないが下部プレナムフラッシングはゆるやかに進行している可能性がある。

め、この向きに過大の流れが形成されてしまうことも炉心流量の増加が表され得ていない一因である。従って、今後の検討課題として、幾何形状を多少無視しても下部プレナムを1つのボリュームにすることが一つの解決策と考えられる。また、再循環管路の特性試験を行ない、逆流時の下部プレナムから圧力容器までの管路損失係数を明確に把握する必要がある。なお、図 6.12 は燃料棒温度の実験値である。ポジション 4 の温度は 16~17 秒で rewet しているが、これは下部プレナムフラッシング発生時刻に一致しており、下部プレナムフラッシングによって押し上げられてきた低クオリティ流体によるものと考えられる。従って、ROSA III 実験装置でも、実炉の場合と同様に下部プレナムフラッシングによって炉心上向きの流れが形成されていると見てよい。ポジション 1、ポジション 2 の温度は 27~29 秒に分けて rewet しているが、時期的に見て、また rewet の順番を見ても、これは上部プレナムから燃料棒表面に沿って落ちて来た水によるものと考えられる。従って、実験での下部プレナムフラッシング発生後の上向き流れの増加はそれほど大きいものではないと考えられる。なお、この上からの rewetting は、蒸気は依然上向きに流れているのに対し、水が落下してくる対向流状態と考えられ、RELAP4J の能力を超えている。

炉心入口流量の変化と健全、破断両ループのジェットポンプ吐出流量の変化とは大きくかわりを持っている。従って、両ループジェットポンプ吐出流量の変化が実験において正しく測定できれば、炉心での熱伝達に大きく影響を持つ炉心入口流量の変化に対し推測をつけることができる。この流量の計測の精度向上が望まれる。

(2) 差圧計算結果と実験結果

図 6.13 は下部プレナムと上部プレナムの差圧、図 6.14 は上部プレナムと蒸気ドームの差圧、図 6.15 は下部プレナムと蒸気ドームの差圧の計算結果と実験値との比較である。計算結果はよく実験の傾向を表わしている。なお、計算での差圧はボリューム中心間の差圧であり、計測位置とボリューム中心位置との水頭分だけ厳密さを欠くことを注意されたい。

図 6.16 は下部プレナム水頭の実験値である。破断と同時に水頭は急減し 8 秒で負に転じている。これより、下部プレナム内流れは破断直後に逆流に転じていると考えられる。16~17 秒付近で 1 時的ピークが見られるのは下部プレナムフラッシングにより上向き流れが回復するためと考えられるが、これから判断するに、下部プレナムフラッシングはごく短期間の弱いものと考えられる。これ以後水頭はなだらかな減少を示す。この時期は、下部プレナム内には水位が形成される（水位といってもはっきりした水面ではなく、上方は蒸気、下方は水、中間は、気泡、液塊の混じりあった乱れた状態であろう。図 5.11 参照）。

図 6.17 と図 6.18 は健全ループ側ジェットポンプの吐出側と吸込側の、および駆動流量と吸込側の圧力差の計算値と実験値である。また、図 6.19 と図 6.20 は破断ループ側ジェットポンプのそれぞれの差圧である。実験値と計算値の一致の度合は悪い。図 6.17 において、実験値は 5 秒以降小さな値となっている。差圧が小さいということは流動抵抗がきわめて小さいのか流量が小さいのかどちらかである。吸込部の形状を考えると、流動抵抗が小さいとは考えにくい。5.5 節のケース 8 は流動抵抗を大きくすることによってサクション部逆流流量を押えることを目的としていた。この図から見る限りにおいてはこの処置は適切ではなく、他の部分に大きな抵抗があると考えべきかもしれない。いずれにせよ、この実験と計算の不一致は特性試験を行なって原因の確認を

行なう必要があろう。図 6.19 の破断ループ側についても同様のことが言える。図 6.18, 図 6.20 の駆動流量と吸込側の差圧は傾向こそあっているが、絶対値としての一致は悪い。図 6.18 の健全ループ側については、図 6.7 に示すように正流時吐出流量の実験値と計算値の一致が悪いことを考えると、ジェットポンプモデルに原因のある可能性が考えられる。図 6.20 の破断ループ側の全体的な値の不一致は駆動流ノズルの逆流時形状損失係数の選択に問題があるのであろう。特性試験による確認の必要性がある。

図 6.21 は破断ループ側再循環ポンプ吐出側と吸込側の差圧の計算値と実験値である。計算値は傾向を良く表わしてはいるものの後半において一致は悪い。図 6.22 は健全ループ側再循環ポンプ吐出側と吸込側の差圧の計算値と実験値の比較である。初期値そのものに不一致が見られるが、破断ループ側再循環ポンプに比べて値が約 $\frac{1}{2}$ であることを考えると、実験値に問題がある。

(3) ポンプ回転数

図 6.23 は健全ループ側の、図 6.24 は破断ループ側のポンプ回転数の実験値と計算値である。

健全ループ側ポンプは 7 秒で回転数はゼロ（実際には不感帯に入った。不感帯は約 250 rpm 程度と考えられている。）となっている。図 6.7 のジェットポンプ吐出流実験値は 7 秒で逆流に転じている。これは、ポンプの回転数が低下し駆動流を喪失したことにより、ジェットポンプが機能を失ったためである。

破断ループ側ポンプは実験では破断後 7 秒で逆回転となっているのに対し、計算では 29 秒で逆回転となる。実験と計算の一致は悪い。

上記のポンプ回転数及び図 6.21, 図 6.22 に示したポンプ前後の差圧より、計算ではポンプの特性がうまくあらわせていないと言える。計算で用いているポンプ特性曲線はポンプ特性試験で得た水単相流正回転時の正流、逆流試験データをもとに推定値を加えて作られている。従って、二相流あるいは逆回転時の計算が正しくなされている保障はない。推定値を埋める特性試験の必要性がある。また、両再循環ループの流量を破断実験開始後も測定する試みが必要であらう。

(4) 温度の計算値と実験値

圧力容器内流体温度の実験値と計算値の比較の例として図 6.25 に上部プレナム流体温度を示す。温度は飽和温度に沿って減少していく。

図 6.26 は破断ループ側ジェットポンプ駆動ノズル部の流体温度である。実験では飽和温度に沿って減少していくのに対し計算では 40 秒以降過熱蒸気温度を示している。このことは、実際の現象では、ミストを含んだ流れとなっているのであろう。

図 6.27 は健全ループ側ジェットポンプ吐出側流体温度である。実験では 80 秒過ぎまで飽和温度でそれ以降過熱蒸気となるのに対し、計算では 46 秒から過熱蒸気となる。計算では表わせないミストの影響であらう。

図 6.28 は破断ループ側ジェットポンプ吐出側流体温度である。全体的傾向は破断ループ側と同一である。実験値で 10 秒から 20 秒にかけて一時温度が下がるのは、下部プレナム内スカート外側の死水域にたまっていた幾分温度の低い水が逆流してくることによる。

図 6.29 はポンプ側破断口直上流（急速遮断弁が閉じていないので、圧力容器側破断口とほぼ同一状態である。）の流体温度の測定値と計算値の比較である。計算値は破断口のあるボリュームの平均温度である。図 6.30 に示す同じ場所の圧力の実験値と計算値同様、計算値は実験値より高

めに出ている。圧力容器内の圧力の実験値と計算値とがよく一致していることを考えると、圧力容器より破断口に至るまでの管路の抵抗が計算では小さく見積られていることになる。このことは、5.5 節で述べた、破断口形状損失係数を小さくした場合に圧力容器内の圧力の実験値と計算値の一致が若干改善されるということに矛盾する。今後検討すべき課題である。

6.3 燃料棒表面温度

実験前予測解析⁽⁷⁾では、炉心を1ボリューム、1 ヒートスラブとして系全体の計算を行ない、この結果を用いて炉心入口、出口の条件を与え、炉心解析を行なって燃料棒表面温度を求める計算を行なった。

ところで、本実験後解析において、圧力容器内各ボリュームには水位形成モデルを適用する必要性のあることが分り、最終インプット形態として、ケース9を得た。炉心入口、出口の条件を与えて行なう炉心解析では、入口、出口のボリューム条件として、均質である必要がある。従って、ケース9の結果を用いて炉心解析を行なうと、炉心流量にシステム計算と炉心解析とで不一致が生じ非現実的計算結果を生じる。

そこで、本解析では炉心を更に5ボリュームに分割してシステム全体の計算を行なった。そのノーディング法は図4.3に示した。基本としたインプット形態はケース9であって、この計算をケース10とする。炉心内各ボリュームには、Wilsonの気泡離脱モデルを併用した水位形成モデルを適用した。

図6.31にケース10の下部プレナム圧力の計算値と実験値を比較したものを示す。図6.32はダウンカムヘッドの実験値とケース10のダウンカム水位計算値を比較したものである。また、図6.33～図6.38はケース9とケース10の下部プレナム圧力、圧力容器側破断口、ポンプ側破断口、炉心入口、炉心出口の各流量計算結果を示したものである。以上より、炉心を1ボリュームとしたケース9と炉心を5ボリュームとしたケース10とでは計算結果にほとんど差はなく、図6.31に示す下部プレナム圧力においては図6.6のケース9に比べてケース10では更により一致が見られる。

図6.38～図6.42に燃料棒表面温度の実験値と計算値を示す。それぞれ燃料棒表面温度の計測位置、ポジション1、ポジション2、ポジション4、ポジション6、ポジション7に対応する(図2.6参照)。図中には、以下に示す計算過程での熱伝達モードも示されている。

- 1 : Subcooled liquid forced convection, Dittus and Boelter equation,
- 2 : Nucleate boiling, Thom equation,
- 3 : Forced convection vaporization, Schrock and Grossman equation,
- 4 : Transition boiling, McDonough, Milck and King equation,
- 5 : Stable flow film boiling, Groeneveld equation,
- 6 : Pool film boiling, Berenson equation,
- 7 : Transition pool boiling,
- 8 : Superheated steam forced convection, Dittus and Boelter equation,
- 9 : Low pressure flow film boiling, Dougall and Rohsenow equation.

なお、4, 5, 6, 7は伝熱面ドライアウト後 (Post CHF) の熱伝達様式である。

計算結果を見てみると、発熱量の最も大きい燃料棒中位、ポジション4で温度は最も高くなっており、実験値よりもかなり高い結果となっている。最下端のポジションにおいては一時的に10秒から22秒にかけて燃料棒表面温度は上昇しているが、これは図6.43に示す炉心入口流量がこの時期振動的に逆流することがあり、その結果ドライアウトしたのであろう。また、ポジション7を除いて、1度ドライアウトした表面はrewetしない結果となっている。

一方、実験では、上部、ポジション1から下に大に向かって燃料棒表面はドライアウトしており、ポジション6、ポジション7はドライアウトしていない。また、ドライアウトした表面は再びrewetしている。ポジション4のrewetは時期的に見て(17秒)下部プレナムフラッシング発生による上向き炉心流量の増加によると考えられる。ポジション1、ポジション2のrewetは時期的に見て、またrewetの順番から見て、下部プレナムフラッシングによる炉心流量の増加による見より、蒸気-水の対向流状態下における上部からの落下水膜によると見るべきであろう。計算ではほぼ全位置同時期にドライアウトしており、また、rewetも表わされていない。実験ではrewetまでの間で、計算とは異なって、ポジション2が最高温度となっている。rewet後、32秒から62秒にかけて、再び上から順にドライアウトするが、これは炉心内が上から順に蒸気で満たされていくからであろう。以上の実験における燃料棒表面の状態を表面温度の測定値から描いたものが図6.44である。

図6.44より炉心の中の状態を以下のように推察できる。破断後初期には炉心内には十分流れがあるが、12秒から22秒にかけては炉心流量が停滞するため高ボイド状態となり炉心中位より上の燃料棒表面はドライアウトする。炉心中位付近は17秒に発生する下部プレナムフラッシングによる炉心流量の1時的増加によりrewetし、炉心上部は下部プレナムフラッシングにより上方へ流れてくるミストの影響もあろうが、上部プレナムからの落下水による影響も受け、rewetする。30秒以後、下部プレナムフラッシングによる下からの蒸気流はほぼおさまり、上部プレナムからの落下水もなくなると上から順に燃料棒表面はドライアウトしていく。なお、燃料棒表面がwetの状態でも、流路内には多くのボイドが含まれており、上部ほど高ボイド状態と見るべきであろう。

計算で得た燃料棒表面温度と実験結果との一致が悪いのは、計算では上記で推察した炉心内の状態を表わし得ていないことが大きな原因と考えられる。まず第1に考えられることは炉心流量が正しく計算されているかどうかということである。図6.43に示すように、炉心流量計算結果には7秒から13秒にかけて大きな逆流が見られる。この逆流が実際に存在するものであるのかどうか実験での確認が望まれる。またこの逆流を生じさせるインプット上の問題点をも究明する必要がある。第2点として、本計算における下部プレナムフラッシングの表われ方が挙げられる。これについては、6.2節の(1)で示したように、本解析でのボリューム1~3を1つのボリュームとして下部プレナムを代表させることにより改善される可能性がある。第3として挙げられることは、炉心内ノーディングと水位形成モデルについてである。本解析では炉心内各ボリュームに水位形成モデルを適用し、上部により多くの蒸気が、下部により多くの水が存在する状況を表わすことを期待した。しかし、従来から指摘されているように、RELAP 4Jでは縦に連続したボリュームそれぞれに水位形成モデルを適用すると、それぞれのボリューム内に水位が形成され、

非現実的状态となり、また計算の不安定性を引き起こす。かといって炉心内各ボリュームを均質とすると、各ボリューム内ボイド分布は、燃料棒発熱分布と流量、流れ方向で定まる分布となり、各ボリュームに水位形成モデルを適用した場合より、より均一化分布となって、上方は高ボイド状態、下方には充分水がある状態を表わしにくい。この意味する所は、炉心を1ボリュームとし、炉心内ボイド分布、クオリティ分布を考慮し、燃料棒をいくつかのヒートスラブに分割し、各ヒートスラブと流体との熱伝達では、ボリューム内の平均的流体状態に対してでなく、ボイド分布、クオリティ分布に対応する局所の流体状態に対して熱伝達の計算を行なう必要があることを示唆している。非定常温度における水位形成モデル（ボイド分布、クオリティ分布）とあわせて、今後この方法でコード改良を進めていく必要がある^(注)。第4点として、熱伝達関係式、限界熱流束関係式の精度の問題も考えられる。諸関係式の改良の努力を今後とも続けるべきである^(注)。また、炉心内の気液対向流を表わせるような方法をRELAP 4J に対し試みる必要もあろう。

(注) RELAP4 / MOD5, MOD 6 で改善が見られる。

RUN 702 DATA AND CASE 9

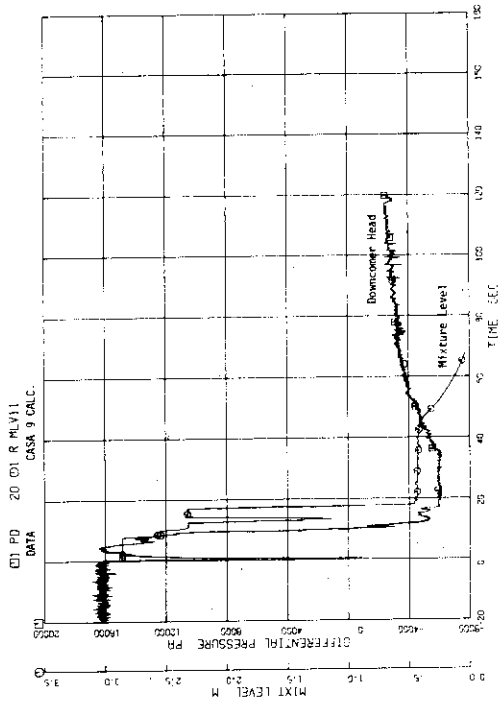


Fig. 6.2 Measured Downcomer Head and Calculated Mixture Level in Downcomer.

RUN 702 DATA AND CASE 9

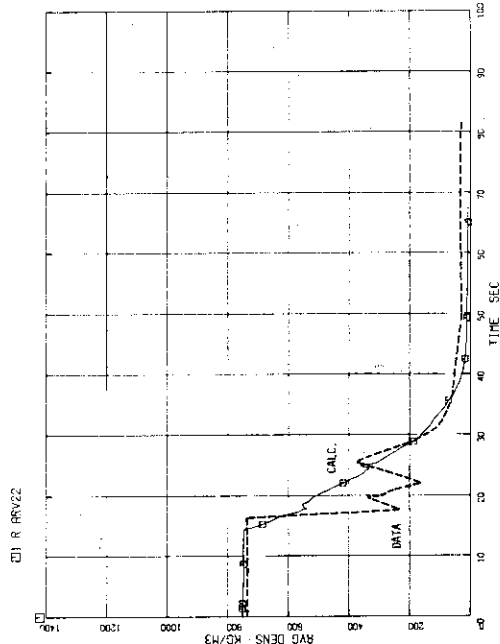


Fig. 6.4 Fluid Density at Jet Pump Discharge

COMPARISON BETWEEN EXPERIMENT AND POST ANALYSIS R702 POST59

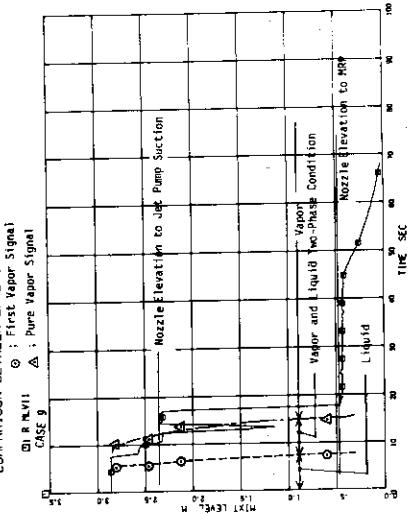


Fig. 6.1 Measured and Calculated Mixture Level in Downcomer

RUN 702 DATA

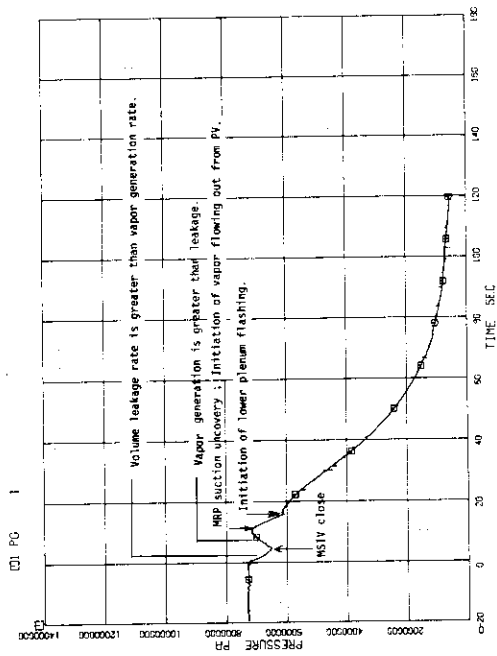


Fig. 6.3 Lower Plenum Pressure Data.

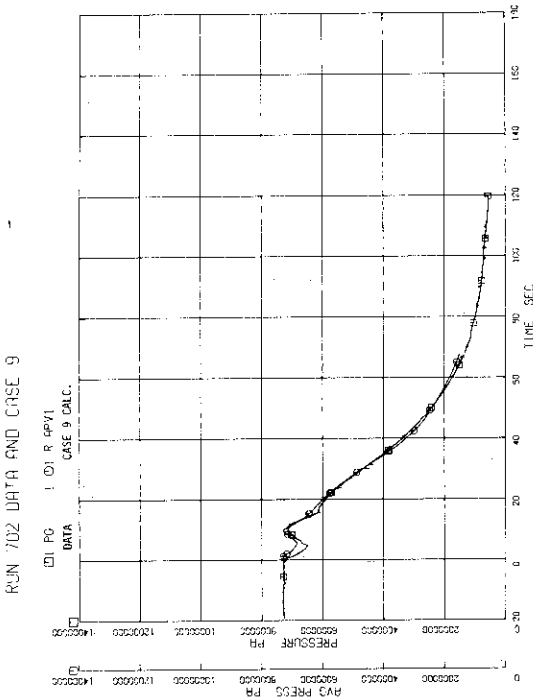


Fig. 6.5 Lower Plenum Fluid Temperature and Saturation Temperature.

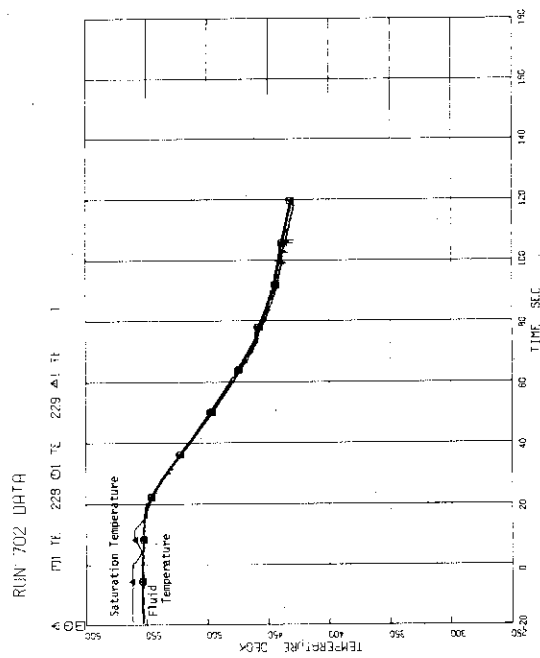


Fig. 6.6 Lower Plenum Pressure.

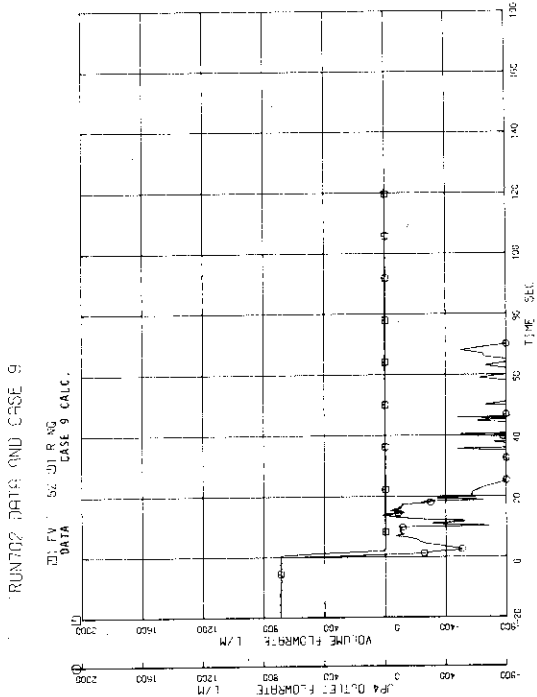


Fig. 6.7 Discharge Flow Rate from Intact Loop Jet Pump.

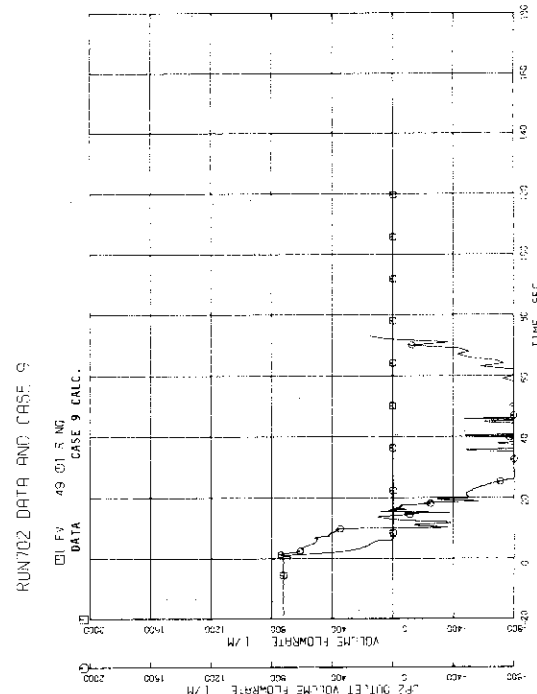


Fig. 6.8 Discharge Flow Rate from Broken Loop Jet Pump.

RUN 702 DATA AND CASE 9

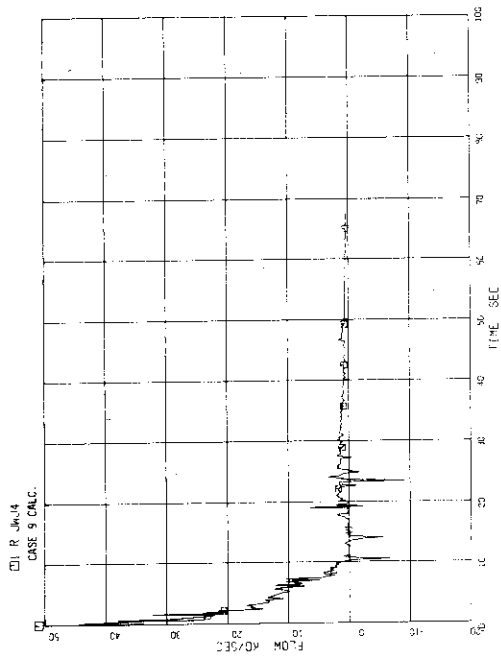


Fig. 6.10 Core Outlet Flow Rate.

RUN 702 DATA AND CASE 9

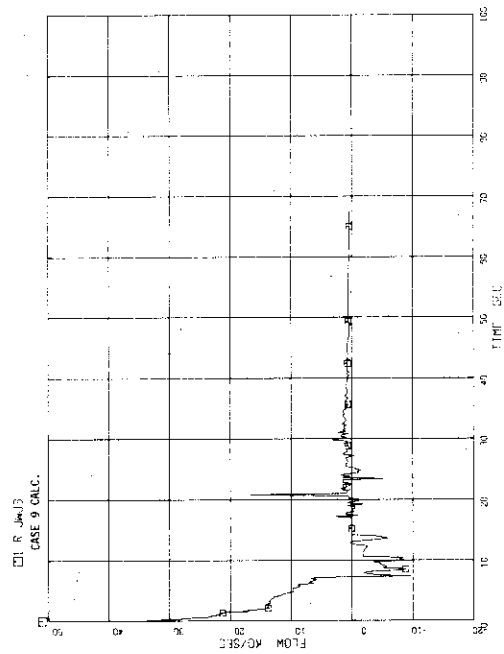


Fig. 6.9 Core Inlet Flow Rate.

RUN 702 DATA

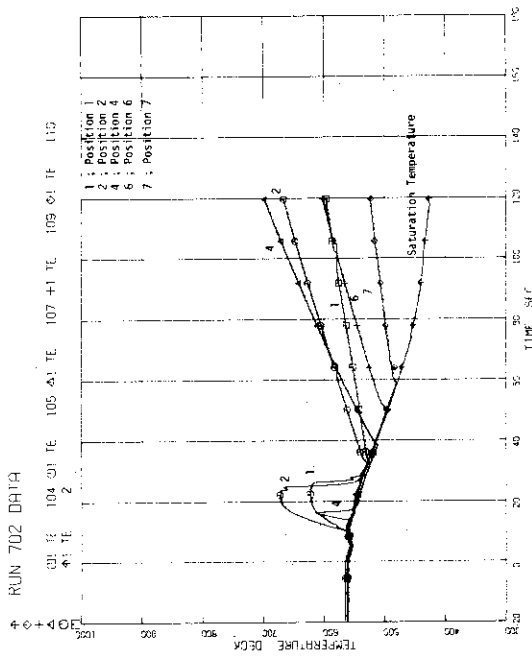


Fig. 6.12 Heater Rod Surface Temperature Distribution, Rod No. All.

RUN 702 DATA AND CASE 9

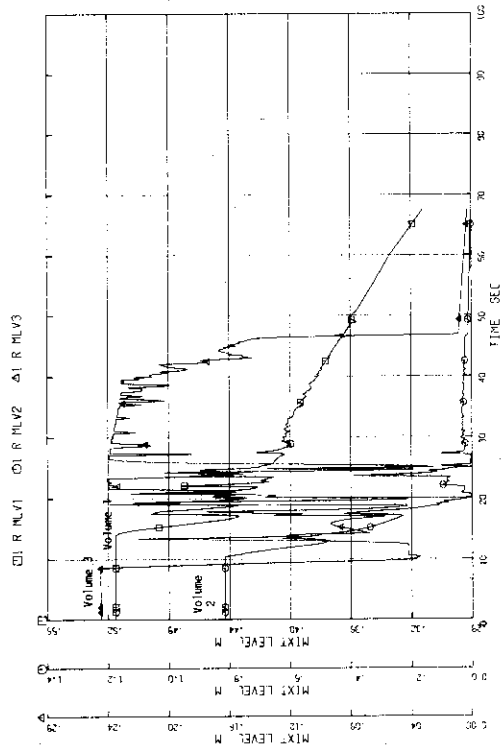


Fig. 6.11 Mixture Level in Volume 1, 2, 3.

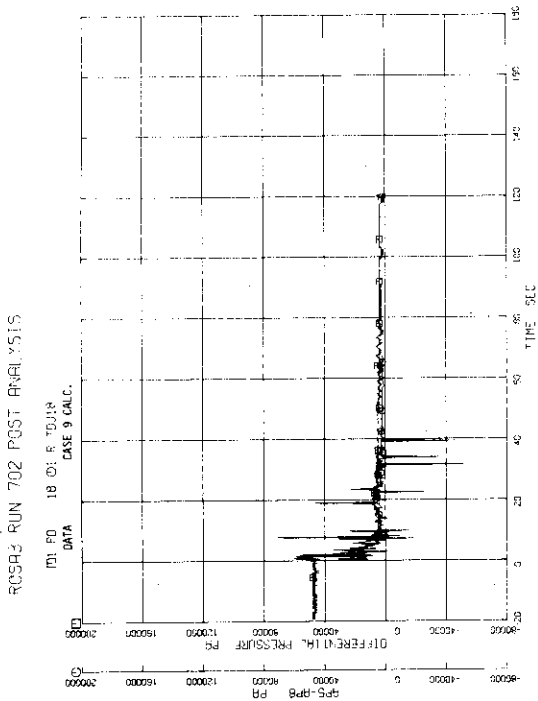


Fig. 6.14 Differential Pressure, Upper Plenum to Steam Dome.

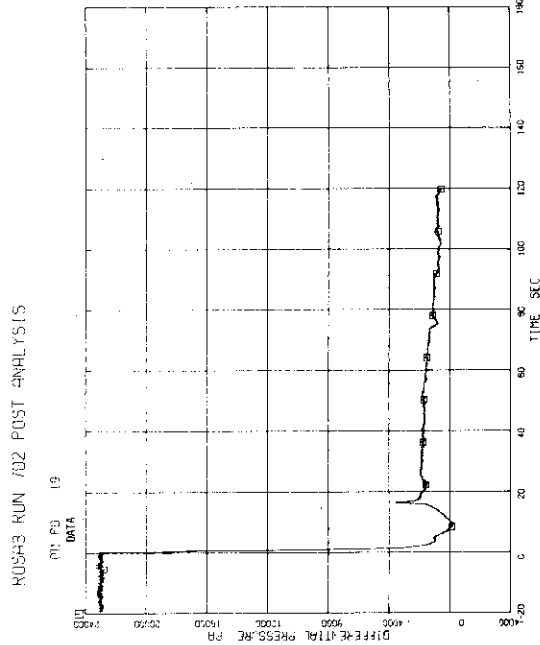


Fig. 6.16 Lower Plenum Head.

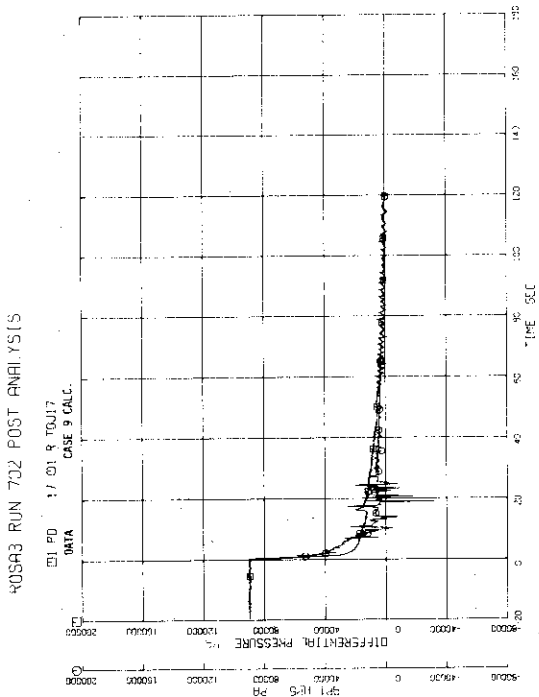


Fig. 6.13 Differential Pressure, Lower Plenum to Upper Plenum.

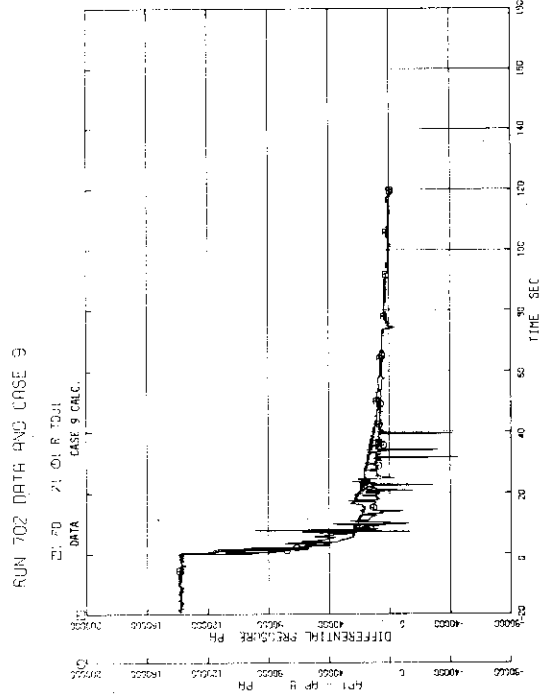


Fig. 6.15 Differential Pressure, Lower Plenum to Steam Dome.

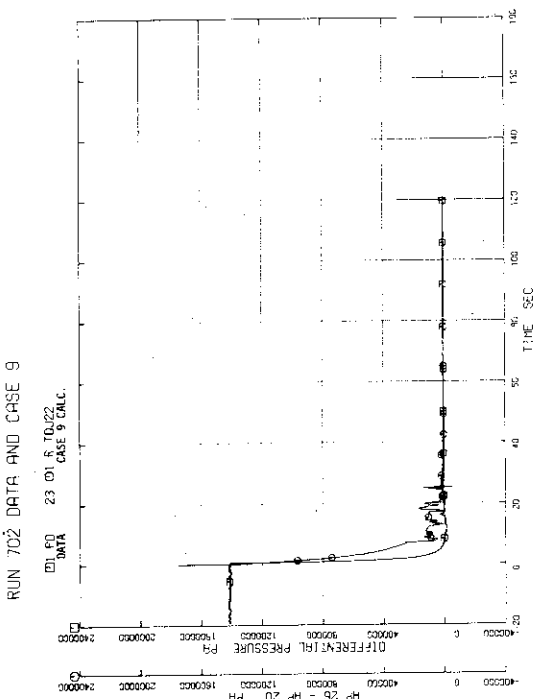


Fig. 6.17 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump Discharge to Suction.

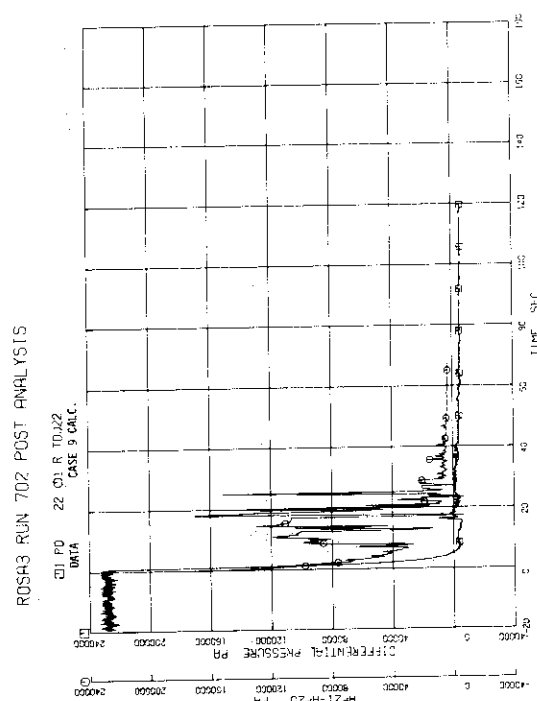


Fig. 6.18 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump Drive to Suction.

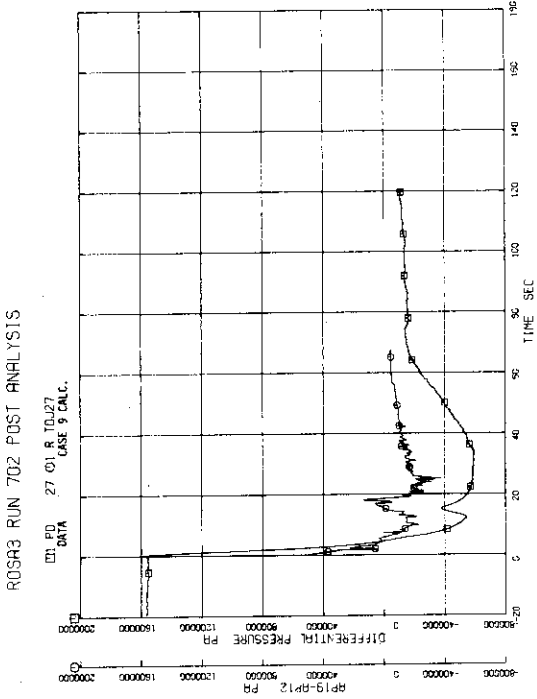


Fig. 6.19 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump Discharge to Suction.

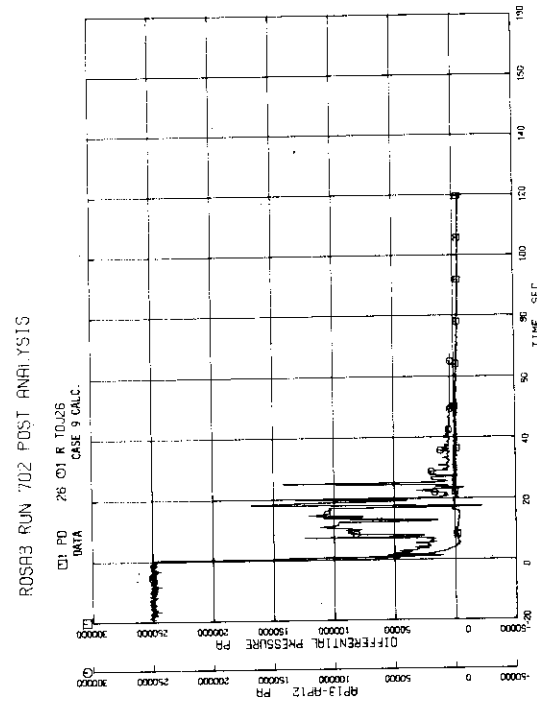


Fig. 6.20 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump Drive to Suction.

ROSR3 RUN 702 POST ANALYSIS

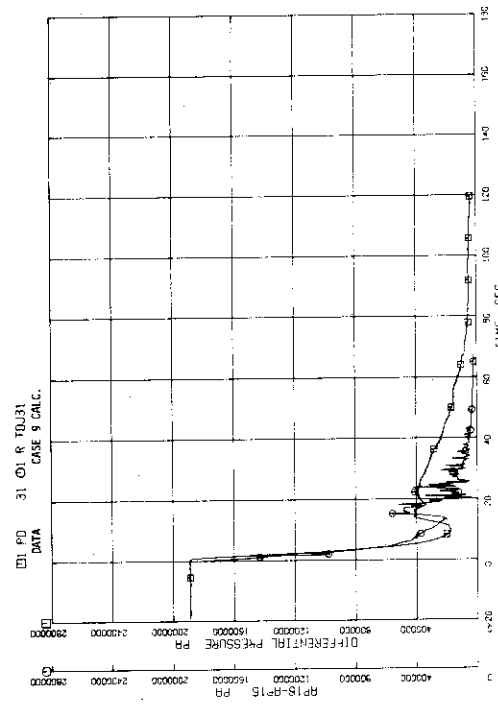


Fig. 6.21 Broken Loop Recirculation Pump Head.

RUN 702 DATA AND CASE 9

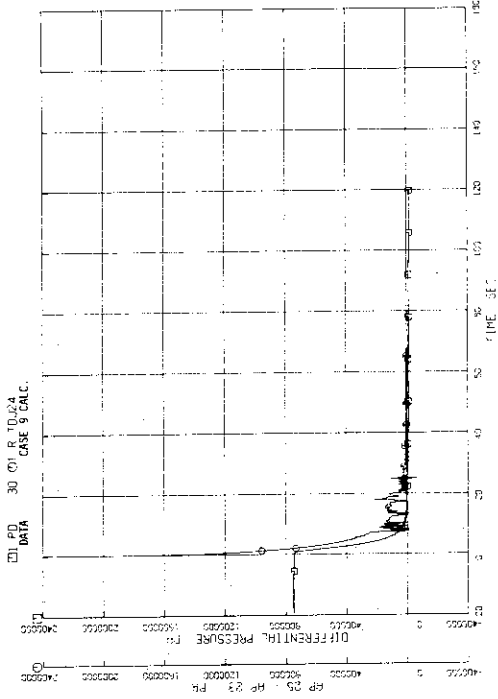


Fig. 6.22 Intact Loop Recirculation Pump Pump Head.

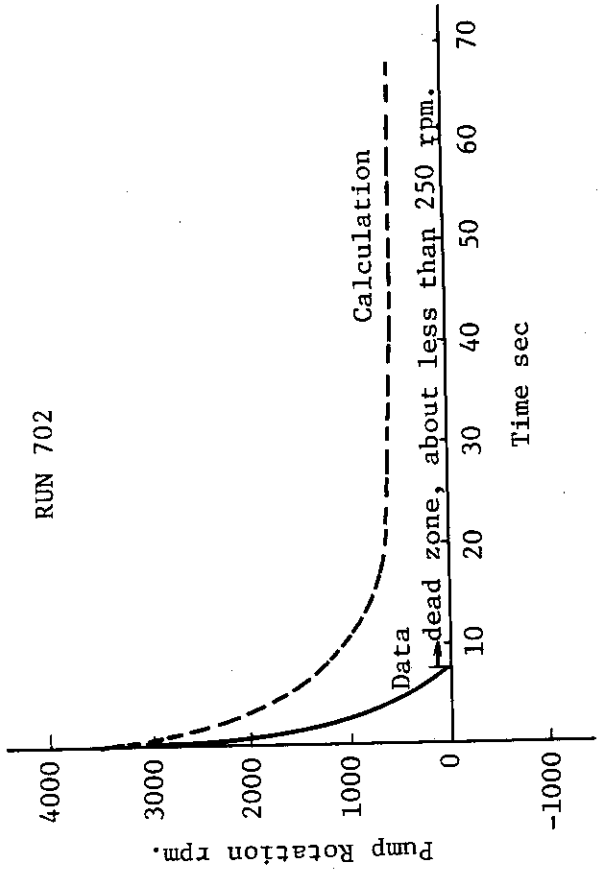


Fig. 6.23 Intact Loop Pump Rotation

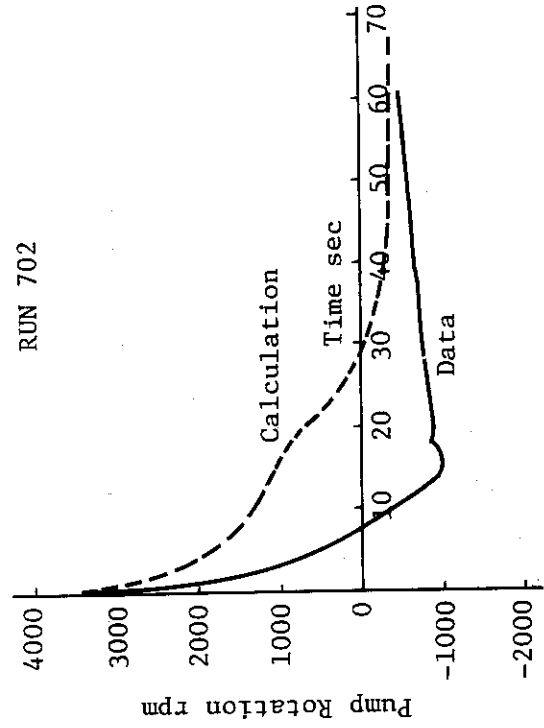


Fig. 6.24 Broken Loop Pump Rotation

ROSA3 RUN 702 POST ANALYSIS

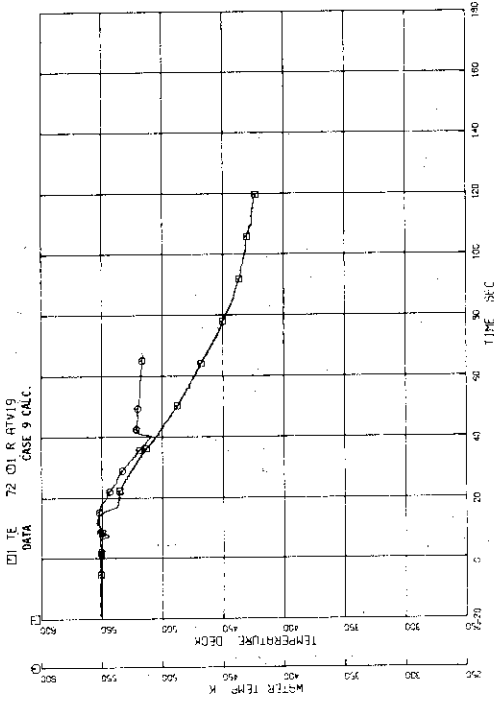


Fig. 6.26 Fluid Temperature at Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle.

ROSA3 RUN 702 POST ANALYSIS

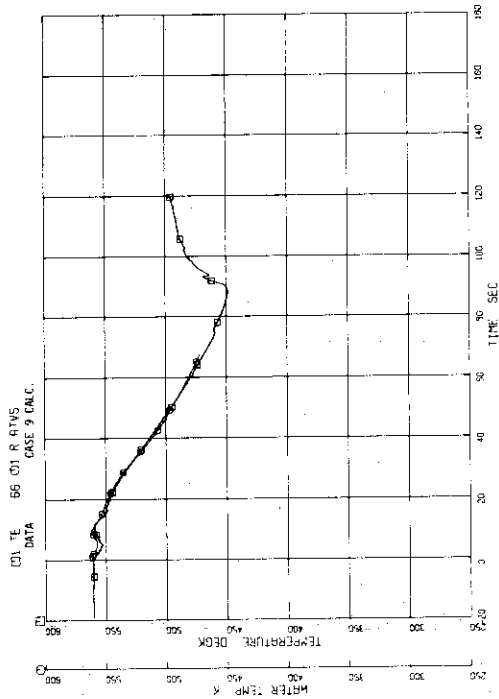


Fig. 6.25 Fluid Temperature in Upper Plenum.

ROSA3 RUN 702 POST ANALYSIS

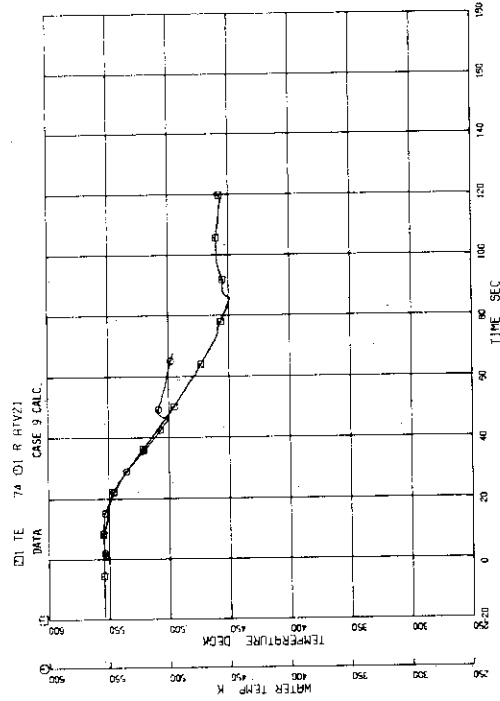


Fig. 6.27 Fluid Temperature at Intact Loop Jet Pump Discharge.

ROSA3 RUN 702 POST ANALYSIS

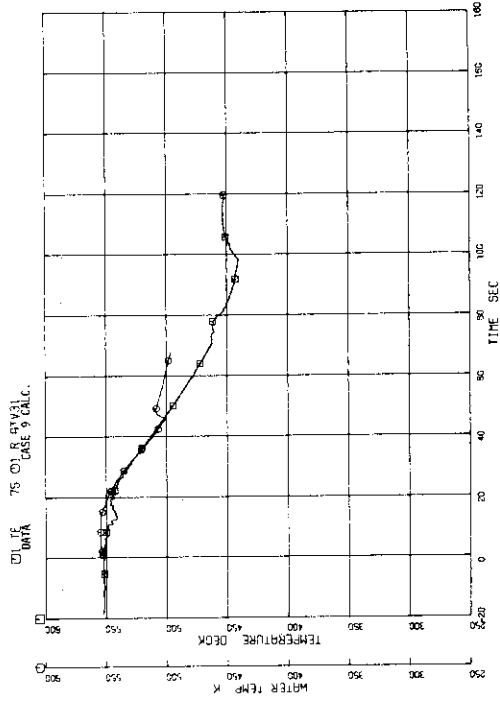


Fig. 6.28 Fluid Temperature at Broken Loop Jet Pump Discharge.

ROSA3 RUN 702 POST ANALYSIS

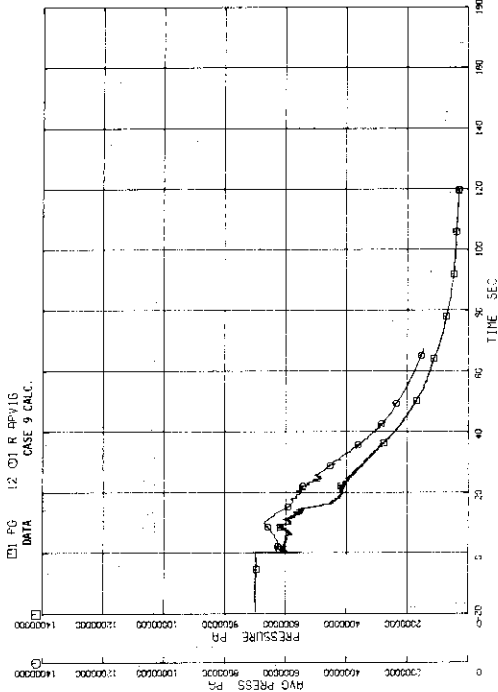


Fig. 6.30 Pressure at Upstream of Pump Side Break Plane.

ROSA3 RUN 702 POST ANALYSIS

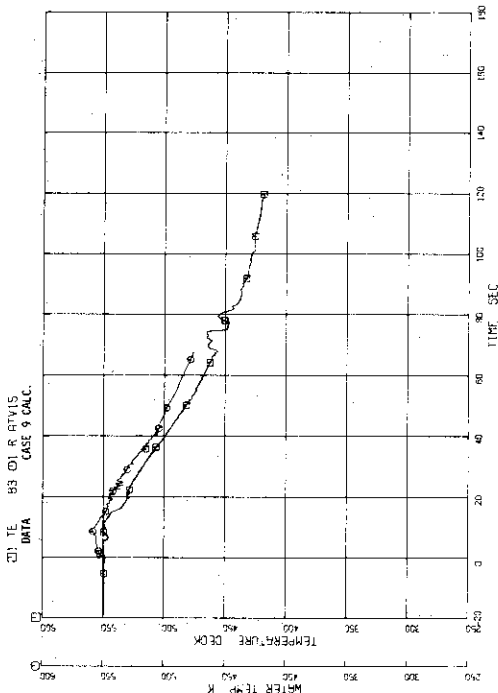


Fig. 6.29 Fluid Temperature at Upstream of Pump Side Break Plane.

RUN702 DATA AND 5 VOLUME 59

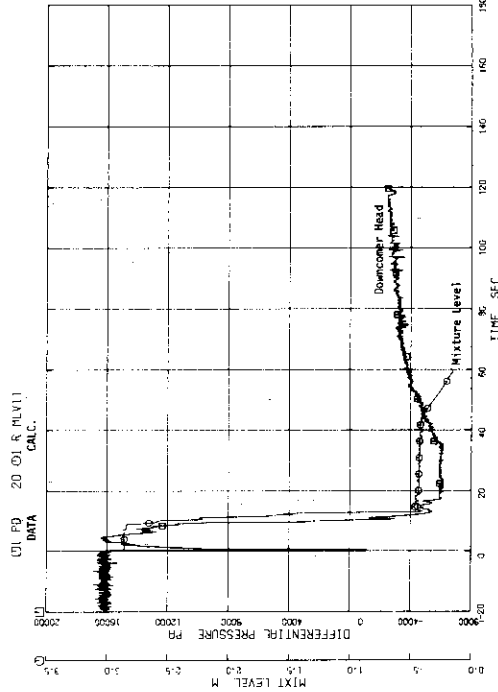


Fig. 6.32 Measured Downcomer Head and Case 10 Mixture Level in Downcomer.

RUN702 DATA AND 5 VOLUME 59

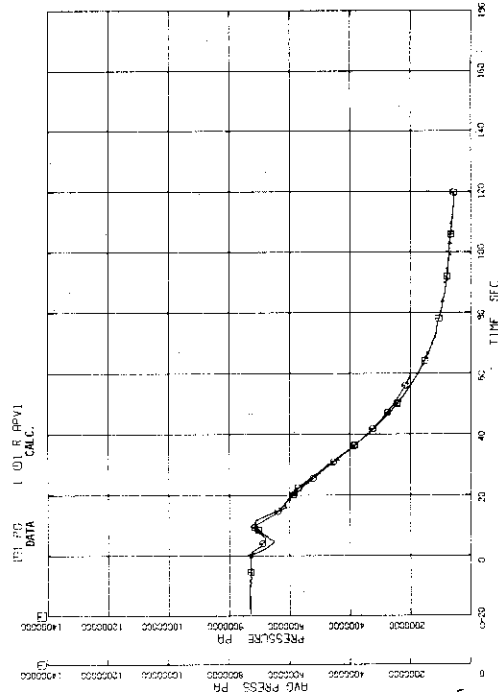


Fig. 6.31 Lower Plenum Pressure; Data and Case 10.

RUN702 DATA AND 5 VOLUME 59

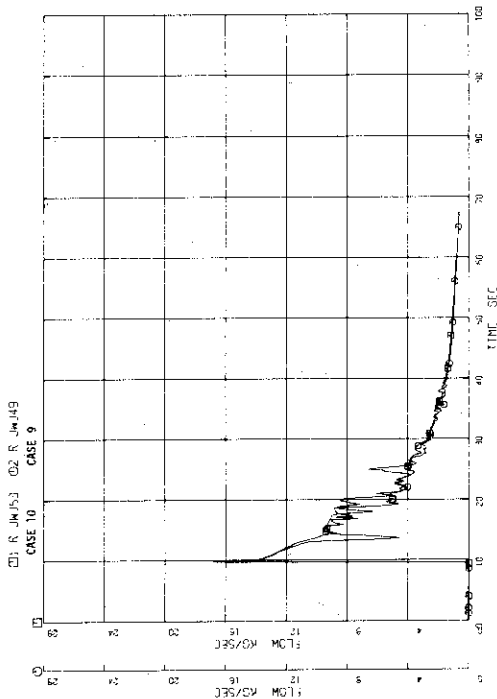


Fig. 6.34 Discharge Flow Rate at Pressure Vessel Side Break Plane; Case 10 and Case 9.

RUN702 DATA AND 5 VOLUME 59

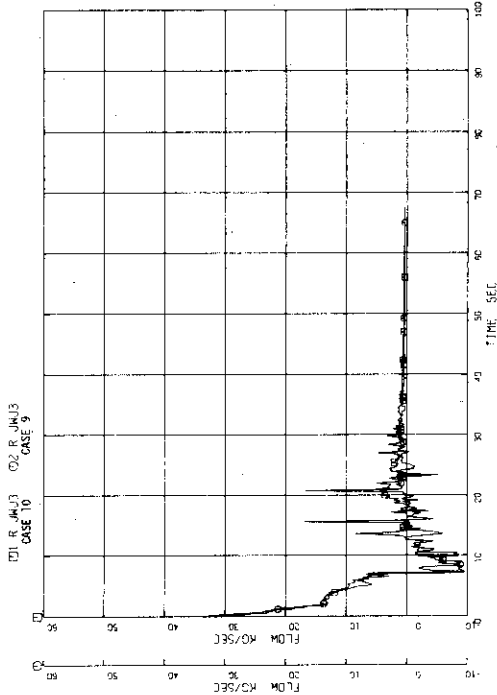


Fig. 6.36 Core Inlet Flow Rate; Case 10 and Case 9.

RUN702 DATA AND 5 VOLUME 59

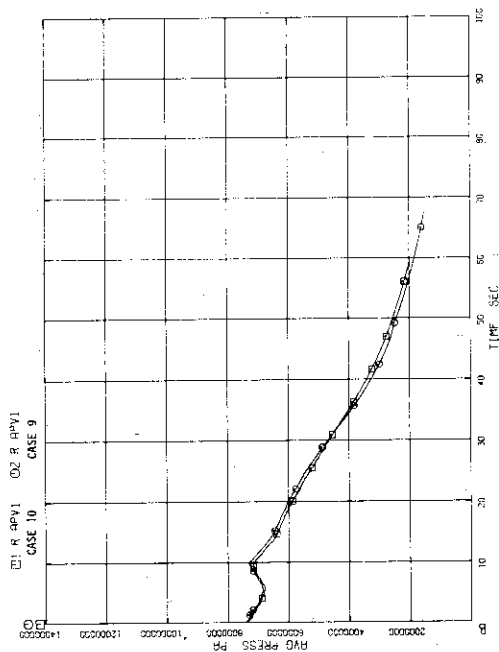


Fig. 6.33 Lower Plenum Pressure; Case 10 and Case 9.

RUN702 DATA AND 5 VOLUME 59

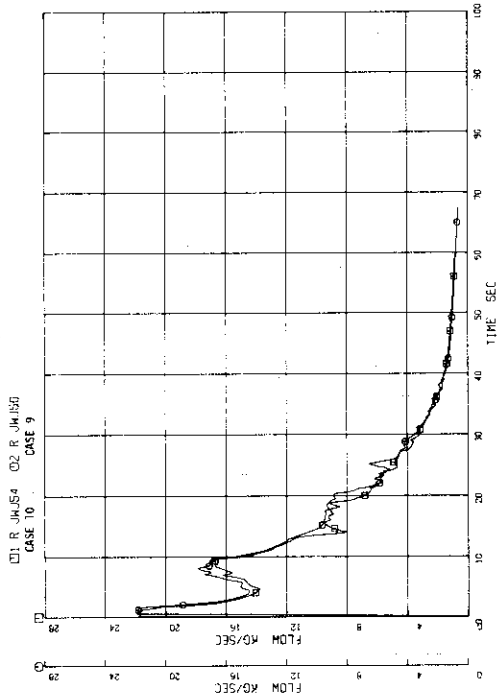


Fig. 6.35 Discharge Flow Rate at Pump Side Break Plane; Case 10

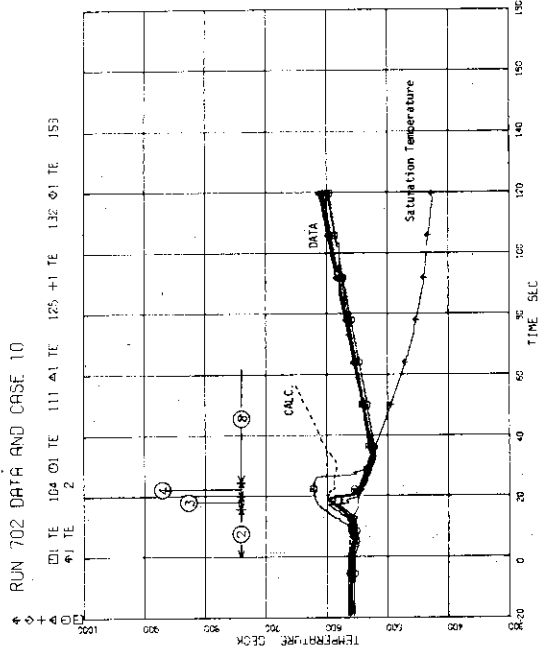


Fig. 6.38 Heater Rod Surface Temperature; Position 1.

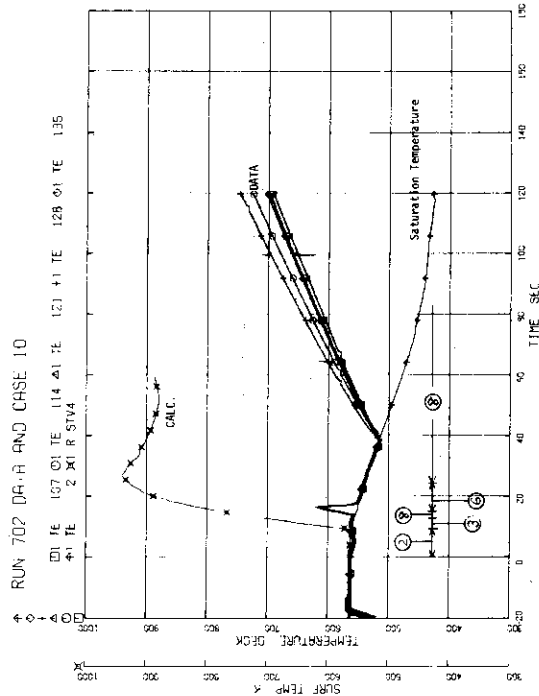


Fig. 6.40 Heater Rod Surface Temperature; Position 4.

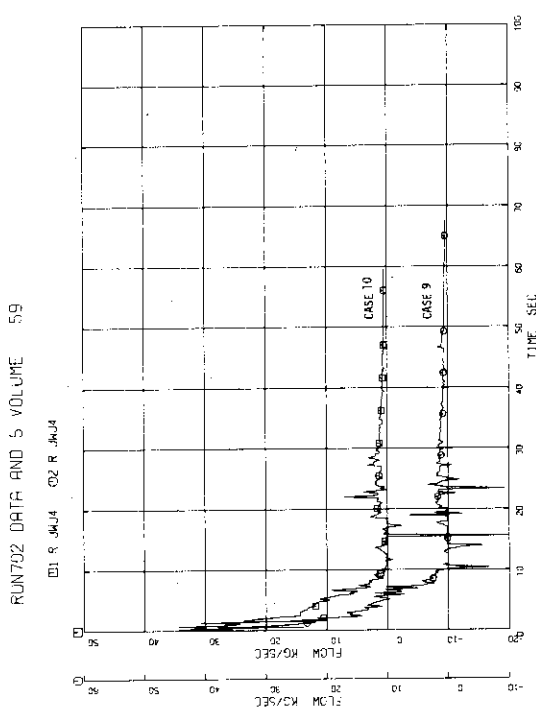


Fig. 6.37 Core Outlet Flow Rate; Case 10 and Case 9.

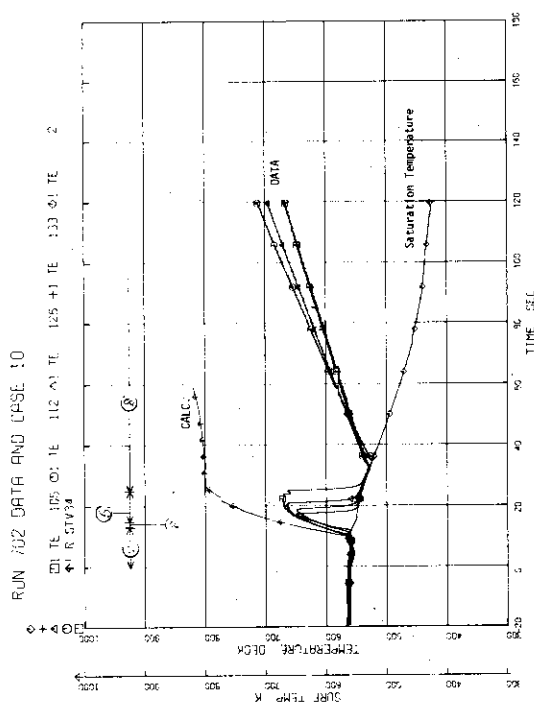


Fig. 6.39 Heater Rod Surface Temperature; Position 2.

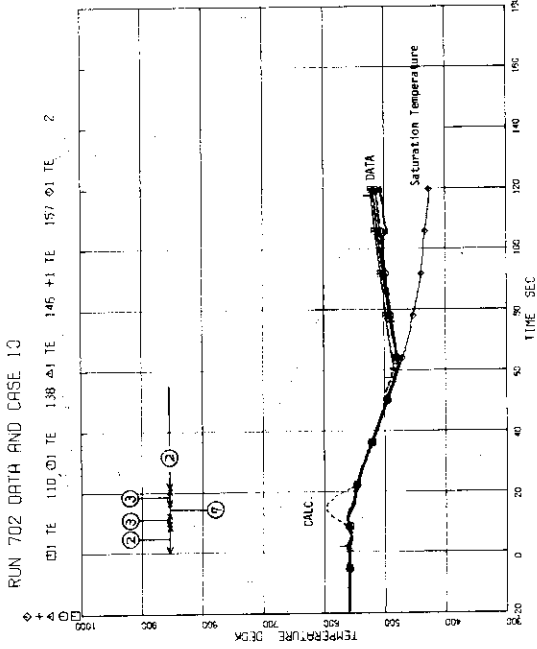


Fig. 6.42 Heater Rod Surface Temperature; Position 7.

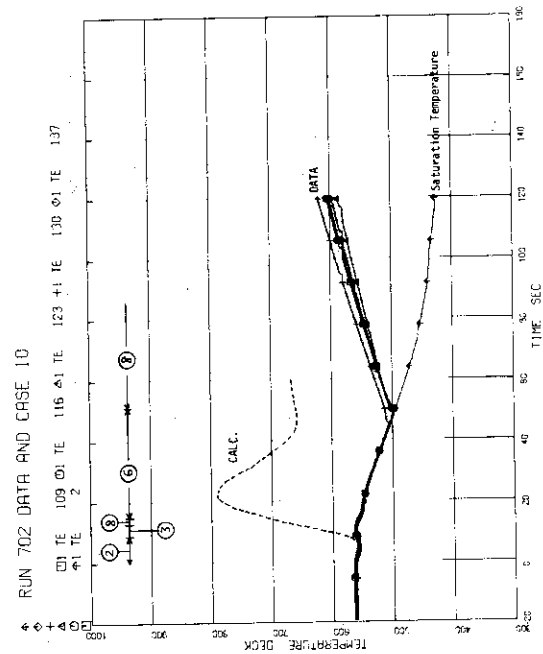


Fig. 6.41 Heater Rod Surface Temperature; Position 6.

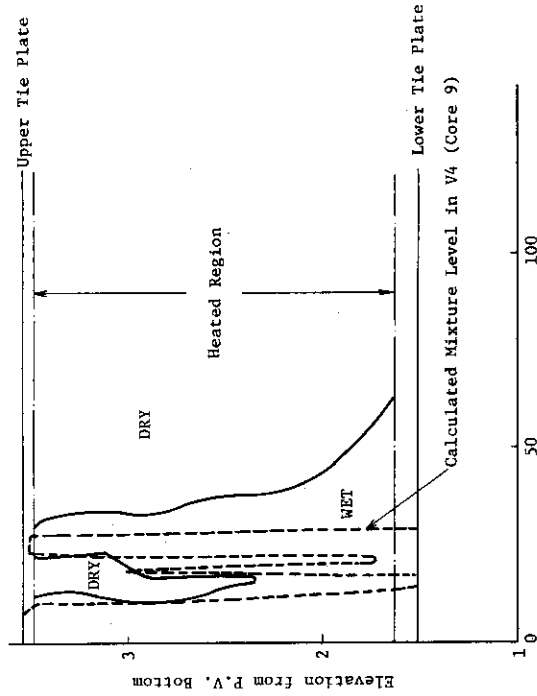


Fig. 6.44 Heater Rod Surface Condition

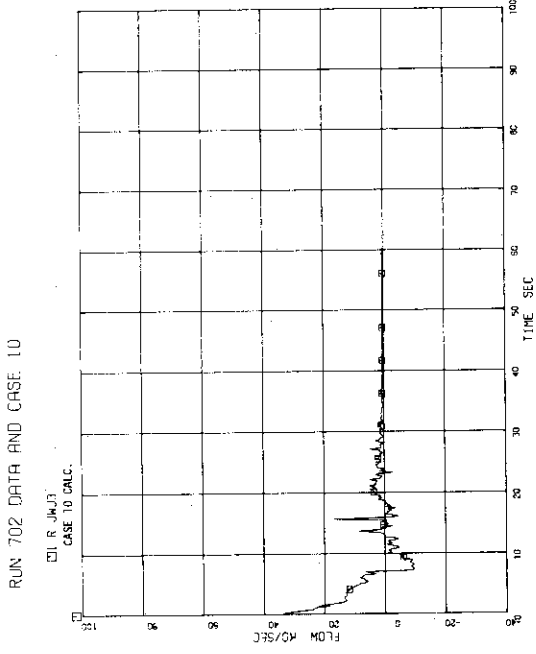


Fig. 6.43 Core Inlet Flow Rate, Case 10.

7. 結論及び今後の検討課題

ROSA III 実験計画の目的は BWR LOCA 時のシステム挙動を解明し、原子炉安全性解析に用いられている計算コードの検証と性能向上を図ることである。RUN 702 実験は再循環ポンプ吸込側配管破断による冷却材喪失事故時の模擬実験で、ECCS を作動させない実験であった。実験は両端破断を模擬する予定であったが、結果として、200% スプリット破断となっており、しかも圧力容器側破断口からはポンプ側破断後 9.7 秒で放出を開始している。

この RUN 702 実験結果に対し、計算コード RELAP4J を用いて実験後解析を行なった。解析ではまず系全体の挙動に着目し、炉心を 1 ボリューム、1 ヒートスラブとし ROSA III 全体を 31 ボリューム、41 ヒートスラブ、50 ジャンクションで表わし、計算を行なった。その結果、以下のような結論、ならびに今後の検討課題を得た。

- (1) 実験前の予測計算と同一手法で計算した結果と実験結果の一致は良いものではなかった。実験では、下部プレナム、下部プレナムガイドチューブ、炉心バイパス部、炉心に水位の形成が見られるのに対し、予測計算では均質として扱ったことが不一致の大きな原因として挙げられる。
- (2) 実験での圧力変化過程に着目した場合、圧力容器内全ボリュームに Wilson 気泡離脱モデルを併用した水位形成モデルを適用した場合に、実験結果を最も良く記述する。ジェットポンプ吸込部逆流損失係数は炉心流量に影響を与え、従って、下部プレナムからジェットポンプ吐出部、ジェットポンプ吸込部を経てダウンカムに至る管路の逆流時の流動抵抗は実験によって確認する必要がある。
- (3) 未飽和水、低クオリティ臨界流流出流量計算に Zaloudek-Moody モデル ($C_B = 0.4$) を用いた場合と Fauske モデル ($C_D = 0.61$) を用いた場合とでは、現在の ROSA III 実験装置では減圧過程全体を通して見た場合、大きな差違は生じない。
- (4) 高クオリティ域では Moody の臨界流量と蒸気音速から決まる臨界流量のどちらか大きいほうで臨界流量を決めることができるという RELAP4J のオプションは、モデルとして問題があり、また実験結果との対比から見て、用いないほうがよい。
- (5) (1), (2), (3), (4) を基にした計算結果と実験結果の比較より、次のような結果を得た。
 圧力の計算値と実験値はよく一致した。ダウンカム水位変化の状況、健全ループジェットポンプ吐出流体密度変化などの計算結果は実験の傾向を良く表わしている。しかしながら、計算による下部プレナムフラッシングは顕著なものではなく、またそれに引き続く炉心上向き流量の増加もよく表わし得ていない。下部プレナムを 3 ボリュームに分割していることが 1 つの原因と考えられ、これは 1 ボリュームとするべきであろう。
- (6) 再循環ポンプ前後の差圧、ポンプの回転数、ジェットポンプの吐出側と吸込側の差圧、駆動側と吸込側の差圧の実験値と計算値の一致は悪い。今後これらの特性試験を行ないその特性を明らかにすると共に、ジェットポンプモデルの改良など進めるべきであろう。
- (7) 流量の測定値が極端に不足している。炉心流量測定の高難度性を考えると、圧力容器に接続

しているそれぞれの配管内流量を、破断実験開始後全期間を通して測定できるよう今後とも努力を続けるべきであろう。

- (8) 燃料棒表面温度は、(1), (2), (3), (4)で得た結果を基に、炉心を更に5ボリューム、11ヒーススラブに分割して計算を行なって求めた。圧力などの計算結果は、このノーディングの相違により大きな差はない。

実験においては燃料棒表面は上から順にドライアウトする。また、ドライアウトするのは炉心中部まででそれ以下はドライアウトしない。ドライアウトした表面は下部プレナムフラッシング発生後一度rewetした後、再び上から順に比較的ゆっくりとドライアウトしていく。最初のドライアウトでは炉心上部のほうが高温となった。

一方計算では、ほぼ一斉に全位置ドライアウトを示し、そのドライアウト発生時刻は実験より早い。rewetは炉心底部を除いて計算されていない。また、炉心中位の最大発熱部が最も高温となっており、また実験値よりもかなり高い値であった。

この実験と計算の不一致の原因として、計算では、下部プレナムフラッシング以前に炉心流量が逆流を示すこと、下部プレナムフラッシングによる炉心上向き流れの増大が顕著に表わされていないことが上げられる。また、実験では炉心上部は高ボイド状態、底部は低ボイド状態となることを示しているが、RELAP4Jによる計算では、この状況を現実に即して表現し得ないことや熱伝達を計算するのに実際の現象に見合った取扱いができ得ないことによる。炉心内のボイド、クオリティ分布を実際の状況に近い形で定め、その状況に見合った熱伝達の計算ができるよう、計算モデルの改良ならびに新しいコードの導入を進めるべきであろう。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、安全工学第一研究室の斯波正誼室長をはじめ田坂完二氏、岡崎元昭氏、傍島真氏、鈴木光弘氏、村田秀男氏、安全工学第二研究室の安達公道氏より多くの助言、教示を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

しているそれぞれの配管内流量を、破断実験開始後全期間を通して測定できるよう今後とも努力を続けるべきであろう。

- (8) 燃料棒表面温度は、(1), (2), (3), (4)で得た結果を基に、炉心を更に5ボリューム、11ヒーススラブに分割して計算を行なって求めた。圧力などの計算結果は、このノーディングの相違により大きな差違はない。

実験においては燃料棒表面は上から順にドライアウトする。また、ドライアウトするのは炉心中部まででそれ以下はドライアウトしない。ドライアウトした表面は下部プレナムフラッシング発生後一度rewetした後、再び上から順に比較的ゆっくりとドライアウトしていく。最初のドライアウトでは炉心上部のほうが高温となった。

一方計算では、ほぼ一斉に全位置ドライアウトを示し、そのドライアウト発生時刻は実験より早い。rewetは炉心底部を除いて計算されていない。また、炉心中位の最大発熱部が最も高温となっており、また実験値よりもかなり高い値であった。

この実験と計算の不一致の原因として、計算では、下部プレナムフラッシング以前に炉心流量が逆流を示すこと、下部プレナムフラッシングによる炉心上向き流れの増大が顕著に表わされていないことが上げられる。また、実験では炉心上部は高ボイド状態、底部は低ボイド状態となることを示しているが、RELAP4Jによる計算では、この状況を現実に即して表現し得ないことや熱伝達を計算するのに実際の現象に見合った取扱いができ得ないことによる。炉心内のボイド、クオリティ分布を実際の状況に近い形で定め、その状況に見合った熱伝達の計算ができるよう、計算モデルの改良ならびに新しいコードの導入を進めるべきであろう。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、安全工学第一研究室の斯波正誼室長をはじめ田坂完二氏、岡崎元昭氏、傍島真氏、鈴木光弘氏、村田秀男氏、安全工学第二研究室の安達公道氏より多くの助言、教示を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 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).
- (2) 北口秀美, 他 4 名, " ROSA III 試験の予備解析 [II] (再循環配管破断) ", JAERI-M 7488, (2. 1978)
- (3) 北口秀美, 他 3 名, " ROSA III 試験の予備解析 [III] ", JAERI-M 7791 (8. 1978).
- (4) 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)
- (5) SODA, K., " Prediction of ROSA III Experiment - RUN 701 ", JAERI-M 7712 (6. 1978)
- (6) 望月洋志, 他 4 名, " 軽水炉の LOCA 解析コード RELAP4J (RELAP4-MOD 2 の改良について) ", JAERI-M 7506 (2. 1978)
- (7) 小泉安郎, 他 2 名, " ROSA III RUN 702 実験の予測解析 ", JAERI-M 7970 (11. 1978)
- (8) 小泉安郎, 他 2 名, " ROSA III RUN 703 実験の予測解析 ", JAERI-M 8300 (6. 1979)
- (9) Sode, K., et al., " Post-Test Analysis of ROSA III Test RUN 701 ", JAERI-M 8473 (10. 1979)
- (10) " General Electric Standard Safety Analysis Report, BWR/6 ", DOCKET-STN-50447-48, GE. Co. (1975)
- (11) Moore, K.V., et. al., " RELAP4A Computer Program for Transient Thermal-Hydraulic Analysis ", ANCR-1127 (1973)
- (12) Moody, F.J., " Maximum Flow Rate of a Single Component Two Phase Mixture ", J. Heat Transfer, 87 (1), 134 (1975)
- (13) Zaloudek, F.R., " The Critical Flow of Hot Water through Short Tubes ", HW-77594 UC-38, Engineering Equipment.
- (14) Wilson, J.F., et. al., " The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture ", Trans. Am. Nucl. Soc., 5, 151 (1962)
- (15) Henry, R.F. and Fauske, K.K., " The Two-Phase Critical Flow of One-Component Mixture, Orifices and Short Tubes ", ASME Ser. C, 179 (5. 1971)
- (16) Saha, P., " A Review of Two-Phase Steam Water Critical Flow Models with Emphasis on Thermal Nonequilibrium ", NUREG/CR-0417 (BNL-NUREG-50907), (9. 1978)
- (17) Muralidharan, R., et. al., " BWR Blowdown Heat Transfer Program Final Report ", GEAP-21214 (2. 1976).
- (18) Idelchik, I.E., " Handbook of Hydraulic Resistance, AEC-TR-6630 (Translation from Russian) (1960)
- (19) 機械工学便覧第 5 版 8-19 (1968)

付録1. 入力データリスト, ケース9 (炉心1ポリウム)

```

*
* ROSA-3 ANALYSIS BY RELAP4J  RUN 702 POST ANALYSIS
* TITLE
*
**ROSA3K
***PROBLEM DIMENSIONS***
*
* LDMP NTC NVOL NTDV NPMPC NLK NSLB NMAT NHTX
* NED1 NTRP NBUB NJUN NCKV NFLL NGOM NCOR ISPROG
010001 -2 9 5 16 31 3 0 50 2 4 4 5 41 20 7 1 0
***PROBLEM CONSTANTS***
* POWER OMEGA PQUITH PQUITH TQUITH TQUITH
010002 3.728 1.0
***PROGRAM OPTION***
*
*** INPUT OUTPUT
10005 0 0 *
10007 10 0.4 0.05 2.0 *
***EDIT VARIABLES***
020000 AP 27 ML 27 Jw 45 Jw 49 Jw 50 Jw 47 Jw 42 Jw 43 Jw 44
***TIME STEP CONTROL CARDS***
*
* NMIN NMAJ NDPM NCHK DELTH DTMIN TLAST ENDCPU
030010 10 1 2 -2 1.0-2 1.0-6 0.5
030020 5 5 2 -2 5.0-3 1.0-6 2.1
030030 20 10 2 -2 1.0-2 1.0-6 10.0
030040 20 20 2 -2 1.0-2 1.0-6 50.0
030050 100 5 2 -2 0.5-2 1.0-6 200.0
***DETAILED EDIT 030002*** = NOT USED =
***WATER PACKING ETC. 030003 *** = NOT USED =
***MIXTURE LEVEL SMOOTHING 030004 *** = NOT USED =
***TRIP CONTROLES***
*
* IDTRP IDSIG IX1 IX2 SETPT DELAY
040010 1 1 0 0 900. 0. * END BY TIME
040020 2 1 0 0 .001 0. * START OF BREAK
040030 3 1 0 0 .001 0. * FEED WATER PUMP ON
040040 4 1 0 0 .001 0. * MAIN STM VALV OPN
040050 5 1 0 0 .001 1000.0 * HPCS TIMER SET
040060 6 -4 7 0 313.3 1000. * LPCS TRIP
040070 7 -4 7 0 313.3 1000. * LPIS TRIP
040080 8 1 0 0 .001 120. * ADS VALVE OPN
040090 1 -4 7 0 14.7 0. * END BY LOW PRESS
040100 1 10 1 0 1300. 0. * END BY HJ CLD TEMP
040110 9 1 0 0 .001 0. * MPR1 PUMP TRIP
040120 10 1 0 0 .001 0. * MPR2 PUMP TRIP
040130 11 1 0 0 0. 0. * PWT TRIP
040140 12 1 0 0 0. 0. * STM DISCH LIN TRP
040150 13 1 0 0 .001 1000. * AV127 TRIP
040160 14 1 0 0 0.0 1900.0 * NO FLW THRU J34,J35
***VOLUME DATA***
*
* [BUB IREAD P TEMP HORX V ZVOL ZM
* (PSIA) (DEGF) (SLTY) (FT**3) (FT) (FT)
050011 2 0 1072.04 535. -1. 4.279 1.690 1.690
050021 2 0 1071.10 535. -1. 2.033 2.677 2.677
050031 2 0 1064.77 535. -1. .3194 .8042 .8042
050041 2 0 1062.18 -1. .00436 2.875 6.647 6.647
050051 2 0 1058.59 -1. .03739 4.383 2.31 2.31
050061 2 0 1055.36 -1. .03769 1.121 3.682 3.682
050071 2 0 1052.15 -1. 0. 13.16 4.050 .67
050081 2 0 1052.09 550.9 -1. 4.287 1.140 0.
050091 2 0 1066.00 535. -1. 2.523 3.579 3.579
050101 2 0 1063.00 543. -1. 1.851 7.336 7.336
050111 2 0 1054.35 535. -1. 2.393 9.389 9.389
050121 0 0 1050.80 536. -1. .2312 .374 .374
050131 0 0 1077.06 534. -1. .1498 6.893 6.893
050141 0 0 1072.37 534. -1. .5953 .9090 .9090
050151 0 0 1053.80 533. -1. .649 4.884 4.884
050161 0 0 1047.84 531. -1. .8074 9.987 9.987
050171 0 0 1179.75 531.5 -1. .187 .955 .955
050181 0 0 1309.00 532. -1. .5854 11.464 11.464
050191 0 0 1302.19 532. -1. .3118 7.733 7.733
050201 0 0 1050.80 536. -1. .2312 .374 .374
050211 0 0 1076.00 536. -1. .1487 6.842 6.842
050221 0 0 1072.31 536. -1. .5429 .9600 .9600
050231 0 0 1053.30 535. -1. .4902 10.49 10.49
050241 0 0 1185.50 535.5 -1. .187 .955 .955
050251 0 0 1310.00 536. -1. .7164 15.29 15.29
050261 0 0 1305.00 536. -1. .3531 4.067 4.067
050271 0 0 1052.26 536.0 -1. 1.333 .5400 .5400
050281 2 0 1052.80 536. -1. 2.5 2.930 2.930
050291 2 0 1049.2000 0. 0. 1.034 2.343 2.343
050301 0 0 1077.06 534. -1. .1498 6.893 6.893
050311 0 0 1076.00 536. -1. .1487 6.842 6.842
*
* JTPMV FLOWA DIAMV ELTV IAMBLO
* (FT**2) (FT) (-.0594 (SLIP,VRTCL STK IND)
050012 0 1.61 100. -0.0594
050022 0 .7594 .1059 1.63
050032 0 .4865 .04341 4.160
050042 0 0.4325 .04341 4.964
050052 0 1.898 1.64 11.61

```


080012	0.622	0.713	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02150
080022	1.19	1.31	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02160
080032	0.958	0.958	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02170
080042	1.036	1.008	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02180
080052	1.055	1.076	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02190
080062	1.220	0.522	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02200
080072	1.661	1.661	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02210
080082	1.45	1.45	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02220
080092	1.83	2.40	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02230
080102	1.08	0.643	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02240
080112	0.74	1.24	1	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02250
080122	2.093	8.815	0	0	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02260
080132	8.816	7.859	0	0	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02270
080142	1.75	1.25	1	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02280
080152	1.46	1.97	1	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02290
080162	6.52	6.52	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02300
080172	15.26	17.29	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02310
080182	1.133	1.158	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02320
080192	2.903	2.903	0	0	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02330
080202	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02340
080212	0.74	1.24	1	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02350
080222	2.093	8.815	0	0	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02360
080232	3.674	2.718	0	0	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02370
080242	1.75	1.25	1	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02380
080252	3.79	4.31	1	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02390
080262	2.883	2.485	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02400
080272	6.607	6.632	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02410
080282	0.96	0.96	0	0	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02420
080292	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02430
080302	0.152	0.114	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02440
080312	0.278	0.328	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02450
080322	0.328	0.519	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02460
080332	2.65	2.65	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02470
080342	2.26	1.97	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02480
080352	1.0	0.45	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02490
080362	2.093	8.815	0	0	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02500
080372	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02510
080382	8.816	7.859	0	0	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02520
080392	2.093	8.815	0	0	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02530
080402	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	0.57	1	*RSA02540
080412	3.674	2.718	0	0	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02550
080422	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	0.57	1	*RSA02560
080432	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	0.57	1	*RSA02570
080442	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	0.57	1	*RSA02580
080452	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	0.57	1	*RSA02590
080462	33.02	0.0	0	1	2	0	0.0	0.57	1	*RSA02600
080472	2.746	0.0	0	1	2	-2	0.0	0.57	1	*RSA02610
080482	116.6	0.0	0	1	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02620
080492	0.849	0.0	0	1	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02630
080502	0.872	0.0	0	1	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02640
*										*RSA02650
*	IHQCOR	SRCOS	IADJUN							*RSA02660
*										*RSA02670
080013	0	*								RSA02680
080023	0	*								HSA02690
080033	2	*								RSA02700
080043	1	*								RSA02710
080053	0	*								RSA02720
080063	0	*								RSA02730
080073	0	*								RSA02740
080083	0	*								RSA02750
080093	0	*								RSA02760
080103	0	*								RSA02770
080113	0	*								RSA02780
080123	0	*								RSA02790
080133	0	*								RSA02800
080143	0	*								RSA02810
080153	0	*								RSA02820
080163	0	*								RSA02830
080173	0	*								RSA02840
080183	0	*								RSA02850
080193	0	*								RSA02860
080203	0	1	*							RSA02870
080213	0	*								RSA02880
080223	0	*								RSA02890
080233	0	*								RSA02900
080243	0	*								RSA02910
080253	0	*								RSA02920
080263	0	*								RSA02930
080273	0	*								RSA02940
080283	0	*								RSA02950
080293	0	1	*							RSA02960
080303	0	*								RSA02970
080313	0	*								RSA02980
080323	0	*								RSA02990
080333	0	*								RSA03000
080343	0	*								RSA03010
080353	0	*								RSA03020
080363	0	*								RSA03030
080373	0	1	*							RSA03040
080383	0	*								RSA03050
080393	0	*								RSA03060
080403	0	1	*							RSA03070
080413	0	*								RSA03080
080423	0	*								RSA03090
080433	0	*								RSA03100
080443	0	*								RSA03110
080453	0	*								RSA03120
080463	0	1	*							RSA03130
080473	0	1	*							RSA03140
080483	0	1	*							RSA03150
080493	0	1	*							RSA03160
080503	0	1	*							RSA03170
*										*RSA03180
*										*RSA03190
*** DIAL CARDS	082011	THRU	082016	082011	082012	082020	082021	***		*RSA03200
***	082030	THRU	082032					***		*RSA03210
***								***		*RSA03220
										ARE NOT USED.

```

*
*** PUMP DESCRIPTION ***
*
*      IPC ITPMP IRP IPM IMT  POMGAR  PRSAT  PFLOW  PHEAD  PTORKR
*      (RPM)  (RATIO) (GPM)  (FT)  (LBF.FT)
090011 3   9   1   1   3600.   .964  132.  859.6  21.5
090021 3  10   1   1   3600.   .97  132.  859.6  21.5
*
*      PINRTA  VRHOI  TORKF(3)  TORKMR  TORKF(1)  TORKF(2)  TORKF(4)
*      (LBM,FT2) (LBM/FT3)  (LBF,FT)
090012 8.65  0.  2.15  *
090022 8.65  0.  2.15  *
*
*** PUMP HEAD MULTIPLIER ***
*
*      NPHM  PHDM(1), PHDM(2),-----
*      (VOID) (MULTPLR)
091001 -11  0.0  .1  .0  .15  .05  .24  .8  .3  .96
091002  .4  .98  .6  .97  .8  .9  .9  .8  .96  .5
091003  1.0  .0
*
*** PUMP TORQUE MULTIPLIER ***
*
*      NPTM  PTKM(1), PTKM(2),-----
*      (VOID) (MULTPLR)
092001 -2  0.0  0.0  1.0  0.0  * NOT USED
*
*** PUMP STOP DATA ***
*
*      CAVCON  FPUMP  SPUMP
*      (SEC)   (RPM)  (RPM)
*
*** PUMP MOTOR TORQUE ***
*
*      NTMO  PTMO(1), PTMO(2),-----
*      (RPM)  (TORQUE)
*      *** NOT USED ***
*
*** PUMP CURVE INPUT INDICATOR ***
*
*      NC(1)  NC(2)  NC(3)  NC(4)
100000  0  0  16  0
*
*** PUMP HEAD OR TORQUE DATA CARDS ***
*
*      IT IC N  PHEAD(1) OR PTORK(1), PHEAD(2) OR PTORK(2) -----
103011 1 1 5  0.0  0.92  0.2  0.94  0.4  0.97
103012  0.6  1.0  1.0  1.0
103021 1 2 5  0.0  -0.2  0.25  0.0  0.4  0.12  *
103022  0.7  0.5  1.0  1.0  *
103031 1 3 5  -1.0  1.2  -0.8  0.98  -0.6  0.94  *
103032  -0.3  0.92  0.0  0.92  *
103041 1 4 5  -1.0  1.2  -0.8  0.7  -0.5  0.33  *
103042  -0.2  0.16  0.0  0.25  *
103051 1 5 5  0.0  0.94  0.2  1.06  0.5  1.23  *
103052  0.7  1.3  1.0  1.45  *
103061 1 6 5  .0  .25  .4  .3  .7  .7  *
103062  .9  1.1  1.  1.45  *
103071 1 7 5  -1.0  0.2  -0.8  0.4  -0.5  0.65  *
103072  -0.2  0.84  0.0  0.94  *
103081 1 8 5  -1.  .2  -.8  -.1  -.5  -.26  *
103082  -.2  -.3  .0  -.2  *
103091 2 1 5  .0  .46  .2  .54  .5  .67  *
103092  .8  .86  1.  1.  *
103101 2 2 5  0.0  -0.1  0.2  0.08  0.5  0.34  *
103102  0.8  0.65  1.0  1.0  *
103111 2 3 5  -1.0  0.7  -0.8  0.68  -0.5  0.48  *
103112  -0.3  0.44  0.0  0.46  *
103121 2 4 5  -1.  .7  -.7  .45  -.4  .38  *
103122  -.2  .32  .0  .28  *
103131 2 5 5  0.0  -0.66  0.2  -0.53  0.6  -0.3  *
103132  .8  -0.2  1.0  -0.1  *
103141 2 6 5  .0  .28  .2  .22  .5  .1  *
103142  .8  .0  1.  -.1  *
103151 2 7 5  -1.0  -1.4  -0.8  -1.25  -0.5  -1.0  *
103152  -0.2  -0.8  0.0  -0.66  *
103161 2 8 5  -1.  -1.4  -.6  -.8  -.5  -.66  *
103162  -.2  -.3  .0  -.1  *
*
*** VALVE DATA CARDS ***
*
*      ITCV  IACV  LATCH  PCV  CV1  CV2  CV3
110010 13  0.  0.  0.  0.  * AV 127 TRIP
110020 12  0.  0.  0.  0.  * MSL BEFORE BREAK
110030 -14  0.  0.  0.  0.  * J 34
110040 -14  0.  0.  0.  0.  * J 35
*
*** LEAK TABLE CARDS ***
*
*      NAREA  SINK  TAREA(1), TAREA(2),-----
*      ITLEAK (PSIA)
120100 -3  2  14.7  0.  0.  .1  1.  2000.  1.  * BREAK START
120200 -3  12  14.7  0.  1.  .101  0.  2000.  0.  * MSL BFR BHK
120300 -5  8  14.7  0.  0.  .1  1.  480.  1.  *
120301  480.01  0.  2000.  0.  * ADS
120400 -4  2  14.7  0.  0.  9.6  0.  9.7  1.0  *
120401  2000.  1.1  * BREAK B START
*
*** FILL TABLE DATA ***
*
*      ITFILL ITYPE NPTS ICALC UNITS  PORT  HORX  AFNAC
130100 -5  6  1  1  57.35  68.  *LPCS
130200 -7  5  1  1  57.35  68.  *HPCS
130300 -6  7  1  1  57.35  68.  *LPCI

```

```

*RSA03230
*RSA03240
*RSA03250
*RSA03260
*RSA03270
*RSA03280
*RSA03290
*RSA03300
*RSA03310
*RSA03320
*RSA03330
*RSA03340
*RSA03350
*RSA03360
*RSA03370
*RSA03380
*RSA03390
*RSA03400
*RSA03410
*RSA03420
*RSA03430
*RSA03440
*RSA03450
*RSA03460
*RSA03470
*RSA03480
*RSA03490
*RSA03500
*RSA03510
*RSA03520
*RSA03530
*RSA03540
*RSA03550
*RSA03560
*RSA03570
*RSA03580
*RSA03590
*RSA03600
*RSA03610
*RSA03620
*RSA03630
*RSA03640
*RSA03650
*RSA03660
*RSA03670
*RSA03680
*RSA03690
*RSA03700
*RSA03710
*RSA03720
*RSA03730
*RSA03740
*RSA03750
*RSA03760
*RSA03770
*RSA03780
*RSA03790
*RSA03800
*RSA03810
*RSA03820
*RSA03830
*RSA03840
*RSA03850
*RSA03860
*RSA03870
*RSA03880
*RSA03890
*RSA03900
*RSA03910
*RSA03920
*RSA03930
*RSA03940
*RSA03950
*RSA03960
*RSA03970
*RSA03980
*RSA03990
*RSA04000
*RSA04010
*RSA04020
*RSA04030
*RSA04040
*RSA04050
*RSA04060
*RSA04070
*RSA04080
*RSA04090
*RSA04100
*RSA04110
*RSA04120
*RSA04130
*RSA04140
*RSA04150
*RSA04160
*RSA04170
*RSA04180
*RSA04190
*RSA04200
*RSA04210
*RSA04220
*RSA04230
*RSA04240
*RSA04250
*RSA04260
*RSA04270
*RSA04280
*RSA04290
*RSA04300

```

JAERI-M 8627

```

130400 -10 3 0 0 1064.1 390.2 *FW RSA04310
130500 -17 4 0 0 1052.2 550.9 *MSL RSA04320
* * * * * RSA04330
* FILTBL(1),FILTBL(2),---- * RSA04340
* * * * * RSA04350
130101 0. 1117. 43.5 1103. 304.5 848. 508. 0. 2000. 0. *LPCRSA04360
130201 0. 1393. 435. 1393. 652.5 1378. 725. 1272. * RSA04370
130202 1015. 318. 1102. 0. 2000. 0. *HPCRSA04380
130301 0. 3165. 72.5 3037. 145. 2808. 217.5 2425. * RSA04390
130302 290. 0. 2000. 0. *LPCINSA04400
130401 0.0 0.0 0.51 0.0 0.95 408.6 1.16 492.9 * RSA04410
130402 1.41 492.9 2.0 403.5 2.76 347.8 3.60 38.76 * RSA04420
130403 5.0 0.0 1000.0 0.0 * FWP LB/FT25 A=0.01246 FT2 RSA04430
130501 0.0 -728.3 0.76 -704.6 1.27 0.0 1.32 0.0 *RSA04440
130502 2.0 -1302. 2.15 -1338. 4.56 -1286. 5.27 -1044. *RSA04450
130503 6.40 -206.3 7.0 0.0 23.2 0.0 23.21 0.0 *RSA04460
130504 32.7 0.0 53.8 0.0 63.5 0.0 64.4 0.0 *RSA04470
130505 1000. 0.0 * MSL AFT BRK LB/FT25 A=0.003379 RSA04480
* * * * * RSA04490
*** KINETIC CONSTANTS *** * RSA04500
* * * * * RSA04510
* NODL KMUL BOVL RHOIN UDUF PROMPT LAMBDA TAU * RSA04520
140000 0 0. 0. * * * * * RSA04530
* * * * * RSA04540
* * * * * RSA04550
* * * * * RSA04560
* * * * * RSA04570
*** SCRAM TABLE *** * RSA04580
* * * * * RSA04590
* NSCR ITSCR * RSA04600
* * * * * RSA04610
* TSCR(1),TSCR(2),---- * RSA04620
141000 -10 2 0.0 1.0 11.5 1.0 * RSA04630
141001 20. 0.5299 30. 0.2205 37.1 0.1239 * RSA04640
141002 40. 0.1218 60. 0.1100 100. 0.1056 * RSA04650
141003 140. 0.0946 180. 0.0869 * RSA04660
* * * * * RSA04670
*** DENSITY REACTIVITY, DOPPLER TABLE, REACTIVITY COEFF. * RSA04680
*** 1420XX,1430XX,140XXO ARE NOT USED. * RSA04690
* * * * * RSA04700
*** HEAT SLAB DATA *** * RSA04710
* * * * * RSA04720
* IVSL IGOM IXLO IMCR AHTR AHTR VOLS HDML HDMR * RSA04730
* IVSR ISB IMCL (FT2) (FT2) (FT3) (FT) (FT) * RSA04740
150011 0 1 14 0 0.0 44.5 0.365 0.0 0.02740 * RSA04750
150021 0 2 14 0 0.0 64.97 0.5330 0.0 0.02740 * RSA04760
150031 0 3 13 0 0.0 24.45 0.2614 0.0 0.0 * RSA04770
150041 0 4 1 0 0.0 200.4 2.058 0.0 0.0 * RSA04780
150051 0 10 8 0 0.0 22.01 0.2194 0.0 0.0 * RSA04790
150061 4 10 8 0 42.06 43.44 0.4216 0.0 0.0 * RSA04800
150071 10 28 11 0 3.362 3.362 0.4372 0.0 0.0 * RSA04810
150081 5 28 11 0 14.71 14.51 0.262 0.0 0.0 * RSA04820
150091 6 27 15 0 2.527 2.340 0.1163 0.0 0.0 * RSA04830
150101 6 29 2 0 4.780 5.058 0.09685 0.0 0.0 * RSA04840
150111 0 8 9 0 0.0 12.139 5.378 0.0 0.0 * RSA04850
150121 0 7 9 0 0.0 29.271 5.698 0.0 0.0 * RSA04860
150131 0 1 6 0 0.0 4.17 14.14 0.0 0.0 * RSA04870
150141 0 14 18 0 0.0 11.08 0.2450 0.0 0.0 * RSA04880
150151 9 1 19 0 9.887 8.877 0.4190 0.0 0.0 * RSA04890
150161 11 9 7 0 15.07 14.314 0.413 0.0 0.0 * RSA04900
150171 9 2 2 0 11.24 10.82 0.2171 0.0 0.0 * RSA04910
150181 10 11 10 0 27.8 31.23 4.47 0.0 0.0 * RSA04920
150191 3 10 8 0 3.119 3.238 0.03139 0.0 0.0 * RSA04930
150201 0 11 11 0 0.0 52.16 7.4 0.0 0.0 * RSA04940
150211 0 12 4 0 0.0 5.08 0.115 0.0 0.162 * RSA04950
150221 0 13 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.243 * RSA04960
150231 0 14 5 0 0.0 11.4 0.292 0.0 0.162 * RSA04970
150241 0 15 2 0 0.0 10.741 0.217 0.0 0.162 * RSA04980
150251 0 16 2 0 0.0 16.257 0.329 0.0 0.239 * RSA05000
150261 0 17 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.162 * RSA05010
150271 0 18 3 0 0.0 9.496 0.192 0.0 0.16 * RSA05020
150281 0 19 3 0 0.0 12.61 0.253 0.0 0.2 * RSA05030
150291 0 20 4 0 0.0 5.017 1.13 0.0 0.162 * RSA05040
150301 0 21 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.243 * RSA05050
150311 0 22 5 0 0.0 11.0 0.283 0.0 0.0 * RSA05060
150321 0 23 2 0 0.0 11.167 0.240 0.0 0.239 * RSA05070
150331 0 24 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.162 * RSA05080
150341 0 25 3 0 0.0 16.221 0.328 0.0 0.162 * RSA05090
150351 0 26 3 0 0.0 8.442 0.169 0.0 0.0 * RSA05100
150361 0 27 17 0 0.0 3.150 2.337 0.0 0.0 * RSA05110
150371 0 28 12 0 0.0 18.31 2.906 0.0 0.0 * RSA05120
150381 7 29 8 0 14.75 14.46 0.1438 0.0 0.162 * RSA05130
150391 0 30 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 * RSA05140
150401 0 31 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 * RSA05150
150411 6 7 16 0 3.538 2.724 0.06724 0.0 0.0 * RSA05160
* * * * * RSA05170
* DHEL DHER CHNL CHNR ZBOT ZTOP PFR HTC * RSA05180
* (FT) (FT) (FT) (FT) (FT) (FT) **NOT USED** * RSA05190
*** CORE SLAB DATA *** * RSA05200
* * * * * RSA05210
* ISLB NODT1 NODT2 NODT3 CLTJ QFRAC QPMOD QDMOD * RSA05220
* (FT) * RSA05230
160010 4 1 4 9 6.168 0.0 0.04718 1.0 * RSA05240
* * * * * RSA05250
*** CORE SLAB FOR EM 16XXXXY NOT USED *** * RSA05260
* * * * * RSA05270
* * * * * RSA05280
*** SLAB GEOMETRY DATA *** * RSA05290
* * * * * RSA05300
* O1 IG NR IGP IM NDX XO XR PF * RSA05310
* O2 IM NDX XR PF * RSA05320
* * * * * RSA05330
170101 2 4 1 3 0.0 0.01001 0.0 * RSA05340
170102 0 2 1 0.002297 1.0 * RSA05350
170103 0 3 1 0.003970 0.0 * RSA05360
170104 0 4 3 0.004265 0.0 * RSA05370
170201 1 1 5 1 0.0 0.0197 0.0 * RSA05380
170301 1 1 5 1 0.0 0.018 0.0

```

170401	1	1	5	1	0.0	0.02	0.0	*RSA05390
170501	1	1	5	1	0.0	0.23	0.0	*RSA05400
170601	1	1	5	1	0.0	0.509	0.0	*RSA05410
170701	1	1	5	1	0.0	0.0263	0.0	*RSA05420
170801	1	1	5	1	0.0	0.009843	0.0	*RSA05430
170901	1	1	5	1	0.0	0.18	0.0	*RSA05440
171001	1	1	5	1	0.0	0.1	0.0	*RSA05450
171101	1	1	5	1	0.0	0.13	0.0	*RSA05460
171201	1	1	5	1	0.0	0.148	0.0	*RSA05470
171301	2	3	7	1	0.0	0.001148	0.0	*RSA05480
171302		0	3	1		0.004790	0.0	*RSA05490
171303		0	4	1		0.004265	0.0	*RSA05500
171401	2	3	7	1	0.0	0.008203	0.0	*RSA05510
171402		0	6	1		0.004922	0.0	*RSA05520
171403		0	4	1		0.00328	0.0	*RSA05530
171501	1	1	5	1	0.0	0.04779	0.0	*RSA05540
171601	1	1	5	1	0.0	0.01312	0.0	*RSA05550
171701	1	1	5	4	0.0	0.5742	0.0	*RSA05560
171801	1	1	5	1	0.0	0.03937	0.0	*RSA05570
171901	1	1	5	1	0.0	0.0472	0.0	*RSA05580
172001	1	1	5	1	0.0	0.3790	0.0	*RSA05590
								*RSA05600
								*RSA05610
								*RSA05620
								*RSA05630
								*RSA05640
								*RSA05650
								*RSA05660
								*RSA05670
180101	-5	572, 16.7	932, 16.2	1292, 15.7	1652, 15.2	* BN		*RSA05680
180102		1832, 15.5						*RSA05690
180201	-3	68, 10.1	212, 8.	4712, 6.72				*RSA05700
180301	1	32, 3.36						*RSA05710
180401	-9	70, 8.58	200, 9.08	400, 10.1	600, 11.1	* INCONEL 600		*RSA05720
180402		800, 12.1	1000, 13.2	1200, 14.3	1400, 15.5			*RSA05730
180403		1600, 16.7						*RSA05740
180501	-2	32, 9.41	932, 12.1			* SUS		*RSA05750
180601	-11	392, 15.4	572, 11.9	752, 9.92	932, 8.13	* MGO		*RSA05760
180602		1112, 6.77	1292, 5.81	1472, 5.08	1832, 3.99			*RSA05770
180603		2192, 3.63	2252, 3.87	2912, 4.23				*RSA05780
180701	1	32, 8.42						*RSA05790
								*RSA05800
								*RSA05810
								*RSA05820
								*RSA05830
								*RSA05840
								*RSA05850
								*RSA05860
190101	-4	680, 5.28	950, 5.98	1562, 7.55	2300, 9.47	* BN		*RSA05870
190201	-3	68, 57.4	212, 55.6	4712, 57.4				*RSA05880
190301	-4	680, 5.28	950, 5.99	1562, 7.56	2300, 9.47	* BN		*RSA05890
190401	-9	70, 57.7	200, 58.3	400, 60.9	600, 63.6	* INC600		*RSA05900
190402		800, 66.2	1000, 69.3	1200, 73.5	1400, 76.2			*RSA05910
190403		1600, 78.3						*RSA05920
190501	1	32, 59.3				* SUS		*RSA05930
190601	1	32, 50.3				* MGO		*RSA05940
190701	1	32, 54.3						*RSA05950
								*RSA05960
								*RSA05970
								*RSA05980
								*RSA05990
								*RSA06000
								*RSA06010
								*RSA06020
								*RSA06030
								*RSA06040
								*RSA06050
								*RSA06060
								*RSA06070

*** THERMAL CONDUCTIVITY DATA ***

NKP TPK(1), TPK(2) ----
(DEGF) (BTU/FTHRF)

*** VOLUMETRIC HEAT CAPACITY ***

NCP TPC(1), TPC(2) ----
(DEGF) (BTU/FT³)

*** LINEAR EXPANSION COEFF., HEAT EXCHANGER DATA ***
20XXYY, 21XXYY ARE NOT USED.

*** OTHER INPUT OPTIONS ARE NOT USED. ***

**** END OF INPUT DATA CARDS ****

* LAST DATA CARD

0 0 *
0 0 *

付録2. 入力データリスト, ケース10 (炉心5 ボリウム)

```

*
* ROSA3D ANALYSIS BY RELAP4J . RUN 702 POST ANALYSIS
* TITLE
* ROSA3X
***PROBLEM DIMENSIONS***
* LUMP NTC NVOL NTDV NPMPC NLK NSLB NMAT NMTX
* NEDI NTRP NBUB NJUN NCKY NFLL NGON NCOR ISPRUG
010001 -2 9 5 16 35 3 0 54 2 4 4 5 50 20 7 11 0
***PROBLEM CONSTANTS***
POWER OMEGA PWUITL PWUITH TWUITL TWUITH
010002 3.725 1.0
***PROGRAM OPTION***
*** INPUT OUTPUT
10005 0 0
10007 10 0.4 0.05 2.0
***EDIT VARIABLES***
020000 AP 27 ML 27 JW 45 JW 49 JW 50 JW 47 JW 42 JW 43 JW 44
***TIME STEP CONTROL CARDS***
030010 NMIN NMAJ NDMP NCHK DELTM DTMIN TLAST ENDCPU
030020 20 5 2 -2 1.0-2 1.0-6 0.5
030030 20 10 2 -2 1.0-2 1.0-6 10.0
030040 20 20 2 -2 1.0-2 1.0-6 50.0
030050 100 5 2 -2 0.5-2 1.0-6 200.0
*
***DETAILED EDIT 030002*** = NOT USED =
***WATER PACKING ETC. 030003 *** = NOT USED =
***MIXTURE LEVEL SMOOTHING 030004 *** = NOT USED =
***TRIP CONTROLES***
IDTRP IDS16 IX1 IX2 SETPT DELAY
040010 1 1 0 0 900. 0. * END BY TIME
040020 2 1 0 0 .001 0. * START OF BREAK
040030 3 1 0 0 .001 0. * FEED WATER PUMP ON
040040 4 1 0 0 .001 0. * MAIN STM VALV OPN
040050 5 1 0 0 .001 1000.0 * HPCS TIMER SET
040060 6 -4 7 0 313.3 1000. * LPCS TRIP
040070 7 -4 7 0 313.3 1000. * LPIS TRIP
040080 8 1 0 0 .001 120. * ADS VALVE OPN
040090 1 -4 7 0 14.7 0. * END BY LOW PRESS
040100 1 10 1 0 1300. 0. * END BY HI CLD TEMP
040110 9 1 0 0 .001 0. * MPR1 PUMP TRIP
040120 10 1 0 0 .001 0. * MPR2 PUMP TRIP
040130 11 1 0 0 0. 0. * PWT TRIP
040140 12 1 0 0 0. 0. * STM DISCH LIN TRP
040150 13 1 0 0 .001 1000. * AV127 TRIP
040160 14 1 0 0 0.0 1900.0 * NO FLW THRU J34,J35
*
***VOLUME DATA***
IBUB IREAD P TEMP HORX V ZVOL ZM
(P(SIA) (DEGF) (GLTY) (FT**3) (FT) (FT)
050011 2 0 1072.04 535. -1. 4.279 1.690 1.690
050021 2 0 1071.10 535. -1. 2.033 2.677 2.677
050031 2 0 1064.77 535. -1. .3194 .8042 .8042
050041 2 0 1062.18 -1. .00436 2.875 6.647 6.647
050051 2 0 1058.59 -1. .03739 4.383 2.31 2.31
050061 2 0 1055.36 -1. .03769 1.121 3.682 3.682
050071 2 0 1052.15 -1. 0. 13.16 4.050 .67
050081 2 0 1052.09 550.9 -1. 4.287 1.140 0.
050091 2 0 1066.00 535. -1. 2.523 3.579 3.579
050101 2 0 1063.00 543. -1. 1.851 7.336 7.336
050111 2 0 1054.35 535. -1. 2.393 9.389 9.389
050121 0 0 1050.80 536. -1. .2312 .374 .374
050131 0 0 1077.06 534. -1. .1498 6.893 6.893
050141 0 0 1072.37 534. -1. .5953 .9090 .9090
050151 0 0 1053.80 533. -1. .649 4.884 4.884
050161 0 0 1047.84 531. -1. .8074 9.987 9.987
050171 0 0 1179.75 531.5 -1. .187 .955 .955
050181 0 0 1309.00 532. -1. .5854 11.464 11.464
050191 0 0 1302.19 532. -1. .3118 7.733 7.733
050201 0 0 1050.80 536. -1. .2312 .374 .374
050211 0 0 1076.00 536. -1. .1487 6.842 6.842
050221 0 0 1072.31 536. -1. .5429 .9600 .9600
050231 0 0 1053.30 535. -1. .4902 10.49 10.49
050241 0 0 1185.50 535.5 -1. .187 .955 .955
050251 0 0 1310.00 536. -1. .7164 15.29 15.29
050261 0 0 1305.00 536. -1. .3531 4.067 4.067
050271 0 0 1052.26 536.0 -1. 1.333 .5400 .5400
050281 2 0 1052.80 536. -1. 2.5 2.930 2.930
050291 2 0 1049.2000 0. 0. 1.034 2.343 2.343
050301 0 0 1077.06 534. -1. .1498 6.893 6.893
050311 0 0 1076.00 536. -1. .1487 6.842 6.842
*****
050041 2 0 1062.18 -1. 0.00305 .5824 1.347 1.347
050021 2 0 1063.91 535.9 -1. .4708 1.0885 1.0885
050331 2 0 1063.04 541.7 -1. .6748 1.561 1.561
050341 2 0 1060.98 -1. 0.0249 .6746 1.561 1.561
050351 2 0 1059.79 -1. 0.0365 .4708 1.0885 1.0885
*
JTPMV FLOWA DIAMV ELEV IAMBLO

```

```

*RSA00010
*RSA00020
*RSA00030
*RSA00040
*RSA00050
*RSA00060
*RSA00070
*RSA00080
*RSA00090
*RSA00100
***** RSA00110
*RSA00120
*RSA00130
*RSA00140
*RSA00150
*RSA00160
*RSA00170
*RSA00180
*RSA00190
*RSA00200
*RSA00210
*RSA00220
*RSA00230
*RSA00240
*RSA00250
*RSA00260
*RSA00270
*RSA00280
*RSA00290
*RSA00300
*RSA00310
*RSA00320
*RSA00330
*RSA00340
*RSA00350
*RSA00360
*RSA00370
*RSA00380
*RSA00390
*RSA00400
*RSA00410
*RSA00420
*RSA00430
*RSA00440
*RSA00450
*RSA00460
*RSA00470
*RSA00480
*RSA00490
*RSA00500
*RSA00510
*RSA00520
*RSA00530
*RSA00540
*RSA00550
*RSA00560
*RSA00570
*RSA00580
*RSA00590
*RSA00600
*RSA00610
*RSA00620
*RSA00630
*RSA00640
*RSA00650
*RSA00660
*RSA00670
*RSA00680
*RSA00690
*RSA00700
*RSA00710
*RSA00720
*RSA00730
*RSA00740
*RSA00750
*RSA00760
*RSA00770
*RSA00780
*RSA00790
*RSA00800
*RSA00810
*RSA00820
*RSA00830
*RSA00840
*RSA00850
*RSA00860
*RSA00870
*RSA00880
*RSA00890
*RSA00900
*RSA00910
*RSA00920
*RSA00930
*RSA00940
*RSA00950
*RSA00960
*RSA00970
*RSA00980
*RSA00981
*RSA00982
*RSA00983
*RSA00984
*RSA00985
*RSA00986
*RSA00987
*RSA00988
*RSA00989
*RSA00990
*RSA01000

```

JAERI-M 8627

```

050062 0 .3045 .5548 13.92 *KSA01070
050072 0 3.250 .0 14.48 *KSA01080
050082 0 3.809 2.202 18.53 *KSA01090
050092 0 .7048 .276 .8593 *KSA01100
050102 0 .2523 .1307 4.4383 *KSA01110
050112 0 .2549 .09291 1.621 *KSA01120
050122 0 .03095 .1865 8.993 *KSA01130
050132 0 .02051 .1049 2.1 *KSA01140
050142 0 .04613 .2425 1.191 *KSA01150
050152 0 .02264 .1624 -1.725 *KSA01160
050162 0 .02383 .1646 -7.333 *KSA01170
050172 0 .1958 .4944 -8.288 *KSA01180
050182 0 .02161 .1658 -8.288 *KSA01190
050192 0 .02109 .1555 3.176 *KSA01200
050202 0 .03095 .1865 8.993 *KSA01210
050212 0 .02051 .1088 2.151 *KSA01220
050222 0 .04613 .2425 1.191 *KSA01230
050232 0 .02346 .1657 -7.333 *KSA01240
050242 0 .1958 .4944 -8.288 *KSA01250
050252 0 .02238 .1657 -8.288 *KSA01260
050262 0 .02104 .1566 6.842 *KSA01270
050272 0 2.486 1.3845 13.94 *KSA01280
050282 0 .8512 .3018 11.01 *KSA01290
050292 0 .4414 .1229 14.48 *KSA01300
050302 0 .02051 .1049 2.1 *KSA01310
050312 0 .02051 .1048 2.151 *KSA01320
* * * * *
**LIQUID LEVEL 060000 *** = NOT USED = *
* * * * *
**SLIP VELOCITY 060001 *** = NOT USED = *
* * * * *
***ALLIS 06002 *** = NOT USED = *
* * * * *
***ALLIS CROWLEY 060003 *** = NOT USED = *
* * * * *
**DOWNCOMER PENETRATION 060004 *** = NOT USED = *
* * * * *
***DOWNCOMER PENETRATION COEFF. 060005 *** = NOT USED = *
* * * * *
** BUBBLE DATA CARDS ***
* * * * *
* ALPH VBUB
* (FT/SEC)
060011 0.0 3
060021 0.8 -3.11
060031 1.0 10.46
* * * * *
***TIME DEPENDENT VOLUME 07XXYY *** = NOT USED = *
* * * * *
***FLOW SMOOTHING 080001 THRU 080009 *** = NOT USED = *
*** JUNCTION DATA ***
* * * * *
* I#1 IW2 IPUMP IVALVE WP AJUN ZJUN INERTA(L/A)
* FROM TO
080011 1 2 0 0 78.79 0.599 1.630 3.81 *KSA01600
080021 2 3 0 0 78.79 0.0649 4.307 3.08 *KSA01620
080031 3 4 0 0 78.29 0.135 4.964 8.93 *KSA01630
080041 4 5 0 0 74.29 0.1363 11.61 8.71 *KSA01640
080051 5 6 0 0 80.1 0.233 13.92 8.07 *KSA01650
080061 6 7 0 0 80.1 0.1610 17.60 9.14 *KSA01660
080071 7 8 0 0 2.46 0.206 18.53 0.567 *KSA01670
080081 1 9 0 0 1.31 9.50-4 0.8593 4.377-2 *KSA01680
080091 9 10 0 0 1.31 0.0208 4.4383 19.0 *KSA01690
080101 10 5 0 0 5.81 0.1456 11.77 21.8 *KSA01700
080111 11 12 0 0 27.6 0.0328 9.233 1.212+2 *KSA01710
080121 12 13 0 0 13.80 9.011-3 8.993 2.708+2 *KSA01720
080131 13 14 0 0 20.025 0.03280 2.100 4.313+2 *KSA01730
080141 14 1 0 0 40.05 0.04616 1.312 1.415+2 *KSA01740
080151 11 15 0 0 12.45 0.0207 3.078 5.041+2 *KSA01750
080161 15 16 0 1 12.45 0.0207 -1.643 1.352+3 *KSA01760
080171 16 17 -2 0 12.45 0.04616 -7.333 7.506+2 *KSA01770
080181 17 18 2 0 12.45 0.03280 -8.186 5.654+2 *KSA01780
080191 18 19 0 0 12.45 0.0207 3.176 9.870+2 *KSA01790
080201 19 13 0 0 6.225 5.960-4 8.993 1.097+3 *KSA01800
080211 11 20 0 0 27.6 0.03280 9.233 1.212+2 *KSA01810
080221 20 21 0 0 13.80 9.011-3 8.993 2.708+2 *KSA01820
080231 21 22 0 0 20.025 0.03280 2.151 4.054+2 *KSA01830
080241 22 1 0 0 40.05 0.04616 1.312 1.415+2 *KSA01840
080251 11 23 0 0 12.45 0.0207 3.078 5.047+2 *KSA01850
080261 23 24 -1 0 12.45 0.04616 -7.333 4.463+2 *KSA01860
080271 24 25 1 0 12.45 0.03280 -8.186 6.955+2 *KSA01870
080281 25 26 0 0 12.45 0.0207 6.923 1.178+3 *KSA01880
080291 26 21 0 0 6.225 5.960-4 8.993 1.192+3 *KSA01890
080301 7 27 0 0 77.64 2.16 14.48 0.849 *KSA01900
080311 27 28 0 0 80.1 0.757 13.94 1.907 *KSA01910
080321 28 11 0 0 80.1 0.211 11.01 20.61 *KSA01920
080331 3 10 0 0 4.50 0.005 4.59 44.0 *KSA01930
080341 6 29 0 3 0.0 0.204 16.73 3.95 *KSA01940
080351 29 27 0 4 0.0 0.0974 14.48 2.86 *KSA01950
080361 12 30 0 0 13.80 9.011-3 8.993 2.708+2 *KSA01960
080371 19 30 0 0 6.225 5.960-4 8.993 1.097+3 *KSA01970
080381 30 14 0 0 20.025 0.03280 2.100 4.313+2 *KSA01980
080391 20 31 0 0 13.80 9.011-3 8.993 2.708+2 *KSA01990
080401 26 31 0 0 6.225 5.960-4 8.993 1.192+3 *KSA02000
080411 31 22 0 0 20.025 0.03280 2.151 4.054+2 *KSA02010
080421 0 5 3 0 0.0 0.0207 11.66 0.0 *KSA02020
080431 0 5 1 0 0.0 0.01246 13.39 0.0 *KSA02030
080441 0 5 2 0 0.0 0.01246 13.39 0.0 *KSA02040
080451 0 27 4 0 2.46 0.01246 14.217 0.0 *KSA02050
080461 8 0 2 2 2.46 0.0207 19.67 0.0 *KSA02060
080471 0 8 5 0 0.0 3.379-3 19.67 0.0 *KSA02070
080481 8 0 3 0 0.0 3.041-4 19.67 0.0 *KSA02080
080491 15 0 4 0 0.0 5.799-3 -1.643 5.039+2 *KSA02090
080501 16 0 1 0 0.0 5.799-3 -1.643 7.546+2 *KSA02100
* * * * *
* FJUNF FJUNK JVFRTL JCHOKE JCALC MVMIX DIAMJ CONCO IC-CKE
* (FT) (CD)
* * * * *

```


JAERI- M 8627

```

*** VALVE DATA CARDS ***
*
* ITCV IACV LATCH PLV CV1 CV2 CV3
110010 13 0. 0. 0. 0. * AV 127 TRIP
110020 12 0. 0. 0. 0. * MSL BEFORE BREAK
110030 -14 0. 0. 0. 0. * J 3*
110040 -14 0. 0. 0. 0. * J 35
*
*** LEAK TABLE CARDS ***
*
* NAHEA SINK TAREA(1)+TAREA(2),----
* ITLEAK (PSIA)
120100 -3 2 14.7 0. 0. .1 1. 2000. 1. * BREAK START
120200 -3 12 14.7 0. 1. .101 0. 2000. 0. * MSL BFR BRK
120300 -5 8 14.7 0. 0. .1 1. 480. 1.
120301 480.01 0. 2000. 0. * ADS
120400 -4 2 14.7 0. 0. 9.6 0. 9.7 1.0 *
120401 2000. 1.0 * BREAK & STAHT
*
*** FILL TABLE DATA ***
*
* ITFILL ITYPE NPTS ICALC UNITS PORT HORX AFRAC
130100 -5 6 1 1 57.35 68. *LPCS
130200 -7 5 1 1 57.35 68. *HPCS
130300 -6 7 1 1 57.35 68. *LPCI
130400 -10 3 0 0 1064.1 390.2 *FW
130500 -17 4 0 0 1092.2 550.9 *MSL
*
* FILTBL(1)+FILTBL(2),----
130101 0. 1117. 43.5 1103. 304.5 848. 508. 0. 2000. 0. *LPCSRSA04360
130201 0. 1393. 435. 1393. 652.5 1378. 725. 1272. * RSA04370
130202 1015. 318. 1102. 0. 2000. 0. *HPCSRSA04380
130301 0. 3165. 72.5 3037. 145. 2808. 217.5 2425. * RSA04390
130302 290. 0. 2000. 0. *LPCIRSA04400
130401 0.0 0.0 0.51 0.0 0.95 408.6 1.16 492.9 * RSA04410
130402 1.41 492.9 2.0 403.5 2.76 347.8 3.60 38.76 * RSA04420
130403 5.0 0.0 1000.0 0.0 * FWP LB/FT2S A=0.01246 FT2 RSA04430
130501 0.0 -728.3 0.76 -704.6 1.27 0.0 1.32 0.0 *RSA04440
130502 2.0 -1302. 2.15 -1338. 4.36 -1286. 5.27 -1044. *RSA04450
130503 6.40 -206.3 7.0 0.0 23.2 0.0 23.21 0.0 *RSA04460
130504 32.7 0.0 53.8 0.0 63.5 0.0 64.4 0.0 *RSA04470
130505 1000. 0.0 * MSL AFT BRK LB/FT2S A=0.003379 RSA04480
*
*** KINETIC CONSTANTS ***
*
* NODEL KMUL BOVL RHOIN UDUF PROMPT LAMBDA TAU
140000 0 0 0 *
*
*** SCRAM TABLE ***
*
* NSCR ITSCR TSCR(1)+TSCR(2),----
141000 -10 2 0.0 1.0 11.5 1.0 * RSA04620
141001 20. 0. 0.5299 30. 0.2205 37.1 0.1239 * RSA04630
141002 40. 0.1218 60. 0.1100 100. 0.1056 * RSA04640
141003 140. 0.0946 180. 0.0869 * RSA04650
*
*** DENSITY REACTIVITY, DOPPLER TABLE, REACTIVITY COEFF.
*** 1420XX,1430XX,140XX0 ARE NOT USED.
*
*** HEAT SLAB DATA ***
*
* IVSL IGOM IXLO IMCR AHTL AHTR VOLS HDML HDMR
* IVSR ISB IMCL (FT2) (FT2) (FT3) (FT) (FT)
150011 0 1 14 0 0.0 44.5 0.365 0.0 0.02740 * RSA04730
150021 0 2 14 0 0.0 64.97 0.5330 0.0 0.02740 * RSA04730
150031 0 3 13 0 0.0 24.45 0.2614 0.0 0.0 * RSA04760
150041 0 4 1 0 0.0 200.4 2.058 0.0 0.0 * RSA04770
150051 0 10 8 0 0.0 22.01 0.2194 0.0 0.0 * RSA04780
150061 4 10 8 0 10.-6 10.-6 0.0 0.0 * RSA04790
150071 10 28 11 0 3.362 3.362 0.4372 0.0 0.0 * RSA04800
150081 5 28 11 0 14.71 14.51 0.262 0.0 0.0 * RSA04810
150091 6 27 15 0 2.527 2.340 0.1163 0.0 0.0 * RSA04820
150101 6 29 2 0 4.780 5.058 0.09685 0.0 0.0 * RSA04830
150111 0 8 9 0 0.0 12.139 5.378 0.0 0.0 * RSA04840
150121 0 7 9 0 0.0 29.271 5.698 0.0 0.0 * RSA04850
150131 0 1 6 0 0.0 4.17 14.14 0.0 0.0 * RSA04860
150141 0 14 18 0 0.0 11.08 0.2450 0.0 0.0 * RSA04870
150151 9 1 19 0 9.887 8.877 0.4190 0.0 0.0 * RSA04880
150161 11 9 7 0 15.07 14.314 0.413 0.0 0.0 * RSA04890
150171 9 2 2 0 11.24 10.82 0.2171 0.0 0.0 * RSA04900
150181 10 11 10 0 27.8 31.23 4.47 0.0 0.0 * RSA04910
150191 3 10 8 0 3.119 3.258 0.03139 0.0 0.0 * RSA04920
150201 0 11 11 0 0.0 22.16 7.4 0.0 0.0 * RSA04930
150211 0 12 4 0 0.0 5.08 0.115 0.0 0.2 * RSA04940
150221 0 13 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 * RSA04950
150231 0 14 5 0 0.0 11.4 0.292 0.0 0.243 * RSA04960
150241 0 15 2 0 0.0 10.741 0.217 0.0 0.162 * RSA04970
150251 0 16 2 0 0.0 16.257 0.329 0.0 0.162 * RSA04980
150261 0 17 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 * RSA04990
150271 0 18 3 0 0.0 9.496 0.192 0.0 0.162 * RSA05000
150281 0 19 3 0 0.0 12.61 0.253 0.0 0.16 * RSA05010
150291 0 20 4 0 0.0 5.017 1.13 0.0 0.2 * RSA05020
150301 0 21 3 0 0.0 3.99 0.087 0.0 0.162 * RSA05030
150311 0 22 5 0 0.0 11.0 0.283 0.0 0.243 * RSA05040
150321 0 23 2 0 0.0 11.167 0.240 0.0 0.0 * RSA05050
150331 0 24 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 * RSA05060
150341 0 25 3 0 0.0 16.221 0.328 0.0 0.162 * RSA05070
150351 0 26 3 0 0.0 8.442 0.169 0.0 0.162 * RSA05080
150361 0 27 17 0 0.0 3.150 2.337 0.0 0.0 * RSA05090
150371 0 28 12 0 0.0 18.31 2.906 0.0 0.0 * RSA05100
150381 7 29 8 0 14.75 14.46 0.1438 0.0 0.0 * RSA05110

```

