

JAERI - M
82-094

ALARM - B 2コードおよびTHYDE - B 1
コードとRELAP 4 / MOD 6 / U 4 / J 3コ
ードの比較計算

1982年8月

志水 孝司*

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

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

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1982

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 いばらき印刷(株)

JAERI-M 82-094

ALARM-B 2コードおよび THYDE-B 1コードと RELAP4/MOD 6/
U 4/J 3コードの比較計算

日本原子力研究所東海研究所安全解析部

志 水 孝 司*

(1982年7月7日受理)

原研で開発したBWR用ECCS性能評価コードシステムの中の原子炉主循環系の伝熱流動を解析するALARM-B 2コードとTHYDE-B 1コードの検証計算の一環として、WREM/J 2コードシステムの構成コードRELAP4/MOD 6/U 4/J 3との比較計算を行った。本報はこの計算から明らかとなったモデルの相違による影響や問題点について記述したものである。

* 業務協力員；日本情報サービス（株）

JAERI-M 82-094

Verification of LOCA/ECCS Analysis Codes ALARM-B2 and THYDE-B1
by Comparison with RELAP4/MOD6/U4/J3

Takashi SHIMIZU*

Division of Nuclear Safety Evaluation,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received July 7, 1982)

For a verification study of ALARM-B2 code and THYDE-B1 code which are the component of the JAERI code system for evaluation of BWR ECCS performance, calculations for typical small and large break LOCA in BWR were done, and compared with those by RELAP4/MOD6/U4/J3 code.

This report describes the influences of differences between the analytical models incorporated in the individual code and the problems identified by this verification study.

Keywords : ECCS Performance, BWR LOCA, Large Break, Small Break,
Verification Study, Safety, Thermo-hydraulic Analysis,
ALARM-B2 Code, THYDE-B1 Code, Comparative Evaluations

* On leave from Japan Information Service, Ltd.

目 次

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. 序 | 1 |
| 2. ALARM-B 2とRELAP4の比較 | 2 |
| 2.1 計算条件と入力データ | 2 |
| 2.2 解析結果と検討 | 4 |
| 2.3 下部プレナムモデルの検討 | 7 |
| 2.4 結 論 | 8 |
| 3. THYDE-B 1とRELAP4の比較 | 40 |
| 3.1 計算条件と入力データ | 40 |
| 3.2 解析結果と検討 | 42 |
| 3.3 解析モデルの検討 | 44 |
| 3.4 結 論 | 45 |
| 謝 辞 | 78 |
| 参考文献 | 78 |
| 附録 A ALARM-B 2の入力データリスト | 79 |
| 附録 B ALARM-B 2の下部プレナムモデルの修正リスト | 83 |
| 附録 C THYDE-B 1の入力データリスト | 95 |

Contents

| | |
|--|----|
| 1. Introduction | 1 |
| 2. Comparison of Results Calculated by ALARM-B2 and RELAP4 | 2 |
| 2.1 Input Models | 2 |
| 2.2 Results Presentation and Discussions | 4 |
| 2.3 Discussions of Analytical Model for Lower Plenum | 7 |
| 2.4 Conclusion | 8 |
| 3. Comparison of Results Calculated by THYDE-B1 and RELAP4 | 40 |
| 3.1 Input Models | 40 |
| 3.2 Results Presentation and Discussions | 42 |
| 3.3 Discussions of Analytical Models Incorporated in THYDE-B1 | 44 |
| 3.4 Conclusion | 45 |
| Acknowledgement | 78 |
| References | 78 |
| Appendix A : Input Data List of ALARM-B2 | 79 |
| Appendix B : Revised Subroutines of ALARM-B2 | 83 |
| Appendix C : Input Data List of THYDE-B1 | 95 |

List of Tables

| | |
|-----------|---|
| Table 2.1 | Flow Rate Table for Main Steam Line |
| Table 2.2 | Scram Reactivity |
| Table 2.3 | Input Data for Volumes Used in ALARM-B2 Calculation |
| Table 2.4 | Input Data for Junctions Used in ALARM-B2 Calculation |
| Table 3.1 | Input Data for Volumes Used in THYDE-B1 Calculation |
| Table 3.2 | Input Data for Junctions Used in THYDE-B1 Calculation |
| Table 3.3 | Flow Rate Table for LPCS |
| Table 3.4 | Flow Rate Table for LPCI |
| Table 3.5 | Heat Slab Data Used in THYDE-B1 Calculation |
| Table 3.6 | Summary of Calculations |

List of Figures

| | |
|-----------|--|
| Fig. 2.1 | ALRRM-B2 Nodalization |
| Fig. 2.2 | RELAP4 Nodalization |
| Fig. 2.3 | Radial Temperature Distribution in Fuel Rod at Initial State |
| Fig. 2.4 | Pump Head Characteristic Curve |
| Fig. 2.5 | Pump Torque Characteristic Curve |
| Fig. 2.6 | Pressure in Lower Plenum |
| Fig. 2.7 | Pressure in Core |
| Fig. 2.8 | Pressure in Downcomer |
| Fig. 2.9 | Core Inlet Flow |
| Fig. 2.10 | Quality at Core Inlet |
| Fig. 2.11 | Core Outlet Flow |
| Fig. 2.12 | Quality at Core Outlet |
| Fig. 2.13 | Flow Rate at Steam Separator |
| Fig. 2.14 | Quality at Steam Separator |
| Fig. 2.15 | Flow Rate at Main Steam Line |
| Fig. 2.16 | Mass Inventory in Lower Plenum |
| Fig. 2.17 | Fluid Density in Lower Plenum |
| Fig. 2.18 | Thermodynamic Properties at Lower Part of Core |
| Fig. 2.19 | Fluid Specific Enthalpy in Lower Plenum |
| Fig. 2.20 | Flow Rate at Core Bypass |
| Fig. 2.21 | Quality at Core Bypass |
| Fig. 2.22 | Flow Rate at Vessel Side of Break |
| Fig. 2.23 | Flow Rate at Pump Side of Break |
| Fig. 2.24 | Quality at Vessel Side of Break |
| Fig. 2.25 | Quality at Pump Side of Break |
| Fig. 2.26 | Discharge Flow of Intact Side Jet Pump |
| Fig. 2.27 | Suction Flow of Intact Side Jet Pump |
| Fig. 2.28 | Drive Flow of Intact Side Jet Pump |
| Fig. 2.29 | Intact Side Recirculation Pump Head |
| Fig. 2.30 | Discharge Flow of Break Side Jet Pump |
| Fig. 2.31 | Suction Flow of Break Side Jet Pump |
| Fig. 2.32 | Drive Flow of Break Side Jet Pump |
| Fig. 2.33 | Quality of Suction Flow of Break Side Jet Pump |
| Fig. 2.34 | Quality of Drive Flow of Break Side Jet Pump |
| Fig. 2.35 | Differential Pressure between Lower Plenum and |

Downcomer

- Fig. 2.36 Differential Pressure between Lower Plenum and Upper Plenum
- Fig. 2.37 Mixture Level in Upper Downcomer
- Fig. 2.38 Mixture Level in Lower Downcomer
- Fig. 2.39 Average Quality of Core Volume
- Fig. 2.40 Fuel Rod Surface Temperature
- Fig. 2.41 Fuel Rod Surface Temperature
- Fig. 2.42 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface
- Fig. 2.43 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface
- Fig. 2.44 Normalized Power Generation Rate
- Fig. 2.45 Core Inlet Flow Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.46 Core Outlet Flow Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.47 Quality at Core Inlet Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.48 Average Density of Lower Plenum Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.49 Pressure in Core Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.50 Flow Rate at Vessel Side of Break Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.51 Quality at Vessel Side of Break Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 2.52 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface in Lower Part of Core
- Fig. 2.53 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface in Center Part of Core
- Fig. 2.54 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface in Upper Part of Core
- Fig. 2.55 Mass Inventory of Lower Plenum Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum
- Fig. 3.1 THYDE-B1 Nodalization
- Fig. 3.2 RELAP4 Nodalization
- Fig. 3.3 Pump Characteristic Curve
- Fig. 3.4 Void Feedback Reactivity
- Fig. 3.5 Radial Temperature Distribution in Fuel Rod at Initial State
- Fig. 3.6 Axial Power Generation Distribution in Core
- Fig. 3.7 Pressure inside Core Shroud
- Fig. 3.8 Pressure outside Core Shroud
- Fig. 3.9 Pressure in Break Side Recirculation Line
- Fig. 3.10 Break Flow
- Fig. 3.11 Specific Enthalpy of Break Flow
- Fig. 3.12 Quality of Break Flow
- Fig. 3.13 Mixture Level inside Shroud
- Fig. 3.14 Mixture Level outside Shroud
- Fig. 3.15 Flow Rate of Main Steam Line
- Fig. 3.16 Specific Enthalpy of Steam Line Flow
- Fig. 3.17 Flow Rate at Steam Separator
- Fig. 3.18 Specific Enthalpy of Steam Separator Flow
- Fig. 3.19 ADS Flow Rate
- Fig. 3.20 Specific Enthalpy of ADS Flow

- Fig. 3.21 LPCS Flow Rate
- Fig. 3.22 LPCI Flow Rate
- Fig. 3.23 Discharge Flow of Intact Side Jet Pump
- Fig. 3.24 Drive Flow of Intact Side Jet Pump
- Fig. 3.25 Suction Flow of Intact Side Jet Pump
- Fig. 3.26 Pump Head of Intact Loop
- Fig. 3.27 Discharge Flow of Break Side Jet Pump
- Fig. 3.28 Drive Flow of Break Side Jet Pump
- Fig. 3.29 Suction Flow of Break Side Jet Pump
- Fig. 3.30 Differential Pressure between Downcomer and
Recirculation Line
- Fig. 3.31 Fuel Rod Surface Temperature at Lower Part of Core
- Fig. 3.32 Fuel Rod Surface Temperature at Center Part of Core
- Fig. 3.33 Fuel Rod Surface Temperature at Upper Part of Core
- Fig. 3.34 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at
Lower Part of Core
- Fig. 3.35 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at
Center Part of Core
- Fig. 3.36 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at
Upper Part of Core
- Fig. 3.37 Peak Cladding Temperature at Center Part of Core
(Case 6)
- Fig. 3.38 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at
Upper Part of Core (Case 6)
- Fig. 3.39 Break Flow Rate (Case 2)
- Fig. 3.40 Break Flow Rate (Case 3)
- Fig. 3.41 Mixture Level inside Shroud (Case 2)
- Fig. 3.42 Mixture Level outside Shroud (Case 2)
- Fig. 3.43 Pressure inside Shroud (Case 2)
- Fig. 3.44 Main Steam Line Flow Rate (Case 2)
- Fig. 3.45 ADS Flow Rate (Case 2)
- Fig. 3.46 LPCS Flow Rate (Case 2)
- Fig. 3.47 LPCI Flow Rate (Case 2)
- Fig. 3.48 Mixture level inside Shroud (Case 4)
- Fig. 3.49 Mixture level outside Shroud (Case 4)
- Fig. 3.50 Pressure inside Shroud (Case 4)
- Fig. 3.51 Mixture Region Mass Inventory inside Shroud (Case 4)
- Fig. 3.52 Pressure inside Shroud (Case 5)
- Fig. 3.53 Mixture level inside Shroud (Case 5)
- Fig. 3.54 Mixture level outside Shroud (Case 5)
- Fig. 3.55 LPCS Flow Rate (Case 5)
- Fig. 3.56 LPCI Flow Rate (Case 5)

1. 序

ALARM-B 2 コード⁽¹⁾と THYDE-B 1 コード⁽²⁾は、BWRの非常用炉心冷却装置 (ECCS) の性能評価の為に原研で開発されたコードである。ALARM-B 2 は大破断ブローダウン時における主循環系の伝熱流動を解析するコードであり、THYDE-B 1 は主として小破断における主循環系の伝熱流動を解析する。この他に再冠水時の炉心シュラウド内の伝熱挙動を解析するコードである THYDE-B-REFLOOD⁽²⁾と、被覆管表面温度と酸化量の解析を行うヒートアップコード SCORCH-B 2⁽³⁾を加えて、BWR の ECCS 性能評価コードシステムが完成している。

今回の解析では、先に示した2つの伝熱流動解析コードと、米国NRCで開発され、原研の原子炉データ解析室で改良された WREM/J2システム⁽⁴⁾の中の伝熱流動解析コード RELAP 4/MOD6/U 4/J3⁽⁵⁾ (以下で単に RELAP と称す) との比較計算を行った。この解析により ALARM-B 2 コードと THYDE-B 1 コードの検証を行うと同時に、モデル上の相違点が結果に及ぼす影響についての検討も行った。また両コードに一時的なモデル変更をして結果の検討も行った。

本解析において指摘されたモデル上の問題点の多くは既に改良作業が進められており、各コードの修正版が作成される予定になっている。

2. ALARM - B2とRELAP4の比較

1000MWeクラスのBWRにおける大破断冷却材喪失事故時ECCS性能評価解析を通してALARM-B2コードとRELAPコードの比較を行った。解析に際して、RELAPコードのサンプル計算⁽⁵⁾をもとに、ALARM-B2のデータをできるだけ同一条件で解析するように作成した。ただし、ALARM-B2の解析性能を失わないようなモデル化を考慮した。このため、後で述べるように両コード破断口のノーディングが異ったため、ALARM-B2の臨界流出係数はRELAPの流出流量に合わせるように調整した。また、解析モデルの相違上同一条件で解析できなかったもののひとつとして下部プレナムのモデルがある。即ち、RELAPコードでは入力で指定されたトリップコントロールに従って、ある時刻までは均質モデルで解析し、以後水位モデルを適用することが可能である。このモデルは炉心への冷却材の供給という面から炉心冷却に大きな影響を持つ。現バージョンのALARM-B2にはこのようなモデルがないのでコードを修正して下部プレナムフラッシング以後に水位モデルを適用できるようにして、この影響についても検討した。

2.1 計算条件と入力データ

ALARM-B2の入力データはRELAPコードのサンプル計算のデータ⁽⁵⁾をもとに作成された。データの作成に際してはALARM-B2の特性を失わないようモデル化を行いつつ、できるだけ同一の条件で解析が行われるように留意した。また、モデルの相違上同一データの作成が困難な場合には、適当と思われる数値を用いることにした。以下で各項目について説明する。ALARM-B2の入力データは付録Aに示した。

(1) ノーディング

Fig. 2.1にALARMのノーディングを示したが、ジェットポンプ付きのBWRの主循環系を12ノード、22ジャンクションで模擬した。Fig. 2.2には解析ベースデータであるRELAPのノーディング図を示した。ALARMのノーディングにおいては、炉心部分は4ノード（ノード2～ノード5）に分割し、それぞれのノードに対応する燃料棒を模擬したヒートスラブを1個考える事により、炉心での発熱分布による流体のエンタルピー上昇を模擬した。

ホットチャンネルはノード体積が他のノードと比べて小さく成り、計算を不安定にする要因となる為、考慮しなかった。ダウンカマー部は上下2つのノード（ノード7、8）に分割し、この部分に対してのみ水位モデルとノード結合モデルを適用しRELAPと同一とした。再循環ループは破断側、健全側をそれぞれ1個のノード（ノード9、10）で模擬した。RELAPコードでは破断口に1個のノードを考え、ベッセル側からの'non-direct'リークモデルを採用しているが、ALARMでは数値計算上の安定性を考慮して'direct'リークモデルを用いた。下部プレナムノード（ノード1）に対しては、ジェットポンプのモデル上この部分の体積を含めた。また炉心バイパス領域も炉心より下部の部分を下部プレナムに含めたので、下部プレナム体積はRELAPのノ

ーディングの約 1.35 倍と成った。ヒートスラブは RELAP と同様に炉心の燃料棒についてのみ考慮し、構造材との熱の授受は無視した。ただし、今回の解析では全て平均炉心として扱い、RELAP のように高出力炉心を別に扱うことはしなかった。

(2) 再循環ポンプモデル

再循環ポンプは健全側と破断側のループにそれぞれ 1 個ずつ考えた。このポンプの特性曲線は Fig. 2.3, 2.4 に示したが、RELAP で使用しているデータと同じものを用いた。また初期条件も RELAP の計算条件と合せた。

キャビテーションによるポンプ特性の補正はモデルの相違上、同一データの作成が困難であるため無視した。

(3) ジェットポンプモデル

ALARM のジェットポンプモデルでは体積を考えていないので、この部分は下部プレナムに含めて考えた。運動量の混合は仮想的なジェットポンプノード内で完全に行なわれ、質量の蓄積は起こらないという仮定を用いている。今回の解析ではサクシオン部の慣性を無視するオプション 4 を用いた。

(4) 破断条件

破断は先に述べたノーディングの相違から再循環配管入口で起こると仮定し、破断開始後 0.001 秒で破断面積が最大値（再循環配管の 200%）に達するものとした。臨界流モデルは RELAP で使用したのと同様に、未飽和状態で Henry-Fauske モデル、飽和状態で Moody モデルを用いた。未飽和状態から飽和状態への遷移領域は考えず、クオリティが 0 を越えた時点でモデルチェンジをする様にした。

両コードの破断口上流のノーディングが相違しているため、同一の放出係数を用いると両コードの破断流量に大きな差が生じる。このため、流出流量を両コードの境界条件と考え、RELAP の流量に ALARM の流量を合せる様に放出係数を定めた。すなわちベッセル側からの臨界流に対して未飽和状態で 0.6、飽和状態で 0.5 を使い、再循環パイプ側からの流れに対してはそれぞれ 0.9 と 0.5 の値を用いた。

(5) 主蒸気と給水条件

主蒸気管からクオリティ 1.0 の飽和蒸気が流出すると仮定し、流量は Table 2.1 に示した様に蒸気ドーム部分の圧力の関数としてテーブル入力し RELAP と同一条件とした。主蒸気管のバルブは計算開始後 4 秒で閉じると仮定した。給水は計算開始から 3 秒まで定常値が保たれ、3 秒から 4 秒の間で定常値から 0 まで減少するものとして RELAP と合せた。流入水のエンタルピーは定常状態でシステムのエネルギーバランスから求めた値を使用した。

(6) 炉心熱計算

炉心の定常出力は RELAP と同一の 3388 MW (8.094×10^5 kcal/sec) とした。軸方向の出力分布は RELAP の解析で用いた 8 分割のデータの体積重み付けを行って求めた 4 分割の相対出力分布を用いた。炉心の熱発生源としては核分裂によるものと、F.P. およびアクティナイド核種の崩壊熱が有るが、崩壊熱データは ANS の標準値を使用し、F.P. の崩壊熱にはさらに 1.2 の係数を掛け RELAP の条件に合わせた。

核分裂出力の変化の計算に対して、スクラム反応度は Table 2.2 に示した RELAP の時系列

データを用い、ドップラーと冷却材密度変化に対する反応度フィードバック量もRELAPと同じテーブルを用いた。

(7) 定常設定

Table 2.3には定常状態における各ノードの圧力とエンタルピーおよび体積を示し、Table 2.4にはジャンクションでの初期流量と慣性係数および摩擦損失係数を示した。ノードの圧力と各流路の流量はRELAPの入力条件と同じ値を用いた。各ノードのエンタルピーは発熱部分を炉心に限り主蒸気管からは飽和蒸気が流出するとして、システム全体のエネルギーバランスを取る為に一意的に定まる値を用いた。摩擦損失係数は入力した圧力分布と流量からプログラム内で計算するオプションを用いて定めたが、炉心入口ジャンクションに対してはRELAPと同様に、ジェットポンプのスロート部での値と同じオーダーと成る様に炉心内圧力分布を定めた。

燃料棒内の定常状態温度分布は体系内の蓄積エネルギーを決める重要な要因である為、RELAPと同じ軸方向8分割ノーディングで定常計算を行い、径方向の温度分布が一致するようにギャップの熱伝達係数を調整した。この時の温度分布の比較をFig. 2.5に示した。

2.2 解析結果と検討

ALARM-B 2コードは熱平衡を仮定している為、低エンタルピーのECC水が注入された後は非現実的な圧力降下が計算される。そこで破断開始後40秒までの挙動についてRELAPコードによる解析との比較を行った。

(1) 系圧力

Fig. 2.6～Fig. 2.8には下部プレナム、炉心部およびダウンカマー部における圧力変化を示した。破断開始と共に圧力は減少して行くが、4秒後に主蒸気管のバルブが閉じると、炉心での発熱が破断口から放出される流体のエネルギーよりも大きく成る為に系圧力は増加する。RELAPコードでは破断後7秒～8秒の時点で安全弁が開き減圧するが、ALARMではこの弁の作動を模擬していないので圧力上昇が続く。破断後10秒附近で破断口からの放出エネルギーが炉心の発熱量よりも大きく成るので圧力は減少し始め、13.3秒で再循環ループの配管入口よりダウンカマー水位が下ると破断口から蒸気が流出する事となり、圧力は急激に減少する。この急激な減圧により下部プレナムにあった未飽和水が減圧沸騰を始め、破断口から流出する流体のエンタルピーが小さくなるので減圧はゆっくりと成る。このような破断口露出から下部プレナムフラッシングに到る圧力挙動は、RELAPではALARM程明確に表われなかった。この原因の一つとして破断口のノーディングの違いがあげられる。下部プレナムフラッシング以降においてもALARMの結果はRELAPに比べてゆっくりと減圧している。これはALARMでは下部プレナムに均質モデルを適用している為、下部プレナムからダウンカマー部へ液相が供給されて低クオリティ飽和水の流出が続くのに対し、RELAPでは22秒以降下部プレナムに水位モデルを適用している為に下部プレナムからダウンカマー部への液相の供給が減少し、高クオリティの流体が破断口から流出するように成る為である。

(2) 炉心流量

炉心入口および炉心出口での流量とクオリティをFig. 2.9, Fig. 2.10とFig. 2.11, Fig. 2.12

にそれぞれ示した。Fig. 2.13とFig. 2.14には気水分離器における流量とクオリティの比較を示した。入口流量を比較するとALARMでは破断直後流量が約2ton/secまで急激に減少し、その後4ton/secまで回復し以後ゆるやかに減少している。RELAPによる解析では破断直後の流量の急激な減少は見られない。これは後で述べる様にALARMでは'direct'リークモデルを使用した為、破断直後にダウンカマー部の減圧が大きく成り、シュラウド内から破断側ジェットポンプを通して流出する流量が増加した為である。(Fig. 2.35, 2.36参照)

この後ALARMでは流量は徐々に減少し、9.5秒でジェットポンプのサクシオン部が蒸気中に露出して炉心流量は急激に減少し逆流と成るが、この時点から約2秒後には1ton/secの正流まで回復する。RELAPでは急激な減少は10秒で起こり、炉心流量は負となる。その後約4秒間、この逆流状態が続いている。この違いはジェットポンプ流量の項で詳しく述べるが、ALARMではサクシオン部が露出するとすぐにジェットポンプ混合部のエンタルピーが上昇し、破断側ジェットポンプのドライブノズルで生じる臨界流が減少する為、スロート部を逆流する流量が減少し炉心部への正流が増加したと考えられる。破断後13秒附近で破断口から蒸気流出が始まり、圧力は急激に減少する。この急激な減圧の為に下部プレナムの水が減圧沸騰を始め、13.8秒で炉心流量は約6ton/secまで増加する。この下部プレナムフラッシングの時刻は両コードで一致した。フラッシングによる流量増加はすぐに減衰を始め、RELAPコードではこの時点から7秒後の21秒で流量は0となる。22秒の時点で下部プレナムに水位モデルが適用される為、一時逆流と成るが、これ以降炉心流量は殆んど無くなる。一方ALARMによる計算では、フラッシングによって増加した流量の減衰はかなりゆっくりとしており、破断後40秒でほぼ0となるまで正流が続いた。Fig. 2.16とFig. 2.17には下部プレナムの質量インベントリと密度変化を示したが、ALARMではこのノードの体積をRELAPよりも大きくとった事と均質モデルを適用した為、フラッシング以後多量の水が流出した。この為に炉心の正流が長時間継続したと考えられる。

Fig. 2.18にはALARMの解析の下部炉心(ノード2)の質量インベントリ、平均密度、飽和水密度およびクオリティを示した。破断開始後8秒付近で計算された平均密度($\approx 833\text{kgm/m}^3$)は飽和液相密度($\approx 733\text{kgm/m}^3$)の約1.14倍に達している。これは下部プレナムの流体よりも大きな密度になったことを示しており、このような状況の生じる事はこの場所では考えにくい。状態量の計算にかなりの誤差を含んでいると思われる。この原因として蒸気表の誤差および保存式の解法による誤差の蓄積が考えられる。今後この点の改良が必要である。

(3) 破断流量

圧力容器側からの破断流量をFig. 2.22に、再循環ポンプ側からの流量をFig. 2.23に示した。破断口から流出する流体のクオリティをFig. 2.24, 2.25にそれぞれ示した。今回の解析では破断流量は境界条件と考え、放出係数の調整を行ったのではほぼ一致している。ただしポンプ側破断流量はこの調整が適正でなかったためALARMの方が常に大きかった。しかしポンプ側破断流量の系全体の挙動への影響は圧力容器側破断流量の影響より小さいので、ポンプ側破断流量の差の影響は小さいと思われる。下部プレナムフラッシング以降ALARMでは流出流量が大きくなっており、これは下部プレナムから比較的低クオリティの流体が流出した為である。

(4) ジェットポンプ挙動

Figs. 2.26, 2.27, 2.28には健全側ループジェットポンプのスロート、サクシオン、ドラ

イブ流路の流量を示した。

破断後 0.01秒でポンプは電源喪失によりコーストダウンを始める。これに伴い Fig. 2.29 に示したようにポンプ揚程が減少するので、ドライブ流量は破断後 9秒まで徐々に減少して行く。サククション部が蒸気中に露出すると、サククション流量の急激な減少の為にジェットポンプ混合部で圧力が低下し、一時的にドライブ流量は増加する。両コード間でこの時点までの流量変化はよく一致した。ポンプを通過する流体のクオリティの影響によるポンプ揚程の変化に対応してドライブ流量は大きく振動している。ALARMの計算では、サククション流量とスロート流量は破断直後に破断側ジェットポンプを通過してシュラウド外へ流出する流量が急激に増加する為、短時間増加するが以後ドライブ流量の減少に伴って減少する。サククション部が蒸気中に露出するとこれらの流量は殆んど 0 と成り、スロート流量は以後殆んど無くなる。サククション流路にはドライブ流路からの流体が逆流するが、この流れも徐々に減少し、破断後 40秒ではほぼ 0 と成る。破断直後を除いて RELAP による解析もよく似た挙動を示した。

Fig. 2.30, 2.31, 2.32には破断側ジェットポンプのスロート、サククション、ドライブ流路の流量を示した。Fig. 2.33とFig. 2.34にはサククション流路とドライブ流路での流体のクオリティを示した。Fig. 2.35に示した様に 'direct' リークモデルを用いている ALARM では、破断直後に下部プレナムとダウンカマーとの差圧が大きく成り、ジェットポンプを逆流してシュラウド外側へ流出する流量が多くなった。この為ジェットポンプの各流路における流量は、破断後 RELAP の結果とかなり違ったものとなった。サククションノズルの露出によってジェットポンプ混合部の圧力が低下し、サククション流路から高エンタルピーの流体が流れ込み、ドライブ流路での逆流臨界流が 2.5 ton/sec から 1.0 ton/sec まで減少した。この事が先に述べた様にこの時点で炉心流量を増加させた原因と考えられる。この後下部プレナムフラッシングにより低エンタルピー水が混合部に流入するので逆流の臨界流は増加し、以後 40秒までドライブ流量とスロート流量は RELAP の計算値よりも多くなった。

(5) シュラウド外側水位

Figs. 2.37, 2.38にはシュラウド外側の気水分離領域とダウンカマー領域における水位変化の比較を示した。ダウンカマーの水位変化はサククション部露出時刻と再循環パイプ配管入口時刻を決定し、炉心流量の変化に大きな影響をおよぼすので重要な量である。ALARM の計算では、ダウンカマー領域の水位は破断後 6.4秒で上部の気水分離領域とノード合体をした後に減少を始めるが、RELAPの結果と比べて勾配が少し急であるがほぼ一致した。シュラウド外側の水位計算に対しては、破断流量と水位境界面での蒸気離脱量が重要な要因となるが、今回の解析ではこの条件が一致していた。

(6) 燃料棒表面温度

ALARMでは炉心を軸方向に4分割しているが、RELAPは8分割の計算である為同じ高さでの比較はできなかった。そこでそれぞれのコードでの炉心入口、出口および中央部での燃料棒表面温度と熱伝達係数を Fig. 2.40, 2.41とFig. 2.42, 2.43に示した。炉心ノードのクオリティの比較を Fig. 2.39に示した。RELAPではサククション部が蒸気中に露出して炉心流量が減少する破断後 12秒附近で、炉心中央部において DNB が発生し表面温度が上昇している。ALARM ではこの時刻に DNB の発生はなかったが、これは炉心流量の項で述べた様に、サククション露出

後は早い時期に流量が回復して正流となった為である。さらに RELAP では下部プレナムに水位モデルが適用された後炉心流量は殆んど無くなる為、炉心の全ノードで DNB が発生するが、ALARM では下部プレナムフラッシング後に炉心では正流が続く為、DNB は発生せず燃料表面温度も上昇しなかった。

2.3 下部プレナムモデルの検討

(1) モデル修正

今回の解析において下部プレナムがフラッシングした後の炉心流動が両コード間でかなり違った。RELAP コードではフラッシング後に下部プレナムノードに対して水位モデルを適用し、高エンタルピーの流体が炉心に流れ込む様にしている為、炉心が蒸気中に露出する時刻が ALARM に比べてかなり早くなった。下部プレナムフラッシング後の炉心流動を考えると、ポンプ駆動力は殆んど無くなっており流れは全体に停滞する。この為下部プレナム水位が形成される事は十分考えられ、実験においても水位が確認されているケース⁽⁶⁾もある。

従来 ALARM コードでは計算途中から水位モデルを変更する事はできなかったが、今回プログラムを一部修正してこの変更を可能とした。水位モデルを変更する時刻の決定方法としては色々考えられるが、今回の修正では下部プレナムがフラッシングした後、Wilson の相関式⁽⁷⁾を用いて求めた下部プレナムでの気液相対速度が炉心と下部プレナムを結合するジャンクションでの体積流速より大きくなった時点から水位モデルを適用する様にした。プログラムの修正と入力データの変更については付録 B に示した。

(2) 結果の検討

Fig. 2.45, 2.46 には ALARM のモデル変更前と変更後 (記号 ALARMX で表示), および RELAP の炉心入口と出口における流量の比較を示した。Fig. 2.47 には炉心入口ジャンクションのクオリティを示し、Fig. 2.48 には下部プレナムの冷却材密度変化の比較を示した。モデルの変更により破断後 25.4 秒の時点で下部プレナムに対して水位モデルが適用され、炉心流量が急激に減少し 2 秒後には殆んど 0 となった。下部プレナムの冷却材密度はフラッシングの時点から減少を始めるが、水位モデルが適用されると減少割合はゆるやかに成る。モデル変更後の ALARM の計算では、水位モデルの適用時刻が RELAP より約 3 秒遅れた為に密度は小さくなったが、適用後の変化割合はほぼ一致した。Fig. 2.49 には炉心での圧力変化の比較を示したが、破断後 25 秒以降の減少割合は RELAP と一致するようになった。これは破断口から流出する流体のエンタルピーが大きくなり、エネルギー放出割合が RELAP と一致した為である。(Fig. 2.50, 2.51 参照) 水位モデルを適用した事により、Fig. 2.52~Fig. 2.54 に示した燃料棒表面の熱伝達係数の比較から解るように、炉心の蒸気中への露出時刻が軸方向の各点で約 10 秒程早く成った。評価計算 (EM 計算) の立場からは、この事は安全側の評価を与える。Fig. 2.55 には下部プレナムの冷却材インベントリー変化を示したが、モデルの変更により ECCS 作動時のインベントリーは増加した。原研で開発された BWR の ECCS 性能評価システムでは、LOCA 現象をブローダウン段階と再冠水段階に分け、それぞれ別コードで解析する様になっている。ECCS 作動後の再冠水段階を解析するコードには初期条件として炉内の水量を与えるが、モデル

変更後の値を与えた場合には再冠水時刻がはやまる事が予想される。この事は評価計算の立場からは熱伝達係数の場合とは逆に不安全側の評価を与える。

以上の事は下部プレナムに対する水位モデルについては、適用時刻の決定方法および BWR コードシステムの中での使用方法についてさらに検討する事により、有用なモデルである事を示唆している。

2.4 結 論

BWR 大破断 LOCA のブローダウン計算を通して、ALARM-B 2 と RELAP コードの比較を行い以下の結論を得た。

(1) ALARM コードで放出係数を調整して破断流量を RELAP の結果に近づけた場合、ジェットポンプサクシジョン部の蒸気中への露出時刻と下部プレナムフラッシング開始時刻は両コードでほぼ一致した。

(2) ALARM による解析では、サクシジョン部が露出した後に炉心流量の正流への回復がはやかった事と、下部プレナムの体積を大きくとり、均質モデルを適用した為にフラッシング以後に炉心が正流に成り易かった事により、DNB が発生しなかった。

(3) ALARM コードを一部修正して、フラッシング後に下部プレナムに水位モデルを適用する計算を行ったが、適用後のシステム挙動の傾向が RELAP とかなり一致した事から有効なモデル変更と考えられる。

Table 2.1 Flow Rate Table for Main Steam Line

| | | | | |
|---|--------|--------|-------|-----|
| Steam Dome Pressure (kgf/cm ²) | 1000.0 | 72.55 | 67.00 | 0.0 |
| Main Steam Line Flow (kg/sec) | 1848.1 | 1848.1 | 0.0 | 0.0 |

Table 2.2 Scram Reactivity

| | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Time (sec) | 0.0 | 0.9 | 1.075 | 1.6 |
| Scram Reactivity (ρ) | 0.0 | 0.0 | -0.4 | -4.0 |
| | 2.7 | 5.7 | 8.0 | 100.0 |
| | -10.0 | -28.1 | -30.0 | -30.0 |

Table 2.3 Input Data for Volumes Used in ALARM-B2 Calculation

| Node No. | Pressure (kgf/cm ²) | Enthalpy (kcal/kg) | Volume (m ³) | Volume Height (m) | Mixture Level (m) | Elevation at Volume Bottom (m) |
|----------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 1 | 74.677 | 292.78 | 90.656 | 5.197 | — | 0.0 |
| 2 | 73.968 | 292.78 | 7.465 | 1.067 | — | 5.197 |
| 3 | 73.898 | 304.08 | 6.398 | 0.914 | — | 6.264 |
| 4 | 73.828 | 325.71 | 6.398 | 0.914 | — | 7.178 |
| 5 | 73.758 | 347.45 | 7.294 | 1.042 | — | 8.093 |
| 6 | 73.049 | 353.23 | 43.834 | 6.767 | — | 9.135 |
| 7 | 72.552 | 292.78 | 89.963 | 9.824 | 9.824 | 3.054 |
| 8 | 72.295 | 303.78 | 189.808 | 3.734 | 1.606 | 12.878 |
| 9 | 86.208 | 292.78 | 15.999 | 12.354 | — | -4.267 |
| 10 | 86.208 | 292.78 | 15.999 | 12.354 | — | -4.267 |
| 11 | 73.827 | 292.78 | 18.038 | 3.938 | — | 5.197 |
| 12 | 72.063 | 662.05 | 106.953 | 5.340 | — | 16.612 |

Table 2.4 Input Data for Junctions Used in ALARM-B2
Calculation

| Junction No. | Initial Flow Rate (kg/sec) | Elevation (m) | Inertia (1/m) | Frictional Loss Coefficient (sec ² /m ⁵) | Flow Area (m ²) |
|--------------|----------------------------|---------------|---------------|---|-----------------------------|
| 1 | 12083.3 | 5.197 | 0.517 | 2.446×10^{-2} | — |
| 2 | 12083.3 | 9.135 | 1.117 | 3.167×10^{-2} | — |
| 3 | 13389.4 | 15.901 | 0.095 | 2.832×10^{-2} | — |
| 4 | 11541.3 | 12.878 | 0.236 | 1.294×10^{-2} | — |
| 5 | 2154.6 | 3.353 | 16.755 | 5.175 | — |
| 6 | 2154.6 | 3.353 | 16.755 | 5.175 | — |
| 7 | 6694.7 | 3.054 | 0.729 | 2.018×10^{-2} | — |
| 8 | 6694.7 | 3.054 | 0.729 | 2.018×10^{-2} | — |
| 9 | 1306.1 | 5.197 | 1.515 | 2.236 | — |
| 10 | 1306.1 | 5.197 | 1.515 | 2.475 | — |
| 11 | 1848.1 | 16.612 | 0.070 | 4.656×10^{-1} | — |
| 12 | 4540.1 | 7.620 | 98.430 | 1.502×10^{-1} | — |
| 13 | 4540.1 | 7.620 | 98.430 | 1.502×10^{-1} | — |
| 14 | 2154.6 | 7.620 | 219.29 | 4.512 | 0.04998 |
| 15 | 2154.6 | 7.620 | 219.29 | 4.512 | 0.04998 |
| 16 | 1848.1 | 21.946 | 0.025 | — | — |
| 17 | 0.0 | 3.353 | 0.0 | — | 0.34095 |
| 18 | 0.0 | 3.353 | 0.0 | — | 0.34095 |
| 19 | 1848.1 | 12.192 | 0.191 | — | — |
| 20 | 12083.3 | 6.2638 | 0.141 | 3.751×10^{-4} | — |
| 21 | 12083.3 | 7.1782 | 0.141 | 1.733×10^{-3} | — |
| 22 | 12083.3 | 8.0926 | 0.141 | 2.326×10^{-2} | — |

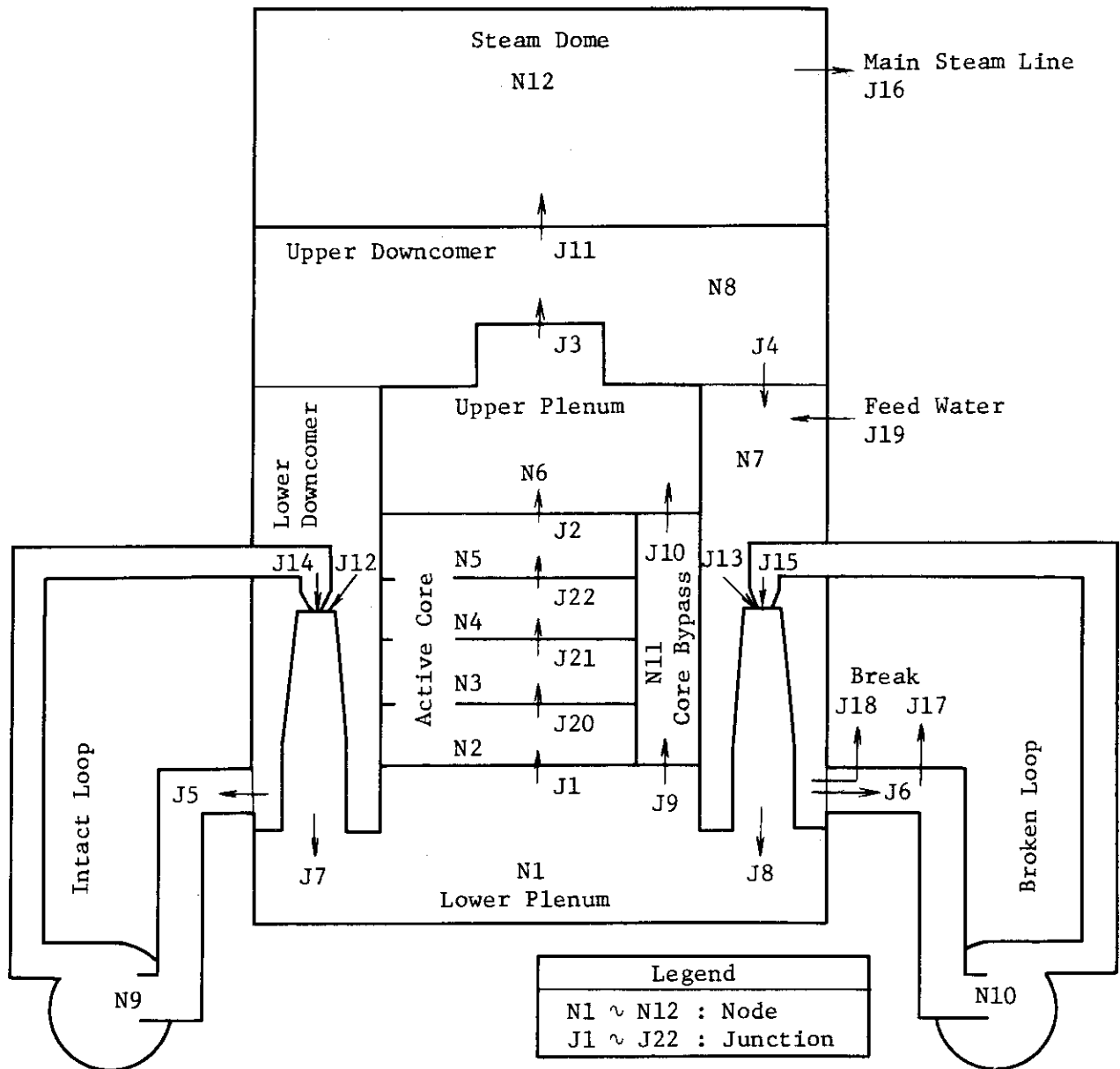


Fig. 2.1 ALARM-B2 Nodalization

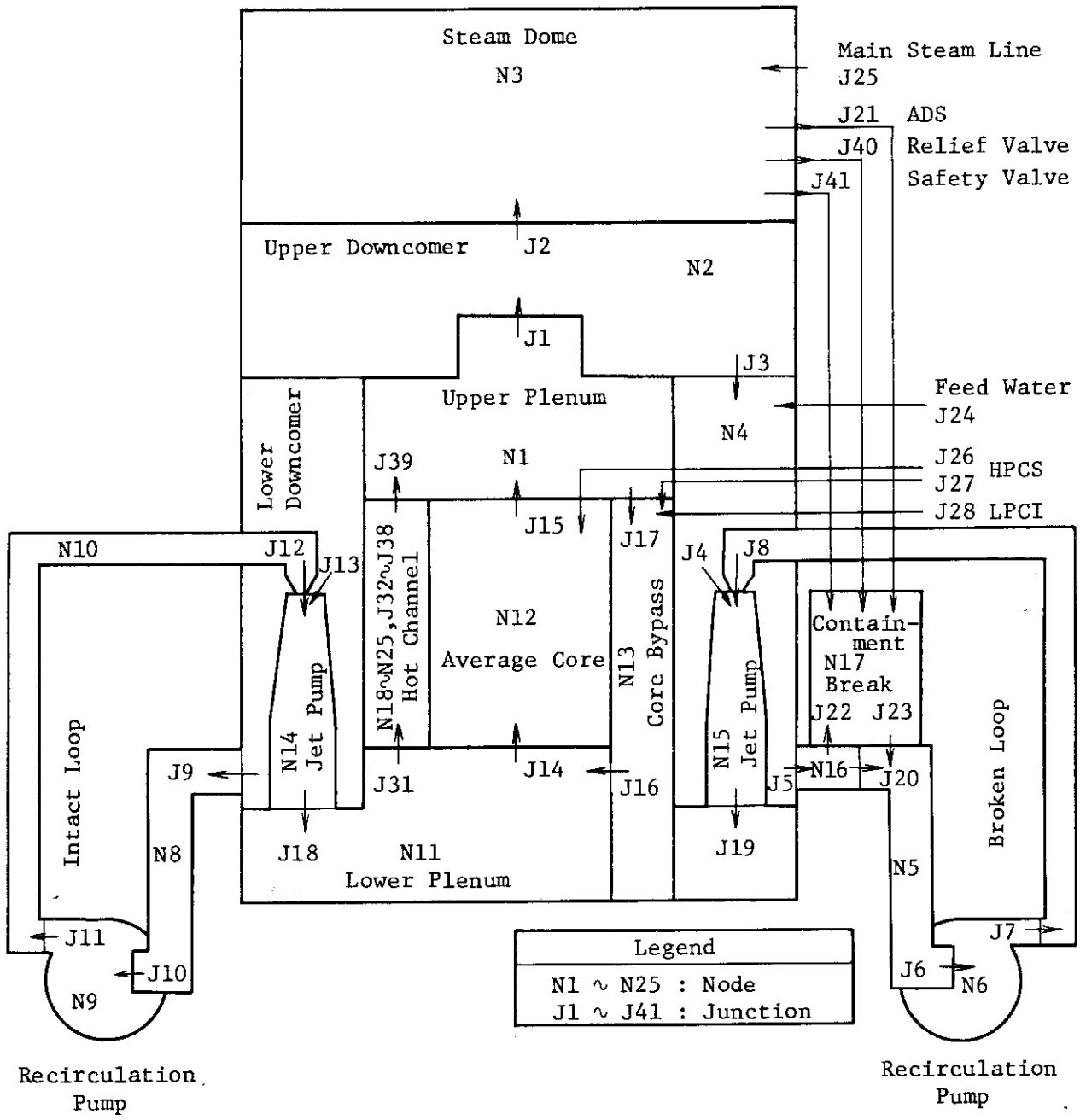


Fig. 2.2 RELAP4 Nodalization

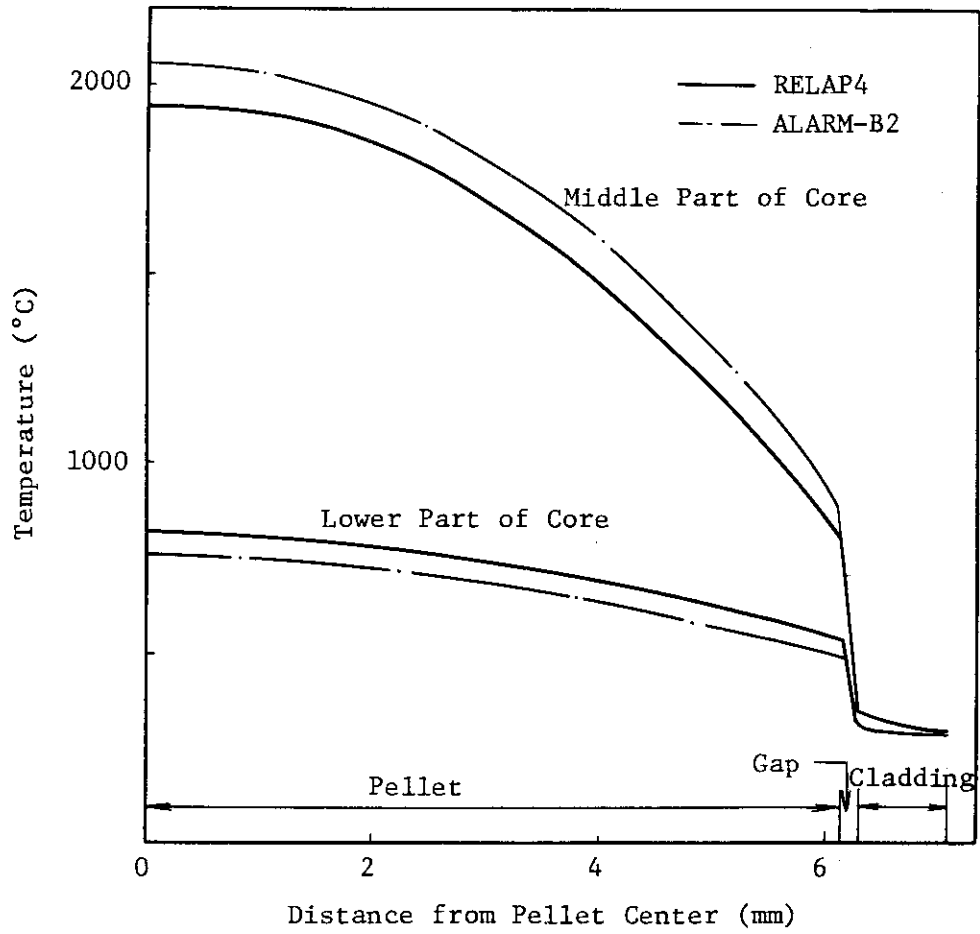


Fig. 2.3 Radial Temperature Distribution in Fuel Rod at Initial State

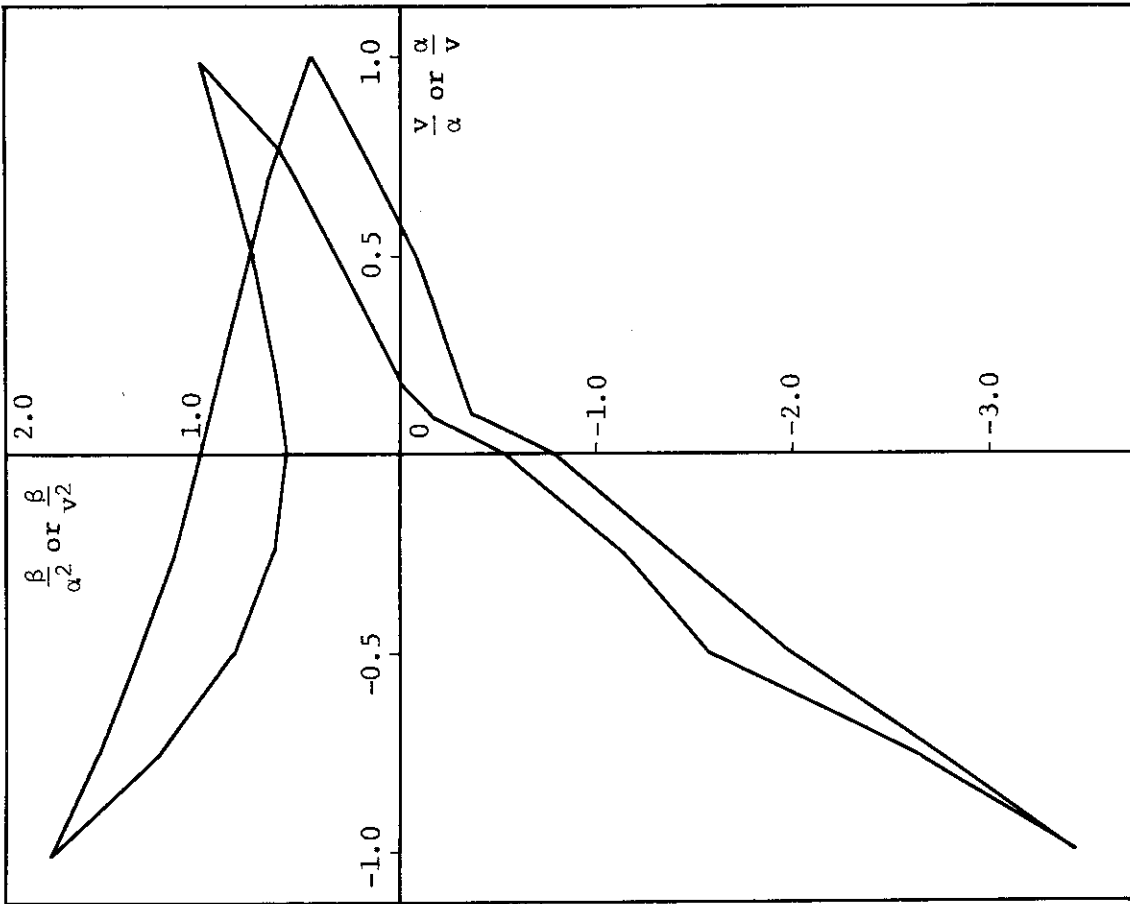


Fig. 2.4 Pump Head Characteristic Curve

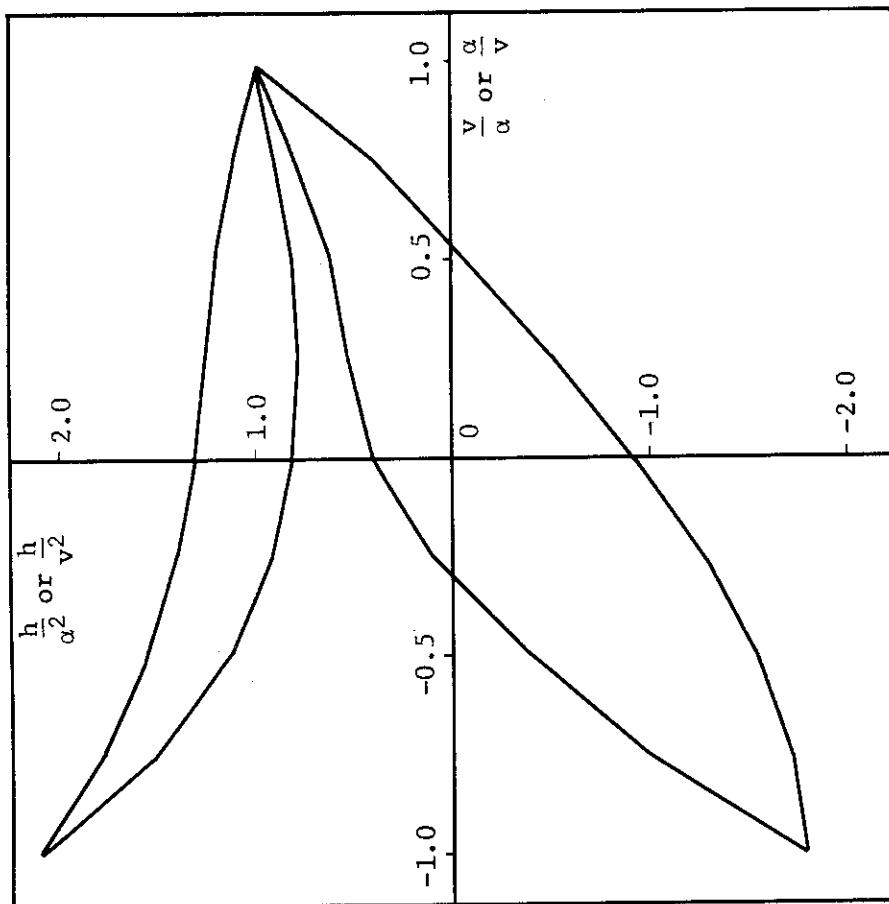


Fig. 2.5 Pump Torque Characteristic Curve

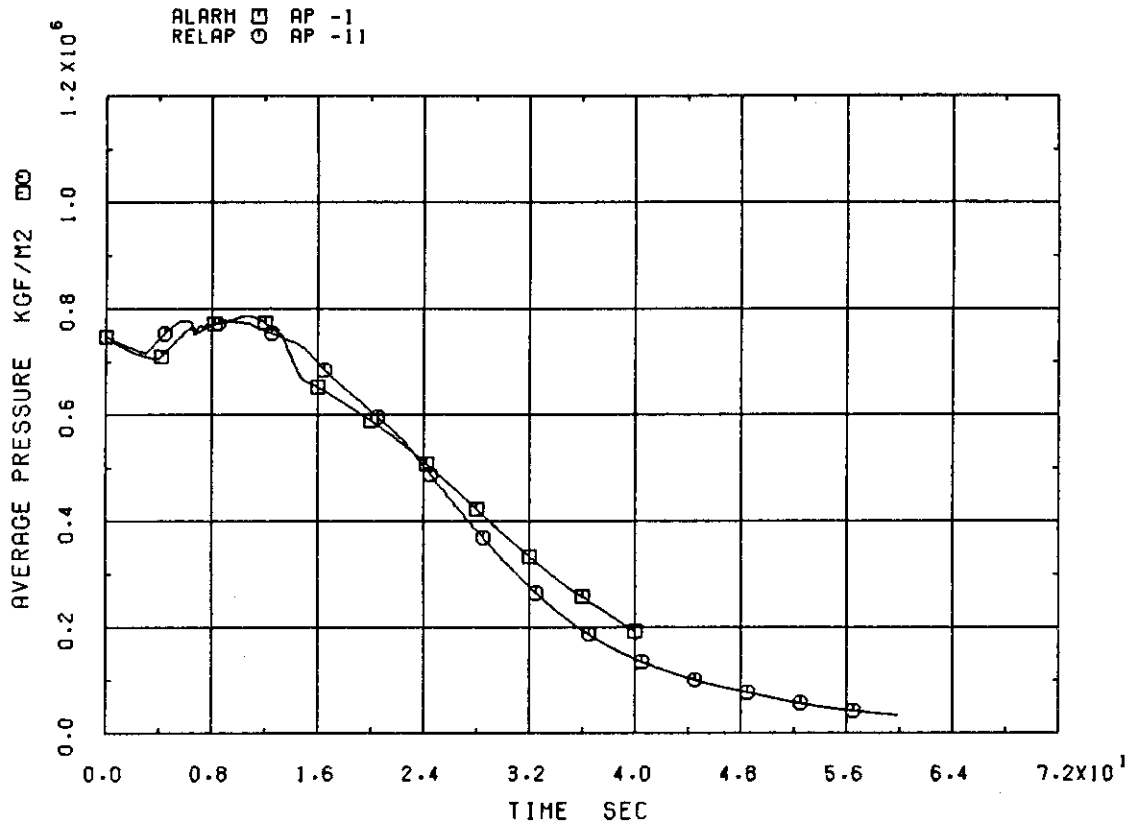


Fig. 2.6 Pressure in Lower Plenum

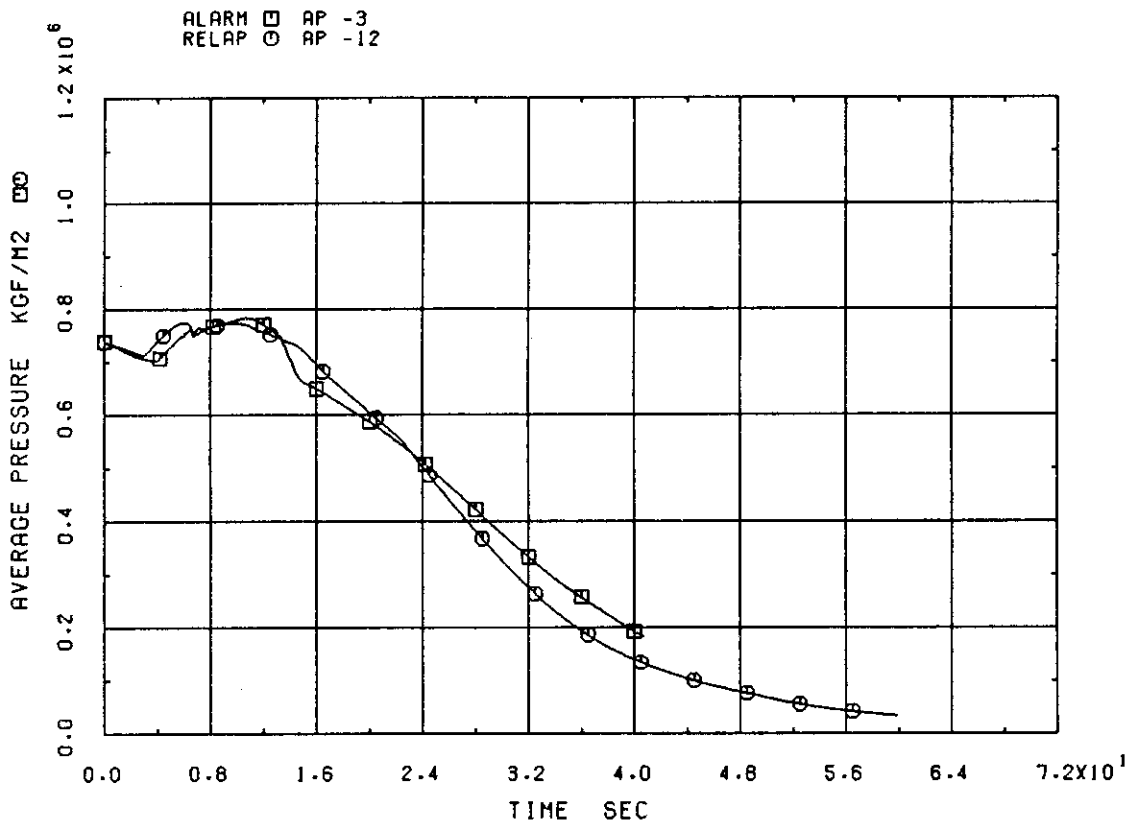


Fig. 2.7 Pressure in Core

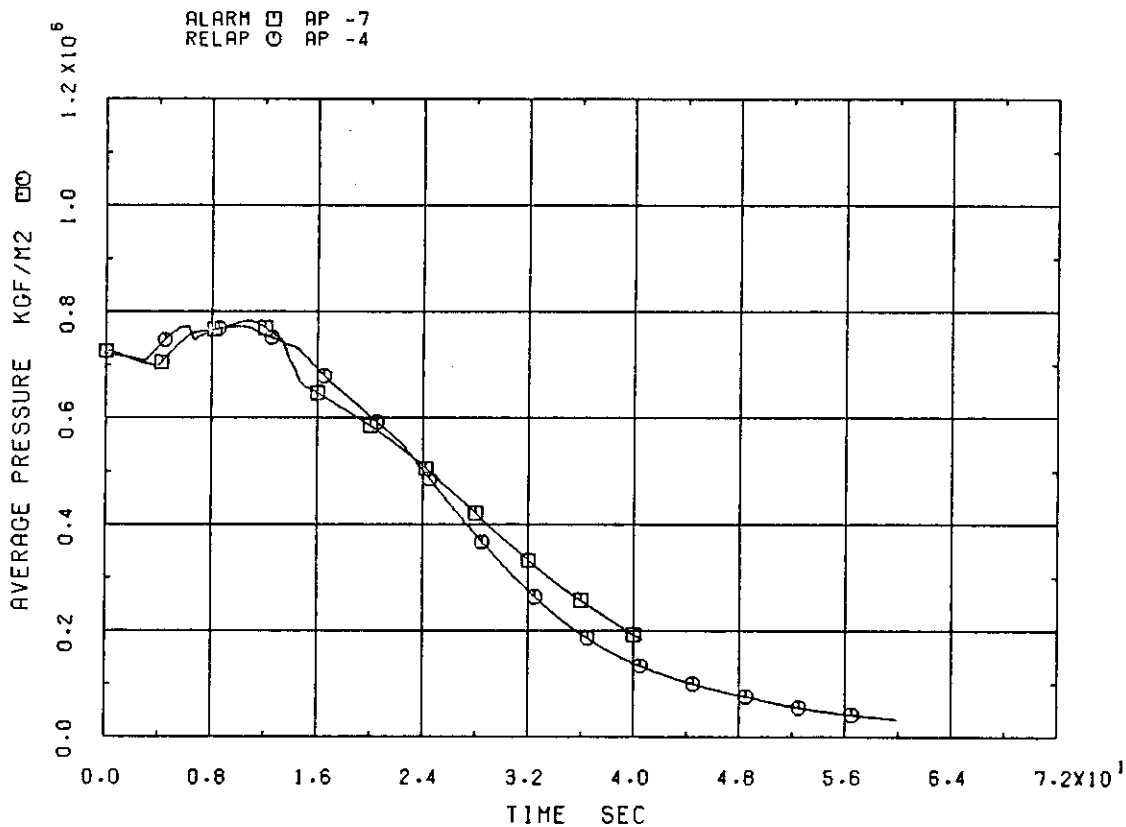


Fig. 2.8 Pressure in Downcomer

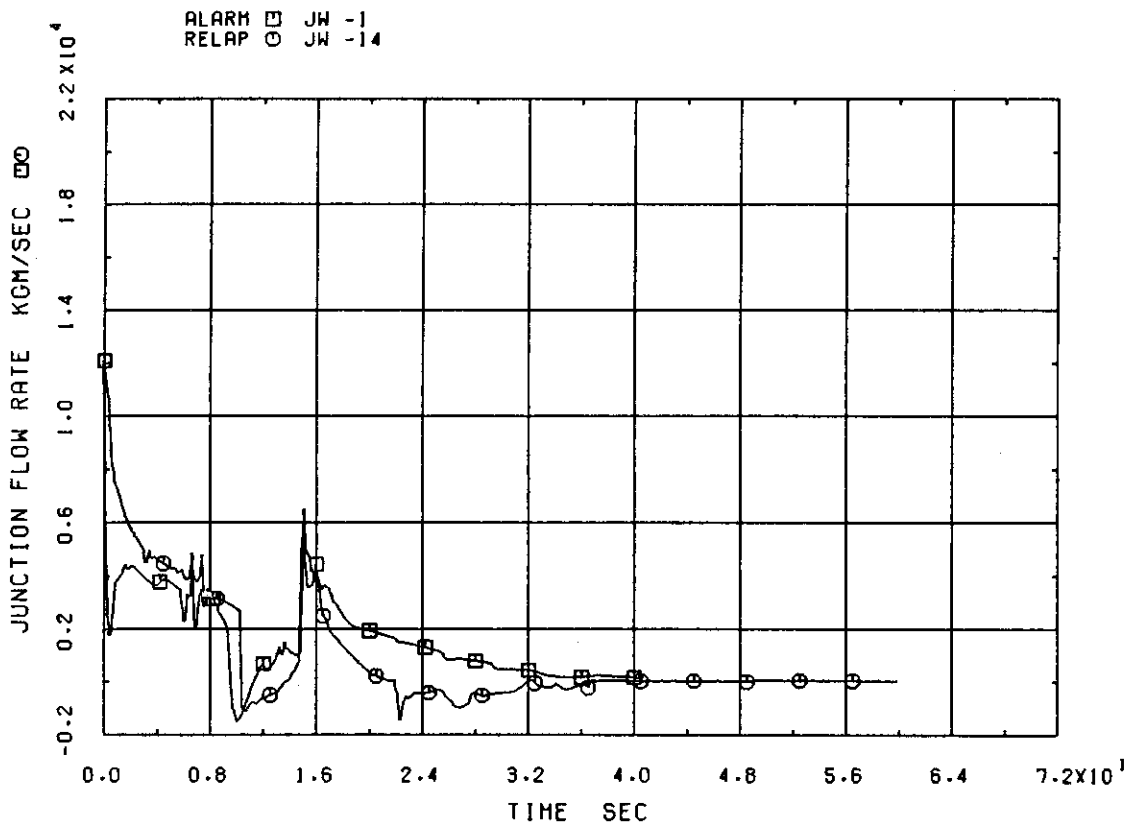


Fig. 2.9 Core Inlet Flow

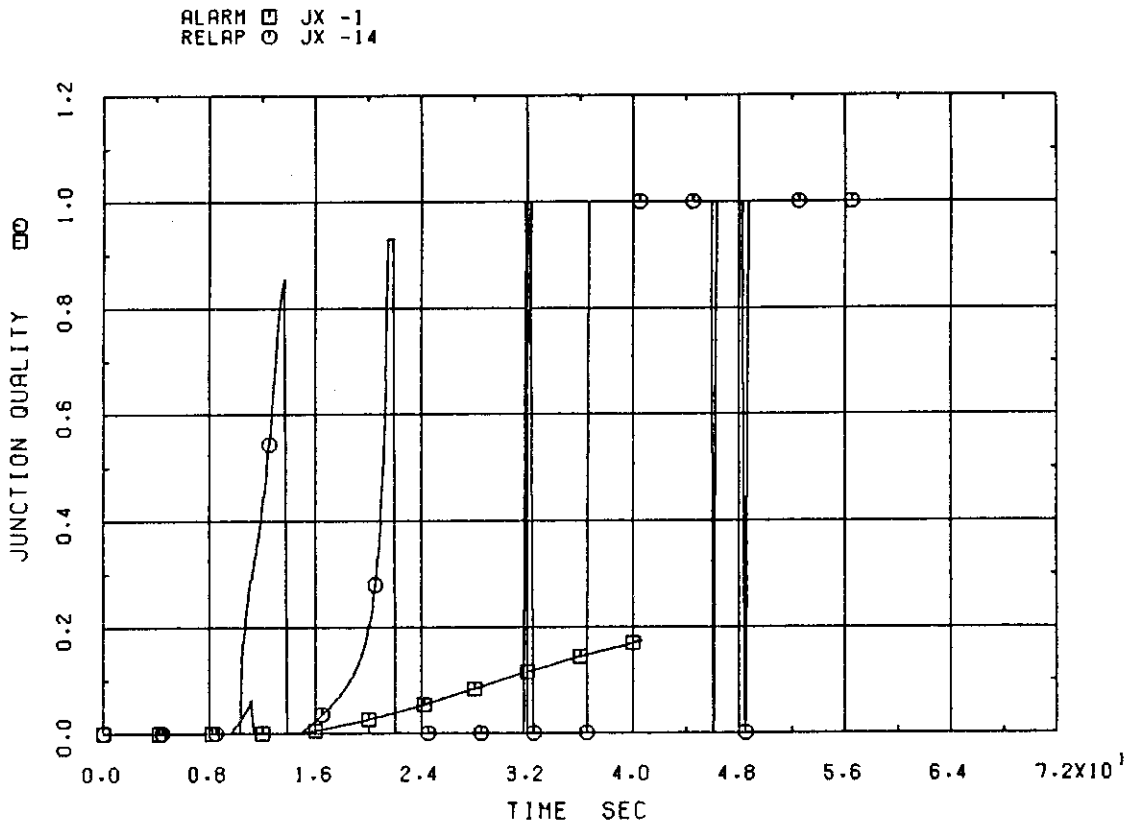


Fig. 2.10 Quality at Core Inlet

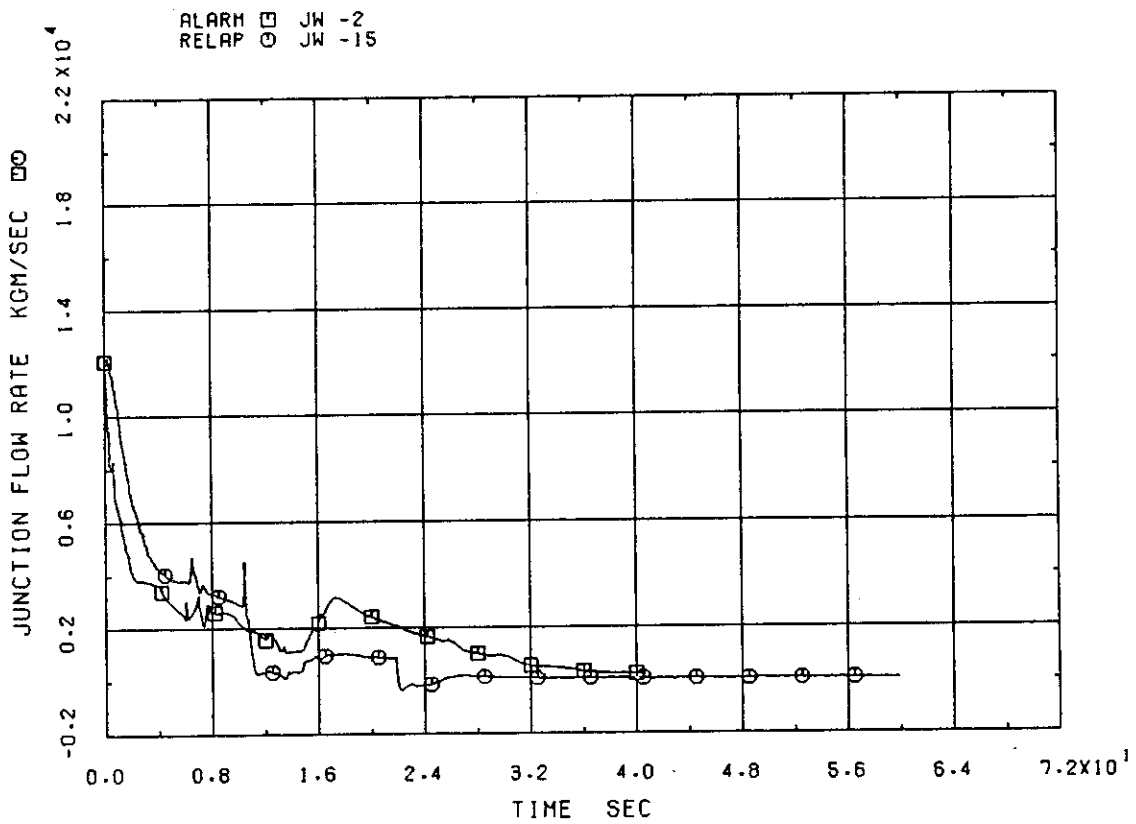


Fig. 2.11 Core Outlet Flow

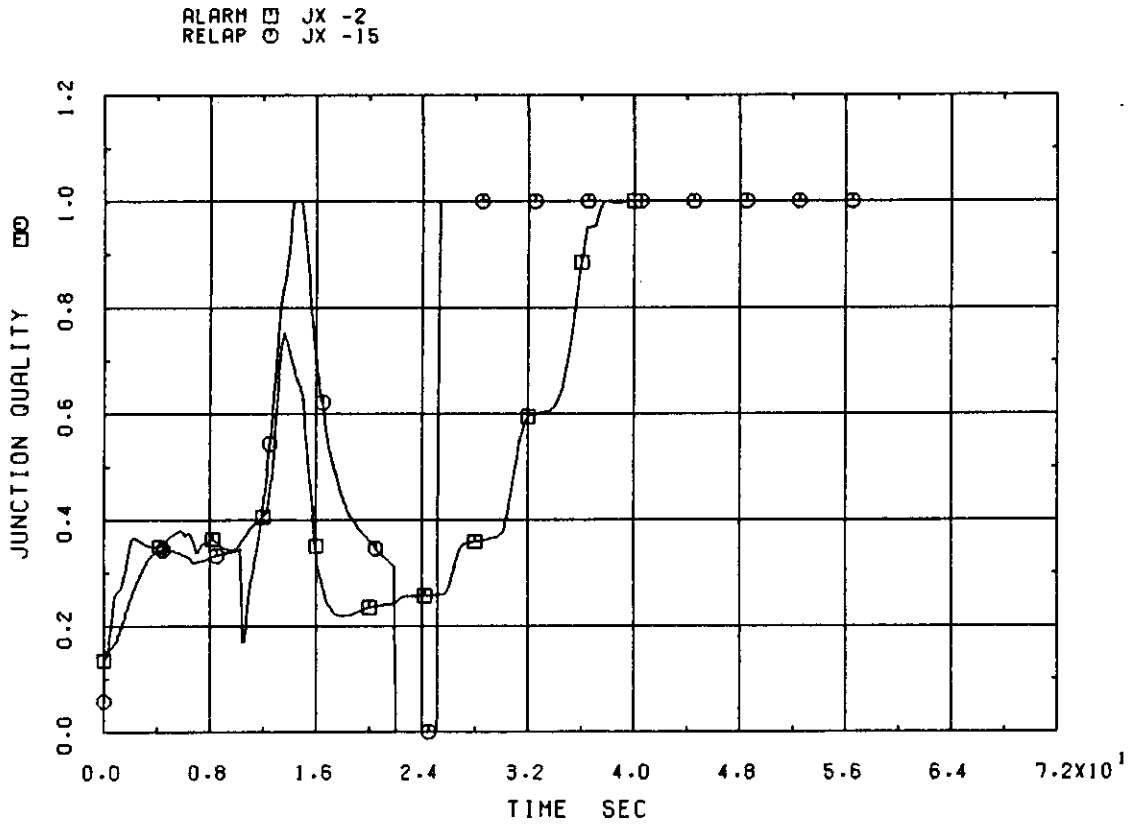


Fig. 2.12 Quality at Core Outlet

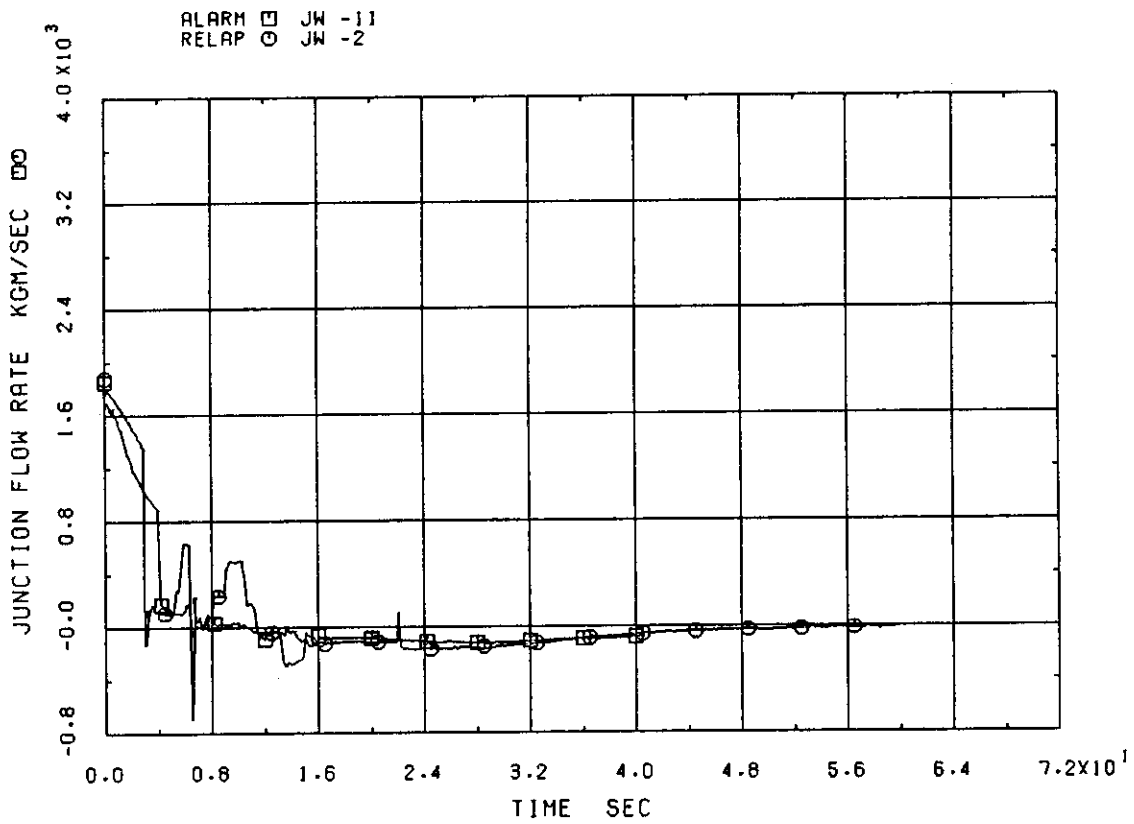


Fig. 2.13 Flow Rate at Steam Separator

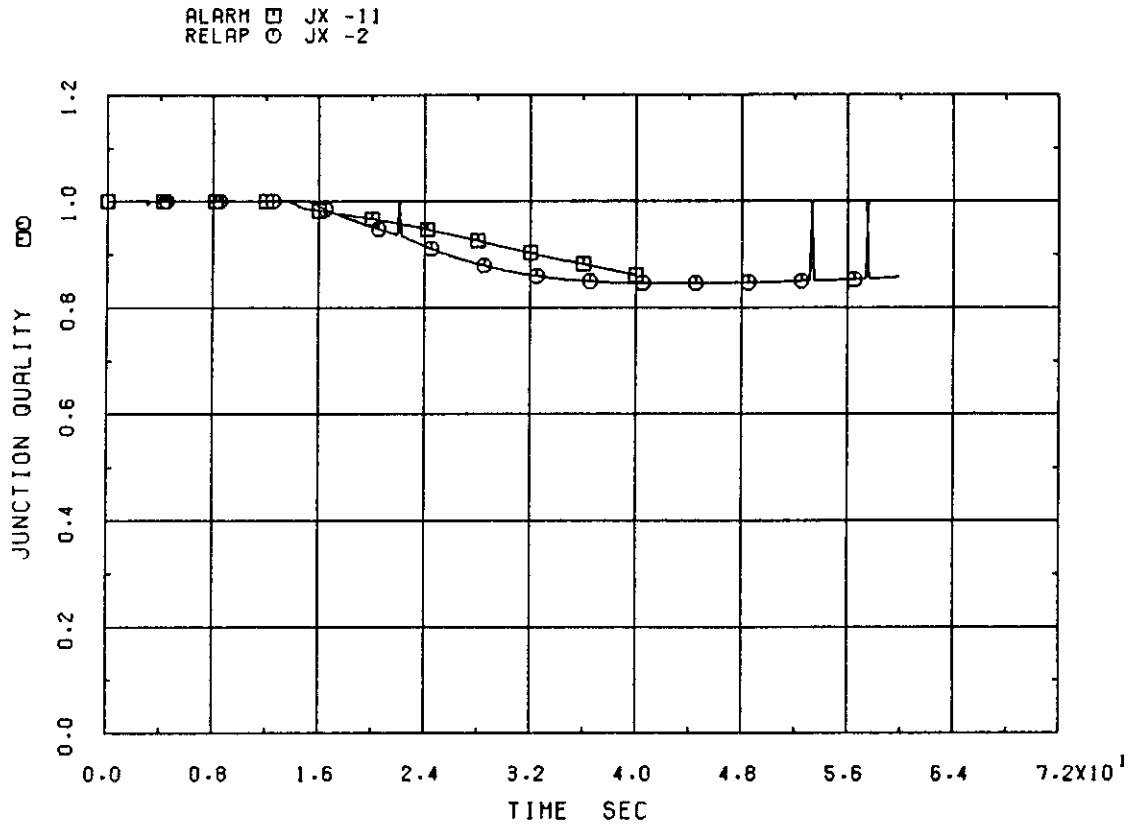


Fig. 2.14 Quality at Steam Separator

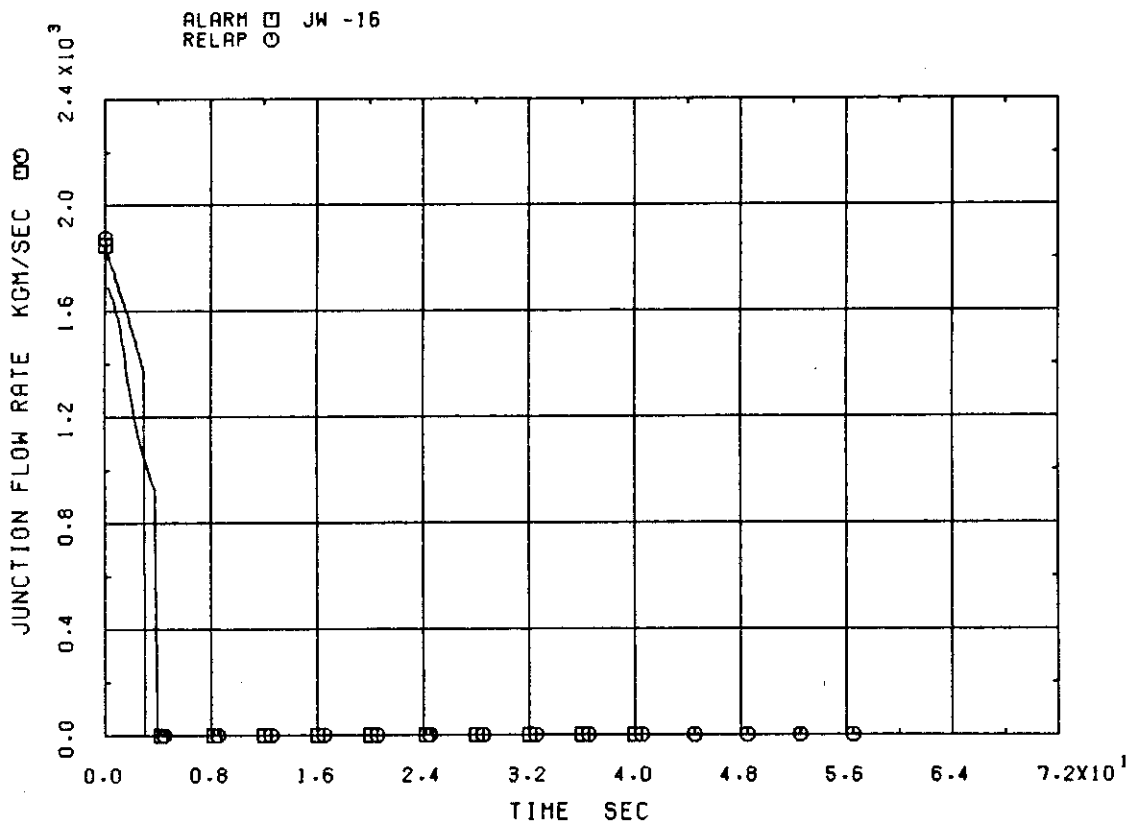


Fig. 2.15 Flow Rate at Main Steam Line

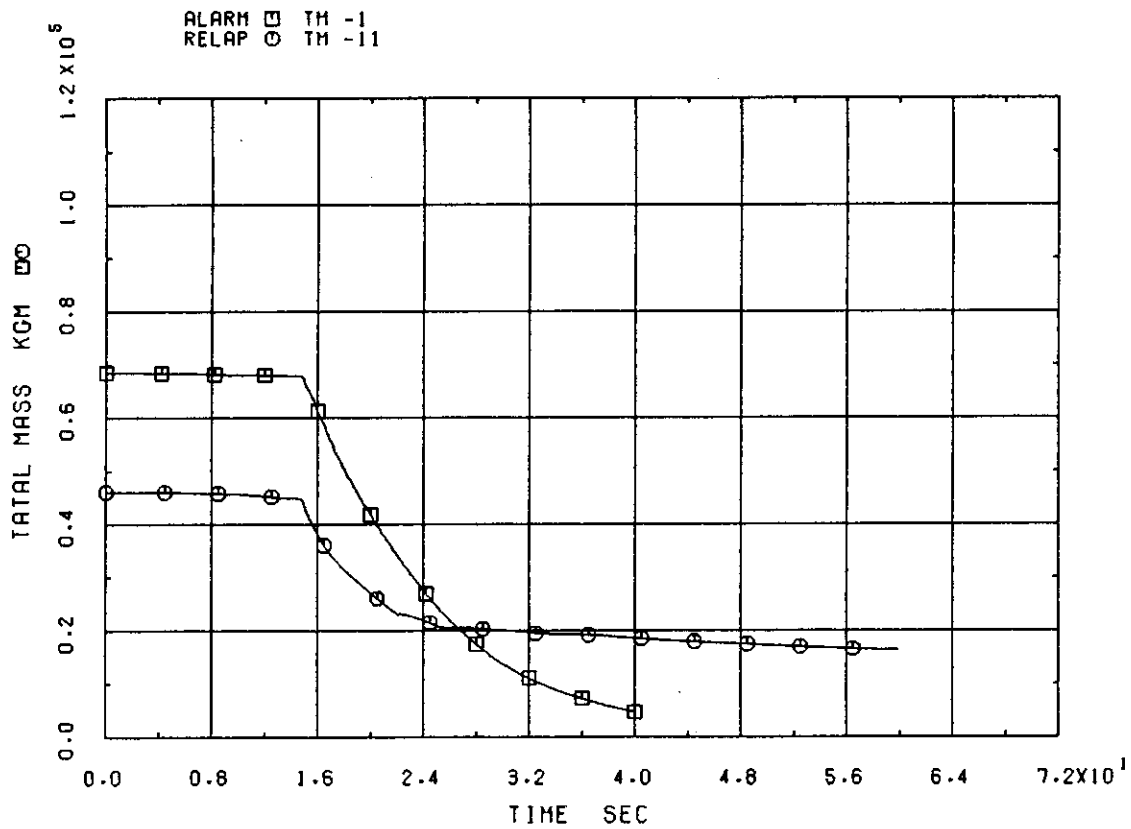


Fig. 2.16 Mass Inventory in Lower Plenum

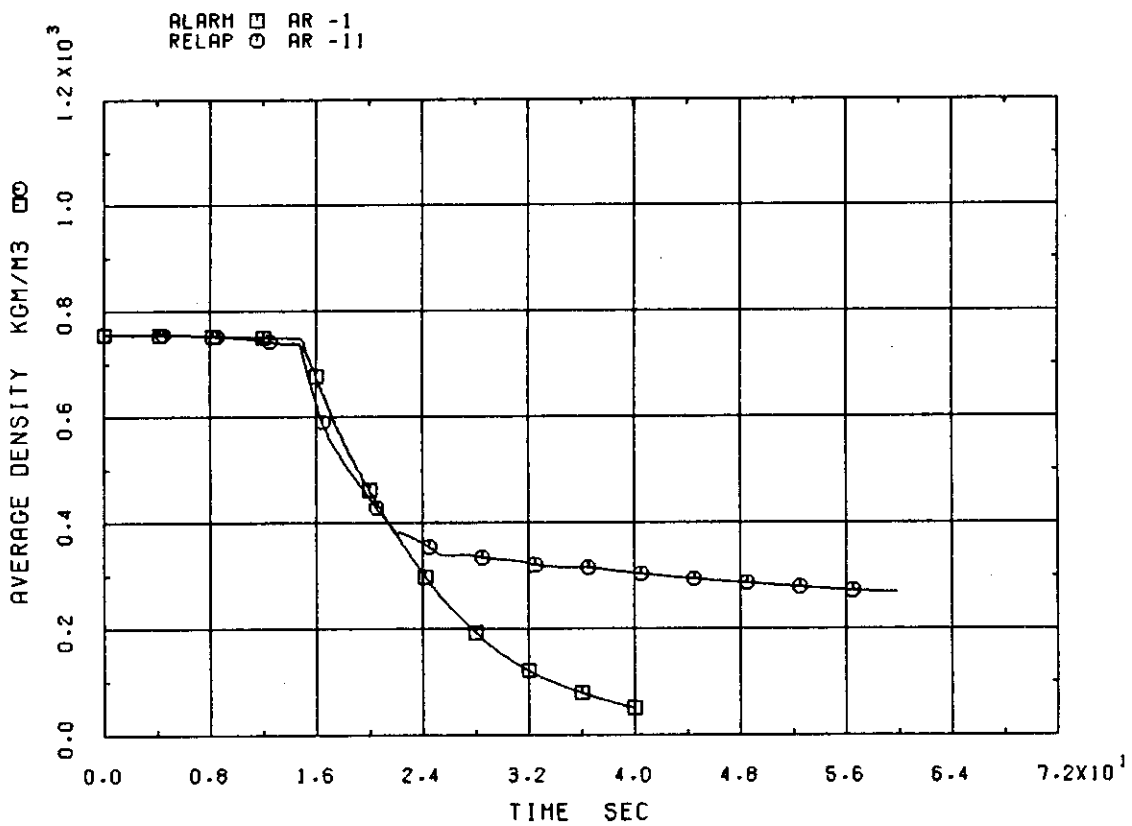


Fig. 2.17 Fluid Density in Lower Plenum

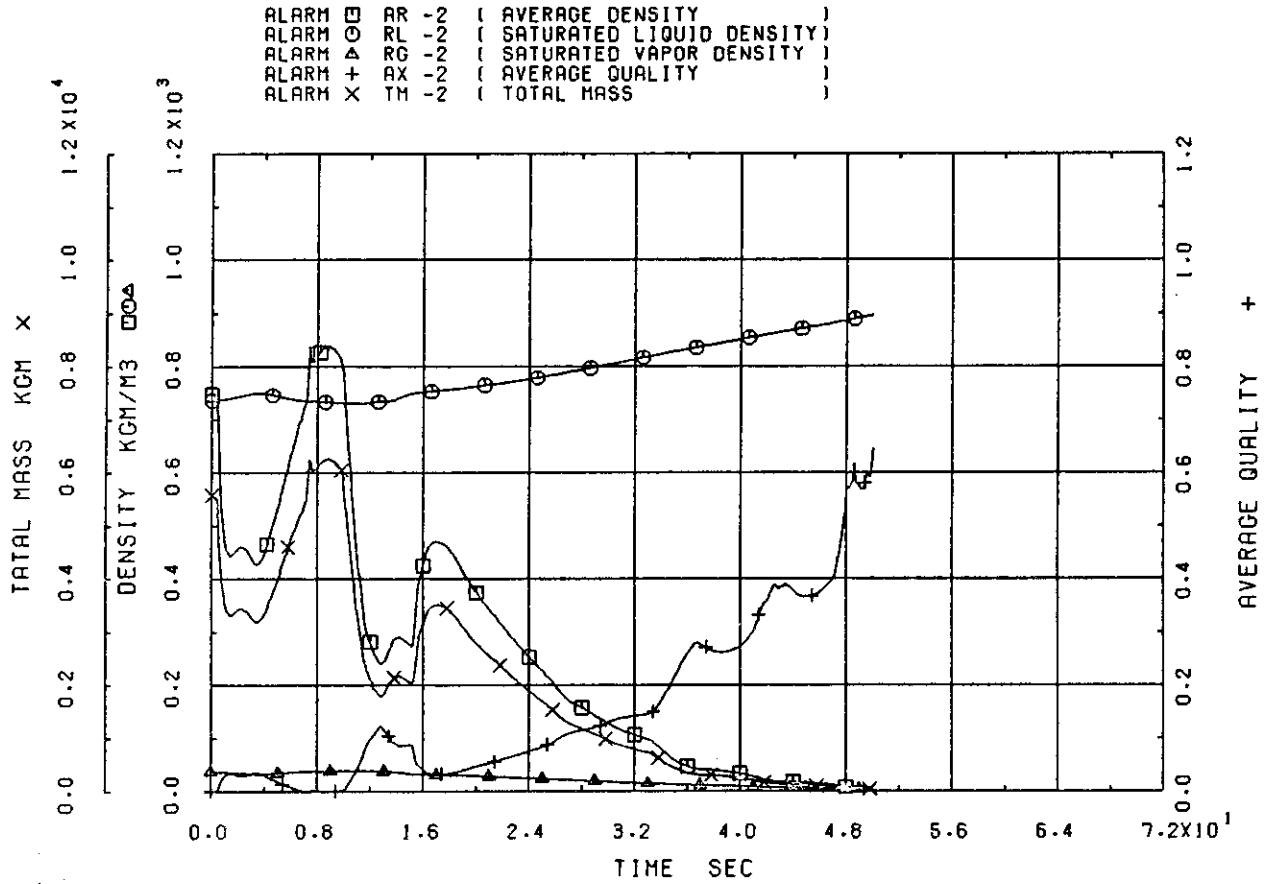


Fig. 2.18 Thermodynamic Properties at Lower Part of Core

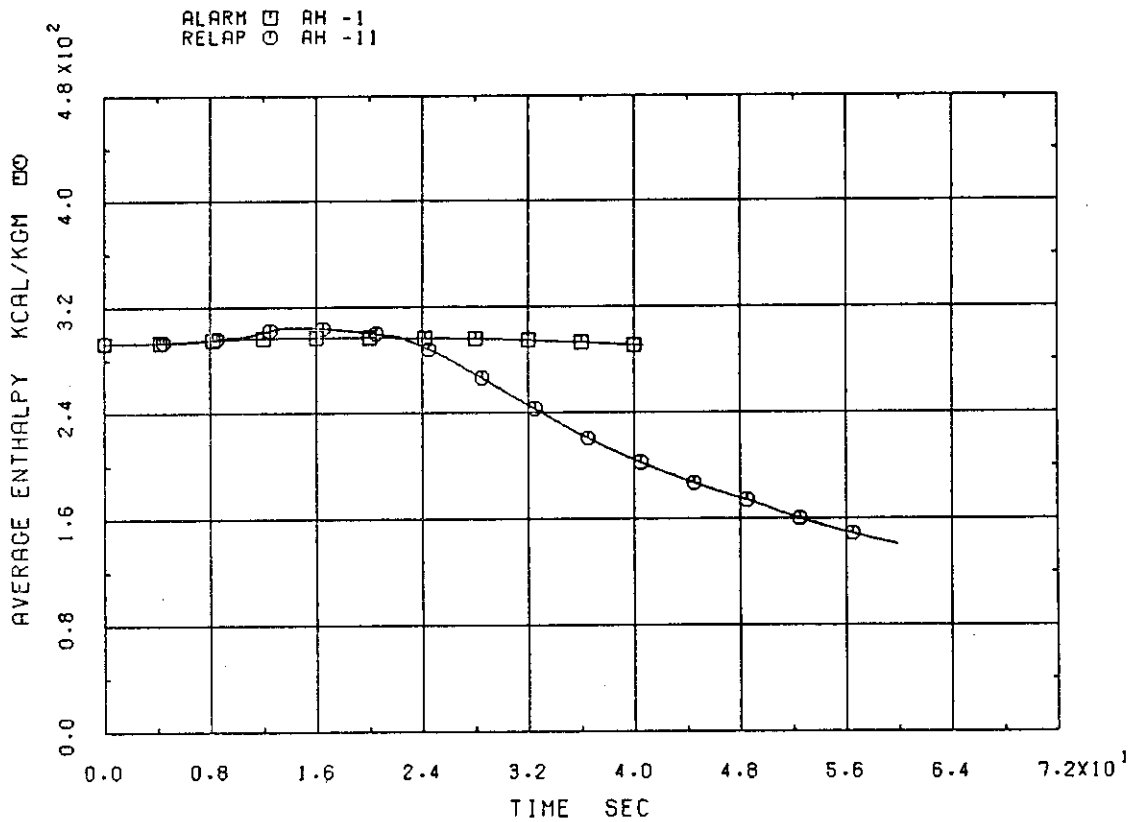


Fig. 2.19 Fluid Specific Enthalpy in Lower Plenum

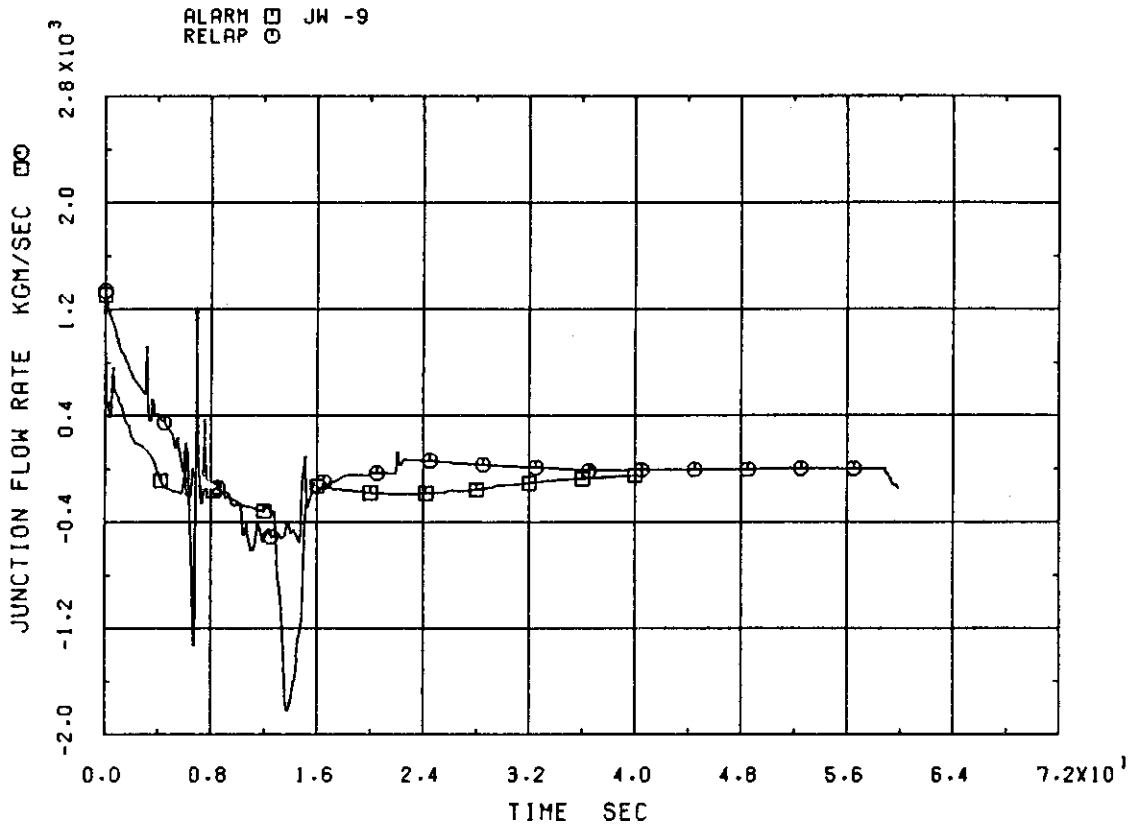


Fig. 2.20 Flow Rate at Cre Bypass

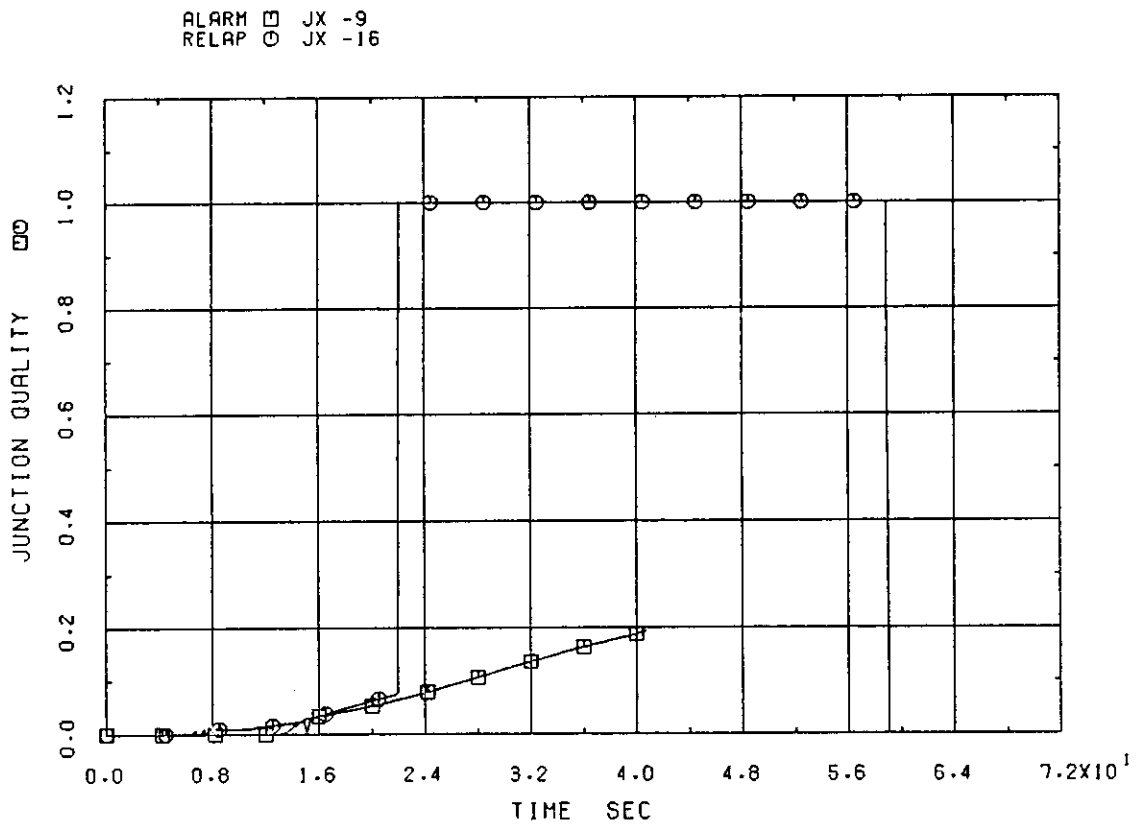


Fig. 2.21 Quality at Core Bypass

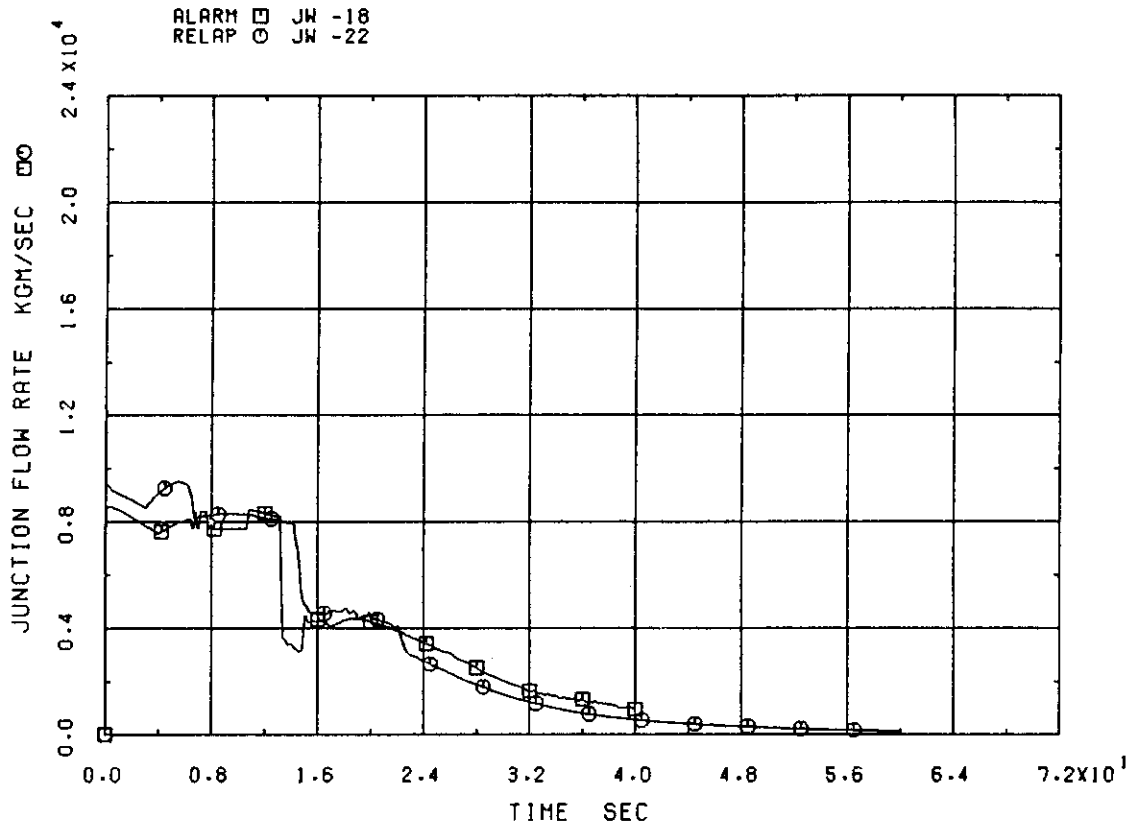


Fig. 2.22 Flow Rate at Vessel Side of Break

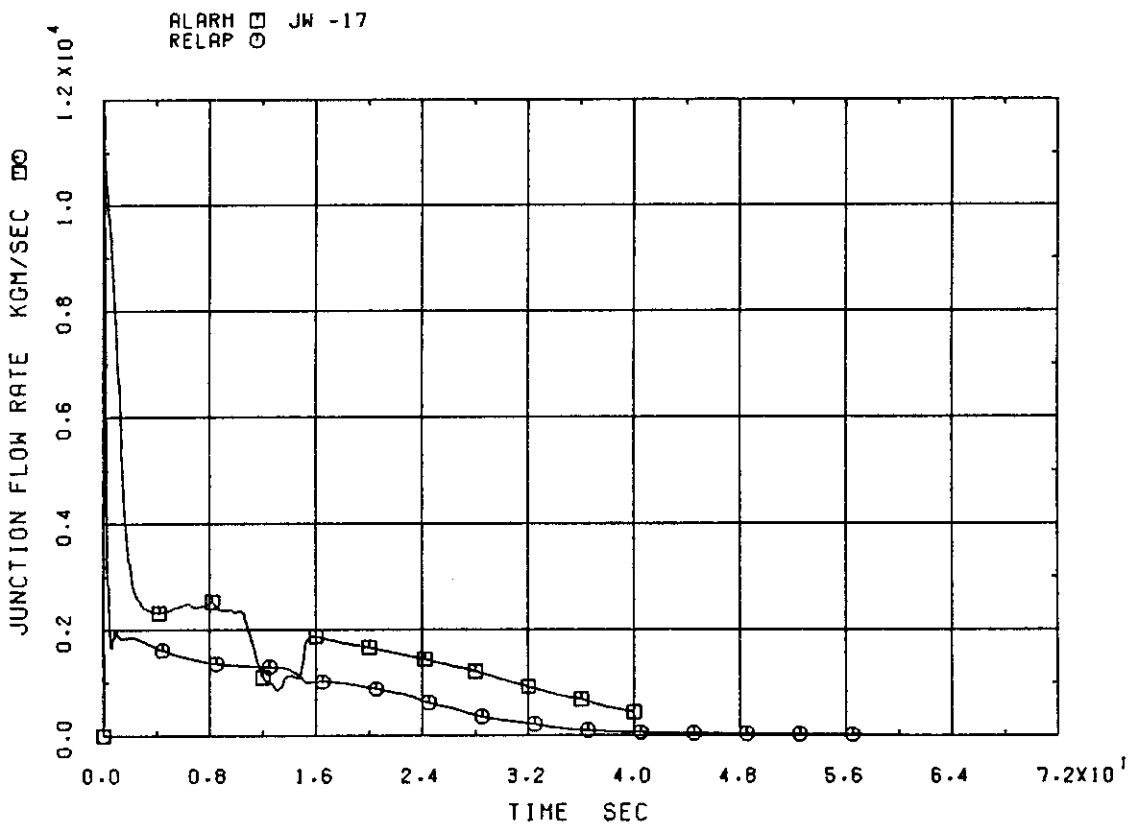


Fig. 2.23 Flow Rate at Pump Side of Break

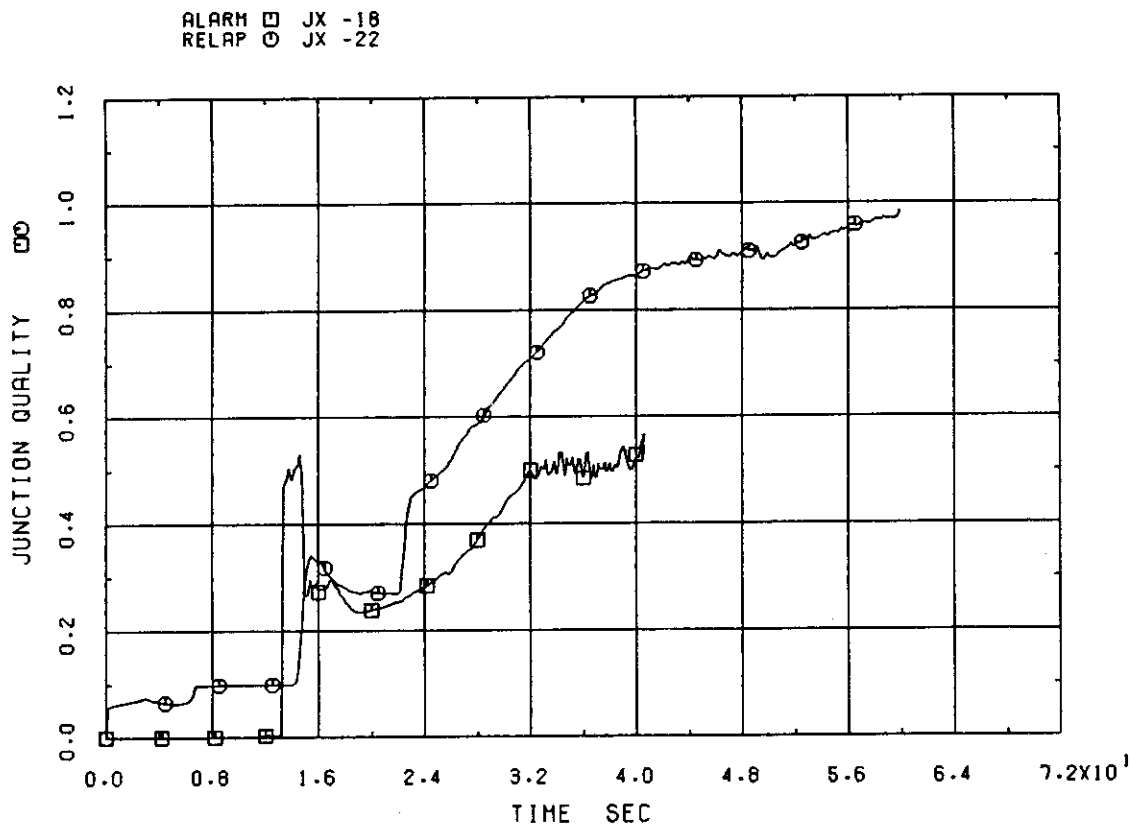


Fig. 2.24 Quality at Vessel Side of Break

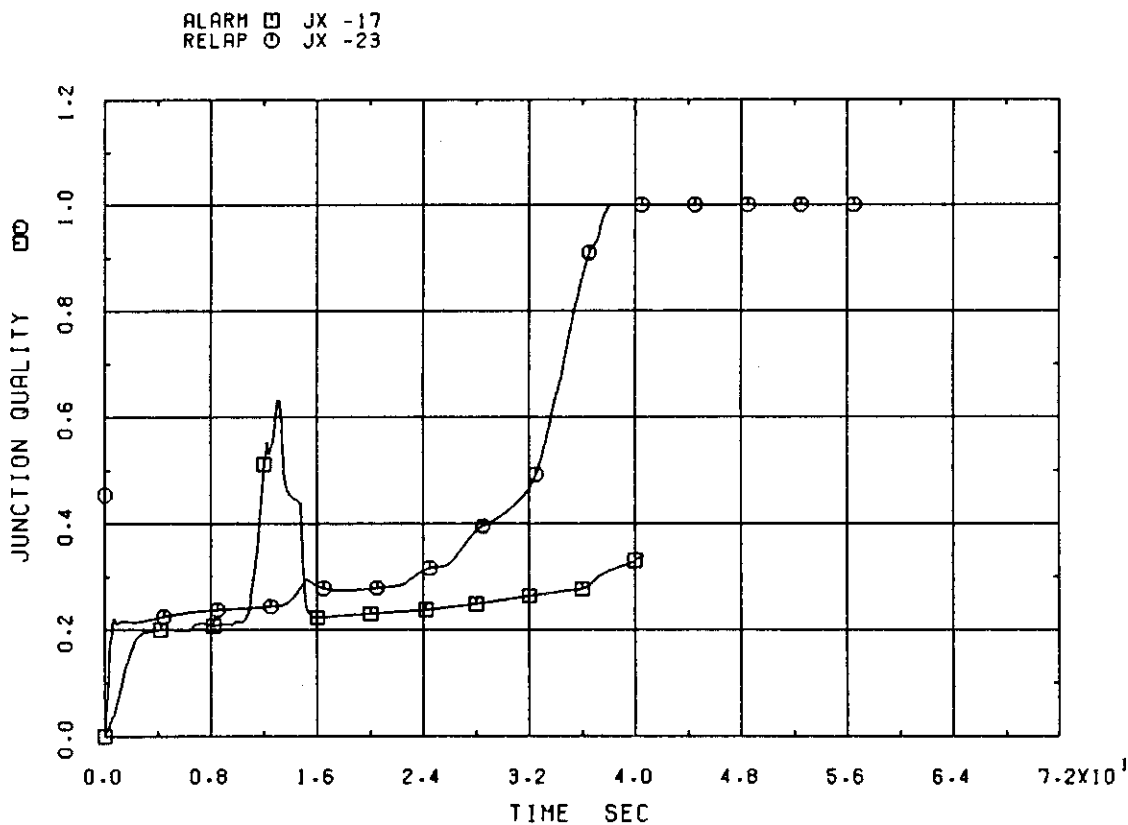


Fig. 2.25 Quality at Pump Side of Break

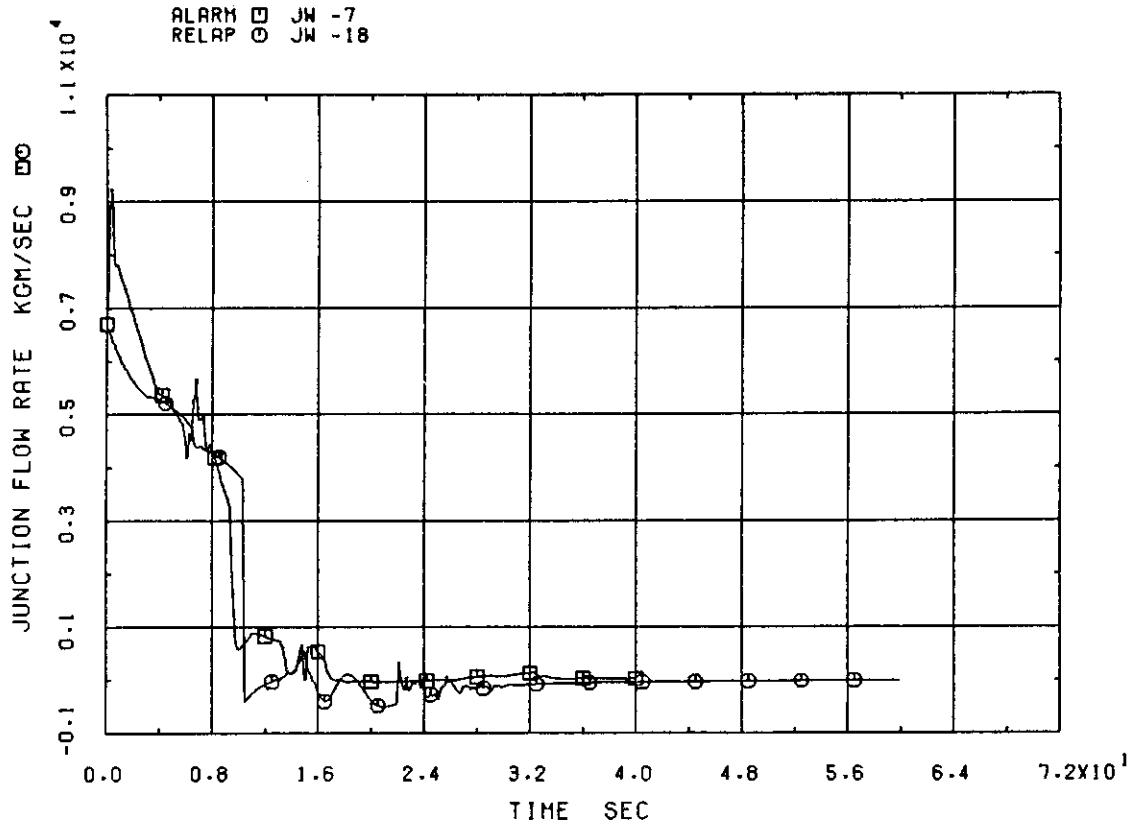


Fig. 2.26 Discharge Flow of Intact Side Jet Pump

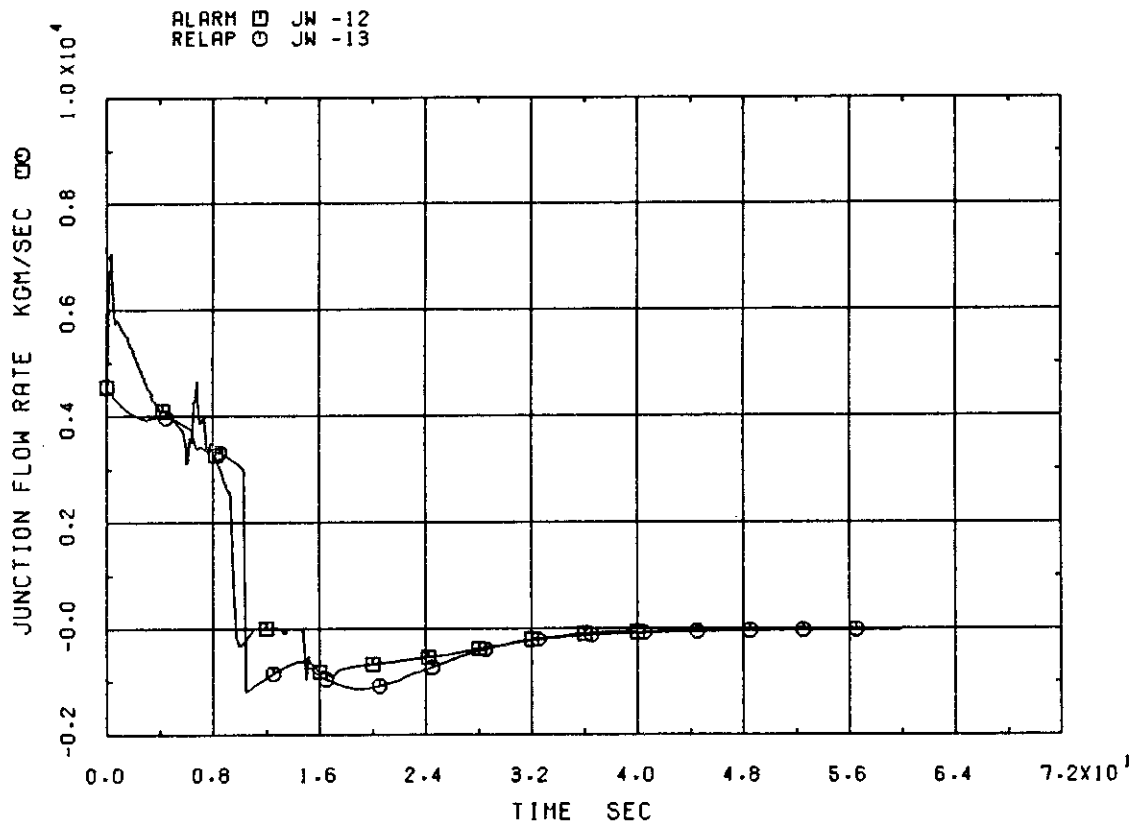


Fig. 2.27 Suction Flow of Intact Side Jet Pump

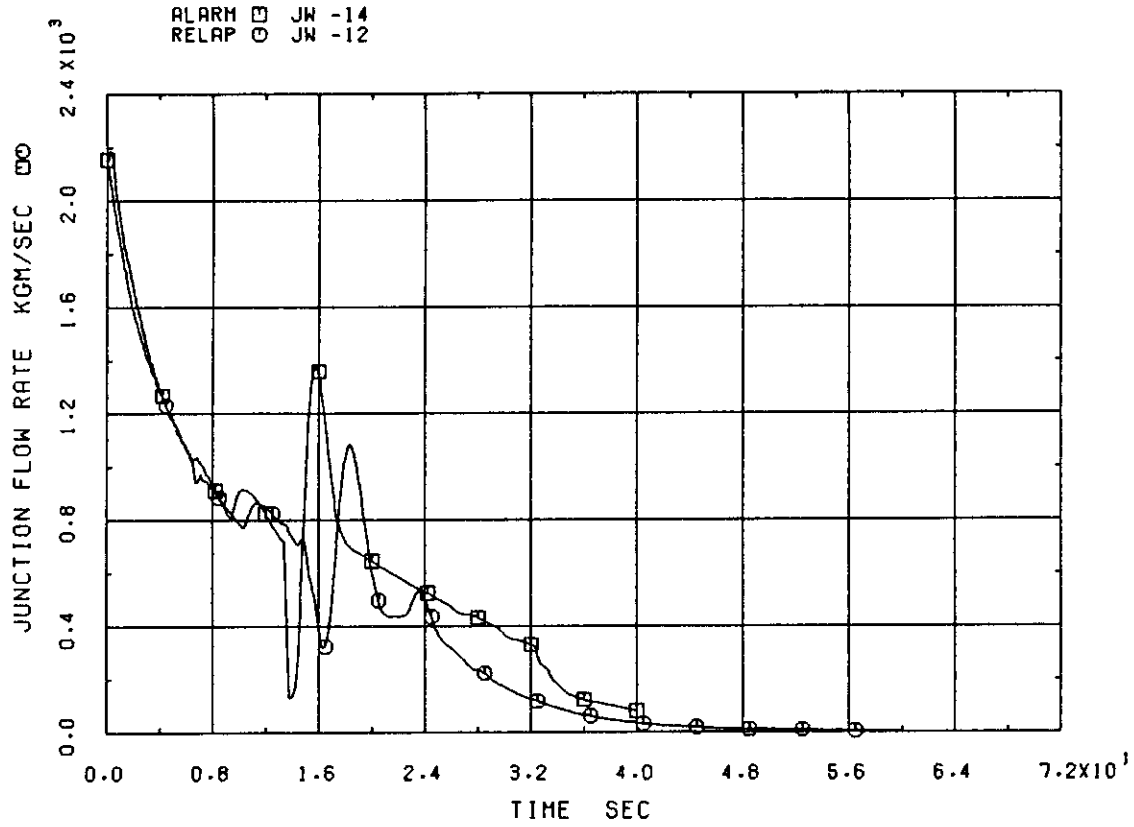


Fig. 2.28 Drive Flow of Intact Side Jet Pump

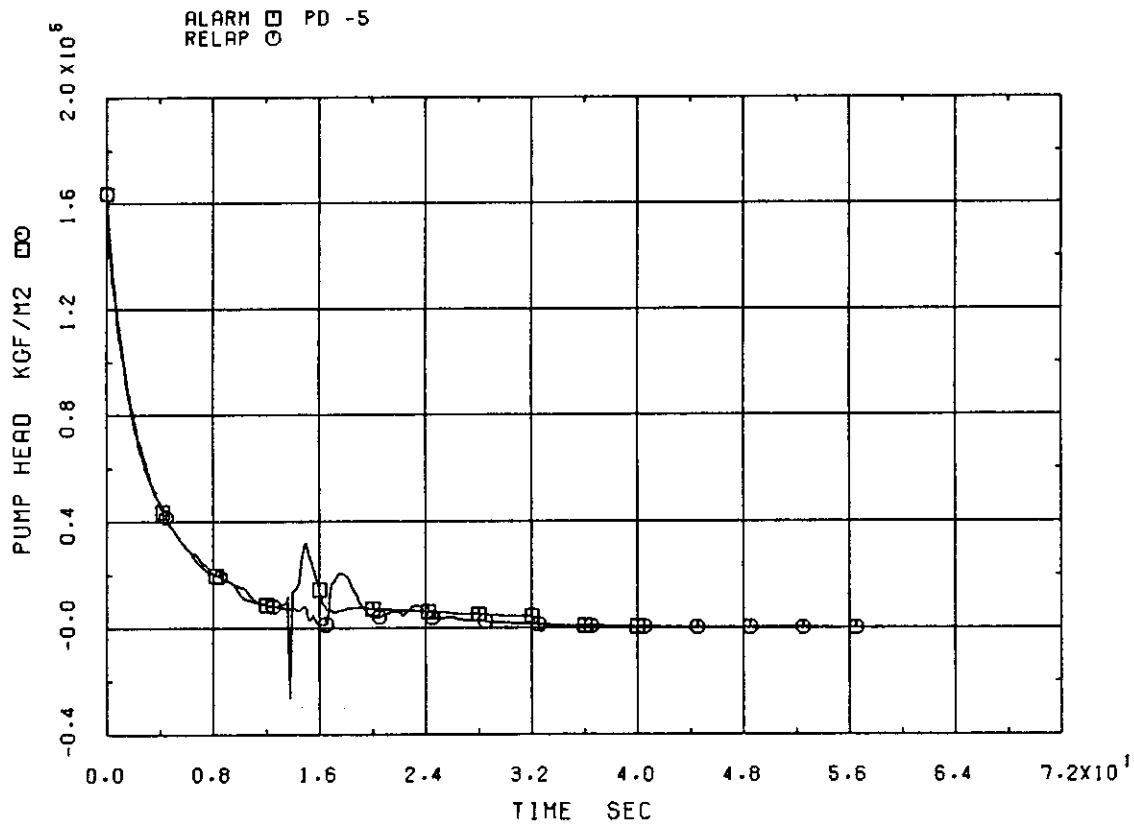


Fig. 2.29 Intact Side Recirculation Pump Head

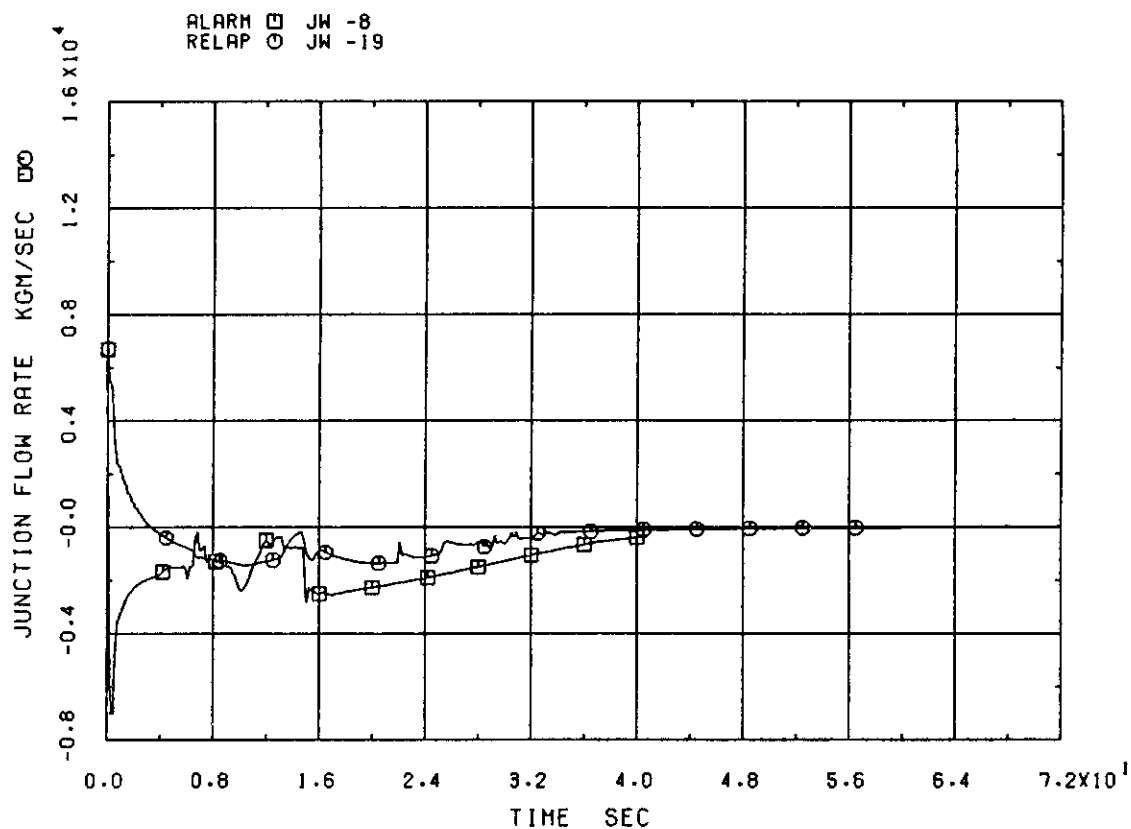


Fig. 2.30 Discharge Flow of Break Side Jet Pump

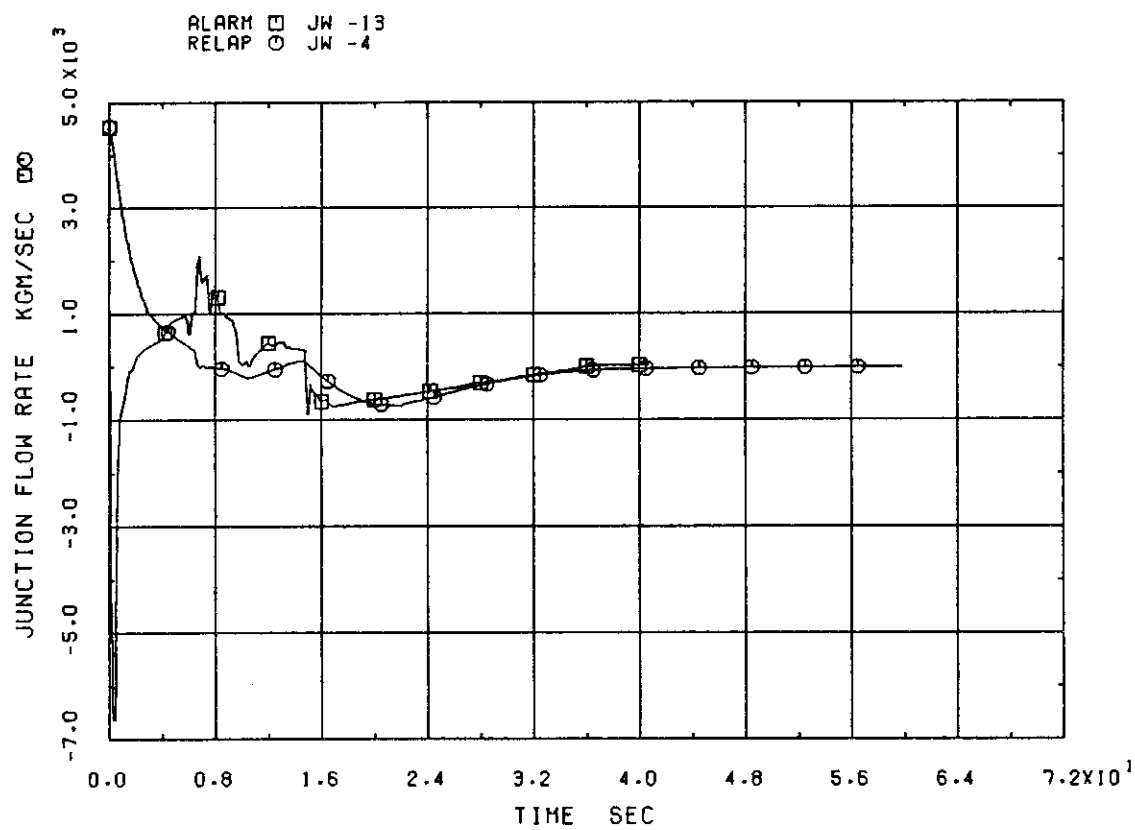


Fig. 2.31 Suction Flow of Break Side Jet Pump

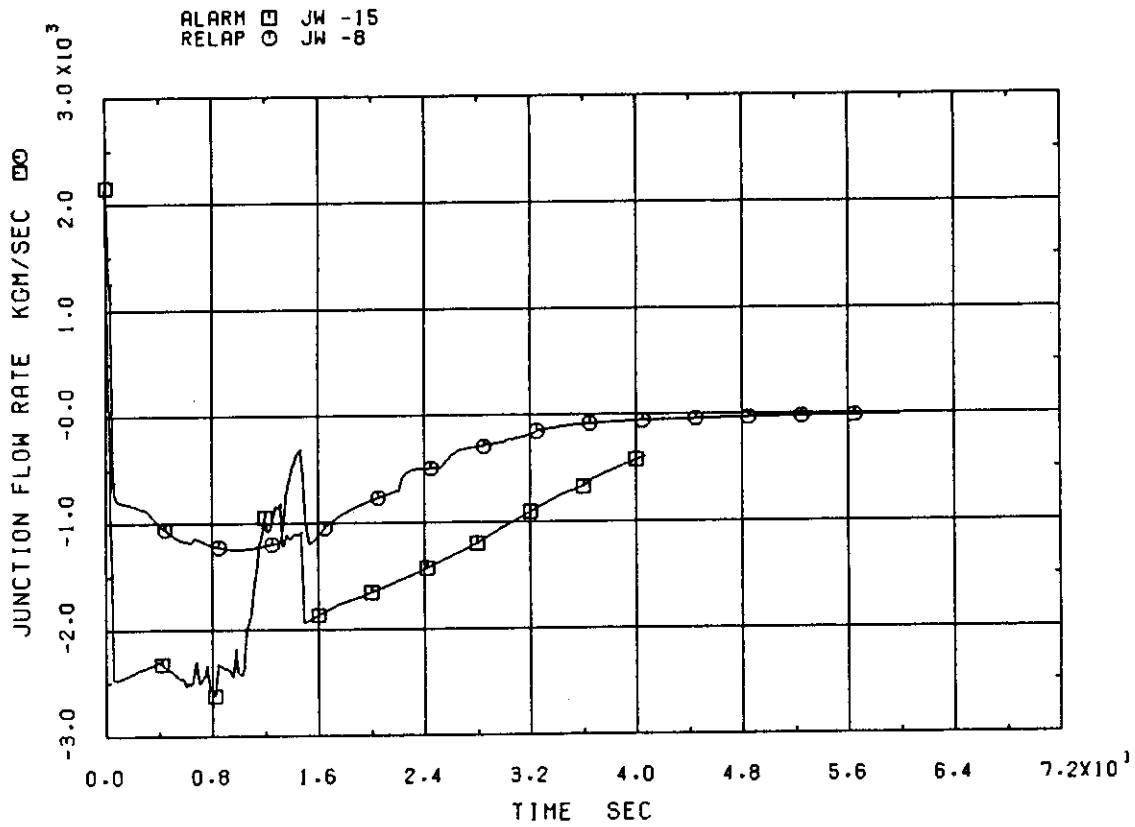


Fig. 2.32 Drive Flow of Break Side Jet Pump

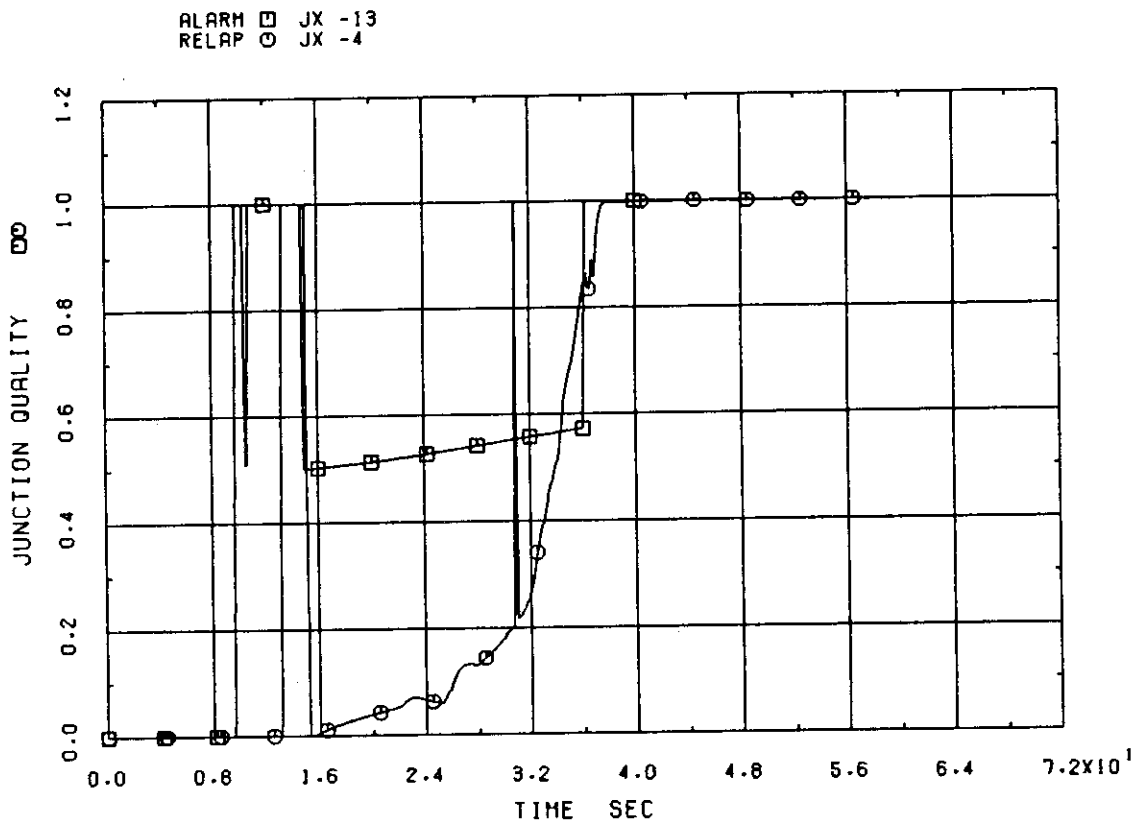


Fig. 2.33 Quality of Suction Flow of Break Side Jet Pump

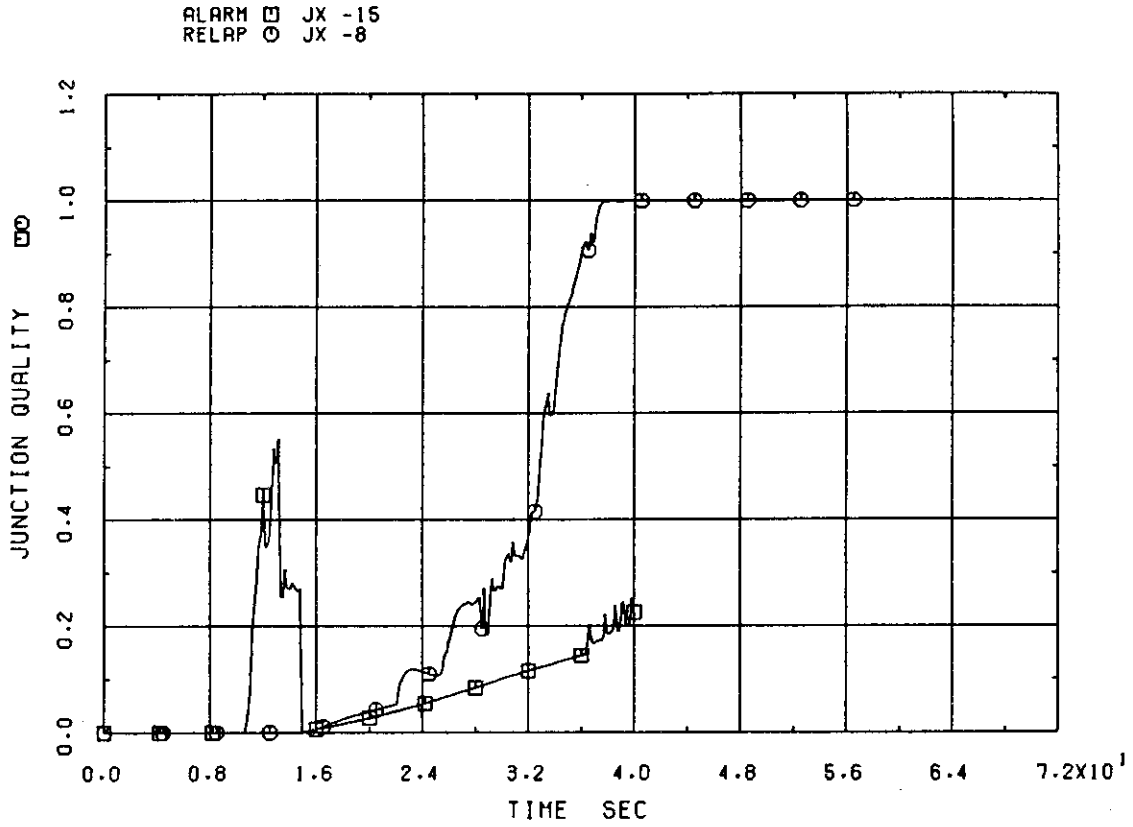


Fig. 2.34 Quality of Drive Flow of Break Side Jet Pump

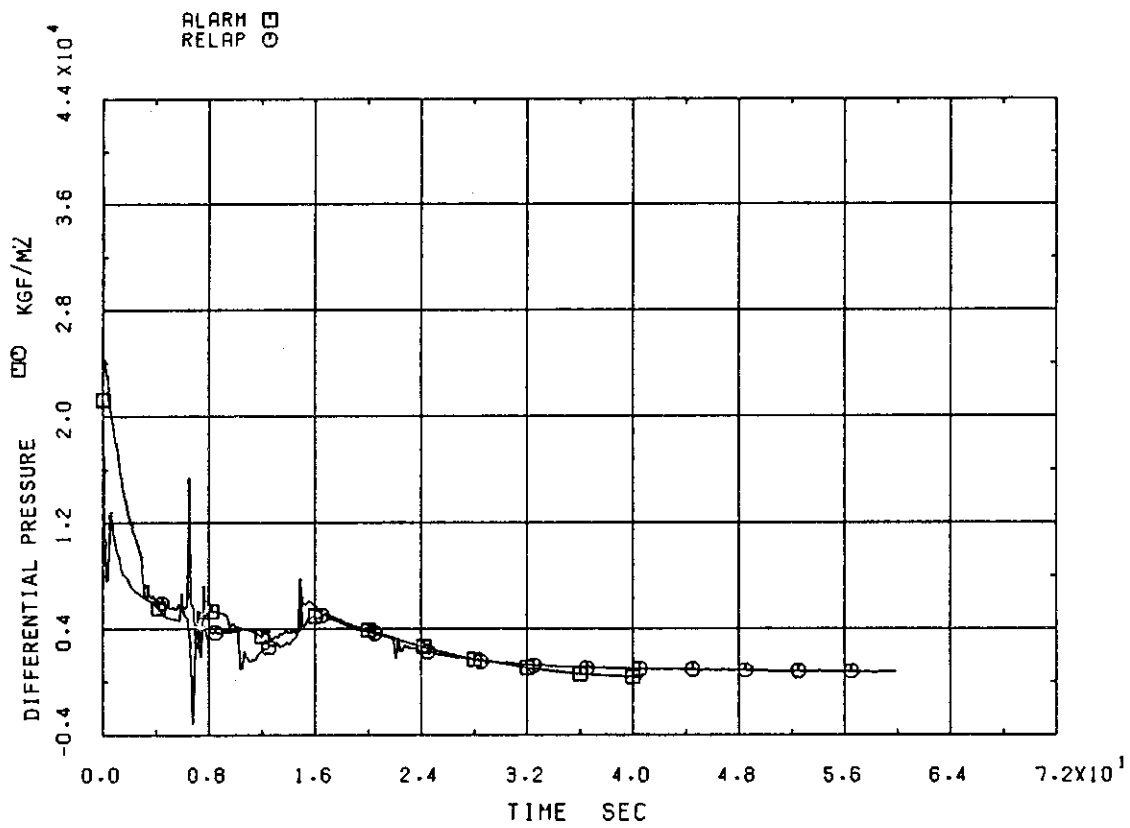


Fig. 2.35 Differential Pressure between Lower Plenum and Downcomer

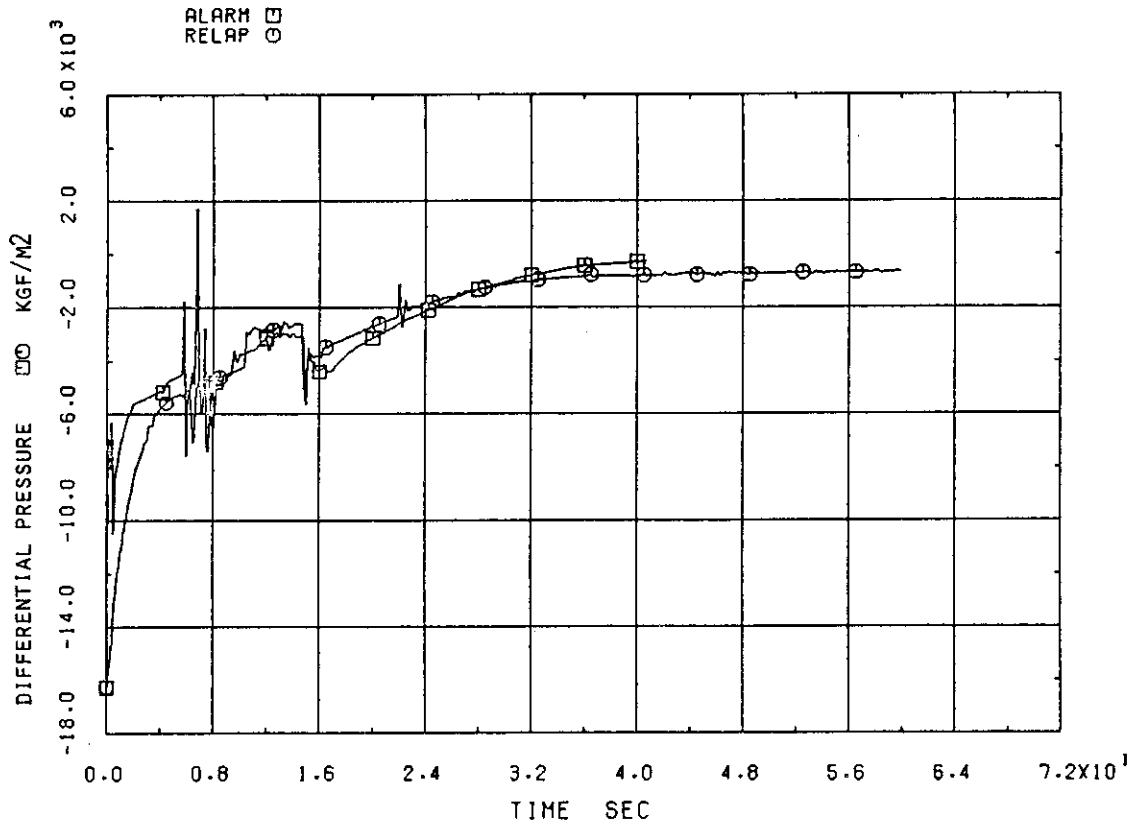


Fig. 2.36 Differential Pressure between Lower Plenum and Upper Plenum

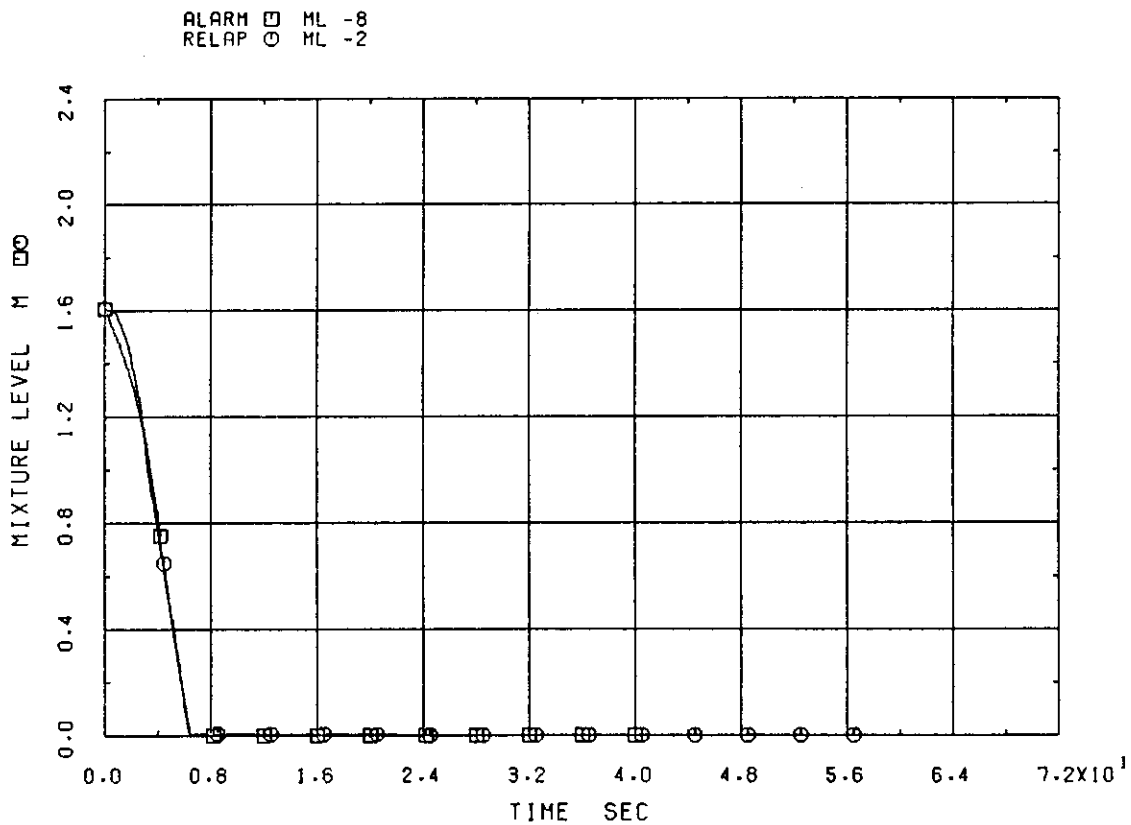


Fig. 2.37 Mixture Level in Upper Downcomer

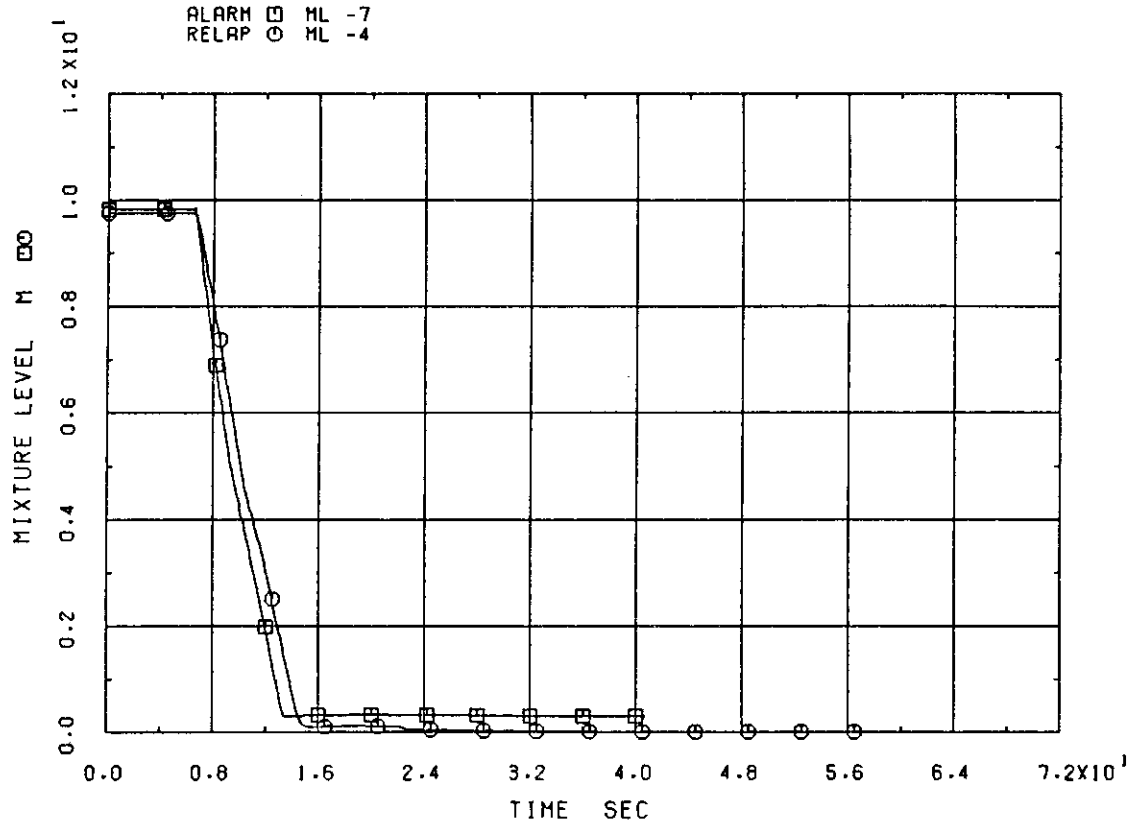


Fig. 2.38 Mixture Level in Lower Downcomer

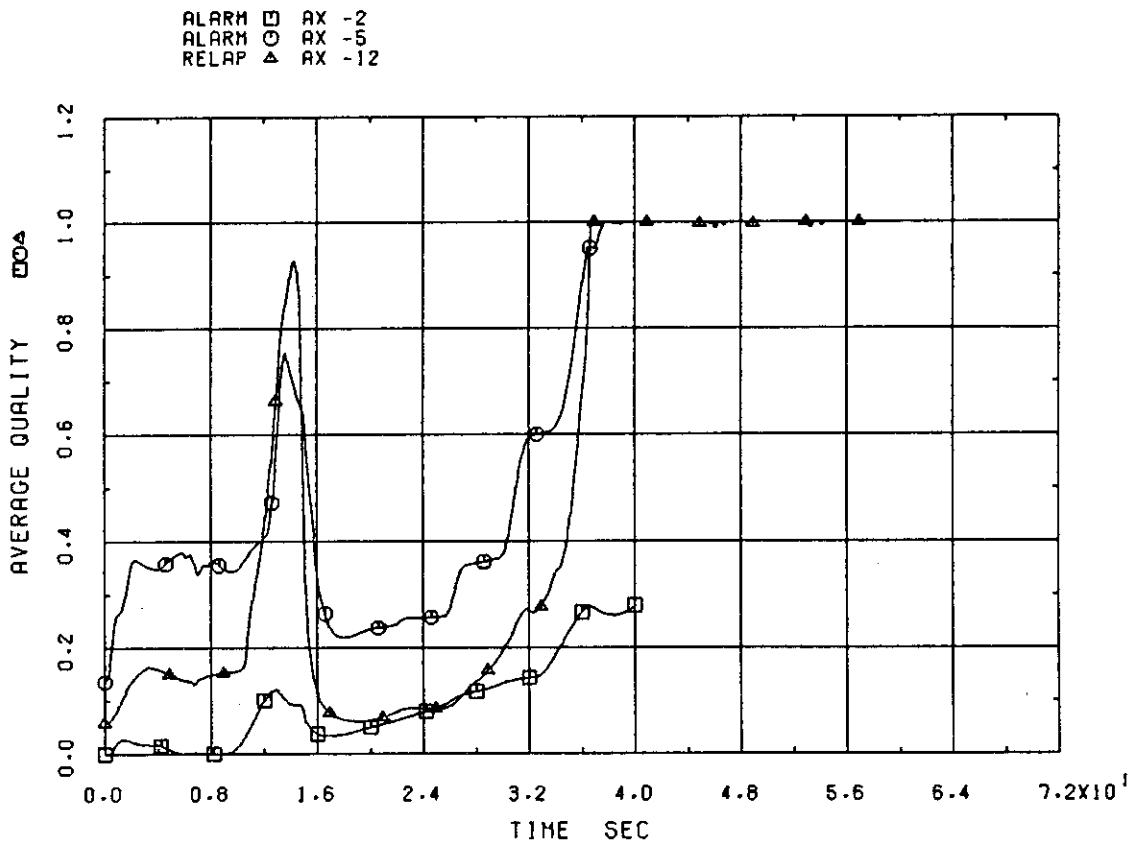


Fig. 2.39 Average Quality of Core Volume

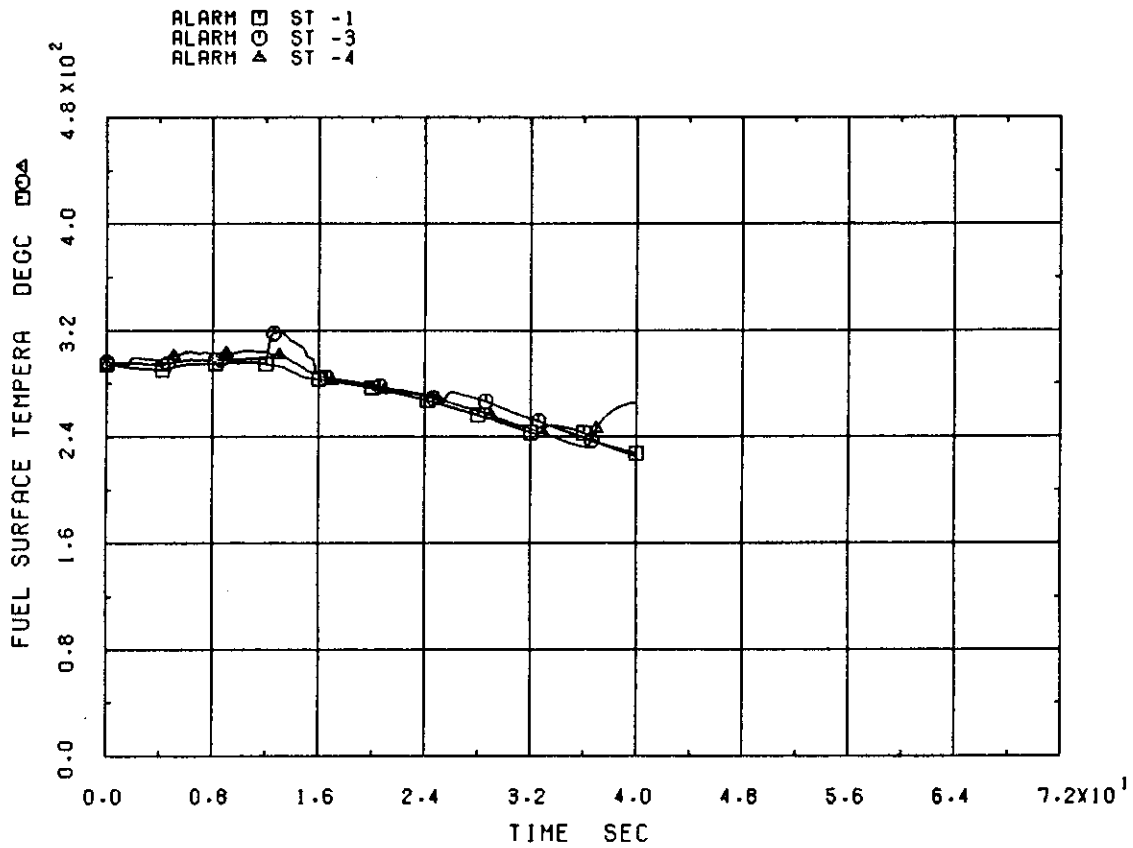


Fig. 2.40 Fuel Rod Surface Temperature

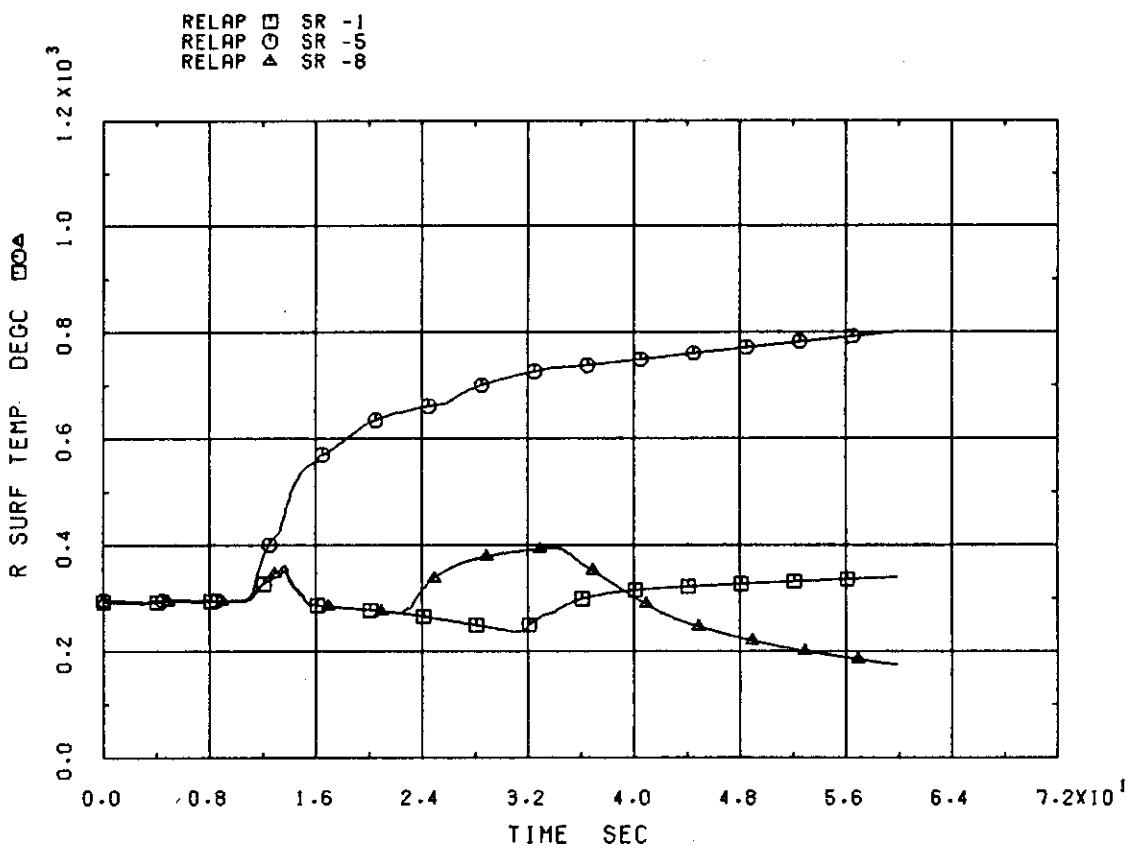


Fig. 2.41 Fuel Rod Surface Temperature

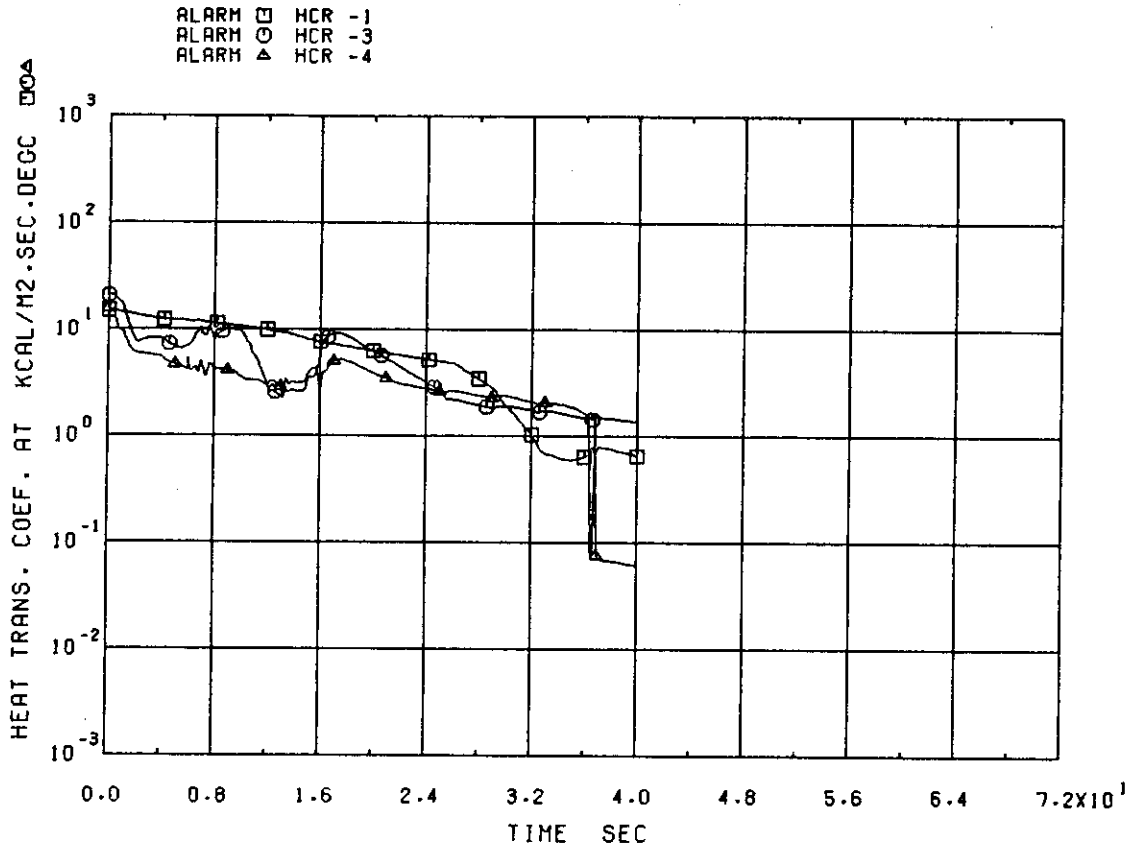


Fig. 2.42 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface

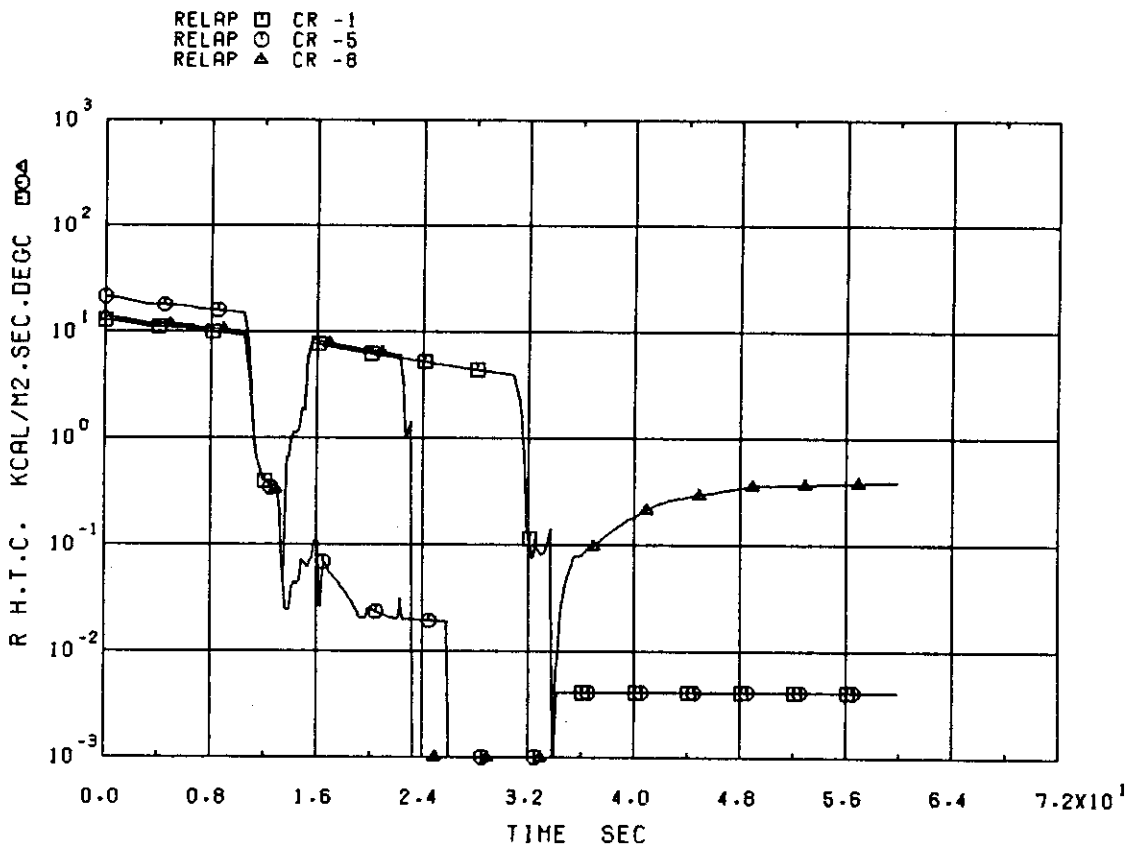


Fig. 2.43 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface

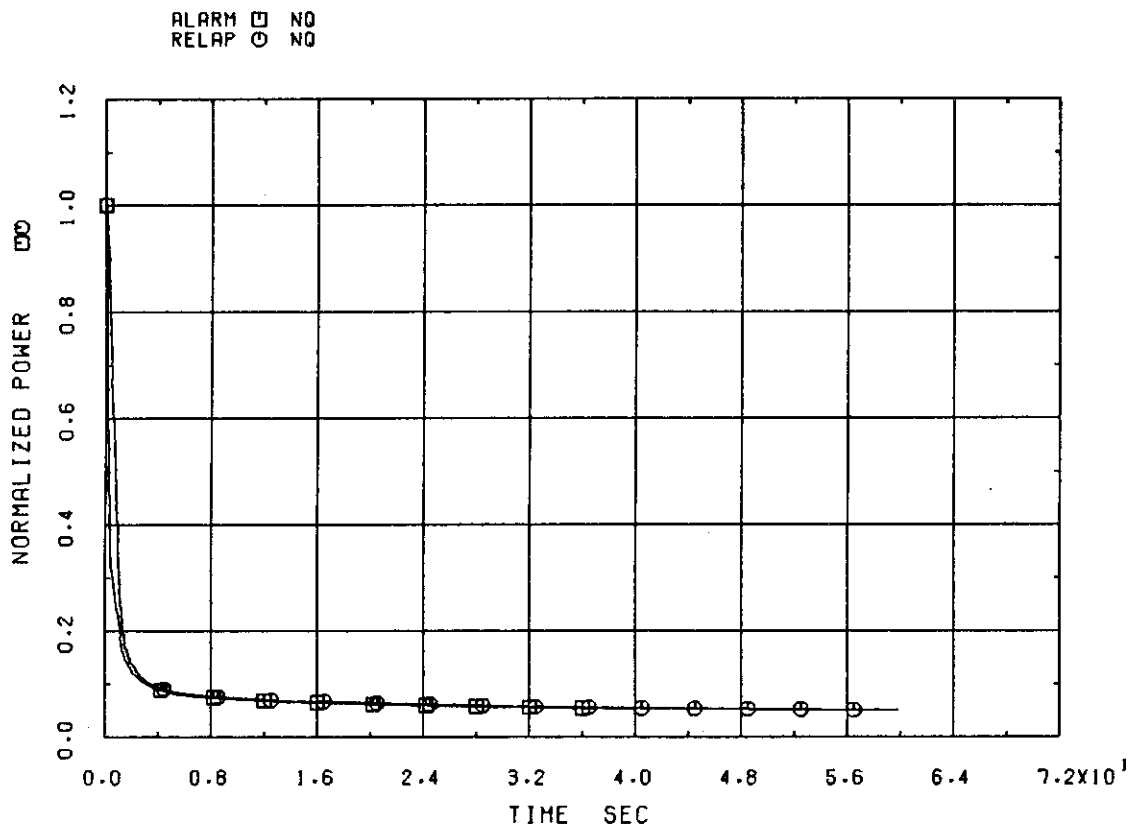


Fig. 2.44 Normalized Power Generation Rate

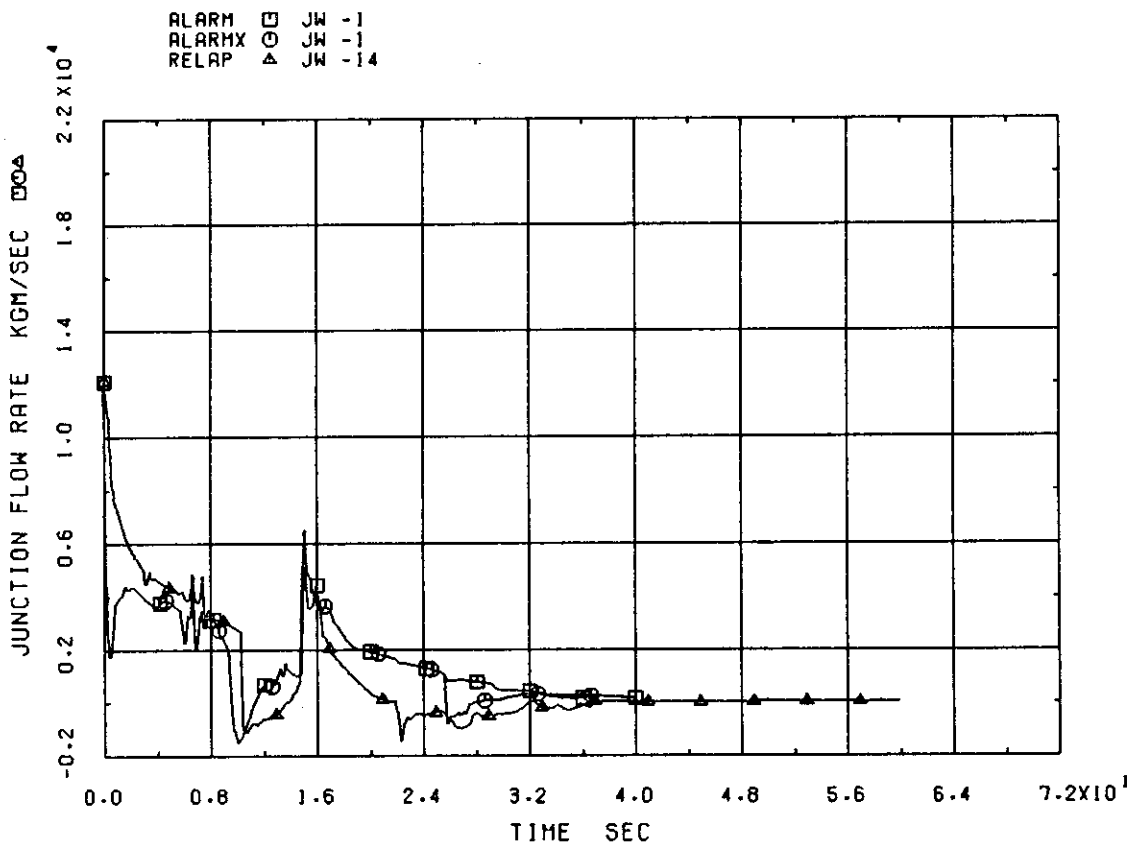


Fig. 2.45 Core Inlet Flow Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

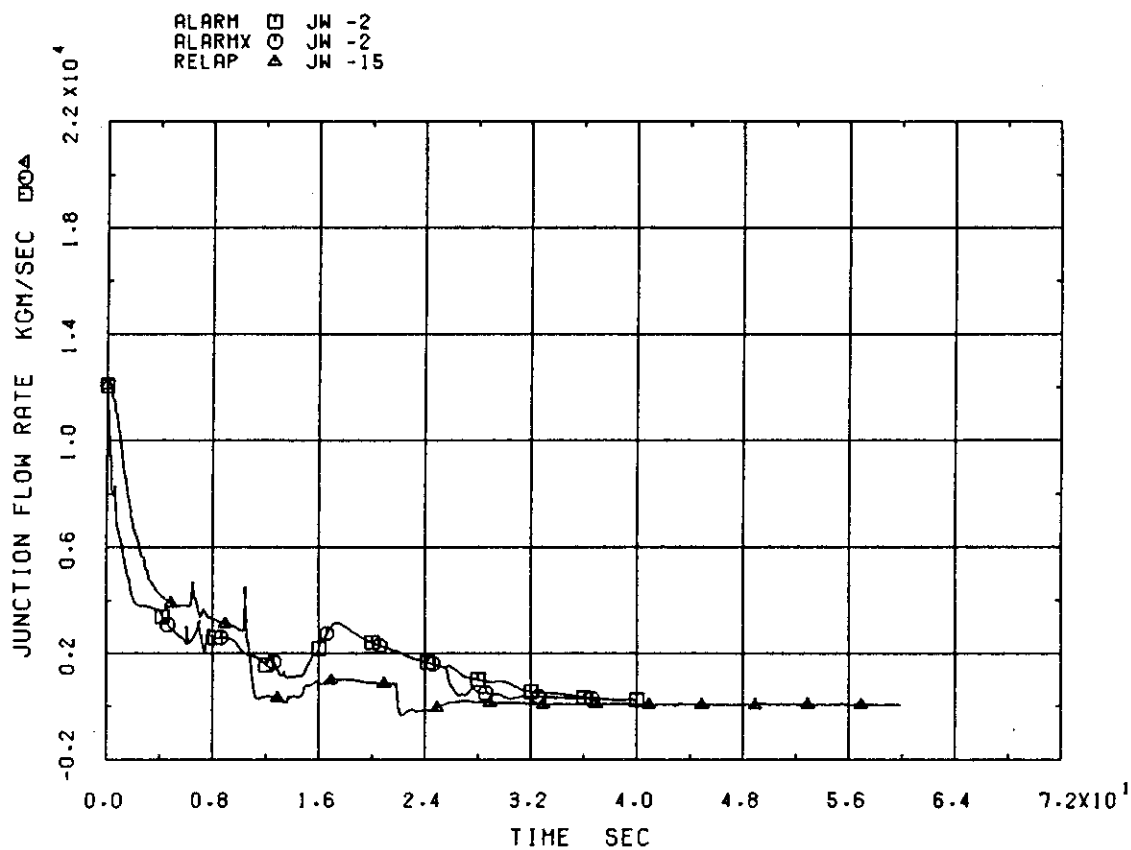


Fig. 2.46 Core Outlet Flow Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

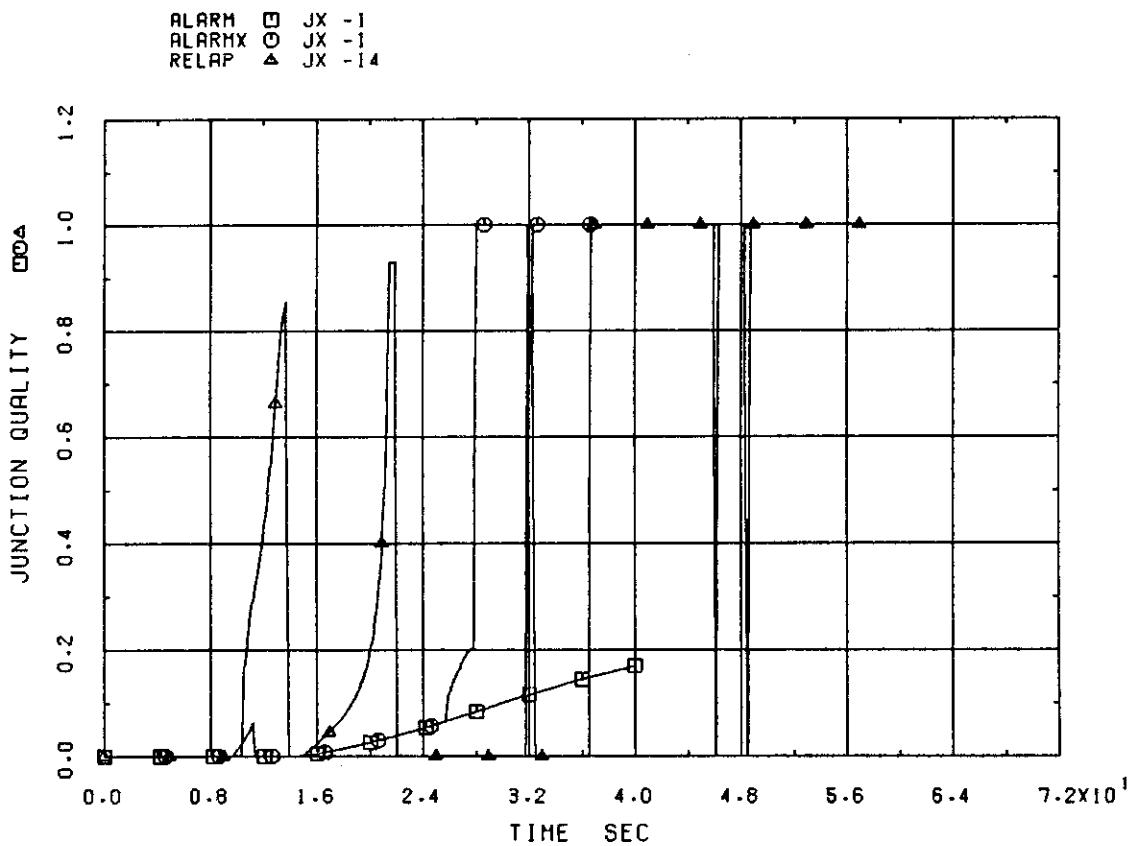


Fig. 2.47 Quality at Core Inlet Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

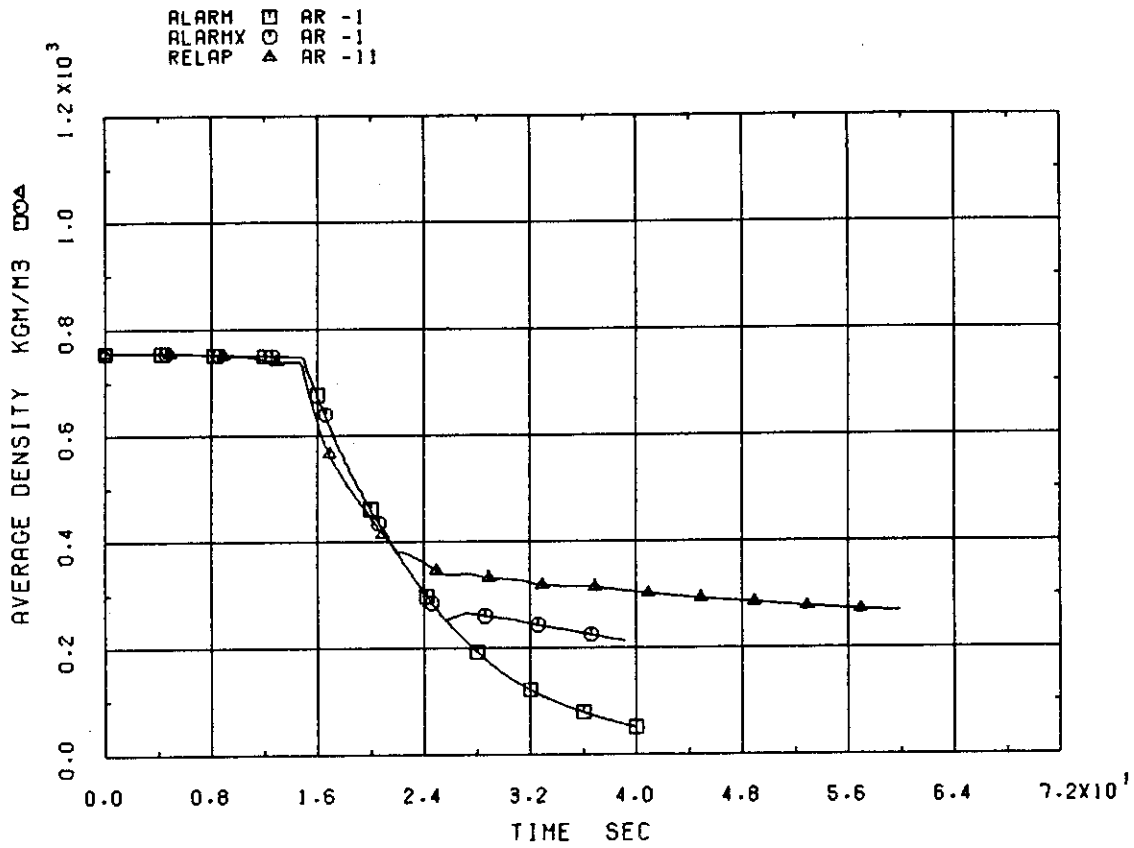


Fig. 2.48 Average Density of Lower Plenum Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

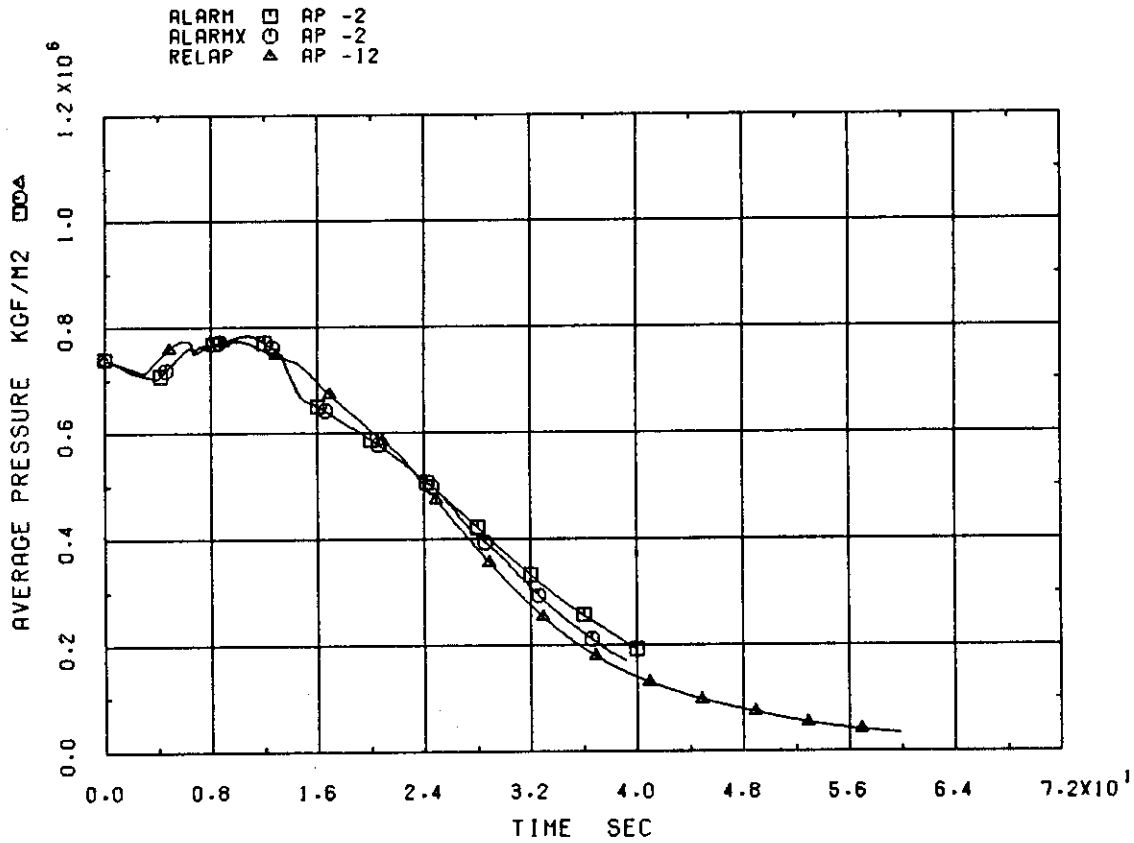


Fig. 2.49 Pressure in Core Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

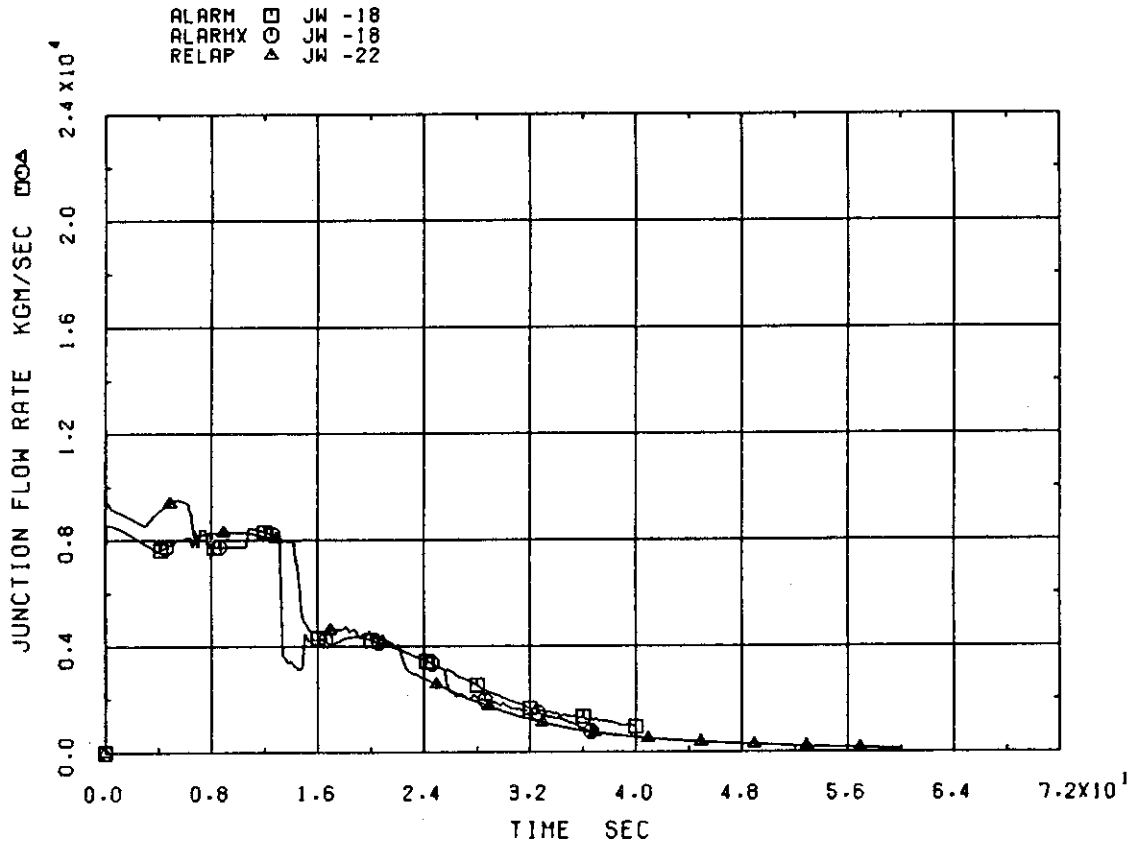


Fig. 2.50 Flow Rate at Vessel Side of Break Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

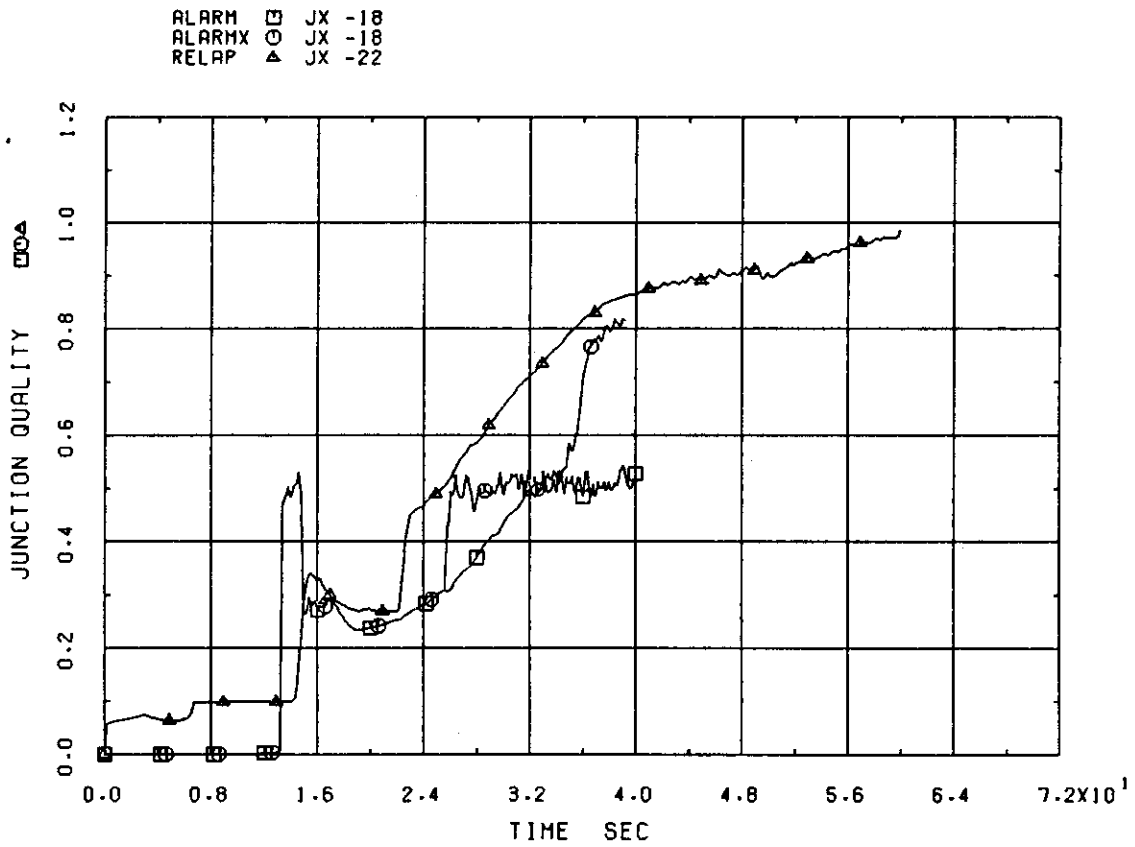


Fig. 2.51 Quality at Vessel Side of Break Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

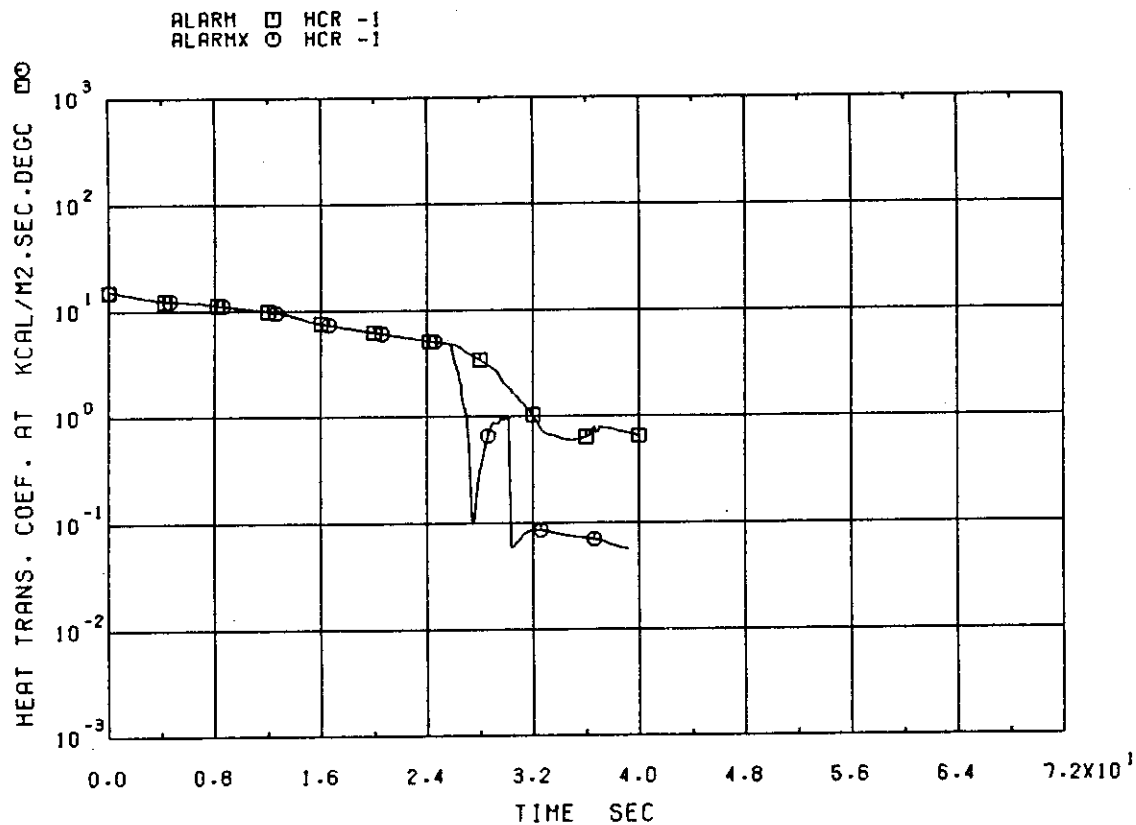


Fig. 2.52 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface in Lower Part of Core

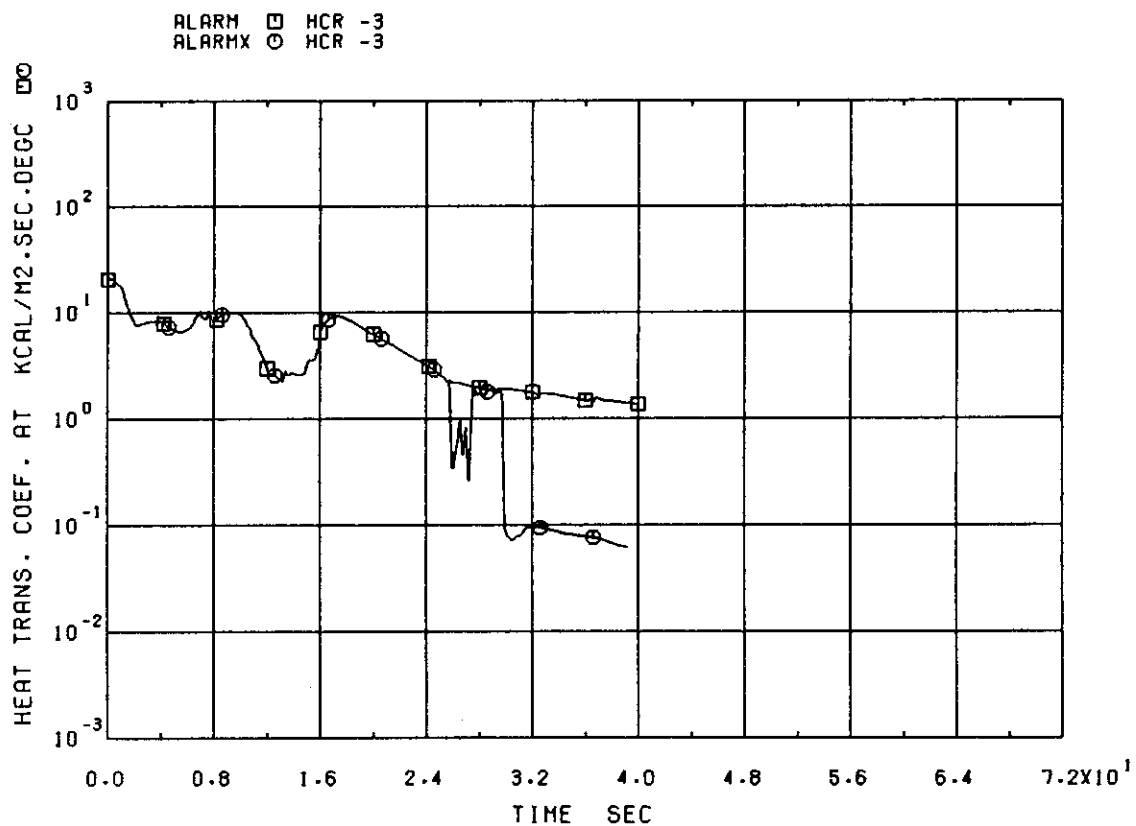


Fig. 2.53 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface in Center Part of Core

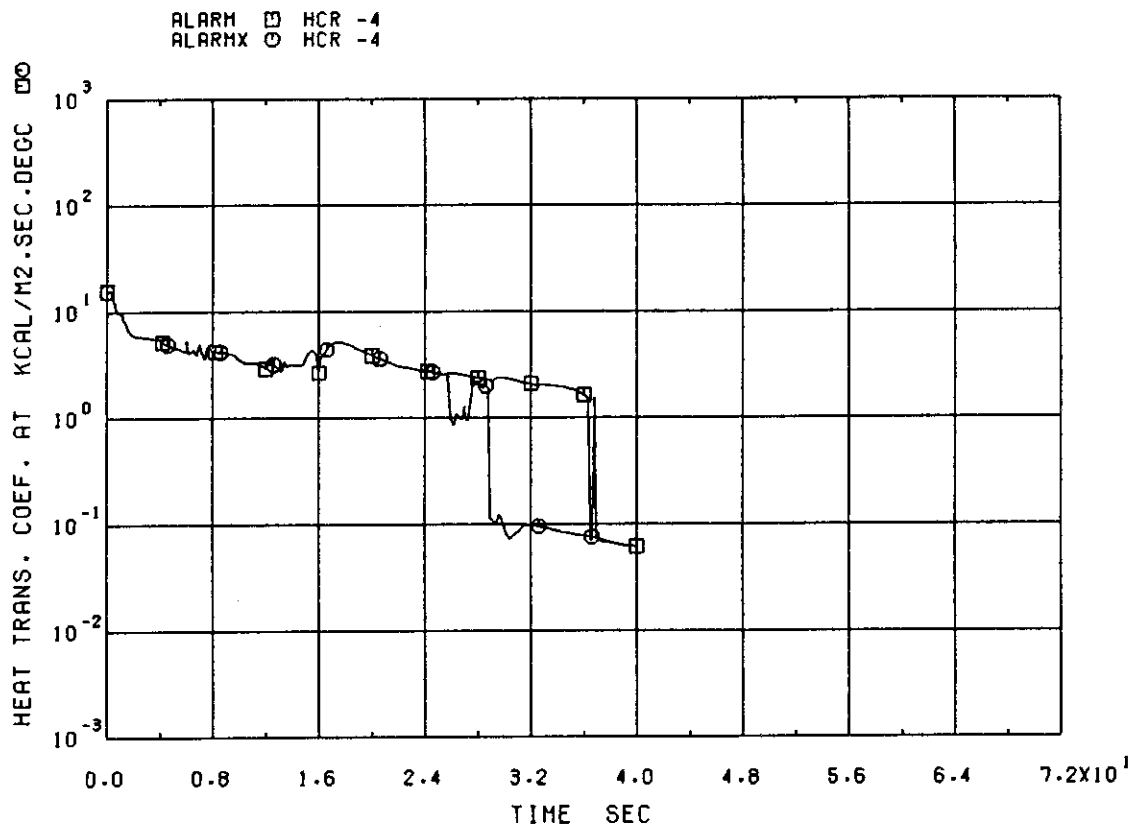


Fig. 2.54 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface in Upper Part of Core

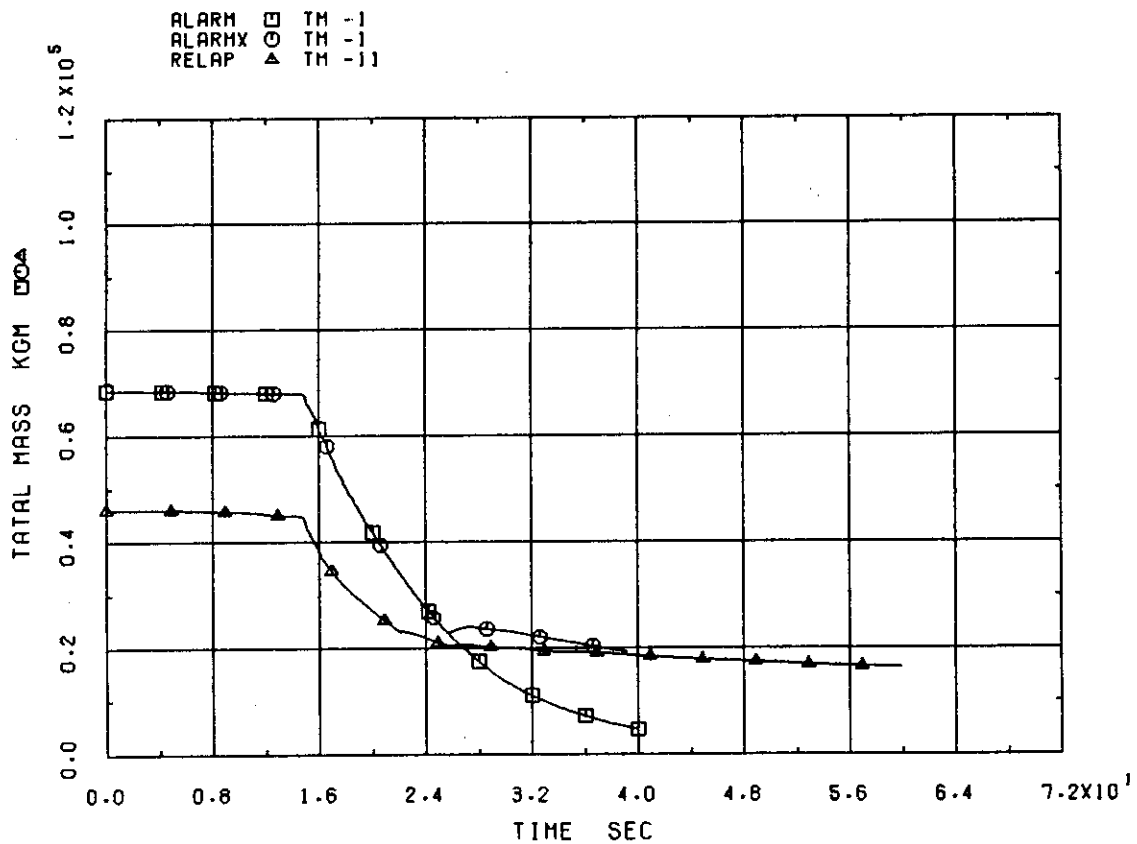


Fig. 2.55 Mass Inventory of Lower Plenum Calculated with Phase Separation Model for Lower Plenum

3. THYDE - B1とRELAP4の比較

1000MWe クラスのBWRにおける小破断冷却材喪失事故時ECCS性能評価解析を行い、THYDE-B1コードとRELAPコードの結果の比較を通してTHYDE-B1コードの解析性能を明らかにすると同時に解析モデルの違いが結果に与える影響についても考察を加え、今後の改良のための知見を得た。解析に当って、RELAPコードのサンプル計算⁽⁵⁾をもとに、できるだけ同一条件で解析するようにTHYDE-B1の入力データを作成した。ただし、THYDE-B1の特徴を失わないように標準的な手法⁽⁸⁾を用いることにした。

3.1 計算条件と入力データ

THYDE-B1の解析に用いた入力データは附録Cに示したが、以下に各項目に対する説明を記した。

(1) ノーディング

THYDE-B1の解析に用いたノーディングをFig. 3.1に示した。比較ケースとなるRELAPの解析で用いたノーディングをFig. 3.2に示した。THYDE-B1では体系を4ノード、16ジャンクションおよび17ヒートスラブで表現しているが、RELAPのデータとの対応で見るとシュラウド内側の上部プレナム部、炉心部、炉心バイパス部、下部プレナム部およびジェットポンプ部を1ノードで表現し、シュラウド外側にあるダウンカマール部と蒸気ドーム部を合せて1ノードとした。再循環ループは健全側と破断側をそれぞれ均質モデルを用いたノードで表現した。非均質モデルを使用する炉心シュラウド内側と外側ノードの幾何形状については、体積と流路断面積をノードの下端からの高さに対して入力するが、これらの値はRELAPの対応ノードが円柱であると見なし各高さでの算術和として求めた。等価直径は炉心部で0.015m、その他の領域で0.5mとした。非均質ノードの飽和混合相領域におけるボイド率は計算結果に影響を与える要因の1つであるが、初期水量を合せる為にRELAPの解析で初期条件として与えているクオリティから求めたボイド率を各ノードの体積でウェイト付けして求めた値を使用した。Table 3.1には各領域のデータをまとめて示した。

(2) 流路データ

THYDE-B1では16個のジャンクションを考えているが、各ジャンクションの高さと定常状態での流量および流路慣性係数はRELAPの条件と一致させた。各ジャンクションでの摩擦損失係数は、定常状態における圧力分布と流量を用いて定常状態での運動量バランス式からプログラム内で計算された値を用いた。ジェットポンプ部分での圧力バランスは定常状態でドライブ流路の圧力損失がRELAPの条件と釣り合う様に定めた。Table 3.2には流路データをまとめて示した。

(3) 蒸気離脱モデル

このモデルは計算結果に与える影響が大きくかなりの任意性を持ったものであるが、標準ケー

スでは ROSA-III の実験解析等⁽⁸⁾から最も妥当と考えられているモデルを使用した。すなわちシュラウド外側ノードに対して、蒸気相と飽和混合相との境界面でのボイド率をノードの平均ボイド率と同じであると仮定して蒸気離脱量を求め、シュラウド内側ノードに対しては気泡の平均移動距離を用いて境界面での蒸気離脱量を計算するモデルを使用した。この移動距離は定常状態の熱バランスからコード内で決めるオプションにより決定された。

(4) ECCS モデル

RELAP の解析条件と同様に単一故障条件を仮定し、HPCI は不動作とした。ADS は RELAP と同様にダウンカマーの水位トリップ信号で作動し、遅れ時間は 120 秒とした。LPCS と LPCI の流量は RELAP のデータから作成された圧力に対する流量テーブル (Tables 3.3, 3.4 参照) を入力した。注入水のエンタルピーは 93.68 kcal/kg で一定としたため LPCI については RELAP と同一にできたが LPCS については RELAP では注入ノードの圧力に対する飽和エンタルピーを用いるモデルを使用しており THYDE-B 1 にはこのモデルがないので一致できなかった。このモデルの相違については 3.3 で検討する。

(5) 再循環ポンプモデル

THYDE-B 1 の現バージョンのポンプモデルでは、正流・正揚程の場合に対して流量対揚程の特性曲線とポンプコストダウン方程式を組み合わせ、揚程の時刻変化を求めており RELAP と一致していない。このため著者が適当と思われるデータを任意に作成し、二相流に対しては流体のクオリティが 1.0% 以上では揚程が 0 に成ると仮定し、それ以下のクオリティに対して Fig. 3.3 に示した特性曲線から揚程を求めた。RELAP で使用しているポンプデータとの直接比較は難しいが、Fig. 3.26 に示した様にポンプ揚程の過渡変化はよく一致した。

(6) 破断口モデル

小破断 LOCA の解析では破断流量がシステム挙動を支配する最も重要な要素である。RELAP では破断口臨界流モデルとして HEM を使用しているが、THYDE-B 1 の現バージョンでは未飽和状態でオリフィスの式、飽和状態で Moody の相関式を使用しているため RELAP の放出係数をそのまま用いることはできない。このため標準ケースでは ROSA-III の実験解析で用いられた値を用いることにし放出係数はどちらに対しても 0.6 とした。後に計算結果を示すが、破断流量は THYDE-B 1 の標準ケースと RELAP ではかなり違っていた。THYDE-B 1 で放出係数を調整して破断流量を合せた場合についても解析した。

(7) 炉心出力

炉心の発熱計算はそれぞれのコードに組み込まれている核計算ルーチンを使用した。スクラムによる反応度の時間変化とドップラー反応度に対しては、RELAP と同じデータを使用した。炉心ボイド率の反応度効果については RELAP と入力形式が異なった為、Fig. 3.4 に示したテーブルを用いた⁽⁹⁾。ただし小破断 LOCA の解析では破断後炉心が露出するまでにかかなりの時間が有り、核分裂による熱出力はこの間に十分小さく成っており、この期間での炉心の熱伝達が良好である為、破断初期の出力変化の違いが PCT に与える影響は殆んど無い。

(8) ヒートスラブ

THYDE-B 1 では Fig. 3.1 に示した様に、17 個のヒートスラブで炉心、圧力容器および構造材からの熱移動を模擬した。炉心内の燃料棒は軸方向に 8 分割し、径方向にはペレット内 5 分割、

ギャップと被覆管をそれぞれ1分割して温度計算を行った。ギャップ部分の熱伝達係数は $1.3565 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{C}$ とし、定常状態での燃料棒温度分布を RELAP の条件と合せた。Fig. 3.5 に計算された定常時の径方向温度分布の比較を示した。わずかながら差がある理由は、両コードの差分形式およびメッシュの代表温度の取り方等に違いがある為である。この程度の差であれば、その後の計算結果に与える影響は小さいと考えられる。Fig. 3.6 には解析で用いた軸方向出力分布を示した。Table 3.5 には各ヒートスラブの幾何形状等をまとめて示したが、RELAP の条件と等価に成る様に作成した。

3.2 解析結果と検討

THYDE-B1 による解析で、ECCS が作動して炉心の全ノードが再冠水する 500 秒までの期間について、両コードの解析結果の比較検討を以下に示した。Table 3.6 には解析したケースをまとめて示した。

(1) 系圧力

シュラウド内側と外側および破断側の再循環パイプにおける圧力の比較を Figs. 3.7, 3.8, 3.9 にそれぞれ示した。体系内の各点ではほぼ同じ圧力挙動を示している。破断と同時に圧力は徐々に減少して行くが、40 秒で主蒸気管のバルブが全閉すると炉心の発熱の為に圧力は増加して行き、安全弁の設定圧力の所で一定と成る。その後自動減圧系 (ADS) が作動すると、系圧力は急激に低下して行くが、THYDE-B1 では作動時刻が破断後 185 秒であり、RELAP の結果より約 75 秒早く成った。これは破断流量が両コードで違った為、ダウンカマ水位に差が生じ従ってトリップ時刻が早くなった為であり、後で示す様に放出係数を調整して破断流量を合せた解析では一致した。ADS 作動後の減圧挙動は、ADS から流出する流量とエンタルピーがほぼ同じと成り一致した。

(2) 破断流量

Figs. 3.10, 3.11, 3.12 に破断口での流量と流出エンタルピーおよび流出クオリティの比較を示した。破断開始から約 100 秒までの未飽和状態の期間、THYDE-B1 による流出流量は RELAP の結果の約 2 倍と成った。100 秒以後の飽和状態においては THYDE-B1 の計算値が逆に小さく成ったが、これらは臨界流モデルの違いが大きな原因である。320 秒以後流出エンタルピーが大きく成っているが、これはダウンカマ水位が低下して蒸気が破断口から流出し始めた為であり、ECC 水の注入が開始して水位が回復するとエンタルピーも急激に低下した。

(3) 水位挙動

シュラウド外側とシュラウド内側の水位の比較を Figs. 3.13, 3.14 に示した。破断開始から 100 秒までの水位の減少はシュラウド内側、外側共に THYDE-B1 の結果が急激と成った。これは先に述べた様にこの期間の破断流量が大きく成った為である。シュラウド外側のダウンカマ水位は ECCS のトリップ信号として使用されるが、今回の解析では ADS 作動トリップとして水位が 6.547m (21.48ft) と成る時刻を用いたので、作動時刻が THYDE-B1 では約 75 秒早く成った。破断開始後 190 秒で THYDE-B1 では下部プレナムフラッシングによる水位の増加が見られるが、RELAP の結果に比べてこの増加割合は小さい。これは後述する様に、シュラウド内

ノードの気泡の平均移動距離が小さかった為に飽和混合領域からの蒸気離脱量が多くなり、この領域の体積膨張を押えた事が原因である。その後水位は徐々に減少して行き、300秒で全炉心が蒸気中に露出した。Fig. 3.21 と Fig. 3.22に示した様に LPCS と LPCI がそれぞれ328秒と368秒に作動してECC水の注入が始まるので、シュラウド内の水位は340秒附近から増加し、破断開始から460秒後に炉心発熱部は全て冠水した。RELAPによる解析では387秒にLPCSが作動し、458秒にLPCIが作動するが、RELAP 4/MOD 6/U 4/J 3コード特有のCCFLモデルによるECC水の流量制約を考慮している為、水位の上昇はTHYDE-B 1コードの結果と比べてかなり緩やかとなった。すなわちRELAP 4/MOD 6/U 4/J 3によるこの計算例では、LPCIおよびLPCSの注水によりバイパスが満水になるとバイパスから溢れる冷却水は、仮想的に系外に失なわれるとして計算する。この仮定は炉心上端でCCFLが起きていなくとも適用されるので再冠水時刻は計算上かなり遅くなる。Figs 3.46, 3.47で約490秒以後LPCS, LPCIの流量が減少するのは、この時点でバイパスが満水になり、このモデルが適用されるためである。

THYDE-B 1では、CCFLを無視しているが、そのことによる計算結果への影響をより適切に把握するためには、RELAPで、上記の仮想的に注入水を減少させるオプションを用いない計算を行なう必要があるが、ここでは、そのような計算は行っていない。

(4) ジェットポンプ挙動

健全側再循環ループジェットポンプのサクシジョン流路、ドライブ流路およびスロート流路における流量変化の比較をFigs.3.23, 3.24, 3.25に示した。Fig. 3.26には再循環ポンプ揚程の比較を示した。破断後の電源喪失によるポンプコストダウンに伴いドライブ流量は減少し、破断後80秒で初期流量の1割程度と成った。これ以後下部プレナムフラッシング時点での流量増加が異なるが、流量は両コードともに殆んど0と成っている。サクシジョン流量とスロート流量もドライブ流の減少に伴って減少し、サクシジョン部が蒸気中に露出する100秒以後流量は殆んど無くなる。RELAPの計算においても100秒以後の流量は殆んど0と成った。

Figs. 3.27, 3.28, 3.29には破断側ジェットポンプのサクシジョン流量、ドライブ流量、スロート流量をそれぞれ示した。THYDE-B 1ではサクシジョン流量とドライブ流量の減少割合が大きく成り、ポンプトリップ後10秒附近で逆流と成った。この時点でポンプ揚程は殆んど無くなっており流量は静水圧のバランスから決まるが、Fig. 3.30に示した様に下部プレナムと破断側再循環パイプの差圧が逆転した為、この逆流が生じたと考えられる。

(5) 燃料棒表面温度

Figs. 3.31, 3.32, 3.33には炉心下部、中央部および上部における燃料棒表面温度を示し、Figs. 3.34, 3.35, 3.36にはそれぞれの場所での熱伝達係数の比較を示した。炉心下部では燃料棒が蒸気中に露出する時刻はほぼ一致したが、THYDE-B 1では露出後約55秒で冠水しており温度上昇は殆んど無かった。RELAPでは冠水がかなり遅れた為に表面温度は上昇を続けるが、発熱量が小さい為燃料棒表面温度は最高420℃であった。炉心中央部においてはTHYDE-B 1では蒸気中への露出が早かった為、温度上昇の時刻も早くなったが上昇の割合はRELAPと比べてかなり小さい。これはRELAPではFig. 3.35に示した様に、燃料棒が蒸気中に露出した後炉心スプレーが作動するまでの間を断熱と仮定している為である。このスプレー熱伝達モデルの相違の影響を調べる為に、RELAPと同様に蒸気中露出期間を断熱とし、炉心スプレー作動後の熱

伝達係数を $1.5 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F}$ 、それ以外の期間の熱伝達係数は THYDE-B 1 の計算値を用いて、ヒートアップコード SCORCH-B 2⁽³⁾ による計算を行った。その結果を Figs. 3.37, 3.38 に示したが、温度上昇の割合も表面最高温度も RELAP の結果とほぼ一致した。

3.3 解析モデルの検討

THYDE-B 1 の標準的手法による結果と RELAP の解析結果の比較は前章で述べた。両コードの結果の違いが見られたが、THYDE-B 1 の計算に影響を与えられられる破断流量モデル、蒸気離脱モデルおよび LPCS モデルを変更した場合について解析し、これらの影響の検討を行った。

(1) 破断流量モデル

破断流量の調整の為、放出係数をオリフィス式に対して 0.36, Moody 相関式に対して 1.0 とした場合と、未飽和領域に対しても Moody 相関式を外挿して使用し放出係数を 0.8 とした場合について解析した。Figs. 3.39, 3.40 には破断流量の比較を示したが、前者の方が RELAP との一致が良かったので以下にこのケースに対する検討結果を示した。Figs. 3.41, 3.42 にはシュラウド内側と外側の水位変化の比較を示したが、シュラウド外側水位は破断開始後 240 秒まで良く一致した。下部プレナムフラッシングによる水位変化は RELAP の結果に比べて小さく成った。シュラウド内の水位変化は両コード間ではほぼ同じ傾向を示したが、水位の減少割合は THYDE-B 1 の計算値が小さく成った。系の圧力挙動については Fig. 3.43 にシュラウド内側における圧力変化の比較を示したが良く一致した。これは主蒸気管流量変化および ADS の作動時刻と流量変化が両コード間で良く一致し、減圧割合が同じになった為である。(Fig. 3.44~Fig 3.47 参照)

(2) 蒸気離脱モデル

シュラウド内側ノードの蒸気離脱量を計算する為の気泡の平均移動距離は、標準ケースでは初期の熱バランスから求めたが、炉心中央部から気水分離器上端までの高さ(今回の解析では 8.72 m)とした場合の水位変化と圧力変化を Fig. 3.48, 3.49 および Fig. 3.50 に示した。フラッシング時刻は破断流量の違いで早く成っているが、シュラウド外側の水位増加は RELAP の結果と同程度と成った。Fig. 3.51 にはシュラウド外の冷却材インベントリーの標準ケースとの比較を示したが、フラッシングによる流出流量が多く成った為、その後の炉心部分での水位減少は標準ケースよりも急激となった。ECCS 作動後の炉心水位の回復が非常に速く成ったが、これは気泡平均移動距離を大きくして蒸気離脱量を押えた為、再冠水によって冷却材中に発生する多量の蒸気が飽和混合相中に残り易くなり、水位上昇が増幅される計算となった為である。以上の事から気泡の平均移動距離は定常のバランスから求めた固定値とするより、蒸気の発生メカニズムに対応させて変化させるモデルを用いるべきだと思われる。

(3) LPCS モデル

標準ケースでは LPCS と LPCI の注入水エンタルピーは共に 93.39 kcal/kg とした。RELAP のこのケースでは LPCI の注入水エンタルピーは 93.39 kcal/kg であるが、LPCS は注入するノードの飽和水のエンタルピーを持った水が注入されるモデルを採用している。THYDE-B 1

のプログラムを一時的に修正して、飽和エンタルピー水を注入する条件で解析した。この結果を Fig. 3.52 から Fig. 3.56 に示したが、炉心の再冠水速度が標準ケースと比べてゆっくりと成り、炉心上部では約 40 秒再冠水が遅れた。これは系圧力の比較から解る様に注入水エンタルピーを高くする事により減圧がゆっくりと成り、LPCS と LPCI の注入量が減少した為である。通常実炉で注入されるスプレー水は未飽和であるから、RELAP のこのケースで使用しているオプションは、LPCS の流量の計算に関しては結果として安全側に働くオプションであることが解る。

3.4 結 論

1000MWeクラスの BWRにおける再循環ラインポンプ吸込口での 4%破断 LOCA を、THYDE-B 1 コードと RELAP コードで解析し、両コードの比較検討を行って以下の結論を得た。

(1) THYDE-B 1 の ROSA-III の実験解析等で示された標準的手法で作成したデータによる解析では、臨界流量計算式等の違いにより圧力挙動と水位変化が RELAP の解析結果とかなり違った。再冠水時刻は THYDE-B 1 による計算値の方が早く成ったが、RELAP では炉心スプレー水によるクエンチモデルを使用している為、炉心中央部でのクエンチ時刻は両コードで一致した。PCT については、THYDE-B 1 の方が低かったが、THYDE-B 1 の計算に対して燃料棒表面が蒸気中に露出している期間について断熱条件を仮定する様に修正を加える事によりほぼ一致する事が解った。

(2) THYDE-B 1 で放出係数を調整して破断流量を RELAP と合せた場合、シュラウド内側の水位変化を除き、圧力挙動やシュラウド外側の水位変化は両コードで一致した。

(3) THYDE-B 1 の現バージョンでは、境界面での蒸気離脱量計算に使用する気泡の平均移動距離は、定常状態での熱バランスから求めた値か入力データとして与えた値を過渡期間中、飽和ノードの高さがその値を下まわらない限り一定値として使用している。この為シュラウド内側の水位は RELAP の結果と一致せず、本報告書の計算例では不安全側の計算と成った。気泡の平均移動距離算出に関するモデルを改良し、各時刻における気泡の発生位置と水位面の位置の変化をより詳細に表現できるモデルとすることが望ましい。

(4) THYDE-B 1 には炉心スプレーの熱伝達に対するモデルが組み込まれていないので、この点を改良すべきである。

(5) THYDE-B 1 の再冠水時刻の計算値は、RELAP の計算値より早かった。その理由はブローダウン後の残留水量が THYDE-B 1 の方が大きかった事と、系圧力の低下が THYDE-B 1 の方が早い為に低圧注入系の作動が早められた事による。後者の問題については、比較した RELAP の計算に合わせて、スプレー水のエンタルピーを注入ノードの飽和エンタルピーとする様に、THYDE-B 1 に一時的な修正を行う事により RELAP に近い圧力挙動となることがわかった。

Table 3.1 Input Data for Volumes Used in THYDE-B1 Calculation

| Node No. | Initial Pressure (kgf/cm ²) | Volume (m ³) | Type of Node |
|----------|---|--------------------------|------------------|
| 1 | 74.677 | 180.08 | 3 Region Node |
| 2 | 72.552 | 386.72 | 3 Region Node |
| 3 | 86.208 | 16.00 | Homogeneous Node |
| 4 | 86.208 | 16.00 | Homogeneous Node |

Table 3.2 Input Data for Junctions Used in THYDE-B1 Calculation

| Junction No. | Initial Flow Rate (kg/sec) | Elevation (m) | Inertia (1/m) | Flow Area (m ²) |
|--------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| 1 | 6709.3 | 3.654 | 0.729 | 1.829 |
| 2 | 2154.6 | 12.354 | 219.3 | 0.050 |
| 3 | 4554.7 | 4.566 | 0.0 | 0.289 |
| 4 | 6709.3 | 3.654 | 0.729 | 1.829 |
| 5 | 2154.6 | 12.354 | 219.3 | 0.050 |
| 6 | 4554.7 | 4.566 | 0.0 | 0.289 |
| 7 | 2154.6 | 0.299 | 39.78 | — |
| 8 | 2154.6 | 0.299 | 39.78 | — |
| 9 | 13418.6 | 15.90 | 0.874 | — |
| 10 | 1848.1 | 9.138 | — | — |
| 11 | 1848.1 | 18.892 | — | — |
| 12 | 0.0 | 9.135 | — | — |
| 13 | 0.0 | 9.135 | — | — |
| 14 | 0.0 | 3.353 | — | 0.0139 |
| 15 | 0.0 | 13.710 | — | 0.0450 |
| 16 | 0.0 | 19.044 | — | 0.0185 |

Table 3.3 Flow Rate Table for LPCS

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Node Pressure (kgf/cm ²) | 1.0 | 9.63 | 15.80 | 17.73 | 18.61 |
| Flow Rate (kg/sec) | 440.37 | 400.34 | 260.22 | 200.17 | 160.14 |
| | 19.14 | 19.49 | 21.42 | 21.43 | — |
| | 120.10 | 80.07 | 40.03 | 0.0 | |

Table 3.4 Flow Rate Table for LPCI

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Node Pressure (kgf/cm ²) | 1.0 | 10.52 | 11.58 | 13.69 | 14.39 |
| Flow Rate (kg/sec) | 995.48 | 563.43 | 497.70 | 319.27 | 234.76 |
| | 15.09 | 15.10 | — | — | — |
| | 46.95 | 0.0 | | | |

Table 3.5 Heat Slab Data Used in THYDE-B1 Calculation

| Heat Slab No. | Volume (m ³) | Heat Transfer Area (m ²) | Description |
|---------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 1~8 | 5.876×10 ⁻⁴ | 0.1598 | Fuel |
| 9 | 10.9 | 63.82 | Pressure Vessel |
| 10 | 27.67 | 127.09 | Pressure Vessel |
| 11 | 19.77 | 178.00 | Pressure Vessel |
| 12 | 11.95 | 63.82 | Pressure Vessel |
| 13 | 6.77 | 125.88 | Core Shroud |
| 14 | 8.10 | 213.31 | Core Shroud |
| 15 | 2.92 | 119.66 | Recirculation Pipe |
| 16 | 2.92 | 119.66 | Recirculation Pipe |
| 17 | 3.14 | 86.68 | Structure |

Table 3.6 Summary of Calculations

| ケース番号 | 目的 | データの特徴 | 所見 |
|-------|----------------|---|---|
| 1 | 標準ケース | ROSA-III RUN 804 解析の標準ケースデータ作成法に基づく | 破断口流量大、水位低下速い、圧力低下速い、ECCS 作動が速い、再冠水が速い |
| 2 | 破断口モデルの影響 | 標準ケースの破断口放出係数を調整 (オリフィス; 0.36, Moody; 1.0) | 破断口流量、圧力挙動、ECCS 流量は RELAP の結果と近づいた。 |
| 3 | 破断口モデルの影響 | 標準ケースの破断口放出係数を調整 (未飽和領域も Moody 式使用 $Cd = 0.8$) | 破断口流量の一致はケース 2 と比べて悪い。 |
| 4 | 境界面での蒸気離脱量の影響 | シュラウド内ノードに対して気泡の平均移動距離を 8.7m と大きくした。 | 下部プレナムフラッシングの挙動は RELAP の結果に近づいた。再冠水速度が速い。 |
| 5 | LPCS モデルの影響 | 炉心スプレュー水のエンタルピーを注入ノードの飽和エンタルピーにセットした。 | 標準ケースに比べて ECCS の注入がゆっくりとなり、再冠水時刻は遅れた。 |
| 6 | スプレュー熱伝達モデルの影響 | SCORCH-B2 を用いて THYDE-B1 のモデルを変更した場合の結果を推定 | 燃料棒温度の挙動は RELAP の結果とよく一致した。 |

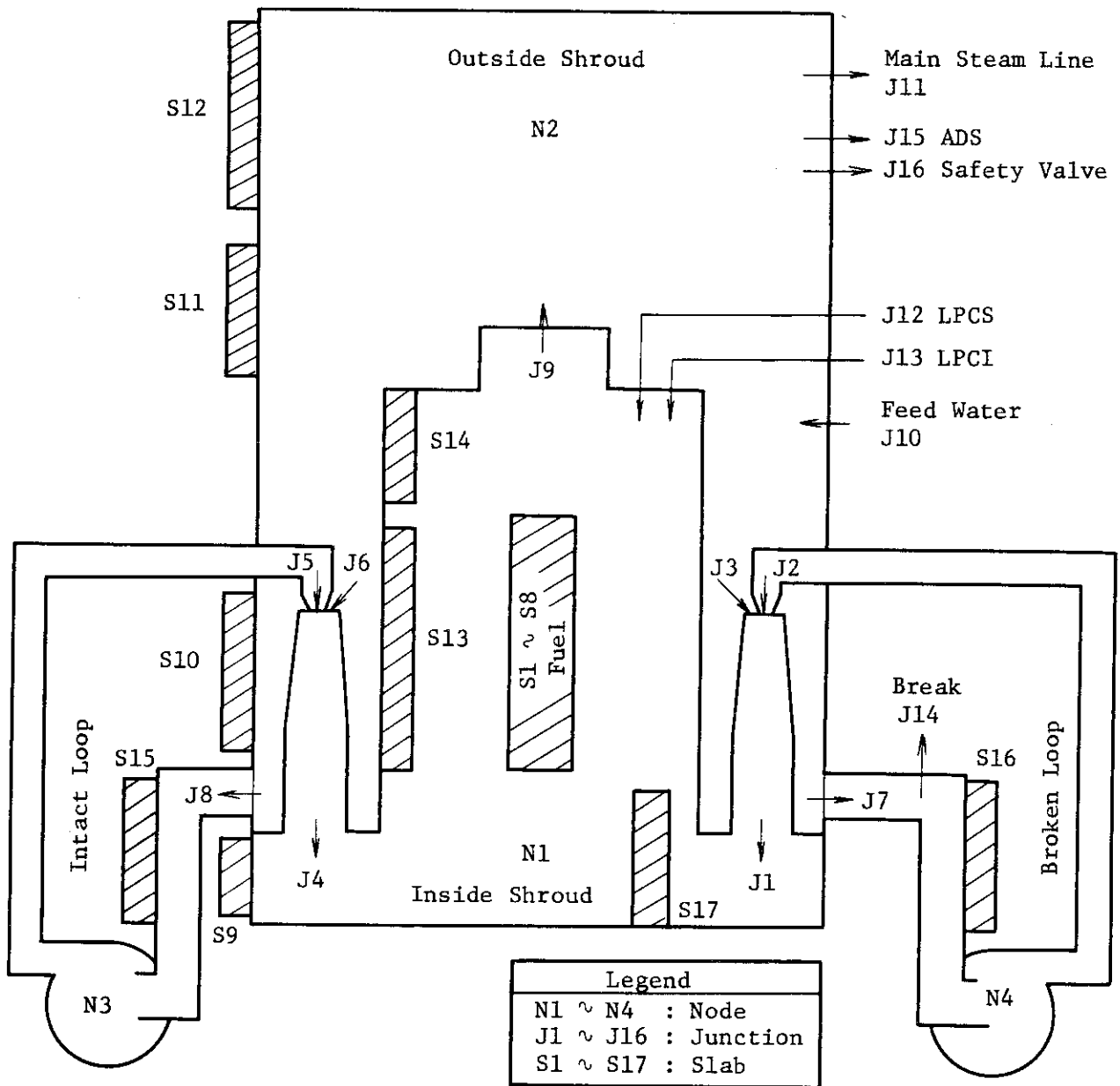


Fig. 3.1 THYDE-B1 Nodalization

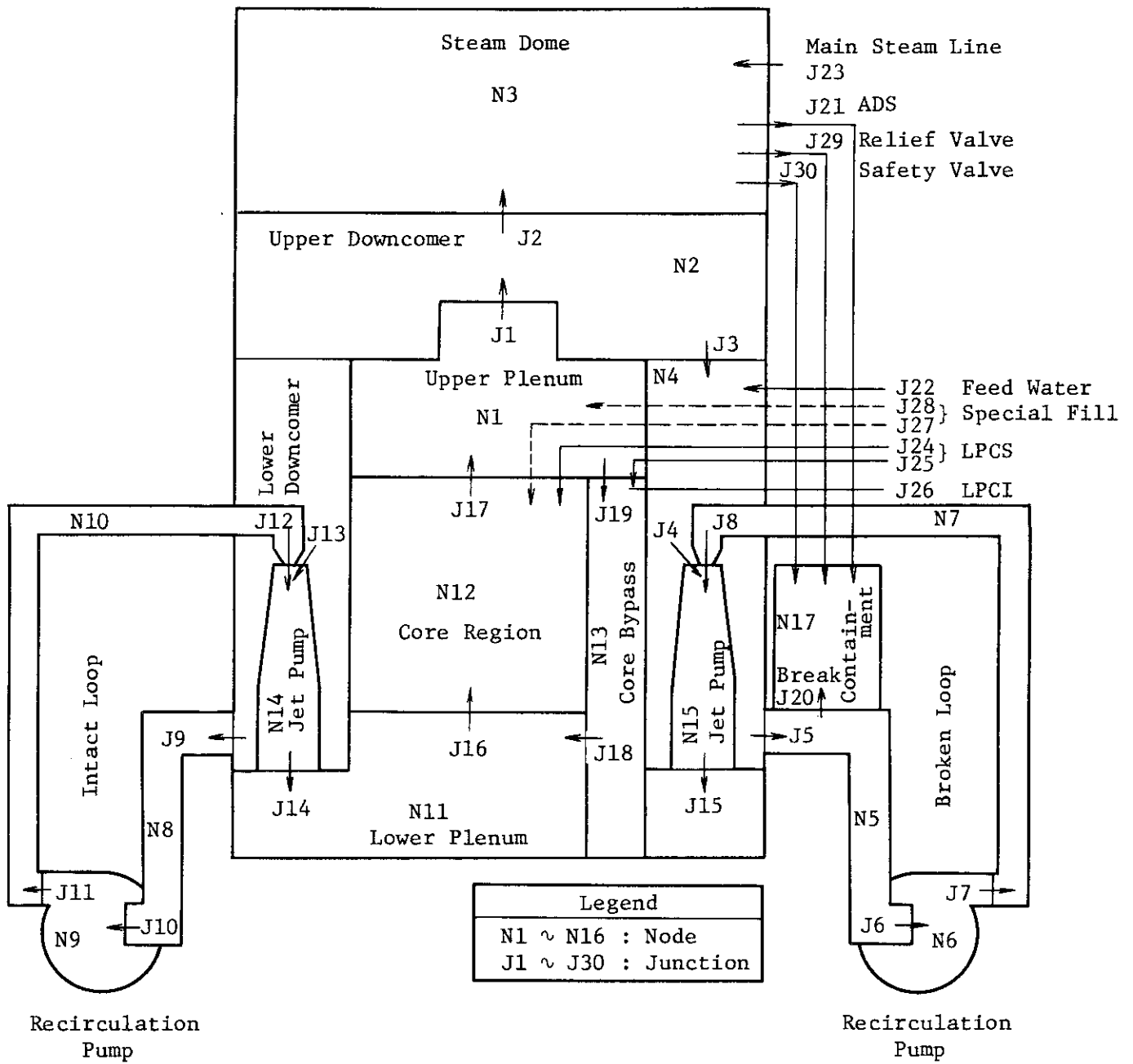


Fig. 3.2 RELAP4 Nodalization

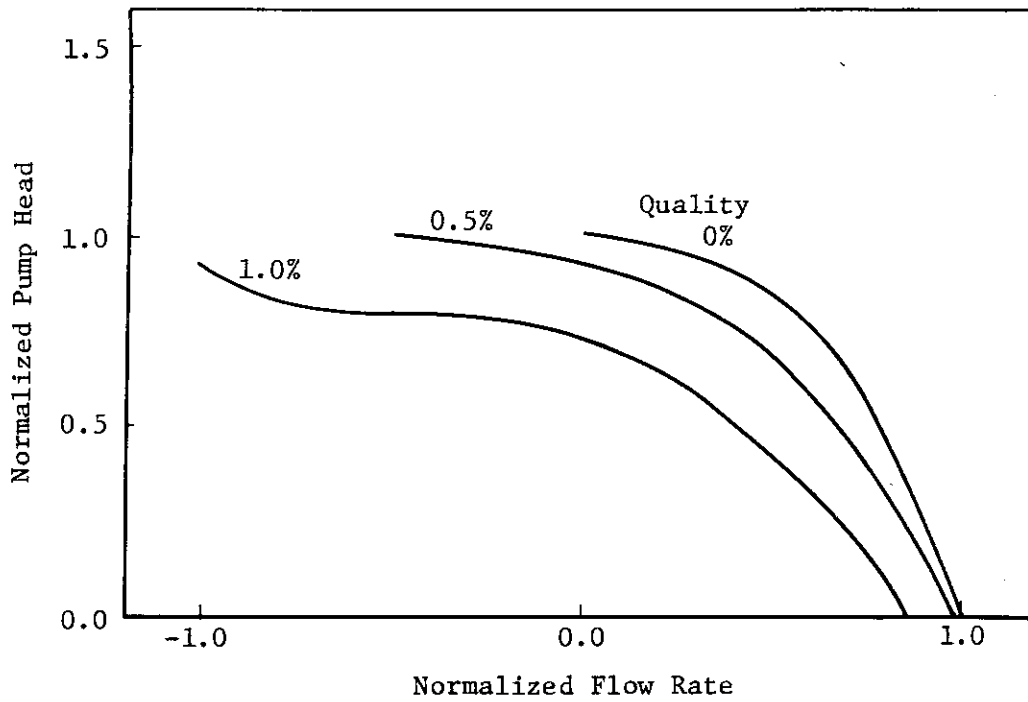


Fig. 3.3 Pump Characteristic Curve

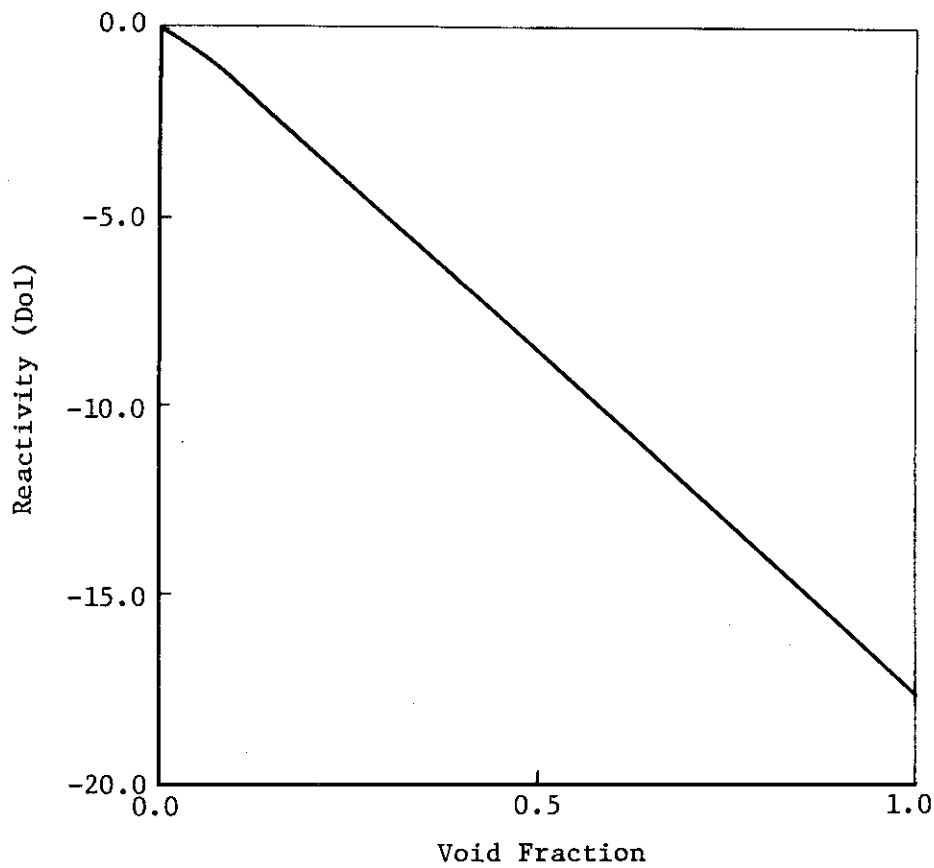


Fig. 3.4 Void Feedback Reactivity

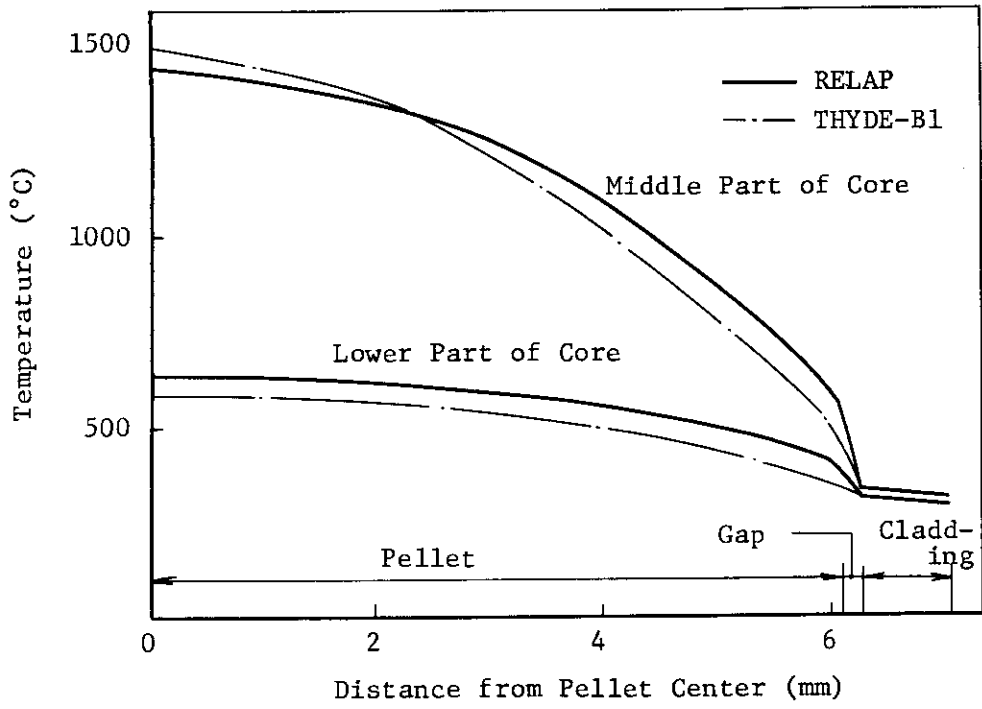


Fig. 3.5 Radial Temperature Distribution in Fuel Rod at Initial State

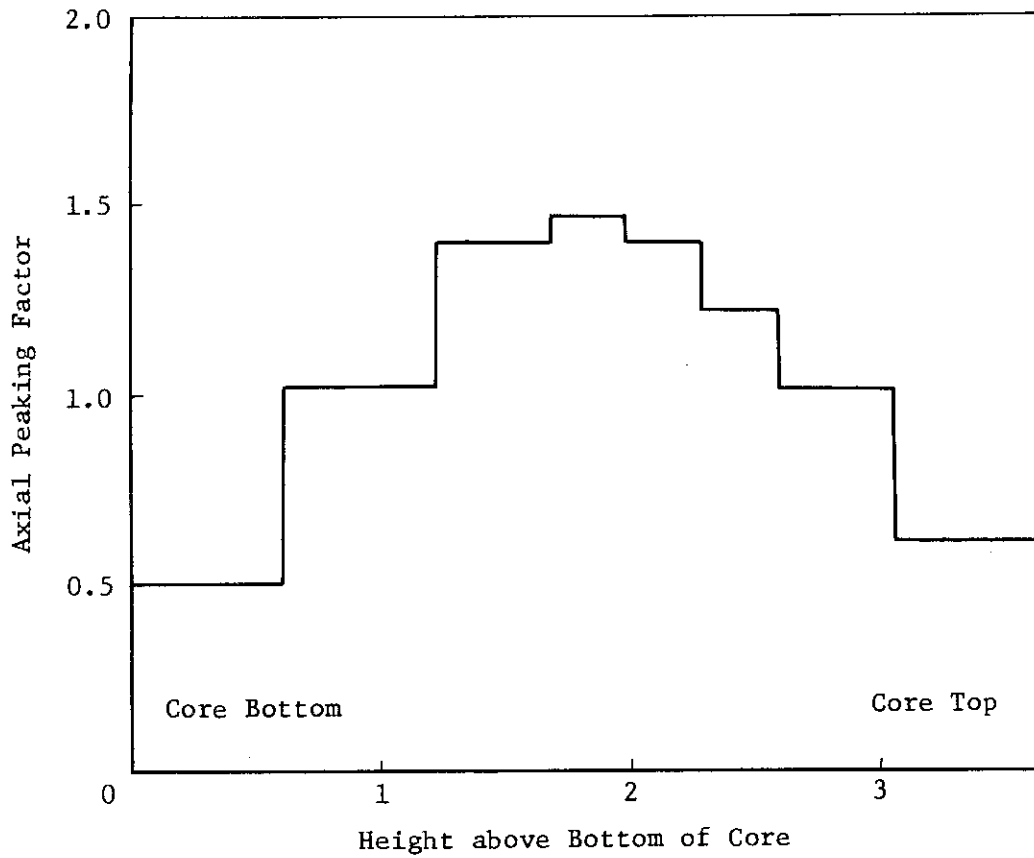


Fig. 3.6 Axial Power Generation Distribution in Core

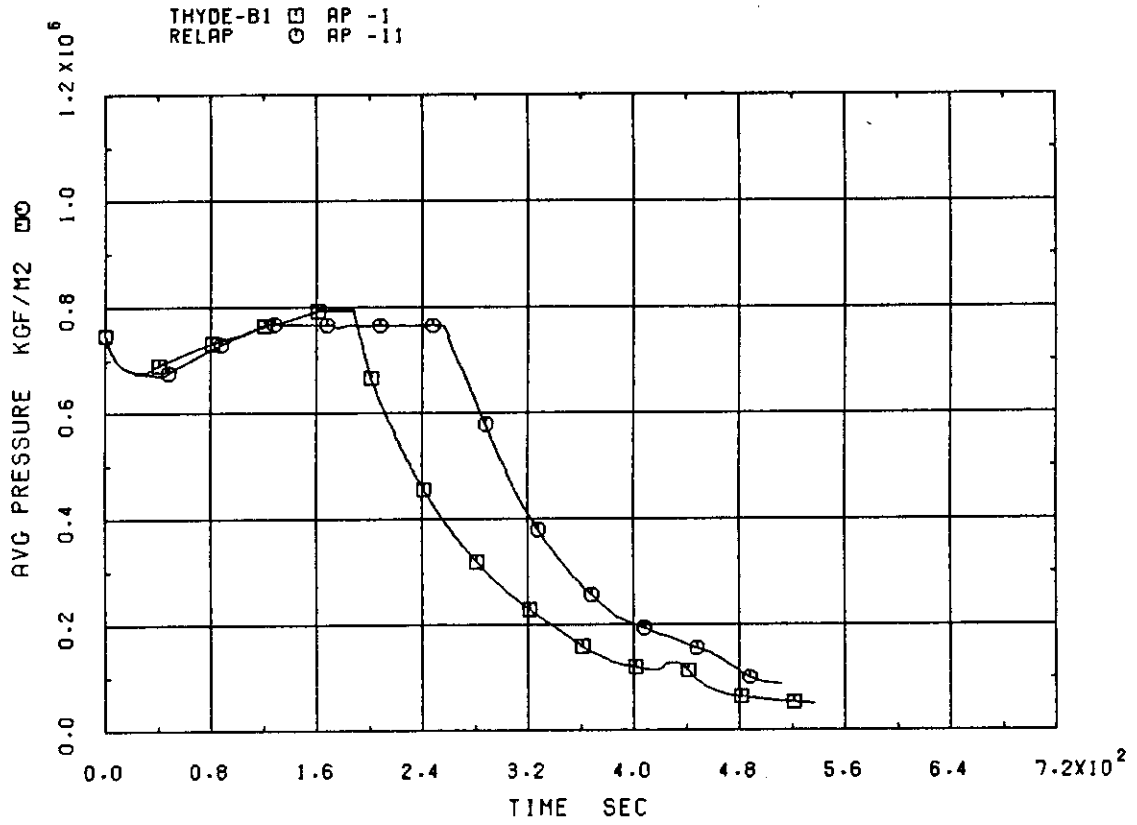


Fig. 3.7 Pressure inside Core Shroud

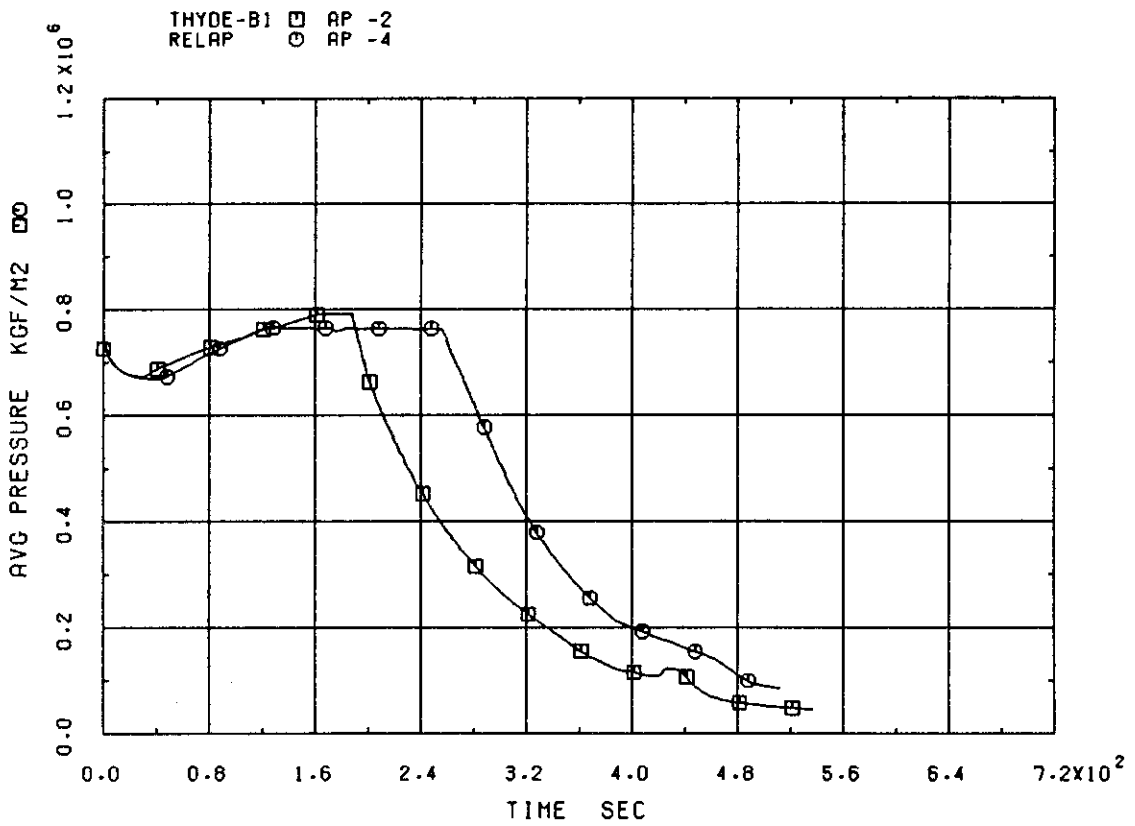


Fig. 3.8 Pressure outside Core Shroud

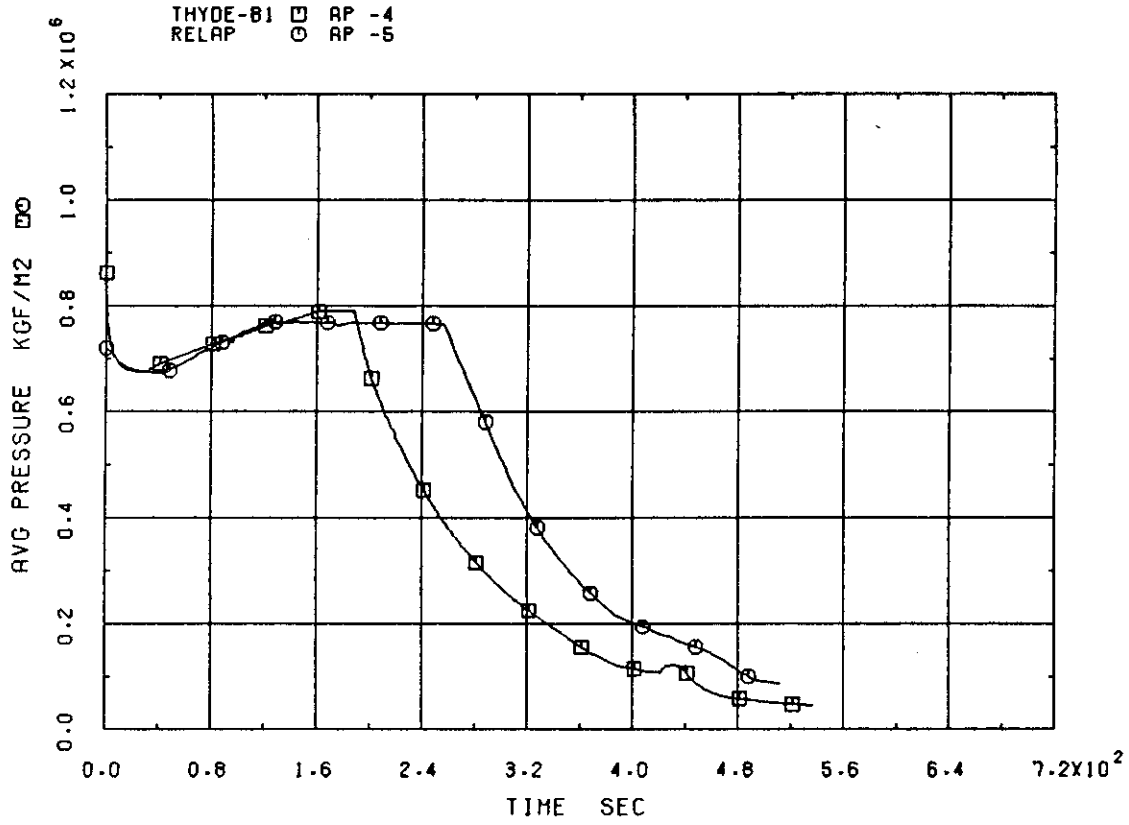


Fig. 3.9 Pressure in Break Side Recirculation Line

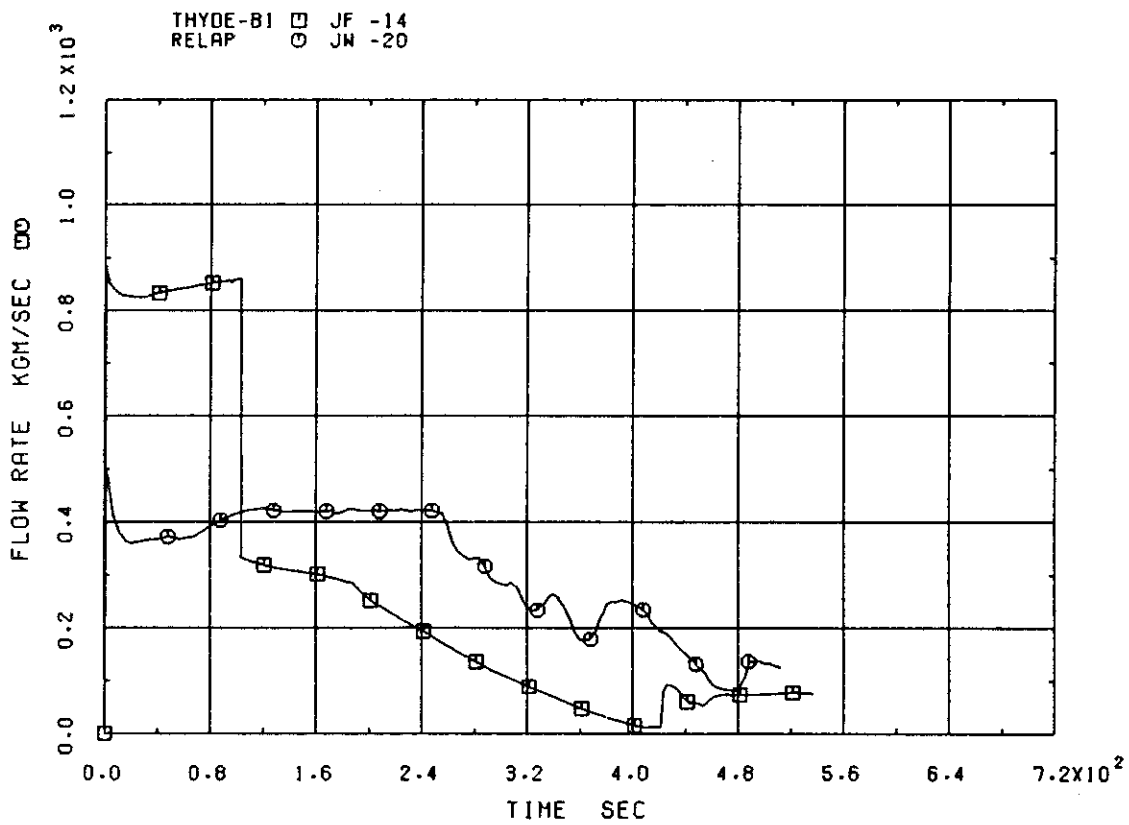


Fig. 3.10 Break Flow

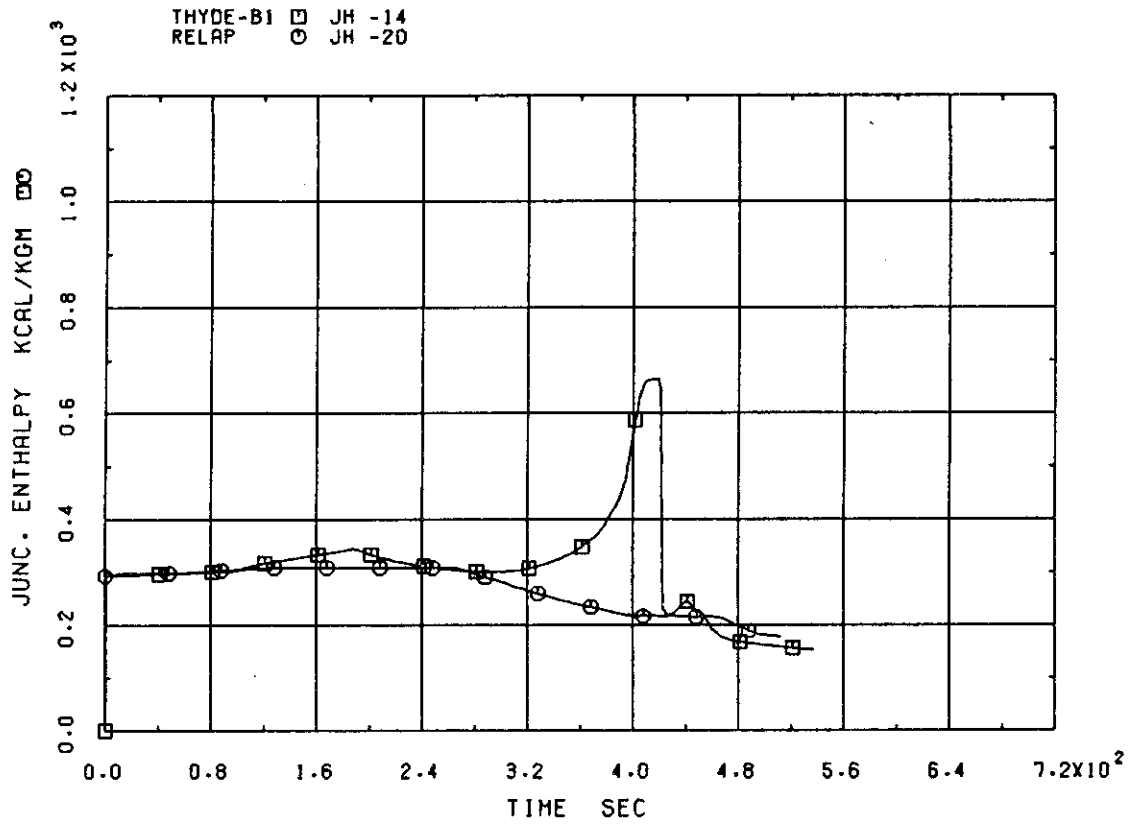


Fig. 3.11 Specific Enthalpy of Break Flow

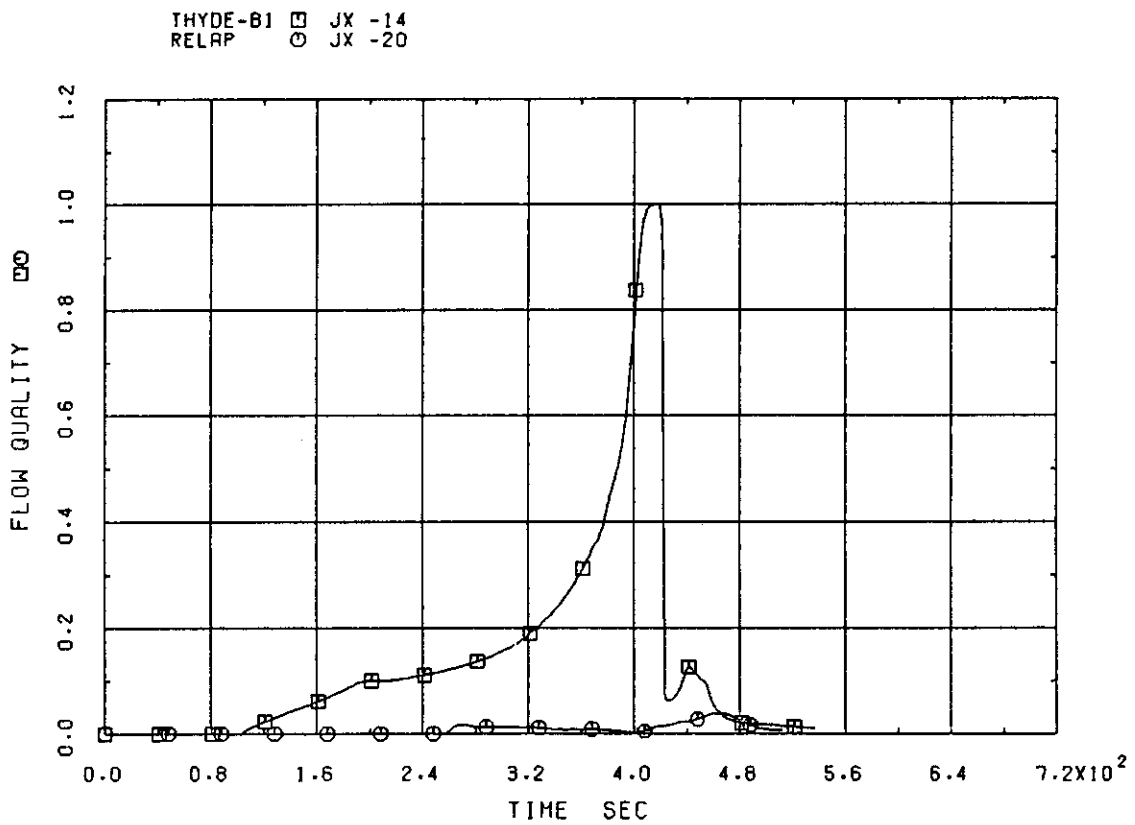


Fig. 3.12 Quality of Break Flow

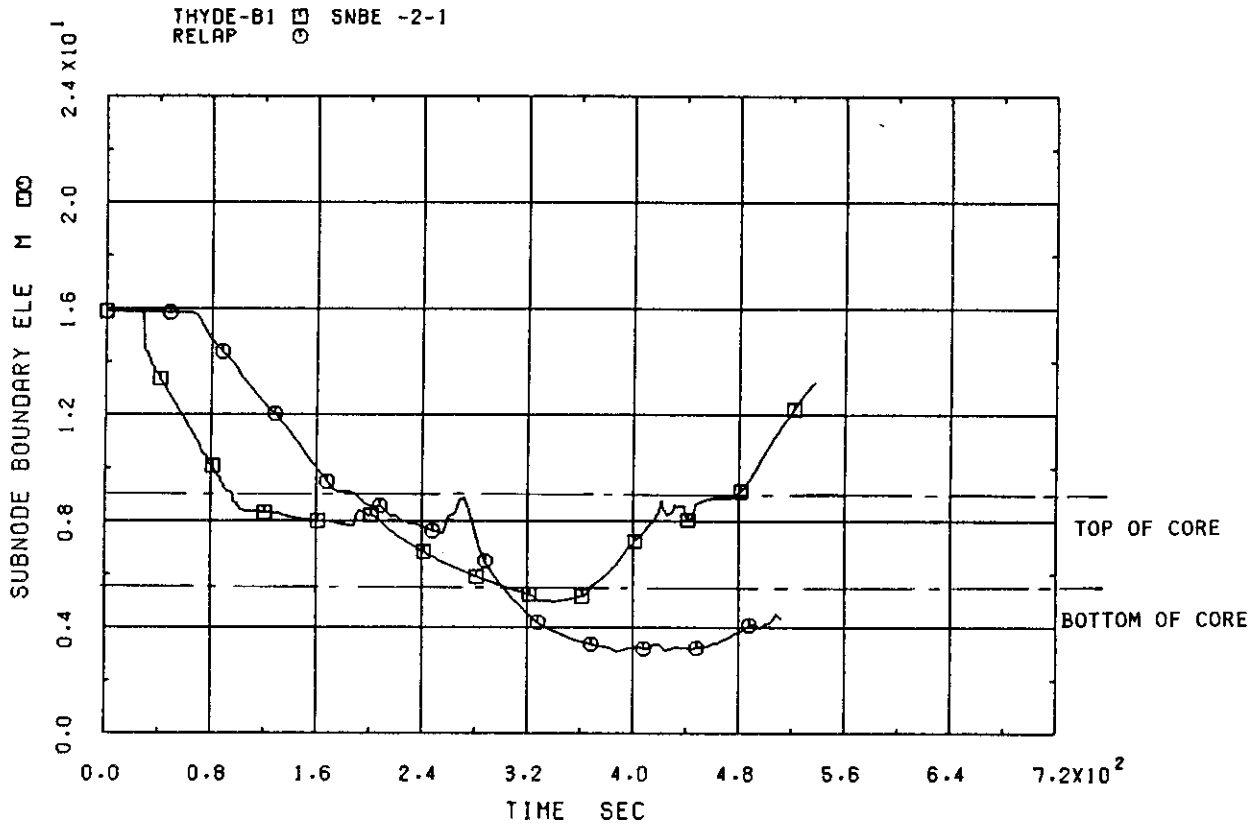


Fig. 3.13 Mixture Level inside Shroud

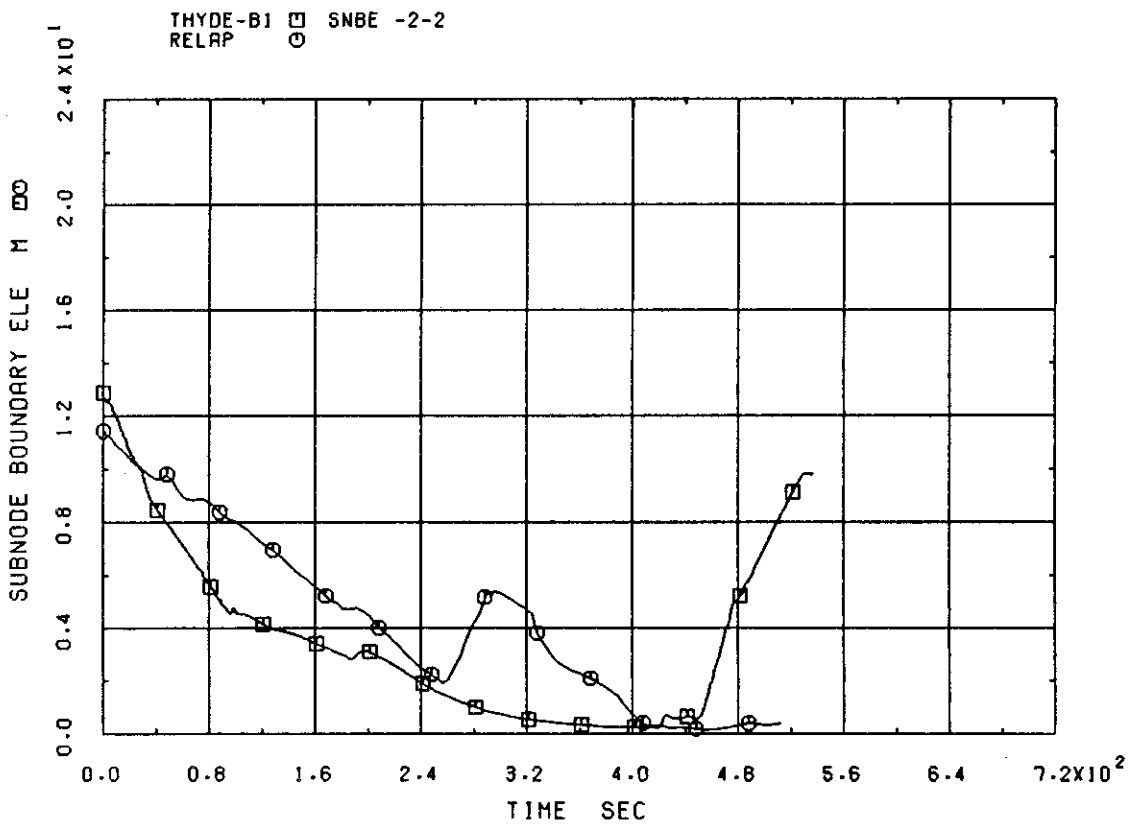


Fig. 3.14 Mixture Level outside Shroud

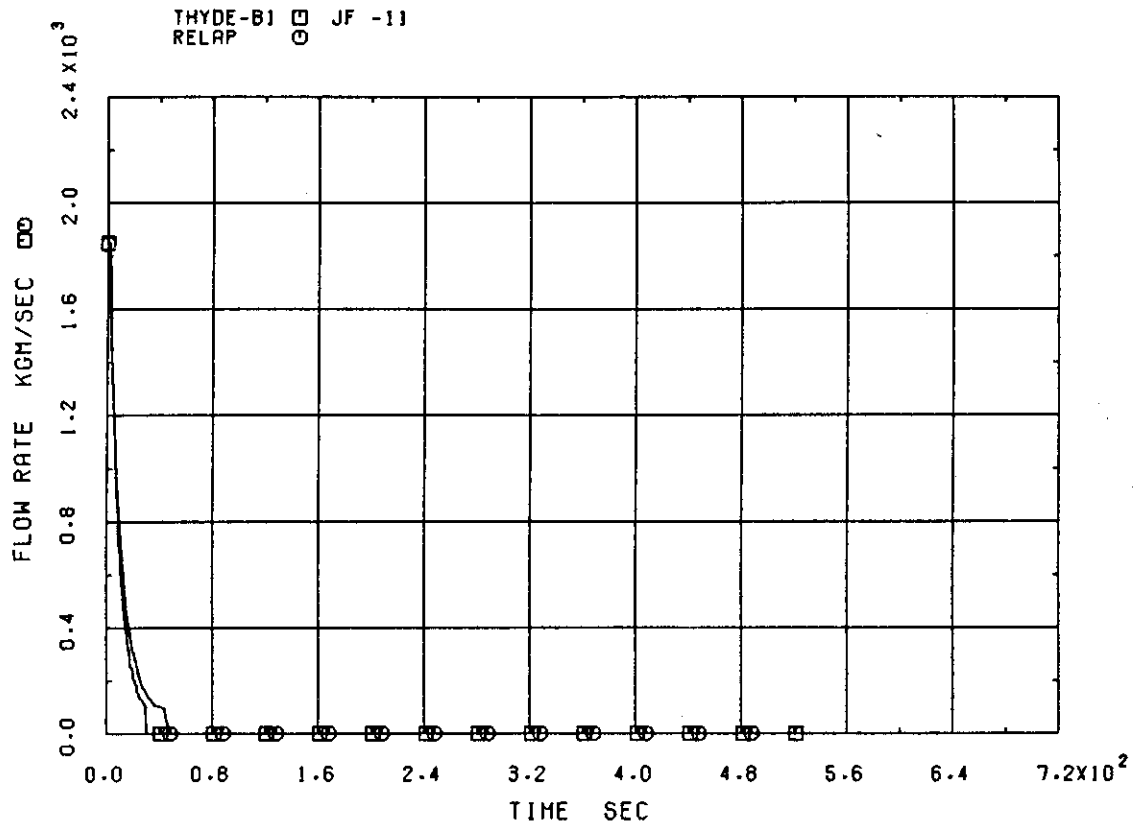


Fig. 3.15 Flow Rate of Main Steam Line

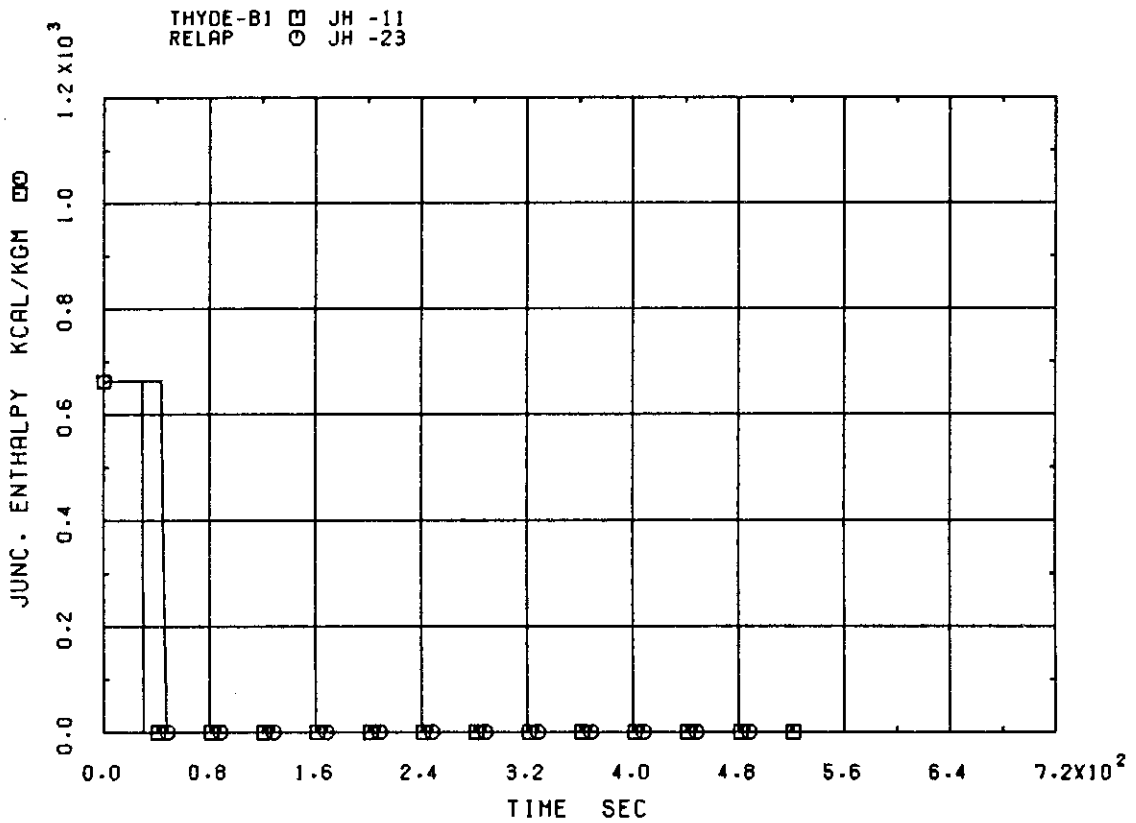


Fig. 3.16 Specific Enthalpy of Steam Line Flow

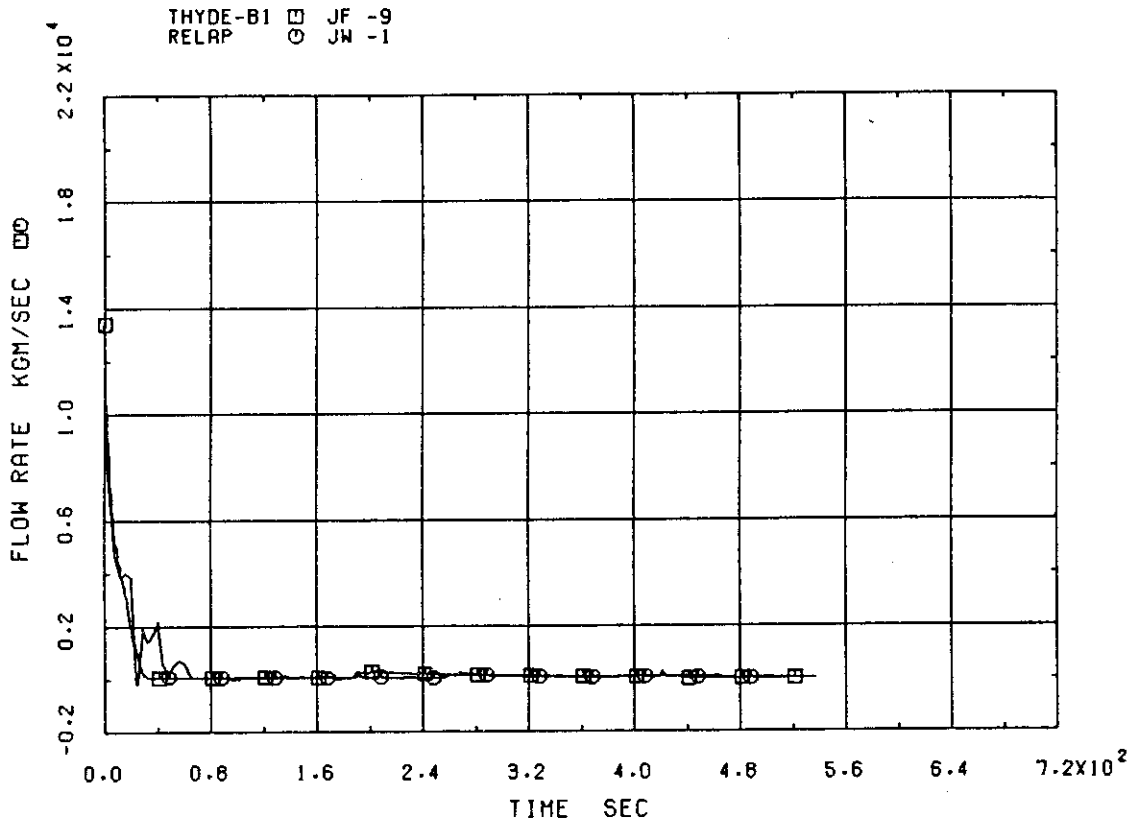


Fig. 3.17 Flow Rate at Steam Separator

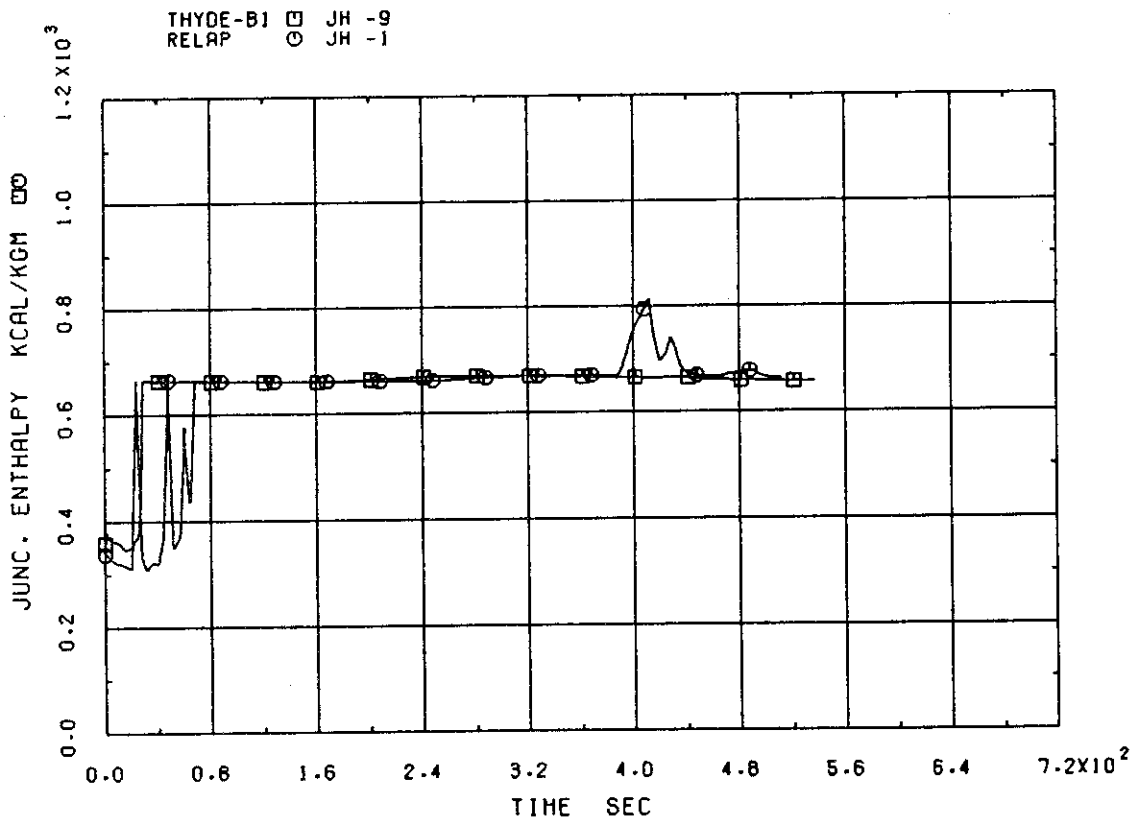


Fig. 3.18 Specific Enthalpy of Steam Separator Flow

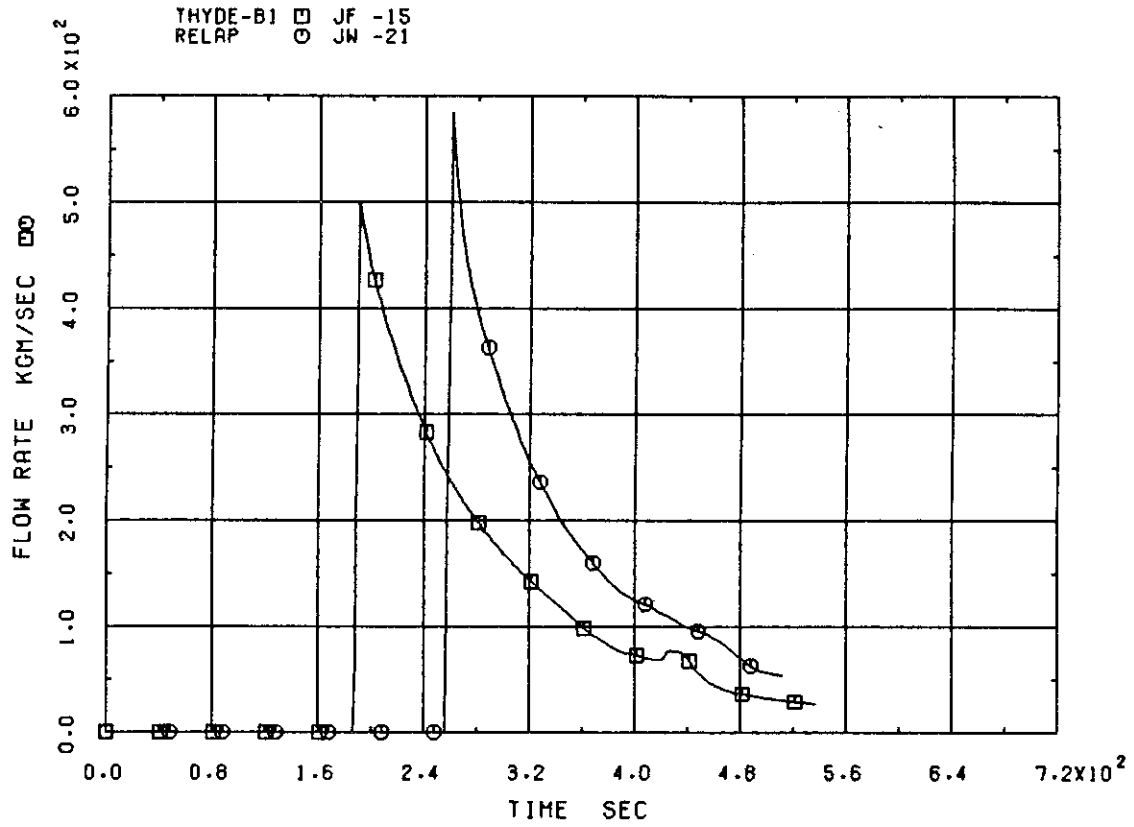


Fig. 3.19 ADS Flow Rate

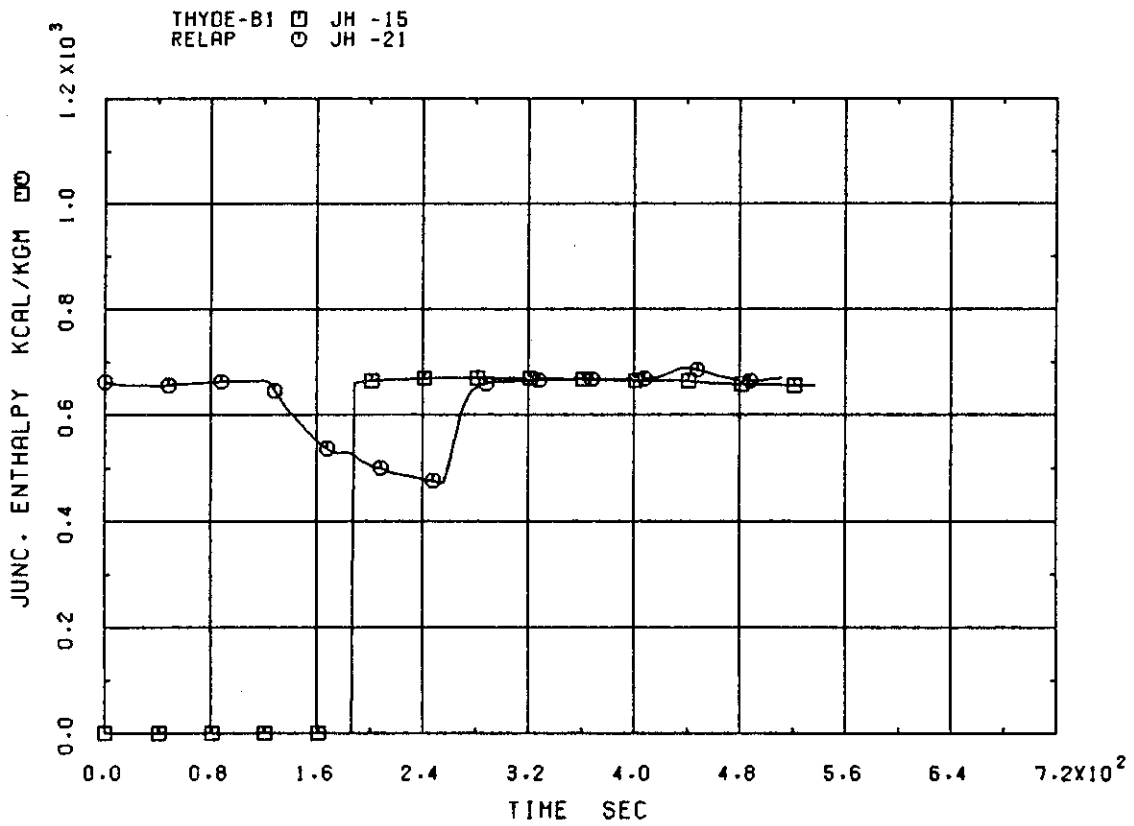


Fig. 3.20 Specific Enthalpy of ADS Flow

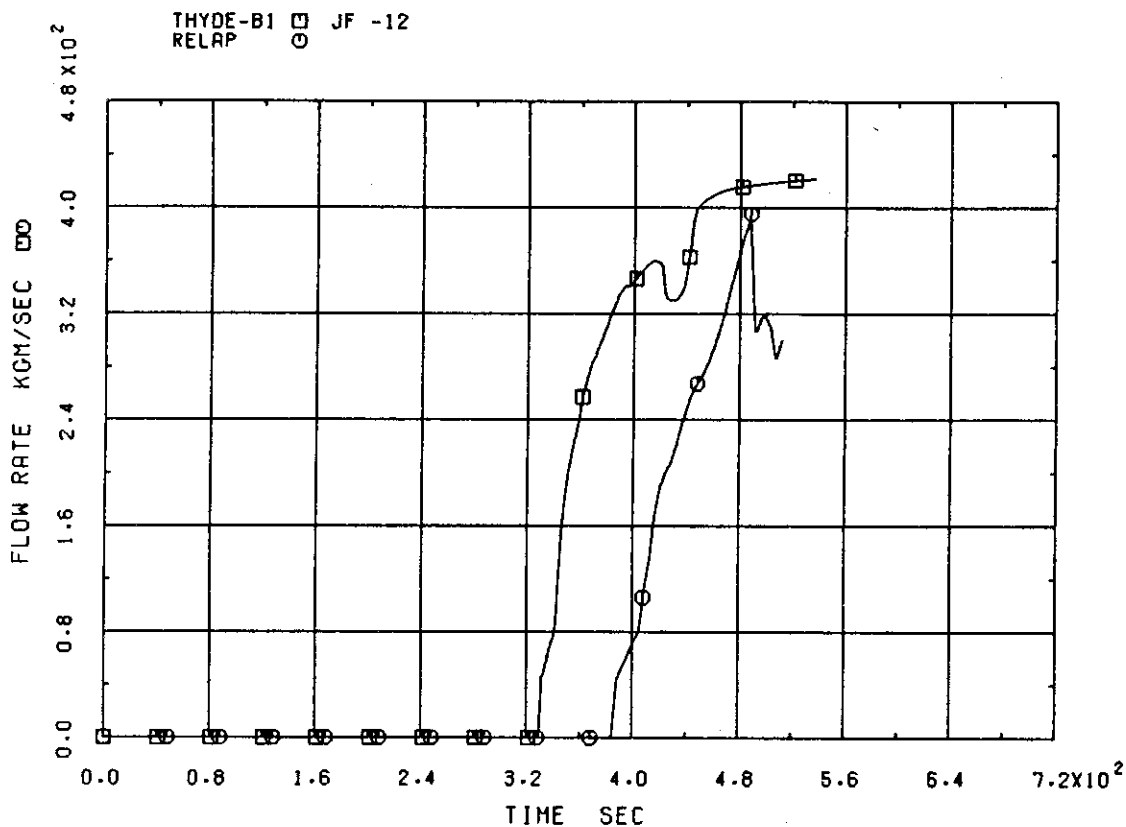


Fig. 3.21 LPCS Flow Rate

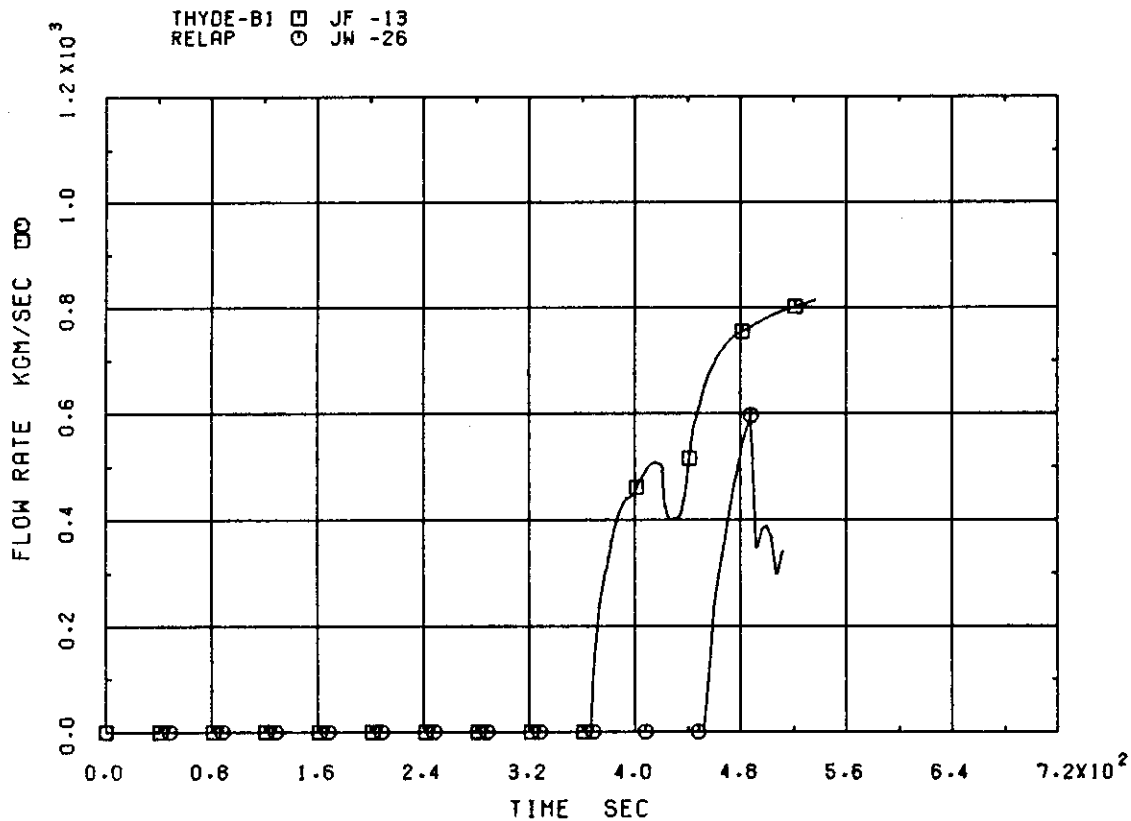


Fig. 3.22 LPCI Flow Rate

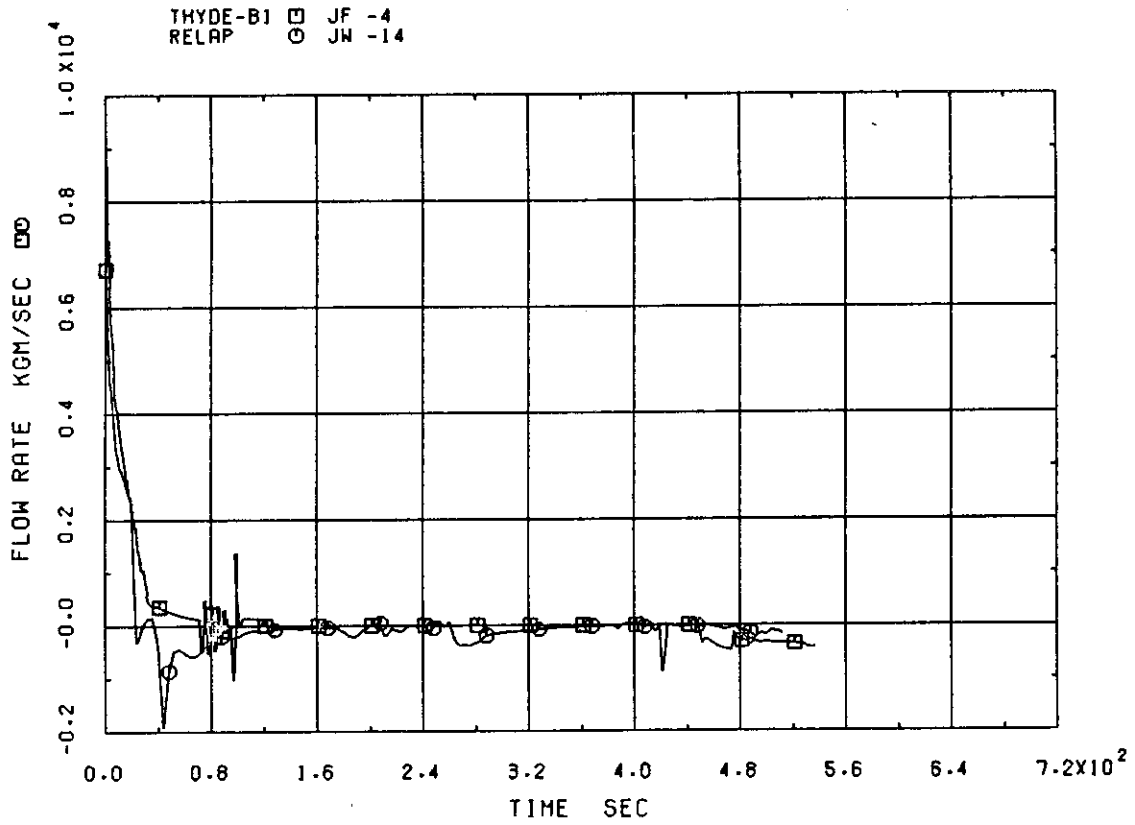


Fig. 3.23 Discharge Flow of Intact Side Jet Pump

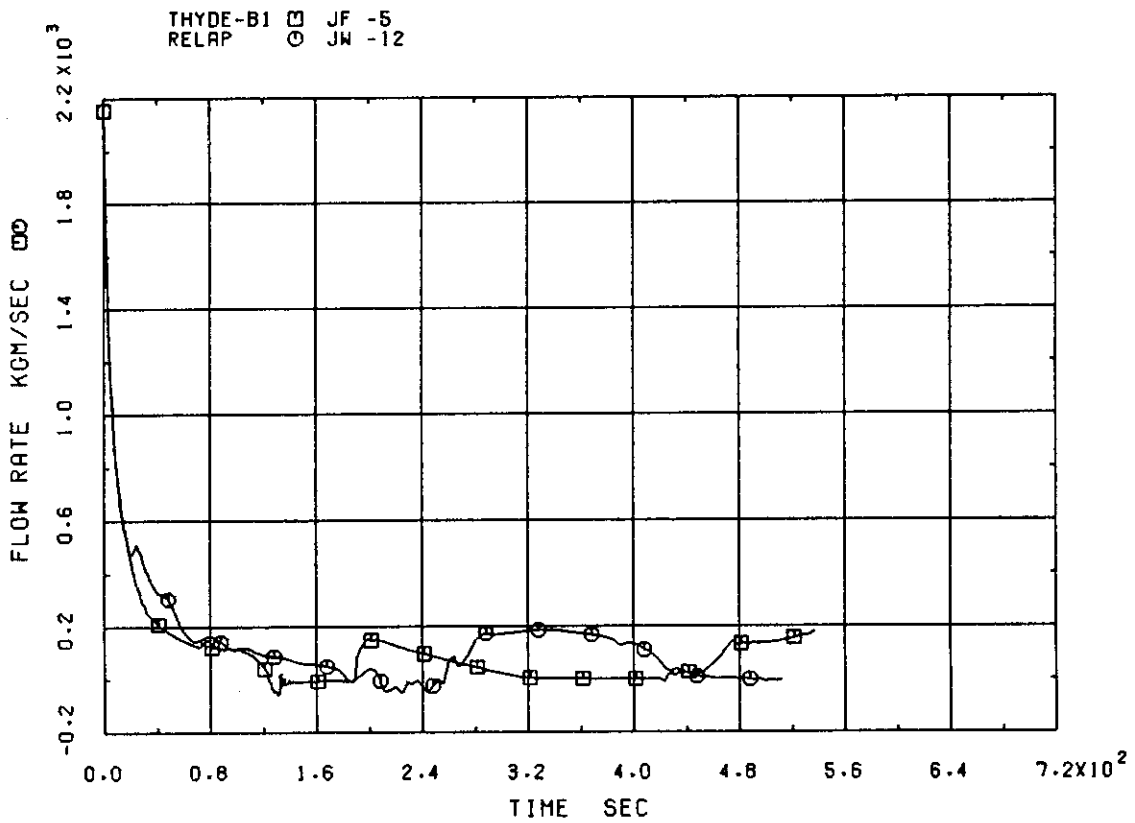


Fig. 3.24 Drive Flow of Intact Side Jet Pump

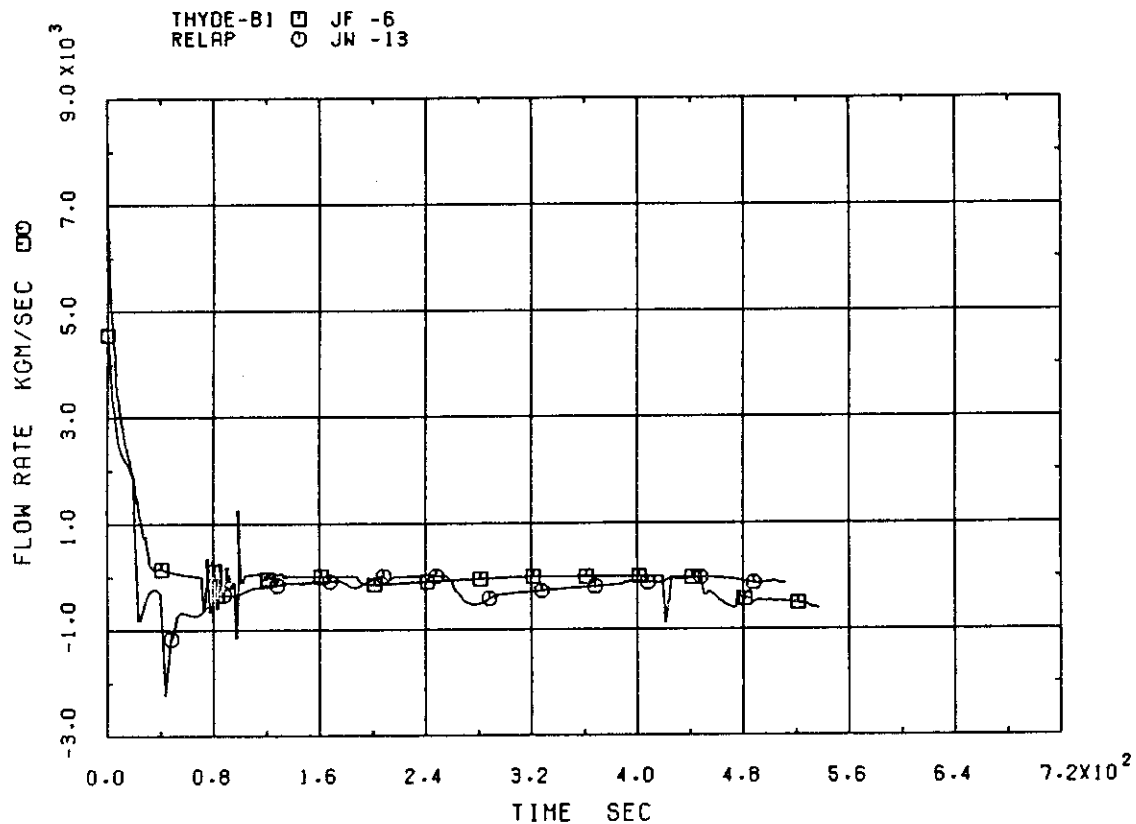


Fig. 3.25 Suction Flow of Intact Side Jet Pump

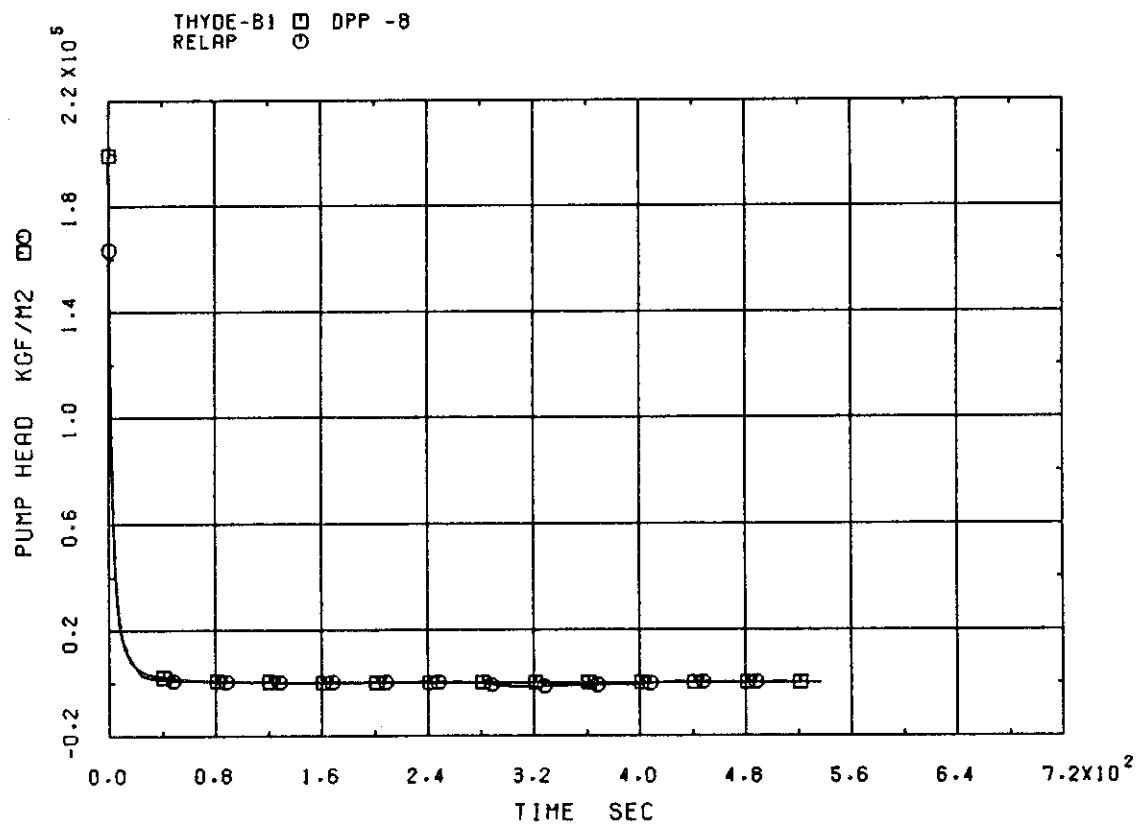


Fig. 3.26 Pump Head of Intact Loop

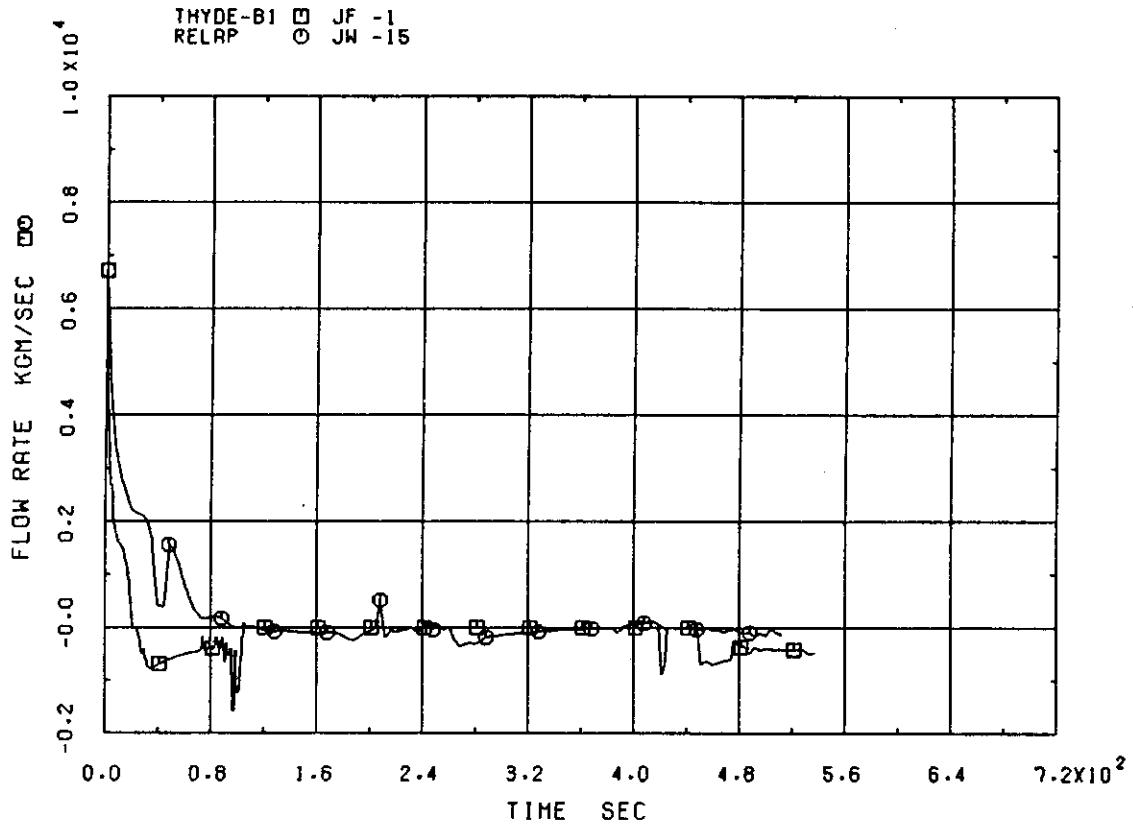


Fig. 3.27 Discharge Flow of Break Side Jet Pump

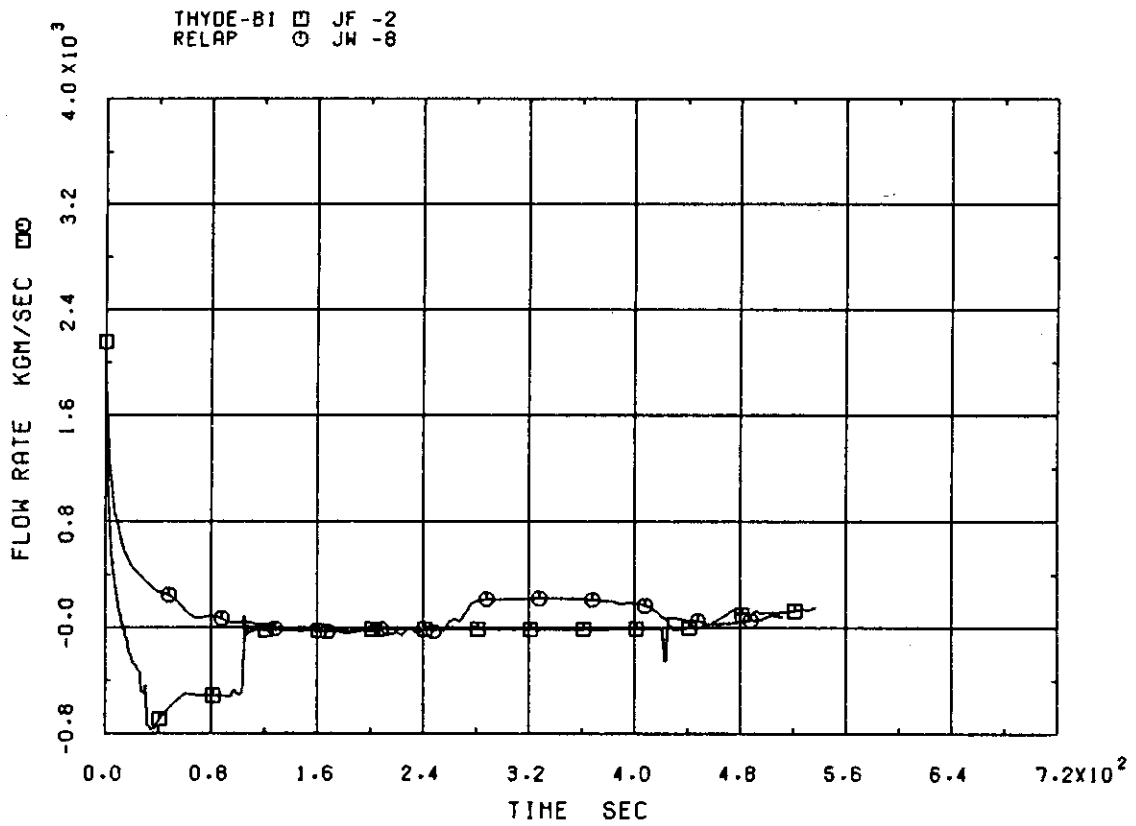


Fig. 3.28 Drive Flow of Break Side Jet Pump

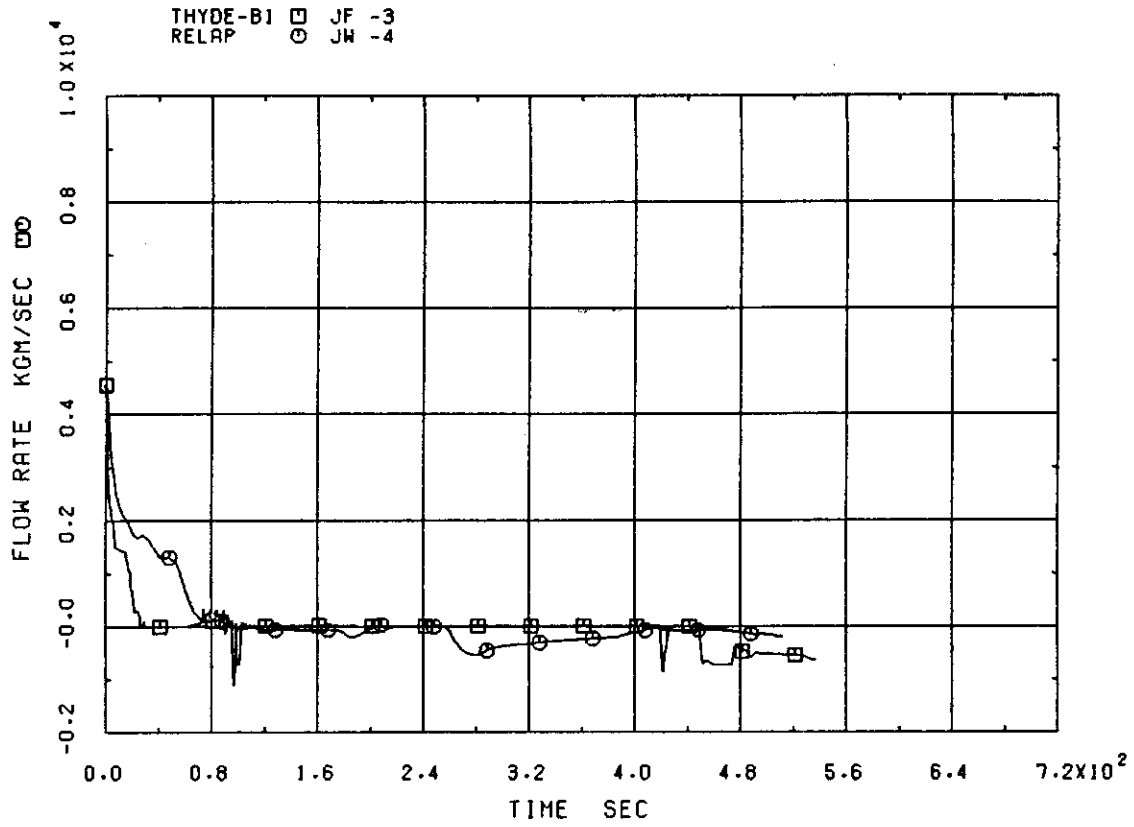


Fig. 3.29 Suction Flow of Break Side Jet Pump

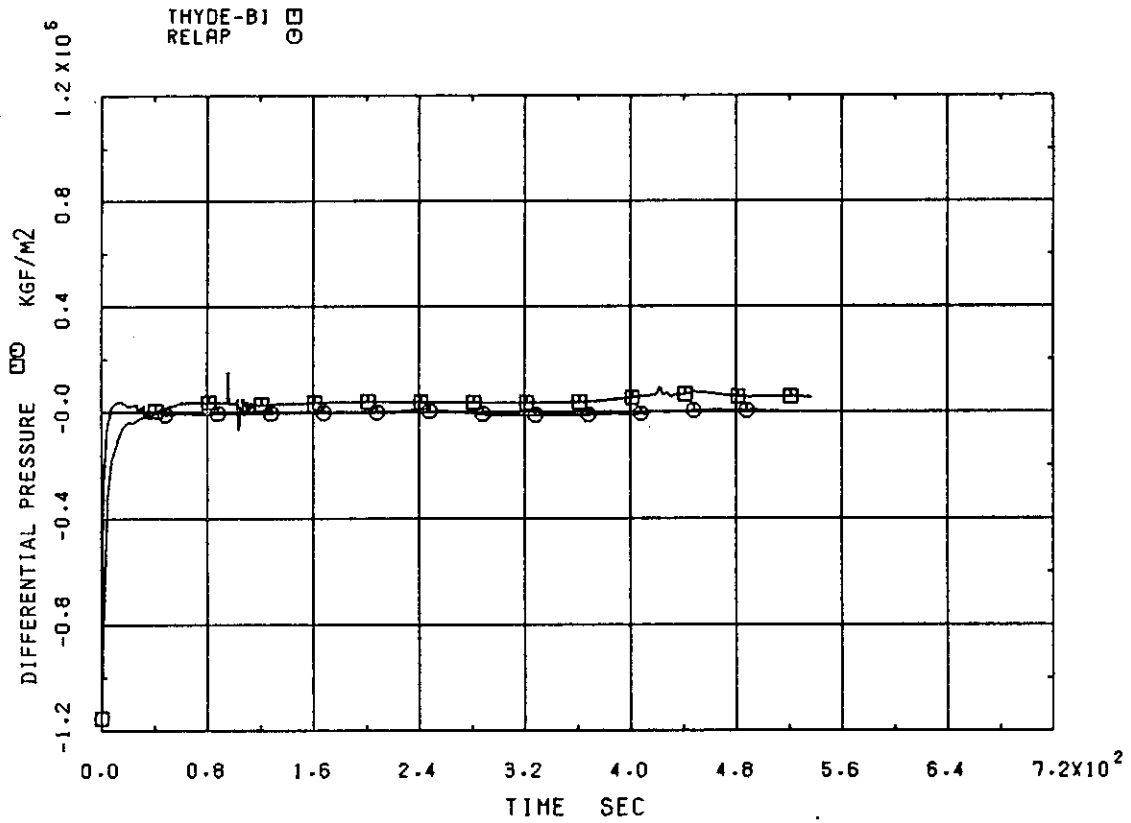


Fig. 3.30 Differential Pressure between Downcomer and Recirculation Line

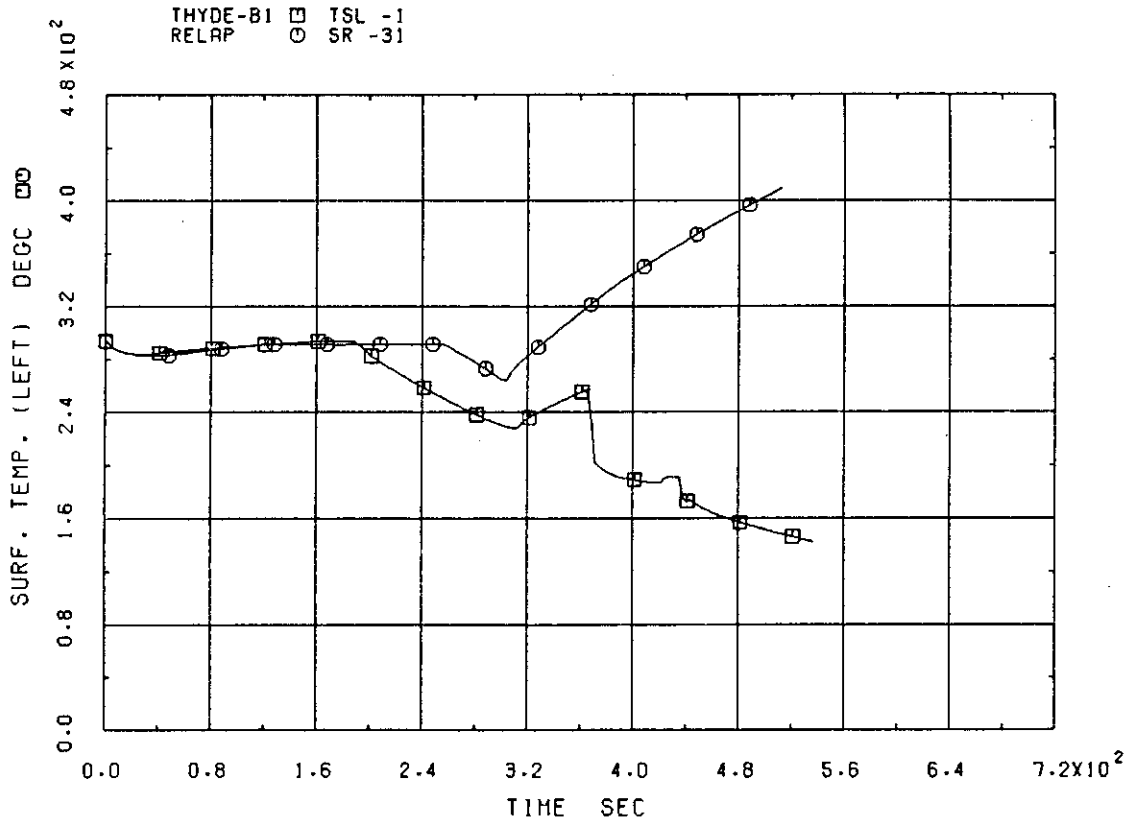


Fig. 3.31 Fuel Rod Surface Temperature at Lower Part of Core

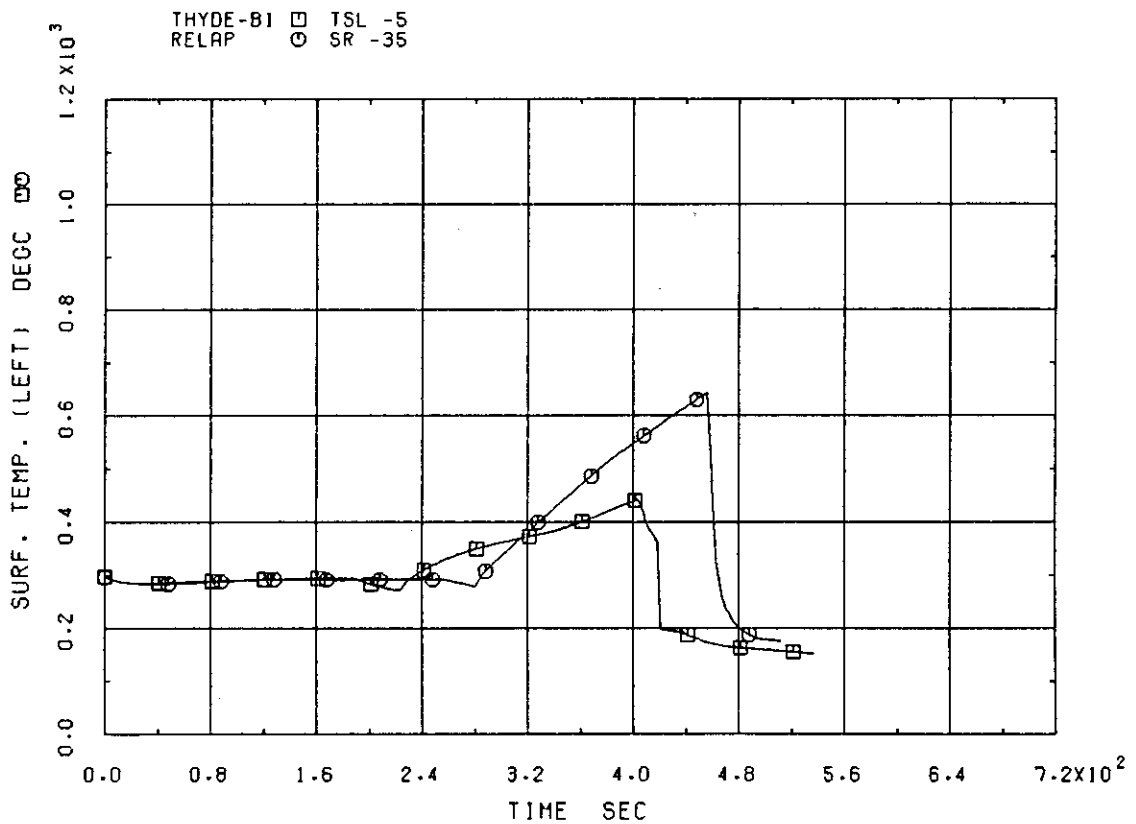


Fig. 3.32 Fuel Rod Surface Temperature at Center Part of Core

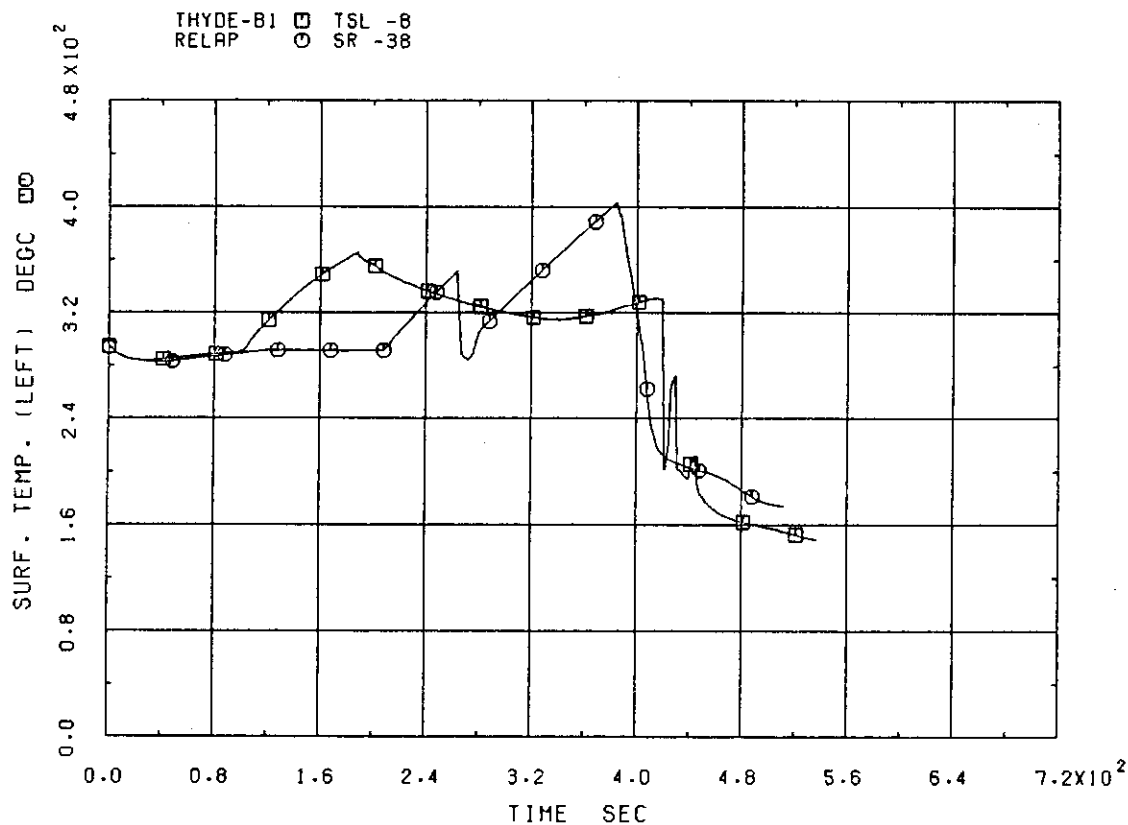


Fig. 3.33 Fuel Rod Surface Temperature at Upper Part of Core

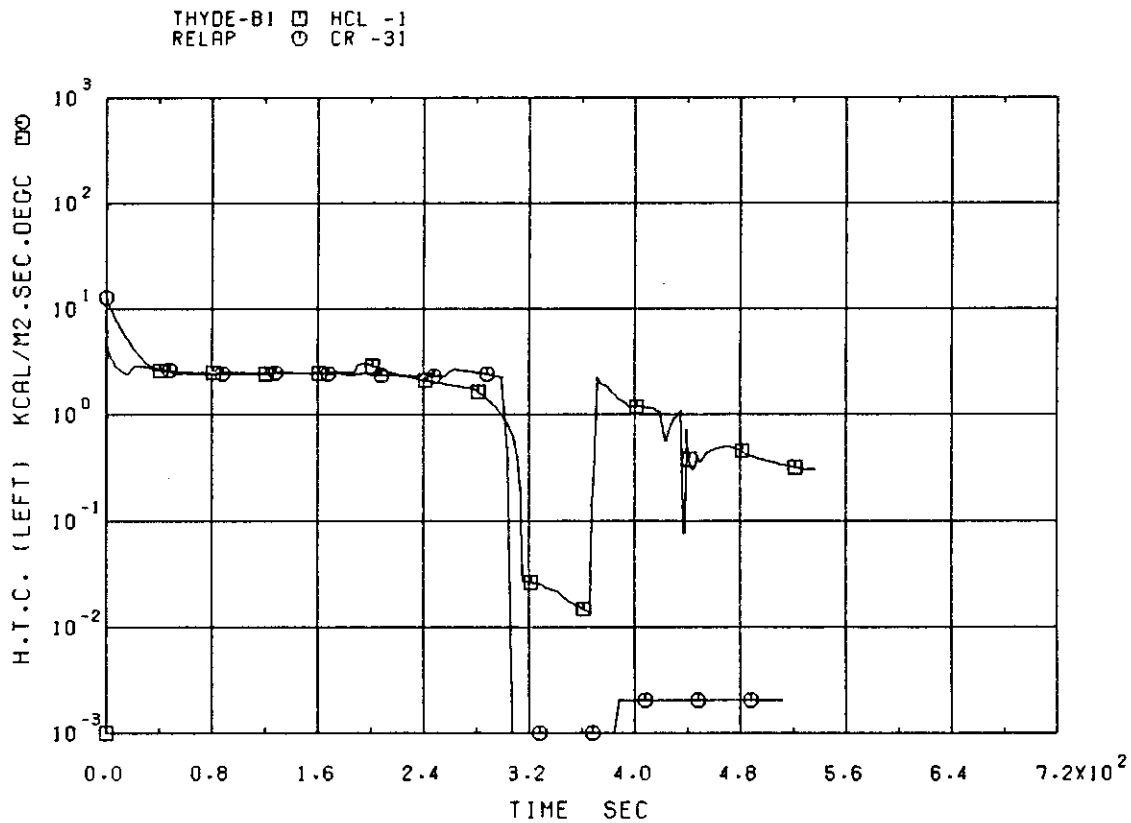


Fig. 3.34 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at Lower Part of Core

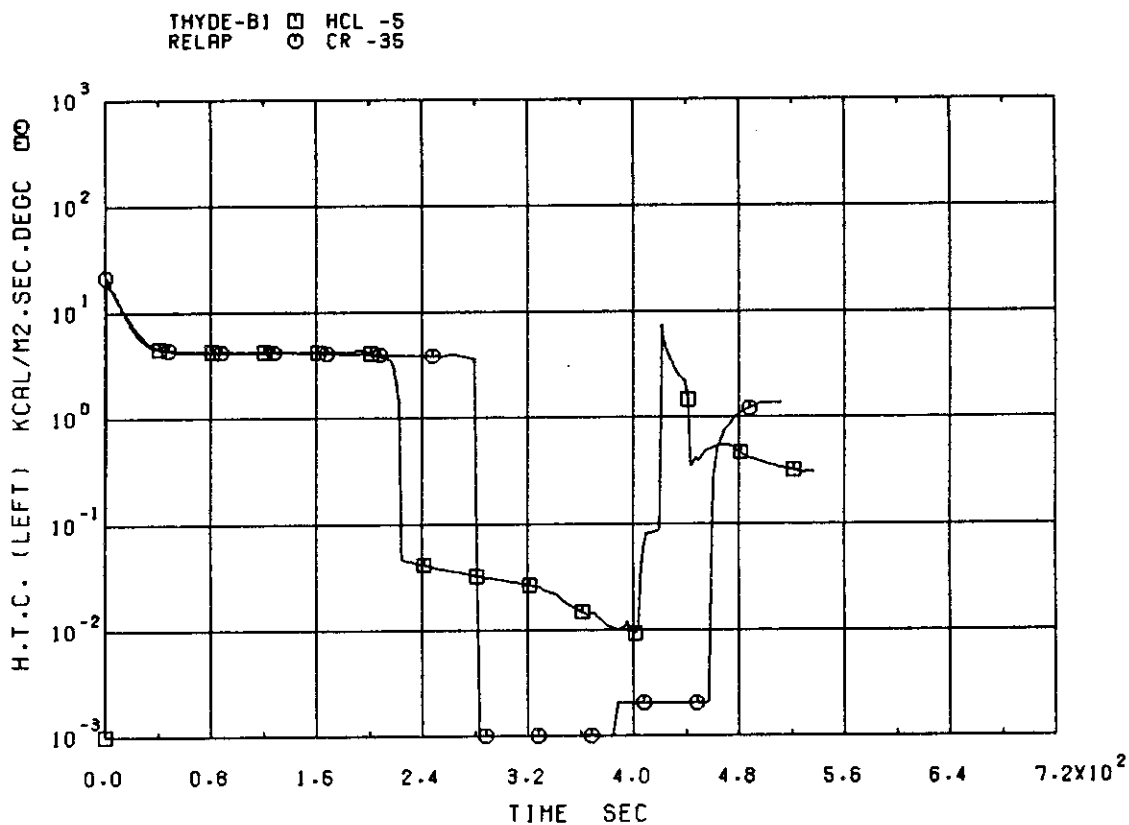


Fig. 3.35 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at Center Part of Core

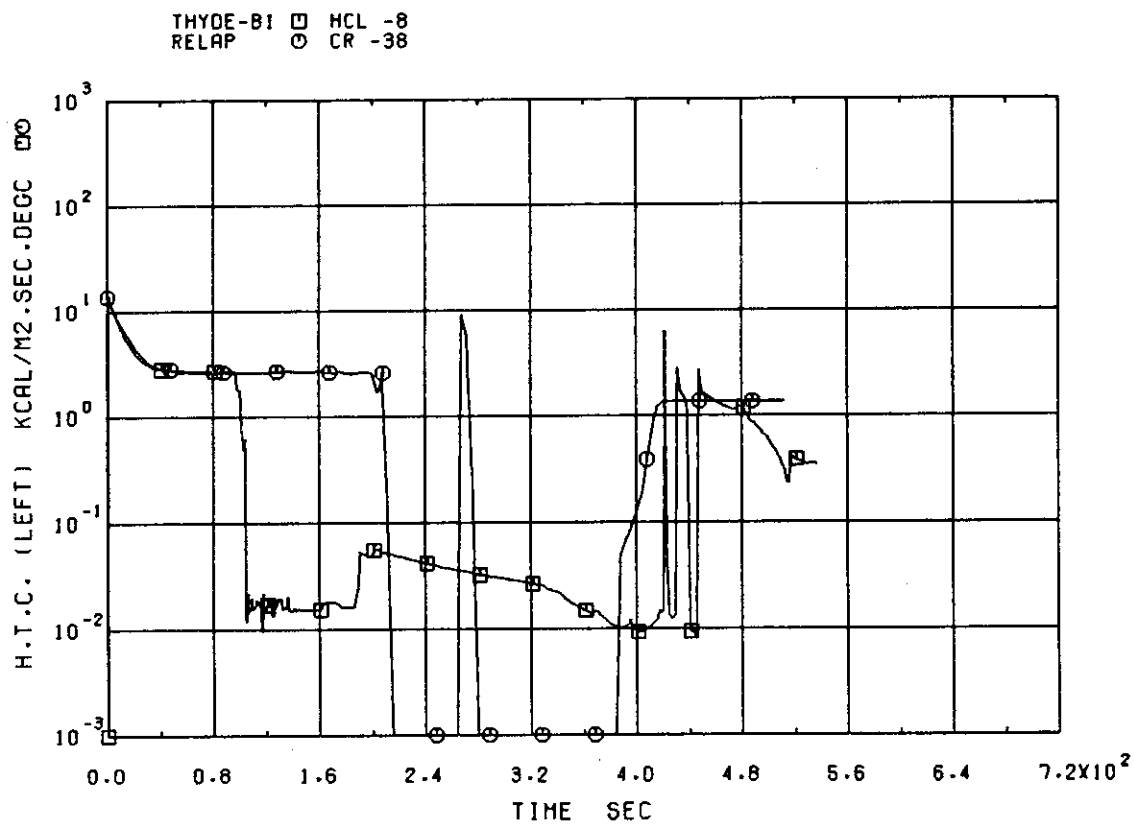


Fig. 3.36 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at Upper Part of Core

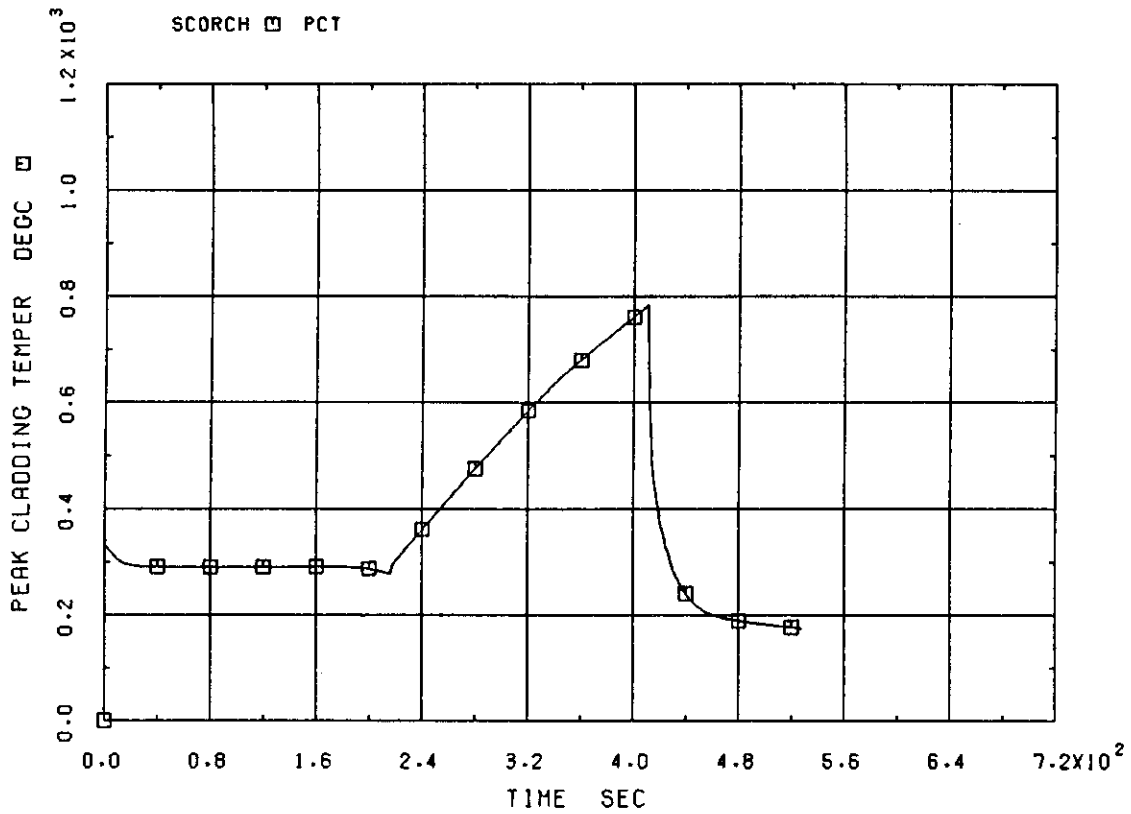


Fig. 3.37 Peak Cladding Temperature at Center Part of Core (Case 6)

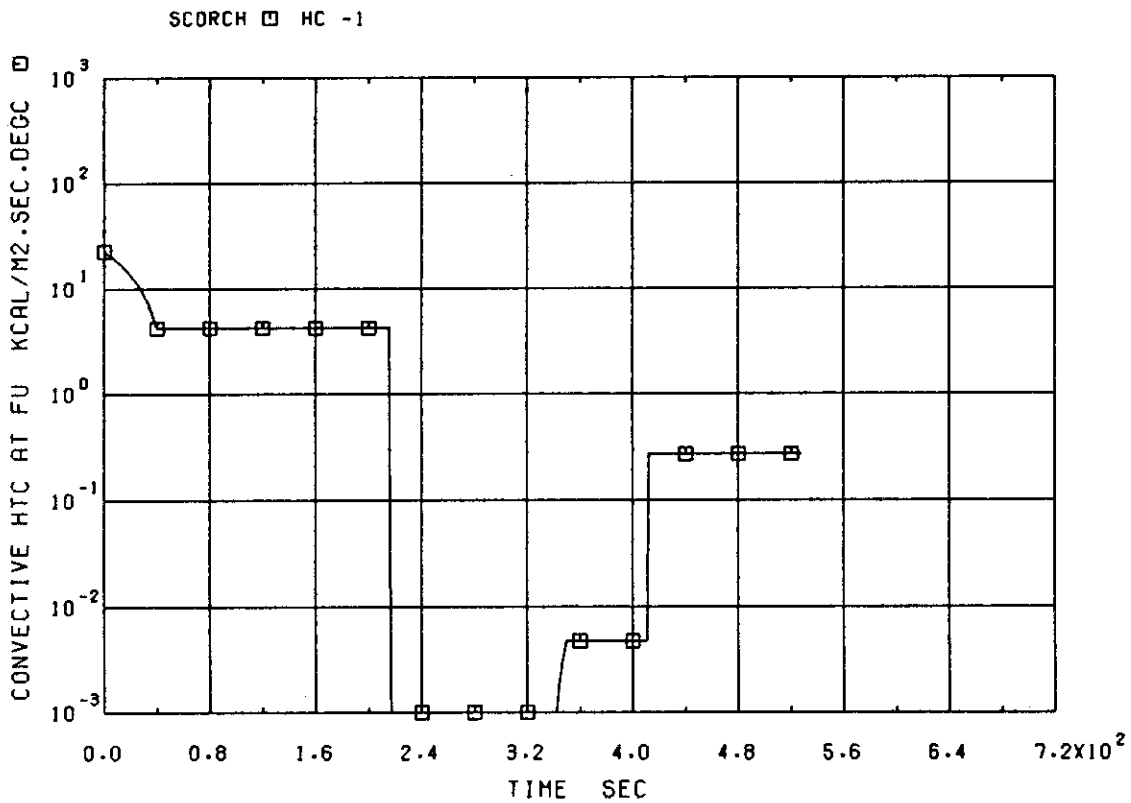


Fig. 3.38 Heat Transfer Coefficient at Fuel Rod Surface at Upper Part of Core (Case 6)

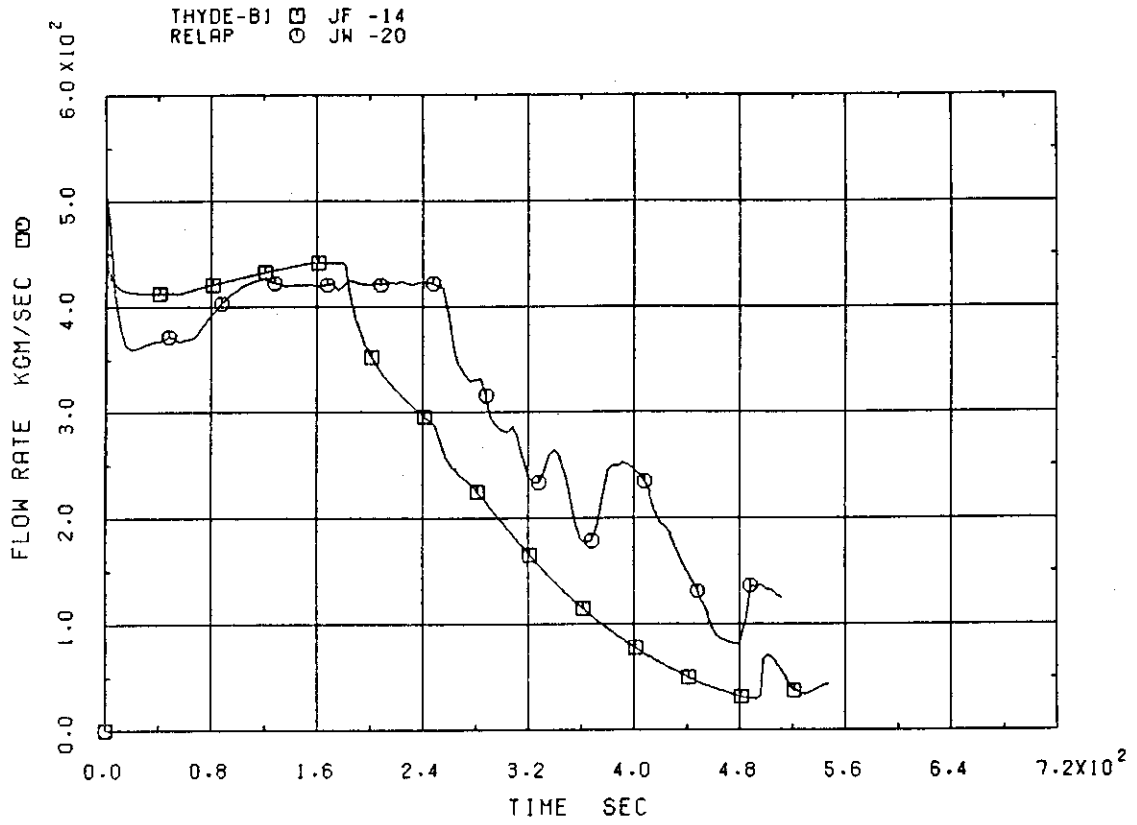


Fig. 3.39 Break Flow Rate (Case 2)

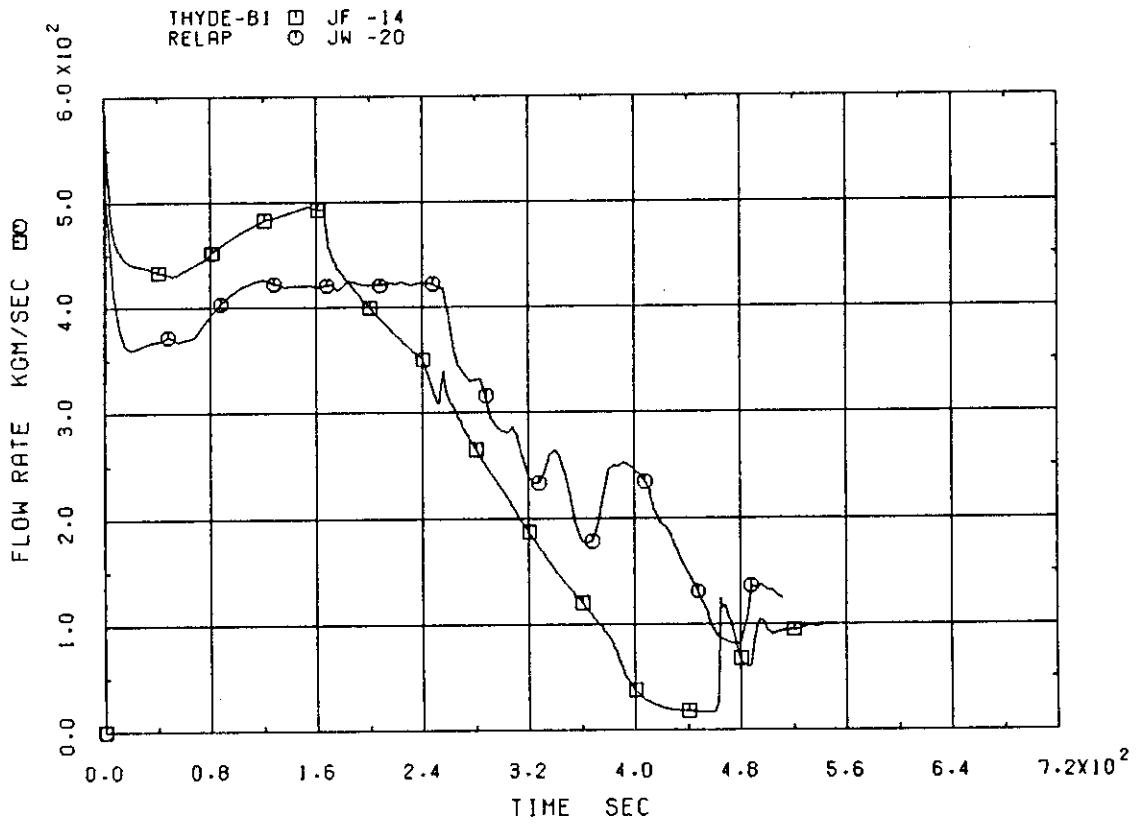


Fig. 3.40 Break Flow Rate (Case 3)

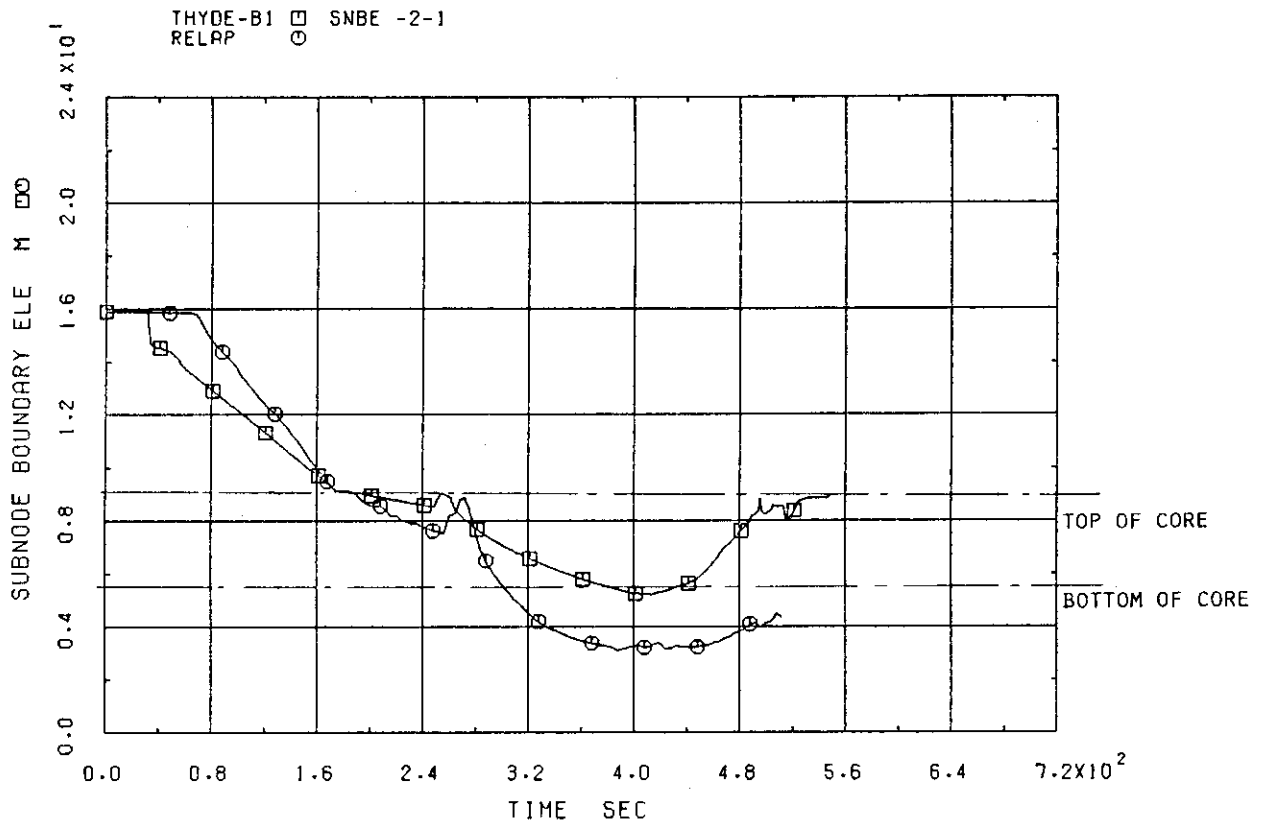


Fig. 3.41 Mixture Level inside Shroud (Case 2)

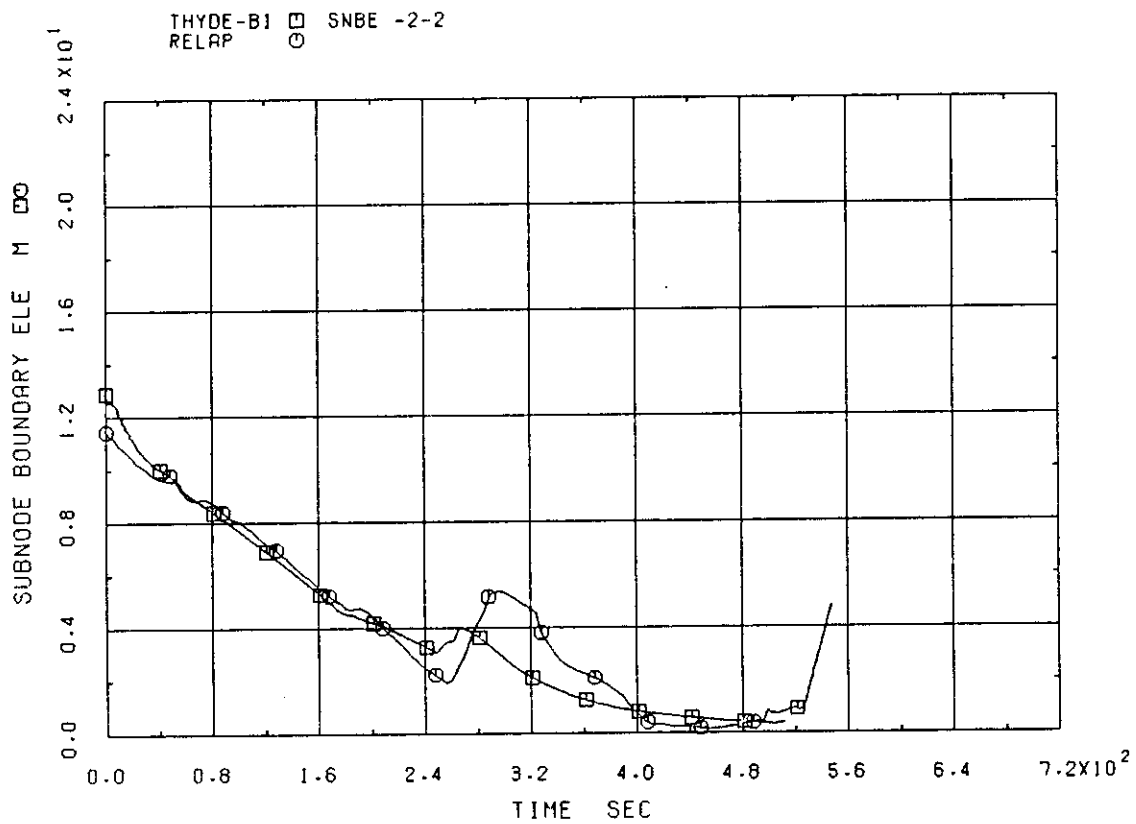


Fig. 3.42 Mixture Level outside Shroud (Case 2)

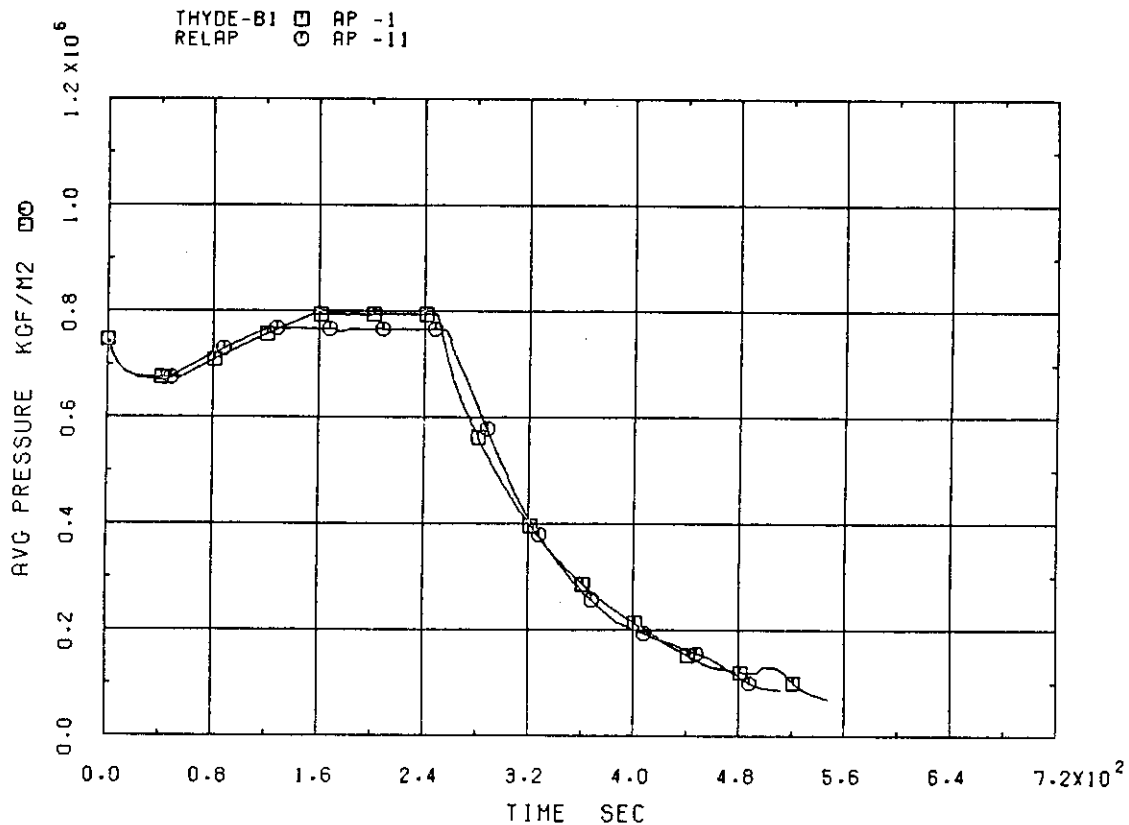


Fig. 3.43 Pressure inside Shroud (Case 2)

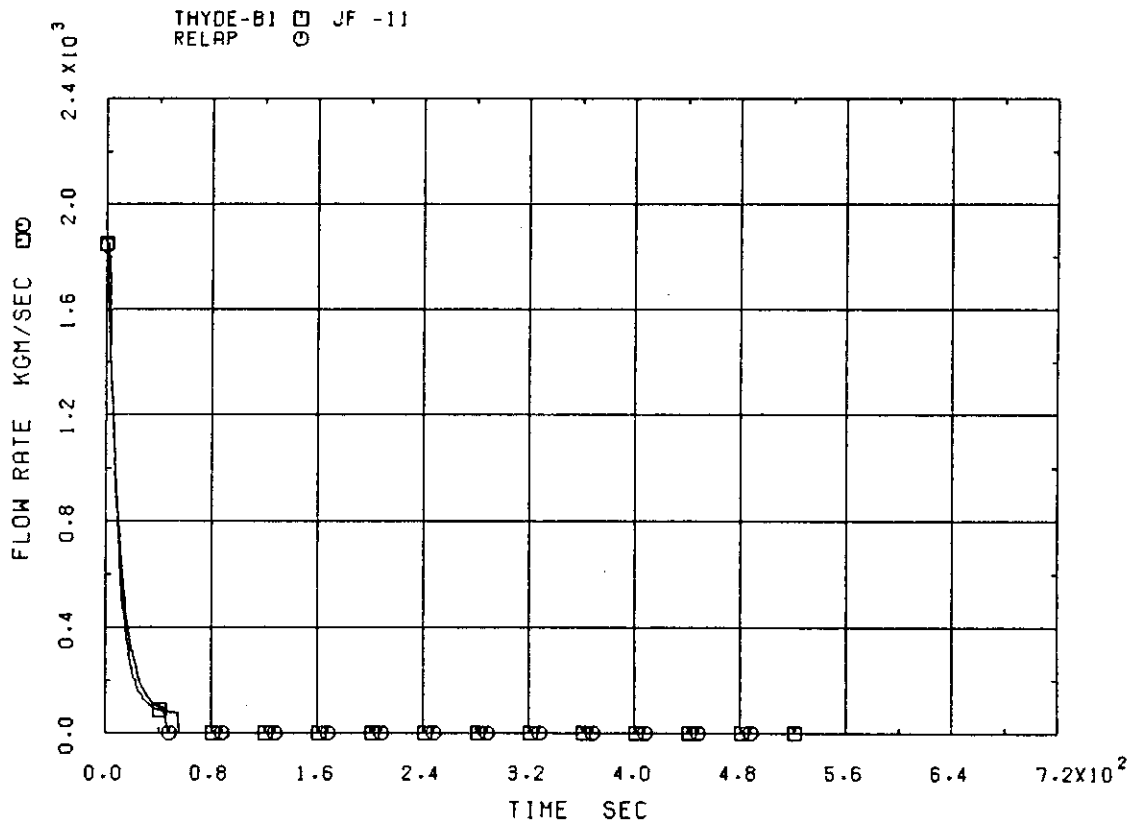


Fig. 3.44 Main Steam Line Flow Rate (Case 2)

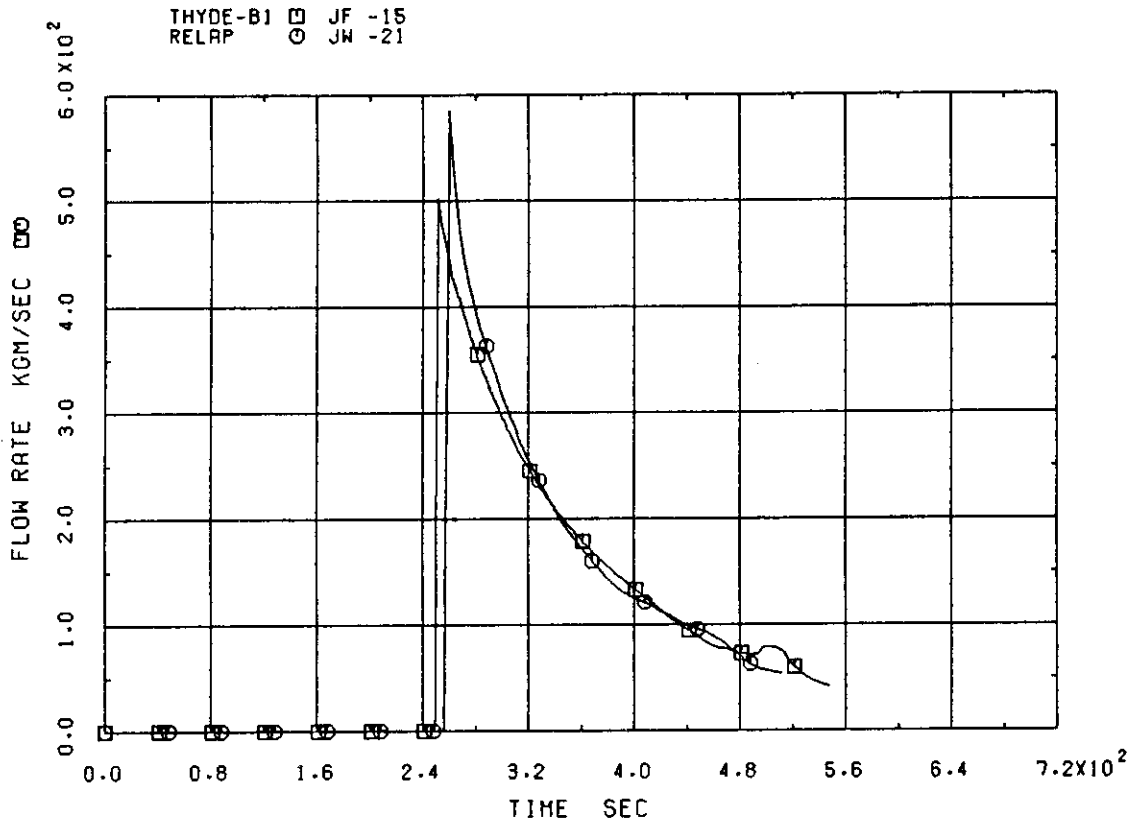


Fig. 3.45 ADS Flow Rate (Case 2)

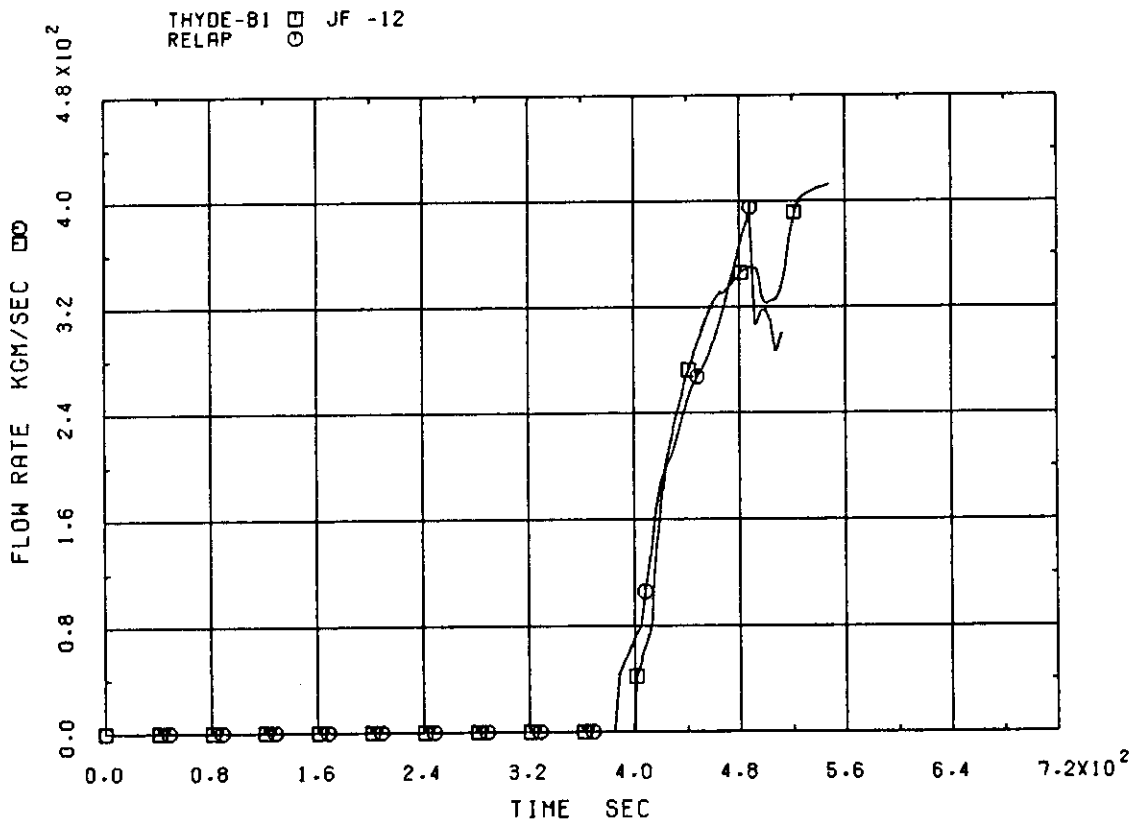


Fig. 3.46 LPCS Flow Rate (Case 2)

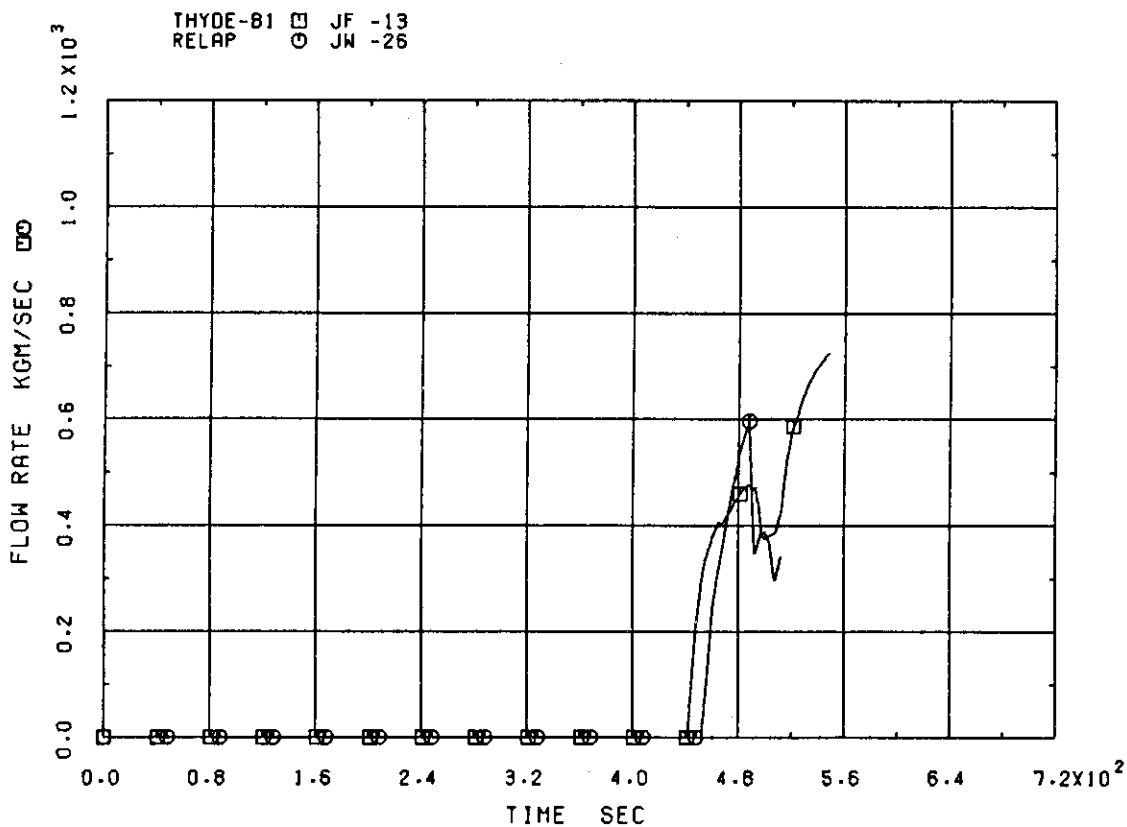


Fig. 3.47 LPCI Flow Rate (Case 2)

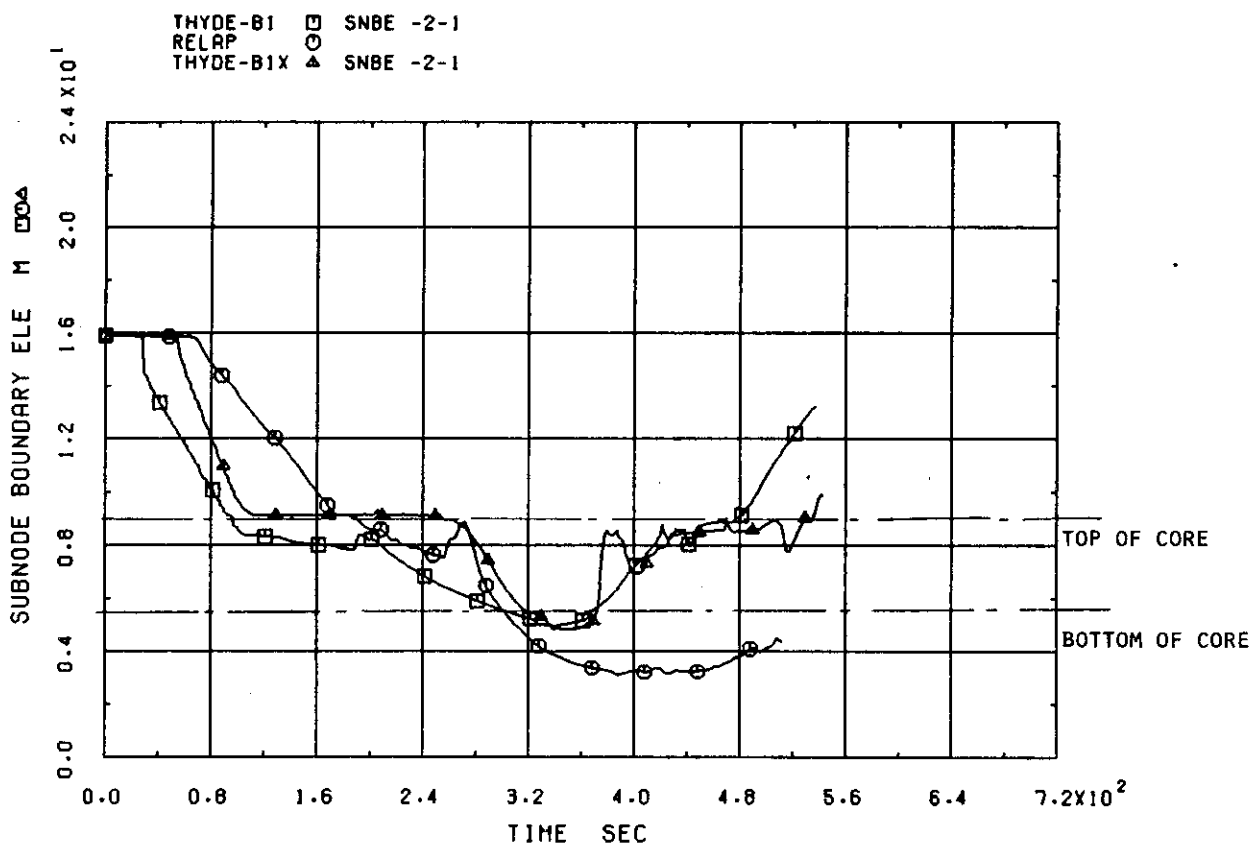


Fig. 3.48 Mixture level inside Shroud (Case 4)

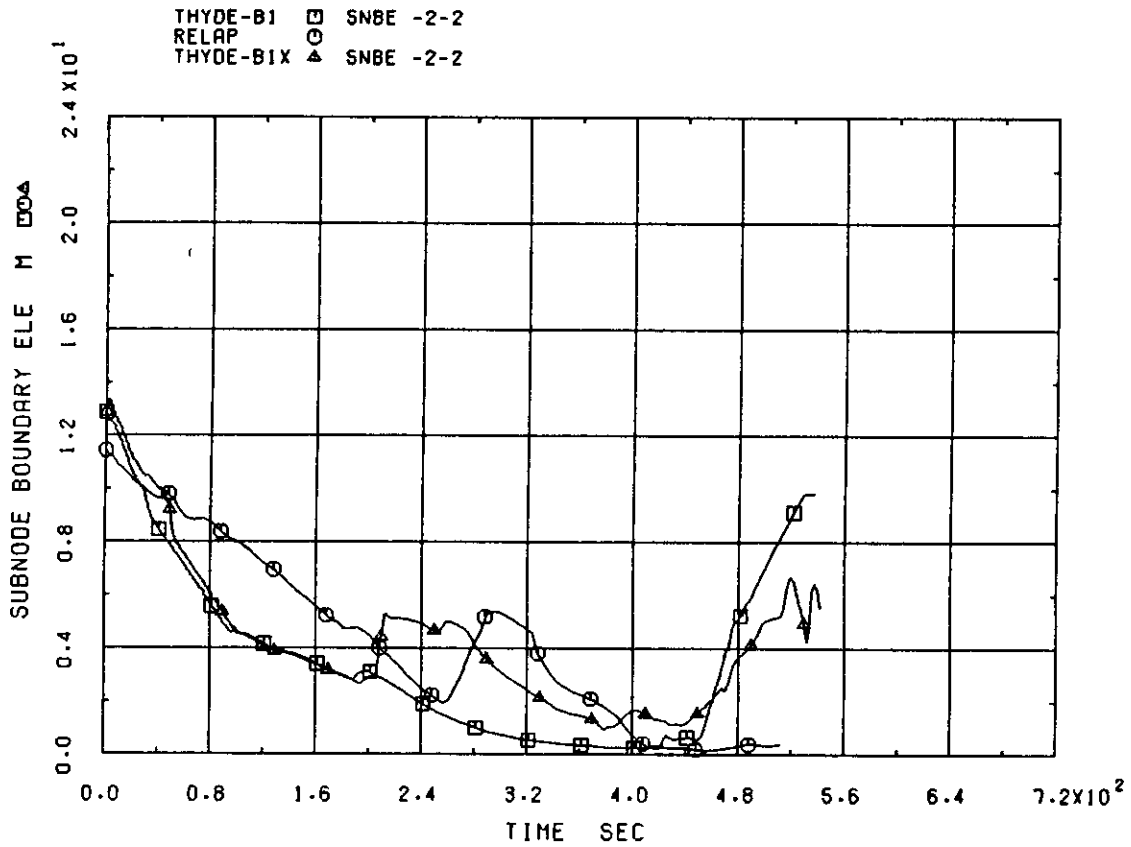


Fig. 3.49 Mixture level outside Shroud (Case 4)

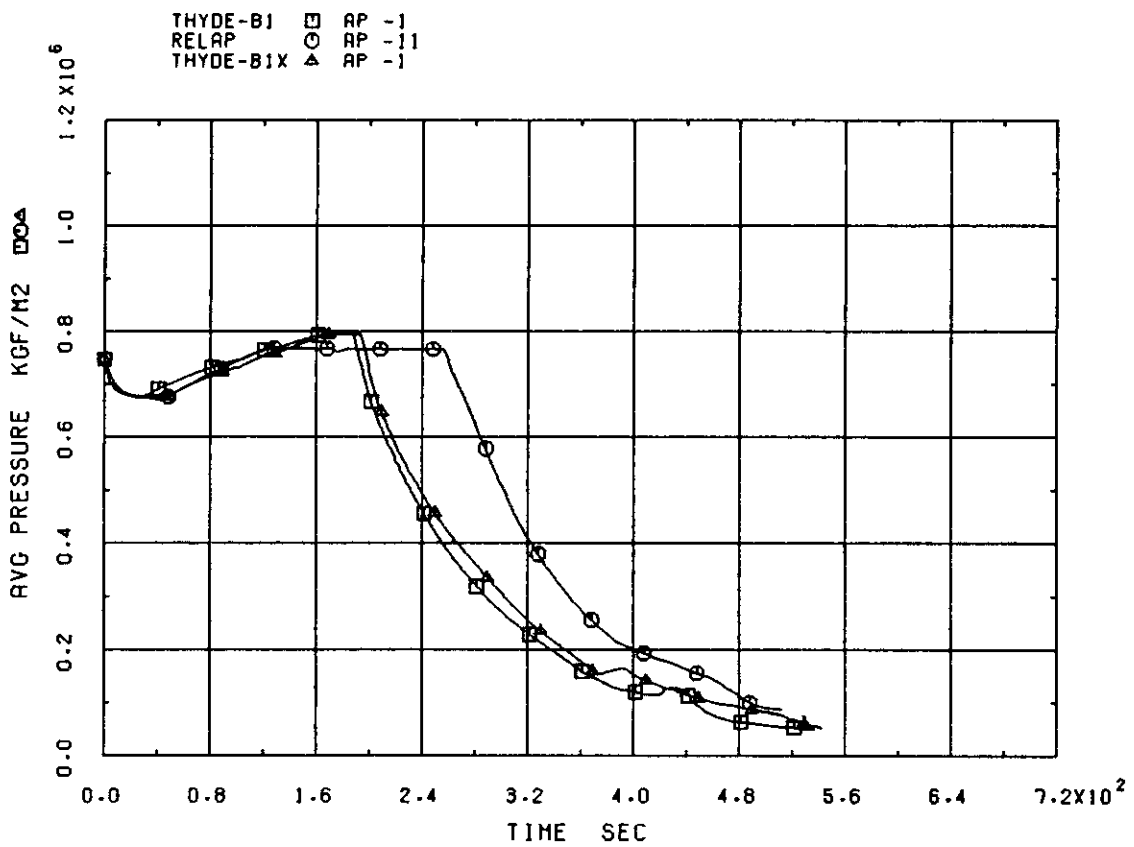


Fig. 3.50 Pressure inside Shroud (Case 4)

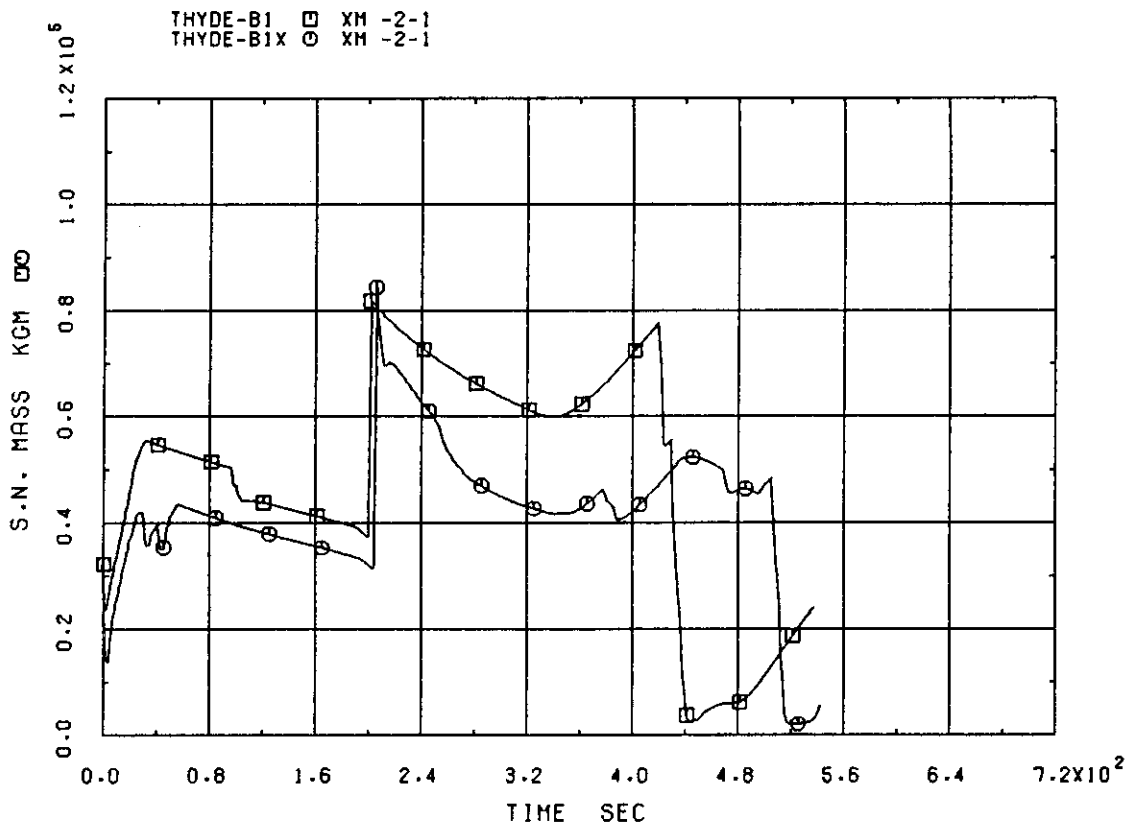


Fig. 3.51 Mixture Region Mass Inventory inside Shroud (Case 4)

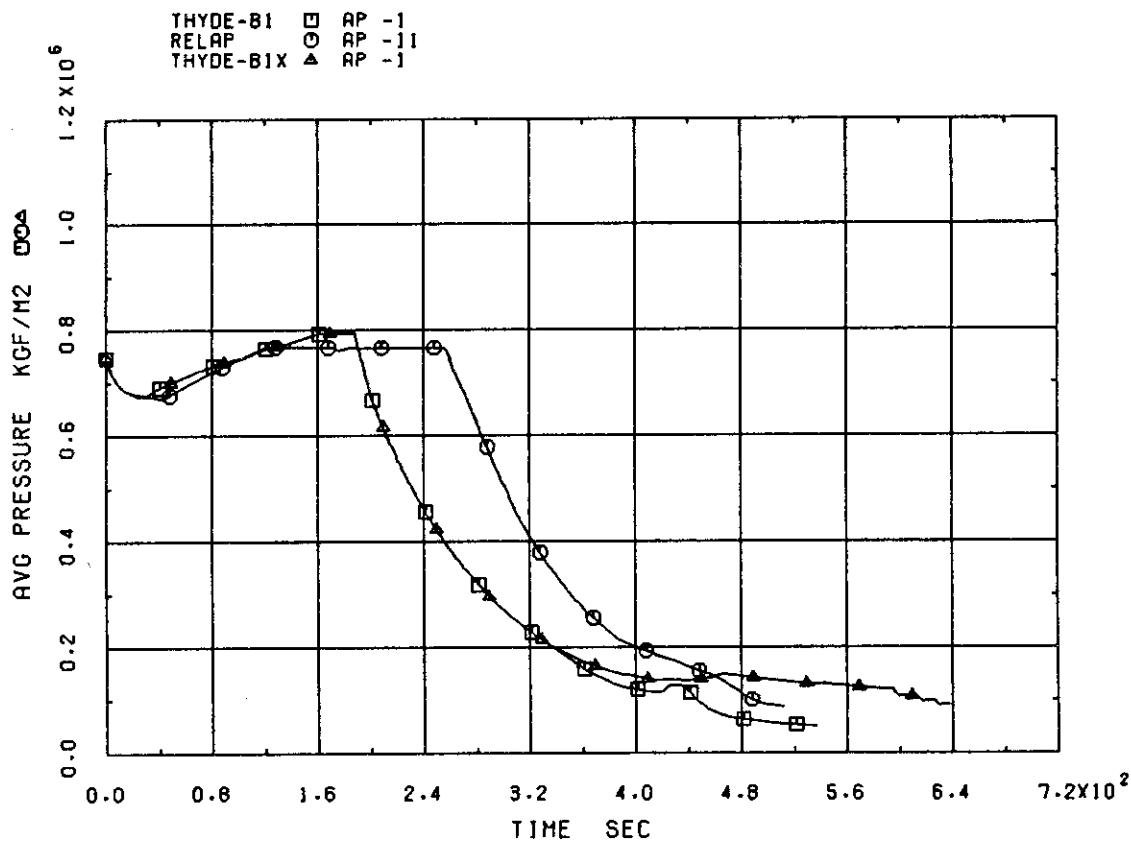


Fig. 3.52 Pressure inside Shroud (Case 5)

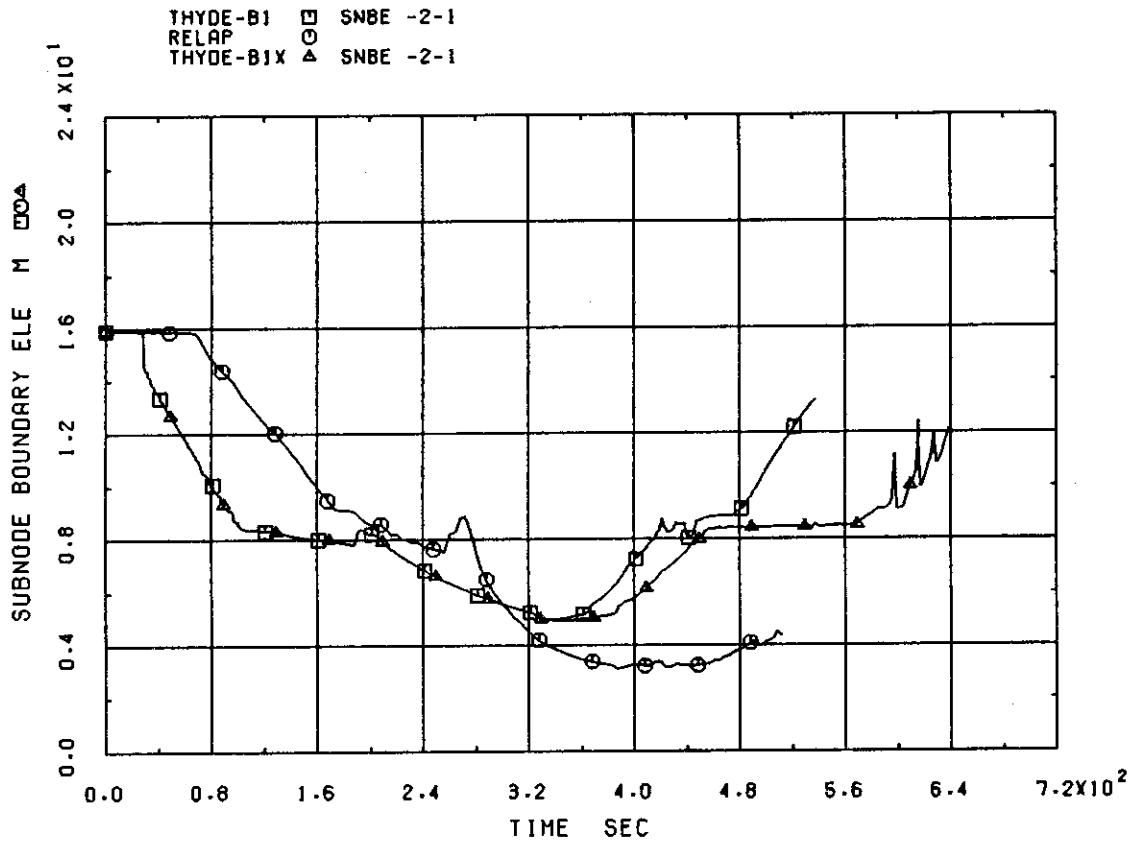


Fig. 3.53 Mixture level inside Shroud (Case 5)

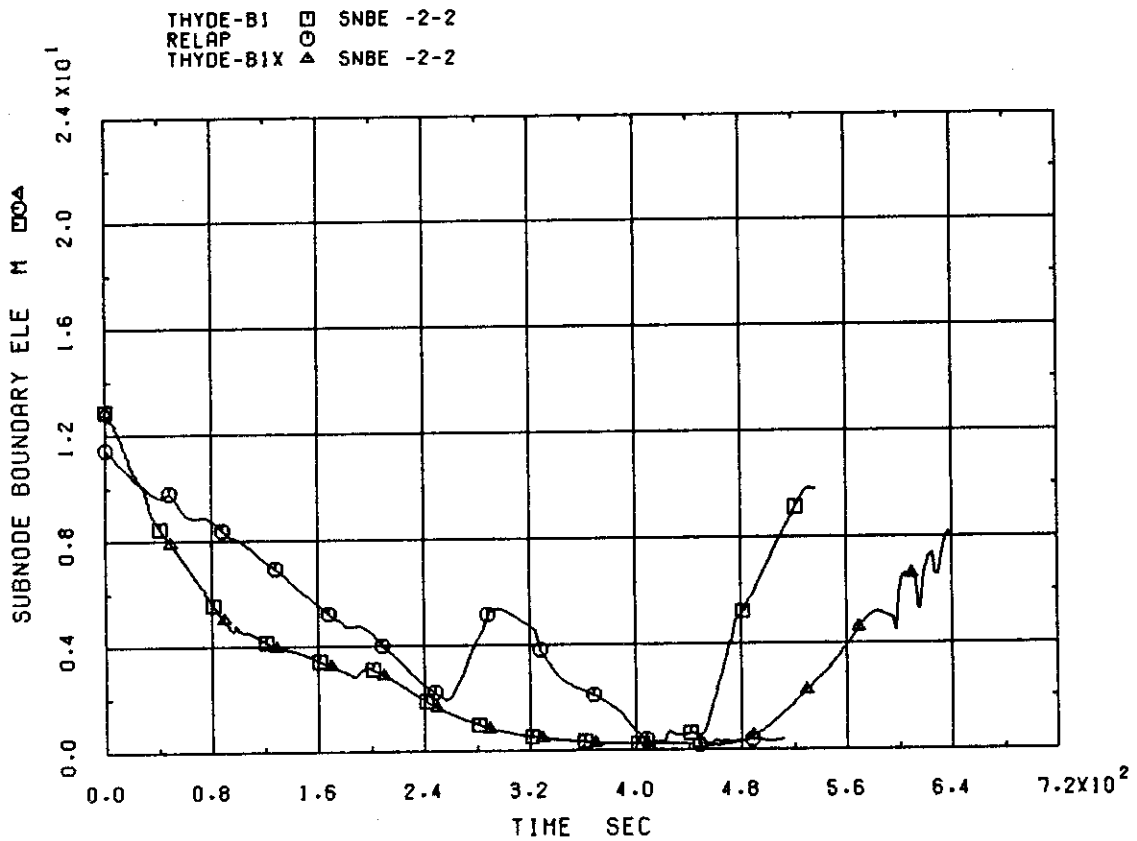


Fig. 3.54 Mixture level outside Shroud (Case 5)

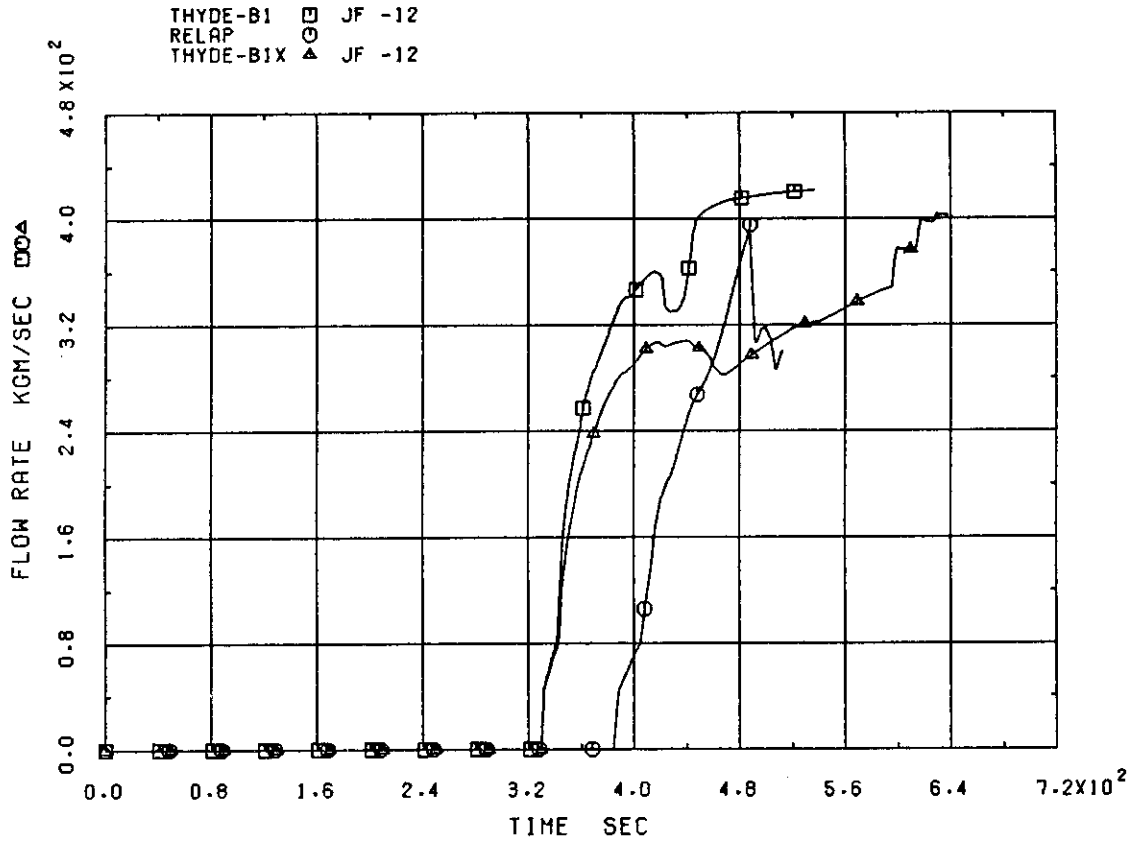


Fig. 3.55 LPCS Flow Rate (Case 5)

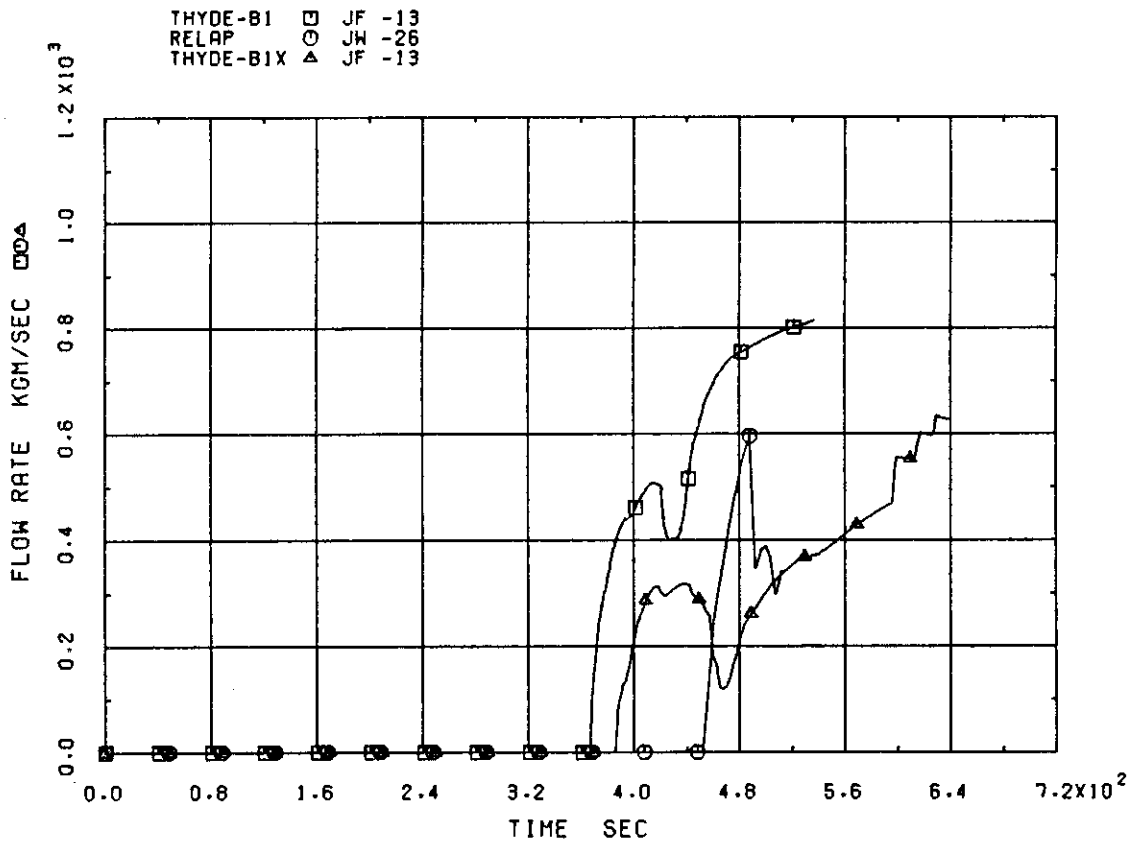


Fig. 3.56 LPCI Flow Rate (Case 5)

謝 辞

本解析を通じて安全解析部安全性コード開発室の新谷文将氏と村松健氏から多くの助言を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。また RELAP4コードによる解析に際しては、安全解析部原子炉データ解析室の吉田一雄氏から諸資料を提供して頂きました。ここに深く感謝致します。

参考文献

- 1) F. Araya, 'ALARM-B2:A Computer Program for Analysis of Large Break LOCA of BWR', JAERI-M9655, (1981)
- 2) 村松 健, '沸騰水型炉の小破断 LOCA 解析用コード THYDE-B 1 及び再冠水解析コード THYDE-B-REFLOOD', JAERI-M8119, (1979)
- 3) 阿部 清治, 佐藤 一男, 'SCORCH-B 2: LOCA 時の原子炉炉心ヒートアップのシュミレーションコード, BWR 用, 第 2 版', JAERI-M6678, (1976)
- 4) 田辺 文也, 藤木 和男, 吉田 一雄, 松本 潔, 大久保 収二, 坂野 和雄, 吉田 博夫, 下桶 敬則, 'WREM-J 2: 原研改良版軽水炉安全性評価コードシステム', JAERI-M9285, (1981)
- 5) K. Yoshida, F. Tanabe, K. Matsumoto, T. Shimooka, 'RELAP4/MOD6/U4/J3:A JAERI Improved Version of RELAP4/MOD6 for Transient Thermal-Hydraulic Analysis of LWR Including Effects of BWR Core Spray', JAERI-M9394, (1981)
- 6) Y. Anoda, et al., 'Experiment Data of ROSA-III Test RUN 704 (Standard Test with ECCS Actuation)', JAERI-M8968, (1980)
- 7) Wilson J.F., Grenda R.J. and Patterson J.F., 'The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture', ANS Transaction, 5(1), pp151-152, (1962)
- 8) 村松 健, 新谷 文将, 小泉 安郎, 安濃田 良成, 安部 信明, 田坂 完二, 'THYDE-B 1 コードによる ROSA-III 小破断 LOCA 実験 RUN 804 の解析', JAERI-M9413, (1981)
- 9) General Electric Co., 'General Electric Company Analytical Model for Loss-of-Coolant Analysis in Accordance with 10 CFR 50 Appendix K', NEDO-20566, (1976)

謝 辞

本解析を通じて安全解析部安全性コード開発室の新谷文将氏と村松健氏から多くの助言を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。また RELAP4コードによる解析に際しては、安全解析部原子炉データ解析室の吉田一雄氏から諸資料を提供して頂きました。ここに深く感謝致します。

参考文献

- 1) F. Araya, 'ALARM-B2:A Computer Program for Analysis of Large Break LOCA of BWR', JAERI-M9655, (1981)
- 2) 村松 健, '沸騰水型炉の小破断 LOCA解析用コード THYDE-B 1 及び再冠水解析コード THYDE-B-REFLOOD', JAERI-M8119, (1979)
- 3) 阿部 清治, 佐藤 一男, 'SCORCH-B 2: LOCA時の原子炉炉心ヒートアップのシュミレーションコード, BWR 用, 第2版', JAERI-M6678, (1976)
- 4) 田辺 文也, 藤木 和男, 吉田 一雄, 松本 潔, 大久保 収二, 坂野 和雄, 吉田 博夫, 下桶 敬則, 'WREM-J 2: 原研改良版軽水炉安全性評価コードシステム', JAERI-M9285, (1981)
- 5) K. Yoshida, F. Tanabe, K. Matsumoto, T. Shimooka, 'RELAP4/MOD6/U4/J3:A JAERI Improved Version of RELAP4/MOD6 for Transient Thermal-Hydraulic Analysis of LWR Including Effects of BWR Core Spray', JAERI-M9394, (1981)
- 6) Y. Anoda, et al., 'Experiment Data of ROSA-III Test RUN 704 (Standard Test with ECCS Actuation)', JAERI-M8968, (1980)
- 7) Wilson J.F., Grenda R.J. and Patterson J.F., 'The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture', ANS Transaction, 5(1), pp151-152, (1962)
- 8) 村松 健, 新谷 文将, 小泉 安郎, 安濃田 良成, 安部 信明, 田坂 完二, 'THYDE-B 1コードによる ROSA-III小破断 LOCA 実験 RUN 804 の解析', JAERI-M9413, (1981)
- 9) General Electric Co., 'General Electric Company Analytical Model for Loss-of-Coolant Analysis in Accordance with 10 CFR 50 Appendix K', NEDO-20566, (1976)

附録 A ALARM - B2の入力データリスト

```

BWR LARGE BREAK ANALYSIS BY JAERI-SYSTEM ( 4-CORE NODES )
/
1
/PROBLEM DIMENSION
  0 45 4 5 12 1 22 1 3 1 4 4 1 2 0 0
  4 4 1 2 3 9 3388.0
/
2
/ EDITTED VARIABLE
AP N1 AP N2 AP N12 ZM N7 ZM N8 LM N1 LM N5 AP N5 AE N1
JF J1 JF J2 JF J7 JF J8 JF J9 JF J10 JF J12 JF J13 JF J15
JF J16 JF J19 JQ J18 JQ J19 AP N6 AP N7 AP N8 AP N9 AP N10
AQ N11 JF J3 JF J4 JF J5 JF J6 JF J11 JF J14 JF J17 JF J18
AQ N1 AQ N6 AQ N7 AQ N8 PPL J6 TML T TEL T TEB T TMB T
/*AQ N1 AQ N3 AQ N4 AQ N5 PPL J6 ST C1 ST C2 ST C3 ST C4
/*ST C1 ST C2 ST C3 ST C4 CT C1 CT C2 CT C3 CT C4
/*TMB T TML T TEL T
/*TML T TEL T
/
3
/ TIME STEP CONTROL
  1000 5 10 400 0.0001 0.5
  400 10 5 400 0.0005 11.0
  200 20 5 200 0.001 25.0
  200 20 5 200 0.001 60.0
/
4
/ TRIP CONTROL
  1 1 0 0 60.0 0.0
  2 1 0 0 0.000 0.0
  3 1 0 0 0.01 0.0
  4 1 0 0 0.0 0.0
-6 1 0 0 0.001 0.0
/
5
/ VOLUME DATA
  0 0 0 0 0 74.677E4 -292.78 90.656 5.197 5.197 0.0 0.0
  0 0 0 1 0 73.968E4 -292.78 7.465 1.0668 1.0668 5.197 1.368E5
  0 0 0 2 0 73.898E4 -304.08 6.398 0.9144 0.9144 6.2638 2.614E5
  0 0 0 3 0 73.828E4 -325.71 6.398 0.9144 0.9144 7.1782 2.627E5
  0 0 0 4 0 73.758E4 -347.45 7.294 1.0424 1.0424 8.0926 1.485E5
  0 0 0 0 0 73.049E4 -353.23 43.834 6.767 6.767 9.135 0.0
  0 0 0 0 0 72.552E4 -292.78 89.963 9.824 9.824 3.054 0.0
  1 0 7 0 0 72.295E4 -303.78 189.808 3.734 1.606 12.878 0.0
  0 0 0 0 0 86.208E4 -292.78 15.999 12.354 12.354 -4.267 0.0
  0 0 0 0 0 86.208E4 -292.78 15.999 12.354 12.354 -4.267 0.0
  0 0 0 0 0 73.827E4 -292.78 18.038 3.938 3.938 5.197 0.0
  0 0 0 0 0 72.063E4 -662.05 106.953 5.340 5.340 16.612 0.0
/
6
/ BUBBLE DATA
  1.0 0.3048
/
7
/ JUNCTION DATA
  1 2 0 0 2 5 12083.3 0.0 0.0 0.0 0.0 5.197
  0.517 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.02 0.0
  5 6 0 0 2 5 12083.3 0.0 0.0 0.0 0.0 9.135
  1.117 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.02 0.0
  6 8 0 0 2 5 13389.4 0.0 0.0 0.0 0.0 15.901

```

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---------|---------|-----|-----|-----|--------|------|-----|----------|
| 8 | 7 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0.0951 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000660 |
| | | | | | | 11541.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.878 | | | 0000670 |
| | | | | | | 0.236 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000680 |
| 7 | 9 | 1 | 0 | 2 | 5 | 2154.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.353 | | | 0000690 |
| | | | | | | 16.755 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000700 |
| 7 | 10 | 1 | 6 | 2 | 5 | 2154.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.353 | | | 0000710 |
| | | | | | | 16.755 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000720 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 5 | 6694.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.054 | | | 0000730 |
| | | | | | | 0.729 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000740 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 5 | 6694.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.054 | | | 0000750 |
| | | | | | | 0.729 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000760 |
| 1 | 11 | 0 | 0 | 2 | 5 | 1306.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.197 | | | 0000770 |
| | | | | | | 1.515 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000780 |
| 11 | 6 | 0 | 0 | 2 | 5 | 1306.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.135 | | | 0000790 |
| | | | | | | 1.323 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000800 |
| 8 | 12 | 0 | 0 | 2 | 5 | 1848.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 16.612 | | | 0000810 |
| | | | | | | 0.0696 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000820 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 4540.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.62 | | | 0000830 |
| | | | | | | 98.43 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000840 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 4540.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.62 | | | 0000850 |
| | | | | | | 98.43 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000860 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 2154.6 | 0.04998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.62 | | | 0000870 |
| | | | | | | 219.29 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000880 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 2154.6 | 0.04998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.62 | | | 0000890 |
| | | | | | | 219.29 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000900 |
| 12 | -1 | 1 | 0 | 2 | 5 | 1848.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 21.946 | | | 0000910 |
| | | | | | | 0.025 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000920 |
| 10 | -1 | 2 | 0 | 2 | 5 | 0.0 | 0.34095 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.353 | | | 0000930 |
| | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000940 |
| 7 | -1 | 3 | 0 | 2 | 5 | 0.0 | 0.34095 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.353 | | | 0000950 |
| | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.1 | 0000960 |
| -1 | 7 | 1 | 0 | 2 | 5 | 1848.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.192 | | | 0000970 |
| | | | | | | 0.191 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0000980 |
| 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 5 | 12083.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.2638 | | | 0000990 |
| | | | | | | 0.141 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0001000 |
| 3 | 4 | 0 | 0 | 2 | 5 | 12083.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.1782 | | | 0001010 |
| | | | | | | 0.141 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0001020 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 2 | 5 | 12083.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.0926 | | | 0001030 |
| | | | | | | 0.141 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 0001040 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001130 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | 0001140 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001150 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001160 |
| | | | | | | | | | | | | | | 0001170 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001180 |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | 0001190 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001200 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001210 |
| | | | | | | | | | | | | | | 0001220 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001230 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | 0001240 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001250 |
| / | | | | | | | | | | | | | | 0001260 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 0001270 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 0001280 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 0001290 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 0001300 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 0001310 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 0001320 |
| /* | | | | | | | | | | | | | | 00001330 |

```

/* 0.70 0.6 0.60 0.70 0.50 0.8 0.36 0.90 0.15 1.0 -0.5 00001340
/* 0.01 0. 0. 0.87 0.1 0.80 0.2 0.72 0.3 0.63 0.4 0.53 00001350
/* 0.5 0.42 0.6 0.29 0.7 0.10 0.8 -0.5 0.9 -1.0 1.0 -1.0 00001360
/* -1.0 0.0 1.0 0.0 00001370
/* -1.0 0.0 1.0 0.0 00001380
/* -1.0 0.0 1.0 0.0 00001390
/* -1.0 0.0 1.0 0.0 00001400
/* -1.0 0.0 1.0 0.0 00001410
/* -1.0 0.0 1.0 0.0 00001420
9 9 9 9 9 9 9 2 00001430
0.0 1.0E-5 755.59 216.50 2.8515 174.7 3069.3 842.8 0.0 00001440
/* HEAD CURVE 00001450
-1.0 2.1 -0.75 1.775 -0.5 1.54 -0.25 1.4 0.0 1.31 00001460
0.25 1.25 0.5 1.20 0.75 1.12 1.0 1.0 00001470
-1.0 -1.8 -0.75 -1.0 -0.5 -0.4 -0.25 0.1 0.0 0.4 00001480
0.25 0.53 0.5 0.625 0.75 0.8 1.0 1.0 00001490
-1.0 -1.8 -0.75 -1.72 -0.5 -1.54 -0.25 -1.27 0.0 -0.9 00001500
0.25 -0.5 0.5 -0.05 0.75 0.4 1.0 1.0 00001510
-1.0 2.1 -0.75 1.50 -0.5 1.13 -0.25 0.92 0.0 0.825 00001520
0.25 0.79 0.5 0.815 0.75 0.9 1.0 1.0 00001530
/* TORQUE CURVE 00001540
-1.0 1.77 -0.75 1.23 -0.5 0.83 -0.25 0.62 0.0 0.55 00001550
0.25 0.63 0.50 0.71 0.75 0.86 1.0 1.0 00001560
-1.0 -3.45 -0.75 -2.75 -0.5 -2.0 -0.25 -1.375 0.0 -0.8 00001570
0.2 -0.375 0.5 -0.1 0.75 0.15 1.0 0.43 00001571
-1.0 -3.45 -0.75 -2.62 -0.5 -1.58 -0.25 -1.15 0.0 -0.55 00001572
0.2 -0.175 0.4 0.0 0.75 0.58 1.0 1.0 00001573
-1.0 1.77 -0.75 1.52 -0.5 1.32 -0.25 1.13 0.0 1.0 00001574
0.25 0.88 0.5 0.75 0.75 0.61 1.0 0.43 00001575
/* NPSH DATA 00001576
0.0 0.0 1.0E+5 0.0 00001577
/* 00001578
/ 00001579
11 00001580
/ LEAK DATA SET 00001590
4 0 1.0E+4 1.0 1.0 0.0 0.02 00001600
0.0 -1848.1 3.0 -1848.1 4.0 0.0 100.0 0.0 00001610
4 5 1.0E+4 0.9 0.5 0.0 0.0 00001620
0.0 0.0 0.0001 0.1 0.001 1.0 50.0 1.0 00001630
4 5 1.0E+4 0.6 0.5 0.0 0.0 00001640
0.0 0.0 0.0001 0.1 0.001 1.0 50.0 1.0 00001650
/ 00001660
12 00001670
/ FILL DATA 00001680
4 0 3.0E+5 -224.086 00001690
0.0 1848.1 1.0 1848.1 4.0 0.0 100.0 0.0 00001700
/ 00001710
13 00001720
/ SUBNODE DATA 00001730
1 00001740
-1 00001750
1 00001760
-1 00001770
1 00001780
-1 00001790
1 00001800
-1 00001810
/* 00001900
14 00001910
/ SEPARATOR DATA 00001920

```

```

      8  4
      0.  0.98  18.295  0.98  18.3  0.0  24.0  0.0
/
15
/ PLOT VARIABLE
  1
/
0
/ HEAT CONDUCTION DATA
  1  0  0.0  0.0  0.0
/
44
0.0  1.0  0.11  0.9826  0.21  0.9290  0.31  0.8609
0.41  0.7945  0.55  0.6767  0.65  0.5931  0.75  0.5179
0.85  0.4605  0.95  0.4032  1.05  0.3459  1.15  0.2872
1.25  0.2443  1.45  0.1938  1.65  0.1662  1.85  0.1499
2.05  0.1379  2.25  0.1288  2.45  0.1217  2.65  0.1160
2.85  0.1111  3.05  0.1069  3.55  0.0991  4.05  0.0936
4.55  0.0893  4.95  0.0865  5.50  0.0834  6.00  0.0815
6.50  0.0802  7.00  0.0788  8.00  0.0764  9.00  0.0749
10.0  0.0734  12.0  0.0698  14.0  0.0673  16.0  0.0670
18.0  0.0658  20.0  0.0643  25.0  0.0610  30.0  0.0580
35.0  0.0560  40.0  0.0545  45.0  0.0533  50.0  0.0523
/*
/ HEAT SLAB DATA
  0  2  1  0.0  1531.268  5.500  0.0  0.01463  0.0  0.1524  0.9144
  0  3  1  0.0  1531.268  5.500  0.0  0.01463  0.0  0.0  0.9144
  0  4  1  0.0  1531.268  5.500  0.0  0.01463  0.0  0.0  0.9144
  0  5  1  0.0  1531.268  5.500  0.0  0.01463  0.0  0.0  0.9144
/*0  2  1  0.0  6125.071  22.0  0.0  0.01463  0.0  0.1524  3.658
/*
/ CORE SECTION DATA
  1  0.9144  0.01792  0.16905
  2  0.9144  0.01792  0.32292
  3  0.9144  0.01792  0.32457
  4  0.9144  0.01792  0.18346
/*1  3.658  0.01792  1.0
/*
/ SLAB GEOMETRY DATA
  2  3  0  1  5  6.1176E-3  1.0  0.0
  1  1  1  2.1976E-4  0.0
  0  2  2  8.1382E-4  0.0
/*
/ SLAB MATERIAL DATA
/* UO2
  7
260.0  1.381E-3  593.3  9.268E-4  926.7  7.127E-4
1260.0  6.023E-4  1704.4  5.469E-4  2260.0  5.812E-4
2815.6  7.151E-4
  8
  0.0  551.73  100.0  655.83  200.0  697.47
  400.0  749.52  1100.0  822.39  1700.0  905.67
2600.0  1571.91  2840.0  1623.96
  2
  0.0  0.4150  2982.0  0.4150
/ ZR
  7
  0.0  3.229E-3  100.0  3.304E-3  200.0  3.393E-3
  400.0  3.944E-3  600.0  4.658E-3  900.0  5.774E-3
1400.0  9.003E-3
  3
-32.0  454.57  804.6  552.2  975.3  552.2
  2
  0.0  0.4150  2982.0  0.4150
/
END

```

```

00001930
00001940
00001950
00001960
00001970
00001980
00001990
00002000
00002010
00002020
00002030
00002040
00002050
00002060
00002070
00002080
00002090
00002100
00002110
00002120
00002130
00002140
00002150
00002160
00002170
00002180
00002190
00002200
00002210
00002220
00002270
00002280
00002290
00002300
00002310
00002320
00002370
00002380
00002390
00002400
00002410
00002420
00002430
00002440
00002450
00002460
00002470
00002480
00002490
00002500
00002510
00002520
00002530
00002540
00002550
00002560
00002570
00002580
00002590
00002600
00002610
00002620
00002630
00002640
00002650
00002660

```

附録 B ALARM - B2の下部プレナムモデルの修正リスト

(1) Modification of Input Data

(A) Trip Control Data (Card NO. 4)

- 1-I IDACT =1 End of problem or Water level calculation
- 2-I IDSIG =50+J J; Bubble rise data type
- 3-I IDVOL Node index of lower plenum
- 4-I IDOPT Junction index between lower plenum and core
- 5-R SETPT Set 0.0
- 6-R DELAY Set 0.0

(B) Volume Data (Card NO. 5)

- 13-R HD Hydraulic diameter (m)

(C) Junction Data (Card NO. 7)

- 8-R AJUNC Set value at the junction between lower plenum
and core node ,and set AJUNC 0.0 to avoid choking calc.

(2) Modification of Program

Modified subroutines are shown below.

```

C          TRIPER          LEVEL=12          DATE=81.03.19          00000100
*DK        TRIPER          00000200
C          TRIPER          LEVEL=1           DATE=80.10.27           00000300
C          TRIPER          LEVEL=1           DATE=80.04.16           00000400
C          ELEMENT TRIPER          00000500
          SUBROUTINE TRIPER ( IDACT,IDSIG,IDVOL,IDOPT,SETPT,DELAY,IVALVE, 00000600
*          NACTN,TRPTIM,PRES,ZM,TEMP,WIJ,NIN,NOUT,IPUMP, 00000700
*          AJUNC,RHOJ,IBUB,QUALN,VB ) 00000800
C          00000900
          IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z) 00001000
C          00001100
*CALL PDIM 00001200
C          00001300
*COMDECK PDIM 00001400
          COMMON / PDIM / 00001500
          1  NREST ,NEDIT ,NTSC ,NTRIP ,NVOL ,NBUJ ,NJUN ,NPUMP 00001600
          2  ,NLK ,NFILL ,NSUB ,NJETP ,NTSUB ,NJEGRP ,NEDITP ,NBUF 00001700
          3  ,NEDTP1 ,NSLB ,NDCOR ,NGOM ,NMAT ,MAXREG ,MAXPNT 00001800
          COMMON / TCNT / 00001900
*          KSTEP , NTRAN , TIME , DELT , GC , PI , XJOUL 00002000
C          00002100
C          TRIP CONTROL 00002200
C          00002300
          DIMENSION IDACT(NTRIP) , IDSIG(NTRIP) , IDVOL(NTRIP) , 00002400
*          IDOPT(NTRIP) , SETPT(NTRIP) , DELAY(NTRIP) , 00002500
*          IVALVE(NJUN) , NACTN(6,NJUN) , TRPTIM(6,NJUN) , 00002600
*          PRES(NVOL) , ZM(NVOL) , TEMP(NVOL) , WIJ(NJUN) , 00002700
*          NIN(NJUN) , NOUT(NJUN) , IPUMP(NJUN) , 00002800
*          AJUNC(NJUN) , RHOJ(NJUN) , IBUB(NVOL) , QUALN(NVOL) , 00002900
*          VB (NVOL) 00003000
          DIMENSION NACTO(6) , IFLAG(6) 00003100
C          00003200
C          00003300
C          00003400
          DO 500 J=1,NJUN 00003500
C          00003600
          IDO = 0 00003700
C          00003800
          DO 800 N=1,6 00003900
          NACTO(N) = NACTN(N,J) 00004000
          NACTN(N,J) = 0 00004100
          IFLAG(N) = 0 00004200
800 CONTINUE 00004300
C          00004400
          DO 1000 I=1,NTRIP 00004500
C          00004600
          IF ( IABS(IDACT(I)).EQ.5 .AND. J.NE.1 ) GO TO 1000 00004700
          IF ( IABS(IDACT(I)).GE.21 ) GO TO 401 00004800
          L = IABS( IDACT(I) ) 00004900
          LL = IDACT(I) 00005000
          M = 0 00005100
          GO TO 402 00005200
401 L = IABS( IDACT(I) ) / 10 00005300
          M = IABS( IDACT(I) )-L*10 00005400
          LL = IDACT(I) / 10 00005500
          LL = IDACT(I)-LL*10 00005600
402 CONTINUE 00005700
C          00005800
          N = L 00005900
          IF ( L.GE.6 ) N=6 00006000

```

| | | |
|------|--|----------|
| CARA | K = IDSIG(I) | 00006100 |
| | K = IABS(IDSIG(I)) | 00006200 |
| | IF(K.GT.10) K = K/10 | 00006300 |
| | IF (K-1) 1,1,2 | 00006400 |
| 1 | CONTINUE | 00006500 |
| | X = TIME | 00006600 |
| | GO TO 100 | 00006700 |
| C | | 00006800 |
| 2 | CONTINUE | 00006900 |
| | ISW = 0 | 00007000 |
| | IVOL = IDVOL(I) | 00007100 |
| | IOPT = IDOPT(I) | 00007200 |
| | IF (K-5) 3,3,4 | 00007300 |
| 3 | CONTINUE | 00007400 |
| | IF (IVOL.LE.0 .OR. IVOL.GT.NVOL) GO TO 999 | 00007500 |
| | IF (IOPT.GE.1 .AND. IOPT.LE.NVOL) ISW = 1 | 00007600 |
| | GO TO (1,20,30,40,50) , K | 00007700 |
| C | | 00007800 |
| 4 | CONTINUE | 00007900 |
| | IF (IVOL.LE.0 .OR. IVOL.GT.NJUN) GO TO 999 | 00008000 |
| | IF (IOPT.GE.1 .AND. IOPT.LE.NJUN) ISW=1 | 00008100 |
| | X = WIJ(IVOL) | 00008200 |
| | IF (ISW.EQ.1) X=WIJ(IVOL)-WIJ(IOPT) | 00008300 |
| | GO TO 100 | 00008400 |
| C | | 00008500 |
| 20 | CONTINUE | 00008600 |
| | X = PRES(IVOL) | 00008700 |
| | IF (ISW.EQ.1) X=PRES(IVOL)-PRES(IOPT) | 00008800 |
| | GO TO 100 | 00008900 |
| C | | 00009000 |
| 30 | CONTINUE | 00009100 |
| | X = ZM(IVOL) | 00009200 |
| | IF (ISW.EQ.1) X=ZM(IVOL)-ZM(IOPT) | 00009300 |
| | GO TO 100 | 00009400 |
| C | | 00009500 |
| 40 | CONTINUE | 00009600 |
| | X = TEMP(IVOL) | 00009700 |
| | IF (ISW.EQ.1) X=TEMP(IVOL)-TEMP(IOPT) | 00009800 |
| | GO TO 100 | 00009900 |
| C | | 00010000 |
| 50 | CONTINUE | 00010100 |
| C--- | BUBBLE VELOCITY TRIP | 00010200 |
| | IF(NACTO(N) .NE. 0) GO TO 200 | 00010300 |
| | IF(IOPT.NE.J) GO TO 1000 | 00010400 |
| | X = -0.100 | 00010500 |
| | IF(QUALN(IVOL) .LE. 0.000) GO TO 105 | 00010600 |
| | AJUNT = DABS(AJUNC(IOPT)) | 00010700 |
| | X = VB(IVOL) - WIJ(IOPT)/AJUNT/RHOJ(IOPT) | 00010800 |
| 105 | CONTINUE | 00010900 |
| | IF(X .GT. 0.000) GO TO 200 | 00011000 |
| | GO TO 1000 | 00011100 |
| C | | 00011200 |
| 100 | CONTINUE | 00011300 |
| C | | 00011400 |
| | X = DABS (X) | 00011500 |
| C | | 00011600 |
| | IF (SETPT(I)) 120,110,110 | 00011700 |
| 110 | CONTINUE | 00011800 |
| CARA | IF (X.GE.SETPT(I)) GO TO 200 | 00011900 |
| | IF (K.EQ.1 .AND. DABS(X-SETPT(I)).LT.1.D-10) GO TO 200 | 00012000 |

| | | |
|--------|---|----------|
| CARAYA | | 00012100 |
| | IF(X.GE.SETPT(I) .AND. IDSIG(I).GT.0) GO TO 200 | 00012200 |
| | IF(X.LE.SETPT(I) .AND. IDSIG(I).LT.0) GO TO 200 | 00012300 |
| CARAYA | | 00012400 |
| | GO TO 1000 | 00012500 |
| C | | 00012600 |
| | 120 CONTINUE | 00012700 |
| CARA | IF (X.LE.-SETPT(I)) GO TO 200 | 00012800 |
| CARAYA | | 00012900 |
| | IF(X.GE.SETPT(I) .AND. IDSIG(I).GT.0) GO TO 200 | 00013000 |
| | IF(X.LE.SETPT(I) .AND. IDSIG(I).LT.0) GO TO 200 | 00013100 |
| CARAYA | | 00013200 |
| | GO TO 1000 | 00013300 |
| C | | 00013400 |
| C | | 00013500 |
| C | | 00013600 |
| | 200 CONTINUE | 00013700 |
| C | | 00013800 |
| C | TRIP ACTION REQUIRED | 00013900 |
| C | | 00014000 |
| | IDO = 1 | 00014100 |
| C | | 00014200 |
| C | | 00014300 |
| | IF (L.GE.6) GO TO 360 | 00014400 |
| | GO TO (310,320,330,340,350) , L | 00014500 |
| | 310 CONTINUE | 00014600 |
| C | | 00014700 |
| C | END OF PROBLEM OR BUBBLE-RISE MODEL CHECK | 00014800 |
| | N = 1 | 00014900 |
| | IF(IDSIG(I) .GT.50) GO TO 315 | 00015000 |
| C | | 00015100 |
| | WRITE(6,1111) | 00015200 |
| 1111 | FORMAT('////' * END OF PROBLEM * ') | 00015300 |
| | WRITE(6,1113) | 00015400 |
| 1113 | FORMAT(1H1,' * JOB ENDED NORMALLY * ') | 00015500 |
| | STOP | 00015600 |
| C | | 00015700 |
| | 315 CONTINUE | 00015800 |
| | IF(IOPT.NE.J) GO TO 1000 | 00015900 |
| | NACTN(N,J) = LL | 00016000 |
| | IBUB(IVOL) = IDSIG(I) - 50 | 00016100 |
| | IF(NACTO(N).EQ.0 .AND. NACTN(N,J).NE.0) | 00016200 |
| | * WRITE(6,6000) IDACT(I),J,TIME | 00016300 |
| | GO TO 1000 | 00016400 |
| C | | 00016500 |
| | 320 CONTINUE | 00016600 |
| C | | 00016700 |
| C | OPEN LEAK | 00016800 |
| C | | 00016900 |
| | IF (M.NE.0 .AND. IPUMP(J).NE.M) GO TO 1000 | 00017000 |
| | IF (NOUT(J).GE.0) GO TO 1000 | 00017100 |
| | IF (IFLAG(N).EQ.2) GO TO 1000 | 00017200 |
| | NACTN(N,J) = LL | 00017300 |
| | GO TO 300 | 00017400 |
| | 330 CONTINUE | 00017500 |
| C | | 00017600 |
| C | TRIP PUMP | 00017700 |
| C | | 00017800 |
| | IF (NIN(J).LT.0 .OR. NOUT(J).LT.0) GO TO 1000 | 00017900 |
| | IF (IPUMP(J).LE.0) GO TO 1000 | 00018000 |


```

IF ( M.NE.0 .AND. IPUMP(J).NE.M ) GO TO 1000          00018100
IF ( IFLAG(N).EQ.2 ) GO TO 1000                       00018200
NACTN(N,J) = LL                                       00018300
GO TO 300                                              00018400
340 CONTINUE                                           00018500
C                                                       00018600
C   OPEN FILL                                           00018700
C                                                       00018800
IF ( M.NE.0 .AND. IPUMP(J).NE.M ) GO TO 1000          00018900
IF ( NIN(J).GE.0 ) GO TO 1000                         00019000
IF ( IFLAG(N).EQ.2 ) GO TO 1000                       00019100
NACTN(N,J) = LL                                       00019200
GO TO 300                                              00019300
C                                                       00019400
350 CONTINUE                                           00019500
C                                                       00019600
C   START REACTOR SCRAM                                 00019700
C                                                       00019800
NACTN(N,J) = LL                                       00019900
GO TO 300                                              00020000
360 CONTINUE                                           00020100
C                                                       00020200
C   VALVE OPEN / CLOSE                                 00020300
C                                                       00020400
IF ( IABS(IVALVE(J)).NE.IABS(IDACT(I))) GO TO 1000    00020500
IF ( IFLAG(N).EQ.2 ) GO TO 1000                       00020600
NACTN(N,J) = LL                                       00020700
C                                                       00020800
C                                                       00020900
300 CONTINUE                                           00021000
C                                                       00021100
C                                                       00021200
C   NACTO = 0 AND NACTN NE 0                           00021300
C                                                       00021400
C   NACTO NE 0 AND NACTN NE 0                           00021500
C                                                       00021600
C   BUT MUST BE ANTI-SIGN OR SAME-SIGN EQUAL           00021700
C                                                       00021800
C                                                       00021900
C                                                       00022000
C                                                       00022100
C   TRIP ELAPSED TIME CALCULATION                     00022200
C                                                       00022300
IF ( NACTO(N).EQ.NACTN(N,J) ) GO TO 450              00022400
IFLAG(N) = 2                                          00022500
C* IF ( NACTO(N).EQ.0 .AND. TRPTIM(N,J).LT.0. ) GO TO 400 00022600
IF ( NACTO(N).EQ.0 .AND. TRPTIM(N,J).LT.0.DO ) GO TO 400 00022700
TRPTIM(N,J) = -DELAY(I)                               00022800
IF ( TRPTIM(N,J).LT.0.DO ) WRITE( 6 , 6001 ) IDACT(I), J, TIME 00022900
400 TRPTIM(N,J) = TRPTIM(N,J) + DELT                 00023000
IF ( K.EQ.1 ) TRPTIM(N,J) = TIME-SETPT(I)-DELAY(I)   00023100
CNIT                                                  00023200
C   IF ( DABS(TRPTIM(N,J)) .GE. 1.D-10 ) GO TO 6600    00023300
C   CALL IDMP ( KSTEP, 1, 'KSTE' )                    00023400
C   CALL IDMP ( N , 1, 'N ' )                          00023500
C   CALL IDMP ( J , 1, 'J ' )                          00023600
C   CALL RDMP ( TRPTIM(N,J), 1, 'TRPT' )              00023700
C6600 CONTINUE                                        00023800
CNIT                                                  00023900
IF ( DABS(TRPTIM(N,J)) .LT. 1.D-10 ) TRPTIM(N,J)=0.DO 00024000

```

| | | |
|-------|---|----------|
| CX | IF (TRPTIM(N,J).LT.0.) NACTN(N,J)=0 | 00024100 |
| | IF (TRPTIM(N,J).LT.0.DO) NACTN(N,J)=0 | 00024200 |
| | IF (NACTO(N).EQ.0 .AND. NACTN(N,J).NE.0) | 00024300 |
| 1 | WRITE(6 , 6000) IDACT(I) , J , TIME | 00024400 |
| | GO TO 1000 | 00024500 |
| 450 | CONTINUE | 00024600 |
| | IF (IFLAG(N).EQ.1) GO TO 1000 | 00024700 |
| | IFLAG(N) = 1 | 00024800 |
| | GO TO 400 | 00024900 |
| C | | 00025000 |
| C | | 00025100 |
| C | | 00025200 |
| 1000 | CONTINUE | 00025300 |
| C | | 00025400 |
| | IF (IDO.NE.0) GO TO 500 | 00025500 |
| CJAIS | DO 2000 K=1,6 | 00025600 |
| | DO 2000 K=2,6 | 00025700 |
| | NACTN(K,J) = 0 | 00025800 |
| CX | TRPTIM(K,J) = 0. | 00025900 |
| | TRPTIM(K,J) = 0.DO | 00026000 |
| 2000 | CONTINUE | 00026100 |
| 500 | CONTINUE | 00026200 |
| C | | 00026300 |
| | RETURN | 00026400 |
| 999 | CONTINUE | 00026500 |
| | WRITE(6,990) | 00026600 |
| 990 | FORMAT(1H0,'TRIP CONTROL DATA ERROR === INPUT IVOL/IOPT') | 00026700 |
| | STOP | 00026800 |
| 6000 | FORMAT(1H ,5(1H=),1X, 'TRIP FUNCTIOND AS IDACT NO.' ,I2, | 00026900 |
| 1 | ' FOR JUNCTION NO.' ,I2, ' AT TIME = ',1PE15.4,' SEC', | 00027000 |
| 2 | 1X, 5(1H=)) | 00027100 |
| 6001 | FORMAT(1H ,5(1H=),1X,'TRIP CONDITION ',I2 | 00027200 |
| 1 | , 'SATISFIED FOR JUNCTION NO.',I2, 'AT TIME = ',1PD15.4 | 00027300 |
| 2 | , 1X,5(1H=) | 00027400 |
| 3 | /1H ,5(1H=),6X,'BUT ACTION NOT YET INITIATED BECAUSE OF ' | 00027500 |
| 4 | , 'SPECIFIED DELAY TIME',6X,5(1H=)) | 00027600 |
| | END | 00027700 |

```

C          WATLEV          LEVEL=2          DATE=81.02.04          00000100
*DK       WATLEV          00000200
C          WATLEV          LEVEL=1          DATE=80.10.27          00000300
C          WATLEV          LEVEL=1          DATE=80.04.16          00000400
SUBROUTINE WATLEV ( WLW,WV,WL,WHS,PRES,PDOT,WVS,WLS,XMASL,XMASV, 00000500
*          QAV,WCXs,XMGB,ZM,V,IBUB,ENTFN,ENTGN, 00000600
*          ZVOL,RHOGN,RHOFN,QUALN,ALPHA,VBUB,EITA,IMOV, 00000700
*          IMLO,NIN,NOUT,XMAS,ENTN,ELEV,WS,RHON,IZ,ZAREA, 00000800
*          TEMP, 00000900
CARA F          SPVZ , SATVF , SATVG ) 00001000
C          F          SPVZ , SATVF , SATVG , SATT ) 00001100
F          F          SPVZ , SATVF , SATVG , SATT , HD , VB ) 00001200
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z) 00001300
C          00001400
*CALL TABL 00001500
C          00001600
*COMDECK TABL 00001700
COMMON / TABL / 00001800
1 PS (30,12), PTL(30,20), PHL(30,20), PD (30,20), PTG(30,30) 00001900
2 , PHG(30,30), PV (30,30), PDD(30,20), PDP(30,20), PGD(30,30) 00002000
3 , PGP(30,30), PSCPF( 30), PSCPG( 30), PCPL(30,20), PCPG(30,30) 00002100
C          00002200
*CALL PDIM 00002300
C          00002400
*COMDECK PDIM 00002500
COMMON / PDIM / 00002600
1 NREST ,NEDIT ,NTSC ,NTRIP ,NVOL ,NBUB ,NJUN ,NPUMP 00002700
2 ,NLK ,NFILL ,NSUB ,NJETP ,NTSUB ,NJGRP ,NEDITP ,NBUF 00002800
3 ,NEDTP1 ,NSLB ,NOCOR ,NGOM ,NMAT ,MAXREG ,MAXPNT 00002900
COMMON / TCNT / 00003000
* KSTEP ,NTRAN ,TIME ,DELT ,GC ,PI ,XJOUL 00003100
COMMON / TABNPT / NP,NEP,IMAXL,IMAXEL,JMAXL,JMAXEL,IMAXG,IMAXEG, 00003200
* JMAXG,JMAXEG,NMULR,NMULER,NMULP,NMULEP,NVISF,NVISEF,NVISG,NVISEG 00003300
COMMON / CSEP / JSEP,NIITA,WSEP,WVV,JSEP1,JSEP2,JSEP3 00003400
COMMON / ERRCHK / ICAL1 , ICAL2 00003500
DIMENSION WLW(NVOL) , WV(NVOL) , WL(NVOL) , WHS(NVOL) , 00003600
* PRES(NVOL) , PDOT(NVOL) , WVS(NVOL) , WLS(NVOL) , 00003700
* XMASL(NVOL) , XMASV(NVOL) , QAV(NVOL) , 00003800
* WCXS(NVOL) , XMGB(NVOL) , ZM(NVOL) , V(NVOL) , 00003900
* IBUB(NVOL) , ENTFN(NVOL) , ENTGN(NVOL) , ZVOL(NVOL) , 00004000
* RHOGN(NVOL) , RHOFN(NVOL) , QUALN(NVOL) , ALPHA(NBUB) , 00004100
* VBUB(NBUB) , EITA(1) , IMOV(NVOL) , IMLO(NVOL) 00004200
* , NIN(NJUN) , NOUT(NJUN) , XMAS(NVOL) , ENTN(NVOL) 00004300
* ,ELEV(NVOL),WS(NVOL),RHON(NVOL),IZ(NVOL),ZAREA(1),TEMP(NVOL) 00004400
DIMENSION 00004500
CARA 1 SPVZ (NVOL ) , SATVF (NVOL ) , SATVG (NVOL ) 00004600
1 SPVZ (NVOL ) , SATVF (NVOL ) , SATVG (NVOL ) , SATT(NVOL) 00004700
2 ,HD (NVOL), VB (NVOL) 00004800
C          00004900
C----- BUBBLE-RISE VELOCITY CALC. BY WILSON CORRELATION 00005000
C          00005100
DO 200 I=1,NVOL 00005200
VB(I)= 0.000 00005300
IF( IBUB(I).LT.0 ) GO TO 200 00005400
SVLF = 1.000/RHOFN(I) 00005500
SVLG = 1.000/RHOGN(I) 00005600
TSAT = TEMP(I) 00005700
HDN = HD(I) 00005800
XAV = QUALN(I) 00005900
IF( XAV .LE. 0.000 ) GO TO 200 00006000

```

```

IF( XAV .GE. 1.000 ) GO TO 200                                00006100
IF( XAV.GT.0.000 .AND. XAV.LT.1.000 )                      00006200
* VOID = 1.000/(1.000 + SVLF*(1.000-XAV)/(SVLG*XAV))      00006300
C                                                            00006400
CALL WILSON( SVLF,SVLG,TSAT,HDN,VOID,VB* )                 00006500
C                                                            00006600
VB(I) = VB*                                                00006700
200 CONTINUE                                                00006800
C                                                            00006900
C                                                            00007000
C                                                            00007100
C MASS BALANCE CALC. AND WATER LEVEL CALC.                00007200
C                                                            00007300
ICAL1 = 9                                                  00007400
ICAL2 = 0                                                  00007500
CARA DO 100 I=1,NVOL                                       00007600
DO 1000 I=1,NVOL                                           00007700
CARA IF( IBUB(I).LE.0 ) GO TO 100                          00007800
IF( IBUB(I).LE.0 ) GO TO 1000                              00007900
C                                                            00008000
ID = IBUB(I)                                               00008100
CALL MIXLEV( I,IZ,ZAREA,VMIX,ZM(I),SA,3 )                 00008200
CX IF( QUALN(I).LE.0 ) GO TO 3                             00008300
IF( QUALN(I).LE.0.DO ) GO TO 3                             00008400
VVBUB = VBUB(ID)                                           00008500
IF( VVBUB .LE. 0.000 ) VVBUB = VB(I)                     00008600
CX VOID=1./(1.+RHOGN(I)*(1.-QUALN(I))/(RHOFN(I)*QUALN(I))) 00008700
VOID=1.DO/(1.DO+RHOGN(I)*(1.DO-QUALN(I))/(RHOFN(I)*QUALN(I))) 00008800
IF(VOID - 0.500) 1,1,2                                     00008900
1 CONTINUE                                                 00009000
C WVV=ALPHA(ID)*VOID*RHOGN(I)*SA*VBUB(ID)                 00009100
WVV=ALPHA(ID)*VOID*RHOGN(I)*SA*VVBUB                     00009200
GO TO 4                                                     00009300
2 CONTINUE                                                 00009400
CX WVV=((1.-VOID)*(ALPHA(ID)-1.)+VOID)*RHOGN(I)*SA*VBUB(ID) 00009500
C WVV=((1.DO-VOID)*(ALPHA(ID)-1.DO)+VOID)*RHOGN(I)*SA*VVBUB 00009600
WVV=((1.DO-VOID)*(ALPHA(ID)-1.DO)+VOID)*RHOGN(I)*SA*VVBUB 00009700
GO TO 4                                                     00009800
CX 3 WVV=0.                                                00009900
3 WVV=0.DO                                                 00010000
4 CONTINUE                                                 00010100
C                                                            00010200
CX WSEP = 0.                                               00010300
WSEP = 0.DO                                                00010400
IF ( I.NE.JSEP ) GO TO 7                                   00010500
DO 5 J=1,NJUN                                             00010600
IF ( NOUT(J).NE.JSEP ) GO TO 5                            00010700
WSEP = WSEP + WV(J)                                       00010800
GO TO 6                                                    00010900
5 CONTINUE                                                 00011000
6 CONTINUE                                                 00011100
CX IF(WSEP.LT.0.) GO TO 7                                  00011200
IF(WSEP.LT.0.DO) GO TO 7                                   00011300
C                                                            00011400
ZELV=ZM(I)+ELEV(I)                                        00011500
CALL INTP(EITA(1),2,EITA(2),2,NIITA,ZELV,XETA,W1,W2,K)   00011600
WSEP=WSEP*XETA                                             00011700
7 CONTINUE                                                 00011800
C                                                            00011900
XMAS(I) = XMAS(I) + WS(I)*DELT                            00012000
C

```

```

PRES(I) = PRES(I) + PDOT(I)*DELTA      00012100
CALL INTP ( PS(1,1),1,PS(1,5),1,NEP,PRES(I),ENTFN(I),W1,W2,KP ) 00012200
ENTGN(I) = PS(KP-1,7)*W1 + PS(KP,7)*W2 00012300
SV = PS(KP-1,6)*W1 + PS(KP,6)*W2      00012400
CX  RHOFN(I) = 1./SV                    00012500
    RHOFN(I) = 1.DO/SV                  00012600
    SATVF(I) = SV                        00012700
    SV = PS(KP-1,8)*W1 + PS(KP,8)*W2    00012800
CX  RHOGN(I) = 1./SV                    00012900
    RHOGN(I) = 1.DO/SV                  00013000
    SATVG(I) = SV                        00013100
    PHASE=(ENTN(I)-ENTFN(I))/(ENTGN(I)-ENTFN(I)) 00013200
CX  IF(PHASE.GT.1.) GO TO 10             00013300
    IF(PHASE.GT.1.DO) GO TO 10           00013400
CX  IF(PHASE.LT.0.) GO TO 12             00013500
    IF(PHASE.LT.0.DO) GO TO 12           00013600
    TEMP(I) = PS(KP-1,4)*W1+PS(KP,4)*W2 00013700
    XXX1=XMASV(I)                        00013800
    XXX2=XMGB(I)                         00013900
    XVDOT=XMASV(I)                       00014000
    RHON(I)=XMAS(I)/V(I)                  00014100
    SPVZ(I)=1.ODO/RHON(I)                 00014200
    XMASV(I)=XMAS(I)*PHASE                00014300
    XMASL(I)=XMAS(I)-XMASV(I)             00014400
    XVDOT=XMASV(I)-XVDOT                  00014500
CX  IF(XVDOT.LT.0.)XVDOT=XVDOT*XXX2/XXX1 00014600
    IF(XVDOT.LT.0.DO)XVDOT=XVDOT*XXX2/XXX1 00014700
    XMGB(I)=XMGB(I)+XVDOT-(WSEP+WVV+WCXS(I))*DELTA 00014800
CX  IF(XMGB(I).LT.0.) XMGB(I)=0.         00014900
    IF(XMGB(I).LT.0.DO) XMGB(I)=0.DO     00015000
    VMIX=XMASL(I)/RHOFN(I)+XMGB(I)/RHOGN(I) 00015100
CX  IF(VMIX.LE.0.) GO TO 9               00015200
    IF(VMIX.LE.0.DO) GO TO 9             00015300
    8 CONTINUE                            00015400
    CALL MIXLEV(I,IZ,ZAREA,VMIX,ZM(I),SA,1) 00015500
    QUALN(I)=XMGB(I)/(XMASL(I)+XMGB(I))   00015600
    CALL LIMIT(QUALN(I), 0.ODO, 1.ODO)     00015700
    GO TO 100                              00015800
    9 CONTINUE                            00015900
CX  VMIX=0.                               00016000
    VMIX=0.DO                             00016100
CX  XMGB(I)=0.                            00016200
    XMGB(I)=0.DO                          00016300
    GO TO 8                                00016400
    10 CONTINUE                           00016500
    IF(ENTN(I).GT.PHG(1,JMAXEG))          00016600
    * CALL INTP(PS(1,1),1,PTG(1,JMAXEG),1,IMAXEG,PRES(I),TEMP(I),W1, 00016700
    *      W2,KP)                          00016800
    IF(ENTN(I).GT.PHG(1,JMAXEG)) GO TO 11 00016900
    CALL TERP2(PRES(I),ENTN(I),TEMP(I),PS,PHG,PTG,IMAXG,JMAXG,IMAXEG, 00017000
    *      JMAXEG)                         00017100
    11 CONTINUE                           00017200
CX  ZM(I)=0.                              00017300
    ZM(I)=0.DO                             00017400
CX  QUALN(I)=0.                           00017500
CARA QUALN(I)=0.DO                        00017600
    QUALN(I)=1.DO                          00017700
CX  XMGB(I)=0.                            00017800
    XMGB(I)=0.DO                          00017900
    XMASV(I)=XMAS(I)                      00018000

```

| | | |
|--------|---|----------|
| CX | XMASL(I)=0. | 00018100 |
| | XMASL(I)=0.DO | 00018200 |
| | RHON(I)=XMAS(I)/V(I) | 00018300 |
| | SPVZ(I)=1.0DO/RHON(I) | 00018400 |
| | GO TO 100 | 00018500 |
| 12 | CONTINUE | 00018600 |
| | CALL TERP3(PRES(I),ENTN(I),TEMP(I),PS,PHL,PTL,IMAXL,JMAXL | 00018700 |
| | *,IMAXEL,JMAXEL) | 00018800 |
| | ZM(I)=ZVOL(I) | 00018900 |
| CX | QUALN(I)=0. | 00019000 |
| | QUALN(I)=0.DO | 00019100 |
| CX | XMGB(I)=0. | 00019200 |
| | XMGB(I)=0.DO | 00019300 |
| CX | XMASV(I)=0. | 00019400 |
| | XMASV(I)=0.DO | 00019500 |
| | XMASL(I)=XMAS(I) | 00019600 |
| | RHON(I)=XMAS(I)/V(I) | 00019700 |
| | SPVZ(I)=1.0DO/RHON(I) | 00019800 |
| 100 | CONTINUE | 00019900 |
| CARAYA | | 00020000 |
| | CALL INTP(PS(1,1),1,PS(1,4),1,NEP,PRES(I),SATT(I),W1,W2,KP) | 00020100 |
| 1000 | CONTINUE | 00020200 |
| CARAYA | | 00020300 |
| | RETURN | 00020400 |
| | END | 00020500 |

```

SUBROUTINE WILSON ( SVLF,SVLG,TSAT,HD,VOID,VB )      00000100
C                                                    00000200
IMPLICIT REAL*8 ( A-H , O-Z )                      00000300
C                                                    00000400
WILLSON CORRIRATION'S 'VB' CALCULATION              00000500
C                                                    00000600
C ARGUMENTS                                          00000700
C   INPUT  --  SVLG      SATURATE VAPOR SPECIFIC VOLUME (M3/KG)00000800
C              SVLF      SATURATE LIQUID SPECIFIC VOLUME (M3/KG)00000900
C              TSAT      SATURATE TEMPERATURE (C)           00001000
C              HD        HIDROSTATIC DIAMETER (M)          00001100
C   OUTPUT --  VB        VELOCITY (M/SEC)                  00001200
C              VOID      VOID FRICTION                    00001300
C                                                    00001400
COMMON / XUNIT / TO / G / GC / XJOULE              00001500
C                                                    00001600
COMMON / TCNT /
* KSTEP,NTRAN,TIME,DELT,GC,PI,XJOULE              00001700
C                                                    00001800
C   G  --  ACCELATION OF GRAVITY (M/SEC2)              00001900
C   GC --  CONVERSION FACTOR (N/KGW)                  00002000
C                                                    00002100
C ARGUMENTS UNIT CONVERSION                        00002200
C                                                    00002300
C   KG/M3 -- LB/FT3 ( 0.06243 )                      00002400
C DATA VOIDO/0.001D0/                              00002500
C                                                    00002600
C   G = 9.80665D0                                     00002700
C   VOIDDM=VOID                                       00002800
C   IF( VOID.LT.0.0D0 ) CALL ERROR1(8HWILSON ,1)     00002900
C   IF(VOID.LT.VOIDO) VOID=VOIDO                     00003000
C   RHOF = 1.0D0 / SVLF                               00003100
C   RHOF = RHOF * 0.06243D0                           00003200
C   RHOG = 1.0D0 / SVLG                               00003300
C   RHOG = RHOG * 0.06243D0                           00003400
C   RHOF , RHOG ARE NOW (LBM/FT3)                    00003500
C   C -- F                                             00003600
C   T = 1.8D0*TSAT + 32.0D0                           00003700
C   M -- FT                                           00003800
C   H = HD*3.281D0                                    00003900
C                                                    00004000
C   GX = G*3.281D0                                    00004100
C   (M/SEC2)-- (FT/SEC2)                              00004200
C   GCX = GC* 3.281D0                                 00004300
C   (N/KGW) -- (LB*FT/SEC2/LBF)                       00004400
C   UNIT CONVERSION END                               00004500
C   RHOF , RHOG -- (LB/FT3)                           00004600
C   T (F)                                             00004700
C   H -- (FT)                                         00004800
C   GX -- (FT/SEC2)                                  00004900
C   GCX -- (LB*FT/SEC2/LBF)                           00005000
C   HP = ( RHOG/(RHOF-RHOG) ) ** 0.32                 00005100
C   SIG = ( 700.D0-T ) * 8.333D-6                     00005200
C   F = DSQRT(SIG*GCX/( (RHOF-RHOG)*GX ) )            00005300
C   FP = ( F / H ) ** 0.19                            00005400
C                                                    00005500
C   HP -- NON-DIMENSION                               00005600
C   SIG -- (LBF/FT)                                  00005700
C   F -- (FT)                                         00005800
C                                                    00005900
C                                                    00006000

```

| | | | | |
|-----|--------------------------------|----------|---------------|----------|
| C | FP | -- | NON-DIMENSION | 00006100 |
| C | | | | 00006200 |
| | X = VOID/(HP*FP) | | | 00006300 |
| | Y = (F*GX) ** 0.5 | | | 00006400 |
| C | Y | -- | (FT/SEC) | 00006500 |
| | IF (X.GT.2.85D0) | GO TO | 100 | 00006600 |
| | VB = (X/0.136)**(1.0/1.78) * Y | | | 00006700 |
| | GO TO 200 | | | 00006800 |
| 100 | VB = (X/0.75)**(1.0/0.78) * Y | | | 00006900 |
| 200 | CONTINUE | | | 00007000 |
| C | | (FT/SEC) | -- | (M/SEC) |
| | IF(VB.LT.1.D0) VB=1.D0 | | | 00007100 |
| | VB = VB * 0.3048D0 | | | 00007200 |
| | VOID=VOIDDM | | | 00007300 |
| | RETURN | | | 00007400 |
| | END | | | 00007500 |
| | | | | 00007600 |

附録 C THYDE- B1の入力データリスト

```

BWR SMALL BREAK ANALYSIS BY JAERI-BWR SYSTEM
/*
000
/* RESTART CONTROL DATA
    0    1    0    1
/*
001
/* DIMENSION DATA
    4  16  2  2  1  0  4  1  0  1
    1  13  1  3
/*
003
/* TIME STEP CONTROL DATA
    5000    200    100    5.0E-3    1.0
    5000    2000    100    1.0E-2    180.
    5000    2000    100    2.0E-2    1000.
/*
004
/* VOLUME DATA
/* N1 INSIDE OF THE SHROUD
    2
    74.6774E4  15.901    0.0    0.0    180.084
    292.901    0.5573
    5.197    15.901
    0.0    1.0    0.0    15.901
    6
    0.0    0.0    3.054    49.454    5.197    87.068
    7.839    121.254    9.135    136.250    15.901    180.084
    6
    0.0    16.193    5.196    16.193    5.197    11.576
    9.134    11.576    9.135    6.478    15.901    6.478
    6
    0.0    0.5    5.196    0.5    5.197    0.015
    9.134    0.015    9.135    0.5    15.901    0.5
/*
/* N2 OUTSIDE OF THE SHROUD
    2
    72.5520E4  19.044    3.054    0.0    386.723
    -277.944    0.0491
    9.824    12.872
    1.0    0.0    0.0    16.0
    4
    0.0    0.0    9.824    89.962    12.8720    178.206
    19.044    386.723
    6
    0.0    9.158    9.8234    9.158    9.8237    28.9518
    12.8719    28.9518    12.8720    33.784    19.044    33.784
    2
    0.0    0.4    19.044    0.4
/*
/* N3 INTACT RECIRCULATION LINE
    1
    86.2080E4  12.354    -4.267    6.177    15.999
    293.27    0.3091
/*
/* N4 BROKEN RECIRCULATION LINE
    1
    86.2080E4  12.354    -4.267    6.177    15.999
    293.27    0.3091
/*
005
/* JUNCTION DATA

```

| | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|---------|--------|----------|-------------|--------|-----|----------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 6709.31 | 0.0 | 3.654 | | 00000620 |
| | | | | 1.8293 | 0.729 | 0.0 | 0.0 | 00000630 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 2154.56 | 12.354 | 0.0 | | 00000640 |
| | | | | 0.04998 | 219.3 | 0.0 | 0.0 | 00000650 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 4554.74 | 4.5659 | 0.0 | | 00000660 |
| | | | | 0.2891 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000670 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 6709.31 | 0.0 | 3.654 | | 00000680 |
| | | | | 1.8293 | 0.729 | 0.0 | 0.0 | 00000690 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 2154.56 | 12.354 | 0.0 | | 00000700 |
| | | | | 0.04998 | 219.3 | 0.0 | 0.0 | 00000710 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 4554.74 | 4.5659 | 0.0 | | 00000720 |
| | | | | 0.2891 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000730 |
| 2 | 4 | 1 | 1 | 2154.56 | 0.2987 | 7.9248 | | 00000740 |
| | | | | 0.0 | 39.78 | 0.0 | 0.0 | 00000750 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 2154.56 | 0.2987 | 7.9248 | | 00000760 |
| | | | | 0.0 | 39.78 | 0.0 | 0.0 | 00000770 |
| 1 | 2 | -1 | 0 | 13418.61 | 15.90 | 12.847 | | 00000780 |
| | | | | 0.0 | 0.874 | 0.0 | 0.0 | 00000790 |
| /* J10 FW | | | | | | | | |
| -1 | 2 | 1 | 0 | 1848.07 | 0.0 | 9.1379 | | 00000810 |
| | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000820 |
| /* J11 MSL | | | | | | | | |
| 2 | -1 | 4 | 3 | 1848.07 | 18.892 | 0.0 | | 00000830 |
| | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000840 |
| /* J12 LPCS | | | | | | | | |
| -4 | 1 | 1 | 0 | 0.0 | 0.0 | 9.1349 | | 00000860 |
| | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000870 |
| /* J13 LPCI | | | | | | | | |
| -3 | 1 | 1 | 0 | 0.0 | 0.0 | 9.1349 | | 00000890 |
| | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000900 |
| /* J14 BREAK | | | | | | | | |
| 4 | -1 | 1 | 0 | 0.0 | 3.3528 | 0.0 | | 00000910 |
| | | | | 0.01394 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000920 |
| /* J15 ADS | | | | | | | | |
| 2 | -1 | 2 | 0 | 0.0 | 13.71 | 0.0 | | 00000930 |
| | | | | 0.04497 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000940 |
| /* J16 SRV | | | | | | | | |
| 2 | -1 | 3 | 0 | 0.0 | 19.044 | 0.0 | | 00000950 |
| | | | | 0.0185 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 00000960 |
| /* | | | | | | | | |
| 006 | | | | | | | | |
| /* JET PUMP DATA | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 70.215852E4 | | | 00001010 |
| 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 70.215852E4 | | | 00001020 |
| /* | | | | | | | | |
| 007 | | | | | | | | |
| /* JET PUMP GEOMETRY DATA | | | | | | | | |
| 0.2891 | 0.04998 | 0.33908 | 1.8293 | 2.2403 | | | | 00001030 |
| 2.2403 | 0.3048 | 1.0E+7 | 1.0E+7 | 1.0E+7 | | | | 00001040 |
| /* | | | | | | | | |
| 008 | | | | | | | | |
| /* RECIRCULATION PUMP DATA | | | | | | | | |
| 5.0 | 24.54E+4 | 4898.88 | 155.4 | 0.0 | 0.005 | | | 00001050 |
| 3 | | | | | | | | |
| 20 0.0 | | | | | | | | |
| 0.0 | 1.0 | 0.1 | 0.96 | 0.15 | 0.94 | | | 00001060 |
| 0.2 | 0.92 | 0.25 | 0.90 | 0.3 | 0.87 | | | 00001070 |
| 0.35 | 0.85 | 0.4 | 0.83 | 0.45 | 0.81 | | | 00001080 |
| 0.5 | 0.78 | 0.55 | 0.76 | 0.6 | 0.72 | | | 00001090 |
| 0.65 | 0.70 | 0.7 | 0.66 | 0.75 | 0.61 | | | 00001100 |
| | | | | | | | | 00001110 |
| | | | | | | | | 00001120 |
| | | | | | | | | 00001130 |
| | | | | | | | | 00001140 |
| | | | | | | | | 00001150 |
| | | | | | | | | 00001160 |
| | | | | | | | | 00001170 |
| | | | | | | | | 00001180 |
| | | | | | | | | 00001190 |
| | | | | | | | | 00001200 |
| | | | | | | | | 00001210 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|----------|---------|--------|----------|---------|----------|-----|----------|
| 0.80 | 0.56 | 0.85 | 0.5 | 0.9 | 0.43 | 00001220 | | |
| 0.95 | 0.31 | 1.0 | 0.0 | | | 00001230 | | |
| 11 0.005 | | | | | | 00001240 | | |
| 0.0 | 0.98 | 0.1 | 0.92 | 0.2 | 0.88 | 00001250 | | |
| 0.3 | 0.82 | 0.4 | 0.76 | 0.5 | 0.70 | 00001260 | | |
| 0.6 | 0.60 | 0.7 | 0.50 | 0.8 | 0.36 | 00001270 | | |
| 0.9 | 0.15 | 1.0 | -0.5 | | | 00001280 | | |
| 11 0.01 | | | | | | 00001290 | | |
| 0.0 | 0.87 | 0.1 | 0.80 | 0.2 | 0.72 | 00001300 | | |
| 0.3 | 0.63 | 0.4 | 0.53 | 0.5 | 0.42 | 00001310 | | |
| 0.6 | 0.29 | 0.7 | 0.10 | 0.8 | -0.5 | 00001320 | | |
| 0.9 | -1.0 | 1.0 | -1.0 | | | 00001330 | | |
| 5.0 | 24.5E+4 | 4898.88 | 155.4 | 0.0 | 0.005 | 00001340 | | |
| 3 | | | | | | 00001350 | | |
| 20 0.0 | | | | | | 00001360 | | |
| 0.0 | 1.0 | 0.1 | 0.96 | 0.15 | 0.94 | 00001370 | | |
| 0.2 | 0.92 | 0.25 | 0.90 | 0.3 | 0.87 | 00001380 | | |
| 0.35 | 0.85 | 0.4 | 0.83 | 0.45 | 0.81 | 00001390 | | |
| 0.5 | 0.78 | 0.55 | 0.76 | 0.6 | 0.72 | 00001400 | | |
| 0.65 | 0.70 | 0.7 | 0.66 | 0.75 | 0.61 | 00001410 | | |
| 0.80 | 0.56 | 0.85 | 0.5 | 0.9 | 0.43 | 00001420 | | |
| 0.95 | 0.31 | 1.0 | 0.0 | | | 00001430 | | |
| 11 0.005 | | | | | | 00001440 | | |
| 0.0 | 0.98 | 0.1 | 0.92 | 0.2 | 0.88 | 00001450 | | |
| 0.3 | 0.82 | 0.4 | 0.76 | 0.5 | 0.70 | 00001460 | | |
| 0.6 | 0.60 | 0.7 | 0.50 | 0.8 | 0.36 | 00001470 | | |
| 0.9 | 0.15 | 1.0 | -0.5 | | | 00001480 | | |
| 11 0.01 | | | | | | 00001490 | | |
| 0.0 | 0.87 | 0.1 | 0.80 | 0.2 | 0.72 | 00001500 | | |
| 0.3 | 0.63 | 0.4 | 0.53 | 0.5 | 0.42 | 00001510 | | |
| 0.6 | 0.29 | 0.7 | 0.10 | 0.8 | -0.5 | 00001520 | | |
| 0.9 | -1.0 | 1.0 | -1.0 | | | 00001530 | | |
| /* | | | | | | 00001540 | | |
| /*009 | | | | | | 00001550 | | |
| /* MAIN STEAM LINE DATA | | | | | | 00001560 | | |
| /* 4.5 | 0.5 | 2154.3 | 3.0E+4 | 1873.3 | | 00001570 | | |
| /* 3.13 | 72.93E+4 | | | | | 00001580 | | |
| /* | | | | | | 00001590 | | |
| 010 | | | | | | 00001600 | | |
| /* LEAK DATA | | | | | | 00001610 | | |
| 2 | 1.0E+4 | 0.6 | 3.3528 | 0.2 | | 00001620 | | |
| | 0.60 | 0.0 | | | | 00001630 | | |
| 4 | | | | | | 00001640 | | |
| 0.0 | 0.0 | 0.0001 | 0.1 | 0.001 | 1.0 | 1.0E5 | 1.0 | 00001650 |
| /* LEAK 2 ADS | | | | | | | | 00001660 |
| 0 | 1.0E+4 | 1.0 | 13.71 | 0.1 | | | | 00001670 |
| 3 | | | | | | | | 00001680 |
| 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0E5 | 1.0 | | | 00001690 |
| /* LEAK 3 SRV | | | | | | | | 00001700 |
| -1 | 1.E+4 | 1.0 | 18.944 | 0.1 | | | | 00001710 |
| 9 | | | | | | | | 00001720 |
| 0.0 | 0.0 | 79.0E4 | 0.0 | 79.8E4 | 400.0 | | | 00001730 |
| 80.4E4 | 800.0 | 81.4E4 | 1200.0 | 87.2E4 | 1200.0 | | | 00001740 |
| 87.9E4 | 1600.0 | 88.9E4 | 1800.0 | 1000.0E4 | 1800.0 | | | 00001741 |
| /* LEAK 4 MAIN STEAM LINE | | | | | | | | 00001750 |
| -1 | 1.E4 | 1.0 | 18.892 | 0.1 | | | | 00001760 |
| 4 | | | | | | | | 00001770 |
| 0.0 | 0.0 | 67.0E4 | 0.0 | 72.552E4 | 1848.07 | | | 00001780 |
| 1000.0E4 | 1848.07 | | | | | | | 00001790 |
| /* | | | | | | | | 00001800 |

```

011
/* FILL DATA
/* J10 FEED WATER
      0.3      0.1      1.0      6.17
-2      0.0      222.84      1000.0      222.84
-4      0.0      1848.07      1.0      1848.07
      4.0      0.0      1000.0      0.0
/*
013
/* LPCI DATA
      1.0      1.0      0.0      0.0
0
93.388
7 / PRESSURE VS. FLOW TABLE
1.00E4 995.48      10.52E4 563.43      11.58E4 497.70
13.69E4 319.27      14.39E4 234.76      15.09E4 46.95
15.10E4 0.0
/*
014
/* LPCS
      2.0      1.0      1.0      10.0
0
93.388
9
1.00E4 440.37      9.63E4 400.34      15.80E4 260.22
17.73E4 200.17      18.61E4 160.14      19.14E4 120.10
19.49E4 80.07      21.42E4 40.03      21.43E4 0.0
/*
015
/* STEAM SEPARATOR EFFICIENCY
5
0.0 0.98 1.0 0.98 18.295 0.98 18.296 0.0 19.044 0.0
/*
016
/* TRIP DATA
-101 1 0 0 0.001 1.E10 / CLOSE VALVE 1 (NOT USED)
-102 6 13 0 1.0E-8 1.E10 / CLOSE VALVE 2 (NOT USED)
-103 -3 2 0 9.382 3. / CLOSE VALVE 3 (MSL)
10 1 0 0 600.0 0. / PROBLEM END TIME
21 1 0 0 0.01 0. / OPEN LEAK 1 (BREAK)
22 -3 2 0 6.547 120. / OPEN LEAK 3 (ADS)
23 1 0 0 0. 0. / OPEN LEAK 4 (SRV)
24 1 0 0 0. 0. / OPEN LEAK 5 (MSL)
31 1 0 0 0.02 0. / TRIP PUMP 1(BREAK SIDE)
32 1 0 0 0.02 0. / TRIP PUMP 2(INTACT SIDE)
41 1 0 0 0. 0. / OPEN FILL 1 (FEED WATER)
71 -3 2 0 6.547 40. / ACTUATE LPCI
81 -3 2 0 6.547 27. / ACTUATE LPCS
/*
017
/* HEAT SLAB CONTROL DATA
17 8 6 4 1 3 0 8 6 6
/*
018
/* HEAT SLAB DATA
/* SLAB 1 ... SLAB 8 FUEL ROD FROM BOTTOM TO TOP
1 0 1 5.349 0.6096 9.7938E-5
2.66333E-2 1.7922E-2 1.7922E-2

```

| | | | | | | |
|--|-------|----------|------------|-----------|------------------|----------|
| 1 | 0 | 1 | 5.9586 | 0.6096 | 9.7938E-5 | 00002400 |
| | | | 2.66333E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002410 |
| 1 | 0 | 1 | 6.5682 | 0.4572 | 7.3454E-5 | 00002420 |
| | | | 1.99748E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002430 |
| 1 | 0 | 1 | 7.0254 | 0.3048 | 4.8969E-5 | 00002440 |
| | | | 1.33165E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002450 |
| 1 | 0 | 1 | 7.3302 | 0.3048 | 4.8969E-5 | 00002460 |
| | | | 1.33165E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002470 |
| 1 | 0 | 1 | 7.6350 | 0.3048 | 4.8969E-5 | 00002480 |
| | | | 1.33165E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002490 |
| 1 | 0 | 1 | 7.9398 | 0.4572 | 7.3454E-5 | 00002500 |
| | | | 1.99748E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002510 |
| 1 | 0 | 1 | 8.3970 | 0.6096 | 9.7938E-5 | 00002520 |
| | | | 2.66333E-2 | 1.7922E-2 | 1.7922E-2 | 00002530 |
| /* SLAB 9 ... SLAB 12 PRESSURE VESSEL FROM BOTTOM TO TOP | | | | | | |
| 1 | 0 | 2 | 0.0 | 3.054 | 10.9 | 00002550 |
| | | | 63.82 | 0.3 | 0.3 | 00002560 |
| 2 | 0 | 2 | 3.054 | 9.824 | 27.67 | 00002570 |
| | | | 127.09 | 0.3 | 0.3 | 00002580 |
| 2 | 0 | 2 | 12.878 | 3.734 | 19.77 | 00002590 |
| | | | 178.00 | 0.3 | 0.3 | 00002600 |
| 2 | 0 | 2 | 16.612 | 5.486 | 11.95 | 00002610 |
| | | | 63.82 | 0.3 | 0.3 | 00002620 |
| /* SLAB 13 CORE SHROUD (LOWER PLENUM AND BYPASS PART) | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 3.054 | 6.081 | 6.77 | 00002630 |
| | | | 125.88 | 0.3 | 0.3 | 00002650 |
| | | | 125.88 | 0.3 | 0.3 | 00002660 |
| /* SLAB 14 CORE SHROUD (UPPER PLENUM PART) | | | | | | |
| 1 | 2 | 4 | 9.135 | 6.766 | 8.10 | 00002680 |
| | | | 213.31 | 0.3 | 0.3 | 00002690 |
| | | | 213.31 | 0.3 | 0.3 | 00002700 |
| /* SLAB 15,16 PIPE | | | | | | |
| 3 | 0 | 5 | -4.267 | 12.354 | 2.92 | 00002720 |
| | | | 119.66 | 0.3 | 0.3 | 00002730 |
| 4 | 0 | 5 | -4.267 | 12.354 | 2.92 | 00002740 |
| | | | 119.66 | 0.3 | 0.3 | 00002750 |
| /* SLAB 17 VESSEL INTERNALS IN LOWER PLENUM | | | | | | |
| 1 | 0 | 6 | 0.0 | 5.197 | 3.143 | 00002770 |
| | | | 86.68 | 0.3 | 0.3 | 00002780 |
| /* | | | | | | |
| 019 | | | | | | |
| /* CORE DATA | | | | | | |
| 1 | 37436 | 0.083675 | 1.0 | 0.083675 | / BOTTOM OF CORE | 00002820 |
| 2 | 37436 | 0.170728 | 1.0 | 0.170728 | / | 00002830 |
| 3 | 37436 | 0.175629 | 1.0 | 0.175629 | / | 00002840 |
| 4 | 37436 | 0.123913 | 1.0 | 0.123913 | / | 00002850 |
| 5 | 37436 | 0.116548 | 1.0 | 0.116548 | / | 00002860 |
| 6 | 37436 | 0.102909 | 1.0 | 0.102909 | / | 00002870 |
| 7 | 37436 | 0.129439 | 1.0 | 0.129439 | / | 00002880 |
| 8 | 37436 | 0.097159 | 1.0 | 0.097159 | / TOP OF CORE | 00002890 |
| /* | | | | | | |
| 020 | | | | | | |
| /* SLAB GEOMETRY DATA | | | | | | |
| /* GEOMETRY 1 FUEL ROD | | | | | | |
| 2 | 3 | | | | | 00002930 |
| 0 | 1 | 0 | | | | 00002950 |
| 1 | 1 | 2 | | | | 00002960 |
| 5 | 1 | 1 | | | | 00002970 |
| | | | 6.1176E-3 | 2.198E-4 | 8.138E-4 | 00002980 |
| | | | 10410. | 0.0 | 6550.0 | 00002990 |

```

1.0      0.0      0.0
1.0      0.0      0.0
/* GEOMETRY 2      PRESSURE VESSEL
1      1
0
3
3
0.1219
7900.0
1.0
1.0
/* GEOMETRY 3      CORE SHROUD
1      1
0
4
3
0.0518
7900.0
1.0
1.0
/* GEOMETRY 4      UPPER PLENUM PART OF CORE SHROUD
1      1
0
4
3
0.0381
7900.0
1.0
1.0
/* GEOMETRY 5      PIPE
1      1
0
4
2
0.024
7900.0
1.0
1.0
/* GEOMETRY 6      VESSEL INTERNALS IN LOWER PLENUM
1      1
0
4
3
0.0191
7900.0
1.0
1.0
/*
021
/* MATERIAL PROPERTIES
/* CONDUCTIVITY (UO2,ZR,CARBON-STEEL,STAINLESS-STEEL)
8
0.0      1.381E-3      260.0      1.381E-3      593.3      9.268E-4      00003510
926.9      7.127E-4      1260.0      6.023E-4      1704.4      5.469E-4      00003520
2260.0      5.812E-4      2815.6      7.151E-4
7
0.0      3.229E-3      100.0      3.304E-3      200.0      3.393E-3      00003550
400.0      3.944E-3      600.0      4.658E-3      900.0      5.774E-3      00003560
1400.0      9.003E-3
5
00003000
00003010
00003020
00003030
00003040
00003050
00003060
00003070
00003080
00003090
00003100
00003110
00003120
00003130
00003140
00003150
00003160
00003170
00003180
00003190
00003200
00003210
00003220
00003230
00003240
00003250
00003260
00003270
00003280
00003290
00003300
00003310
00003320
00003330
00003340
00003350
00003360
00003370
00003380
00003390
00003400
00003410
00003420
00003430
00003440
00003450
00003460
00003470
00003480
00003490
00003491
00003500
00003510
00003520
00003530
00003540
00003550
00003560
00003570
00003580

```

| | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------|----------|--------|----------|----------|-------|-----|-------|----------|
| 0.0 | 1.240E-2 | 100.0 | 1.219E-2 | 200.0 | 1.170E-2 | 00003590 | | | | |
| 300.0 | 1.100E-2 | 400.0 | 1.021E-2 | | | 00003600 | | | | |
| 2 | | | | | | 00003610 | | | | |
| 93.3 | 3.443E-3 | 648.9 | 5.341E-3 | | | 00003620 | | | | |
| /* SPECIFIC HEAT CAPACITY (UO2,ZR,CARBON-STEEL,STAINLESS-STEEL) | | | | | | 00003630 | | | | |
| 8 | | | | | | 00003640 | | | | |
| 0.0 | 0.053 | 100.0 | 0.063 | 200.0 | 0.067 | 00003650 | | | | |
| 400.0 | 0.072 | 1100.0 | 0.079 | 1700.0 | 0.087 | 00003660 | | | | |
| 2600.0 | 0.151 | 2840.0 | 0.156 | | | 00003670 | | | | |
| 3 | | | | | | 00003680 | | | | |
| -32.0 | 6.94E-2 | 805.0 | 8.43E-2 | 1927.0 | 8.43E-2 | 00003690 | | | | |
| 4 | | | | | | 00003700 | | | | |
| 54.4 | 0.115 | 232.2 | 0.126 | 326.7 | 0.136 | 00003710 | | | | |
| 426.7 | 0.157 | | | | | 00003720 | | | | |
| 4 | | | | | | 00003730 | | | | |
| 20.0 | 0.107 | 204.4 | 0.125 | 426.7 | 0.134 | 00003740 | | | | |
| 871.1 | 0.154 | | | | | 00003750 | | | | |
| /* GAP CONDUCTANCE | | | | | | 00003760 | | | | |
| 2 | | | | | | 00003770 | | | | |
| 0.0 | 1.3565 | 3000.0 | 1.3565 | | | 00003780 | | | | |
| /* | | | | | | 00003790 | | | | |
| 022 | | | | | | 00003800 | | | | |
| /* OTHER CORE DATA | | | | | | 00003810 | | | | |
| 1 | | | | | | 00003820 | | | | |
| 8.09356E+5 | | | | | | 00003830 | | | | |
| 116.0 | | | | | | 00003840 | | | | |
| /* SCRAM REACTIVITY TABLE | | | | | | 00003850 | | | | |
| 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 1.075 | -0.4 | 1.6 | -4.0 | 2.7 | -10.0 | 00003860 |
| 5.7 | -28.1 | 8.0 | -30.0 | 1000.0 | -30.0 | | | | | 00003870 |
| /* VOID FEEDBACK TABLE | | | | | | 00003880 | | | | |
| 0.0 | 0.0 | 0.2 | -3.1 | 0.4 | -6.8 | 0.6 | -10.5 | 0.8 | -14.1 | 00003890 |
| 1.0 | -17.8 | | | | | | | | | 00003900 |
| /* DOPPLER FEEDBACK TABLE | | | | | | 00003910 | | | | |
| -32.0 | 1.85 | 538.0 | 0.0 | 1093.0 | -1.71 | 1649.0 | -3.0 | | | 00003920 |
| 2204.0 | -4.28 | 2760.0 | -5.43 | | | | | | | 00003930 |
| 999 | | | | | | | | | | 00003960 |
| /* | | | | | | 00003970 | | | | |