

電力・エネルギー

1992年6月、ブラジルで開催された地球サミットの合意が示すように、エネルギー問題の課題は、地球環境と開発の調和にある。日立グループでも、この課題を達成するために、電力設備の高効率化、信頼性の向上および環境保全に関する先端技術の開発に取り組んでいる。

原子力関係では、ABWR(改良型沸騰水型原子炉)の建設、ATR(新型転換炉)実証炉の開発、FBR(高速増殖原型炉)の性能試験のほか、高経済性・高信頼性燃料の開発、運用性に優れたヒューマンシステムの開発を推進している。

火力関係では、高効率で運用性に優れた700 MW石炭火力発電設備(中部電力株式会社)、および700 MWコンバインドサイクル発電設備(九州電力株式会社)を完成させた。火力発電の新時代を切り開くものである。

送変電関係では、コンパクトで、しかも信頼性の高い500 kV基幹系変電所システム、系統連係強化のための300 MW周波数変換設備、系統安定化のための50 MVA自励式無効電力補償装置を東京電力株式会社に納入した。

本格化したABWRの建設

ABWR(改良型沸騰水型原子炉)の初号機である東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所6, 7号機の建設現場では、掘削工事から建築工事に主体が移行しつつある。これに対応して、日立製作所では本格的に主要機器の製作に入った。

ABWRは、東京電力株式会社をはじめとするBWR電力会社の指導のもと、日立製作所が米国GE社および株式会社東芝と共同で、安全性、運転性および経済性のいっそうの向上などを目指して開発している。東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所6, 7号機にも採用されているABWRの特徴的な技術は、(1) インターナルポンプを採用した原子炉再循環系、(2) 制御棒操作の自動化が容易となった改良型制御棒駆動機構、(3) 原子炉建屋と一体構造とした鋼製ライナー鉄筋コンクリート製原子炉格納容器、(4) 物理的に独立させた3区分非常用炉心冷却系、(5) 大容量高効率タービンプラント、などである。

日立製作所は、米国GE社および株式会社東芝とジョイントベンチャーを構成し、東京電力株式会社からこのプ

ロジェクトを受注し、6号機のタービン設備と7号機の原子炉設備を担当するとともに、7号機の代表者を務めている。

1991年9月および1992年2月にそれぞれ着工した6号機、7号機は、掘削工事から建築工事に主体が移行しつつある。日立製作所が担当する建設現場での電気機械工事については、建屋の下層階に設置する機器、配管などの一部が現地に到着し始め、一方、原子炉圧力容器、インターナルポンプ、原子炉格納容器、タービン、発電機などの主要な機器は製作段階に入っている。先行機で、建設工期短縮のため採用してきた日立製作所の大容量クローラークレーン工法は、機械のモジュールだけでなく、建築会社と協力して建築・機械複合モジュールのつり込みまで実施してきた。この工法は、さらに高度利用計画を進めており、株式会社東芝と協力して6号機の原子炉格納容器の鋼製ライナー大ブロックつり込みにも適用する。

1993年3月には7号機の原子炉格納容器の現地での鋼製ライナー地組工事が始まり、建設工事が本格化する。



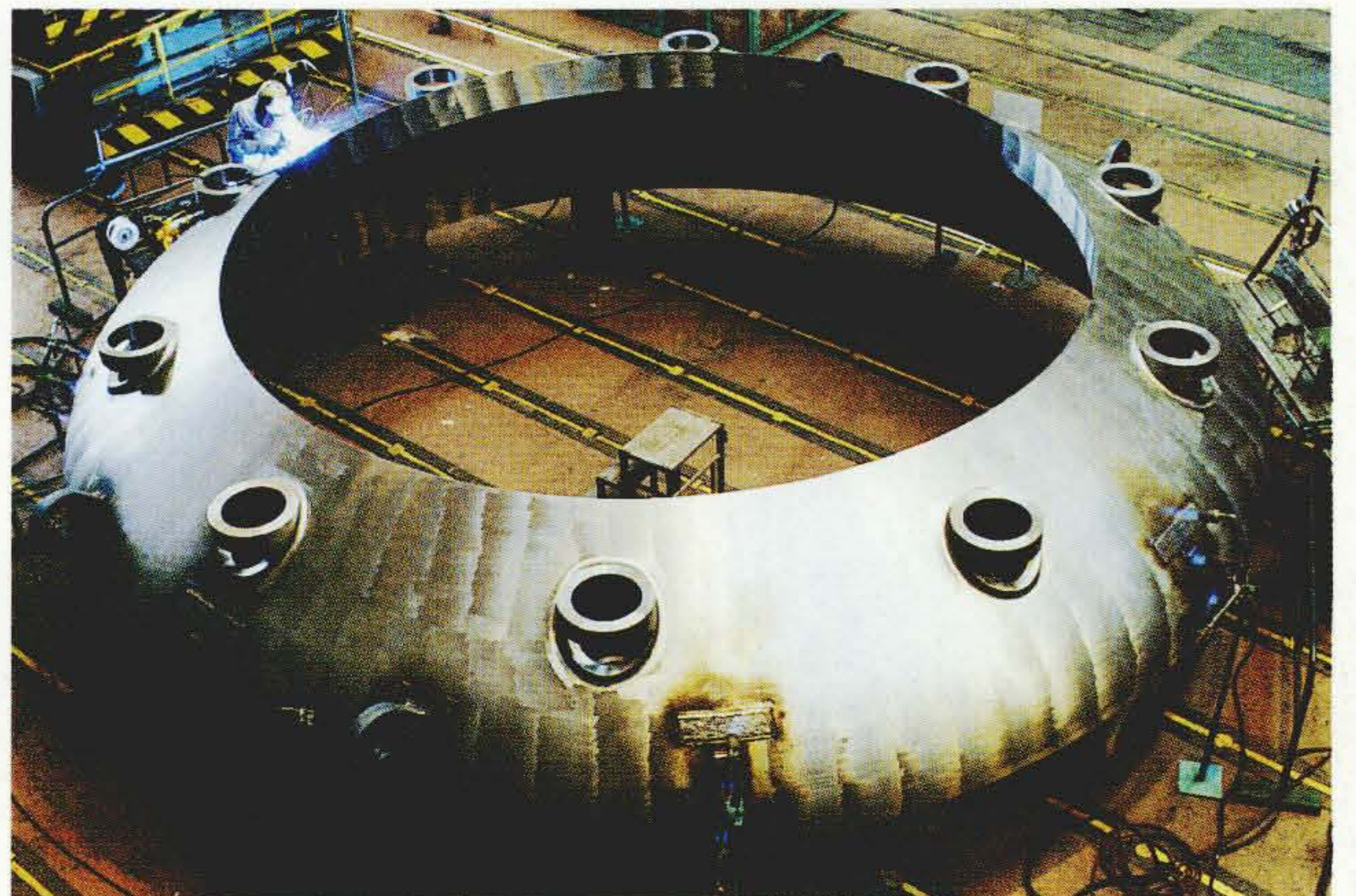
工場製作中の6号機用発電機



工場製作中の7号機用原子炉圧力容器胴体



着工した東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力建設所6号機建設現場



工場製作中の7号機用原子炉圧力容器下部

ATR実証炉の開発状況

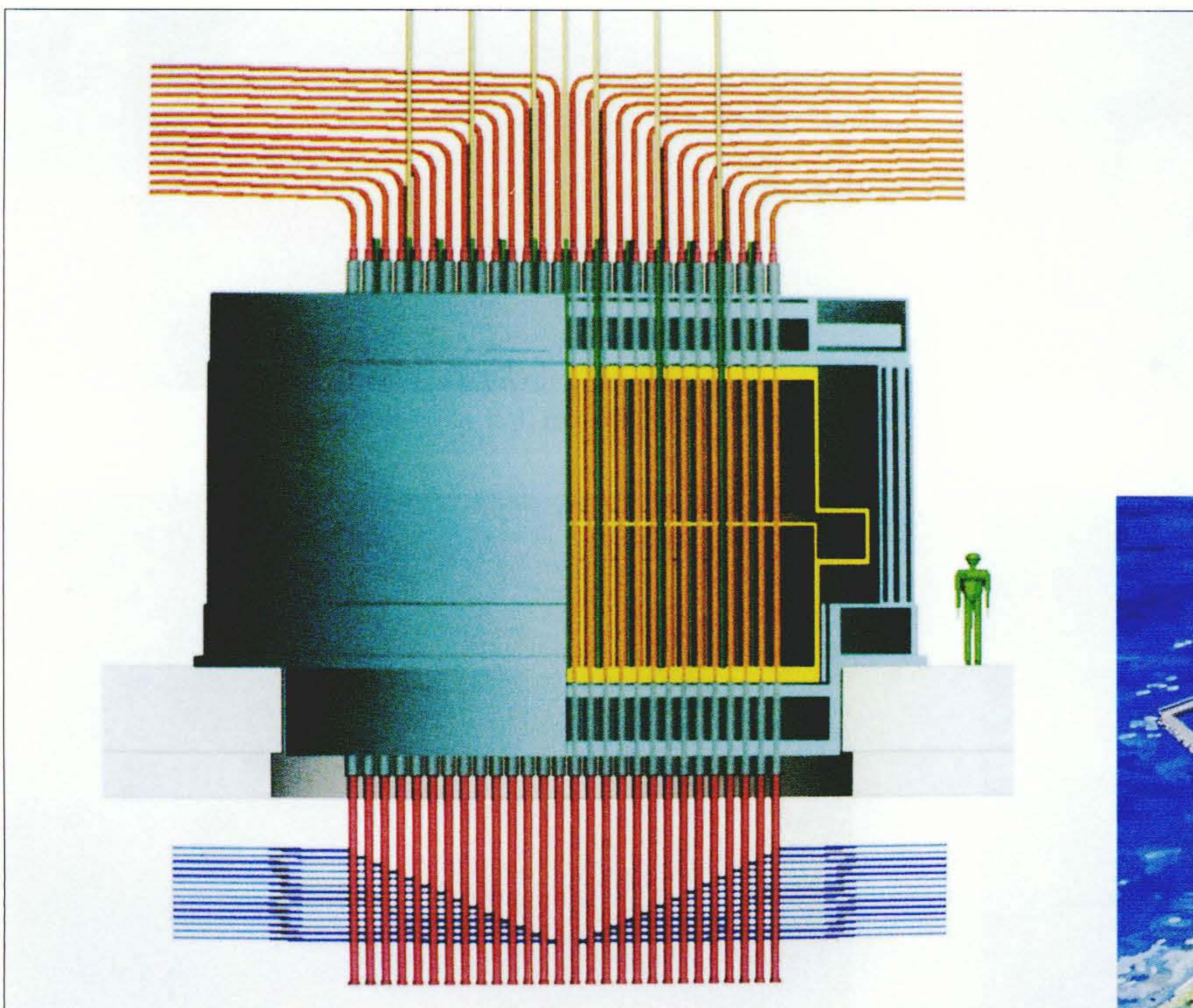
ATR(新型転換炉)実証炉は、電源開発株式会社が青森県大間町に建設を予定している。日立製作所は主務会社として、その設計と技術開発を進めている。

ATR実証炉は電気出力606 MW、重水減速沸騰軽水冷却圧力管型炉で、電源開発株式会社が青森県大間町に建設を予定している。ATRは、国家プロジェクトとしてわが国独自の技術で開発を進めている原子炉であり、使用済み燃料を再処理して得られるプルトニウム、および回収ウランの利用に優れた特質を持つため原子燃料利用上の柔軟性が大きく、わが国の「再処理-リサイクル路線」への貢献が期待できる。動力炉・核燃料開発事業団が中心となって開発した原型炉「ふげん」は、1979年3月に本格運転を開始し、現在まで13年余りの間、順調に運転を継続している。ATR実証炉は、「ふげん」の実績と軽水炉の知見を活用し、安全性と信頼性のよりいっそうの向上を最重点に、「ふげん」からの大容量化に伴う技術の実証と経済性を見直しを得ることを目的に開発が進められている。

日立製作所は、原子力メーカー5社の中で主務会社と

して全体取りまとめ業務を担当するとともに、炉心設計、安全評価、全体配置をはじめ原子炉本体、補機冷却系、電気・計測制御設備などの設計を担当している。これまでに改良燃料の採用による炉心性能向上、「ふげん」および軽水炉の実績の反映による原子炉本体構造の改良、原子炉主要建屋の縮小などの合理化、安全系設備機能強化、計測制御設備のデジタルおよび光多重伝送化などの検討を実施してきた。また日立製作所は、設計と並行して、動力炉・核燃料開発事業団並びに1987年度からは、通商産業省が電源開発株式会社に委託している「ATR技術確証試験」からの受託研究によって技術開発を進めている。これらの技術開発は炉心、安全、原子炉本体、制御などの分野にわたっており、解析コード・設計手法の開発、ATR特有な設備の信頼性および安全上重要な設備の機能を確認している。例えば、ATR特有設備である圧力管は、軽水炉の原子炉圧力容器に相当する最重要機器であり、これまで長期間にわたって使用材料(ジルコニウム合金)、異種金属接合構造(ロールジョイント構造)などについて各種の試作や試験を行い、それらの信頼性を確認している。

現在、安全審査の準備を進めているところである。



原子炉本体



電源開発株式会社ATR実証炉の完成予想図

BWRの建設状況

BWR(沸騰水型原子炉)3基を鋭意建設中である。建設工程も終盤を迎え、系統試験・起動試験中であり、うち2基が1993年中に営業運転を開始する予定である。

(1) 北陸電力株式会社納め志賀原子力発電所1号機(電気出力540 MW, MARK-I改良標準型)

主要設備の据付けを1991年中に終了した。引き続き系統試験に入り、1992年3月には原子炉圧力容器の一次耐圧試験、同年8月には二次耐圧試験を完了した。各種の系統・設備の使用前検査も順調に消化し、1992年11月に燃料を装荷して現在は起動試験中である。営業運転開始は1993年7月を予定している。

(2) 中部電力株式会社納め浜岡原子力発電所4号機(電気出力1,137 MW, 再熱式タービン設備)

1991年12月の6.9 kV 受電以降、据付工事と系統試験を並行して進め、1992年3月および6月にはタービン本体の使用前検査に無事合格した。その他の設備も据付工事、系統試験、官庁立会試験を順調に消化し、1992年11月には燃料装荷を開始した。現在は1993年9月予定の営業運転開始に向けて、起動試験を実施中である。

(3) 東京電力株式会社納め柏崎刈羽原子力発電所4号機(電気出力1,100 MW, MARK-II改良標準型)

大型クローラークレーンによる原子炉圧力容器のつり込みを予定どおり1992年5月に完了した。主タービン、発電機などの大物機器の搬入・据付けも順調に進捗(ちよく)し、同年10月に6.9 kV受電後、系統試験を実施中である。1993年3月に原子炉圧力容器の一次耐圧試験、同年10月に燃料装荷を予定している。



東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所4号機での大型クローラークレーンによる原子炉圧力容器つり込み

「高速増殖原型炉もんじゅ」の現況

国家プロジェクトである「高速増殖原型炉もんじゅ」は総合機能試験が終了し、1993年秋、初臨界を達成する予定である。日立製作所はその開発に積極的に参画している。

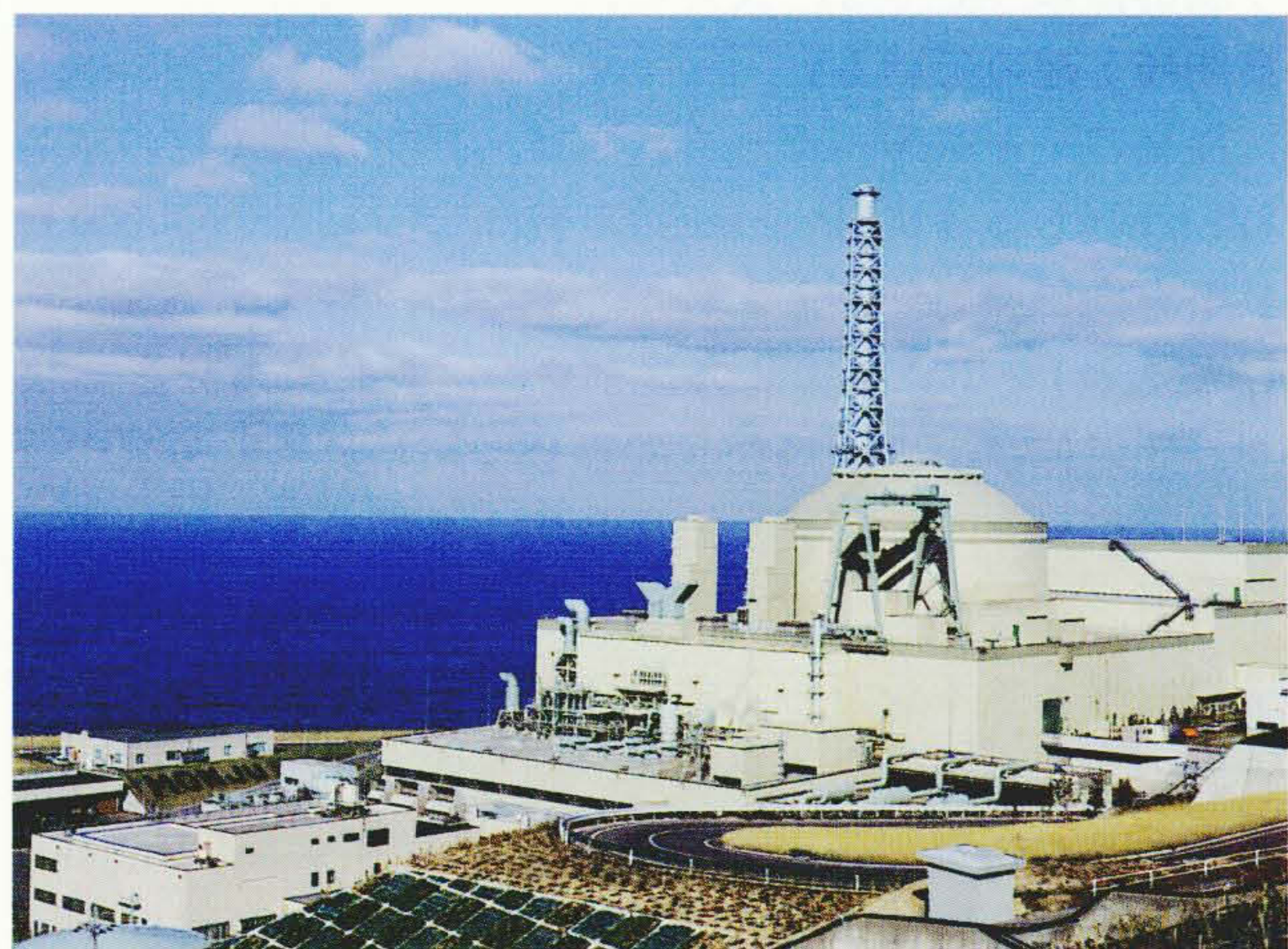
動力炉・核燃料開発事業団の「高速増殖原型炉もんじゅ」(福井県敦賀市: 電気出力280 MW)は、ウラン資源の有効利用を目指した液体金属ナトリウム冷却高速増殖原型炉であり、原子力プラントメーカー4社(株式会社日立製作所、株式会社東芝、富士電機株式会社、三菱重工業株式会社)が建設に参加した。

日立製作所は其中で、ブランケット燃料集合体、制御棒駆動機構、1次冷却系設備、蒸気発生器(過熱器)・同付属設備、中央計算機設備、計測制御設備などを分担し、全期間無災害(2,190日間、543万時間)で据付工事・総合機能試験を完了した。

総合機能試験は新製品・開発品がほとんどである系統設備の、大気中・高温アルゴンガス中・液体ナトリウム中での性能を段階ごとに確認していくものであり、試験結果の評価を着実に実施しながら進め、1992年12月に予

定どおり完了した。

今後、プラント特性予備試験・臨界試験・炉物理試験・出力上昇試験などが実施されるが、動力炉・核燃料開発事業団が中心となり、高速炉エンジニアリング株式会社と原子力プラントメーカー4社が協力し、総合機能試験と同様に、着実に試験を進めていく。



「高速増殖原型炉もんじゅ」の全景

原子力発電用高経済性ステップⅡ燃料の実用化

燃料経済性の向上、ウラン資源の有効利用、および使用済燃料の発生量低減を目指して開発を進めてきた高経済性燃料のうち、第二段階のステップⅡ燃料を実用化した。

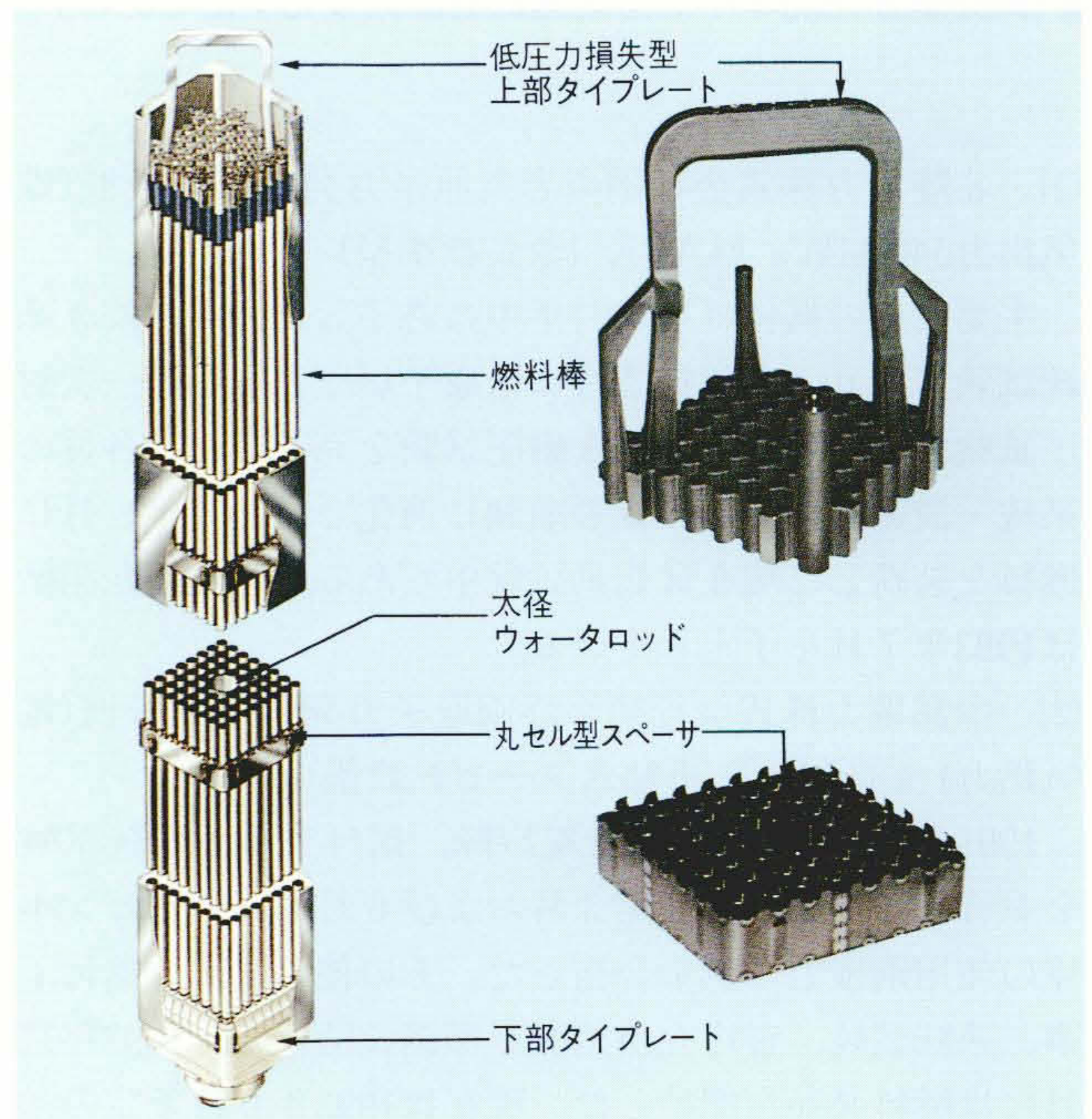
ステップⅡ燃料は、東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所5号機の第2回取替燃料として納入し、1992年から照射を開始した。今後、国内の沸騰水型原子力発電所の標準燃料として装荷されていく予定である。

高経済性燃料は、運転経験などの実績を踏まえながら、高信頼性を維持しつつ、ステップⅠ、ステップⅡ、ステップⅢと段階的に開発を進め、実用化を図っている。

ステップⅡ燃料は、そのうちの第二段階の高経済性燃料であり、経済性向上に必要な高燃焼度化に対応する種類の設計を施している。ステップⅠ燃料で採用した種々の省ウラン技術に加え、太径ウォータロッドの採用による炉心特性の改善と省ウラン、丸セル型スペーサの採用による熱的余裕の増加、濃縮度の増加、燃料棒の改良などを行っている。

これにより、取出し燃焼度を39.5 GWd/tへ高燃焼度化でき、燃料経済性で従来燃料よりも約20%の向上が可能

となる。さらに、使用済燃料の発生量低減とウラン資源の有効利用を達成している。



高経済性ステップⅡ燃料

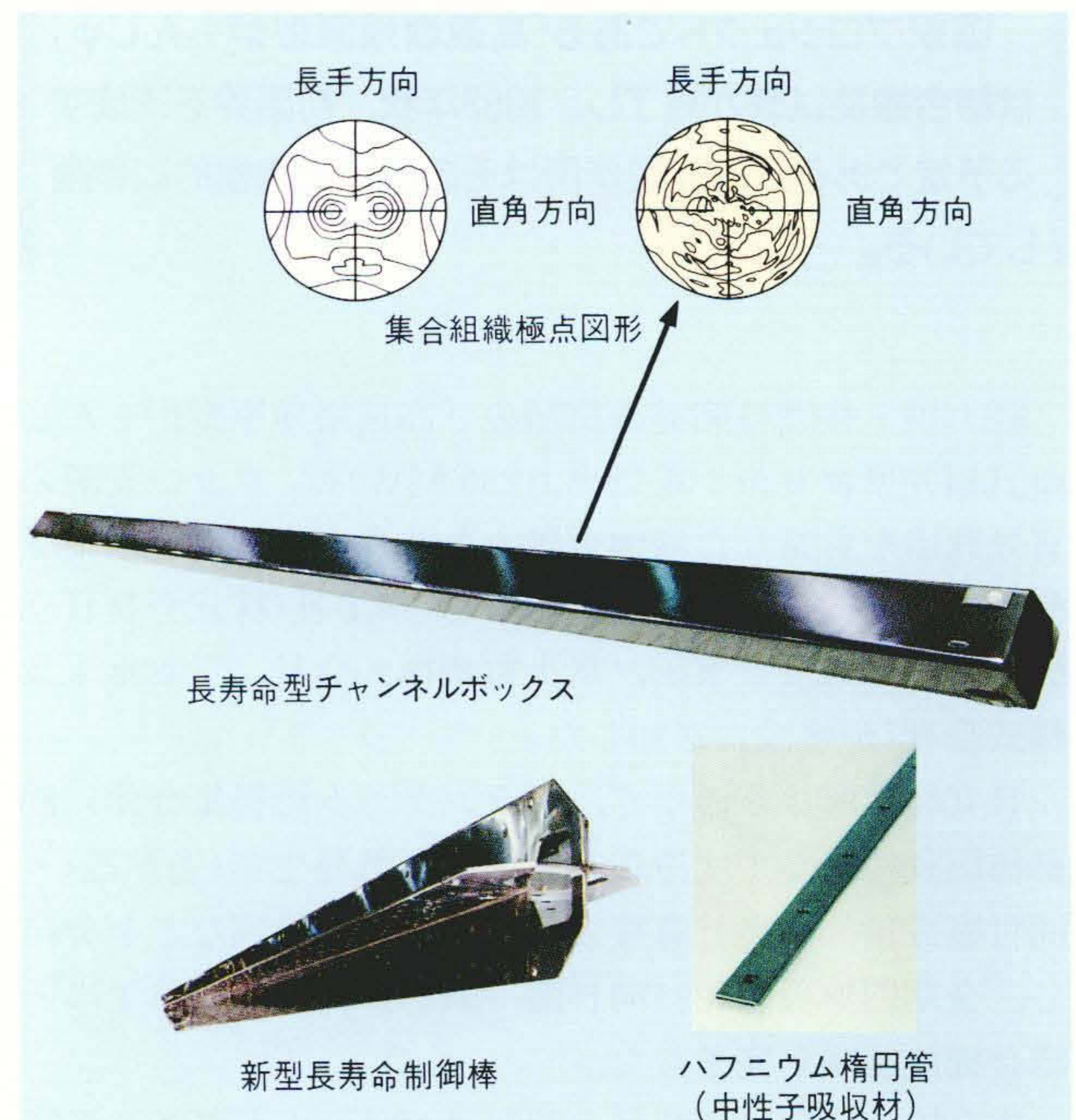
原子力発電所用長寿命型チャンネルボックスと制御棒

経済性の向上や廃棄物の低減などを目的とした長寿命型チャンネルボックスと制御棒を開発した。

高経済性燃料の開発とともに、燃料の剛性や冷却材流路を確保するチャンネルボックス、および炉心制御を行う制御棒についても、長寿命化や経済性向上のための改良開発を進めている。

従来のチャンネルボックスでは、ジルカロイ材の結晶（六方稜（ちゅう）密格子）が特定方向に向いているために長手方向に照射伸びを生じる。そこで、特殊熱処理技術（ β 焼入れ）を用いて結晶方位をランダムにすることにより、照射伸びやそれに伴う変形を抑制した長寿命型チャンネルボックスを開発し、量産化の準備を進めている。

一方、制御棒は、現在、棒状の金属ハフニウムを中性子吸収材とする長寿命制御棒が使用されているが、楕円管型の金属ハフニウムを用い、制御能力と機械的性能を向上させた新型制御棒を開発した。この制御棒はABWR（改良型沸騰水型原子炉）のFMCRD（改良型制御棒駆動機構）にも対応できるものである。



集合組織極点図形
（従来型は、結晶が特定方向に向いていることを示し、長寿命型は、ランダムに向いていることを示す。）

燃料構造部材用高耐食性新Zr合金

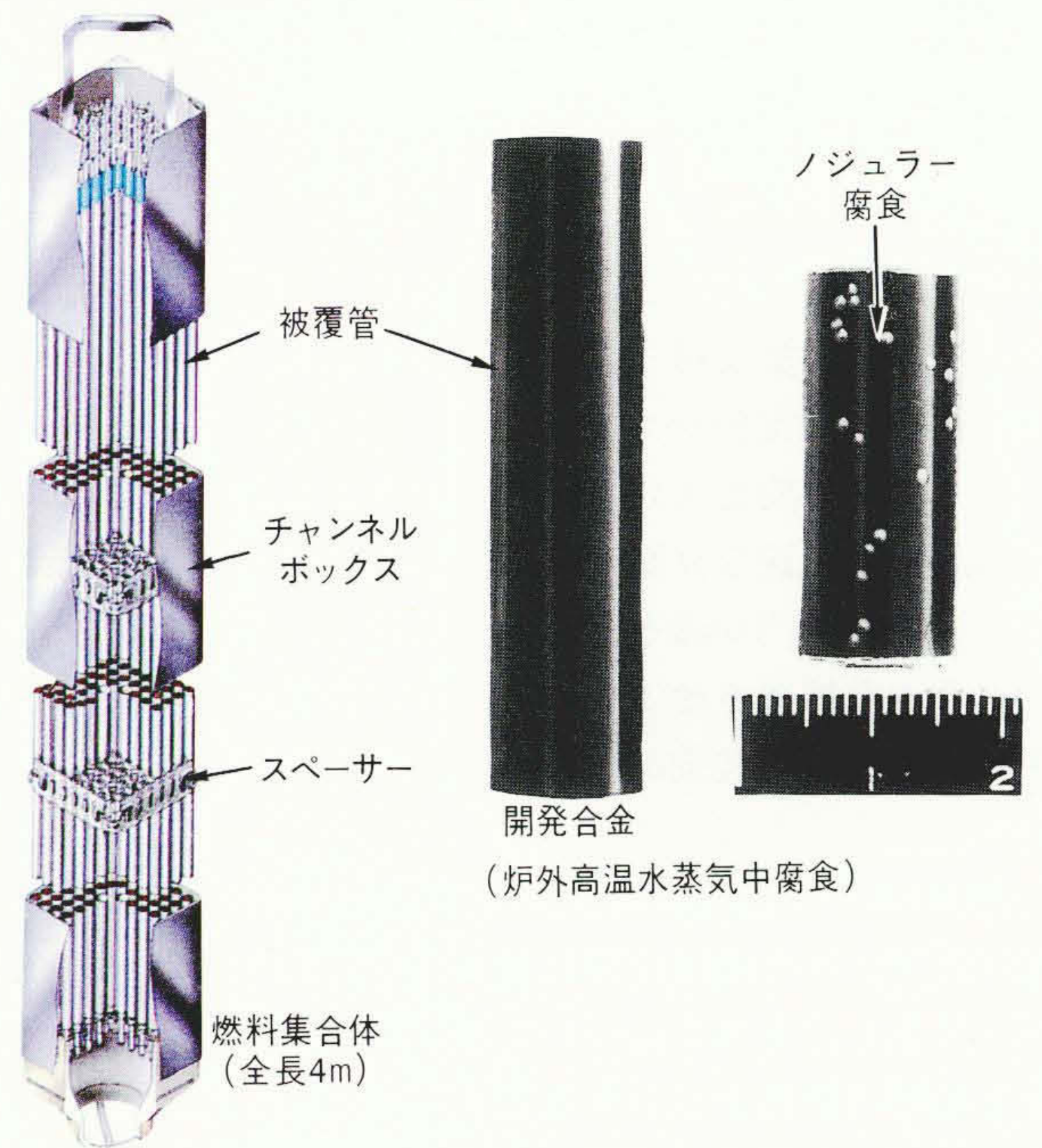
燃料集合体の使用寿命を大幅に延長できる高耐食性Zr(ジルコニウム)合金を開発中である。ウラン資源の有効利用に寄与することを目指して、その適用を検討している。

少ないウランで、より高いエネルギーを得る省ウラン高燃焼度炉心の開発を進めている。ウラン燃料を収納する燃料集合体Zr合金部材は、放射性物質漏れ防護壁としての重要な機能を持つ。

高燃焼度化に伴い、燃料の炉内滞在期間が長期化し、被覆管の腐食の増加が懸念される。このため、高燃焼度炉心に使用するZr合金部材の耐食性を高め、設計余裕を増すことが望ましい。特に、ノジュラー腐食と呼ばれる局部腐食の発生しにくい合金の開発が要求されている。

開発中の新Zr合金は、合金成分として高濃度の鉄、ニッケルを含む。鉄、ニッケルは、使用中にZr合金表面に形成される酸化皮膜の電気抵抗を著しく高める。この高抵抗酸化皮膜が内部のZr金属の腐食を防止する。これまでの試験の結果、新Zr合金は、高い耐ノジュラー腐食性を示した。

新Zr合金を燃料構造部材に適用することにより、燃料の炉内使用寿命の大幅な延長が期待できる。



Zr合金燃料構造部材とその腐食

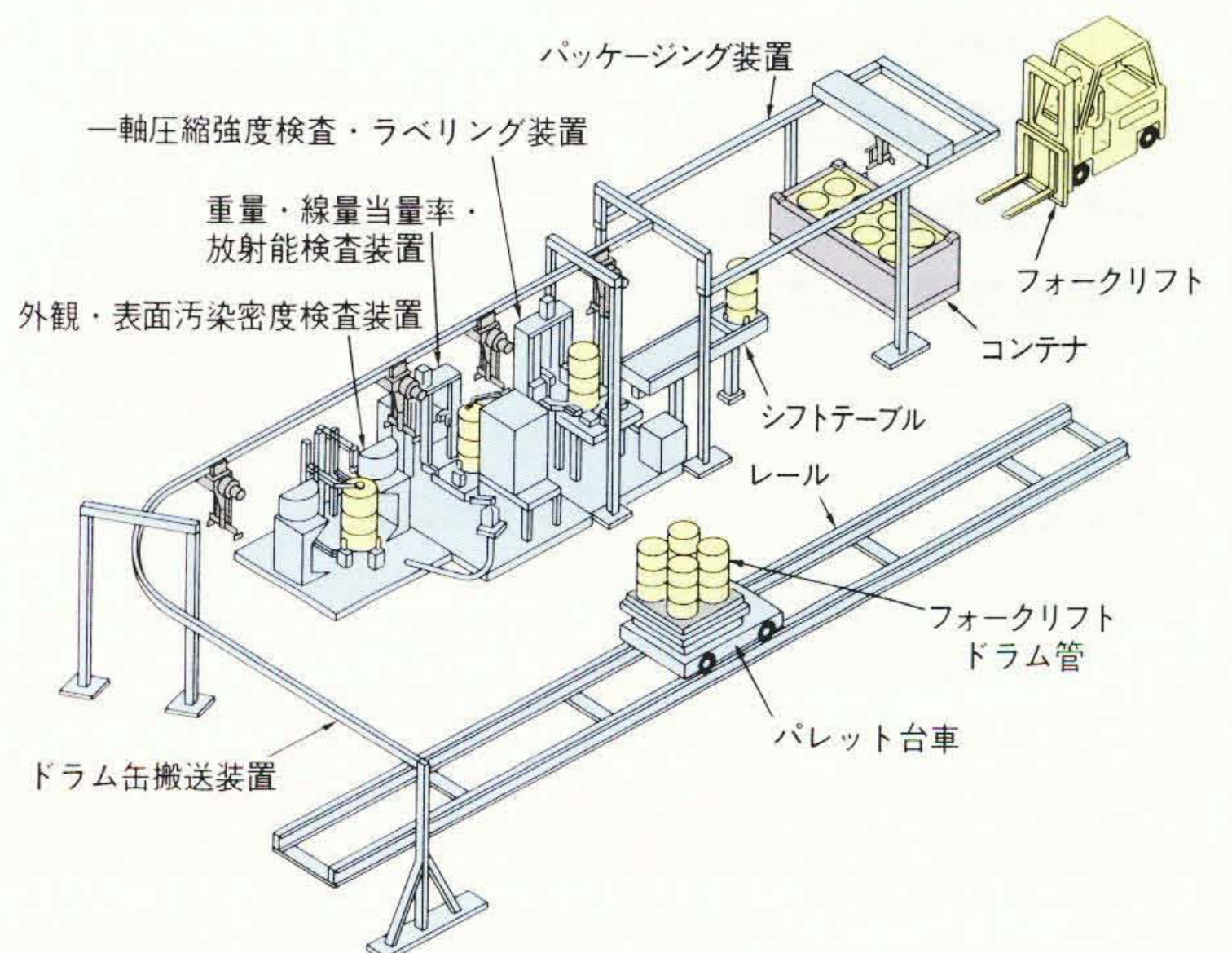
低レベル固体廃棄物敷地外搬出設備

原子力発電所で発生した低レベル固体廃棄物を最終貯蔵施設に搬出するための設備が完成した。この設備は国内での初号機にあたるものである。

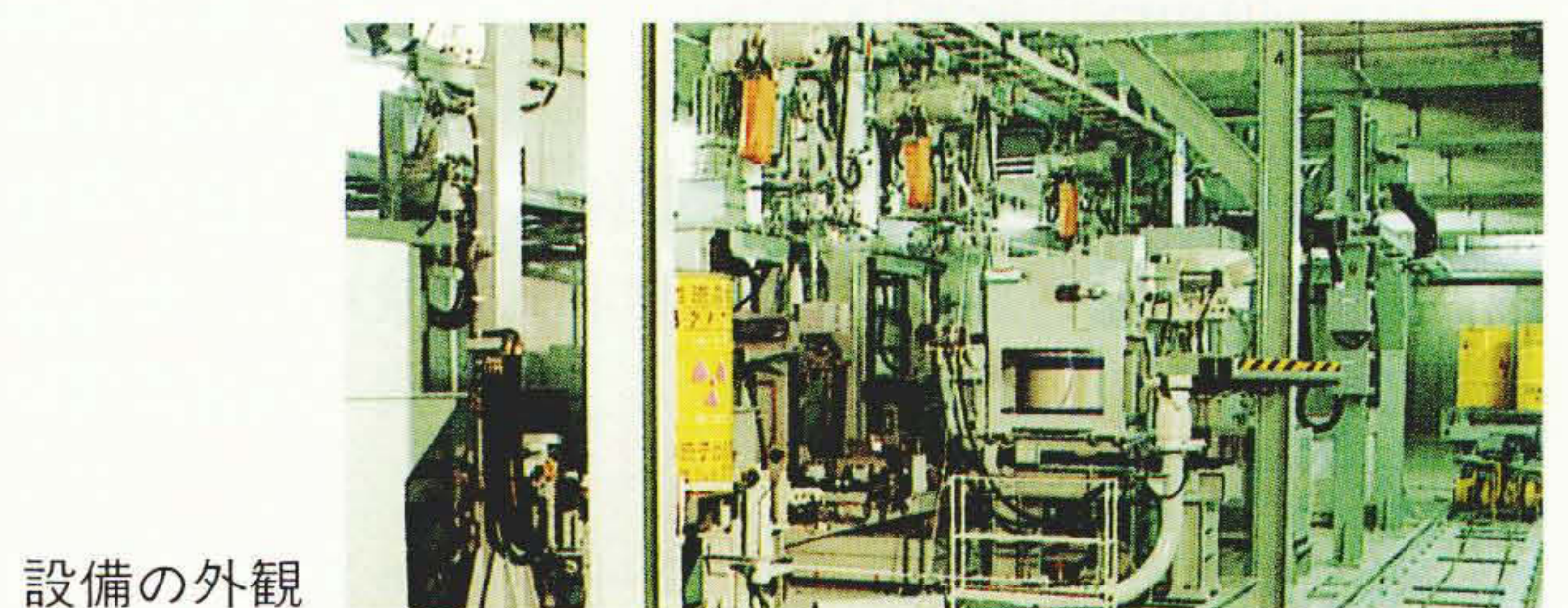
日本原子力発電株式会社 敦賀発電所納め低レベル固体廃棄物敷地外搬出設備が1992年3月に竣(しゅん)工した。この設備は原子力発電所で発生した低レベル固体廃棄物(廃棄物をセメントやアスファルトでドラム缶に固める。)を青森県六ヶ所村の最終貯蔵施設に埋設するために、廃棄体(ドラム缶)が埋設基準を満足していることを確認するための設備である。

この設備は三つの検査ユニットと廃棄体移動用のモノレールなどで構成されている。廃棄体を1本ずつつり上げて、直線上に配置された検査ユニット間をモノレールによって順次移動し、自動検査を行う。検査に合格した廃棄体をラベリングし、船積み用のコンテナに収納して保管する。

引き続いて中国電力株式会社 島根原子力発電所納めの設備が1992年10月に竣工している。四国電力株式会社 伊方発電所納めの設備は1993年4月に竣工の予定である。



低レベル固体廃棄物搬出設備の鳥観図



設備の外観

原子力発電マンマシンシステムの開発

電力の安定供給のため、高度かつ膨大な専門知識を基に運転保守計画を立案している。そこで、この業務を効率よく支援するエキスパートシステム(原子力発電マンマシンシステム)を開発した。

原子力発電マンマシンシステムは、運転計画支援システムと保守作業支援システムとから成る。

(1) 運転計画支援システム

原子炉が外的要因によってスクラムした場合には、再起動計画の迅速な立案が望まれる。このシステムでは、炉心管理の専門知識を知識ベース化し、炉心特性予測プログラムと結合させることにより、各種の制約条件を考慮した最適な再起動計画を短時間で立案可能とした。

(2) 保守作業支援システム

輻輳(ふくそう)した多数の保守作業・作業間の干渉・保守作業に伴う隔離作業に対し、専門的な知識をデータベース化し、それに基づいた最適な作業手順の立案と作業実施時の管理を支援することを可能とした。

なお、この開発は通商産業省の補助金に基づく開発で

ある。上記を改良型中央制御盤に組み込んだシステム構成例を写真に示す。



原子力発電マンマシンシステムの構成例

ATR実証炉原子炉本体ISI技術

ATR(新型転換炉)実証炉原子炉本体のISI(供用期間中検査)のため、ATRに特有な管群構造の出入口管と、炉心部を構成している圧力管に対して、専用の検査装置を開発している。

ATR実証炉の出入口管と圧力管に適合した検査装置の機能の確証が、通商産業省が電源開発株式会社に委託している「ATR技術確証試験」の中で進められている。ここでは、試作、機能の確証を行った出入口管群検査装置について述べる。

出入口管の溶接継手部に対するISIには、体積検査(超音波探傷)を予定している。出入口管群ISI装置は、ピッチ約110~240 mmで最大18×14のマトリックス状に配列された入口管群(口径60.5 mm)、および出口管群(口径89.1 mm)の列間に駆動機構部を挿入し、探傷装置部を管群中に誘導して溶接継手部を自動的に検知し、超音波探傷を行うことを特徴としている。主要開発項目は次のとおりである。

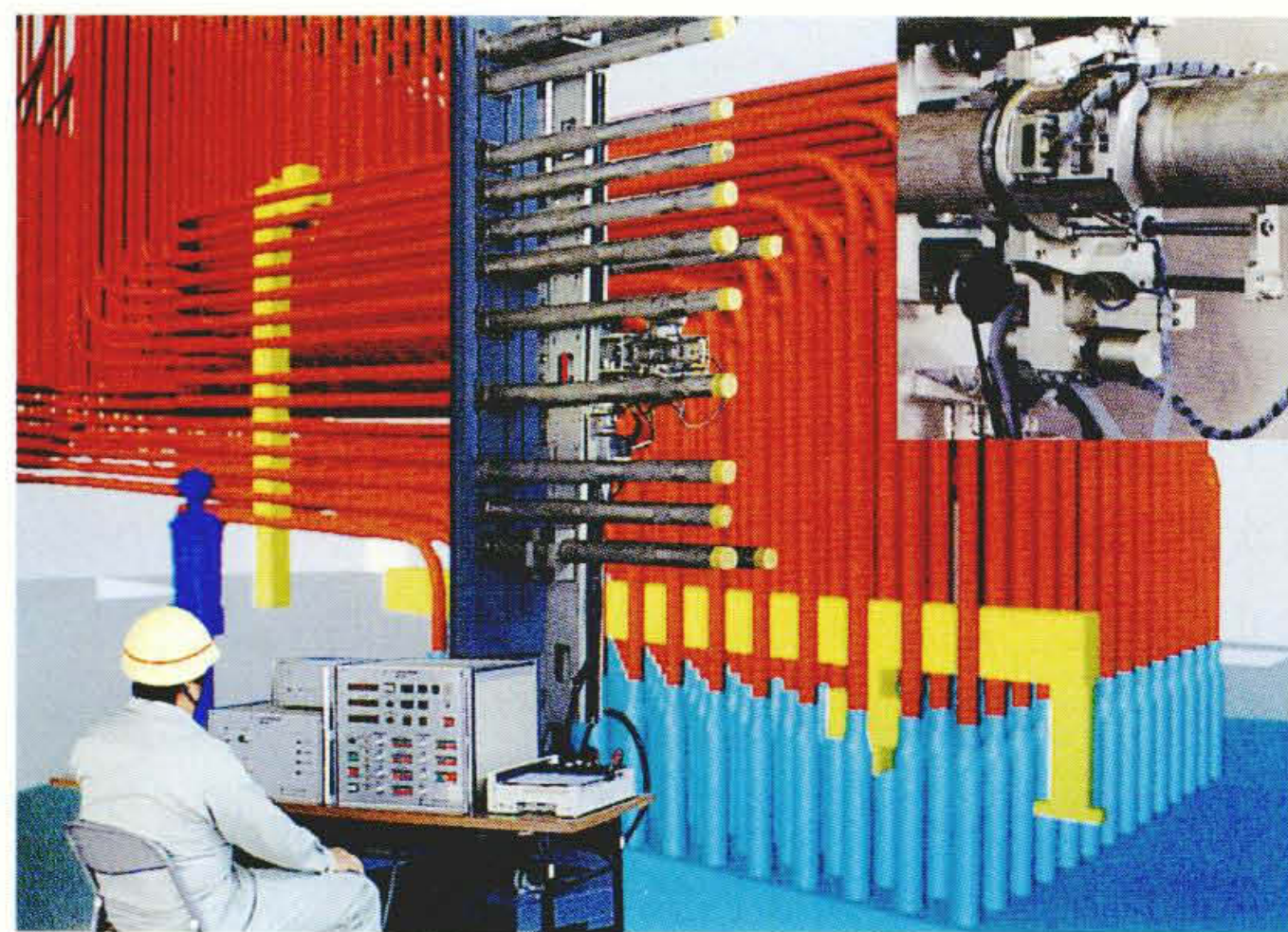
(1) 検査時間短縮：装置の取扱い性を高めるため、分割可能で、遠隔から操作できるものとした。配管の周軸2

方向からの検査を1回の走査で可能とする、複数の超音波振動子を組み込んだ小型のマルチ探触子を開発した。

(2) 検査精度向上：検査対象となる溶接継手部の検知には、溶着金属に添加されるフェライトを渦電流式センサで自動的に検出する機構を用いた。

(3) 小型化：約113~150 mm幅の出入口管間隙に挿入可能なように小型化を図った。

上記検査装置の開発により、出入口管溶接継手部のISIを可能とした。



出口管群とISI検査装置

出力700 MW最新鋭石炭火力発電設備

中部電力株式会社碧南火力発電所納め2号機石炭火力発電設備が完成し、営業運転を開始した。碧南火力発電所は同社初の大容量石炭火力発電設備である。

中部電力株式会社碧南火力発電所納め2号機石炭火力発電設備は、ボイラ、タービンおよび発電機設備の据付け、試運転を完了し、1992年6月に営業運転を開始した。

この碧南火力発電所は、中部電力株式会社初の海外炭専焼大容量(出力：700 MW)超臨界圧変圧運転プラントであり、低圧タービン最終段動翼に40インチチタン翼の採用など最新技術を駆使した高効率かつ信頼性の高い発電設備である。当面はベースロード用として運用されるが、中間負荷運用もできるように、高負荷変化率、最低安定負荷の低減、および起動・停止時間の短縮を図っている。

1989年2月の土木建設工事着工以来、建設工事は順調に進み、1991年にボイラ初点火、同年10月にタービン初通気を行った。以後、1992年6月に試運転を終了し、無事営業運転に入った。

このプラントの特徴は次のとおりである。

(1) 変圧運転、多炭種対応、および高負荷変化率対応(50%~100%負荷で5%/min)として、スパイラル形水壁構

造、過熱器3段スプレー、排ガス再循環、およびパラレルダンパを採用した。

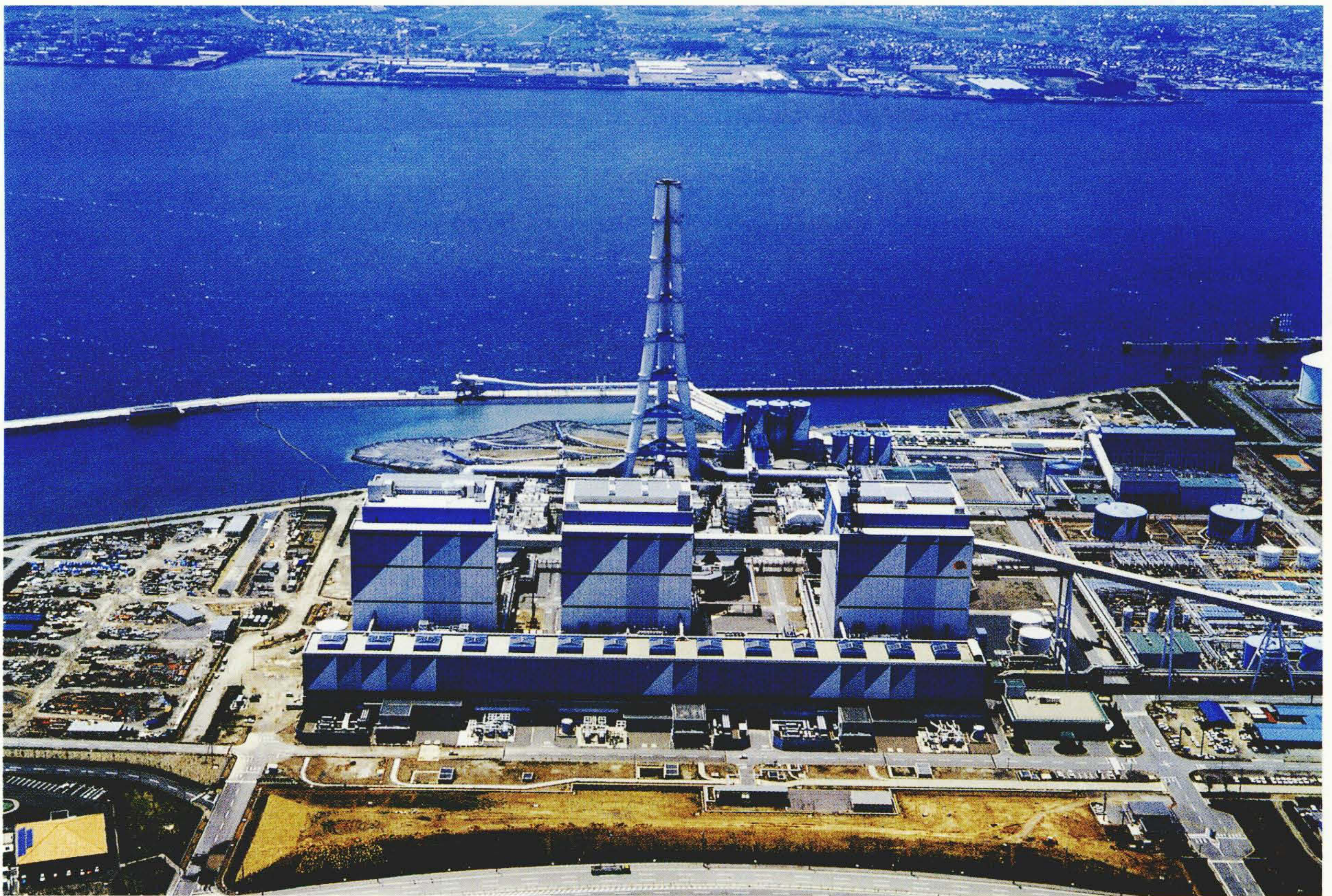
(2) 回転分級機付き大型微粉炭機(MPS-118)の採用による微粉粒度の向上、微粉炭機最低負荷の切り下げ、およびバーナ運用法の改善により、石炭専焼最低安定負荷30%を達成した。

(3) 環境保全対策として平成4年環境庁長官賞を受賞した「日立-NRバーナ」をはじめ、還元二段燃焼法および高性能脱硝装置の採用により、負荷変化時を含め安定した低NO_xを実現した。

(4) 低圧タービン最終段動翼に、3,600 r/min回転機用としては世界最長のチタン合金製40インチ長翼を採用し、蒸気タービンの高効率化を達成した。

(5) 各種の高効率化技術によって発電機効率99.08%を達成した。また、発電機エンドリングに耐SCC、耐腐食性に優れた18Mn-18Cr鋼を採用し、発電機の高信頼化を図った。

(6) 機器の高信頼化によって復水ポンプと復水ブースタポンプは予備機なしとし、低圧第3、第4給水加熱器は一系列化とした。また、省エネルギーの観点から復水ブースタポンプ、低圧給水加熱器ドレンポンプは、インバータによる回転数制御を採用した。



営業運転に入った中部電力株式会社碧南火力発電所の全景(中央が2号機)

700 MWコンバインドサイクル発電設備

電力・エネルギー

中国電力株式会社柳井発電所1号系列700 MW発電設備は、1-1号系列(3台, 出力350 MW)が1990年11月から、1-2号系列(3台, 出力350 MW)が1992年12月から営業運転に入った。

中国電力株式会社柳井発電所納め1号系列700 MWコンバインド発電設備は、燃料の多様化に対応する中で主として原子力と石炭火力がベース負荷を担い、LNG火力が負荷調整用として運用する目的で建設された最新鋭の発電設備である。随所に最新技術を採用した発電設備は、1-1号系列(3台で出力350 MW)と、1-2号系列(3台で出力350 MW)に分割され、1-1号系列が1990年11月から、1-2号系列が1992年12月から、関係各社の注目を浴びながらそれぞれ営業運転に入り、現在好調に稼動中である。

(1) 概略仕様

発電設備は、ガスタービン、蒸気タービンおよび発電機を一つの軸で構成する一軸型コンバインド方式である。

1台の認可出力は大気温度5℃で125 MWであり、系列当たりの出力は、大気温度20℃時の出力で約117 MW×6台の計700 MWである(表1)。

主機を構成するガスタービンには、入口ガス温度1,104℃の高効率MS-7001EA形を、燃焼器には、NOx対策を考慮して新しく開発した乾式低NOx燃焼器をそれぞれ採用した。

このほか、監視制御用大形スクリーン、最新の高度情報化技術を応用した総合運用管理システムの構築など、数多くの新技術を採用している。

(2) 主な特徴

(a) 従来型発電方式に比べて、高負荷、部分負荷帯でも高効率が維持できる(運転実績ベースで約44%達成)。

(b) 起動・停止が容易なので負荷変動に対する追従性がよい。

(c) 信頼性が高い。

(d) 新しく開発した低NOx燃焼器と脱硝装置の組み合わせで低NOxを実現した。

(e) CRTオペレーション、110インチ大型スクリーン、運転支援システムなどの採用でヒューマンインターフェースの向上を図った。

以上、運用性に優れた発電設備として評価されている。

表1 主な仕様

主 要 目		1 号 系 列
出 力	系列認可出力	700 MW(約117 MW×6台) 〔気温20℃時〕 125 MW 〔気温5℃時〕
	単機認可出力	
使 用 燃 料		LNG(液化天然ガス)
ガスタービン	形 式 入口ガス温度 単 機 出 力	単純開放サイクル1軸形 1,104℃ 83 MW
蒸気タービン	形 式 蒸 気 圧 力(高压・低压) 蒸 気 温 度(高压・低压) 単 機 出 力	混圧単流排気復水式 5.68 MPa・0.65 MPa 481℃/飽和 42 MW
排 熱 回 収 ボ イ ラ	形 式 蒸 発 量(高压・低压)	排熱回収自然循環形 130.4 t/h・28.4 t/h
発 電 機	形 式 容 量	水素冷却横置円筒界磁形 139,000 kVA
排煙脱硝装置	方 式 処 理 ガ ス 量 脱 硝 率	乾式アンモニア接触還元法 全量 80%

注：主機仕様は気温5℃時を示す。



中国電力株式会社柳井発電所の全景

ガスタービン実用化総合試験設備

将来のガスタービン新技術を実機で確認試験するため、13万kWガスタービン発電試験設備を建設中であったが、このたび完成し、運用を開始した。

今後火力発電設備としてガスタービンのニーズはますます増加してくるものと予想される。このニーズにこたえるためには次に述べる事項に対応する新技術の開発が必要である。

- (1) 燃料の多様化
- (2) 燃焼温度の高温化による発電の高効率化
- (3) 排気ガスの環境対応
- (4) 高信頼性
- (5) 日々起動・停止運転

このような課題に対応して基礎研究、応用技術の開発に力を入れるほか、新技術開発品を実際の使用条件で確認試験をすることが必要である。13万kW発電試験設備が完成したことにより、実負荷をかけての使用条件下で試験実施が可能となり、今後のガスタービン新技術開発の強力な試験設備となることが期待できる。この試験設備で発生する電力は、自家工場設備に供給され、有効活

用を図ることができる。

主な設備の仕様は次のとおりである。

- (1) ガスタービン：開放単純サイクル一軸型
- (2) 発電機：横置き円筒回転界磁型
- (3) 燃料タンク：1,500 m³×3基
- (4) 純水装置：180 t/d
- (5) 純水タンク：500 m³×1基
- (6) 煙突：内径6 m、高さ40 m



ガスタービン実用化総合試験設備の全景

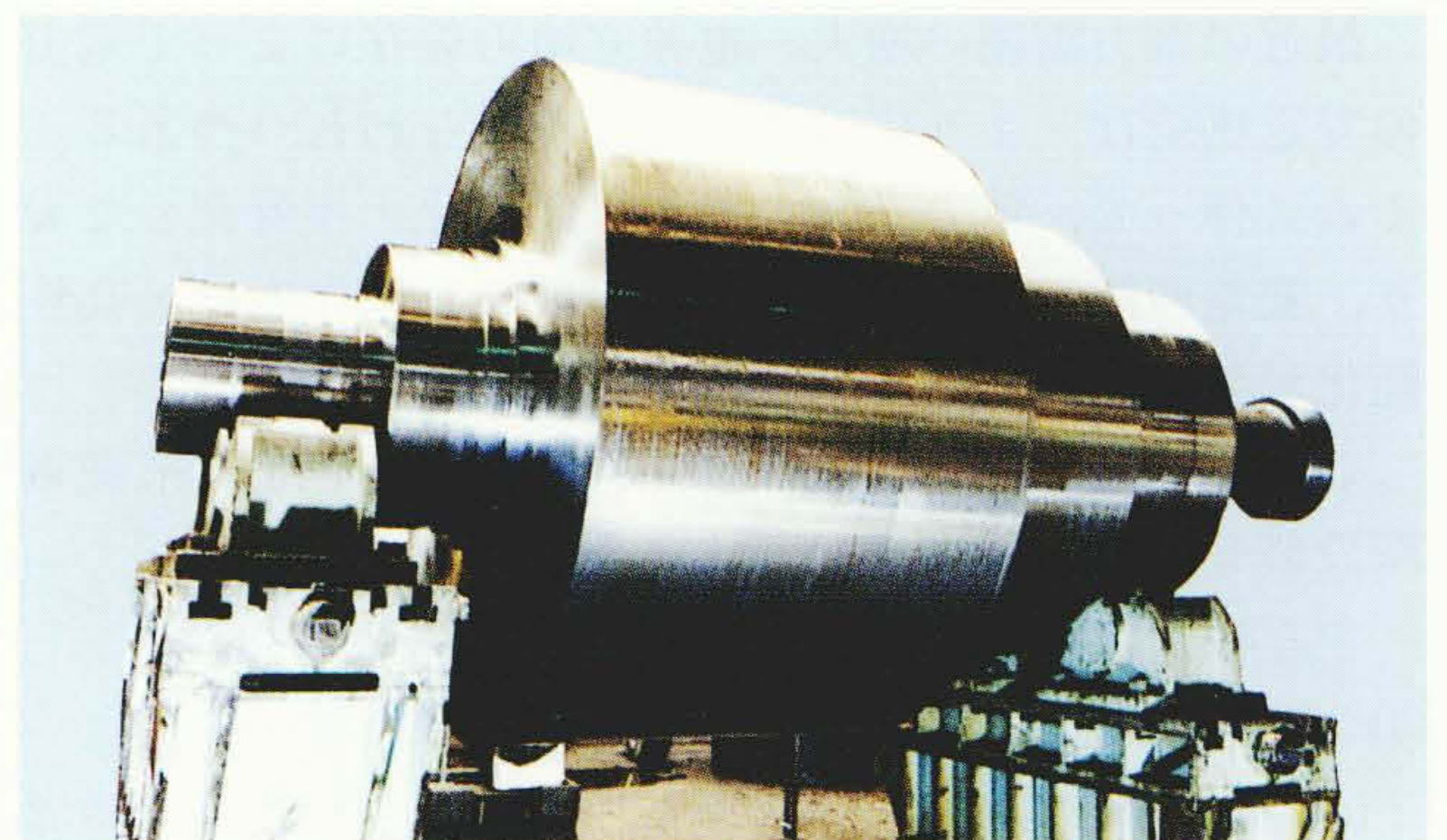
高・低圧用一体型蒸気タービンロータ

高温強度と低温靱性の両特性を兼ね備えたロータ材を開発し、コンパクトな中容量の高圧用と低圧用のロータを一体にした蒸気タービンの実現を可能にした。

株式会社日本製鋼所と共同で、蒸気タービンロータ材に要求される高圧側での高温強度と低圧側での高靱性の両特性を兼ね備えた低合金鋼を開発した。これにより、中容量蒸気タービン高圧部、低圧部ロータの一体化が可能となり、大幅なコンパクト化を実現できる見通しを得た。

開発した耐熱鋼は、従来のCr-Mo-V鋼に比べ、SiとMnの含有率を低めて高温での炭化物の安定化と不純物の粒界偏析を防止するとともに、NiとCrの含有率を高めて基地の強靱化を図っている。この開発鋼により、株式会社日本製鋼所で鋼塊質量75 t、最大直径1.72 mの大型ロータを試作し、製造性と機械性を実証した。

この1.8Ni-Cr-Mo-V鋼ロータは、538℃で10万時間も破断せずに耐えられ、その最大応力は167 MPaであり、従来のCr-Mo-V鋼に比べて1.2倍の高温強度を持つ。また、室温での衝撃の強さは60 Jであり、従来材に比べて約6倍の高靱性を持つ。



試作したロータの外観(直径1,720 mm、鋼塊質量75 t)

550 kV 1点切りガス遮断器

基幹電力系統用の遮断器の遮断点数を半減した大容量550 kV 1点切りガス遮断器の開発の見通しを得た。部品点数削減による信頼性向上とガス絶縁開閉装置の小型化が期待できる。

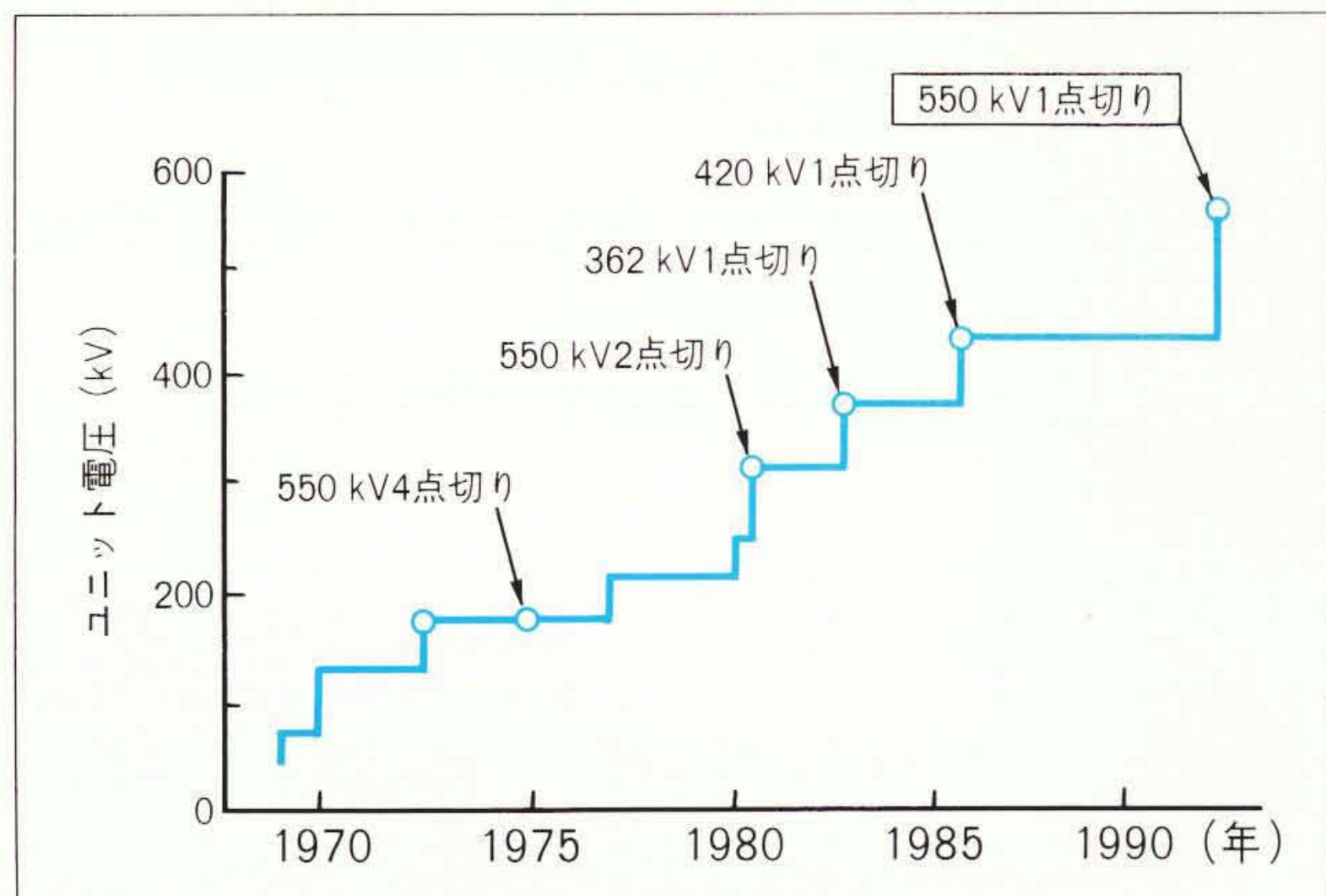
電力用遮断器は、電力ネットワークの中で事故が生じた場合、事故区間を高速で切り離して需要家に常に安定した電力を供給する重要な機器であり、高い信頼性が要求される。

最近、電力需要の急増に対し、立地条件上遠隔の電源から効率よく電力を需要地に運ぶため、電力流通設備の強化が図られようとしている。電力流通設備の変電所は、山岳地帯や都市部の地下に建設されることが多いため、コンパクト化に対するニーズが大きい。また、高電圧の遮断器は遮断部を複数直列に設けて構成してきたが、高信頼性、コンパクト化の面から直列点数を減らすことが望まれている。このニーズにこたえるため、550 kV 1点

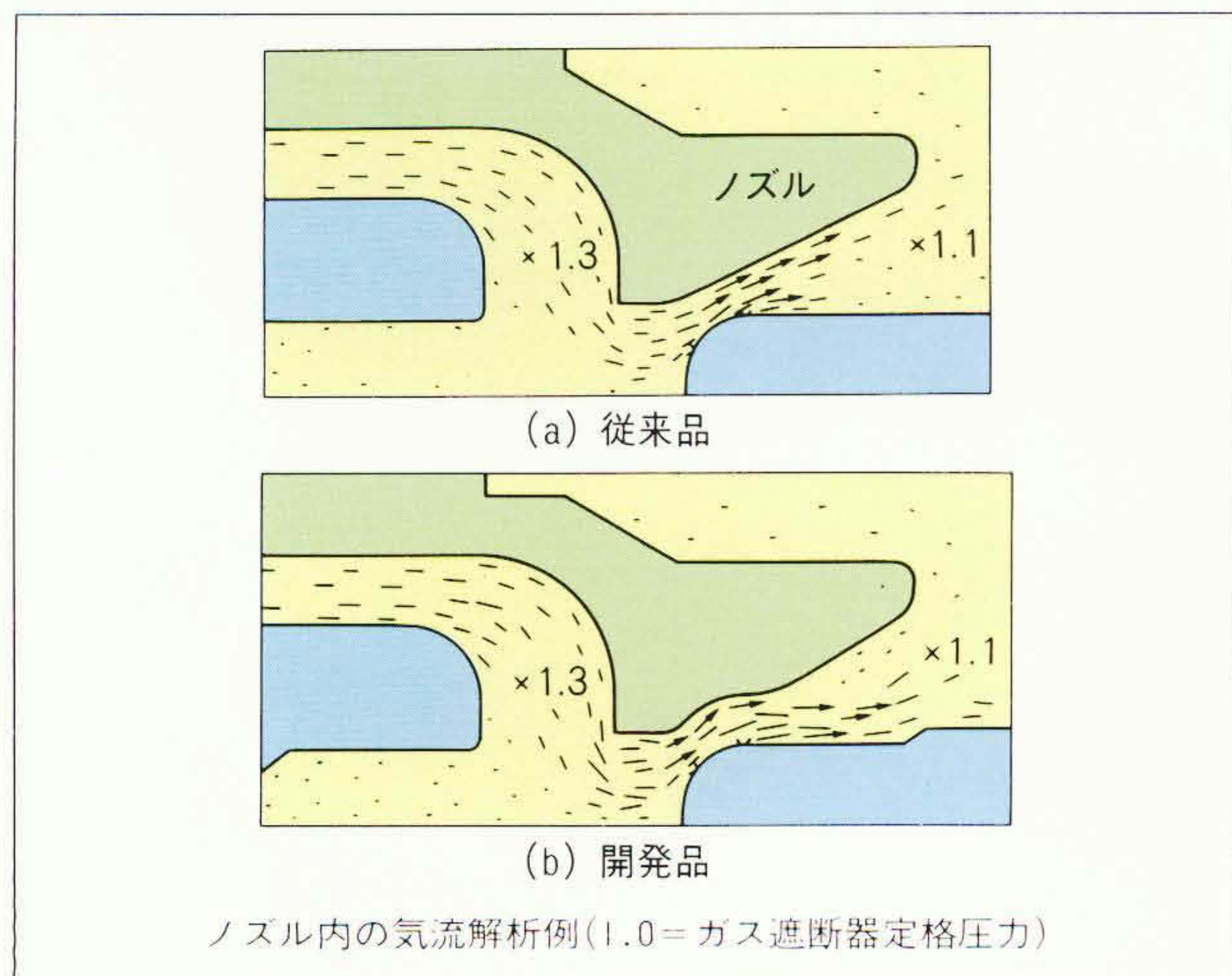
切りガス遮断器を開発し、信頼性の向上、および変電所での550 kVガス絶縁開閉装置の小型化を可能にした。

この遮断器の特徴は次のとおりである。

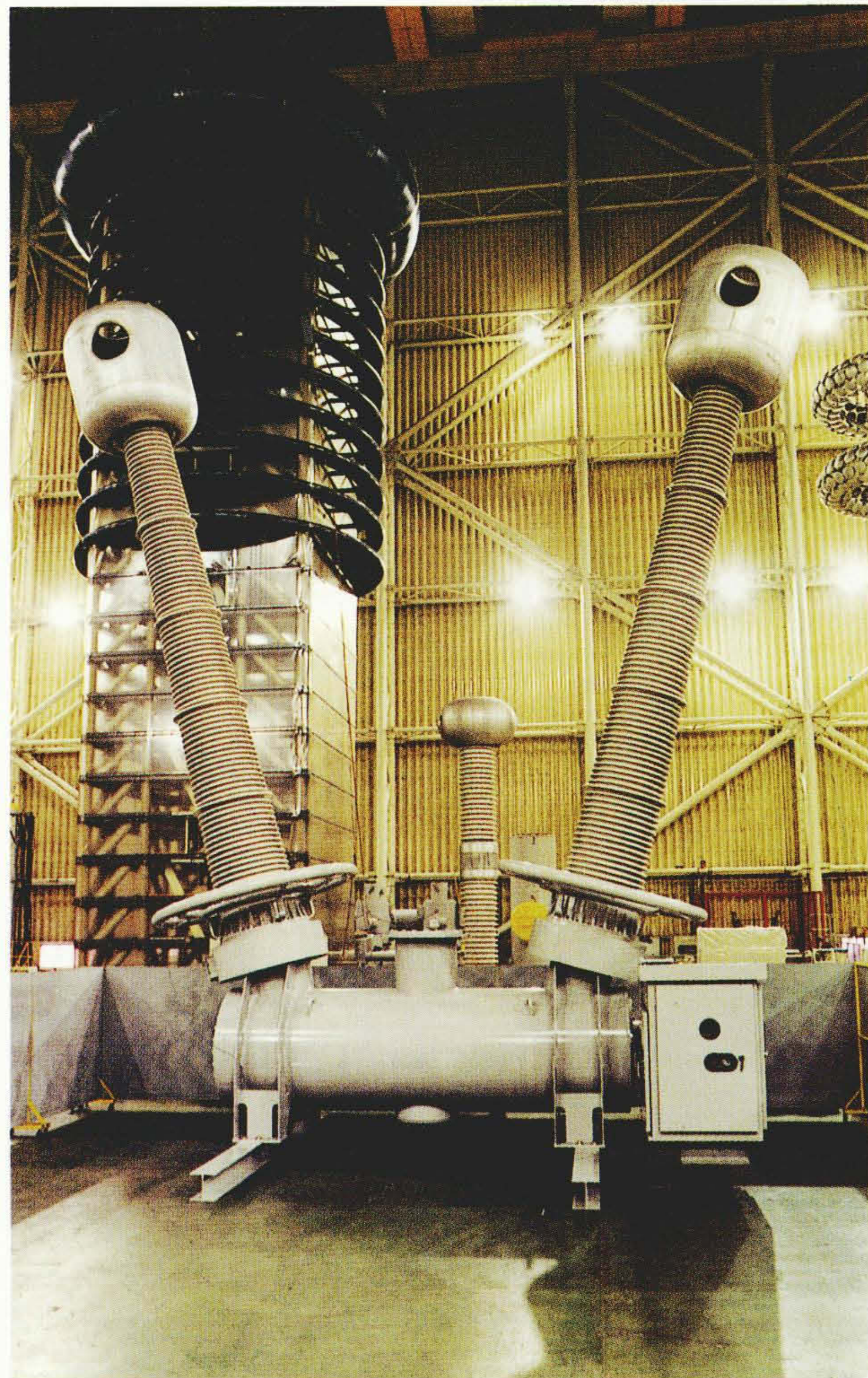
- (1) ガス流解析と電界解析とによる遮断特性シミュレーション技術を駆使して、送電線の充電電流のような小電流遮断から短絡事故時の大電流遮断まで高い絶縁回復特性を示す新型ノズル構造を開発し、適用したことによって大幅な遮断性能の向上を達成した。
- (2) 日立製作所ガス遮断器の基本構造である2方向シンクロパuffa方式の効率向上を図って、近距離線路故障に対する遮断性能を得た。
- (3) 自冷式ホットガスクーラを設けて、大電流アークで加熱されたホットガスをデッドボリュームで冷却し、大電流遮断時の対地絶縁性能を高めている。
- (4) 極間電極形状および開離特性の最適化によって極間開離距離を従来の約60%に低減でき、操作エネルギーを従来と同等とした。



ガス遮断器のユニット遮断部高電圧化の経緯



550 kVガス遮断器の遮断部ノズル形状



550 kV 1点切りガス遮断器

東京電力株式会社新信濃変電所納め300 MW周波数変換装置の完成

電力会社間の相互の応援能力の拡大による電力需給の安定化のため、大容量の光サイリスタ素子を用いて信頼性を向上させた300 MW周波数変換装置を開発した。

電力会社間の相互の応援能力の拡大のため、新技術を用いた300 MW周波数変換装置を開発し、東京電力株式会社新信濃変電所に納入した。

この装置の設置により、既設と合わせて600 MWの電力融通ができるようになり、電力供給信頼度の向上に大きく寄与している。

主な特徴は次のとおりである。

(1) サイリスタバルブ

- (a) 屋内用空気絶縁水冷式4段積光サイリスタバルブを採用し、既設と比べて約 $\frac{1}{4}$ の省スペースを実現した。
- (b) 水冷式のコンパクトな構造を実現し、保守管理が容易な空気絶縁式を採用した。
- (c) 6 kV、2.5 kA光サイリスタの採用で部品点数を大幅に削減したので信頼性が向上した。

(2) 制御・保護装置

(a) 32ビットマイクロコンピュータを使用したDDC(直接デジタル制御)方式による二重化システムを採用し、高信頼化、機能向上、保守性の向上を実現した。

- (i) 自動監視機能を強化した。
- (ii) 二重化構成で1系故障時に運転継続しながら故障系列自動切離しができるようになった。
- (iii) 重要制御信号の光インタフェース化により、耐ノイズ性能が向上した。
- (iv) 制御設定値の可視化とテンキー操作化を実現した。

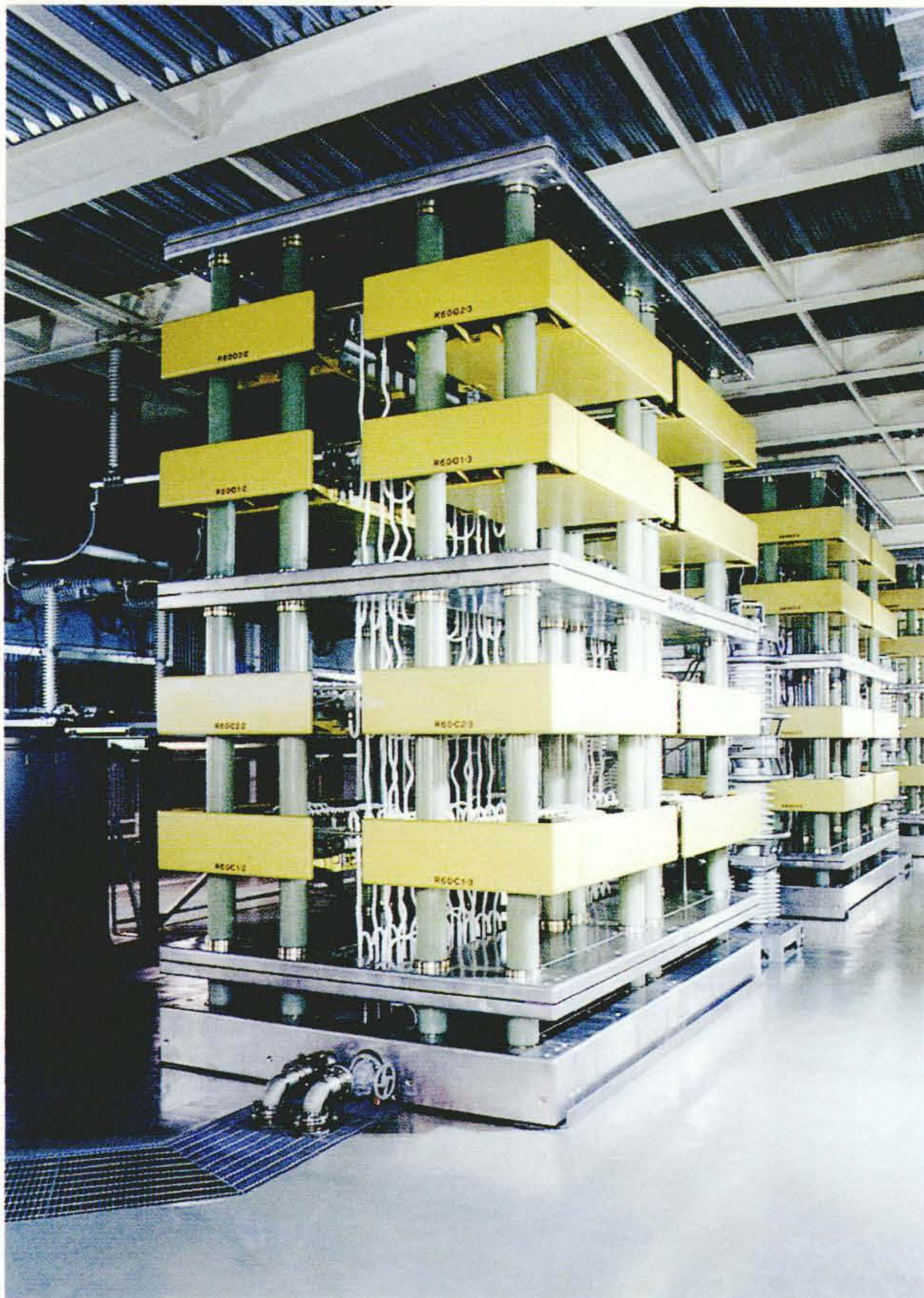
(b) 変換器用保護に初の全デジタル化を採用し、保護機能の向上と高信頼化を実現した。

- (i) 超高速動作(数ミリ秒動作)リレーを含む多種多様の保護リレーのデジタル化とフェールセーフシステムの構築を行った。
- (ii) 変換器用保護リレーシステムの2系列化と自動点検監視システムの併用によって高信頼化を実現した。

(c) 全デジタル化によって制御・保護装置のコンパクト化、省スペースを実現した。

(3) 光直流計器用変圧器

- (a) 光センサ、光ファイバ伝送により、耐ノイズ性が向上した。
- (b) 専用の無停電電源(交流)が不要となった。



東京電力株式会社納め300 MWサイリスタバルブ



東京電力株式会社納め12相制御装置(二重化)

電力系統安定化用の50 MVA自励式静止形無効電力補償装置

電力系統の電圧安定性向上を目的として、東京電力株式会社との共同研究により、50 MVA自励式静止形無効電力補償装置を開発した。

東京電力株式会社と共同で、将来の系統電圧安定化の重要な担い手と期待される、GTO(ゲートターンオフサイリスタ)を使用した50 MVAの自励式SVC(Static Var Compensator：静止形無効電力補償装置)を開発した。

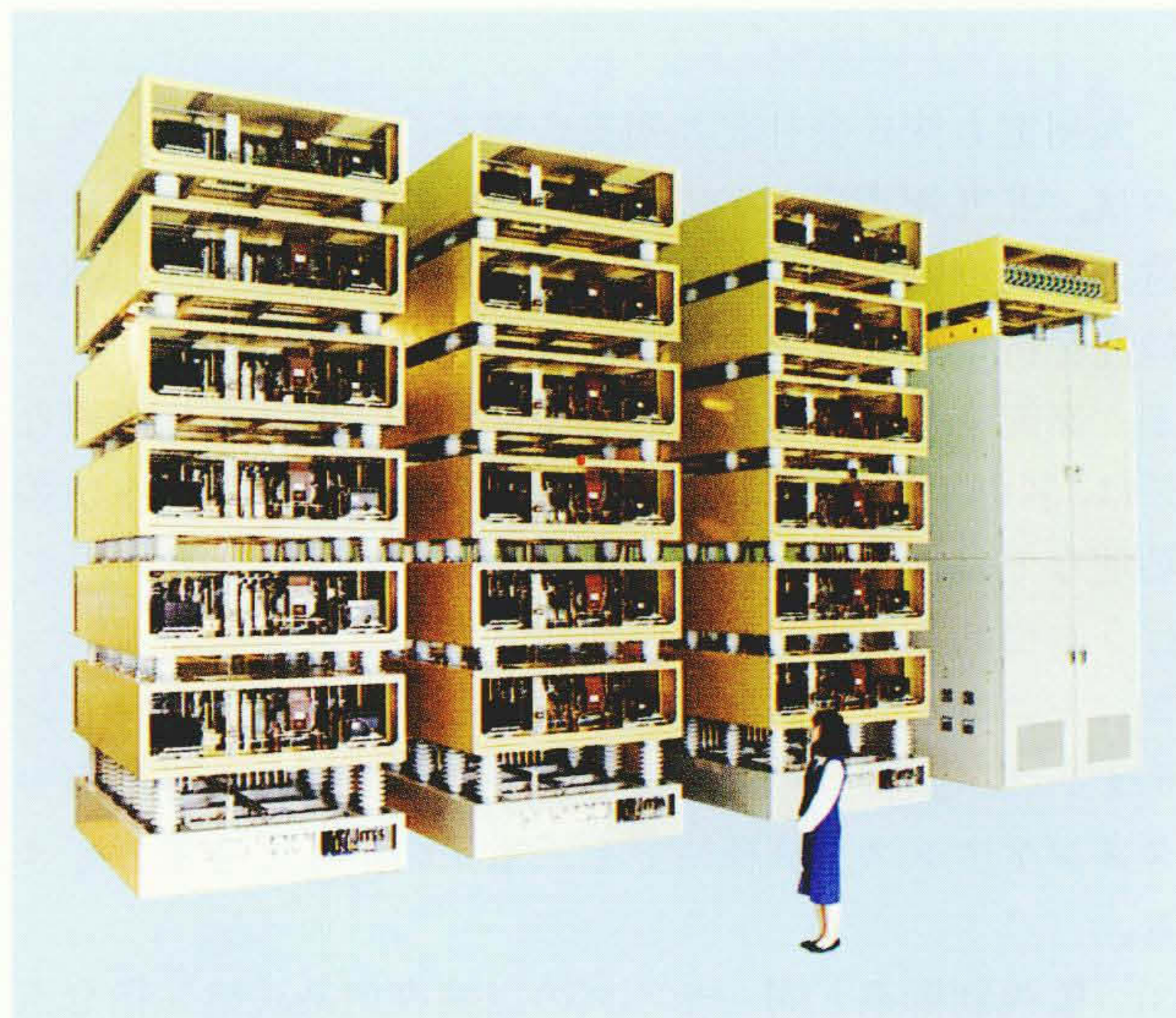
この装置は東京電力株式会社新信濃変電所の3号主要変圧器の三次巻線に接続され、系統電圧の安定化、電力動揺の抑制による系統安定度向上効果の検証、およびシステム信頼性の実証を行っている。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 系統電圧維持機能が高い：無効電力制御出力が系統の電圧変動の影響を受けにくく、また無効電力を進相から遅相まで高速かつ連続的に制御できる。
- (2) 所要スペースが小さい：電力用コンデンサ、リアクトルが不要なのでコンパクトな配置ができる。
- (3) 運転保守が容易である：半導体スイッチング素子と

デジタル制御技術を使用した静止器なので保守性に優れている。

- (4) 振動騒音が少ない。



東京電力株式会社納め50 MVA自励式SVC

配電総合自動化システム

九州電力株式会社に納入した配電業務を総合的に自動化するシステムは、将来の高度情報化社会への対応を目指し、世界に先駆けて開発した実証システムである。

九州電力株式会社では柱上開閉器の制御用計算機による自動制御システムの導入を展開中であり、停電時間の減少と業務の効率化を図っている。配電総合自動化システムは、この配電線自動制御システムをベースに、将来

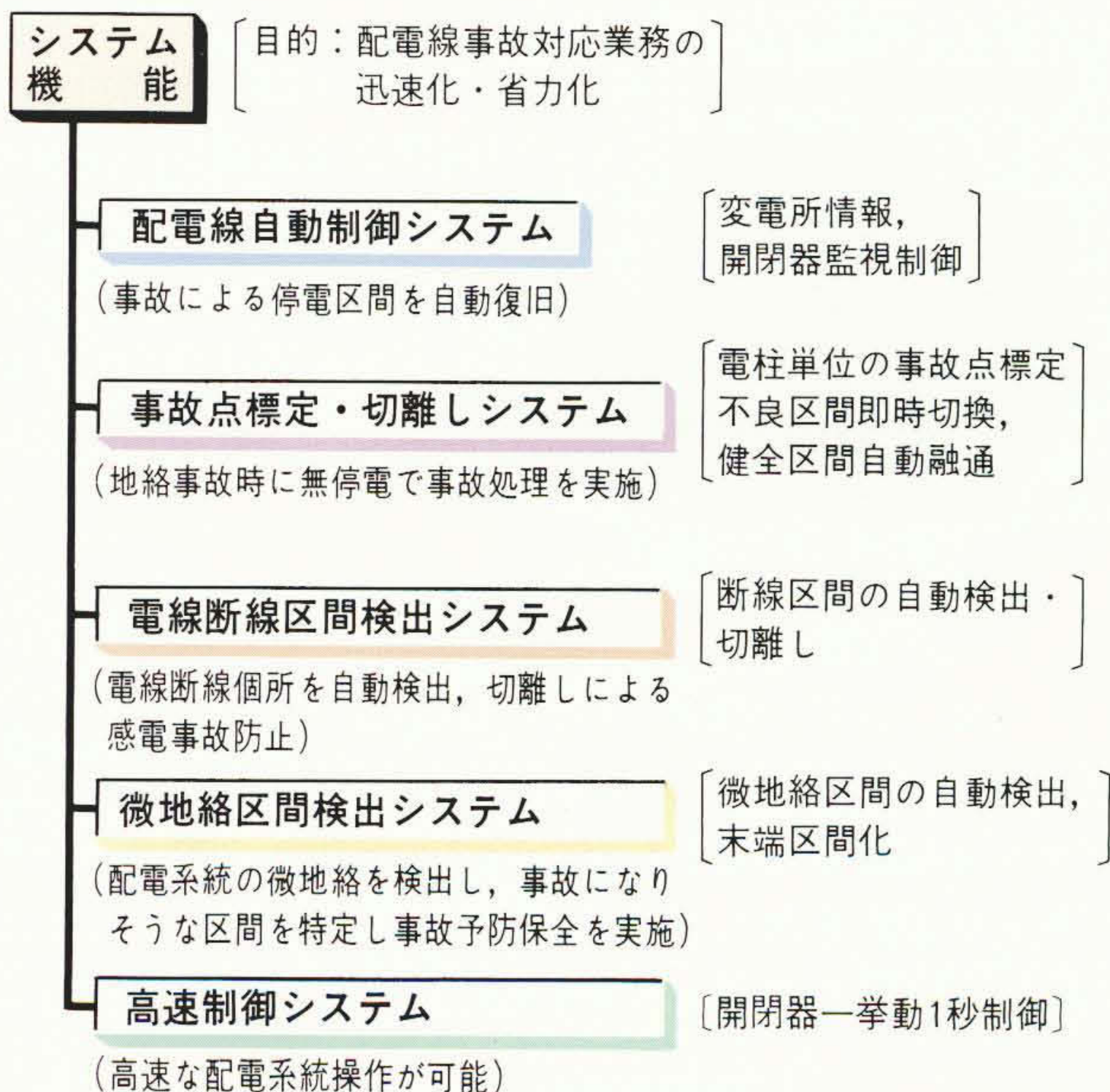


配電自動化システム操作卓(指令室)

の高度情報化に対応するため、「低コストで信頼度の高い電力供給の確保」と「お客さまへの迅速なサービスの提供」を目指している。

このシステムの機能を図に示す。

システム機能



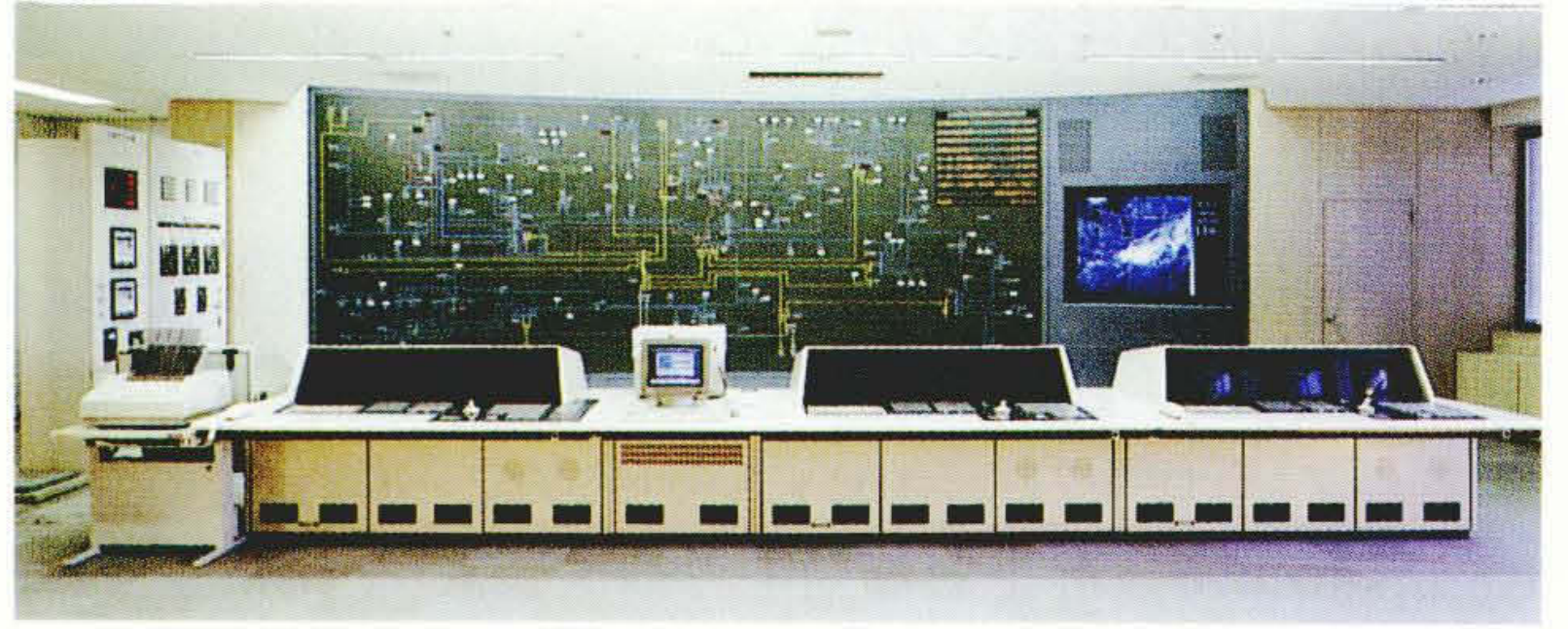
九州電力株式会社北九州支店納め総合制御所システム

電力のよりいっそうの安定供給を目的とした総合制御所システムを完成し、九州電力株式会社北九州支店に納入した。このシステムは、1992年7月1日から運用を開始した。

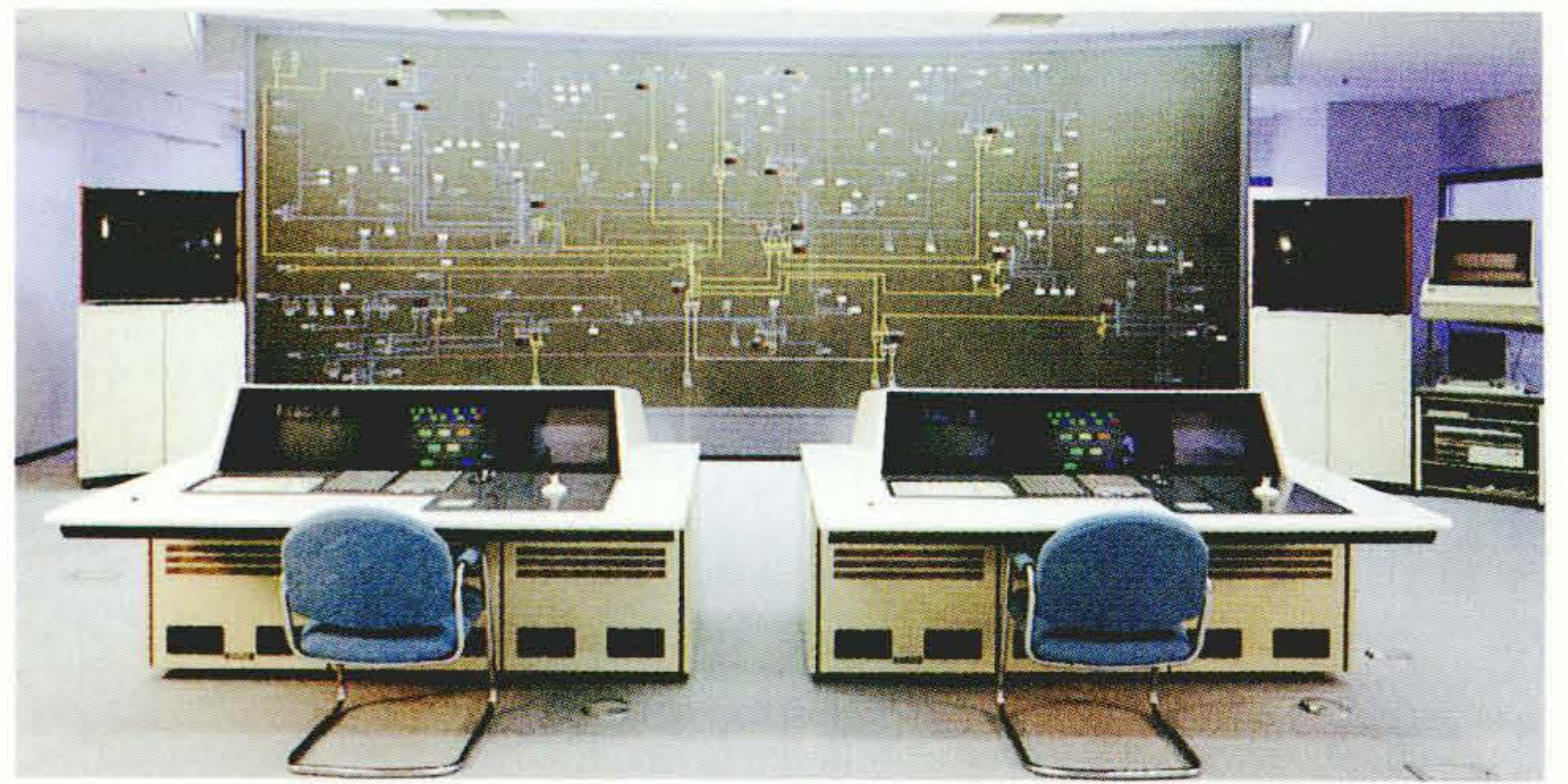
九州電力株式会社北九州支店納めの総合制御所システムは、北九州市東部の220～6.6 kVの都市部電力系統を遠方監視制御するシステムである。この高応答性、高信頼性を持つシステムの特徴は次のとおりである。

- (1) 高速応答性を要求される監視制御、系統操作処理などは、制御用計算機(HIDIC V90/75)で行い、高度な情報処理などは、汎(はん)用計算機(HITAC M630/30E)で行う本格的ハイブリッドシステムである。
- (2) 主コンピュータは3台構成とし、1台をデータメンテナンス・訓練専用計算機として運用することで、データメンテナンス・訓練時でも二重系の信頼性を確保できる。
- (3) 監視制御系と同一サイズの訓練専用系統盤・指令卓を訓練室に設置した臨場感あふれる訓練シミュレータを設置した。

- (4) 台風襲来時などの多重状態変化発生時にも、監視・制御を正常に実施できる高速処理性を実現した。



指令室全景



訓練室全景

ファジィ推論を適用した電圧制御装置

ファジィ推論を適用したデジタル形電圧調整リレーを試作し、フィールド試験を行った。その結果、タップ切換回数を従来と同程度にすると、目標電圧に対する電圧の誤差を十分低減できることを実証した。

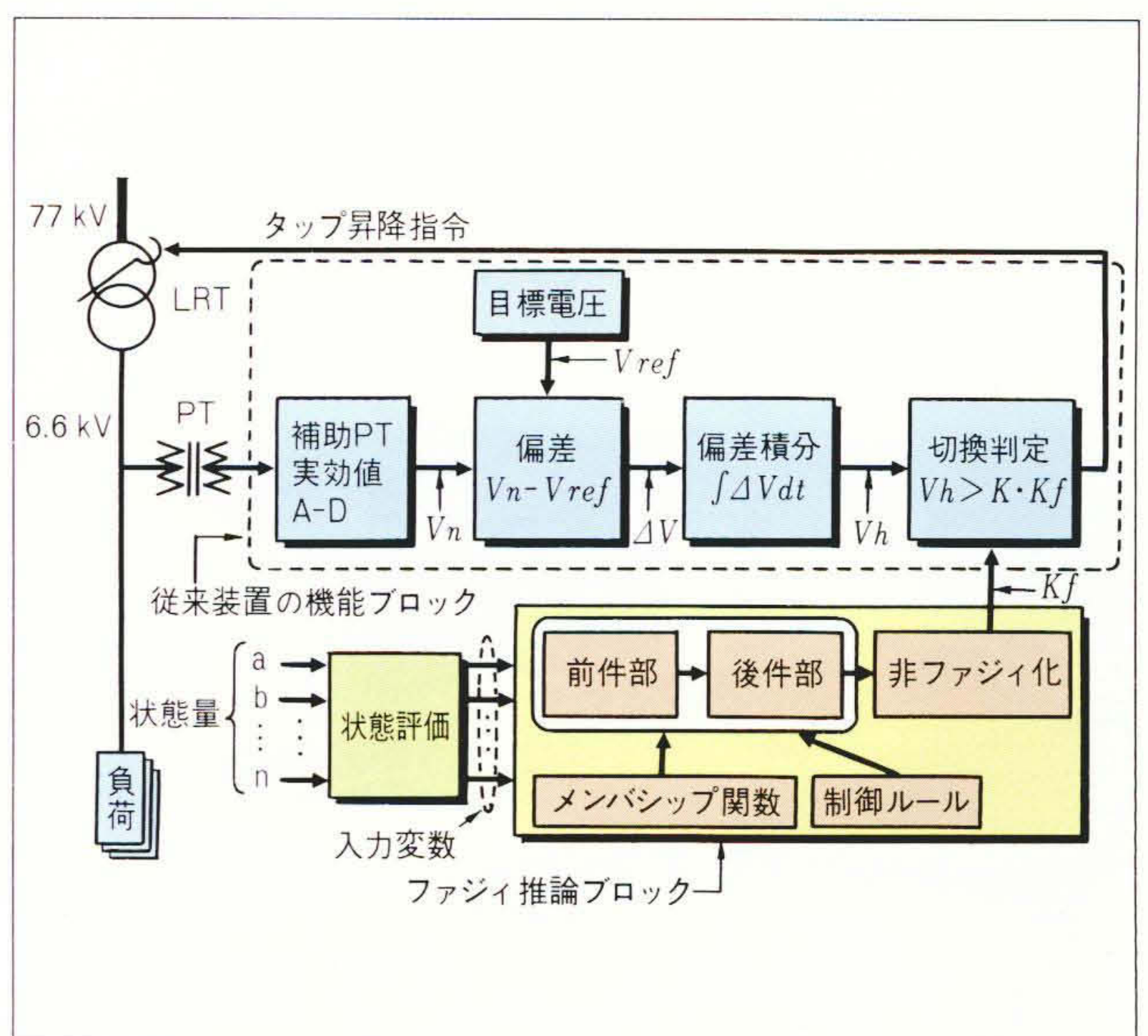
電力系統の安定化のために、ファジィ推論を適用したデジタル形電圧調整リレーの開発を中部電力株式会社と進めている。ファジィ推論を適用したデジタル形電圧調整リレーは、次式に示す演算式の K_f をファジィ推論によって次々に求め、動作判定レベルを修正するようにして、目標電圧に対する誤差の低減とタップ切換回数の低減を図るものである。

$$\int_{t_n}^{t_n+T} \Delta V \, dt > K \cdot K_f \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 ΔV ：偏差、 T ：積分時間、 K ：積分定数、 K_f ：ファジィ推論によって導出した積分定数補正係数
ファジィ推論を適用したデジタル形電圧調整リレーのブロック構成を図に示す。

試作機を用いてフィールド試験を行い、その性能を評

価した結果、タップ切換回数の低減回数と同時に、目標電圧に対する誤差低減が図れるという良好な結果を得た。



ファジィ推論を適用した電圧制御装置のブロック構成

基幹系変電所用の高度運転保守支援システム

高度化する基幹系変電所の運転保守業務の省力、簡素、的確化ニーズに対応するため、変電所運転保守支援システムを東京電力株式会社東山梨変電所へ納入した。

産業・社会生活の進展に伴い良質な電力の安定供給がますます重要となり、変電所の運転もさらに高度な運転が求められている。

このように、高度化する変電所の運転監視制御業務に対応するため、運転保守支援業務の省力、簡素、的確化を目的とした運転保守支援システムを開発し、東京電力株式会社の基幹系大容量変電所である東山梨変電所に納入した。このシステムは、高信頼性の制御用計算機 HIDIC V90/45 1台、ヒューマンインタフェースに優れたワークステーション2050G-FT 2台、高速・高精細の大型静電プロッタ 1台などによって構成する。

期待できる導入効果は次のとおりである。

- (1) 機器予防保全：機器状態(開閉特性、ガス圧、油中ガス成分)の異常兆候監視による故障の未然防止
- (2) 事故復旧の迅速化：機器異常発生時の対応ガイダンス表示による的確かつ迅速な復旧

(3) 現場作業の安全性確保：点検作業時の手順表・充電部確認図作成による現場作業の安全性確保

(4) 管理業務の省力化：設備台帳、保守記録、各種報告書の作成による省力化



制御室のワークステーションと計算機室の計算機(HIDIC V90/45)キュービクル構成

超電導発電機

200 MW級パイロット機を目指した70 MW級モデル機を開発中である。回転子と固定子の部分モデルを開発し、超電導発電機の実用化への見通しを得た。

超電導発電機は、超電導界磁巻線を用いることによって効率向上、コンパクト化、電力系統の安定度向上が可能な次世代発電機として期待されている。回転子にはクエンチ(超電導喪失)を起こさない高安定超電導界磁巻線の開発が、固定子には高い空隙磁束を利用するために空隙(げき)電機子巻線固定子構造の開発がそれぞれ必要である。開発した界磁巻線用アルミ安定化超電導導体、および二重転位電機子巻線導体の断面写真を図1、2に示す。

界磁巻線モデルでは極低温特性に優れたアルミ安定化超電導導体を使うことにより、超電導状態が失われても超電導状態に回復する能力を持つクエンチレス化への見通しを得た。固定子部分モデルでは二重転位導体とFRP(ガラス強化プラスチック)製の支持用ティースを用いることにより、短絡事故時の大きな電磁力にも十分耐えられる構造を実現できる見通しを得た。

この研究は、通商産業省工業技術院のムーンライト計

画「超電導電力応用技術開発」の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構からの受託によって超電導発電関連機器・材料技術研究組合の一員として実施したものである。

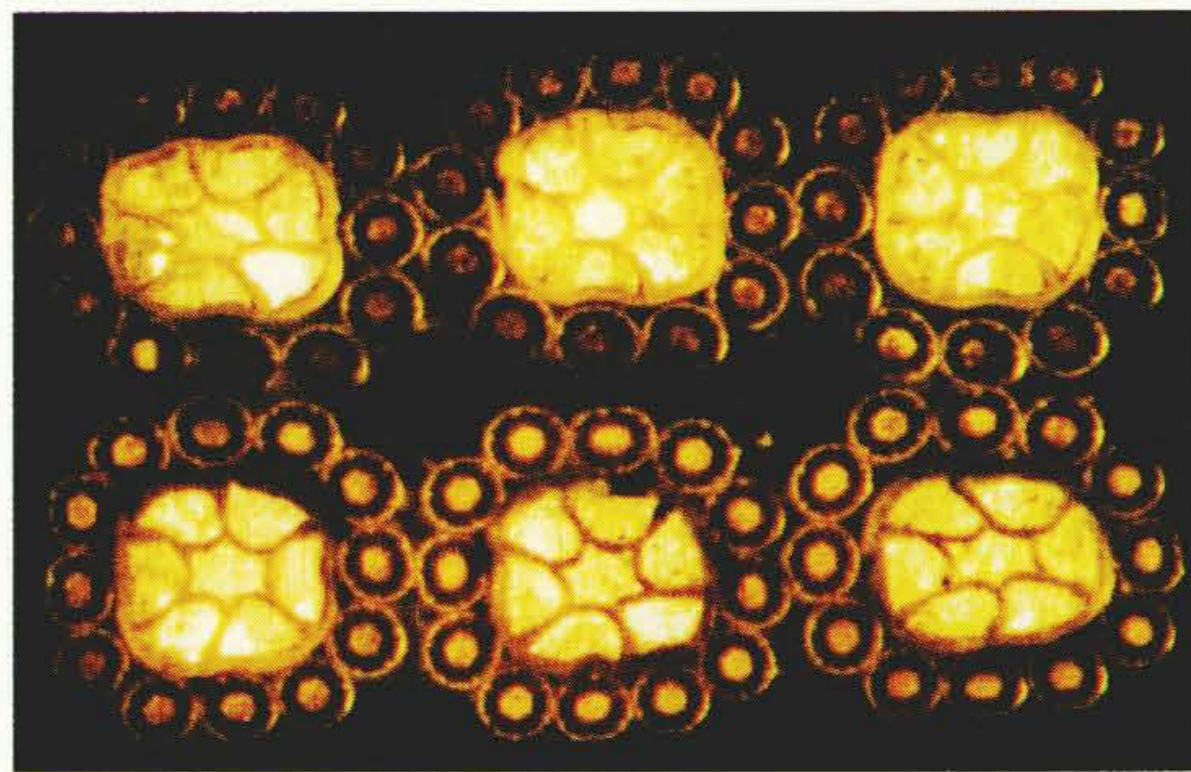


図1 アルミ安定化超電導導体の断面

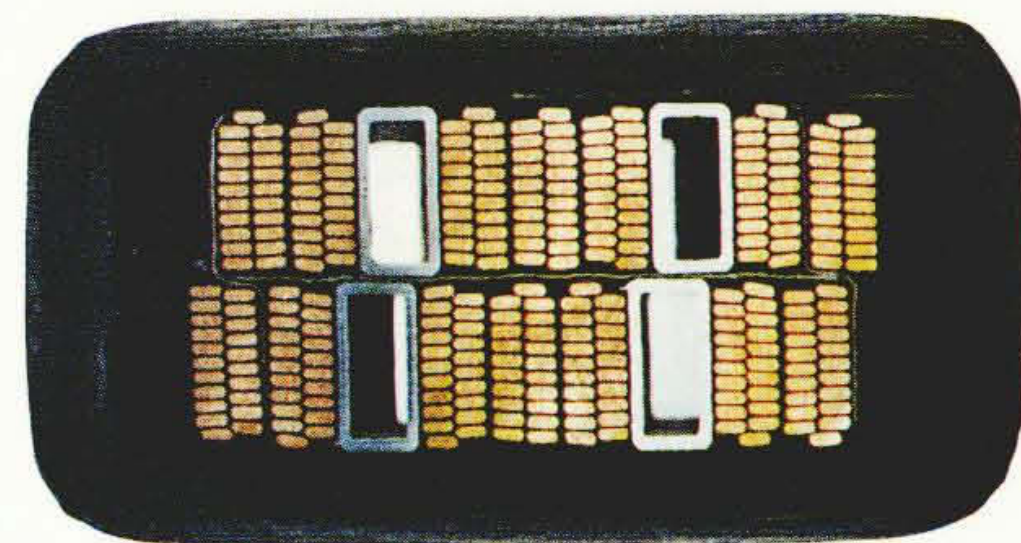


図2 二重転位電機子巻線導体の断面