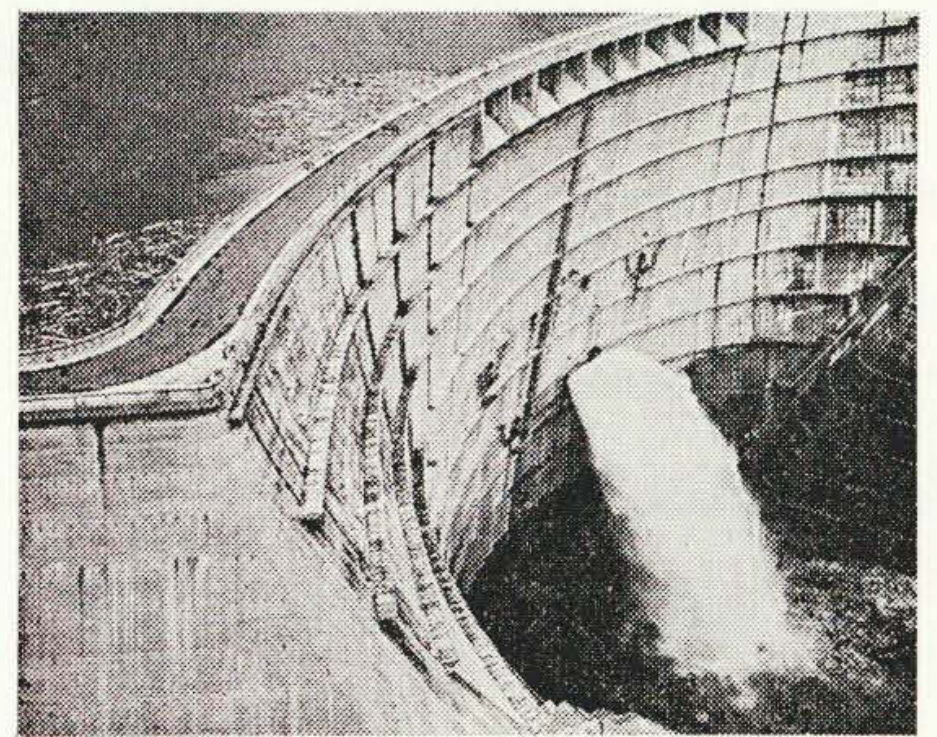


2 電力 原子力

Electric and Atomic Powers



総説

昭和43年におけるわが国の電力消費の増勢は、依然としてめざましいものがあり、全国で年平均10%に及ぶとともに、超高層ビルの建設、工場のオートメーションの採用などにより、電力の質的向上がさらに望まれる情勢にある。

日立製作所における発電設備、流通近代化設備に対する43年中の技術的進歩も、このような情勢に対応して、見るべきものが多い。

水力設備にあっては、容量的にいても、また技術的内容からいっても記録的なものは、揚水発電機器に集中している。電源開発株式会社長野発電所納の113 MW フランシス形ポンプ水車はわが国最大容量のものであり、四国電力株式会社蔭平発電所納の47.7 MW 斜流ポンプ水車は、斜流ポンプ水車として、揚程においては世界最高、容量においては世界第二位である。引き続きフランシス形ポンプ水車としては240 MW というさらに大容量機を、関西電力株式会社喜撰山発電所向として、また88 MW の斜流ポンプ水車を、中部電力株式会社高根発電所向として製作中であるなど、技術的進歩のあとがめざましい。

火力発電設備としては、東京電力株式会社五井火力発電所向350 MW ユニットがすでに運転にはいっており、さらに引き続き同じく東京電力株式会社鹿島発電所向600 MW タービン発電機、姉ヶ崎発電所向第2、3号600 MW 用ボイラを始めとし450 MW、350 MW など多数を製作中で、ますます増大化する単機容量に対応した技術の進展と製作態勢を示している。一方アメリカ GE 社との共同製作により生産しているパッケージ形ガスタービンも12台を完成、13台を製作中であり、ますます実績をあげつつある。

原子力発電設備にあっては研究段階から実用段階へとはいりつつあり、重要部分の国産化が要望されている。日立製作所では今回、日本原子力発電株式会社敦賀発電所の原子炉圧力容器や東京電力株式会社福島原子力発電所第1号原子炉格納容器などの記録的製品の製作を行ない、国産化率向上に寄与するとともに、さらには将来の新形転換炉、高速増殖炉の開発への協力の一環として、原形炉の設計、関連機器の開発などを積極的にすすめてその成果に見るべきものが多い。

送配電設備にあっては、第一に500 kV 用機器の開発があげられる。変圧器を初め、空気遮断器、コンデンサ形計器用変圧器、変流器、断路器など開発を完了し、国内における実用にさきがけて、輸出向として受注し、製作中である。一方低圧用としては真空遮断器の開発を行ない、給電運用の合理化への研究として電力中央研究所との共同研究により電力系統シミュレータを納入、引き続き共同研究を行なっている。

配電近代化機器としては、SF₆を用いた変電所機器の縮小化をはじめ、ネットワーク配電用機器、20 kV 架空配電用機器、架空配電保護監視装置の開発など枚挙にいとまがない。

水力設備

■ ポンプ水車続々完成

(1) 電源開発株式会社長野発電所納 113 MW 2台

わが国最大の揚水発電所として業界の注目を集めていた長野発電所納 113 MW フランス形ポンプ水車 2 台が昭和 43 年 5 月および 7 月にそれぞれ優秀な成績で合格して営業運転にはいり目下好調に運転中である。

本発電所は福井県大野市の東方 30 km の九頭竜川上流に新設された地下発電所で世界的に類例のない複雑で長い放水路を有し、記録的な大容量機であるため、主機の設計製作に際しては、さきに運転開始された池原発電所 80 MW および 110 MW 主機の製作経験を生かし、電子計算機その他による詳細な検討が行なわれた。

特に長い放水路に対する過渡現象の計算および模型実験により運転特性を確認するなどの基礎的研究を経て納入されたものである。図 1 は長野発電所納 113 MW ポンプ水車ランナを図 2 は複雑な放水路の概略図を示したものである。

現在中国電力株式会社新成羽川発電所納最大出力 78 MW、ポンプ水車 3 台のうち 1 台目の現地据付、試験が終了、11 月上旬検査も合格し順調に運転中である。残り 2 台も並行して現在据付中である。発電所完成後は水車 1 台、ポンプ水車 3 台で最大 303 MW を発電する中国地方最大の揚水発電所となる。

なお現在東京電力株式会社水殿発電所納最大出力 64 MW、ポンプ水車 2 台、および関西電力株式会社喜撰山発電所納最大出力 240 MW ポンプ水車 1 台を鋭意製作中である。特に喜撰山発電所納ポンプ水車は世界的にも記録的な高落差大容量機であり、この成果は業界の注目するところである。

(2) 四国電力株式会社蔭平発電所納 47.7 MW 1台

蔭平発電所納最大出力 47,700 kW、最高揚程 94 m 斜流ポンプ水車はスペインのバルデカナス発電所の最高揚程 74.1 m をうわまわる世界的な記録品で、穴内川発電所 13,500 kW 斜流ポンプ水車に引き続き納入された国内 3 台目の斜流ポンプ水車で、容量も世界第 2 位の大形機である。昭和 43 年 5 月官庁試験を終了し、営業運転にはいった。技術的な問題に関しては、昭和 39 年 9 月より四国電力株式会社と協同研究を行なって完成したものである。

本発電所は徳島県那賀川上流に新設された半地下式発電所で、発電を主とし、揚水は夜間などの余剰電力を利用して付随的に行なわれることになっており、水車最大水量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、最大揚水量 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ に制限し、吸込み高さ -9.5 m と浅く選定されている。模型試験によって不安定特性(へこみ)のないポンプ特性、すぐれた効率、キャビテーション特性が得られた。現地試験の結果、水車運転状態はきわめて静かであり、ポンプ運転についても、上記のようなきびしい条件にもかかわらず、良好な運転状態であることが確認された。現地試験の結果、水車効率、ポンプ効率とも保証値を満足し、模型ポンプ水車特性との相似性もよく合っていることが確認された。

構造面でも、従来の上下動式ランナ操作機構に代わって、回転式サーボモータ、回転式ランナ操作機構が採用され、回転式サーボモータは水車主軸と発電機主軸の中間に設けられている。揚程が高く、回転数も高く選定されているので、ランナブレード強度については、疲労強度、ブレード付根応力集中に重点をおいて研究され、ブレード付根形状が決定された。ポンプ起動方式には、斜流ポンプ水車で初めて水面押下げ方式が採用されているほか、種々新しい設計が採用されている。なお引き続き中部電力株式会社高根第 1 発電

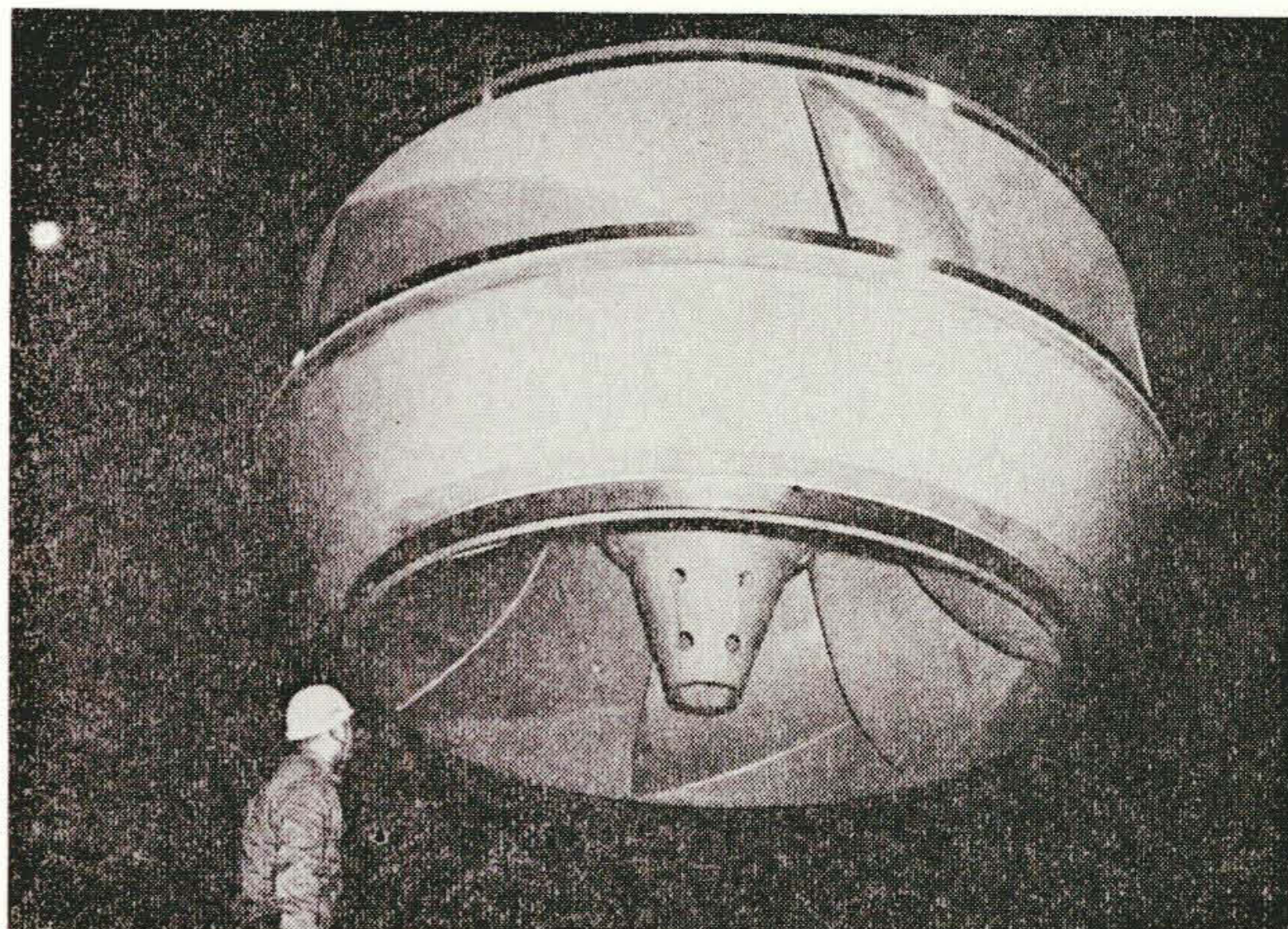


図 1 電源開発株式会社長野発電所納 113 MW ポンプ水車用ランナ

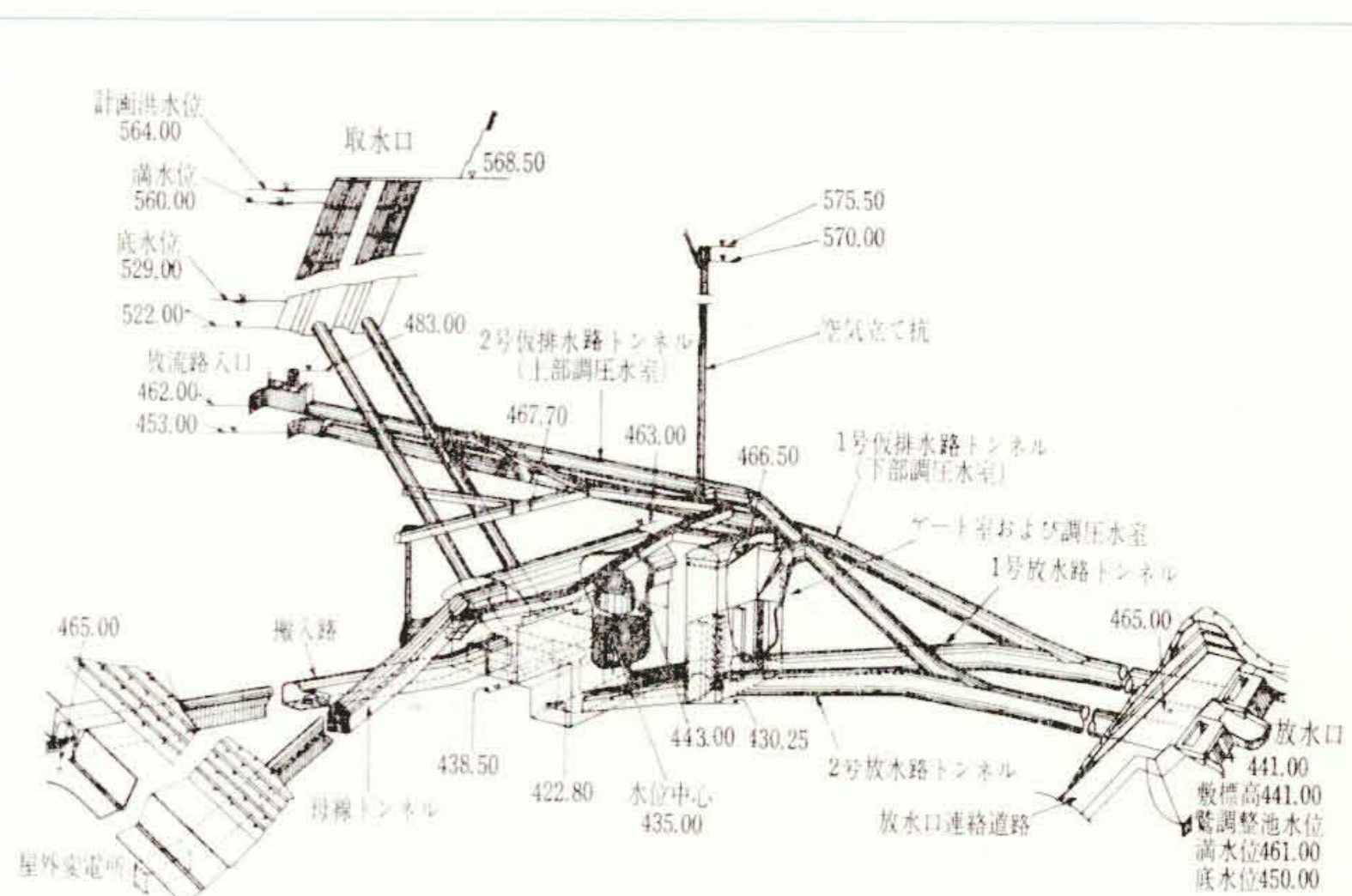


図 2 電源開発株式会社長野発電所放水路概略図

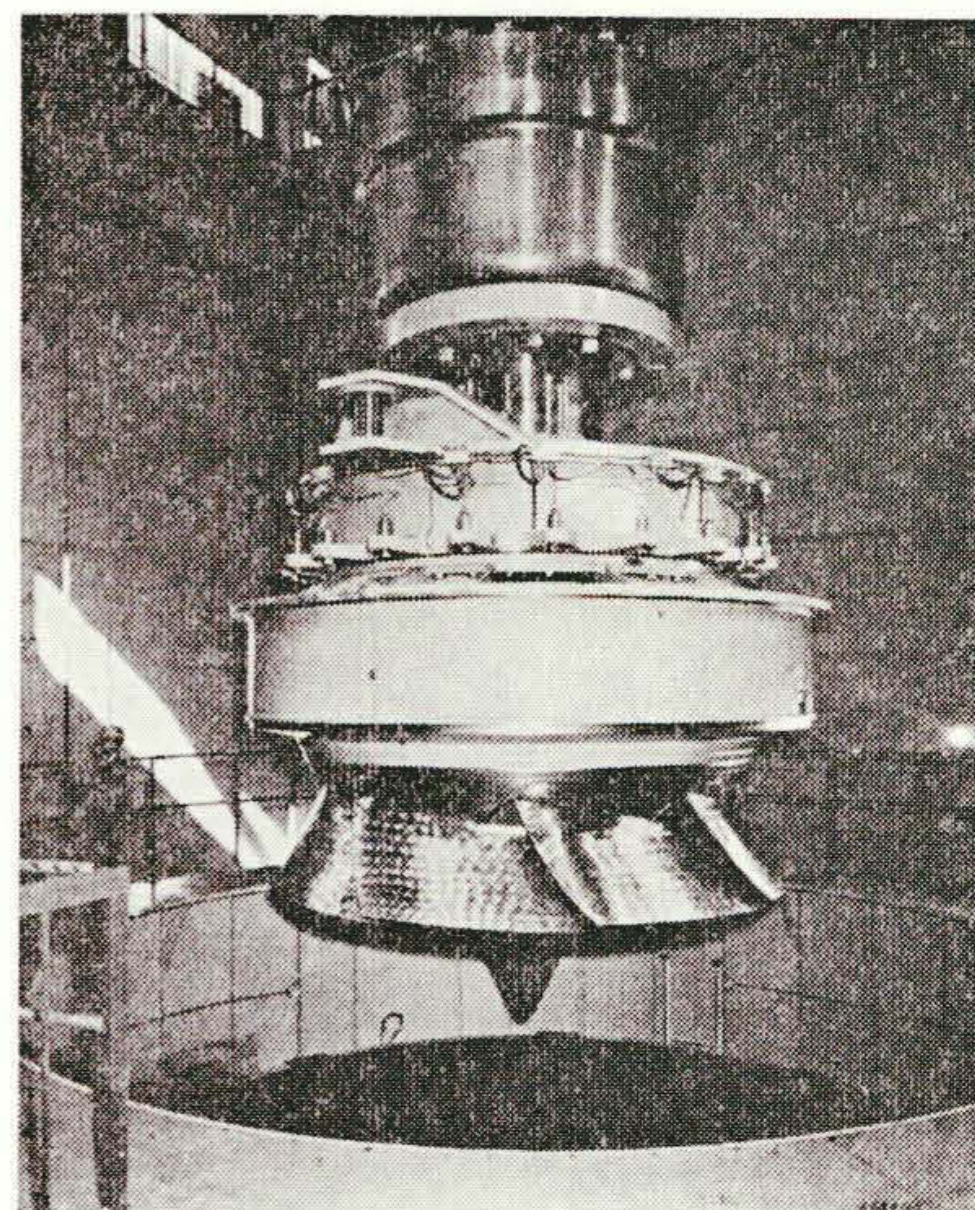


図 3 四国電力株式会社蔭平発電所納 47,700 kW 斜流ポンプ水車ランナ組込作業

所納 88,000 kW 斜流ポンプ水車も工場完成し、昭和 44 年 9 月運転開始を目標に鋭意現地据付中である。

■ 水車発電機、発電電動機の完成と進歩

(1) 水車発電機および発電電動機の完成

中部電力株式会社	高根発電所納	100 MVA/97.7 MW	2 台
中国電力株式会社	新成羽川発電所納	79 MVA/73 MW	2 台
東京電力株式会社	水殿発電所納	65 MVA/63 MW	1 台

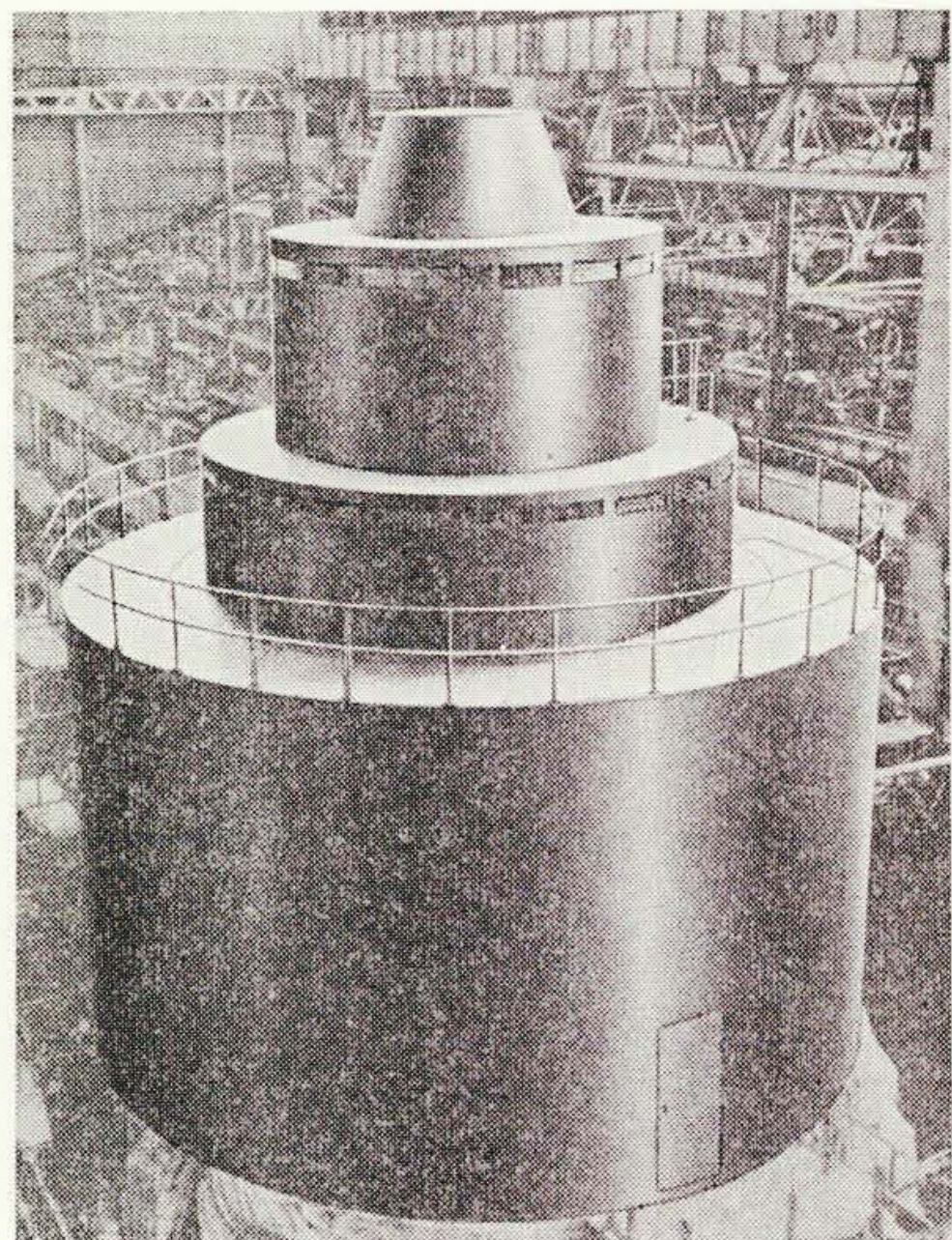


図4 工場完成した 100 MVA/97.7 MW 発電電動機

石 川 県 大日川第二発電所納 8.4 MVA 1 台
 ギリシャ・公共電力 カストラキ発電所納 77.39 MVA 3 台
 ブラジル・アマパ電力 コアラシヌネス発電所納 23 MVA 2 台
 などが完成した。

(2) 高速大容量発電電動機のダンパ巻線(高根発電所納)

始動時に回転子に発生する熱エネルギーは、単位慣性定数、回転子外径、損失トルクの大きさなどに影響されるが、特に回転数の影響が大きく、高速になるほど回転子磁極表面の単位面積当たりに発生する熱量が多くなる。また遠心力に対する機械的要求もつらくなる。高根発電所納発電電動機は、従来の発電電動機の熱的・機械的な実績を上回る高速大容量機である。図5はこの回転子を示したものである。本機の完成により、ダンパ巻線始動の発電電動機の製作範囲が将来さらに拡大されるものと思われる。

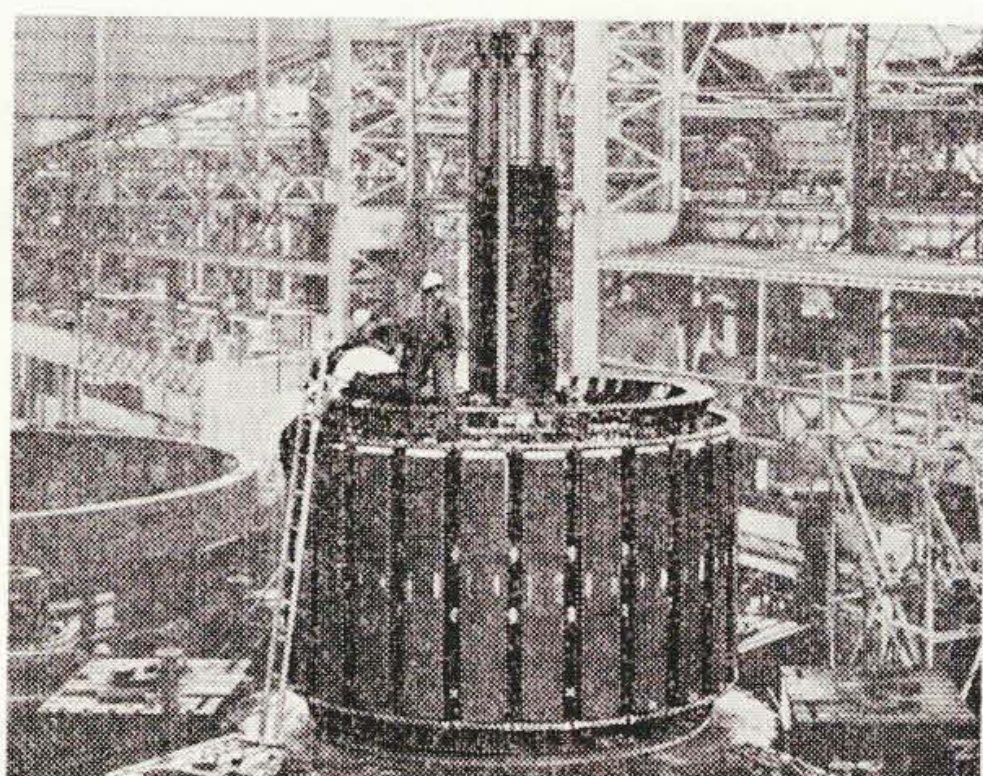


図5 100MVA/97.7 MW 発電電動機の回転子

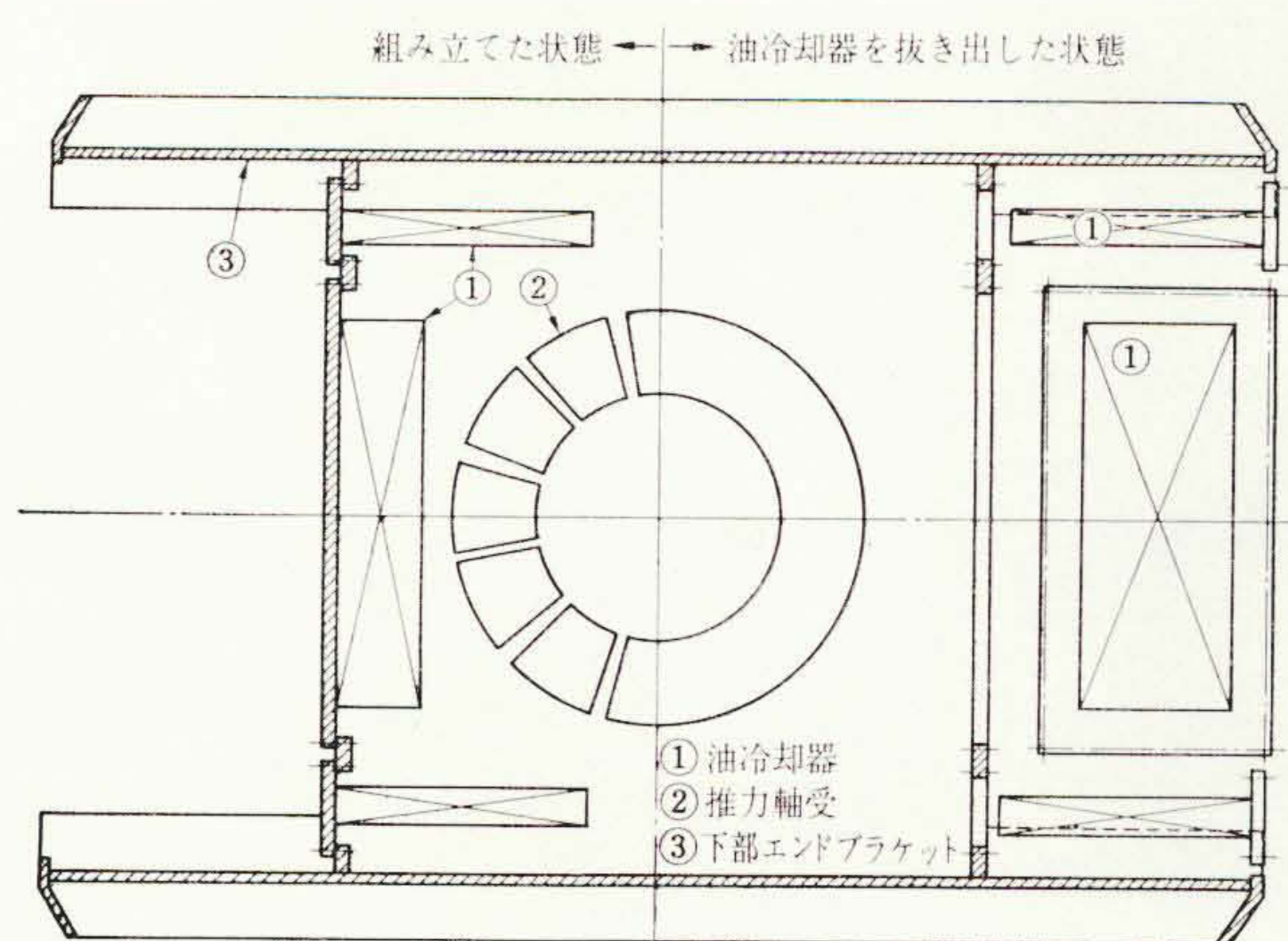


図6 推力軸受分解の一方法

(3) 推力軸受分解方法の改良(カストラキ発電所納)

かさ形発電機において、回転子を分解しないで推力軸受を分解する方法として、図6左側に示すように、推力軸受油槽の側壁と油冷却器を一体とし、これを右側に示すように分解することにより、推力軸受および二分割された推力ランナを外部に取り出す方法を採用した。

(4) NF形推力軸受の採用(大日川発電所)

NF形推力軸受(Non Flat Type Thrust Bearing)は一連の研究の結果により、運転時に推力軸受潤滑面が円弧状になるようにするとともに、支持部を角形にして半径方向の変形を減少せしめたものであるが、大日川発電所納発電機には軸受面圧を従来より高くとしたものを採用し、じゅうぶん満足な結果を得た。

(5) セルフポンプによる推力軸受潤滑油冷却方式の開発

一般には推力軸受油槽の中に冷却蛇管を入れて冷却しているが、推力ランナの半径方向に穴をあけ、回転によるポンプ作用を利用して油槽外の潤滑油を導き、外部に設けた冷却器で冷却して油槽に返還するという冷却方式を開発した。かくすると推力軸受の回りが簡素化され、保守点検が容易になるとともに熱交換率の高い冷却器を使用することができる。

(6) 組立省略技術の確立

わが国では水車発電機は工場において完全組立を行ない、回転試験を行なう習慣であるが、外国では工場では部分組立を行なうだけで、回転試験は行なわないのが一般である。ギリシャ・カストラキ発電所納交流発電機(屋外形)などがこの方式である。合理化の考え方から、わが国でも逐次この思想がとり入れられつつあり、将来は工場回転試験は行なわない方向に進むことになるとと思われる。そのためメーカーとしては、工場で完全組立、回転試験を行なわなくても、現地でトラブルを起こさないよう、組立省略技術を確立する必要がある。

■ ブラシレスタービン発電機

コミュテータレスタービン発電機は、160,000 kVA、3,000 rpm の西パキスタン・コランギ発電所納のものが工場完成をしたほかに、408,000 kVA 機以下6機を製作中である。

ブラシレスタービン発電機としては、14,000 kVA、3,600 rpm 機が好調に運転中であり、また 88,235 kVA、3,000 rpm 機以下3機を製作中である。

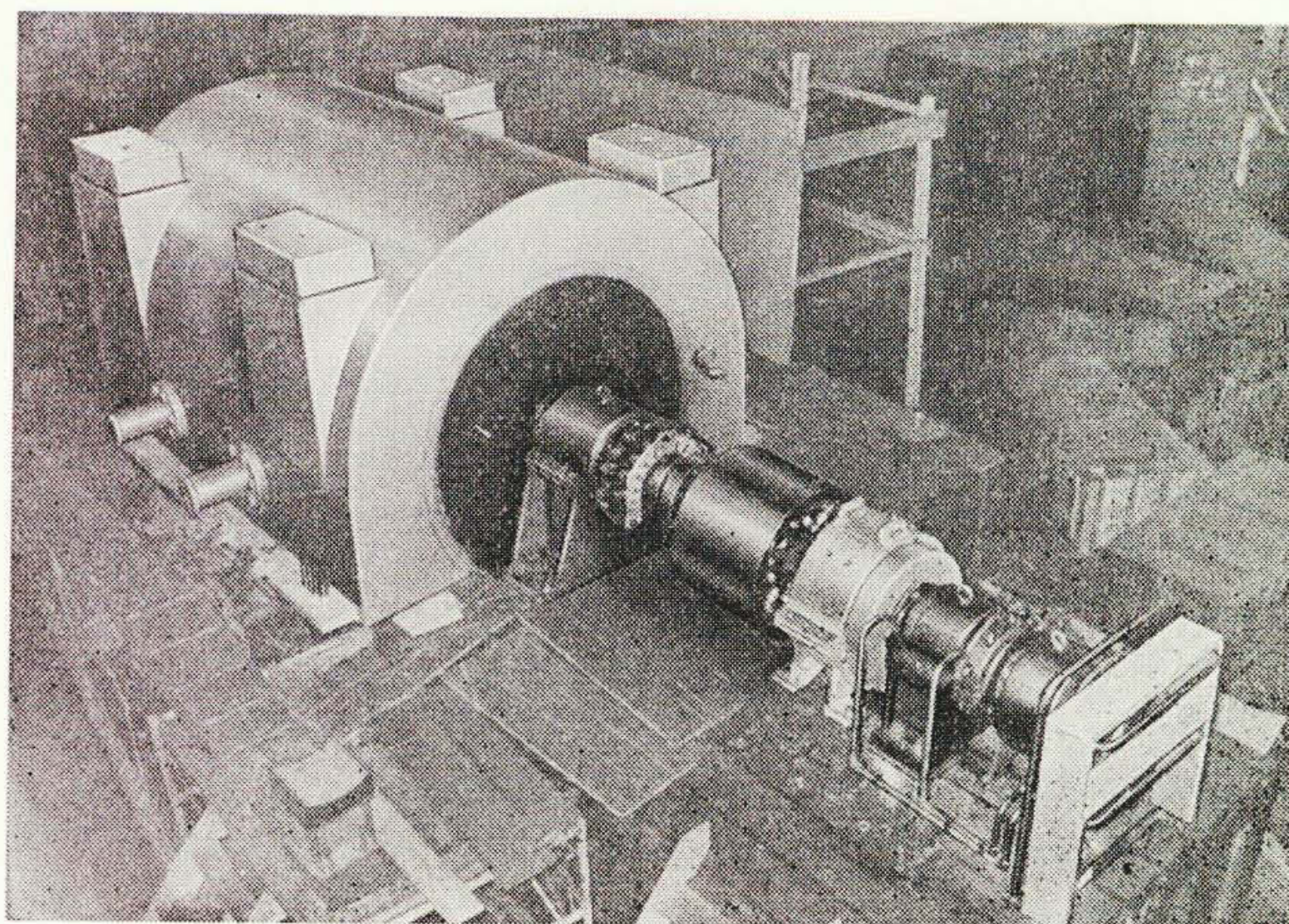


図7 14,000 kVA 3,600 rpm ブラシレスタービン発電機

大容量揚水発電所用制御装置

四国電力株式会社蔭平発電所 (斜流 45 MW 1 台), 電源開発株式会社長野発電所 (120 MW 2 台), 中国電力株式会社新成羽川発電所 (79 MW 4 台中工期分 2 台) へ大容量揚水発電所用主配電盤および制御装置を納入し, 良好な運転にはいっている。

最近の傾向としては, 次の点があげられる。

(1) 主 配 電 盤

揚水発電所は電力系統の中枢部に設置されるため, 系統を含めて広範囲の制御を統括する必要がある。このため系統の運転状況が容易にわかるような系統表示盤, 主機の運転状況が識別できる運転表示盤を備えて, 運転, 保守に便利なものになっている。

照光盤の例として, 新成羽川発電所の主配電盤を図 8 に示す。

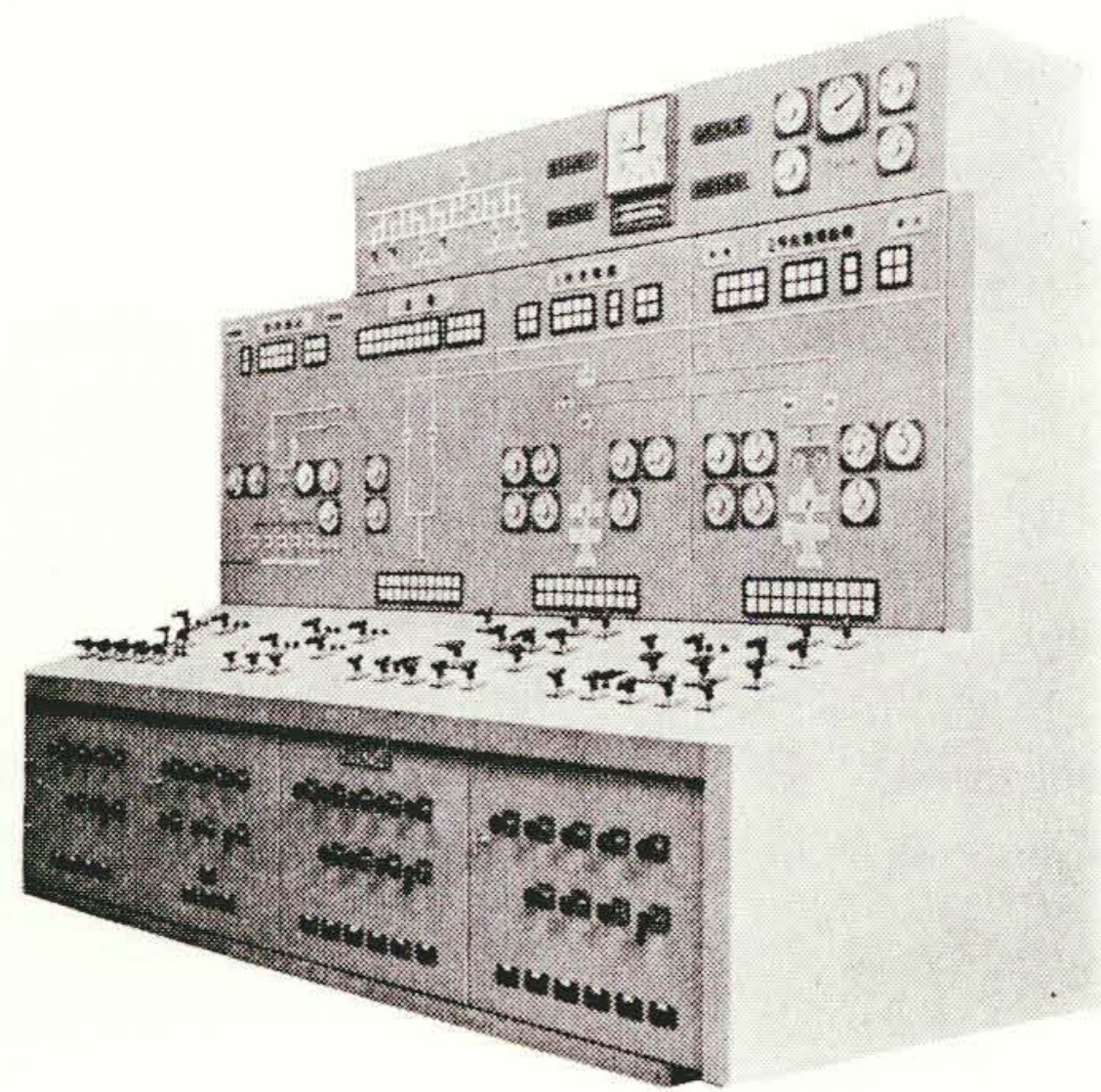


図 8 中国電力株式会社
新成羽川発電所納主配電盤

(2) 高性能制御装置

主機の速度, 出力制御および電圧または無効電力制御を円滑に行なうため, 結合運転装置および折線垂下率調整装置を備えた高性能トランジスタ形電気ガバナ, さらに無効電力調整装置 (AQR) と組み合わせた HTD 形, または磁気増幅器形の高性能自動電圧調整装置などを備えている。

電気ガバナによる結合運転装置のブロック図を図 9 に示す。

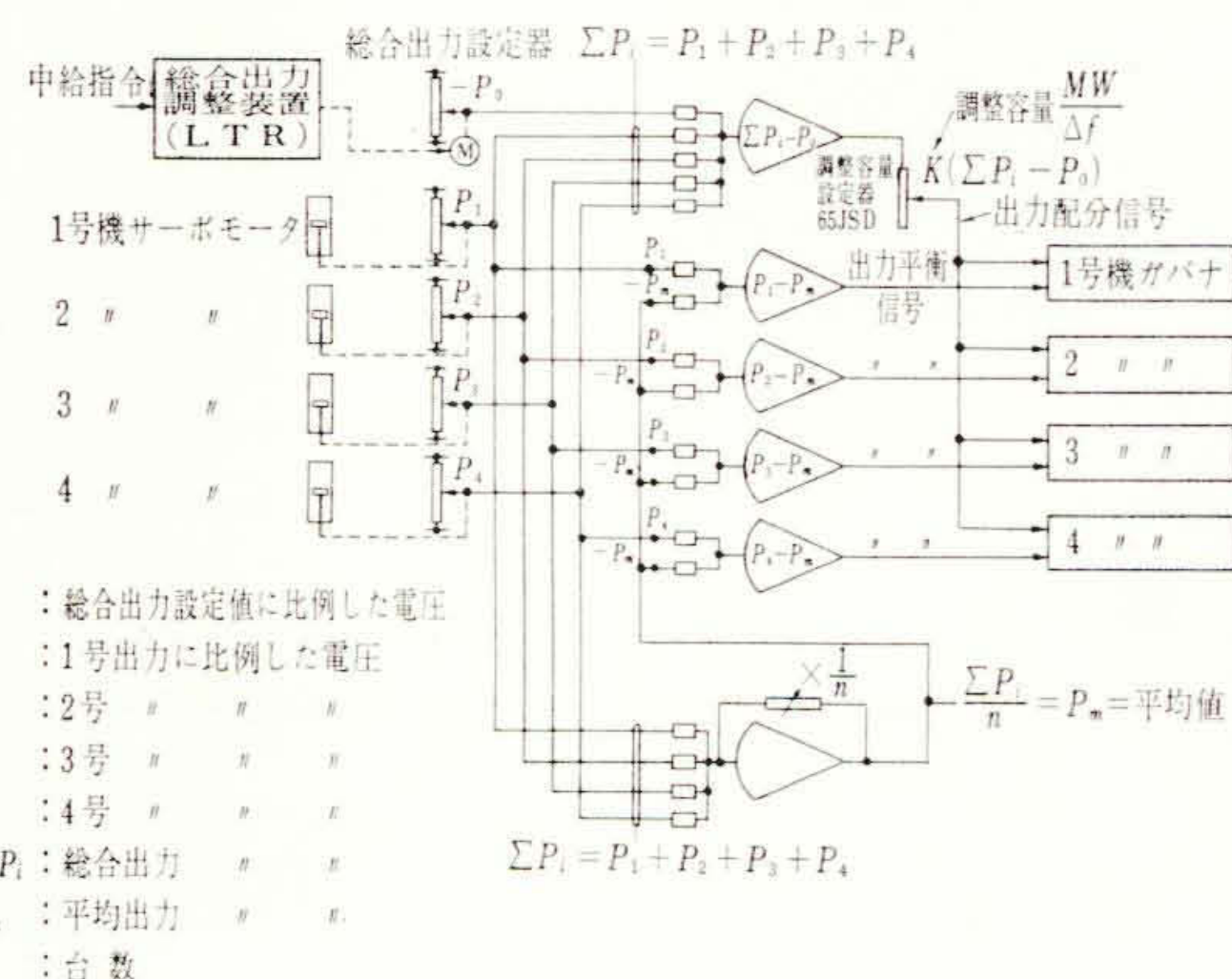


図 9 電気ガバナ結合運転装置

(3) 集中制御装置

主機の運転操作はすべて中央給電指令所から行なわれる傾向にあり, 新成羽川発電所の場合は, 主機の起動, 停止の順序から出力および無効電力調整装置の切換えまで, 自動的に行なうピンボード方式の運転順序選択装置を備えている。

このほか同期始動方式の東京電力株式会社水殿発電所 (65 MW 2 台), 直結誘導電動機起動方式の関西電力株式会社喜撰山発電所 (254 MW 1 台), 中部電力株式会社高根発電所 (100 MW 2 台) の主配電盤および制御装置を製作中である。

13 クロム 鋳鋼製大形ポンプ水車ランナ

日立製作所は関西電力株式会社より喜撰山発電所納ポンプ水車および発電電動機などの揚水発電機器一式を受注した。このポンプ水車は落差が 220m, 出力は 24 万 kW とわが国最大, 世界に誇る記録品である。日立製作所勝田工場ではポンプ水車の最重要品ともいえるランナを吹製, 鋳放し完成した。水車ランナは外径が約 6m の 13 クロム・ステンレス鋳鋼大形一体鋳鋼品である。図 10 はその外観である。

鋳造に先だって溶湯の鋳造性や熱処理による材力, 耐キャビテーション性に及ぼす影響を考慮して慎重に成分が決定された。鋳物砂は鋳型の寸法精度と造型能率を考え, 中子にはエアセット鋳型を採用した。13 クロム鋳鋼は一般に鋳込温度が高く焼付きを起こしやすいので, 特殊配合の鋳物砂を用いて耐熱性を高めた。鋳造に当たってはランナの効率を高めるためポンプ水車ランナ独特の長いハネの鋳造時における変形を防ぎ, かつ厳密なプロフィールとクリアランス公差が得られるよう鋳型様式の決定に考慮を払った。図 11 は鋳造方案を示したものである。熱処理作業では材料に強度と靱 (じん) 性と耐キャビテーション性を与えるための焼入, 焼戻処理が施された。一方, 鋳鋼品の製造と溶接とは密接な関係があり, 溶接は製造技術上きわめて重要な位置を占めている。本ランナのように 13 クロム鋳鋼はその自硬性のためにきわめて溶接性がわるく高度の溶接技術や良質の溶材が必要とされる。ハネとハネで囲まれたトンネル状の流水面の溶接では, 作業上予熱温度をあまり高くできないので低い予熱温度で溶接が可能で, かつ母材と同等またはそれ以上の機械的性質を持つものである。また耐食性の良好な共金溶接棒を新しく開発して使用した。本ランナの製造にさいしては, 長年蓄積された豊富な経験に加えて研究, 設計, 製造の三者が一体となって製造上の問題の解決に当たり日立総合技術の粋を集めたものである。

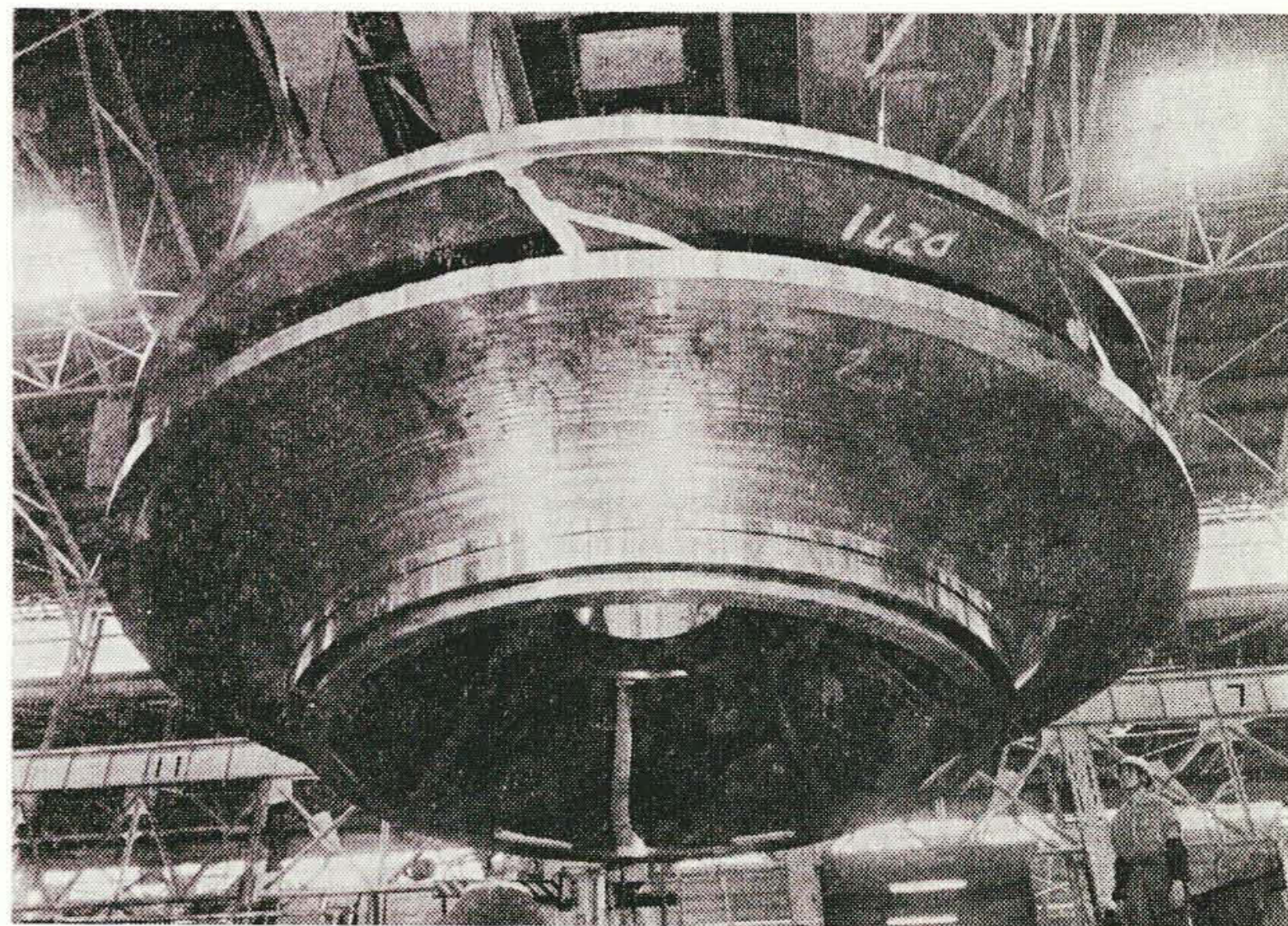


図 10 関西電力株式会社喜撰山発電所納
13 クロム・ステンレス鋳鋼製ポンプ水車ランナ

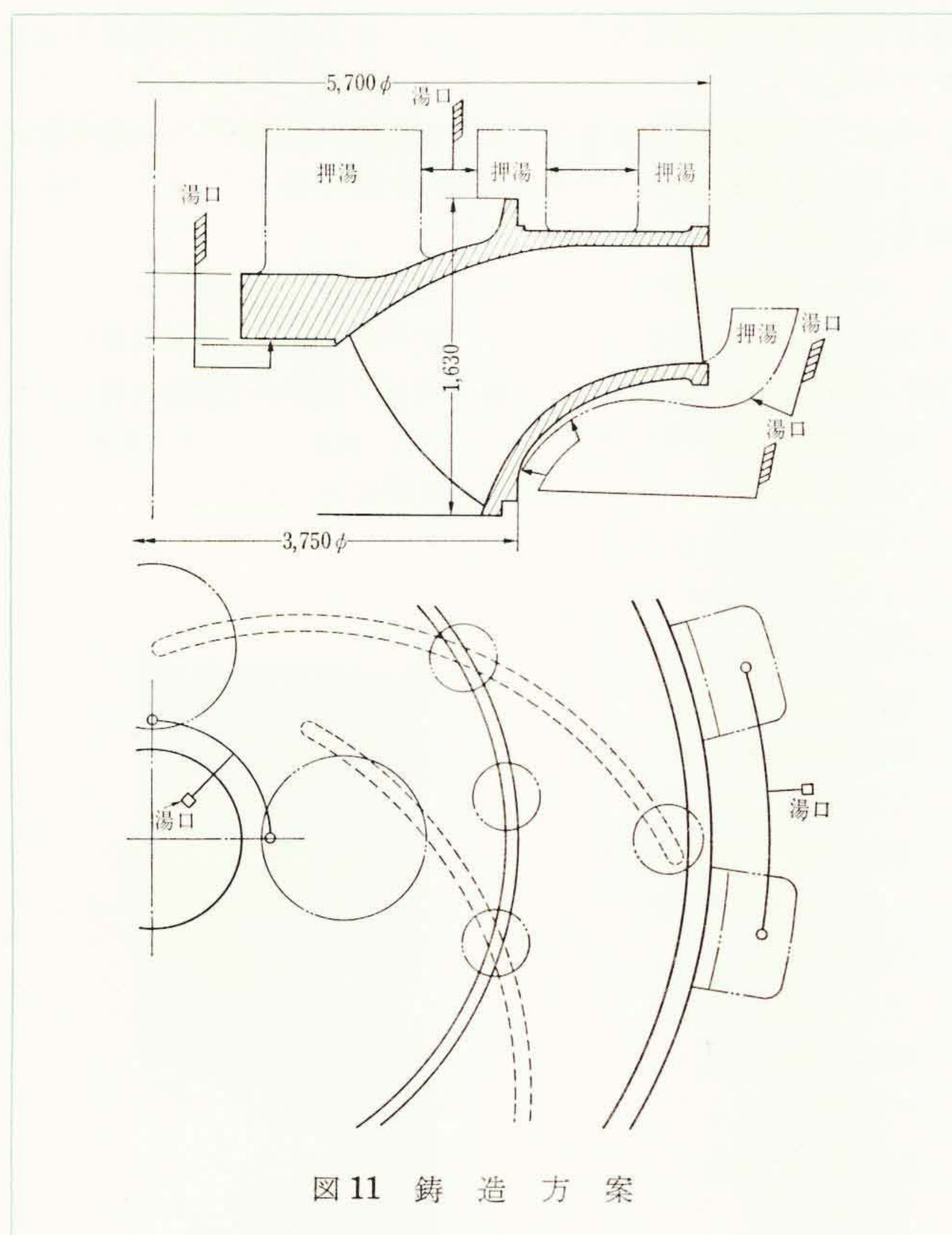


図11 鋳造方案

火力設備

東京電力株式会社五井火力発電所納 第6号機 350,000 kW 発電設備運転にはいる

昭和43年4月1日、五井火力発電所第6号機 350,000 kW 発電設備が、順調に試運転を完了して営業運転を開始した。この発電設備は国産最大級のもので、おもな設備仕様は次のとおりである。

- (1) ボイラ
- | | |
|-----------|----------------------------|
| 形 式 | B&W再熱放射形UPボイラ(屋外式) |
| 最大連続蒸発量 | 1,129 t/h |
| 主蒸気圧力 | 175.5 kg/cm ² g |
| 蒸気温度 | 571/569°C |
| 空気温度 | 20°C |
| 通風および燃焼方式 | 押込通風方式、重油および原油燃焼 |
- (2) タービン
- | | |
|-------|--------------------------|
| 形 式 | 衝動再熱式クロスコンパウンド4流排気形 |
| 定格出力 | 350,000 kW |
| 主蒸気圧力 | 169 kg/cm ² g |
| 蒸気温度 | 566/538°C |
| 真空度 | 722 mmHg |
| 回転数 | 3,000/3,000 rpm |
- (3) 発電機
- | | |
|------|------------------------------|
| 形 式 | 水素冷却横置円筒回転界磁耐爆構造式 |
| 定格容量 | 448,000 kVA (224,000 kVA×2基) |
| 周波数 | 50 Hz |
| 回転数 | 3,000/3,000 rpm |
| 端子電圧 | 15,000 V |
| 力 率 | 0.85 (遅れ) |

さらに本設備は次のような特長を有している。

- (1) ボイラはUPボイラとしては国産最大容量のものである。
- (2) ボイラは重油のほかに原油燃焼も可能である。
- (3) 復水系統に復水バイパス脱塩装置を設置して、給水の水質を高純度に保持している。
- また、脱気器には低圧クリーンアップ系統を有し、脱気器にたまる不純水を復水器へ排出して処理することができる。
- (4) 電子計算機を設置して次のような運転、監視を行なっている。
 - (a) タービンのシーケンスモニタを行なう。
 - (b) ボイラの起動バイパス系統、プラント補機や弁、ダンパなどの操作が正規の手順で行なわれていることをチェックする。
 - (c) プラントの運転が常に最適な状態で行なわれるようなボギー値を指示する。
 - (d) プラントの運転状態の指示記録を行なう。
- (5) ボイラ給水ポンプは抽気背圧タービン駆動であり、駆動タービンは4,850 kWの定格出力で国産最大級である。

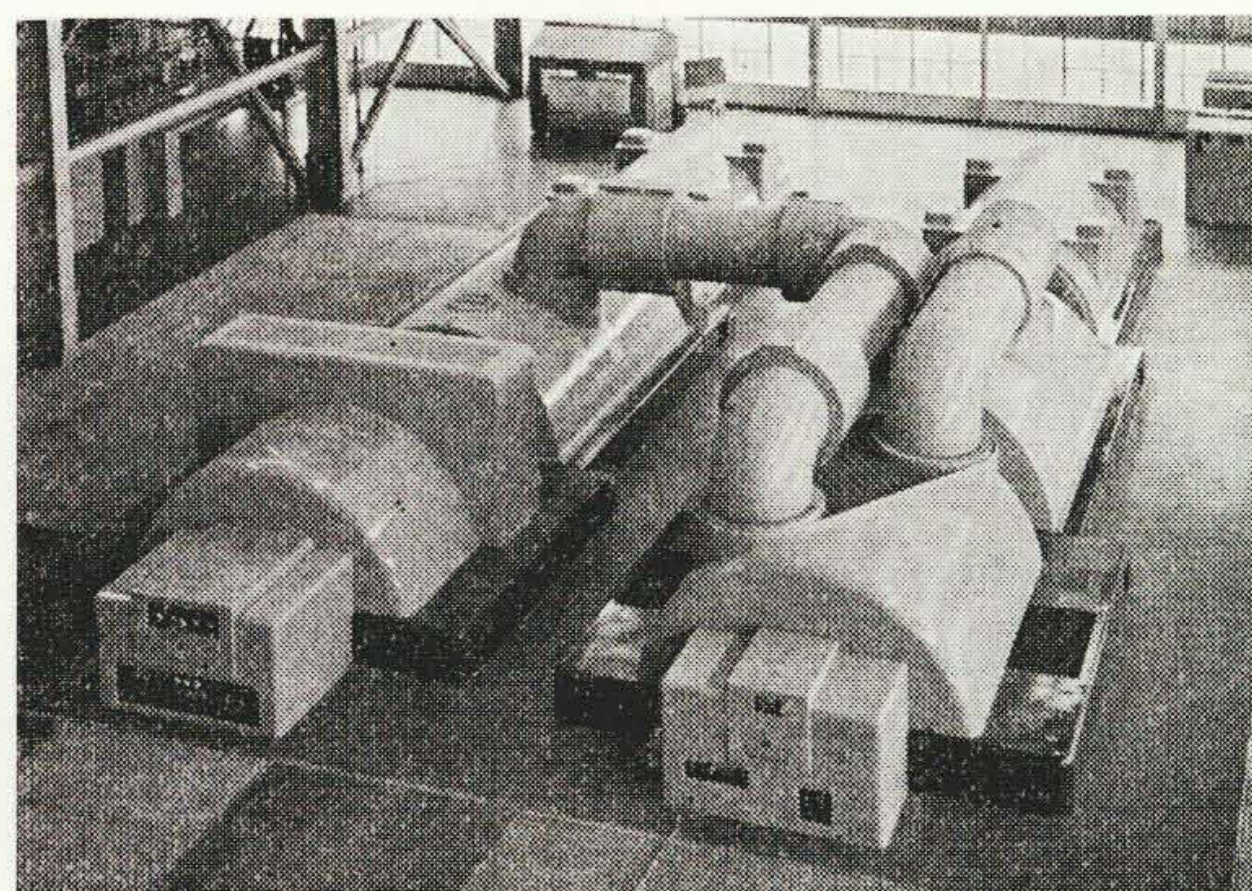


図12 350,000 kW タービン発電機

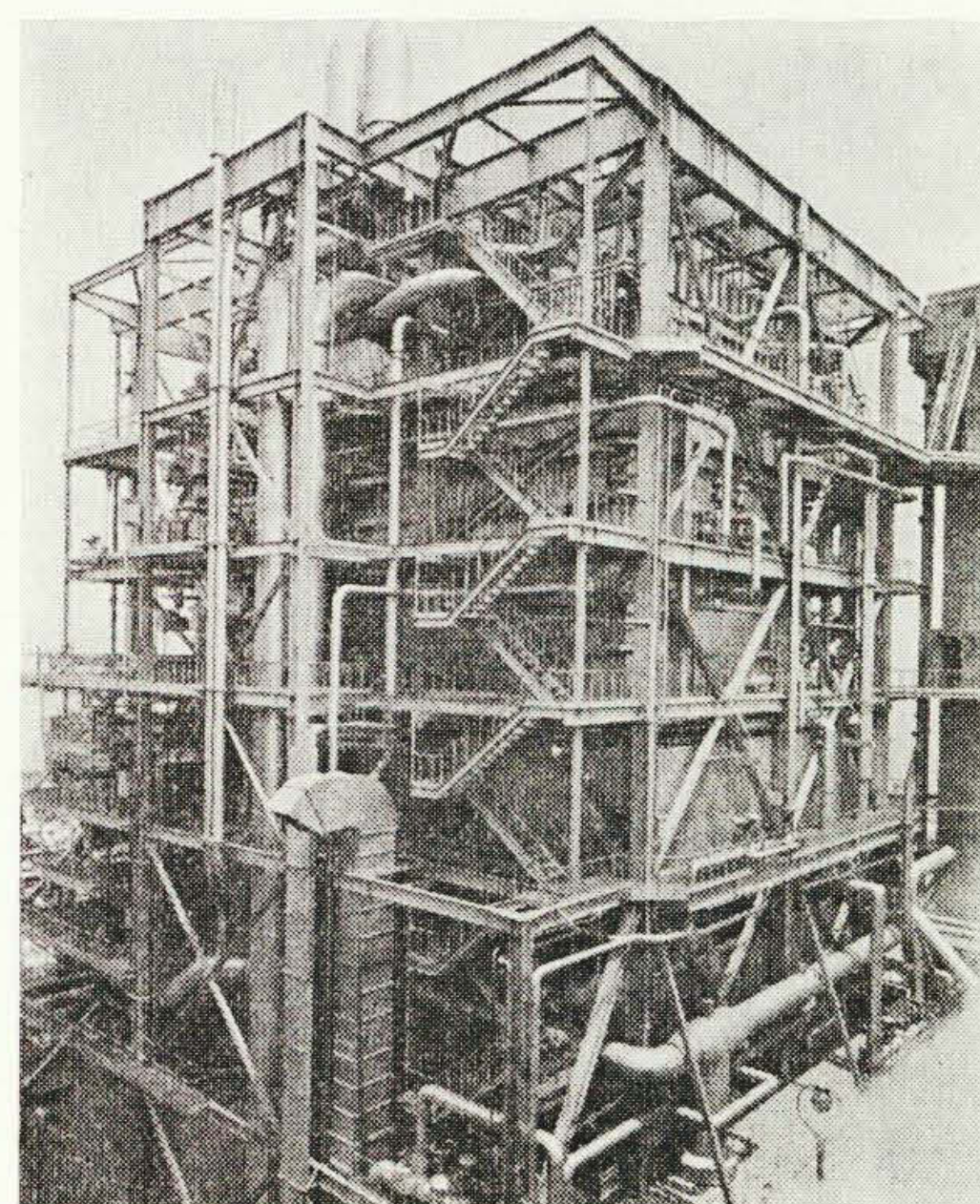


図13 1,129 t/h UP ボイラ

パッケージ形ガスタービン続々完成

ガスタービンはアメリカGE社との共同製作により生産しているが、昭和42年末より43年末までに17,000 kW級ガスタービンを12台完成した。現在製作中のものは13台あり、うち10台は44年中に完成予定である。

これらのうちGE社がユニットを受注したもので国際分業の一環

として日立製作所で製作したものも多数含まれている。たとえばアメリカコモンウェルス・エジソン電力会社に納入されたガスタービンは、GE 社が 12 台受注したもののうち 4 台を日立製作所で製作したものである。

この 4 台のガスタービンは 1 基の制御パッケージ内に納められた制御盤によって、あたかも 1 台の大容量ガスタービンであるかのように運転されるもので、パワーブロックと呼ばれ出力は 69,200 kW であり、43 年 7 月より好調に営業運転にはいっている。

パワーブロックは容量が大きいため特に系統容量の大きい電力会社のピークロード用に適したガスタービン発電設備であり次のような特長をもっている。

- (1) 起動は約 15 秒の間隔で行なわれ、4 台が全負荷となるまで約 10 分ときわめて短い。
- (2) 外部電源、冷却水などの外部よりの供給なしに起動ができる。
- (3) 部分負荷時は不要のユニットを任意に停止できるので、運転中のガスタービンの負荷が高くなり効率低下が少ない。
- (4) 標準化され量産されているユニットの組合せであるため短納期であり、しかも信頼性がきわめて高い。

これらの特長をもつパワーブロック式ガスタービンはアメリカでは広く採用されておりその需要は今後とも増加するものと考えられる。図 14 は現地で運転中のパワーブロックである。

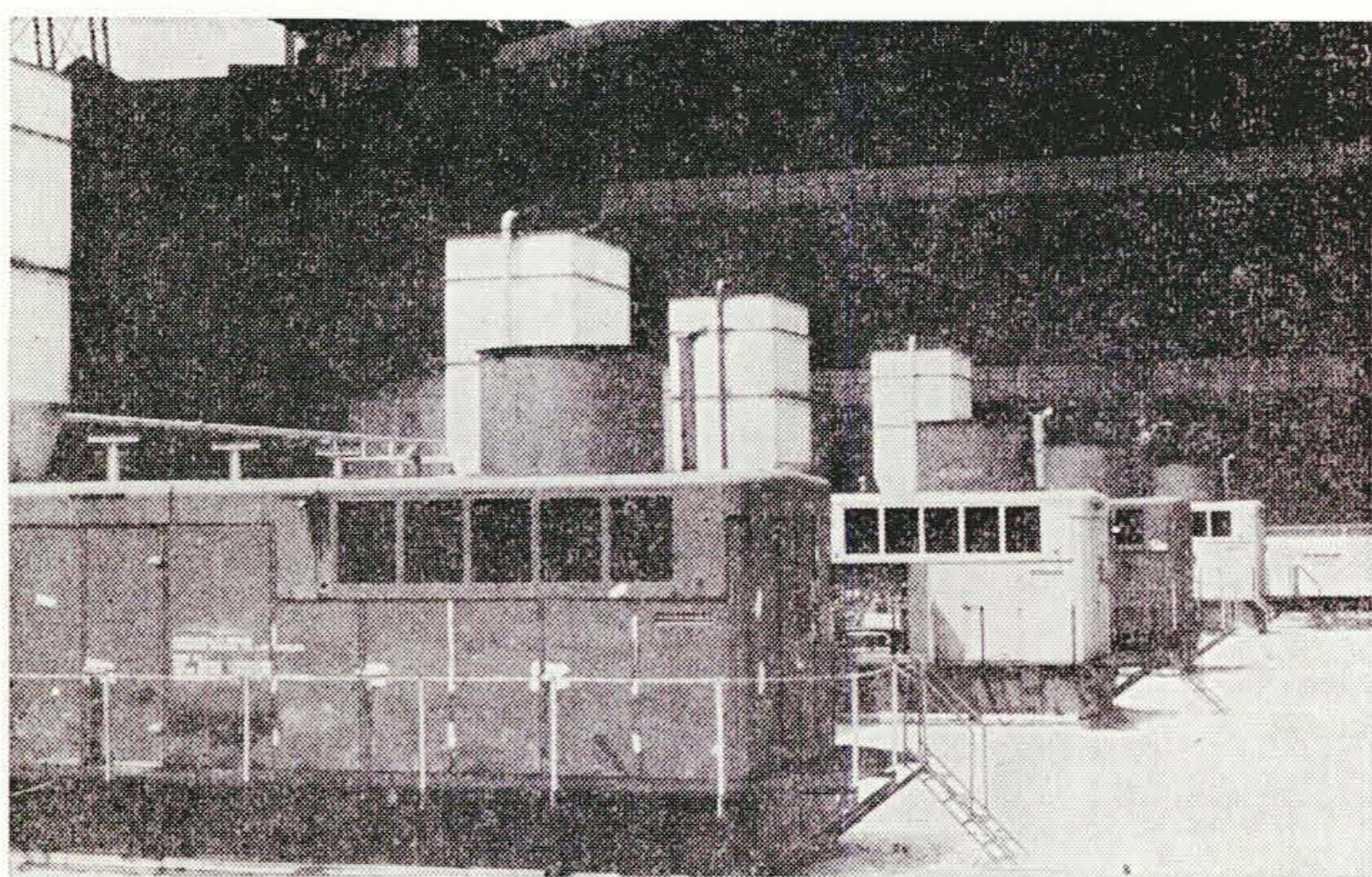


図 14 コモンウェルス・エジソン電力会社納パワーブロック

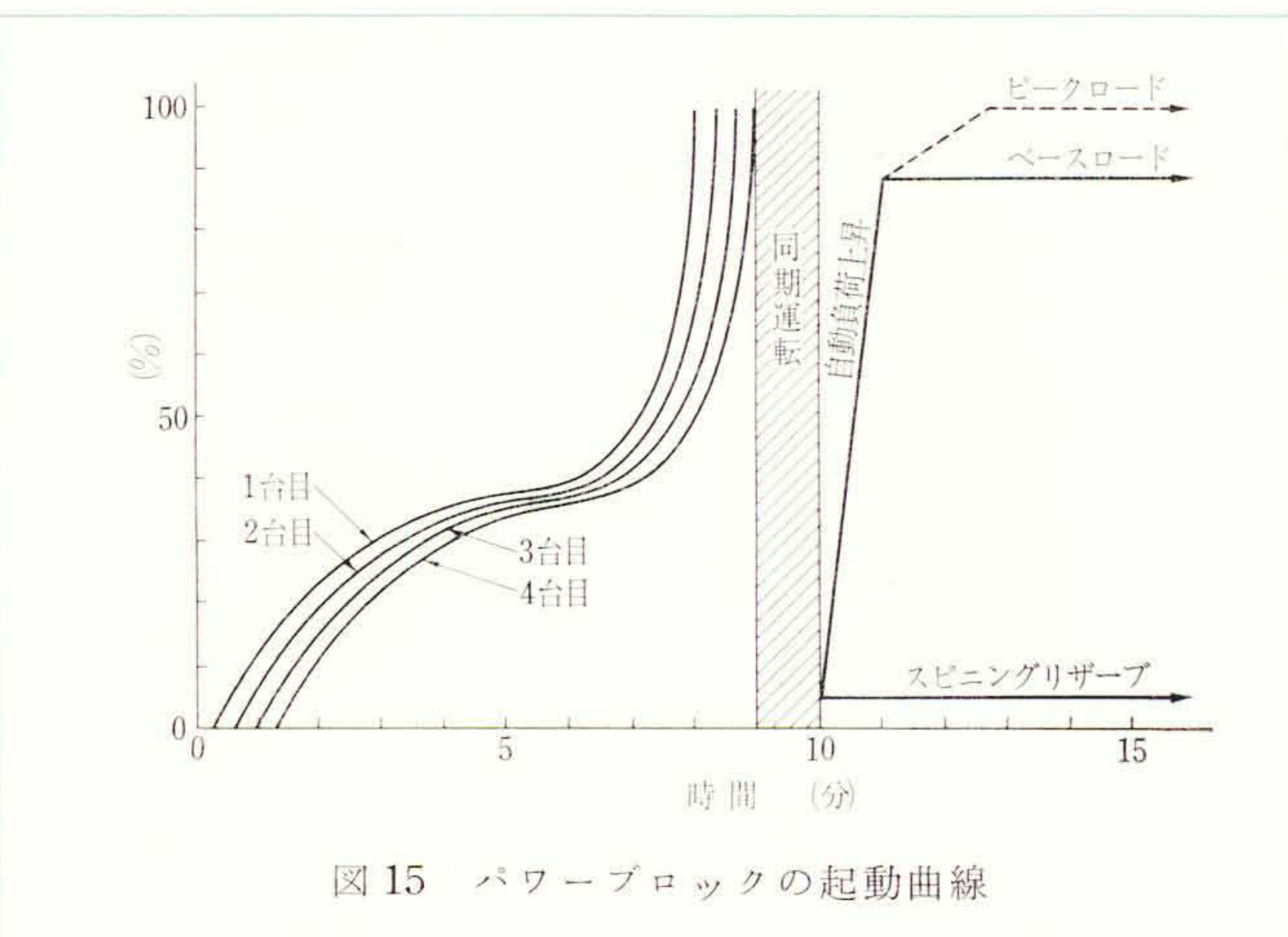


図 15 パワーブロックの起動曲線

火力用電子油圧式ガバナ

蒸気タービン・プラントの制御方式は年々複雑に、要求される制御性能もきびしくかつ高度になってきており、これらおよび近い将

来の運転制御の全自動化にそなえて電子油圧式ガバナの開発が望まれていた。

今回、鶴崎共同動力株式会社鶴崎事業所納 28 MW 二段抽気復水タービン電子油圧式ガバナが採用され、昭和 43 年 11 月より運転が開始された。

このガバナは、速度および抽気圧力の電子式検出器、シリコントランジスタ演算増幅器を主とする「電子式速度、圧力制御装置」と 100~120 kg/cm² g の高圧不燃性油使用「制御油圧供給装置」および加減弁開度制御のための「サーボ弁、油圧シリンダ式駆動装置」より構成されている。したがって、機械式ガバナと比較して、次のようなすぐれた特長を持っている。

- (1) 機械部分の電子回路化、高油圧化により、感度、応答速さを数倍向上させることができ、各目標値の設定、変更が簡単かつ広範囲に行なわれ、運転操作が容易である。たとえば、速度制御範囲は 200~4,000 rpm で、この間はじゅうぶん安定した昇速、運転が可能である。
- (2) プラントや系統の要求に応じた制御方式が採用でき、将来の全自動化、計算機制御などのより高度の制御システムへの適応が容易である。

- (3) 高圧不燃性油系統の採用によりユニット全体が小形化され、火災の危険性がない。

また本装置のフェールセーフシステムとしては、次の点が特に考慮されている。

- (1) 速度検出器の 2 チャンネルシステムの採用
- (2) 交流電源喪失に対しては直流非常用電源装置に無停電切換され、30 分間以上の運転が可能である。
- (3) 制御油圧供給ポンプの 2 系列化による相互バックアップ

図 16 は制御装置の外観である。

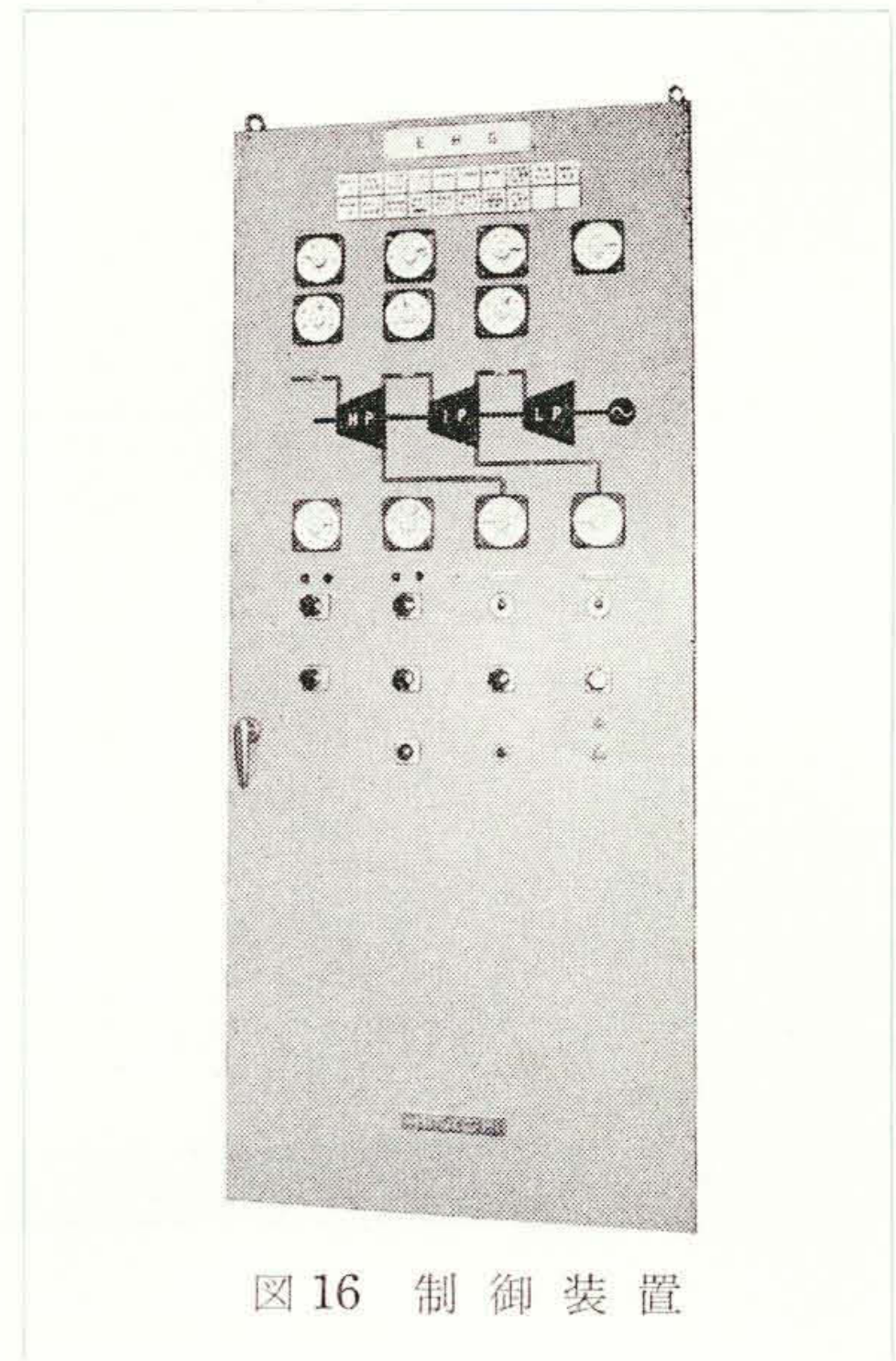


図 16 制御装置

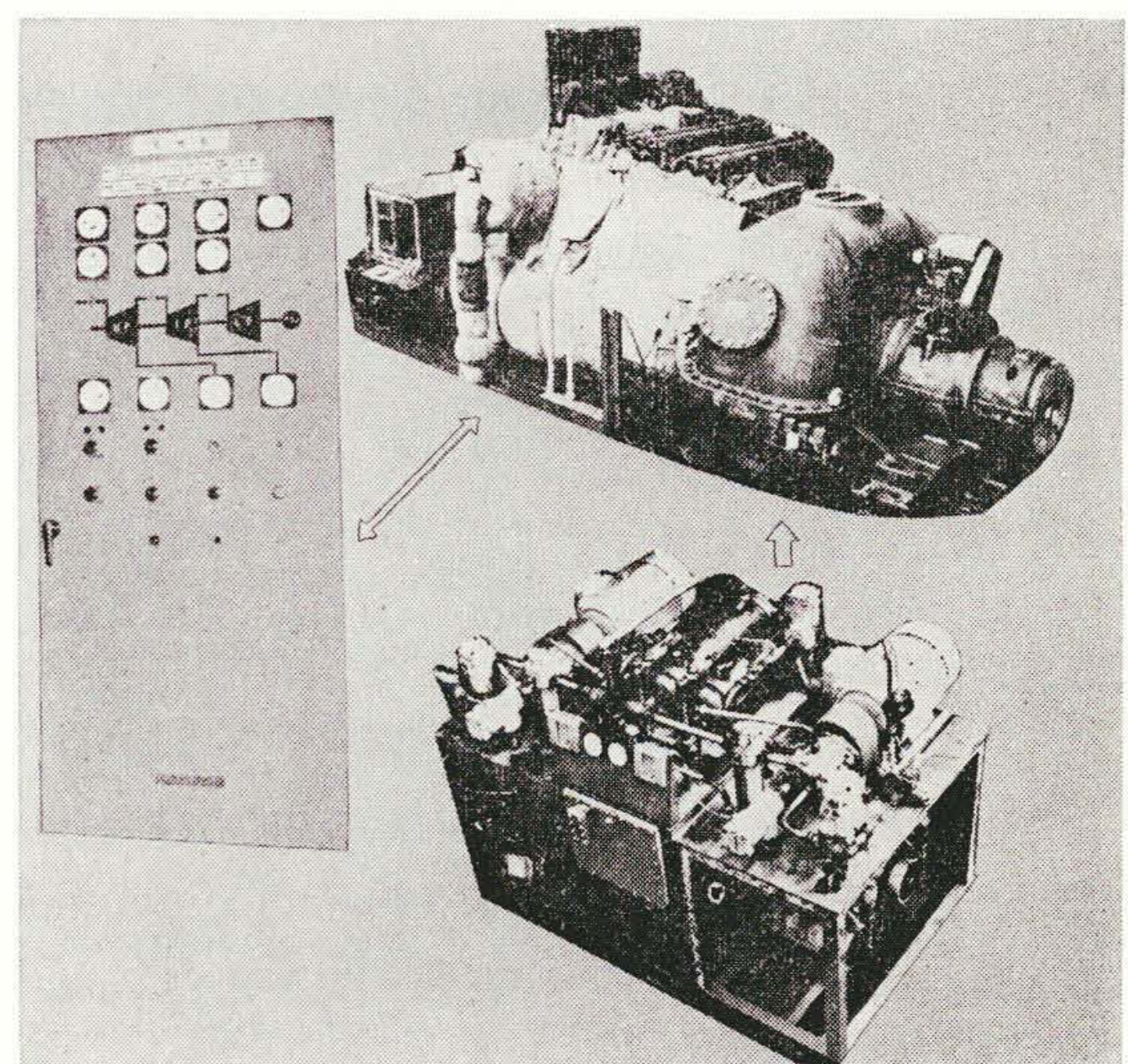


図 17 電子油圧式ガバナ

火力発電所用計算機システム

火力発電所容量の増大とともに、火力発電所への計算機の適用は不可欠なものとなり実用化も本格化してきた。計算機制御の範囲もこの一年自動化に向かって大きな歩みを示し、国内においてもシーケンスモニタ、部分自動化などが試みられるようになった。

日立製作所においては、関西電力株式会社堺港火力発電所に制御用電子計算機 HITAC 7250 システムを、四国電力株式会社新徳島火力発電所に CODAL 1008 形データロガーを納入した。

堺港火力発電所納の計算機システムは、同発電所 5 号、6 号両ユニットを対象に詳細なデータ処理、性能計算、運転監視を行なうもので、HITAC 7250 の有するチャネル動作や豊富な優先割込能力によってパフォーマンスモニタとしては国内で最も進んだものである。

表 1 関西電力株式会社堺港火力発電所納計算機システム構成

計 算 機	HITAC 7250
コ ン プ ュ タ	16 kW 2 μ s
割 込 レ ベ ル	16
磁 気 ド ラ ム	95 kW
プロセス入出力装置	
AI・950	DI・430
AO・18	DO・38
コンソール入出力装置	一 式
オペレータコンソール	2 面
トレンドレコーダ	3 ペン 6 台
タイプライタ	7 台
電 源 方 式	インバータ

本システムの機器構成を表 1 に、現地で稼働中のシステム中心部の外観を図 18 に、システムの特長を次に示す。

- (1) 全システムの IC 化を図り信頼性を向上する。
- (2) 大規模な入出力の高速処理をする。
- (3) 多種のオペレータリクエストと豊富な多重処理をする。
- (4) 性能計算、偏差計算の詳細な情報を提供する。

新徳島火力発電所納のデータロガーは、同発電所 2 号ユニットを対象にデータ処理を中心にタービン通気目標温度表示などのオペレーションガイドを行なうものである。図 19 は本装置の外観である。

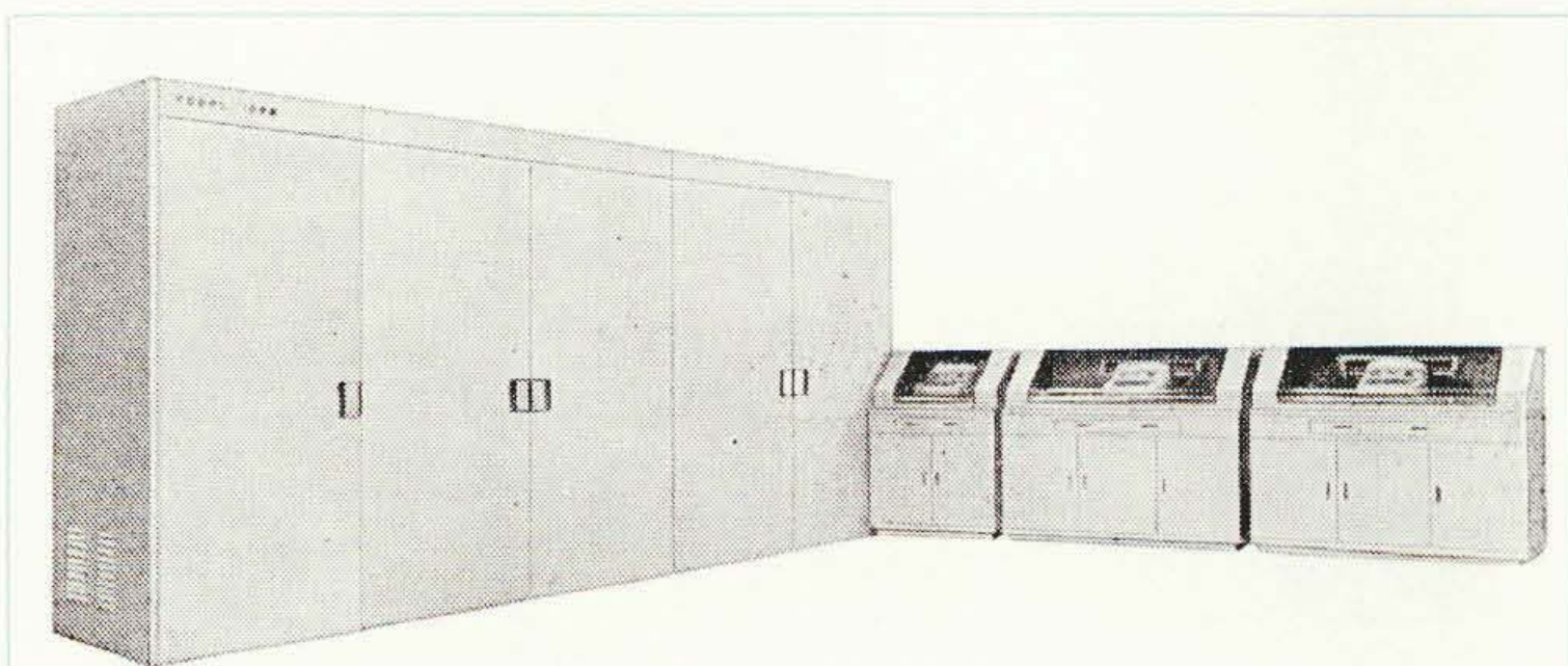


図 19 四国電力株式会社新徳島火力発電所納 CODAL 1008

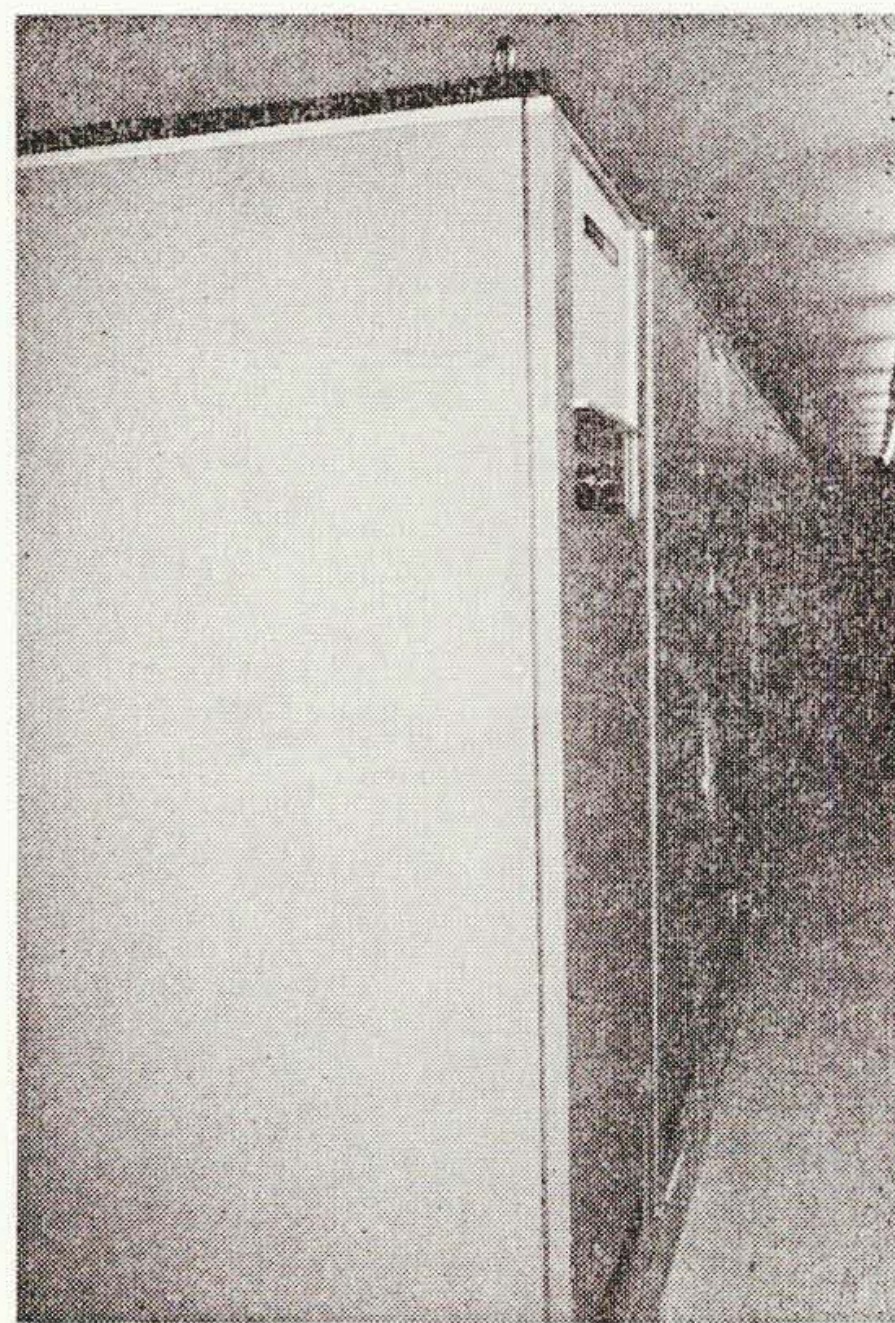


図 18 関西電力株式会社堺港火力発電所納計算機システム中心部

150,000 Nm³/h 排ガス脱硫装置

活性炭吸着法は有力な亜硫酸ガス除去法として、通産省工業技術院により 41 年度から発足した大型プロジェクトに採用され、東京電力株式会社と共同で委託研究を受託し、その開発を進めている。本法は排ガス中の亜硫酸ガスを活性炭の触媒作用を利用して硫酸の形で吸着除去するものである。吸着後の活性炭は水洗いにより脱着再生してくり返し使用される。

大型プロジェクトの第 1 段階では、処理ガス量 6,000 Nm³/h (2,000 kW 相当) のテストプラントを 42 年 1 月に東京電力株式会社五井火力発電所に設置し、42 年 11 月まで約 3,500 時間運転し、脱硫率、ガス温度、通風損失、吸着性能、生成硫酸の性状、諸機器の状況などについて検討した。本運転研究により本プロセスの妥当性が確認され、実用化に対する見通しが明るくなった。

大型プロジェクトの第 2 段階としては今回処理ガス量 150,000 Nm³/h (55 MW 相当) のパイロットプラントを東京電力株式会社五井火力発電所内に完成した。本パイロットプラントは脱硫率 90% で 6,000 Nm³/h テストプラントの結果を反映させ、活性炭の性能を向上するとともにコンパクト化を図り、実用化を考慮した設計になっている。本パイロットプラントは 44 年 8 月まで運転し、スケールアップに伴う性能、構造、機器などの諸問題ならびにボイラとの組合せ運転法について検討し、実用化に対処することになっている。

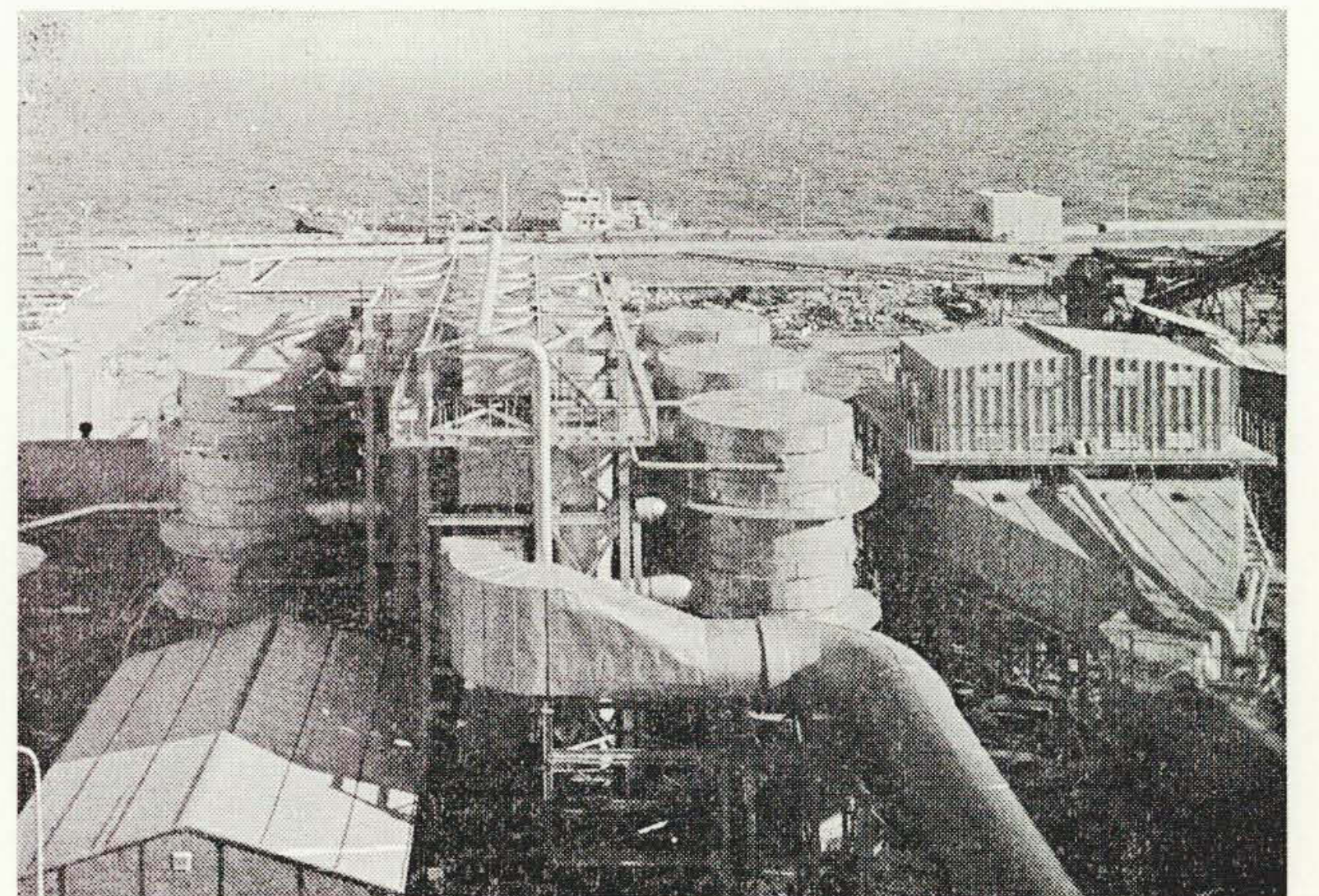


図 20 150,000 Nm³/h 排ガス脱硫装置

原子力

GETSCO 社納日本原子力発電株式会社 敦賀発電所向け原子炉圧力容器

原子炉圧力容器 (RPV) は原子力発電プラント機器の中でコスト的に大きな部分を占めること、安全性の立場から非常に重要な機器であること、プラントの経済性から 1 ユニットの出力を増大する傾向にあるが、それを制限する一つの因子がこれにあること、さらにこの製造工程がプラントの全工程を左右することなどからきわめて重視される機器である。したがって、RPV の設計、製作、材料、検査の全体についてバランスのとれた総合技術の結集が要求される。日立製作所では GETSCO 社から日本原子力発電株式会社敦賀発電所向け RPV を受注し、設計を日立製作所日立工場、製作をパブコック日立株式会社呉工場で担当し、これらの総合技術を確立した。表

2におもな仕様，図 21 に断面図，図 22 に製作完了間近の RPV を示す。

- 以下に本原子炉圧力容器のおもな特長を述べる。
- (1) 従来の圧力容器では行なわれていない細部にわたる応力解析を，建設中，運転中に考えられるすべての静荷重，過渡的荷重変化について行なっている。このために，電子計算機を活用する多数の応力解析用計算コードを開発し，実験との対比実証を行なっている。
 - (2) 材料は放射線による影響，加工中にうける熱処理履歴による靱（じん）性の低下など考慮のうえで，RPV のいかなる使用状態時においてもじゅうぶんな強度，靱性が得られる材料を厳選して採用している。
 - (3) 曲げ加工方法，溶接方法，機械加工方法などにつき，事前に実物大の試作試験を行なうなど，じゅうぶんな事前検討を経て実機の製作に着手し万全を期した。

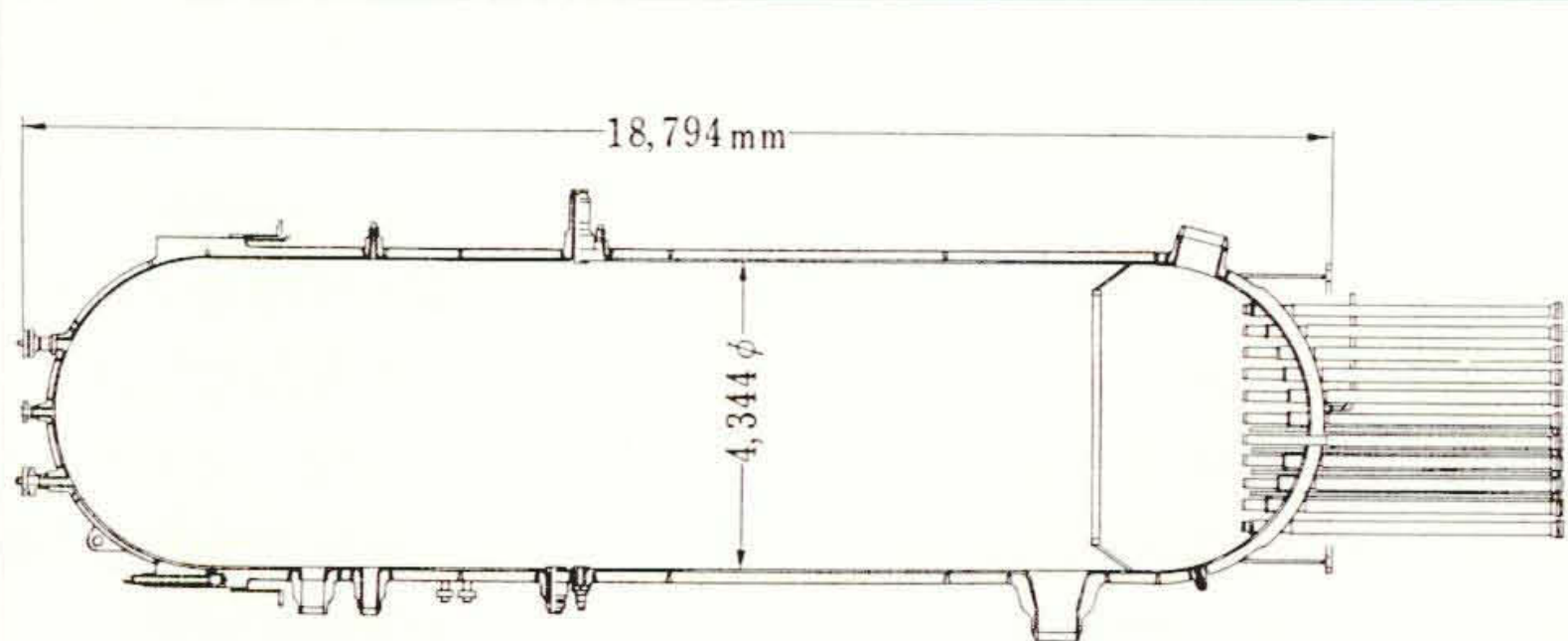


図 21 原子炉圧力容器の断面図

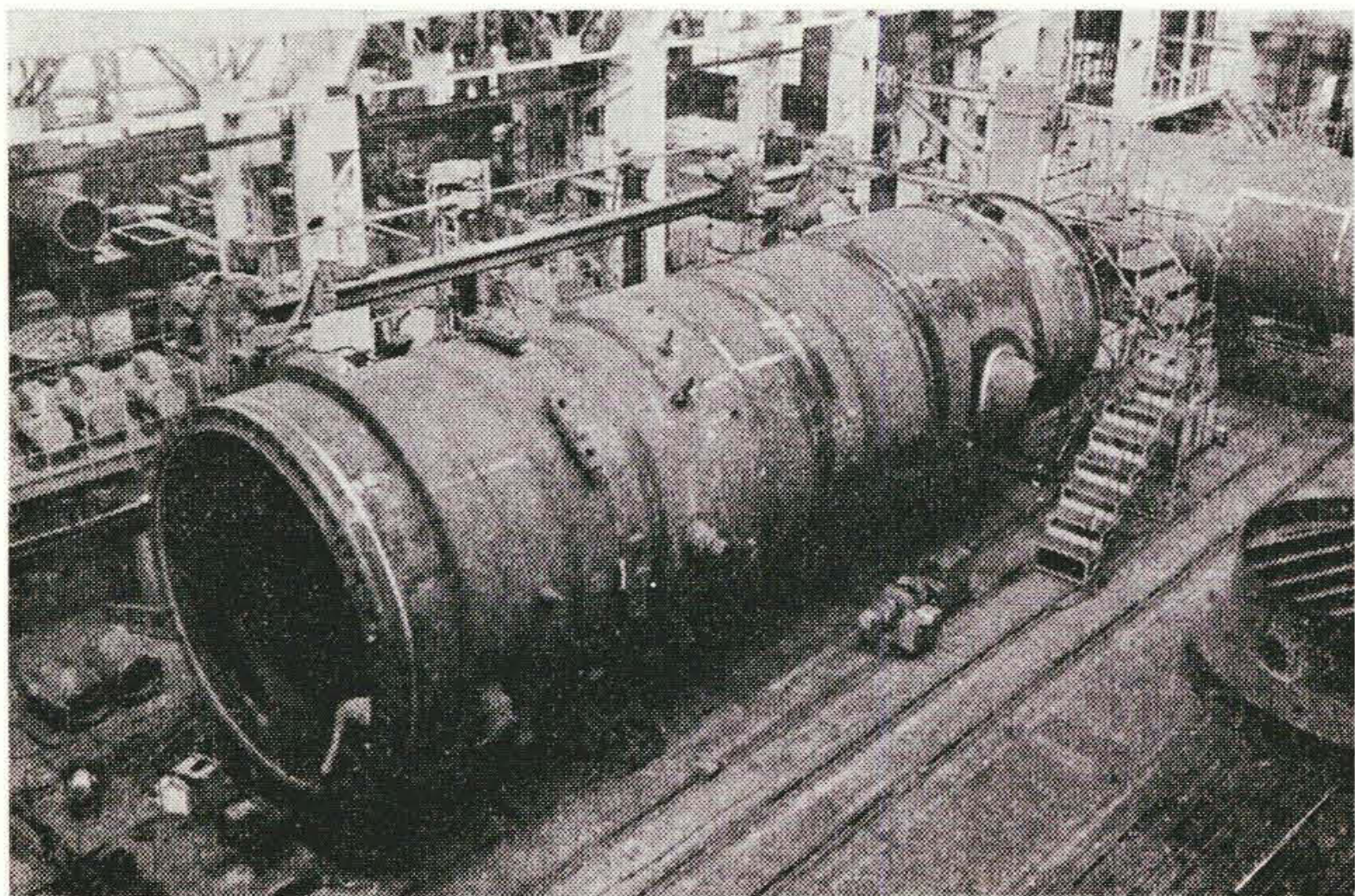


図 22 GETSCO 社納日本原子力発電株式会社敦賀発電所向け原子炉圧力容器

表 2 おもな仕様

適用規格	通産省技術基準および ASME Code Sect. VIII (ただし詳細応力解析は ASME Code Sect. III による)	
	項目	値
圧力および温度	運転圧力 (kg/cm ²)	70.3
	設計圧力 (kg/cm ²)	87.9
	運転温度 (°C)	285
	設計温度 (°C)	302
重量および主要寸法	容器重量 (t)	約 380
	内径 (mm)	4,344
	内高 (mm)	18,060
主要材料	板材	ASTM-A302 GR.B Mod.
	鍛造材	ASTM-A336 Mod.

■ GETSCO 社納東京電力株式会社
福島 1 号原子力発電所向け原子炉格納容器

原子炉格納容器(PCV)は圧力容器，再循環系ポンプならびに配管類などの一次系機器を格納する容器で，原子炉再循環系破断による冷却水喪失事故時に，炉心より放出される可能性のある放射性物質の公衆への放散を完全に防ぐ目的で設置される。したがって高い安全性が要求され設計，材料，製作，検査の全体に対してバランスのとれた高度の技術が必要であるとともに，原子炉圧力容器と同じく，原子力プラント全体の工程を左右するもので，工期の短縮と経済性を加味した総合技術の結集が必要である。沸騰水形原子力発電プラントではこの PCV として GE 社によって開発された圧力抑制形が採用され，日立製作所では GE 社に協力して東京電力株式会社 1 号用格納容器を純国産技術にて製作した。表 3 におもな仕様，図 23 に断面図，図 24 に現地据付完了時の PCV を示す。

- 以下に本格納容器のおもな特長を述べる。
- (1) 安全性の確保のため膨大な強度計算を行なった。
 - (2) 各部材はすべて工場内で仮組立し，寸法，形状を確認の上現地搬入することによって，現地における据付作業を円滑ならしめた。
 - (3) 現地建設に当たってはこの種容器では初めての試みとして，地上で一体リング状に組み立てたものを一気につり込む工法を採用し，品質の向上および工程短縮を図った。

表 3 おもな仕様

適用規格	通産省技術基準および ASME Sect. III	
設計圧力 および 温度	設計内圧 (kg/cm ²)	4.35
	設計外圧 (kg/cm ²)	0.14
	設計温度 (°C)	138

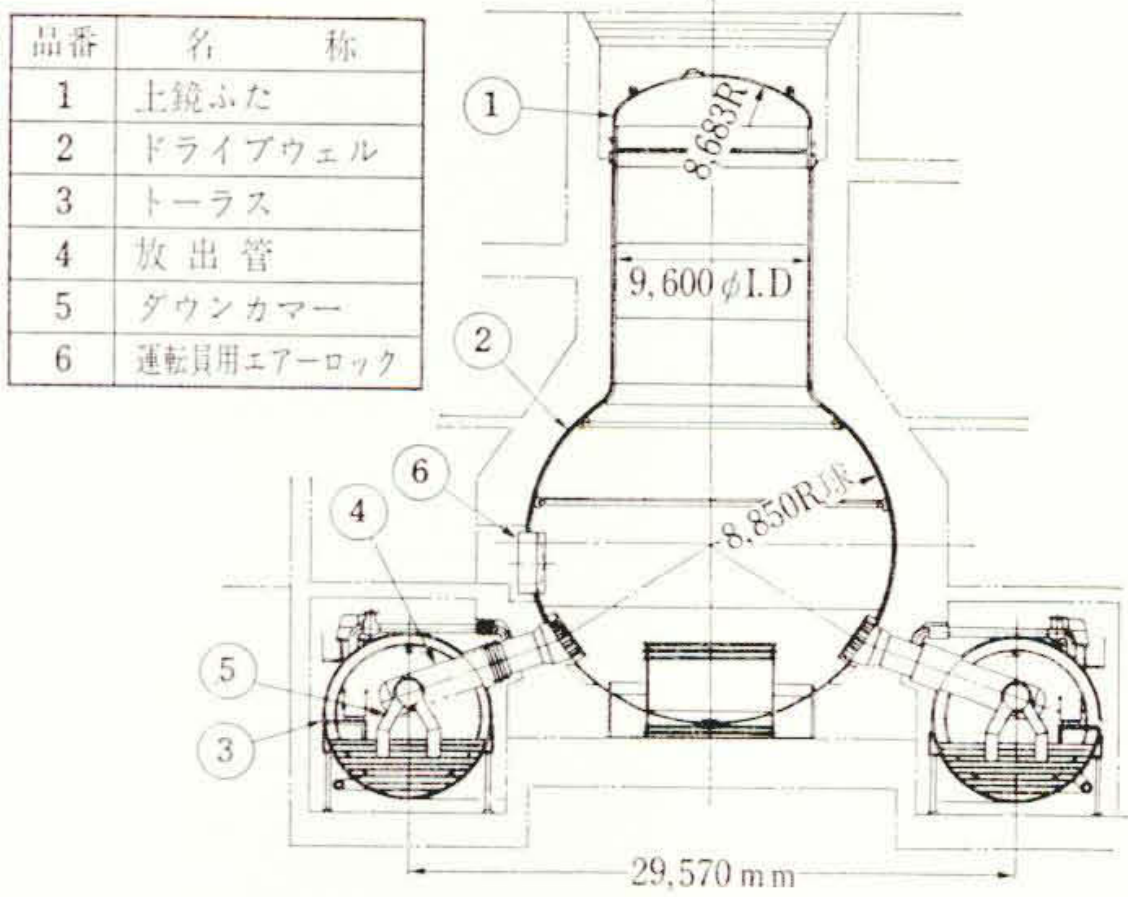


図 23 原子炉格納容器の断面図

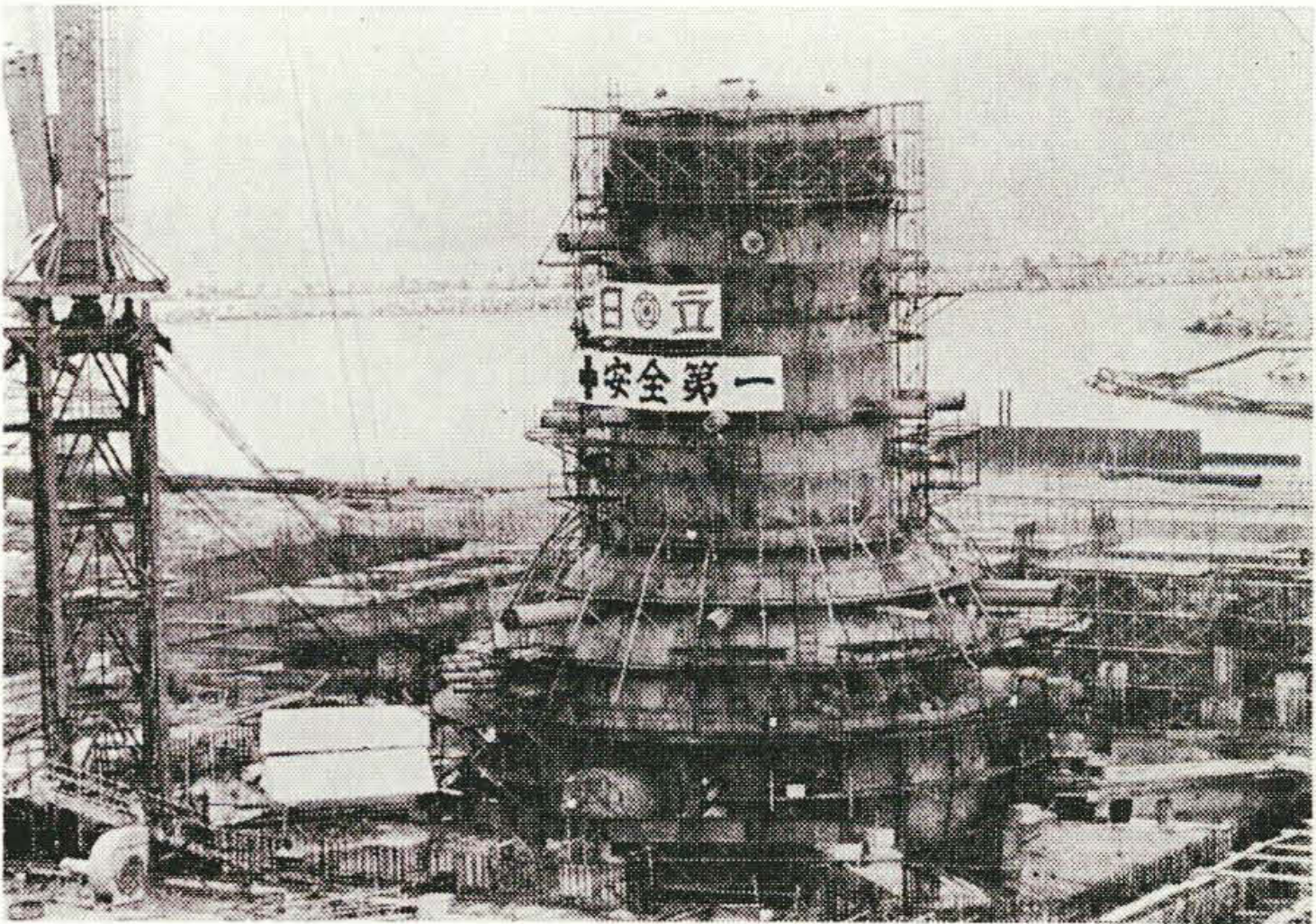


図 24 GETSCO 社納東京電力株式会社福島 1 号原子力発電所向け原子炉格納容器

GETSCO 社納日本原子力発電株式会社
敦賀発電所向け原子炉内部構造物

原子炉内部構造物は原子炉圧力容器内に収納され、原子炉の中心をなす機器で、この中に燃料要素、制御棒など炉心要素が格納されて熱エネルギーを発生させる重要な部分である。日本原子力発電株式会社2号炉の場合表4に示す機器より構成されている。

圧力容器下部からはいった原子炉冷却水は炉心シュラウドで囲まれ、上下のグリッドによって保持された燃料要素の中で、沸騰を起こし、蒸気は上部の汽水分離器で蒸気と飽和水に分離されたのち、ドライヤで水分を除去されタービンへ導かれる。一方、分離された飽和水は給水スパージャからの給水と混合され、シュラウドの外側の流路を下がり一度再循環配管へ出たのち再循環ポンプにより再び炉心下部の圧力容器内に戻される。炉内構造物は不銹鋼製の溶接構造物で、現地で原子炉圧力容器のサポートへ溶接される。

この製作には日立製作所がこれまで建設してきた JPDR, JMTR ならびに実験炉用炉心構造物の製作経験が大いに活用された。

汽水分離器、ガイドチューブおよびドライヤエレメントは GE 社よりの支給品を組み込み、そのほかはすべて日立製作所が製作を担当したが、製作上特にトップガイドとコアサポートのきびしい製作精度の確保、および炉内構造物全部品にわたっての溶接による変形の防止などに注意が払われている。さらに両グリッドが高温加熱下でも寸法に変化を生じないことを確認し、原子炉の運転状態での寸法安定性を考慮している。

表4 原子炉内部構造物構成機器

分類	機 器 名	員数	役 割
炉構 心 造 支 持 物	炉 心 シ ュ ラ ウ ド	1	(1) 燃料要素、制御棒などの支持およびガイド (2) 原子炉冷却材の流路形成および分配
	シ ュ ラ ウ ド ヘ ッ ド	1	
	ト ッ プ ガ イ ド (上グリッド)	1	
	コ ア サ ポ ー ト (下グリッド)	1	
	ガ イ ド チ ュ ー ブ	73	
蒸供 給 系	汽 水 分 離 器	88	炉心で作られた汽水混合物の分離
	ド ラ イ ヤ	1	湿っている蒸気の乾燥
	給 水 ス パ ー ジ ャ	4	タービン系よりの給水の原子炉内入口および分配
安 全 系	炉心スプレイスパージャ	2	原子炉冷却水喪失事故時の炉心冷却水の注入
	液体ボイズンスパージャ	1	ボイズン溶液の注入



図25 上下グリッドを組み込んだ炉心シュラウド

原 子 力 タ ー ビ ン

このたびパキスタンに 138,600 kW 原子力タービンを昭和 44 年 1 月初め出荷の見込みである。原子力発電用蒸気タービンが、火力用蒸気タービンと異なる本質的な点はタービン入口の蒸気圧力と温

度が低いことである。タービンの形式としては、種々検討したが、最終的には TC4F-23 形 3,000 rpm 機とした。23 in 翼 4 流排気形は、火力用としては 250,000 kW 級のものに相当する大きさである。

タービン形式 衝動くし形 3 車室 4 流排気式復水タービン (TC4F-23)

定 格 出 力	138,600 kW
回 転 数	3,000 rpm
入 口 蒸 気 圧 力	544 psig (38.3 kg/cm ² g)
入 口 蒸 気 温 度	479.8°F (248.8°C)
入 口 蒸 気 湿 度	0.26%
排 気 圧 力	2.0 in Hg abs (709.2 mm Hg)
最 終 給 水 温 度	335.0°F (168.3°C)
抽 気 段 数	5 段
タービン膨張段数	
高 圧 部	10 段
低 圧 部	6 段×4 流
合 計	16 段 (全構造段数 34 段)
最 終 段 翼 長	23 in (584.2 mm)
タービン全長	17,733 mm (発電機側カップリング端まで)

原子力タービンの特長は、汽水分離装置を必要とする点である。タービン入口においてすでに 0.26% の湿り度を含む蒸気は、汽水分離装置を設置しないまま排気真空まで膨張するならば、低圧最終段出口で 20% 以上の湿り分を含むことになるこのままでは湿り分による最終段長翼の侵食が著しく、しばしば補修が必要となる。これを避けるために、汽水分離装置が用いられる。本汽水分離装置は低圧最終段出口において 12.2% 以下になるように湿り度を除去する。しかしながら汽水分離装置により大半の水分を除去しながらも、残りのものはタービン内部に設けられたみぞ付翼およびダイアフラム汽水分離室によりさらに分離するよう考慮されており、従来の火力用タービンの実績からみれば安全と考えられるが、蒸気発生装置側の条件変動を考慮し、さらに翼の補修を全く行なわず運転できることをねらいとしている。

材質の選定に当たっては、特に実際の原子力発電所の運転実績調査を行ない、その結果に基づいて材質の選定を行なった。たとえば、低合金鋼が使用されるダイアフラム、ケーシング材に激しいエロージョンが見られる例があり、湿り蒸気による長時間エロージョン試験を各種材質について行なった。前述の結果、ダイアフラム、ケーシングの材質として 2¼ Cr-1Mo 鋳鋼または 2Cr 鋳鋼を使用した点に特色がある。また汽水分離装置の中の波板には 13Cr 鋼板を使用し、また高低圧連絡管のベンド部分には 13Cr 鋼板を内張り、水滴によるエロージョンの防止を図った。またタービンの熱効率ならびにタービン構造を決定するに当たっても実機実測、運転実績の調査結果をもとに細かい配慮を払った。日立製作所はさらに 500 MW ~1,000 MW 原子力タービンについても、設計製作、試作研究に着手しその一部はすでに試作を完了している。

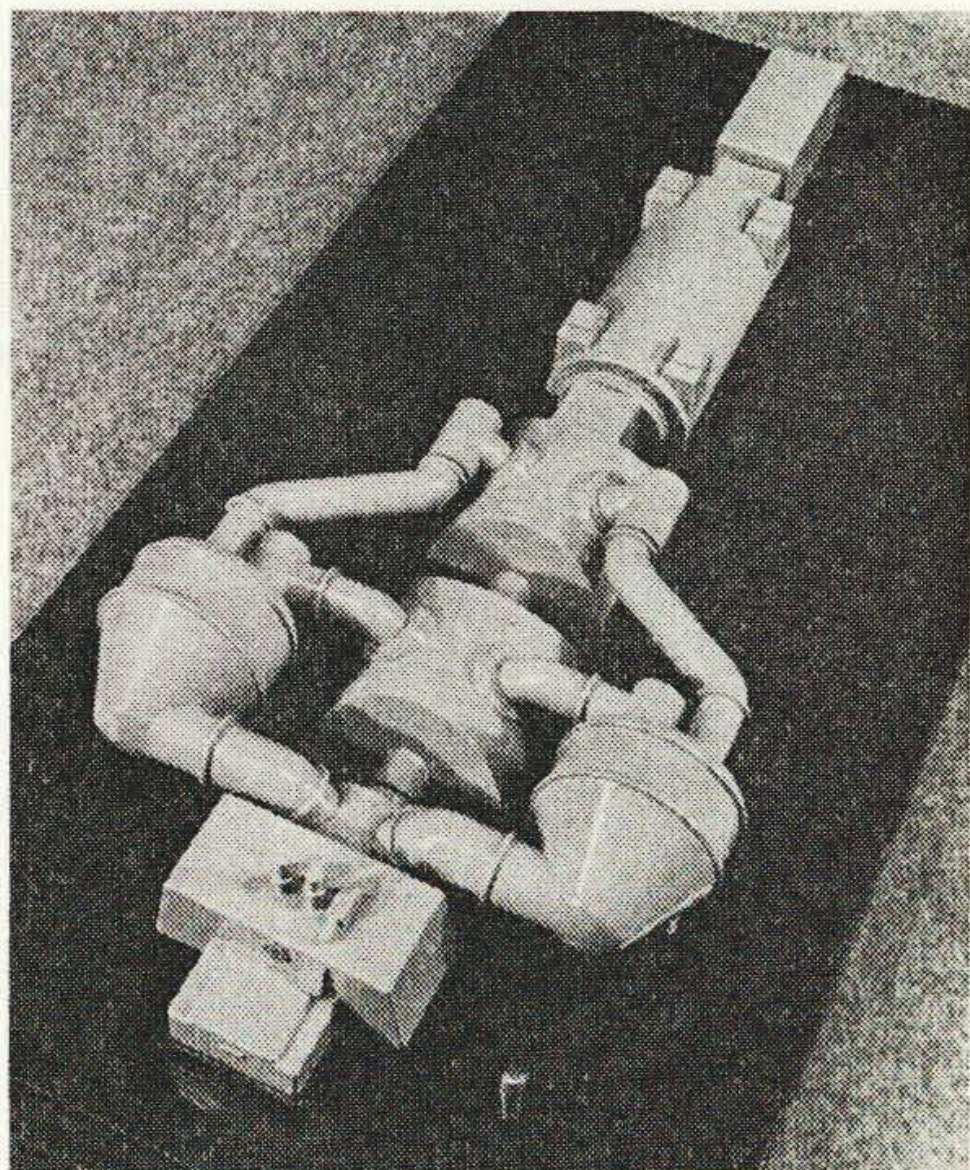


図26 原子力発電用タービン発電機

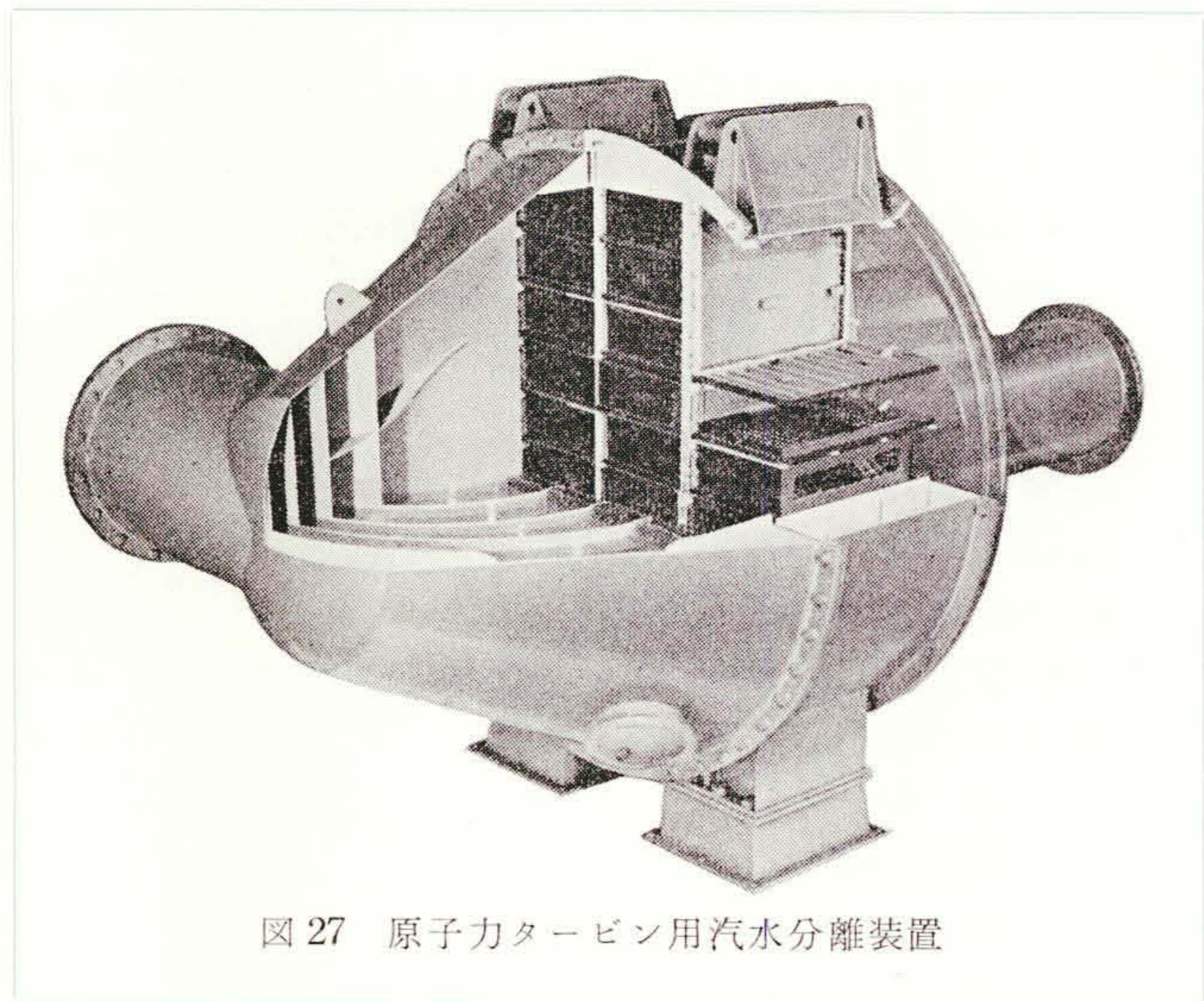


図 27 原子力タービン用汽水分離装置

■ 新形転換炉の開発

1. 炉心設計

国産動力炉開発の一環としての新形転換炉の開発に関しては、動力炉核燃料開発事業団からその一次設計が原子力 5 社に共同発注され、日立製作所が幹事会社となって作業をまとめ昭和 43 年 6 月に設計書を納入した。炉心設計の大部分を日立製作所が分担したが、ここにその概要を述べる。

設計された原子炉は沸騰軽水冷却重水減速形で定格熱出力 515 MW (電気出力 165 MW) を発生する。炉心は総計 212 本の縦形圧力管とその間を満たす重水 (減速材) とから成り、各圧力管内にはクラスタ状にまとめられた燃料棒 28 本が収容される。この燃料要素の寸法、圧力管間隔などは実用炉の最適化設計を実施した結果決定された。原子炉冷却水は軽水で、再循環ポンプにより $73 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ の

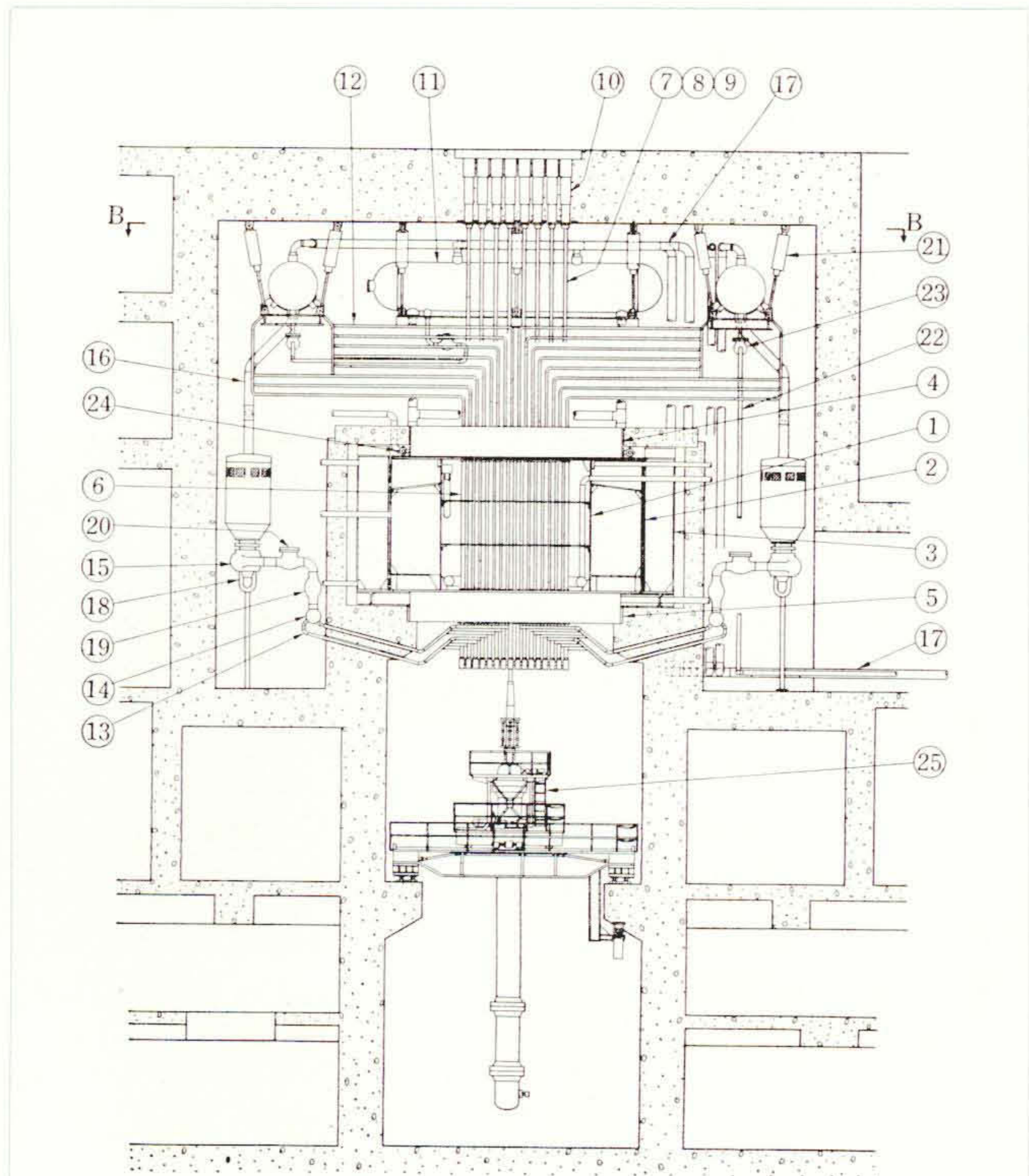


図 28 原子炉本体まわり (図 29 の A~A 断面図)

圧力で原子炉下方から圧力管内に供給され、燃料要素を冷却しながら上方に流れて沸騰し、蒸気ドラム中の汽水分離器で分離された蒸気は直接タービンに送られる。この一次系は安全性の見地から独立の 4 ループに分離されている。

核設計はウラン燃料炉心 (日立担当) とプルトニウム平衡炉心 (東芝担当) のそれぞれについて行なわれ、最も経済的な燃焼計画が立案された。使用設計コードの評価と燃料交換時のピーキング効果なども検討された。初装荷および取換燃料にはウラン燃料を用いている。熱設計は従来の軽水炉の技術

を活用する方針に従い、定格時の燃料単位長さ当たりの発熱量を与え、20% の過出力を考慮している。

通常運転時の炉心制御は 48 本の制御棒および 12 本のブースタで行なわれ、非常時には急速重水ダンプを行なう方針である。燃料交換は全燃料要素について運転中に実施可能であり、これにより出力運転開始約 4 ヶ月後から燃焼に伴う反応度補償ができる。制御棒とブースタは炉心上面から駆動される。燃料交換は炉心下面から行なわれる方針である。

以上の設計方針に基づき実施した炉心まわりの構造設計の結果は図 28, 29 に示すとおりである。本設計は動力炉核燃料開発事業団によって検討され、引き続き第二次設計が発注されようとしている。

2. クラスタ燃料の開発

新形転換炉 (ATR) のクラスタ形燃料格子系では、核的に系の非均質度が高く、この非均質性が系の出力ピーキング、ボイド反応度などに重要な影響を与えているにもかかわらず、従来の計算方法ではこの非均質性を正しく記述することができなかった。そのためこのような系の核特性を正しく記述する方法を開発することは重要な研究課題の一つであった。

今回、新形転換炉の核設計を行なうに当たって、従来開発されてきたサーベイ・コードのモデルの妥当性と適用範囲を明らかにするために、クラスタ形燃料格子系の詳細核計算用として CLUSTER-II コードが開発された。CLUSTER-II コードは、クラスタ系のもつ高次の非均質性を衝突確率理論の方法で取り入れて核計算を行なう HITAC 5020 用コードで、THERCLE (熱群スペクトル)、PAC (共鳴吸収)、SATURN-6 (空間依存高速スペクトル)、SUNRISE 4-1 (一次元拡散) などのコード群をコードシステムの方法により統合したものである。

一方、このように新たに開発された詳細計算コードのクラスタ形燃料形状に対する取り扱いについては実験的検討を加える必要が

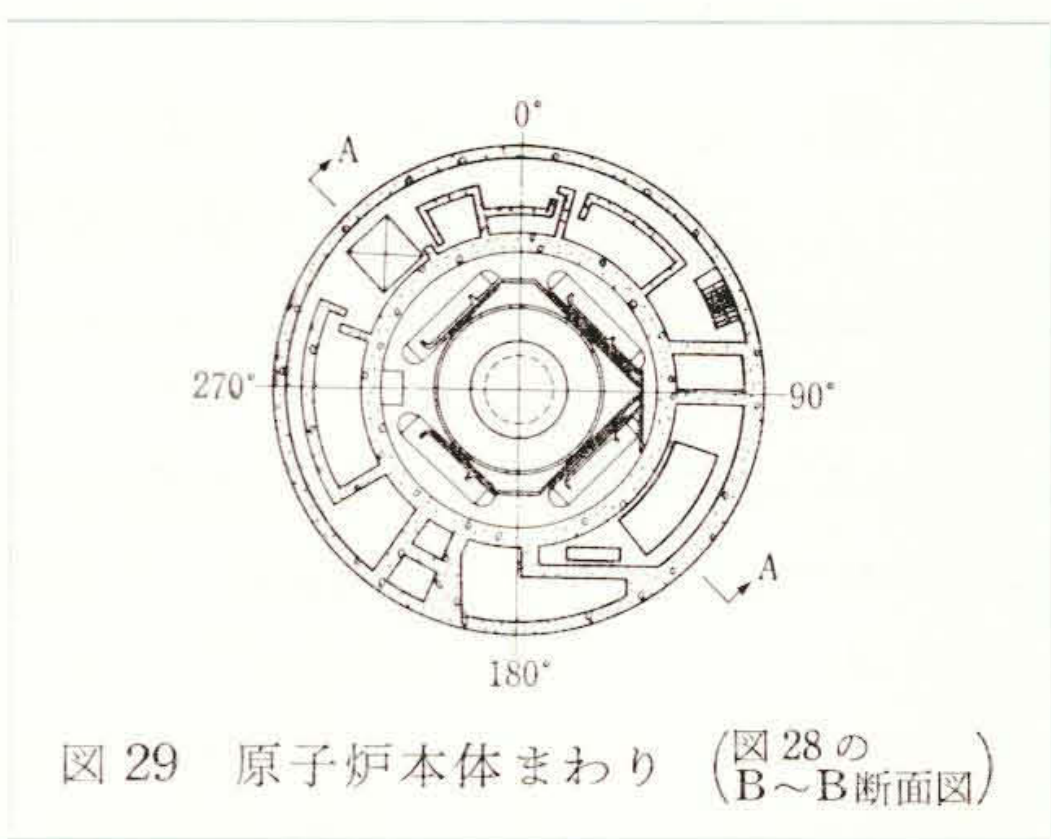


図 29 原子炉本体まわり (図 28 の B~B 断面図)

項番	名 称	材 質	備 考
1	カランドリアタンク	ステンレス鋼	
2	重水ダンプタンク	ステンレス鋼	
3	軽水遮へいタンク	ステンレス鋼	
4	上部遮へい層	ステンレス鋼 炭 素 鋼	
5	下部遮へい層	ステンレス鋼 炭 素 鋼	
6	圧力管集合体	Zr-2, Zr-Nb ステンレス鋼	実験用 2 本 } 予備 4 本 } 含む
7	ブ ー ス タ		
8	シ ム 安 全 棒		
9	調 整 棒		
10	駆 動 装 置		
11	蒸 気 ド ラ ム		
12	上部圧力管枝管		
13	下部圧力管枝管		
14	下 部 ヘ ッ ダ		
15	再循環ポンプ		
16	下 降 管		
17	蒸 気 管		
18	吸込側仕切弁		
19	吐出側仕切弁		
20	逆 止 弁		
21	蒸気ドラムサポート		
22	給 水 管		
23	逆 止 弁		
24	スタビライザ		
25	燃 料 交 換 機	ステンレス鋼	

あり、日立製作所王禅寺臨界集合体(OCF)で検証実験を行なった。構成した炉心は、濃縮度 1.5% の燃料棒(ペレット直径 1.0 cm)28 本を、クラスタ管内の同心円上に 3 層に配列した 28 本クラスタ燃料要素 19 本を三角格子に配列したクラスタ領域と、これを囲むドライバ領域から成る 2 領域炉心とした。減速材には軽水を用いたが、ATR で使用される重水の特性を考慮して減速能を合わせるように、減速材対燃料の体積比を、クラスタ領域で 2.0、ドライバ領域で 2.5 とした。図 30 は炉心の外観である。

実験項目は臨界量、熱中性子束分布、熱中性子スペクトル、熱外および高速中性子に関するマイクロパラメータなどの測定で、これらを冷却材通路に軽水を満たした場合(Flood 炉心)と軽水のない場合(Unflood 炉心)について行なった。熱中性子束分布の測定には Dy ハクを、また熱中性子スペクトルの空間変化の測定には Lu-Cu ハクを用いた。図 31 は Flood および Unflood 炉心の Lu-Cu 反応率比の分布を示したものである。熱外および高速中性子に関するマイクロパラメータの測定にはハク捕獲法を適用した。

これらの実験結果から CLUSTER-II について導出された結論は、熱中性子に関する取り扱いがきわめて精度が高く、じゅうぶんであるが、高速核分裂のための中性子束分布の計算は拡散ではうまくいかず、輸送方程式によるべきであること、共鳴積分では冷却材のない Unflood の場合には改良の余地が残されているが、Flood の場合には良い結果を与えること、全般的には従来の方法に比べて計算精度の高いことが確認された。

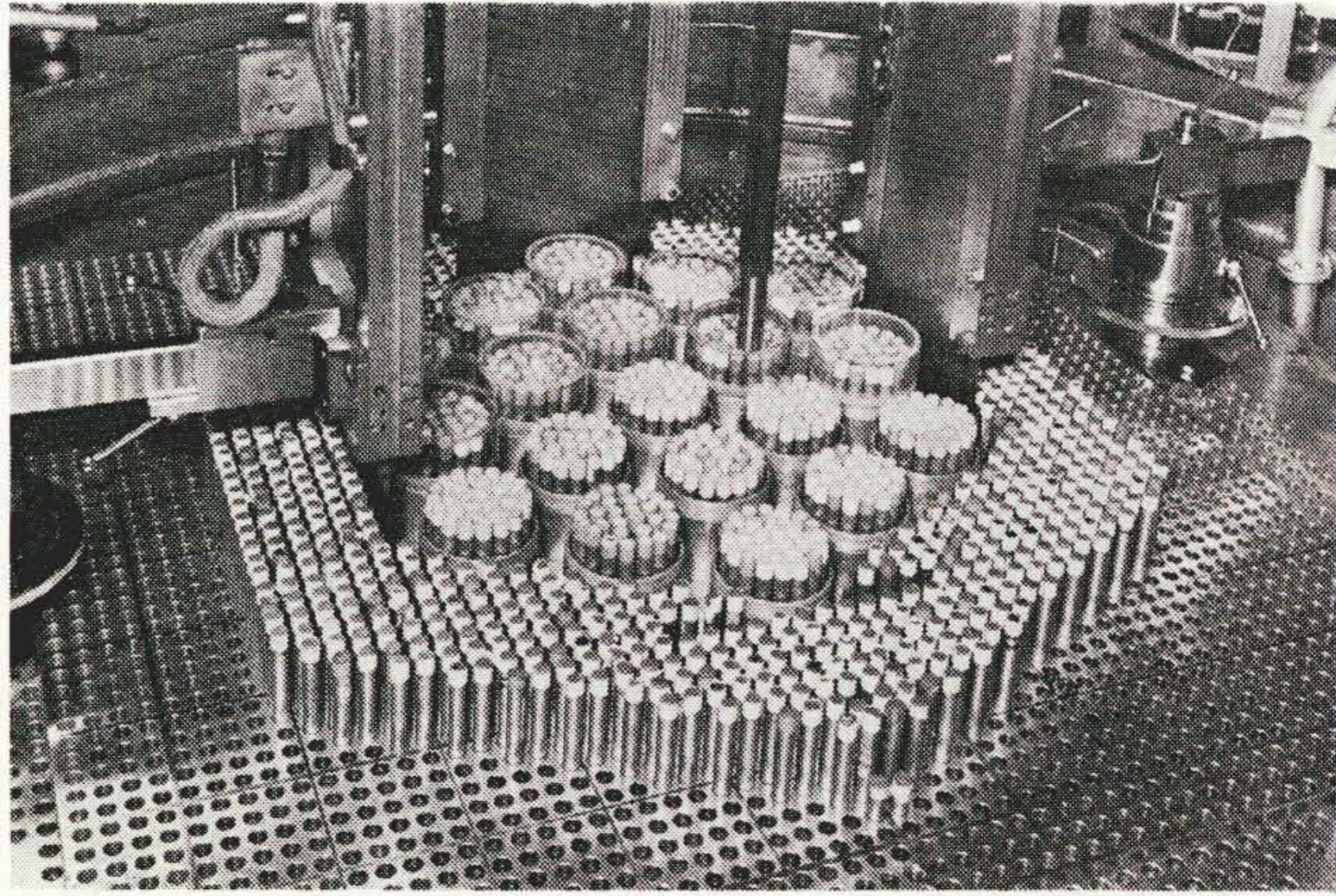


図 30 クラスタ形燃料炉心

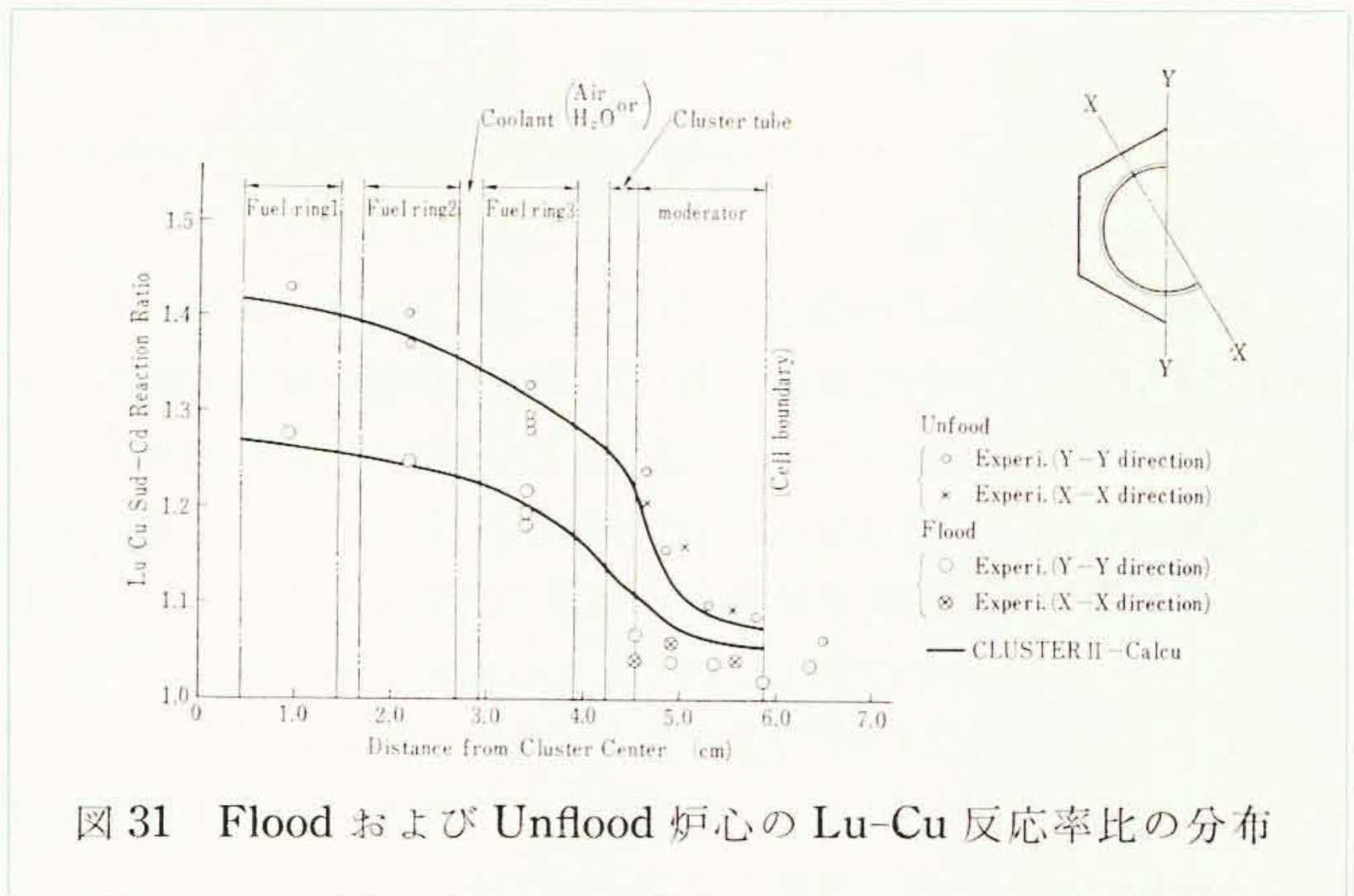


図 31 Flood および Unflood 炉心の Lu-Cu 反応率比の分布

■ アイソトープ発電器

科学技術庁宇宙開発推進本部からの委託によって、宇宙用アイソトープ発電器の調査研究を昭和 38 年から 40 年まで実施した。その

後、独自に地上用アイソトープ発電器の開発を行ない、昭和 43 年 2 月 29 日に試作器に 10,000 キュリーのストロンチウム-90 を装てんし、わが国で初めて発電を開始した。その外観を図 32 に示す。本器は上述のストロンチウム-90 を熱源とし、日立製作所栃木工場製のビスマス-テルル熱電素子によって 9 V 3 W の電気出力を得ている。寸法は 480 mmφ×500 mm、重量は 450 kg である。この重量のほとんどはγ線遮蔽(しゃへい)のためのもので、漏えいγ線量率は中心から 1 m の位置で 3.5 m rem/h に押えてある。寿命は 5 ないし 10 年を目標としている。

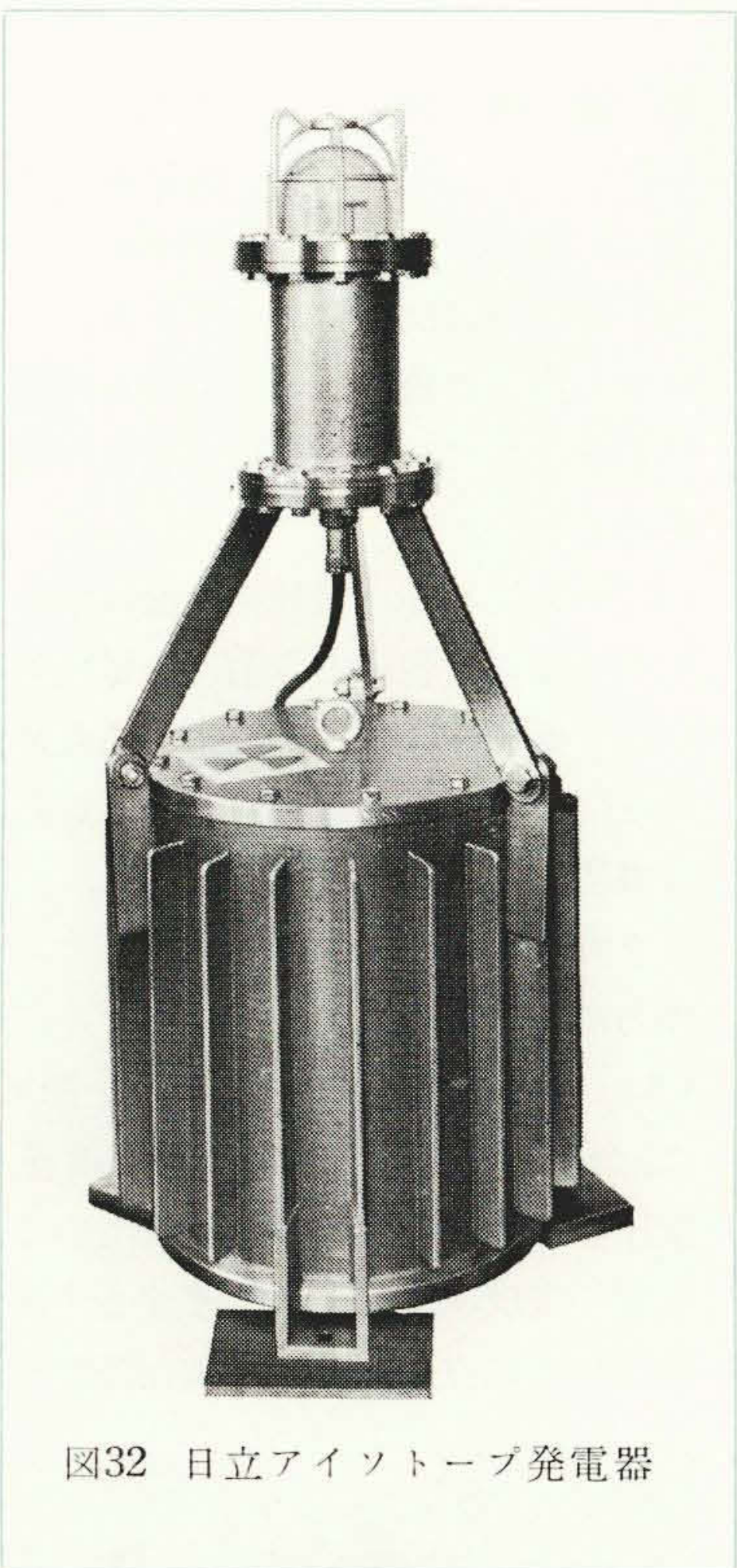


図 32 日立アイソトープ発電器

ラジオアイソトープは自発的に熱を発生する非常に安定した熱源と考えることができ、かつ単位重量当たり保有するエネルギーが著しく大きい特長を持っている。たとえば、化学燃料の重油では 10⁴ cal/g であるのに対して、ストロンチウム-90 では 10⁸ cal/g、トリウム-228 では 10⁹ cal/g と著しく大きく、天然ウランのフィッション・エネルギーに匹敵する。これらの特長から、アイソトープ発電器は長寿命の小形電源としてすぐれており、保守が著しく困難な、たとえば海底電線レピータ、へき地あるいは海上の自動気象ステーションや航路標識灯または宇宙用の電源としての利用が考えられている。

アイソトープ発電器がまだじゅうぶんに利用されていないのは、アイソトープの価格が主要な原因と思われる。材料費のほとんどを占めるアイソトープの価格は漸次低減しつつある。現状では、エネルギー当たりの価格は乾電池のそののほぼ 2 倍程度であるが、昭和 45 年代にはアイソトープ発電器は乾電池と価格的に競争できるものと考えられる。

送変電機器および系統保護装置

■ 東京電力株式会社五井火力発電所納 420 MVA 変圧器

電力需要の増大に伴い、変圧器の大容量化も着々と進展しつつある。日立製作所では 420 MVA 三相変圧器を五井火力発電所の 6 号器として納入した。この変圧器は日立製作所の記録的な大容量器であり、製作にあたっては、種々新技術を導入するとともに、試作研究を行なって完成したものである。

おもな仕様は次のとおりである。

形	式	送油風冷式	三相内鉄形三脚鉄心
容	量	420 MVA	
電	圧	一次	14.7 kV

二次 $F 287.5-R 281.25-F 275$ kV
 絶縁階級 一次 20 号
 二次 線路端 200 号 中性点 80 号
 周波数 50 Hz

おもな特長は次のとおりである。

(1) 高圧巻線には転位電線を採用して、巻線中の漂遊損を低減するとともに、巻線導体の転位作業を廃止し、接続作業を極度に少なくした。

(2) 高圧巻線に接続点を設けないコンデンサカップリングシールドを用い、巻線の作業性、電気的特性を向上した。

(3) 低圧巻線は大電流であるため、素線本数が多く、その素線の転位方法には日立特許の新しい転位構造を採用し、素線間の循環電流を減少させた。

また巻線よりブッシングまでのリード線に対しては短絡時の機械力に耐えるよう実物大のモデルで確認した。

(4) タンクには縦はり方式を採用し重量の軽減を図るとともに、騒音についても中身構造の改善とあいまって、既納 300 MVA 変圧器を下まわる好結果をえている。

本器の完成により、今後ますます超大容量化を予想される変圧器の製作技術確立に関し、貴重な経験を得ることができた。

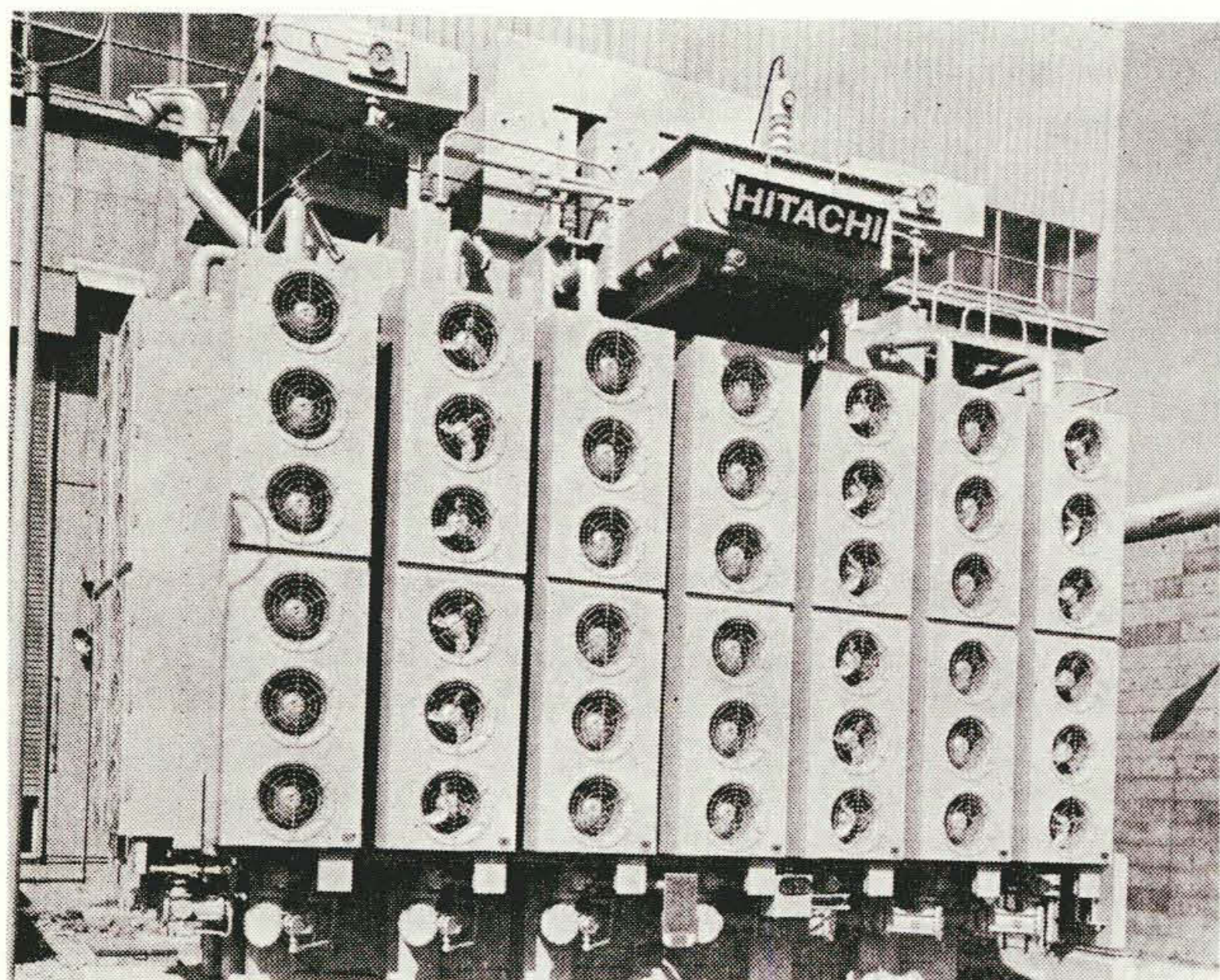


図 33 東京電力株式会社五井火力発電所納 420 MVA 変圧器

■ 空気遮断器の開発と進歩

500 kV 送電の採用が世界的に進められつつあり、国内においても数年後の送電開始を目標に関係各方面において準備が進められている。日立製作所においては 500 kV 系統用遮断器として 525 kV, 4,000 A, 35,000 MVA 超大容量 OPH 形空気遮断器を開発して各種の試験を実施している。

昭和 38 年に常時充気式内部断路形空気遮断器を開発して以来、中容量の OPF 形 (72~168 kV), 大容量の OPG 形 (72~300 kV), 超大容量の OPH 形 (300~525 kV) の 3 系列がすべて完成している。3 系列の空気遮断器はいずれも同一の動作原理に基づいており、1 遮断ユニット中の 2 遮断点を 1 個の可動子で開閉する操作方式のほか機械的引張機構、完全なユニットシステムによる無配管、無調整の組立法など各系列とも共通の長所を有している。しかし仕様面での高性能化の要求は年々高まりつつあり、これに伴って各種の性能改善がなされている。OPH 系列では、従来の操作圧力 15 kg/cm² を 30 kg/cm² に昇圧して最大遮断電流を 40 kA クラスから 50 kA クラスに増大させるとともに 1 相当りの遮断点数を減らして寸法の

小形化を図った。500 kV 遮断器では、従来の OPG 形を使用して構成すれば 1 相当り 12 点となるが、OPH 形ではこれを半減して 6 点とし、全長寸法でも 60% 以下に短縮した。

また 500 kV 遮断器では 300 kV 級以下の遮断器に見られなかった新たな問題として開閉操作時に発生する開閉サージの抑制の問題があげられる。国内系統として計画されている 100 km 前後の線路長についてアナライザによる解析を行なった結果、1 相当り 1,000 Ω 程度の投入抵抗を用いれば投入時のばらつきを考慮しても、開閉サージ電圧を相電圧波高値の 1.7 倍以下に抑制できることがわかったので、OPH 形では 900 Ω の抵抗を採用した。また、遮断時の接点間の電圧分布均等化、再起電圧の抑制の点からも並列抵抗が必要となるが検討の結果、投入用抵抗を遮断用として兼用する方式とした。このため構造が簡単となり、抵抗体、抵抗接点を遮断部タンク内に収納したので外観上簡潔になった。

各種試験の総まとめとして、525 kV OPH 形空気遮断器 1 相分が超高压電力研究所武山研究所に送られ、43 年 7 月より実用性能検証試験が行なわれている。図 34 に示すように遮断器本体のほかコンプレッサユニット、一次タンク、減圧装置、制御装置などを含んだ姿で試験を実施中である。

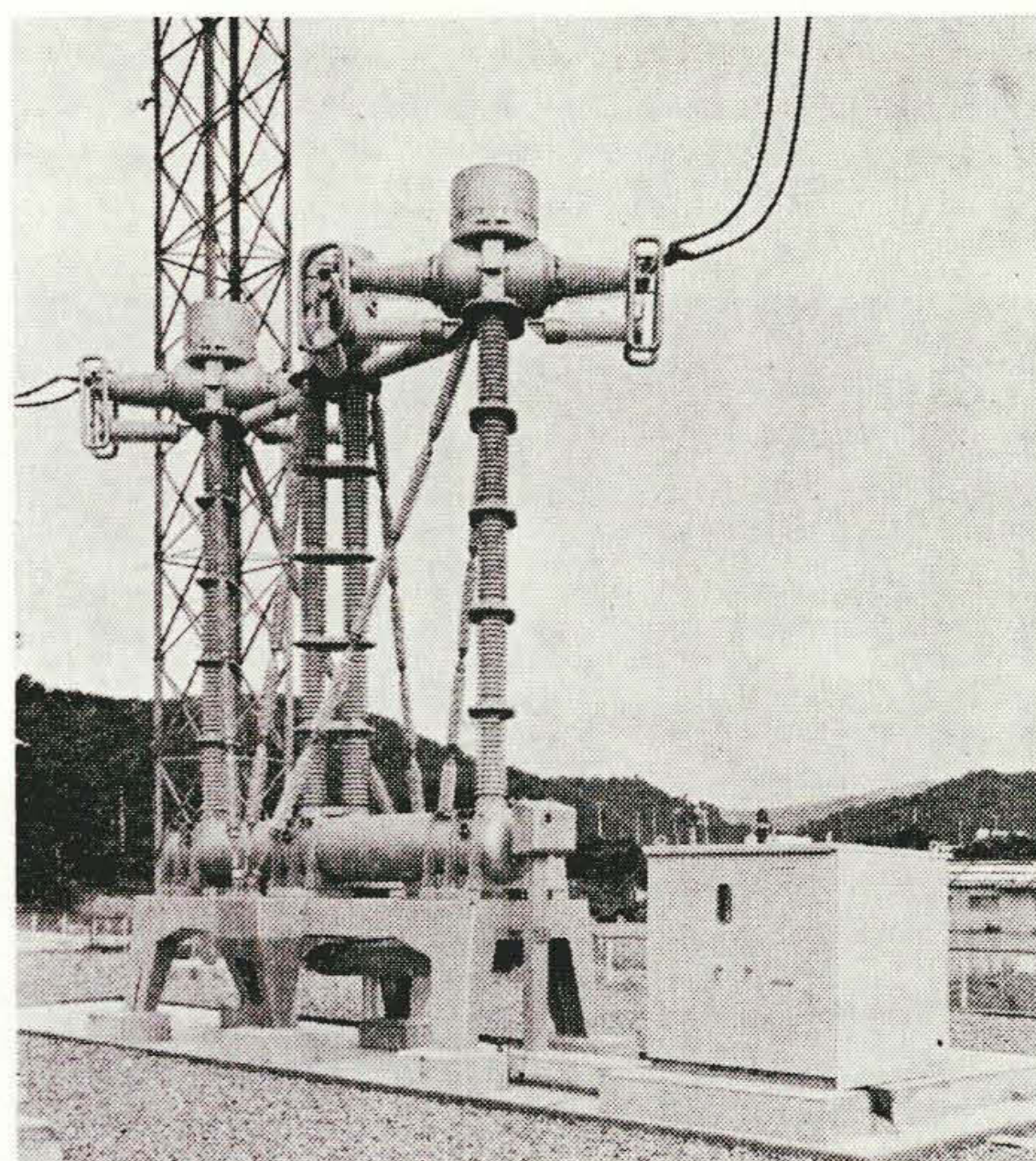


図 34 525 kV, 4,000 A, 35,000 MVA OPH 形空気遮断器

■ 真空遮断器

1. 真空遮断器

昭和 40 年、電力用遮断器としてはわが国で初めて 7.2/3.6 kV 400 A 100/50 MVA 真空遮断器を開発して以来、各種の真空遮断器を製作納入してきたが、43 年 5 月、7.2/3.6 kV 600 A 150/100 MVA 真空遮断器 (改良形) が電力会社合同形式試験を完了し、九州電力株式会社、関西電力株式会社を始め一般産業で多数使用されている。本器はキュービクルに 3 段階で収納できるため同定格品中で最小のものである。また 7.2/3.6 kV 1,200 A 150/100 MVA を開発したが外形寸法は 600 A と同一である。7.2 kV 150 MVA 級では 1,200 A は唯一の機種であり寸法、重量とも同定格で最小である。

2. 車両用真空遮断器

交流車両用真空遮断器として CB 901 形、CB 902 形の 2 機種を日本国有鉄道へ納入した。これらの基本構造は同一であり、定格はそれぞれ CB 901 形 24 kV 300 A 100 MVA, CB 902 形 30 kV 200 A 100 MVA である。

CB 902 形はきたる山陽新幹線電車での使用を目標に小形、軽量と

保守低減をねらって開発されたもので、日本国有鉄道における試験後、ABBと交換して新幹線電車で長期テストを行なっている。またCB 901形は電気機関車ED77901形にとう載して使用されている。車両用真空遮断器は20～30 kVで真空遮断器が実用された点、車両用として真空遮断器が使用された点などいずれも世界で初めてである。

3. 配電用真空遮断器

配電用機器に真空遮断器を応用する各種の研究がなされているが、その一例として6.9 kV 300 A柱上真空開閉器21台を北海道電力株式会社へ納入し札幌市その他で使用されている。本器はパイロットワイヤと組み合わせ、負荷電流の開閉、接地電流遮断を行なうほか、短絡電流が通れたとき自動的にロックする装置が付属している。

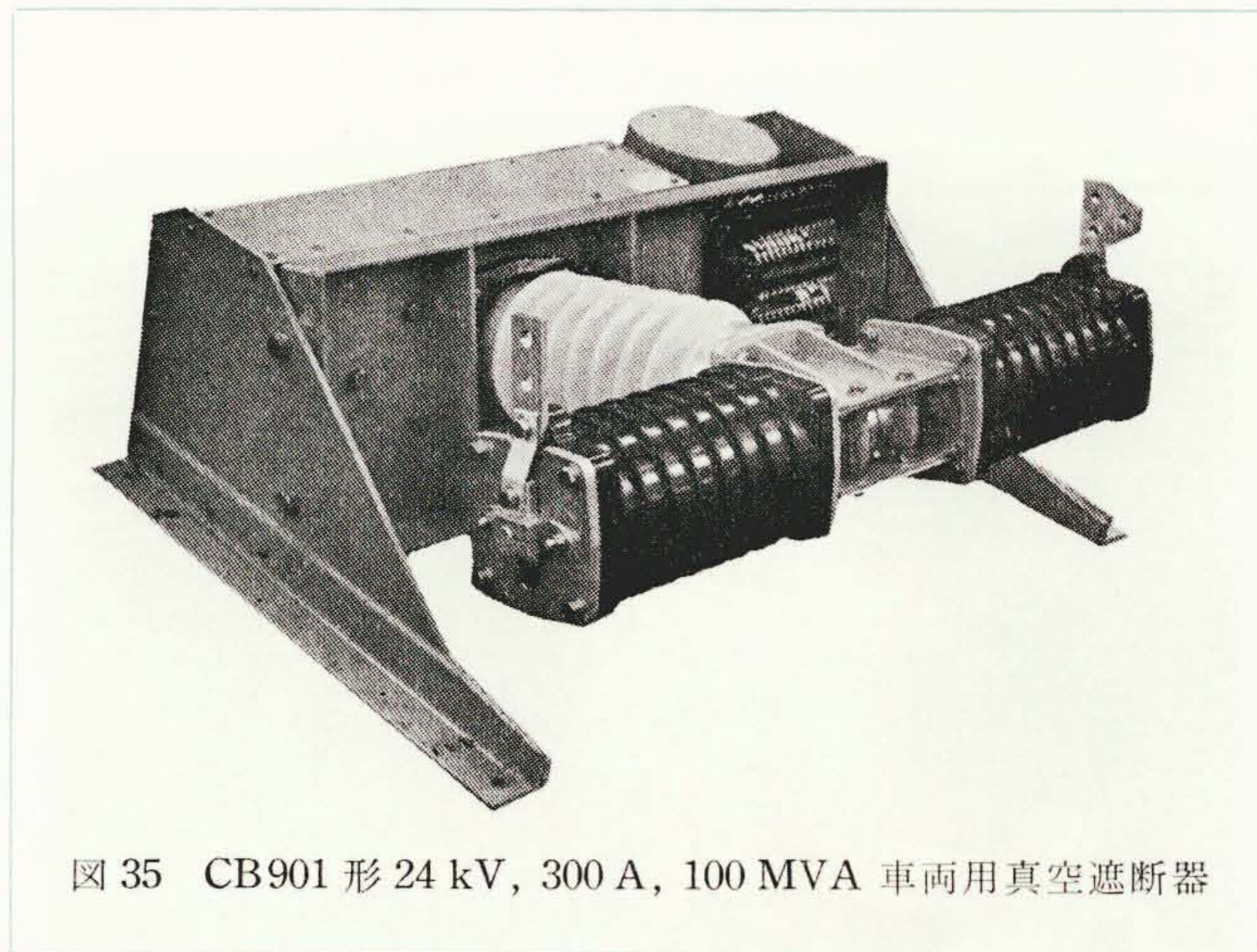


図 35 CB901 形 24 kV, 300 A, 100 MVA 車両用真空遮断器

■ 超高速動作を行なう方向比較搬送継電装置

超超高压送電線保護を対象とした超高速動作の方向比較搬送継電装置を開発した。従来の方向比較搬送継電装置の動作時間は、最小2～3サイクルを要したが、本装置では1サイクル以内の超高速動作が可能である。

本装置の主要部である方向継電器には、両波位相比較原理によるモー継電器を採用し、0.5サイクル以内の動作を実現した。この超高速リレー実現のため最も問題となる事故発生直後の過渡特性についてはデジタルコンピュータを用いて詳細解析を行ない、安定動作の確認を行なった。搬送装置は周波数帯域幅 500 Hz の電力線搬送方式により、伝送時間を 3 ms 以内とした。また遮断器引きはずし回路に接点式継電器を用いたほかはすべてトランジスタ回路とし、論理シーケンス回路も含め高速化することができた。図 37 は模擬送電線による試験での三相短絡事故におけるオシログラム例であり、約 0.7 サイクルにてトリップ指令が発せられている。図 36 は本装置 2 端局分の外観である。

上記のほか、本装置は次のよう

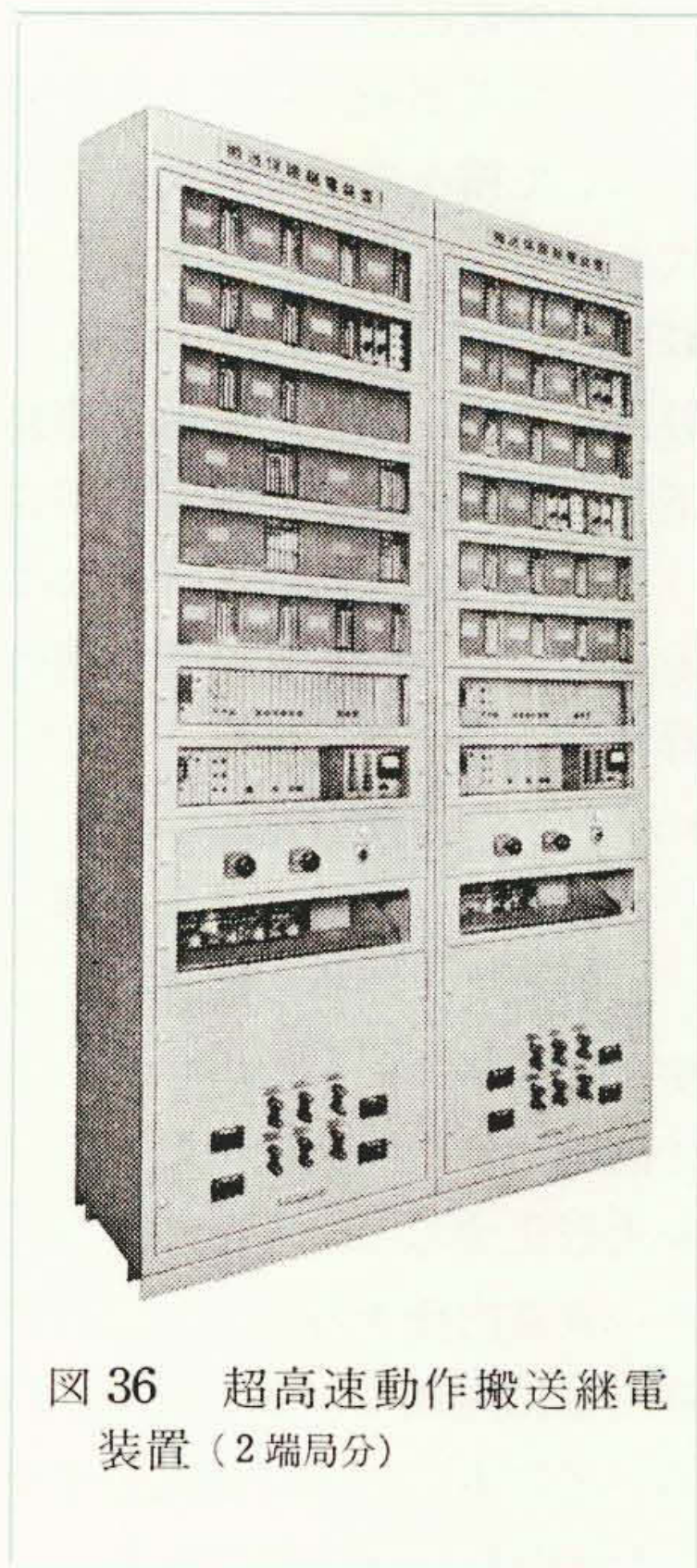


図 36 超高速動作搬送継電装置 (2 端局分)

な特長を持っている。

- (1) 後備保護用距離継電器第 1 段も 1 サイクル以内の超高速動作とすることができる。
- (2) 消費 VA は後備保護継電器を含めて、PT 回路 7 VA, CT 回路 10 VA であり、従来の約 $\frac{1}{5}$ 以下に減少することができる。
- (3) トランジスタリレーの使用によりコンパクト化し、盤面数を 1 回線 1 面とし、従来の $\frac{1}{2}$ に縮小することができた。
- (4) 主継電器は、内部、外部方向継電器および過電流継電器を 1 組にまとめたものである。
- (5) 各継電器の構造はユニット式で、ラック構造のキュービクルに組み込まれているので、保守点検が便利である。

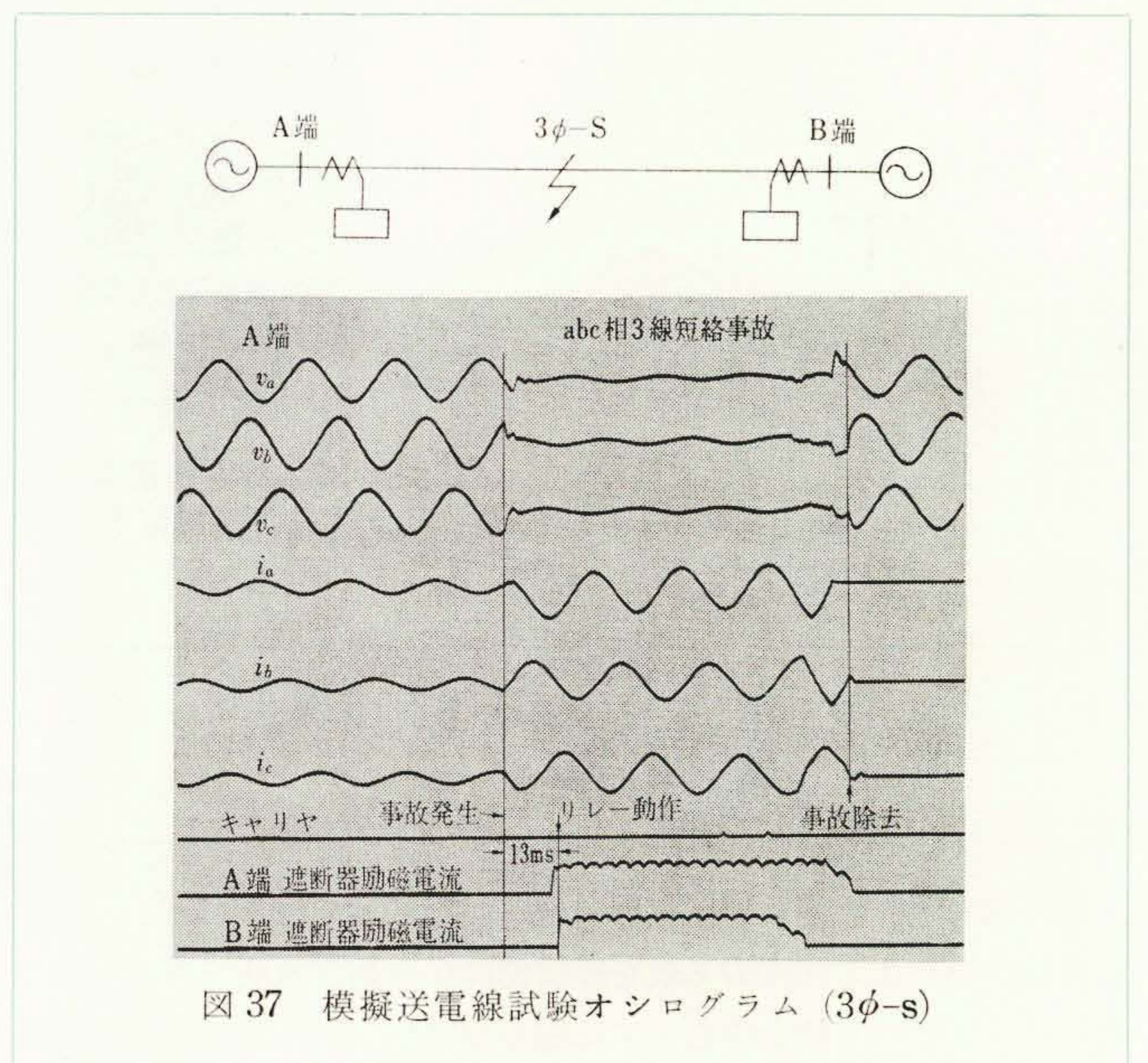


図 37 模擬送電線試験オシログラム (3φ-s)

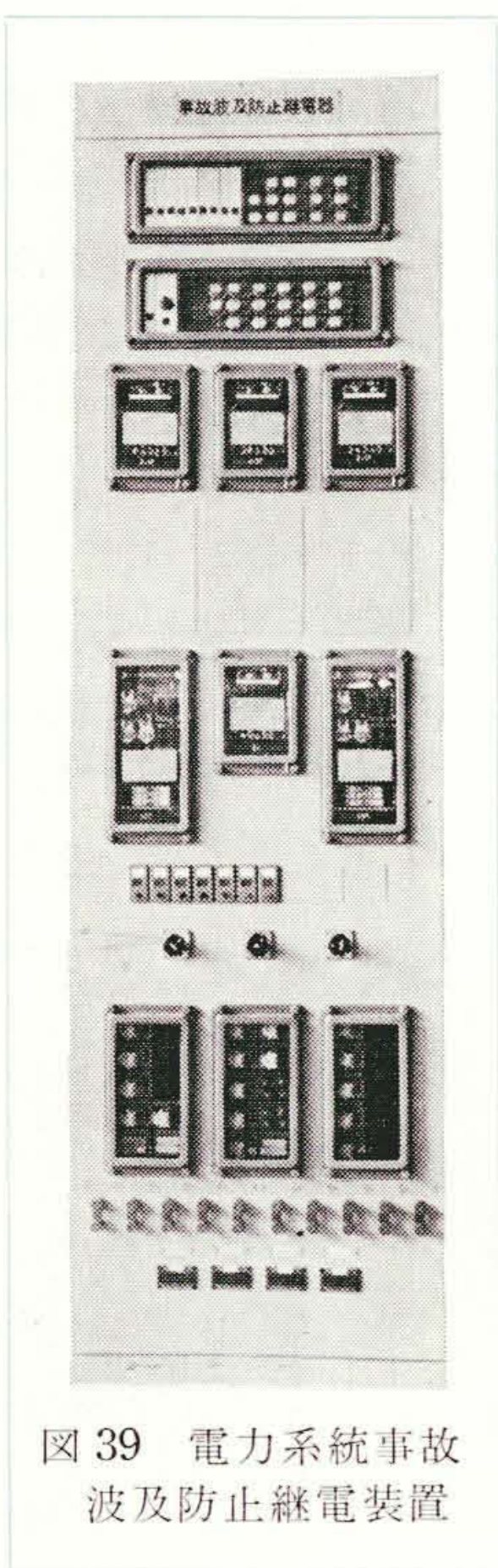
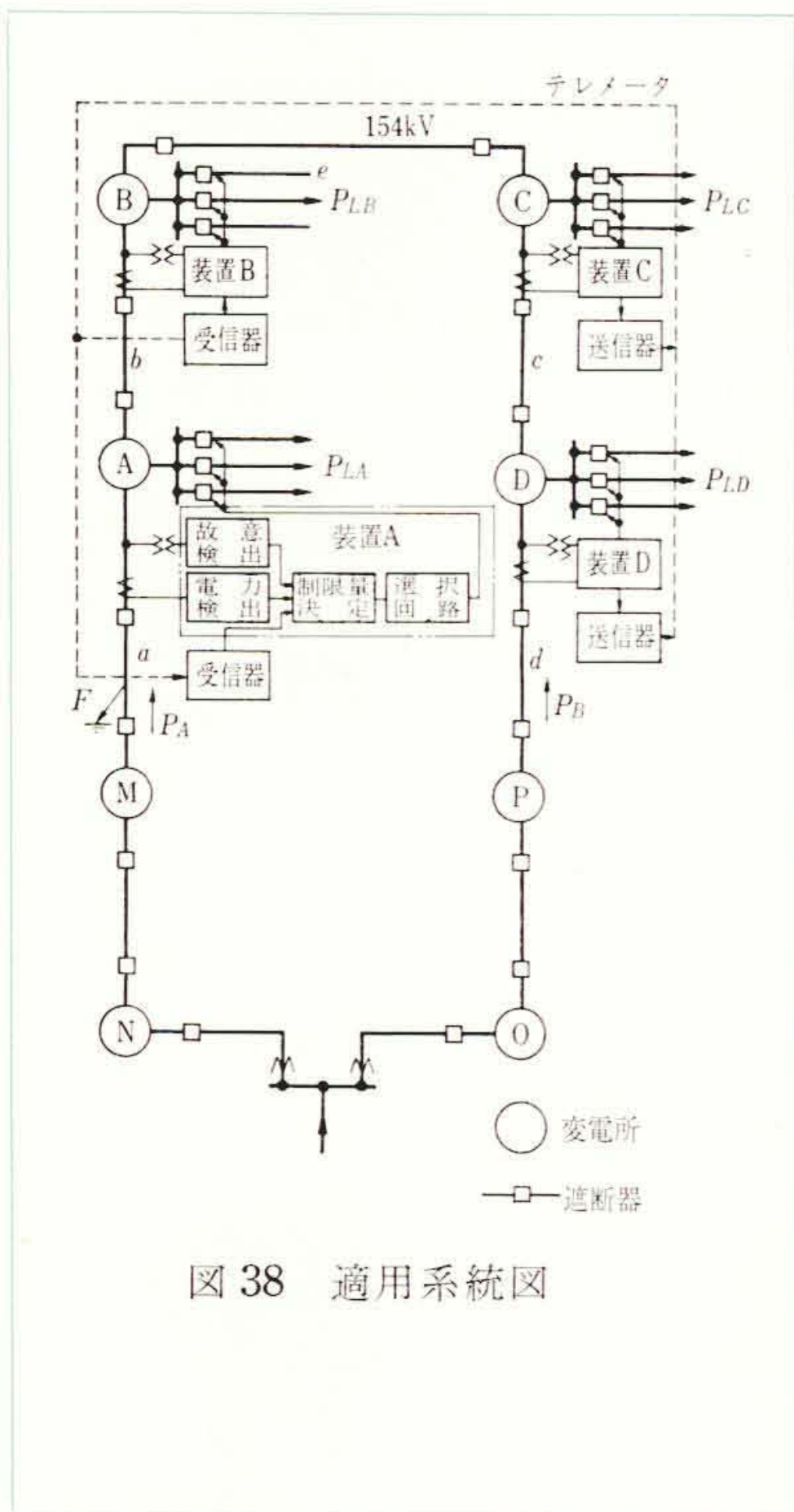
■ 電力系統事故波及防止継電装置の完成

大停電事故を防止するには電力系統の一部に発生した事故の影響が他の健全区間に波及することを未然に防ぐ必要があり、従来の系統保護方式とは異なる一種の予測操作が必要である。今回開発した事故波及防止継電装置はこの要望にこたえるものであり、図 38 のようなループ系統を対象としている。たとえば F 点で事故が発生し a 区間の送電線が遮断されてループが解列される事故前電力 P_A が送電線 d-c-e を介して P_B に加えて送られるため、送電線 d-c-e が過負荷となり、はなはだしい場合には系統安定度を害して同期はずれに至るおそれがある。

本装置は P_A の事故前の値を検出しておき、ループ解列が発生したときは同期はずれを防止に必要な負荷電力を高速で遮断し、安定度を維持するとともに d-c-e 区間が過負荷の場合は D, C, B, 変電所からのテレメータ信号により過負荷分相当の負荷電力を遮断し、幹線過負荷を防止するものである。

装置は事故時に確実な高速動作を要求されるから、極力簡潔でじゅうぶん効果のあるものとせねばならない。そのため制限遮断する負荷電力量の検出は、あらかじめコンピュータによる計算結果を装置に記憶させるようにして複雑な演算操作が不要な方式としてある。また論理記憶回路にはシリコントランジスタによる高信頼度論理回路を適用している。

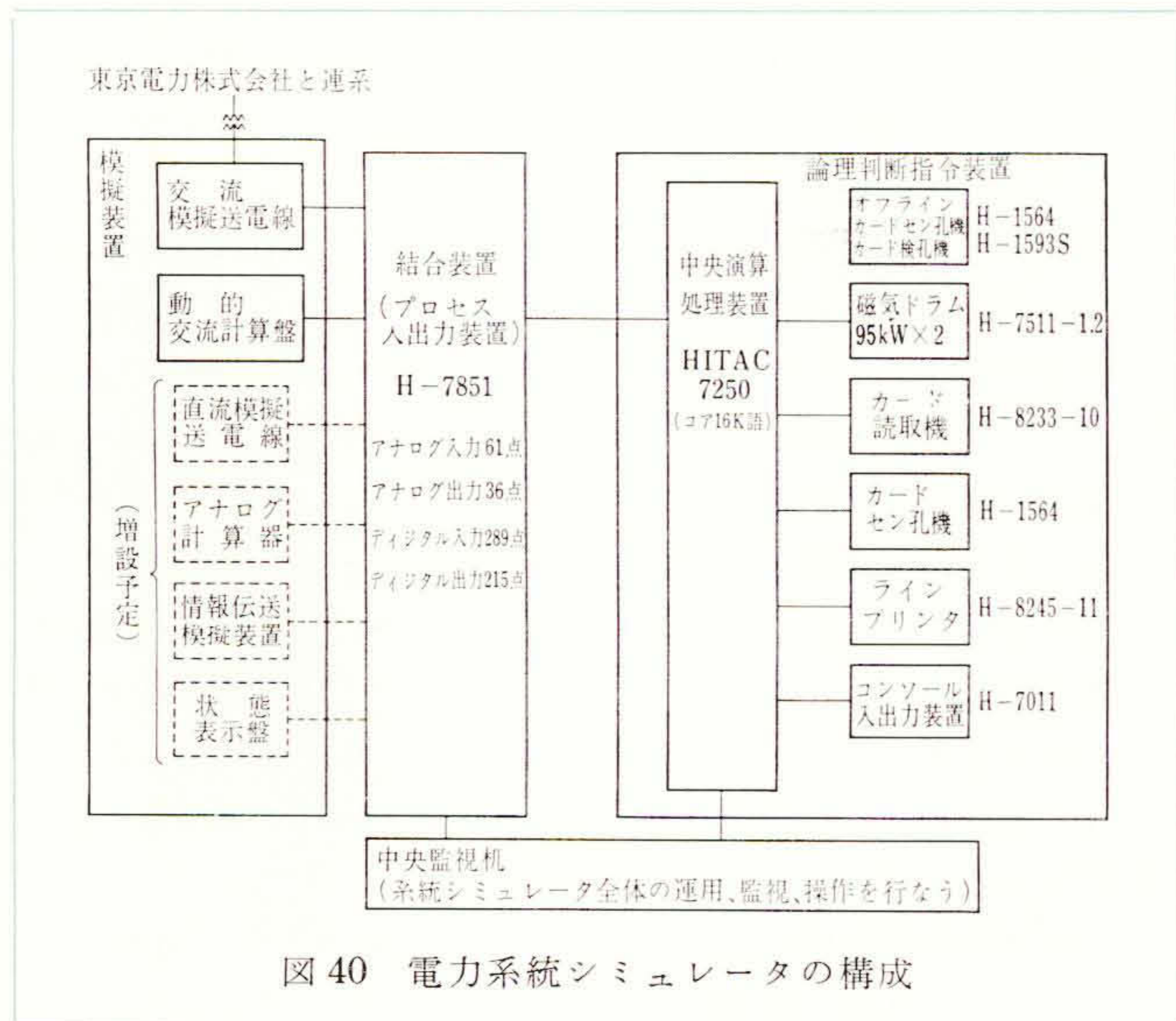
本装置は東北電力株式会社酒田、秋田、一関各変電所に納入され、好調に運転中である。図 39 は本装置の外観を示したものである。



電力中央研究所納 電力系統シミュレータ

わが国の電力需要は年々増加の一途をたどっているが、このような大規模複雑化した電力系統を経済的にかつ高信頼度で運用するためには、電子計算機を中心とする総合自動化方式の採用が必要である。しかしこれら自動化装置の実用化にあたっては、まず実系統と同様な機能をもった模擬系統によって事前にじゅうぶんな実証研究を行なう必要がある。電力系統シミュレータはこの目的のために電力中央研究所と日立製作所が協同研究によって開発した実証研究設備である。昭和 43 年 7 月現地総合試験を完了、引き続き実証研究を開始した。

図 40 はその構成を示したものである。電力系統を模擬する交流模擬送電線、動的交流計算盤(他社製)と電子計算機を中心とした論理判断指令装置、両者を結合する結合装置、これらのシステム全体を運用操作するための中央監視盤からなっている。図 41 は本系統



シミュレータの論理判断指令装置、結合装置、動的交流計算盤を示したものである。

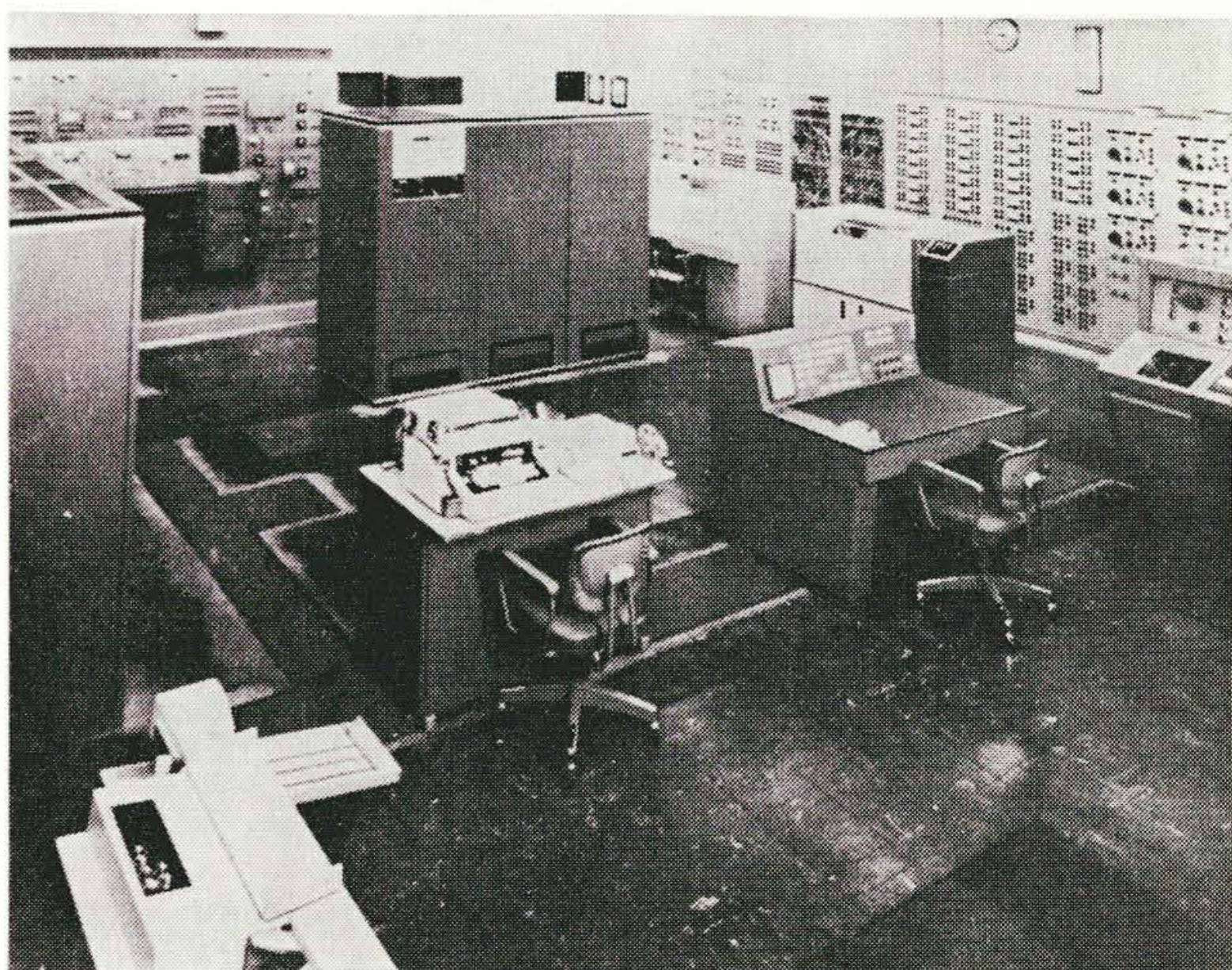
本装置のおもな特長は次のとおりである。

(1) 論理判断指令装置はオンライン機能の充実した制御用計算機 HITAC 7250 とその周辺機器で構成されている。

(2) 交流模擬送電線は実際の電力系統の動的特性を、動的交流計算盤は実際の規模を模擬しているのが特色であるが、いずれも結合装置を通じて論理判断指令装置から自動操作し閉ループのオンライン制御を行なうようにしてある。

(3) 論理判断指令装置は上記模擬装置を切りはなし、単独でオフライン計算もできるようになっている。

本シミュレータにより、電圧無効電力制御、事故後自動操作などのオンラインによる実証研究を実施中であるが、今後各種自動化の実証研究が計画されており、各方面からの成果が期待されている。



変電所関連機器

新しい配電用変圧器

全地中変圧器 (TUT) 完成

最近の需要過密化による変圧器容量の増加ならびにまちの美観に対処して種々の配電方式の試みがなされているが、今回地中配電方式に使用する新しい変圧器として全地中変圧器を開発、完成した(図 42)。本変圧器は 6 kV π 引込ループ地中配電区域の密封地下孔内に設置して使用され、各種保護装置が変圧器と一体化され、特に小地下孔内での配線、結線作業が容易な構造となっている。

さらに浸水または異状出水により変圧器が冠水した状態においても異常なく継続運転可能な構造となっている。地中運転時の温度上昇特性、地中使用に耐える高圧ブッシングおよび保護機器ならびにケースの耐腐食性についての問題点もじゅうぶん検討されている。

高圧保護ヒューズ付変圧器

一般に変圧器事故保護用ヒューズとしては高圧カットアウト、油中ヒューズなどが使用されているが、今回装柱の簡素化という目的で高圧がい子内蔵放形ヒューズを開発した。このヒューズは機器を大形化することなく、また油中ヒューズのように動作時にケースの異常内圧上昇を生じ破損事故につながる懸念もなく簡単に柱上変圧器に内蔵できる。図 43 は事故保護装置として現用の 6 kV 高圧がい子に本ヒューズを内蔵させ、さらに巻線をエポキシモールド処理した密封乾式変圧器である。



図 42 東京電力株式会社納 全地中変圧器 (TUT) V 結線三相四線式 (30+70) kVA 一次、二次保護装置内蔵

図 43 東京電力株式会社納 105 V, 30 A (10 秒定格) 3.15 kV 高圧保護ヒューズ付密封乾式変圧器 (時限式事故捜査器用変圧器)

ループ配電線の事故捜査器と自動開閉器遠方監視装置

常開ループ配電線を対象とした事故捜査器および自動開閉器遠方監視装置を開発し東京電力株式会社に納入した。本装置は事故区間を自動的に除去し、事故区間以降の健全区間に対して自動的に逆送を行なうもので、自動開閉器の状態監視をする遠方監視装置も内蔵している。

図 44 に示すように配電線を 2 回線常時開路ループ構成とし、配電線に事故が発生すると変電所引出口の遮断器を引はずし、いったん停電する。これにより自動開閉器を開路し、引き続き変電所で第 1 回再閉路を行なうと、自動開閉器は X 時限で順次投入される。事故区間の開閉器が投入されると再度事故が発生し変電所引出口にて再遮断し、同時に事故区間両端の開閉器をロックする。したがって、変電所にて第 2 回目の再閉路を行なうと、事故点直前の区間まで復旧され事故点が判明する。一方ループ点制御器においては、両側配電線のいずれか一方が事故で停電して一定時間 (T 時限) 以上を経過すると、常時開放のループ点開閉器を自動的に投入して逆送し、事故発生区間のみを残して送電を完了する。また自動開閉器の状態表示のため、各開閉器ごとに割り当てられた専用周波数を営業所より常時送信し、開閉器の開閉による返信信号の有無を検出することにより、すべての柱上開閉器の変化を営業所で監視することができる。このため営業所には遠方監視用の親局装置と表示盤が設置され、子局装置は各事故捜査器内に収容されている。

事故捜査器は事故時の電圧検出回路、限時回路などがトランジスタ化されており、柱上の振動による誤動作がない。電圧検出感度は 30 V 以下であるので、従来の装置と異なり事故区間投入時において区間の他端子においても事故検出、ロックを同時に行なうことができ、ループ点自動投入、逆送を可能としている。トランジスタ回路

の電源は系統電圧より取り出しているが、事故時にも確実に動作できるように、コンデンサによる電圧保持に考慮を払っている。また $-20^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ の屋外における過酷な使用条件に対してもじゅうぶん正確な動作を行なう。

図 45 は本装置の外観である。

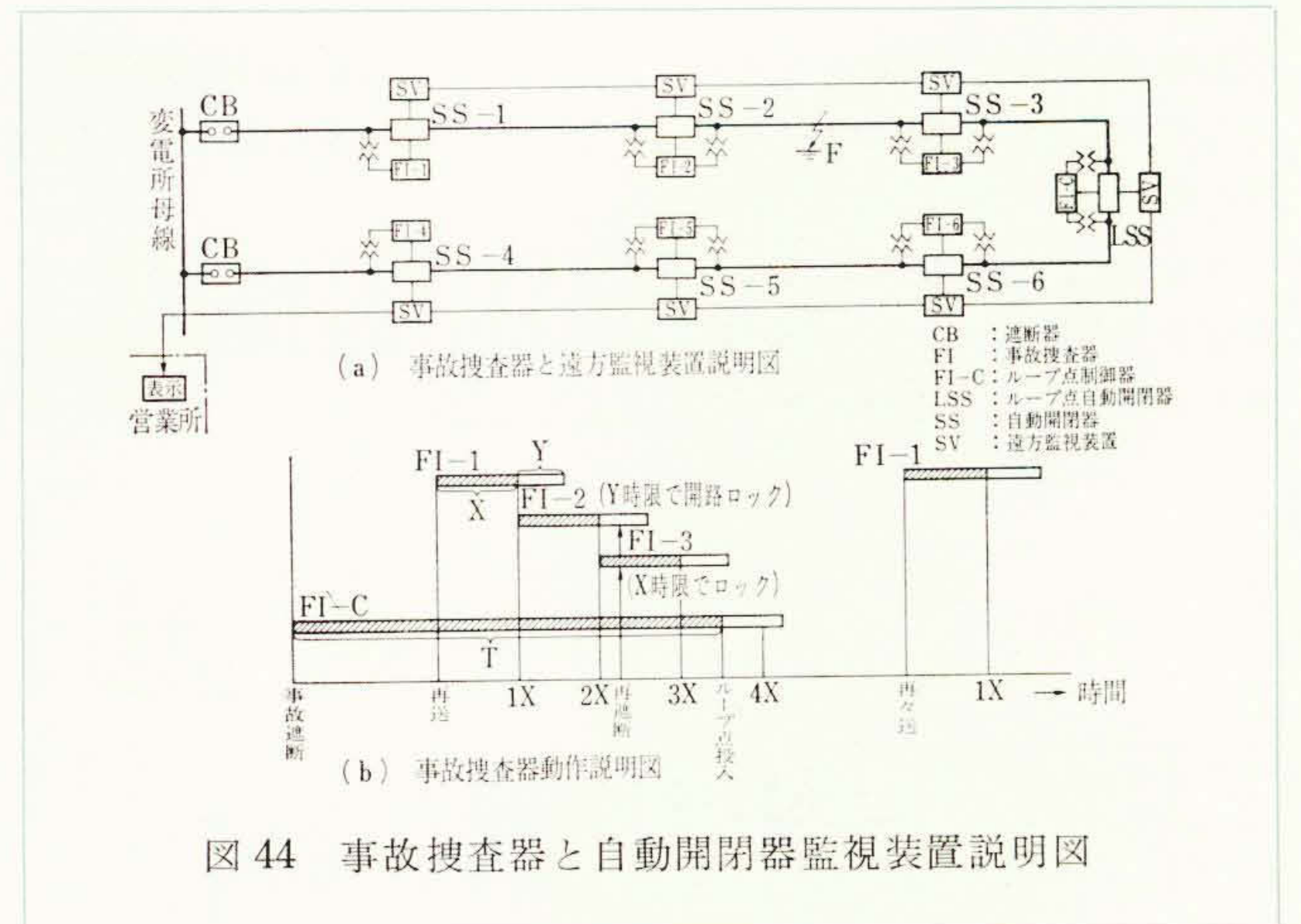


図 44 事故捜査器と自動開閉器監視装置説明図



図 45 事故捜査器

直流変換

直流送電用 50 kV サイリスタバルブ完成

従来の水銀アークバルブに代わる超高圧サイリスタバルブの開発を進めているが、昭和 42 年の 10 kV バルブに引き続き、今回さらに実規模に近い 50 kV サイリスタバルブ 3 本を試作開発し、工業技術院電気試験所に納入した。

本バルブは単位ユニットの積み上げ方式を採用し、各ユニットにはサイリスタ、冷却体、電圧均等分圧回路、陽極リアクトル、ゲート点弧パルス増幅器、パルストランスおよびパルスアンプ電源などを含み、これ単独にて 1 個のバルブとしての役目を果たすものである。使用電圧に応じてこれを多数直列に積み重ね得る構造である。

サイリスタは 2,500 V 400 A ユニットセル (日立平形素子) を 8×8 段 = 64 個直列に接続し、起こり得るあらゆる異常電圧に耐えるようにするとともに、素子の特性、回路条件にじゅうぶん協調のとれた分圧回路およびバルブダンピング回路を設けている。

多数の直列接続された素子に同時にゲート点弧パルスを送ることがサイリスタバルブの必須条件であり、本バルブでは大地より各ユ

ユニットまでは光により点弧信号を伝送し、ユニット内部で光を電気パルスに変換して個々のサイリスタにゲートパルスを与えている。また安定運転条件上パルスの幅は通流すべき主陽極電流の通流期間と合わせてある。ゲートパルスの電源は主回路および大地側の両者から取り得るように設計されており、両者の得失を実験的に比較検討するようになっている。

工場試験は等価試験によりサイリスタバルブに転流時の動作責務を与え、各素子の電圧分担を測定したが、じゅうぶん満足すべき結果を得た。

また電気試験所においては、バルブ3本で三相半波回路を組み制御遅れ角90度でゼロφ率全負荷試験を行ない、直流送電用高圧変換器としてじゅうぶん信頼性があることを確認中である。

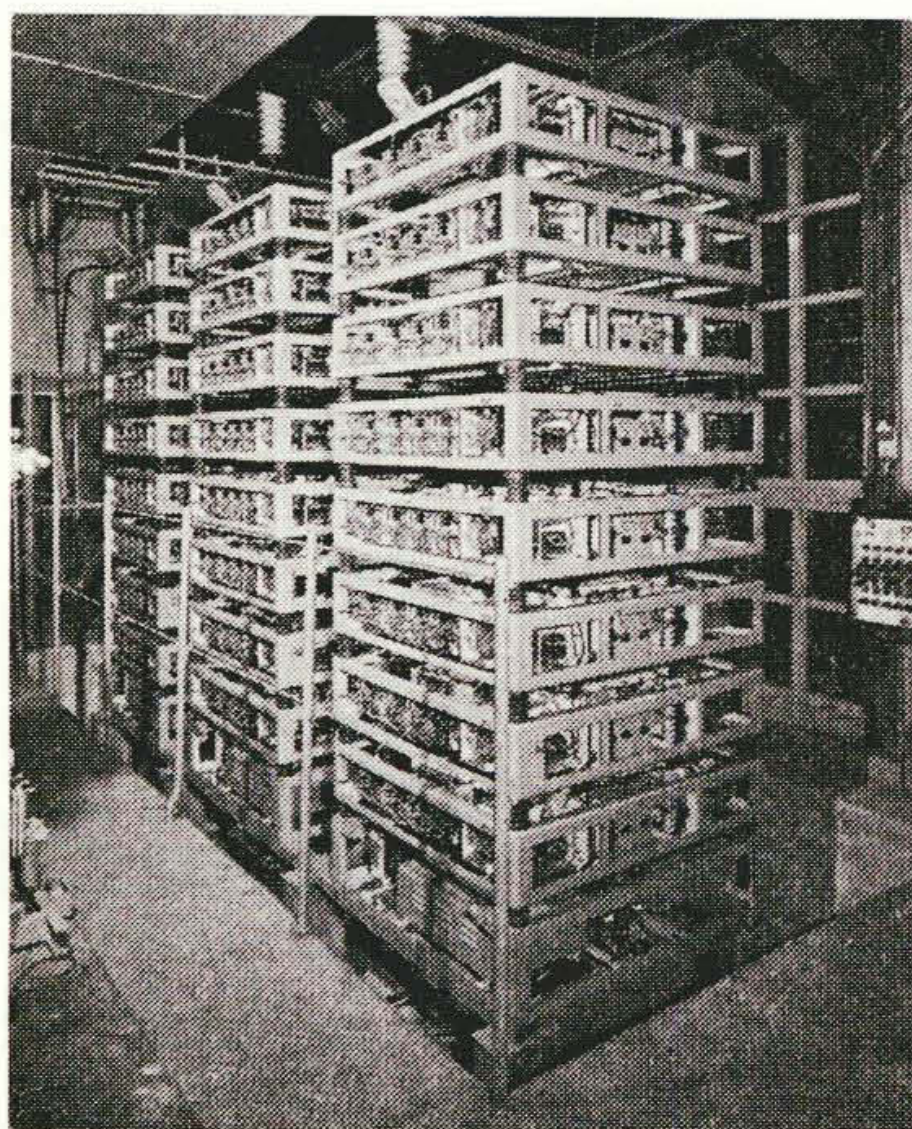
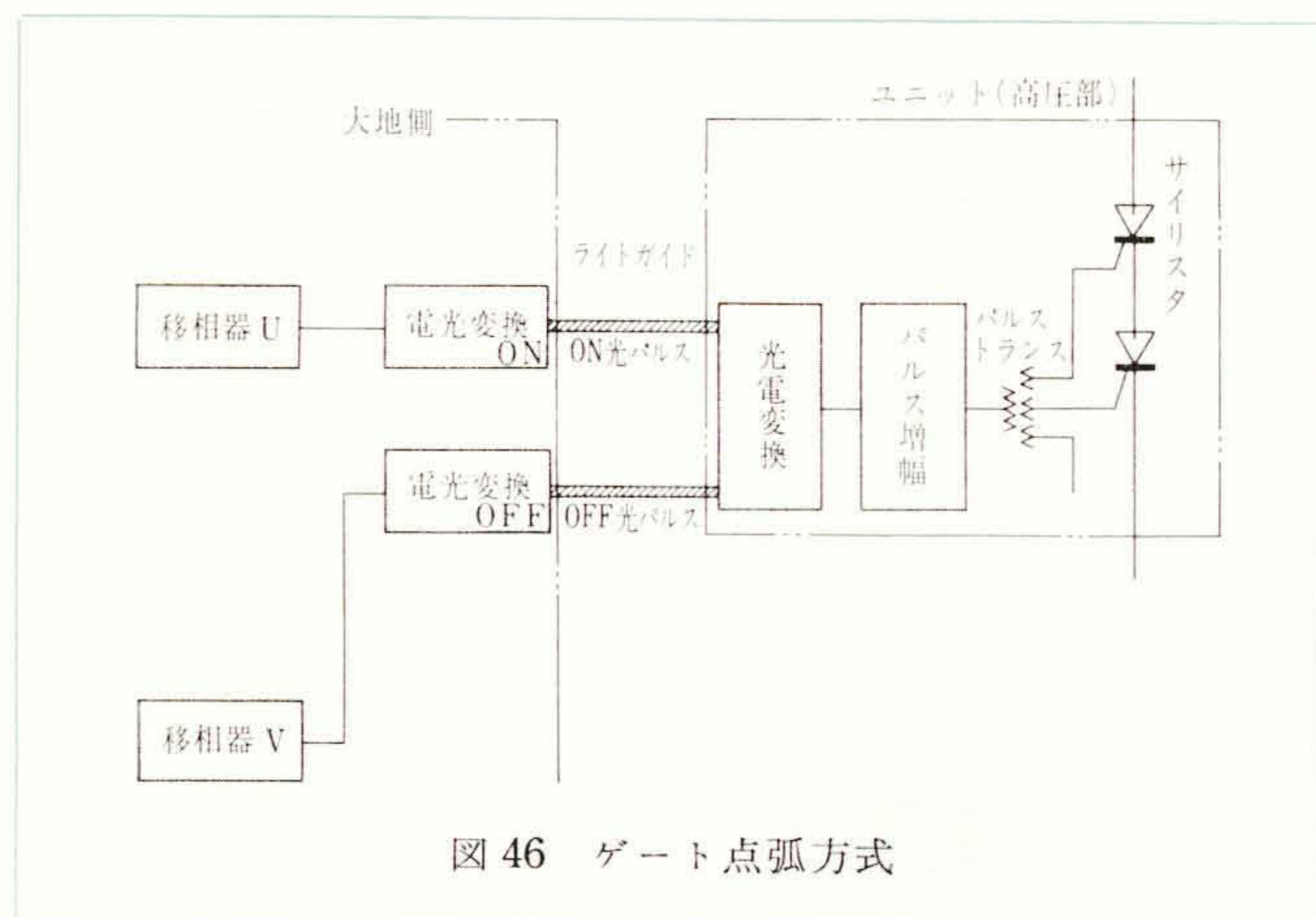


図47 50 kV サイリスタバルブ

食塩電解用 5,800 kW シリコフォーマ

食塩電解用の直流電源は一般に負荷特性上、定電流制御が必要で、しかも迅速な応答速度が望ましい。サイリスタ式シリコフォーマは、この種の要望にこたえ、さらに変換効率の高い画期的な直流電源である。昭和電工株式会社納5,800 kW シリコフォーマはその実績例で、順調な営業運転を続けている。仕様および特長は次のとおりである。

- (1) 仕様
- | | |
|--------|------------------|
| 定格出力 | 5,800 kW |
| 定格出力電圧 | 290 V |
| 定格出力電流 | 20,000 A |
| 整流方式 | 6相2重星結線 相間リアクトル付 |
| 冷却方式 | 循環油冷水冷式再冷器付 |

(1) おもな特長

(a) 日立電力用高信頼度サイリスタ CJ02N, 250 A 1,500 V の使用

(b) 完全密閉構造および特殊合成樹脂カバーの採用による耐腐食ガス処置

(c) 並列サイリスタ数として+1P方式を採用し素子事故時における連続通電の維持

(d) 完全屋外形による建築費の削減

(e) 直流電流調整は全領域にわたり、サイリスタのゲート制御によっているので負荷時電圧調整器、単巻変圧器などが削除され占床面積、変換効率および制御性能が改善されている。

(f) サイリスタシリコフォーマ運転時の有害な高調波電流をフィルタにより吸収している。

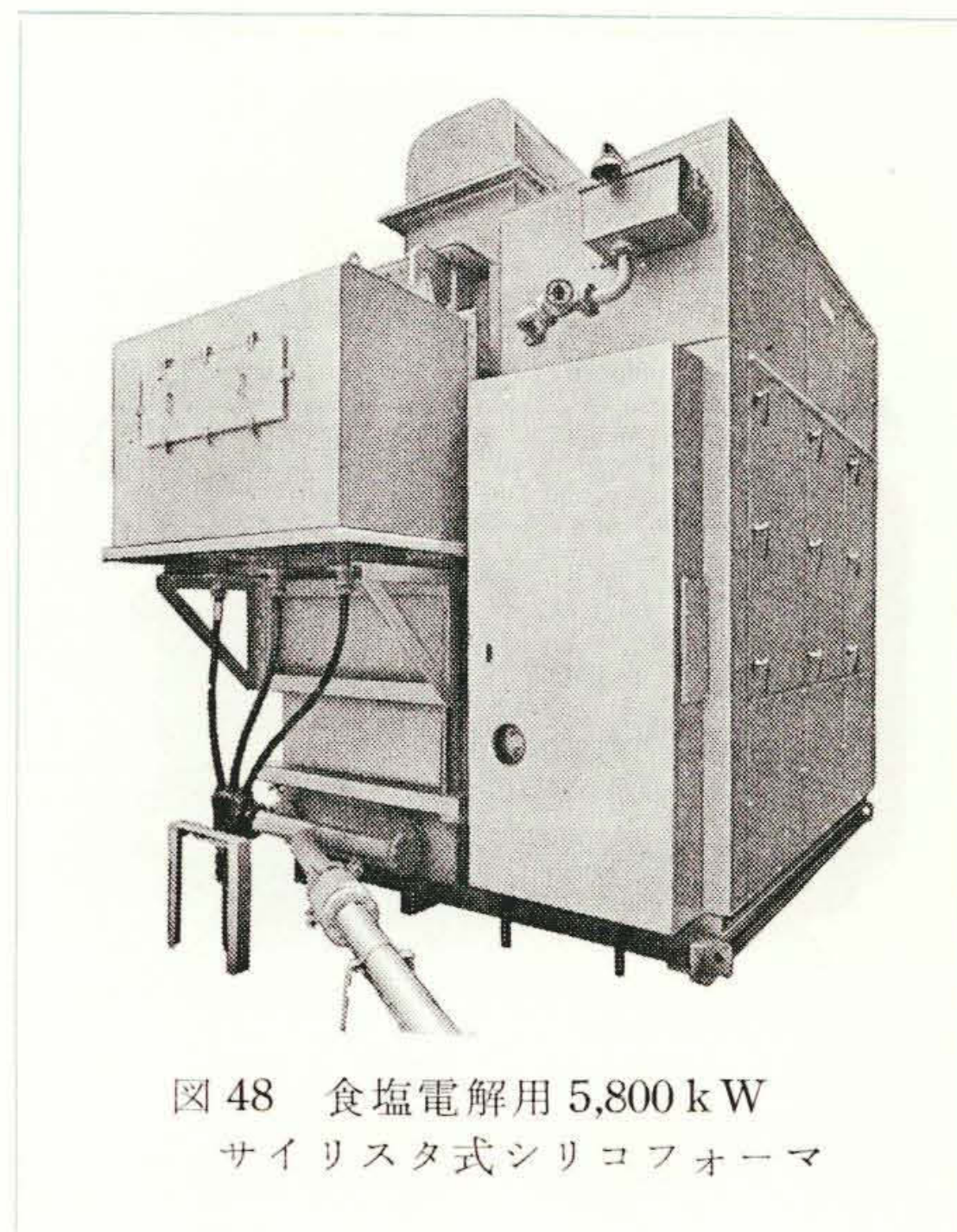


図48 食塩電解用 5,800 kW
サイリスタ式シリコフォーマ

ビル受配電用集中監視制御盤

ビルの超高層大規模化に伴い、ビル受配電設備は、使用電力量の増加によってますます大容量化の傾向にある。この場合、ビル内近代諸設備の機能を完全に遂行するため、良質な無停電電力を確保する最善の系統および機器構成が必要である。

これらの機器、系統の監視制御用として、日立独特のコンパクトデスクとグラフィックパネルの組合せからなる集中監視制御を開発し、東急本店ビル、および郵政省木挽町郵便局ビルに納入し、好評のうちに稼働中である。おもな特長は次のとおりである。

- (1) コンパクトデスクとグラフィックパネル相互間の多心制御ケーブルは、コネクタ接続としているため、据付け、配線が簡単である。
- (2) 制御は、日立独特のボタン選択方式であり、各機器は迅速、確実に集中制御される。
- (3) 保守、取扱いが容易な構造である。
- (4) プログラム運転制御装置を組み合わせることができる。

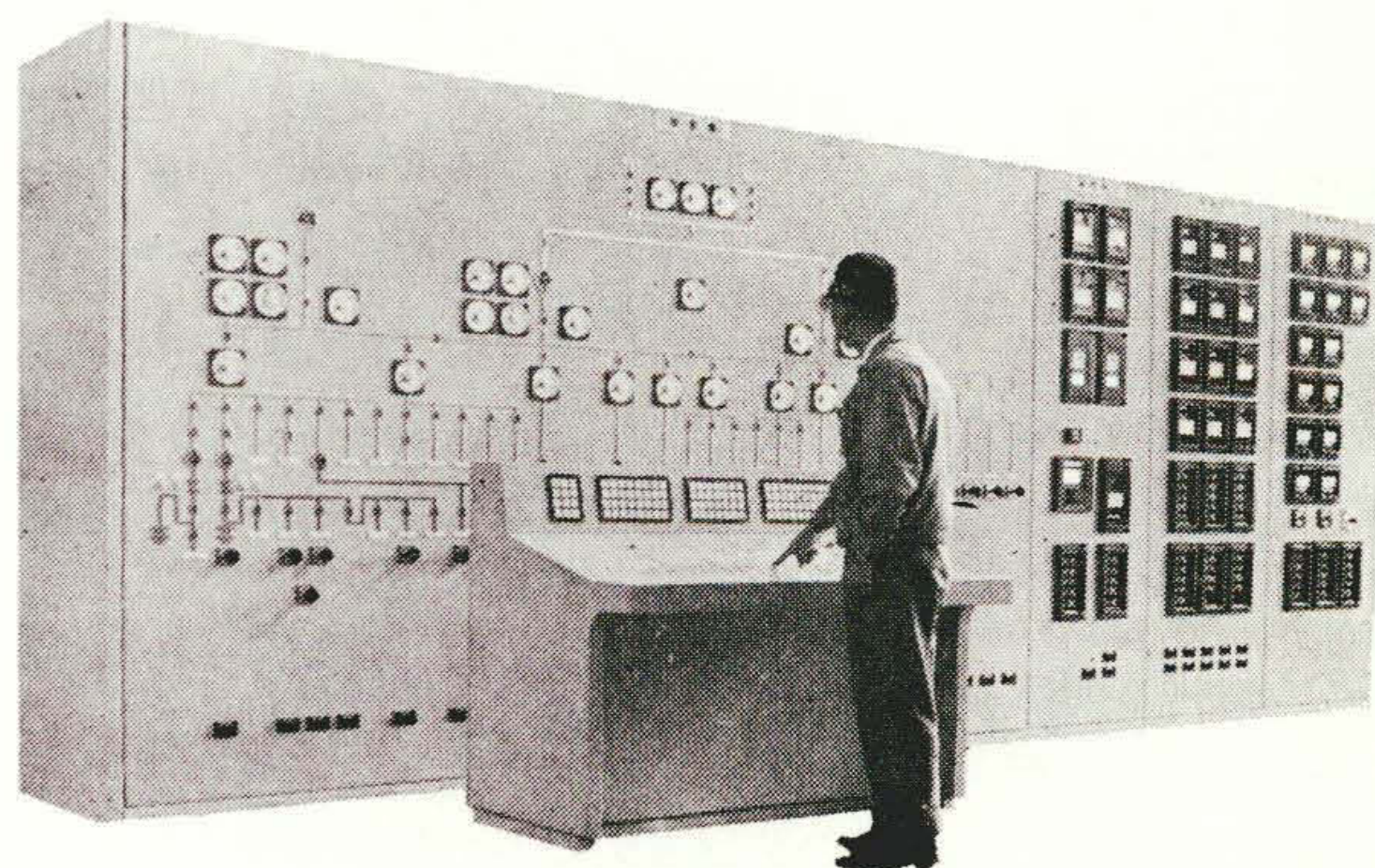


図49 郵政省木挽町郵便局ビル納 ビル受配電用集中監視制御盤