

新監視制御システムHIACS-3000の 大容量変圧運転ボイラへの適用

HIACS-3000 System for Large Scaled Sliding Pressure Operation Boilers

日立製作所では、新監視制御システム“HIACS-3000”を適用した大容量変圧運転ボイラの監視制御システムを完成した。調整制御とシーケンス制御の融合、高機能形コントローラ、機器コントロールモジュール、ネットワーク化、マンマシン性の充実など種々の特長をもつHIACS-3000システムの適用により、最近の火力発電所制御システムに課せられた高頻度起動・停止、燃料の多様化、排ガス規制(NOx低減など)、運転の自動化・省力化、監視操作性の向上などが、コンパクトかつ高信頼度で実現できる。本稿は、この詳細内容について説明する。

原嶋敏彦* Toshihiko Harashima

神永栄一* Eiichi Kaminaga

岡田康晴** Yasuharu Okada

程塚国男*** Kunio Hodozuka

1 緒 言

電力系統での原子力発電の比率の増大に伴い、火力発電所がベース負荷運用から中間負荷運用に移行されるようになって久しいが、これについては出力1,000MWといった大容量火力発電所であっても例外ではない¹⁾。中間負荷運用プラントは、DSS²⁾(Daily-Start & Stop：毎深夜起動・停止)、起動時間の短縮、高負荷変化率など過酷かつ高度な運転が要求される。

火力発電所のエネルギー源である燃料はその種類が多様化しているが、クリーンなエネルギーであるガス〔LNG(液化天然ガス)、LPG(液化石油ガス)など〕を燃料とするボイラに対しても、その燃焼排ガス中の窒素酸化物を極限にまで低減する努力が続けられており、燃焼制御も、バーナ段ごとの高精度な燃焼用空気流量制御や、排ガスの燃焼用空気への混合制御の高度化など、きめ細かな対応が要求されてきている。

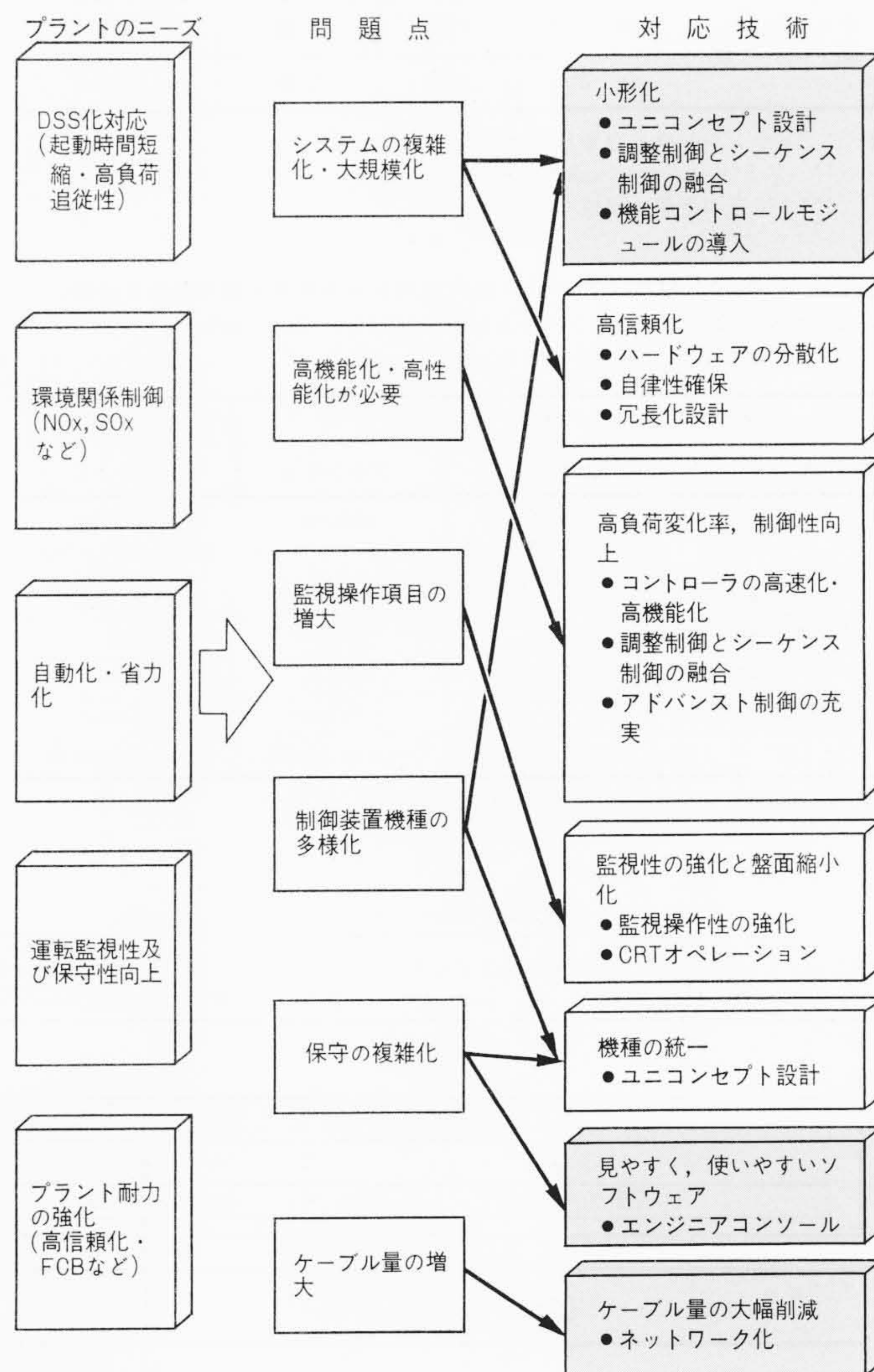
信頼性については、最近の動向として設備の診断や予防保全の研究が盛んに進められており、大容量ボイラでは熱応力監視や燃焼診断など、ますます高度化する傾向にある。

監視及び運転に関しては、プラントの単機容量が大きくなり上記のように複雑化していることから、運転信頼性の確保と監視性の向上が必要条件となり、自動化・省力化の推進に加えて、特にここ数年来、監視操作性の向上が話題になってきている。これは、監視及び制御装置に対して求められていた潜在的ニーズが、LSIの進歩に対応したコントローラ製作技術やソフトウェア技術、更には伝送技術やマンマシン用デバイス技術の進歩により、一挙に顕在化したものと考えられる。HIACS-3000システムは、調整制御とシーケンス制御の融合、高速・高機能コントローラ、機能コントロールモジュール、ネットワーク化、マンマシン性の充実などの特長をもっているものであり、これの適用例について以下に紹介する。

2 監視制御装置へのニーズと対応技術

プラントのニーズに対し、監視制御システムへ課せられる課題は高度化³⁾し、従来の監視制御システムで対応しようとすると種々の問題が発生する。HIACS-3000システムの適用により、これらの問題が解決できる。図1にその対応技術を示す。

監視制御システムの複雑化・大規模化に対しては、コントローラの小型化だけでは事実上対応が不可能であり、システ



注：略語説明 DSS(毎深夜起動・停止)
NOx(窒素酸化物), SOx(硫黄酸化物)
FCB(Fast Cut Back：負荷急速絞り込み制御)
CRT(Cathode Ray Tube)

図1 火力発電所制御装置のニーズと対応技術 プラントのニーズはますます高度化するが、HIACS-3000システムのもつ対応技術は、これらのニーズによくマッチしている。

* 日立製作所大みか工場

** 日立製作所電力事業本部

*** バブコック日立株式会社呉工場

ム的なアプローチが必要である。表 1 に制御装置の概略規模を表 2 のプラント仕様に対応して示す。プラント A に対してプラント B は、定圧貫流ボイラから変圧ベンソンボイラへ移行しており、負荷変化率の向上その他中間負荷運用対応の設計となっている。これに伴い制御装置の規模は APC (プラント自動制御装置) でみると、モジュール枚数にして約 1.5 倍になっており、システムキャビネット面数は出力が 1,000MW から 600

表 1 制御装置の概略規模 プラント A から B, C の順に制御モジュールの枚数が大幅に増加し、プラント C に従来形の制御装置を適用することは事実上不可能となる。

項 目		プラント A	プラント B	プラント C***
制 御 モ ジ ュ ー ル 枚 数	APC	900 枚	1,350 枚	2,100 枚
	自動バーナ	3,000 枚*	250 枚**	426 枚**
シ ス テ ム キャビネット 面 数	APC	15 面	18 面	28 面
	自動バーナ	17 面	13 面	32 面
	合 計	32 面	31 面	60 面

注：* トランジスタ式自動バーナ
** ストアードロジック式自動バーナ
*** 従来装置で構成した場合を示す。

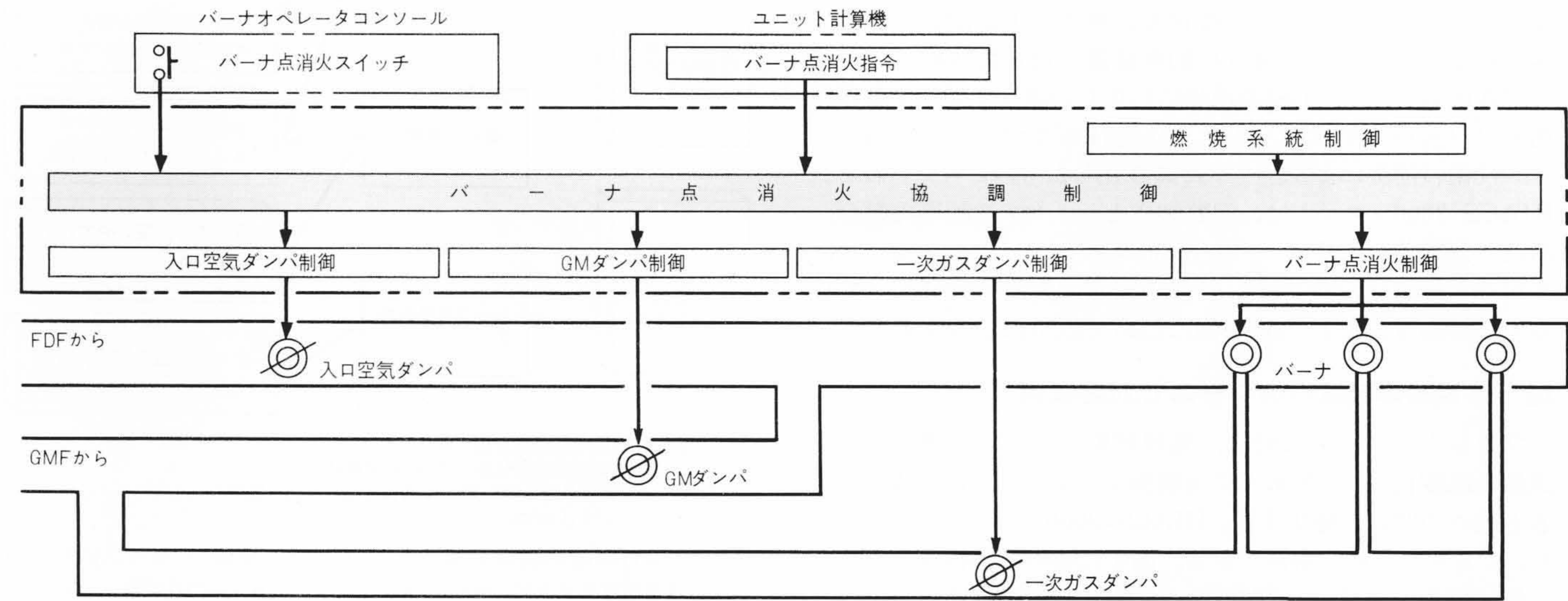
表 2 プラント仕様 ベース負荷運用から中間負荷運用になるに従い、APC の操作端数が増加し、システムは複雑になる。更に、NOx (窒素酸化物) の低減対策で制御の規模が大きくなる。

項 目	既 設 プ ラ ン ト 例		適 用 対 象
	プラント A	プラント B	プラント C
出 力	1,000MW (定圧貫流)	600MW (変圧ベンソン)	1,000MW (変圧ベンソン)
プラント運用形態	ベース負荷運用	中間負荷運用	中間負荷運用
APC 操作端の台数	34 台	45 台	98 台
バーナ制御組み数	24 組み	16 組み	48 本
負荷変化率 (50~100% 負荷)	3 %/min	5 %/min	5 %/min
NOx 制 御	排ガス混合制御	一次ガス制御	低 NOx 燃焼制御

注：略語説明 APC (Automatic Plant Control System)

MW に減少しているにもかかわらず 15 面から 18 面に増加している。自動バーナ制御装置はバーナ制御の組み数の減少にもよるが、ストアードロジック式制御装置の採用により大幅に小形化されていることが分かる。プラント C はこれらの仕様に加えて、燃焼制御のより高度化を目的に、燃焼用空気流量制御、これに対する排ガス混合流量制御、バーナへの一次ガス流量制御をバーナ段ごとにコンパートメント制御する機能をもっているもので、これらの制御を従来の制御装置で構成すると、APC 装置と自動バーナ制御装置のシステムキャビネットの合計面数は 60 面となり、既設プラントの約 2 倍の規模になる。これに対して小形化を図る必要があることは言うまでもないが、部品点数の増大に伴う信頼性の見直しも大きな命題である。小形化については調整制御とシーケンス制御の融合、DCM (Drive Control Module：機能コントロールモジュール) の導入など、HIACS-3000 システムの基本的な機能を導入し解決を図った。高信頼化についても、ハードウェアの徹底した分散化とこれらを統合するシステム化技法により、本質的に信頼性の高いシステムを実現した。

図 2 に調整制御とシーケンス制御の融合の例として、バーナの点消火制御の概念を示す。バーナでの低 NOx (窒素酸化物) 燃焼を実現するためには、バーナへ投入される燃料流量に対応して、空気流量、この空気への排ガス混合流量、一次ガス流量をきめ細かく制御する必要がある。バーナ点消火時でも、この制御性を確保しなければならない。バーナ段ごとに、バーナ段への入口空気ダンパ制御などの調整制御と、バーナ点消火のシーケンス制御を協調制御部で協調を取り制御性の向上を図った。また、ユニット計算機とのインタフェースについても、以下に示す改善を行なった。従来、バーナの点火時は、燃料流量制御、バーナ点火制御に対し、ユニット計算機が DDC (直接計算制御) を行なっていた。低 NOx 燃焼制御を行なう場合は空気流量、排ガス混合流量、一次ガス流量も同様に DDC が必要である。この DDC 機能をバーナ点消火協調制御部にもたせることにより、ユニット計算機と制御装置とのインタフェースを大幅に低減し、制御システムの簡素化を図った。更に、この構成を採用することにより万一ユニット計算機がダウンしたときにも、バーナの点消火スイッチを押す



注：略語説明 GM ダンパ (排ガス混合ダンパ), FDF (Forced Draft Fan：押込通風機), GMF (Gas Mixing Fan：混合ガス通風機)

図 2 バーナ点消火制御概念図 燃焼系統制御コントローラからの制御指令は、バーナ点消火協調制御部でオンオフ制御、調整制御の協調を行なう。ユニット計算機からのバーナ点消火指令がダウンしても、バーナオペレータコンソールからのバーナ点消火指令のスイッチを押すだけで点消火が進行し、操作性の改善を図っている。

だけで協調制御が進行し、操作性も大幅に改善できる。

3 監視制御のシステム構成

システム構成はHIACS-3000システムの基本構成⁴⁾である3レベル(ユニットレベル、系統レベル、機器グループレベル)の階層構成とした。システム構成を図3に示す。ユニットレベルでは監視と自動化の主体であるユニット計算機を中心として、CRTオペレーション用コントローラ、集中形エンジニアコンソール、及びユニットマスタがそれぞれユニットネットワークに接続される。系統レベルではボイラシステムを大きく3系統に分け、各々にコントローラを配置した。機器グループレベルでは、操作端に1対1に対応したDCM⁵⁾をグループ分けして機器グループを構成する。特に燃焼系統については、入口空気ダンパなど調整制御と、バーナ周りのシーケンス制御を同一グループに組み入れ、バーナの初期点火時や負荷変化時のバーナ点消火時でのバーナ制御と空気流量制御との協調制御を図っている。

信頼性向上については特に考慮を払っている。前述のように、機器グループは操作端ごとにDCMを配置して故障の場合の波及を局所化するとともに、コントローラが不調時でも手動操作及び保護インタロックの機能を確保する構成としている。システム的にはコントローラを系統単位に分散し、系統間インタフェースを最小限にして自律性をもたせている。ユニットマスタ、系統レベルコントローラは、系統間の制御の協調という重要な機能をもっているため、二重化構成とした。

ネットワークはユニットネットワークと系統ネットワーク

の2種類で構成しているが、ユニットネットワークは異常時でのループバック機能をもたせ、系統ネットワークはバスを二重化する構成とした。またそれぞれに誤りチェック機能をもたせ、伝送信頼性の向上を図った⁵⁾。

CRT(Cathode Ray Tube)オペレーションについては、操作性の向上と盤面の縮小化を目的として、制御状態の総合監視、関連操作端のグループ操作、警報監視の充実を図った。また、CRT画面に操作のメニューを表示し、操作ガイダンスを行なうことにより操作を簡素化した。

エンジニアコンソール⁶⁾は、集中化して制御機器室に配置するものとし、コントローラの制御プログラムの作成、変更、制御パラメータのチューニング、調整制御やシーケンス制御の制御状態のモニタ、その他保守調整に関する豊富な機能を中央から集中的に扱えるようにした。また、プロセス量を高速(取込周期0.3秒以下)で取り込んで、ある一定時間メモリに順次蓄えておき古いデータを掃き捨てる機能をもたせている。プラントに異常が発生したとき、その異常信号をトリガとして古いデータの掃き捨てをやめ、保存しているデータを出力する高速データ収録機能をもっている。したがって、プラント異常時の原因解析には極めて有効に機能を発揮することが考えられる。このデータの取込みはユニットネットワークから行なうことができ、ケーブル、入出力装置の増加なしで容易に実現できる。

監視、自動化の主体であるユニット計算機とはユニットネットワーク(μ - Σ NETWORK)を通して容易に接続が可能で、大量のデータを高速に伝送することが可能である。

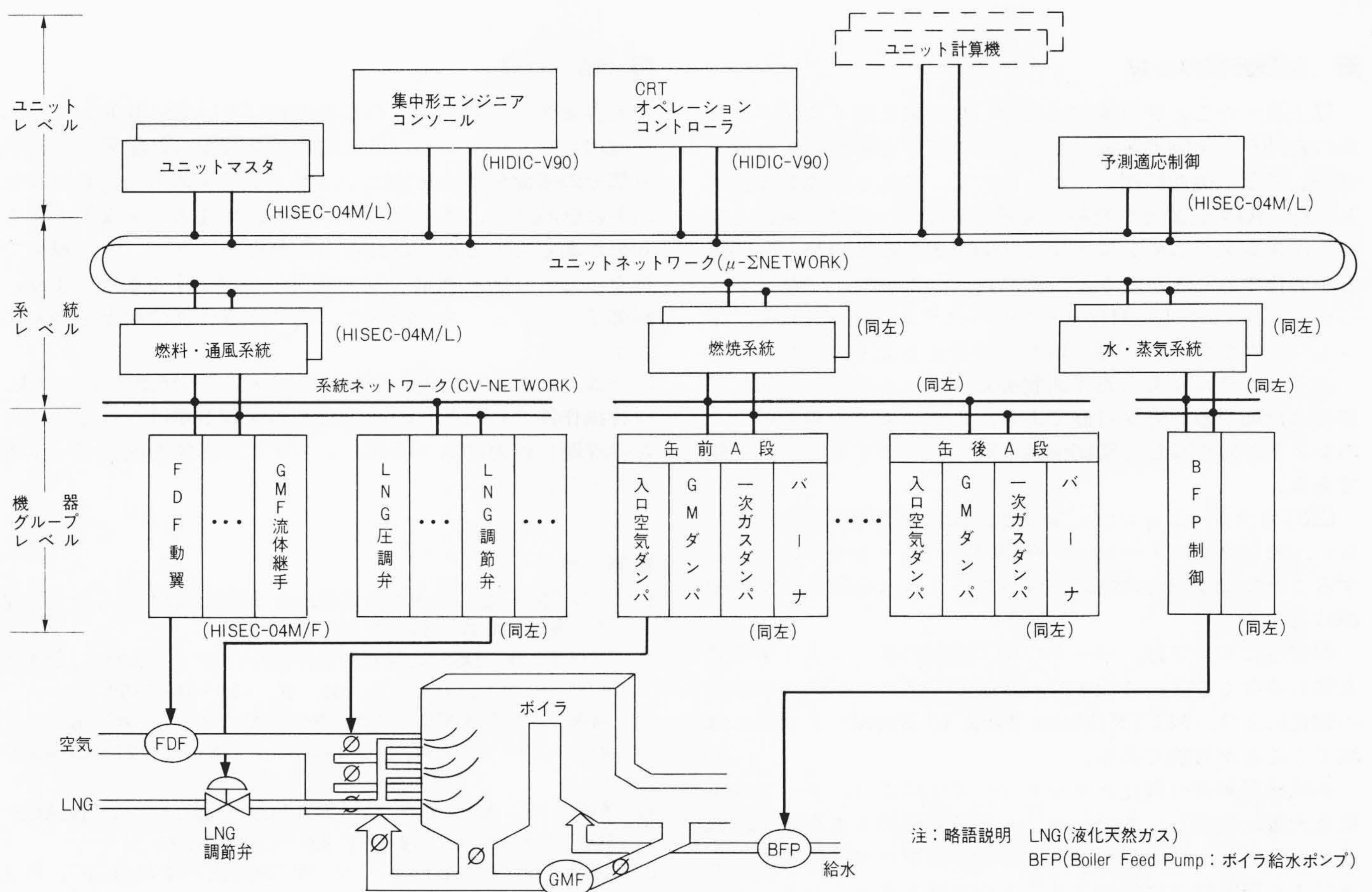
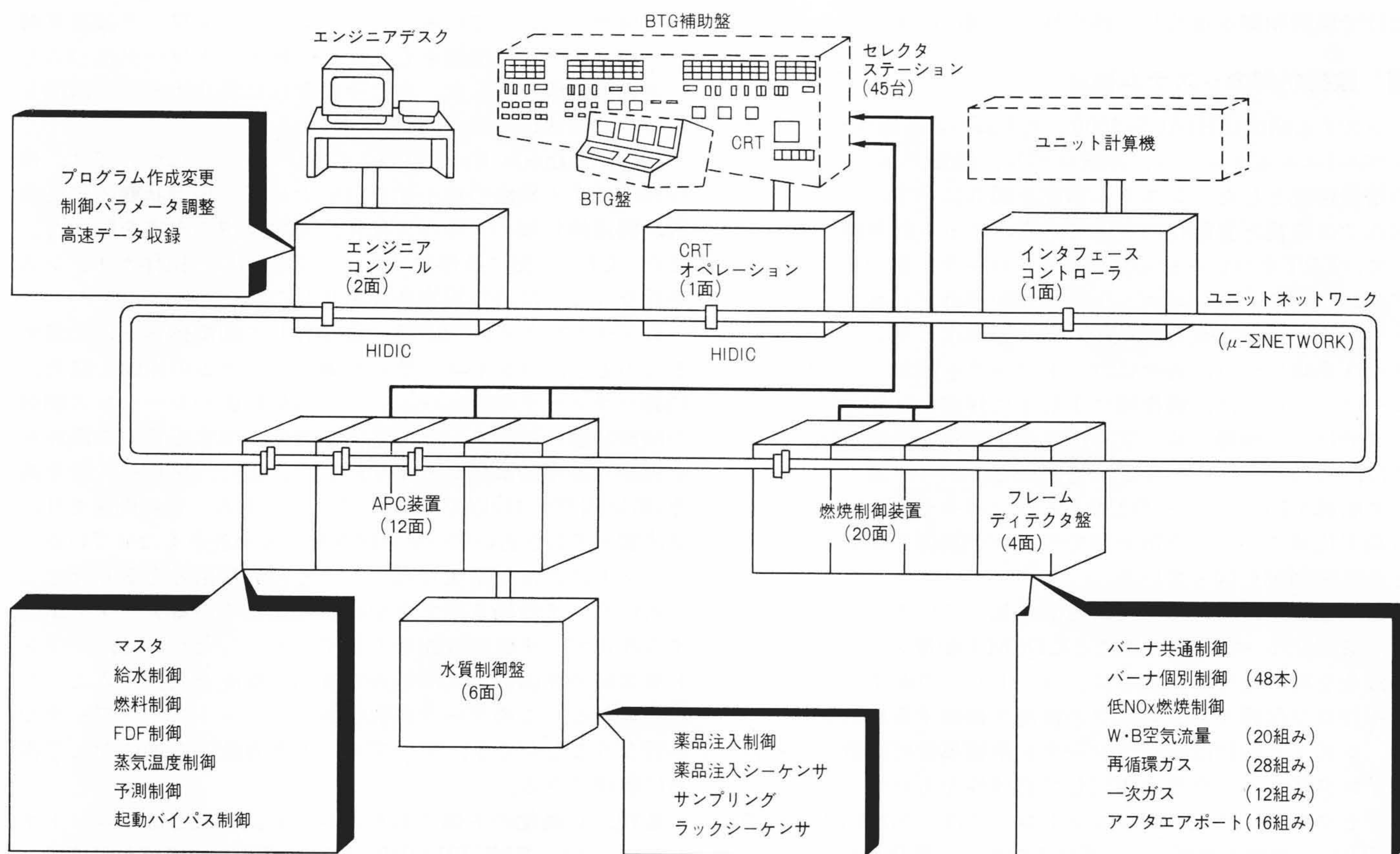


図3 監視制御のシステム構成 システム構成は3階層とし、それぞれの階層は高速・高機能のコントローラで構成される。各レベルとも、重要度に応じて冗長化することが可能である。



注：略語説明ほか APC(Automatic Plant Control System), ≡ (多重伝送), ≡ (伝送コントローラ)

図4 制御システムの規模 各制御装置は、互いにユニットネットワークで接続される。APC装置、燃焼制御装置の面数は合計32面と、従来比の約60%で実現できる。

4 制御装置の仕様

以上述べたことを具体的に設計した結果を図4に示す。従来の自動バーナ制御装置に空気流量制御など調整制御機能を付加してその機能範囲が広がったので、名称を燃焼制御装置とした。APC装置と燃焼制御装置の盤面数は合計で36面となり、従来システムの装置構成では60面となるものが、約60%と小形化することができた。薬品注入制御やサンプリングラックのシーケンサも、HIACS-3000システムに組み入れて、ネットワークでデータのやり取りが行なえるようにした。

ボイラモデルをもった予測制御も、ネットワークを通して容易に付加することが可能である。これにより予測制御なしのシステムに比較して制御偏差を50%以下にすることが可能である。

CRTオペレーションは、重要度、操作頻度などの検討を行ない、セクタステーションをCRTオペレーションにシフトすることにより72台の削減を図った。これは全体で61%の削減に当たる。

保守性については、ハードウェア機種の統一により予備品点数も少なくなり、またエンジニアリングコンソールの機能の強化により、MTTR(Mean Time to Repair)を大幅に低減することが可能である。

系統機器単位分散化とネットワーク化により、ケーブル本数を大幅に低減し、また、ユニット計算機の入力点数も、機器グループから入力したデータをネットワークで伝送することにより75%以下に低減することが可能と考えられる。

5 結 言

大容量変圧運転ボイラの監視制御にHIACS-3000システムを適用したケースについて詳細設計を行なった結果、制御装置部分の床面積は約60%に、ユニット計算機の入力点数は75%以下に低減でき、更に信頼性や監視操作性の向上など大きな効果があるものと期待される。また従来、ユニット計算機で行なっていたDDC機能を制御装置へシフトすることにより、制御インタフェースの簡素化、更には操作性の向上を図ることができる。

今後、設備診断や運転監視の支援としての知識工学の導入、監視操作性のいっそうの向上などの課題が挙げられる。これらの課題に強力に取り組み、システムの充実を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 新時代に対応した火力発電懇談会：新時代に対応した火力発電の基本的方向，14～26(昭60-8)
- 2) 二川原，外：DSS(毎深夜起動停止)火力プラント用デジタル制御システム，日立評論，65，9，613～618(昭58-9)
- 3) 新海，外：700MW石炭火力発電所総合デジタル制御システム，火力原子力発電，Vol.36，340号，No.1 27～43(昭60-1)
- 4) 飯岡，外：火力発電プラント最新形監視制御システム“HIACS-3000”，日立評論，68，6，437～440(昭61-6)
- 5) 山岡，外：高機能形コントローラ“HISEC 04-M/L/F”，日立評論，68，6，451～456(昭61-6)
- 6) 宮垣，外：ユーザーオリエンテッドのDDC向けプログラミング言語と保守ツール，日立評論，68，6，457～462(昭61-6)