

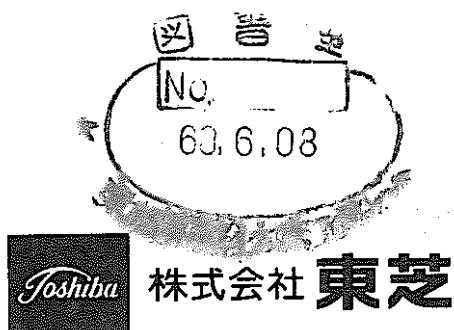
シミュレータ利用による運転ガイドシステムの設計

—「常陽」運転ガイドシステムの予備設計 —

成 果 報 告 書

技術資料コード		
開示区分	レポートNo.	
T	J901 85-08	
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です		
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室		

1985年2月



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)

PNC TJ901 85-08

1985年2月28日

シミュレータ利用による運転ガイドシステムの設計*

— 「常陽」運転ガイドシステムの予備設計 —

亀田 晃之** 佐藤 増雄** 玉置 哲男***
府川 直弘**** 佐野 雄二**** 吉田 恵 **
関 博幸**** 國田 幸夫*** 茂野 昌子**

要旨

近年、“オペレーションセーフティ”の観点から、原子力プラント運転に関する多くの分野で、マンマシンインタフェースの開発が進められている。そのマンマシンインタフェースのひとつとして、運転員の状況判断を支援する運転ガイドシステムの開発があげられる。これは、運転員が必要とする情報をプラント状態に応じ的確に提供することにより、人間と機械との接点において両者の強調を図ることを目的としたものである。

そこで、本設計では、さらに入間と機械系との協調を深めるため、両者間の意思疎通を積極的に確保することを目指し、高速実験炉「常陽」の運転操作性の向上を目的とした運転ガイドシステムに関する下記項目の予備設計を行なった。

- ・ プラント状態監視機能
- ・ 知識データベースに基づくプラント状態診断機能
- ・ 経験データベースに基づくプラント状態診断機能
- ・ 情報表示機能・会話機能
- ・ ハードウェアシステム構成

なお、本運転ガイドシステムは最終的には「常陽」実機への適用を目的としたものであるが、その前段階として「常陽」運転訓練シミュレータを利用して検証することを計画しており、シミュレータとのインターフェース及びシミュレータ側に必要な改造点についても検討した。

- *) 本報告は、株式会社東芝が、動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究成果である。
- **) 株式会社東芝 原子力事業本部 動力炉開発部
- ***) 日本原子力事業株式会社 N A I G 総合研究所
- ****) 株式会社東芝 府中工場 発電制御システム部
- *****) 株式会社東芝 原子力事業本部 原子力技術研究所

PNC TJ901 85-08

Feb. 28, 1985

Design of Operation Guide System with Simulator*

- The Preliminary Design of "JOYO" Operation Guide System -

Akiyuki KAMEDA**	Masuo SATO**
Tetsuo TAMAOKI***	Naohiro FUKAWA****
Yuji SANO*****	Megumu YOSHIDA**
Hiroyuki SEKI****	Yukio SONODA***
Masako SHIGENO**	

Abstract

Recently, development work of man-machine interface is being performed in many fields of nuclear power plant operation design from the viewpoint of "Operational Safety". Out of the many man-machine interface works, development of operation guide system for supporting operator's judgement on the plant condition is considered as an important work. The aim of this development work above is to improve cooperation between man and machine in the point of their interface by offering necessary and appropriate information to operator according to the plant condition.

In this design, it is intended to ensure man-machine communication positively, and the preliminary design of the following items was performed in relation to operation guide system which aims at improvement of operation property of fast experiment reactor "JOYO".

- Plant condition supervisory function
- Plant condition diagnosis function based on the knowledge data base
- Plant condition diagnosis function based on the experience data base
- Information display function and conversation function
- Hardware system configuration

This operation guide system intends to apply to "JOYO" finally. As the previous step, it is planned to verify with "JOYO" training simulator. And in this design, the interface between simulator and this system, and the items of reconstruction of simulator is also investigated.

*) Work performed under contract between Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation and Toshiba Corporation

**) Advanced Reactor Engineering Department, Toshiba Corporation

***) NAIG Nuclear Research Laboratory, Nippon Atomic Industry Group Co., Ltd.

****) Fuchu Works, Toshiba Corporation

*****) Nuclear Engineering Laboratory, Toshiba Corporation

目 次

1. はじめに	1
2. システム概要	3
3. システム機能の検討	15
3.1 監視・診断機能	16
3.1.1 プラント状態監視機能	17
3.1.2 プラント状態診断機能	28
3.2 マンマシンコミュニケーション機能	59
3.2.1 情報表示機能	59
3.2.2 オペレーション機能	61
3.3 システム機能全体構成	66
4. ハードウェアシステムの検討	71
4.1 計算機システム	72
4.1.1 計算機システムへの要求事項	72
4.1.2 計算機システム構成	73
4.1.3 ハードウェア詳細仕様	73
4.2 シミュレータとのインターフェース	85
4.3 実機適用時のインターフェース	88
4.3.1 JOYDASとのインターフェース	88
4.3.2 実機計装系とのインターフェース	93
4.4 ハードウェアシステム全体構成	101
5. シミュレータによる検証方法の検討	103
6. まとめ	107
〈 謝辞 〉	109
〈参考文献〉	110
Appendix A 警報点リスト	付-1
Appendix B アラーム・シーケンス図	付-27

List of Tables

- | | |
|-------------|--|
| Table 2-1 | Operation Guide System Function |
| Table 3.1-1 | An Example Alarm Pattern |
| Table 3.1-2 | Digital Input Variables used for Balance and Trend Monitoring |
| Table 3.1-3 | Variables Attribute Data |
| Table 3.1-4 | Variables for Trend Monitoring |
| Table 3.1-5 | Analog Input Variables |
| Table 3.1-6 | Typical Examples of Diagnosis Logic Data |
| Table 3.1-7 | Alarm Table Structure |
| Table 4.1-1 | Specification of Central Processor Unit (CPU) |
| Table 4.1-2 | Specification of Fixed Disk (MKZ7606A) |
| Table 4.1-3 | Specification of Floppy Disk (MKZ8403A/B) |
| Table 4.1-4 | Specification of Color Display (DUZ7604A/DUZ7605A) |
| Table 4.1-5 | Specification of Hard Copy for Color Display (HC-LB PPZ7603A) |
| Table 4.1-6 | Specification of Character Display (RTZ0008B) |
| Table 4.1-7 | Specification of Hard Copy for Character Display |
| Table 4.1-8 | Specification of Digital Input/Output Board |
| Table 4.1-9 | Specification of High Speed Analog Input Board

(Isolation type) |
| Table 4.3-1 | Data Transmission Control Method |
| Table 4.3-2 | Specification of Multi-line Adapter (MLA-S) |
| Table 4.3-3 | Specification of Modem (BM20) |
| Table 5-1 | Example of Verification Method with Simulator |

List of Figures

- Figure 2-1 Relation of Operation Guide System to Plant Condition
- Figure 2-2 Flow Diagram of Operation Guide System
- Figure 2-3 Functional Configuration of Operation Guide System
- Figure 3.1-1 An Example of Statically-Balanced Variables
- Figure 3.1-2 Conceptual Diagram of Anomaly Detection using Reference Model
- Figure 3.1-3 An Example Time Chart of Alarm Sequence
- Figure 3.1-4 An Example of Operation Manual under Anomaly Situation
- Figure 3.1-5 Classification of the Knowledge used for Anomaly Diagnosis
- Figure 3.1-6 Structure of Diagnostic System
- Figure 3.1-7 Knowledge Base Structure
- Figure 3.1-8 Inference Procedure of Alarm Sequence
- Figure 3.1-9 Flow Diagram of Inference Engine
- Figure 3.2-1 Digital Input and Status List
- Figure 3.2-2 Analog Input and Status List
- Figure 3.2-3 An Example of Alarm/Guide Display
- Figure 3.3-1 Functional Configuration of Operation Guide System
- Figure 4.2-1 Hardware Configuration of Interface
- Figure 4.3-1 Data Transmission System Configuration
- Figure 4.3-2 Synchronous Method
- Figure 4.3-3 Half Duplex Communication Method
- Figure 4.3-4 Contention Method
- Figure 4.4-1 Hardware System Configuration
- Figure 5-1 Failure Propagation in the Secondary Main Pump Oil Unit

1. はじめに

原子力プラントを安全かつ安定に運転するため、運転員には精度の高い運転技術が必要とされ、また万一のプラントの異常時にも、これを回復させる、あるいは安全にプラントを停止させ早急に復旧させる、という高度な運転技術が必要とされる。

しかしながら、巨大なマンマシン系である原子力プラントにおける人間と機械系との相互関係は複雑かつ精密なものであるため、異常発生時の事態を正しく判断し、迅速に対応する能力を全面的に人間（運転員）に期待することは難しい。

そこで近年、事故時に速やかに対応できる運転制御の実現を目的として、“オペレーションナルセーフティ”の観点から、プラント運転に関する多くの分野で、マンマシンインタフェースの開発が進められている。いずれも人間と機械系との接点で両者の協調を図ることにより、複雑なマンマシン系を安全かつ安定に機能させるためのものである。

そのマンマシンインタフェースのひとつとして、異常時の運転員の判断能力を支援する運転ガイドシステムの開発が進められている。これは、運転員が必要とする情報を的確に提供しようとするもので、運転操作性を高める有力なツールとなる。しかしながら、異常原因同定を行なうアルゴリズムに冗長性が乏しく、保全や異常時対策を考えると、最終的な判断は人間に頼らざるを得ない。そのため、さらに人間と機械系との協調を図った運転ガイドシステムが望まれている。

そこで、本設計では、人間と機械系との意思疎通を積極的に確保すると共に、両者の相互関係に柔軟性を持たせることを重点とし、高速実験炉「常陽」の運転操作性の向上を目的とした運転ガイドシステムの監視・診断機能、表示・会話機能及びハードウェア仕様に関する予備設計を行なった。

プラント状態の診断については、運転員の持つ知的能力を支援することを目的とし、「常陽」の異常時処置マニュアルに基づく異常の伝播経路をまとめた知識データベースと、異常原因を特定できる異常発生パターンをまとめた経験データベースを活用し、異常原因同定を行なう手法について検討した。また、運転ガイドシステムの知識を広げるため、運転員の経験上得られる直感力や総合力に関する知識を経験データベース

として反映し、プラント状態の診断に活用できる設計とした。さらに、プラントインタロックの作動状態の診断のための異常進展予測手法についても検討した。

なお、知識データベースについては、診断のための推論過程における組合せ的爆発が発生しないよう、推論アルゴリズムも含め、その構成を検討し、さらに原子炉制御系、1次主冷却系、2次主冷却系、格納容器雰囲気調整系及び所内電源系統の異常時処置マニュアルに基づき、そのデータベースを検討した。

プラント状態の監視については、閾値判定、変化率判定を原則とし、さらに主循環ポンプ、主冷却器回り等の主要な設備については、センサーレベル、機器レベルでの監視が可能となるよう規範モデルとの比較による異常判定手法についてもその適用性を検討した。

運転員への情報表示体系については、診断結果に応じた異常時処置マニュアルの表示手段として画像情報ファイル装置を採用し、その他診断結果、事象の推移状態、重要パラメータ等の表示手段としてのカラーグラフィックディスプレイ装置との機能分担について検討した。

また、運転員の要求に応じ、異常原因の同定における診断過程に関する情報、運転操作マニュアル、リレーシーケンス図等の提供が実現可能となるような会話機能についても検討し、人間と機械系との密接な意思疎通を図った。

ハードウェア構成については、計算機、画像情報ファイル装置、カラーグラフィックディスプレイ装置等の機器仕様を明確にした。また、本運転ガイドシステムは最終的には「常陽」実機への適用を目的としたものではあるが、その前段階として「常陽」運転訓練シミュレータを利用して検証することを計画しており、シミュレータとのインターフェース及びシミュレータ側に必要となる改造点について検討した。さらに、「常陽」実機とインターフェースをとる場合の条件についても検討した。

2. システム概要

本運転ガイドシステムの基本仕様を以下に示す。

- (1) プラントの異常を検知し、異常時処置マニュアルに基づく異常伝播経路をおさめた知識データベースを活用し、後向き推論を行なうことにより、アラームレベルである程度グルーピングされた異常原因同定を行なう。
- (2) プラントの異常発生後、遅れ時間を考慮した異常伝播経路をおさめた知識データベースを活用し、前向き推論を行なうことにより、プラントインターフェースの作動状態をアラームレベルで監視する。
- (3) 主要な設備に関するプロセス量に対しては、規範モデルとの比較による異常判定手法により、センサーレベル、機器レベルでの異常検知を行なう。
- (4) プラントの異常を検知し、運転の経験上得られた知識及び異常原因を特定できる異常発生パターンをおさめた経験データベースにより、センサーレベル、機器レベルでの異常検知を行なう。
- (5) 上記(1)～(4)の監視・診断結果に応じた運転操作マニュアルを画像情報ファイル装置に出力する。
- (6) 運転員の要求に応じ、運転操作マニュアル、リレーシーケンス図を画像情報ファイル装置に出力する。
- (7) 異常の伝播経路をカラーグラフィックディスプレイ装置に表示する。

- (8) 運転員の要求に応じ、異常原因同定の推論過程、異常入力点及び「常陽」実機中央制御盤においてリセット可能な警報をカラーグラフィックディスプレイ装置に表示する。
- (9) 重要パラメータをカラーグラフィックディスプレイ装置にトレンド表示する。

以上の機能が、どのように作用し、運転員の判断を支援していくかをFig.2-1 に示す。

また、「プラント異常時に、運転員が必要とする情報を的確に提供する」という本運転ガイドシステム本来の機能は以下の3つのモードに大別できる。

① モード1

プラントにおいて監視すべきアナログ信号、デジタル信号を入力し、アナログ信号がある設定値を超えることあるいはデジタル信号の状態が通常のプラント運転時の状態から変化することをイベントとし、その時点でプラント状態の診断を開始する。

② モード2

知識データベースに基づく解析により、(a)アラームレベルでの異常原因同定と (b)安全保護系及びプラントインタロックの作動状態の監視を行なう。また、経験データベースに基づく解析により、(c)センサーレベル、機器レベルでの異常原因同定を行なう。

③ モード3

モード2で行なわれた (a)アラームレベルでの異常原因同定、(b)安全保護系及びプラントインタロックの作動状態の診断及び (c)センサーレベル、機器レベルでの異常原因同定の結果に基づいた運転操作に係わる情報（異常時処置マニュアル）を運転員へ提供する。

モード1～3において行なわれる処理の流れをFig.2-2に示す。

異常発生時には、モード2で(a),(b),(c)の診断は同時に実行されるため、複数の診断結果が得られた場合どの診断結果に基づく異常時処置マニュアルを優先して運転員へ提供すべきかをあらかじめ定めておく必要がある。

運転員へ提供される異常時処置マニュアルは、運転員がまず第一に行なうべき操作（ファーストオペレーション）に関するものが必要であり、その観点より優先順位を決めるものとする。

ファーストオペレーションはプラント運転状態により異なり、例えば、プラントを安全停止しなければならない状態の時に、異常原因箇所を修理するためのマニュアルを運転員に提供しても無意味であり、また、センサーレベル、機器レベルの異常原因が判定されたにもかかわらず、異常原因の中から故障箇所を調査するようなマニュアルを運転員に提供しても無意味である。

そこで、運転員へ適切な指示を与えるため、運転員へ提供する異常時処置マニュアルの優先順位を以下のとおりに定める。

優先順位1：安全保護系または崩壊熱除去運転の作動要求に係わるプラント
　　インタロックの作動状態診断機能により検知された異常（不作
　　動）に関するマニュアル

優先順位2：安全保護系、工学的安全施設が作動した時のプラント安全停止
　　に関するマニュアル

優先順位3：崩壊熱除去運転に関係のない一般的のプラントインタロックの作
　　動状態診断機能により検知された異常に関するマニュアル

優先順位4：センサーレベル、機器レベルの異常原因に関するマニュアル

優先順位5：アラームレベルの異常原因に関するマニュアル

安全保護系または崩壊熱除去運転に係わるプラントインタロックは、プラントの

安全性を確保するために作動するものであり、その異常つまり不作動が検知された場合は手動による代替操作により早急に対応する必要がある。そのため、安全保護系または崩壊熱除去運転に係わるプラントインタロックの作動状態の診断により検知された異常に関するマニュアルを優先順位1とした。

また、安全保護系、工学的安全施設が作動した場合は、異常箇所を修理するよりも先に、プラント安全停止の確認操作を行なう必要があるため、それに関するマニュアルを優先順位2とした。

一般的のプラントインタロックはプラントを保護するために作動するものであり、プラントインタロックの不作動が検知された場合は、手動操作により対応する必要があるため、一般的のプラントインタロックの作動状態の診断により検知された異常に関するマニュアルを優先順位3とした。

センサーレベル、機器レベルの異常原因同定は、アラームレベルでの異常原因同定よりもさらに原因を細かく限定するものであり、それに関するマニュアルを優先順位4とした。

これらの異常時処置マニュアルは、異常発生後すみやかに運転員へ提供されることが望まれる。特に、警報発生時には、運転員は早急に対応処置を行なう必要があり、運転員が警報により異常の発生を確認した直後に異常時処置マニュアルが提供されることが必要となる。警報が発生してから、運転員の警報確認が完了するまでの間、約15秒の時間的余裕があると考え、警報発生後約15秒で必要な異常時処置マニュアルを提供することを本運転ガイドシステムの応答性に対する指針とし、ハードウェア及びソフトウェアの設計を行なった。

なお、本運転ガイドシステムのソフトウェアとしての機能は以下の部分に大別される。

(1) 伝送処理部

プラントにおいて監視すべきアナログ信号、ディジタル信号を監視対象データとして収集するとともに、トレンド表示すべき重要パラメータをカラーグラフィ

ックディスプレイ装置表示データとして登録する。

(2) 監視部

収集データの種別、基準となる正常状態等をおさめた変数属性データに基づき、監視対象のデータの異常判定を行なうとともに、その異常発生をイベントとし、プラント状態の診断を開始する。また、警報発生状態に応じた新アラーム・パターンを作成し、1サイクル前に作成された旧アラーム・パターンと比較することにより、診断のためのプログラムの起動条件を判定する。つまり、アラーム・パターンが変化した時にのみ診断プログラムを起動させるようとする。ただし、安全保護系及びプラントインタロックの作動状態の診断を行なうプログラムは、次アラーム・ファイルに「次に発生する警報」が登録されている場合にも、起動させるものとする。さらに、新・旧アラーム・パターンの比較を行ない、その結果により事象の進展を判断し、異常の波及経路をカラーグラフィックディスプレイ装置に表示するとともに、実機制御盤においてリセット可能な状態になった警報の判定を行なう。

(3) 簡易診断部

経験データベースを活用しセンサーレベル、機器レベルでの異常原因推定を行なう。

(4) 推論型診断部

監視部で作成された警報発生状態を示す警報テーブルを基に、知識データベースを活用しアラームレベルでの異常原因推定と、安全保護系及びプラントインタロックの作動状態の診断を行なう。

(5) ガイド選択部

簡易診断部または推論型診断部で行なわれた診断結果及び、安全保護系に関する警報の発生状況に基づき、画像情報ファイル装置に出力すべき異常時処置マニュアルを選択する。

(6) 表示部

選択された異常時処置マニュアル及び運転員の要求に応じた運転手順書、リレーシーケンス図等の情報の画像情報ファイル装置への出力を指令するとともに、運転員の要求に応じ、アラームシーケンス図、重要パラメータトレンドグラフ等の情報をカラーグラフィックディスプレイ装置へ表示する処理を行なう。

(7) 対話処理部

キーボードより入力されるカラーグラフィックディスプレイ装置画面変更指令及びマニュアル等の画像情報ファイル装置への出力指令を読み込み、表示部へその内容を出力する。また、変数属性データにおける異常判定設定値等のデータ変更のための処理を行なう。

以上の本運転ガイドシステムの機能の全体構成をFig.2-3に示す。Fig.2-3にロックとして示されている詳細機能及びデータに関する説明については、その詳細を3章で述べるが、それぞれの目的または手段等の概要をTable2-1に示す。

Table 2-1 Operation Guide System Function

プログラム名	機能	内容	入出力データ			外部データ・ベース
			入力	出力	入出力データの説明	
伝送処理	サンプリング	「常陽」より監視すべき信号を周期的に収集	1), 2)	1), 3)	1) 警報、機器の運転／休止 2) プロセス信号（アナログ量） 3) 2)を周期的にサンプリングして得られるデジタル量 4) 3)を診断に適合するように処理した信号 5) 4)の正常／異常を表わす信号 6) 1), 5)の信号の集合（アラーム・パターン） 7) 予測アラーム（以前のデータ読み込み時に予測されたもの） 8) 簡易診断プログラム起動命令 9) 診断用データ（アラーム・パターンの一部） 10) 推論型診断プログラム起動命令 11) 警報テーブル（アラーム・パターンの一部）	— 変数属性データ ・異常判定用の閾値 ・規範モデル
	前処理	信号の特性に応じたフィルタリング等の処理	1), 3)	1), 4)	8), 9) 10), 11)	
監視	異常判定	変数属性データによるプロセス信号の異常判定	1), 4)	1), 5)	— 経験データベース ・異常事象 ・異常事象の信号パターン	
	アラーム・パターン作成	プラントの状態を表わすアラーム・パターンの作成	1), 5)	6)		
	簡易診断・推論型診断プログラムの起動	簡易診断・推論型診断プログラムの起動条件の判定とそれらの起動	6), 7)	8), 9) 10), 11)		
簡易診断	診断事象の選定	経験データ・ベースに登録された事象の選定	8), 9)	12)	— 知識データベース ・警報の属性（名称、重要度etc） ・安全保護系 ・プラントインターロック ・物理的因果関係	
	原因推定	経験データ・ベースと診断用データの照合による機器レベルの診断	12)	13), 14)		
推論型診断	ファースト・ヒット・アラームの判定	知識ベース検索による警報レベルの異常シーケンスの同定とファースト・ヒット・アラームの判定	10), 11)	15), 16) 17), 18)	— 優先度判定データ 1. 安全保護系の不動作 2. 安全保護系マニュアル 3. プラントインターロックの不動作 4. 機器レベルの異常にに関するマニュアル 5. ファースト・ヒット・アラームのマニュアル	
	シーケンス・モニタリング	安全保護系、プラントインターロックの動作の予測とチェック	7), 16)	19), 20)		
ガイド選択	優先度判定	診断結果の表示優先度の決定	5), 13) 14), 15) 16), 17) 18), 19) 20)	21), 22)	— 画像情報ファイル ・事故処理プロック図 ・運転手順書 ・P&ID ・単線結線図 ・各種規定 ・カラー・グラフィック・ディスプレイ情報ファイル ・アラーム・シーケンス図 ・簡易診断メッセージ ・監視結果 ・重要パラメータトレンド	
表示	表示制御	表示優先度と画面選択の割込要求の制御	21), 22) 23)	24), 25)		
	画像情報表示	画像情報データの選択と表示	24)	26)	— 画面選択の割込要求 24) 画像情報表示データ 25) カラーグラフィック表示データ 26) 事故処理プロック図、運転手順書、P&ID、単線結線図、各種規定 27) アラーム・シーケンス図、簡易診断メッセージ、重要パラメータトレンド、監視結果 28) 変更すべき変数属性データ	
	カラー・グラフィック・ディスプレイ表示	カラー・グラフィック・ディスプレイ表示データの選択と表示	25)	27)		
対話処理	画面選択	Keyboard入力による画面選択の割込要求	23)	—	—	
	データ変更	Keyboard入力による変数属性データの変更（オフライン処理）	28)	—		

Table 2-1

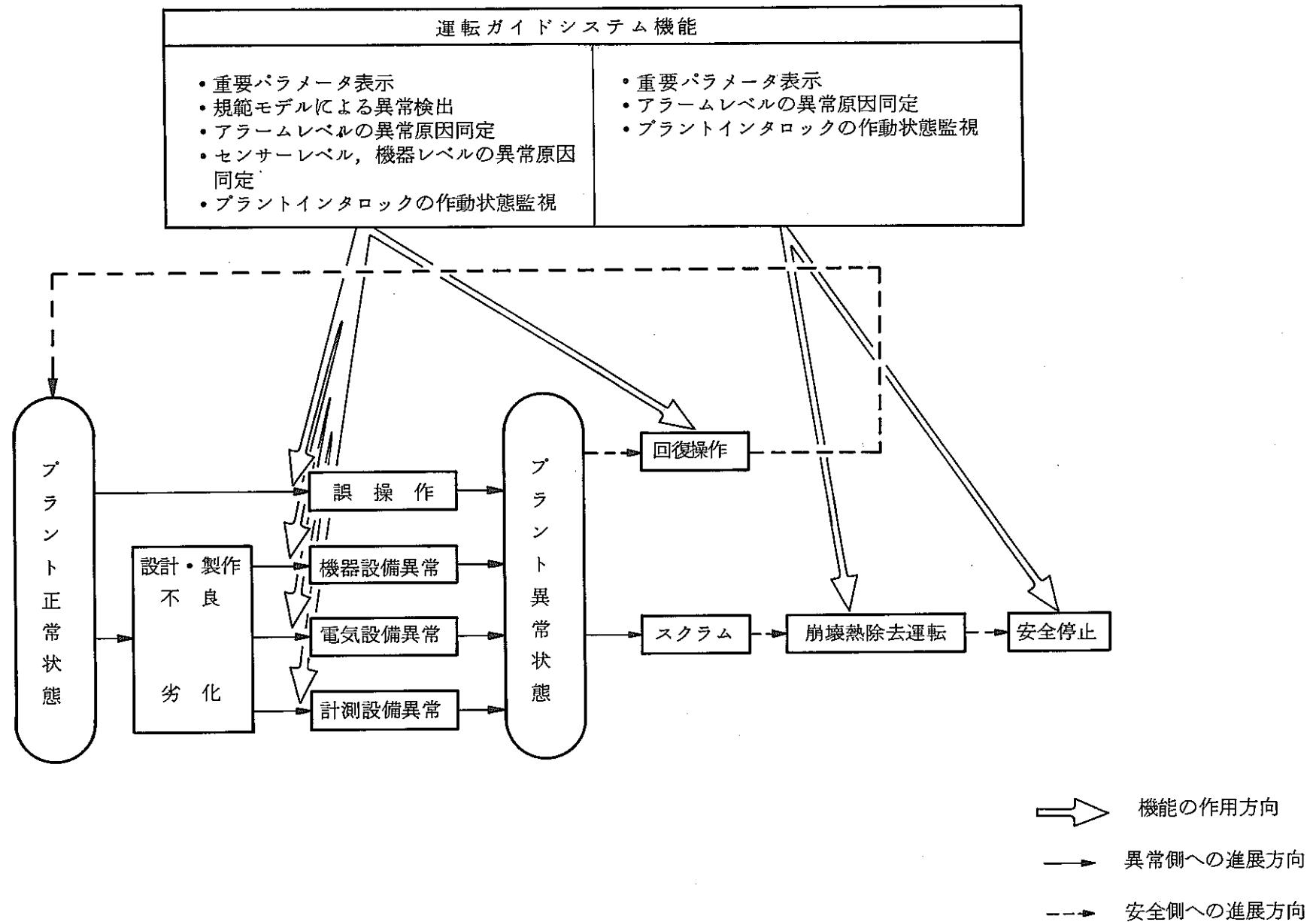


Fig. 2 - 1 Relation of Operation Guide System to Plant Condition

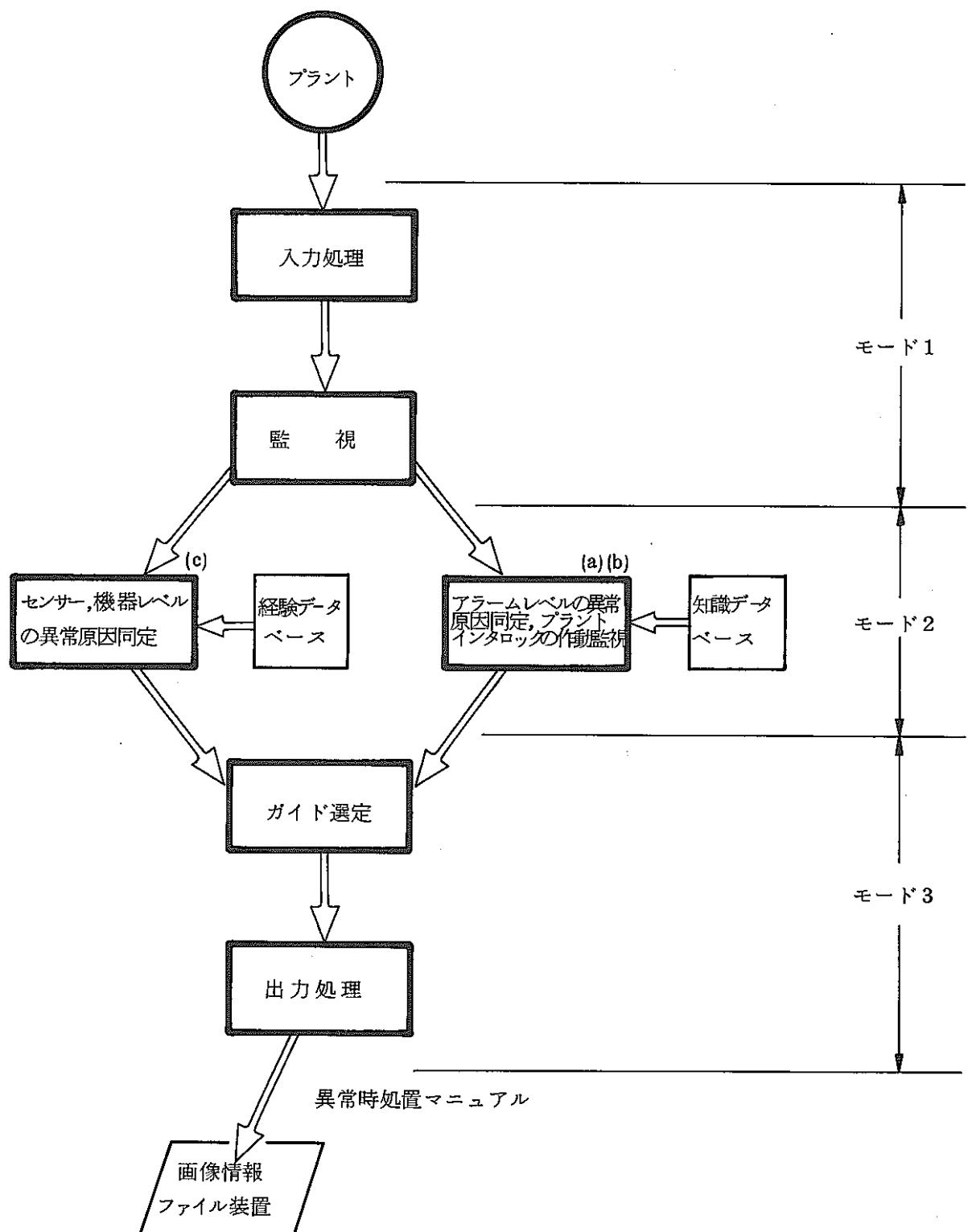


Fig. 2-2 Flow Diagram of Operation Guide System

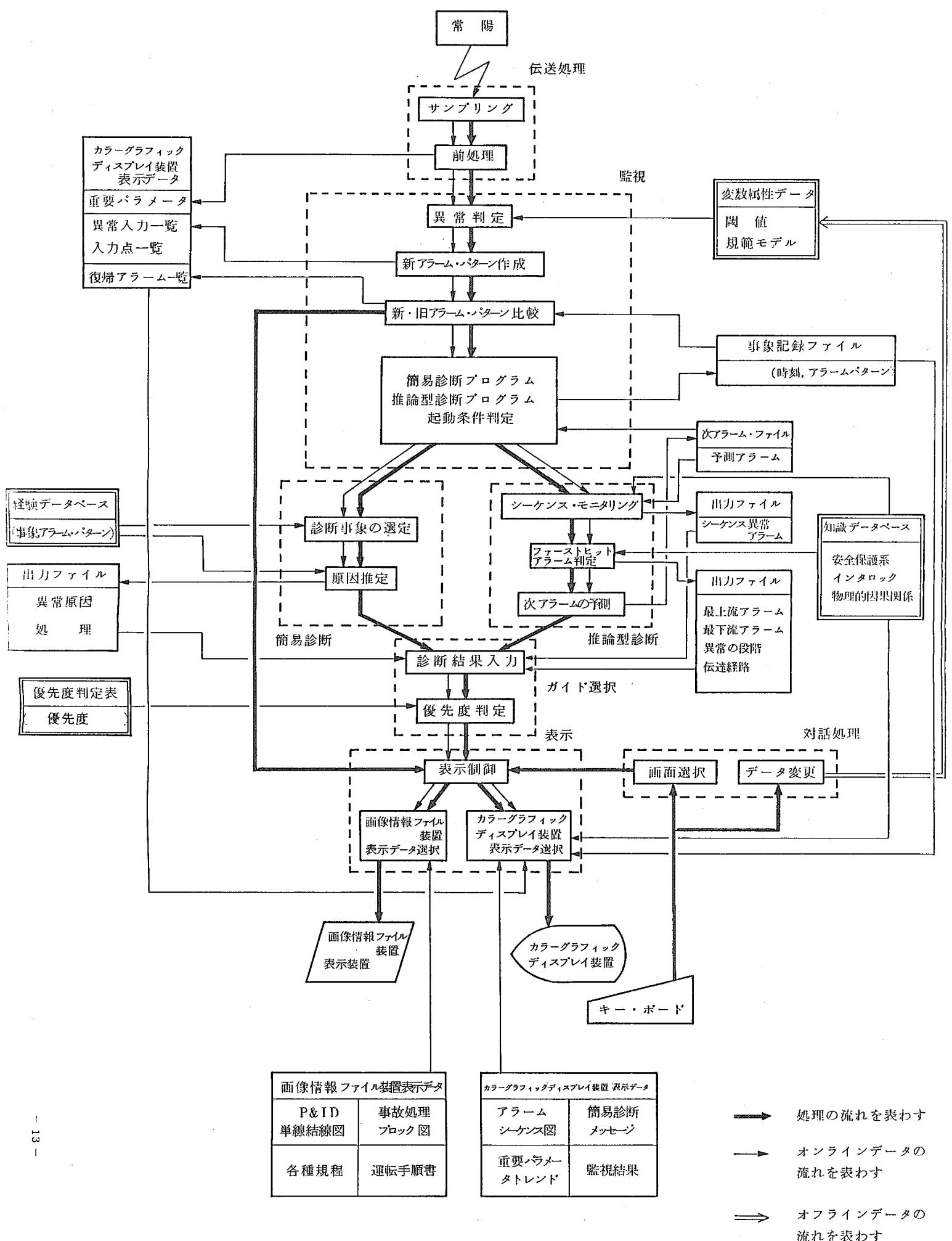


Fig.2-3 Functional Configuration of Operation Guide System

3. システム機能の検討

本運転ガイドシステムの役割は、基本的には“プラント異常発生時における運転員の判断支援”であり、これを達成するためには、プラントから得られる多量の情報を高速処理して異常を検出し、その原因及び現在の状態を判定する機能と、判定結果及びそれを基に選択された運転操作のガイド等を分かり易く運転員に表示する機能の2つが必要である。本章ではこれらの2機能、すなわち、監視・診断機能とマンマシンコミュニケーション機能に関する検討結果を述べる。

なお、本運転ガイドシステムでの診断はすべてプラント情報に基づいて自動的に行ない、運転員からのデータ入力を必要とするような診断は行なわないものとした。これは、本運転ガイドシステムの設置により運転員の負担が増加しないことを配慮したためである。

3.1 監視・診断機能

本運転ガイドシステムに要求される監視・診断機能は概略次の4つにまとめることができる。

- ① 異常の検出、すなわちプラントから収集されたデータを基に、警報の発生を含めた、正常運転状態からの逸脱を検知すること。
- ② 第1発生警報（ファースト・ヒット）の判定や重要警報の選定を行なうこと。
- ③ 安全保護系ロジック、あるいはプラントインターロックにより自動作動する機器の作動を監視すること（以下、ここではシーケンス・モニタリングと呼ぶ）。
- ④ 異常原因の判定、すなわち検出された異常の原因をファースト・ヒットの発生原因にまで溯って判定すること。

ここでは、システム構成上、①のみを監視機能として位置付けし、②～④を診断機能として検討した。また、③のシーケンス・モニタリングは、ある異常によってプラントが停止状態に移行しつつある段階での多重故障の発生監視を目的とした。

以下に、各機能の詳細とそれを実現するための手法についての検討結果を示す。

3.1.1 プラント状態監視機能

(1) プラント状態監視機能

監視機能には、異常検出及び状態変化の監視の2機能が含まれる。

(a) 異常検出機能

(i) 警報レベルの異常検出

異常が検出された場合には、その原因を調べるか、あるいは適切な運転操作を行なうように、運転員に対してガイドを出すことになる。したがって、検出された場合の処置が定まっているような異常事象は、まずここでの検出対象として含まれねばならない。この意味から、その各々に対して異常時処置マニュアルが用意されている既設の各警報の発生は、本機能の対象となる。

(ii) 警報発生前の異常検出

警報の発生にまでは至らない場合であっても、通常の運転状態が明らかである場合に限り、その基準状態からの偏りを監視することによって異常を検出することが可能である。このような基準状態としては次の2ケースが考えられる。すなわち、個々のプロセス信号の瞬時値や変化率がある値以下であるケースと、複数個の信号の瞬時値間にある一定の関係が保たれているケースである。本運転ガイドシステムでは、このうちの後者のみを監視の対象とする。その理由は、個々のプロセス信号に対しては警報が用意されており、しかも早期に異常を検出して対応操作を行なうことが可能かつ有効であるような信号に対しては、「高」（「低」）と「高高」（「低低」）といった2段階の警報が設けられているためである。すなわち、このような信号に対して「高」あるいは「低」の警報が発生する以前に異常検出をすることが、更に別の有効な操作に結びつかない限り、あまり意味がないと考えられる

からである。

例えば、Fig. 3.1-1 に示すように、1次冷却材流量と主循環ポンプ回転数との間には直線的な関係が成立しており、また、流量「高」(105%)及び「低」(85%)の警報発生レベルが破線で示したように設けられている。更に、流量「低低」に当る80%まで低下した場合にはポンプトリップするようになっている。このような場合、本運転ガイドシステムでは2信号間の直線関係が成立している、すなわち、図中の斜線を施した範囲から逸脱しない限りは正常と見なすこととし、85~105%の範囲内に別途警報レベルを設けることはしない。

上記の例を含めて、複数信号間に一定の関係が成り立ち、かつその監視が異常の検出に有効なケースとしては、次のものが挙げられる。

- ① 反応度バランス
- ② 燃料集合体内のエンタルピバランス
- ③ プラント主冷却系のヒートバランス
- ④ 主循環ポンプの回転数、吐出圧、流量のバランス
- ⑤ 主冷却器出口温度制御系の入出力伝達特性
- ⑥ DN法FFD系計数率と原子炉出力との関係

このうち、①~③については現在JOYDASにて計算・監視されているため、本運転ガイドシステムによる監視は行なわないものとする。

(iii) 本運転ガイドシステムの監視対象

以上より、異常検出のための監視対象は以下のとおりとなる。

- 警報接点信号
- 信号間バランス特性 (上記④~⑥)

バランス特性の監視においては、プラントの運転経験等に基づく知識が、基準状態としてのバランス関係を表現する規範モデルとして反映されることとなる（具体的手法は(2) プラント状態監視手法(a) 異常検出手法の項で述べる）。

(b) 状態変化の監視機能

前項(a)で述べた異常検出機能が正常状態から異常状態への変化を検出する機能であるのに対し、ここで述べる機能は、異常状態が発生した後において、その進展あるいは回復操作に伴う状態変化を監視するための機能である。

監視の対象となる状態量は目的によって異なり、異常の進展及び異常状態からの復帰の2つに大別される。

(i) 異常の進展の監視機能

本運転ガイドシステムの動作を考えたとき、監視のための処理は一定周期で常時実行されるべきものであり、その都度各監視変数が正常であるか、異常であるかの判定結果が出力される。一旦、異常が検出された後の判定結果（これをアラーム・パターンと呼ぶことにする）の変化を監視することにより、異常の進展を捉えることができる。

(ii) 異常状態からの復帰の確認機能

これには更に次の2つの機能がある。

① 主要パラメータのトレンド監視

異常に対応して行なった運転操作が妥当であったか否かを確認する目的で、注目するパラメータの変化の方向が予測どおりか否かを監視する。当然ながら、監視すべき量はアナログ量である。

このためには、プラントの運転状態に対応してパラメータの基準値が固定されることが必要であり、監視すべきパラメータも基準値が確定しているものに限られる。

② リセット可能な警報の確認

「常陽」の警報回路は、発生後確認PBを押した後は、定常点灯状態に保持され、リセット可能になったか否かは分からるのが現状である。本機能は、前記(i)の異常の進展の監視機能のうちで、警報接点信号のみに着目し、一旦発生した警報が復帰したか否かを監視するものである。

このためには、本運転ガイドシステムで使用する警報接点信号はすべてアンシエータ・ユニットの入力側より採取することが必要である。また、運転員により実際にリセットされた警報についても確認可能なものとする（具体的手法は、(2) プラント状態監視手法(b) 状態変化の監視手法の項で述べる）。

(2) プラント状態監視手法

プラント状態監視を実現するための手法を、3.3節で後述するソフトウェア構成を念頭に置いて述べる。

(a) 異常検出手法

監視対象は、

- ① 警報接点信号
- ② 信号間バランス特性

の2つである。

監視プログラムの処理としては、①については接点情報入力値がON（異常）であるか、OFF（正常）であるかを調べるものである。一方、②のバランス特性の監視処理では以下のようにして異常検出が行なわれる。

今、アナログ入力変数 x 、 y の間に正常時、

$$y = f(x)$$

なる規範モデルで記述される様なバランス関係が成り立っているとする。このとき、監視プログラムでは入力変数 x 、 y の他に、Fig. 3.1-2に示すように変数 y の予測値

$$\hat{y} = \hat{f}(x)$$

と実測値との差

$$\delta = y - \hat{y}$$

を導出変数として算出し、それぞれに対して与えられた異常検出閾値との比較を行ない、異常の有無を判定する。これらの処理に必要な閾値 XH 、 XL 、 YH 、 YL 、 ϵH 、 ϵL 及び、導出変数の定義式 $(y - f(x))$ は、各変数の属性データとして与えておく。更に、次節で述べる簡易診断に用いられる変数（警報を含む）については、簡易診断対象の事象番号も変数属性データとして登録しておく。

以上の処理の結果として、監視プログラムはTable 3.1-1 に例示したようなアラーム・パターンを出力する。

(b) 状態変化の監視手法

(i) 異常の進展の監視手法

Table 3.1-1 に示したアラーム・パターンを監視の1サイクル分保存しておき、新・旧のアラーム・パターンを比較することで容易に達成される。

(ii) 異常状態からの復帰の確認手法

① 主要パラメータのトレンド監視

主要パラメータ Z のトレンド監視は、プラント運転状態 S におけるその基準値 Z_s との偏差

$$\delta Z = |Z - Z_s|$$

が小さい方向に変化しているか否かを調べる。ここで、運転状態 S の判定条件と S の基準値 Z_s は変数属性データにおいて与えられる。

② リセット可能な警報の確認手法

Fig.3.1-3 は、まず警報A1が発生し、これを運転員が確認して確認PBを押す直前に別の警報A2が発生した場合の、警報A1、A2のアンシエータ・ユニットの入出力信号の変化を示したものである。この図を用いて、リセット可能警報の確認手法を説明する。

本運転ガイドシステムは、時間間隔 Δt ごとにアンシエータ・ユニットの入力信号と確認PB、リセットPBの状態信号を入力しているとする。このときの本運転ガイドシステムの、動作・処理を以下に示す。

- 1) 同図最下段に記号Ⓐを付けた時点において、警報A1のアンシエータ・ユニット入力側信号がOFFからONになったことにより警報A1の発生を検知する。
- 2) Ⓑの時点において、警報A2の発生を検知する。
- 3) 時点Ⓒにおいて、運転員が警報発生確認PBを押したことを検知する。これにより、警報A1、A2については、もし警報条件が無くなれば（すなわち、アンシエータ・ユニット入力側信号がOFFになれば）リセット可能となることを検知する。
- 4) 時点Ⓓにおいて、警報A1がリセット可能となったことを検知する。
- 5) 時点Ⓔにおいて、警報A2もリセット可能となったことを検知する。
- 6) 運転員によりリセットPBが押されたことをⒻの時点で検知する。これによって本運転ガイドシステムは、ここまでリセット可能となっていた警報A1、A2のアンシエータ・ユニット出力側信号がOFFとなったこと（すなわち両警報表示窓の点灯状態がリセットされたこと）を検知する。その結果、本運転ガイドシステムはリセット可能警報のテーブルからA1、A2を削除し、代わりにリセット済警報のテーブルにA1、A2を加える。リセット済警報のテーブルは、例えば 200個を越えた場合に古いものから消去していくことなどによって容量を制限するものとする。

以上、本機能の処理内容を述べたが、確認PB及びリセットPBが押されたことを検知するためには、本運転ガイドシ

システムの信号入力間隔 Δt より長い時間ON状態が保持されることが必要である（ただし、「常陽」実機適用時には、イベントオリエント処理にて入力する計画であり、この必要はない）。このようにして、確認PBとリセットPBとの状態を入力信号に加える（Table 3.1-2 参照）ことで、運転員の負担を増加することなく本機能を達成することができる。

(c) 特殊運転への対応

「常陽」が実験炉であることから、特殊な運転条件が設定される可能性がある。このような場合、異常と見做される信号も発生することが考えられるが、その信号の異常は許容しながら、他の信号については通常と同じ監視が続けられねばならない。そのため本運転ガイドシステムでは、監視を実行するか、バイパスするかの指定を変数属性データに含め（Table 3.1-3 参照）、その指定は運転員がキー ボードから変数No. を入力することにより行なうものとした。

(3) 変数属性データ

異常検出及び状態変化の確認のために必要となる変数属性データの内容は、Table 3.1-3 に示すようなものとなる。この表に見られるように、変数のタイプは警報接点（変数タイプ“C”）、バランス監視のためのアナログ入力変数（変数タイプ“A”）と導出変数（変数タイプ“D”）、及びトレンド監視用のアナログ入力変数（変数タイプ“T”）に分類される。変数タイプ“T”的変数の選択は主要パラメータのトレンド監視機能 ((1)(b)(ii)①) に述べた理由から、十分慎重に行なう必要があり、詳細設計を待たねばならないが、その候補例をTable 3.1-4 に示しておく。

ここでは、(1)(a)(ii)の警報発生前の異常検出の項で述べた④～⑥の3つの信号間バランス特性を表わす規範モデルについて示すこととする。

① 主循環ポンプの回転数、吐出圧、流量のバランス

ポンプトリップが発生していない状態において、回転数N、吐出圧P、流量Fの間には近似的に

$$\begin{aligned} F &= \alpha \cdot N + \beta \\ &= \gamma \cdot (P - \delta)^{1/2} + \beta \end{aligned}$$

なる関係が成立する。これより、N及びPの測定値を用いて流量Fが予測できる。ここでは次の2式を導出変数として扱うものとする。

$$\begin{aligned} \Delta FN &= F - (\alpha \cdot N + \beta) \\ \Delta FP &= F - \{ \gamma \cdot (P - \delta)^{1/2} + \beta \} \end{aligned}$$

各係数値 α 、 β 、 γ 、 δ は、炉心構成等で若干変化するため、各運転サイクルの始めに再入力することが望ましい。

② 主冷却器出口温度制御系の入出力伝達特性

「常陽」は、冷却材流量及び炉容器入口冷却材温度を一定に保った運転

が行なわれる。本制御系は後者、すなわち炉容器入口Na 温度の制御を間接的に達成するために、2次主冷却系にある主冷却器空気流量を調節して主冷却器出口Na 温度を炉出力に対応した設定値に制御するものである。

現在、この制御系はマイコンを内蔵したディジタル式調節器で構成されており、「手動（M）」、「自動（A）」、「カスケード（C）」の3つの操作モードが、スイッチにより選択できるようになっている。また、調節器は全部で4基ある主冷却器のそれぞれに対して、入口ダンパ開度調節用と送風機入口ベーン開度調節用の2台が設置されている。

上記3つのモードのうち、A、Cモードの場合には主冷却器出口Na 温度を自動制御するためのフィードバックループが構成され、主冷却器出口Na 温度をTA、その設定値をTs、炉容器出口Na 温度をTR、ダンパ開度をθD、ベーン開度をθV とし、ダンパ及びベーンの開度信号に至るまでの上記制御系伝達ゲインをそれぞれGD、GV とすると

$$\theta D = (TA - Ts) \cdot GD$$

$$\theta V = (TA - Ts) \cdot GV$$

が成り立つ。この式において、A、Cモードの違いは次のようになっている。

Aモード： TA = 実測信号、 Ts = 手動設定値

Cモード： TA = 実測信号、 Ts = (TR の既知関数値)

本運転ガイドシステムでは、通常時運転中の伝達特性を監視するものとし、AまたはCモード時に、「原子炉スクラム」も「2次主循環ポンプトリップ」も発生していない条件で制御系の監視を行なうものとする。

導出変数として、次の2式の値を求め監視する。

$$vD = \theta D - (TA - Ts) \cdot GD$$

$$vV = \theta V - (TA - Ts) \cdot GV$$

③ DN法FFD系計数率と原子炉出力との関係

計数率 f と原子炉出力 n との間には、定格流量運転時で原子炉スクラムの生じていないとき、ほぼ

$$f = \lambda \cdot n$$

なる関係が成り立っている。これから、

$$\delta f = f - \lambda \cdot n$$

を監視することにより、万一の燃料破損の発生を高感度で捉えることが期待できる。

以上より、トレンド及びバランス特性の監視に用いられるアナログ入力変数は35点、導出変数は13点となる。アナログ入力変数の一覧をTable 3.1-5 に示すが、監視項目の追加による若干の増加はあり得る。

本運転ガイドシステムへの入力信号には上記アナログ入力の他に、警報接点信号や、警報処理に必要となる機器状態信号があるが、これらについてはAppendix Aに示してある。更に、変数属性データには、例えばTable 3.1-3 の「閾値（または基準値）適用条件」のような適用条件判定用の変数が必要となる。しかし、これらの大部分はAppendix Aに含まれており、ここでは適用条件判定及びリセット可能警報の確認に必要な入力信号をTable 3.1-2 に示しておく。

Table 3.1-2, 3.1-5の信号とAppendix Aに示したデジタル信号（549点）とが、本運転ガイドシステムへの全入力点数となる。

3.1.2 プラント状態診断機能

本節3.1の始めに述べた4機能のうち、システム構成上から診断プログラムで処理すべきものとして検討したのは、

- ① ファースト・ヒットの判定
- ② シーケンス・モニタリング
- ③ 異常原因判定

の3機能であった。このうち①、②の処理を行なうためには、プラント固有の動特性や、安全保護系あるいはプラントインターロックの特性によって支配される、複数の警報接点信号間の伝達特性に関する知識を必要とする。これらの知識を用いて、Table 3.1-1 に示したようなアラーム・パターンからファースト・ヒットの推定等が行なわれる。

ところで今、例えば1次主冷却系の「主ポンプ速度差大」という警報が発生したとすると、上記①の処理により本システムはFig.3.1-4 に示されるような現行の異常時処置マニュアルを画像情報ファイル装置に表示することになる。しかるに、同図の上半分に見られるとおり、この警報を生じる真の原因には様々なものがあり、運転員は同図の下半分に指示されるように種々の確認を行なった後で、実際の操作に移ることになる。

ファースト・ヒットの原因にまで溯って判断する、すなわち上記③の機能を本運転ガイドシステムに持たせるためには、次の2方法のうちの、いずれかによらねばならない。

- 1) 各原因を特定できるまで観測信号を追加する。
- 2) アラーム・パターン全体の示す特徴から一種のパターン認識により原因を推定する。

しかしながら、1)の方法では、本運転ガイドシステムへの入力信号点数が爆発的に増大することが予想されるため、結局ここでは2)の方法を採用することとした。

一方、2)のパターン認識においては、必ず基準となるパターンが必要となるが、これはプラントの運転経験の蓄積が反映されたものとなる。異常検出機能において述べたバランス特性を表わす規範モデルは、この基準値に関する知識に相当するものである。

以上のように診断機能①、②と③とではその処理が異なることから、本運転ガイドシステムにおいては前者を「推論型診断機能」、後者を「簡易診断機能」と呼んで区別し、ソフトウェア上も別々のプログラムとすることにした。この点は、本運転ガイドシステムの大きな特徴となっている。

先に 3.1.1項で述べたように、監視プログラムの実行は周期的に行なわれ、その出力としてTable 3.1-1 に示すアラーム・パターンが得られることになるが、診断のためのプログラムはアラーム・パターン中に異常変数が含まれなければ実行する必要がない。このため、診断プログラムは事象駆動型とし、既設警報接点信号で異常が検出された場合には、無条件で「推論型診断」プログラムが実行され、またその警報が簡易診断の対象になっているものであれば、並行して「簡易診断」プログラムも実行される。また、バランス監視用の変数に異常が検知された場合には「簡易診断」プログラムのみが実行されるものとした。

(1) 簡易診断

(a) 簡易診断の機能

前述のとおり、異常原因を判定する機能である。

診断の対象とする異常は次の2通りである。

- ① 過去において経験し、再発の可能性のある異常
- ② 発生の可能性がある異常で、発生時のアラーム・パターンが予測可能なもの。

いずれの場合であっても、限られた変数の異常検出結果を調べれば原因を特定できるような事象が対象であることから、本機能を簡易診断機能と呼んでいる。

診断の基準となるデータは、システム構築時点では上記②の予測によるアラーム・パターンが大部分となるが、運転経験の蓄積とその反映を図ることにより、上記①に関するデータが占める割合が増すことになる。その意味から、この基準データとして後述する状態判定論理データを、1章で述べたごとく、経験データ・ベースと呼ぶことができる。

(b) 簡易診断の手法

プラント状態監視プログラムの出力であるアラーム・パターンを、状態判定論理データ(Decision Table)として各異常事象に対して与えられている基準パターンと比較・照合することにより異常原因判定を行なう。

(i) 状態判定論理データ(経験データ・ベース)

このデータに含まれるべき情報として、各事象が生じているか否かを判定するために使用する、アラーム・パターン上の変数(No.)と、それが正常／異常のいずれであるべきかが、まず挙げられる。また、ある事象が発生したと判断された場合に、カラーグラフィックディス

プレイ装置に表示すべきメッセージのNo (Mi) 、画像情報ファイル装置に表示すべきマニュアルのNo (AMi) も含まれる。

この様なデータの例をTable 3.1-6 に示す。この表でメッセージM1 ~ M5 に対応する事象は、バランス状態監視結果に基づくポンプ回りの診断と燃料破損検出に関するものである。

また、M6 に対応する事象は、すべて警報接点信号を用いて、そのパターンからファーストヒット（今の場合には「2C-1 c/c 異常」）の原因が判定できる場合の例を示したものである。

なお、同表中の判定閾値については次に述べる。

(ii) 原因判定手法

今、ある事象Aが原因であるか否かを調べるために必要な変数が X_i ($i = 1 \sim N_A$) であり、その基準値が μ_{iA} であるとする。 μ_{iA} は例えば、「異常」であるものは「1」、「正常」であるものは「0」とする。

このとき、次式で定まる評価関数

$$I_A = \frac{1}{N_A} \sum_{i=1}^{N_A} |X_i - \mu_{iA}|$$

を計算し、状態判定論理データにあらかじめ与えられた閾値 J_A よりも小さくなった場合に、原因がAであると判定する。

例えば、Table 3.1-6 の「流量制御系故障」が発生した場合を想定すると、 $I_1 = 0$ 、 $I_2 = I_3 = 0.6$ 、 $I_4 = 0.5$ となる。したがって、 $J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = 0.2$ として原因判定が可能となる。

なお、異常事象Aが発生した場合であっても、 X_i ($i = 1 \sim N_A$)

のすべてが基準パターンに一致するまでに時間がかかることが考えられる。したがって、最終的な判定を下すまでに必要な待ち時間をデータ・ベースに含めておくものとする。また、これにより推論型診断の結果、ファーストヒットが決定され、それに対するガイドが表示された後にも、簡易診断が継続する場合があり得る。

(2) 推論型診断

(a) 推論型診断の機能

「常陽」の警報システムでは、警報窓は各系統ごとにまとめられ階層化されて配置されており、異常時のプラント状態の把握が容易なように配慮されている。しかしながら、他の一般のプラントと同様に個々の警報は物理量の変化やロジックにより単独に発生し、警報間の因果関係までは考慮されていない。したがって、異常が生じて波及してゆくと多数の警報が発生するので、かえって運転員を混乱させ、行なうべき処置の決定を困難にする危険性がある。

異常に対する処置は警報ごとに書かれた異常時処置マニュアルに従って行なわれ、マニュアルのどのページ、すなわちどの警報に着目すべきかは運転員の経験と知識とによって決定される。したがって、運転員の経験が浅い場合や複雑な事象に遭遇した場合には、異常に即座に対応するのは困難である。そこで、プラントの機能や構造に関する知識をもとにして診断し、異常の事象や進展状況に応じて最も着目すべき警報を推定する手法を開発した。

異常の状態は「原因を同定し、処置を施すことによって正常状態に復帰可能な段階」と「原因に係わらず、炉を安全に停止させる必要がある段階」とに大別できる。したがって要求される機能は、原因を示す警報（ファースト・ヒット・アラーム）の判定とインタロックや安全保護系の自動機能の動作チェックの2つである。これらの機能を以下に詳細に説明する。

(i) ファースト・ヒット・アラームの判定

本機能は、発生した警報を入力とし、それらの警報の因果関係を追跡して一連の異常シーケンスを完成させるものである。このシーケンスの最上流の警報がファースト・ヒット・アラームで原因を示し、最

下流の警報が現状を示す。また、このとき警報の重要度（安全保護系を作動させるか否か）を調べることにより、異常の程度（復帰可能あるいは安全停止）を同定することができる。

(ii) シーケンス・モニタリング

本機能はインタロックや安全保護系といったロジックによる自動動作機能の動作をチェックするものである。これらの自動動作機能は、例えば、ポンプ冷却ファントリップ時の予備機自動起動ロジックや出力高によるスクラム信号発生ロジックといったように、機器レベルからプラント全体に至る健全性を維持するためのものであるので、正常に動作しないと大きな事故に進展する可能性がある。シーケンス・モニタリングとは、これらの自動動作機能の動作をモニタリングし、正常に動作しない場合にその旨のメッセージを出力して、運転員が事態に即座に対応できるようにすることを目的とするものである。

(b) 推論型診断の手法

異常に対する処置は警報ごとに書かれた異常時処置マニュアルに従って行なわれる所以、本システムにおける診断とは、異常の事象と程度とを判断して、どの警報に対する処置マニュアルを表示すべきかを決定することにある。

これは、警報や機器の運転／休止状態といったON／OFF信号を入力し、それら警報間の因果関係を記述した知識ベースを検索することによって、一連の異常シーケンスを推定するという知識工学的手法を用いることによって実現される。以下に、この手法を詳細に説明する。

異常診断の過程で扱う知識レベルはFig.3.1-5に示したように、次の3段階に分類できる。

レベル1 警報のON/OFF状態を示す情報

レベル2 警報間の因果関係を示す情報

レベル3 異常の原因と処置に関する情報

プラントに異常が生じた場合、運転員は主に警報の発生によってそれを知る。警報が単一の場合は、それに対する処置マニュアルを直ちに開いて対処できるが、複数の警報が同時に、あるいは次々と発生した場合には、どのマニュアルを見るべきかを即座に判断することは非常に困難である。このような場合に運転員が行なう診断は、次のような手順を踏むものと考えられる。まず、制御盤に設置された警報窓からどの警報がONになっているか、あるいはなっていないかという情報（レベル1）を得る。次に、警報間の物理的な因果関係、インタロック、安全保護系等のロジックに関する知識（レベル2）を駆使して、発生した警報間のシーケンスを推論する。そして、正常復帰が可能な段階にあると判断すれば、原因を示すと考えられる警報に対するマニュアルに従って処置を行ない、安全停止を要する段階に達していれば、同じくマニュアルに従って必要な処置と保護系等の自動動作機能の動作チェックを行なう。異常の原因と復帰のための処置、安全停止のための処置に関する詳細な情報（レベル3）はすべてマニュアルに記載されている。

上述のように、レベル1の情報はプラントから与えられ、レベル3の情報はマニュアルから与えられるが、これらを結ぶレベル2の知識は個々の運転員の頭の中にしかないので、全系統のあらゆる事象について記憶しておくことは不可能であり、経験の浅い運転員は勿論、熟練した運転員であっても、あらゆる事態に即座に対処することは非常に困難である。そこで、このレベル2の情報を知識ベース化し、これをレベル1の情報を用いて検索する機能を持った推論エンジンによって異常シーケンスを作成し、診断を行なうという手法の適用を検討した。この手法はFig.3.1-6に示したよ

うな構成によって実現される。

以下、各構成要素について説明する。

(i) 警報テーブル

警報テーブルは制御盤上に設けられた警報、状態表示灯、さらに機器の運転／休止状態といった信号のON／OFF状態を周期的に調べ、各信号のstatusをテーブル状にしたもので、レベル1の情報に相当するものである。ここでstatusとは、現在の信号のON／OFF状態と前回のデータ取込時における状態からの変化の有無とを合わせたもので、Table 3.1-7 のように表わされる。これはアラーム・パターンの一部であり、監視プログラムから受渡される。

(ii) 知識ベース

知識ベースはFig.3.1-5 のレベル2の情報を記述したものであり、その内容は個々の警報についてFig.3.1-7 のように警報番号、属性（名称、重要度等）、警報発生条件（物理的条件、インタロックの条件、安全保護系の条件）、遅れ時間等をフレーム形式で記述したものである。そして、これが知識の最小単位となっている。

知識ベースに登録される形式は警報単位の断片的なものであるが、発生条件によって結びつく警報をつなぎあわせると、警報間の因果関係を表わすネットワーク構造を持ったアラーム・シーケンスが書ける。

原子炉制御系、1次主冷却系、2次主冷却系、格納容器雰囲気調整系、所内電源系及び弁状態の警報一覧をAppendix Aに、アラーム・シーケンスをAppendix Bに示した。

(iii) 推論エンジン

推論エンジン部では、発生した警報を知識ベースの警報発生条件を用いてつなぎあわせ、異常シーケンスを作成する。これによって異常の原因や現状の同定と自動作動機能のモニタリングを行なう。例としてFig.3.1-8 に示したようなシステムを考え、この方法を詳細に説明する。

- ① 初期状態（警報が発生していない状態）では、すべての警報について「異常シーケンスの最下流にある」ことを示すflagを立てておく（Fig.3.1-8 (a)）。
- ② 警報A2、A3、A4、A5が発生したと仮定する（Fig.3.1-8 (b)）。これら発生した警報について、以下の処理を行なう。

警報ごとに自分自身を発生させる条件をすべて調べて、成立しているものがあれば、どの条件が成立しているかを示すpathを保存し、そのpathの上流の警報（例えばA4についてはA2とA3）の最下流flagを倒す。自分自身を発生させる条件が成立していない場合は、最下流flagを倒し、「異常シーケンスの最上流にある」ことを示す最上流flagを立てる（A2、A3）。更に、最も高い重要度を持つ警報を最重要警報として保存する。

- ①、②の処理を発生したすべての警報について行なえば、結果として条件成立pathによって結ばれる一連のアラーム・シーケンス（Fig.3.1-8 (c)）が生成され、その最上流の警報には最上流flagが、最下流のものには最下流flagが立った状態になっている。これにより異常の段階・原因といった2つの情報が得られる。

異常の段階

最重要警報の重要度が最高ランク、すなわち安全保護系を作動させるランクであれば、異常状態はプラントを安全に停止させる必要のある段階に達していると判断され、それより下のランクであれば正常状態に復帰が可能な段階にあると判断される。

異常の原因

最上流flagの立ったものが、異常の原因を示すファースト・ヒット・アラームと判定する。原因が複数個となった場合、それらの重要度、警報であるか機器の運転／休止を示す信号かといったことを考慮して可能な限り原因を1つに絞るが、これができない時には原因を複数個挙げ、運転員の判断に任せることになる。（複数の原因が生ずるのは、多重異常事象と知識ベースの不備が考えられるが、後の解析により後者であることが明らかになれば、知識ベースを修正することにより、同じ事象についてでは以後正しい同定が可能となる。）

③ 最下流の警報によって自動的に発生する警報を調べ、これがあれば、その警報と遅れ時間とをデータ取込時間とともに「次に発生すべき警報」として登録しておく（Fig.3.1-8 では A6、T1）。

③までの処理で、警報発生後1回めのデータ取込時の処理は終了する。2回目以降の処理は以下になる。

④ ③までの処理において、「次に発生すべき警報」が登録され

ているかどうかをチェックする。これが登録されていれば、データ取込時刻から現在までの時間と遅れ時間の大小を判定し、遅れ時間の方が小さければ、登録された警報のON/OFFをチェックする。もしOFFであれば、その警報を保存しておく。

③、④の処理により、次の情報が得られる。

自動作動機能の動作状態

プラントインターロックや安全保護系といった自動作動機能により、発生すべきであると予測された警報の遅れ時間超過後のON/OFF状態を調べることにより、その自動機能の動作が正常か否かを知ることができる。

⑤ 前回のデータ取込時と比較して、新たに発生した警報があれば、それらについて②～③の処理を行ない、現象の進展を反映できるようにアラーム・シーケンスを成長させて行く。

以上①～⑤の処理をまとめた流れ図を、Fig.3.1-9 に示す。ただし、警報のON/OFFについて、特殊な取扱いをする場合があるので、以下にその説明を行なう。

運転員の操作やインターロックの動作によって復帰した警報があった場合には、これをOFFとして扱うと、それまでに作成したシーケンスが途中で切れて、最上流、最下流警報が多数生まれ、意味のないメッセージを多発することになるので、これを防ぐために次のような取扱いを行なっている。1つ前のデータ取込時に発生中の警報（重要度ランクC以上）がなく、次のデータ取込時にそれが発生したとき、これを異常事象の開始点と定め（この異常事象の開始が推論型診断プロ

グラムを起動させる）、この時より以後、発生中の警報（重要度ランクC以上）がすべてなくなるまでを一連の異常事象と見做すこととし、この間に復帰した警報も処理上はONとして扱うことにする（重要度のランクはAppendix A参照）。

以上のような処理によって、本プログラムでは異常の段階、異常の原因、自動機能の動作状態を知ることができる。そして、これらの情報は次のガイド選択プログラムへ送られる。

Table 3.1-1 An Example Alarm Pattern

変数	異常検出結果	簡易診断事象
警報 1	正 常	無
:	:	:
:	:	:
警報 n	正 常	無
x	異 常	事象 1, 2
y	異 常	事象 2
v	正 常	無

Table 3.1-2 Digital Input Variables

used for Balance And Trend Monitoring (1/2)

N.O.	変 数 名	JOYDAS への 入力の有無	シミュレータ での有無
1	主冷却器出口Na温度制御系(1A) ベーン用コントローラ・モード	無	有
2	" (2A) "	"	"
3	" (1B) "	"	"
4	" (2B) "	"	"
5	" (1A) ダンパ用コントローラ・モード	"	"
6	" (2A) "	"	"
7	" (1B) "	"	"
8	" (2B) "	"	"
9	1次主循環ポンプ(A) 運転中	"	"
10	" (B) "	"	"
11	原子炉制御盤 確認PB	"	"
12	" リセットPB	"	"

Table 3.1-2 Digital Input Variables

used for Balance And Trend Monitoring (2/2)

No.	変 数 名	JOYDASへの 入力の有無	シミュレータ での有無
13	1次主冷却系制御盤 確認PB	無	有
14	" リセットPB	"	"
15	2次主冷却系制御盤 確認PB	"	"
16	" リセットPB	"	"
17	格納容器雰囲気調整系制御盤 確認PB (C系)	"	"
18	" " (D系)	"	"
19	" リセットPB (C系)	"	"
20	" " (D系)	"	"
21	電源監視盤 確認PB	"	"
22	" リセットPB	"	"

Table 3.1-3 Variables Attribute Data

変数 No.	変数名	変数 タイプ (注)	導出 モデル	異常検出閾値 (または基準値)	閾値 (または基準値) 適用条件	簡易診断 対象事象 No.	監視 バイパス 指定
V001	警報1	C	—	—	—	—	実行
⋮							
V050	警報50	C	—	—	—	事象10	バイパス
V051	X	A	—	XL ~ XH	—	事象1, 2	実行
V052	Y	A	—	YL ~ YH	—	事象2	実行
	T	T	—	(ys)	(V002正常)		
V053	v	D	V052-f(V051)	εL ~ εH	—	事象1, 2	実行
⋮							
V120	Z	T	—	(zs1)	(V010正常)	—	—
				(zs2)	(V010異常)		
⋮							

(注) A : アナログ、C : 接点、D : 導出変数、T : トレンド監視

Table 3.1-4 Variables for Trend Monitoring

No.	変 数 名	基 準 値	基 準 値 適 用 条 件
1	原子炉出力	0%	(原子炉スクラム) or (制御棒一斉挿入)
2	1次冷却材流量	100%	(出力運転モード) & (1次主循環ポンプ運転中)
		ボニー モータ 流 量	(1次主循環ポンプ停止)
3	炉容器出口温度	500℃	(原子炉出力100%)
		370℃	(原子炉スクラム) or (制御棒一斉挿入)
4	炉容器液位	0cm	_____
5	炉容器入口温度	370℃	(高出力運転モード)

Table 3.1-5 Analog Input Variables (1/2)

N.O.	変 数 名	JOYDAS への 入力の有無	シミュレータ での有無
1	出力系中性子束 (CH7)	A001	有
2	炉容器入口Na流量 (A)	B005	"
3	" (B)	B006	"
4	炉容器出口Na温度 (A)	B003	"
5	" (B)	B004	"
6	炉容器Na液面	B000	"
7	1次循環ポンプ吐出Na圧力 (A)	B017	"
8	" " (B)	B018	"
9	" 回転速度 (A)	B013	"
10	" " (B)	B014	"
11	2次循環ポンプ出口Na流量 (A)	C018	"
12	" " (B)	C019	"
13	" 吐出Na圧力 (A)	無	"
14	" " (B)	無	"
15	" 回転速度 (A)	無	"
16	" " (B)	無	"
17	DN法FFD信号 (BF3) (但し log CPS)	J017	無
18	炉容器入口Na温度 (A)	B001	有
19	" (B)	B002	"
20	主冷却器出口Na温度 (1A)	C002	"

Table 3.1-5 Analog Input Variables (2/2)

No.	変 数 名	JOYDAS への 入力の有無	シミュレータ での有無
21	主冷却器出口Na温度 (2A)	C003	有
22	" " (1B)	C004	"
23	" " (2B)	C005	"
24	主冷却器入口ダンパ開度 (1A)	C012	"
25	" " (2A)	C013	"
26	" " (1B)	C014	"
27	" " (2B)	C015	"
28	送風機入口ベーン開度 (1A)	C026	"
29	" " (2A)	C027	"
30	" " (1B)	C028	"
31	" " (2B)	C029	"
32	主冷却器出口Na 温度設定値(1A)	無	"
33	" " (2A)	"	"
34	" " (1B)	"	"
35	" " (2B)	"	"

Table 3.1-6 Typical Examples of Diagnosis Logic Data

事象 データ	流量制御系 (またはポンプ) 故障		ポンプ速度計 故障		ポンプ吐出圧 計故障		流量計 故障		接触型 燃料破損		アニュラス部 排気ファン 故障	
基準 アラーム パターン	流量 (F)	異常	F	正常	F	正常	P	異常	導出変数 (VF)	異常	2C-1 C/C 異常	異常
	ポンプ 吐出圧 (P)	異常	P	正常	P	異常	N	異常			2D-1 C/C 異常	異常
	ポンプ 回転数 (N)	異常	N	異常	N	正常	VFN	異常			A 非常ガス処理 装置出口流量低	異常
	導出変数 (VFN)	正常	VFN	異常	VFN	正常	VFP	異常			B 非常ガス処理 装置出口流量低	異常
	導出変数 (VFP)	正常	VFP	正常	VFP	異常					アニュラス部 圧力高	異常
判定閾値	J1		J2		J3		J4		J5		J6	
メッセージ	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
関連マニュアル	AM1		AM2		AM3		AM4		AM5		AM6	

Table 3.1-7 Alarm Table Structure

警報番号	S t a t u s	
	状 態 (ON=1, OFF=0)	変 化 (有=1, 無=0)
A 1	1	1
A 2	0	1
A 3	1	0
:	:	:
A n	1	1

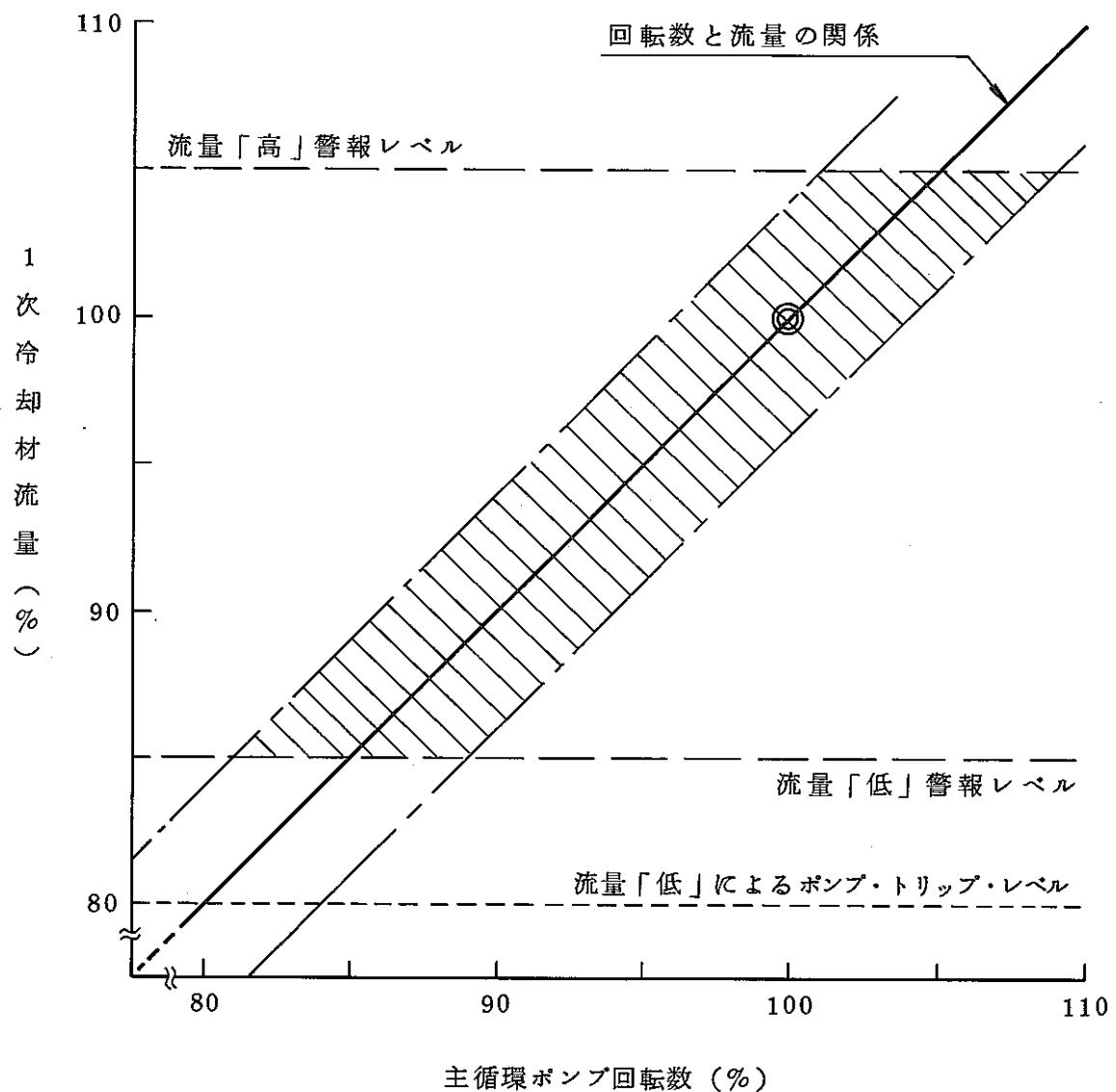


Fig. 3.1-1 An Example of Statically-Balanced Variables

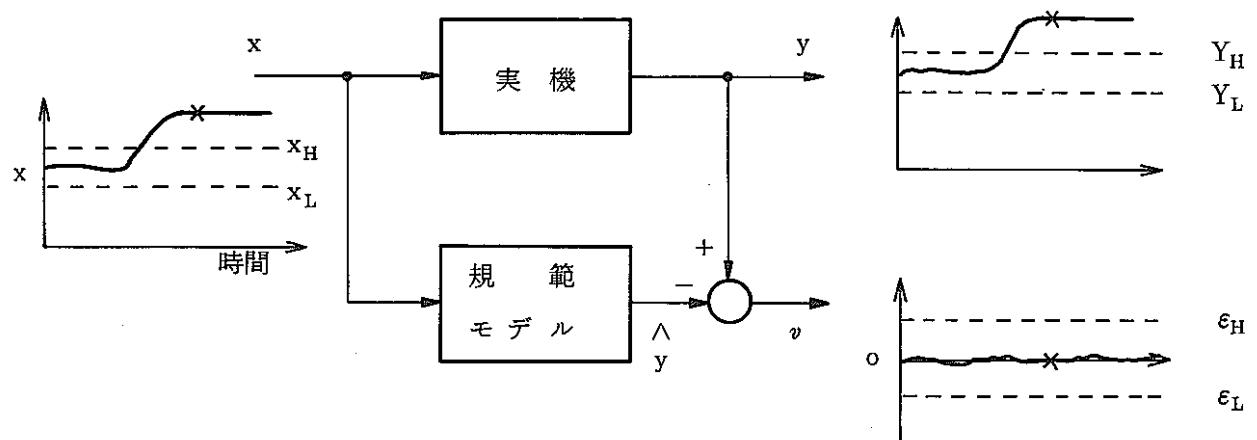


Fig. 3.1 - 2 Conceptual Diagram of Anomaly

Detection using Reference Model

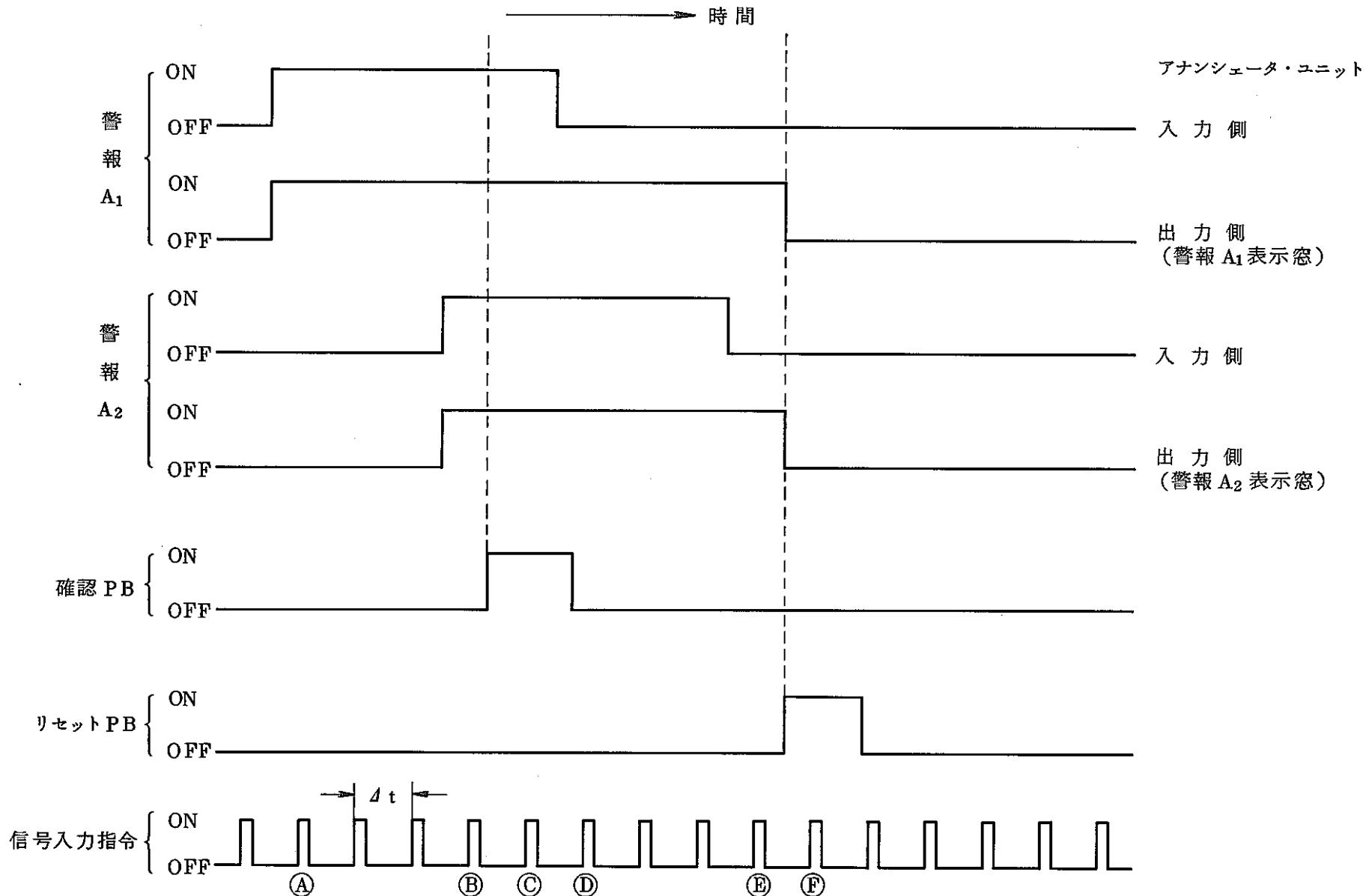
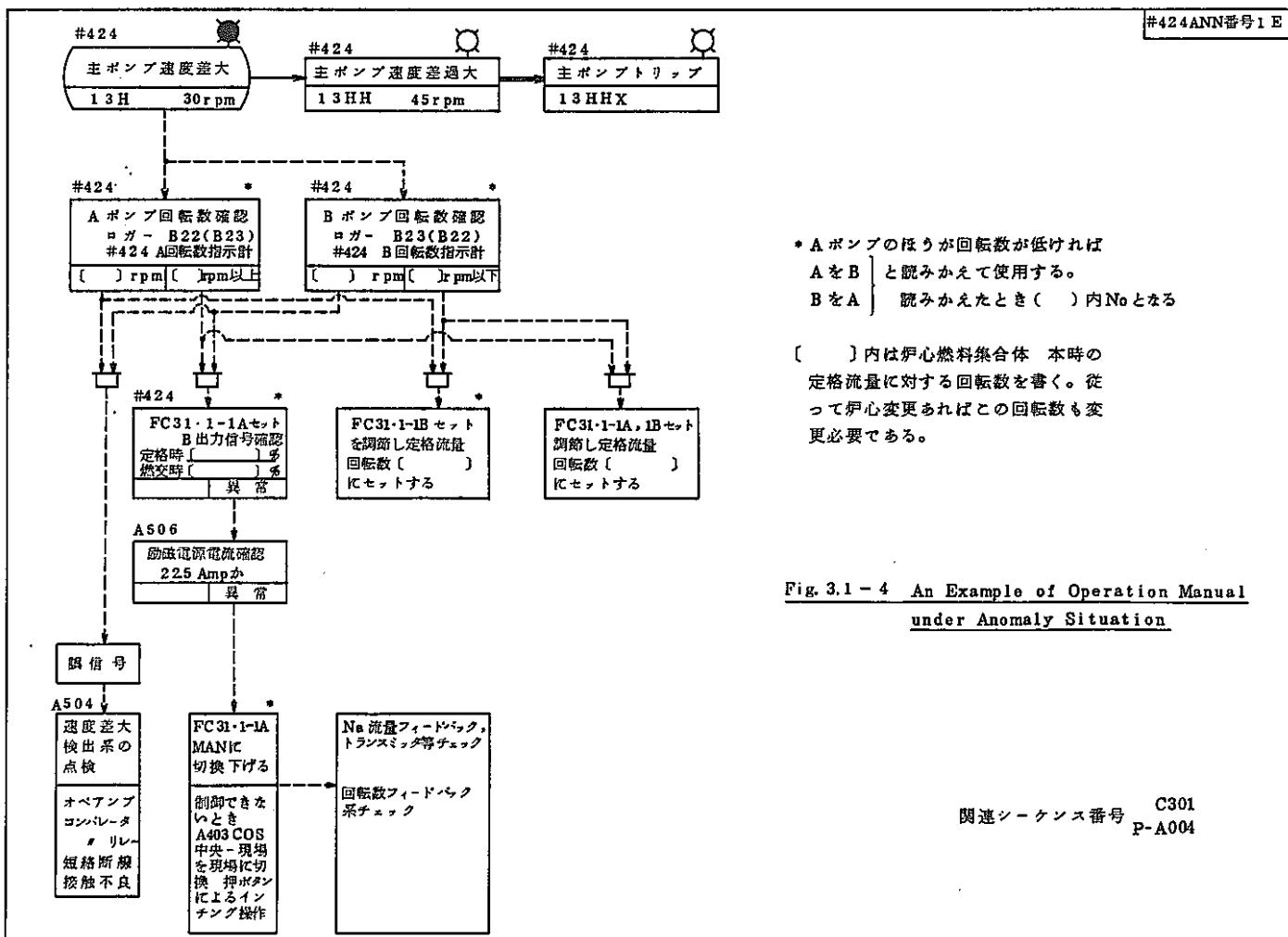
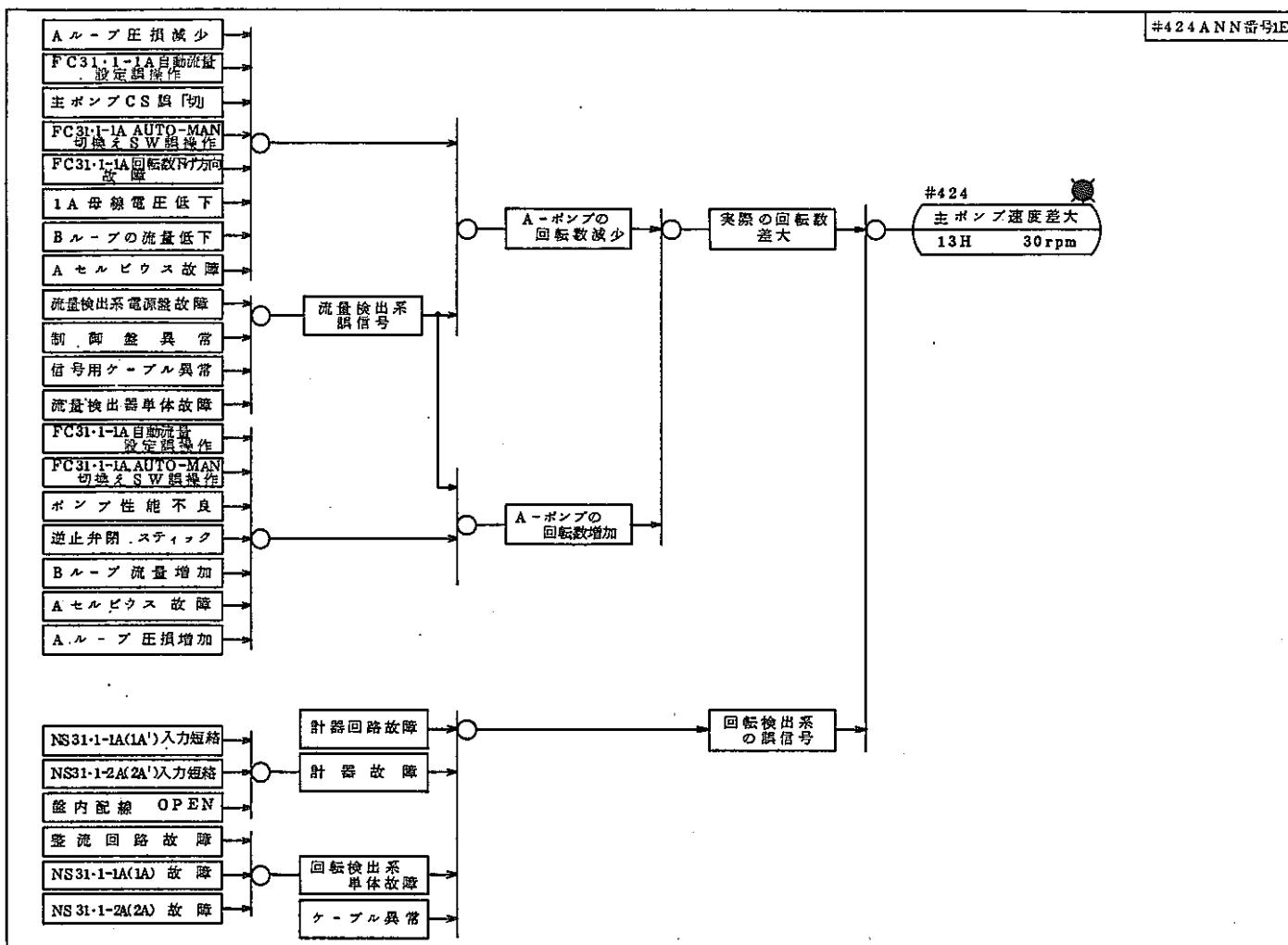


Fig. 3.1 - 3 An Example Time Chart of Alarm Sequence



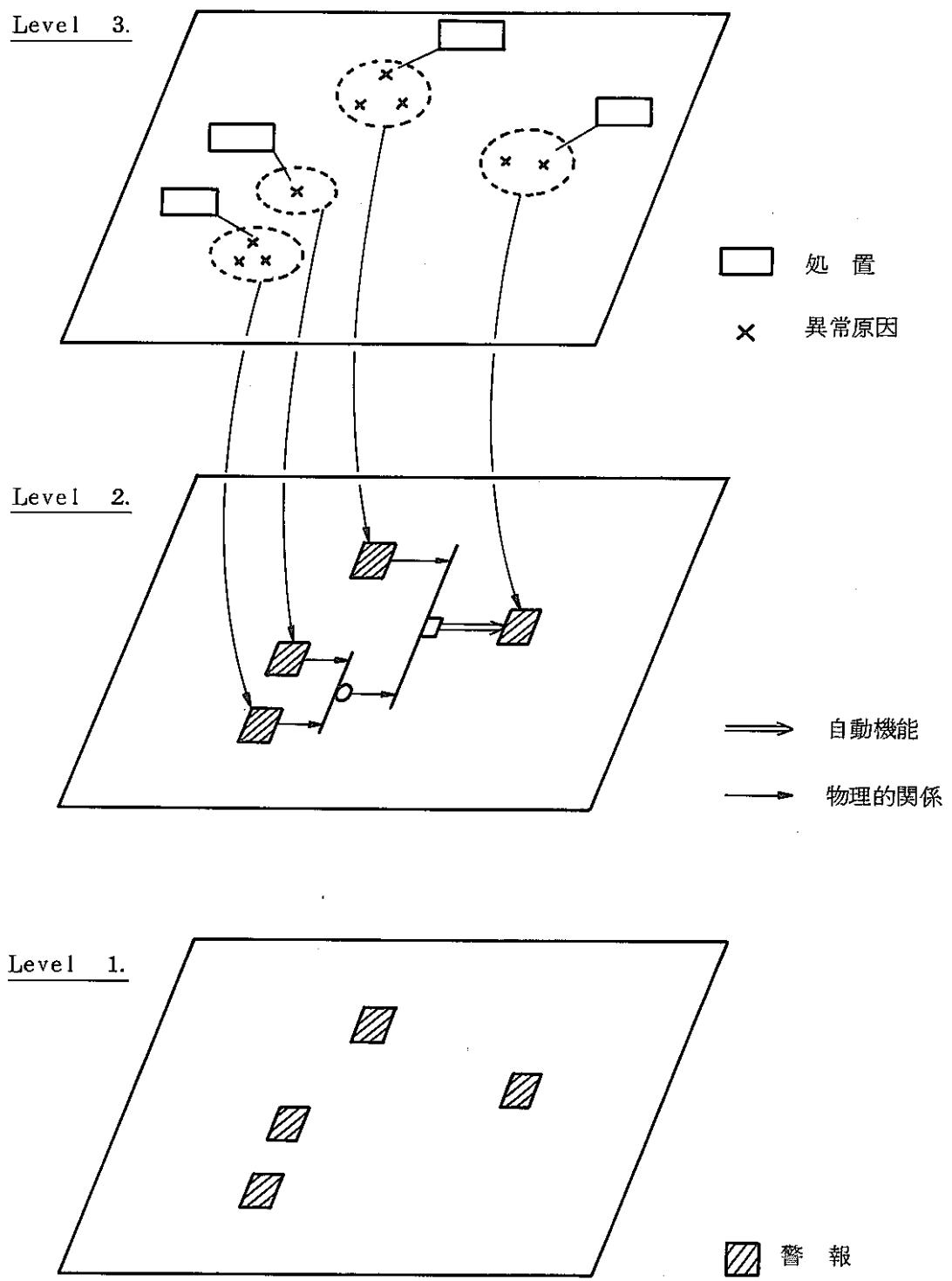


Fig. 3.1 - 5 Classification of the Knowledge used for Anomaly Diagnosis

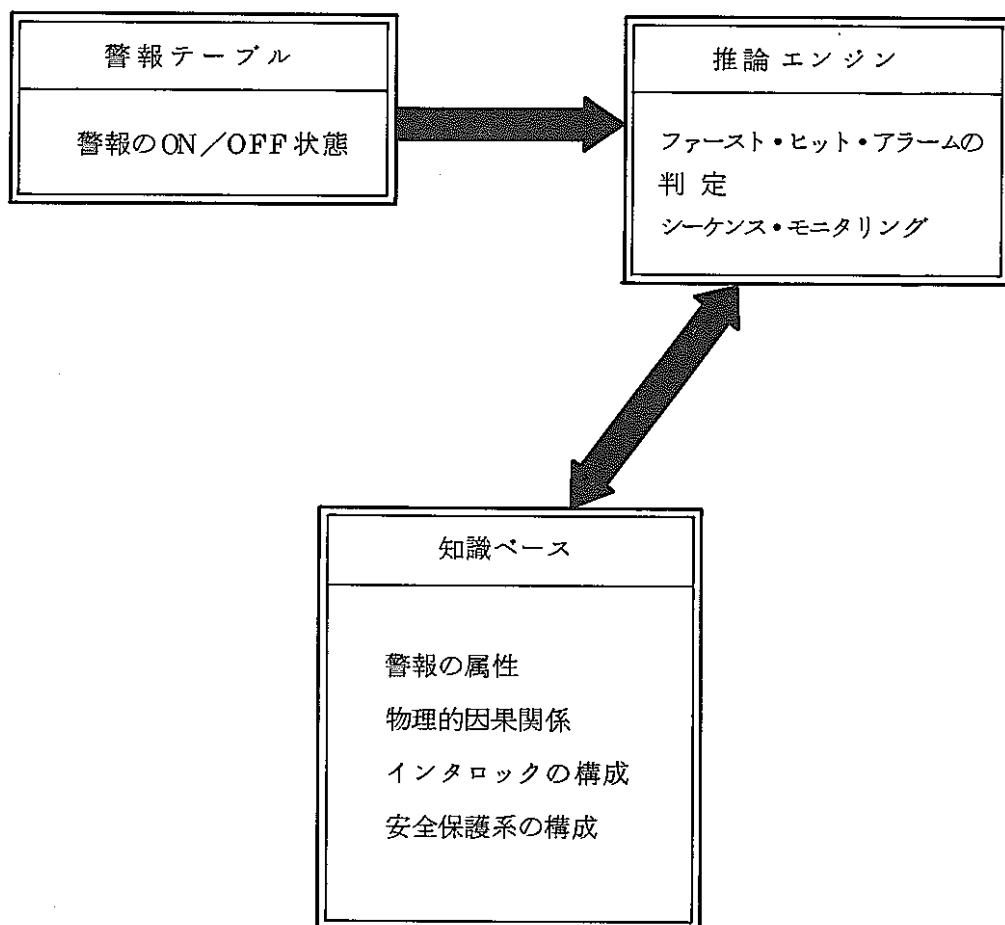


Fig. 3.1 - 6. Structure of Diagnostic System

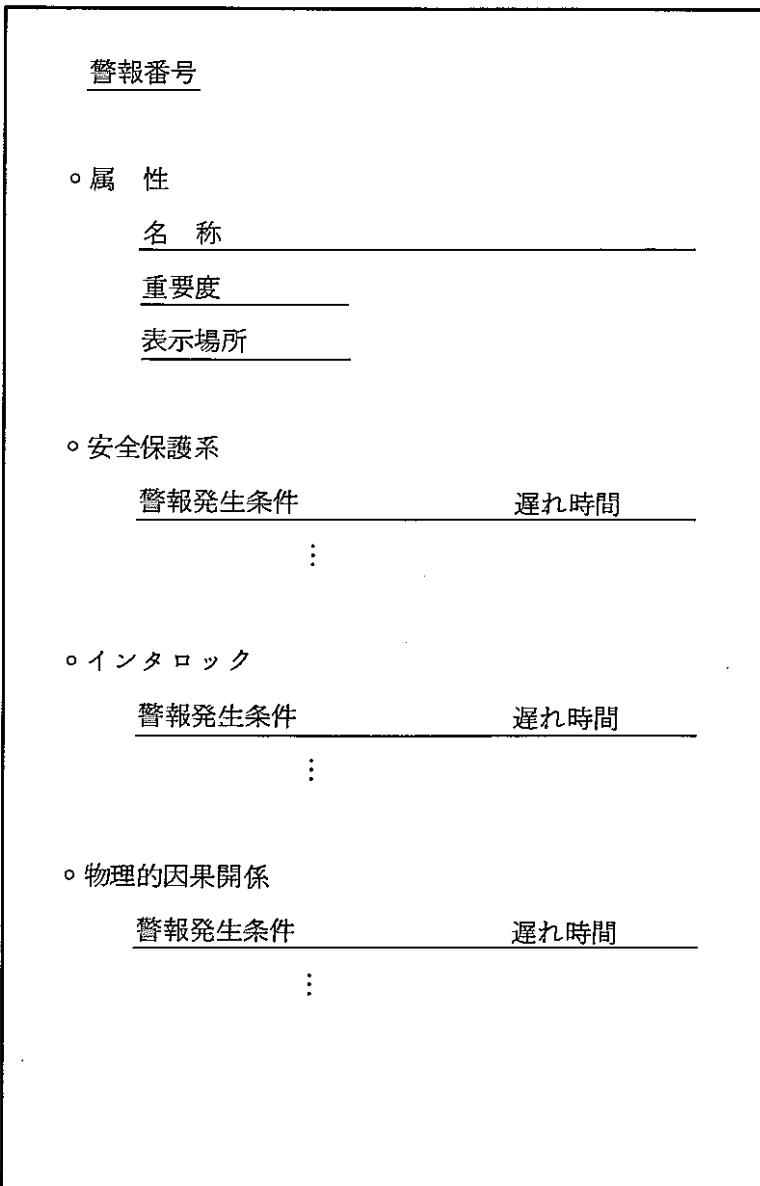
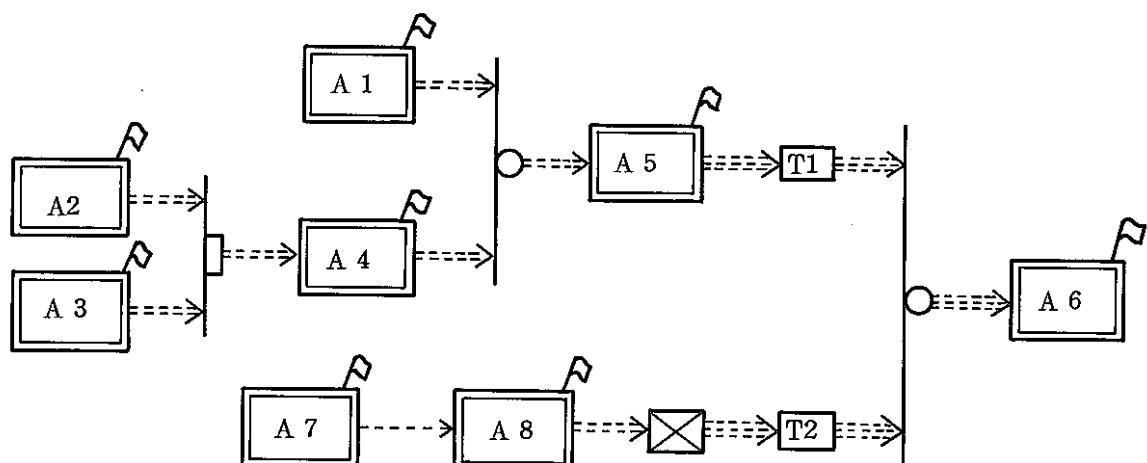
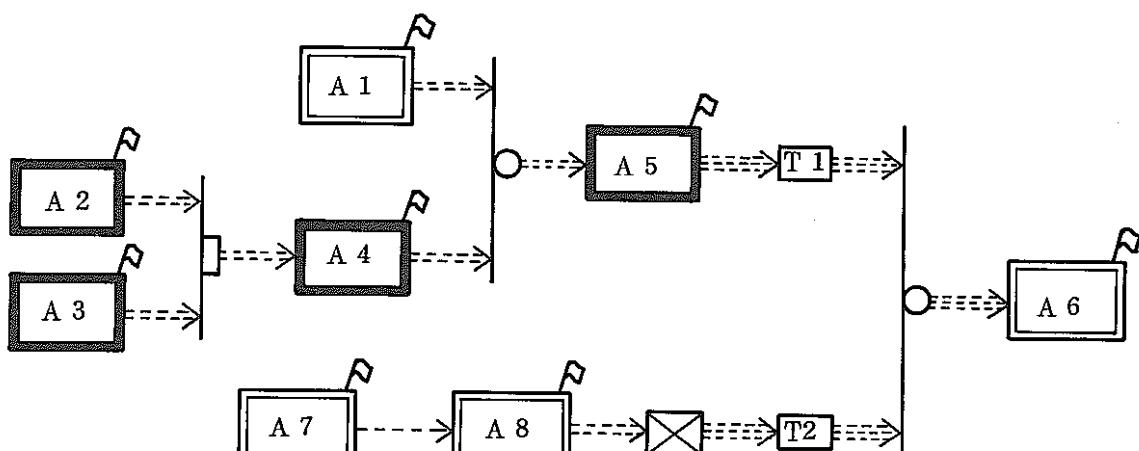


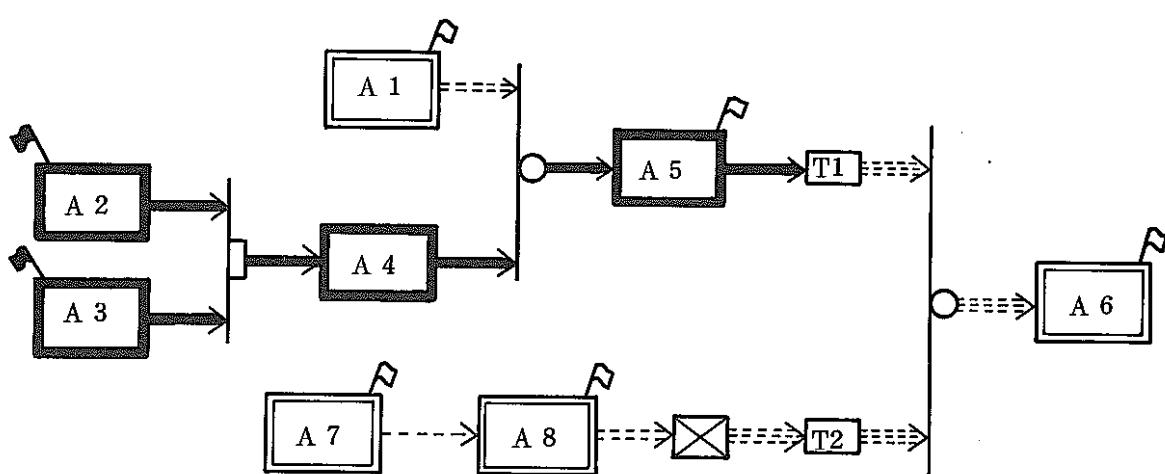
Fig. 3.1 - 7 Knowledge Base Structure



(a)



(b)



(c)

↑ : 最上流フラグ
↗ : 最下流フラグ

Fig. 3.1-8 Inference Procedure of Alarm Sequence

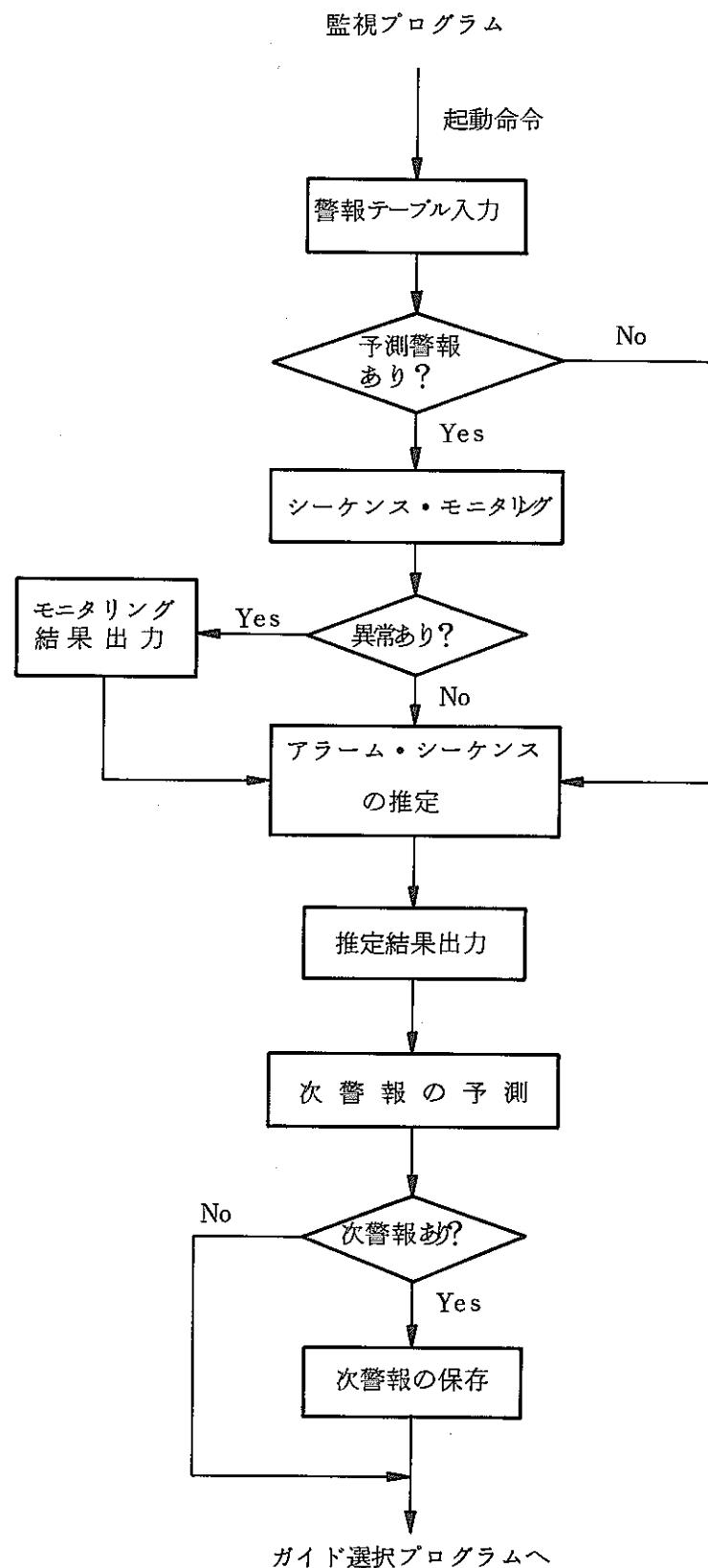


Fig. 3.1-9 Flow Diagram of Inference Engine

3.2 マンマシンコミュニケーション機能

原子力発電所のような大規模システムの運転においては、多数のプロセス値や警報の監視を行なうとともに、その監視結果からシステムや機器の異常の有無を早期に判定し、必要な対応操作を取ることが要求される。このような運転操作は、すべてマンマシンインターフェースを介して行なわれるため、インターフェースの性能すなわちマンマシン間のコミュニケーション機能が大きくシステムの運転性能を左右することになる。

本節では、このような観点から、マンマシンインターフェースとしての運転ガイドシステムに必要とされる機能の検討を行なった。

3.2.1 情報表示機能

情報表示機能はマンマシンコミュニケーションの最も重要な機能である。本運転ガイドシステムは、前節 3.1において詳述した監視および診断の結果を、適時、理解しやすい形でカラーグラフィックディスプレイ装置へ表示するとともに、異常発生時の警報に対応した異常時処置マニュアルを、画像情報ファイル装置CRTへ表示することにより、運転員の状況判断、操作、確認を支援するものである。

カラーグラフィックディスプレイ装置には、監視及び診断の結果として、重要アラーム／ガイド、重要パラメータトレンド、入力点／異常入力点一覧、アラームシーケンス等を表示するものとし、画像情報ファイル装置CRTには、異常時処置マニュアルの他に、運転手順書、配管系統線図（P&ID）、単線結線図、各種規程／法規等を表示するものとする。

このような表示情報を、監視、診断、ガイドの各機能に関連づけて整理すると以下のようになる。

(1) 監視結果表示機能

(a) 入力点一覧表示機能

運転ガイドシステムの全ディジタル入力点に対し、タグ番号、現在値をリスト表示するとともに、全アナログ入力点のタグ番号、入力点名称、現在値、警報設定値、関連する異常時処置マニュアル番号をリスト表示し、異常となった入力点に関しては色替え表示を行なう。

カラーグラフィックディスプレイ装置表示画面の一例をFig.3.2-1 及びFig.3.2-2 に示す。

(b) リセット警報表示機能

運転員の要求により、過去にリセットされた警報もリセットされた時刻と共にリスト表示する。

(c) アラームシーケンス表示機能

警報間の因果関係を表わすアラームシーケンス図（Appendix B参照）を表示し、条件の成立している警報を色替え表示する。また、リセット可能な警報についても色替え表示を行なって、リセットが可能であることを明示する。

(2) 診断結果表示機能

(a) ファーストヒットアラーム表示機能

推論型診断により同定されたファーストヒットアラームをアラームシーケンス図上に色替えまたはリンクにより表示する。

(b) 診断条件表示機能

運転員の要求により、診断に使用した条件の一覧を診断結果とともに表示する。

(3) ガイド表示機能

本運転ガイドシステムは、プラントの異常状態において、まず第一に対処すべき警報に対応する異常時処置マニュアルを運転ガイドとして自動的に画

像情報ファイルCRTに表示するとともに、順次対処すべき警報をカラーグラフィックディスプレイ装置にリスト表示する。

ここで、最も重要な点は、複数個の警報が生じるような異常状態において、第一に対処すべき警報を状況に応じて適切に選択することである。このため、個々の警報を以下の優先順位に従ってレベル分けし、さらに同一レベルに属する警報においてはプラントに与える影響を考慮して順位づけを行なうものとする。

- 優先順位1：安全保護系及び崩壊熱除去運転の作動要求に係わるプラントインタロックの作動状態診断機能により検知された異常（不作動）
- 優先順位2：安全保護系、工学的安全施設の作動信号
- 優先順位3：崩壊熱除去運転に係わらない一般的なプラントインタロックの作動状態診断機能により検知された異常
- 優先順位4：センサーレベル、機器レベルの異常
- 優先順位5：上記以外の警報

カラーグラフィックディスプレイ装置表示画面の一例をFig.3.2-3に示す。本表示画面においては、参照ガイドの他に重要警報も一括して表示した。

3.2.2 オペレーション機能

運転ガイドシステムの情報表示機能を有効に活用するためには、マンマシン性にすぐれたオペレーション機能を設定する必要がある。本運転ガイドシステムのオペレーションは、カラーグラフィックディスプレイ装置に付属のキーボードを介して行なわれるものとする。

(1) 通常時オペレーション機能

通常運転時に要求されるオペレーション機能は、導出変数算出に使用する定数の変更操作、及び診断対象として除外可能な異常入力点の走査除外の指定操作である。その他として、当然のことながら、任意の表示画面をカラー

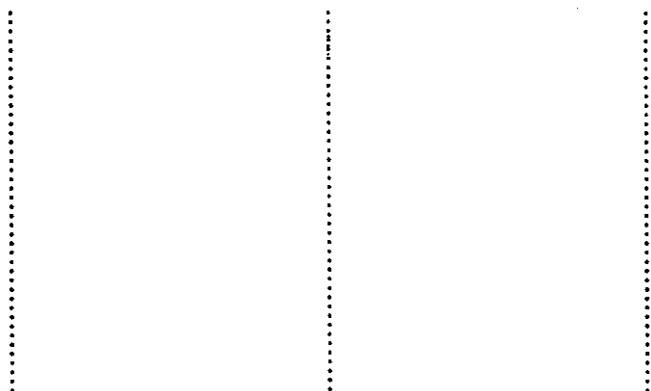
グラフィックディスプレイ装置及び画像情報ファイル装置CRTに出力指定する機能が必要とされる。

(2) 異常時オペレーション機能

プラントの異常時においては、画像情報ファイル装置CRTに表示される異常時処置マニュアルの更新機能、及びカラーグラフィックディスプレイ装置の表示画面の切替機能が要求される。また、アラームシーケンス表示画面においては、リセット可能な警報の消去機能が必要とされる。入力点一覧表示及び運転ガイド表示においては、ページ制御のための入力機能が必要とされる。

入力点一覧(デジタル)

タグ番号	状態	タグ番号	状態	タグ番号	状態
XXXXX	ON	XXXXX	OFF	XXXXX	OFF
XXXXX	OFF	XXXXX	ON	XXXXX	OFF

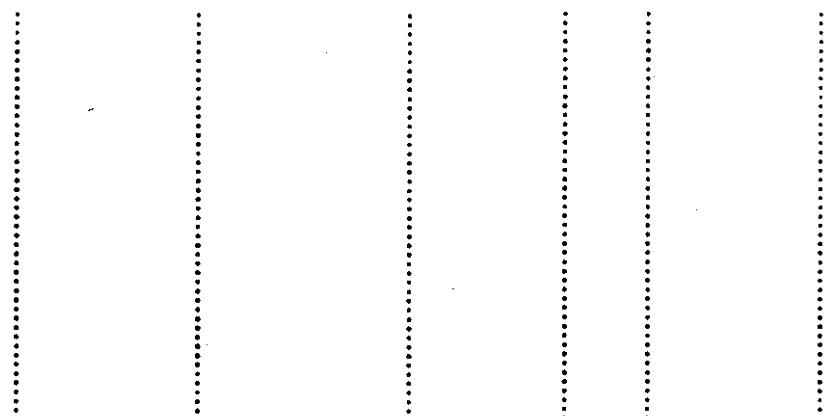


- ON / OFF に応じて色替えを行ない
認識性を高める。

Fig. 3.2 - 1 Digital Input and Status List

入力点一覧(アナログ)

タグ番号	入力点名称	現 在 値	警報設定値	関連マニュアル
XXXXXX	KKKKKK	XXXXX	XXXX, XXXX	XXXXXX
XXXXXX	KKKKKK	XXXXX	XXXX, XXXX	XXXXXX



- 異常入力点は色替えを行なう

Fig. 3.2-2 Analog Input and Status List

重要アラーム／ガイド

原 子 炉
ス ク ラ ム

炉 容 器
Na 液 面

一 次 冷 却 系
流 量 低

炉 容 器
出 口 温 度 高

外 電 費 失

D/G
起 動 失 敗

補 助 冷 却 系
流 量 低

炉 容 器
入 口 湿 度 高

格 納 容 器
圧 力 高

放 射 線
モ ニ タ

Na 漏 兎 い

地 震
加 速 度 大

- 参照ガイド 1. # 424 - 3A ()
2. # 205 - 1B ()
3. # 424 - 5A ()
4. # 424 - 5C ()
5. # 424 - 5D ()

- 表示窓(固定)の内容は検討を要する。
- 参照ガイドは ANN (())内に表示) の優先順位にて
従って表示し、5行以上にわたる場合には貢制
御を行なう。

Fig. 3.2 - 3 An Example of Alarm / Guide Display

3.3 システム機能全体構成

本運転ガイドシステムのソフトウェア機能の全体構成をFig.3.3-1に示す。

伝送処理部では、プラントにおいて監視すべきアナログ信号、デジタル信号を監視対象データとして収集するとともに、トレンド表示すべき重要パラメータをカラーグラフィックディスプレイ装置表示データとして登録する。

監視部では、収集データの種別、基準となる正常状態等をおさめた変数属性データに基づき、監視対象データの異常判定を行なうとともに、その異常発生をイベントとし、プラント状態の診断を開始する。また、警報発生状態に応じた新アラーム・パターンを作成し、1サイクル前に作成された旧アラーム・パターンと比較することにより、簡易診断及び推論型診断プログラムの起動条件を判定する。つまり、アラーム・パターンが変化した時にのみ診断プログラムを起動させるようとする。ただし、推論型診断プログラムはシーケンス・モニタリングをも行なっているため、次アラーム・ファイルに「次に発生する警報」が登録されている場合にも、起動させるものとする。さらに、新・旧アラーム・パターンの比較を行ない、その結果をアラーム・シーケンス図に反映し、異常の波及経路をカラーグラフィックディスプレイ装置に表示するとともに、実機制御盤においてリセット可能な状態になった警報の判定を行なう。

簡易診断部では、経験データベースを活用し、センサーレベル、機器レベルでの異常原因推定を行なう。

推論型診断部では、監視部で作成された警報発生状態を示す警報テーブルを基に、知識データベースを活用しアラームレベルでの異常原因推定及びシーケンスマニタリングを行なう。

ガイド選択部では、簡易診断部または推論型診断部で行なわれた診断結果及び、安全保護系に関する警報の発生状況に基づき、画像情報ファイル装置に出力すべき異常時処置マニュアルを選択する。

表示部では、選択された異常時処置マニュアル及び運転員の要求に応じた運転手順書、リレーシーケンス図等の情報の画像情報ファイル装置への出力を指令とともに、運転員の要求に応じ、アラームシーケンス図、重要パラメータトレンドグラフ等の情報をカラーグラフィックディスプレイ装置へ表示する処理を行なう。

対話処理部では、キーボードより入力されるカラーグラフィックディスプレイ装置画面変更指令及びマニュアル等の画像情報ファイル装置への出力指令を読み込み、表示部へその内容を出力する。また、変数属性データにおける異常判定設定値等のデータ変更のための処理を行なう。

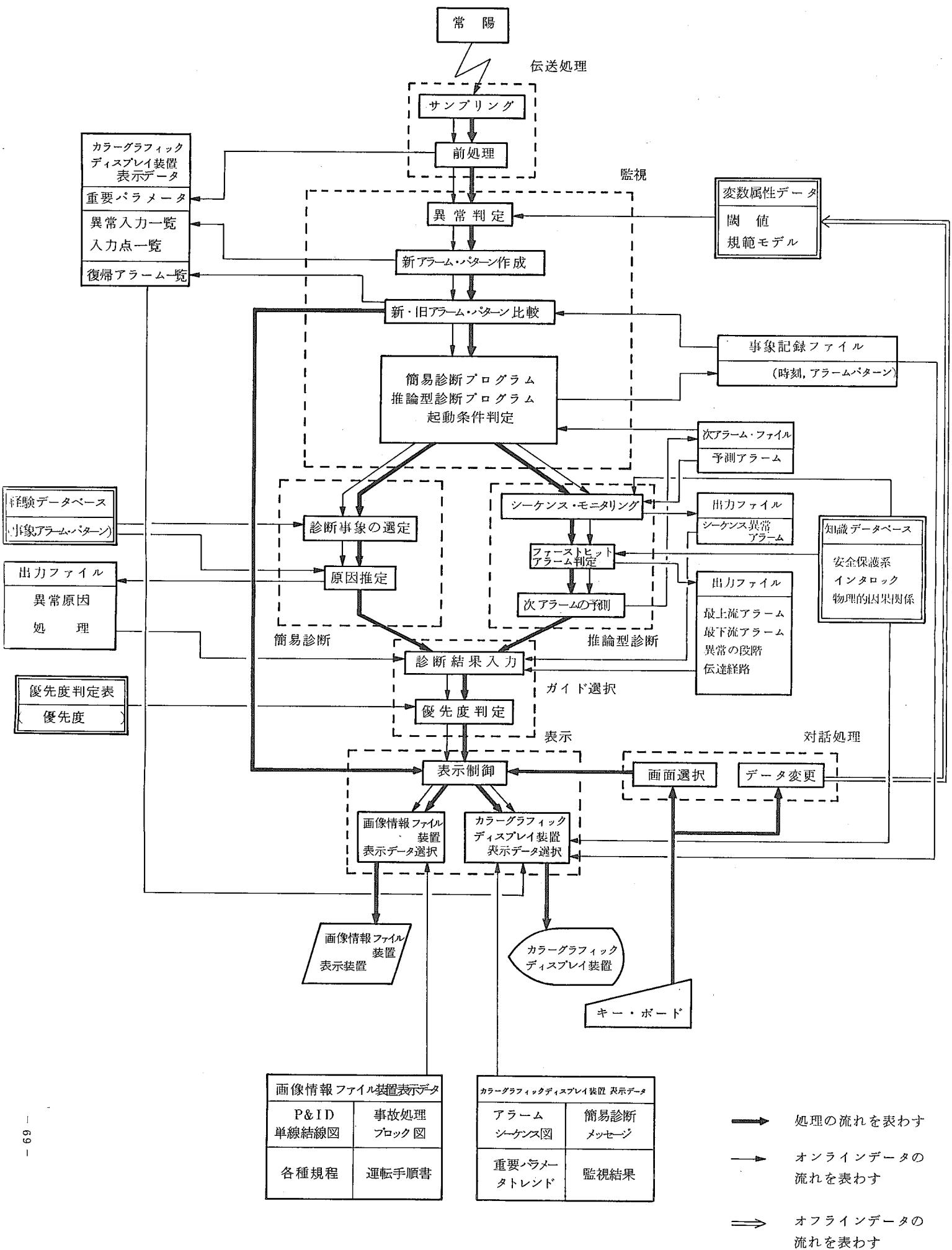


Fig. 3.3-1 Functional Configuration of Operation Guide System

4. ハードウェアシステムの検討

本章では、運転ガイドシステムの各種機能を実現するためのハードウェアシステムにつき、次の4項目に關し、検討を行なった。

- 計算機システム
- シミュレータとのインターフェース
- 実機適用時のインターフェース
- ハードウェアシステム全体構成

4.1 計算機システム

4.1.1 計算機システムへの要求事項

計算機システムのハードウェアの検討に伴い、運転ガイドシステムとしての機能面からの要求事項を満足するハードウェアの選定を行なった。

(1) 監視機能

JOYDASよりの伝送データ及び他計装系よりのプロセス入力を、常時スキャン（データ収集）し、そのサンプリングデータの監視を行なう機能である。

(a) プラント運転状態の把握と、異常が発生した場合の、早期異常箇所の発見及び、応答の早い系に関して、その変化率判定、閾値による判定を行なうため、サンプリング周期が早いことが要求される。

(b) 異常発生時の適時、適切な運転ガイドと警報出力を行なうために、高速スキャン+イベントオリエン特処理が要求される。

(2) 診断機能

簡易診断、推論型診断による異常データの診断と出力メッセージ要求を行なう機能である。

(a) 異常発生時の早期診断と早期ガイド出力要求処理が必要とされる。

(b) 診断機能に必要な、知識データベース等、大容量のデータ記憶エリアの確保が必要とされる。

(3) ガイド機能と表示機能

通常時のプラントサマリ等のデータの更新表示と異常時の重要パラメータ表示及び集約アラーム、運転ガイダンスの表示出力を行なう機能である。

(a) 通常時は、オペレータ要求により、要求された画面表示を行なう。

((4) 対話処理機能参照)

- (b) 異常検知時には適時、アラーム画面及びガイダンスの出力が必要とされる。
- (c) 異常状態に応じた運転操作マニュアルを画像情報ファイル装置(TOSFILE 3200)に出力する。

(4) 対話処理機能

運転員の要求時に、表示データの更新・制御を行なう機能である。

- (a) 要求時に異和感のない対話処理が必要とされる。

4.1.2 計算機システム構成

上記要求事項を満足し、かつコンパクトなシステム構成とするため、計算機システムを以下のような構成とする。

- 中央処理装置（主メモリ 4 MB） 1 式
- 補助記憶装置
 - 磁気ディスク装置（92MB） 1 式
 - フロッピーディスク装置（1C2D） 1 式
- カラーグラフィックディスプレイ装置 2 式
(ハードコピー 1 式付)
- 保守コンソール（ハードコピー付） 1 式
- プロセス入出力装置 1 式
- TOSFILE用インターフェース 1 式
- プロセス計算機用インターフェース 1 式

4.1.3 ハードウェア詳細仕様

以下に、各計算機システムハードウェアの詳細仕様を述べる。

(1) 中央処理装置

中央処理装置は、大容量の主記憶装置および32ビットアーキテクチャによる高性能演算制御装置(TOSBACデータシステム 600/40)を

主構成要素とする。詳細仕様をTable 4.1-1に示す。

(2) 補助記憶装置

磁気ディスク装置及びフロッピーディスク装置の詳細仕様を、
Table 4.1-2, 4.1-3に示す。

(3) カラーグラフィックディスプレイ装置

カラーグラフィックディスプレイ装置及びカラーグラフィックディ
スプレイ用ハードコピー装置の詳細仕様を、Table 4.1-4, 4.1-5に示
す。

(4) 保守コンソール

保守コンソール用漢字グラフィックディスプレイ装置及びハードコ
ピー装置の詳細仕様を、Table 4.1-6, 4.1-7に示す。

(5) プロセス入出力装置

デジタル入出力ボード及びアナログ入力ボードの詳細仕様を、
Table 4.1-8, 4.1-9に示す。

Table 4.1-1 Specification of Central Processor Unit (CPU) (1/2)

主記憶装置	論理アドレス空間	16Mバイト
	アドレス変換	リロケーション
	主記憶保護	書き込み保護、区画方式(4区画)
	実装最大容量	4Mバイト
主記憶	最小増設単位	1Mバイト
	サイクルタイム	0.6μ秒/4バイト
	エラーチェック	ECC
	演算方式	2進並列、2の補数表示
演算制御	制御方式	マイクロプログラム制御方式
	命令令数	基本 207
	レジスタ	ジェネラル 16個、32ビット(アキュムレータまたは7個はインデックスとして使用可) ベース 7個、32ビット 浮動小数点 8個、32ビット スタック制御 4個、24ビット 主記憶保護 8個、24ビット リロケーション 3個、16ビット
	データ形式	論理 1, 8, 16, 32ビット 固定小数点 16, 32ビット 浮動小数点 32, 64ビット
	命令形式	RR, SF 形 16ビット RX, RI, SP 形 32ビット SS形 64ビット
	アドレス形式	直接 ベース修飾 インデックス修飾-間接 相対修飾

Table 4.1-1 Specification of Central Processor Unit (CPU) (2/2)

演 算 制 御	演 算 速 度 (μ 秒)			RR	RX
		固定小数点 (32ビット)	加減算 乗 算	0.30 4.20	1.08 ~ 1.32 5.04 ~ 5.28
		浮動小数点	加減算 乗 算	0.60 ~ 1.44 3.84 ~ 4.08	1.44 ~ 2.52 4.68 ~ 5.16
諸 機	浮 動 小 数 点 演 算 機 構	単精度(32ビット) - 標 準			
		倍精度(64ビット) - 標 準(高速化オプション有)			
能	漢 数 演 算 機 構	標 準(高速化オプション有)			
能	事 務 处 理 演 算 機 構	標 準(高速化オプション有)			
能	イニシャルプログラムローダ (IPL)	標 準			
割 込 み	タ イ マ	50 ミ秒 - 標 準			
内 部 割 込 み	内 部 割 込 み	10レベル(92サブレベル) ・スーパーバイザコール ・プログラムチェック ・ハードウェアチェック ・演算エラー ・ブレーク/トレース ・タイマ ・電源復帰			
		外 部 割 込 み			
入 出 力	DMAバス (Hバス)	接 続 台 数	6レベル(4080サブレベル) 15(チャネル) × 255(機器/チャネル) (注)		
		転 送 速 度	Hバス 5.5Mバイト/秒		
	入出力バス (Lバス)	接 続 台 数	255 (注)		
		転 送 速 度	基本Lバス 80Kバイト/秒(入出力命令) 40Kバイト/秒(チャネルI/O) マルチブレクサバス 1Mバイト/秒(ロック転送) 150Kバイト/秒(バイト/多重転送)		

(注) 実際の機器接続に際しては実装上の制約がある。

Table 4.1- 2 Specification of Fixed Disk (MKZ7606A)

項 目		仕 様
ユ ニ ツ ト	記憶容量	92.7Mバイト
	記録密度	9000 BPI
	トラック数	5761トラック
	シリンドル数	823シリンドラー
ツ	回転数	3600 RPM
	転送速度	1.2Mバイト／秒
	平均アクセス時間	38.3 ミ秒
	シーク時間	平均 30 ミ秒 (1トラック間 7 ミ秒, 最大55 ミ秒)
制 御 部	接続ユニット数	2ユニット／制御部
	記録方式	2-7RLLCコード
	転送方式	256バイトブロック転送
	接続先	DMAバス

Table 4.1- 3 Specification of Floppy Disk (MKZ8403A/B)

項 目		仕 様
1	記憶容量	256/1024Kバイト(片面単密度/両面倍密度)
	記録密度	3268/6816 BPI
2	トラック数	73/148トラック
	回転数	360 RPM
3	転送速度	31.3/62.5Kバイト/秒
	平均アクセス時間	209 ミ秒
4	シーク時間	平均76 ミ秒/(1トラック間3 ミ秒, 最大トラック間 228 ミ秒)
	接続ユニット数	2ユニット/制御部
5	記録方式	MFM方式
	接続先	DMAバス

Table 4.1- 4 Specification of Color Display (DUZ7604A/DUZ7605A)

項 目	仕 様
表 示 部	カラー20インチ(ラスタスキャン方式)
表 示 色	4096色(16色を選択表示)
有 効 表 示 面 積	275mm×275 mm
可 視 領 域	4096×4096
表 示 文 字 数	73文字×46行 132文字×85行
表 示 文 字 種 類	J I S 158種ストローク／ドット J I S第1水準漢字(2,965文字)
座 標 変 換 機 能	1) 縮少，拡大，回転，移動 2) マルチビューポート
セグメントバッファ	128KB(DUZ7604A) , 1MB(DUZ7605A)
インタラクティブ 機 能	1) ラバーバンド 4) ズーミング 2) インキング 5) パンニング 3) ピッキング 6) グリッティング
キ ー ボ ー ド	J I Sコード
通 信 方 式	調歩同期式 全二重
通 信 速 度	300～19200ビット／秒(DUZ7604A) 500Kビット／秒(DUZ7605A)
機 能	1) 関数発生 2) 任意閉図形内の塗りつぶし 3) 重ね合わせ表示(オプション)
オ プ シ ョ ン 入 出 力 装 置	タブレット装置，ハードコピー装置

Table 4.1- 5 Specification of Hard Copy for Color Display
(HC-LB PPZ7603A)

項 目	仕 様
プリント方式	半導体レーザを使用した乾式電子写真方式
プリント時間	約25秒／枚
紙 サ イ ズ	A4カット紙
給 紙	カセット方式、約 100枚まで収容可
解 像 度	300 ドット／インチ
印 字 サ イ ズ	表示解像度 1024×1024のとき 173mm× 173mm 表示解像度 1024× 768のとき 173mm× 130mm
ウェイトタイム	約2分(室温20℃のとき)
マルチポート	4方向(標準)
インターフェース	ロングラインインターフェース 50m ショートラインインターフェース 5m

Table 4.1- 6 Specification of Character Display (RTZ0008B)

項 目	仕 様
表 示 部	15インチ纒型 モノクローム(緑色)
表 示 文 字 数	3200字(英・数・カナ文字80字×40行) 1600字(漢字40字×40行)
表 示 文 字 種	188種(英・数・カナ文字, 特殊記号) 第1水準(漢字)
表 示 文 字 構 成	13×7ドット(英・数・カナ文字) 16×15ドット(漢字)
解 像 度	800(縦)×640(横)ドット
セミグラフィック	128種登録可
フルグラフィック	テクトロニクス社4010シリーズ エミュレータ内蔵
キ ー ボ ー ド	J I S配列準拠, テンキー, ファンクションキー, 漢字用キー
オプション入出力装置	漢字シリアルプリンタ(ハードコピー用)

Table 4.1-7 Specification of Hard Copy for Character Display

項目	仕 様
ドット数	有効ドット数 1280ドット／行
文字数	40字／行(全角), 80字／行(半角)
文字フォント	22×24ドット(全角), 13×24ドット(半角)
ドットピッチ	縦, 横とも 0.141mm
印字速度	35字／秒(全角), 70字／秒(半角)
印字方式	ワイヤドットマトリックス方式 インパクトプリンタ
複写枚数	3枚(オリジナル含)
インクリボン	カートリッジ式

Table 4.1-8 Specification of Digital Input/Output Board

大項目	ボード名	点数/PCB	仕様		
デジタル入力	デジタル入力ボード	(接点)	64	+15V入力 時定数約10m秒 オプション5m秒, 20m秒, 40m秒	
		(接点)	64	+48V入力 時定数約10m秒 オプション5m秒, 20m秒, 40m秒	
		(電圧)	64	入力 時定数約10μ秒	
	状変検出デジタル入力ボード	(接点)	64	+15V入力 時定数約10m秒 オプション5m秒, 20m秒, 40m秒	
		(接点)	64	+48V入力 時定数10m秒 オプション5m秒, 20m秒, 40m秒	
		(電圧)	64	入力 時定数約15μ秒	
デジタル出力	デジタル出力ボード	(オープンコレクタ)	32	トランジスタオープンコレクタ出力30V 100mA	
リレー出力	リレー入力ボード	(ラッチ)	32	a接点 1A 100VDC 100VA	
		(モーメンタリ)	32	a接点 1A 100VDC 100VA	
		(モーメンタリ)	32	b接点 1A 100VDC 100VA	
パルス入力	パルス入力ボード	(接点)	4	+15V時定数約 10m秒	10ビット長
		(接点)	4	+48V時定数約 10m秒	
		(電圧)	4	時定数約 10μ秒	
		(接点)	4	+48V時定数約 10m秒	24ビット長
		(接点)	4	+15V 10m秒	
		(電圧)	4	10μ秒	
		(低レベル電圧)	4	100μ秒	
割込み入力	割込み入力ボード	(接点)	16	10m秒	
		(接点)	16	10m秒	
		(電圧)	16	10μ秒	

Table 4.1- 9 Specification of High Speed Analog Input Board

(Isolation type)

項目	仕様
入力点数	128点／コントローラ
入力速度	約100μ秒／点
ビット数	サイン+11ビット
ゲイン (プログラマブル)	×62.5, ×125, ×250, ×500, ×1000
入力信号	電圧, 電流, 熱電対, RTD
総合精度	±0.3% (ゲイン×1000)
コモンモード	120 db (0~60Hz)
電圧除去比	(アンバランス抵抗100Ω)
コモンモード電圧	350VDC, 350VAC _{p-p}
増設単位	8点

4.2 シミュレータとのインタフェース

運転ガイドシステムの機能検証試験時に、既設「常陽シミュレータシステム」より、プロセス値を入力し、機能確保を行なう場合の運転ガイドシステムと既設シミュレータシステムとのインターフェースにつき特に以下の項目を検討した。

- ① 既設シミュレータシステムのハードウェア、ソフトウェア共に改造分を最小限におさえる。
- ② 実機プラントへの適用を考慮したソフトウェア構成とする。

次に、既設シミュレータシステムとインターフェースをとる場合のハードウェア構成及び既設シミュレータの改造項目、ソフトウェア変更・改造項目についてまとめた。

(1) ハードウェア改造項目及びハードウェア構成

既設シミュレータとインターフェースをとる場合のハードウェア改造項目は、次に示す通りである。

- | | |
|-------------------|------|
| ① I Cバルクアクセス用ケーブル | 1式追加 |
| ② 運転ガイドシステム用アダプタ | 1式追加 |
| ③ CPU-アダプタ間ケーブル | 1式追加 |

シミュレータとのインターフェースをとる場合のシステム構成を、Fig 4.2-1 に示す。

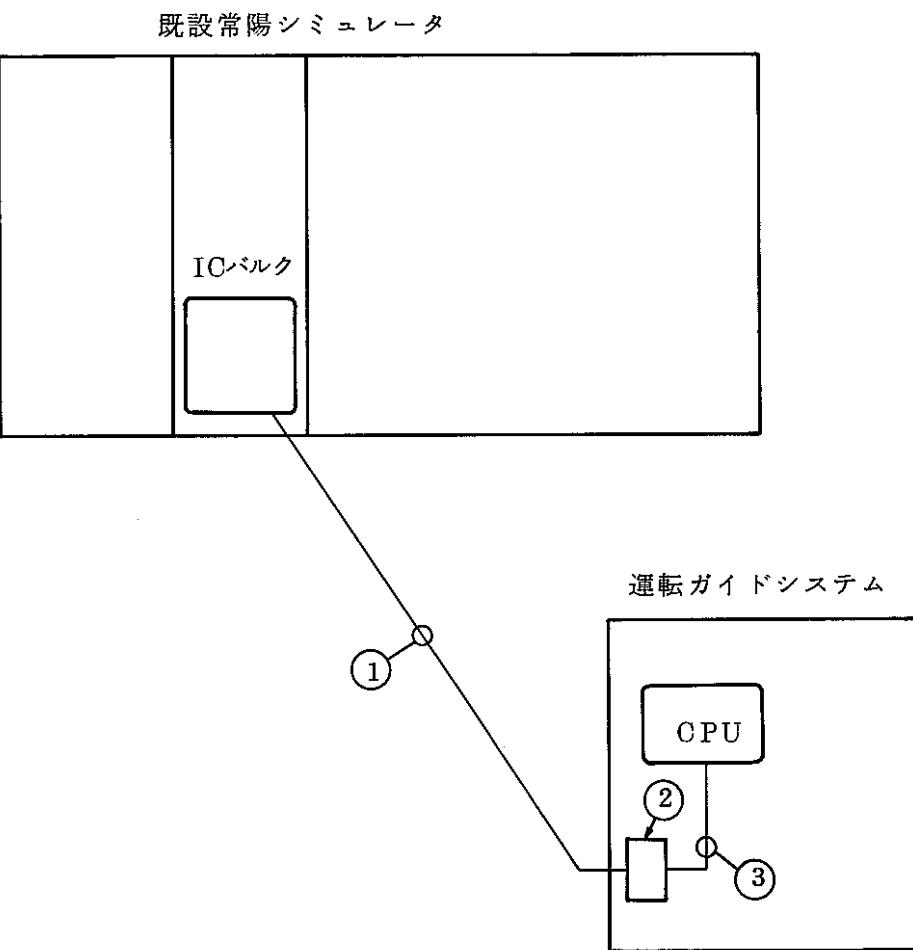
(2) ソフトウェア変更、改造分

既設常陽シミュレータシステム側

- ① 運転ガイドシステム用データを I Cバルクへ転送する処理追加
- ② シミュレータ RUN/FREEZE、TIME等のデータ伝送処理追加（運転ガイドシステムとの同期処理）

運転ガイドシステム側

- ① シミュレータ I C バルクよりのデータ伝送処理追加
- ② シミュレータとの同期処理追加
- ③ I C バルクデータを運転ガイドシステムデータベースへの変換処理
追加
- ④ ③の変換処理用、変換ケーブルの作成



- ① IC バルクアクセス用ケーブル
- ② 運転ガイドシステム用アダプタ
- ③ CPU-アダプタ間ケーブル

Fig. 4.2 — 1 Hardware Configuration of Interface

4.3 実機適用時のインターフェース

運転ガイドシステムを実機適用する場合のインターフェースについて、その方法と問題点の有無につき検討を行なった。

実機適用時に、シミュレータによる検証時のシステムと異なる点は、シミュレータシステムよりのプロセス値の入力がJOYDASあるいは、実機計装系より入力される点である。

以下に上記2種類のケースにつき、検討した結果をまとめる。

4.3.1 JOYDASとのインターフェース

JOYDASからのプロセス値の出力機器は、HIDIC-80E（以下H-80Eという）が使用され、H-80Eと運転ガイドシステムとのインターフェースは、実績を踏まえ、モデムによるデータ伝送により可能である。

H-80Eと運転ガイドシステムとの伝送システム構成を、Fig. 4.3-1に示す。

(1) 伝送制御方式の検討

(a) 回線の種類

専用回線、分岐回線、交換回線があるが、H-80Eと運転ガイドシステム間の情報のトラフィック量が非常に多く、2システム間のみの伝送であるため、専用回線を使用し、H-80Eより運転ガイドシステムへの伝送方向が主であることから、半二重伝送（HDX）方式を採用する。

(b) 伝送速度

伝送データによるプロセス量の異常の早期発見が重要となるため、伝送速度としては、できるだけ速いことが要求される。

H-80Eより、運転ガイドシステムへのアナログ、ディジタル信号の点数をそれぞれ、約100点とし伝送速度の試算を行なう。

伝送フォーマットにより1点につき使用するデータ量が異なるが、データ量を最小限とした構成とする。（伝送フォーマットは（d）参照）

アナログ信号 フローティング値 32 bit/1点

デジタル信号 ビット値 1 bit/1点

上記のとおりとし、P I D etc. の Point 名は送信せず、あらかじめ送信順序を定めておくものとする。

アナログ信号 32 bit × 100点 = 3200 bit

デジタル信号 1 bit × 100点 = 100 bit
計3300 bit

さらに、伝送手順にもあうように、手順種別はB S Cとして、送信起動応答等も考慮すると、伝送速度としては、4800～9600 bps が必要である（1秒のサンプリング周期確保のため）。

アナログ信号は、1秒でなく3～5秒周期でよいと考えられるが、デジタル信号は1秒以内の周期を確保することが必要である。

(c) 接続方式

- 同期方式としては、データの信頼性が望まれるため、独立同期式を採用する。
- 起動方式は(a), (b) 及び同期方式を踏まえ、また伝送効率等を考慮し、コンテンツ方式、4W式（4wires）を採用する。

(d) 伝送フォーマット

伝送制御符号とテキストフォーマットは、種々の方式が考えられるが、運転ガイドシステムの機能からの要求より、テキスト（データ）は最小の構成にし伝送速度を増すことが必要である。

伝送制御のコードは、基本的にJIS-7、ISO、EBCDICなど同じであるため、データのフォーマットを最小にする検討を行なう必要がある。

アナログ信号を、JIS-7、EBCDICコードを用いてテキストを作成すると、テキストデータ量が大きくなる。

たとえば、1234.56 という値を上記コードを用いると、

$$1 \text{ byte}/1\text{キャラクタ} \times 7 = 7 \text{ byte} (=56 \text{ bit})$$

必要となる。

ところが、バイナリによる浮動小数点の形式では、下記のように 32 bitにより、すべての浮動小数点を表わすことができる。

0	1	7	8	11	12	15	16	19	20	23	24	27	28	31
S	X	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆							

S : 仮数部の符号

X : 指数部

F_i : 仮数部

$$\begin{aligned} \text{浮動小数点} = & \pm (F_1 \times 16^{-1} + F_2 \times 16^{-2} + \dots + F_6 \times 16^{-6}) \\ & \times 16^{(X-64)} \end{aligned}$$

これにより、浮動小数点の精度が非常に高まる。

正規化された浮動小数点 (Ms) の表わせる範囲は、次のようになる。

$$16^{-65} \leq |Ms| \leq (1 - 16^{-6}) \times 16^{63}$$

このようなデータの形式により、テキストのサイズを小さくし、伝送速度をあげることが可能となる。

伝送フォーマットについては、H-80E 側のデータ変換処理もあり、計算機負荷も考慮し、詳細検討する必要がある。

(e) 送信・受信手順

回線接続、異常時のタイマ時間、リトライ回数など、今後さらに詳細検討をする必要がある。

(2) 伝送システムの接続形態

伝送制御としては、同期方式、接続方式の違いにより、各種制御方式がとられるが、(a) 伝送制御方式の検討結果をもとに、すでに実績あるシステムとして、H-80E 側伝送制御装置としてH-7423C 形通信制御装置(CLC- μH)を使用することでTable 4.3-1 に示す伝送制御手順によって、データ伝送が可能である。

(3) 運転ガイドシステム (DS 600/40) にてサポートする伝送管理 (MCAM)

MCAM (Multi Purpose Communication Access
Method)

(a) 主要機能

MCAMは、各種伝送制御手順をサポートし、業務プログラムの適用形態を柔軟にする。また、通信環境に依存することなく、一般的な入出力装置と同様、データメッセージの送受信が可能である。

(i) 通信回線制御及び手順制御

TMX-2000と称する伝送制御手順を制御する。

(ii) メッセージの送受信

資源に対する入出力において、普通1回の入力／出力要求でデータのやりとりを1回実行する。しかし、1回の出力要求で大量のデータを指定したい時、逆に1回の入力要求で複数ブロックのデータ単位を入力したい時に有効なブロック化／デブロック化という機能を用意している。

ブロックは、1回の伝送で送信／受信可能なデータの最大長としてシステムジェネレーション時に定義しておく。

(iii) 通信回線、ステーションのエラー処理

MCAMにおける障害管理は、MCAM内部の障害と利用者プログラムとの間の障害が考えられる。その処理に際しては、システムに与える影響を極力少なくするように考慮している。

(b) 運用保守機能

MCAMは伝送システムを管理運用するための種々のサービス(RAS : Reliability Availability Serviceability)を提供する。

(i) 回線トレース機能

MCAMには、トレース機能が用意されている。この機能は、MCAMが入出力装置に対してアクセスする時、実際にやりとりされたデータをディスク上に蓄積しておく機能で、障害の保守に利用するものである。

(ii) 回線テスト機能

MCAMには、オペレータとの会話による回線テスト機能が用意されている。この機能は、障害の頻繁に発生する資源をテストするもので、手順とは無関係である。
主に次のことを行なう。

- 制御符号、テキストの入出力
- 入力したデータの比較、プリント出力

(iii) エラーロギング機能

MCAMには、エラーロギングという機能が用意されている。この機能は、ハードウェア障害に対してその情報をディスク上のエラーログファイルに蓄積しておくものである。

(4) 伝送システムのハードウェア

伝送システムのハードウェアとして、伝送制御装置及びモデムにつき、その詳細仕様を述べる。

(a) 伝送制御装置（運転ガイドシステム側）

運転ガイドシステム側の伝送制御装置として、MLA-S（Multi Line Adapter-Synchronous）を使用する。

Table 4.3-2 にMLA-S の詳細仕様を示す。

(b) モデム

運転ガイドシステム及びJOYDAS間のモデムとして、BM20を使用する。BM20の詳細仕様をTable 4.3-3 に示す。

(c) 伝送制御装置（JOYDAS側）

JOYDAS側伝送制御装置として、運転ガイドシステム側 MLA-S とインターフェースのとれるH-7423C 形通信制御装置 (CLC-μH)の使用が好ましい。

4.3.2 実機計装系とのインターフェース

運転ガイドシステムの監視入力としては、JOYDAS (H-80E) からのプロセス値の他に、実機計装系より入力するプロセス値がある。ここでは、アナログ入力及びディジタル入力について、その入力方式を検討する。

(1) 計装系よりのアナログ入力

運転ガイドシステムでは、プロセス入出力装置 (P I / O) を介し、計装系よりの電圧、電流信号等のアナログ入力が可能である。運転ガイドシステムへの入力点として、以下の点につき、詳細検討が必要である。

- ① 計装系のトランスマッター等の出力端子に予備があること。

- ② 計装系のトランスマッター等、出力機器に予備がない場合の、出力增幅手段及び設置箇所
- ③ 計装系出力を運転ガイドシステムに入力する際、実機プラントにまったく影響を与えないこと。
- ④ 計装系出力の種別（電圧レンジ、電流レンジ、T/C、RTD等）
- ⑤ 運転ガイドシステム側の万一の故障時に実機計装系へ影響を与えない防護策がとられていること。
③及び⑤の対策として、全入力に絶縁型の変換器を設け、運転ガイドシステムへの入力をすることが考えられるが、さらに今後、変換器機種選定等の詳細を検討する必要がある。

(2) 計装系よりのディジタル入力

運転ガイドシステムでは、アナログ入力と同様に、P I／Oを介し、入力が可能である。

また、アナログ入力と同様に、計装系の予備、計装系への防護策、入力種別等さらに今後詳細をつめる必要がある。

Table 4.3- 1 Data Transmission Control Method

同期方式	S Y N 同期式(独立同期式)*1
手順種別	B S C
伝送制御手順名	T M X - 2 0 0 0
伝送制御モジュール	同期式多回線送信アダプタ
伝送速度	1 2 0 0 b p s ~ 9 6 0 0 b p s
伝送方式	H D X (半二重伝送)*2
伝送回線	4 W (4線式)専用
接続方式	コンテンツ方式*3
传送符号	J I S - 7 E B D I C
	V R C / L R C C R C (o d d / e v e n)
誤り検出	V R C / C R C
応答方式	A C K 0 / 1 交互
伝送制御符号	I S O 10種 A C K 0 , A C K 1 W A C K , R V I , T T D
テキストフォーマット	任 意
備 考	• P r i m a r y 局
	• S e c o n d a r y 局
	• B S C 1 , 2 に準拠 (但し I T B はなし)
	• トランスペアレントモード
L バス接続	

(注)

V R C / L R C : 垂直水平パリティチェック方式*4

(Vertical Redundancy Check / Longitudinal Redundancy Check)

C R C : サイクリックチェック方式*5(Cyclic Redundancy Check)

A C K N A K : Acknowledge/Negative Acknowledgement

W A C K : Wait before transmit positive Acknowledgement

A C K 0 / 1 : Alternative affirmative Acknowledgement

R V I : Reverse Interrupt

T T D : Temporary Text Delay

B S C : Binany Synchronous Communication

I S O : International Organization for Standardization

J I S : Japanese Industrial Standards

E B C D I C : Extended Binary Coded-Decimal Interchange Code

H D X : Half Duplex

*1 独立同期式 (Synchronous 方式)

モデムか伝送制御装置のクロック信号によりビット同期をとり、一連のデータの前に同期キャラクタ (SYNコード) を2個以上付加してキャラクタ同期をとる。この他Fig.4.3-2 の様にLeading-PAD, Trailing-PADキャラクタを付加し送信、受信局の同期をとりやすくしているものもある。

*2 半二重伝送 (HDX)

情報は両方向とも可能であるが、同時には両方向は不可能で、一方に向に限定される。Fig.4.3-3 に半二重通信方式を示す。

*3 コンテンション方式 (Contention)

これは相互起動、呼出応答方式とも呼ばれ、両方の局がいつでもデータリンクの確立の起動をすることができる方式である。(Fig.4.3-4参照)

送信データの発生した局(送信局)が相手局に対して呼出しシーケンスを送信し、相手局より受信可能という肯定応答を受信したとき、データリンクが確立できることになる。

*4 垂直水平パリティチェック方式 (VRC/LRC方式)

垂直パリティとは1キャラクタをチェックするためのもので、水平パリティとはデータを構成する各ビットを水平方向に合計したモジュロ2の2進和である。

この方式は、一般的に調歩同期式の場合使用し、垂直水平パリティは偶数パリティを使用する。

ただし、独立同期式の場合にもJIS-7コード等の場合、垂直パリティを使用するが、この場合、垂直パリティは奇数パリティを使用する。

ここで偶数、奇数パリティとは、そのデータの“1”的ビットの総数がパリティビットを含め偶数、奇数になるようにしたものという。

*5 サイクリックチェック方式 (CRC方式)

この方式は、独立同期式伝送の場合に多く使用され、CRCとVRCの両方式を重ね、VRC/CRC方式が主に使用され、高品質データ伝送を確保する。

ここではこのCRC方式について説明する。

この方式は、簡単にいえば送るべき情報を生成多項式(Checking Polynomial)で割り、その余りを情報の後に付加して送信し、受信側ではその情報を生成多項式で割り、余りがなければこの情報は正しいことになる。

$$\begin{array}{ll} \text{CCITT では} & 1 + X^5 + X^{12} + X^{16} \quad (\text{ISOコードの場合}) \\ \text{CRC-16 では} & 1 + X^2 + X^{15} + X^{16} \quad (\text{EBCDICコードの場合}) \end{array}$$

の2方式を使用する。

Table 4.3- 2 Specification of Multi-line Adapter (MLA-S)

項 目	仕 様
同 期 方 式	S Y N キャラクタ同期方式
伝 送 速 度	1 200BPS 2 400BPS 4 800BPS 9 600BPS
通 信 方 式	全2重4線式 半2重4線式／2線式
通 信 回 線	特定回線／公衆回線
制 御 コ ー ド	J I Sコード J I S C 6 2 2 0 7ビット+パリティ E B C D I Cコード 8ビット
エラーチェック方式	V R C L R C / C R C
モデムインターフェース	C C I T T V. 2 4 準拠
回 線 数	2回線
通 信 モ ー ド	非テキスト・モード (注1) テキストモード (注2) トランスペアレントモード (注3)

(注1) 非テキストモード

転送ブロックに対し、C R C、L R Cのエラーチェックコードを有さない通信制御モードである。

(注2) テキストモード

転送ブロックに対し、C R C、L R Cのエラーチェックコードを有する通信制御モードである。

(注3) トランスペアレントモード

本来はテキストモードであるが、説明上分離して考える。

L Eコードを使用し、あらゆるビットパターンの転送を可能とする通信制御モードである。

Table 4.3- 3 Specification of Modem (BM20)

項 目	仕 様
適 用 回 線	4線式構内私設回線
デ 一 タ 速 度	同期式 1200, 2400, 4800, 9600, 19200bit/sec (切替え) 非同期式 9600bit/sec 以下任意 (切替えなし)
通 信 方 式	全二重／半二重
変 調 方 式	ベースバンド変調方式
適 用 ケ ー ブ ル	0.5, 0.65, 0.9mm 市内紙ケーブル 0.5, 0.65, 0.9mm CCP ケーブル
線 路 側 入 出 力	入力インピーダンス, 120Ω, 10kΩ以上 (切替え)
イ ン ピ ー ダ ン ス	出力インピーダンス, RS OFF時, 10kΩ以上
電 源 電 圧	AC(90 ~ 110)V, 50/60Hz

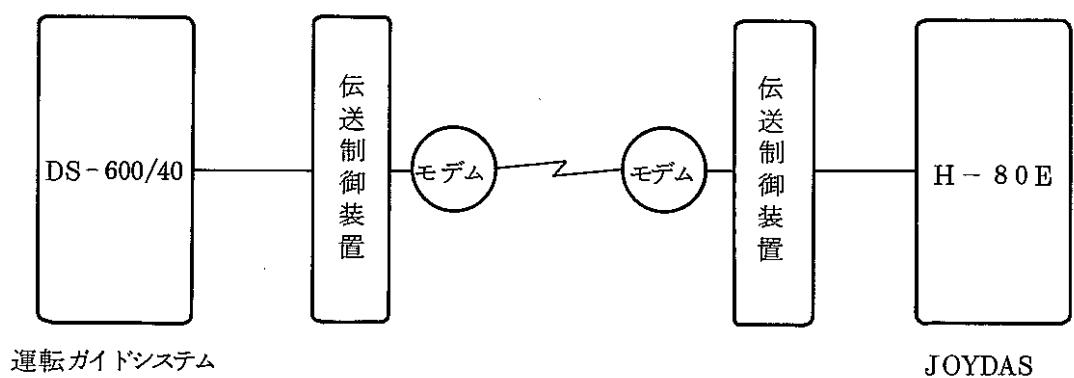


Fig. 4.3 - 1 Data Transmission System Configuration

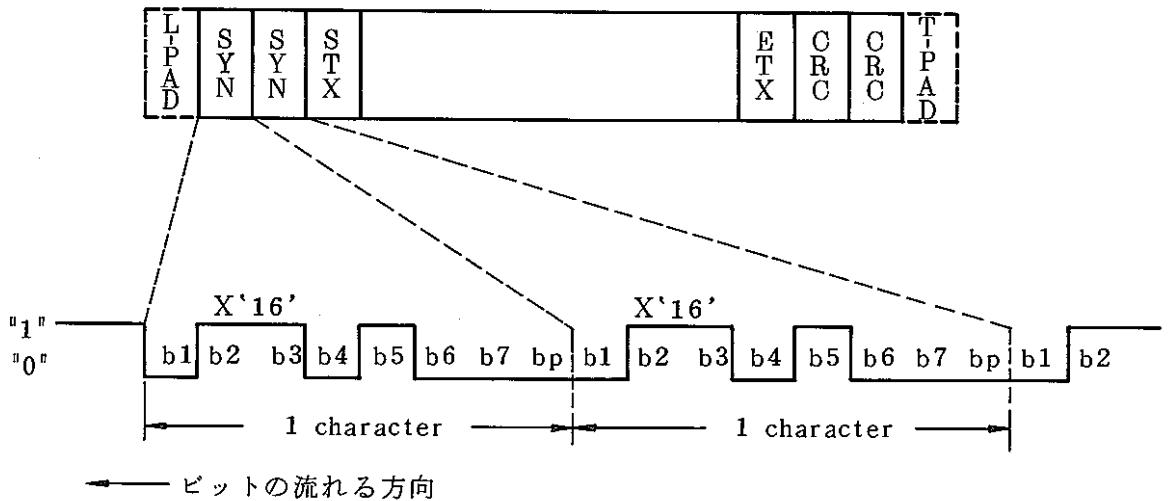


Fig. 4.3 - 2 Synchronous Method

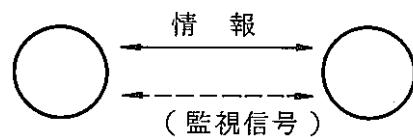


Fig. 4.3 - 3 Half Duplex Communication Method

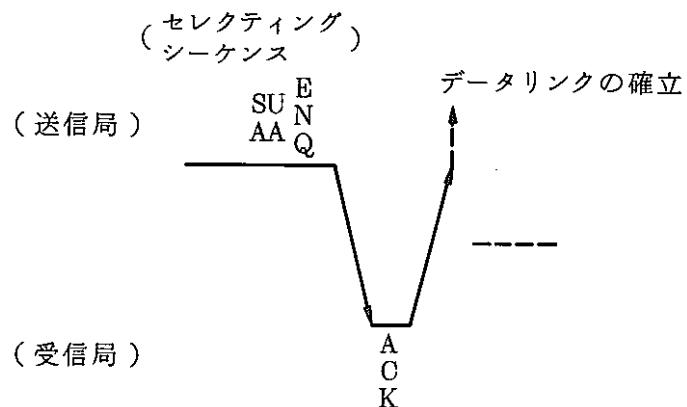


Fig. 4.3 - 4 Contention Method

4.4 ハードウェアシステム全体構成

4.1～4.3節における検討結果に基づき、運転ガイドシステムの全体構成をFig. 4.4-1に示す。

今後のソフトウェアの拡張を考慮して、中央演算処理装置は主メモリ4MBとし、補助メモリは磁気ディスク装置(92MB)とフロッピーディスク装置(1C2D)を採用した。また、カラーグラフィックディスプレイ装置2台とハードコピーを共用として1台設けた。

なお、運転ガイドシステムCPU(DS 600/40)と画像情報ファイル装置(TOSFILE 3200)とのインターフェースは、RS-232Cインターフェースにより、TOSFILE 3200が規定するプロトコルを守る事により接続される。

5. シミュレータによる検証方法の検討

本運転ガイドシステムの主目的は、異常の監視・診断にあり、シミュレータによる検証の目的も、その機能の性能を確認評価することにある。監視・診断機能としては、以下の3機能が挙げられる。

- ・ アラームレベルの異常原因同定機能
- ・ センサーレベル、機器レベルの異常原因同定機能
- ・ プラントインタロックの作動状態監視機能（シーケンスモニタリング）

上記のうち、アラームレベルの異常原因同定機能、センサーレベル、機器レベルの異常原因同定機能の確認は、以下の異常事象をシミュレータに発生させることにより行なうことができる。

- ・ マルファンクション（現場操作として登録されているものを除く）
- ・ 警報設定器、サーマルスイッチ、プロセス量の状態変更

特に、プロセス量の状態変更は、規範モデルとの比較による異常判定手法によるセンサーレベル・機器レベルの異常原因同定機能の確認にとって有効である。

- ・ 誤操作

シーケンスモニタリングは、プラントインタロックの進行状態を監視するものであるが、警報の発生状況により判定を行なうものであるため、警報に対する状態変更（不動作）を実施することにより可能となる。

シミュレータによる検証方法の一例として、2次主循環ポンプ軸封油圧低の警報設定器に状態変更を実施し、さらに、軸封油圧低低の警報設定器に状態変更を実施した場合に確認すべき機能をTable 5-1 に示す。また、参考として、知識データベースとしておさめられている2次主循環ポンプ油ユニット回りの異常伝播経路をFig.5-1 に示す。

なお、運転ガイドシステムの入力点のうち、シミュレータの模擬範囲外のものについても、その部分に關した監視・診断機能の確認のため、あらかじめ状態の推移を運転ガイドシステムにテーブル形式で記憶しておくものとする。

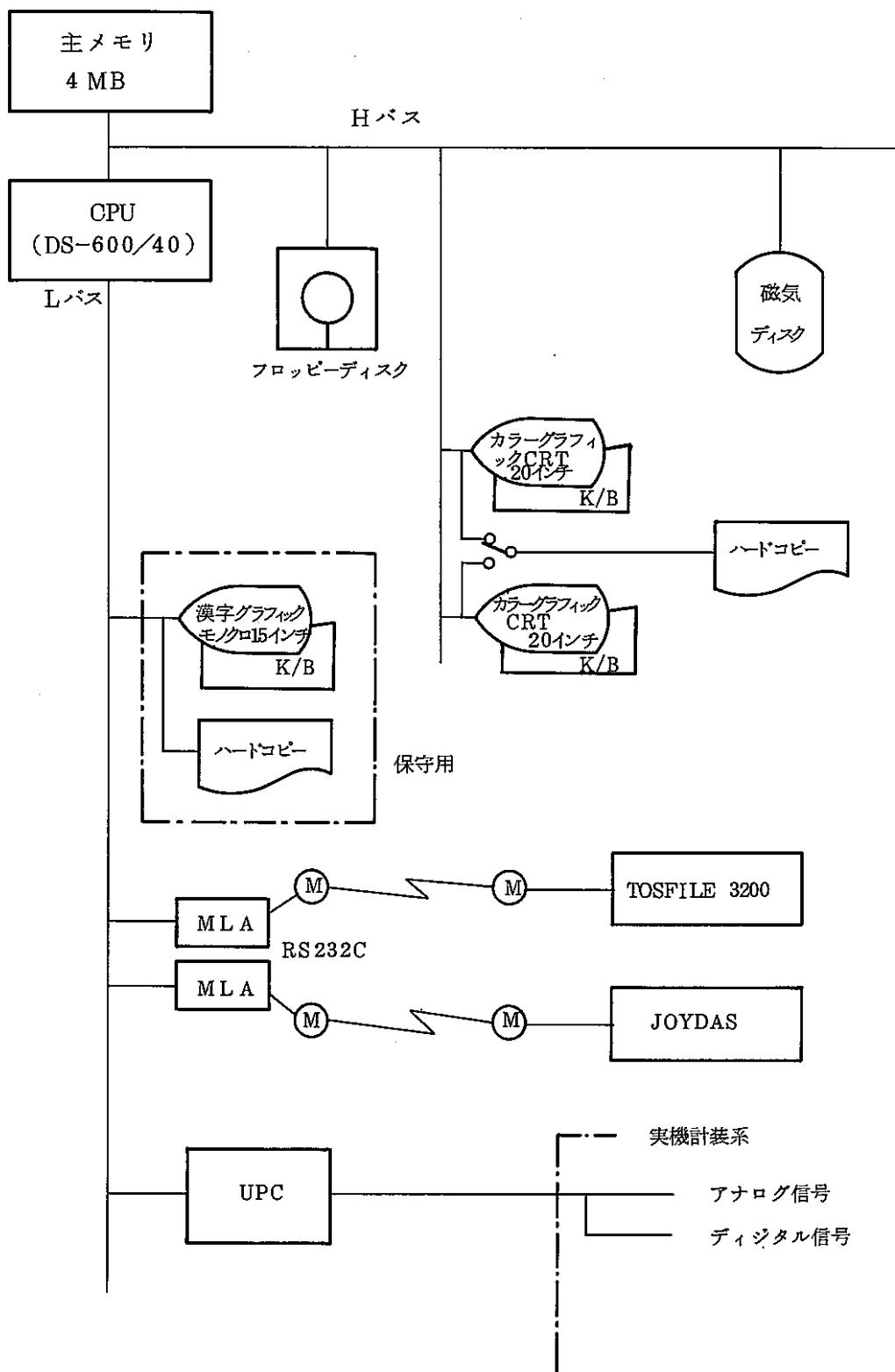
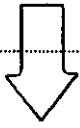
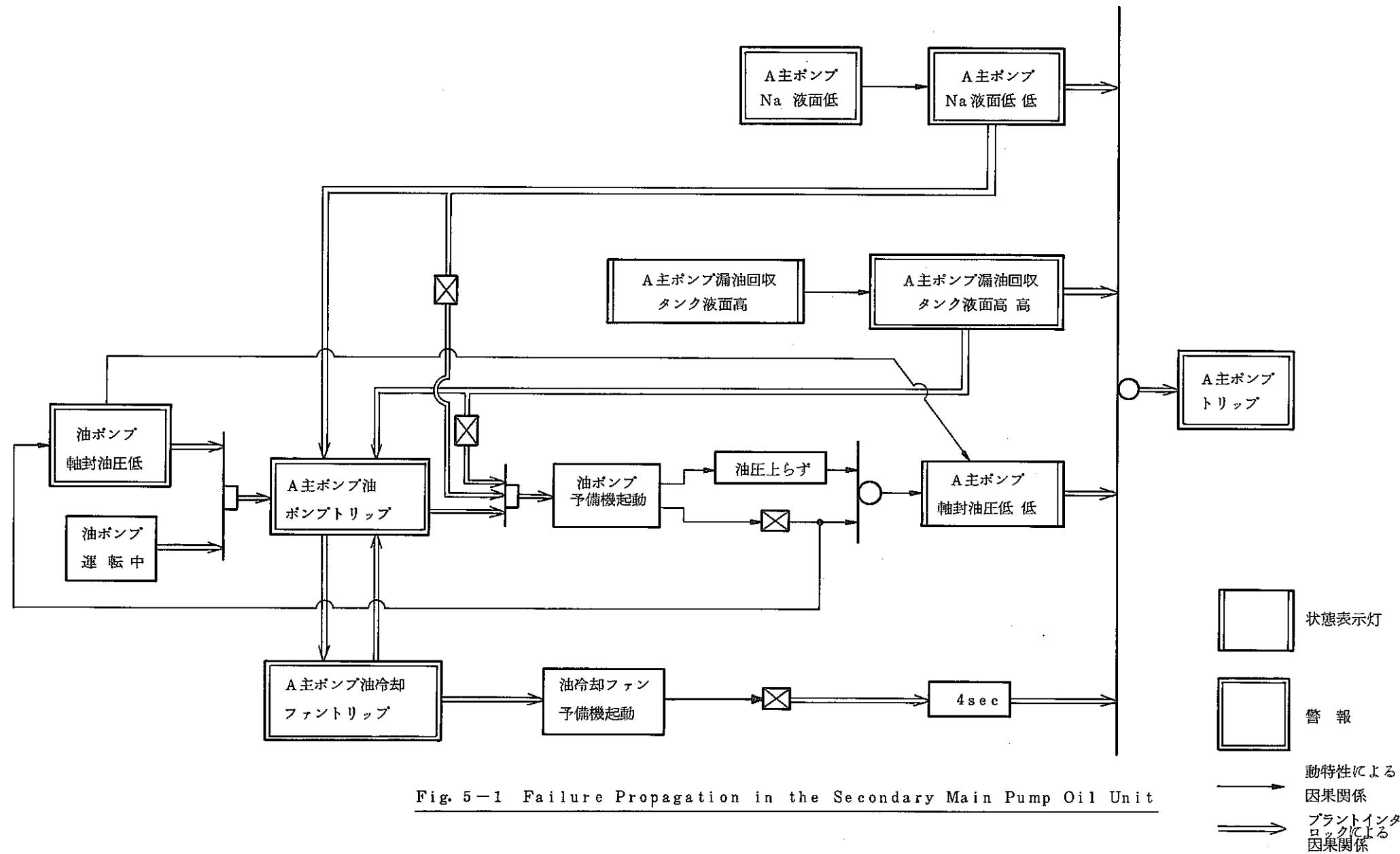


Fig. 4.4-1 Hardware System Configuration

検証の順序としては、まず各系統設備で収束する異常事象を対象として確認し、その後、系統にまたがる異常事象あるいは複合異常事象を対象として機能を確認していくものとする。

Table 5-1 Example of Verification Method with Simulator

発 生 事 像	確 認 機 能
<ul style="list-style-type: none"> ・「油ポンプ軸封油圧低」警報設定器の状態 　　) 変更を行なう。 ・「油ポンプ軸封油圧低」警報発生 ・ A主ポンプ油ポンプトリップ ・「A主ポンプ油ポンプトリップ」警報発生 ・ A主ポンプ油冷却ファントリップ ・「A主ポンプ油冷却ファントリップ」警報発生 ・ 油ポンプ予備機起動 ・ 油冷却ファン予備起動 	<ul style="list-style-type: none"> ・ アラームレベルの異常原因同定機能により「油ポンプ軸封油圧低」が原因として推論されたことをカラーグラフィックディスプレイ装置上の表示により確認する。 ・ 「油ポンプ軸封油圧低」アラームに関する運転操作マニュアルが画像情報ファイル装置より出力されるのを確認する。
 <ul style="list-style-type: none"> 「A主ポンプ軸封油圧低」警報設定器の状態 　　) 変更を行なう。 ・「A主ポンプ軸封油圧低」状態表示灯 点灯 ・ A主ポンプトリップ ・「A主ポンプトリップ」警報点灯 ・ 原子炉スクラム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全保護系が作動したことにより、原子炉安全停止に関する運転操作マニュアルが画像情報ファイル装置より出力されるのを確認する。 ・ アラームレベルの異常原因同定機能により「油ポンプ軸封油圧低」が原因として推論されたことをカラーグラフィックディスプレイ装置上の表示により確認する。



6. まとめ

高速実験炉「常陽」の運転操作性の向上を目的とし、運転ガイドシステムの設計を行なった。本運転ガイドシステムは、運転員が必要とする情報をプラント状態に応じ的確に提供することにより、運転員の判断能力を支援するものであり、以下の点を特徴とする。

- 運転員の知的能力の支援

プラント状態の異常の診断、予測は、異常時処置マニュアルに基づく知識データベースと、運転の経験上得られる知識を反映した経験データベースを活用して行なう。

- 人間・機械系間の密接な意思疎通の確保

運転員の要求に応じ、異常原因の同定における診断過程に関する情報、異常時処置マニュアル、リレーシーケンス図等の提供を行なう。

- 異常原因同定の高信頼度化

知識データベースによる診断、経験データベースによる診断を同時に実行し、異常原因同定アルゴリズムの多重化を図る。

- 情報表示能力の向上

異常の進展を表わすアラームシーケンス図及び重要パラメータのトレンドグラフの表示は、カラーグラフィックディスプレイ装置に行ない、また、診断結果に応じた異常時処置マニュアルは、画像情報ファイル装置より出力（プリントアウト）することにより、情報の高密度化を図る。

また、計算機システムのハードウェア仕様及びシミュレータと組合せての検証の際のシミュレータとのインターフェース仕様について検討し、シミュレータ利用による運転ガイドシステムのソフトウェア及びハードウェア全般の設計を実施した。

以上により、「常陽」を対象とした運転ガイドシステムの仕様を確立し、実機への適用性を評価するための具体像を得ることができた。今後、さらに、シ

ミュレータと組合せての検証により、本運転ガイドシステムの性能評価を行ない、実機への適用性の検討を進めていきたい。

< 謝辞 >

昭和59年度動力炉・核燃料開発事業団殿の委託研究「シミュレータ利用による運転ガイドシステムの設計」の実施にあたり、貴重な助言、御指導を賜りました、動力炉・核燃料開発事業団高速実験炉部原子炉第一課教育・訓練G.R. 主査 佐野建一殿、研究員 青木裕殿、佐藤聰殿を始めとする皆様方に対し、深く謝意を表します。

< 参考文献 >

1. 高速実験炉「常陽」異常時処置マニュアル (原子炉制御系)

動力炉・核燃料開発事業団 高速実験炉部

2. 高速実験炉「常陽」異常時処置マニュアル (1次主冷却系)

動力炉・核燃料開発事業団 高速実験炉部

3. 高速実験炉「常陽」異常時処置マニュアル (2次主冷却系)

動力炉・核燃料開発事業団 高速実験炉部

4. 高速実験炉「常陽」異常時処置マニュアル (格納容器雰囲気調整系)

動力炉・核燃料開発事業団 高速実験炉部

5. 高速実験炉「常陽」異常時措置要領異常時運転マニュアル

外部電源喪失 (非常用D/G通常起動) J E P O - 2 0 - 4 - 1

動力炉・核燃料開発事業団 高速実験炉部 原子炉第一課

Appendix A 警報点リスト

推論型診断部の処理に必要な警報点（状態表示灯、機器の運転状態、追加信号を含む）の一覧を、Table A-2～Table A-25に示す。

以下に表の補足説明を行なう。

警報番号

系統を表わす英文字と系統内通し番号。Table A-1に系統を表わす英文字と信号点数を示す。

重要度

診断処理を行なうまでの信号の分類であり、プラントに与える影響を考慮した本来の重要度の意とは多少異なっている。以下に、本システムで使用する重要度の分類と各ランクの意味を説明する。

A A : アイソレーション、スクラム

A : 安全保護系を作動させる警報

B : インタロックを作動させる警報及び状態表示灯

C : 上記以外の警報

D : 状態表示灯及び追加信号で異常を示すもの

E : 状態表示灯及び追加信号で機器の運転／休止を示すもの

表示場所

制御盤面上に設置された警報窓の位置を示す信号。

中制、現場、シミュレータ

各信号の取込が可能な場所で、Aはアナログ信号、Dはデジタル信号を示す。

Table A - 1 Number of Alarms

信号の種類 系 統	警報 (点、数)	状態表示灯 (点、数)	追加信号 (点、数)	合 計
原子炉制御系	R (52)	Rs (19)	Ra (3)	74
1次冷却系	P (106)	—	Pa (35)	141
2次冷却系	S (82)	Ss (45)	Sa (26)	153
格納容器 周回気調整系	C (53)	Cs (44)	Ca (2)	99
電源系	—	—	Ea (33)	33
弁状態	—	Vs (43)	Va (6)	49
合 計	293	151	105	549

Table A-2 List of Alarms (reactor control system -1)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS	D		
R1	格納容器床上放射能高 (H ₃)	A	#423-1A	D	D		D
R2	格納容器温度高(床上)(%)	A	1B	D			
R3	格納容器温度高(床下)(%)	A	1C	D			
R4	格納容器圧力高(床上)(%)	A	1D	D			
R5	格納容器圧力高(床下)(%)	A	1E	D			
R6	手動アソリューション	A	1F	D			
R7	出力系中性子束高 (Ch.6,7,8) 3/3	A	2A	A, D		A	
R8	中間系中性子束高 (Ch.3,4,5) 2/3	A	2B	A, D		A	
R9	起動系中性子束高 (Ch.1,2) 2/2	A	2C	A, D		A	
R10	中間系ペリオド短 (sec) 5/3	A	2D	D			
R11	起動系ペリオド短 (sec) 5/3	A	2E	D			
R12	1次冷却材流量低(A) 100/3	A	3A	D			
R13	1次冷却材流量低(B)(%)	A	3B	D			
R14	1次主ポンプトリップ(A)	A	3C	D			
R15	1次主ポンプトリップ(B)	A	3D	D			
R16	炉容器Na液面低 (10mm %)	A	3E	D			
R17	電源喪失 1A母線	A	4A	D			
R18	電源喪失 1B母線	A	4B	D			
R19	地震 (150g/s) 3/3	A	4C	D			
R20	手動スクラム	A	4D	D			
R21	A系スクラム	A	4E				
R22	B系スクラム	A	4F				
R23	炉容器出口温度高 (A) (%)	B	5A	D			
R24	炉容器出口温度高 (B) (%)	B	5B	D			
R25	炉容器入口温度高 (A)	B	5C	D			
R26	炉容器入口温度高 (B)	B	5D	D			
R27	炉容器Na液面高 (1/2)	B	5E	D			
R28	オバ フロー ポンプトリップ	B	5F	D			
R29	2次冷却材流量低(A)	B	6A	D			
R30	2次冷却材流量低(B)	B	6B	D			
R31	2次主ポンプトリップ(A)	B	6C	D			
R32	2次主ポンプトリップ(B)	B	6D	D	D		D

Table A-3 List of Alarms (reactor control system-2)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS			
R33	手動制御棒一齊挿入	B	#423-6E		D		D
R34	中性子束高	C	7A			↑	↑
R35	ハンドオフ短	C	7B				
R36	中性子束低	C	7C				
R37	中性子計装動作不能	C	7D				
R38	中性子検出器荷重超過	C	7E				
R39	制御棒荷重超過	C	8B				
R40	制御棒シール破損	C	8C				
R41	制御棒電源喪失	C	8D				
R42	ロジック動作不能	C	9A				
R43	ロジック電源故障	C	9B				
R44	单一チャンネル作動	B	9C				
R45	FFD異常	C	9D				
R46	FFD計数率高	C	9E				
R47	補機冷却系異常	C	9F				
R48	H-80-E 計算機故障	C	10A				
R49	H-500 計算機故障	C	10B				
R50	計算機電源故障	C	10C				
R51	熱出力計異常	C	10D			↓	
R52	補助堆電器(2) 故障	C	10E		D		D

Table A-4 List of Alarms (reactor control system-3)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シールド
				JOYDAS	JOYDAS		
Rs1	燃料交換	E	#423-1A		D		D
Rs2	制御棒デラック	E	-1B		↑		↑
Rs3	燃料交換作業終了	E	-1C				
Rs4	停止	E	-2A				
Rs5	制御棒励磁断	E	-2B				
Rs6	起動	E	-3A				
Rs7	計数率 Ch.1 バイパス	E	-3B				
Rs8	計数率 Ch.2 バイパス	E	-3C				
Rs9	調整棒引抜 バイパス	E	-3D				
Rs10	引抜順序 バイパス	E	-3E				
Rs11	保持荷重不足	E	-3F				
Rs12	低出力	E	-4A				
Rs13	制御棒全数挿入	E	4B				
Rs14	制御棒上限	E	-4C				
Rs15	高出力	E	-5A				
Rs16	ロジック点検	E	-5B				
Rs17	單一ロジック不作動	E	-5C				
Rs18	單一ロジック動作不能	E	-5D		↓		↓
Rs19	特性試験シール異常	E	-8F		D		D

Table A-5 List of Alarms (reactor control system -4)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シニル-7
				JOYDAS	D		
Ra1	アリーレーション	AA			D		D
Ra2	原子炉スクラム	AA		D	D		D
Ra3	制御棒一斉挿入	B			D		D

Table A-6 List of Alarms (primary cooling system - 1)

警報番号	警 報 名	重 度	表示場所	中 制		現 場	シミュレータ
				JOYDAS	D		
P1	安全容器圧力異常	C	#424-1A	A	D		A, D
P2	安全容器供給N ₂ 圧力高	C	1B		↑		A ↑
P3	現象記録装置動作異常	C	1C				
P4	遮蔽コンクリート出口ガス温度高	C	1D	A			A
P5	主ポンプ°速度差大	C	1E				
P6	リーグジャケット圧力異常	C	2A				A
P7	リーグジャケット供給ガス圧力高	C	2B				
P8	予熱N ₂ ガス制御盤故障	C	2D				
P9	主ポンプ°速度差過大	B	2E				
P10	A主ポンプトリップ	B	3A	D			D
P11	A主ポンプモータコイル温度高	C	3B				
P12	A主ポンプ°Na液面異常	C	3C	A			A
P13	A主ポンプ°Na軸受温度低	C	3D	A			A
P14	原子炉建家2C%Cトリップ	C	3E				
P15	Aセルビュス制御系車故障	B	4A				
P16	A主ポンプモータ上部軸受温度高	C	4B				A
P17	A主ポンプ潤滑油圧力低	C	4C				A
P18	A主ポンプ潤滑油温度高	C	4D				
P19	A潤滑油タンク液面低	C	4E				
P20	Aボンモータトリップ	B	5A				
P21	Aサイレンブレーナ流量低	C	5B	A			A
P22	AオバフローカラムNa液面低	C	5C	A			A
P23	Aメカシール油漏えい量大	B	5D				
P24	Aドレンタンク油面高高	C	5E				
P25	主冷却系AループNa漏えい	C	6A				
P26	A主循環Na流量低(85%)	C	6B	A			A
P27	A主循環Na流量高	C	6C				
P28	A原子炉出口Na温度高(440°C)	C	6D	A			A
P29	A原子炉入口Na温度高(330°C)	C	6E	A			A
P30	原子炉容器Na漏えい	C	7A				
P31	原子炉容器Na液面低(-5cm)	C	7B	A	↓		A ↓
P32	原子炉容器Na液面高(+10cm)	C	7C	A	D		A, D

Table A-7 List of Alarms (primary cooling system -2)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シニル-7
				JOYDAS	D		
P33	原子炉容器Na液面低低 ⁷³ / ₂₅	B	7F		D	A, D	
P34	A・Bカルピウス制御系軽故障	C	7E		↑		↑
P35	B主ポンプトリップ°	B	8A	D		D	
P36	B主ポンプモータコイル温度高	C	8B				
P37	B主ポンプNa液面異常	C	8C	A		A	
P38	B主ポンプNa軸受温度低	C	8D	A		A	
P39	原子炉建家2D SC トリップ°	C	8E				
P40	Bカルピウス制御系重故障	B	9A				
P41	B主ポンプモータ上部軸受温度高	C	9B			A	
P42	B主ポンプ潤滑油圧力低	C	9C			A	
P43	B主ポンプ潤滑油温度高	C	9D				
P44	B潤滑油タンク油面低	C	9E				
P45	Bボンベモータトリップ°	B	10A				
P46	BサイフンブレーブNa流量低	C	10B	A		A	
P47	BオバーフローカラムNa液面低	C	10C	A		A	
P48	Bメカニカル油漏流量大	B	10D				
P49	Bドレンタンク油面高高	C	10E				
P50	主冷却系BループNa漏えい	C	11A				
P51	B主循環Na流量低(85%)	C	11B	A		A	
P52	B主循環Na流量高	C	11C	A		A	
P53	B原子炉出口Na温度高(440°C)	C	11D	A		A	
P54	B原子炉入口Na温度高(380°C)	C	11E	A		A	
P55	オバフロー ポンプトリップ°	B	12A	D		D	
P56	オバフロー ポンプ過熱	C	12B			A	
P57	オバフロー ポンプ冷却ガス流量低	C	12C				
P58	IR制御装置故障	C	12D				
P59	オバフロー ポンプ自動ON OFF運転	B	12E				
P60	オバフロー系Na漏えい	C	13A				
P61	オバフロー汲上げNa流量低	B	13B	A		A	
P62	オバフロー系Na液面異常	C	13C	A		A	
P63	オバフロー系Na温度低	C	13D	A	↓	A	↓
P64	純化系ポンプトリップ°	B	14A	D		D	

Table A-8 List of Alarms (primary cooling system -3)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	ミニレーダ
				JOYDAS	リモコン		
P65	純化系ポンプ過熱	C	#424-14B		↑	A, D	
P66	純化系ポンプ冷却ガス流量低	C	14C		↑		
P67	IR制御装置故障	C	14D				
P68	純化系Na漏えい	C	15A				
P69	純化系Na流量低	B	15B	A		A	
P70	ナジタンクN ₂ ガス圧力低	C	15C			A	
P71	CT冷却ガス放射能高	C	15D				
P72	自動連続式PL計異常	C	15E				
P73	CT冷却プロトトリップ	B	16A				
P74	CT Na 温度高	C	16B				
P75	CT Na 温度低	C	16C				
P76	冷却器出口ガス温度高	C	16D				
P77	冷却水流量低	C	16E				
P78	呼吸ガスヘッダ圧力異常	C	17A				
P79	カバーガス圧力異常	C	17B	A		A	
P80	A主ポンプ油封ガス流量低	C	17C	A		A	
P81	B主ポンプ油封ガス流量低	C	17D	A		A	
P82	呼吸ガスヘッダ圧力異常	C	17E			A	
P83	低圧ターフ圧力高	C	18A	A		A	
P84	供給ターフ圧力低	C	18B	A		A	
P85	供給アルゴンガス圧力高	C	18C			A	
P86	加圧アルゴンガスヘッダ入口圧力高	C	18D			A	
P87	付属建家 2B-1 C/C トリップ	C	18E				
P88	DC 24V計器電源喪失	C	19A				
P89	付属建家 7S C/C トリップ	C	19B				
P90	原子炉建家 3S C/C トリップ	C	19C				
P91	原子炉建家 3BC/C トリップ	C	19D				
P92	付属建家 3S C/C トリップ	C	19E				
P93	Na充填ドレン系Na漏えい	C	20A				
P94	Na漏れ検出器電源喪失	C	20B				
P95	1次現場制御盤故障	C	20C		↓		↓
P96	予熱ヒータ操作盤故障	C	20D		D		D

Table A-9 List of Alarms (primary cooling system -4)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シニル-タ
				JOYDAE	JOYDAS		
P97	原子炉入口流量計電源盤故障	C	#424-20E		D		D
P98	補助冷却系ボンベ母線トリップ	C	21A			↑	↑
P99	補助冷却系ボンベD母線トリップ	C	21B				
P100	補助冷却系ボンベ過熱	C	21C				A
P101	補助冷却系ボンベ冷却ガス流量低	C	21D				
P102	補助冷却系ボンベ自動起動	B	21E	D*			D*
P103	補助冷却系Na漏え	C	22A				
P104	補助冷却系Na流量低	C	22B				A
P105	サイフォンブレーパー温度低	C	22C			↓	
P106	燃料出口温度計装盤異常	C	22D	D			D

* JOYDAE の入力信号名としては「…自動起動」ではなく「…運転状態」である。

Table A-10 List of Alarms (primary cooling system -5)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS	D		
Pa1	原子炉容器Na漏え <small>ハ</small> 大	B	(#424-7A)		D		D
Pa2	主冷却系Aル-7°Na漏え <small>ハ</small> 大	B	(6A)		↑		
Pa3	補助冷却系Na漏え <small>ハ</small> 大	B	(22A)				
Pa4	原子炉容器Na液面低 <small>ハ</small> 低 <small>3/4</small>	B	(7B)	D			D
Pa5	AオバフローカムNa液面低 <small>ハ</small> 低	B	(5C)	A			A
Pa6	A主ポンチ°Na液面高 <small>ハ</small> 高	B	(3C)	A			A
Pa7	A主ポンチ°Na液面低 <small>ハ</small> 低	B	(3C)	A			A
Pa8	A主ポンチ°モータ上部軸受温度高 <small>ハ</small> 高	B	(4B)				A
Pa9	A主ポンチ°潤滑油圧力低 <small>ハ</small> 低	B	(4C)				A
Pa10	主冷却系Bル-7°Na漏え <small>ハ</small> 大	B	(11A)				
Pa11	BオバフローカムNa液面低 <small>ハ</small> 低	B	(10C)	A			A
Pa12	B主ポンチ°Na液面高 <small>ハ</small> 高	B	(8C)	A			A
Pa13	B主ポンチ°Na液面低 <small>ハ</small> 低	B	(8C)	A			A
Pa14	B主ポンチ°モータ上部軸受温度高 <small>ハ</small> 高	B	(9B)				A
Pa15	B主ポンチ°潤滑油圧力低 <small>ハ</small> 低	B	(9C)				A
Pa16	オバフローポンチ°Na漏え <small>ハ</small> 大	B	(13A)				
Pa17	オバフローポンチ°タクト温度高 <small>ハ</small> 高	B	(12B)				A
Pa18	オバフローポンチ°コイル温度高 <small>ハ</small> 高	B	(12B)				A
Pa19	炉容器液面 -50mm	B	(75L9H32)	✓			A
Pa20	オバフローポンチ°CS リセット	E					
Pa21	オバフローポンチ°CS 自動	E					
Pa22	オバフローポンチ°CS 手動	E					
Pa23	IVR 2次電圧 80V以上	E					
Pa24	純化器ホンチ°タクト温度高 <small>ハ</small> 高	B	(14B)				A
Pa25	純化器Na漏え <small>ハ</small> 大	B	(13A)				
Pa26	冷却器出口ガス温度高 <small>ハ</small> 高	B	(15D)				
Pa30	純化器ポンチ°コイル温度高 <small>ハ</small> 高	B	(14B)	D		A	D
Pa31	Aボニーモータ起動	E		D			D
Pa32	Bボニーモータ起動	E		D			D
Pa33	1A主ポンア油ポンア自動起動	E			D		D
Pa34	1B主ポンア油ポンア自動起動	E			D		D
Pa35	オバフローポンチ°自動起動	E			D		D

Table A-11 List of Alarms (secondary cooling system - 1)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS	DCS		
S1	補助循環ポンプトリップ°	B	#425-1A		D		D
S2	補助循環ポンプファントリップ°	B	-1B		↑		*
S3	補助循環ポンプエイル温度高	B	-1C				
S4	補助循環ポンプ過負荷	B	-1D				
S5	補助送風機トリップ°	B	-2A				
S6	補助冷出口Na温度異常	B	-2B A				
S7	補助送風機モータ過負荷	B	-2C				
S8	補助PL計異常	C	-2D				
S9	補助循環Na流量低	C	-3A				
S10	補助系制御空気圧低	C	-3B				
S11	補助系アクチュエータ圧低	C	-3C				
S12	補助冷入口ダンバーベン注意	C	-3D				
S13	2次補助2SCCトリップ°	B	-4A				
S14	補助系予熱ヒータ異常	C	-4C				
S15	補助IHX出入口弁トリップ°	C	-4D				
S16	純化系ポンプトリップ°	B	-5A				
S17	純化系Na流量低	B	-5B				
S18	純化系ポンプタクト温度高	B	-5C				
S19	純化系ポンププロワットリップ°	B	-5D				
S20	CT送風機トリップ°	B	-6A				
S21	CT温度高	C	-6B				
S22	CT温度低	B	-6C				
S23	タンクトンクNa温度低	C	-7A				
S24	タンクトンクNa液面高	C	-7B				
S25	タンクトンクNa液面低	B	-7C				
S26	充填系異常	B	-7D				
S27	A主ポンプトリップ°	B	-8A D				
S28	A主ポンプNa軸受温度高高	B	-8B A				A
S29	A主ポンプNa液面高	C	-8C				
S30	A主ポンプNa液面低	B	-8D				
S31	A主ポンプ油冷却ファントリップ°	B	.9A		↓		
S32	A主ポンプ軸封油圧低	B	.9B		D		D

Table A-12 List of Alarms (secondary cooling system -2)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS	D		
S33	A主ポンプ漏油回収タンク液面高高	B	#425 -9C		D		D
S34	A主ポンプ油ポンプトリップ	B	-9D				↑
S35	A主ポンプ抵抗ファントリップ	B	-10A				
S36	A主ポンプAr流量低	C	-10B				
S37	A主ポンプモータ異常	B	-10D				
S38	Aループ送風機トリップ	B	-11A				
S39	1A主冷出口Na温度異常	B	-11BA				A
S40	2A主冷出口Na温度異常	B	-11CA				A
S41	Aループ送風機モータ異常	C	-11D				
S42	A主循環Na流量低	C	-12A				
S43	A主冷出口Na温度制御「切替」	B	-12B				
S44	A制御空気圧低低	B	-12C				
S45	A主送風機ブレーキ動作	B	-12D D				
S46	主ポンプ上部軸受温度高	C	-13A				
S47	送風機軸受温度高	C	-13C				
S48	主冷却系アキュムレータ圧低低	C	-13D				
S49	主冷却機運行2A, AB/Cトリップ	B	-14A				
S50	2次系3C, 3D/Cトリップ	C	-14B				
S51	予熱ヒータ分電盤トリップ	C	-14C				
S52	Aループ温度制御装置異常	C	-14D				
S53	CV貫通部冷却系異常	C	-15A				
S54	CV貫通部金物温度高	C	-15B				
S55	呼吸ヘッド圧高	C	-15C				
S56	呼吸ヘッド圧低	C	-15D				
S57	Na漏えい	C	-16A				
S58	予熱ヒータ異常	C	-16B				
S59	主PL計異常	C	-16D				
S60	B主ポンプトリップ	B	-17A D				
S61	B主ポンプNa軸受温度高高	B	-17B A				A
S62	B主ポンプNa液面高	C	-17C				
S63	B主ポンプNa液面低	B	-17D		↓		↓
S64	B主ポンプ油冷却ファントリップ	B	-18A		D		D

Table A-13 List of Alarms (secondary cooling system-3)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シニル-タ
				JOYDAS			
S65	B主ポンプ ⁰ 軸封油圧低	C	-18B		,D		,D
S66	B主ポンプ ⁰ 漏油回収タンク液面高高	B	-18C		↑		↑
S67	B主ポンプ ⁰ 油ポンプ ⁰ トリップ ⁰	B	-18A				
S68	B主ポンプ ⁰ 抵抗ファントリップ ⁰	B	-19A				
S69	B主ポンプ ⁰ Ar流量低	C	-19B				
S70	B主ポンプモータ異常	B	-19D				
S71	Bルート送風機トリップ ⁰	B	-20A				
S72	1B主冷出口Na温度異常	B	-20B	A,		A,	
S73	2B主冷出口Na温度異常	B	-20C	A,		A,	
S74	Bルート送風機モータ異常	C	-20D				
S75	B主循環Na流量低	C	-21A				
S76	B主冷出口Na温度制御「切替」	B	-21B				
S77	B制御空気圧低	B	-21C				
S78	B主送風機アラーム動作	B	-21D	D			D
S79	直流水停電源異常	C	-22A				
S80	風量確認装置作動	C	-22B				
S81	Bルート温度制御装置異常	C	-22C				
S82	燃料出口温度計装置異常	C	-22D	,D			,D

Table A-14 List of Alarms (secondary cooling system-4)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS			
Ss1	補助送風機入口ベン開	E	#425-1A		↓		↓
Ss2	補助冷入タンパ開	E	-1B		↑		↑
Ss3	補助送風機入口ベン開	E	-2A				
Ss4	補助冷入タンパ開	E	-2B				
Ss5	膨張タンクNa液面高	D	-3A				
Ss6	膨張タンクNa液面中	D	-3B				
Ss7	膨張タンクNa液面低	D	-3C				
Ss8	A主P Na液面高高	B	-4A				
Ss9	A主P Na液面低低	B	-4B				
Ss10	A OF-T Na液面高	D	-5A				
Ss11	A OF-T Na液面低	D	-5B				
Ss12	A主P漏油面高	D	-6A				
Ss13	A主P漏油圧低	B	-6B				
Ss14	A主P Na軸受温低	D	-7A A				A
Ss15	1A送風機入口ベン開	E	-8A A				A
Ss16	1A1主冷入タンパ開	E	-8B A				A
Ss17	1A2主冷入タンパ開	E	-8C				
Ss18	1A送風機入口ベン開	E	-9A A				A
Ss19	1A1主冷入タンパ開	E	-9B A				A
Ss20	1A2主冷入タンパ開	E	-9C				
Ss21	2A送風機入口ベン開	E	-10A A				A
Ss22	2A1主冷入タンパ開	E	-10B A				A
Ss23	2A2主冷入タンパ開	E	-10C				
Ss24	2A送風機入口ベン開	E	-11A A				A
Ss25	2A1主冷入タンパ開	E	-11B A				A
Ss26	2A2主冷入タンパ開	E	-11C				
Ss27	B主P Na液面高高	B	-12A				
Ss28	B主P Na液面低低	B	-12B				
Ss29	B OF-T Na液面高	D	-13A				
Ss30	B OF-T Na液面低	D	-13B				
Ss31	B主P漏油面高	D	-14A		↓		↓
Ss32	B主P漏油圧低	B	-14B		D		D

Table A-15 List of Alarms (secondary cooling system - 5)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミレータ
				JOYDAS	↓		
Ss33	B注P Na軸受温低	D	#425 15A A		D	A	↗
Ss34	1B送風機入口ベニン開	E	-16A A		↑	A	
Ss35	1B1主冷入タンバ開	E	-16B A			A	
Ss36	1B2主冷入タンバ開	E	-16C				
Ss37	1B送風機入口ベニン開	E	-17A A			A	
Ss38	1B1主冷入タンバ開	E	-17B A			A	
Ss39	1B2主冷入タンバ開	E	-17C				
Ss40	2B送風機入口ベニン開	E	-18A A			A	
Ss41	2B1主冷入タンバ開	E	-18B A			A	
Ss42	2B2主冷入タンバ開	E	-18C				
Ss43	2B送風機入口ベニン開	E	-19A A			A	
Ss44	2B1主冷入タンバ開	E	-19B A		↓	A	
Ss45	2B2主冷入タンバ開	E	-19C	D			↓

Table A-16 List of Alarms (secondary cooling system - 6)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAS	DCS		
Sa1	補助循環ポンプ冷却ファンAトリップ	B	(#425-1B)		D		
Sa2	補助循環ポンプ冷却ファンBトリップ	B	(-1B)		↑		
Sa3	純化系Na流量低低	B	(-5B)				
Sa4	純化系ロジックCOS「復帰」	E					
Sa5	油ポンプ予備機起動	E					
Sa6	油ポンプ運転中(A)	E					
Sa7	油冷却ファン予備機起動(A)	E					
Sa8	抵抗ファン予備機起動(A)	E					
Sa9	単独運動切換スイッチ「運動」	E					
Sa10	1A主冷出口Na温度高	B	(-11B) A			A	
Sa11	1A主冷出口Na温度低	B	(-11B) A			A	
Sa12	2A主冷出口Na温度高	B	(-11C) A			A	
Sa13	2A主冷出口Na温度低	B	(-11C) A			A	
Sa14	Aルーティング出口Na温度切替「自動」	E					
Sa15	Aルーティング出口Na温度切替「手動」	E					
Sa16	油ポンプ予備機起動(B)	E					
Sa17	油ポンプ運転中(B)	E					
Sa18	油冷却ファン予備機起動(B)	E					
Sa19	抵抗ファン予備機起動(B)	E					
Sa20	単独運動切換スイッチ「運動」	E					
Sa21	1B主冷出口Na温度高	B	(-20B) A			A	
Sa22	1B主冷出口Na温度低	B	(-20B) A			A	
Sa23	2B主冷出口Na温度高	B	(-20C) A			A	
Sa24	2B主冷出口Na温度低	B	(-20C) A			A	
Sa25	Bルーティング出口Na温度切替「自動」	E			↓		
Sa26	Bルーティング出口Na温度切替「手動」	E			D		

Table A-17 List of Alarms (containment atmospheric control system -1)

警報番号	警報名	言語	表示場所	中制	現地	シミ=レ-タ
			JOYDAS			
C 1	A フロン冷凍機異常	B	#422-1A	D		D
C 2	2C-1 4C 異常	C	-1B	↑		↑
C 3	2S 動力盤異常	C	-1C			
C 4	A N ₂ プロフ盤異常	C	-2A			
C 5	2C C/C 異常	C	-2B			
C 6	112系、114系、115系異常	C	-2C			
C 7	A 非常ガス処理装置 出口流量低	C	-3A			
C 8	A 非常ガス処理装置 湿度高	C	-3B			
C 9	アニユラス部 壓力高	C	-3C			
C10	A非常ガス処理装置 プラット後温度高	C	-4A			
C11	A非常ガス処理装置 活性炭温度高	C	-4B			
C12	A非常ガス処理装置 活性炭後温度高	C	-4C			
C13	空気零圧気系 温度高	C	-5A			
C14	空気零圧気系 壓力高	C	-5C			
C15	予熱N ₂ 系A 過氣温度低	C	-6A			
C16	A フロン冷凍機 プラーム	C	-6B			
C17	遮蔽コンクリート系 壓力高	C	-6C			
C18	遮蔽コンクリート系 湿分高	C	-7A			
C19	窒素零圧気系 温度高	C	-7B			
C20	窒素零圧気系 壓力高	C	-7C			
C21	窒素零圧気系酸素濃度高	C	-8A			
C22	2次立配管室(A) 壓力高	B	-8B			
C23	2次立配管室(B) 壓力高	B	-8C			
C24	窒素零圧気系 ルコゲン濃度高	C	-9A			
C25	チリンジエニート異常	C	-9B			
C26	B84-9A 異常	C	-9C			
C27	圧縮空気供給系 異常	C	-10A			
C28	空氣貯槽 壓力低	C	-10B			
C29	B84-10A 異常	C	-10C			
C30	N ₂ プロフ(A) 出口ダンパ異常	C	-11A			
C31	N ₂ プロフ(B) 出口ダンパ異常	C	-11B	↓		↓
C32	B84-9B 異常	C	-11C	D		D

Table A-18 List of Alarms (containment atmospheric control system -2)

警報番号	警報名	変更度	表示場所	中制		現地	シニルタ
				JOYES	JOYBAS		
C33	真空破壊弁系隔離弁室 T81-205	B	#622-12B		D		D
C34	B84-10B 異常	C	-12C		↑		↑
C35	格納容器内真空圧力低 (C系)	B	-13A				
C36	格内床上 酸欠	C	-13B				
C37	格内床下 酸欠	C	-13C				
C38	Bフレオン 冷凍機異常	B	-14A				
C39	2D-1 4/C 异常	C	-14B				
C40	B N ₂ プローブ異常	C	-15A				
C41	2D 4/C 异常	C	-15B				
C42	B非常放氮装置 出口流量低	C	-16A				
C43	B非常放氮装置 湿度高	C	-16B				
C44	B非常放氮装置 プレアラム温度高	C	-17A				
C45	B非常放氮装置 治性炭温度高	C	-17B				
C46	B非常放氮装置 告警炭温度高	C	-18A				
C47	真空破壊弁系隔離弁室 T81-202	B	-18B				
C48	予熱N ₂ 系 B 置気温度低	C	-19A				
C49	Bフレオン 冷凍機 プレアラム	C	-19B				
C50	2次主配管室(A) 壓力高	B	-20A				
C51	2次主配管室(B) 壓力高	B	-20B				
C52	格納容器内 真空圧力低(吸)	B	-21A		↓		↓
C53	真空破壊弁系隔離弁室 T81-207	B	-21B		D		D

Table A-19 List of Alarms (containment atmospheric control system)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	ミニL-9
				JOYDAS	DE		
Cs 1	A非常換気装置電気ヒート	E	#422-1D		D		D
Cs 2	A非常換気装置投入ヒート	E	-1E		↑		↑
Cs 3	ゲインジ2=0 T84A-1	E	-1A				
Cs 4	主循環ポンプ上蓋室温度測定スイッチ	E	-2D				
Cs 5	冷却水遮断弁 T84A-1	E	-3D				
Cs 6	炉上部冷却水軸流ファン	E	-3E				
Cs 7	格納容器給氣用ファン	E	-3F				
Cs 8	2次立配管B室逃げ弁 T84-220	E	-4D				
Cs 9	2次立配管A室逃げ弁 T84-222	E	-4E				
Cs 10	炉容器浴外部(A)還元流量制御スイッチ	E	-4F				
Cs 11	冷却水遮断弁 T84A-2	E	-5D				
Cs 12	2次立配管A室入口ダクト DP84-54	E	-5E				
Cs 13	2次立配管A室出口ダクト DP84-61	E	-5F				
Cs 14	A 冷媒ボンブ	E	-6D				
Cs 15	C 冷媒ボンブ	E	-6E				
Cs 16	C 空気圧縮器	E	-7F				
Cs 17	真空吸い弁系漏出弁 T81-205	E	-8E				
Cs 18	格納容器アース部差圧検出弁 T81-212	E	-9D				
Cs 19	A空気圧縮器	E	-9E				
Cs 20	B空気圧縮器	E	-9F				
Cs 21	格納容器 吹込み弁 T81-201	E	-10D				
Cs 22	格納容器 吹込み弁 T81-203	E	-10E				
Cs 23	炉容器浴外部(A)給氣弁 T84-520	E	-10F				
Cs 24	格納容器吹込み弁 T81-204	E	-11D				
Cs 25	格納容器吹込み弁 T81-206	E	-11E				
Cs 26	炉容器浴外部(A)還元弁 T84-525	E	-11F				
Cs 27	アース部導入弁 T81-208	E	-12D				
Cs 28	アース部導入弁 T81-209	E	-12E				
Cs 29	炉容器浴外部(B)給氣弁 T84-521	E	-12F				
Cs 30	アース部導入弁 T81-210	E	-13D				
Cs 31	アース部導入弁 T81-211	E	-13E		↓		↓
Cs 32	炉容器浴外部(B)還元弁 T84-523	E	-13F		D		D

Table A-20 List of Alarms (containment atmospheric control system -4)

警報番号	警報名	変電所	表示場所	中制		現地	シールド
				JOYRAS			
Cs 33	B非溶歯處理装置 電気ヒート	E	#22-14D	D		D	
Cs 34	B非溶歯處理装置 投入ヒート	E	-14E		↑		↑
Cs 35	主循環ポンプ二号室東側用熱流ポン	E	-16D				
Cs 36	真空吸塵系統隔離弁 V81-207	E	-16E				
Cs 37	真空吸塵系統隔離弁 V81-202	E	-17D				
Cs 38	炉容器冷却水部(B)送風流量制御スイ	E	-17E				
Cs 39	B 冷媒ポンプ	E	-18D				
Cs 40	二次主配管B室逃げ V84-221	E	-19D				
Cs 41	二次主配管A室逃げ V84-223	E	-19E				
Cs 42	格納容器圧力差計検出弁 V81-213	E	-20D				
Cs 43	二次主配管B室入口ゲート DP84-55	E	-21D		↓		↓
Cs 44	二次主配管B室出口ゲート DP84-62	E	-21E	D		D	

Table A-21 List of Alarms (containment atmospheric control system-5)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現地	SIL-9
				JOYSAE	制		
Ca1	A主循環ポンプ上蓋室再循環ファン起動	E			P		
Ca2	B主循環ポンプ上蓋室再循環ファン起動	E			P		

Table A-2Z List of Alarms (electric power supply system - 1)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミュレータ
				JOYDAE	DA		
Ea1	1D 非常用電源確立	E			D		
Ea2	1D 非常用電源確立	↑			D		
Ea3	3S P/C 原付 3S %C					A707	
Ea4	1D M/C 2D P/C					A705	
Ea5	2D P/C 4D 電源					A705	
Ea6	原付 2D-1 %C					A705	
Ea7	1D M/C 2D P/C					A707	
Ea8	2D P/C 4D 電源					A707	
Ea9	2D P/C 原付 2D-1 %C					A707	
Ea10	2C P/C 主冷 2C %C					A705	
Ea11	2D P/C 主冷 2D %C					A707	
Ea12	2C P/C 原子炉 2C %C					A705	
Ea13	2D P/C 原子炉 2D %C					A707	
Ea14	3S P/C 原子炉 3S %C					A707	
Ea15	2S P/C 原付 2S %C					A705	
Ea16	2S P/C 非常系照明電源					A705	
Ea17	3C P/C 主冷 3C %C					A706	
Ea18	3D P/C 主冷 3D %C					A707	
Ea19	3S P/C ダストモード電盤					A707	
Ea20	2C P/C 連蔽コントローラA					A705	
Ea21	2D P/C 連蔽コントローラB					A707	
Ea22	2C P/C 原付 2C-2 %C					A705	
Ea23	2D P/C 原付 2D-2 %C					A707	
Ea24	2S P/C 消火水ポンプ					A705	
Ea25	2S P/C 原付 2S-1 %C					A705	
Ea26	2S P/C 7D 電源					A705	
Ea27	2C P/C 5C 電源					A705	
Ea28	2D P/C 7D 電源					A707	
Ea29	2D P/C 5D 電源					A707	
Ea30	2S P/C X:リチウム 2S %C					A705	
Ea31	2S P/C 原子炉 2S-2 %C					A705	
Ea32	3C P/C 計算機電源	↓				A706	
Ea33	3D P/C 計算機	E				A707	

Table A-23 List of Alarms (value condition-1)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制	現地	シミ=1-7
			JOY-EAC			
V _s 1	V-73-12	E		D		
V _s 2	V-74-5	↑		D		
V _s 3	V-34-1-22					
V _s 4	V-34-1-24					
V _s 5	V-73-13					
V _s 6	V-74-6					
V _s 7	V-34-1-34					
V _s 8	V-34-1-35					
V _s 9	V-71-35					
V _s 10	V-36-1-6					
V _s 11	V-36-1-38					
V _s 12	V-84-94					
V _s 13	V-84-190					
V _s 14	V-84-202					
V _s 15	V-71-34					
V _s 16	V-36-1-7					
V _s 17	V-36-1-37					
V _s 18	V-84-93					
V _s 19	V-84-191					
V _s 20	V-84-203					
V _s 21	V-84-17					
V _s 22	V-84-40					
V _s 23	V-84-76					
V _s 24	V-84-25					
V _s 25	V-24-216					
V _s 26	V-21-36					
V _s 27	V-84-18					
V _s 28	V-84-39					
V _s 29	V-84-78					
V _s 30	V-84-77					
V _s 31	V-24-215	↓		D		
V _s 32	V-21-35	E		D		

Table A-24 List of Alarms (valve condition -2)

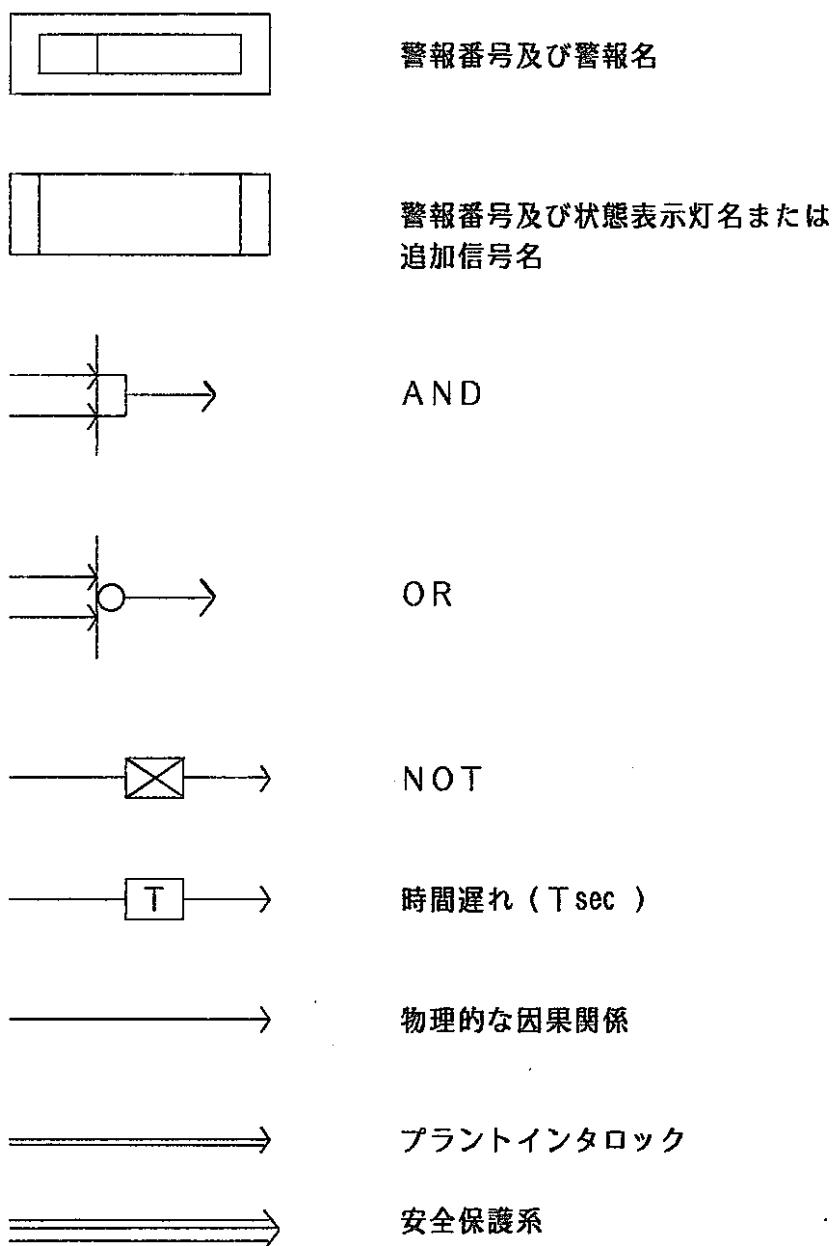
警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現地	SIL-2
				JOYDAS	DCS		
V-33	V-81-202.	E			D		
V-34	V-81-205	↑			↑		
V-35	V-81-207						
V-36	V-84-20						
V-37	V-84-21						
V-38	V-21-63						
V-39	V-71-4						
V-40	V-71-5						
V-41	V-71-9						
V-42	V-71-10	↓					
V-43	V-21-62	E			D		

Table A-25 List of Alarms (valve condition 3)

警報番号	警報名	重要度	表示場所	中制		現場	シミユ-7
				JOYDAS	JOYDAS		
Va1	V84-46.	E			D		
Va2	V84-47	↑			↑		
Va3	V84-44						
Va4	V84-45						
Va5	V84-48	↓			↓		
Va6	V84-49	E			D		

Appendix B アラーム・シーケンス図

推論型診断部で用いられる知識ベースは、警報単位に記述されている。これを警報発生条件によってつなぎ合わせると、警報間の因果関係を表わすアラーム・シーケンスが書ける。このアラーム・シーケンスをFig.B-1～Fig.B-42に示した。なお、図中の記号は以下の通りである。



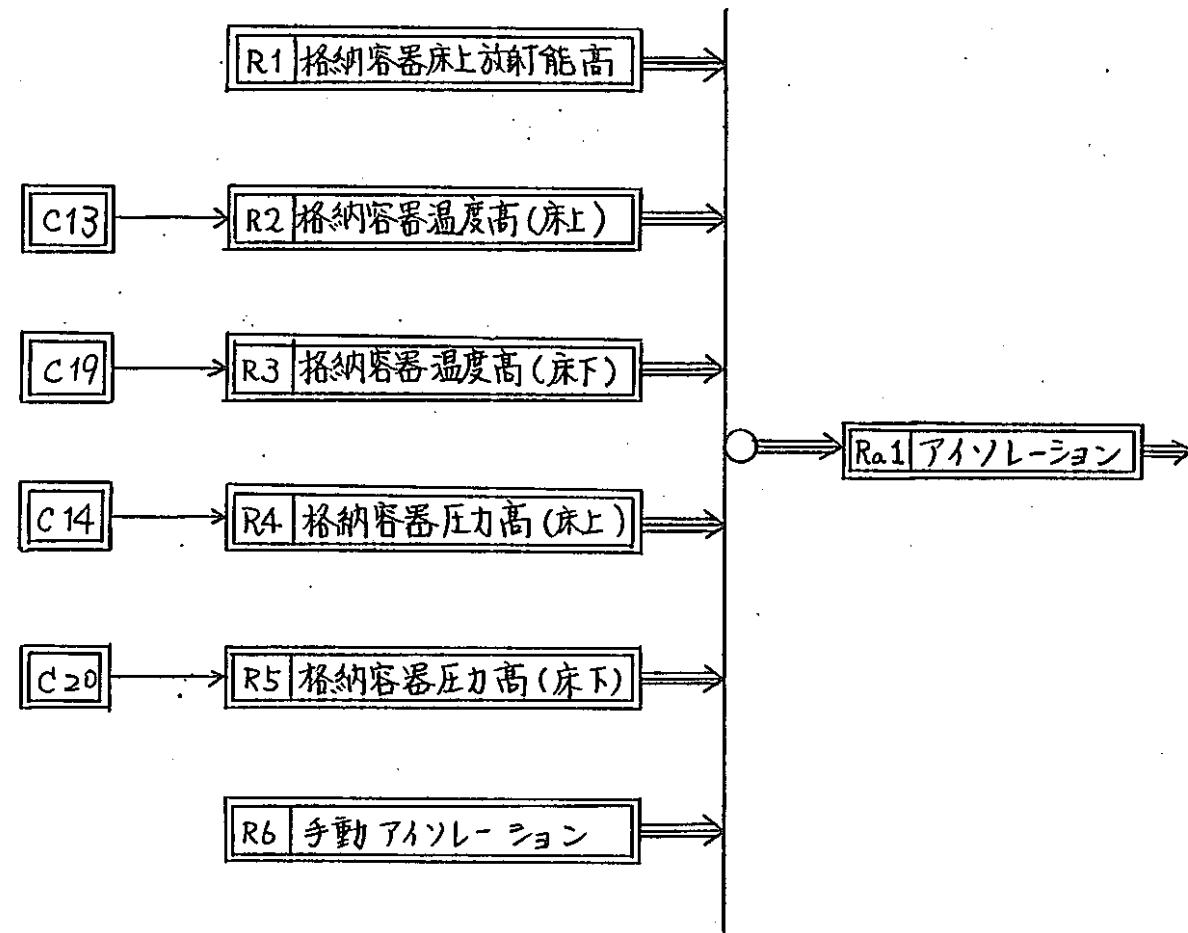


Fig. B-1 Alarm sequence (reactor control system-1)

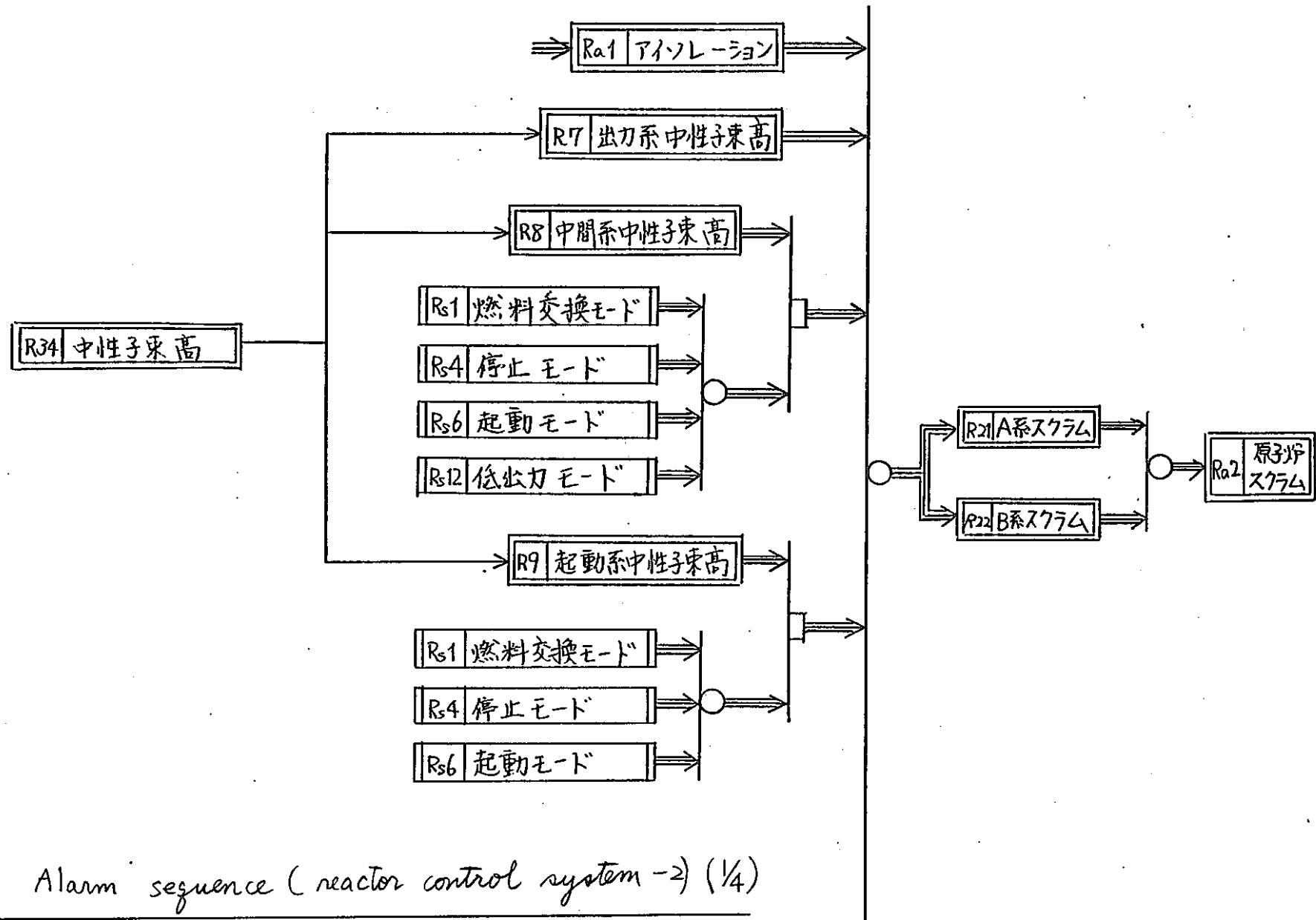


Fig. B-2 Alarm sequence (reactor control system -2) (1/4)

*1 (Fig. B-2 (3/4))

*1 (Fig. B-2 (1/4)より)

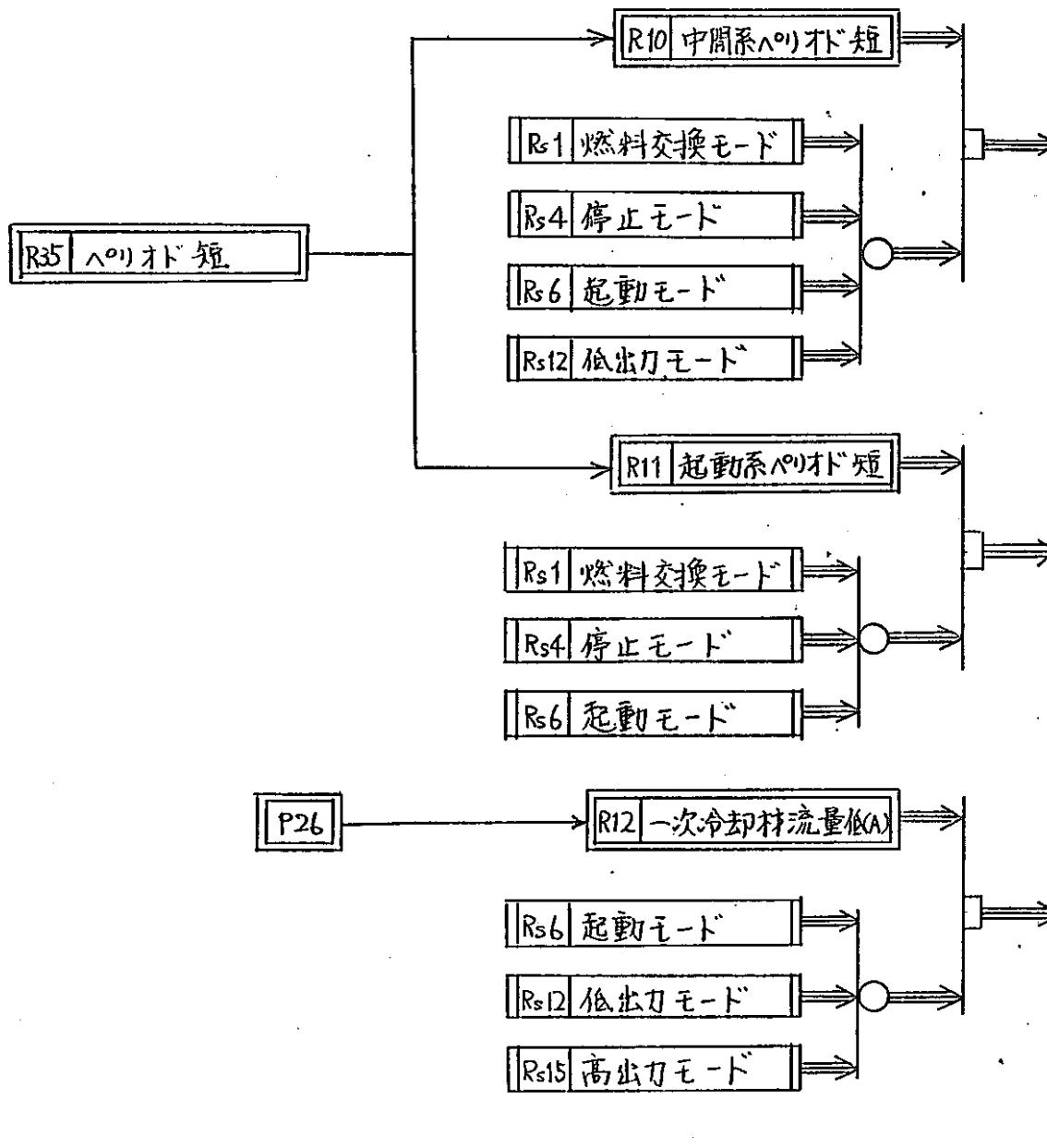


Fig. B-2 Atom sequence (reactor control system - 2)(1/4)

*2 (Fig. B-2 (3/4) ^)

*2 (Fig. B-2 (2/4) all)

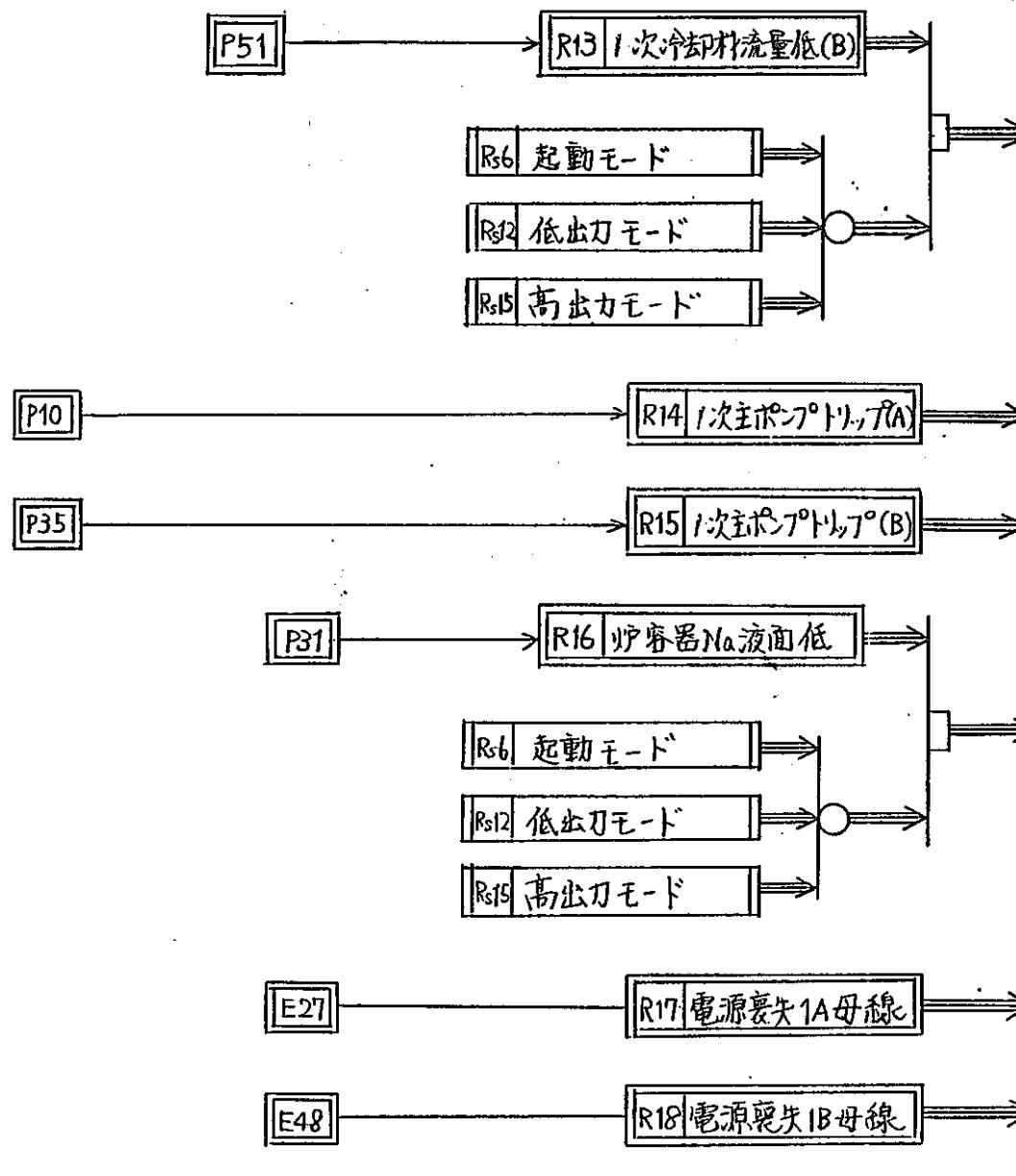


Fig. B-2 Alarm sequence (reactor control system -2)(3/4)

*3 (Fig. B-2(4/4))

*3 (Fig. B-2 (3/4) 6th)

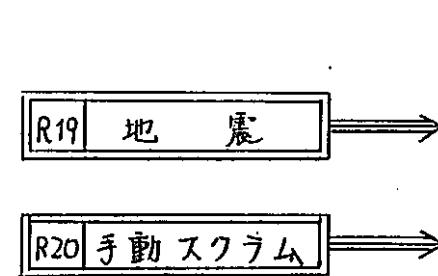
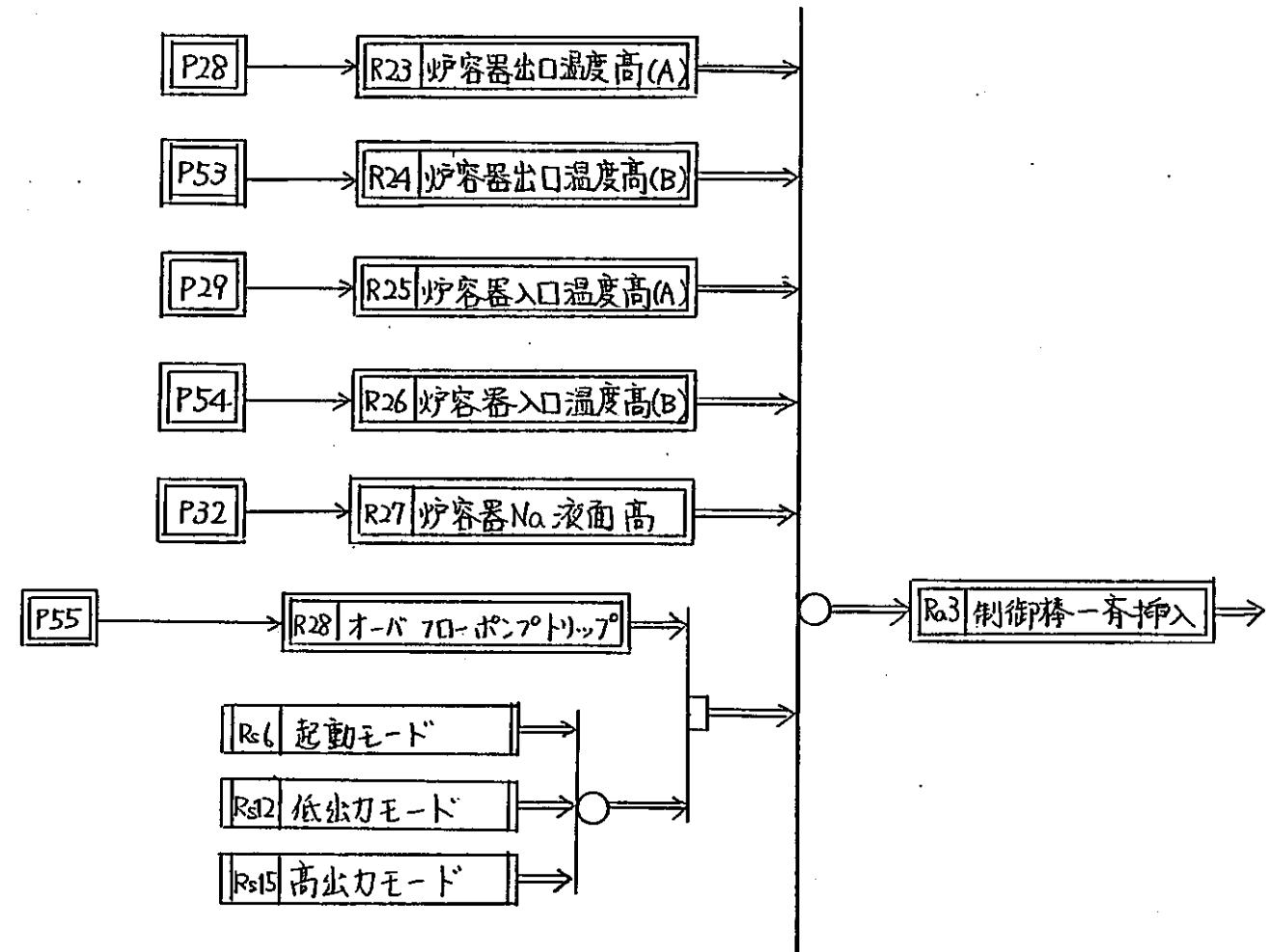


Fig. B-2 Alarm sequence (reactor control system -2)(4/4)



*1 (Fig.B-3 (2/2) ^)

Fig. B-3 Alarm sequence (reactor control system - 3)(1/2)

*1 (Fig.B-3 (1/2)付)

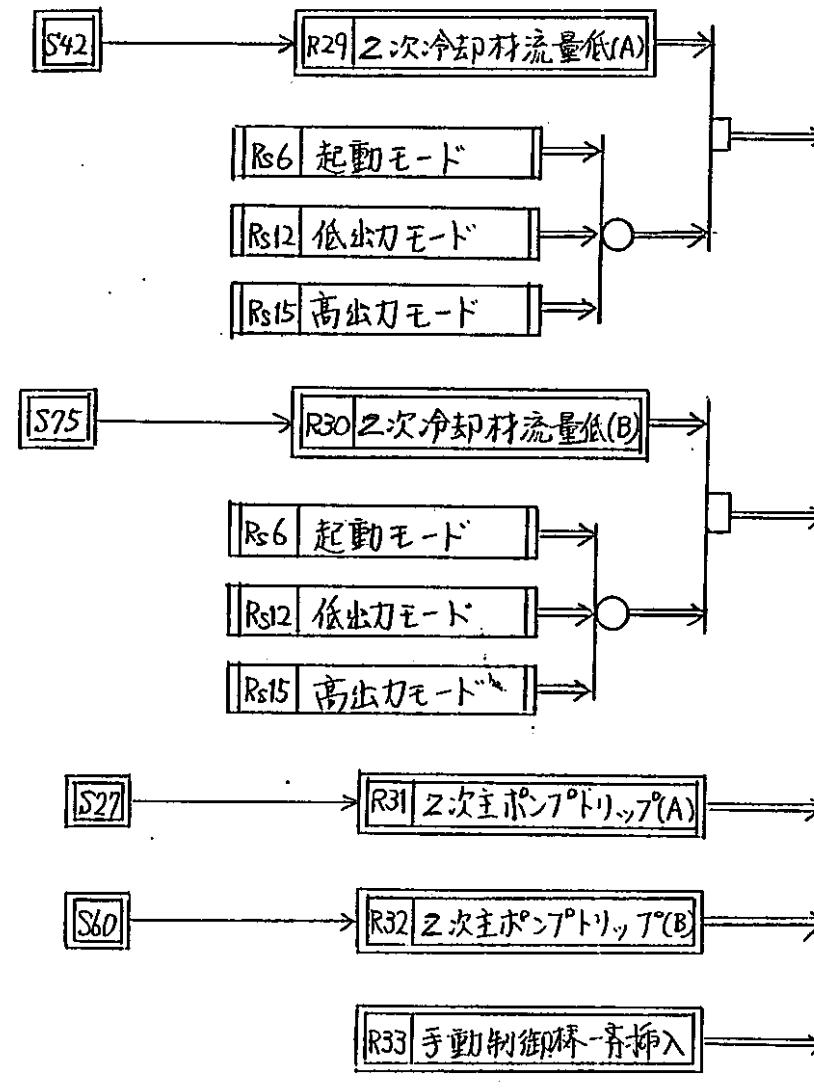


Fig. B-3 Alarm sequence (reactor control system - 3)(1/2)

- R36 中性子束低
- R37 中性子計装動作不能
- R38 中性子検出器過重超過
- R39 制御棒荷重超過
- R40 制御棒二ル破損
- R41 制御棒電源喪失
- R42 ロジック動作不能
- R43 ロジック電源故障

Fig. B-4 Alarm sequence (reactor control system - 4)

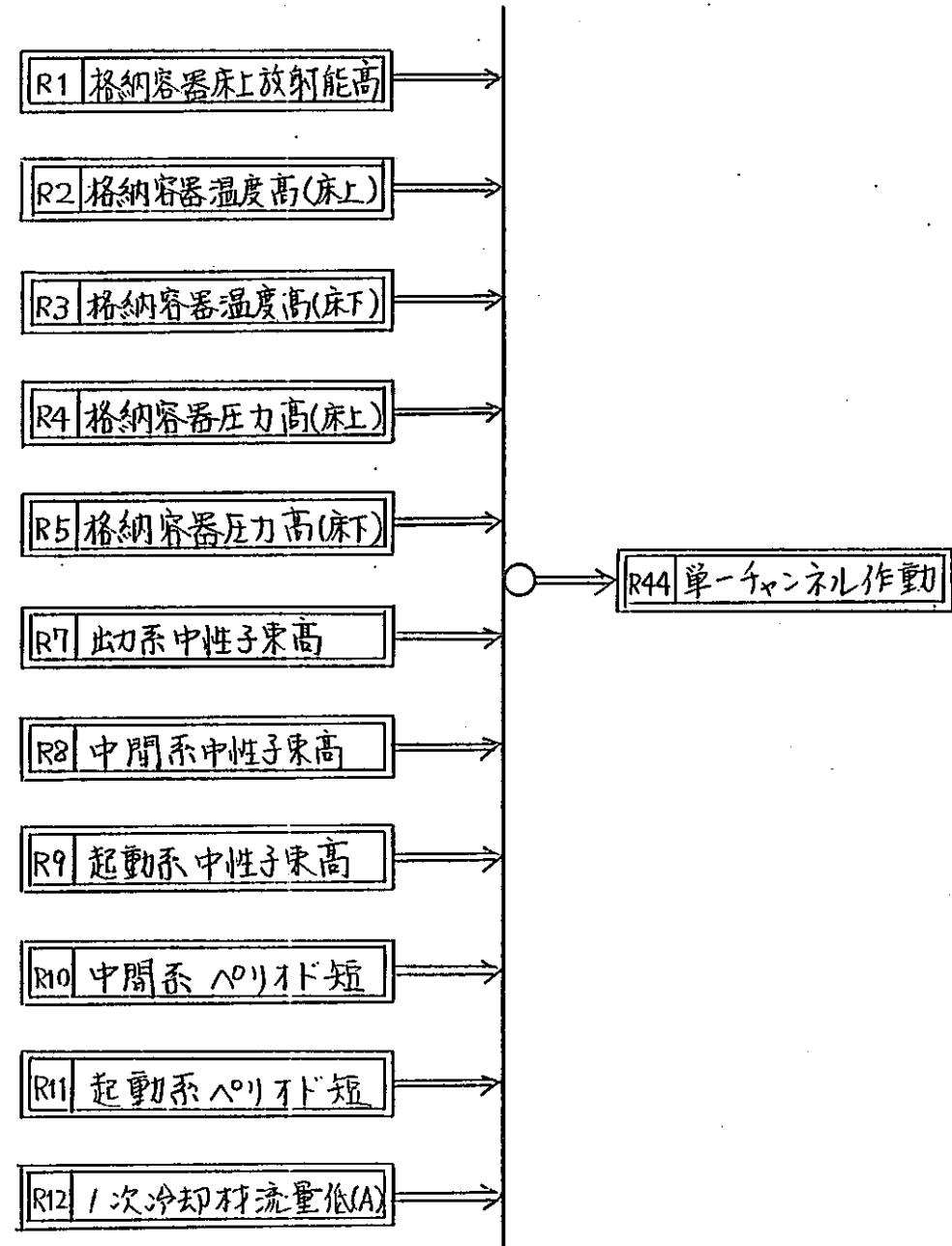


Fig. B-5 Alarm sequence (reactor control system - 5)(1/2)

*1 (Fig. B-5(1/2) a)

*1 (Fig. B-5 (1/2) 付)

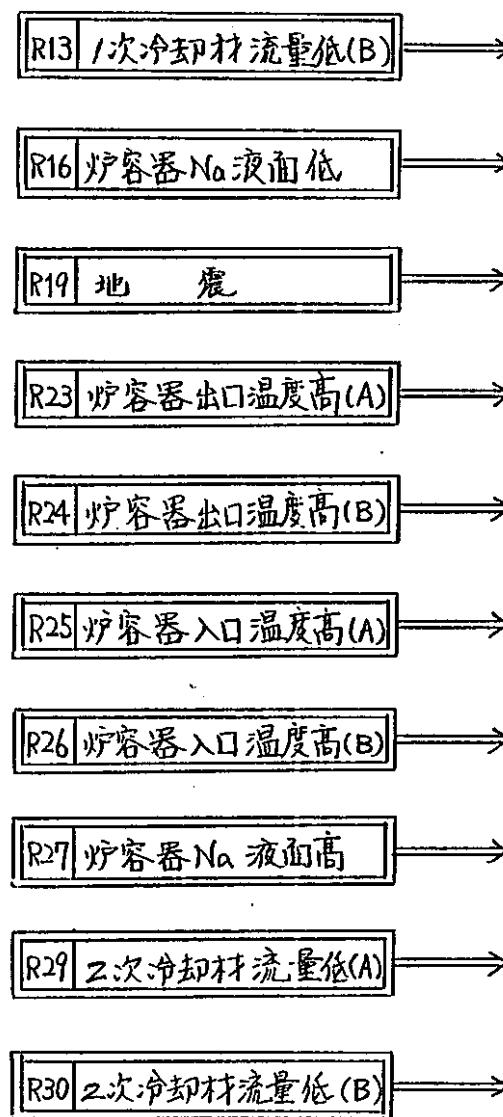


Fig. B-5 Alarm sequence (reactor control system -5)(1/2)

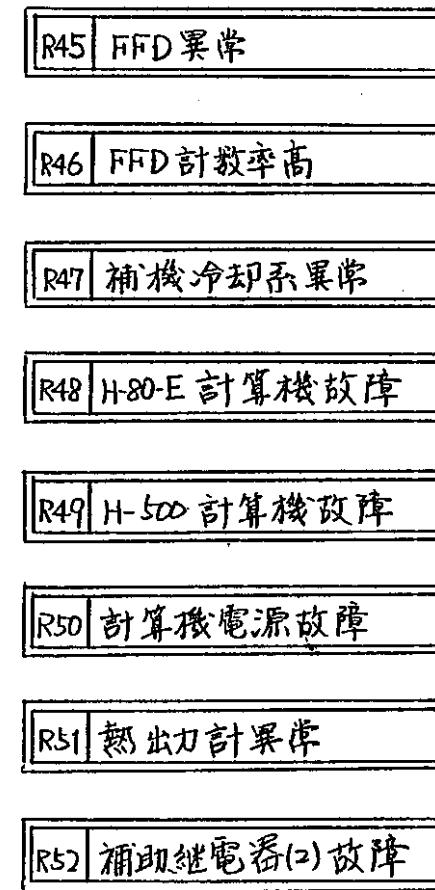


Fig. B-6 Alarm sequence (reactor control system - 6)

- [Rs1] 燃料交換
- [Rs2] 制御棒テラ, ハ
- [Rs3] 燃料交換作業終了
- [Rs4] 停止
- [Rs5] 制御棒励磁断
- [Rs6] 起動
- [Rs7] 計数率 ch.1 バイパス
- [Rs8] 計数率 ch.2 バイパス
- [Rs9] 調整棒引抜バイパス
- [Rs10] 引抜順序バイパス
- [Rs11] 保持荷重不足

Fig. B-7 Alarm sequence (reactor control system -7)

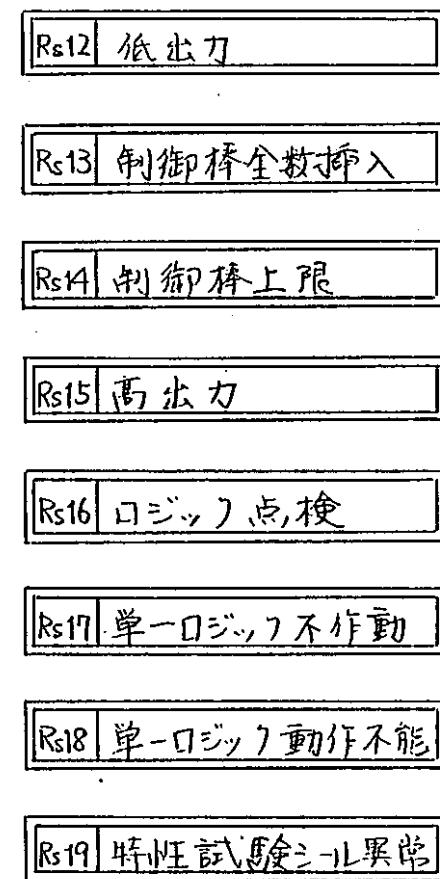


Fig. B-8 Alarm sequence (reactor control system - 8)

P1 安全容器圧力異常

P2 安全容器供給圧力高

P3 現象記録装置動作異常

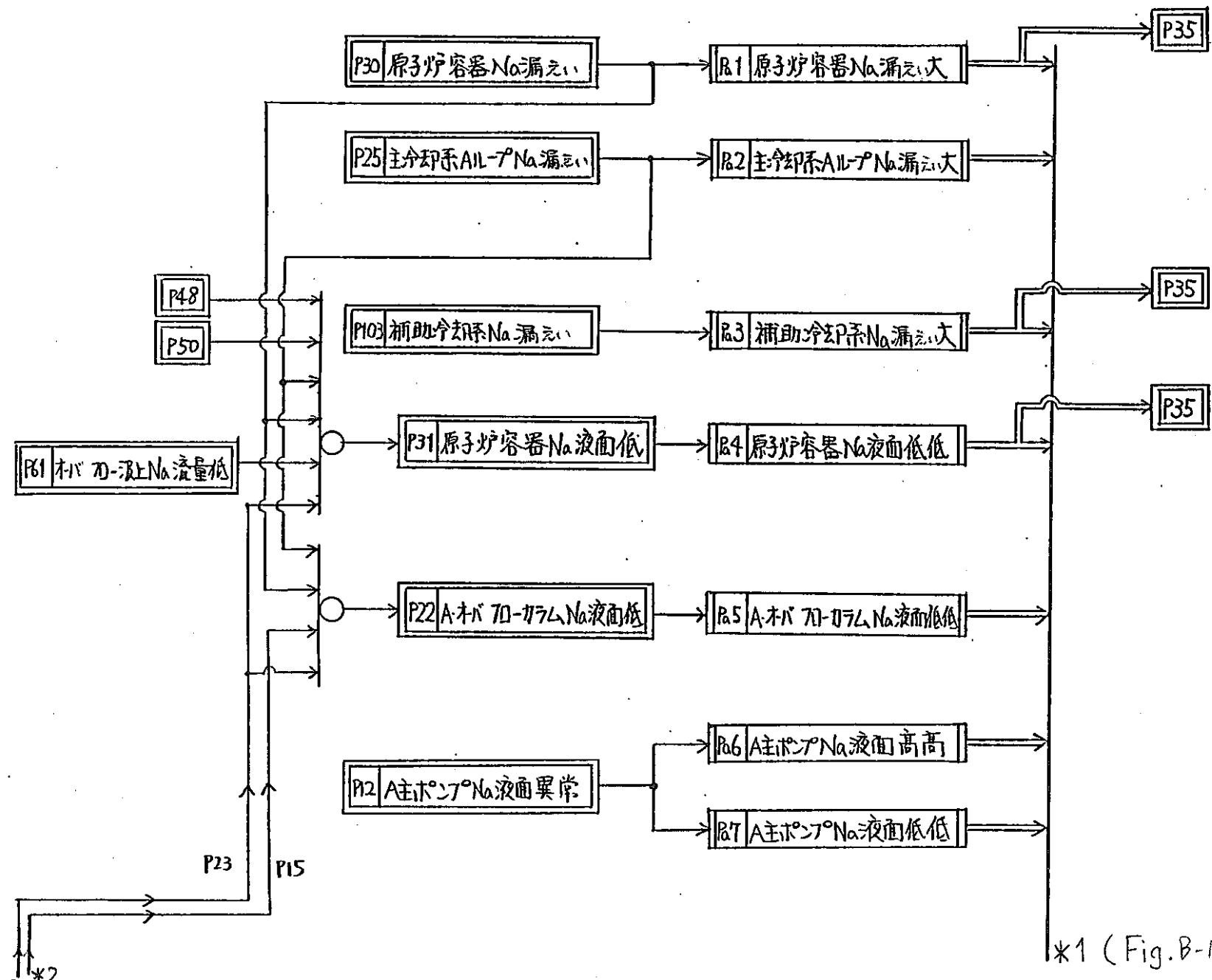
P4 遮蔽コンクリート出口ガス温度高

P6 リ-クジャケット圧力異常

P7 リ-クジャケット供給ガス圧力高

P8 予熱N₂ガス制御盤故障

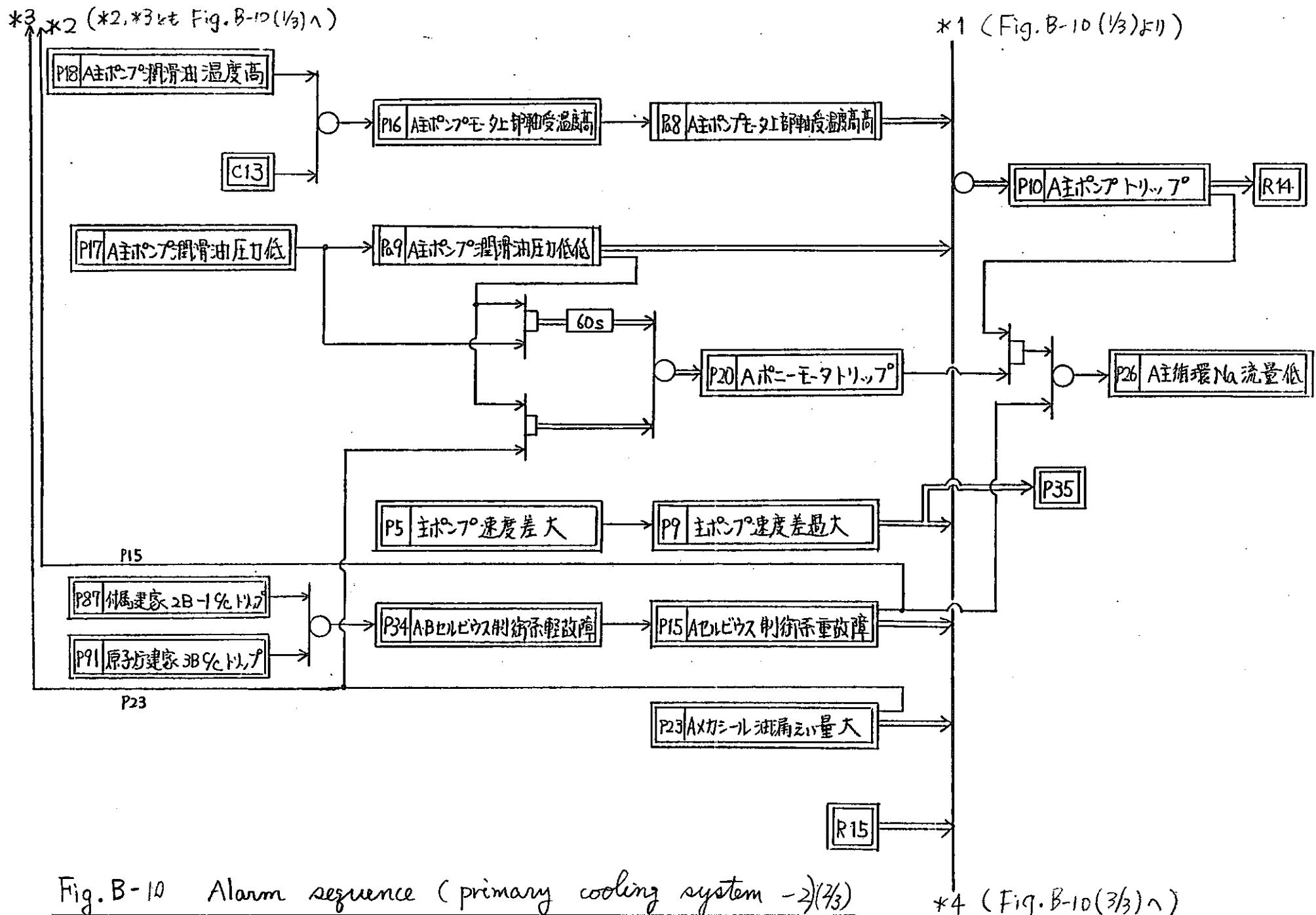
Fig. B-9 Alarm sequence (primary cooling system - 1)



*3
(*2, *3とも Fig. B-10 (2/3) b)

Fig. B-10 Alarm sequence (primary cooling system - 2)(1/3)

*1 (Fig. B-10 (2/3) a)



*4 (Fig. B-10 (2/3) c))

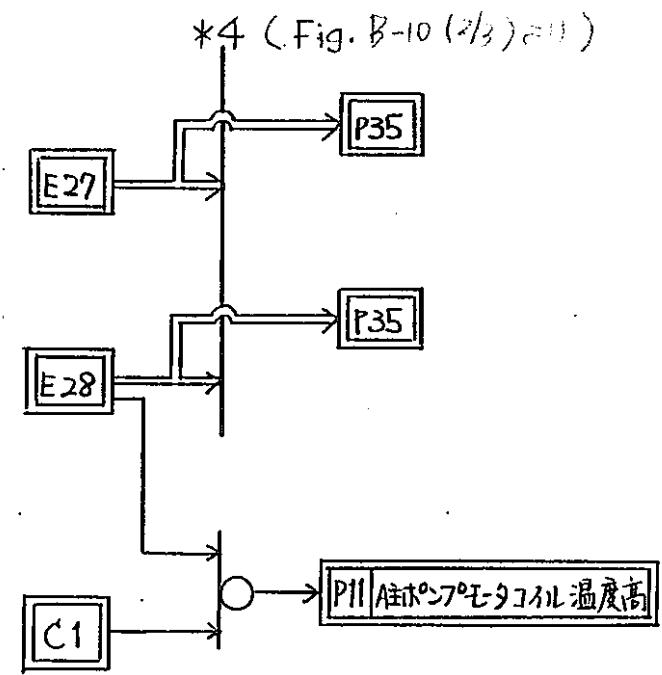
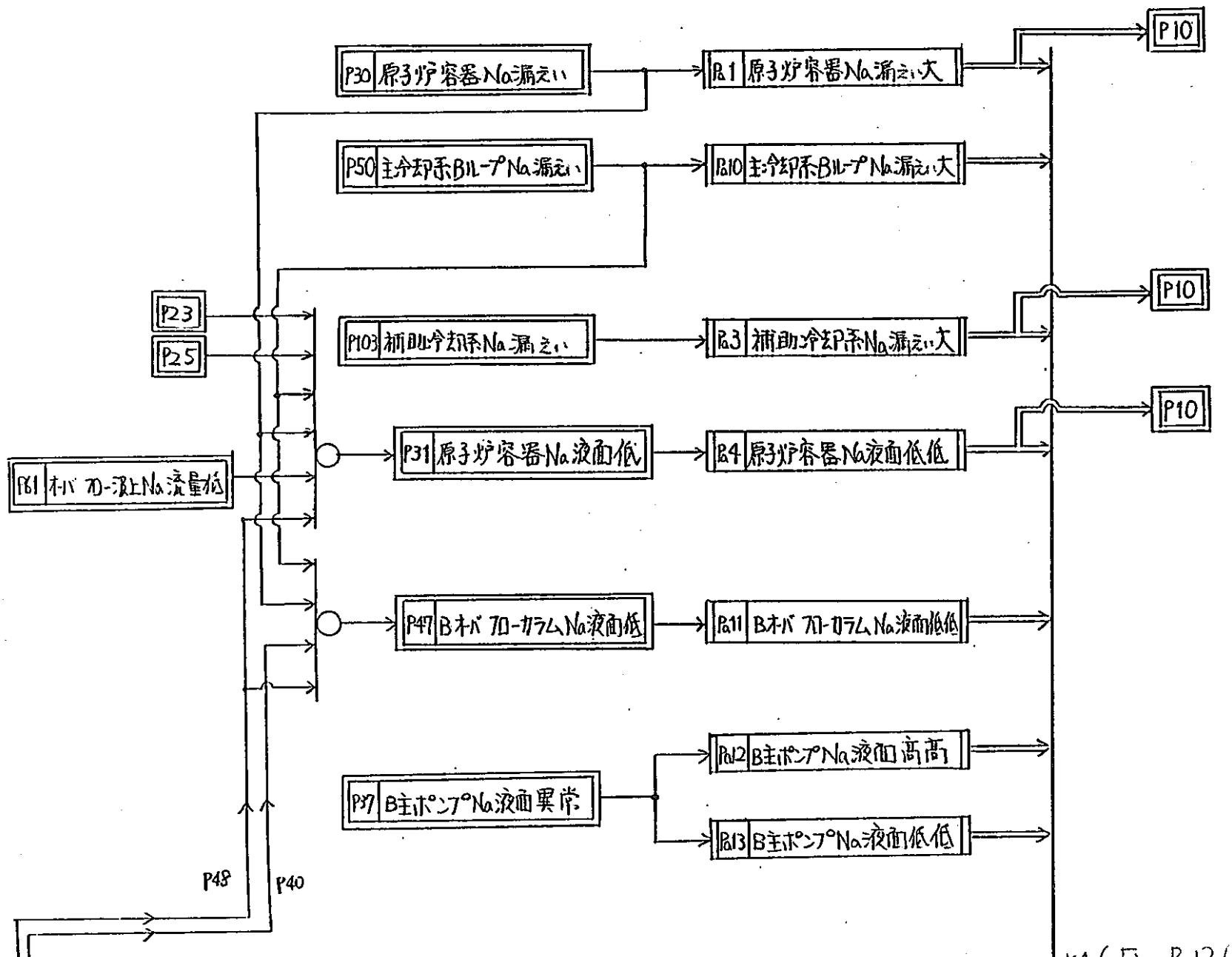


Fig. B-10 Alarm sequence (primary cooling system -2)(3)

- P13 A主ポンプNa軸受温度低
- P14 原子炉建家 2C % トリ, 7°
- P19 A潤滑油タンク液面低
- P21 AサイクロンブレーフNa流量低
- P24 Aドレンタンク油面高高
- P27 A主循環Na流量高
- P28 A原子炉出口Na温度高
- P29 A原子炉入口Na温度高
- P32 原子炉容器Na液面高

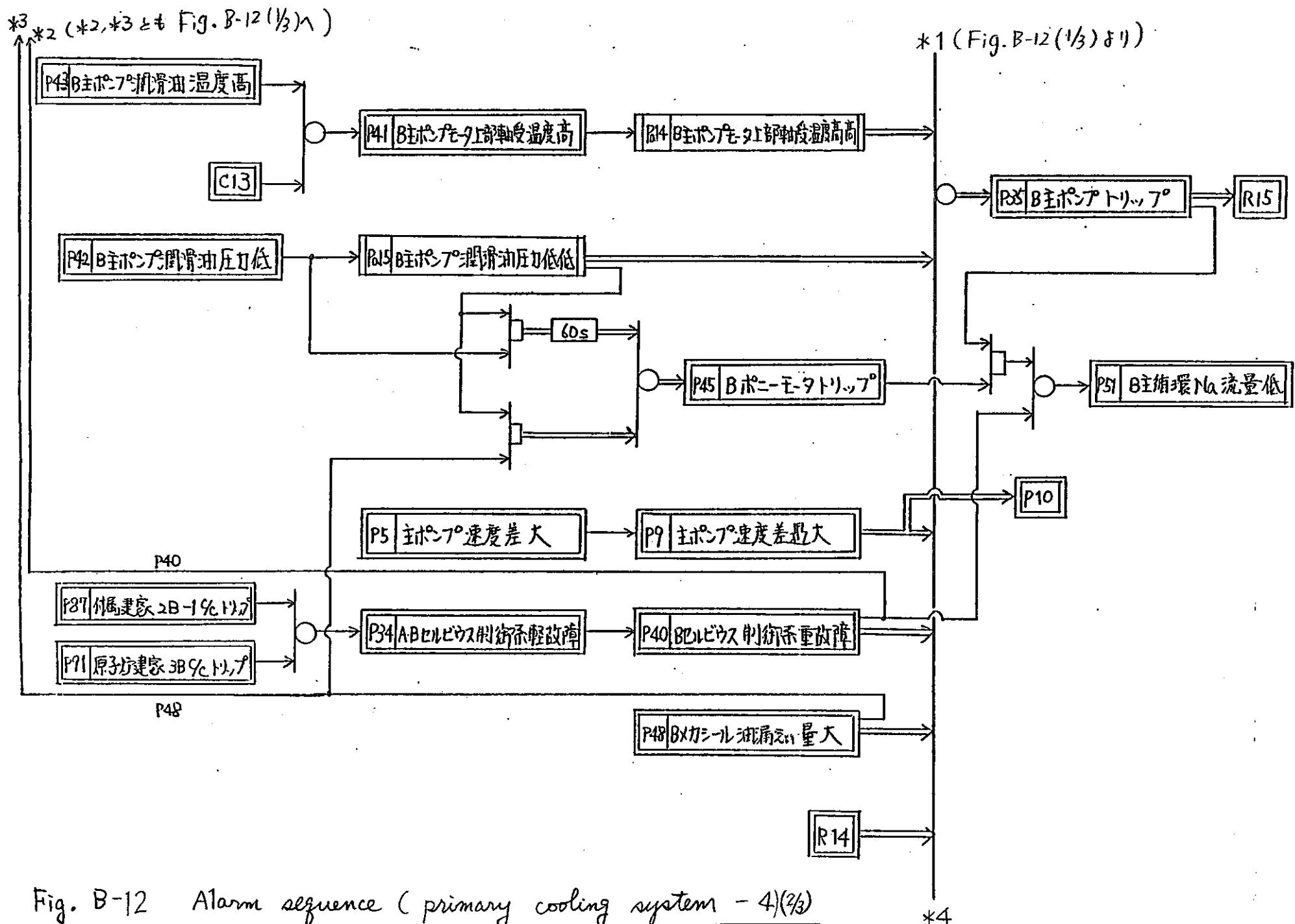
Fig. B-11 Alarm sequence (primary cooling system - 3)



*1 (Fig. B-12 (2/3) a)

*2
*3 (*2,*3 は Fig. B-12 (2/3) b))

Fig. B-12 Alarm sequence (primary cooling system - 4)(1/3)



*4 (Fig. B-12 (2/3) 51)

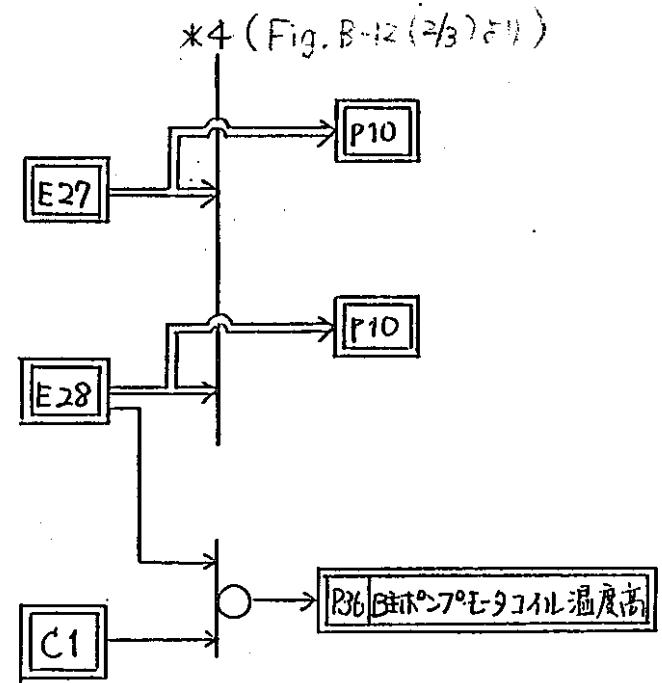


Fig. B-12 Alarm sequence (primary cooling system - 4)(2/3)

- P38 B主ポンプNa軸受温度低
- P39 原子炉建家2D% ℃, °
- P44 B潤滑油タンク油面低
- P46 B#17インブリーフNa流量低
- P49 Bドレンタンク油面高高
- P52 B主循環Na流量高
- P53 B原子炉出口Na温度高
- P54 B原子炉入口Na温度高

Fig. B-13 Alarm sequence (primary cooling system -5)

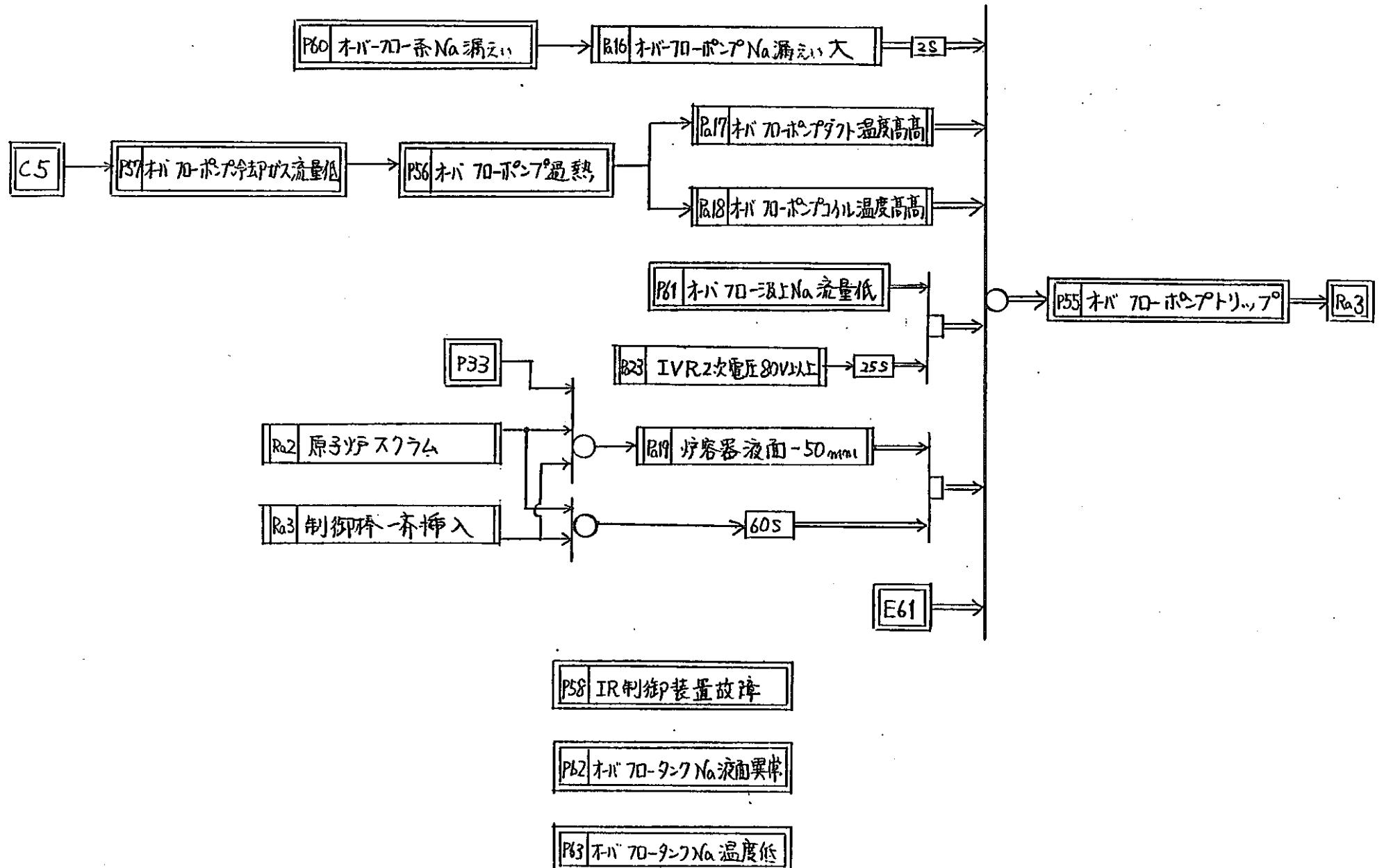


Fig. B-14 Alarm sequence (primary cooling system - 6)

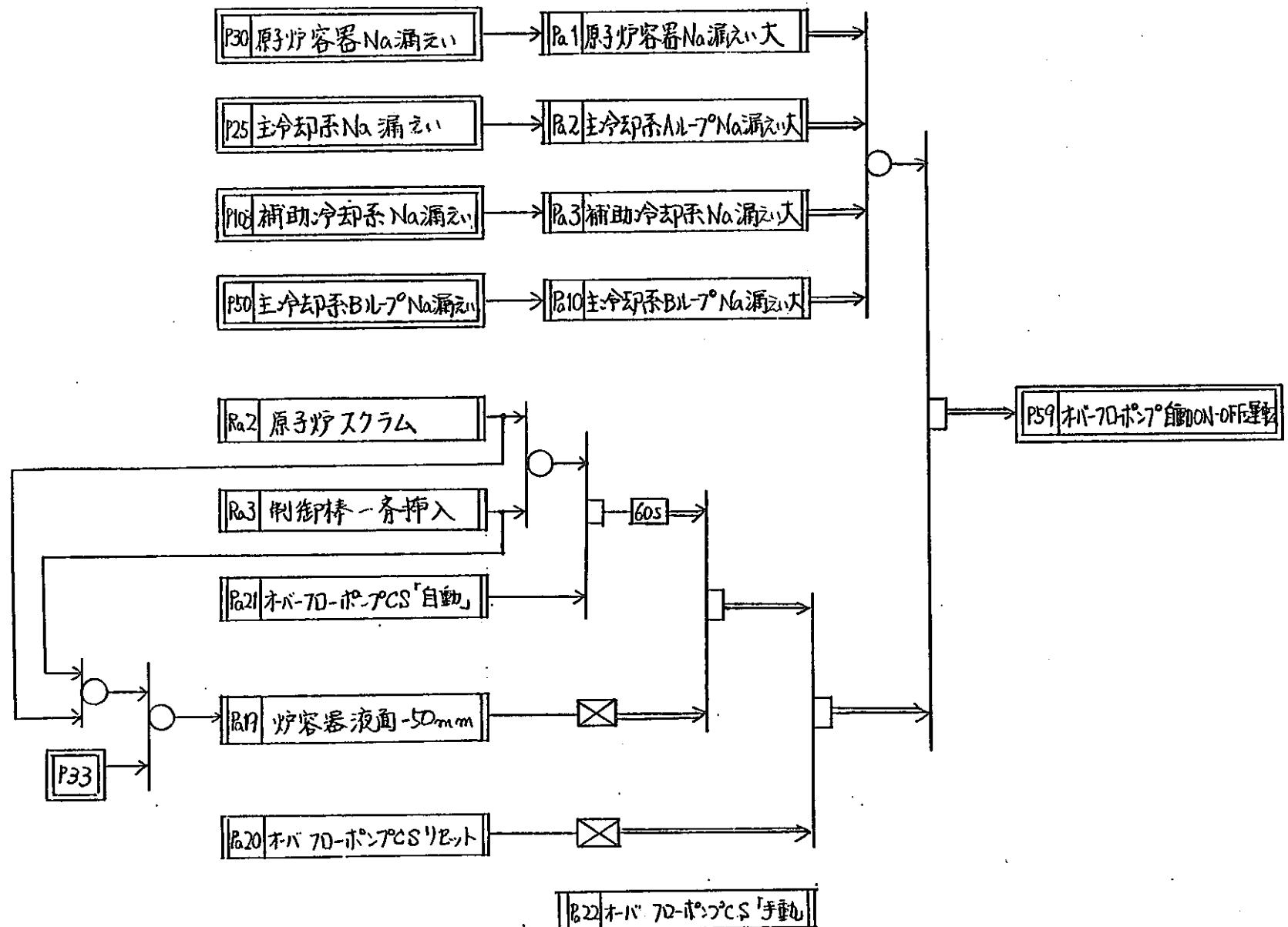


Fig. B-15 Alarm sequence (primary cooling system -7)

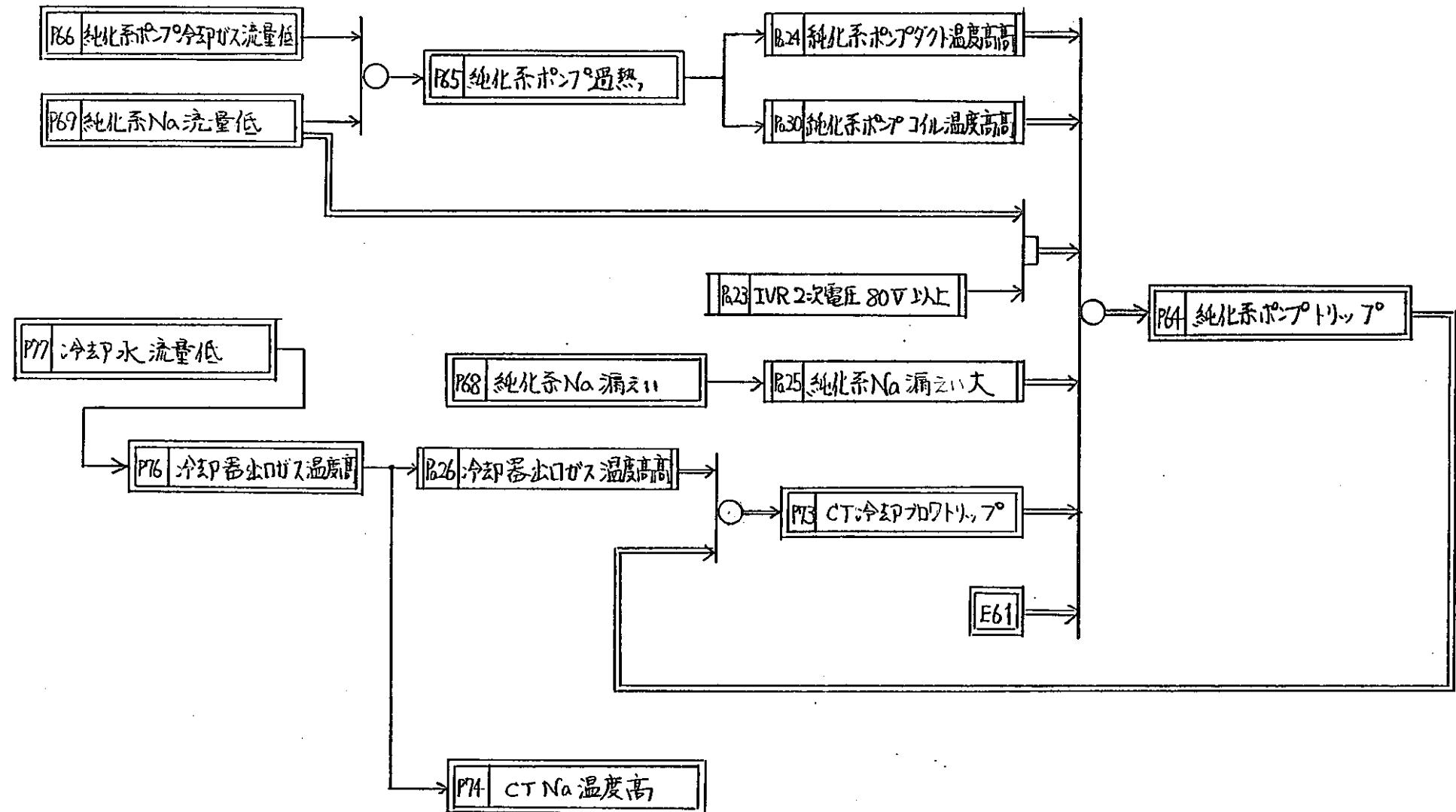


Fig. B-16 Alarm sequence (primary cooling system - 8)

- P67 IR制御装置故障
- P70 サージタンクN₂ガス圧力低
- P71 CT:冷却水入放射能高
- P72 自動連続式PL計異常
- P75 CT Na温度高

Fig. B-17 Alarm sequence (primary cooling system -9)

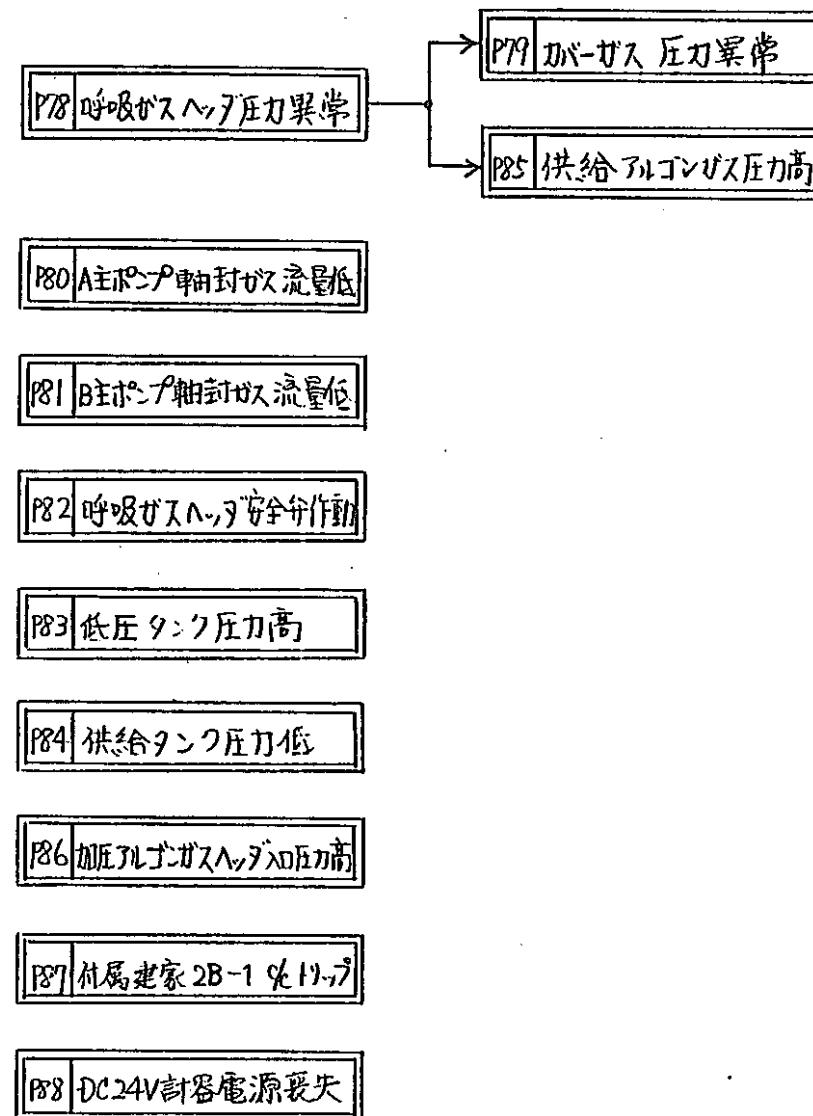


Fig. B-18 Alarm sequence (primary cooling system -10)

- P89 付属建家75%以上,T°
- P90 原子炉建家35%以下,T°
- P91 原子炉建家35%以下,T°
- P92 付属建家35%以下,T°
- P93 Na充填ドレン系Na漏れ
- P94 Na漏洩検出器電源喪失
- P95 1次現場制御盤故障
- P96 予熱ヒータ操作盤故障
- P97 原子炉入口流量計電源喪失

Fig. B-19 Alarm sequence (primary cooling system - II)

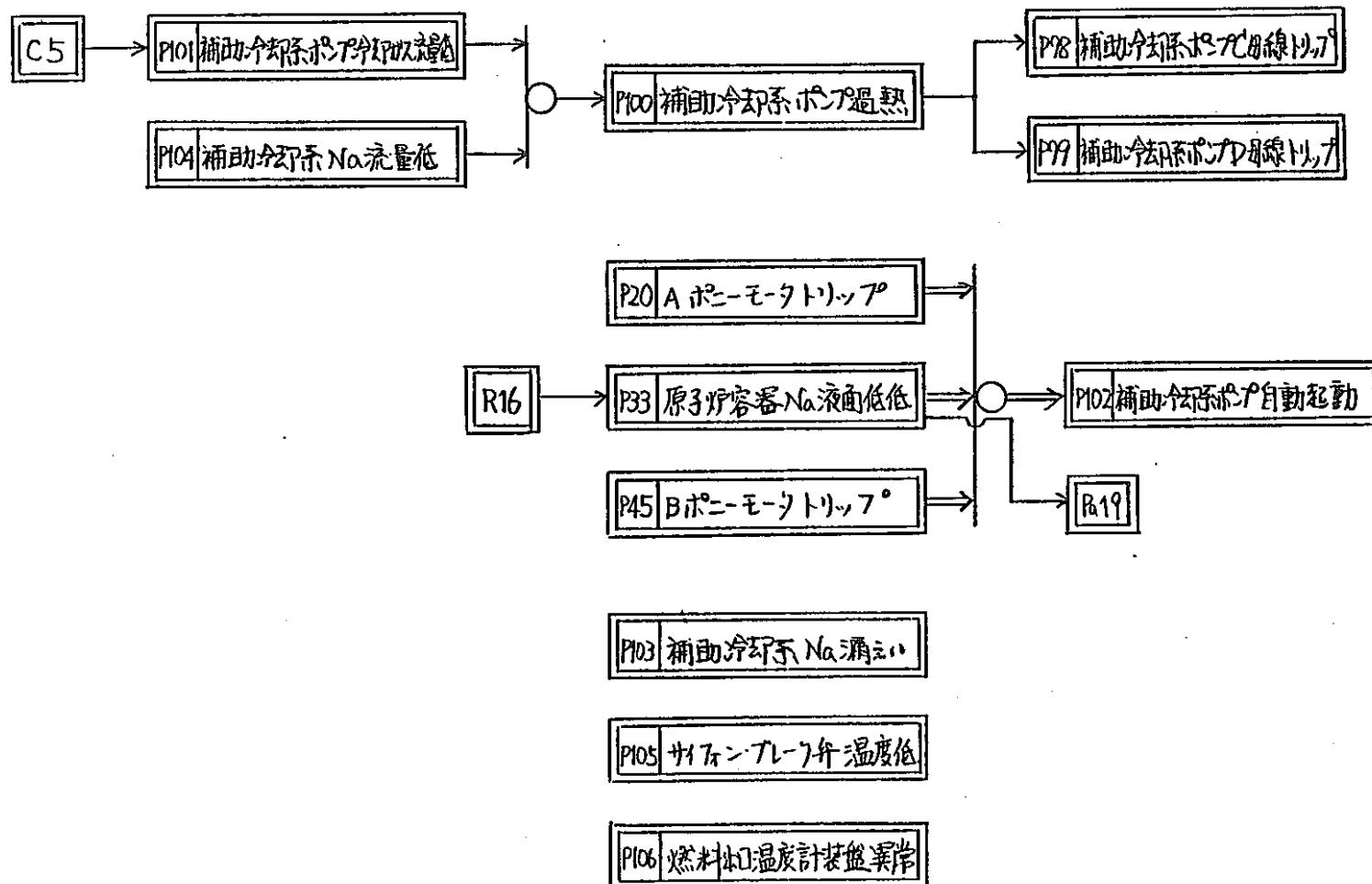


Fig. B-20 Alarm sequence (primary cooling system -12)

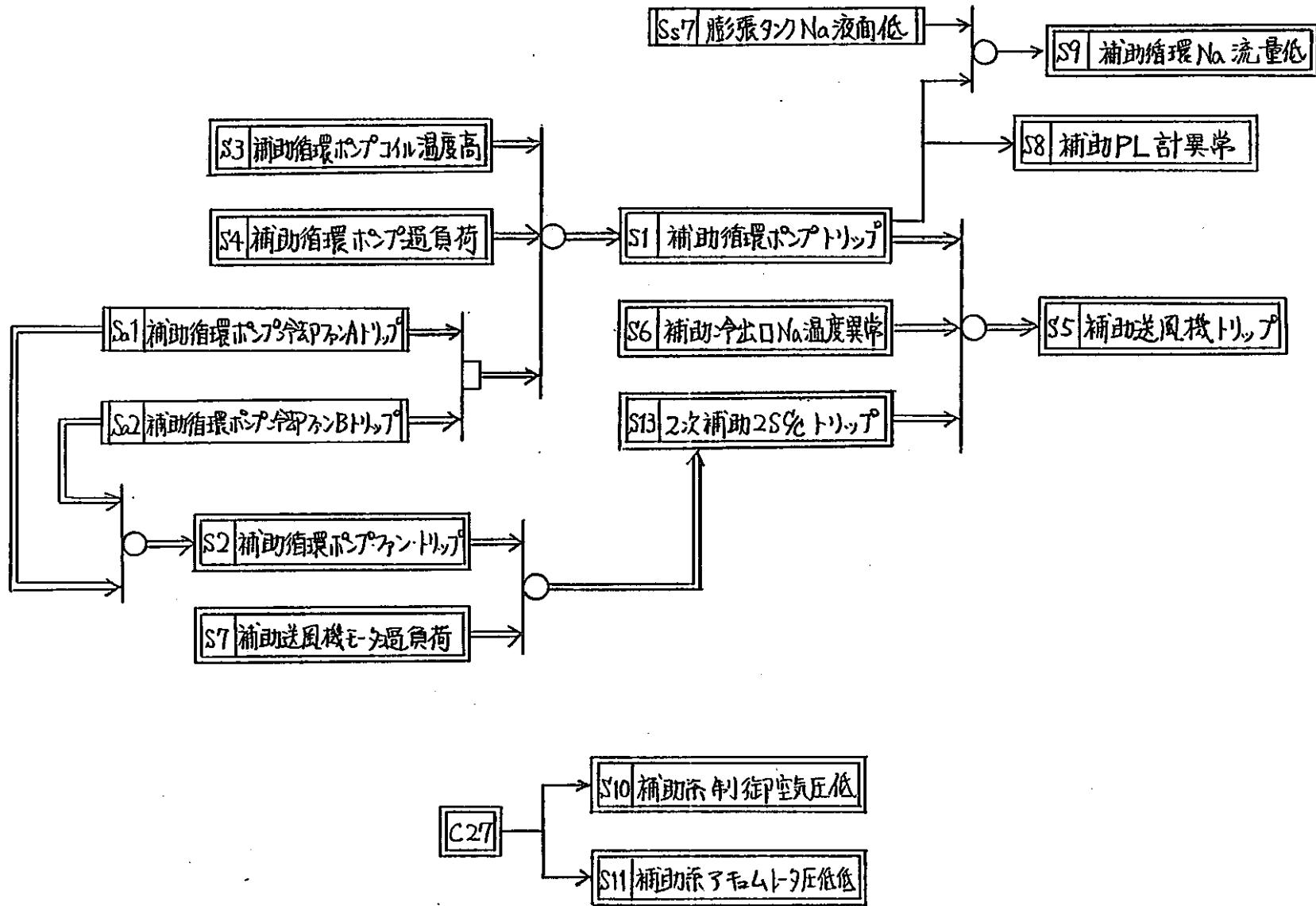


Fig. B-21 Alarm sequence (secondary cooling system-1)

- S12 補助冷却ダップバー注意
- S14 補助系予熱ヒータ異常
- S15 補助IHX出入口弁トリップ

Fig. B-22 Alarm sequence (secondary cooling system - 2)

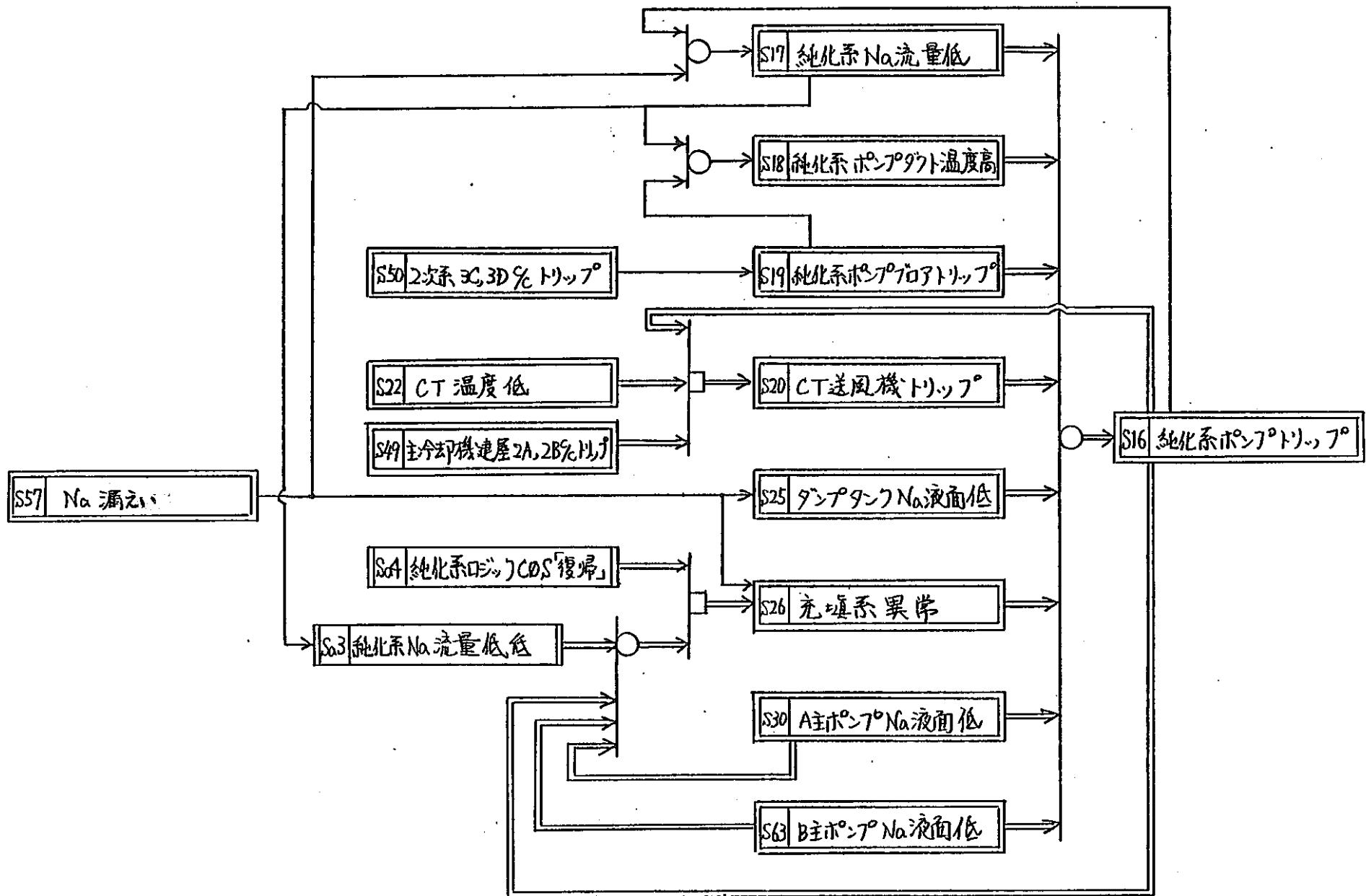


Fig. B-23 Alarm sequence (secondary cooling system - 3)

S21 CT 温度高

S23 ダンプタンク Na 温度低

S24 ダンプタンク Na 液面高

Fig. B-24 Alarm sequence (secondary cooling system - 4)

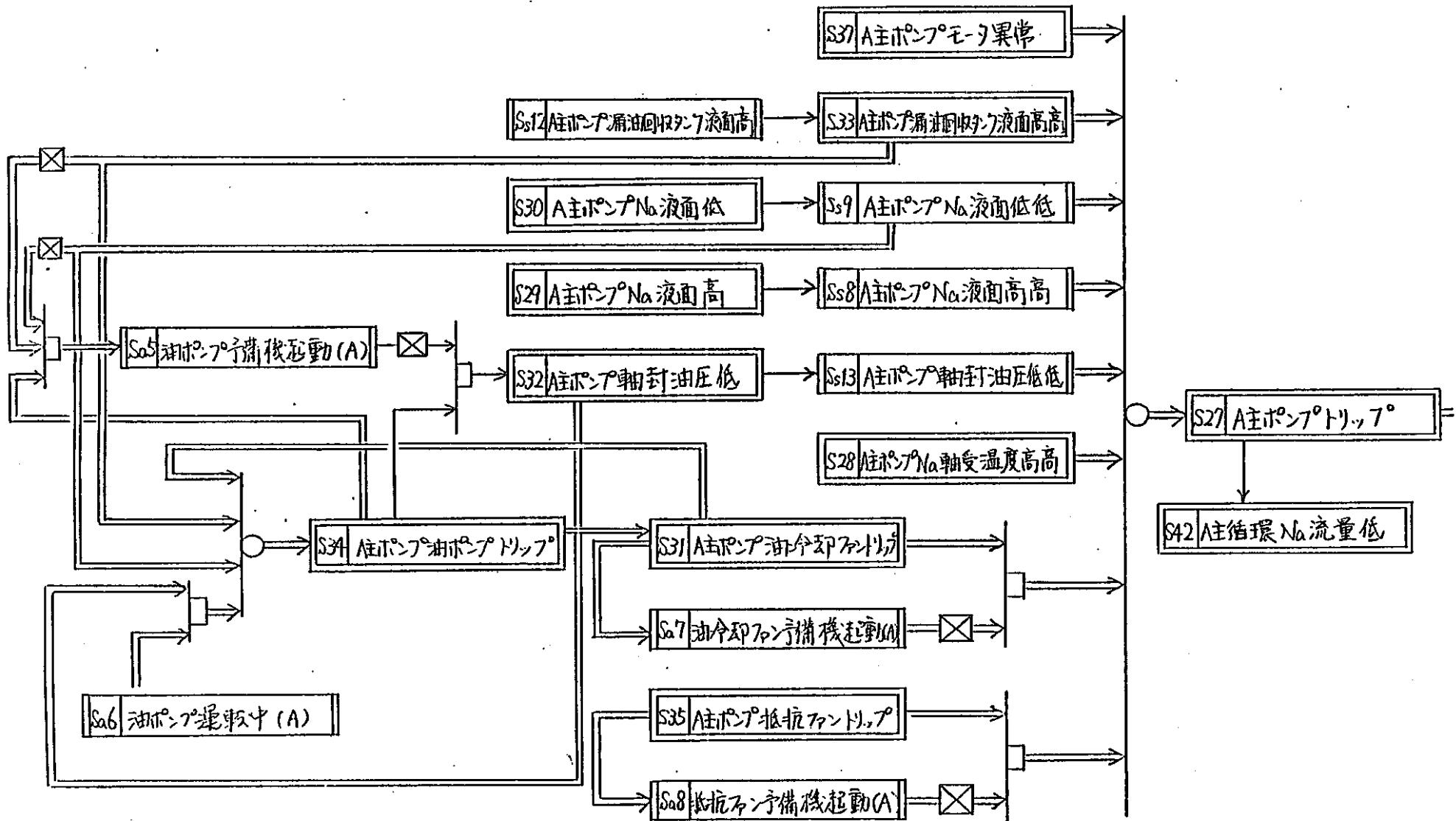
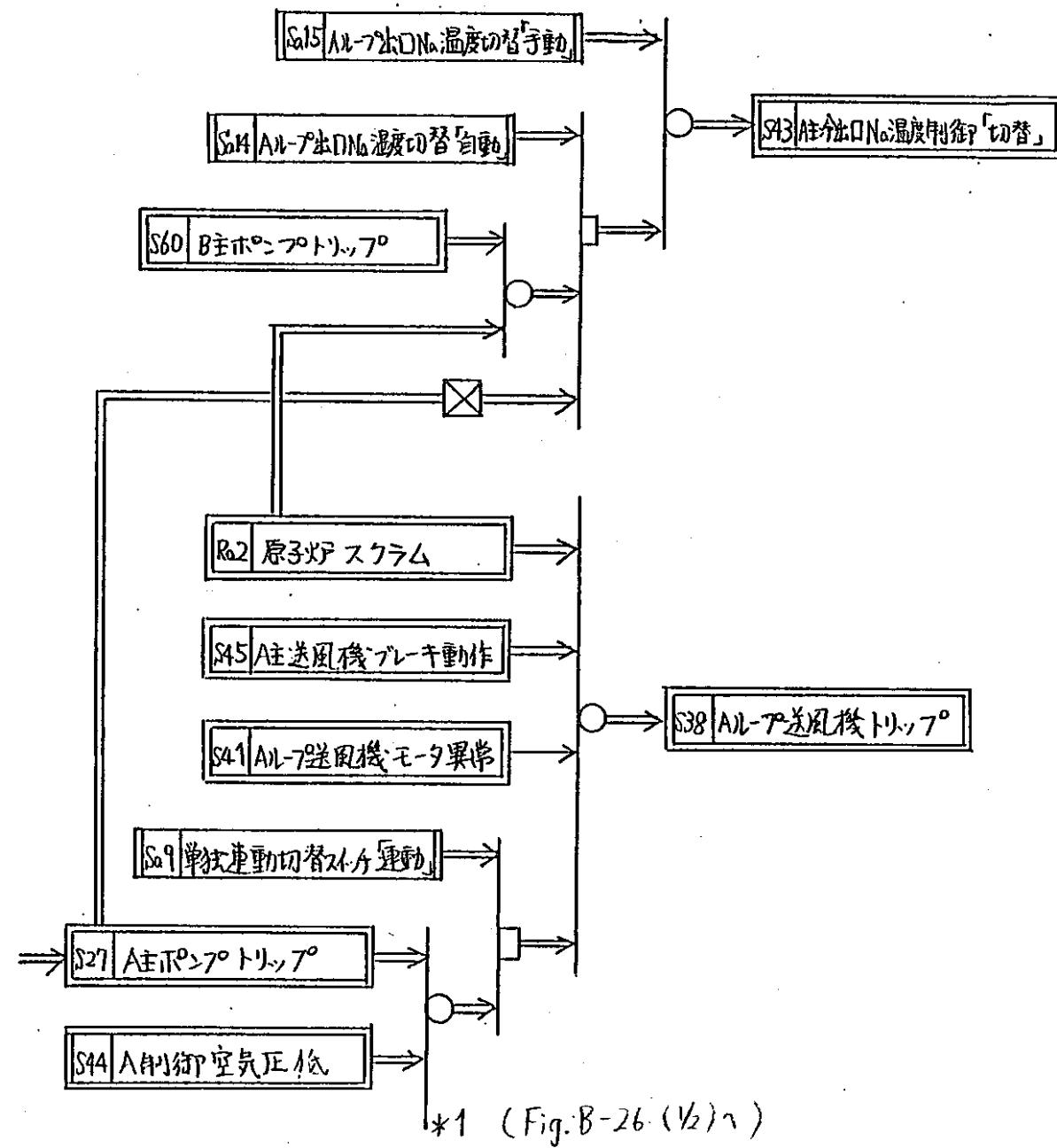


Fig. B-25 Alarm sequence (secondary cooling system -5)



*1 (Fig. B-26 (1/2)~)

Fig. B-26 Alarm sequence (secondary cooling system - 6)(1/2)

*1 (Fig. B-26 (2/2) より)

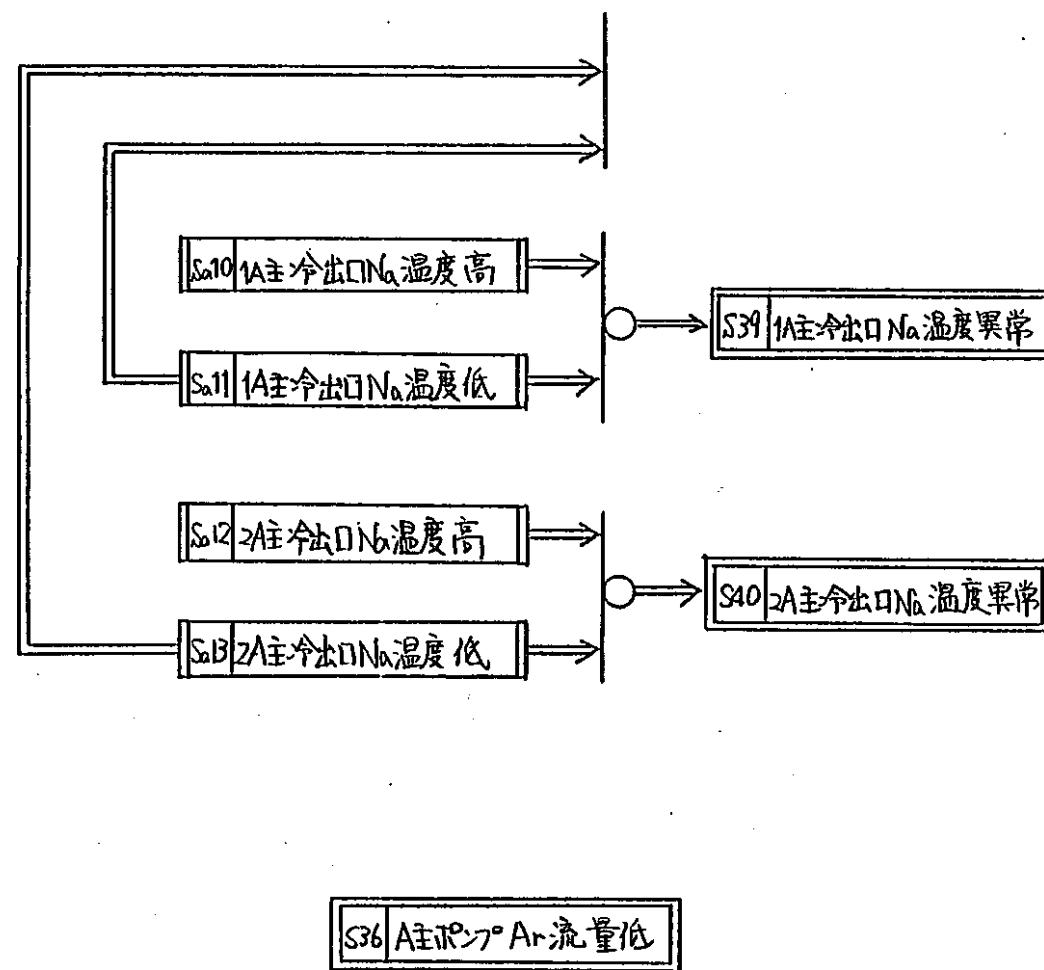


Fig. B-26 Alarm sequence (secondary cooling system - 6)(3)

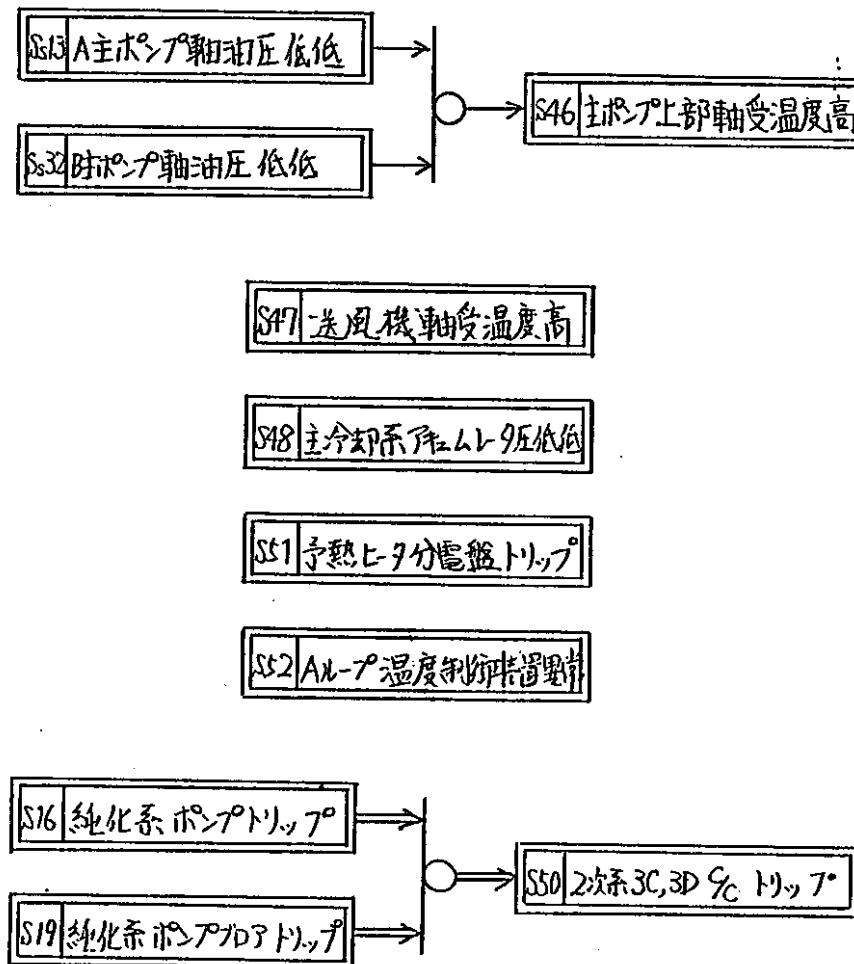


Fig. B-27 Alarm sequence (secondary cooling system 7)

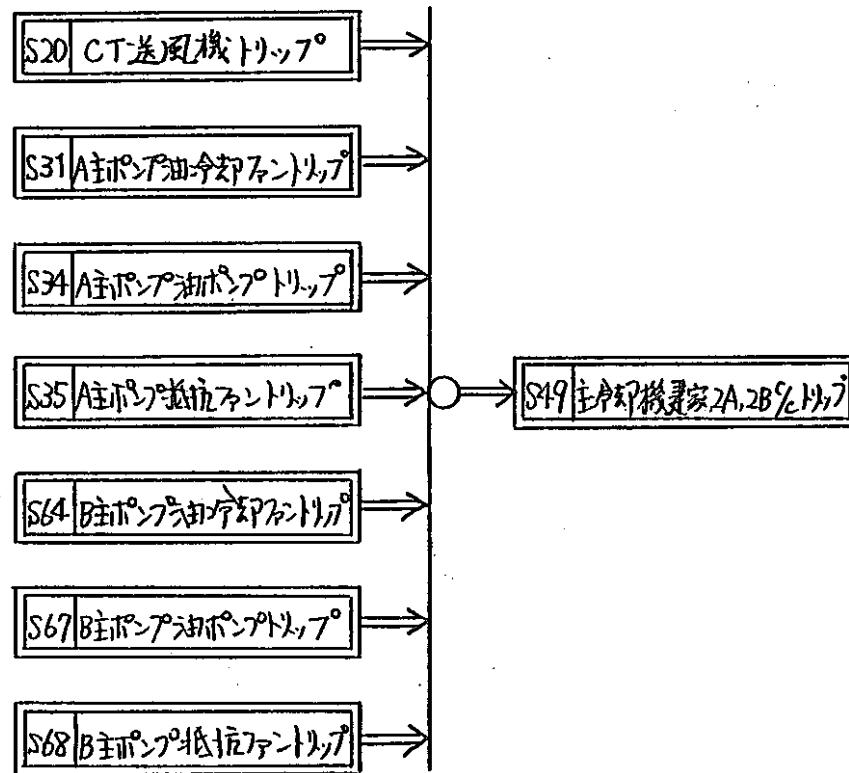


Fig. B - 28 Alarm sequence (secondary cooling system - δ)

553 CV管通部冷却系異常

554 CV管通部金物温度高

555 呼吸ヘッダ圧高

556 呼吸ヘッダ圧低

557 Na漏えい

558 予熱ヒート異常

559 主PL計算異常

Fig. B-29 Alarm sequence (secondary cooling system - 9)

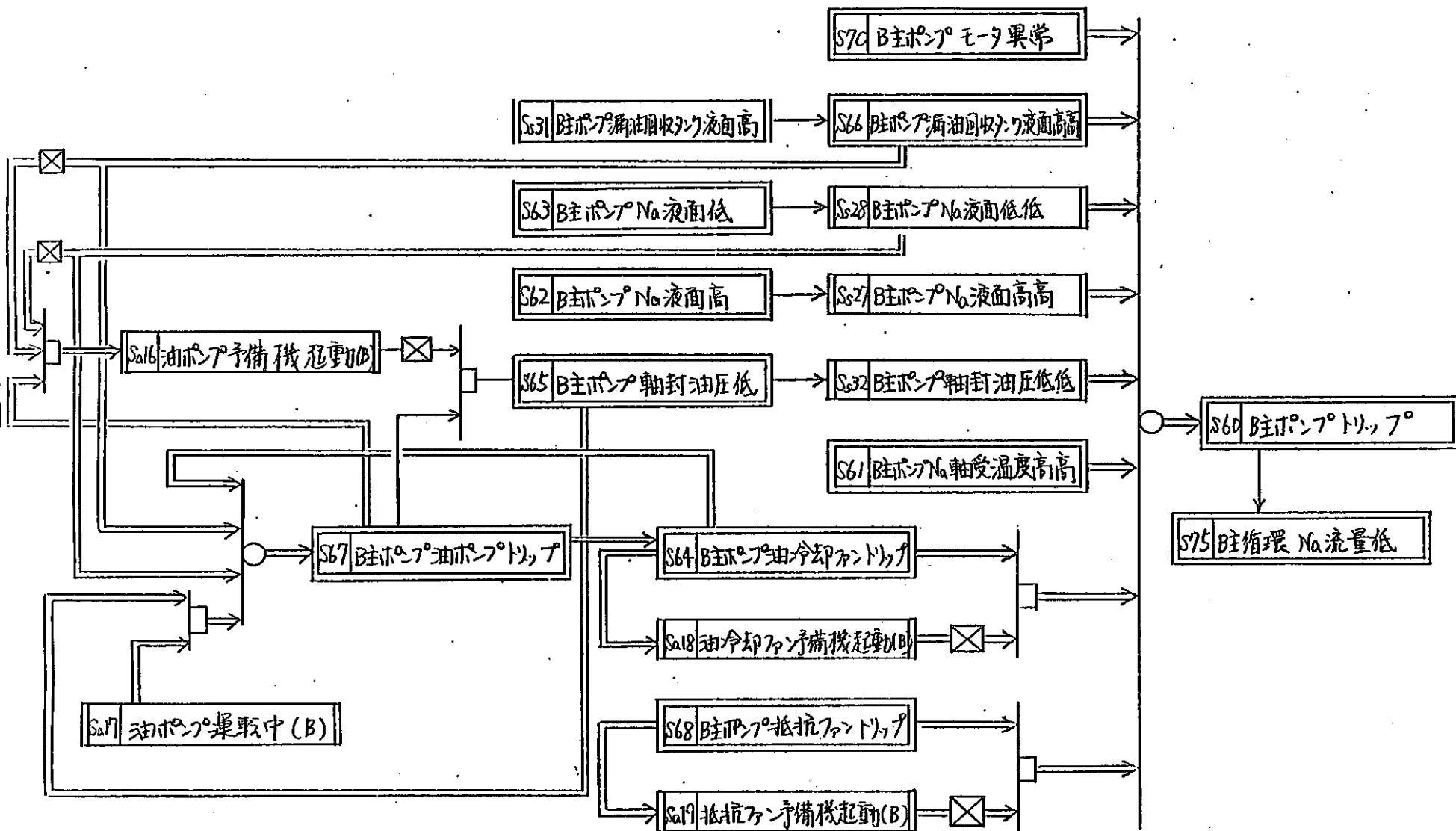


Fig. B-30 Alarm sequence (secondary cooling system -10)

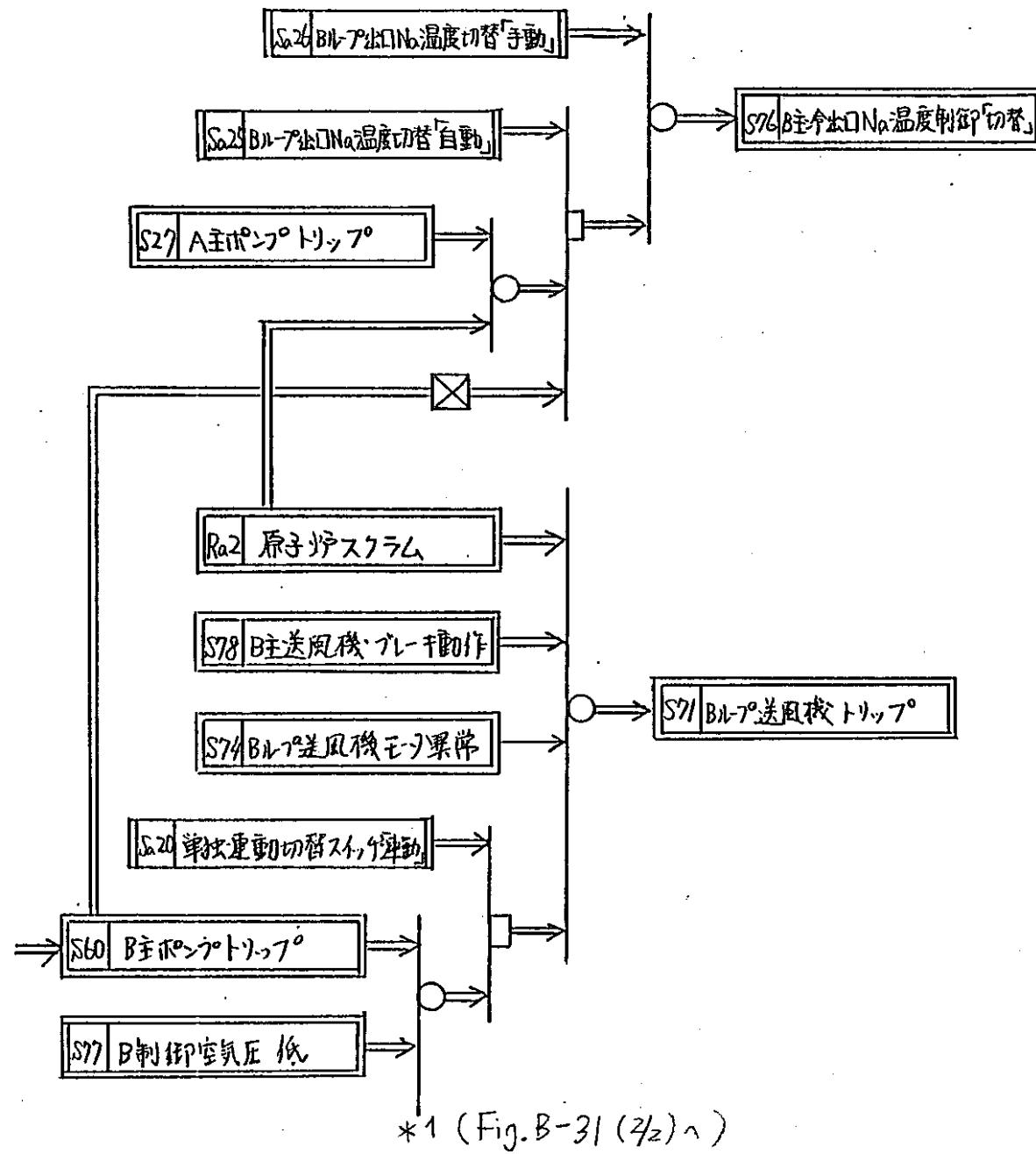


Fig. B-31 Alarm sequence (secondary cooling system -1)(1/2)

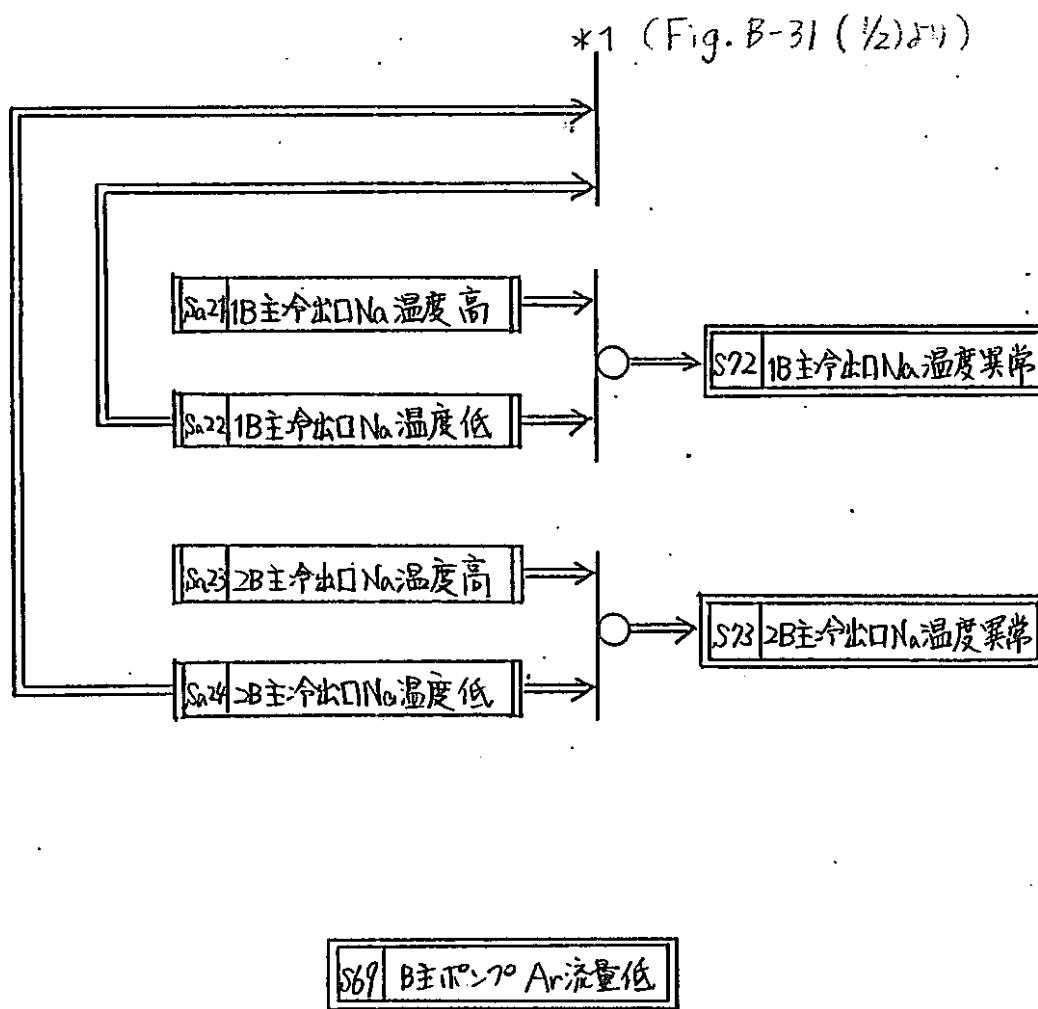


Fig. B-31 Alarm sequence (secondary cooling system - 11)(1/2)

- S79 直流無停電源異常
- S80 風量確認装置作動
- S81 BL-10溫度制御装置異常
- S82 燃料出口溫度計接盤異常

Fig. B-32 Alarm sequence (secondary cooling system-12)

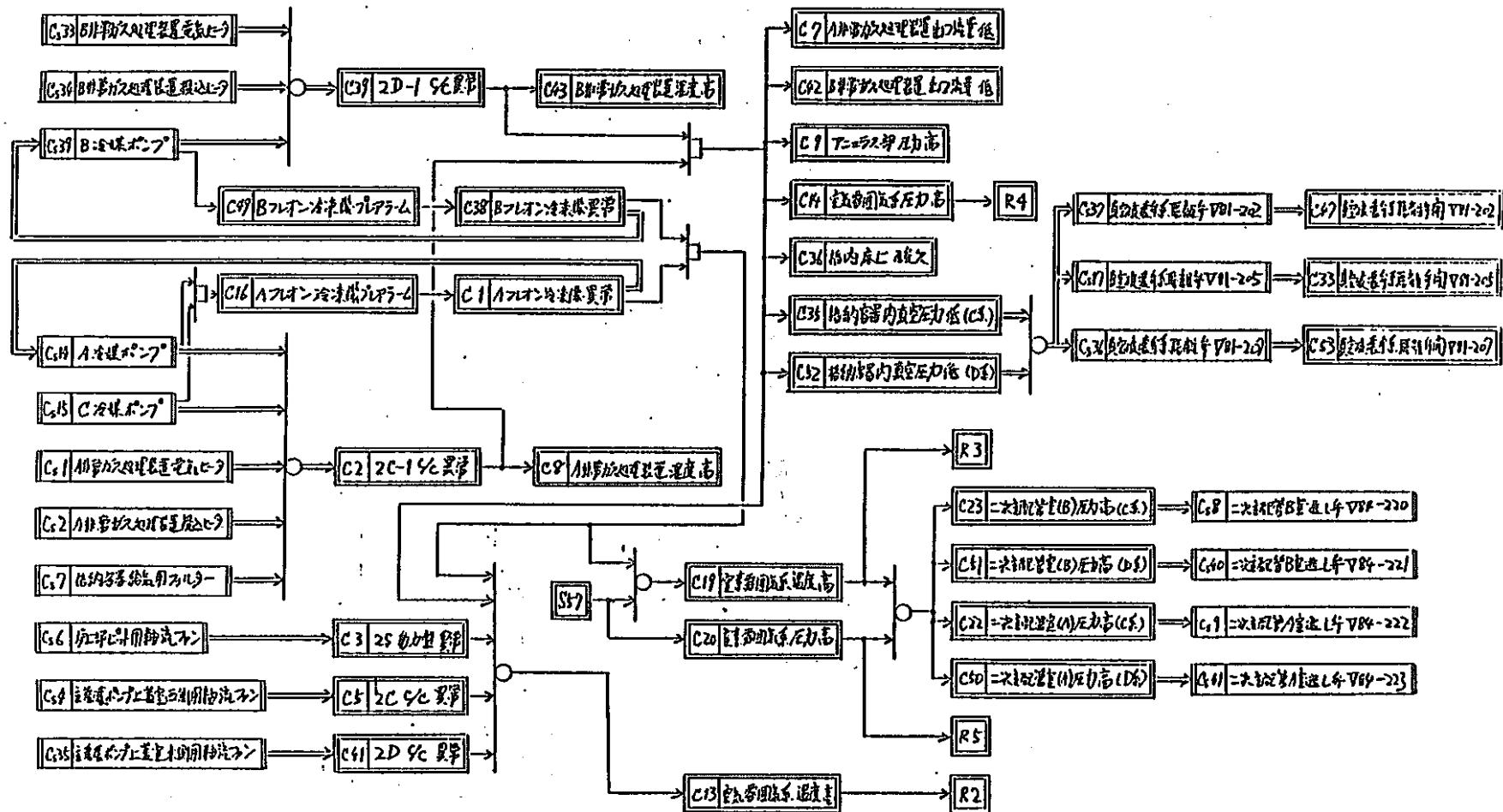


Fig. B-33 Alarm sequence (containment atmospheric control system-1)

C4 A 氮ガス盤異常

C40 B 氮ガス盤異常

C10 A 非常切換装置
→レフリク装置 温度 高

C44 B 非常切換装置
→レフリク装置 温度 高

C11 A 非常切換装置
活性炭 温度 高

C45 B 非常切換装置
活性炭 温度 高

C12 A 非常切換装置
活性炭 温度 高

C46 B 非常切換装置
活性炭 温度 高

Fig. B-34 Alarm sequence (containment atmospheric control system -2)

C15 予熱N₂系A 過熱温度低

C48 予熱N₂系B 過熱温度低

C26 B84-9A 黒帯

C32 B84-9B 黒帯

C29 B84-10A 黒帯

C34 B84-10B 黒帯

C17 遮蔽C>1-1系 壓力高

C18 遮蔽C>1-1系 湿分高

Fig. B-35 Alarm sequence (containment atmospheric control system-3)

C21 室内空気系酸素濃度高

C24 室内空気系ハロゲン濃度高

C27 圧縮空気供給系異常

C28 空気貯槽圧力低

C31 格内床下酸欠

Fig. B-36 Alarm sequence (containment atmospheric control system-4)

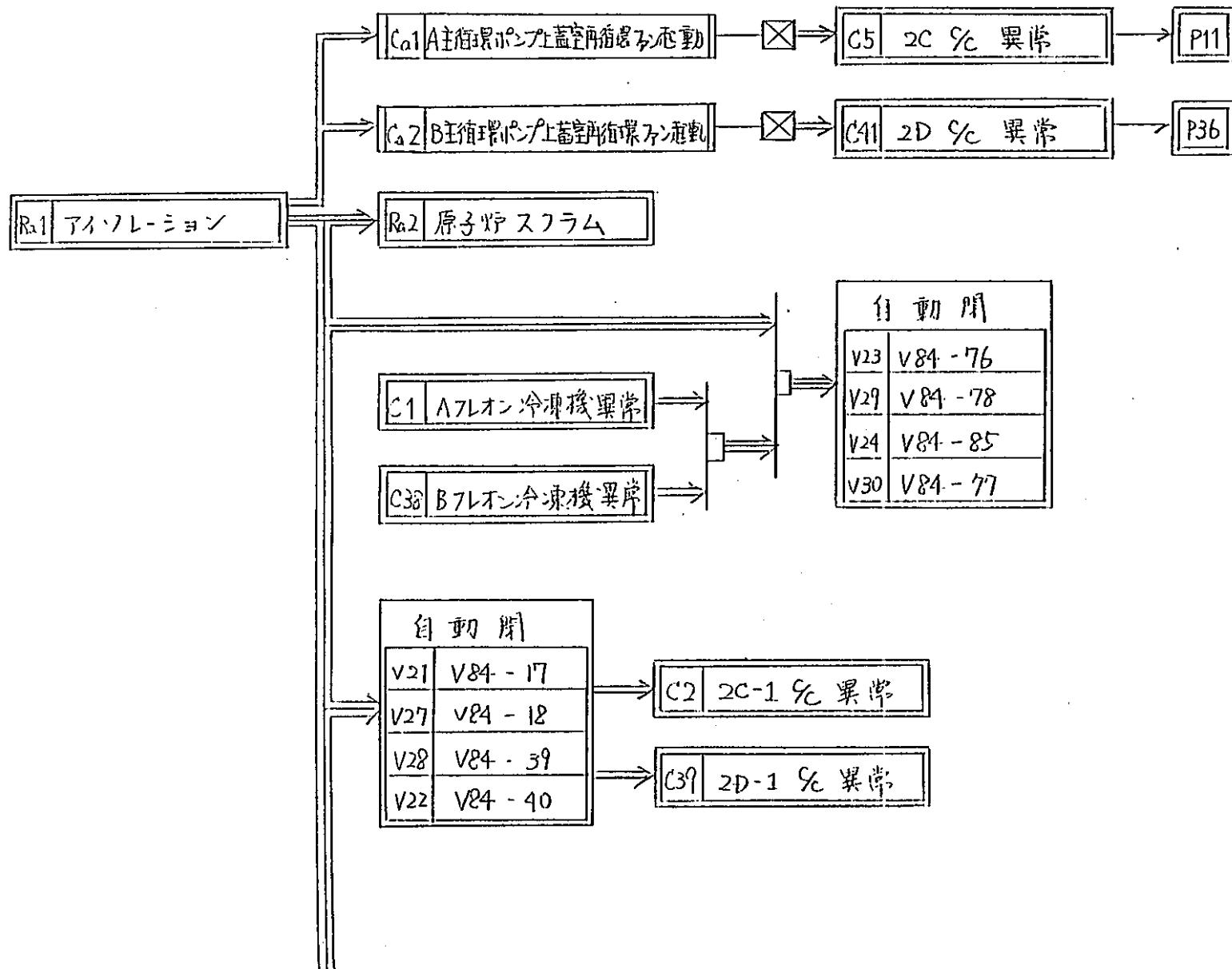
C6 緊急 墓場

C25 フルガス止まり 墓場

C30 水ボン (A) 出口シバ 墓場

C31 水ボン (B) 出口シバ 墓場

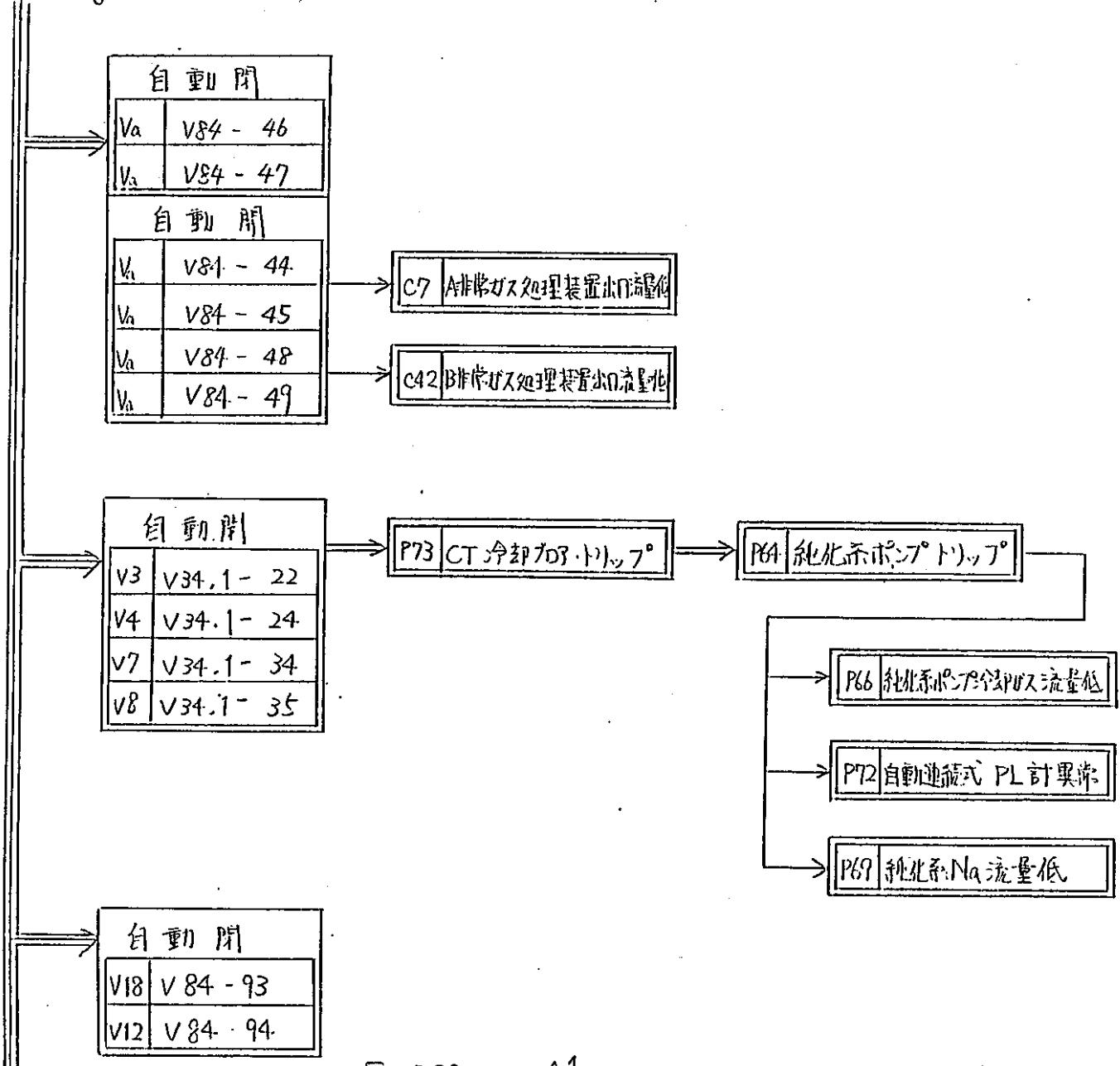
Fig. B-37 Alarm sequence (containment atmospheric control system -5)



*1 (Fig. B-38 (2/3) ^)

Fig. B-38 Alarm sequence (Isolation - 1)(1/3)

*1 (Fig. B-38 (1/3)より)



*2 (Fig. B-38 (3/3) ^)

Fig.B-38 Alarm sequence (Isolation -2) (2/3)

*2 (Fig. B-38 (2/3)より)

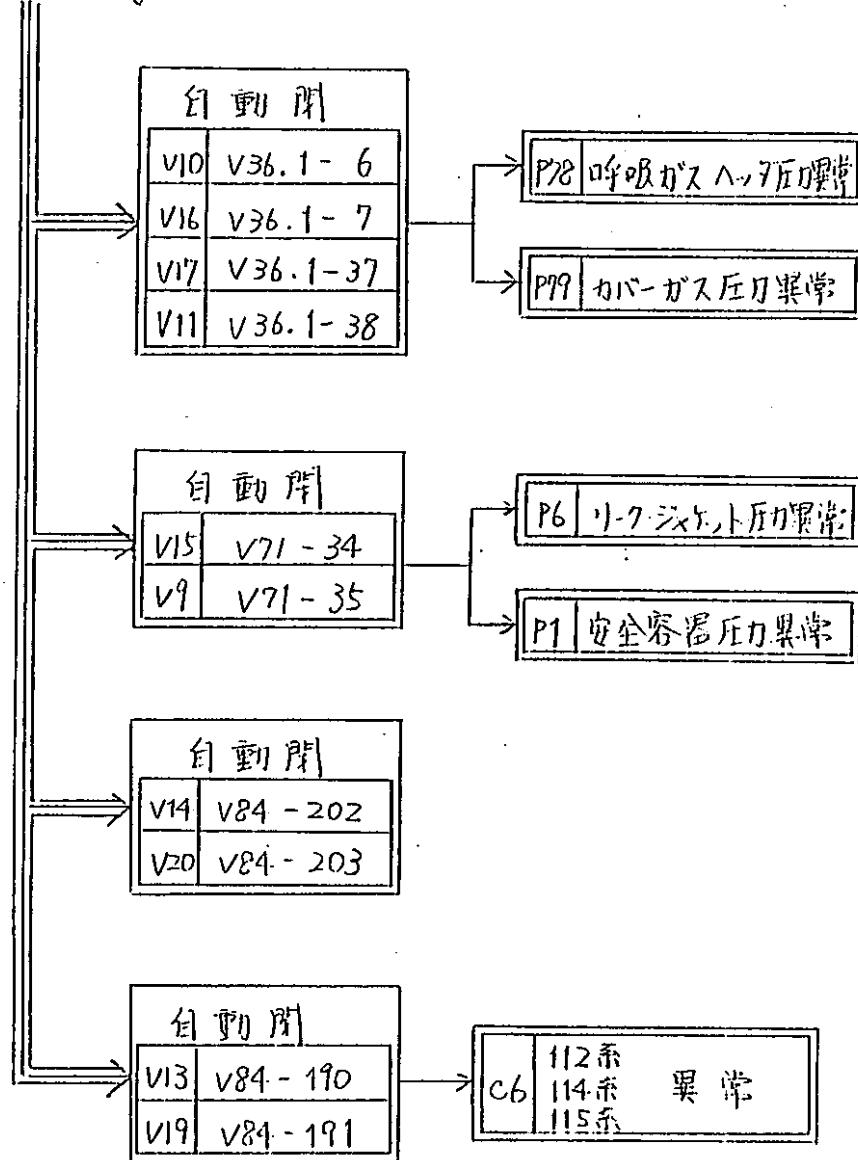


Fig.B-38 Alarm sequence (Isolation 3) (3/3)

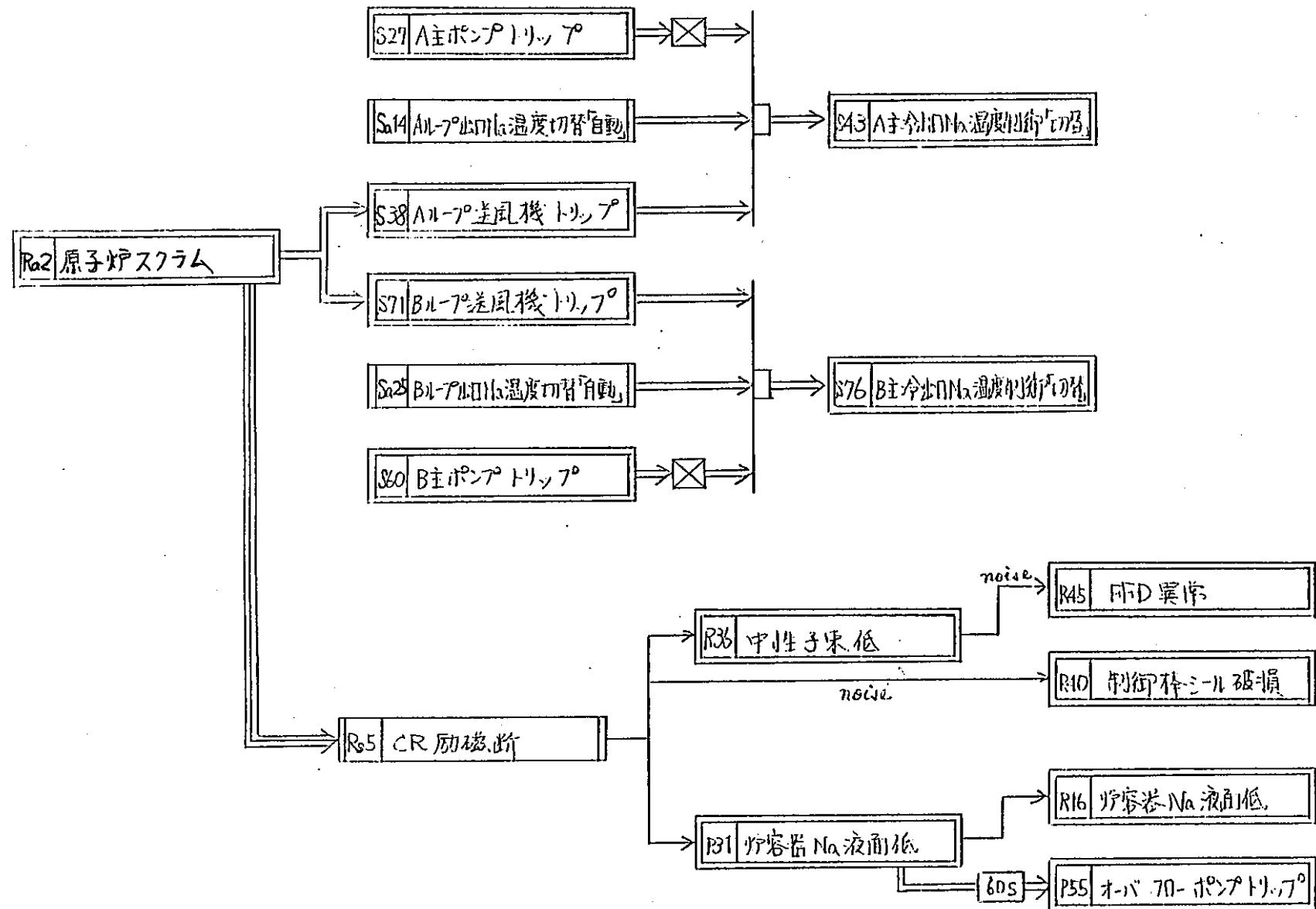
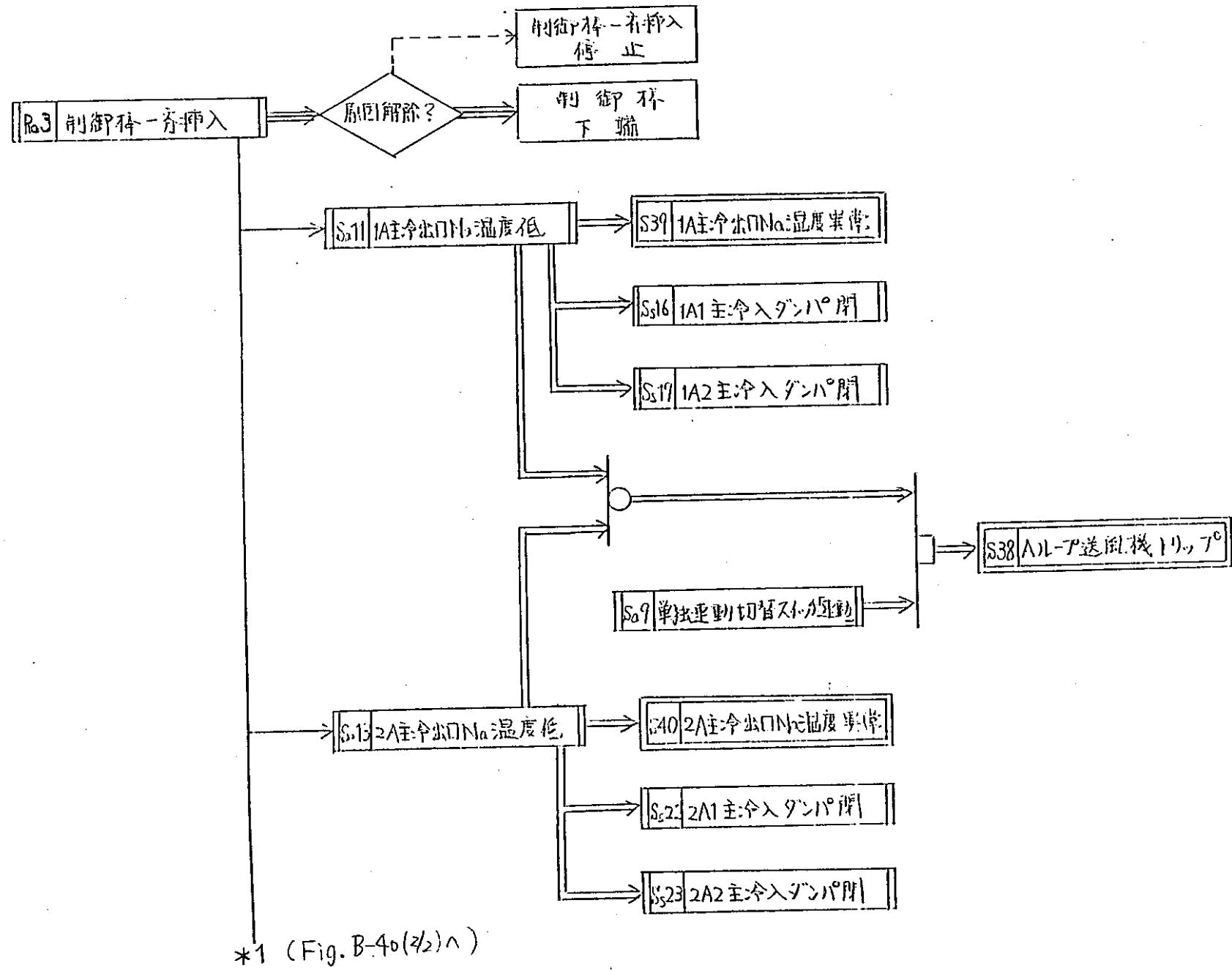


Fig. B-39. Alarm sequence (reactor scram)



*1 (Fig. B-40(1/2))

Fig. B-40 Alarm sequence (control rod insertion - 1)(1/2)

*1 (Fig. B-40 (1/2)より)

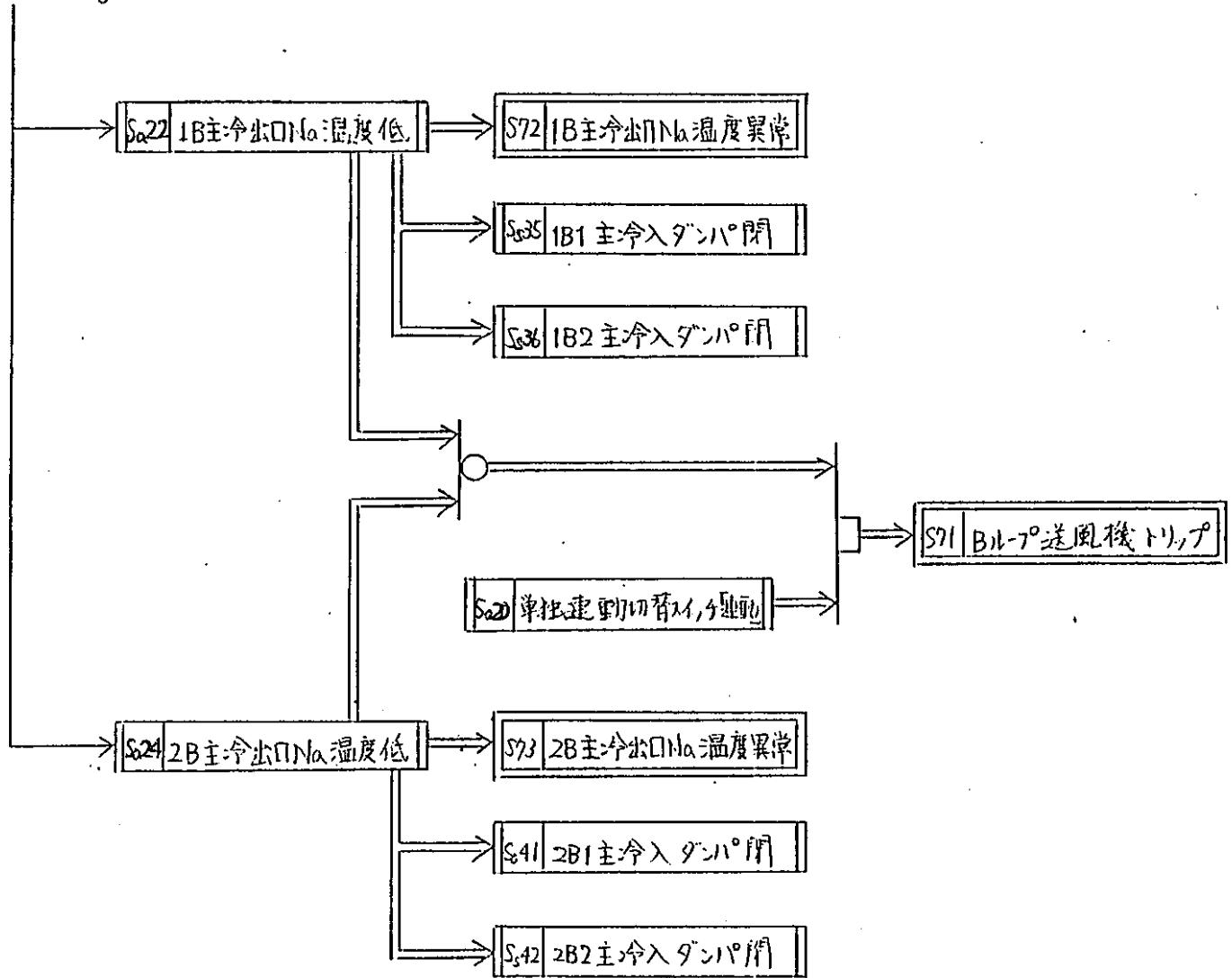
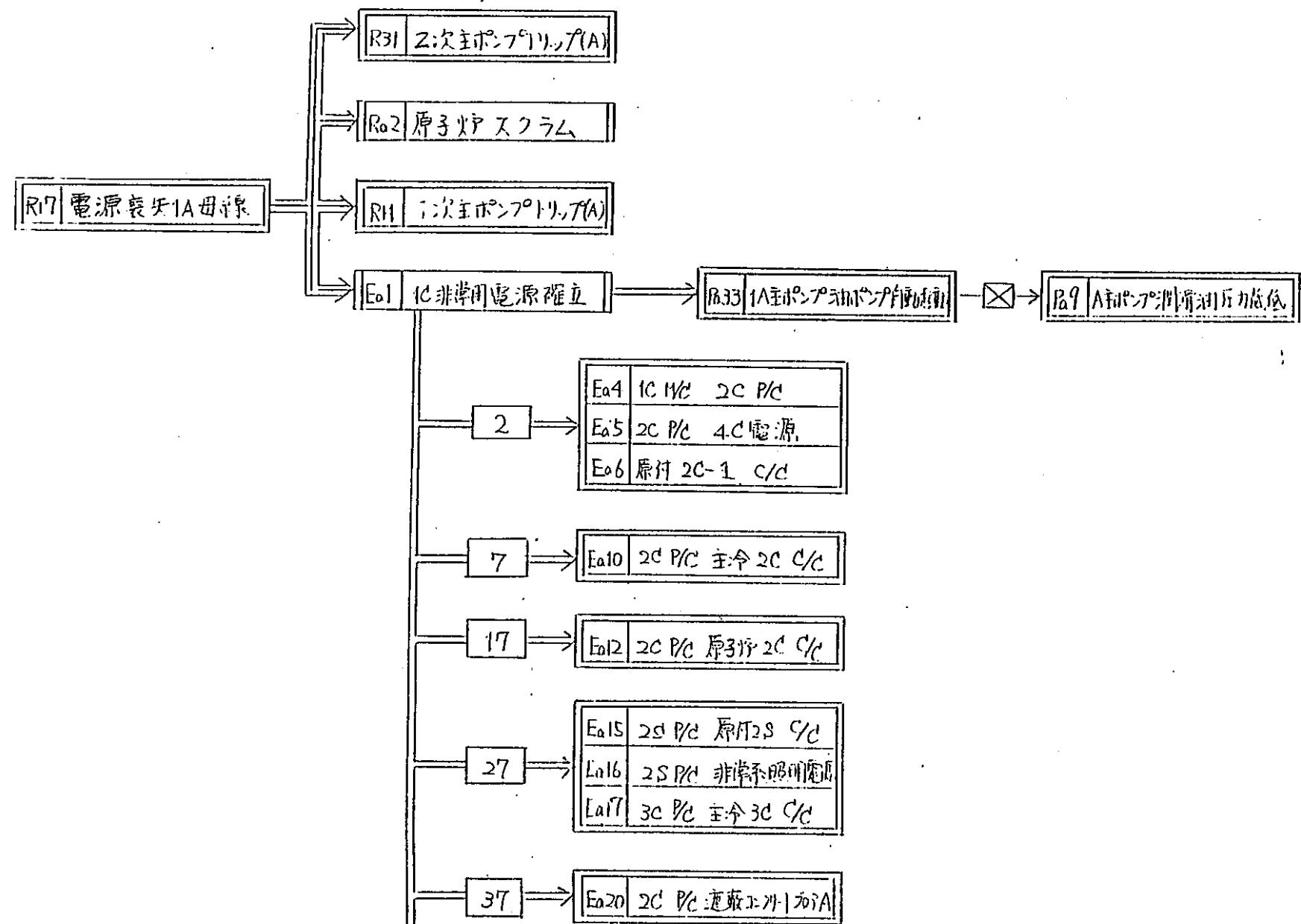


Fig. B-40 Alarm sequence (control rod insertion - 2) (2/2)



*1 (Fig. B-41 (2/2))

Fig. B-41 Alarm sequence (external power failure - 1) (1/2)

*1 (Fig. B-41(1/2)A)

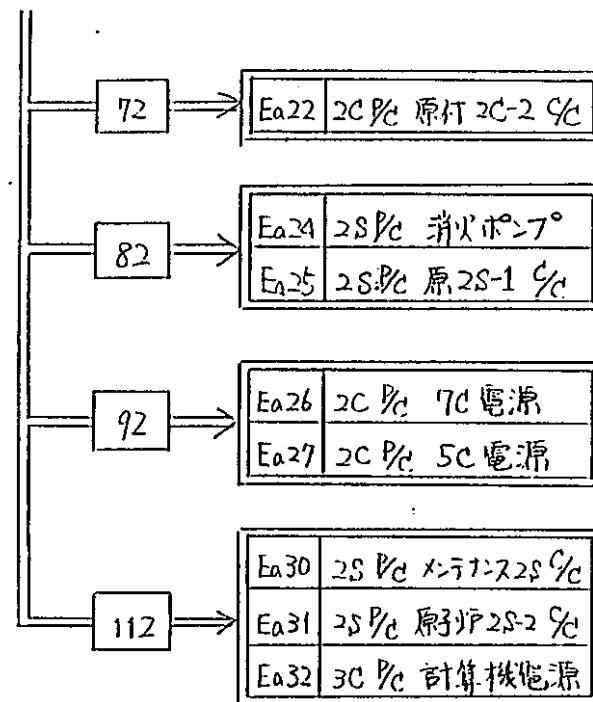


Fig. B-41 Alarm sequence (external power failure - 2)(1/2)

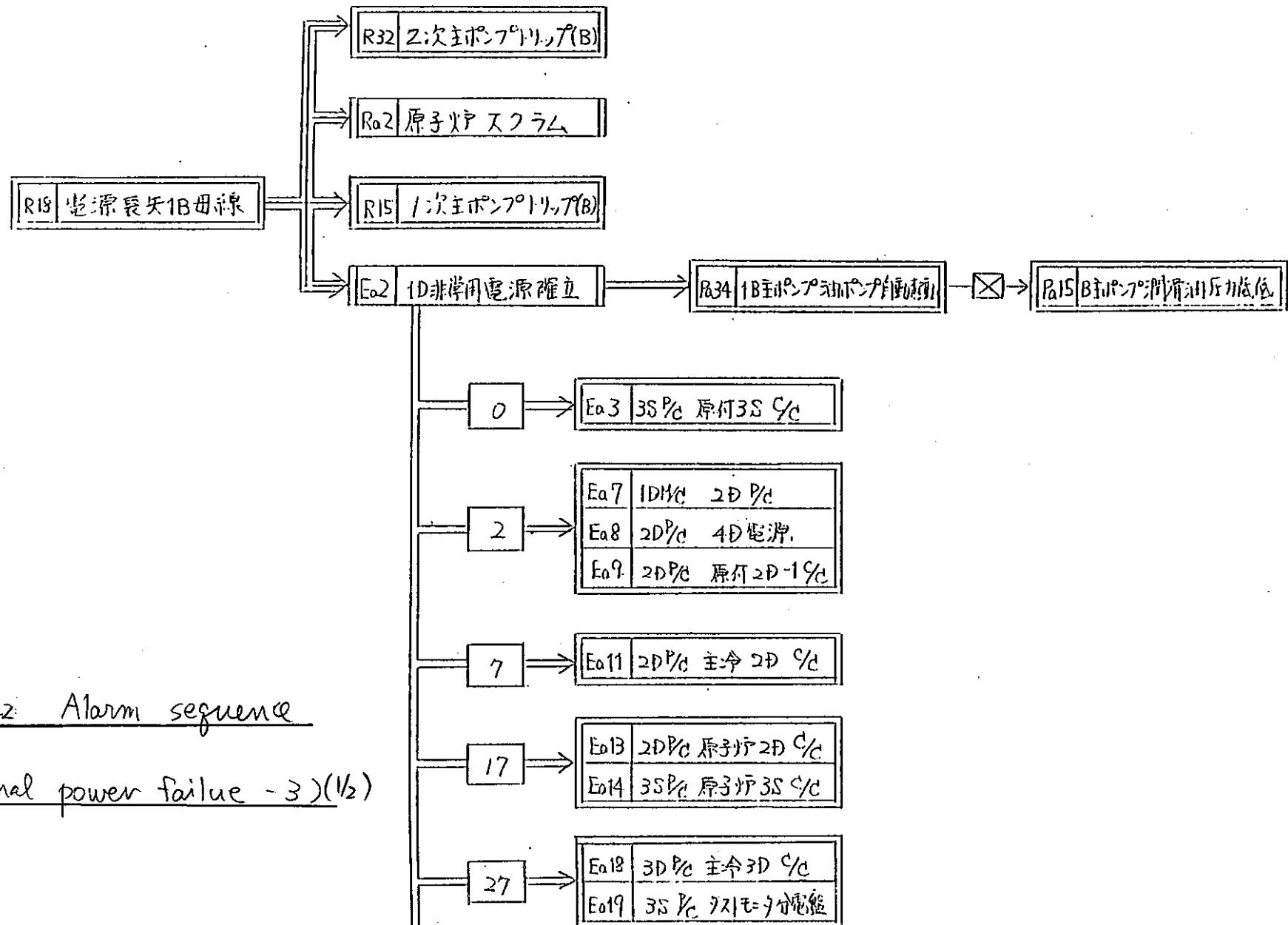


Fig. B-42 Alarm sequence

(external power failure - 3)(1/2)

*1 (Fig. B-42(1/2))

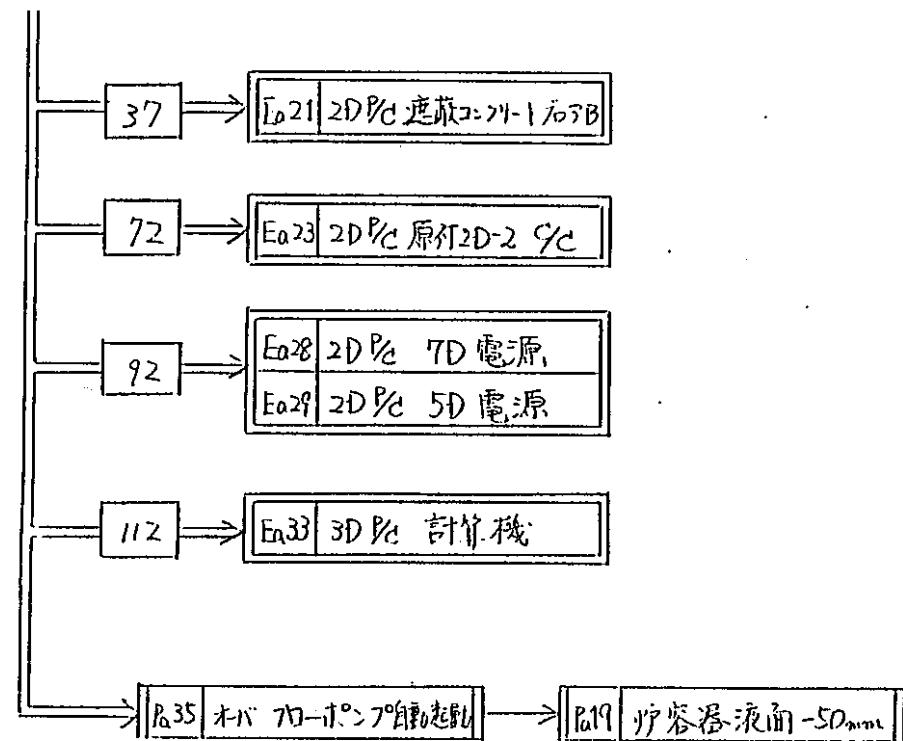


Fig. B-42 Alarm sequence (external power failure - 4) (2/2)