

# 原子力発電所における情報化

野々村 誠 一\*

Seiichi Nonomura

## 1. 原子力発電所における情報の収集

原子力発電所における情報収集手段の代表例として、集中監視制御システムがある。当社の原子力において、プロセス計算機の機能を活用した集中監視制御システムが導入されて、既に数十年を経過している。その間、プラント運転の信頼性、稼働率の向上、更には、米国TMI（スリーマイル島）原子力発電所事故後の安全性再評価等により、運転員の監視機能の強化、操作性の向上とプラント自動化のため、初期のプラントに比べて、プラント情報収集の目安となる入力点数では約5倍、主記憶容量では、70～80倍の規模にまで、プラントプロセス計算機適用の拡大が進められた。

即ち、軽水炉主体の我が国では、炉心を中心としたプラントの性能把握中心（従来機能）から、運転監視機能の強化、プラント自動化（追加機能）へと計算機の機能の拡大がはかられてきた。

### 従来機能

- ① 炉心性能計算
- ② プラント（BOP）性能計算
- ③ 制御棒価値ミニマイザー（制御棒引抜きを安全に行えるよう、あらかじめ決められた引抜きシーケンスから逸脱した場合、それを阻止する）
- ④ 運転日誌
- ⑤ 警報監視記録

### 追加機能

- ① 炉心性能予測（CRTグラフィック表示）
  - a. 出力分布の予測（制御棒操作後）
  - b. 出力分布の予測（再循環流量変更後）
  - c. 出力上昇経路の予測
- ② プラント状態モニタシステム（CRT使用）

- ③ 制御棒操作ガイド（CRTガイド使用）

- ④ プラント自動化

当社の原子力発電所において、現在までに運用されてきたものとして、中央制御盤と組合わされたプラントプロセス計算機、放射性廃棄物処理用計算機、放射線作業管理用、個人線量管理用、周辺環境管理用、防護管理用等の各種ミニコン、燃料交換機用、機器保守用各種ミニコン等がある。

## 2. 得られた情報の処理、管理

発電所で得られた情報は、それらの計算機と所員により処理、加工され、管理情報として活用され、報告、検討用として外部に流れて行く。これらの情報は、

- ① 運転操作に直接係わる情報
- ② 運転管理に必要な情報
- ③ 作業管理に必要な情報
- ④ 官庁等への報告に必要な情報
- ⑤ 日常の事務、管理に必要な情報

などに大別することができる。

これらの内①の運転操作に直接係わる情報は、最近では、制御盤に組み込まれたカラーCRT表示装置を活用することにより、見易かつ集約された情報が運転員に提供されている。一方②～④の情報については、発電所に設置されているプラントプロセス計算機、各種ミニコンにより処理され、時報、日報、月報等、ログシートの形に加工され提供されている。⑤の日常の事務、管理に必要な情報は最も電算化の遅れていたところであるが、最近のOA機器の進歩により急速に機械化が進められつつある。

このように従来から、発電所で得られた情報の処理、管理は、個々のプロセス計算機、各種ミニコンにより行われているが、これらの処理情報、管理情報の取扱の効率化、厳正化のため、更には安全の確保、プラント稼働率の向上およびコスト低減をはかるため、技術系業務処理、管理の自動化を目指した電算機による総

\* 東京電力(株)原子力発電部副部長

合的システム開発を推進している。

### 3. 電算機による総合的システムの構築

#### 3.1 データベース指向のシステム

原子力発電所で運用管理している機器は、火力に比べて多種多様にわたり、それらの数も膨大にのぼり、110万kW級プラントで、機種によっても異なるが、およそ火力の3～5倍の数になる。これらの機器の大部分が、原子力特有の放射性物質取扱いに係わるため、その構成物品、材質等には高い品質管理が要求される。これらの機器を良好な状態に運営管理する箇所は、多方面にわたり、同じデータでも多くの箇所で使用される場合が多い。

発電所各課、本店関連部門などのデータを必要とする箇所から、必要なデータを迅速に得られるよう、データ情報の一元管理ができるデータベースを中心としたシステムを構築している。

#### 3.2 電算機の分散化

電子計算機の進歩はめざましく、特にVLSIなどのように集積化、低廉化が著しく、電算機システムは、系統的に分散処理、階層構造が有効となってきている。情報の処理は、その発生源に近い下位の計算機、発電所のミニコン、新しく設置したホスト計算機で処理し、管理情報は上位の計算機、本店のホスト計算機に集めるのが、機能分担、信頼性向上、危険分散、応答性向上などの面で有利である。

そこで計算機の運用管理が行い易く、夜間、休日も対応が容易で、データが手元に保管でき、事故対応も早くできるよう、各発電所にホスト計算機を分散配置

した。

#### 3.3 本店一発電所間のデータリンク

本店での各発電所業務を管理するため、本店から又他発電所の情報を検索するため、従来の本店一発電所間の通信回線を利用して、データリンクネットワークを設けた。

#### 3.4 プロコン、ミニコン等とのデータリンク

各発電所に設置したホスト計算機への入力は、膨大な業務量であり、全部をキーボード、OCR（光学的読み取り装置）等で入力すると、労力がかゝり大変である。少しでもこれ手入力を省力化するため、1項で述べたプロコン、ミニコンとホスト計算機を連係して発電所データを自動的に伝送し活用することを進めている。ホスト計算機故障時のデータ保存対策として、二重化したデータ収集用ミニコンをホスト計算機との間に設けデータリンクさせた。

#### 3.5 発電所ホスト計算機、端末装置とLAN

このシステム構成は、図-1に示すように、およそ本店大型計算機、発電所ホスト計算機、とプロセス計算機又はミニコンの3階層であると考えることができる。

当社の本店、支店で今迄に運用されてきた計算機の機種は、UNIVACであるためと、①これから開発するプログラム量が膨大であり、既開発システムを活用せねばならず、②将来、人事、労務、経理、資材など事務系システムとの連係、③本店システムとの連係等を考え、福島第一、第二原子力発電所に60年9月UNIVAC 1100/71を設置した。

その後、61年4月に、①原子力関連の豊富な汎用ソフトウェアが利用でき、②プロコン、ミニコンとの連

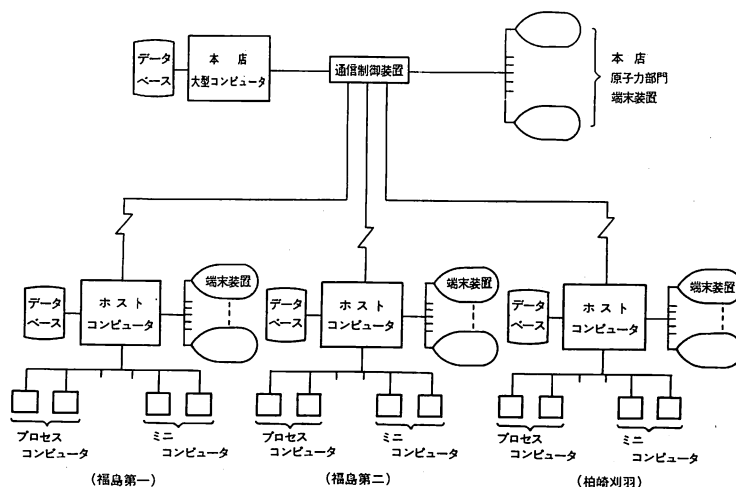


図-1 各原子力発電所にコンピュータを分散設置

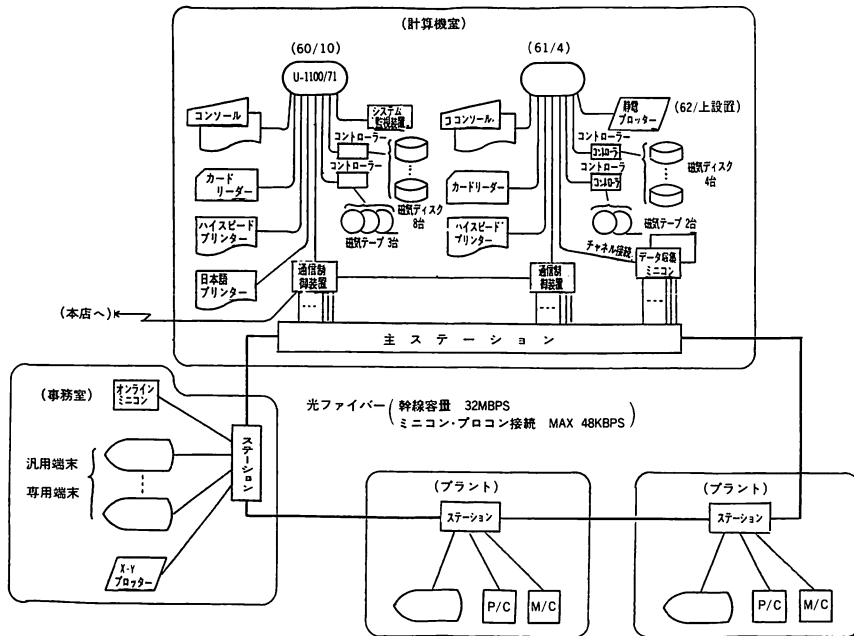


図-2 各原子力発電所におけるシステムのハード構成

係が容易で、③将来の高度な技術計算、新技術の適用が行い易い IBM 3083 を両発電所に設置した。

柏崎刈羽原子力発電所には、61年12月に両機種を同時に設置する予定である。

又両機種の連係開発は、60年春から約1.5年をかけて行い、およそ、端末から両機種を意識しないで操作できるようになっている。

発電所構内は広く、構内にある各建屋は離れているため、各重要な建屋間を2重化した光ケーブルのデータハイウェイ（容量32MBS）による情報伝送網を構築した。将来パケット交換方式による伝送もできるよう拡張性をもたせてあるが、当面は1対1の通信方式で使用している。

業務の開発状況、業務処理の必要性に応じ、本店及び発電所各所に端末装置（当社が独自に開発した多機能端末）を増設した。プロコンとホスト計算機との連係は、プラントの定期検査に合わせて実施中であり、ミニコンとホスト計算機との連係は計画の段階である。

#### 4. 業務プログラムの開発

##### 4.1 サブシステムの概要と開発工程

原子力発電業務の総合的電算化計画は、開発すべき電算化システム項目、業務の流れ、発電所、本店組織等を考慮して、約20のサブシステムに分割した。これ

らの概要と主な機能について図-3に示す。

さらに、電算化の必要度、開発業務量の平坦化、電算化の前提条件の整備を考慮して、これら20のサブシステムをフェーズⅠ、ⅡおよびⅢに分類して、60年度から63年度にかけて、順次開発している。

##### 4.2 フェーズⅠサブシステム

福島第一、第二原子力発電所のホスト計算機を使用して、60年10月に運用開始したフェーズⅠサブシステムは、今迄本店大型計算機を使用して、各発電所よりバッチ処理で運用処理していたもののうち、次に述べる5サブシステムの機能を増強して分散装荷したものである。

###### (1) 燃焼管理システム

従来より原子力発電所においては、本店ホスト計算機上の燃焼管理システムを用いて、原子炉の起動、ボタン調整及び運転監視のための計算が行われて来た。燃焼管理システムはFUND、COPE、CODAシステムからなり、発電所ではCOPE、CODAシステムを利用して来た。FUND、COPE、CODAシステムの概要を次に示す。

FUND（燃料核定数計算システム）：燃料集合体の核特性を計算し、COPEシステムの入力となる。

COPE（炉心性能評価システム）：3次元炉心シミュレーションコードを中核とし種々の炉心性能評価計算

サブシステム名	時期	概要	主な機能	サブシステム名	時期	概要	主な機能
1. 発電管理	61/7	運転計画、停止計画の立案及び運転状況の把握、事故状況の把握検討業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転計画、停止計画データの提供</li> <li>発電実績データの蓄積と提供</li> <li>発電実績月報、報告書の作成</li> <li>事故、故障データの蓄積と提供</li> </ul>	11. 入退域従事者登録	開発中	入退域従事者登録を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>入退域従事者登録データの蓄積と登録</li> </ul>
2. 定例試験管理	61/7	定例試験のスケジュール管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>定例試験予定・実績のスケジュールデータの提供</li> <li>定例試験予定・実績の作成</li> </ul>	12. 化学管理	60/10	水管及び気体・液体廃棄物の化学分析を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体・気体の化学分析データの蓄積と提供</li> <li>各種報告書と管理表の作成</li> </ul>
3. 燃焼管理	60/10	燃焼計画立案及び燃焼状況の把握検討業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>炉心予測シミュレーション</li> <li>プラント起動・再起動及びバターン交換手順についての情報提供</li> </ul>	13. 環境放射能(線)管理	開発中	周辺環境への放出放射能(線)の管理と影響評価業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象データと環境放射能(線)データの蓄積と提供</li> <li>各種報告書と管理表の作成</li> </ul>
4. 燃料集集体管理	60/10	燃料在庫の厳正管理業務及び輸送業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料の受入から、払出しに至るまでの在庫管理データの蓄積と提供</li> <li>輸送工程管理データの提供</li> </ul>	14. 固体廃棄物管理	60/10	放射性固体廃棄物を収納した、専用ドラム缶の搬出・保管業務及びサイドバンカー内の高放射能固体廃棄物管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドラム缶管理データの蓄積と提供</li> <li>使用済チャンネルボックス、制御棒等の管理データの蓄積と提供</li> </ul>
5. 設備機器管理	61/7	設備機器仕様、点検履歴等の情報の把握と設備維持・改善計画の立案を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検周期に添った工事対象機器の選定</li> <li>設備機器仕様・図書リスト・点検履歴等のデータの蓄積と提供</li> </ul>	15. 物品管理	開発中	発電用消耗品、保安用資材、予備品等の購入倉入れ、貸出し、点検並びに在庫管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>物品の在庫管理データの蓄積と提供</li> <li>適性在庫基準に従った購入対象物品の選定</li> <li>管理表の作成</li> </ul>
6. 作業管理	開発中	工事の計画立案、作業前準備、工事実績の把握評価に関する業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>工事仕様や実績データの蓄積と提供</li> <li>MRP/PTW業務処理に関するデータの蓄積・提供と作業票の作成</li> </ul>	16. 工事管理	60/10	工事積算、予算編成と発注、検収精算業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>工事費用の積算</li> <li>予算編成、予算消化状況管理データの蓄積と提供</li> <li>伝票、管理表の作成</li> </ul>
7. 定検工程管理	開発中	定検工程等の工程作成及び工程進捗管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程管理データの蓄積と提供</li> <li>工程予定・実績票の作成</li> </ul>	17. 図書管理		文書・図書検索、更新業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種図面・図書・文書類のインデックス情報の蓄積と提供</li> </ul>
8. 検査管理	開発中	官庁検査対応業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>検査手続きデータの蓄積と提供</li> <li>検査予定・実績のスケジュールデータの提供</li> <li>検査実績の蓄積と提供</li> </ul>	18. 健康管理	開発中	社員の健康管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>社員の健康管理データの蓄積と提供</li> </ul>
9. 放射線作業管理	開発中	管理区域の放射線(能)の評価と管理区域維持管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線(能)測定データの蓄積と提供</li> <li>管理区域区分状況の提供</li> </ul>	19. 防護管理	開発中	P・P、入退域管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>入退域者管理データの蓄積と提供</li> </ul>
10. 個人線量管理	開発中	外部被ばく、内部被ばくの線量管理業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線作業管理データの蓄積と提供</li> <li>個人被ばく線量に関するデータの蓄積と提供</li> </ul>	20. 緊急時支援	開発中	緊急時における事故復旧活動と事故拡大予測業務を支援する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故時・放出放射能の予測計算と大気拡散シミュレーション</li> <li>炉心状況の推定計算</li> <li>プラント内線量率の推定計算等</li> <li>周辺環境情報(人口分布、土地利用状況等)の提供</li> </ul>

図-3 サブシステムの概要

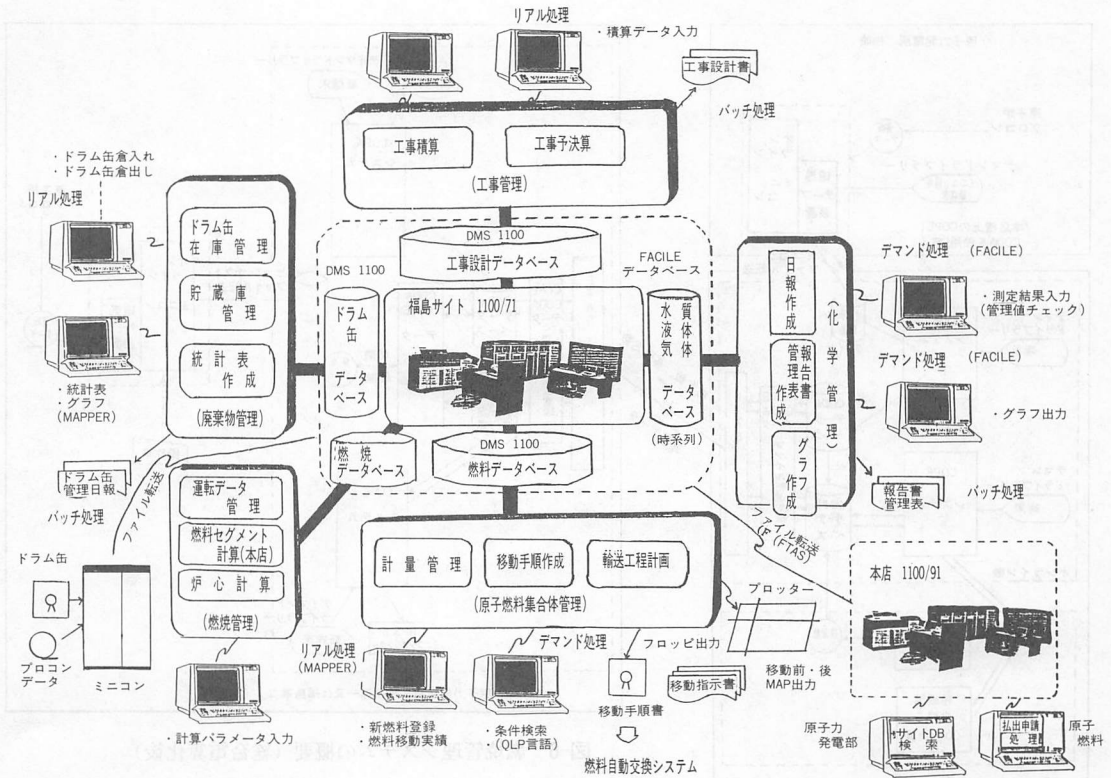


図-4 フェーズ I サブシステム概要

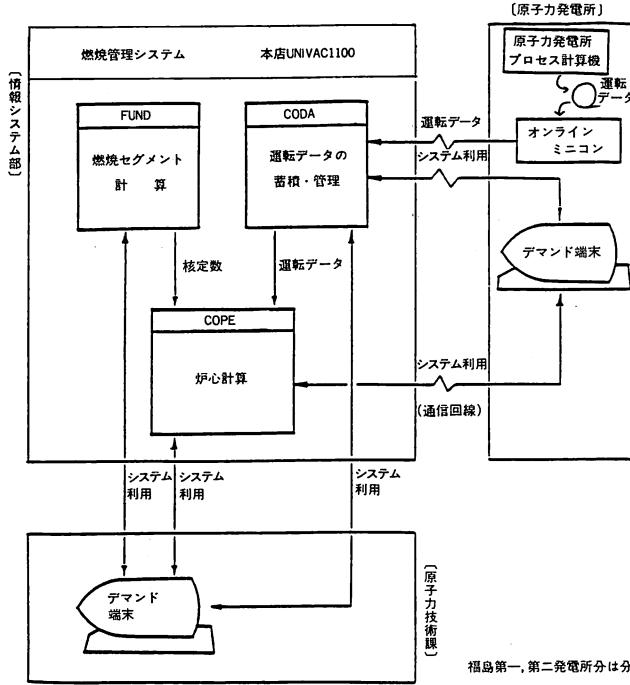


図-5 燃焼管理システムの概要 (総合電算化前)

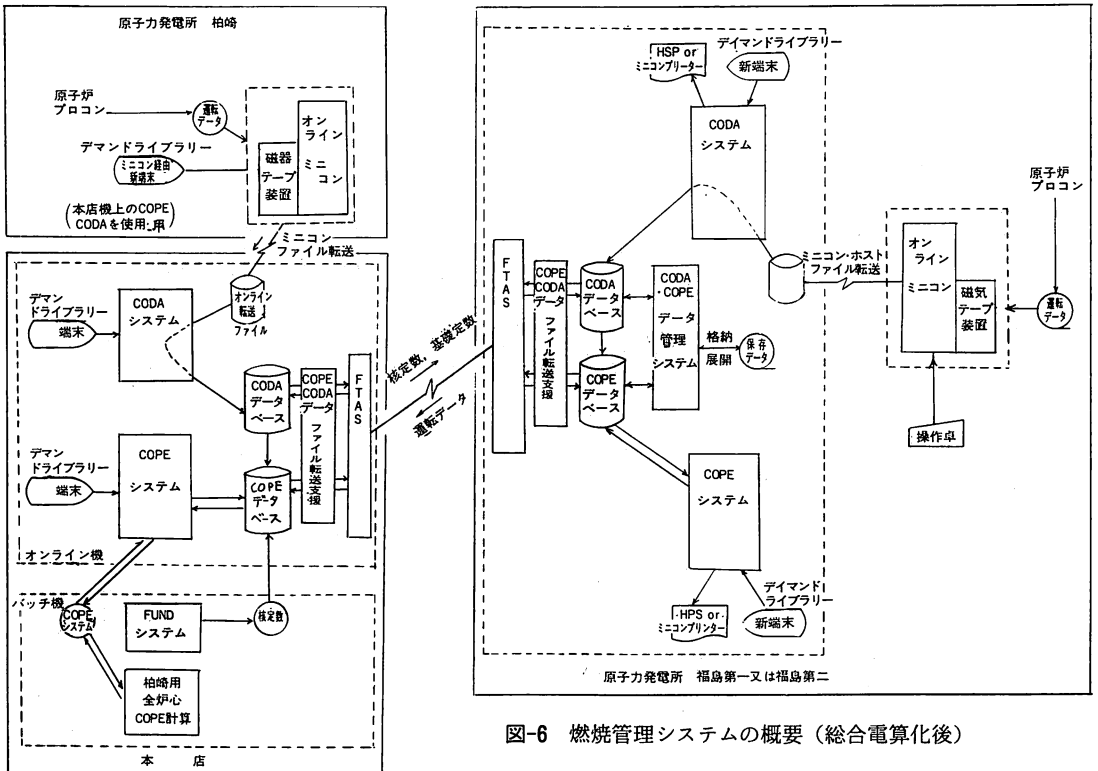


図-6 燃焼管理システムの概要 (総合電算化後)

を行う。

CODA (炉心運転データ管理システム) : 原子炉プロセス計算機から得られる3次元燃焼度等の運転データを蓄積, 管理しCOPEシステムの入力となる。

今回の総合電算化に伴いCOPE及びCODAシステムが, 発電所ホスト計算機上に分散した。その際, 分散の趣旨, 「発電所技術者がより自由に, 必要な計算をできるようにして, 利用技術を高める」を徹底するために, 次のようなより一層の操作性の向上, 運用面の工夫及び本店との良好なデータ関係に配慮した。

- ・汎用端末を用い操作性の向上を図った。
- ・システムの起動等の操作をより簡易にした。
- ・計算量の増大に備え, 複数処理を可能とした。
- ・充分なシミュレーション回数, 応答の早いシミュレーションが可能となった。
- ・発電所技術者が, 自分で容易に運転データや計算結果を管理できるようになった。
- ・ファイル転送機能を利用し, 発電所技術者が容易に本店間と核定数や運転データのやり取りができるようになった。
- ・プリンタ等を含めた入出力装置を豊富に分散配置し容易に利用可能とした。

現在プラントプロセス計算機とホストをオンライン関係し, 運転データを磁気テープを介さずに直接ホスト計算機に取り込み, 利用者の負荷軽減を図ることを進めている。

## (2) 原子燃料集合体管理システム

原子力発電所に於て, 原子燃料集合体は, 国際規制の対象物質に含まれるため, 厳正に管理される必要がある。

昭和53年度より, 計量管理業務の電算化に着手し, 以降範囲を拡大し, チャンネルボックスの管理, 会計処理, 燃料検査データの管理業務の電算化, 使用済燃料払出時の帳表作成, IAEA 査察対応用帳表作成, 定検時燃料交換用移動手順 (全取出, 全装荷, シャフリング装荷) の電算化, およびフロッピーディスクを媒体として燃料交換機にデータ送信する関係システムを開発してきた。

今回の電算化以前のシステム全体概要を次に説明する。データベースはネットワーク型であり, 主として原子燃料集合体, チャンネルボックス, およびこれ等の置場の情報を管理していた。

処理形態は, 業中の随時処理と業後の定期処理に分かれる。業中の随時処理は, リモートバッチ処理によ

る帳表作成, および会話型による燃料台帳表示, データベース操作簡易言語による任意検索等がある。業後の定期処理は, OCR (光学読取り装置) を媒体として, 業中に入力データを送信 (ギャザリング処理) し, 夜間データベース更新, 主要帳表作成を行う一括処理 (本体処理) を実行し, 翌日結果を返信 (ディスパッチ処理) する方式である。

今回の開発では, 業務電算化の範囲を拡大すると共に, 既存システムの大幅機能追加, 改定を行い, 操作性の向上を図った。開発内容を次に説明する。

### 新規開発内容

移動管理: 新燃料搬入, 新燃料貯蔵庫・プール移動, 定検時検査・移動, 使用済燃料払出し, チャンネルボックス移送・減容等の移動手順作成を電算化し, 移動手順書の漢字プリンター出力および移動前後の配置図プロッター出力を行えるようにした。既存の定検時移動手順プログラムに関しては, 一部取出手順作成プログラムを追加し, かつインターフェース部を開発して新規システム内に組込んだ。この結果, 発電所内のほとんどの移動指示が機械作成できるようになった。

輸送工程管理: 本店からの運転計画, 配船計画, 新燃料手配計画や, 他課の設備点検修計画等を制約条件として, 発電所の使用済燃料等の輸送工程を機械作成できるシステムを開発した。5年間の長期工程表, 1年間の年度工程表, 作業単位の工程表等をプロッターで出力できる。又計画期間内の任意時点の燃料・チャンネルボックスの貯蔵一覧を帳表出力することができる。

### 既存システムの機能追加

従来, 本体処理 (業後の定期処理) は, ターンアラウンドタイムが長い (1日1回の処理) ため, 入力データに誤りがあると, 結果を得る迄に相当日数を要していた。又当該システムの入力データの特徴は, 少量多品種であるため, OCRによるデータ入力操作に時間を要することが問題であった。

今回の開発では, 簡易リアルソフトウェアを使用することにより, OCR 同等の管面レイアウトで, キーボード入力を可能とし, かつこのソフトにより既存の入力チェックプログラムを起動する方式により, 業中随時入力データのエラーチェックができるようにした。

### 既存システムの改訂

会計処理に於て, 現行の業務処理方式との間で不整合が存在した。今回の開発では, 当該システム全体的見直しを行い, 燃料受入れ, 燃料取出し, 燃料払出し

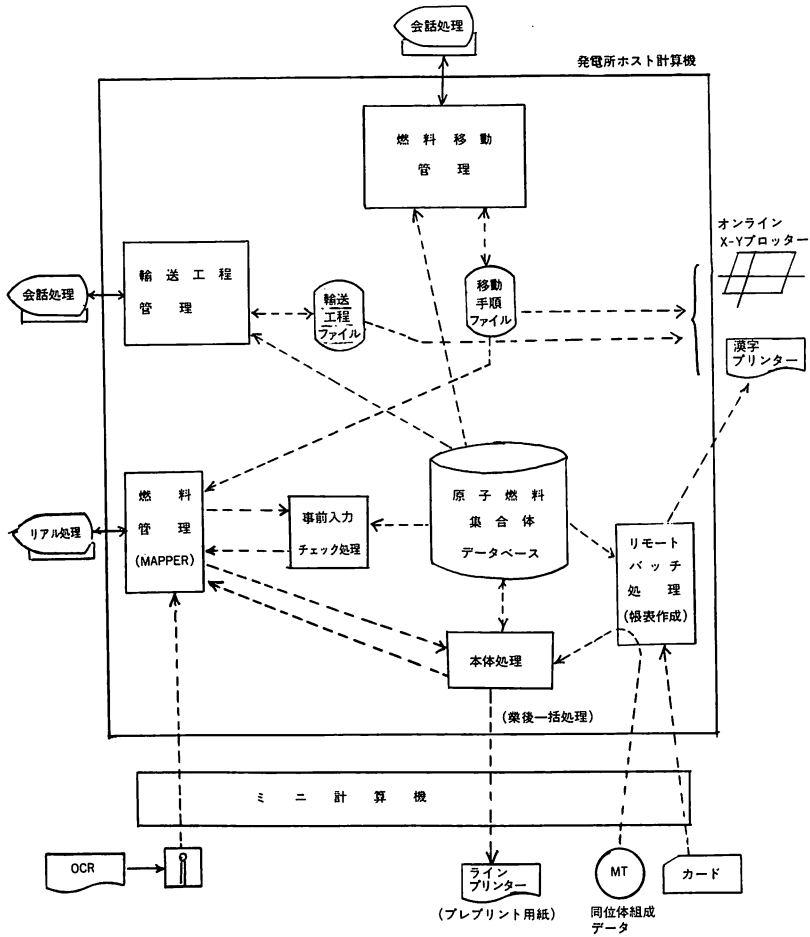
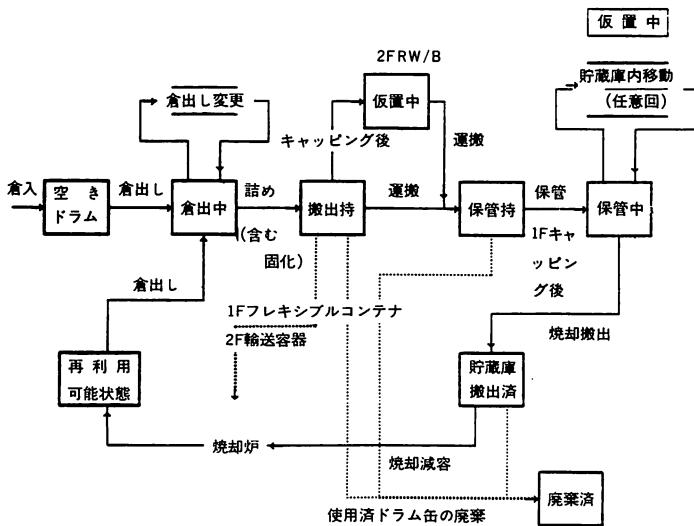


図-7 原子燃料集合体管理システム全体図



(注) □内はドラム缶の状態を示す。

図-8 固体廃棄物管理業務流れ図

時に、会計振替伝票データを自動生成する機能を追加すると共に、不具合部のプログラム改訂を行った。

現在のシステム全体図を図-7に示す。

(3) 固体廃棄物管理システム

「図-8 固体廃棄物管理業務流れ図」に示すように、①在庫管理（空ドラム缶の倉入れ、倉出し）、②詰め管理、③運搬管理、④保管管理、⑤貯蔵庫搬出管理（焼却炉へ）、⑥廃棄管理、⑦再利用管理、⑧焼却炉運搬実績管理などのドラム缶の使用、管理状態を、個別に取扱うことにより、データの一元化による厳正なる管理を行っている。

今回の開発以前は、主要な管理状態を、本店の電算機で、発電所よりバッチ処理により管理していた。又発電所にホストを置くことにより、オンライン・リアルタイム処理、漢字化が可能となった。

このシステムは、データ収集個所が、広い発電所敷地内に散在しているため、可搬型データコレクターを使用して、各現場での入力装置として使用し、これ以降のデータ転記を無くして、転記による人為的ミスの発生防止を図った。

(4) 工事管理システム

このシステムについては、昭和55年10月に「保修工事費積算業務」の標準化、効率化のため、情報システム部の協力を得て、定検工事・積算業務の機械化を開始した。

定検工事・積算業務の運用開始に続きシステム開発を行い、単価契約工事の第2次運用、定例工事及び修理、改造工事の第3次運用を次々に実施し、保修部門で実施している全ての工事費積算を電算機で処理することを可能とした。

今回の開発前のシステムは、本店の大型計算機を利用したバッチ処理方式で使用され、電算化の水準としても高い水準であったが、社会的な急速なるOA化の普及に伴い、当システムが老朽化したことも否めなくなった。

しかし今回の開発後は、発電所ホスト計算機を利用した、リアル処理方式の採用、OCR入力方式から端末機によるキーボード直接入力方式への変更、漢字化などにより業務の効率化が進められた。

今後このシステムについては、現在電算化のための開発を進めている委託費積算業務、予算管理業務、工事精算業務の開発、経理・資材部門との連携開発が計画にのぼっている。

(5) 化学管理システム

原子力発電所の保安課業務のうち、水質及び気体・液体廃棄物等の化学分析を支援するシステムで、今回の開発前は、本店の大型電算機を利用した次の業務が稼動していた。

水質管理、液体廃棄物管理、気体廃棄物管理、一次系外水質管理（ほう酸水注入系管理を除く）。

今回追加開発し、合わせて発電所ホスト計算機で利用できるようになった業務は次のものがある。

一次系外水質管理（ほう酸水注入系管理）、廃棄物処理管理、その他（燃料保証契約に係わる管理、COD・油分測定結果管理）。

機能向上として、現場の多機能端末から入力可能、対話形式、漢字化されただけでなく、分析・評価業務支援のため、容易にグラフ作成・データ検索が行えるよう汎用ツールを用意した。その結果、原子炉浄化系、タービン復水脱塩系等の性能把握が容易となり、問題点の抽出が迅速化し、管理の質の向上がはかられた。

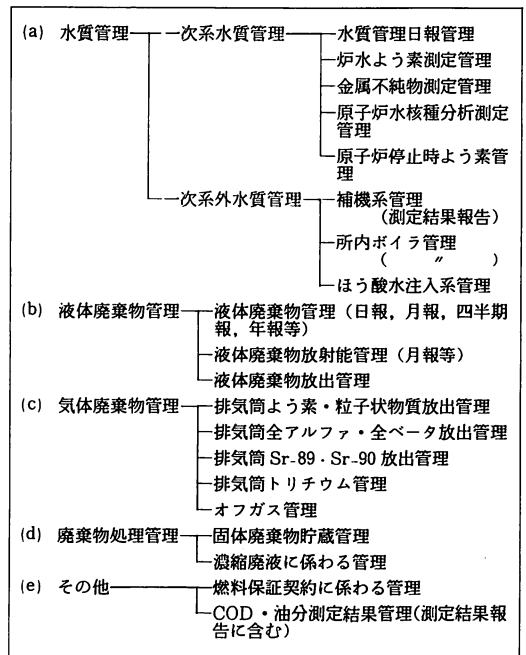
4.3 フェーズIIサブシステム

フェーズIIに属する発電管理、定例試験管理、設備機器管理の3システムの一部が、61年上期に運用に入った。

(1) 発電管理システム

運転日誌、プロセス計算機出力等各種運転データをデータベース化し、報告書作成時等のデータ転記・集

表1 化学管理システム電算化範囲





計、或いはグラフ作成時における省力化を図っている。  
電算化範囲は次の通り。( )は計画。

運転管理：プラント運転管理、復水脱塩装置運転管理、  
(廃棄物処理装置運転管理、所内ボイラ運転管理)。

発電管理：ろ過水・純水管理、パトロール結果管理、  
(所内ボイラ保安管理、コンデミ樹脂管理、EHC・MTb油性状管理)

技術管理：(発電実績管理、プラント運転計画管理、  
炉心状況管理、補機運転管理)

#### (2) 定例試験管理システム

定例試験が、定例切替・点検保守作業と干渉しないようそれぞれ計画し、その結果を設備機器の信頼性評価データとして、これらデータの高度利用を図る。電算化範囲は次の通り。( )は計画。

予定・実績表管理：定例試験予定・実績表、定例試験、  
定例切替予定・実績表、日勤直、定例切替予定・実績表。

試験結果管理：(定例試験結果データのデータベース化、  
定例試験判定業務の支援、試験結果のトレンド表示等)

#### (3) 設備機器管理システム

仕様データ、履歴データのデータベース化により、データの検索利用を容易にし、技術検討や信頼性評価の業務を支援する。又的確な点検計画の立案を支援す

る。電算化範囲は次の通り。( )は計画。

仕様管理：仕様の更新管理、仕様の変更履歴管理、

工事計画管理：点検周期基準管理、点検長期計画(10年計画)管理、(ISI長期計画管理)、(年度内点検計画管理)

履歴管理：(点検履歴管理、故障履歴管理)

フェーズⅡの他のシステム、フェーズⅢのシステムについては、目下開発中であり、設計上未確定要素が多く詳しく記述できないので、図-3、サブシステムの概要(と主な機能)を参照願いたい。

## 5. 今後の展望

サブシステムの開発につれて、使用者側から色々な新しいニーズが追加され、開発量が増加し、質的に高度化していく、その一つに人事、労務、経理、資材などの他部門との連係があり、他部門の電算化に合わせて、62年度末頃から開発を始める予定である。

又、最近の高度情報化を反映して、AIやエキスパートシステムとして、運転管理システム、設備機器異常診断システム、設備機器予防保全システム、作業管理支援システム、被ばく低減システム、プラント情報表示システム、CAI等々計画は豊富であるが、現実をふまえた、使用者側のニーズに合わせた、実質的に有効なシステムの開発が期待されている。

