

環境管理及び省エネルギーを目的とした
火力発電所の総合管理運用システム
Total Management System for Complex Thermal Power Plant

最近の火力発電所の管理運用は、環境規制の強化及び省資源、省エネルギーについての社会的要請により、ユニット単位から発電所全体としての総合的管理運用へと拡張されるようになってきた。

このたび、福山共同火力株式会社に導入した管理運用システムは、発電所の各ユニットの管理運用を制御用計算機によりオンラインリアルタイムで行なうことにより、環境規制を遵守しながら発電所全体としての総合効率を最高にする運用を可能としたものである。

本論文では、火力発電所管理運用システムの構成、機能、及び実機運転結果について述べる。

本システムは、昭和51年12月より実運用に入り、期待どおりの良好な結果を得、十分な効果を挙げている。

有元 正* Arimoto Tadashi
射場大造** Iba Daizô
北原利正** Kitahara Toshimasa
原野 豊*** Harano Yutaka

1 緒 言

火力発電所での制御用計算機の適用は、従来主として大容量化する発電プラント(ユニット)の管理及び運転の自動化を目的とし、ユニットを対象としたシステムとして発展してきた。

しかし、最近の火力発電所ではNO_x、SO₂総量規制の導入による環境規制の強化や、オイルショック後ますます強まってきた省資源、省エネルギーについての社会的な要請より、従来のユニットを対象とした管理運用から発電所全体としての総合的管理運用への拡張が要請されるようになり、計算機の応用面で新たな展開が必要となってきた。

福山共同火力株式会社では、この省資源、省エネルギー及び環境管理を目的として制御用計算機を導入し、発電所全体としての運用の合理化、及び機械化を行なうことを計画し、このたび日立製作所と共同で火力発電所の総合管理運用システムの開発、適用を行なった。

本システムは、発電所全体としての環境監視機能、及び集中管理機能処理する一方、これらの情報をもとに発電所の各ユニットの最適な運用方法をオンラインリアルタイムで決

定し、発電所の運用の合理化、機械化を行なっている。

なお本システムは、昭和51年11月現地に搬入し、調整試験の後、昭和51年12月から実運用に入り有効な実績を挙げている。

以下に、本システムの構成、機能、及び実機運転結果について述べる。

2 火力発電所管理運用システム

2.1 システムの概要

本システムを適用した火力発電所は6ユニットの発電プラントから成る。表1にその設備概要を示す。

本発電所は、日本鋼管株式会社福山製鉄所に隣接しており、同製鉄所から送られるガス〔高炉ガス及びコークス炉ガス(以下、BFG及びCOGと略す)〕と重油を混焼しており、更に環境規制に対処するため、重油として一般重油と低硫黄分重油(以下、LS重油と略す)のブレンド燃焼を行なっている。

本システムでは、このように多種類の使用燃料、及び多数ユニットから成る発電所の総合的な管理運用を行なっている。

表1 福山共同火力株式会社発電所設備概要 各ユニットのボイラ、タービン及び発電機の概略仕様を示したもので、発電所の概要が分かる。

項 目		1号	2号	3号	4号	5号	6号
ボイラ	形 式	自然循環形	自然循環形	強制循環形	強制循環形	強制循環形	強制循環形
	容 量 (t/h)	190	290	540	520	520	520
	汽 圧 (kg/cm ²)	90.5	131.0	173.6	173.0	173.0	173.0
	汽 温 (°C)	513	541/541	569/541	569/541	569/541	569/541
	使用燃料	B Cガス、重油	B Cガス、重油	B Cガス、重油	B Cガス、重油	B Cガス、重油	B Cガス、重油
タービン	形 式	単筒抽気復水	二筒再熱復水	二筒再熱復水	二筒再熱復水	二筒再熱復水	二筒再熱復水
	容 量 (MW)	35	75	156.25	156.25	156.25	156.25
	汽 圧 (kg/cm ²)	88.0	127.0	169.0	169.0	169.0	169.0
	汽 温 (°C)	510	538/538	566/538	566/538	566/538	566/538
発電機	容 量 (kVA)	43,750	95,909	192,000	192,000	192,000	192,000
	電 圧 (kV)	13.8	13.8	18.0	16.0	16.0	16.0

* 福山共同火力株式会社 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所電力事業本部

2.2 システムの構成

本システムは、制御用電子計算機HIDIC 80を中心として、隣接製鉄所からのガス及び工場送気の需給通告量を受信するリンケージ装置、マンマシンインタフェースを処理するオペレータズコンソール、各ユニットのLS重油流量を制御する調節計などで構成されている。

図1にシステム構成の概要を、表2に計算機システムの機器構成を示す。

計算機は、6ユニットから成る発電所の情報をオンラインリアルタイムに取り込み、発電所全体のエネルギー及び環境関連情報を総括管理するとともに、省エネルギー及び環境管理を目的とした発電所の最適運用のガイドを行なう。

2.3 システムの機能

火力発電所では、環境規制の強化や省資源、省エネルギーに対する社会的要請に伴い、より綿密で高度な管理運用が要求されるようになってきている。

本システムは、このような要請に基づき発電所全体の管理の充実、及び運用の合理化・機械化を目的として計画したものであり、本システムの機能は発電所全体の管理運用に関連する機能に厳選している。

図2は、本システムの機能の概要を示したものである。システムは、制御用計算機を中核として構成され、環境監視の充実、発電所の最適運用、運用業務の機械化などにより、より充実した管理が可能となった。

次に本システムの特徴的な機能について述べる。

表2 計算機システム構成機器 制御用計算機のハードウェア構成を示したもので、システムの規模が分かる。

機 器	構 成
中央演算処理装置 (CPU)	HIDIC 80 コア容量：24k語
コンソール入出力装置 (C I/O)	ASR-33, PTR
磁気ドラム記憶装置 (M/D)	記憶容量：192k語
プロセス入出力装置 (P I/O)	アナログ入力：76点 アナログ出力：14点 デジタル入力：24点 (オペレータズコンソール用を除く) デジタル出力：53点 パルス入力：31点
オペレータズコンソール	デスク型：1台 ボックス型：2台
ガス配分表示パネル	卓上型：2台
タイプライタ (T/W)	DIABLO：2台
CRT表示器	20インチカラーブラウン管、キーボード付1台
トレンド記録計	4ペン式×2台

2.3.1 発電所運用業務の機械化

本発電所は隣接製鉄所と密接な関係の上に立って運用されており、製鉄所から供給されるガスを燃料として使用する一方、発電所で発生する蒸気を工場送気として供給している。

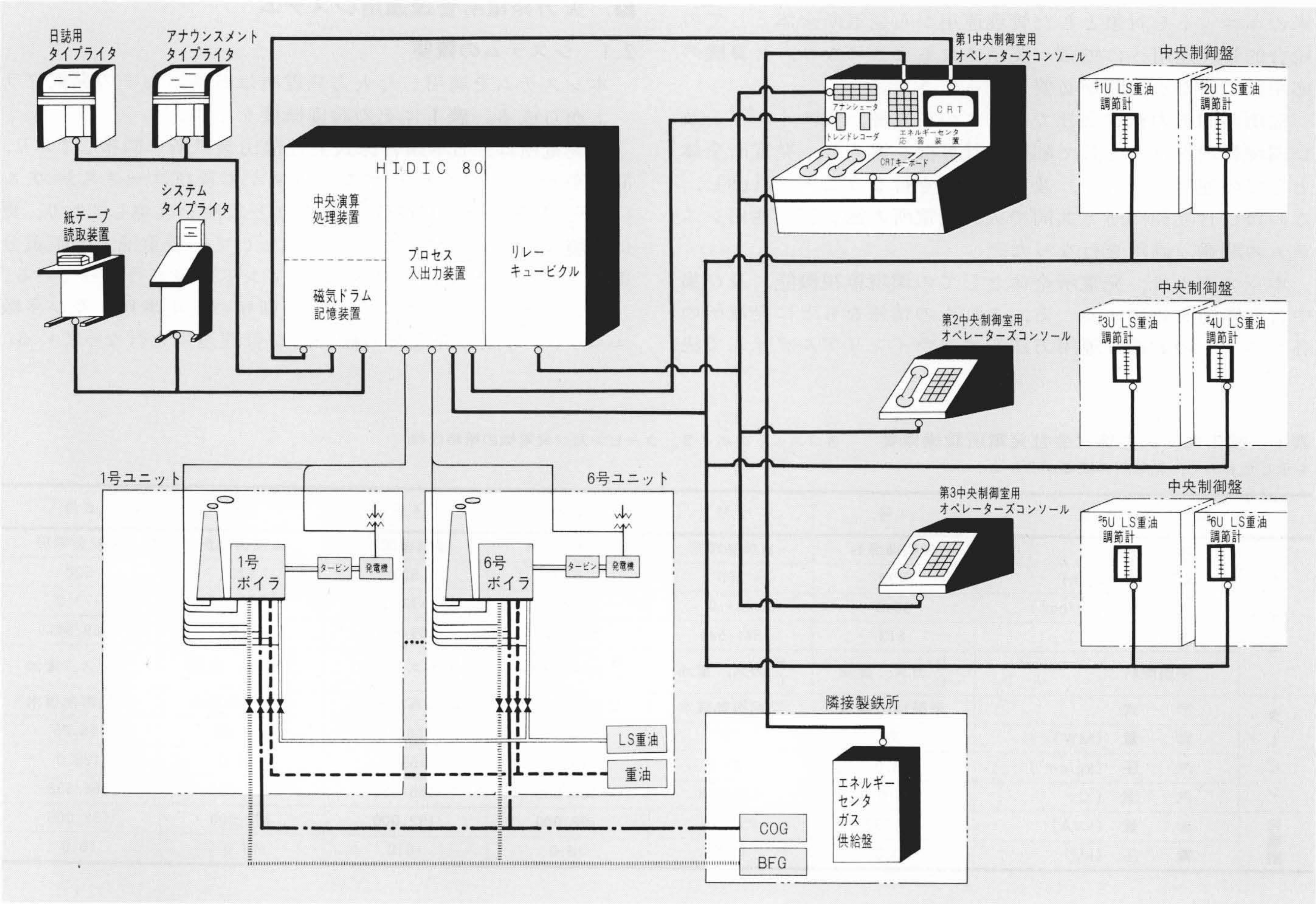


図1 発電所管理運用システム構成図 システムは、制御用計算機HIDIC 80を中心として構成され、プラント及びエネルギーセンタからの情報をもとに環境監視、各ユニットの経済運用及び運用業務の合理化を行なう。

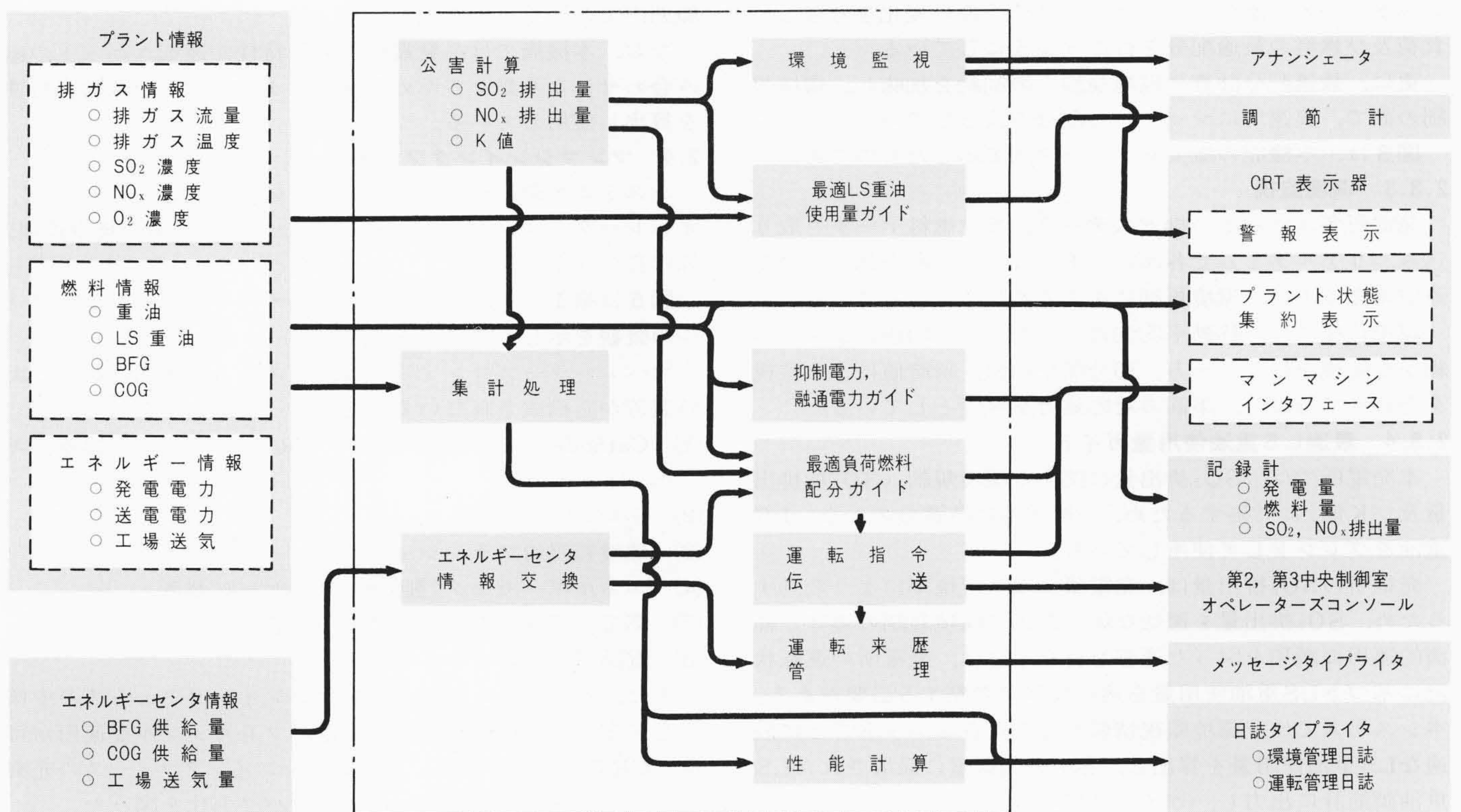


図2 システムの機能 本システムは、環境監視の充実、発電所の最適運用及び運用業務の機械化、並びに管理の充実に図っている。

本システムは、次に示す発電所の運用にかかわる一連の業務を計算機により機械化し、円滑かつ確実な運用を可能としている。

- (1) 製鉄所のエネルギーセンタとの情報交換
- (2) 発電計画及びエネルギーセンタからの情報をもとにした発電所各ユニットの負荷配分及び燃料配分の決定
- (3) 各ユニットの負荷配分及び燃料配分に基づく各ユニットへの運転指令の伝送

2.3.2 最適負荷配分及び燃料配分ガイド

発電所各ユニットの負荷配分及び燃料配分の決定に当たっては、各ユニットの効率特性に基づき、発電量及び燃料量の最適配分計算を行ない、発電所全体の総合効率を最大にするようにしている。

本発電所では、燃料として重油と製鉄所から供給されるガスを混焼しており、各ユニットの効率特性は、発電機出力とガス混焼率により変化する。このため、本システムでは各ユ

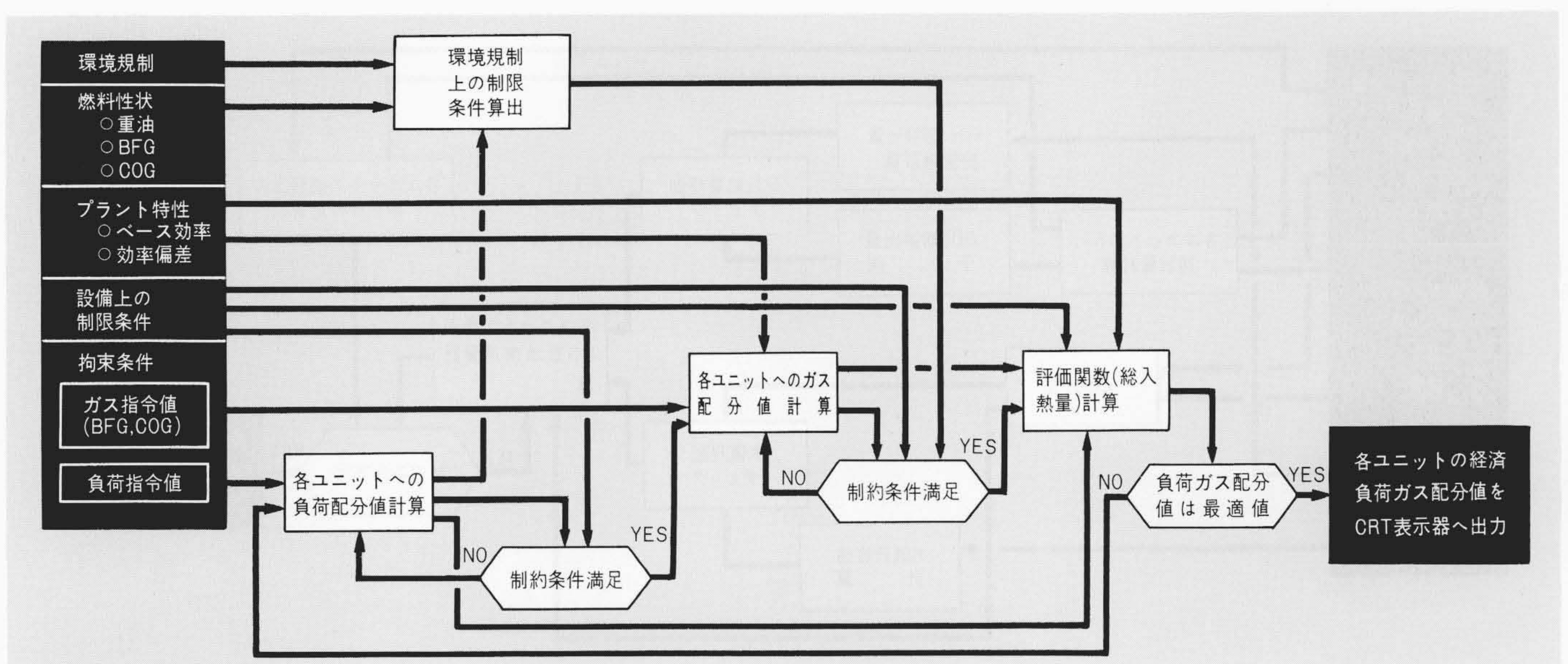


図3 最適負荷燃料配分ガイドブロック図 各ユニットの最適運用の決定に当たっては、プラントの効率特性と環境規制に基づいた計算を行なっている。

ニットへのガス配分により生ずる効率特性の変化を考慮して負荷及び燃料の最適配分を行なうようにしている。

更に、最適配分計算に環境規制上の制約を加味し、環境規制の面で、実運用にマッチした配分方式としている。

図3は、本機能の概要をブロック図で示したものである。

2.3.3 環境監視

発電所各ユニットの排ガスデータ、及び燃料データを取り込み、リアルタイムで各ユニット、及び発電所全体の環境関連情報を算出し、環境規制に対する監視を行なっている。

環境監視では、移動平均法による1時間平均値によりきめ細かな監視を行なう一方、10分間平均値、瞬時値による監視を合わせて行ない、事前の対応処置を可能としている。

2.3.4 最適LS重油使用量ガイド

本発電所では、SO₂排出量に関する環境規制（SO₂総排出量及びK値）に対処するため、一般重油に硫黄分の少ないLS重油をブレンドして使用している。

発電所のSO₂排出量は、発電量やガス混焼率により変動するため、SO₂排出量を適切な値に抑えて環境規制の遵守と経済的運用の調和を図った運転を行なうには、発電所の運転状況に基づきLS重油使用量を適切な量に調整する必要がある。本システムでは、環境監視情報をもとに各ユニットごとに最適なLS重油使用量を算出し、各中央制御室に設置されたLS重油調節計に出力し、ガイドしている。

なお、最適LS重油使用量の算出に当たっては、その時点までの各ユニットの運転経歴をもとにSO₂排出量の予測計算を行ない、予測値に基づくガイドを行なうことにより、環境監視制御の精度の向上を図っている。

図4に本機能の概要を示す。

2.3.5 抑制電力、経済融通電力ガイド

本システムでは、発電所の発電計画策定の一助として指定された運用条件に対応した発電量を算出し、ガイドしている。

発電量のガイドを行なうケースは、次に述べるとおりである。

- (1) 重油消費量を保安上必要な最小量とした上で、指定されたガス供給量で発電可能な電力
- (2) ガス供給量及び発電単価を指定した場合の、環境規制の

範囲内での発電可能な電力

なお、本機能では、発電所の効率特性が運転ユニットの組み合わせにより異なるため、運転パターンに基づき効率特性を算出し使用している。

2.4 マンマシンインタフェース

システムと運転員のマンマシンインタフェース装置として、オペレータズコンソールを設け、システム運用の集中管理、操作性の向上を図った。

図5は第1中央制御室に設置したオペレータズコンソールの概観を示したものである。

オペレータズコンソールは、システムの運用に必要な次の装置から構成されている。

- (1) Cathode Ray Tube(以下、CRTと略す)表示器及びキーボード
- (2) トレンド記録計
- (3) 環境監視用アナンシェータ
- (4) エネルギーセンタ(製鉄所)リンケージ装置
- (5) 第2、第3中央制御室運転指令装置
- (6) 電話器、インターホン

また、本システムでは、マンマシンインタフェースの中核として多くの情報を集約表示でき、フレキシブルな運用が可能なCRT表示器を採用し、マンマシンインタフェースの充実とオペレータズコンソールのコンパクト化を図った。

これにより、マンマシンインタフェース上、次に述べる効果を挙げている。

- (1) CRT表示器に発電所の運用管理上必要な各ユニット及び発電所全体の主要状態量(発電量、各燃料消費量、SO₂、NO_x排出量、K値など)を表形式で集約表示し、発電所の運用状態が一目瞭然で分かる。
- (2) CRT表示器とキーボードを使用した会話形式のコミュニケーションにより、誤操作の少ない操作しやすいオペレーションが行なえる。
- (3) CRT表示器の表示方式としては、画面の分割使用及び優先レベル処理により表示画面の有効活用を図り、また、表示項目に対応して色別表示を行なっており情報の把握が容易である。

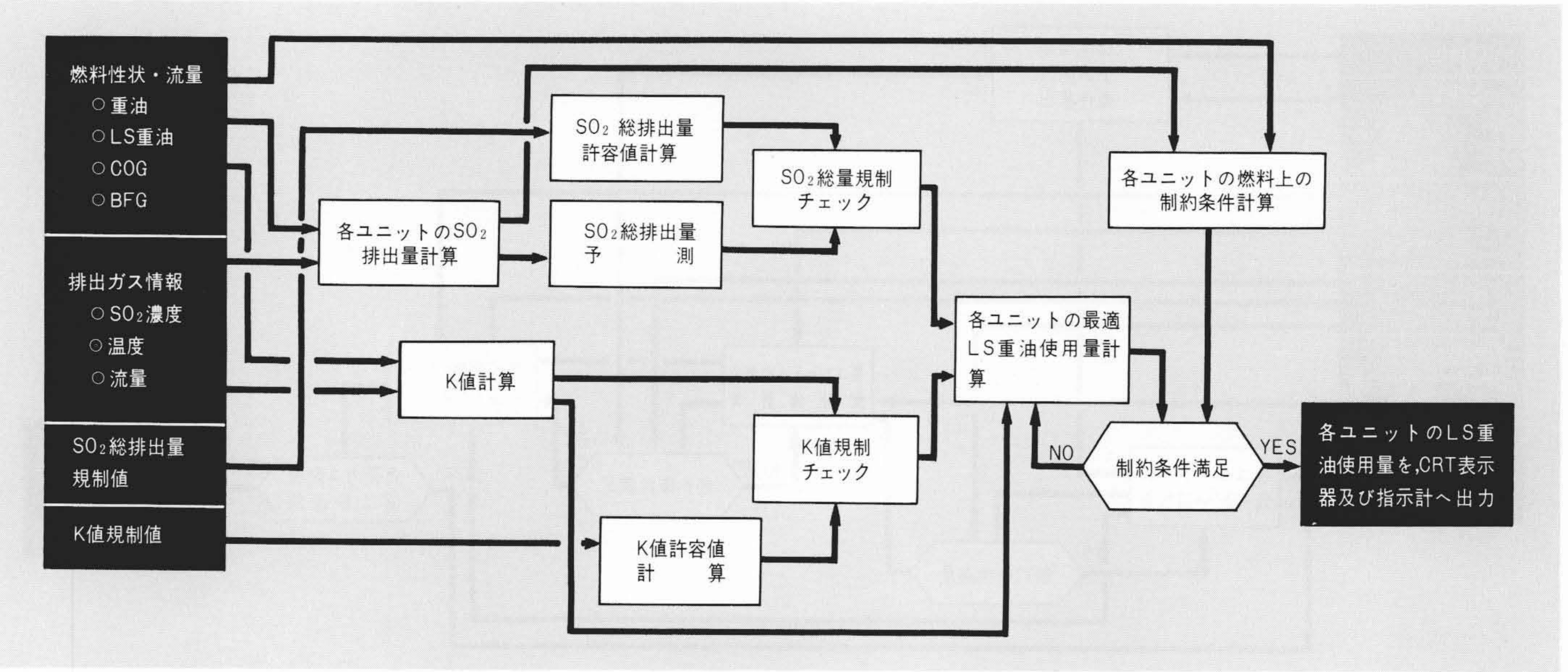


図4 最適LS重油使用量ガイドブロック図 SO₂排出量の予測計算により、環境監視制御の効果を高めている。



図5 オペレーターズコンソール概観 第1中央制御室設置のオペレーターズコンソールを示す。発電所の運用は、本オペレーターズコンソールを介して行なわれる。



図6 CRT表示画面例 CRT表示画面の上半分には常時プラント情報を集約表示し、下半分はキーボードとの組み合わせにより、会話形式のマンマシンインタフェースを処理する。

CRT表示画面の一例を図6に示す。

更に、第2、第3中央制御室には運転指令に関する情報交換を行なうサブオペレーターズコンソールを設け、発電所全体の運用計画に基づく各ユニットの運転を容易に行なえるようにしている。

3 システムの特徴

本システムの主な特徴は、次に述べるとおりである。

3.1 システム運用の集中化とユニット運転の独立性

本システムは、発電所全体としての管理運用を目的としており、発電所全体の情報を集中管理し、この情報を総合判断して各ユニットの最適運用の決定を行なっている。

一方、本システムの対象プラントは6ユニットの発電プラントから成り、各ユニットは2ユニットごとに設けられた3中央制御室よりそれぞれ独立に管理、運用されている。

このため、本システムでは、第1中央制御室に各ユニットの運用に関連する情報を集中管理するコンソールを設ける一方、各中央制御室に各プラントの運転操作に関連する情報交換を行なうためのサブコンソールを設けて、ハイアラキ構成を取り、システム運用の集中化と各ユニットの運転の独立性の協調を図った。

3.2 フレキシブルな最適運用アルゴリズム

本システムは、6ユニットの発電プラントを対象としており、各ユニットの起動停止状況や運転状況により最適運用の方式が異なってくる。

このため、本システムでは、最適運用のアルゴリズムをプラントの状況に対応してダイナミックに変更するようにし、プラントのどのような状況にもフレキシブルに対処できるようにした。

3.3 CRT表示器を活用したマンマシンインタフェース

システムと運転員のマンマシンインタフェースの中核としては、最新の電子技術、及び情報処理技術を駆使したCRT表示器を採用し、マンマシンインタフェースの充実を図った。

これにより、発電所全体の情報の集中管理やフレキシブルなオペレーションを可能とした。

4 現地試運転及び実運用結果

本システムは、昭和51年11月現地に搬入され、同年12月下旬にすべての調整を完了し、実運用に入った。

本システムでは、制御用高級プログラミング言語Process Control Language (PCL) を使用して、ソフトウェアの品質向上を実現する一方、CRT表示器を介しての各種パラメータの調整を可能としたデバッグユーティリティを活用しており、短期間で現地調整を完了することができた。

図7は、本システムによるSO₂排出量監視制御の試運転実績を示したものである。同図より、プラント状態の変動に対し適切なLS重油使用量を決定し、SO₂排出量を許容リミット領域に抑えた運用が行なえていることが分かる。

本システムは、昭和51年12月から実運用に入り、その後順調に稼動しているが、実運用結果をまとめると次に述べるとおりである。

- (1) エネルギーセンタとの情報交換、各ユニットへの運転指令伝送の機械化により、頻繁に行なわれる供給ガス量の変更、及び発電計画の変更に関する発電所の運用が、確実かつ迅速に行なわれるようになり、運転員の労力軽減を実現した。
- (2) 各ユニットの効率特性、及び環境規制に基づく運用制限を組み入れた最適負荷燃料配分ガイドにより、発電所全体の経済運用が可能になった。また、発電所総合効率の向上により、重油消費量を削減でき間接的に環境規制対策上効果を挙げることができた。
- (3) 環境規制にかかわる各種規制値をリアルタイムで常時監視することにより、綿密な環境監視と迅速な対応処置が可能になった。特に、SO₂排出量規制に対しては、最適LS重油使用量ガイドに基づくきめ細かな運用により、環境規制を遵守した上での経済運用が可能になった。
- (4) CRT表示器を中核としたマンマシンコミュニケーションにより、発電所全体の集中管理が容易になった。また、発電所の運用及び環境に関するレポート作成の機械化により、精度の高い管理データを早期に得ることができ、発電所の綿密

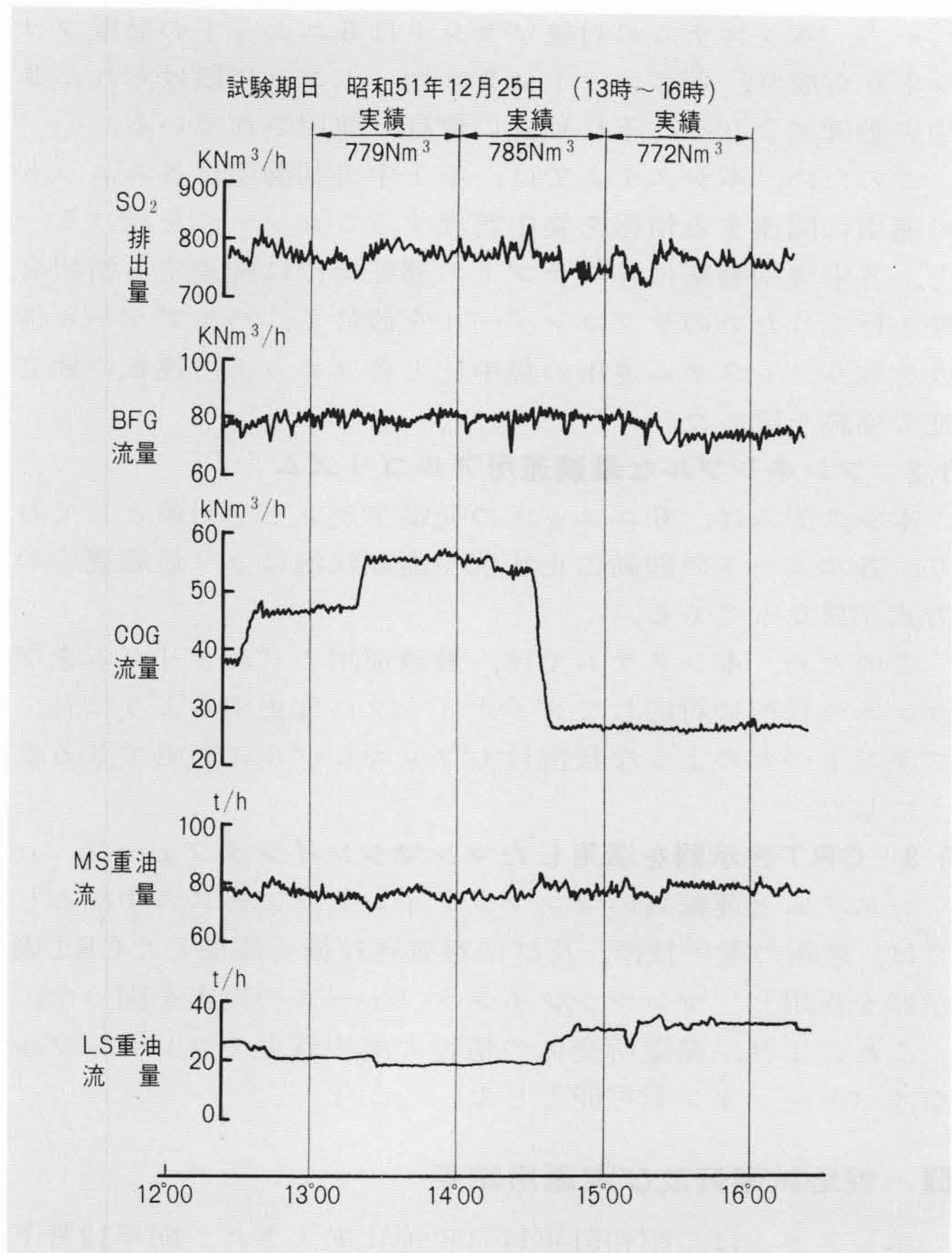


図7 最適LS重油使用量ガイド試験結果 COG流量の変動をLS重油の流量変化で吸収し、SO₂排出量を規定値内に抑えている様子が分かる。

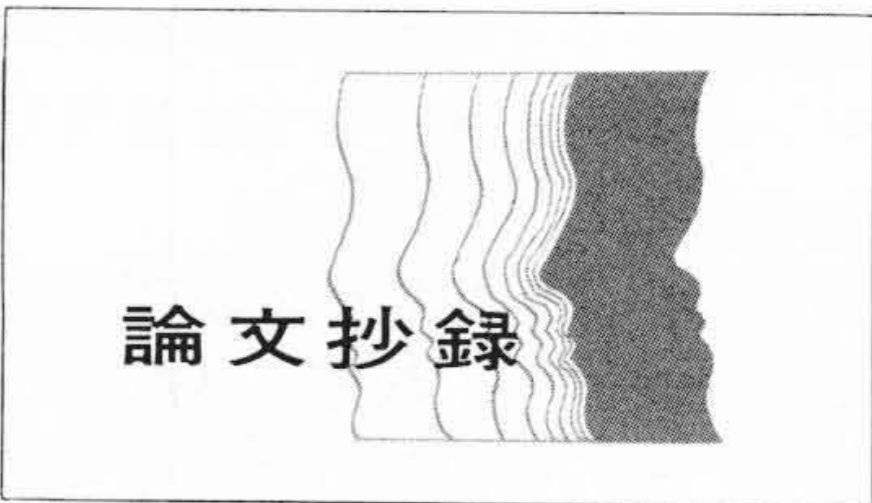
な管理運用、及び運転員の労力軽減が可能になった。
 以上述べたように、本システム導入により、実運用の実績から環境規制値の遵守、経済運用による効率向上、運転員の労力軽減、高精度の運転管理、データ処理など十分な投資効果を挙げることができた。

5 結 言

本システムは、火力発電所の総合管理の充実、発電所運用の合理化、及び環境規制に対する監視運用の充実を図ったものであるが、現地試運転によりシステムが所期の目的を十分達成し、有効であることが確認できた。
 特に、各ユニットの効率特性、及び環境規制を組み入れた最適負荷燃料配分による発電所の総合効率の向上の実現、並びに環境規制に対する予測監視を組み入れた最適燃料S分制御による環境規制の充実と燃料費の低減の実現は、火力発電所の管理運用システムの応用技術を確立したものである。
 これにより、火力発電所(自家用発電設備も含む)の総合管理、最適運用を目的とした管理運用システムとして、制御用計算機の応用面での新たな展開が可能となったと考える。
 最後に、本システムの完成に際し、終始御協力をいただいた関係各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- 1) 筒井：現行法規の概要と動向並びに国における公害防止対策、火力発電、23、3、3(1972)
- 2) 本間：煙の拡散、火力発電、23、3、17(1972)
- 3) 新田、光岡、北原ほか2名：四国電力株式会社阿南発電所3号機用火力発電所の計算機制御システム、日立評論、58、23(昭51-8)



論文抄録

国際単位系(SI)

日立製作所 梅島重兵
 テレビジョン 31—2, 98 (昭52-2)

最近、SI単位を使用していない取引はできなくなる兆候が強くなりつつある。例えば、kgw, Torr, mmHg, PS, calを使った契約は来年からEEC諸国に関しては通用できなくなる。SI単位とは何か。すなわち、SI単位とは国際単位系に基づく単位で、次に述べる基本単位、補助単位及び両者を組み合わせて表示する組立単位から成るものである(以下、単位記号に続いて小括弧中に馴染みのうすい单位名称を、大括弧中に量の名称を示してある)。
 基本単位：m〔長さ〕, kg〔質量〕, s〔時間〕, A〔電流〕, K〔ケルビン〕又は℃〔セルシウス度〕〔温度〕, mol〔モル〕〔物質質量〕, cd〔カンデラ〕〔光度〕
 補助単位：rad〔平面角〕, sr〔ステラジアン〕〔立体角〕
 組立単位(基本単位・補助単位を用いて代数的な方法で表わされた単位に対し、固有の名称が与えられているものを次に示す。次のもの以外の固有名称はSI組立単位としては存在しない)。：Hz〔周波

数〕, N〔ニュートン〕〔力〕, Pa〔パスカル〕〔圧力、応力〕, J〔エネルギー〕, W〔仕事率〕, C〔クーロン〕〔電気量〕, V〔電圧〕, F〔静電容量〕, Ω〔電気抵抗〕, S〔ジーメンズ〕〔コンダクタンス〕, Wb〔ウェーバ〕〔磁束〕, T〔テスラ〕〔磁束密度〕, H〔インダクタンス〕, lm〔ルーメン〕〔光束〕, lx〔ルクス〕〔照度〕, Bq〔ベクレル〕〔放射能〕, Gy〔グレイ〕〔吸収線量〕
 なお、数が0.1と1000の間に入るように選べるために10の整数乗の接頭語として次の16個の記号を決めてある(大括弧中に単位に乘ぜられる倍数を、小括弧中に馴染みのうすい接頭語の名称を示してある)。
 E〔10¹⁸〕(エクサ), P〔10¹⁵〕(ペタ), T〔10¹²〕(テラ), G〔10⁹〕(ギガ), M〔10⁶〕(メガ), k〔10³〕(キロ), h〔10²〕(ヘクト), da〔10〕(デカ), d〔10⁻¹〕(デシ), c〔10⁻²〕(センチ), m〔10⁻³〕(ミリ), μ〔10⁻⁶〕(マイクロ), n〔10⁻⁹〕(ナノ), p〔10⁻¹²〕(ピコ), f〔10⁻¹⁵〕(フェムト), a〔10⁻¹⁸〕(アト)

例えば、4 kgf/cm²は392000 Pa又は0.392×10⁶ Paと書かず、0.392 MPa又は392 kPaと書かれる。
 なお、合成した接頭語は用いない。
 例えば、mμmでなくnmを用いる。ただし、質量の場合だけは基本単位の名称に接頭語の名称「キロ」を含んでいるのでμkgとせずmgと「グラム」という語に対して接頭語を付ける。
 また、合成されたSI単位の整数乗倍を構成する際は、接頭語は一つだけ用いる。すなわち、分数の形に表示される場合は、分子の最初の単位だけに接頭語を付ける。ただし、分母におけるkgは接頭語付きとみなさない。
 例えば、0.3 kg km²/μs²と表わさず300 E gm²/s⁻²が正しく、また3 mmol/kgという表示は認められているということである。
 SI単位と併用してよい非SI単位として一般にmin, h, d, °(度), ' (分), " (秒), t (トン)〔質量〕barが、特殊分野だけにW・h, eV, A・hが認められている。