

JAERI-M

8899

ROSAIII実験RUN705,RUN706の実験解析

1980年7月

小泉 安郎・早田 邦久・菊池 治\*・田坂 完二  
斯波 正誼

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

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.

ROSAⅢ実験RUN 705, RUN 706 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・早田 邦久・菊池 治\*  
田坂 完二・斯波 正誼

(1980年5月20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ーを用いたROSAⅢ実験装置による実験の目的は、BWRの冷却材喪失事故 (LOCA) 時の熱水力学的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 705, 706 両実験とも再循環ポンプ吸込口 200% 両端破断を模擬している。RUN 705 実験は炉心初期出力、炉心初期流量がゼロの状態から開始された等温ブローダウン実験であった。また、RUN 706 実験は炉心初期出力、炉心初期流量はあるが、破断実験開始と同時に主蒸気流れと給水を停止させ、また ECCS は作動させない単純放出実験であった。これらの実験結果を RELAP 4 J コードを用いて解析を行なった。

系の圧力挙動についての実験結果と解析結果の一致はほぼ満足いくものであった。しかしながら燃料棒表面温度の計算値はかなり高く、また軸方向の温度分布も実験での傾向とは異った結果となった。炉心内水位の計算結果は実験結果と相違する。計算での燃料棒表面温度の上昇はクオリティ上昇による熱伝達率低下によって生ずる、などの結果を得た。また、炉心入口流量について、今後更に実験、計算両面から検討の必要のあること、再循環管路逆流特性を明らかにする必要があること、炉心内水位、気液分布の計算モデル改良の必要のあること、などを指摘した。

---

\* 外来研究員、東京芝浦電気株式会社

Post-Test Analysis of ROSA-III Experiment RUNs 705 and 706

Yasuo KOIZUMI, Kunihisa SODA, Osamu KIKUCHI \*,  
Kanji TASAKA and Masayoshi SHIBA

Division of Reactor Safety,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received May 20, 1980)

The purpose of 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 the information for verification and improvement of reactor safety analysis codes.

RUNs 705 and 706 assumed a 200 % double-ended break at the recirculation pump suction. RUN 705 was an isothermal blowdown test without initial power and initial core flow. In RUN 706 for an average core power and no ECCS, the main steam line and feed water line were isolated immediately on the break. Post-test analysis of RUNs 705 and 706 was made with computer code RELAP4J.

The agreement in system pressure between calculation and experiment was satisfactory. However, the calculated heater rod surface temperature were significantly higher than the experimental ones. The calculated axial temperature profile was different in tendency from the experimental one. The calculated mixture level behavior in the core was different from the liquid void distribution observed in experiment. The rapid rise of fuel rod surface temperature was caused by the reduction of heat transfer coefficient attributed to the increase of quality.

The need was indicated for improvement of analytical model of void distribution in the core, and also to perform a characteristic test of recirculation line under reverse flow and to examine the core inlet flow rate experimentally and analytically.

Keywords : BWR, LOCA, ROSA-III Test Facility, RELAP4J Code, ECCS, Thermal- Hydraulic Behavior

---

\* On leave from Toshiba Corporation

## 目 次

1. まえがき	1
2. ROSA III 実験装置の概略	2
3. 実験 RUN 705, RUN 706 の概要	16
3.1 実験 RUN 705	16
3.2 実験 RUN 706	16
4. 実験 RUN 705 の結果	19
5. 実験 RUN 706 の結果	33
6. 実験 RUN 705 の解析	52
6.1 解析で用いたノーディング	52
6.2 計算初期条件	52
7. 実験 RUN 706 の解析	65
7.1 解析で用いたノーディング	65
7.2 計算初期条件	65
7.3 実験 RUN 706 の解析結果	65
(1) ケース 1	65
(2) ケース 2	65
(3) ケース 3	66
(4) ケース 4	66
(5) ケース 5	67
(6) ケース 6	68
(7) ケース 7, ケース 8	70
(8) ケース 9	72
8. 結論及び今後の検討課題	96
謝 辞	97
参考文献	98
付録 1 RUN 705 ケース 3 入力データリスト	99
付録 2 RUN 706 ケース 4 入力データリスト	105

CONTENTS

1. INTRODUCTION .....	1
2. BRIEF DESCRIPTION OF ROSA III TEST FACILITY .....	2
3. BRIEF DESCRIPTION OF EXPERIMENT RUN 705 AND RUN 706 .....	16
3.1 Experiment RUN 705 .....	16
3.2 Experiment RUN 706 .....	16
4. EXPERIMENT RESULTS OF RUN 705 .....	19
5. EXPERIMENT RESULTS OF RUN 706 .....	33
6. RESULTS AND DISCUSSION OF ANALYSIS OF RUN 705 .....	52
6.1 Nodalization of ROSA III Test Facility .....	52
6.2 Initial Condition of Calculation .....	52
6.3 Results of Analysis .....	52
7. RESULTS AND DISCUSSION OF ANALYSIS OF RUN 706 .....	65
7.1 Nodalization of ROSA III Test Facility .....	65
7.2 Initial Condition of Calculation .....	65
7.3 Results of Analysis .....	65
(1) Case 1 .....	65
(2) Case 2 .....	65
(3) Case 3 .....	66
(4) Case 4 .....	66
(5) Case 5 .....	67
(6) Case 6 .....	68
(7) Case 7 and Case 8 .....	70
(8) Case 9 .....	72
8. CONCLUSIONS AND RECOMENDATIONS .....	96
ACKNOWLEDGEMENT .....	97
REFERENCES .....	98
APPENDICES	
Appendix 1. Input Data List ; RUN 705 Case 3 .....	99
Appendix 2. Input Data List ; RUN 706 Case 4 .....	99

## List of Tables

- Table 2.1 Primary Characteristics of BWR 6 and ROSA-III.  
    (a) Comparison of Major Design Parameters.  
    (b) ECCS Conditions.  
    (c) Volume Distribution and Main Component Dimension.  
    (d) Thermal Characteristics.
- Table 3.1 Initial Condition of RUN 705.
- Table 3.2 Initial Condition of RUN 706.
- Table 4.1 Experiment Conditions of RUN 705 and RUN 706.
- Table 4.2 Chronology of Events in Run 705 and Run 706.
- Table 6.1 Description of Volumes.
- Table 6.2 Description of Junctions.
- Table 6.3 Description of Heat Slabs.
- Table 7.1 Calculation Conditions of RUN 706.

## 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. 3.1 Specified Power Transient in RUN 706.
- Fig. 4.1 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow Rate.
- Fig. 4.2 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow Rate.
- Fig. 4.3 Fluid Temperature and Saturation Temperature in Lower Plenum.
- Fig. 4.4 Lower Plenum Pressure.
- Fig. 4.5 Downcomer Head.
- Fig. 4.6 Void Signal in Core at Elevation EL=3115 mm from Pressure Vessel Bottom.
- Fig. 4.7 Heater Rod Surface Temperature Distribution.
- Fig. 4.8 Heater Rod Surface Temperature at Position 1.
- Fig. 4.9 Heater Rod Surface Temperature at Position 2.
- Fig. 4.10 Heater Rod Surface Temperature at Position 3.

- Fig. 4.11 Heater Rod Surface Temperature at Position 4.
- Fig. 4.12 Heater Rod Surface Temperature at Position 5.
- Fig. 4.13 Heater Rod Surface Temperature at Position 6.
- Fig. 4.14 Heater Rod Surface Temperature at Position 7.
- Fig. 4.15 Liquid and Vapor Condition in Core.
- Fig. 4.16 Void Sensor Signal in Lower Plenum at Elevation EL=913 mm from Pressure Vessel Bottom.
- Fig. 4.17 Fluid Temperature Distribution in Lower Plenum.
- Fig. 4.18 Liquid Level in Lower Plenum.
- Fig. 5.1 Core Power.
- Fig. 5.2 Steady Feed Water.
- Fig. 5.3 Main Steam Line Flow Rate.
- Fig. 5.4 Lower Plenum Pressure.
- Fig. 5.5 Downcomer Head.
- Fig. 5.6 Lower Plenum Fluid Temperature and Saturation Temperature.
- Fig. 5.7 Lower Plenum to Upper Plenum Head.
- Fig. 5.8 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.A33.
- Fig. 5.9 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.A77.
- Fig. 5.10 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.B15.
- Fig. 5.11 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.B85.
- Fig. 5.12 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.C33.
- Fig. 5.13 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.C77.
- Fig. 5.14 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.D27.
- Fig. 5.15 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No.D88.
- Fig. 5.16 Heater Rod Surface Temperature at Position 1 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.17 Heater Rod Surface Temperature at Position 1 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.18 Heater Rod Surface Temperature at Position 2 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.19 Heater Rod Surface Temperature at Position 2 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.20 Heater Rod Surface Temperature at Position 3 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.21 Heater Rod Surface Temperature at Position 3 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.22 Heater Rod Surface Temperature at Position 4 in Channel A, B, C and D.



- Fig. 5.23 Heater Rod Surface Temperature at Position 4 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.24 Heater Rod Surface Temperature at Position 5 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.25 Heater Rod Surface Temperature at Position 5 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.26 Heater Rod Surface Temperature at Position 6 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.27 Heater Rod Surface Temperature at Position 6 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.28 Heater Rod Surface Temperature at Position 7 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.29 Heater Rod Surface Temperature at Position 7 in Channel A, B, C and D.
- Fig. 5.30 "A" Channel Box Inner Surface Temperature.
- Fig. 5.31 "A" Channel Box Inner Surface Temperature.
- Fig. 5.32 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel A.
- Fig. 5.33 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel B.
- Fig. 5.34 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel C.
- Fig. 5.35 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel D.
- Fig. 5.36 Fluid Temperature in Core and Heater Rod Surface Temperature.
- Fig. 5.37 Fluid Temperature at Channel Inlet.
- Fig. 5.38 Fluid Temperature at Channel Outlet.
- Fig. 5.39 Fluid Temperature in Lower Plenum.
- Fig. 5.40 Fluid Temperature in Lower Plenum.
- Fig. 5.41 Fluid Temperature in Lower Plenum.
- Fig. 5.42 Lower Plenum Condition Estimated from Measured Fluid Temperature.
- Fig. 5.43 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.44 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.45 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.46 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.

- Fig. 5.47 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.48 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.50 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.51 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.52 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.53 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate.
- Fig. 5.54 Intact Loop Pump Revolution.
- Fig. 5.55 Broken Loop Pump Revolution.
- Fig. 5.56 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow Rate.
- Fig. 5.57 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow Rate.
- Fig. 6.1 Node Junction Representation of ROSA III, Core 1 Volume.
- Fig. 6.2 Lower Plenum Pressure; Data and Case 1.
- Fig. 6.3 Lower Plenum Pressure; Data and Case 2.
- Fig. 6.4 Differential Pressure between Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle and Discharge.
- Fig. 6.5 Differential Pressure between Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle and Discharge.
- Fig. 6.6 Lower Plenum Pressure; Data and Case 3.
- Fig. 6.7 Measured Downcomer Head and Calculated Mixture Level in Downcomer; Data and Case 3.
- Fig. 6.8 Discharge Flow Rate from Pump Side Break Plane: Data, Case 2 and Case 3.
- Fig. 6.9 Core Inlet Flow Rate; Case 2 and Case 3.
- Fig. 6.10 Core Outlet Flow Rate; Case 2 and Case 3.
- Fig. 7.1 Node Junction Representation of ROSA III, Core 5 Volumes.
- Fig. 7.2 Steady Feed Water Flow Rate.
- Fig. 7.3 Steam Discharge Flow Rate.
- Fig. 7.4 Lower Plenum Pressure; Data and Case 1.
- Fig. 7.5 Lower Plenum Pressure and Heater Rod Surface Temperature; Data and Case 2.
- Fig. 7.6 Stored Heat in Heater Rod, Case 2.
- Fig. 7.7 Fill Steam Flow Rate in Case 3.

- Fig. 7.8 Lower Plenum Pressure and Heater Rod Temperature; Data and Case 3.
- Fig. 7.9 Heater Rod Surface Temperature at Position 1; Data and Case 4.
- Fig. 7.10 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 4.
- Fig. 7.11 Heater Rod Surface Temperature at Position 3; Data and Case 4.
- Fig. 7.12 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 4.
- Fig. 7.13 Heater Rod Surface Temperature at Position 5; Data and Case 4.
- Fig. 7.14 Heater Rod Surface Temperature at Position 6; Data and Case 4.
- Fig. 7.15 Heater Rod Surface Temperature at Position 7; Data and Case 4.
- Fig. 7.16 Lower Plenum Pressure; Data and Case 4.
- Fig. 7.17 Lower Plenum Fluid Temperature and Saturation Temperature; Data and Case 4.
- Fig. 7.18 Core Inlet Flow Rate; Case 4.
- Fig. 7.19 Core Outlet Flow Rate; Case 4.
- Fig. 7.20 Measured Downcomer Head and Calculated Mixture Level in Downcomer; Data and Case 4.
- Fig. 7.21 Lower Plenum Pressure; Data, Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.22 Core Inlet Flow Rate; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.23 Core Outlet Flow Rate; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.24 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data, Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.25 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 5.
- Fig. 7.26 Heater Rod Surface Temperature at Position 6; Data, Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.27 Average Quality in Core Volume V 32; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.28 Average Quality in Core Volume V 33; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.29 Average Quality in Core Volume V 4; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.30 Average Quality in Core Volume V 34; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.31 Average Quality in Core Volume V 35; Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.32 Average Quality in Core Volumes; Case 4.
- Fig. 7.33 Average Quality in Core Volumes; Case 5.
- Fig. 7.34 Lower Plenum Pressure; Data, Case 4 and Case 5.
- Fig. 7.35 Core Inlet Flow Rate; Case 4 and Case 6.
- Fig. 7.36 Core Outlet Flow Rate; Case 4 and Case 6.
- Fig. 7.37 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data, Case 4 and Case 6.
- Fig. 7.38 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data, Case 4 and Case 6.

- Fig. 7.39 Heat Transfer Mode of Case 4 and Case 6 at Heat Slab 48.
- Fig. 7.40 Heat Transfer Mode of Case 4 and Case 6 at Heat Slab 4.
- Fig. 7.41 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 4 and Case 6 at Heat Slab 48.
- Fig. 7.42 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 4 and Case 6 at Heat Slab 4.
- Fig. 7.43 Average Quality in Core Volume V 34; Case 4 and Case 6.
- Fig. 7.44 Average Quality in Core Volume V 4; Case 4 and Case 6.
- Fig. 7.45 Fluid Temperature in V 34.
- Fig. 7.46 Fluid Temperature in V 4.
- Fig. 7.47 Lower Plenum Pressure; Data and Case 7.
- Fig. 7.48 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 7.
- Fig. 7.49 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 7.
- Fig. 7.50 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 7 at Heat Slab 4.
- Fig. 7.51 Average Quality in Volume 4; Case 7.
- Fig. 7.52 Lower Plenum Pressure; Data and Case 8.
- Fig. 7.53 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 8.
- Fig. 7.54 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 8.
- Fig. 7.55 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 8 at Heat Slab 4.
- Fig. 7.56 Average Quality in Volume 4; Case 8.
- Fig. 7.56 Heat Transfer Mode of Case 7 at Heat Slab 4.
- Fig. 7.58 Lower Plenum Pressure; Data, Case 4 and Case 9.
- Fig. 7.59 Core Inlet Flow Rate; Case 9.
- Fig. 7.60 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 9.
- Fig. 7.61 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 9.

## 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 broken loop. The jet pumps are externally placed outside the vessel. In the core, four 8X8 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 fifth and sixth ROSA-III experiments, RUN 705 and RUN 706. RELAP4J was used for analysis.

Each experiment simulated a typical 200 % double ended break at recirculation pump suction line. A sharp edged orifice with throat area of  $5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  was used at each break plane.

RUN 705 was an isothermal blowdown experiment. Initial core power was zero. Main recirculation pumps were stopped several seconds before blowdown initiation, thus initial core inlet flow rate became stagnant. System condition at the initiation of blowdown was nearly saturated condition. Initial pressure in pressure vessel was 7.14 MPa. Power was not supplied to the fuel rod assemblies after break. Main steam line and feed water line were isolated during the test. ECCS was not activated. Experiment was performed successfully.

RUN 706 was performed with the exactly same initial conditions as RUN 705 except initial core power and core flow. Initial core power

was 3.4 MW and the total power to the fuel rod assemblies after break was controlled by predetermined power decay curve which simulated decay heat, delayed neutron and stored energy of fuel rod. Initial inlet flow rate was 37.5 kg/s and initial pressure in pressure vessel was 7.17 MPa. The main steam line and feed water were isolated after break as RUN 705. Power to main recirculation pumps was tripped after break and free coast down of the pumps was resulted. ECCS was not activated. Experiment was performed successfully.

Results of RUN 705 and RUN 706 provide base line data of ROSA-III experiment.

Analysis of RUN 705 and RUN 706 were made with use of RELAP4J in which the ROSA-III test facility was represented by 31 volumes including one core volume, 50 junctions and 41 heat slabs. Moreover, 35 volumes including 5 core volumes, 54 junctions and 50 heat slabs were used in the analysis of RUN 706.

Major results, conclusions and recommendations obtained in the present analysis are as follows.

- (1) RUN 705 was started from nearly stagnant flow condition in the system. Lower plenum flashing initiated at 5 sec after break. Downcomer was emptied at 20 sec. Existence of two-phase mixture level of vapor and liquid in the core and the lower plenum was estimated.
- (2) RUN 706 satisfied the specified experiment conditions. Main recirculation pump suction uncovering was at 8 sec and downcomer was emptied at 12 sec. Lower plenum flashing initiated at 16.5 sec. Before the initiation of lower plenum flashing, flow reversal at the core inlet was detected.

Dry-out of heater rod surface at Position 1 to Position 6 occurred at 11~14 sec. Bottom-up rewetting of the dry-out region after the initiation of the lower plenum flashing propagated from Position 6 to Position 4 from 16 sec to 29 sec. Then second dry-out started from 33 sec to 53 sec from upper part.

(3) Using the previously reported results of the analysis of RUN 702, the analysis of RUN 705 were made. Agreement of calculated system behavior with experiment result was good. Critical flow discharge coefficient at jet pump drive nozzle was set to 1.0, rather than 0.57 recommended in RELAP4J, to achieve better agreement.

In experiment, liquid stratification in the core was observed. These were identified as vapor, two-phase mixture of vapor-water and

water. Calculated mixture level in the core varied like water part in experiment. This discrepancy is due to that the mixture level in calculation is defined by unrealistic flat surface of two phase mixture consisting of water and vapor bubble which separates vapor layer and the two phase mixture layer. Furthermore the assumed bubble distribution under the mixture level is not adequate in the core and the calculated flow reversal at the core inlet before the initiation of lower plenum flashing seems unrealistically large. It is thus recommended to make an effort to measure flow rate at the core inlet to examine magnitude of the flow reversal. It is also recommended to improve void distribution calculation model.

(4) Using the results of the analysis of RUN 705, analysis of RUN 706 was made. Difference between results with one core volume and that with five core volumes was not significant. Calculated system behavior, especially system pressure, agreed satisfactorily well with data.

(5) Main recirculation pump suction uncovering was calculated as at 7 sec in RUN 706 with use of 5 core volume. Initiation of lower plenum flashing was 13.6 sec.

In the calculation, dry-out of heater rod surface occurred at 7 sec in a whole core at the same time and the timing is earlier than the experiment. Calculated heater rod surface temperatures were higher than measured ones except the upper part in the core. Rewetting of the dry-out region was not calculated after the initiation of the lower plenum flashing except the lower part in the core. Large flow reversal prior to lower plenum flashing was calculated. This phenomena needs to be examined experimentally and analytically. In conjunction with this problem, it is recommended to perform characteristic test of recirculation loop under reverse flow conditions.

(6) In analysis of RUN 706 in which homogeneous condition was assumed in 5 core volumes, agreement between calculated pressure and measured one was poor and the initiation of temperature excursion of heater rod surface was still earlier than experiment. Void distribution in the core was not realistically calculated by applying either homogeneous conditions or mixture level formation assumption to the 5 volumes in the core. Since heat transfer calculation is closely connected to void distribution in each volumes, void distribution model in the core should be improved. Moreover, higher void condition in the core was calculated than experiment. It is recommended to examine the change of core inlet flow rate.

(7) In PELAP4 heat transfer correlation for forced convection vaporization the Schrock and Grossmon equation is with some modification which can not be well reasoned and furthermore the equation is used for beyond ranges of its application. It is recommended to investigate heat transfer model in the core in conjunction with flow including heat transfer correlation in that region.

(8) Excurrion of heater rod surface temperature in the calculation occurs not because heater rod surface heat flux exceeds critical heat flux but because heat transfer deteriorates to vapor single phase condition in the core.

(9) Sensitivity of reverse form loss coefficient at lower plenum inlet from recirculation loop was examined with use of larger value (sixteen times) than one calculated from geometrical configuration. Large reverse flow before the initiation of lower plenum flashing was still calculated. Difference was not significant. Since core inlet flow rate directly affects heater rod surface temperature calculation, further investigation of the core inlet flow is necessary by analysis as well as by experiment.

(10) Vapor generation rate in the core is important to accurately calculate system pressure. From this view point, it is also desired to improve heat transfer model in the core in order to more realistically predict temperature behavior in the core.



## 1. ま え が き

軽水炉の安全性に関する研究は最近の軽水炉の大型化出力の向上に伴い、ますますその重要性を増すばかりである。とりわけ、1次冷却系の配管破断による冷却材喪失事故（LOCA）時の安全性確保の実証には、実験研究の分野でも、また、安全評価用計算コードを開発する分野でも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計画を実施した後、現在ROSA III計画を行なっている。ROSA III実験は沸騰水型原子炉（BWR）の1次系を模擬し炉心を電気ヒータで加熱した実験装置を用いて行うシステム効果実験である。この計画の目的はBWR LOCA時の熱水力学的现象を実験的に把握し、事故時のシステム挙動を予測するために作成した計算コードの評価を行ない、さらに予測能力が一層向上するように改良する基礎となるデータを提供することである。

ROSA III計画では、現在までにRUN 701～RUN 710を実施している。これらの実験はROSA III実験装置の基本的特性を明らかにすると共に、ECCSがシステム挙動に及ぼす影響とその冷却効果を調べる実験であった。これらの実験の、破断条件は、再循環ポンプ吸込側配管の両端破断を模擬したものが大部分であるが、スプリット破断も一部含まれている。

これまでにROSA III実験に関して10の報告がある。田坂ら<sup>1)</sup>、北口ら<sup>2),3),4)</sup>はGE社のBWR/6とROSA III実験装置についてLOCA時の挙動の比較、検討を行ない、ROSA III実験装置の妥当性を実証し、さらに実験条件の選択のための資料を提供した。早田<sup>5)</sup>、小泉ら<sup>6),7)</sup>は実験RUN 701、702、703の実施に先立ち、計算コードRELAP 4J<sup>8)</sup>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予測能力の評価を行なうとともに、予測能力の一層の向上のために今後計算コードの改良すべき点をいくつか指摘した。一方、早田ら<sup>9)</sup>、小泉ら<sup>10)</sup>、菊池ら<sup>11)</sup>は実験RUN 701、702、703の結果に対しRELAP 4Jを用いて解析を行ない、予測計算の結果と比較するとともに、実験結果との比較検討を行なった。

このRUN 701からRUN 703の解析を通して以下のことが明らかとなった。①実験では下部プレナムに水位の形成が見られ、計算でも下部プレナムに水位の形成を考慮した場合、圧力過度変化の計算値は実験値とよく一致する。②実験で観察された下部プレナムフラッシングは期待したほど顕著なものではない。また、計算でもはっきりとは示し得ていない。③ヒータ表面温度の計算値はいずれも実験値より高い。計算では最高発熱部で最も高温となるのに対し、実験では炉心上方で最高温度となった。④実験で見られた下部プレナムフラッシングによるヒーター表面のrewetを計算では表し得ていない。これは炉心流量および炉心内上下方向のボイド分布を計算で正しく求め得ていないことによると思われる。⑤炉心流量に直接影響を与える再循環ループのブローダウン時の流量を測定し、計算結果との比較を可能にするとともに、計算コードでこの流量をより正しく計算するのに必要となる再循環ループの正流、逆流時の流動抵抗係数を実験から求める必要がある。⑥再循環ポンプの特性をより明確にする必要がある。⑦計算コードの予測能力の向上を計るため炉心内ボイド分布モデルと熱伝達率関係式の改良の必要性があることが明らかとなっ

た。

本報は以上の経緯を踏まえて行った実験RUN 705, RUN 706の実験解析である。実験RUN 705はROSA III実験装置の特性をより明確にすることを目的として行なわれた等温ブローダウン実験であって、炉心初期出力、炉心初期流量がゼロの状態から開始されたものである。また、実験RUN 706は炉心初期出力、炉心初期流量はあるが、破断実験開始と同時に蒸気出口弁、給水弁は閉じ、ECCSを作動させなかった実験である。破断条件はいずれも再循環ポンプ吸込側配管の200%両端破断である。解析に使用したコードはRELAP 4Jである。実験データに検討を加えるとともに、計算コードによる計算結果と実験データとの比較を行なった。これらを通じて、RUN 701からRUN 703までの解析で得られた結果を再確認するとともに、いくつかの新しい重要な知見を得、計算コード入力作成上の問題点、及び、計算モデル上の問題点を指摘し、今後の解析の方針を示した。また、本解析の過程で明らかになった計測の不備な点もあわせて指摘した。これらの結果は今後のROSA III実験の解析のための基礎データを提供するものである。

## 2. ROSA III実験装置の概要

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装置であって、実炉(GE社のBWR/6<sup>12)</sup>、熱出力 $3.8 \times 10^3$  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実験装置では炉心出力は9.2 MW必要であるが電源装置の制約から最大で4.45 MW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2.2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压力容器、再循環系、給水系、蒸気放出系、炉心用電源装置、計測系および装置の運転制御系から成り立っている。

図2.4に压力容器内部形状と压力容器内計測位置とを示す。炉心は8×8配列の模擬燃料集合体4体で形成されている。各集合体は63本の模擬燃料棒と模擬ウォーターロッド1本とから成り立っており、チャンネルボックスに納められている。模擬燃料棒は上下タイププレートと4つのスペーサによって支持されている。図2.5は模擬燃料棒の概略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12.52 mm、発熱部長さは1880 mm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る。被覆管材質はインコネル600であり、被覆管厚さは1.3 mmである。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個取り付けのもの、5個取り付けのもの、3個取り付けのもの、取り付けの無いもの<sup>(注)</sup>とがあり、統計116個の熱電対が取り

(注) 実験RUN704から以降、燃料集合体を取り換えられた。実験RUN701～703まで用いた燃料集合体を一次燃料、実験RUN704から用いられている燃料集合体を二次燃料と呼んでいる。一次燃料と二次燃料で本質的差は無い。

た。

本報は以上の経緯を踏まえて行った実験RUN 705, RUN 706の実験解析である。実験RUN 705はROSA III実験装置の特性をより明確にすることを目的として行なわれた等温ブローダウン実験であって、炉心初期出力、炉心初期流量がゼロの状態から開始されたものである。また、実験RUN 706は炉心初期出力、炉心初期流量はあるが、破断実験開始と同時に蒸気出口弁、給水弁は閉じ、ECCSを作動させなかった実験である。破断条件はいずれも再循環ポンプ吸込側配管の200%両端破断である。解析に使用したコードはRELAP 4Jである。実験データに検討を加えるとともに、計算コードによる計算結果と実験データとの比較を行なった。これらを通じて、RUN 701からRUN 703までの解析で得られた結果を再確認するとともに、いくつかの新しい重要な知見を得、計算コード入力作成上の問題点、及び、計算モデル上の問題点を指摘し、今後の解析の方針を示した。また、本解析の過程で明らかになった計測の不備な点もあわせて指摘した。これらの結果は今後のROSA III実験の解析のための基礎データを提供するものである。

## 2. ROSA III実験装置の概要

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装置であって、実炉(GE社のBWR/6<sup>12)</sup>、熱出力 $3.8 \times 10^3$  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実験装置では炉心出力は9.2 MW必要であるが電源装置の制約から最大で4.45 MW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2.2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压力容器、再循環系、給水系、蒸気放出系、炉心用電源装置、計測系および装置の運転制御系から成り立っている。

図2.4に压力容器内部形状と压力容器内計測位置とを示す。炉心は $8 \times 8$ 配列の模擬燃料集合体4体で形成されている。各集合体は63本の模擬燃料棒と模擬ウォーターロッド1本とから成り立っており、チャンネルボックスに納められている。模擬燃料棒は上下タイププレートと4つのスペーサによって支持されている。図2.5は模擬燃料棒の概略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12.52 mm、発熱部長さは1880 mm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る。被覆管材質はインコネル600であり、被覆管厚さは1.3 mmである。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個取り付けのもの、5個取り付けのもの、3個取り付けのもの、取り付けの無いもの<sup>注)</sup>があり、統計116個の熱電対が取り

注) 実験RUN 704から以降、燃料集合体を取り換えられた。実験RUN 701～703まで用いた燃料集合体を一次燃料、実験RUN 704から用いられている燃料集合体を二次燃料と呼んでいる。一次燃料と二次燃料で本質的差は無い。

付けられている。

圧力容器内は、炉心のほか実炉の場合とはほぼ同様に、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、ジェットポンプは炉心との相対位置や性能を正しく模擬するため、圧力容器の外に置かれている。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が用いられている。

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つの破裂板と両端破断を模擬するための再循環管路急速遮断弁とから成り立っており、破裂板の個数と破断口を模擬するオリフィスの口径及び急速遮断弁の開閉の選択により、両端破断、スプリット破断、大口径破断から小口径破断まで模擬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流路断面積は実炉とROSAⅢとの縮尺比より決められており、更に、定常時における性能も実炉のジェットポンプの性能を模擬できるよう設計に配慮がなされている。

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 : 高圧給水ポンプ) 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 (図2.2参照)。給水時間、給水流量、給水温度は各実験ごとに可変である。

蒸気放出系も定常時用と破断後用と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 : 高圧炉心スプレー)、LPCS (Low Pressure Core Spray : 低圧炉心スプレー)、LPCI (Low Pressure Coolant Injection : 低圧炉心注水) とADS (Automatic Depressurization System : 自動減圧装置) の4系統が具備されている。HPCS、LPCS、LPCIの各注入位置は上部プレナムであり、それぞれHPCSP (High Pressure Core Spray Pump : 高圧炉心スプレーポンプ)、LPCSP (Low Pressure Core Spray Pump)、LPCIP (Low Pressure Coolant 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。

ROSAⅢの計測項目は約550点あり、その概要は図2.2に示されている。その詳細については参考文献〔13〕を参照されたい。

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)	$3800 \times 10^3$	<4450	>854
Active Fuel Length (m)	3.759	1.880	2
Number of fuel Assemblies	848	4	212
Total Volume (m <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> /sec)	2.97	$7.01 \times 10^{-3}$	424
Feed Water Temp (K)	488.8	488.8*	1
		* Transient	

Table 2.1 (continued)

## (b) ECCS Conditions

	BWR6(251/848)	ROSA-III	Ratio( $\frac{\text{BWR6}}{\text{ROSA-III}}$ )
<b>HPCS</b>			
Number of Lines	1	1	
Injection Flow Rate (m <sup>3</sup> /sec)			
at 7.9 MPa	0.104	$0.228 \times 10^{-3}$	456
at 0.84 MPa	0.442	$0.967 \times 10^{-3}$	457
Water Temp. (K)	333	up to 393	
Injection Location	upper plenum	upper plenum	
<b>LPCS</b>			
Number of Lines	1	1	
Injection Flow Rate (m <sup>3</sup> /sec)			
at 0.84 MPa	0.442	$0.967 \times 10^{-3}$	457
Water Temp. (K)	333	up to 393	
Injection Location	upper plenum	upper plenum	
<b>LPCI(RHR)</b>			
Number of Lines	3	1	
Injection Flow Rate (m <sup>3</sup> /sec)			
at 0.14 MPa	0.47	$1.033 \times 10^{-3}$	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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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

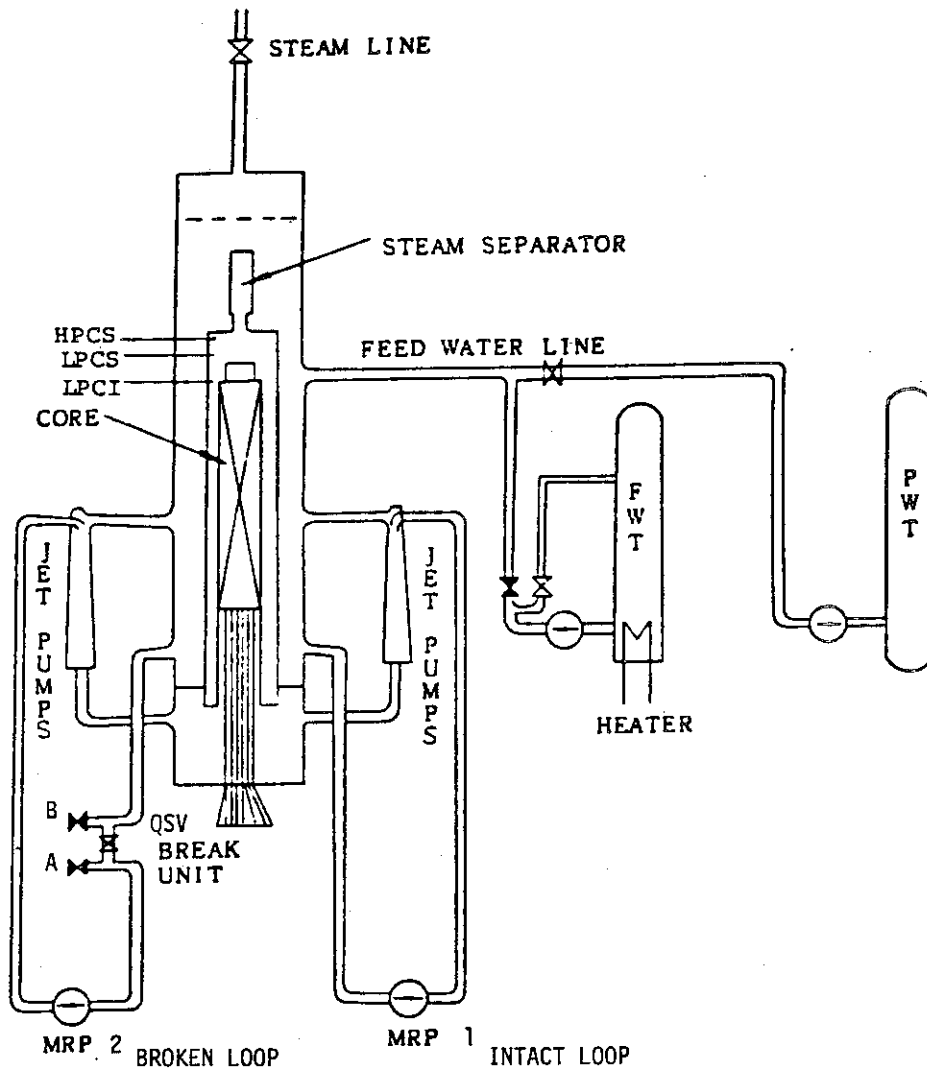


Fig. 2.1 Schematic Drawing of ROSA III Test Facility

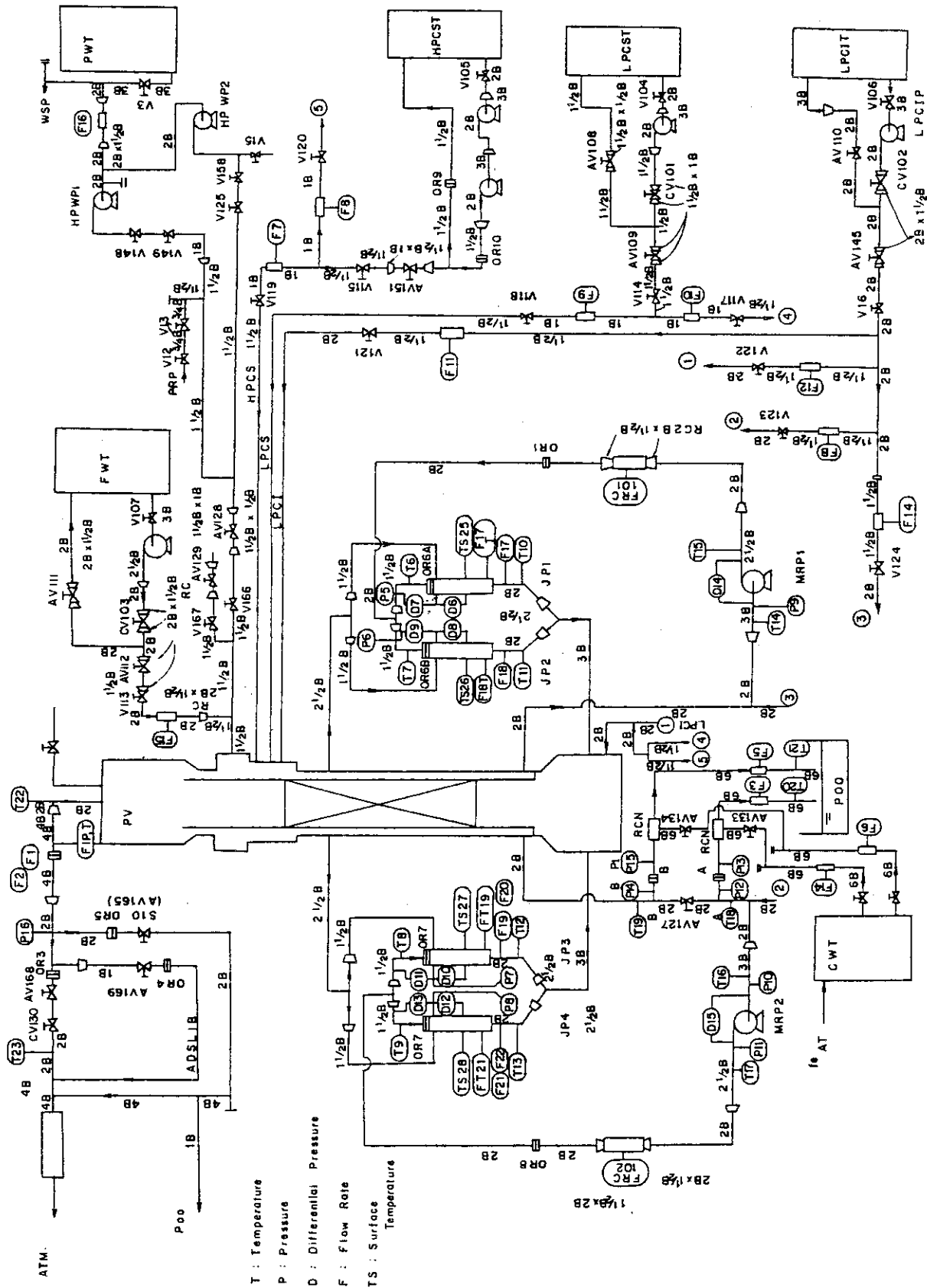


Fig. 2.2 Flow Diagram of ROSA III Test Facility

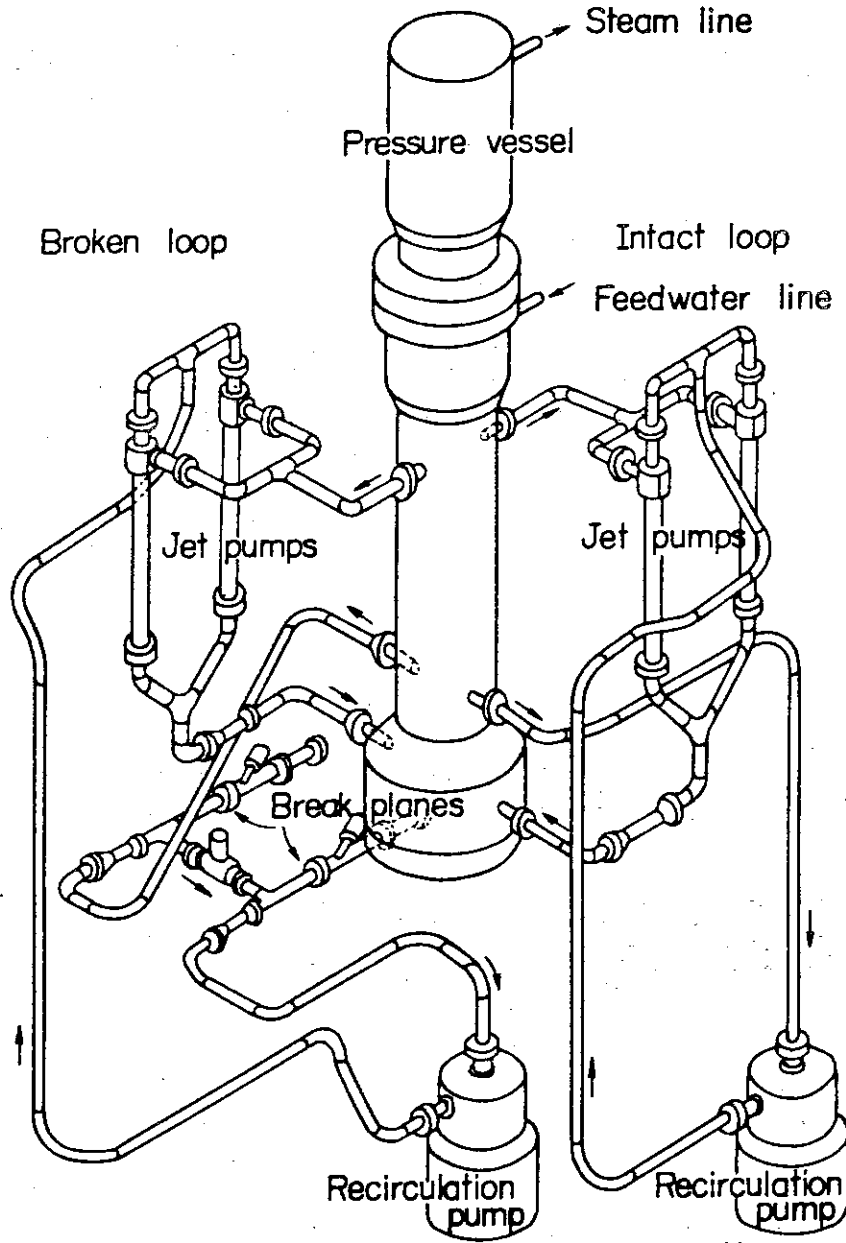


Fig. 2.3 Main Components of ROSA III Test Facility

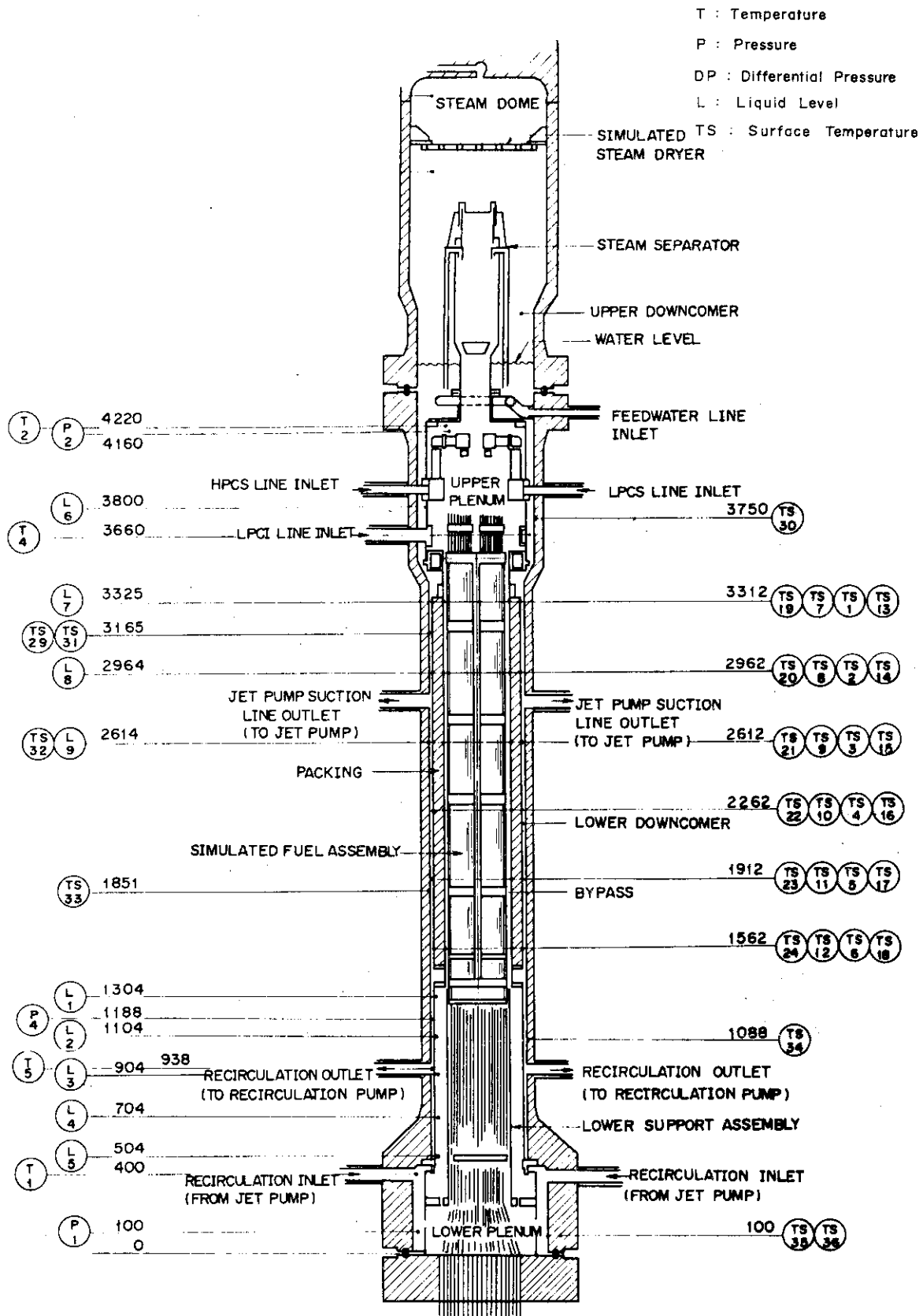
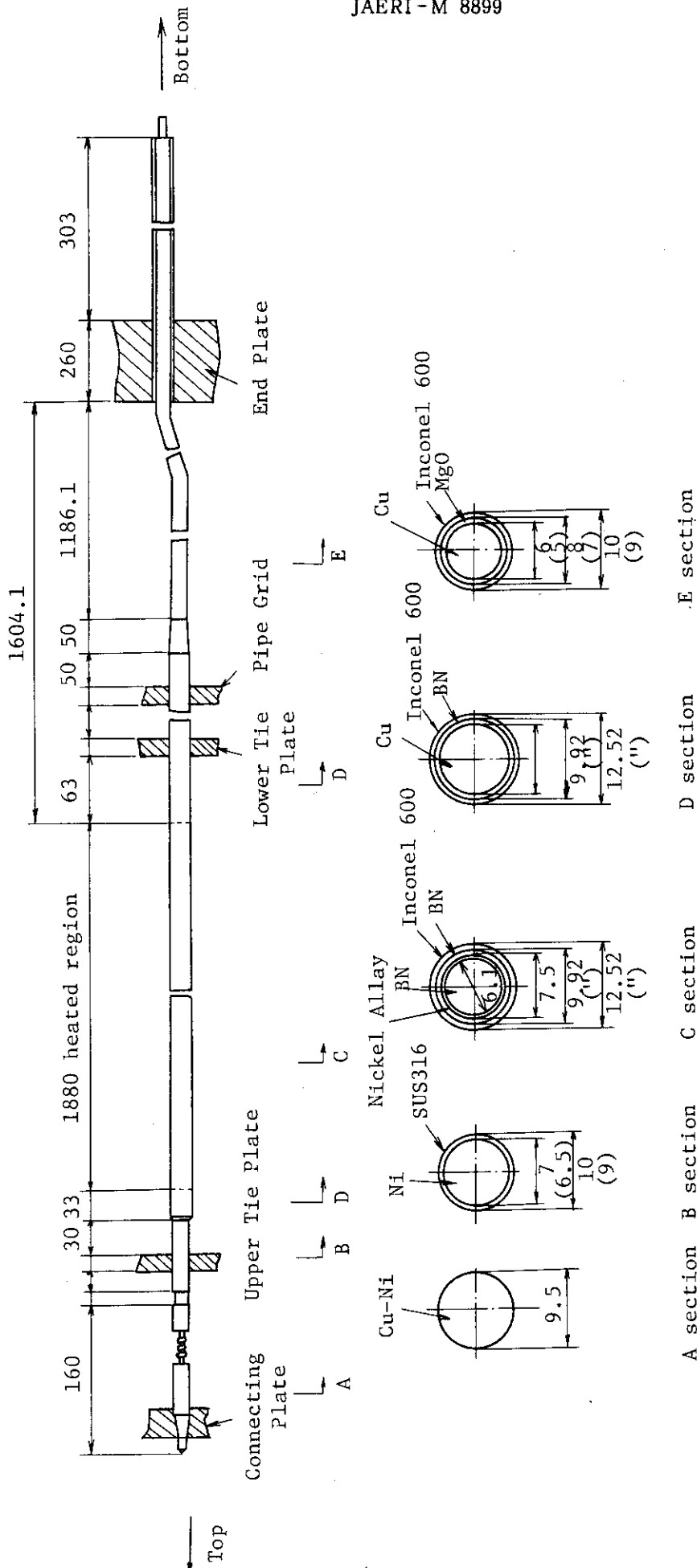


Fig. 2.4 ROSA III Pressure Vessel

12 13 20 20 215 20



Note : ( ) denotes low heat flux rod.

Fig. 2.5 Heater Rod Structure

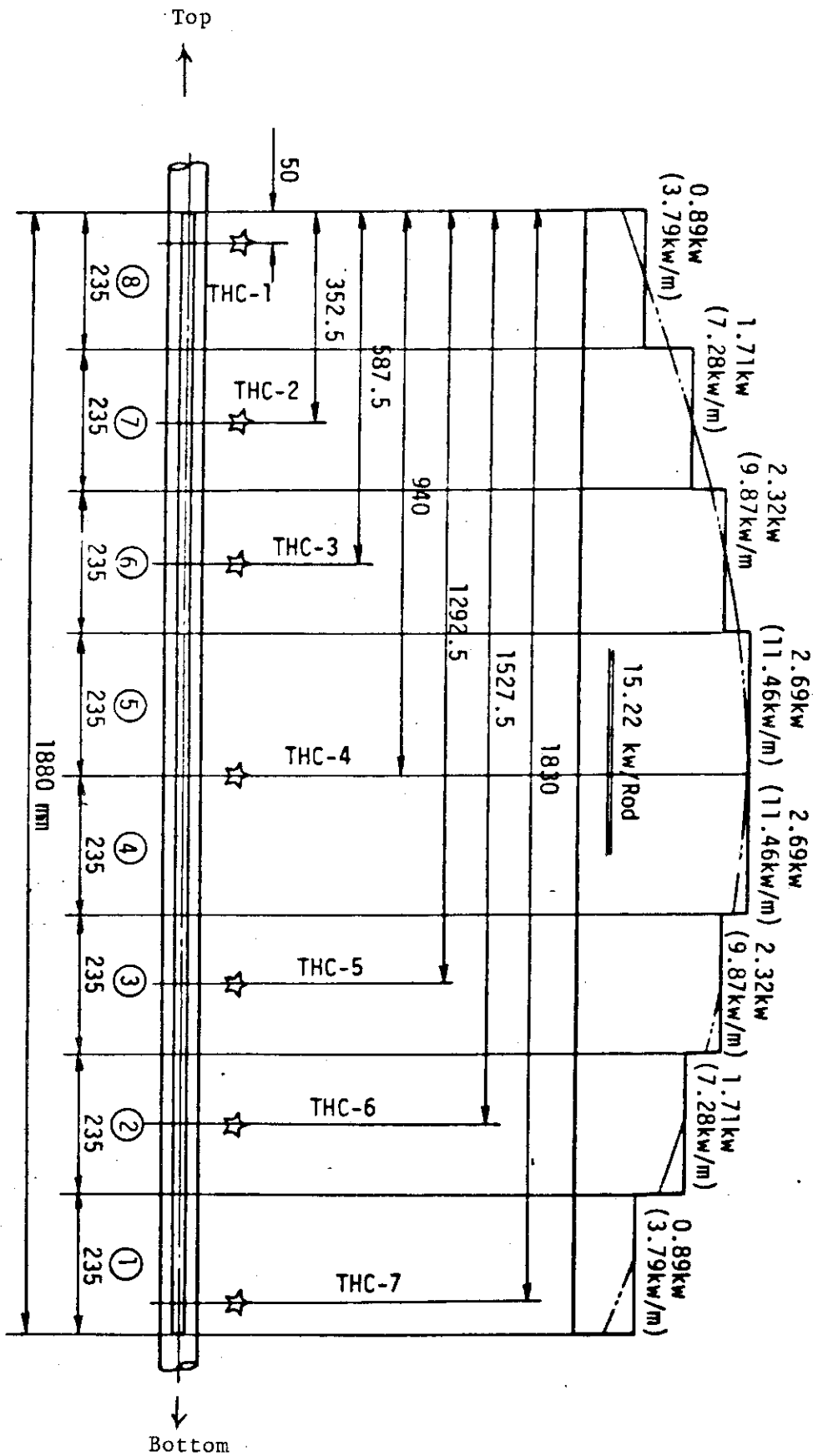


Fig. 2.6 Axial Power Distribution of Heater Rod

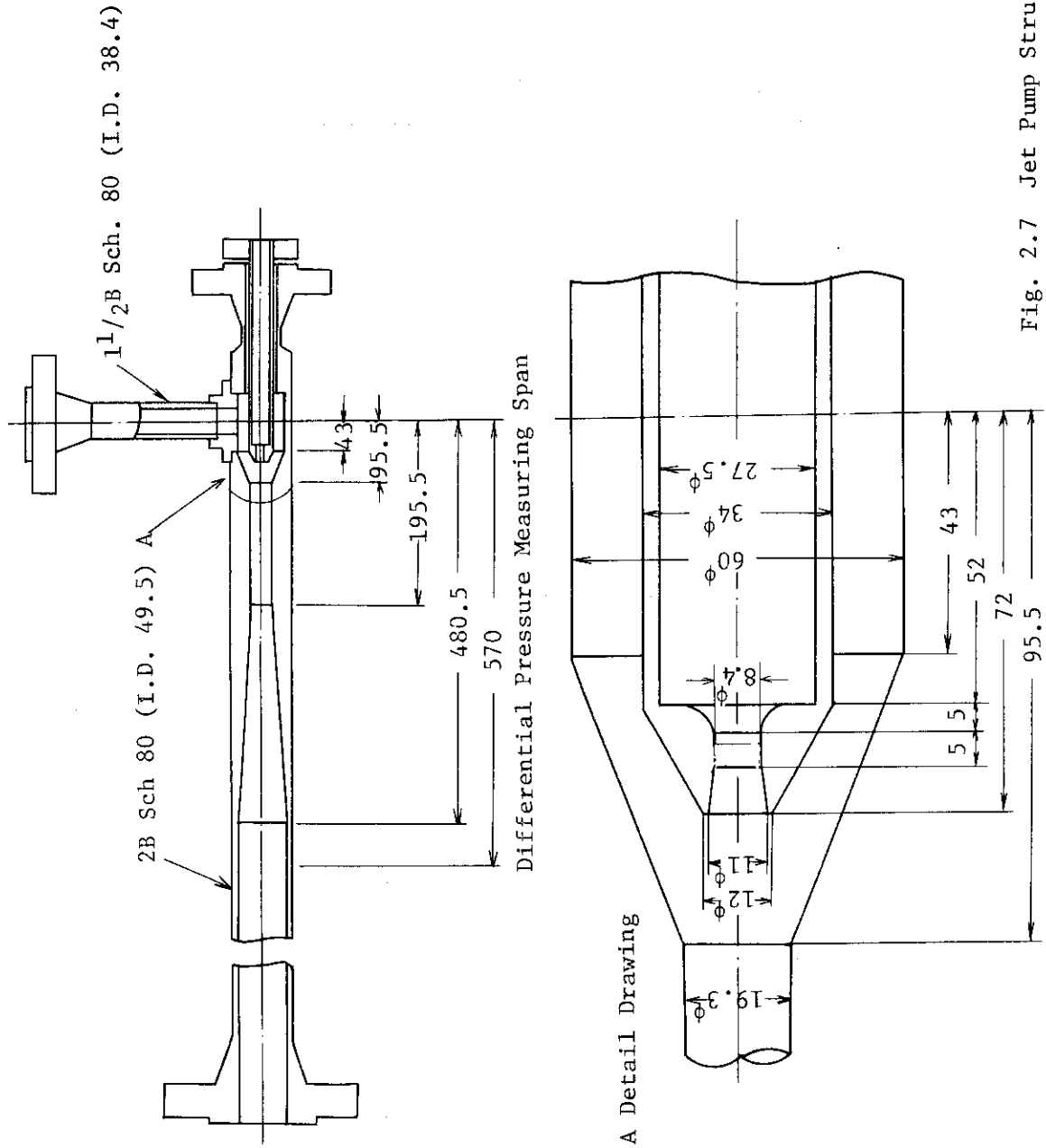


Fig. 2.7 Jet Pump Structure



### 3. 実験RUN705, RUN706の概要

#### 3.1 実験RUN 705

実験RUN 705 は炉心発熱がなく、系内がほぼ飽和状態でありしかも流動のない状態から放出を開始する、いわゆる等温ブローダウン実験である。破断位置は再循環ポンプ吸込側配管であって、破断様式は200%両端破断を仮定している。主な実験条件を表3.1に示す。表3.1中には後述する実際の実験での値も比較のため並記してある。実験手順は以下のとおりである。

系圧力が7.16 MPaとなり、温度がほぼ全体で均一となった状態で30分ほど定常を維持する。この時点での炉心出力、循環流量はごく微量である。実験開始前数秒に炉心出力をゼロとし、再循環ポンプを停止させ、給水弁を閉じて給水をストップさせる。また、蒸気放出流量をゼロとする。この後、再循環ポンプの回転がゼロとなり、再循環ループの流量がゼロとなったのを確認して破断実験を開始する。破断実験開始と同時に破断ループの2つの破断装置の間にある急速遮断弁(QSV)を閉じる(図2.1参照)。破断後は給水、蒸気放出はしない。またECCSは作動させない。炉心出力もゼロである。再循環ポンプの回転数制御は行なわない。

圧力容器側破断口とポンプ側破断口には口径26.2 mm  $\phi$  のオリフィスを用いる。破断口面積は $5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  であって、実炉BWR/6の配管面積の1/424に相当する。圧力容器内シュラウド外水位は4.62 mである。

#### 3.2 実験RUN 706

実験RUN 706 は初期状態において、炉心出力、炉心流動があり、破断実験開始後炉心出力を減衰曲線に従って変化させる以外は、実験RUN 705 と同一である。主な実験条件を表3.2に示す。実験手順は以下のとおりである。

系圧力が7.16 MPaとなり、30分程度の定常維持の後、破断実験を開始する。実験開始と同時に給水弁、蒸気放出弁を閉じ、これ以後、給水、蒸気放出は行なわない。再循環ポンプへの電力供給は実験開始と同時に遮断し、これ以後回転数制御は行なわず、自由コストダウンに移行させる。炉心出力は実験開始と同時に出力減衰曲線に従って変化させる。ECCSは作動させない。

炉心出力減衰曲線を図3.1に示す。実験RUN 706 の初期炉心出力は3.45 MWである。これは電源容量と模擬燃料棒(電気ヒータ)の結線状態の制約から定められた値である。ROSA IIIでは実炉と対応上9 MW必要である。そこで、実炉において、崩壊熱と遅発中性子の効果および蓄積熱を考慮した場合に相定される伝熱量変化曲線において、伝熱量が3.45 MW (ROSA III換算値)に下がるまでの時間は3.45 MW一定値の炉心出力を与え、それ以降はこの伝熱量変化曲線に従って炉心出力を減少させるという考え方に基ずいて、図3.1に示す炉心出力減衰曲線を決定した。

Table 3.1 Initial Conditions of RUN 705

Break Condition	Specified Condition	Actual Value
Location	Recirculation Pump Suction Line	←-----
Break Area	$5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , 200 % Break	←-----
System Condition		
Steam Dome Pressure	7.16 MPa ( $72 \text{ kg/cm}^2$ )	7.14 MPa ( $71.8 \text{ kg/cm}^2$ )
Steam Dome Temperature	560 K	561 K
Flowrate at Core Inlet	0.0 kg/s	0.0 kg/s
Broken Loop Flowrate	$0.0 \text{ m}^3/\text{s}$	$0.0 \text{ m}^3/\text{s}$
Intact Loop Flowrate	$0.0 \text{ m}^3/\text{s}$	$0.0 \text{ m}^3/\text{s}$
Initial Core Power	0.0 MW	0.0 MW
Water Level in Pressure Vessel	4.62 m	4.62 m
Feed Water Condition	not used	not used
Steam Discharge Condition	not used	not used
ECCS Condition	not used	not used

Table 3.2 Initial Conditions of RUN 706

Break Condition	Specified Condition	Actual Value
Location	Recirculation Pump Suction Line	-----
Break Area	$5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , 200 % Break	-----
System Condition		
Steam Dome Pressure	7.16 MPa (72 kg/cm <sup>2</sup> g)	7.17 MPa (72.1 kg/cm <sup>2</sup> g)
Steam Dome Temperature	560 K	561 K
Flowrate at Core Inlet	36.4 kg/s	37.5 kg/s
Broken Loop Flowrate	$7.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ *	$10.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Intact Loop Flowrate	$7.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ *	$10.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Initial Core Power	3.45 MW	3.40 MW
Water Level in Pressure Vessel	4.62 m	4.62 m
Feed Water Condition	not injected after Break	shown in Fig. 5.2
Steam Discharge Condition	not discharged after Break	shown in Fig. 5.3
ECCS Condition	not used	

\* Supposed value, adjusted to obtain specified core inlet flowrate.

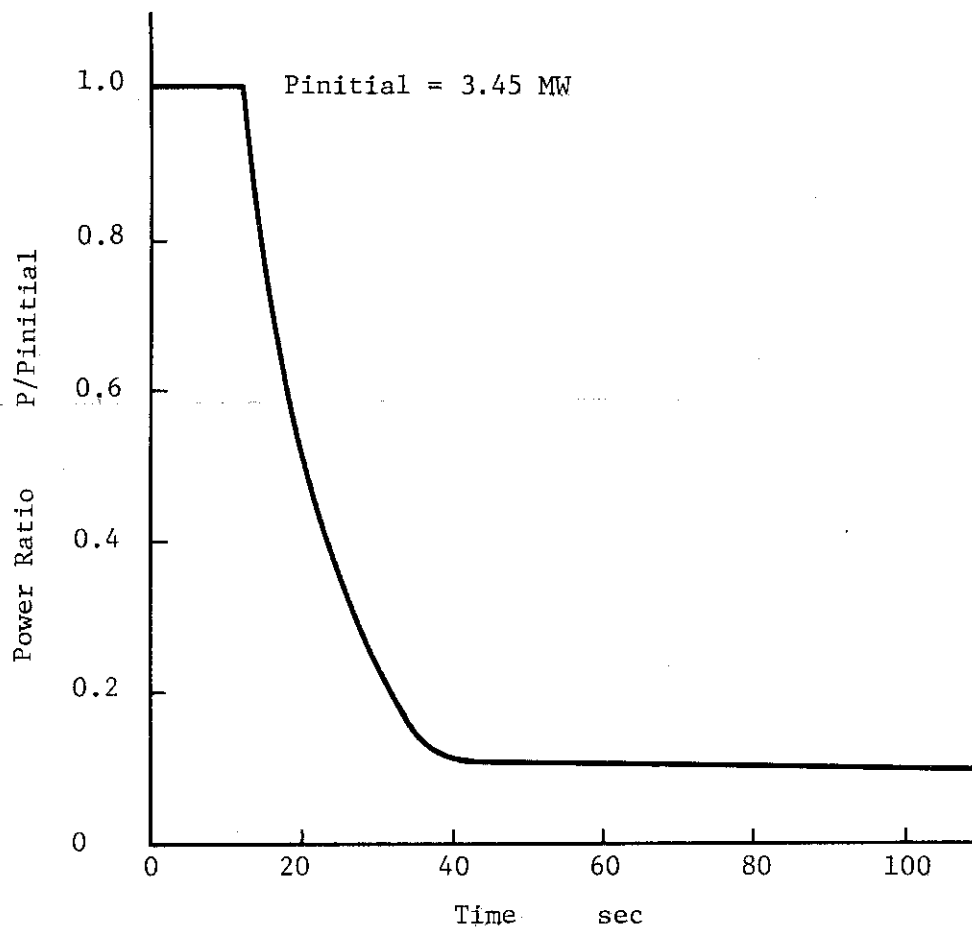


Fig.3.1 Specified Power Transient in RUN706

#### 4. 実験RUN705の結果

実験初期値および主なる事象を表 4.1・表 4.2 に示す。破断実験開始前に炉心出力はゼロとなり、再循環ポンプは停止され、給水、蒸気放出弁は閉じられた。圧力容器側破断口、ポンプ側破断口の両破裂板はともに実験開始と同時に破裂し、放出を開始している。図 4.1、図 4.2 は健全ループ、破断ループの各ジェットポンプの正流吐出流量の測定値を示しているが、ROSAⅢの定格運転時の各ジェットポンプの吐出流量は  $750 \text{ l/m}$  程度であることを考えれば、系内の流動状態がほぼ停止した状況から実験は開始されたと見てよい。図 4.3 は下部プレナム内流体温度と下部プレナム圧力測定値に対応する飽和温度を示したものである。実験は系内が飽和状態に近い状態から開始されている。以上より、実験は実験設定条件を満足して行なわれたと言える。表 3.1 に実験設定条件と実際の実験条件との比較を示す。

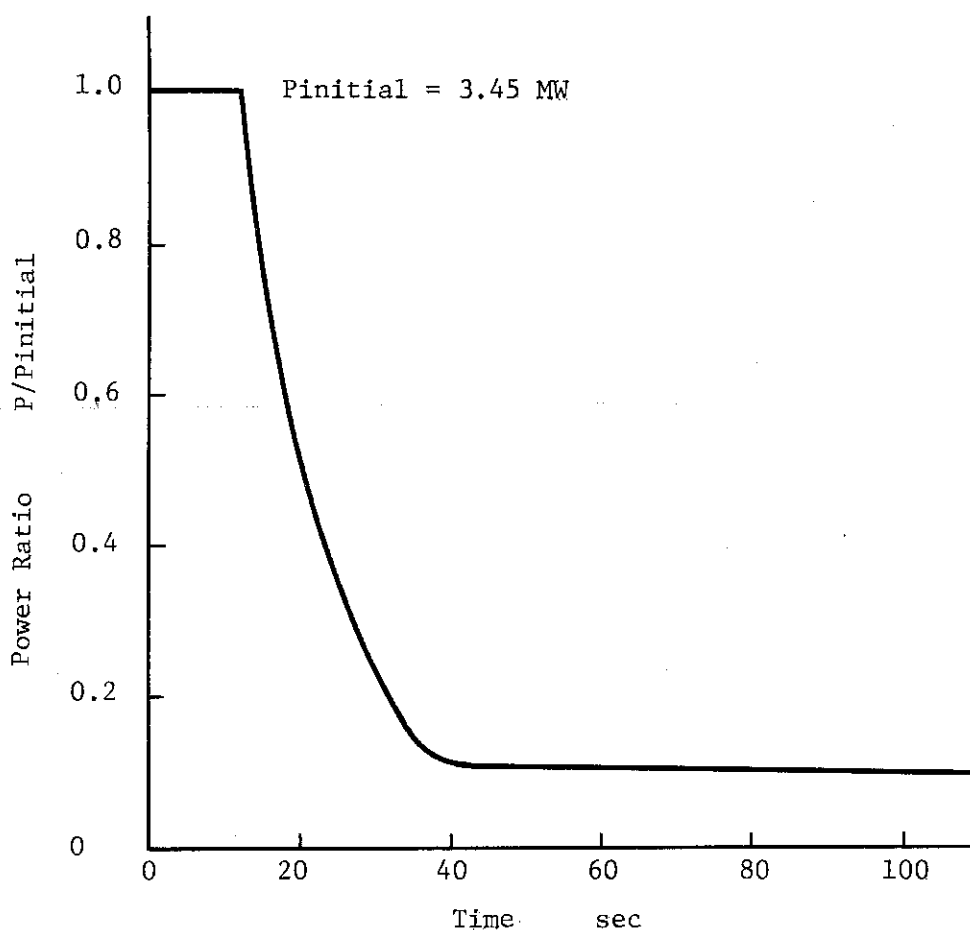


Fig.3.1 Specified Power Transient in RUN706

#### 4. 実験RUN705の結果

実験初期値および主なる事象を表 4.1・表 4.2 に示す。破断実験開始前に炉心出力はゼロとなり、再循環ポンプは停止され、給水、蒸気放出弁は閉じられた。圧力容器側破断口、ポンプ側破断口の両破裂板はともに実験開始と同時に破裂し、放出を開始している。図 4.1、図 4.2 は健全ループ、破断ループの各ジェットポンプの正流吐出流量の測定値を示しているが、ROSAⅢの定格運転時の各ジェットポンプの吐出流量は  $750 \text{ l/m}$  程度であることを考えれば、系内の流動状態がほぼ停止した状況から実験は開始されたと見てよい。図 4.3 は下部プレナム内流体温度と下部プレナム圧力測定値に対応する飽和温度を示したものである。実験は系内が飽和状態に近い状態から開始されている。以上より、実験は実験設定条件を満足して行なわれたと言える。表 3.1 に実験設定条件と実際の実験条件との比較を示す。

図 4.4 は下部プレナム圧力測定値である。圧力は単調に減少している。図中に示してある下部プレナムフラッシング開始時刻 5 秒は、図 4.3 の下部プレナム内流体温度と飽和温度の一致した時刻より求めたものである。

図 4.5 はダウンカマ水頭の測定値である。この図より破断後約 20 秒でダウンカマ内の水位はゼロとなっていると理解できる。なお、水頭の測定値が 18 秒以降負となっているが、これはゼロ点がずれていることによると思われる。

図 4.6 は炉心内チャンネルボックス内壁に取り付けられている触針式ボイド計の出力の例を示したもので、EL 3115 mm（圧力容器底からの距離）の位置のものである。この図より、最初のボイド発生時刻は破断後 8 秒であって、完全な蒸気相に測定器が露出したのは破断後 40 秒と見られる。図 4.7 は、A チャンネルのヒータ表面温度の軸方向分布を示したもので、図中には圧力測定値に対する飽和温度も図示してある。また図 4.8～図 4.14 は各高さにおけるヒータ表面温度の測定値と圧力測定値に対する飽和温度を図示したものである。図 4.7～図 4.14 において、ヒータ表面温度が飽和温度よりずれる時刻を読み取ることにより、ヒータ表面が蒸気相に完全に露出した時刻を推定することができる。図 4.15 は以上を基に描いた炉心内の水位変化の状況である。なお、図中には後述する解析で得られた炉心内水位も示されている。

図 4.16 は下部プレナム内に取り付けられている触針式ボイド計の出力の例を示したもので、EL = 913 mm 位置のものである。図 4.17 は下部プレナム中心の温度測定値を図示したもので、図中には圧力測定値に対応する飽和温度も示されている。この図より、各温度測定位置が蒸気相に露出した時刻を推定することができる。図 4.18 は以上を基に描いた下部プレナム内水位変化の状況を図示したものである。

図 4.15、図 4.18 より、次の注意すべき結論が得られる。第 1 点として、温度の測定値は、水—蒸気 2 相状態では飽和温度を示す。蒸気相に露出してはじめて飽和温度以上の値（熱電対あるいは熱電対の取り付けられている部分の熱容量のため）を示す。炉心発熱があるとすれば、水位が減少する以前にヒータ表面温度は飽和温度よりはずれ高温となる可能性がある。第 2 点として、炉心、下部プレナムそれぞれに水位が<sup>(注1)</sup>形成されることである。すなわち、下部タイプレートもしくはチャンネルボックス入口オリフィス部で流路が<sup>(注2)</sup>しぼられているため、炉心と下部プレナム内の流体は区分され、炉心内の水が下部プレナムに落ちにくくなっていることが推察される。

(注 1) ここで言う水位とは、はっきりした気液界面を指すのではなく、底部は水、中間領域は水—蒸気 2 相混合流体、上部は蒸気によって占められている状況を指す。

(注 2) ROSA III 実験装置のチャンネルボックス入口オリフィスは実炉の構造とは異なり、9.5 φ の小孔 12 個とヒータピン押え板との間隙の合計面積をもって実炉のチャンネルボックス入口オリフィスを模擬している。

Table 4.1 Experiment Conditions of RUN 705 and RUN 706

Item	Measured Value	
	RUN 705	RUN 706
Break Condition		
Location	Recirculation Pump Suction Line Double Ended Break	←
Break Area	$5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 2$	←
System Condition		
Steam Dome Pressure	7.14 MPa	7.17 MPa
Steam Dome Temperature	561 K	561 K
Flow Rate at Core Inlet	0.0 kg/s	37.5 kg/s
Broken Loop Flow Rate	$0.0 \text{ m}^3/\text{s}$	$10.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Intact Loop Flow Rate	$0.0 \text{ m}^3/\text{s}$	$10.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Initial Core Power	0.0 MW	3.40 MW
Water Level in Pressure Vessel	4.62 m	4.62 m
Lower Plenum Fluid Temperature	556 K	547 K
Lower Plenum Pressure	7.15 MPa	7.30 MPa

Table 4.1 (Cont'd. 1)

Item	Measured Value	
	RUN 705	RUN 706
Feed Water Condition Temperature	not used	not used
Injection Flow Rate		
Steam Discharge Condition	not used	not used
Steady Feed Water Flow Rate	not used	shown in Fig. 5.2
Steady Steam Discharge Condition		shown in Fig. 5.3
MRP 1		
Flow Rate	0.0 kg/s	7.70 kg/s
Inlet Pressure	6.97 MPa	6.98 MPa
Pump Head	0.025 MPa	1.34 MPa
Rotation	0 rPm	2943 rPm
Inlet Temperature	559 K	549 K
Outlet Temperature	558 K	550 K



Table 4.1 (Cont'd. 2)

Item	Measured Value	
	RUN 705	RUN 706
MRP2		
Flow Rate	0.0 m <sup>3</sup> /s	7.46 kg/s
Inlet Pressure	7.01 MPa	6.99 MPa
Outlet Pressure	7.04 MPa	8.36 MPa
Pump Head	0.029 MPa	1.38 MPa
Rotation	0 rPm	2972 rPm
Inlet Temperature	560 K	548 K
Outlet Temperature	559 K	549 K
JP1 Discharge Flow Rate	1.31 kg/s	9.09 kg/s
JP2 Discharge Flow Rate	0.0 kg/s	9.22 kg/s
JP3 Discharge Flow Rate	0.0 kg/s	9.21 kg/s
JP4 Discharge Flow Rate	0.0 kg/s	8.71 kg/s
JP3 Drive Pressure	7.18 MPa	8.43 MPa
JP4 Drive Pressure	7.11 MPa	8.34 MPa
JP1 Drive suction Differential Pressure	0.0 MPa	1.25 MPa
JP1 Discharge Suction Differential Pressure	0.0 MPa	0.187 MPa

Table 4.1 (Cont'd. 3)

Item	Measured Value	
	RUN 705	RUN 706
JP2 Drive Suction Differential Pressure	0.0 MPa	1.27 MPa
JP2 Discharge Suction Differential Pressure	0.0 MPa	0.191 MPa
JP3 Suction Pressure	7.07 MPa	7.15 MPa
JP4 Suction Pressure	7.11 MPa	7.27 MPa
JP3 Drive Suction Differential Pressure	0.0 MPa	1.18 MPa
JP3 Discharge Suction Differential Pressure	0.0 MPa	0.185 MPa
JP4 Drive Suction Differential Pressure	0.0 MPa	1.18 MPa
JP4 Discharge Suction Differential Pressure	0.0 MPa	0.182 MPa

Table 4.2 Chronology of Events in RUN 705 and RUN 706

Item	RUN 705	RUN 706
Break of Rupture Disc A	0.0 sec	0.0 sec
Break of Rupture Disc B	0.0 sec	0.0 sec
Quick-Shut-Off Valve Close	0.0 sec	0.0 sec
Steady State Steam Discharge End	< 0.0 sec	shown in Fig. 5.2 ( $\approx 0$ )
Transient Steam Discharge Start	not used	not used
Transient Steam Discharge End	not used	not used
Feed Water Start	not used	not used
Feed Water End	not used	not used
Jet Pump Suction Uncovery	not identified	> 4 sec
MRP Suction Uncovery	$\approx 20$ sec	8 $\sim$ 10 sec
Start of Lower Plenum Flashing	$\approx 5$ sec	16.5 sec
Start of Steam Discharge from Pump Side Break	86 sec	76 sec
Start of Steam Discharge from Vessel Side Break	116 sec	84 sec

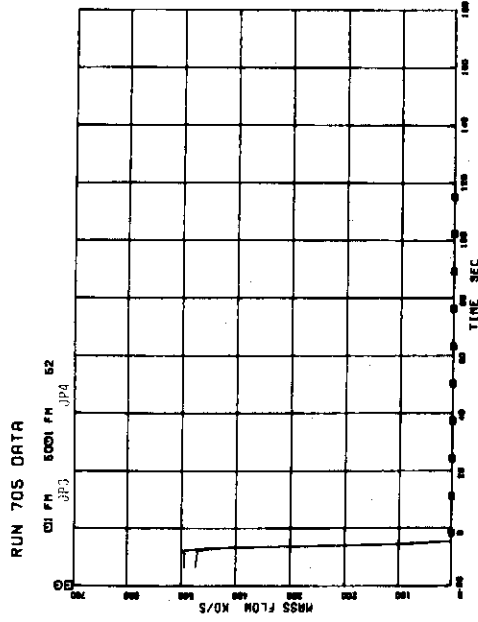


Fig. 4.2 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow Rate

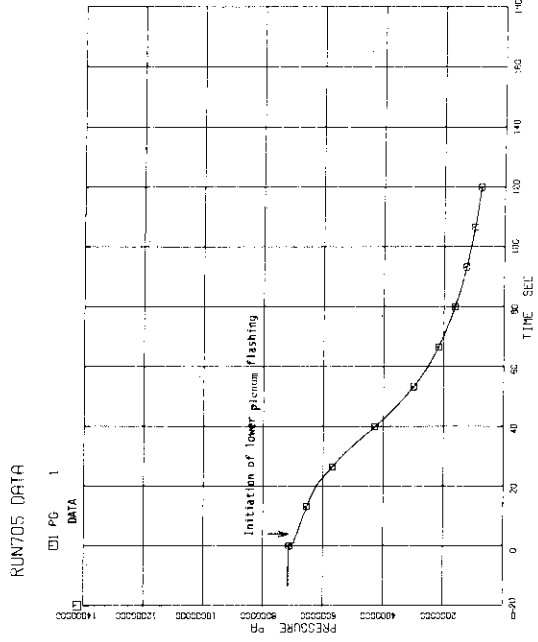


Fig. 4.4 Lower Plenum Pressure

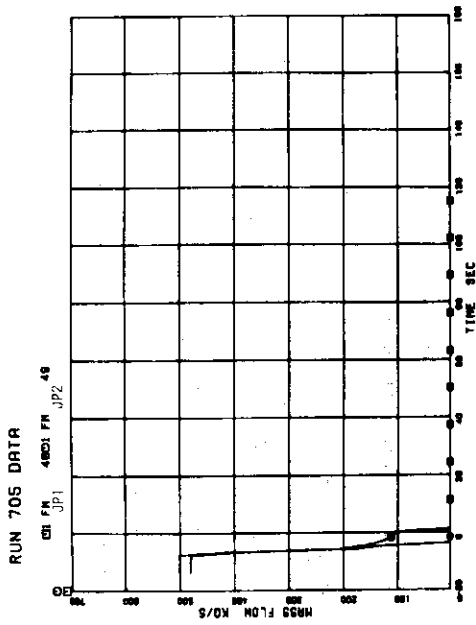


Fig. 4.1 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow Rate

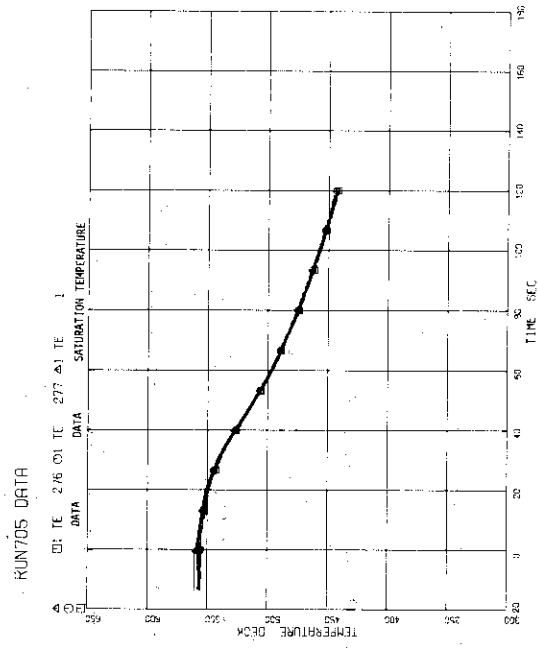


Fig. 4.3 Fluid Temperature and Saturation Temperature in Lower Plenum

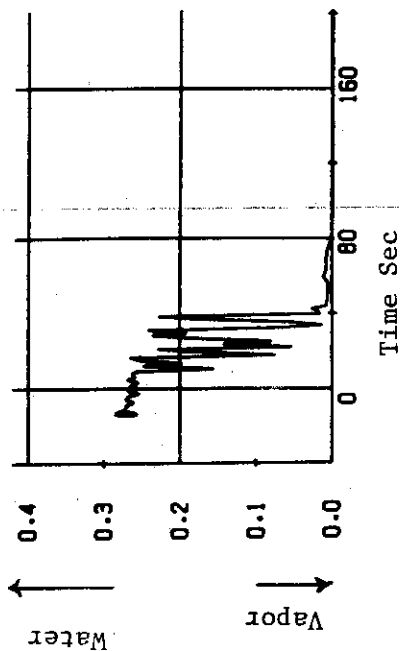


Fig. 4.6 Void Sensor Signal in Core at Elevation EL=3115 mm from Pressure Vessel Bottom

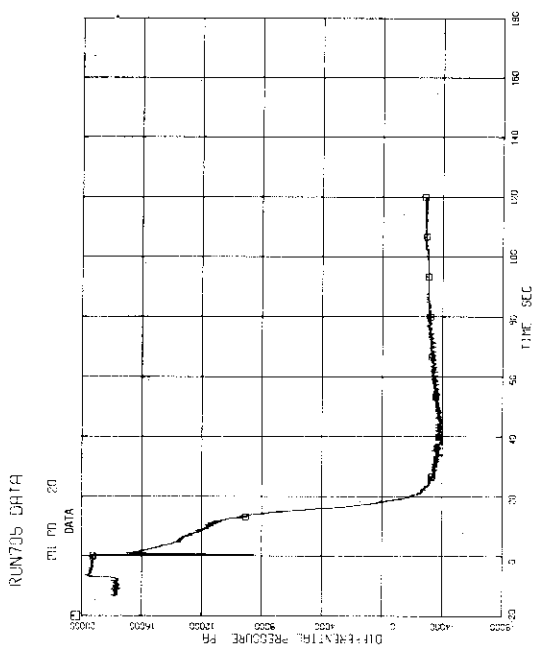


Fig. 4.5 Downcomer Head

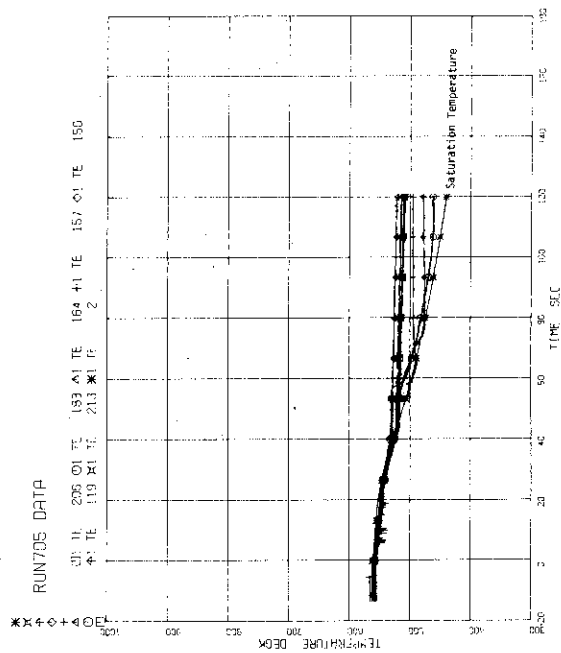


Fig. 4.8 Heater Rod Surface Temperature at Position 1

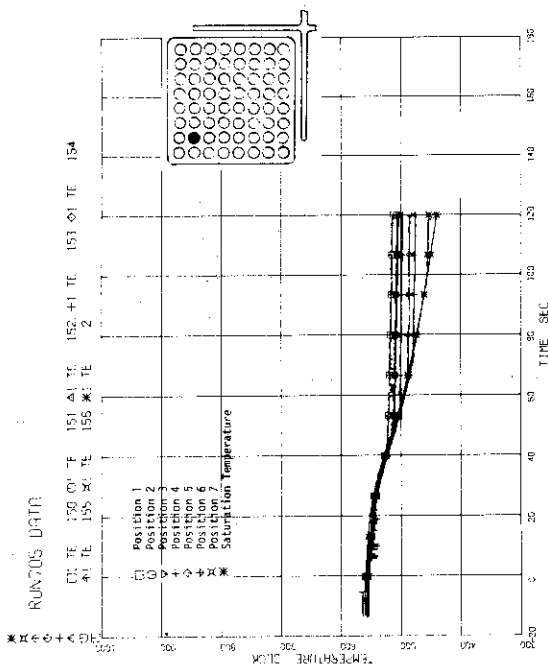


Fig. 4.7 Heater Rod Surface Temperature Distribution

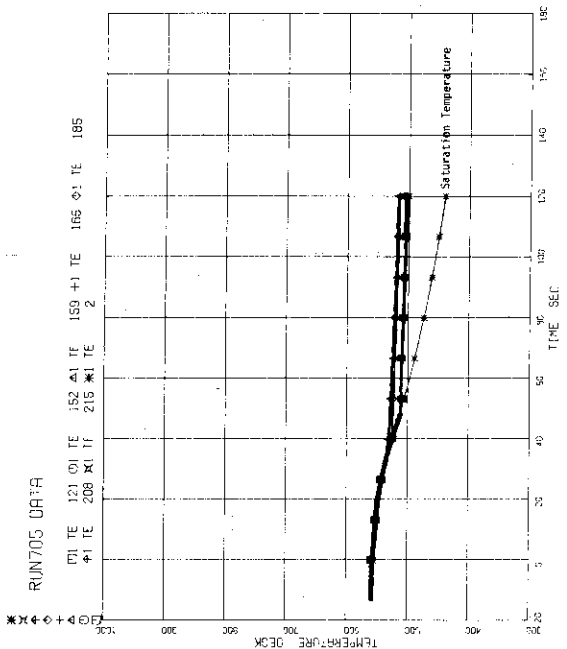


Fig. 4.10 Heater Rod Surface Temperature at Position 3

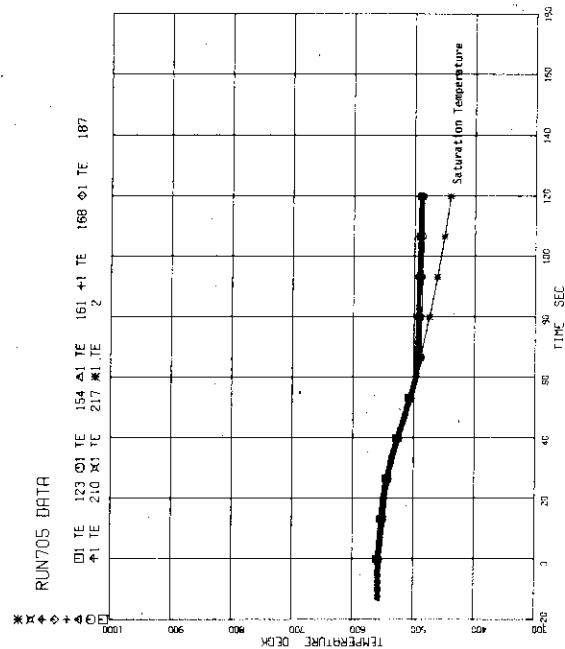


Fig. 4.12 Heater Rod Surface Temperature at Position 5

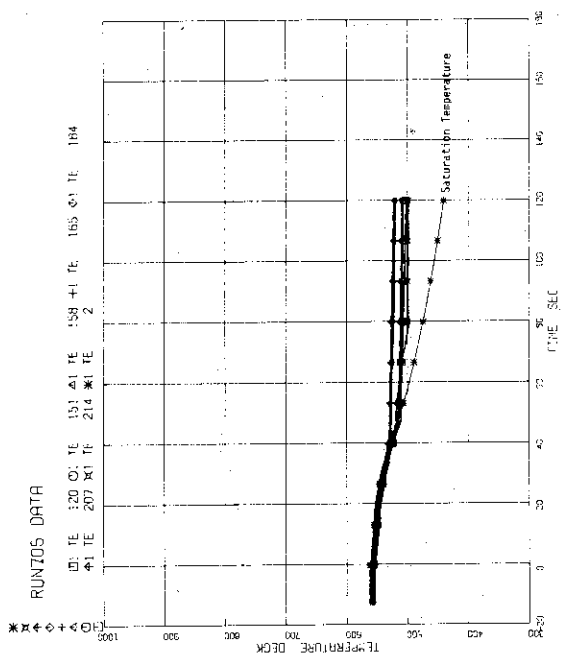


Fig. 4.9 Heater Rod Surface Temperature at Position 2

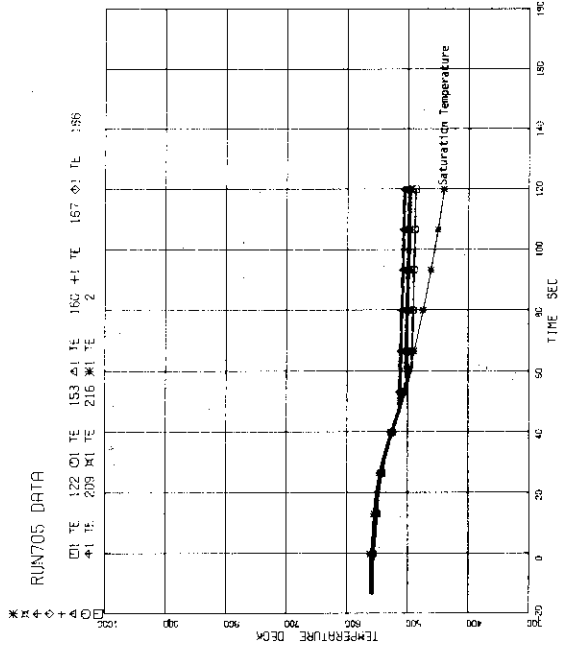


Fig. 4.11 Heater Rod Surface Temperature at Position 4

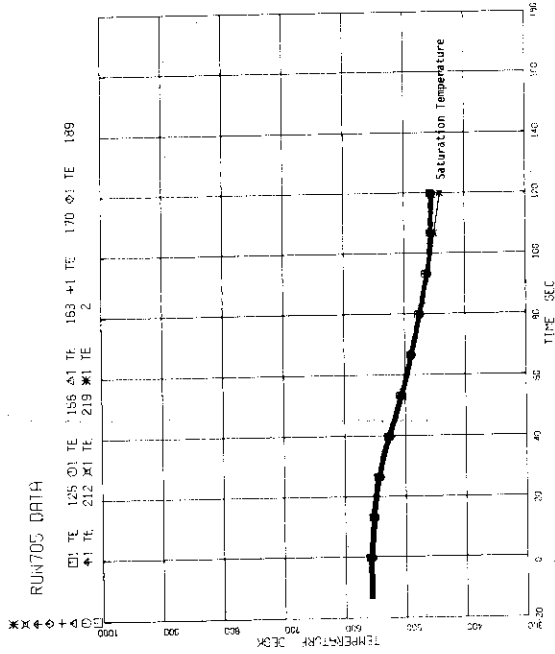


Fig. 4.14 Heater Rod Surface Temperature at Position 7

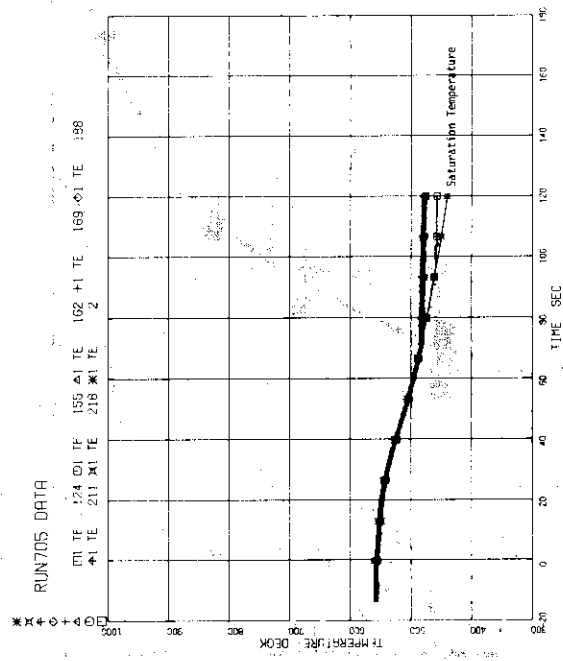


Fig. 4.13 Heater Rod Surface Temperature at Position 6

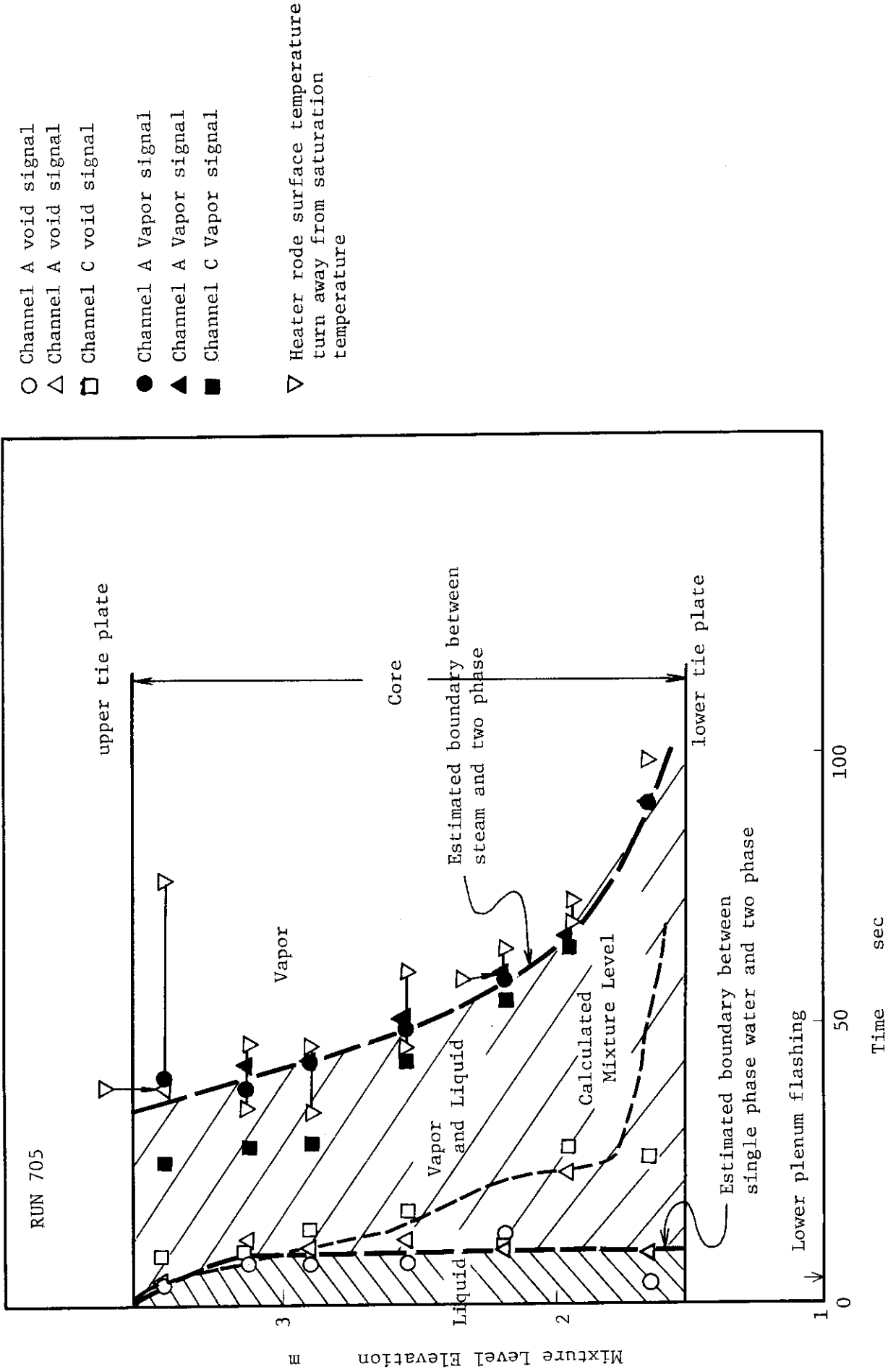


Fig.4.15 Liquid and Vapor Condition in Core



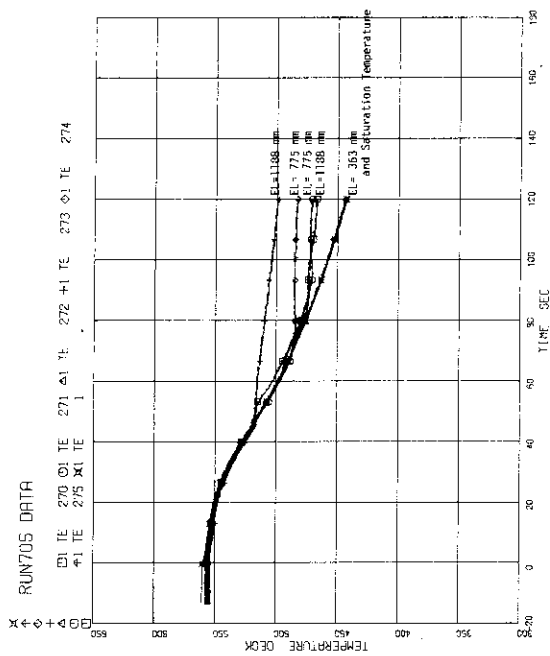


Fig. 4.17 Fluid Temperature Distribution in Lower Plenum

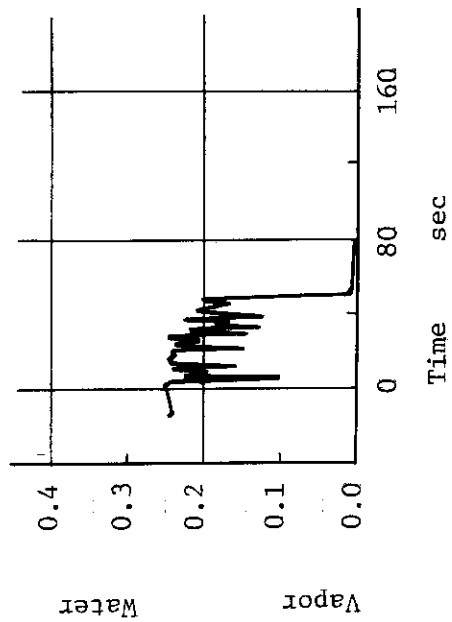


Fig.4.16 Void Sensor Signal in Lower Plenum at Elevation EL=913 mm from Pressure Vessel Bottom

- first void signal
- pure vapor signal
- temperature of fluid turns away from saturation temperature.
- ▽ Temperature of fluid in lower plenum of outer skirt deviates from saturation temperature.

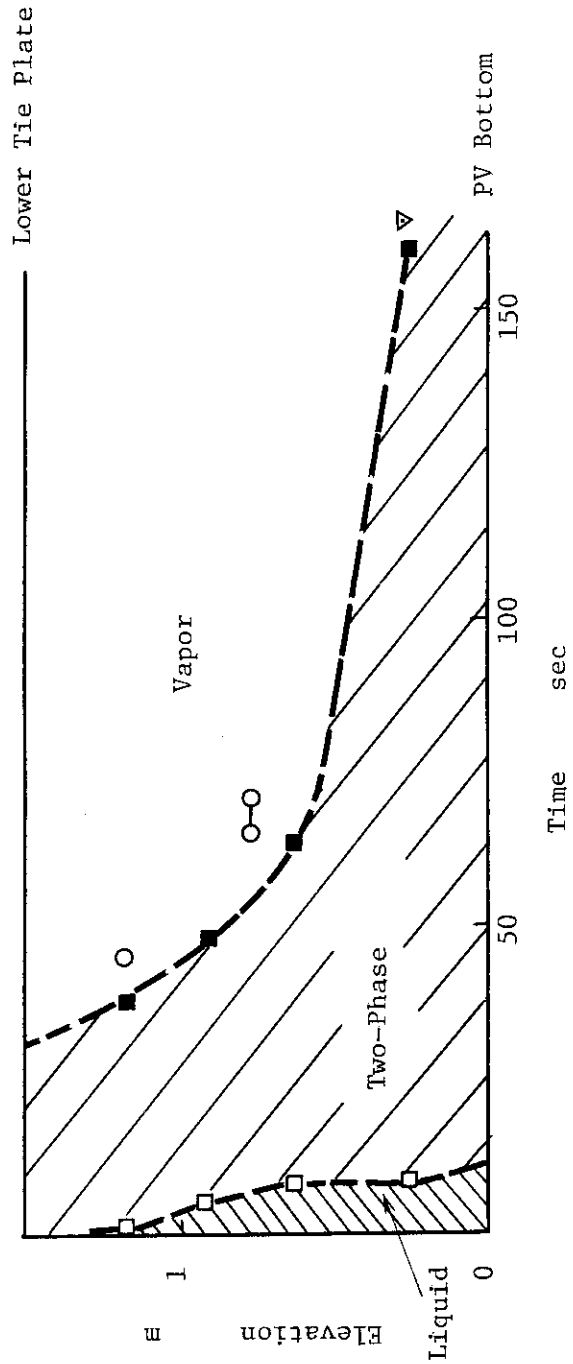


Fig.4.18 Liquid Level in Lower Plenum

## 5. 実験RUN706の結果

表 4.1 に実際の実験 RUN 706 の初期条件を、また表 4.2 に実験での諸事象を示す。

実験結果の詳細については実験 RUN 706 のデータレポートに譲るとし、以下では主な結果について述べる。

圧力容器側破断口、ポンプ側破断口ともに 0 秒で破裂板は破裂し、放出を開始している。また急速遮断弁も 0 秒で閉じている。

炉心出力は図 5.1 に示したものであった。

図 5.2 は定常用給水の測定値を示したものである。破断実験開始後も給水流量が残っている。これは、破断と同時に定常用給水弁は閉じたが、弁から流量計に至るまでの管路内水が減圧に伴い膨張あるいはフラッシングを起したか、弁が閉じるのが遅れた可能性がある。弁の閉信号は測定されていない。給水はプランジャタイプのポンプで行なっており、破断と同時に停止する。従って、破断後も流量が残っていたと考えるより、前者と考えたほうが自然である。なお、破断後定常用給水は実験では用いられず、弁は閉じた状態であった。

図 5.3 は低レンジ蒸気放出流量計測定結果である。高レンジ流量計は正常に作動していない。蒸気放出弁は 0 秒で閉動作に移っている。従って、図 5.3 において、破断後 3.2 秒まで流量が残っており、弁が閉じきるのに 3.2 秒かかっている可能性がある。この弁の動作時間は 0.1 秒以下である。従って、流量計の応答速度が遅い可能性も考えられ、いずれであるかは判断できない。

下部プレナム圧力の測定結果を図 5.4 に示す。蒸気放出弁を閉じる時刻を遅らせた他の実験<sup>9),10),11)</sup>に比べて破断後数秒間に見られた、蒸気放出系から蒸気が流出するために生じると考えられる著しい圧力の減少はない。従って、実験 RUN 706 においては破断と同時に蒸気放出弁は閉じ、蒸気の流出は停止したと考えるのが自然である。

図 5.5 はダウンカマ水頭測定結果である。ダウンカマ水頭は破断直後急減するがその後回復し、4 秒付近から再び急激な減少を開始し、8 秒でその減少の勾配をゆるめ、12 秒で減少は終了し、以後小さな値となる。8 秒で減少勾配がゆるやかとなるのはダウンカマ内水位が減少し圧力容器側破断口へのノズル位置に達したことによると思われる。従って、ダウンカマ水頭測定値からは再循環ポンプ吸込アンカバリ時刻は 8 秒である。また、12 秒でダウンカマ内水位はほぼゼロになったと言える。なお、ダウンカマ水位が再循環ポンプ吸込部への出口ノズル位置に達すると圧力容器から蒸気が流出するようになり、圧力容器内圧力の減少速度は早まる。図 5.4 の下部プレナム圧力においてこの圧力減少速度の早まる時刻を求めると 10 秒である。

図 5.6 は下部プレナム内流体温度測定値と下部プレナム圧力測定値に対する飽和温度を示したものである。流体温度が飽和温度に一致した時刻を下部プレナムフラッシング発生時刻とすると、16.5 秒である。

図 5.7 は下部プレナムと上部プレナム間差圧である。破断と同時に差圧は急減している。この差圧は相対高さ 4.06 m 間の値である。飽和水の静水頭は 29000 Pa である。破断後早期では炉心内クオリティは低く（定常状態での炉心出口クオリティは 0.038）実際の静水頭は飽和水の場合の

静水頭と大きく相違しない。破断後 2.5 秒で下部プレナムと上部プレナム間の差圧は 30000 Pa まで減少している。これより、この時期炉心入口流は停滞に向っていると見られる。17 秒から差圧がピーク状に回復しているが、これは下部プレナムフラッシング発生による。なお、この図からは低クオリティ流体が上部プレナムまで押し上げられ全体として炉心流れは正流となっていたのか、あるいは単に炉心内で水位が膨張した程度であるかは判断できない。

図 5.8～図 5.15 は A, B, C, D 各チャンネル内燃料棒表面温度の軸方向分布である。図中には各燃料棒のチャンネル内位置も示されている。図 5.16～図 5.29 は図 5.8～図 5.15 で示した燃料棒表面温度の同一相対高さでの比較をポジション 1 からポジション 7 まで示したものである。ポジション 1 から 6 までは、上部のほうがやや早い。破断後 11 秒から 14 秒にかけて燃料棒表面はドライアウトしている。ポジション 6 では 16 秒、ポジション 5 では 18 秒、ポジション 4 では 29 秒に一度 ewet した後、再びそれぞれ 53 秒、41 秒、33 秒でドライアウトしている。ポジション 7 がドライアウトするのは 72 秒になってからである。なお、各ドライアウト、rewet 時刻はそれぞれの位置での平均値である。rewet 以前のポジション 3, 4 における表面温度はほぼ等しく、他の位置に比べて最も高温である。ポジション 6 からポジション 4 にかけての一時的 rewet は下部プレナムでのフラッシング開始により低クオリティ流体が炉心内で押し上げられたことによると考えられる。

図 5.30, 図 5.31 はチャンネル A のチャンネルボックス内壁面温度の高さ方向分布である。図 5.30 と図 5.31 の測定位置は点対称となっており、図中に示してある。図 5.32～図 5.35 は各チャンネル内のタイロッドに取り付けられている熱電対による測定値の高さ方向分布を示したものである。熱電対は流路内に 1 mm 突き出している。なお、それぞれの図中には圧力の測定値から求めた飽和温度も示されている。

図 5.36 は図 5.8～図 5.35 を基にして、燃料棒表面およびチャンネルボックス内壁のドライアウトする時刻、rewet する時刻、またタイロッド上の熱電対が乾き蒸気温度を指示するようになる時刻をプロットしたものである。なお、ドライアウトする時刻および乾き蒸気温度を指示するようになる時刻とは指示温度が飽和温度からそれる時刻として判定した。rewet 時刻は指示温度が飽和温度に戻る時刻として判定した。なお、図 5.32～図 5.35 に示す温度は、燃料棒表面がドライアウトすると熱放射の影響を受け、真の流体温度ではなくなる。チャンネルボックス内壁面に取付けられている触針式ボイド計の信号はすべて不良であった。

図 4.15 に示した RUN 705 の場合と、図 5.36 を比較してみると、次の興味ある結論が得られる。まず第 1 点として、発熱のない場合 (RUN 705) では、ボイド計信号が完全な蒸気信号を出す時刻と燃料棒表面温度が飽和温度をずれて過熱蒸気温度を示す、すなわち表面がドライアウトする時刻とはほぼ一致している。従って、発熱のない壁面がドライアウトするのは壁面が蒸気相に露出したことによる。第 2 点として、発熱のある場合 (RUN 706), 燃料棒表面の最初のドライアウトから rewet の時間帯では、チャンネルボックスの内壁面がドライアウトするより早く燃料棒表面はドライアウトしており、熱流束の高い所ほどこの傾向は大きい。一方、rewet 後の燃料棒表面のドライアウトはチャンネルボックス内壁面のドライアウトより幾分早いものの、ほぼ両者は同一速度で下部に進行している。第 3 点として、タイロッド上の熱電対により測定した温度が飽和温度よりずれる時刻は、燃料棒表面の最初のドライアウトから rewet までの期間では、チャ

ンネルボックス内壁面がドライアウトする時刻より早いものに対し、その後の期間では両者はほぼ一致している。タイロッド上の熱電対は1 mm流体中に突き出ているのに対し、チャンネルボックス内壁面温度測定用熱電対は壁面に埋め込まれ表面は滑らかである。

以上の知見をもとに、炉心内の伝熱流動状態に対し考察を加えることができる。今後の検討課題である。

図5.28は各チャンネルの入口流体温度である。図中には圧力測定値に対する飽和温度も示されている。チャンネル入口では減圧に伴うフラッシング発生以後流体は飽和状態であって、110秒付近で蒸気雰囲気となる。この図より次の興味ある2点を得る。第1点として、流体温度が飽和温度になる、すなわち、フラッシングの開始するまでの時間帯を見ると、流体温度は上昇傾向にある。この意味するところは、炉心入口流れは逆流となっており、炉心内から温度の高い流体が流れ出て来ていることである。第2点として、110秒付近まで炉心底部にはかなりの飽和水が残っており、それ以後になってはじめて蒸気充満となるということである。

図5.38は各チャンネル出口の流体温度である。図中には、飽和温度も同時に示されている。19秒以降の流体温度は過熱蒸気温度となっている。これは炉心内で過熱された蒸気が流れてくることによる。従って、炉心出口では、蒸気流は正流を保っていることがわかる。なお、チャンネルCとDでは67秒から95秒に分けての一時期飽和温度となっている。これは、上部プレナムに残っていた水が落ちてきたことによると考えられる。

図5.39～図5.41は下部プレナム内各相対高さ位置における流体温度である。図中には圧力測定値に対する飽和温度も示されている。なお、図5.40、図5.41に示したものは下部プレナム内壁に埋め込まれた熱電対によって測定されたものであるが、流体温度にほぼ等しいと考えた。飽和温度以下ないしは飽和温度状態では充分水につかっている状態であり、自己、周囲の熱容量のため蒸気相に露出して飽和温度以上の値となると考えると、泡立った低クオリティ流体と蒸気相との界面—水位—を求めることができる。図5.42はこの考えに基づいて描いた下部プレナム内流体状況である。下部プレナムでは、蒸気相と低クオリティ流体とを区分する水位が形成されており、ブローダウン終盤でも下部プレナム内にはかなりの水が存在していることが理解される。また、図5.36との比較より、炉心と下部プレナムとは炉心入口(下部タイプレートあるいはチャンネル入口オリフィス)によって区分され、それぞれに蒸気相と低クオリティ流体を区切る泡立った界面—水位—が形成されており、炉心入口において、蒸気流と水の流れの対向流またはフラッシング状態となっていることが想像される。

図5.43～図5.52は上部タイプレートの上側と下側の流体温度である。図中には飽和温度および各測定位置も同時に示されている。全体の傾向として、タイプレート下側では過熱蒸気温度を示しているのに対して上側では飽和温度を示している時期があることがわかる。すなわち、蒸気は炉心よりタイプレートを通して上部プレナムに流れ込んでいるのに対し、タイプレートの上に飽和水がたまっている、いわゆるタイプレートでのCCFL(Counter Current Flow Limitation)状態が存在することがわかる。また、図5.46、図5.49、図5.51と見ると明らかなように、チャンネル壁に近いほど上部プレナムで残留している水は多いこと、すなわち2次元効果の現われていることがわかる。図5.52は非発熱ロッド(タイロッド)の影響のため、他とは比較できない。

図5.53、図5.54は健全ループ、破断ループ各ループの再循環ポンプの回転数である。ポンプ

回転数測定器の不感帯は 250 rpm以下と考えられている。

図 5.55, 図 5.56 は健全, 破断両ループの各ジェットポンプの吐出流量である。

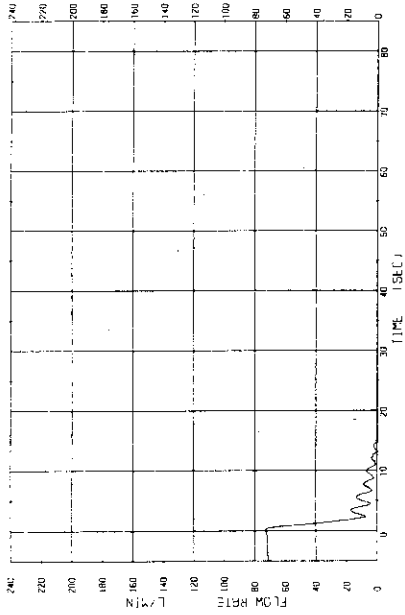


Fig. 5.2 Steady Feed Water Flow Rate

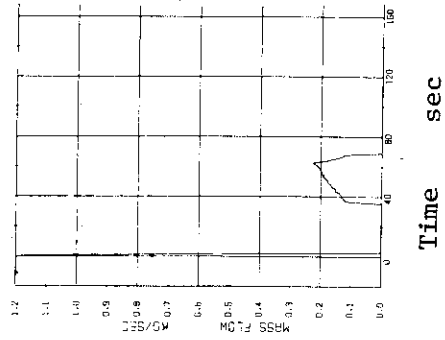


Fig. 5.3 Main Steam Line Flow Rate

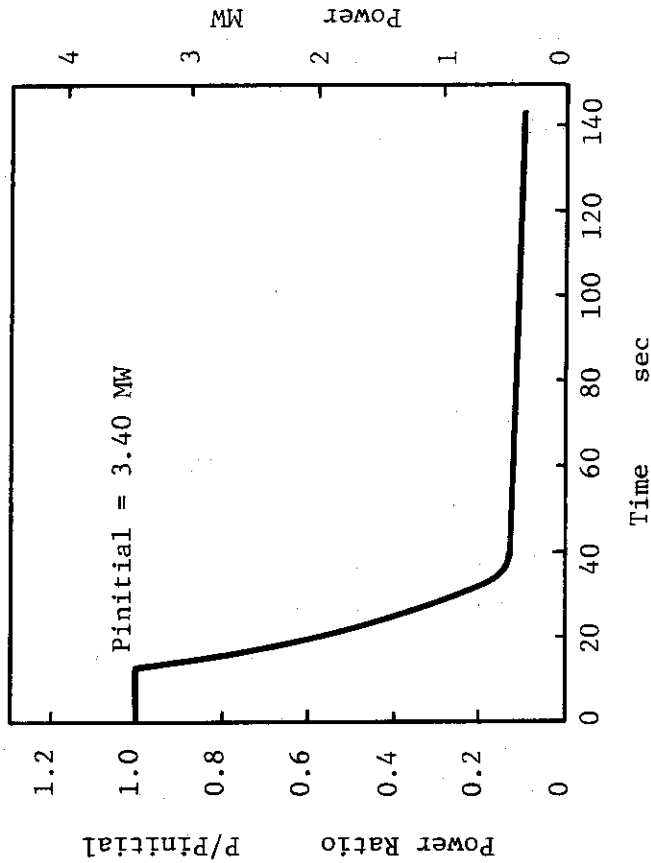


Fig. 5.1 Core Power

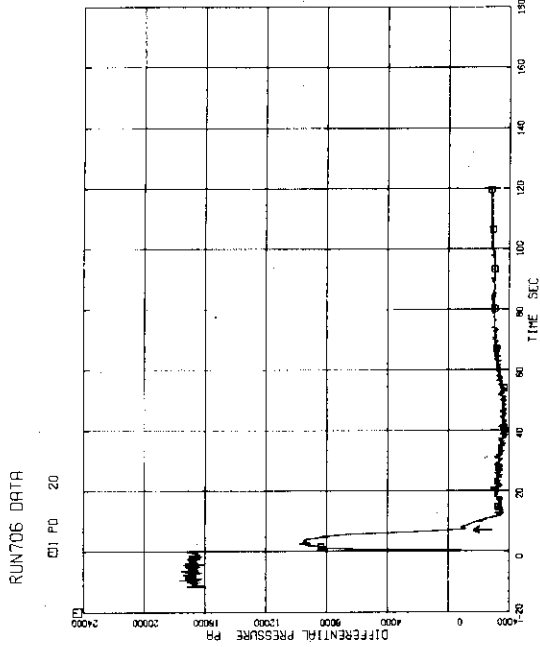


Fig. 5.5 Downcomer Head

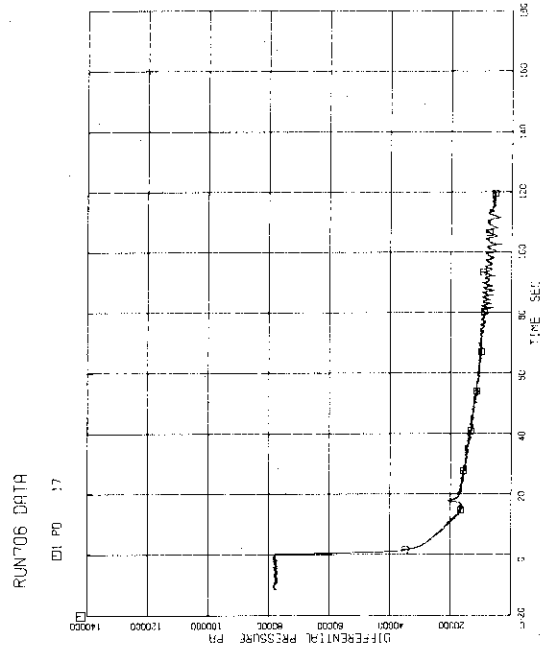


Fig. 5.7 Lower Plenum to Upper Plenum Head

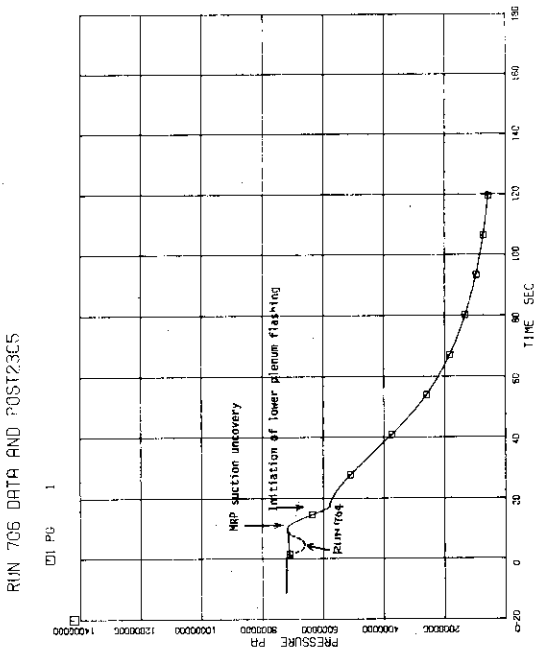


Fig. 5.4 Lower Plenum Pressure

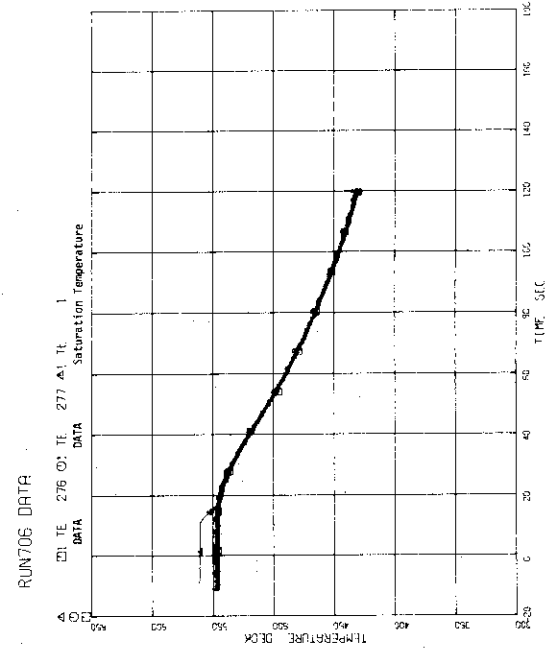


Fig. 5.6 Lower Plenum Fluid Temperature and Saturation Temperature

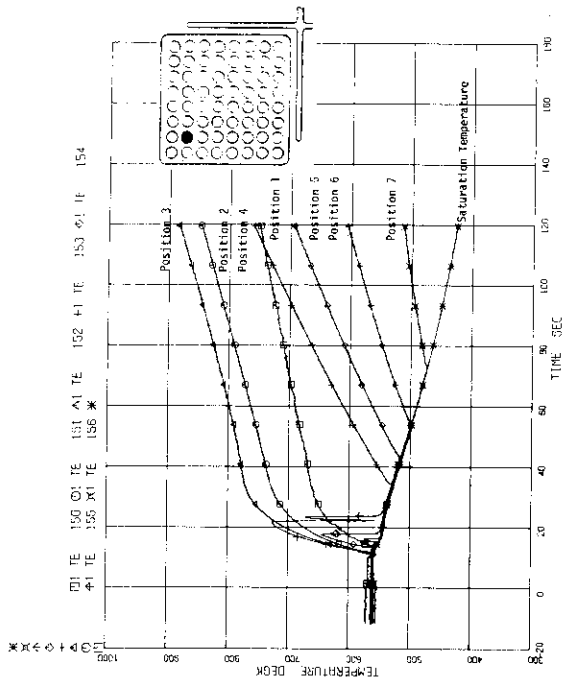


Fig. 5.9 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. A77

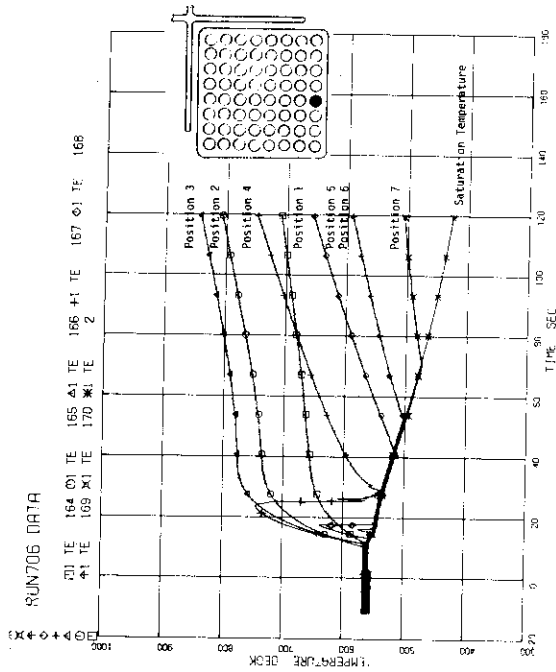


Fig. 5.11 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. B85

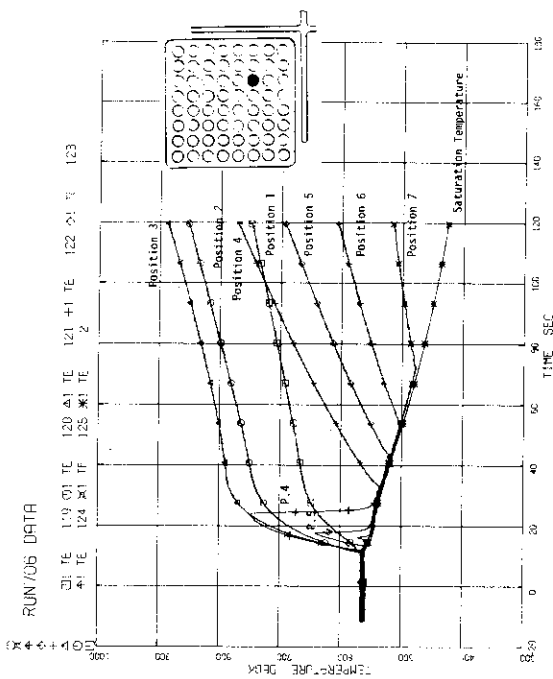


Fig. 5.8 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. A33

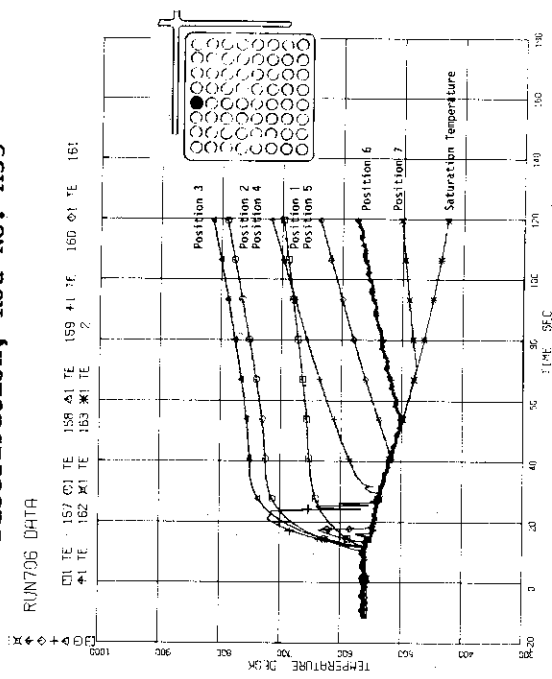


Fig. 5.10 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. B15



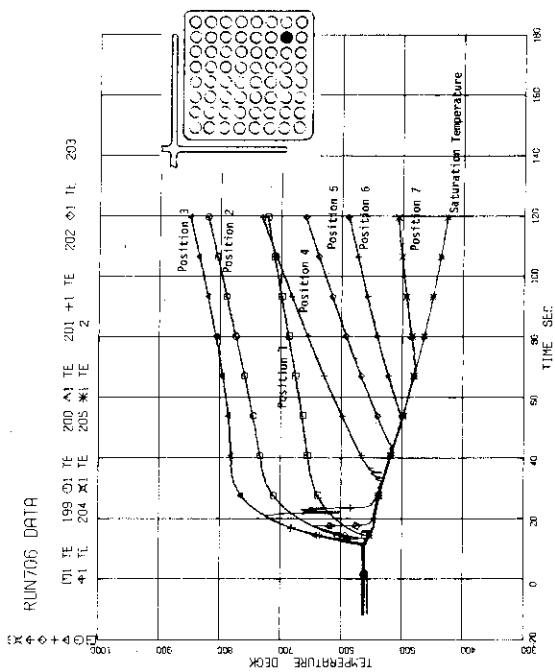


Fig. 5.13 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. C77

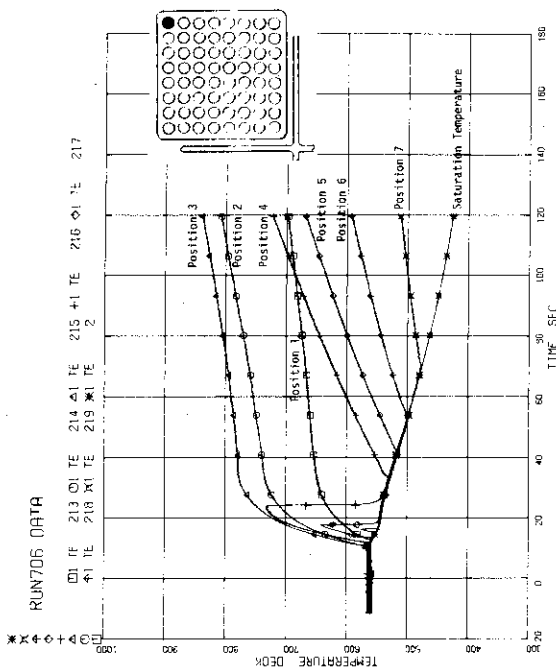


Fig. 5.15 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. D88

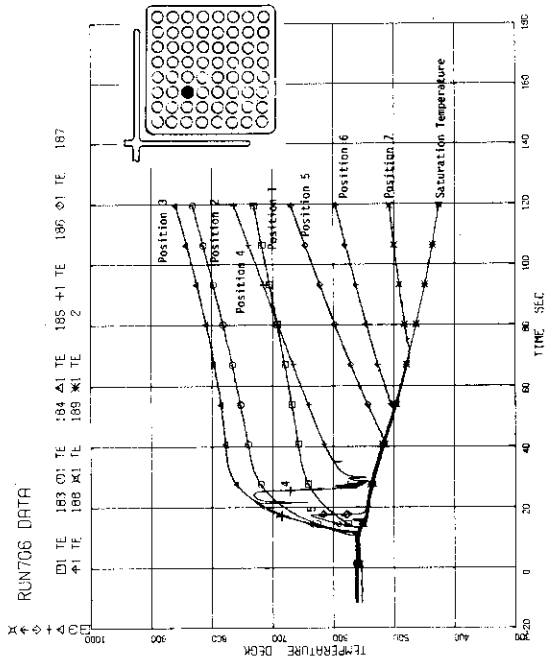


Fig. 5.12 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. C33

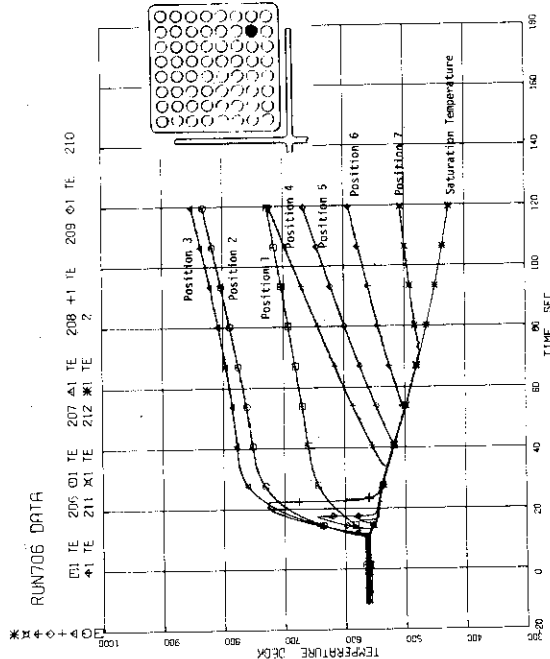


Fig. 5.14 Heater Rod Surface Temperature Axial Distribution, Rod No. D27

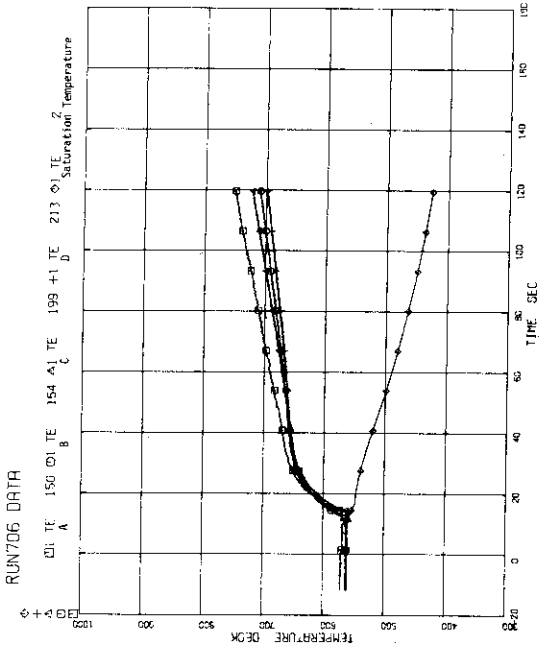


Fig. 5.17 Heater Rod Surface Temperatures at Position 1 in Channel A, B, C and D

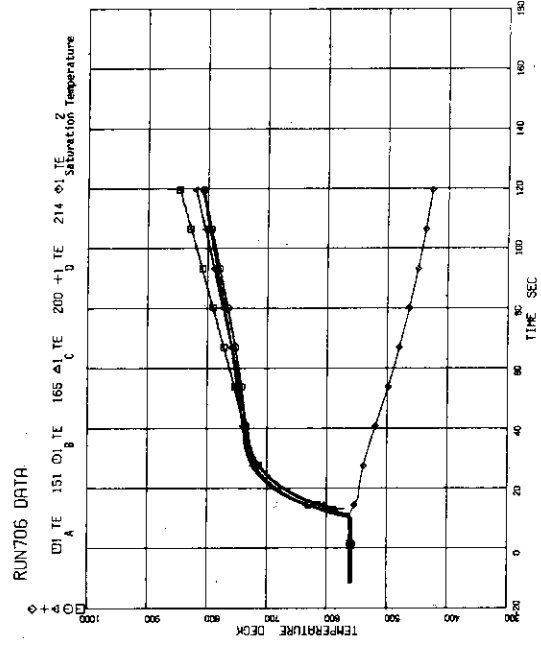


Fig. 5.19 Heater Rod Surface Temperatures at Position 2 in Channel A, B, C and D

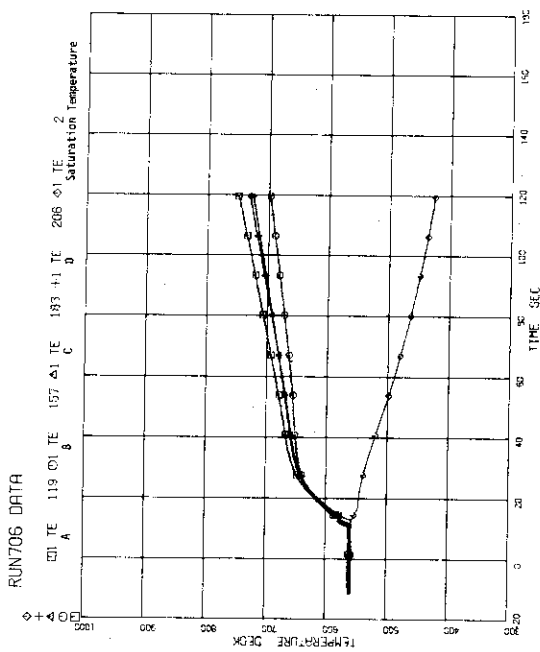


Fig. 5.16 Heater Rod Surface Temperatures at Position 1 in Channel A, B, C and D

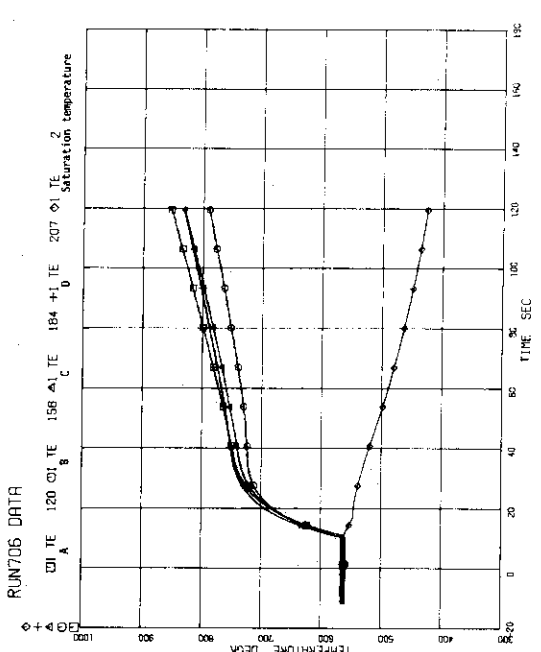


Fig. 5.18 Heater Rod Surface Temperatures at Position 2 in Channel A, B, C and D

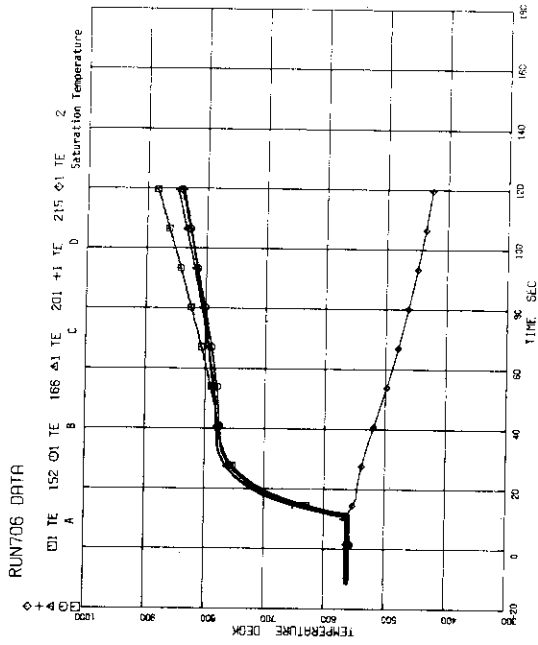


Fig. 5.21 Heater Rod Surface Temperatures at Position 3 in Channel A, B, C and D

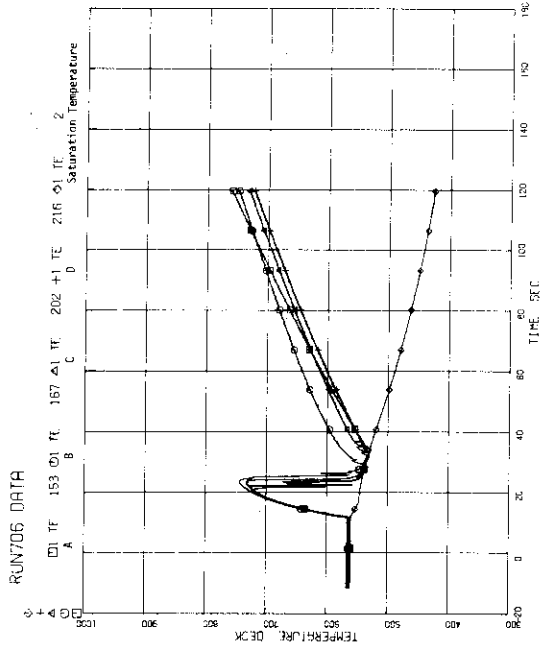


Fig. 5.22 Heater Rod Surface Temperatures at Position 4 in Channel A, B, C and D

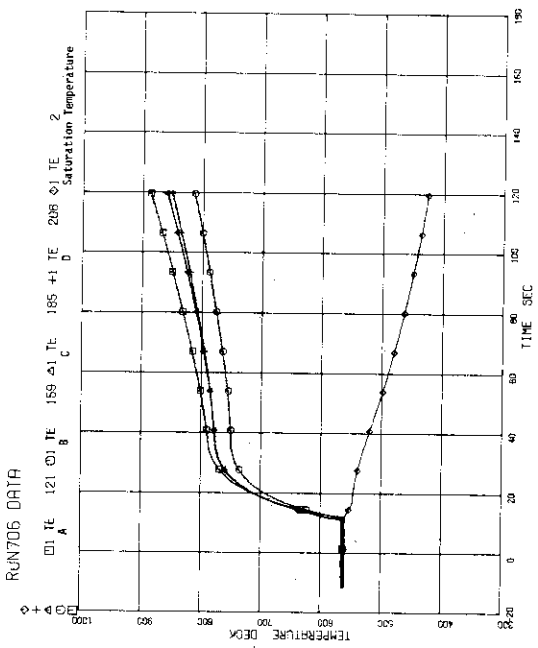


Fig. 5.20 Heater Rod Surface Temperatures at Position 3 in Channel A, B, C and D

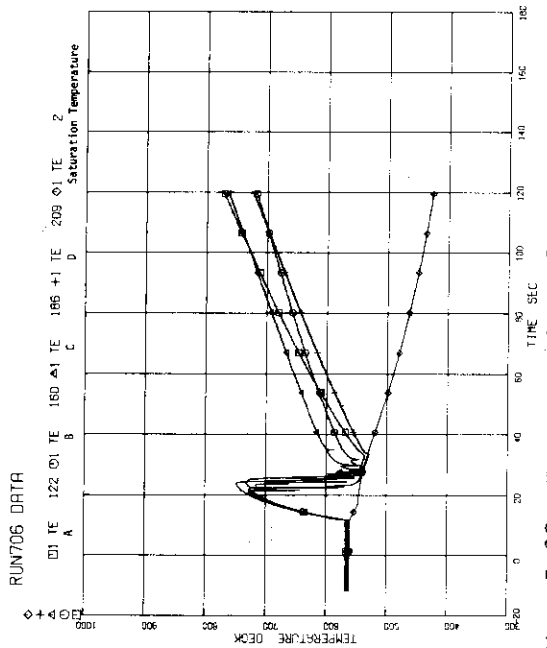


Fig. 5.23 Heater Rod Surface Temperatures at Position 4 in Channel A, B, C and D

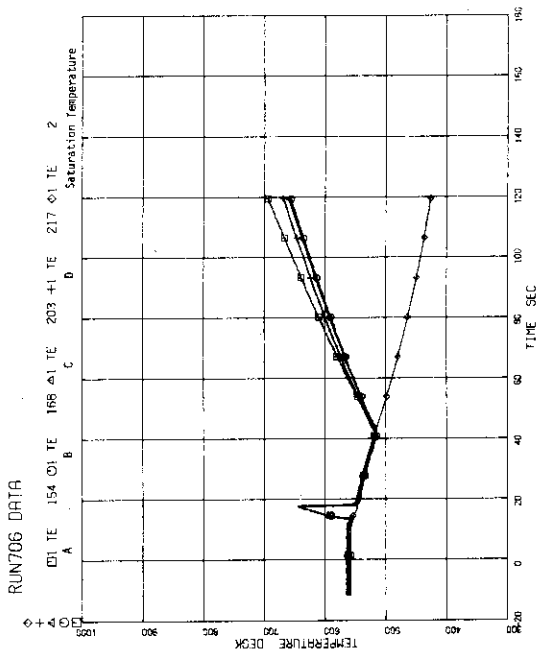


Fig. 5.25 Heater Rod Surface Temperatures at Position 5 in Channel A, B, C and D

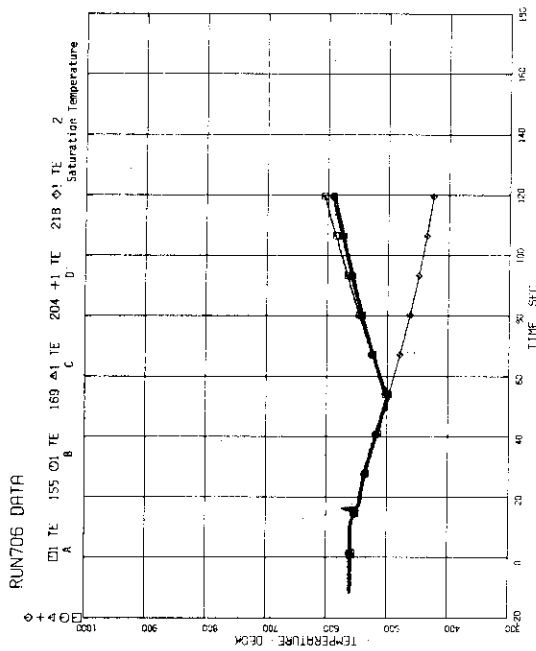


Fig. 5.27 Heater Rod Surface Temperatures at Position 6 in Channel A, B, C and D

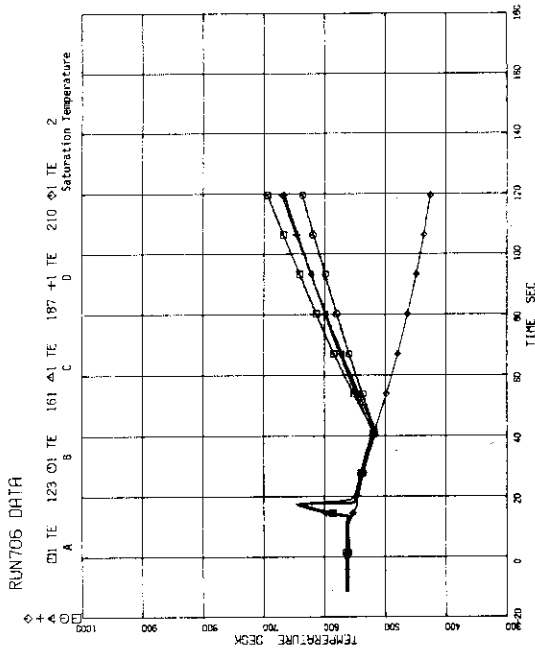


Fig. 5.24 Heater Rod Surface Temperatures at Position 5 in Channel A, B, C and D

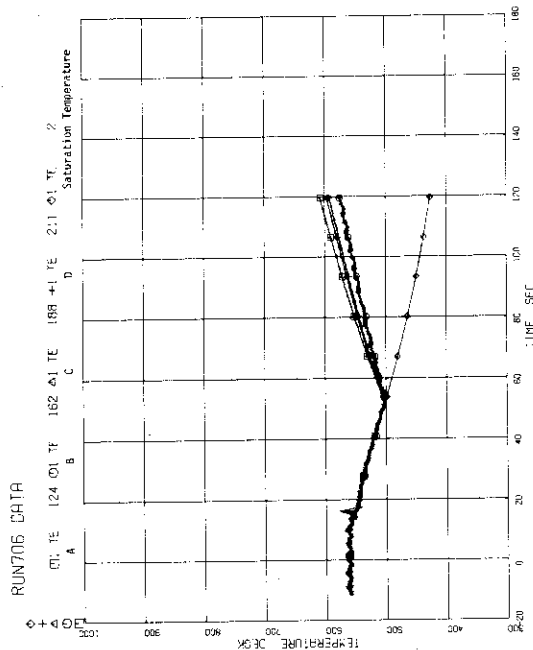


Fig. 5.26 Heater Rod Surface Temperatures at Position 6 in Channel A, B, C and D

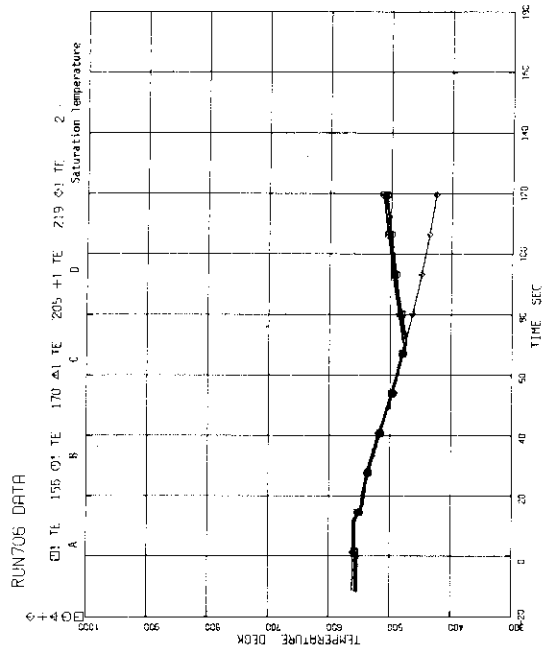


Fig. 5.29 Heater Rod Surface Temperatures at Position 7 in Channel A, B, C and D

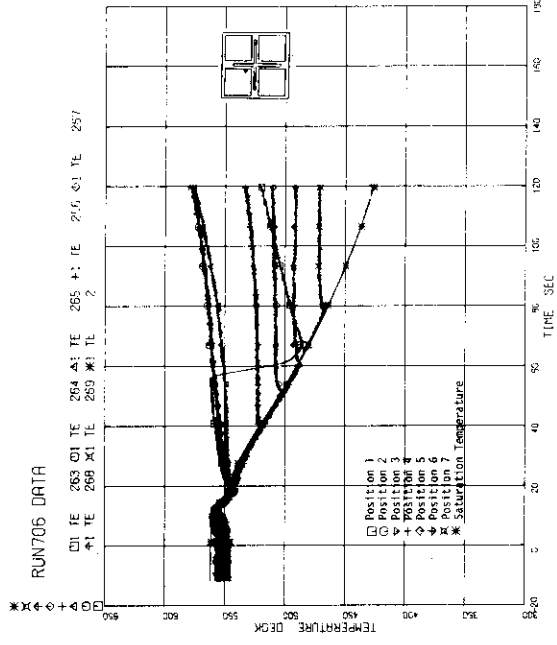


Fig. 5.31 "A" Channel Box Inner Surface Temperature

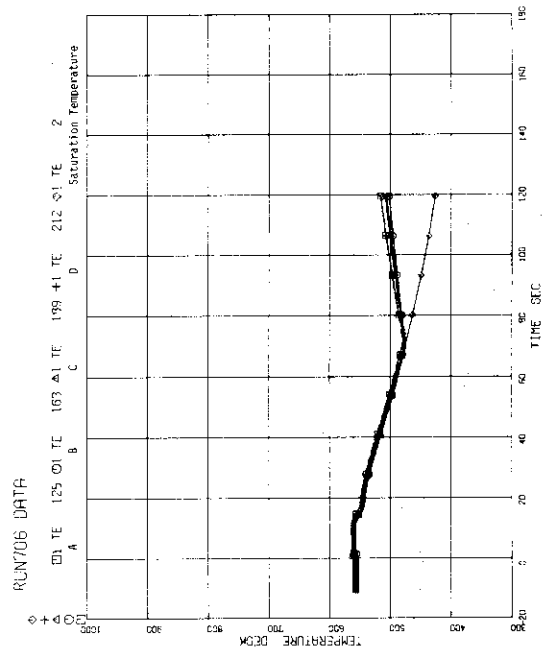


Fig. 5.28 Heater Rod Surface Temperatures at Position 7 in Channel A, B, C and D

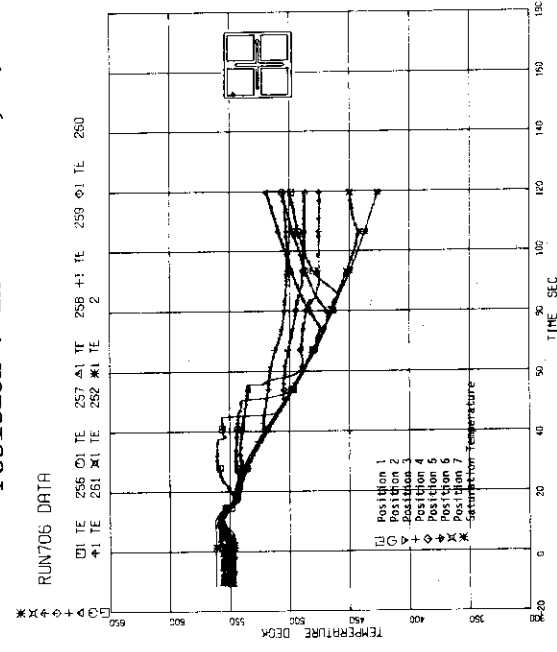


Fig. 5.30 "A" Channel Box Inner Surface Temperature

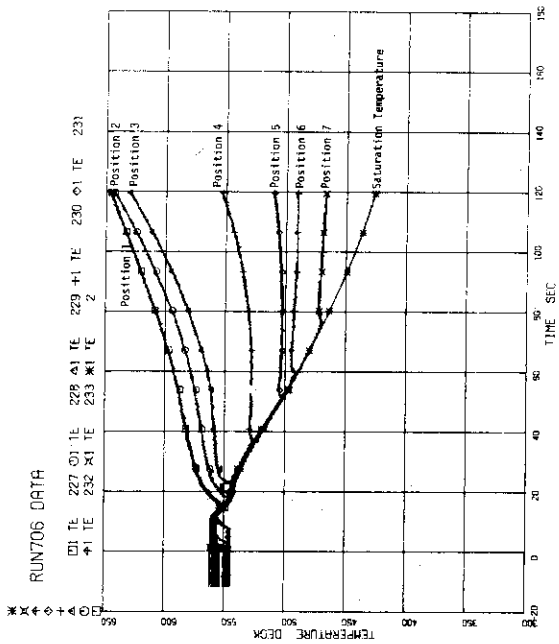


Fig. 5.33 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel B

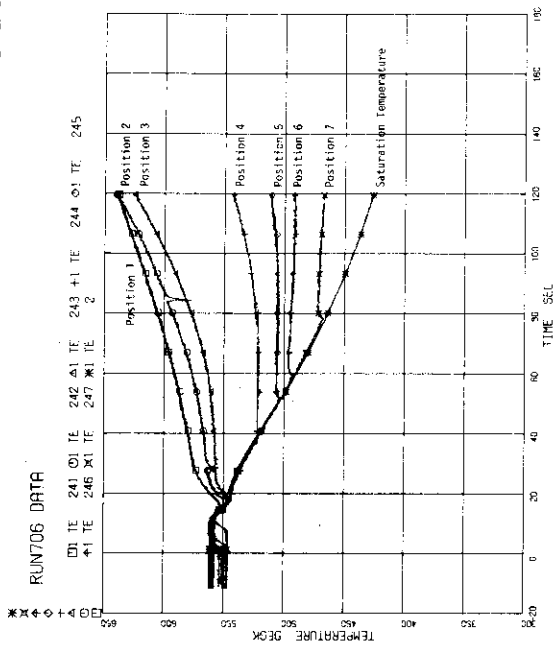


Fig. 5.35 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel D

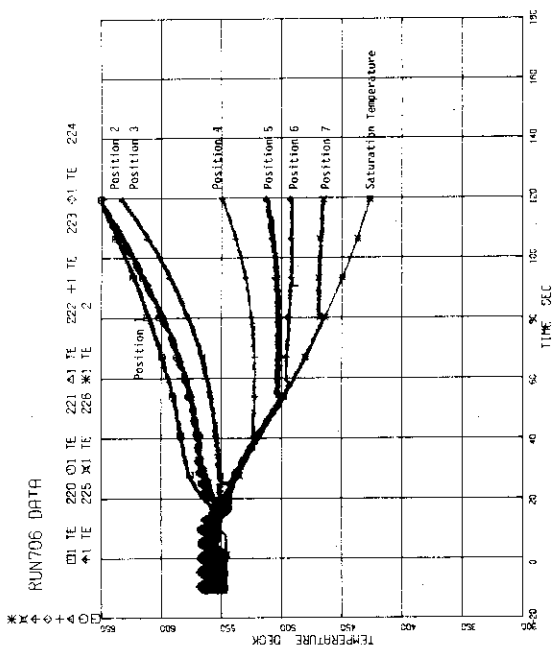


Fig. 5.32 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel A

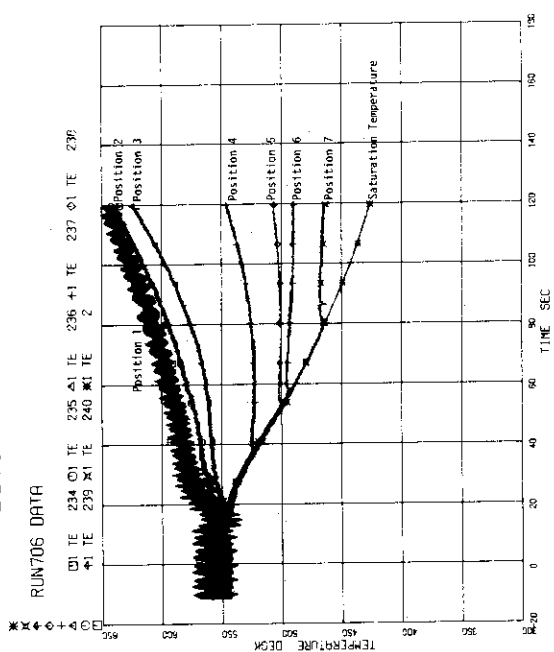


Fig. 5.34 Measured Temperature by Thermocouple Stucked out from Tie Rod in Channel C

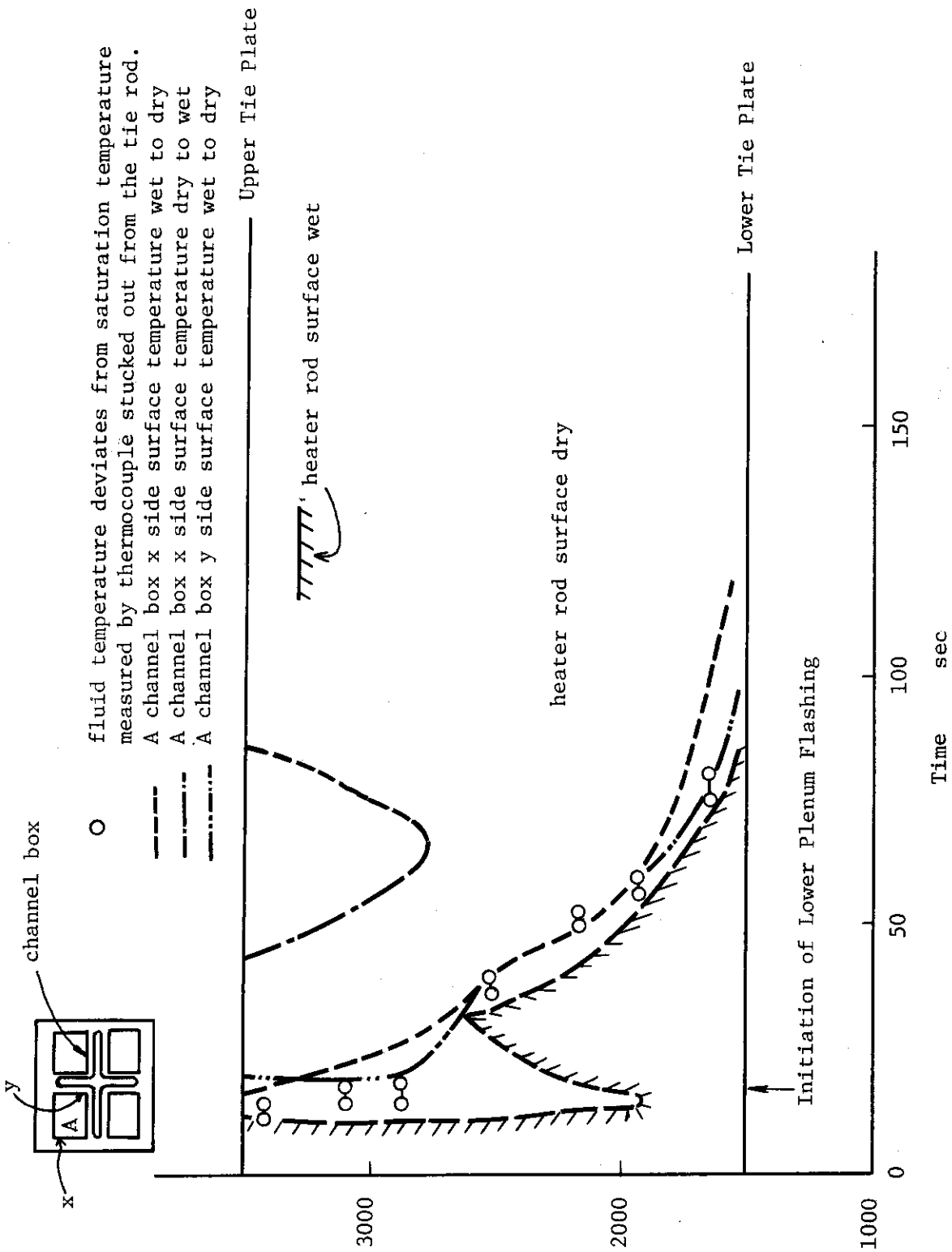


Fig.5.36 Fluid Temperature in Core and Heater Rod Surface Temperature

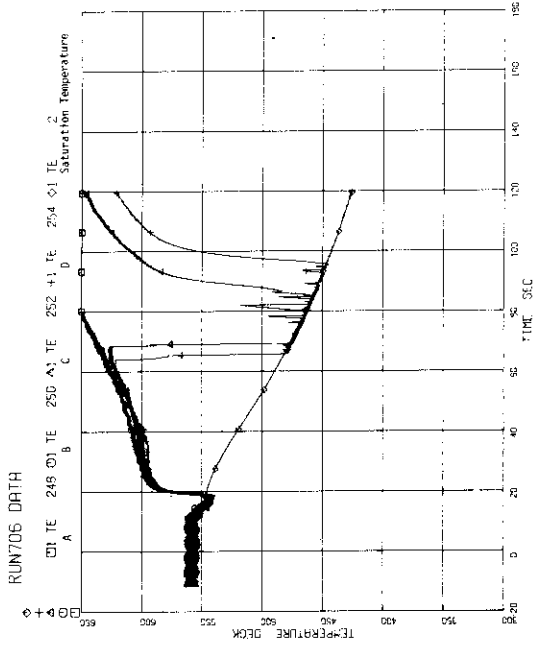


Fig. 5.37 Fluid Temperature at Channel Inlet

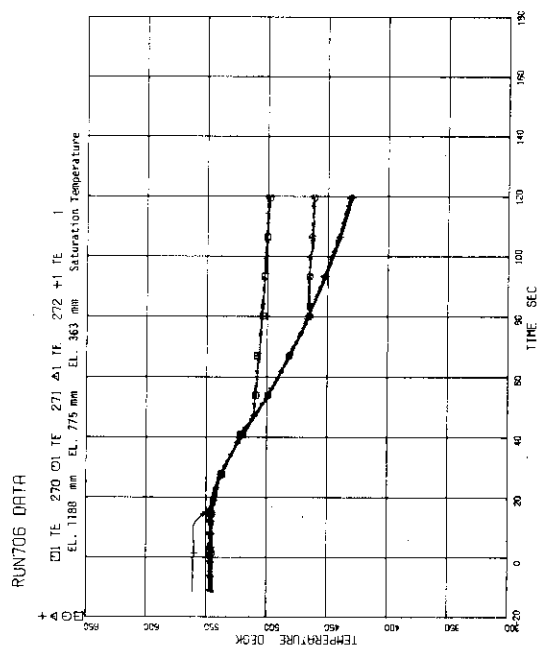


Fig. 5.39 Fluid Temperature in Lower Plenum

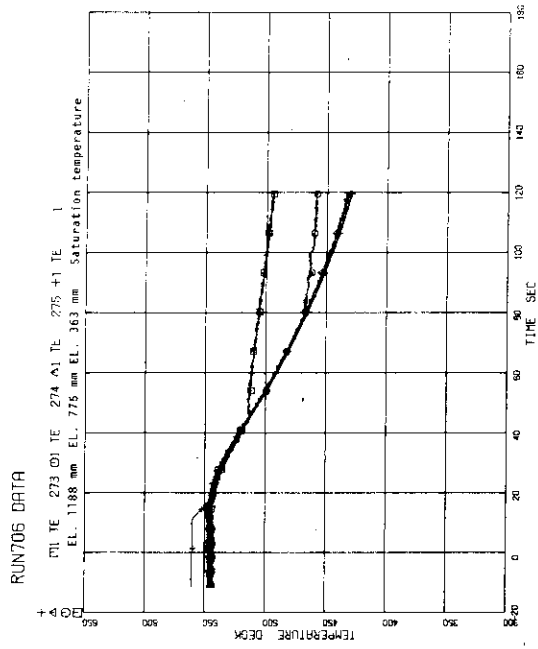


Fig. 5.38 Fluid Temperature at Channel Outlet

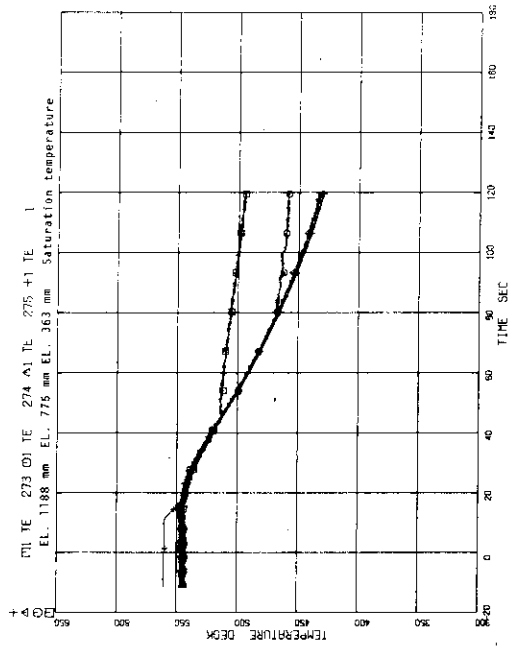


Fig. 5.40 Fluid Temperature in Lower Plenum



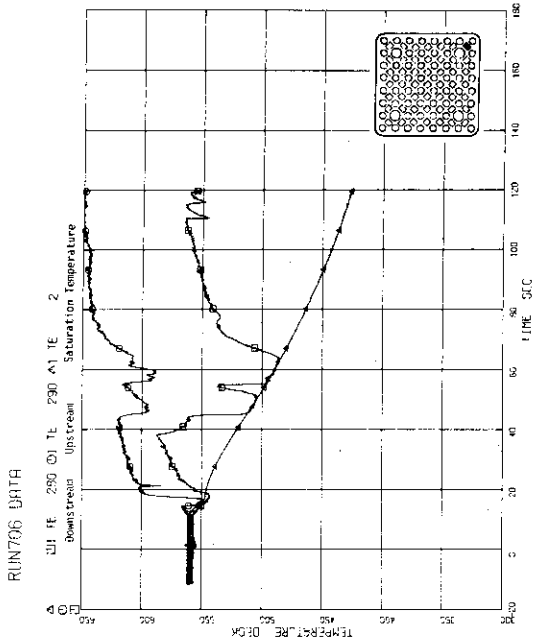


Fig. 5.41 Fluid Temperature in Lower Plenum

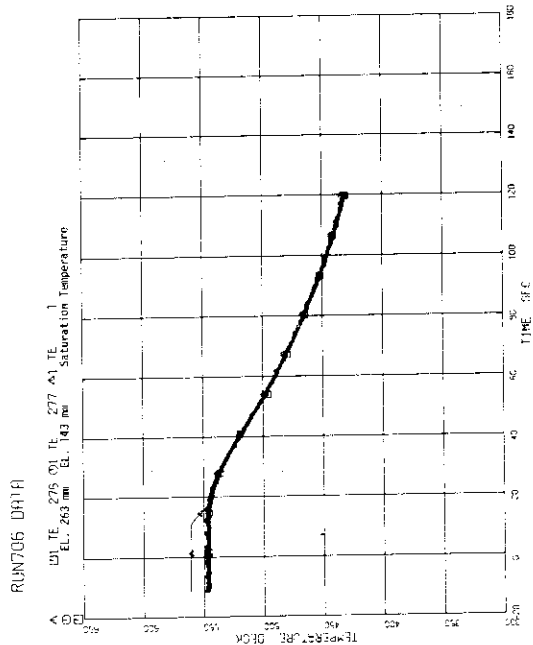


Fig. 5.43 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

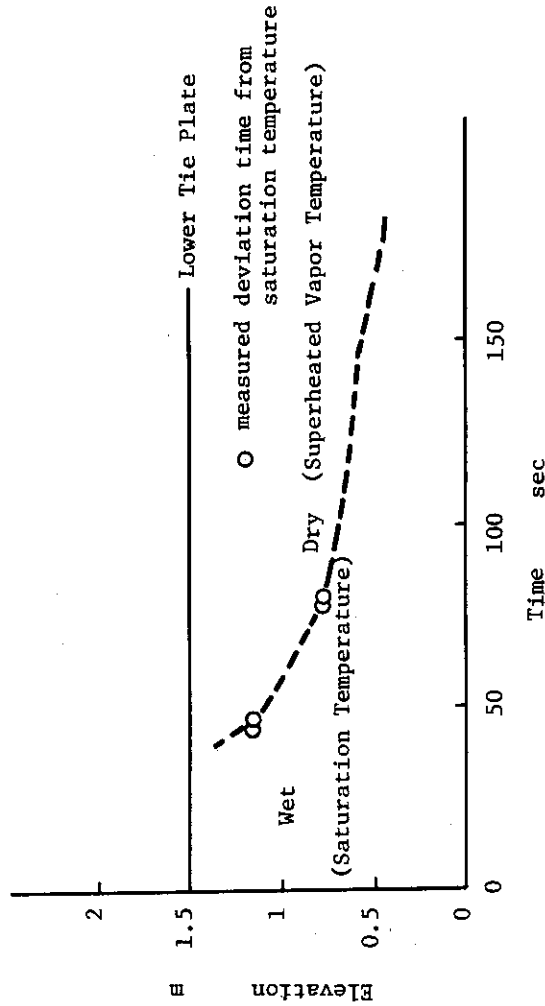


Fig. 5.42 Lower Plenum Condition Estimated from Measured Fluid Temperature

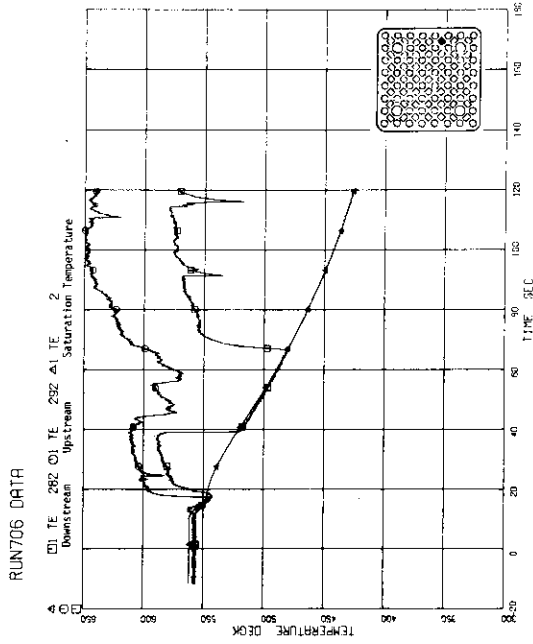


Fig. 5.45 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

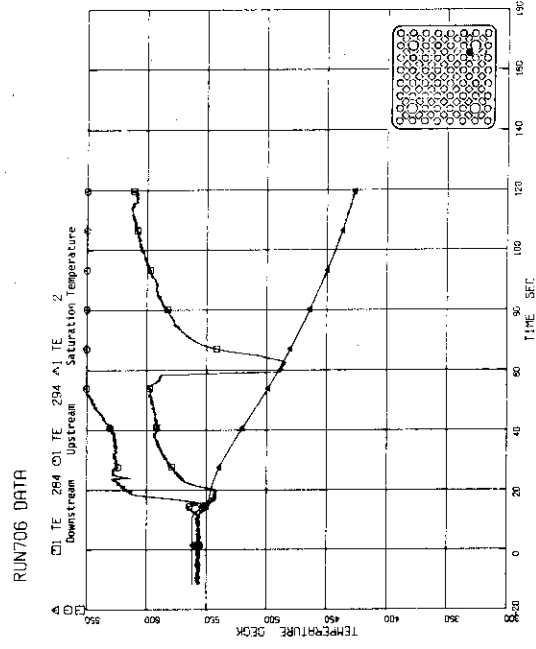


Fig. 5.47 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

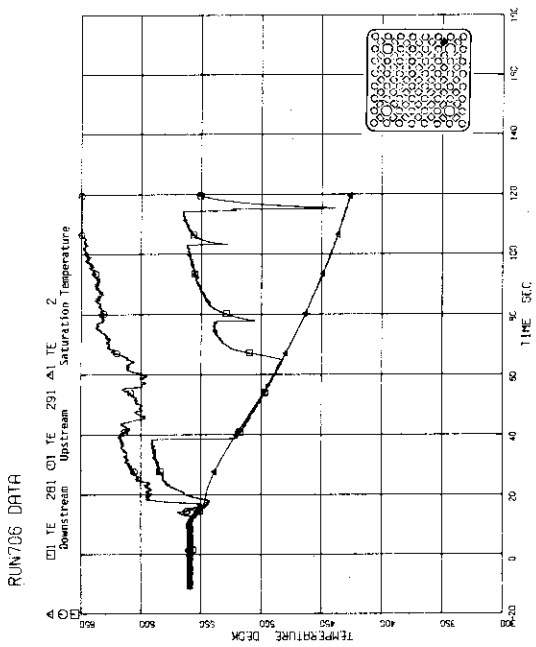


Fig. 5.44 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

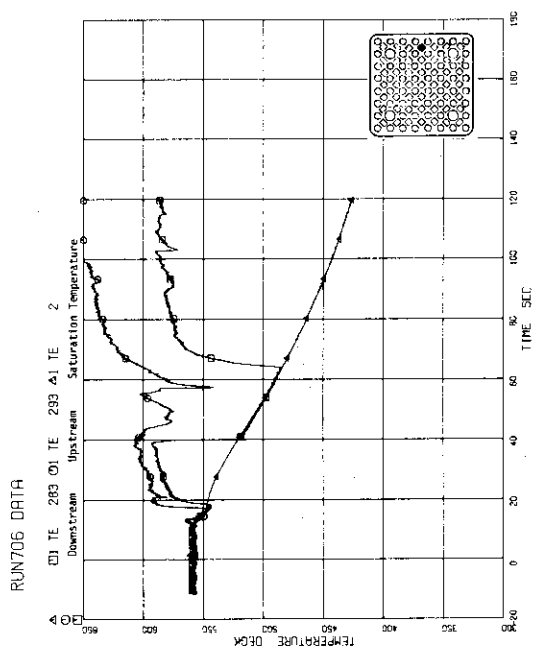


Fig. 5.46 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

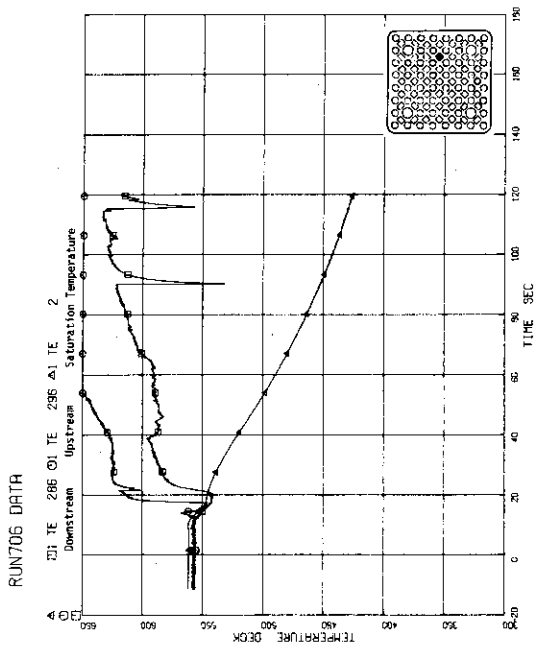


Fig. 5.49 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

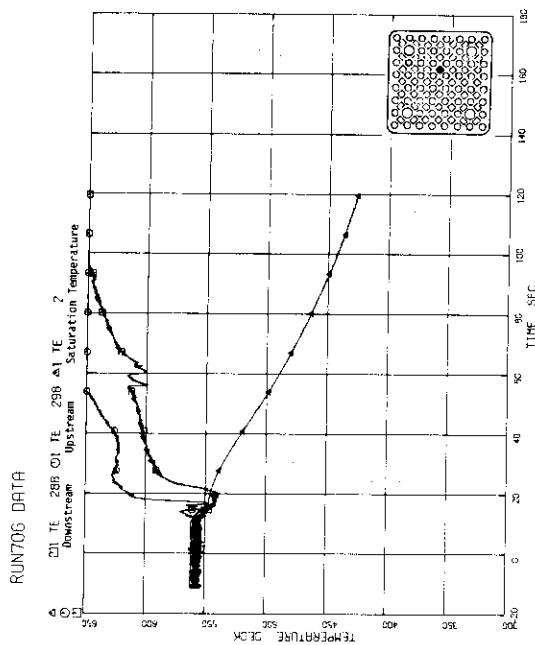


Fig. 5.51 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

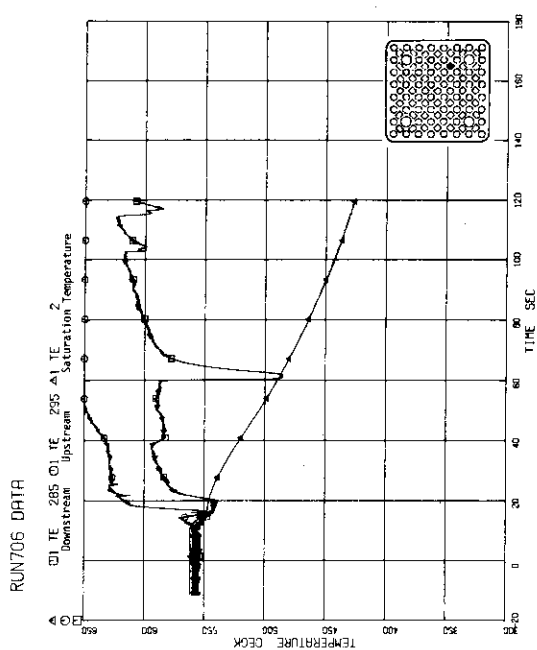


Fig. 5.48 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

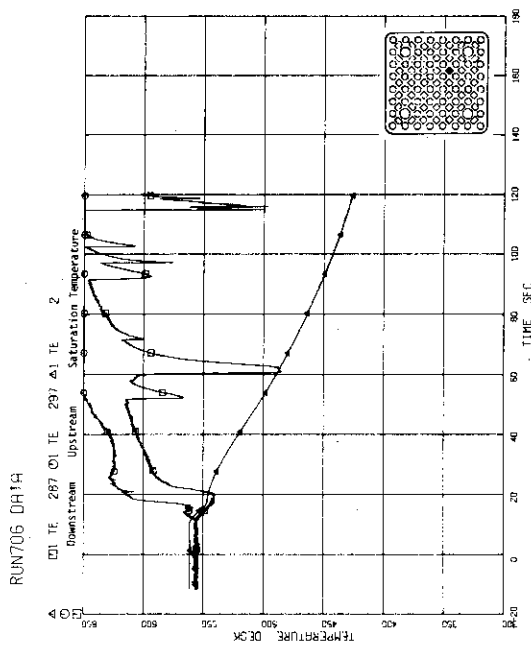


Fig. 5.50 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

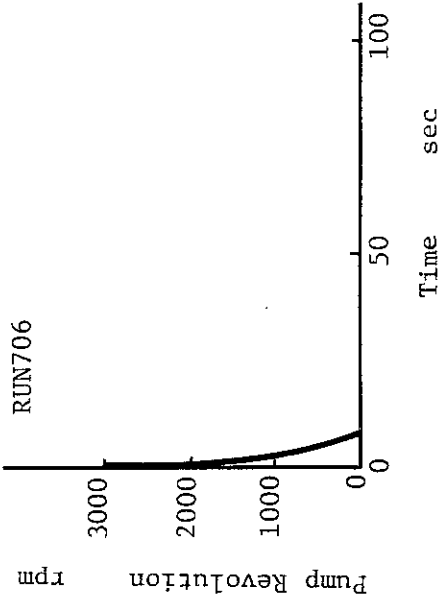


Fig. 5.53 Intact Loop Pump Revolution

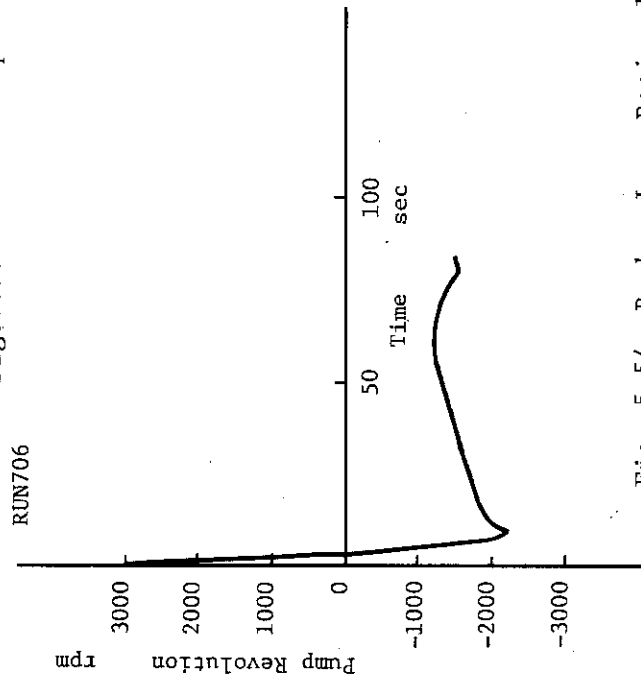


Fig. 5.54 Broken Loop Recirculation Pump Revolution

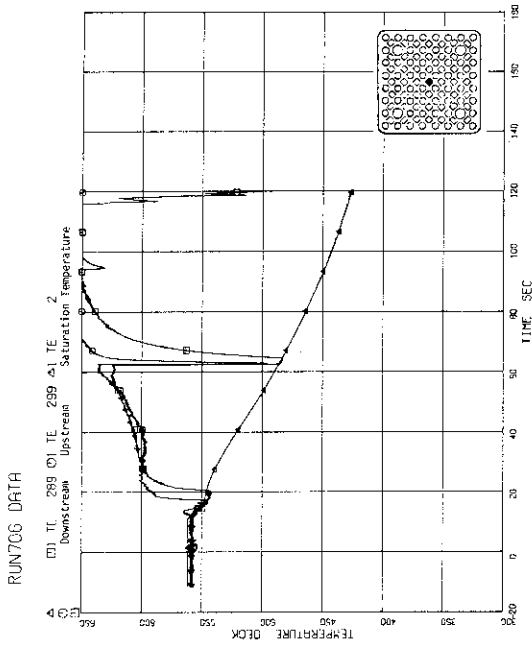


Fig. 5.52 Fluid Temperature at Upstream and Downstream of Upper Tie Plate

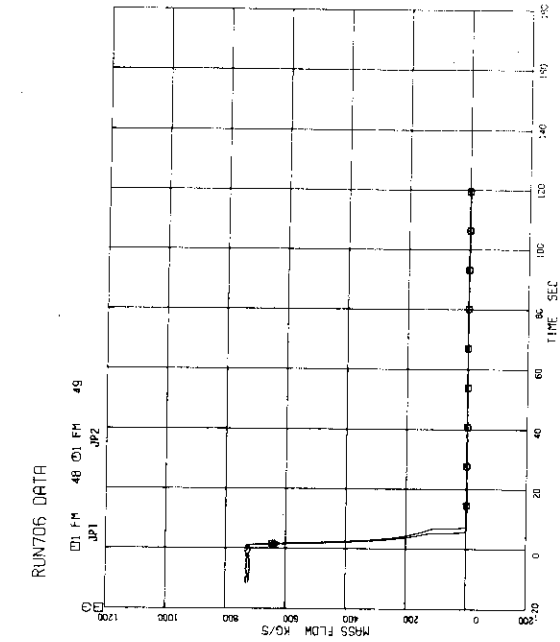


Fig. 5.56 Broken Loop Jet Pump Discharge Flow Rate

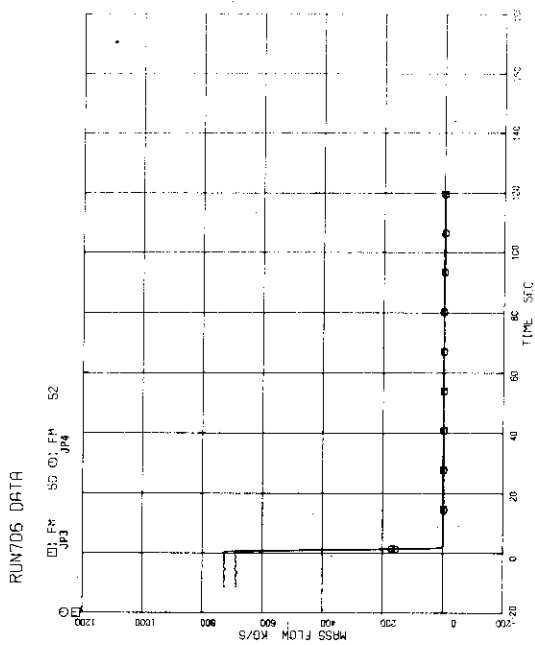


Fig. 5.55 Intact Loop Jet Pump Discharge Flow Rate

## 6. 実験RUN705の解析

RUN 705の実験結果に対し、RELAP 4Jを用いて解析を行なった。RELAP 4Jの特色については文献8, 10を参照されたい。

### 6.1 解析で用いたノーディング

炉心を1ボリューム、1ヒートスラブとして、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。図6.1はそのノーディング構成を示したものである。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6.1～表6.3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。表中の番号は図6.1中の番号に対応している。なお、本解析では簡単のためV29, J29, J34は用いなかった。このノーディング構成は、ROSAⅢ実験RUN702, RUN703の予測解析<sup>7), 8)</sup>実験後解析<sup>10), 11)</sup>と同一である。

### 6.2 計算初期条件

入力データとして用いた初期圧力、温度は可能な限り実験データに基づいて定めた。流れは4章に述べたことより、すべての部分で静止しているとした。炉心発熱量はゼロである。給水流量、蒸気系放出流量も全期間を通してゼロとした。各部の形状損失係数は幾何形状より算出した値を用いたが、ジェットポンプ吸込部逆流時形状損失係数および破断口形状損失係数については、実験RUN702の解析<sup>7)</sup>で用いた値を用いた。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。<sup>9)</sup>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。

### 6.3 実験RUN705の解析結果

本報では以下の3ケースについて示す。

#### (1) ケース1

実験RUN702, 703の予測計算<sup>7), 8)</sup>と同じ考え方による。すなわち、

- (a) 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。Moody臨界流量に対する放出係数の関係式

$$C_D = 0.57 + \frac{0.002}{x} \quad (6.1)$$

は放出口に薄刀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)及び、ジェットポンプ駆動流ノズル(J20, J29, J37, J40)に適用する。

- (b) 未飽和、低クオリティ二相臨界流量には、望月ら<sup>6)</sup>によって修正されたZaloudeckの飽和水臨界流量式

$$G_C = C C_o \sqrt{2 \rho (P_1 - P_B)} \quad (6.2)$$

$$P_B = C_B P_{sat}$$

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

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

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

$G_C$  : 流量,  $C$  : 流量係数,  $C_o$  : 縮流係数,  $\rho_l$  : 液体密度,  $P_1$  : 上流圧力,  $P_B$  : 背圧,  $A_1$  : 上流流路面積,  $A_o$  : オリフィス最小断面積,  $K_a$  : オリフィス部加速圧力損失係数

を適用し、クオリティが0.05以上で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(6.2)中の背圧係数 $C_B$ は望月らの推奨値0.4を用いる。

- (c) 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。
- (d) 水位形成モデルを上部ダウンコマ(V7)、蒸気ドーム(V8)、ダウンコマ(V11)、蒸気ドーム(V28)に適用し、水面下の気泡密度勾配は0.8とする。水面からの気泡離脱速度にはWilsonの実験式を用いる。
- (2) ケース2

実験RUN 702の解析結果<sup>10)</sup>に基づき、最も良く実験結果を記述した入力形態を用いる。すなわち、

- (a) 圧力容器内の全ボリュームにWilson気泡離脱モデルを併用した水位形成モデルを適用する。
- (b) 飽和二相臨界流量計算はケース1の(a)と同一とする。
- (c) 未飽和、低クオリティ二相臨界流量計算はケース1の(b)と同一とする。
- (d) ケース1の(c)の適用はしない。従って、高クオリティ域でも、Moodyの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の流量を選択する。
- (e) ジェットポンプ吸込部逆流形状損失係数は幾何形状より求めた値 $K_{fR} = 1.763$ より大きい値、すなわち、 $K_{fR} = 8.815$ (5倍)とする。また、破断口形状損失係数 $K_{fF}$ は幾何形状より求めた値1.698より小さな値、すなわち1/2の0.849を用いる。

### (3) ケース3

ジェットポンプ駆動流ノズルの二相流臨界流係数 $C_D$ を1.0とする。他の条件はケース(2)と同一とする。

#### 6.3.1 解析結果

図6.2は下部プレナム圧力の測定値とケース1での計算値との比較である。両者の一致はよくない。この不一致の最大の原因は、図4.15、図4.18に示すように、圧力容器内の各部に実験にお

いては蒸気相と気泡を含んだ低クオリティ流体相とに分かれる水位の形成が見られたのに対し、計算ではダウンカムと上部ヘッドのみに水位形成を考慮し、他は無視したことによる。特に、下部プレナムに水位形成を考慮するか否かが大きな影響を持った。詳しくは文献10を参照されたい。

図 6.3 は下部プレナム圧力の測定値とケース 2 での計算値の比較である。ケース 2 は、実験 RUN 702 の解析において、実験結果を最も良く記述した入力形態による計算である。ケース 1 に比べて計算値と実験値の一致は大幅に改善されている。しかしながら、若干の不一致が見られる。

図 6.4 は破断ループ側ジェットポンプの駆動流ノズル側と吐出側の差圧の測定値と計算値の比較である。実験ではこの差圧は直接測定されていないが、駆動流側と吸込側及び吸込側と吐出側との差圧測定値から求めることができる。計算での差圧は駆動流側と吐出側各ボリューム内の平均圧力の差として求めた。両者の傾向は一致しているが絶対値としての一致は良くない。RUN 702 の解析<sup>10)</sup>では破断ループ側ジェットポンプ駆動流ノズル部の流れの状態はブローダウン全期間を通して臨界流状態とならなかったのに対し、RUN 705 のケース 2 の計算では破断後 9 秒以後の流れは臨界流状態であった。これは、RUN 702 ではスプリット破断であったことに起因している。図 6.4 を見ると、計算での差圧は実験値より大きい。従って、ここでは実際の流れは臨界流状態とはなっていないのではないかと推察される。(Moody の臨界流モデルを適用した場合に臨界流係数を  $C_D = 0.57$  とすることが妥当ではないのではないかとということをも意味する。)

ケース 3 はジェットポンプでの Moody の臨界流量係数  $C_D$  を 1.0 としたものである。この場合、破断ループジェットポンプ駆動流ノズルではブローダウン全期間を通して流れは臨界流状態となっていない。

図 6.5 はケース 3 での破断ループ側ジェットポンプ駆動流ノズル側と吐出側との差圧と実験値との比較である。図 6.4 に比べて、両者の一致は非常に良い。図 6.6 は下部プレナム圧力の Case 3 での計算値と実験値の比較である。両者の一致は良好であり、図 6.3 と比べると、その改善は明らかである。図 6.7 はダウンカムでの水頭の測定値とケース 3 でのダウンカムボリューム内水位の計算値を比較したものである。両者は異った物理量であって、直接的比較はできない。しかしながら、水頭の減少と水位の減少は相互に関連したものである。図を見ると、水頭、水位の減少傾向、減少終了時刻とも互いに良く一致している。従って、計算での水位の計算は、実験での傾向を良く表わしていると言える。

以上より、ジェットポンプ駆動流ノズル部に Moody の臨界流モデルを適用した場合、臨界流出係数  $C_D$  は 1.0 とすべきであることが結論として得られる。この場合、RUN 705 では臨界流状態は計算されない。

蒸気単相の等エントロピ流れを仮定した場合、ノズル流れにおける上流側圧力  $P_0$  と臨界圧力  $P_c$  とは

$$P_c/P_0 = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad k: \text{比熱比}$$

の関係にある。これを用いて求めたジェットポンプ駆動流ノズル部での臨界圧力差が図 6.5 中に点線で示されている。実験でのノズル前後の差圧は臨界圧力差より小さく、臨界流状態になっていないと推測される。<sup>(注)</sup> 駆動流ノズル部で臨界状態が計算されないことの妥当性がわかる。

(注) 入口オリフィスが 0.05 以上では、入口オリフィスの変化により臨界圧力差が受ける影響は一般に小さい。



図 6.8 はポンプ側破断口流出流量の測定値と、ケース 2、ケース 3 の計算値の比較である。測定値は、破断口下流にある急速凝縮器への冷却水の流量と急速凝縮器出口の凝縮水流量との差し引きにより求めたものである。他の実験 RUN を含めてこの例以外は良いデータが得られていない。従って、これは必ずしも精度の高いものではない。この図からは、ケース 2、ケース 3 いずれがより精度よく流出流量を計算しているか判定はできない。なお、ポンプ側破断口の流は 90 秒までの計算ではケース 2、ケース 3 とも全期間を通して臨界流状態であった。

図 6.9、図 6.10 はケース 2、ケース 3 での炉心入口、出口流量の計算結果である。ケース 2、ケース 3 で流量計算結果に基本的には差はないが、図 6.8 に見られるように、ケース 3 ではジェットポンプ駆動流ノズル部では流れが臨界流状態とならないことにより 17 秒以降破断ループ側ジェットポンプ駆動流ノズル部を通過してポンプ側破断口より流出する流量が増えたため、幾分炉心逆流流量が大きい。炉心流量は破断と同時に逆流となり 30 秒付近で正流にもどっている。14 秒から 18 秒にかけて振動的に一時的に正流に戻っているが、これは、計算では 14 秒から下部プレナムフラッシングが開始しているためである。実験での下部プレナムフラッシング開始時刻は 5 秒であった。<sup>(注)</sup> 30 秒付近から正流に回復するのは、フラッシング開始後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てポンプ側破断口から流出する流れが蒸気-水二相状態となり、下部プレナムからの流出流量が減少したこと、また、減圧速度が早まり、下部プレナム内蒸気発生量が増加し、下部プレナムからの上向き蒸気流れが回復したことによる。

ケース 3 の場合の炉心内水位計算値が図 4.15 に示されている。計算値は、実験での蒸気泡発生時期に近い変化をしている。炉心が完全に蒸気相に露出するのは実験では図中実線で示したものである。しかしながら、RELAP 4J で仮定している気液が平らな水面で完全に分離された水位と、実現象、すなわち、激しく泡立ち流路中心は高ボイドの 2 相状態であり、壁面上には水が付着している状態とは直接比較できない。従って、RELAP 4J での水位の定義は炉内構造物が複雑な場合には実現象を正確に記述しているとは言えず、より現象に即した流体状況、すなわちボイド分布をより正確に表わせるよう改善の必要があろう。水位の計算値がボイド発生時期に近い変化をしていることは、炉心内水量の早い減少と、水位内含有ボイド量の過少評価によると考えられる。すなわち、図 6.9、図 6.10 に示した炉心流れの逆流についてと、非定常過程下における水面からの気泡離脱速度について、今後検討が必要である。

注) この装置は、下部プレナム内の初期未飽和度が計算では実験より 3°K 大きかったことによる。その後の計算で、RUN 705 の場合、この下部プレナム未飽和度の差異は全体の計算結果に大きな影響を持たないことが確認されている。

Table 6.1 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 6.2 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 6.2 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 6.3 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 6.3 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

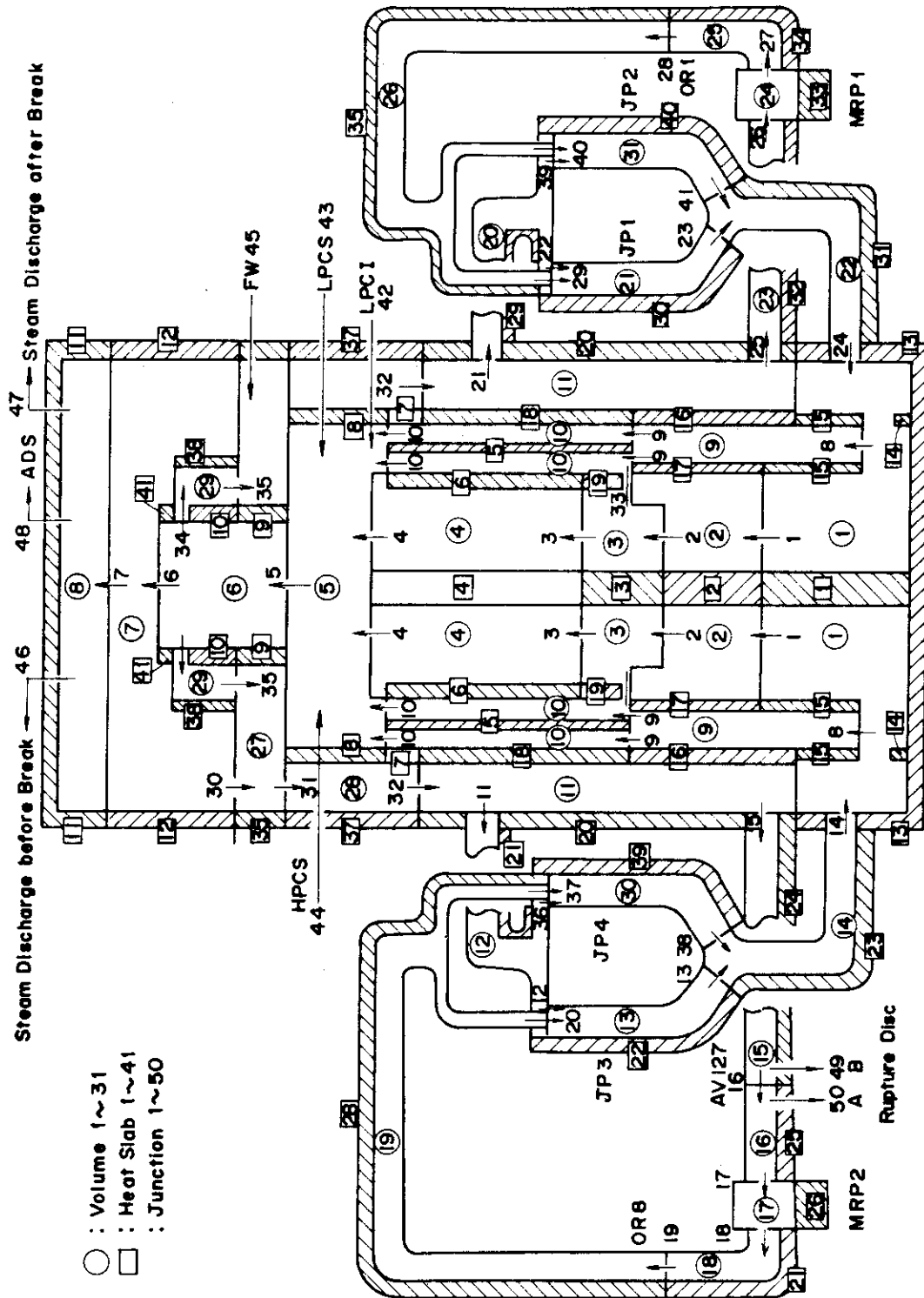


Fig. 6.1 Node Junction Representation of ROSA III, Core 1 Volume

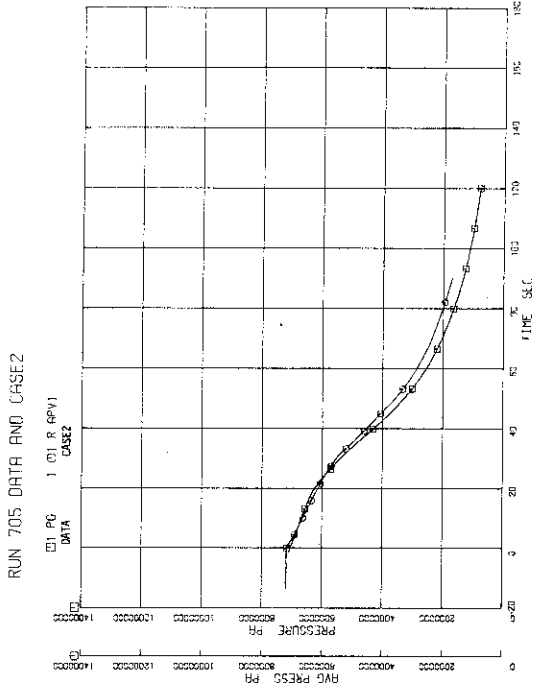


Fig. 6.3 Lower Plenum Pressure; Data and Case 2

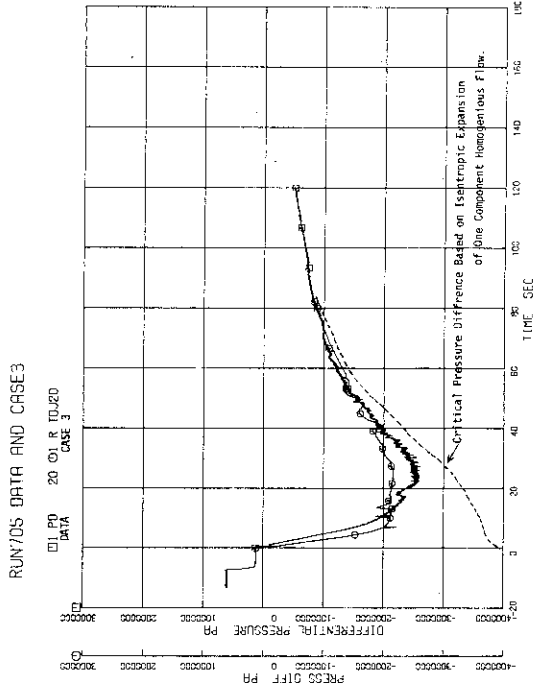


Fig. 6.5 Differential Pressure between Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle and Discharge

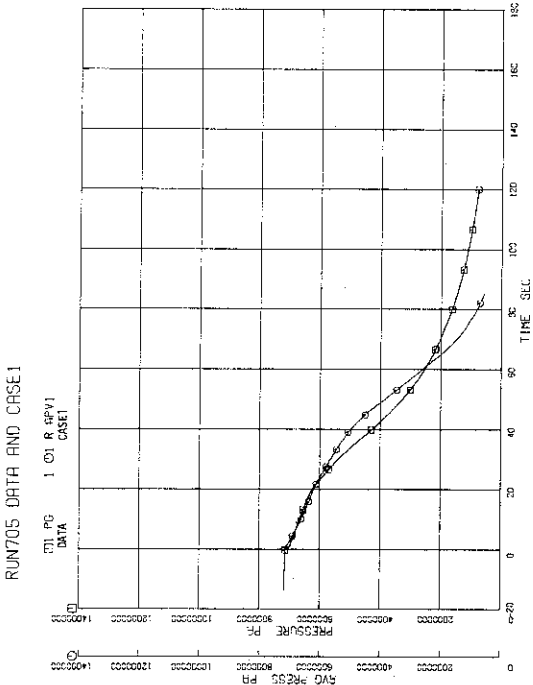


Fig. 6.2 Lower Plenum Pressure; Data and Case 1

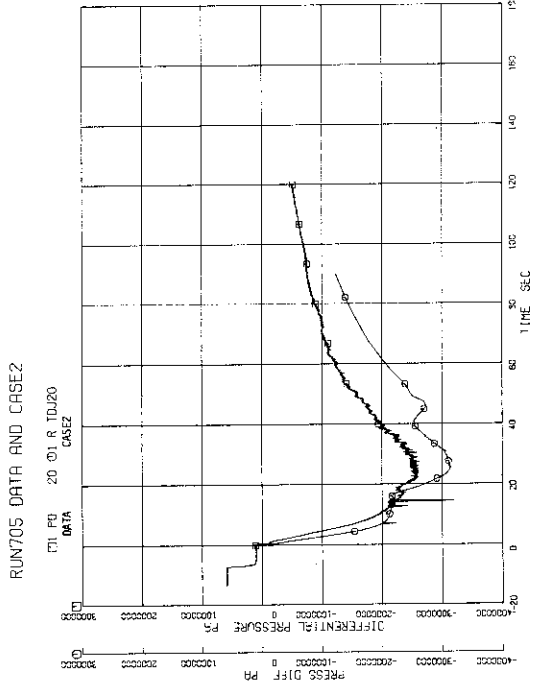


Fig. 6.4 Differential Pressure between Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle and Discharge



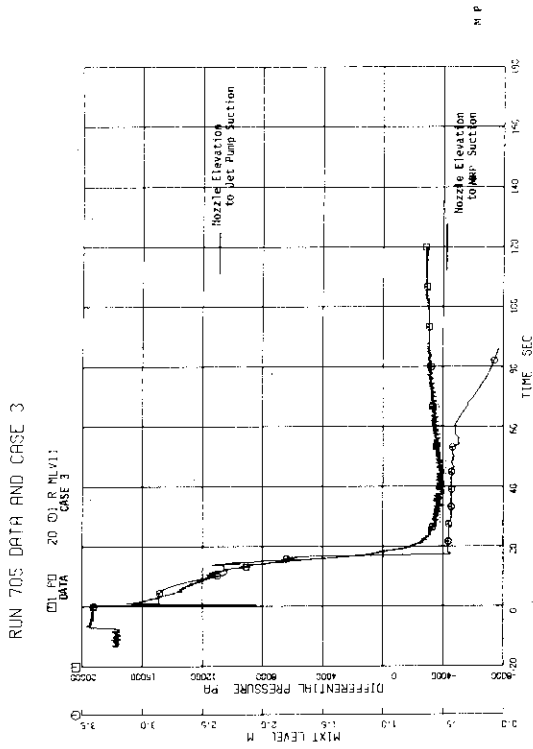


Fig. 6.7 Measured Downcomer Head and Calculated Mixture Level in Downcomer; Data and Case 3

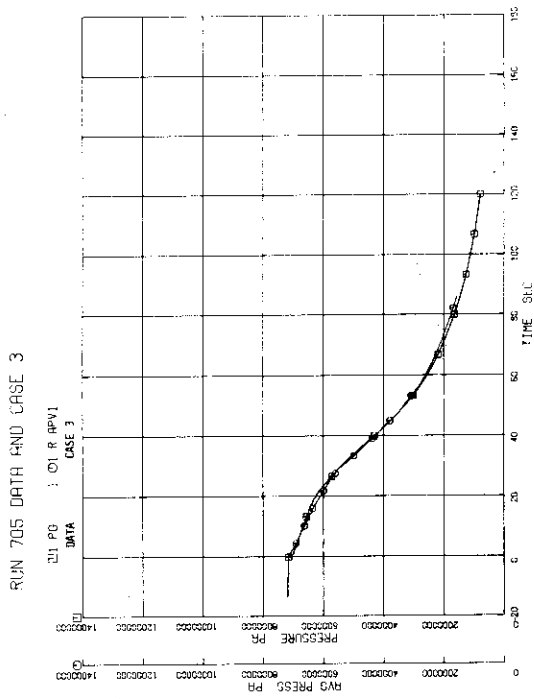


Fig. 6.6 Lower Plenum Pressure; Data and Case 3

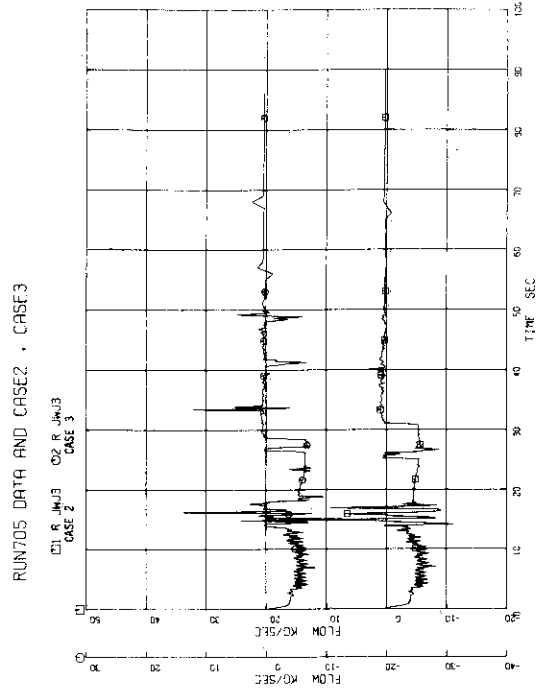


Fig. 6.9 Core Inlet Flow Rate; Case 2 and Case 3

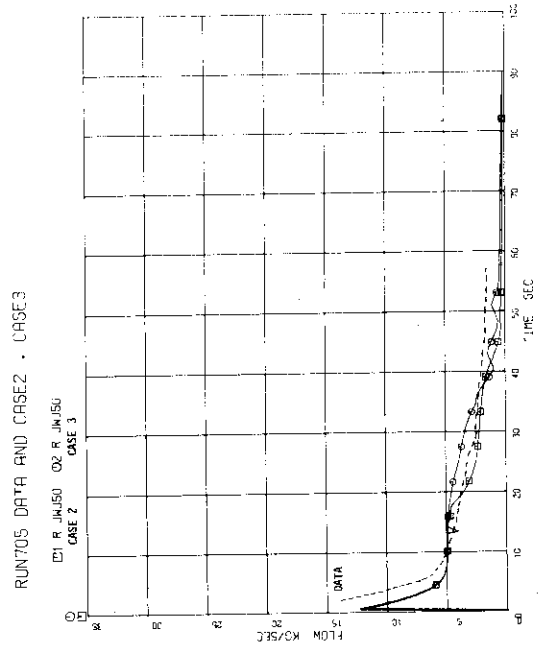


Fig. 6.8 Discharge Flow Rate from Pump Side Breakage Plane; Data, Case 2 and Case 3

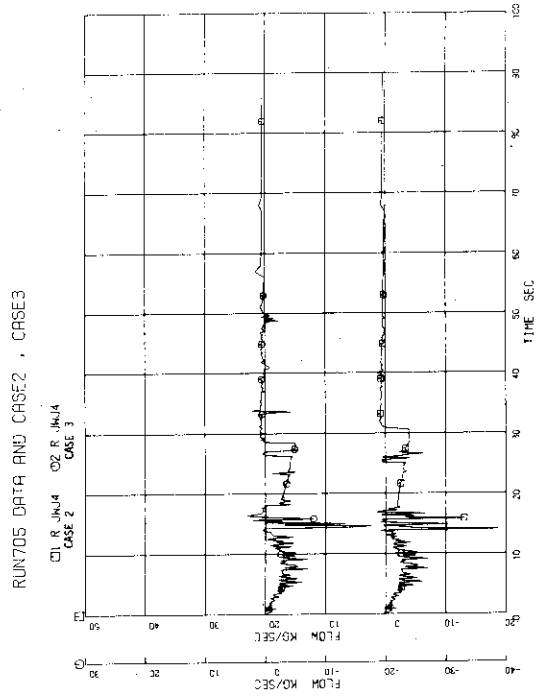


Fig. 6.10 Core Outlet Flow Rate; Case 2 and Case 3

## 7. 実験RUN706の解析

RUN 706 の実験結果に対し RELAP 4J を用いて解析を行なった。

### 7.1 解析で用いたノーディング

解析では、2種類のノーディングを用いた。1つは、実験RUN705の解析に用いたものと同一のものである。その構成は図6.1に示されている。他の1つは、炉心内も5ボリュームに分割し、他は図6.1に示したものと同一にしたものである。図7.1はこの場合のノーディング構成を示したものである。なお、このノーディングは、実験RUN702の解析<sup>10)</sup>においてヒータ表面温度を求める際に用いたノーディング法と同一である。

### 7.2 計算初期条件

入力データとして用いた初期圧力分布、温度分布は可能な限り実験データに基づいて定めた。炉心発熱時間曲線には図5.1に示した実測値を用いている。給水流量及び蒸気放出流量は、図5.2、図5.3に示した実測値をもとに、図7.2、図7.3で与えた。なお、これについては後述する。形状損失係数及び再循環ポンプ特性曲線については6.2節で示したRUN705の解析の場合と同一である。

入力データの詳細は巻末に付した付録2の入力データリスト（後述するケース4に対するもの）を参照されたい。

### 7.3 実験RUN706の解析結果

本報で示す各解析ケースについてまとめたものを表7.1に示す。

#### (1) ケース1

ケース1は実験後の予測解析、すなわち、初期条件にのみ実験結果を適用したものであって、6.3節で述べたRUN705ケース1の場合に相当する。

この場合の下部プレナム圧力の計算結果と実験結果の比較を図7.1に示す。6.3.1項でRUN705について述べたと同様の理由により、計算値と実験値の一致は悪い。

#### (2) ケース2

ケース2はRUN705の場合に、実験結果を最もよく記述したRUN705ケース3に対応する。詳しくは6.3節を参照されたい。

図7.5はケース2の計算結果と実験結果を比較したものである。図中には、下部プレナム圧力の計算値と実験値および燃料棒表面温度の計算値と実験値また、実験での測定圧力に対する飽和温度が示されている。計算では炉心は1ボリューム、1ヒートスラブとしていることに注意を要

する。図に示した燃料棒表面温度測定値は代表値として選んだ炉心中位（ポジション4）の値（1チャンネルあたり1箇所選択）である。図6.6のRUN705の場合に比べて、圧力の計算値と実験値の一致は悪い。これはRUN706の計算での炉心内発熱による蒸気発生量が実験でのそれと相異していることによる。すなわち、実験では、燃料棒表面温度は、破断後12秒ではじめて上昇を開始する（図5.8～図5.29も同時に参照のこと）。従って、この期間内の発熱量はほぼすべて流体に伝えられ、蒸気の発生に使われる。それに対し、計算では6秒から7秒にかけて燃料棒表面温度は上昇を開始する結果となっている。そのため、6秒以降では、発熱量のうちの燃料棒内に蓄積される分だけ流体に伝えられる熱量は減少し、従って、蒸気の発生量は減少する。

そこで、この蒸気発生量の差異を修正した計算を行なってみた。それがケース3である。

### (3) ケース3

図7.5において、12秒以降の燃料棒温度上昇の傾きは計算でも実験でも同一とみなせる。従って、12秒以降の発熱量のうち、燃料棒内に蓄積される割合は同一とみなせる。これより、6秒から12秒までの間、計算と実験で蒸気の発生量が相異していると考えられることができる。図7.6はケース2の場合の発熱量と流体へ伝えられる熱量、燃料棒内に蓄積される熱量を比較したものである。

そこで、近似的試みとして、6秒から12秒までの期間の発熱量はすべて流体側に伝えられ、蒸気の発生に使われるという計算を行なった。すなわち、燃料棒内に蓄積される熱量分に相当する蒸気量をFill tableを用いて蒸気ドームに注入してやり、蒸気の発生量を補うという計算をした。なお、33秒以降実験では燃料棒温度は上昇に転じているのに対し、計算では下降となっており、計算のほうが蒸気の発生量が多く、7秒～12秒までの間の蓄積熱量の過大計算分が解放されると見ることができる。そこで、33秒から、計算と実験の燃料棒表面温度の等しくなる90秒（外挿値）までの期間で、6～12秒にかけて補った蒸気量を蒸気ドームから取り出した。用いた蒸気Fill tableを図7.7に示す。

この場合の計算結果と実験結果の比較を図7.8に示す。図中には、下部プレナム圧力、燃料棒表面温度（実験値はポジション4）と実験値飽和温度が示されている。ケース2の場合に比べて、圧力の計算値と実験値の一致は改善されており、特に、圧力が大きく減少を開始する期間はよく一致している。

以上より、炉心内熱伝達計算は蒸気発生量すなわち、系全体の圧力挙動に大きな影響を持つ。従って炉心内流動と燃料棒表面温度の計算はその意味で正しく行なわれる必要があることがわかる。

### (4) ケース4

ケース4はケース2を基礎とし、炉心を更に5ボリュームに分割した計算である。燃料棒表面温度の縦方向分布を求めることと、蒸気発生量をより実際に近づけることを目的としている。炉心内5つのボリュームには水位形成モデルを適用した。ノーディング図は図7.1に示されている。このケースを標準ケースとする。

この場合の燃料棒表面温度の計算結果を図7.9～図7.15に示す。最上部のポジション7を除き全体的に計算結果は実験値より高い。また温度の上昇を開始する時期はいずれも計算結果のほうが早い。また、実験では初期ドライアウト現象はポジション2～7で見られ、そのうちポジョ

ン2,3,4では下部プレナムフラッシング発生後の17～18秒にかけてrewetし、再び33～53秒にかけてドライアウト現象が見られるのに対し、計算ではすべての位置で初期ドライアウト現象が見られ、最下部のポジション7を除いてrewetしていない。

図7.16は下部プレナム圧力の計算値と実験値との比較である。図7.5に示すケース2の場合に比べ両者の一致は良くなっているが、大きく降下しはじめる時期などについては差異が残っている。これは、ケース2に比べ炉心を5ボリュームに分割したことにより炉心内蒸気発生量がより実際に近くなったことによるが、前述のように燃料棒表面温度の上昇を開始する時期がまだ実験より早めになっているため、蒸気発生量に不一致が生じ、図7.16に示す結果となっている。

この場合の下部プレナムフラッシング発生時刻は13.6秒であった。実験では16.5秒であった。図7.17は下部プレナム内流体温度、飽和温度を0～20秒の間について拡大して描いたものである。

図7.18、図7.19は炉心入口、出口流量の計算結果である。炉心入口流量は破断後3.5秒で逆流となり、下部プレナムフラッシング発生後の13秒（正確には、下部プレナムは3ボリュームに分割されており、上部のボリュームでは13.6秒以前にフラッシングを開始している。）から正流となり、30秒以降ほぼ0となる。5章で述べたように下部プレナムフラッシング発生は実験において圧力減少速度の減少となって特徴的に表われているが、計算では実験ほど鮮明でない。下部プレナムフラッシング発生が実験より早めに計算されている理由の1つは、破断後3.5秒からの炉心入口流量の逆流（実験でははっきりとは確認されていない。）により、下部プレナム内流体エンタルピが上昇したためによる。

図5.37に示したように炉心入口の逆流はあるようではあるが図7.17に示す下部プレナム流体温度変化を見ると計算ほど大きなものではない。この炉心流量の逆流は炉心内の流動計算、燃料棒表面温度の計算、その結果として影響を受ける系の圧力、下部プレナムフラッシング発生時刻、その後の炉心流量の計算に大きな影響を持つ。下部プレナムからジェットポンプを逆流して系外に流出していく流量が実際より大きく計算されていると思われる。この系路の逆流時の抵抗係数を特性試験を行ない確認することと、下部プレナムから流出する逆流時流量を実験で測定できるようにする必要がある。なお、炉心出口流量は全期間正流であった。

図7.20はダウンカマ水位の計算値とダウンカマ水頭の測定値の比較である。両者は異った物理量であるが、水位の変化と水頭の変化は対応したものであって、その傾向を比較することができる。両者の変化はよく一致している。計算でのジェットポンプサクションノズルアンカバリ時刻、再循環ポンプサクションアンカバリ時刻は3.5秒、7秒であった。実験では5章で述べたようにそれぞれ4秒、8秒であった。

上記以外の測定値と計算値の一致は実験RUN 702<sup>10)</sup>、RUN 705（6章）と同程度であり、本報では省略する。

##### (5) ケース5

ケース5は、ケース4の場合で、炉心内各ボリュームを均質とした場合である。その結果を図7.21～図7.33に示す。

図7.21は下部プレナム圧力計算結果を実験とケース4の場合と比較したものである。図7.22、図7.23は炉心入口、出口の流量計算結果をケース4の場合と比較したものである。図7.24～図7.26はポジション2,4,6のヒータ表面温度の計算結果である。図7.27～図7.31は炉心内各ボリ

ューム内平均クオリティの計算結果をケース4の場合と比較したものである。また、図7.32、図7.33はケース4、ケース5の場合に分けて炉心内各ボリューム平均クオリティを描いたものである。

図7.21において、圧力の計算値はケース4の場合と全体的傾向は一致するものの、5秒から18秒にかけての実験値との一致はケース4の場合に比べて悪い。この原因は、7.3節(2)、(3)で述べたように、蒸気の発生量の実験との不一致が更に悪くなったことによる。すなわち、図7.22に示すように、ケース4とケース5では炉心入口流量はほぼ同一と見なせるのに対し、図7.23の炉心出口流量は破断後4秒程度まではケース5のほうがケース4の場合より大きい。また、炉心内各ボリュームにケース4では水位を仮定しているのに対しケース5では均質としているため、ケース4に比べケース5では炉心出口ジャンクションクオリティは低く、炉心より、より多くの水の流出を計算する。そのため、図7.27～図7.31に示すように、破断後7秒付近まではケース4に比べケース5ではV32を除き炉心内各ボリューム平均クオリティが大きくなり、その結果図7.24～図7.26に示すようにポジション6を除きケース5ではヒータの温度上昇開始時期が早まる。その結果蒸気の発生も抑えられ、図7.21に示すような結果となる。ケース5の場合、破断後の急な減圧開始時期が早まる以外はケース4の場合とほぼ同一であり、実験値との一致は悪い。

炉心内各ボリューム平均クオリティの計算値はケース4の場合同様、炉心内上下ではほぼ対称な結果となり、5章で述べたように、上部は高ボイド状態では蒸気で満たされ、下部は低ボイドの水となる実験結果を表し得ていない。これは、図7.22に示すように、計算では4～8秒にかけて炉心入口で逆流が計算されており、その後炉心入口、出口流量はほぼゼロとなり、炉心内が滞流してしまうこと、また、その場合に、炉心を5ボリュームに分けたことにより、炉心内全体としての水と蒸気の分配を現実には測して計算し得ていないことによると考えられ、このボイド分布の計算法については今後の検討課題と言える。また、炉心入口の逆流の程度については、今後実験で検討していく必要性があろう。

(6) ケース6

RELAP 4 Jでは、強制対流蒸発熱伝達域の熱伝達率を与える関係式には、Schrock and Grassman<sup>14)</sup>の式として

$$h = 2.50 \times 0.023 \frac{k_f}{D_e} P_{r,f}^{0.4} \left[ \frac{GD_e(1-x)}{\mu_f} \right]^{0.8} \left( \frac{1}{X_{tt}} \right)^{0.75} \quad (7.1)$$

$$X_{tt} = \left( \frac{x}{1-x} \right)^{0.9} \left( \frac{\rho_f}{\rho_g} \right)^{0.5} \left( \frac{\mu_g}{\mu_f} \right)^{0.1} \quad (7.2)$$

を用いている。

h : 熱伝達率    k : 熱伝導率    D<sub>e</sub> : 熱力等価直径    P<sub>r</sub> : プラントル数  
 G : 質量流速    μ : 粘性係数    x : クオリティ    ρ : 密度  
 添字    f : 飽和水    g : 飽和蒸気

しかしながら、式(7.1)には誤りがあり、文献14に示されている関係式は

$$h = 2.50 \times 0.023 \frac{k_f}{D_e} P_{r,f}^{0.4} \left( \frac{GD_e}{\mu_f} \right)^{0.8} \left( \frac{1}{X_{tt}} \right)^{0.75} \quad (7.3)$$

である。式(7.1)では熱伝達率が過小に計算される。

ケース6はRELAP 4Jで用いられている Schrock and Grossman の式の誤りを正した式(7.3)を用いた計算である。

図7.34は下部プレナム圧力の実験値とケース4, ケース6の計算結果を比較したものである。図7.35, 図7.36は炉心入口, 出口のケース4, ケース6の計算結果である。また, 図7.37, 図7.38はポジション2, ポジション4のヒータ表面温度の実験値とケース4, ケース6での計算値を比較したものである。

下部プレナム圧力, 炉心入口, 出口の流量の計算結果では, ケース4とケース6との間にはほとんど差異はない。しかしながら, ヒータ表面温度計算結果では, ケース6の場合のほうが温度は高く計算され, 20秒以降においてその差は大きくなる。

図7.39, 図7.40は図7.37, 図7.38に示したポジション2, ポジション6に示したヒートスラブの熱伝達モードを図示したものである。RELAP 4Jには9つの熱伝達相関式が用いられており, それぞれ適用領域に分けられて, 以下に示すように熱伝達モードが定義されている。

- 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, Milich 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,

図7.41, 図7.42はケース4, ケース6の場合のポジション2, ポジション6における限界熱流束である。また, 図7.43, 図7.44はポジション2, ポジション6の位置の流路のボリューム34とボリューム4内の平均クオリティである。

図7.39を見てみよう。Schrock and Grossmanの式(熱伝達モード3)はケース4, ケース6ともに10秒付近で適用されている。その結果, 図7.42に示すようにこの時間帯ではケース6はケース4に比べ流体への熱流束が大きくなっている。

ところで, 前述したように, 図7.37では30秒以降, また, 図7.38では10秒以降, Schrock & Grossmanの式を修正したケース6のほうがヒータ表面温度は高く計算されている。これは, 熱伝達率の値が直接的に影響を与えたのではなく(修正後の熱伝達率のほうが大きい), 熱伝達率の変化により流体への伝熱量が変化し, その結果流体側の状況が変化したことによる。それを以下に示す。

図7.45, 図7.46はポジション2, 4の位置の流路のボリューム34とボリューム内の流体温度である。図中には, それぞれのボリューム内の飽和温度も同時に示されている。例として, 図7.45と図7.44を見てみよう。Schrock and Grossmanの式を正したことにより流体への伝熱量が増加し, 流体のクオリティは大きくなり, ケース4の場合よりケース6では早めに流体は蒸気単相となり, その結果図7.46に示すようにケース6のほうが蒸気はより大きく過熱され, その結果,

図 7.38 に示すようにヒータ表面温度はケース 6 ではケース 4 に比べて高くなった。

尚、図 7.43、図 7.44、図 7.45、図 7.46 で計算結果が不規則に振動しているが、これは流れの計算結果が振動的であることによる。

結論として、Schrock and Grossman の式の誤りを正した計算結果では、この式の適用されている間の熱伝達率は大きくなったが、その結果流体のクオリティは増加し、全体としてヒータ表面温度は高めとなる。しかし、その度合は小さい。

(7) ケース 7、ケース 8

ケース 7、ケース 8 は限界熱流束の与え方の影響を見るために行った計算である。(4) で述べたように計算でのヒータ温度上昇開始時期は実験の場合より早く、また実験で見られた rewet も表わされていない。

図 7.41、図 7.42 はケース 4、ケース 6 の場合のヒートスラブ 48 (ポジション 2)、ヒートスラブ 4 (ポジション 4) に対する限界熱流束とヒータ表面熱流束の計算値を示した。ケース 6 のヒートスラブ 48 を除いて、4~6 秒で限界熱流束は表面熱流束に近づいている。しかしこの時刻と熱伝達率 (表面熱流束) が減少しヒータ表面温度が上昇を開始する時期 (7~8 秒) の時間的ずれや、ケース 6 のヒートスラブ 48 を考えると、表面熱流束が限界熱流束に達したことにより、ヒータ表面温度が上昇する計算結果となったとは言えない。

そこで、これを確認するため限界熱流束を大きく与えた場合の計算を行なった。限界熱流束を大きく与える関係式として、低流量時 (上向き流れで  $100 \text{ kg/m}^2\text{s}$  以下、下向きで  $660 \text{ kg/m}^2\text{s}$  以下) では Zuber の式<sup>15)</sup>

$$q_{CHF} = 0.131 \rho_g g H_{fg} \left( \frac{\rho_l + \rho_g}{\rho_l} \right)^{1/2} \left[ \frac{\sigma g (\rho_l - \rho_g)}{\rho_g^2} \right]^{1/4} \quad (7.4)$$

$q_{CHF}$ : 限界熱流束	$\rho_g$ : 蒸気密度
$\rho_l$ : 液体密度	$g$ : 重力加速度
$H_{fg}$ : 潜熱	$\sigma$ : 表面張力



高流量時（上向きで 100 kg/m<sup>2</sup>s 以上，下向きで 600 kg/m<sup>2</sup>s 以上）では Biasi の式<sup>16)</sup>

$$q_{\text{CHFA}} = \frac{3.78 \times 10^3}{D^n G^{0.6}} h_p (1-x) \quad (7.5)$$

$$q_{\text{CHFB}} = \frac{1.883 \times 10^3}{D^n G^{1/6}} \left[ \frac{f_p}{G^{1/6}} - x \right] \quad (7.6)$$

$$h_p = -1.159 + 0.149 P \exp(-0.019 P) + \frac{8.99 P}{10 + P^2}$$

$$f_p = 0.7249 + 0.099 P \exp(-0.032 P)$$

$$n = 0.4 : D \geq 1 \text{ cm}$$

$$n = 0.6 : D < 1 \text{ cm}$$

$$q_{\text{CHF}} = \begin{cases} q_{\text{CHFA}} & : G \leq 300 \text{ kg/m}^2\text{s} \\ \text{Maximum}(q_{\text{CHFA}}, q_{\text{CHFB}}) & : G > 3 \text{ kg/m}^2\text{s} \end{cases} \quad (7.7)$$

$q_{\text{CHF}}$  : 限界熱流束  $W/cm^2$

$D$  : ロッド径  $cm$

$G$  : 質量流束  $g/cm^2s$

$P$  : 圧力  $bar$

を用いた。

ケース 7 では式 (7.4)，式 (7.7) を直接用いた。ケース 8 では式 (7.4) の Zuber の式にボイド率の影響を加えるため<sup>17)</sup>

$$q_{\text{CHF}} = (1 - \alpha) (q_{\text{CHF}})_{\text{Zuber}} \quad (7.8)$$

とし，式 (7.7) と併せ用いた。

図 7.47 はケース 7 の場合の下部プレナム圧力計算結果と実験値である。図 7.48 はポジション 2 のヒータ温度の計算結果と実験値，図 7.49 はポジション 4 のヒータ温度の計算結果と実験値である。図 7.50 はポジション 4 に相当するヒートスラブ 4 における限界熱流束と流体側へ伝えられる表面熱流束及び発熱量相当表面熱流束である。図 7.51 はポジション 4 の位置に相当する流路ボリューム 4 内の平均クオリティである。

図 4.52～図 4.56 はケース 8 の場合の同様な図である。ケース 7，ケース 8 とも，図 4.47，図 4.52，図 4.50，図 4.55 から明らかなように，系全体の挙動の計算結果はケース 4 の場合と同一であり，また，ヒータ表面温度の計算結果もケース 4 の場合と同一傾向となっている。

図 7.49，図 7.50，図 7.51 を見てみよう。限界熱流束は表面熱流束よりはるかに大きい結果となっているにもかかわらず，7 秒でヒータ表面温度は上昇を開始している。図 7.57 はポジション 4 の位置に相当するヒートスラブ 4 の熱伝達モードである。

ケース8でも同一の結果となっている。

以上より理解されることは、RELAP 4Jの計算では、表面熱流束が限界熱流束を超えたことによりヒータ表面温度は上昇を開始するのではなく、炉心内クオリティの上昇と炉心流量の低下により熱伝達率が著しく低下する、端的に言えば、流路内が蒸気単相となったことによりヒータ表面温度は上昇を開始する結果となっている。

5章で述べたように、実験では炉心内は上部は高ボイド状態、下部は低ボイド状態であって、高ボイド状態下でヒータ表面温度は上昇している。このことは上述した計算結果と一致している。

しかしながら、計算では図7.32に示したように、炉心内クオリティはほぼ一様に上昇してしまい、その結果、本章(4)で述べたように炉心内全位置でほぼ一斉にヒータ表面温度は上昇する結果となっている。

以上のことが意味する所は、炉心内ボイド分布を実際の現象に即して表わせるよう計算モデルを改良することが重要であるということである。また、炉心内クオリティの上昇を促す破断後の炉心流量の逆流が計算上だけのものであるのか、またその原因は何であるのか今後検討が必要である。

下部プレナムフラッシングによるrewetはケース1からケース8のいずれの計算ケースでも計算されていない。これは、下部プレナムフラッシングの度合が実験に比べ弱いことが理由の1つと考えられるが、図7.51などの炉心内ボリュームのクオリティ計算結果から見て、炉心内の水の減少が過大に計算されていることも1因と考えられる。

尚、ヒータ温度の計算結果について見る場合、本節の結果より、以下のことに注意すべきであることが分る。すなわち、ヒータの温度の上昇は流路内クオリティの上昇の結果、蒸気単相状態となり熱伝達率が低下することによってもたらされた。ここで問題となるのは、計算が不安定な状態となり、瞬間的に流路ボリューム内クオリティが1となった場合である。RELAP 4Jの熱伝達モード選択法では、蒸気単相熱伝達モード(8)になった後の計算では膜沸騰熱伝達モード(5,6)か遷回沸騰モード(4,7)に強制的になってしまう。その結果、みかけ上ドライアウト後の熱伝達状態となり、ヒータ温度が上昇する可能性がある。従って流体側の計算結果についても充分注意を払う必要がある。

また、以下の点にも注意を要する。計算でヒータ表面温度の上昇はじめる7秒から14~15秒までの間、ほとんどの計算ケースで(たとえば図7.57)熱伝達モードは3でありSchrock and Grossmanの関係式が熱伝達率計算に適用されている。この関係式は質量流束が $0.9 \times 10^6 \sim 16 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{h}$ の範囲で行なわれた実験結果を基にして導かれた実験式である。それに対し、この時間帯の流量は計算過程ではオーダとして $10^4 \sim 10^5 \text{ kg/m}^2\text{h}$ である。適用範囲を大きくはずれてSchrock and Grossmanの式が用いられており適切でない。このような低流量域での熱伝達実験例は少ない。重要な熱伝達領域であり、今後充分検討すべきである。

#### (8) ケース9

これまでに、RELAP 4Jを用いた本解析では、下部プレナムフラッシング開始前に、炉心入口流に大きな逆流が計算されたことを述べてきた(例えば図7.18)。この件については実験データより確認することはできないが、検討を加えることは重要である。試みとして、以下に示す計算、ケース9を行なった。

ケース1～ケース8では再循環ループから下部プレナムへの入口ノズル位置（ジャンクション J 14, J 24）における逆流形状損失係数は幾何形状より求めた  $K_{fR} = 1.25$  を用いていたが、ケース9では試みとして  $K_{fR} = 20$  を用いた。この逆流形状損失係数を大きくすることにより、下部プレナムから再循環ループへの逆流流量が減ぜられ、炉心入口流の逆流の程度が緩和されることが期待された。

図 7.58 は下部プレナム圧力の実験値とケース4、ケース9の計算値を比較したものである。また、図 7.60、図 7.61 はポジション2、ポジション4のヒータ表面温度の実験値と計算値である。

圧力の計算結果では、ケース4とケース9でほとんど差異はない。炉心入口流についても、図 7.18 のケース4の場合と比べて大差はなく、むしろ下部プレナムフラッシング開始（13.5 秒）による炉心入口流量の回復は顕著ではなくなっている。ヒータ表面温度の計算結果についても、図 7.10、図 7.12 に示すケース4の場合と同一である。

このように、下部プレナムから再循環ループへの逆流の抵抗を大きくすることによって当初期待した結果は得られていない。この件については今後検討を要する。

Table 7.1 Calculation Conditions of RUN706

Case No.	Conditions						Others
	Core Volume	Feed Water and Steam Discharge	Steam Fill	Condition in Core	Corrected Schrock and Gressman Equation		
1	1	Data	No	Homogeneous	No	Equivalent to Prediction and Case 1 of RUN705	
2	↓	No	No	Mixture Level	No	Equivalent to Case 3 of RUN705	
3	↓	↓	On	↓	No		
4	5	↓	No	↓	No	Standard Case	
5	↓	↓	↓	Homogeneous	No		
6	↓	↓	↓	Mixture Level	Yes		
7	↓	↓	↓	↓	↓	Using Biasi's and Zuber's Critical Heat Flux Correlations	
8	↓	↓	↓	↓	↓	Using Biasi's and (1- $\alpha$ ) multiplied Zuber's Critical Heat Flux Correlations	
9	↓	↓	↓	↓	↓	Reverse Form Loss Coefficient at J14 and J24 is large, $K_{FR} = 20$ .	

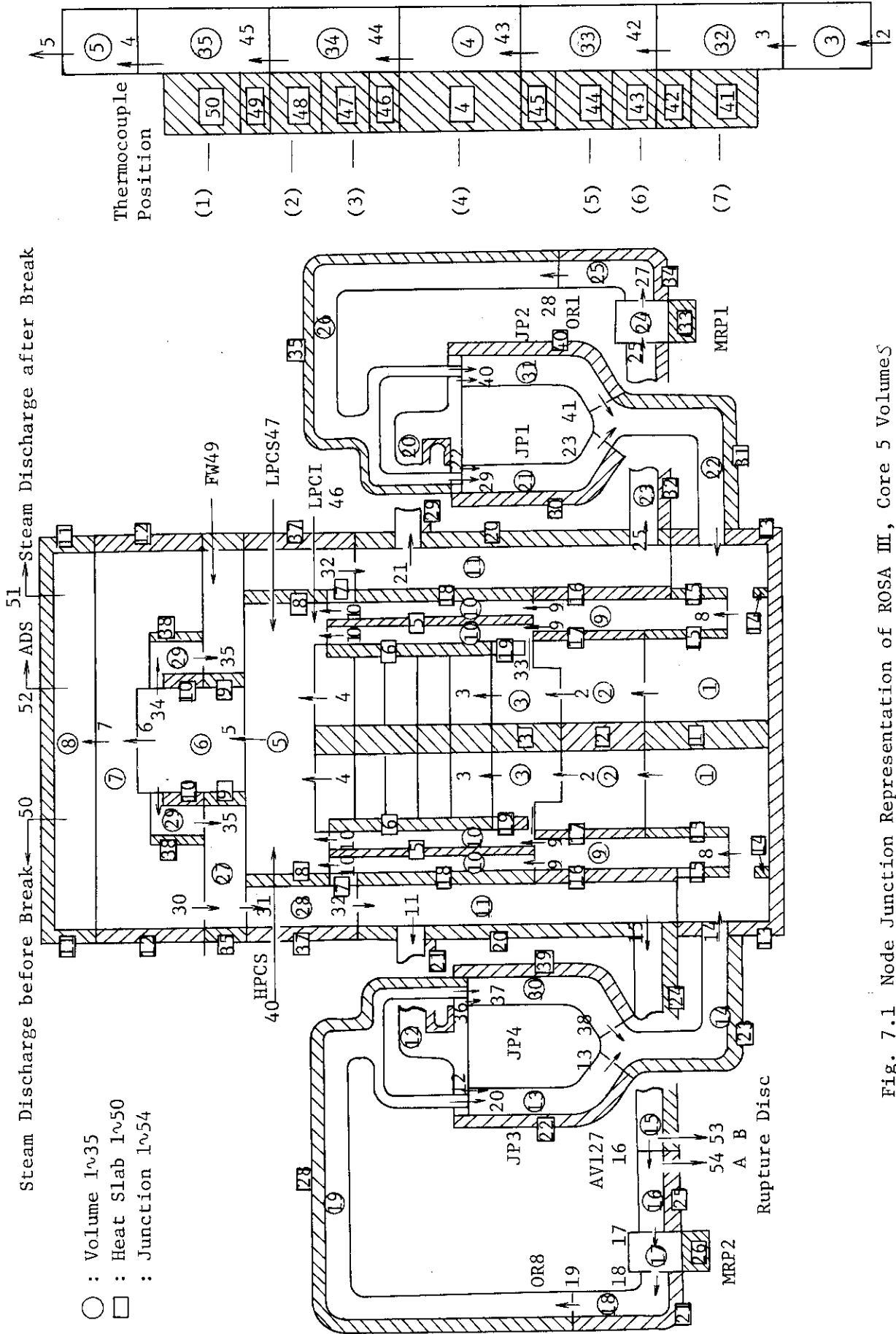


Fig. 7.1 Node Junction Representation of ROSA III, Core 5 VolumeS

Detail Drawing  
in Core

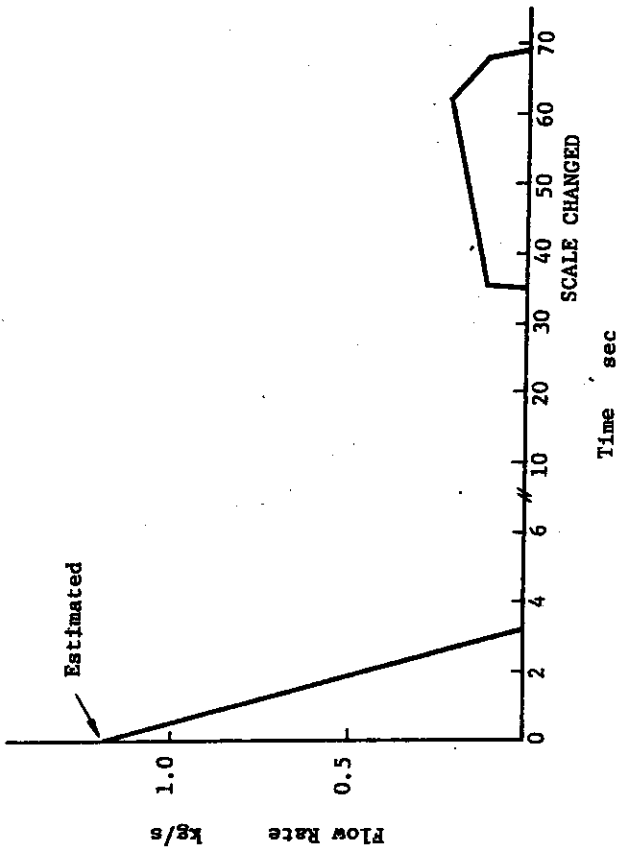


Fig. 7.2 Steady Feed Water Flow Rate

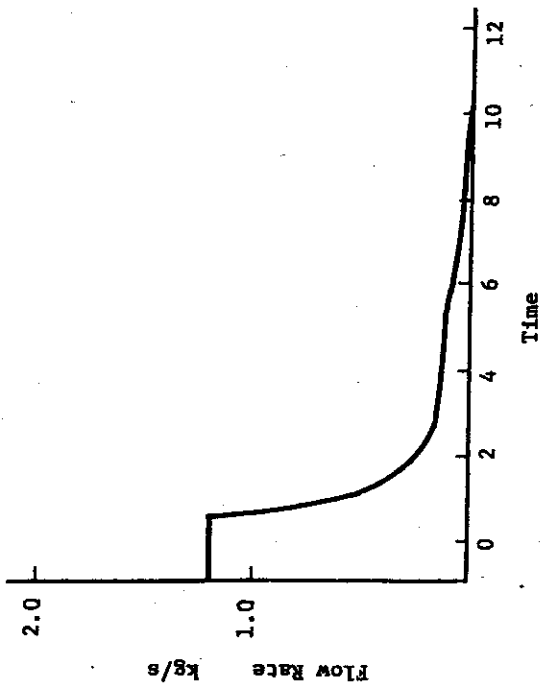


Fig. 7.3 Steam Discharge Flow Rate

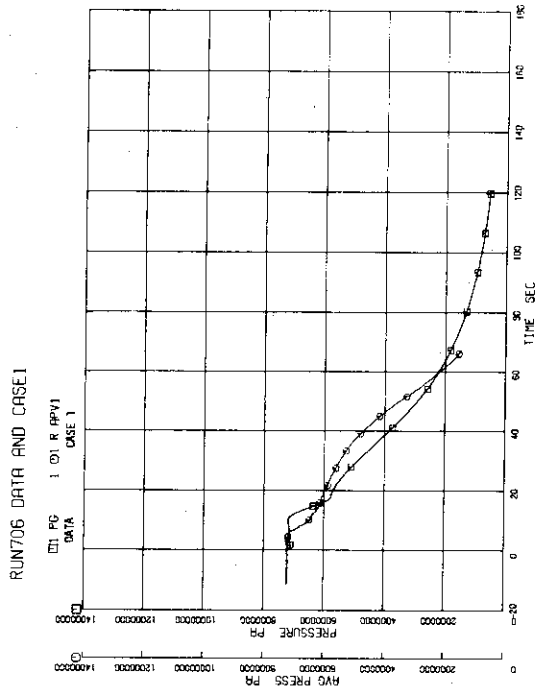


Fig. 7.4 Lower Plenum Pressure; Data and Case 1

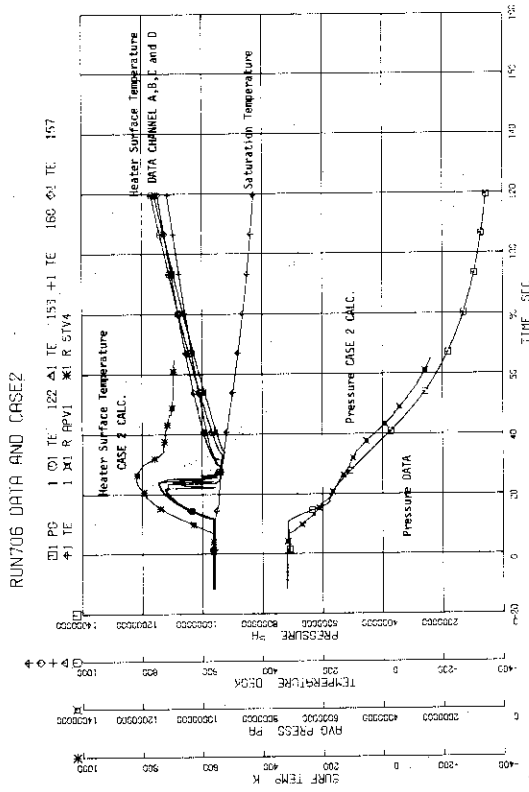


Fig. 7.5 Lower Plenum Pressure and Heater Rod Surface and Temperature; Data and Case 2

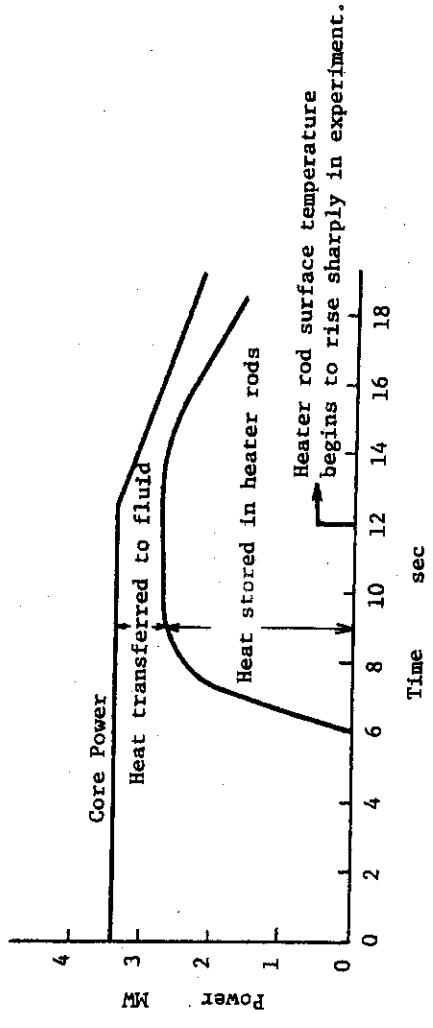


Fig.7.6 Stored Heat in Heater Rod, Case 2

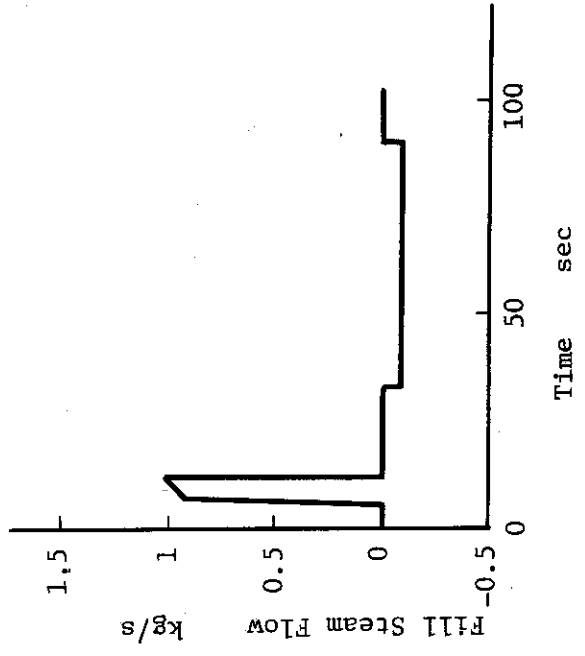


Fig.7.7 Fill Steam Flow Rate in Case 3

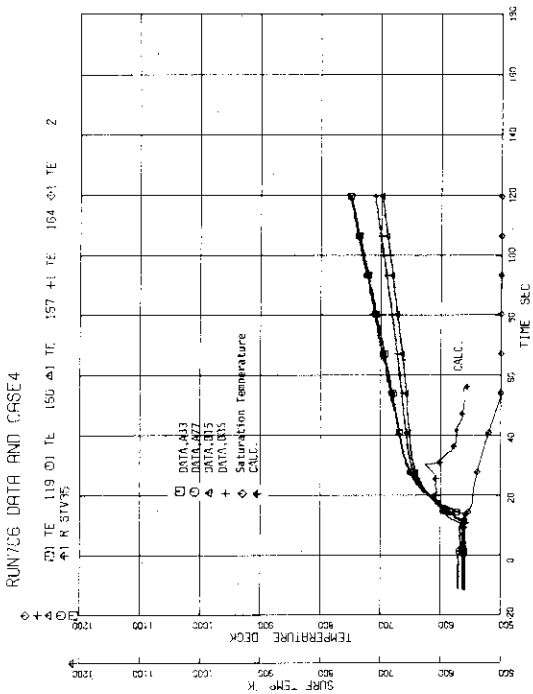


Fig. 7.9 Heater Rod Surface Temperature at Position 1; Data and Case 4

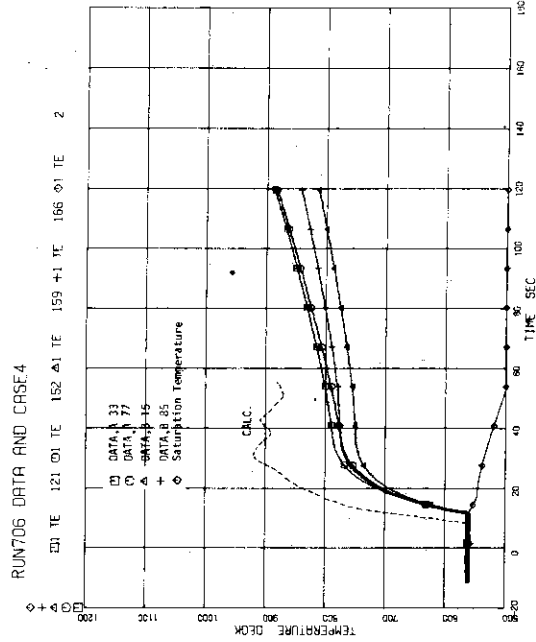


Fig. 7.11 Heater Rod Surface Temperature at Position 3; Data and Case 4

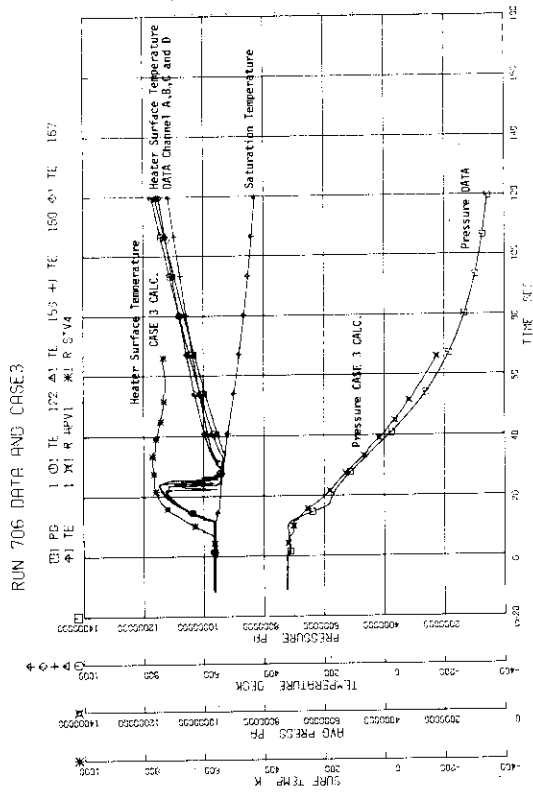


Fig. 7.8 Lower Plenum Pressure and Heater Rod Temperature; Data and Case 3

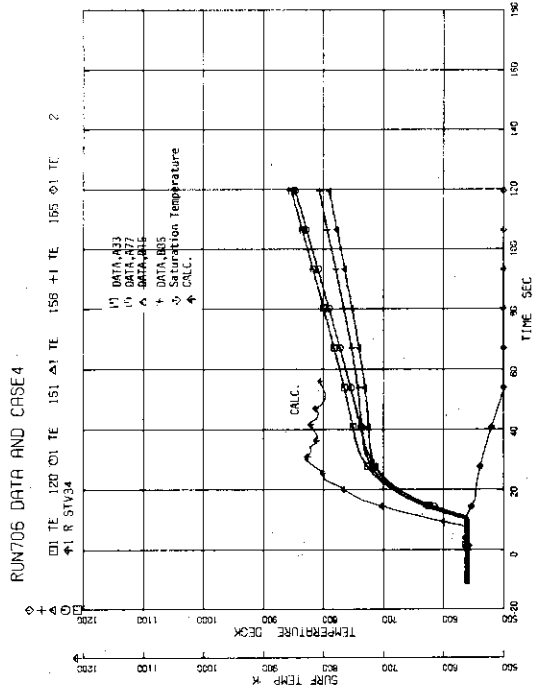


Fig. 7.10 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 4



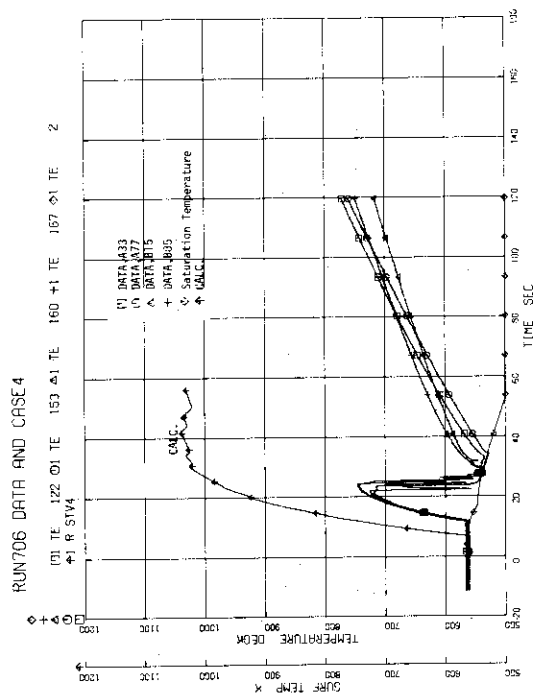


Fig. 7.12 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 4

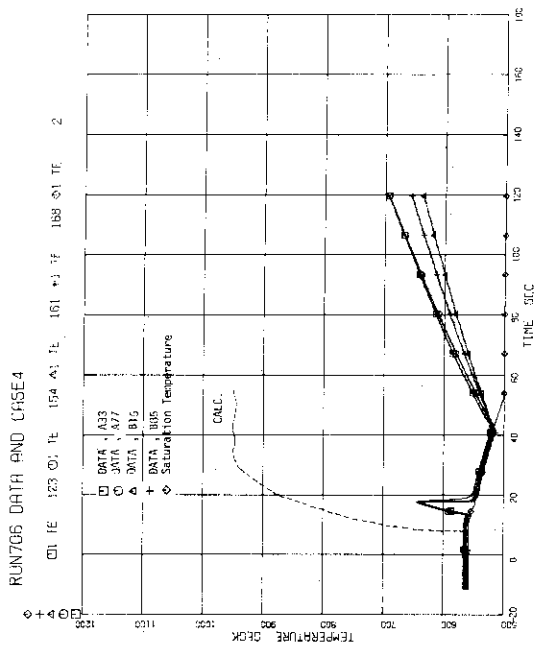


Fig. 7.13 Heater Rod Surface Temperature at Position 5; Data and Case 4

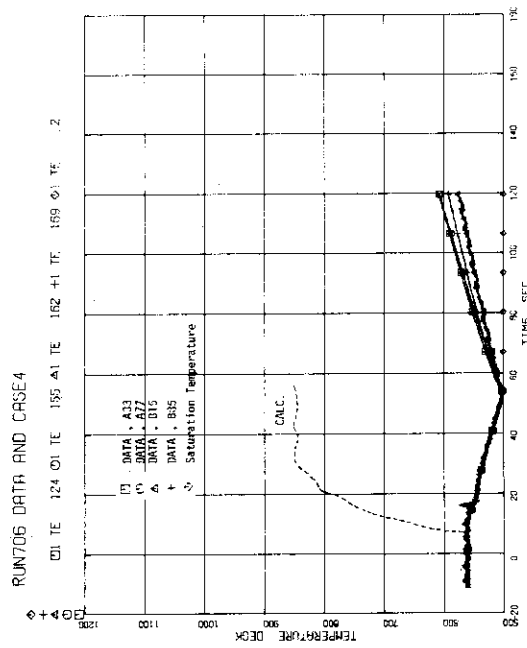


Fig. 7.14 Heater Rod Surface Temperature at Position 6; Data and Case 4

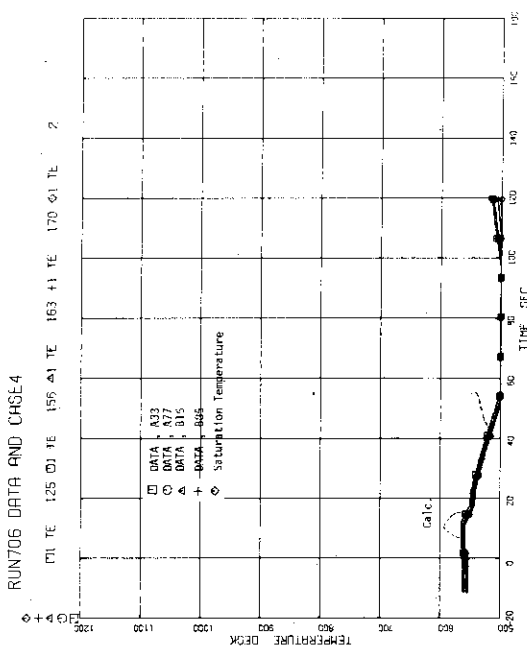


Fig. 7.15 Heater Rod Surface Temperature at Position 7; Data and Case 4

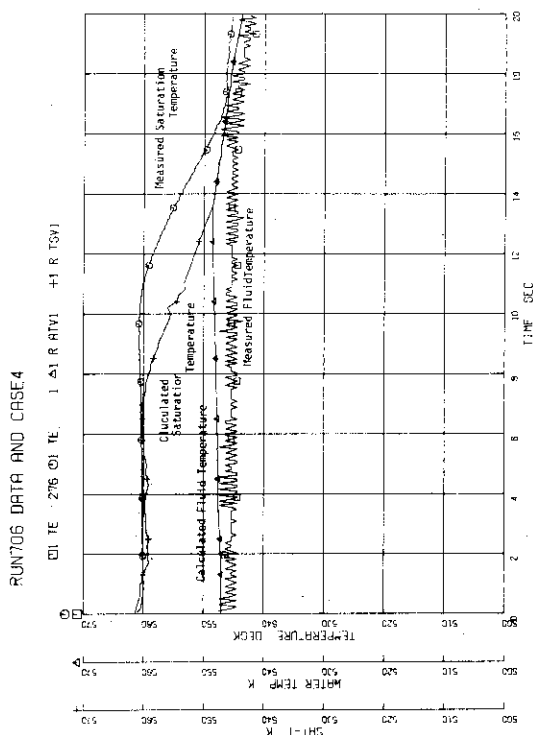


Fig. 7.17 Lower Plenum Fluid Temperature and Saturation Temperature; Data and Case 4

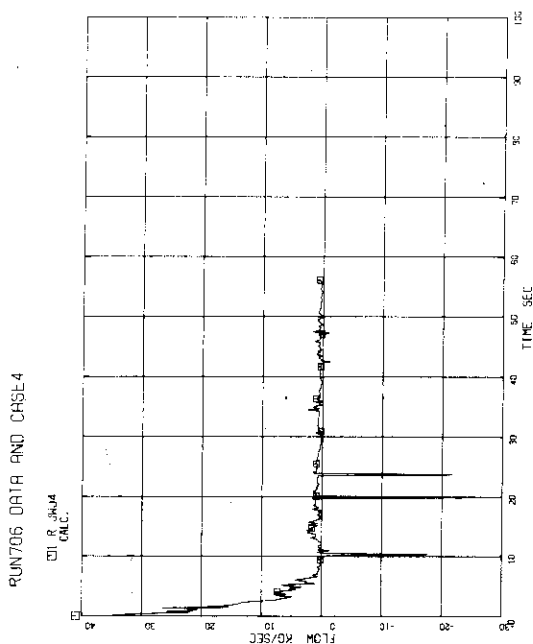


Fig. 7.19 Core Outlet Flow Rate; Case 4

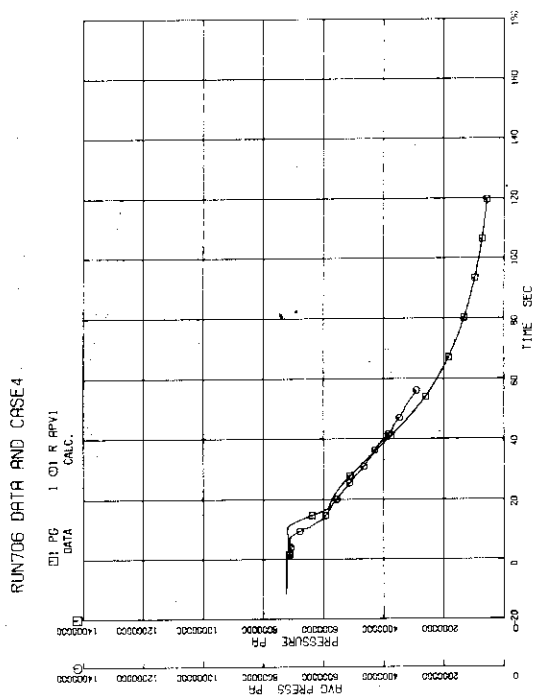


Fig. 7.16 Lower Plenum Pressure; Data and Case 4

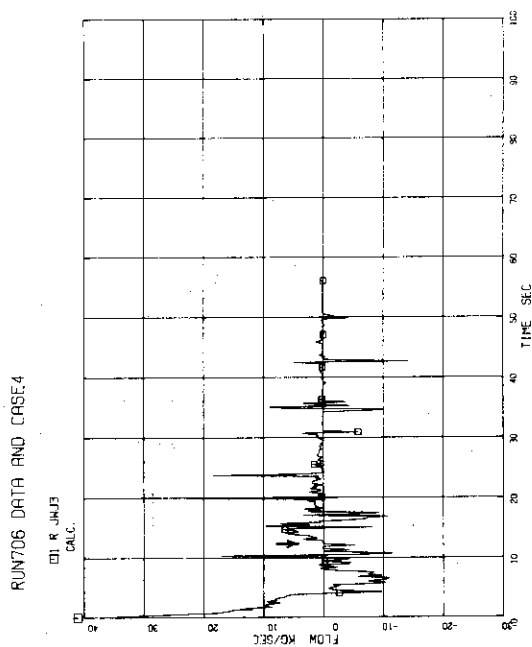


Fig. 7.18 Core Inlet Flow Rate; Case 4

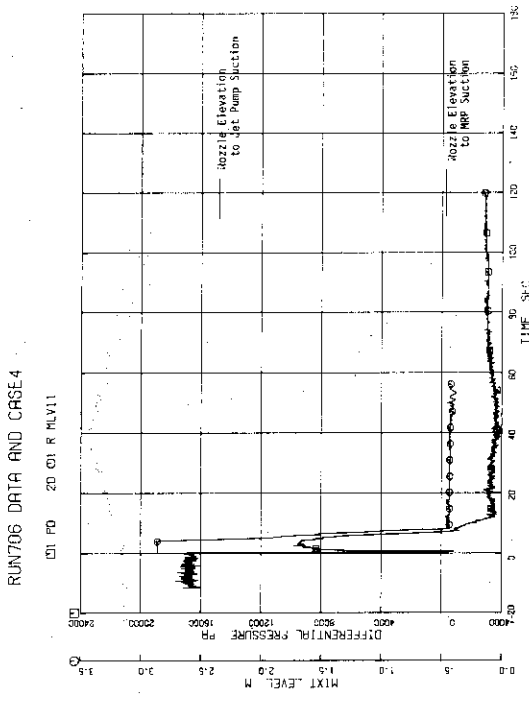


Fig. 7.20 Measured Downcomer Head and Calculated Mixture Level in Downcomer; Data and Case 4

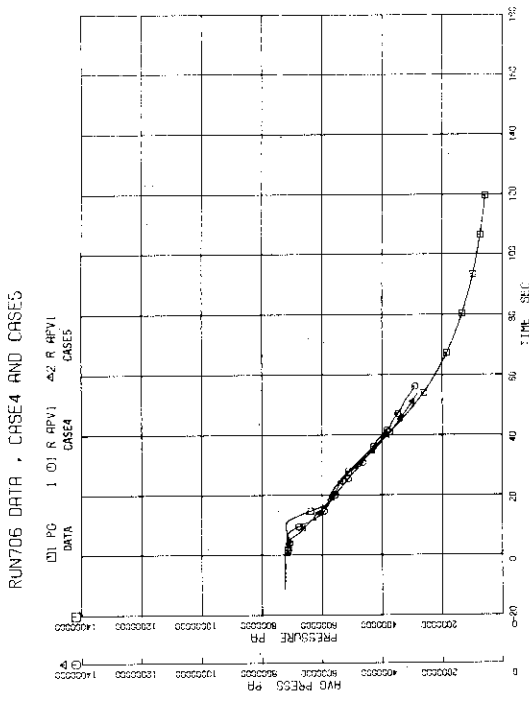


Fig. 7.21 Lower plenum Pressure; Data, Case 4 and Case 5

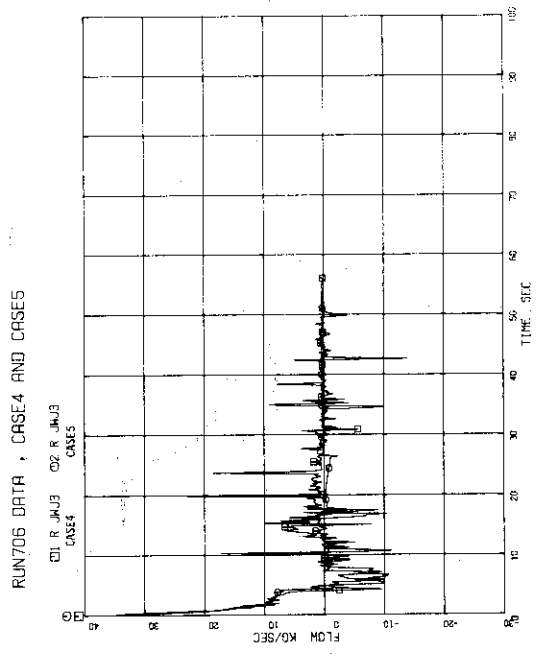


Fig. 7.22 Core Inlet Flow Rate; Case 4 and Case 5

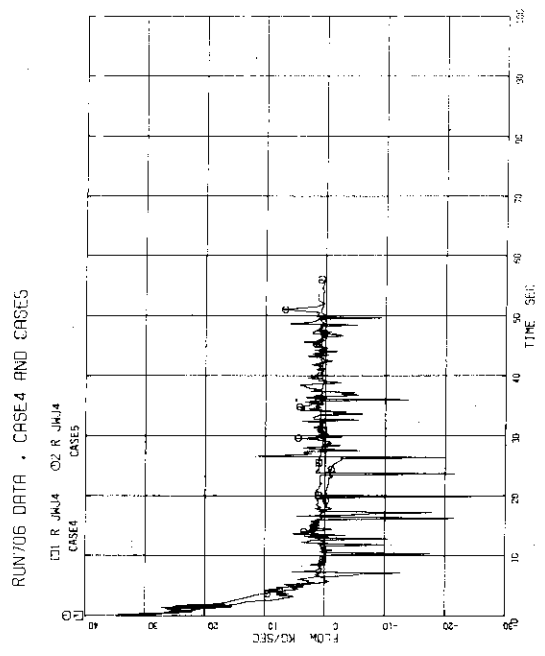


Fig. 7.23 Core Outlet Flow Rate; Case 4 and Case 5

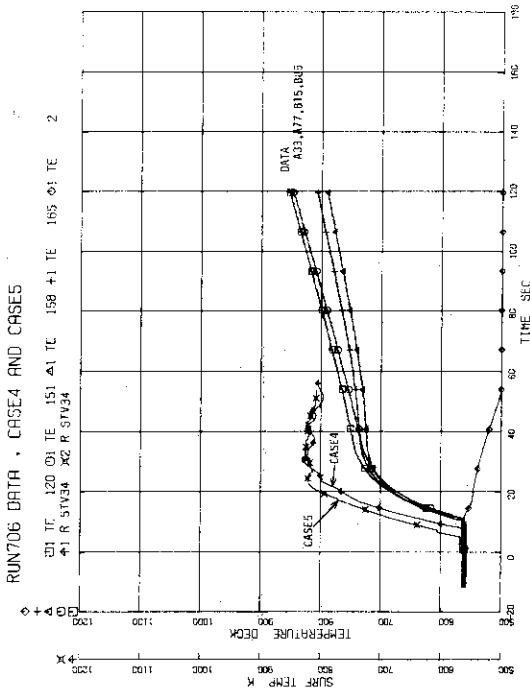


Fig. 7.24 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data, Case 4 and Case 5

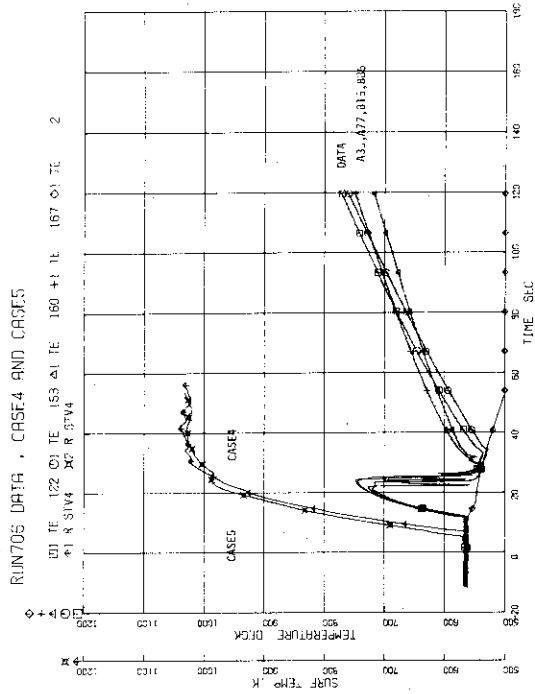


Fig. 7.25 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data, Case 4 and Case 5

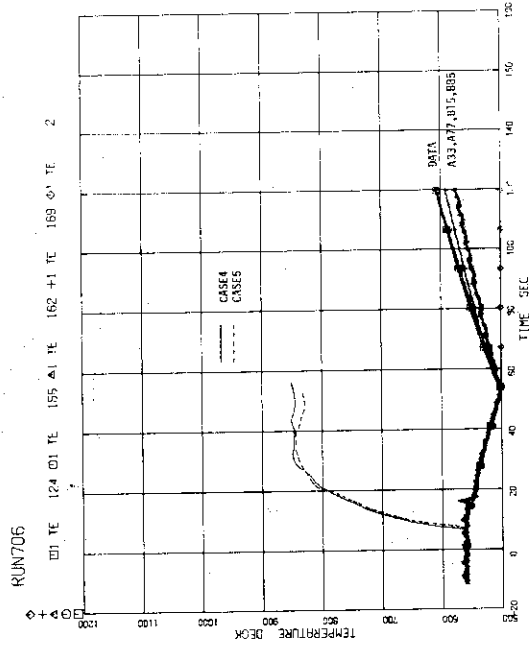


Fig. 7.26 Heater Rod Surface Temperature at Position 6; Data, Case 4 and Case 5

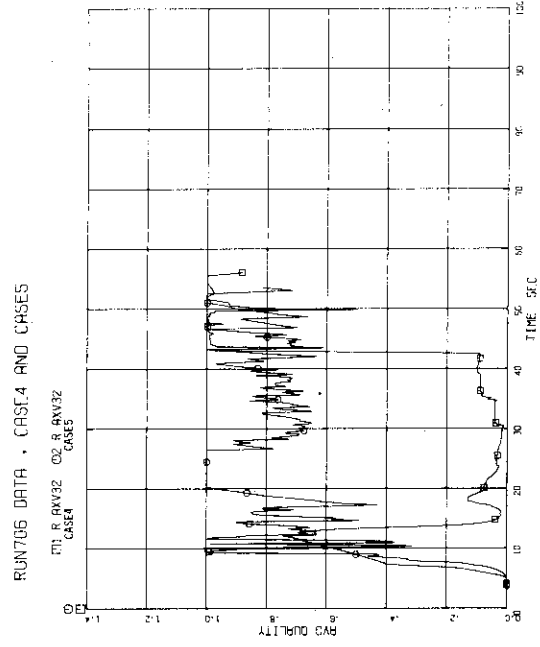


Fig. 7.27 Average Quality in Core Volume V 32; Case 4 and Case 5

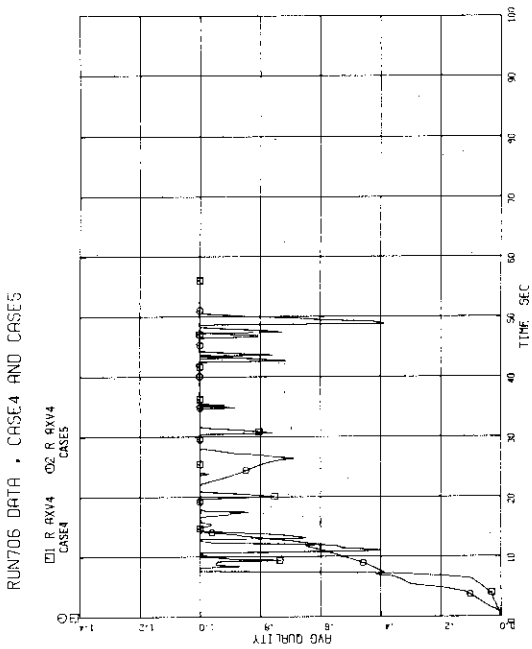


Fig. 7.29 Average Quality in Core Volume V 4;  
Case 4 and Case 5

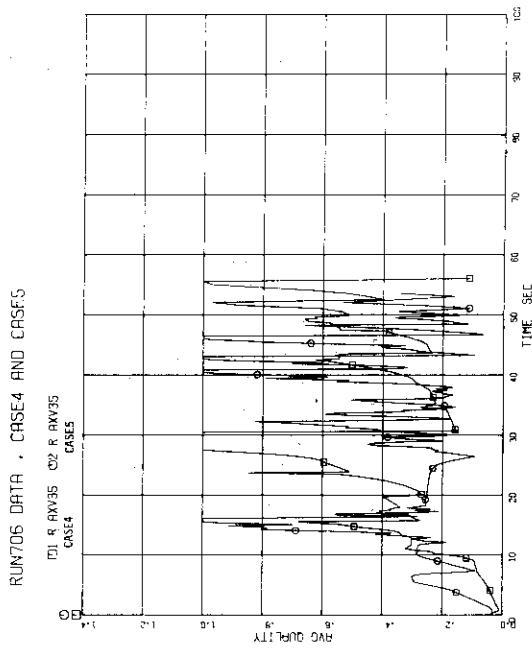


Fig. 7.31 Average Quality in Core Volume V 35;  
Case 4 and Case 5

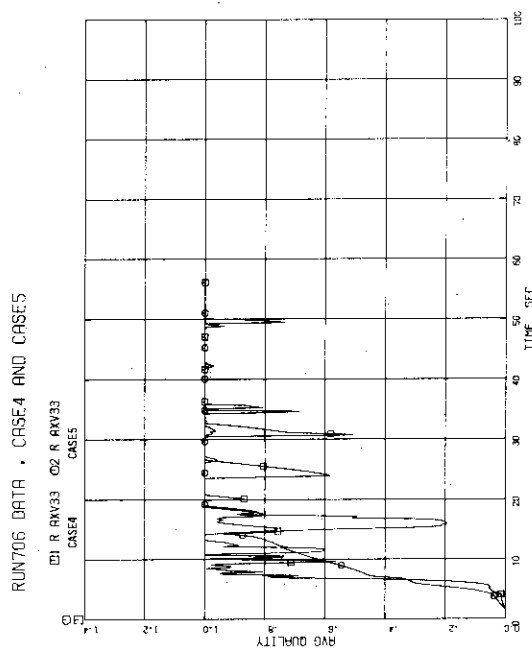


Fig. 7.28 Average Quality in Core Volume V 33;  
Case 4 and Case 5

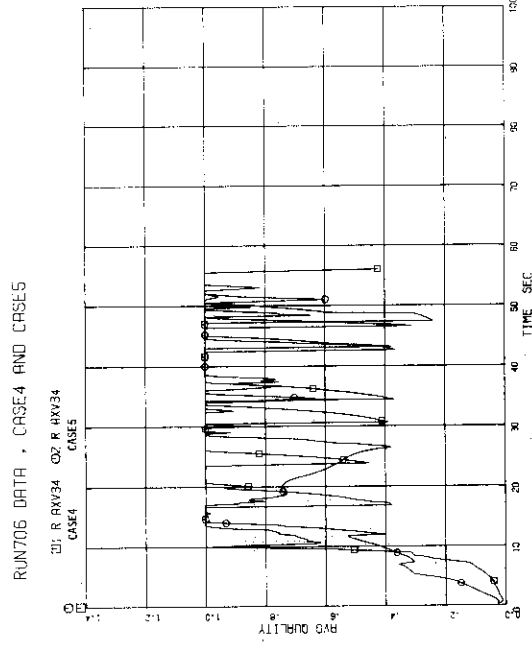


Fig. 7.30 Average Quality in Core Volume V 34;  
Case 4 and Case 5

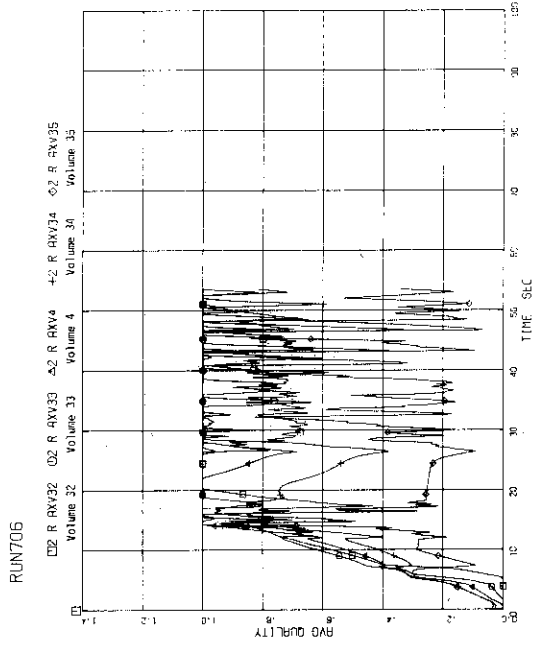


Fig. 7.32 Average Quality in Core Volumes; Case 4

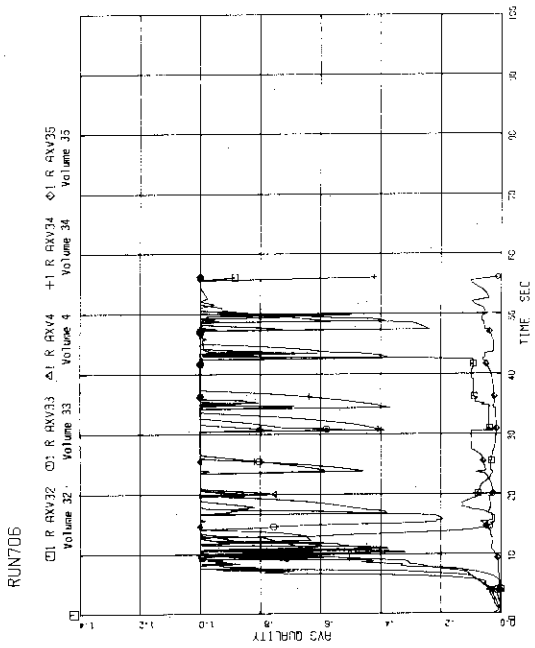


Fig. 7.33 Average Quality in Core Volumes; Case 5

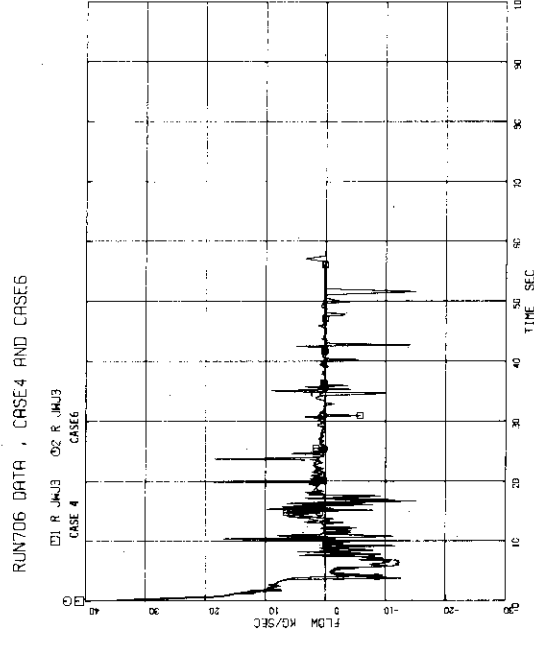


Fig. 7.34 Lower Plenum Pressure; Data, Case 4 and Case 6

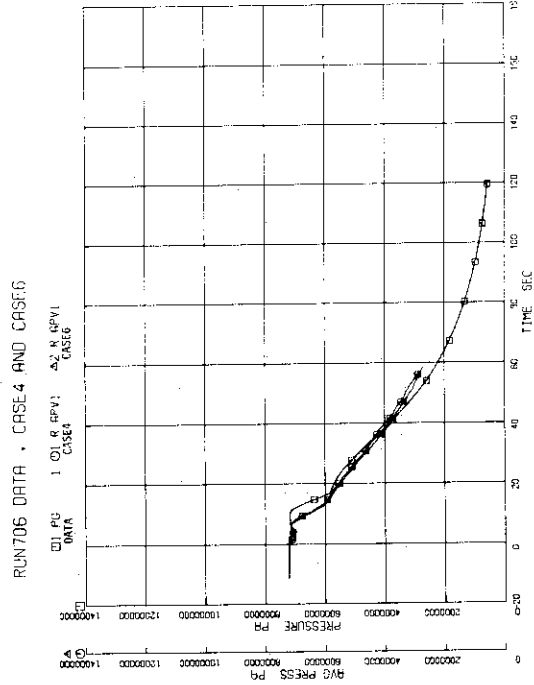


Fig. 7.35 Core Inlet Flow Rate; Case 4 and Case 6

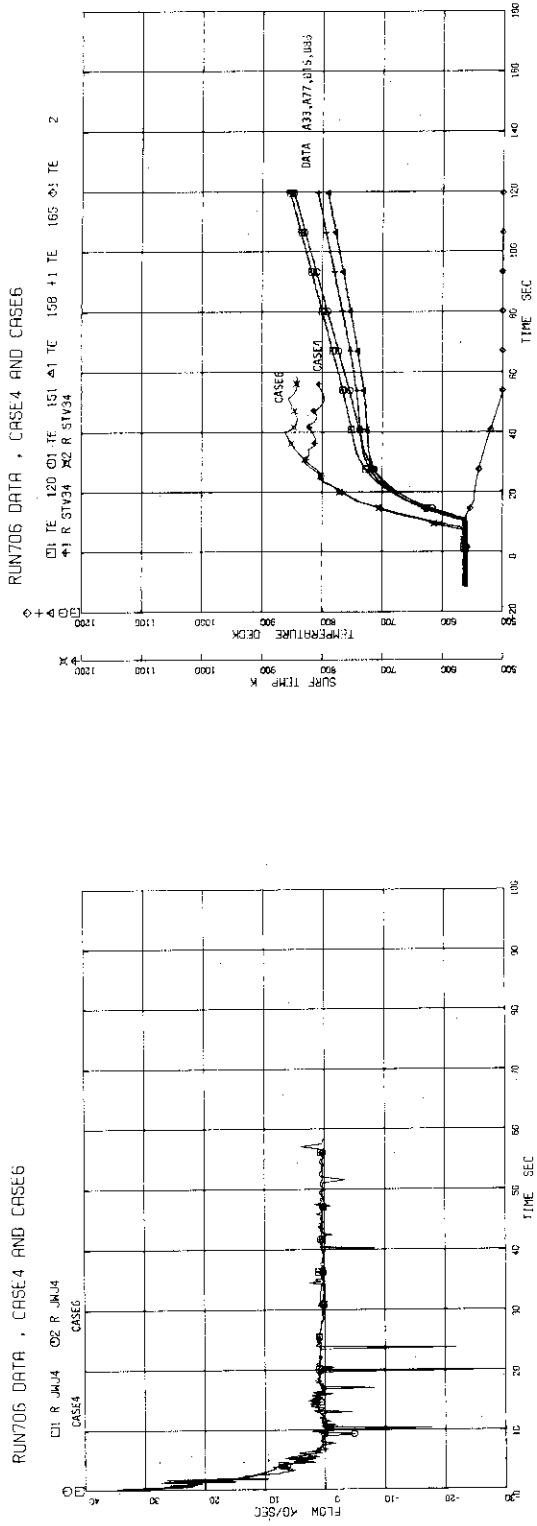


Fig. 7.36 Core Outlet Flow Rate; Case 4 and Case 6

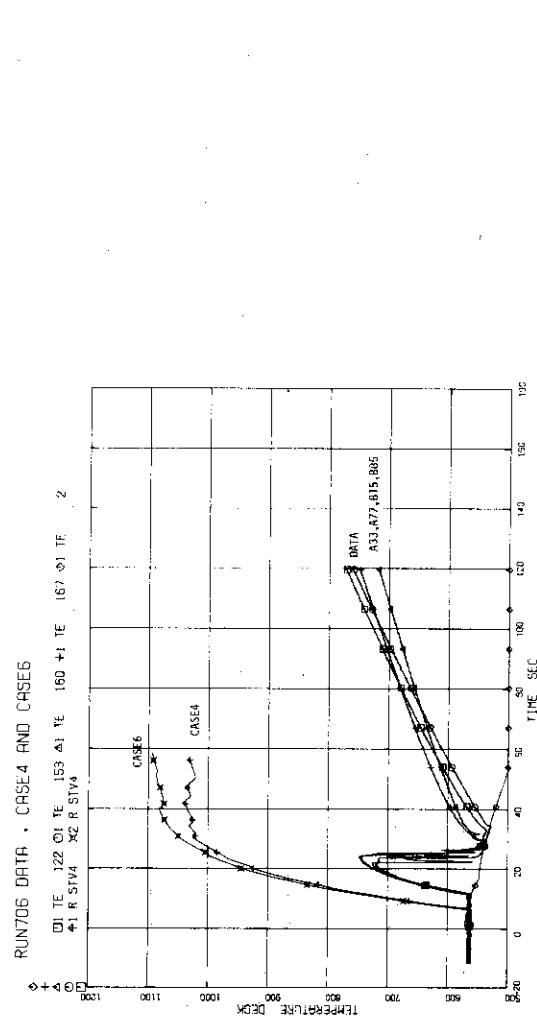


Fig. 7.37 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data, Case 4 and Case 6

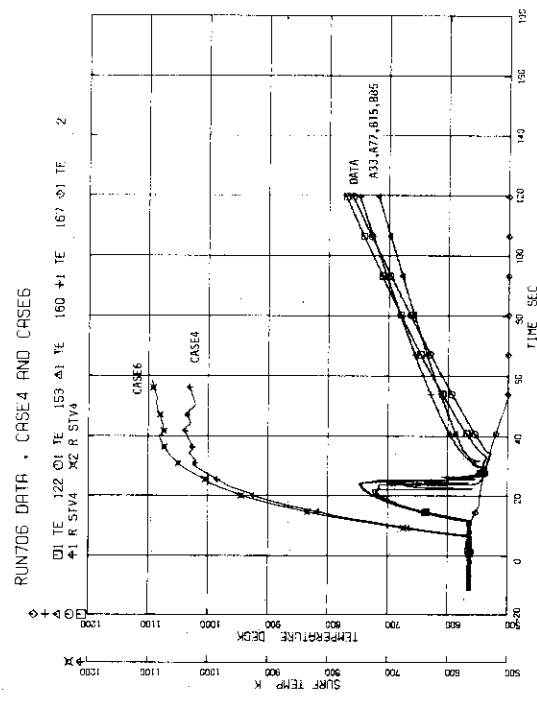


Fig. 7.38 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data, Case 4 and Case 6

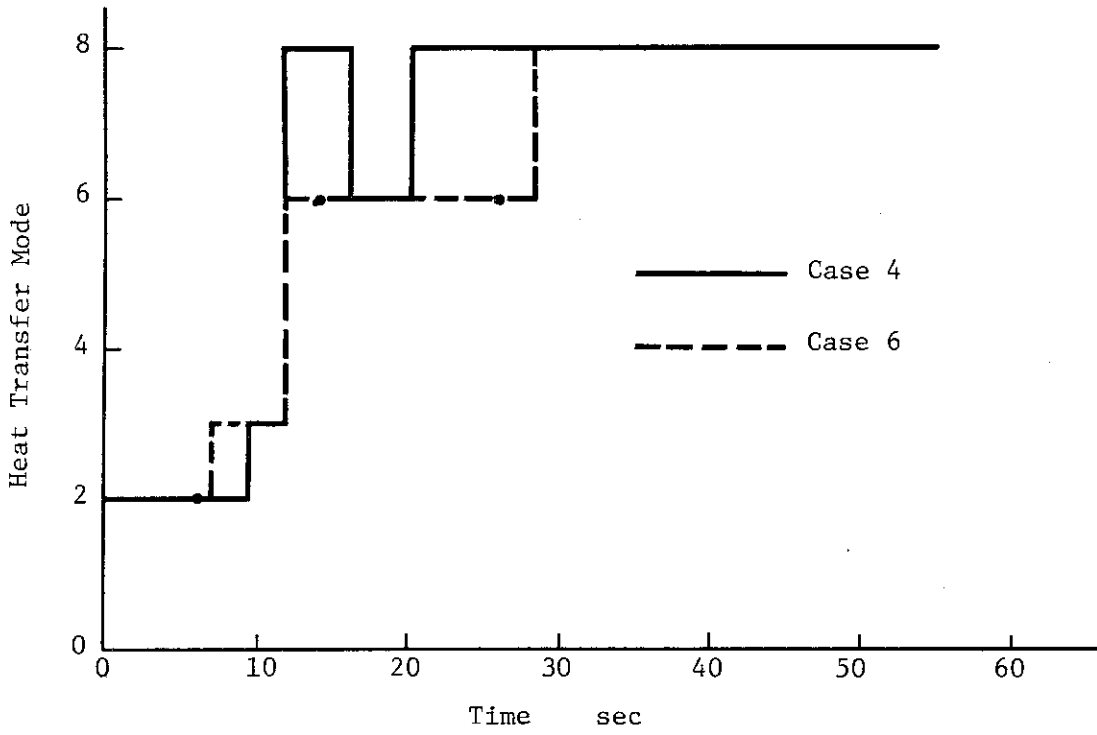


Fig.7.39 Heat Transfer Mode of Case 4 and Case 6 at Heat Slab 48

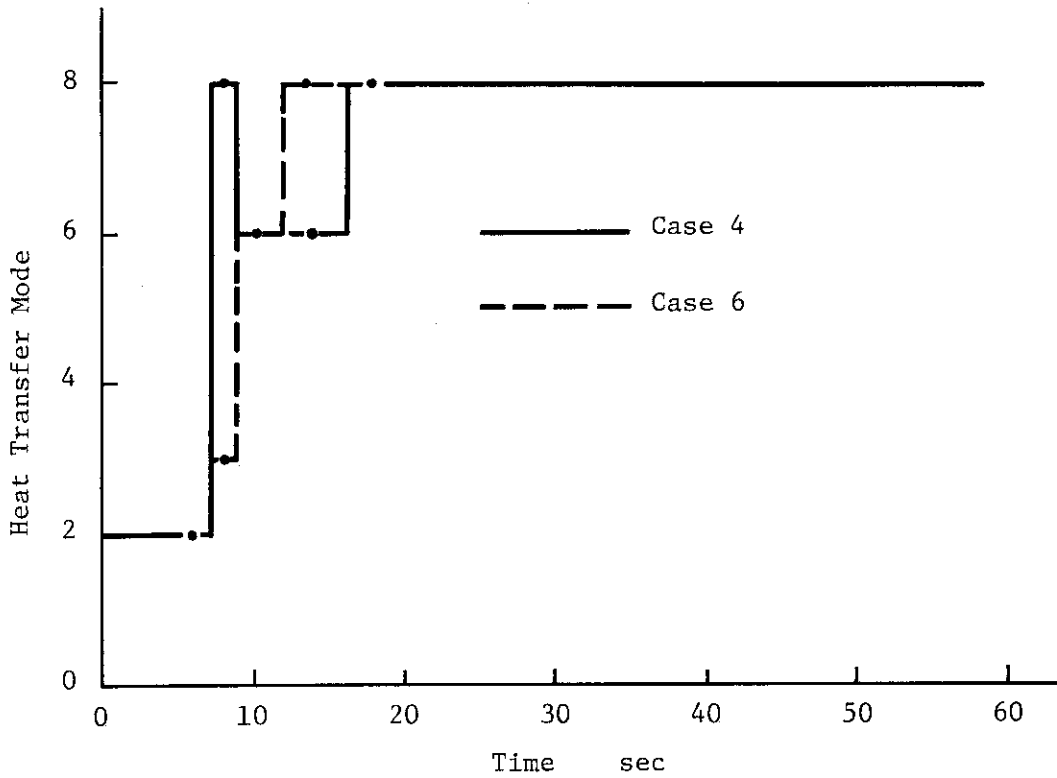


Fig.7.40 Heat Transfer Mode of Case 4 and Case 6 at Heat Slab 4



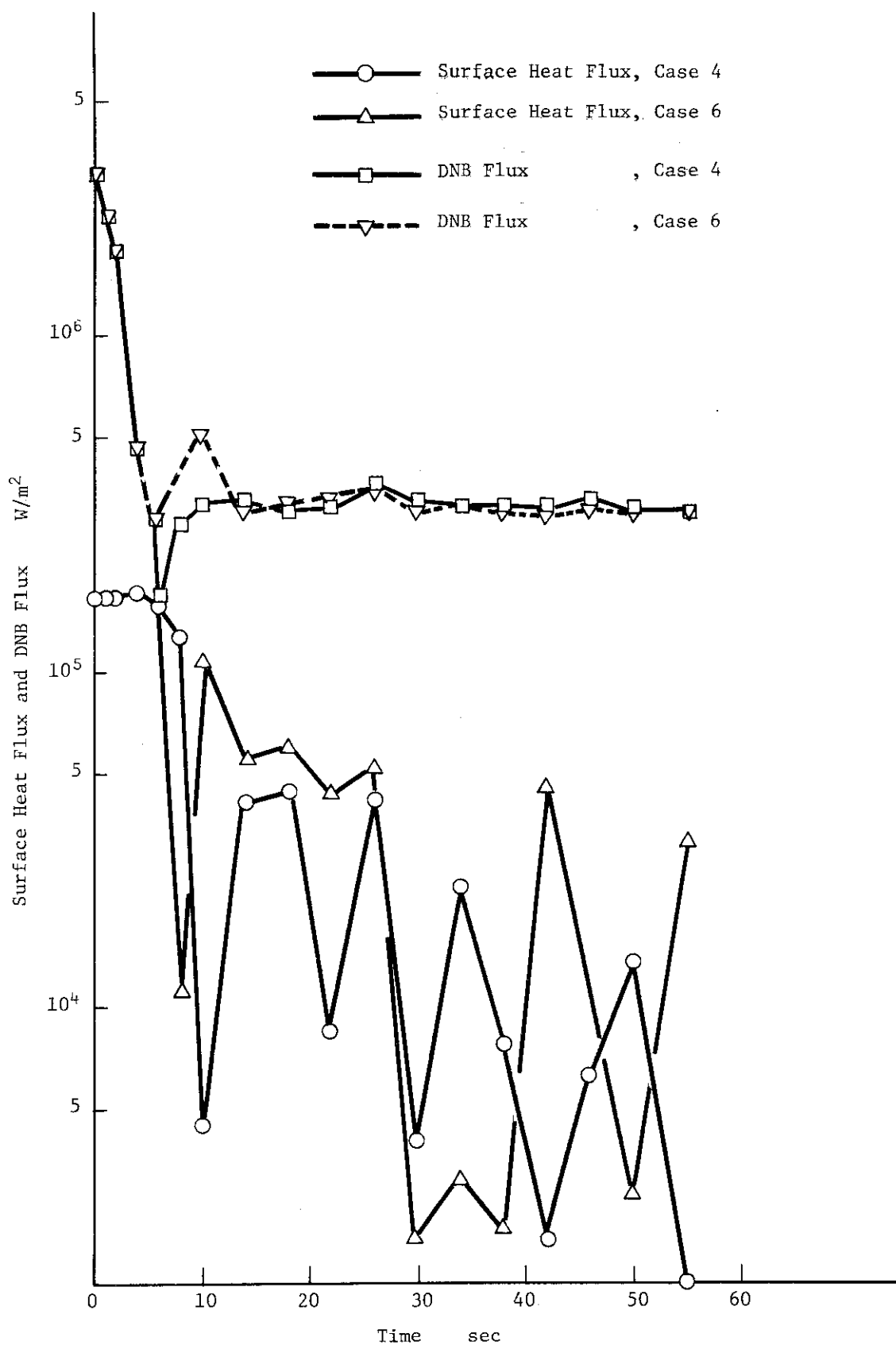


Fig.7.41 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 4 and Case 6 at Heat Slab 48

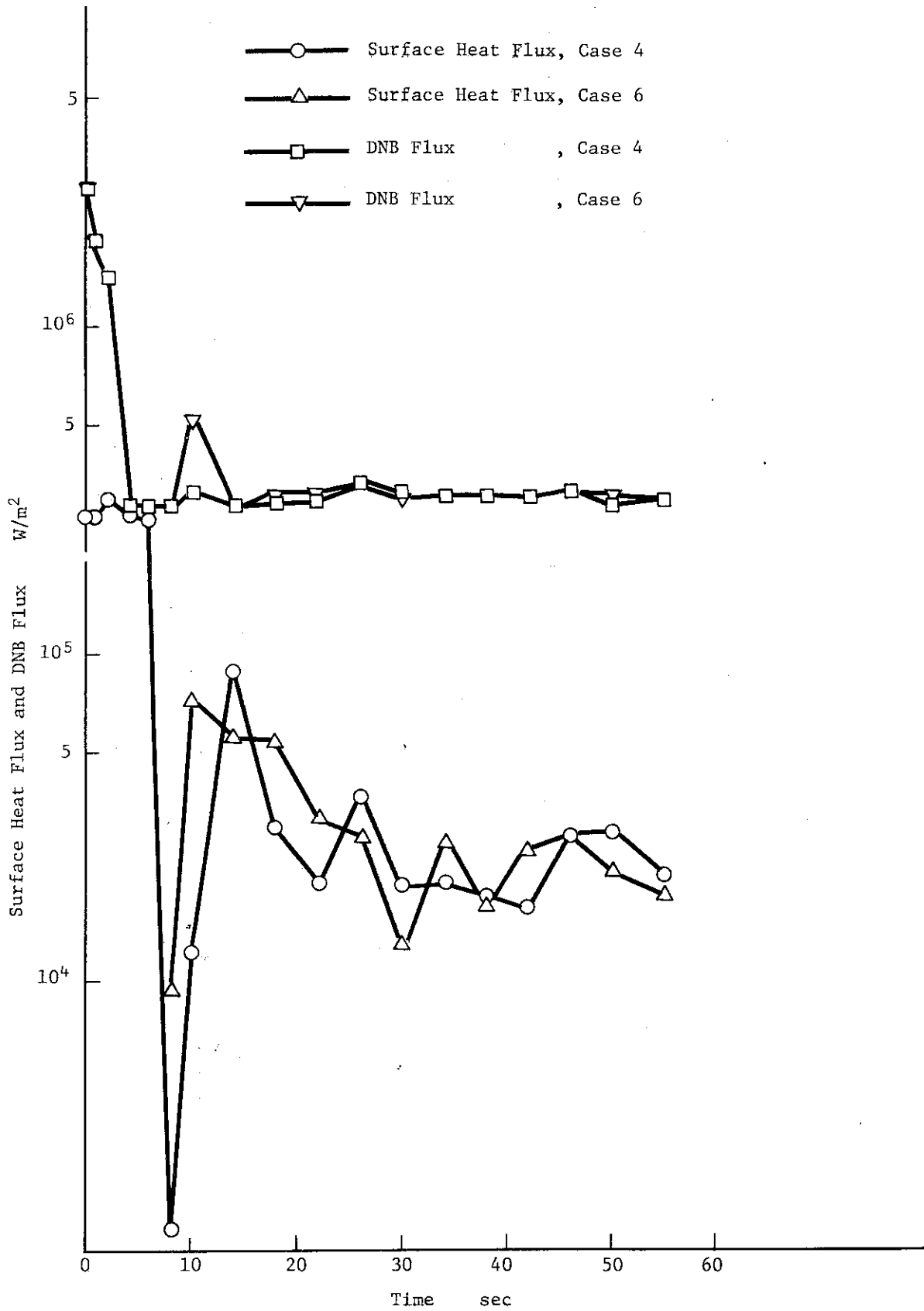


Fig.7.42 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 4 and Case 6 at Heat Slab 4

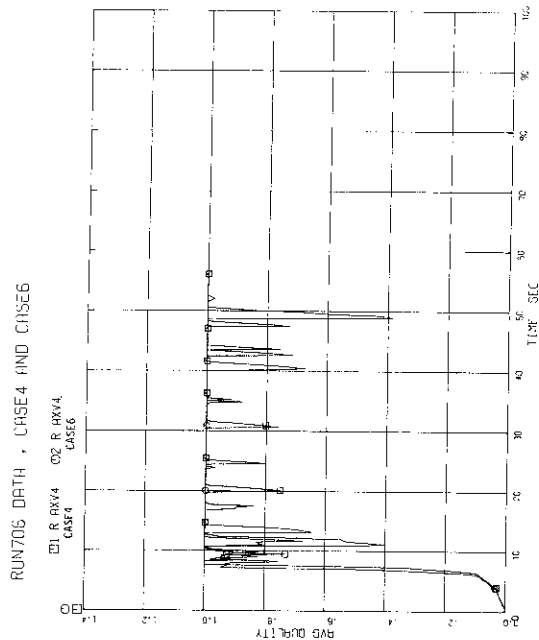


Fig. 7.43 Average Quality in Core Volume V 34; Case 4 and Case 6

RUN706 DATA, CASE4 AND CASE6

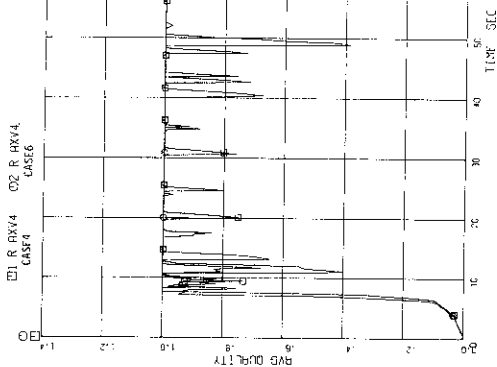


Fig. 7.44 Average Quality in Core Volume V 4; Case 4 and Case 6

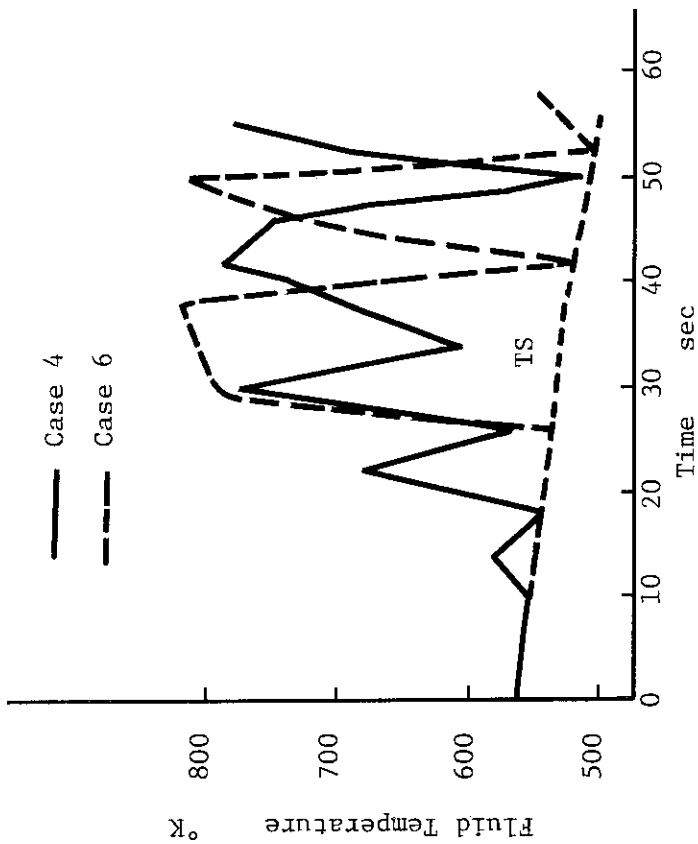


Fig.7.45 Fluid Temperature in V34

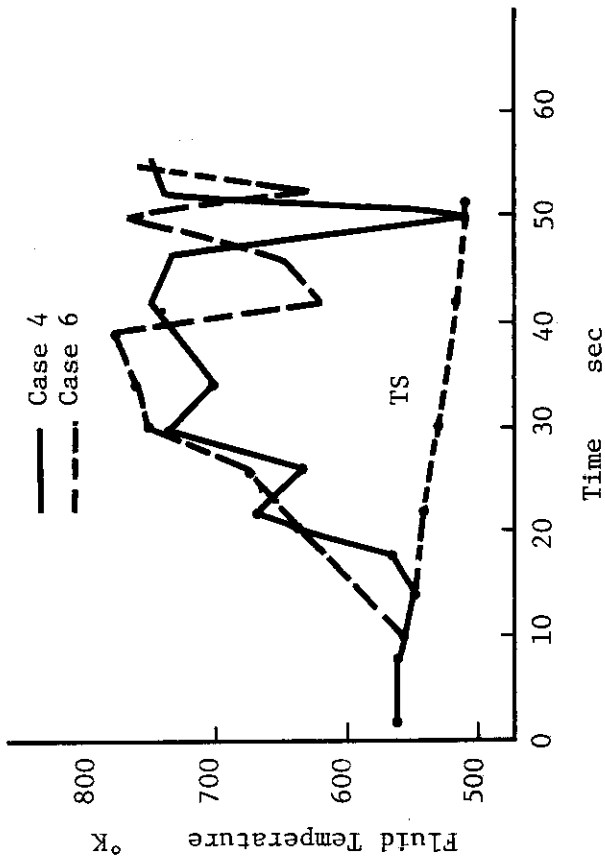


Fig. 7.46 Fluid Temperature in V4

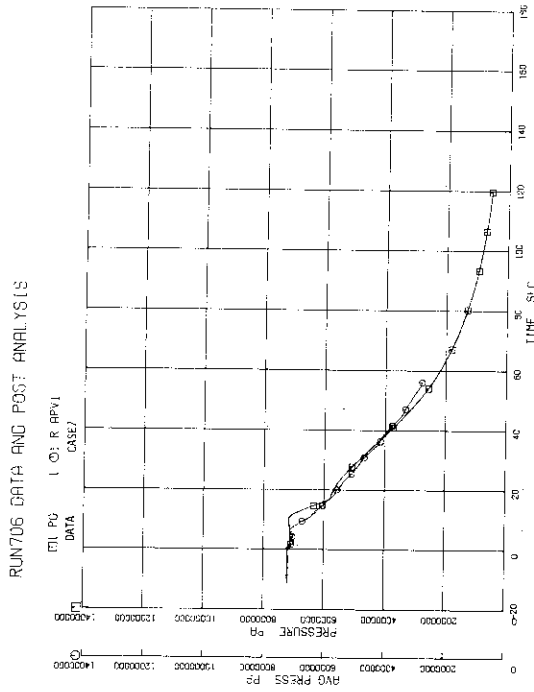


Fig. 7.47 Lower Plenum Pressure; Data and Case 7

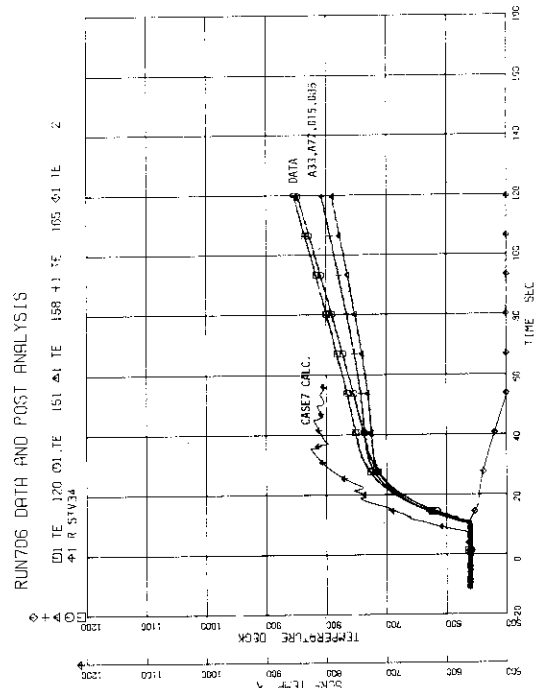


Fig. 7.48 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 7

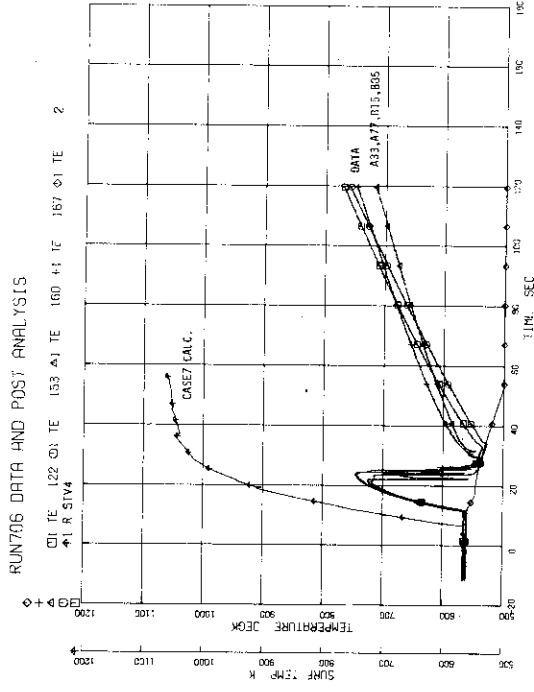


Fig. 7.49 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 7

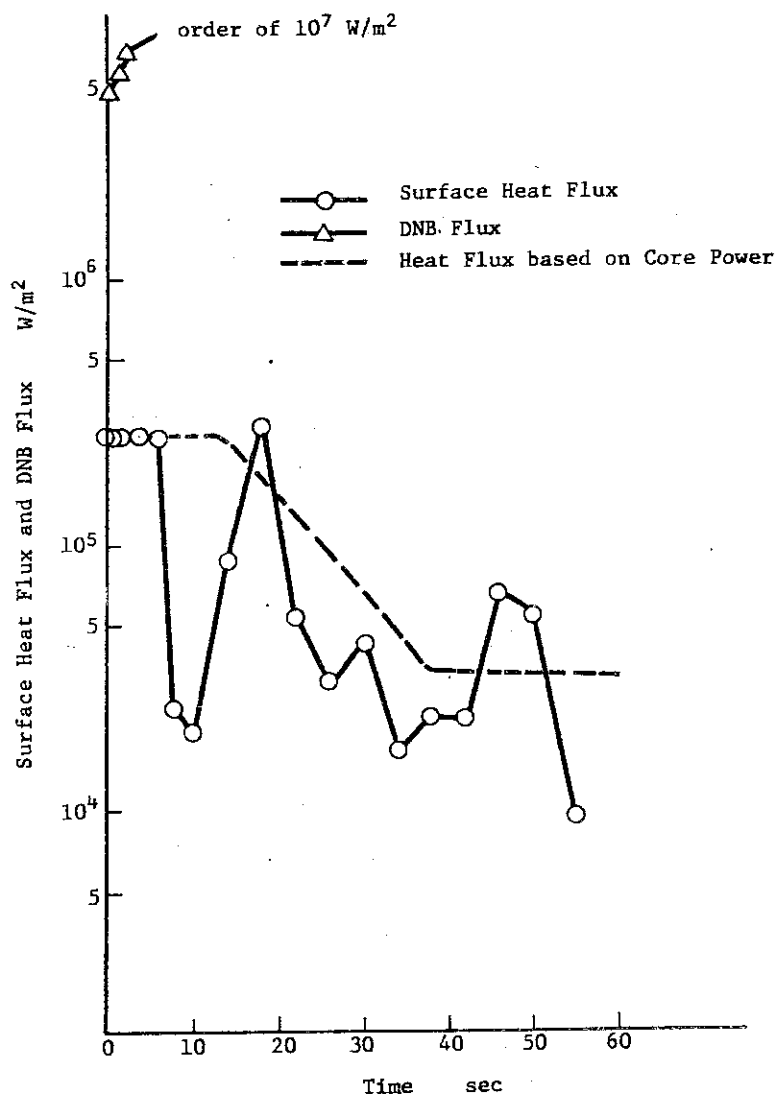


Fig.7.50 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 7 at Heat Slab 4

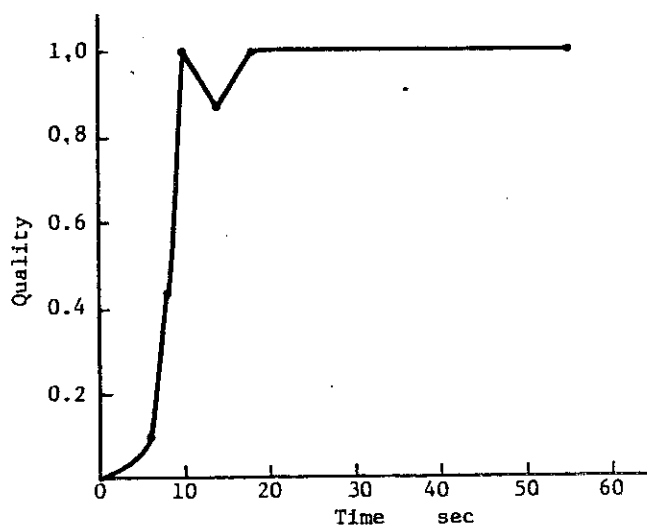


Fig.7.51 Average Quality in Volume 4; Case 7

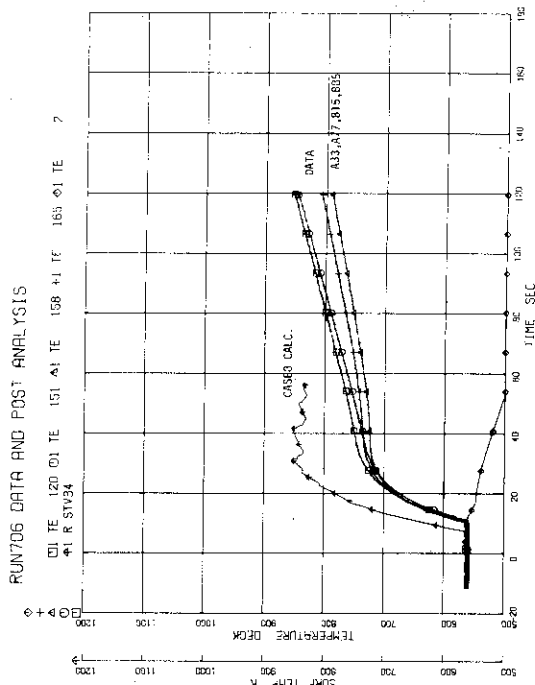


Fig. 7.52 Lower Plenum Pressure; Data and Case 8

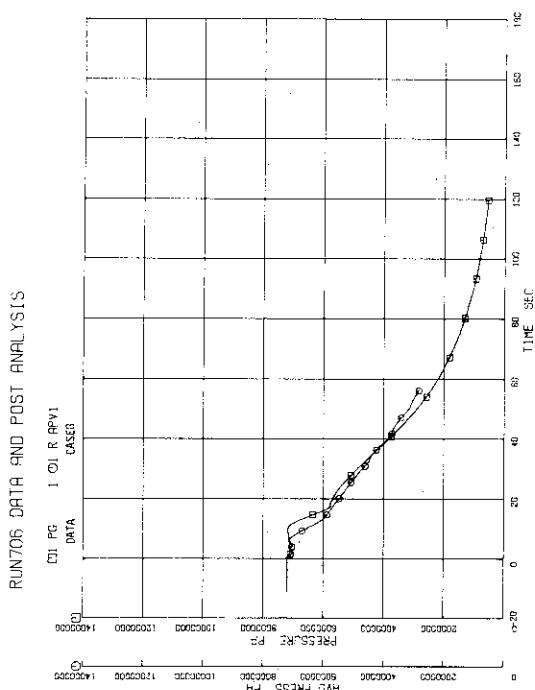


Fig. 7.53 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 8

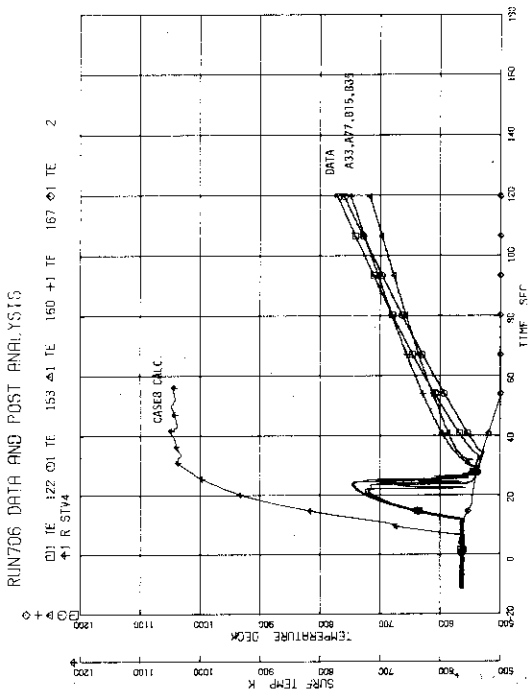


Fig. 7.54 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 8

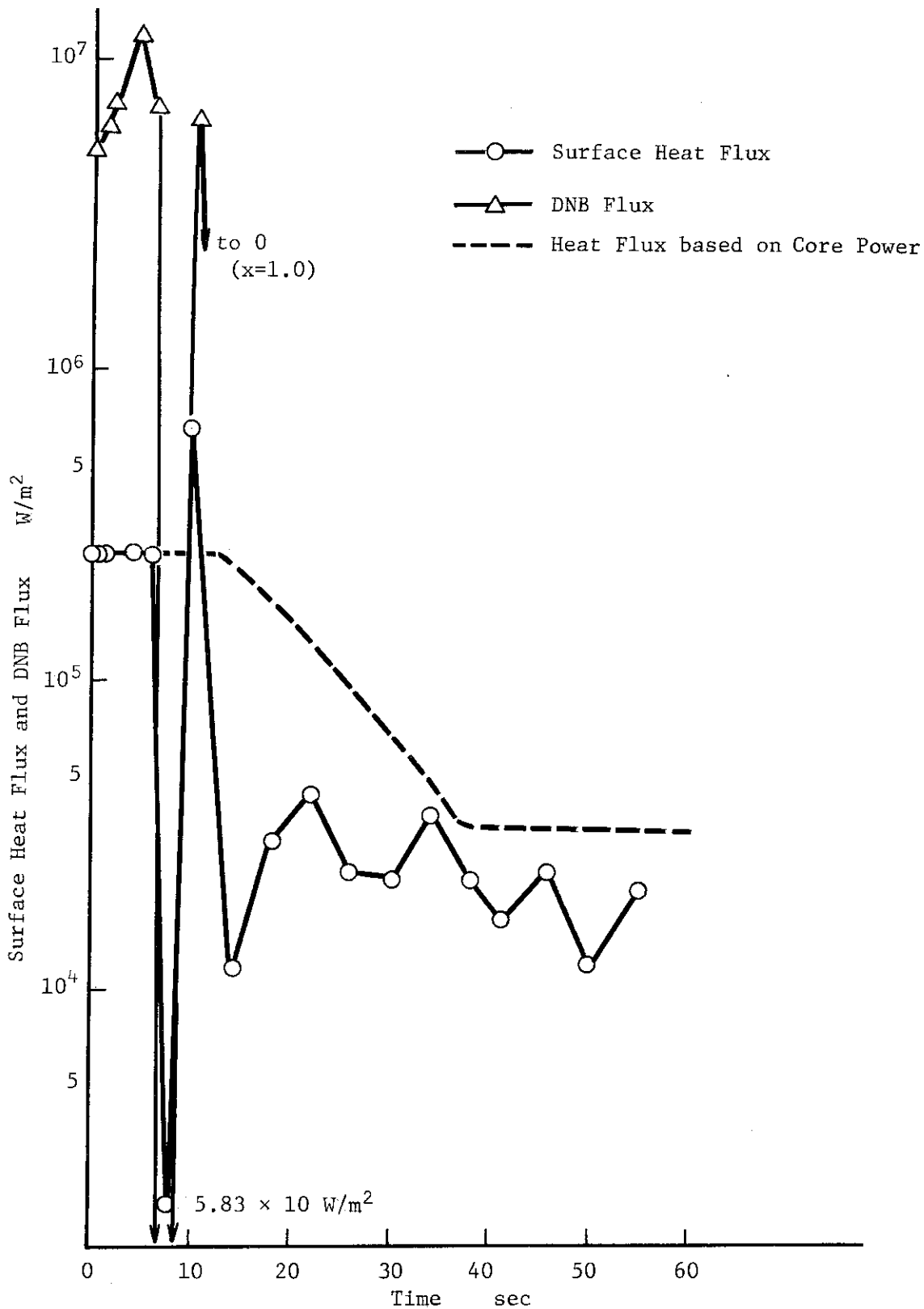


Fig.7.55 Surface Heat Flux and DNB Flux; Case 8 at Heat Slab 4

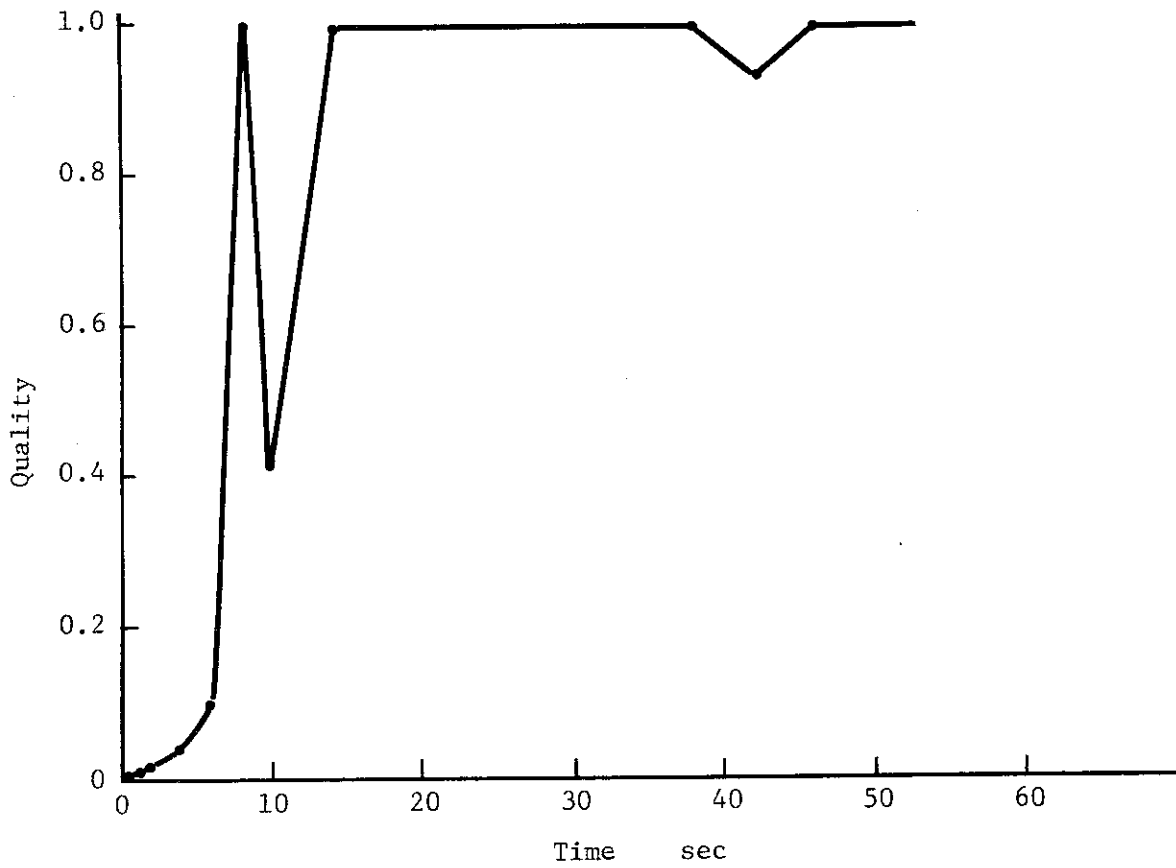


Fig.7.56 Average Quality in Volume 4; Case 8

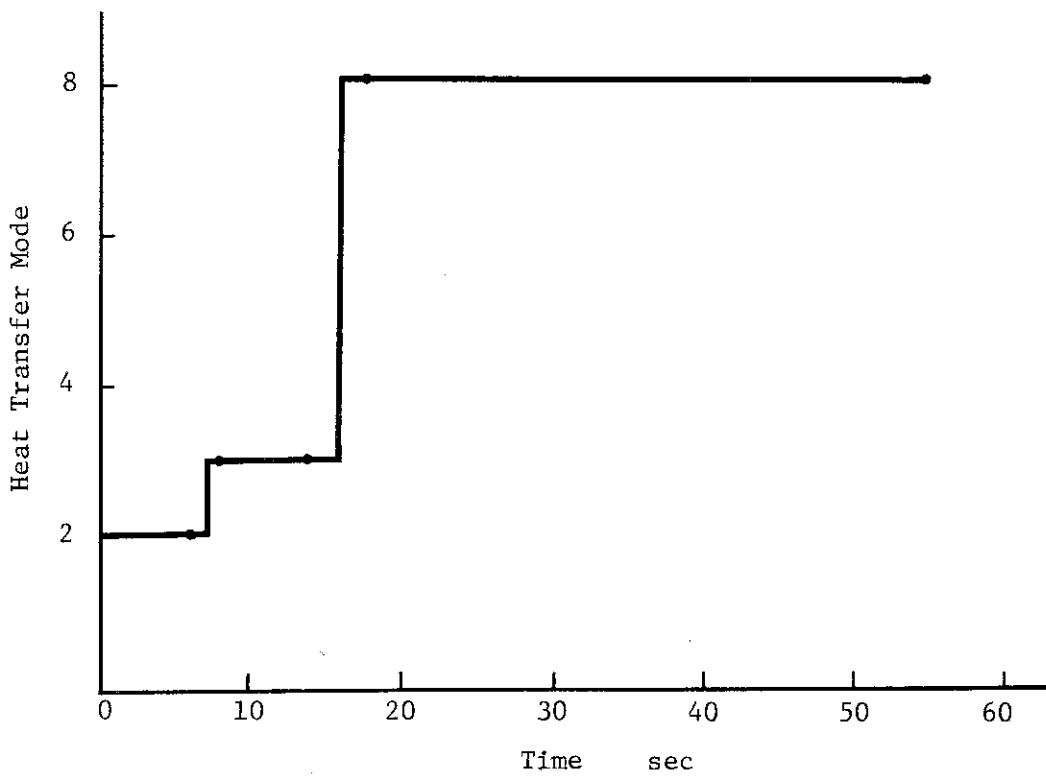


Fig.7.57 Heat Transfer Mode of Case 7 at Heat Slab 4



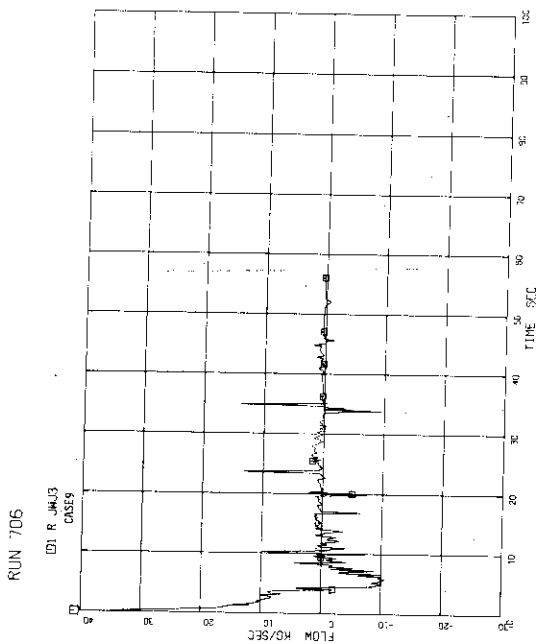


Fig. 7.59 Core Inlet Flow Rate; Case 9

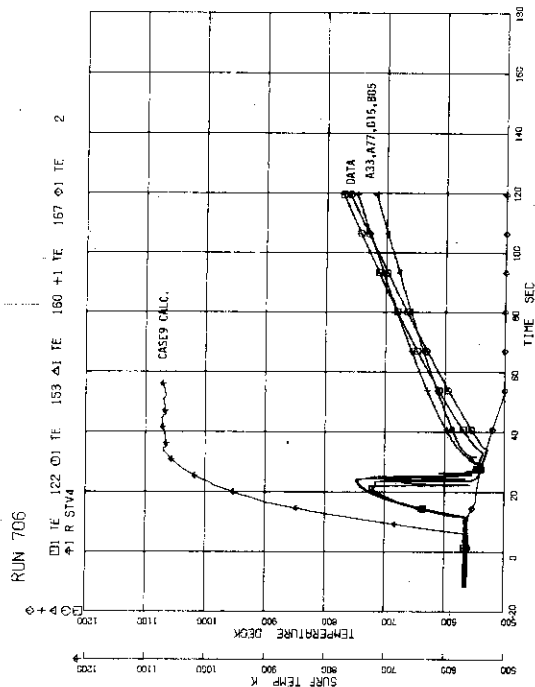


Fig. 7.61 Heater Rod Surface Temperature at Position 4; Data and Case 9

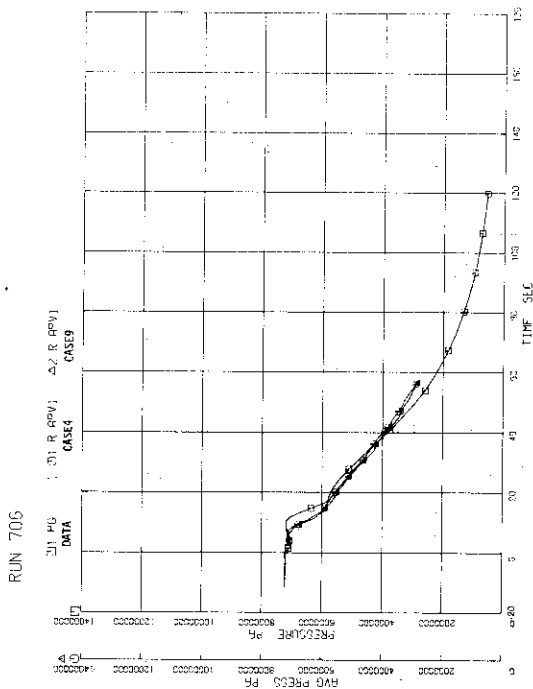


Fig. 7.58 Lower plenum pressure; Data, Case 4 and Case 9

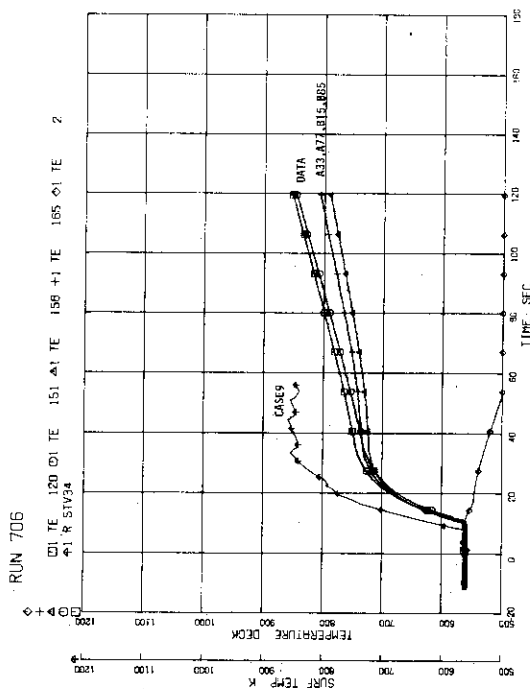


Fig. 7.60 Heater Rod Surface Temperature at Position 2; Data and Case 9

## 8. 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把握し、安全解析用計算コードの予測能力の評価と予測精度の向上を図ることである。RUN 705 は等温ブローダウン実験であって、炉心初期出力、炉心初期流量がゼロの状態から開始した実験である。また、RUN 706 は炉心初期出力、炉心初期流量はあるが、破断実験開始と同時に蒸気の放出と給水を停止し、ECCS を作動させなかった実験である。破断条件はいずれも再循環ポンプ吸込側配管の 200% 両端破断である。

本報では RUN 705, RUN 706 の実験結果に対し検討を加えるとともに、計算コード RELAP 4J を用いて結果の解析を行なった。ROSA III のノーディング法は炉心を 1 ボリュームとし ROSA III 全体系を 31 ボリューム、50 ジャンクション、41 ヒートスラブとした場合と、炉心を 5 ボリュームとし ROSA III 全体系を 35 ボリューム、54 ジャンクション、50 ヒートスラブとした場合の 2 通りを用いた。

主な結論及び今後の検討課題を以下に示す。

- (1) 実験 RUN 705 は系内の流動がほぼ停止した状況から開始された。下部プレナムフラッシング開始時刻は 5 秒であった。ダウンカム水位は 20 秒でゼロとなっている。炉心と下部プレナムそれぞれに蒸気-水の 2 相混合水位の形成が見られた。
- (2) 実験 RUN 706 は設定条件を満足して行なわれた。再循環ポンプ吸込口アンカバリ時刻は 8 秒であって、ダウンカム水位は 12 秒でゼロとなった。下部プレナムフラッシング開始時刻は 16.5 秒であった。下部プレナムフラッシング開始以前に炉心入口流に逆流が見られた。ヒータ表面は炉心水位の急低下にともない 11~14 秒にかけてドライアウトした。炉心中位から下部では下部プレナムフラッシングにともなう水位上昇により下から順に 16~29 秒にかけてヒータ表面は 1 度 rewet した。その後、水位の再低下にともない逆に上から順に 33 秒から 53 秒にかけてドライアウトした。
- (3) 実験 RUN 702 の解析の結果得た入力データを RUN 705 にあわせて変更し、実験 RUN 705 の解析を RELAP 4J コードにより行なった。系全体の流動については実験結果とよく一致した。しかし、ジェットポンプ駆動ノズル部に Moody の臨界流モデルを適用した場合臨界流係数  $C_D$  は 0.57 では小さすぎ、1.0 とした。

炉心内水位の実験結果では、蒸気の部分、水-蒸気 2 相混在状態の部分、水の部分と層状に区分されていたのに対し、炉心内の水位変化の計算結果は実験での蒸気発生時期に近い変化を示した。これは計算では水位は蒸気とボイドを含んだ水とを区切る平らな水面によって定義され現象にそぐわないこと、また水面下のボイド分布が正しく表わされていないことによる。また、炉心入口流量の計算結果に、破断後大きな逆流が見られ、これも不一致の一因となっていると考えられる。炉心内ボイド分布の計算モデルの改良を行なう必要がある。また、直接実験で炉心入口流量を求める努力も行なうべきである。

- (4) 実験 RUN 705 の解析の結果得た入力データを RUN 706 の条件にあわせて変更し RUN 706 の RELAP 4J による解析を行なった。炉心を 1 ボリュームとした場合と 5 ボリュームとした場合

で大きな違いはない。系全体の挙動、特に圧力の計算結果と実験結果の一致はほぼ満足のいくものであったが実験RUN 705の場合に比べ一致度は悪くなっている。これはRUN 706では炉心発熱があり実験と計算で炉心内の蒸気発生量に不一致があるためである。

(5) RUN 706の解析を炉心を5ボリュームとして行なった場合、ダウンコマ再循環ポンプ吸込口アンカバリ時刻は7秒、下部プレナムフラッシング開始時刻は13.6秒と計算された。ヒータ表面温度の計算結果は実験値の11～14秒より早く7秒で一斉に上昇を開始し、最上部を除き実験値より高い値となっている。最下部を除き、下部プレナムフラッシングによるrewetはない。また、炉心入口流量の計算結果に破断後大きな逆流が見られる。今後、実験で再循環管路逆流時の特性を明確にする必要がある。また炉心入口流量が測定できるよう努力すべきである。

(6) 実験RUN 706の解析で、炉心内5ボリュームを均質とした場合、圧力の計算値と実験値の一致は若干悪くなり、ヒータ表面温度の上昇開始時期は実験より更に早くなる。

実験では、炉心上部は高ボイド状態ではほぼ蒸気で満たされ、下部は低ボイド状態で、その間には水-蒸気の混じりあった状態であるボイド分布になっているのに対し、計算では、炉心内5ボリュームを均質とした場合でも、各ボリュームに水位形成モデルを適用した場合でも、この傾向を充分には表わしていない。熱伝達計算はこの炉心内ボイド分布と密接に関連しており、炉心内ボイド分布計算モデルの改良の必要がある。また、炉心内が実験より早く高ボイド状態となっており、今後炉心入口流量の変化について検討を要する。

(7) RELAP 4JおよびRELAP 4/Mod 5で用いられている強制対流蒸発熱伝達式、Schrock and Grossmanの式には誤りがある。また、適用範囲を大きくはずれて用いられている。今後、この領域の熱伝達率相関式も含め、実際の炉心内流動状態に相応するように熱伝達計算モデルを改良することが必要である。実験データのない領域については測定が必要となる。

(8) 計算でのヒータ表面温度の上昇は表面熱流束が限界熱流束を超えたために生ずるのではなく、流路ボリューム内のクオリティの上昇、さらに蒸気単相状態へ移行のため熱伝達率が低下することにより生ずる。

(9) 実験RUN 706の場合、下部プレナムから再循環管路への逆流時流動抵抗を幾何形状から求まる値より大きく(16倍)した計算でも、破断後の炉心入口流量には同様に大きな逆流が見られ、結果に大きな差異はない。今後の検討課題である。

(10) 炉心内の蒸気の発生量は系の圧力計算の結果に大きな影響を与える。炉心内熱伝達が正しく計算されるよう、コードの改良が望まれる。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、安全工学第一研究室の岡崎元昭氏、傍島真氏、鈴木光弘氏、安濃田良成氏、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。

で大きな違いはない。系全体の挙動、特に圧力の計算結果と実験結果の一致はほぼ満足のいくものであったが実験RUN 705の場合に比べ一致度は悪くなっている。これはRUN 706では炉心発熱があり実験と計算で炉心内の蒸気発生量に不一致があるためである。

- (5) RUN 706の解析を炉心を5ボリュームとして行なった場合、ダウンカム再循環ポンプ吸込口アンカバリ時刻は7秒、下部プレナムフラッシング開始時刻は13.6秒と計算された。ヒータ表面温度の計算結果は実験値の11～14秒より早く7秒で一斉に上昇を開始し、最上部を除き実験値より高い値となっている。最下部を除き、下部プレナムフラッシングによるrewetはない。また、炉心入口流量の計算結果に破断後大きな逆流が見られる。今後、実験で再循環管路逆流時の特性を明確にする必要がある。また炉心入口流量が測定できるよう努力すべきである。
- (6) 実験RUN 706の解析で、炉心内5ボリュームを均質とした場合、圧力の計算値と実験値の一致は若干悪くなり、ヒータ表面温度の上昇開始時期は実験より更に早くなる。
- 実験では、炉心上部は高ボイド状態では蒸気で満たされ、下部は低ボイド状態で、その間には水-蒸気の混じりあった状態であるボイド分布になっているのに対し、計算では、炉心内5ボリュームを均質とした場合でも、各ボリュームに水位形成モデルを適用した場合でも、この傾向を充分には表わしていない。熱伝達計算はこの炉心内ボイド分布と密接に関連しており、炉心内ボイド分布計算モデルの改良の必要がある。また、炉心内が実験より早く高ボイド状態となっており、今後炉心入口流量の変化について検討を要する。
- (7) RELAP 4JおよびRELAP 4/Mod 5で用いられている強制対流蒸発熱伝達式、Schrock and Grossmanの式には誤りがある。また、適用範囲を大きくはずれて用いられている。今後、この領域の熱伝達率相関式も含め、実際の炉心内流動状態に相応するように熱伝達計算モデルを改良することが必要である。実験データのない領域については測定が必要となる。
- (8) 計算でのヒータ表面温度の上昇は表面熱流束が限界熱流束を超えたために生ずるのではなく、流路ボリューム内のクオリティの上昇、さらに蒸気単相状態へ移行のため熱伝達率が低下することにより生ずる。
- (9) 実験RUN 706の場合、下部プレナムから再循環管路への逆流時流動抵抗を幾何形状から求まる値より大きく(16倍)した計算でも、破断後の炉心入口流量には同様に大きな逆流が見られ、結果に大きな差異はない。今後の検討課題である。
- (10) 炉心内の蒸気発生量は系の圧力計算の結果に大きな影響を与える。炉心内熱伝達が正しく計算されるよう、コードの改良が望まれる。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、安全工学第一研究室の岡崎元昭氏、傍島真氏、鈴木光弘氏、安濃田良成氏、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 RELAP 4 J (RELAP 4-MOD 2 の改定について)”, 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) Soda, K., et. al., “Post-Test Analysis of ROSA III Test RUN 701”, JAERI-M 8473 (10. 1979)
- 10) 小泉安郎, 他 2 名, “ROSA III 実験 RUN 702 の実験解析”, JAERI-M, (1. 1980)
- 11) 菊池治, 他 2 名, “ROSA III RUN 703 の実験結果およびその解析”, JAERI-M 8588 (12. 1979)
- 12) “General Electric Standard Safety Analysis Report, BWR/6”, DOCKET-STN-50447-48, GE. Cs. (1975)
- 13) 傍島真, 他 2 名, “ROSA III 試験の計測とデータ処理法”, JAERI-M 8499, (11. 1979)
- 14) Schrock, V. E. and Grossman, L. M., “Forced Convection Boiling Studies, Final Report on Forced Convection Vaporization Project”, TID-14632 (1959)
- 15) Zuber, N., et. al., “The Hydrodynamic Crisis in Pool Boiling of Saturated and Subcooled Liquids”, International Developments in Heat Transfer, Part II, 220-236 (1961)
- 16) Biasi, L., et. al., “Studier on Burnont :Part 3”, Energia Nucleare 14, 530-536 (1967)
- 17) EG&G, “RELAP 4/MOD 6 A Computer Code Program for Transient Thermal-Hydraulic Analysis of Nuclear Reactors and Related Systems Users Manual”, CDAP TR 003, (1-1978)



JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

050062	0	.3045	.5548	13.92					*RSA01070
050072	0	3.250	.0	14.48					*RSA01080
050082	0	3.809	2.202	18.53					*RSA01090
050092	0	.7048	.276	.8593					*RSA01100
050102	0	.2523	.1307	4.4383					*RSA01110
050112	0	.2549	.09291	1.621					*RSA01120
050122	0	.03095	.1865	8.993					*RSA01130
050132	0	.02051	.1049	2.1					*RSA01140
050142	0	.04613	.2425	1.191					*RSA01150
050152	0	.02264	.1624	-1.725					*RSA01160
050162	0	.02383	.1646	-7.333					*RSA01170
050172	0	.1958	.4944	-8.288					*RSA01180
050182	0	.02161	.1658	-8.288					*RSA01190
050192	0	.02109	.1555	3.176					*RSA01200
050202	0	.03095	.1865	8.993					*RSA01210
050212	0	.02051	.1048	2.151					*RSA01220
050222	0	.04613	.2425	1.191					*RSA01230
050232	0	.02346	.1657	-7.333					*RSA01240
050242	0	.1958	.4944	-8.288					*RSA01250
050252	0	.02238	.1657	-8.288					*RSA01260
050262	0	.02104	.1586	6.842					*RSA01270
050272	0	2.486	1.3845	13.94					*RSA01280
050282	0	.8512	.3018	11.01					*RSA01290
050292	0	.4414	.1229	14.48					*RSA01300
050302	0	.02051	.1049	2.1					*RSA01310
050312	0	.02051	.1048	2.151					*RSA01320
*									*RSA01330
***LIQUID LEVEL 060000 ***									*RSA01340
*									*RSA01350
***SLIP VELOCITY 060001 ***									*RSA01360
*									*RSA01370
***WALLIS 060002 ***									*RSA01380
*									*RSA01390
***WALLIS CROWLEY 060003 ***									*RSA01400
*									*RSA01410
***DOWNCOMER PENETRATION 060004 ***									*RSA01420
*									*RSA01430
***DOWNCOMER PENETRATION COEFF, 060005 ***									*RSA01440
*									*RSA01450
*** BUBBLE DATA CARDS ***									*RSA01460
*									*RSA01470
*									*RSA01480
ALPH VBUB									*RSA01490
(FT/SEC)									*RSA01500
060011 0.0 3.									*RSA01510
060021 0.8 -3.11									*RSA01520
060031 1.0 10.+6									*RSA01530
*									*RSA01540
***TIME DEPENDENT VOLUME 07XXXX ***									*RSA01550
*									*RSA01560
***FLOW SMOOTHING 080001 THRU 080009 ***									*RSA01570
*** JUNCTION DATA ***									*RSA01580
*									*RSA01590
IW1 IW2 IPUMP IVALVE WP AJUN ZJUN INERTA(L/A)									*RSA01600

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

*	FROM	TO			(LB/SEC)	(FT**2)	(FT	(1/FT)	
080011	1	2	0	0	0.	0.559	1.630	3.81	*RSA01610
080021	2	3	0	0	0.	0.0442	4.307	3.08	*RSA01620
080031	3	4	0	0	0.	0.135	4.964	8.93	*RSA01630
080041	4	5	0	0	0.	0.1363	11.61	8.71	*RSA01640
080051	5	6	0	0	0.	0.233	13.92	8.07	*RSA01650
080061	6	7	0	0	0.	0.1610	17.60	9.14	*RSA01660
080071	7	8	0	0	0.	0.206	18.53	0.567	*RSA01670
080081	1	9	0	0	0.	8.12-4	0.8593	3.510+2	*RSA01680
080091	9	10	0	0	0.	0.0208	4.4383	19.0	*RSA01690
080101	10	5	0	0	0.	0.1456	11.77	21.8	*RSA01700
080111	11	12	0	0	0.	0.0328	9.233	1.212+2	*RSA01710
080121	12	13	0	0	0.	9.011-3	8.993	2.708+2	*RSA01720
080131	13	14	0	0	0.	0.03280	2.100	4.313+2	*RSA01730
080141	14	1	0	0	0.	0.04616	1.312	1.415+2	*RSA01740
080151	15	15	0	0	0.	0.0207	3.078	5.041+2	*RSA01750
080161	15	16	0	1	0.	0.0207	-1.643	1.352+3	*RSA01760
080171	16	17	-2	0	0.	0.04616	-7.333	7.506+2	*RSA01770
080181	17	18	2	0	0.	0.03280	-8.186	5.654+2	*RSA01780
080191	18	19	0	0	0.	0.0207	3.176	9.870+2	*RSA01790
080201	19	13	0	0	0.	5.960-4	8.993	1.097+3	*RSA01800
080211	13	20	0	0	0.	0.03280	9.233	1.212+2	*RSA01810
080221	20	21	0	0	0.	9.011-3	8.993	2.708+2	*RSA01820
080231	21	22	0	0	0.	0.03280	2.151	4.054+2	*RSA01830
080241	22	1	0	0	0.	0.04616	1.312	1.415+2	*RSA01840
080251	11	23	0	0	0.	0.0207	3.078	5.047+2	*RSA01850
080261	23	24	-1	0	0.	0.04616	-7.333	4.463+2	*RSA01860
080271	24	25	1	0	0.	0.03280	-8.186	6.955+2	*RSA01870
080281	25	26	0	0	0.	0.0207	6.923	1.178+3	*RSA01880
080291	26	21	0	0	0.	5.960-4	8.993	1.192+3	*RSA01890
080301	7	27	0	0	0.	2.16	14.48	0.849	*RSA01900
080311	27	28	0	0	0.	0.757	13.94	1.907	*RSA01910
080321	28	11	0	0	0.	0.211	11.01	20.61	*RSA01920
080331	3	10	0	0	0.	0.00397	4.59	55.5	*RSA01930
080341	6	29	0	2	0.0	0.204	16.73	3.95	*RSA01940
080351	29	27	0	4	0.0	0.0574	14.48	2.86	*RSA01950
080361	12	30	0	0	0.	9.011-3	8.993	2.708+2	*RSA01960
080371	19	30	0	0	0.	5.960-4	8.993	1.097+3	*RSA01970
080381	30	14	0	0	0.	0.03280	2.100	4.313+2	*RSA01980
080391	20	31	0	0	0.	9.011-3	8.993	2.708+2	*RSA01990
080401	26	31	0	0	0.	5.960-4	8.993	1.192+3	*RSA02000
080411	31	22	0	0	0.	0.03280	2.151	4.054+2	*RSA02010
080421	0	3	0	0	0.0	0.0207	11.66	0.0	*RSA02020
080431	0	5	1	0	0.0	0.01246	13.39	0.0	*RSA02030
080441	0	5	2	0	0.0	0.01246	13.39	0.0	*RSA02040
080451	0	27	4	0	0.0	0.01246	14.217	0.0	*RSA02050
080461	8	0	2	2	0.	0.0207	19.67	0.0	*RSA02060
080471	8	0	5	0	0.0	3.379-3	19.67	0.0	*RSA02070
080481	8	0	3	0	0.0	3.041-4	19.67	0.0	*RSA02080
080491	15	0	1	0	0.0	5.759-3	-1.643	5.039+2	*RSA02090
080501	16	0	1	0	0.0	5.759-3	-1.643	7.546+2	*RSA02100
*									*RSA02110
FJUNF FJUNF JVERTL JCHOKE JCALC MVMIX DIAMJ CONCU ICHOKE									*RSA02120
(FT) (CJ)									*RSA02130
*									*RSA02140

JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

080012	0.622	0.713	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02150
080022	1.105	1.00	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	1.0	1	*RSA02260
080132	6.616	7.859	0	0	0	0	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02330
080202	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02360
080232	3.674	2.718	0	0	0	0	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02420
080292	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02430
080302	0.132	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	1.0	1	*RSA02500
080372	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02510
080382	8.816	7.859	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02520
080392	2.093	8.815	0	0	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02530
080402	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02540
080412	3.674	2.718	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02550
080422	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02560
080432	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02570
080442	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02580
080452	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02590
080462	35.02	0.0	0	1	2	0	0.0	1.0	1	*RSA02600
080472	2.746	0.0	0	1	2	-2	0.0	1.0	1	*RSA02610
080482	116.6	0.0	0	1	2	0	0.0	1.0	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
*	IHOCOR	SRCOS	IADJUN							*RSA02660
*										*RSA02670
080013	0	*								*RSA02680

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

080023	0	*								RSA02690
080033	0	*								RSA02700
080043	0	*								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	4	*							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	082001	THRU	082006,	082011,	082012,	082020,	082021	***		*RSA03200
***	082030	THRU	082032					***		*RSA03210
***								***	ARE NOT USED.	*RSA03220



JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

*** PUMP DESCRIPTION ***
*
*
*      IPC I1PMP IHP IPM IMT  POMGAR  PRSAT  PFLC  PHEAD  PTORKR
*      (RPM)  (RATIO) (GPM)  (FT)  (LBF,FT)
090011 3   9   1   1   3600.  1.0E-06 132.  859.6  21.5
090021 3  10   1   1   3600.  1.0E-06 132.  859.6  21.5
*
*      PINRTA  VRHOJ  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) (MLTPLR)
091001 -11  0.0  .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) (MLTPLR)
092001 -2  0.0  0.0  1.0  0.0  * NOT USED
*** PUMP STOP DATA ***
*
*      CAVCDN  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

```

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

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  0.26
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  .26  .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  0.8  -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  -0.5  0.0  -0.66
103161  2  6  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.  0.  * AV 127 TRIP
110020  12  0.  0.  0.  0.  0.  * MSL BEFORE BREAK
110030  -14  0.  0.  0.  0.  0.  * J 34
110040  -14  0.  0.  0.  0.  0.  * J 35
*** LEAK TABLE CARDS ***
*
*      NAREA  SINK  TAREA(1),TAREA(2),-----
*      ITLEAK (PSIA)
120200 -3  2  14.7  0.  0.  .1  1.  2000.  1.  * BREAK START
120200 -3  12  14.7  0.  0.  .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
*** FILL TABLE DATA ***
*
*      ITFILL  ITYPE  NPTS  ICALC  UNITS  PORT  HGRX  AFRAC
130100  -4  6  1  1  62.54  #6.  *LPLS
130200  -5  5  1  1  109.55  #6.  *HPLS
130300  -4  7  1  1  56.88  #6.  *LPCL
130400  -5  3  0  0  1087.8  #01.  *FW
130500  -4  4  0  0  1045.1  59C.4  *MSL

```

JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

*
*   FILTBL(1)+FILTBL(2),-----
*
130101 0. 740.03 455.7 740.03 456. 0. 2000. 0. *LPCS*RSA04340
130201 0. 1036.8 141. 1306.8 1191. 297. 1192. 0. *RSA04350
130202 2000. 3 0.
130301 0. 2935.6 308.7 2935.6 309.6 0. 2000. 0. *HPCS*RSA04360
130401 0. 0. .1 365.12 2. 365.12 4.00 0. 2000. 0. *LPC1*RSA04370
130501 0. -1350.68 3. -1350.68 5.00 0. 2000. 0. *FWP*RSA04380
130901 0. -1350.68 3. -1350.68 5.00 0. 2000. 0. *MSL AFT BR*RSA04390
*
*** KINETIC CONSTANTS ***
*
*   NODEL KMUL BOVL RHOIN UDUF PROMPT LAMBDA TAU
*
140000 0 0. 0. *
*
*** SCRAM TABLE ***
*
*   NSCR ITSCR
*
141000 -1 2 0. 0. * NO POWER
*
*** 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 *
150021 0 2 14 0 0.0 64.97 0.5330 0.0 0.02740 *
150031 0 3 13 0 0.0 24.45 0.2614 0.0 0.0 *
150041 0 4 1 0 0.0 200.4 2.058 0.0 0.0 *
150051 0 10 8 0 0.0 22.01 0.2194 0.0 0.0 *
150061 4 10 8 0 42.06 43.44 0.4216 0.0 0.0 *
150071 10 28 11 0 3.362 3.362 0.4372 0.0 0.0 *
150081 5 28 11 0 14.71 14.51 0.262 0.0 0.0 *
150091 6 27 15 0 2.527 2.340 0.1163 0.0 0.0 *
150101 6 29 2 0 4.780 5.058 0.09685 0.0 0.0 *
150111 0 8 9 0 0.0 12.139 5.378 0.0 0.0 *
150121 0 7 9 0 0.0 29.271 5.698 0.0 0.0 *
150131 0 1 6 0 0.0 4.17 14.14 0.0 0.0 *
150141 0 14 18 0 0.0 11.08 0.2450 0.0 0.0 *
150151 9 1 19 0 9.887 8.877 0.4190 0.0 0.0 *
150161 11 9 7 0 15.07 14.314 0.413 0.0 0.0 *
150171 9 2 2 0 11.24 10.82 0.2171 0.0 0.0 *
150181 10 11 10 0 27.8 31.23 4.47 0.0 0.0 *
150191 3 10 8 0 3.119 3.258 0.03139 0.0 0.0 *
150201 0 11 11 0 0.0 52.16 7.4 0.0 0.0 *
150211 0 12 4 0 0.0 5.08 0.115 0.0 0.2 *
150221 0 13 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 *
150231 0 14 5 0 0.0 11.4 0.292 0.0 0.243 *

```

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

150241 0 15 2 0 0.0 10.741 0.217 0.0 0.162 *
150251 0 16 2 0 0.0 16.257 0.329 0.0 0.162 *
150261 0 17 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 *
150271 0 18 3 0 0.0 9.496 0.192 0.0 0.162 *
150281 0 19 3 0 0.0 12.61 0.253 0.0 0.16 *
150291 0 20 4 0 0.0 5.017 1.13 0.0 0.2 *
150301 0 21 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 *
150311 0 22 3 0 0.0 11.0 0.283 0.0 0.243 *
150321 0 23 2 0 0.0 11.167 0.240 0.0 0.0 *
150331 0 24 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 *
150341 0 25 3 0 0.0 16.221 0.328 0.0 0.162 *
150351 0 26 3 0 0.0 8.442 0.169 0.0 0.162 *
150361 0 27 17 0 0.0 3.150 2.337 0.0 0.0 *
150371 0 28 12 0 0.0 18.31 2.906 0.0 0.0 *
150381 7 29 8 0 14.75 14.46 0.1438 0.0 0.0 *
150391 0 30 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 *
150401 0 31 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 *
150411 6 7 16 0 3.538 2.724 0.06724 0.0 0.0 *
*
*   DHML DHER CHNL CHNR ZBOT ZTOP PFR HTC
*   (FT) (FT) (FT) (FT) (FT) (FT) **NOT USED**
*
*** CORE SLAB DATA ***
*
*   ISLB NODT1 NODT2 NODT3 CLT1 QFRAC QPMOD QDMOD
*   (FT)
160010 4 1 4 9 6.168 0.0 0.04718 1.0 *
*
*** CORE SLAB FOR EM 16XXXXY NOT USED ***
*
*** SLAB GEOMETRY DATA ***
*
*   01 16 NR IM NDX XO XR PF
*   02 IGP IM NDX XR PF
*
170101 2 4 0 2 3 0.0 0.0001 0.0
170102 0 2 1 0.002297 1.0
170103 0 3 1 0.003970 0.0
170104 0 4 3 0.004265 0.0
170201 1 1 5 1 0.0 0.0197 0.0
170301 1 1 5 1 0.0 0.018 0.0
170401 1 1 5 1 0.0 0.02 0.0
170501 1 1 5 1 0.0 0.23 0.0
170601 1 1 5 1 0.0 0.509 0.0
170701 1 1 5 1 0.0 0.0263 0.0
170801 1 1 5 1 0.0 0.009843 0.0
170901 1 1 5 1 0.0 0.18 0.0
171001 1 1 5 1 0.0 0.1 0.0
171101 1 1 5 1 0.0 0.13 0.0
171201 1 1 5 1 0.0 0.148 0.0
171301 2 3 7 1 0.0 0.001148 0.0
171302 0 3 1 0.004790 0.0
171303 0 4 1 0.004265 0.0

```

JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

150411	0	32	1	0	0.0	25.07	0.2574	0.0	0.0	*RSA05083
150421	0	32	1	0	0.0	25.539	0.02676	0.0	0.0	*RSA05084
150431	0	33	1	0	0.0	22.53	0.2314	0.0	0.0	*RSA05085
150441	0	33	1	0	0.0	25.07	0.2574	0.0	0.0	*RSA05086
150451	0	33	1	0	0.0	3.16	0.03245	0.0	0.0	*RSA05087
150461	0	34	1	0	0.0	3.16	0.03245	0.0	0.0	*RSA05088
150471	0	34	1	0	0.0	25.07	0.2574	0.0	0.0	*RSA05089
150481	0	34	1	0	0.0	22.53	0.2314	0.0	0.0	*RSA05090
150491	0	35	1	0	0.0	25.539	0.02676	0.0	0.0	*RSA05091
150501	0	35	1	0	0.0	25.07	0.2574	0.0	0.0	*RSA05092

\*\*\*\*\*

*	DHEL	DHER	CHNL	CHNR	ZBOT	ZTOP	PER	HTC		*RSA05100
*	(FT)	(FT)	(FT)	(FT)	(FT)	(FT)	**NOT USED**			*RSA05110

\*\*\* CORE SLAB DATA \*\*\*

*	ISLB	NODT1	NODT2	NODT3	CLTI	QFNAC	QPMOD	QDMOD		*RSA05150
*	(FT)				(FT)					*RSA05160
160010	4	1	4	9	1.347	0.0	0.04718	0.30936		*RSA05170
160020	41	1	4	9	0.77092	0.0	0.04718	0.05832		*RSA05171
160030	42	1	4	9	0.07808	0.0	0.04718	0.01138		*RSA05172
160040	43	1	4	9	0.6929	0.0	0.04718	1.009		*RSA05173
160050	44	1	4	9	0.77092	0.0	0.04718	0.1524		*RSA05174
160060	45	1	4	9	0.09718	0.0	0.04718	0.02232		*RSA05175
160070	46	1	4	9	0.09718	0.0	0.04718	0.02232		*RSA05176
160080	47	1	4	9	0.77092	0.0	0.04718	0.1524		*RSA05177
160090	48	1	4	9	0.6929	0.0	0.04718	1.009		*RSA05178
160100	49	1	4	9	0.07808	0.0	0.04718	0.01138		*RSA05179
160110	50	1	4	9	0.77092	0.0	0.04718	0.05832		*RSA05180

\*\*\*\*\*

\*\*\* CORE SLAB FOR EM 16XXXXY NOT USED \*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\* SLAB GEOMETRY DATA \*\*\*

*	01	IG	NR	IM	NDX	X0	XR	PF		*RSA05240
*	02		IGP	IM	NDX	(FT)	XR	PF		*RSA05250
170101	2	4		1	3	0.0	0.01001	0.0		*RSA05270
170102			0	2	1		0.002297	1.0		*RSA05280
170103			0	3	1		0.003970	0.0		*RSA05290
170104			0	4	3		0.004265	0.0		*RSA05300
170201	1	1		5	1	0.0	0.0197	0.0		*RSA05310
170301	1	1		5	1	0.0	0.018	0.0		*RSA05320
170401	1	1		5	1	0.0	0.02	0.0		*RSA05330
170501	1	1		5	1	0.0	0.23	0.0		*RSA05340
170601	1	1		5	1	0.0	0.509	0.0		*RSA05350
170701	1	1		5	1	0.0	0.0263	0.0		*RSA05360
170801	1	1		5	1	0.0	0.009843	0.0		*RSA05370
170901	1	1		5	1	0.0	0.18	0.0		*RSA05380
171001	1	1		5	1	0.0	0.1	0.0		*RSA05390
171101	1	1		5	1	0.0	0.13	0.0		*RSA05400
171201	1	1		5	1	0.0	0.148	0.0		*RSA05410
171301	2	3		7	1	0.0	0.001148	0.0		*RSA05420

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

171302			0	3	1		0.004790	0.0		*RSA05430
171303			0	4	1		0.004265	0.0		*RSA05440
171401	2	3		7	1	0.0	0.008203	0.0		*RSA05450
171402			0	6	1		0.004922	0.0		*RSA05460
171403			0	4	1		0.00328	0.0		*RSA05470
171501	1	1		5	1	0.0	0.04779	0.0		*RSA05480
171601	1	1		5	1	0.0	0.01312	0.0		*RSA05490
171701	1	1		5	4	0.0	0.5742	0.0		*RSA05500
171801	1	1		5	1	0.0	0.03937	0.0		*RSA05510
171901	1	1		5	1	0.0	0.0472	0.0		*RSA05520
172001	1	1		5	1	0.0	0.3790	0.0		*RSA05530

\*\*\* THERMAL CONDUCTIVITY DATA \*\*\*

*	NKP	TPK(1)	TPK(2)	-----						*RSA05560	
*	(DEGF)	(BTU/FTHRF)								*RSA05570	
180101	-5	572,	16.7	932,	16.2	1292,	15.7	1652,	15.2	*BN	*RSA05620
180102		1832,	15.5								*RSA05630
180201	-3	68,	10.1	212,	8,	4712,	6.72				*RSA05640
180301	1	32,	3.36								*RSA05650
180401	-9	70,	8.58	200,	9.08	400,	10.1	600,	11.1	*INCONEL 600	*RSA05660
180402		800,	12.1	1000,	13.2	1200,	14.3	1400,	15.5		*RSA05670
180403		1600,	16.7								*RSA05680
180501	-2	32,	9.41	932,	12.1					*SUS	*RSA05690
180601	-11	392,	15.4	572,	11.9	752,	9.92	932,	8.13	*MGO	*RSA05700
180602		1112,	6.77	1292,	5.81	1472,	5.08	1832,	3.99		*RSA05710
180603		2192,	3.63	2252,	3.87	2912,	4.23				*RSA05720
180701	1	32,	8.42								*RSA05730

\*\*\* VOLUMETRIC HEAT CAPACITY \*\*\*

*	NCP	TPC(1)	TPC(2)	-----						*RSA05770	
*	(DEGF)	(BTU/FFTR3)								*RSA05780	
190101	-4	680,	5.28	950,	5.98	1562,	7.55	2300,	9.47	*BN	*RSA05810
190201	-3	68,	57.4	212,	55.6	4712,	57.4				*RSA05820
190301	-4	680,	5.28	950,	5.99	1562,	7.56	2300,	9.47	*BN	*RSA05830
190401	-9	70,	55.7	200,	58.3	400,	60.9	600,	63.6	*INC600	*RSA05840
190402		800,	66.2	1000,	69.3	1200,	73.5	1400,	76.2		*RSA05850
190403		1600,	78.3								*RSA05860
190501	1	32,	59.3							*SUS	*RSA05870
190601	1	32,	50.3							*MGO	*RSA05880
190701	1	32,	54.3								*RSA05890

\*\*\* LINEAR EXPANSION COEFF., HEAT EXCHANGER DATA \*\*\*

20XXXXY, 21AXYY ARE NOT USED.

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

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

\*\*\*

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

\* LASI DATA CARD

0 0

0 0

\*RSA05970

\*RSA05980

\*RSA05990

RSA06000

RSA06010

付録2 RUN706 ケース4 入力データリスト

```

* ROSA-3 ANALYSIS BY RELAP4J
* TITLE
* ROSA3K
***PROBLEM DIMENSIONS***
* LDMP NTC NVOL NTDV NPMPC NLK NSLB NMAT NHTX
* NED1 NTRP NBUB NJUN NCKV NLL NGOM NCOR ISPROG
010001 -2 9 5 16 35 3 0 54 2 4 3 5 50 20 7 11 0
***PROBLEM CONSTANTS***
* POWER OMEGA PQUITH PQUITH TQUITH TQUITH
010002 3.40 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***
* NMJN NMAJ NDMP NCHK DELTH DTMIN TLAST ENDCPU
030010 50 1 2 -2 1.0-2 1.0-6 0.5
030020 20 5 2 -2 1.0-3 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
SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)
040070 7 -4 7 0 313.3 1000. * LPIE TRIP
040080 8 1 0 0 .001 1000. * 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 .05 * AV127 TRIP
040160 14 1 0 0 0.0 1900.0 * NO FLW THRU J34,J35
***VOLUME DATA***
* [SUB IREAD P TEMP HORX V ZVOL ZM
* (PSIA) (DEGF) (GLTY) (FT**3) (FT) (FT)
050011 2 0 1052.98 525 -1. 4.279 1.690 1.690
050021 2 0 1052.22 525 -1. 2.033 2.677 2.677
050031 2 0 1047.55 525 -1. .3194 .8042 .8042
050041 2 0 1045.62 -1. .00436 2.875 6.647 6.647
050051 2 0 1042.94 -1. .03739 4.383 2.31 2.31
050061 2 0 1041.58 -1. .03769 1.121 3.682 3.682
050071 2 0 1040.26 -1. 0. 13.16 4.050 .67
050081 2 0 1040.19 520 -1. 4.287 1.140 0.
050091 2 0 1046.18 525 -1. 2.523 3.579 3.579
050101 2 0 1044.357 525 -1. 1.851 7.336 7.336
050111 2 0 1042.52 528 -1. 2.393 9.389 9.389
050121 0 0 1038.92 528 -1. .2312 .374 .374
050131 0 0 1058.01 525 -1. .1498 6.893 6.893
050141 0 0 1053.31 525 -1. .5953 .9090 .9090
050151 0 0 1041.95 528 -1. .649 4.884 4.884
050161 0 0 1035.96 528 -1. .8074 9.987 9.987
050171 0 0 1167.85 528 -1. .187 .955 .955
050181 0 0 1297.12 528 -1. .5854 11.464 11.464
050191 0 0 1290.31 525 -1. .3118 7.733 7.733
050201 0 0 1038.92 528 -1. .2312 .374 .374
050211 0 0 1057.49 525 -1. .1487 6.842 6.842
050221 0 0 1053.42 525 -1. .5429 .9600 .9600
050231 0 0 1040.98 528 -1. .4902 10.49 10.49
050241 0 0 1175.41 528 -1. .187 .955 .955
050251 0 0 1302.05 528 -1. .7164 15.29 15.29
050261 0 0 1296.70 525 -1. .3531 4.067 4.067
050271 0 0 1040.45 528 -1. 1.333 .5400 .5400
050281 2 0 1040.99 528 -1. 2.5 2.930 2.930
050291 2 0 1049.20 0. 0. 1.034 2.343 2.343
050301 0 0 1058.01 525 -1. .1496 6.893 6.893
050311 0 0 1057.49 525 -1. .1487 6.842 6.842
*****
050041 2 0 1045.62 -1. 0.00305 .5824 1.347 1.347
050321 2 0 1046.91 525.9 -1. .4703 1.0885 1.0885
050331 2 0 1046.26 531.7 -1. .6748 1.561 1.561
050341 2 0 1044.73 -1. 0.0249 .6748 1.561 1.561
050351 2 0 1043.83 -1. 0.0365 .4708 1.0885 1.0885
* JTPMV FLOWA DIAMV ELEV IAMBLO

```

JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

*	(FT**2)	(FT)	(SLIP.VRTCL STK IND)	*RSA01010
050012	0	1.61	100.	*RSA01020
050022	0	.7544	.1059	*RSA01030
050032	0	.4865	.04341	*RSA01040
050042	0	0.4325	.04341	*RSA01050
050052	0	1.898	1.64	*RSA01060
050062	0	.3045	.5548	*RSA01070
050072	0	3.250	.0	*RSA01080
050082	0	3.809	2.202	*RSA01090
050092	0	.7044	.276	*RSA01100
050102	0	.2523	.1307	*RSA01110
050112	0	.2549	.09291	*RSA01120
050122	0	.03095	.1865	*RSA01130
050132	0	.02031	.1049	*RSA01140
050142	0	.04613	.2425	*RSA01150
050152	0	.02264	.1624	*RSA01160
050162	0	.02383	.1646	*RSA01170
050172	0	.1958	.4944	*RSA01180
050182	0	.02161	.1658	*RSA01190
050192	0	.02109	.1555	*RSA01200
050202	0	.03095	.1865	*RSA01210
050212	0	.02051	.1048	*RSA01220
050222	0	.04613	.2425	*RSA01230
050232	0	.02346	.1657	*RSA01240
050242	0	.1958	.4944	*RSA01250
050252	0	.02238	.1657	*RSA01260
050262	0	.02104	.1566	*RSA01270
050272	0	2.486	1.3845	*RSA01280
050282	0	.8512	.3018	*RSA01290
050292	0	.4414	.1229	*RSA01300
050302	0	.02051	.1049	*RSA01310
050312	0	.02051	.1048	*RSA01320
*****				*RSA01321
050042	0	.4325	.04341	*RSA01322
050322	0	.4325	.04341	*RSA01323
050332	0	.4325	.04341	*RSA01324
050342	0	.4325	.04341	*RSA01325
050352	0	.4325	.04341	*RSA01326
*****				*RSA01330
***LIQUID LEVEL 060000 *** = NOT USED =				*RSA01340
***SLIP VELOCITY 060001 *** = NOT USED =				*RSA01350
***WALLIS 06002 *** = NOT USED =				*RSA01360
***WALLIS CROWLEY 060003 *** = NOT USED =				*RSA01370
***DOWNCOMER PENETRATION 060004 *** = NOT USED =				*RSA01380
***DOWNCOMER PENETRATION COEFF, 060005 *** = NOT USED =				*RSA01390
*** BUBBLE DATA CARDS ***				*RSA01400
*****				*RSA01410
*****				*RSA01420
*****				*RSA01430
*****				*RSA01440
*****				*RSA01450
*****				*RSA01460
*****				*RSA01470
*****				*RSA01480

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

*	ALPH	VBUB											*RSA01490
*		(FT/SEC)											*RSA01500
060011	0.0	3.											*RSA01510
060021	0.8	-3.11											*RSA01520
060031	1.0	10.*6											*RSA01530
***TIME DEPENDENT VOLUME 07XXYY *** = NOT USED =													*RSA01540
***FLOW SMOOTHING 080001 THRU 080009 *** = NOT USED =													*RSA01550
*** JUNCTION DATA ***													*RSA01560
*	IW1	IW2	IPUMP	IVALUE	WP	AJUN	ZJUN	INERTA(L/A)					*RSA01570
*	FROM	TO			(LB/SEC)	(FT**2)	(FT)	(1/FT)					*RSA01580
080011	1	2	0	0	79.495	0.599	1.630	3.81					*RSA01590
080021	2	3	0	0	79.495	0.0442	4.307	3.08					*RSA01600
080031	3	32	0	0	76.485	.135	4.964	7.343					*RSA01610
080041	35	5	0	0	76.485	0.1363	11.61	6.478					*RSA01620
080051	5	6	0	0	80.8	0.233	13.92	8.07					*RSA01630
080061	6	7	0	0	80.8	0.1610	17.60	9.14					*RSA01640
080071	7	8	0	0	3.052	0.206	18.53	8.367					*RSA01650
080081	1	9	0	0	1.305	8.12-4	0.8593	3.510*2					*RSA01660
080091	9	10	0	0	1.305	0.0208	4.4383	19.0					*RSA01670
080101	10	5	0	0	4.315	0.1456	11.77	21.8					*RSA01680
080111	11	12	0	0	27.7	0.0328	9.233	1.212*2					*RSA01690
080121	12	13	0	0	13.85	9.011-3	8.993	2.708*2					*RSA01700
080131	13	14	0	0	20.2	0.03280	2.100	4.313*2					*RSA01710
080141	14	1	0	0	40.4	0.04616	1.312	1.415*2					*RSA01720
080151	11	15	0	0	12.7	0.0207	3.078	5.041*2					*RSA01730
080161	15	16	0	1	12.7	0.0207	-1.643	1.352*3					*RSA01740
080171	16	17	-2	0	12.7	0.04616	-7.333	7.506*2					*RSA01750
080181	17	18	2	0	12.7	0.03280	-8.186	5.654*2					*RSA01760
080191	18	19	0	0	12.7	0.0207	3.176	9.870*2					*RSA01770
080201	19	13	0	0	6.35	5.960-4	8.993	1.097*3					*RSA01780
080211	11	20	0	0	27.5	0.03280	9.233	1.212*2					*RSA01790
080221	20	21	0	0	13.75	9.011-3	8.993	2.708*2					*RSA01800
080231	21	22	0	0	20.2	0.03280	2.151	4.054*2					*RSA01810
080241	22	1	0	0	40.4	0.04616	1.312	1.415*2					*RSA01820
080251	11	23	0	0	12.9	0.0207	3.078	5.047*2					*RSA01830
080261	23	24	-1	0	12.9	0.04616	-7.333	4.463*2					*RSA01840
080271	24	25	1	0	12.9	0.03280	-8.186	6.955*2					*RSA01850
080281	25	26	0	0	12.9	0.0207	6.923	1.178*3					*RSA01860
080291	26	21	0	0	6.45	5.960-4	8.993	1.192*3					*RSA01870
080301	7	27	0	0	77.748	2.16	14.48	0.849					*RSA01880
080311	27	28	0	0	80.8	0.757	13.94	1.907					*RSA01890
080321	28	11	0	0	80.8	0.211	11.01	20.61					*RSA01900
080331	3	10	0	0	3.010	0.00397	4.59	55.5					*RSA01910
080341	6	29	0	3	0.0	0.204	16.73	3.95					*RSA01920
080351	29	27	0	4	0.0	0.0974	14.48	2.86					*RSA01930
080361	12	30	0	0	13.85	9.011-3	8.993	2.708*2					*RSA01940
080371	19	30	0	0	6.35	5.960-4	8.993	1.097*3					*RSA01950
080381	30	14	0	0	20.2	0.03280	2.100	4.313*2					*RSA01960
080391	20	31	0	0	13.75	9.011-3	8.993	2.708*2					*RSA01970
080401	26	31	0	0	6.45	5.960-4	8.993	1.192*3					*RSA01980
080411	31	22	0	0	20.2	0.03280	2.151	4.054*2					*RSA01990
*****													*RSA02000
*****													*RSA02010
*****													*RSA02020

JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

080461	0	10	3	0	0.0	0.0207	11.66	0.0		*RSA02030
080471	0	5	1	0	0.0	0.01246	13.39	0.0		*RSA02040
080481	0	5	2	0	0.0	0.01246	13.39	0.0		*RSA02050
080491	0	27	4	0	2.657	0.01246	14.217	0.0		*RSA02060
080501	8	0	2	2	3.052	0.0207	19.67	0.0		*RSA02070
080511	0	8	5	0	0.0	3.379-3	19.67	0.0		*RSA02080
080521	8	0	3	0	0.0	3.041-4	19.67	0.0		*RSA02090
080531	15	0	1	0	0.0	5.799-3	-1.643	5.039+2		*RSA02100
080541	16	0	1	0	0.0	5.799-3	-1.643	7.546+2		*RSA02110
*****										
080421	32	33	0	0	76.485	0.3342	6.0525	12.43		*RSA02112
080431	33	4	0	0	76.485	0.3342	7.6135	13.63		*RSA02113
080441	4	34	0	0	76.485	0.3342	8.9605	13.63		*RSA02114
080451	34	35	0	0	76.485	0.3342	10.5215	12.43		*RSA02115
*****										
*	FJUNF	FJUNR	JVERTL	JCHOKE	JCALC	HVMIX	DIAMJ	CONCO	ICHOKE	*RSA02130
*							(FT)	(CD)		*RSA02140
080012	0.622	0.713	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02150
080022	1.165	1.00	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02160
080032	0.879	0.879	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02170
080042	0.956	0.992	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	1.0	1	*RSA02260
080132	8.816	7.859	0	0	0	0	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02330
080202	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02360
080232	3.674	2.718	0	0	0	0	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02420
080292	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	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	1.0	1	*RSA02500
080372	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02510

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

080382	8.816	7.859	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02520
080392	2.093	8.815	0	0	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02530
080402	0.069	1.624	0	1	0	2	0.0	1.0	1	*RSA02540
080412	3.674	2.718	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02550
080462	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02560
080472	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02570
080482	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02580
080492	0.0	0.0	0	0	-3	0	0.0	1.0	1	*RSA02590
080502	35.02	0.0	0	1	2	0	0.0	1.0	1	*RSA02600
080512	2.746	0.0	0	1	2	-2	0.0	1.0	1	*RSA02610
080522	116.6	0.0	0	1	2	0	0.0	1.0	1	*RSA02620
080532	0.849	0.0	0	1	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02630
080542	0.872	0.0	0	1	0	0	0.0	0.57	1	*RSA02640
*****										
080422	0.239	0.239	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02641
080432	0.239	0.239	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02642
080442	0.239	0.239	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02643
080452	0.239	0.239	0	0	0	0	0.0	1.0	1	*RSA02644
*****										
*	IHQCOR	SRCOS	IADJUN							*RSA02645
*										*RSA02646
080013	0	*								*RSA02647
080023	0	*								*RSA02648
080033	0	*								*RSA02649
080043	0	*								*RSA02650
080053	0	*								*RSA02651
080063	0	*								*RSA02652
080073	0	*								*RSA02653
080083	0	*								*RSA02654
080093	0	*								*RSA02655
080103	0	*								*RSA02656
080113	0	*								*RSA02657
080123	0	*								*RSA02658
080133	0	*								*RSA02659
080143	0	*								*RSA02660
080153	0	*								*RSA02661
080163	0	*								*RSA02662
080173	0	*								*RSA02663
080183	0	*								*RSA02664
080193	0	*								*RSA02665
080203	0	*								*RSA02666
080213	0	*								*RSA02667
080223	0	*								*RSA02668
080233	0	*								*RSA02669
080243	0	*								*RSA02670
080253	0	*								*RSA02671
080263	0	*								*RSA02672
080273	0	*								*RSA02673
080283	0	*								*RSA02674
080293	0	*								*RSA02675
080303	0	*								*RSA02676
080313	0	*								*RSA02677
080323	0	*								*RSA02678
080333	0	*								*RSA02679
080343	0	*								*RSA02680
080353	0	*								*RSA02681
080363	0	*								*RSA02682
080373	0	*								*RSA02683
080383	0	*								*RSA02684
080393	0	*								*RSA02685
080403	0	*								*RSA02686
080413	0	*								*RSA02687
080423	0	*								*RSA02688
080433	0	*								*RSA02689
080443	0	*								*RSA02690
080453	0	*								*RSA02691
080463	0	*								*RSA02692
080473	0	*								*RSA02693
080483	0	*								*RSA02694
080493	0	*								*RSA02695
080503	0	*								*RSA02696
080513	0	*								*RSA02697
080523	0	*								*RSA02698
080533	0	*								*RSA02699
080543	0	*								*RSA02700

JAERI - M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

080343 0 *
080353 0 *
080363 0 *
080373 0 1 *
080383 0 *
080393 0 *
080403 0 1 *
080413 0 *
080423 0 *
080433 0 *
080443 0 *
080453 0 *
080503 0 1 *
080513 0 1 *
080523 0 1 *
080533 0 1 *
080543 0 1 *
*****
080423 3 *
080433 3 *
080443 3 *
080453 3 *
*
*** DIAL CARDS 082001 THRU 082006, 082011,082012,082020,082021***
***                082030 THRU 082032                ***
***                ARE NOT USED.                ***
*
*** PUMP DESCRIPTION ***
*
*      IPC 1TPMP IRP 1PM 1MT  PONGAR  PRSAT  PFLOW  PHEAD  PTORKR
*      (RPM) (RATIO) (GPM) (FT) (LBF,FT)
090011 3 9 1 1 3600.  .972 132.  859.6  21.5
090021 3 10 1 1 3600.  .972 132.  859.6  21.5
*
*      PINRTA  VRHO1  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) (MLTPLR)
091001 -11 0.0 0. 1. 0. 15. 05. 24. 8. 3. 96
091002 14. 98. 16. 97. 8. 9. 9. 8. 96. 15
091003 1.0 0.
*
*** PUMP TORQUE MULTIPLIER ***
*
*      NPTM  PTKM(1),PTKM(2),-----
*      (VOID) (MLTPLR)

```

```

RSA03010
RSA03020
RSA03030
RSA03040
RSA03050
RSA03060
RSA03070
RSA03080
RSA03090
RSA03100
RSA03110
RSA03120
RSA03130
RSA03140
RSA03150
RSA03160
RSA03170
RSA03171
RSA03172
RSA03173
RSA03174
RSA03175
*RSA03180
*RSA03190
*RSA03200
*RSA03210
*RSA03220
*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

```

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

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 0.26 *
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. 26. 4. 3. 7. 7 *
103062 0.9 1.2 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 0.86 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 -0.3 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 -0.56 0.2 -0.53 0.6 -0.3 *
103132 0.8 -0.2 1.0 -0.1 *
103141 2 6 5 0. 28. 2. 22. 5. 11 *
103142 0.8 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.

```

```

*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

```

JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

*** VALVE DATA CARDS ***
*
* ITCV IACY LATCH PCV CV1 CV2 CV3
110010 13 0. 0. 0. 0. 0.
110020 12 0. 0. 0. 0. 0.
110030 -14 0. 0. 0. 0. 0.
110040 -14 0. 0. 0. 0. 0.
* AV 127 TRIP
* MSL BEFORE BREAK
* J 34
* J 35

*** LEAK TABLE CARDS ***
* NAREA SINK TAREA(1) TAREA(2) ----
* ITLEAK (PSIA)
120100 -3 2 14.7 0. 0. .1 1. 2000. 1.
120200 -3 12 14.7 0. 0. .101 0. 2000. 0.
120300 -5 8 14.7 0. 0. .1 1. 480. 1.
120301 480.01 0. 2000. 0.
* BREAK START
* MSL BFR BRK
* ADS

*** FILL TABLE DATA ***
* ITFILL ITYPE NPTS ICALC UNITS PORT HORX AFRAC
130100 -5 5 1 1 57.35 66. *LPCS
130200 -7 5 1 1 57.35 66. *HPCS
130300 -6 7 1 1 57.35 66. *LPCI
130400 -7 3 0 0 1087.8 68. *FW
130500 -10 4 0 0 1.0 555.2 *MSL

* FILTBL(1) FILTBL(2) ----
130101 0. 1117. 43.5 1103. 304.5 848. 508. 0. 2000. 0.
130201 0. 1399. 435. 1393. 652.5 1378. 725. 1272.
130202 1015. 318. 1102. 0. 2000. 0.
130301 0. 3165. 72.5 3037. 145. 2808. 217.5 2425.
130302 290. 0. 2000. 0.
130401 0.0 0.0 0.5 0.0 2.0 0.0 5.0 0.0
130402 10.0 0.0 15.0 0.0 2000.0 0.0 *FW NOISE NEG,
130501 0.0 0.0 6.0 0.0 7.9 0.0 12.0 0.0 12.1 0.0
130502 32.9 0.0 33.0 0.0 90.0 0.0 90.1 0.0
130503 200.0 0.0 *MSL:STEAM GENERATION IS CONSIDERED

*** KINETIC CONSTANTS ***
* NODEL KMUL BOVL RHOIN UDUF PROMPT LAMBDA TAU
140000 0 0. 0. *

*** SCRAM TABLE ***
* NSCR ITSCR
* TSCM(1) TSCM(2) ----
141000 -10 2 0.0 1.0 12.4 1.0

* 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
* RSA04310
* RSA04320
* RSA04330
* LPCSRSA04340
* RSA04350
* HPCSRSA04360
* RSA04370
* LPCIRSA04380
* RSA04390
* RSA04391
* RSA04400
* RSA04401
* RSA04402
* RSA04410
* RSA04420
* RSA04430
* RSA04440
* RSA04450
* RSA04460
* RSA04470
* RSA04480
* RSA04490
* RSA04500
* RSA04510
* RSA04520
* RSA04530
* RSA04540

```

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

```

141001 20.0 0.5877 30.0 0.2561 37.1 0.1340 * RSA04550
141002 40.0 0.1291 60.0 0.1231 100.0 0.1079 * RSA04560
141003 140.0 0.0946 180.0 0.0860 * RSA04570
* RSA04600
*** DENSITY REACTIVITY, DOPPLER TABLE REACTIVITY COEFF.
*** 1420XX,1430XX,140XX0 ARE NOT USED.
* RSA04610
* RSA04620
* RSA04630
*** HEAT SLAB DATA ***
* RSA04640
* RSA04650
* IVSL IGOM IXLO IMCR AHLT AHTR VOLS HDML HDMR
* (FT2) (FT2) (FT3) (FT) (FT)
* IVSR ISB IMCL
150011 0 1 14 0 0.0 44.5 0.365 0.0 0.02740 * RSA04660
150021 0 2 14 0 0.0 64.97 0.5330 0.0 0.02740 * RSA04690
150031 0 3 13 0 0.0 24.45 0.2614 0.0 0.0 * RSA04700
150041 0 4 1 0 0.0 200.4 2.058 0.0 0.0 * RSA04710
150051 0 10 8 0 0.0 22.01 0.2194 0.0 0.0 * RSA04720
150061 4 10 8 0 10.0-6 10.0-6 10.0-6 0.0 0.0 * RSA04730
150071 10 28 11 0 3.362 3.362 0.4372 0.0 0.0 * RSA0474C
150081 5 28 11 0 14.71 14.51 0.262 0.0 0.0 * RSA0475C
150091 6 27 15 0 2.527 2.340 0.1163 0.0 0.0 * RSA04760
150101 6 29 2 0 4.780 5.058 0.09685 0.0 0.0 * RSA04770
150111 0 8 9 0 0.0 12.139 5.378 0.0 0.0 * RSA04780
150121 0 7 9 0 0.0 29.271 5.698 0.0 0.0 * RSA04790
150131 0 1 6 0 0.0 4.17 14.14 0.0 0.0 * RSA04800
150141 0 14 18 0 0.0 11.08 0.2450 0.0 0.0 * RSA04810
150151 9 1 19 0 9.887 8.877 0.4190 0.0 0.0 * RSA04820
150161 11 9 7 0 15.07 14.314 0.413 0.0 0.0 * RSA04830
150171 9 2 2 0 11.24 10.82 0.2171 0.0 0.0 * RSA04840
150181 10 11 10 0 27.8 31.23 4.47 0.0 0.0 * RSA04850
150191 3 10 8 0 3.119 3.258 0.03139 0.0 0.0 * RSA04860
150201 0 11 11 0 0.0 52.16 7.4 0.0 0.0 * RSA04870
150211 0 12 4 0 0.0 5.08 0.115 0.0 0.2 * RSA04880
150221 0 13 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 * RSA04890
150231 0 14 5 0 0.0 11.4 0.292 0.0 0.243 * RSA04900
150241 0 15 2 0 0.0 10.741 0.217 0.0 0.162 * RSA04910
150251 0 16 2 0 0.0 16.257 0.329 0.0 0.162 * RSA04920
150261 0 17 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 * RSA04930
150271 0 18 3 0 0.0 9.496 0.192 0.0 0.162 * RSA04940
150281 0 19 3 0 0.0 12.61 0.253 0.0 0.16 * RSA04950
150291 0 20 4 0 0.0 5.017 1.13 0.0 0.2 * RSA04960
150301 0 21 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 * RSA04970
150311 0 22 5 0 0.0 11.0 0.283 0.0 0.243 * RSA04980
150321 0 23 2 0 0.0 11.167 0.240 0.0 0.0 * RSA04990
150331 0 24 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 * RSA05000
150341 0 25 3 0 0.0 16.221 0.328 0.0 0.162 * RSA05010
150351 0 26 3 0 0.0 8.442 0.169 0.0 0.162 * RSA05020
150361 0 27 17 0 0.0 3.150 2.337 0.0 0.0 * RSA05030
150371 0 28 12 0 0.0 18.34 2.906 0.0 0.0 * RSA05040
150381 7 29 8 0 14.75 14.46 0.1438 0.0 0.0 * RSA05050
150391 0 30 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 * RSA05060
150401 0 31 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 * RSA05070
***** MOTO NO SLAH 41 WA SHORYAKU *****
*****
*****
150041 0 4 1 0 0.0 43.8 0.45 0.0 0.0 * RSA05082

```



JAERI-M 8899

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

171401	2	3		7	1	0.0	0.008203	0.0		*RSA05420	
171402			0	6	1		0.004922	0.0		*RSA05430	
171403			0	4	1		0.00328	0.0		*RSA05440	
171501	1	1		5	1	0.0	0.04779	0.0		*RSA05450	
171601	1	1		5	1	0.0	0.01312	0.0		*RSA05460	
171701	1	1		5	4	0.0	0.5742	0.0		*RSA05470	
171801	1	1		5	1	0.0	0.03937	0.0		*RSA05480	
171901	1	1		5	1	0.0	0.0472	0.0		*RSA05490	
172001	1	1		5	1	0.0	0.3790	0.0		*RSA05500	
*										*RSA05510	
*										*RSA05520	
***	THERMAL CONDUCTIVITY DATA									*RSA05530	
*										*RSA05540	
*										*RSA05550	
*	NKP	TPK(1)	TPK(2)	-----							*RSA05560
*		(DEGF)	(BTU/FTHRF)								*RSA05570
*											*RSA05580
180101	-5	572.	16.7	932.	16.2	1292.	15.7	1652.	15.2	* BN	*RSA05590
180102		1832.	15.5								*RSA05600
180201	-3	68.	10.1	212.	8.	4712.	6.72				*RSA05610
180301	1	32.	3.36								*RSA05620
180401	-9	70.	8.58	200.	9.08	400.	10.1	600.	11.1	* INCONEL 600	*RSA05630
180402		800.	12.1	1000.	13.2	1200.	14.3	1400.	15.5		*RSA05640
180403		1600.	16.7								*RSA05650
180501	-2	32.	9.41	932.	12.1					* SUS	*RSA05660
180601	-11	392.	15.4	572.	11.9	752.	9.92	932.	8.13	* MGO	*RSA05670
180602		1112.	6.77	1292.	5.81	1472.	5.08	1832.	3.99		*RSA05680
180603		2192.	3.63	2252.	3.87	2912.	4.23				*RSA05690
180701	1	32.	8.42								*RSA05700
*											*RSA05710
*											*RSA05720
***	VOLUMETRIC HEAT CAPACITY ***									*RSA05730	
*											*RSA05740
*	NCP	TPC(1)	TPC(2)	-----							*RSA05750
*		(DEGF)	(BTU/FFTH3)								*RSA05760
*											*RSA05770
190101	-4	680.	5.28	950.	5.98	1562.	7.55	2300.	9.47	* BN	*RSA05780
190201	-3	68.	57.4	212.	35.6	4712.	57.4				*RSA05790
190301	-4	680.	5.28	950.	5.99	1562.	7.56	2300.	9.47	* BN	*RSA05800
190401	-9	70.	55.7	200.	58.3	400.	60.9	600.	63.6	* INC600	*RSA05810
190402		800.	66.2	1000.	69.3	1200.	73.5	1400.	76.2		*RSA05820
190403		1600.	78.3								*RSA05830
190501	1	32.	59.3							* SUS	*RSA05840
190601	1	32.	50.3							* MGO	*RSA05850
190701	1	32.	54.3								*RSA05860
*											*RSA05870
*											*RSA05880
***	LINEAR EXPANSION COEFF., HEAT EXCHANGER DATA									*RSA05890	
***	20XXYY, 21XXYY ARE NOT USED.									*RSA05900	
*											*RSA05910
***	OTHER INPUT OPTIONS ARE NOT USED. ***									*RSA05920	
*											*RSA05930
***	END OF INPUT DATA CARDS ****									*RSA05940	
*											*RSA05950

SOURCE ELEMENT LIST (8BIT MODE)

.											*RSA05960
0 0	*										*RSA05970
0 0	*										*RSA05980