

もんじゅPRA —— プラント応答定量評価 (II)

補助冷却設備による崩壊熱除去解析

1988年10月

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

もんじゅPRA-プラント応答定量評価(Ⅱ)
補助冷却設備による崩壊熱除去解析

山口彰¹、長谷川俊行²

要 旨

原型炉の崩壊熱除去系である補助冷却設備(ACS)の自然循環除熱性能をプラントシステムコードSSC-Lにより評価した。もんじゅPRAのシステム解析によれば、除熱失敗(PLOHS)事故の発生頻度に寄与する最大の要因として共通原因故障による全ループのACS出口止め弁開失敗事象が摘出されている。本研究では、その事象に対して、回復操作によって崩壊熱除去に成功する規準を求めている。

ACS出口止め弁にはバイパス弁が設置されており、2ループ以上のバイパス弁を手動で開とすれば自然循環崩壊熱除去に成功するとの結論を得た。感度解析により、開操作のための時間余裕は十分にあること、圧損係数の不確定性を考慮してもこの結論を支持できることを示した。なお、出口止め弁開成功時には、1ループのみで自然循環崩壊熱除去が可能である。

本研究により、SSC-Lを用いて自然循環時の除熱特性を定量的に評価できることが示された。例えば、自然循環時の除熱性能は、崩壊熱と除熱量の収支に加えてプラントシステムの熱容量によって大きく左右される、除熱に利用できる主冷却系ループ数が少ない場合には1ループ当りの冷却材流量や除熱量が増加する、除熱量は冷却材温度に依存するため高温条件では実効的な除熱容量は設計値よりも大きくなる等の特性が解析された。

1 大洗工学センター安全工学部原子炉工学室

2 カスタマエンジニアーズ株式会社

Analysis of Plant Thermohydraulic Response for the Monju PRA Study:
Evaluation of Decay Heat Removal Capability of
Auxiliary Cooling System

Akira YAMAGUCHI¹ and Toshiyuki HASEGAWA²

ABSTRACT

In the Probabilistic Risk Assessment (PRA) of Monju, annual frequency of core damage was evaluated by the systems analysis for each accident category. Common mode or cause failure to open the stop valves of Auxiliary Cooling System (ACS) was found to be the most dominant contributor to the core damage frequency caused by Protected-Loss-Of-Heat-Sink (PLOHS) accidents. In this study, possibility of the recovery from the PLOHS condition by opening bypass valves has been investigated using Loop version of Super System Code (SSC-L). The bypass valve is located in parallel to the stop valve of ACS. Success criterion for the recovery has been proposed and general characteristics of the natural circulation decay heat removal have been pointed out.

Opening of the bypass valve in more than two loops is the proposed criterion for the successful decay heat removal by natural circulation. Based on a sensitivity analysis, it has been found that the grace time for the recovery action is sufficiently long. Upper bound of the pressure loss coefficient of the bypass valve has been also selected as a parameter for the sensitivity analysis to check the certainty of the conclusion. It has been found that the conclusion is supported within the uncertainty range of the pressure loss coefficient.

In the situations where the stop valves are opened successfully, the decay heat can be removed by one loop natural circulation. Furthermore, the maximum coolant temperature reduces considerably by taking into account the mass heat capacity of the remaining two loops.

The decay heat removal characteristics in the natural circulation mode are summarized as follows:

- (1) As the number of available heat transport loops lessens, the mass flow rate and heat removal capability per loop decreases.
- (2) The maximum coolant temperature is sensitive to the mass heat capacity of the plant system. Therefore, availability of the fluid and structural mass heat capacity should be investigated carefully for the plant response analysis.
- (3) Heat removal capability by the natural circulation depends on the system temperature. Therefore, it increases considerably during the PLOHS accidents where the coolant temperature is higher than normal operating conditions.

1 Reactor Engineering Section, O-arai Engineering Center

2 Customer Engineering Company

目次

1	序論	1
1-1	本研究の目的	1
1-2	もんじゅPRAにおけるプラント熱流動応答解析	2
2	補助冷却設備の解析モデル	7
2-1	補助冷却設備の設計方針	7
2-2	ACSの起動シーケンス	8
2-3	弁類の圧損特性	9
2-4	SSC-Lによるモデル化	10
3	ACSによる崩壊熱除去解析	25
3-1	事故シナリオともんじゅの崩壊熱除去機能	25
	(1) 事故シナリオ	25
	(2) 除熱成功基準	25
	(3) 崩壊熱除去機能	26
3-2	解析条件の選定	26
3-3	自然循環による崩壊熱除去	27
	(1) 3ループ自然循環解析(ケース1)	28
	(2) 2ループ自然循環解析(ケース2)	28
	(3) 1ループ自然循環解析(ケース3及びケース9)	28
3-4	バイパス弁側流路による崩壊熱除去	29
	(1) 3ループバイパス弁全開時の自然循環解析(ケース4)	30
	(2) 2ループバイパス弁全開時の自然循環解析(ケース5)	31
	(3) 1ループバイパス弁全開時の自然循環解析(ケース6)	32
	(4) 3ループバイパス弁全閉時の自然循環解析(ケース7)	32
	(5) 1ループバイパス弁全開時の自然循環解析の保守性の検討(ケース8)	33
3-5	不確定要因の検討	34
	(1) バイパス弁開時刻の影響	34
	(2) バイパス弁の圧損係数の影響	35
3-6	解析結果のまとめと崩壊熱除去成功条件	36
	(1) 解析結果のまとめ	36
	(2) 崩壊熱除去成功条件	37

4	結論	81
5	謝辞	83
6	参考文献	83

付録1 S S C - L 入力データ

表リスト

第2章

- 表2-1 補助冷却設備の設備仕様
- 表2-2 補助冷却設備空気冷却器の設備仕様
- 表2-3 補助冷却設備主要配管の設備仕様
- 表2-4 補助冷却設備出口止め弁の設備仕様
- 表2-5 ACSの入力データ

第3章

- 表3-1 解析条件一覧
- 表3-2 PLOHSの事象進展（ACS空気冷却器出口止め弁開成功）
- 表3-3 PLOHSの事象進展（ACS空気冷却器出口止め弁開失敗）
- 表3-4 原子炉容器出口及び炉心各チャンネルの冷却材最高温度と到達時刻
- 表3-5 準定常到達後の冷却材流量
- 表3-6 準定常到達後の空気冷却器除熱量

図リスト

第1章

- 図1-1 高速炉事象分類と機能イベントツリー
- 図1-2 もんじゅPRAにおけるプラント応答定量評価研究の位置づけ

第2章

- 図2-1 補助冷却設備系統説明図
- 図2-2 補助冷却設備空気冷却器説明図
- 図2-3 補助冷却設備空気冷却器本体構造説明図
- 図2-4 空気冷却器出口止め弁C_v値特性
- 図2-5 空気冷却器出口止め弁バイパス弁のC_v値特性
- 図2-6 原子炉容器出入口と空気冷却器出入口冷却材温度（14チャンネルモデル）
- 図2-7 原子炉容器出入口と空気冷却器出入口冷却材温度（4チャンネルモデル）
- 図2-8 原子炉容器出入口と空気冷却器出入口冷却材温度（1チャンネルモデル）

第3章

- 図3-1 もんじゅの崩壊熱の時間変化
- 図3-2 もんじゅの崩壊熱の時間積分値
- 図3-3 原子炉容器出入口冷却材温度（ケース1）

- 図3-4 全炉心冷却材流量 (ケース1)
- 図3-5 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース1)
- 図3-6 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース1)
- 図3-7 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース2)
- 図3-8 全炉心冷却材流量 (ケース2)
- 図3-9 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース2)
- 図3-10 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース2)
- 図3-11 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース3)
- 図3-12 全炉心冷却材流量 (ケース3)
- 図3-13 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース3)
- 図3-14 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース3)
- 図3-15 原子炉容器出入口冷却材温度長時間挙動 (ケース3)
- 図3-16 全炉心及び2次系冷却材流量長時間挙動 (ケース3)
- 図3-17 A C S 空気冷却器出入口冷却材温度長時間挙動 (ケース3)
- 図3-18 A C S 空気冷却器出入口空気温度長時間挙動 (ケース3)
- 図3-19 第1ループ原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース9)
- 図3-20 第2ループ原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース9)
- 図3-21 全炉心冷却材流量 (ケース9)
- 図3-22 1次系冷却材流量 (ケース9)
- 図3-23 A C S 空気冷却器出入口冷却材温度 (ケース9)
- 図3-24 2次系冷却材流量 (ケース9)
- 図3-25 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース4)
- 図3-26 全炉心冷却材流量 (ケース4)
- 図3-27 I H X 1次系出入口冷却材温度 (ケース4)
- 図3-28 I H X 2次系出入口冷却材温度 (ケース4)
- 図3-29 1次系冷却材流量 (ケース4)
- 図3-30 2次系冷却材流量 (ケース4)
- 図3-31 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース4)
- 図3-32 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース4)
- 図3-33 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース5)
- 図3-34 全炉心冷却材流量 (ケース5)
- 図3-35 I H X 1次系出入口冷却材温度 (ケース5)
- 図3-36 I H X 2次系出入口冷却材温度 (ケース5)
- 図3-37 1次系冷却材流量 (ケース5)

- 図3-38 2次系冷却材流量(ケース5)
- 図3-39 ACS空気冷却器除熱量(ケース5)
- 図3-40 ACS空気冷却器除熱量積算値(ケース5)
- 図3-41 原子炉容器出入口冷却材温度(ケース6)
- 図3-42 全炉心及び2次系冷却材流量(ケース6)
- 図3-43 ACS空気冷却器除熱量(ケース6)
- 図3-44 ACS空気冷却器除熱量積算値(ケース6)
- 図3-45 原子炉容器出入口冷却材温度(ケース7)
- 図3-46 全炉心冷却材流量(ケース7)
- 図3-47 2次系冷却材温度(ケース7)
- 図3-48 1次系及び2次系冷却材流量(ケース7)
- 図3-49 ACS空気冷却器除熱量(ケース7)
- 図3-50 ACS空気冷却器除熱量積算値(ケース7)
- 図3-51 原子炉容器出入口冷却材温度(ケース8)
- 図3-52 全炉心冷却材流量(ケース8)
- 図3-53 1次主冷却系冷却材流量(ケース8)
- 図3-54 2次主冷却系冷却材流量(ケース8)
- 図3-55 IHX1次系出入口冷却材温度(ケース8)
- 図3-56 ACS空気冷却器出入口冷却材温度(ケース8)
- 図3-57 ACS空気冷却器除熱量(ケース8)
- 図3-58 ACS空気冷却器除熱量積算値(ケース8)
- 図3-59 原子炉容器出入口冷却材温度(30分後にバイパス弁開)
- 図3-60 全炉心冷却材流量(30分後にバイパス弁開)
- 図3-61 ACS空気冷却器除熱量(30分後にバイパス弁開)
- 図3-62 ACS空気冷却器除熱量積算値(30分後にバイパス弁開)
- 図3-63 原子炉容器出入口冷却材温度($\zeta = 5.5$)
- 図3-64 2次系冷却材流量($\zeta = 5.5$)
- 図3-65 ACS空気冷却器除熱量($\zeta = 5.5$)
- 図3-66 ACS空気冷却器除熱量積算値($\zeta = 5.5$)
- 図3-67 主冷却系冷却材流量とAvailableなループ数の関係(ケース1~3)
- 図3-68 主冷却系冷却材流量とAvailableなループ数の関係(ケース1~4)
- 図3-69 主冷却系流量に関する除熱成功マップ
- 図3-70 除熱量と冷却材最高温度の関係

付録

- 図1 代表ループ1の5番ファイル入力データ
- 図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ
- 図3 代表ループ1の4番ファイル入力データ
- 図4 代表ループ2の4番ファイル入力データ

1 序論

1-1 本研究の目的

高速増殖炉原型炉「もんじゅ」の確率論的リスクアセスメント（PRA）の一環として、「もんじゅ」プラント熱流動応答評価研究を実施している。本研究により、起因事象進展防止の成功基準を決定して炉心損傷発生頻度の定量化を一層現実的に行うこと、さらに、炉心損傷過程の初期条件を定義することが可能となる。解析評価の対象としている高速炉の事故事象分類を、図1-1に示す。その中から崩壊熱除去機能の喪失（PLOHS: Protected Loss-of-Heat-Sink）に着目して、プラント応答解析を実施する。PLOHSは、いわゆるスクラム成功事故の一つに分類され、一般に、事象の進展は緩慢であると考えられているが、全炉心溶融発生頻度に対するPLOHS事象の寄与が大きいことは従来より指摘されている[1]。

PLOHS時には、原子炉はスクラムして崩壊熱レベルにあるが、なんらかの原因により最終ヒートシンクが利用できず、炉心で発生した崩壊熱の除去が行われない。その原因に応じて、空気冷却器等の熱交換器において除熱がなされないタイプと、熱交換器までの冷却パスが確保されないタイプとにPLOHS事象は分類される。前者に対しては必要除熱容量をより現実的に評価することにより、小容量ではあるとしても代替崩壊熱除去手段となりうる除熱源を検討している。このとき、熱輸送系としてアベイラブルな主冷却系ループ数に応じてプラント熱容量が異なるため、事象の進展速度にも差異が生じる。後者に対しては、他の冷却パスを確保することができないかを検討することとなる。すなわちPLOHS時の修復(Recovery)操作としては

(1) PLOHSの原因そのもの（機器）を除去（修復する）する

(2) 他の除熱源を利用する

- ・ メインテナンス冷却系によって除熱する
- ・ 配管や機器からの放熱効果を考慮する

(3) 他の冷却パスを利用する

- ・ 空気冷却器出口止め弁バイパス弁を手動で開ける
- ・ メインテナンス冷却系を利用する

が考えられる。

(1)は、原因そのものを除去することが可能であるか、及びその修復操作のためにどれだけの時間が利用できるかがポイントになる。(2)、(3)の中で、メインテナンス冷却系の利用は、PLOHS

事象のみでなく、液位確保失敗（LORL）事象に対してもきわめて有効な手段であることが示されている [2]。機器等からの放熱効果を考慮するためには、放熱量の定量的な検討が必要であり、別途報告予定である。放熱量を定量評価するためのモデルは既に関連されており、SSCコードに組み込まれている [3]。本報告書では、(3)の冷却パスが確保されない事象に対する対策と修復操作の成功基準を検討する。また、あわせて、出口止め弁開に成功した場合の自然循環崩壊熱除去性能の評価も実施している。

冷却パスが確保されないような事象の中でも特に共通原因/共通モードによる補助炉心冷却系（ACS）の空気冷却器出口止め弁開失敗は注目すべきシーケンスである。この事象の全炉心溶融発生頻度に対する寄与は30%以上にも達する結果が報告されている [4]。この共通原因故障に対して、空気冷却器出口止め弁バイパス弁を手動操作によって開にすることによって自然循環崩壊熱除去を達成することが可能である。このバイパス弁は通常運転時にも空気冷却器内の冷却材の凍結を防止する目的で50%の開度に維持されている。本研究では、このときの自然循環除熱に必要なループ数、バイパス弁開度（100%、50%、0%）、開操作を行う時刻をパラメータとしてACS出口止め弁バイパス弁手動開操作による崩壊熱除去の成立性を検討することにより、PLOHS時の修復操作の成功基準を提案する。プラント応答解析結果に基づく崩壊熱除去成功基準の提案により、もんじゅの崩壊熱除去の信頼性を精度良く計算することが可能となる。

本報告書の第1章2節では、本研究のPRA全体の中での位置づけを述べる。第2章では、ACSの概要とSSC-Lによる解析モデル化を示す。第3章では解析結果とACSによる崩壊熱除去の成功基準を示す。第4章には結論を述べる。

1-2 もんじゅPRAにおけるプラント熱流動応答解析

もんじゅPRAのために「高速増殖炉システム安全解析」が進められてきており、これまでに、もんじゅ起因事象の総合評価と定量化 [5]、もんじゅプラントのイベントツリー/フォールトツリーの作成及び定量化、故障データベースの構築、共通原因故障、人的因子、火災などによる相互干渉効果も含めた定量評価、不確定性解析が実施されてきた [1]。このイベントツリーの定量化によって得られる全炉心溶融確率を分析すれば、リスクの観点から重要な事象シーケンスを抽出することができる。

さて、イベントツリーの構築を行なうためには、各起因事象に引き続いての事象進展の分析がなされなければならない。そして、その起因事象に対するプラント熱流動応答解析の結果に基づいて、

事象進展防止の成功基準を決定することにより、炉心損傷発生頻度の定量化を一層現実的に行うことが可能となる。さらに、炉心損傷の物理過程を解析してリスクを定量化するためには、プラント熱流動応答解析の結果より炉心損傷過程の初期条件を定義する必要がある。このような目的のために「もんじゅ」のプラント熱流動応答評価研究を実施している。以下にもんじゅPRAの全体の枠組みの中におけるプラント応答評価研究の位置づけと役割について述べる。

PRAで検討される広範な起因事象の進展の分析は現実的な仮定の基になされなければならないが、これまでに安全審査や設計評価の段階で実施されてきた、比較的安全裕度が大きいと考えられる解析結果も利用する必要がある。許認可におけるプラント応答解析の目的は、各種パラメータの不確定性を考慮しても解析結果が安全要求を満足していることを示すことであり、主として設計基準範囲内の事象を対象とする。一方、安全評価は、想定され得る全ての事故想定をカテゴリー化して、その代表事象の推移を現実的に評価することを目的とする。様々な不確定性は各パラメータを確率変数として取り扱うこと等によって考慮できる。安全裕度が大きい許認可解析結果に基づいて炉心損傷確率を評価した場合には、その結果は過大評価になりがちである。従って、確率論的安全評価において、リスクの観点から重要な事象シーケンスを抽出するためには、これらの過大な保守性を分析した上で最も確からしい評価を与えておくことが前提になる。これにより、ある起因事象の事故への進展を防止するために、現実的にとりうる対策を検討するための材料を提供し、緊急時の操作手順の検討等に利用することもできる。

このような理由から、システム解析の結果に基づきリスクの観点から重要であると判断された事象シーケンスに対しては、現実的な仮定の基にプラント応答を詳細評価することが要請される。もんじゅPRAにおけるプラント応答評価研究の位置づけを図1-2に示す。プラント応答評価研究では、システム解析より得られるイベントツリーや事故シーケンスの定量化結果を承けて、リスクの観点から重要であると判断される事象を中心として事象進展を解析する。その解析結果に基づいて得られる、事故の拡大防止成功の判断基準やイベントツリーの改訂に関する提言はシステム解析へとフィードバックされ、イベントツリーの定量化が再び、より詳細に行われることになる。一方、起因事象が発生した後の事象の進展の分析の結果は、燃料が破損するとか、あるいは静的な冷却材バウンダリが破損するなどによって、物質の移動が開始するときの初期条件を与える。これらの情報は炉心損傷過程の解析あるいは格納容器応答解析に対する入力情報を提供する。すなわち、プラント応答評価研究の目的は、以下のようにまとめられる。

- (1)各種起因事象に対する事象進展の初期過程の解析手法の開発・整備

(2)高速増殖原型炉「もんじゅ」のプラント熱流動応答の定量評価

(3)事故の拡大防止成功の判断基準の詳細検討

(4)以上の結果に基づくイベントツリーの再検討

(5)炉心損傷解析に必要な情報の提供

解析手段としては、プラント動特性解析コードSSC-L [3]を用いる。SSC-Lは、高速炉の安全評価のために各種解析モデルの開発・高度化がなされており、事故の初期過程におけるプラント熱流動応答を詳細に定量化し、事故時の事象推移をより精度良く評価することができる。その結果を用いれば、イベントツリーを再検討し、炉心溶融確率を再評価することが可能となり、リスクに寄与する重要な事象シーケンスとその寄与度が明らかになる。詳細な解析では、システム解析によってリスクに対する寄与が無視できないことが明らかにされた事象シーケンスの全てを評価の対象とする。

Functional Event Tree of LMFBR Monju

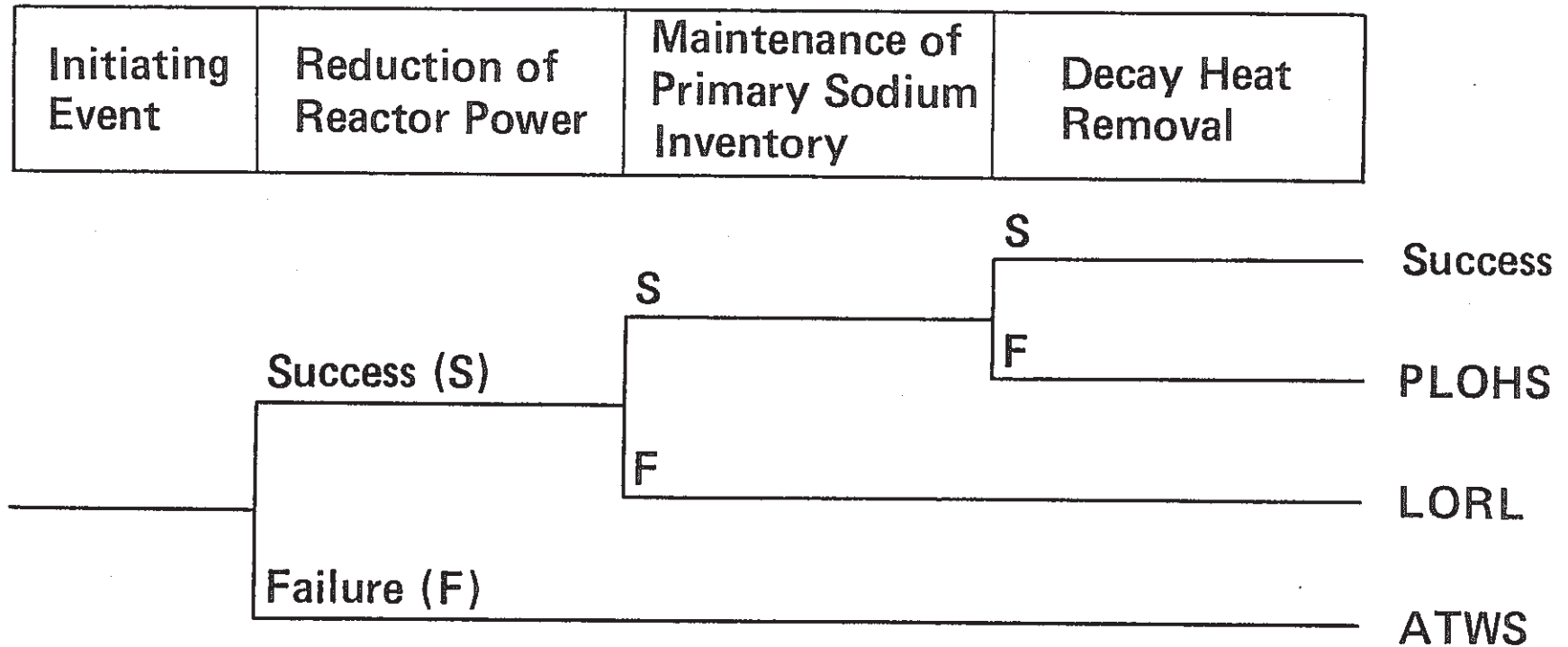


図 1 - 1 高速炉の事故事象分類と機能イベントツリー

Monju PRA Procedure

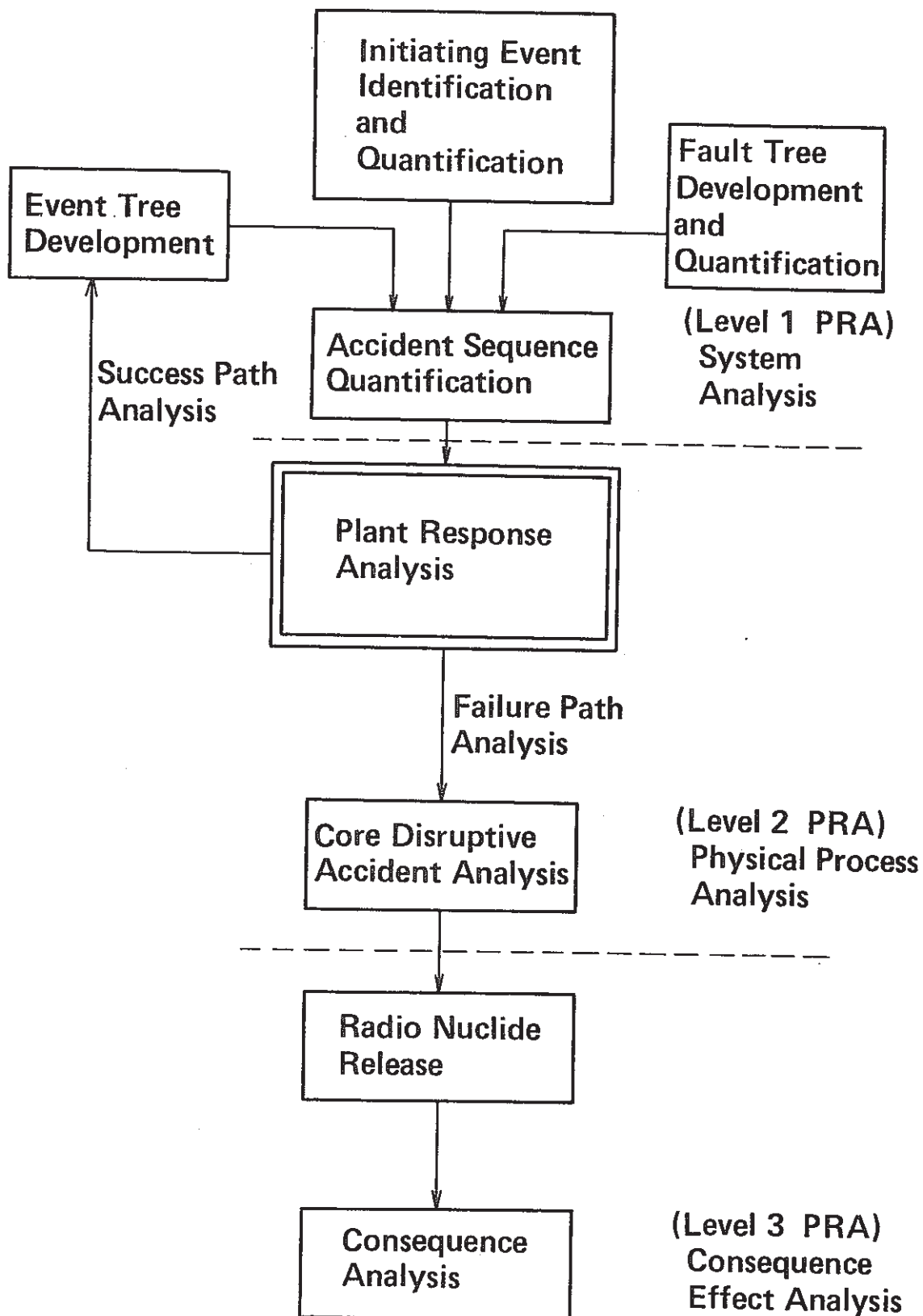


図 1 - 2 もんじゅ PRA におけるプラント応答定量評価研究の位置づけ

2 補助冷却設備の解析モデル

2-1 補助冷却設備の設計方針

もんじゅの補助冷却設備（ACS）[6]は図2-1に示されるように、ACS空気冷却器、ACS配管、及び弁類、支持構造物、ナトリウム漏洩検出設備、予熱保温設備等で構成され、原子炉補助建物内に設置されている。ACSは主冷却設備より分岐する形式となっており、蒸気発生器と並列にACS空気冷却器が配置されている。ACS運転時は1次主冷却系中間熱交換器を介して、1次冷却材の熱を2次冷却材に伝え、この熱をACS空気冷却器により大気に放散させる。

その基本的な機能は以下の通りである。『1次主冷却系設備及び2次主冷却系設備の一部とあいまって、原子炉の停止（低温停止、燃料交換、メンテナンス）時、及び運転時の異常な過渡変化時、事故時の原子炉停止時に核分裂生成物の崩壊熱及び他の残留熱を除去して炉心の冷却を行う。特に、1次冷却材漏洩事故を含む想定されるこれら事故に対して燃料の重大な損傷を防止する。』

また、以下の安全上の設計要求を満足している。

- (1) 1次、2次主冷却系循環ポンプのポニーモータ及びACSの動的機器は各グループごとに独立した非常用電源に接続し、系統の安全機能が達成できる設計とする、
- (2) ACSは相互に独立な3系統で構成し、それぞれ適切な除熱能力をもたせている。従って、1系統のみの運転で燃料の重大な損傷を防止でき、単一故障を想定しても所定の機能を達成できる設計とする、
- (3) 炉心と1次主冷却系中間熱交換器、1次主冷却系中間熱交換器とACS空気冷却器の各々の伝熱中心差を適切にとる設計となっており、さらにACS空気冷却器出口ダクトは適切に長くする設計となっており、自然循環により原子炉の炉心から核分裂生成物の崩壊熱及び他の残留熱を除去できる設計とする、

ACS空気冷却器は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時、事故時の原子炉停止時にACS1系統に1基の空気冷却器が設置され、多数本のフィン付き伝熱管を配列した空気冷却器本体と、この空気冷却器本体に空気を送り込む送風設備（送風機、電動機、ダンパー、ダクト等）から構成される。

図2-1に、もんじゅのACSの概略図を示す。ACS空気冷却器出口には出口止め弁が設置されており、ACS起動時にこの弁が自動的に開とされる。この弁と並列に流量調節弁（バイパス弁）が設置されており、空気冷却器の温度を一定に維持する目的で微小流量が定格運転時にも流されて

いる。表 2-1 に ACS の設備仕様 [6] を示す。表 2-2 には ACS 空気冷却器の設備仕様を示す。除熱容量は 1 ループ当り約 15 MW である。表 2-3 と表 2-4 にはそれぞれ ACS 配管と出口止め弁の仕様を示す。図 2-2 には空気冷却器全体図を示す。図 2-3 には空気冷却器本体を示す。

2-2 ACS の起動シーケンス

ACS の起動シーケンスを簡単に示す。

通常原子炉停止操作時

通常の停止操作の場合、崩壊熱及び他の残留熱は、原子炉停止直後、1 次、2 次主冷却系循環ポンプの主モータ運転により蒸気発生器より除熱され、最終的には復水器より海水に放熱される。その後必要に応じて原子炉を低温停止状態に移行する際には 1 次、2 次主冷却系循環ポンプを主モータ運転からポニーモータ運転に切り換え、ACS で除熱する。

原子炉トリップ時

運転時の異常な過渡変化にともなう原子炉トリップ時には、1 次、2 次主冷却系循環ポンプをトリップするとともに、1 次、2 次主冷却系循環ポンプポニーモータを起動させる。1 次、2 次主冷却系循環ポンプがコストダウンして所定回転数になれば、クラッチが自動的に連結され、以後一定回転数の低速運転に移行する。一方、2 次冷却材の流路は蒸気発生器入口止め弁を閉じ、空気冷却器出口止め弁をあけることにより、主流路を ACS 側に切り換える。この状態で空気冷却器側へは 2 次冷却材の定格流量の約 6 % が確保される。

空気冷却器に関しては、直ちに空気冷却器用の送風機が起動するとともに空気冷却器出入口ダンパが開かれる。その後空気冷却器用送風機のベーン開度及び出口ダンパ開度を調節することにより、空気冷却器出口ナトリウム温度の制御を開始する。

なお、ACS が起動中または崩壊熱除去運転中に、1 次または 2 次主冷却系循環ポンプポニーモータが停止した場合、当該ループの 1 次及び 2 次冷却材の循環を停止させるとともに ACS も停止させる。

以上の運用によって、燃料の許容設計限界、原子炉冷却材バウンダリの健全性を損なわないように崩壊熱及び他の残留熱を除去する設計となっている。

事故時の原子炉トリップ

事故時に於いても原子炉がトリップされた後は、1 次、2 次主冷却系循環ポンプはポニーモータ

による低回転数運転に引き継ぎ、補助冷却設備により崩壊熱及び他の残留熱を除去するが、これらは1系統のみの運転で燃料の重大な損傷を防止できる除熱容量を有している。また1次冷却材漏洩事故に対しても原子炉ガードベッセル等により冷却材を確保し、炉心冷却機能が確保できる設計となっている。

2-3 弁類の圧損特性

崩壊熱除去運転時には空気冷却器出口止め弁が開けられる。この開操作に失敗した場合に、通常運転時に空気冷却器におけるナトリウムの凍結を防止するためにリーク流量を流しておく目的で設置されている出口止め弁バイパス弁を通して冷却パスを確保することが可能であると考えられる。ここではその可能性を検討するわけであるが、先ず、これらの弁の圧損特性を明らかにしておく。このバイパス弁は常時開度50%に維持されている。ただし、この場合には熱損失を最小化するために圧損は極めて大きく設定してある。この圧損を以下の通りにモデル化する。

一般に調節弁のサイズを決定する手段としてCv値が使われる。Cv値はバルブの持つ流量係数であり、バルブ前後の差圧を1psiに保って、流体が1分間に通過するガロン数で定義される。すなわち

$$Cv = \frac{1.17 V \sqrt{G}}{\sqrt{(P_1 - P_2)}} \quad (1)$$

ここでVは流体流量 (m³/Hr)、Gは液体比重 (水=1)、P₁とP₂はそれぞれ入口側と出口側の圧力 (kg/cm²・abs) である。

もんじゅの空気冷却器出口止め弁のCv値特性を図2-4に示す。また、バイパス弁のCv値特性を図2-5に示す。Cv値を次式で定義されるとに換算すると次式を得る。

$$\Delta P = \zeta \frac{\rho}{2g} v^2 \quad (2)$$

ただしvは配管内流速とする。従って、質量流量Wを用いれば、

$$\Delta P = \zeta \frac{1}{2\rho A^2} W^2 \quad (3)$$

である。

もんじゅの熱過渡解析用データによれば、ACSを含む2次系の圧損のノミナル値は、ACS分岐点から空気冷却器入口までは0.0167 kg/cm²、空気冷却器本体が0.0415 kg/cm²、空気

冷却器出口からミキシングティーまでは 0.0244 kg/cm^2 である。バイパス弁の圧損係数は弁開度 50% で $\zeta = 200.0$ 、弁開度 100% で $\zeta = 4.0$ である。弁開度 100% における設計保証値は $\zeta = 5.55$ である。また、もんじゅの場合には配管内径は 81.1 mm である。

2-4 SSC-Lによるモデル化

本解析では、4チャンネル炉心モデルを採用している。各チャンネルは、燃料集合体、径方向ブランケット、制御棒と反射体、バイパス領域に対応している。以下に4チャンネルモデルを用いたことの妥当性を示す。14チャンネル炉心モデルを用いたPLOHS解析[7]によれば、昇温過程では炉心で発生した崩壊熱は、安定な自然循環によって熱輸送系全体に分散されること、炉心において局所的な高温領域や沸騰領域は生じないことが示されている。従って、長期的なPLOHSの解析では熱輸送系での温度分布に注目することが重要である。図2-6と2-7、2-8にそれぞれ、14チャンネル、4チャンネル、1チャンネルで炉心をモデル化してPLOHS事故を解析して得られた原子炉容器出入口と空気冷却器出入口のナトリウム温度を示す。PLOHS時の長期的な除熱性能評価において注目すべき熱輸送系の温度分布に関して言えば、4チャンネルモデルと14チャンネル詳細モデルとの差はないことがわかる。従って本解析において詳細な炉心モデルを採用する利益はないと考え、解析時間が短い4チャンネルモデルを用いている。

ACS配管は、2次主冷却系分岐点から空気冷却器まで、及び空気冷却器からミキシングティーまでの2配管に分割している。それぞれ、8、10のノードに等分割されている。これらのデータと併せて、入力データを付録1の図1と図2に示す。図1は、3ループ自然循環などのループ対称事象を解析するために1ループをモデル化した入力データである。図2はループ非対称事象を解析するために2ループをモデル化したものである。

表2-5にSSC-LによるACSのモデル化に必要な入力データの説明を示す。ACSモデルについては文献[3]に詳しく述べてある。表中には典型的な入力データの例も示している。付録1の図3と図4にそれぞれ1ループモデル化、2ループモデル化した場合の本解析で用いた入力データを示す。

表 2 - 1 補助冷却設備の設備仕様

2次冷却材		ナトリウム
補助冷却設備ループ数		3
補助冷却設備冷却材流量		約 2.3×10^5 kg/hr
補助冷却設備冷却材温度 (定格出力時)	空気冷却器入口	約 505 °C
	空気冷却器出口	約 325 °C
補助冷却設備空気流量		約 3.3×10^5 kg/hr
補助冷却設備空気温度	空気冷却器入口	約 40 °C
	空気冷却器出口	約 200 °C

表 2 - 2 補助冷却設備空気冷却器の設備仕様

型式		フィンチューブ強制空冷式
基数		3 (各ループ1基)
流体	管側	ナトリウム
	胴側	空気
容量		約 15 MW/基
最高使用圧力	管側	8 kg/cm ² g
最高使用温度	管側	525 °C
主要材料 (伝熱管)		オーステナイト系ステンレス鋼

表 2 - 3 補助冷却設備主要配管の設備仕様

最高使用圧力	8 kg/cm ² g (2次主冷却系分岐部→空気冷却器)
	8 kg/cm ² g (空気冷却器→空気冷却器出口止め弁)
	6 kg/cm ² g (空気冷却器出口止め弁→2次主冷却系合流部)
最高使用温度 管側	525℃ (2次主冷却系分岐部→空気冷却器)
	345℃ (空気冷却器→2次主冷却系合流部)
主要寸法：外径×肉厚	約0.32m×約6.5mm
主要材料	オーステナイト系ステンレス鋼

表 2 - 4 補助冷却設備出口止め弁の設備仕様

接続配管口径	約0.32m
個数	3 (各ループ1個)
最高使用圧力	8 kg/cm ² g
最高使用温度	345℃
流体	ナトリウム
主要材料	オーステナイト系ステンレス鋼

表 2 - 5 ACS の入力データ

T2AIRE	K	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器入口空気温度	313.0
T2AORE	K	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器出口空気温度	473.0
W2AREF	kg/sec	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器空気流量	-93.1
T2NIRE	K	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器入口ナトリウム温度	778.0
T2NORE	K	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器出口空気ナトリウム温度	598.0
W2NREF	kg/sec	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器ナトリウム流量	65.28
P2AREF	Pa	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器送風圧力 空気冷却器空気側の形状圧損係数の計算に使用する	2352.0
T2A1IC	K	初期条件（定格運転時）の空気冷却器入口空気温度	313.0
T2A0IC	K	初期条件（定格運転時）の空気冷却器出口空気温度	714.6
TAU2	sec	定格時（崩壊熱除去運転時）の空気冷却器スタックの時定数（=スタック容積／空気の体積流量）	0.4391
AOCROS (K)	m ²	空気冷却器での流路断面積（K=1,3） K=1：1次側流体（ナトリウム） K=2：2次側流体（空気） K=3：伝熱チューブ	0.0960 12.3 0.105
DOWET (K)	m	流体と伝熱チューブのぬれぶち長さ（K=1,2） K=1：1次側流体と伝熱チューブのぬれぶち長さ K=2：1次側流体と伝熱チューブのぬれぶち長さ	8.649 454.6

表 2 - 5 ACS の入力データ (その 2)

XONODE (K)	m	流体及び伝熱チューブのメッシュ長さ (K=1, 3)。ただし、メッシュ数は 20 に固定する。 K=1 : 1 次側流路 (ナトリウム) 長さ/20 K=2 : 2 次側流路 (空気) 長さ/20 K=3 : 伝熱チューブ長さ/20	0.8050 0.1623 0.8050
WTHICK	m	伝熱チューブ厚さ	0.0032
VOOLUM (I, J)	m ³	空気冷却器プレナム容積 (I=1, 2), (J=1, 2) J=1 : ホットレグ側プレナム容積 J=2 : コールドレグ側プレナム容積 I=1 : 1 次側流路 (ナトリウム) I=2 : 2 次側流体 (空気) プレナムの輸送遅れや混合を考慮しない場合には 0 を入力しておく。	0.5516 7.2
H2STCK	m	空気冷却器のスタック高さ	11.0
A2STCK	m ²	空気冷却器のスタック断面積	5.147
F2STC1	---	空気冷却器空気側の圧損補正係数 ($f = f_R R e^m$ の m) ただし、 f_R は定格流量時の圧損係数	-0.316
S2DACS	sec	スクラム信号発生後の IRACS 起動する時刻。通常の場合には S2STRT と同じ値を入力する。この時刻に IRACS 起動によって SG 止め弁閉、ACS 出口止め弁開が行われ、2 次系の流路を変更する。IRACS を起動しない場合 (SG で除熱) には十分に大きい数字を入れておく。	93.0
S2LOAF (K)	sec	LOADBA < 0 の場合に IRACS で断熱とする時刻。この時刻以降は、伝熱チューブと空気の熱伝達係数を 0 とし解析を行う。(K=1, N1LOOP)	0.0

表 2 - 5 ACSの入力データ (その 3)

S2STRT (K)	sec	空気冷却器を起動する時刻。この時刻よりダンパーが開となり、自然通風流量の計算(N2ACSO=1, 3の時)強制通風流量の計算(N2ACSO=0, 2の時)を開始する。この時刻までは、定常計算で初期設定した流量で一定値とする。(K=1, N1LOOP)	0.0
N2ACSO	---	IRACS空気側の解析オプション N2ACSO=0 : 強制通風とする。空気流量を表形式で入力する。 N2ACSO=1 : 自然通風とする。 N2ACSO=2 : 空気冷却器出口ナトリウム温度を一定とする。ただし、一定値になるまでは強制通風とする。 N2ACSO=3 : 空気冷却器出口ナトリウム温度を一定とする。ただし、一定値になるまでは自然通風とする。	1
NTABLE	---	空気冷却器空気流量と入口温度の時刻歴データの数 風量のデータはN2ACSO=0/2の場合のみ必要である。	4
TIMTAB (K)	sec	時間データ(K=1, NTABLE)。	省略
FLWTAB (K)	kg/sec	空気流量データ(K=1, NTABLE)。初期空気流量は熱バランスが達成されるように計算される。	-0.1
TEMTAB (K)	K	空気入口温度データ(K=1, NTABLE)。	313.15
T2CNST	K	空気冷却器出口ナトリウム温度の設定値。N2ACSO=2, 3の場合のみ必要。	473.15
S2LHTS (K)	sec	熱輸送系の喪失(ポンプスティックによる流量喪失など)を解析する場合に、第Kループが喪失する時刻。(K=1, N1LOOP)	1.0E8

表 2 - 5 ACS の入力データ (その 4)

F1ORGN (K)	---	解析される非対称な各熱輸送系(N1LOOP)が代表している実際のループ数。これは、NALOOPのRecord 2で入力されるF1LUMP(K)と等しくなければならない。 (K=1, N1LOOP)	3.0
F1FINL (K)	---	時刻S2LHTS後に、第Kループの数をいくりにするか指定する。F1FINL(K)=0とすれば、第Kループには全く冷却材は流れない。(K=1, N1LOOP)	3.0
S2BVOP (K)	sec	特に、もんじゅの空気冷却器出口止め弁開失敗事象を解析するために、出口止め弁バイパス弁を設定した。バイパス弁を手動で開とする時刻を入力する。 (K=1, N1LOOP)	600.0
LOADBA (K)	---	IRACS出口における冷却材流路を選択する。また、空気冷却器の除熱喪失を設定する。(K=1, N1LOOP) LOADBA>0 : 空気冷却器より除熱される。 LOADBA<0 : 空気冷却器で伝熱チューブと空気の間を断熱とする。 LOADBA =1 : 出口止め弁の流路 LOADBA =2 : バイパス弁の流路 (開度100%) LOADBA =3 : バイパス弁の流路	-1

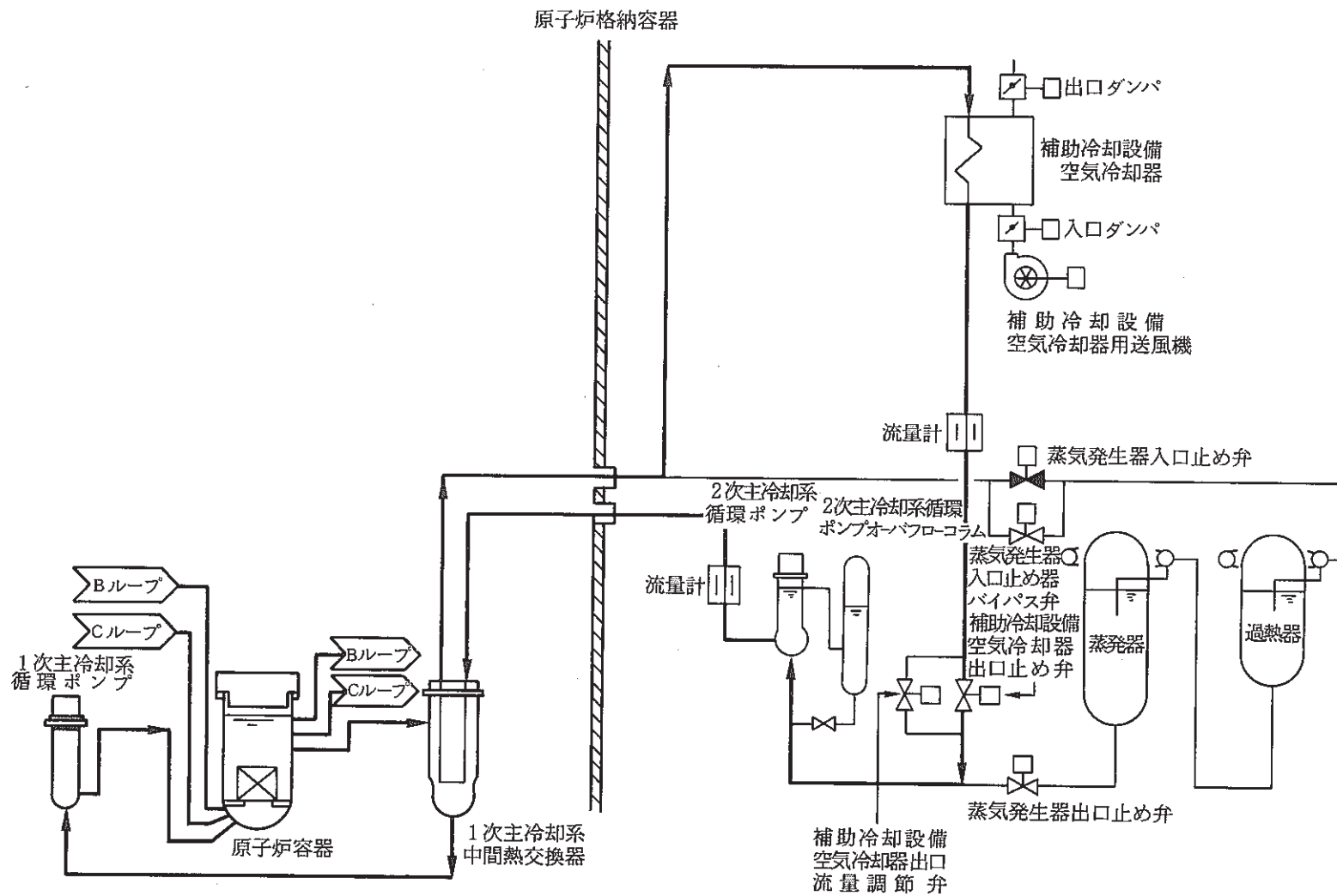


図 2 - 1 補助冷却設備系統説明図

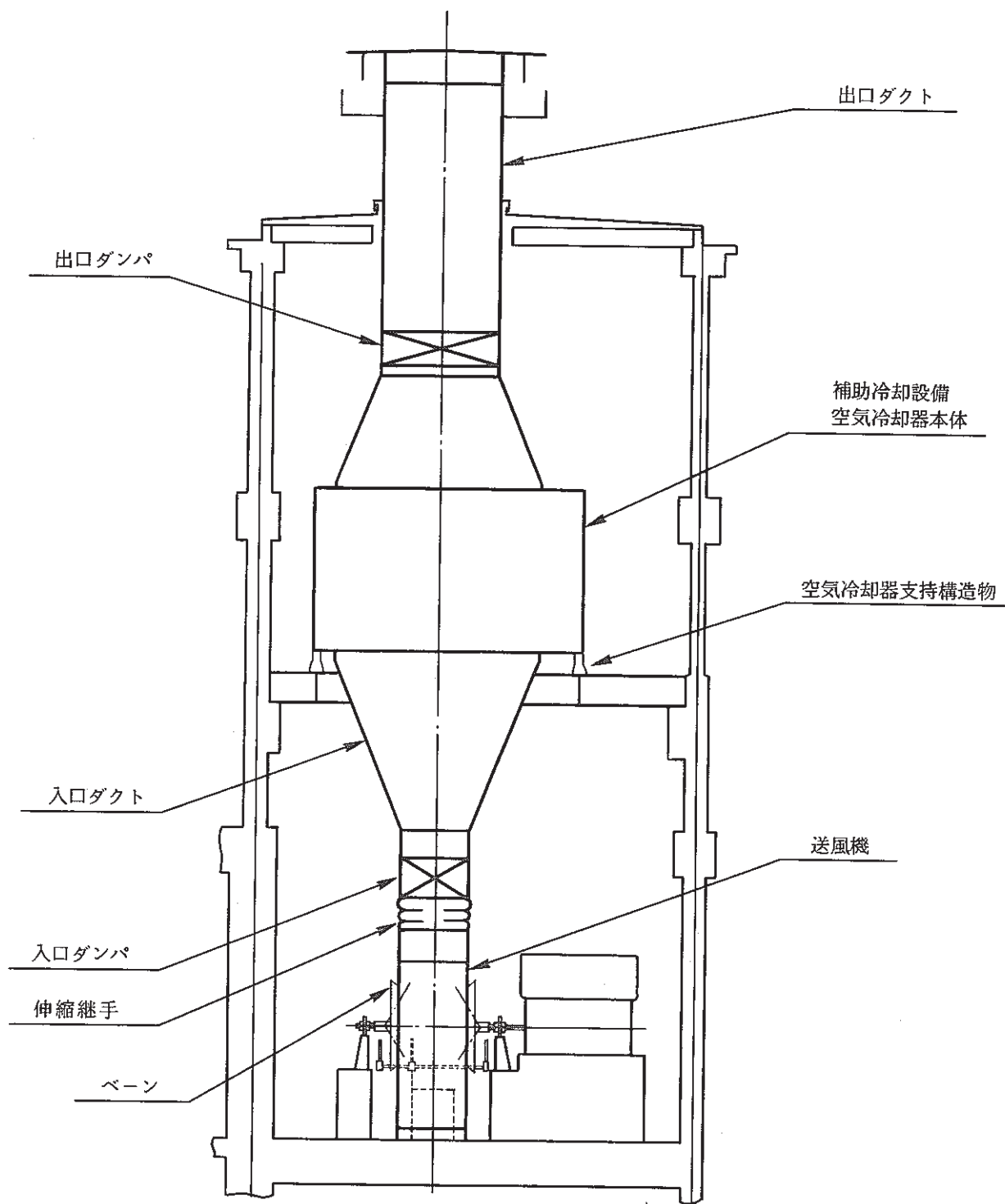


図 2 - 2 補助冷却設備空気冷却器説明図

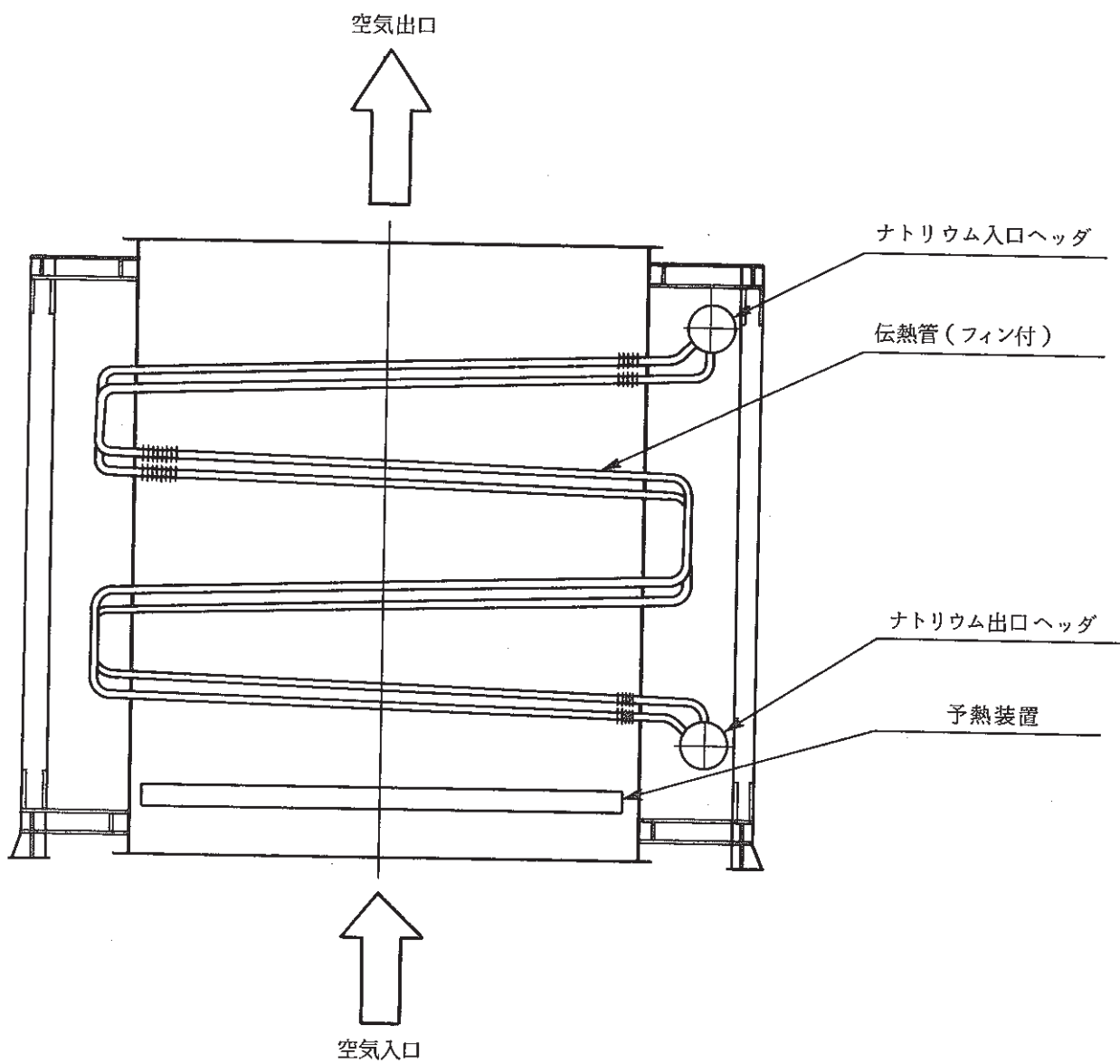
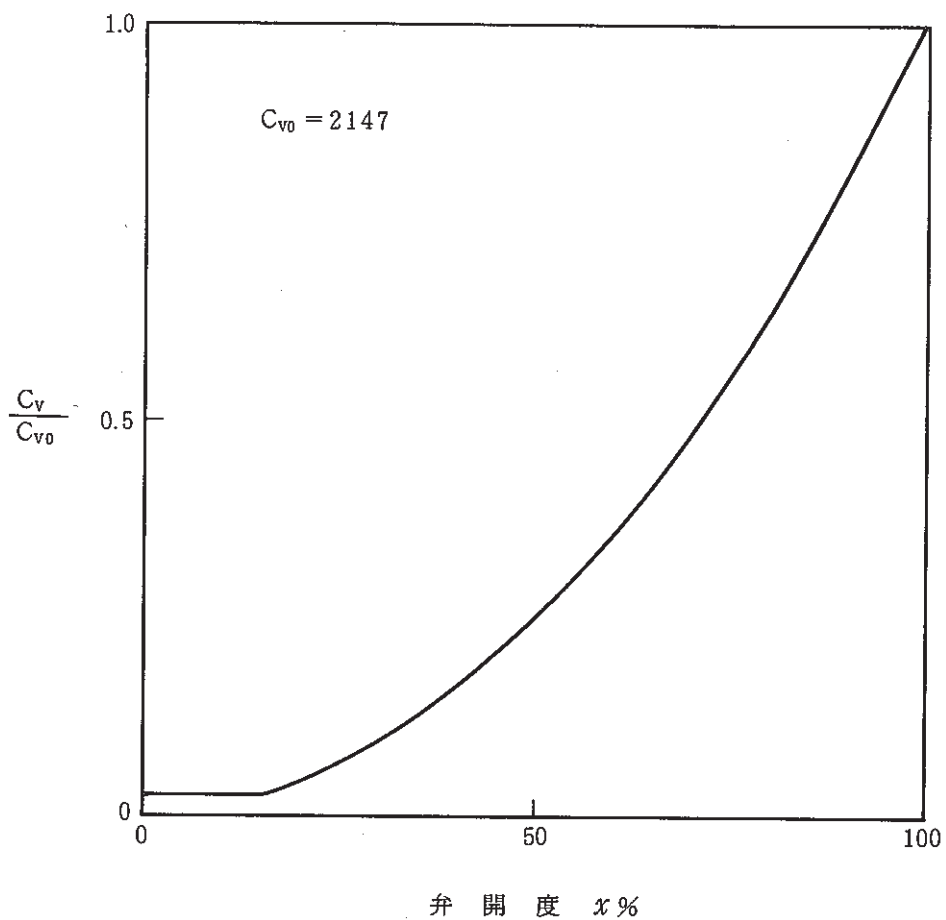


図 2 - 3 補助冷却設備空気冷却器本体構造説明図



Y型グローブ弁 (x^2 特性) $C_v = C_{v0} x^2$ x は弁開度 ($0 \leq x \leq 1$)

但し、下限 C_v 値を2.5%とする。

弁開度%	1~15.8	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{C_v}{C_{v0}}$	0.025	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.49	0.64	0.81	1.0
$\frac{\zeta}{\zeta_0}$	1600	625	123.5	39.06	16.0	7.72	4.16	2.44	1.52	1.0

図 2 - 4 空気冷却器出口止め弁の C_v 値特性

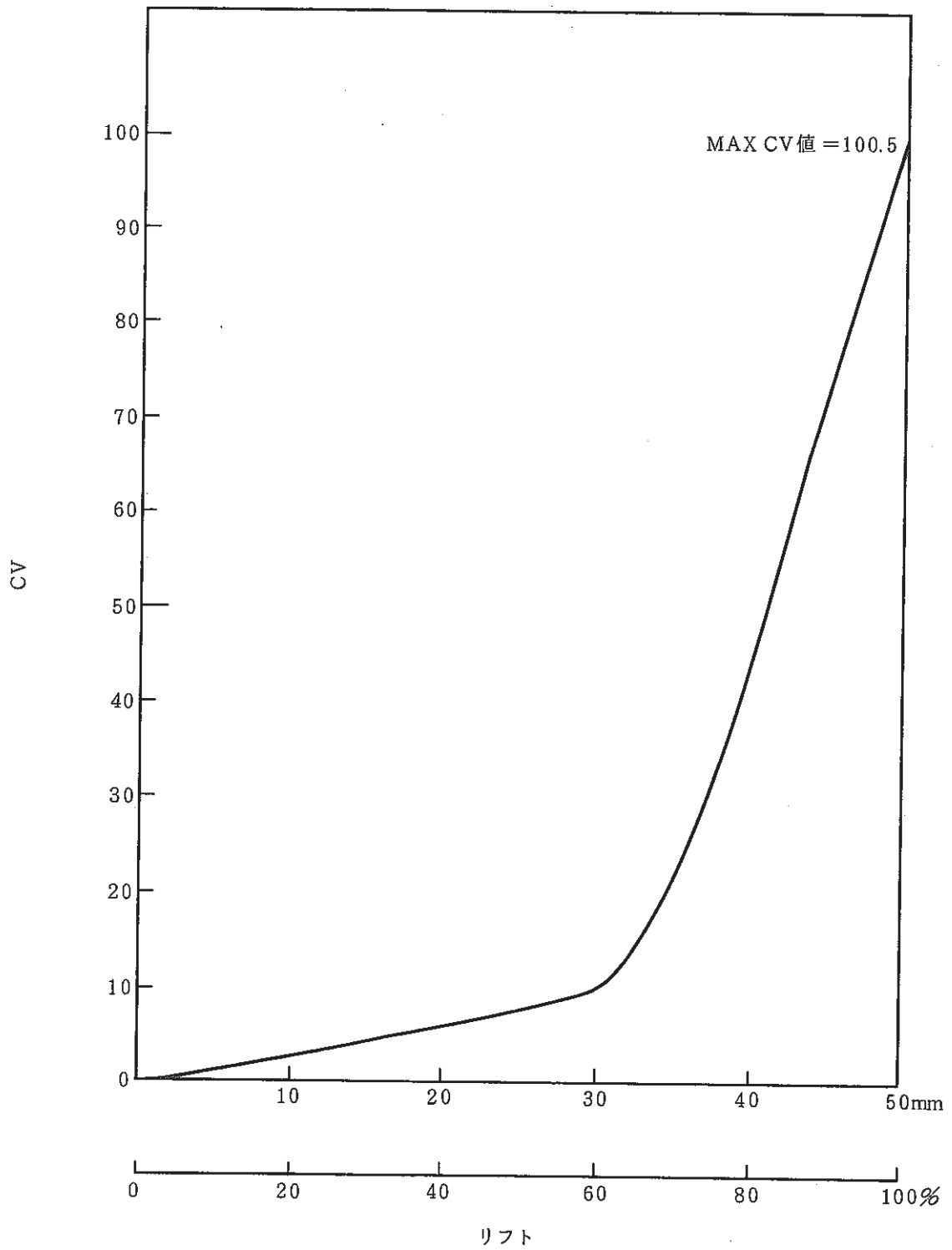


図 2 - 5 空気冷却器出口止め弁バイパス弁の CV 値特性

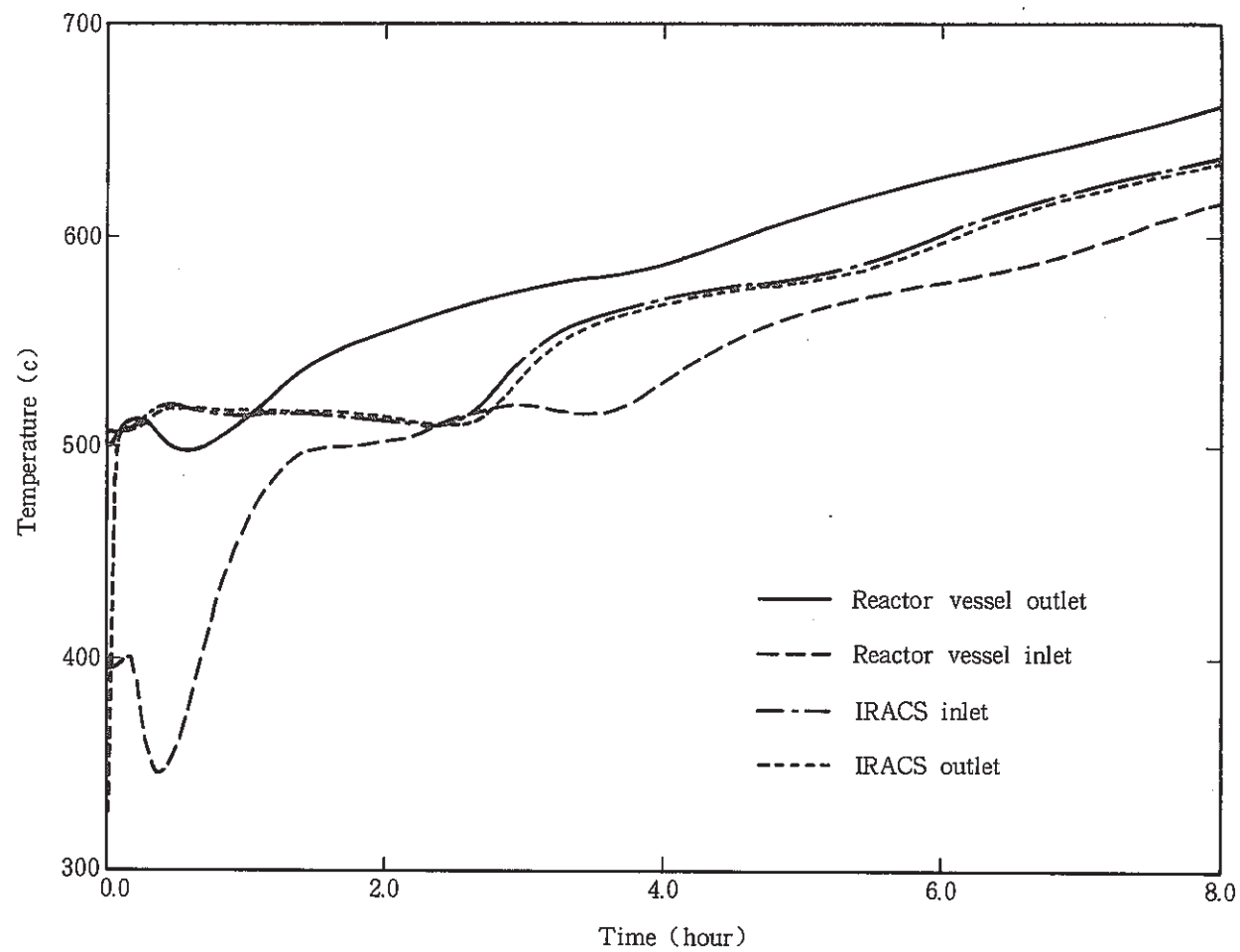


図 2 - 6 原子炉容器出入口と空気冷却器出入口冷却材温度 (14チャンネルモデル)

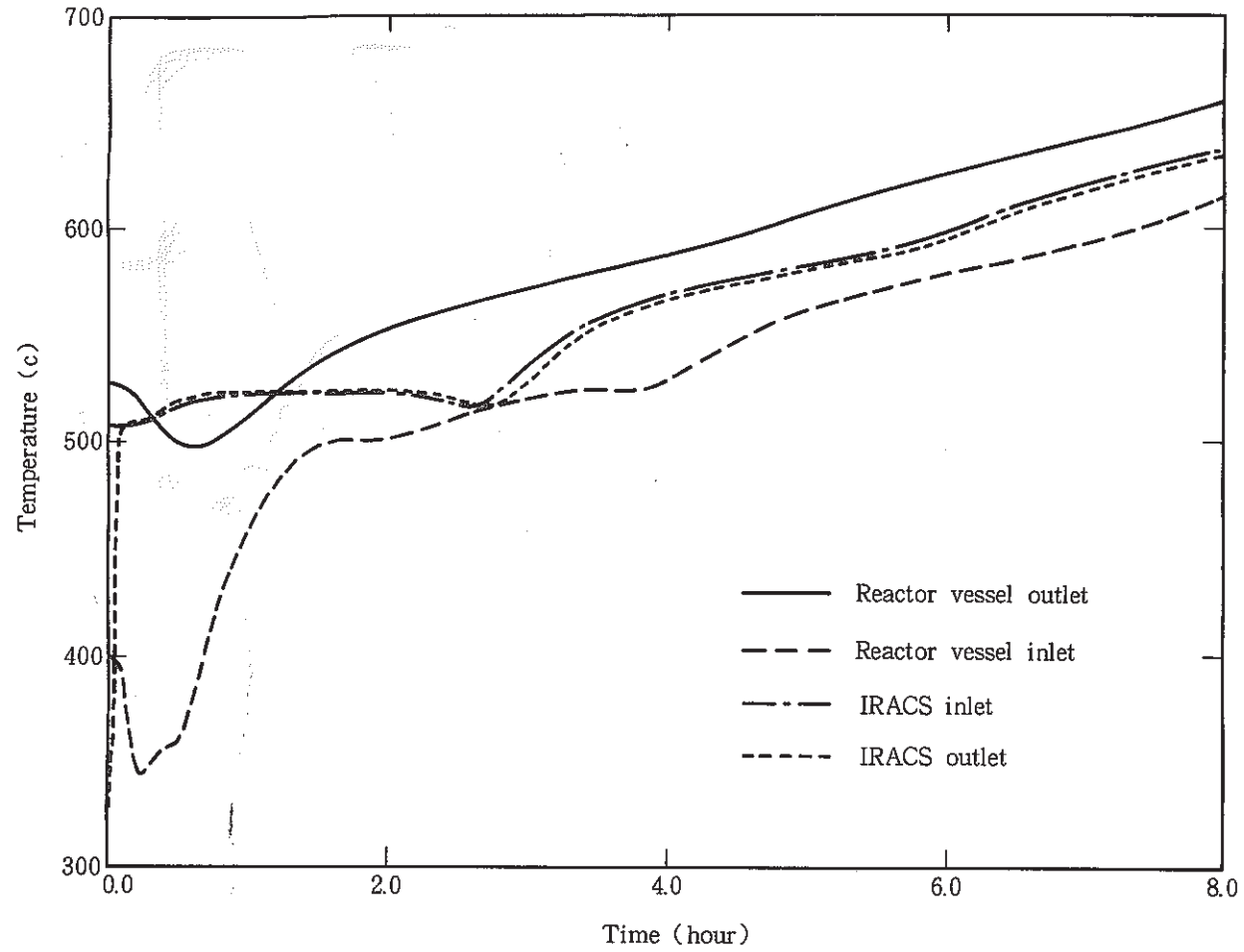


図 2 - 7 原子炉容器出入口と空気冷却器出入口冷却材温度 (4 チャンネルモデル)

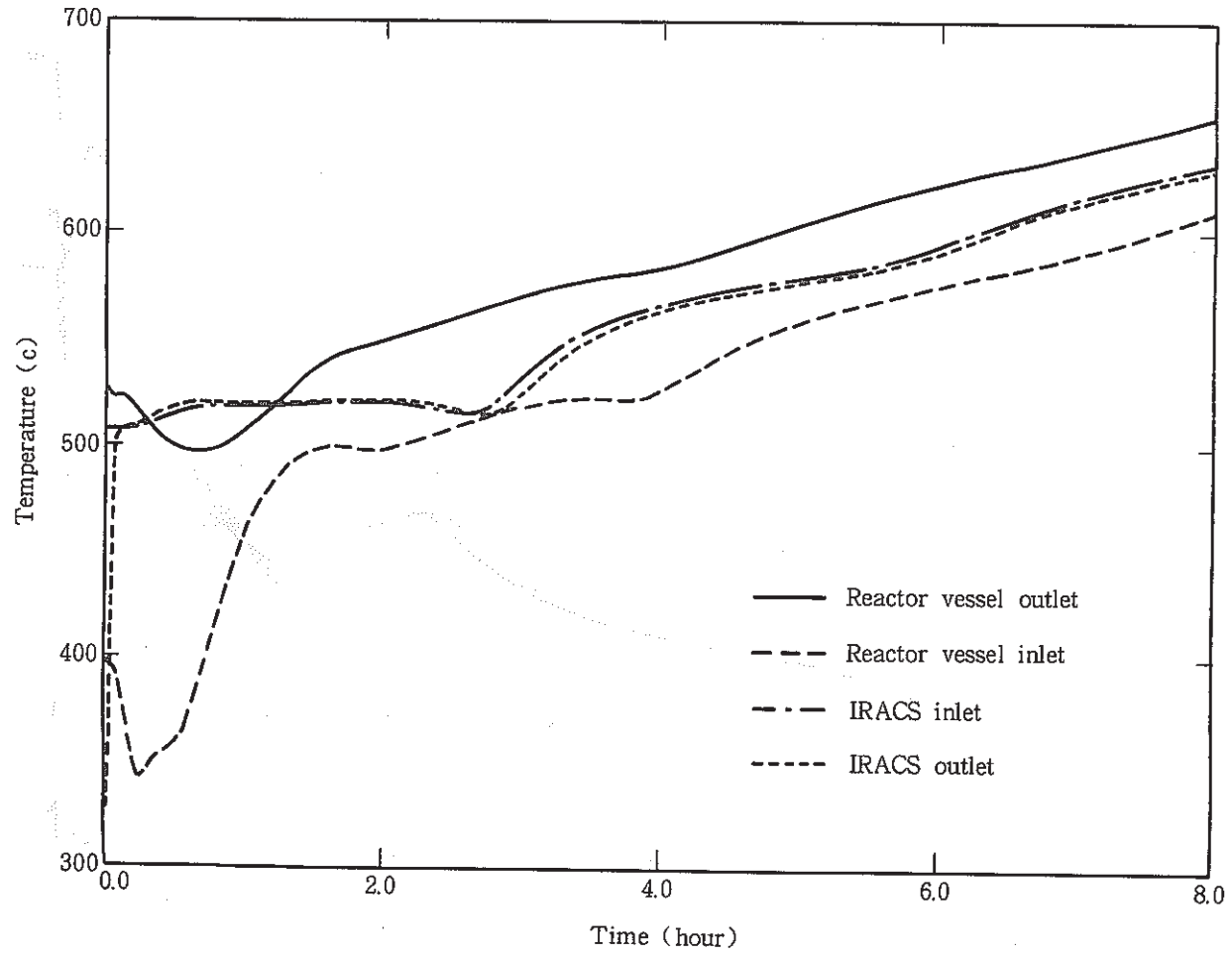


図 2 - 8 原子炉容器出入口と空気冷却器出入口冷却材温度 (1チャンネルモデル)

3 ACSによる崩壊熱除去解析

3-1 事故シナリオともんじゅの崩壊熱除去機能

(1) 事故シナリオ

本章で解析する事故のシナリオを述べる。起因事象として外部電源喪失等による主冷却系ポンプトリップを想定する。次式で定義される1次主循環ポンプ回転数低の信号により、原子炉トリップ信号が生じる。

$$\text{ポンプ比回転数 (\%)} \leq 0.8711 N_P - 5.11 \quad ; N_P \text{は原子炉比出力 (\%)} \quad (4)$$

この信号により、蒸気発生器入口止め弁が閉じられる。さらにACS空気冷却器出口止め弁を開として流路を切り換える操作を行うが、共通原因により全ループの空気冷却器出口止め弁の開操作に失敗する。従って、2次系には冷却材が流れない状況となる。各弁の位置は図2-1に示されている。これにともない、1次及び2次系のポニーモータもトリップする。この状態を運転員が認知し、10分後に空気冷却器出口流量調節弁（以下バイパス弁と呼称する）を開とする。バイパス流路は口径が小さいため、2次系冷却材流量は通常の崩壊熱除去運転に比べてかなり小さくなるものと考えられる。このときの除熱成功条件を求めるものとする。

本解析における崩壊熱除去機能喪失は2次系の冷却材流路が万全ではないという意味からは3ループ同時に中間熱交換器において除熱失敗（2次系流量喪失等）と仮定するのが保守的でありかつ簡便である。しかしこの場合には2次系の静的機器（冷却材バウンダリ）に損傷が生じているわけではないため、冷却材流路そのものは確保されている。また、ACSにおける除熱量は2次系流量に依存し、低流量になるほど除熱効率が増していく（文献[3]の図3-35）。従って、2次系にわずかでも流量が存在すれば、ACSの除熱性能を無視することは現実とかけ離れた解析を与えることになり、このような事象想定に対しては2次系の挙動をより正確に分析することが肝要である。

(2) 除熱成功基準

さて、除熱に成功する条件を求めるにあたり、除熱成功の基準を用意し、それに則って判断することとなるが、その基準を明確にすることは困難である。PLOHS時には、冷却材の温度は時間とともに徐々に上昇していき、いずれ冷却材が沸騰するに至るか、あるいは高温条件下で構造材の強度低下と熱荷重の増大によって、冷却材バウンダリが破損することが予想される。

冷却材の沸騰に関しては冷却材温度と沸点を比較すればよいのだから簡単である。しかし、PL

OHS時には自然循環が発達して、システムの温度は均一化され、崩壊熱レベルも十分に低下している。従って冷却材が大規模に沸騰して燃料が破損することは考えがたい。むしろ冷却材バウンダリの破損が冷却材の大規模な沸騰に先行するであろうと考えられる。

冷却材バウンダリ破損の条件と状況（時間と場所）を特定する事は困難であるが、ここでは簡便さと保守性の観点から設計条件において規定されている『冷却材の最高温度を650℃以下に維持すること』を崩壊熱除去成功の判断基準とする。

(3) 崩壊熱除去機能

図3-1にはもんじゅの崩壊熱の時間変化と崩壊熱除去系の除熱能力とを示す。ACSでは強制循環で1ループ当たり15MW、自然循環でおよそ3.5MWの除熱能力がある。ただし、この数字はシステムの温度や自然循環流量などに依存するため、常にこの値で一定であるというわけではない。電源が存在する場合には、崩壊熱除去としてACSによる強制循環と自然循環との両方が利用できる。また、安全系ではないが、メンテナンス冷却系によっても炉停止直後から除熱するだけの容量があることが示されている[3]。一方、電源がない場合には強制循環除熱は利用できないため、ACSによる自然循環崩壊熱除去のみが可能である。メンテナンス冷却系も電源が無い場合には利用できない。ACSによる自然循環除熱は炉停止直後から可能であり、1ループのみで除熱には十分である。崩壊熱除去系の使命時間は1ヶ月と仮定されており[2]、この時点における崩壊熱レベルは約1MWである。図3-2には、崩壊熱の時間積分値を示す。

3-2 解析条件の選定

表3-1に解析した事象の条件を示す。本章では、以下の二つの目的に着目してSSC-Lにより解析した結果と崩壊熱除去に成功する条件を示す。

- (1) ACS空気冷却器出口止め弁開成功時の、自然循環による崩壊熱除去性能の評価（主冷却系ループ数に関して）、及び解析の保守性の検討、
- (2) 共通原因故障によるACS空気冷却器出口止め弁開失敗時に、バイパス弁の流路を利用して除熱するための条件、及び解析条件の不確定性の検討。

ケース1から3及びケース9は自然循環崩壊熱除去解析であり(1)に対応している。ケース1～3はそれぞれ1～3ループ自然循環の解析である。アベイラブルでないループは流量が全く流れないものと仮定した。これらの解析により、もんじゅの自然循環崩壊熱除去性能を評価することができる。特にケース3の1ループ自然循環解析においては、およそ2週間近くの解析を行って、冷却材

温度が低温停止状態に収束していく様子を調べた。また、ケース3の保守性を検討するため、ケース9の解析を実施した。ケース9では3ループとも自然循環可能とするが、2ループは除熱源喪失と仮定している。すなわち、ケース3の1ループ自然循環と等価であるが他の2ループの熱容量は考慮しているという、より現実的な想定としている。これらの解析結果を3-3節に示す。

ケース4から6は、共通原因により全ループのACS空気冷却器出口止め弁開に失敗したときに、運転員のリカバリ操作でバイパス弁の開度を100%とすることにより除熱できるかを検討した解析であり、(2)の目的に対応している。ケース4では、3ループ全てのバイパス弁の開度を100%にすると想定した。ケース5では2ループのバイパス弁開度を100%とした。本来は残りの1ループは、1-1節や2-3節にも述べたように、バイパス弁開度50%の状態に維持されており、冷却材流路として期待できるが、解析の保守性と簡単のため、開度は0%と仮定し、流量は全く流れないものとした。ケース6は1ループのバイパス弁開度を100%とした。残りの2ループのバイパス弁開度を0%とし、流量は全く流れないものと仮定した点はケース5と同様である。

ケース7はここで想定した事故に対して何のリカバリ操作も行わない場合を検討した。すなわち、3ループともバイパス弁の開度は初期のままで50%であると仮定して除熱の可能性を検討した。

ケース8では、ケース6の保守性を排除して、1ループは開度100%、残りの2ループは開度50%として3ループ非対称の解析を行った。ケース4からケース8の解析結果を3-4節に示す。また、バイパス弁を開とする時刻とバイパス弁の圧損係数に関する感度解析結果及び、全ての解析結果のまとめと崩壊熱除去成功条件を3-5節に示す。

各解析には付録1の入力データを用いている。すなわち、ケース1からケース7はループ対称事象なので、付録1の図1と図3のデータを用いている。ケース8と9は、ループ非対称事象なので付録1の図2と図4のデータを用いている。

3-3 自然循環による崩壊熱除去

表3-2に事象の進展を示す。起因事象は、電源喪失等が発生した場合に想定される1次及び2次主冷却系ポンプの同時トリップである。それに引続き、1次主冷却系ポンプ回転数低のスクラム信号が発生し、原子炉は自動スクラムするものとする。起因事象の発生と同時に、水・蒸気系での除熱は行われないものと仮定する。スクラム信号発生後93秒の時間遅れをもって蒸気発生器入口止め弁(図2-1参照)が閉となり、同時にIRACS空気冷却器出口止め弁が開となる。その後自然循環により除熱されると仮定する。このとき、ケース4から6ではAvailableなループ以外には

流量が全く流れないものと仮定する。

(1) 3 ループ自然循環解析 (ケース 1)

図 3-3 から図 3-6 には 3 ループ自然循環の解析結果 (ケース 1) を示す。図 3-3 と図 3-4 にそれぞれ、原子炉容器出入口温度と全炉心流量を示す。解析時間は 1 日 (24 時間) である。冷却材温度は初期温度を越えることなく、単調に降下していく。24 時間後のホットレグ温度はおよそ 400 °C である。炉心の冷却材流量は、4 時間ではおよそ 100 kg/sec (2.34%) であるが、その後は温度の低下とともに減少していき、24 時間後には 85 kg/sec (1.99%) となる。

図 3-5 と図 3-6 にはそれぞれ、ACS 空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1 ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ 3 MW であり、その後冷却材温度低下とともに減少していき、2.3 MW となる。

(2) 2 ループ自然循環解析

図 3-7 から図 3-10 には 2 ループ自然循環の解析結果 (ケース 2) を示す。図 3-7 と図 3-8 にそれぞれ、原子炉容器出入口温度と全炉心流量を示す。解析時間は 1 日 (24 時間) である。冷却材温度はおよそ 8 時間で最高温度 548 °C に達した後に単調に減少し始める。24 時間後のホットレグ温度は 512 °C である。冷却材温度に時間的に大きな変化がみられないため、自然循環流量もほぼ一定値 (70 kg/sec、1.7%) である。

図 3-9 と図 3-10 にはそれぞれ、ACS 空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1 ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ 3.2 MW であり、24 時間後には、およそ 3 MW となる。

(3) 1 ループ自然循環解析 (ケース 3 及びケース 9)

図 3-11 から図 3-18 には 1 ループ自然循環の解析結果 (ケース 3) を示す。図 3-11 と図 3-12 にそれぞれ、原子炉容器出入口温度と全炉心流量を示す。原子炉容器出口冷却材温度はおよそ 16 時間後に最高値 638 °C に達する。24 時間後のホットレグ温度はおよそ 638 °C である。全炉心の冷却材流量は 24 時間で 43.6 kg/s (1.0%) であり、時間に依存せずほぼ一定である。図 3-13 と図 3-14 にはそれぞれ、ACS 空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1 ループ当りの除熱量は、5~6 MW である。

図 3-15 から図 3-18 には、300 時間 (12.5 日) まで解析結果 (長時間挙動) を示す。図 3-15 は原子炉容器出入口温度である。システム温度の低下とともに自然循環除熱能力も低下していくため、冷却材温度低下率も減少している。300 時間後には 1 次系ホットレグの温度は 2

50℃、コールドレグの温度はおよそ200℃まで低下している。図3-16は炉心と2次系の冷却材流量を示す。1ループ自然循環であるため、1次系流量と全炉心流量は一致する。1次系と2次系の流量は徐々に減少しながら一致していく。図3-17と図3-18にはそれぞれACS空気冷却器出入口のナトリウムと空気温度を示す。図3-17と図3-15を比較すれば、この時点では1次系と2次系のホットレグ温度はほぼ一致していることが分かる。コールドレグ温度も同様である。コールドレグとホットレグの温度差は50℃程度である。

次にケース9の解析結果を用いてケース3の1ループ自然循環解析の保守性を確認する。ケース9はケース3と類似している。すなわち、ケース3では2ループは流量が全く流れないと仮定しており、従ってその熱容量も無視している。一方、ケース9では、1ループは自然循環除熱、他の2ループは空気冷却器で断熱としているが流量は第1ループと同様に流れると仮定している。この解析によって両者の冷却材最高温度差はいかほどかを評価する。図3-19から図3-25にその解析結果を示す。

図3-19と図3-20にそれぞれ第1ループと第2ループの原子炉容器出入口冷却材温度を示す。第1ループは空気冷却器で除熱しているループ、第2ループは断熱としているループである。冷却材最高温度は20時間後に589℃であり、ケース3に比べると49℃低下している。断熱している第2ループのホットレグとコールドレグの温度差は、第1ループよりはるかに小さい。図3-21には全炉心の冷却材流量を示す。図3-22には1次系第1ループと第2ループの冷却材流量を示す。第2ループの流量は初期のコストダウンの領域以外はほとんどゼロに近い。冷却材流量はおよそ51kg/sでケース3に比べて約20%増加している。図3-23と図3-24にはそれぞれACS空気冷却器出入口の冷却材温度と2次主冷却系流量を示す。第2ループでは冷却材の温度差もなく、流量は6kg/s(0.6%)とほとんど流れていない。

3-4 バイパス弁側流路による崩壊熱除去

表3-3に事象の進展を示す。起因事象は、電源喪失等が発生した場合に想定される1次及び2次主冷却系ポンプの同時トリップである。それに引続き、1次主冷却系ポンプ回転数低のスクラム信号が発生し、原子炉は自動スクラムするものとする。起因事象の発生と同時に、水・蒸気系への除熱は行われたいものと仮定する。スクラム信号発生後93秒の時間遅れをもって蒸気発生器入口に設けられている止め弁が閉となるが、IRACS空気冷却器出口止め弁開操作に失敗する。その結果、2次系には、空気冷却器出口止め弁バイパス弁の流路に冷却材が流れる。ただし、バイパス

弁側流路は、口径が小さい上に弁の開度は50%であるため、わずかしら冷却材が流れない。10分後に運転員のリカバリー操作によりバイパス弁を手動で全開とするものと仮定する。その後、バイパス弁側流路を利用して自然循環により除熱される。以下の解析では簡単のため、ケース7と8以外ではバイパス弁を全開としたループ以外は流量が全く流れないものと仮定する。

(1) 3ループバイパス弁全開時の自然循環解析 (ケース4)

図3-25から図3-32には3ループバイパス弁全開時の自然循環の解析結果(ケース4)を示す。図3-25と図3-26にそれぞれ、原子炉容器出入口冷却材温度と全炉心流量を示す。解析時間は1日(24時間)である。冷却材最高温度は540℃、24時間後のホットレグ温度はおおよそ435℃である。炉心の冷却材流量は、温度の低下とともに減少していき、24時間後には68 kg/sec (1.59%)となる。原子炉容器出入口温度、全炉心流量ともにおおよそ0.65時間の周期で振動しているが、徐々に減衰し、おおよそ10時間後には収束している。図3-27と図3-28にはそれぞれ中間熱交換器の1次側と2次側出入口の冷却材温度を示す。1次側では出入口温度差が70℃であるに対し、2次系では17.2℃である(24時間での値)。また2次系のIHX出入口温度は振動していない。

図3-29と図3-30には1次主冷却系と2次主冷却系の冷却材流量を示す。2次系の圧力損失がきわめて大きいため、流量の不均衡が生じ、24時間においては1次系が22.6 kg/secに対して2次系が9.5 kg/secと流量比は2以上に達している。2次系の流量は圧損が大きいこともあり、ほとんど一定値である。

このような振動が発生する理由は次の通り説明される。一般に冷却材流量が増加すれば、圧損が増加すること、コールドレグ温度(1次系ではIHX出口)が上昇して自然循環力が低下することの理由から冷却材流量は減少に向かう。流量の過渡挙動を支配する運動量の保存則は

$$\frac{L}{A} \frac{dW}{dt} = \Delta P - KW^n - \phi \rho g dz \quad (5)$$

である。ここでL、Aはそれぞれ流路の長さや断面積である。Wは流量、 ΔP 流路の始点と終点の圧力差である。Kは圧損係数、nは圧損と流量を関係付ける指数である。 ρ は冷却材密度、gは重力加速度である。流炉の体積Vとして $W = V d\rho / dt$ の関係をを用いれば

$$\frac{L V^2}{A} \frac{d^2 \rho}{d t^2} = \Delta P - K V^n \left(\frac{d \rho}{d t} \right)^n - g \phi \rho d z \quad (6)$$

となる。(6)式からも分かるように、本来、流量の過渡挙動は振動的である。圧損項は流量のn乗に比例するため、減衰項として作用する。一方、重力圧損項は密度に比例する復元力として作用する。通常は、圧損項の寄与のために流量の振動は早期に収束する。本解析結果では、2次系の冷却材流量が小さく一定であるため、2次系のIHX出口温度は1次系のIHX入口温度に等しくなる。従って、IHXにおける熱交換量は常にほぼ一定となる。このような状況で1次系冷却材流量が振動すれば、熱交換量が一定であるからそのまま1次側出口温度が振動することとなる。また、1次系の流量が1.59%ときわめて小さいために、圧損項に比べて重力圧損項の寄与が大きくなっている。以上の理由から流量の振動は直接に温度の振動を発生させ、減衰項が相対的に小さいために振動の収束は遅れる結果となっている。

図3-31と図3-32にはそれぞれ、ACS空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ2.2MWであり、その後冷却材温度低下とともに減少していき、24時間後には1.7MWとなる。3ループ合計では初期と24時間後とでそれぞれ6.6MW、5.1MWである。

(2) 2ループバイパス弁全開時の自然循環解析(ケース5)

図3-33から図3-40には2ループバイパス弁全開時の自然循環の解析結果(ケース5)を示す。図3-33と図3-34にそれぞれ、原子炉容器出入口冷却材温度と全炉心流量を示す。解析時間は1日(24時間)である。冷却材最高温度は約12時間後に585℃となる。24時間後のホットレグ温度はおよそ560℃である。炉心の冷却材流量は、温度の低下とともに減少していき、24時間後には58kg/sec(1.36%)となる。原子炉容器出入口温度、全炉心流量ともにおよそ0.54時間の周期で振動している。図3-35と図3-36にはそれぞれ中間熱交換器の1次側と2次側出入口の冷却材温度を示す。1次側では出入口温度差が77℃であるに対し、2次系では217℃である(24時間での値)。従って、その温度差の違いはケース4よりもさらに拡大している。2次系のIHX出入口温度は振動していない。

図3-37と図3-38には1次主冷却系と2次主冷却系の冷却材流量を示す。2次系の圧力損失がきわめて大きいと、流量の不均衡が生じ、24時間においては1次系が29.0kg/sec(2.0%)に対して2次系が10.5kg/secと流量比は3近くに達している。この場合には1次系の流量が定格値の2%に達しており、ケース4よりもいち早く振動挙動は収束に向かう。2次系の流量

は圧損が大きいこともあり、ほとんど一定値である。

図3-39と図3-40にはそれぞれ、ACS空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ3MWである。冷却材温度の変動が小さいために、24時間後にもほぼ同程度の値となっている。2ループ合計ではおよそ6MWである。

(3) 1ループバイパス弁全開時の自然循環解析(ケース6)

図3-41から図3-44には1ループバイパス弁全開時の自然循環の解析結果(ケース6)を示す。図3-41と図3-42にそれぞれ、原子炉容器出入口冷却材温度と全炉心(あるいは1次系)流量と2次系流量を示す。解析時間は1日(24時間)である。冷却材温度は約4時間後には650℃を越え、20時間後には800℃に達する。炉心の冷却材流量はほぼ一定で、24時間後には38kg/sec(炉心としては0.9%、1次系としては2.7%)となる。この場合には1次系ループの流量が3%近くに達して大きく、温度や流量の振動は見られない。この場合にはケース4に比較して1次系流量は1.7倍に達している。従って、圧損は2.9倍程度になっている。従って、復元力に比べて減衰力が大きいためいち早く振動は収束する結果が得られている。

図3-43と図3-44にはそれぞれ、ACS空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ3MWであるが冷却材温度の上昇とともに20時間後には4.3MWに達している。

(4) 3ループバイパス弁全閉時の自然循環解析(ケース7)

図3-45から図3-50には3ループともバイパス弁手動開操作に失敗した場合に50%開度のままで除熱できるかを検討した結果を示す。図3-45と図3-46にそれぞれ、原子炉容器出入口温度と全炉心流量を示す。解析時間は1日(24時間)である。冷却材温度は常に上昇を続け、24時間後におよそ750℃に達した時点で低下に向かいつつある。炉心流量は64.6kg/s(1.5%)である。

図3-47には2次系のIHX出入口及び、ACS空気冷却器出入口における冷却材温度を示す。図3-48には1次主冷却系および2次主冷却系の冷却材流量を示す。24時間後の値で1次主冷却系は21.5kg/s、2次主冷却系は2.4kg/sと流量比は9に達している。2次主冷却系の冷却材流量がきわめて小さいため、ACS空気冷却器において過度に冷却されて直ちに冷却材温度が200℃に低下している点が注目される。本解析は空気冷却器出口温度が200℃以下にならないように制限した条件で実施したものであり、この制限をはずせば空気冷却器においてナトリウムが凍結するという結果が得られる。また空気冷却器の温度低下がIHX入口にまで輸送されるにおよそ

6時間を要している。このように2次主冷却系の流量が少ない条件でナトリウムが凍結しないように空気冷却器の自然通風空気流量を制限することは実際の運転制限においても困難であると考えられる。従って、バイパス弁解操作に失敗した場合にバーン開であれば、当該ループは空気冷却器でナトリウムが凍結すると考えられる。

図3-49と図3-50にはそれぞれ、ACS空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ0.7MWであり、合計でも2MWである。これは1ループ自然循環(ケース3)のおよそ60%、2ループバイパス弁開の3分の1であり、この条件では明らかに除熱不可能であることが理解される。

(5) 1ループバイパス弁全開時の自然循環解析の保守性の検討(ケース8)

図3-51から図3-58には1ループバイパス弁全開時の自然循環の解析(ケース6)において、開失敗した他の2ループでの除熱量も考慮した場合に結果がどの様になるかを検討した結果を示す。解析時間は1日(24時間)である。図3-51には、原子炉容器出入口冷却材温度を示す。ループ1はバイパス弁を開としたループであり、ループ2はバイパス弁開に失敗し、開度50%のままの状態であると仮定している。図3-52には全炉心流量を、図3-53と図3-54には1次系流量と2次系流量をそれぞれ示す。第1ループと第2ループの流量の変動の様相は異なっている。2次系流量はほぼ一定であり、第1ループの11kg/sに対し、第2ループは2kg/sである。冷却材温度は約8時間後に632℃であり、ケース6と比較すれば70℃低下しているが未だ上昇傾向にある。

図3-55にはIHX1次系の出入口冷却材温度を示す。図3-56にはACS空気冷却器出入口の冷却材温度を示す。1次系の冷却材温度は流量の振動と合致して変化する。第1ループの2次系の温度は単調に上昇しているが、第2ループのACS空気冷却器出口温度はケース7と同様に、200℃まで低下していることから、ナトリウムの凍結が考えられる。なお本解析でも冷却材温度下限を200℃に制限するという条件で解析している。

図3-57と図3-58にはそれぞれ、ACS空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ4MWである。その後冷却材温度上昇にともない、5MWまで増加している。第2ループの除熱量は第1ループに比べて4分の1程度の除熱量である。

本解析により、バイパス弁開に失敗したループにおいてもある程度の除熱量は期待できること、ケース4~6の解析は、バイパス弁開に失敗したループからの除熱量を無視しているという理由から保守的であることが分かる。ただし、ケース7でも示したようにバイパス弁開に失敗したループ

は自然通風条件においてもナトリウム凍結の可能性が高いため、そのループを無視することは妥当な仮定であると考えられる。

3-5 不確定要因の検討

(1) バイパス弁開時刻の影響

バイパス弁の開操作は手動で行うことを想定している。従って、運転員がその必要性を確認した後には操作を行うため、操作時刻には不確定性がある。3-4節で仮定した起因事象の発生から10分間後を満足できない場合も考慮して、起因事象発生から30分後にバイパス弁開とすると仮定して解析を実施した。解析したケースは、除熱に成功するための条件の2ループバイパス弁開（ケース5）である。バイパス弁開時刻を30分とした点以外はケース5と全く同じ条件で解析をした。

図3-59から図3-62に解析結果を示す。図3-59と図3-60にそれぞれ、原子炉容器出入口冷却材温度と全炉心流量を示す。冷却材最高温度は約11時間後に585℃となり、図3-35のケース5とほとんど同じ結果である。炉心の冷却材流量も、初期の数時間を除いては図3-60（ケース5）とほとんど変化が無い。図3-61と図3-62にはそれぞれ、ACS空気冷却器における除熱量の瞬時値と積算値を示す。1ループ当りの除熱量は、初期にはおよそ3MWである。冷却材温度の変動が小さいために、その後も大きく変化することはない。2ループ合計ではおよそ6MWである。

以上の結果から、炉停止後、直ちにバイパス弁を開とする場合と、30分後に開とする場合と結果に差異は認められず、従って、バイパス弁開とする操作の時間余裕は十分であると判断できる。換言すればPLOHS事故はきわめて穏やかな事象推移をたどり、その時定数に比べれば30分は十分に短いと言えるであろう。ここで、時定数とは炉心での過渡変化が崩壊熱除去設備まで伝播する時間と定義する。

以下に、PLOHS事故の時定数について若干の考察を行う。2次系の配管一巡長は、Aループが385m、Bループは218m、Cループは412mである。ただし、これらの数字はIHXから、ACS、ミキシングティーという流路の長さである。流量は1030kg/s、配管の内径は22B（0.5398m）であるとして、流速はおよそ5.4m/s、となる。従って、ループ一巡時間はA、B、Cそれぞれ73秒、41秒、78秒である。実際には、IHXとプレナムの容積による遅れがあるためさらに遅くなる。一方、2次主冷却系の配管と機器のナトリウム質量は、Aループで102トン、Bループで67トン、Cループで107トンである。従って、ループ一巡時間はAル

ープで99秒、Bループで65秒、Cループで104秒と推定される。ケース4から6の解析結果より流量は1%程度であるため、自然循環除熱時のループ一巡時間は10,000秒程度と推定される。バイパス弁を開としていない場合には流量は0.2%程度であるため、ループ一巡時間は50,000秒となる。

1次系の配管長は103m、配管内径は0.7906m（断面積は0.49m²）、従って、流速は3.4m/sであり、配管のみの輸送時間は30秒である。ループ一巡時間は炉容器内やIHXプレナムの混合の様相に依存する。IHXの冷却材は24トン、炉容器は300～400トンであるとする。IHXは完全混合とすれば17秒の輸送時間が計算される。原子炉容器では実効的混合容積は全体の3分の1から4分の1として100トンを想定すれば、輸送時間は70秒である。従って、ループ一巡時間は2程度と考えられる。1次系流量は2～4%であるため、自然循環時の一巡時間は約5,000秒である。

以上から、ACSの出口の冷却材の温度変化が炉心に運ばれるには、500分程度の時間を要する。このようにPLOHS事故の時定数は数時間のオーダーであるために、バイパス弁開操作には緊急性を必要としない。従って、本解析の結果はバイパス弁開時刻には鈍感であり、その時刻が多少遅れたとしても冷却材の温度はほとんど変化することはない。

(2) バイパス弁の圧損係数の影響

バイパス弁の圧損係数を特定することは難しく、また、解析結果に少なからず影響を与えるものと考えられる。2-3節で述べたように、(3)式に定義されている設定値は4.0、設計保証値は5.5である。そこで、設計保証値を用いてケース5を再度解析して、本報告の結論がバイパス弁の圧損係数の不確定性によりいかにどの影響を受けるかを検討する。

図3-63には原子炉容器出入口温度を示す。最高温度は590.5℃である。ケース5では585.5℃であったところから5℃上昇したに過ぎない。図3-64には2次主冷却系の流量を示す。2次系流量は解析最終時刻において9.5kg/sと1kg/s減少している（表3-5参照）。図3-65と3-66にはACSにおける除熱量とその積算値をそれぞれ示す。これらの結果をケース5と比較すれば解析結果の全体的な傾向はほとんど変わらないこと、わずかに流量が減少し、冷却材温度は上昇するに過ぎないことが分かる。すなわち、バイパス弁の圧損係数の設計保証値（すなわち上限値）を用いても冷却材最高温度は5℃しか上昇せず、圧損係数の不確定性の範囲では、解析結果はほとんど影響を受けないと結論できる。

3-6 解析結果のまとめと崩壊熱除去成功条件

(1) 解析結果のまとめ

表3-4にケース1からケース9の原子炉容器出入口及び各炉心チャンネルの冷却材最高温度とその到達時刻を示す。冷却材温度が650℃を越えないことという除熱成功の判断基準を用いれば、ケース1からケース5までが除熱成功である。ケース6からケース8では解析終了時点で冷却材温度は上昇途中にあったため、その時点での温度を示している。

表3-5には解析終了時刻での冷却材流量を示す。自然循環シリーズ(ケース1から3)では1次系流量は2~3%、2次系流量は3~4%である。また全炉心流量は1~2%である。ACSの空気流量はほとんど変化することなく全ての解析ケースで10~11kg/s(11から12%)である。ACS出口止め弁開失敗のシリーズ(ケース4から6)では1次系は自然循環シリーズの8割程度の流量が解析されている。2次系流量は自然循環シリーズの3割以下である。

図3-67に自然循環シリーズのケース1から3の炉心、1次系、2次系及び空気系の冷却材流量の定格値に対する相対値を示す。空気流量の定格値は崩壊熱除去運転時に定義されるので、自然通風の場合でも10%程度と大きくなる。そこで縦軸のスケールを変更している。1次系と2次系の自然循環流量の差はほぼ一定であり、availableなループ数が減少すれば1ループ当りの流量は大きく増加し、全炉心流量の低下を補償している。例えば3ループ自然循環と1ループ自然循環を比較すればループ数は3分の1になっているが全炉心流量は2分の1に低下したにすぎない。図3-68にはケース4からケース6の冷却材流量とavailableなループ数の関係を示す。図3-67と比較すると空気冷却器出口止め弁開失敗によって2次系の流量が大幅に低下していることが分かる。2次系の流量は、availableなループ数が変わっても大きく変化しない。この理由はavailableなループ数が減少して冷却材温度が上昇して自然循環力が増加しても、圧損が大きいため流量にはほとんど影響を与えないためと判断できる。この傾向は空気流量と類似している。図3-67では2次系流量もavailableなループ数につれて大きく変化している。1次系の流量は図3-67と同様の傾向を示している。図3-69には1次系と2次系の全ループ合計流量に関して除熱成功のマップを示す。除熱成功するためには1次系、2次系ともある程度以上の流量が確保されている必要があるが、その限界は0.5~0.6%程度のようなのである。

表3-6には、ケース1からケース9の解析終了時刻における空気冷却器除熱量を示す。図3-70には空気冷却器除熱量と冷却材最高温度の関係を示す。除熱量は冷却材温度に依存するため、一概に比較することはできないが、一般に5MW以上の除熱量が必要であることが分かる。またケ

ース3と9を比較すれば分かるように2ループ分の熱容量を考慮すれば、除熱量は低下しているにも関わらず、冷却材温度も大きく低下していることが分かる。すなわち、これらの結果から、冷却材最高温度にはプラントシステムの熱容量が大きく寄与すること、5 MW（定格熱出力の0.7%）程度の除熱量の存在が除熱できる下界値であること、除熱量は空気冷却器の設計値のみでなく、システムの冷却材温度に大きく存在し、PLOHS型の事象では冷却材温度が高いために実質的な除熱量は大きくなると結論される。

(2) 崩壊熱除去成功条件

本章に述べた解析結果から以下の崩壊熱除去成功基準が得られる。

- ① ACSにより1ループで自然循環が可能である。また、他の2ループで除熱はされないにしても、主冷却系の熱容量を考慮すれば冷却材最高温度はさらに50℃程度低下する。
- ② 共通原因によりACS空気冷却器出口止め弁の全ループ開失敗に対しては、2ループ以上の出口止め弁バイパス弁を開とすれば除熱可能である。
- ③ 3ループバイパス弁開度50%（ケース7）や、1ループバイパス弁全開+2ループバイパス弁開度50%（ケース8）では除熱量が小さく除熱成功基準を満足することはできない。
- ④ バイパス弁を開とする時刻が解析結果に及ぼす影響は小さい。試みに30分後に開とすると仮定した結果、冷却材最高温度の上昇は1℃以下である。従って、このリカバリ操作のための時間余裕は十分にあるものと判断できる。
- ⑤ バイパス弁の圧損係数に関して、設計保証値（設計値の1.39倍）を用いて解析した結果、冷却材最高温度は5℃の上昇にとどまった。すなわち、バイパス弁の圧損係数の不確定性を考慮しても②の結論を支持できる。
- ⑥ バイパス弁開に失敗したループでもその開度は50%にあるが、自然通風により空気冷却器伝熱管において冷却材が凍結すると予想される。また、この条件で伝熱管が凍結しないように温度制御しながら運転することは困難であると考えられる。従って、バイパス弁開失敗ループからの除熱は考慮すべきではない。

表 3 - 1 解析条件一覧

ケース	Availableな ループ 数 ⁽¹⁾	空気冷却器 出口止め弁			バイパス弁			事象の説明
		ループ番号			ループ番号			
		1	2	3	1	2	3	
1	3	○	○	○	—	—	—	3 ループ自然循環除熱
2	2	○	○	—	—	—	—	2 ループ自然循環除熱
3	1	○	—	—	—	—	—	1 ループ自然循環除熱
4	3	●	●	●	○	○	○	3 ループバイパス弁開
5	2	●	●	—	○	○	—	2 ループバイパス弁開
6	1	●	—	—	○	—	—	1 ループバイパス弁開
7	3	●	●	●	◐	◐	◐	3 ループバイパス弁開度 50% (操作せず)
8	3	●	●	●	○	◐	◐	ケース 6 と類似、他の 2 ループバイパス弁 50%
9	3	○	—	—	—	—	—	ケース 3 と類似、他の 2 ループの熱容量を考慮
5'	2	●	●	—	○	○	—	ケース 5 と類似、バイパス弁開時刻 30 分
5''	2	●	●	—	○	○	—	ケース 5 と類似、バイパス弁圧損を設計保証値

Note:○ 弁開度 100%

◐ 弁開度 50%

● 弁開度 0%

(1) Availableなループ以外は冷却材が流れないものとし、解析対象としない

表 3 - 2 PLOHS の事象進展 (ACS 空気冷却器出口止め弁開成功)

時刻 (Sec)	事象
0.0	主冷却系ポンプトリップ、給水喪失 (SG除熱停止)
0.94	1次ポンプ回転数低のスクラム信号
1.97	原子炉スクラム
93.94	SG止め弁閉、AC出口止め弁開

表 3 - 3 PLOHS の事象進展 (ACS 空気冷却器出口止め弁開失敗)

時刻 (Sec)	事象
0.0	1次主冷却系ポンプトリップ、2次系流量喪失 (IHX除熱停止)
0.94	1次ポンプ回転数低のスクラム信号
1.97	原子炉スクラム
93.94	SG止め弁閉、AC出口止め弁開失敗
600.0	MCS起動

表3-4 原子炉容器出口及び炉心各チャンネルの冷却材最高温度と到達時刻

ケース番号	原子炉容器出口	炉心各チャンネル			
		燃料集合体	ブライケット燃料集合体	反射体制御棒	バイパス
1	530.8 (8)	581.7 (4)	507.3 (512)	507.2 (4480)	508.8 (4992)
2	548.3 (35584)	581.7 (4)	539.8 (34816)	548.2 (28160)	548.2 (28160)
3	638.0 (57600)	641.0 (59359)	637.5 (58534)	637.0 (58534)	627.0 (60100)
4	539.9 (3072)	581.8 (2304)	565.7 (2560)	539.0 (5120)	537.3 (4736)
5	585.5 (43520)	610.0 (1920)	621.0 (2304)	584.9 (37632)	584.9 (37632)
6 ⁽²⁾	794.3 (73472)	804.2 (73472)	790.7 (73472)	794.3 (73472)	794.3 (73472)
7 ⁽²⁾	754.7 (90624)	758.3 (90112)	746.1 (89088)	754.4 (87808)	754.3 (85760)
8 ⁽¹⁾⁽²⁾	632.9 ① (28160) 632.9 ② (28160)	653.2 (27392)	648.7 (26368)	631.1 (27392)	630.2 (27136)
9 ⁽¹⁾	589.0 ① (74057) 589.0 ② (74057)	595.5 (74222)	585.0 (74222)	588.0 (74057)	588.0 (74057)

温度の単位は℃、()内は時刻で単位は秒

注(1) ケース8、9の①、②は代表ループのループ番号を表す

- | | | | |
|------|---|---|---------------------|
| ケース8 | ┌ | ① | バイパス弁開度100%で重み1 |
| | | ② | バイパス弁開度50%で重み2 |
| ケース9 | ┌ | ① | 出口止め弁開で重み1 |
| | | ② | 出口止め弁開だが空気冷却器断熱で重み2 |

注(2) ケース6、7、8は、解析終了時点で冷却材温度は最高値に達していない

表 3 - 5 準定常到達後の冷却材

ケース番号	全炉心流量	1次系流量	2次系流量	空気流量
1	83.6 (0.020)	27.9 (0.020)	29.5 (0.028)	10.6 (0.114)
2	67.6 (0.016)	33.8 (0.024)	33.2 (0.032)	10.9 (0.117)
3	43.6 (0.0102)	43.6 (0.030)	39.0 (0.038)	11.1 (0.119)
4	67.9 (0.016)	22.6 (0.016)	9.5 (0.0092)	10.6 (0.114)
5	57.9 (0.014)	29.0 (0.020)	10.5 (0.010)	11.0 (0.118)
6	38.4 (0.009)	38.4 (0.027)	11.7 (0.011)	11.1 (0.119)
7	64.6 (0.015)	21.5 (0.015)	2.4 (0.002)	10.2 (0.109)
8	59.2 (0.014)	55.3 ① (0.039)	11.0 ① (0.011)	11.0 ① (0.118)
		1.8 ② (0.001)	2.0 ② (0.002)	10.1 ② (0.108)
9	51.2 (0.012)	42.3 ① (0.029)	37.8 ① (0.036)	11.1 (0.119)
		4.5 ② (0.003)	6.3 ② (0.006)	11.1 (0.119)

流量の単位はkg/sec、()内は初期値に対する相対値

(注) ケース8、9の①、②は代表ループ番号を表わす(表3-4の注参照)

表 3 - 6 準定常到達後の空気冷却器除熱量

ケース番号	除熱量 (MW)
1	2.16 (6.49)
2	2.87 (5.73)
3	5.50 (5.50)
4	2.21 (6.62)
5	2.93 (5.87)
6	4.27 (4.27)
7	1.70 (5.09)
8	3.34 ① 0.90 ② (5.13)
9	5.20 ① 0.01 ② (5.21)

() 内はループ全体の合計

(注) ケース 8、9 の①、②は代表ループのループ番号を表わす (表 3 - 4 の注参照)

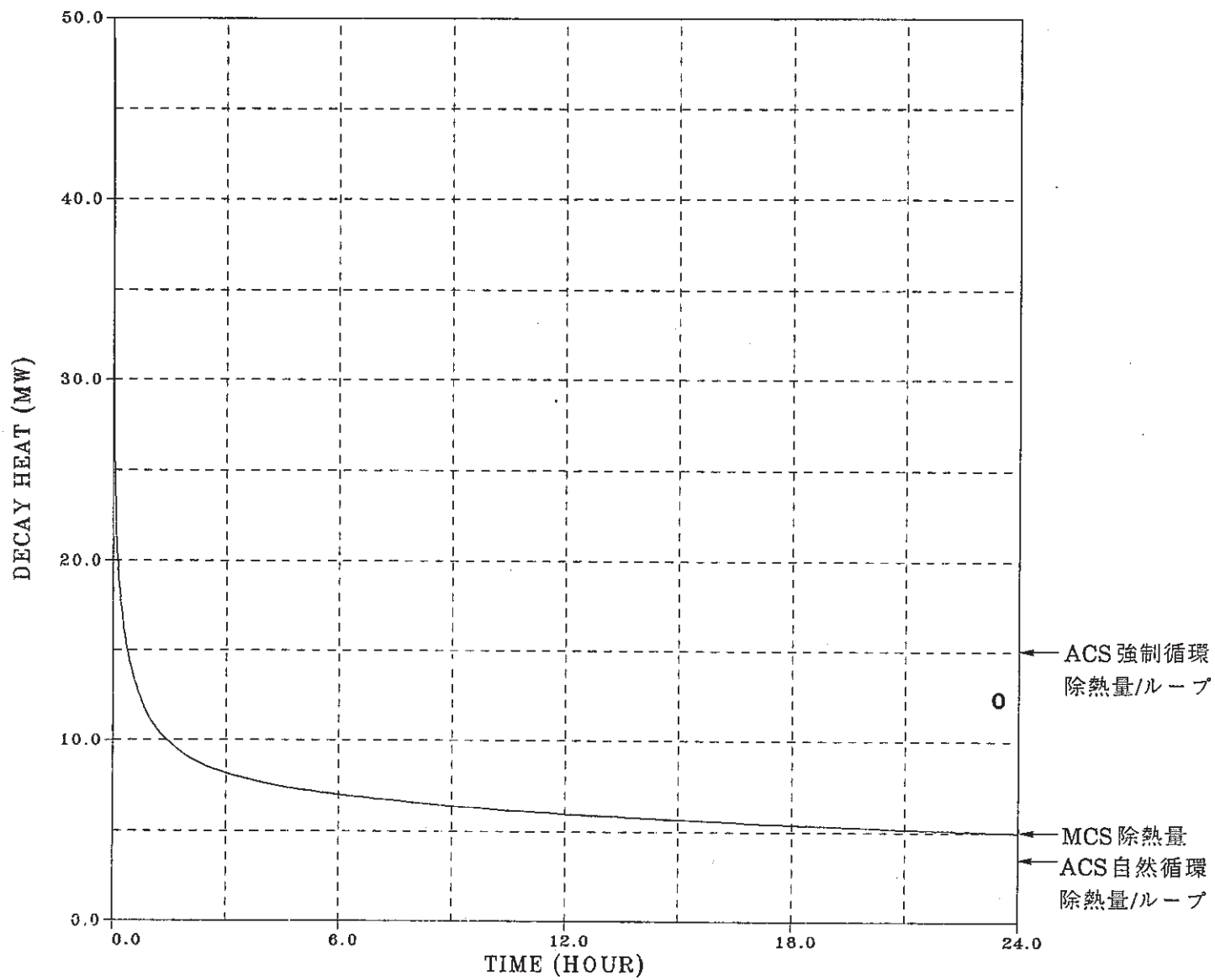


図 3 - 1 もんじゅの崩壊熱の時間変化

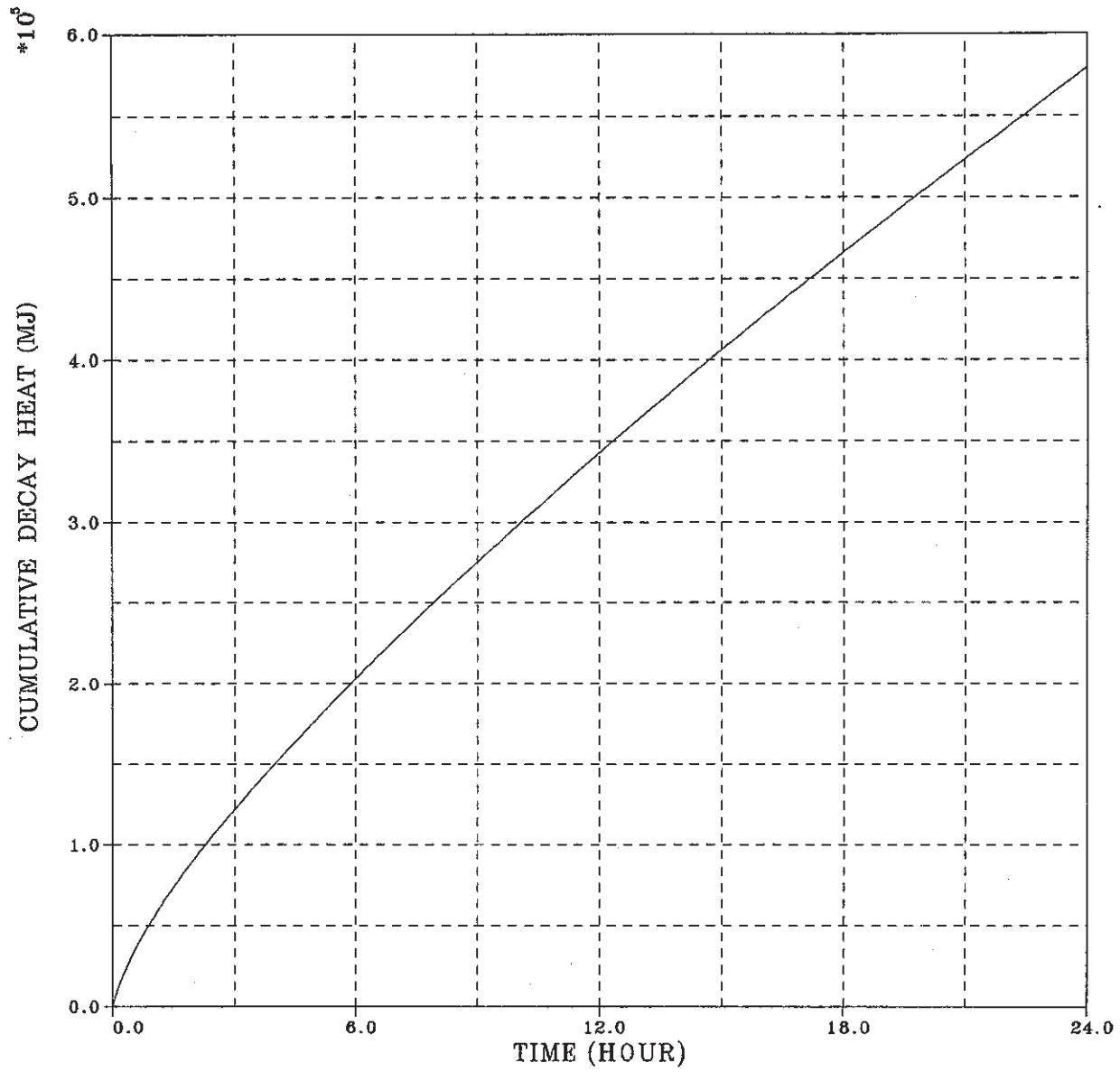


図 3 - 2 もんじゅの崩壊熱時間積分値

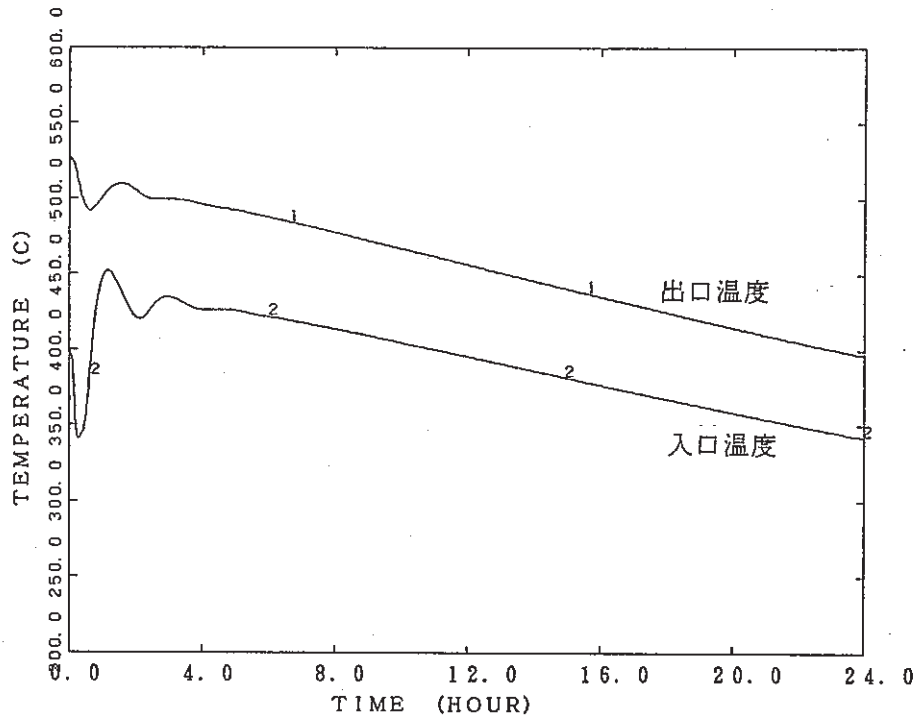


図 3 - 3 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 1)

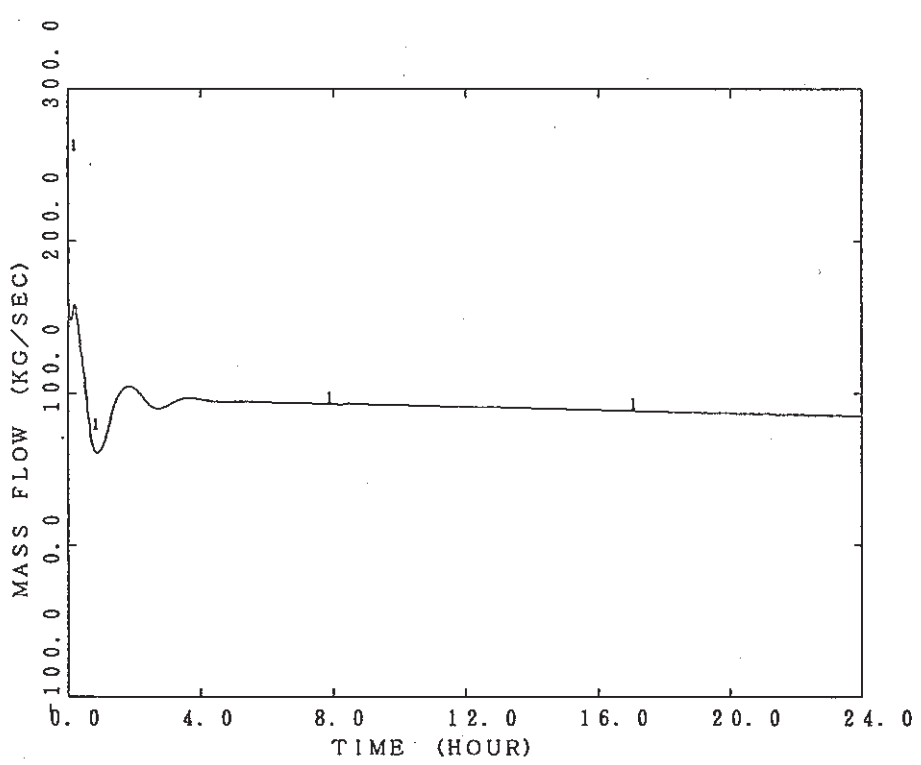


図 3 - 4 全炉心冷却材流量 (ケース 1)

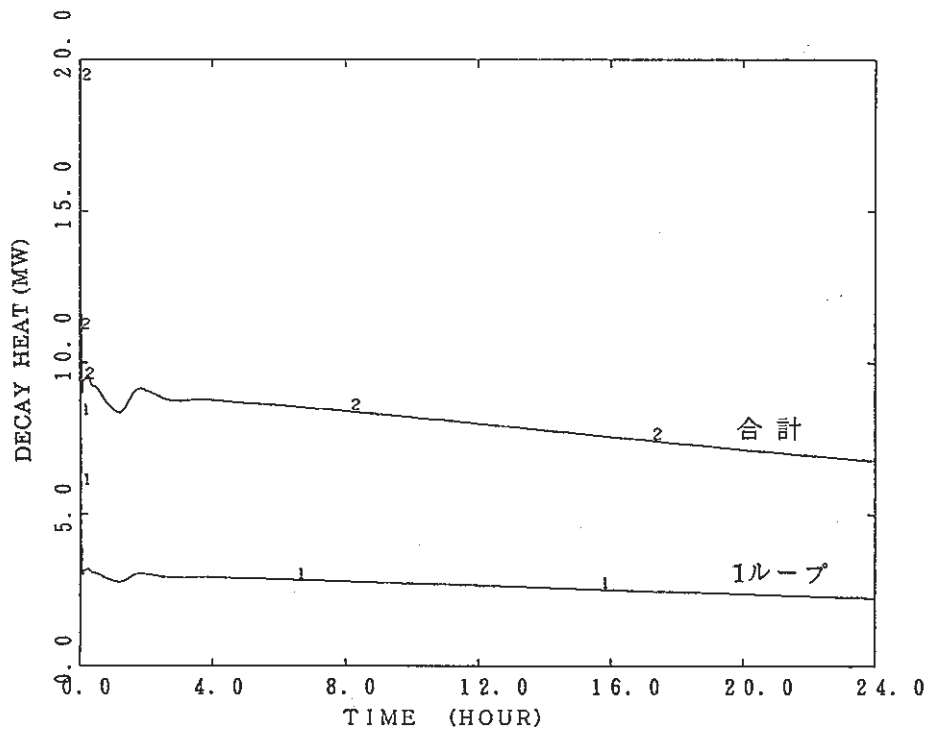


図 3 - 5 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース 1)

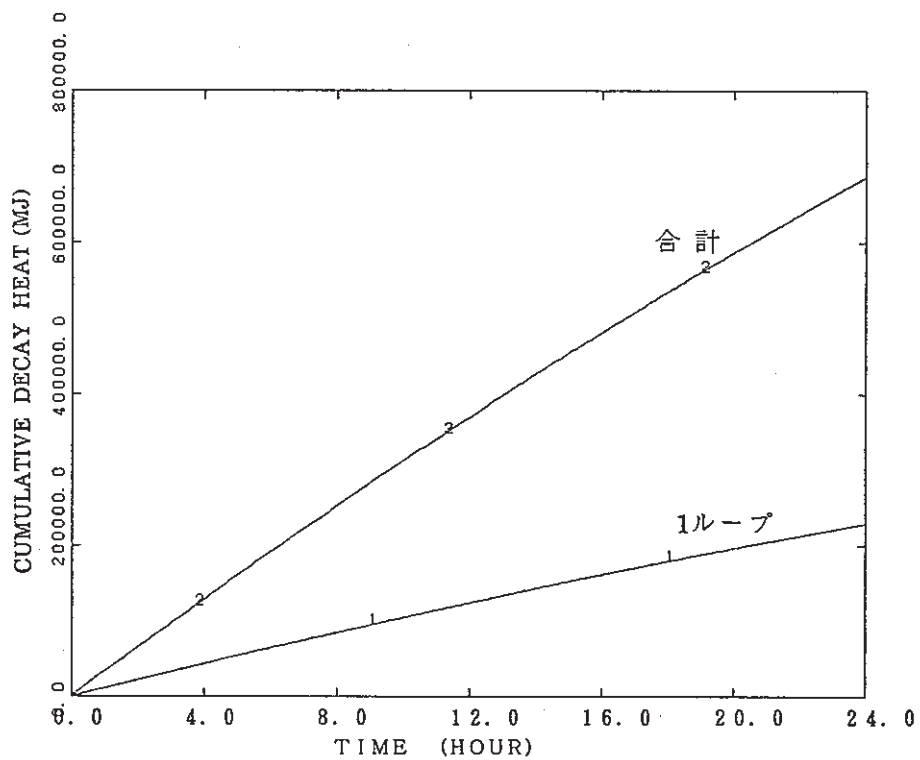


図 3 - 6 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 1)

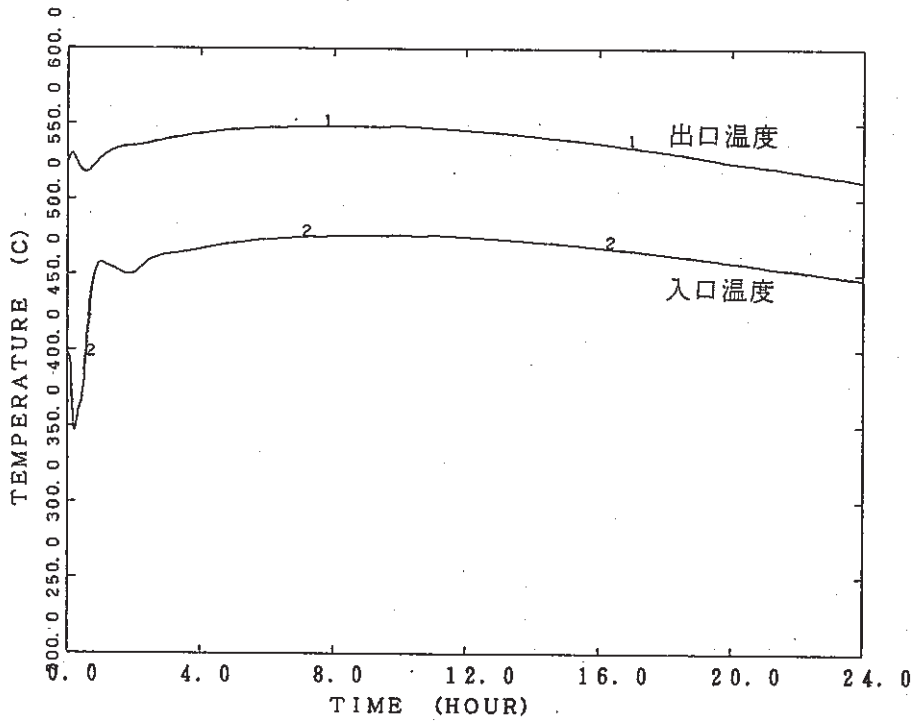


図 3 - 7 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 2)

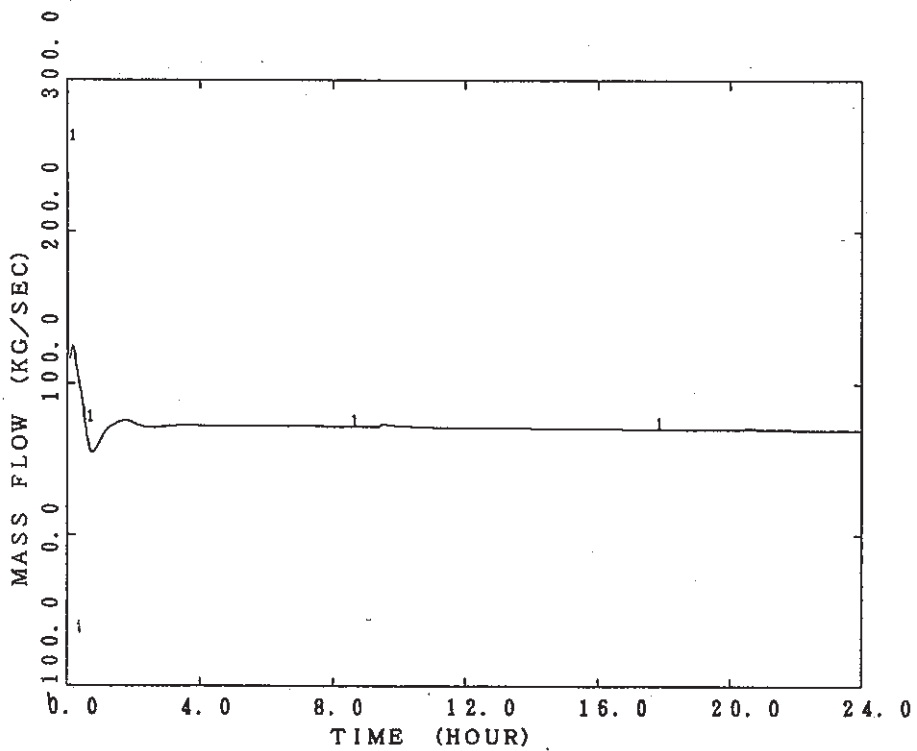


図 3 - 8 全炉心冷却材流量 (ケース 2)

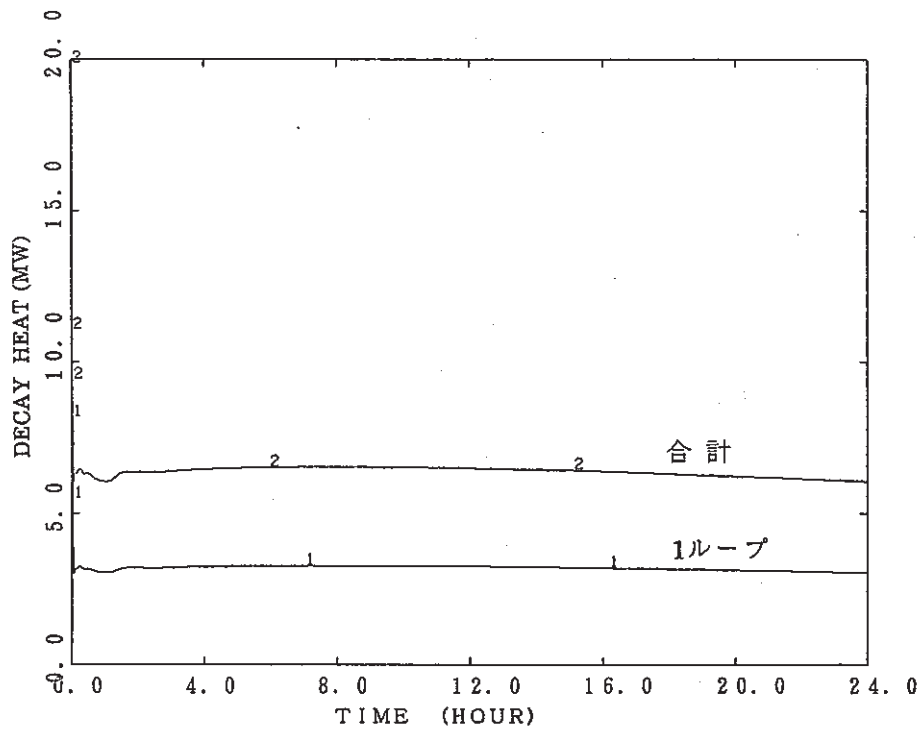


図 3 - 9 ACS 空気冷却器除熱量 (ケース 2)

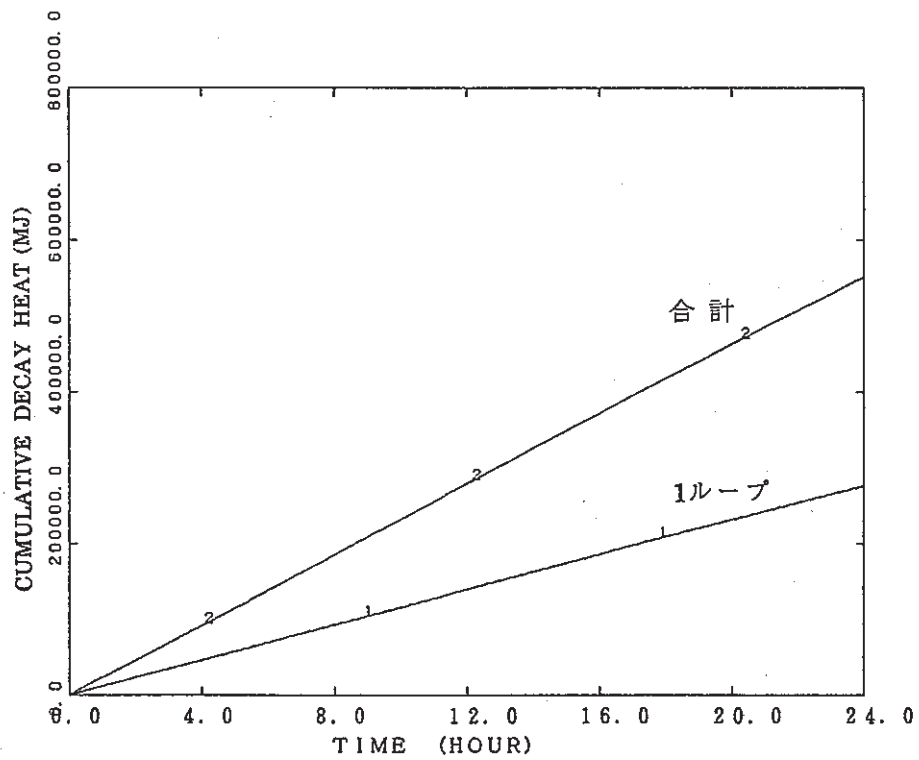


図 3 - 10 ACS 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 2)

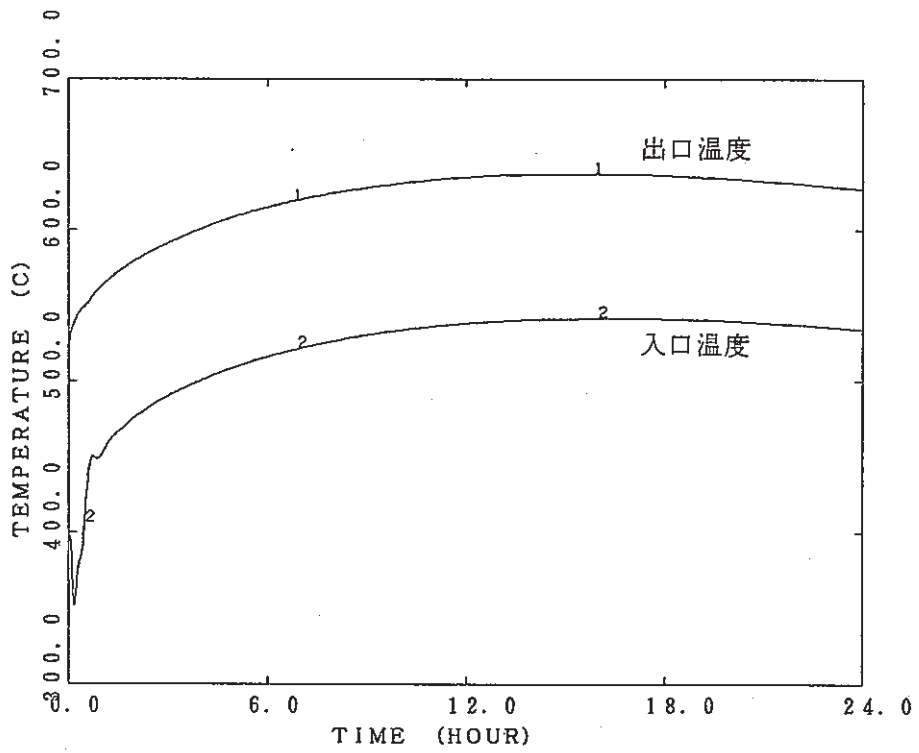


図 3 - 11 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 3)

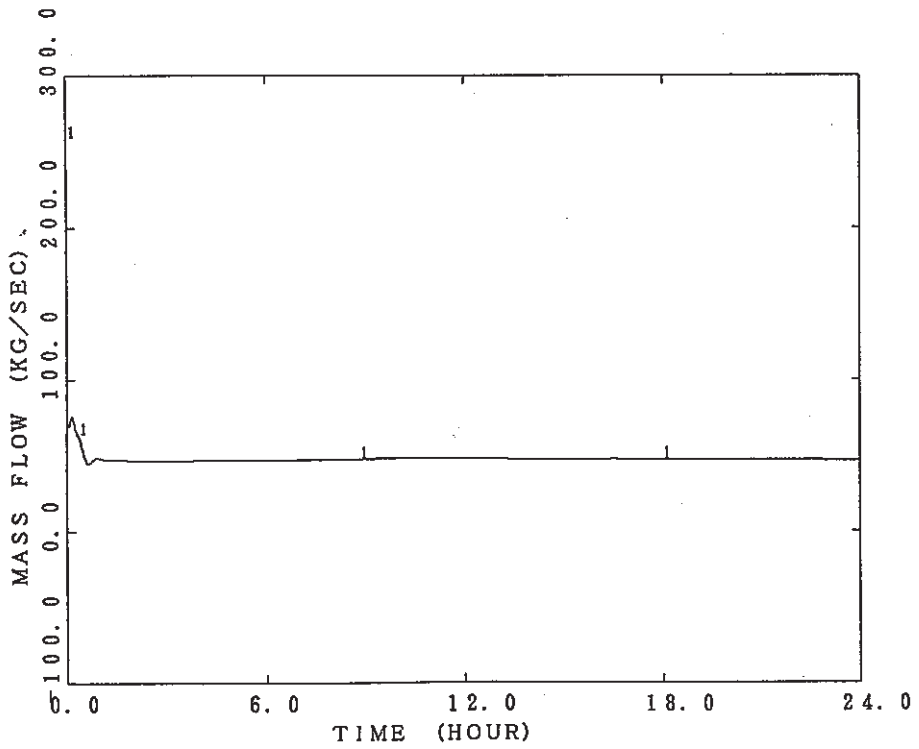


図 3 - 12 全炉心冷却材流量 (ケース 3)

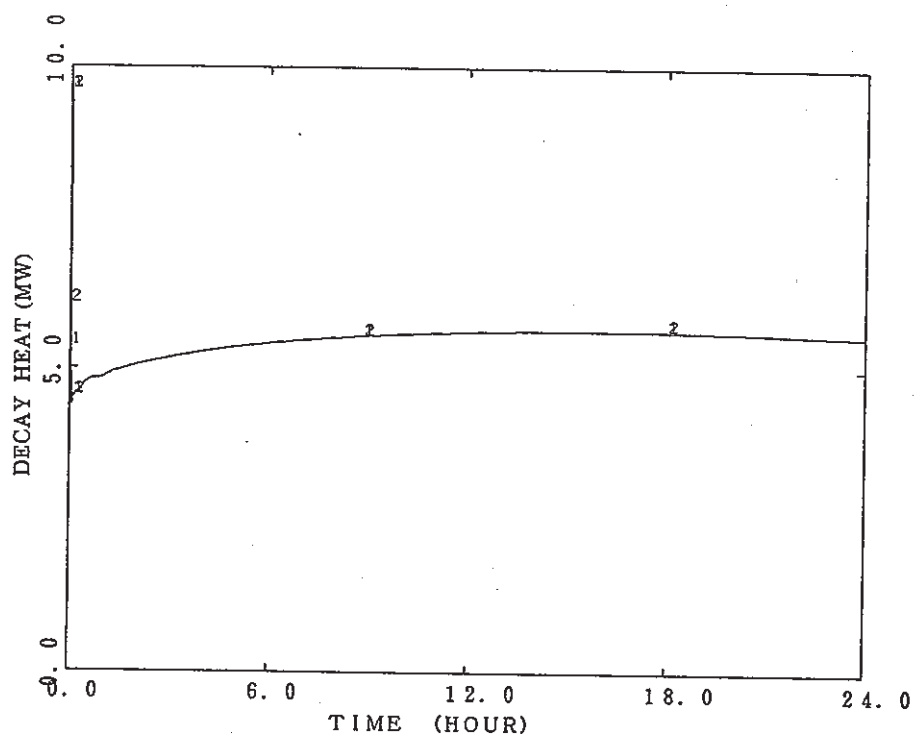


図 3 - 13 ACS 空気冷却器除熱量 (ケース 3)

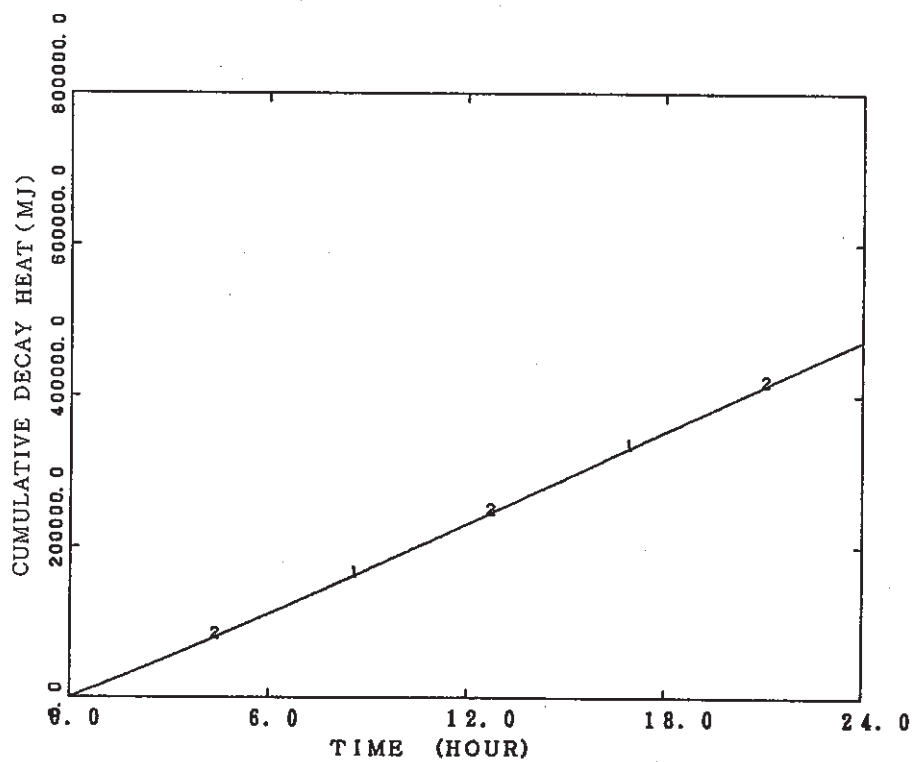


図 3 - 14 ACS 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 3)

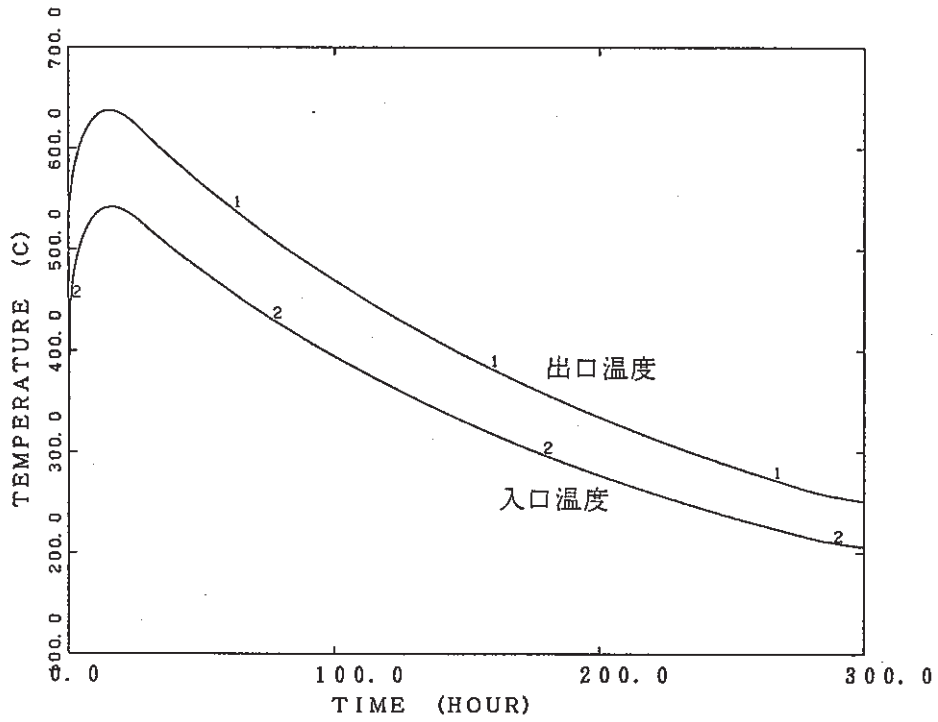


図 3 - 15 原子炉容器出入口冷却材温度長時間挙動 (ケース 3)

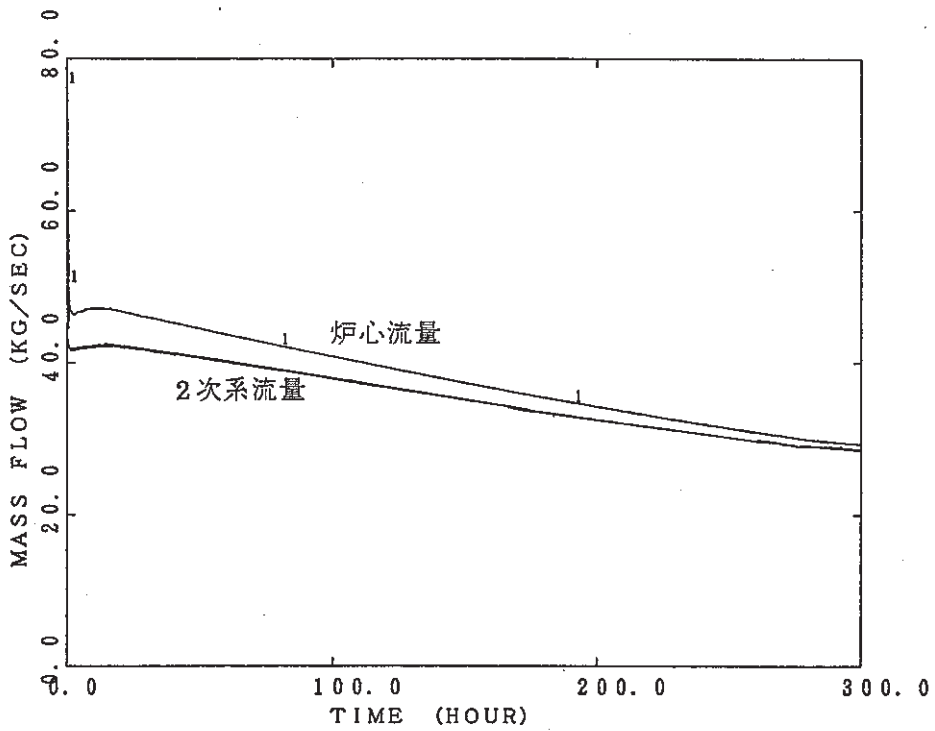


図 3 - 16 全炉心及び 2 次系冷却材流量長時間挙動 (ケース 3)

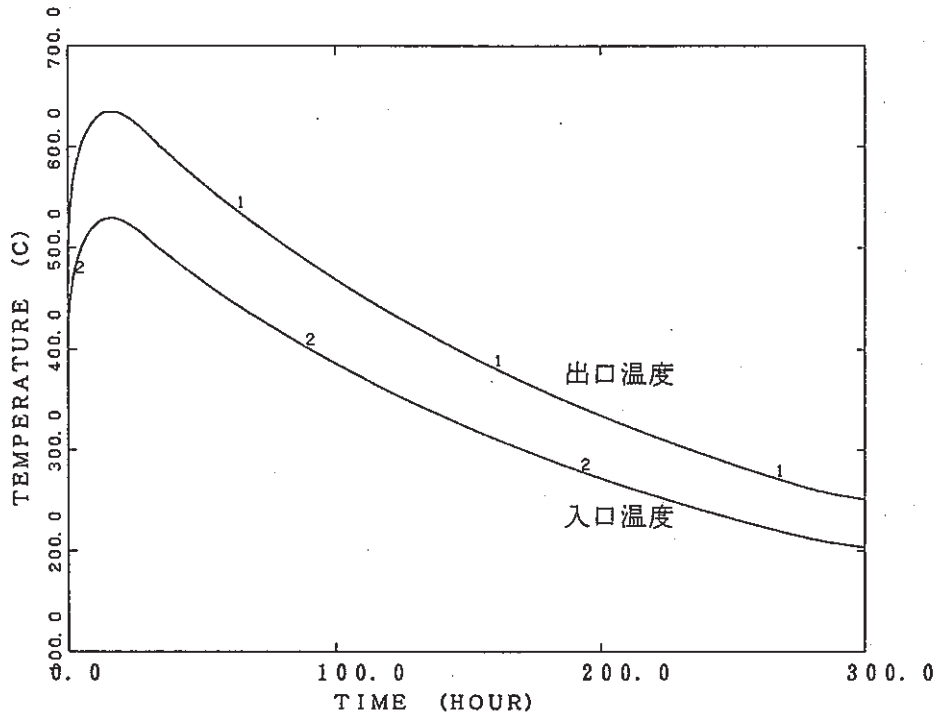


図 - 17 ACS 空気冷却器出入口冷却材温度長時間挙動 (ケース 3)

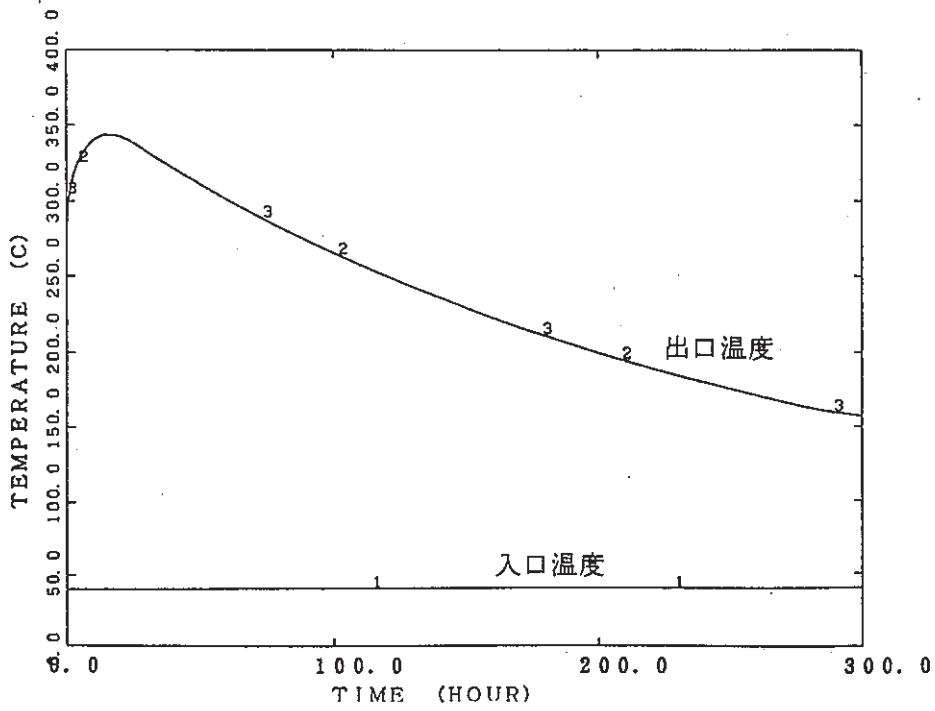


図 3 - 18 ACS 空気冷却器出入口空気温度長時間挙動 (ケース 3)

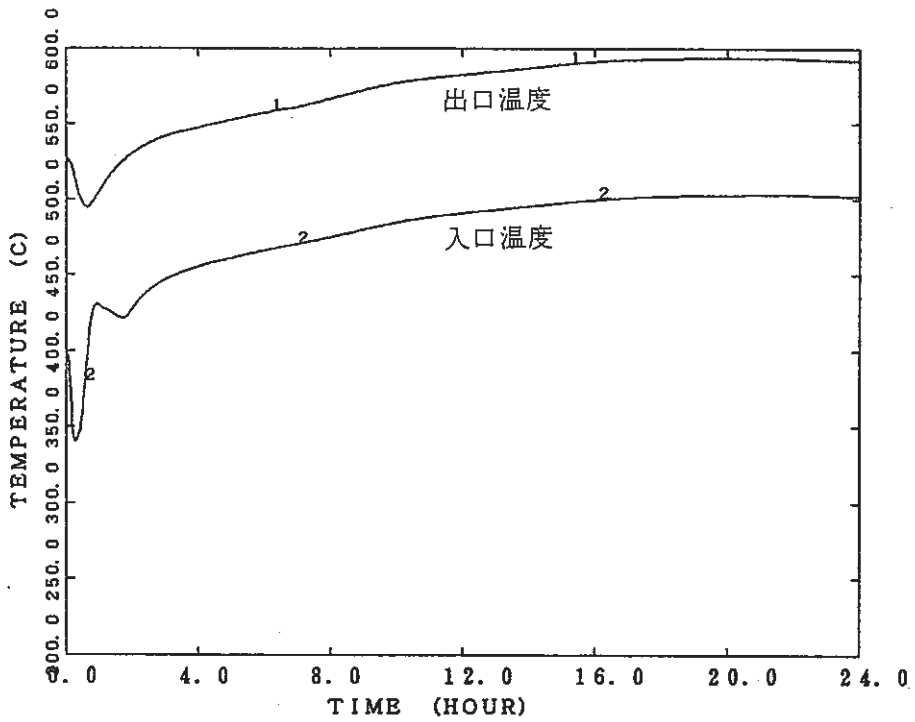


図 3 - 19 第 1 ループ原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 9)

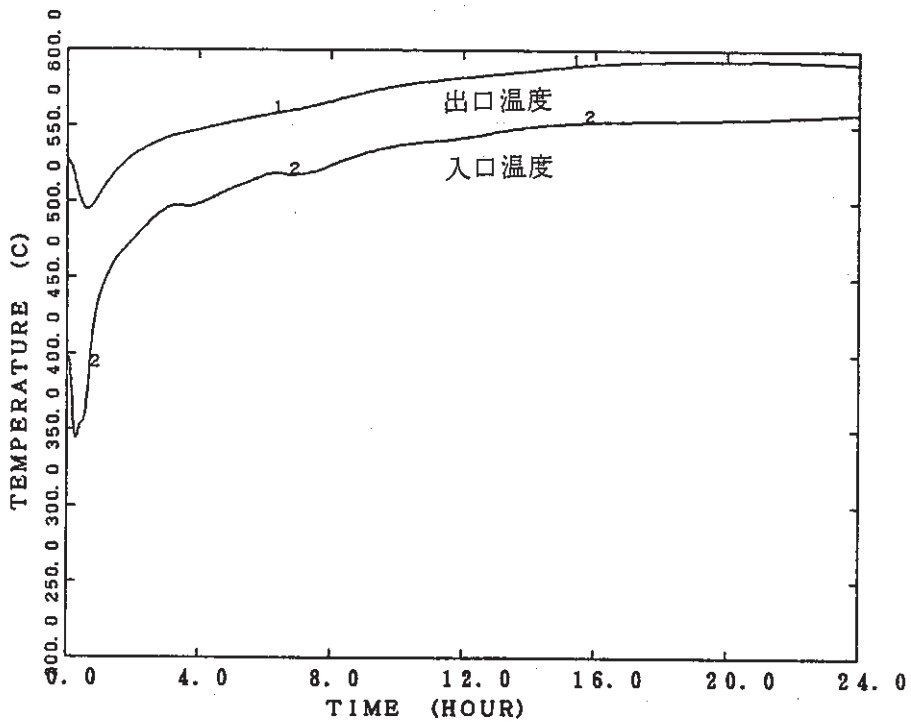


図 3 - 20 第 2 ループ原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 9)

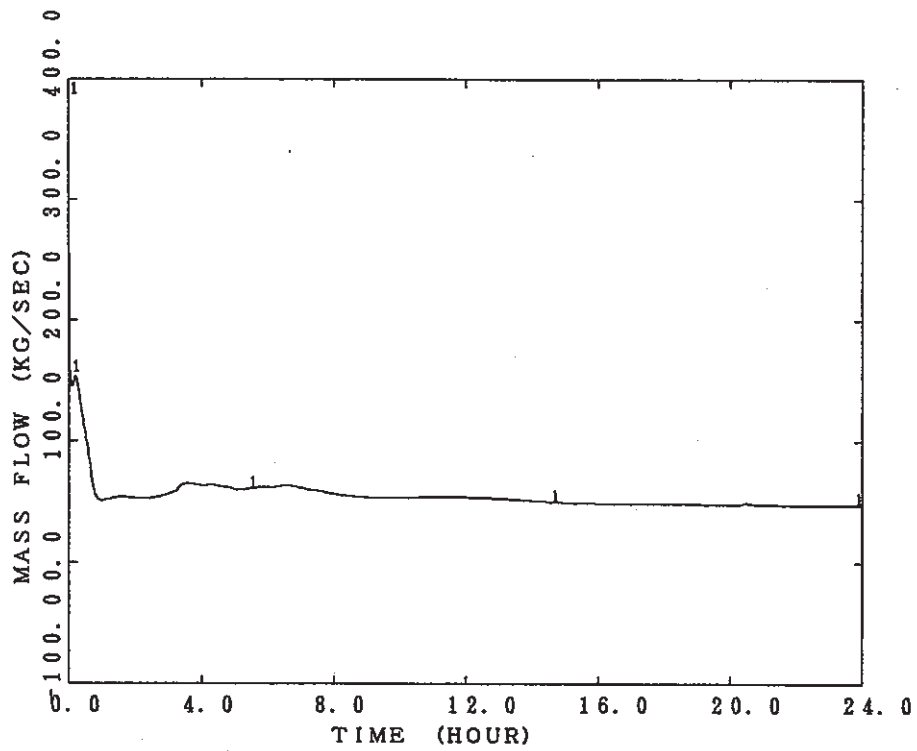


図 3 - 21 全炉心流量 (ケース 9)

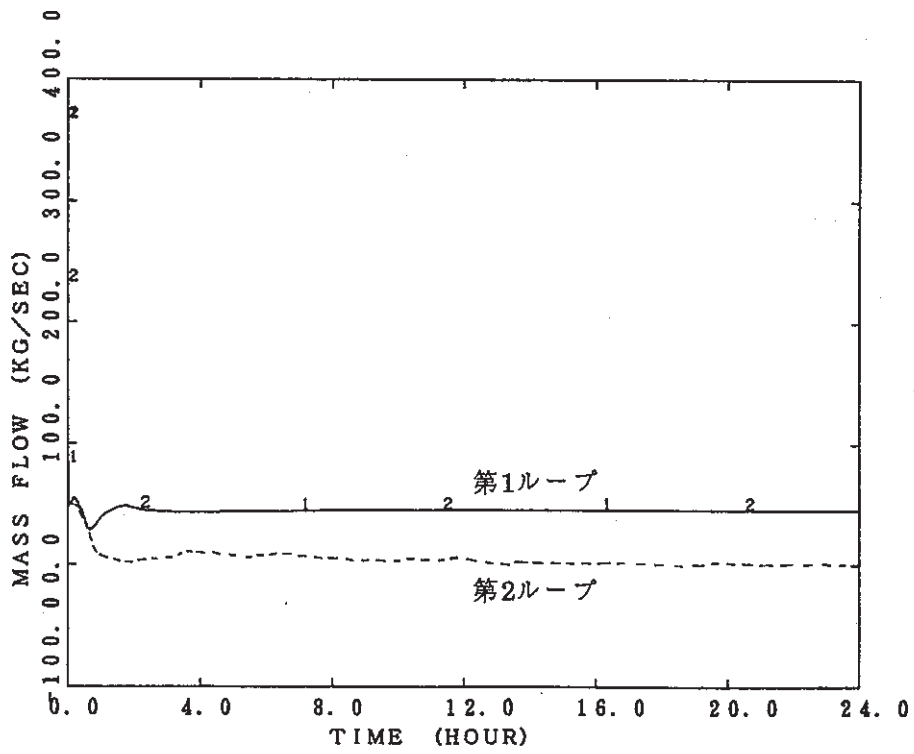


図 3 - 22 1次系冷却材流量 (ケース 9)

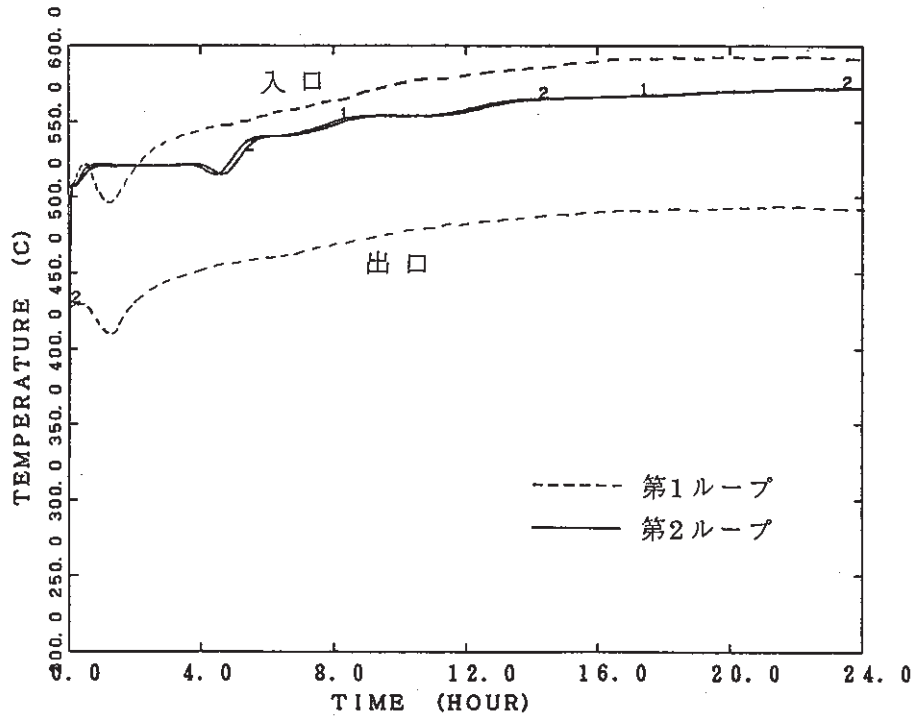


図 3 - 23 ACS 空気冷却器出入口冷却材温度 (ケース 9)

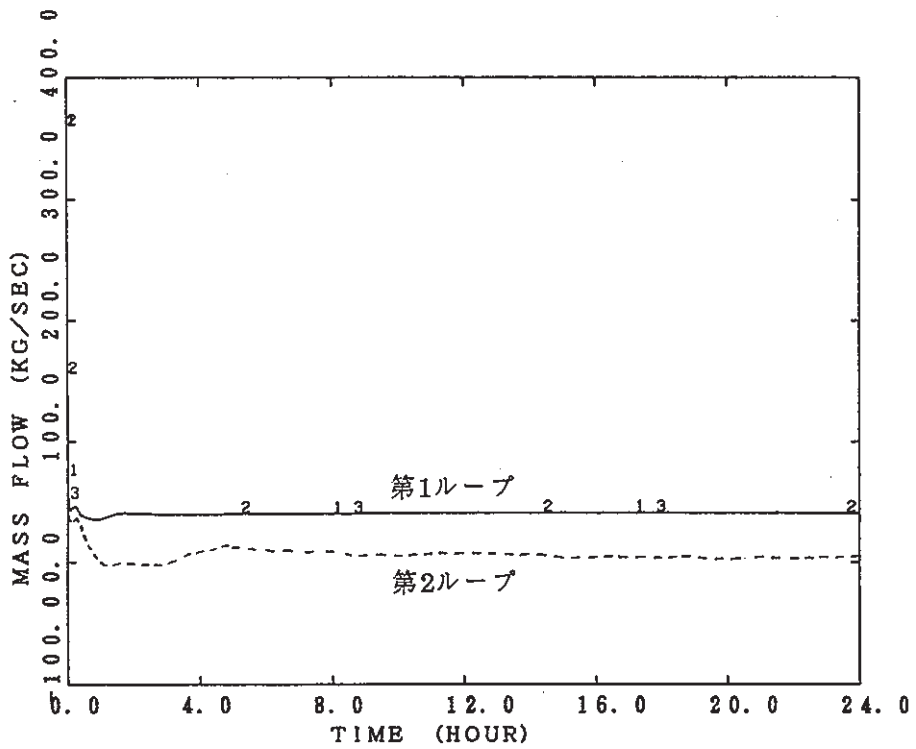


図 3 - 24 2 次系冷却材流量 (ケース 9)

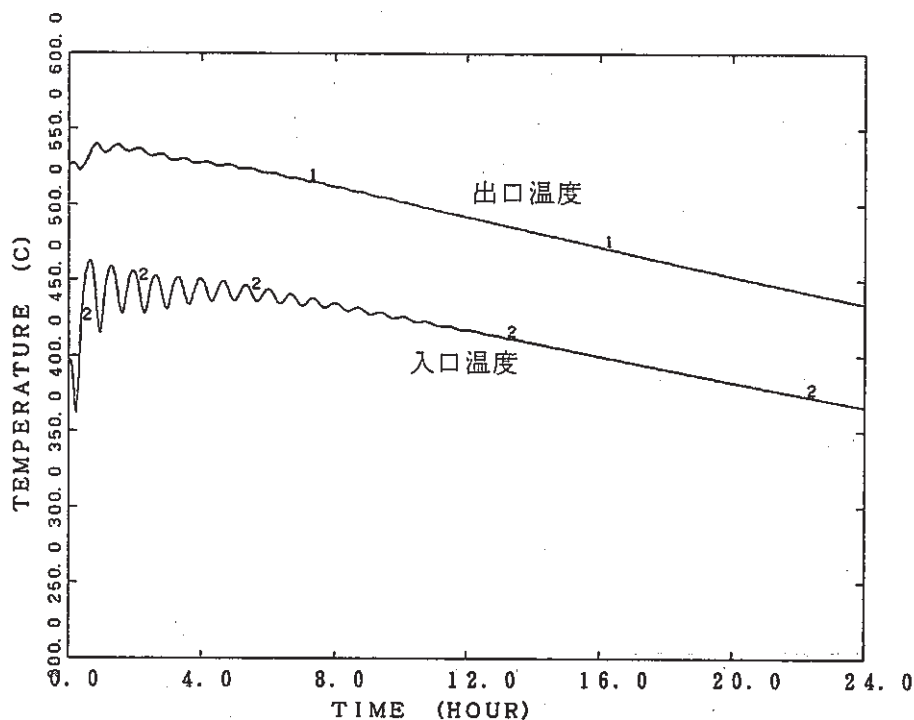


図 3 - 25 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 4)

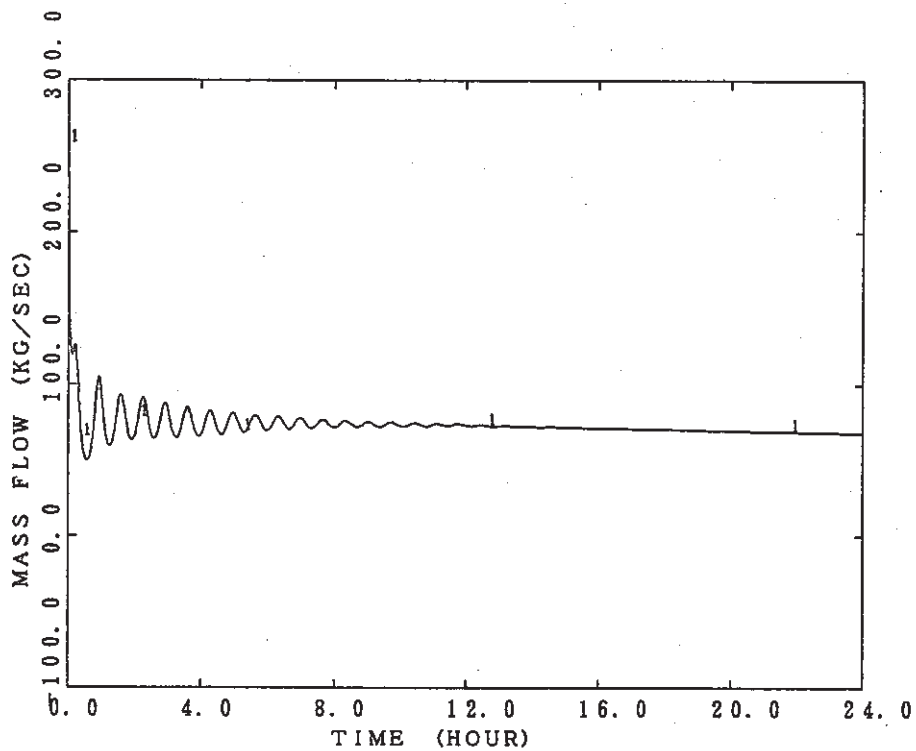


図 3 - 26 全炉心冷却材流量

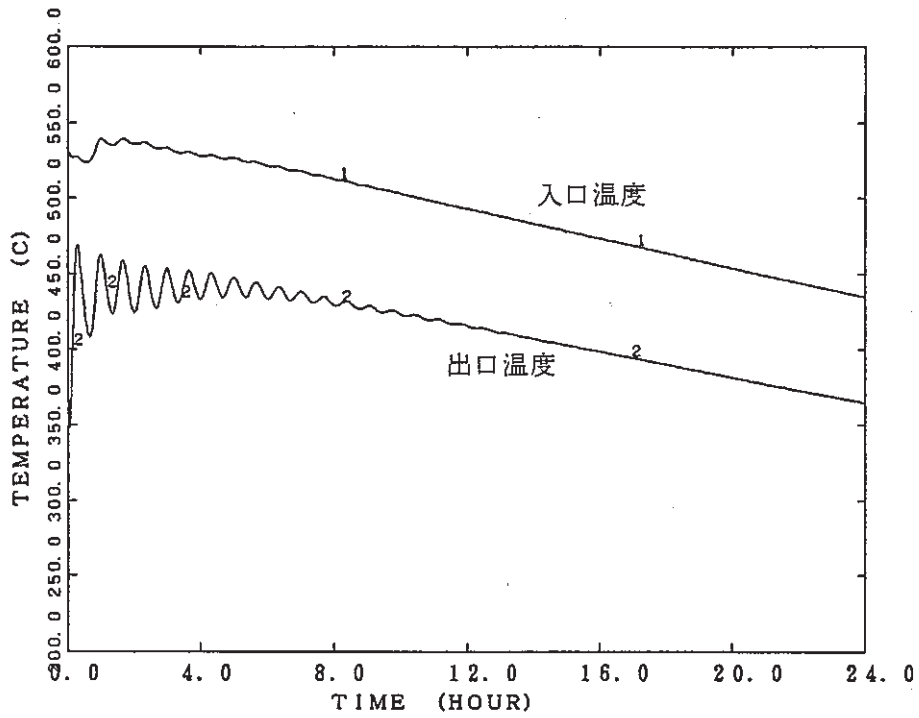


図 3 - 27 I H X 1 次系出入口冷却材温度 (ケース 4)

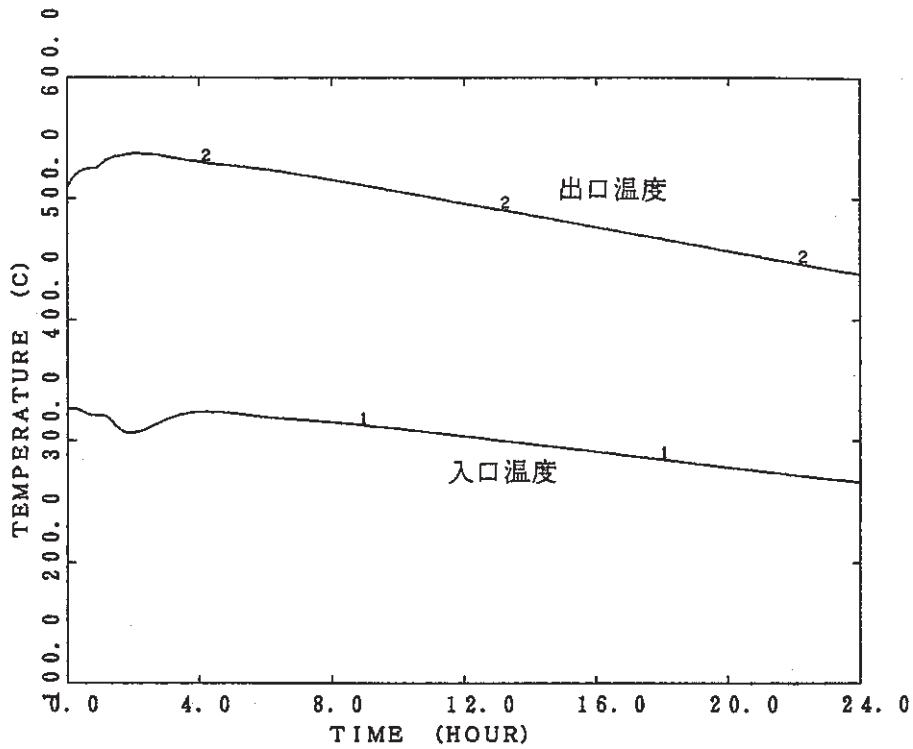


図 3 - 28 I H X 2 次系出入口冷却材温度 (ケース 4)

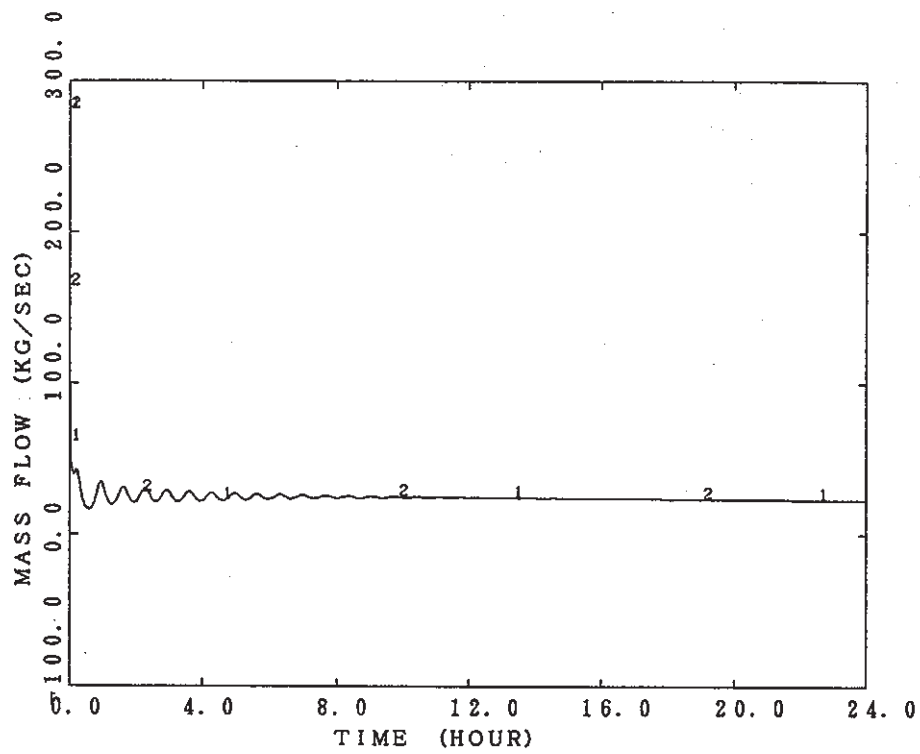


図 3 - 29 1 次系冷却材流量 (ケース 4)

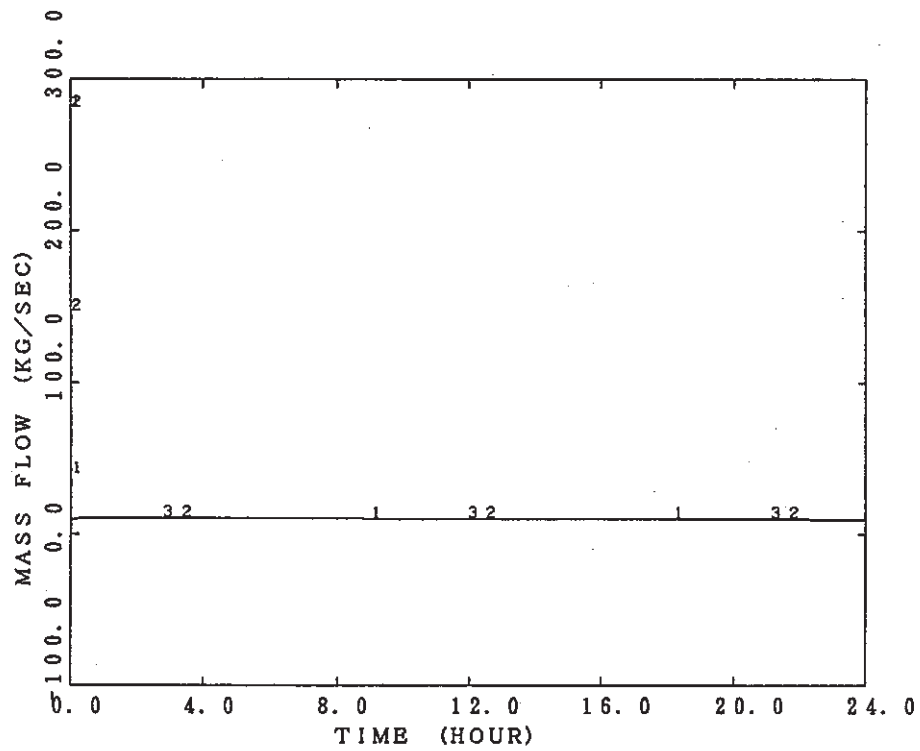


図 3 - 30 2 次系冷却材流量 (ケース 4)

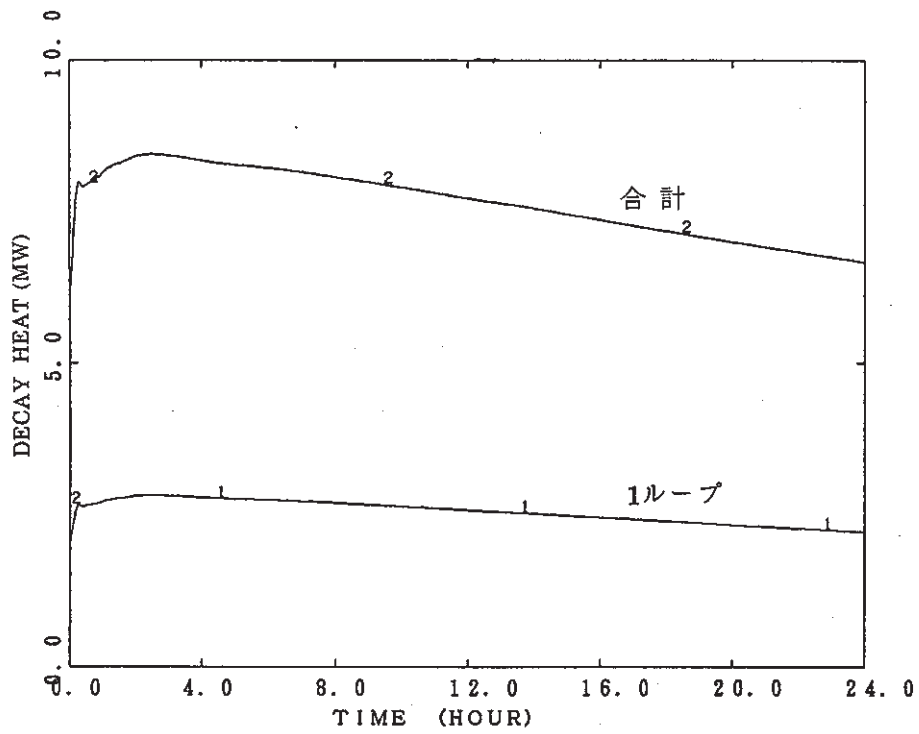


図 3 - 31 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース 4)

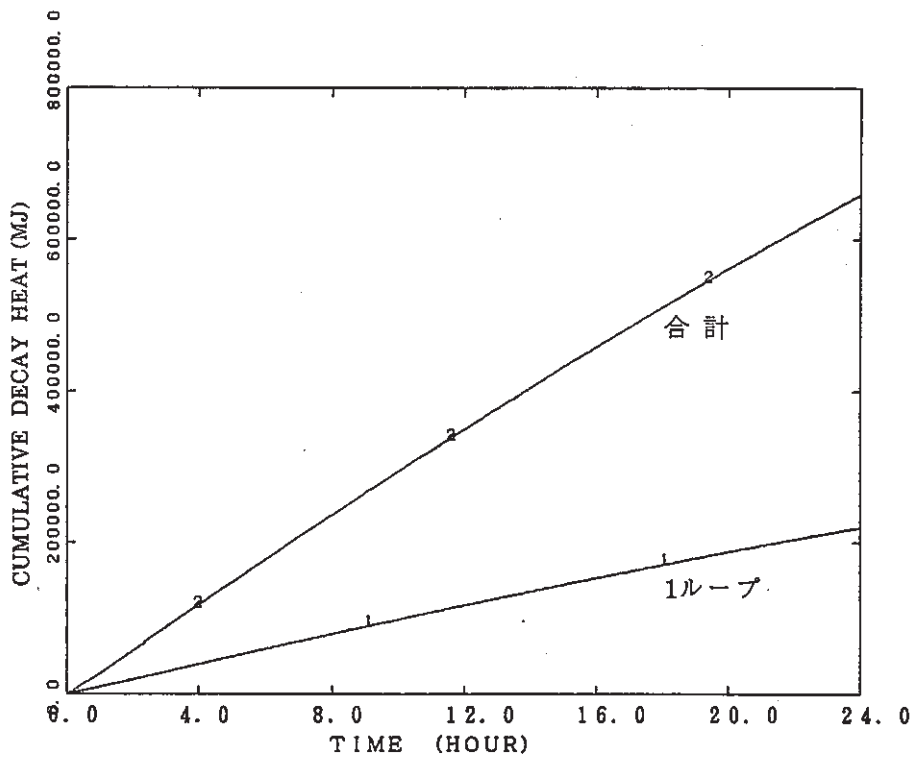


図 3 - 32 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 4)

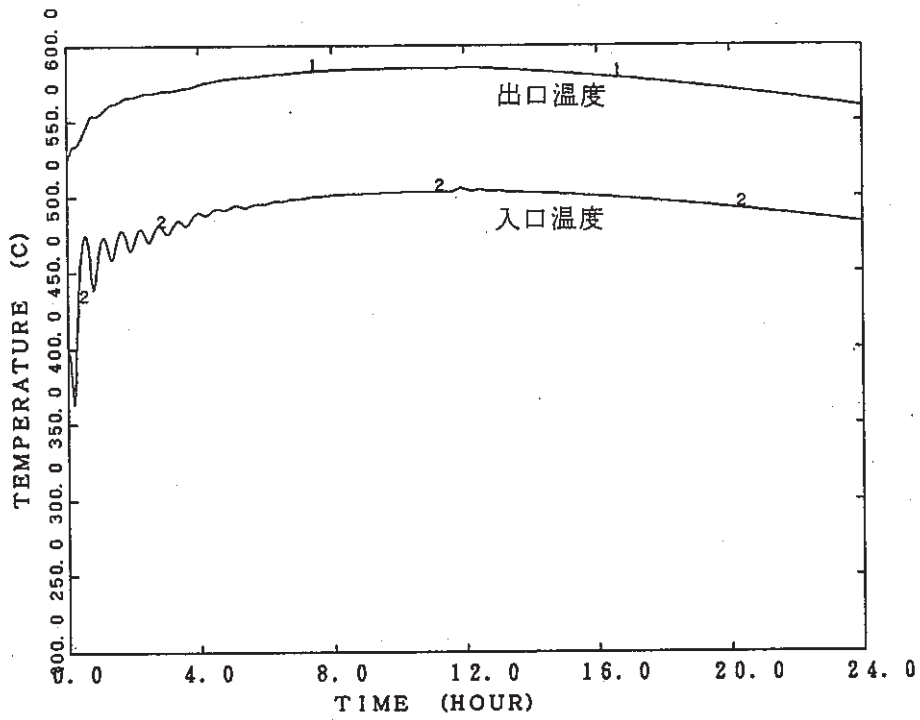


図 3 - 33 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 5)

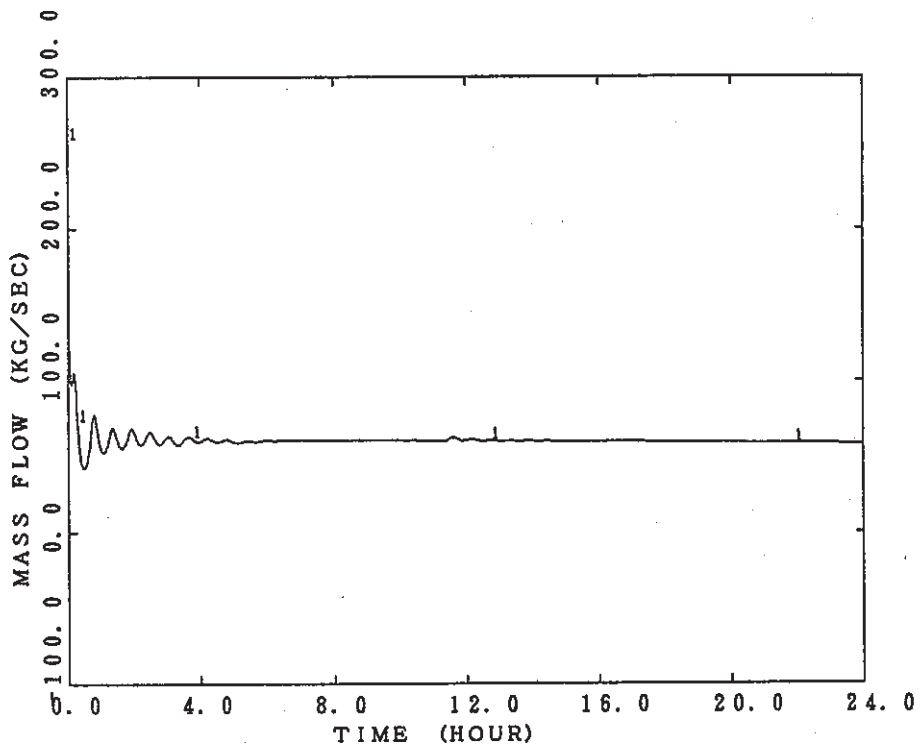


図 3 - 34 全炉心冷却材流量 (ケース 5)

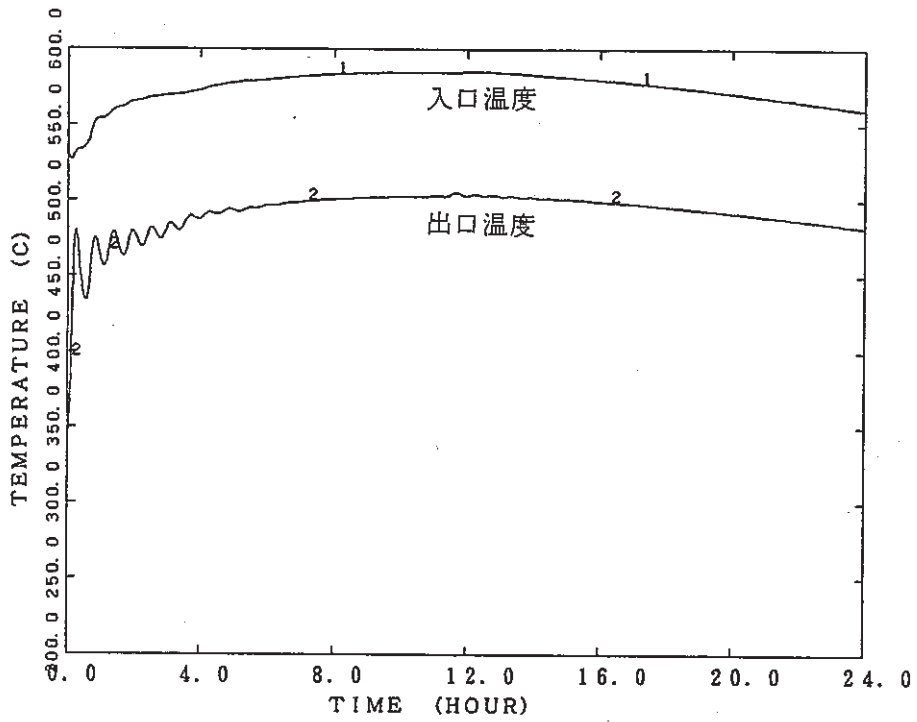


図 3 - 35 I H X 1 次系 出入口冷却材温度 (ケース 5)

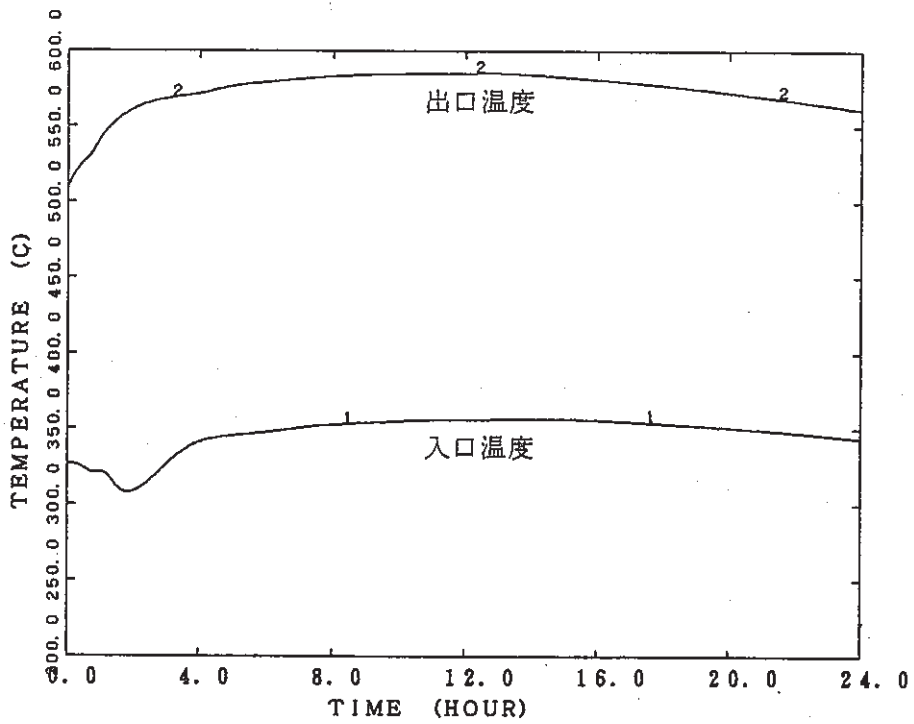


図 3 - 36 I H X 2 次系 出入口冷却材温度 (ケース 5)

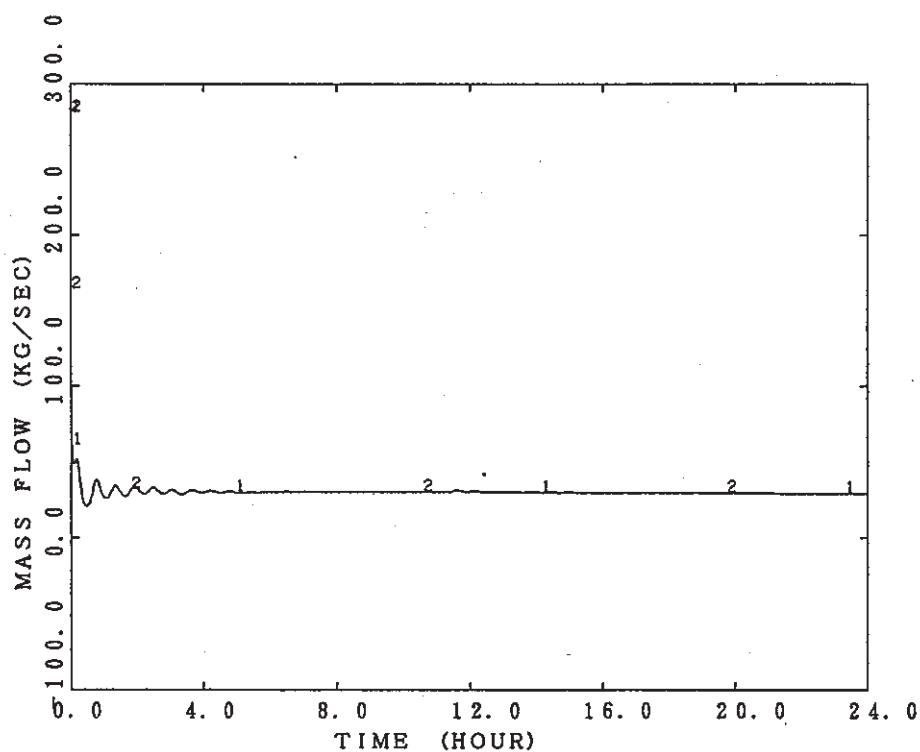


図 3 - 37 1 次系冷却材流量 (ケース 5)

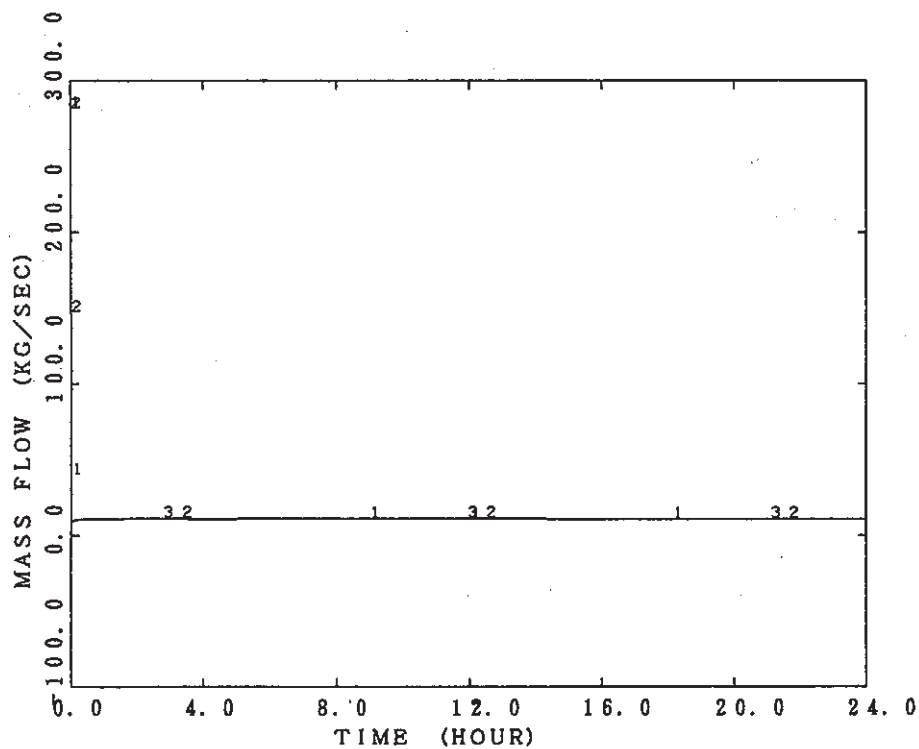


図 3 - 38 2 次系冷却材流量 (ケース 5)

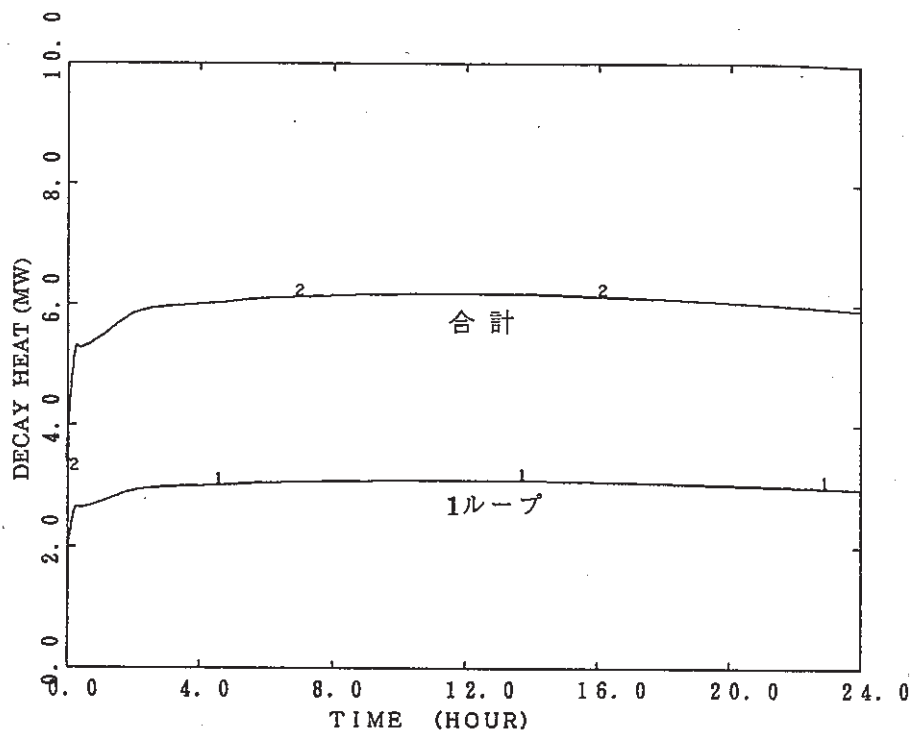


図 3 - 39 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース 5)

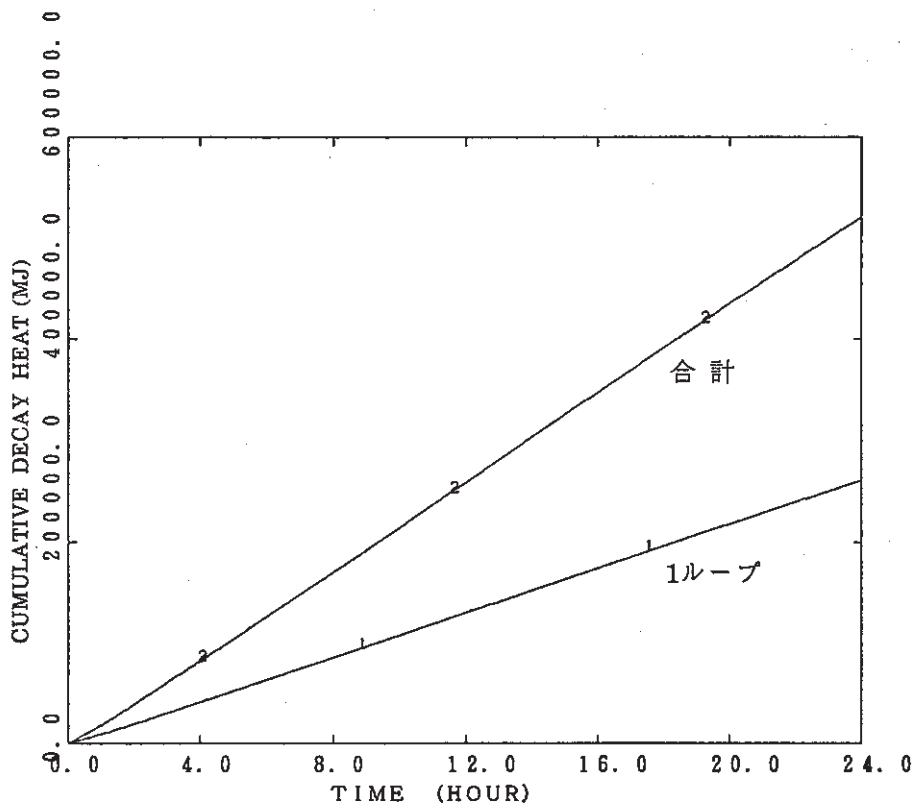


図 3 - 40 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 5)

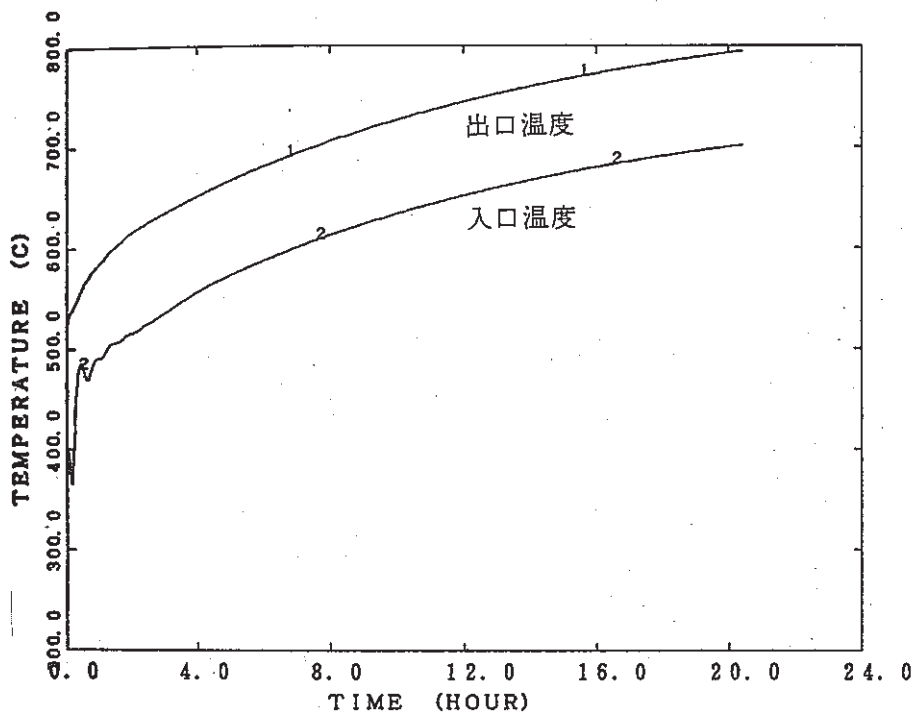


図 3 - 41 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 6)

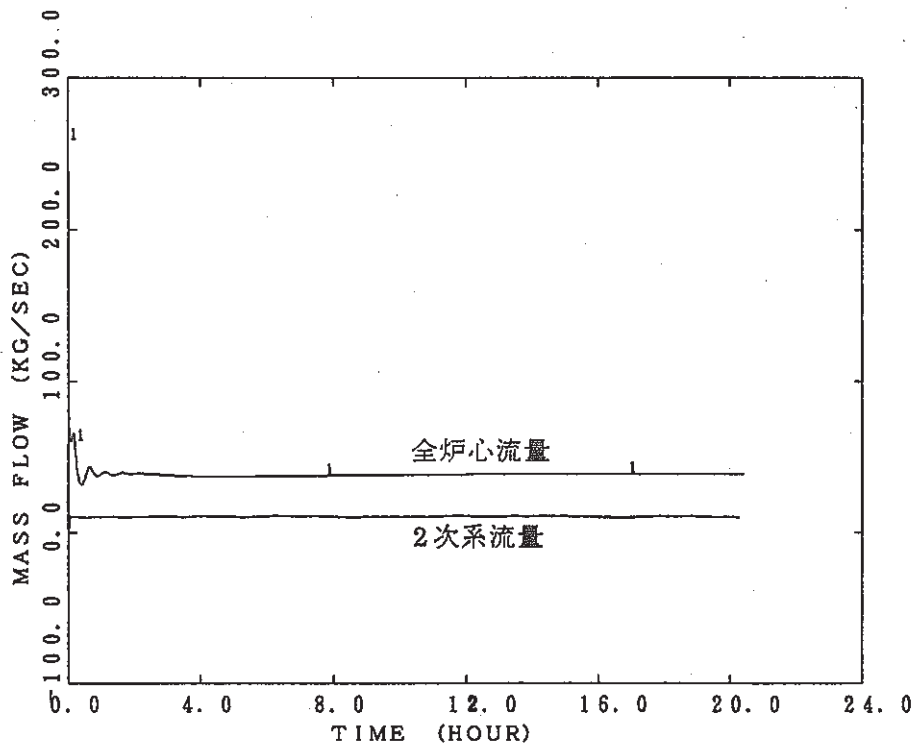


図 3 - 42 全炉心及び 2 次系冷却材流量 (ケース 6)

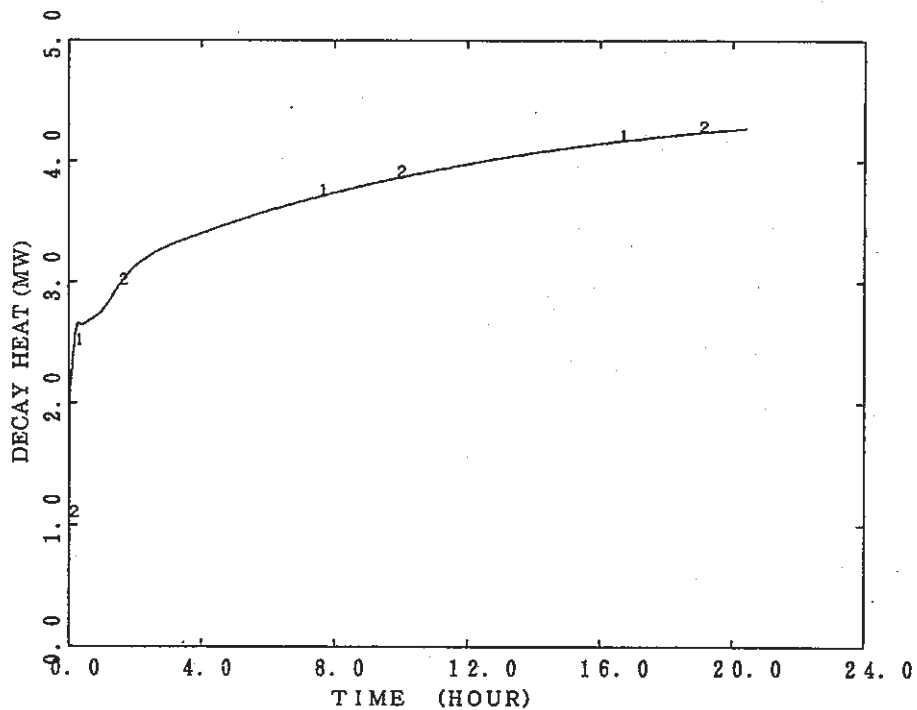


図 3 - 43 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース 6)

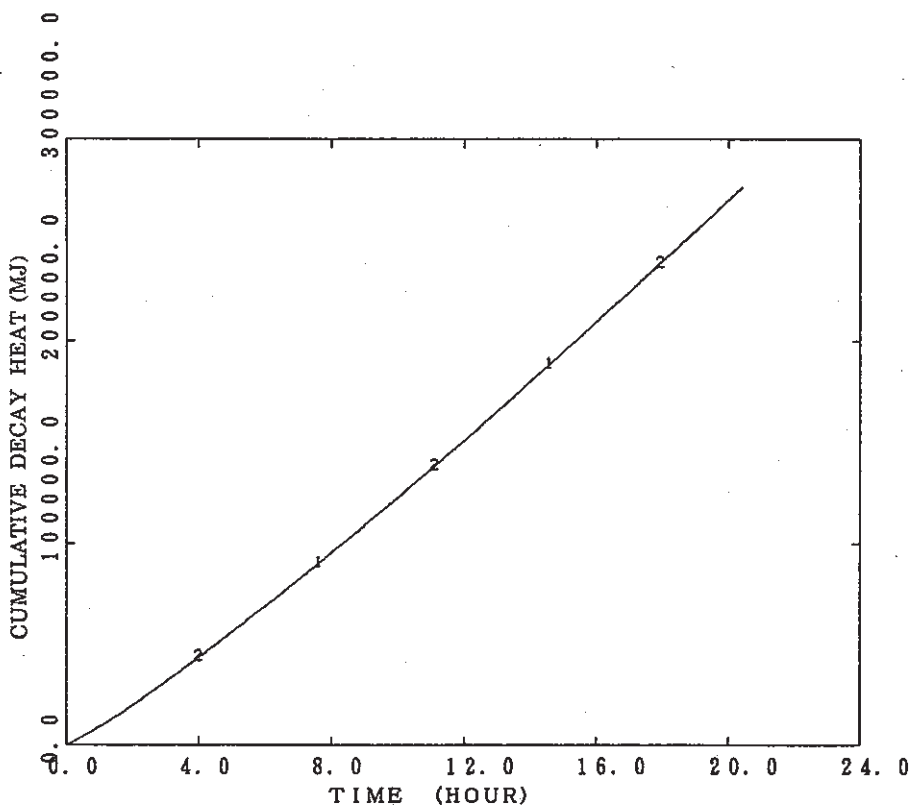


図 3 - 44 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 6)

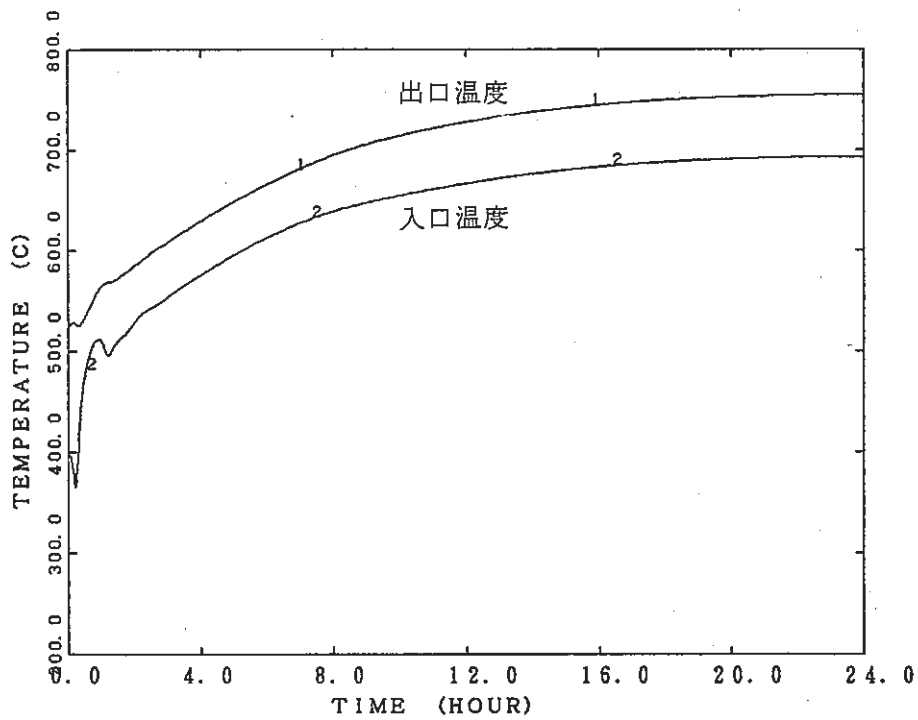


図 3 - 45 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 7)

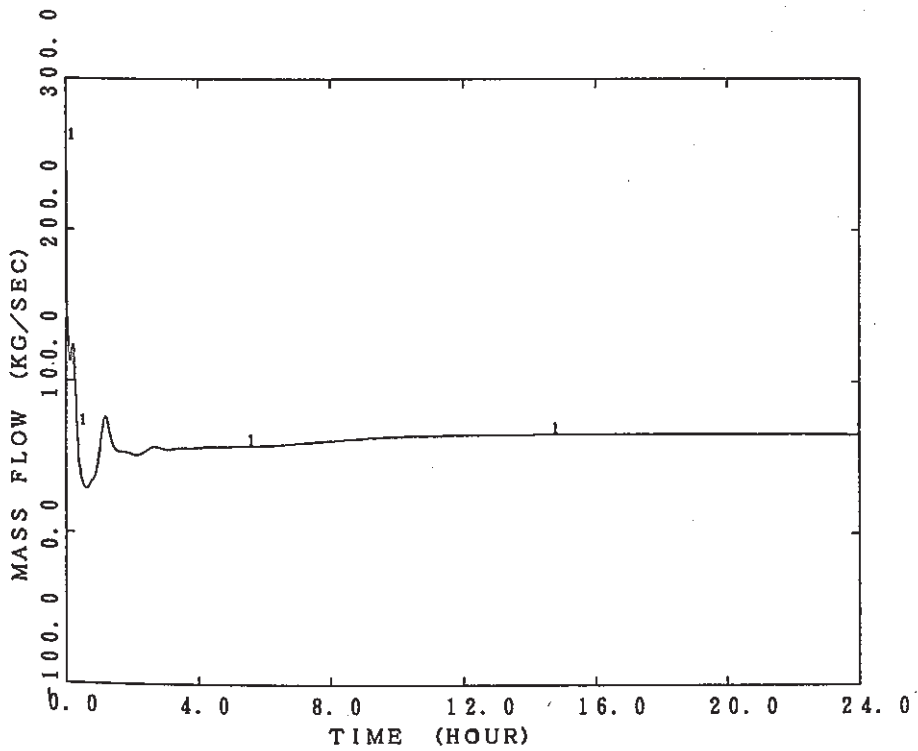


図 3 - 46 全炉心冷却材流量 (ケース 7)

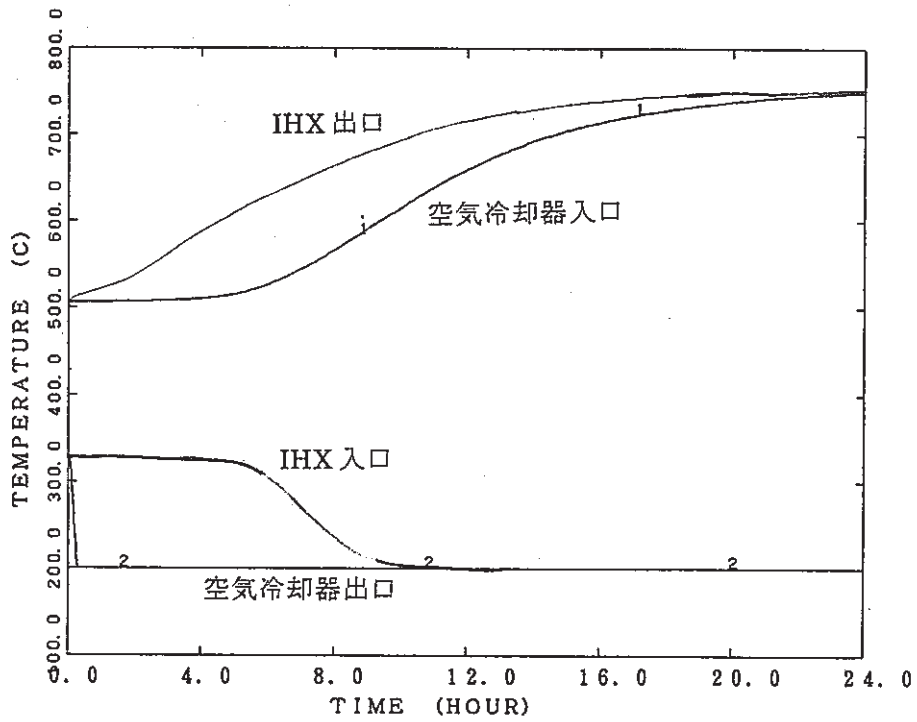


図 3 - 47 2 次系冷却材温度 (ケース 7)

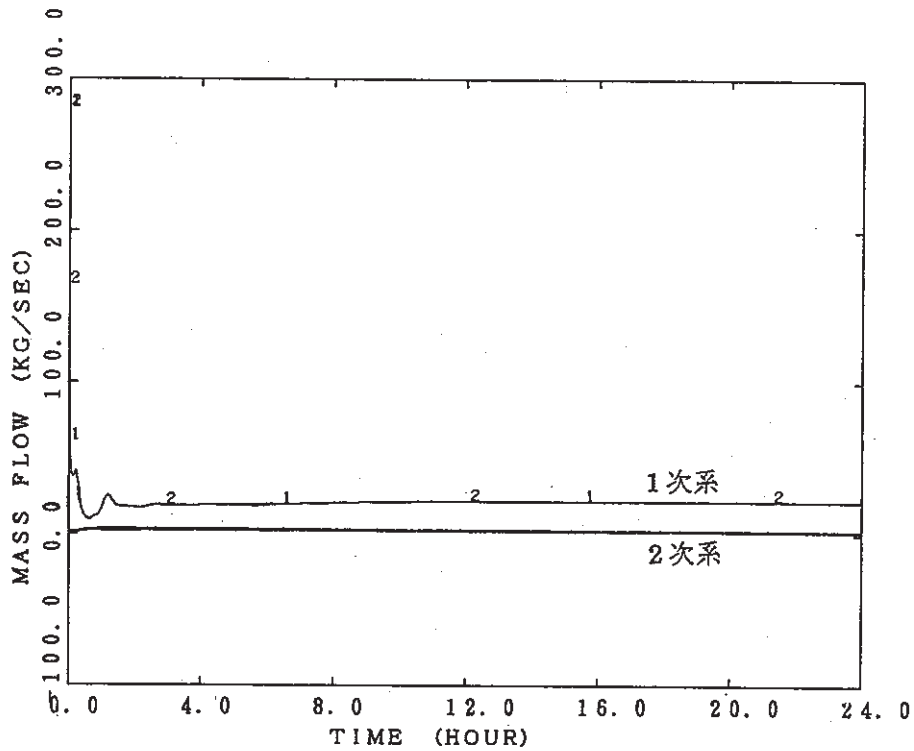


図 3 - 48 1 次系及び 2 次系冷却材流量 (ケース 7)

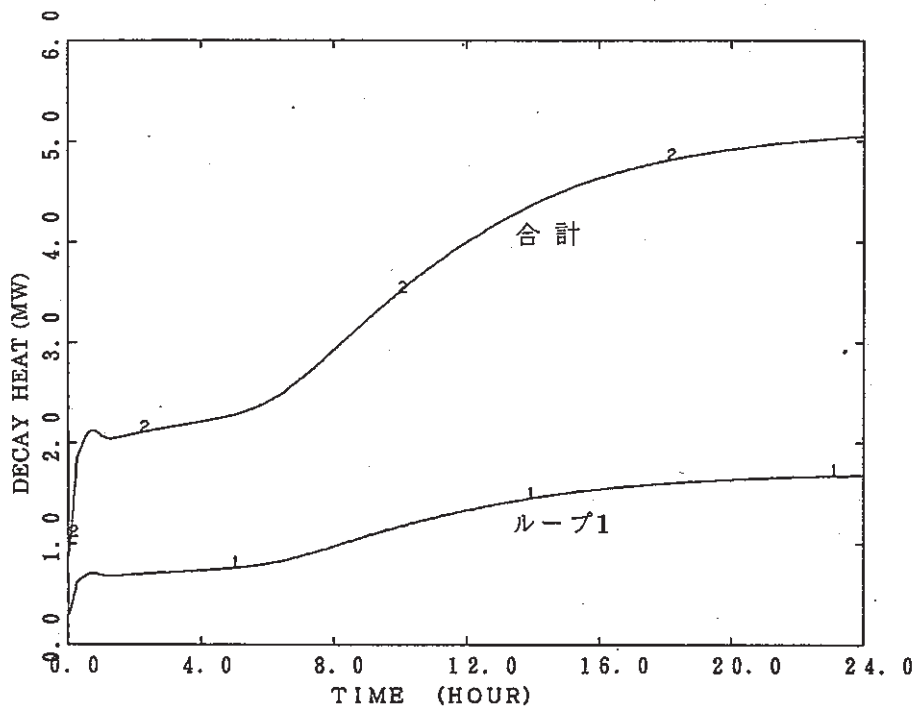


図 3 - 49 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース 7)

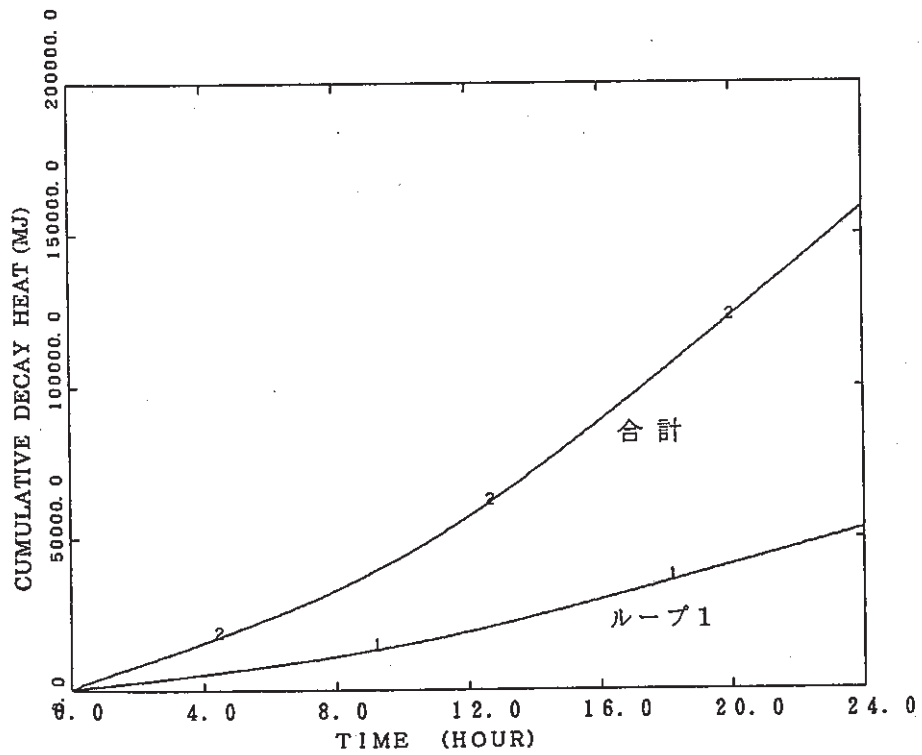


図 3 - 50 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 7)

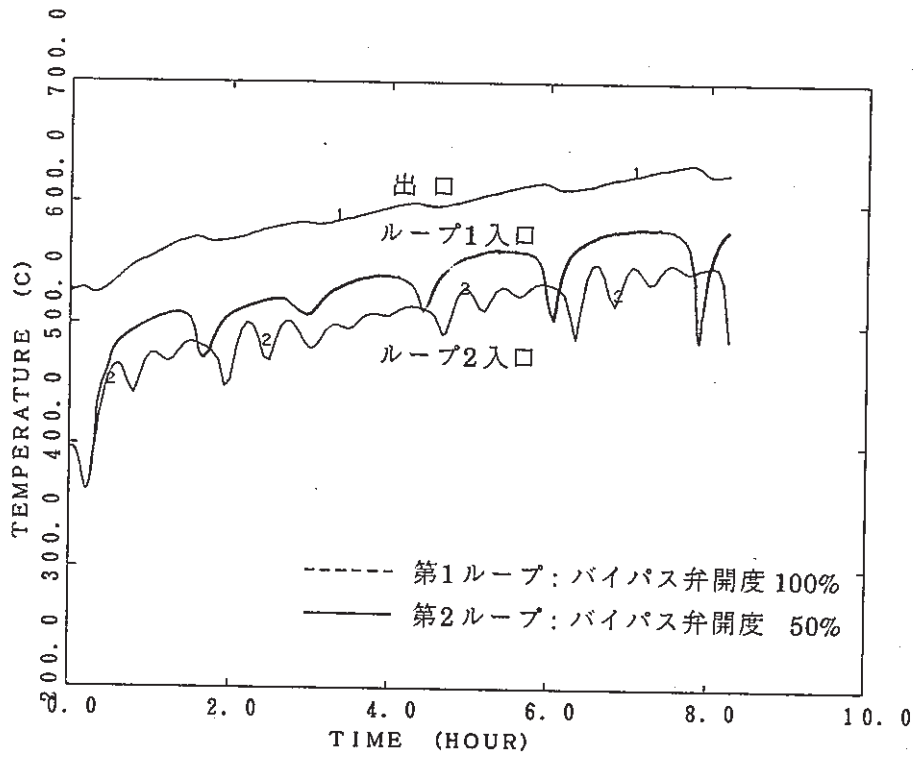


図 3 - 51 原子炉容器出入口冷却材温度 (ケース 8)

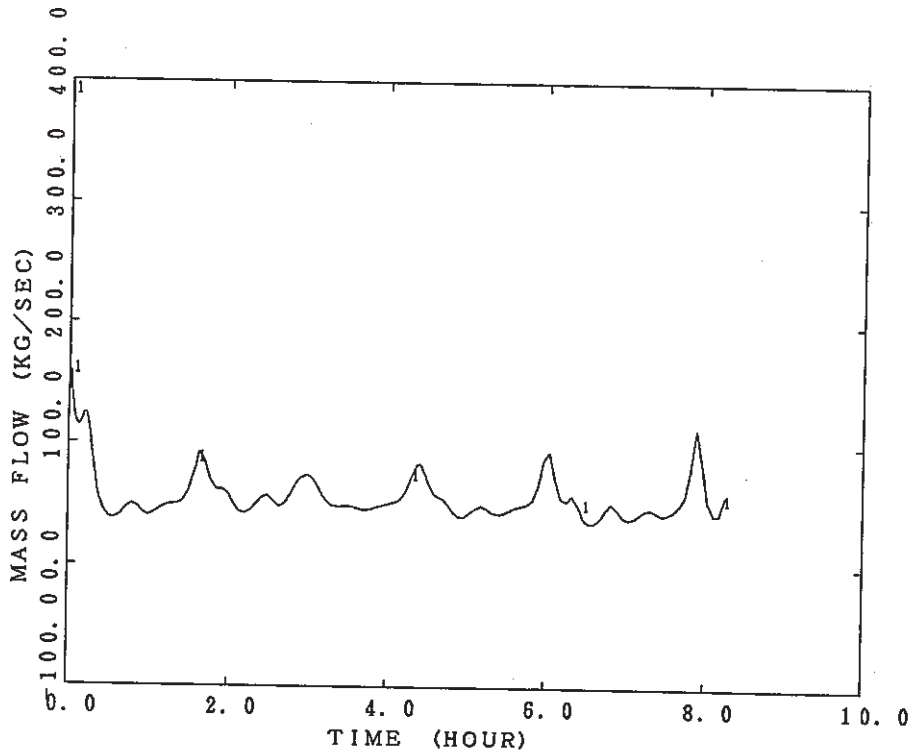


図 3 - 52 全炉心冷却材流量 (ケース 8)

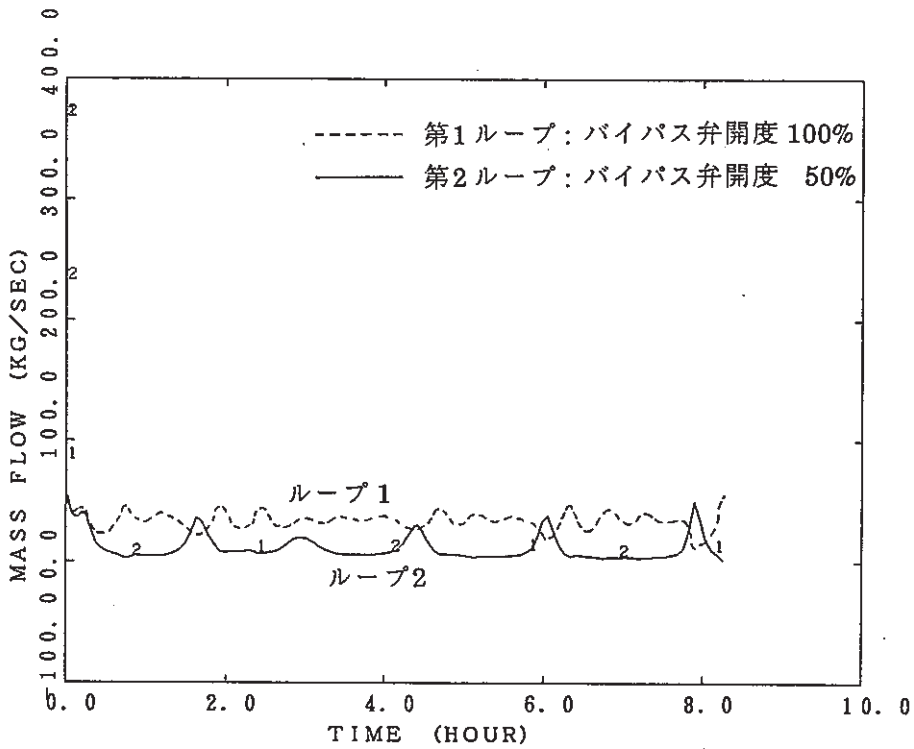


図 3 - 53 1 次主冷却系冷却材流量 (ケース 8)

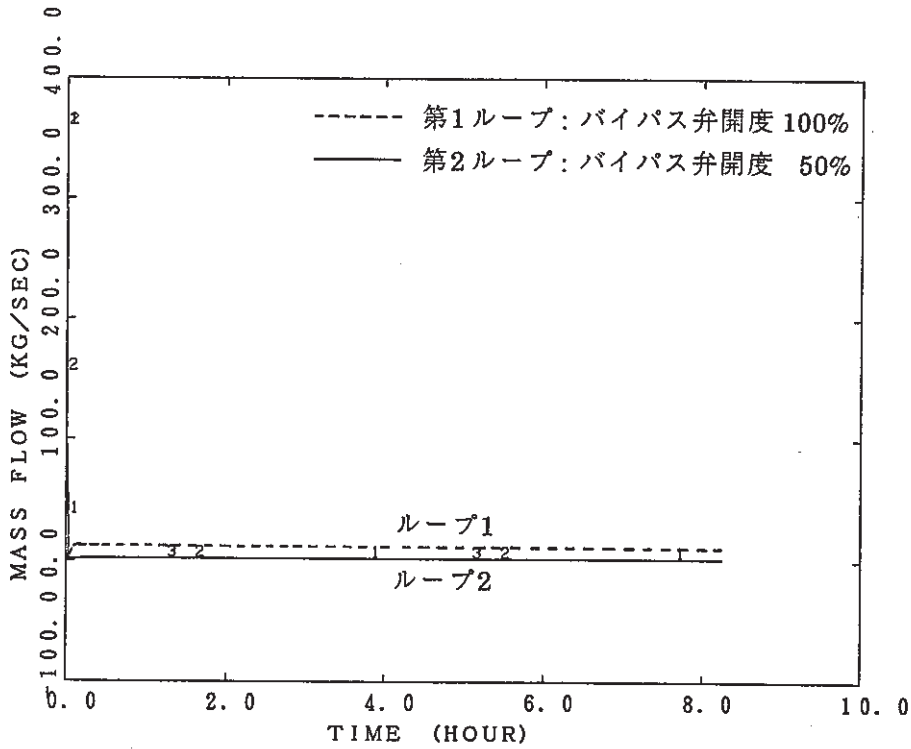


図 3 - 54 2 次主冷却系冷却材流量 (ケース 8)

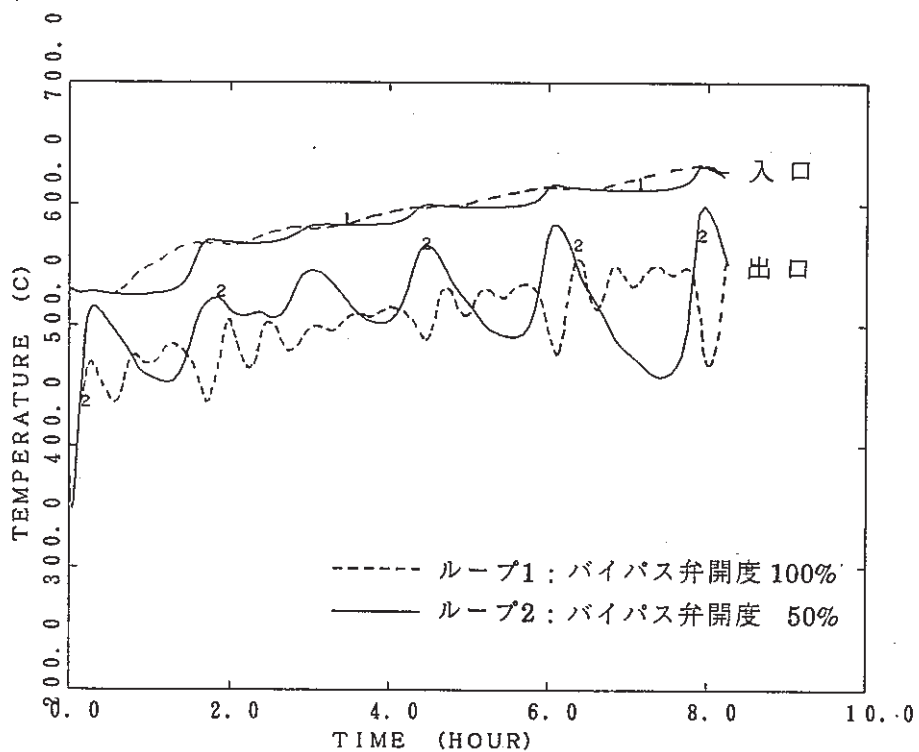


図 3 - 55 I H X 1 次系出入口冷却材温度 (ケース 8)

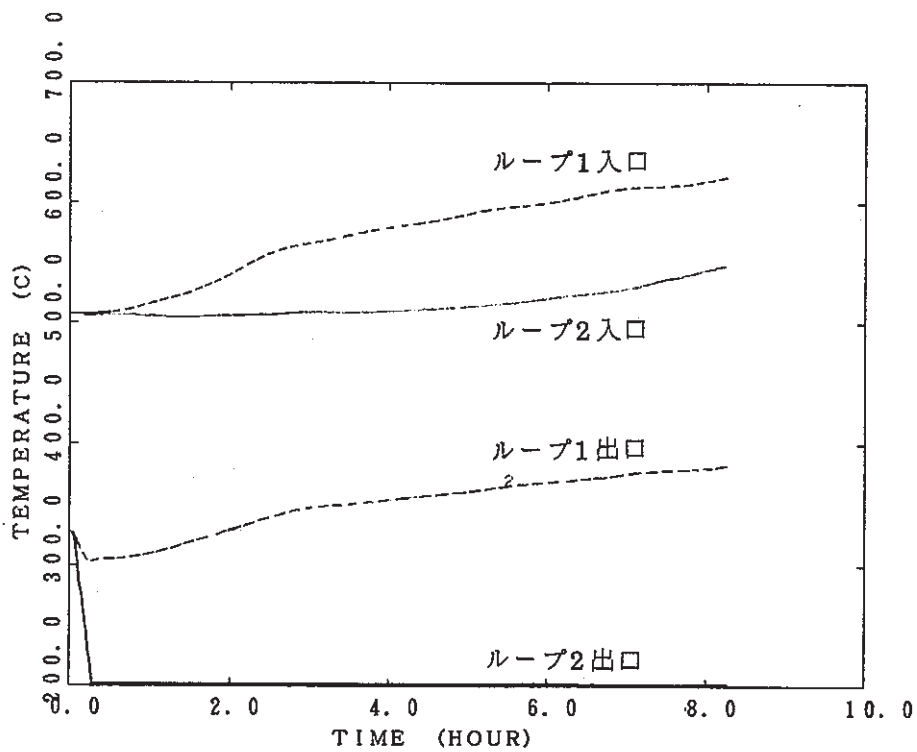


図 3 - 56 A C S 空気冷却器出入口冷却材温度 (ケース 8)

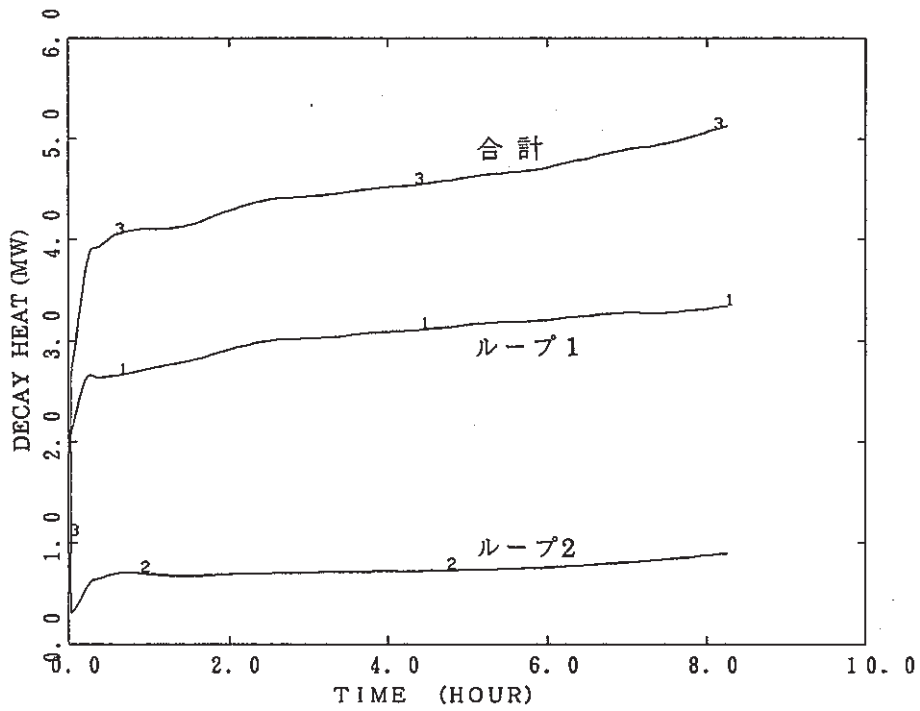


図 3-57 A C S 空気冷却器除熱量 (ケース 8)

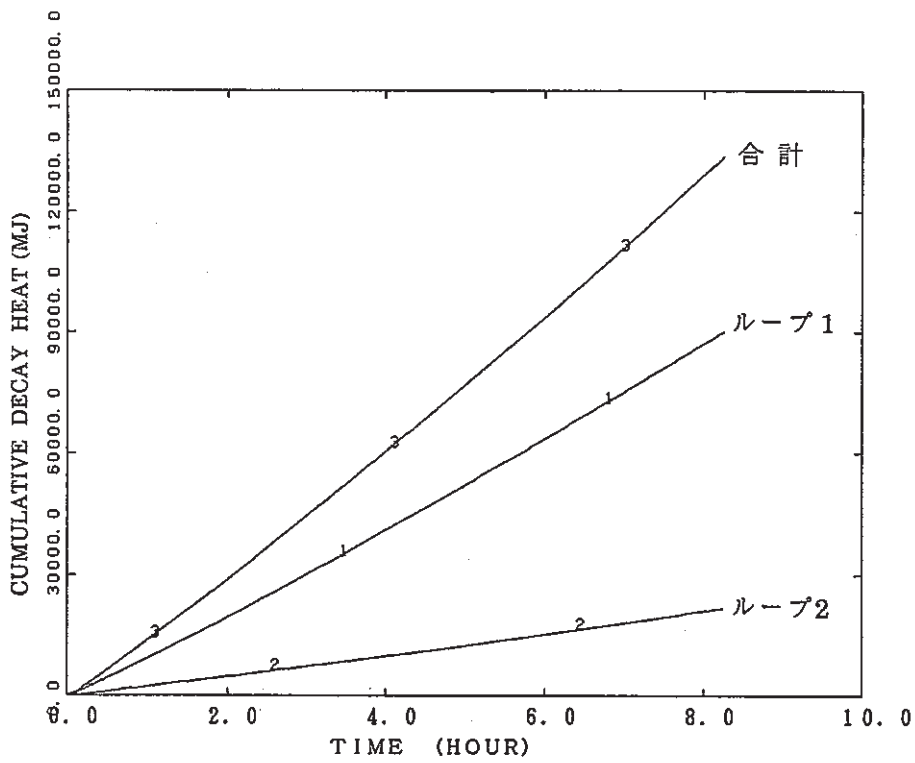


図 3-58 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (ケース 8)

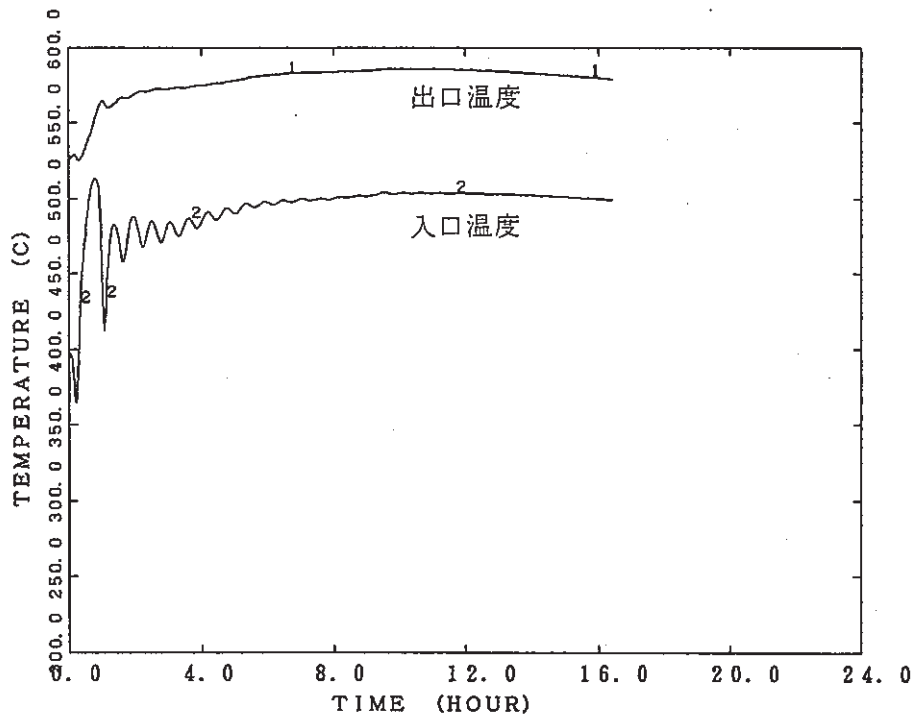


図 3 - 59 原子炉容器出入口冷却材温度 (30分後にバイパス弁開)

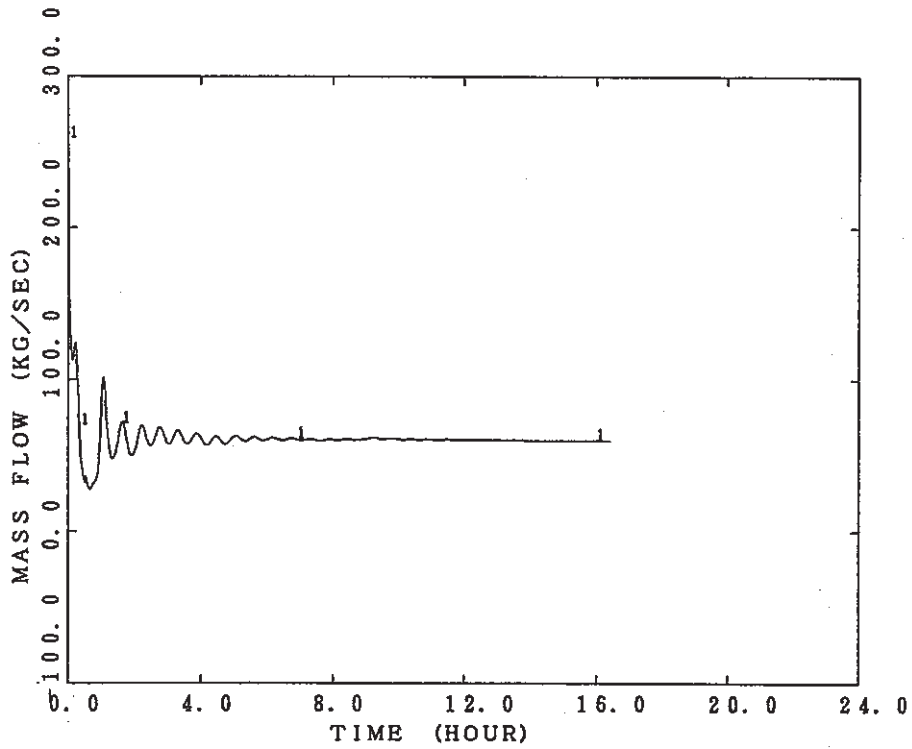


図 3 - 60 全炉心冷却材流量 (30分後にバイパス弁開)

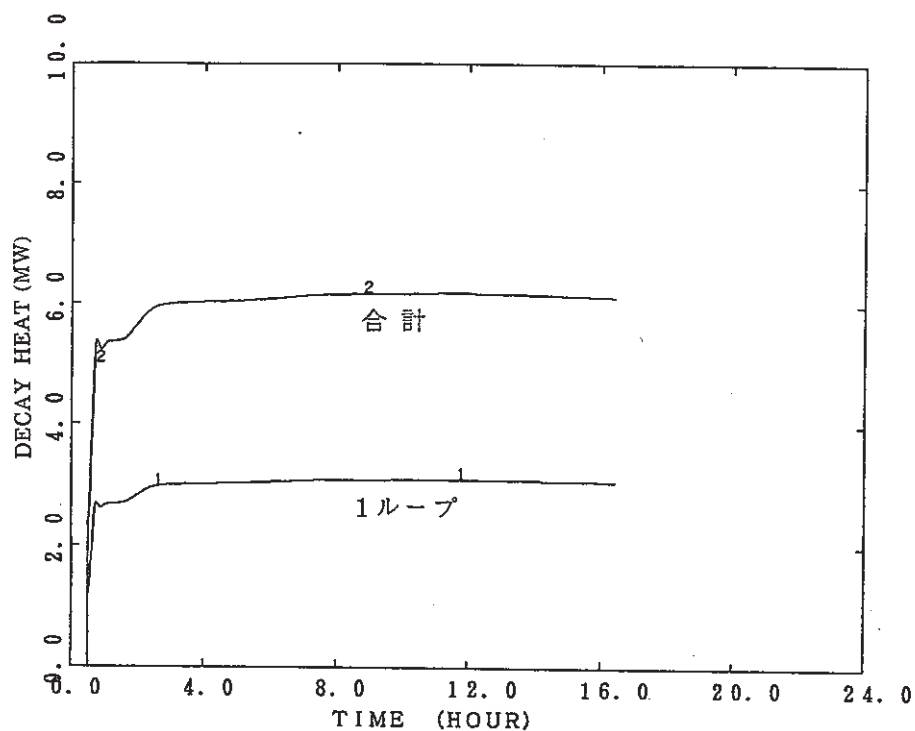


図 3 - 61 A C S 空気冷却器除熱量 (30分後にバイパス弁開)

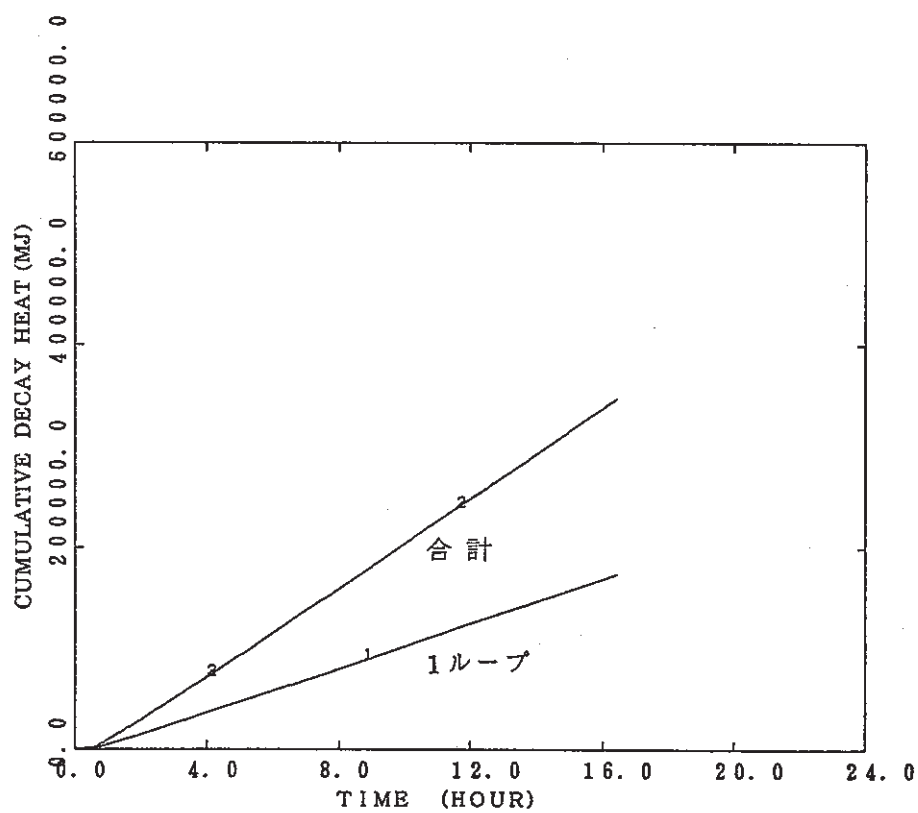


図 3 - 62 A C S 空気冷却器除熱量積算値 (30分後にバイパス弁開)

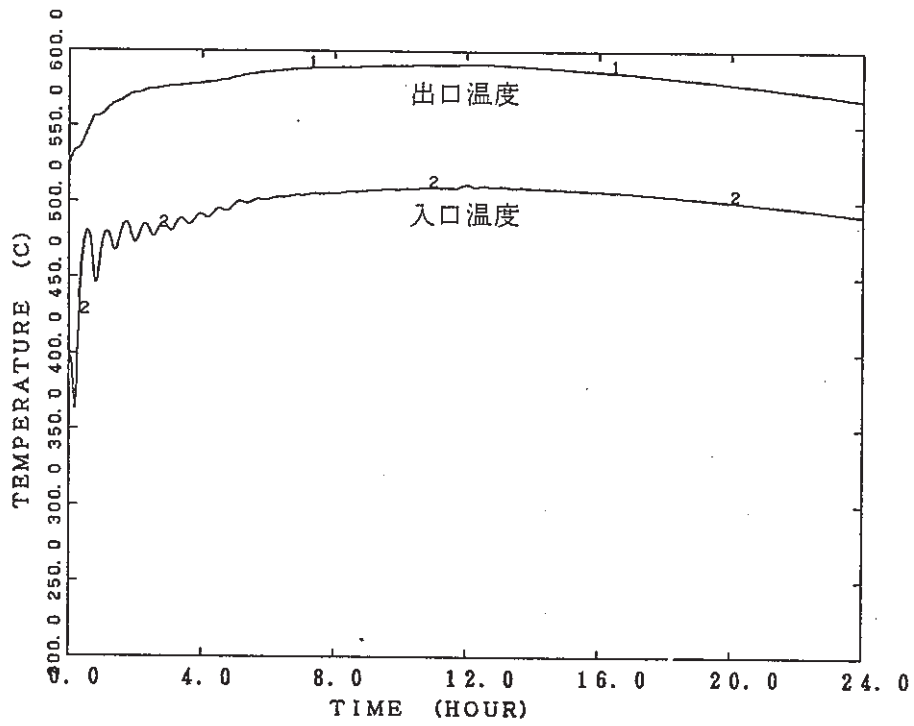


图 3 - 63 原子炉容器出入口冷却材温度 ($\zeta = 5.5$)

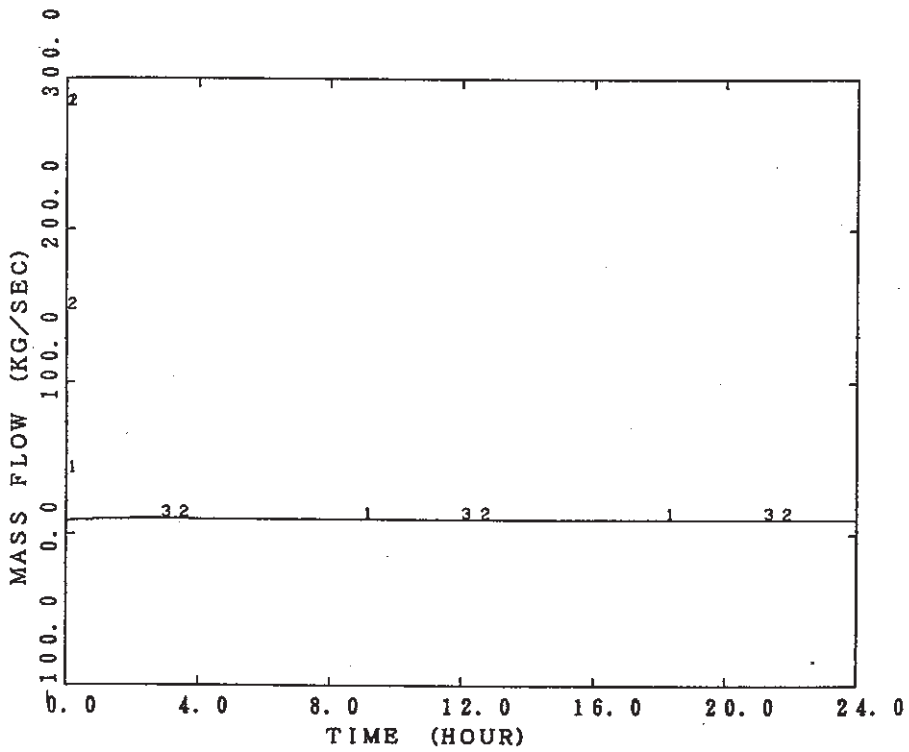


图 3 - 64 2次系冷却材流量 ($\zeta = 5.5$)

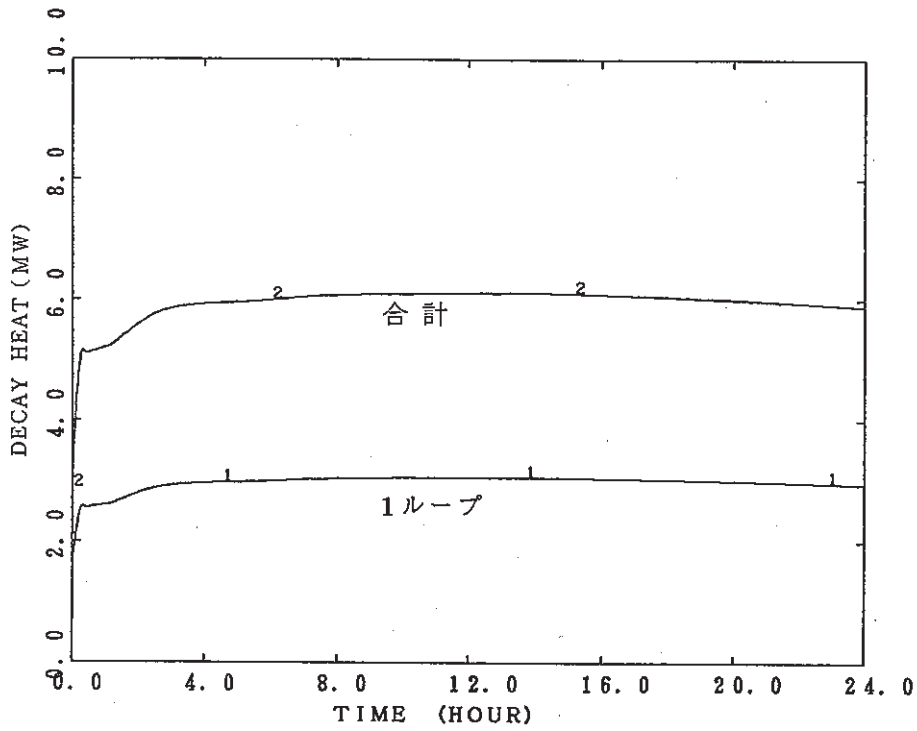


図 3 - 65 A C S 空気冷却器除熱量 ($\zeta = 5.5$)

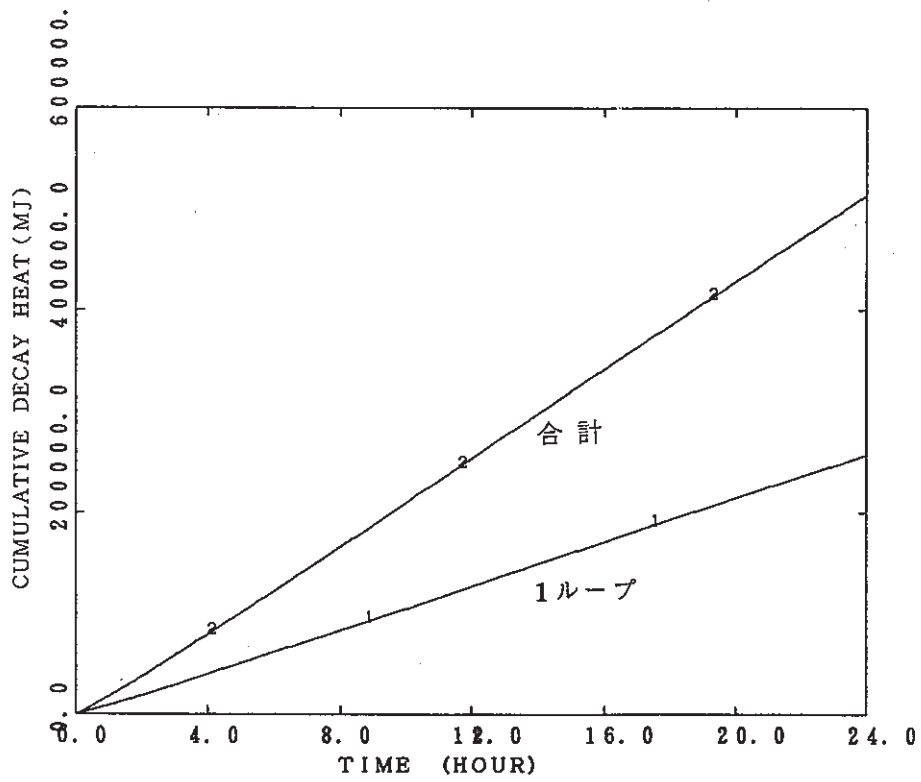


図 3 - 66 A C S 空気冷却器除熱量積算値 ($\zeta = 5.5$)

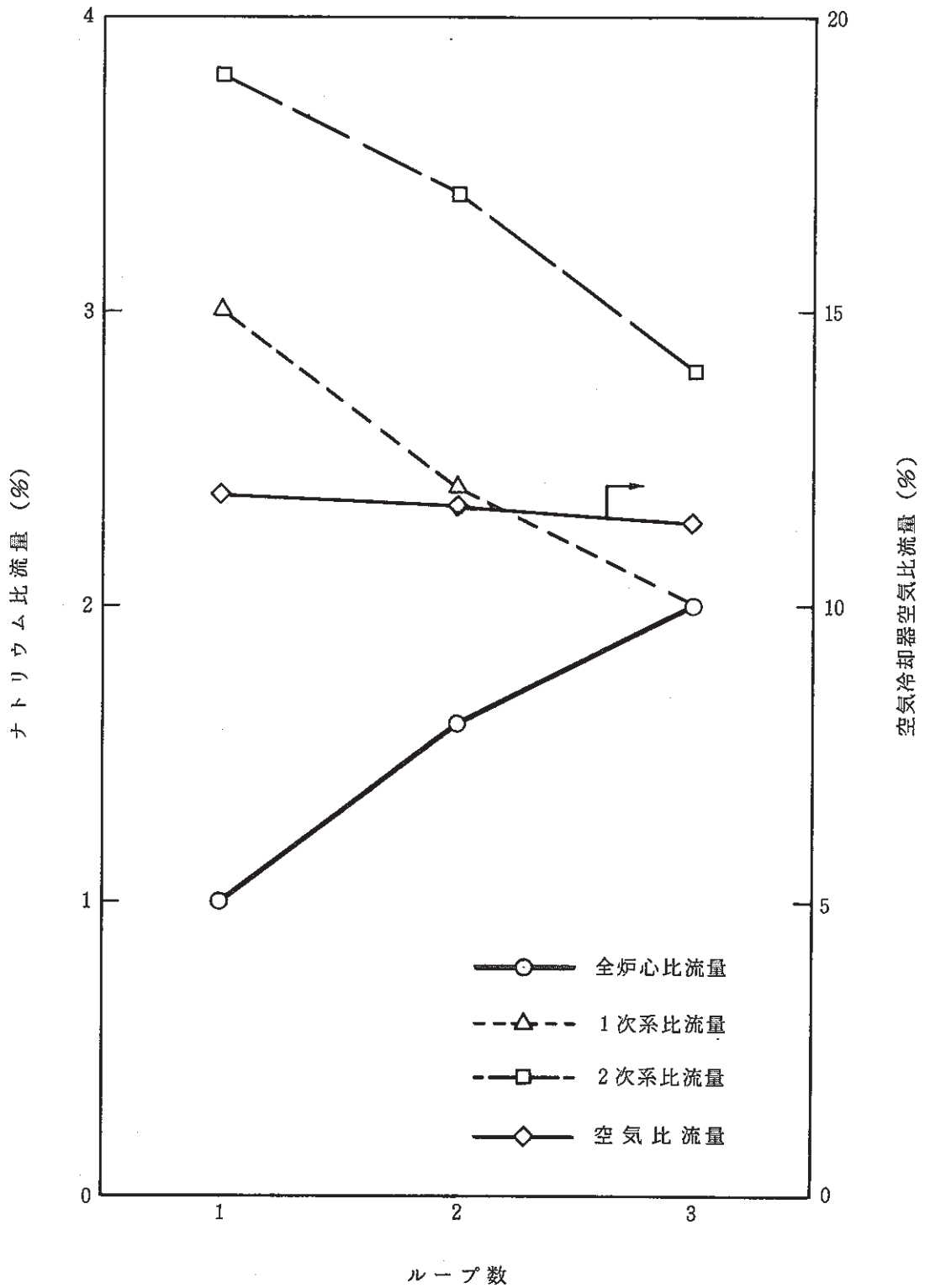


図 3 - 67 主冷却系冷却材流量と available なループ数の関係
(ケース 1 ~ 3)

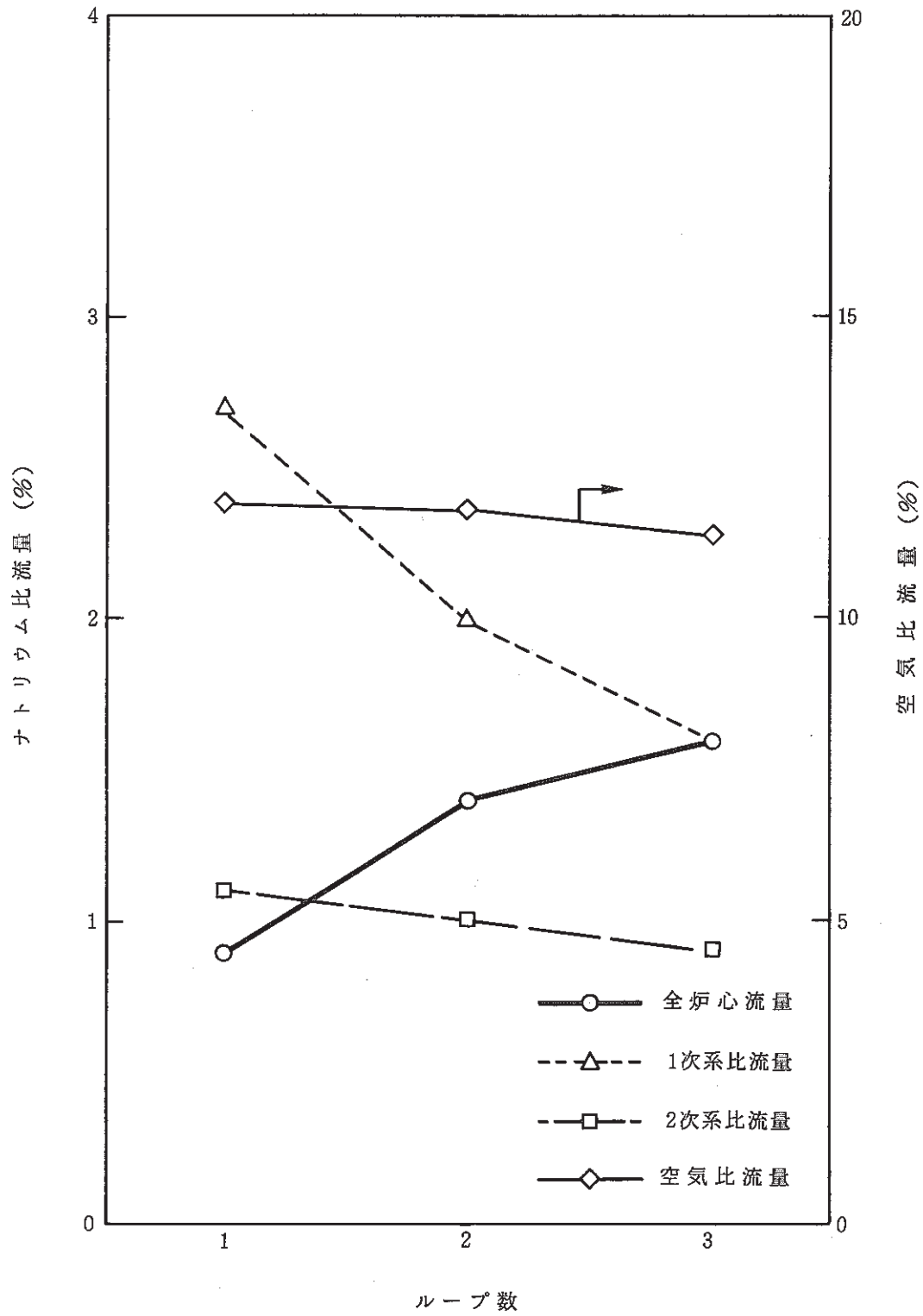


図 3 - 68 主冷却系冷却材流量と available なループ数の関係
(ケース 4 ~ 6)

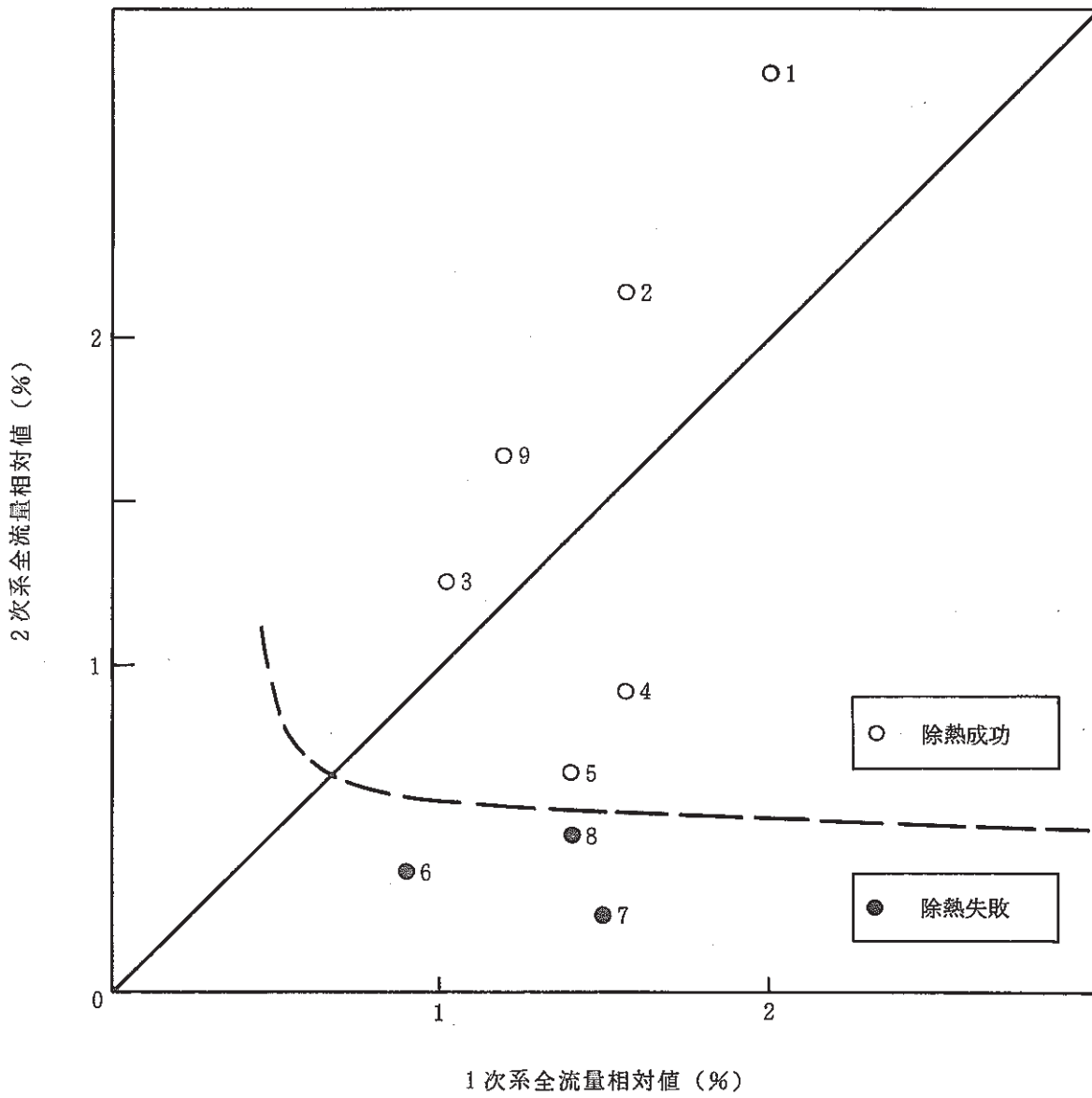


図 3 - 69 主冷却系流量に関する除熱成功マップ

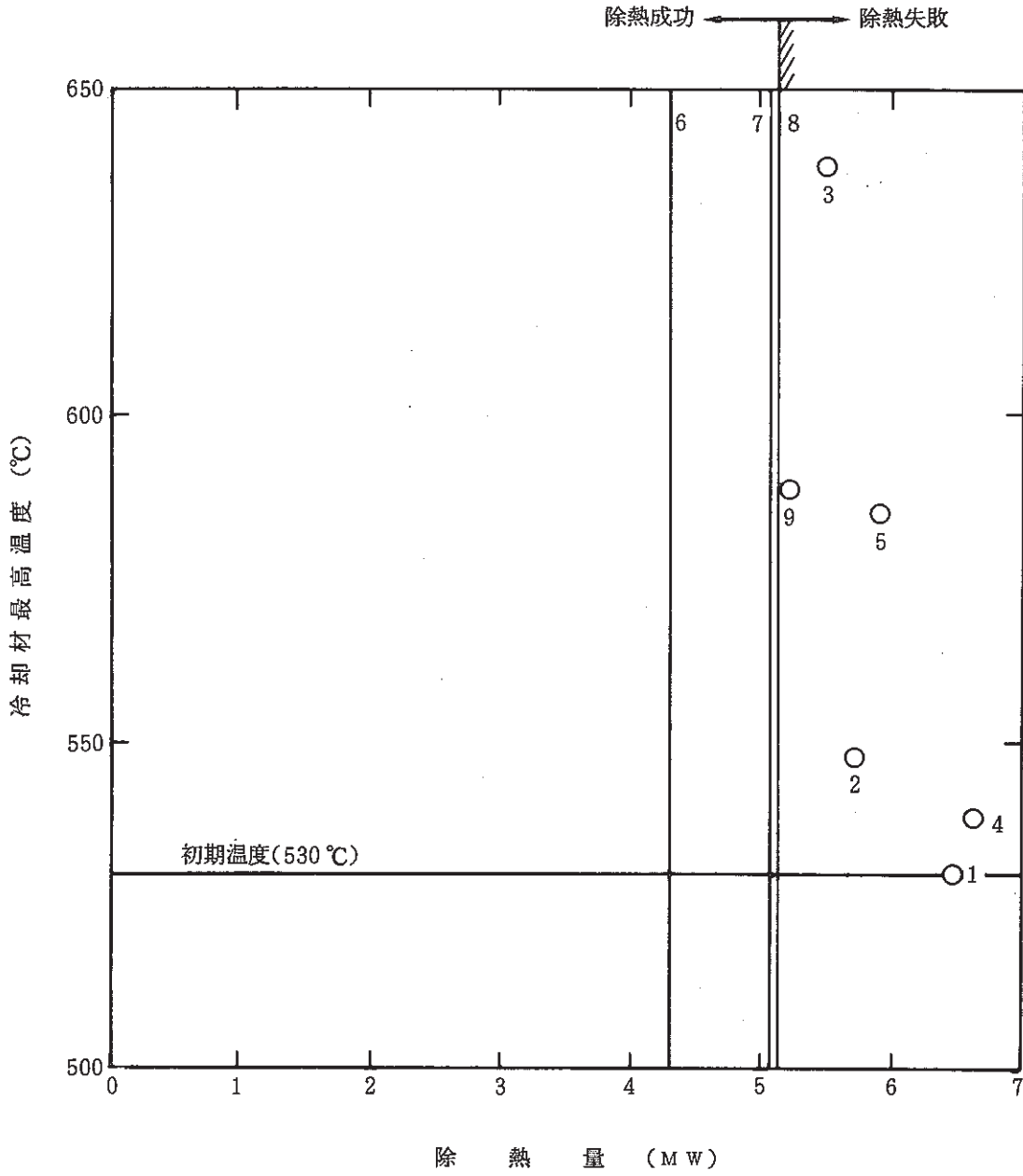


図 3 - 70 除熱量と冷却材最高温度の関係
 (図中、数字は解析ケースを示す)

4 結論

本研究により原型炉もんじゅのPLOHS時の崩壊熱除去に関して以下の結論を得た。

- (1) システム解析によって炉心損傷確率に対する寄与が大きいと判断されている、共通原因によるACS空気冷却器出口止め弁開失敗によるPLOHS時に、修復操作を行なうことによって除熱に成功する条件を求めた。2ループ以上の出口止め弁バイパス弁を10分後に開とすれば自然循環によって除熱可能である。バイパス弁を開とする時刻とバイパス弁の圧損特性に関しては不確定性解析も実施した。30分後にバイパス弁を開とすると仮定して解析した結果、冷却材最高温度の上昇は1℃以下であり、操作時刻が解析結果に及ぼす影響は小さい。従って、この修復操作のための時間余裕は十分にあるものと判断できる。次にバイパス弁の圧損係数を設計値の1.39倍に増加させて解析を実施した。これは、バイパス弁の圧損の設計保証値に相当する。その結果、冷却材最高温度は5℃の上昇にとどまり、バイパス弁の圧損係数の不確定性を考慮してもこの結論を支持できることが示された。
- (2) バイパス弁開に失敗したループでもその開度は当初から50%であることに着目し、3ループバイパス弁開度50%（ケース7）と、1ループバイパス弁全開+2ループバイパス弁開度50%（ケース8）の条件で解析した。この場合には除熱量が小さく除熱成功基準を満足することはできない。むしろ、自然通風により空気冷却器伝熱管において冷却材が凍結すると予想されることが分かった。この条件で伝熱管が凍結しないように温度制御しながら運転することは困難であると考えられるため、バイパス弁開に失敗したループからの除熱は考慮しない。
- (3) 空気冷却器出口止め弁開に成功した場合の自然循環による崩壊熱除去解析を実施し、プラント応答を把握した。1ループ以上がavailableであるならば崩壊熱除去可能である。このとき、他の2ループで除熱はされないものの、主冷却系の熱容量を考慮すれば、冷却材最高温度は50℃低下することが示された。従って、この解析結果は裕度を含むものであると考えられる。1ループ自然循環については長時間解析を実施し、300時間後に冷却材温度はおよそ250℃（ホットレグ）と200℃（コールドレグ）まで低下することを示した。
- (4) 本解析全般を通じて以下の崩壊熱除去特性が明らかになった。自然循環除熱にavailableな主冷却系ループ数が減少すれば、1ループ当りの流量は大きく増加し、1ループ当りの除熱量も増加する。このことは、全炉心流量の低下による全除熱容量の低下を補償すると考えられる。除熱成功するためには、1次系、2次系ともに少なくとも0.5～0.6%程度以上の流量が確保されている

必要がある。除熱容量としては5 MW（定格熱出力の0.7%）程度以上が必要である。冷却材最高温度を決定する要因は崩壊熱と除熱量のみでなく、プラントシステムの熱容量が大きく関与している。従って、冷却材最高温度で除熱の成否を判断する時にはプラント熱容量に配慮する必要がある。また、除熱量は、空気冷却器の設計値のみでなく、システムの冷却材温度に大きく依存する。P L O H S型の事象では、冷却材温度が高いために実質的な除熱量は設計値よりも大きくなることが示されている。

5 謝辞

ワイズシステム研究所の田嶋雄次氏には計算の一部を実行して頂きました。原子炉工学室柴室長、二ノ方室長代理には、有益な助言や激励を頂きました。ここに感謝の意を表します。

6 参考文献

- (1) Energy Incorporated, "Monju Probabilistic Risk Assessment", PNC ZJ2283 86-001, Feb. 1986.
- (2) 山口彰、長谷川俊行、"もんじゅPRA-プラント応答定量評価 PLOHSとLORL時のメンテナンス冷却系の利用"、PNC SN9410 88-055, 1988年6月。
- (3) 山口彰 他、"SSC-L: ループ型高速炉システムコード モデル開発・改良と利用マニュアル"、PNC N9410 87-143, 1987年10月。
- (4) 第2回もんじゅPRA Consequence解析内部資料、"事故シーケンス定量化" 昭和61年5月
- (5) 相澤清人 他、"もんじゅ起因事象の総合評価と定量化"、PNC ZJ299 84-08(6)TR, 1984年9月。
- (6) 動力炉核燃料開発事業団、"高速増殖炉もんじゅ発電所 原子炉設置許可申請書 添付書類八"、昭和55年12月。
- (7) Yamaguchi, A. et al., "Improvement of Intermediate Heat Exchanger Model for Super System Code and Its Application to Loss-of-Heat-Sink Accident in an LMFBR", ANS Proceedings of 1988 National Heat Transfer Conference, Houston, Texas, July 1988.

付 録 1

S S C - L 入 力 デ ー タ

付録1 S S C - L 入力データ

付録1には本解析で用いた S S C - L の入力データを示す。S S C - L は入出力装置番号4と5を用いて入力データを定義している。入出力装置番号5では、S S C - L のオリジナル版から用いている入力データを与える。入出力装置番号4では、原子炉工学室において開発・追加したモデルのための入力データである。詳しくは文献[4]を参照されたい。

S S C - L は最大3ループ非対称事象までを解析できる(ループ数は任意である)。本解析では、主冷却系の1ループのみをモデル化した入力データと2ループをモデル化した入力データを用いている。それぞれ、3ループ対称事象とループ非対称事象を解析するためのデータである。

図1と図2は入出力装置番号5の入力データを示している。図1は、3ループ自然循環などのループ対称事象を解析するための1ループをモデル化した入力データである。図2は、ループ非対称事象を解析するために2ループをモデル化した入力データである。

図3と図4に入出力装置番号4の入力データを示している。図3は、3ループ自然循環などのループ対称事象を解析するための1ループをモデル化した入力データである。図4には、ループ非対称事象を解析するために2ループをモデル化した場合の入力データを示す。

図1 代表ループ1の5番ファイル入力データ

```

SSC-L CY41 ACS TEST : MONJU 4 CHANNEL CORE AND 1 LOOP MODEL.
OV VESSEL
1D 4, 4, 14, 14, 14, 14, 1, 4R/ CORE RADBLA CR N.SHIELDING
2D 1, 2, 3, 4/ FUEL PIN TYPE
3D 0.924369, 0.070516, 0.005115, 0.0 / TOTAL POWER = 1.0
4D 0.812508, 0.100219, 0.050441, 0.036832/ TOTAL FLOW = 1.0
5D 198, 172, 345, 1/ NO. OF SA
7D 2.15148E-05, 4.81967E-05, 1.54359E-3, 0.43079/ AREA/ROD
8D 0.003222, 0.004132, 0.007348, 6.2E-3 / HYDRAURIC DIAMETER
11D 0.0, 4R/ J FUEL INNER RADIUS
12D 0.0027, 0.0052, 0.014, 0.0027/ FUEL OUTER RADIUS
13D 0.00278, 0.0053, 0.016, 0.00278/ CLAD INNER RADIUS
14D 0.00325, 0.0058, 0.051, 0.00325/ CLAD OUTER RADIUS
15D 0.0, 4R/ LB INNER RADIUS
16D 0.0027, 0.0052, 0.051, 0.0027/ LB OUTER RADIUS
17D 0.0, 4R/ UB INNER RADIUS
18D 0.0027, 0.0052, 0.051, 0.0027/ UB OUTER RADIUS
19D 1.0, 3R, 0.0 / FRAC. HT TO STRUCTURE
20D 0.40548E4, 4R/ = SAS 3D FUEL/CLAD CONTACT HEAT TRANSFER
21D 5.0000E6, 4R/ FISSION GAS PRESSURE
23D 0, 0.0, 4R, 0.0, 5.304E5, 4266.67, 25, 25, 0.0001, 0.01, 14000./
Y 4.86 + STATIC CORE FLOW
24D 143.3, 1.1982E8, 26205.3, 39.4, 0.0/ LOWER PLENUM
25D 1, 300.0/
27D 0.0, 0.0, 1.5, 5.7, 11.7, 6.4, 16.23817/ VOL(GV)=110 ELEVATION
28D 37.46, 10.1737, 0.6, 37.46, 28.498, 80.9086, 5.552764, 14., 1400.,
560.0, 0.23, 0.0, 0.999, 6.2086E7, 1.425E7, 12.8E7/U PLENUM JGG
29D 0.43079, 0.43079, 6.2E-3, 6.2E-3, -3.961887E5, 10000.0/YOK BYPASS JGG
30D 0.316, 0.25, -16.15, 24.96, -8.55, 0.3/ FRIC & NU #
Y ----- INLET ORIFICE ZONE AND SA TOP 31D - 34D ----- Y
*31D 0.06, 4R/ INLET ORIFICE ZONE
31D 1.151, 4R/ INLET ORIFICE ZONE
32D (0.0, 0.0), 4R/
33D 136127.9, 47208.7
0.0, 0.0 / P DROP(FRICTION) AT INLET NOZZLE
34D 0.0, 4R/
101D 0.0, 0.35, 0.93, 0.3, 1.16, 0, 2, 6, 2, 4, 1.2108, 47.2302, 60, 70,
40, 0.93, 0.95, 0.97,
50, 0.85, 0.95, 0.97,
40, 0.93, 0.95, 0.97,
169, 0.00132, 0.1046, 0.003, 1.15/ CORE I&II
102D 0.0, 0.0, 0.0, 1.58, 1.16, 0, 0, 0, 10, 4, 1.1207, 21.63793, 60, 70,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
40, 0.93, 0.95, 0.97,
61, 0.00136, 0.1046, 0.003, 1.15/ RAD BLANKET
103D 0.0, 0.0, 2.74, 0.0, 0.0, 0, 0, 14, 0, 0, 1.0769, 17.7515, 60, 70,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
51, 1.0, 1.0, 1.0,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
1, 0.0012, 0.1046, 0.003, 1.15/ CONTROL RODS
104D 2.64, 0.0, 0.10, 0.0, 0.0, 13, 0, 1, 0, 0, 1.0769, 17.7515, 60, 70,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
51, 1.0, 1.0, 1.0,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
1, 0.0012, 0.1046, 0.003, 1.15/ CONTROL RODS
Y ----- AXIAL POWER SHAPE FOR EACH CHANNEL ----- Y
Y AXIAL POWER SHAPE 1
201D 1.1824E+01, 5.4124E+01, 1.4475E+02, 2.1646E+02, 2.4170E+02,
2.3752E+02, 2.0411E+02, 1.3066E+02, 4.5220E+01, 6.9716E+00,
0.0, 4R/
Y 2
202D 8.8309E+00, 1.8576E+01, 3.3550E+01, 4.6012E+01, 5.1706E+01,
5.1044E+01, 4.4242E+01, 3.1688E+01, 1.7548E+01, 8.5420E+00,
0.0, 4R/
Y 3
203D 2.0730E+01, 14R/
204D 0.0, 13R, 2.0730E+01/
301-304D 1.0/ RADIAL POWER PROFILE
401D 0.981, 0.009, 0.004/ FRAC.POWER FUEL/CLAD/SODIUM
402D 0.975, 0.01, 0.005/
403D 0.69, 0.1038, 0.0378/
404D 0.69, 0.1038, 0.0378/
501-504D 80, .95, 81, .03, 82, .02/
Y01D 80, 0.0556, 81, .8235, 82, .1209/ F
Y02D 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/ I
Y03D 80, 0.0510, 81, .8275, 82, .1215/ S
Y04D 80, 0.0550, 81, .8241, 82, .1209/ S
Y05D 80, 0.0612, 81, .8186, 82, .1202/ I
Y06D 80, 0.0552, 81, .8239, 82, .1209/ 0
    
```


図 1 代表ループ 1 の 5 番ファイル入力データ (つづき)

```

¥07D 80, 0.0656, 81, .8147, 82, .1197/ N
¥08D 80, 0.0799, 81, .8023, 82, .1178/
¥09D 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/ G
¥10D 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/ A
¥11D 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/ S
¥12D 80, 0.9500, 81, .0300, 82, .0200/
¥13D 80, 0.9500, 81, .0300, 82, .0200/
OV NALOOP
1D 1, 00006, 16,26, 9, 7, 3, 18, 00008, 12, 5, 4, 3, 8, 10, 6, 16/
2D 3/
¥ ----- FILE NALOOP -----
¥ -----
100D 3174, 0.0191, 0.0217, 1.984, 0.1, 9.92, 8870.0,
47.0, 1.4147, 0.0, 0.0, 70/
101D -1, 0, 0.0, 0.0, 0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/ IHX
102D 2.0, 3.66, 0.0, 6.18, 13.8, 5.4, 3.6, 13.5/ IHX PL
103D 90.0, -90.0, -90.0, 90.0/ IHX PL
104D 11.18, 0.5398, -90.0/ IHX CENTRAL DOWNCOMER
105D 0.001, 1.5E-6, 1.5E-6/ CONV CRIT. SURFACE ROUGHNESS
¥ ----- PRIMARY PUMP HEAD & POLYNOMIAL ----- ¥
110D 6, 1.264, -0.065, 0.118, -0.531, 0.090, 0.124/
111D 0, 1, 6894.76, 17.26, 22.64, 9989.9/ CHECK VALVE
112D 92.0, 837.0, 1.66147, 19002.2, 2.329, 0.74,
182.28/PDHY MOTOR TORQUE PRIMARY PUMP
¥ ----- SEC PUMP & SURGE TANK -----
122D 54.0, 1100.0, 1.18866, 6105.4, 3.1, 0.536, 14.975, 0.274,
71.64/Q2PYTQ:POHY MOTOR TORQUE 2-RY PUMP
1001D 4, 5, 2, 7, 7, 2, 1, 4, 5, 6/
1002D 0.00, 3174, -3.2472E4/ IHX
1003D 3.136E+4, 0.0, 4.25026E3/
¥ ----- PRIMARY LOOP PIPINGS -----
¥ PIPE NUMBER= 1.
1101D 0.91282, 34.3, 0.7906, 0.0111, 18.79, 90.0, 17.14, 0.9458,13R/
¥ PIPE NUMBER 2.
1102D 0.0, 5.00, 0.0352, 0.0111, -90.,26R/ OH FOR IHX IHX
¥ PIPE NUMBER= 3.
1103D 0.22600, 18.40, 0.7906, 0.0111,
-35.02, 8.249, 90.00, 90.00, 90.00, 20.89, 0.000, 0.000,
0.0/
¥ PIPE NUMBER= 4.
1104D 0.23931, 13.61, 0.7906, 0.0111,
-90.00, -89.83, -89.94, -0.8843, 27.62, 89.94,
0.0/
¥ PIPE NUMBER= 5.
1105D 0.096971, 7.09, 0.581, 0.0095,
45.8823, 12.1315, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 6.
1106D 2.82489, 31.0, 0.581, 0.0095,
-0.5262, 10R, -58.29, -90.0,4R, -49.04, 0.0, 0.0/
¥ ----- SECONDARY LOOP PIPINGS -----
¥ PIPE NUMBER= 1.
1201D 1.727, 161.8, 0.5398, 0.0095, 0.593429,2R, 0.593489,
-0.049095, -1.054293, -1.054234, -1.054293, -1.054234,
-1.054293, -1.054234, -1.054234, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 2.
1202D 1.906, 36.4, 0.5398, 0.0095, -0.74497, -0.74488, 62.2935,
11.4087, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 3.
1203D 1.165, 7.50, 0.5398, 0.0095, -89.980, -36.788, 0.16401, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 4.
1204D 0.0, 3.85, 0.5398, 0.0095, 1.11595, 1.11640, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 5.
1205D 1.008, 35.67, 0.3055, 0.0065,
0.0, 2R, 22.8612, 54.0889, 0.0, 20.8882, 58.6536, 31.2310/
¥ PIPE NUMBER= 6.
1206D 1.854, 34.389, 0.3055, 0.0065,
-41.7431, 0.0, -22.6911, -3.9918, -90.0, -24.3102, -16.2462,
-90.0, -26.1669, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 7.
1207D 0.5158, 19.92, 0.5398, 0.0095, 0.304588,2R, 75.9394,
89.7963, 89.6961, 0.0/
¥ PIPE NUMBER= 8.
1208D 1.522, 154.00, 0.5398, 0.0095, -36.2379, -0.57547,
-0.0045131, 0.614645, 0.614730, 0.614645, 0.614730,
0.614730, 0.614645, 0.614730, 0.614645, 15.0587, -1.0705,3R,
0.0/
¥
OV STNGEN
1D 1, 1, 2, 38.6, 0.3164, 3.9E-6, 1, 3/
1D 2, 1, 2, 55.77, 0.2074, 6.0E-6, 2, 3/

```

図1 代表ループ1の5番ファイル入力データ(つづき)

```

10 3, 1, 2, 52.1, 0.2519, 5.0E-6, 2, 3/
10 4, 1, 2, 25.28, 0.2519, 5.0E-6, 2, 3/
10 5, 1, 2, 29.5, 0.2842, 4.5E-6, 1, 3/
10 6, 1, 2, 12.7, 0.5398, 3.9E-6, 1, 3/
10 7, 1, 2, 76.68, 0.5398, 3.9E-6, 3, 3/
10 8, 1, 2, 15.0, 0.5398, 3.9E-6, 1, 3/
*
*   - FEED WATER HEADER -
*
101D 101, 2, 2.102, 0.3164, 0.0, 1.0, 41.14, 3/
103D 101, 1/
102D 101, 2/
111D 101, 1, 1., 0.0/
*
*   - SEPARATOR -
*
101D 102, 1, 7.0, 8.0, 0.0, 1.0, 48.1, 3/
103D 102, 1/
102D 102, 2/
111D 102, 1, 1., 0.0/
*
*   - STEAM HEADER -
*
101D 103, 2, 12.63, 0.408, 0.0, 1.0, 41.6, 3/
102D 103, 1/
103D 103, 2/
111D 103, 1, 1., 0.0/
*
*   - EVAPORATOR -
*
301D 301, 1, 2, 3, 4, 64.4, 0.02344, 0.0318, 1.76565, 1.0E10,
3.0E-6, 140, 19, 71, 3, 0, 1, 1.93, 1.0, -1., 3/
*
*   - SUPER HEATER -
*
301D 302, 1, 2, 3, 4, 28.9, 0.0241, 0.0318, 1.753, 1.0E10,
3.0E-6, 147, 9, 71, 3, 0, 1, 2.128, 1.0, -1., 3/
*
*   - FEED WATER INLET -
*
402D 401, 1/
411D 401, 315.83, 513.16, 0.0, 999/
*
*   - OUTLET TO TURBINE -
*
401D 402, 1/
411D 402, 0.0, 0.0, 12.54E6, 999/
*
*   - SODIUM INLET FROM INTERMEDIATE LOOP-1 -
*
402D 403, 1/
411D 403, -1.0, 0.0, 0.0, 1/
*
*   - SODIUM OUTLET TO LOOP-1 -
*
401D 404, 1/
411D 404, 0.0, 0.0, 0.0, 1/
*
*   - TURBINE THROTTLE VALVE -
*
501D 501, 1, 2, 1.0, 0.46, 3.0E-6, 1, 0.166, 11.5, 1.0, 1.0, 0/
521D 501, 1.0E-6, -999, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/
*
*   - FLOW SEGMENTS -
*
621D 1, 315.83, 0.0/ FLOW SEGMENT 1
621D 2, 315.83, 0.0/ 2
621D 4, 315.83, 0.0/ 3
* AKIRA CHANGE 1987/06/08
*621D 6, 3108.33, -9.005E-3/ 4
621D 6, 3108.33, 0.0/ 4
621D 501, 315.83, 0.0/ 5
*
*   - JUNCTIONS -
*
*   - WATER STEAM SIDE LOOP 1 -
901D 23.85, 401, 1, 1, 1/
901D 41.14, 1, 2, 101, 1/
901D 41.14, 101, 2, 2, 1/
901D 37.82, 2, 2, 301, 1/
901D 50.10, 301, 2, 3, 1/

```

図 1 代表ループ 1 の 5 番ファイル入力データ (つづき)

```

9010 48.10, 3, 2, 102, 1/
9010 48.10, 102, 2, 4, 1/
9010 41.70, 4, 2, 302, 1/
9010 50.26, 302, 2, 5, 1/
9010 41.12, 5, 2, 103, 2/
9010 41.12, 103, 1, 501, 1/
9010 41.12, 501, 2, 402, 1/
*
*   - SODIUM SIDE -
9010 48.27, 403, 1, 6, 1/
9010 44.30, 6, 2, 302, 3/
9010 41.70, 302, 4, 7, 1/
9010 44.30, 7, 2, 301, 3/
9010 37.82, 301, 4, 8, 1/
9010 35.34, 8, 2, 404, 1/
*
*   - GLOBAL DATA -
*
10010 1.E-4, 40, 0, 9999, 140.0E5/
*
*   --KEY MODULE -
*
10020 103, 501, 999, 999/
10100 1, 999, 999, 302, 999, 301/
*
OV OPDATA
10 714.0E+6, 3/
20 802.0, -670.0, 1422.22/
30 -598.0, -778.0, 1036.11, 3.06, -1.69/
40 1.55E+5, 1.96133E+5, 13.375, 0.0, 0.0/
50 1, 4, 1, 1/
*
OV MATDAT
100 109.7, -6.4499E-2, 1.1728E-5, 1630.22, -0.83354,
4.62838E-4, 1011.597, -0.22051, -1.92243E-5, 5.63769E-9,
370.9, 1644.2, -6.7511E4, 1630.22, -0.41674,
1.54279E-4, 11.35977, -5567.0, -0.5, 11.68672,
-5544.97, -0.61344, 1144.2, -2.4892, 220.65,
-0.4926, 0.001, 1.0E-5, 750.0, -12130.0, 10.5/          SODIUM
*----- F I L E M A T D A T -----*
*-----*
510 334.13, 21.6178, 5.381E-2, 0.0, 2.2, 0.0, 1741.79,
2.34856E-4, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, -46634.7, 9999.0, 9999.0,
2.25E-6, 2.5E-9, 0.0, 295.4, 9999.0, 9999.0, 2381.0, 0.0,
0.55, 2.5E-4, 400.0, 9999.0, 3R/          CR
710 4.9341695E1, -1.71228E-2, 0.0, 0.0, 460.59, 0.0, 7R, 7833.35/
800 0.3255, 0.0, 0.0/          THERMAL CONDUCTIVITY HE          MONJU
810 0.01574, 0.0, 0.0/          XE
820 0.02617, 0.0, 0.0/          KR
*
OV DLDATA
10 99/
20 99/
30 2, 70, 60/
STOP
OV TRNDAT
10010 0, 0.0975, 1250.0/ G02          PRY PUMP ( M + P + HFG )
Y10010 1, 0.0975, 2900.0/ G02          PRY PUMP ( M + P + HFG )
*----- F I L E T R N D A T -----*
10020 0, 0.1, 225.0/ G02          SRY PUMP ( M + P )
*----- GUARD VESSEL VOLUME -----*
10030 0, 35.0, 8.50, 0.0, 0.0811, 0.0, 0.0, 10R, 139.8/          GV
10040 0/          CHECK VALVE
Y11010 6, 17, 29.176, 0.43221, 0.5302, 2.376, 0.0/          1RY PIPE BREAK
31010 401, 3, 1/
Y31110 401, 0.0, 513.16, 315.83,
*          999.0, 513.16, 315.83/
31110 401, 0.0, 513.16, 315.83,
*          1.0, 513.16, 0.0 /
*          999.0, 513.16, 0.0 /
*
31010 402, 2, 2/
31110 402, 0.0, 756.16, 12.54E6,
*          999.0, 756.16, 12.54E6/
32010 101, 2/
32110 101, 0.0, 0.0,
*          999.0, 0.0/
32010 102, 2/
32110 102, 0.0, 0.0,
*          999.0, 0.0/

```

図 1 代表ループ 1 の 5 番ファイル入力データ (つづき)

```

3201D 103, 2/
3211D 103, 0.0, 0.0,
      999.0, 0.0/
3301D 501, 0, 0/
¥
5001D 0, 6, 4.38E-7/
5002D 0.931352, 0.918915, 0.999, 3R/
5003D 8.02E-5, 7.75E-4, 6.72E-4, 1.33E-3, 6.11E-4, 1.67E-4/ N -TH GRP
5004D 0.0130, 0.0312, 0.134, 0.347, 1.42, 3.79/
¥ ----- DECRY POWER 5005D:BYPASS 5100-;EACH CHANNEL -----
5005D 1.0 , 0.0,
      0.93108 , 1.0,
      0.77026 , 10.0,
      0.66319 , 30.0,
      0.60855 , 50.0,
      0.57195 , 70.0,
      0.53375 , 100.0,
      0.46536 , 200.0,
      0.42987 , 300.0,
      0.38792 , 500.0,
      0.36075 , 700.0,
      0.33143 , 1000.0,
      0.27293 , 2000.0,
      0.24041 , 3000.0,
      0.20660 , 5000.0,
      0.18652 , 7000.0,
      0.17019 , 10000.0,
      0.14518 , 20000.0,
      0.13227 , 30000.0,
      0.11764 , 50000.0,
      0.10770 , 70000.0,
      0.097149 , 100000.0,
      0.034327 , 1000000.0,
      0.010585 , 10000000.0,
      0.0012935 , 100000000.0/ BYPASS
5101D 1.0 , 0.0,
      0.93108 , 1.0,
      0.77026 , 10.0,
      0.66319 , 30.0,
      0.60855 , 50.0,
      0.57195 , 70.0,
      0.53375 , 100.0,
      0.46536 , 200.0,
      0.42987 , 300.0,
      0.38792 , 500.0,
      0.36075 , 700.0,
      0.33143 , 1000.0,
      0.27293 , 2000.0,
      0.24041 , 3000.0,
      0.20660 , 5000.0,
      0.18652 , 7000.0,
      0.17019 , 10000.0,
      0.14518 , 20000.0,
      0.13227 , 30000.0,
      0.11764 , 50000.0,
      0.10770 , 70000.0,
      0.097149 , 100000.0,
      0.034327 , 1000000.0,
      0.010585 , 10000000.0,
      0.0012935 , 100000000.0/ CORE
5102-5104D 1.0 , 0.0,
            0.92931 , 1.0,
            0.77416 , 10.0,
            0.67747 , 30.0,
            0.62898 , 50.0,
            0.59656 , 70.0,
            0.56266 , 100.0,
            0.50080 , 200.0,
            0.46765 , 300.0,
            0.42701 , 500.0,
            0.39956 , 700.0,
            0.36897 , 1000.0,
            0.30558 , 2000.0,
            0.26949 , 3000.0,
            0.23105 , 5000.0,
            0.21169 , 7000.0,
            0.19573 , 10000.0,
            0.17187 , 20000.0,
            0.15936 , 30000.0,
            0.14307 , 50000.0,

```

図 1 代表ループ 1 の 5 番ファイル入力データ (つづき)

```

0.13159 , 70000.0,
0.11855 , 100000.0,
0.029775 , 1000000.0,
0.0084823 , 10000000.0,
0.00094639, 100000000.0/ RADIAL BLANKET
Y ----- DOPPLER SODIUM IN -----
Y DOPPLER NA-IN 1
5201D -1.1108E-04, -4.3429E-04, -7.5797E-04, -1.1572E-03, -1.4779E-03,
-1.4292E-03, -9.9023E-04, -4.8233E-04, -1.5028E-04, -2.6462E-06,
0.0, 4R/
Y 2
5202D -8.0121E-06, -3.4138E-05, -1.0243E-04, -1.6970E-04, -2.2276E-04,
-2.1752E-04, -1.5581E-04, -8.8242E-05, -2.4484E-05, -6.2704E-06,
0.0, 4R/
Y 3
5203D 0.0, 14R/ N-SHIELDING
5204D 0.0, 14R/ N-SHIELDING
Y ----- DOPPLER SODIUM OUT -----
Y DOPPLER NA-OUT 1
5301D -1.2471E-04, -4.5113E-04, -1.1455E-04, -8.3857E-04, -1.0268E-03,
-9.8881E-04, -6.9863E-04, -3.5553E-04, -1.3025E-04, -2.4743E-05,
0.0, 4R/
Y 2
5302D -9.7538E-06, -4.1105E-05, -1.1570E-04, -1.8420E-04, -2.3603E-04,
-2.2986E-04, -1.6754E-04, -9.7807E-05, -2.8665E-05, -7.7633E-06,
0.0, 4R/
Y 3
5303D 0.0, 14R/ N-SHIELDING
5304D 0.0, 14R/ N-SHIELDING
Y ----- SODIUM DENSITY -----
Y SODIUM DENSITY 1
5401D -2.1614E-07, -8.1244E-07, -7.3764E-07, 1.0101E-06, 2.3993E-06,
2.2415E-06, 6.3814E-07, -9.5175E-07, -6.7026E-07, -1.5396E-07,
0.0, 4R/
Y 2
5402D -1.5235E-08, -7.7411E-08, -2.7900E-07, -4.3472E-07, -5.4231E-07,
-5.3028E-07, -4.0044E-07, -2.4399E-07, -6.1059E-08, -1.4471E-08,
0.0, 4R/
Y 3
5403D 0.0, 14R/ N-SHIELDING
5404D 0.0, 14R/ N-SHIELDING
Y ----- FUEL AXIAL EXPANSION -----
5501-5504D 0.0, 14R/
Y
Y ----- 6000 INPUTS -----
Y
Y ----- UPPER PLENUM MIXING AND FLOW DISTRIBUTION -----
6001D 2, 1, 0.0/ L6MIX(2:TWO ZONE);L6FLOW(1:REDISTR1);T6SUPH
6002D 1, 0.0, 0.0/ IN-VESSEL COVER GAS ; MASS CONST
Y6002D 2, 0.0, 0.0/ IN-VESSEL COVER GAS ; PRESSURE CONST
Y
Y ##### DATA BELOW ARE THE DATA FOR V2(E.G. MONJU)
Y BUT TEMPORALY RESTRICTED #####
Y
Y ----- THREE LOOP CONFIGURATION -----
Y ----- 8000 SERIES RECORD -----
Y ----- 8000 INPUT -----
Y TEMPORARY DATA (CRBR PPS & PCS)
Y
Y ONLY THE FOLLOWING FIVE RECORDS NEED BE MANIPULATED TO
Y ACTUATE/ADJUST MANUAL PPS ACTION
Y
Y THE NEXT TWO RECORDS CONTAIN DATA SPECIFYING
Y ROD POSITION VS. TIME AFTER SCRAM
Y
Y #####
Y
Y THE REMAINING 8000 SERIES DATA RECORDS MUST ALWAYS BE READ,
Y BUT IF L8CALL=0, THE PPS/PCS FUNCTIONS THAT THESE DATA
Y SPECIFY WILL NOT BE CALLED/ACTUATED.
Y NOTE: SOME OF THE FOLLOWING DATA ARE SPECIFIED ON A PER LOOP
Y BASIS. THE FOLLOWING RECORDS ARE SET UP FOR A 1-LOOP
Y SIMULATION.
8001D 3, 2 /N8PCSD, N8CBNK JUNE5@IWA
Y8002D 0, 5R/ PUMP TRIP ON AUTO
8002D 1, 5R/ PUMP TRIP ON MANUAL
Y8003D 1.25, 5R/ PUMP TRIP TIME DELAY AFTER AN AUTOMATIC SIGNAL
8003D 9999999.0, 5R/ PUMP TRIP TIME DELAY AFTER AN AUTOMATIC SIGNAL
8004D 0.0, 5R/ MANUAL PUMP TRIP TIMES
Y8004D 9999999.0, 5R/ MANUAL PUMP TRIP TIMES

```

図 1 代表ループ 1 の 5 番ファイル入力データ (つづき)

```

8005D 1.0, 1.0, 0.0, 0.0/ LOAD DEMAND FORCING FUNCTION CONSTANTS
Y
##### FOLLOWING THREE RECORD ARE ACTIVATED #####
Y
8006D 21.446, -33.0, 1.0, 21.446, 0.0, 0.0 /
Y ----- CONTROL ROD POSITION 8007 & 8008 -----
8007D 1.0000144, 0.05432127, -0.9838029, -0.82337087, 3.7677539,
      -5.3120287, 2.49183007,
      0.333926, -0.139136, 0.0, 5R,
      2.6, 0.194719/ PRIMARY SHUTDOWN SYSTEM
8008D 1.0, -2.8779, 21.612, -91.733, 182.37, -162.01, 47.513,
      1.6/ 2RY SHUTDOWN SYSTEM
8009D 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/
8010D (1.0, 0.01), 4R/F8VMAX,F8TRMA
8011D (0.0, -0.01), 4R/F8VMIN,F8TRMN
8012D 1.0, 4R/S8OPEN
8013D 1.0, 4R/S8CLOS
8014D 0.150, .00, .20, 2R, .5, 3R, .2/ PPS SENSOR TIME CONSTANTS
8015D 837.0, 1100.0, 1422.22, 1036.11, 802.0, 670.0,
      756.775, 4.0E+2, 9.5696E+5, 1.0880E+7 ,137895.14,139.68,
      139.68/
8016D 1.6,8,9,12,13,17,18,19/ PRIMARY AVAILABLE FUNCTIONS
8017D 1.6,8,9,12,13,17,18,19/ SECONDARY AVAILABLE FUNCTIONS
8018D 18/ PRIMARY FUNCTIONS TO BE CHECKED
8019D 6,19/ SECONDARY FUNCTIONS TO BE CHECKED
8020D 0, 9999999.0, 9999999.0/ PRIM. PPS ON AUTOMATIC SCRAM
8021D 0, 1.437 , 9999999.0/ SEC. PPS ON AUTOMATIC SCRAM
Y8020D 1, 8888888.0, 1.437/ ----- MANUAL SCRAM ON PRY SD SYSTEM
Y8021D 1, 8888888.0, 1.437/ ----- MANUAL SCRAM ON 2RY SD SYSTEM
8101D 1.11/ HIGH FLUX SET POINT
8102D .03607, .036, -.99, .1706, .0364, 1.01, .03607, .036, .1969, .0416/ FLUX-DE
8103D 1.318, -1.0, .0425/ C1-C3 (FLUX-SORT(PR))
8204D .147, -1.0, 1.0, -1.0, .0075, .0595/ 01-06 (P/I SPEED RATIO)
8106D 5.60/ REACTOR VESSEL LEVEL*
8107D 42.0/ E1 ( STEAM-FEED WATER RATIO)
8108D 689.0/ SETPOINT FOR IHX PRIMARY OUTLET TEMP
8109D -0.1230 , 0.8530/ LOW PRIMARY SODIUM FLOW
8110D .147, -1.0, 1.0, -1.0, .0075, .05/ G1-G6 (PRIMARY TO INT FLOW RATIO)
8111D 1.120, .71/ MAX AND MIN STEAM DRUM LEVEL SETPOINTS
8112D 620.0/ SETPOINT FOR HIGH EVA OUTLET SODIUM TEMP
8113D 819.0/ SETPOINT FOR REACTOR OUTLET NOZZLE SODIUM TEMP
8114D 0.20/ LOW PRIMARY LOOP SODIUM FLOW SET POINT
8115D 0.2/ LOW INT LOOP SODIUM FLOW RATE
8117D 1.0163, -0.3363/ LOW SECONDARY SODIUM FLOW
8118D 0.2/ HIGH NEUTRON FLUX CHANGE RATE
8119D -0.0511, 0.8711/ LOW PRIMARY PUMP ROTATIONAL SPEED
Y8200D 1.0, 0.01/ F8HFXL,F8CRDZ
8200D 1.0, 0.0/ F8HFXL,F8CRDZ
8201D 010, 0.5, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 4.23/CBNK1
8201D 020, 1.00, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 11.6/CBNK2
Y201D 030, 1.00, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 0.00/CBNK3
8301D 101, 0.3, 60.0, 1.085, 1.11688, .065, 5.34, 5.34, 1.0, 30., .2067725, 1200./
8301D 201, 0.3, 60.0, 1.085, 1.0397, .065, 5.34, 5.34, 1.0, 30.0, .2067725, 1200./
8400D 3, 3, 1, 3, 1, 1, 1/
8401D 111, 0, 1.0, 0.05, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.2, 0.88, 0.12, 0.0/ P, C1, L1
8401D 121, 0, 0.375, 0.8, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.5, 0.0, 1.0, 0.0 / P, C2, L1
8401D 131, 0, 1.0, 0.02, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.02, 0.0, 1.0, 0.0 / P, C3, L1
8401D 211, 0, 1.0, 0.02, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.15, 1.0, 0.0, 0.0/ I, C1, L1
8401D 221, 0, 1.752E-5, .02, .0, 10., -10., .01, 1.0, 0.5, 0.0, 1.0, 0.0/ I, C2, L1
8401D 231, 0, 1.0, 0.02, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.02, 0.0, 1.0, 0.0/ I, C3, L1
8401D 311, 0, 1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.02, 1.0, 0.0, 0.0/ FP, C1, L1
8401D 411, 0, 1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.5, 0.5, 0.0, 0.0/ FV, C1, L1
8401D 421, 0, -1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.0, 1.0, 0.5, 1.0, 0.0, 0.0/ FV, C2, L1
8401D 431, 0, 1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.5, 1.0, 0.0, 0.0/ FV, C3, L1
8401D 510, 0, 1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.15, 1.0, 0.0, 0.0/ TV, C1
8401D 610, 0, 1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.15, 1.0, 0.0, 0.0/ BV, C1
8401D 710, 0, 1.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.15, 1.0, 0.0, 0.0/ RV, C1
8401D 810, 0, 2.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.2, 0.93, 0.17, -0.1/ P, CS1
8401D 820, 0, 2.0, 0.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.2, 0.89, 0.11, 0.0/ P, CS2
8401D 830, 0, 1.0, 1.0, 0.0, 10.0, -10.0, 0.01, 1.0, 0.05, 0.0, 1.00, 0.0/ P, CS3
Y
Y ----- 9000 INPUTS -----
Y ----- SIMULATION TIME AND PRINTOUT INTERVALS -----
Y9001D 150.0, 1.0, 0.000002, 1.0E8,
Y 0.25 , 4.0,
Y 1.0 , 10.0,
Y 2.0 , 100.0,
Y 4.0 , 300.0,
Y 16.0 , 99999.0/ FOR SHORT TIME ANALYSIS ; LOPI
Y9001D 10000.0, 50.0, 0.000002, 1.0E8,

```

図 1 代表ループ 1 の 5 番ファイル入力データ (つづき)

```

¥      1.0      ,      10.0,
¥      4.0      ,      50.0,
¥      8.0      ,      370.0,
¥     64.0      ,     2290.0,
¥    256.0      , 999999.0/ FOR MEDIUM TIME ANALYSIS ; LOPI , PLOHS
90010 72000.0, 50.0, 0.000002, 1.0E8,
      4.0      ,      20.0,
      8.0      ,      340.0,
      64.0     ,     2260.0,
      128.0    ,     16800.0,
      256.0    , 999999.0/ FOR LONG TIME ANALYSIS ; PLOHS
90020 0.001, 0.001, 0.02, 0.02/
                                     ACCEPTANCE LHT(ACU)
9003D 0.01, 0.01, /
                                     ACCEPTANCE LIMIT(INTERFACE)
9004D 1, 1, 1, 1, 1, 0/ CALL -- LP(THML);LP(HYD);SG;FUEL;IN-V CL;PPS/PCS
9005D 1, 1, 1, 1, 1, 1/ PRINT -
                                     DO.
9008D 0, 0, 0, 0/
                                     DUMP -- COMMON & CONTAINERS
*
STOP
END

```

図 2 代表ループ 2 の 5 番ファイル入力データ

```

REFERENCE INPUT DATA (41.PH3) : MONJU 4 CHANNEL CORE AND 2 LOOP MODEL.
OV VESSEL
1D 4, 4, 14, 14, 14, 14, 1, 4R/ CORE RADBLA CR N.SHIELDING
2D 1, 2, 3, 4/ FUEL PIN TYPE
3D 0.924369, 0.070516, 0.005115, 0.0 / TOTAL POWER = 1.0
4D 0.812508, 0.100219, 0.050441, 0.036832/ TOTAL FLOW = 1.0
5D 198, 172, 345, 1/ NO. OF SA
7D 2.15148E-05, 4.81967E-05, 1.54359E-3, 0.43079/ AREA/ROD
8D 0.003222, 0.004132, 0.007348, 6.2E-3 / HYDRAURIC DIAMETER
11D 0.0, 4R/ J FUEL INNER RADIUS
12D 0.0027, 0.0052, 0.014, 0.0027/ FUEL OUTER RADIUS
13D 0.00278, 0.0053, 0.016, 0.00278/ CLAD INNER RADIUS
14D 0.00325, 0.0058, 0.051, 0.00325/ CLAD OUTER RADIUS
15D 0.0, 4R/ LB INNER RADIUS
16D 0.0027, 0.0052, 0.051, 0.0027/ LB OUTER RADIUS
17D 0.0, 4R/ UB INNER RADIUS
18D 0.0027, 0.0052, 0.051, 0.0027/ UB OUTER RADIUS
19D 1.0, 3R, 0.0 / FRAC. HT TO STRUCTURE
20D 0.40548E4, 4R/ = SAS 3D FUEL/CLAD CONTACT HEAT TRANSFER
21D 5.0000E6, 4R/ FISSION GAS PRESSURE
23D 0, 0.0, 4R, 0.0, 5.304E5, 4266.67, 25, 25, 0.0001, 0.01, 14000./
Y 4.86 + STATIC CORE FLOW
24D 143.3, 1.1982E8, 26205.3, 39.4, 0.0/ LOWER PLENUM
25D 1, 300.0/
27D 0.0, 0.0, 1.5, 5.7, 11.7, 6.4, 16.23817/ VOL(GV)=110 ELEVATION
28D 37.46, 10.1737, 0.6, 37.46, 28.498, 80.9086, 5.552764, 14., 1400.,
560.0, 0.23, 0.0, 0.999, 6.2086E7, 1.425E7, 12.8E7/U PLENUM JGG
29D 0.43079,0.43079,6.2E-3,6.2E-3,-3.961887E5, 10000.0/YOK BYPASS JGG
30D 0.316, 0.25, -16.15, 24.96, -8.55, 0.3/ FRIC & NU #
Y ----- INLET ORIFICE ZONE AND SA TOP 31D - 34D ----- Y
Y31D 0.06, 4R/ INLET ORIFICE ZONE
31D 1.151, 4R/ INLET ORIFICE ZONE
32D (0.0, 0.0), 4R/
33D 136127.9, 47208.7
0.0, 0.0 / P DROP(FRICTION) AT INLET NOZZLE
34D 0.0, 4R/
101D 0.0, 0.35, 0.93, 0.3, 1.16, 0, 2, 6, 2, 4, 1.2108, 47.2302, 60, 70,
40, 0.93, 0.95, 0.97,
50, 0.85, 0.95, 0.97,
40, 0.93, 0.95, 0.97,
169, 0.00132, 0.1046, 0.003, 1.15/ CORE ILLI
102D 0.0, 0.0, 0.0, 1.58, 1.16, 0, 0, 0, 10, 4, 1.1207, 21.63793, 60,70,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
40, 0.93, 0.95, 0.97,
61, 0.00136, 0.1046, 0.003, 1.15/ RAD BLANKET
103D 0.0, 0.0, 2.74, 0.0, 0.0, 0, 0, 14, 0, 0, 1.0769, 17.7515, 60, 70,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
51, 1.0, 1.0, 1.0,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
1, 0.0012, 0.1046, 0.003, 1.15/ CONTROL RODS
104D 2.64, 0.0, 0.10, 0.0, 0.0, 13, 0, 1, 0, 0, 1.0769, 17.7515, 60, 70,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
51, 1.0, 1.0, 1.0,
0, 0.0, 0.0, 0.0,
1, 0.0012, 0.1046, 0.003, 1.15/ CONTROL RODS
Y ----- AXIAL POWER SHAPE FOR EACH CHANNEL ----- Y
Y AXIAL POWER SHAPE 1
201D 1.1824E+01, 5.4124E+01, 1.4475E+02, 2.1646E+02, 2.4170E+02,
2.3752E+02, 2.0411E+02, 1.3066E+02, 4.5220E+01, 6.9716E+00,
0.0, 4R/
Y 2
202D 8.8309E+00, 1.8576E+01, 3.3550E+01, 4.6012E+01, 5.1706E+01,
5.1044E+01, 4.4242E+01, 3.1688E+01, 1.7548E+01, 8.5420E+00,
0.0, 4R/
Y 3
203D 2.0730E+01, 14R/
204D 0.0, 13R, 2.0730E+01/
301-304D 1.0/ RADIAL POWER PROFILE
401D 0.981, 0.009, 0.004/ FRAC.POWER FUEL/CLAD/SODIUM
402D 0.975, 0.01, 0.005/
403D 0.69, 0.1038, 0.0378/
404D 0.69, 0.1038, 0.0378/
501-504D 80, .95, 81, .03, 82, .02/
Y01D 80, 0.0556, 81, .8235, 82, .1209/ F
Y02D 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/ I
Y03D 80, 0.0510, 81, .8275, 82, .1215/ S
Y04D 80, 0.0550, 81, .8241, 82, .1209/ S
Y05D 80, 0.0612, 81, .8186, 82, .1202/ I
Y06D 80, 0.0552, 81, .8239, 82, .1209/ O
    
```


図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

#070 80, 0.0656, 81, .8147, 82, .1197/      N
#080 80, 0.0799, 81, .8023, 82, .1178/
#090 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/      G
#100 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/      A
#110 80, 0.0399, 81, .8372, 82, .1229/      S
#120 80, 0.9500, 81, .0300, 82, .0200/      .
#130 80, 0.9500, 81, .0300, 82, .0200/
OV NALOOP
10 2, 00006, 16, 26, 9, 7, 3, 18, 00008, 12, 5, 4, 3, 8, 10, 6, 16/
20 1,2/
#----- FILE NALOOP -----#
#
100D 3174, 0.0191, 0.0217, 1.984, 0.1, 9.92, 8870.0,
    47.0, 1.4147, 0.0, 0.0, 70/
101D -1, 0, 0.0, 0.0, 0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/      IHX
102D 2.0, 3.66, 0.0, 6.18, 13.8, 5.4, 3.6, 13.5/      IHX PL
103D 90.0, -90.0, -90.0, 90./      IHX PL
104D 11.18, 0.5398, -90./      IHX CENTRAL DOWNCOMER
105D 0.001, 1.5E-6, 1.5E-6/      CONV CRIT. SURFACE ROUGHNESS
#----- PRIMARY PUMP HEAD & POLYNOMIAL -----#
110D 6, 1.264, -0.065, 0.118, -0.531, 0.090, 0.124/
111D 0, 1, 6894.76, 17.26, 22.64, 9989.9/      CHECK VALVE
112D 92.0, 837.0, 1.66147, 19002.2, 2.329, 0.74,
    182.28/PONY MOTOR TORQUE PRIMARY PUMP
#----- SEC PUMP & SURGE TANK -----#
122D 54.0, 1100.0, 1.18866, 6105.4, 3.1, 0.536, 14.975, 0.274,
    71.64/Q2PYTQ:PONY MOTOR TORQUE 2-RY PUMP
1001D 4, 5, 2, 7, 7, 2, 1, 4, 5, 6/
1002D 0.00, 3174, -3.2472E4/      IHX
1003D 3.136E+4, 0.0, 4.25026E3/
#----- PRIMARY LOOP PIPINGS -----#
# PIPE NUMBER= 1.
1101D 0.91282, 34.3, 0.7906, 0.0111, 18.79, 90.0, 17.14, 0.9458,13R/
# PIPE NUMBER 2.
1102D 0.0, 5.00, 0.0352, 0.0111, -90., 26R/      DH FOR IHX      IHX
# PIPE NUMBER= 3.
1103D 0.22600, 18.40, 0.7906, 0.0111,
    -35.02, 8.249, 90.00, 90.00, 90.00, 20.89, 0.000, 0.000,
    0.0/
# PIPE NUMBER# 4.
1104D 0.23931, 13.61, 0.7906, 0.0111,
    -90.00, -89.83, -89.94, -0.8843, 27.62, 89.94,
    0.0/
# PIPE NUMBER= 5.
1105D 0.096971, 7.09, 0.581, 0.0095,
    45.8823, 12.1315, 0.0/
# PIPE NUMBER= 6.
1106D 2.82489, 31.0, 0.581, 0.0095,
    -0.5262, 10R, -58.29, -90.0,4R, -49.04, 0.0, 0.0/
#----- SECONDARY LOOP PIPINGS -----#
# PIPE NUMBER= 1.
1201D 1.727, 161.8, 0.5398, 0.0095, 0.593429,2R, 0.593489,
    -0.049095, -1.054293, -1.054234, -1.054293, -1.054234,
    -1.054293, -1.054234, -1.054234, 0.0/
# PIPE NUMBER= 2.
1202D 1.906, 36.4, 0.5398, 0.0095, -0.74497, -0.74488, 62.2935,
    11.4087, 0.0/
# PIPE NUMBER= 3.
1203D 1.165, 7.50, 0.5398, 0.0095, -89.980, -36.788, 0.16401, 0.0/
# PIPE NUMBER= 4.
1204D 0.0, 3.85, 0.5398, 0.0095, 1.11595, 1.11640, 0.0/
# PIPE NUMBER= 5.
1205D 1.008, 35.67, 0.3055, 0.0065,
    0.0, 2R, 22.8612, 54.0889, 0.0, 20.8882, 58.6536, 31.2310/
# PIPE NUMBER= 6.
1206D 1.854, 34.389, 0.3055, 0.0065,
    -41.7431, 0.0, -22.6911, -3.9918, -90.0, -24.3102, -16.2462,
    -90.0, -26.1669, 0.0/
# PIPE NUMBER= 7.
1207D 0.5158, 19.92, 0.5398, 0.0095, 0.304588,2R, 75.9394,
    89.7963, 89.6961, 0.0/
# PIPE NUMBER= 8.
1208D 1.522, 154.00, 0.5398, 0.0095, -36.2379, -0.57547,
    -0.0045131, 0.614645, 0.614730, 0.614645, 0.614730,
    0.614730, 0.614645, 0.614730, 0.614645, 15.0587, -1.0705,3R,
    0.0/
#
OV STMGEN
1D 1, 1, 2, 38.6, 0.3164, 3.9E-6, 1, 1/
1D 2, 1, 2, 55.77, 0.2074, 6.0E-6, 2, 1/

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

10 3, 1, 2, 52.1, 0.2519, 5.0E-6, 2, 1/
10 4, 1, 2, 25.28, 0.2519, 5.0E-6, 2, 1/
10 5, 1, 2, 29.5, 0.2842, 4.5E-6, 1, 1/
10 6, 1, 2, 12.7, 0.5398, 3.9E-6, 1, 1/
10 7, 1, 2, 76.68, 0.5398, 3.9E-6, 3, 1/
10 8, 1, 2, 15.0, 0.5398, 3.9E-6, 1, 1/
Y
Y   - FEED WATER HEADER -
Y
1010 101, 2, 2.102, 0.3164, 0.0, 1.0, 41.14, 1/
1030 101, 1/
1020 101, 2/
1020 101, 3/
1110 101, 1, 1., 0.0/
Y
Y   - SEPARATOR -
Y
1010 102, 1, 7.0, 8.0, 0.0, 1.0, 48.1, 1/
1030 102, 1/
1020 102, 2/
1110 102, 1, 1., 0.0/
Y
Y   - STEAM HEADER -
Y
1010 103, 2, 12.63, 0.408, 0.0, 1.0, 41.6, 1/
1020 103, 1/
1030 103, 2/
1030 103, 3/
1110 103, 1, 1., 0.0/
Y
Y   - EVAPORATOR -
Y
3010 301, 1, 2, 3, 4, 64.4, 0.02344, 0.0318, 1.76565, 1.0E10,
      3.0E-6, 140, 19, 71, 3, 0, 1, 1.93, 1.0, -1., 1/
Y
Y   - SUPER HEATER -
Y
3010 302, 1, 2, 3, 4, 28.9, 0.0241, 0.0318, 1.753, 1.0E10,
      3.0E-6, 147, 9, 71, 3, 0, 1, 2.128, 1.0, -1., 1/
Y
Y   - FEED WATER INLET -
Y
4020 401, 1/
4110 401, 315.83, 513.16, 0.0, 999/
Y
Y   - OUTLET TO TURBINE -
Y
4010 402, 1/
4110 402, 0.0, 0.0, 12.54E6, 999/
Y
Y   - SODIUM INLET FROM INTERMEDIATE LOOP-1 -
Y
4020 403, 1/
4110 403, -1.0, 0.0, 0.0, 1/
Y
Y   - SODIUM OUTLET TO LOOP-1 -
Y
4010 404, 1/
4110 404, 0.0, 0.0, 0.0, 1/
Y
Y   - TURBINE THROTTLE VALVE -
Y
5010 501, 1, 2, 1.0, 0.46, 3.0E-6, 1, 0.166, 11.5, 1.0, 1.0, 0/
5210 501, 1.0E-6, -999, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/
Y
Y   LOOP2 .
Y   - PIPE RECORD -
Y
10 22, 1, 2, 55.77, 0.2074, 6.0E-6, 2, 2/
10 23, 1, 2, 52.1, 0.2519, 5.0E-6, 2, 2/
10 24, 1, 2, 25.28, 0.2519, 5.0E-6, 2, 2/
10 25, 1, 2, 29.5, 0.2842, 4.5E-6, 1, 2/
10 26, 1, 2, 12.7, 0.5398, 3.9E-6, 1, 2/
10 27, 1, 2, 76.68, 0.5398, 3.9E-6, 3, 2/
10 28, 1, 2, 15.0, 0.5398, 3.9E-6, 1, 2/
Y
Y   - SEPARATOR -
Y
1010 122, 1, 7.0, 8.0, 0.0, 1.0, 48.1, 2/
1030 122, 1/

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

102D 122, 2/
111D 122, 1, 1., 0.0/
Y
* - EVAPORATOR -
*
301D 321, 1, 2, 3, 4, 64.4, 0.02344, 0.0318, 1.76565, 1.0E10,
3.0E-6, 140, 19, 71, 3, 0, 1, 1.93, 1.0, -1., 2/
Y
* - SUPER HEATER -
*
301D 322, 1, 2, 3, 4, 28.9, 0.0241, 0.0318, 1.753, 1.0E10,
3.0E-6, 147, 9, 71, 3, 0, 1, 2.128, 1.0, -1., 2/
Y
* - SODIUM INLET FROM LOOP-2 -
*
402D 423, 1/
411D 423, -1.0, 0.0, 0.0, 2/
Y
* - SODIUM OUTLET TO LOOP-2 -
*
401D 424, 1/
411D 424, 0.0, 0.0, 0.0, 2/
Y
* - FLOW SEGMENTS -
*
621D 1, 315.83, 0.0/ FLOW SEGMENT 1
621D 2, 105.28, 0.0/ 2
621D 4, 105.28, 0.0/ 3
621D 6, 1036.11, 0.0/ 4
621D 501, 315.83, 0.0/ 5
Y
621D 22, 210.56, 0.0/ 6
621D 24, 210.56, 0.0/ 7
621D 26, 2072.22, 0.0/ 4
Y
* - JUNCTIONS -
* - WATER STEAM SIDE LOOP 1 -
901D 23.85, 401, 1, 1, 1/
901D 41.14, 1, 2, 101, 1/
901D 41.14, 101, 3, 2, 1/
901D 37.82, 2, 2, 301, 1/
901D 50.10, 301, 2, 3, 1/
901D 48.10, 3, 2, 102, 1/
901D 48.10, 102, 2, 4, 1/
901D 41.70, 4, 2, 302, 1/
901D 50.26, 302, 2, 5, 1/
901D 41.12, 5, 2, 103, 3/
901D 41.12, 103, 1, 501, 1/
901D 41.12, 501, 2, 402, 1/
Y
* - SODIUM SIDE -
901D 48.27, 403, 1, 6, 1/
901D 44.30, 6, 2, 302, 3/
901D 41.70, 302, 4, 7, 1/
901D 44.30, 7, 2, 301, 3/
901D 37.82, 301, 4, 8, 1/
901D 35.34, 8, 2, 404, 1/
Y
* - WATER STEAM SIDE LOOP 2 -
901D 41.14, 101, 2, 22, 1/
901D 37.82, 22, 2, 321, 1/
901D 50.10, 321, 2, 23, 1/
901D 48.10, 23, 2, 122, 1/
901D 48.10, 122, 2, 24, 1/
901D 41.70, 24, 2, 322, 1/
901D 50.26, 322, 2, 25, 1/
901D 41.12, 25, 2, 103, 2/
Y
* - SODIUM SIDE LOOP 2 -
901D 48.27, 423, 1, 26, 1/
901D 44.30, 26, 2, 322, 3/
901D 41.70, 322, 4, 27, 1/
901D 44.30, 27, 2, 321, 3/
901D 37.82, 321, 4, 28, 1/
901D 35.34, 28, 2, 424, 1/
Y
* - GLOBAL DATA -
Y
1001D 1.E-4, 40, 0, 9999, 140.0E5/
Y

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

* - KEY MODULE -
*
10020 103, 501, 999, 999/
10100 1, 999, 999, 302, 999, 301/
10100 2, 999, 999, 322, 999, 321/
*
OV OPDATA
1D 714.0E+6, 3/
2D 802.0, -670.0, 1422.22/
3D -598.0, -778.0, 1036.11, 3.06, -1.69/
4D 1.55E+5, 1.96133E+5, 13.375, 0.0, 0.0/
5D 1, 4, 1, 1/
*
OV HATDAT
100 109.7, -6.4499E-2, 1.1728E-5, 1630.22, -0.83354,
4.62838E-4, 1011.597, -0.22051, -1.92243E-5, 5.63769E-9,
370.9, 1644.2, -6.7511E4, 1630.22, -0.41674,
1.54279E-4, 11.35977, -5567.0, -0.5, 11.68672,
-5544.97, -0.61344, 1144.2, -2.4892, 220.65,
-0.4926, 0.001, 1.0E-5, 750.0, -12130.0, 10.5/ SODIUM
*----- F I L E M A T D A T -----
*
51D 334.13, 21.6178, 5.381E-2, 0.0, 2.2, 0.0, 1741.79,
2.34856E-4, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, -46634.7, 9999.0, 9999.0,
2.25E-6, 2.5E-9, 0.0, 295.4, 9999.0, 9999.0, 2381.0, 0.0,
0.55, 2.5E-4, 400.0, 9999.0, 3R/ CR
71D 4.9341695E1, -1.71228E-2, 0.0, 0.0, 460.59, 0.0, 7R, 7833.35/
80D 0.3255, 0.0, 0.0/ THERMAL CONDUCTIVITY HE MONJU
81D 0.01574, 0.0, 0.0/ XE
82D 0.02617, 0.0, 0.0/ KR
*
OV OLDDATA
1D 99/
2D 99/
3D 2, 70, 60/
STOP
OV TRNDAT
1001D 0, 0, 0.0975, 1250.0/ GD2 PRY PUMP ( H + P + MFG )
*1001D 0, 0, 0.0975, 2900.0/ GD2 PRY PUMP ( H + P + MFG )
*----- F I L E T R N D A T -----
*
1002D 0,0, 0.1, 225.0/ GD2 SRY PUMP ( H + P )
*----- G U A R D V E S S E L V O L U M E -----
*
1003D 0,0, 35.0, 8.50, 0.0, 0.0811, 0.0, 0.0, 10R, 139.8/ GV
1004D 0,0/ CHECK VALVE
3101D 401, 3, 1/
*3111D 401, 0.0, 513.16, 315.83,
* 999.0, 513.16, 315.83/
*
3111D 401, 0.0, 513.16, 315.83,
1.0, 513.16, 0.0 /
999.0, 513.16, 0.0 /
*
3101D 402, 2, 2/
3111D 402, 0.0, 756.16, 12.54E6,
999.0, 756.16, 12.54E6/
3201D 101, 2/
3211D 101, 0.0, 0.0,
999.0, 0.0/
3201D 102, 2/
3211D 102, 0.0, 0.0,
999.0, 0.0/
3201D 103, 2/
3211D 103, 0.0, 0.0,
999.0, 0.0/
3301D 501, 0, 0/
*
5001D 0, 6, 4.38E-7/ NEUTRON KINETICS
5002D 0.931352, 0.918915, 0.999, 3R/ FRAC. FISSION
5003D 8.02E-5, 7.75E-4, 6.72E-4, 1.33E-3, 6.11E-4, 1.67E-4/ N -TH GRP
5004D 0.0130, 0.0312, 0.134, 0.347, 1.42, 3.79/ DECAY CONSTANT
*----- D E C A Y P O W E R 5005D: B Y P A S S 5100-: E A C H C H A N N E L -----
5005D 1.0, 0.0,
0.93108, 1.0,
0.77026, 10.0,
0.66319, 30.0,
0.60855, 50.0,
0.57195, 70.0,
0.53375, 100.0,
0.46536, 200.0,
0.42987, 300.0,
0.38792, 500.0,

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

0.36075 , 700.0,
0.33143 , 1000.0,
0.27293 , 2000.0,
0.24041 , 3000.0,
0.20660 , 5000.0,
0.18652 , 7000.0,
0.17019 , 10000.0,
0.14518 , 20000.0,
0.13227 , 30000.0,
0.11764 , 50000.0,
0.10770 , 70000.0,
0.097149 , 100000.0,
0.034327 , 1000000.0,
0.010585 , 10000000.0,
0.0012935 , 100000000.0/ BYPASS
51010 1.0 , 0.0,
0.93108 , 1.0,
0.77026 , 10.0,
0.66319 , 30.0,
0.60855 , 50.0,
0.57195 , 70.0,
0.53375 , 100.0,
0.46536 , 200.0,
0.42987 , 300.0,
0.38792 , 500.0,
0.36075 , 700.0,
0.33143 , 1000.0,
0.27293 , 2000.0,
0.24041 , 3000.0,
0.20660 , 5000.0,
0.18652 , 7000.0,
0.17019 , 10000.0,
0.14518 , 20000.0,
0.13227 , 30000.0,
0.11764 , 50000.0,
0.10770 , 70000.0,
0.097149 , 100000.0,
0.034327 , 1000000.0,
0.010585 , 10000000.0,
0.0012935 , 100000000.0/ CORE
5102-51040 1.0 , 0.0,
0.92931 , 1.0,
0.77416 , 10.0,
0.67747 , 30.0,
0.62898 , 50.0,
0.59656 , 70.0,
0.56266 , 100.0,
0.50080 , 200.0,
0.46765 , 300.0,
0.42701 , 500.0,
0.39956 , 700.0,
0.36897 , 1000.0,
0.30558 , 2000.0,
0.26949 , 3000.0,
0.23105 , 5000.0,
0.21169 , 7000.0,
0.19573 , 10000.0,
0.17187 , 20000.0,
0.15936 , 30000.0,
0.14307 , 50000.0,
0.13159 , 70000.0,
0.11855 , 100000.0,
0.029775 , 1000000.0,
0.0084823 , 10000000.0,
0.00094639 , 100000000.0/ RADIAL BLANKET
Y ----- DOPPLER SODIUM IN -----
Y DOPPLER NA-IN 1
52010 -1.1108E-04, -4.3429E-04, -7.5797E-04, -1.1572E-03, -1.4779E-03,
-1.4292E-03, -9.9023E-04, -4.8233E-04, -1.5028E-04, -2.6462E-06,
0.0, 4R/
Y 2
52020 -8.0121E-06, -3.4138E-05, -1.0243E-04, -1.6970E-04, -2.2276E-04,
-2.1752E-04, -1.5581E-04, -8.8242E-05, -2.4484E-05, -6.2704E-06,
0.0, 4R/
Y 3
52030 0.0, 14R/ N-SHIELDING
52040 0.0, 14R/ N-SHIELDING
Y ----- DOPPLER SODIUM OUT -----
Y DOPPLER NA-OUT 1
53010 -1.2471E-04, -4.5113E-04, -1.1455E-04, -8.3857E-04, -1.0268E-03,

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

-9.8881E-04, -6.9863E-04, -3.5553E-04, -1.3025E-04, -2.4743E-05,
0.0, 4R/
¥
2
53020 -9.7538E-06, -4.1105E-05, -1.1570E-04, -1.8420E-04, -2.3603E-04,
-2.2986E-04, -1.6754E-04, -9.7807E-05, -2.8665E-05, -7.7633E-06,
0.0, 4R/
¥
3
53030 0.0, 14R/ N-SHIELDING
53040 0.0, 14R/ N-SHIELDING
¥ ----- SODIUM DENSITY -----
¥ SODIUM DENSITY 1
54010 -2.1614E-07, -8.1244E-07, -7.3764E-07, 1.0101E-06, 2.3993E-06,
2.2415E-06, 6.3814E-07, -9.5175E-07, -6.7026E-07, -1.5396E-07,
0.0, 4R/
¥
2
54020 -1.5235E-08, -7.7411E-08, -2.7900E-07, -4.3472E-07, -5.4231E-07,
-5.3028E-07, -4.0044E-07, -2.4399E-07, -6.1059E-08, -1.4471E-08,
0.0, 4R/
¥
3
54030 0.0, 14R/ N-SHIELDING
54040 0.0, 14R/ N-SHIELDING
¥ ----- FUEL AXIAL EXPANSION -----
¥ 5501-55040 0.0, 14R/
¥
¥ ----- 6000 INPUTS -----
¥
¥ ----- UPPER PLENUM MIXING AND FLOW DISTRIBUTION -----
60010 2, 1, 0.0/ L6HIX(2:TWO ZONE);L6FLOW(1:REDISTR1);T6SUPH
60020 1, 0.0, 0.0/ IN-VESSEL COVER GAS ; MASS CONST
¥6002D 2, 0.0, 0.0/ IN-VESSEL COVER GAS ; PRESSURE CONST
¥
¥ ##### DATA BELOW ARE THE DATA FOR V2(E.G. MONJU)
¥ BUT TEMPORALY RESTRICTED #####
¥
¥ ----- THREE LOOP CONFIGURATION -----
¥ ----- 8000 SERIES RECORD -----
¥ ----- 8000 INPUT -----
¥ TEMPORARY DATA (CRBR PPS & PCS)
¥
¥ ONLY THE FOLLOWING FIVE RECORDS NEED BE MANIPULATED TO
¥ ACTUATE/ADJUST MANUAL PPS ACTION
¥
¥ THE NEXT TWO RECORDS CONTAIN DATA SPECIFYING
¥ ROD POSITION VS. TIME AFTER SCRAM
¥
¥ #####
¥
¥ THE REMAINING 8000 SERIES DATA RECORDS MUST ALWAYS BE READ,
¥ BUT IF L8CALL=0, THE PPS/PCS FUNCTIONS THAT THESE DATA
¥ SPECIFY WILL NOT BE CALLED/ACTUATED.
¥ NOTE: SOME OF THE FOLLOWING DATA ARE SPECIFIED ON A PER LOOP
¥ BASIS. THE FOLLOWING RECORDS ARE SET UP FOR A 1-LOOP
¥ SIMULATION.
80010 3, 2 /N8PCSD, N8CBNK JUNE5@IWA
¥80020 0, 9R/ PUMP TRIP ON AUTO
80020 1, 9R/ PUMP TRIP ON MANUAL
¥8003D 1.25, 9R/ PUMP TRIP TIME DELAY AFTER AN AUTOMATIC SIGNAL
8003D 9999999.0, 9R/ PUMP TRIP TIME DELAY AFTER AN AUTOMATIC SIGNAL
80040 0.0, 9R/ MANUAL PUMP TRIP TIMES
¥8004D 9999999.0, 9R/ MANUAL PUMP TRIP TIMES
8005D 1.0, 1.0, 0.0, 0.0/ LOAD DEMAND FORCING FUNCTION CONSTANTS
¥
¥ ##### FOLLOWING THREE RECORD ARE ACTIVATED #####
¥
8006D 21.446, -33.0, 1.0, 21.446, 0.0, 0.0 /
¥ ----- CONTROL ROD POSITION 8007 & 8008 -----
8007D 1.0000144, 0.05432127, -0.9838029, -0.82337087, 3.7677539,
-5.3120287, 2.49183007,
0.333926, -0.139136, 0.0, 5R,
2.6, 0.194719/ PRIMARY SHUTDOWN SYSTEM
8008D 1.0, -2.8779, 21.612, -91.733, 182.37, -162.01, 47.513,
1.6/ 2RY SHUTDOWN SYSTEM
8009D 0.0, 0.0, 0.0, 0.0/
8010D (1.0, 0.01), 5R/F8VHAX,F8TRMA
8011D (0.0, -0.01), 5R/F8VH1N,F8TRHN
8012D 1.0, 5R/S8OPEN
8013D 1.0, 5R/S8CLOS
8014D 0.150, 0.00, 0.20, 2R, 0.5, 3R, 0.2/ PPS SENSOR TIME CONSTANTS
8015D 837.0, 1100.0, 1422.22, 1036.11, 802.0, 670.0,
756.775, 4.0E+2, 9.5696E+5, 1.0880E+7, 137895.14,139.68,

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```

139.68/
8016D 1,6,8,9,12,13,17,18,19/ PRIMARY AVAILABLE FUNCTIONS
8017D 1,6,8,9,12,13,17,18,19/ SECONDARY AVAILABLE FUNCTIONS
8018D 18/ PRIMARY FUNCTIONS TO BE CHECKED
8019D 19/ SECONDARY FUNCTIONS TO BE CHECKED
8020D 0, 9999999.0, 9999999.0/ PRIM. PPS ON AUTOMATIC SCRAM
8021D 0, 1.437 , 9999999.0/ SEC. PPS ON AUTOMATIC SCRAM
¥8020D 1, 8888888.0, 1.437/ ----- MANUAL SCRAM ON PRY SD SYSTEM
¥8021D 1, 8888888.0, 1.437/ ----- MANUAL SCRAM ON 2RY SD SYSTEM
8101D 1.11/ HIGH FLUX SET POINT
8102D .03607,.036,-.99,.1706,.0364,1.01,.03607,.036,.1969,.0416/ FLUX-DE
8103D 1.318,-1.0,.0425/ C1-C3 (FLUX-SQRT(PR))
8104D .147,-1.0,1.0,-1.0,.0075,.0595/ D1-D6 (P/I SPEED RATIO)
8106D 5.60/ REACTOR VESSEL LEVEL*
8107D 42.0/ E1 ( STEAM-FEED WATER RATIO)
8108D 689.0/ SETPOINT FOR IHX PRIMARY OUTLET TEMP
8109D -0.1230, 0.8530/ LOW PRIMARY SODIUM FLOW
8110D .147,-1.0,1.0,-1.0,.0075,.05/ G1-G6(PRIMARY TO INT FLOW RATIO)
8111D 1.120,.71/ MAX AND MIN STEAM DRUM LEVEL SETPOINTS
8112D 620.0/ SETPOINT FOR HIGH EVA OUTLET SODIUM TEMP
8113D 819.0/ SETPOINT FOR REACTOR OUTLET NOZZLE SODIUM TEMP
8114D 0.20/ LOW PRIMARY LOOP SODIUM FLOW SET POINT
8115D 0.2/ LOW INT LOOP SODIUM FLOW RATE
8117D 1.0163, -0.3363/ LOW SECONDARY SODIUM FLOW
8118D 0.2/ HIGH NEUTRON FLUX CHANGE RATE
8119D -0.0511, 0.8711/ LOW PRIMARY PUMP ROTATIONAL SPEED
¥8200D 1.0, 0.01/ F8HFXL,F8CRDZ
8200D 1.0,0.0/ F8HFXL,F8CRDZ
8201D 010, 0.5, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 4.23/CBNK1
8201D 020, 1.00, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 11.6/CBNK2
¥201D 030, 1.00, 1.00, 1.00, 0., 1.00, -3.81E-3, 3.81E-3, 0.00/CBNK3
8301D 101, 0,3,60.0,1.085,1.11688,.065,5.34,5.34,1.0,30.,.2067725,1200./
8301D 102, 0,3,60.0,1.085,1.11688,.065,5.34,5.34,1.0,30.,.2067725,1200./
8301D 201, 0,3,60.0,1.085,1.0397,.065,5.34,5.34,1.0,30.0.,.2067725,1200./
8301D 202, 0,3,60.0,1.085,1.0397,.065,5.34,5.34,1.0,30.0.,.2067725,1200./
8400D 3,2R, 3,2R, 1,2R, 3,2R, 1, 1, 1/
8401D 111, 0,1.0,0.05,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.88,0.12,0.0/ P,C1,L1
8401D 112, 0,1.0,0.05,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.88,0.12,0.0/ P,C1,L1
8401D 121, 0,0.375,0.8,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,0.0,1.0,0.0 / P,C2,L1
8401D 122, 0,0.375,0.8,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,0.0,1.0,0.0 / P,C2,L1
8401D 131, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,0.0,1.0,0.0 / P,C3,L1
8401D 132, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,0.0,1.0,0.0 / P,C3,L1
8401D 211, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ I,C1,L1
8401D 212, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ I,C1,L1
8401D 221, 0,1.752E-5,.02,.0,10.,-10.,.01,1.0,0.5,0.0,1.0,0.0/ I,C2,L1
8401D 222, 0,1.752E-5,.02,.0,10.,-10.,.01,1.0,0.5,0.0,1.0,0.0/ I,C2,L1
8401D 231, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,0.0,1.0,0.0/ I,C3,L1
8401D 232, 0,1.0,0.02,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,0.0,1.0,0.0/ I,C3,L1
8401D 311, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,1.0,0.0,0.0/ FP,C1,L1
8401D 312, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.02,1.0,0.0,0.0/ FP,C1,L1
8401D 411, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,0.5,0.0,0.0/ FV,C1,L1
8401D 412, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,0.5,0.0,0.0/ FV,C1,L1
8401D 421, 0,-1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.0,1.0,0.5,1.0,0.0,0.0/ FV,C2,L1
8401D 422, 0,-1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.0,1.0,0.5,1.0,0.0,0.0/ FV,C2,L1
8401D 431, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,1.0,0.0,0.0/ FV,C3,L1
8401D 432, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.5,1.0,0.0,0.0/ FV,C3,L1
8401D 510, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ TV,C1
8401D 610, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ BV,C1
8401D 710, 0,1.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.15,1.0,0.0,0.0/ RV,C1
8401D 810, 0,2.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.93,0.17,-0.1/ P,CS1
8401D 820, 0,2.0,0.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.2,0.89,0.11,0.0/ P,CS2
8401D 830, 0,1.0,1.0,0.0,10.0,-10.0,0.01,1.0,0.05,0.0,1.00,0.0/ P,CS3
¥
¥ ----- 9000 INPUTS -----
¥ ----- SIMULATION TIME AND PRINTOUT INTERVALS -----
¥9001D 200.0, 1.0, 0.000002, 1.0E8,
¥ 0.25 , 4.0,
¥ 1.0 , 10.0,
¥ 2.0 , 100.0,
¥ 4.0 , 300.0,
¥ 16.0 , 99999.0/ FOR SHORT TIME ANALYSIS ; LOPI
9001D 10000.0, 50.0, 0.000002, 1.0E8,
1.0 , 10.0,
4.0 , 50.0,
8.0 , 370.0,
64.0 , 2290.0,
256.0 , 99999.0/ FOR MEDIUM TIME ANALYSIS ; LOPI , PLOHS
¥9001D 36000.0, 50.0, 0.000002, 1.0E8,
¥ 4.0 , 20.0,
¥ 8.0 , 340.0,

```

図2 代表ループ2の5番ファイル入力データ(つづき)

```
¥      64.0      /      2260.0,  
¥      128.0     /      16800.0,  
¥      256.0     /      999999.0/ FOR LONG TIME ANALYSIS ; PLOHS  
9002D 0.001, 0.001, 0.02, 0.02/ ACCPTANCE LMT(ACU)  
9003D 0.01, 0.01, / ACCEPTANCE LIMIT<INTERFACE>  
9004D 1, 1, 1, 1, 1, 0/ CALL -- LP<THNL>;LP<HYD>;SG;FUEL;IN-V CL;PPS/PCS  
9005D 1, 1, 1, 1, 1, 1/ PRINT - DO.  
9008D 0, 0, 0, 0/ DUMP -- COMMON & CONTAINERS  
¥  
STOP  
END
```


図 3 代表ループ 1 の 4 番ファイル入力データ

```

&CGAS
T6DELY=4.0,
Z6PBRK=5.5,
DELVCG=60.0
&END
&GVHOD
IGVOPT=0,
V1HIP=2.0,
F1GP1=0.0,
F1GP2=0.610193826,
F1GP3=0.0,
Z1MAP=8.5,
V1HAXP=15.93,
DRGVG=0.032,
DRGVIO=0.89,
GVPHT=0.0,0.904,1.8,5.7,7.0,7.62,7.9,8.3,8.4,8.5,
GVVT=35.0,42.27,53.83,91.68,115.70,123.55,129.24,136.62,138.21,139.80,
GPVT=2.0,4.2,5.8,10.8,12.6,13.76,14.50,15.29,15.61,15.93
&END
&LPHOD
L6LPLN=1,
P6INH1=1.6268E4,
W6INH1=4017.7,
P6INLO=3.9298E5,
W6INLO=249.0,
P6HILO=3.76712E5,
W6HILO=550.4
&END
&STRCT
L5SUPP=0,
LSSTRC=0,
F5SWGTC(1)=-0.197E-5,-0.301E-5,0.559E-5,2.722E-5,4.059E-5,
F5SWGTC(6)=4.012E-5,2.539E-5,0.193E-5,-0.623E-5,-0.242E-5,
F5SWGTC(11)=-0.182E-5,-0.283E-5,0.516E-5,2.464E-5,3.671E-5,
F5SWGTC(16)=3.626E-5,2.284E-5,0.173E-5,-0.550E-5,-0.224E-5,
F5SWGTC(21)=-0.161E-5,-0.271E-5,0.395E-5,2.128E-5,3.205E-5,
F5SWGTC(26)=3.164E-5,1.957E-5,0.048E-5,-0.491E-5,-0.197E-5,
F5SWGTC(31)=-0.135E-5,-0.256E-5,0.258E-5,1.733E-5,2.652E-5,
F5SWGTC(36)=2.618E-5,1.594E-5,-0.011E-5,-0.444E-5,-0.163E-5,
F5SWGTC(41)=-0.111E-5,-0.268E-5,0.124E-5,1.348E-5,2.101E-5,
F5SWGTC(46)=2.078E-5,1.250E-5,-0.052E-5,-0.377E-5,-0.129E-5,
F5SWGTC(51)=-0.078E-5,-0.264E-5,-0.159E-5,0.649E-5,1.127E-5,
F5SWGTC(56)=1.115E-5,0.599E-5,-0.246E-5,-0.329E-5,-0.095E-5,
F5SWGTC(61)=-0.050E-5,-0.215E-5,-0.466E-5,-0.254E-5,-0.131E-5,
F5SWGTC(66)=-0.137E-5,-0.271E-5,-0.489E-5,-0.253E-5,-0.068E-5,
F5SWGTC(71)=-0.040E-5,-0.184E-5,-0.448E-5,-0.347E-5,-0.292E-5,
F5SWGTC(76)=-0.296E-5,-0.360E-5,-0.465E-5,-0.215E-5,-0.054E-5,
F5SWGTC(81)=-0.017E-5,-0.080E-5,-0.297E-5,-0.437E-5,-0.533E-5,
F5SWGTC(86)=-0.521E-5,-0.403E-5,-0.260E-5,-0.074E-5,-0.019E-5,
F5SWGTC(91)=-0.005E-5,-0.024E-5,-0.081E-5,-0.129E-5,-0.162E-5,
F5SWGTC(96)=-0.159E-5,-0.119E-5,-0.071E-5,-0.022E-5,-0.006E-5,
F5SWGTC(101)=-0.001E-5,-0.006E-5,-0.020E-5,-0.032E-5,-0.040E-5,
F5SWGTC(106)=-0.039E-5,-0.029E-5,-0.017E-5,-0.006E-5,-0.001E-5
&END
&PWHR
L1PWHR = 0,
L2PWHR = 0,
Y1TI=10*0.23,
Y2TI=10*0.2,
Y1A=55.0,
T2A=328.0,
F1EHXP=1.0E-6,
ITRMAX=50,
F180=0.0,
F280=3*0.0,
B1GS=1178.2,
B2GS=290.0
&END
&NOIHX
S9LOHS=1.0E8,
S9PKSP=1.0E8,
S9NOSG=1.0E8
&END
&ACS
S2DACS=94.0,
S2BVOP=9999999.0,
S2STRT=94.0,
N2ACSO=3,
T2CNST=473.15,
S2LHTS=1.0E8,

```

図 3 代表ループ 1 の 4 番ファイル入力データ (つづき)

```

F1ORGN=3.0,
F1FINL=3.0,
NTABLE=4,
TIMTAB=0.0,1.0, 501.0, 999999.0,
FLWTAB=-0.1,-0.1,-0.1,-0.1,
TEMTAB=313.15,313.15,313.15,313.15,
LOADBA=1,
A2STCK=5.147,
T2AIRE=313.0,
T2AORE=473.0,
T2AIRC=313.0,
T2AOIC=714.6,
W2AREF=-93.1,
S2LOADF=0.0,
T2NIRE=778.0,
T2NORE=598.0,
W2NREF=65.28,
P2AREF=2352.0,
H2STCK=11.0,
TAU2=0.4391,
F2STC1=-0.316,
AOCROS=0.09599476,12.3,0.105,
DOWET=8.649,454.6,
XONODE=0.805,0.16235,0.805,
WTHICK=0.0032,
VOOLUH=0.5516,7.2,0.5516,7.2
&END
&DRACS
L1DRAC=0,
N9DRCS=0,
F1DLOP=1.0,
S1DRCS=1800.0,
Y1KNI=0.0191,
Y1KNO=0.0217,
C1NTB=174.0,
STAUN=31.60,
STAUK=14.7778,
S1TAU=18.668,
Z1UPL=-0.275,
Z1LPL=4.09,
Z1DHX=3.40,
Y1NAH=38.022,
Y1NAC=61.491,
Z1NAH=-4.07,
Z1NAC=0.54,
X1NA=0.1023,
X1DHSL=0.029,
N1EMPD=4,
T1EMPD=0.0,1.0,120.0,999999.0,
P1EMPD=0.0,0.1,1.0,1.0,
P1REFP=211327.0,
N2EMPD=4,
P2EMPD=0.0, 0.0, 1.0, 1.0,
T2EMPD=0.0, 5.0, 120.0, 999999.0,
P2REFP=352878.0,
A1DHX=0.11,
P1FCD=0.0,
P2FANO=0.0,
F1DRNK=0.0,
F1DRK=0.0,
F1STAK=-392.0,
Z1STAK=15.1,
A1STAK=3.61,
N1DAMP=8,
N1DCOS=6,
N1DFIN=2,
R1AREA=0.05,
R1DFIN=1.0,
R1DCOS=1.0,
N1FANH=4,
P1FANH=0.0, 0.0, 1.0, 1.0,
T1FANH=0.0, 10.0, 120.0, 999999.0,
Y1OHTB=3.830,
Z1NKH=15.651,
Z1NKC=17.281,
Z1NHX=2.20,
Y1NKC=64.999,
Y1NKH=48.531,
Y1NHTB=22.23,
X1NK=0.1023,

```

図3 代表ループ1の4番ファイル入力データ(つづき)

```

X1NHTB=0.0276,
A1NHTB=0.025128,
W1NAR=34.44,
W1NA=0.0,
T1NAIR=517.15,
T1NAOR=473.15,
T1NAI=473.15,
T1NAO=473.15,
W1NKR=34.17,
W1NK=10.3,
T1NKHR=506.15,
T1NKCR=462.15,
T1NKH=473.15,
T1NKC=473.15,
W1AR=20.56,
W1A=0.0,
T1AIR=313.15,
T1AOR=415.15,
T1AI=313.15,
T1AO=313.15,
T1ST=313.15,
G1DRCS(1,1)=0.821942E-2,11.481,0.0,
G1DRCS(1,2)=1.891792E-2,0.850,0.0,
G1DRCS(1,3)=1.891792E-2,5.129,-5.129,
G1DRCS(1,4)=1.891792E-2,3.827,0.0,
G1DRCS(1,5)=1.891792E-2,2.523,-2.523,
G1DRCS(1,6)=1.891792E-2,10.632,0.0,
G1DRCS(1,7)=1.891792E-2,0.500,-0.5,
G1DRCS(1,8)=1.891792E-2,4.763,0.0,
G1DRCS(1,9)=1.891792E-2,1.365,-1.365,
G1DRCS(1,10)=1.891792E-2,1.050,0.0,
G1DRCS(1,11)=1.891792E-2,7.100,0.0,
G1DRCS(1,12)=0.887476E-2,0.839,0.0,
G1DRCS(1,13)=0.887476E-2,3.756,3.756,
G1DRCS(1,14)=0.887476E-2,4.300,0.0,
G1DRCS(1,15)=0.887476E-2,1.176,1.176,
G1DRCS(1,16)=0.887476E-2,1.900,0.0,
G1DRCS(1,17)=0.887476E-2,9.806,9.806,
G1DRCS(1,18)=0.887476E-2,1.170,0.0,
G1DRCS(1,19)=0.821942E-2,9.193,0.0,
G1DRCS(1,20)=0.821942E-2,1.830,-1.830,
G1DRCS(1,21)=0.821942E-2,0.953,0.0,
G2DRCS(1,1)=0.887476E-2,0.794,0.270,
G2DRCS(1,2)=0.887476E-2,3.756,0.0,
G2DRCS(1,3)=0.887476E-2,0.845,0.845,
G2DRCS(1,4)=0.887476E-2,3.945,0.0,
G2DRCS(1,5)=0.887476E-2,3.901,0.0,
G2DRCS(1,6)=0.887476E-2,1.072,1.072,
G2DRCS(1,7)=0.887476E-2,13.050,0.0,
G2DRCS(1,8)=0.887476E-2,4.228,4.228,
G2DRCS(1,9)=0.887476E-2,1.300,0.0,
G2DRCS(1,10)=0.887476E-2,8.550,8.012,
G2DRCS(1,11)=0.887476E-2,7.090,0.0,
G2DRCS(1,12)=0.887476E-2,5.836,0.0,
G2DRCS(1,13)=0.887476E-2,5.173,-5.173,
G2DRCS(1,14)=0.887476E-2,0.800,0.0,
G2DRCS(1,15)=0.887476E-2,2.032,-2.032,
G2DRCS(1,16)=0.887476E-2,0.800,0.0,
G2DRCS(1,17)=0.887476E-2,12.726,0.0,
G2DRCS(1,18)=0.887476E-2,2.489,-2.489,
G2DRCS(1,19)=0.887476E-2,13.900,0.0,
G2DRCS(1,20)=0.887476E-2,1.055,-1.055,
G2DRCS(1,21)=0.887476E-2,3.981,0.0,
G2DRCS(1,22)=0.887476E-2,10.464,0.0,
G2DRCS(1,23)=0.887476E-2,0.143,-0.143,
N1DRCS=21,
N2DRCS=23,
L1DRCS=6,
L2DRCS=11
&END
&SBRK
ISBRK=0,
WBSTOP=0.0
&END

```

図 3 代表ループ 2 の 4 番ファイル入力データ

```

&CGAS
  T6DELY=4.0,
  Z6PBRK=5.5,
  DELVCG=60.0
&END
&GVHOD
  IGVOPT=0,
  V1HIP=2.0,
  F1GP1=0.0,
  F1GP2=0.610193826,
  F1GP3=0.0,
  Z1MAP=8.5,
  V1MAXP=15.93,
  DRGVG=0.032,
  DRGVID=0.89,
  GVPHT=0.0,0.904,1.8,5.7,7.0,7.62,7.9,8.3,8.4,8.5,
  GVV1=35.0,42.27,53.83,91.68,115.70,123.55,129.24,136.62,138.21,139.80,
  GPVT=2.0,4.2,5.8,10.8,12.6,13.76,14.50,15.29,15.61,15.93
&END
&LPHDD
  L6LPLN=1,
  P6INH1=1.6268E4,
  W6INHI=4017.7,
  P6INLO=3.9298E5,
  W6INLO=249.0,
  P6HILO=3.76712E5,
  W6HILO=550.4
&END
&STRCT
  L5SUPP=0,
  L5STRC=0,
  F5SWG1(1)=-0.197E-5,-0.301E-5,0.559E-5,2.722E-5,4.059E-5,
  F5SWG1(6)=4.012E-5,2.539E-5,0.193E-5,-0.623E-5,-0.242E-5,
  F5SWG1(11)=-0.182E-5,-0.283E-5,0.516E-5,2.464E-5,3.671E-5,
  F5SWG1(16)=3.626E-5,2.284E-5,0.173E-5,-0.550E-5,-0.224E-5,
  F5SWG1(21)=-0.161E-5,-0.271E-5,0.395E-5,2.128E-5,3.205E-5,
  F5SWG1(26)=3.164E-5,1.957E-5,0.048E-5,-0.491E-5,-0.197E-5,
  F5SWG1(31)=-0.135E-5,-0.256E-5,0.258E-5,1.733E-5,2.652E-5,
  F5SWG1(36)=2.618E-5,1.594E-5,-0.011E-5,-0.444E-5,-0.163E-5,
  F5SWG1(41)=-0.111E-5,-0.268E-5,0.124E-5,1.348E-5,2.101E-5,
  F5SWG1(46)=2.078E-5,1.250E-5,-0.052E-5,-0.377E-5,-0.129E-5,
  F5SWG1(51)=-0.078E-5,-0.264E-5,-0.159E-5,0.649E-5,1.127E-5,
  F5SWG1(56)=1.115E-5,0.599E-5,-0.246E-5,-0.329E-5,-0.095E-5,
  F5SWG1(61)=-0.050E-5,-0.215E-5,-0.466E-5,-0.254E-5,-0.131E-5,
  F5SWG1(66)=-0.137E-5,-0.271E-5,-0.489E-5,-0.253E-5,-0.068E-5,
  F5SWG1(71)=-0.040E-5,-0.184E-5,-0.448E-5,-0.347E-5,-0.292E-5,
  F5SWG1(76)=-0.296E-5,-0.360E-5,-0.465E-5,-0.215E-5,-0.054E-5,
  F5SWG1(81)=-0.017E-5,-0.080E-5,-0.297E-5,-0.437E-5,-0.533E-5,
  F5SWG1(86)=-0.521E-5,-0.403E-5,-0.260E-5,-0.074E-5,-0.019E-5,
  F5SWG1(91)=-0.005E-5,-0.024E-5,-0.081E-5,-0.129E-5,-0.162E-5,
  F5SWG1(96)=-0.159E-5,-0.119E-5,-0.071E-5,-0.022E-5,-0.006E-5,
  F5SWG1(101)=-0.001E-5,-0.006E-5,-0.020E-5,-0.032E-5,-0.040E-5,
  F5SWG1(106)=-0.039E-5,-0.029E-5,-0.017E-5,-0.006E-5,-0.001E-5
&END
&PWHR
  L1PWHR=0,
  L2PWHR=0,
  Y1TI=10*0.2,
  Y2TI=10*0.2,
  T1A=328.0,
  T2A=328.0,
  F1ENXP=1.0E-6,
  ITRHAX=50,
  F1B0=3*0.0,
  F2B0=3*0.0,
  B1GS=290.0,
  B2GS=290.0
&END
&NOIHX
  S9LOHS=1.0E8,
  S9PHSP=1.0E8,
  S9NOSG=1.0E8
&END
&ACS
  S2DACS=94.0,
  S2BVOP=94.0,94.0,
  S2STRT=94.0,94.0,
  N2ACSO=3,3,
  T2CNST=473.15,
  S2LHTS=1.0E8,1.0E8,

```

図 4 代表ループ 2 の 4 番ファイル入力データ (つづき)

```

F1ORGN=1.0,2.0,
F1FINL=1.0,2.0,
NTABLE=4,
TIMTAB=0.0,1.0, 501.0, 999999.0,
FLWTAB=-0.1,-0.1,-0.1,-0.1,
TEHTAB=313.15,313.15,313.15,313.15,
LOADBA=2,3,
A2STCK=5.147,
T2AIRE=313.0,
T2AORE=473.0,
T2AIRC=313.0,
T2A0IC=714.6,
W2AREF=-93.1,
S2LOAF=0.0,0.0,
T2NIRE=778.0,
T2NORE=598.0,
W2NREF=65.28,
P2AREF=2352.0,
H2STCK=11.0,
TAU2=0.4391,
F2STC1=-0.316,
AOCROS=0.09599476,12.3,0.105,
DOWET=8.649,454.6,
XONODE=0.805,0.16235,0.805,
WTHICK=0.0032,
VOOLUN=0.5516,7.2,0.5516,7.2
&END
&DRACS
L1DRAC=0,
N9DRCS=0,
F1DLOP=1.0,
S1DRCS=1800.0,
Y1KNI=0.0191,
Y1KNO=0.0217,
C1NTB=174.0,
STAUN=31.60,
STAU=14.7778,
S1TAU=18.668,
Z1UPL=-0.275,
Z1LPL=4.09,
Z1DHX=3.40,
Y1NAH=38.022,
Y1NAC=61.491,
Z1NAH=-4.07,
Z1NAC=0.54,
X1NA=0.1023,
X1DHSL=0.029,
N1ENPD=4,
T1ENPD=0.0,1.0,120.0,999999.0,
P1ENPD=0.0,0.1,1.0,1.0,
P1REFP=211327.0,
N2ENPD=4,
P2ENPD=0.0, 0.0, 1.0, 1.0,
T2ENPD=0.0, 5.0, 120.0, 999999.0,
P2REFP=352878.0,
A1DHX=0.11,
P1FCD=0.0,
P2FANQ=0.0,
F1DRNK=0.0,
F1DRK=0.0,
F1STAK=-392.0,
Z1STAK=15.1,
A1STAK=3.61,
N1DAMP=8,
N1DCOS=6,
N1DFIN=2,
R1AREA=0.05,
R1DFIN=1.0,
R1DCOS=1.0,
N1FANH=4,
P1FANH=0.0, 0.0, 1.0, 1.0,
T1FANH=0.0, 10.0, 120.0, 999999.0,
Y1OHTB=3.830,
Z1NKH=15.651,
Z1NKC=17.281,
Z1NHX=2.20,
Y1NKC=64.999,
Y1NKH=48.531,
Y1NHTB=22.23,
X1NK=0.1023,

```

図 4 代表ループ 2 の 4 番ファイル入力データ (つづき)

```

X1NHTB=0.0276,
A1NHTB=0.025128,
W1NAR=34.44,
W1NA=0.0,
T1NAIR=517.15,
T1NAOR=473.15,
T1NAI=473.15,
T1NAO=473.15,
W1NKR=34.17,
W1NK=10.3,
T1NKHR=506.15,
T1NKCR=462.15,
T1NKH=473.15,
T1NKC=473.15,
W1AR=20.56,
W1A=0.0,
T1AIR=313.15,
T1AOR=415.15,
T1AI=313.15,
T1AO=313.15,
T1ST=313.15,
G1DRCS(1,1)=0.821942E-2,11.481,0.0,
G1DRCS(1,2)=1.891792E-2,0.850,0.0,
G1DRCS(1,3)=1.891792E-2,5.129,-5.129,
G1DRCS(1,4)=1.891792E-2,3.827,0.0,
G1DRCS(1,5)=1.891792E-2,2.523,-2.523,
G1DRCS(1,6)=1.891792E-2,10.632,0.0,
G1DRCS(1,7)=1.891792E-2,0.500,-0.5,
G1DRCS(1,8)=1.891792E-2,4.763,0.0,
G1DRCS(1,9)=1.891792E-2,1.365,-1.365,
G1DRCS(1,10)=1.891792E-2,1.050,0.0,
G1DRCS(1,11)=1.891792E-2,7.100,0.0,
G1DRCS(1,12)=0.887476E-2,0.839,0.0,
G1DRCS(1,13)=0.887476E-2,3.756,3.756,
G1DRCS(1,14)=0.887476E-2,4.300,0.0,
G1DRCS(1,15)=0.887476E-2,1.176,1.176,
G1DRCS(1,16)=0.887476E-2,1.900,0.0,
G1DRCS(1,17)=0.887476E-2,9.806,9.806,
G1DRCS(1,18)=0.887476E-2,1.170,0.0,
G1DRCS(1,19)=0.821942E-2,9.193,0.0,
G1DRCS(1,20)=0.821942E-2,1.830,-1.830,
G1DRCS(1,21)=0.821942E-2,0.953,0.0,
G2DRCS(1,1)=0.887476E-2,0.794,0.270,
G2DRCS(1,2)=0.887476E-2,3.756,0.0,
G2DRCS(1,3)=0.887476E-2,0.845,0.845,
G2DRCS(1,4)=0.887476E-2,3.945,0.0,
G2DRCS(1,5)=0.887476E-2,3.901,0.0,
G2DRCS(1,6)=0.887476E-2,1.072,1.072,
G2DRCS(1,7)=0.887476E-2,13.050,0.0,
G2DRCS(1,8)=0.887476E-2,4.228,4.228,
G2DRCS(1,9)=0.887476E-2,1.300,0.0,
G2DRCS(1,10)=0.887476E-2,8.550,8.012,
G2DRCS(1,11)=0.887476E-2,7.090,0.0,
G2DRCS(1,12)=0.887476E-2,5.836,0.0,
G2DRCS(1,13)=0.887476E-2,5.173,-5.173,
G2DRCS(1,14)=0.887476E-2,0.800,0.0,
G2DRCS(1,15)=0.887476E-2,2.032,-2.032,
G2DRCS(1,16)=0.887476E-2,0.800,0.0,
G2DRCS(1,17)=0.887476E-2,12.726,0.0,
G2DRCS(1,18)=0.887476E-2,2.489,-2.489,
G2DRCS(1,19)=0.887476E-2,13.900,0.0,
G2DRCS(1,20)=0.887476E-2,1.055,-1.055,
G2DRCS(1,21)=0.887476E-2,3.981,0.0,
G2DRCS(1,22)=0.887476E-2,10.464,0.0,
G2DRCS(1,23)=0.887476E-2,0.143,-0.143,
H1DRCS=21,
H2DRCS=23,
L1DRCS=6,
L2DRCS=11
&END
&SBRK
ISBRK=0,
WBSTOP=0.0
&END

```