

火力発電所用配電盤

Control Board for Recent Thermal Power Station

平 賀 昭 二*

Syoji Hiraga

内 容 梗 概

火力発電所用配電盤は中央制御の採用により著しい進歩をとげた。最近相次いで完成納入した日本国有鉄道川崎発電所，東京電力株式会社新東京発電所3号機，東北電力株式会社八戸発電所などの新鋭火力について，中央制御の範囲，中央室の位置，中央盤配置がどのように行われているかを示した。またボイラ，タービン，発電機の制御，保護ならびに計測方式について述べ，これら火力用配電盤の概略を紹介した。

1. 緒 言

最近の大容量火力発電所は中央制御方式の採用により制御装置，配電盤が大きく進歩した。すなわちボイラ，タービン，発電機の制御は主要な補機を含めてすべて中央制御盤に総括され，単機 200 MW をこえる大容量機の運転といえどもごく小数の運転員で安全容易に制御できるようになった。

日立製作所は東京電力鶴見第二発電所用をはじめとし数多くの中央制御方式配電盤を製作してきたが，最近においては日本国有鉄道川崎発電所，東京電力株式会社新東京発電所3号機，東北電力株式会社八戸発電所などの新鋭火力用中央制御盤を完成納入した。以下これら新鋭火力の中央制御方式と計測，制御，保護装置，配電盤の概略を紹介する。

2. 最近の中央制御方式

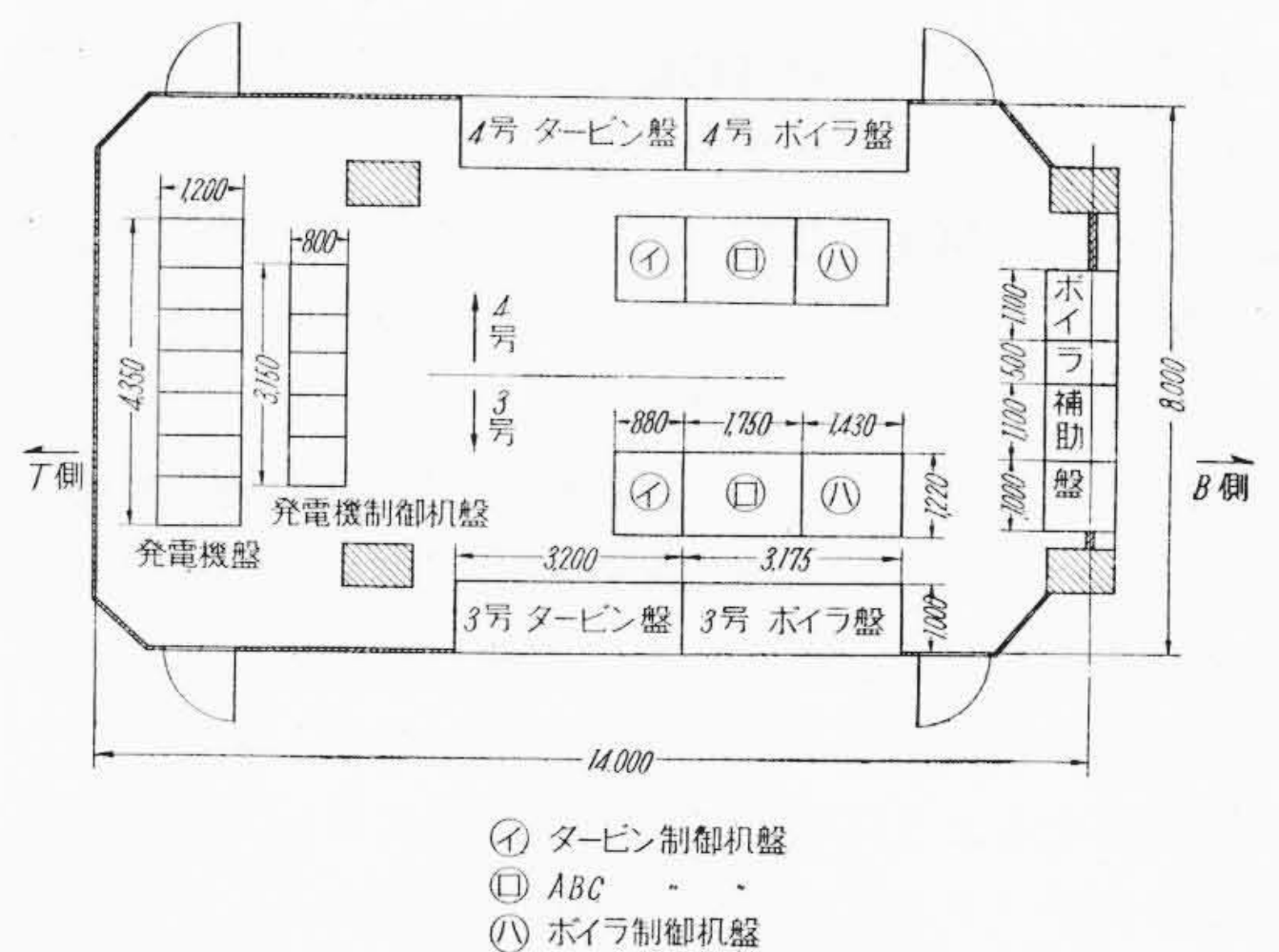
火力発電所の制御はボイラ，タービン，発電機の主発電装置の制御と送電線の制御とに分けられる。ボイラ，タービン，発電機の制御の間には密接な関連があり中央制御室に総括して全発電装置として敏速適確な総合的運転を行う。送電線の制御は電力系統制御保護が主で主発電装置との関連は比較的少ないので，中央室と別に主配電盤室を設けて各送電線を総合制御する方式を建前とする。しかし送電線制御盤も簡単な場合はこれらも含めていっさいを中央制御室に集中している（第3図）。

発電所内の中央制御室の位置は，発電単位1基について専用の中央室をおくものと発電単位2基または4基に対して共通の中央室をおくものがある。最近の例は第1～3図の配置図に示すように発

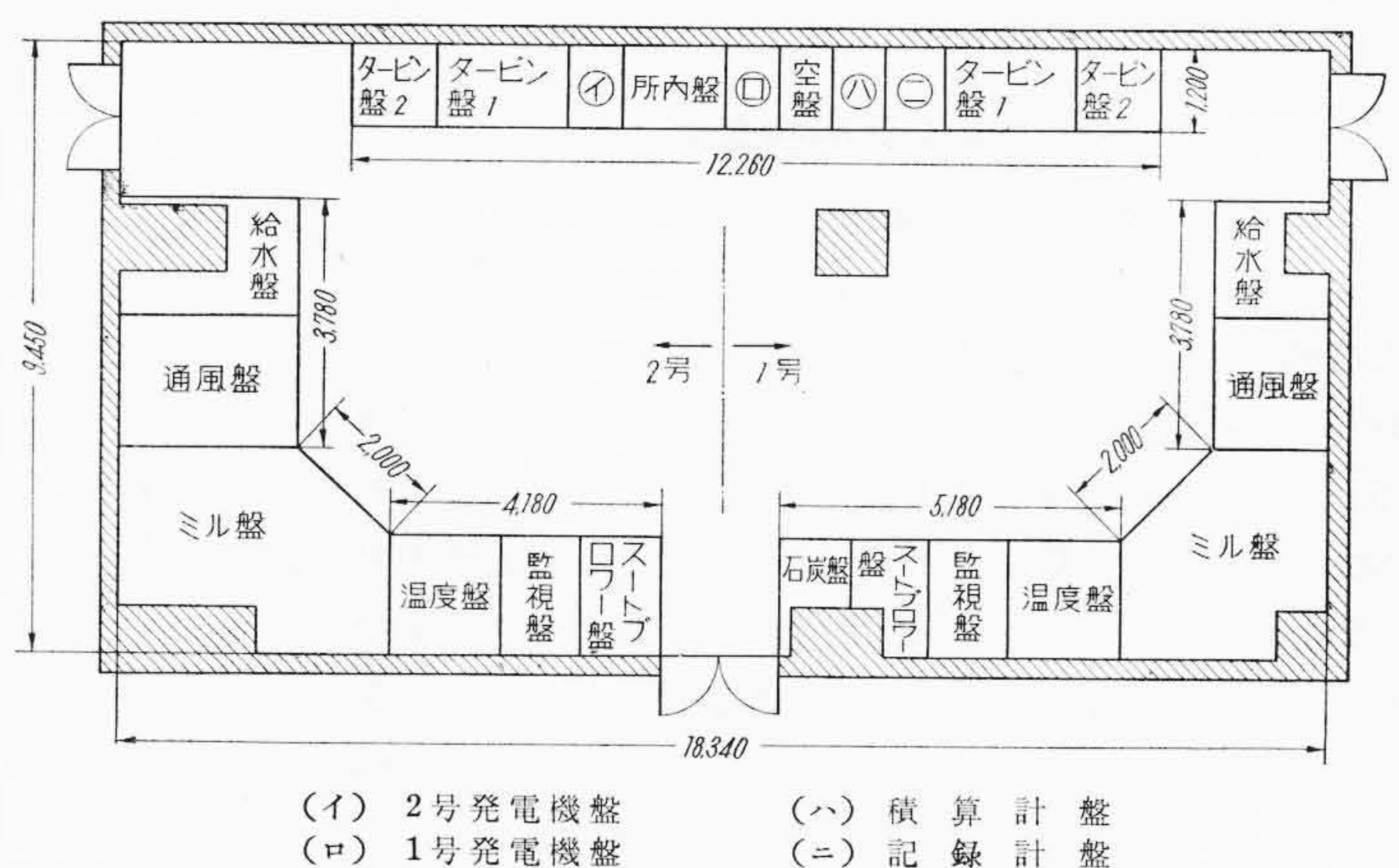
* 日立製作所国分工場

電単位2基ごとに共通の中央室を設けるのが主であり，各2台のボイラとタービンで形成する四角形の中心位置に中央室を配置し制御用配線配管の長さを最小としている。

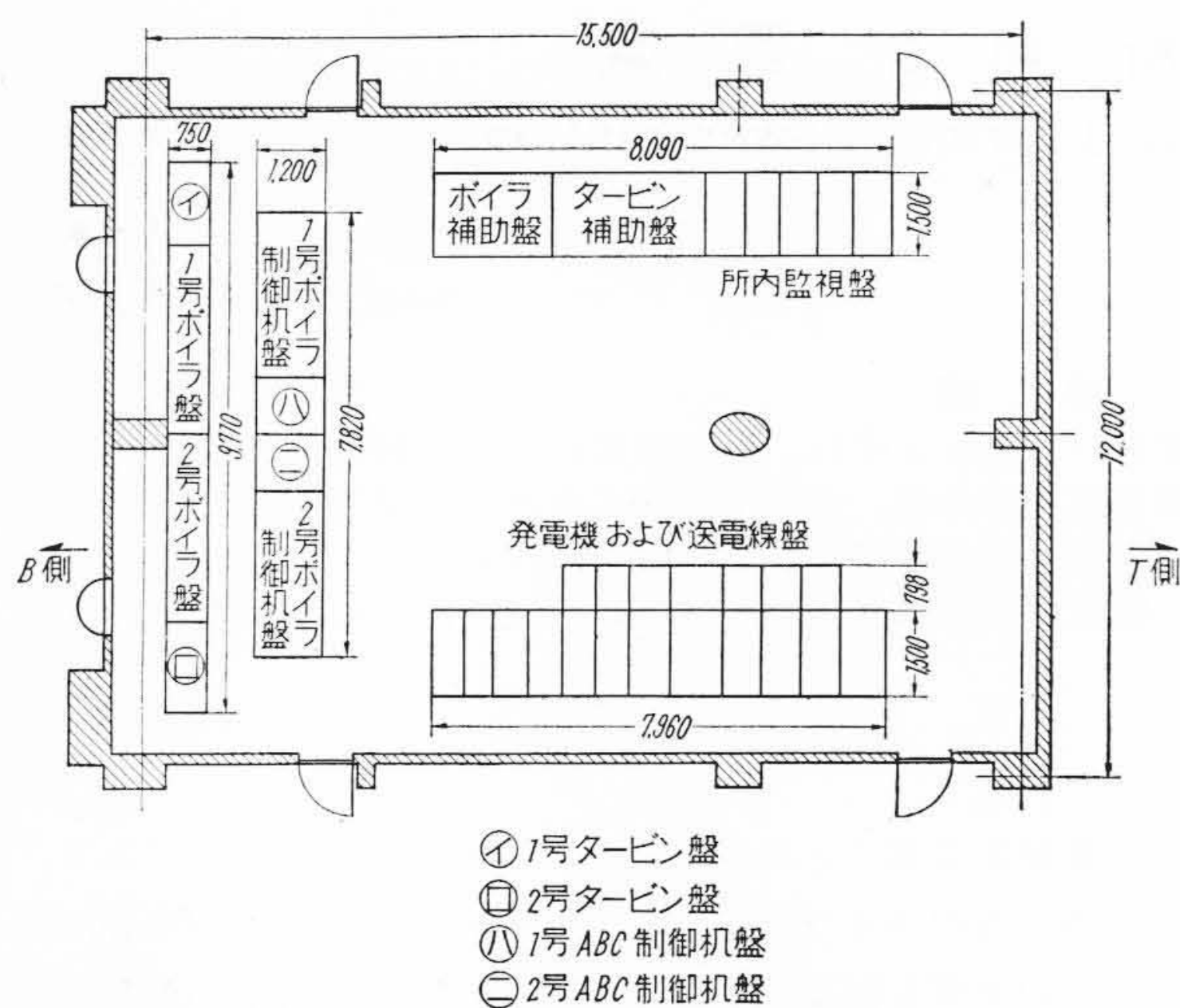
中央室内制御盤配置は次の原則によりきめている。すなわち発電単位2基の制御盤は主機配置に従い対称とす



第1図 東京電力新東京火力発電所二期工事
75,000 kW × 2 中央制御盤配置



第2図 東北電力株式会社八戸火力発電所
75,000 kW × 2 中央制御盤配置



第3図 常盤共同勿来火力発電所
35,000 kW × 2 中央制御盤配置

るのが外観も調和し運転上合理的であり、同じ発電単位のボイラとタービンの制御盤は隣接配置して同一運転員の制御を便とし、また2台の発電機盤は並列とする。実際の配置例は第1～3図のように発電所により異なるが、第1図は直立盤と分離制御機の組合せで中央盤も簡潔にまとめ中央室の寸法軽減につとめている。

最近著しく発達したものに補機制御装置の統合集中化がある。従来においても3kV補機制御装置はメタルクラッド型にまとめられていたが、低圧補機に対しては各種の現場補機制御盤や電磁接触器函が散在してそれぞれ現場制御するようになっていた。最近においては400V補機用低圧メタルクラッド、200V補機用コントロールセンタが開発され、3kV用メタルクラッドと相まって補機制御器具を統合集中化し、巡回保守員の立寄制御点を減少し保守の労をはぶくようにしている。

3. ボイラ用制御盤

3.1 ボイラの制御、保護連動、計測

ボイラの制御を燃焼、給水、発生蒸気、運炭、煤吹、灰処理、缶水処理、収塵の各装置に区分した場合、最近納入の3新鋭火力発電所を例にとりどの範囲まで中央制御しているかを示すと第1表のとおりである。すなわち燃焼、給水、発生蒸気のボイラの主要な制御は必ず中央制御を行うが、運炭以下の諸設備については必ずしも中央制御としていない。これは中央制御に技術的困難があるのではなく操作頻度が比較的少ないので、中央室の縮小と保守の軽減とを考慮して制御場所を決定しているためである。

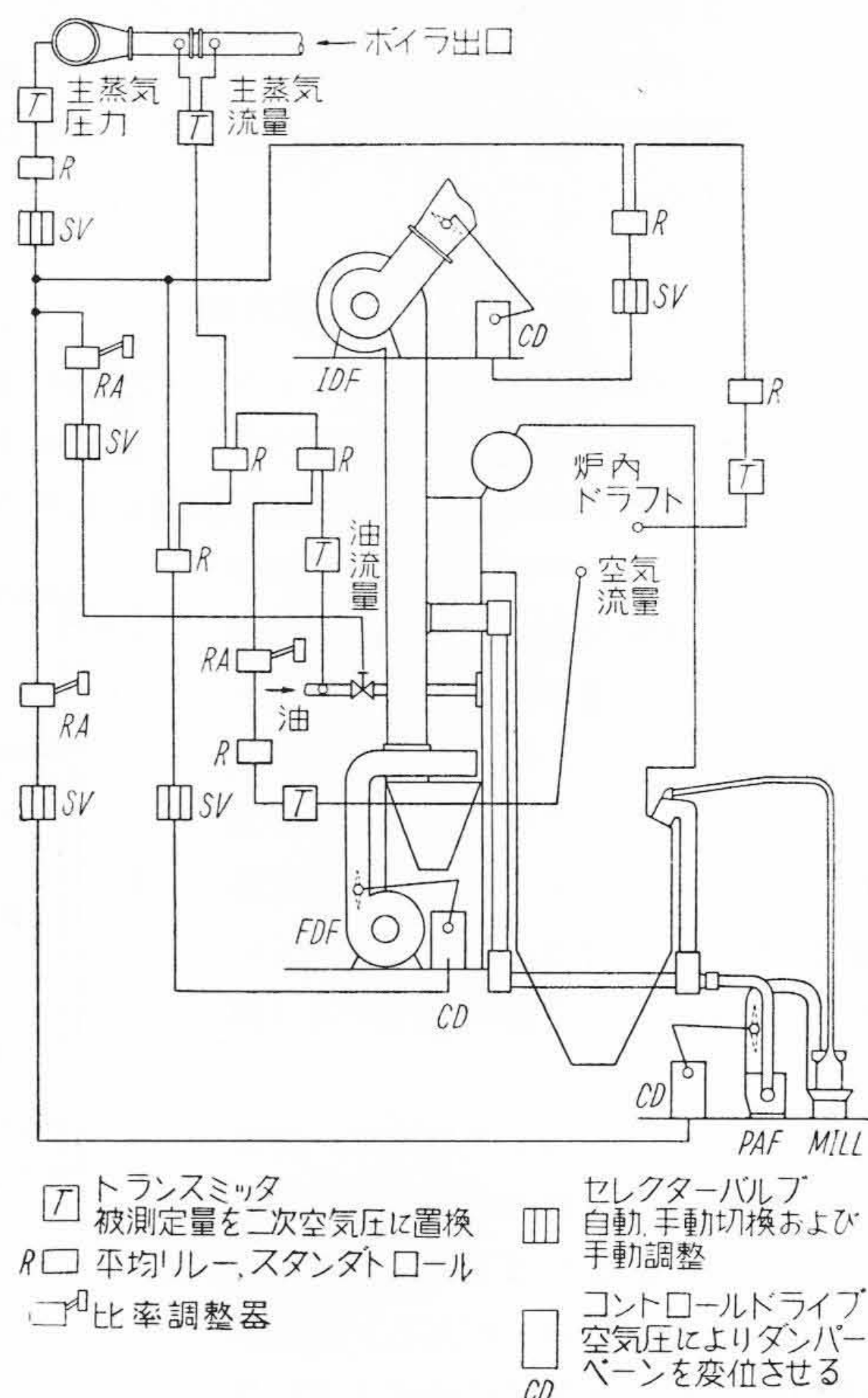
ボイラの自動制御として自動燃焼制御(ACC)は古く

第1表 ボイラの制御場所配置

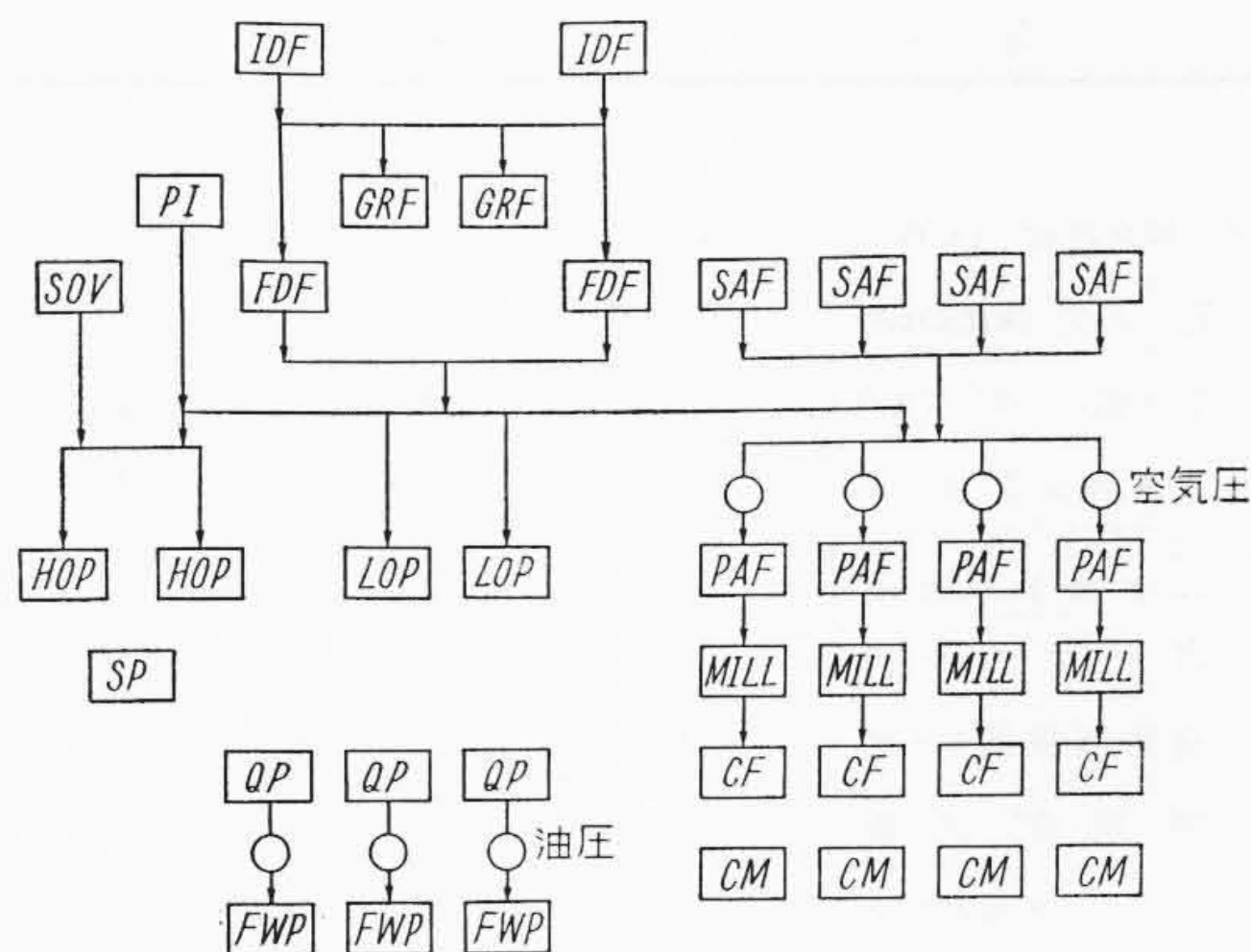
納 先	八 戸 火 力	新東京火力3,5号	国鉄川崎火力
ボイラ容量	260 (t/h)	260 (t/h)	255 (t/h)
燃 焼	CB	CB	CB
給 水	CB	CB	CB
発生蒸気	CB	CB	CB
運 炭	CB	L	L
煤 吹	CB	CB	L
灰 処 理	L	L	L
缶 水 処 理	L	CB	CB
収 塵	L	L	L

CB: 中 央 盤 場
 L: 現 場

から採用されているが、最近はさらに自動給水制御、過熱蒸気温度制御、ミル温度制御などをも完備して自動ボイラ制御(ABC)方式としている。大容量火力ABCとしては多くはベレー方式を採用しておりACCについて一例を示すと第4図のとおりである。図ではボイラの負荷変化を主蒸気圧力の変化により検出し燃料と風量を調節し、主蒸気流量と空気流量とにより風量を再調整して最適燃焼状態を持続させる。さらに誘引、押込の両通風機運転のときは炉内ドラフトを検出してドラフトの平衡を維持する。この方式では検出点の近くにトランスミッタを設置し被測定量はすべて

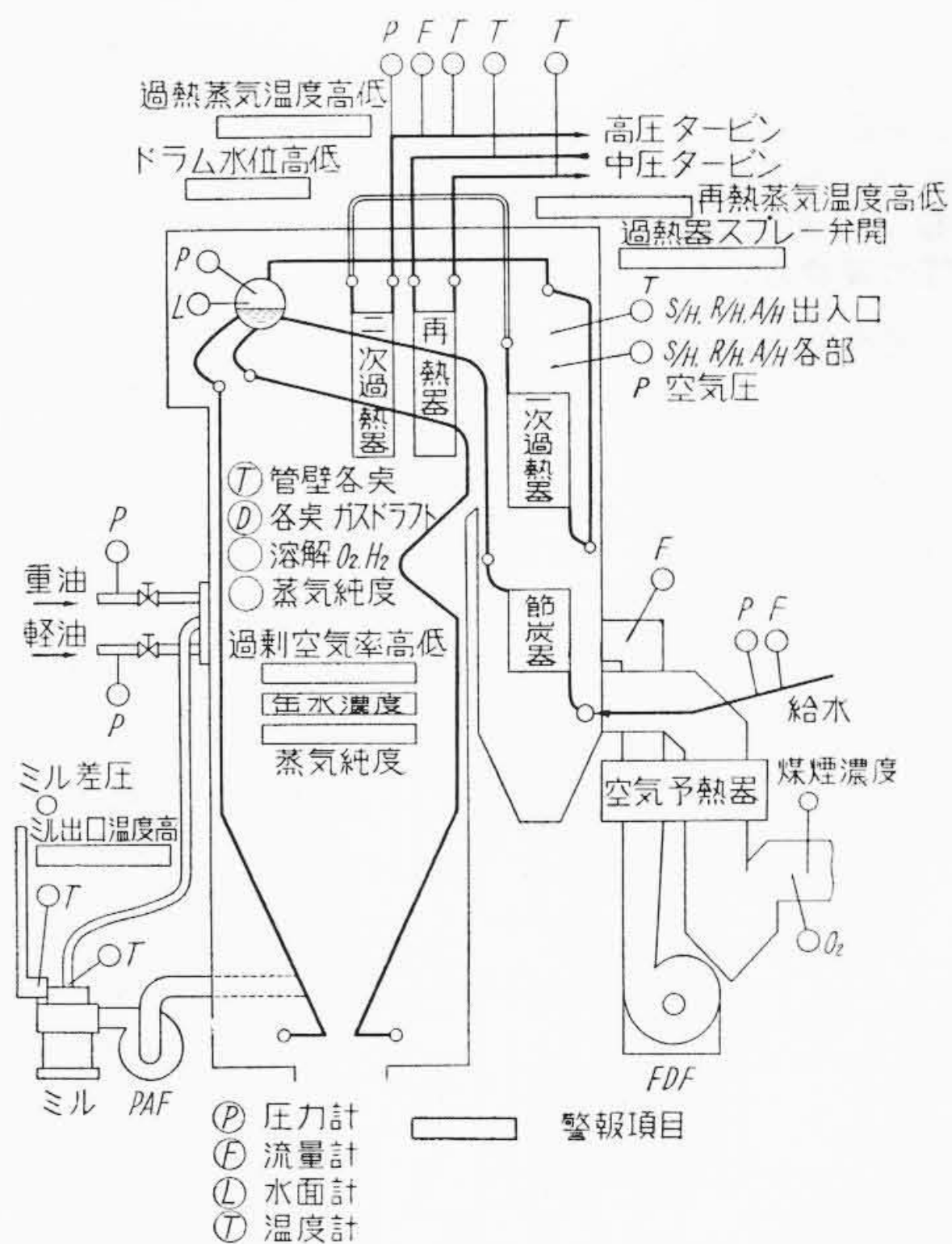


第4図 ボイラ自動燃焼制御系統



IDF: 誘引通風機
GRF: ガス再循環ファン
FDF: 押込通風機
SAF: 封入空気ファン
PAF: 一次通風機
MILL: 微粉炭機
CF: 給炭機
CM: 石炭計量機
LOP: 軽油ポンプ
HOP: 重油ポンプ
SOV: シャットオフバルブ
SP: スラリーポンプ
PI: パージインターロック
QP: 補助油ポンプ
FWP: 汽缶給水ポンプ

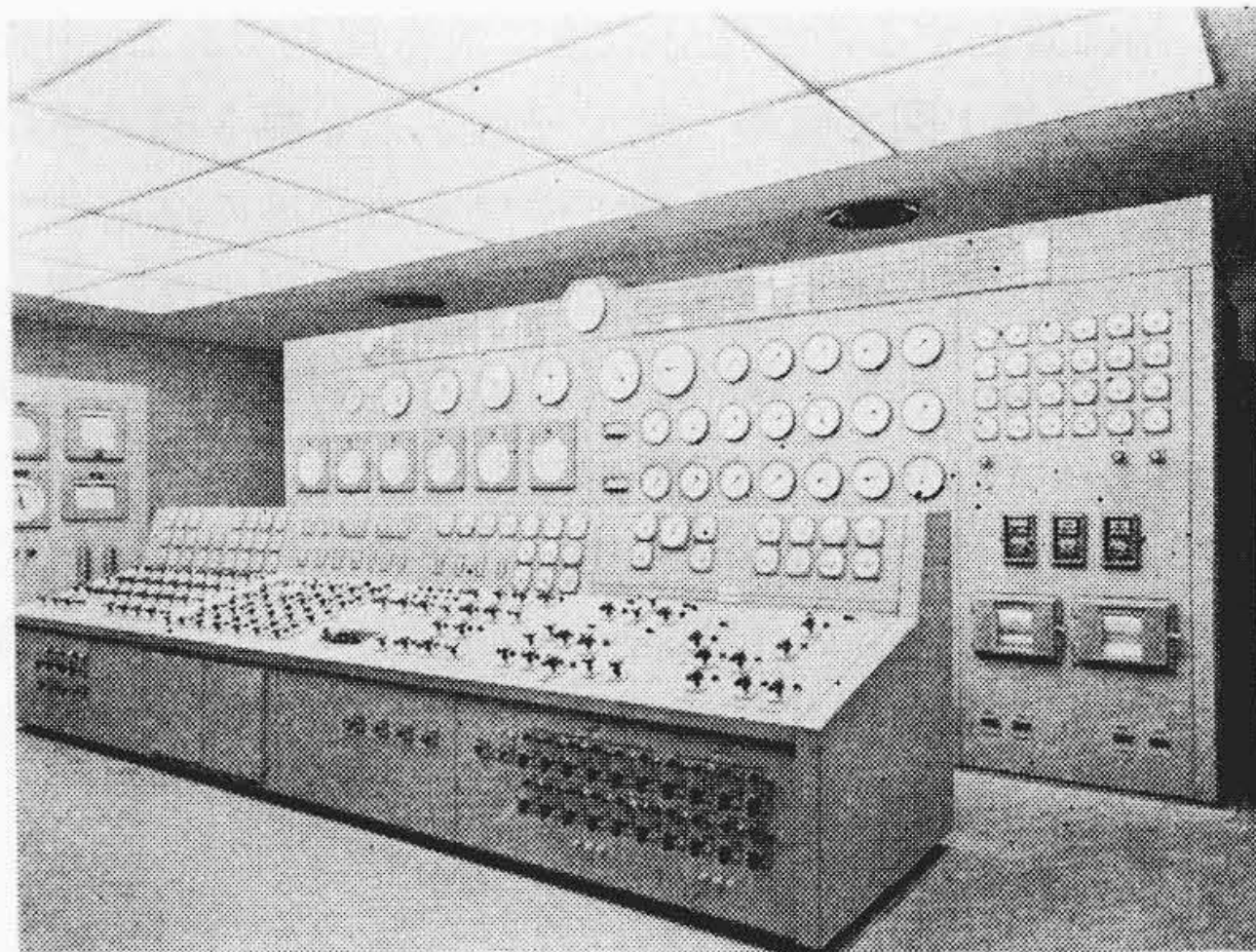
第5図 ボイラ保護連動系統



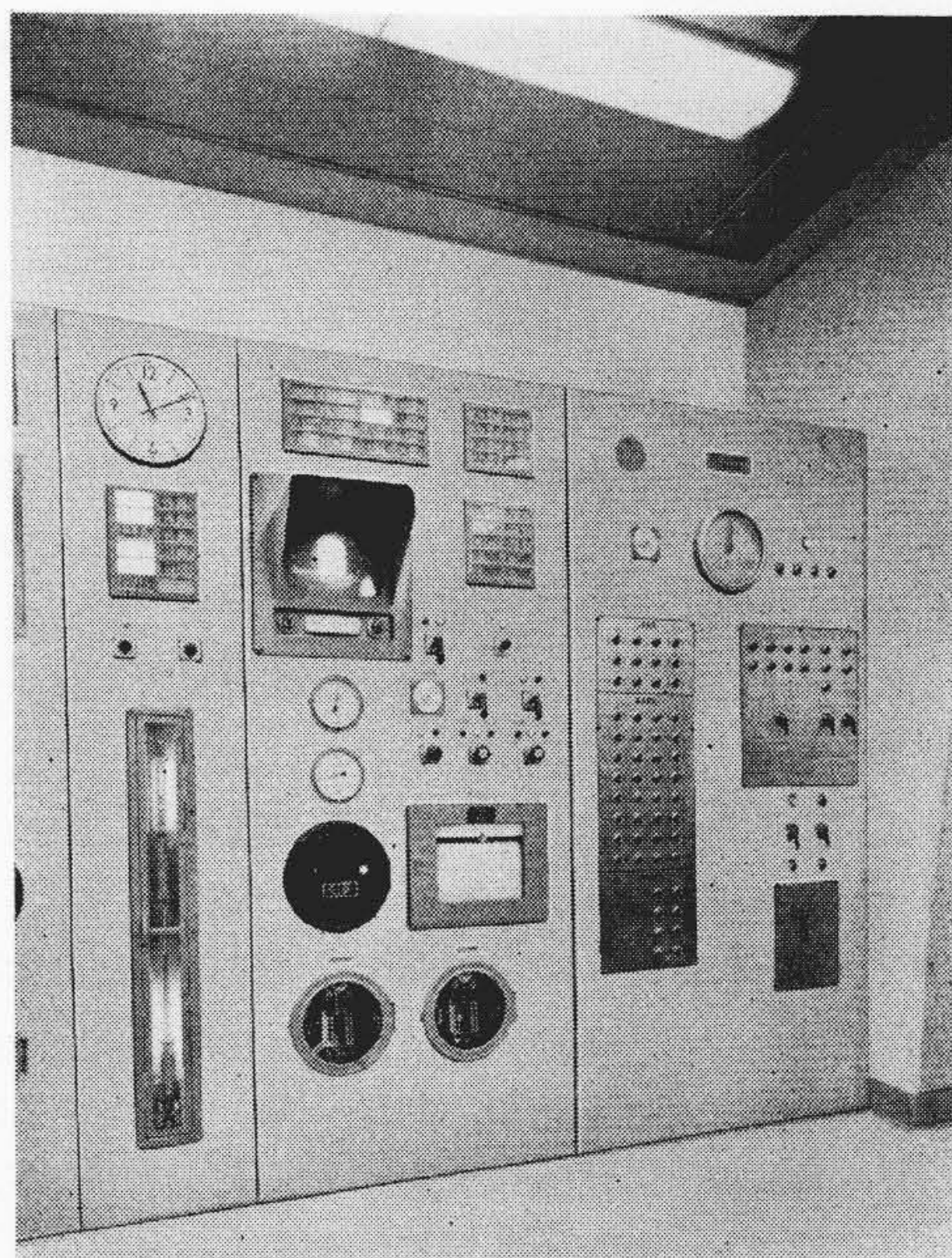
第6図 ボイラ計装警報配置

空気量の変化に換算され制御を行つている。

ボイラの運転で各主要補機の起動停止は一定の順序で行う必要があり、方式は第5図の連動系統図に示すとおりである。起動は矢印の順に行い普通停止はその逆の順序で行うが、緊急時には任意の補機を停止すれば連動系統の以降の補機は自動的に停止する。ボイラ停止後再起動の際はボイラ内通風量が規定状態となるまで燃料系統を起動できぬようパージインターロックを設ける。再熱



第7図 日本国有鉄道川崎火力発電所ボイラ中央盤



第8図 東電新東京火力発電所3号ボイラ補助盤

ボイラではタービンが事故停止し主塞止弁が全閉するとボイラは誘引通風機を残して全停止するように保護連動している。

75,000 kW 級再熱ボイラの計装警報配置の一例を第6図に示す。計器は罐胴蒸気圧、ドラフト計以外はすべて記録計としてできるだけ多点式としている。

3.2 ボイラ中央盤および補助盤

ボイラ用制御盤は灰処理、収塵などの一部を現場操作とするほかすべて中央室に配置する。燃焼、給水、発生蒸気関係のボイラ主系統制御をボイラ中央盤に収め、運炭、煤吹、灰、缶水処理などの補助機器制御をボイラ補助盤にまとめるのが一般である。第7図はボイラ中央盤の一例であつて直立盤と机盤よりなりこの構成のものが最も普通である。直立盤には記録計と照明式故障表示器を取り付け、机盤は2面にわけて補機系統電気制御盤と

ABC 制御盤とするのが保守点検に最も便利である。中央盤の構造は第 1 図で盤の一部を壁埋込とし第 3 図で室の柱と盤を組合せ構造とするなど中央室の余地の活用にとめている。また中央制御盤内に集中する膨大な配線と配管を整理し、机盤で配管を伴うときは前面を扉とするなど極力保守点検に便利な構造としている。

第 8 図はボイラ補助盤の一例で収塵、灰処理の照明式運転表示器、薬液注入制御、パージインターロック、給炭機コントローラ、火炉テレビを収納し煤吹盤を並列している。

4. タービン用制御盤

4.1 タービンの制御、保護、計測

最近のタービンはいつそう高温、高圧となり狭い間隙を保持して高速回転しているので、起動、昇速、負荷など急激な状態変化の際にはタービン内部の温度差による熱応力と車室と軸の伸差を一定の範囲内におさえて運転しなければならない。起動停止をすべて遠方操作とすることはいたずらに複雑となり経済的でないからタービン起動盤を現場に設置して起動停止を行い、常時の運転監視のみ中央制御としている。タービンの主要な補機について最近の新鋭火力でどの範囲まで中央制御しているかを示すと第 2 表のとおりである。すなわちガバナーモータと負荷制限器モータを中央操作とする以外はタービン本体と油装置の制御は大部分タービン起動盤操作としている。タービン補機モータ、電動弁などは非常に数が多いので第 2 表に見るように主要なポンプは中央制御するが、操作頻度の少ないものは現場操作として中央盤を整理し運転員の保守範囲を縮少し制御を簡素化している。

タービン重故障として過速度、真空低下、油圧低下、スラスト摩耗でタービンを非常停止するはもとより、タービン非常停止時のモータリング防止、発電機内部故障時のタービン停止の相互の保護連動を完備する。タービンの保護装置として重要なものに監視計器がある。日立タービン監視計器は伸び計、伸差計、偏心計、振動計、回転数およびカム軸位置指示計、スラスト軸位置指示計よりなり、タービン内部の機械的量を直接測定記録して必要な警報を行いタービンの安全運転と急速起動に重要な役を果している。第 9 図は再熱タービンプラントの計装例である。

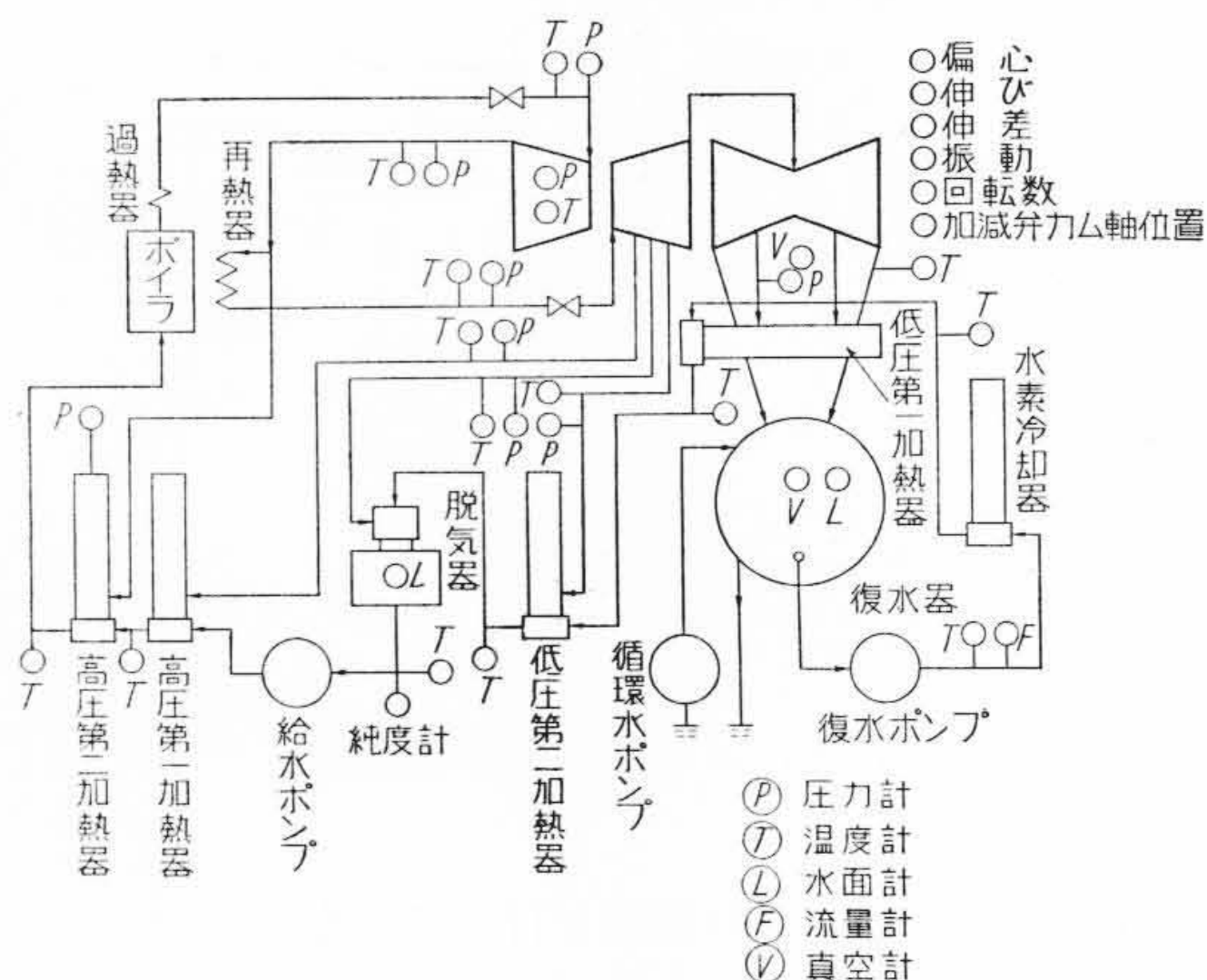
4.2 タービン起動盤と中央盤

第 10 図は 75,000 kW 再熱タービン起動盤で、起動時必要な圧力計、温度計、ターニングモータおよび補助油ポンプの制御器具、照明式故障表示器、各保安装置の試験装置を配置している。タービン監視計器中伸差計、偏心計は特に起動時に重要であるから起動盤設置を標準としている。

第 2 表 タービンの制御場所配置

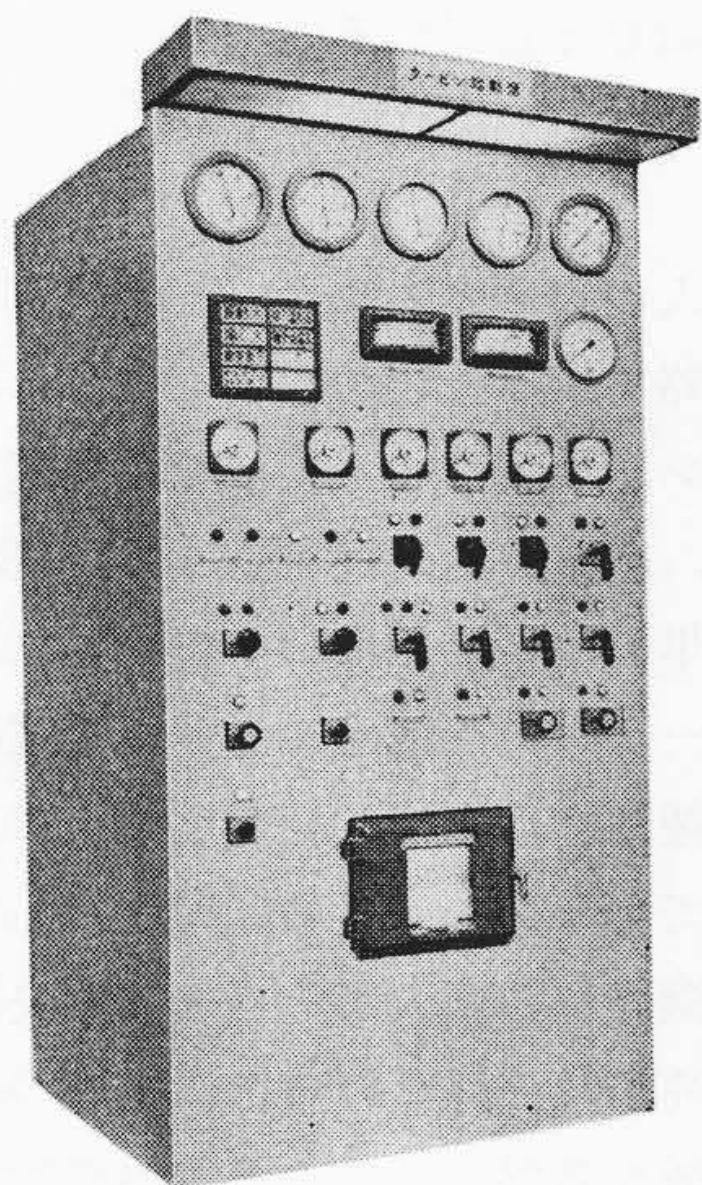
納 先		八 戸 火 力	新 東 京 火 力 3, 5 号	国鉄川崎火力
タービン容量 (kW)		75,000	75,000	60,000
蒸 気 条 件	圧力 (kg/cm ²)	102	102	88
	温 度 (°C)	538/538	538/538	510
本 体	ターニングモータ	SB	SB	SB
	ベ ー パ ー エ ク ス ト ラ ク タ	L	SB	L
	ガ バ ナ モ ー タ	CB	CB	CB
	負 荷 制 限 器 モ ー タ	CB	CB	CB
	弁 開 閉 試 験	SB	SB	SB
油 装 置	ターニング油ポンプ	SB	SB	SB
	補 助 油 ポ ン プ	SB	SB	SB
	非 常 用 油 ポ ン プ	CB	SB	SB
	油 清 浄 機	L	L	L
復 水	復 水 ポ ン プ	CB	CB	CB
	復 水 器 連 絡 弁	L	CB	L
	循 環 水 ポ ン プ	L	CB	CB
	循環水ポンプ出口弁	L	CB	CB
	復水器リバーシング弁	L	L	—
給 水	給 水 ポ ン プ	CB	CB	CB
	脱 気 器 起 動 ポ ン プ	L	L	—
	低 圧 加 熱 器 疏 水 ポ ン プ	L	L	—
	蒸 化 器 給 水 ポ ン プ	—	—	L
冷 却 水	軸 受 冷 却 水 ポ ン プ	L	CB	—
	淡 水 ポ ン プ	L	L	L
	海 水 ポ ン プ	L	CB	—

CB：中央盤 SB：起動盤 L：現場

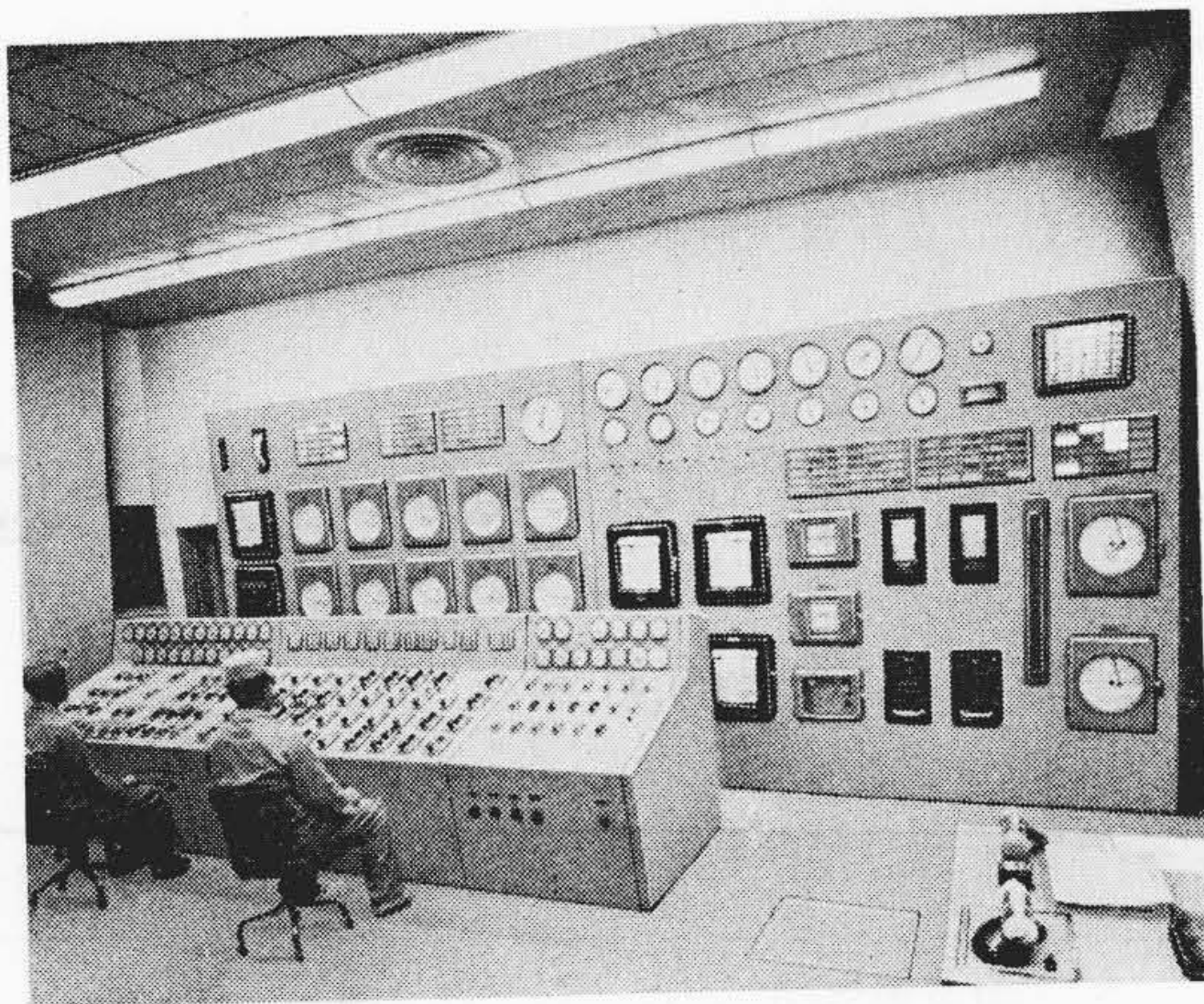


第 9 図 再熱タービンプラント計装配置

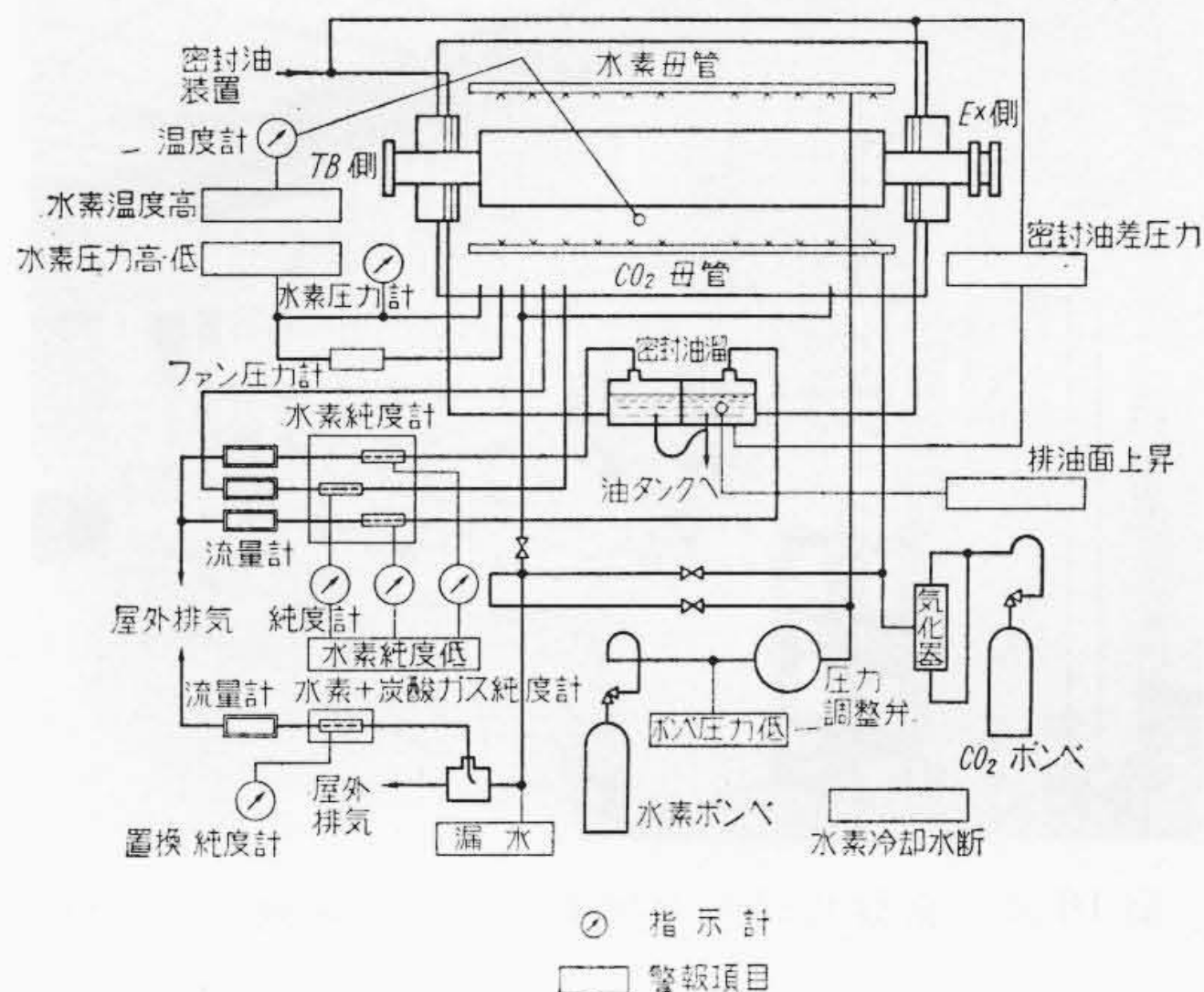
第 11 図はタービン中央盤の例で直立盤と机盤よりなり、直立盤は運転監視に必要な各計器と照明式故障表示器を配置し机盤には主要補機の制御と非常停止ボタンを備えている。



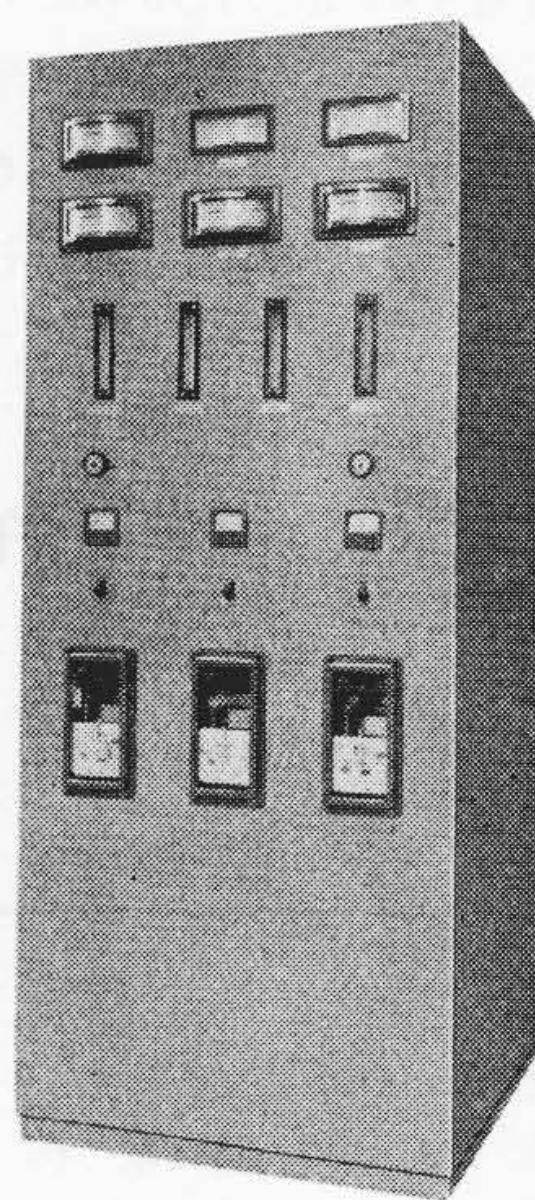
第 10 図 75,000 kW 再熱タービン用タービン起動盤



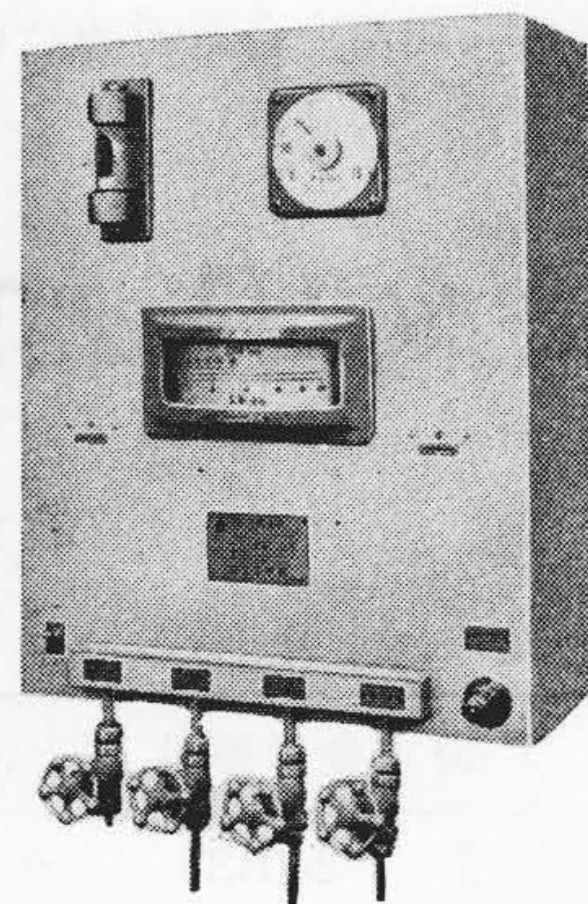
第 11 図 東京電力新東京火力発電所
3号タービン中央盤



第 12 図 ターボ発電機水素冷却計装警報配置



第 13 図 水素ガス
制御盤



第 14 図 水素ガス
置換盤

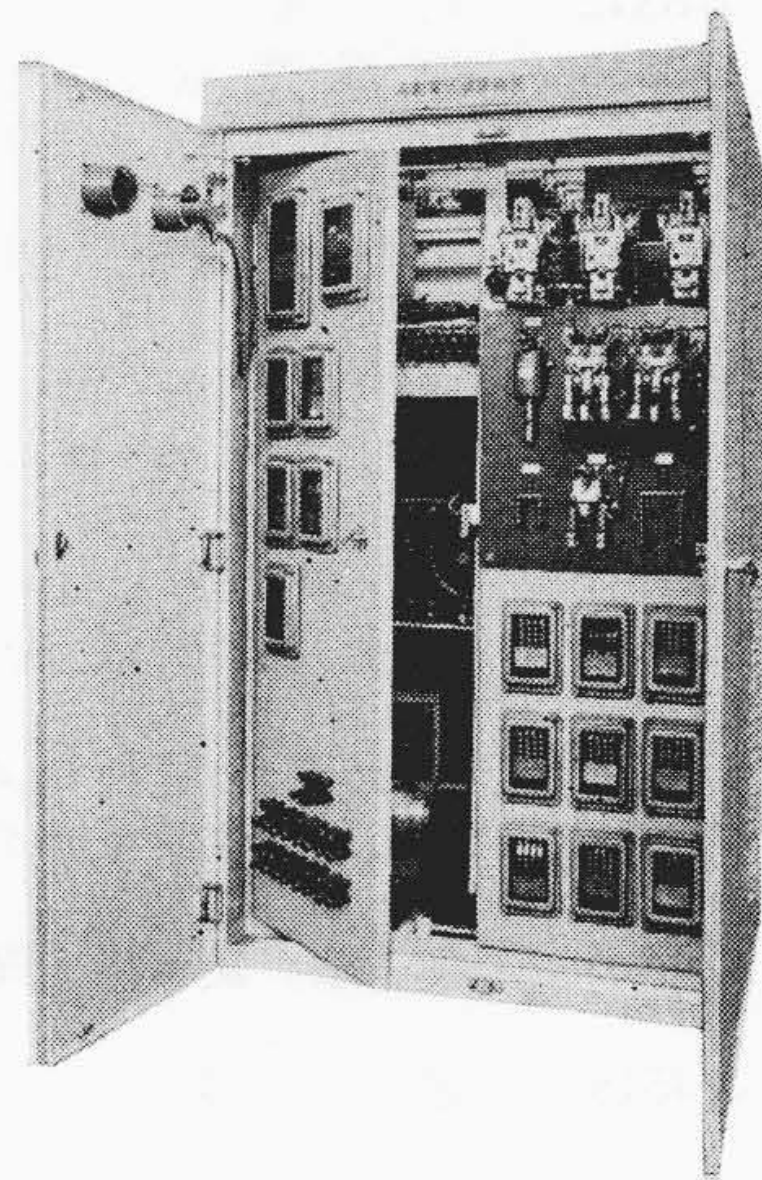
5. 発電機用制御盤

5.1 水素制御盤

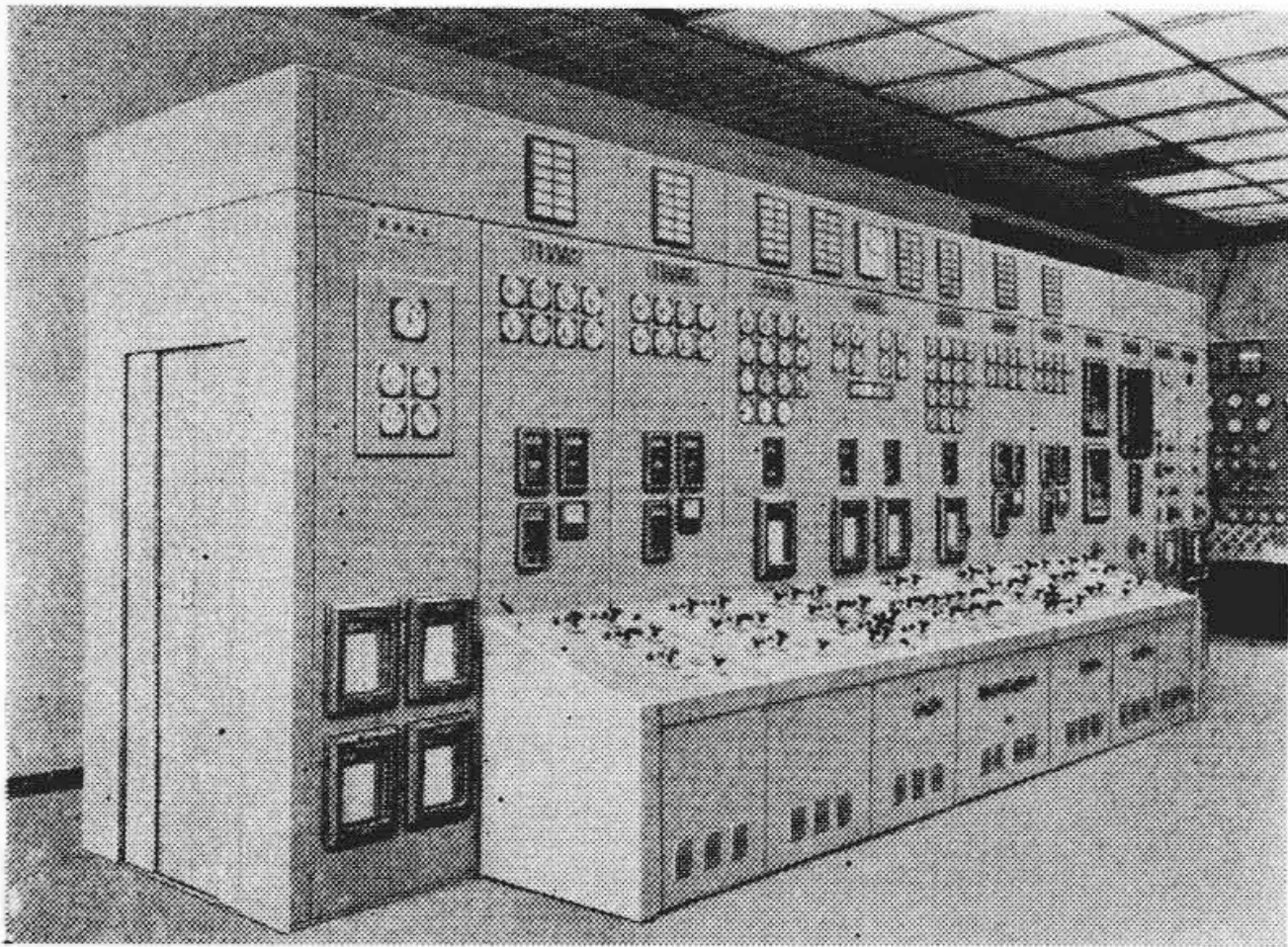
最近のターボ発電機は 40,000 kVA 以上を水素冷却方式としている。第 12 図は標準の炭酸ガス置換連続掃気式の水素冷却計測警報配置図で、水素純度計は熱線式を用いその発信器は発電機内および掃気ガス 2 点の 3 素子組込みとし電源周波数変動補償付としている。中央室では水素の純度と圧力の監視と警報表示のみ行い、水素および密封油の制御は現場の水素制御盤と補機盤で行い別に置換用として水素置換盤を設けている。第 13～14 図はそれぞれ水素制御盤、水素置換盤の外観である。

5.2 主機制御装置

保護継電方式は高感度の比率差動継電器をはじめ界磁喪失、逆電力、過電圧、後備保護の各保護継電器を備えている。自動電圧調整器は感度速応性ともにすぐれた増幅器型が採用される傾向にあるが第 15 図は日本国有鉄



第 15 図 日本国有鉄道川崎火力発電所
HTD 型 AVR キュービクル



第 16 図 常盤共同火力勿来発電所発電機送電線盤

道川崎発電所納の HTD 型 AVR キュービクルの外観を示し、本器は 60,000 kW 全負荷遮断時電圧上昇率を 9 % におさえる好成績で運転している。発電機送電線の配電盤は通常の水力発電所用と異なるところはない。第 16 図は常盤共同勿来発電所納のものでベンチボード型とし背

面は保護継電器盤としている。

6. 結 言

以上最近納入の新鋭火力について中央制御方式と火力用配電盤の概略を述べた。すなわちこれら発電所ではボイラ、タービン、発電機の主要部を中央制御し、タービンの起動停止、水素ガス置換制御を現場操作としている。火力機の単機容量が相次いで更新され、クロスコンパウンド型タービンや内部冷却ターボ発電機の出現など火力発電所の技術はめざましい発展途上にあり、中央制御方式についても今後多くの問題を残している。制御の複雑化、補機操作の増大がそのまま中央制御室および盤の大型化と運転員の過度の負担に結びついてはならない。現在の技術を基盤としつつその自動制御の採用により簡潔で完全な中央制御方式を確立するようたゆまぬ努力が続けられている。

参 考 文 献

広吉：日立評論 別冊 No. 12, 113 (昭 31-2)

特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その 2)

(第 6 頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
特 許	240135	サイクロンフアーネス	日立研究所	古 賀 善 雄	33. 3. 5
	473317	堅軸水車発電機制動装置	日立工場	滑 川 清	33. 3. 15
実用新案	473321	補償線輪導体支持装置	日立工場	菅 野 政 雄	"
	473322	電磁接触器整定装置	日立工場	村 田 正 光	"
"	473340	高圧下搬出装置	日立工場	高 橋 明 夫	"
				滑 川 清	"
"	473342	耐衝撃押釦開閉器	日立工場	白 土 忠 治	"
"	473343	防爆型電磁開閉器の操作装置	日立工場	鈴 木 正 明	"
"	473353	湿式コットレル用碍管	日立工場	大 野 長 太 郎	"
"				土 生 都 賢	"
	473354	中性点接地抵抗器	日立工場	加 藤 春 雄	"
"	473355	グリッド抵抗器	日立工場	加 藤 春 雄	"
"	473356	磁気分離機の分離胴	日立工場	鈴 木 正 明	"
"	473357	交流発電機の電圧調整装置	日立工場	田 附 修 隆	"
"				西 政 隆	"
	473364	同期発電機調整装置	日立工場	加 藤 春 雄	"
"	473369	電動機用電流制限器切換装置	日立工場	檜 垣 登 二	"
"				大 島 昭 二	"
	473370	巻上機用電動機の減速指令制御装置	日立工場	大 島 昭 二	"
"	474493	単極風冷式エキサイترون型鉄槽封緘整流器	日立工場	毛 利 銓 一	33. 3. 28
"				浅 野 弘 弥	"
	474510	接触変流機の開閉装置	日立工場	緑 川 勝 瑞 夫	"
"				曾 根 田 千 吉 郎	"
	474518	定電流装置	日立工場	泉 藤 木 勝 美	"
実用新案	474614	引出し型制御盤	日立工場	河 合 留 八	33. 3. 28

(第18頁に続く)