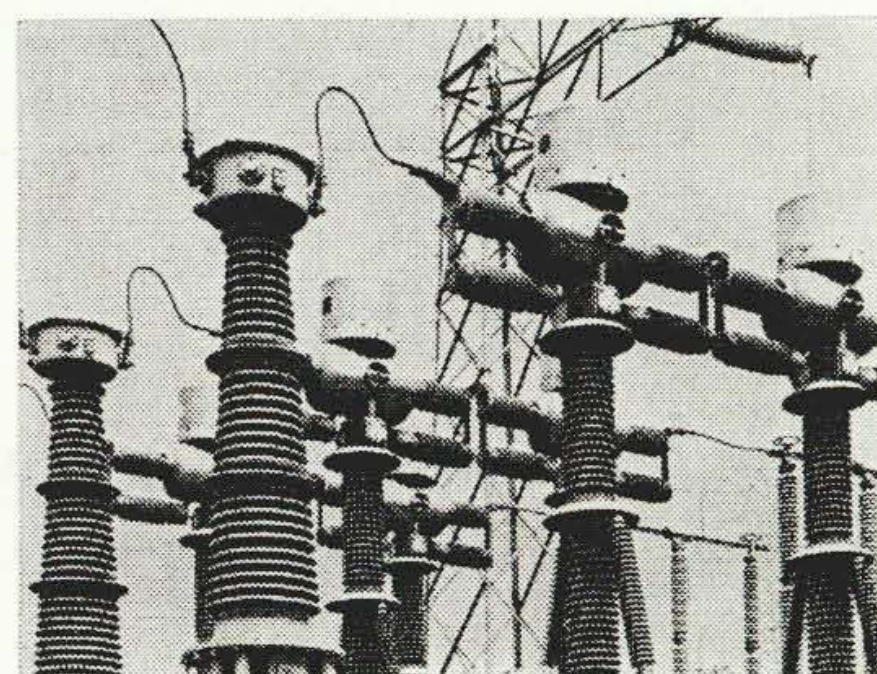


2 電力 原子力

Electric and Atomic Powers



総説

依然としておうせいな電力需要と輸出振興とを背景として、昭和44年度中における日立製作所の電力・原子力に関する技術的成果には見るべきものが多い。

水力設備にあっては、中部電力株式会社高根第一発電所向に完成した斜流ポンプ水車および発電電動機は 88MW という記録品であり、引き続き関西電力株式会社喜撰山発電所納 240 MW/250 MW ポンプ水車および発電電動機を現地据付中で、これまた記録を新たにするものである。

海外にあっては、昭和44年にはいり、アメリカからラディントン発電所向 343 MW/388 MVA ポンプ水車および発電電動機をはじめ、300 MW 級ポンプ水車 16 台、発電電動機 10 台を受注し、現在までの納入および製作中の水車は 20,591,300 kW (うち輸出 13,370,800 kW)、発電機は 15,300,000 kVA (うち輸出 7,600,000 kVA) となり活況を呈している。

火力設備にあっては、タービンの低圧最終段翼に 33.5in という 3,600 rpm 機としてわが国最初の長翼を採用した 250 MW 機を完成、四国電力株式会社新西条火力発電所に納入したのをはじめ、東北電力株式会社秋田火力発電所向には固定子を水冷却し、回転子に直接式ガス冷却を行なった 408 MVA の発電機を完成している。ボイラとしては、東京電力株式会社姉崎火力発電所 600 MW 2号機用 UP ボイラが現地試運転中である。輸出においても、ガスタービンに、産業用タービンにと枚挙にいとまがない。

原子力発電関係においては、日本原子力発電株式会社敦賀発電所建設において、GE 社に協力し、その主要機器の製作、据付を分担している。また東京電力株式会社福島原子力発電所に対しても、機器の一部を製作、据付を行ない、実際の建設に対する貴重な体験を得たのに引き続き、中国電力株式会社島根原子力発電所 1号機においては顧客との共同研究にてその基本設計を完成している。これら軽水炉建設への注力とともに、さらに新形転換炉、高速増殖炉、核融合に対する研究においても基礎研究を進め、動力炉核燃料開発事業団にナトリウム流動伝熱試験装置を納入、日本原子力研究所にトーラス形ヘキサポール核融合実験装置を納入するなど活動の範囲は広い。

送変電機器としては、アメリカ、カナダより 500 kV 機器の受注が相ついでいるが、その一部であるアメリカ向 300 MVA 単巻変圧器が完成、出荷されている。また、機器縮小化のすう勢に対応して開発中であった SF₆ ガス絶縁縮小形変電設備を完成し、中部電力株式会社守山変電所において 70 kV 変電設備として実動にはいっている。

そのほか、配電近代化機器としてスポットネットワーク設備、レギュラーネットワークプロテクタ、20 kV 配電塔、直流送電にそなえてその解析用としてのシミュレータ、また同じく直流送電用変換器の素子としての 10,000 V 耐圧サイリスタなど開発製品は数多い。

水 力 設 備

■ 大容量斜流ポンプ水車いよいよ運転開始

中部電力株式会社高根第一発電所納 88,000kW, 最高揚程 137.4m の斜流ポンプ水車は、揚程では世界的な記録品である四国電力株式会社蔭平発電所の最高揚程 94 m をしのぎ、容量においてもスペインのバルデカナス発電所の 82,000 kW を越える世界的な記録品である。(4 台中 2 台は日立製作所が納入した。)日立製作所が製作した 1, 2 号機は昭和 44 年 9 月 19 日官庁検査を終了して営業運転にはいった。図 1 はランナ組込作業の状況である。

高根第 1 発電所は上池への自然流入量が少なく、純揚水発電所に近い性格をもっており、静落差も 137~80 m と大幅に変化する。吸出高 $H_s = -35\text{m}$ と深くとり、揚程 118m 以下は最大揚水量 $75\text{m}^3/\text{s}$ に制限し、揚程 118 m 以上は電動機最大出力 97,700 kW まで揚水可能としている。もしフランシス形ポンプ水車を採用したとした場合の最高揚程 137.4 m における最大揚水量は $35\sim 40\text{m}^3/\text{s}$ であると予想されるのに対し、斜流ポンプ水車を採用することによって、 $60\text{m}^3/\text{s}$ 以上の揚水が可能となっている。放水路側は吸出高が深く約 80 m の放水路を有している。試験運転は静落差 137~80 m と全範囲にわたって実施され、運転状態は水車全負荷時、水車軸振 $6/100\text{mm}$ 、メタルケース上下振動 $2\sim 4\mu$ と予想どおりに良好であった。ポンプ運転は圧縮空気水面を押し下げて、ポンプ始動し、並列後の排気は約 1 分で順調に終了し、揚水開始状態は異音、振動もなく軸振は $3\sim 7/100\text{mm}$ 程度であった。起動途中に Q-H 曲線の平坦な部分では軸振が $20\sim 25/100\text{mm}$ 程度に増すが、定常運転領域にはいと軸振 $5/100\text{mm}$ と運転状態はきわめて良好となる。吸出高が深い関係もあって、ドラフトマンホール付近にも、キャビテーションの音もなく、流水音のみが聞える程度である。これは模型ポンプ水車の開発で、ポンプ Q-H 曲線の不安定特性(凹み)がほとんど除去され、ポンプキャビテーション性能が大幅に改善された成果に基づくものである。

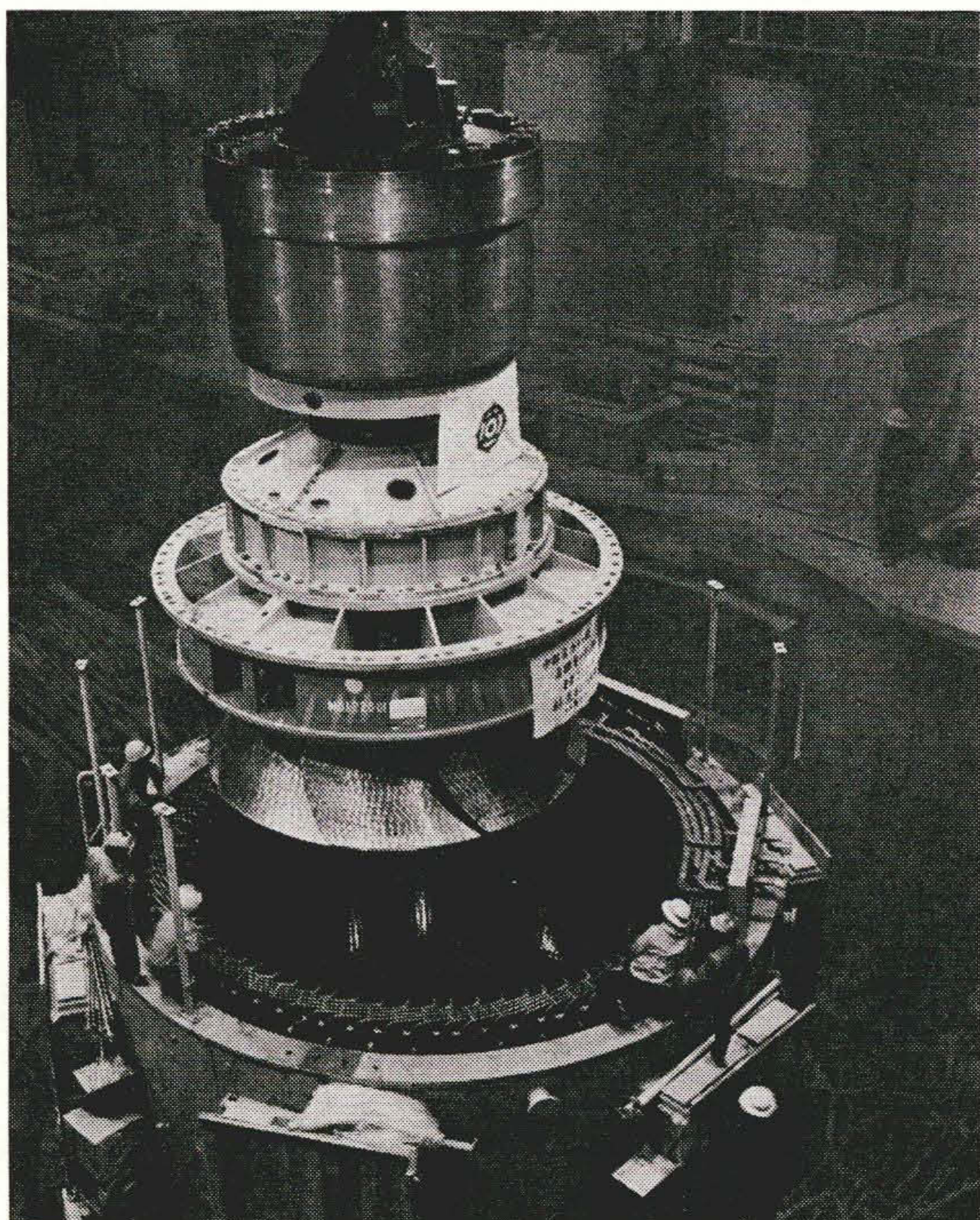


図 1 88,000 kW 斜流ポンプ水車ランナの組込作業

■ 輸出向大形水車、海外で好調に運転開始

1. ベネズエラ・グリ発電所納 フランシス水車 3 台

グリ発電所納 297,000 HP (218.5 MW) 最高落差 115 m 立軸フランシス水車は、世界的大容量機として各方面から注目されている水車であるが、昭和 43 年 10 月に 1 台目が好調に運転を開始したのに引き続き、残り 2 台も昭和 44 年 3 月までにすべて運転にはいった。

ベネズエラ政府は国の中央部を流れるカロニ川およびグアヤナ地方の開発を強力に推進しており、その大規模な開発計画の要(かなめ)として建設されたのがグリ発電所である。本発電所は最終発電量 600 万 kW として計画され、その電力需要に呼応して 3 期に分けて建設される予定であるが、日立製作所が納入した 3 台の水車は第 1 期工事の最初の部分を占めている。

この水車は現在計画中的のものも含めて世界屈指の大容量機であり実機設計前には模型試験により詳細に性能の確認が行なわれ、設計製作にも細心の注意が払われた。また最高落差が第 1 期工事から第 3 期工事に至ると 44 m も大幅に増加するため、ランナは第 1, 2 期用と第 3 期用で別のものが使用される計画であり、水車はそのいずれに対しても適合するように設計されている。試運転後の各種試験も好成績を収めている。

2. オーストラリア・マレイ 2 発電所納 フランシス水車 4 台

マレイ 2 発電所納立軸フランシス水車は最大出力 216,000 BHP (161 MW) 最高有効落差 952 ft (290 m) という仕様を持つ高落差大容量フランシス水車として世界的な記録品である。

マレイ 2 発電所はオーストラリア東南部における水力発電と灌漑(かんがい)を目的とするスノーウィ・マウンテンズ計画の一部として建設される発電所で、発生電力はシドニーおよびメルボルンの工業地帯へ送られる。

水車は実機設計にさきだち相似模型水車により保証特性を満足することを確認した。設計製作上、特に注目すべき点は冬季寒冷時においても機器の安全を保証できるように、流水に接触する部分にはすべて材料固有のかたさを低下することなく優秀な低温衝撃値の有

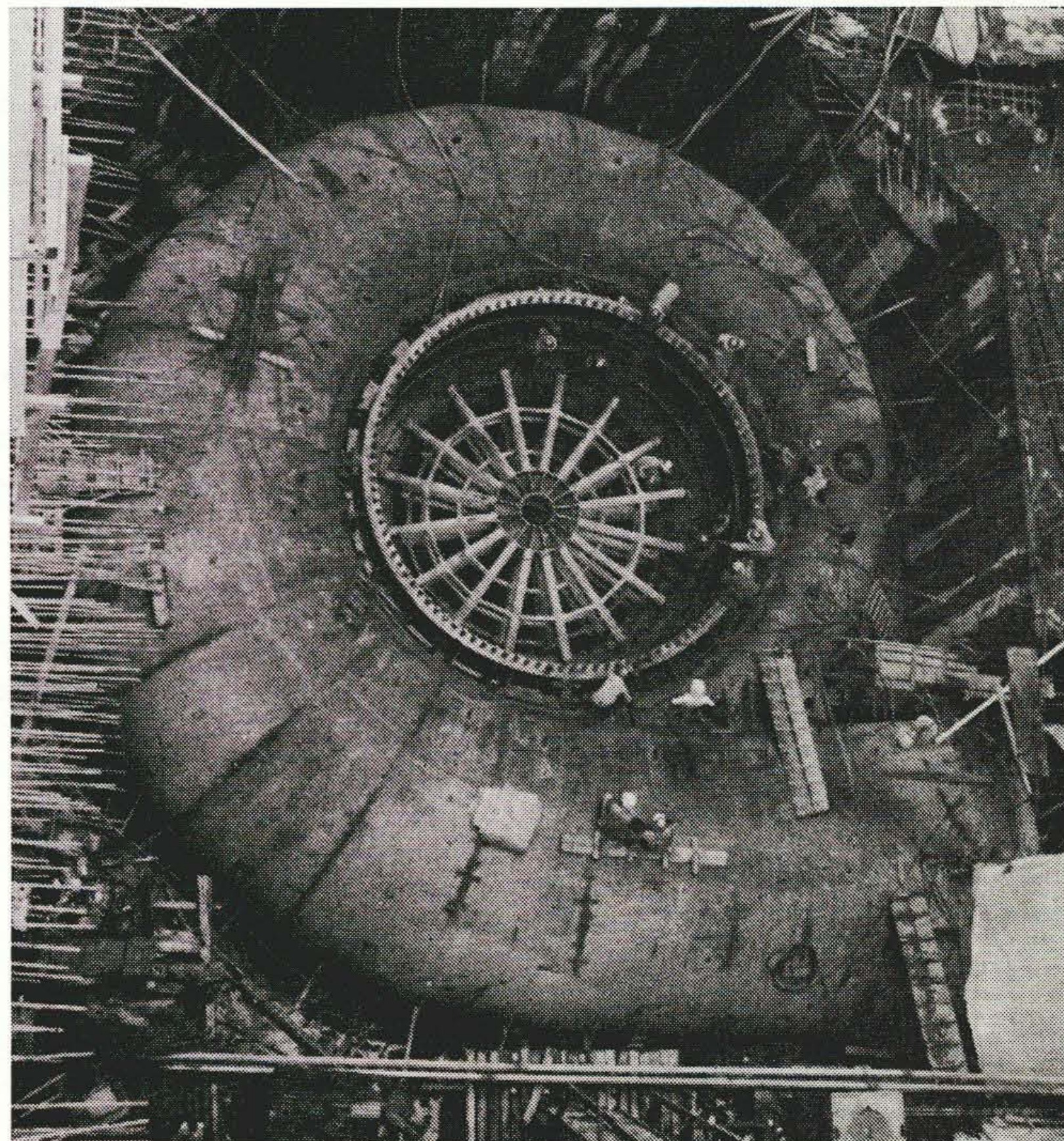


図 2 ベネズエラ・グリ発電所納 297,000 HP フランシス水車

る材料を使用している。またドラフトチューブ、入口弁の一部などは日立製作所の図面によりオーストラリア国内メーカーで製作された。

据付を完了した水車は昭和43年11月から昭和44年7月までの間に4台すべてが好調に運転を開始した。

3. アメリカ・モカシン発電所納 ペルトン水車 2台

アメリカ・サンフランシスコ市モカシン発電所納 ペルトン水車は最大出力53,300 kW、有効落差349.6 m、立軸6本ノズル構造であり、さきに納入したアメリカ・R.C. カークウッド発電所用ペルトン水車と同様に、無拘束速度試験などの過酷な試験を完全に終了し、昭和44年1月から3月にかけて好調に運転を開始した。

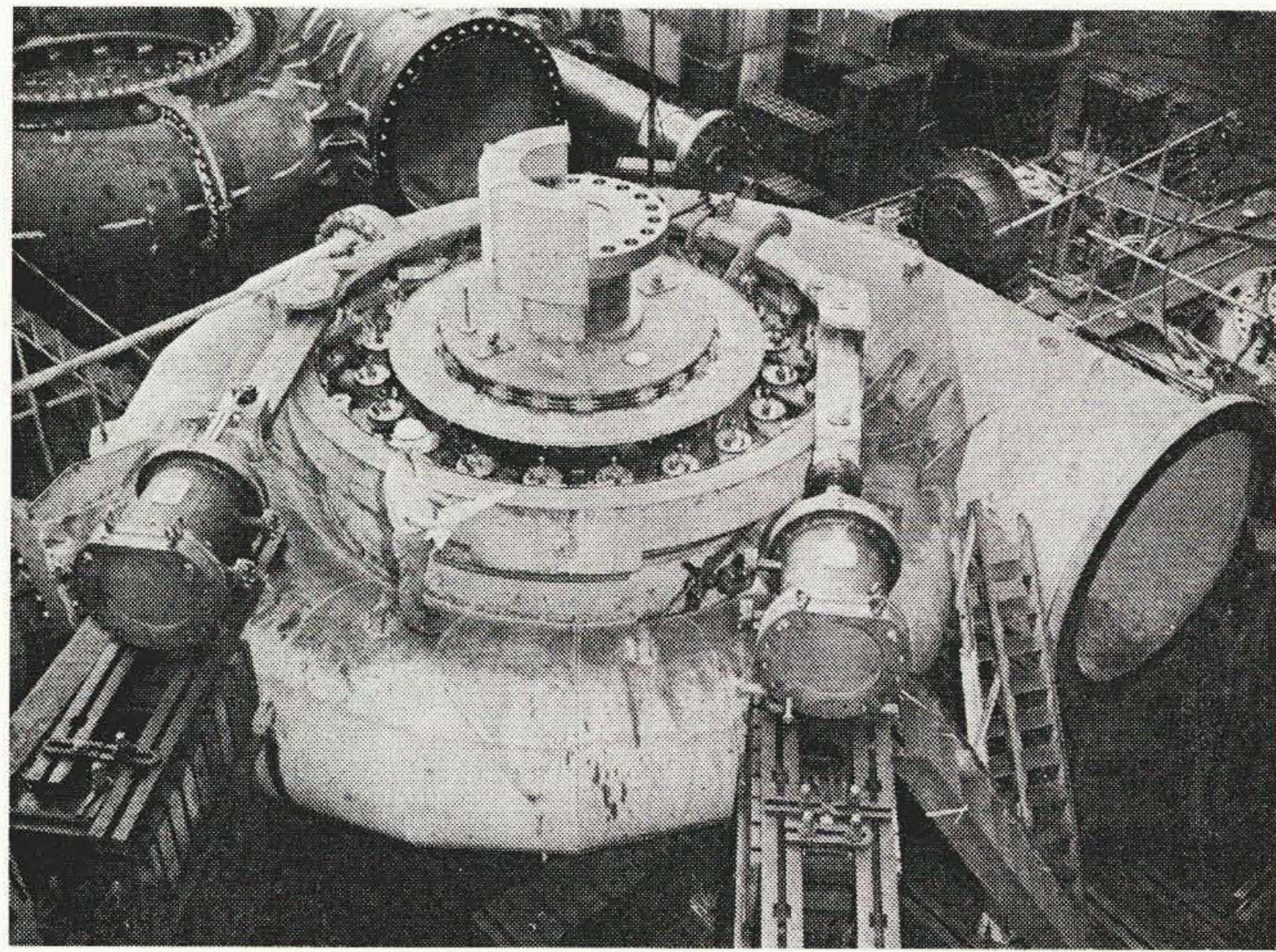


図3 マレイ2発電所納 216,000 BHP フランシス水車

水車発電機および発電電動機

1. 同期始動方式発電電動機（東京電力株式会社水殿発電所納）

65 MVA/63 MW 発電電動機で、わが国で初めて同期始動方式を採用した。この方式は、始動時系統から切り離し、同一発電所内の発電専用機により同期始動するため、

- (a) 始動時、系統にショックを与えない。
- (b) 同時に複数台の始動が可能である。
- (c) 発電電動機の制動巻線にショックを与えないので、一般の発電専用機と同程度の制動巻線で良い。

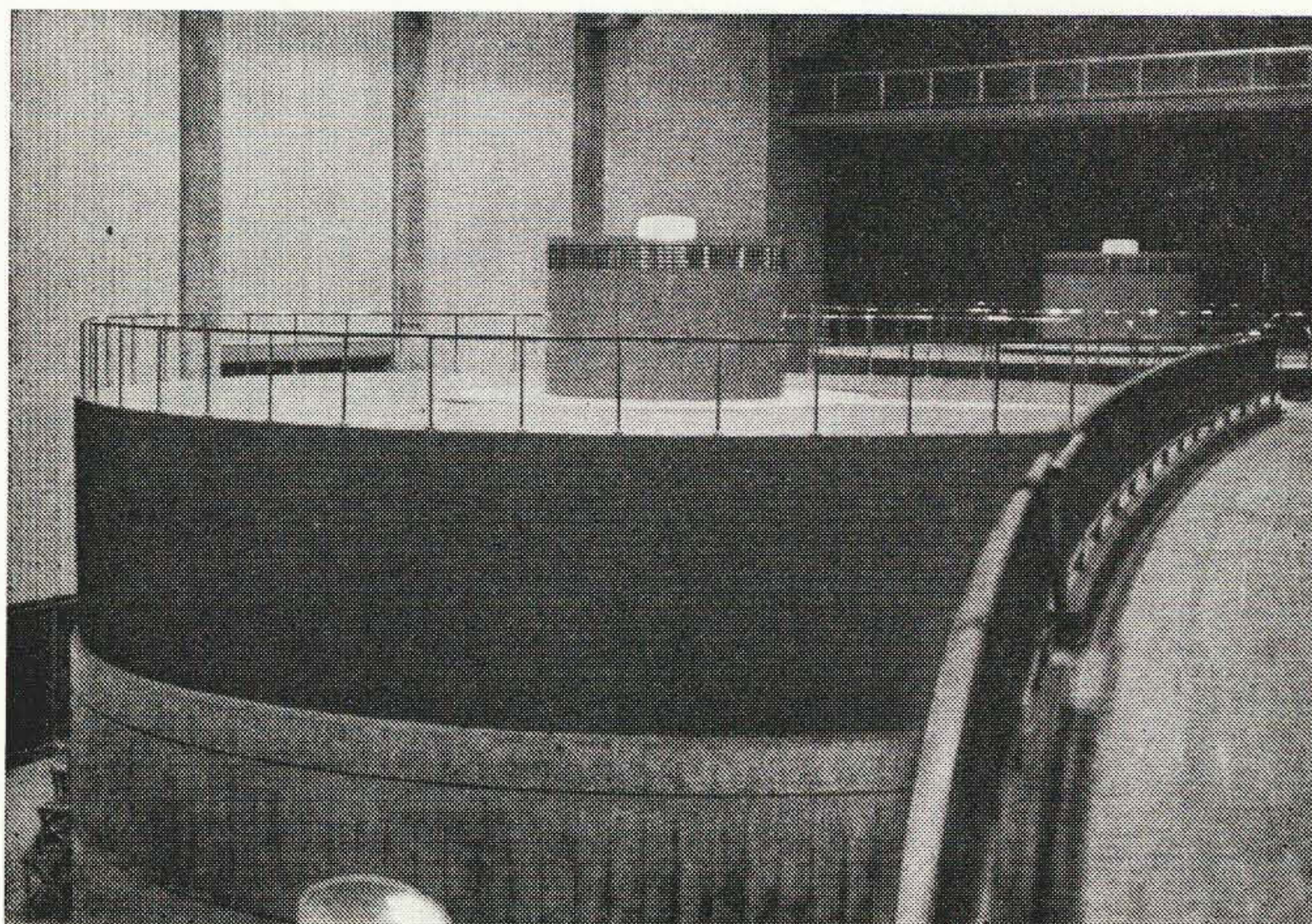


図4 東京電力株式会社水殿発電所納 発電電動機

昭和44年10月現地完成し、11月より営業運転にはいっている。現地では種々の確認試験を行ない、同期始動に最適な励磁比（発電機励磁と電動機励磁）を選定し、別置励磁装置から直結励磁機への切り換え、各種保護リレーの整定も行ない好成績で運転している。本機のポンプ水車は始動時水面押し下げを行ない、空中始動する方式であるが、水中始動方式を試みに行なった。そして水中始動のまま、定格速度まで加速し、系統並列投入、実揚水試験まで行なった結果、実用上問題なく始動することが確認された。水中始動方式はわが国で初めてはもちろんのこと、世界でも類例が少なく、貴重な資料を得た。なお本機は、副励磁機がなく主励磁機のみである。図4に運転中の発電電動機を示す。

2. 大容量高速発電電動機（中部電力株式会社高根第一発電所納）

本機は、100 MVA/99.7 MW、13.2 kV、277 rpm 2台で、昭和44年9月現地完成した。

本機は制動巻線始動方式である。一般の制動巻線始動は定格電圧の50%を印加するのが普通であるが、本機の場合、始動時系統の電圧降下を極力小さくする必要から、印加電圧は5,000 V すなわち定格電圧の38%とした。この結果、50%電圧始動方式に比べ始動入力は約60%に低減した。

従来、50%電圧始動ではトランスの二次巻線の中間タップを利用しているが、本機のように38%電圧では二次巻線の利用が困難のため、トランスに三次巻線を設け、これを38%電圧に設計して始動専用を使用している。そして38%電圧のまま同期引き入れを行ない、その後、二次巻線に切り換えて定格運転を行なう方式としている。

現地始動時、制動巻線に発生するエネルギーは、回転損失を含めて単位慣性常数で表わすと、約4.5 kW-s/kVAに相当し、発電電動機としてわが国最大である。さらに高速機であることから、制動巻線は、熱的・機械的に特殊な設計としている。

本機は高速機に加えて、斜流ポンプ水車直結のため無拘束速度が193%と高く（フランシスポンプ水車の場合、150%程度）機器は径の小さい背の高いものとなっているので振動には特に留意し、回転系の振動状態を電子計算機で解析を行ない必要な値に回転体の剛性を高めることはもちろん、ブラケットや固定子わくの横方向剛性も

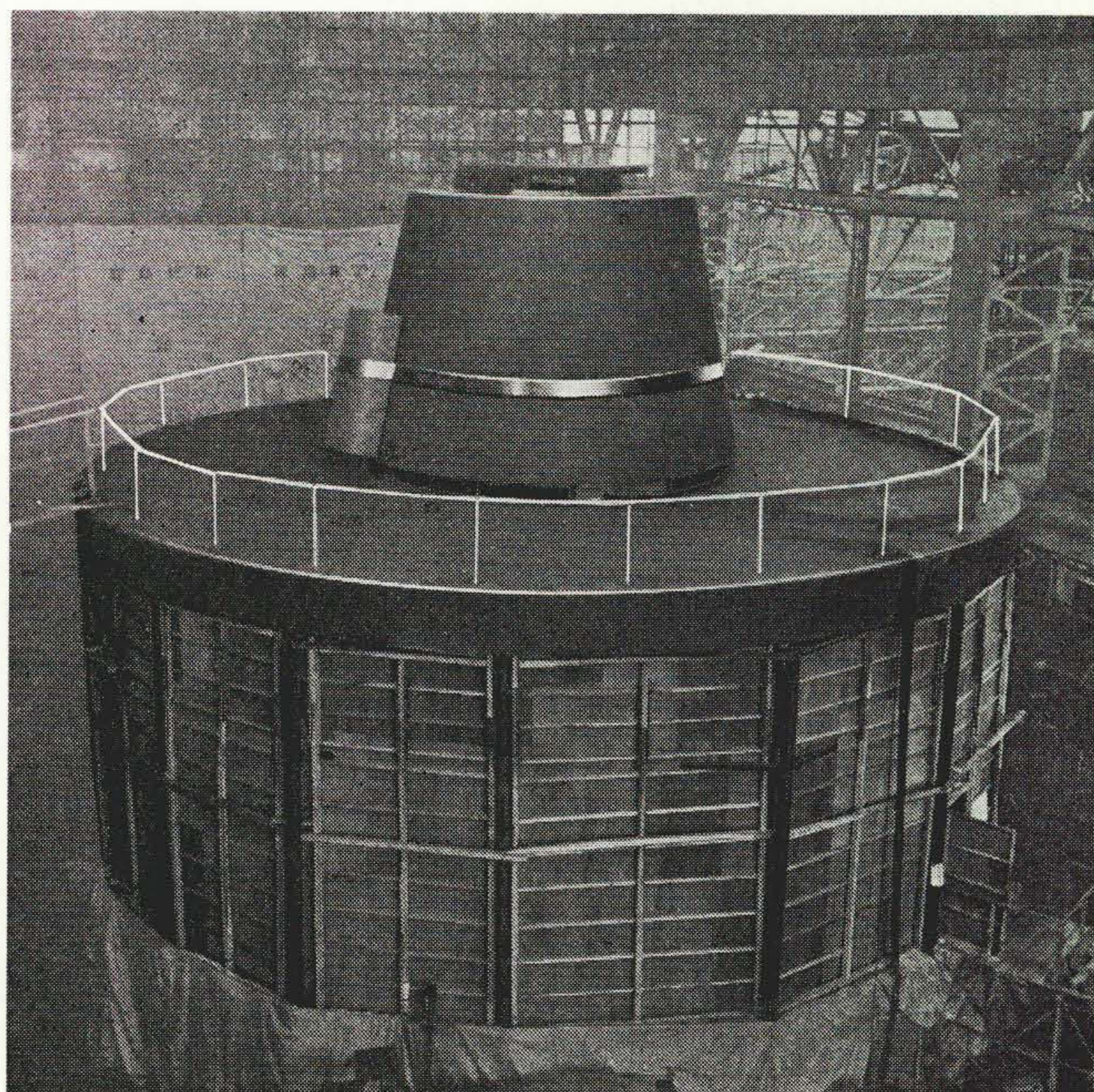


図5 関西電力株式会社喜撰山発電所向 発電電動機

高めている。

上部ブラケットは輸送制限上半径方向に 2 分割構造とし上部リングも 2 分割で、合せ目を締付ボルトで締め付けておりスラストタンクも 2 分割で、割れ目部は発電所持ち込み後、一体組立てしてからシール溶接した。

3. 日本国有鉄道小千谷発電所納 (28 MVA・1 台)

本機は昭和 44 年 11 月より営業運転にはいっている。新しく開発したセルフポンプによる推力軸受潤滑油冷却方式を採用した。この方式は、推力軸受油槽(そう)内に冷却蛇管がなく、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に潤滑油を導き、外部に設けた冷却器で冷却して油槽に返還する方式である。かくすると推力軸受回りが簡素化され、保守点検が容易になり、熱交換率の高い冷却器を油槽外に設置して利用できる。現地試験の結果、冷却特性が良好で安全に運転している。

推力軸受には、日立製作所で開発した複利ピボットスプリング式を採用しているの、その可とう性により各推力軸受に加わる荷重の不均衡が少なく、芯(しん)狂いや不平衡力に対しても、無理なく運転できる特長を有している。

4. 工場組立省略機、好調に現地運転開始す。

ギリシャ・カストラキ発電所納 77.39 MVA 2 台は、昭和 43 年に運転開始した韓国の華川発電所納 30 MVA 機と同様、工場組立および回転試験を省略した機械であるが、なんのトラブルもなく快調に現地で運転開始した。3 台目も間もなく運転開始の予定である。工場組立省略により納期短縮、価格低減を図ることができ、年々増大の傾向にある。

5. おもな工場完成品

関西電力株式会社喜撰山発電所納 250 MVA/250 MW 1 台
ギリシャカストラキ発電所納 77.39 MVA 1 台
日本軽金属株式会社富士川第二発電所納 20.8 MVA 1 台
喜撰山発電所納発電電動機は、わが国最大のもので、直結誘導電動機始動方式を採用している。この始動用電動機は、上部案内軸受と発電電動機回転子の間に取り付けられている。工場において発電電動機、誘導電動機および制御用液体抵抗器の組合せ試験を行ない好成績を納めた。上部ブラケットの外周を基礎から突張り、また直結電動機、励磁機、スリップリングのシャフトを一体物で製作するなど、各部の剛性を高め振動防止向上を図っている。図 5 は関西電力株式会社喜撰山発電所納発電電動機である。

富士川第 2 発電所納の水車発電機は、アルミ電解用電源に使用するもので、発電機の出力側にシリコン整流器を接続し、交流を直流に変換している。このため発電機の固定子巻線は、12 星形結線とし、これを 6 グループに分けて風道内に設置したシリコン整流器につないでいる。

火 力 設 備

事業用、産業用蒸気タービン続々完成

事業用向では多数の納入実績のある 175,000 kW、3,000 rpm 再熱タービンを北海道電力株式会社奈井江第 2 号機用として工場完成したほか、従来 4 流排気形であった 250,000 kW 再熱タービンに対

表 1 昭和 44 年中工場完成蒸気タービン (事業用、産業用)

納 入 先 会 社 名	場 所	出 力 (kW)	蒸気圧力 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2\text{g}}$)	蒸気温度 ($^{\circ}\text{C}$)	回転数 (rpm)	形 式
昭和発電株式会社	市 原 第 5 号	75,000	102	538/538	3,000	再 熱 復 水
北海道電力株式会社	奈 井 江 第 2 号	175,000	169	566/538	3,000	再 熱 復 水
四国電力株式会社	新 西 条 第 2 号	250,000	169	566/538	3,600	再 熱 復 水
東北電力株式会社	秋 田 第 1 号	350,000	169	566/538	3,000	再 熱 復 水
十條製紙株式会社	釧 路 第 4 号, 第 5 号	21,000	99	535	3,000	抽 気 復 水
帝人株式会社	松 山 第 4 号	16,000	140	538	3,600	2 段抽気復水
丸善石油株式会社	松 山 第 3 号	11,200	98	510	3,600	背 圧
丸善石油株式会社	千 葉 第 4 号	9,000	98	510	3,000	背 圧
十條製紙株式会社	石 巻 第 2 号	14,500	80	530	3,000	2 段抽気復水
十條製紙株式会社	八 代 第 1 号, 第 2 号	15,500	99	535	3,600	2 段抽気復水
九州石油株式会社	大 分 第 2 号	5,800	69	455	8,037	背 圧

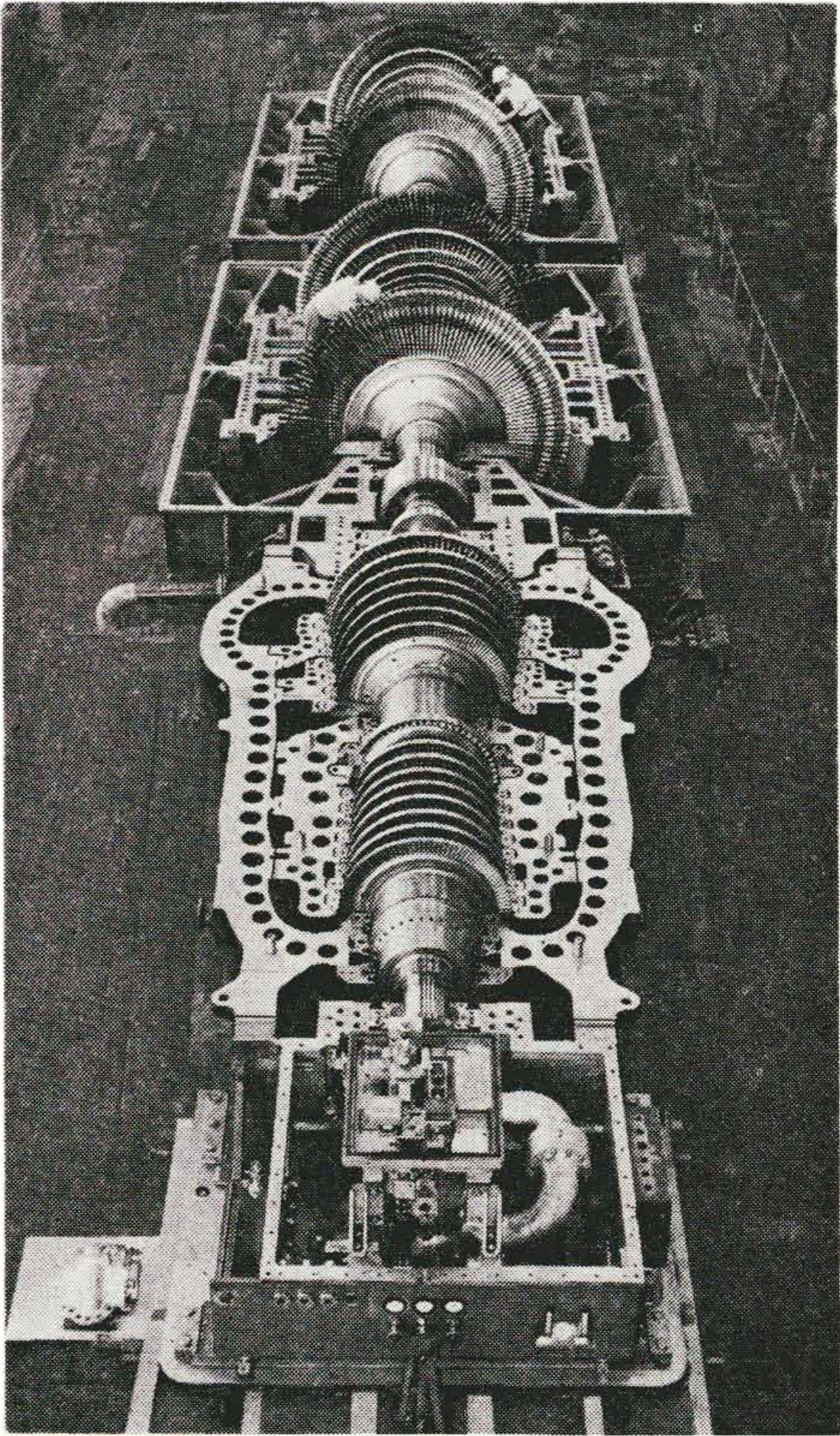


図 6 工場組立中の東北電力株式会社秋田火力発電所納
第 1 号機 350,000 kW 再熱タービン

し、低圧最終段に 3,600 rpm ではわが国で最も長翼である日立製作所が開発した低サイクル運転可能な 33.5 in 翼の複流排気形の四国電力株式会社新西条第 2 号機 250,000 kW 再熱タービンも好調に工場試験を完了し発送された。本タービンは動圧回収形低圧排気室を採用しているなどの特長をもっている。

さらに、高中圧一体化、シェリクト翼および三次元翼の採用、180 度ノズルボックス、インサートシェラウド形高圧第 1 段動翼の採用、シングルガバナ、別置形加減弁、組合せ再熱弁の採用などの最新の設計を盛りこみ、3,000 rpm のタンデムコンパウンド形としてわが国最大容量の東北電力株式会社秋田火力発電所納第 1 号機 350,000 kW 再熱タービンを完成した。図 6 にその工場組立中の模様を示す。

産業用向では業界の合理化を反映して高効率のタービンが続々稼働にはいっている。蒸気を有効に利用しなるべく多くの電力を得るために複雑な制御機構をもつ 2 段抽気復水式タービンの進出が昭和 44 年は特に目ざましく、今後さらに増加が見込まれる。

表 1 は昭和 44 年中に日立製作所で完成した事業用、産業用蒸気タービンの一覧表である。

海外に進出，続々完成する火力機器

1. ガスタービン

日立-GE パッケージ形ガスタービンは、起動時間が短く、据付面積が小さくてすみ、冷却水不要で短納期が可能であるなど、発電設備として数多くの特長を持つ画期的な新製品である。特に最近の電力需要の近代化によるピーク負荷に対処するため世界各国からの需要が多く、表 2 に示すとおり、近年 3 年間に 30 台以上輸出する

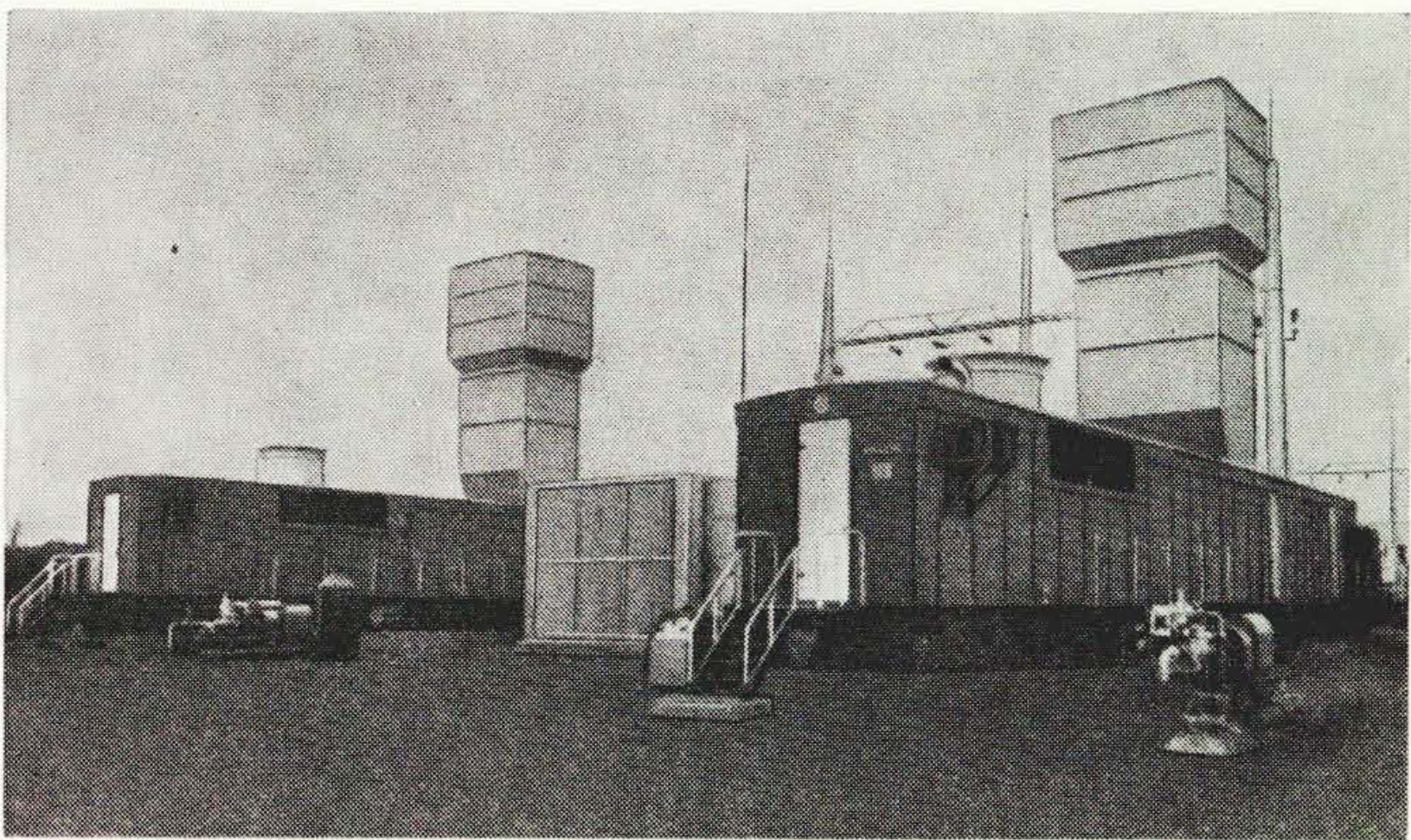


図 7 ヤンヒー電力公社納パッケージ形ガスタービン

という実績をもつに至った。

昭和 44 年にタイの EGAT (旧ヤンヒー電力公社) に納入したパッケージ形ガスタービン(図 7)は毎日起動停止を行ない、昼間のピーク負荷用として運転されている。おもな構造および仕様は次のとおりである。圧縮機は軸流 16 段、タービンは衝動式、2 段で中空軸で直結されている。燃焼器は缶式 10 缶で、圧縮機周囲に配列されてタービン車室に取り付けられている。本体は 500 馬力ディーゼルエンジンで起動され、定格回転数 (5,100 rpm) の約 20% の速度のときに燃焼器の着火が行なわれ、加速されて定格回転数の約 60% の速度のときにディーゼルが切り離され、その後は自力で増速する。同期および負荷上昇が自動的に行なわれ、始動から定格負荷までの起動に要する時間は約 7 分である。出力はピーク 16,050 kW、ベース 13,950 kW で切換スイッチで自由に選択することができる。この機種は FS-5 と呼ばれ、表 2 に示す 36 台のうち 1 号機を除く 35 台が同一機種で、完全に標準化されており、今後ますます需要の増大が期待される。

表 2 日立-GE ガスタービン設備納入先一覧表 (昭和 44 年 10 月)

納 入 先 会 社 名 (敬 称 略)	場 所	納入時期	ガ ス タ ー ビ ン				備 考
			基 数	モ デ ル*1	出力 (kW)	燃 料	
日 本 石 油 化 学 株 式 会 社	川 崎	1966	1	PG 3802	6,000	分 解 ガ ス	*3
GE/アメリカンインディペンデントオイル会社	ク ウ ェ ー ト	1967	1	G 5191	16,250	天 然 ガ ス	
G E/エ ッ ソ 肥 料 会 社	パ キ ス タ ン	1967	2	PG 5191	13,750	天 然 ガ ス	
GE/コモンスウェルスエジソン電力会社	ア メ リ カ	1968	4	PG 5191 (PB)	16,250	天然ガス / 軽油*2	
G E/サウジアラビア肥料会社	サウジアラビア	1968	2	PG 5191	13,750	天 然 ガ ス	
昭 和 電 工 株 式 会 社	鶴 崎	1968	1	PG 5211	17,000	A 重 油	*4
G E/ブ レ デ ン 鉱 業 会 社	チ リ	1968	1	PG 5211	17,000	天然ガス / 軽油*2	
ヤ ン ヒ ー 電 力 公 社	タ イ	1968	2	PG 5211	16,050	軽 油	
GE/コモンスウェルスエジソン電力会社	ア メ リ カ	1969	2	PG 5211 (PB)	17,000	天然ガス / 軽油*2	
北 海 道 電 力 株 式 会 社	滝 川	1969	1	PG 5211	20,000	灯 油	
ア ラ ビ ア 石 油 株 式 会 社	ク ウ ェ ー ト	1969	1	PG 5211	15,550	天然ガス / 軽油*2	
G E/コ ン シ ュ ー マ 電 力 会 社	ア メ リ カ	1969	1	PG 5211	17,000	天 然 ガ ス	
G E/ジ ャ マ イ カ	ジャマイカ	1969	1	PG 5211	16,750	軽 油	
GE/アイオワーイリノイガス電力会社	ア メ リ カ	1969	1	PG 5211 (PB)	17,000	天然ガス / 軽油*2	
ヤ ン ヒ ー 電 力 公 社	タ イ	1969	2	PG 5211	16,050	軽 油	
GE/コンソリディテッドエジソン電力会社	ア メ リ カ	1969	1	PG 5211 (PB)	16,750	軽 油	
GE/パルキモアガス電力会社	ア メ リ カ	1969	1	PG 5211	17,000	天然ガス / 軽油*2	
GE/アイオワーイリノイガス電力会社	ア メ リ カ	1969	2	PG 5211 (PB)	18,000	天然ガス / 軽油*2	
GE/コモンスウェルスエジソン電力会社	ア メ リ カ	1970	3	PG 5211 (PB)	17,000	天然ガス / 軽油*2	
GE/ア メ リ カ 向 仕 込	ア メ リ カ	1970	6	PG 5211	17,500	天 然 / 軽油*2	

(注) *1 モ デ ル
PB: パッケージ形発電用
G: 屋内発電用
PB: パワーブロックとして運転されます。

*2 二重燃料
*3 20 t/h 排熱ボイラ付
*4 50 t/h 排熱ボイラ付

表 3 最近完成あるいは製作中の輸出用蒸気タービン

発 電 所	国 名	台数	出 力 (kW)	蒸 気 圧 力 (kg/cm ² g)	蒸 気 温 度 (℃)	回 転 数 (rpm)	形 式	納 入 年 度	備 考
Karachi Nuclear	パキスタン	1	138,600	38.2	248	3,000	復 水	1970	据 付 中
Jurong No. 1~4	シンガポール	4	60,000	88	510	3,000	復 水	1969~1970	1 台試運転中
West Bank No. 5	南ア共和国	1	20,000	28.2	427	3,000	復 水	1969	営業運転中
Swartkops No. 7~9	南ア共和国	3	30,000	42.2	440	3,000	復 水	1969~1971	1 台営業運転中 1 台据付中
Korangi No. 3	パキスタン	1	125,000	127	538/538	3,000	再熱復水	1969	据 付 中
Old Harbour No. 2	ジャマイカ	1	60,000	59.7	482.2	3,000	復 水	1969	据 付 中
Salamanca No. 1, 2	メキシコ	2	158,000	127	538/538	3,600	再熱復水	1969~1970	据 付 中
Valle De Mexico No. 2, 3	メキシコ	2	158,000	127	538/538	3,000 3,600	再熱復水	1969~1970	据 付 中
Yongdong No. 1	韓 国	1	125,000	127	538/538	3,600	再熱復水	1970	工 場 完 成
Inchon No. 1, 2	韓 国	2	158,000	127	538/538	3,600	再熱復水	1970	製 作 中
Queen Elizabeth No. 3	カナダ	1	100,000	88	510	3,600	復 水	1971	製 作 中

2. 蒸気タービン

蒸気タービンでは相次いで大容量機が完成した。従来、輸出用タービンは比較的小容量のものが多かったが、この一年間で完成されたものは 100 MW を越える大容量が過半を占め、需要国の産業発展に大いに寄与するものである。

図 8 に示す大韓民国 Yongdong 火力発電所納 125 MW 蒸気タービンは、コンパクトにまとめられた TCDF-23 形式の標準化された機器で、合理的な設計と相まって高性能が期待される。

パキスタン・Karachi 原子力発電所納 138 MW 蒸気タービン（本号の 15 頁参照）のほか、完成したタービンの例をあげると、シンガポール・Pasir Panjang “B” 発電所での実績を買われて受注した、シンガポール・Jurong 発電所納同形の 60 MW タービン 4 台あるいは 50 Hz、60 Hz 両回転数で運転可能のメキシコ・Valle De Mexico 発電所納 158 MW タービン 2 台および同一仕様のメキシコ・Salamanca 発電所納 60 Hz 用 158 MW タービン 2 台などがある。このように同一国から、同一仕様で、同時に数多くのタービンを受注・製作したことは特筆すべきことで、今後の輸出用蒸気タービンの発展が期待される。

表 3 は、最近完成あるいは製作中の輸出用蒸気タービンの一覧表である。

■ 超臨界圧 UP ボイラ続々完成

わが国最大容量の 600 MW 用超臨界圧大形貫流ボイラである東京電力株式会社姉崎 1 号缶（主要部輸入）が昭和 42 年 12 月 1 日に営業運転にはいり、引き続き国産で姉崎 2 号缶が製作中であつたが、昭和 44 年 12 月営業運転にはいった。また姉崎 3 号缶も現在工場製作中である。これらのボイラの仕様は次のとおりである。

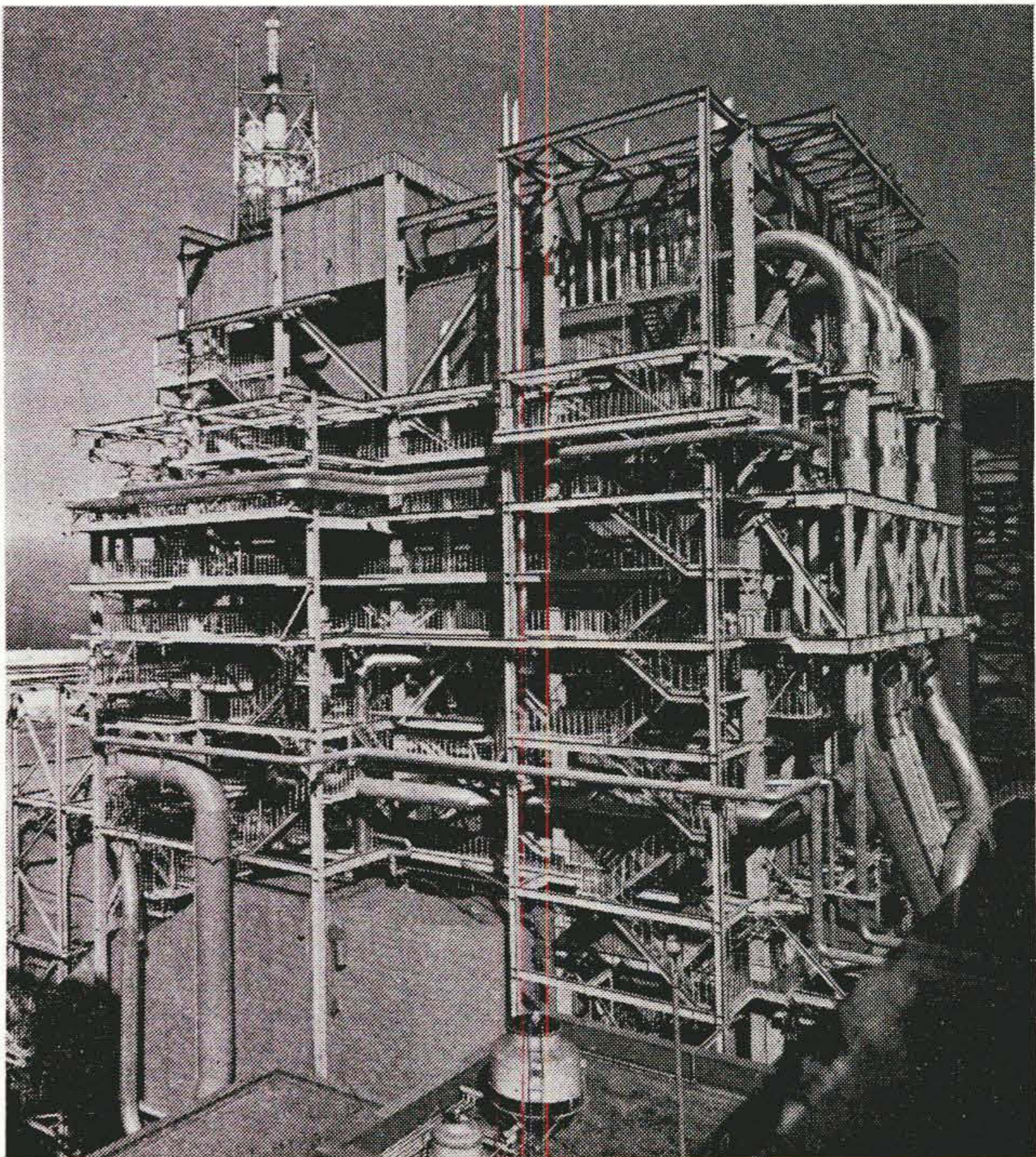


図 9 姉崎 2 号缶 600 MW 超臨界圧 UP ボイラ

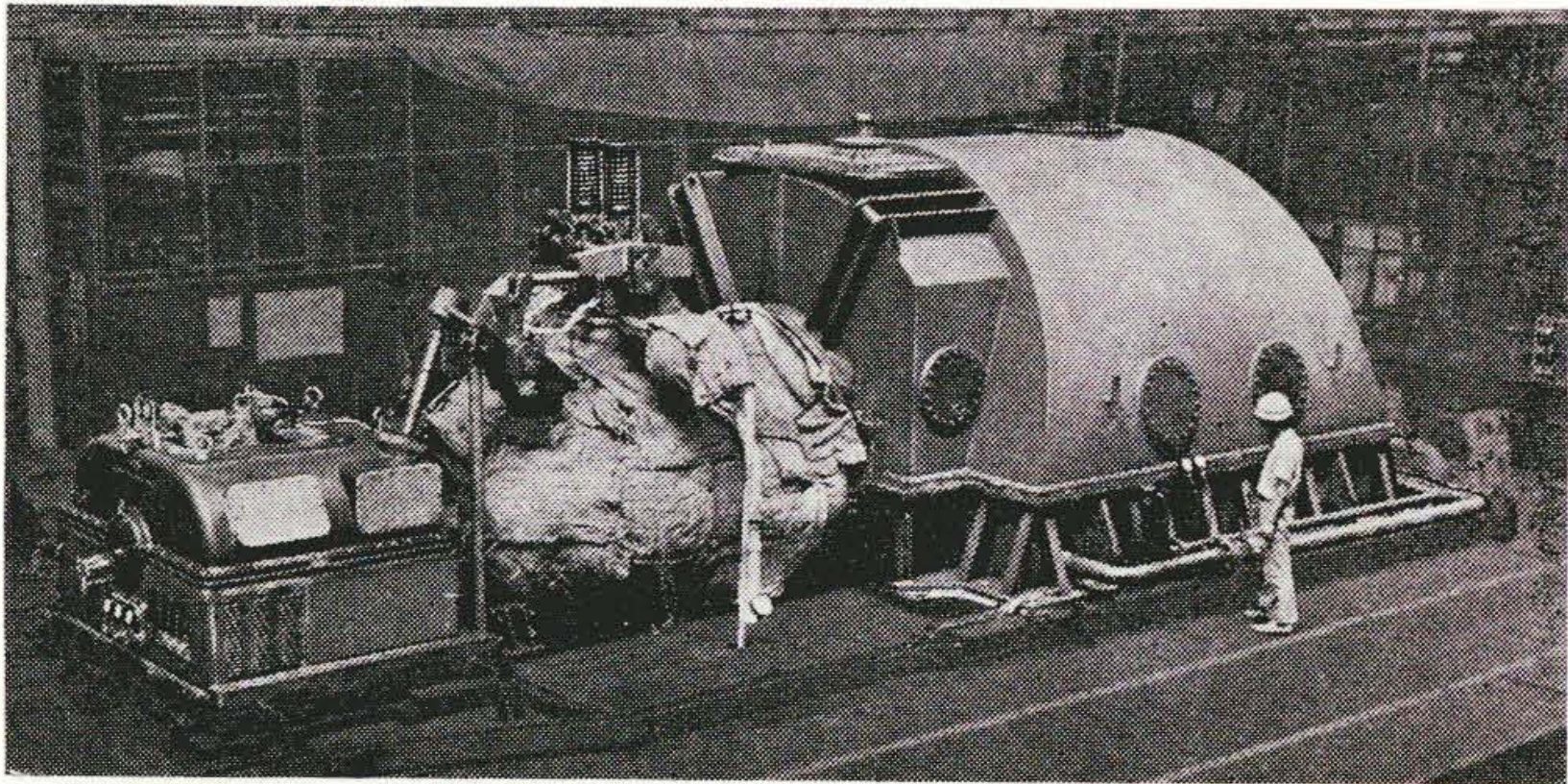


図 8 125,000 kW 再熱式蒸気タービン

形 式	B&W 再熱放射形 UP ボイラ (屋外式)
ボイラ最大連続蒸発量	1,950 t/h
過熱器出口蒸気圧力	255 kg/cm ² g
過熱器出口蒸気温度	543 ℃
再熱器出口蒸気温度	568 ℃ (一段再熱方式)
給 水 温 度	282 ℃
通 風 方 式	押 込 通 風
燃 焼 方 式	重油または原油専焼

このほかに 60 Hz 地区向として関西電力株式会社海南 1, 2 号 450 MW B&W 二段再熱放射形 UP ボイラは昭和 45 年 2 月および 6 月にそれぞれ営業運転開始の予定である。

■ 大容量タービン発電機

火力用タービン発電機として昭和 44 年度完成した最大容量機は東北電力株式会社秋田火力発電所納の 408 MVA, 3,000 rpm 機 (図 10) であり、おもな特長は次に示すとおりである。

- (1) 固定子は直接水冷却、回転子は直接水素ガス冷却であり、そのため外形寸法、重量などは普通水素冷却機の 200 MVA 級と同程度にできた。
- (2) 温度上昇とならんで重要な問題である電磁力の対策として、電機子コイルエンド部には特殊保持方式を採用し、スロット内にはリップスプリングなどを用いて、振動対策を行なっている。コイルエンドの特殊保持方式は本機で 6 台目であり、従来の経験をじゅうぶんに生かすことができた。
- (3) 励磁方式としてはコミュテータレス方式、すなわち直結交流励磁機と静止整流装置の組合せを採用した。このため発電機はスリップリング付きであるが、従来の直流励磁機の場合と同じく運転中に界磁巻線温度、界磁電流の監視もできるし、また運転中にシリコン素子などの点検または交換も 1 トレイごと引き出すことにより可能になっている。さらに交流励磁機は回転界磁構造で単一鋼塊ロータであり、主機であるタービン発電機と同程度の堅ろうさでバランスがとれた設計である。コミュテータレス方式の発電機の完成は本機で 3 台目である。
- (4) 固定子水冷却系統も組合せ試験を行なったが、イオン交換樹脂、固定子水冷却器、冷却水ポンプ、フィルタ、入口水温自動制御機構など各部品の性能も満足すべきものであることが判明した。
- (5) 固定子の液体冷却は本機で 3 台目である。絶縁ホース回

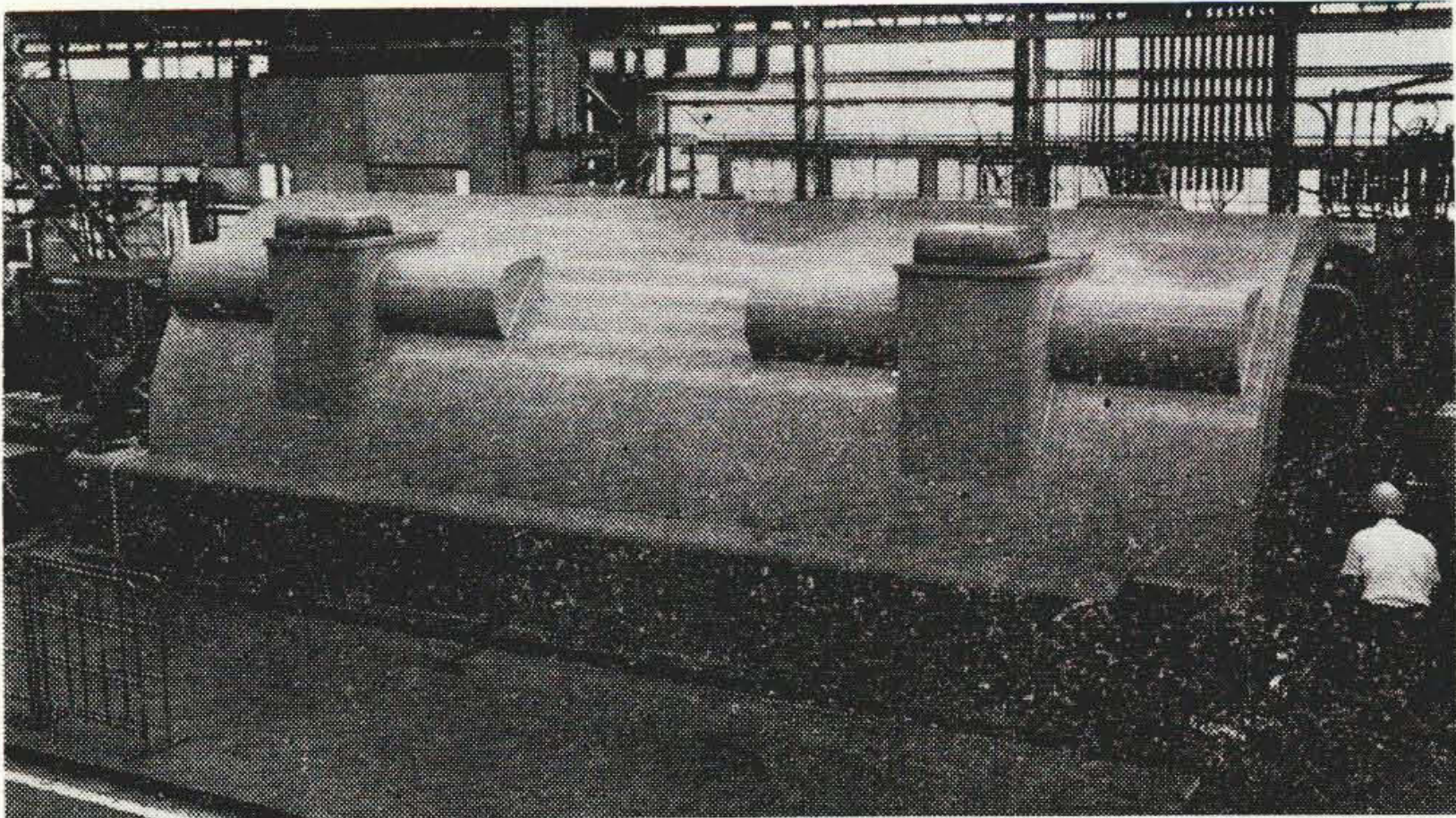


図 10 大容量タービン発電機

りなどのロー付け部分は厳重な管理のもとで行なわれ、組立の各段階および完成後の耐圧試験、漏えい試験にも問題が全くなく、直接液体冷却固定子の製作体制も完備していることが示された。

原子力機は現在 600 MVA 級 4 極機の設計をほぼ完了しており、ラジアルフロー形直接冷却方式、直径の大きな軸受の特性の確認、鉄心材料と鉄損の問題、ラジアルファンの性能の問題などにつき実機相当モデル機を試作して試験を行ない、すでに開発すみの 4 極タービン発電機の設計計算および各種解析の裏付けが完了したところである。

火力機、原子力機ともますます大容量化するすう勢に対し、設計・製作上の体制はすでに整ったと考えられる。

■ 火力発電所シーケンスモニタ完成

火力発電所への計算機の適用は近年着実な発展を遂げ、国内でもシーケンスモニタ、起動停止操作の自動化が実用化されるようになってきた。

日立製作所においては、関西電力株式会社海南発電所に制御用計算機 HITAC-7250 を用いた大規模なシーケンスモニタシステムを納入した。

このシーケンスモニタシステムは、同発電所 1 号、2 号両ユニット (各 450 MW 超臨界圧 UP ボイラ、2 段再熱タービン) を対象にしたもので、ユニットの起動停止時における運転操作の手順をフローチャート表示し、プラントの状態をチェックし必要な操作を運転員に指示して、誤操作の防止、機器の安全性の向上、起動停止時間の短縮を図るとともに、常時プラントの状態を監視し、異常を検出するとその項目をスライド投影器に表示して運転員に警告し、機器の安全を確保するものである。

本システムの機器構成を表 4 に、システムを中心部であるオペレータコンソールを図 11 に示す。

本システムの特長は次のとおりである。

- (1) HITAC-7250 1 台で同時に 1 号、2 号両ユニットの起動停止のモニタを行なうとともに広範囲のデータ処理を行なう。

表 4 関西電力株式会社海南発電所納計算機システム構成

計 算 機		HITAC-7250	
コ	ア	32 kW	サイクルタイム 2 μs
割 込	レ ベ ル	16 レベル	
磁 気	ド ラ ム	256 kW	
コンソール入出力装置		1 式	
プロセス入出力装置			
ア ナ ログ 入 力	1,100 点	ア ナ ログ 出 力	18 点
デ ィ ジ タ ル 入 力	1,470 点	デ ィ ジ タ ル 出 力	1,070 点 (ただし、プラント制御用ではない)
バ ル ス 入 力	60 点		
割 込 入 力	150 点 (ただし、プラントからの割込は 70 点)		
オペレータコンソール		2 式 (1 式分の構成を下記に示す)	
ス ラ イ ド 投 影 器	1 台		
撮 影 式 表 示 器	4 組		
ト レ ン ド 記 録 計	3 台		
プ ラ ン ト 状 態 表 示 灯	80 個		
タ イ プ ラ イ タ			
情 報 交 換 用	6 台		
日 誌 用	6 台		

- (2) 種々の条件に応じた起動停止の運転モードが選択でき、特に高熱起動時の加減弁起動およびボイラ冷却停止のモニタができる。
- (3) 起動停止時および負荷変化時に、自動的にバーナの点火、消火の最適パターンを指示する。
- (4) プラントの状態に応じ任意の時点で計算機を同期させることができる。
- (5) 1号、2号各ユニットの操作盤中央にオペレータコンソールを設置し、各ユニット独立した機能をもつ。

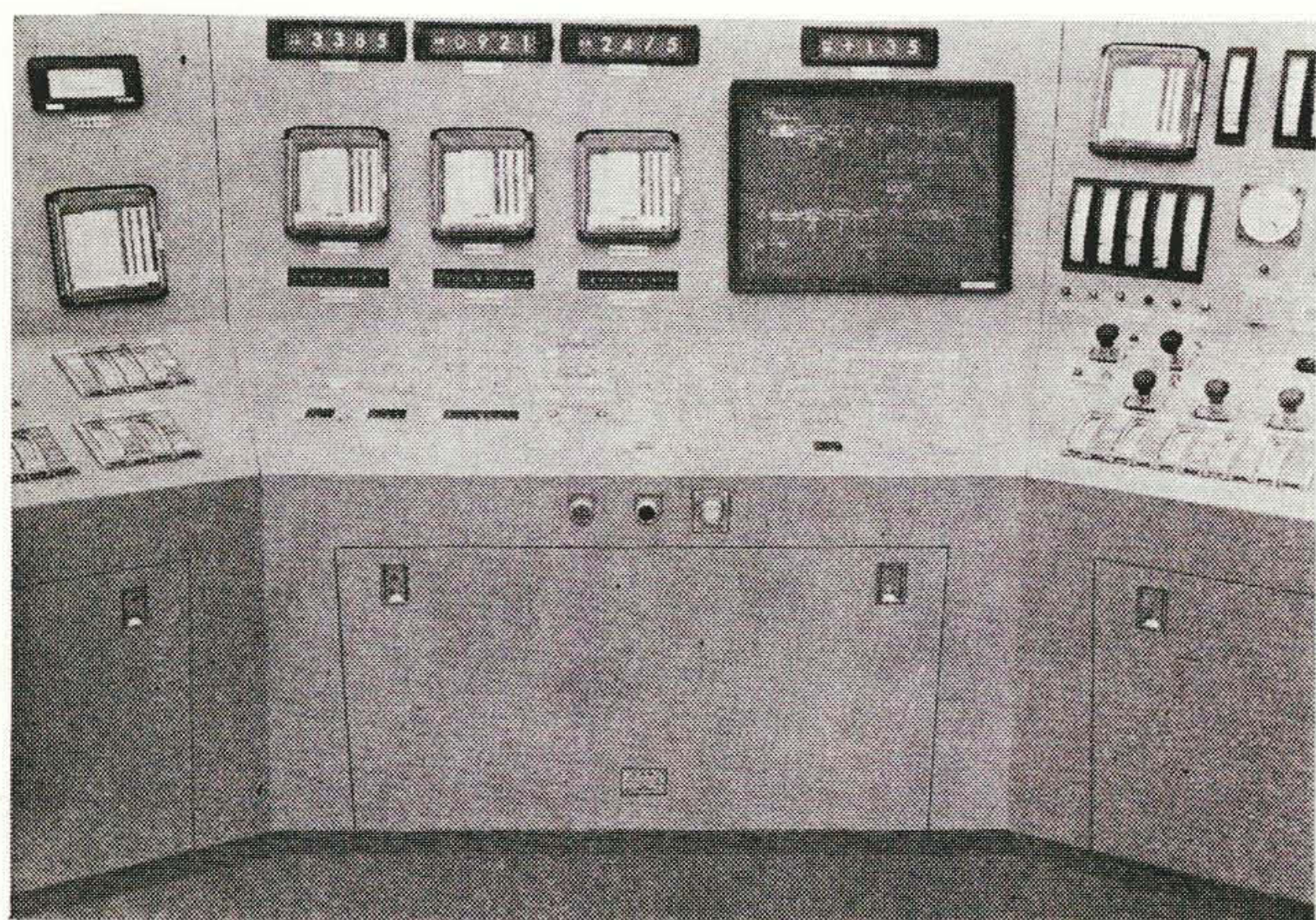


図 11 オペレータコンソール

原子力

■ 原子力発電設備プラント機器、現地据付完了

1. 日本原子力発電株式会社 敦賀発電所機器現地据付

日本原子力発電株式会社の敦賀発電所 325MW は日本最初の大出力原子力発電所である。

この発電所の建設は GETSCO (General Electric Technical Services Co.) が主契約者で 65% におよぶ国産機器は日立製作所と東京芝浦電気株式会社がほぼ折半して分担製作し、輸入機器もあわせて据付を行なった。

日立が分担したもののうち全プラントの配管、配線工事については次のような特長を持っている。

- (1) 原子炉建屋およびタービン建屋は鉄筋コンクリート構造なので機器の据付作業と土建作業とが工程上密接な関連を持っている。
- (2) 配管、配線作業とも多くのコンクリート壁との相対配置に特別の配慮が必要である。
- (3) 配管、配線とも物量的に同容量の火力発電所より 40~50% 多い。
- (4) 配管は通産省の溶接検査の対象品が全体の 60% 以上を占めかつ重要配管にはインサートリング方式の溶接が用いられている。
- (5) 配管、ケーブルトレイなどのサポート類の取り付け建屋がコンクリート構造なので特殊な方法を採用した。

これらの建設工事に対し日立製作所は、現地に敦賀建設部を置いて、多くの技術者、作業員を投入し短期間に膨大な量の作業を完成させることができた。

昭和 44 年 9 月に燃料装荷を完了し、さらに昭和 45 年初めに営業運転開始の見通しであるが、これが達成されれば世界での建設工程の最短記録となる。

日立製作所としては幾多の困難に遭遇したが今後主契約者として国産の原子力発電所を建設するうえでの貴重な体験を得た。

2. 東京電力株式会社 福島原子力発電所 1 号機

東京電力株式会社 福島原子力発電所納の復水プラントおよび給水加熱装置の製作・据付を完了した。

これらの機器は、多くの実績をもつ火力発電所用機器の設計・製作技術を基礎として製作されているが、蒸気および復水中の放射能による操作上の制限、高い給水純度および安全対策など原子力設備としてのきびしい条件を満足するため、次のような新しい技術を採用した。

(1) 復水器

(i) タービン容量と配置上の要請から単胴を並列に置いた双胴式とした。

(ii) 復水器の低負荷運転時においても復水の酸素含有量の規定値を満足させるため、ホットウェル内に再熱脱気装置を設けた。

(iii) 起動・停止の際の原子炉の余剰発生蒸気およびタービンの全負荷をしゃ断した際の全蒸気流量を処理するエネルギー・ダンパを設けた。

(iv) 復水器内において、復水の放射能レベルの減衰を大きくとるために、ホットウェル内における復水の滞留時間を大きく取っている。

(v) 復水器管連続洗浄装置は、ひん繁な機器への接近を不要ならしめるよう自動操作方式とした。

(2) 給水加熱器

高い給水純度を保持するため加熱管材質としてすべてステンレス鋼を用い、かつ管板面にはステンレス・クラッドを行ない、加熱管溶接方法にも新方式を採用した。(図 12 は完成した高圧給水加熱器である)

3. 空気抽出器

通常の漏えい空気のほかに、原子炉において水が分解発生する酸素ガスおよび水素ガスをも処理するために従来の実績に比べ数倍の容量をもつ記録品を開発した。

以上いずれの機器も、単機容量では従来の実績を越える記録品であり、また耐震に関しても特に考慮した構造をもっている。

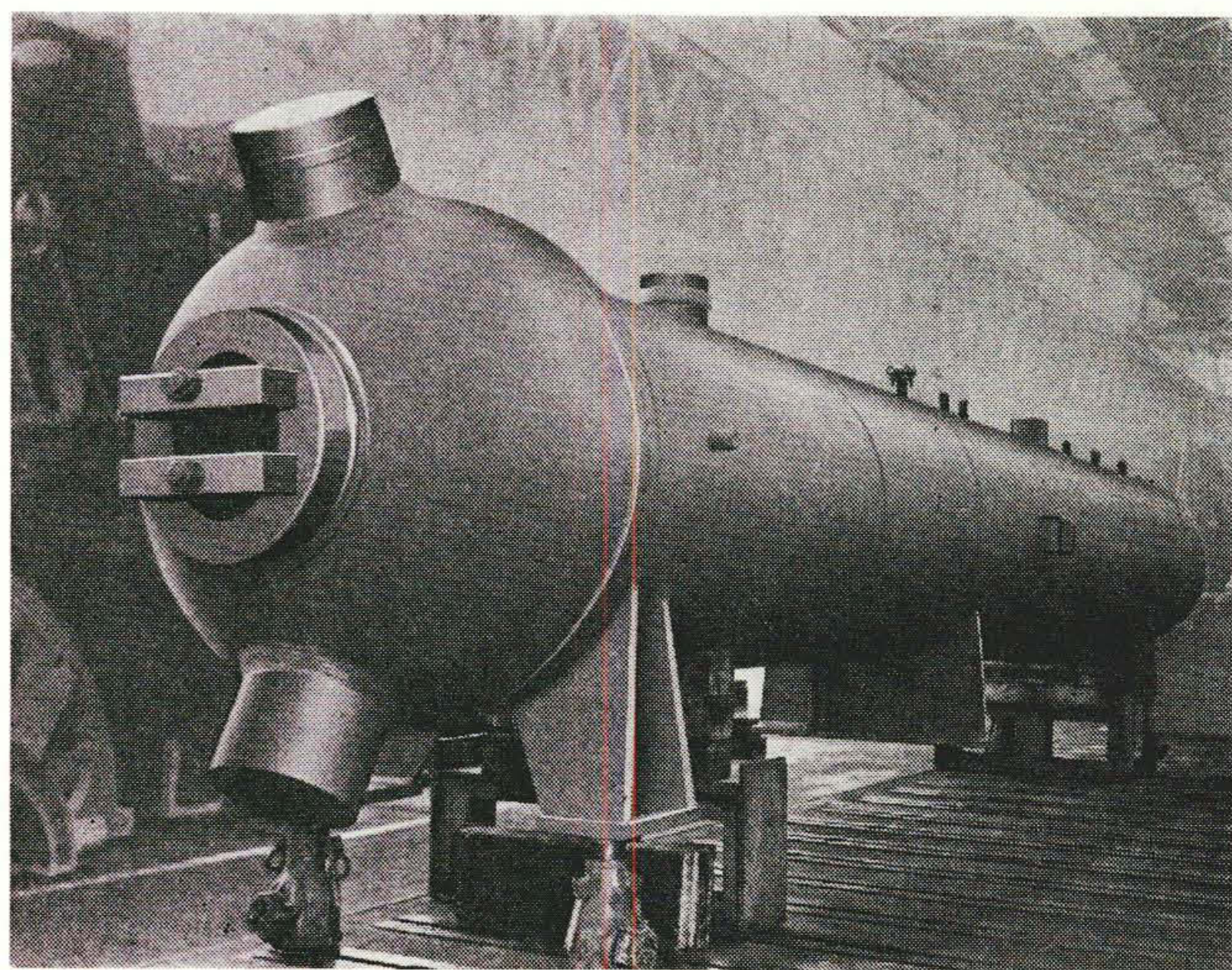


図 12 高圧給水加熱器

中国電力株式会社島根原子力発電所 1号機基本設計完成

昭和43年初以来、2期にわたって中国電力株式会社と沸騰水形原子力発電所に関する共同研究を行なった。研究の内容は島根原子力発電所の設置認可申請に必要な基本設計を固めることにあった。

第1期は設置するプラントの基本的問題を明確にすることとし、出力決定、設計の基本方針などを主体として検討した。

第2期では各システムの計画、特性解析、機器の基本仕様の決定、配置計画、安全解析など具体的な問題を取り扱った。

これらの結論をベースに昭和44年5月末に中国電力株式会社が原子力発電所1号機の設置許可申請書を提出された。

基本設計はアメリカGE社の65年形BWRストレッチ炉(電気出力460MWe)を基本とし、67年標準形に設けられている新安全設備を採用した信頼性のきわめて高いプラントを対象とした。

プラント系統の決定は信頼性に重点を置いたためGE社の実績を尊重し、じゅうぶんな調査に基づいて行なわれた。特に安全設備の計画に際してバランスのとれた設計を目標とし、じゅうぶんな機能の発揮できるものとしている。

また配置計画に際してはGE社の実績をベースに従来の火力発電所の経験をもとに、中国電力株式会社と密接な打ち合わせを行なってまとめた。

プラントの主要仕様は次のとおりである。

原子炉定格熱出力	1,380 MW (出力密度 40.6 kW/l)
発電機端電気出力	465,000 kW
周波数	60 Hz
蒸気流量(タービン入口)	2,450 t/h
圧力	66.8 kg/cm ²
温度	282 °C
給水温度	180.7 °C
復水器真空度	722 mmHg

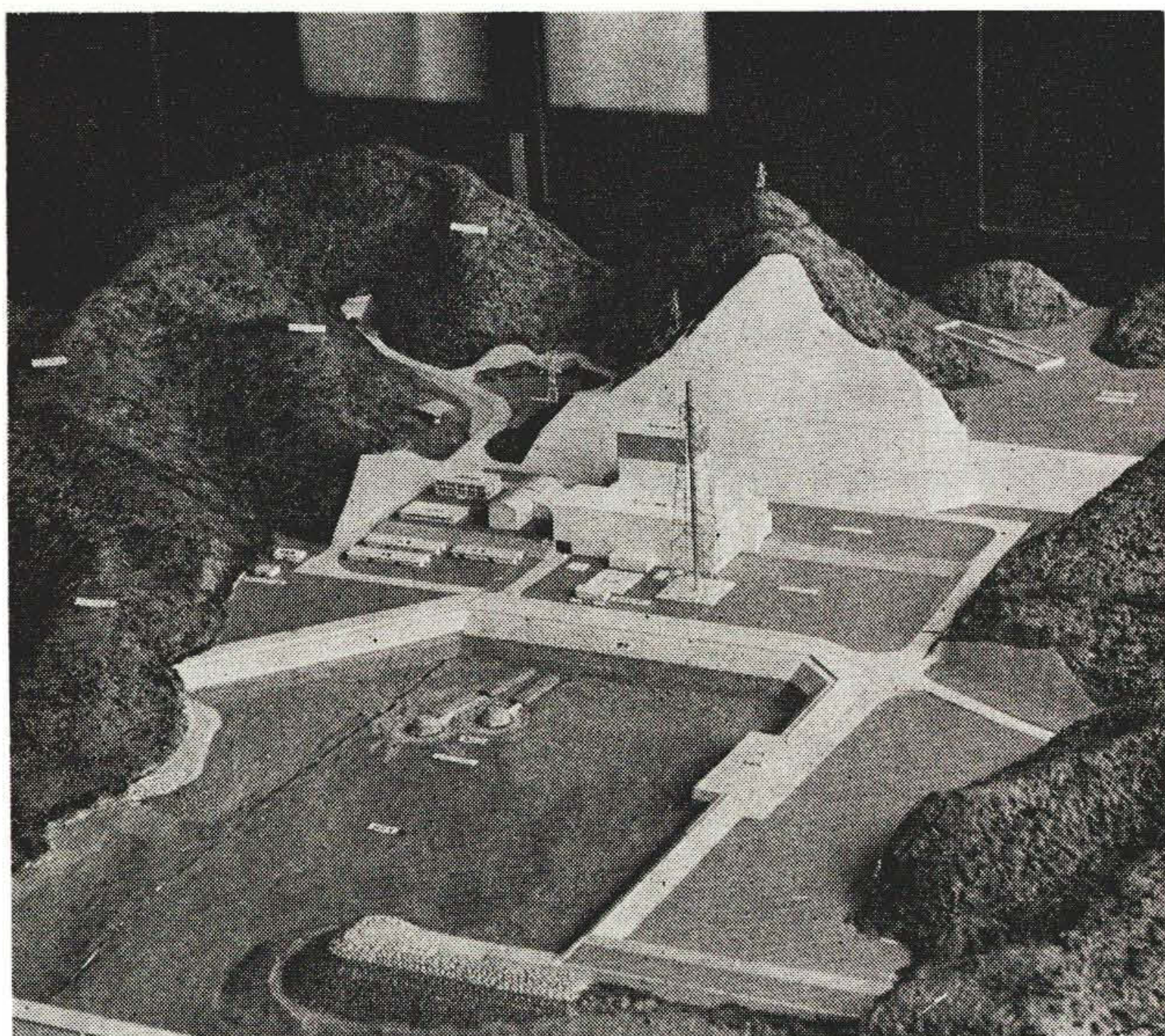


図13 中国電力株式会社 島根原子力発電所
1号発電所全体図

原子力タービン機器の開発

昭和44年1月国産最初の原子力タービンであるパキスタン納138,600 kW 原子力タービンの工場試運転を無事終了、現地に向け発送した。本タービンは昭和44年中に現地の据付・組立を完了した。

本機の主要仕様

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
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 mmHg)
タービン膨張段数	高圧部 10 段 低圧部 6 段×4 流
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)

一方、国内向け原子力タービンとしては460 MW 原子力タービンの設計も着々と進み、特に原子力タービンに不可欠である汽水分離器の開発に成功した。大形タービンに適する分離器の構造について検討を行ない、分離性能に及ぼす湿り度、圧力、流速などの影響を明らかにし、さらに強度的検討を加え、特殊な波板の支持方式をもあわせて開発した。

また、GE社とのJoint ManufactureによるTC4F-38形の低圧車室4車室分の製作・組立調整を終了し出荷した。本タービンの製作によりロータ関係ではディスクの焼ばめ、焼ばめロータのバランス法、38 in ブレードの製法などの技術を確認した。また、今回製作したダイヤフラムは、最大ノズル高さ970 mmに達する大形ダイヤフラムで、材質はNi, Crを含む特殊鋼および特殊鋳鉄が使用されている。その寸法精度、品質に対する要求は非常に厳格であったが、材質に対する検討、フラン樹脂系バインダの採用による鋳物砂の改善および新造形法の開発によって、寸法精度のきわめて良い製品を製造することができた。これらの技術はほかのタービンにも適用して品質の向上を図っている。

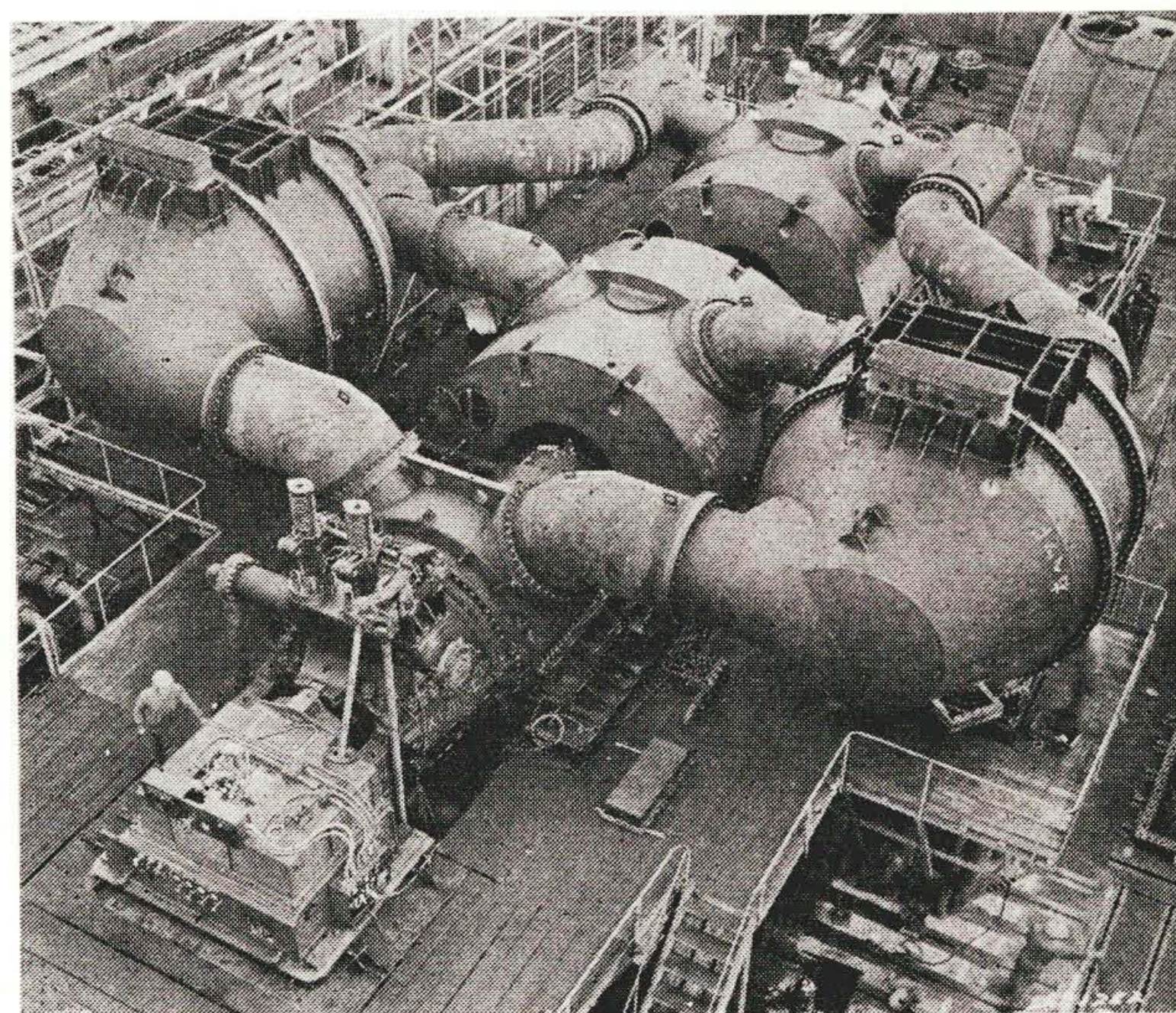


図14 パキスタン納 138,600 kW 原子力タービンの工場組立

■ 新形転換炉 (ATR) の基礎研究

核燃料の有効利用を目途として動力炉核燃料開発事業団を中心に計画を進めている新形転換炉 (ATR)―重水減速沸騰水冷却圧力管形原子炉 (電気出力 165 MWe)―の設計のために各種基礎研究を進めた。

(1) 連続燃料交換を行なう ATR では、交換法最適化の数学的取り扱いに最大値原理などの最適制御理論が適用できる。問題を大局的および局所的出力分布の制御に分離して、前者では平衡サイクルで最大平均取出し燃焼度を与える出力分布と燃料交換ひん度分布および燃焼度分布を最大値原理で求め、後者では隣接 8 アセンブリの燃焼度の関数として局所高温点因子を数値実験あるいは変分法で求めた。その結果、大局的には、中心部の取出し燃焼度をさげて出力を中心部で高くしたほうがよく、局所的には、隣接アセンブリの燃焼度がほぼ等間隔ならばその配置によらずピーキング係数を 1.26 程度におさえられることがわかった。現在、両者の効果を統合した最適燃焼交換法探索コードを開発中で、変分法や関数フィッティング方式の採用により計算時間が膨大となる困難さが解決された。

(2) ATR では制御棒が円環構造であるのと重水炉であるために、その制御棒特性に関する従来の経験が乏しい。そこで現有の核計算コードを組み合わせ、原型炉および動燃事業団がアメリカサバンナリバ研究所に依頼された制御棒実験を、最大制御反応度、多重層効果、干渉効果などに重点をおいて比較検討し、第一次設計の妥当性を確かめた。またブースタ棒についても円環構造の利点を前述の項目について検討し、第二次設計への参考とした。

(3) ATR の燃焼要素は複雑なクラスタ形状をしているので、これの核的取り扱いをチェックする詳細核計算コード CLUSTER-III を開発した。これは高速領域での中性子束分布の計算を衝突確率理論に変え、また非分離共鳴吸収を自己遮蔽 (しゃへい) 効果も考慮して正確に取り扱うなどの改善を CLUSTER-II に施したものである。王禅寺臨界実験装置 (OCF) による 28 本クラスタ燃料炉心の実験も、引き続きボイドを含む冷却材を重水―軽水混合物で模擬した炉心に対して行なった。高速領域の取扱い法の改良による核分裂比の計算精度向上の例を示したのが表 5 である。

表 5 δ^{28} (U-238 高速核分裂/U-235 熱外分裂の比) の衝突確率法による改善 (OCF 28 本クラスタ燃料炉心、軽水冷却材)

Ring	軽 水 冷 却 材 炉 心		
	実 験 値	計 算 値	
		拡散近似法	衝突確率法
1	0.073	0.065	0.071
2	0.067	0.052	0.062
3	0.052	0.040	0.048
平均値	0.058	0.047	0.054

■ ナトリウム流動伝熱試験装置完成

1. 概 要

動力炉核燃料開発事業団に昭和 44 年 8 月に納入された本装置は、同事業団が昭和 45 年度に着工する高速実験炉のナトリウム冷却系統、機器の建設に必要なナトリウム技術の開発と、ナトリウム装置

運転員の養成のために設置されたもので国内で最大規模のナトリウム装置である。

2. 装置の主要仕様

ナトリウム保有量	20 m ³ ,	最大配管径	200 mm
ナトリウム流量	5 m ³ /min,	電気ヒータ容量	250 kW
最高温度	450 ℃,	予熱ヒータ容量	600 kW
最高圧力	7 kg/cm ² ,	使用材質	18-8 不銹鋼

3. 主要構成機器の特長

(1) 主循環ポンプ

ナトリウム流量 5 m³/min、揚程 7 kg/cm² の機械式ポンプである。ナトリウム自由液面をもち、液面上にはアルゴンガスが満たされる。軸受はナトリウム潤滑式で、回転数は 10~100% の範囲をセルビウス制御方式により連続制御される。

(2) 電 磁 機 器

流量 80 l/min、揚程 2 kg/cm² と流量 50 l/min、揚程 2 kg/cm² の電磁ポンプをそれぞれ 2 台および 1 台と流量 5 m³/min、ダクト径 200 mm のくら形空心式電磁流量計 1 台および上記電磁ポンプ容量相当のダクト径 25 mm の電磁流量計を合計 3 台設置した。

(3) 計 測 制 御 系

特別に開発された NaK 封入形圧力計 2 台、差圧式流量計 1 台および差圧式液面計 2 台を設置した。主要量はデータ処理用計算機に取り込み計算する。ナトリウム装置であるため安全系を二重にするという特別な配慮が払われた。

図 15 は本試験装置本体の概観である。

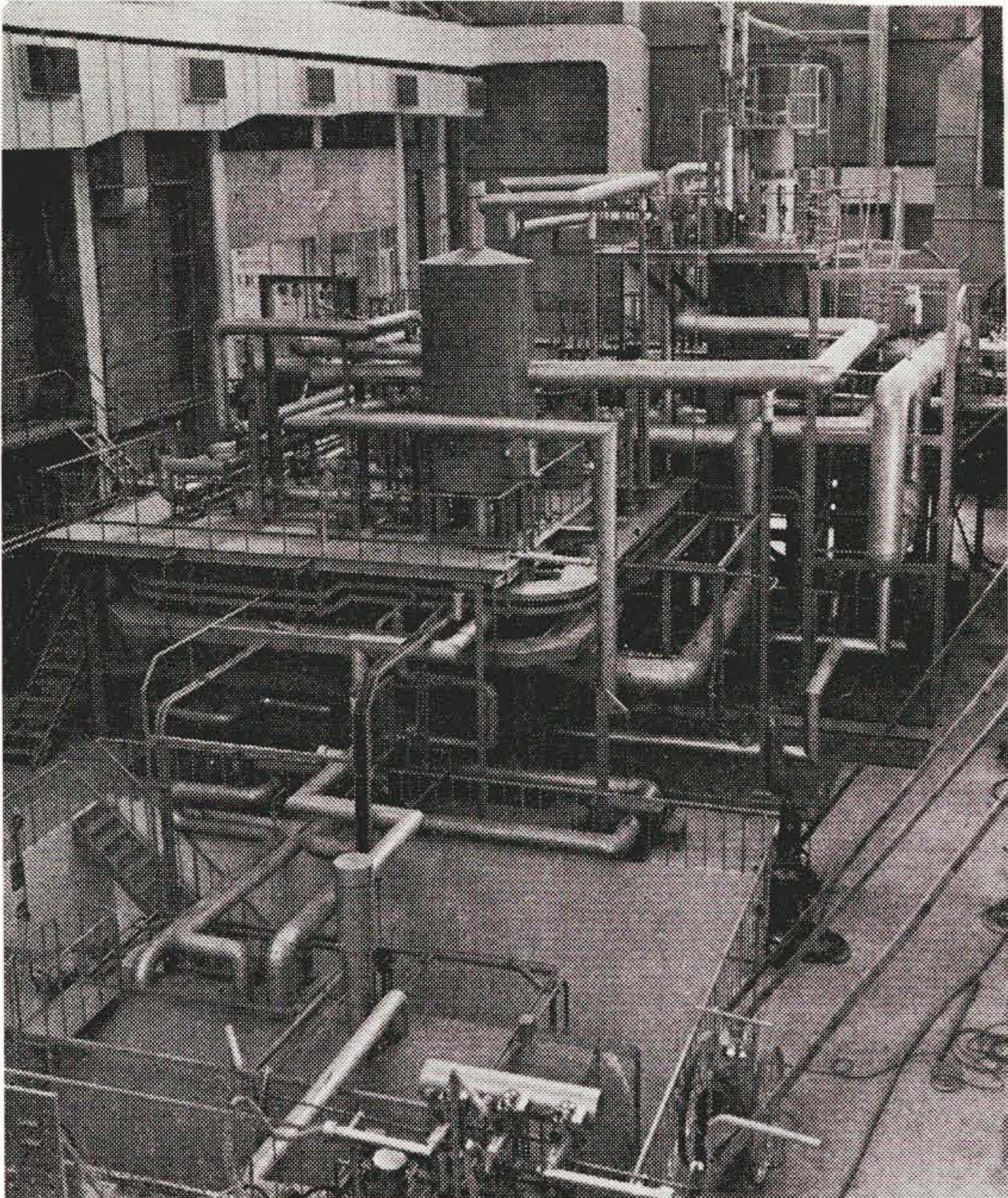


図 15 ナトリウム流動伝熱試験装置

■ トーラス形ヘキサポール核融合実験装置完成

ヘキサポール磁場による高温プラズマ閉じ込めの実験を目的とする核融合実験装置を完成し、日本原子力研究所に納入した。引き続き基礎実験が行なわれているが、このほど世界的な成果をあげることになった。

この装置はわが国の核融合開発計画にもとづくトーラス形第 1 号機で JFT-1 と称され、日立製作所で納入した装置はその主要部で

あるトラス装置でその外観は図 16 に示すとおりである。この装置は高さ 600 mm、直径 1.4 m の円筒形真空容器と、容器内部に配置されたヘキサポールと称する強磁界発生用の 3 本のコイルと 2 本の補助コイルから構成される。すなわちこの装置は核融合を起こすためにプラズマをある時間、安定して封じ込める実験の心臓部である。

本装置の特長は次のとおりである。

(1) 電流を流すとコイルに強大な電磁力が加わるが、その支持部はプラズマの損失を小さくするため極小の断面とする必要がある。そのため特殊合金棒を用いて支持する構造とした。

(2) コイル断面寸法は大きすぎるとプラズマ損失が増大するので極限まで小さくする必要があり、素線の絶縁と冷却法に新方式をとった。すなわち本装置では、セラミックスペースタによる素線の絶縁支持方式と、絶縁油による直接冷却方式とを組合せた構造をもっている。

(3) プラズマを安定して封じ込めるためにはヘキサポール形磁界を精度高く発生させねばならない。このため特に寸法精度を確保する加工法によりコイルを成形した。

(4) コイル給電部はプラズマを横切る部分の寸法制限からきわめて小さい断面とする必要がある。そのため新しい絶縁構造とする一方磁場の乱れを無くすために同軸給電構造とした。

今回の研究実験の成功によって 21 世紀の動力といわれる核融合研究にわが国も第一歩を歩み出したが、本装置の好調な運転実績により、今後ますます核融合研究は大きく期待される。

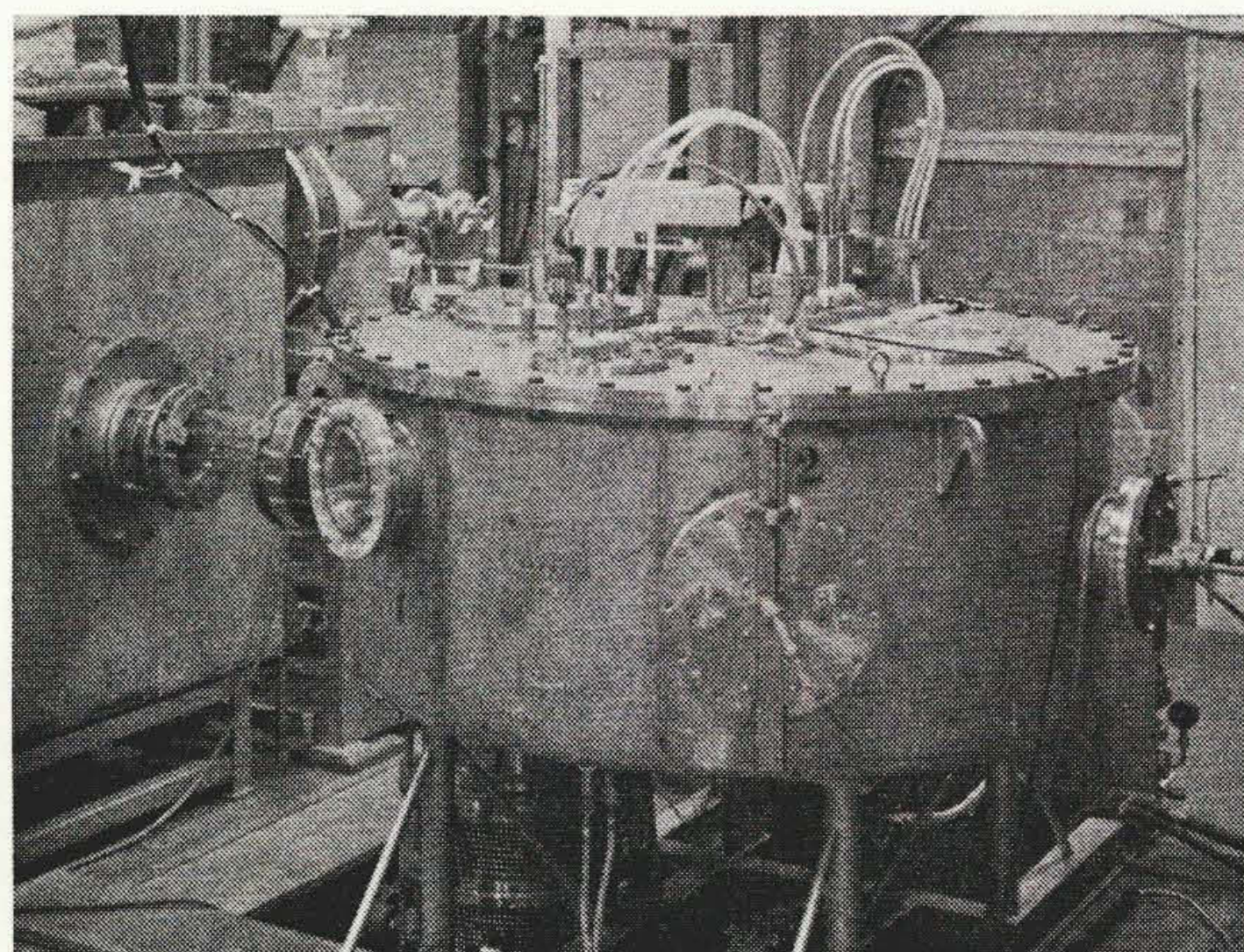


図 16 トーラス形ヘキサポール核融合実験装置

■ MHD 発電機用超電導マグネット完成

超電導の電磁機器への応用は近時急速に広まりつつある。日立製作所では超電導材料の研究と応用機器の開発を鋭意進めてきたが、今回通商産業省工業技術院大型プロジェクトの一環として、MHD 発電機用くら形超電導マグネットの開発と建設を行なった。

MHD 発電の効率化には励磁マグネットの超電導化が不可欠とされているが、本マグネットの規模はさきに日立製作所が建設した長時間 MHD 発電機に見合うもので、くら形のマグネットとしては世界最大の規模である。

本マグネットの建設にあたり、日立製作所では超電導線材の開発と量産化、マグネットの製作技術および構造の試作研究、各種試験設備の整備を行なった。

とりわけ超電導線材に関しては、すでに開発され、この世界で定評のある日立三元合金超電導線 (Nb—Zr—Ti) の安定化に成功し、

高性能ストリップの長尺物の量産を可能とし、大規模マグネットの国産化への道を開いた。

一方くら形コイルの製作においても困難な巻線および成形の技術を確認するとともに、マグネットを保冷する大形常温空間付クライオスタットの製作にも成功した。

本マグネットの組立後行なった実験運転で定格を上まわる 47,000 ガウスが確認された。

表 6 MHD 発電機用超電導マグネット

形 式		鞍 (くら) 形 (縦形)
コイル	中心磁束密度	定格 45,000 ガウス (実測値 47,000 ガウス)
	エネルギー 使用線材	5×10 ⁶ ジュール 日立 3 元合金超電導ストリップ
クライオ スタット	断熱方式	高真空液体窒素シールド式
	常温空間径	250 mmφ
	外径 全長	2,000 mmφ 3,500 mm

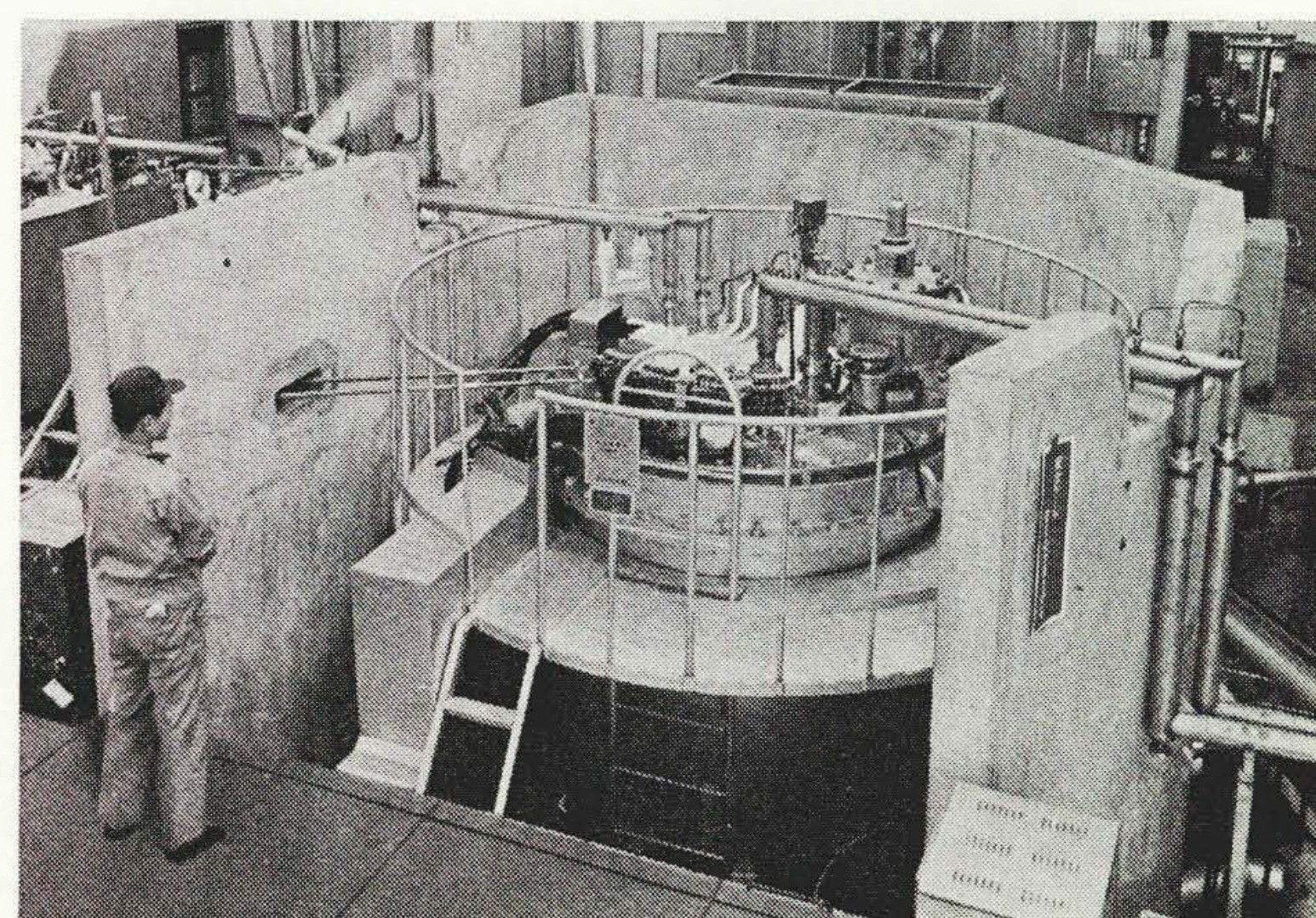


図 17 超電導マグネット

送変電機器、系統保護装置

■ アメリカ内務省 BPA 向 500 kV 300 MVA 変圧器完成

アメリカ内務省 Bonneville Power Administration (BPA) 向 500 kV 300 MVA 変圧器を完成、納入した。本器は、電圧 $525/\sqrt{3} \pm 25/\sqrt{3}$ (9 タップ)/241.5/34.5 kV、容量 300/300/25 MVA である。絶縁試験において、試験電圧 630 kV 印加後、475 kV (常規対地電圧の 1.5 倍) で、2 時間無コロナという、きわめて過酷な性能を要求されている。

このため、絶縁特性の向上、損失低減に留意し設計製作した。

本変圧器の特長は次のとおりである。

(1) すべての巻線に転位電線を用い、損失低減を図った。直列巻線、分路巻線は、CC シールド付き連続円板巻線で、ほかはヘリカル状巻線である。分路巻線には、機械強度を向上させるため、日立電線株式会社で開発した半硬銅転位電線を用いた。

(2) 主絶縁は、長尺プレスボードを乾燥しながら、強固に巻いた油げき細分化固体絶縁方式で、コロナ特性が向上した。

(3) 巻線の製作組立室を空調防じんとし、絶縁物の接着の改善、高度の処理技術 (高真空乾燥、熱油循環) などにより、コロナ特性

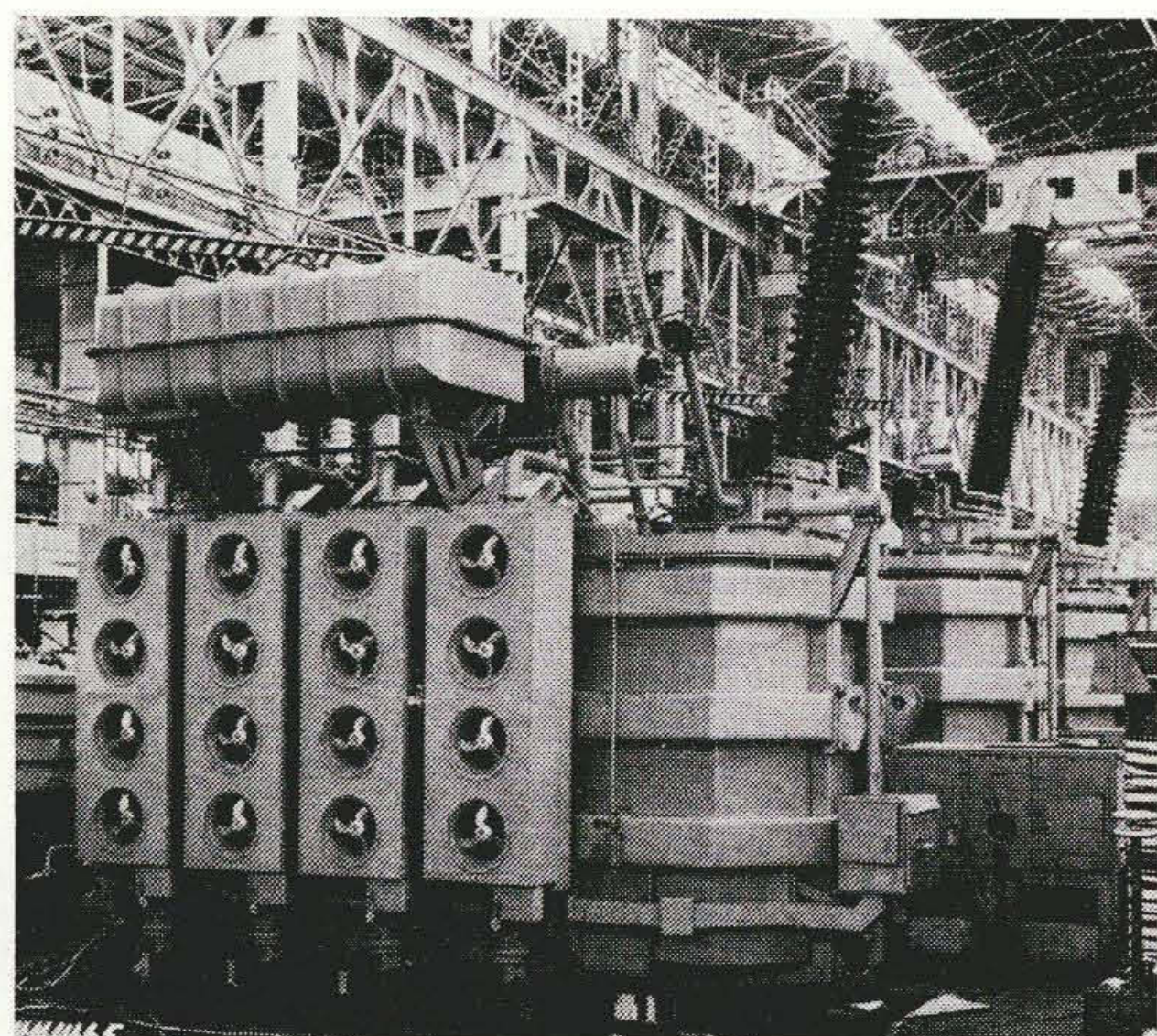
の向上を図った。

(4) 鉄心に、バインド締め付け方式を適用し、連続焼鈍などにより、占積率特性を向上させた。タンクには、けい素鋼板シールドを施し、損失低減を図った。

(5) LTC には、241.5 kV 線路側におく LR-LK₂ 形 (2,050 V × 1,200 A) を開発した。これは、200 号まで適用可能である。

(6) ブッシングには、アメリカ LAPP 社のものを使用した。同一仕様の 500 kV ブッシングを製作試験し、良好な結果を得た。

本変圧器は、総重量 255 t、油量 69.5 kℓ、輸送重量 170 t、高压端子で 630 kV まで無コロナという満足すべき結果が得られた。この完成により、国内向 500 kV 変圧器製作の体制を、さらに強固なものとする事ができた。



(中央の 1 台は日立製 500 kV 油浸紙形コンデンサブッシングを用いて試験している)

図 18 BPA 納 500 kV 300 MVA 単巻変圧器

■ 超小形ガス絶縁開閉装置 およびガスしゃ断器

都市の電力需要増加に伴い変電所の小形化が重要な課題となっている。一方臨海地区、重工業地帯では塩塵害汚損対策として機器の密閉化が必要になっている。これらの動向に対し SF₆ ガス絶縁開閉装置に着目し、基礎研究を行なうとともに 60 kV 級試作品の長期運転試験を行ない実用化を進めてきたが、今回実用機として 77 kV 用を中部電力株式会社守山変電所に納入した。この結果 77 kV 開閉装置の所要面積は従来形の 14.5% に、また変圧器などを含む変電所全体では 55% に有効なスペース縮小ができた。

(1) 超小形ガス絶縁開閉装置

機器および母線はすべて各相ごとに接地金属容器内に収納し、容器内部に絶縁性能のすぐれた SF₆ ガスを封入するガス絶縁方式である。おもな特長は次のとおりである。

- (a) SF₆ ガスのすぐれた絶縁特性および平等電界に近い電極配置の採用により絶縁距離を大幅に短縮し機器を小形化した。
- (b) 密閉化により絶縁物の汚損、劣化を無くした。
- (c) 充電部が接地金属でおおわれることにより安全性が向上した。
- (d) 相分離により信頼性が向上した。
- (e) 保守が非常に簡単になるほか据付期間が短縮でき、騒音・ラジオ障害が軽減した。

(2) パッファ形ガスしゃ断器

ガス絶縁開閉装置用として 84~120 kV 定格のパッファ形 SF₆ ガスしゃ断器を開発した。同時にガス絶縁母線の代わりに気中ブッシ

表 7 ガスしゃ断器の定格仕様

定 格 電 圧 (kV)	72/84	120
定 格 電 流 (A)	1,200 2,000	1,200 2,000
定格しゃ断容量 (MVA)	3,500	5,000
定格しゃ断電流 (kA)	28.1/24.1	24.1
定格投入電流 (kA)	76.5/65.5	65.5
再起電圧周波数 (kHz)	4	3
絶 縁 階 級 (号)	60/70	100
定格しゃ断時間 (s)	5	3
定格ガス圧力 (kg/cm ²)	5.0	5.0
操 作 方 式	空 気 操 作 方 式	

ングを組み合わせた屋外形も製品化した。本器は SF₆ ガスのすぐれたしゃ断性能と絶縁特性を有効に利用したもので、消弧方式は中容量しゃ断器として構造簡単で経済的な単一圧力パッファ(ふいご)方式である。社内における各種性能試験のほか超高压電力研究所武山研究所において短絡電流しゃ断試験を行ない良好な結果を得た。

おもな特長は次のとおりである。

- (a) 再起電圧の過酷なキロメートル故障、脱調、異相地絡などの特殊条件下のしゃ断に対してもすぐれた消弧性能を有する。
- (b) SF₆ ガス中における電流さい断レベルは著しく低く、変圧器の励磁電流のような遅れ電流のしゃ断に対しても異常電圧は発生しない。また絶縁耐力がすぐれているので充電電流しゃ断も無再点弧である。
- (c) アーク時間が短いので接触子の損傷が少なく保守点検の周期が長い。
- (d) しゃ断時にガスを大気中に放出しないので騒音が小さい。

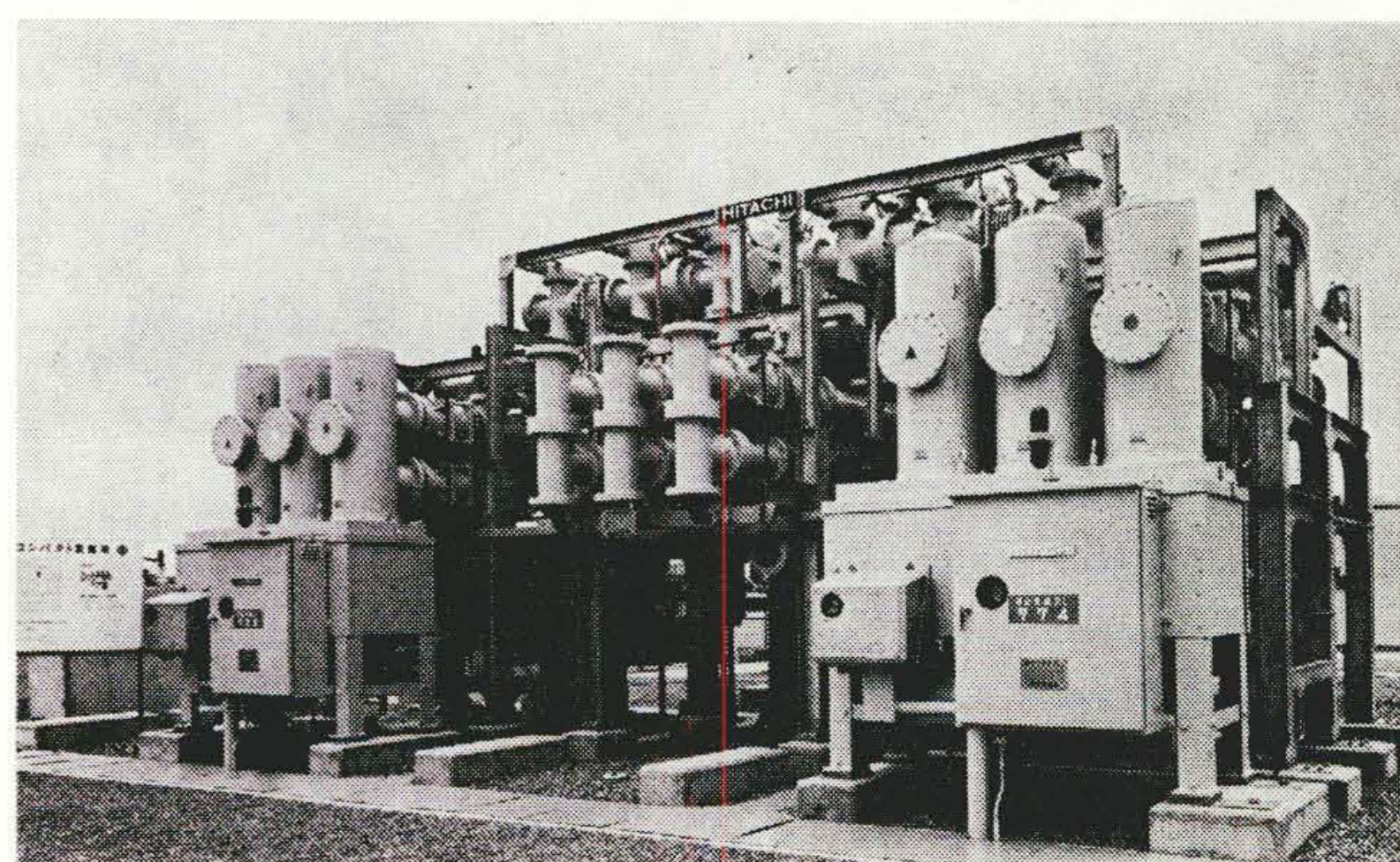


図 19 中部電力株式会社守山変電所納
超小形ガス絶縁開閉装置

■ 配電近代化関連機器

都市における電力の需要が増加する一方、供給信頼度の向上、安全性の向上、作業の省力化、ならびに環境との調和性が要求されてきている。このため新しい配電方式が採用され、これに関連した機器の開発が必要となってきた。日立製作所ではすでに各種の配電機器およびこれらを監視制御する装置を開発しているが、昭和 44 年度はネットワーク関連機器および 22 kV 架空配電機器を中心に開発を行なった。

(1) スポットネットワーク受電設備

大都市のビルディングは非常な勢いで増加しており、しかも超高層化の傾向にある。これらのビルディングに電力を送る方法としてスポットネットワーク配電方式がクローズアップされ、すでに東京

電力株式会社渋谷支社（世界貿易センタービル用 1,000 kVA×3 バンク, 2,000 kVA×3 バンク）をはじめ数箇所納入した。本受電設備は変圧器キュービクル、プロテクタ装置およびテイクオフ装置から構成され、おもな特長は次のとおりである。

(a) 2～4 回線の 22 kV 配電線で受電し、1 回線が故障しても瞬時の停電もなく受電が継続できる。

(b) 事故に際してのしゃ断、投入などの動作はすべて自動的に行なわれるので、監視盤からの操作は必要なく、保守の省力化が図られる。

(c) 22 kV 側は断路器のみでじゅうぶんなため、変圧器と一体でキュービクルに収納でき、従来のしゃ断器を設置する受電方式に比べて据付スペースが大幅に縮小するとともに、経済的である。

(2) レギュラーネットワークプロテクタ

22 kV 750 kVA レギュラーネットワークプロテクタを東京電力株式会社銀座支社に納入した。

本装置は超過密地域における電力供給の信頼度を高めるために、配電線の 1 回線停電時においても無停電で電力を供給できる装置である。変圧器は配電電圧の関係から特殊な結線となっているので、リレー方式には日立独自の方式を採用している。また地下孔に設置されるので、耐水構造となっているなど、種々の特長をもっている。

おもな仕様は次のとおりである。

変 圧 器 容 量	750 kVA (150% 過負荷 8 時間運転可能)
一 次 電 圧	21.5 kV
二 次 電 圧	105—210 V / 240—415 V

プロテクタ定格電流 2,500 A

(3) 配 電 塔

電力流通近代化の技術開発の一環として、22 kV 架空配電のための負荷中心点に設置される 22 kV/6.6 kV 配電塔の開発について、東京電力株式会社と共同研究を行ない、2,000 kVA 配電塔を開発した。

本配電塔は 22 kV 機器、6.6 kV 機器および変圧器を一体化してキュービクル構造とし全装可搬形にしたもので、機器は小形軽量で保守点検の簡便な 22 kV 真空開閉器および 6.6 kV 真空しゃ断器を採用した。油入変圧器は自冷式窒素封入密封形で 45 ホーンという低騒音化されている。

おもな仕様は次のとおりである。

定 格 電 圧	22/6.6 kV
変 圧 器 容 量	2,000 kVA
定 格 周 波 数	50 Hz
絶 縁 階 級	20 号 A / 6 号 A
受 電 回 線 数	1 回線
饋 (き) 電 回 線	2 回線

(4) 20 kV 級柱上変圧器

20 kV 架空配電方式の配電塔は 20 kV からいったん 6 kV に降圧し、さらに 200 V, 100 V に降圧するものであるが、20 kV から直接 200 V, 100 V に降圧する方式も考えられ、これに使用される変圧器についても開発が行なわれた。この変圧器は 65°C 絶縁で、かつ絶縁設計の合理化により 6 kV 級の標準変圧器と比較して重量を 110%

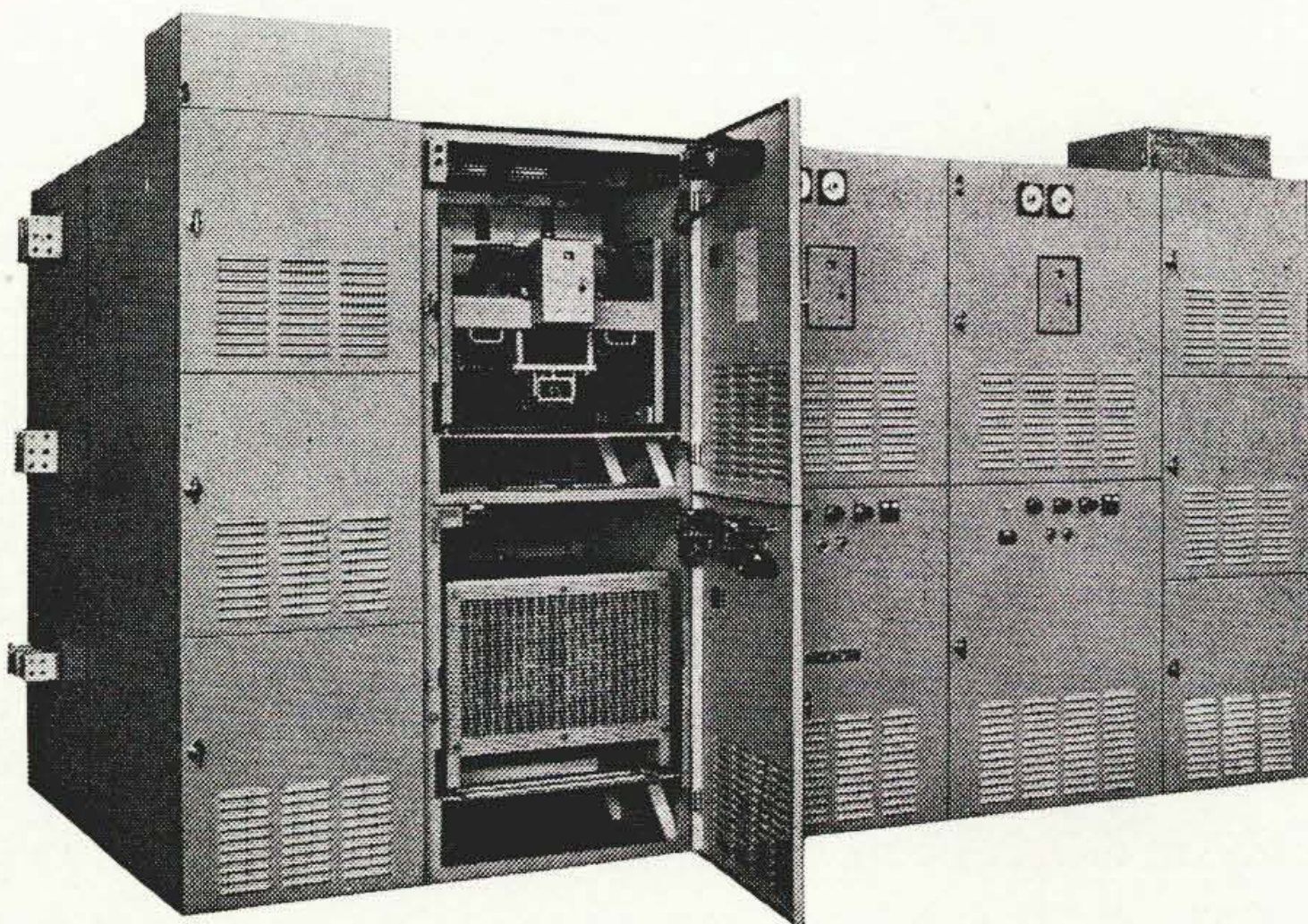


図 20 2,000 kVA×3 バンク用プロテクタ装置
およびテイクオフ装置

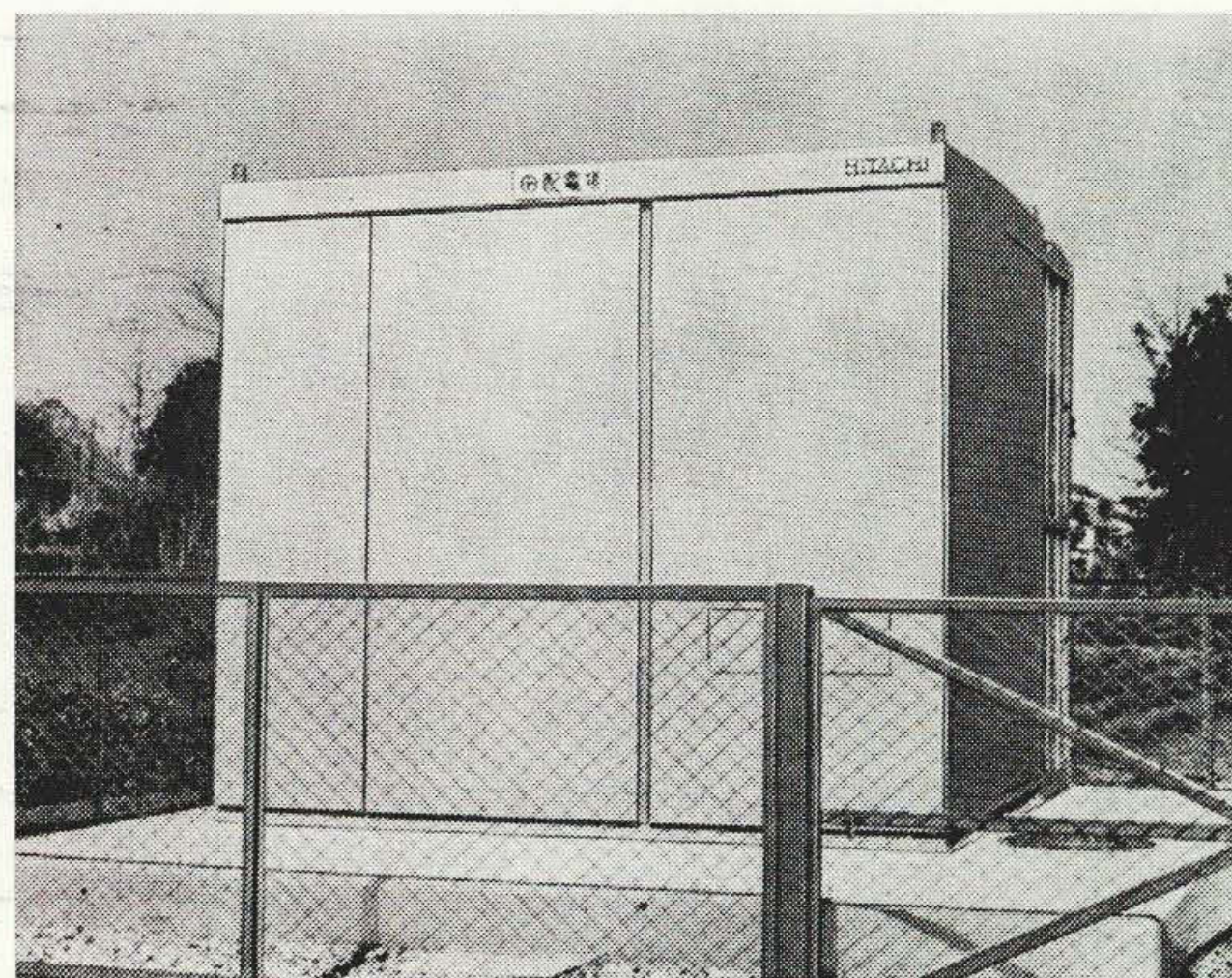


図 22 22 kV/6.6 kV 2,000 kVA 配電塔

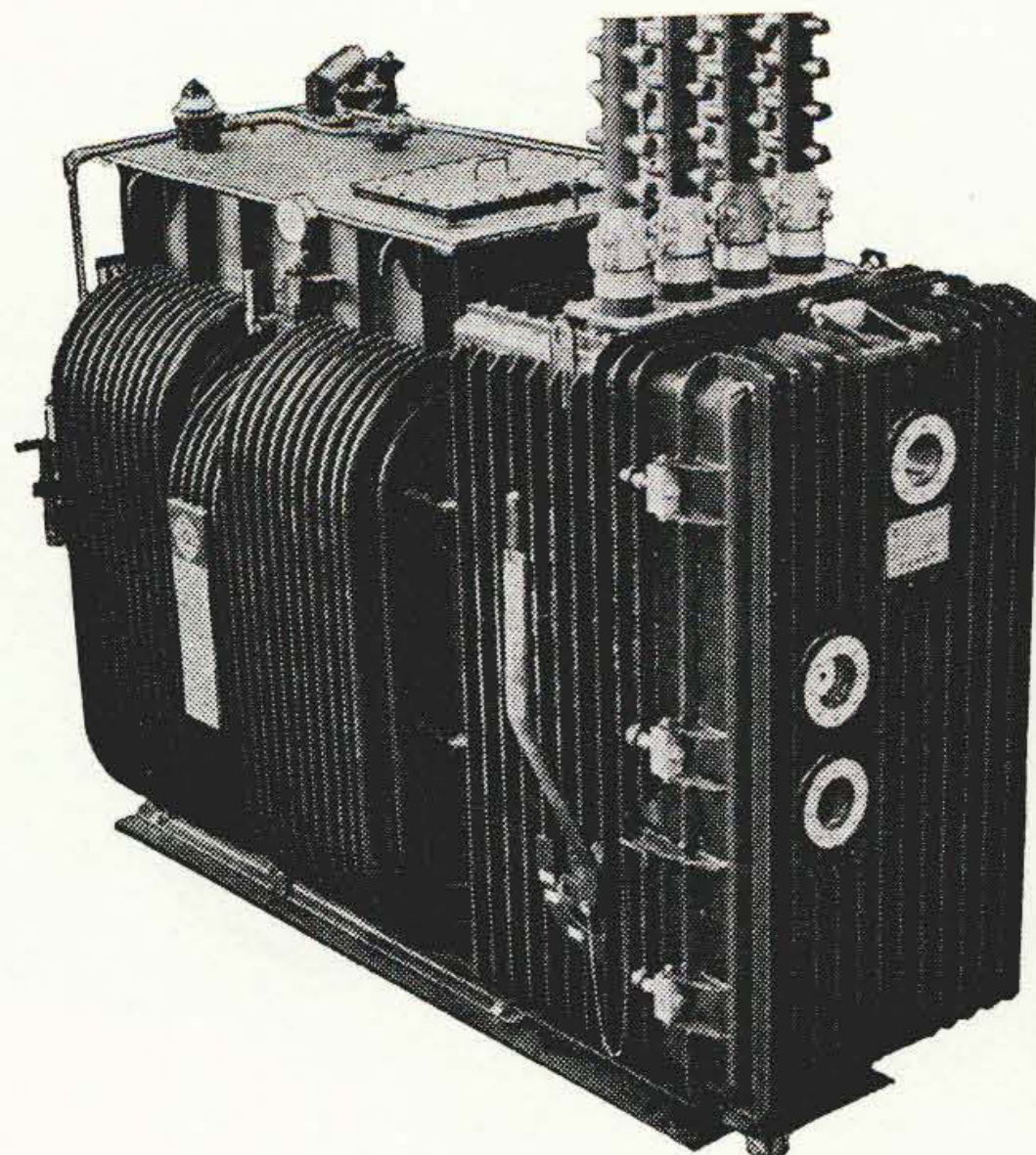
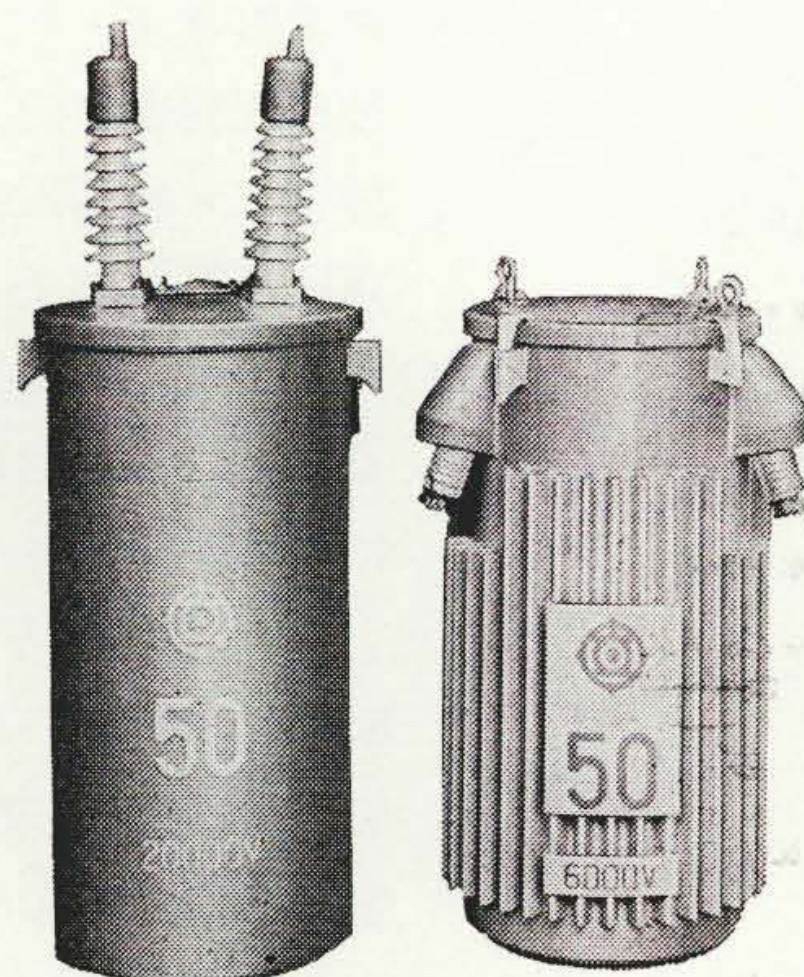
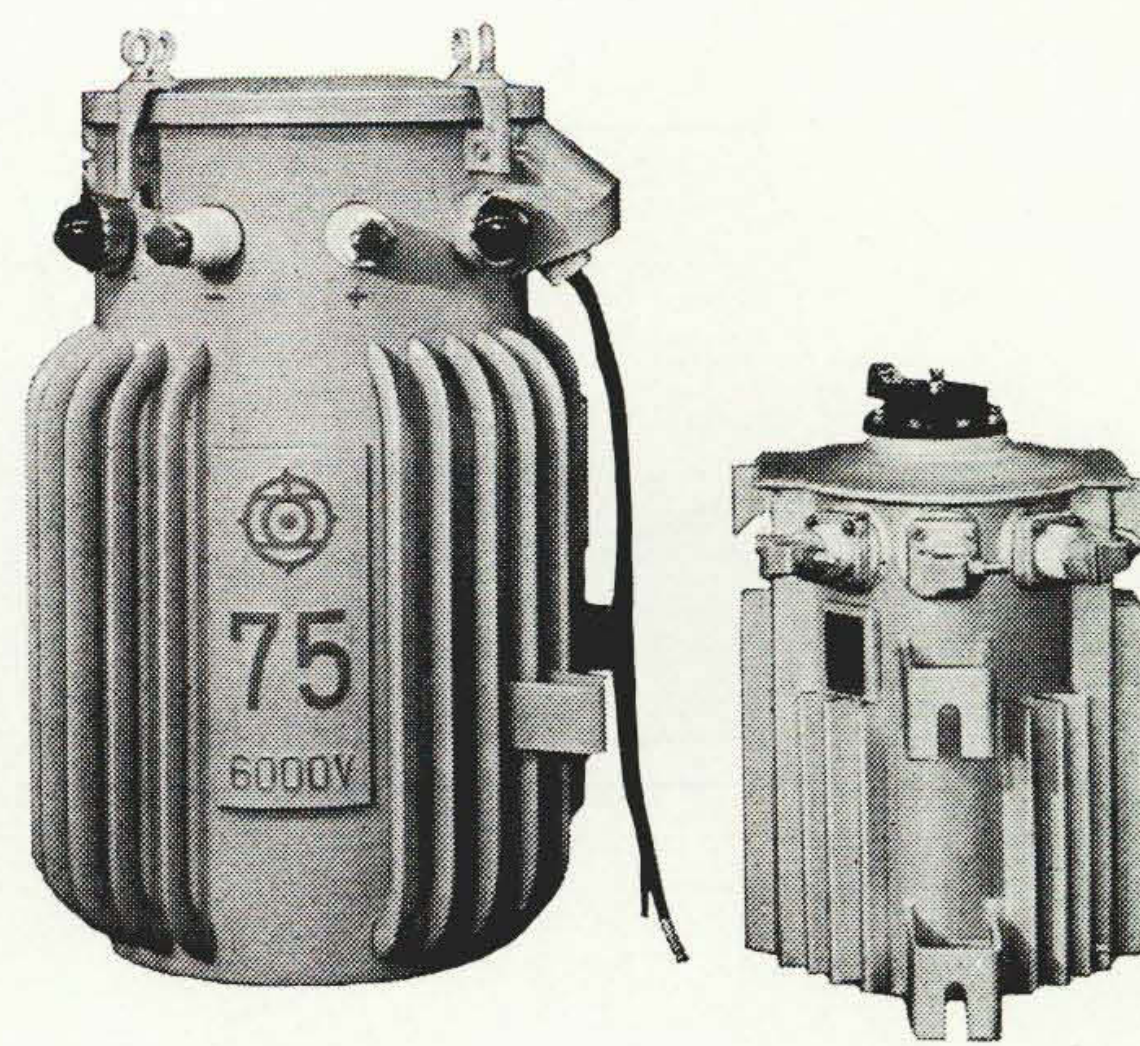


図 21 22 kV 750 kVA レギュラー
ネットワークプロテクタ



(右) 単相 50 Hz 6 kV 級 50 kVA 標準形
(左) 単相 50 Hz 20 kV 級 50 kVA
図 23 柱上変圧器



(右) H種油入柱上変圧器 (左) 標準形柱上変圧器
図 24 単相 50 Hz 6 kV 級 75 kVA
柱上変圧器

に押え 20 kV 級変圧器としては、大幅な軽量化に成功した。

なお、タンク内部に低圧負荷開閉器を内蔵させ装柱の簡素化、省力化を図った。

(5) H 種油入柱上変圧器

都市の過密化によりますます装柱容量が増大する傾向にあり、大容量柱上変圧器の小形軽量化が今後の課題となる。このため H 種油入絶縁として小形化され単相 6 kV 級 75 kVA および 100 kVA の柱上変圧器を完成した。本変圧器は従来の柱上変圧器に比べ、約 60% に小形化されるとともに、重量は 70% に軽量化された。

インピーダンス変化率による同期はずれ分離継電方式の開発

超高圧連系系統において同期はずれ現象が発生した場合は他系統への事故の波及、さらに全系統の壊滅などに発展する恐れがあり、これを防止するためすみやかに同期はずれを検出し最適な分離点で分離する必要がある。

同期はずれ時にリレーから見たインピーダンス軌跡は複雑でありその様相を正確には握するためデジタル計算機を用いて詳細計算した結果、インピーダンス軌跡の変化が早く従来の 3 領域通過時間による検出方式では検出できない場合が多いことが明らかになった。この対策としていかなる場合にも確実に検出できるように新しくインピーダンス変化率による検出方式を開発した。

図 25 は本方式の説明図である。インピーダンスを抵抗分 R とリアクタンス分 X におけそのおのの時間的変化 ($\Delta R/\Delta t$, $\Delta X/\Delta t$) を連続的に判定し、ある一定値より大きくなったときに同期はずれと判定するものである。また各検出点の条件より最適分離点の判定も行なわせるものである。

本方式を用いて構成した装置が図 26 である。本装置は系統事故時には絶対誤動作せずかつ同期はずれ時には確実に動作することが必要である。そのため方式および装置構成上次のような考慮を払った。

(1) 系統故障と区別するため四辺形特性距離リレーを 3 相分設置しかつ図 25 のように 2 領域に分割し同期はずれ時のインピーダンスが 3 相とも領域を移動したことを確認する。

(2) インピーダンス変化率検出リレーは系統故障での不必要動作を防止するため複数回判定により出力を出す。

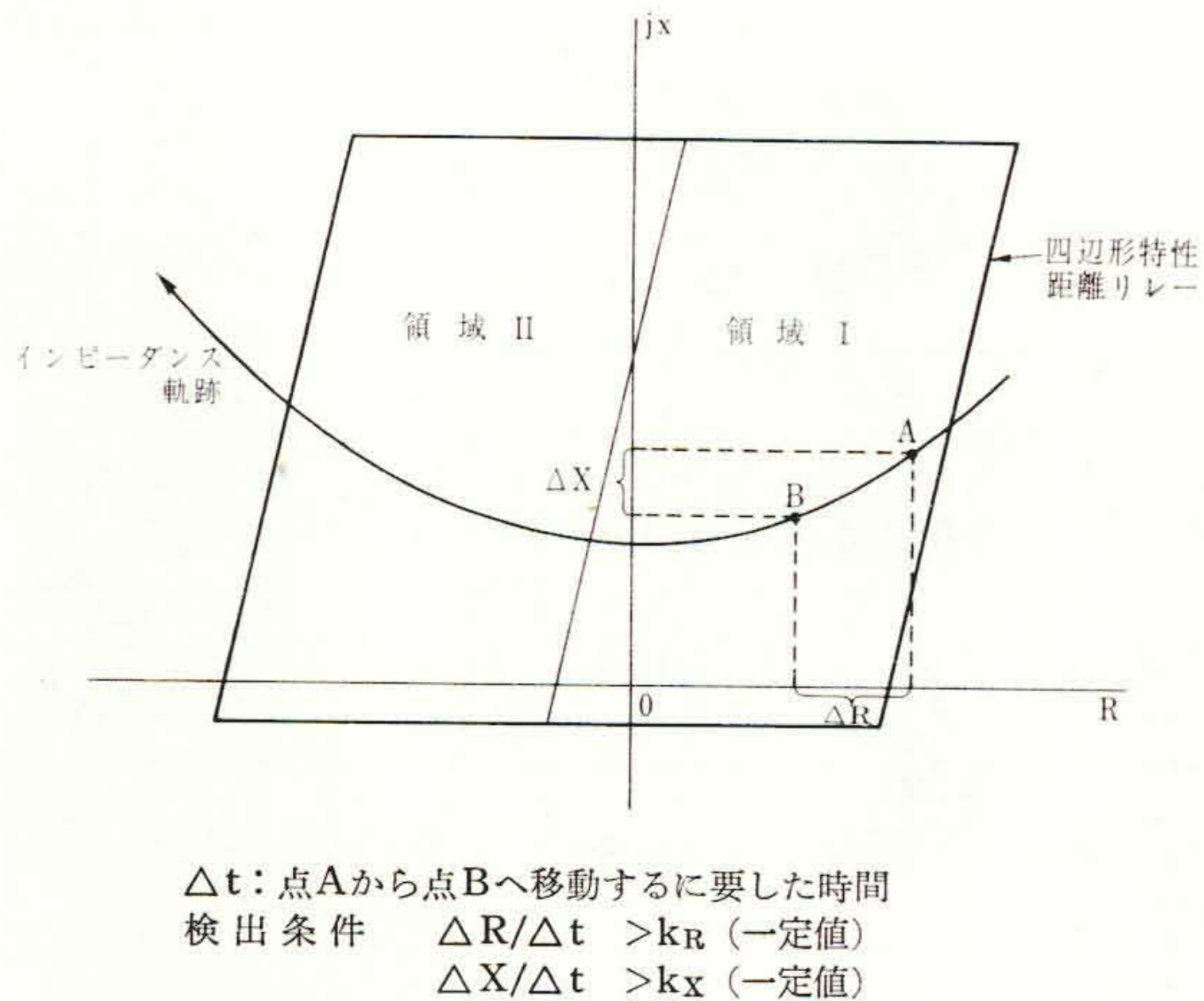


図 25 インピーダンス変化率検出原理説明図

(3) 装置自体の異常個所を早期発見しシステムの信頼度向上を図るため常時監視、自動点検 (1 回/日) を行なう。

なお本装置は中部電力株式会社西名古屋変電所東名古屋変電所に納入し好調に運転中である。

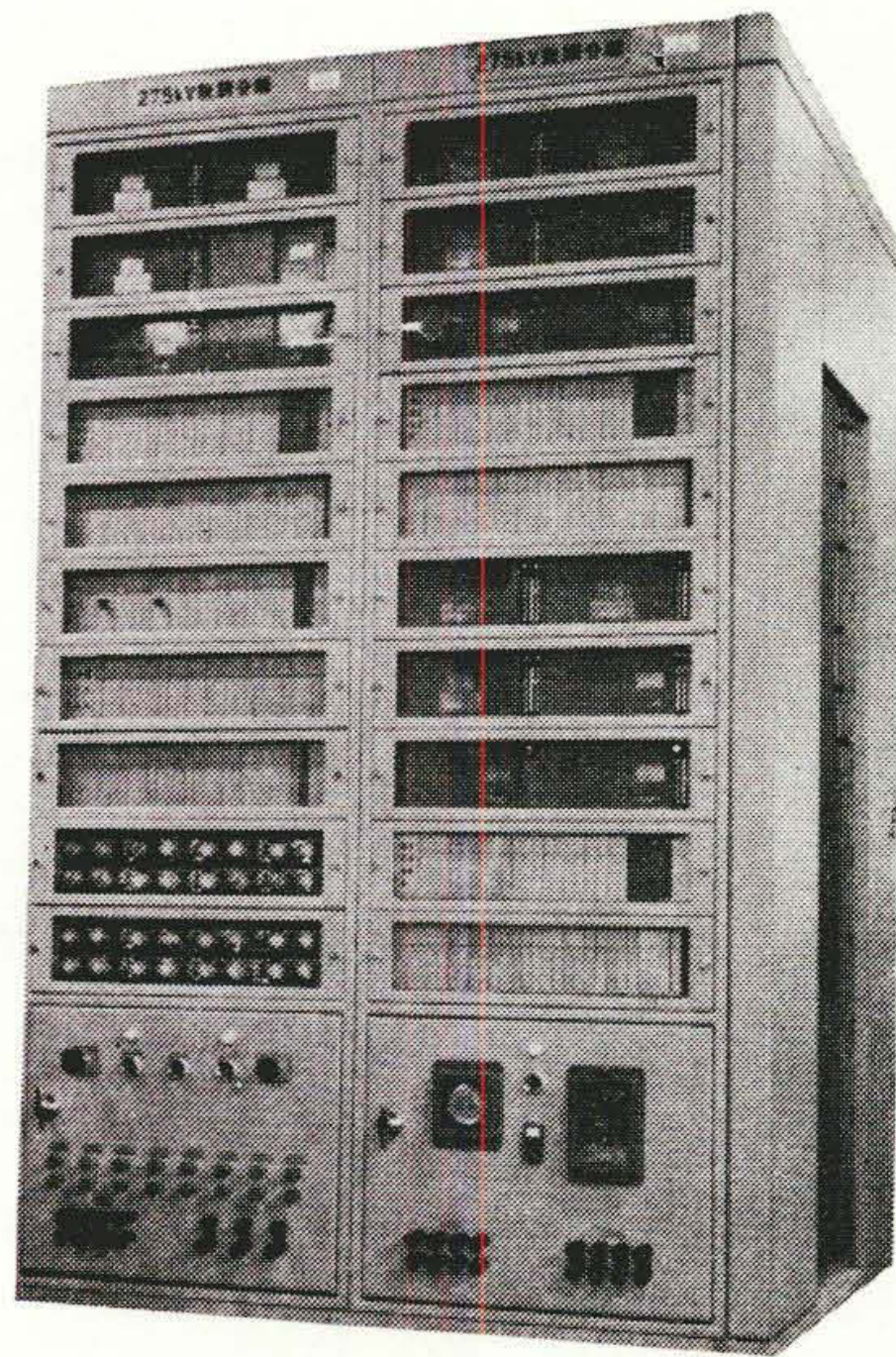


図 26 超高圧同期はずれ分離継電装置 (三検出点分収納)

直 流 変 換

超高圧サイリスタの開発

直流送電用高電圧変換装置および静止しゃ断器などにサイリスタ応用が計画され高圧素子の用途が開けた。日立工場、日立研究所では超高圧素子の開発を行ない耐圧 10,000 V、電流量 (RMS) 400 A の CH 99 形サイリスタを完成させた。本素子は既に開発を行なった 4,000 V 級サイリスタの設計、製作経験をベースにして技術的確立を図ったものであるが、高耐圧化による表面電界の処理、沿面構造の問題、さらに接合構造上の多くの問題があった。これらの諸問題

については多くの新しい手法で処置した。電力用高信頼度素子として超高圧変換装置、静止しゃ断器用超高圧半導体スイッチとしての用途が期待される。同時に本素子の姉妹品として 10,000 V - 600 A 整流素子 G 01 形素子、2,500 V - 1,600 A CA 01 形大電流サイリスタの開発も行なわれた。

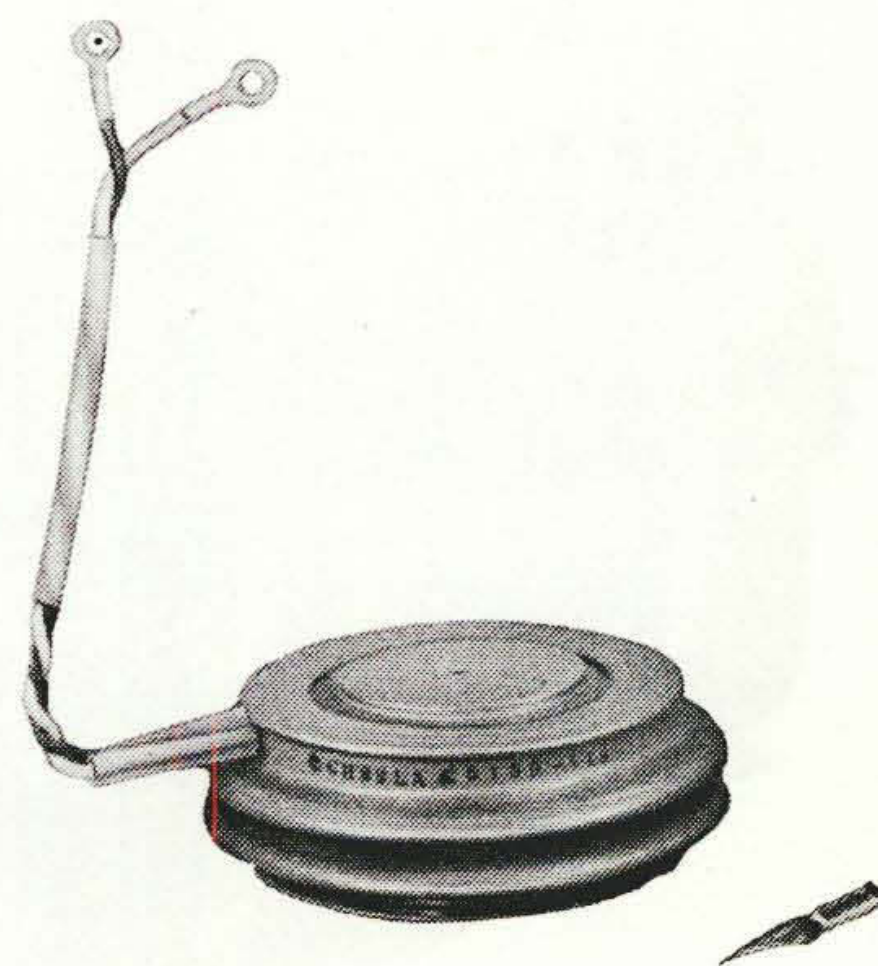


図 27 超高圧サイリスタ CH99LA

■ 直流送電用変換器シミュレータの完成

最近注目をあびているサイリスタ変換器を使用した直流送電の技術的諸問題を研究するために、電力中央研究所と共同で交直変換装置シミュレータを開発し、同所へ納入した。サイリスタ変換器は従来の水銀変換器に比べて付属設備が簡単になるほか、逆弧現象がないため、より高い信頼度の運転が期待できる。このたび製作したシミュレータはおもにサイリスタ素子の直並列の問題およびゲート点弧方式ならびにその制御、保護方式を研究するためのもので次のような種々の装置から構成されている。図28はシミュレータの主要構成を、図29はシミュレータの中心部の外観を示したものである。

仕 様	
入 力	三相 200V 50/60 Hz
出 力	DC $\pm 600\text{V} \times 2$, 22 kW
サイリスタ	DC $\pm 600\text{V}$ 18.6 A $\times 4$ 台 素子数 2S $\times$ 8P ゲート方式 光方式 (発光ダイオード)
主 変 圧 器	三相 200V/510V $\times 4$ 台 LTC 付
DCリアクトル	DC 600V 120 mH $\times 4$ 台
制 御 保 護	位相制御装置：直線性瞬時応答形 制御の選択：定電流、定電圧、定電力、 定余裕角、周波数比率制御、定無効電力 起動停止選択：バイパスペア、バイパスバルブ方式 潮流反転方式：電流マージン、電力マージン方式 保護装置：転流失敗、アーム短絡、ゲート回路故障、素子故障、直流側過電流、 過電圧保護装置、再起動装置ほか 計測装置：瞬時値形直流変圧器、変流器、 余裕角検出装置、制御角検出装置 タップ切換制御：制御角、直流電圧制御 12相バランス制御：制御角、直流電流、 直流電圧、定電力

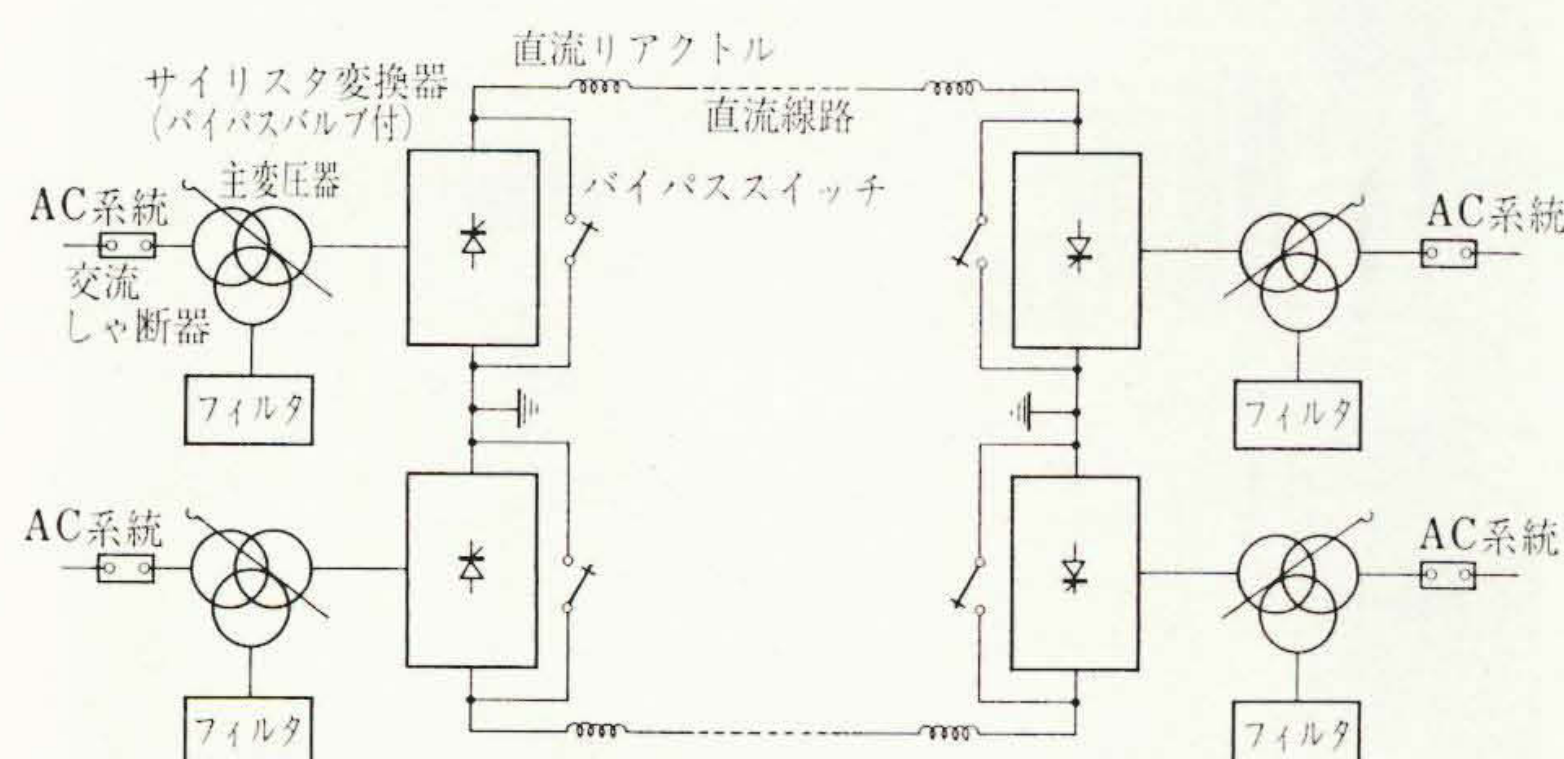


図28 HVDC シミュレータ主回路構成

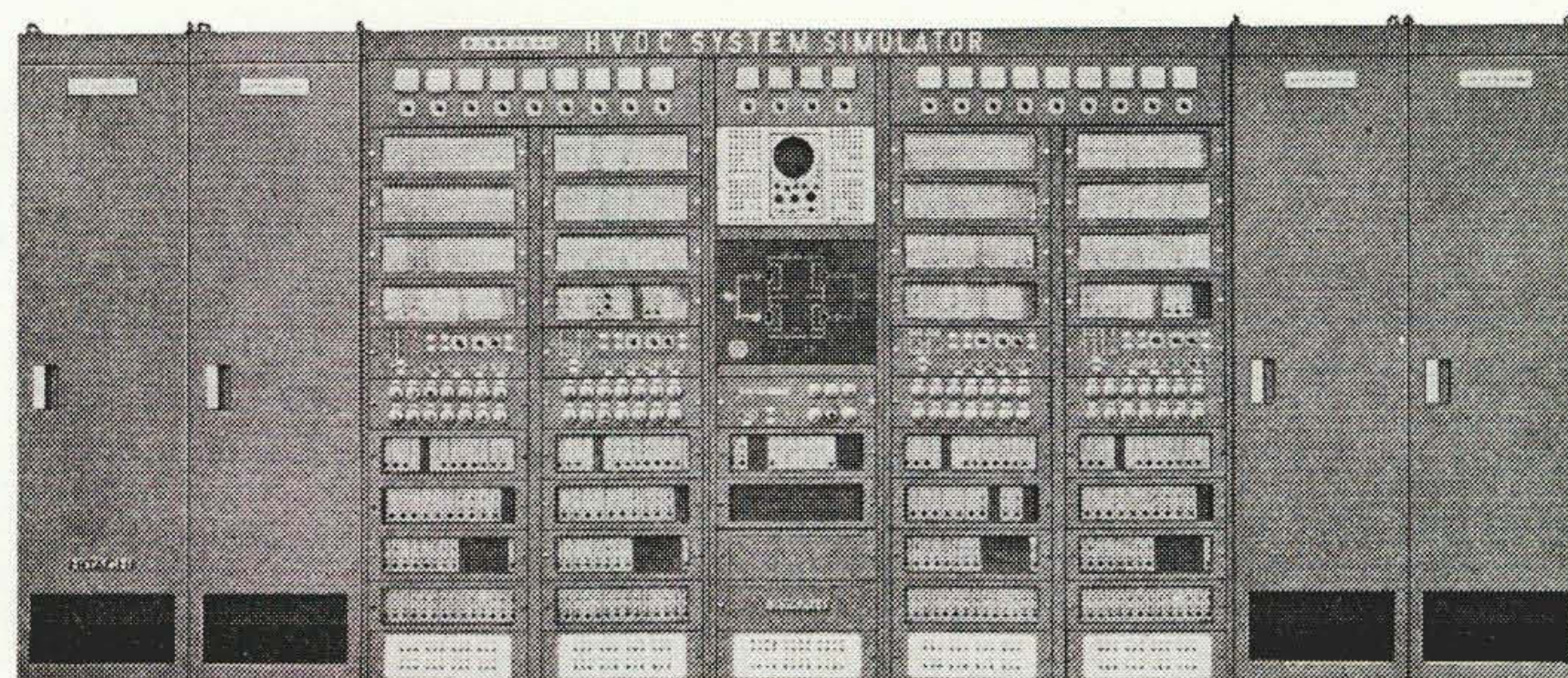


図29 シミュレータの中心部

■ 電解工業用大容量サイリスタ

食塩水電解、銅電解用サイリスタ装置の実績に基づき、アルミニウム製錬用 56 MW 700 V 80 kA サイリスタ装置を完成納入し、好調に運転を続けている。

そのおもな仕様は

定 格 出 力	56 MW
定格出力電圧	700 V
定格出力電流	80 kA
周 波 数	50 Hz
整 流 相 数	48 相

本装置はアルミニウム製錬用サイリスタとしてわが国最大容量を誇るほか、次のような特長を有している。

- (1) 交流電源側の高調波によるトラブルを防止するために、整流相数を48相とし、高調波電圧、電流を少なくした。
- (2) アルミニウム製錬特有の陽極効果による負荷急変に対しても、じゅうぶん安定に給電するよう留意した。
- (3) 自動定電流制御を行なっているので、電源変動、負荷急変に対しても安定な給電が続けられる。
- (4) サイリスタ装置構成に際しては大電流フィールド内での安定性に特に留意した。



図30 56,000 kW 700 V 80,000 A サイリスタシリコフォーマ設備（アルミニウム製錬用）

■ 大容量ディーゼル発電設備完成

常用設備としての発電原単位の安い大容量ディーゼル発電設備が近年盛んになっている。その一つとして5,550 kVAのディーゼル発電機を納入し、現在好調に運転されている。本設備には、完全なワ

ンマンコントロール方式を採用し、国内では最大級のものである。
図 31 は 5,550 kVA ディーゼル発電機の外観を、図 32 は発電機の構造を示したものである。

発 電 機 5,550 kVA, 3,300 V, 三相, 50 Hz, 500 rpm,
PF 0.85 自励, 開放保護自己通風形

ディーゼル機関 6,720 PS, 16 気筒

ディーゼル発電設備は、次のような利点を有している。(1) 運転操作が容易で、かつ迅速に起動停止ができる、(2) 熱効率が高い、(3) 建設費が安い、(4) 発電電力単価が安い。

発電機自体としても、次のような特長を有している。(1) スキンストレスシャフトを採用し、かつ片軸受として軸長の短縮、操作面積の縮小を図っている。(2) 固定子コイルは、絶縁処理として、エポキシレジンに真空注入加熱硬化し、電気的、機械的ならびに熱的特性に非常にすぐれている。

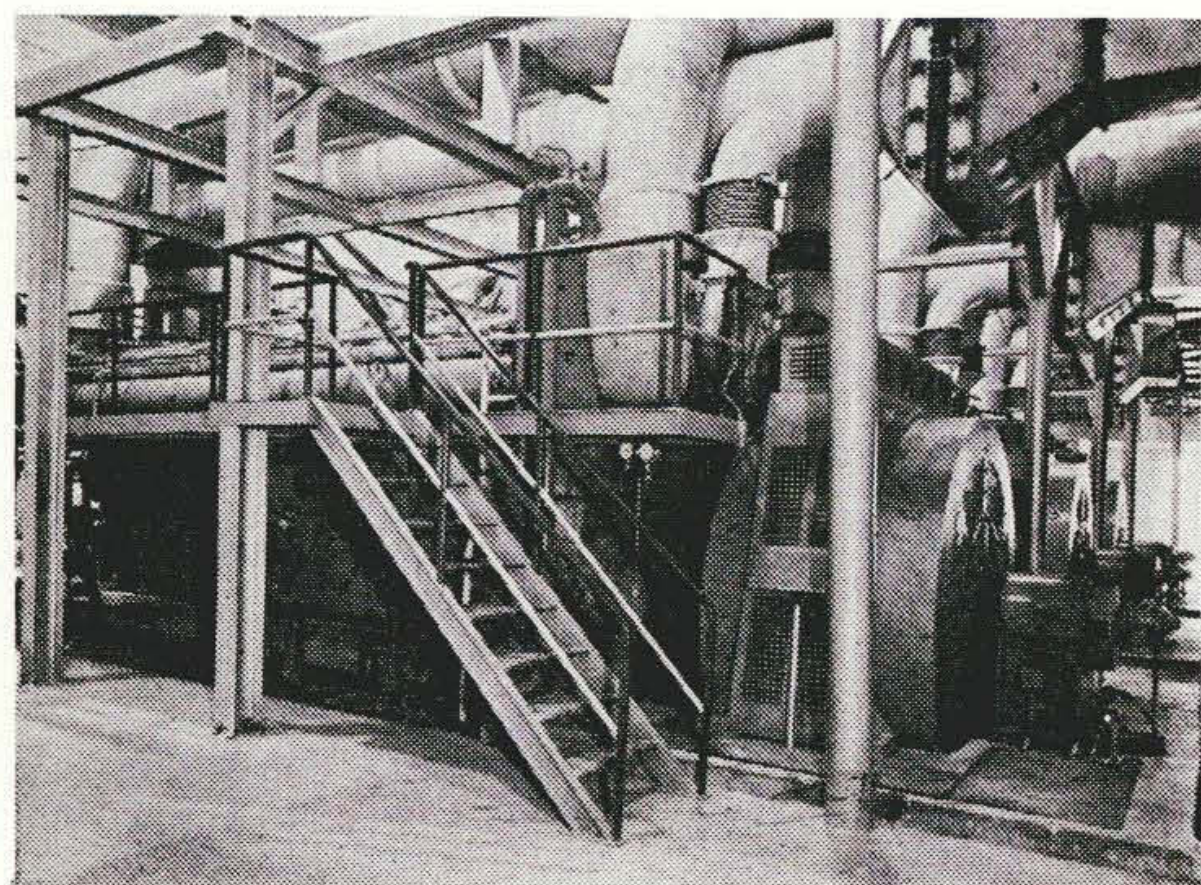
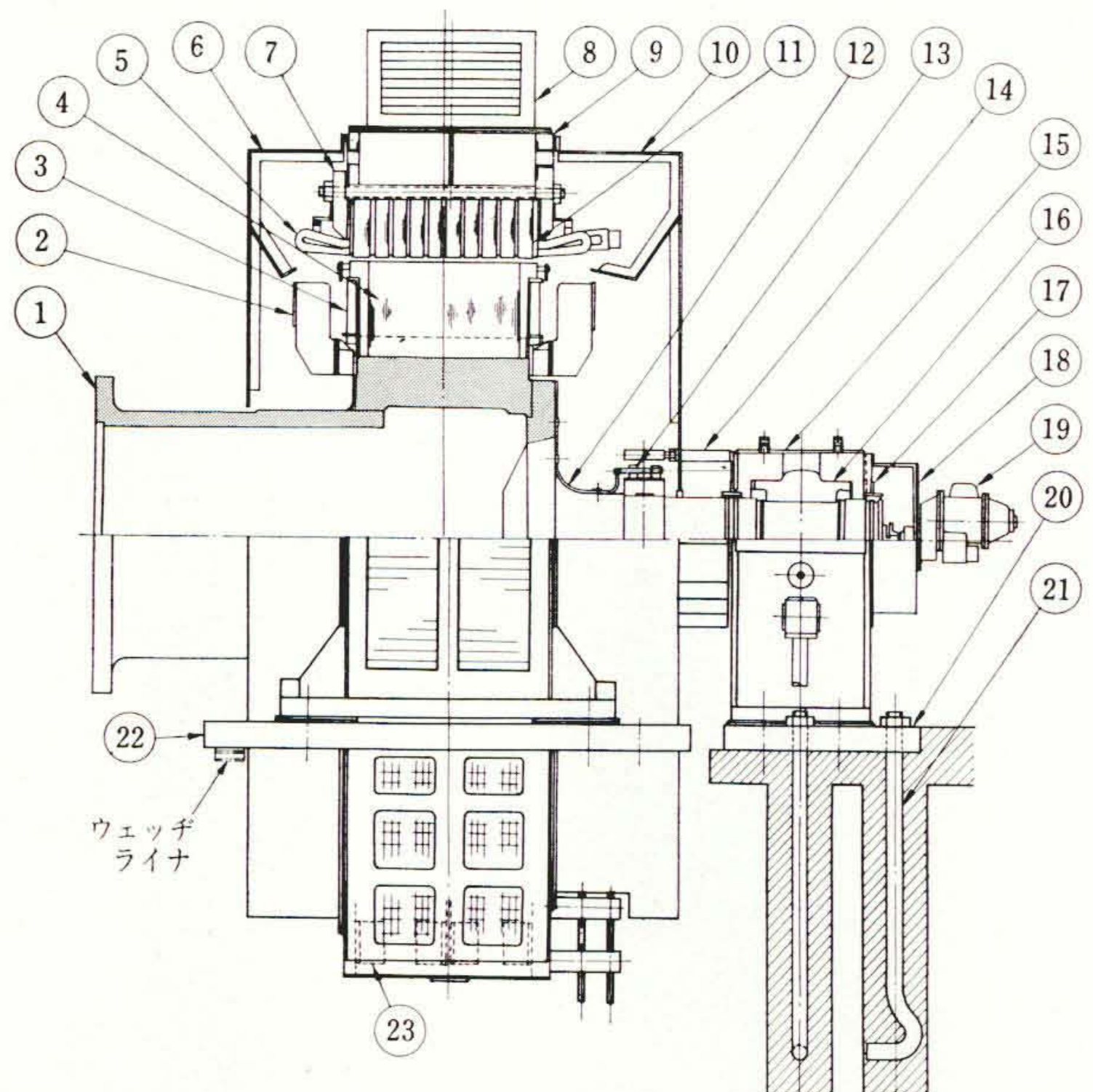


図 31 5,550 kVA ディーゼル発電機



- | | | |
|-------------|--------------|---------------|
| ① ヨーク | ⑨ 固定子わく | ⑬ 油止め金具 |
| ② フアン | ⑩ 反直結側エンドカバー | ⑭ 取付台 |
| ③ 回転子コイル | ⑪ 固定子鉄心 | ⑮ 遠心力開閉器 |
| ④ 回転子鉄心 | ⑫ シャフト | ⑯ ベDESTAL用ベース |
| ⑤ 回転子コイル | ⑬ スリッパリング | ⑰ 基礎ボルト |
| ⑥ 直結側ハンドカバー | ⑭ ロッカー | ⑱ 固定子用ベース |
| ⑦ エンドプレート | ⑮ ベDESTAL | |
| ⑧ 通風器 | ⑯ 軸受 | |

図 32 5,550 kVA ディーゼル発電機構造図

電子計算機による自動プログラム運転を 可能にした超高層ビル集約監視制御装置

日本最高の超高層ビル世界貿易センタービルに集約監視制御装置を完成し納入した。本ビルは地上 40 階地下 3 階のビルで、設備容量はスポットネットワーク受変電方式の 15,000 kVA である。超高層ビルのため、被制御機器の数が通常のビルに比べて数倍も多く、しゃ断器 126 台、空調衛生機器 390 台、計測点数 519 点となる。しかもこれらの機器が広範囲に分散設置されている。この被制御機器を小人数で能率良く経済的に運転、監視、保守できるようにするため次の特長を持つ装置とした。図 33 は装置の外形を示したものである。

(1) XY 選択式遠方制御方式を用い、盤間ケーブルのサイズと本数を低減した。

(2) 受変電機器は小形のシンボル照光式グラフィックにまとめられている。計測はすべて選択式デジタル表示としたため、盤面が縮小化され、機器の監視、運転、保守が容易となった。

(3) 空調衛生機器としては日立制御用計算機 HIDIC-300 を併用し、負荷を 79 の系統に分割して完全自動プログラム運転を可能にし、かつ補機系統の構成、運転順序、タイミングを監視盤より任意に組換えできるようにし将来の増設変更を容易にした。

(4) 負荷の状態表示、計測表示、防災表示には 12 種の異った内容を表示できる投影式表示器を 21 けた×5 段設け、各段ごとに各状態、計測値を場所、機器名、現象、原因、データおよび単位でパターン表示できるようにした。表示パターンの文字組合せは、HIDIC-300 にて決定するようにして盤の縮小化を図るとともに監視を容易にした。

(5) 負荷に異常が発生すれば HIDIC-300 にて、自動的にスキヤニングし、異常機器コード、日時、データがアラームされプリンタに印字して、同時に投影式表示器に自動表示される。

(6) 10 台の冷凍機、3 台のボイラに対しては、負荷熱容量を計算機にて演算して、台数制御を行ない、電力費およびエネルギーコストの低減を図った。

(7) 発電機運転のときは発電機が過負荷とならぬよう、発電機容量で自動的に負荷制限するようにした。

(8) ビル内に火災が発生すれば、ただちに防災機器が活動できるよう防災盤と連係した。

(9) 計算機が故障しても、正常に監視できるよう、バックアップをじゅうぶんに考慮した。

(10) 装置の形態はビル建築とじゅうぶんに調和できるようデザイン的に考慮されている。

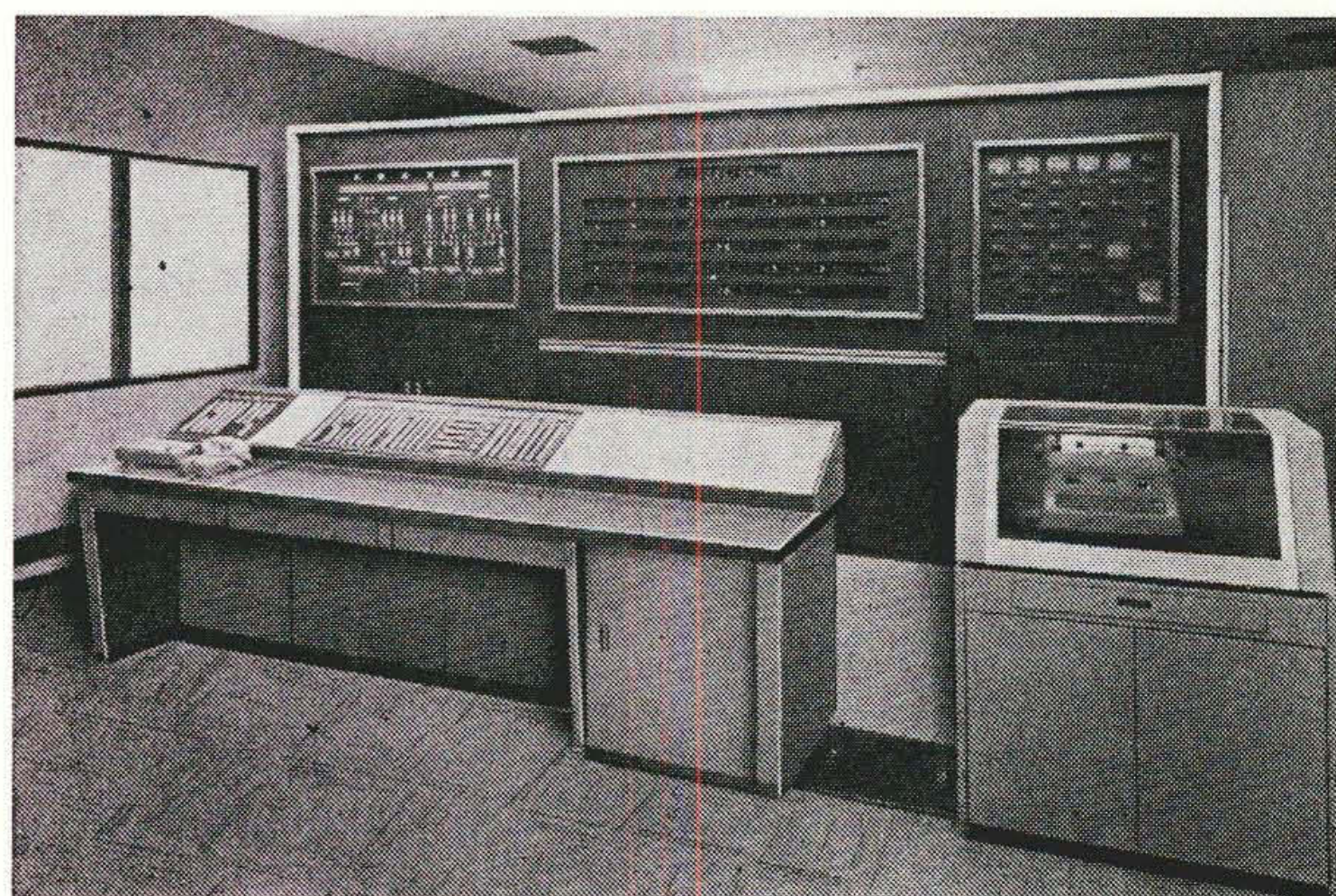


図 33 集約監視制御装置