

大容量ボイラ用自動バーナ制御装置

Automatic Burner Control System for Large Thermal Power Plant Boiler

羽 島 俊 二 郎* 荒 川 英 則**
Shunjiro Hajima Hidenori Arakawa

要 旨

火力発電所における運転操作の自動化は近年目ざましく進展し、各種の自動化装置が採用されている。これらの自動化装置のなかでも特に重要で、最近の大容量火力発電所に不可欠の自動バーナ制御装置を開発し実用化したので、その方式、機能、構成について述べあわせて運転実績を紹介する。

1. 緒 言

わが国における火力発電所の大容量化と高性能化は近年目ざましいものがあり、単機出力 1,000MW 級の発電所も建設されつつある。

これに伴い各機器運転操作の自動化も計算機制御を含めて急速に進展し各種の自動化装置が開発実用化されている。ボイラ回り、特にバーナの点火、消火操作は複雑なシーケンス制御であるとともに、設備保安上最高の信頼度を必要とするため、自動バーナ制御装置の適用は比較的遅れていた。

わが国においては昭和38年ごろから電磁リレー式の簡単なものが実用化され、昭和42年ごろからソリッドステート全電子式の本格的なものが採用されている。当初はおもに実績の点から輸入品にたよっていたが、火力プラント全体の運転操作に適合する機能の充実、保守サービス、納期の点で問題があった。

日立製作所では昭和41年に全トランジスタ式自動バーナの開発に着手し、昭和44年に第1号機を関西電力株式会社尼崎第3発電所3号罐(かん)(出力 156MW)に、引き続き昭和46年に東京電力株式会社姉崎火力発電所3号罐(出力 600MW)に納入し、そのすぐれた機能を実証するとともに、さらに多数の装置を製作または試運転中である。

本報ではソリッドステート全電子式自動バーナの適用、機能、構成について述べ、あわせて前記国産第1、2号機の運転実績を紹介する。

2. 自動バーナの適用

自動バーナの必要性を具体的に列記すると次のようになる。

(1) ボイラ運転の高性能、高能率化の推進

自動バーナはボイラの圧力、温度などの制御を自動的に行なうボイラ自動制御装置(ABC)とともにボイラ運転の高性能、高能率化の推進のために必要欠くことのできないものである。

(2) 運転員負担の軽減

バーナはボイラ1罐に対し16~32組設置されているが、バーナ1組の点火、消火操作においては表1に示すように多くの操作ステップや確認項目があり、これらを運転員が手動で行なった場合の運転員の精神的、肉体的負担は膨大なものとなり、これらの軽減が望まれている。自動バーナは多数のバーナの複雑な操作を全自動化するものであり、運転負担の軽減に大きく寄与するものである。

(3) ボイラ運転の安全確保

自動バーナは安全インターロックが十分組み込まれた自動点火、

表1 バーナ操作ステップおよび確認項目数

項 目 \ 操 作	バーナ点火操作	バーナ消火操作
操作ステップ数	8	15
確 認 項 目 数	10	16
合 計	18	31

消火機能および燃焼状態の自動連続監視機能によって、誤操作あるいは異常時の処置遅れによる火炉爆発などの重大事故を未然に防止するもので、ボイラ運転の安全確保のためにきわめて有力な装置である。

3. 自動バーナの監視制御機能

自動バーナの監視制御機能としては次のことがあげられる。図1はこれらの相互関連を示すものである。

(1) 遠隔自動点火、消火

(2) 運転状態監視

(3) 現場手動操作

(4) オープンエアレジスタ制御

(5) オールフレイムロストによる燃料しゃ断(燃料しゃ断を以下MFTと略す)

(6) バーナ自動パージ

(7) バーナ本数制御

(8) 燃料高速カットバック

上記項目中(1)~(3)が基本的制御機能、(4)~(8)がほぼ200MW以上の大容量ボイラに設備されるより高度な制御機能である。上記のほか従来電磁リレーにより構成されていたMFT、火炉パージ、ヘッダーリークテストなどのボイラ全体の保安制御機能をソリッドステート化して自動バーナに組み込むこともある。

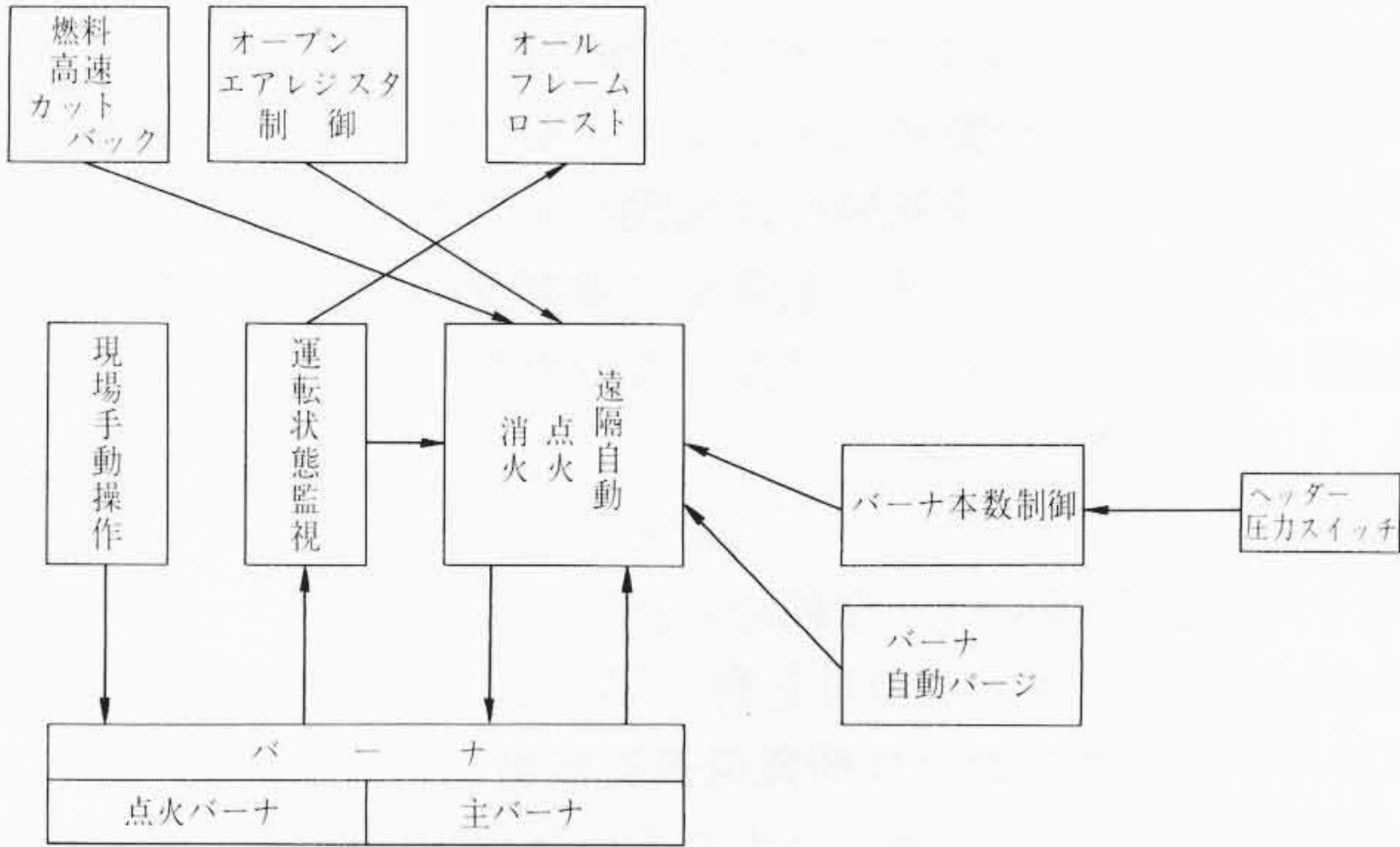


図1 監視制御機能構成

* 日立製作所大みか工場
** バブコック日立株式会社呉工場

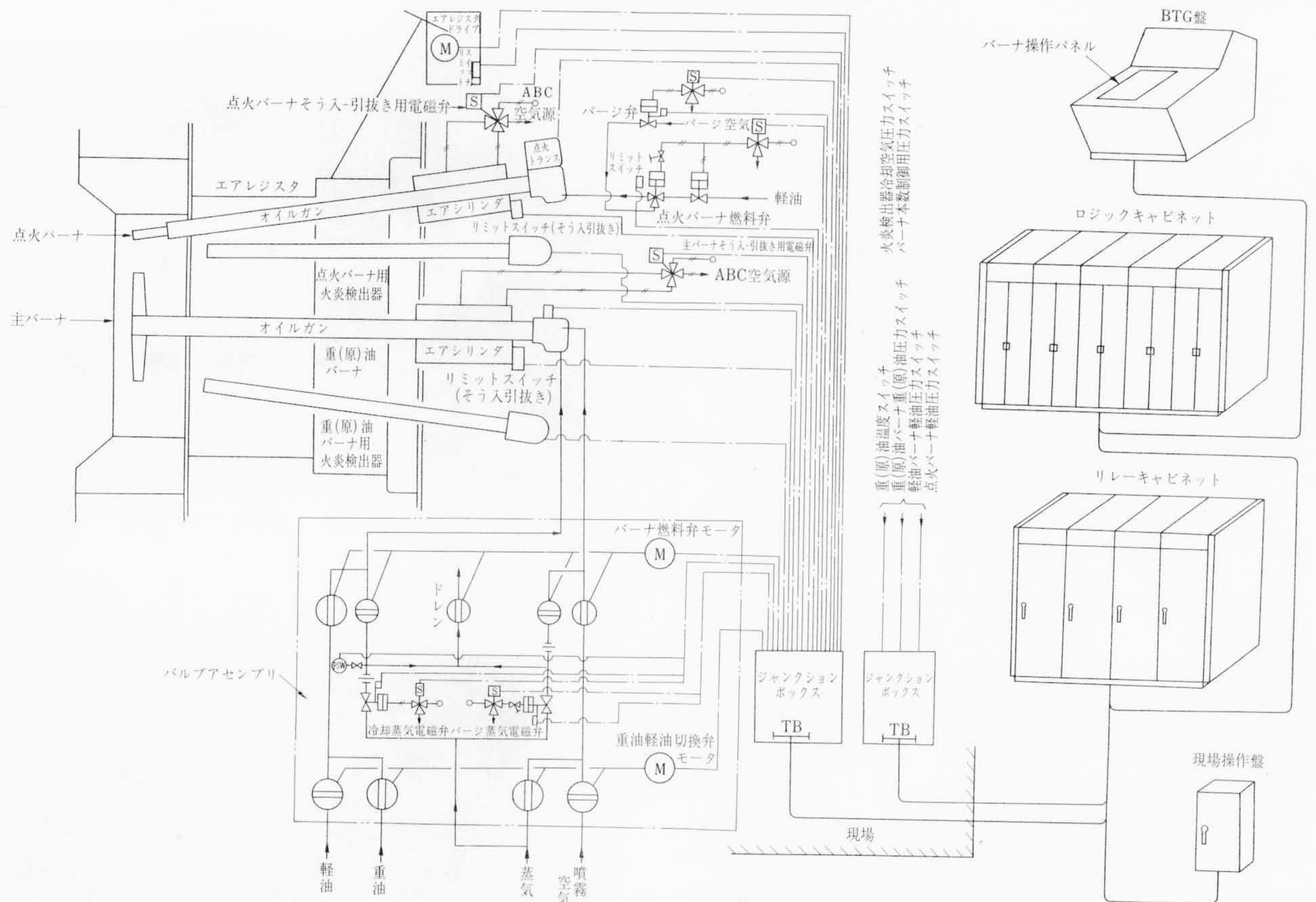


図4 自動バーナ装置構成

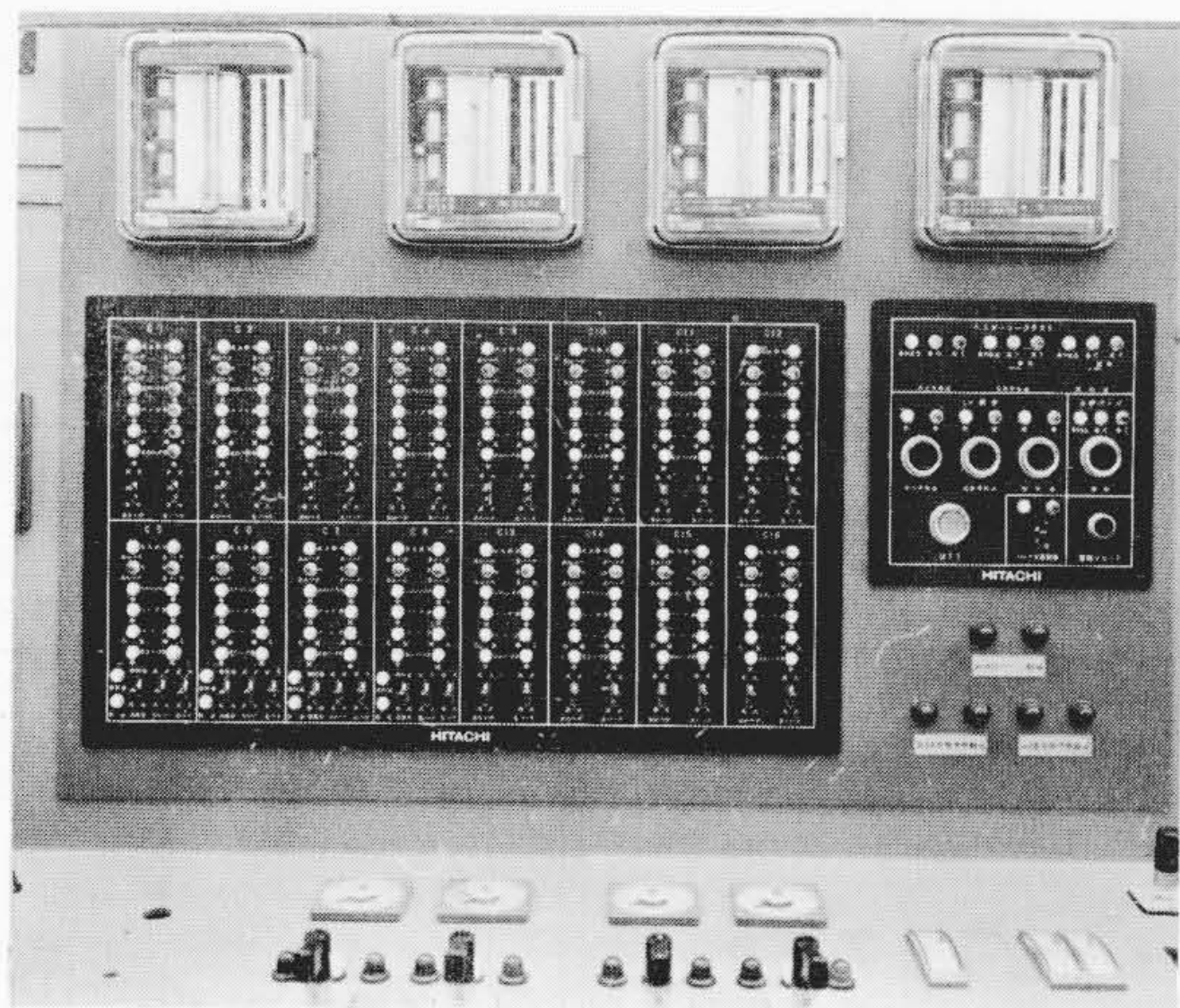


図5 バーナ操作パネル

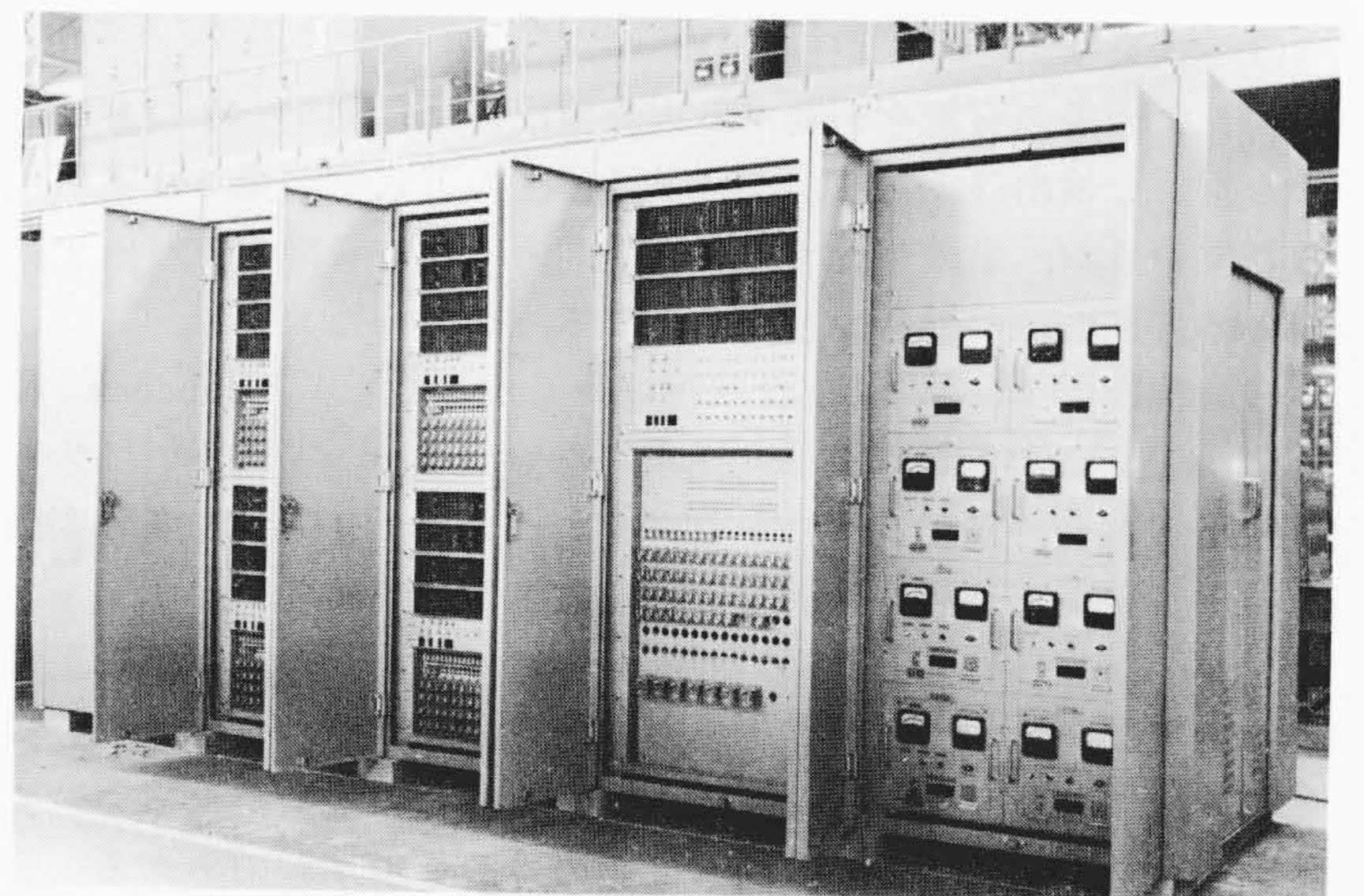


図6 ロジックキャビネット

- (b) ロジックキャビネット
- (c) リレーキャビネット
- (d) 現場操作盤
- (e) シミュレータ

4.2 制御装置部

(1) バーナ操作パネル

本パネルはバーナ操作および運転監視のためのもので表示灯および操作スイッチが取り付けられており、BTG盤に設置されている。図5は本パネルの一例を示している。

(2) ロジックキャビネット、リレーキャビネット

ロジックキャビネットにはバーナ点火、消火その他の制御機能を遂行するトランジスタ式無接点論理素子およびその電源装置を、リレーキャビネットには無接点論理素子の出力により燃料弁その他の操作端を駆動するための電磁開閉器を収納している。図6はロジックキャビネットの一例を示すものである。

(3) 現場操作盤

本盤はバーナ操作端をシーケンシャルでなく個々に動作させたいとき、たとえば試運転調整時あるいは中央よりの自動操作が無接点論理素子の故障などにより不能に陥ったとき使用されるもので、バーナ本体近くに設置される小形の操作盤である。

(4) シミュレータ

本装置はバーナ本体機器の動作をシミュレートする機能を有し、バーナロジックの複雑な動作試験を実際にバーナ本体機器と接続しなくとも容易に行なえるようにしたもので、工場試験および現地試運転の能率向上に大きく寄与している。図7は一例を示すものである。

4.3 バーナ本体部

バーナ本体は点火バーナ（点火トーチとも称する）と主バーナより成り、ボイラには容量により異なるが16～32組のバーナが取り付けられている。操作端駆動機器としては電磁弁および電動機、検出器としてはリミットスイッチ、火炎検出器が取り付けられて

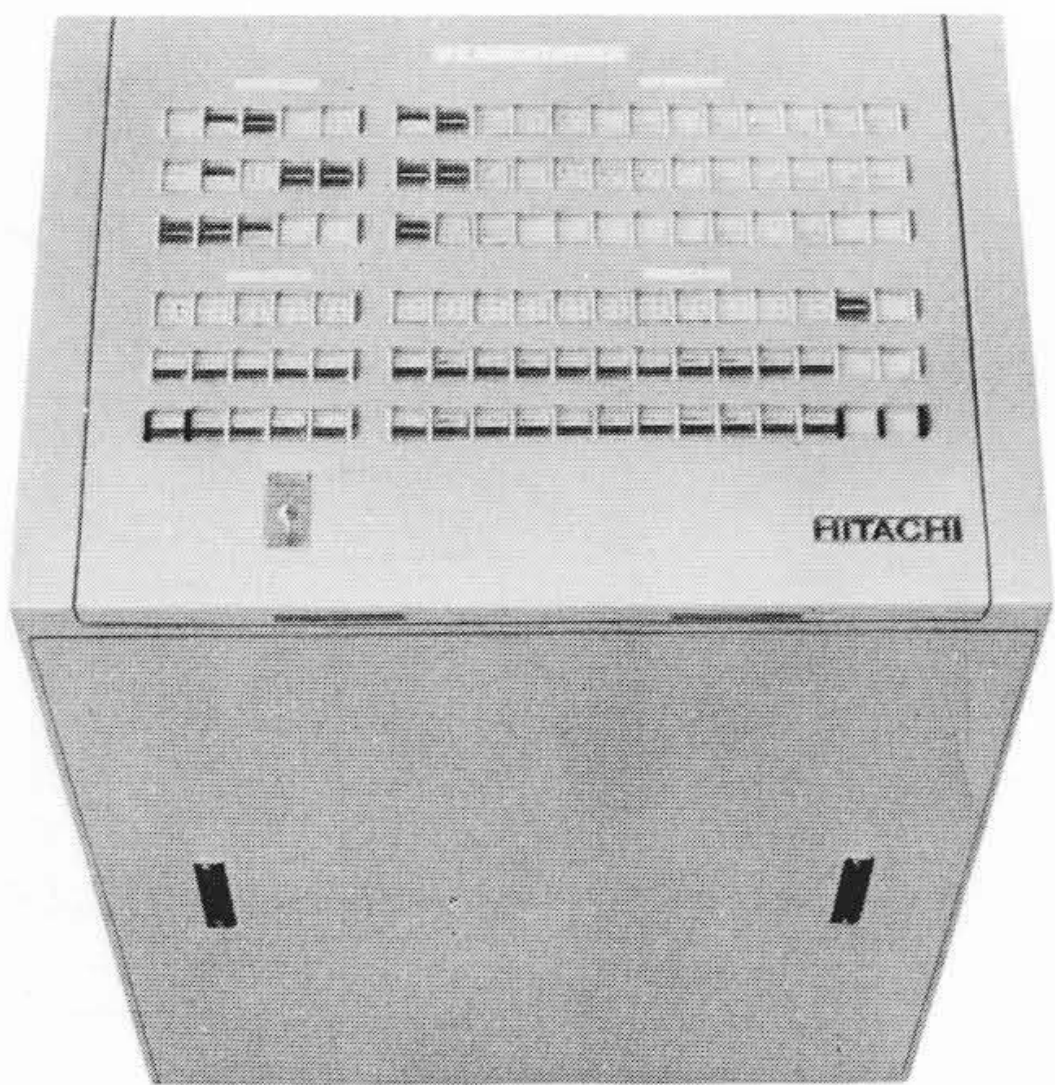


図7 自動バーナシミュレータ

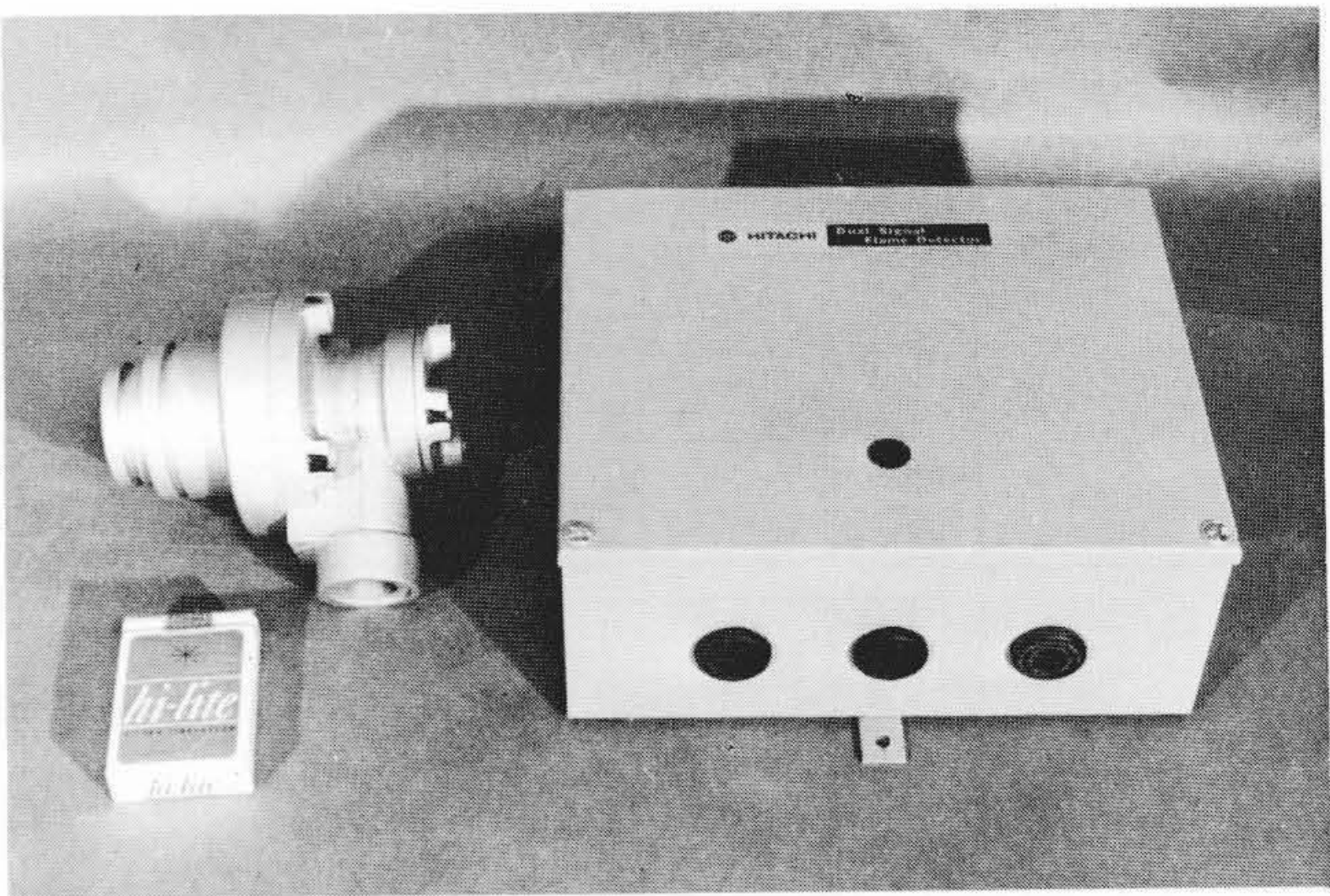


図8 デュアルシグナルフレームデテクタ

いる。これらの相互関連は図4に示すとおりである。

- (1) 点火バーナ
点火バーナは主バーナ着火のため設けられているもので、火炉内へのそう入、火炉外への引抜きは電磁弁駆動エアシリンダ、燃料弁の開閉は電磁弁駆動ピストン弁により行なわれている。点火バーナ自身の着火は点火栓(せん)のスパークによって行なわれる。
- (2) 主バーナ
そう入、引抜きは点火バーナと同じく電磁弁駆動エアシリンダ、燃料弁およびエアレジスタ(空気供給器)の開閉は電動機、ページ弁および冷却蒸気弁の開閉は電磁弁駆動ピストン弁により行なわれている。
- (3) 火炎検出器

バーナ火炎の有無を判別する火炎検出器は自動バーナにおける最も重要な検出器であり、これまで種々の方式が開発され実用化されているが、当該バーナ火炎と対向あるいは隣接するバーナ火炎との弁別性能、寿命など問題となる点があった。

日立製作所ではこのような状況にかんがみイギリス Babcock & Wilcox 社との技術提携により従来のフレームロッドあるいは紫外線検出式と全く異なる、フォトダイオードにより火炎輝度の変動を検出し火炎の有無を判別する火炎検出器(商品名:デュアルシグナル・フレームデテクタ)の開発を進めていたが、1年以上にわたる実罐テストにおいて火炎の弁別性能、寿命の点で従来方式に比べてすぐれた性能が確認された。これらの試験結果については別の機会に報告するが、図8はその外観を示すものである。

5. ロジック素子

本装置においてはすべての制御機能をトランジスタ無接点論理素子によって構成しているが、その特長は次のとおりである。図9はロジック素子の一例を示すものである。

- (1) トランジスタ、ダイオードなどの半導体にはすべて工業用シリコン素子を使用し、出荷前に高温ふん囲気中での長時間連続通電試験を実施し、初期不良を摘出している。
- (2) 各部品は十分なデイレティングで使用しているため、高信頼度となっている。
- (3) 電源電圧はこの種論理素子では最高の+24V 1種であるため、ノイズに強くなっている。
- (4) 論理素子はロジック回路を構成するために必要な最小限の図10に示す10種類に標準化されており保守点検が容易である。
- (5) アンド、オアなどの基本論理素子が肯定および否定(電磁リレーのa, b接点に相当する)の両出力を有しているため、動作ブロック線図より論理シーケンスへの変換が容易であり、論理シーケンスも理解しやすい。

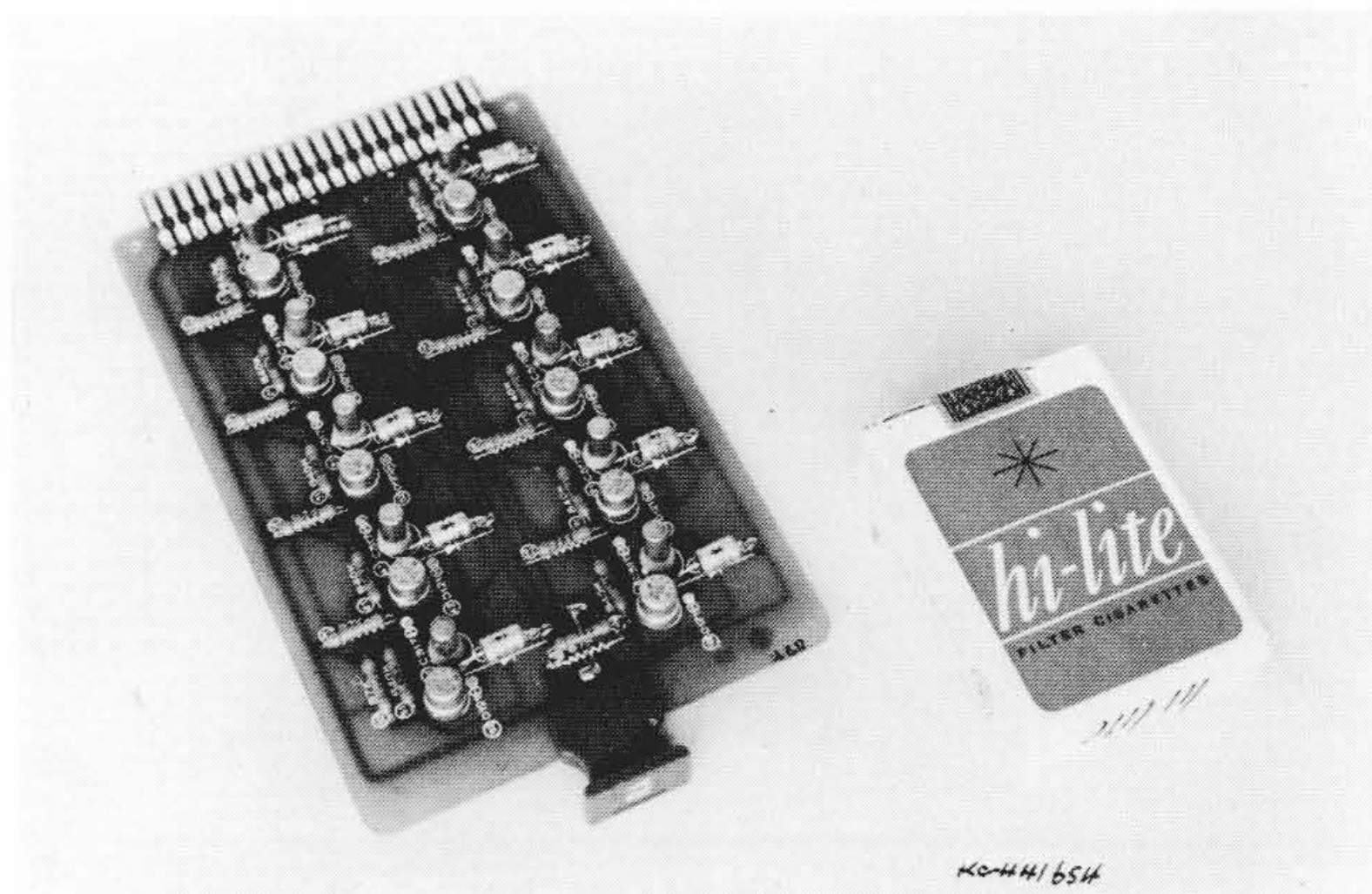


図9 ロジック素子

No	論理素子名称	シンボル	No	論理素子名称	シンボル
1	AND (アンド)		6	TMSL (中限時タイマ)	
2	OR (オア)		7	TML (長限時タイマ)	
3	ME (メモリ)		8	TD (タイムディレイ)	
4	MV (マルチバイブレータ)		9	FLT (フィルタ)	
5	TMSS (短限時タイマ)		10	RA (リレーアンプ)	

図10 論理素子種類

6. 信頼度向上のためのシステム構成

本装置はその制御対象が安全運転、無事故を特に要求される燃焼装置であるため、信頼度の確認された部品の選択使用はもとより、システム構成方法において次に述べる方法により信頼度および利用率の向上を図っている。

(1) ユニット式の採用

バーナロジックは論理素子はもとより外部入、出力ケーブル、コネクタまで各バーナごとに専用に使われている。したがってあるバーナのロジックが故障しても他バーナの運転を継続したまま故障したバーナの点検、修復が可能である。

(2) 重要回路の二重化

自動バーナの制御機能中それを構成する論理素子の故障によってはボイラのミストリップを招くおそれのある“オールフレームロスト”、“MFT”の制御ロジックに対しては2アウトオブ2あるいは2アウトオブ3方式の採用により信頼度の向上を図っている。

(3) 検出信号の二重化

バーナの点火、消火動作が正常に行なわれるためにはバーナ操作端機器を駆動した結果をバーナロジックにフィードバックするリミットスイッチが正確に動作することが必要である。フィードバックに使用されるリミットスイッチの全開信号は、全開リミットスイッチ“ON”、全閉リミットスイッチ“OFF”の条件で与えるようになっている。

(4) 保守点検の容易化

本装置には通常1万個以上の半導体素子を使用しているので万一故障した場合の故障個所の発見および修復を迅速に行なえるようにしダウンタイムの短縮を図らなければならない。このために4.2(4)で述べたシミュレータを設けている。シミュレータを使用すれば故障したバーナロジックをバーナ本体機器および他バーナロジックより切り離して詳細に動作試験を行なうことができるので故障個所を比較的容易に発見できる。復旧を迅速に行なうために論理素子の種類をできるだけ少なくし予備品を備え、故障品と容易にさし替えできるようにしている。

(5) 電源システム

システムとしての信頼度を向上させるために電源構成上次に述べる考慮を払っている。

- (a) バーナロジックの基本信号たる入力信号電源には発電所において最も信頼度の高いステーションバッテリーから供給される直流制御電源を採用している。この電圧は通常100V程度であり、リミットスイッチの接触不良を防ぐにも適している。
- (b) トランジスタ無接点論理素子電源は+24Vの1種であるため、直流定電圧電源装置も含め電源系統が単純化され、それだけ信頼度が向上している。
- (c) 記憶素子としてフリップフロップ回路を使用しているので、+24V電源は入力交流電源の瞬時停電に対しても喪失しないことのほかに、入力交流電源が長時間停電してもバーナの必要最小限の制御を行なう間、約10分は維持されることが必要である。このために電源装置ごとに小形のニッケルカドミウム乾電池を設け、入力交流電源健全時にこれをフロート充電し、喪失時にはこれから+24Vの定電圧電源を最低10分以上バーナロジックに供給するようにしてある。
- (d) 操作端駆動用電源はすべて交流であるが、電磁弁は複コイル、主バーナ燃料弁およびエアレジスタは電動機駆動とすることにより、電源が喪失しても現状維持できるようになっている。
- (e) +24Vロジック用電源はもとより、電動機電源、電磁弁電

源などすべての電源は一つのバーナにおける事故が他のバーナの運転に支障を与えないよう、電源区分スイッチ、ヒューズなどによりバーナごとに完全に分割されている。特に重要なMFT用+24V電源は二重化している。

7. 運転実績

関西電力株式会社尼崎第3発電所3号罐納め自動バーナはわが国初の純国産技術によるソリッドステート全電子式の自動バーナで、バーナ本数制御などの高度な制御機能も有している。昭和44年3月に納入、約半年にわたる試運転を経て同年9月に営業運転開始、これまで約2年間、無事故で好調に運転を継続している⁽¹⁾。

東京電力株式会社姉崎火力発電所3号罐納め自動バーナは自動バーナに要求されるすべての制御機能を有する最高度のもので昭和45年11月に納入、昭和46年6月に営業運転開始、これまで順調に運転を継続している。表2は主要な仕様を示したものである。

以下に東京電力株式会社姉崎火力発電所3号罐における主要な試験結果について述べる。

表2 ボイラ仕様

No.	仕 様	関西電力株式会社 尼崎第3発電所3号罐	東京電力株式会社 姉崎火力発電所3号罐
1	ボイラメーカー	バブコック日立	バブコック日立
2	出 力	156 MW	600 MW
3	ボイラ形式	B&W自然循環ボイラ	B & W U Pボイラ
4	燃 焼 方 式	重 原 油 専 焼 リターンフローアト マイザ方式	重 原 油 専 焼 Y ジェットスチーム アトマイザ方式
5	蒸 発 量	510 T/H	1,950 T/H
6	バ ー ナ 数	12 本	16セル
7	営 業 運 転 開 始	昭和44年9月20日	昭和46年6月24日
8	自動バーナ制御機能	(イ) 遠隔自動点火、消火	○
		(ロ) 運転状態監視	○
		(ハ) 現場操作	○
		(ニ) オープン エアレジスタ制御	○
		(ホ) バーナ自動パージ	○
		(ヘ) バーナ本数制御	○
		(ト) 燃料高速 カットバック	○
		(チ) オールフレーム ロストによるMFT	○
		(リ) MFT、火炬パージ ヘッダーリークテスト	○

7.1 バーナ本数制御

図11は380MWダンブテスト後の再起動時におけるバーナ本数制御の試験結果を示したもので、同図に示されるように出力増、減時とも自動的にバーナ本数の増減が行なわれており、本数制御の有効性が確認されている。

7.2 燃料高速カットバック制御

図12は600MWダンブテスト時における燃料高速カットバック制御の試験結果を示したものである。同図に示すように自動バーナによるバーナの16セルから6セルまでの急速消火およびボイラ自動制御装置による燃料の急速絞り込みによって再熱器焼損防止回路も動作せず、ボイラをトリップさせずに最低負荷運転を継続することができ、本制御の実動作試験に完全に成功している。本制御の手動による成功例はあるが実運転と同じ状態、すなわちボ

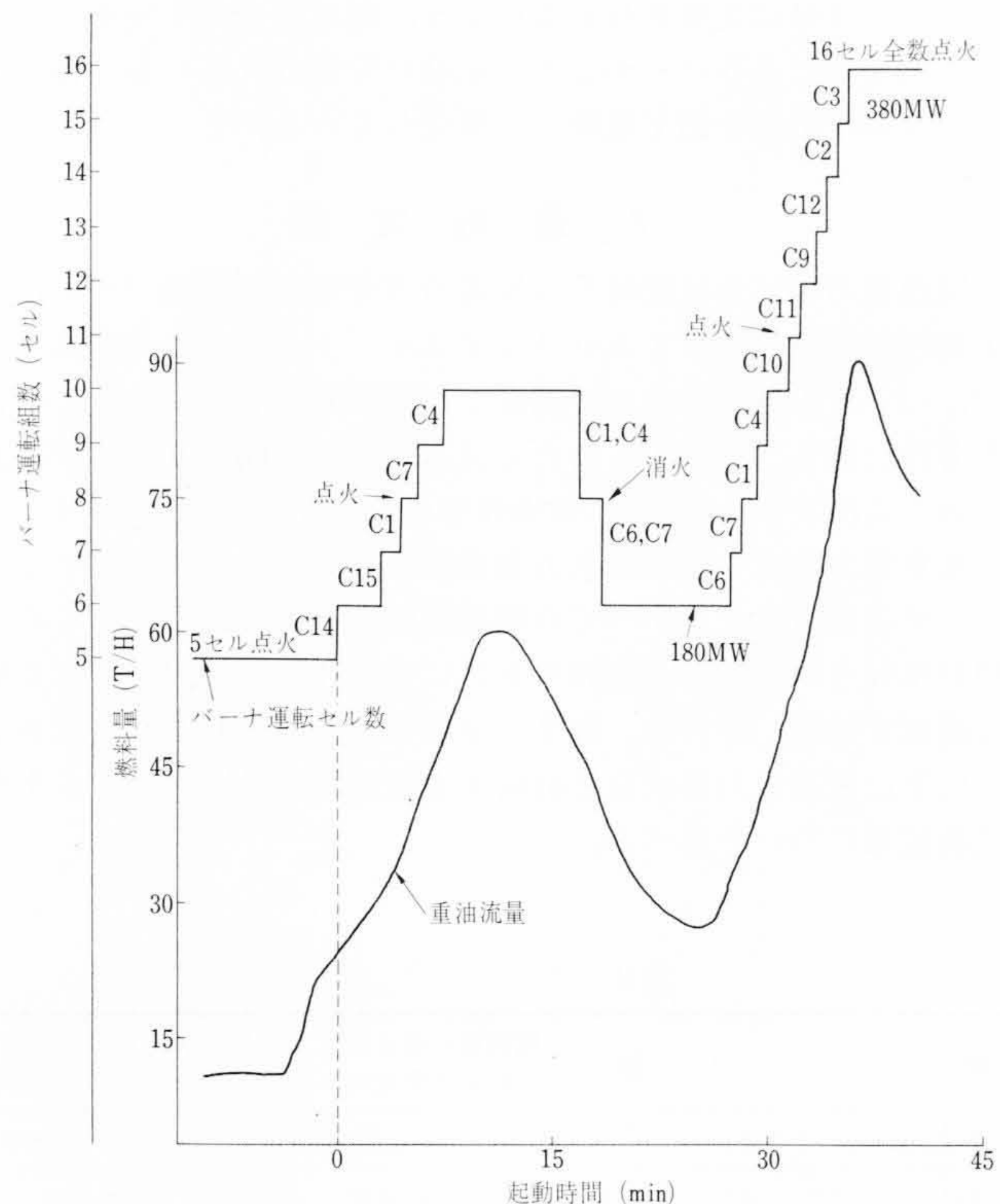


図11 バーナ本数制御試験結果

イラ自動制御装置および自動バーナがすべて自動状態での成功は、わが国では今回が初めてである。

8. 結 言

発電用ボイラの大容量化に不可欠のソリッドステート全電子式の自動バーナ制御装置を開発し下記の目的を達成した。

- (1) ボイラ運転の高性能、高能率化
- (2) 運転員負担の軽減
- (3) ボイラ運転の安全確保

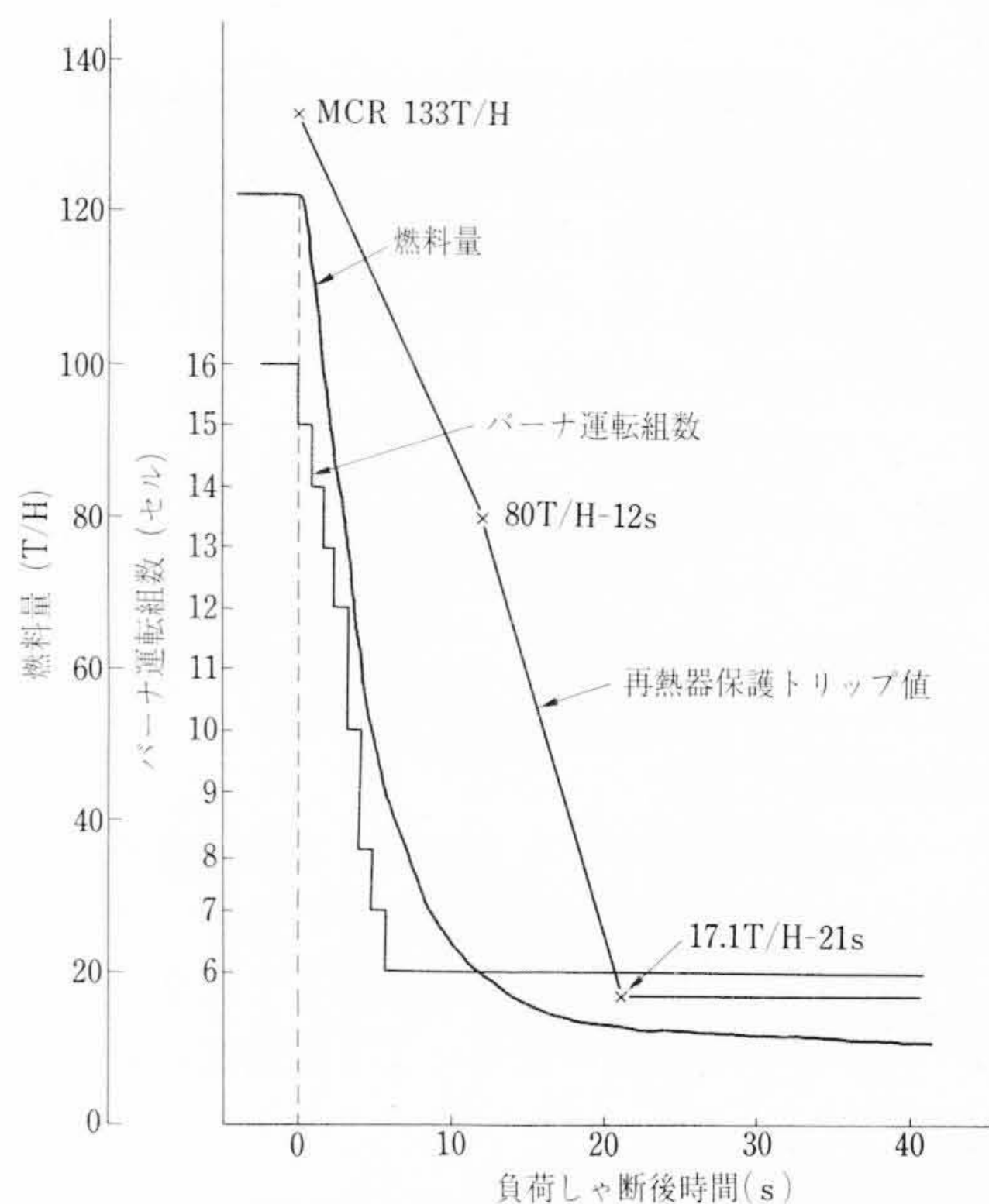


図12 燃料高速カットバック試験結果

本装置は制御対象が燃焼系統であるため、システム構成およびハードウェア仕様において信頼度の確保に十分な考慮が払われているが、現在稼働中の国産1, 2号機において予期した以上の信頼度を有することが確認された。また性能面においては国内で初めて燃料高速カットバック制御に成功し自動バーナ制御装置のすべての監視制御機能の有効性を確認した。本装置の適用は今後より広く、より大容量化の一途をたどることは明らかで、あらゆる面でより完全なものとするため、いっそうの研究、開発を続けている。終わりにのぞみ、終始ご協力をいただいた、関西電力株式会社尼崎第3発電所および東京電力株式会社姉崎火力発電所の関係各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 益子ほか：火力発電21, 1303 (昭45-12)

Vol. 33

日立造船技報

No. 1

目 次

■論 文

- ・フルイディクス制御装置の試作
- ・加熱炉の計算機制御システム
- ・固体の水力輸送 (第2報)
- 下水汚泥の管路輸送特性——

- ・噴流層における環状粒子層の流体の流れ
- ・噴流層における気柱内部の流体の流れ
- ・波浪中の抵抗増加の計算に関する一改良

………本誌に関する照会は下記に願います………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町60 郵便番号 554