

JAERI-M

7970

ROSAIII RUN702実験の予測解析

1978年11月

小泉 安郎・菊池 治^{*}・早田 邦久

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、お申しこしてください。

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

ROSA III RUN 702 実験の予測解析

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

小泉安郎, 菊池 治*, 早田邦久

(1978年10月24日受理)

沸騰水型原子炉 (BWR) を縮尺模擬し, 核燃料棒の代わりに電気ヒータを用いた ROSA III による実験の目的は, BWR の冷却材喪失事故 (LOCA) 時の熱水力学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 702 実験は平均炉心出力, 再循環系ポンプ吸込側配管両端破断を仮定し, ECCS を作動させない実験である。この実験に先立ち, 解析コード RELAP 4J を用いて実験結果の予測計算を行なった。その結果, 液位形成モデルの改良の必要性のあること, ダウンカメラ内液位とジェットポンプの駆動, 吸込み, 吐出各流量と流れの方向とが系の挙動を把握するのに重要な役割を果たすと考えられること, 従って計算結果と実験結果との比較を可能にするようにこれらの量について実験で計測を強化する必要があることが明らかとなった。

*) 東京芝浦電気株式会社

Prediction of ROSA-III Experiment Run 702

Yasuo KOIZUMI, Osamu KIKUCHI* and Kunihisa SODA

Division of Reactor Safety,

Tokai Research Establishment, JAERI

[Received October 24, 1978]

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

Run 702 assumes a recirculation line double ended break at the pump suction with average core power and no ECCS. Prediction of the Run 702 experiment was made with computer code RELAP-4J.

What determine the coolant behavior are mixture level in the downcomer and flowrates and flow directions at jet pump drive flow nozzle, jet pump suction and discharge. There is thus the need for these measurements to compare predicted results with experimental ones. The liquid level formation model also needs improvement.

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

* Toshiba Corporation

SUMMARY

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

ROSA-III test facility is designed to provide information for evaluation of thermo-hydraulic behavior of primary coolant and ECCS during a postulated LOCA in a typical BWR system. Volumetric scaling ratio of the facility is taken as 1/424 and major system components of actual BWR are simulated. Recirculation lines are simulated by two recirculation lines with main recirculation pumps, one is intact loop and the other is broken loop. Jet pumps are simulated by four jet pumps, two each for intact and broken loop. The jet pumps are externally placed outside the vessel. In the core, four 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 predicted results of the second experiment, Run 702. RELAP-4J was used for the prediction.

Run 702 represents a typical 200% double ended recirculation pipe break at pump suction side. ECCS is not activated in Run 702 to obtain base line data. Initial core power is 3.73 MW and radial power distribution in the core is uniform. Total power to the fuel rod assemblies after break is controlled by predetermined power decay curve which represents decay heat and delayed neutron effect. Initial core inlet flowrate is 36.4 kg/s and initial pressure in pressure vessel is 7.16 MPa. A sharp edged orifice with throat area of $5.389 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ is used at the break. Feed water of 205 °C is fed into system for 2 sec after break at flowrate of 2.07 kg/s. Main steam discharge from a steam dome to atmosphere is maintained for 3 sec after break at flowrate of 2.07 kg/s. Recirculation pump speeds are not controlled.

The present analyses consists of two steps: system behavior analysis and core analysis. The system behavior analysis is made with use of RELAP-4J by using 31 volumes including one core volume, 50 junctions and 41 heat slabs to represent the ROSA-III test facility. The results of the system behavior analysis is used for the core analysis to calculate fuel rod surface temperature, where 5 volumes, 6 junctions and 13 heat slabs are used to represent the core of ROSA-III facility.

Major results and conclusions are as follows.

- 1) Lower plenum flashing is predicted to occur at 3.7 sec after break. At 9.7 sec, mixture level in downcomer reaches the top of the downcomer outlet nozzle to the jet pump suction. At 15.5 sec it reaches the top of the downcomer outlet nozzle to the recirculation pump suction and this nozzle is completely exposed to vapor phase at 77.0 sec. Transition from two-phase discharge to vapor discharge occurs at 75.0 sec at the pump side break plane, and at 80.6 sec at the vessel side break plane. The end of blowdown is 161.7 sec.
- 2) Flow direction in broken loop jet pump reverses immediately after break. Flow from lower plenum to jet pump discharge is separated into two directions; one is toward the pump side break via jet pump drive flow nozzle and the other is toward the vessel side break through jet pump suction and downcomer. Choked flow exists at the jet pump drive flow nozzle in the broken loop from 6.1 sec to 115 sec.
- 3) Intact loop jet pump loses its functions at 10.5 sec when mixture level in downcomer falls down below the downcomer outlet nozzle to jet pump suction. After losing the jet pump function, two flow routes are formed in the intact loop. One is from lower plenum to downcomer through the jet pump suction. The other is from the lower part of downcomer to downcomer through jet pump drive flow nozzle and jet pump suction by pumping action of recirculation pump. Flow direction from lower plenum to recirculation pump reverses at 18.5 sec.

- 4) Choked flow exists at the pump side break plane from 0.5 sec to 70 sec after break, and also at vessel side break plane from 1 sec to 115 sec.
- 5) Surface temperature of the simulated fuel rod does not exhibit an excursion to high temperature, although temperature begins to slowly increase when quality in the core becomes 1.0 at about 80 sec after break. These phenomena, however, directly depend on power decay curve for the simulated fuel rod. Therefore, in order to better simulate temperature behavior of an actual BWR, power decay curve must be modified.
- 6) When phase separation model is applied to vertically connected volumes, RELAP-4J calculates mixture levels in all of the volumes. Such calculation does not always represent realistic situation and often causes instability of calculation. Therefore, further modification of phase separation model is required as to more realistically predict mixture level in vertically connected volumes.
- 7) Major parameters to control system behavior are downcomer liquid level and flowrate, flow direction and quality at jet pump drive flow nozzle, jet pump suction, jet pump discharge in both intact and broken loops. Thus, these quantities should be measured as many as possible.
- 8) Differential pressure across each system component and flowrates at each location should be measured as many as possible in order to quantify initial input data for analytical codes.

目 次

SUMMARY	1
1. まえがき	1
2. ROSA III実験装置ならびにRUN702実験の概略	1
2.1 ROSA III実験装置	1
2.2 RUN702実験	2
2.2.1 実験条件	2
2.2.2 実験手順	2
3. RELAP 4J による計算結果	9
3.1 システム全体の解析に用いた入力データ	9
3.2 炉心解析に用いた入力データ	10
3.3 RELAP 4J の主な特色	10
4. 計算結果とその考察	23
4.1 計算で予測した諸事象	23
4.2 計算結果	23
4.2.1 圧力, 差圧	23
4.2.2 流量	24
4.2.3 炉心発熱量	25
4.2.4 ポンプ回転数	25
4.2.5 流体温度	25
4.2.6 ROSA III構造物温度	27
4.2.7 燃料棒表面温度	27
4.2.8 チャンネルボックス内壁面温度	27
4.2.9 冷却材密度	27
4.2.10 そのほかの重要な計算結果	28
5. 結 論	68
謝 辞	69
参考文献	69
付録	
付録1 システム全体の解析に用いた入力データリスト	70
付録2 炉心解析に用いた入力データリスト	75

CONTENTS

SUMMARY	iii
1. INTRODUCTION	1
2. BRIEF DESCRIPTION OF ROSA III TEST FACILITY AND EXPERIMENT RUN 702	1
2.1 ROSA III Test Facility	1
2.2 EXPERIMENT RUN 702	2
2.2.1 Experiment Conditions	2
2.2.2 Experiment Procedure	2
3. CALCULATION USING REACTOR SAFETY ANALYSIS CODE	9
3.1 Input Data for System Behavior Analysis	9
3.2 Input Data for Core Analysis	10
3.3 Characteristics of RELAP4J Used in Analysis	10
4. PREDICTED RESULTS AND DISCUSSIONS	23
4.1 Predicted Events	23
4.2 Predicted Results	23
4.2.1 Pressure and Differential Pressure	23
4.2.2 Flowrate	24
4.2.3 Core Power	25
4.2.4 Pump Speed	25
4.2.5 Coolant Temperature	25
4.2.6 Surface Temperature of ROSA III Structure	27
4.2.7 Clad Temperature	27
4.2.8 Channel Box Wall Temperature	27
4.2.9 Coolant Density	27
4.2.10 Other Results of Significance	28
5. CONCLUSIONS	68
ACKNOWLEDGEMENT	69

REFERENCES 69

APPENDICES

APPENDIX 1 Listing of Input Data for System Behavior
Analysis 70

APPENDIX 2 Listing of Input Data for Core Analysis 75

LIST OF TABLES

Table 2.1	Specified Experiment Conditions of RUN 702 and Initial Conditions Used in Analysis	5
Table 2.2	Primary Timer Setting for RUN 702	7
Table 2.3	Major Chronology after Break for RUN 702	8
Table 3.1	Description of Volumes	13
Table 3.2	Description of Junctions	14
Table 3.3	Description of Heat Slabs	16
Table 3.4	Initial Pressure and Temperature Distribution	18
Table 3.5	Initial Conditions of Junctions	19
Table 3.6	Description of Volumes in Core Analysis	22
Table 3.7	Description of Junctions in Core Analysis	22
Table 3.8	Description of Heat Slabs in Core Analysis	22
Table 4.1	Major Predicted Events	31
Table 4.2	Measurement Location and Corresponding Prediction	32
Table 4.3	Additional Calculated Parameters	38

LIST OF FIGURES

Fig. 2.1	Schematic Drawing of ROSA III Test Facility	3
Fig. 2.2	Pressure Vessel of ROSA III	4
Fig. 2.3	Axial Power Distribution of Heater Rod	6
Fig. 2.4	Power Transient	6
Fig. 3.1	Node and Junction Representation of ROSA III	11
Fig. 3.2	Feed Water Rate Used in Analysis	21
Fig. 3.3	Steam Discharge Rate Used in Analysis	21
Fig. 3.4	Node and Junction in Core Analysis	21
Fig. 4.1	Pressure in Lower Plenum (P1, AP1)	40
Fig. 4.2	Pressure in Upper Plenum (P2, PA5)	40
Fig. 4.3	Pressure in Steam Dome (P3, AP8)	40
Fig. 4.4	Pressure of Downcomer Bottom (P4, AP11)	40
Fig. 4.5	Pressure in Intact Loop Jet Pump Drive Line (P5 & P6, AP26)	41
Fig. 4.6	Pressure in Intact Loop Jet Pump Suction Line (P7 & P8, AP20)	41
Fig. 4.7	Pressure at Intact Loop Pump Suction (P9, AP23)	41
Fig. 4.8	Pressure at Broken Loop Pump Suction (P10, AP16)	41
Fig. 4.9	Pressure at Broken Loop Pump Delivery (P11, AP18)	42

Fig. 4.10	Pressure at Upstream of Break A (Pump Side) (P12, AP16)	....	42
Fig. 4.11	Pressure at Intact Loop Jet Pump Outlet (P17, AP22)	.....	42
Fig. 4.12	Pressure at Intact Loop Jet Pump Outlet (P18, AP14)	.....	42
Fig. 4.13	Differential Pressure, Lower Plenum to Upper Plenum (D1, AP1-AP5)	.....	43
Fig. 4.14	Differential Pressure, Upper Plenum to Steam Dome (D2, AP5-AP8)	.....	43
Fig. 4.15	Differential Pressure, Vessel Bottom to Top (D5, AP1-AP8)	...	43
Fig. 4.16	Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump 1 Discharge to Suction (D6, AP21-AP20)	.....	43
Fig. 4.17	Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump 1 Drive to Suction (D7, AP26-AP20)	.....	44
Fig. 4.18	Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump 2 Discharge to Suction (D8, AP31-AP20)	.....	44
Fig. 4.19	Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump 3 Discharge to Suction (D10, AP13-AP12)	.....	44
Fig. 4.20	Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump 3 Drive to Suction (D11, AP19-AP12)	.....	44
Fig. 4.21	Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump 4 Discharge to Suction (D12, AP30-AP12)	.....	45
Fig. 4.22	Differential Pressure, Intact Loop Pump Delivery to Suction (D14, AP25-AP23)	.....	45
Fig. 4.23	Differential Pressure, Broken Loop Pump Delivery to Suction (D15, AP18-AP16)	.....	45
Fig. 4.24	Flowrate in Main Steam Line (F1, JW47)	.....	45
Fig. 4.25	Flowrate of Feed Water (Transient) (F15, JW45)	.....	46
Fig. 4.26	Flowrate at Intact Loop Jet Pump 1 Discharge (F17, JW23)	...	46
Fig. 4.27	Flowrate at Broken Loop Jet Pump 3 Discharge (F19 & F20, JW13)	.....	46
Fig. 4.28	Flowrate at Intact Loop Jet Pump Outlet (F23, JW23+JW41)	....	46
Fig. 4.29	Flowrate at Broken Loop Jet Pump Outlet (F24, JW13+JW38)	....	47
Fig. 4.30	Flowrate at Break Unit A (Pump Side) (F25, JW50)	.....	47
Fig. 4.31	Core Power (W1, W2 & W3, NQ)	.....	47
Fig. 4.32	Recirculation Pump Speed (N1 & N2, Volumes 24 & 17)	.....	47
Fig. 4.33	Coolant Temperature in Lower Plenum (T1, AT1)	.....	48
Fig. 4.34	Coolant Temperature in Upper Plenum (T2, AT5)	.....	48
Fig. 4.35	Coolant Temperature in Steam Dome (T3, AT8)	.....	48
Fig. 4.36	Coolant Temperature in Upper Downcomer (T4, AT28)	.....	48

Fig. 4.37	Coolant Temperature in Lower Downcomer (T5, AT11)	49
Fig. 4.38	Coolant Temperature at Intact Loop Jet Pump Drive (T6 & T7, AT26)	49
Fig. 4.39	Coolant Temperature at Broken Loop Jet Pump Drive (T8 & T9, AT19)	49
Fig. 4.40	Coolant Temperature at Intact Loop Jet Pump 1 Discharge (T10, AT21)	49
Fig. 4.41	Coolant Temperature at Broken Loop Jet Pump 3 Discharge (T12, AT13)	50
Fig. 4.42	Coolant Temperature at Intact Loop Pump Suction (T14, AT23)	50
Fig. 4.43	Coolant Temperature at Intact Loop Pump Delivery (T15, AT25)	50
Fig. 4.44	Coolant Temperature at Broken Loop Pump Suction (T16, T18 & T26, AT16)	50
Fig. 4.45	Coolant Temperature at Broken Loop Pump Delivery (T17, AT18)	51
Fig. 4.46	Coolant Temperature at Upstream of Break B (Vessel Side) (T19, AT15)	51
Fig. 4.47	Coolant Temperature at Intact Loop Jet Pump Outlet (T24, AT22)	51
Fig. 4.48	Coolant Temperature at Broken Loop Jet Pump Outlet (T25, AT14)	51
Fig. 4.49	Surface Temperature of Vessel Filler, Bypass Side (TS15 & TS18, Heat Slab 18 Left)	52
Fig. 4.50	Surface Temperature of Vessel Filler, Downcomer Side (TS21 & 24, Heat Slab 18 Right)	52
Fig. 4.51	Surface Temperature of Upper Downcomer (TS30, Heat Slab 37 Right)	52
Fig. 4.52	Surface Temperature of Downcomer Wall (TS31, Heat Slab 20 Right)	52
Fig. 4.53	Surface Temperature of Lower Plenum Wall (TS36, Heat Slab 13 Right)	53
Fig. 4.54	Heater Rod Surface Temperature, Position 1 (TF1, 8, 15, 22, 29, 39, 50 & 58, Heat Slab 12)	53
Fig. 4.55	Heater Rod Surface Temperature, Position 2 (TF2, 9, 16, 23 & 30, Heat Slab 10)	53
Fig. 4.56	Heater Rod Surface Temperature, Position 3 (TF3, 10, 17, 24, 31, 36, 40, 44, 47, 51, 55, 59, 63 & 66, Heat Slab 9)	53
Fig. 4.57	Heater Rod Surface Temperature, Position 4 (TF4, 11, 18, 25, 32, 37, 41, 45, 48, 52, 56, 60, 64, & 67, Heat Slab 7)	54

Fig. 4.58	Heater Rod Surface Temperature, Position 5 (TF5, 12, 19, 26, 33, 38, 42, 46, 49, 53, 57, 61, 65 & 68, Heat Slab 5)	54
Fig. 4.59	Heater Rod Surface Temperature, Position 6 (TF6, 13, 20, 27 & 34, Heat Slab 4)	54
Fig. 4.60	Heater Rod Surface Temperature, Position 7 (TF7, 14, 21, 28, 35, 43, 54 & 62, Heat Slab 2)	54
Fig. 4.61	Surface Temperature of Channel Box Wall (TB1~TB14, Heat Slab 6 Left)	55
Fig. 4.62	Fluid Density at Intact Loop Jet Pump Outlet (DF1, DF2 & DF3, AR22)	55
Fig. 4.63	Fluid Density at Broken Loop Jet Pump Outlet (DF4, DF6 & DF7, AR14)	55
Fig. 4.64	Fluid Density at Break A (DF7 & DF8, AR16)	55
Fig. 4.65	Flowrate at Lower Tie Plate, JW3	56
Fig. 4.66	Flowrate at Upper Tie Plate, JW4	56
Fig. 4.67	Flowrate at Steam Separator Inlet, JW5	56
Fig. 4.68	Flowrate at Steam Separator Outlet, JW6	56
Fig. 4.69	Flowrate at Outlet from Downcomer to Broken Loop Jet Pump 3 Suction, JW11	57
Fig. 4.70	Flowrate at Broken Loop Jet Pump Suctions, JW12 and JW76	57
Fig. 4.71	Flowrate at Broken Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JW14	57
Fig. 4.72	Flowrate at Broken Loop Jet Pump Drive Nozzles, JW20 and JW37	57
Fig. 4.73	Flowrate at Outlet from Downcomer to Intact Loop Jet Pump Suction, JW21	58
Fig. 4.74	Flowrate at Intact Loop Jet Pump Suctions, JW22 and JW39 ..	58
Fig. 4.75	Flowrate at Intact Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JW24	58
Fig. 4.76	Flowrate at Intact Loop Jet Pump Drive Nozzles, JW29 and JW40	
Fig. 4.77	Flowrate at Vessel Side Break Plane, JW49	59
Fig. 4.78	Junction Quality at Outlet from Downcomer to Broken Loop Jet Pump Suction, JX11	59
Fig. 4.79	Junction Quality at Broken Loop Jet Pump Suction, JX12	59
Fig. 4.80	Junction Quality at Broken Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JX14	59
Fig. 4.81	Junction Quality at Outlet from Downcomer to Broken Loop Recirculation Pump, JX15	60

Fig. 4.82	Junction Quality at Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle, JX20	60
Fig. 4.83	Junction Quality at Outlet from Downcomer to Intact Loop Jet Pump Suction, JX21	60
Fig. 4.84	Junction Quality at Intact Loop Jet Pump Suction, JX22	60
Fig. 4.85	Junction Quality at Intact Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JX24	61
Fig. 4.86	Junction Quality at Outlet from Downcomer to Intact Loop Recirculation Pump, JX25	61
Fig. 4.87	Junction Quality at Intact Loop Jet Pump Drive Nozzle, JX29	61
Fig. 4.88	Junction Quality at Downcomer Inlet, JX32	61
Fig. 4.89	Junction Quality at Vessel Side Break Plane, JX49	62
Fig. 4.90	Junction Quality at Pump Side Break Plane, JX50	62
Fig. 4.91	Average Quality in Lower Plenum below Tie Grid, AX1	62
Fig. 4.92	Average Quality in Lower Plenum above Tie Grid, AX2	62
Fig. 4.93	Average Quality in Core Inlet Chambers, AX3	63
Fig. 4.94	Average Quality in Core, AX4	63
Fig. 4.95	Average Quality in Upper Plenum, AX5	63
Fig. 4.96	Average Quality in Downcomer, AX11	63
Fig. 4.97	Average Quality in Broken Loop Jet Pump, AX13	64
Fig. 4.98	Average Quality in Broken Loop Jet Pump Discharge Line, AX14	64
Fig. 4.99	Average Quality in Broken Loop Recirculation Pump Suction Line, Vessel Side, AX15	64
Fig. 4.100	Average Quality in Broken Loop Recirculation Pump Suction Line, Pump Side, AX16	64
Fig. 4.101	Average Quality in Broken Loop Recirculation Pump Discharge Line, AX18	65
Fig. 4.102	Average Quality in Intact Loop Jet Pump Discharge Line, AX22	65
Fig. 4.103	Average Quality in Intact Loop Recirculation Pump Suction Line, AX23	65
Fig. 4.104	Average Quality in Intact Loop Jet Pump Drive Line, AX26	65
Fig. 4.105	Average Quality in Upper Downcomer, AX28	66
Fig. 4.106	Mixture Level in Downcomer, ML11	66
Fig. 4.107	Mixture Level in Upper Downcomer, ML28	66
Fig. 4.108	Average Quality (Core Analysis) AX2	66
Fig. 4.109	Average Quality (Core Analysis) AX3	67
Fig. 4.110	Average Quality (Core Analysis) AX4	67
Fig. 4.111	Average Quality (Core Analysis) AX5	67
Fig. 4.112	Average Quality (Core Analysis) AX6	

1. ま え が き

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

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

ROSA IIIでの実験は現在1番目の実験RUN701が終了した段階である。これまでにROSA IIIに関して4つの報告がある。田坂ら⁽¹⁾、北口ら⁽²⁾⁽³⁾はROSA IIIの基となっているBWR/6とROSA IIIとの模擬性について検討を行ない、ROSA IIIの設計および最適実験条件の選択のための資料を提供した。早田⁽⁴⁾はRUN701の実験に先立ち、RELAP 4J⁽⁵⁾を用いて実験結果の予測計算を行なった。

実験に先立つ予測計算の目的は、計算結果と後から得られる実験結果との比較、検討からコードの精度を評価することである。その結果として、コードの改良の方向が明らかとなる。本報は、このような見地に立って行なったROSA IIIでの2番目の実験RUN702に対する実験前の予測計算の結果をまとめたものである。計算に用いたコードはRELAP 4Jである。

RUN702実験は炉心半径方向の出力分布は同様とし、再循環ポンプの吸込側配管両端破断を仮定し、ECCSを作動させない単純放出実験である。この実験は今後の諸条件を変えた実験の比較の基礎となるものである。

2. ROSA III 実験装置ならびにRUN702実験の概略

2.1 ROSA III 実験装置

ROSA III実験装置はBWRのLOCA時の冷却材の流出開始から緊急炉心冷却系（ECCS）作動後までの一連の一次冷却系の熱水力学的挙動を解明するために作られた実験装置であって、実炉（BWR/6⁽⁶⁾熱出力 3.8×10^3 MW）を体積比にして1/424に縮尺した規模である。

1. ま え が き

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

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

ROSA IIIでの実験は現在1番目の実験RUN701が終了した段階である。これまでにROSA IIIに関して4つの報告がある。田坂ら⁽¹⁾、北口ら⁽²⁾⁽³⁾はROSA IIIの基となっているBWR/6とROSA IIIとの模擬性について検討を行ない、ROSA IIIの設計および最適実験条件の選択のための資料を提供した。早田⁽⁴⁾はRUN701の実験に先立ち、RELAP 4J⁽⁵⁾を用いて実験結果の予測計算を行なった。

実験に先立つ予測計算の目的は、計算結果と後から得られる実験結果との比較、検討からコードの精度を評価することである。その結果として、コードの改良の方向が明らかとなる。本報は、このような見地に立って行なったROSA IIIでの2番目の実験RUN702に対する実験前の予測計算の結果をまとめたものである。計算に用いたコードはRELAP 4Jである。

RUN702実験は炉心半径方向の出力分布は一様とし、再循環ポンプの吸込側配管両端破断を仮定し、ECCSを作動させない単純放出実験である。この実験は今後の諸条件を変えた実験の比較の基礎となるものである。

2. ROSA III 実験装置ならびにRUN702実験の概略

2.1 ROSA III 実験装置

ROSA III実験装置はBWRのLOCA時の冷却材の流出開始から緊急炉心冷却系（ECCS）作動後までの一連の一次冷却系の熱水力学的挙動を解明するために作られた実験装置であって、実炉（BWR/6⁽⁶⁾ 熱出力 3.8×10^3 MW）を体積比にして1/424に縮尺した規模である。

ROSA IIIの概略図を図 2.1 に、圧力容器内部形状を図 2.2 に示す。炉心は 8×8 配列の模擬燃料集合体 4 体から成り立っており、各燃料集合体には 63 本の模擬燃料棒と模擬ウォーターロッド 1 本が入れられている。模擬燃料棒は電気間接加熱型で、外径 12.52mmφ、発熱部長さは 1880 mm で、実炉燃料棒長さの 1/2 である。被覆管材質はインコネル 600 である。再循環ループは 2 つあり、1 つは健全ループ、1 つは破断ループでそれぞれに再循環ポンプがついている。ジェットポンプは外置きで健全ループに 2 つ、破断ループに 2 つ置かれている。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を用いている。

実験は実炉の定常運転時と同じ圧力、温度の状態から開始する。LOCA を模擬するための配管破断位置、破断形状および ECCS 水の注入条件、位置は各実験ごとに可変である。また炉心断面内発熱分布には多少の選択の余地がある。なお、燃料棒軸方向発熱分布は階段状コサイン分布である。

2.2 RUN 702 実験

2.2.1 実験条件

RUN 702 は再循環ポンプ吸込側配管両端破断実験である。各実験条件をまとめたものを表 2.1 に示す。

炉心発熱分布は断面内一様である。燃料棒の軸方向発熱分布は図 2.3 に示す階段状コサイン分布であって、実炉燃料棒の発熱分布を模擬したものである。放出実験開始後の炉心内全発熱量は崩壊熱および遅発性中性子の影響から決まる発熱時間変化曲線に従って制御する。図 2.4 はこの発熱時間変化曲線である。健全側、破断側の両再循環ポンプは配管破断と同時に電源を切り回転数制御は行なわない。RUN 702 では、ECCS、ADS 作動時のデータと比較するための基準データを得るために、ECCS、ADS 共に作動させない。

2.2.2 実験手順

放出実験は実験初期条件達成後約 30 分の定常運転後に配管破断を模擬する破断装置の破裂板を破り、冷却材を流出させることにより開始する。実験開始後のバルブ開閉などの諸操作は、あらかじめ定められた設定時刻に従い自動的に行なう。RUN 702 の場合の各操作機器の設定時刻および動作は表 2.2 に示したとおりであり、これを整理すると表 2.3 のようになる。給水弁に閉信号を送るのが破断後 2 秒、蒸気放出弁へは 3 秒である。これは、給水量および蒸気放出量についての北口らの解析結果⁽²⁾を参考にし、それぞれのバルブが閉信号を受けた後完全にしまりきるのに約 2 秒かかることより決めた。

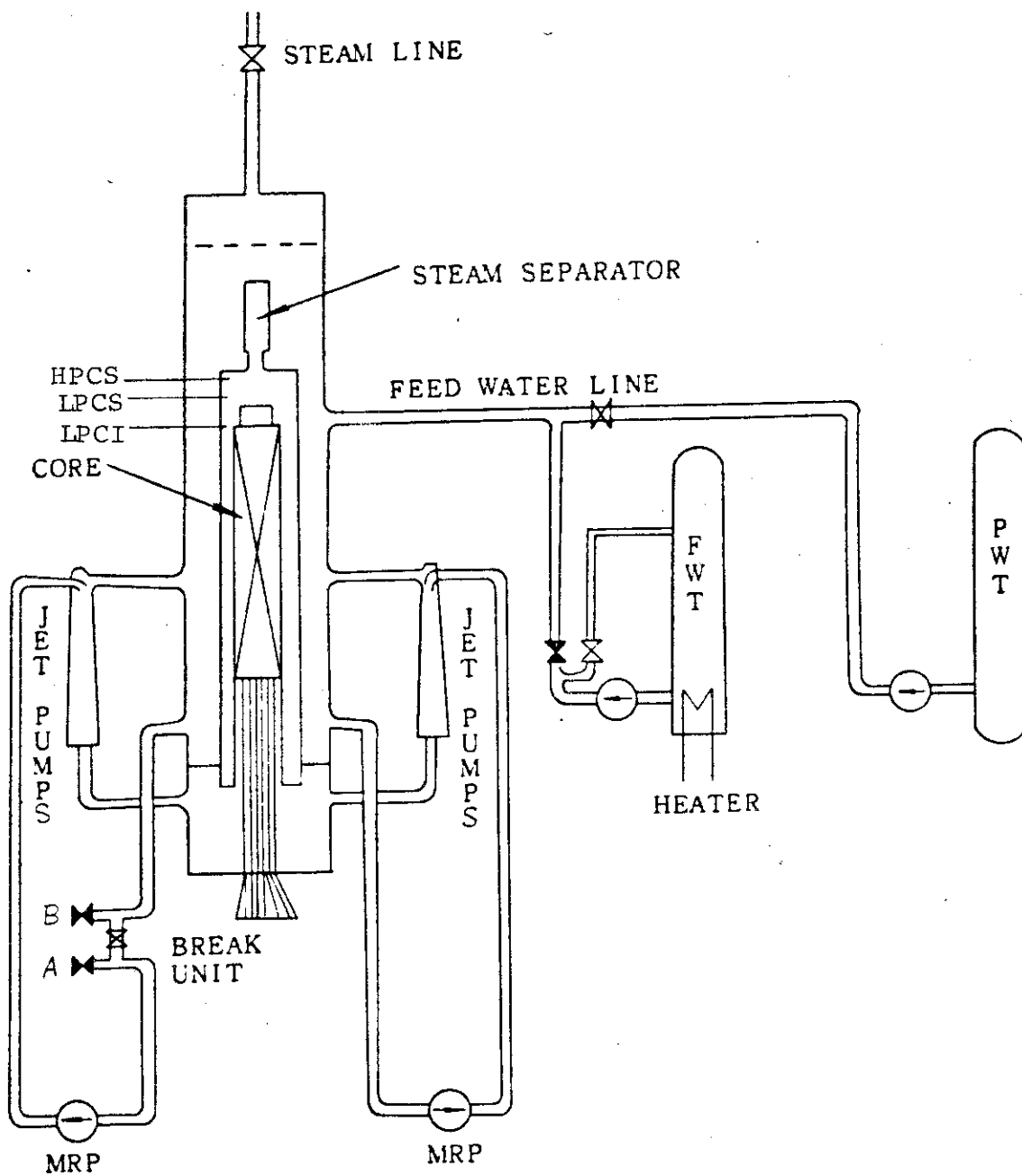


Fig. 2.1 Schematic Drawing of ROSA III Test Facility

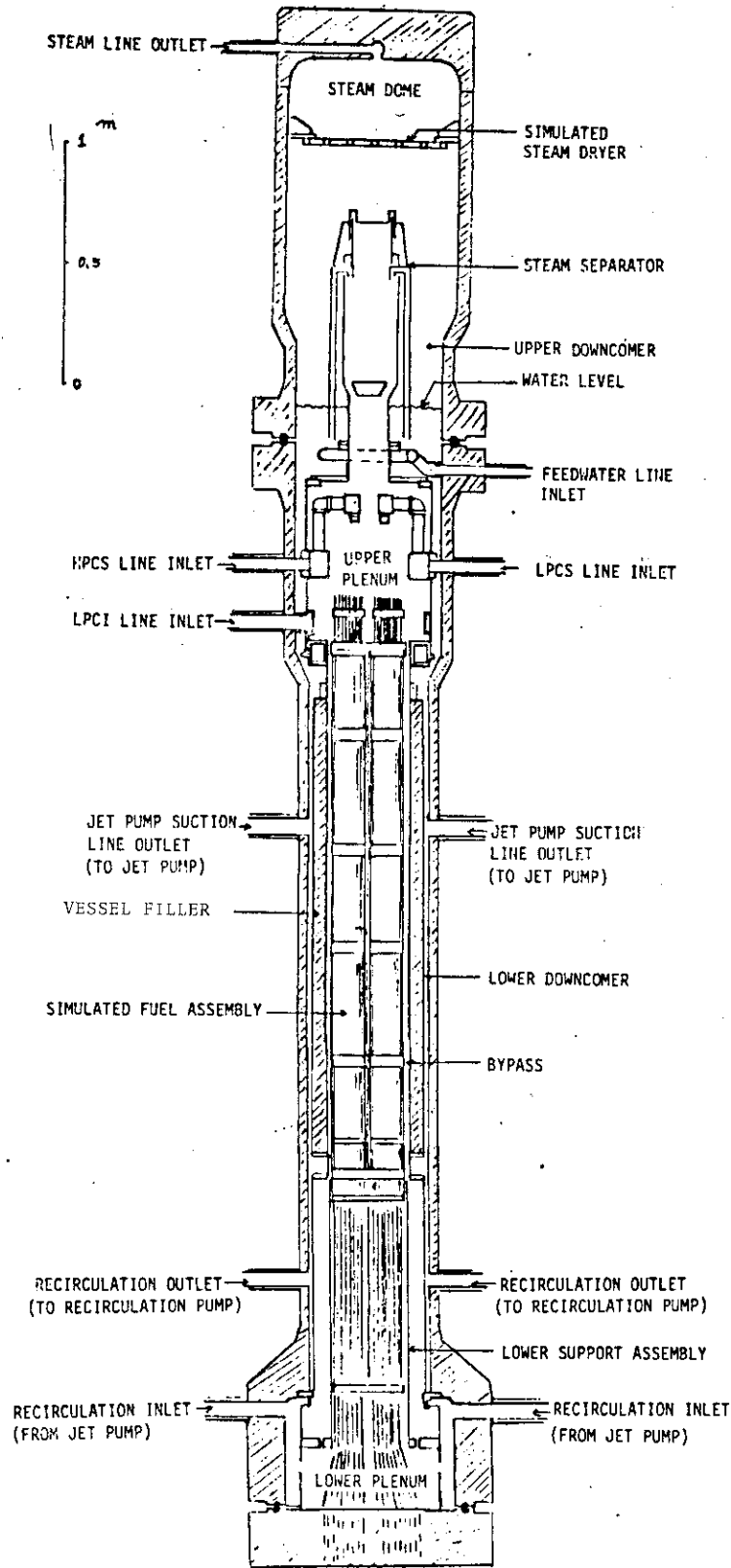
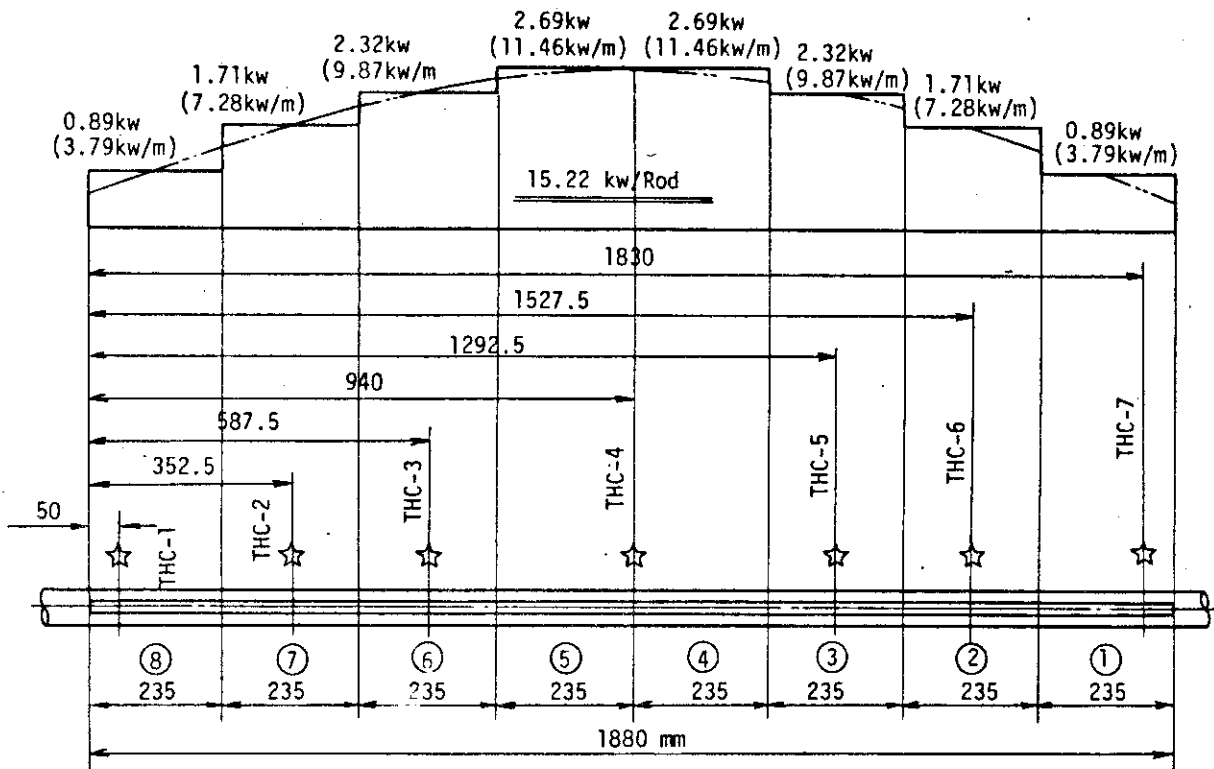


Fig. 2.2 Pressure Vessel of ROSA III

Table 2.1 Specified Experiment Conditions of Run 702 and Used Conditions in Analysis

	Specified Experiment Condition of Run 702	Experiment Condition used in Analysis
Break Conditions Location Break Area	Recirculation Pump Suction Line 5.389 × 10 ⁻⁴ m ²	Recirculation Pump Suction Line 5.389 × 10 ⁻⁴ m ²
System Conditions Steam Dome Pressure Steam Dome Temperature Flowrate at Core Inlet Broken Loop Flowrate Intact Loop Flowrate Initial Core Power Water Level in Pressure Vessel	7.16 MPa (72 kg/cm ² g) 287 °C 36.4 kg/s 7.8 × 10 ⁻³ m ³ /s * 7.8 × 10 ⁻³ m ³ /s * 3.73 MW 4.62 m	7.22 MPa (72.7 kg/cm ² g) 288 °C 36.7 kg/s 7.7 × 10 ⁻³ m ³ /s 7.8 × 10 ⁻³ m ³ /s 3.74 MW 4.62 m
Feed Water Condition Pressure Temperature Injection Flowrate	7.46 MPa (75.0 kg/cm ² g) 205 °C 2.41 × 10 ⁻³ m ³ /s (2.07 kg/s)	7.40 MPa (75.5 kg/cm ² g) 205 °C 2.41 × 10 ⁻³ m ³ /s (2.07 kg/s)
Steam Discharge Condition Discharge Flowrate Discharge Line Orifice Diameter	2.07 kg/s 20.0 mm	2.07 kg/s 20.0 mm
ECCS Condition not used		
ADS Condition not used		

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



☆ indicates position of thermocouple.

Fig. 2.3 Axial Power Distribution of Heater Rod

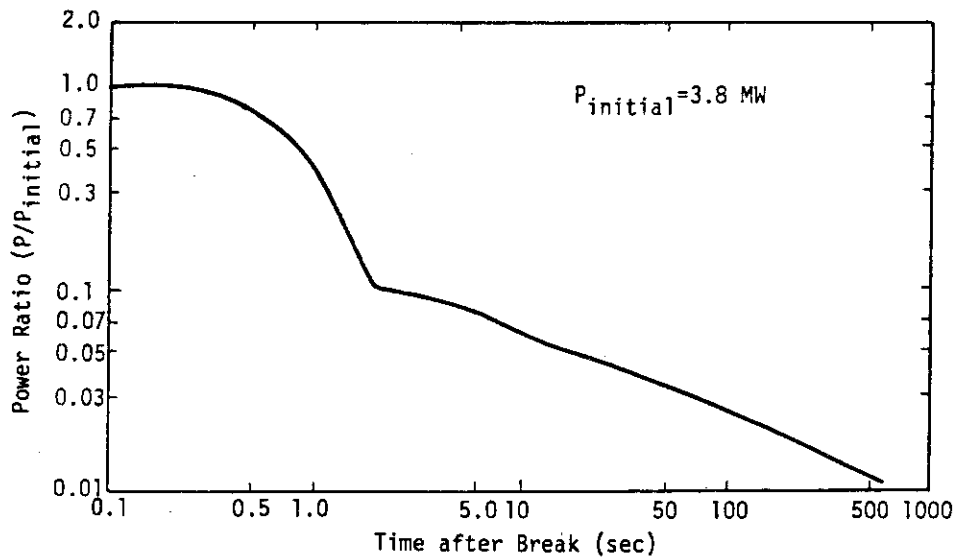


Fig. 2.4 Power Transient

Table 2.2 Primary Timer Setting for RUN 702

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

Table 2.3 Major Chronology after Break for RUN 702

Time after Break sec.	Events
0.0	Break Initiate core power control ⁽¹⁾ Terminate intact loop recirculation pump power ⁽²⁾ Terminate broken loop recirculation pump power ⁽³⁾ Steam discharge valve open ⁽⁴⁾ Start feed water pump ⁽⁵⁾
2.0	Feed water pump stop
3.0	Steam discharge valve close
900.0	End of data acquisition

- (1) Simulation of decay heat + delayed neutron effect
- (2) Simple coast down
- (3) Simple coast down
- (4) Open for 3.0 sec. after break
- (5) Operate for 2.0 sec. after break

3. RELAP4Jによる計算結果

計算に用いたコードはRELAP4Jである。計算は2つの手順を踏んで行なった。はじめに炉心を1ボリュームとしてシステム全体の流動状態を計算した。次に、この結果を用いて炉心入口、出口の条件を与え、炉心を5ボリューム、13ヒートスラブに分割して炉心解析を行ない、燃料棒表面温度を計算した。以下にシステム全体の解析に用いた入力データ、炉心解析に用いた入力データの順に述べる。

3.1 システム全体の解析に用いた入力データ

今回の解析では、既報のノーディング上の不備および入力データの不確実性を改める目的でROSA III実験装置全体を再検討し、新たに31ボリューム、50ジャンクション、41ヒートスラブでROSA IIIを表わした。炉心は1ボリューム、1ヒートスラブである。図3.1にノーディングの構成を示す。図中、○で囲んだ数字はボリューム番号を、□で囲んだ数字はヒートスラブ番号を、無印の数字はジャンクション番号を表わす。なお、炉心はボリューム4、ヒートスラブ4 (V4, Slab 4) である。表3.1～表3.3中の番号は図3.1中の番号に対応しており、それぞれが何を代表しているか説明が加えられている。ボリュームへの分割方法、ジャンクションデータの決め方などについては続報で詳細に述べる予定である。

RUN702ではECCS, ADSを作動させないので本解析ではLPCIのジャンクションJ42, LPCSのJ43, HPCSのJ44, ADSのJ47は用いていない。また、気水分離器V6で水だけを分離しジャンクション34 (J34) からV29に流入させることを計算上可能にする目的で設けた小さなボリューム29 (V29)があるが、本解析では簡単のためV29, J34, J35は用いなかった。

表3.4は入力データとして用いた各ボリュームの初期圧力、初期温度である。これらは実験の設定条件をもとに矛盾なく入力データ上のバランスがとれるように試行錯誤法で決定したものである。表3.5はジャンクションデータとして用いた流量、形状損失係数である。図3.2は解析で用いた破断後の給水流量である。これをフィルテーブルにしてジャンクション45に適用した。図3.3は解析で用いた破断後の放出蒸気量である。これを負のフィルテーブルとしてジャンクション47に適用した。図3.2, 図3.3で破断後0.1秒で定格流量となるようにしてあるのは、ROSA IIIでこの部分に取り付けられている弁は開信号を受けてから完全に開ききるのに0.1秒程度要することによる。同じ理由によりジャンクション46の破断前蒸気放出口は破断後0.1秒で閉じられるようにした。破断後の炉心発熱量は図2.4に示してある時間変化曲線で与えた。

RUN702の実験条件と本解析で用いた入力データとが表2.1で比較してある。両者間で多少の違いはあるが、これは単位変換などの過程で生じた差異であり、解析全体に大きな影響を与えない。

RUN702の実験結果の予測計算に用いた全入力データのリストを付録1に付けた。なお、こ

の入力データリストの単位系は $F_t - L_b$ 系である。

3.2 炉心解析に用いた入力データ

炉心解析では4つのチャンネルのうちの1つだけを考え、これを4つのスぺーサを境界として5つのボリュームに分割した。入口ボリュームは炉心入口チャンバ（システム全体の解析のV3に対応）であり、出口ボリュームは上部プレナム（同V5に対応）である。これらの入口、出口ボリュームの時間とともに変化する流体条件には、システム全体の解析の結果を用いる。模擬燃料棒はボリューム境界および発熱密度の違いに応じて13ヒートスラブに分割した。模擬ウォーターロッド（タイロッド）およびチャンネルボックスの熱的影響は無視した。図3.4は炉心の分割状況を図示したもので、表3.6～表3.8はこの場合のボリューム、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。この炉心解析に用いたRELAP 4J入力データリストを付録2に付した。

3.3 RELAP 4Jの主な特色

RELAP 4J⁽⁵⁾は日本原子力研究所においてRELAP 4/Mod 2⁽⁷⁾に改良を加えた計算コードである。主な特色は次に示すようなものである。

(1) Moody臨界流量⁽⁸⁾に対する放出係数 C_D に、実験から定められたクオリティ x の影響を加えた関係式

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

を用いることができる。

(2) サブクール臨界流量にはZaloudeck⁽⁹⁾の結果を用い、飽和域の C_D を付加したMoody臨界流量になめらかに接続する。

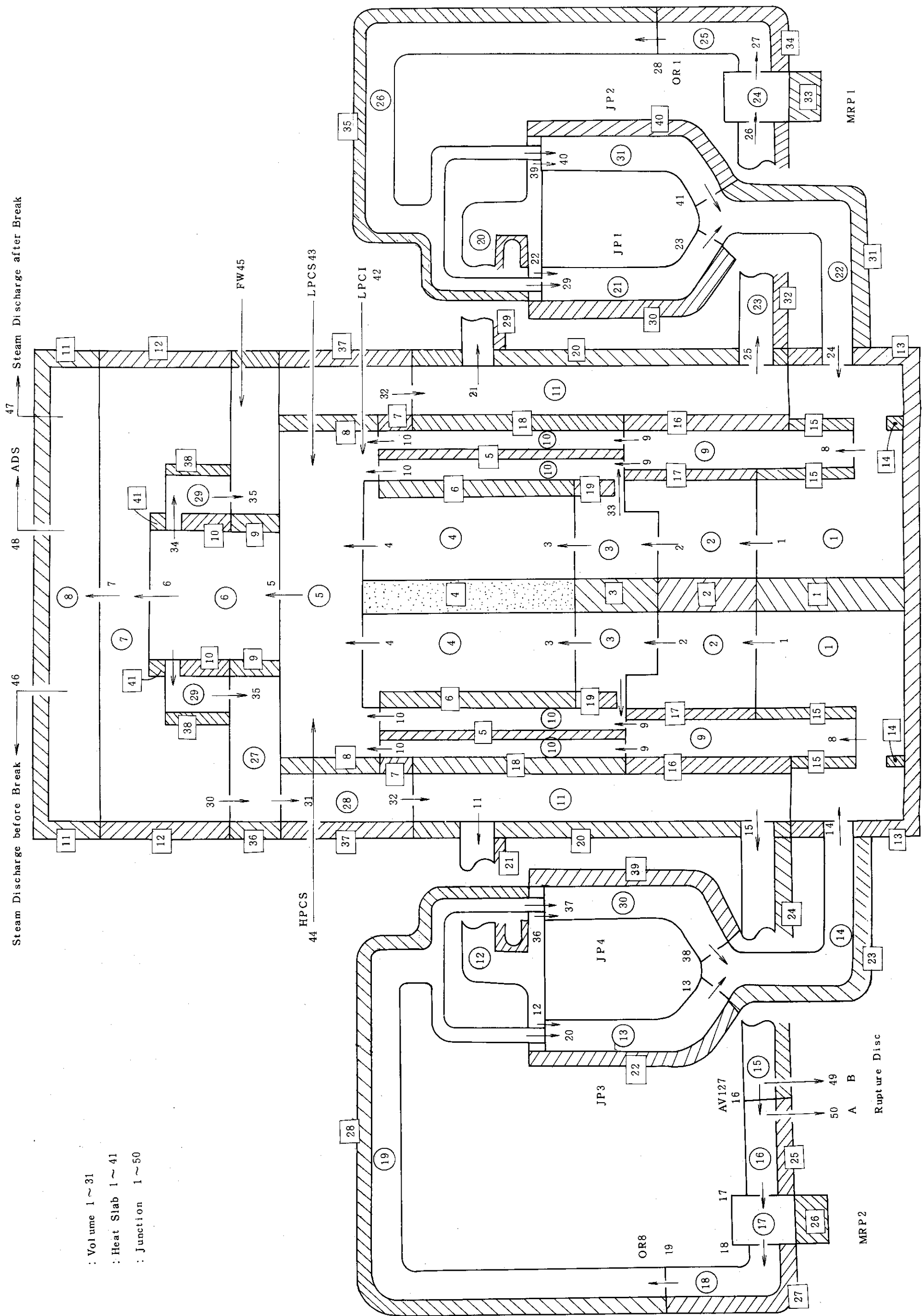
(3) 高クオリティ域での臨界流量はMoody臨界流量と蒸気音速から決まる臨界流量のどちらか大きい方で与えることができる。これを適用するクオリティ域は入力で与えるが、 $x \geq 0.8$ が推奨値である。

(4) 気泡離脱速度にWilson⁽¹⁰⁾の実験式を用いることができる。

(5) 気水分離モデルの適用は流動状態に応じて自動的に選択され、液位の形成がより現象に即している。

(6) 計算の安定化がより進んだ。

本解析では(1)の臨界流放出係数関係式は臨界流の起り得る可能性のある所、すなわち、破断ループ側ジェットポンプ駆動流ノズル(J20, J37)、健全ループ側ジェットポンプ駆動流ノズル(J29, J40)、破断前蒸気放出口(J46)、破断後蒸気放出口(J47)、圧力容器側破断口(J49)、ポンプ側破断口(J50)に適用した。(4)のWilsonモデルは上部ヘッド(V7)、蒸気ドーム(V8)、ダウンカマー(V11)、上部ダウンカマー(V28)に適用した。(3)については推奨値 $x \geq 0.8$ を用いた。



: Volume 1 ~ 31
 : Heat Slab 1 ~ 41
 : Junction 1 ~ 50

Fig.3.1 Node Junction Representation of ROSA III

Table 3.1 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 3.2 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 3.2 Description of Junctions (Contd.)

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 3.3 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 tie 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 3.3 Description of Heat Slabs (Contd.)

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

Table 3.4 Initial Pressure and Temperature Distribution

Volume	Pressure MPa	Temperature °C
1	7.315	279.4
2	7.310	279.4
3	7.278	279.4
4	7.264	0.000436(1)
5	7.246	0.03739 (2)
6	7.236	0.03769 (3)
7*	7.227	0.0 (4)
8*	7.227	288.0 (5)
9	7.268	279.4
10	7.255	283.9
11*	7.243	279.4
12	7.218	278.9
13	7.350	279.4
14	7.317	279.4
15	7.239	278.9
16	7.198	278.9
17	8.107	279.4
18	8.998	280.0
19	8.951	280.0
20	7.218	278.9
21	7.346	279.4
22	7.318	279.4
23	7.232	278.9
24	8.159	279.4
25	9.032	280.0
26	8.995	280.0
27	7.229	279.5
28*	7.232	279.4
29*	7.235	0.0 (6)
30	7.350	279.4
31	7.346	279.4

* : Mixture level was considered.

(1), (2), (3): Quality in volume.

(4) : Quality below mixture level in volume.

(5) : Filled with only vapor.

(6) : This volume was not used.

Table 3.5 Initial Conditon of Junction

Junction	Flowrate kg/s	K _F	K _R	K _{Residual}
1	36.1	0.622	0.713	0.000318
2	36.1	1.19	1.31	0.0000162
3	34.7	0.958	0.958	-0.0453
4	34.7	1.04	1.01	0.762
5	36.6	1.06	1.08	0.0106
6	36.6	1.22	0.522	0.0130
7	1.38	1.66	1.66	0.00324
8	0.592	1.45	1.45	-0.000448
9	0.592	1.83	2.40	0.00140
10	1.96	1.08	0.640	0.00224
11	12.6	0.74	1.24	-0.287
12	6.28	2.09	1.76	-0.467
13	9.16	8.82	7.86	-4.42
14	18.3	1.75	1.25	-0.662
15	5.76	1.46	1.97	0.0312
16	5.76	6.52	6.52	0.00335
17	5.76	15.3	17.3	0.0181
18	5.76	1.13	1.16	0.00626
19	5.76	2.90	2.90	0.00191
20	2.88	0.0690	1.62	-0.0570
21	12.5	0.740	1.24	-0.261
22	6.24	2.09	1.76	-0.175
23	9.16	3.67	2.72	0.0626
24	18.3	1.75	1.25	-0.574
25	5.85	3.79	4.31	0.0471
26	5.85	2.88	2.49	0.00426
27	5.85	6.61	6.63	0.00365
28	5.85	0.960	0.960	-0.0170
29	2.93	0.0690	1.624	-0.0569
30	35.3	0.152	0.114	0.0779
31	36.6	0.278	0.328	-0.00450
32	36.6	0.328	0.519	0.000970
33	1.37	2.65	2.65	-0.00497
34	0.0	0.0	0.0	0.0 (1)
35	0.0	0.0	0.0	0.0 (2)
36	6.28	2.09	1.76	-0.467

Table 3.5 Initial Condition of Junction (Contd.)

Junction	Flowrate kg/s	K_F	K_R	$K_{Residual}$
37	2.88	0.0690	1.62	-0.0570
38	9.16	8.82	7.86	-4.42
39	6.24	2.09	1.76	-0.175
40	2.93	0.0690	1.62	-0.0569
41	9.16	3.67	2.72	-0.0626
42	0.0	0.0	0.0	0.0
43	0.0	0.0	0.0	0.0
44	0.0	0.0	0.0	0.0
45	0.0	0.0	0.0	0.0
46	1.38	35.0	35.0	0.0
47	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	117.0	117.0	0.0
49	0.0	1.70	1.70	0.0
50	0.0	1.74	1.74	0.0

(1), (2) These junctions were not used.

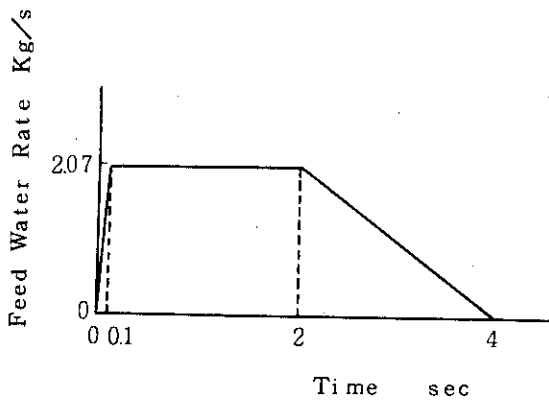


Fig.3.2 Feed Water Rate Used in Analysis

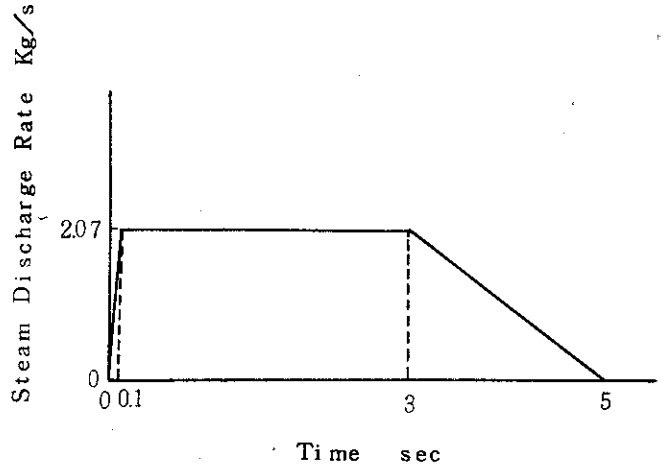


Fig.3.3 Steam Discharge Rate Used in Analysis

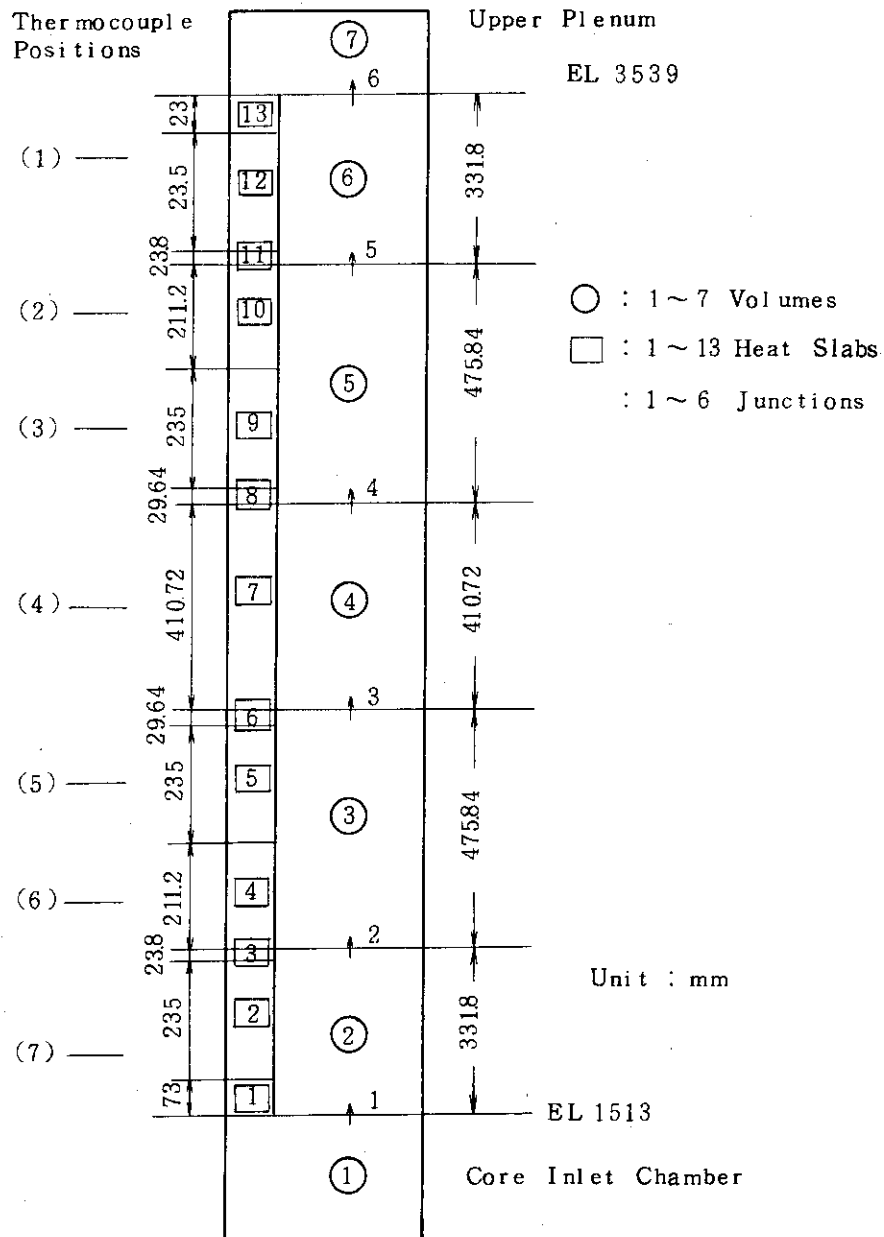


Fig.3.4 Node and Junction in Core Analysis

Table 3.6 Description of Volumes in Core Analysis

Volume No.	Description
1	Core Inlet Chambers (Volume 3 in Table 3.1)
2	Core
3	Core
4	Core
5	Core
6	Core
7	Upper Plenum (Volume 5 in Table 3.1)

Table 3.7 Description of Junctions in Core Analysis

Junction No.	"From" Volume	"To" Volume	Description
1	1	2	Lower Tie Plate
2	2	3	Spacer
3	3	4	Spacer
4	4	5	Spacer
5	5	6	Spacer
6	6	7	Upper Tie Plate

Table 3.8 Description of Heat Slabs in Core Analysis

Heat Slab No.	Volume in Contact	Description	Power Fraction Density [1/m]
1	2	Heater Rods	0.0
2	2	Heater Rods	0.248
3	2	Heater Rods	0.478
4	3	Heater Rods	0.478
5	3	Heater Rods	0.649
6	3	Heater Rods	0.753
7	4	Heater Rods	0.753
8	5	Heater Rods	0.753
9	5	Heater Rods	0.649
10	5	Heater Rods	0.478
11	6	Heater Rods	0.478
12	6	Heater Rods	0.248
13	6	Heater Rods	0.0

4. 計算結果とその考察

4.1 計算で予測した諸事象

計算で予測した破断後の諸事象を時間に対して整理したものが表 4.1 である。

炉心発熱量は破断と同時に発熱時間変化曲線に従って変化する。健全側、破断側両再循環ポンプの電源は切られ、ポンプはコストダウン状態となる。また、蒸気放出弁、給水弁は開かれる。この蒸気放出弁、給水弁は 2 秒後、3 秒後に閉じはじめ、2 秒間でそれぞれ完全に閉じる。以上は入力データとして与えたとおりである。

圧力容器側の破断口から未飽和水の放出が終了するのは破断後 2.5 秒である。ダウンカマ内の液位がジェットポンプの吸込側に通じているダウンカマ出口ノズルの上端に達するのは破断後 9.7 秒である。また、再循環ポンプの吸込側に通じるダウンカマ出口ノズルの上端に達するのは破断後 15.5 秒である。ポンプ側の破断口からの放出状態が水-蒸気 2 相から蒸気単相の状態へ移行するのは 75.0 秒後である。なお、計算の進行はポンプ側破断口のあるボリュームの圧力が大気圧になった破断後 161.7 秒の時点で終了した。計算時間は原研の FACOM230/75 計算機で 6587 秒、計算ステップは 16744 であった。

4.2 計算結果

ROSA III の計測点は 250 点あり、それらは圧力、流体温度、差圧、構造物温度、燃料棒表面温度、流量、密度、ポンプ回転数などである。このうちの殆んどの測定値に対応して予測計算結果を得た。表 4.2 は実験での測定値、測定位置とそれに対応する計算値および計算結果を示した図 4.1 ~ 図 4.64 の図番をまとめたものである。表 4.3 は表 4.2 で示した以外に重要と考えられる計算結果図 4.65 ~ 図 4.112 を図番とともに示したものである。これらは、技術上あるいは装置上の制約から現在実験では測定できないが、現象の解釈には貴重な資料となる。

以下で各計算結果に対し検討を加える。4.2.1 ~ 4.2.9 は実験データとの対応を考え表 4.2 で示した計算結果について主に述べる。4.2.10 では表 4.3 で示した計算結果について述べる。

4.2.1 圧力、差圧

図 4.1 ~ 図 4.12 は圧力の計算結果、図 4.13 ~ 図 4.23 は差圧の計算結果である。差圧の計算値は実験で差圧計のとりつけられている箇所に対応するボリュームの圧力計算結果の差をとることにより求めた。破断系管路以外の圧力、図 4.1 ~ 4.7、図 4.10、図 4.11 はそれぞれ様な時間変化を示している。破断管路以外では圧力は 4 秒程度までは急減し、それ以後はゆるやかに減少していく。これは 4 秒程度で系の圧力が飽和圧力まで減少したためである。図 4.1 に示す下部プレナム圧力と図 4.33、図 4.91 に示す下部プレナム流体温度、クォリティとから、下部プレナムフ

ラッシングは破断後 3.7 秒で開始することがわかる。

図 4.8, 図 4.9, 図 4.23 は破断ループ再循環ポンプ前後の圧力, 差圧である。ポンプ前後で大きな圧力損失があることがわかる。図 4.19, 図 4.21 は破断ループジェットポンプの吐出側と吸込側間の差圧であり, 図 4.20 は駆動流側と吸込側間の差圧である。図 4.27, 図 4.70, 図 4.72 はそれぞれ破断ループジェットポンプの吐出, 吸込み, 駆動流の流量であるが, これらからわかるように破断ループ側ジェットポンプでは破断後ただちに逆流となり, 吐出側から駆動流ノズルへの流れと, 吐出側から吸込側への流れとを生じる。それゆえ, 図 4.19 と図 4.21 の吐出側と吸込側間の差圧は破断後正の値となる。図 4.20 より, 6 秒あたりから吸込側と駆動流側との間に大きな圧力差が生じていることがわかる。図 4.19, 図 4.21 からわかるように吐出側の圧力 (APV 13) と吸込側の圧力 (APV 12) とはそれほど大きな差はなく, 従って, 図 4.20 に示す差圧はジェットポンプ駆動ノズル側と吐出側との圧力差と見てもさしつかえない。これより, 6 秒付近から駆動ノズルの所で流れは臨界に達したことがわかる。図 4.10 で 15 秒あたりから 35 秒付近まで計算結果に細かい振動が見られるが, これは図 4.106 に示すようにダウンカマ内液位 (V 11) が再循環ポンプへ通じるダウンカマ出口ノズルの位置まで下がったことによる。

図 4.13 は下部プレナムと上部プレナム間の圧力差である。この圧力差はほぼこれらの間の水頭に対応しており, 40 秒程度まで下部プレナムより上にかかなり水が残っていることを示している。図 4.14 は上部プレナムと蒸気ドーム間の圧力差である。かなり振動的ではあるが全期間を通じて上部プレナムから気水分離器を通して上部ヘッドへ流れる流れが存在することを示している。このことは図 4.68 に示す気水分離器出口流量からも明らかである。図 4.15 は下部プレナム間の差圧と蒸気ドーム間の差圧であり, 図 4.13 に示した下部プレナムと上部プレナム間の差圧と同様のことがいえる。

図 4.16 ~ 図 4.18, 図 4.22 は健全側ループの各差圧である。図 4.22 はポンプ前後の差圧 (ポンプヘッド) で, 15 秒付近から振動的になり 51 秒で差圧はほぼゼロとなる。これは, ポンプは破断後自由コーストダウンであること, 15.5 秒でダウンカマ液位がポンプ吸込口へ通じるダウンカマ出口ノズル上端に達し, それ以後蒸気が吸出されはじめ, ポンプ吸込側の流体の蒸気含有率が上昇しポンプ機能が低下したことによる。このことは図 4.32 に示すポンプ回転数および図 4.103 に示す再循環ポンプ吸込側クオリティからも容易に理解されよう。

4.2.2 流量

図 4.24 は主蒸気管からの蒸気放出量である。この流量は, 破断後 3 秒間は一定流量 2.07 kg/s , 5 秒後にゼロとなるように入力で与えている。RELAP 4 J では Leak Table で流量を与えることができない。それゆえ, 流量を与えることのできる Fill Table で負の流量を与え, 放出流量を決めた。

図 4.25 は給水流量である。入力データで破断後 2 秒間は一定流量 2.07 kg/s , 4 秒後にはゼロとなるように入力で与えている。

図 4.26, 図 4.28 は健全ループ側ジェットポンプの吐出流量である。図 4.26 は健全ループにある 2 台のジェットポンプのうちのジェットポンプ 1 の吐出流量で, 図 4.28 は 2 つのジェットポンプの合計の吐出流量である。流れは 1.05 秒で急激に逆流に転じている。これは図 4.106 に示す

ようにダウンカム内の水位が9.7秒でジェットポンプへ通じるダウンカム出口ノズル上端に達し、その後このノズルが蒸気相中に露出したことによる。これ以後は図4.74に示す健全ループ側ジェットポンプ吸込流量および図4.76に示す健全ループ側ジェットポンプ吐出流量から明らかのように、ジェットポンプはポンプとしては機能しなくなり、吐出側から吸込側への流れが生じ逆流となる。

図4.27、図4.29は同様に破断ループ側ジェットポンプ吐出流量を示したものである。流れは破断後すぐに逆流となり、駆動流ノズルを通して破断口から流出する。その後全期間を通じて逆流であり、正流に戻ることはない。

図4.30はポンプ側破断口からの流出流量である。図4.90はこの位置におけるクオリティであるがこれより明らかのように破断後初期の流量が大きいのは未飽和水の流出のためである。破断後75秒で破断口からの流れは蒸気-水の2相状態から蒸気単相の状態となる。

4.2.3 炉心発熱量

図4.31は炉心発熱量を初期発熱量3.74 MWで無次元化した発熱量時間変化曲線であって、入力データとして与えている。

4.2.4 ポンプ回転数

図4.32は健全、破断両ループの再循環ポンプの回転数を示したものである。本解析で用いた特性曲線は、ROSA III実験装置で用いている再循環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である。従って必ずしも精度の高いポンプ特性曲線ではないことを注意したい。健全ループ側のポンプは破断後も正回転であるが、破断ループ側のポンプは破断後5.5秒で逆回転となる。これは、ポンプ側の破断口に向って流れが逆流するためである。

4.2.5 流体温度

図4.33～図4.44は流体温度の計算結果である。図4.33は下部プレナム流体温度である。図4.91の下部プレナムクオリティからも明らかのように破断後3.7秒までは未飽和状態で、3.7秒から84秒までは飽和状態、それ以後は過熱蒸気となっている。これより、下部プレナムフラッシングは破断後3.7秒で開始し、また、下部プレナムには84秒まで水が存在し2相状態であることがわかる。蒸気が過熱されるのは、周囲構造物（ヒートスラブ）蓄積熱が蒸気へ伝わるためである。

図4.34は上部プレナムの流体温度である。約4秒から101秒まで飽和温度でその後過熱蒸気温度を示している。蒸気が過熱状態となるのが他の箇所比べて最も遅い。このことは、破断後、ブローダウン後半においてはこのボリュームが系内の最高圧力ボリュームとなり、水が最後まで残っていることを示唆している。図4.66、図4.67は上部プレナムの入口、出口の流量、図4.95は上部プレナム内クオリティである。ブローダウン後半でこのボリュームの入口流量は負、出口流量は正となっている。

図4.35は蒸気ドームの流体温度（□印）とその飽和温度（○印）である。破断後70秒まで流体は飽和と過熱の状態を振動的に示している。ここで注意すべきことは蒸気ドームV8は破断

後全期間を通じ蒸気で満たされていると見てよく蒸気ドーム周囲の壁、ヒートスラブ 11 の影響を受けて蒸気ドーム内の蒸気は過熱蒸気となることが予想される。上部ヘッド V 7 は 94 秒まで飽和温度であって、このボリュームには液位が形成されている。従って、ジャンクション 7 を通って上部ヘッドから蒸気ドームに流入してくる流れがあるとしても（ごく少量一時的に存在する。）それは飽和温度の蒸気である。飽和蒸気と過熱蒸気とが混合しても過熱蒸気となるはずで、破断後蒸気ドーム内の蒸気が飽和状態を示していることは蒸気単相の場合の断熱膨張を計算する計算コード内のモデルに誤りのある可能性があることを示唆している。

図 4.36 は上部ダウンカマ内流体温度である。このボリュームには液位形成モデルを適用している。11 秒付近から 90 秒まで飽和温度に沿って振動的に温度は減少している。これは、図 4.88 に示すダウンカマ入口クオリティ、すなわち上部ダウンカマの出口クオリティ、図 4.105 に示す上部ダウンカマ内クオリティおよび図 4.107 に示す上部ダウンカマ内液位から明らかなように、計算の過程でボリューム内に液位の形成と消滅とが繰り返されるためである。このボリュームの下に連なるダウンカマ V 11 にも同様に液位形成モデルを適用しているが、この 2 つの縦につながるボリューム内にそれぞれ液位が計算上できる。（図 4.96 のダウンカマ内クオリティおよび図 4.106 のダウンカマ内液位参照のこと。）RELAP 4 J ではこの 2 つのボリューム内の液位を 1 つの液位にすることができず、上記のような計算結果となる。従って、縦に連なるボリューム内にそれぞれ液位形成モデルを適用する場合には注意が必要である。

図 4.37 はダウンカマ内流体温度である。160 秒過ぎまで飽和温度であって、水が残っていることがわかる。このことは図 4.96 に示すダウンカマ内クオリティからも明らかである。

図 4.38、図 4.40、図 4.42、図 4.43、図 4.47 は健全ループ管路内および健全ループジェットポンプの吐出側の流体温度である。それぞれ似たような傾向にあり、80 秒過ぎまで飽和温度であって、その後過熱蒸気温度となる。これは、図 4.103、図 4.104 に示すこの管路内クオリティから明らかなように、管路内の流体は 80 秒過ぎまで水-蒸気の 2 相状態で、その後蒸気単相となるためである。

図 4.39 は破断ループジェットポンプの駆動流ノズル側流体温度、図 4.41 は破断ループジェットポンプ吸入側流体温度、図 4.45 は破断ループ側再循環ポンプ吐出側流体温度、図 4.48 は破断ループジェットポンプ出口流体温度である。前の 3 つ、ジェットポンプ駆動流ノズル側流体温度、吐出側流体温度、再循環ポンプ吐出側流体温度と後のジェットポンプ出口流体温度とは異った温度変化を示しているが、これは駆動流ノズル（J 20、J 37）で流れは臨界状態となっており、ここで大きな圧力降下があるためである。後者では 75 秒付近で蒸気単相状態となっているのに対し、前者は 80 秒過ぎまで水-蒸気の 2 相状態である。（図 4.97 の破断ループジェットポンプ内クオリティ、図 4.101 の破断ループジェットポンプ吐出側クオリティ参照のこと。）図 4.46 は圧力容器側破断口のある管路内の流体温度である。破断口では破断後 1 秒で流れは臨界流状態となる。従って、この管路内圧力はほぼ圧力容器内の圧力に近い変化をし、温度変化も同様の傾向を示す。約 81 秒で過熱蒸気すなわち蒸気単相状態となるが、その前の振動はダウンカマ内の液位の変動に伴いダウンカマから蒸気-水 2 相流と蒸気単相流とが交互に流出するためである。（図 4.81 の破断ループ側再循環ポンプへのダウンカマ出口ノズルのクオリティ、図 4.99 の圧力容器から破断口までの配管内クオリティ、図 4.106 のダウンカマ内液位を参照のこと。）

4.2.6 ROSA III 構造物温度

ROSA III構造物の表面温度を図4.49～図4.53に示す。

図4.49は圧力容器内つめ物のバイパス側表面温度，図4.50はこのつめ物のダウンカム側の表面温度である。相互の差はほとんどなく，また温度降下も小さい。なお，ROSA IIIの実験のつめ物は断面が弓型の筒状の物で内部に空気が入っているがRELAP 4Jの計算では一枚の金属板として扱った。

図4.51～図4.53は圧力容器の上部ダウンカム，ダウンカム，下部プレナム部の内壁面温度である。全期間を通しての温度の降下はかなり小さい。厚さの幾分薄いダウンカム側壁は他に比してやや冷える速度がはやい。

4.2.7 燃料棒表面温度

燃料棒表面温度の計算結果を図4.54～図4.60に示す。これは3.2節で述べた炉心解析の計算結果である。ROSA IIIでは炉心内半径方向および縦方向の炉心内温度分布が得られるように14本の燃料棒に総計68個の熱電対が取り付けられている。しかし，RELAP 4Jの計算では炉心縦方向の温度分布は求められるが炉心半径方向の温度分布は一様とされ，同一高さでの各燃料棒間の表面温度の差は求められない。

燃料棒表面温度は80秒を過ぎるまで，すなわち炉心内クオリティが1になるまでは低下を続け，完全に蒸気単相になってからゆるやかに上昇をはじめ。図4.108～図4.112は炉心内クオリティである。なお，既報⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾で指摘されているように，燃料棒表面温度は実験条件としての炉心発熱量変化曲線によって大きく左右され，問題を残しており，必ずしもRUN 702の炉心発熱量の変化の与え方が実炉の場合をよく模擬しているとはいえず，検討が必要である。

4.2.8 チャンネルボックス内壁面温度

図4.61はチャンネルボックスの内壁面温度である。本解析ではチャンネルボックスは1つのヒートスラブとして取扱っている。

4.2.9 冷却材密度

図4.62～図4.64は冷却材密度の計算値である。

図4.62は健全ループ側の，図4.63は破断ループ側のジェットポンプ出口流体密度計算値である。両者ともほぼ同様の変化を示しているが，4秒～17秒間で健全側ジェットポンプ出口密度の方がやや小さな値を示している。破断ループ側のジェットポンプは破断後直ちに逆流に転じ，下部プレナムからの流体がジェットポンプ出口管路に流れ込んでくるが，健全ループ側ジェットポンプでは破断後1.05秒まで正流が保たれ，ダウンカムからの流体が再循環ポンプ，ジェットポンプ出口管路に流れ込んでくる。(図4.71の破断側循環管路からの下部プレナム入口における流量，図4.75の健全側再循環管路からの下部プレナム入口における流量を参照のこと。) 図4.91の下部プレナム内クオリティおよび図4.96のダウンカム内クオリティから明らかなように，この時点ではダウンカマのクオリティは下部プレナムのクオリティに比べ高く，従って健全側

ジェットポンプ出口密度のほうが破断側より小さい。健全側ジェットポンプ内流れが逆流に転じ下部プレナムからジェットポンプ出口への流れが形成された後でも、健全側ジェットポンプ出口管路内にはそれ以前に密度の低い流体があったため、17秒あたりまで破断側に比べ密度が低い。

図4.64はポンプ側破断口のある管路の流体密度である。図4.90はポンプ側破断口のクオリティであるが、これより明らかなように破断と同時に流れは水-蒸気の2相状態となり、破断後75秒で蒸気単相放出状態となる。

4.2.10 そのほかの重要な計算結果

4.2.1~4.2.9で述べたものはROSA III実験のデータと比較できるものであった。この節で述べるものは実験データとしては得られないが、これまでいくつか引用してきたように解析結果の解釈あるいは実験データの考察の際に貴重な情報を提供すると思われる計算結果である。

(a) 流量

図4.65~図4.77は流量の計算結果である。この中で注目すべきものの1つは図4.69~図4.72の破断ループ側ジェットポンプまわりの流量である。ジェットポンプは破断後直ちに逆流を開始し、流れは、吐出側から駆動流ノズル側へ、吐出側から吸込側へと変る。すなわち、下部プレナムからジェットポンプ、ジェットポンプ駆動流ノズルを通過してポンプ側破断口へ向う流れと下部プレナムからジェットポンプ、ジェットポンプ吸込側配管、ダウンカマを通過して圧力容器側破断口へ向う流れとが形成される。なお、計算では駆動流ノズルの所で破断後6.1秒から115秒まで流れは臨界流となっていた。

次に注目すべきものは、図4.73~図4.76に示す健全ループ側ジェットポンプまわりの流量である。ジェットポンプは破断後10.5秒までポンプとして機能しているが、それ以後はポンプとしての機能を失い、流れは下部プレナムからジェットポンプ吐出側、ジェットポンプ吸込側、ダウンカマへと、ダウンカマから再循環ポンプ、ジェットポンプ駆動流ノズル、ジェットポンプ吸込側、ダウンカマへとという2つの向きに変る。この10.5秒はダウンカマ内の液位がジェットポンプ吸込側に通じるダウンカマ出口ノズル以下に下る時刻に対応する。なお、再循環ポンプへ通じるダウンカマ出口ノズルでの流れは18.5秒で逆流となる。これはダウンカマ液位がこの位置まで下がったことにより再循環ポンプ吸込側に蒸気が流入するようになること、およびポンプの回転数が低下したことにより、ポンプがポンプとしての機能を失うためである。ここで特筆すべきことは、図4.76に示すジェットポンプ駆動流ノズル流れは破断後全期間正流を保つことである。すなわち、再循環ポンプが機能を失った後は、健全ループ配管内に残った水-蒸気2相流体は、ダウンカマ下部(J25)へと、ジェットポンプ駆動流ノズルを通過してダウンカマ上部(J21)へと2方向に分れて流れ出ていく。

図4.65、図4.66は炉心入口、出口の流量である。図4.65の炉心入口流量は下部プレナムフラッシング開始(3.7秒)後一時増加するがしだいに減少し、健全ループ側ジェットポンプが機能を停止した10.5秒時には流量はゼロとなる。それ以後33秒まで振動的ではあるが流量はほぼゼロといってよく、33秒過ぎからは逆流となる。

図4.77は圧力容器側破断口からの流出流量である。15.5秒付近から振動が見られるが、これはダウンカマ液位が破断口へ通じるダウンカマ出口ノズル位置まで降下し、ダウンカマから水-

蒸気 2 相流と蒸気流とが振動的に流出してくることによる。破断後 80.6 秒で破断口から蒸気単相の放出が始まる。なお、ポンプ側破断口では 75.0 秒で蒸気単相放出状態となる。(図 4.89 の圧力容器側破断口のクオリティ、図 4.90 のポンプ側破断口のクオリティを参照。)ポンプ側破断口 (J 50) では破断後約 0.5 秒から 70 秒まで、圧力容器側破断口 (J 49) では約 1 秒から 115 秒まで流れは臨界流状態であった。破断ループ側ジェットポンプ駆動流ノズル (J 20, J 37) では破断後約 6.1 秒から 115 秒まで流れは臨界流状態であった。また、ブローダウン後半の約 65 秒から 75 秒と 80 秒から 85 秒までの間、破断側再循環ポンプへ通じるダウンカマ出口ノズル (J 15) の所で流れは臨界流状態であった。

(b) クオリティ

図 4.78 ~ 図 4.90 はジャンクションクオリティ、図 4.91 ~ 図 4.105 はボリューム平均クオリティの計算値である。

図 4.83 ~ 図 4.87、図 4.102 ~ 図 4.104 は健全ループ側の各ジャンクション、ボリュームのクオリティである。図 4.103、図 4.104 に見られるように、ダウンカマ液位が再循環ポンプへの出口ノズル以下になる (15.5 秒) 以前に、すでに再循環ポンプへの配管 (V 23 : 図 4.103)、ジェットポンプ駆動ノズルへ通じる配管 (V 26 : 図 4.104) 内には少量ながら蒸気が含まれるようになり、ポンプ回転数の低下とあいまって再循環ポンプの機能低下をもたらす。ダウンカマから健全ループ側ジェットポンプに通じる配管の入口、出口クオリティ図 4.83、図 4.84 で 10 秒付近にピークがあるのはダウンカマ内液位がジェットポンプサクションに通じるダウンカマ出口ノズル以下に下がったことにより蒸気が急に流入したため、これ以後流れは逆転する。

図 4.78 ~ 図 4.82、図 4.97 ~ 図 4.101 は破断ループ側の各ジャンクション、配管ボリューム内クオリティである。圧力容器から破断口に通じる配管の入口クオリティ (図 4.81)、配管内クオリティ (図 4.99)、に見られるように、圧力容器側破断口に通じるダウンカマ出口ノズル (J 15) 位置までダウンカマ液位が下がるとクオリティ計算値は振動的となる。なお、図 4.78 で 30 秒前後に 2 つの急激なパルス状変化が見られるが、これは計算の不安定性に由来したものであろう。

図 4.89、図 4.90 は圧力容器側破断口、ポンプ側破断口のクオリティである。圧力容器側破断口クオリティはダウンカマ液位が破断口に通じるダウンカマ出口ノズル位置に到達すると (15.5 sec) 振動的となる。

図 4.88 は上部ダウンカマとダウンカマとの間のジャンクション (J 32) のクオリティである。図 4.105 は上部ダウンカマ (V 28) のクオリティである。前述したように、上部ダウンカマボリューム (V 28) 内で液位の形成と消滅が振動的に繰り返されているようすがわかる。

図 4.91 ~ 図 4.95 は下部プレナム (V 1 : 図 4.91, V 2 : 図 4.92, V 3 : 図 4.93)、炉心 (V 4 : 図 4.94) と上部プレナム (V 5 : 図 4.95) のボリューム内平均クオリティである。下部プレナムクオリティ (図 4.91 ~ 図 4.93) より、破断後 3.7 秒で下部プレナムフラッシングが起こることがわかる。炉心内クオリティ (図 4.94) は破断後 3.7 秒で一時的増加から減少に転じているが、これは下部プレナムフラッシングのため下部プレナムから炉心に低クオリティ流体が流入してくるためである。図 4.95 の上部プレナムクオリティには 30 秒付近で一時的な上昇が見られるが、これは 30 秒 ~ 50 秒の間、気水分離器 (V 6) から上部プレナム (V 5) へ高クオリティ流体が

逆流してくるためである。(図 4.68 の気水分離器出口流量参照。) これ以後は上部プレナムからは、気水分離器と炉心両方向へ向う流れが形成され、このボリュームが蒸気で満たされるのは最も遅く、100 秒過ぎである。(上部プレナム入口、出口の流量、図 4.66、図 4.67 参照。)

(c) 液 位

図 4.106 はダウンカマ内の、図 4.107 は上部ダウンカマ内の液位計算結果である。図 4.106 中には液位計算結果のほかに、ジェットポンプサクシオンへ通じるダウンカマ出口ノズル (J 11, J 21) の上端の位置と再循環ポンプサクシオンへ通じるダウンカマ出口ノズル (J 15, J 25) 上端、下端位置とが書き込まれている。これより、それぞれの位置に液位が到達した時刻は、9.7 秒、15.5 秒、53.9 秒であることがわかる。ダウンカマから健全ループ側再循環ポンプへ通じるダウンカマ出口ノズル位置の流れの方向は 18.5 秒で逆転している。すなわち、18.5 秒時に健全ループ側再循環ポンプは機能を停止する。図 4.106 および、図 4.81 に示すダウンカマから破断ループ側再循環ポンプ (破断口) へ通じるダウンカマ出口ノズル位置でのクオリティより、再循環ポンプへ通じるダウンカマ出口ノズルがはじめて蒸気相中に露出するのは 53.9 秒であって、完全に蒸気相中に露出するのは 77.0 秒であることがわかる。図 4.96 に示すダウンカマ内クオリティは 15.5 秒から 120 秒過ぎまで幾分減少傾向となる。圧力容器側破断口へ通じるダウンカマ出口ノズル位置 (J 15) まで液位が下がると (15.5 秒)、ダウンカマから破断口へ向って蒸気放出がはじまる。また、上記のノズルより下のダウンカマ内には依然として水が残っている。更に、下部プレナム (V 1) から低クオリティ流体が再循環ループを通過してダウンカマに運ばれてくる。従って、減圧による水の蒸発が続いてもクオリティは減少する。

図 4.107 は上部ダウンカマ液位である。前述のようにコードの不備からこのボリューム内には液位の形成と消滅が断続的に繰り返される。(このボリューム内クオリティ、図 4.105 も参照。) この液位の振動は他の位置の計算値が振動的であることの原因の一つと考えられる。

Table 4.1 Major Predicted Events

Time after Break sec.	Predicted Events	Comments
0.0	Initiate core power control	as specified
	Terminate intact loop recirculation pump power supply	as specified
	Terminate broken loop recirculation pump power supply	as specified
	Steam discharge valve open	as specified
	Feed water valve open	as specified
2.0	Feed water valve close start	as specified
2.5	End of subcool discharge from vessel side break	
3.0	Steam discharge valve close start	as specified
3.7	Start of lower plenum flashing	
4.0	Feed water valve close end	as specified
5.0	Steam discharge valve close end	as specified
9.7	Top of nozzle to jet pump suction uncover	
15.5	Top of nozzle to recirculation pump suction uncover	
75.0	Start of pure steam discharge from pump side break	
161.7	End of calculation (Pressure at pump side of broken recirculation line, AP16, becomes atmospheric.)	16744 steps 6587 CPU by FACOM 230/75 system

Table 4.2 Measurement Location and Corresponding Prediction

Item	Location	Data Index	RELAP	Fig. No.	
Pressure	Lower plenum	P1	AP1	4.1	
	Upper plenum	P2	AP5	4.2	
	Steam dome	P3	AP8	4.3	
	Downcomer bottom	P4	AP11	4.4	
	Intact loop jet pump drive line	P5 & P6	AP26	4.5	
	Intact loop jet pump suction line	P7 & P8	AP20	4.6	
	Intact loop pump suction	P9	AP23	4.7	
	Broken loop pump suction	P10	AP16	4.8	
	Broken loop pump delivery	P11	AP18	4.9	
	Upstream of break A (pump side)	P12	AP16	4.8	
	Downstream of break A (pump side)	P13	----	---	
	Upstream of break B (vessel side)	P14	AP15	4.10	
	Downstream of break B (vessel side)	P15	----	---	
	Steam line	P16	----	---	
	Intact loop jet pump outlet	P17	AP22	4.11	
	Broken loop jet pump outlet	P18	AP14	4.12	
	Break unit A (pump side)	P19	AP16	4.8	
	Differential pressure	Lower plenum to mixing plenum	D1	AP1-AP5	4.13
		Upper plenum to steam dome	D2	AP5-AP8	4.14
Lower plenum head		D3	-----	---	
Downcomer head		D4	-----	---	

Table 4.2 (Contd. I)

Item	Location	Data Index	RELAP	Fig. No.	
Differential pressure	Vessel bottom to top	D5	AP1-AP8	4.15	
	Intact loop jet pump 1 discharge to suction	D6	AP21-AP20	4.16	
	Intact loop jet pump 1 drive to suction	D7	AP26-AP20	4.17	
	Intact loop jet pump 2 discharge to suction	D8	AP31-AP20	4.18	
	Intact loop jet pump 2 drive to suction	D9	AP26-AP20	4.17	
	Broken loop jet pump 3 discharge to suction	D10	AP13-AP12	4.19	
	Broken loop jet pump 3 drive to suction	D11	AP19-AP12	4.20	
	Broken loop jet pump 4 discharge to suction	D12	AP30-AP12	4.21	
	Broken loop jet pump 4 drive to suction	D13	AP19-AP12	4.20	
	Intact loop pump delivery to suction	D14	AP25-AP23	4.22	
	Broken loop pump delivery to suction	D15	AP18-AP16	4.23	
	Flow rate	Main steam line	F1	JW47	4.24
		ADS steam line	F2	JW48	----
		Condensed water A (pump side)	F3	----	----
		Cooling water A (pump side)	F4	----	----
Condensed water B (vessel side)		F5	----	----	
Cooling water B (vessel side)		F6	----	----	
HPCS (upper plenum)		F7	JW44	----	
HPCS (lower plenum)		F8	----	----	
LPCS (upper plenum)		F9	JW43	----	
LPCS (lower plenum)		F10	----	----	
LPCI (upper plenum)		F11	JW42	----	
LPCI (lower plenum)		F12	----	----	

Table 4.2 (Contd. II)

Item	Location	Data Index	RELAP	Fig. No.	
Flow rate	LPCI (broken loop pump suction)	F13	----	----	
	LPCI (intact loop pump suction)	F14	----	----	
	Feed water (transient)	F15	JW45	4.25	
	Feed water (Steady)	F16	----	----	
	Intact loop jet pump 1 discharge	F17	JW23	4.26	
	Intact loop jet pump 2 discharge	F18	JW41	----	
	Broken loop jet pump 3 discharge (positive)	F19	JW13	4.27	
	Broken loop jet pump 3 discharge (reverse)	F20	JW13	4.27	
	Broken loop jet pump 4 discharge (positive)	F21	JW38	----	
	Broken loop jet pump 4 discharge (reverse)	F22	JW38	----	
	Intact loop jet pump outlet	F23	JW23+JW41	4.28	
	Broken loop jet pump outlet	F24	JW13+JW38	4.29	
	Break unit A (pump side)	F25	JW50	4.30	
	Core power	550 kVA power supply	W1	} NQ	4.31
		1800 kVA power supply	W2		
2300 kVA power supply		W3			
Pump speed ⁽¹⁾	Intact loop pump	N1	Volume 24	4.32	
	Broken loop pump	N2	Volume 17	4.32	
Coolant temperature	Lower plenum	T1	AT1	4.33	
	Upper plenum	T2	AT5	4.34	
	Steam dome	T3	AT8	4.35	

Table 4.2 (Contd. III)

Item	Location	Data Index	RELAP	Fig. No.	
Coolant temperature	Upper downcomer	T4	AT28	4.36	
	Lower downcomer	T5	AT11	4.37	
	Intact loop jet pump 1 drive	T6	AT26	4.38	
	Intact loop jet pump 2 drive	T7	AT26	4.38	
	Broken loop jet pump 3 drive	T8	AT19	4.39	
	Broken loop jet pump 4 drive	T9	AT19	4.39	
	Intact loop jet pump 1 discharge	T10	AT21	4.40	
	Intact loop jet pump 2 discharge	T11	AT31	----	
	Broken loop jet pump 3 discharge	T12	AT13	4.41	
	Broken loop jet pump 4 discharge	T13	AT30	----	
	Intact loop pump suction	T14	AT23	4.42	
	Intact loop pump delivery	T15	AT25	4.43	
	Broken loop pump suction	T16	AT16	4.44	
	Broken loop pump delivery	T17	AT18	4.45	
	Upstream of Break A (pump side)	T18	AT16	4.44	
	Upstream of Break B (vessel side)	T19	AT15	4.46	
	Condensed water A (pump side)	T20	----	----	
	Condensed water B (vessel side)	T21			
	Intact loop jet pump outlet	T24		AT22	4.47
	Broken loop jet pump outlet	T25		AT14	4.48
	Break A (pump side)	T26		AT16	4.44

Table 4.2 (Contd. IV)

Item	Location	Data Index	RELAP	Fig. No.
Metal surface temperature (2)	Vessel filler surface	TS15 & 18	Heat Slab 18 (Left)	4.49
	Vessel filler surface	TS21 & 24	Heat Slab 18 (Right)	4.50
	Upper downcomer wall	TS30	Heat Slab 37 (Right)	4.51
	Downcomer wall	TS31	Heat Slab 20 (Right)	4.52
	Lower plenum wall	TS36	Heat Slab 13 (Right)	4.53
	Heater rod surface temperature (3)	Position 1	TS1, 8, 15, 22, 29, 39, 50, 58,	Heat Slab 12	4.54
Position 2		TF2, 9, 16, 23, 30	Heat Slab 10	4.55
Position 3		TF3, 10, 17, 24, 31, 36, 40, 44, 47, 51, 55, 59, 63, 66	Heat Slab 9	4.56
Position 4		TF4, 11, 18, 25, 32, 37, 41, 45, 48, 52, 56, 60, 64, 67	Heat Slab 7	4.57
Position 5		TF5, 12, 19, 26, 33, 38, 42, 46, 49, 53, 57, 61, 65, 68	Heat Slab 5	4.58
Position 6		TF6, 13, 20, 27, 34	Heat Slab 4	4.59

Table 4.2 (Contd. V)

Item	Location	Data Index	RELAP	Fig. No.
Heater rod surface temperature (3)	Position 7	TF7,14,21,28,35,43,54,62	Heat Slab 2	4.60
Channel box wall surface temperature (2)	Position 1	TB1,8	Heat Slab 6 (Left)	4.61
	Position 2	TB2,9		
	Position 3	TB3,10		
	Position 4	TB4,11		
	Position 5	TB5,12		
	Position 6	TB6,13		
	Position 7	TB7,14		
Fluid density (4)	Intact loop jet pump outlet (Beam 1)	DF1	4R22	4.62
	Intact loop jet pump outlet (Beam 2)	DF2		
	Intact loop jet pump outlet (Beam 3)	DF3		
	Broken loop jet pump outlet (Beam 1)	DF4	AR14	4.63
	Broken loop jet pump outlet (Beam 2)	DF5		
	Broken loop jet pump outlet (Beam 3)	DF6		
	Break A (pump side) (Beam 1)	DF7	AR16	4.64
	Break A (pump side) (Beam 2)	DF8		

- Note :
- (1) RELAP4J has no plot record for pump speed.
 - (2) RELAP4J has no plot record for slab surface temperature except core volume.
 - (3) Calculated separately from core analysis, see Section 3.2.
Core was represented by vertically stacked 5 volumes and 13 heat slabs.
No radial power distribution was considered.
 - (4) Density is measured by 3 beam gamma densitometer. Thus averaging of the data is required to compare with predicted density that is volume averaged density.

Table 4.3 Additional Calculated Parameter

Item	Parameter	Fig. No.
Flow Rate	JW3	4.65
	JW4	4.66
	JW5	4.67
	JW6	4.68
	JW11	4.69
	JW12, JW36	4.70
	JW14	4.71
	JW20, JW37	4.72
	JW21	4.73
	JW22, JW39	4.74
	JW24	4.75
	JW29, JW40	4.76
JW49	4.77	
Junction Quality	JX11	4.78
	JX12, JX36	4.79
	JX14	4.80
	JX15	4.81
	JX20, JX37	4.82
	JX21	4.83
	JX22, JX39	4.84
	JX24	4.85
	JX25	4.86
	JX29, JX40	4.87
	JX32	4.88
	JX49	4.89
JX50	4.90	
Average Quality	AX1	4.91
	AX2	4.92
	AX3	4.93
	AX4	4.94
	AX5	4.95
	AX11	4.96
	AX13	4.97

Table 4.3 Additional Calculated Parameter (Contd.)

Item	Parameter	Fig. No.
Average Quality	AX14	4.98
	AX15	4.99
	AX16	4.100
	AX18	4.101
	AX22	4.102
	AX23	4.103
	AX26	4.104
	AX28	4.105
Mixture Level	ML11	4.106
	ML28	4.107
Average Quality (Core Analysis)	AX2	4.108
	AX3	4.109
	AX4	4.110
	AX5	4.111
	AX6	4.112

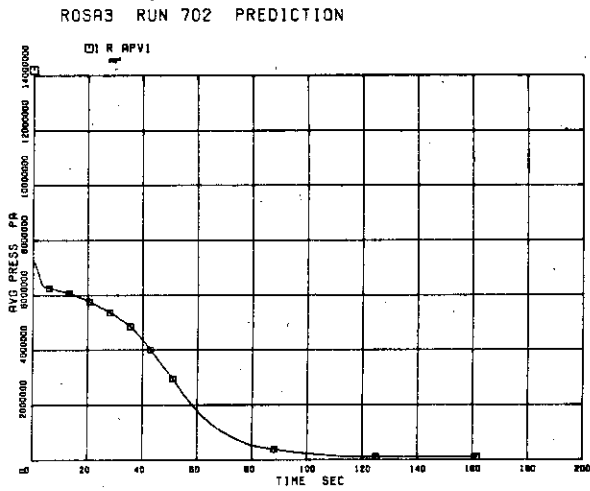


Fig.4.1 Pressure in Lower Plenum (P1, AP1)

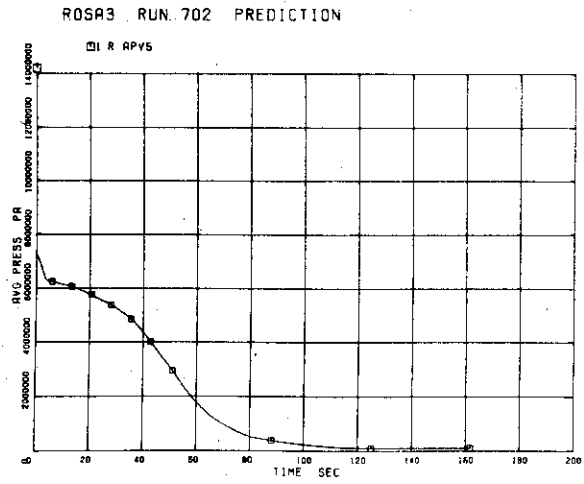


Fig.4.2 Pressure in Upper Plenum (P2, AP5)

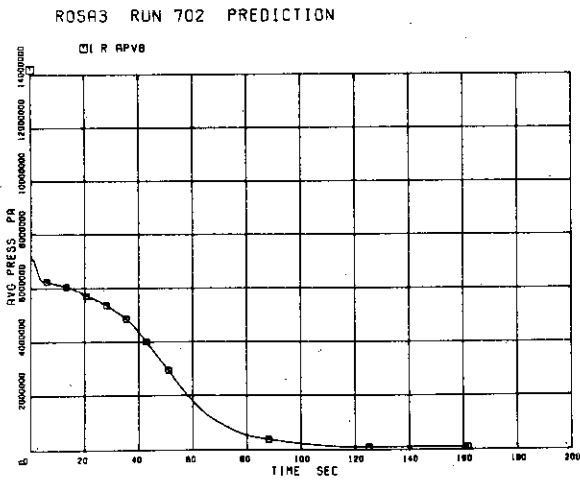


Fig.4.3 Pressure in Steam Dome (P3, AP8)

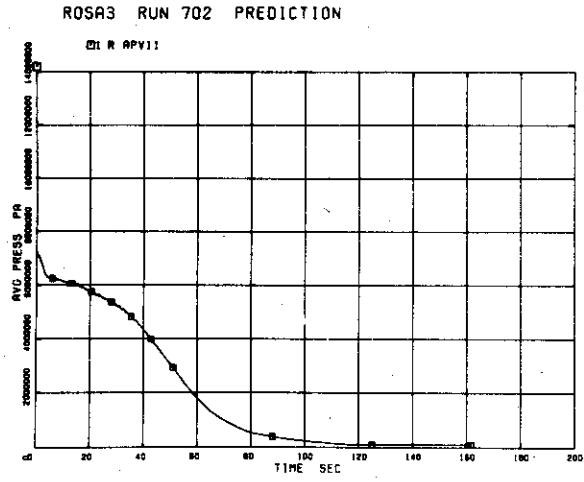


Fig.4.4 Pressure of Downcomer Bottom (P4, AP11)

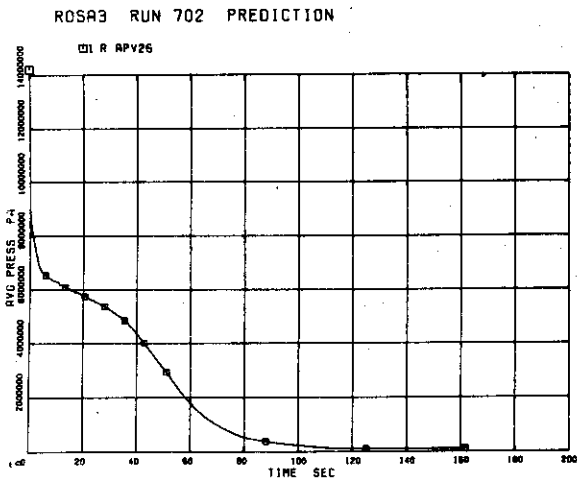


Fig.4.5 Pressure in Intact Loop Jet Pump Drive Line (P5 & P6, AP26)

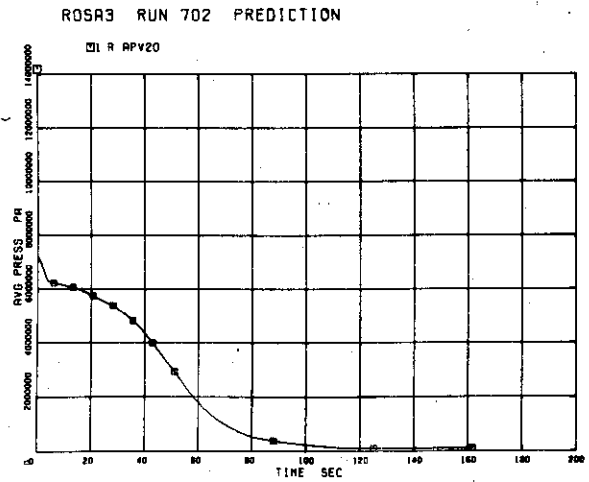


Fig.4.6 Pressure in Intact Loop Jet Pump Suction Line (P7 & P8, AP20)

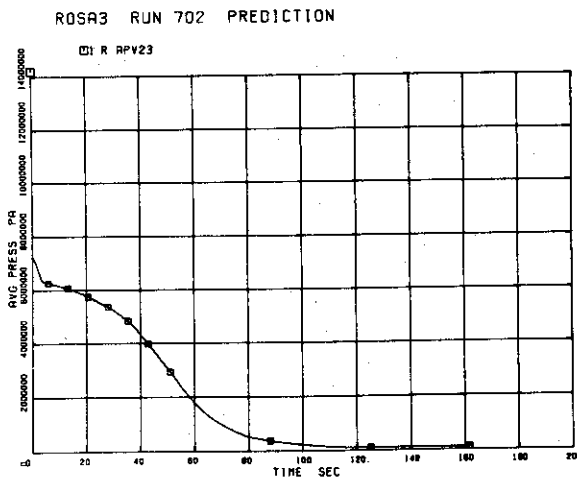


Fig.4.7 Pressure at Intact Loop Pump Suction (P9, AP23)

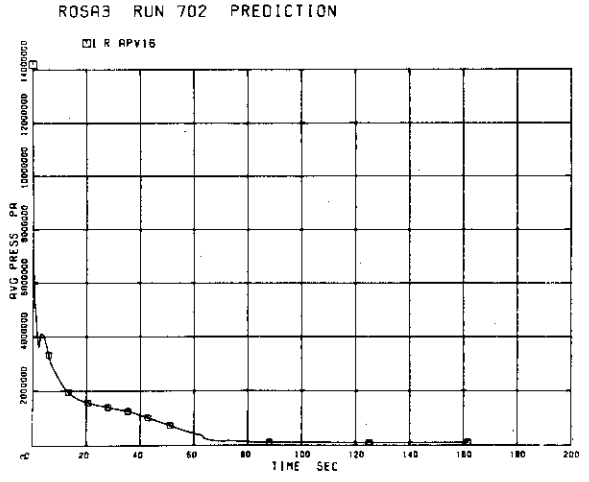


Fig.4.8 Pressure at Broken Loop Pump Suction (P10, AP16)

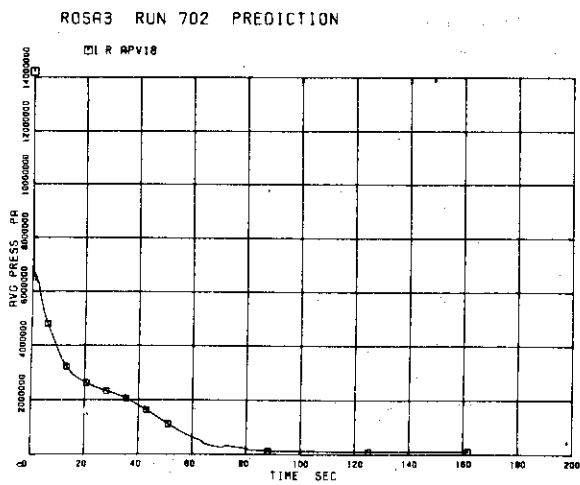


Fig.4.9 Pressure at Broken Loop Pump Delivery (P11, AP18)

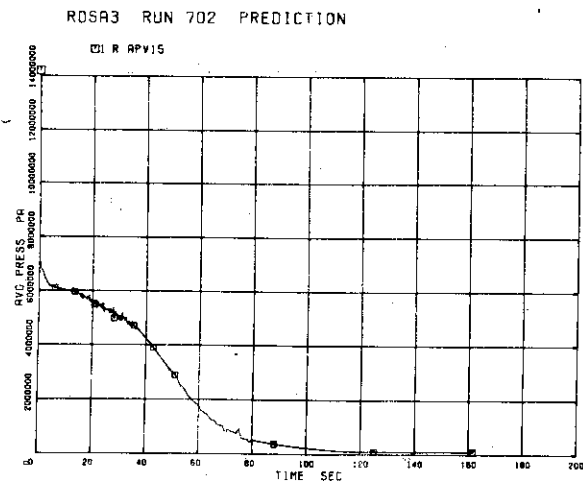


Fig.4.10 Pressure at Upstream of Break A (Pump Side) (P12, AP16)

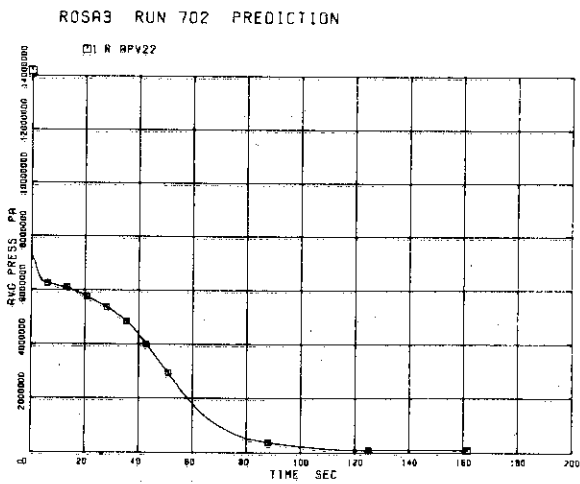


Fig.4.11 Pressure at Intact Loop Jet Pump Outlet (P17, AP22)

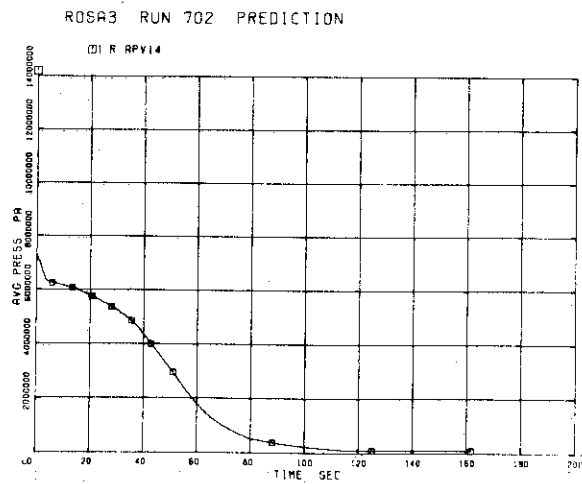


Fig.4.12 Pressure at Intact Loop Jet Pump Outlet (P18, AP14)

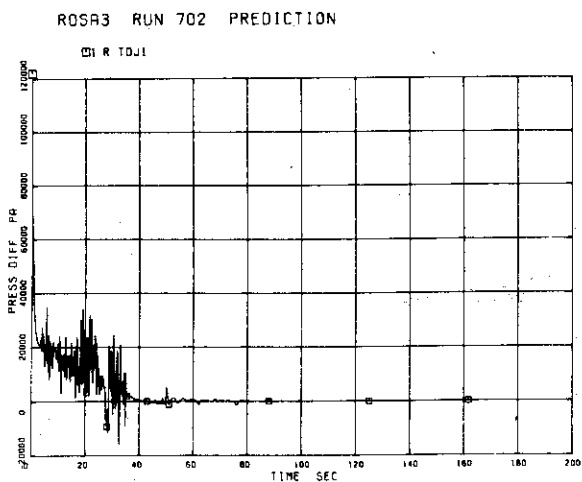


Fig.4.13 Differential Pressure, Lower Plenum to Upper Plenum (D1, AP1-AP5)

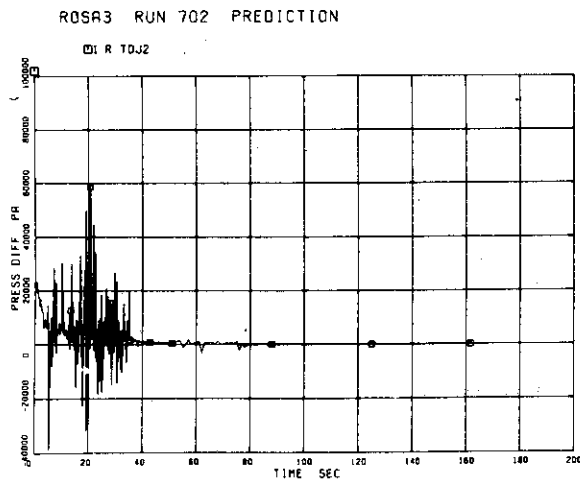


Fig.4.14 Differential Pressure, Upper Plenum to Steam Dome (D2, AP5-AP8)

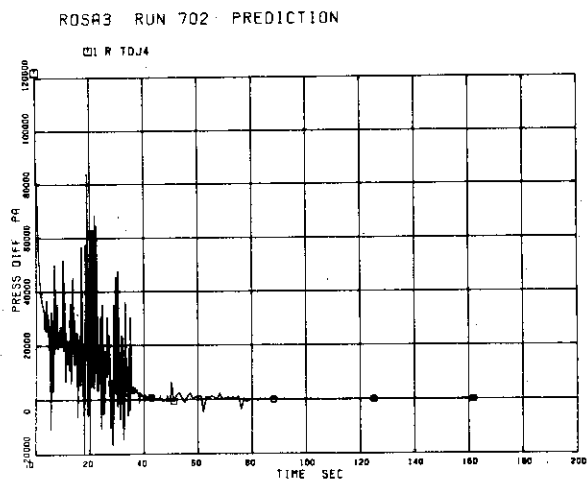


Fig.4.15 Differential Pressure, Vessel Bottom to Top (D5, AP1-AP8)

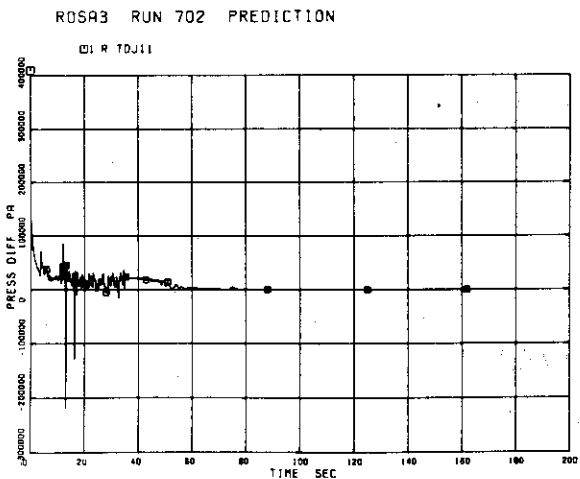


Fig.4.16 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump 1 Discharge to Suction (D6, AP21-AP20)

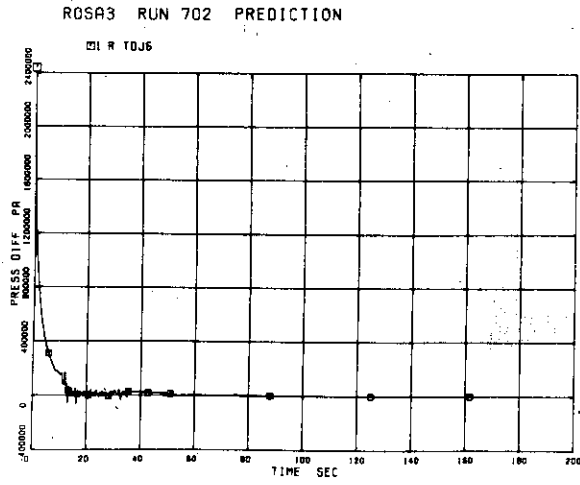


Fig.4.17 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump 1 Drive to Suction (D7, AP26-AP20)

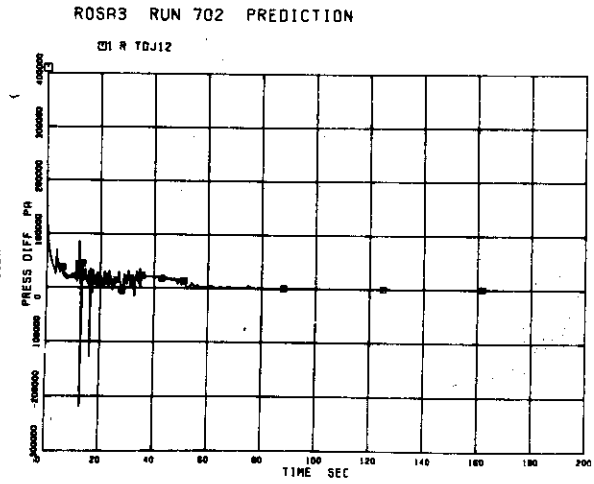


Fig.4.18 Differential Pressure, Intact Loop Jet Pump 2 Discharge to Suction (D8, AP31-AP20)

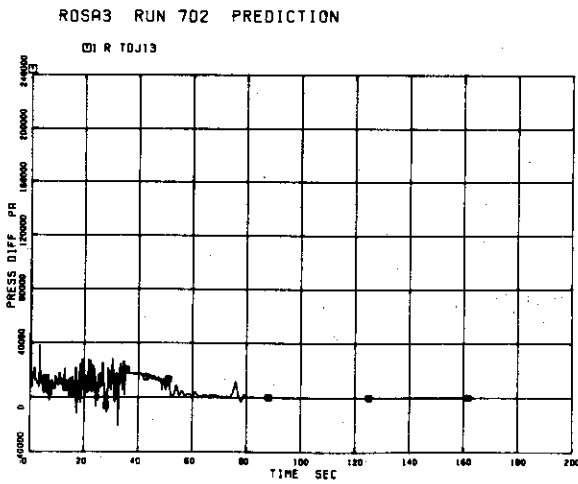


Fig.4.19 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump 3 Discharge to Suction (D10, AP13-AP12)

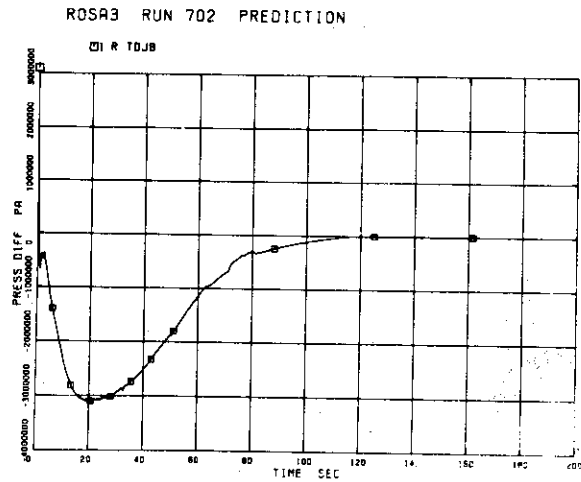


Fig.4.20 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump 3 Drive to Suction (D11, AP19-AP12)

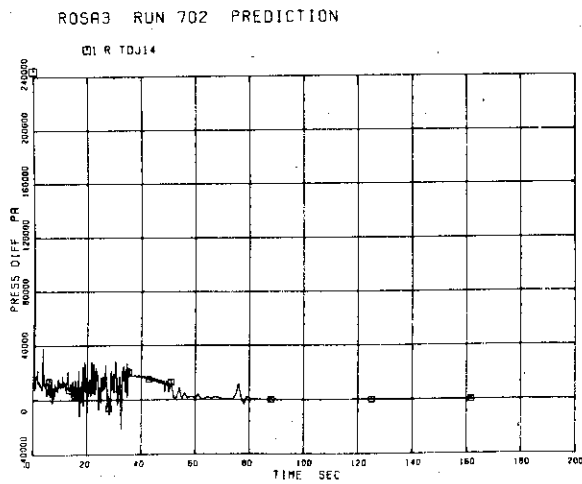


Fig.4.21 Differential Pressure, Broken Loop Jet Pump 4 Discharge to Suction (D12, AP30-AP12)

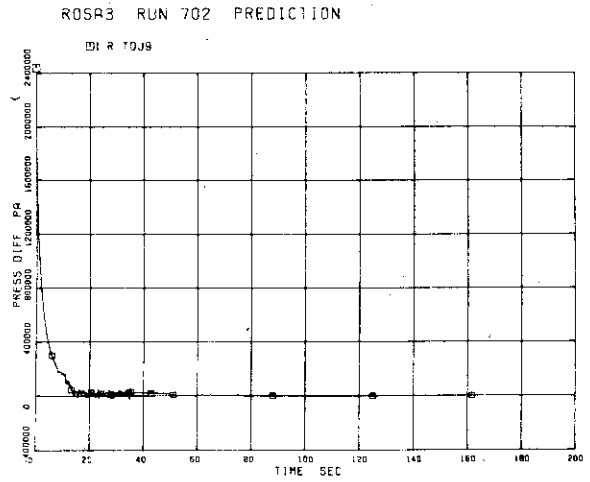


Fig.4.22 Differential Pressure, Intact Loop Pump Delivery to Suction (D14, AP25-AP23)

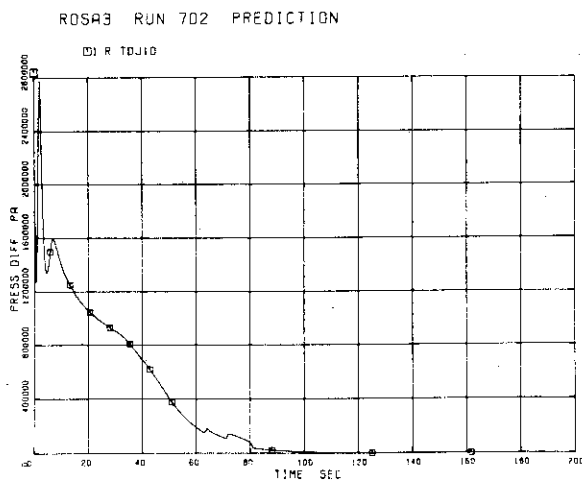


Fig.4.23 Differential Pressure, Broken Loop Pump Delivery to Suction (D15, AP18-AP16)

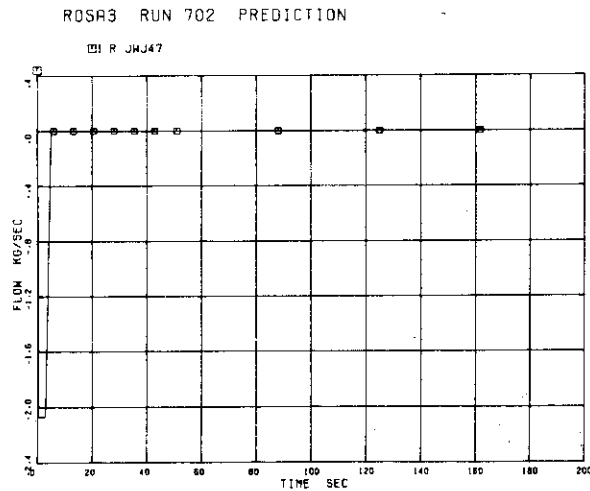


Fig.4.24 Flowrate in Main Steam Line (F1, JW47)

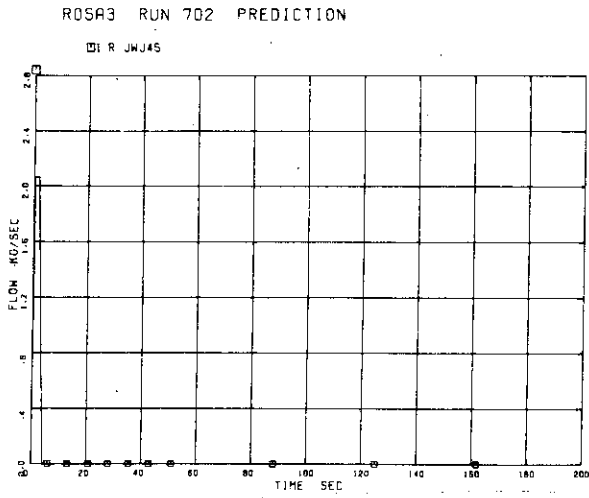


Fig.4.25 Flowrate of Feed Water (Transient) (F15, JW45)

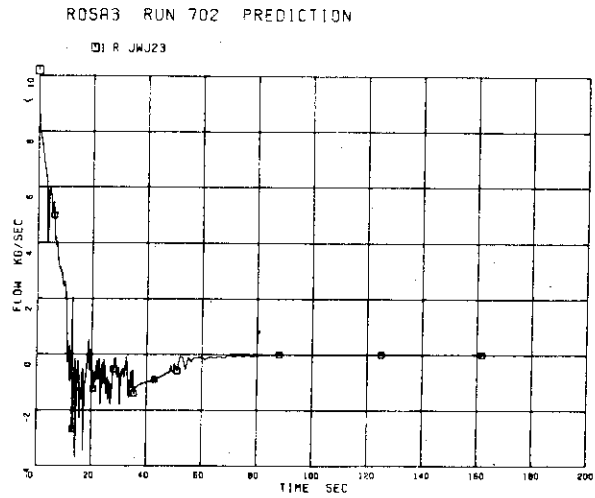


Fig.4.26 Flowrate at Intact Loop Jet Pump 1 Discharge (F17, JW23)

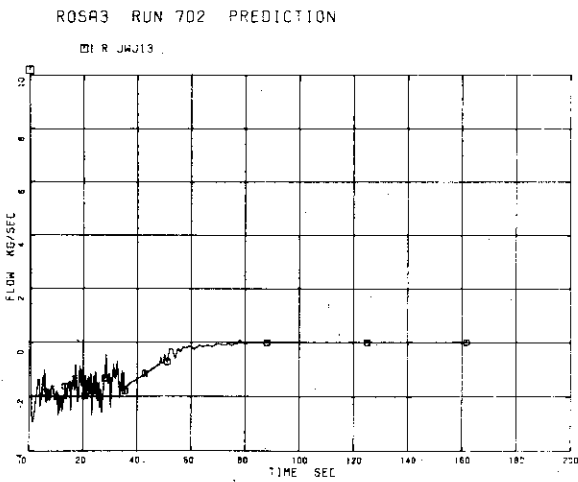


Fig.4.27 Flowrate at Broken Loop Jet Pump 3 Discharge (F18 & F20, JW13)

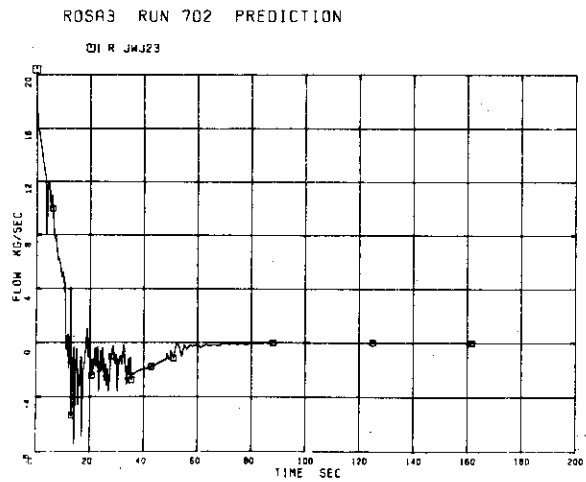


Fig.4.28 Flowrate at Intact Loop Jet Pump Outlet (F23, JW23+FW41)

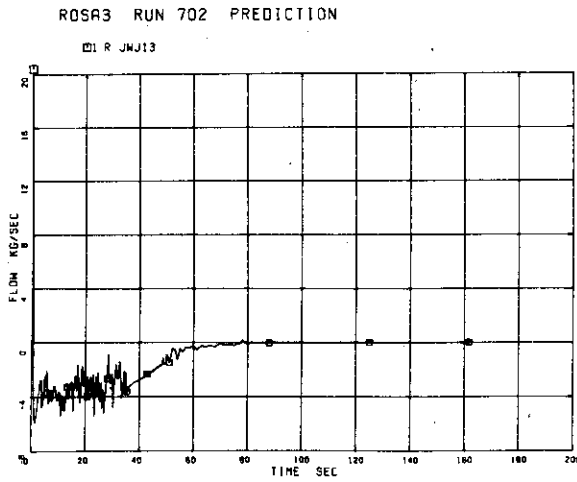


Fig.4.29 Flowrate at Broken Loop Jet Pump Outlet (F24, JW13+JW38)

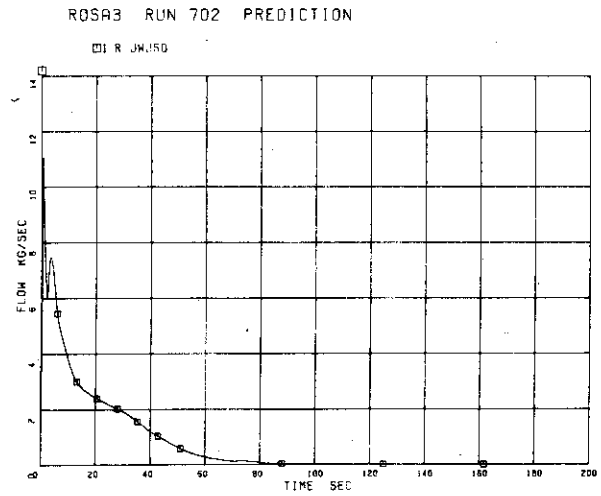


Fig.4.30 Flowrate at Break Unit A (Pump Side) (F25, JW50)

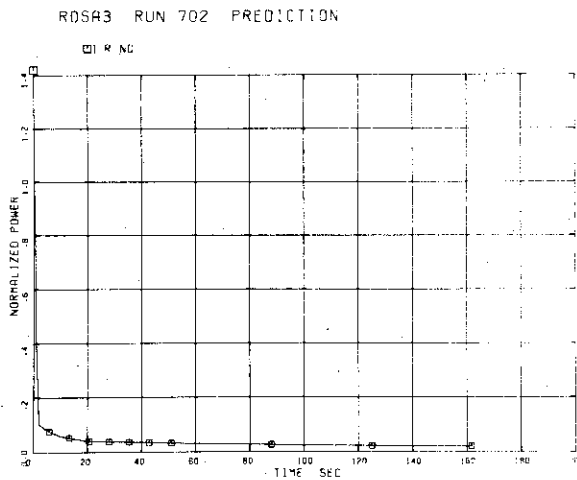


Fig.4.31 Core Power (W1, W2 & W3, NQ)

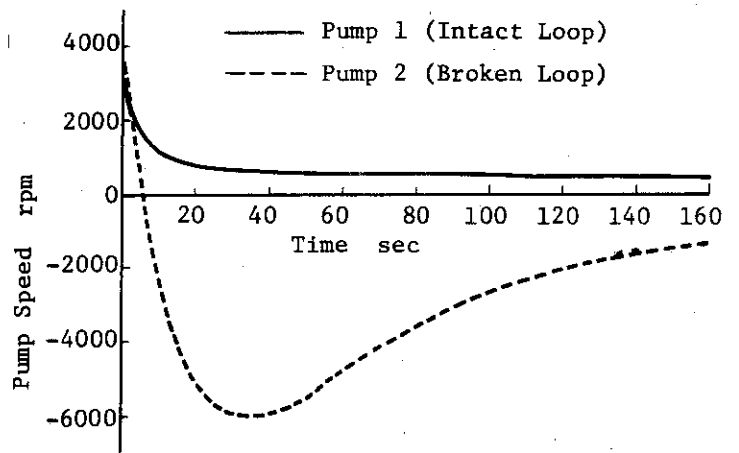


Fig.4.32 Recirculation Pump Speed (N1 and N2, Volume 24 and 17)

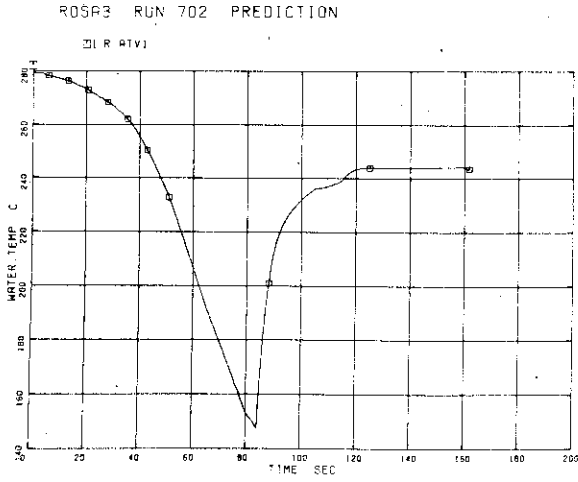


Fig.4.33 Coolant Temperature in Lower Plenum (T1, AT1)

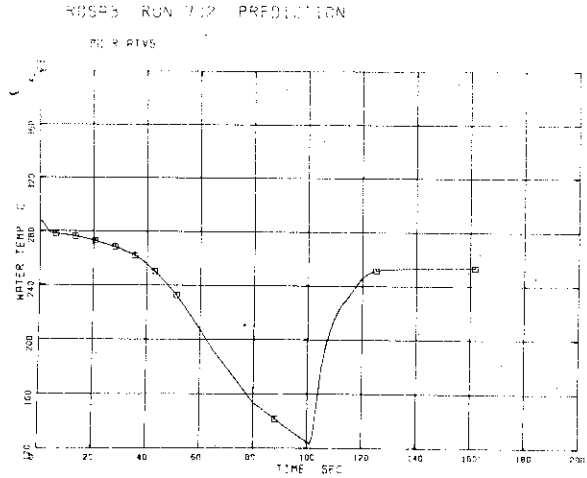


Fig.4.34 Coolant Temperature in Upper Plenum (T2, AT5)

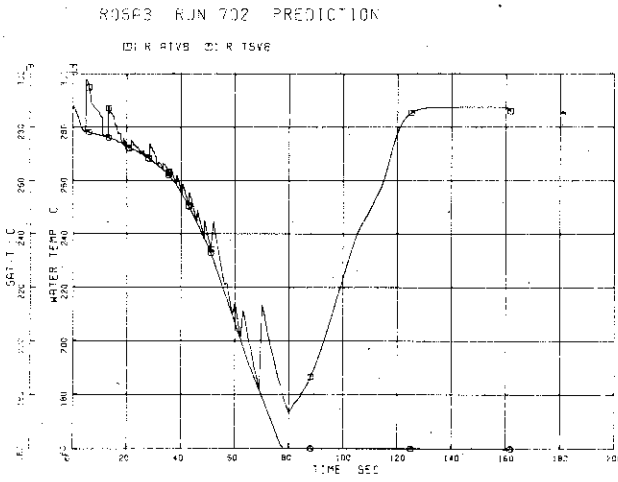


Fig.4.35 Coolant Temperature in Steam Dome (T3, AT8)

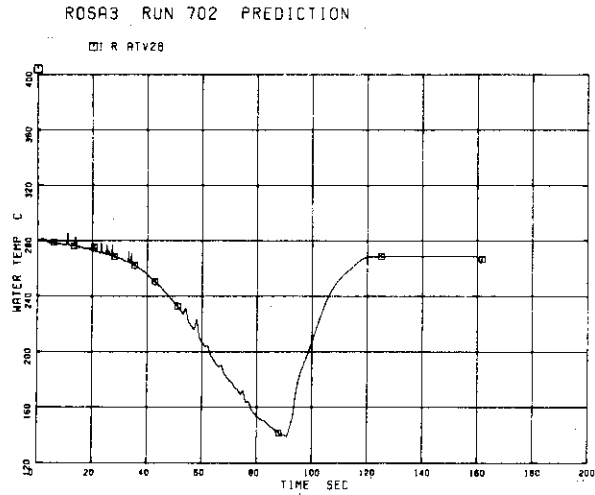


Fig.4.36 Coolant Temperature in Upper Downcomer (T4, AT28)

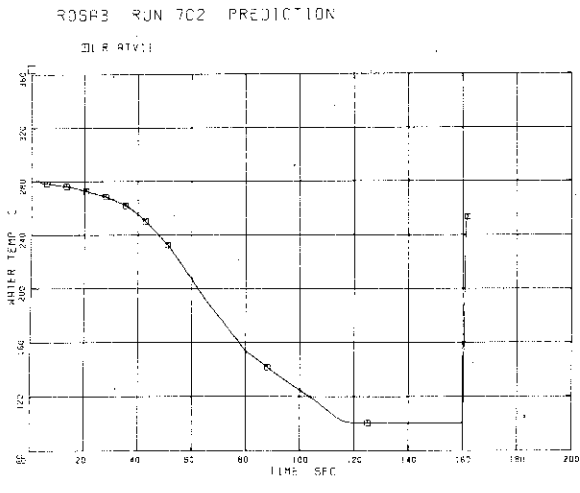


Fig.4.37 Coolant Temperature in Lower Downcomer (T5, AT11)

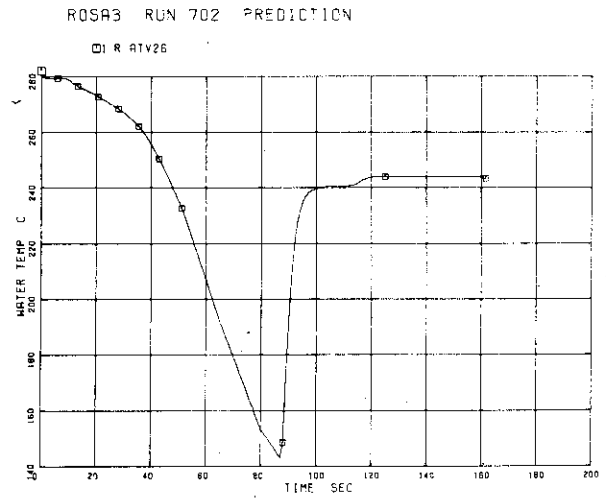


Fig.4.38 Coolant Temperature at Intact Loop Jet Pump Drive (T6 & T7, AT26)

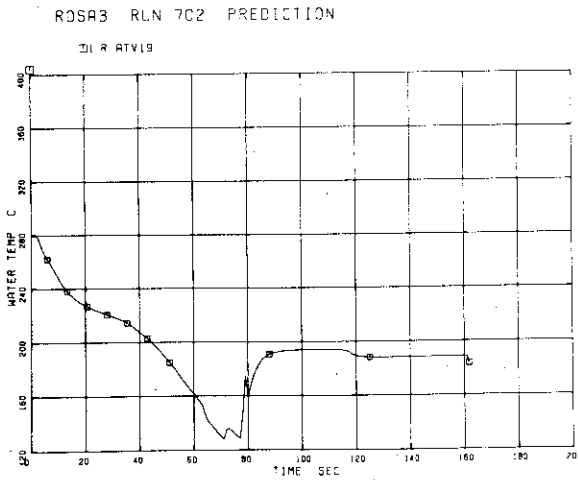


Fig.4.39 Coolant Temperature at Broken Loop Jet Pump Drive (T8 & T9, AT19)

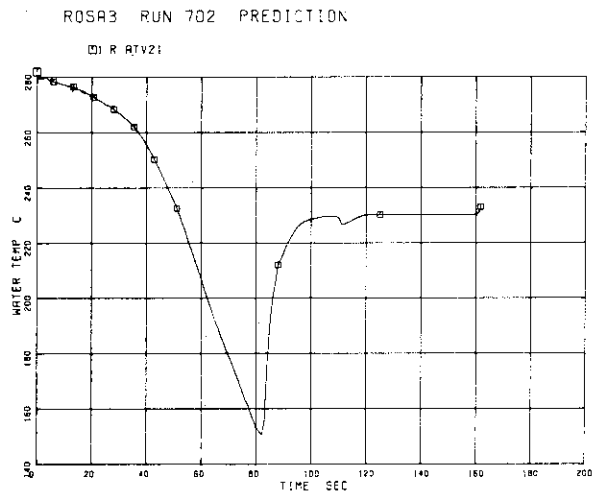


Fig.4.40 Coolant Temperature at Intact Loop Jet Pump 1 Discharge (T10, AT21)

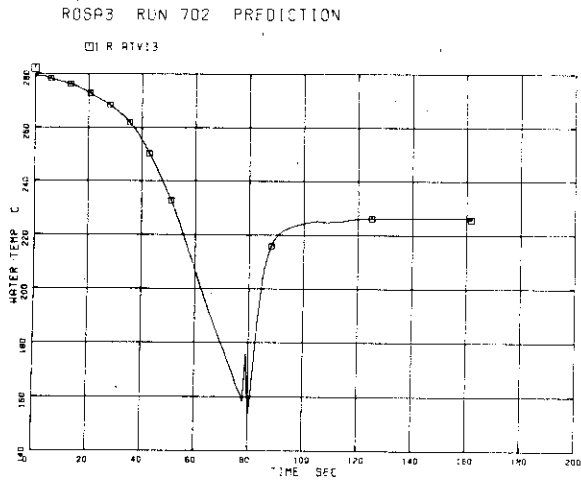


Fig.4.41 Coolant Temperature at Broken Loop Jet Pump 3 Discharge (T12, AT13)

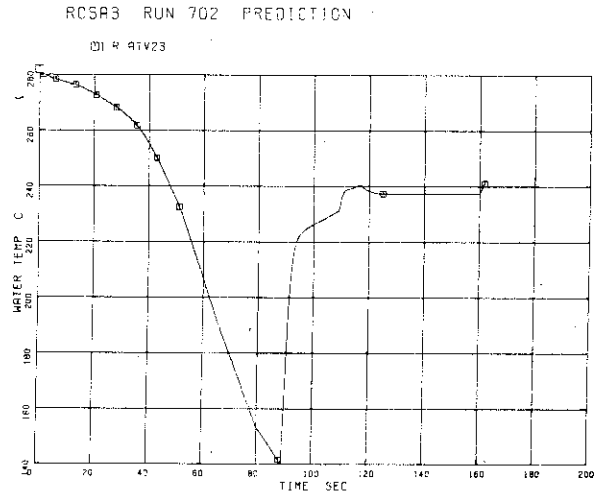


Fig.4.42 Coolant Temperature at Intact Loop Pump Suction (T14, AT23)

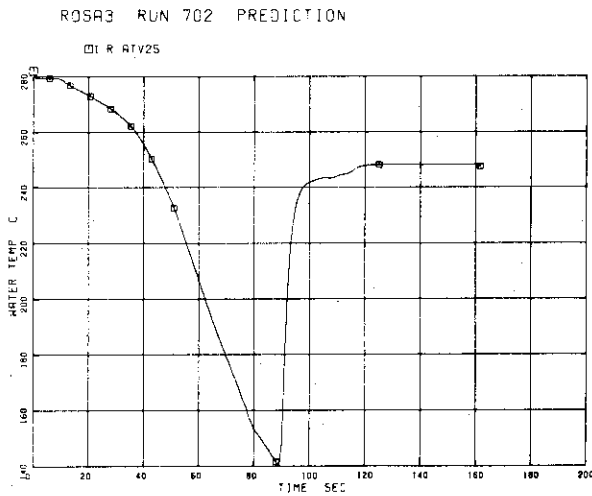


Fig.4.43 Coolant Temperature at Intact Loop Pump Delivery (T15, AT25)

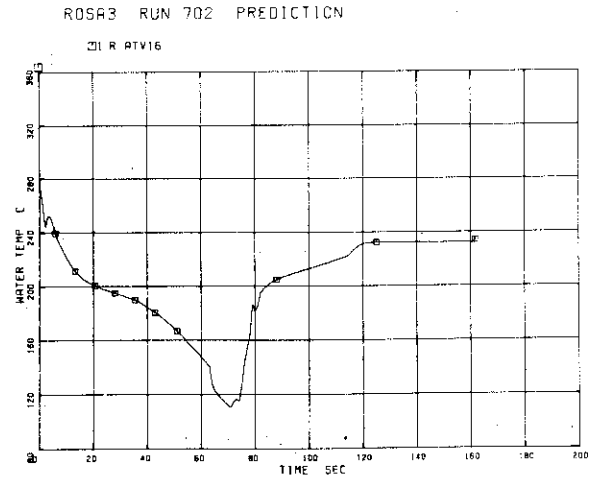


Fig.4.44 Coolant Temperature at Broken Loop Pump Suction (T16, T18 & T26, AT16)

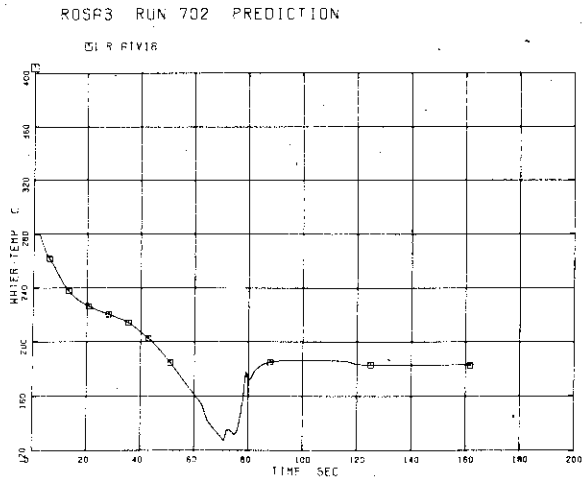


Fig.4.45 Coolant Temperature at Broken Loop Pump Delivery (T17, AT18)

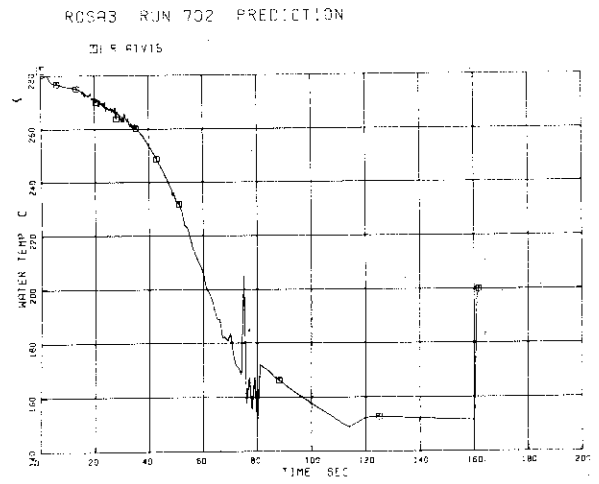


Fig.4.46 Coolant Temperature at Broken Upstream of Break B (Vessel Side) (T19, AT15)

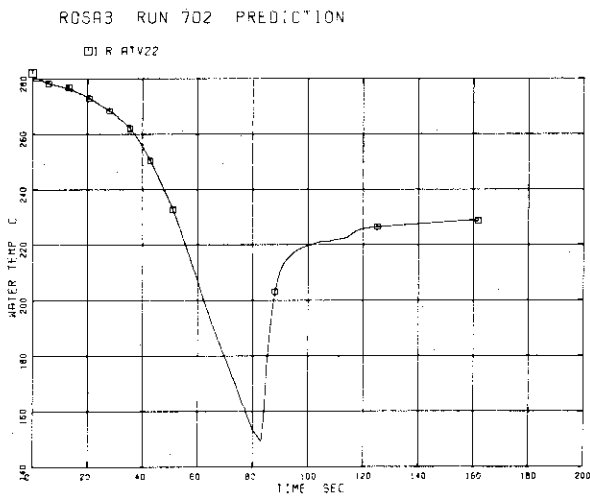


Fig.4.47 Coolant Temperature at Intact Loop Jet Pump Outlet (T24, AT22)

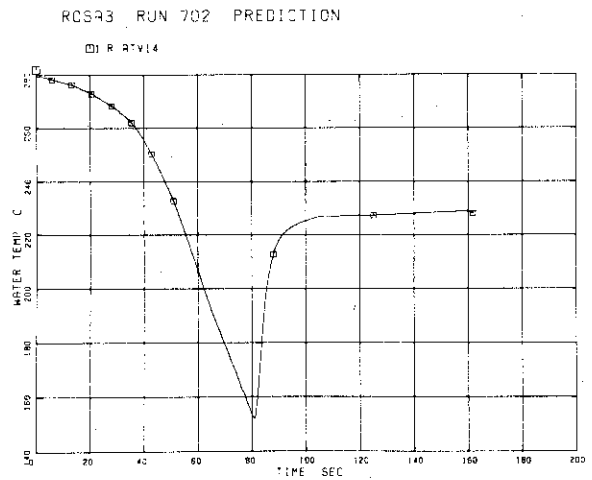


Fig.4.48 Coolant Temperature at Broken Loop Jet Pump Outlet (T25, AT14)

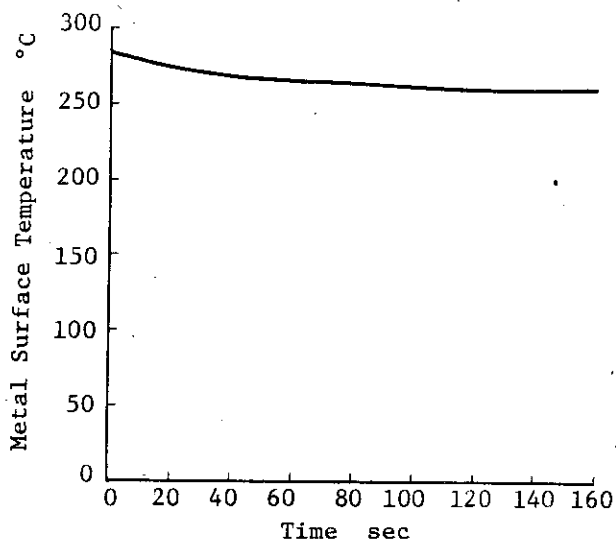


Fig. 4.49 Bypass Side Surface Temperature of Vessel Filler, (TS15 and 18, Heat Slab 18 Left)

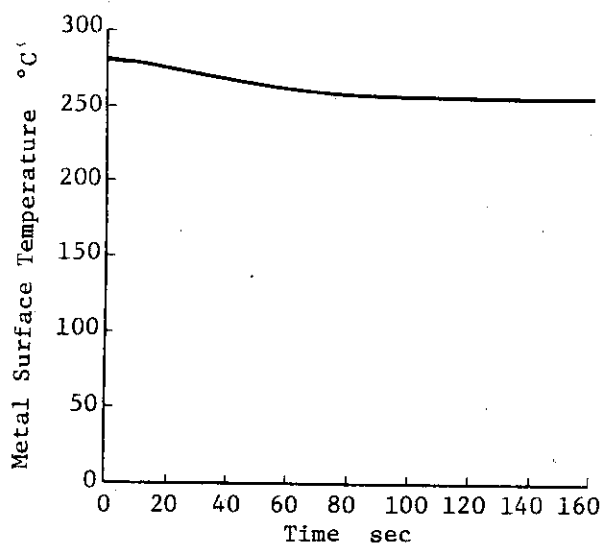


Fig. 4.50 Downcomer Side Surface Temperature of Vessel Filler, (TS21 and 24, Heat Slab 18 Right)

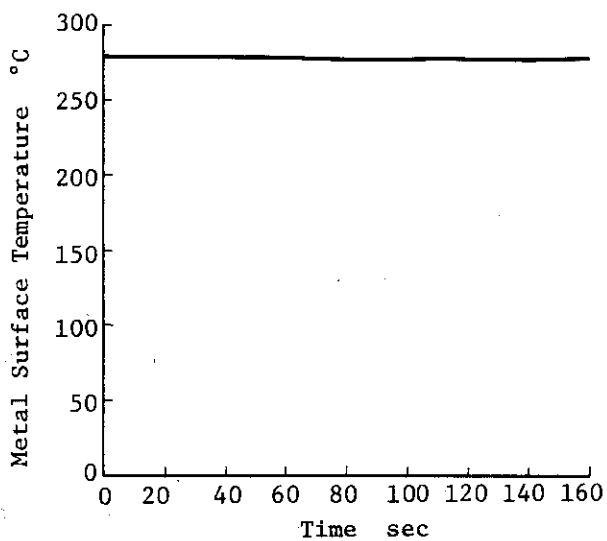


Fig. 4.51 Surface Temperature of Upper Downcomer, (TS30, Heat Slab 37 Right)

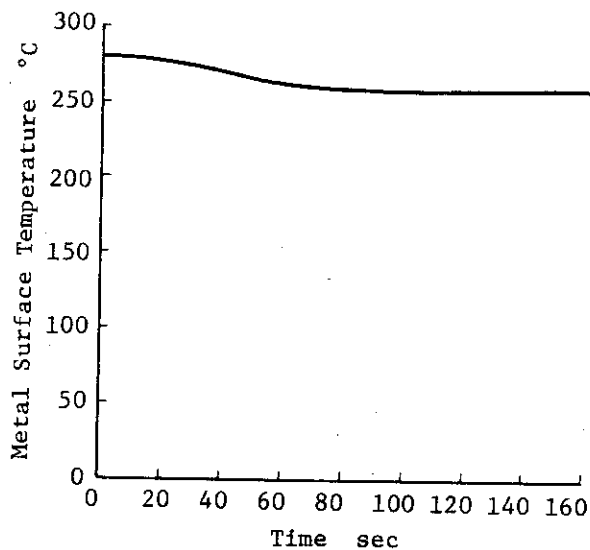


Fig. 4.52 Surface Temperature of Downcomer Wall, (TS31, Heat Slab 20 Right)

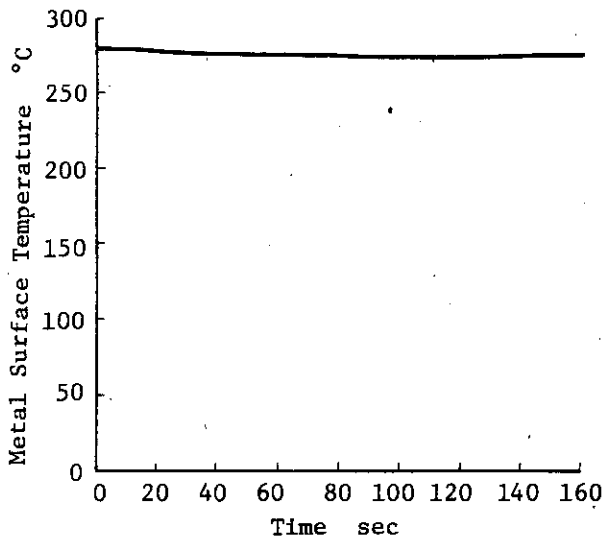


Fig.4.53 Surface Temperature of Lower Plenum Wall, (TS36, Heat Slab 13 Right)

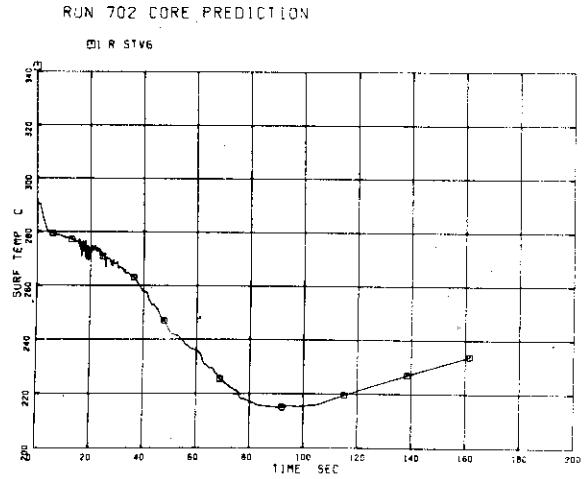


Fig.4.54 Heater Rod Surface Temperature, Position 1 (TF1, 8, 15, 22, 29, 39, 50 & 58, Heat Slab 12)

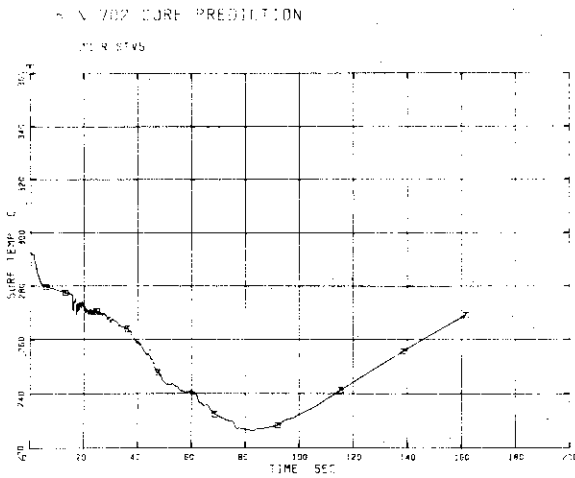


Fig.4.55 Heater Rod Surface Temperature, Position 2 (TF2, 9, 16, 23 & 30, Heat Slab 10)

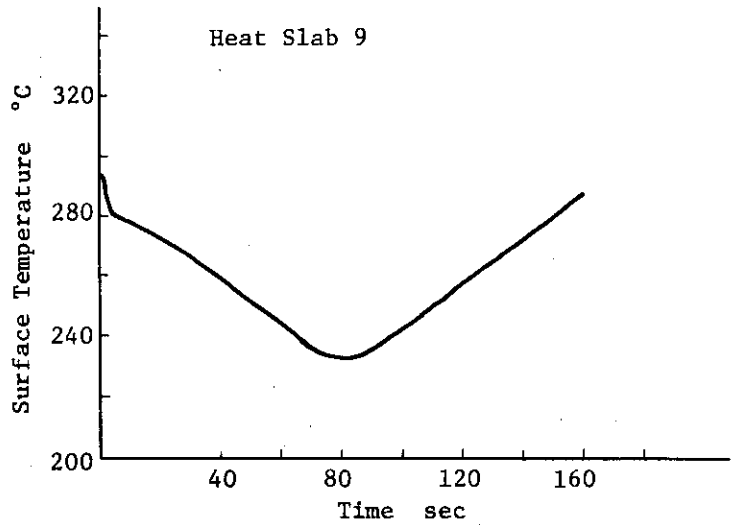


Fig. 4.56 Heater Rod Surface Temperature, Position 3 (TF3, 10, 17, 24, 31, 36, 40, 44, 47, 51, 55, 59, 63 & 66, Heat Slab 9)

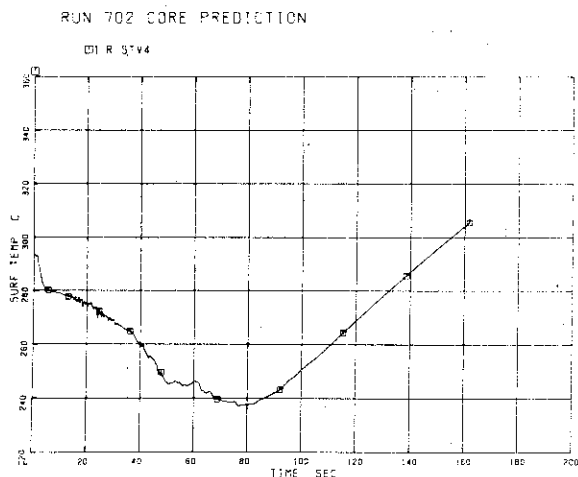


Fig.4.57 Heater Rod Surface Temperature, Position 4 (TF4, 11, 18, 25, 32, 37, 41, 45, 48, 52, 56, 60, 64 & 67, Heat Slab 7)

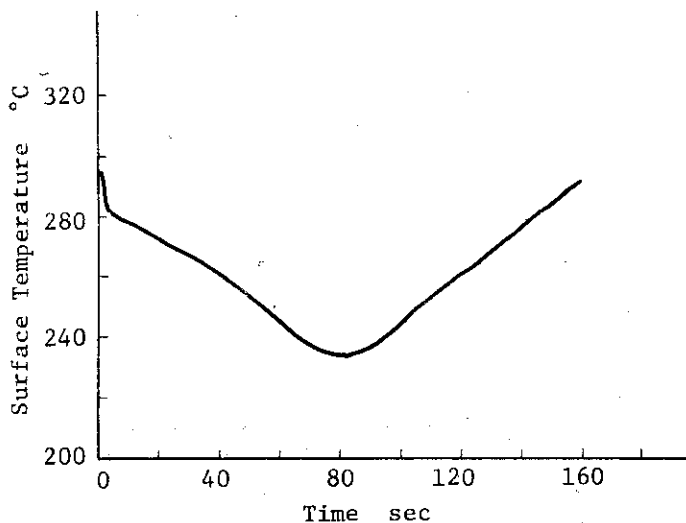


Fig. 4.58 Heater Rod Surface Temperature, Position 5 (TF5, 12, 19, 26, 33, 38, 42, 46, 49, 53, 57, 61, 65 & 68, Heat Slab 5)

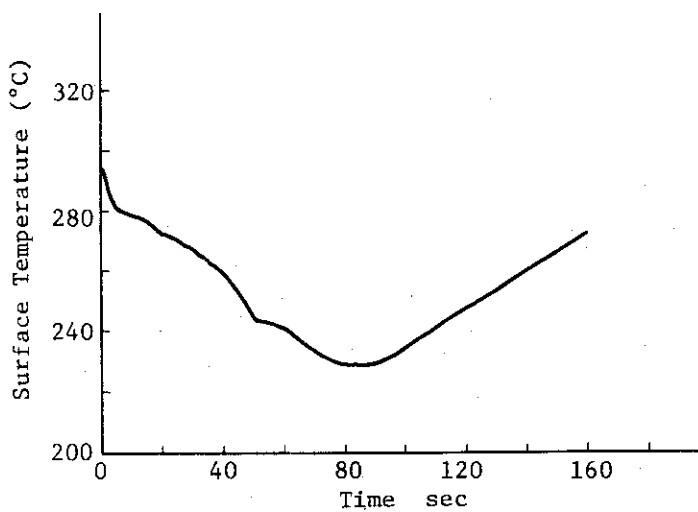


Fig. 4.59 Heater Rod Surface Temperature, Position 6 (TF6, 13, 20, 27 & 34, Heat Slab 4)

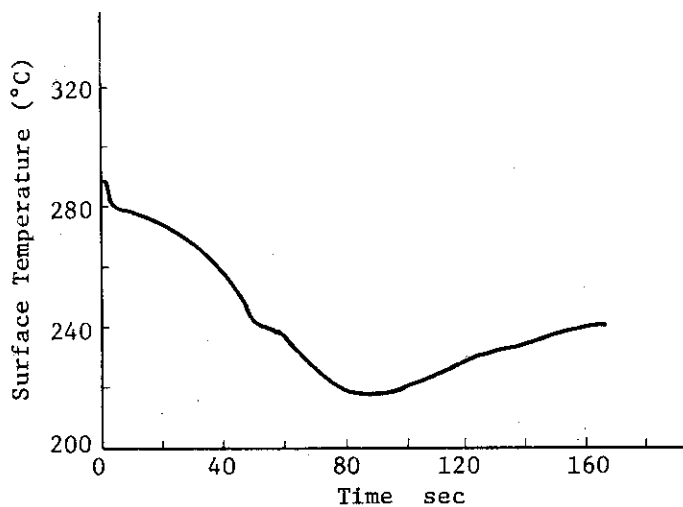


Fig. 4.60 Heater Rod Surface Temperature, Position 7 (TF7, 14, 21, 28, 35, 43, 54 & 62, Heat Slab 2)

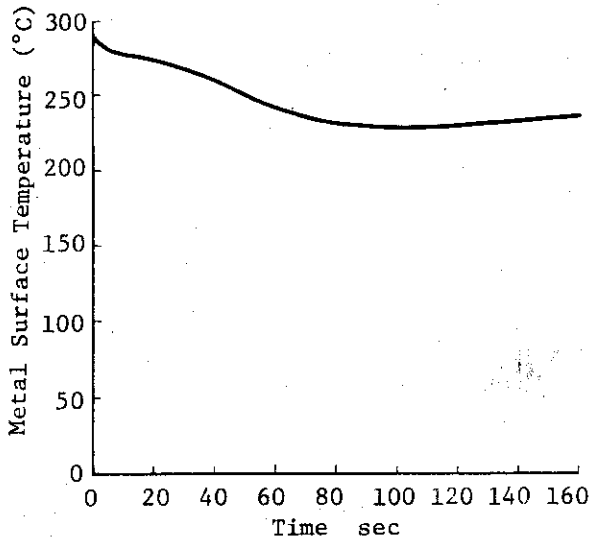


Fig. 4.61 Surface Temperature of Channel Box Inner Wall, (TBI-14, Slab 6 Left Surface)

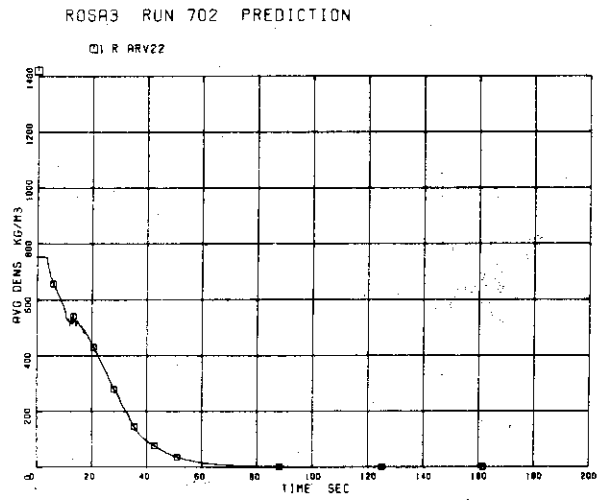


Fig. 4.62 Fluid Density at Intact Loop Jet Pump Outlet (DF1, DF2 & DF3, AR22)

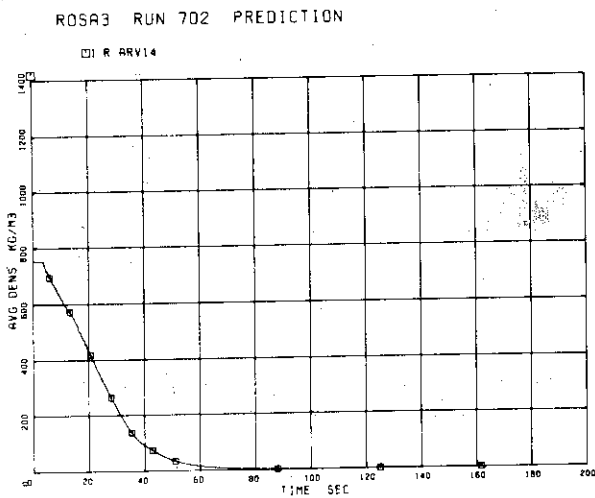


Fig. 4.63 Fluid Density at Broken Loop Jet Pump Outlet (DF4, DF6 & DF7, AR14)

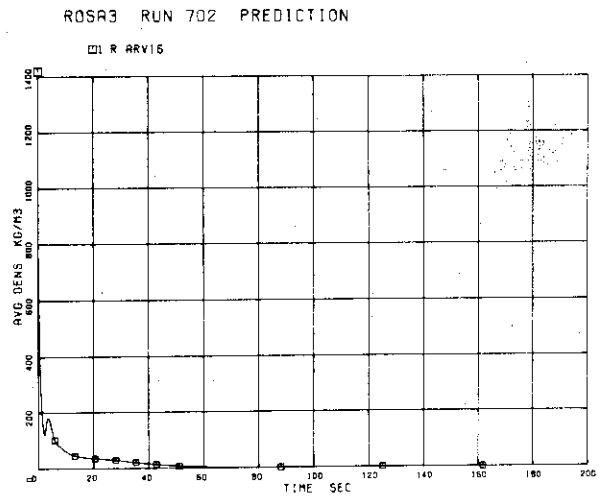


Fig. 4.64 Fluid Density at Break A (DF7 & DF8, AR16)

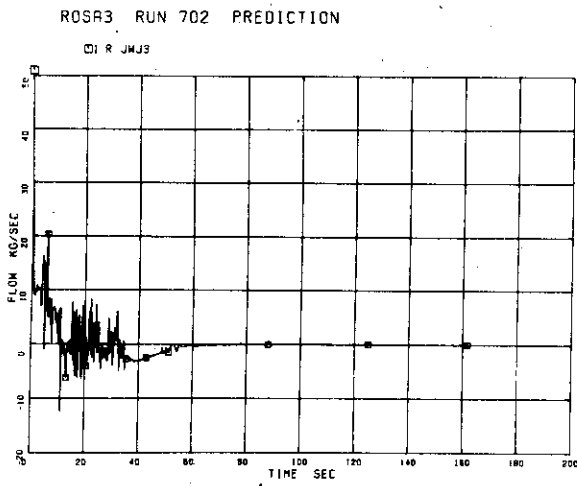


Fig.4.65 Flowrate at Lower Tie Plate, JW3

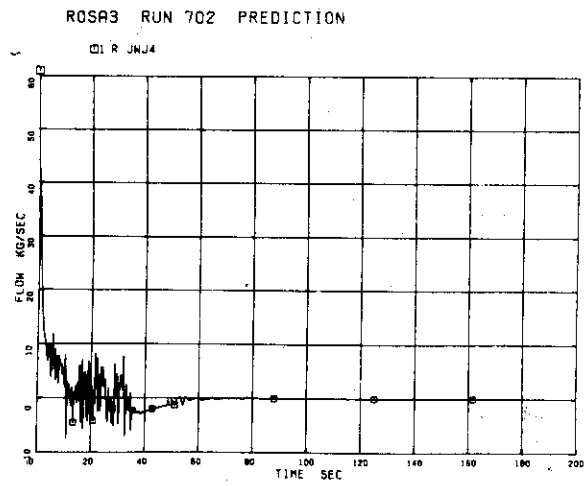


Fig.4.66 Flowrate at Upper Tie Plate, JW4

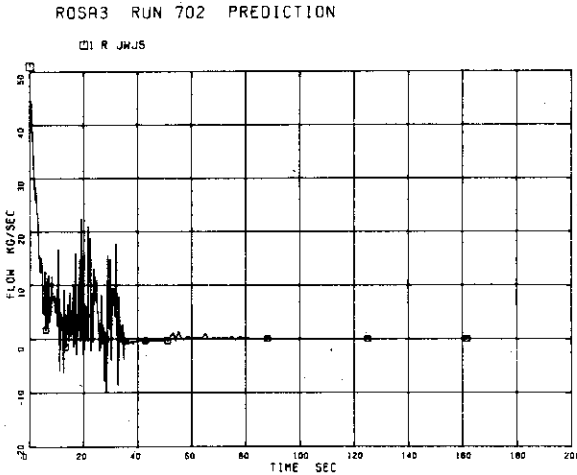


Fig.4.67 Flowrate at Steam Separator Inlet, JW5

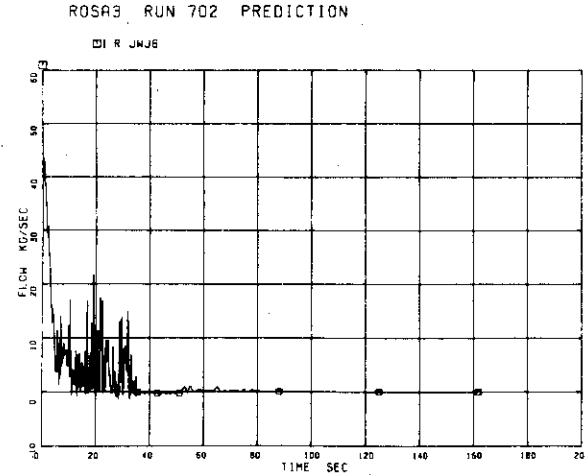


Fig.4.68 Flowrate at Steam Separator Outlet, JW6

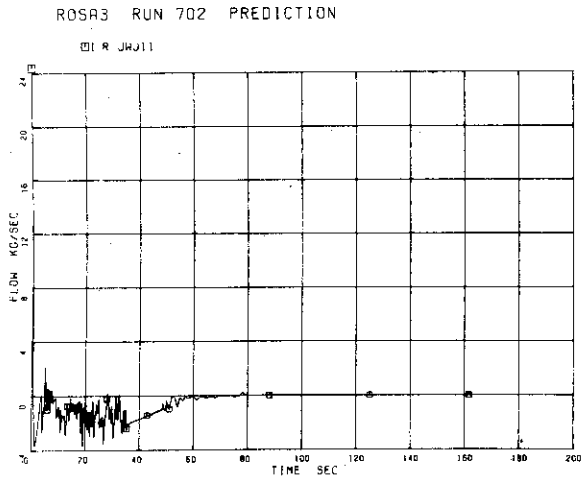


Fig.4.69 Flowrate at Outlet from Downcomer to Broken Loop Jet Pump 3 Suction, JW11

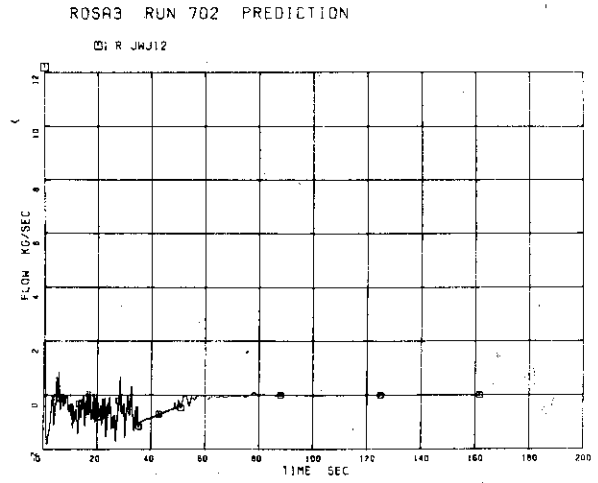


Fig.4.70 Flowrate at Broken Loop Jet Pump Suctions, JW12 and JW76

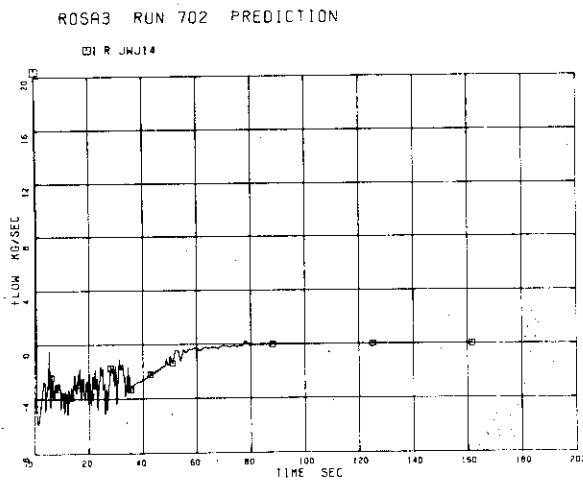


Fig.4.71 Flowrate at Broken Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JW14

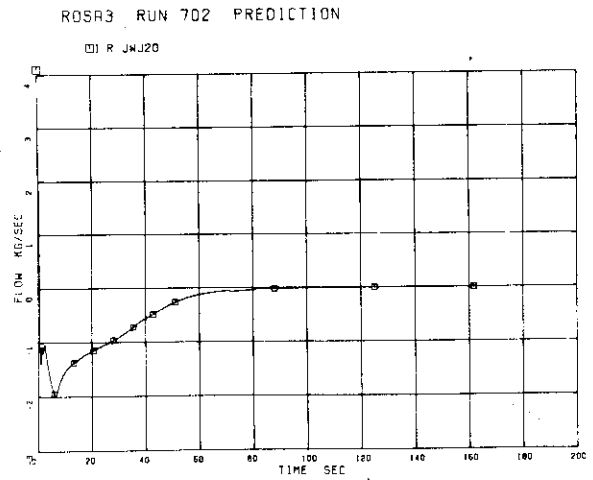


Fig.4.72 Flowrate at Broken Loop Jet Pump Drive Nozzles, JW20 and JW37

ROSA3 RUN 702 PREDICTION

DI R JWJ21

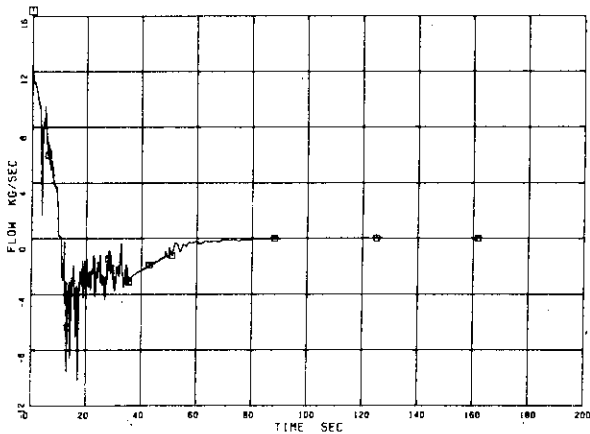


Fig.4.73 Flowrate at Outlet from Downcomer to Intact Loop Jet Pump Suction, JW21

ROSA3 RUN 702 PREDICTION

DI R JWJ22

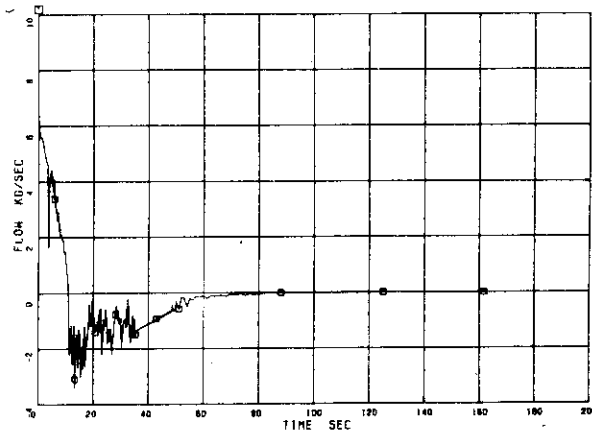


Fig.4.74 Flowrate at Intact Loop Jet Pump Suctions, JW22 and JW39

ROSA3 RUN 702 PREDICTION

DI R JWJ24

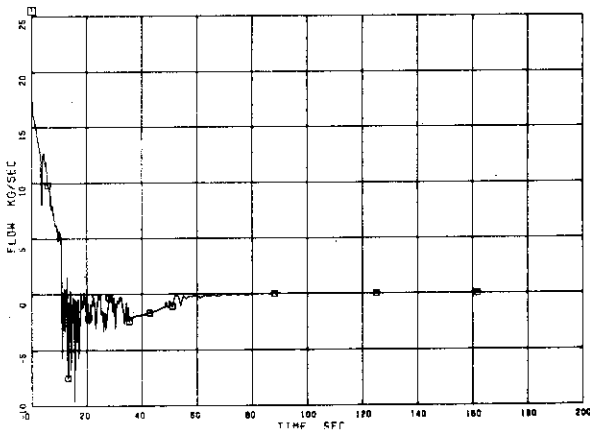


Fig.4.75 Flowrate at Intact Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JW24

ROSA3 RUN 702 PREDICTION

DI R JWJ29

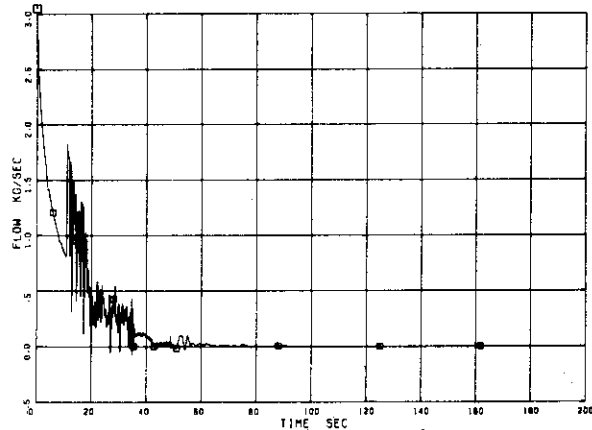


Fig.4.76 Flowrate at Intact Loop Jet Pump Drive Nozzle, JW29 and JW40

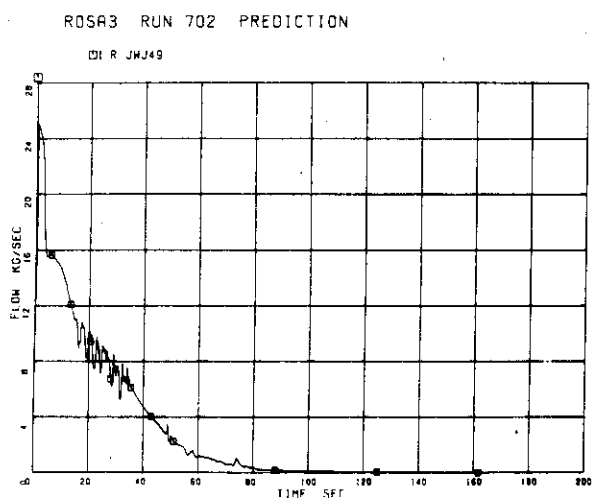


Fig.4.77 Flowrate at Vessel Side Break Plane, JW49

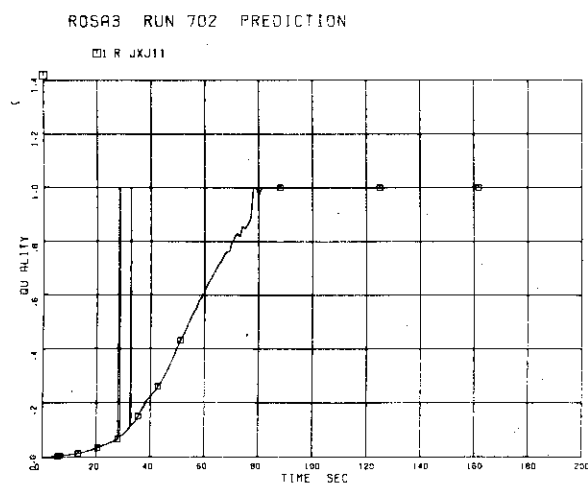


Fig.4.78 Junction Quality at Outlet from Downcomer to Broken Loop Jet Pump Suction, JX11

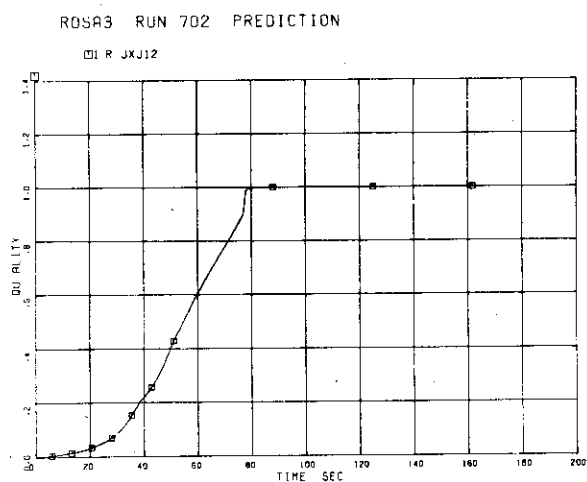


Fig.4.79 Junction Quality at Broken Loop Jet Pump Suction, JX12

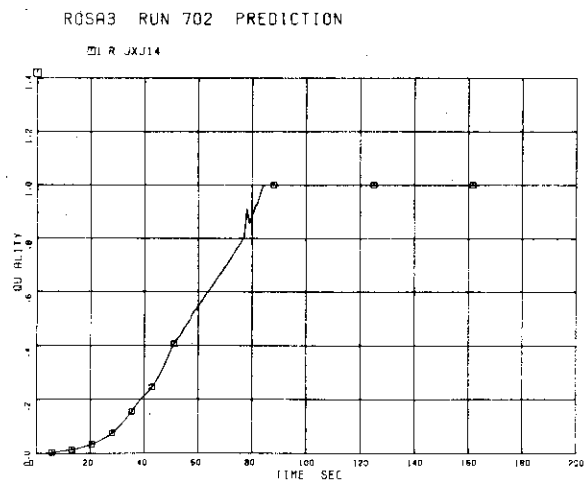


Fig.4.80 Junction Quality at Broken Loop Recirculation Flow Inlet to Lower Plenum, JX14

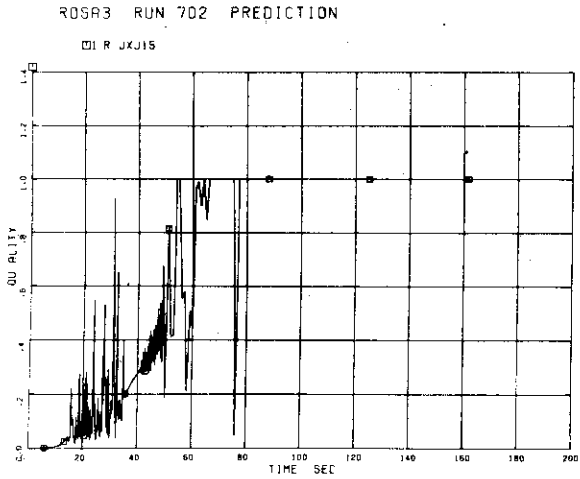


Fig.4.81 Junction Quality at Outlet from Downcomer to Broken Loop Recirculation Pump JX15

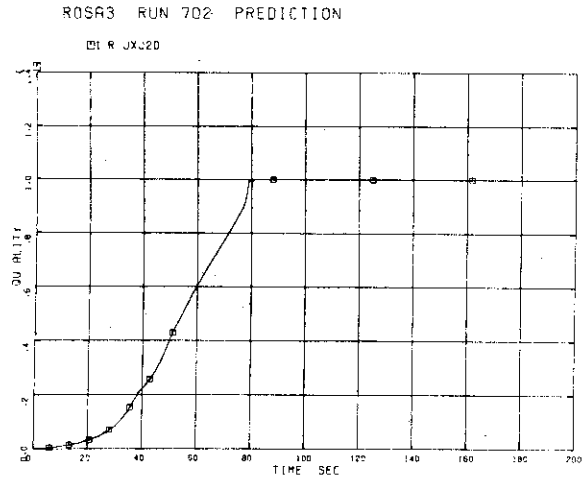


Fig.4.82 Junction Quality at Broken Loop Jet Pump Drive Nozzle, JX20

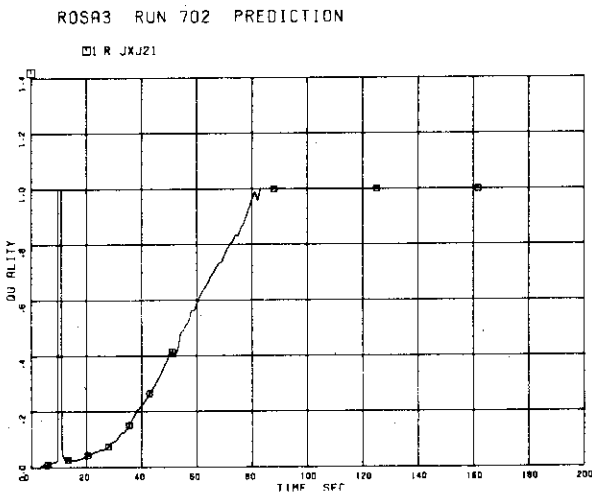


Fig.4.83 Junction Quality at Outlet from Downcomer to Intact Loop Jet Pump Suction, JX21

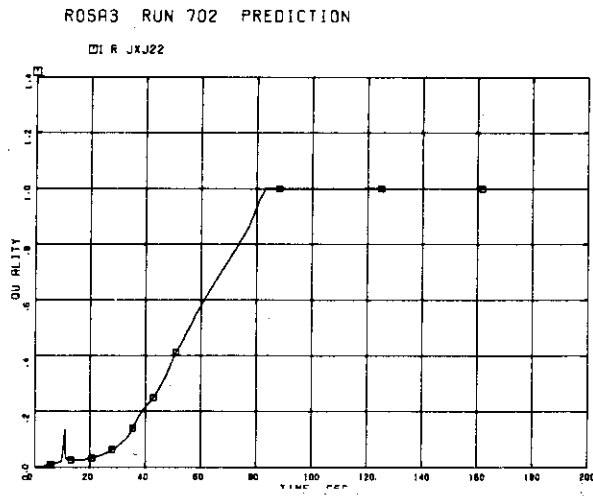


Fig.4.84 Junction Quality at Intact Loop Jet Pump Suction, JX22

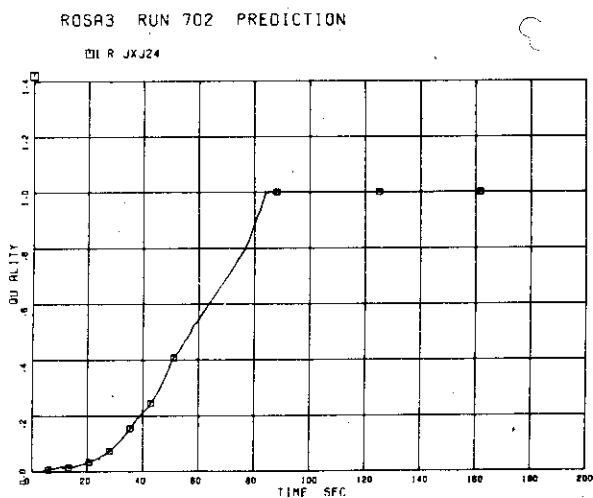


Fig.4.85 Junction Quality at Intact Loop Recirculation flow Inlet to Lower Plenum, JX24

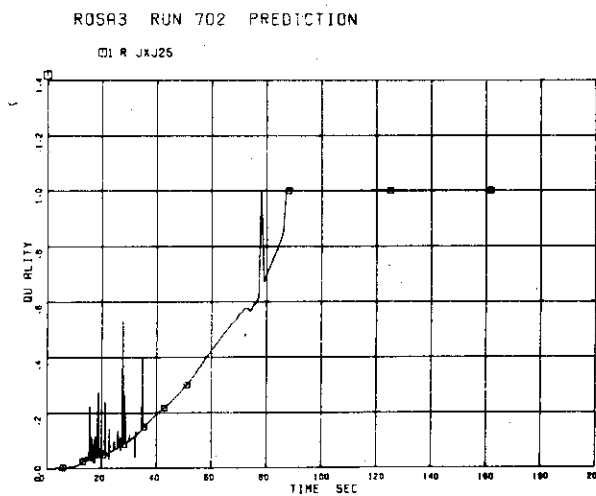


Fig.4.86 Junction Quality at Outlet from Downcomer to Intact Loop Recirculation Pump, JX25

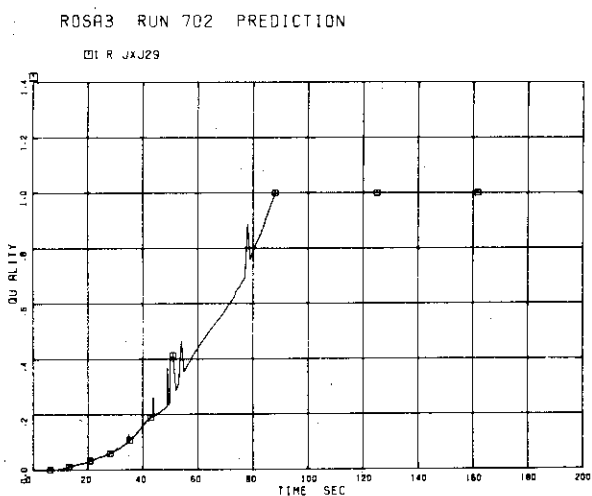


Fig.4.87 Junction Quality at Intact Loop Jet Pump Drive Nozzle, JX29

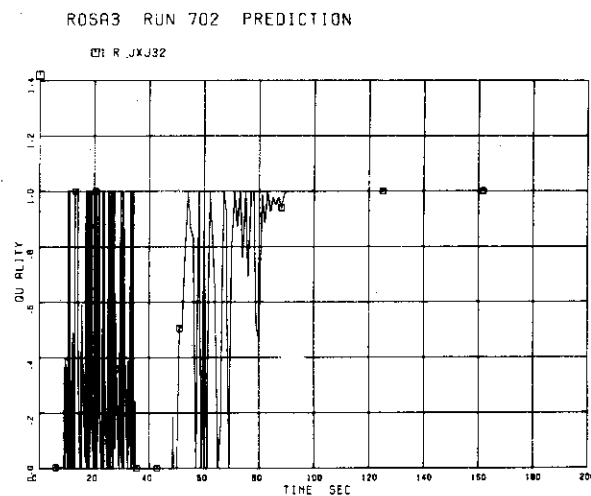


Fig.4.88 Junction Quality at Downcomer Inlet, JX32

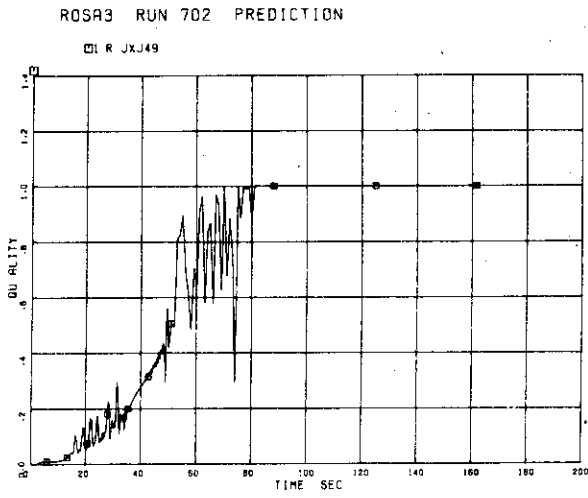


Fig.4.89 Junction Quality at Vessel Side Break Plane, JX49

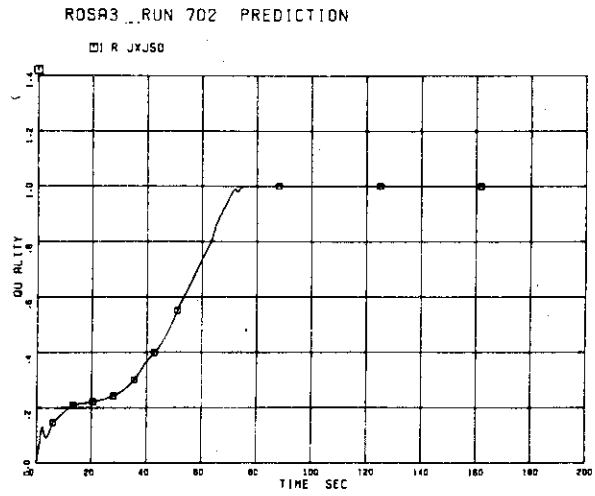


Fig.4.90 Junction Quality at Pump Side Break Plane, JX50

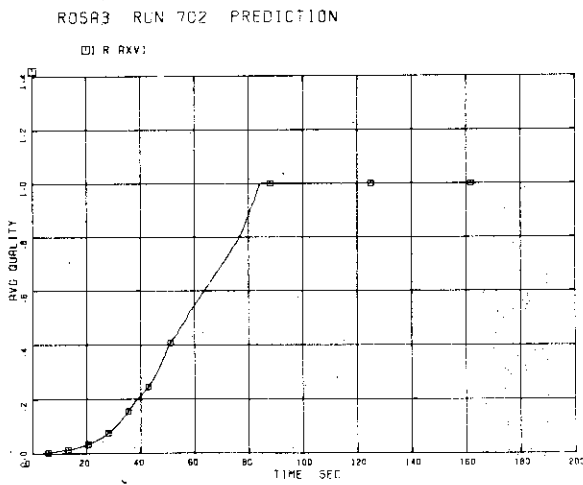


Fig.4.91 Average Quality in Lower Plenum Below Tie Grid, AX1

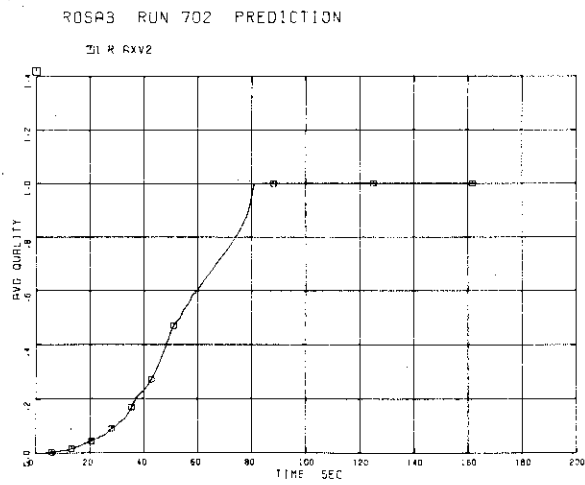


Fig.4.92 Average Quality in Lower Plenum Above Tie Grid, AX2

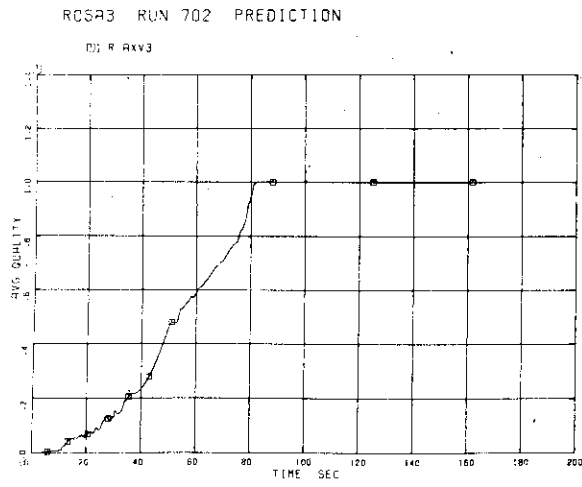


Fig.4.93 Average Quality in Core Inlet Chambers, AX3

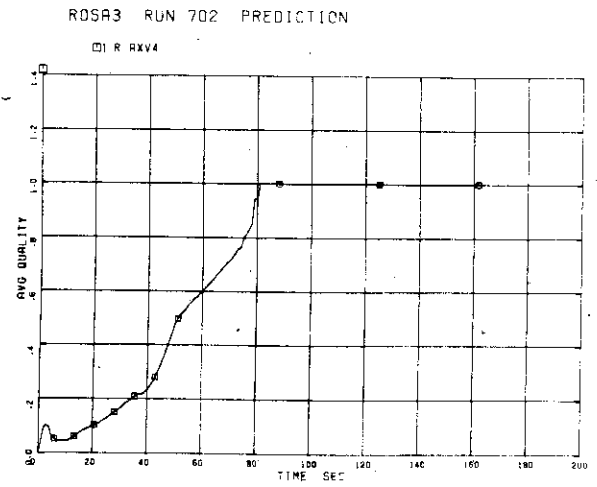


Fig.4.94 Average Quality in Core, AX4

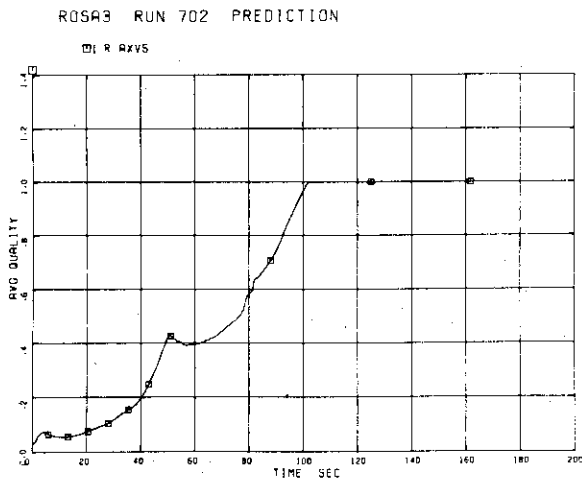


Fig.4.95 Average Quality in Upper Plenum, AX5

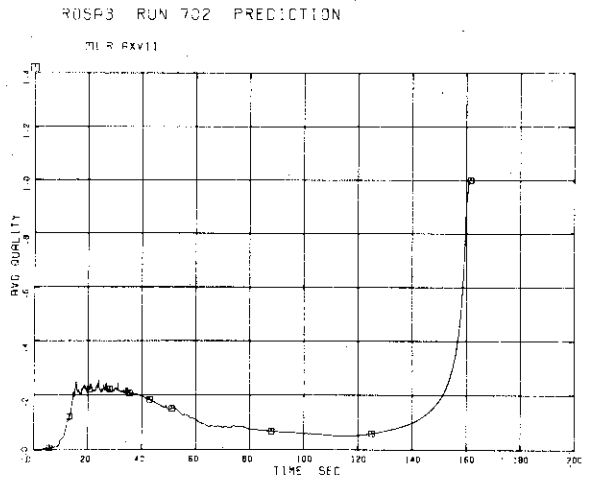


Fig.4.96 Average Quality in Downcomer, AX11

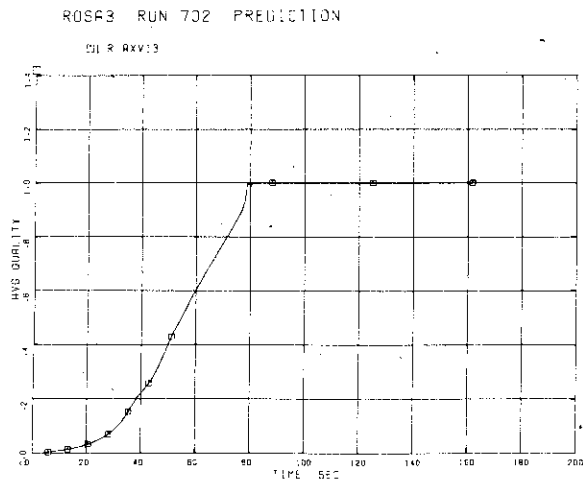


Fig.4.97 Average Quality in Broken Loop Jet Pump, AX13

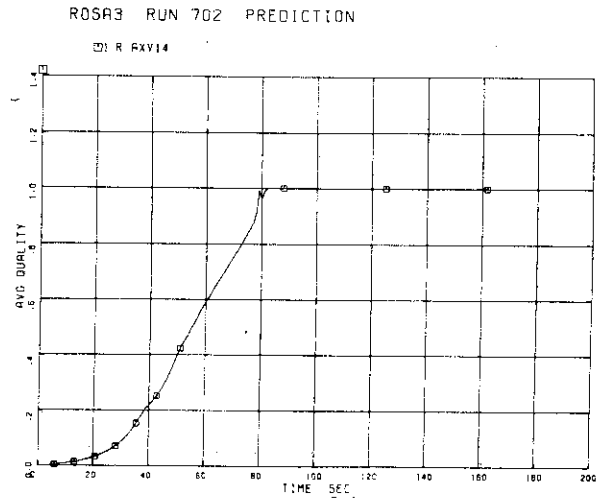


Fig.4.98 Average Quality in Broken Loop Jet Pump Discharge Line, AX14

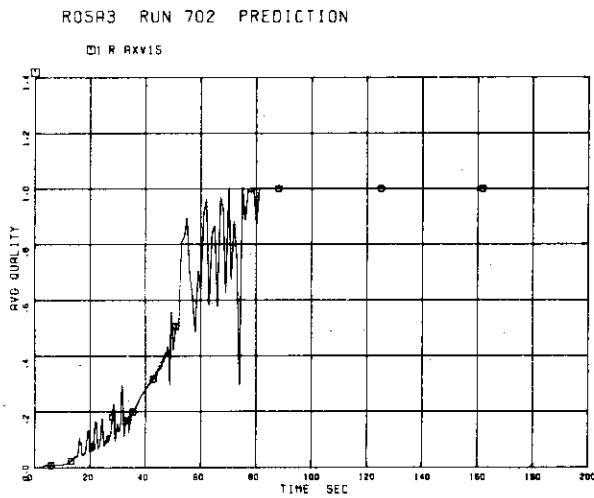


Fig.4.99 Average Quality in Broken Loop Recirculation Pump Suction Line, Vessel Side, AX15

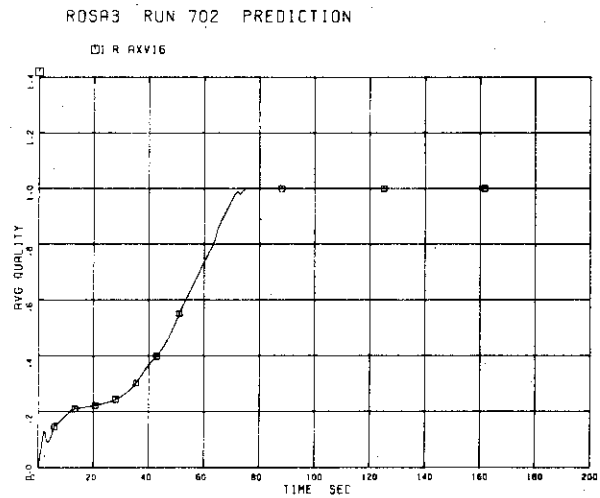


Fig.4.100 Average Quality in Broken Loop Recirculation Pump Suction Line, Pump Side, AX16

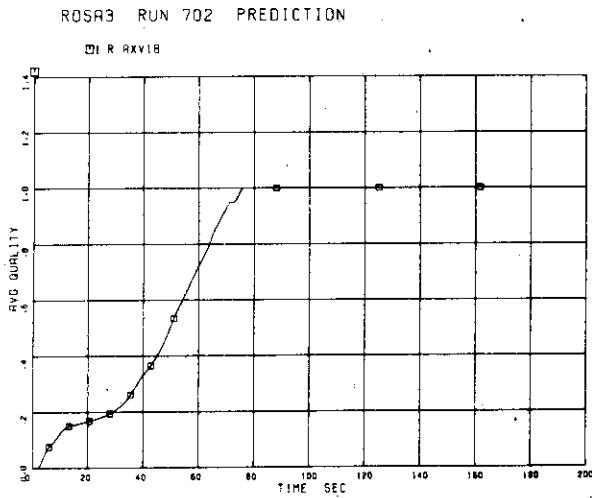


Fig.4.101 Average Quality in Broken Loop Recirculation Pump Discharge Line, AX18

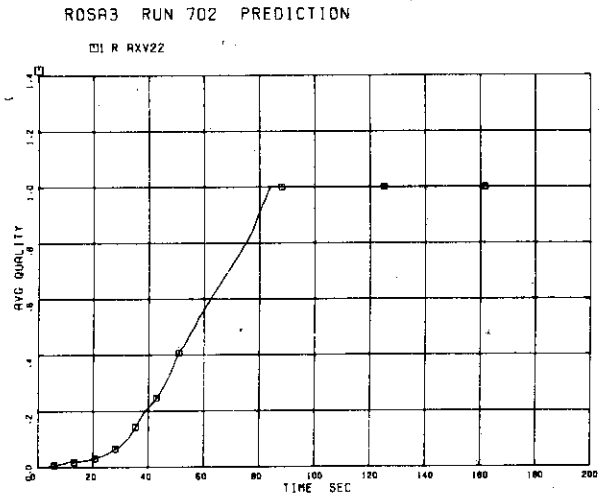


Fig.4.102 Average Quality in Intact Loop Jet Pump Discharge Line, AX22

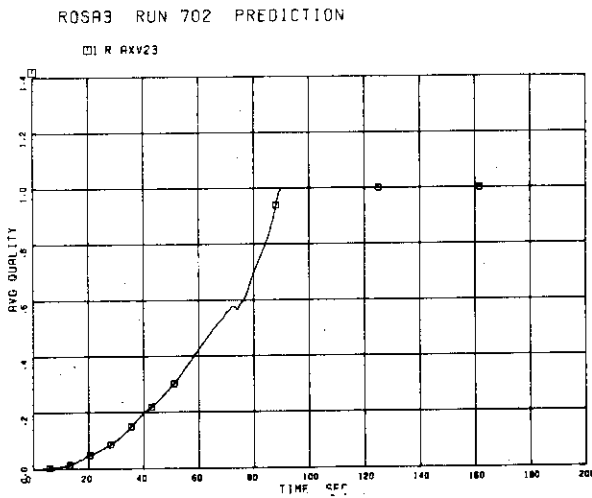


Fig.4.103 Average Quality in Intact Loop Recirculation Pump Suction Line, AX23

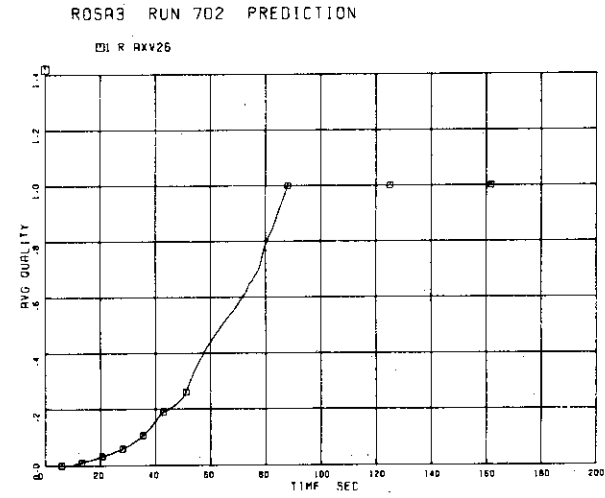


Fig.4.104 Average Quality in Intact Loop Jet Pump Drive Line, AX26

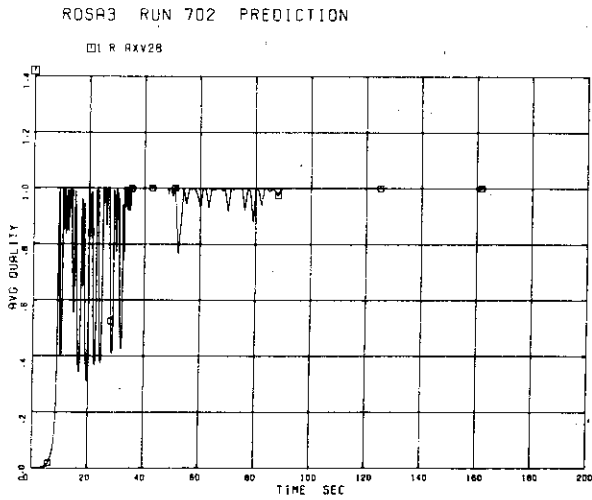


Fig.4.105 Average Quality in Upper Downcomer, AX28

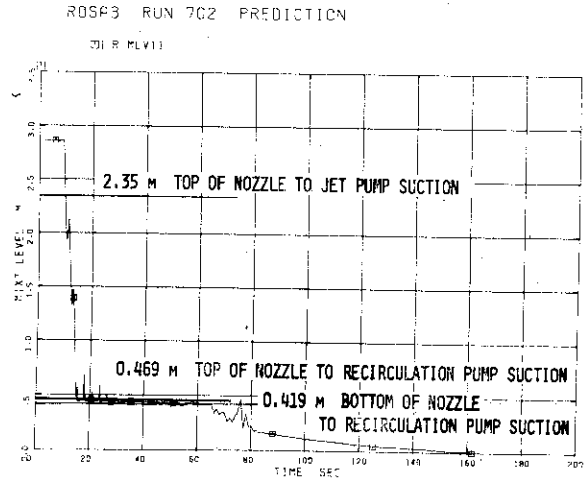


Fig.4.106 Mixture Level in Downcomer, ML11

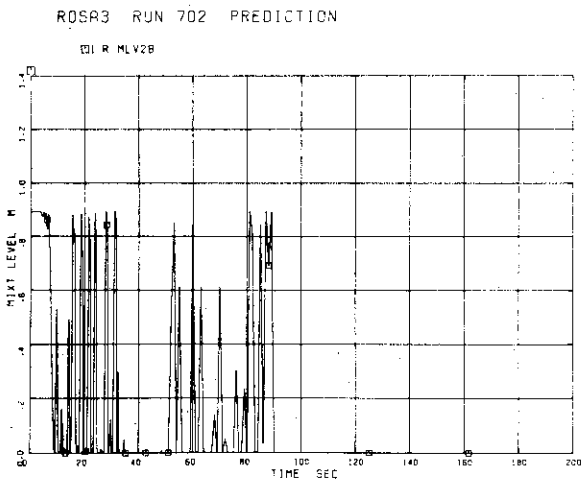


Fig.4.107 Mixture Level in Upper Downcomer, ML28

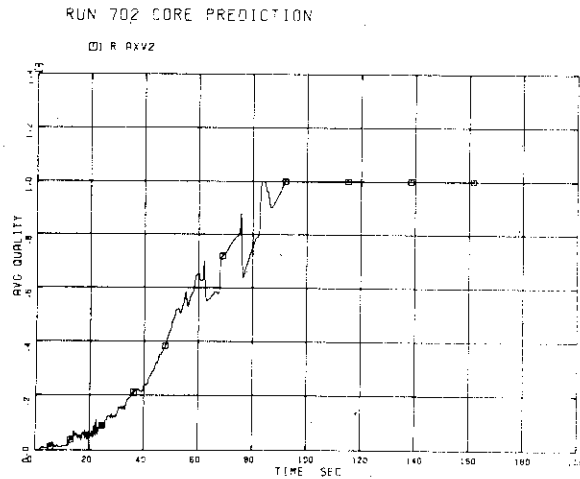


Fig.4.108 Average Quality (Core Analysis) AX2

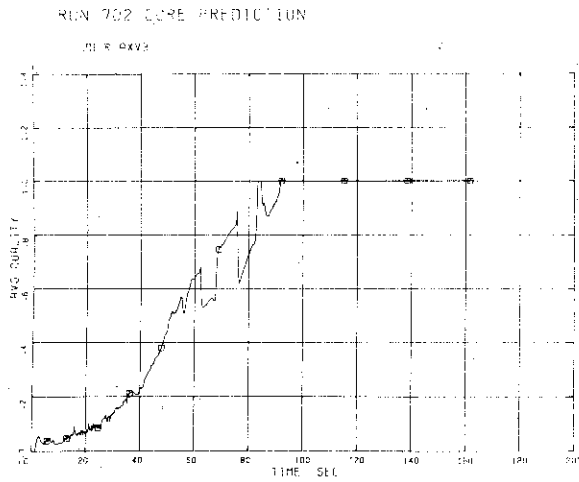


Fig.4.109 Average Quality
(Core Analysis) AX3

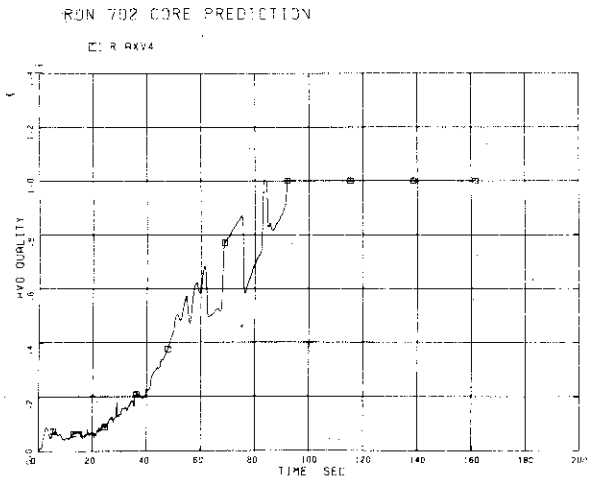


Fig.4.110 Average Quality
(Core Analysis) AX4

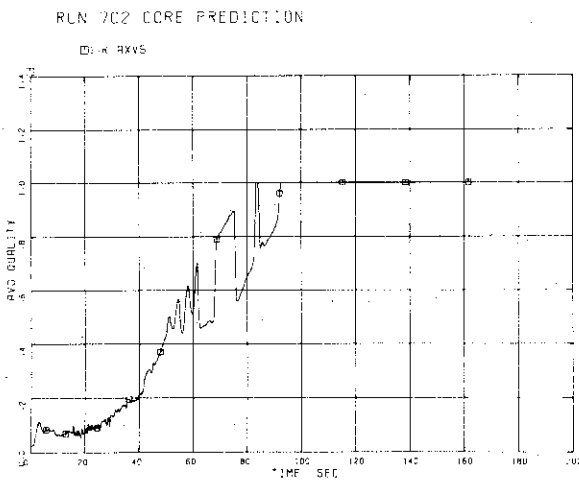


Fig.4.111 Average Quality
(Core Analysis) AX5

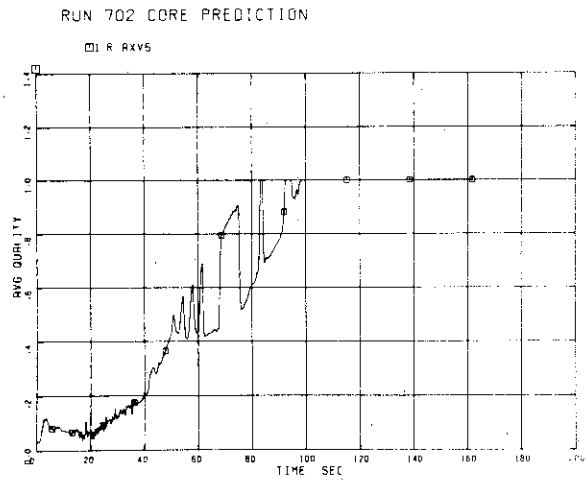


Fig.4.112 Average Quality
(Core Analysis) AX6

5. 結 論

ROSA III 実験計画の目的はBWR LOCA時のシステム挙動を解明し、原子炉安全性解析に用いている計算コードの検証と性能向上を図ることである。RUN 702実験は再循環ポンプ吸込側配管破断による冷却材喪失事故の模擬実験で、ECCSを作動させない実験である。このRUN 702実験に先立ち、計算コードRELAP 4Jを用いて実験結果の予測解析を行なった。解析では、まず、炉心を1ボリュームとしてROSA IIIを31ボリューム、50ジャンクション、41ヒートスラブに分割し、システム全体の流動状態を計算した。次に、この結果を用いて炉心入口、出口の条件を与え、炉心を5ボリューム、13ヒートスラブに分割して炉心解析を行ない、模擬燃料棒の表面温度を計算した。主な予測結果及び結論は次の通りである。

- (1) 下部プレナムフラッシングは破断後3.7秒で開始する。ダウンカム内液位がジェットポンプサククションへ通じるダウンカム出口ノズル上端位置に達したのは破断後9.7秒である。また、ダウンカム内液位が再循環ポンプサククションに通じるダウンカム出口ノズル上端位置に達したのは破断後15.5秒であり、このノズルが蒸気中に完全に露出したのは77.0秒である。蒸気単相放出状態に移行したのはポンプ側破断口で破断後75秒、圧力容器側で80.6秒である。ブローダウン終了は161.7秒である。
- (2) 破断ループ側ジェットポンプでは破断後直ちに逆流となり、下部プレナムから、ジェットポンプ駆動流ノズルを通してポンプ側破断口に至り流出する流れと、ジェットポンプサククション配管を通してダウンカムに至り圧力容器側破断口から流出する流れとが形成される。ジェットポンプ駆動流ノズル位置では破断後6.1秒から115秒まで臨界流である。
- (3) 健全側ジェットポンプでは、ジェットポンプサククションに通じるダウンカム出口ノズル位置にダウンカム液位が到達する10.5秒まで、ジェットポンプの機能を維持する。その後はジェットポンプの機能を失い、下部プレナムからジェットポンプサククションを通してダウンカムに向う逆向きの流れと、ダウンカム下部から再循環ポンプ、ジェットポンプ駆動流ノズル、ジェットポンプサククションを通してダウンカムに至る流れとなる。ダウンカムから再循環ポンプへの流れは18.5秒で逆流となる。
- (4) ポンプ側破断口では破断後0.5秒から70秒まで、圧力容器側破断口では破断後1秒から115秒まで臨界流である。
- (5) 電気間接加熱型の模擬燃料棒の表面温度は破断後上昇することなく下降する。その後、炉心内クオリティが1に達する80秒過ぎからゆるやかに上昇に転じる。このことは実験条件としての炉心発熱量の与え方に大きく関連しており、実炉を模擬するうえで今後の検討課題である。
- (6) RELAP 4Jでは、縦に連続したボリューム内の液位を計算する場合、それぞれのボリューム内に液位が存在する計算結果が出てしまう。これをより現実的に1つの液位にする工夫が必要である。

- (7) ダウンカム内液位と破断側、健全側両ループのジェットポンプの駆動流、吸込流、吐出流の流量、流れの方向、クオリティが系の挙動を把握するのに重要な役割を果たしている。従って、これらの計測を強化することが重要である。
- (8) ROSA III 実験結果を解析するにあたって、計算コードの入力初期条件としてできるだけ多くの実験データを用い得るように、差圧、流量の計測点を増やす必要がある。

謝 辞

本報をまとめるにあたり、安全工学第一研究室安達公道氏ならびに安全試験技術室伊藤秀雄氏、大崎秀機氏より多くの助言、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-M6703 (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-M7488 (2. 1978).
- (3) 北口秀美, 他 3 名, “ROSA III 試験の予備解析 (III)”, JAERI-M7791 (8. 1978).
- (4) Soda, K., “Prediction of ROSA III Experiment - RUN 701”, JAERI-M7712 (6. 1978).
- (5) 望月洋志, 他 4 名, “軽水炉の LOCA 解析コード RELAP 4 J (RELAP 4-MOD 2 の改良について)”, JAERI-M7506 (2. 1978).
- (6) “General Electric Standard Safety Analysis Report, BWR/6”, DOCKET-STN-50447-48, GE. Co. (1975).
- (7) Moore, K. V., et. al., “RELAP 4 A Computer Program for Transient Thermal - Hydraulic Analysis”, ANCR-1127 (1973).
- (8) Moody, F. J., “Maximum Flow Rate of a Single Component Two Phase Mixture”, J. Heat Transfer, 87(1), 134 (1965).
- (9) Zaloudek, F. R., “The Critical Flow of Hot Water through Short Tubes”, HW-77594 UC-38, Engineering Equipment.
- (10) Wilson, J. F., et. al., “The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture”, Trans. Am. Nucl. Soc., 5, 151 (1962).

- (7) ダウンカム内液位と破断側、健全側両ループのジェットポンプの駆動流、吸込流、吐出流の流量、流れの方向、クオリティが系の挙動を把握するのに重要な役割を果している。従って、これらの計測を強化することが重要である。
- (8) ROSA III実験結果を解析するにあたって、計算コードの入力初期条件としてできるだけ多くの実験データを用い得るように、差圧、流量の計測点を増やす必要がある。

謝 辞

本報をまとめるにあたり、安全工学第一研究室安達公道氏ならびに安全試験技術室伊藤秀雄氏、大崎秀機氏より多くの助言、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-M6703 (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-M7488 (2. 1978).
- (3) 北口秀美, 他3名, “ROSA III試験の予備解析(III)”, JAERI-M7791 (8. 1978).
- (4) Soda, K., “Prediction of ROSA III Experiment -RUN 701”, JAERI-M7712 (6. 1978).
- (5) 望月洋志, 他4名, “軽水炉のLOCA解析コードRELAP 4J (RELAP 4-MOD 2の改良について)”, JAERI-M7506 (2. 1978).
- (6) “General Electric Standard Safety Analysis Report, BWR/6”, DOCKET-STN-50447-48, GE. Co. (1975).
- (7) Moore, K. V., et. al., “RELAP 4 A Computer Program for Transient Thermal-Hydraulic Analysis”, ANCR-1127 (1973).
- (8) Moody, F. J., “Maximum Flow Rate of a Single Component Two Phase Mixture”, J. Heat Transfer, 87(1), 134 (1965).
- (9) Zaloudek, F. R., “The Critical Flow of Hot Water through Short Tubes”, HW-77594 UC-38, Engineering Equipment.
- (10) Wilson, J. F., et. al., “The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture”, Trans. Am. Nucl. Soc., 5, 151 (1962).

- (7) ダウンカム内液位と破断側、健全側両ループのジェットポンプの駆動流、吸込流、吐出流の流量、流れの方向、クオリティが系の挙動を把握するのに重要な役割を果たしている。従って、これらの計測を強化することが重要である。
- (8) ROSA III 実験結果を解析するにあたって、計算コードの入力初期条件としてできるだけ多くの実験データを用い得るように、差圧、流量の計測点を増やす必要がある。

謝 辞

本報をまとめるにあたり、安全工学第一研究室安達公道氏ならびに安全試験技術室伊藤秀雄氏、大崎秀機氏より多くの助言、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-M6703 (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-M7488 (2. 1978).
- (3) 北口秀美, 他3名, “ROSA III試験の予備解析(III)”, JAERI-M7791 (8. 1978).
- (4) Soda, K., “Prediction of ROSA III Experiment -RUN 701”, JAERI-M7712 (6. 1978).
- (5) 望月洋志, 他4名, “軽水炉のLOCA解析コードRELAP 4J (RELAP 4-MOD 2の改良について)”, JAERI-M7506 (2. 1978).
- (6) “General Electric Standard Safety Analysis Report, BWR/6”, DOCKET-STN-50447-48, GE. Co. (1975).
- (7) Moore, K. V., et. al., “RELAP 4 A Computer Program for Transient Thermal -Hydraulic Analysis”, ANCR-1127 (1973).
- (8) Moody, F. J., “Maximum Flow Rate of a Single Component Two Phase Mixture”, J. Heat Transfer, 87(1), 134 (1965).
- (9) Zaloudek, F. R., “The Critical Flow of Hot Water through Short Tubes”, HW-77594 UC-38, Engineering Equipment.
- (10) Wilson, J. F., et. al., “The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture”, Trans. Am. Nucl. Soc., 5, 151 (1962).

付録1 システム全体の解析に用いた入力データリスト

LISTING OF INPUT DATA FOR CASE 1

```

1 *
2 * ROSA-3 ANALYSIS BY RELAP4J
3 * TITLE
4 *
5 =ROSA3K
6 *
7 ***PROBLEM DIMENSIONS***
8 *
9 * LDMP NTC NVOL NTDV NPMPC NLK NSLB NMAT NHTX
10 * NEDI NTRP NBUB NJUN NCKV NFLL NGOM NCR ISPROG
11 010001 -2 9 5 16 31 3 0 50 2 4 3 5 41 20 7 1 0
12 *
13 ***PROBLEM CONSTANTS***
14 * POWER OMEGA PQUITL PQUITH TQUITL TQUITH
15 010002 3.74 1.0
16 *
17 ***PROGRAM OPTION***
18 *
19 *** INPUT OUTPUT
20 *
21 10005 0 0 *
22 *
23 10007 10 0.4 0.05 0.8 *
24 ***EDIT VARIABLES***
25 *
26 020000 AP 27 ML 27 JW 45 JW 49 JW 50 JW 47 JW 42 JW 43 JW 44
27 *
28 ***TIME STEP CONTROL CARDS***
29 *
30 * NMIN NMAJ NDMP NCHK DELTM DTMIN TLAST ENDCPU
31 030010 50 1 2 -2 1.0-2 1.0-6 0.5
32 030020 20 5 2 -2 5.0-3 1.0-6 2.1
33 030030 20 10 2 -2 1.0-2 1.0-6 10.0
34 030040 20 20 2 -2 1.0-2 1.0-6 50.0
35 030050 100 5 2 -2 1.0-2 1.0-6 200.0
36 *
37 *
38 ***DETAILED EDIT 030002*** = NOT USED =
39 *
40 ***WATER PACKING ETC. 030003 *** = NOT USED =
41 *
42 ***MIXTURE LEVEL SMOOTHING 030004 *** = NOT USED =
43 *
44 ***TRIP CONTROLES***
45 *
46 * IDTRP IDSIG IX1 IX2 SETPT DELAY
47 040010 1 1 0 0 900. 0. * END BY TIME
48 040020 2 1 0 0 .001 0. * START OF BREAK
49 040030 3 1 0 0 .001 0. * FEED WATER PUMP ON
50 040040 4 1 0 0 .001 0. * MAIN STM VALV OPN
51 040050 5 1 0 0 500. 19.5 * HPCS TIMER SET
52 040060 6 -4 7 0 14.7 0. * LPCS TIMER SET
53 040070 7 -4 7 0 14.7 0. * LPIS TRIP
54 040080 8 1 0 0 500.0 93. * ADS VALVE OPN
55 040090 1 -4 7 0 14.7 0. * END BY LOW PRESS
56 040100 1 10 1 0 1300. 0. * END BY HI CLD TEMP
57 040110 9 1 0 0 .001 0. * MPR1 PUMP TRIP
58 040120 10 1 0 0 .001 0. * MPR2 PUMP TRIP
59 040130 11 1 0 0 0. 0. * PWT TRIP
60 040140 12 1 0 0 0. 0. * STM DISCH LIN TRP
61 040150 13 1 0 0 .001 .05 * AV127 TRIP
62 040160 14 1 0 0 0.0 1900.0 * NO FLW THRU J34-J35
63 *
64 ***VOLUME DATA***
65 *
66 * IRUB IREAD P TEMP HORX V ZVOL ZM
67 * (PSIA) (DEGF) (GLTY) (FT**3) (FT) (FT)
68 050011 0 0 1060.8638 535. -1. 4.279 1.690 1.690
69 050021 0 0 1060.1014 535. -1. 2.033 2.677 2.677
70 050031 0 0 1055.4345 535. -1. .3194 .8042 .8042
71 050041 0 0 1053.5041 -1. .00436 2.875 6.647 6.647
72 050051 0 0 1050.8162 -1. .03739 4.383 2.31 2.31
73 050061 0 0 1049.4560 -1. .03769 1.121 3.682 3.682
74 050071 0 0 1048.1433 -1. 0. 13.16 4.050 .181
75 050081 0 0 1048.1000 550.4 -1. 4.287 1.140 0.
76 050091 0 0 1053.9901 535. -1. 2.523 3.579 3.579
77 050101 0 0 1052.2034 543. -1. 1.851 7.336 7.336
78 050111 0 0 1050.4037 535. -1. 2.393 9.389 9.389
79 050121 0 0 1046.8000 534. -1. .2312 .374 .374
80 050131 0 0 1065.8876 535. -1. .1498 6.893 6.893
81 050141 0 0 1061.1940 535. -1. .5953 .9090 .9090
82 050151 0 0 1049.8279 534. -1. .649 4.884 4.884
83 050161 0 0 1043.8353 534. -1. .8074 9.987 9.987
84 050171 0 0 1175.7325 535. -1. .187 .955 .955
85 050181 0 0 1175.0002 535. -1. .187 11.464 11.464
86 050191 0 0 1229.1898 536. -1. .3118 7.733 7.733
87 050201 0 0 1046.8000 534. -1. .2312 .374 .374
88 050211 0 0 1065.3708 535. -1. .1487 6.842 6.842
89 050221 0 0 1061.3000 535. -1. .5429 9.600 .9600
90 050231 0 0 1048.6594 534. -1. .4902 10.49 10.49
91 050241 0 0 1183.2911 535. -1. .187 .955 .955
92 050251 0 0 1309.9292 535. -1. .7164 15.29 15.29
93 050261 0 0 1304.5811 536. -1. .3531 4.067 4.067
94 050271 0 0 1048.3311 535.1 -1. 1.333 .5400 .5400
95 050281 0 0 1048.8707 535. -1. 2.5 2.930 2.930
96 050291 0 0 1049.2000 535. 0. 1.034 2.343 2.343
97 050301 0 0 1065.8876 535. -1. .1498 6.893 6.893
98 050311 0 0 1065.3708 535. -1. .1487 6.842 6.842
99 *
100 * JTPMV FLOWA DIAMV ELEV IAMBLO
101 * (FT**2) (FT) (SLIP,VRTCL STK IND)
102 050012 0 1.61 100. -.0594
103 050022 0 .7594 .1059 1.63
104 050032 0 .4865 .04341 4.160
105 050042 0 0.4325 .04341 4.964
106 050052 0 1.898 1.64 11.61
107 050062 0 .3045 .5548 13.92
108 050072 0 3.250 .0 14.48
109 050082 0 3.809 2.202 18.53
110 050092 0 .7048 .276 .8593
111 050102 0 .2523 .1307 4.4383
112 050112 0 .2549 .09291 1.621
113 050122 0 .03095 .1865 8.993
114 050132 0 .02051 .1049 2.1
115 050142 0 .04613 .2425 1.191
116 050152 0 .02264 .1624 -1.725
117 050162 0 .02383 .1646 -7.333
118 050172 0 .1958 .4944 -8.288
119 050182 0 .02161 .1698 -8.288
120 050192 0 .02109 .155 3.176
121 050202 0 .03095 .1865 8.993
122 050212 0 .02051 .1048 2.151
123 050222 0 .04613 .2425 1.191
124 050232 0 .02346 .1657 -7.333
125 050242 0 .1958 .4944 -8.288
126 050252 0 .02238 .1657 -8.288
127 050262 0 .02104 .1566 6.842
128 050272 0 2.486 1.3845 13.94
129 050282 0 .8512 .3018 11.01
130 050292 0 .4424 .1229 4.48

```


JAERI-M 7970

```

395 103122      .32 .0 .28 *RSA03950
396 103121 2 5 5 0.0 -0.66 0.2 -0.53 0.6 -0.3 * RSA03960
397 103132      0.8 -0.2 1.0 -0.1 * RSA03970
398 103141 2 6 5 0.0 .28 .2 .22 .5 .1 * RSA03980
399 103142      .8 .0 1. -1. * RSA03990
400 103151 2 7 5 -1.0 -1.4 -0.8 -1.25 -0.5 -1.0 * RSA04000
401 103152      -0.2 -0.8 0.0 -0.66 * RSA04010
402 103161 2 8 5 -1.1 -1.4 -.6 -.8 -.5 -.66 * RSA04020
403 103162      -2 -3 .0 -1 * RSA04030
404 * * RSA04040
405 * * RSA04050
406 * * RSA04060
407 * * RSA04070
408 * ITCV IACV LATCH PCV CV1 CV2 CV3 * AV 127 TRIP * RSA04080
409 110010 13 0. 0. 0. 0. * MSL BEFORE BRFAK * RSA04090
410 110020 12 0. 0. 0. 0. * J 34 * RSA04100
411 110030 -14 0. 0. 0. 0. * J 35 * RSA04110
412 * * RSA04120
413 * * RSA04130
414 * * RSA04140
415 * * RSA04150
416 * * RSA04160
417 * ITLEAK (PSIA) TAREA(1),TAREA(2),---- * RSA04170
418 120100 -3 2 14.7 0. 0. .1 1. 2000. 1. * BREAK START * RSA04180
419 120200 -3 12 14.7 0. 0. .101 0. 2000. 0. * MSL BFR BRK * RSA04190
420 120300 -5 8 14.7 0. 0. .1 1. 480. 1. * ADS * RSA04200
421 120301 480.01 0. 2000. 0. * * RSA04210
422 * * RSA04220
423 * * RSA04230
424 * * RSA04240
425 * * RSA04250
426 130100 -4 6 1 1 62.54 86. *LPSCS * RSA04260
427 130200 -5 5 1 1 109.55 86. *HPSCS * RSA04270
428 130300 -4 7 1 1 56.88 86. *LPSCI * RSA04280
429 130400 -5 3 0 0 1087.8 401. *FW * RSA04290
430 130500 -4 4 0 0 1048.1 550.4 *MSL * RSA04300
431 * * RSA04310
432 * * RSA04320
433 * * RSA04330
434 130101 0. 740.03 455.7 740.03 456. 0. 2000. 0. *LPSCS * RSA04340
435 130201 0. 1036.8 141. 1306.8 1191. 297. 1192. 0. * * RSA04350
436 130202 2000. 0. *HPSCS * RSA04360
437 130301 0. 2935.6 308.7 2935.6 309.6 0. 2000. 0. *LPSCI * RSA04370
438 130401 0. .1 365.12 2. 365.12 4.00 0. 2000. 0. *FWP * RSA04380
439 130501 0. -1350.68 3. -1350.68 5.00 0. 2000. 0. *MSL AFT BR * RSA04390
440 * * RSA04400
441 * * RSA04410
442 * * RSA04420
443 * * RSA04430
444 * * RSA04440
445 140000 0 0. 0. * * RSA04450
446 * * RSA04460
447 * * RSA04470
448 * * RSA04480
449 * * RSA04490
450 * * RSA04500
451 * * RSA04510
452 * * RSA04520
453 * * RSA04530
454 141000 -14 2 0. 1. .1 1. .5 .78 1. .387 * RSA04540
455 141001 2. .104 4. .088 6. .076 10. .059 * RSA04550
456 141002 20. .0404 40. .036 60. .03 100. .024 * RSA04560
457 141003 200. .018 600. .01 * RSA04570
458 * * RSA04580
459 * * RSA04590
460 * * RSA04600
461 * * RSA04610
462 * * RSA04620
463 * * RSA04630
464 * * RSA04640
465 150011 0 1 14 0 0.0 44.5 0.365 0.0 0.02740 * RSA04650
466 150021 0 2 14 0 0.0 64.97 0.5330 0.0 0.02740 * RSA04660
467 150031 0 3 13 0 0.0 24.45 0.2614 0.0 0.01915 * RSA04670
468 150041 0 4 1 0 0.0 200.4 2.058 0.0 0.01915 * RSA04680
469 150051 0 10 8 0 0.0 22.01 0.2194 0.0 0.0 * RSA04690
470 150061 4 10 8 0 42.06 43.44 0.4216 0.0 0.0 * RSA04700
471 150071 10 28 11 0 3.362 3.362 0.4372 0.0 0.0 * RSA04710
472 150081 5 28 11 0 14.71 14.51 0.262 0.0 0.0 * RSA04720
473 150091 6 27 15 0 2.527 2.340 0.1153 0.0 0.0 * RSA04730
474 150101 6 29 2 0 4.760 5.058 0.09685 0.0 0.0 * RSA04740
475 150111 0 8 9 0 0.0 12.139 5.378 0.0 0.0 * RSA04750
476 150121 0 7 9 0 0.0 29.271 5.698 0.0 0.0 * RSA04760
477 150131 0 1 6 0 0.0 4.17 14.14 0.0 0.0 * RSA04770
478 150141 0 14 18 0 0.0 11.08 0.2450 0.0 0.0 * RSA04780
479 150151 9 1 19 0 9.887 8.877 0.4190 0.0 0.0 * RSA04790
480 150161 11 9 7 0 15.07 14.314 0.413 0.0 0.0 * RSA04800
481 150171 9 2 2 0 11.24 10.82 0.2171 0.0 0.0 * RSA04810
482 150181 10 11 10 0 27.3 31.23 4.47 0.0 0.0 * RSA04820
483 150191 3 10 8 0 3.119 3.258 0.03139 0.0 0.0 * RSA04830
484 150201 0 11 11 0 0.0 52.16 7.4 0.0 0.0 * RSA04840
485 150211 0 12 4 0 0.0 5.08 0.115 0.0 0.2 * RSA04850
486 150221 0 13 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 * RSA04860
487 150231 0 14 5 0 0.0 11.4 0.292 0.0 0.243 * RSA04870
488 150241 0 15 2 0 0.0 10.741 0.217 0.0 0.162 * RSA04880
489 150251 0 16 2 0 0.0 16.257 0.329 0.0 0.162 * RSA04890
490 150261 0 17 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 * RSA04900
491 150271 0 18 3 0 0.0 9.496 0.192 0.0 0.162 * RSA04910
492 150281 0 19 3 0 0.0 12.61 0.253 0.0 0.16 * RSA04920
493 150291 0 20 4 0 0.0 5.017 1.13 0.0 0.2 * RSA04930
494 150301 0 21 3 0 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 * RSA04940
495 150311 0 22 5 0 0.0 11.0 0.283 0.0 0.243 * RSA04950
496 150321 0 23 2 0 0.0 11.67 0.240 0.0 0.0 * RSA04960
497 150331 0 24 20 0 0.0 1.052 0.400 0.0 0.239 * RSA04970
498 150341 0 25 3 0 0.0 16.221 0.328 0.0 0.162 * RSA04980
499 150351 0 26 3 0 0.0 8.442 0.169 0.0 0.162 * RSA04990
500 150361 0 27 17 0 0.0 3.150 2.337 0.0 0.0 * RSA05000
501 150371 0 28 12 0 0.0 18.31 2.906 0.0 0.0 * RSA05010
502 150381 7 29 8 0 14.75 14.46 0.1438 0.0 0.0 * RSA05020
503 150391 0 30 3 0 0.0 3.21 0.083 0.0 0.162 * RSA05030
504 150401 0 31 3 2 0.0 3.39 0.087 0.0 0.162 * RSA05040
505 150411 6 7 16 0 3.538 2.724 0.06724 0.0 0.0 * RSA05050
506 * * RSA05060
507 * * RSA05070
508 * * RSA05080
509 * * RSA05090
510 * * RSA05100
511 * * RSA05110
512 * * RSA05120
513 * * RSA05130
514 160010 4 1 4 9 6.168 0.0 0.04718 1.0 * RSA05140
515 * * RSA05150
516 * * RSA05160
517 * * RSA05170
518 * * RSA05180
519 * * RSA05190
520 * * RSA05200
521 * * RSA05210
522 * * RSA05220
523 * * RSA05230
524 170101 2 4 1 3 0.0 0.01001 0.0 * RSA05240
525 170102 0 2 1 1 0.002297 1.0 * RSA05250
526 170103 0 3 1 1 0.003970 0.0 * RSA05260

```

JAERI-M 7970

527	170104			0	4	3		0.004265	0.0		*RSA05270
528	170201	1	1		5	1	0.0	0.0197	0.0		*RSA05280
529	170301	1	1		5	1	0.0	0.018	0.0		*RSA05290
530	170401	1	1		5	1	0.0	0.02	0.0		*RSA05300
531	170501	1	1		5	1	0.0	0.23	0.0		*RSA05310
532	170601	1	1		5	1	0.0	0.509	0.0		*RSA05320
533	170701	1	1		5	1	0.0	0.0263	0.0		*RSA05330
534	170801	1	1		5	1	0.0	0.009843	0.0		*RSA05340
535	170901	1	1		5	1	0.0	0.18	0.0		*RSA05350
536	171001	1	1		5	1	0.0	0.1	0.0		*RSA05360
537	171101	1	1		5	1	0.0	0.13	0.0		*RSA05370
538	171201	1	1		5	1	0.0	0.148	0.0		*RSA05380
539	171301	2	3		7	1	0.0	0.001148	0.0		*RSA05390
540	171302			0	3	1		0.004790	0.0		*RSA05400
541	171303			0	4	1		0.004265	0.0		*RSA05410
542	171401	2	3		7	1	0.0	0.008203	0.0		*RSA05420
543	171402			0	6	1		0.004922	0.0		*RSA05430
544	171403			0	4	1		0.00328	0.0		*RSA05440
545	171501	1	1		5	1	0.0	0.04779	0.0		*RSA05450
546	171601	1	1		5	1	0.0	0.01312	0.0		*RSA05460
547	171701	1	1		5	4	0.0	0.5742	0.0		*RSA05470
548	171801	1	1		5	1	0.0	0.09937	0.0		*RSA05480
549	171901	1	1		5	1	0.0	0.0472	0.0		*RSA05490
550	172001	1	1		5	1	0.0	0.3790	0.0		*RSA05500
551	*										*RSA05510
552	*										*RSA05520
553	*** THERMAL CONDUCTIVITY DATA										*RSA05530
554	*										*RSA05540
555	*										*RSA05550
556	* NKP TPK(1),TPK(2) -----										*RSA05560
557	* (DEGF) (BTU/FTHRF)										*RSA05570
558	*										*RSA05580
559	180101 -5	572.	16.7	932.	16.2	1292.	15.7	1652.	15.2	* BN	*RSA05590
560	180102	1832.	15.5								*RSA05600
561	180201 -3	68.	10.1	212.	8.	4712.	6.72				*RSA05610
562	180301	1	32.	5.36							*RSA05620
563	180401 -9	70.	8.56	200.	9.08	400.	10.1	600.	11.1	* INCONEL 600	*RSA05630
564	180402	800.	12.1	1000.	13.2	1200.	14.3	1400.	15.5		*RSA05640
565	180403	1600.	16.7								*RSA05650
566	180501 -2	32.	9.41	932.	12.1					*SUS	*RSA05660
567	180601 -11	392.	15.4	572.	11.9	752.	9.92	932.	8.13	*MGO	*RSA05670
568	180602	1112.	6.77	1292.	5.81	1472.	5.08	1832.	3.99		*RSA05680
569	180603	2192.	3.63	2252.	3.87	2912.	4.23				*RSA05690
570	180701	1	32.	8.42							*RSA05700
571	*										*RSA05710
572	*										*RSA05720
573	*** VOLUMETRIC HEAT CAPACITY ***										*RSA05730
574	*										*RSA05740
575	* NCP TPC(1),TPC(2) -----										*RSA05750
576	* (DEGF) (BTU/FFT3)										*RSA05760
577	*										*RSA05770
578	190101 -4	680.	5.28	950.	5.98	1562.	7.55	2300.	9.47	* BN	*RSA05780
579	190201 -3	68.	57.4	212.	55.6	4712.	57.4				*RSA05790
580	190301 -4	680.	5.28	950.	5.99	1562.	7.56	2300.	9.47	* BN	*RSA05800
581	190401 -9	70.	55.7	200.	58.3	400.	60.9	600.	63.6	* INCONEL 600	*RSA05810
582	190402	800.	66.2	1000.	69.3	1200.	73.5	1400.	76.2		*RSA05820
583	190403	1600.	78.5								*RSA05830
584	190701	1	32.	59.3						* SUS	*RSA05840
585	190601	1	32.	50.3						* MGO	*RSA05850
586	190701	1	32.	54.3							*RSA05860
587	*										*RSA05870
588	*										*RSA05880
589	*** LINEAR EXPANSION COEFF., HEAT EXCHANGER DATA										*RSA05890
590	*** 20XXYY, 21XXYY ARE NOT USED.										*RSA05900
591	*										*RSA05910
592	*** OTHER INPUT OPTIONS ARE NOT USED. ***										*RSA05920
593	*										*RSA05930
594	*** END OF INPUT DATA CARDS ***										*RSA05940
595	*										*RSA05950
596	* LAST DATA CARD										*RSA05960

付録2 炉心解析に用いた入力データリスト

LISTING OF INPUT DATA FOR CASE 1

```

1 * ROSA-3 CORE
2 *
3 * ROSA3K
4 *
5 *** PROBLEM DIMENSIONS ***
6 *
7 * LDMP NTC NVOL NTDV NPMPC NLK NSLB NMAT NHTX
8 * NEDI NTRP NBUJ NJUN NCKV NFLN NGON NCOR ISPROG
9 010001 -2 9 5 4 7 0 0 6 0 0 0 0 13 2 5 11 0
10 *
11 *** PROBLEM CONSTANTS ***
12 * POWER OMEGA PQUILT PQUITH TQUILT TQUITH
13 010002 0.935 1.0
14 *
15 *** PROGRAM OPTION ***
16 *
17 010005 0 0 * UNIT
18 010007 10 0.4 0.05 0.8 * CRITICAL FLOW
19 *
20 *** EDIT VARIABLES ***
21 020000 AP 1 AH 1 JW 1 ST 2 ST 3 ST 4 JW 6 AP 7 AH 7
22 *
23 *** TIME STEP CONTROL CARDS ***
24 *
25 * NMJN NMAJ NDMP NCHK DELTH DTMIN TLAST ENDCPU
26 030010 1 1 2 0 1.-1 1.-6 0.5
27 030020 1 5 2 0 1.-1 1.-6 2.
28 030030 1 10 2 0 1.-1 1.-6 10.
29 030040 2 5 2 0 1.-1 1.-6 50.
30 030050 4 5 2 0 1.-1 1.-6 200.
31 *
32 *** DETAILED EDIT 030002 *** = NOT USED =
33 *
34 *** WATER PACKING ETC. 030003 *** =NOT USED =
35 *
36 *** MIXTURE LEVEL SMOOTHING 030004 *** =NOT USED =
37 *
38 *** TRIP CONTROLS ***
39 *
40 * IUTHP IDSIG IX1 IX2 SETPT DELAY
41 040010 1 1 0 0 200. 0. *TERMINATION TIME
42 040020 2 1 0 0 .000 0. *INITIATION TIME
43 040030 1 4 7 0 1300. 0. *HIGH PRESSURE
44 040040 1 -4 7 0 14.22 0. *LOW PRESSURE
45 *
46 *** VOLUME DATA ***
47 *
48 * IUBV IREAD P TEMP HORX V ZVOL ZM
49 * (PSIA) (DEGF) (FT**3) (FT) (FT)
50 050011 0 -3 1055.4345 535. -1. .3194 .8042 .8042 ***RSA00480
51 050021 0 0 1054.305 535.9 -1. .1177 1.0885 1.0885 ** RSA00500
52 050031 0 0 1053.805 541.7 -1. .1687 1.561 1.561 ** RSA00510
53 050041 0 0 1053.26 -1. .00305 .1456 1.347 1.347 *RSA00520
54 050051 0 0 1052.715 -1. .0249 .1687 1.561 1.561 *RSA00530
55 050061 0 0 1052.256 -1. .0365 .1177 1.0885 1.0885 *RSA00540
56 050071 0 -5 1050.8162 -1. .03739 4.383 2.310 2.310 ** RSA00550
57 *
58 * JTPMV FLOWA DIAMV ELEV IAMBLO
59 * (FT**2) (FT) (FT)
60 050012 0 .8865 .04341 4.16 *RSA00580
61 050022 0 .1081 .04341 4.964 *RSA00590
62 050032 0 .1081 .04341 6.0525 *RSA00610
63 050042 0 .1081 .04341 7.6135 *RSA00620
64 050052 0 .1081 .04341 8.9605 *RSA00630
65 050062 0 .1081 .04341 10.5215 * RSA00640
66 050072 0 1.898 1.64 11.61 *RSA00650
67 *
68 *** LIQUID LEVEL 060000 *** NOT USED
69 *
70 *** SLIP VELOCITY 060001 *** NOT USED
71 *
72 *** WALLIS CROWLEY 060003 *** NOT USED
73 *
74 *** DOWNCOMER PENETRATION 060004 *** NOT USED
75 *
76 *** DOWNCOMER PENETRATION COEFF. 060005 *** NOT USED
77 *
78 *** BURBLE DATA 06XXXX *** NOT USED
79 *
80 *** TIME DEPENDENT VOLUME ***
81 *
82 *
83 *** FLOW SMOOTHING 080001 THRU 080009 *** NOT USED
84 *
85 *** JUNCTION DATA ***
86 *
87 * IW1 IW2 IPUMP IVALVE WP AJUN ZJUN INERTA
88 * (LB/S) (FT**2) (FT) (1/FT)
89 080011 1 2 0 0 19.121 .03379 4.964 7.343 ***
90 080021 2 3 0 0 19.121 .08355 6.0525 12.43 ***
91 080031 3 4 0 0 19.121 .08355 7.6135 13.63 ***
92 080041 4 5 0 0 19.121 .08355 8.9605 13.63 ***
93 080051 5 6 0 0 19.121 .08355 10.5215 12.43 ***
94 080061 6 7 0 0 19.121 .03406 11.61 6.478 ***
95 *
96 * FJUNF FJUNR JVERTL JCHOKE JCALC MVMIX DIAMJ CONCO ICHOKE
97 *
98 080012 .879 .879 0 0 0 0 0. 1. -1 *RSA01000
99 080022 .239 .239 0 0 0 0 0. 1. -1 *RSA01010
100 080032 .239 .239 0 0 0 0 0. 1. -1 *RSA01020
101 080042 .239 .239 0 0 0 0 0. 1. -1 *RSA01030
102 080052 .239 .239 0 0 0 0 0. 1. -1 *RSA01040
103 080062 .956 .992 0 0 0 0 0. 1. -1 *RSA01050
104 *
105 * IHSCOR SRCOS IADJUN
106 *
107 * 080013 2 *
108 080023 3 *
109 080033 3 *
110 080043 3 *
111 080053 3 *
112 080063 1 *
113 *
114 *** STAGNATION PROPERTIES ***
115 * ISTAR
116 *
117 *** DIAL CARDS 082001 THRU 082006, 082011,082012,082020,082021
118 * 082030 THRU 082032
119 * ARE NOT USED
120 *
121 *** PUMP DESCRIPTION *** NOT USED
122 *
123 *** VALVE,LEAK AND FILL DESCRIPTIONS NOT USED
124 *
125 *** KINETIC CONSTANTS ***
126 * NODEL KNUL BOVL RMOIN UDUF PROMPT LAMBDA TAU
127 140000 0 0, 0.
128 *

```

JAERI-M 7970

```

129 *** SCRAM TABLE ***
130 *
131 * NSCR ITSCR TSCR(1),TSCR(2),---
132 141000 -14 2 0 1. .1 1. .78 1. .387 * RSA01320
133 141001 2. .104 4. .088 6. .076 10. .059 * RSA01330
134 141002 20. .0404 40. .036 60. .03 100. .024 * RSA01360
135 141003 200. .018 600. .01 * RSA01380
136 *
137 *** DENSITY REACTIVITY, DOPPLER TABLE, REACTIVITY COEFF.
138 *** 1420XX, 1430XX, 140XX0 ARE NOT USED.
139 *
140 *** HEAT SLABS ***
141 *
142 * IVSL IGOM IXLO IMCR AHTL AHTR VOLS HDML HDMR
143 * IVSR ISB IMCL (FT2) (FT2) (FT3) (FT) (FT)
144 150011 0 2 2 0 0. 1.947 .01999 0. 0. * NO HEAT RSA01470
145 150021 0 2 1 0 0. 6.268 .06436 0. 0. * RSA01480
146 150031 0 2 1 0 0. 6.348 .006519 0. 0. * RSA01490
147 150041 0 3 1 0 0. 5.633 .05785 0. 0. * RSA01500
148 150051 0 3 1 0 0. 6.268 .06436 0. 0. * RSA01510
149 150061 0 3 1 0 0. 7.901 .008113 0. 0. * RSA01520
150 150071 0 4 1 0 0. 10.95 .1125 0. 0. * RSA01530
151 150081 0 5 1 0 0. 7.901 .008113 0. 0. * RSA01540
152 150091 0 5 1 0 0. 6.268 .06436 0. 0. * RSA01550
153 150101 0 5 1 0 0. 5.633 .05785 0. 0. * RSA01560
154 150111 0 6 1 0 0. 6.348 .006519 0. 0. * RSA01570
155 150121 0 6 1 0 0. 6.268 .06436 0. 0. * RSA01580
156 150131 0 6 2 0 0. 1.947 .01999 0. 0. * NO HEAT RSA01590
157 *
158 *** CORE SLABS ***
159 *
160 * ISLB NODT1 NODT2 NODT3 CLT1 QFRAC QPMOD QDMOD
161 * (FT) ***NOT USED*** RSA01800
162 160010 2 1 4 8 .77092 0. .0532 .05832 * RSA01810
163 160020 3 1 4 8 .07808 0. .0532 .01138 * RSA01820
164 160030 4 1 4 8 .6929 0. .0532 .1009 * RSA01830
165 160040 5 1 4 8 .77092 0. .0532 .1524 * RSA01840
166 160050 6 1 4 8 .09718 0. .0532 .02232 * RSA01850
167 160060 7 1 4 8 1.347 0. .0532 .30936 * RSA01860
168 160070 8 1 4 8 .09718 0. .0532 .02232 * RSA01870
169 160080 9 1 4 8 .77092 0. .0532 .1524 * RSA01880
170 160090 10 1 4 8 .6929 0. .0532 .1009 * RSA01890
171 160100 11 1 4 8 .07808 0. .0532 .01138 * RSA01900
172 160110 12 1 4 8 .77092 0. .0532 .05832 * RSA01910
173 *
174 *** CORE SLAB FOR EM 16XXXXV NOT USED
175 *
176 *** SLAB GEOMETRY ***
177 *
178 * IG NR IM NDX XO XR PF
179 * IGP IM NDX XR PF
180 *
181 170101 2 4 1 3 0. .01001 0. *BN IN RSA02000
182 170102 0 2 1 .002297 1. *HEATER RSA02010
183 170103 0 3 1 .00397 0. *BN OUT RSA02020
184 170104 0 4 3 .004265 0. *CLAD RSA02030
185 170201 2 3 5 1 0. .012307 0. *CU-NI RSA02040
186 170202 0 3 1 .00397 0. *BN OUT RSA02050
187 170203 0 4 1 .004265 0. *CLAD RSA02060
188 *
189 *
190 *** THERMAL CONDUCTIVITY ***
191 *
192 * NKP TPK(1),TPK(2),---
193 * (DEGF) (BTU/FTHRF) RSA02100
194 180101 -5 572. 16.7 932. 16.2 1292. 15.7 1652. 15.2 * BN IN RSA02110
195 180102 1832. 15.5 * RSA02120
196 180201 -9 68. 10.1 212. 8. *712. 6.72 * HEATER RSA02130
197 180301 1 32. 3.36 * BN OUT RSA02140
198 180401 -9 70. 8.58 200. 9.08 400. 10.1 600. 11.1 * RSA02150
199 180402 800. 12.1 1000. 13.2 1200. 14.3 1400. 15.5 * RSA02160
200 180403 1600. 16.7 * INCONEL RSA02170
201 180501 1 32. 8.42 * CU-NI RSA02180
202 *
203 *
204 *** VOLUMETRIC HEAT CAPACITY ***
205 *
206 * NPC TPC(1),TPC(2)
207 * (DEGF) (BTU/FFT3) RSA02200
208 190101 -4 680. 5.28 930. 5.98 1562. 7.55 2300. 9.47 *BN RSA02210
209 190201 -3 68. 57.4 212. 55.6 4712. 57.4 * RSA02220
210 190301 -4 680. 5.28 950. 5.99 1562. 7.56 2300. 9.47 *BN RSA02230
211 190401 -9 70. 55.7 200. 58.3 400. 60.9 600. 63.6 *INC600 RSA02240
212 190402 800. 66.2 1000. 69.3 1200. 73.5 1400. 76.2 *RSA02250
213 190403 1600. 78.3 * RSA02260
214 190501 1 32. 54.3 *CU-NI RSA02270
215 *
216 *** LINEAR EXPANSION COEFF., HEAT EXCHANGER DATA
217 * 20XXXX, 21XXXX ARE NOT USED.
218 *
219 *** END OF INPUT DATA CARDS ***
220 *
221 * * LAST DATA CARD

```