

電力・エネルギー

1990年夏に体験した電力需要の大幅な増加や湾岸危機の発生は、社会生活の高度化、多様化、さらには地球環境問題への関心の高まりとともに、電力・エネルギーの量の確保と質の向上に対する厳しい課題を提起している。

日立グループは、こうした認識の下に電力供給の効率化、経済性・信頼性の向上、環境保全などに関する先進技術の開発に取り組んでいる。

原子力発電設備は、地球温暖化対策の柱としてますますその重要性が高まるものと予想される。

BWR(沸騰水型原子力発電設備)では、1990年4月に運開した東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機に続いて同所4号機、北陸電力株式会社志賀原子力発電所1号機、および中部電力株式会社浜岡原子力発電所4号機(タービン側)が建設中である。さらに、ABWR(改良型沸騰水型原子炉)の世界初号機となる東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所6・7号機の建設に向けて、株式会社東芝および米国GE社と共同で詳細設計を進めている。ABWRには、BWRの長所を伸ばすとともに安全性、運転性などを、よりいっそう高めたものである。また、将来のニーズにこたえるため単純化BWRの研究を含めた将来型BWRおよび炉心・燃料についても鋭意その開発を進めている。

新型動力炉では、高速増殖炉「もんじゅ発電所」の建設が現地据付け工事の最終段階を迎えた。続く実証炉については、高速増殖・実証炉および新型転換・実証炉の開発計画に参加している。また、ウラン濃縮、再処理、プルトニウム燃料製造設備など原子燃料サイクルの開発計画にも参加し、その技術進歩に貢献している。日本原燃産業株式会社の商用ウラン濃縮工場の建設では、カスケード設備などを担当しており、第一期プラント工事の最盛期に入った。

核融合関係では、1989年に続いて文部省核融合科学研究所から大型ヘリカル装置に関する主要部分の研究開発を受注し、積極的に新技術の開発に取り組んでいる。

火力発電設備では、電力需要の増大、燃料の多様化、省エネルギー・高効率化、環境問題などに対して積極的に取り組んでおり、新技術を開発適用して期待にこたえている。完成した電源開発株式会社松浦火力発電所1,000 MWは低NO_xバーナを適用した大型石炭火力発電所であり、続いて完成した中国電力株式会社柳井発電所1-1系列はLNGコンバインド発電プラントであ

る。また、長期休止火力の運転再開や寿命延伸改造にも参加している。さらに、クリーンな高効率エネルギーとして期待される燃料電池についても第2世代の溶融炭酸塩型燃料電池の開発を進めており、世界最大級の25 kw級スタックを開発した。

水力発電関係では、関西電力株式会社大河内揚水発電所320 MW可変速発電機器を鋭意設計製作中で、揚水運転時の系統周波数制御に有効な新鋭機として期待されている。さらに、東京電力株式会社蛇尾川揚水発電所300 MWポンプ水車、中部電力株式会社奥美濃揚水発電所279 MVA発電電動機についてもその設計を開始した。また、将来の実用化に備えて落差800 m出力400 MW級ポンプ水車ランナを実落差模型試験装置を用いて研究開発している。

送変電関係では、高電圧・大容量変圧器の防災化に対応した中部電力株式会社安倍変電所275 kV、250 MVA不燃変圧器が工場完成し現地組立中である。東京電力株式会社筑波南変電所、北海道電力株式会社西当別変電所には省スペース、経済性向上などに対応した全三相一括形275 kVガス絶縁開閉装置を納入した。また、絶縁設計合理化などを反映し、母線全三相一括化などの新技術で小形・軽量化を図った東京電力株式会社新山梨変電所向け500 kV変圧器、ガス絶縁開閉装置が工場完成した。

系統制御関係では、過電圧保護機能付き大容量光サイリスタ変換器を開発し、東京電力株式会社信濃変電所SVC(静止形無効電力制御装置)のバルブとして長期実証試験を開始した。また、変電所の高機能化を目的とした屋外分散形全デジタル保護・制御システムを、東京電力株式会社新坂戸変電所に納入した。

情報制御関係では、東北電力株式会社会津若松支社向けに会津総合情報システムの中核となるシステムを納入した。高度な情報統合化を実現し、電力設備の管理、運用業務の効率化に大きく役立つものと期待されている。これは制御用、汎(はん)用両計算機を組み合わせたハイブリッドシステムで構築され、配電を含めたサブシステムとの有機的結合を図ったものである。また、中国電力株式会社柳井発電所には発電機の運転履歴、性能劣化状況などを判断する保全支援システムを納入した。

ABWRの建設

ABWR(改良型沸騰水型原子炉)初号機は、実施設計と建設計画が進み、着工に向けて着実に進展している。

日立製作所は、東京電力株式会社をはじめ、国内のBWRを保有している電力会社の指導・支援の下、米国GE社や株式会社東芝との国際協力によって、軽水炉の最新鋭機ABWRを開発した。安全性、運転性、建設性のほかプラント熱効率も向上し、原子力発電所のニューモデルとして国内外で期待されている。米国では標準化プラントとして認められ、NRC(原子力規制委員会)によって型式認定(Certification Program)の作業中である。

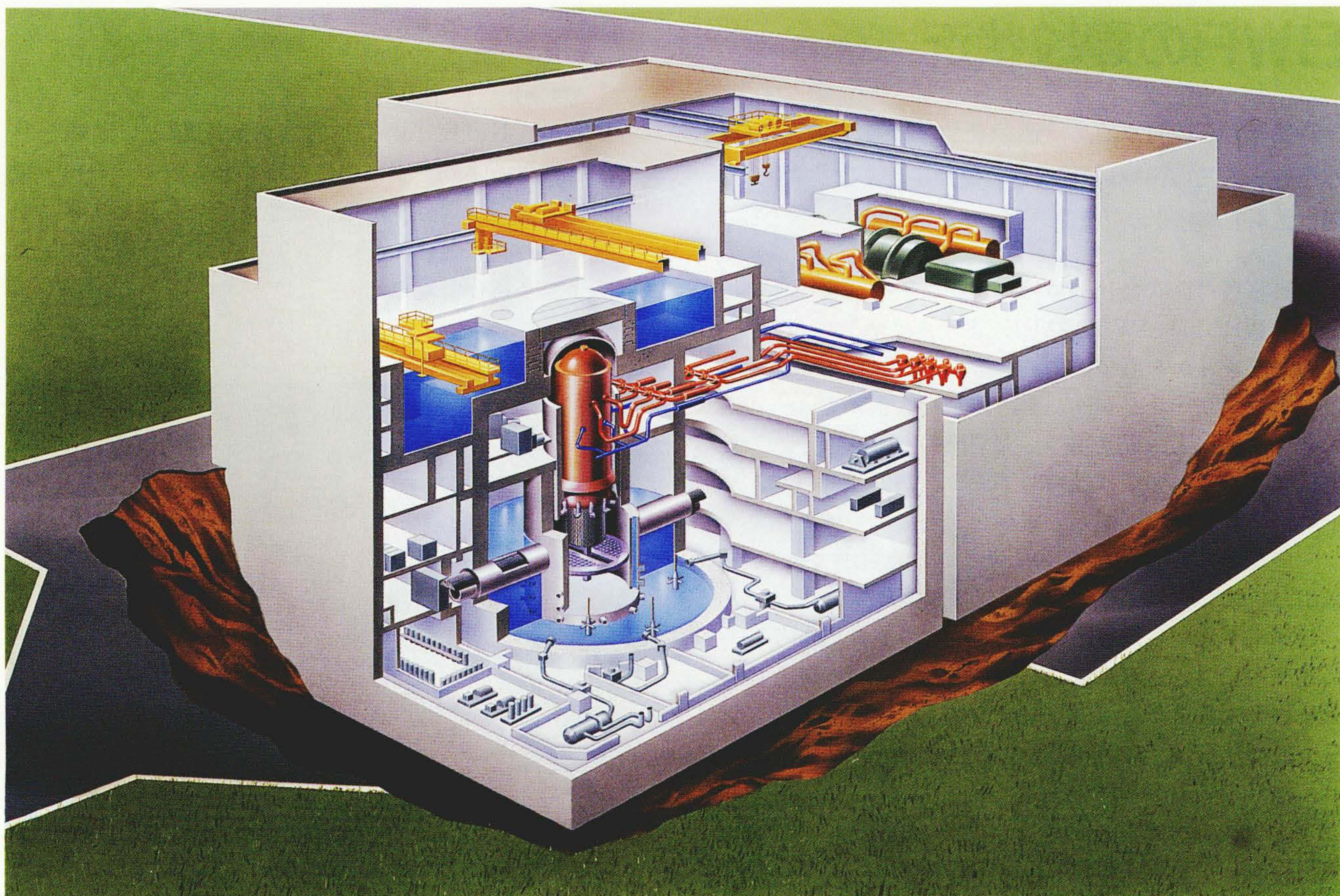
ABWR初号機となる東京電力株式会社柏崎刈羽6・7号機は、ともに電気出力1,356 MWの計画である。日立製作所は、株式会社東芝およびGETSCO社とともに共同建設体制を組み、1991年の着工を目指し、実施設計と建設計画を進めている。

ABWRの改良技術として、インターナルポンプと鉄筋コンクリート製格納容器がある。従来の原子炉冷却水循環用の大口径配管、および大型ポンプに替え、原子炉圧力容器に内蔵する小型ポンプ(インターナルポンプ)を設

置することで設備を単純化し、原子炉建屋の縮小、作業者の受ける放射線量のいっそうの低減、安全性の向上を図った。インターナルポンプは国産化し、社内試験と国の確証試験を経て、その性能と信頼性は十分確認されている。原子炉格納容器は建屋と一体構造の鉄筋コンクリート製で、格納容器自身が建屋の耐震壁になる。これにより、コンパクトな建屋構造とすることができた。さらに、円筒形で単純な形状であること、および原子炉建屋と並進建設工事が可能であることから、建設工期も短縮されている。

プラント熱効率は、52インチ長翼タービンと再熱サイクルのほか、高圧・低圧ヒータドレンを給水に直接戻すヒータドレンポンプアップ方式を採用することにより、著しく向上している。

制御建屋、廃棄物処理建屋およびサービス建屋は、中央に共用建屋として配置されている。各建屋は建設性を確保しながら合理的に集中して、建屋容積の低減、掘削土量の低減などを図っている。原子炉建屋、タービン建屋は先行機に比べて電気出力が増加しているにもかかわらず、コンパクトになっている。



ABWRの原子炉建屋およびタービン建屋鳥観図

柏崎刈羽原子力発電所5号機の完成

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機は、1983年10月着工以降77か月工期で完成した。本機は軽水炉第二次改良標準化計画を全面的に取り入れた1,100 MW級プラントの初号機である。

1990年4月に完成した東京電力株式会社納め柏崎刈羽原子力発電所5号機(電気出力1,100 MW, 沸騰水型軽水炉)は、世界最大の総出力(7基: 821万2,000 kW)を予定している柏崎刈羽原子力発電所2基目のプラントで、日立製作所のこの地での初号機でもある。この5号機は、通商産業省、電力会社およびメーカーが一体となり軽水炉のよりいっそうの信頼性向上、放射線量低減などを目的とした第二次の軽水炉改良標準化計画の成果を取り入れたものである。建設にあたっては、国内で初めて「大型クローラクレーン」を導入し、従来の建設概念を一変させる「大ブロックダイレクトオン工法」を採用し、先行機に比べて4か月短い77か月工期で完成した。先行プラントでの運転経験やその後開発された新技術も採用して信頼性、運転性をいっそう高めたプラントとすることができた。主な特長は次のとおりである。

(1) 初装荷炉心は、国内初のジルコニウムライナ燃料を適用した高経済性ステップⅠ炉心で、信頼性および経済

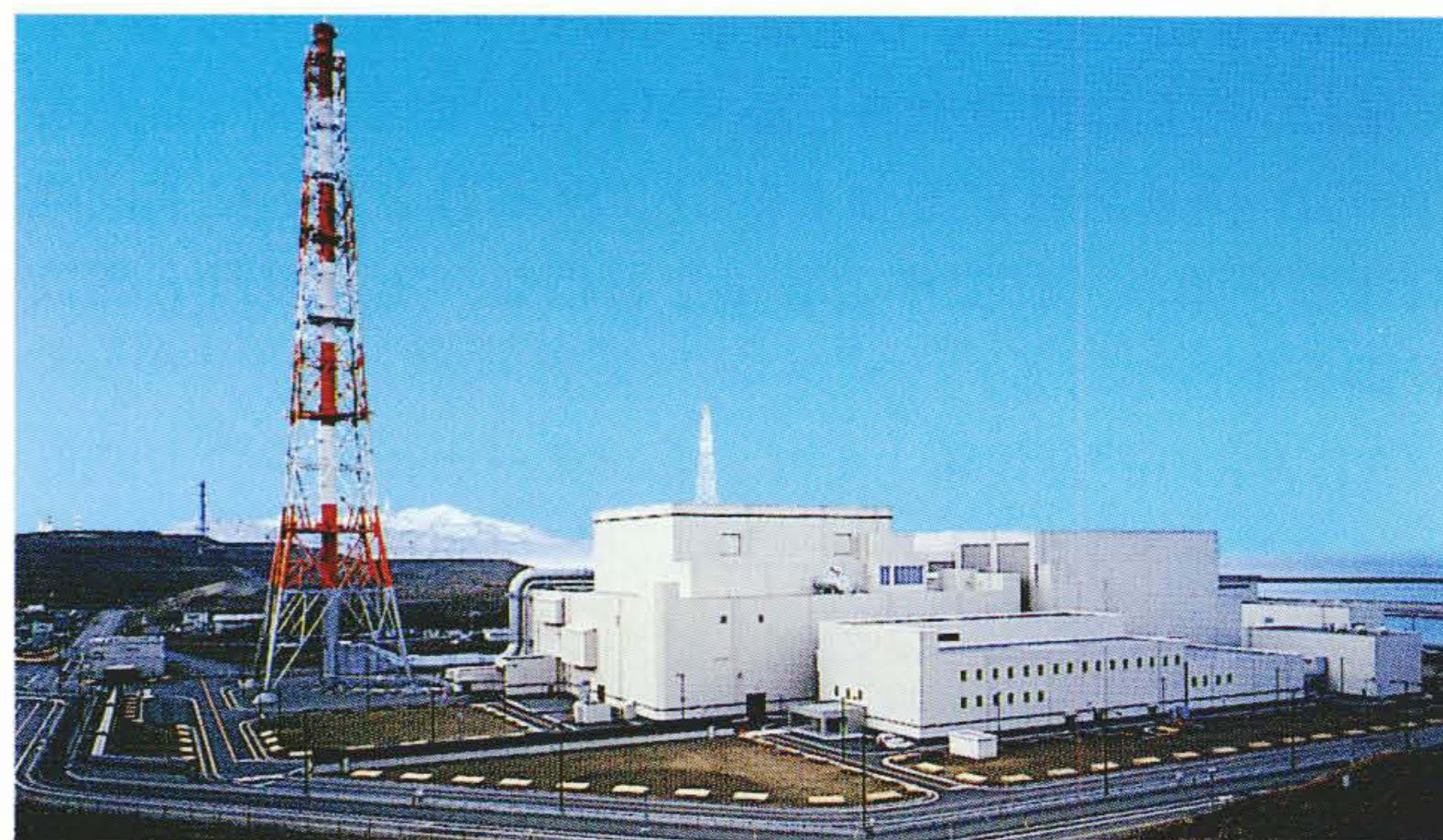
性の向上を図った。

(2) 原子炉冷却材浄化系ポンプを低温部に設置し、ポンプ点検時の従事者が受ける放射線量の低減を図った。

(3) タービン組み合わせ中間弁には、沸騰水型原子力発電所で初のバタフライ弁を採用し、配置スペースを減少させタービン熱効率の向上を図った。

(4) プロセスコンピュータに制御用計算機の最新機種HIDIC-V90/65によるマルチコンピュータシステムと高精細CRTを採用した。

(5) 放射性廃棄物処理設備には、初の総合デジタル監視制御システムを適用した。



東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機

BWRの建設状況

1993年から1994年に営業運転開始予定のBWR(沸騰水型原子力発電設備)3基を鋭意建設中であり、機器の据付け工事も本格化してきている。

(1) 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)

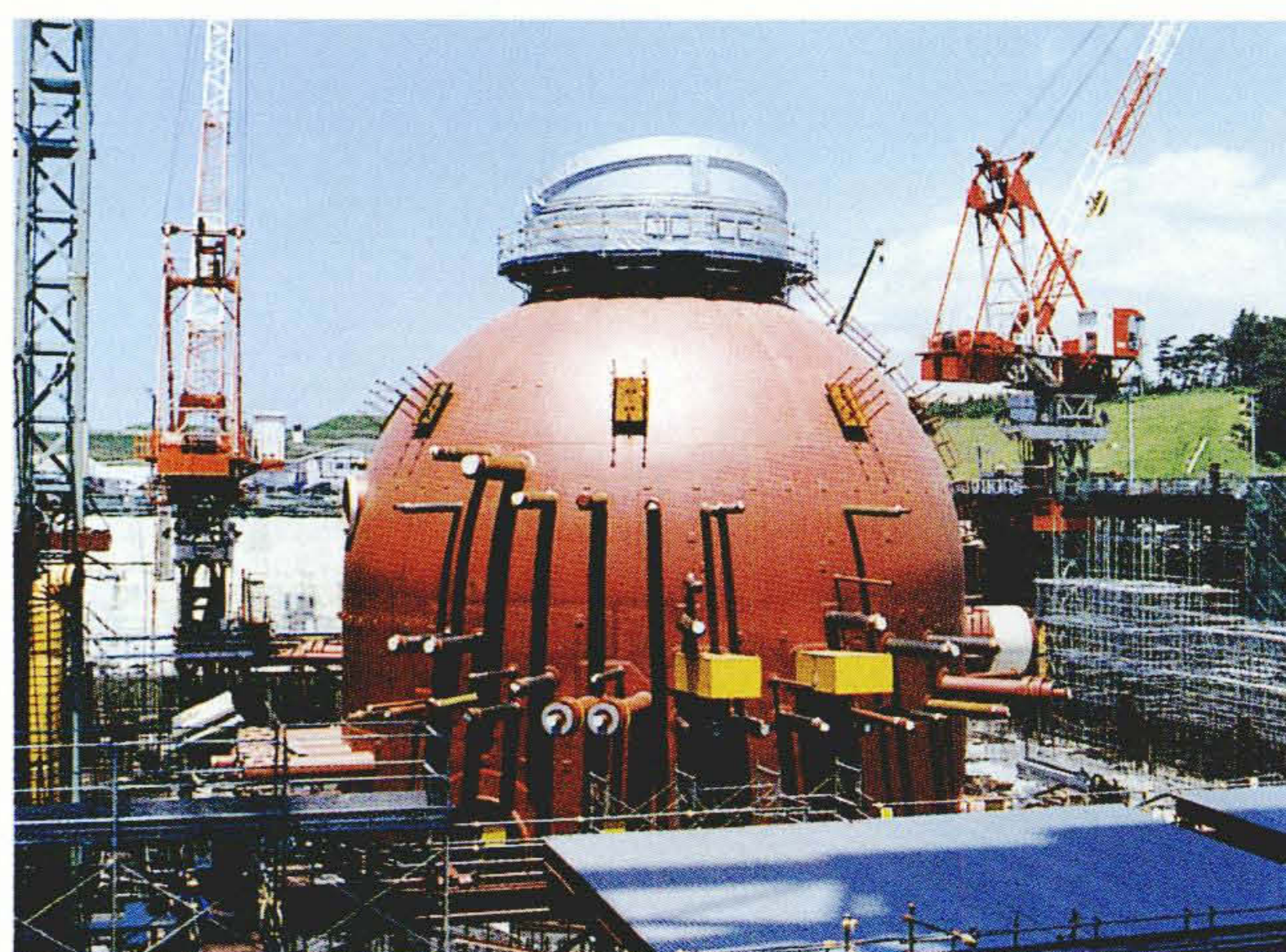
1990年4月から原子炉格納容器の据付け工事を開始した。大型クローラクレーンを活用した大型モジュール、大ブロック化工法を適用し、大型機器、モジュールの地上組立、搬入も順調に進捗している。1991年3月に、原子炉格納容器の耐圧漏えい試験を予定している。

(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)

1990年4月から復水器の組立が開始され、1990年10月に建屋内に引き込みを開始し、1991年1月に冷却管の挿入を終える。また、沸騰水型軽水炉としては初めての湿分分離加熱器は、1991年2月に工場製作を終えて搬入され、据付け工事が本格化する。

(3) 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)

1990年5月に原子炉格納容器の耐圧漏えい試験を終え、各建屋の建設が本格的になってきている。機械・電気関係の機器据付け工事は、最地下階から建築工事に引き続いて順調に進捗している。1991年中に、原子炉压力容器をつり込む予定である。



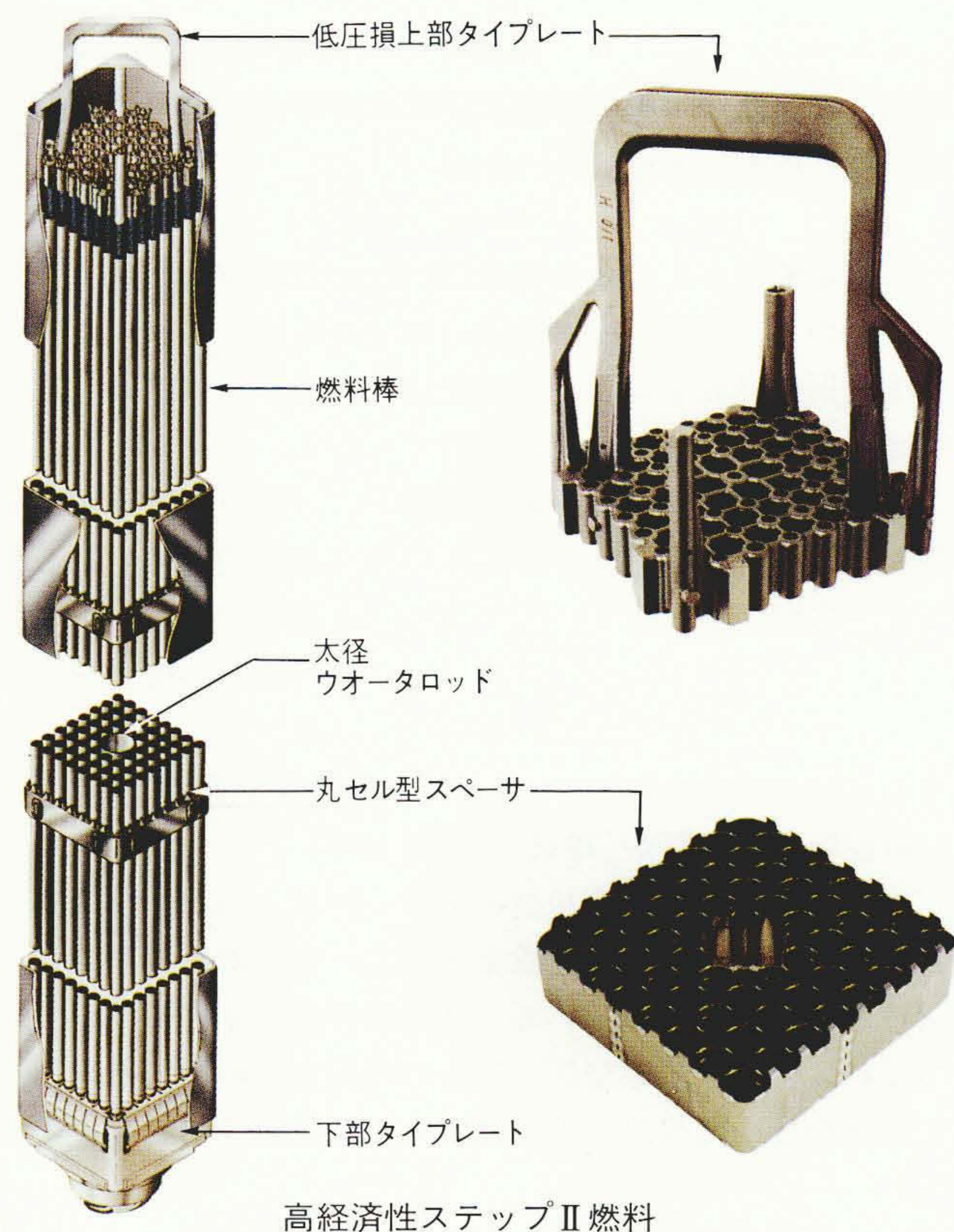
北陸電力株式会社志賀原子力発電所1号機の原子炉格納容器

原子力発電用高経済性燃料(ステップⅡ)

ジルコニウムライナ燃料に続く高経済性炉心燃料の第二段階である新型燃料(ステップⅡ)の安全審査が終了し、量産が開始された。

燃料サイクル費の低減を目標として高経済性炉心燃料の開発を進めている。高経済性炉心燃料は、運転経験などの実績を踏まえながら、ステップⅠ(燃料サイクル費10%低減)、ステップⅡ(同20%低減)、ステップⅢ(同30%低減)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、太径ウオータロッド、丸セル型スペーサおよび低圧損型上部タイプレートを採用するなど高燃焼度化するための種々の構造改良を施し、取り出し平均燃焼度39 GWd/tを目標としている。本燃料の安全審査は東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所に対して終了し、日本ニュークリアフュエル株式会社で量産を開始した。

この高経済性ステップⅡ燃料は、財団法人原子力工学試験センターの「高燃焼度等燃料確証試験」の一環として、本格的実用化に先駆けて1989年1月に、東京電力株式会社福島第二原子力発電所2号機に少数体が装荷され、現在、照射第2サイクルを順調に経過中である。



原子力発電用新型チャンネルボックスおよび制御棒

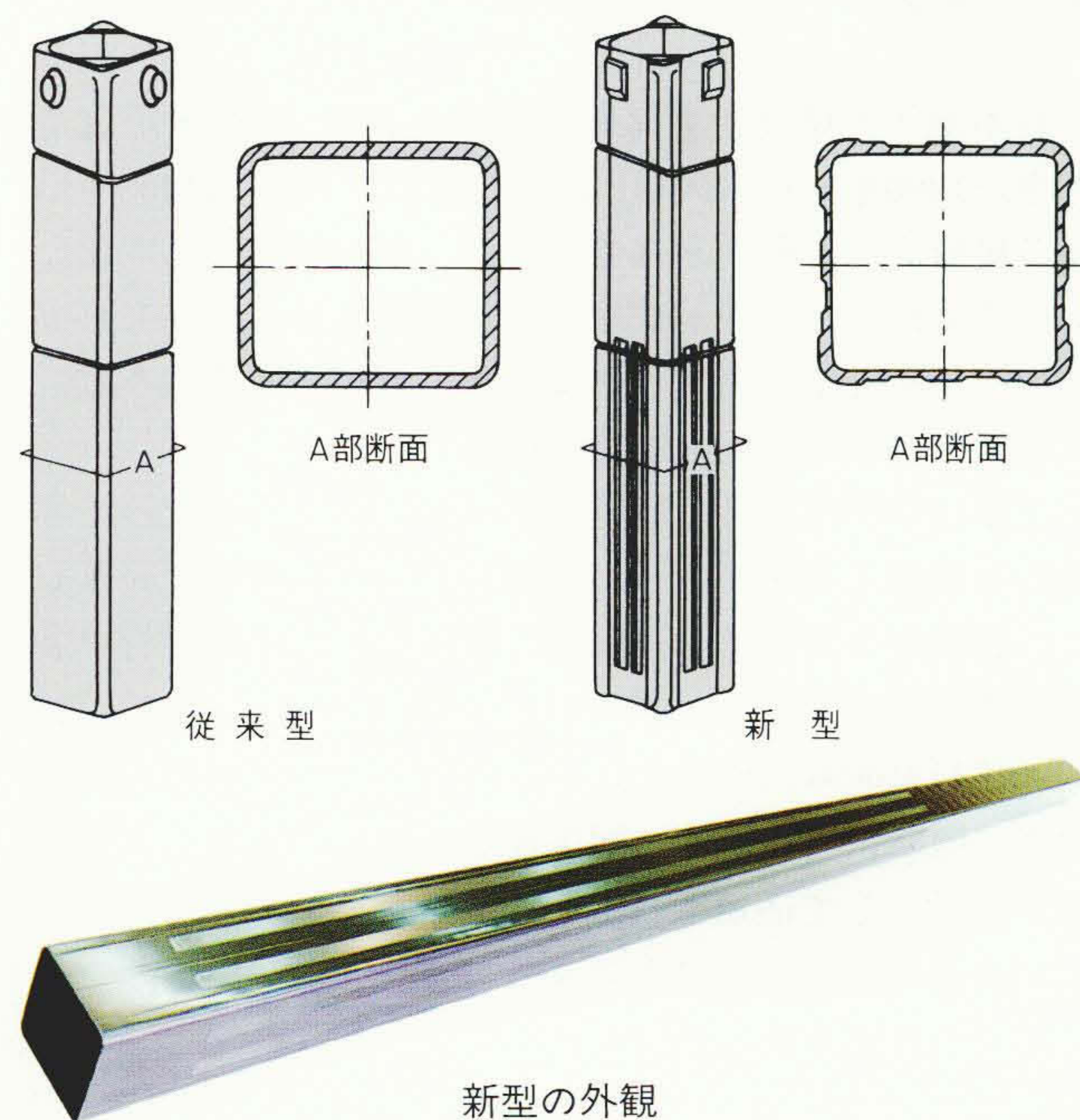
長寿命化によって廃棄物を低減させることおよび炉心の経済性向上を図ることを目的として、チャンネルボックスや制御棒の開発を進めている。

高経済性炉心燃料の開発とともに、炉心燃料に装着されるチャンネルボックスおよび制御棒についても、長寿命化・経済性向上のための改良開発を進めている。

新型チャンネルボックスはコーナ部を厚い構造とする一方、平均肉厚を従来比で約10%減少させ、中性子経済向上、制御棒との間隙(げき)増加による長寿命化およびバイパス部水領域増加による炉心の安定性向上を図っている。この新型チャンネルボックスはすでに構造設計を終了し、量産製造技術の確立、性能確認試験を進めている。

同時に、長寿命制御棒と制御能力を向上させた高価値制御棒を開発している。前者は、常時使用されるもので、中性子吸収材として金属ハフニウムを用いて寿命を約3倍としたものであり、後者は、中性子吸収材である粉末ボロンカーバイドの装荷量を約1.5倍とし、制御能力を向上させたものである。長寿命制御棒はすでに実用化され、現在、改良型沸騰水型原子炉にも使用可能な設計に改良

を進めている。また、新型高価値制御棒もその構造設計を終了し、性能確認試験を進めている。



新型動力炉の開発

国家プロジェクトとして開発中の高速増殖炉もんじゅ発電所、新型転換炉実証炉および高速増殖実証炉の研究開発に日立製作所は積極的に参加している。

1. 高速増殖炉もんじゅ発電所(電気出力280 MW)

動力炉・核燃料開発事業団の同発電所は、1991年4月の機器据付け完了および1992年10月の臨界を目ざして、現地工事が計画どおり進められている。

一次主冷却系配管耐圧試験(1990年1月末)に続き補助系配管の据付け工事を完了し、その後高速炉特有の予熱ヒータ・保温工事とともに、ケーブル布設などの電気工事を進めており、並行して据付け完了前の機器の機能確認試験を進めている。また、据付け完了後プラントの総合機能試験が予定されており、その準備を鋭意進めている。

2. 新型転換炉実証炉(電気出力606 MW)

重水減速沸騰軽水冷却型の本原子炉は、電源開発株式会社が青森県大間町に建設を予定し、安全審査の開始に向けその準備を進めている。日立製作所は主務会社としてこれに協力し、原型炉ふげんの運転実績の反映と軽水炉経験や技術開発の成果の反映による信頼性・安全性の

いっそうの向上、運転保守性・経済性の向上などを考慮し、設計の詳細化を推進している。

3. 高速増殖実証炉

1990年代後半の建設開始を目指して、日本原子力発電株式会社を中心に、現在60万～80万kW級実証炉の設計研究および研究開発が進んでいる。日立製作所はこれらに参画し、プラントや主要機器概念を具体化するとともに、炉心・安全・流動・耐震など技術の高度化を図っている。



もんじゅ建設状況

JRR-3改造炉の完成

JRR-3改造炉が完成した。旧原子炉建屋をそのまま残し、旧炉を撤去後、まったく新しい、世界でもトップレベルの重水反射体プール型高性能研究炉を建設したものである。

日本原子力研究所東海研究所納めJRR-3原子炉改造工事が1990年10月末竣(しゅん)工した。旧炉は1962年以来各種研究用に利用されてきたが、利用動向の高度化に対応するため、中性子束を一けた増大させるとともに実験用設備を大幅に充実させる改造工事が今回実施され、日立製作所は原子炉の製造を担当した。

工事は1988年3月の原子炉プールつり込みによって本格的な現地工事を開始し、翌年10月末に据付けを完了した。1990年3月初臨界達成後、段階的出力上昇を行い各種特性試験を実施し、同年10月に使用前検査に合格した。1990年11月から当改造炉は、バイオ技術、新材料の開発研究、照射損傷の研究、RI生産など幅広い領域で大型研究炉施設として活用されている。

炉改造の特徴は次のとおりである。

(1) 高中性子束炉

小型炉心($\phi 60\text{ cm} \times \text{高さ} 75\text{ cm}$)ながら中性子束 2×10^{14}

$\text{n/cm}^2\text{S}$ は世界有数の高性能炉である。

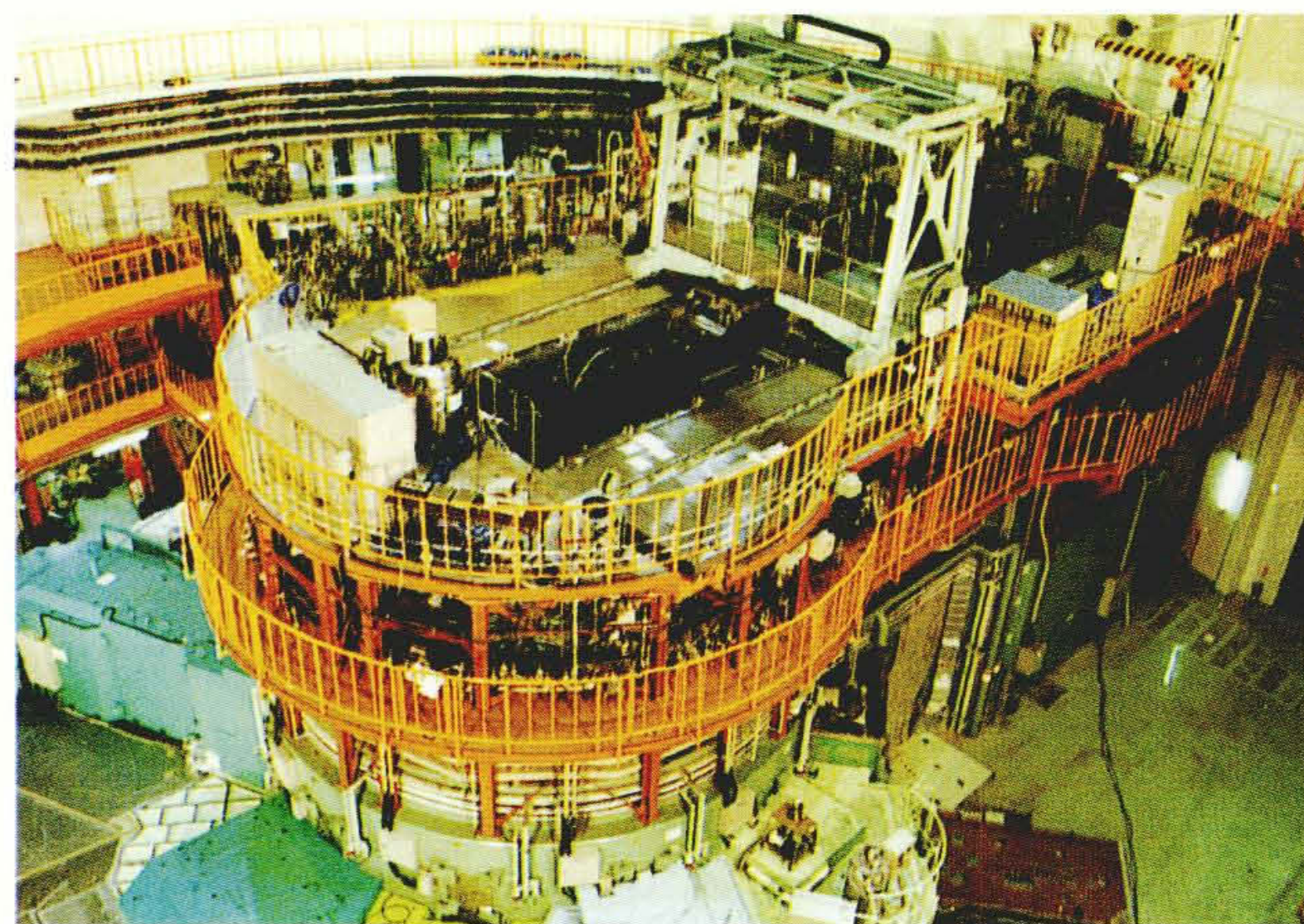
(2) 熱出力は20 MW

(3) 実験設備の充実

水平実験孔9本、照射設備21本を持つ。

(4) 計算機の広範囲導入

制御系は計算機によって制御されるので、起動から停止まで集中監視でき、操作や監視が非常に容易である。



JRR-3原子炉全景

もんじゅ中央計算機システムが完成

高速増殖炉もんじゅ発電所向けの運転監視制御用マルチ計算機システムを完成した。今後本システムは、現地で各種調整試験を実施後、実運転に入る予定である。

福井県敦賀市に建設が進められている動力炉・核燃料開発事業団納め高速増殖炉もんじゅ発電所の中央計算機システム一式を工場完成し、現地へ発送した。

今回完成した中央計算機システムは、中央監視盤とともにもんじゅ中央監視制御システムの中核であり、最新の原子力発電所用計算機技術をベースにさらに高速増殖炉特有の各種診断・ガイド機能を持つ最新鋭の運転監視制御用マルチ計算機システムである。

本システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 炉心性能評価を行うため、修正一群粗メッシュ補正拡散計算モデルを用い、熱的裕度、炉心状態変化の予測、炉心内状況把握を行う。
- (2) 直接測定されるプロセスデータをもとに総合判断してプラント状態を表示する。
- (3) プラント通常起動・停止時、異常時、予熱・ナトリウム充填(てん)・ドレン時の広範囲にわたる操作手順をCRTに表示し、運転支援に供する。



中央計算機システム



中央制御室設置中央監視盤(手前)

軽水炉使用済燃料再処理技術

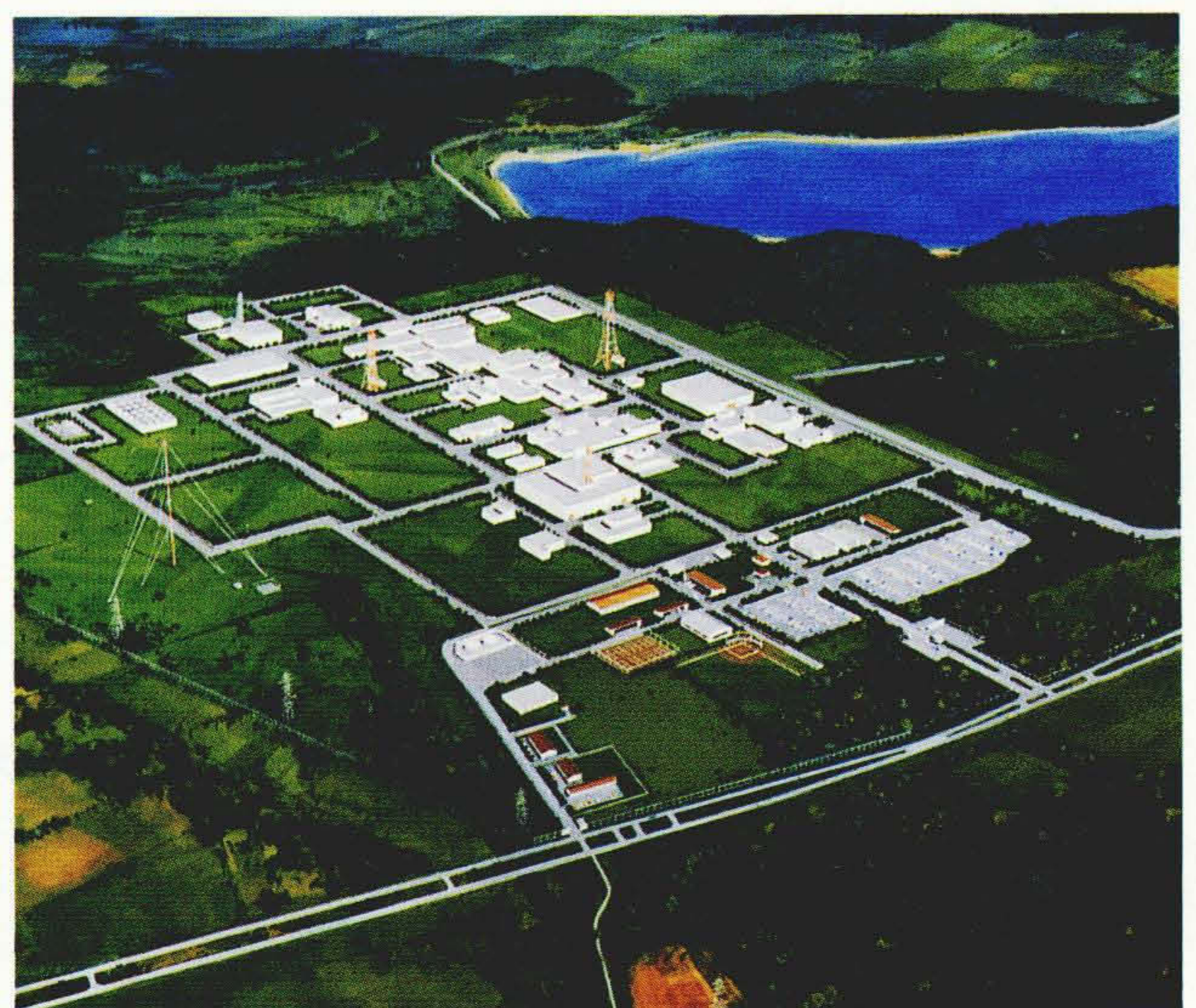
日本原燃サービス株式会社の六ヶ所再処理工場の建設計画に参画して詳細設計を進めるとともに、関連技術の確立に努めている。

わが国ではエネルギーセキュリティの観点から原子燃料サイクルの自立化が進められている。この一環として日本原燃サービス株式会社は青森県六ヶ所村に、年間800tの使用済み燃料を処理して有用なウランやプルトニウムを回収する再処理工場の建設を予定している。

日立製作所は、内外の関係各社と協力して下記の分担設備の詳細設計を推進するとともに、設備の安全性、信頼性を確保すべく技術の確立に努めている。

- (1) 貯蔵容量3,000 tの使用済み燃料貯蔵設備
- (2) 気体廃棄物から放射性ヨウ素などを除去する廃ガス処理設備
- (3) 廃液から硝酸を回収して再利用するための酸回収設備
- (4) 高レベル放射性廃液を濃縮、減容する廃液濃縮設備

- (5) 低レベル放射性廃液を蒸発、汙(ろ)過して放射性物質を除去する廃液処理設備



日本原燃サービス株式会社六ヶ所再処理工場の完成予想図

ウラン濃縮商用化と次世代技術の開発状況

日本原燃産業株式会社は、遠心法によるウラン濃縮商用プラントを1991年運転開始に向け建設中である。日立製作所はこれに参画するとともに、次世代技術を開発中である。

ウラン濃縮には、高度な純国産自主技術が必要とされるばかりでなく、国際競争力維持のため絶えず新技術の開発が求められている。その状況は次のとおりである。

(1) 遠心法に関しては、1988年に動力炉・核燃料開発事業団(以下、動燃と言う。)に原型プラントを納入し、現在も順調に運転されている。その成果を結集し、わが国初の商用プラントである日本原燃産業株式会社の六ヶ所ウラン濃縮工場が、1991年9月操業開始に向け建設が進められており、日立製作所はこれに参画している。

(2) 次世代ウラン濃縮技術としてレーザ法の開発を推進している。対象物質の形態によって分子法と原子法に分けることができるが、両方法ともに量子力学レベルの光反応技術、大出力・高繰返しレーザ技術などの高度な技術開発が必要である。

分子法に関しては、動燃委託のCO₂同位体を使用した波長可変高気圧CO₂レーザを開発し、動燃の工学実証試

験機用として1990年10月に納入し、濃縮試験に供されている。

原子法に関しては、レーザ濃縮技術研究組合(以下、研究組合と言う。)委託の300 kW長尺電子銃を開発し、わが国初のウラン液化回収を実現した。また、200 W級銅蒸気レーザシステムを自社開発し、200時間連続運転を達成している。これら技術を基に、研究組合実験機本試験設備を1991年4月に納入するため、据付け・調整を実施している。



銅蒸気レーザシステム試験状況

技術抄録

■原子力発電所内無線式ページング設備

従来の有線通信設備に加え、発電所内の主要エリア全域で移動しながら通話、放送できる無線式ページング設備を東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機に納入した。この設備は、改正電波法に準拠した微電界方式で、分散固定局、補助増幅器、携帯移動局などで構成されている。

■弁構造・流動解析技術の進歩

スーパーコンピュータの導入によって容易になった乱流域での流動解析、詳細構造解析を原子力用主要弁・配管に適用し、プラントの信頼性向上に役立てている。並行して実規模または縮小モデルの試験を実施し、解析の検証および精度の向上を図っている。

■バタフライ形中間弁の完成

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所納め5号機1,100 MW蒸気タービンのバタフライ形中間弁が完成し、好調に作動している。これにより、建屋配置のコンパクト化、圧力損失の低減による熱効率の向上が達成され、保守点検が容易になった。

■原子炉再循環ポンプ用AVAFインバータ

原子炉再循環流量制御用電源装置として3,400 kVA AVAFインバータを完成した。従来の可変速M-Gセットに対し、保守性、効率、応答性の改善を目的とした装置である。原子力発電プラントへ適用されるわが国初のシステムとなる。

■格納容器内監視装置

運転中の原子力発電所の格納容器内機器などを監視する装置をBWR電力会社と共同で開発した。本装置はモノレール自走式で、温度、音、視覚による監視機能を持っており、あらかじめ蓄積した発電所の正常運転時データとの比較により、点検時に格納容器内機器などの状態を認識することができる。

■使用済み燃料貯蔵用ボロンラックの開発

中性子吸収能力の優れたボロン添加ステンレス鋼を用いた使用済み燃料貯蔵用ボロンラックを開発した。本ラックの採用によって、従来のステンレス鋼製に比べ、使用済み燃料の貯蔵効率を約30%向上させることが可能となる。

■原子力・火力プラント用水質モニタ

高純水中の難溶解性微粒子(クラッド)と溶解微量金属不純物との同時分析が、クラッドの溶解処理をくふうしたイオンクロマトグラフィで可能となった。これによってプラントの水質状態が連続自動モニタでき、水質管理能力が一段と向上する。

柳井発電所LNG燃烧一軸形コンバインドプラントの完成

中国電力株式会社柳井発電所 1-1 系列(350 MW)が完成し、営業運転を開始した。最新鋭高効率のLNG燃烧一軸形コンバインドプラントである。

中国電力株式会社柳井発電所第 1 号系列コンバインド発電設備の 1-1 系列が、1990年11月22日営業運転を開始した。

本プラントは一軸形コンバインドプラント 6 軸で構成される 1 号系列700 MW発電設備のうち、第 1 期分350 MW(3 軸)発電設備が完成したもので、第 2 期分の完成は1992年12月の予定である。

日立製作所は、基本計画から設計・製作・据付け・試運転までを一貫して担当し、1987年 3 月の本館着工以来1990年 4 月ガスタービン点火、同年 5 月蒸気タービン通気を経て、このほど 1-1 系 3 軸の試運転を完了した。

コンバインドプラントは、電力需要の尖(せん)鋭化に対応可能な高効率、かつ高い負荷調整機能を持つ脱石油省エネルギー形の新技术として、LNGを使用したガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電方式を採用している。本プラントでは特に運用性を重視し、ガスタービンと蒸気タービンを同一軸に結合させた一軸形コンバインドプラントを採用している。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 高効率：高温ガスタービン(燃烧温度 $1,104^{\circ}\text{C}$)および排熱回収サイクル(完全変圧変温，混圧)の採用によって、プラント熱効率約44%以上を達成した。
- (2) 短時間起動・停止可能：短時間起動・停止可能なガスタービンの採用により、軸当たりの起動時間(ホット起動時：起動～全負荷)は60分以内を達成した。
- (3) 高部分負荷運用性：小容量機の複数軸設置によるプラント構成(125 MW/1 軸 $\times$ 3 軸：系列350 MW)のため、部分負荷時の軸数切換による高効率運用を可能とした。
- (4) 環境適合性：NO_x低減技術としてガスタービンの低NO_x燃烧器を開発し、排熱回収ボイラに設置の脱硝装置と合わせて目標値を達成した。
- (5) 合理化設計：脱気復水器設置，補機の子備機非設置などシンプルな系統構成の採用およびタービン建屋を 2 階建として，簡素化と配置の合理化を図った。
- (6) マンマシン性：CRTオペレーション，110インチ大形スクリーン，運転支援システムの採用によって小人数での高度な運転を実現した。
- (7) メンテナンス性：年間を通じてプラント(系列)出力をほぼ一定とするように運転軸を確保しながら，定期点検は一軸ずつ実施可能である。



営業運転に入った柳井発電所 1-1 系列(350 MW)の全景

TCDF-40形500 MW蒸気タービンの完成

最終段に40インチ長翼を持つ高・中圧、低圧の2車室構成の500 MW蒸気タービン設備を製作し、納入した。納入に際し、高・中圧タービンでは、工場で組立を実施し、一体輸送を行った。

オーストラリア・SECV(State Electricity Commission of Victoria), Loy Yang B Power Station 1号機用500 MW蒸気タービン設備の製作を完了し、現地へ出荷した。

蒸気タービンの最終段には40インチ長翼を採用した。これは、独自に開発した40インチ長翼を初めて採用した北海道電力株式会社苫東厚真発電所納め第2号機600 MWの良好な運転成果を踏まえての決定である。500 MW級蒸気タービンでは、低圧の車室数は2車室から構成されるのが一般的であるが、40インチ長翼の採用に伴い、最終段翼の環帯面積を同等とすることができることから、低圧車室は1車室としている。

本プラントでは、現地での据付け時での不具合をできるだけ少なくするために、工場で高・中圧タービンの組

立を実施し、一体輸送を行った。

主な仕様は次のとおりである。

- (1) タービン形式：TCDF-40
- (2) 出力：500 MW
- (3) 蒸気条件：16.3 MPa(g)-538/538 °C
- (4) 最終段翼翼長：1,016 mm(40インチ)



高速ダイナミックバランス試験中の低圧ロータ

極低NOx石炭バーナ(日立-NR2バーナ)

次世代の石炭火力のニーズに対応するため、微粉炭燃焼高効率極低NOxバーナ(日立-NR2バーナ)を開発した。

バブコック日立株式会社と日立製作所は、石炭燃焼ボイラでの低NOx燃焼のニーズにこたえるため、日立-NRバーナを国内外のボイラに適用して高い評価を得ている。

このたび、環境問題に対する世界的な関心の高まり、燃料の多様化、運用性の向上、経済性の追求など次世代石炭火力のニーズに対応するために日立-NR2バーナを開発した。

日立-NR2バーナは日立-NRバーナの低NOx化原理(火炎内脱硝)を踏襲し、さらに着火の強化を図るために微粉炭ノズル内に微粉炭の濃度分布調整装置を持っている。還元炎の拡大を図るために、外周二次空気の分離を効果的に行う空気分離機器を設けた。バーナの構造を図1に示す。

大形燃焼試験炉での実機規模バーナ(石炭量4 t/h)によるNOx・灰中未燃分性能の比較試験結果を図2に示す。日立-NR2バーナのNOx低減と同時に灰中未燃分

も低減できる良好な燃焼性能が実証されている。

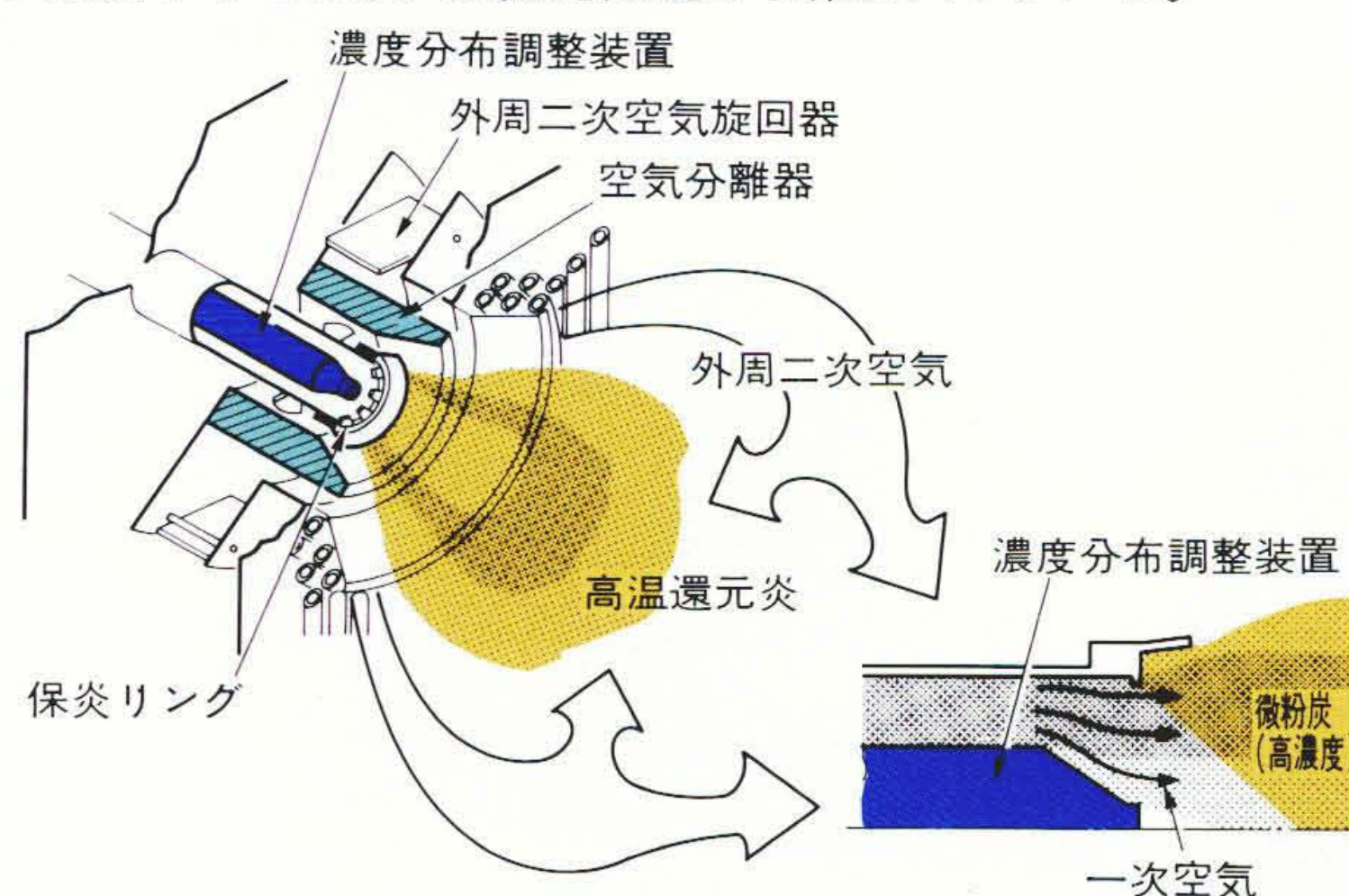


図1 日立-NR2バーナの構造

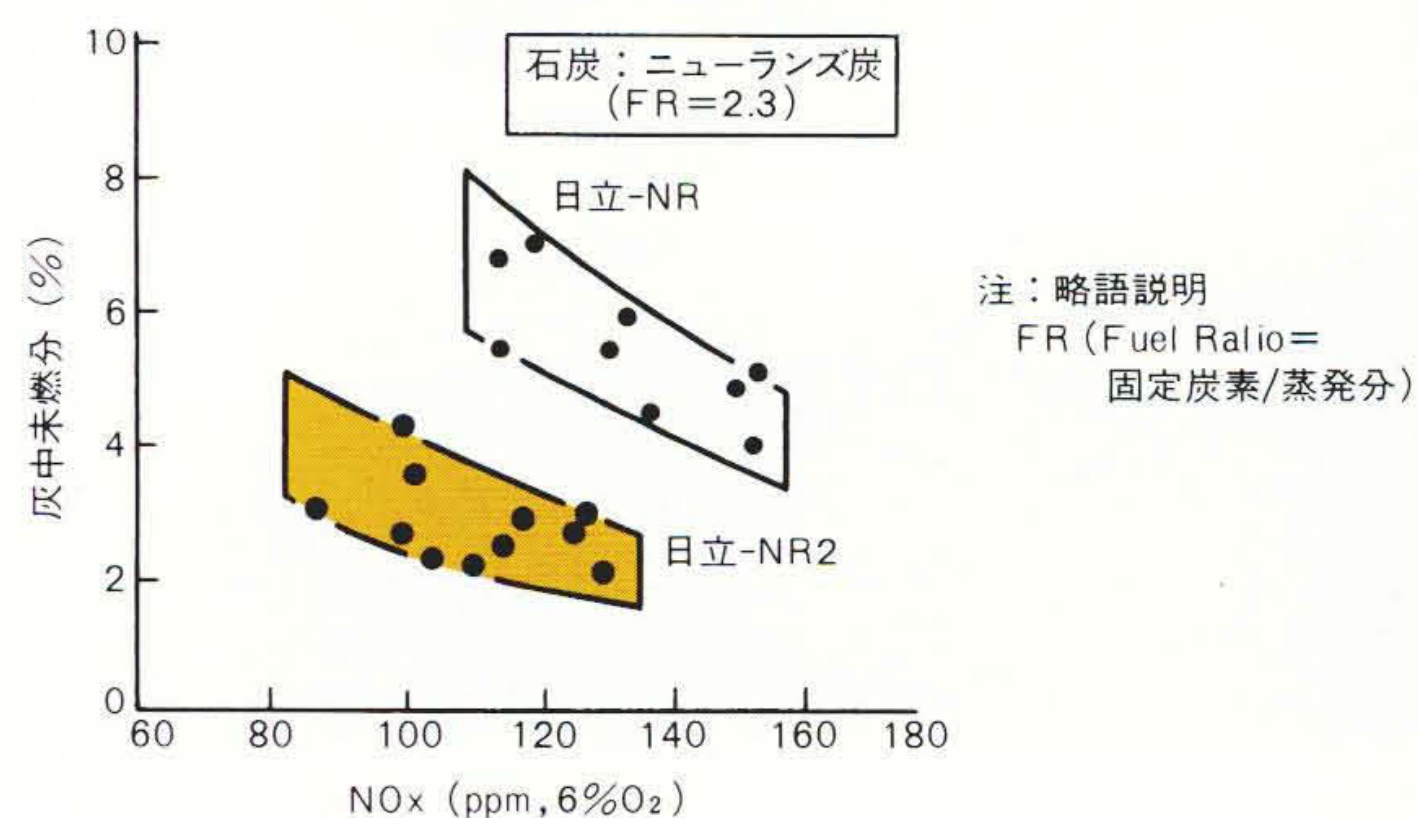


図2 日立-NR2バーナのNOx・灰中未燃分性能

1,000 MW石炭火力の完成

石炭火力では国内最大容量である電源開発株式会社松浦火力発電所1号機納め1,000 MW蒸気発生装置および脱硝・脱硫装置が据付け、試運転を完了し、1990年6月から営業運転を開始した。

電源開発株式会社松浦火力発電所1号機は、広域電源として電力の安定供給とエネルギー源の多様化を図るため、多銘柄で幅広い性状を持つ海外炭を主燃料とする石炭火力として建設された。設備は信頼性の向上はもとより、高効率、運用の容易性さらに環境対策の強化のため最新技術を導入したプラントで順調に運転されている。主な特徴と運転結果は次のとおりである。

- (1) 蒸気発生装置は、超臨界圧貫流ボイラで極低NO_x日立—NRバーナが設置されている。運転では従来火力に比べNO_x、未燃分は大幅な低減(20～45%)が達成され、また石炭専焼による最低負荷の低減(33%ECR)および高負荷変化率(4%/min)に対し燃焼は安定しており、その実力が十分に発揮されている。
- (2) 大容量の微粉炭機(MPS-118)は多炭種対応として、微粉粒度向上のための調整機能の高度化と粉砕部の耐摩耗性向上が図られ、負荷追従性に良好な運転結果を得た。

(3) 脱硝装置は低圧損、低SO₂酸化率の板状触媒を採用しているが、ボイラの負荷変化応答を含めて安定した脱硝性能を得た。

(4) 脱硫装置はシステムがシンプルなスート混合一塔方式である。この方式はわが国で初めてで除じん、脱硫、酸化を吸収塔の一塔で行うもので、高い脱硫効率が得られるとともに動力、石灰石などのユーティリティの大幅な低減を達成した。



電源開発株式会社松浦火力発電所全景

休止火力の運転再開と寿命延伸化改造

近年の電力需要を反映して休止火力プラントの運転再開、および寿命延伸化を目的とした改造が進められている。各火力発電所では、目的に合ったボイラに変えたり、耐力強化を図っている。

1. 東北電力株式会社秋田火力発電所1号缶運転再開

本ボイラは定圧貫流形で納入されたもので、1985年から休止中であったが、運転再開と合わせ変圧貫流形のボイラに改造し、最低負荷低減化を主目的とする運用性の改善を行った。主要な改造は、汽水分離器、貯水タンクから成るボイラ循環系統および変圧起動バイパス系統の追加などである。特に改造範囲の縮小化の観点から、既設リブド管を有効活用し、垂直管のまま変圧を行うことを特徴としている。本改造で最低負荷140 MWから60 MWへの低減および変圧化によるプラント効率向上が可能となり、中間負荷運用特性に優れるボイラとして生まれ変わった。

2. 東京電力株式会社千葉火力発電所3・4号缶運転再開

休止ボイラの運転再開工事は、東京電力株式会社品川火力発電所2・3号ボイラに続くものである。当ボイラは1959年に重油・石炭燃焼で運転、1973年に重油・ナフ

サ燃焼化で改造、1979年にNO_x低減化で改造、1981年に4号ボイラは国内最初の炉内脱硝ボイラに改造された。その後は3・4号ともに休止されていたが、電力需要の急速な変化に対応するため、3号ボイラは最新炉内脱硝ボイラに改造、3・4号ともに燃焼装置改造、補機取り替え工事は信頼性の向上を図って工事が再開された。精密点検を進める一方で、必要部品の整備を行った後、短期間で材料発注、製作、工事を実施し試運転も順調に終了した。

3. 東京電力株式会社姉崎火力発電所1号缶寿命延伸化改造

本ボイラは運転後20年以上を経過し、累積運転時間14万時間を超えているが、さらに今後の長期運転計画が予定されている。このため定期検査工期を短縮し、電力の早期確保を図るため、耐力の強化および寿命延伸化を目的として改造を実施した。なお、実施の具体策として、次の方針を目標に改造に着手した。

- (1) 耐力強化策については、劣化設備の抜本的更新を行い、設備の信頼性向上および機能の維持向上を図る。
- (2) 寿命延伸化については、劣化設備改造(スパイラル水壁への改造)に加え、再循環設備を設置し、変圧運転、最低出力90 MW運転など運用性能向上を図る。

新坂戸変電所屋外分散形全デジタル保護・制御システム

変電所の保護・制御システムの性能・信頼性の向上, 建設費用の低減などを目的とした世界初の光LAN応用屋外分散形全デジタル保護・制御システムを開発した。

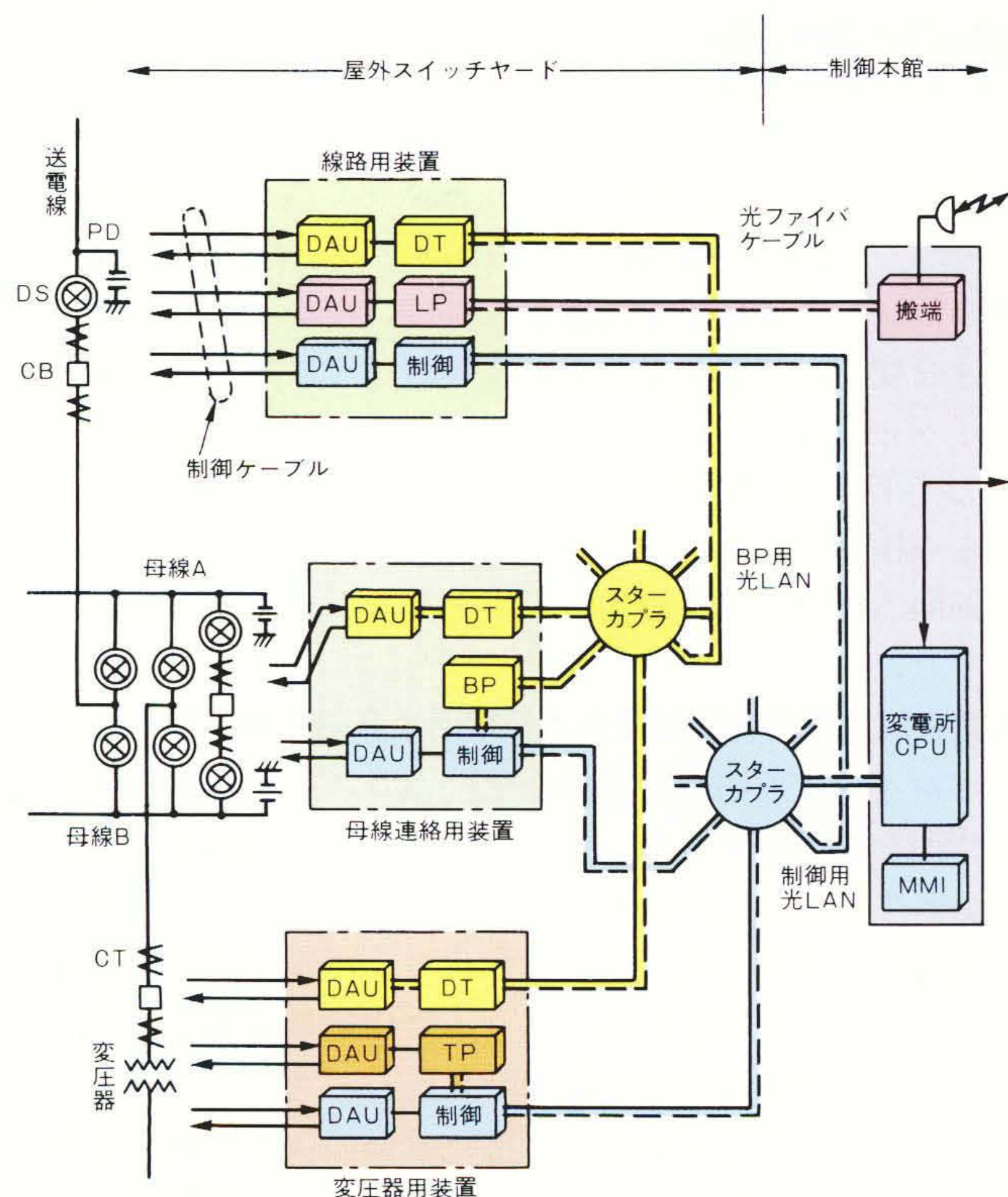
最近の電力需要増大, コンピュータシステムの普及など電気への依存度の増大により, 電力のよりいっそうの安定供給が望まれている。これに伴う電力系統の高度な運用に, 的確かつ容易に対応できる高性能・高信頼度な変電所の保護・制御システムが不可欠である。このニーズにこたえるため, 光LANを応用した屋外分散形全デジタル保護・制御システムを開発し, 東京電力株式会社新坂戸変電所に納入し, 1990年5月から実運用に入った。

従来の電力系統保護・制御システムでは, 保護・制御装置間を大量の制御ケーブルによって電気信号で結合していたのに対し, 新しいシステムでは, 国際規格であるIEEE802.4のトークンパッシングバス方式準拠の保護・制御システム専用の光LANを開発し, 保護・制御装置を屋外の開閉器近傍に分散配置し, その間を少数の光ケーブルで結合して情報をシリアル多重伝送している。このため, 変電所構内の電気ケーブルを大幅に削減することができ, ケーブル工事に伴う費用および工期の改善, 全デジタル化による信頼性の向上を図ることができる。本システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 光LANは, 変電所の保護・制御システムに有利なIEEE802.4トークンパッシングバス方式(伝送速度10 Mビット/s)を使用し, 異メーカー間結合を可能とした。
- (2) アナログ量取り込み時の同時性が必要なため, 保護・制御システム独特のサンプリング同期機能を開発し, 付与した。
- (3) システム全体を全デジタル化することにより, 無保守・無点検化を図り, 運用保守性を向上させた。
- (4) 装置を屋外キュービクルに収納し, 屋外設置したことにより, 従来必要であった保護・制御装置専用の建屋を不要とし, 変電所全体の縮小化を可能とした。
- (5) 装置をマイクロコンピュータなど電子回路を実装しているクリーン部と, 変電所の機器とのインタフェースを行うダーティ部とに完全分離, これらの間を光信号でインタフェースすることにより, 機器からのノイズ・サージ対策を施した。
- (6) 装置の応動状況の把握, 動作値設定の変更などを現場に行かずにすべて制御本館から遠方操作で行えるようにし, 雨天など悪天候時の運用保守性確保を図った。



新坂戸変電所全景



注：略語説明

MMI (マンマシンインタフェース) LP (送電線保護リレーユニット)
DAU (データ収集ユニット) BP (母線保護リレーユニット)
DT (保護用端末ユニット) TP (変圧器保護リレーユニット)

屋外分散形全デジタル保護・制御システム



屋外分散形全デジタル保護・制御システムの外観

275 kV, 250 MVA三相不燃変圧器

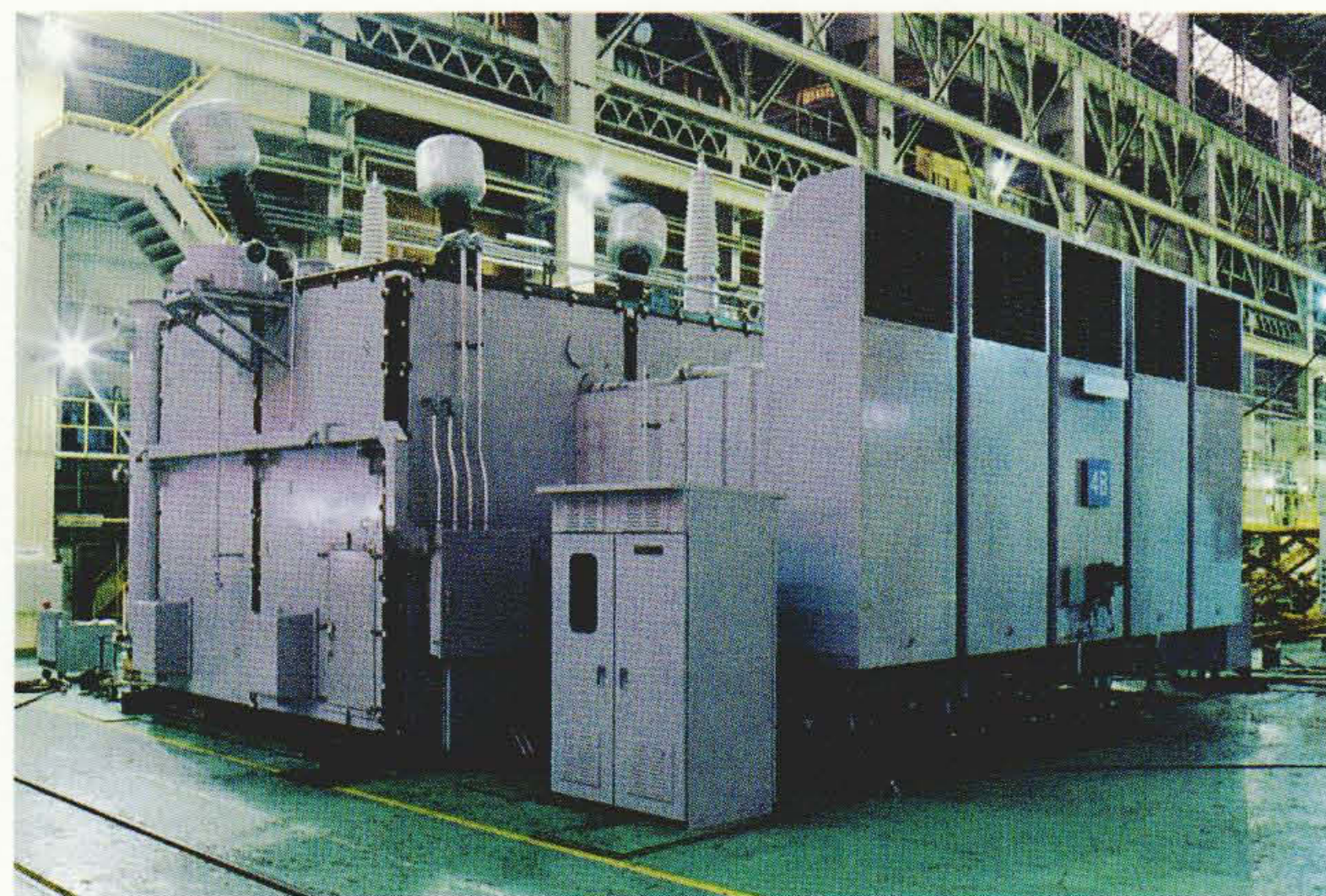
大容量変圧器の不燃化・小形化を図るため、パーフルオロカーボンとSF₆ガスを用いた複合絶縁方式不燃変圧器を開発し、1号器を中部電力株式会社安倍変電所に納入した。

都市部に設置される変圧器は高信頼度化、小形化に加え、都市防災の観点から不燃化が要望されている。超高圧・大容量変圧器を不燃化するため、中部電力株式会社との共同研究によってパーフルオロカーボン(不燃性液体：以下、PFC液と言う。)とSF₆ガスを用いた複合絶縁方式の変圧器を開発した。実規模試作器による検証試験を経て、今回1号器として275 kV, 250 MVA三相不燃変圧器を中部電力株式会社安倍変電所に納入した。

本製品は巻線と鉄心を絶縁筒の中に収納し、絶縁筒内にPFC液を満たして巻線と鉄心を液中に浸漬している。絶縁筒とタンクの空間にはSF₆ガスを充てんとともに、絶縁筒上部のセパレータによって液とSF₆ガスを分離する構造としている。巻線と鉄心を液中に直接浸漬することにより、液の優れた冷却・絶縁性能が活用でき、小形化を可能にした。また、SF₆ガスの介在によって低騒

音化が図れ、本製品は50ホンの仕様を満足している。超高圧側はガス絶縁開閉装置に直結される。

不燃変圧器は高さが低く、防火区画が不要なためガス絶縁開閉装置との複合平面配置が可能になり、階高低減効果が大きく、地下変電所への適用拡大が期待されている。



中部電力株式会社安倍変電所納め
275 kV/77 kV, 250 MVA三相不燃変圧器

西当別変電所納め予測保全装置

近年、変電機器の事故未然防止や無人化などのための運転・保守支援を目的としたオンラインシステムが急速に進展しており、電力供給信頼度の向上に寄与している。

北海道電力株式会社西当別変電所の300 kVガス絶縁開閉装置および変圧器を対象として、その保守管理の省力化や設備診断を目的とした予測保全装置を納入した。

本装置は、主な機能として事故に至る前兆現象を自動的にとらえる事故未然防止機能、事故時の復旧の迅速化を図るための事故点標定機能、運転状態や履歴などを必要時に出力表示が可能な運転・保守支援機能を備えている。システム構成としては、ガス絶縁開閉装置のインテリジェント化を指向して装置の制御キュービクル内に収納した現地監視盤、西当別変電所本館に設置した通信制御装置とモデムを付加した中央監視装置、および25 km離れた札幌電力所に設置した遠方監視装置から成る。冬季2年間のフィールド試験を反映した装置であるが、今後さらに運転実績を蓄積することにより、総合的な監視システムの実用化を目指す予定である。



表示画面例



遠方監視装置



300 kV全三相一括形ガス絶縁開閉装置

送電線の事故様相特定装置の開発

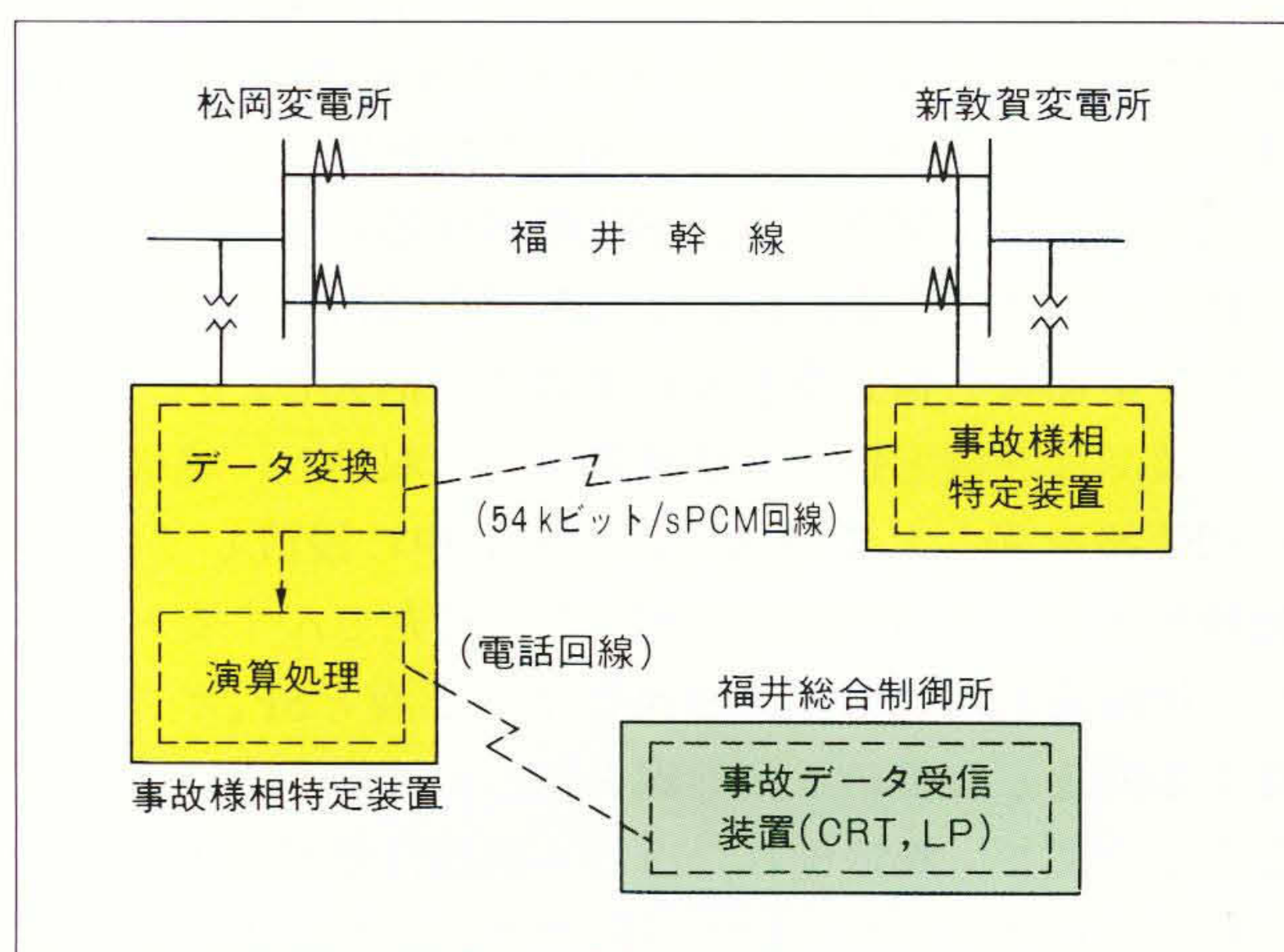
落雷などで送電線に永久事故が発生したときの復旧時間を短縮するため、事故点とその抵抗時間推移とを検出し、事故原因を推定できる事故様相特定装置を開発した。

この装置は、送電線両端の変電所で各相の電圧、電流を時刻同期し、一定周期でサンプリングしたデジタル信号として取り込み、一方の変電所へ集めた後、演算処理によって事故点と事故点抵抗の時間的推移を標定するものである。

原理的には、キルヒホッフ第2法則を用いるが、事故点までの電圧方程式を、両端の各相ごとに毎サンプルデータに対し連立化する。この際に、電圧、電流の計測誤差を考慮した誤差項を付加し、連立方程式を解くときにその誤差の自乗和が最小となるよう処理させて、未知数である事故点までの距離および事故点抵抗の算出精度を高めるくふうを施した。故障点を標定するために使用する装置としては世界で初めて、事故点抵抗の時系列変化を算出することにより、事故原因の特定に結び付けうるようにした画期的なシステムである。

本装置は北陸電力株式会社との共同研究で開発したも

のである。図に示すシステム構成で行った154 kV福井幹線での実証試験で、7件の動作実績(いずれも雷撃)が得られ、すべてのケースで事故点最寄りの鉄塔を特定できることが確認された。事故点抵抗についても、2回線にわたる6線短絡では1 Ω 程度、1線地絡では5～10 Ω となって事故様相の特徴を検出し、その有効性を検証することができた。



本装置のシステム構成

■貫流形石炭火力運転訓練シミュレータ

フルレプリカ形の装置を電源開発株式会社に納入し、研修用として稼動中である。

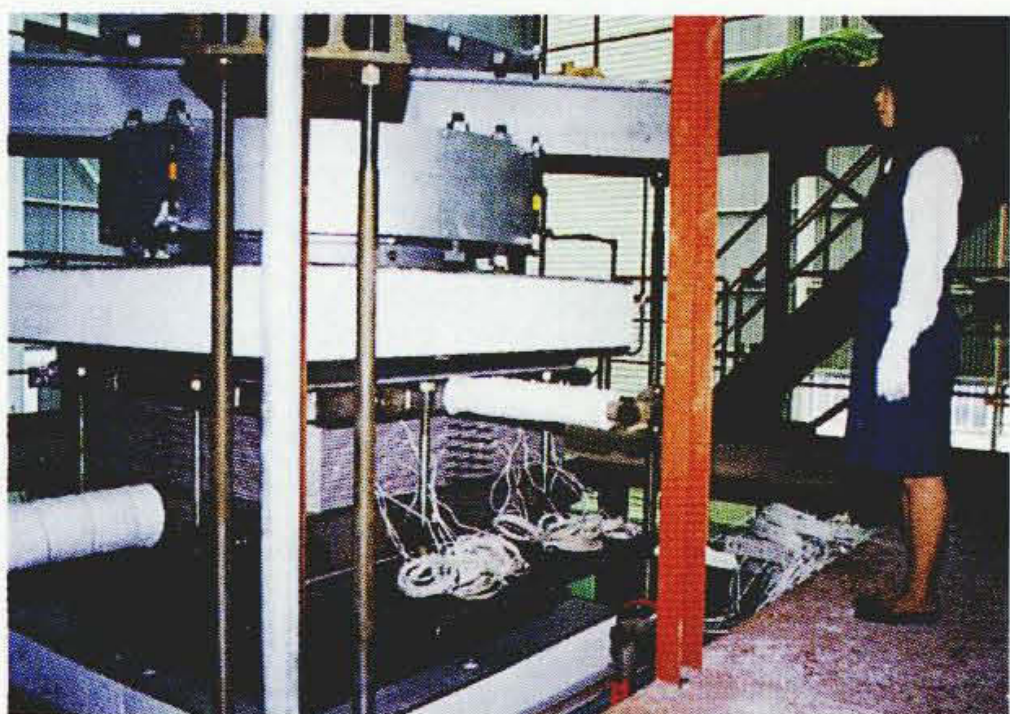
主な特長は次のとおりである。

- (1) 物理式に基づく高精度モデルの実現
- (2) 3プラントを切換によって模擬
- (3) 音響、照明、炉内テレビジョンによる臨場感
- (4) 現場操作盤による異常対応操作可能



■溶融炭酸塩型燃料電池発電システム

世界最大電極面積 1.2 m^2 、 25 kW 級スタックの加圧運転を実施して性能評価を行うとともに、要素研究の成果を取り入れて、 100 kW 級スタックの製作に着手する。また同時に性能向上と長寿命化の技術確立を図り、実用化を目指す。



■石炭灰利用乾式脱硫装置

北海道電力株式会社との共同研究によって、石炭灰を利用する脱硫剤を用いた乾式排煙脱硫装置を開発した。北海道電力株式会社苫東厚真1号ボイラで処理ガス量 $66\text{万}4,000\text{ m}^3\text{N/h}$ プラントが1991年3月に運開の予定である。これはわが国での乾式第1号商用機である。



■ループバック伝送機能を具備した電流差動リレー

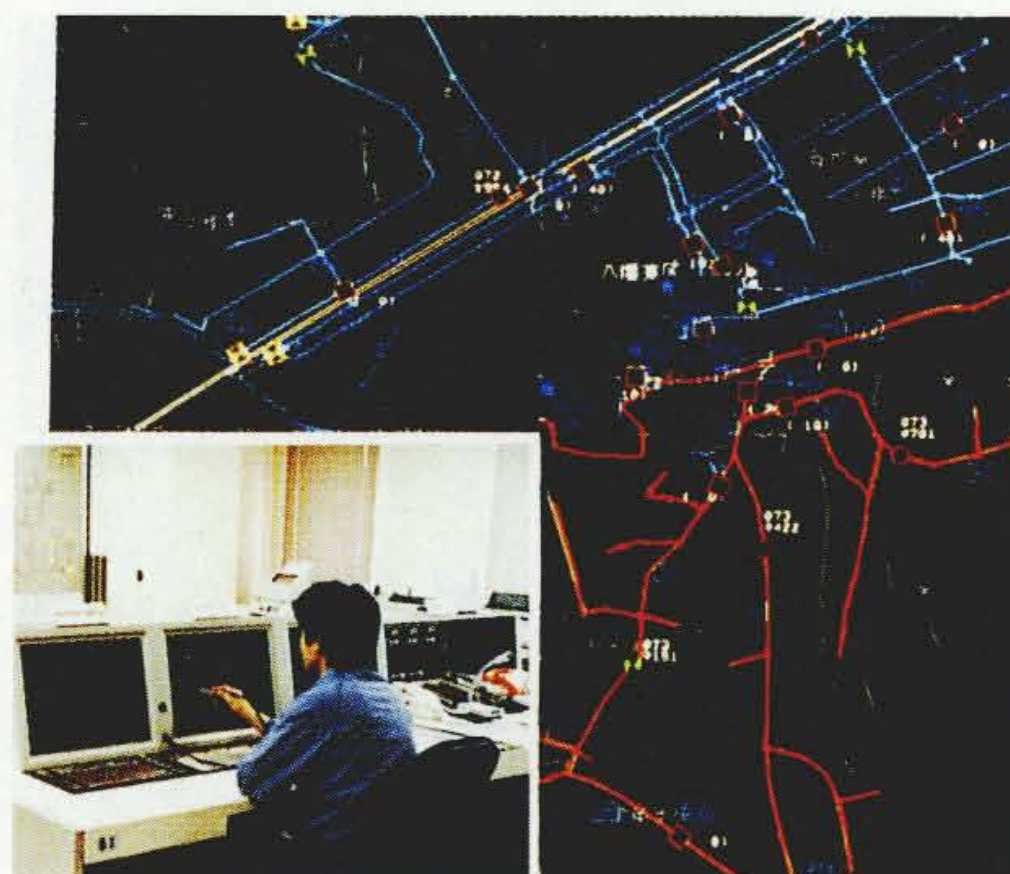
保護リレーシステムのいっそうの高性能化の要求にこたえるため、 1.544 Mビット/s の伝送システムを使用した高抵抗接地系多端子用PCMキャリヤリレー装置を開発製品化した。本装置はシステム信頼度向上のためループバック制御機能を備えており、今後市内系線路保護への適用拡大が期待される。

■光応用電圧・電流変成器

電力設備の高度化に対応できるセンサとして、小形・高性能な光電圧・電流変成器を中部電力株式会社と共同で開発した。 77 kV ガス絶縁開閉装置に組み込んだ約2年間のフィールド試験で、良好な性能が確認でき、実用化に向けて大きく前進した。

■配電系統の負荷融通システム

配電系統の多数の開閉器を自動的に制御して、運用上最適な系統構成を作り出す。事故や作業などに伴う停電の時間や範囲を最小限にとどめるため、知識処理を適用し、制約やノウハウなどの活用によって探索すべき組み合わせを抑え、高速処理性を実現している。



■超高落差ポンプ水車実落差・実揚程試験装置の完成

従来の実績を越える $800\sim 1,500\text{ m}$ 級超高落差での厳しい強度環境下でも、高い信頼性と良好な水力性能を持つランナの開発を行うための試験装置を完成した。この装置はランナに発生する変動応力を実物と同じ落差・揚程で測定することができる。

