

発電プラント制御装置の信頼性向上技術

Reliability Improvement Technology for Thermal Power Plant Control Equipment

長沢嘉幸* *Yoshiyuki Nagasawa*

遠山栄二* *Eiji Tōyama*

村松 勝* *Masaru Muramatsu*



中国電力株式会社水島発電所の中央制御室 経年火力の制御設備近代化工事を実施し、中央制御室の集中化、プラントの全自動運転と操作監視および信頼性・運用性の向上を図っている。

既設経年発電プラント比率の増加と高頻度負荷変化や起動・停止などプラント運用の高度化に伴い、経年発電プラントの長期安定稼動が最重要課題となっている。日立製作所は発電プラントの安定運転と長寿命化対策のため、制御装置の予防保全活動としてシステム全体から部品レベルに至るまで、種々の改善を積極的に実施してきた。

制御装置は多くの部品の集合体であるため、機械装置類のような余寿命診断をベースとした予防保全とは異なるアプローチが必要である。すなわち劣化予知の方向と合わせて、いかに信頼性の高いシステムを構築し、かつ長期間それを維持向上していくかに重点を置いて取り組んでいる。

* 日立製作所 大みか工場

1 はじめに

高度成長期に建設されたプラントの多くが設計寿命を迎えているが、これらのプラントの今後いっそうの長期安定稼動が最重要課題となっている。

火力発電プラントは、負荷調整用として頻繁な起動・停止による運用の高度化が進んでいる。また、夏季・冬季の電力需要期だけ運用する季節運用化など年間利用率は低下傾向にある。このような背景のもと、単なる既設老朽化制御装置の更新だけにとどまらず、大幅な省人化、運転環境の改善をねらった全自動化システムや複数ユニットの集中監視制御の採用など、既設プラント制御システムの近代化を図るケースが多くなってきた。

このような全自動化プラントで、制御システムにトラブルが発生した場合には、運転制御に重大な影響を与えるので、制御システムの高信頼度化の実現なくして全自動化システムの採用はあり得ない。ここでは、制御システムの高信頼度化と既設プラント制御システムの近代化をいかに実現しているか、その概要について述べる。

2 制御装置の予防保全

2.1 予防保全から見た制御装置の特徴

制御装置は、一般の機械設備などと比べ次に述べるような特徴を持っている。

- (1) 部品1個当たりの単価が比較的安い、多種多様の部品で構成する電子部品の集合体である。したがって、個々の部品の余寿命診断にあまり多くの費用をかけられない。
- (2) 最近の急速に発展するエレクトロニクス技術の適用により、新製品の開発が早いため部品の改廃も早く、寿命に関するデータの蓄積ができにくい。
- (3) 寿命が異なる多数の部品の集合体であることや、半導体部品の寿命が明確でないことから、装置としての寿命予測が困難である。
- (4) 電子部品の劣化の進行が外観や特性の変化となって現れにくく、非修理系と言われるランダム故障パターンをとるので、交換ユニット単位での劣化診断は事実上きわめて困難である。

制御装置は以上のような特徴を持っており、電解コンデンサやコイル絶縁寿命など一部の部品以外は有効な寿命評価方法が確立されておらず、余寿命診断結果にウェートを置いた予防保全では不十分であり、一般の機械設備などとは異なったアプローチが必要である。

2.2 制御装置の予防保全

大規模、複雑化してきた制御装置に対し、予防保全の目的である「設備の機能を設定されたレベルに維持あるいは向上させる」ためには、従来の修理技術に基づいた保全ではその目的を達成することが難しい。

制御装置の計画、設計する段階で長期間にわたりいかに高信頼度を維持、向上していくかを十分検討しシステムに組み込んでおくことが、予防保全の前提条件である。高信頼性と保守性に対し十分な考慮が図られた制御装置に対し、適切な経時保守を実施することによってはじめて予防保全の目的を達成することが可能となる。予防保全方式を表1に示す。

(1) 時間基準保全

時間基準保全方式は、あらかじめ設定した使用年数に達したら取り替える方式であり、故障を起こす前に予防的に取り替えるため、その取り替え時期の最適化が最も重要である。すなわち故障が頻発するようになってから取り替えたのでは遅いし、逆に早すぎるとまだ使えるものを廃棄することになって不経済になる。現実には後述する機能向上保全、保守対応保全および状態基準保全と兼ねて実施する。

(2) 機能向上対応保全

DSS(Daily Start-Stop)運転など、プラント運用高度化への対応や複数ユニットの集中監視などの運転保守環境改善への対応のため、制御装置をより高機能、高性能のものに取り替える必要がある。この場合の留意すべき点は、最新技術を取り入れることと合わせて、発電所内各ユニットの情報を一元管理できるような構成を考慮して各制御装置の取り替え計画を進める必要がある。

表1 予防保全方式と留意事項 留意事項に対し十分検討して保全方式を選定している。

保全方式	保 全 内 容	留 意 事 項
時間基準保全	設定した使用年数に達したら取り替える。	更新時期の最適化
機能向上対応保全	機能、性能向上のため取り替える。	最新技術の適用、情報の一元化
保守対応保全	保守部品入手難または保守要員確保難のため取り替える。	保守ツールなどの付属品も対象になる。
事後保全	故障したものを取り替える。	適用範囲を限定、システムの対策が必要
状態基準保全	調査、診断した結果によって取り替える。	診断精度の向上、診断効率の向上

(3) 保守対応保全

保守対応保全方式は、保守部品の入手や保守できる要員の確保が困難になってくると、故障したとき早急に復旧することができなくなるので、万一に備えて取り替える保全方式である。制御装置本体のほかに、保守ツールなどの付属品も対象に含めて考慮する必要がある。

(4) 事後保全

事後保全方式は、故障後に故障した部品を取り替えるため、故障してもプラントへの影響が軽微なもの、または多重化などによって故障がプラントに直接影響を与えないように、システムの対策が図られた部分に適用する。制御装置は多数の部品の集合体で構成しているため、部品個々の信頼度を高めても偶発故障の機会はある確率で常に存在している。部品1個の故障でプラントの運転に直接影響を与えないようなシステム構成にする必要がある。すなわち事後保全でよいような制御システムを指向すべきである。経済的にこれを実現するには、自律分散思想に基づいた分散化と共通部の多重化方式が最も適している。この詳細については次の3章で述べる。

(5) 状態基準保全

調査、診断した結果によって取り替える方式が最も合理的であるが、非破壊で精度が良く、かつ簡便に広く一般的に適用できる診断手法が現状ではないため、状態基準保全方式だけで運用するケースは少ない。上記(1)の時間基準保全と合わせて実施することが多い。

日立製作所が事業用火力発電プラントに納入した電気式ボイラ自動制御装置の営業運転開始から更新するまでの使用年数の分布を図1に示す。使用年数15～16年未満は機能向上対応のための更新が主であり、20年超は時間基準、保守対応のための更新が多い。

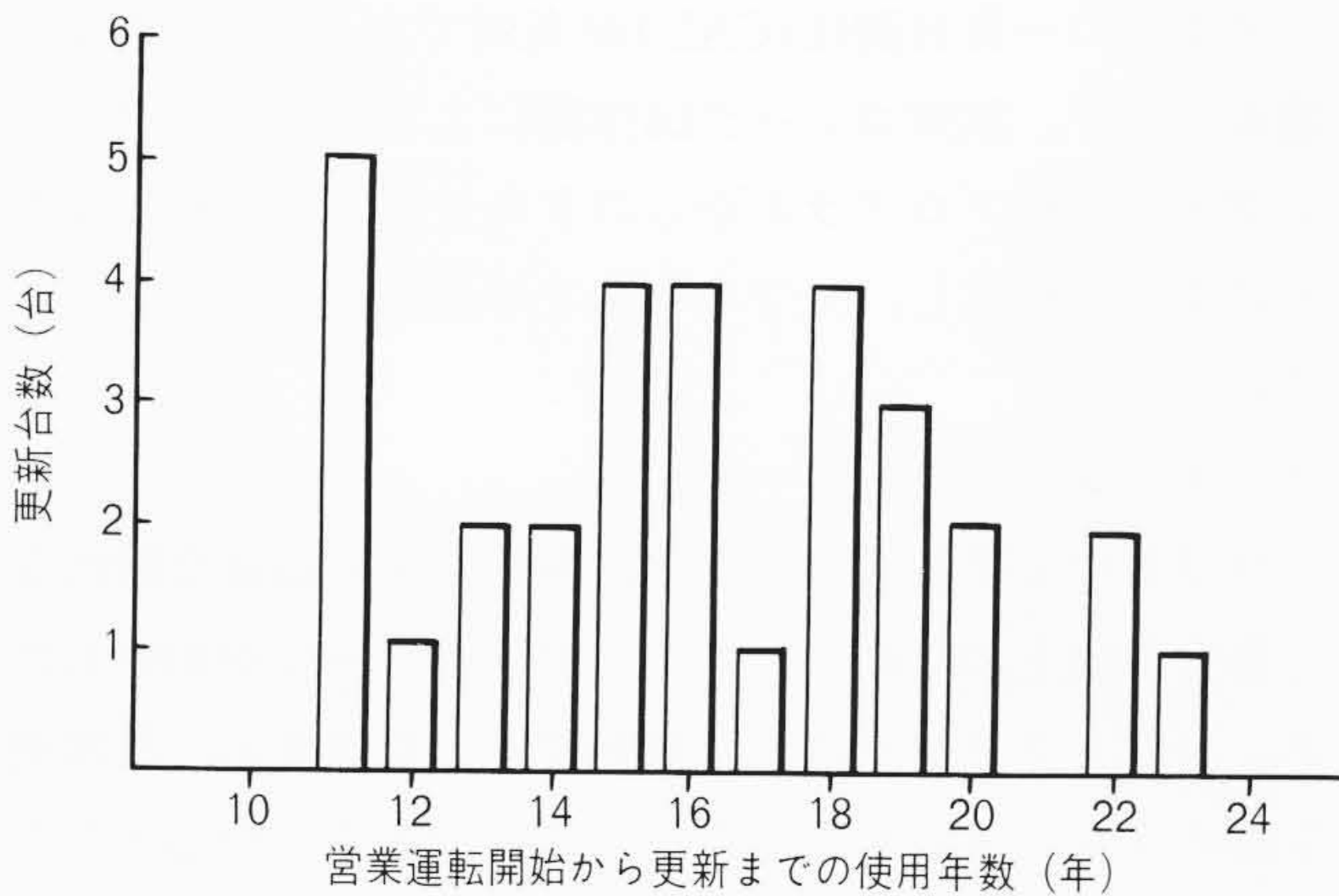


図1 電気式ボイラ自動制御装置の使用年数分布 各種保全方式が適用され使用年数が幅広く分布している。

3 制御装置の信頼性向上技術

前述のとおり、制御装置の予防保全に関しては、制御装置の計画、設計段階で長期間にわたって、いかに高信頼性を維持向上していくかを十分検討し、システムに組み込んでおくことが前提条件であり、制御装置の信頼性、保守性の向上技術が重要なポイントとなる。制御装置の信頼性向上は、ハードウェア面、ソフトウェア面からのアプローチが必要であり、以下これらについて述べる。

3.1 ハードウェア面の信頼性向上策

ハードウェアの信頼性向上技術としては、図2に示すように構成部品点数の低減などのほか、分散化・冗長化、バックアップなどのようなシステム構築上の方策が重要となる。

(1) システム構成における耐力強化策

発電プラントは水蒸気・煙風道などの系統、ポンプ・ファンなどの機器によって構成しており、プラントの構成に対応した制御システムを構築することがシステムの合理化、信頼性の面からも最適と言える。このため、制御システムは図3に示すように、運転操作の中核となるユニットレベル、各系統の指令操作をつかさどる系統制御レベル、および各プラント機器に対応した機器制御レベルで構成している。これらの各制御レベルに対応して系統、機器単位にコントローラを階層分散構成する。各制御レベルの耐力強化策は表2に示すように、システム

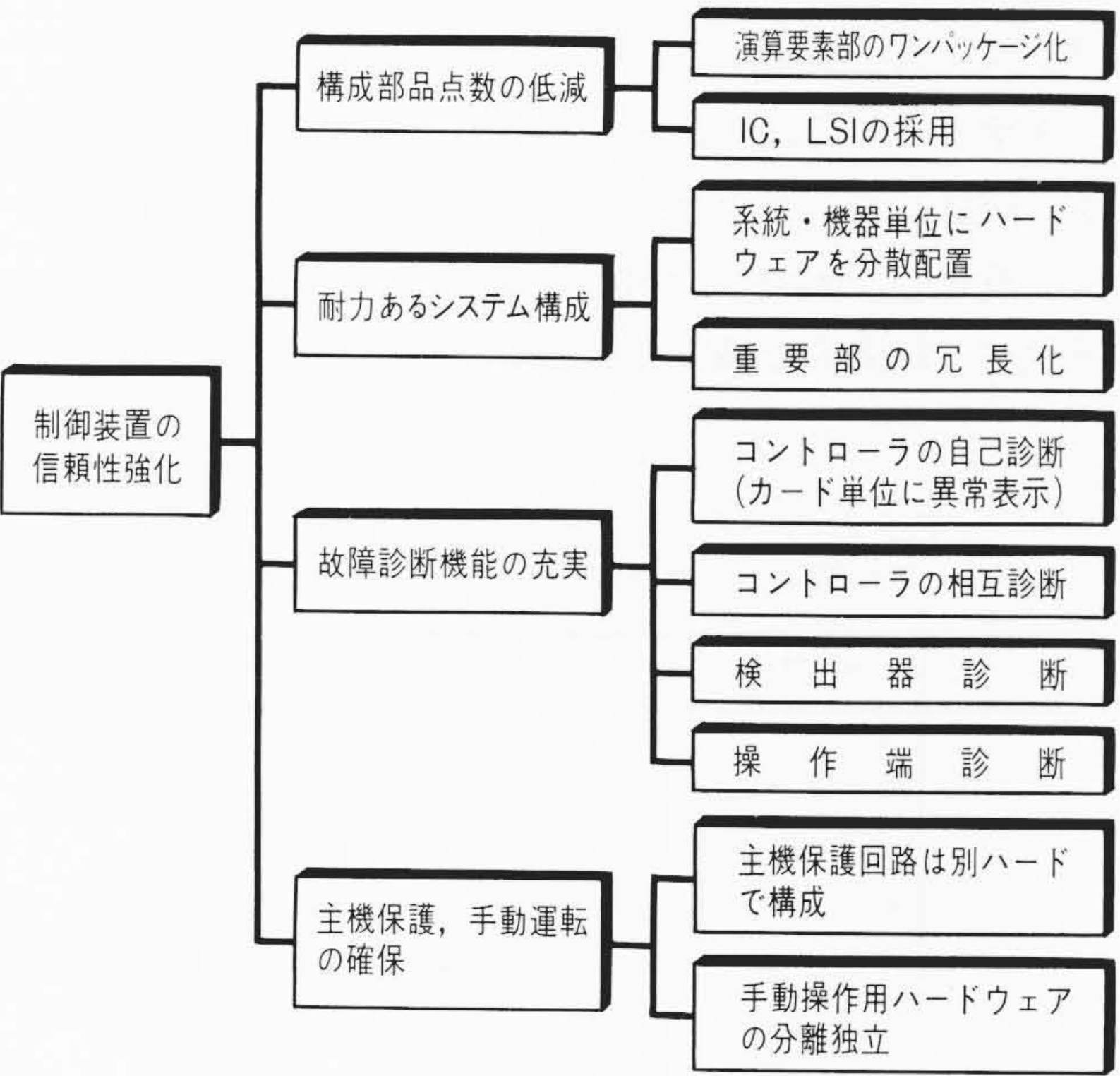


図2 ハードウェアの信頼性向上技術 ハードウェアの信頼性向上の考え方と具体策を示す。

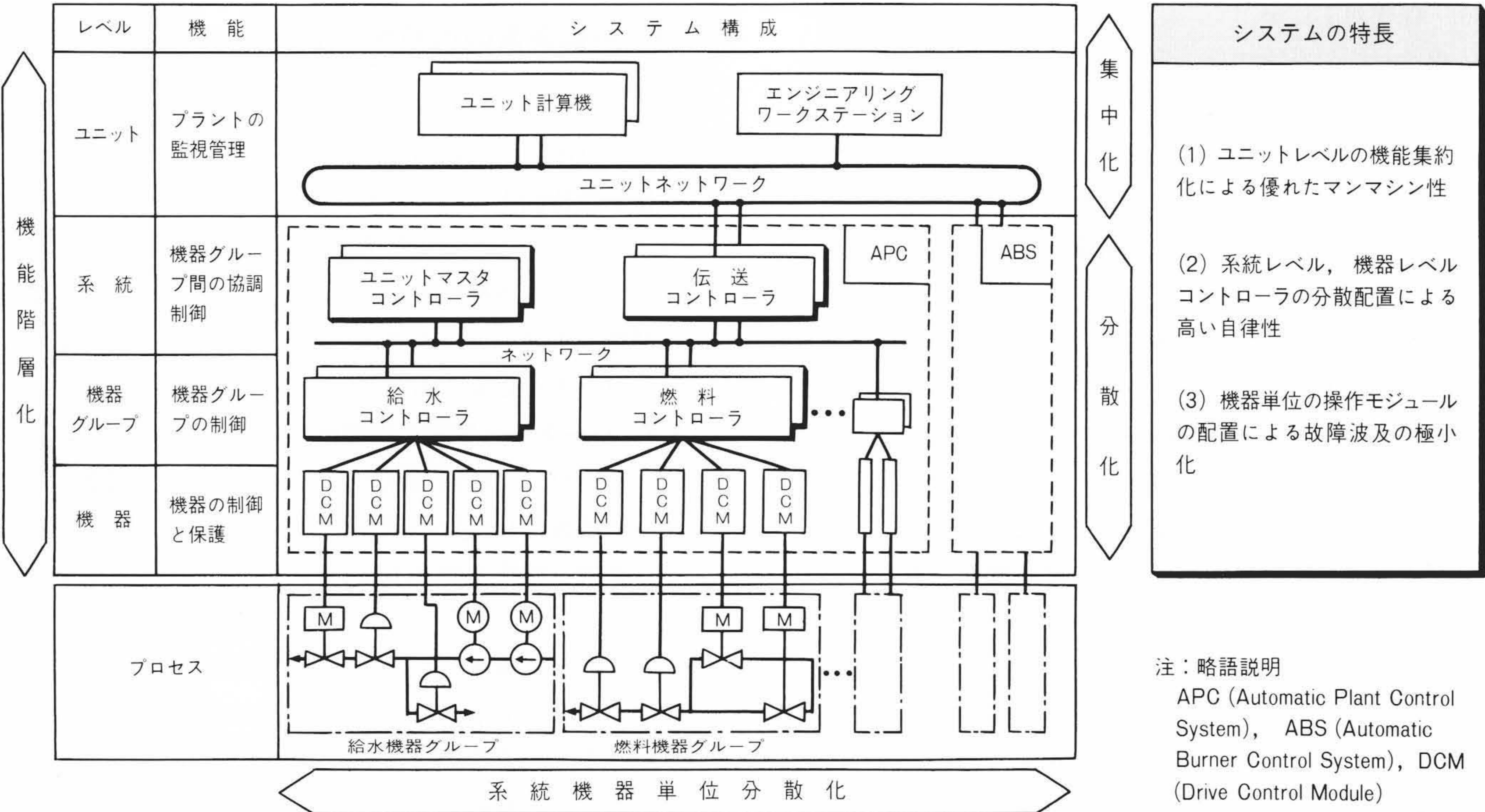


図3 機能階層系統機器単位分散による高信頼化システム プラントの機器構成に応じた制御システム構成によって高信頼性を実現している。

のニーズに応じて冗長化、分散化を図り、システム信頼性の向上を図っている。

(2) バックアップ方式

異常発生時、プラントの安全運転を確保するための方策としてバックアップシステムが有効であるが、システムの規模や重要性に応じ、経済的で合理的なバックアップシステムを構築する必要がある。従来、バックアップシステムとしてはコントローラの二重化が主体であったが、最新システムでは、機能が集中するCPU(演算装置)は二重化し、分散化したPI/O(プロセス入出力装置)は一重化して経済的な構成も可能なシステムとしている。

表2 システムニーズと耐力強化策 プラントの構成とシステムのニーズに対応した耐力強化策を実施している。

レベル	制御対象	故障時の影響	耐力強化策
ユニット	プラントの監視管理	プラント全体の監視管理機能が損なわれる。	二重化
系統	機器グループ間の協調	プラントレベルの自動運転が不可	二重化
機器グループ	機器グループの制御	一般に本体構成は冗長化されており、運転継続も可能	一重化またはCPUだけの二重化
機器	機器の直接制御	故障範囲は当該機器に限定される。	一重化・分散構成

3.2 ソフトウェア面の信頼性向上策

制御装置のデジタル化に伴い、ソフトウェア面の信頼性向上が重要となってきた。ソフトウェアについては、その内容の可視化に配慮しながら、ヒューマンエラー防止とソフトウェア動作確認の容易化などにより、保守性・信頼性の向上を図っている。

(1) CAD

ソフトウェア作成時のヒューマンエラー防止とドキュメントとソフトの一致化のため、計算機による制御ロジック図作成からコントローラへのソフトウェアローディングまでの一貫自動化(CAD)が有効である。その構成を図4に示す。制御ロジック図作画による自動プログラミングと、実機プログラムからのドキュメント自動作成などによって構成し、ソフトウェアの信頼性向上に寄与している。

(2) エンジニアコンソール

ソフトウェア動作の可視化、異常個所の迅速な検出など保守性向上のため、エンジニアコンソールが用いられる。ロジックモニタの信号線色替え、数値表示、異常発生時のトレンド波形記憶など、使いやすさを中心としたくふうを講じている。

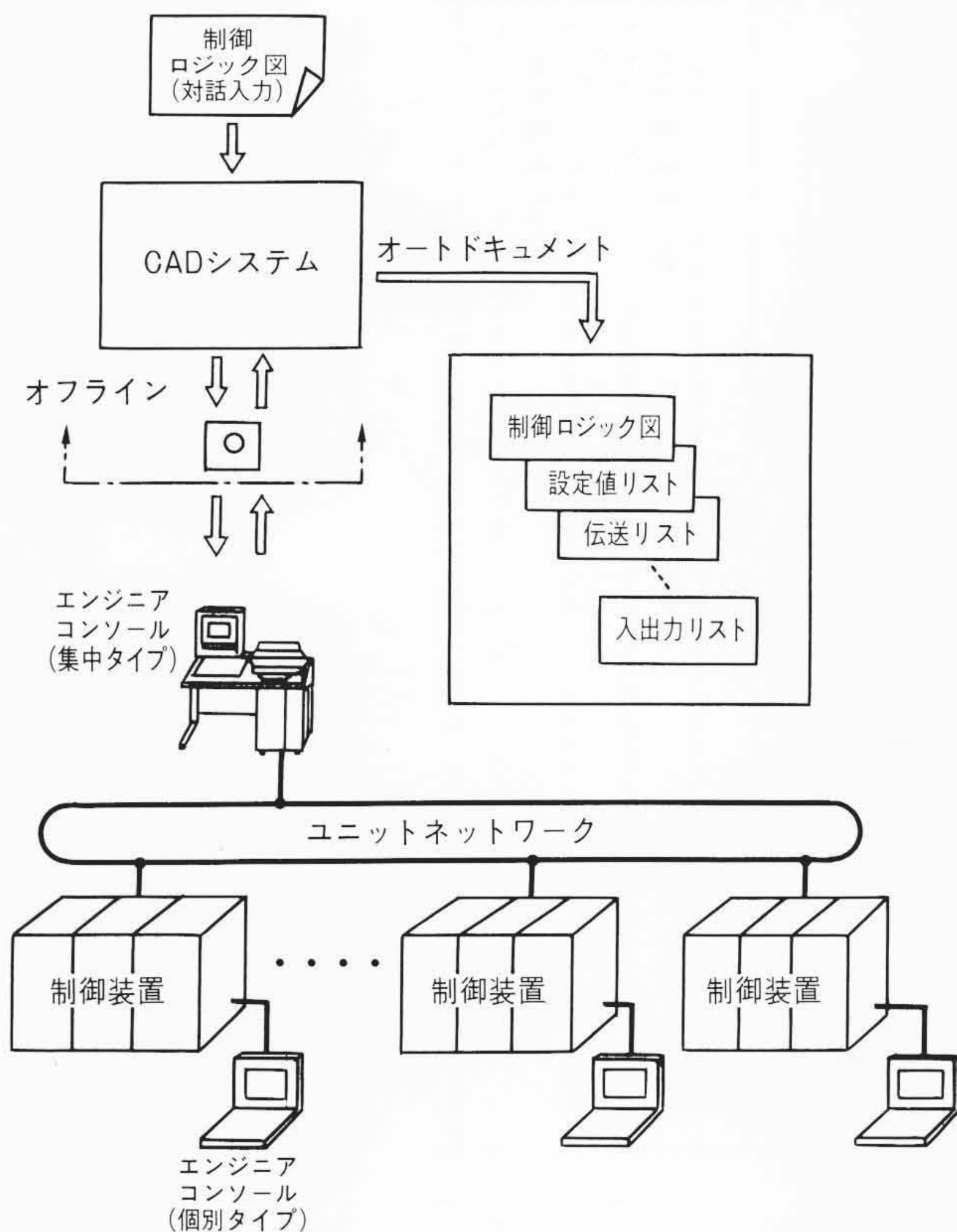


図4 CADシステムの構成 制御装置のソフトウェア作成でのCADシステムの構成を示す。

4 既設火力発電設備の近代化

火力発電設備で、急激な電力需要の伸びに対応するため新規開発による電源開発が進められている一方、営業運転開始後20年以上経過した経年化火力プラントも多数ある。今後、これらの経年火力も長期にわたって使用する必要があり、運用面でも高頻度の起動・停止や負荷変化などの厳しい要請がある。

これらに対応するため、経年火力の制御設備近代化で、最新の制御設備、制御技術の導入および中央制御室の集中化により、プラントの全自動化運転の実現と操作監視・信頼性・保守性および運用性の向上を図るとともに、省力化・少人数運転を実現した。以下にその概要について述べる。

4.1 近代化工事の背景と対応

近代化工事の背景と対応を図5に示す。

経年火力では設備の老朽化への対応とともに、起動時間の短縮・負荷変化率の向上などの運用性向上、さらに運転員、保守員の確保のニーズにこたえる必要がある。

今回近代化工事を実施したプラントは、発電所建設から25年を経過した石炭燃焼の運転員による手動運転主体

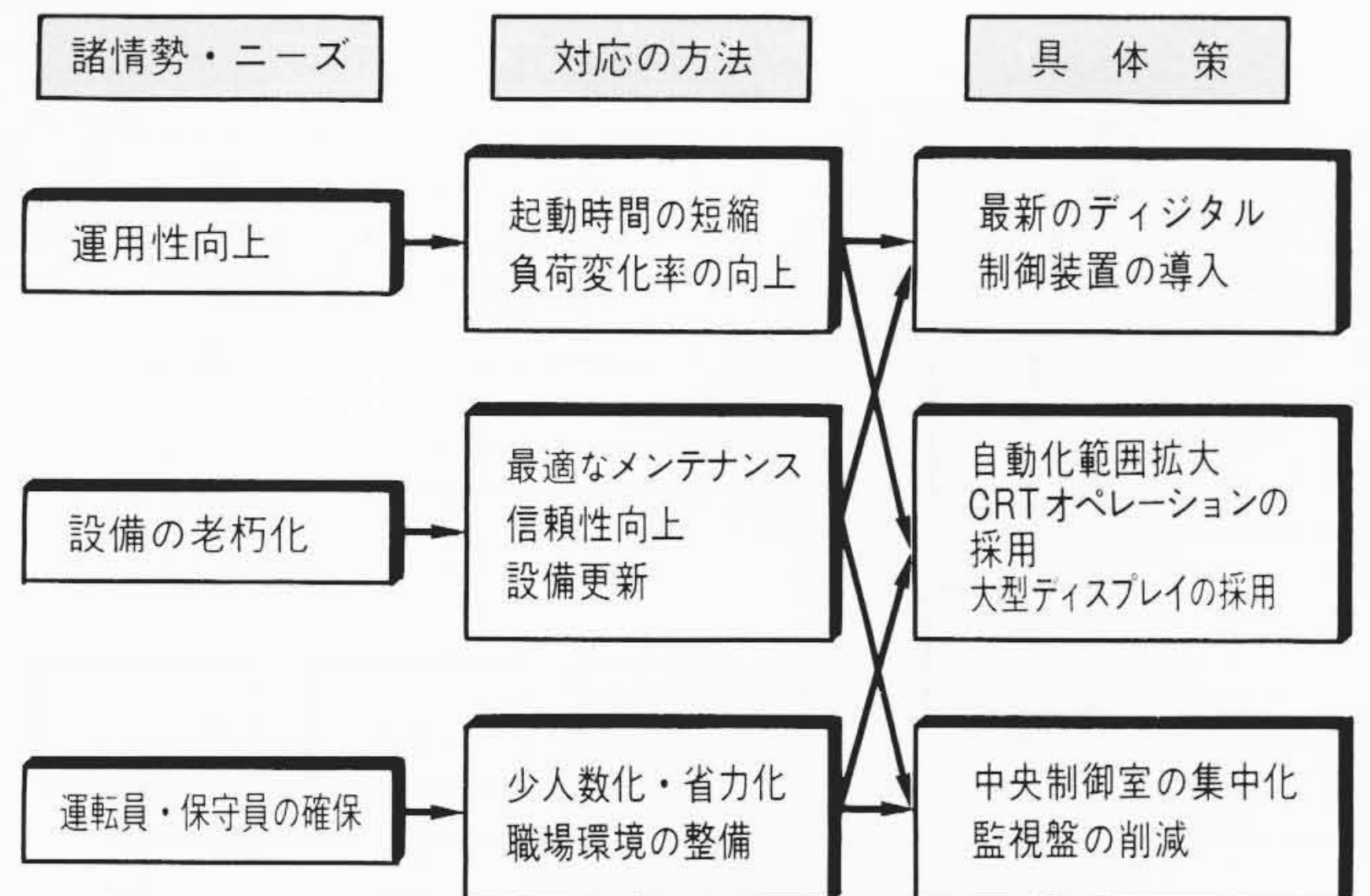


図5 近代化工事の背景と対応 既設火力発電設備の近代化工事の考え方と具体策を示す。

のプラントであった。今回海水系統起動から全負荷までの起動・停止を全自動化し、さらに1～3号機ユニットを新中央制御室に集中化するとともに、最新の制御技術の導入による制御設備の近代化工事と、定例業務・特殊操作等のワンタッチ操作化などの省力化工事を合わせて実施し、上記ニーズの実現を図った。近代化工事の概要を図6に示す。

4.2 システム構成と特長

(1) このシステムは、プラントの総括監視・制御・自動化の中核であるユニット計算機、運転操作をすべてCRT・キーボードで行うためのCRTオペレーション制御装置、情報の共有化と視認性の向上を目的とした大型スクリーンなどを中央に配置し、サブグループ制御にはボイラ制御装置、タービン制御装置、バーナ制御装置、シーケンス制御装置、ローカル制御装置および入出力制御

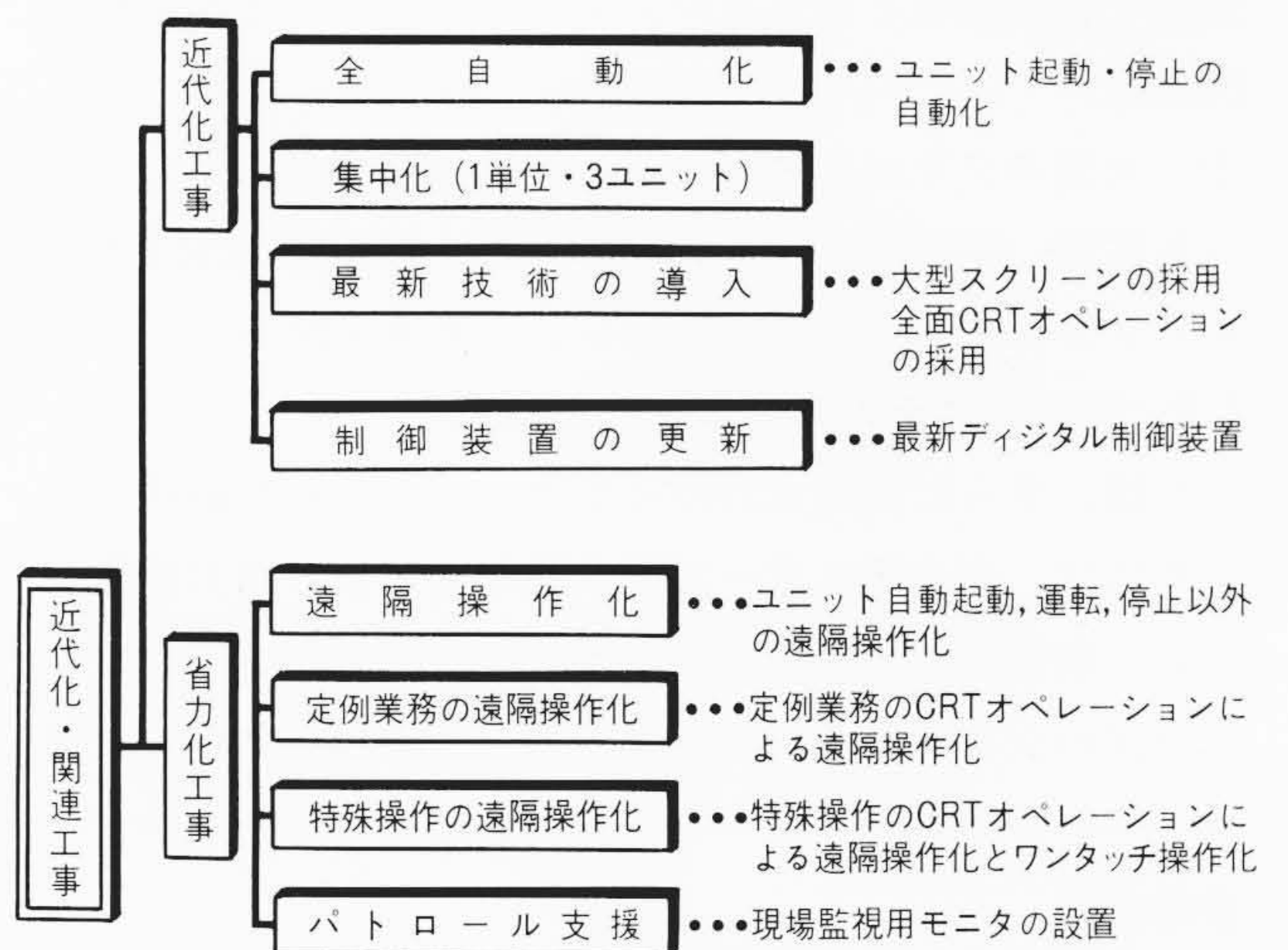
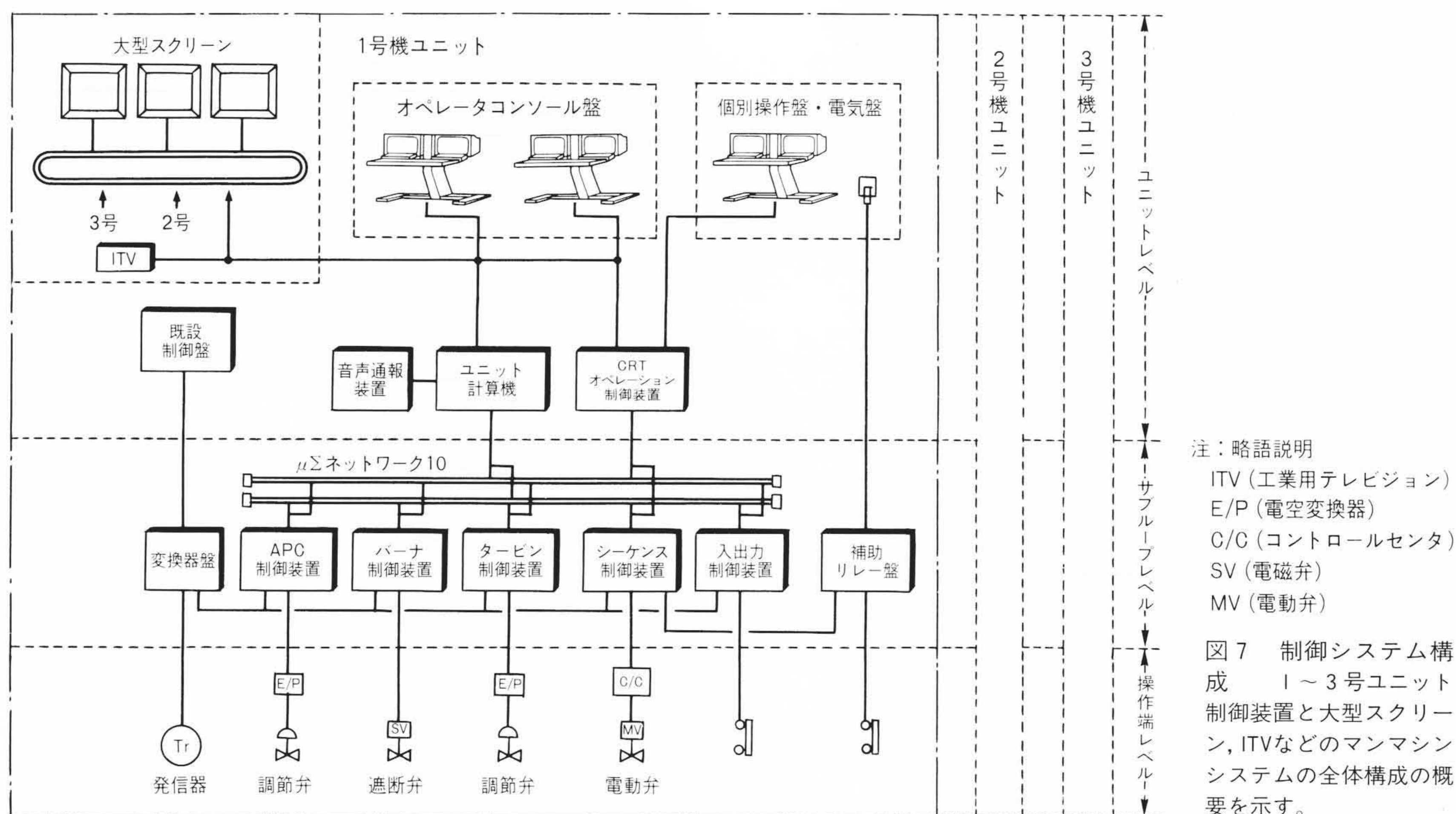


図6 近代化工事の概要 全自動化・集中化などの近代化工事と省力化工事の内容を示す。



装置に最新のデジタル制御装置を全面採用した。

以上のユニット計算機、CRTオペレーション制御装置とサブグループ制御装置間は、高速のユニットネットワークで結合し、階層型機能分散方式による総合デジタル制御システムを構築した。システム構成を図7に示す。

(2) 新設した中央制御室は、これまでのイメージを一新した。1～3号機制御設備の集中化に伴って、多量の情報が集中する中央制御室は、オペレーターの操作性、監視性および情報の共有、コミュニケーションが十分に図ることができ、人を大切にする居住空間としてとらえ、快適な職場環境と最先端マンマシンシステムとの調和を図った。

(3) 大型スクリーン・音声通報装置の採用のほか、ユニット設備、共通設備の全操作端に対し全面的にCRTオペレーションを適用し、マンマシンの充実を図った。

4.3 制御システムの信頼性向上対策

今後、さらに長期にわたってプラント運転を継続するためには、ボイラ・タービン・発電機本体の耐力強化に加え、制御装置の信頼性を向上させる必要がある。

今回のシステム構築にあたって、下記の信頼性向上策

を図った。

(1) 制御システムでは、ユニット計算機、CRTオペレーション装置、伝送装置、ボイラ制御装置(APC: Automatic Plant Control System)の主要システムについては、プラントの運転継続を目指し、装置は二重化構成として、システムの信頼性向上を図っている。

(2) シーケンス制御装置、バーナ制御装置を含む他の制御装置は系統分散構成としていることから、制御装置の故障時にプラントへの影響度が少なく、CPU、電源装置などについては二重化構成し、PI/Oについては一重化構成とした。

(3) 各制御装置の電源については、AC電源とDC電源の突合せ方式によって電源の信頼性強化を図っている。

5 おわりに

ここでは、制御装置の予防保全の考え方とその中心となる信頼性向上技術、さらに既設火力の機能向上を目指した近代化工事の例について述べた。

今後とも、制御装置の高信頼化技術の適用により、プラントの長期安定稼動に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1) 廣瀬, 外: 制御装置予防保全技術, 日立評論, 72, 8, 823～828(平2-8)