

エネルギー・電力

原子力

水力発電設備

火力発電設備

送変電機器

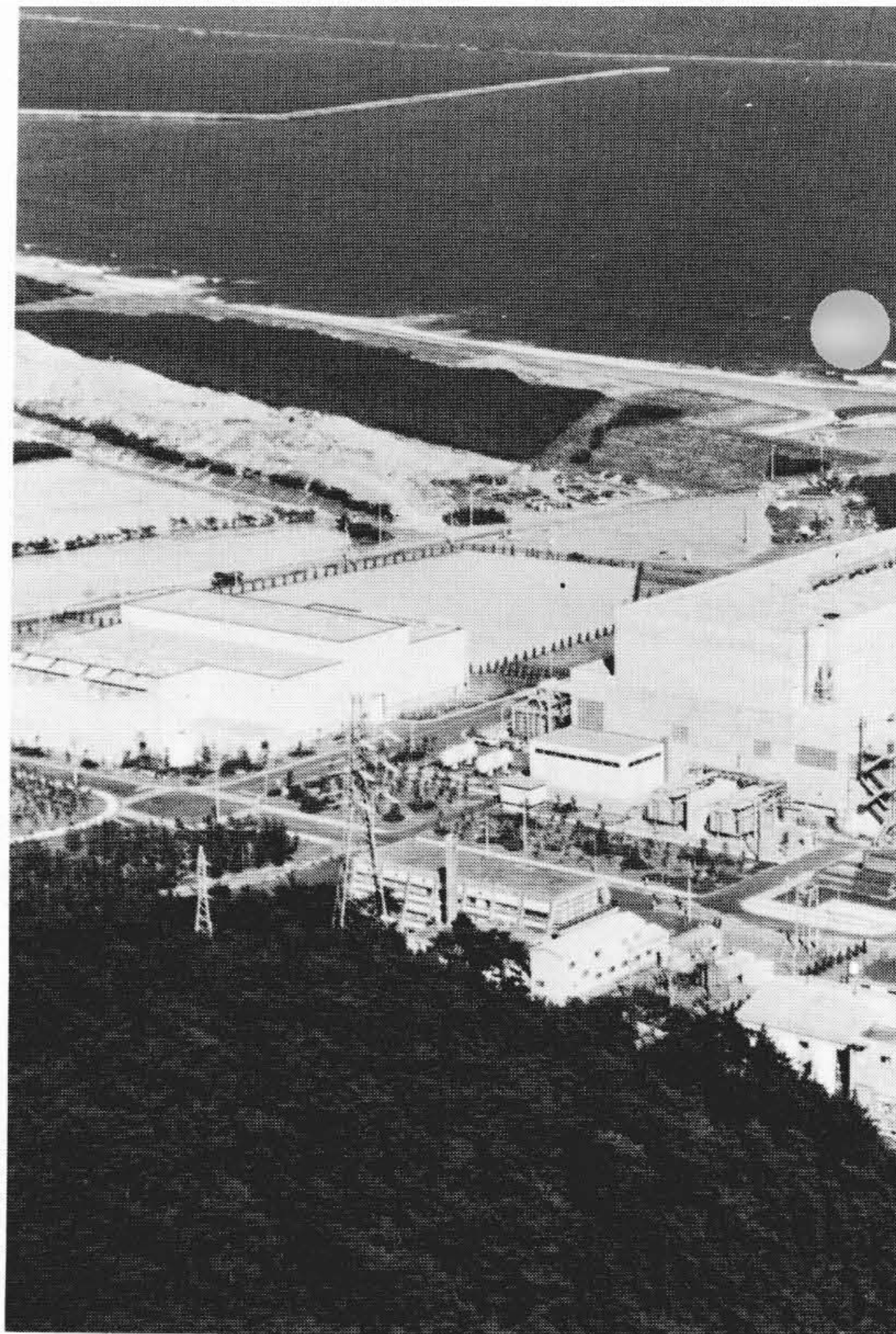
近年、経済の安定成長下での電力の安定確保のため、高い信頼性はもとよりエネルギーの多様化及び省エネルギーが重要な課題としてクローズアップされている。

原子力発電機器では、動力炉・核燃料開発事業団高速実験炉「常陽」が臨界に達し、また新形転換炉原形炉「ふげん」の据付が完了して、総合機能試験が進められている。また日本原子力研究所を中心として臨界プラズマ試験装置が国家的規模で進められており、未来のエネルギーをにうものとしてその成果が注目される。一方、沸騰水型動力炉関係では信頼性及び安全性向上のための種々の技術開発が行なわれた。

水力発電機器では、電源開発株式会社奥清津発電所260,000kWポンプ水車及び280,000kVA発電電動機4台分のうち第1号機が据付を完了し、現地試運転中である。一方、輸出においても各種の特色ある水車、発電機が完成し、国際協力で製作した米国チーフジョセフ発電所117,500kWフランシス水車11台中の2台が運転に入った。

火力発電機器では、東京電力株式会社袖ヶ浦火力発電所1,000MW超臨界圧プラントが最近技術を駆使して完成した。電力需要の近代化に対処する中間負荷用として、ガスタービンと蒸気タービンのコンバインド発電プラントあるいは超臨界圧変圧運転ボイラの開発が行なわれその成果が注目される。一方、蒸気タービンの性能向上について基礎的な研究が続けられていたがその成果が確認され、またマイクロコンピュータを応用したデジタル式の新しい制御装置も開発された。

送変電機器では大容量の火力原子力発電用変圧器の今後の要望にこたえるため、関係電力会社の御指導により開発を進めていた試作三相525kV 1,200MVA変圧器が完成し諸試験を終了した。また、中部電力株式会社東栄開閉所275kV40kAガス複合開閉装置6台の完成など新製品が多数完成した。



原子力

沸騰水型原子力発電所の建設と研究・開発

東京電力株式会社福島第一原子力発電所4号機及び日本原子力発電株式会社東海第二発電所は、設備の据付工事をすべて終了し、運転開始を目前に現在起動試験の最盛期を迎えている。

(1) 福島4号機(電気出力780MW)

既に営業運転に入っている福島2、3号機と同一の形式であるが、応力腐食割れ対策など随所に先行プラントの運転経験を反映させ、安全性、信頼性を一段と高めている。

(2) 東海第二発電所(電気出力1,100MW)

炉心及び非常用炉心冷却系、原子炉冷却材再循環系、並びに原子炉格納容器に特色をもつ新しい形式(BWR5)の発電所であり、この出力・形式の点で世界における第1号機になるため高温・高圧下での再循環系機能試験、原子炉内部構造物の振動試験など入念な試験が現在着々と進められている(図1)。

また、将来の原子力発電所の建設に関して、安全性の実証、改良・標準化についての試験、研究を積極的に進め、着実に成果を挙げている。特に最重要機器である炉心については、地震時の原子炉停止能力に関して、制御棒挿入動的試験装置(図2)を完成し、限界的な地震時にも原子炉の緊急停止が可能であることを実証した。この装置は、実物と同一形状・材質(燃料には鉛を

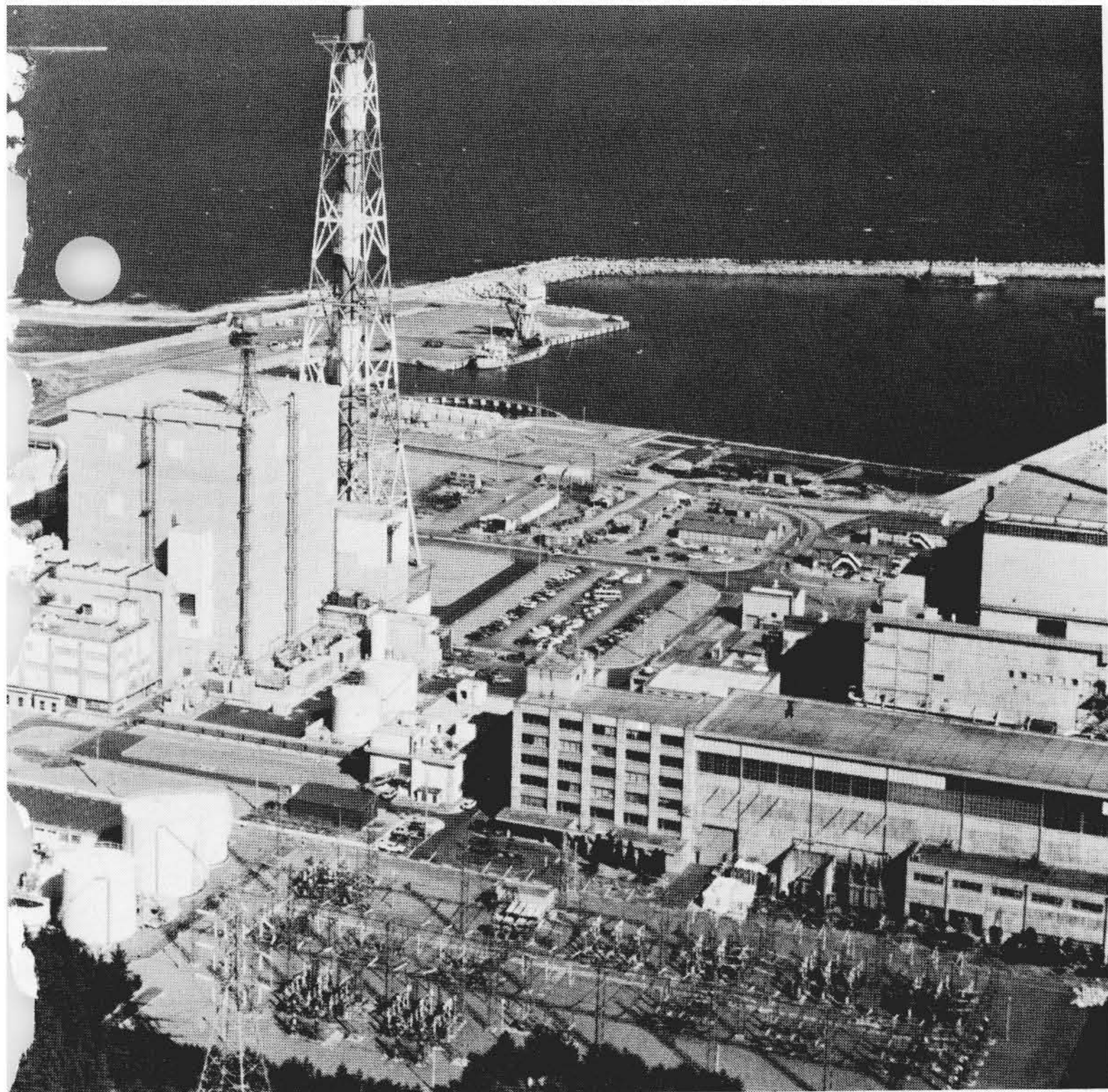


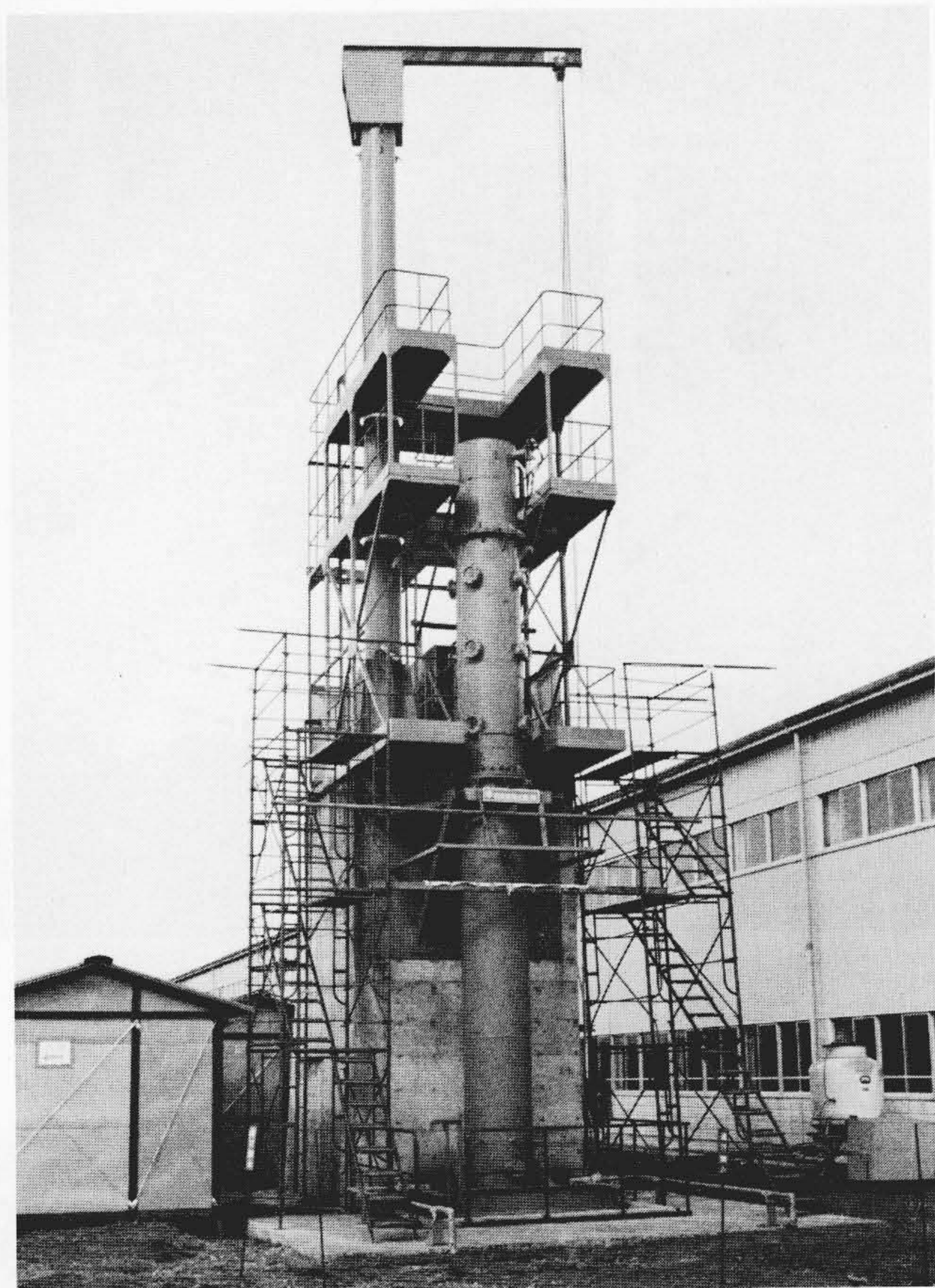
図1 日本原子力発電株式会社東海第二発電所

使用)の燃料体を、制御棒及び駆動機構を試験容器ごと加振して地震状態を模擬し、制御棒の挿入性を試験するものであり、その成果は国内だけでなく米国でも高く評価されている。以上述べたように、日立製作所では設計・製作・研究が一体となって原子力発電所建設技術の蓄積に努力を重ねている。

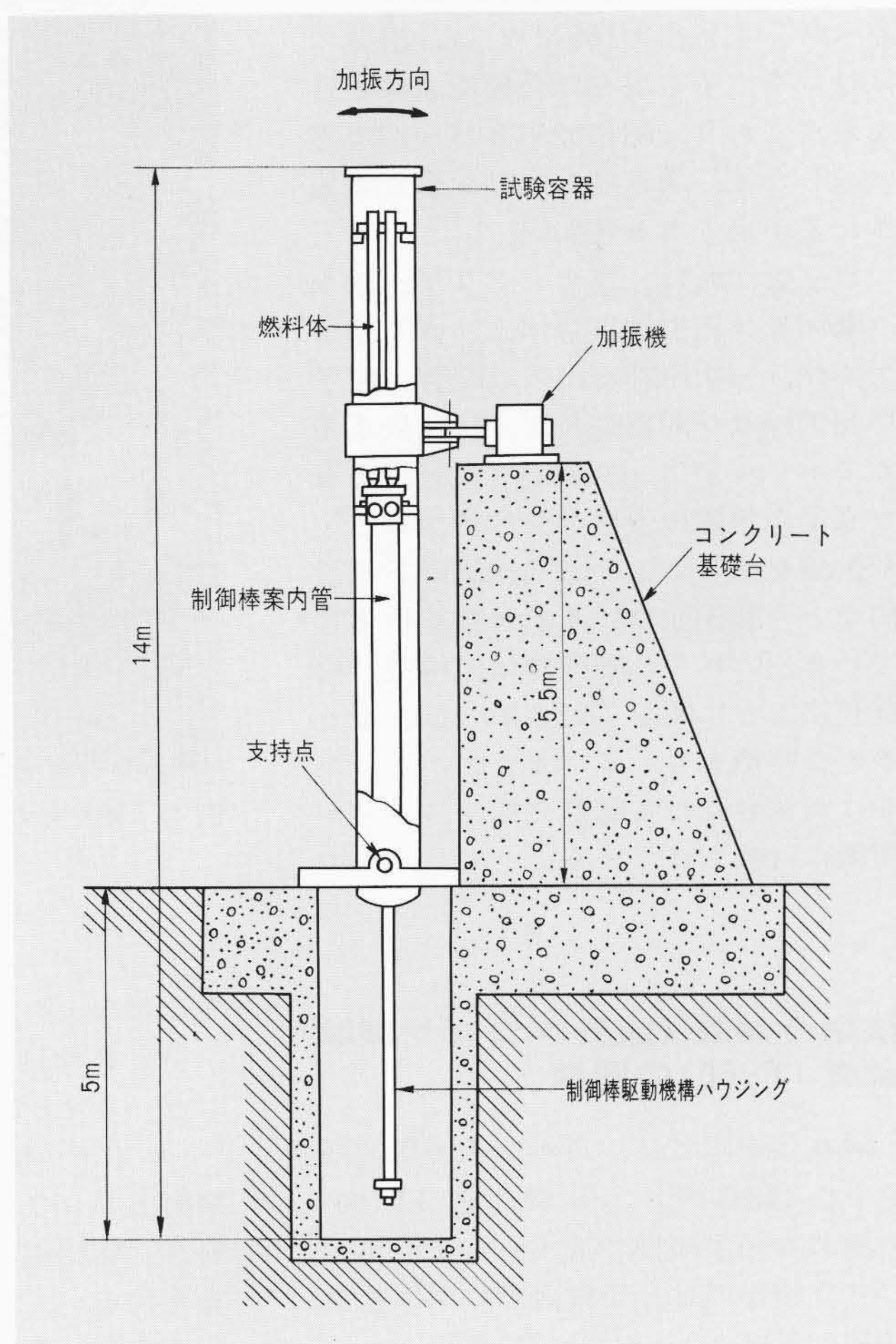
高速実験炉「常陽」の完成

昭和52年4月24日、動力炉・核燃料開発事業団の高速実験炉「常陽」は臨界に達した。「常陽」は将来のエネルギー供給の担い手と期待される「高速増殖炉」開発の尖兵として動力炉・核燃料開発事業団を中心に国内原子力メーカーが協同して建設を進めた、初期原子炉熱出力50MWt、最終目標原子炉熱出力100MWtの我が国初のナトリウム冷却形高速増殖炉である(図3)。日立製作所は原子炉容器、一次冷却系統設備、電気計測制御設備など、原子炉の重要設備の建設と総合機能試験を担当した。「常陽」は高温・低圧設計、重要機器・配管の二重壁構造の採用、ナトリウムを原子炉冷却材に使用する特有の技術分野など、多くの技術的特徴をもち、各種のR(Research)&D(Development)の成果が採り入れられ建設された。

「常陽」の完成により、引き続き建設が予定されている原型炉「もんじゅ」及び将来の商用炉に対しその成果が反映されることが期待されている。



(a) 全 景



(b) 断面図

図2 制御棒挿入実証試験装置

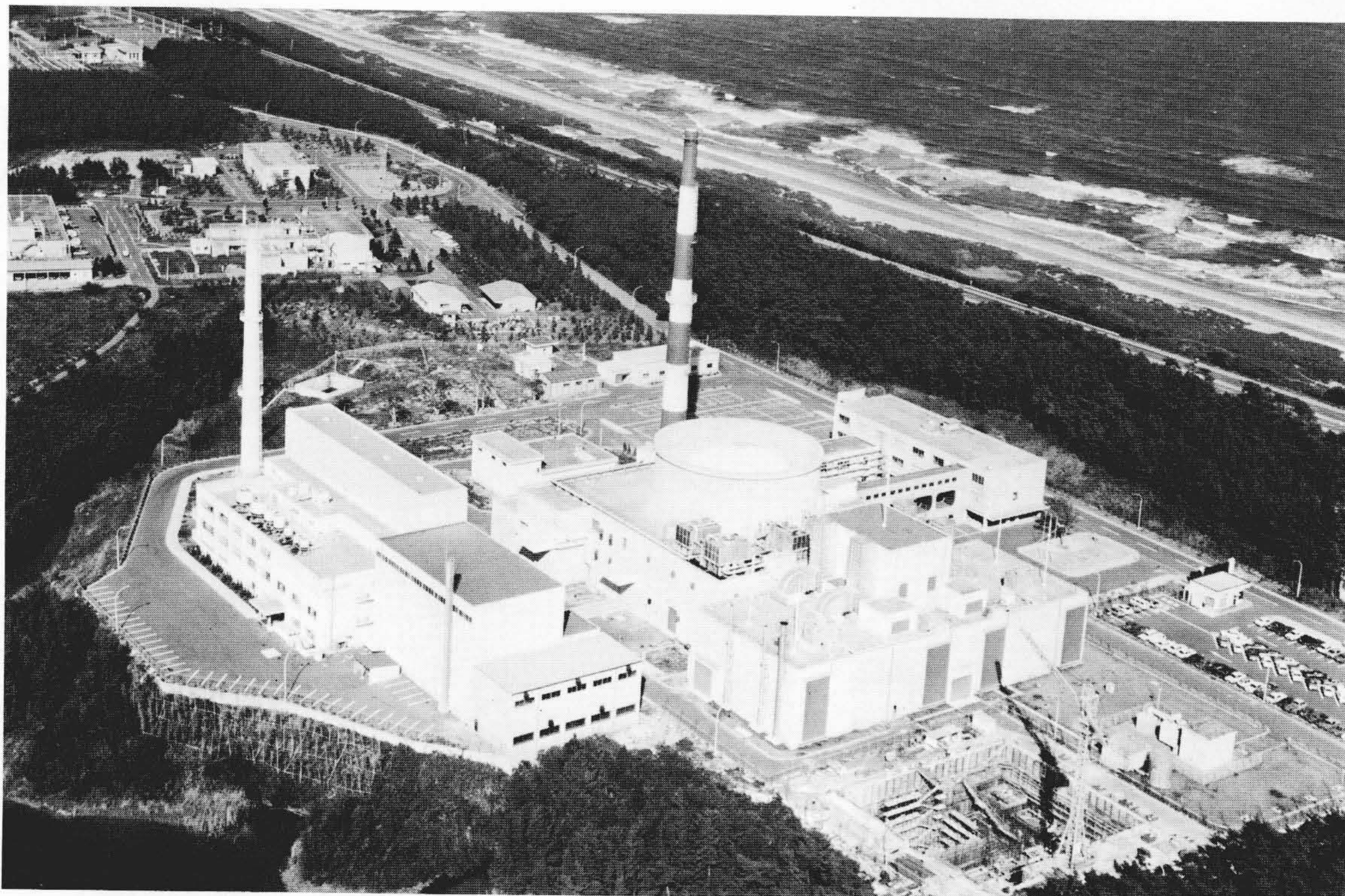


図3
高速実験炉「常陽」

新型転換炉原型炉「ふげん」の建設

動力炉・核燃料開発事業団の「ふげん」(重水減速沸騰軽水冷却圧力管型原子炉：電気出力165MW)は、機器の据付けを完了し現在総合機能試験が行なわれており、昭和52年3月初期臨界に達した後、引き続き起動試験が実施される予定である(図4)。

日立製作所は、カランドリア、鉄水遮蔽体及び圧力管集合体より成る原子炉本体、一次冷却水出入口配管、原子炉制御棒及び同駆動装置、活性炭式希ガスホールドアップ装置、電気設備及び原子炉制御の中核を受け持つ原子炉制御盤をはじめとする関連制御計測設備などの製作並びに運転試験を担当している。これらの各機器は、構造、材質製法などに関して軽水炉とは異なる多くの特徴をもっていることから、事前に実施された各種研究開発の結果が実機に反映されている。

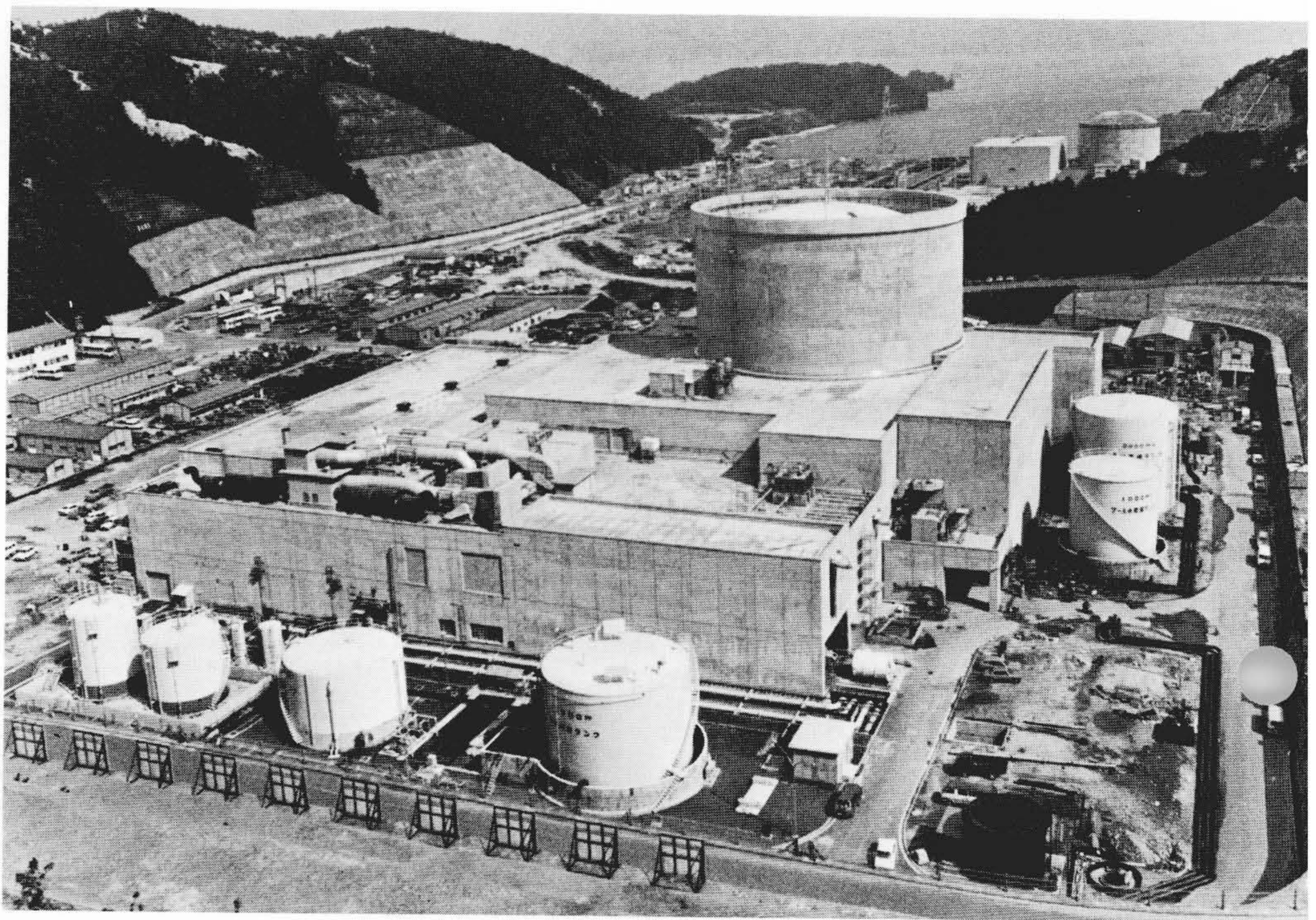


図4 新型転換炉原型炉「ふげん」の全景(中央の丸い建物が原子炉建屋)

核融合装置(臨界プラズマ試験装置JT-60)の開発

現在我が国では、日本原子力研究所を中心に臨界プラズマ試験装置(JT-60)の建設が国家規模で進められている。

日立製作所は、予備設計に引き続き昭和50年度より本装置のR(Research)&D(Development)及び詳細設計に参画し、設計手法の確立と基礎技術の開

発を行なった。

特にR&DではJT-60本体の主幹コンポーネントである「大型真空容器」と「トロイダル磁場コイルを対象とした高耐力コイル」の開発を実施し、材料から実物大装置に至る広範な試作開発を行ない、設計、製作の手法を開発し、実機製作の基礎を確立するとともに、この成果は国際会議の場でも高い評価を得た。未来のエネルギーをになう

日本の核融合装置は、このような試作開発を基礎にいよいよ本格化しようとしており、その成果が期待される(図5)。

■p. 3 核融合 臨界プラズマ試験装置(JT-60)の要素技術開発

核燃料照射後試験施設の完成

日本核燃料開発株式会社(略称NFD)の第一期計画として沸騰水型原子炉(BWR)燃料の照射後試験を行なう施

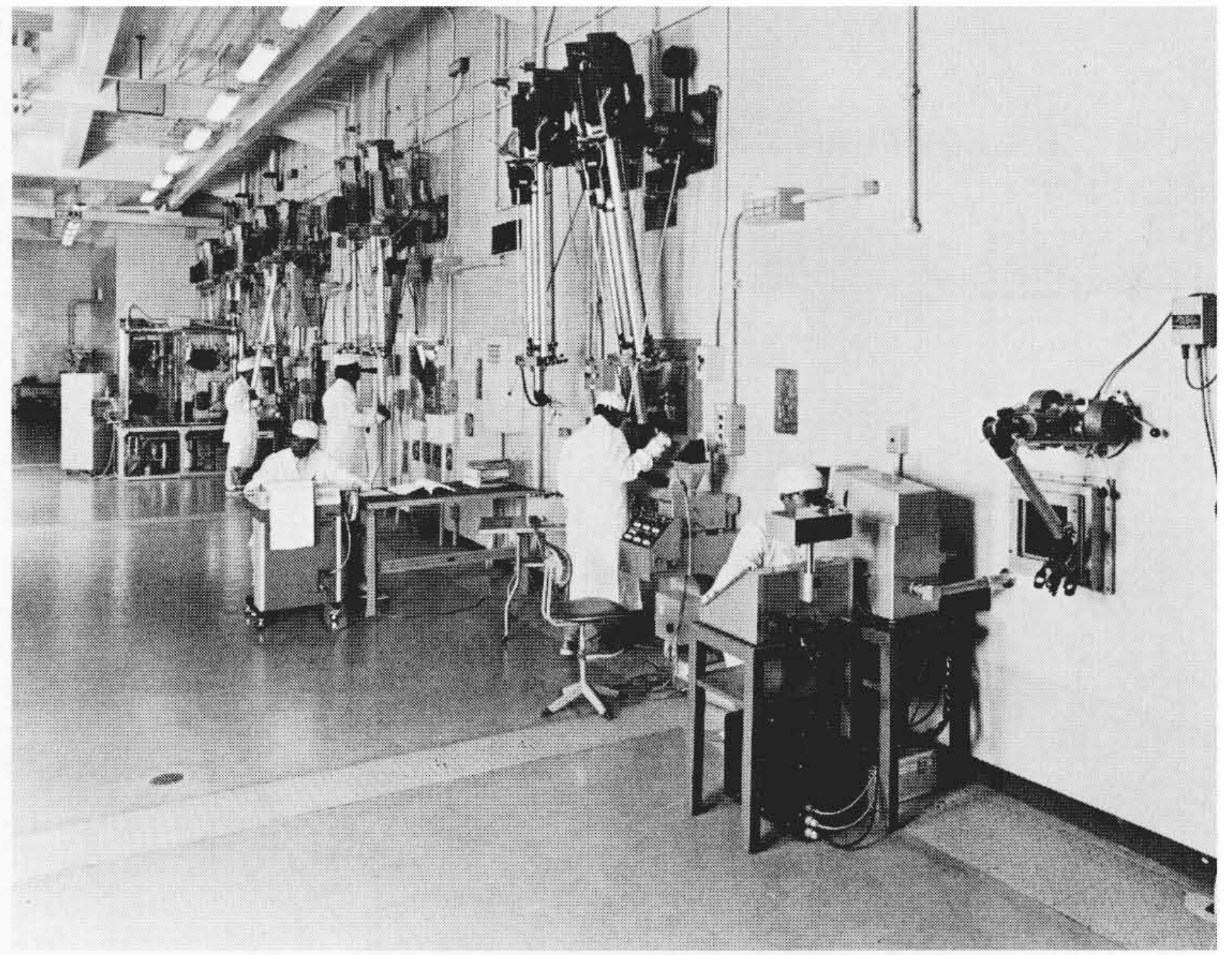
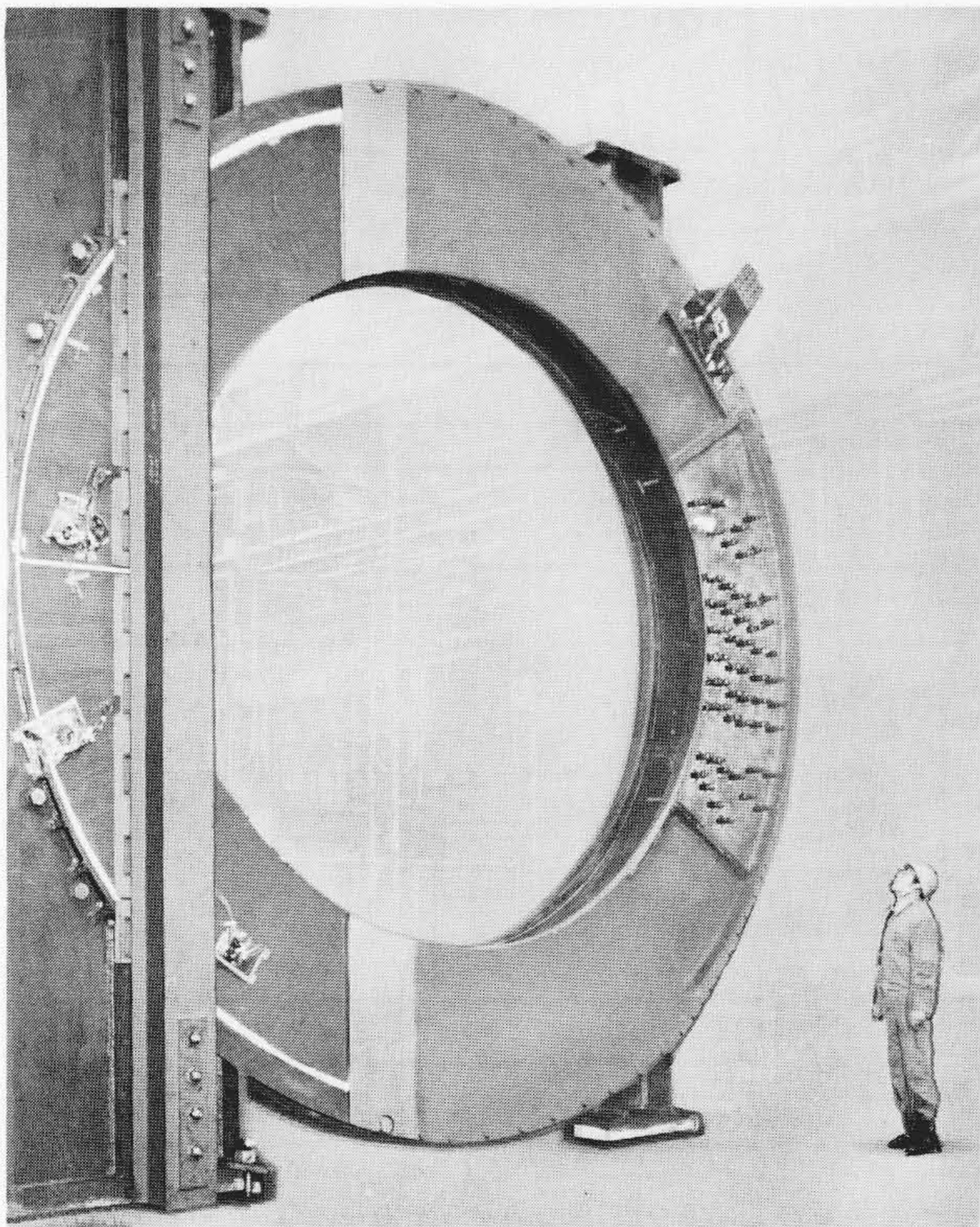


図6 ホット・ラボの操作室

図5 臨界プラズマ試験装置JT-60
トロイダル磁場コイルユニット

設であるホット・ラボを茨城県大洗町に建設中であったが、昭和52年2月に完成した。このホット・ラボはBWR燃料の信頼性を向上させるとともに、より高性能の燃料を開発する目的で建設されたものである(図6)。

この施設は、商用炉で使用された燃料集合体をそのまま受け入れることが

できる大形セルをもち、非破壊及び破壊検査を行なって燃料性能を多角的に評価することができる世界有数の施設である。また、燃料以外の炉内構造材、圧力容器のサーベイランス試験片などについても広範な試験・検査が可能である。

高密度使用済み燃料貯蔵ラックの開発

使用済み燃料貯蔵ラックは、原子炉で使用した燃料体を貯蔵するもので、このほど従来の使用済み燃料プール寸法のままで貯蔵容量を50%増加させることができる高密度使用済み燃料貯蔵ラックを開発した。すなわち本ラックの特徴は、(1)ステンレス鋼の中性子吸収性を利用し、従来のアルミニウム製20体入りラックと同一外形寸法で、30体の収容能力をもたせ、高密度化を図ったこと。(2)構造は、個々の燃料がステンレス鋼板で作られた正方形断面の角筒に収められ、これらを溶接構造として一体化したこと。(3)アンカボルトによるラックの固定は、ラック上方より締付けができるようにし、据付工事を容易に行なえるようにしたことなどである。図7に日本原子力発電株式会社東海第二発電所に最初に納入された高密度ラックを示す。

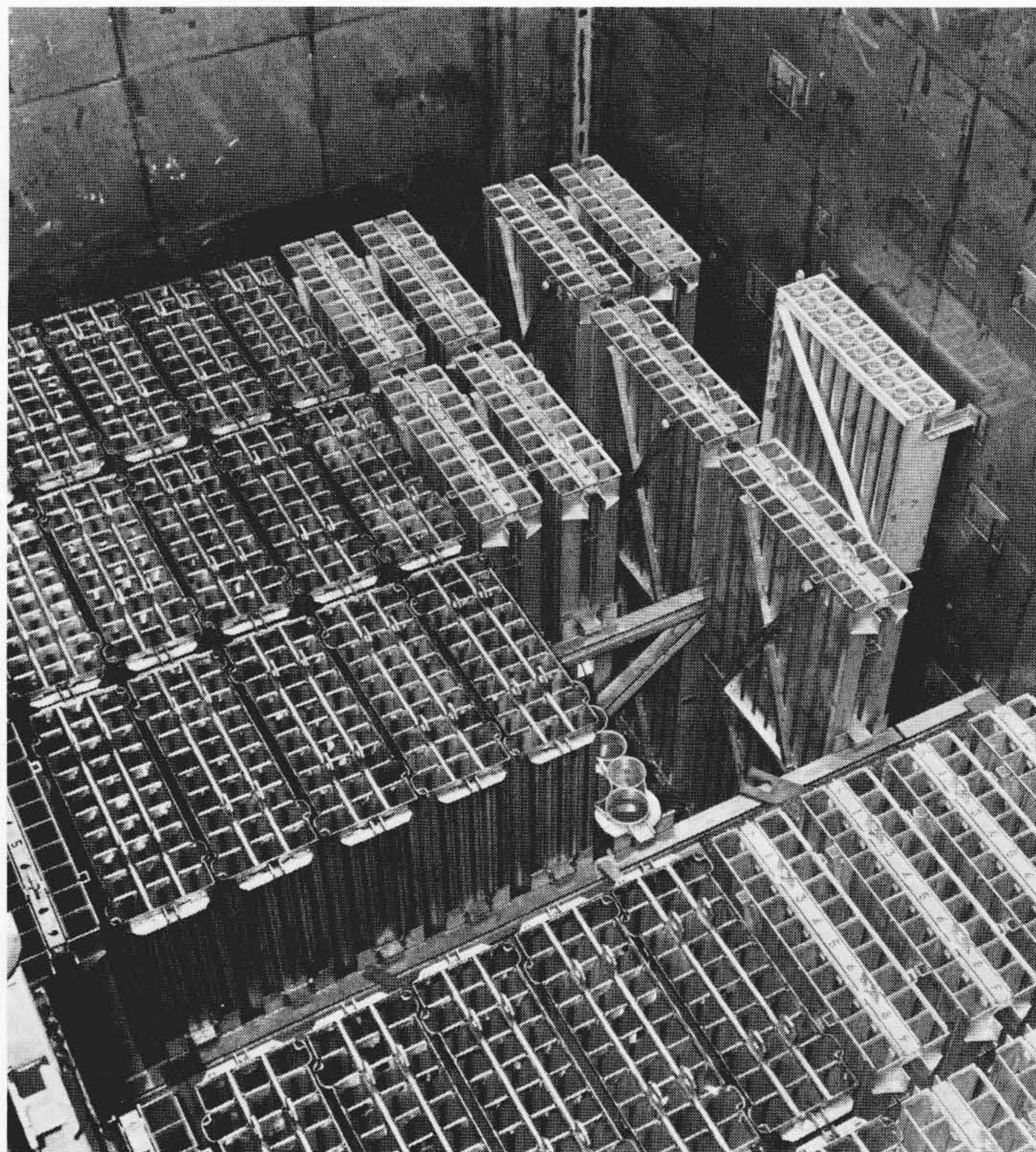


図7 日本原子力発電株式会社東海第二発電所納め高密度使用済み燃料貯蔵ラック

水力発電設備

高性能日立EG形调速機

近年、電力需要の近代化に伴い、負荷調整能力をもつ水力発電所の调速機に対する性能向上の要求が強い。そのため、従来の弾性復元をもつ调速機に、加速度信号の付加など改良が加えられていたが、制御性に限界があるた

図8 日立EG形調速機の電気部分を収納したレギュレータキュービクル

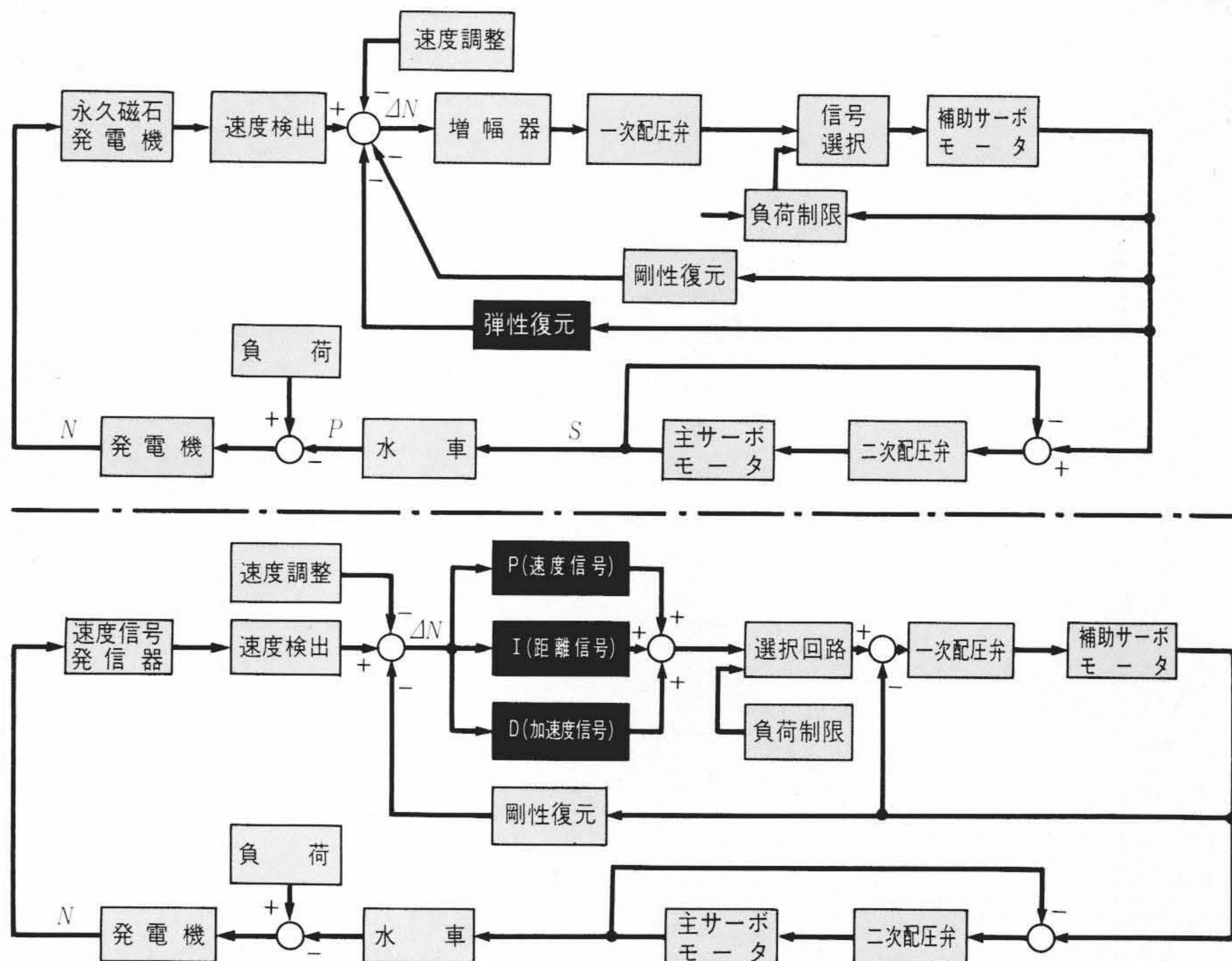
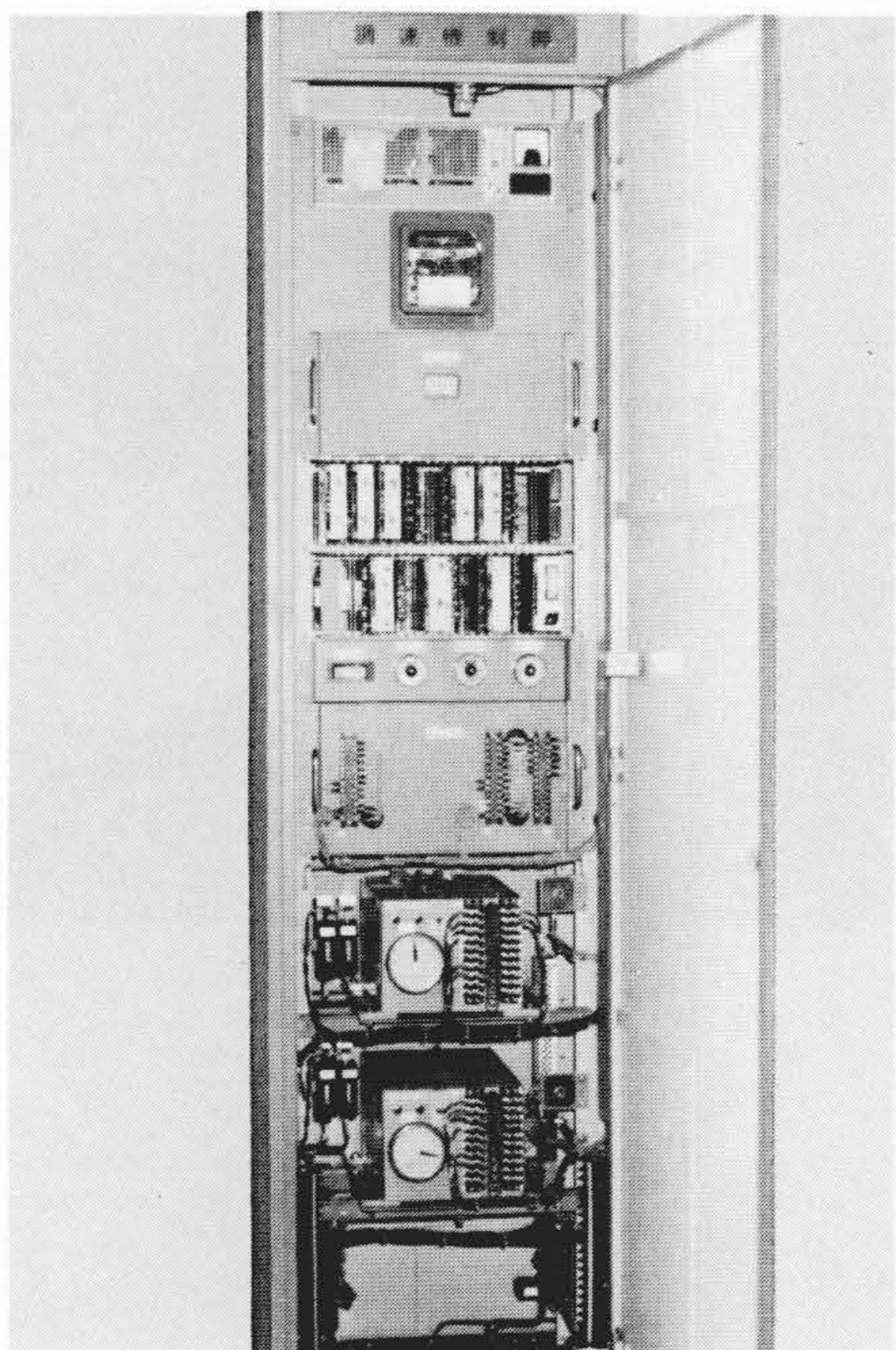


図9 弾性復元型調速機ブロック線図及び日立EG形(PID方式)調速機ブロック線図

め、最近この従来形調速機に代わり、PID(比例・積分・微分)制御方式を採用した調速機が使用され始めた。今回このPID制御方式を採用した日立EG形調速機を、東京電力株式会社金川発電所(昭和27年製、機械式調速機の改造)ほか2箇所に納入し、良好な制御性能が得られることを確認した。特に、速応性の改善には顕著な効果を得た(図8、9)。

日立EG形調速機的主要な特長を次に述べる。

- (1) PID方式採用による、安定性の向上を図っている。
- (2) 速応性の向上により、系統負荷変動に対する追従性が増したため、大容量水力設備に特に有効である。
- (3) 電気部分の適用拡大により、保守点検を容易とした。
- (4) 標準化部品の採用による高信頼化、及びオプション機能の整備による各種特殊運転機能の追加が容易である。

今後、新設の大容量水力発電所用をはじめとし、既設調速機の改造にも広範囲に適用可能となっている。

輸出向け水力発電機の完成

昭和52年度に日立製作所が完成した輸出向け水力発電機につき概要を紹介する。

- (1) インドネシア、ラロナ発電所(75MVA, 273rpm: 3台)

ニッケル鉍製錬用電気炉の負荷に接

続されるため、不平衡負荷運転が多い、突発短絡の発生頻度が大、奇数次高調波が発電機に流入するなどの特異現象があり、これらに対処するため固定子コイルエンドを強固にしたり、制動巻線の熱容量を高めた設計としている。その他、構造的には円板形スパイダ及びシングルシャフトの採用などの特長

をもつ準かさ形機である。

- (2) マレーシア、テメンゴール発電所(105MVA, 214rpm: 4台)

独立ダンパ、円板形スパイダ、シングルシャフトなどの特長をもつかさ形機である。発電所周辺で硫化水素が発生するため、発送した機器が腐食せぬよう塗装及び梱包に特別の配慮を施した。

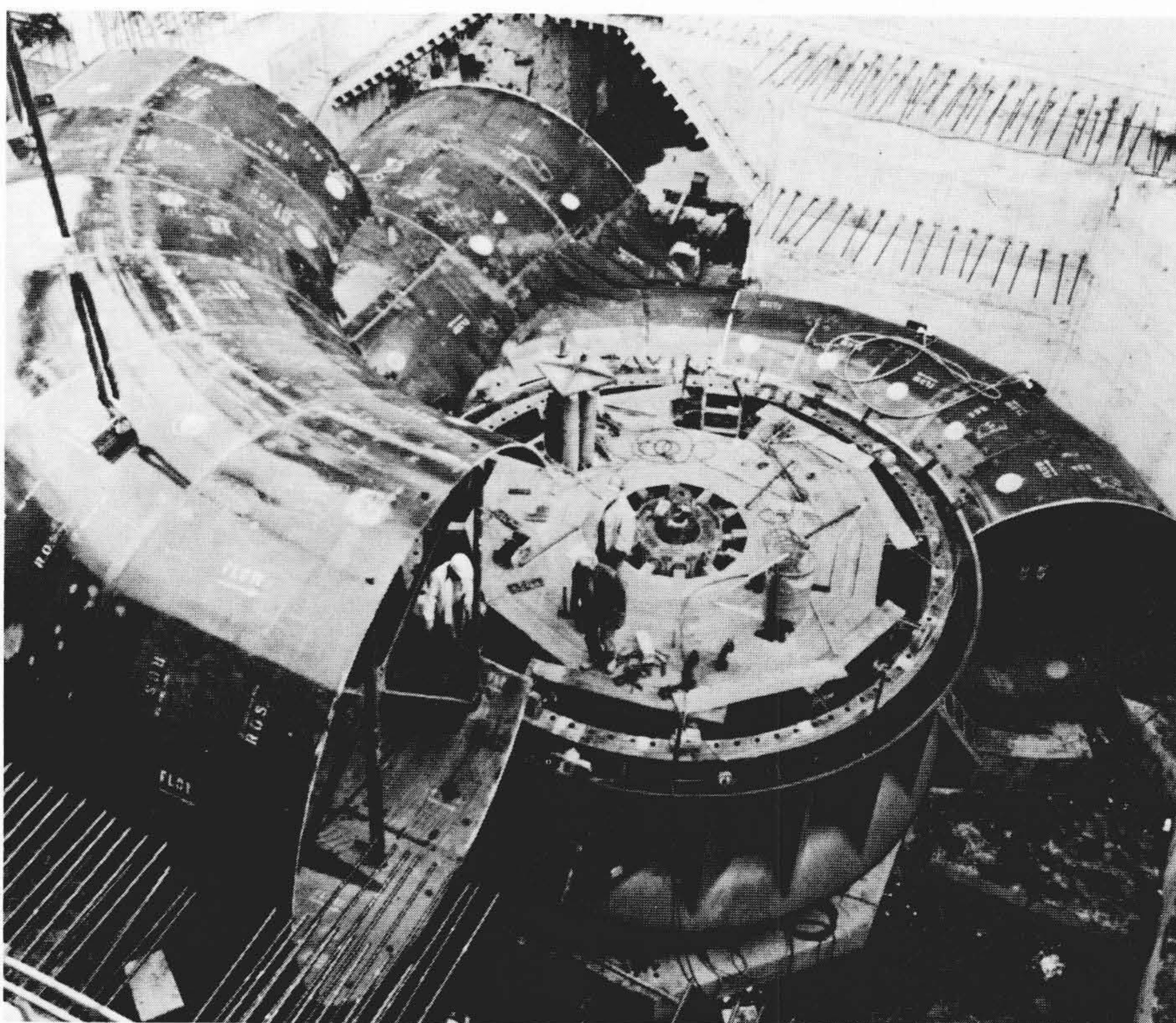


図10 米国チーフジョセフ発電所におけるケーシングの据付

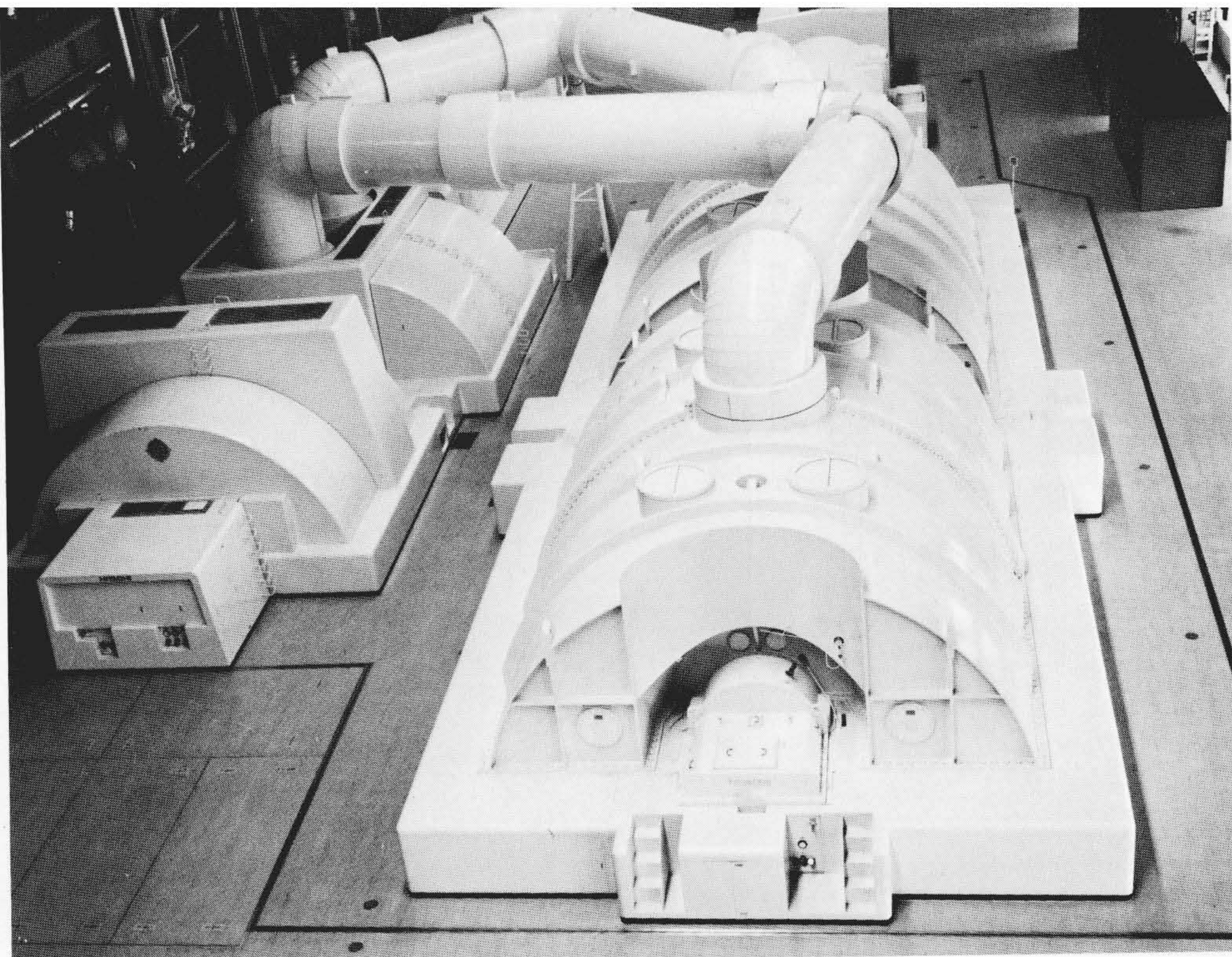


図11 50Hz, 1,000MW蒸気タービン

(3) チリー、アンツーコ発電所 (175 MVA, 250rpm : 2台)

顧客検査官常駐のもとに、各種検査(材料、品質、性能など)を実施し、更に1台めは工場回転特性試験、無拘束速度試験(178%)、定格速度からのブレーキ印加試験などを実施し、性能及び安全性が十分であることを実証した。特長としては、完全B種絶縁の要求があるため、固定子コイルのアース絶縁にはガラスマイカを使用している。なお本機は準かさ形機で、単機容量はチリー最大のものである。

米国チーフジョセフ発電所納め
フランス水車運転を開始

米国陸軍より受注したチーフジョセフ発電所納めフランス水車(最大出力117,500kW, 回転速度112.5rpm)11台(17号機から27号機)のうち、17及び18号機が昭和52年7月、8月それぞれ営業運転に入った(図10)。本水車は、すべての設計を日立製作所が行ない、水車主要部品を米国国内の有力企業であるGE社、CBI社、NNI社へ製作外注し、一部について製作指導を行ないながら取りまとめたものである。また技術的には、ガイドベーン操作機構内にガイドベーンの安全装置として新たに開発した「フリクションデバイス」を設置したことが特徴としてあげられる。

本発電所は、今後3箇月ピッチで工

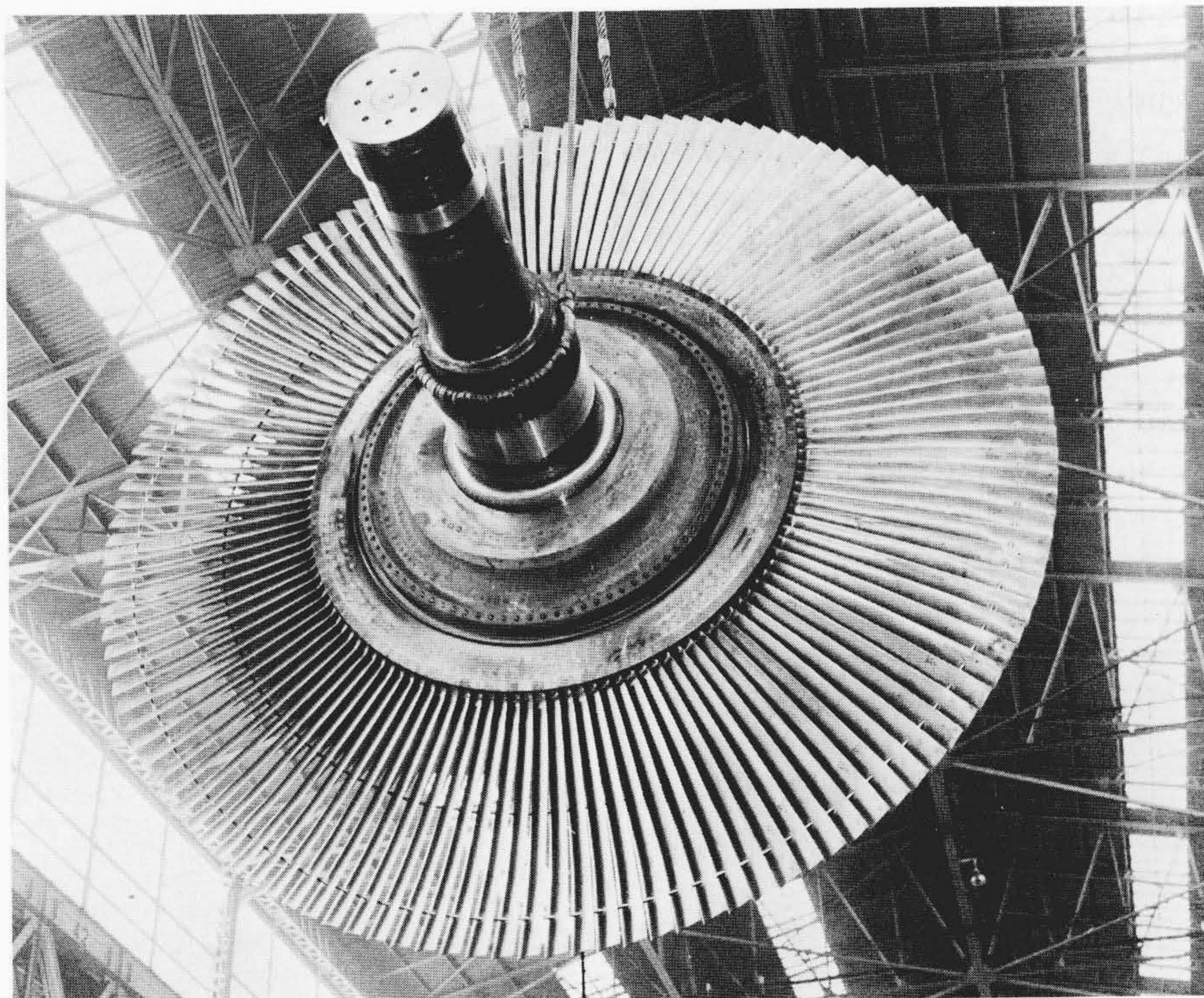


図12 完成した新しい長翼ホイール

事が進められ、最終27号機の運転開始は1979年4月に予定されている。

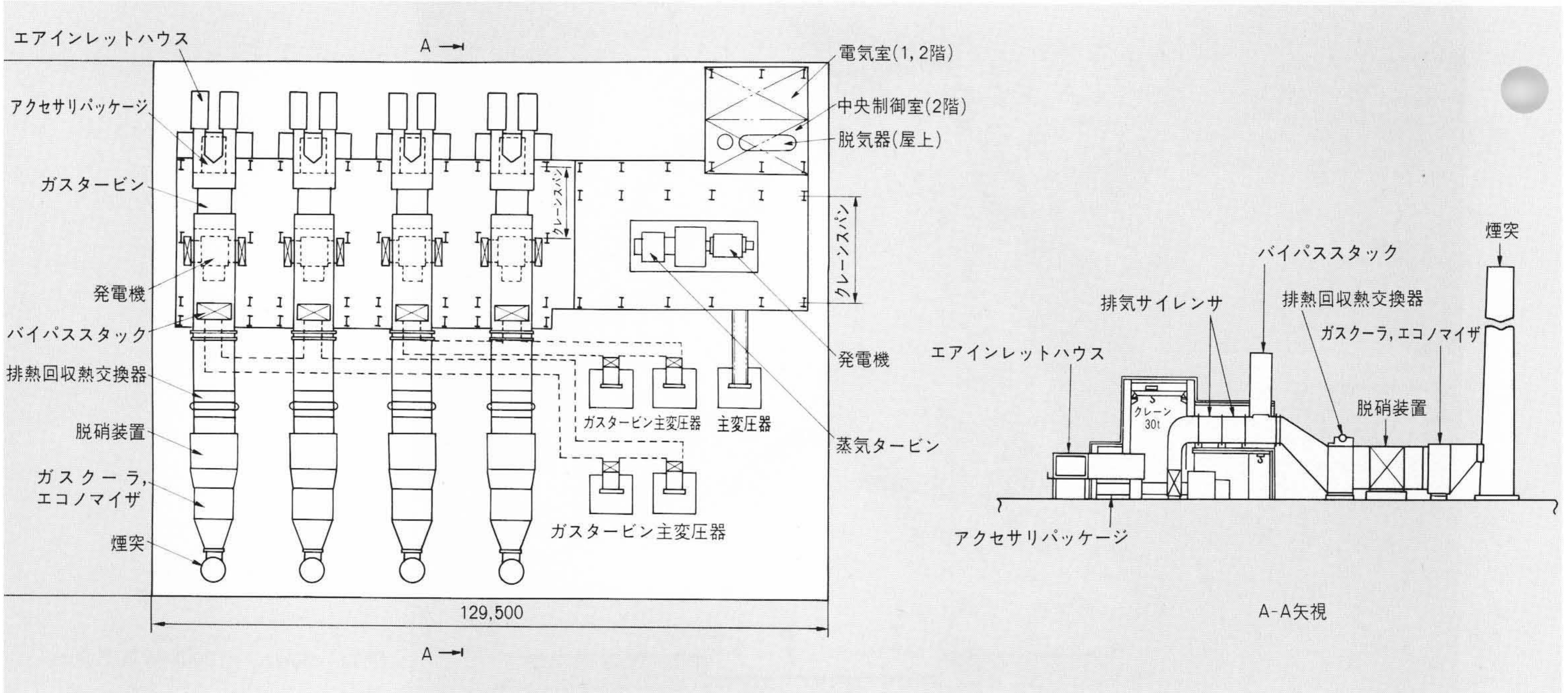
火力発電設備

大容量蒸気タービンの技術動向

最近運転に入った東京電力株式会社
袖ヶ浦火力発電所納めの50Hz, 1,000

MW蒸気タービンは、日立製作所が最新の技術を駆使して設計・製作したもので、昭和51年8月2日初通気以来好調裏に試運転を完了し、同52年2月18日営業運転開始となった。性能試験でも、保証効率を十分に満足した結果が得られている。これらの最新技術は、将来の60Hz地域向け1,000MW級蒸気タービンにも適用できるものである。日

図13 “HISTAG” 407プラント全体配置図



立製作所では、50Hz、1,000MW蒸気タービンでの好調な運転実績を基礎に、60Hz、1,000MW級蒸気タービンの設計を完了しているが、その中には新しい最終段翼の安全性確認、高効率段落設計、大径軸受の開発、電子ガバナの性能向上など特記すべきものが挙げられる。60Hz、1,000MW蒸気タービンは、クロスコンパウンド形4車室4流排気方式とし、最終段には新しい長翼を用いた3,600/1,800rpm機となる。新しい長翼については単翼及び群翼振動試験、並びに回転振動試験及び蒸気噴射による加振、耐久力試験を実施し、十分な信頼性が得られている。更に、50Hz、60Hz用の1,000MW蒸気タービンには、高効率のための最新技術（コントロールドボルテックスノズル、翼頂部蒸気シールの改善、中圧排気室の改善、低圧排気室の改善など）も適用可能であり、高信頼性ととも、高効率な蒸気タービンを製作することが可能である。図11に、50Hz、1,000MW蒸気タービンの外形を、図12に新しい長翼ホイールを示す。

コンバインドサイクル発電プラント

“HISTAG”プラントは、複数基の大容量ガスタービン(70~90MW級)、排熱回収熱交換器及び1基の非再熱蒸気タービンによって構成される排熱回収形コンバインドプラントであり、従来

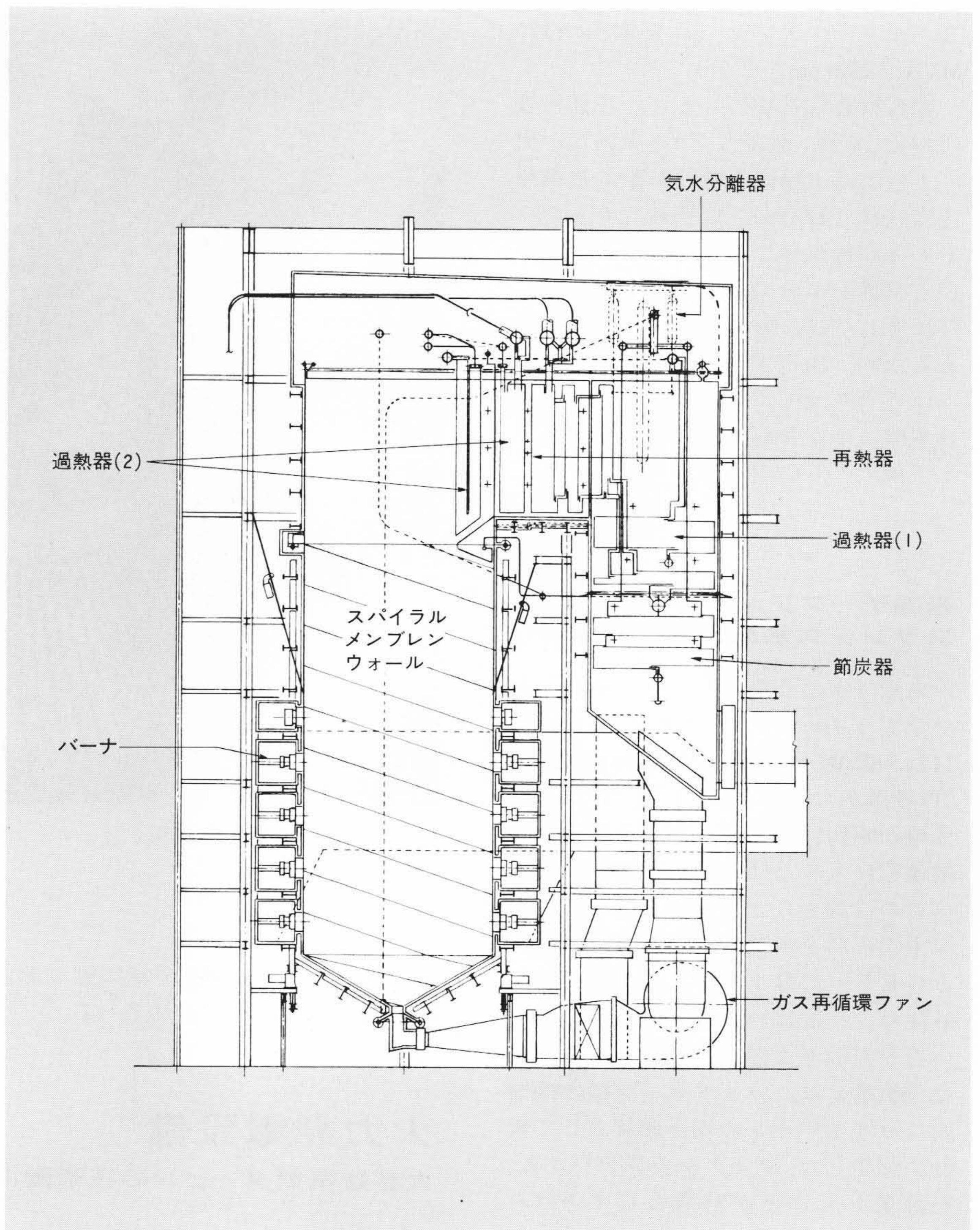
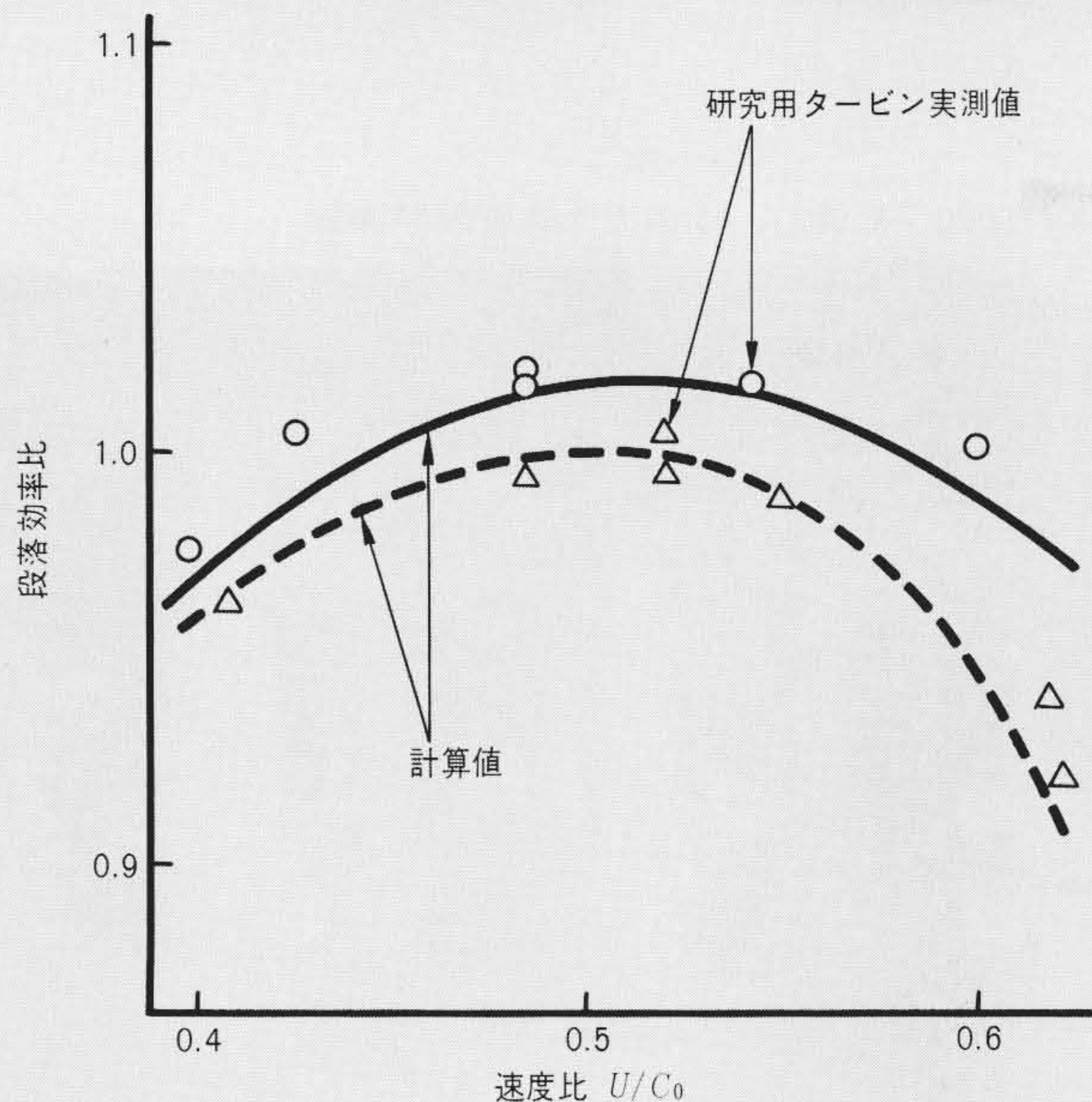


図14 東京電力株式会社広野火力発電所納め2号缶

図15 新技術によるタービンと従来タービンの効率比較



注：U=動翼根元の回転周速
 C₀=段落の断熱熱落差相当速度
 ○=新技術によるタービン
 △=従来タービン

図16 新シリーズタービン自動制御装置



の超臨界圧火力プラントに勝る高い熱効率をもち、プラントの運用性に優れ、増大するミドル負荷用発電プラントとしても最適なプラントである。日立製作所は既にこの開発を完了し、製作態勢を整えている(図13)。

近い将来、ガスタービンの高温化に伴い50%近い熱効率が期待され、そのためナフサ、LNG(液化天然ガス)、LPG(液化石油ガス)など燃料のクリーン化、高価格時代に対し最適な発電システムである。

超臨界圧変圧運転ボイラの開発

中間負荷火力として、我が国最大容量を誇る600MW超臨界圧変圧ベンソンボイラ(図14)の設計が完成した。本ボイラは東京電力株式会社納め広野火力発電所2号缶で、重油、原油焚き、最大連続蒸発量1,950t/h時の過熱器出口255kg/cm² 543°C、再熱器出口44.0kg/cm² 568°C、タービン負荷15%時過熱器出口85.7kg/cm²の変圧ユニットである。

本プラントの設計に当たって考慮した事項を次に述べる。

- (1) 頻繁な起動・停止に対する耐久性向上
- (2) 起動・停止時間の短縮
- (3) 最低安定負荷の低減(タービン15%負荷以下とする)
- (4) 負荷変化速度の増大(5~7%/min以上とする)
- (5) 窒素酸化物及び騒音対策などへの最新技術の採用

蒸気タービン性能向上の実用化研究

蒸気タービンの性能を向上させるため、タービンの性能に影響を及ぼす内部流れ、翼形状、流路形状などを総合的に検討し、種々の性能向上策に関する基礎研究を実施してきた。その結果、タービン内部流れの適正化、静動翼の低損失化、漏洩損失の低減、排気損失の低減などによってタービン効率を向上させる新技術を開発するとともに、以上の性能向上策を有機的に結合して性能予測を行なうために、実流状態を加味した三次元段落計算法も開発した。図15はこれらの実用化研究で実施した研究用タービンの実験結果を示すもので、理論的にも実験的にも新技術によるタービンの効率が従来タービンより画期的に向上する結果を示している。更に、実機タービンで、その効果を確認した。

新シリーズタービン自動制御装置及びデジタル式バーナ自動制御装置

近年、技術革新の著しいマイクロコンピュータを応用し、デジタル技術を駆使した新シリーズのタービン自動制御装置(図16)とデジタル式バーナ自動制御装置を開発した。本装置は複雑多様化する制御に対処でき、負荷追従性が良く、しかも高い信頼性と保守

性をもつシステムであり、火力発電所に期待される需要変動に応じた調整能力の向上に対応したものである。

タービン制御装置は、タービンロータの熱応力を予測管理し起動時間を短縮した安全な運転と、専用の保守ツールによる容易な保守性を実現している。またバーナ制御装置は、マイクロコンピュータの分散形システム構成をとり、カード単位での故障表示、フレキシブルな論理拡張性などの特長をもっている。本装置はいずれも1号機を完成し、更に5セットを製作中である。

送変電機器

525kV 1,200MVA変圧器の試作

鋭意開発を進めていた三相525kV 1,200MVA変圧器の試作と、これに対する一般試験、特殊試験、信頼性検証試験など、すべての試験を終了した。

本変圧器は、超大容量の火力及び原子力発電所用変圧器として今後の要望にこたえるため、関係電力会社の指導を得て開発したものである。

主な仕様を表1に示すとともに、構造上の主な特長を次に述べる。

- (1) 5脚鉄心を採用した。その接合方式などを改善して、損失、騒音などは従来実績より大幅に低減した。
- (2) 500kV側巻線は円筒、二分割構造とし、特に漂遊損の低減について考慮を払った。

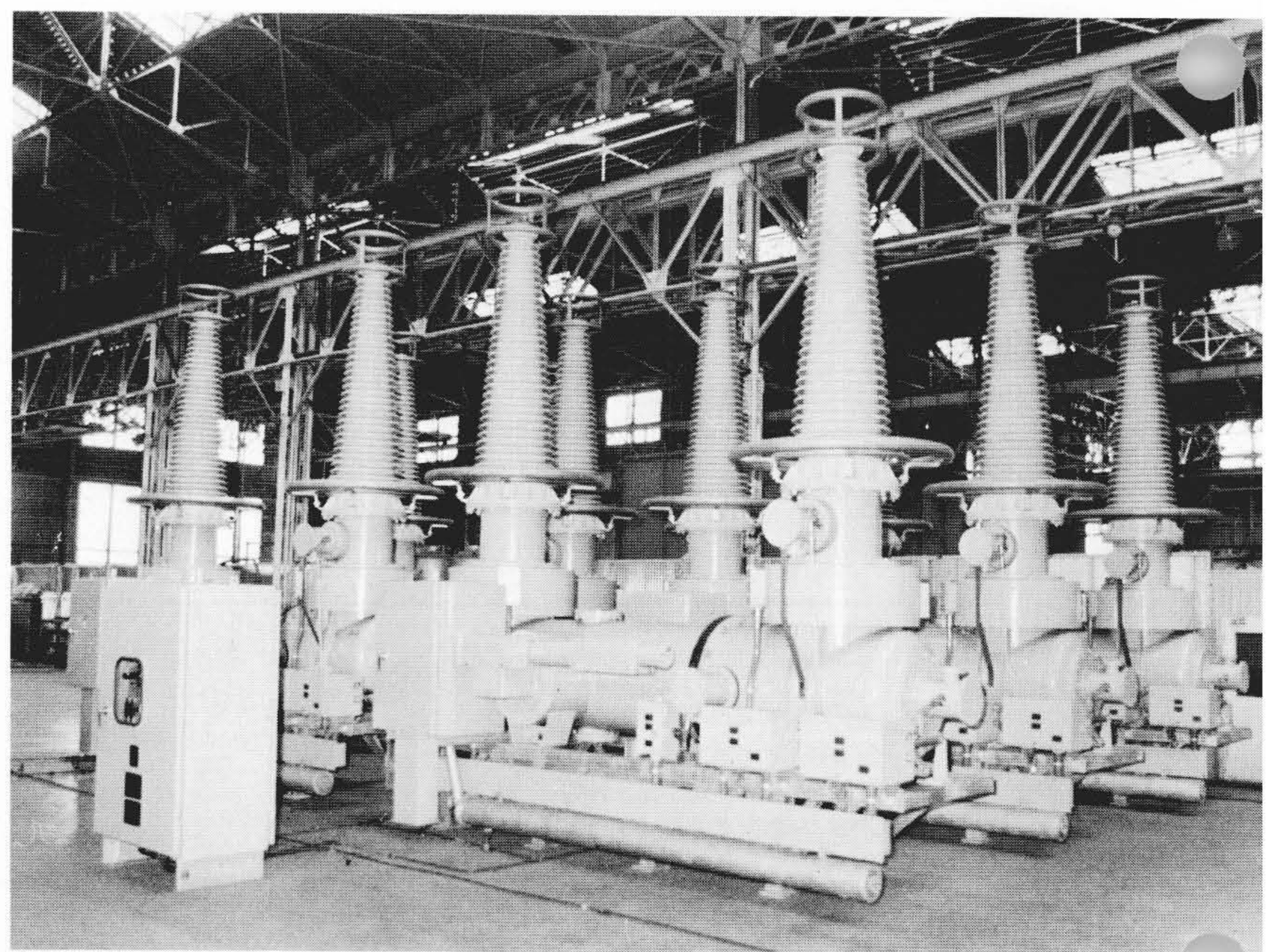
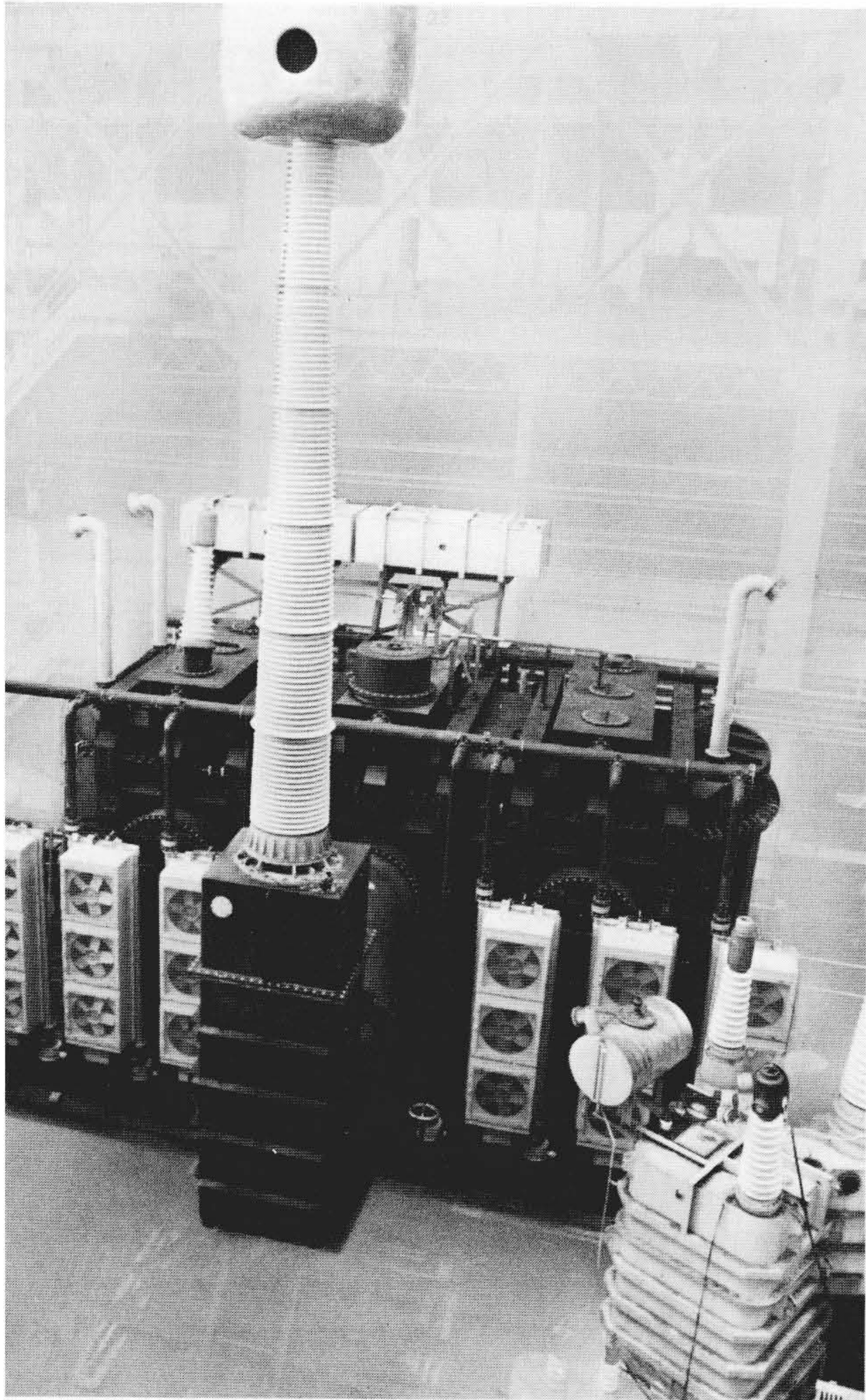


図17 試験中の525kV
1,200MVA試作変圧器

(3) タンクは縦形ステー、曲面板を用いた構造とし、強度の向上を図った。

開発に当たっては、日立製作所内研究所の協力を得て、各種の計算による解析、種々のモデルによる解析を行ない、それらの成果を試作器に全面的に適用した。

試作器については、一般特性試験のほか、過電圧試験、長時間温度上昇試験などの信頼性検証試験により十分な信頼性をもっていることが確認された。更に、内部構造に関して1,000個を超

えるセンサにより特性を詳細に測定し、計算精度が十分なものであることを確認した。図17に試作器の外観を示す。

また本試作器の巻線は一相分であるため、別に相間絶縁モデルによる検証を行なったほか、低圧大電流の相分離母線の検証を実物大モデルで行なった。

後者については、相分離母線シースと変圧器タンクを電氣的に一体化した構造としているので、磁束が外部にほとんど漏れぬこと、温度集中箇所のないことなどの特長をもっていることを再確認できた。更に、これら三次元構造体に流れる渦電流計算法として、電流ベクトルポテンシャル法による解析法を開発し、事前評価に十分活用できることも確かめられた。

275kVガス複合開閉装置

中部電力株式会社東栄開閉所納め275kV40kAガス複合開閉装置6台を完成し、厳重な形式試験、受入試験を終え

納入した(図18)。本装置は、中部電力株式会社の超高圧変電機器の標準仕様に基づき、各ユニットの標準化を図ったものである。従来の変電機器はしゃ断器、変流器、断路器、接地開閉器などの単一機器で構成されていたため、据付面積、据付期間、点検スペース及び絶縁協調に問題があったが、ガス複合開閉装置はこれらの問題を一挙に解決した画期的な製品であり、引き続き多数受注し現在鋭意製作中である。主な特長を次に述べる。

- (1) 据付面積は従来の40%に縮小し、据付期間は $\frac{1}{3}$ に短縮した。
- (2) 保守点検は相間スペースだけで可能である。
- (3) 全機器とも同一レベルで絶縁協調がとれる。

500kV750/3MVA変圧器

昭和48年に納入した関西電力株式会社南京都変電所納め、新生駒変電所納め500kV750/3MVA変圧器2バンクは、現在好調に運転中である。今回、顧客によるメーカー間仕様統一に基づき新しく設計製作を行なった(図19)。

本変圧器は、タップ巻線を転位切換方式として、新しいインピーダンス仕様を満足させるとともに、損失低減を図った。また、現地での内部露出作業をなくすため、負荷時タップ切換器LR1-2C1形を本体タンクに内蔵し、500kV変圧器として国産初の本体カバ

表1 主な仕様

項目	仕様
形式	屋外用三相2巻線 送油風冷内鉄形
容量	1,200MVA
電圧	18.525/F(全容量)550-F537.5-R(定格)525-F512.5kV
周波数	50/60Hz
絶縁階級	20号/500号L
インピーダンス	15%(50Hzのとき) 18%(60Hzのとき)



図19 500/√3 /154/√3 /22kV, 750/3 MVA 負荷時タップ切替変圧器

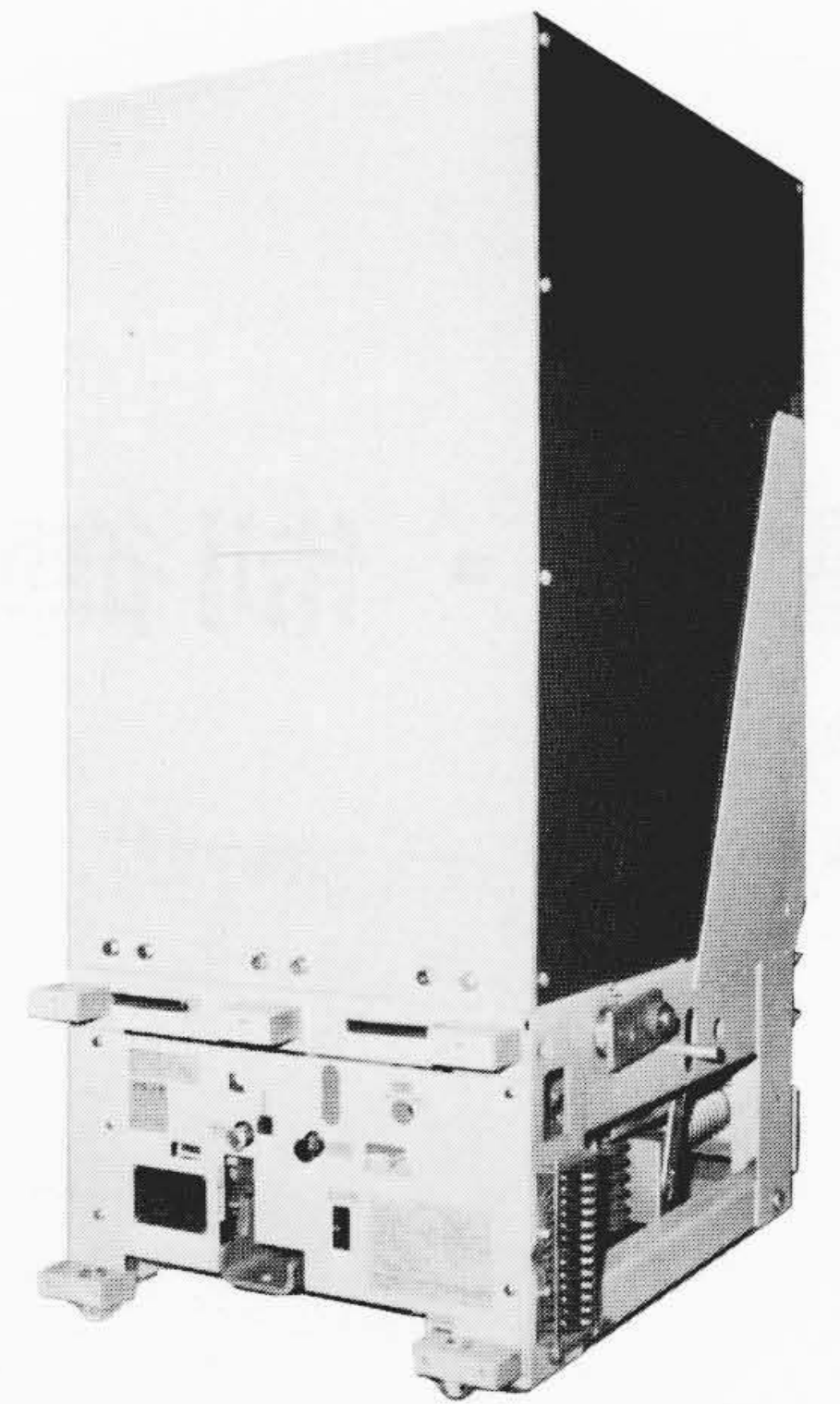


図21 7.2kV, 3,000A 60kA磁気しゃ断器

ーによる鉄道組立輸送を実現し、信頼性の向上を図っている。

300MW周波数変換設備用制御・保護装置

本装置は東京電力株式会社新信濃変電所納め300MW周波数変換用サイリスタバルブの制御・保護を行なうもので、数々の新しい制御方式や高信頼度

の保護方式を採用している(図20)。

本装置の基本構成とその制御方式を次に述べる。

- (1) 順変換器：定電力制御・定電流制御方式
- (2) 逆変換器：定電圧制御方式(余裕角リミッタ付)
- (3) 変圧器タップ：無負荷二次電圧一定制御方式
- (4) 自動パルス移相器：PLO(Phased Locked Oscillator)ループ付パルス間

隔一定制御方式

- (5) 保護回路：多重化及び点検機構付き
- (6) 潮流反転：電流マージン切換えによる自動潮流反転方式

なお、サイリスタ変換装置は、点弧制御角を操作することにより電力の融通(交流⇔直流⇔交流)を自由に行なうことができる。

6.9kV1,200, 3,000A 60kA 磁気しゃ断器収納メタルクラッド配電盤

発電所の単機容量の増大に対応して定格電圧7.2kV定格電流1,200A及び3,000A, しゃ断電流60kAの超大容量磁気しゃ断器を収納したメタルクラッド配電盤の試作品を完成した(図21)。これまで、しゃ断器はしゃ断電流40kAが最大であったが電圧降下を抑える必要から発電所の所内変圧器のインピーダンスを小さくしたため短絡容量が大きくなり、しゃ断電流60kAが必要となったものである。本器は新形のしゃ断部(アークシュート)を採用し小形化を図るとともに、小形で強力な電動ばね操作器を使用することにより、従来の40kAの磁気しゃ断器と比較して、容積、重量とも約85%に小さくでき、これを内蔵したメタルクラッド配電盤の据付面積も85%に節約することができた。

なお、本メタルクラッド配電盤は、鋼板構造として剛性を高めた耐震構造となっている。

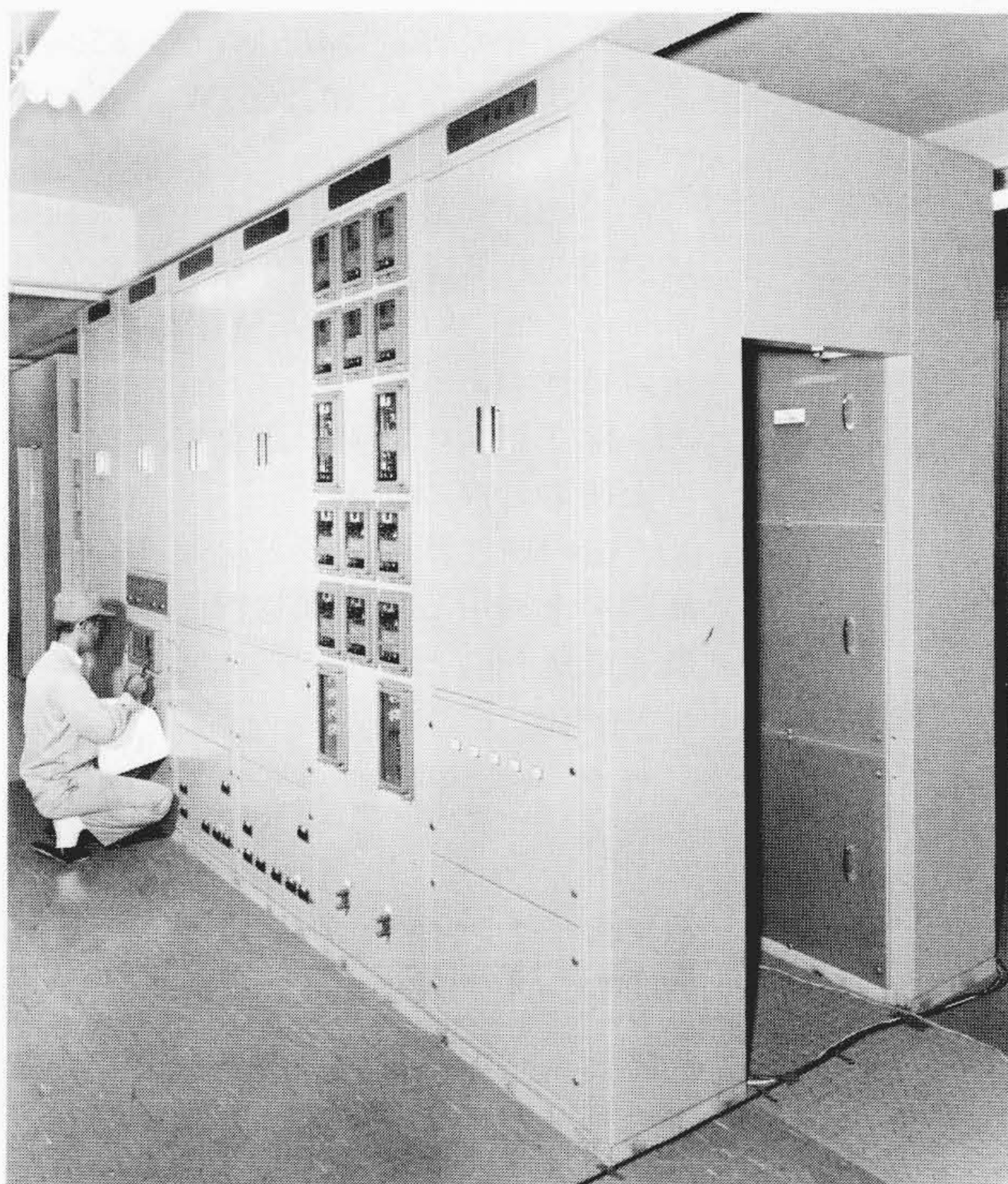


図20 300MW周波数変換設備用制御・保護装置