

「常陽」運転管理システムの開発

(技術報告書)

2000年3月

核燃料サイクル開発機構
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ
してください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperal Ion Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2000

2000年 3月

「常陽」運転管理システムの開発

(技術報告書)

道野 昌信 *、寺野 壽洋 *
埴 幹男 *、青木 裕 *
大久保 利行 *

要 旨

高速実験炉「常陽」では、プラントの安定かつ安全な運転と将来のFBRプラントの運転信頼性の向上に寄与することを目的として、運転保守支援システムを開発している。その一環として、プラント全体の運転管理業務を支援する運転管理システム(JOYPET:JOYO Plant Operation Management Expert Tool)を開発した。

本システムでは、運転管理に必要な次の機能を順次開発して運用を開始した。

1. 文書管理支援機能
2. 操作禁止札取付管理支援機能
3. 工程管理支援機能
4. 作業可否判定支援機能

これにより、プラント運転管理の信頼性の向上に寄与するとともに、管理に要する労力を大幅に削減することができた。

* 大洗工学センター 照射施設運転管理センター 実験炉部 原子炉第一課

March 2000

Development of JOYO Plant Operation
Management Expert Tool (JOYPET)

Masanobu Michino* , Toshihiro Terano*

Mikio Hanawa* , Hiroshi Aoki *

Toshiyuki Okubo *

A b s t r a c t

The Operation and Maintenance Support Systems for JOYO are being developed, with the aim of ensuring the stable and safe operation of JOYO and improving operational reliability of future FBR plants.

Plant Operation Management Expert Tool named JOYPET had been developed as one of the Operation and Maintenance Support Systems, which helps plant operation management.

The following functions were developed and applied.

- (1) Papers management (Plant status management) function for maintenance activities
- (2) Isolation management support function for plant operation
- (3) Automatically drawing function of plant operation schedule
- (4) Isolation judgment function for plant operation

By use this system, the plant management of JOYO was able to improved reliability and reduced manpower.

* Operation Engineering Section, Experimental Fast Reactor Division,
Irradiation Center, Oarai Engineering Center, JNC.

目 次

1. まえがき	1
2. 運転管理システムの概要	
2.1 システムハードウェア構成	2
2.2 機能構成	2
2.2 開発・運用工程	3
3. 各支援機能の処理手法	
3.1 文書管理支援機能	4
3.2 操作禁止札取付管理支援機能	4
3.3 工程管理支援機能	5
3.4 作業可否判定支援機能	6
4. データベース	
4.1 機器属性データベース	9
4.2 定型登録データベース	9
4.3 アイソレーション判定ルールデータベース	9
4.4 電源システムファイル	10
4.5 データベースチェック	10
5. 運用実績と評価	
5.1 文書管理支援機能	11
5.2 操作禁止札取付管理支援機能	11
5.3 工程管理支援機能	11
5.4 作業可否判定支援機能	12
5.5 マンマシン機能	12
6. あとがき	13
7. 参考文献	14

図 リ ス ト

図 1	作業手続きフローチャート	1 5
図 2	運転管理システムのハードウェア構成	1 6
図 3	運転管理システムの機能構成	1 7
図 4	運転管理システムの開発工程	1 8
図 5	文書管理支援フローチャート (作業票)	1 9
図 6	本日作業一覧画面	2 0
図 7	操作禁止札取付管理支援フローチャート	2 1
図 8	重複審査フローチャート	2 2
図 9	操作禁止札取付管理画面	2 3
図 1 0	工程管理支援フローチャート	2 4
図 1 1	プラント状態表の作成例	2 5
図 1 2	アイソレーション判定フローチャート	2 6
図 1 3	アイソレーション判定結果の例	2 7
図 1 4	機器属性データベース (テーブル) の構成	2 8
図 1 5	アイソレーション判定ルールデータベース (テーブル) の構成	2 9
図 1 6	電源システムファイルの一部	3 0

1. まえがき

「常陽」の運転管理は、軽水炉と同様に運転工程の策定、毎日のプラント管理、炉心管理、放射線管理等多岐にわたっており、関係部署が分担・連携して行っている。これらの運転管理を的確に行うには、各管理項目毎の専門知識及び各種規定・基準を熟知していなければならない。また多大のマンパワーを必要とする。これに加え、高速炉という特殊性を考慮しなければならない。このため各管理項目毎の支援システム、計算コード等が開発され、これらを利用した管理が行われている。

このうち、毎日のプラント（作業）管理には有効な支援システムがなくマンパワーによって行わざるを得なかった。「常陽」のプラント管理には10種類以上の帳票（指示書、許可書、修理依頼用帳票、作業管理用帳票など）が用いられており、その発行総数は年間約1500件に及んでいる。これらの帳票のうち、機器のアイソレーションを伴う作業管理に使用される帳票は年間約1000件、これに伴い管理するアイソレーション機器数は年間4000件に及び、それらのほとんどは定期検査時に集中する。それゆえ定期検査期間中の1日の作業件数は数十件に及び、逐次変化するプラント状態に照らした毎日の作業管理を始め、作業計画段階での作業許可審査には膨大なマンパワーとプラントに関する専門知識が必要であった。図1に作業手続きフローチャートを示す。

このような背景を踏まえ、「常陽」におけるプラント管理の信頼性の向上と省力化を図り、また「常陽」で蓄積されたプラント管理技術を有形化して将来炉に反映することを目的に、FBRプラントとしての特殊性を考慮した「常陽」運転管理システム（JOYPE T）を開発した。

本システムの開発は、昭和63年度の予備設計に始まり、段階的な支援機能の開発と運用を図り、平成9年度に最終機能の開発を終了して「常陽」での運用に供している。

本報告書では、JOYPE Tの各機能の処理手法と運用実績を報告する。

2. 運転管理システムの概要

本システムでは、プラント管理のための帳票類や運転工程などの膨大な情報を一元的に管理して、目的に応じた集約表示や審査等によりプラント管理に係る一連の支援機能の開発を行った。

本システムの開発においては次の事を考慮した。

- (1) ヒューマンエラーを防止するため、「常陽」で用いている現状の作業票のフォーマットと管理方法を維持して支援できること。
- (2) 運転員への支援を行うため、24時間稼働できるシステムであること。
- (3) システムの運用上の取扱が容易であること。特に中央制御室でのキーボード操作を最小限とすること。
- (4) 段階的に各支援機能の開発と運用を行い、各段階で有効な成果を出せること。さらに、今後の機能の追加やデータの拡大等の拡張性を持たせること。

2.1 システムハードウェア構成

本システムは、エンジニアリングワークステーション（EWS）2台とその付属機器で構成されており、運転管理棟に本システム専用のHOST計算機を、中央制御室にその端末機を設置し、大洗工学センターのローカルエリアネットワーク（LAN）用のイーサネットケーブルを利用して接続している。これらの計算機は、運転員の毎日のプラント管理を支援するために24時間連続稼働している。

また、本システムのデータベース編集用としてパーソナルコンピュータも接続している。図2にハードウェア構成を示す。

2.2 機能構成

本システムは4つの支援機能と2つの補助機能で構成されている。支援機能のうち「文書管理支援機能」と「操作禁止札取付管理支援機能」の基本的な処理は、「ふげん」の保守管理システムとほぼ同一で、作業状態の管理とアイソレーション機器の管理を支援するものである。「工程管理支援機能」は高速炉特有の設備を含めた毎月のプラント状態表の作成を支援する機能である。これらの各機能はそれぞれの機能毎に個別の支援を行うのはもとより、「作業可否判定支援機能」で行われるアイソレーシ

ーションの不具合判定のために必要なデータを供給する。「作業可否判定支援機能」では、アイソレーションする機器について、プラント状態ならびに予備機の機能確保などのプラント管理上の種々のルールに照らした判定を行い、作業許可審査（可否判定）の支援を行う。

補助機能のメンテナンス機能では、管理を完了した帳票のデータを、年度毎に磁気テープに保存するとともにハードディスクから削除する。コード登録機能では、本システムで用いる各データベースの管理を行っている。支援機能の全体構成を図3に示す。

2.3 開発・運用工程

昭和63年度に、本システムの基本機能である文書管理と操作禁止札管理に関する予備設計を行い、平成元年からこの2つの機能の開発を開始した。「文書管理支援機能」については、開発が終了した平成3年度（第9回定期検査）から運用を開始したが、「操作禁止札取付管理支援機能」は、ここで用いる機器属性データベースの構築が終了した平成5年度（第10回定期検査）から運用を開始した。

平成4年度からは、月間プラント状態表の作成を支援するとともに、これ以後開発する「作業可否判定支援機能」へのプラント状態のデータ提供を加味しつつ「工程管理支援機能」を開発して、平成6年度から運用を開始した。

平成6年度から本システムの最終機能である「作業可否判定支援機能」の開発を開始した。ここで用いるアイソレーション判定ルールをプログラムの作成と並行して作成し、平成8年度（第11回定期検査の途中）から判定ルールの検証を含めて運用を開始した。平成9年度にはそれまでの約1年間（第11回定期検査の後半と100MW第31サイクル運転）の運用データに基づいた判定ルールの改良を行い、その後の第12回定期検査を通して判定ルールの妥当性を確認した。開発工程を図4に示す。

3. 各支援機能の処理手法

3.1 文書管理支援機能

(1) 機能の概要

「常陽」のプラント管理には、それぞれの管理対象に応じた数種類の帳票が用いられているが、JOYPE Tではプラント管理に直接関係する7種類の帳票をそれぞれの管理方法に適した方法で一元管理し、目的に応じた集約表示により帳票及び作業の管理支援を行う。

(2) 処理手法

図5に処理フローの例を示す。

帳票の受付は、7種類の各帳票毎に帳票と同一フォーマットのJOYPE T画面上でキーボード、コード登録ファイル（場所、盤No.、担当者等）及び機器属性データベースから必要項目を入力する。登録の際には、各帳票毎に自動的に帳票番号を付与してバーコードシールの発行を行う。中央制御室では、各帳票に張りつけられたバーコードシールを読み取ることで帳票の受付が行われる。

運転管理棟及び中央制御室では、受付、管理中、実績一覧等のそれぞれの帳票と目的に応じた集約表示画面により、帳票の管理状況すなわち作業実施状況の把握が容易なものとなり、新たな作業の許可審査を容易なものとしている。また本機能で管理する帳票のうち、機器のアイソレーションの必要のあるものは「操作禁止札取付管理支援機能」にリンクできるようにしている。図6に毎日の作業管理に用いる作業一覧画面例を示す。

帳票の管理が完了したら、管理完了日の入力によりメンテナンス機能での管理完了データの磁気テープ（CMT）への保存及びハードディスクからの削除を許可するようになっている。

3.2 操作禁止札取付管理支援機能

(1) 機能の概要

作業に伴いアイソレーションまたは試運転する機器の管理のために、年間約4000枚の操作禁止札及び試運転札の発行とその管理が行われる。本機能は、操作禁止札のリストである操作禁止札取付管理票（以後、禁止票と略す）の作成、操作禁止札の

発行、アイソレーション状態管理、重複審査、経験作業（定型作業）の登録・検索等によりその管理の支援を行う機能である。

(2) 処理手法

図7に処理フローを示す。

アイソレーションまたは試運転を行う機器のリストである禁止票は、禁止票と同一フォーマットの画面上で次の4つ方法を用いて作成される。

- ・文書管理支援機能の作業票ファイルに入力された作業毎のアイソレーション機器をそのまま複写する。
- ・機器属性データベースから機器を個別に検索して入力する。
- ・定型登録データベースから作業毎に登録されたアイソレーション機器を一括して入力する。
- ・全てキーボードから個別に入力する。

ここでは、「常陽」のプラント構成がそれほど複雑ではないこと及び照射装置とその付属設備等の改造が多いことから、軽水炉等で実施されている系統図画面（CADデータ）を用いたアイソレーション支援は行っていない。

禁止票を登録する時には、アイソレーションされる機器が他の作業と同時に多重に管理される場合の矛盾解消のための重複審査を自動的に行うようにしている。図8に重複審査フローを示す。

中央制御室では、禁止票と同一フォーマットのJOYPE T画面上で、必要な操作禁止札を発行した後、同一画面上で操作禁止札の取付け、取外しの管理を行う。図9に操作禁止札取付管理画面の例を示す。

3.3 工程管理支援機能

(1) 機能の概要

FBR特有の1次・2次ナトリウム冷却系、予熱設備等を含む各系統の運転モード（イベント）の入力項目から、プラントの各状態を自動的に計算して月間プラント状態表の作成・改訂を支援する機能である。図10に作成方法の概要を示す。

(2) 処理手法

プラント状態を作成する元となるイベント項目は、運転日誌を書くイメージで実施日時とともにプラント状態の変更項目を選択入力する。特に原子炉出力上昇・下降カ

ープは、あらかじめ登録してある数種類の運転パターンの中から合致するものを選択して入力する。また、ここでは入力項目の矛盾解消として、プラントの運転上あり得ない状態（例えば、「冷却材ナトリウムが系統の機器・配管からドレンされているのにポンプの運転を行う」など）が入力された場合には、エラーとして判定し誤入力の防止を図っている。

プラント状態表の作成は、入力された項目を各系統毎に分類してグラフィック化する。ここでは、予熱設備の運転状態または原子炉出力から系統の冷却材温度が自動計算されるほか、状態変化率等は実機での実績時間のデータを用いてプラント状態表を作成する。図11にプラント状態表の作成例を示す。

3.4 作業可否判定支援機能

(1) 機能の概要

「常陽」における作業許可審査（実施の可否判定）は、保安規定、運転要領を基本とした運転管理上のルールに従って行われる。具体的には、その作業で計画されている機器類のアイソレーションが、その時のプラント状態に対して問題ないか判定することである。しかしアイソレーションの対象となる機器には予備機の有無、インターロック、配管・弁類のつながり、電源のつながりなど他の機器との因果関係があるため判定対象の作業のみならず、その作業期間内に行われる他の作業でのアイソレーション機器との関係をもチェックした後に、総合的な判断が必要となる。

JOYPE Tでは、各機器毎に①当該機器のアイソレーションを禁止すべきプラント状態ならびに、②当該機器と同時にアイソレーションを禁止すべき機器を登録したルールを作成しておき、判定する段階で「工程管理支援機能」で管理しているプラント状態と、「操作禁止札取付管理支援機能」で管理しているアイソレーション機器をそれぞれ検索してルールと対比することでアイソレーションの不具合を検出する。

(2) 処理手法

本機能のアイソレーション判定は、判定機器抽出処理、関連機器抽出処理、プラント状態抽出処理、判定処理の4つのブロックで構成され、通常は禁止票の登録時に自動的に実行される。それ以外にも作業毎もしくは機器毎に判定することも可能である。図12に処理フローを示す。

① 判定機器抽出処理

プラントを構成する機器のうち、プラント状態に応じて必要となる機器もしくはプラント状態には関係なくその機能を維持しなければならない重要な機器が判定対象となり、作業票から抽出する。

ここでアイソレーションする機器が電源（電源の遮断器など）である場合、その電源につながる負荷（機器）を検索し、先の抽出リストに追加する。これらの抽出処理により同一の機器が複数回リストアップされた場合には、そのままと同一の判定処理が複数回実行されることになるため、リスト内には同一機器が存在しないように絞り込みを行う。

② 関連機器抽出処理

予備機が必要な機器をアイソレーションする場合、この予備機の機能が喪失するようなアイソレーションが同時期に行われぬかチェックする必要がある。ここではその準備として、判定対象の作業と作業期間が重複する作業のアイソレーション機器を関連機器として全て抽出する。ここで、機器が電源であった場合は前述した方法と同一方法でその電源につながる負荷を検索してリストに追加する。また同一機器が複数回リストアップされた場合は、リスト内には同一機器が存在しないように絞り込みを行う。

③ プラント状態抽出処理

プラント状態によって必要な機器は異なってくるため、判定対象の作業期間内のプラント状態をJOYPE Tの工程表ファイルから抽出する。

④ 判定処理

アイソレーション判定ルールデータベースから、それぞれの判定機器に対応する判定ルールを呼んできて判定処理を行う。判定ルールは、「判定機器をアイソレーションしてはならないプラント状態」、「判定機器と同時にアイソレーションしてはならない機器」及び「それらの条件を組み合わせた条件式（論理式）」からなり、先のプラント状態抽出処理で抽出されたプラント状態と、関連機器抽出処理で抽出された関連機器を条件式に代入して、条件式が成立した場合にアイソレーションの不具合として判定しその結果を表示する。

[判定結果の具体例]

図 1 3 に判定結果の例を示す。本例は、1 次主循環ポンプモータ点検に伴う 1 次主循環ポンプのアイソレーションが、大枠 2 つの条件に違反する例である。

条件式の A1～A3 はプラント状態、B1～B9 は関連機器の条件である。各項目の後の数字は 0 が未検出、1 が検出されたことを示しており、検出された項目の内容がその下に表示される。条件式の + は OR、* は AND の論理記号である。

一つは、作業期間内のプラント状態が燃料交換中であるということである。「常陽」の燃料交換中は、原子炉の崩壊熱除去のため 1 次主循環流量は定格の 20% と定められており、当然 1 次主循環ポンプを停止するようなアイソレーションは禁止しなければならない。JOYPE T では、条件式 A2 の原子炉運転モードスイッチが燃料交換であること、条件式 A3 の 1 次系主循環流量が 20% であることの AND 条件成立で燃料交換中と判定するようにしており、作業期間内のプラント状態がこれと一致したものである。

もう一つは、予熱窒素ガス系の機器との同時アイソレーションである。「常陽」の 1 次主冷却系は、主循環ポンプが運転していれば 2 次主冷却系からの伝熱により冷却材ナトリウムの予熱（温度保持）が行われるが、1 次主循環ポンプを長時間停止する場合には予熱窒素ガス系運転による予熱が必要となる。このため、1 次主循環ポンプと予熱窒素ガス系の機器を同時期にアイソレーションすることは禁止しなければならない。本例では、条件式の B3～B6 で予熱窒素ガス系の運転に必要な機器のアイソレーションが検出されており、このルールに違反することとなる。実際にはこれらの機器が直接アイソレーションされるのではなく、その上流電源の 2B-P/C 用遮断器（152B7）CS が作業件名「2B-P/C 変圧器点検」でアイソレーションされるため、電源のつながりをたどってこれらの機器が検出されたものである。

判定対象機器の Tag-02: A-1 次主 P 遮断器 及び Tag-03: A-1 次主 P 遮断器制御電源 COS は、使用する判定ルール（条件名）が上述した Tag-01: A-1 次主 P CS と同一であることから判定結果も同一となるため、その旨のコメントを表示して詳細な内容は表示しない。

本例のような判定結果が得られた場合、燃料交換期間及び関連作業期間と重複しないように作業期間を変更するなど、各作業の優先順位を勘案した上で最終的な判断を下すことになる。

4. データベース

本システムでは、各機器の情報を記載した機器属性データベース、定期的を実施される作業の禁止票を保存した定型登録データベース及び機器のアイソレーションに関するルールを記載したアイソレーション判定ルールデータベースを構築し、運用している。また、電源のつながりに関する情報である電源系統ファイルが機器属性データベースから自動的に作られる。

機器属性データベースとアイソレーション判定ルールデータベース間では、互いに条件名ならびに機器番号で検索されるためその整合性のチェック機能も設けてある。

4.1 機器属性データベース

J O Y P E Tでは、機器番号（機器のタグナンバ）とサブ番号（その機器に関するスイッチ類）を合わせてアイソレーションする対象（機器）を区別しており、本データベースには、この区分毎に系統名称、操作場所、アイソレーション条件名（使用するアイソレーション判定ルール）、上流電源（電源のつながり）等の情報が登録されている。図14に機器属性データベースのテーブル構成を示す。

本データベースには現在、5835件の機器の情報が登録されている。

4.2 定型登録データベース

定期的に行われる点検作業のアイソレーション機器は毎回ほぼ同一であり、作業実績を反映した禁止票を「系統名称」－「作業名称」で分類して登録している。これらの作業の禁止票を作成する時には、本データベースから「系統名称」－「作業名称」をキーにして検索し、一括して作成できる。

本データベースには現在、187件の禁止票の情報が登録されている。

4.3 アイソレーション判定ルールデータベース

各アイソレーション判定ルールには、ルールの名前である条件名が付けられ、アイソレーションを禁止すべきプラント状態を5項目、同時にアイソレーションを禁止する機器を10項目登録できる。また、「次の条件名」を登録することで最大5つのルールを連結して一つのルールにすることができるようにしている（最大でプラント状

態を15項目、機器を50項目使用することができる)。

条件式には、これらのプラント状態と機器とを組み合わせたAND、ORの論理式を登録する。

図15にアイソレーション判定ルールデータベースのテーブル構成を示す。

現在、本データベースには13種類のプラント状態と107個の機器を組合わせた68の判定ルールが登録されている。

4.4 電源系統ファイル

作業可否判定支援機能のアイソレーション判定では、アイソレーション機器が電源である場合にはその電源のつながりをたどって判定対象機器ならびに関連機器を検索する。しかし、電源のつながりを機器属性データベースからいちいち検索していたのでは判定処理に時間がかかる。このため、機器属性データベースへの機器の登録・変更が行われた時に、自動的に機器属性データベースの上流電源情報に基づき電源のつながりを関連づけたファイルを作成する。そして、判定処理ではこのファイルを参照することで処理時間の短縮化を図っている。

図16に電源系統ファイルの例を示す。

4.5 データベースチェック

アイソレーション判定が正常に行われるためには、機器属性データベース及びアイソレーション判定ルールデータベースには常に正常なデータが入力されていなければならない。このため、これらのデータベースへの新規入力又はデータの変更等を行った時に、入力されたデータがアイソレーション判定を行う上で欠落、矛盾などないかチェックするようにしている。

5. 運用実績と評価

5.1 文書管理支援機能

平成3年度から運用を開始し、プラント管理用の帳票（毎年度約1000件）の管理の支援を行った。本機能では7種類の帳票をそれぞれの管理方式に従って管理の支援を行うが、それぞれの帳票で支援の効果が異なった。発行件数の約6割を占める作業票では、受付時に他の作業との干渉の判定が容易となったほか、中央制御室での毎日の作業管理の支援に有効に使用された。特に作業が集中する定期検査時などには1日の作業件数が40件を越えることもありその管理が煩雑なものとなるが、本機能により効率的かつ信頼性の高い作業管理が行えるようになった。これ以外の帳票でも管理状態を一覧画面表示により即座に認識できるようになったが、それぞれの発行件数が少ないことに加え、件名だけのリスト管理であることから管理支援の効果はさほど高くはなかった。

5.2 操作禁止札取付管理支援機能

平成5年度から運用を開始し、毎年約4000枚の操作禁止札の管理の支援を行った。本機能では、操作禁止札の管理を行うための禁止票の作成、操作禁止札の発行及び同一機器が重複して管理される場合の矛盾解消のための審査が行われた。これらの支援が可能となったことで、これまでの手書きによる禁止票の作成ならびに番号札だけの管理に比較して、大幅な省力化と管理の信頼性の向上に寄与した。

本機能ではアイソレーションの実施・復旧の状態管理まで行う計画であったが、機器のアイソレーションのほとんどが現場で行われるため、禁止票への手書き管理に加えてJOYPETへの入力という二重手間となることから、JOYPETでのアイソレーションの実施状態の管理は行っていない。

5.3 工程管理支援機能

平成6年度から運用を開始した本機能は、定期検査期間のプラント状態の策定に利用されており、これまでの手書き作成に比較して省力化を図ることができた。またここで作成されたプラント状態は「作業可否判定支援機能」で用いられる。

ここでは、「常陽」が実験炉であるがゆえに定型化されたプラント状態以外にもさ

まざまな状態をとりうることから、これに適応できるようにしたため、イベント入力項目は必然的に細かく、多くなるなど使いづらい面もある。

5.4 作業可否判定支援機能

平成8年度の第11回定期検査途中から運用を開始し、100MW第31サイクル原子炉運転までの約1年間の運用経験からアイソレーション判定ルールの改良を行った後、第12回定期検査で判定ルールの妥当性を確認した。

本機能では、これまで作業開始（機器のアイソレーション開始）の段階でなければ表面化してこないアイソレーションの不具合を、作業票の受付段階で検出できるようになり、作業許可審査の信頼性の向上に大きく寄与した。

本機能は、特殊な受電状態となる電源設備の点検及び予備機も同時に停止するような作業には対処できないため当初から判定対象外としていた。それらは従来から特殊な作業として事前に周知されること、ならびに点検条件に合うようにプラント状態を変更するなどの対処が行われており、当初の計画どおり支障なく必要最低限の支援で有効な成果が得られた。

5.5 マンマシン機能

帳票類の入力及び管理は、件名などを除き機器属性データベースなどからのキーボードを極力用いない入力方法としたことでその負担は少なくて済んだ。また、帳票画面を実際の帳票と同一フォーマットとしたことで、違和感なく導入できた。

本システムの全ての機能はリアルタイム処理であるため、その処理速度が重要となる。日常の作業管理には全く支障はないが、アイソレーション機器の重複審査及びアイソレーション判定には時間がかかることが予想されたため、審査をバックグラウンドで行いながら他の処理ができるようにしたが、その間の処理速度が非常に遅くなるため実用的ではなかった。「常陽」のような小規模プラントでは機器数が少ないため、処理時間は2～3分程度で済みそれほど支障は来さなかったものの、大規模プラントに適用する場合には、処理の分散化またはバッチ処理などを考慮する必要がある。

6. あとがき

「常陽」では、初臨界以降これまでの約20年間にプラント管理上の大きなトラブルは発生していない。これはプラント自体が小さいこともあるが、その根幹は優れたプラント管理手法にあることは明確であり、それを支えてきたものは先人の知識とマンパワーである。JOYPETは、「常陽」のプラント管理手法に適応した形で最低限の支援で有効な効果が得られるように開発されたものであり、その運用によりプラント管理の信頼性の向上と省力化を図ることができた。

今後は「常陽」のMK-Ⅲ改造工事及びその後の安定・安全運転のために本システムを有効に利用していきたい。

7. 参考文献

- 1) 大洗工学センター実験炉部：「常陽」小特集（「常陽」を活用した高速炉技術の高度化）、動燃技報 No. 61, 50, (1987).
- 2) 磯村、岡田、他：新型転換炉ふげん発電所の保守管理システムの開発と実績、動燃技報 No. 74, 20, (1990).
- 3) 大谷、伊藤：原子力発電所系統隔離管理システム、火力原子力発電 Vol. 43 No. 6, 727, (1993).
- 4) 山本、中嶋、他：BWR発電所の再起動計画支援システム、原子力学会1987年春の大会要旨集 D57, (1987).
- 5) 鈴木、吉川、他：原子力発電所のアイソレーション支援システムの開発、原子力学会1987年秋の大会要旨集 G15, (1987).
- 6) 岩田、吉川、他：原子力発電所のアイソレーション支援システムの開発(2)、原子力学会1988年秋の大会要旨集 A17, (1988).

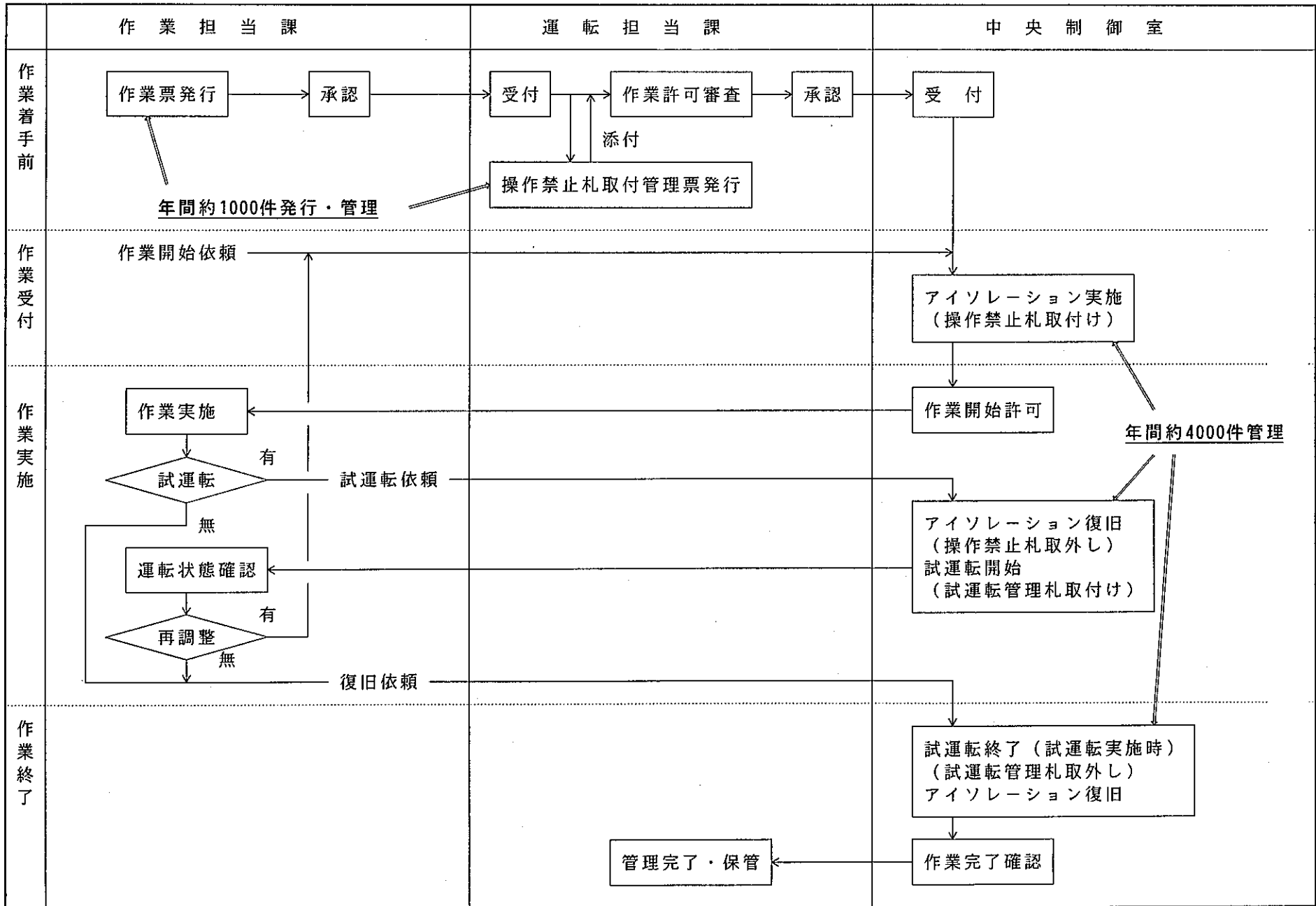
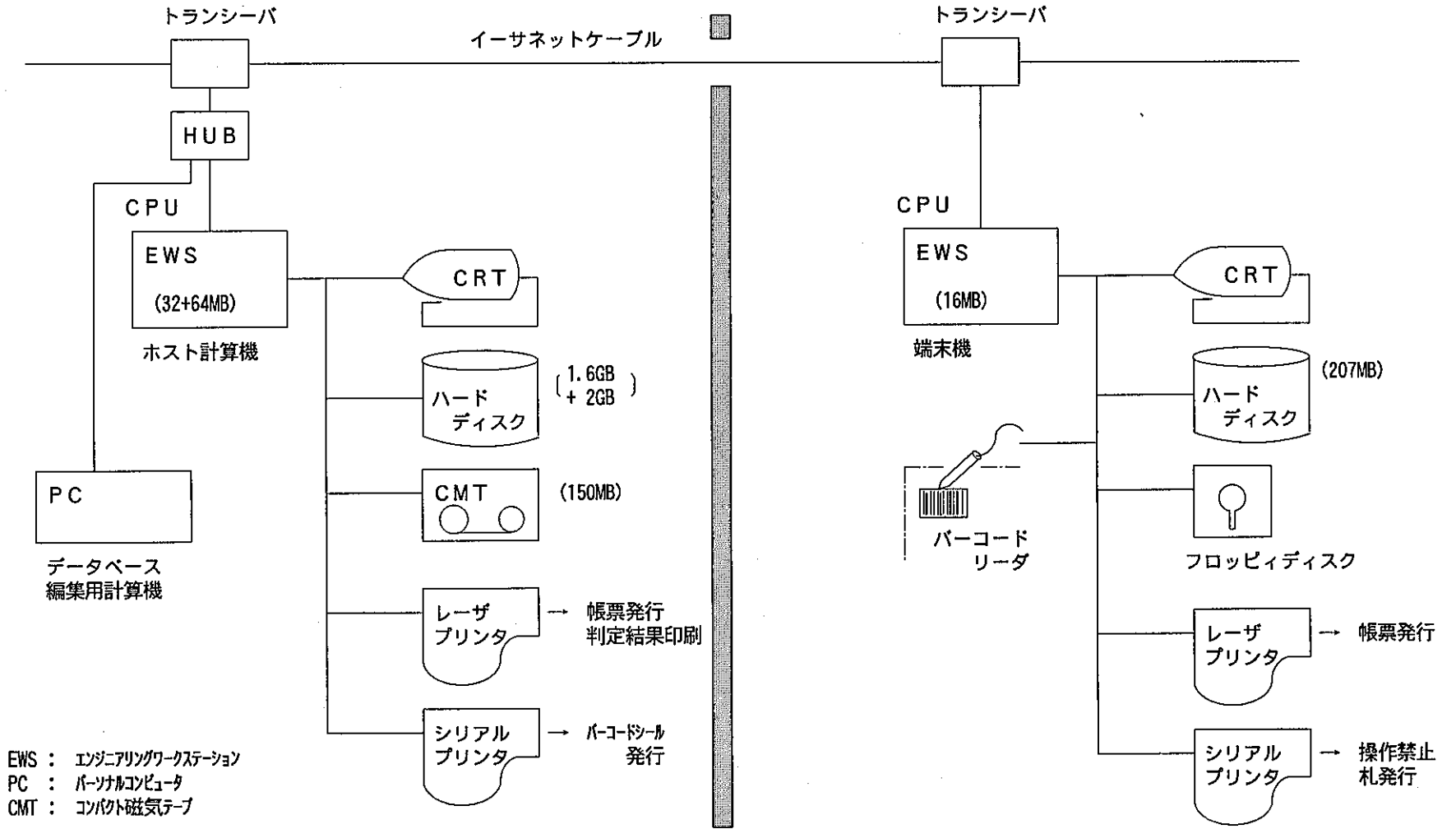


図1 作業手続きフローチャート



〔運転管理棟〕

〔中央制御室〕

図2 運転管理システムのハードウェア構成

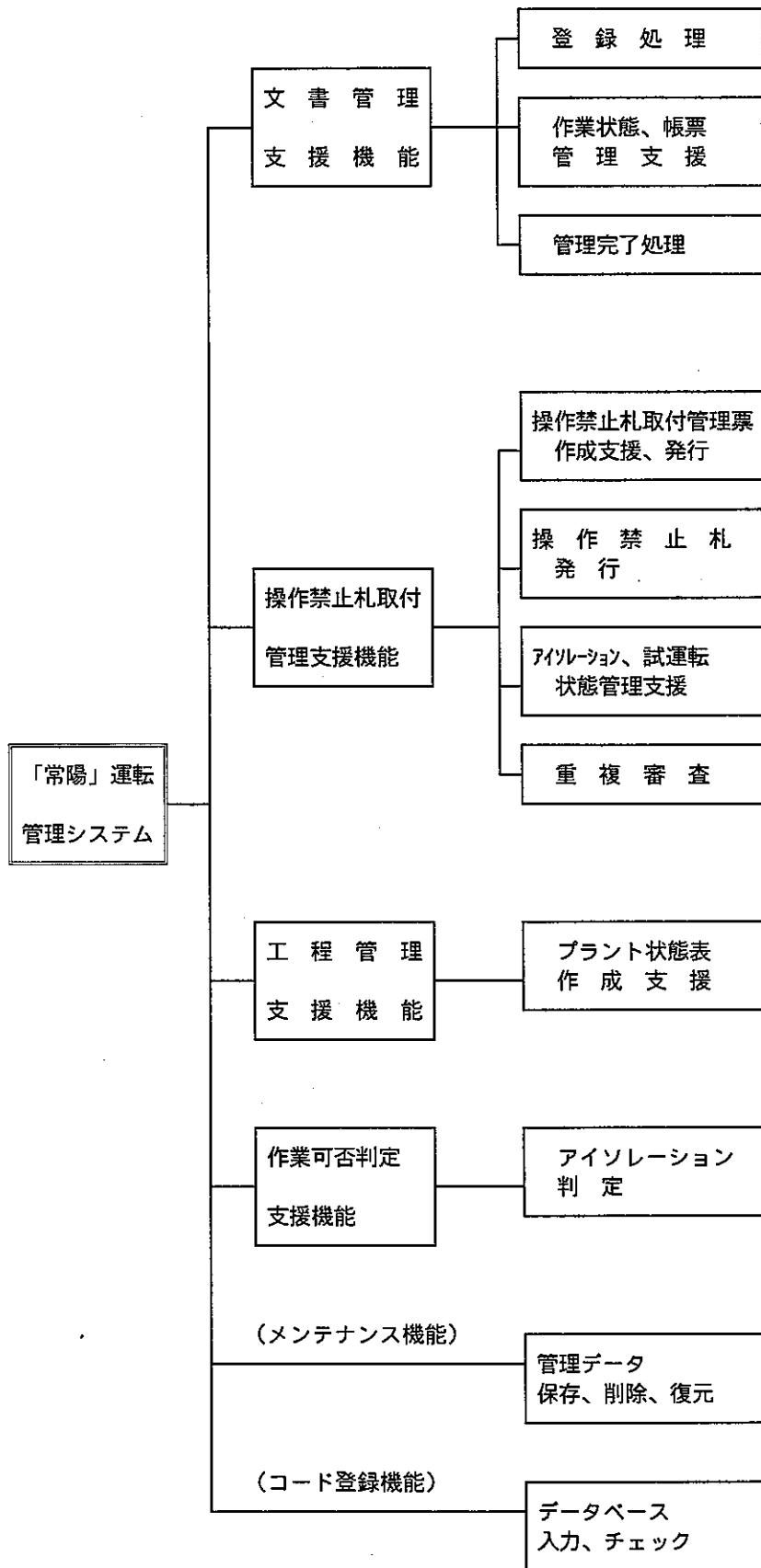


図3 運転管理システムの機能構成

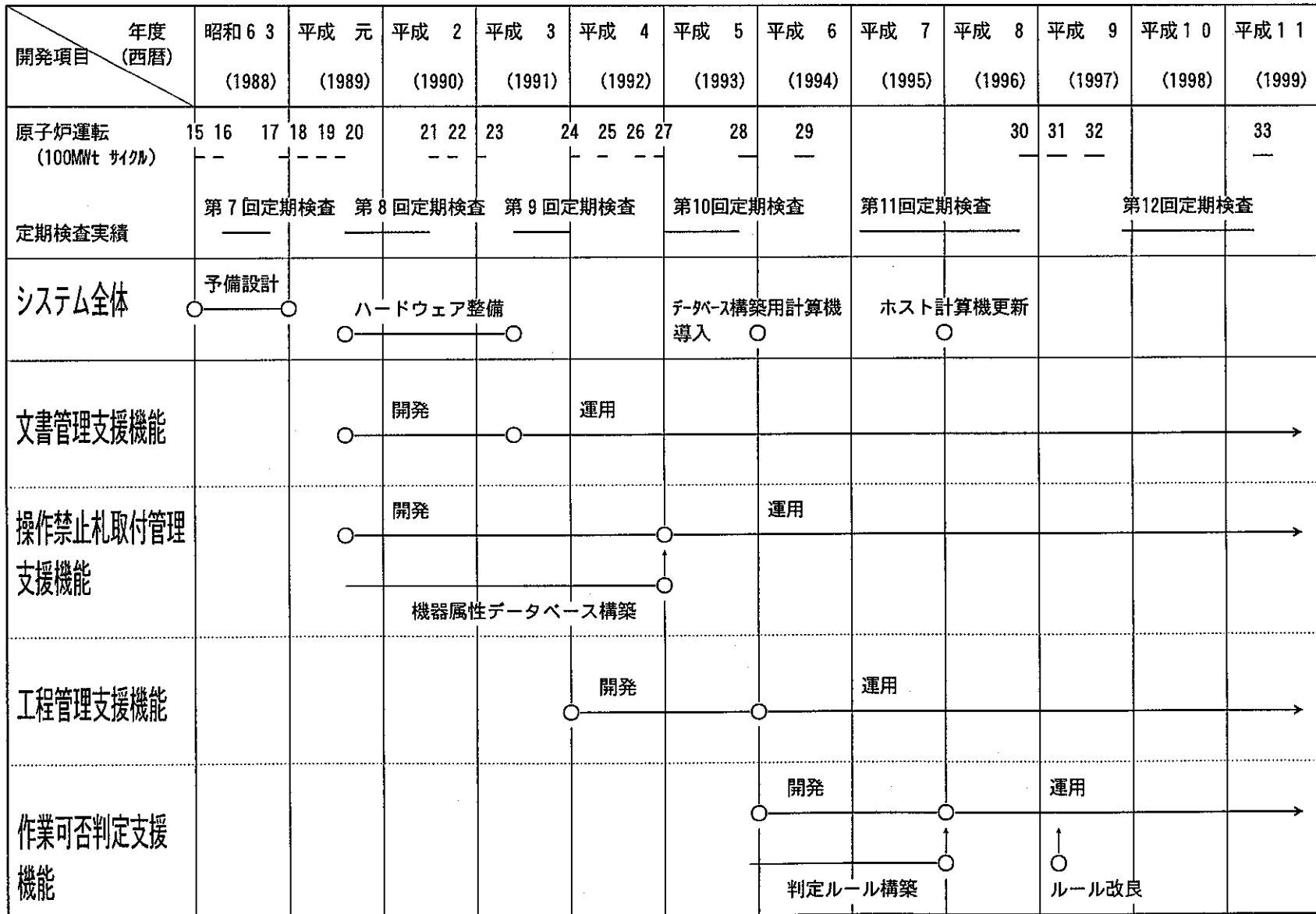


図 4 運転管理システムの開発工程

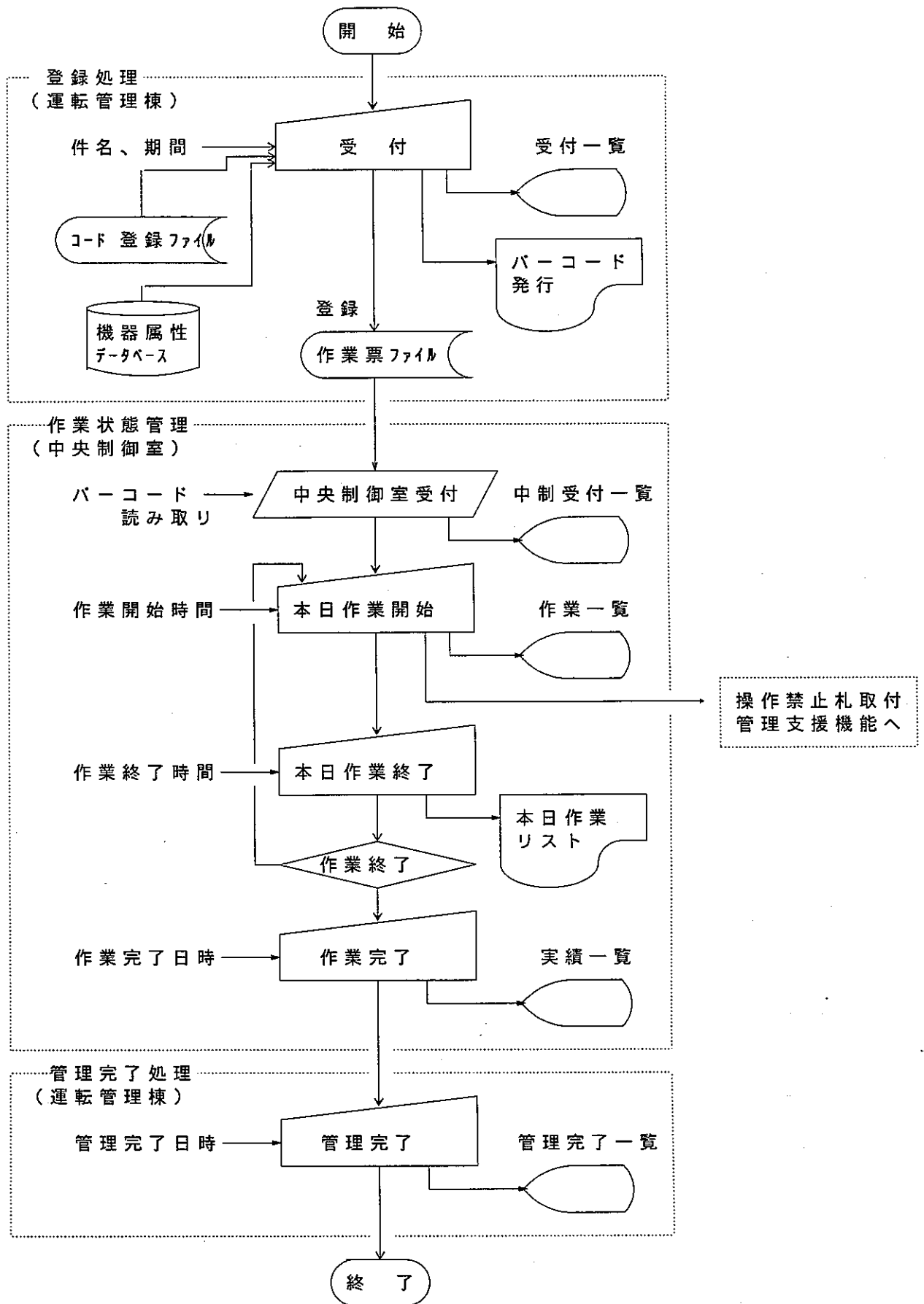


図 5 文書管理支援フローチャート (作業票)

停止依頼書「本日作業一覧」

マウス選択にて作業開始、終了、完了処理が行えます。 P-001
 操作禁止票処理をマウス選択にてTag発行、禁止票変更、
 重複審査が行えます。

No	作業件名	作業期間	本日作業		完了日時	禁止票 有・無
			開始時刻	終了時刻		
原2 -06-036	FFD-DN法特性試験	(06/05/12 09:00~06/05/20 17:00)	09:52	16:53	06/05/20 16:53	無
燃取G-06-004	回転プラグN2冷却配管取外し	(06/05/10 09:00~06/08/01 17:00)			/ / :	有
放管 -06-003	更新処理建家放管モニタ警報継込み	(06/05/06 09:30~06/05/27 17:00)			/ / :	無
原2 -05-330	ターボ冷凍機停止に伴う点検	(05/10/18 09:00~06/06/15 17:00)			06年05月20日16時53分	
中制 -05-019	格納容器床下火報の停止	(06/03/10 15:00~07/06/01 00:00)	:	:	/ / :	有
中制 -05-018	格納容器床下照明の消灯	(06/03/10 15:00~07/06/01 00:00)	:	:	/ / :	有
環技 -05-005	「常陽」廃棄物処理施設建家更新換気空調給排水衛生設備工事	(06/03/28 09:00~06/05/31 17:00)	:	:	/ / :	無
原1 -05-003	チリングユニット停止及び不凍液給水	(05/11/25 09:00~06/06/15 17:00)	:	:	/ / :	有

図6 本日作業一覧画面

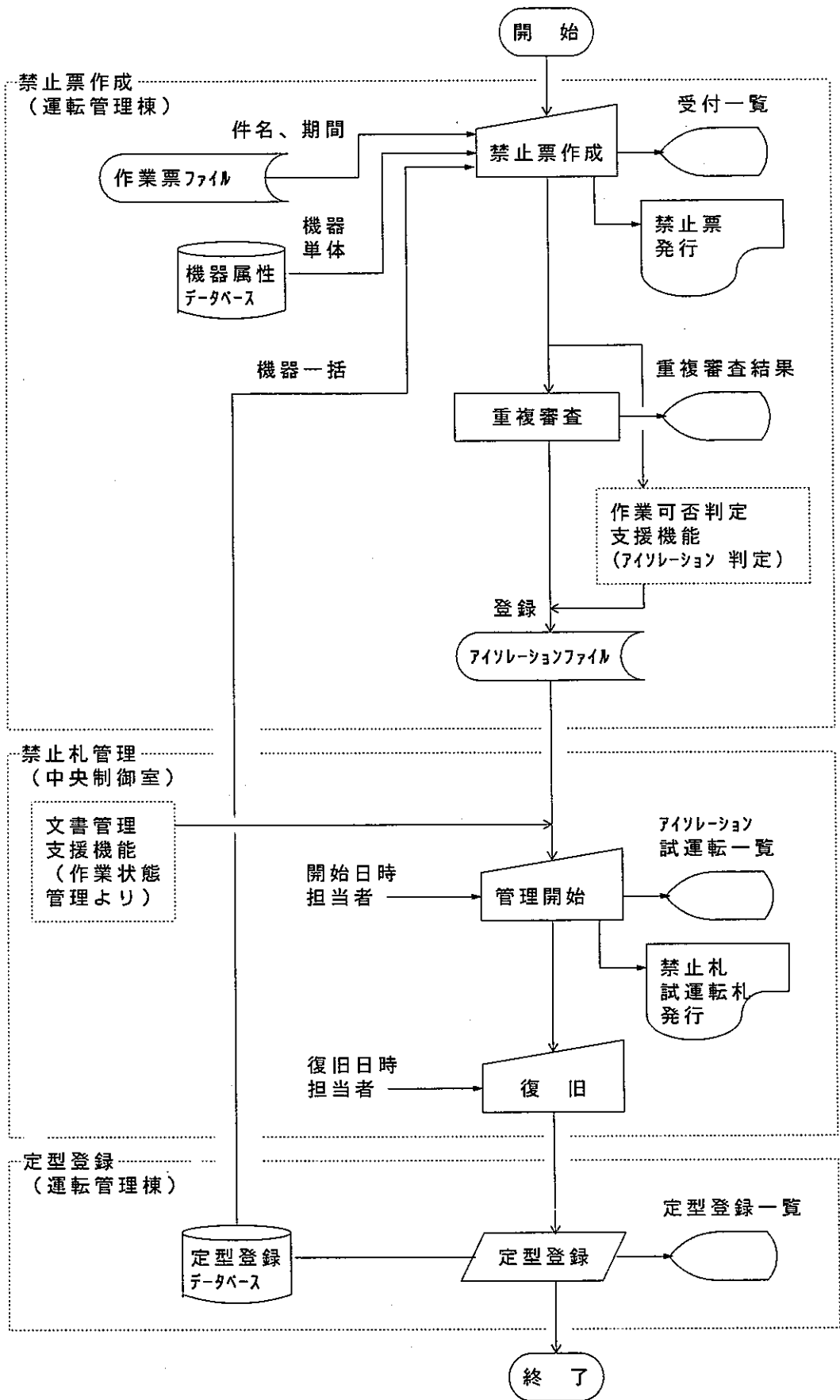


図7 操作禁止札取付管理支援フローチャート

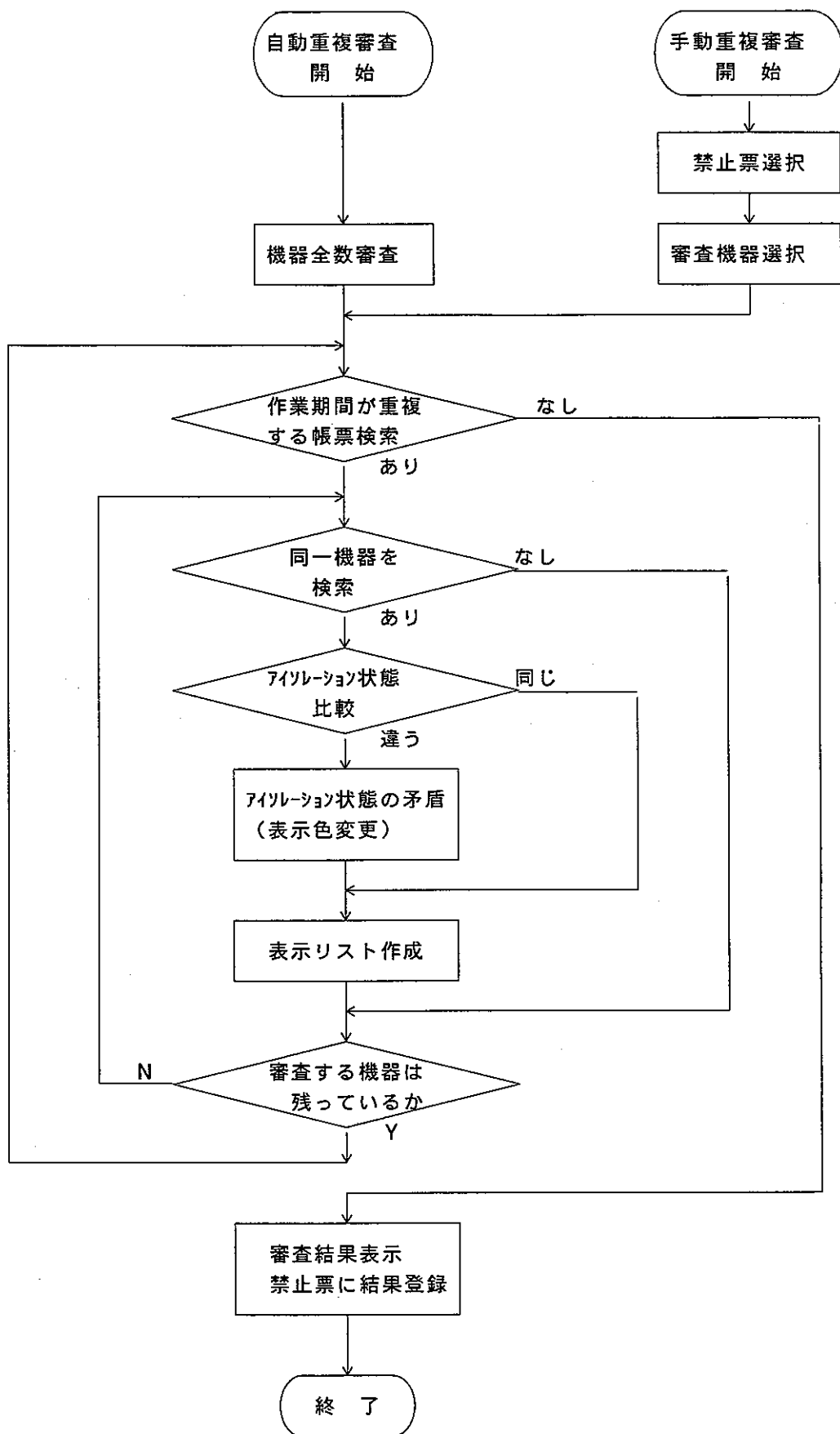


図 8 重複審査フローチャート

操作禁止札取付管理画面2

登録 発行・登録 検索 追加 P-001

編集 日時削除 終了

前ページ 次ページ マウスで項目を選択してください。

操作禁止札取付管理票

作業番号原2 -06-040
作業件名84系バルブ、ダンパ補修

当直長 運管Gr担当者

開始 終了

作業担当者大川敏克

期間 06年 05月 22日 09時 00分から 06年 05月 27日 17時 00分まで ()

備考欄

SE禁止 札 No	機器・計器・弁 名称	部屋NO 盤NO	機器番号 サブNo	IL状態 (試運転 状態)	操作前 状態	実施 - 1 開始 復旧	実施 - 2 開始 復旧	備考
01	A-格納容器常用排気ファン CS	A-712 #422	B84-4A CS(A-712)	停止	運転	日崎氏 0522期次明広0920	日崎氏 0523村上隆典1600	無
02	B-格納容器常用排気ファン CS	A-712 #422	B84-4B CS(A-712)	停止	運転	0524期次明広0900		無
03	A-格納容器給気ファン CS	A-712 #422	B84-1A	停止				無
04	B-格納容器給気ファン CS	A-712 #422	CS(A-712)	()				
05	格納容器給気隔離弁 (内側) COS	A-712 #422	V84-18 COS	開				

06年 05月 24日 09時 00分

運管Gr
 佐藤 聡
 沢田 誠
 道野昌信
 舟木 功
 ET Gr
 燃取Gr
 伊東秀明
 鈴木伸也
 金野 良
 鈴木寿章
 小林 哲彦
 第一Gr
 河井雅史

輕部浩二
 須藤正義
 松信吾是
 高橋英人
 第二Gr
 堀 幹男
 森本 誠
 安 哲徳
 伊藤和寛
 山崎 学
 古原静也
 第3Gr
 伊藤芳雄
 星野勝明

半角英数字
 整数型 2桁 [置換]

引停
 断路器位置
 引抜
 挿入
 HAND
 AUT
 MAN
 OFF
 低圧
 開
 閉
 人切
 手動
 自動
 運転
 定検
 解除
 停止
 運転位置
 試験位置
 ジャンパー
 開ロック
 リフト

アイソレ
 試運転

図 9 操作禁止札取付管理画面

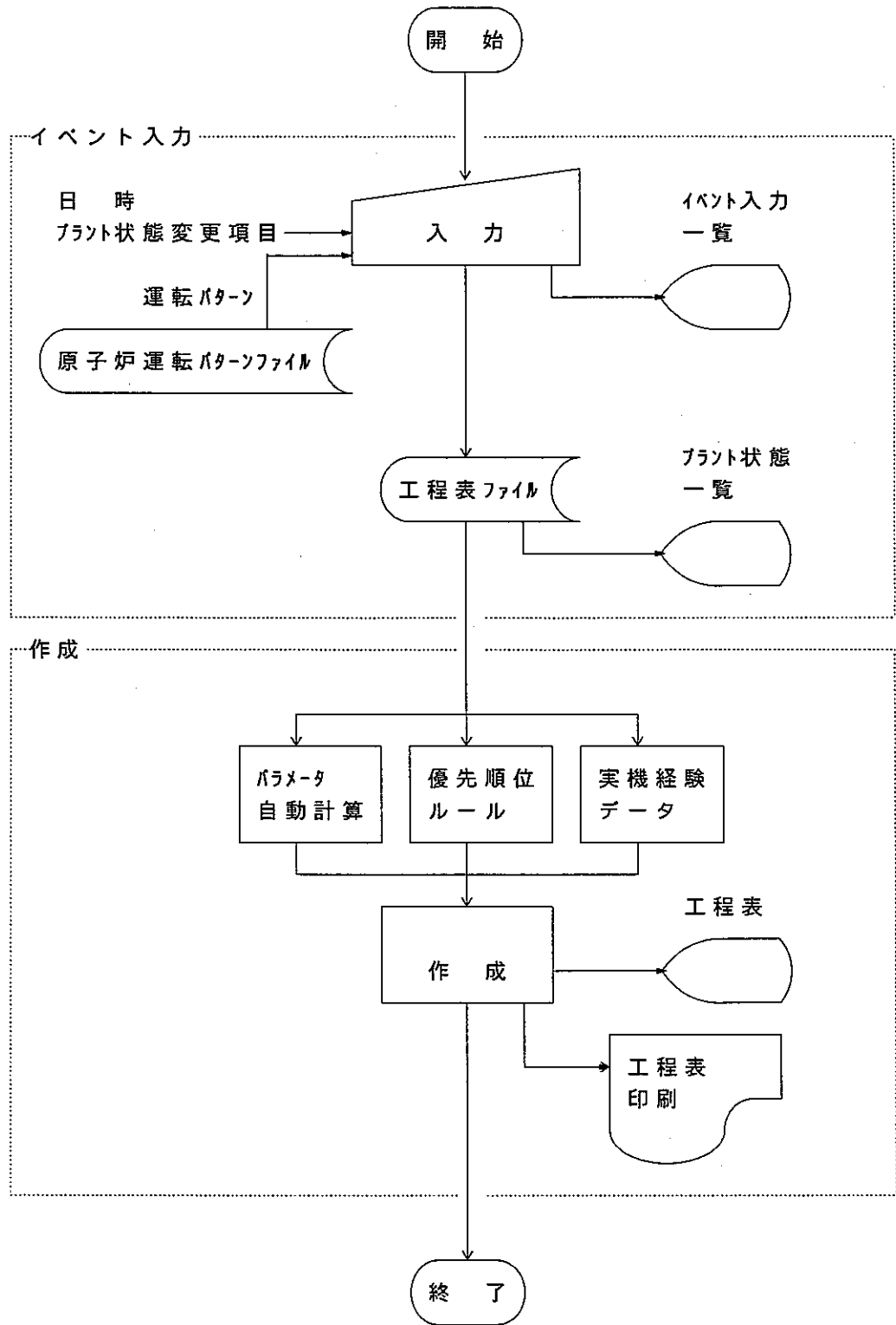


図 1 0 工程管理支援フローチャート

プラント状態表

06/03/30 18:29

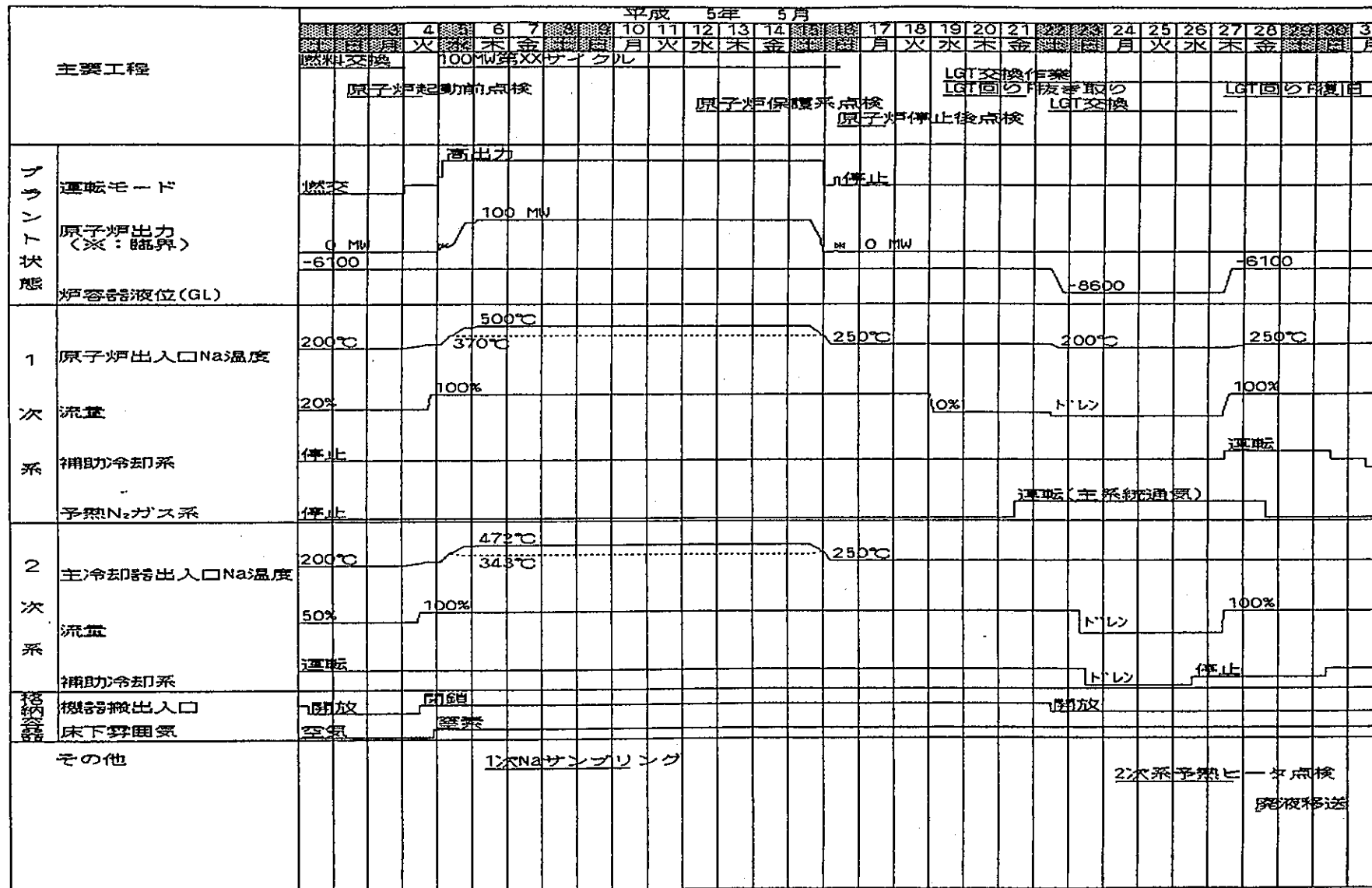


図11 プラント状態表の作成例

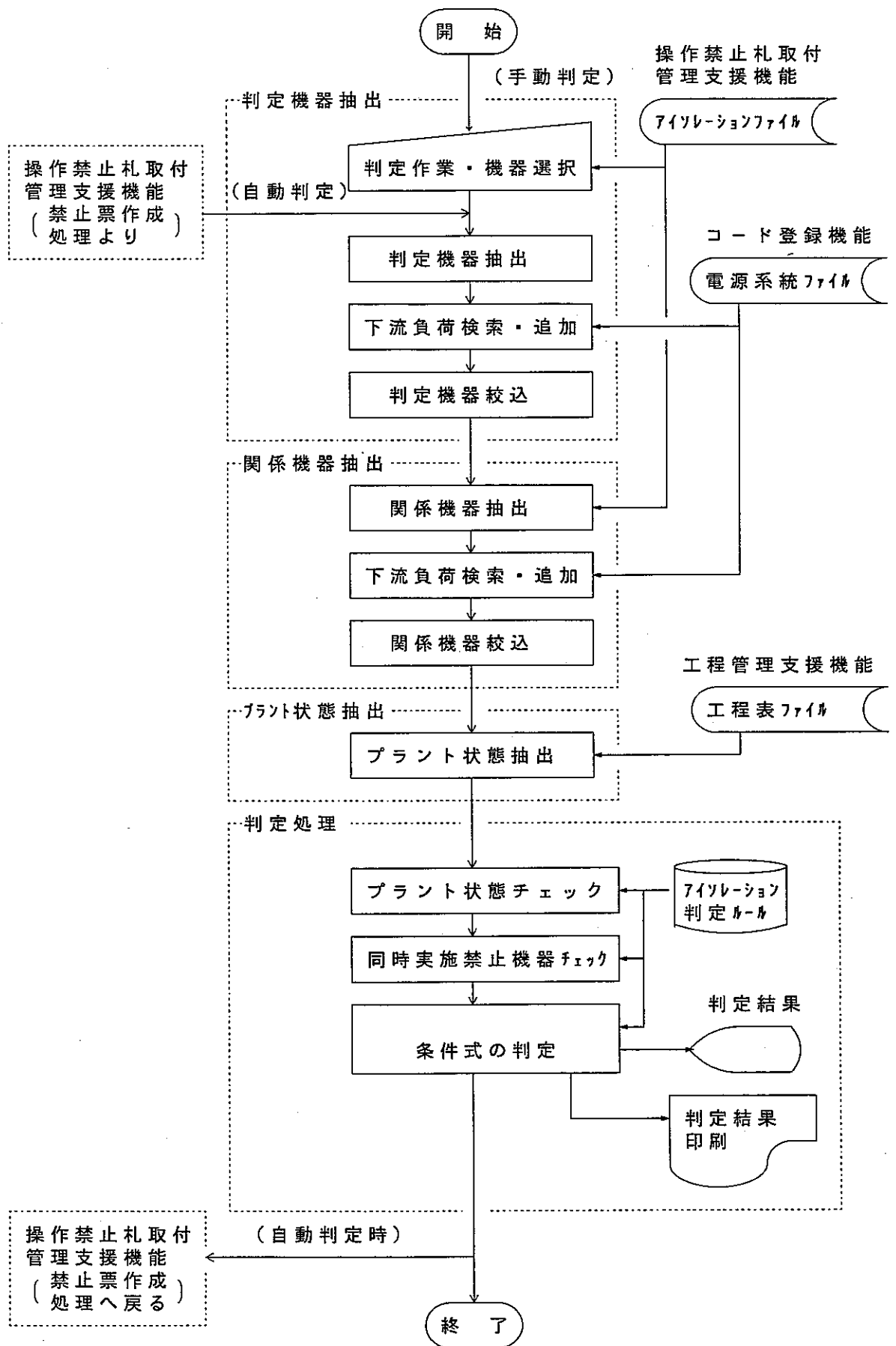


図 1 2 アイソレーション判定フローチャート

C DATE 1 09年06月06日14時31分 開始

C 作業番号: 原2 09997
 作業件名: A-1次主循環ポンプモータ点検
 作業期間: 09/06/12 09:00 - 09/06/17 17:00

判定対象機器: Tag-01 P31.1-1A CS A-1次主P CS

条件名: 1次主循環ポンプ

条件式: A1:0+(A2:1*A3:1)+B1:0+B2:0+B3:1+B4:1+B5:1+B6:1+B7:0+B8:0+B9:0

[項目番号:A2]

プラント状態名: 運転モード

プラント状態値: 燃交

[項目番号:A3]

プラント状態名: 1次系流量

プラント状態値: 20%

燃料交換中の
のオイル

予熱窒素ガス系
との同時オイル

[項目番号:B3]

関連機器: Tag-01 152B7 CS 2B P/C用遮断器 CS (対象外)

下流負荷: B71-2A NFB 2D A-予熱N2ガスフロア軸封フロア NFB

重複する作業番号: 原2 09996

作業件名: 2B-P/C変圧器点検

作業期間: 09/06/10 09:00 - 09/06/15 17:00

[項目番号:B4]

関連機器: Tag-01 152B7 CS 2B P/C用遮断器 CS (対象外)

下流負荷: B71-2B NFB 2E B-予熱N2ガスフロア軸封フロアNFB

重複する作業番号: 原2 09996

作業件名: 2B-P/C変圧器点検

作業期間: 09/06/10 09:00 - 09/06/15 17:00

[項目番号:B5]

関連機器: Tag-01 152B7 CS 2B P/C用遮断器 CS (対象外)

下流負荷: P71-1A NFB 2B A-予熱N2ガスフロア潤滑油P NFB

重複する作業番号: 原2 09996

作業件名: 2B-P/C変圧器点検

作業期間: 09/06/10 09:00 - 09/06/15 17:00

[項目番号:B6]

関連機器: Tag-01 152B7 CS 2B P/C用遮断器 CS (対象外)

下流負荷: P71-1B NFB 2C B-予熱N2ガスフロア潤滑油P NFB

重複する作業番号: 原2 09996

作業件名: 2B-P/C変圧器点検

作業期間: 09/06/10 09:00 - 09/06/15 17:00

判定対象機器: Tag-02 152A3 CB A-1次主P 遮断器

条件名: 1次主循環ポンプ

この条件名で既に条件が成立しているので詳細は表示しません。

判定対象機器: Tag-03 152A3 COS 8 A-1次主P 遮断器制御電源 COS

条件名: 1次主循環ポンプ

この条件名で既に条件が成立しているので詳細は表示しません。

図 1 3 アイソレーション判定結果の例

項目	内容	
シーケンス番号	373	
系統名称	予熱窒素ガス系	
機器番号	P71-3A	機器を判別するための タグナンバー { 機器番号+サブ番号 } で一つの機器
サブ番号	NFB	
機器名称	A-予熱N ₂ ポンプ 潤滑油P NFB	
設置場所	A-506	
操作場所	A-506	
盤番号	#005	
アイソレ状態 1	入	機器がとりうる状態 (アイソレーション状態)
" 2	切	
" 3		
" 4		
" 5		
アイソレ判定フラグ	1	アイソレーション判定の実行 フラグ { 1:行う 0:行わない }
アイソレ条件名 1	1次主循環ポンプ	
" 2		使用するアイソレーション 判定ルール名称
" 3		
上流電源機器番号	252B2	電源経路の情報 (機器の直ぐ上の電源)
" サブ番号		

図 1 4 機器属性データベース (テーブル) の構成

項 目		内 容	
条 件 名		1次主循環ポンプ	
条 件 式		A1+(A2+A3)+B1+B2+B3+B4+B5+	
アイソラ ン禁止 状態		プラント状態	状態
	項目A 1	運転モード	運転中
	A 2	運転モード	燃料交換
	A 3	1次系流量	20%
	A 4		
	A 5		
アイソレ 禁止機 器		機器番号	サブ番号
	項目B 1	B 7 1 - 1 A	
	B 2	B 7 1 - 1 B	
	B 3	B 7 1 - 2 A	
	B 4	B 7 1 - 2 B	
	B 5	P 7 1 - 1 A	
	B 6	P 7 1 - 1 B	
	B 7	H 7 1 - 1	
	B 8	1 5 2 A 5	
	B 9	1 5 2 B 5	
	B10		
次の条件名			

アイソレーション
判定ルール名称

判定論理式 (+ = or, * = and)

アイソレーションを禁止
すべきプラント状態

同時にアイソレーション
を禁止すべき機器

判定ルールを連結するための
情報

図 1 5 アイソレーション判定ルールデータベース
(テーブル)の構成

行番号 / レベル

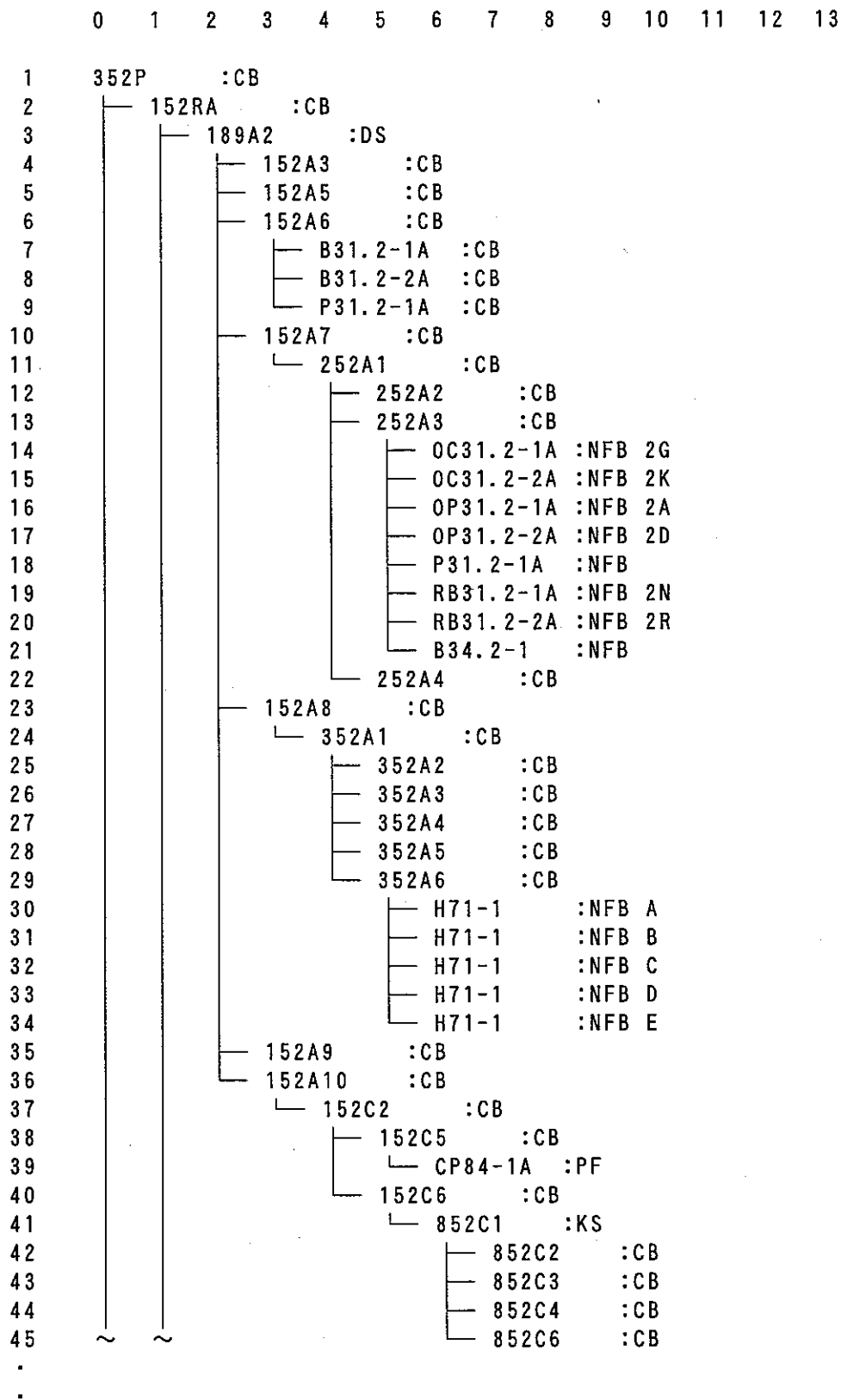


図 1 6 電源系統ファイルの一部