

JAERI-M  
9476

RELAP 5/MOD 0コードによる  
ROSA-Ⅲ実験RUN704の解析

1981年5月

安部 信明\*・田坂 完二

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.

RELAP5/MOD0コードによるROSA-III実験RUN704の解析

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

安部 信明<sup>\*</sup>・田坂 完二

(1981年4月13日受理)

RELAP5コードの沸騰水型原子炉の冷却材喪失事故解析への適用性を検討するためROSA-III実験RUN704の解析を行なった。RELAP5コードは軽水冷却型原子炉の冷却材喪失事故および過渡変化時の熱水力挙動を解析するために開発された最新のコードであり、一次元の非均質非平衡な二相流モデルに基づいている。ROSA-III実験RUN704は沸騰水型原子炉の再循環ポンプ吸込側配管の200%両端破断を模擬しすべての緊急炉心冷却系を作動させた標準実験である。

解析の結果、RELAP5コードの二相流モデルが従来RELAP4コードより優れているため、下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加およびヒータ表面のリウェットが良く計算できた。気液二相対向流は炉心出入口で計算できた。気液二相の熱的非平衡は高圧炉心スプレー系作動後の上部プレナムで計算できたがその程度は小さい。しかしながら、炉心の再冠水およびヒータ表面のクエンチは計算できなかった。RELAP5/MOD0コードはRELAP5コードの最初のバージョンであり、気液二相間摩擦力、壁からの熱伝達モデルに改良すべき点が残っている。

---

\* 外来研究員；日本原子力事業(株)

Analysis of ROSA-III Test RUN 704 by RELAP5/MOD0 Code

Nobuaki ABE\* and Kanji TASAKA

Division of Reactor Safety,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received April 13, 1981)

The ROSA-III test RUN 704 was analyzed for the assessment of RELAP5 code for BWR LOCA. RELAP5 is an advanced code developed to analyze thermal-hydraulic phenomena during LOCA and non-LOCA transients of LWR. It is based on a one-dimensional, nonhomogeneous, nonequilibrium two-phase flow model. The ROSA-III test RUN 704 is a standard BWR LOCA test, simulating a 200 % double-ended break at the recirculation pump inlet pipe with all emergency core cooling systems activated.

Large increase of core inlet flow due to lower plenum flashing and resulted rewetting of heater surface were calculated by RELAP5, indicating superior capability of RELAP5 two-phase flow model than RELAP4 phase separation model. Vapor and liquid counter-current flow was calculated at core inlet and core outlet. A small degree thermal nonequilibrium between vapor and liquid was calculated in the upper plenum after HPCS activation. However, core reflooding and quenching of heater surface were not calculated. There are still room for improvement in the interfacial drag and the heat transfer models of RELAP5/MOD0.

Keywords; RELAP5 Code, BWR, LOCA, ROSA, Double-ended Break,  
Nonhomogeneous Nonequilibrium Two-phase Flow Model,  
Lower Plenum Flashing, Counter-current Flow, Safety Analysis

---

\* On leave from Nippon Atomic Industry Group Corporation

## 目 次

1. 緒 言	1
2. ROSA-III実験 RUN704 の実験結果および現在までの解析結果	2
3. RELAP5 コードの概要	6
4. 解析条件	8
5. 解析結果	13
5.1 炉内圧力変化	13
5.2 破断流量変化	13
5.3 炉心流量変化	14
5.4 ジェットポンプ流量変化	15
5.5 ボイド率変化	15
5.6 ヒータ表面温度変化	16
5.7 流体温度変化	17
6. 結 論	36
謝 辞	36
参考文献	37
付 録	39

## CONTENTS

1. INTRODUCTION .....	1
2. EXPERIMENTAL RESULTS AND PREVIOUS ANALYTICAL RESULTS OF ROSA-III TEST RUN 704 .....	2
3. OUTLINE OF RELAP5 CODE .....	6
4. CALCULATION CONDITIONS .....	8
5. CALCULATION RESULTS .....	13
5.1 System Pressure .....	13
5.2 Break Flow .....	13
5.3 Core Flow .....	14
5.4 Jet Pump Flow .....	15
5.5 Void Fraction .....	15
5.6 Heater Surface Temperature .....	16
5.7 Fluid Temperature .....	17
6. CONCLUSIONS .....	36
ACKNOWLEDGMENT .....	36
REFERENCES .....	37
APPENDIX A Input List of RELAP5/MOD0 Code for ROSA-III RUN 704 .....	39

## LIST OF TABLE

Table 4.1 Description of Nodalization Components

## LIST OF FIGURES

Fig. 2. 1	Measured System Pressure Transient
Fig. 2. 2	Measured Liquid Level inside Shroud
Fig. 2. 3	Measured Heater Surface Temperature
Fig. 4. 1	RELAP5 Noding for ROSA-III RUN 704
Fig. 5. 1	Calculated Steam Dome Pressure
Fig. 5. 2	Comparison of Measured and Calculated Steam Dome Pressure
Fig. 5. 3	Calculated Vessel Side Break Flow
Fig. 5. 4	Calculated Pump Side Break Flow
Fig. 5. 5	Calculated Core Inlet Flow
Fig. 5. 6	Calculated Core Inlet Velocity
Fig. 5. 7	Calculated Core Outlet Flow
Fig. 5. 8	Calculated Core Outlet Velocity
Fig. 5. 9	Calculated Core Bypass Outlet Flow
Fig. 5.10	Calculated Core Bypass Outlet Velocity
Fig. 5.11	Calculated Intact Jet Pump Flow
Fig. 5.12	Calculated Broken Jet Pump Flow
Fig. 5.13	Calculated Downcomer Void Fraction
Fig. 5.14	Calculated Upper Plenum Void Fraction
Fig. 5.15	Calculated Void Fraction at the Midplane on the Core
Fig. 5.16	Calculated Core Void Fraction
Fig. 5.17	Calculated Lower Plenum Void Fraction
Fig. 5.18	Calculated Core Bypass and Guide Tube Void Fraction
Fig. 5.19	Calculated Void Fraction of Volumes upstream Break
Fig. 5.20	Calculated Heater Surface Temperature at the Midplane of the Core
Fig. 5.21	Calculated Heat Transfer Coefficient of Heater Surface at the Midplane of the Core
Fig. 5.22	Comparison of Measured and Calculated Axial Heater Surface Temperature
Fig. 5.23	Calculated Fluid Temperature in the Upper Plenum
Fig. 5.24	Calculated Fluid Temperature at the Top of the Core
Fig. 5.25	Calculated Subcooled Temperature in the Upper Plenum
Fig. 5.26	Calculated Superheated Temperature at the Top of the Core
Fig. 5.27	Calculated Quality in the Upper Plenum
Fig. 5.28	Calculated Vapor Generation Rate in the Upper Plenum
Fig. 5.29	Calculated Vapor Generation Rate at the Top of the Core
Fig. 5.30	Calculated Vapor Generation Rate in the Core Bypass

# 1. 緒 言

RELAP5コード<sup>(1)</sup>は軽水冷却型原子炉(LWR)の冷却材喪失時故(LOCA)および過渡変化時の熱水力挙動を解析するために開発されたコードであり、一次元の非均質非平衡な二相流モデルを最大の特徴としている。RELAP5コードは軽水冷却型原子炉システムを各コンポーネントでモデル化し、液相もしくは気相のどちらかが飽和であると仮定し液相および気相の質量保存則、液相および気相の運動量保存則、混合相のエネルギー保存則を解くものである。

RELAP5/MOD0コードはRELAP5コードの最初のversionである。RELAP5コードは現在LOFTおよびセミスケール実験の予測解析、実験解析に広く用いられており、その結果種々の改良が加えられたRELAP5/MOD1コードも開発されている。しかし、沸騰水型原子炉(BWR)に対するRELAP5コードによるLOCA解析は現在あまり行なわれていない。このため、非均質非平衡な二相流モデルに基づくRELAP5コードによるBWR LOCA解析の能力を評価する事は重要である。

ROSA-III計画はBWR LOCAの総合実験を行ないBWRのLOCA時における伝熱流動現象を把握し、LOCA解析コードの評価および改良を行なう事を目的としている。ROSA-III実験RUN704<sup>(2)</sup>は再循環ポンプ吸込側配管の200%両端破断を模擬し、すべての緊急炉心冷却系(ECCS)を作動させたBWR LOCAの標準模擬実験である。RUN704のヒータ表面温度変化において、沸騰遷移(Boiling Transition)による急上昇、下部プレナムフラッシングによるリウェット、露出による再上昇、LPCI作動後の炉心下部からの再冠水によるクエンチなど興味ある現象が観測された。また、これらのヒータ表面温度の時間変化は水位変化と密接な関連がある事がわかった。

RUN704の実験解析は均質平衡の二相流モデルに基づくRELAP4Jコード<sup>(3,4)</sup>およびRELAP4/MOD6コードを用いてすでに行なわれた。その結果、炉内圧力変化およびヒータ表面での沸騰遷移発生時刻は均質平衡二相流モデルでも良く一致する事がわかった。しかしながら、ヒータ表面のリウェットおよびクエンチは均質平衡二相流モデルは定性的に計算できず、気液間のスリップおよび上下タイプレートでのCCFLを考慮する必要がある事がわかった。

RELAP5コードは非均質非平衡二相流モデルを含んでいるため、これらの二相流現象を解析できるものと思われる。

本解析はBWR LOCA模擬標準実験であるROSA-III実験RUN704をRELAP5/MOD0コードを用い解析する事によりRELAP5コードのBWR LOCA解析への適用性を検討するものである。RELAP5コードの特徴である非均質非平衡の二相流モデルによりRUN704での炉心内の熱水力挙動をどの程度解析可能であるかを把握する事を目的としている。また、本解析はRELAP5コードの特徴および性能を評価するためにも有用である。

## 2. ROSA-III 実験 RUN 704 の実験結果および 現在までの解析結果

ROSA-III 実験 RUN 704 の実験結果の詳細はデータレポート<sup>(2)</sup>により既に報告されている。ここでは本解析の対象である炉心内の伝熱流動現象、特に炉心内の水位変化およびヒータ表面温度変化について簡単に記述する。

RUN 704 実験での炉内圧力変化を Fig. 2.1 に示す。破断と同時に主蒸気系が定常用から非定常用に切り替わって蒸気流量が増大し、さらに破断口からの流出の効果とも合わさって炉内圧力は急激に減少する。破断後約 5 秒で主蒸気隔離弁 (MSIV) が閉止すると炉心内の蒸気発生のため炉内圧力は上昇する。破断後約 11 秒でダウンコマ水位が再循環入口配管高さまで低下すると破断クオリティが急増し体積流量が増大するので炉内圧力は再び急低下する。ほぼ同じ時期に炉心のかなりの部分で沸騰遷移が生じヒータ表面温度が上昇し炉心内の流体への伝熱量が減少するので、これもまた炉内圧力を低下させる要因となる。破断後約 17 秒で下部プレナムフラッシングが生じると圧力容器内の蒸気発生量が増加し減圧速度は緩和する。破断後 27 秒で高圧炉心スプレー系 (HPCS) が作動する。さらに炉内圧力が低下し、破断後 66 秒で低圧炉心スプレー系 (LPCS) 、破断後 80 秒で低圧注入系 (LPCI) が作動し、炉心下部からの再冠水により破断後約 100 秒で炉心は完全に冠水し、さらに破断後約 120 秒でヒータ表面はすべてクエンチする。

RUN 704 実験でのシェラウド内水位変化を Fig. 2.2 に示す。破断後約 9 秒でジェットポンプサクション部が露出すると炉心入口流量は急激に減少するので炉心内の水位は低下する。下部プレナムフラッシング直前に炉心下部 (Pos. 5 と Pos. 6 の間) まで低下した炉心内水位は下部プレナムフラッシングによりやや上昇する。しかしながら、下部プレナムフラッシングがおさまると炉心内水位は再び低下する。破断後 80 秒に LPCI が作動すると LPCI 水が炉心バイパス部を通して炉心下部へ注入される。LPCI 水による炉心下部からの再冠水は破断後約 100 秒に終了する。炉心内の水位変化とヒータ表面温度変化には密接な関連がある。

RUN 704 実験でのヒータ表面温度変化を Fig. 2.3 に示す。破断後約 10 秒で炉心内水位が低下するとヒータ表面が露出しヒータ表面温度は上昇する。下部プレナムフラッシングにより炉心内水位が回復すると炉心中央部の Pos. 5, Pos. 4 のヒータ表面がリウエットする。その後の炉心内水位の低下により Pos. 4 ヒータ表面が露出し温度が上昇する。破断後 80 秒での LPCI 作動により炉心下部から再冠水が開始しヒータ表面温度は冠水後若干の時間遅れを伴ないクエンチし最終的に破断後約 120 秒ですべてのヒータ表面はクエンチする。この間、炉心下部の Pos. 6, 7 では冠水したままであるのでヒータ表面温度はシステムの飽和温度にしたがって変化する。

RUN 704 実験においては主蒸気流量の完全な測定値が得られていないが、RUN 703 実験結果などから推定できる。また、RUN 704 実験において炉心入口流量は測定されていないが、下部プレナムと上部プレナム間の差圧のデータから推定すると下部プレナムフラッシング時に炉心入口流量のかなりの増加があったと考えられる。

RUN 704 実験の解析としては RELAP4 J コードを用いた RUN 704 の実験後解析<sup>(3)</sup> および感

度解析<sup>(4)</sup>がある。RELAP4Jコードを用いたRUN704の実験後解析により、炉内圧力変化は実験結果とほぼ一致するが、炉心内の気水分離の表現が不十分であり、ヒータ表面温度変化の軸方向分布は実験結果と定性的に異なる事がわかった。RELAP4Jコードを用いたROSA-III実験RUN704の感度解析により、ジェットポンプ吸込部の逆流抵抗は炉内圧力変化およびヒータ表面での沸騰遷移発生時刻に大きな影響を及ぼす事がわかった。炉内圧力変化およびヒータ表面での沸騰遷移発生時刻はジェットポンプ吸込部の逆流抵抗値として特性実験で得られた値を用いると良く一致した。しかし、ヒータ表面のリウェットおよびクエンチ過程は均質平衡な二相流モデルを仮定しているRELAP4Jコードでは解析できない。ヒータ表面のリウェットおよびクエンチ過程の解析には気液二相間のスリップを考慮し正確な水位計算が必要である事がわかった。

RELAP5コードは非均質非平衡な二相流モデルを仮定しているので炉心内の熱水力学動をより良く模擬できるものと期待される。

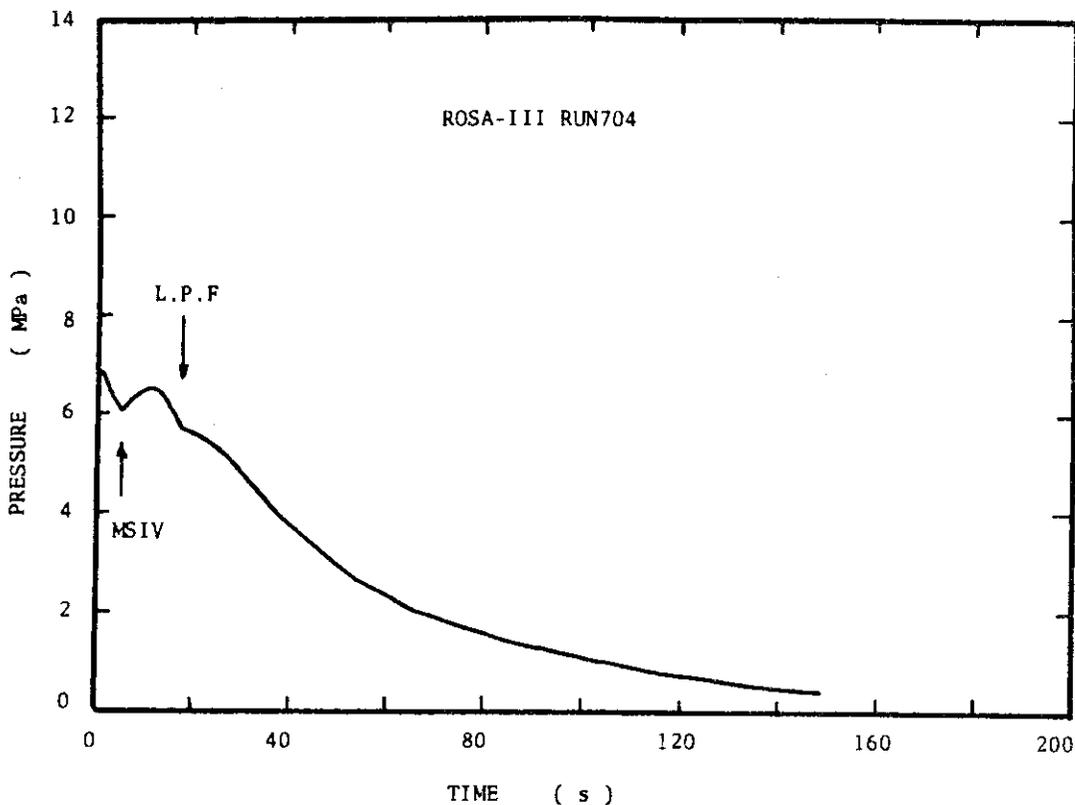


Fig. 2.1 Measured System Pressure Transient

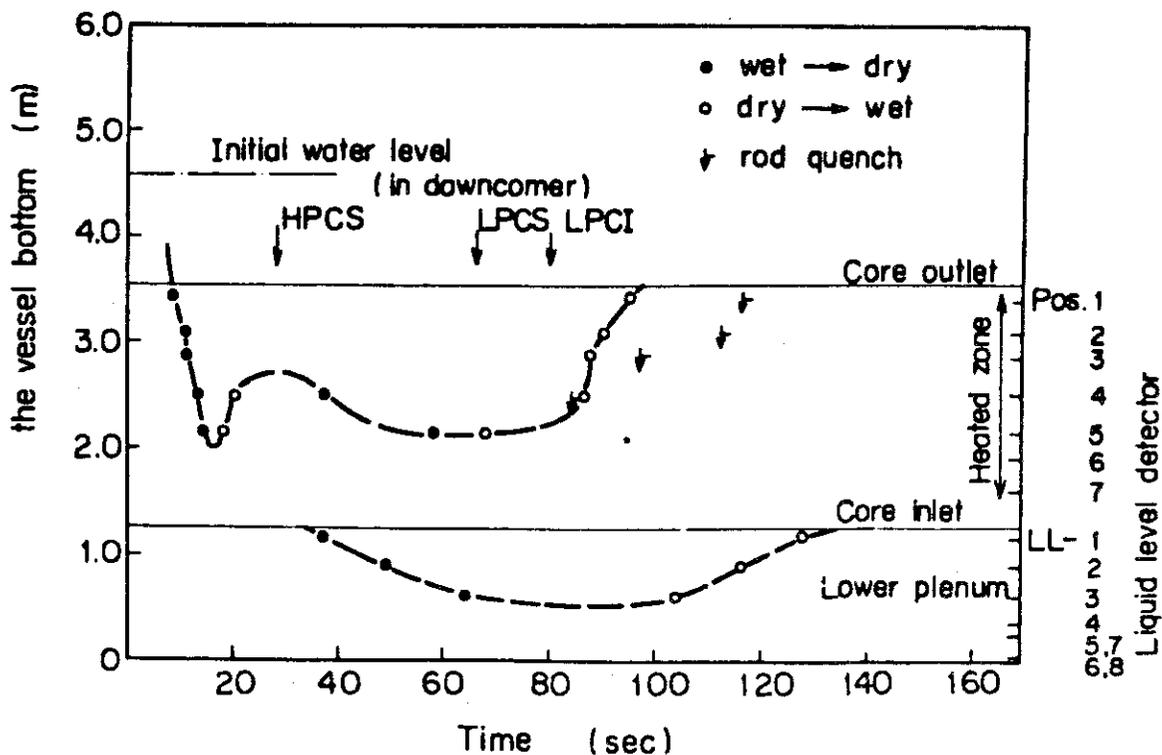


Fig. 2.2 Measured Liquid Level inside Shroud

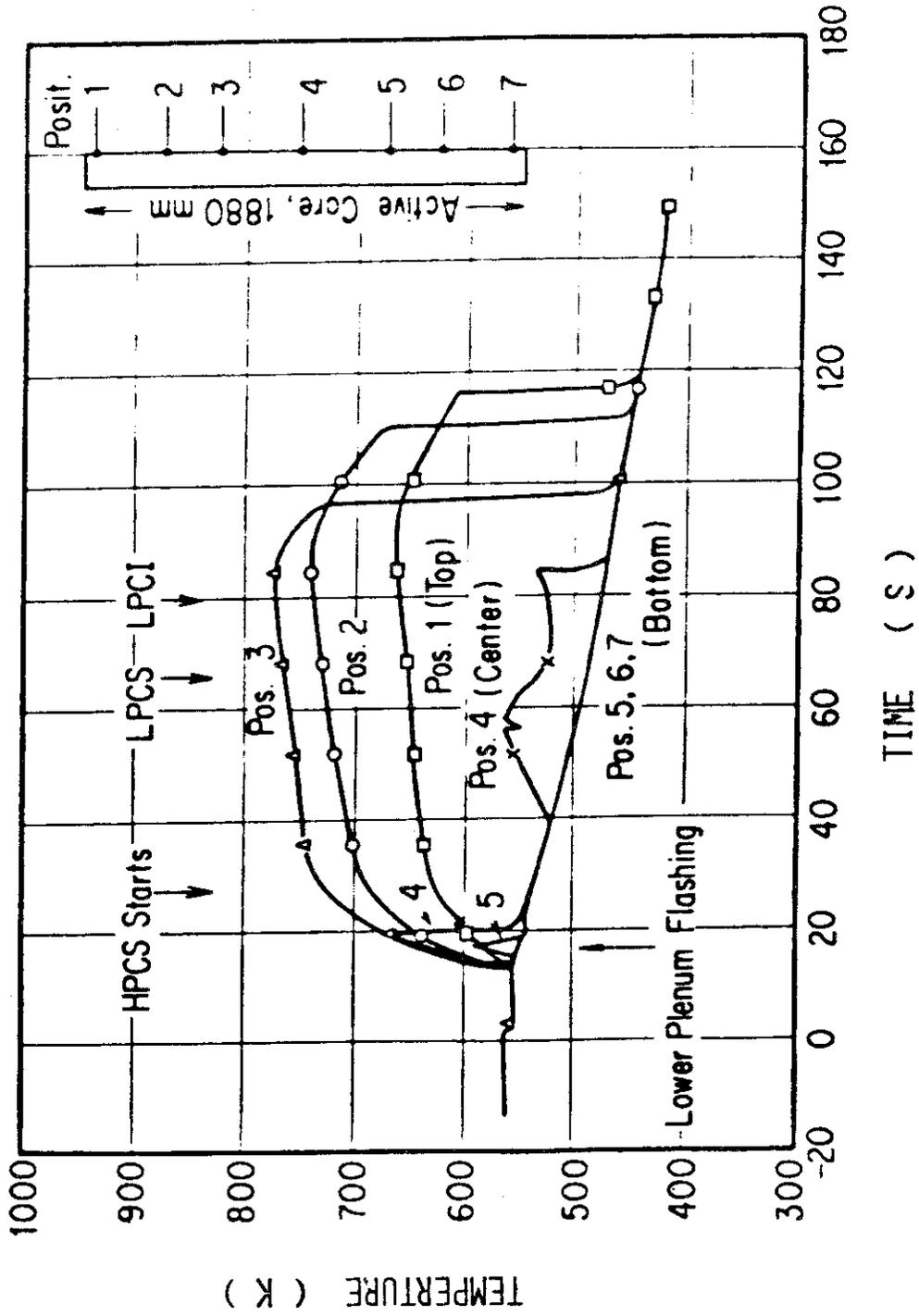


Fig. 2. 3 Measured Heater Surface Temperature

### 3. RELAP 5 コードの概要

RELAP5<sup>(1)</sup> コードは軽水冷却型原子炉の冷却材喪失事故および過渡変化時の熱水力挙動を解析するために米国の INEL で開発された最新のコードである。RELAP5 コードは従来の RELAP4<sup>(5, 6, 7)</sup> コードと異なり一次元の非均質非平衡な二相流モデルに基づいている点が最大の特徴である。また、使いやすく計算が速い事も特徴となっている。

RELAP5 コードを用い軽水炉の LOCA 解析を行なう際に軽水炉システムは各コンポーネントでモデル化される。コンポーネントとしては、パイプ、ブランチ、ポンプなどがあり、チェックバルブ、流路断面変化、トリップ、熱伝達、臨界流などが取り扱える。RELAP5 コードは RELAP4 コードと異なり各システムをモデル化する時の任意の調整パラメータがない。

RELAP5 コードでは一次元の非均質非平衡な二相流モデルが用いられている。液相もしくは気相のどちらかが飽和であるという仮定の下で液相および気相の質量保存則、液相および気相の運動量保存則、二相混合相のエネルギー保存則の合計 5 つの保存則が解かれる。液相もしくは気相のどちらかが質量の少ない方が飽和であるという仮定により二相間のエネルギー伝達が簡略化される。二相間のエネルギー伝達、二相間のエネルギー分配、顕熱および潜熱間のエネルギー分配など複雑なメカニズムは簡単な蒸気発生モデルにより表わされる。したがって、RELAP5 コードの二相流モデルを構成するのは蒸気発生モデル、二相間の摩擦、壁での摩擦および壁での熱伝達である。蒸気発生モデルは Jones & Saha<sup>(8)</sup> によるメカニカルモデルと Houdayer らによる次元解析実験式をベースにし独自の相関式を採用し、二相流の非平衡をモデル化している。二相間の摩擦は定常的な摩擦に関しては流量とボイド率で表わされる流動様式図に基づき各流動様式毎の相関式を採用し、一方、過渡的な摩擦に関しては Lahey による相対加速度の理論<sup>(9)</sup> に基づく virtual mass 効果をモデル化している。壁での摩擦は Baroczy の二相流摩擦損失増倍係数相関式の HTFS 修正<sup>(10)</sup> が Colebrook の壁粗さ効果を含む单相摩擦係数に対する相関式と一緒に用いられ、0~1.0 までのボイド率とすべての範囲のレイノルズ数に適用出来るように実験式を変更した相関式となっている。壁での熱伝達は RELAP4/MOD6 コードのブローダウン熱伝達相関式パッケージをそのまま採用している。

RELAP5 コードに含まれている特殊なプロセスモデルとしては(1)ポンプ、(2)バルブ、(3)急激な流路断面積変化、(4)ブランチ、(5)アキュムレータ、(6)ダウンコマ、(7)破断流、(8)トリップがある。(1)、(2)は RELAP4/MOD6<sup>(7)</sup> コードのモデルと同じである。(3)は Bourda & Carnot<sup>(11)</sup> に基づき線型の半陰解法に対して変更なしに適用できるモデルである。(4)には一次元ブランチと 90° ティーのモデルが含まれる。(7)は choking 基準が圧力波の上流側への伝播の生じなくなる条件として展開される特性法(固有値理論)に基づく Ransom & Trapp のモデル<sup>(12)</sup> を用いている。(8)のトリップ機能は RELAP4/MOD6 コードより劣っている。

RELAP5 コードは軽水炉のブローダウン時に生じる熱水力現象を記述するために、上述の 5 つの保存則、詳細な状態方程式、構成相関式および特殊なプロセスモデルを含み、数値解法において半陰解法を採用し線型連立方程式をマトリックスにより収れん計算なしに直接解く方

法を用いているため計算速度が速く、さらに線型化による誤差を極力抑えるための自動的なタイムステップコントロールを行なっている。

RELAP5/MOD0コードはRELAP5コードの最初の version であるため以下の問題点が残っている。

1. time-dependent junction の流量を時間の関数としてしか入力できない。したがって ECCS 系の模擬は不十分である。
2. バルブの開閉は on-off 機能しかなくバルブの流路断面積を時間の関数で入力できない。したがって、全閉までに数秒間要する主蒸気隔離弁 (MSIV) などの模擬は不十分である。
3. 炉心内の核計算モデルが含まれていない。したがって、炉心の出力変化は時間の関数として入力しなければならない。
4. トリップ機能が不十分である。トリップはバルブおよびポンプにしか適用できない。したがって、実炉の ECCS トリップ信号 (水位低+遅れ時間) は模擬できない。

この様に RELAP5/MOD0コードではまだコントロールシステムの機能が不十分であるため、予測解析にはあまり適していない。

RELAP5コードを用いた解析例として以下のものがある。Edward Pipe ブローダウン実験を RELAP5コードを用いて解析した<sup>(13)</sup>。その結果、RELAP5コードの臨界流モデルの妥当性が確かめられた。セミスケール実験 S-07-6 の解析<sup>(14)</sup>の結果 ECC 水注入による非平衡非均質な現象が何ら問題なく計算でき、さらに ECC 水注入によるダウンカマの密度変化も実験と一致する事がわかった。Marviken-III 実験 4 の破断流量は実験と RELAP5コードによる解析<sup>(15)</sup>で良く一致し、破断流量は熱的平衡状態である事がわかった。G.E 社の level swell 実験の解析の結果<sup>(16)</sup>、RELAP5コードはスリップモデル、バブルライズモデルを用いる事なくベッセル内のボイド率分布を予測できた。G.E 社の CCFL 実験解析の結果<sup>(17)</sup>、流動様式を環状流と仮定すれば定常的な CCFL 現象が計算でき、その flooding 曲線は Wallis および Kutateladze による flooding 曲線の間であり、低蒸気流量領域では Wallis、また高蒸気流量領域では Kutateladze の flooding 曲線に近い事がわかった。

## 4. 解析条件

RELAP5/MOD0 コードを用いて ROSA-III 実験 RUN704 の実験解析を行なった。RUN704 に対する RELAP5 コードの入力データは RELAP4 J コードを用いた実験後解析<sup>(3)</sup>の入力データを基に作成し何ら tuning を行なっていない。本解析に用いた入力データのリストを Appendix A に掲載する。

RUN704 に対する RELAP5 コードの解析モデルを Fig. 4.1 に示す。ROSA-III 装置は single volume, pipe, branch, valve, pump, time dependent volume, time dependent junction の各コンポーネントでモデル化され、全ボリューム数は44、全ジャンクション数は51、全ヒートスラブ数は7である。Time dependent volume を除いたすべてのボリュームに非平衡モデル、time dependent junction を除いたすべてのジャンクションに非均質モデルを適用した。ヒートスラブは炉心部のヒータピンのみを考慮し軸方向7カ所に設置されている熱電対の位置にあわせて7個に分割した。各コンポーネントの説明を Table 4.1 に示す。

各ボリュームの圧力、温度、ジャンクション流量などの初期流体条件、炉心出力変化、給水流量および ECCS 流量変化、ポンプ特性はすべて実験後解析<sup>(3)</sup>と同じ値を用いた。主蒸気流量は感度解析<sup>(4)</sup>で用いた値と同じである。

ROSA-III 装置の様な BWR を RELAP5 コードを用い解析する場合、セパレータモデル、ジェットポンプでの混合モデル、水位計算モデルおよび炉心出入口での CCFL モデルが重要である。

セパレータ（気水分離器）は BWR 独特な装置でありセパレータ内に存在する羽根により機械的に蒸気と水を分離するものである。気水分離はいわゆる逆U字形パイプで模擬される。すなわち、流路断面積の小さなセパレータ（C060）のトップから流路断面積の非常に大きな上部アニュラス（C070）へ逆U字形にジャンクションを結び、上部アニュラスにおいて重力の効果により水を下方へ蒸気を上方へ分離する。この方法が気水分離の唯一の方法である。

RELAP5/MOD0 コードのジェットポンプでの運動量の混合モデルは不完全である。このため、ジェットポンプの吸込流が計算開始後瞬時に逆流し定常を維持できない。そこで、ジェットポンプ吸込部に再循環ポンプと同様な特性のポンプ（C171, C231）を設けてジェットポンプでの流れを模擬した。ジェットポンプ吸込部に設けたポンプ（C171, C231）に対し以下の仮定を行なった。

1. ポンプホモログス曲線は再循環ポンプと同じ。
2. 初期回転数は再循環ポンプと同じ、破断と同時にコストダウンする。
3. 定格回転数、定格トルク、慣性は再循環ポンプと同じ。ポンプホモログス曲線での初期状態が再循環ポンプと同一にするため定格流量、定格ヘッドを修正した。
4. ポンプ出入口の圧力差は 0.28Mpa である。

RELAP5 コードでは RELAP4 コードと異なりボリューム内の水位計算が行なわれていない。RELAP5 コードでは水位変化はボリュームを細かく切りボイド率変化で評価される。本解析モデルにおいてダウンカマ領域は C070, C110, C111, C120, C130 の5つのコンポーネントでモデル化されている。正確な水位計算を行なうにはより詳細なノーディングが必要である。

Table 4.1 Description of Nodalization Components

Component Number	Component Type	Volume Number	Number of Junctions	Description
010	Branch	1	4	Lower Plenum below Tie Grid
020	Sngle Volume	1	0	Lower Plenum above Tie Grid
030	Branch	1	3	Core Inlet Chambers
040	Pipe	1	6	Core (Bottom)
		2		Core
		3		Core
		4		Core (Center)
		5		Core
		6		Core
		7		Core (Top)
050	Branch	1	3	Upper Plenum
060	Sngle Volume	1	0	Steam Separator
070	Branch	1	3	Upper Head
080	Sngle Volume	1	0	Steam Dome
090	Sngle Volume	1	0	Guide Tube Simulator
100	Branch	1	1	Core Bypass
110	Branch	1	1	Feed Water Inlet Space
111	Sngle Volume	1	0	Upper Downcomer
120	Branch	1	6	Lower Downcomer (Jet Pump Inlet)
130	Branch	1	2	Lower Downcomer
140	Sngle Volume	1	0	Intact Loop Recirculation Pump Suction Line
150	Pump	1	2	Intact Loop Recirculation Pump
160	Pipe	1	1	Intact Loop Recirculation Pump Discharge Line
		2		Intact Loop Jet Pump Drive Line
170	Sngle Volume	1	0	Intact Loop Jet Pump Suction Line
171	Pump	1	2	Intact Loop Jet Pump Suction Pump
180	Branch	1	2	Intact Loop Jet Pump
185	Sngle Volume	1	0	Intact Loop Jet Pump Discharge Line

Table 4.1 Description of Nodalization Components (Continued)

Component Number	Component Type	Volume Number	Number of Junctions	Description
190	Single Volume	1	0	Broken Loop Recirculation Pump Suction Line, Vessel Side
200	Single Volume	1	0	Broken Loop Recirculation Pump Suction Line, Pump Side
210	Pump	1	2	Broken Loop Recirculation Pump
220	Pipe	1	1	Broken Loop Recirculation Pump Discharge Line
		2		Broken Loop Jet Pump Drive Line
230	Single Volume	1	0	Broken Loop Jet Pump Suction Line
231	Pump	1	2	Broken Loop Jet Pump Suction Pump
240	Branch	1	2	Broken Loop Jet Pump
245	Single Volume	1	0	Broken Loop Jet Pump Discharge Line
250	Valve	-	2	Quick Shutoff Valve
260	Valve	-	2	Break B (Vessel Side)
270	Valve	-	2	Break A (Pump Side)
280	Time Dependent Volume	1	-	Containment
281	Time Dependent Volume	1	-	Containment
290	Time Dependent Volume	1	-	Main Steam Reservoir
300	Time Dependent Junction	-	1	Main Steam
310	Time Dependent Volume	1	-	Hot Feed Water Reservoir
320	Time Dependent Junction	-	1	Hot Feed Water
330	Time Dependent Volume	1	-	Cold Feed Water Reservoir

Table 4.1 Description of Nodalization Components (Continued)

Component Number	Component Type	Volume Number	Number of Junctions	Description
331	Time Dependent 1 Volume	1	-	LPCI Reservoir
332	Time Dependent 1 Volume	1	-	HPCS+LPCS Reservoir
340	Time Dependent - Junction	-	1	Cold Feed Water
350	Time Dependent - Junction	-	1	LPCI
360	Time Dependent - Junction	-	1	HPCS+LPCS
001	Heat Structure			Heater Rods

sv; single volume  
 p ; pipe  
 b ; branch  
 v ; valve  
 pu; pump  
 tv; time dependent volume  
 tj; time dependent junction  
 ; heat structure

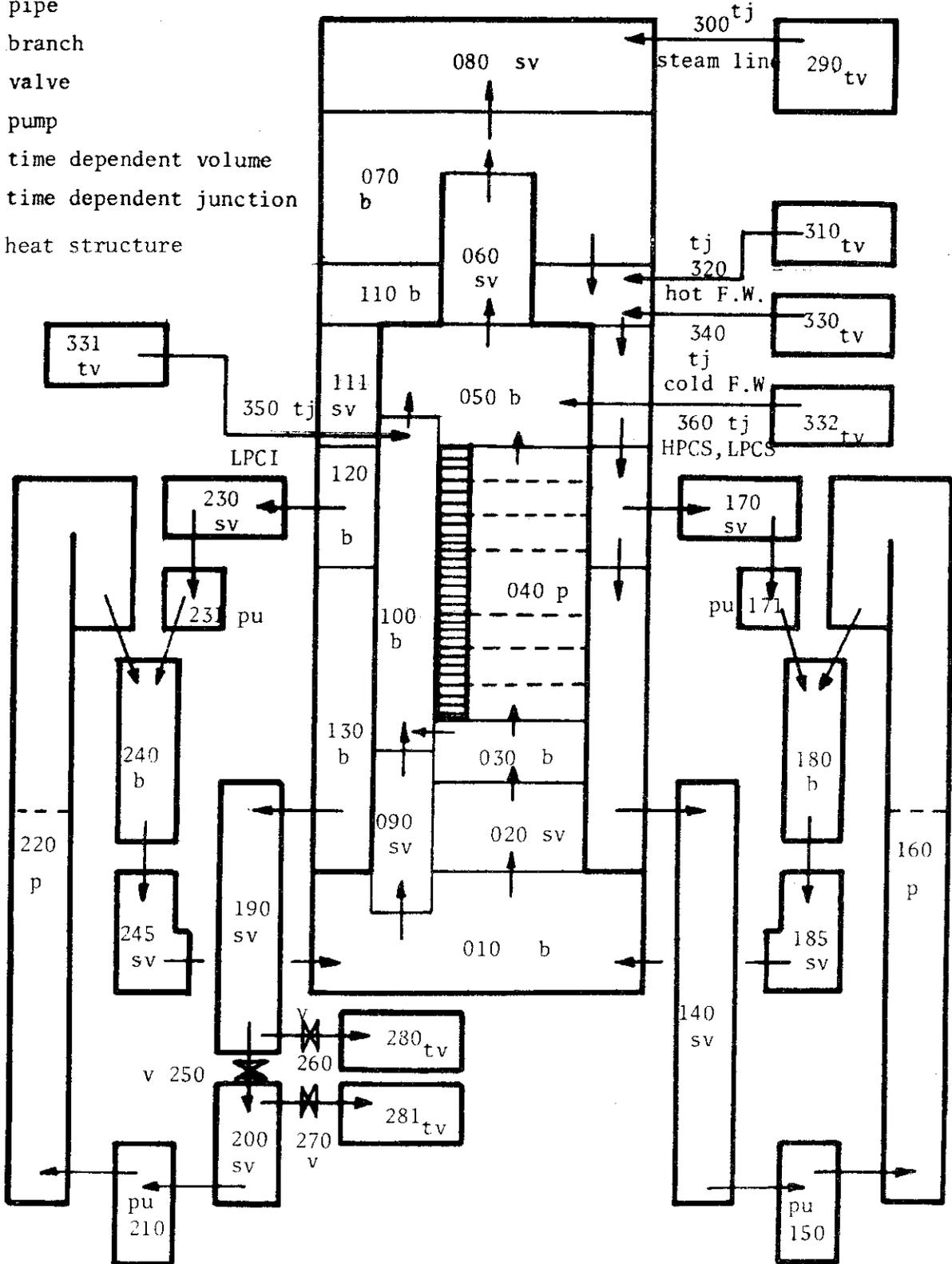


Fig. 4. 1 RELAP5 Noding for ROSA-III RUN 704

## 5. 解析結果

RELAP5/MOD0コードを用いROSA-III実験 RUN704の解析を破断後129.2秒まで行なった。計算に費した時間はFACOM M-200で約9000秒である。破断後129.2秒で水の物性値サブルーチンで計算が収束不可能になり計算が終了した。

RELAP5/MOD0コードによる解析結果を以下に示す。解析結果とRUN704実験で得られた圧力容器内の熱水力現象を比較する事によりRELAP5コードの特徴である非均質非平衡二相流モデルの適用性を調べることができる。尚、均質平衡二相流モデルに基づくRELAP4Jコードによる解析結果も比較のため示す。

### 5.1 炉内圧力変化

蒸気ドーム圧力変化をFig. 5.1に示す。主蒸気隔離弁(MSIV)閉後、炉内圧力は大きく上昇する。下部ダウンコマ(C130)のボイド率が0.8以上になると破断口からの蒸気の流出量は増え圧力上昇は抑制され、その後急に圧力は減少する。下部プレナムフラッシング(C030, C020, C010の順に破断後16.9~18.8秒で発生)により多量の蒸気が発生し、このため炉内圧力の減少は緩やかになる。破断後41秒, 50秒, 84秒で炉内圧力はステップ状に増加する。これは炉心内に多量の蒸気が発生したためと思われる。

RELAP5コードによる炉内圧力変化と実験データおよびRELAP4Jコードによる結果をFig. 5.2に比較する。RELAP4Jコードによる炉内圧力変化は実験データとほぼ一致している。RELAP5コードによる炉内圧力変化は破断後30秒までは実験データより高くその後低くなっている。この原因はおもに破断流量にあると思われる。

### 5.2 破断流量変化

ベッセル側破断流量, ポンプ側破断流量の計算結果をFig. 5.3, 5.4に示す。実験において破断流量は測定されていない。RELAP4Jコードの臨界流モデルはサブクール領域で修正Zaloudekの式, 飽和領域ではMoodyモデルとクオリティに依存する $C_D$ 相関式を用いている。一方, RELAP5コードの臨界流モデルは圧力波の上流への伝播が音速を越えないという条件に基づき特性法<sup>(12)</sup>で計算するものである。

ベッセル側破断流量は破断後約10秒まではRELAP5コードの方が少なくその後多くなっている。一方, ポンプ側破断流量はRELAP5コードとRELAP4Jコードでほぼ同じである。RELAP5コードの方が破断初期においてベッセル側破断流量を過少評価しているため炉内圧力が高く, その後ベッセル側破断流量を過大評価しているため炉内圧力が低くなっていると考えられる。RELAP5コードでベッセル側破断流量をより精度よく計算するためにはダウンコマをより細かいノードに分割する必要がある。またRELAP5コードのサブクール領域ならびに低ク

オリティ領域での破断流モデルを検討する必要がある。

### 5.3 炉心流量変化

炉心入口流量変化を Fig. 5.5 に示す。実験において炉心入口流量変化は測定されていないが、下部プレナムと上部プレナム間の差圧のデータから推定すると下部プレナムフラッシング時に炉心入口流量のかなりの増加があったと考えられる。炉心入口流量は破断後コストダウンするがMSIV閉以降の圧力上昇により一時的に増加する。これは圧力上昇にともないジェットポンプ吸込部のボイド率が零となり、本解析においてジェットポンプ吸込部に仮想的なポンプを設けているため吸込流が増加した事による。破断後10.1秒でジェットポンプ吸込部(C120)のボイド率が0.5以上となり以後急上昇する。そのため、ジェットポンプ吸込流はほぼ零となり、炉心入口流量も急激に減少し停滞する。破断後17~18秒にかけて下部プレナムフラッシングが開始し炉心入口流量は顕著に増加する。下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の増加は破断後約30秒でおだやかになる。下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加はRELAP4Jコードでは明確には計算されず、この事はRELAP5コードの二相流モデルが優れている事を示している。

炉心入口での気液二相の流速変化を Fig. 5.6 に示す。下部プレナムフラッシング以降、炉心入口流は非均質となる事がわかる。気液二相の流速は激しく変化するが気相速度は液相速度より大きい。破断後35秒から65秒にかけて液相下向き気相上向きの対向流となっている。破断後75秒以降、炉心入口ボリューム(C030)のボイド率がほぼ1.0となるため炉心入口流は蒸気単相流となっている。

炉心出口流量変化を Fig. 5.7 に示す。炉心出口流量は激しく振動しているがほぼ正流のままである。

炉心出口での気液二相の流速変化を Fig. 5.8 に示す。破断後液相速度はほぼ零になるのに対し気相速度は非常に大きい。炉心最上部ボリューム(C04007)のボイド率がほぼ1.0となる破断後45秒以降において炉心出口の流れは蒸気単相の均質流に近くなる。炉心出口において液相下向き気相上向きの対向流は破断後41~45秒で計算されている。

炉心出入口における流量変化はRELAP4Jコードによる結果と定性的に一致している。しかしながら、RELAP5コードでは下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が計算されている点に差がみられる。

炉心バイパス出口での流量変化、気液二相の流速変化を Figs. 5.9, 5.10 に示す。LPCI 作動後、炉心バイパス出口の流れは炉心バイパス部(C100)のボイド率が零なら正流、零以上なら逆流となる。炉心バイパス出口の気液二相の流速差は非常に大きく破断後30~80秒で液相下向き気相上向きの対向流が計算されている。気液二相の速度差はボイド率の増加と共に大きくなる。

RELAP5コードにおいて気液二相の速度差は気液二相間に働らく摩擦により決まる。気液二相間の摩擦は流量とボイド率で表わされる流動様式に基づき計算され、低流量領域ではボイド率が0.65以下で気泡流、ボイド率が0.85~0.90で環状流、ボイド率が0.95~1.0で噴霧流の相関

式が用いられる。一般的に RELAP5 コードの気液二相間摩擦力は気泡流で非常に大きい<sup>(16)</sup>。したがって、ボイド率の増加と共に気液二相間摩擦力は減少し気液二相の速度差は大きくなる。

#### 5.4 ジェットポンプ流量変化

健全側ジェットポンプ流量変化を Fig. 5.11 に示す。駆動流は破断後ポンプトリップによりコーストダウンし、破断後約35秒でほぼ零となる。吸込流は破断後減少しMSIV閉以降一時増加する。吐出流も吸込流と同様な変化をする。ジェットポンプ吸込部(C120)のボイド率が0.5以上となる破断後10.1秒以降、吸込流はほぼ零となる。吸込流は破断後20秒で、吐出流は破断後27秒から逆流する。健全側ジェットポンプの流量変化は吸込流と吐出流の一次的回復を除き RELAP4J コードの結果と定性的に一致する。

破断側ジェットポンプ流量変化を Fig. 5.12 に示す。駆動流は破断直後に逆流する。吸込流および吐出流は破断後減少しMSIV閉以降一時増加する。ジェットポンプ吸込部(C120)のボイド率が0.5以上となる破断後10.1秒以降吸込流はほぼ零となり、吐出流は逆流する。破断側ジェットポンプ流量変化は RELAP4J コードの結果と大きく異なる。RELAP4J コードでは破断後吐出部から駆動部および吸込部へ逆流するが、RELAP5 コードでは吸込部から駆動部および吐出部への流れが生じる。RELAP5 コードにはジェットポンプでの運動量の混合モデルが不完全なため、本解析においては吸込部に仮想的なポンプを設けたが破断側ジェットポンプにおいてはこのポンプによる吸込流が過大評価となっている。吸込部に仮想的なポンプを設けたため、吸込部が蒸気中に露出して流量がほぼ零となる10秒以前の吸込流および吐出流の解析精度は悪い。

#### 5.5 ボイド率変化

RELAP5 コードでは RELAP4 コードと異なり1つの大きなボリューム内で人為的な水位計算が行なわれない。このためBWRのLOCA解析において重要である水位変化を計算するにはボリュームを細かく切りそのボリュームのボイド率変化で評価する事となる。

ダウンカマ領域でのボイド率変化を Fig. 5.13 に示す。破断後5秒以降、C070, C110, C111, C120, C130の順にボイド率が急激に増加しダウンカマ水位が低下していく事がわかる。破断後15秒で下部ダウンカマ(C130)も露出する。破断後41秒でダウンカマのボイド率が一時的に大きく減少する。これは炉心バイパスにたまった水が炉心に流入し、発生した多量の蒸気とともにふき上げられダウンカマへ落下したためと考えられる。

上部プレナム(C050)のボイド率変化を Fig. 5.14 に示す。破断後45～80秒にかけて蒸気雰囲気にある事がわかる。破断後79秒でLPCIが作動すると上部プレナムのボイド率は次第に減少し破断後107秒でほぼ零となる。

炉心中央部(C04004)のボイド率変化を Fig. 5.15 に示す。破断後ボイド率は増加し0.65付近で振動する。破断後15秒からボイド率は急激に増加するが下部プレナムフラッシングにより18.5秒からまた0.65近傍に減少する。その後ボイド率が0.65付近で振動し破断後34秒以降露出する

のがわかる。炉心中央部ではECCSによる冠水が行なわれていない。

炉心部(C040)のボイド率変化をFig. 5.16に示す。破断後40秒以降、全炉心が露出しているのがわかる。破断後80秒以降LPCI作動により炉心最上部(04070)で一時的にボイド率が低下するが全炉心の冠水には至らない。また、LPCI作動による炉心下部からの再冠水も計算されていない。炉心部のボイド率変化はヒータ表面温度変化と密接な関連がある。

下部プレナム(C030, C020, C010)内のボイド率変化をFig. 5.17に示す。破断後16.9～18.8秒にかけて下部プレナムフラッシングが開始した事がわかる。下部プレナムはECCSにより冠水していない。

炉心バイパス(C100), 制御棒案内管(C090)部のボイド率変化をFig. 5.18に示す。炉心バイパス部はLPCI作動により急激にボイド率が低下し破断後88秒でほぼ冠水する。制御棒案内管部は炉心バイパス部が冠水してからボイド率が低下し破断後121秒で冠水する。

破断上流ボリュームのボイド率変化をFig. 5.19に示す。ベッセル側破断流は破断後2.5秒から二相流となり16秒でほぼ蒸気単相流となる。一方、ポンプ側破断流は破断後すぐに二相流となり5秒以降蒸気単相流となる。

## 5.6 ヒータ表面温度変化

RUN704実験の結果からヒータ表面温度は沸騰遷移により急上昇、下部プレナムフラッシングによりリウエット、露出により再上昇、LPCI水による炉心下部からの再冠水によりクエンチし、これらのヒータ表面温度変化と炉心内の水位変化には密接な関連がある事がわかった。均質平衡二相流モデルに基づくRELAP4Jコードによる解析<sup>(4)</sup>では沸騰遷移発生時刻は実験と一致するが、リウエットおよびクエンチ過程の解析は困難である事がわかった。

炉心中央部でのヒータ表面温度変化をFig. 5.20に示す。RELAP4Jコードでは沸騰遷移発生後ヒータ表面温度は上昇し下部プレナムフラッシングによるリウエットも計算されずLPCI注入開始後の温度低下も緩やかである。一方、RELAP5コードでは下部プレナムフラッシングによるリウエットが良く計算されており、また露出による温度上昇も良く計算されている。しかしながら、ヒータ表面温度は露出後上昇するだけでありECCSによるクエンチ過程は計算されていない。

RELAP5コードにおいてヒータ表面温度とボイド率の間には密接な関連があり、ボイド率が増加するとヒータ表面温度は上昇しボイド率が減少するとヒータ表面温度は低下する。破断後17～18秒で下部プレナムフラッシングが生じると低ボイド率の流体が炉心に流入し炉心内のボイド率が低下しヒータ表面がリウエットする。RELAP5コードでは二相流モデルが改善されているため下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が計算され、その結果、ヒータ表面のリウエット過程が計算されている。これはRELAP5コードの二相流モデルが従来のRELAP4コードより優れている事を示している。

RELAP5コードの熱伝達モデルはRELAP4/MOD6のブローダウン熱伝達相関式パッケージと同じである。炉心中央部のヒータ表面での熱伝達モードはmode 3(飽和水への核沸騰:Chen式)から沸騰遷移によりmode 14(飽和水への中流量膜沸騰:Groeneveld式もしくはCondie-

Bengston式)へさらにリウェットにより mode 3 にもどり露出により mode 14 もしくは mode 12 (飽和水への低流量膜沸騰: Bromley-Pomerant 式)に移行する。

炉心中央部のヒータ表面での熱伝達係数変化を Fig. 5.21 に示す。破断後15秒まで、および19秒から35秒までは核沸騰が維持されているが、その他の期間では膜沸騰であるため熱伝達係数は小さく流体への伝熱量が減少している事がわかる。

炉心の軸方向のヒータ表面温度変化を Fig. 5.22 に示す。RELAP5 コードによるヒータ表面温度変化と実験データとの一致は炉心中央部の Pos.4 を除き良くない。ヒータ表面温度変化は炉心上部で実験の方が高く炉心下部で解析の方が高い。この傾向は従来の RELAP4 J コードで得られた結果と定性的に一致している。RELAP4 J コードではヒータ表面温度変化において沸騰遷移発生時刻は実験と良く一致するがリウェットおよびクエンチ過程の解析は困難である。一方、RELAP5 コードでは二相流モデルが改善されているため下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が計算され、リウェット過程も良く計算できた。しかし、クエンチ過程の解析は RELAP4 J コードと同様に成功していない。RELAP5/MOD0 コードの熱伝達モデルは本来ブローダウン過程解析に用いられるべきものであり、二相流モデルと合わせて検討する必要がある。

## 5.7 流体温度変化

RELAP5 コードの二相流モデルの最大の特徴は非均質非平衡モデルにある。RELAP5 コードではエネルギー式が一つであり二相流状態では液相もしくは気相のどちらかが飽和であるという仮定に基づき各相の温度が計算される。

上部プレナムおよび炉心最上部の流体温度変化を Fig. 5.23, 5.24 に示す。液相および気相の温度はほぼ同じであり非平衡は顕著に表われていない。上部プレナムおよび炉心最上部の各相の温度と飽和温度( $T_s$ )との差を Figs. 5.25, 5.26 に示す。上部プレナムでは気相温度( $T_s$ )と飽和温度が等しく気相が飽和状態にある。一方、HPCS 作動により低温の水が上部プレナムへ注入されると液相はサブクール状態になるのがわかる。しかしながら、液相のサブクール度は非常に小さい。炉心最上部においても気相温度と飽和温度が等しく気相が飽和状態にあるが液相は逆にスーパーヒート状態にある。しかし、液相のスーパーヒート度も非常に小さい。この様に RELAP5 コードでは気液二相の熱的非平衡は計算されるが本解析における非平衡の程度は非常に小さい。

RELAP5 コードの二相流モデルは液相および気相の質量保存則、液相および気相の運動量保存則、混合相のエネルギー保存則の合計 5 つの保存則から成り、独立変数は混合相の密度( $\rho$ )、圧力( $P$ )、クオリティ( $X$ )、混合相の内部エネルギー( $U$ )、液相速度( $V_f$ )、気相速度( $V_g$ )の 6 変数であるため状態方程式が必要である。

$$\rho = f(P, X, U)$$

RELAP5 コードではエネルギー保存則が 1 つしかないので、液相および気相のどちらかが飽和であると仮定される。二相の中で質量の少ない方(least massive)の相が飽和、すなわち、

発生しつつある相もしくは消滅しつつある相が飽和と仮定される。以下に液相温度( $T_f$ )と気相温度( $T_g$ )の計算方法を示す。

クオリティが0.5以下の場合, least massive相は気相であるので $T_g = T_s$  (飽和温度)と仮定される。液相の内部エネルギー ( $U_f$ )は

$$U_f = [U - XU_g^S(P)] / (1 - X)$$

であり,  $U_f > U_f^S$  の時, 液相はスーパーヒート状態であり, 逆に  $U_f < U_f^S$  の時, 液相はサブクール状態であり蒸気表に基づき液相温度( $T_f$ )が計算される。

クオリティが0.5以上の場合, least massive相は液相であるので $T_f = T_s$ と仮定される。気相の内部エネルギー( $U_g$ )は

$$U_g = [U - (1 - X) U_f^S(P)] / X$$

であり $U_g > U_g^S$ の時, 気相はスーパーヒート状態であり, 逆に $U_g < U_g^S$ の時, 気相はサブクール状態であり蒸気表に基づき気相温度( $T_g$ )が計算される。

上部プレナムのクオリティ変化を Fig. 5.27 に示す。上部プレナムのクオリティは0.5以下であるため least massive な気相が飽和状態になっている訳である。

RELAP5コードの二相流モデルの熱的非平衡は蒸気発生モデルにより支配される。二相のどちらかが飽和であるという仮定に基づいているので二相間の複雑なエネルギー伝達が1つの簡単な蒸気発生モデルで表わされる。RELAP5コードの蒸気発生モデルは(1) Jones & Saha によるメカニカルモデル<sup>(8)</sup>, (2) Moby Dickデータから得られた Houdayer の次元解析実験式および(3)次元解析に基づいている。

蒸気発生モデルは非平衡状態から平衡状態への緩和過程と考えられる。すなわち, 単位体積あたりの蒸気発生率( $I'_g$ )は平衡クオリティ( $X_e$ ), 非平衡クオリティ( $X_s$ )と緩和時間( $\theta$ )を用い

$$\frac{I'_g}{\rho} = \frac{X_e - X_s}{\theta}$$

で表わされ $X_e \geq X_s$ なら $I'_g \geq 0$ である。平衡クオリティと非平衡クオリティの関係は混合相のエネルギーバランスにより決まり

$$X_e - X_s = \frac{C_{pg}}{h_{fg}} X_s (T_g - T_s) \quad (T_f = T_s \text{ の時})$$

$$X_e - X_s = \frac{C_{pf}}{h_{fg}} (1 - X_s) (T_f - T_s) \quad (T_g = T_s \text{ の時})$$

である。ここで  $C_{pg}$  : 飽和蒸気の等圧比熱

$C_{pf}$  : 飽和水の等圧比熱

$h_{fg}$  : 蒸発潜熱

least massive 相が飽和であるので蒸発および凝縮が生じる条件は以下の通りである。

ケース	X	$T_g : T_s$	$T_f : T_s$	$X_e : X_s$	$\Gamma_g$		
1	$X \leq 0.5$	$T_g = T_s$	$T_f \geq T_s$	$X_e \geq X_s$	$\Gamma_g \geq 0.0$	蒸	発
2	$X \leq 0.5$	$T_g = T_s$	$T_f < T_s$	$X_e < X_s$	$\Gamma_g < 0.0$	凝	縮
3	$X > 0.5$	$T_g \geq T_s$	$T_f = T_s$	$X_e \geq X_s$	$\Gamma_g \geq 0.0$	蒸	発
4	$X > 0.5$	$T_g < T_s$	$T_f = T_s$	$X_e < X_s$	$\Gamma_g < 0.0$	凝	縮

上部プレナムの蒸気発生率変化を Fig. 5.28 に示す。上部プレナムのクオリティは 0.5 以下なのでケース 1 およびケース 2 が対応する。HPCS 作動以前では  $T_f = T_s$  であるため蒸気発生率は小さい。HPCS 作動により低温の水が注入されると  $T_f < T_s$  となり(ケース 2) 上部プレナムに存在していた蒸気が凝縮するのが良くわかる。LPCS 作動によりさらに蒸気が凝縮する。

炉心最上部および炉心バイパス部の蒸気発生率変化を Figs. 5.29, 5.30 に示す。炉心最上部では液相はスーパーヒート状態である(ケース 1) のので多量の蒸気が発生している。この蒸気発生もステップ状の炉内圧力変化 (Fig. 5.1 参照) の原因になっていると思われる。炉心バイパスでは二相状態になってから蒸気発生が生じるが LPCI が注入すると瞬時に蒸気凝縮が生じている事がわかる。

RELAP5 コードの蒸気発生モデルは緩和時間を含め詳細に検討する必要がある。

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MODO CASE A-1

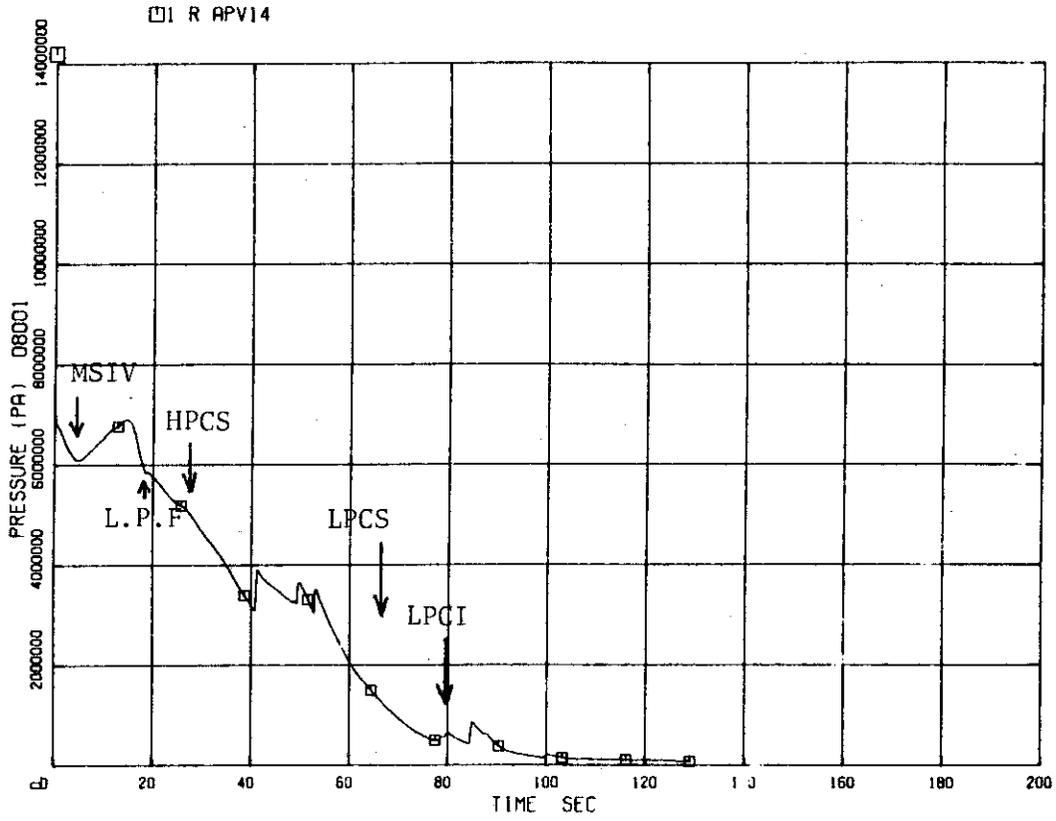


Fig. 5. 1 Calculated Steam Dome Pressure

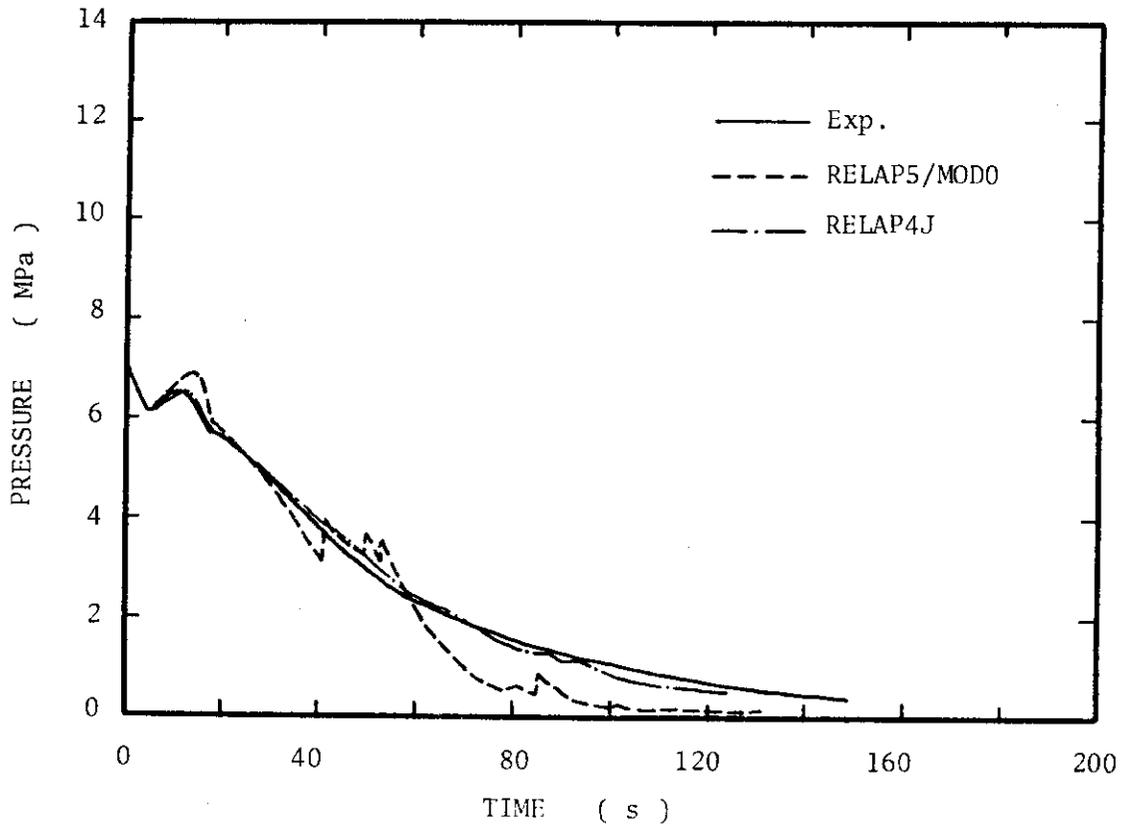


Fig. 5. 2 Comparison of Measured and Calculated Steam Dome Pressure

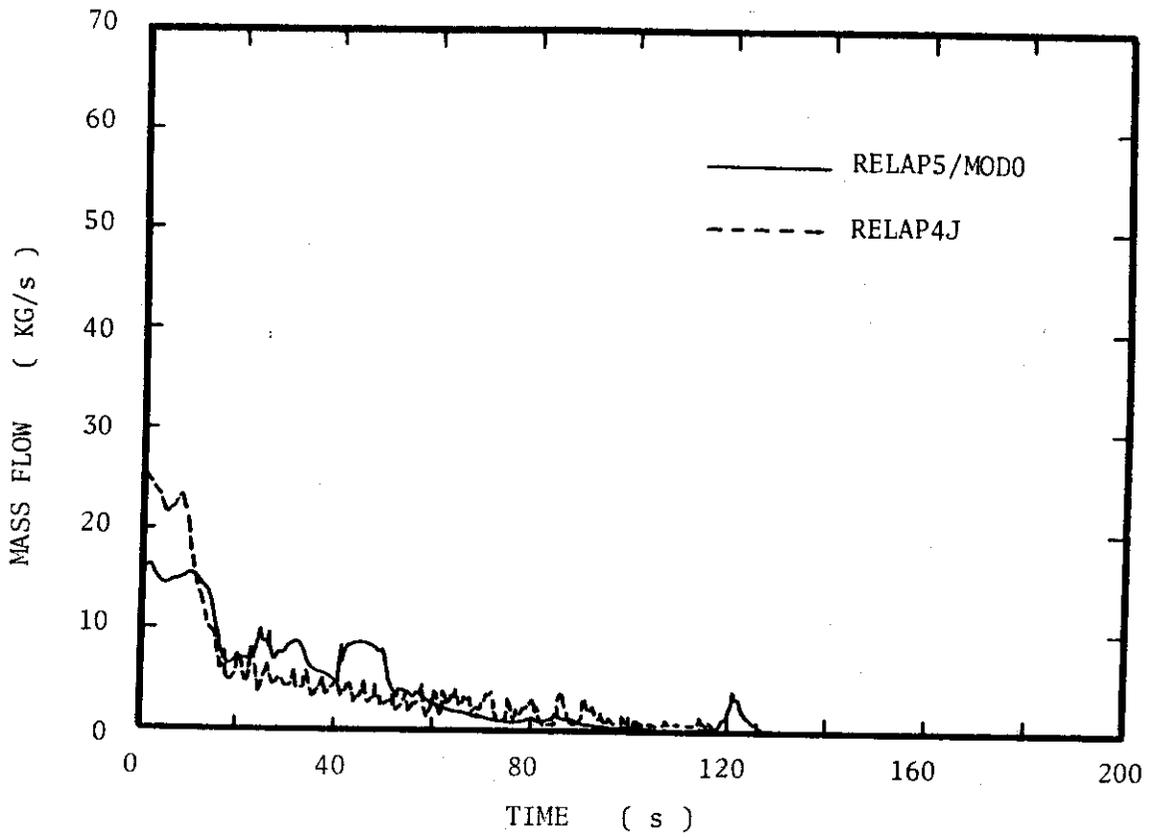


Fig. 5. 3 Calculated Vessel Side Break Flow

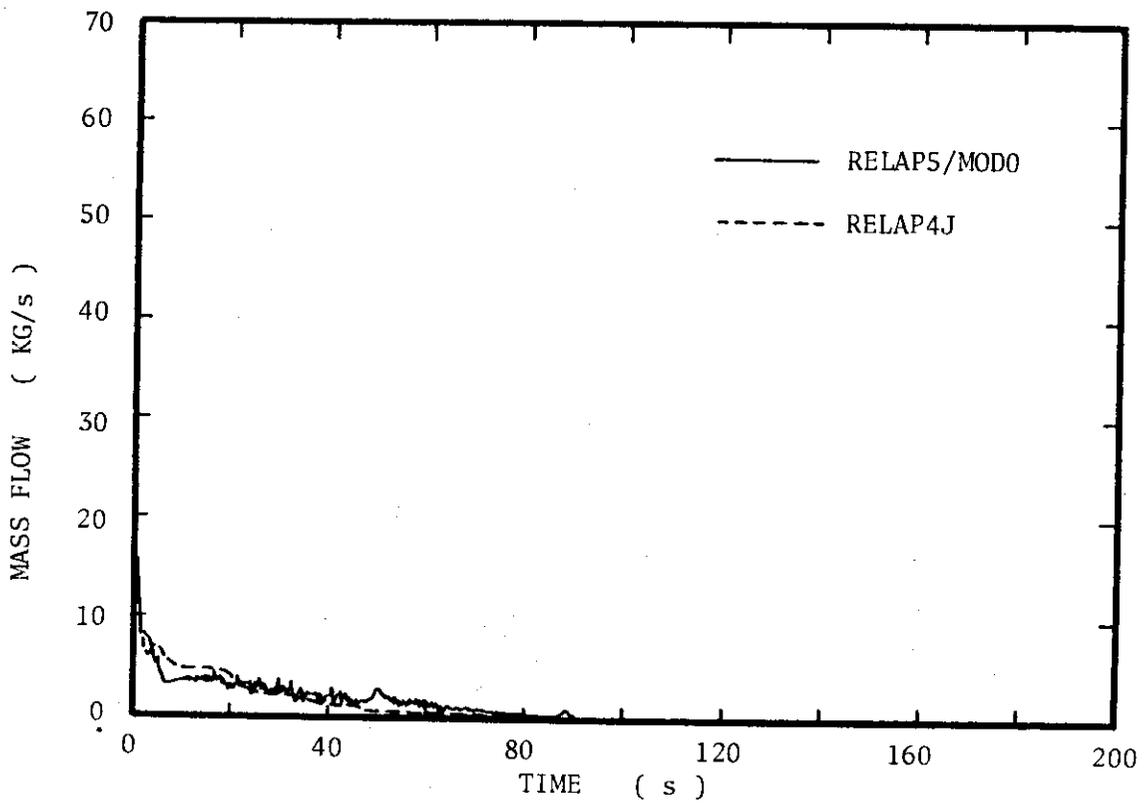


Fig. 5. 4 Calculated Pump Side Break Flow

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

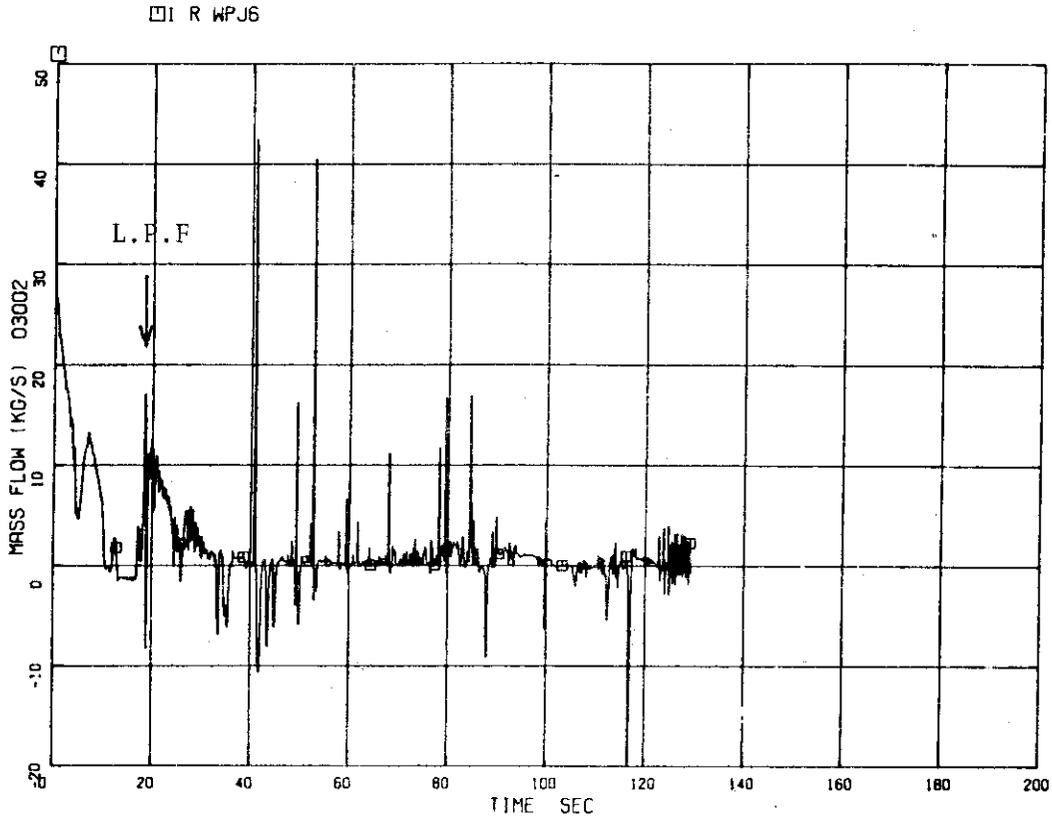


Fig. 5. 5 Calculated Core Inlet Flow

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

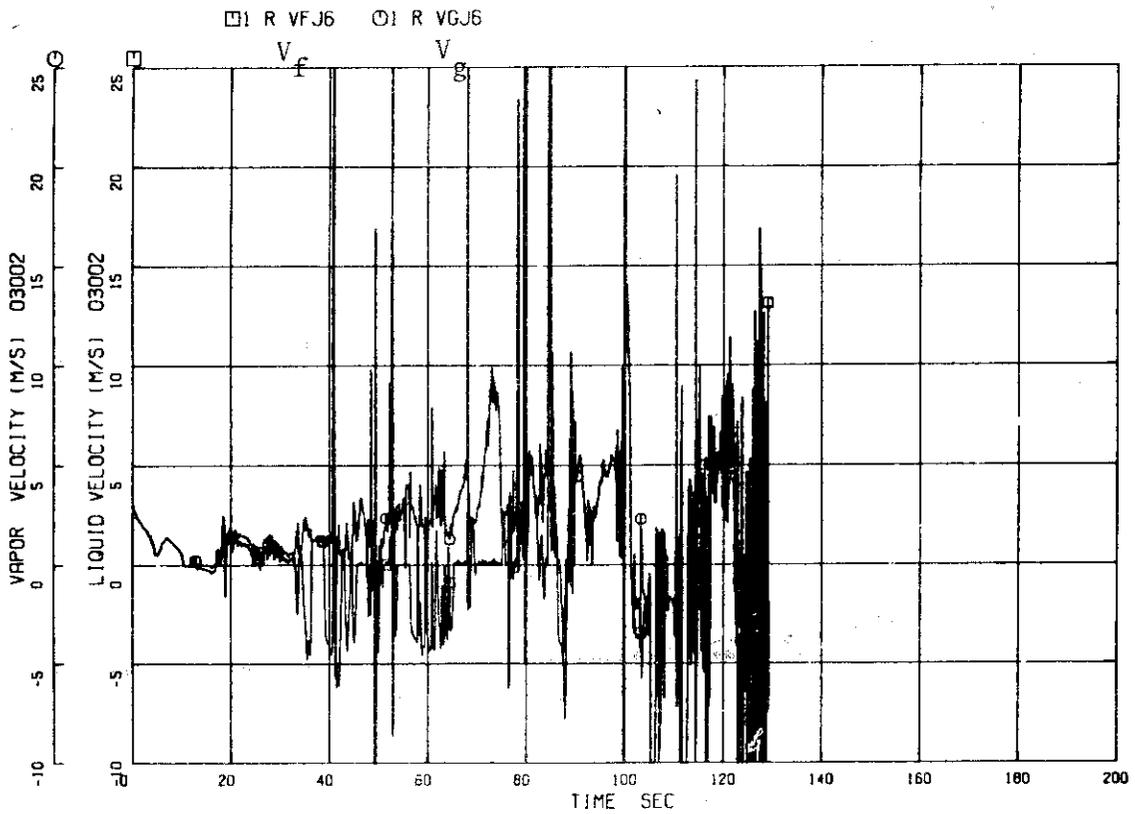


Fig. 5. 6 Calculated Core Inlet Velocity

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

□ R WPJ14

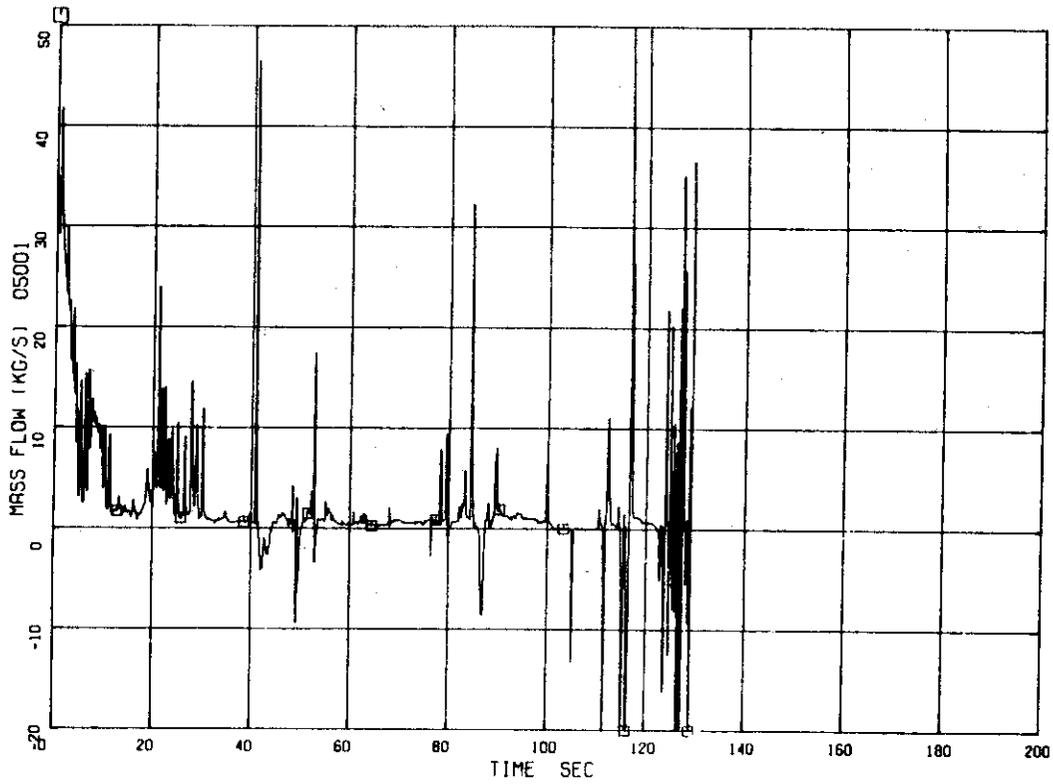


Fig. 5. 7 Calculated Core Outlet Flow

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

□ R VFJ14    ○ R VGJ14  
V<sub>f</sub>            V<sub>g</sub>

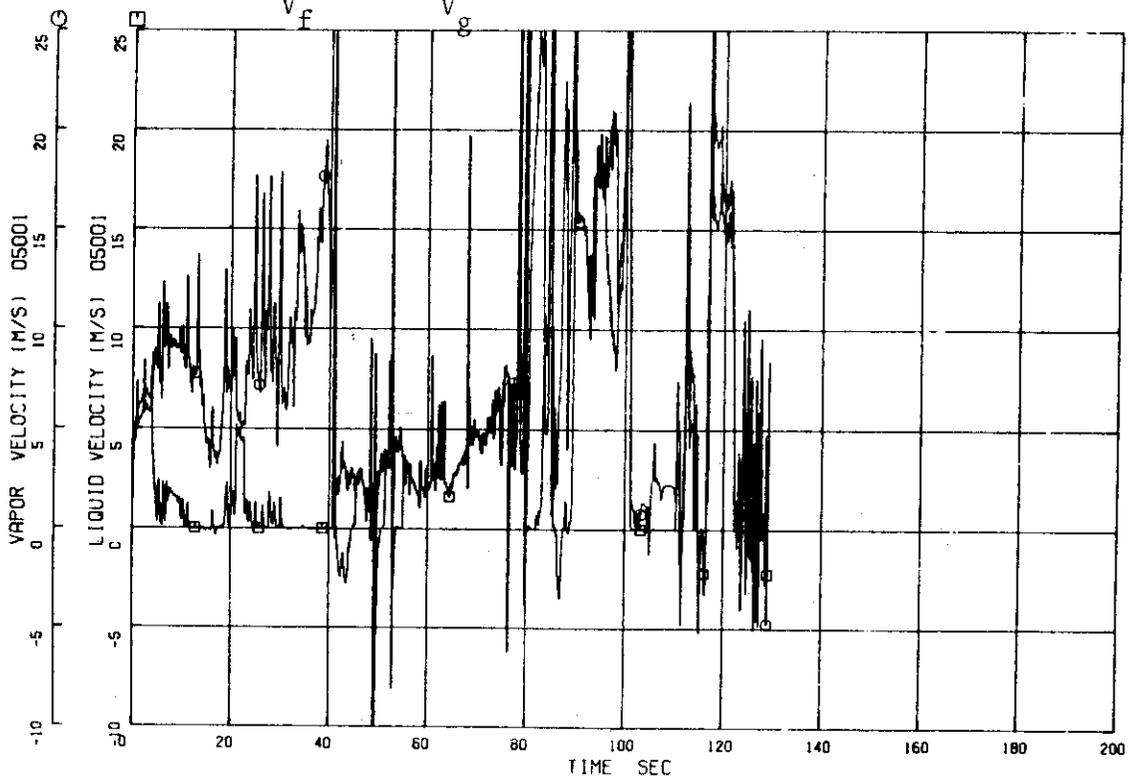


Fig. 5. 8 Calculated Core Outlet Velocity

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

□ R WPJ15

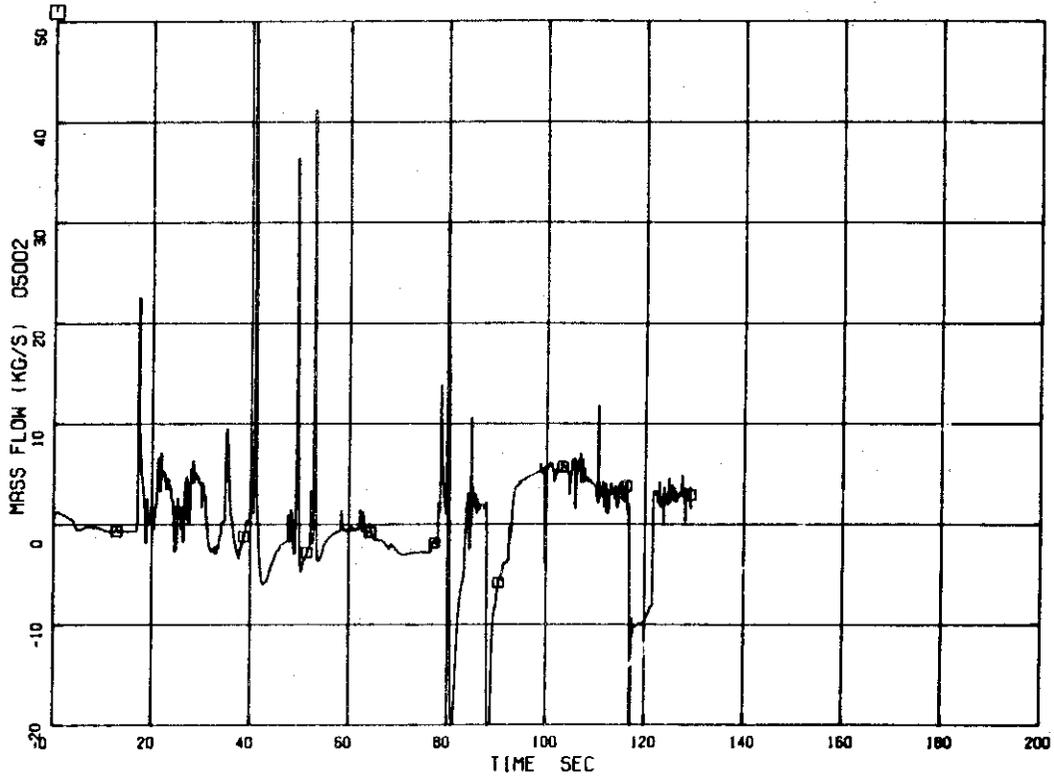


Fig. 5.9 Calculated Core Bypass Outlet Flow

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

□ R VFJ15 ○ R VGJ15

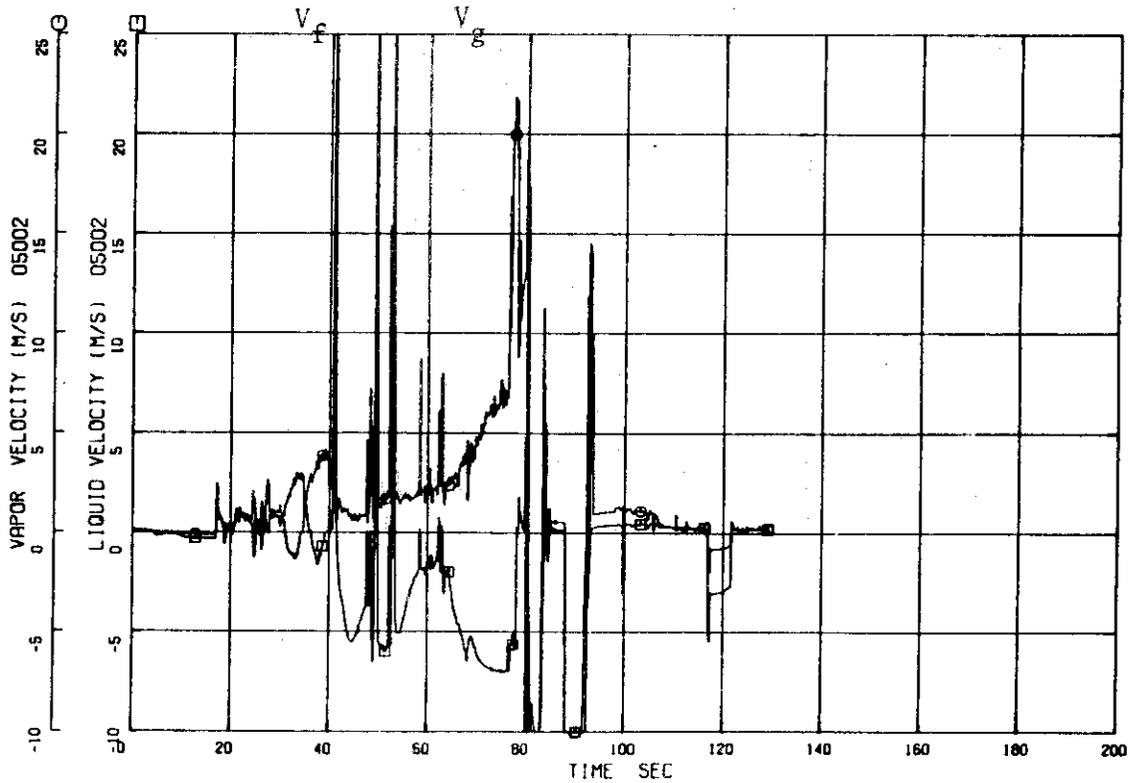


Fig. 5.10 Calculated Core Bypass Outlet Velocity

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

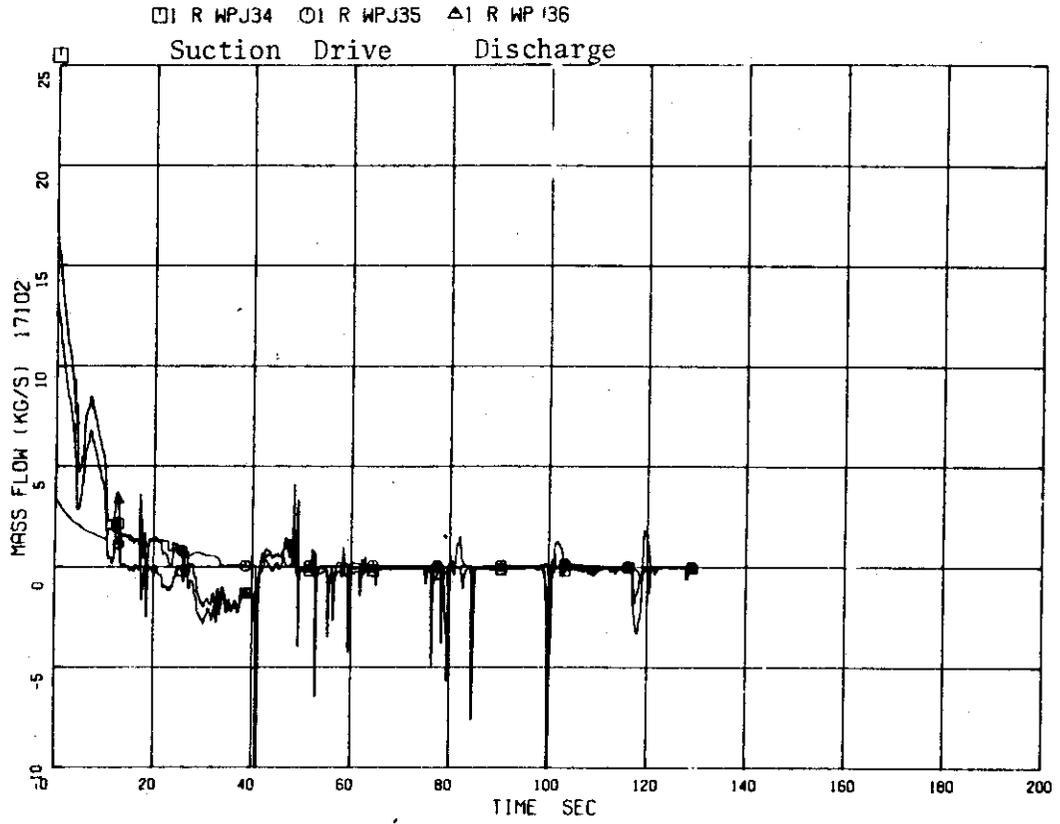


Fig. 5.11 Calculated Intact Jet Pump Flow

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

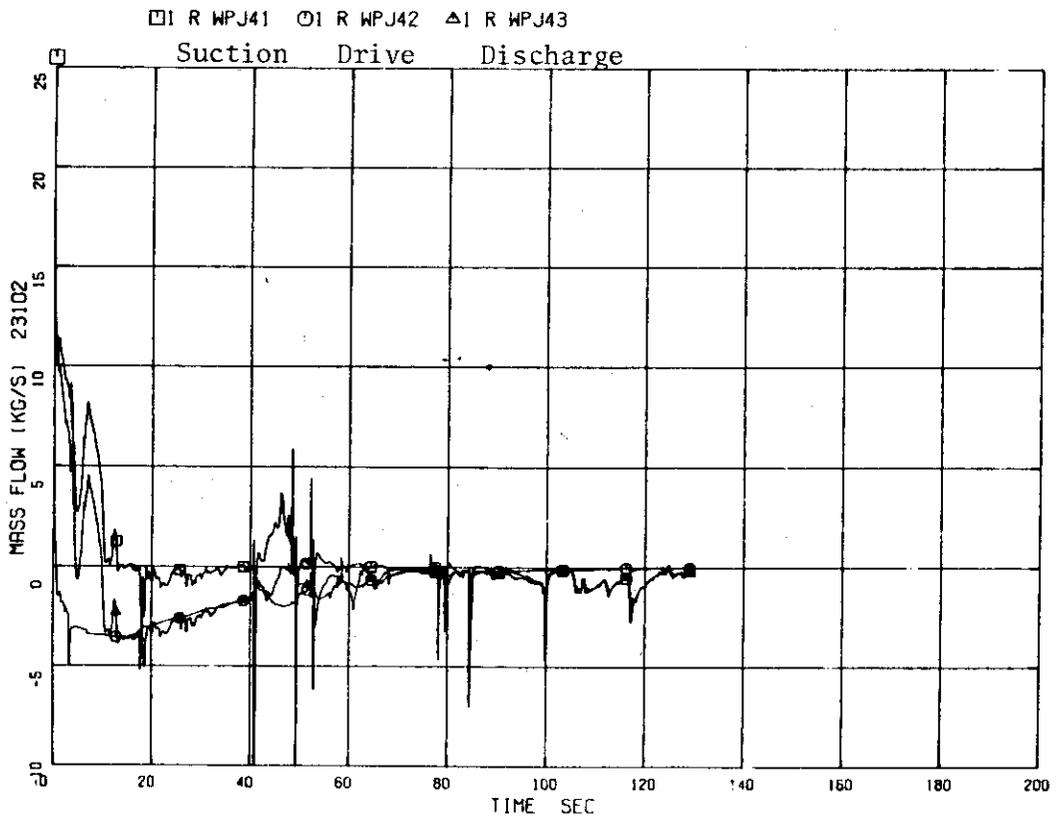


Fig. 5.12 Calculated Broken Jet Pump Flow

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

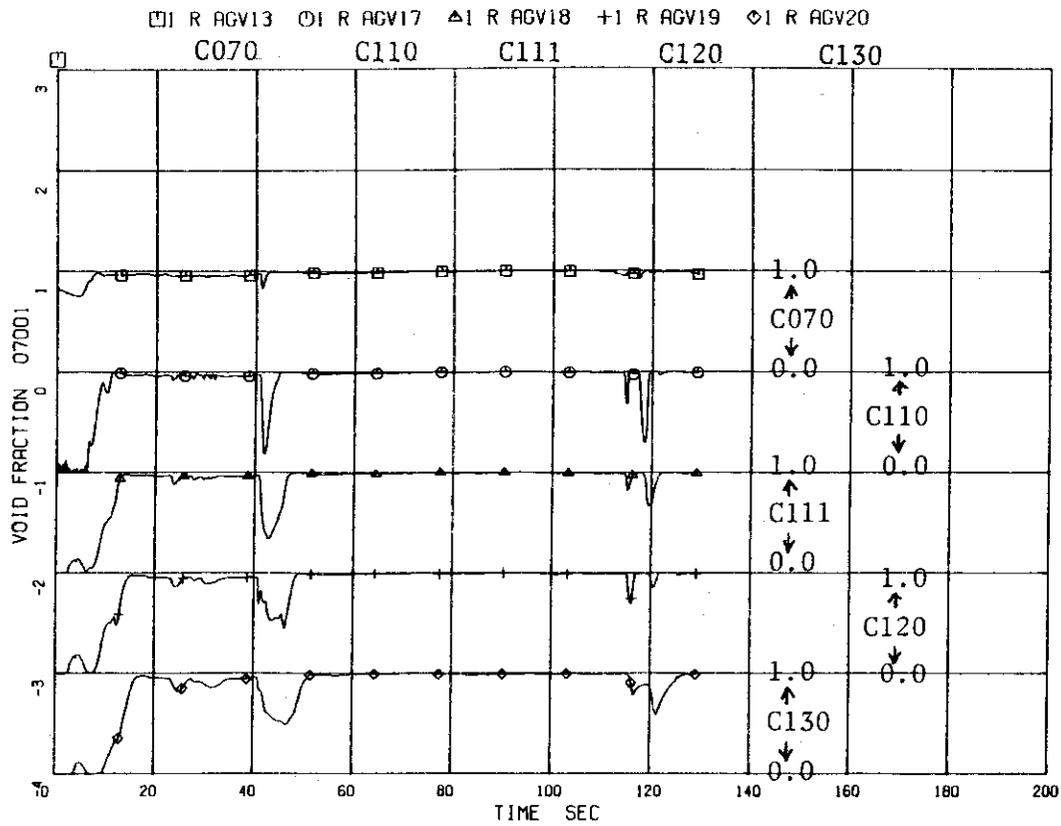


Fig. 5.13 Calculated Downcomer Void Fraction

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

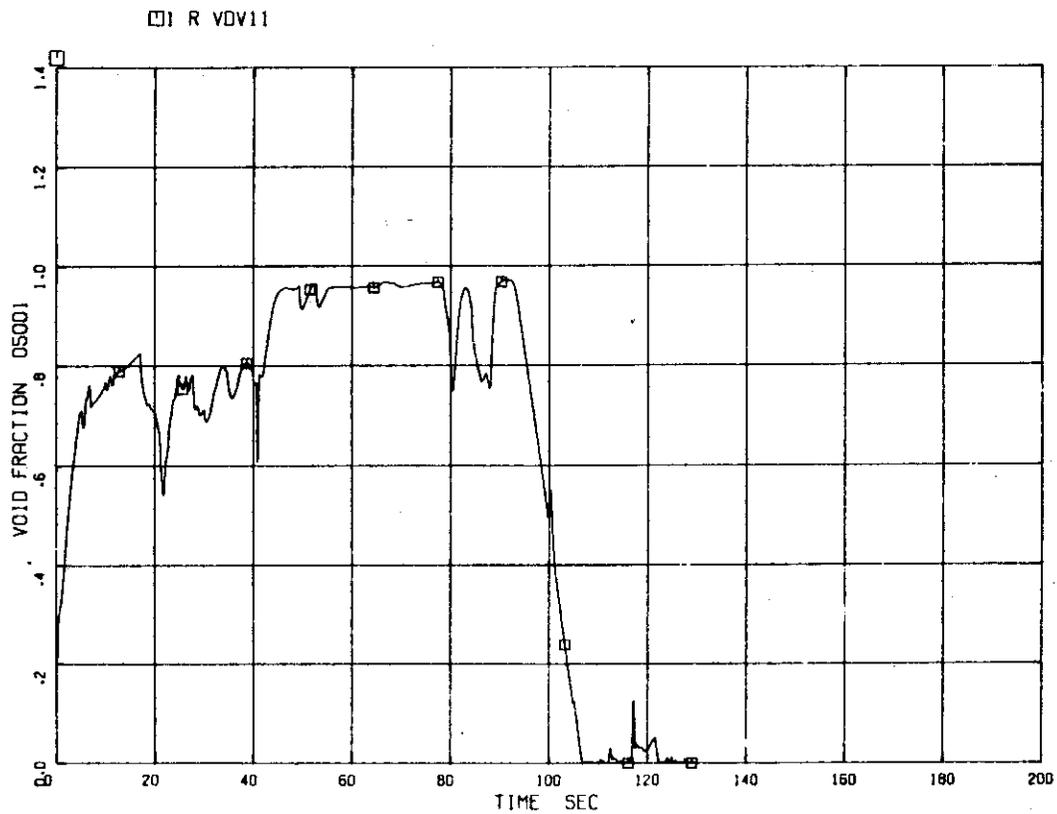


Fig. 5.14 Calculated Upper Plenum Void Fraction

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MODO CASE A-1

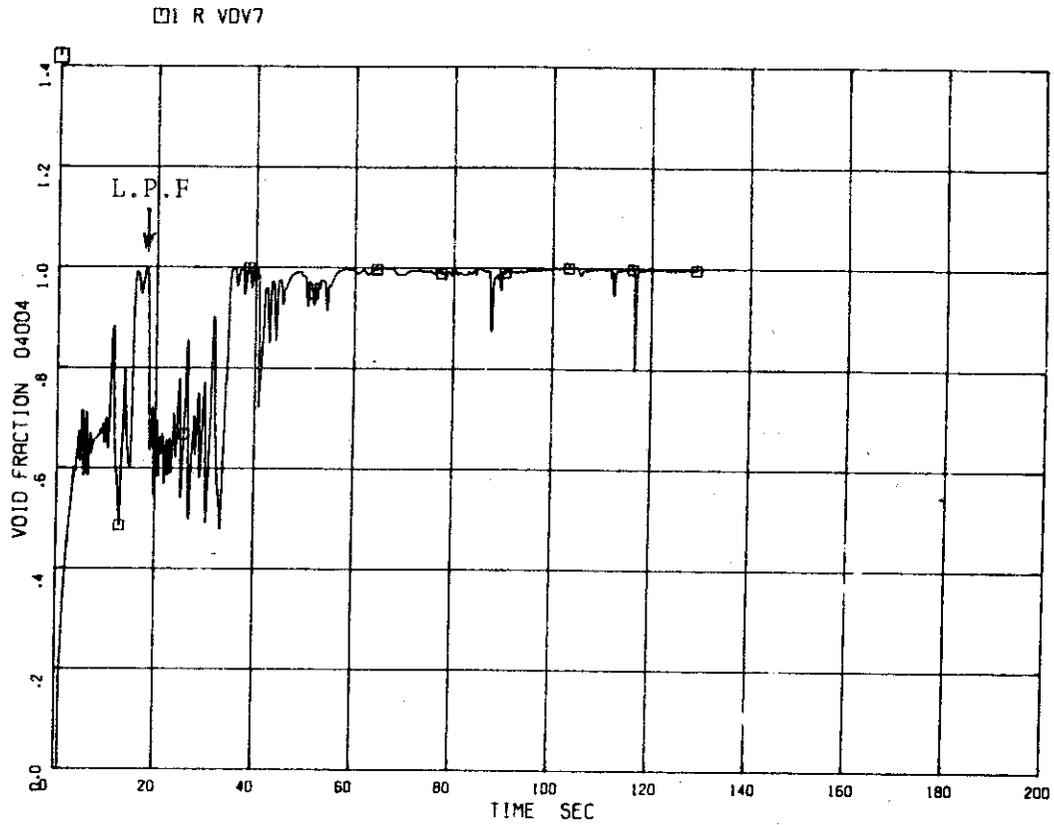


Fig. 5.15 Calculated Void Fraction at the Midplane on the Core

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MODO CASE A-1

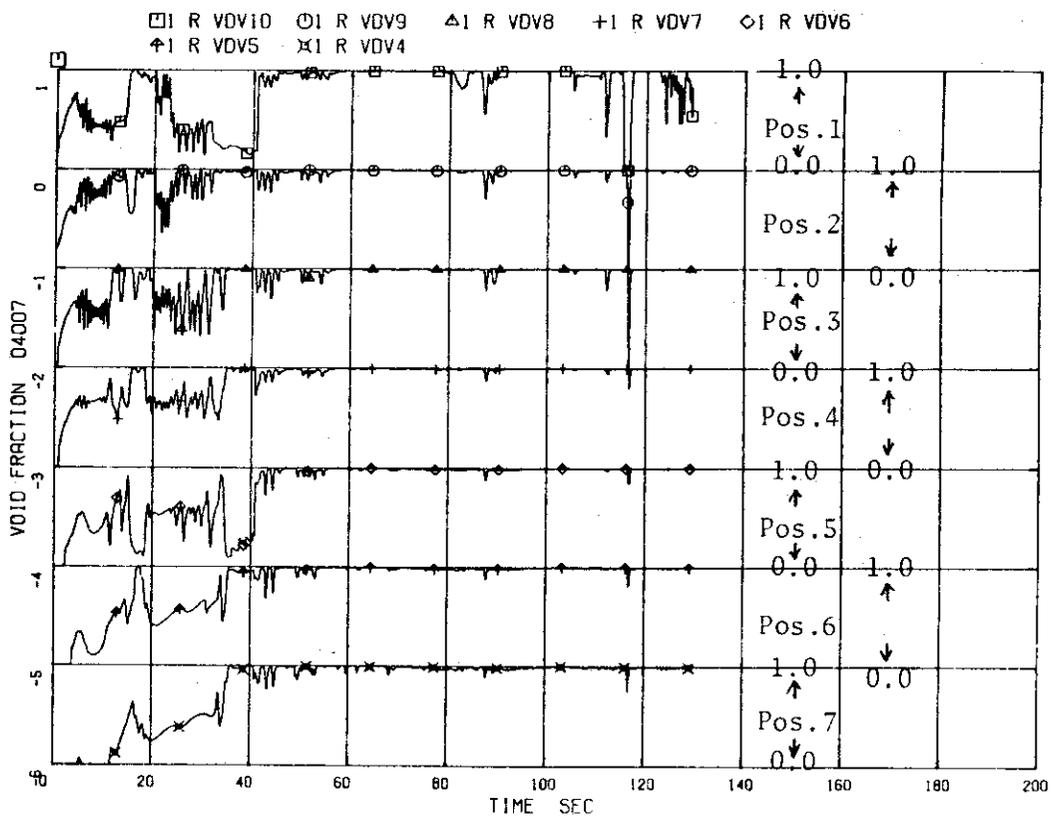


Fig. 5.16 Calculated Core Void Fraction

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

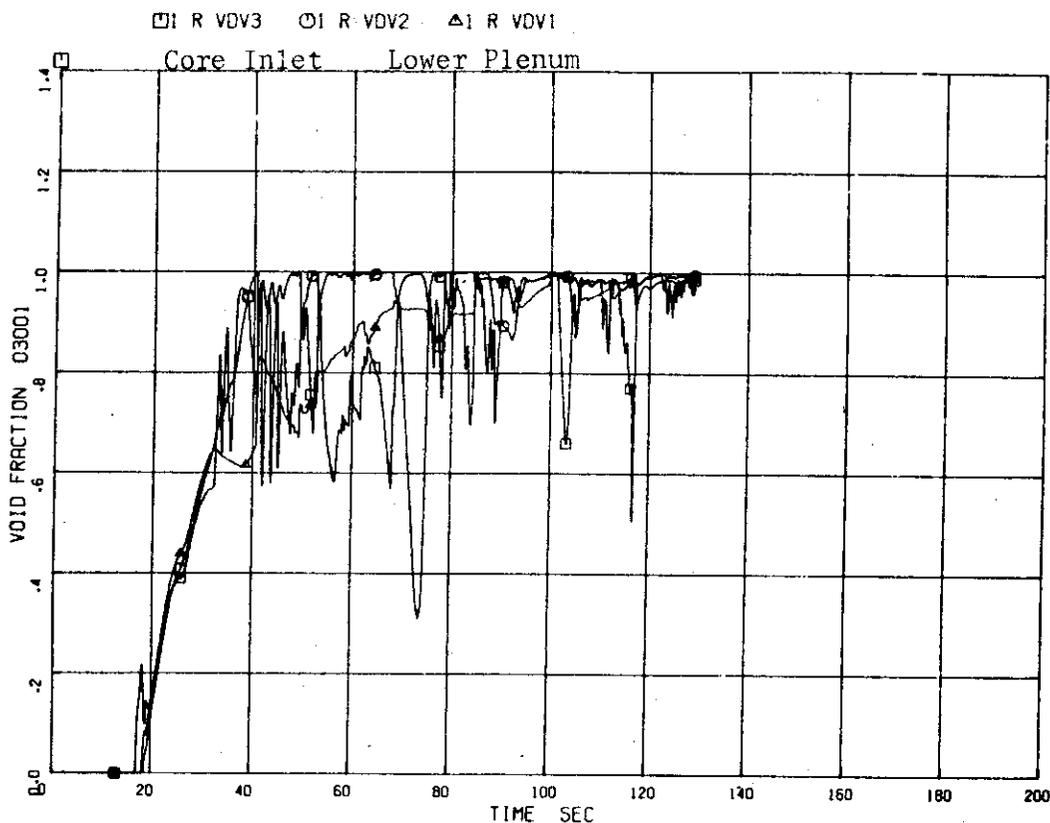


Fig. 5.17 Calculated Lower Plenum Void Fraction

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

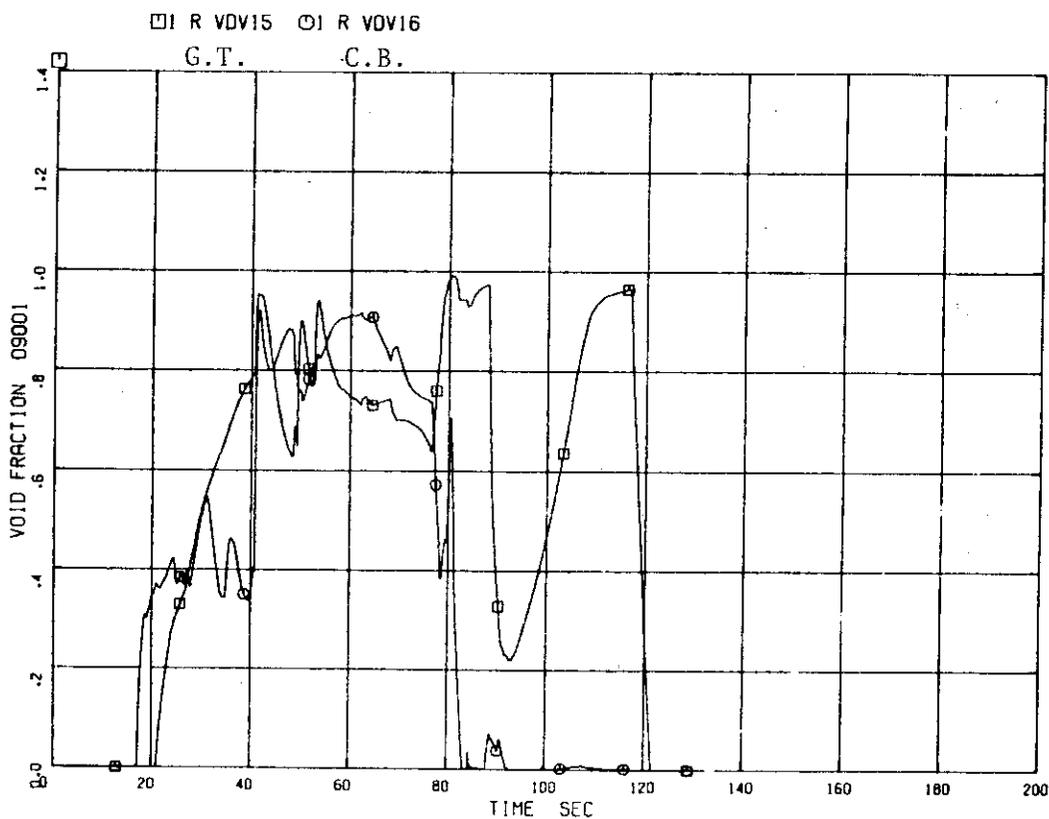


Fig. 5.18 Calculated Core Bypass and Guide Tube Void Fraction

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

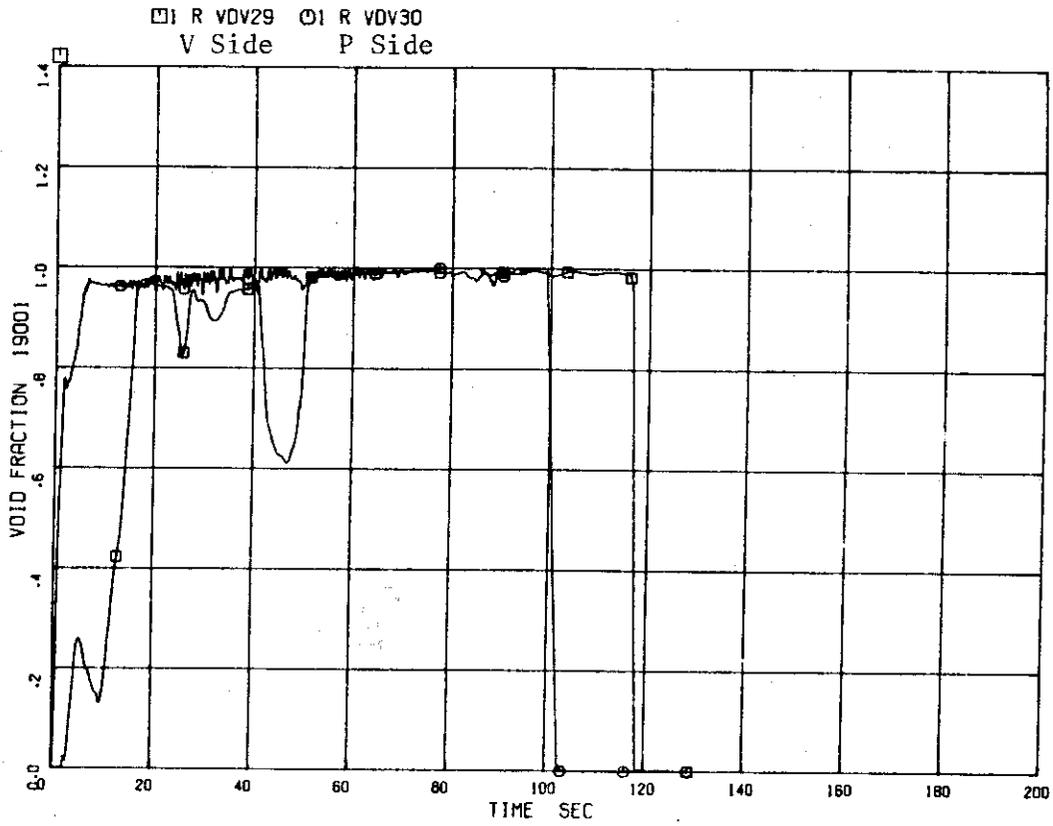


Fig. 5.19 Calculated Void Fraction of Volumes upstream Break

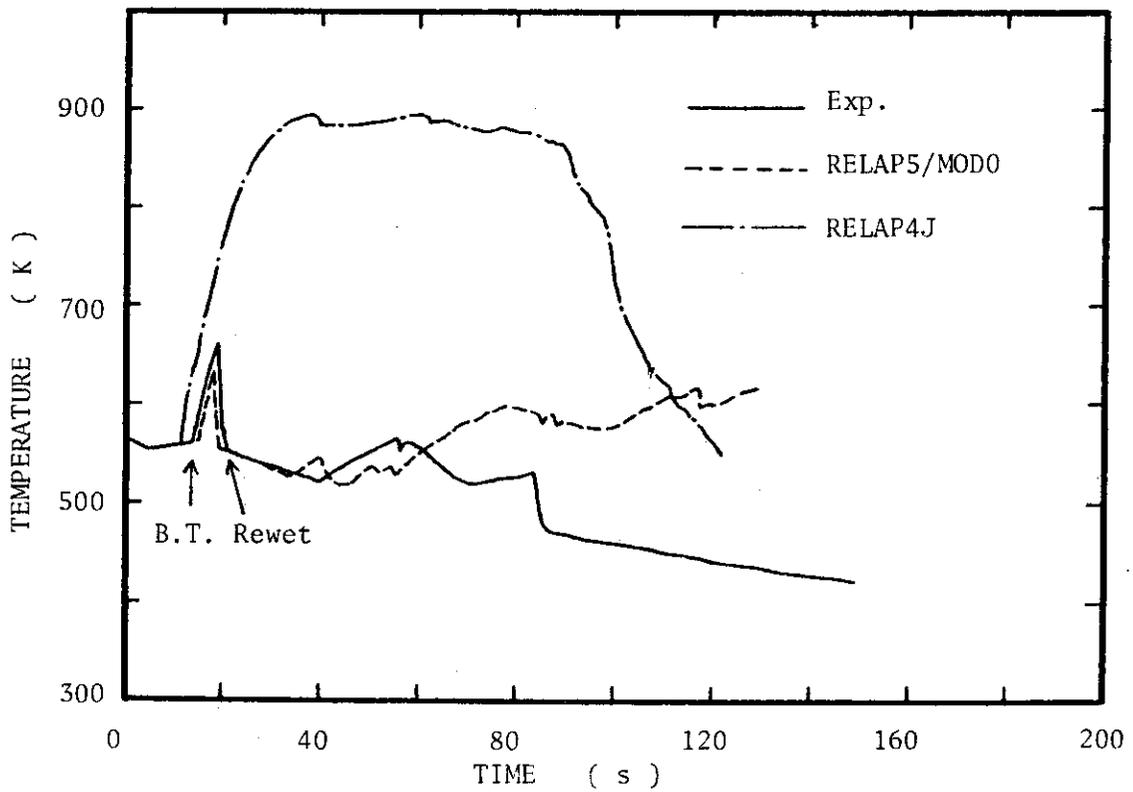


Fig. 5.20 Calculated Heater Surface Temperature at the Midplane of the Core

ROSA III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MODU CODE

PII R MCS4

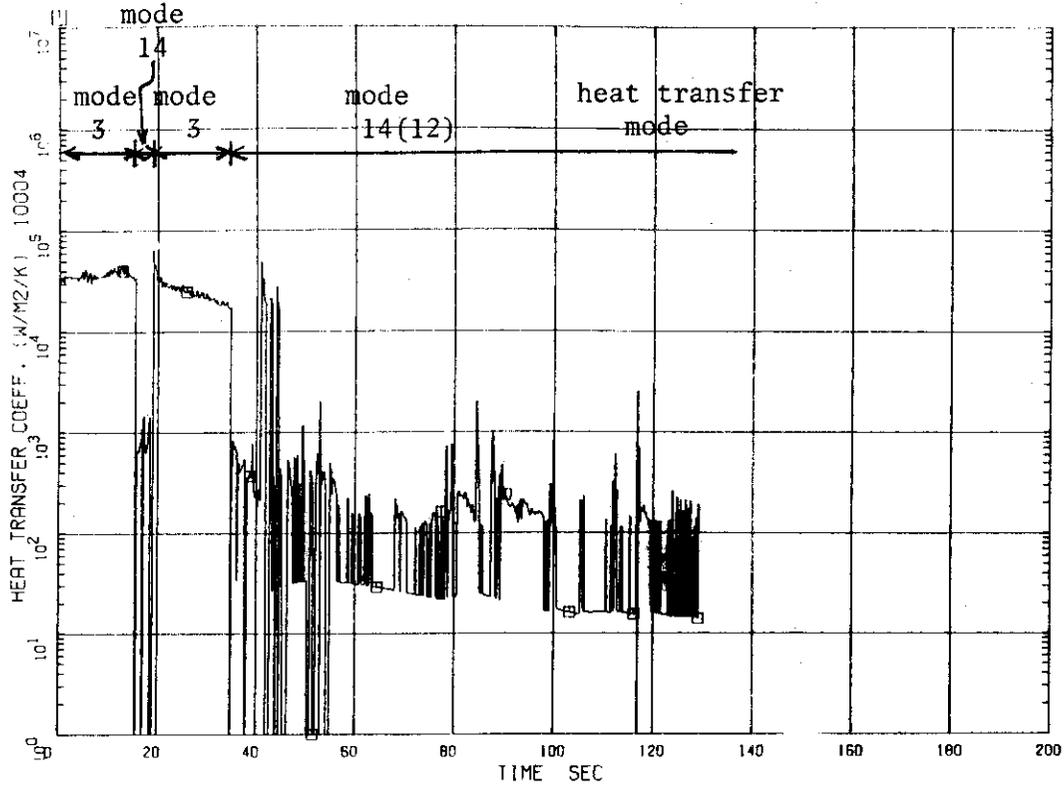


Fig. 5.21 Calculated Heat Transfer Coefficient of Heater Surface at the Midplane of the Core

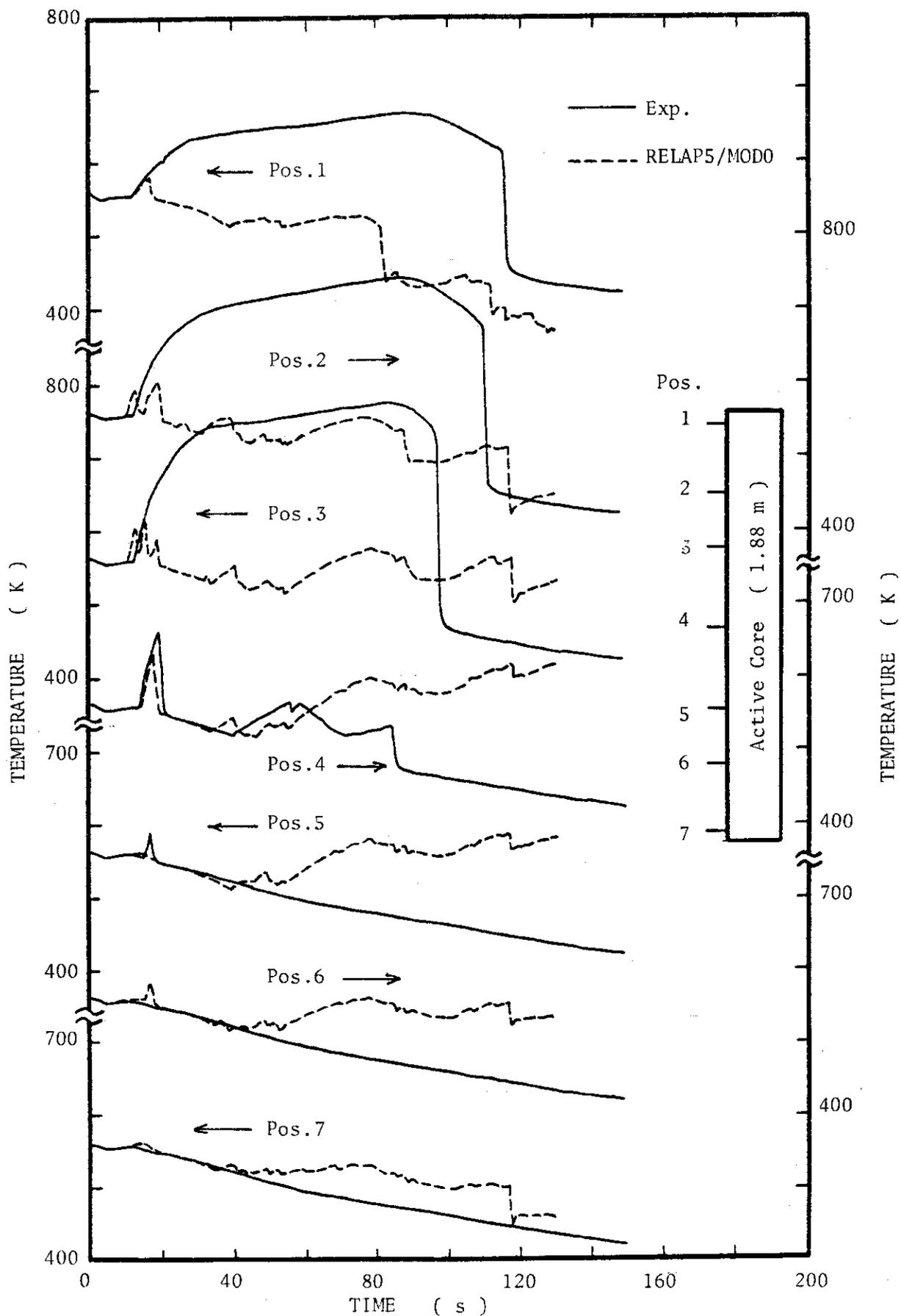


Fig. 5.22 Comparison of Measured and Calculated Axial Heater Surface Temperature

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

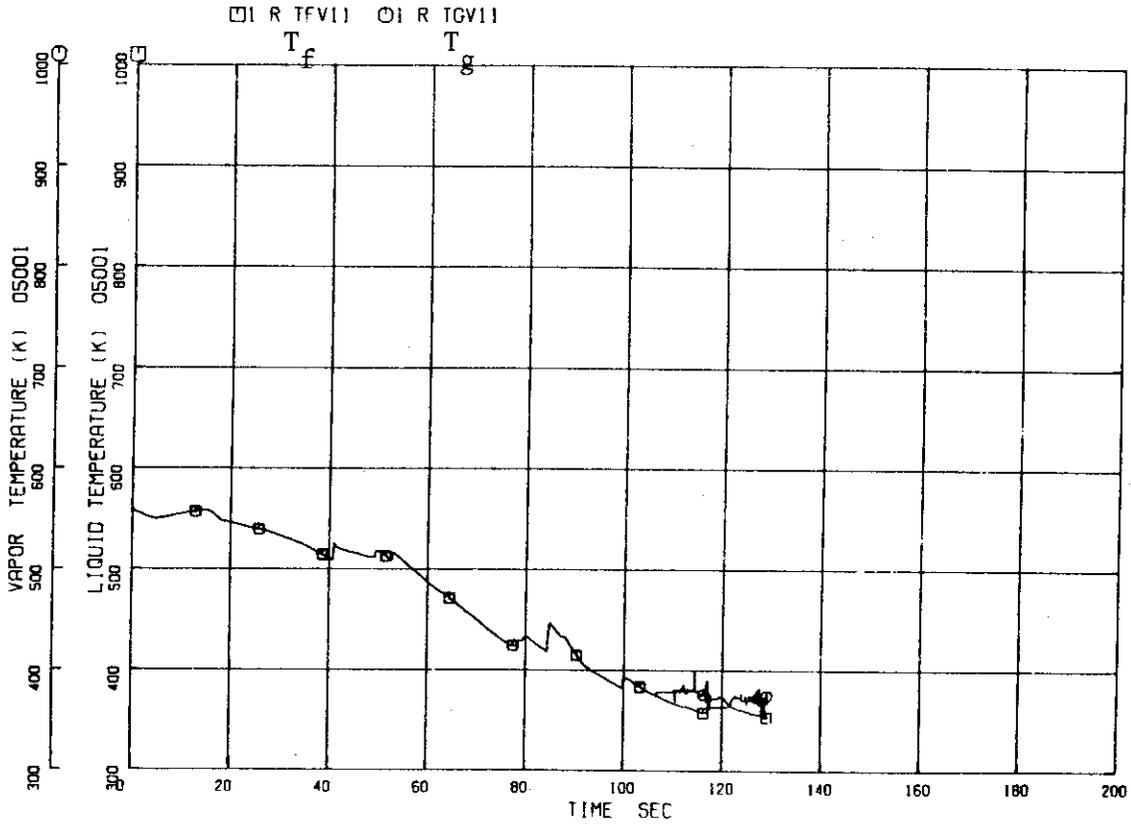


Fig. 5.23 Calculated Fluid Temperature in the Upper Plenum

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

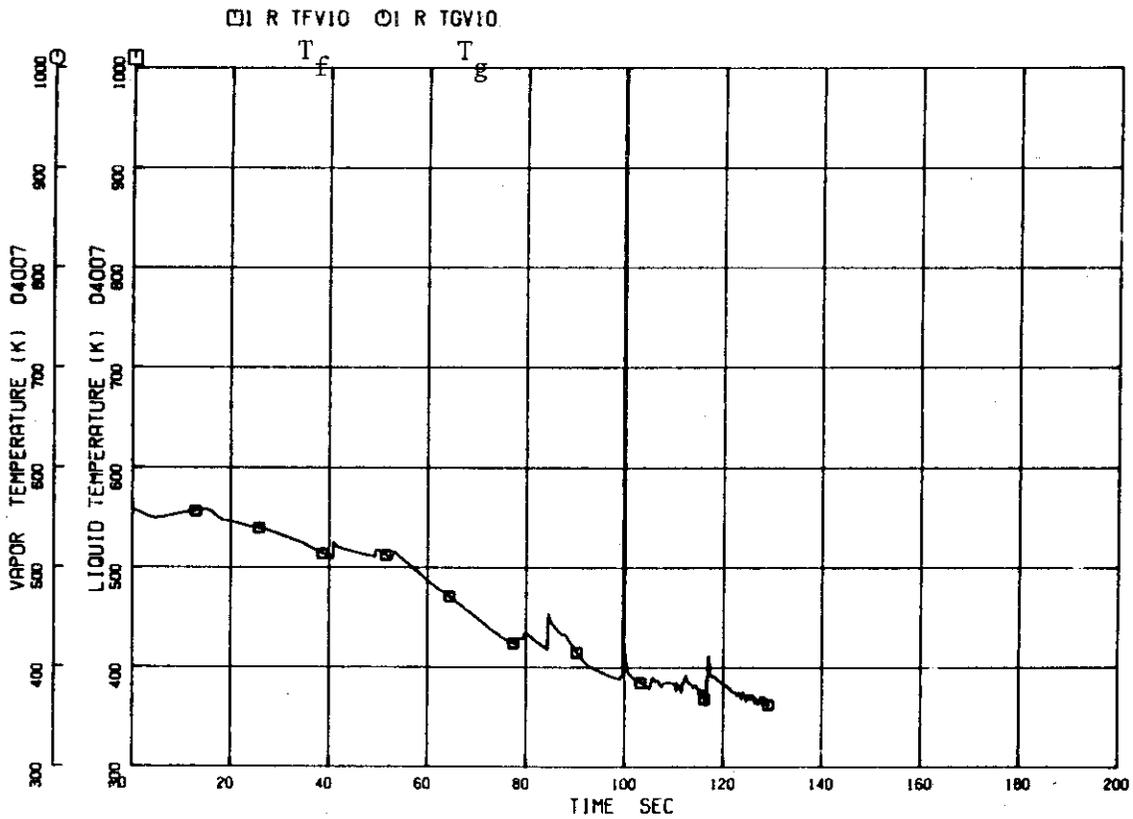


Fig. 5.24 Calculated Fluid Temperature at the Top of the Core

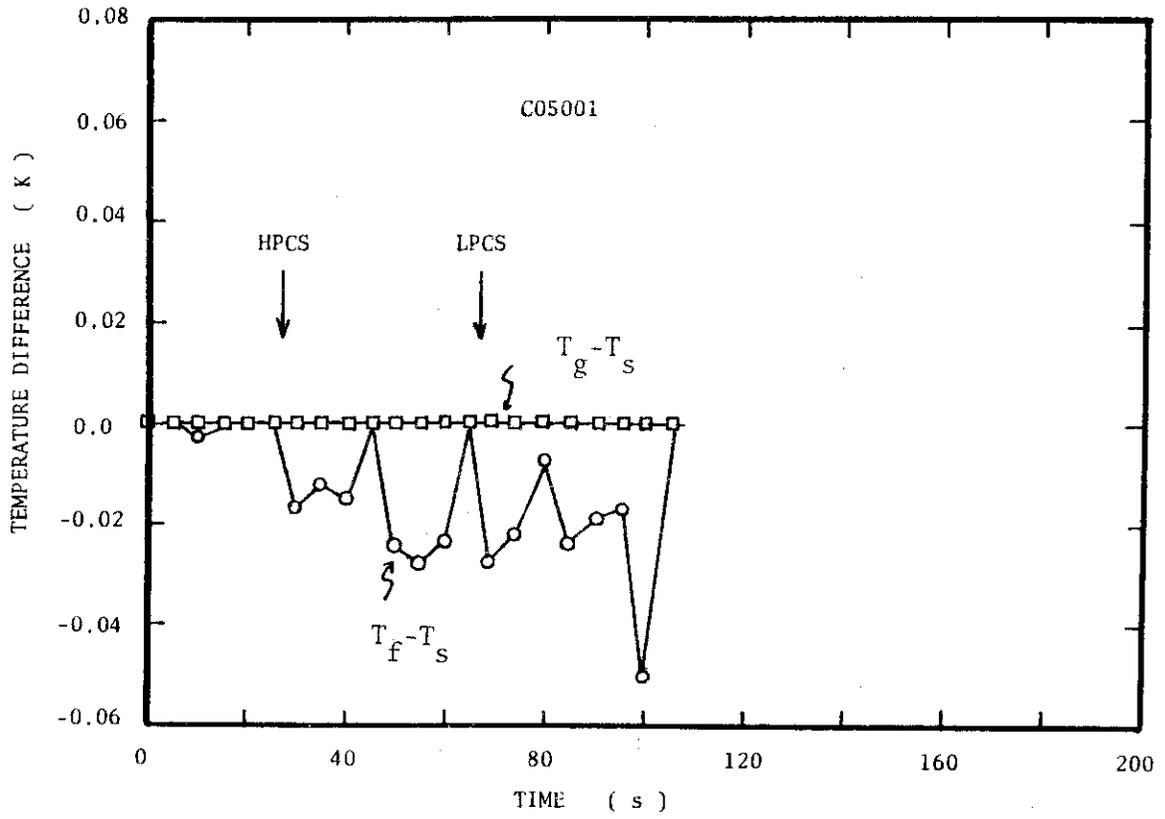


Fig. 5.25 Calculated Subcooled Temperature in the Upper Plenum

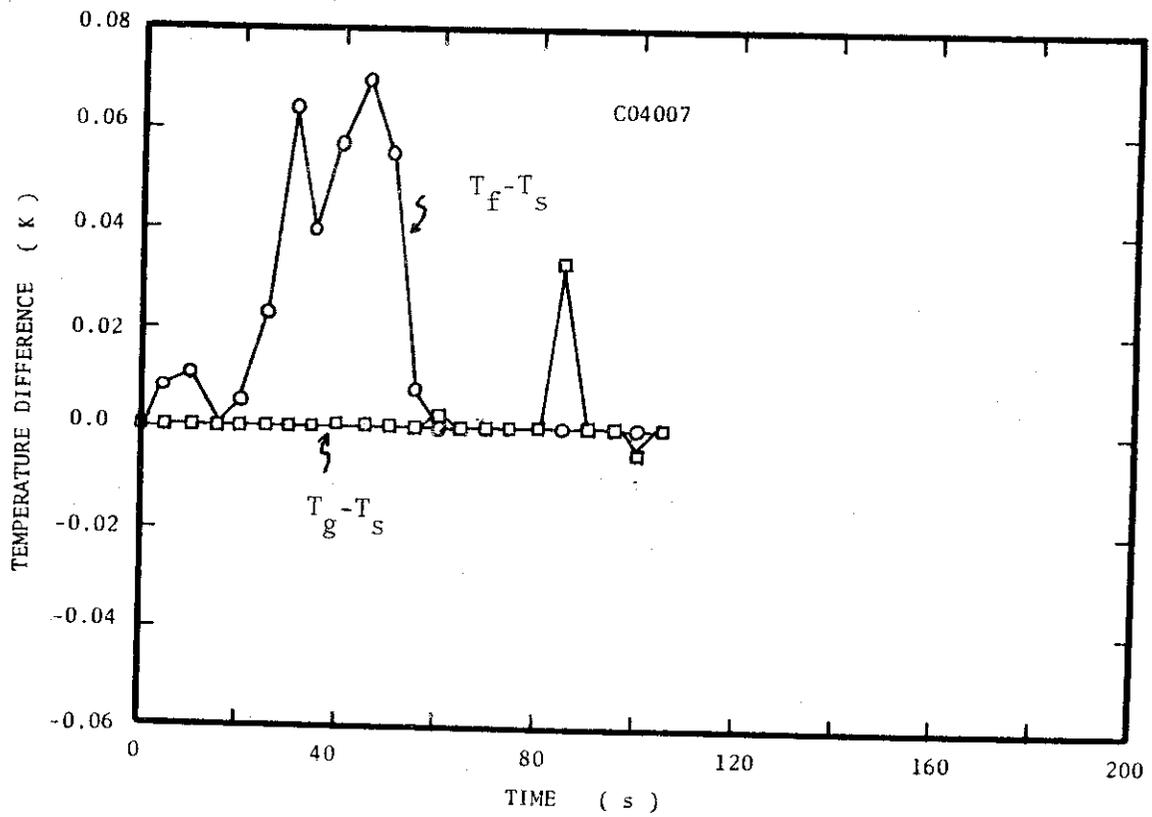


Fig. 5.26 Calculated Superheated Temperature at the Top of the Core

ROSA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

[D] R QSV11

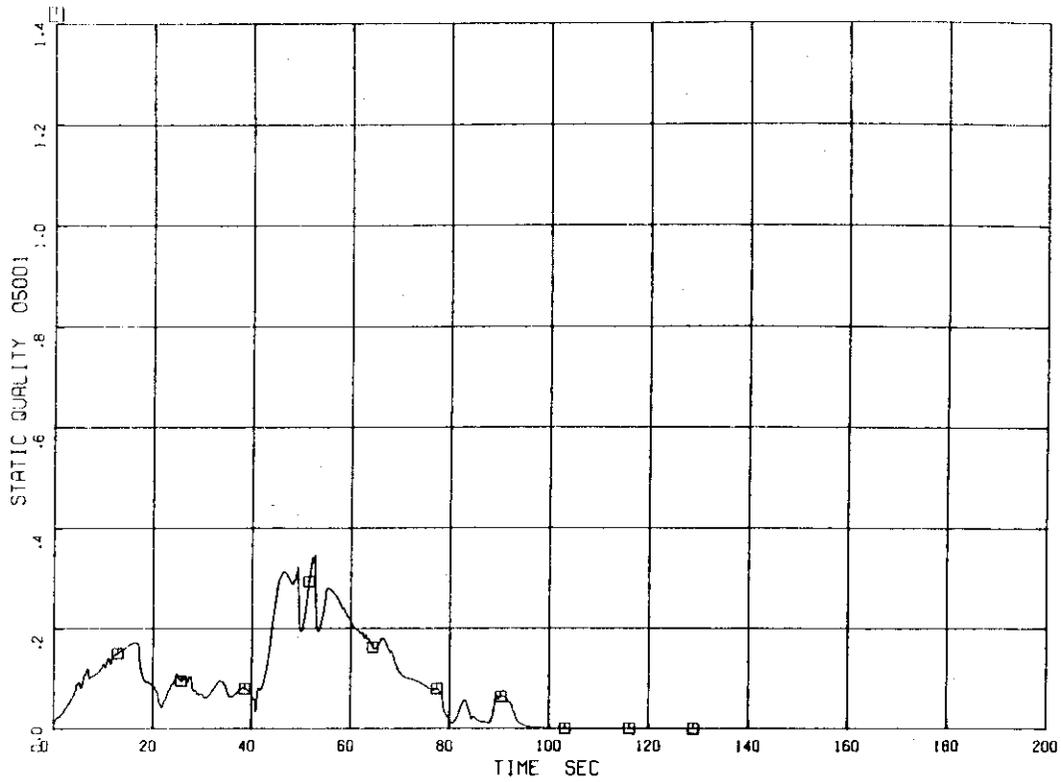


Fig. 5.27 Calculated Quality in the Upper Plenum

ROSA III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A 1

[D] R VRV11

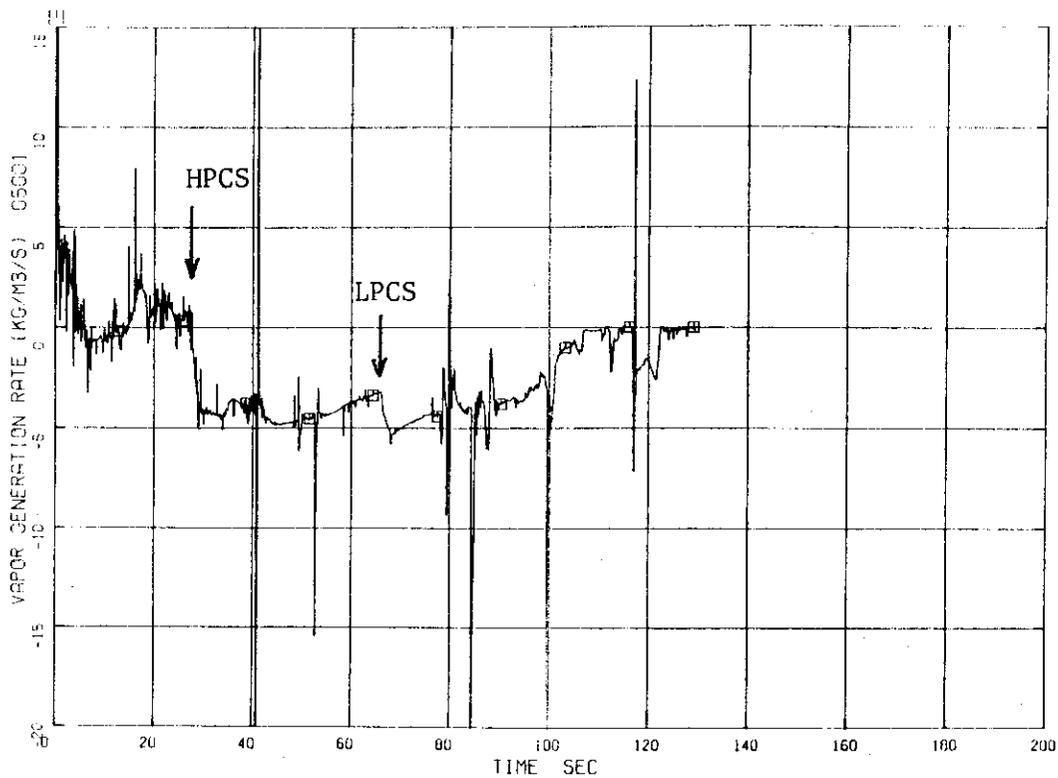


Fig. 5.28 Calculated Vapor Generation Rate in the Upper Plenum

RODA-III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

FIG R VRVIG

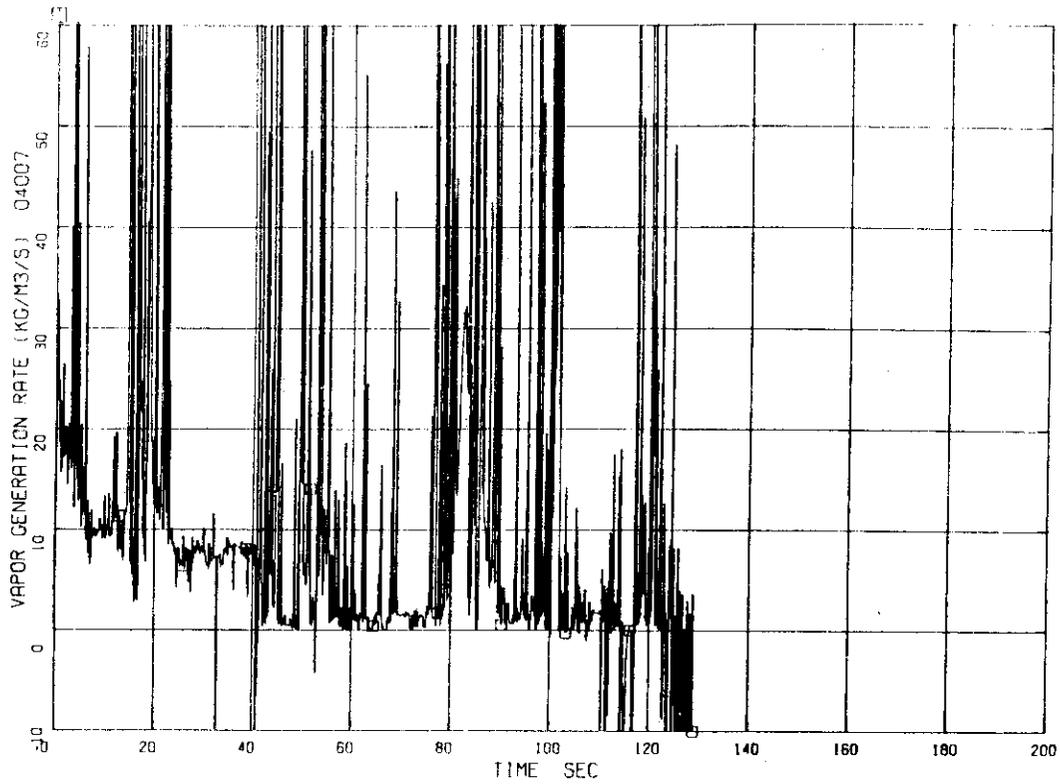


Fig. 5.29 Calculated Vapor Generation Rate at the Top of the Core

RODA III RUN704 POST-TEST ANALYSIS RELAP5/MOD0 CASE A-1

FIG R VRVIG

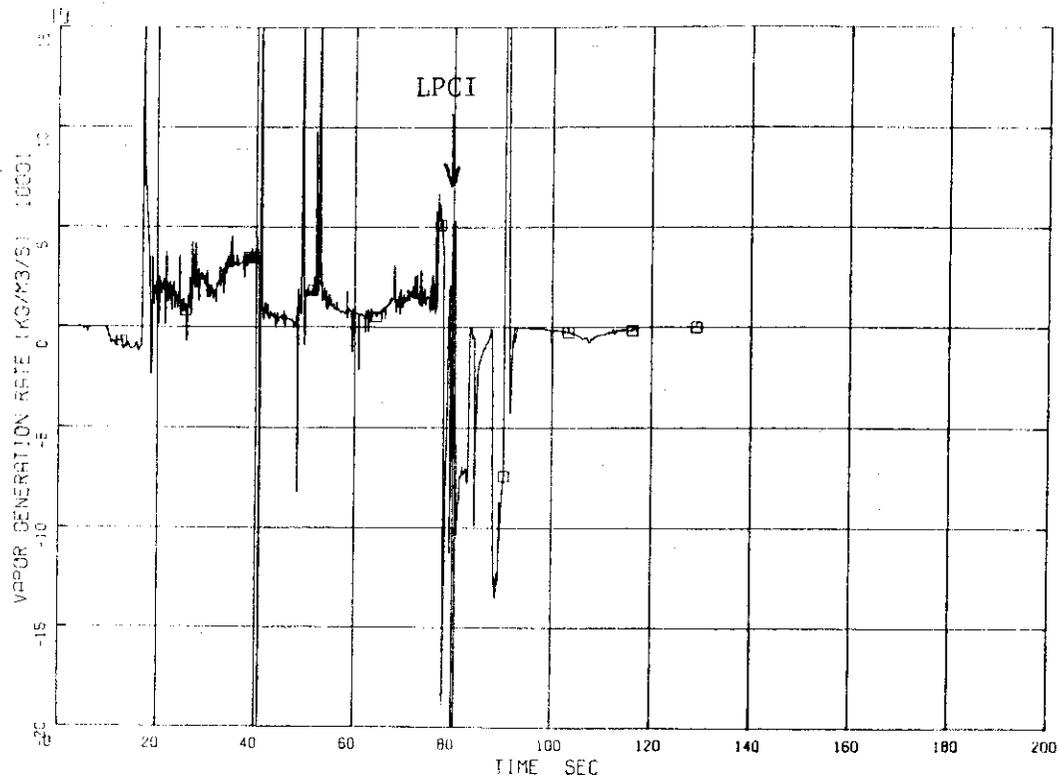


Fig. 5.30 Calculated Vapor Generation Rate in the Core Bypass

## 6. 結 論

非均質非平衡な二相流モデルに基づく最新のLOCA解析コードRELAP5/MOD0コードのBWR LOCA解析への適用性を検討するため、BWR LOCAの標準的模擬実験であるROSA-III RUN 704の実験解析を行ない、以下の事がわかった。

1. 炉内圧力変化は破断後30秒までは実験データより高くその後低くなる。これはサブクール領域での流出流量を過少評価しているためと考えられる。
2. 下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が良く計算されている。これはRELAP5コードの二相流モデルが従来のRELAP4コードより優れている事を示している。炉心出入口での気液二相対向流も計算されている。
3. 炉心は破断後40秒以降蒸気中に露出する。しかしECCSの作動による再冠水は計算されていない。
4. ヒータ表面温度変化とボイド率変化には密接な関連がありボイド率が増加するとヒータ表面温度は上昇する。ヒータ表面温度変化は従来のRELAP4コードと同様に炉心上部では解析の方が低く炉心下部では解析の方が高い。RELAP5コードでは下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が良く計算されているのでヒータ表面のリウエットも良く計算されている。しかし、炉心の再冠水が計算できていないのでヒータ表面のクエンチは解析できていない。
5. 気液二相の熱的非平衡はHPCS作動後の上部プレナムで計算されているがその程度は小さい。HPCS作動後上部プレナム内で、LPCI作動後炉心バイパス内で多量の蒸気が凝縮する事がわかった。これらの熱的非平衡は従来のRELAP4コードでは計算できないものである。

この様にRELAP5コードでは従来のRELAP4コードでは解析できなかった非均質非平衡状態が計算されているが熱的非平衡の程度は非常に小さい。RELAP5/MOD0コードはRELAP5コードの最初のVersionであるため次の点に未解決の問題点が残されている。

1. 気液二相間摩擦力が流量とボイド率で表わされる簡単な垂直管に対する流動様式図に基づき計算される。水平管に対する流動様式も垂直管に対するもので計算される。
  2. 壁からの熱伝達相関モデルはブローダウン過程解析用のものである。
- これらはRELAP5/MOD1<sup>(17)</sup>コードでかなり改善されているので検討が必要である。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、安全工学第一研究室ス波正誼室長、小泉安郎氏、日本コンピュータ・ビューロー(株)の山野和秋氏より多くの助言、教示、助力を賜りました。ここに深く感謝の意を表わします。

## 6. 結 論

非均質非平衡な二相流モデルに基づく最新のLOCA解析コードRELAP5/MOD0コードのBWR LOCA解析への適用性を検討するため、BWR LOCAの標準的模擬実験であるROSA-III RUN 704の実験解析を行ない、以下の事がわかった。

1. 炉内圧力変化は破断後30秒までは実験データより高くその後低くなる。これはサブクール領域での流出流量を過少評価しているためと考えられる。
2. 下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が良く計算されている。これはRELAP5コードの二相流モデルが従来のRELAP4コードより優れている事を示している。炉心出入口での気液二相対向流も計算されている。
3. 炉心は破断後40秒以降蒸気中に露出する。しかしECCSの作動による再冠水は計算されていない。
4. ヒータ表面温度変化とボイド率変化には密接な関連がありボイド率が増加するとヒータ表面温度は上昇する。ヒータ表面温度変化は従来のRELAP4コードと同様に炉心上部では解析の方が低く炉心下部では解析の方が高い。RELAP5コードでは下部プレナムフラッシングによる炉心入口流量の顕著な増加が良く計算されているのでヒータ表面のリウエットも良く計算されている。しかし、炉心の再冠水が計算できていないのでヒータ表面のクエンチは解析できていない。
5. 気液二相の熱的非平衡はHPCS作動後の上部プレナムで計算されているがその程度は小さい。HPCS作動後上部プレナム内で、LPCI作動後炉心バイパス内で多量の蒸気が凝縮する事がわかった。これらの熱的非平衡は従来のRELAP4コードでは計算できないものである。

この様にRELAP5コードでは従来のRELAP4コードでは解析できなかった非均質非平衡状態が計算されているが熱的非平衡の程度は非常に小さい。RELAP5/MOD0コードはRELAP5コードの最初のVersionであるため次の点に未解決の問題点が残されている。

1. 気液二相間摩擦力が流量とボイド率で表わされる簡単な垂直管に対する流動様式図に基づき計算される。水平管に対する流動様式も垂直管に対するもので計算される。
  2. 壁からの熱伝達相関モデルはブローダウン過程解析用のものである。
- これらはRELAP5/MOD1<sup>(17)</sup>コードでかなり改善されているので検討が必要である。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、安全工学第一研究室ス波正誼室長、小泉安郎氏、日本コンピュータ・ビューロー(株)の山野和秋氏より多くの助言、教示、助力を賜りました。ここに深く感謝の意を表わします。

## 参 考 文 献

- 1) EG&G, "Code Development and Analysis Program RELAP5/MOD0 Code Description Volume 1~3", CDAP-TR-057 (5, 1979)
- 2) ANODA, Y. et al., "Experiment Data of ROSA-III Test RUN704 (Standard Test with ECCS Actuation)", JAERI-M 8968 (1980)
- 3) 菊池治, 他3名, "ROSA-III実験RUN704の実験解析", JAERI-M 8729 (3. 1980)
- 4) 安部信明, 他1名, "RELAP 4 Jコードを用いたROSA-III実験RUN 704の感度解析", JAERI-M 9156 (11. 1980)
- 5) 望月洋志, 他4名, "軽水炉のLOCA解析コードRELAP 4 J (RELAP4/NOD 2の改良について)", JAERI-M 7506 (2. 1978)
- 6) Aerojet Nuclear Company "RELAP4/MOD5 A Computer Program for Transient Thermal-Hydraulic Analysis of Nuclear Reactors and Related Systems User's Manual", ANCR-NUREG-1335 (9. 1976)
- 7) EG&G, "RELAP4/MOD6 A Computer Code Program for Transient Thermal-Hydraulic Analysis of Nuclear Reactors and Related Systems User's Manual", CDAP-TR-003 (1. 1978)
- 8) O.C. Jones, Jr. and Pradip Saha, "Volumetric Vapor Generation in Non-Equilibrium, Two-Phase Flows", Notes Prepared for Advanced Code Review Group Meeting Water Reactor Safety Research Division U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C. 20555, June 2, 1977
- 9) R.T. Lahey, Jr., "RPI Two-Phase Flow Modeling Program" Presented at Fifth Water Reactor Safety Research Information Meeting, November 7-11, 1977
- 10) K.T. Claxton, J.G. Collier, A.J. Ward, "H.T.F.S Correlation for Two-Phase Pressure Drop and Void Fraction in Tubes," AERE-R7162 (1972)
- 11) J.K. Vennard, "Elementary Fluid Mechanics (4th Edition)", John Wiley and Sons, 1965
- 12) V.H. Ransom and J.A. Trapp, "RELAP5 Progress Summary Analytic Choking Criterion for Two-Phase Flow", CDAP-TR-013 (1978)
- 13) K.E. Carlson et al., "The Application of RELAP5 to a Pipe Blowdown Experiment", Presented at the American Society of Mechanical Engineers Heat Transfer Division Nuclear Reactor Thermal-Hydraulic 1980 Topical Meeting, Saratoga,

New York.

- 14) H.H. Kuo et al., "Calculated Thermal-Hydraulic Response for Semiscale MOD3 Test S-07-6 using RELAP5 --- A New LWR System Analysis Code", Presented at the American Society of Mechanical Engineers Heat Transfer Division Nuclear Reactor Thermal-Hydraulic 1980 Topical Meeting, Saratoga, New York
- 15) V.H. Ransom et al., "The RELAP5 Choked Flow Model and Application to a Large Scale Flow Test", Presented at the American Society of Mechanical Engineers Heat Transfer Division Nuclear Reactor Thermal-Hydraulic 1980 Topical Meeting, Saratoga, New York.
- 16) D.C. Meham et al., "Comparison of RELAP5 Calculations with Level Swell and Counter-Current Flow Phenomena", presented at the 1980 ANS/ENS Topical Meeting, Thermal Reactor Safety, Knoxville, Tennessee, April 7-11, 1980
- 17) EG&G, "RELAP5/MOD1 Code Manual Vol.1~3", NUREG/CR-1826 (11. 1980)

Appendix A

Input List of RELAP5/MODO Code for ROSA-III RUN 704

LISTING OF INPUT DATA FOR CASE 1

```

1  =ROSA-III RUN704 *00000100
2  ***** *00000200
3  * *00000300
4  * RRRRRRRR 00000000 SSSSSSSS AAAA IIIIIIIIIIIIIII *00000400
5  * RRRRRRRR 00000000 SSSSSSSS AAAA IIIIIIIIIIIIIII *00000500
6  * RR RR 00 00 SS AA AA II II II *00000600
7  * RR RR 00 00 SS AA AA II II II *00000700
8  * RRRRRRRR 00 00 SSSSSSSS AA AA II II II *00000800
9  * RRRRRRRR 00 00 SSSSSSSS AA AA === II II II *00000900
10 * RR RR 00 00 SS AAAAAAAAAA === II II II *00001000
11 * RR RR 00 00 SS AAAAAAAAAA II II II *00001100
12 * RR RR 00 00 SS AA AA II II II *00001200
13 * RR RR 00 00 SS AA AA II II II *00001300
14 * RR RR 00000000 SSSSSSSS AA AA IIIIIIIIIIIIIII *00001400
15 * RR RR 00000000 SSSSSSSS AA AA IIIIIIIIIIIIIII *00001500
16 * *00001600
17 ***** *00001700
18 *RELAP5/MOD1 INPUT DATA *00001800
19 * *00001900
20 * TYPE OPTION *00002000
21 0000100 NEW TRANSNT *00002200
22 * *00002300
23 * INPUT CHECK *00002400
24 0000101 RUN *00002600
25 * *00002700
26 * INPUT OUTPUT *00002800
27 0000102 BRITISH SI *00002900
28 * *00003000
29 * T END MIN MAX CON MIE MAE MR *00003100
30 0000201 200.0 1.0-10 0.05 1 2 100 100 *00003200
31 * *00004700
32 * MINOR EDIT REQUEST. *00004800
33 0000301 P 080010000 * STEAM DOME *00004900
34 0000302 MFLOWJ 030020000 * CORE INLET *00005000
35 0000303 MFLOWJ 050030000 * CORE OUTLET *00005100
36 0000304 QUALE 040040000 * CORE SECTION *00005200
37 0000305 HTRNR 001000401 *00005300
38 0000306 HTHTC 001000401 *00005400
39 0000307 HTTEMP 001000409 *00005500
40 0000308 HTTEMP 001000709 *00005600
41 0000309 HTTEMP 001000609 *00005700
42 * *00005800
43 0000502 TIME 0 GE NULL 0 0.001 L *BREAK *00005900
44 0000509 TIME 0 GE NULL 0 0.001 L *MRP1 *00006000
45 0000510 TIME 0 GE NULL 0 0.001 L *MRP2 *00006100
46 0000513 TIME 0 LT NULL 0 0.500 N *QSV *00006200
47 * *00006300
48 ***** *00006400
49 ***** *00006500
50 * *00006600
51 ***** HYDRODYNAMIC COMPONENTS ***** *00006700
52 * *00006800
53 * REFERENCES *00006900
54 * 1. JAERI-M 8588 RELAP4J INPUT DATA FOR ROSA-III RUN 704 *00007000
55 * 2. JAERI-M 8499 PIPING ETC *00007100
56 * 3. MECHANICAL ENGINEERING HANDBOOK *00007200
57 * 4. RELAP5 USERS MANUAL VOL 1,2,3 *00007300
58 * *00007400
59 * FUNDAMENTAL ASSUMPTION *00007500
60 * NONHOMOGENEOUS, NONEQUILIBRIUM ..... INSIDE VESSEL *00007600
    
```

```

61 * * *00007800
62 * NOTE *00007900
63 * ALL BEND RESISTANCES ARE CALCULATED FROM REFERENCE 3 *00008000
64 * ALL WALL ROUGHNESS ARE CONSTANT *00008200
65 * E = 1.64E-4 (FT) *00008300
66 * *00008400
67 * ***** *00008500
68 * *00008600
69 * LOWER PLENUM BELOW TIE GRID (VOLUME 1 .... RELAP4J) *00008700
70 * *00008800
71 * NAME TYPE *00008900
72 * 0100000 C010 BRANCH *00009000
73 * *00009100
74 * NO JUN INITIAL C.C *00009200
75 * 0100001 4 1 *00009300
76 * *00009400
77 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00009500
78 * 0100101 1.610 0.0 4.729 0.0 90.0 1.6900 1.64E-4 100. 00 *00009600
79 * *00009700
80 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00009800
81 * 0100200 3 1033.3638 523.0 0.0 *00009900
82 * *00010000
83 * FR TO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00010100
84 * 0101101 010010000 020000000 0.599 0.622 0.713 0100 *J1 *00010200
85 * 0102101 010010000 090000000 8.12-4 1.450 1.450 0100 *J8 *00010300
86 * 0103101 185010000 010000000 0.04616 1.750 1.250 0100 *J24 *00010400
87 * 0104101 245010000 010000000 0.04616 1.750 1.250 0100 *J14 *00010500
88 * *00010600
89 * FLOW-F FLOW-G VELJ *00010700
90 * 0101201 79.495 0.0 0.0 *00010800
91 * 0102201 1.305 0.0 0.0 *00010900
92 * 0103201 40.4 0.0 0.0 *00011000
93 * 0104201 40.4 0.0 0.0 *00011100
94 * *00011200
95 * ***** *00011300
96 * *00011400
97 * LOWER PLENUM ABOVE TIE GRID (VOLUME 2 .... RELAP4J) *00011500
98 * *00011600
99 * NAME TYPE *00011700
100 * 0200000 C020 SNGLVOL *00011800
101 * *00011900
102 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00012000
103 * 0200101 0.7594 0.0 2.033 0.0 90.0 2.677 1.64-4 0.1059 00 *00012200
104 * *00012300
105 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00012400
106 * 0200200 3 1033.1014 523.0 0.0 *00012500
107 * *00012600
108 * ***** *00012700
109 * *00012800
110 * CORE INLET CHAMBER (VOLUME 3 .... RELAP4J) *00012900
111 * *00013000
112 * NAME TYPE *00013100
113 * 0300000 C030 BRANCH *00013200
114 * *00013300
115 * NO JUN INITIAL C.C *00013400
116 * 0300001 3 1 *00013500
117 * *00013600
118 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00013700
119 * 0300101 0.3971 0.0 0.3194 0.0 90.0 0.8042 1.64E-4 0.04341 00 *00013900
120 * *00014000
121 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00014100
122 * 0300200 3 1028.4345 523.0 0.0 *00014200

```



JAERI-M 9476

```

185 0401204 3 1026.1043 539.29 0.0 4 *V4 *00020800
186 0401205 3 1025.2304 547.29 0.0 5 *V35 *00020900
187 * CTL PRESSURE QUALITY ZERO VOL *00021000
188 0401206 2 1024.6478 7.9096-3 0.0 6 *V36 *00021100
189 0401207 2 1024.2652 1.3263-2 0.0 7 *V37 *00021200
190 * *00021300
191 * CTL *00021400
192 0401300 1 *00021500
193 * *00021600
194 * FLOW-F FLOW-G VELJ JUN NO *00021700
195 0401301 76.485 0.0 0.0 5 *00021900
196 0401302 75.880 0.605 0.0 6 *00022000
197 * *00022100
198 ***** *00022200
199 * *00022300
200 * UPPER PLENUM (VOLUME 5 .... RELAP4J) *00022400
201 * *00022500
202 * NAME TYPE *00022600
203 0500000 C050 BRANCH *00022700
204 * *00022800
205 * NO JUN INITIAL C.C *00022900
206 0500001 3 1 *00023000
207 * *00023100
208 * AREA LEN VOL HZ VR ELV RDUG HYD FE *00023200
209 0500101 1.897 0.0 4.383 0.0 90.0 2.31 1.64-4 1.64 00 *00023300
210 * *00023400
211 * CTL PRESSURE QUALITY ZERO *00023500
212 0500200 2 1023.7100 0.012567 0.0 *00023600
213 * *00023700
214 * FR TO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00023800
215 0501101 040010000 050000000 0.1363 0.956 0.956 0100 *J4 *00023900
216 0502101 100010000 050000000 0.1456 1.080 0.643 0100 *J10 *00024000
217 0503101 050010000 060000000 0.2330 1.055 1.076 0100 *J5 *00024100
218 * *00024200
219 * FLOW-F FLOW-G VELJ *00024300
220 0501201 75.471 1.014 0.0 *00024500
221 0502201 4.315 0.0 0.0 *00024600
222 0503201 79.785 1.015 0.0 *00024700
223 * *00024800
224 ***** *00024900
225 * *00025000
226 * STEAM SEPARATOR (VOLUME 6 .... RELAP4J) *00025100
227 * *00025200
228 * NAME TYPE *00025300
229 0600000 C060 SNGLVOL *00025400
230 * *00025500
231 * AREA LEN VOL HZ VR ELV RDUG HYD FE *00025600
232 0600101 0.3045 0.0 1.121 0.0 90.0 3.68 1.64-4 0.5548 00 *00025700
233 * *00025800
234 * CTL PRESSURE QUALITY ZERO *00025900
235 0600200 2 1022.4560 0.012567 0.0 *00026000
236 * *00026100
237 ***** *00026200
238 * *00026300
239 * UPPER HEAD (VOLUME 7 .... RELAP4J) *00026400
240 * *00026500
241 * NAME TYPE *00026600
242 0700000 C070 BRANCH *00026700
243 * *00026800
244 * NO JUN INITIAL C.C *00026900
245 0700001 3 1 *00027000
246 * *00027100

```



```

309 1001201 1.305 0.0 0.0 *00034300
310 * *00034800
311 ***** *00034900
312 * *00035000
313 * UPPER DOWNCOMER-1 (VOLUME27 .... RELAP4J) *00035100
314 * *00035200
315 * NAME TYPE *00035300
316 1100000 C110 BRANCH *00035400
317 * *00035500
318 * NO JUN INITIAL C.C *00035600
319 1100001 1 1 *00035700
320 * *00035800
321 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00035900
322 1100101 2.486 0.0 1.333 0.0 -90.0 -0.536 1.64-4 1.3845 00 *00036000
323 * *00036100
324 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00036200
325 1100200 3 1021.3311 523.0 0.0 *00036300
326 * *00036400
327 * FR TO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00036500
328 1101101 110010000 111000000 0.757 0.278 0.328 0100 * J31 *00036600
329 * *00036700
330 * FLOW-F FLOW-G VELJ *00036800
331 1101201 80.80 0.0 0.0 *00036900
332 * *00037000
333 ***** *00037100
334 * *00037200
335 * UPPER DOWNCOMER-2 (VOLUME28 .... RELAP4J) *00037300
336 * *00037400
337 * NAME TYPE *00037500
338 1110000 C111 SNGLVOL *00037600
339 * *00037700
340 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00037800
341 1110101 0.8512 0.0 2.5 0.0 -90.0 -2.936 1.64-4 0.3018 00 *00037900
342 * *00038000
343 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00038100
344 1110200 3 1021.8707 523.0 0.0 *00038200
345 * *00038300
346 ***** *00038400
347 * *00038500
348 * LOWER DOWNCOMER (JET PUMP INLET) (VOLUME11 .... RELAP4J) *00038600
349 * *00038700
350 * NAME TYPE *00038800
351 1200000 C120 BRANCH *00038900
352 * *00039000
353 * NO JUN INITIAL C.C *00039100
354 1200001 6 1 *00039200
355 * *00039300
356 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00039400
357 1200101 0.2548 0.0 0.9058 0.0 -90.0 -3.554 1.64-4 0.09291 00 *00039600
358 * *00039700
359 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00039800
360 1200200 3 1022.4692 523.0 0.0 *00039900
361 * *00040000
362 * FR TO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00040100
363 1201101 111010000 120000000 0.211 0.328 0.519 0100 *J32 *00040200
364 1202101 120010000 130000000 0.2548 0.0 0.0 0100 *00040400
365 1203101 120000000 170000000 0.0164 0.740 1.240 0100 *J21/2 *00040500
366 1204101 120000000 230000000 0.0164 0.740 1.240 0100 *J11/2 *00040600
367 1205101 120010000 170000000 0.0164 0.740 1.240 0100 *J21/2 *00040700
368 1206101 120010000 230000000 0.0164 0.740 1.240 0100 *J11/2 *00040800
369 * *00040900
370 * FLOW-F FLOW-G VELJ *00041000

```

```

371 1201201 80.80 0.0 0.0 *00041100
372 1202201 25.60 0.0 0.0 *00041200
373 1203201 13.75 0.0 0.0 *00041300
374 1204201 13.85 0.0 0.0 *00041400
375 1205201 13.75 0.0 0.0 *00041500
376 1206201 13.85 0.0 0.0 *00041600
377 * *00041700
378 ***** *00041800
379 * *00041900
380 * LOWER DOWNCOMER (VOLUME11 .... RELAP4J) *00042000
381 * *00042100
382 * NAME TYPE *00042200
383 1300000 C130 BRANCH *00042300
384 * *00042400
385 * NO JUN INITIAL C.C. *00042500
386 1300001 2 1 *00042700
387 * *00042800
388 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00042900
389 1300101 0.2548 0.0 1.4872 0.0 -90.0 -5.835 1.64-4 0.09291 00 *00043100
390 * *00043200
391 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00043300
392 1300200 3 1023.9729 523.0 0.0 *00043400
393 * *00043500
394 * FR TO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00043600
395 1301101 130010000 140000000 0.0207 3.790 4.310 0100 *J25 *00043800
396 1302101 130010000 190000000 0.0207 1.460 1.970 0100 *J15 *00044000
397 * *00044300
398 * FLOW-F FLOW-G VEL *00044400
399 1301201 12.9 0.0 0.0 *00044600
400 1302201 12.7 0.0 0.0 *00044800
401 * *00045100
402 ***** *00045200
403 * *00045300
404 * INTACT RECIRCULATION INLET LINE (VOLUME23 .... RELAP4J) *00045400
405 * *00045500
406 * NAME TYPE *00045600
407 1400000 C140 SNGLVOL *00045700
408 1400101 0.02346 0.0 0.4902 0.0 -90.0 -10.49 1.64-4 0.1657 00 *00045800
409 1400200 3 1021.8594 523.0 0.0 *00045900
410 ***** *00052500
411 * *00052600
412 * INTACT RECIRCULATION PUMP (VOLUME24 .... RELAP4J) *00052700
413 * *00052800
414 * NAME TYPE *00052900
415 1500000 C150 PUMP *00053000
416 * *00053100
417 * AREA LEN VOL HZ VR ELV CTL *00053200
418 1500101 0.1958 0.0 0.187 0.0 -90.0 -0.955 0 *00053400
419 * *00053500
420 * VOL NO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00053600
421 1500108 140010000 0.04616 2.883 2.285 0000 *J26 *00053800
422 * *00053900
423 * VOL NO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00054000
424 1500109 160000000 0.03280 6.607 6.632 0000 *J27 *00054200
425 * *00054300
426 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00054400
427 1500200 3 1156.2911 523.0 0.0 *00054500
428 * *00054600
429 * CTL FLOW-F FLOW-G VEL *00054700
430 1500201 1 12.9 0.0 0.0 *00054800
431 * *00054900
432 * CTL FLOW-F FLOW-G VEL *00055000

```





JAERI-M 9476

```

557 1600802 1.64-4 0.1566 2 *00067600
558 1600901 0.96 0.96 1 *00067700
559 1601001 00 2 *00067800
560 1601101 0100 1 *00067900
561 1601201 3 1282.9292 524.0 0.0 1 *00068000
562 1601202 3 1277.5811 524.0 0.0 2 *00068100
563 1601300 1 *00068200
564 1601301 12.9 0.0 0.0 1 *00068300
565 * *00076000
566 ***** *00076100
567 * *00076200
568 * INTACT JET PUMP SUCTION (VOLUME20 .... RELAP4J) *00076300
569 * *00076400
570 * NAME TYPE *00076500
571 1700000 C170 SNGLVOL *00076600
572 * *00076700
573 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00076800
574 1700101 0.03095 0.0 0.2312 0.0 -90.0 -0.374 1.64-4 0.1865 00 *00077000
575 * *00077100
576 * CTL PRESSURE TEMP ZERD *00077200
577 1700200 3 1019.8000 523.0 0.0 *00077300
578 * *00077400
579 ***** *00077500
580 * *00077600
581 * INTACT JET PUMP *00077700
582 * *00077800
583 1800000 C180 BRANCH *00077900
584 * *00078000
585 1800001 2 1 *00078100
586 * *00078200
587 1800101 0.04102 0.0 0.2974 0.0 -90.0 -6.842 1.64-4 0.1048 00 *00078300
588 * *00078400
589 1800200 3 1038.3708 523.0 0.0 *00078500
590 * *00078600
591 1801101 160010000 180000000 0.001192 0.069 1.624 0100 *00078700
592 1802101 180010000 185000000 0.0656 3.674 2.718 0000 *00078800
593 * *00078900
594 1801201 12.9 0.0 0.0 *00079000
595 1802201 40.4 0.0 0.0 *00079100
596 * *00079200
597 ***** *00079300
598 * *00079400
599 * INTACT JET PUMP OUTLET LINE (VOLUME22 .... RELAP4J) *00079500
600 * *00079600
601 * NAME TYPE *00079700
602 1850000 C185 SNGLVOL *00079800
603 * *00079900
604 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00080000
605 1850101 0.04616 0.0 0.5429 0.0 -90.0 -0.96 1.64-4 0.0 00 *00080200
606 * *00080300
607 * CTL PRESSURE TEMP ZERD *00080400
608 1850200 3 1034.3000 523.0 0.0 *00080500
609 * *00080600
610 ***** *00080700
611 * *00080800
612 * BROKEN RECIRCULATION INLET LINE (VOLUME15 .... RELAP4J) *00080900
613 * *00081000
614 * NAME TYPE *00081100
615 1900000 C190 SNGLVOL *00081200
616 * *00081300
617 1900101 0.02264 0.0 0.649 0.0 -90.0 -4.884 1.64-4 0.1624 00 *00081400
618 1900200 3 1022.8279 523.0 0.0 *00081500

```

```

619 * *00087700
620 *****00087800
621 * *00087900
622 * BROKEN RECIRCULATION INLET LINE (VOLUME16 .... RELAP4J) *00088000
623 * *00088100
624 * NAME TYPE *00088200
625 2000000 C200 SINGLVOL *00088300
626 * *00088400
627 2000101 0.02383 0.0 0.8074 0.0 -90.0 -9.987 1.64-4 0.2383 00 *00088500
628 2000200 3 1016.8353 523.0 0.0 *00088600
629 * *00098000
630 *****00098100
631 * *00098200
632 * BROKEN RECIRCULATION PUMP (VOLUME17 .... RELAP4J) *00098300
633 * *00098400
634 * NAME TYPE *00098500
635 2100000 C210 PUMP *00098600
636 * *00098700
637 * AREA LEN VOL HZ VR ELV CTL *00098800
638 2100101 0.1958 0.0 0.187 0.0 -90.0 -0.955 0 *00099000
639 * *00099100
640 * VOL NO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00099200
641 2100108 200010000 0.04616 15.26 17.29 0000 *J17 *00099400
642 * *00099500
643 * VOL NO AREA F-LOSS R-LOSS CAHS *00099600
644 2100109 220000000 0.03280 1.133 1.158 0000 *J18 *00099800
645 * *00099900
646 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00100000
647 2100200 3 1148.7329 523.0 0.0 *00100100
648 * *00100200
649 * CTL FLOW-F FLOW-G VELJ *00100300
650 2100201 1 12.7 0.0 0.0 *00100400
651 * *00100500
652 * CTL FLOW-F FLOW-G VELJ *00100600
653 2100202 1 12.7 0.0 0.0 *00100700
654 * *00100800
655 * TAB-D TWO-P DIF-T MOTOR TAB-S TRIP REVER *00100900
656 2100301 150 150 150 -1 -1 509 1 *00101100
657 * *00101200
658 * R-SP I/R R-FL R-HD R-TOR M-IN R-DEN *00101300
659 2100302 3600.0 0.972 132.0 859.6 21.5 8.65 47.8426 *00101400
660 * *00101500
661 * R-M-TR FR-TF2 FR-TF0 FR-TF1 FR-TF3 *00101600
662 2100303 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *00101700
663 * *00101800
664 * ELS TM MX-F MX-R *00101900
665 2100310 0.0 0.0 0.0 *00102000
666 * *00102100
667 *****00102200
668 * *00102300
669 * BROKEN RECIRCULATION OUTLET LINE (VOLUME18,19.. RELAP4J) *00102400
670 * *00102500
671 * NAME TYPE *00102600
672 2200000 C220 PIPE *00102700
673 * *00102800
674 * NO.VOL *00102900
675 2200001 2 *00103000
676 * *00103100
677 2200101 0.02161 1 * VOLUME 18 *00103200
678 2200102 0.02109 2 * VOLUME 19 *00103300
679 2200201 0.02070 1 * JUNCTION 19 *00103400
680 2200301 0.0 2 *00103500

```

```

681 2200401 0.5854 1 *00103600
682 2200402 0.3118 2 *00103700
683 2200501 0.0 2 *00103800
684 2200601 90.0 2 *00103900
685 2200701 11.464 1 *00104000
686 2200702 7.333 2 *00104100
687 2200801 1.64-4 0.1658 1 *00104200
688 2200802 1.64-4 0.1555 2 *00104300
689 2200901 2.903 2.903 1 *00104400
690 2201001 00 2 *00104500
691 2201101 0100 1 *00104600
692 2201201 3 1278.0002 524.0 0.0 1 *00104700
693 2201202 3 1271.1898 524.0 0.0 2 *00104800
694 2201300 1 *00104900
695 2201301 12.7 0.0 0.0 1 *00105000
696 * *00112600
697 * ***** *00112700
698 * *00112800
699 * BROKEN JET PUMP SUCTION (VOLUME12 .... RELAP4J) *00112900
700 * *00113000
701 * NAME TYPE *00113100
702 2300000 C230 SNGLVOL *00113200
703 * *00113300
704 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00113400
705 2300101 0.03095 0.0 0.2312 0.0 -90.0 -0.374 1.64-4 0.1865 00 *00113600
706 * *00113700
707 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00113800
708 2300200 3 1019.8000 523.0 0.0 *00113900
709 * *00114000
710 * ***** *00114100
711 * *00114200
712 * BROKEN JET PUMP *00114300
713 * *00114400
714 2400000 C240 BRANCH *00114500
715 * *00114600
716 2400001 2 1 *00114700
717 * *00114800
718 2400101 0.04102 0.0 0.2996 0.0 -90.0 -6.893 1.64-4 0.1049 00 *00114900
719 * *00115000
720 2400200 3 1038.8876 523.0 0.0 *00115100
721 * *00115200
722 2401101 220010000 240000000 0.001192 0.069 1.624 0100 *00115300
723 2402101 240000000 245000000 0.0656 8.816 7.859 0000 *00115400
724 * *00115500
725 2401201 12.7 0.0 0.0 *00115600
726 2402201 40.4 0.0 0.0 *00115700
727 * *00115800
728 * ***** *00115900
729 * *00116000
730 * BROKEN JET PUMP OUTLET LINE (VOLUME14 .... RELAP4J) *00116100
731 * *00116200
732 * NAME TYPE *00116300
733 2450000 C245 SNGLVOL *00116400
734 * *00116500
735 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROUG HYD FE *00116600
736 2450101 0.04616 0.0 0.5953 0.0 -90.0 -0.909 1.64-4 0.0 00 *00116800
737 * *00116900
738 * CTL PRESSURE TEMP ZERO *00117000
739 2450200 3 1034.1940 523.0 0.0 *00117100
740 * *00117200
741 * ***** *00117300
742 * *00117400

```

```

743 * QUICK SHUTT-OFF VALVE (JUNCTION16 .... RELAP4J) *00117500
744 * *00117600
745 * NAME TYPE *00117700
746 2500000 C250 VALVE *00117800
747 * *00117900
748 * FR TO AREA F-LOS R-LOS CAHS *00118000
749 2500101 190010000 200000000 0.0207 6.52 6.52 0000 *00118200
750 * *00118300
751 * CTL FLOW-F FLOW-G VELJ *00118400
752 2500201 1 12.7 0.0 0.0 *00118500
753 * *00118600
754 * VALVE TYPE TRIP.NO *00118700
755 2500301 TRPVLV 513 *00118900
756 * *00119000
757 *****00119100
758 * *00119200
759 * VESSEL SIDE BREAK (BRK B) (JUNCTION55 .... RELAP4J) *00119300
760 * *00119400
761 * NAME TYPE *00119500
762 2600000 C260 VALVE *00119600
763 * *00119700
764 * FR TO AREA F-LOS R-LOS CAHS *00119800
765 2600101 190010000 280000000 5.799-3 1.698 0.0 0100 *00119900
766 * *00120000
767 * CTL FLOW-F FLOW-G VELJ *00120100
768 2600201 1 0.0 0.0 0.0 *00120200
769 * *00120300
770 * VALVE TYPE TRIP.NO *00120400
771 2600301 TRPVLV 502 *00120600
772 * *00120700
773 *****00120800
774 * *00120900
775 * PUMP SIDE BREAK (BRK A) (JUNCTION56 .... RELAP4J) *00121000
776 * *00121100
777 * NAME TYPE *00121200
778 2700000 C270 VALVE *00121300
779 * *00121400
780 * FR TO AREA F-LOS R-LOS CAHS *00121500
781 2700101 200000000 281000000 5.799-3 1.743 0.0 0100 *00121700
782 * *00121800
783 * CTL FLOW-F FLOW-G VELJ *00121900
784 2700201 1 0.0 0.0 0.0 *00122000
785 * *00122100
786 * VALVE TYPE TRIP.NO *00122200
787 2700301 TRPVLV 502 *00122400
788 * *00122500
789 *****00122600
790 * *00122700
791 * CONTAINMENT *00122800
792 * NAME TYPE *00122900
793 2800000 C280 TMDPVOL *00123000
794 * *00123100
795 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROU HYD FE *00123200
796 2800101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11 *00123300
797 * *00123400
798 * CTL *00123500
799 2800200 3 *00123600
800 * *00123700
801 * TIME PRESSURE TEMP *00123800
802 2800201 0.0 14.22 86.0 * CONSTANT *00123900
803 * *00124000
804 *****00124100

```

```

805 *
806 * MAIN STEAM RESERVOIR * ENTHALPY CALCULATION
807 *
808 * NAME TYPE
809 2900000 C290 TMDPVOL
810 *
811 *
812 2900101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11
813 *
814 * CTL
815 2900200 3
816 *
817 * TIME PRESSURE TEMP
818 2900201 0.0 1049.52 550.6 * CONSTANT
819 *
820 *****00125700
821 *
822 * MAIN STEAM (JUNCTION53 .... RELAP4J)
823 *
824 * NAME TYPE
825 3000000 C300 TMDPJUN
826 *
827 * FR TO AREA
828 3000101 290000000 080010000 3.379-3
829 *
830 * CTL
831 3000200 1
832 *
833 * TIME FLOW-F FLOW-G VELJ
834 3000201 0.0 0.0 -2.649 0.0 *FILL TABLE 5
835 3000202 1.2 0.0 -2.734 0.0 * .... RELAP4J
836 3000203 1.5 0.0 -3.102 0.0
837 3000204 1.9 0.0 -5.511 0.0
838 3000205 4.3 0.0 -5.511 0.0
839 3000206 4.6 0.0 -2.734 0.0
840 3000207 5.3 0.0 -0.713 0.0
841 3000208 5.7 0.0 -0.054 0.0
842 3000209 6.0 0.0 0.0 0.0
843 3000210 999.0 0.0 0.0 0.0
844 *
845 *****00129100
846 *
847 * HOT FEEDWATER RESERVOIR * ENTHALPY CALCULATION
848 *
849 * NAME TYPE
850 3100000 C310 TMDPVOL
851 *
852 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROU HYD FE
853 3100101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11
854 *
855 * CTL
856 3100200 3
857 *
858 * TIME PRESSURE TEMP
859 3100201 0.0 1087.8 401.0 * CONSTANT
860 *
861 *****00130700
862 *
863 * HOT FEEDWATER *JUNCTION51 .... RELAP4J
864 *
865 * NAME TYPE
866 3200000 C320 TMDPJUN

```

```

867 *
868 *
869 * FR TO AREA
869 3200101 310000000 110010000 0.01246
870 *
871 * CTL
872 3200200 0
873 *
874 * TIME VELO-F VELO-G VELJ
875 3200201 0.0 0.0 0.0 0.0 *FILL TABLE 4
876 3200202 0.6 0.0 0.0 0.0 * .... RELAP4J
877 3200203 1.0 5.667 0.0 0.0 * 1GPM/FT**2 =
878 3200204 1.2 7.580 0.0 0.0 * 0.0022274FT/SEC
879 3200205 1.4 8.183 0.0 0.0
880 3200206 2.6 7.119 0.0 0.0
881 3200207 3.0 5.880 0.0 0.0
882 3200208 3.4 2.125 0.0 0.0
883 3200209 3.8 0.673 0.0 0.0
884 3200210 4.7 0.0 0.0 0.0
885 3200211 999.0 0.0 0.0 0.0
886 *
887 *****
888 *
889 * COLD FEEDWATER AND ECCS RESERVOIR * ENTHALPY CALCULATION
890 *
891 * NAME TYPE
892 3300000 C330 TMDPVOL
893 *
894 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROU HYD FE
895 3300101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11
896 *
897 * CTL
898 3300200 3
899 *
900 * TIME PRESSURE TEMP
901 3300201 0.0 57.35 50.0 * CONSTANT
902 *
903 *****
904 *
905 * COLD FEEDWATER *JUNCTION54 .... RELAP4J
906 *
907 * NAME TYPE
908 3400000 C340 TMDPJUN
909 *
910 * FR TO AREA
911 3400101 330000000 110000000 0.01246
912 *
913 * CTL
914 3400200 0
915 *
916 * TIME VELO-F VELO-G VELJ
917 3400201 0.0 3.259 0.0 0.0 *FILL TABLE 3
918 3400202 0.4 3.216 0.0 0.0 * .... RELAP4J
919 3400203 1.0 2.230 0.0 0.0
920 3400204 1.7 0.771 0.0 0.0
921 3400205 4.0 0.486 0.0 0.0
922 3400206 10.0 0.118 0.0 0.0
923 3400207 14.0 0.0 0.0 0.0
924 3400208 999.0 0.0 0.0 0.0
925 *
926 *****
927 *
928 * LPCI *JUNCTION48 .... RELAP4J

```





1053	*							*00150800
1054	* OUTER BN							*00150900
1055	20100300	TBL/FCTN	1	1				*00151000
1056	*							*00151100
1057	* INCONEL600							*00151200
1058	20100400	TBL/FCTN	1	1				*00151300
1059	*							*00151400
1060	* SUS							*00151500
1061	20100500	TBL/FCTN	1	1				*00151600
1062	*							*00151700
1063	* MGO							*00151800
1064	20100600	TBL/FCTN	1	1				*00151900
1065	*							*00152000
1066	* LEAD							*00152100
1067	20100700	TBL/FCTN	1	1				*00152200
1068	*							*00152300
1069	*****	TEMPERATURE						*****00152400
1070	*							*00152500
1071	* INNER BN	TEMP	COND	TEMP	COND	TEMP	COND	*00152600
1072	20100101	68.0	0.00478	932.0	0.00450	1292.0	0.00436	*00152800
1073	20100102	1652.0	0.00422	1832.0	0.00431			*00152900
1074	*							*00153000
1075	* HEATER							*00153100
1076	20100201	68.0	0.00281	212.0	0.00222	4712.0	0.00187	*00153200
1077	*							*00153300
1078	* OUTER BN							*00153400
1079	20100301		0.00093		*CONSTANT			*00153600
1080	*							*00153700
1081	* INCONEL600							*00153800
1082	20100401	70.0	0.00238	200.0	0.00252	400.0	0.00281	*00153900
1083	20100402	600.0	0.00308	800.0	0.00336	1000.0	0.00367	*00154000
1084	20100403	1200.0	0.00397	1400.0	0.00431	1600.0	0.00464	*00154100
1085	*							*00154200
1086	* SUS							*00154300
1087	20100501	32.0	0.00261	932.0	0.00336			*00154400
1088	*							*00154500
1089	* MGO							*00154600
1090	20100601	68.0	0.00428	572.0	0.00331	752.0	0.00276	*00154700
1091	20100602	932.0	0.00226	1112.0	0.00188	1292.0	0.00161	*00154800
1092	20100603	1472.0	0.00141	1832.0	0.00111	2192.0	0.00101	*00154900
1093	20100604	2252.0	0.00108	2912.0	0.00118			*00155000
1094	*							*00155100
1095	* LEAD							*00155200
1096	20100701		0.00234		*CONSTANT			*00155400
1097	*							*00155500
1098	*****	TEMPERATURE						*****00155600
1099	*							*00155700
1100	* INNER BN	TEMP	CAP	TEMP	CAP	TEMP	CAP	*00155800
1101	20100151	68.0	4.58	950.0	5.98	1562.0	7.55	*00156000
1102	20100152	2300.0	9.47					*00156100
1103	*							*00156200
1104	* HEATER							*00156300
1105	20100251	68.0	57.4	212.0	55.6	4712.0	57.4	*00156400
1106	*							*00156500
1107	* OUTER BN							*00156600
1108	20100351	68.0	4.57	950.0	5.99	1562.0	7.56	*00156800
1109	20100352	2300.0	9.47					*00156900
1110	*							*00157000
1111	* INCONEL600							*00157100
1112	20100451	70.0	55.7	200.0	58.3	400.0	60.9	*00157200
1113	20100452	600.0	63.6	800.0	66.2	1000.0	69.3	*00157300
1114	20100453	1200.0	73.5	1400.0	76.2	1600.0	78.3	*00157400

```

1115 * *00157500
1116 * SUS *00157600
1117 20100551 59.3 *CONSTANT *00157800
1118 * *00157900
1119 * MGO *00158000
1120 20100651 50.3 *CONSTANT *00158200
1121 * *00158300
1122 * *00158400
1123 20100751 54.3 *CONSTANT *00158600
1124 * *00158700
1125 ***** *00158800
1126 ***** *00158900
1127 * *00159000
1128 ***** POWER TRANSIENT DATA ***** *00159100
1129 * *00159200
1130 20290000 POWER *00159300
1131 * TIME POWER *00159400
1132 20290001 0.0 3.267 *00159500
1133 20290002 13.0 3.267 *00159600
1134 20290003 14.0 3.025 *00159700
1135 20290004 16.0 2.738 *00159800
1136 20290005 18.0 2.264 *00159900
1137 20290006 20.0 1.941 *00160000
1138 20290007 22.0 1.643 *00160100
1139 20290008 24.0 1.382 *00160200
1140 20290009 28.0 0.970 *00160300
1141 20290010 32.0 0.666 *00160400
1142 20290011 36.0 0.441 *00160500
1143 20290012 36.7 0.408 *00160600
1144 20290013 80.0 0.356 *00160700
1145 20290014 200.0 0.294 *00160800
1146 * *00160900
1147 ***** *00161000
1148 * *00161100
1149 * CONTAINMENT *00161200
1150 * NAME TYPE *00161300
1151 2810000 C280 TMDPVOL *00161400
1152 * *00161500
1153 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROU HYD FE *00161600
1154 2810101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11 *00161700
1155 * *00161800
1156 * CTL *00161900
1157 2810200 3 *00162000
1158 * *00162100
1159 * TIME PRESSURE TEMP *00162200
1160 2810201 0.0 14.22 86.0 * CONSTANT *00162300
1161 * *00162400
1162 ***** *00162500
1163 * *00162600
1164 * COLD FEEDWATER AND ECCS RESERVOIR * ENTHALPY CALCULATION *00162700
1165 * *00162800
1166 * NAME TYPE *00162900
1167 3310000 C330 TMDPVOL *00163000
1168 * *00163100
1169 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROU HYD FE *00163200
1170 3310101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11 *00163300
1171 * *00163400
1172 * CTL *00163500
1173 3310200 3 *00163600
1174 * *00163700
1175 * TIME PRESSURE TEMP *00163800
1176 3310201 0.0 57.35 50.0 * CONSTANT *00163900

```

```

1177 * *00164000
1178 *00164100
1179 * *00164200
1180 * COLD FEEDWATER AND ECCS RESERVOIR * ENTHALPY CALCULATION *00164300
1181 * *00164400
1182 * NAME TYPE *00164500
1183 3320000 C330 TMDPVOL *00164600
1184 * *00164700
1185 * AREA LEN VOL HZ VR ELV ROU HYD FE *00164800
1186 3320101 1.0+3 0.0 1.0+6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 11 *00164900
1187 * *00165000
1188 * CTL *00165100
1189 3320200 3 *00165200
1190 * *00165300
1191 * TIME PRESSURE TEMP *00165400
1192 3320201 0.0 57.35 50.0 * CONSTANT *00165500
1193 * *00165600
1194 *00165700
1195 *00165800
1196 * *00165900
1197 * INTACT JET PUMP SUCTION ... PUMP *00166000
1198 * *00166100
1199 1710000 C171 PUMP *00166200
1200 * *00166300
1201 1710101 0.03095 0.0 0.1156 0.0 -90.0 -0.187 0 *00166400
1202 * *00166500
1203 1710108 170010000 0.03280 0.01 0.01 0000 *00166600
1204 * *00166700
1205 1710109 180000000 0.018022 0.01 0.01 0000 *00166800
1206 * *00166900
1207 1710200 3 1029.0850 523.0 0.0 *00167000
1208 * *00167100
1209 1710201 1 27.5 0.0 0.0 *00167200
1210 * *00167300
1211 1710202 1 27.5 0.0 0.0 *00167400
1212 * *00167500
1213 1710301 150 150 150 -1 -1 509 1 *00167600
1214 * *00167700
1215 1710302 3600.0 0.972 281.68 127.54 21.5 8.65 47.80 *00167800
1216 * *00167900
1217 1710303 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *00168000
1218 * *00168100
1219 1710310 0.0 0.0 0.0 *00168200
1220 * *00168300
1221 *00168400
1222 * *00168500
1223 * BROKEN JET PUMP SUCTION ... PUMP *00168600
1224 * *00168700
1225 2310000 C231 PUMP *00168800
1226 * *00168900
1227 2310101 0.03095 0.0 0.1156 0.0 -90.0 -0.187 0 *00169000
1228 * *00169100
1229 2310108 230010000 0.03280 0.01 0.01 0000 *00169200
1230 * *00169300
1231 2310109 240000000 0.018022 0.01 0.01 0000 *00169400
1232 * *00169500
1233 2310200 3 1029.3440 523.0 0.0 *00169600
1234 * *00169700
1235 2310201 1 27.7 0.0 0.0 *00169800
1236 * *00169900
1237 2310202 1 27.7 0.0 0.0 *00170000
1238 * *00170100

```

JAERI-M 9476

1239	2310301	150	150	150	-1	-1	510	1			*00170200
1240	*										*00170300
1241	2310302	3600.0	0.972	288.20	127.54	21.5	8.65	47.80			*00170400
1242	*										*00170500
1243	2310303	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					*00170600
1244	*										*00170700
1245	2310310	0.0	0.0	0.0							*00170800
1246	*										*00170900
1247	*****										*00171000
1248	*										*00171100
1249	* ANOTHER MODIFICATION										*00171200
1250	*										*00171300
1251	1700101	0.03095	0.0	0.1156	0.0	-90.0	-0.187	1.64-4	0.1865	00	*00171400
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1252	*										*00171500
1253	2300101	0.03095	0.0	0.1156	0.0	-90.0	-0.187	1.64-4	0.1865	00	*00171600
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1254	*										*00171700
1255	*****										*00171800
1256	*										*00171900
1257	* MINOR EDIT										*00172000
1258	*										*00172100
1259	0000301 P		010010000								*00172200
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1260	0000302 MFLOWJ		171010000								*00172300
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1261	0000303 MFLOWJ		171020000								*00172400
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1262	0000304 MFLOWJ		180010000								*00172500
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1263	0000305 MFLOWJ		180020000								*00172600
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1264	0000306 MFLOWJ		231010000								*00172700
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1265	0000307 MFLOWJ		231020000								*00172800
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1266	0000308 MFLOWJ		240010000								*00172900
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1267	0000309 MFLOWJ		240020000								*00173000
	CARD ABOVE IS REPLACEMENT CARD.										
1268	0000310 P		080010000								*00173100
1269	0000311 MFLOWJ		030020000								*00173200
1270	0000312 MFLOWJ		050010000								*00173300
1271	0000313 VOIDG		040070000								*00173400
1272	0000314 HTTEMP		001000109								*00173500
1273	0000315 HTTEMP		001000209								*00173600
1274	0000316 HTTEMP		001000309								*00173700
1275	0000317 HTTEMP		001000409								*00173800
1276	0000318 HTTEMP		001000509								*00173900
1277	0000319 HTTEMP		001000609								*00174000
1278	0000320 HTTEMP		001000709								*00174100
1279	0000321 HTRNR		001000101								*00174200
1280	0000322 HTRNR		001000201								*00174300
1281	0000323 HTRNR		001000301								*00174400
1282	0000324 HTRNR		001000401								*00174500
1283	0000325 HTRNR		001000501								*00174600
1284	0000326 HTRNR		001000601								*00174700
1285	0000327 HTRNR		001000701								*00174800
1286	0000328 MFLOWJ		150010000								*00174900
1287	0000329 MFLOWJ		150020000								*00175000
1288	0000330 MFLOWJ		210010000								*00175100
1289	0000331 MFLOWJ		210020000								*00175200

1290	0000332	MFLOWJ	010010000				*00175300
1291	0000333	MFLOWJ	010020000				*00175400
1292	0000334	MFLOWJ	010030000				*00175500
1293	0000335	MFLOWJ	010040000				*00175600
1294	0000336	MFLOWJ	300000000				*00175700
1295	0000337	MFLOWJ	120010000				*00175800
1296	0000338	MFLOWJ	120020000				*00175900
1297	0000339	MFLOWJ	120030000				*00176000
1298	0000340	MFLOWJ	120040000				*00176100
1299	0000341	MFLOWJ	120050000				*00176200
1300	0000342	MFLOWJ	120060000				*00176300
1301	0000343	MFLOWJ	050010000				*00176400
1302	0000344	VELFJ	050010000				*00176500
1303	0000345	VELGJ	050010000				*00176600
1304	*						*00176700
1305	0000346	MFLOWJ	260000000				*00177500
1306	0000347	MFLOWJ	270000000				*00177600
1307	0000348	MFLOWJ	320000000				*00177700
1308	0000349	MFLOWJ	340000000				*00177800
1309	0000350	VOIDG	110010000				*00177900
1310	0000351	VOIDG	111010000				*00178000
1311	0000352	VOIDG	120010000				*00178100
1312	0000353	VOIDG	130010000				*00178200
1313	0000354	VOIDG	200010000				*00178300
1314	0000355	VOIDG	060010000				*00178400
1315	0000356	VOIDG	050010000				*00178500
1316	0000357	VOIDG	040070000				*00178600
1317	0000358	VOIDG	040060000				*00178700
1318	0000359	VOIDG	040050000				*00178800
1319	0000360	VOIDG	040040000				*00178900
1320	0000361	VOIDG	040030000				*00179000
1321	0000362	VOIDG	040020000				*00179100
1322	0000363	VOIDG	040010000				*00179200
1323	0000364	QUALS	050010000				*00179210
1324	0000365	QUALE	050010000				*00179220
1325	0000366	MFLOWJ	040010000				*00179230
1326	0000367	MFLOWJ	040020000				*00179240
1327	0000368	MFLOWJ	040030000				*00179250
1328	0000369	MFLOWJ	040040000				*00179260
1329	0000370	MFLOWJ	040050000				*00179270
1330	0000371	MFLOWJ	040060000				*00179280
1331	0000372	VELGJ	040060000				*00179290
1332	400	1	MAKE PLOTS COME OUT				*00179300
1333	401	P	010010000	0	2	PRESSURE	*00179310
1334	402	MFLOWJ	030020000	0	2	FLOW	*00179320
1335	403	HTTEMP	001000409	0	2	TEMPERATURE	*00179330
1336	.						00179700