

電力・エネルギー

電力・エネルギー関係の事業環境は、内外共に依然として厳しい面もあるものの、内需拡大を軸として明るい兆しがみられるようになった。しかも、総需要電力量の伸びは、今後も総エネルギー需要の伸びを上回るものと予想されている。また、社会の高度化・多様化とともに、電力の質に対する要求もますます厳しくなるものと思われる。社会生活の基盤となる電力・エネルギーについては、一刻たりとも技術開発の停滞は許されない。日立グループでは、こうした観点の下に、電力供給の効率化、経済性、信頼性の向上などに関する技術開発を行い、各方面のニーズにこたえている。

最近、原子力の安全性に対する社会的要求が高まっているが、21世紀に向けての重要なエネルギーであることは否定できない客観的事実である。より安全で、より経済的な原子力利用に向けての努力を重ねていきたい。

改良標準型軽水炉では、中国電力株式会社島根原子力発電所2号機が、1989年2月の営業運転開始を前に試運転中であり、さらに、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機を鋭意建設中である。国際協力によるABWR(改良型沸騰水型原子炉)は、安全性、運転性、建設性、経済性などの抜本的改善を図ったものである。各種新技術の確証・実証試験から、1990年代中の運転開始に向けて、共同実施設計を行う段階へと進んできた。また、次世代軽水炉についても、経済性、ウラン資源節約などのニーズにこたえるため基本構想の検討を進めている。

新型動力炉では、高速増殖原型炉「もんじゅ発電所」の建設と実証炉の開発計画に参加している。また、新型転換炉・実証炉の開発やウラン濃縮、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ている。

核融合関係では、日立製作所エネルギー研究所内に日立トカマク2号機“HT-2”を完成させ、研究開発体制を強化した。

火力発電設備は、原子力発電の増加とともに、ピークロード用、ミドル用への運用の移行が見られ、新設、既設を問わず、その対策が最重点課題の一つとなっている。これについても新技術の適用、改造などを行い、期待にこたえつつある。

今後、ミドル用火力については、LNGコンバインドサイクル発電所の役割がより重要になると考えられる。これについては、東京電力株式会社富津火

力発電所2号系列1,000 MWを完成させた。さらに高効率化のための高温化およびセラミックスコーティング採用などによるガスタービンの信頼性向上、低NO_x燃焼器の開発などの新技術を開発しつつある。ガスタービン本体の開発に関しては、1,300℃、25 MW級のH-25日立高効率ガスタービンを工場完成させた。

そのほか、関西電力株式会社赤穂発電所に完成した600 MW用大形排煙脱硫装置、北海道電力株式会社江別発電所で共同研究中の石炭灰利用乾式脱硫装置の実証試験、既設貫流ボイラ350 MWなどでの高機能化の達成、火力発電の運転支援システムである異常診断用AIツールHITREXの開発なども特筆される。

水力発電関係では、米国ジムフォールズ(29.6 MW, 2台)、ジェムステート(22.6 MW, 1台)およびバングラデシュ・カプタイ(52 MW, 2台)のカプラン水車が運転に入った。世界的な低落差地点の開発に対応するものである。国内でも電源開発株式会社只見発電所65.8 MW世界最大容量のバルブ水車・発電機が、1989年春の調整・試験に向けて現地作業を進めている。また、関西電力株式会社大河内揚水発電所320 MW機に適用される可変速システムも鋭意設計中で、揚水発電所の画期的新機能として注目されている。さらに、完全3次元乱流解析による高性能水車の高精度設計、土砂摩耗とキャビテーションの複合潰(かい)食対策としてのランナ材料などの新技術も開発した。

送変電関係では、東京電力株式会社新佐原変電所550 kV, 8 kAガス絶縁複合開閉装置などが運転開始し、中部電力株式会社との共同研究による275 kV, 100 MVA不燃変圧器などが工場完成した。前者は中枢系統に接続され、高信頼性要求を満たすもので、後者は不燃変圧器の超高压・大容量化に道を開いたものである。

情報制御関係では、供給信頼度の向上などを目的として開発し、東京電力株式会社新秦野変電所に納入した光LAN使用の変電所屋外分散形全デジタル制御保護システム、変電所の事故・障害時の迅速対応のため、関西電力株式会社新生駒変電所に納入したAI応用の運転支援システムがあり、順調に稼動している。また、四国電力株式会社には、零相キャリア伝送方式による遠方監視制御装置子局装置を多数納入した。

ABWR実プロジェクトへの展開

ABWR(改良型沸騰水型原子炉)は基本設計および新技術の確証試験が完了し、実プロジェクトの詳細設計建設に向けて着実に進展している。

日立製作所はBWRメーカーと共同して、BWRユーザー電力会社の指導・支援のもと、わが国をはじめ世界のBWR建設・運転実績の分析と評価を行い、これを反映してABWRの開発および基本設計を行った。基本設計と並行して、インターナルポンプ、改良型制御棒駆動装置、鉄筋コンクリート製格納容器などの新技術について実規模に近い条件で確証試験を実施し、性能確認と運転特性を把握した。完成した基本設計は、通商産業省第三次改良標準化プラントとしての認定を経て、実施設計に移行している。

ABWRは、BWRが本来持っている単純な系統、高い安全性などの利点を最大限に発揮した、安全性・経済性のきわめて高い発電プラントである。

ABWR初号機となる東京電力株式会社柏崎刈羽6・7号機は、原子炉熱出力3,926 MWt、夏季最高海水温度で電気出力1,356 MWの計画である。52インチ長翼タービンと2段再熱サイクルを採用するほか、高圧・低圧ヒータ

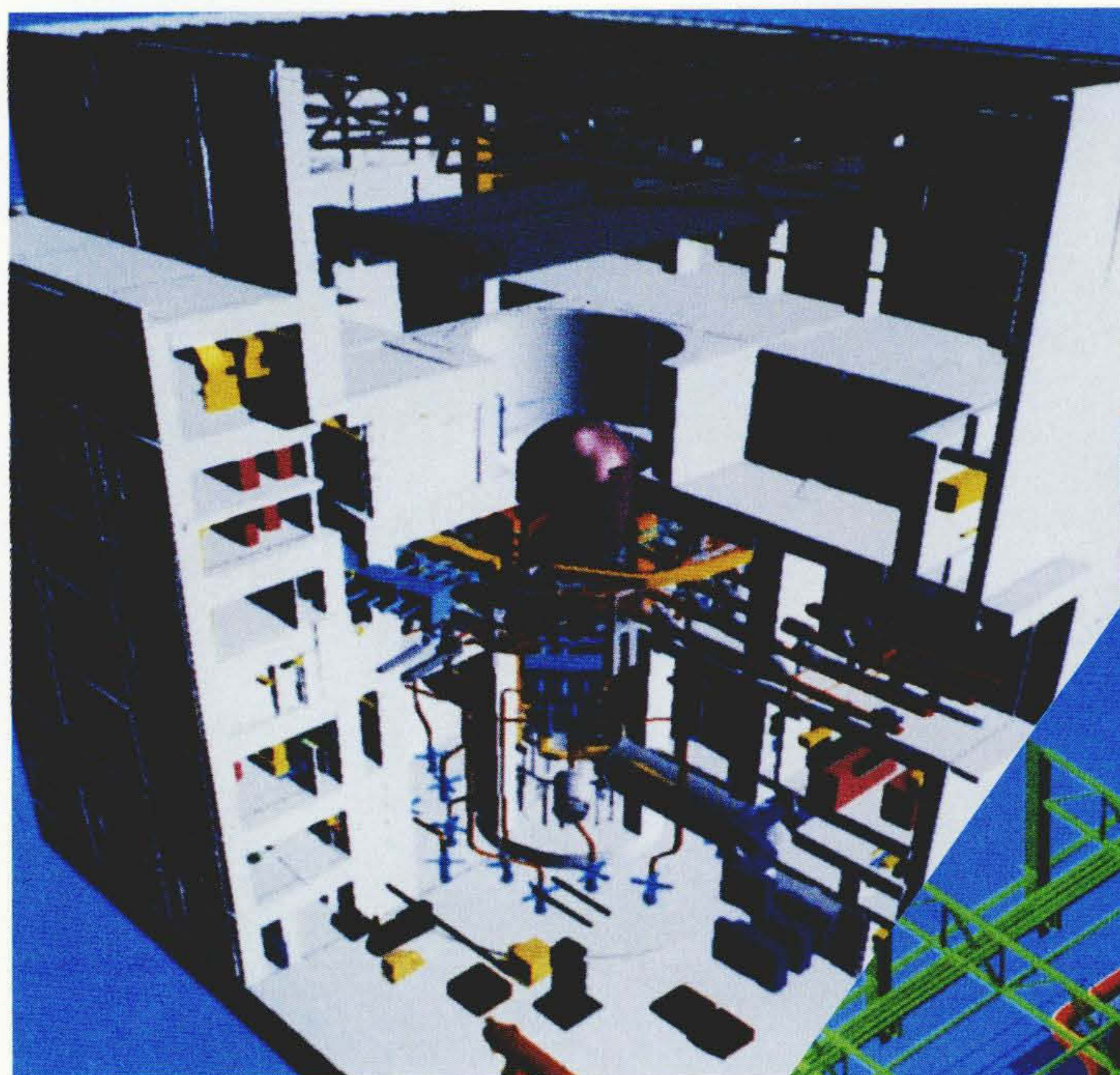
ドレンを給水に直接戻すヒータドレンポンプアップ方式を採用し、プラント熱高効率をいっそう高めている。

東京電力株式会社の設置許可申請は1988年5月に受理され、安全審査が行われている。日立製作所は、株式会社東芝およびGETSCO社とともに共同設計・建設体制を組み、実施設計を鋭意進めている。

原子炉建屋、タービン建屋の配置を以下に述べる。

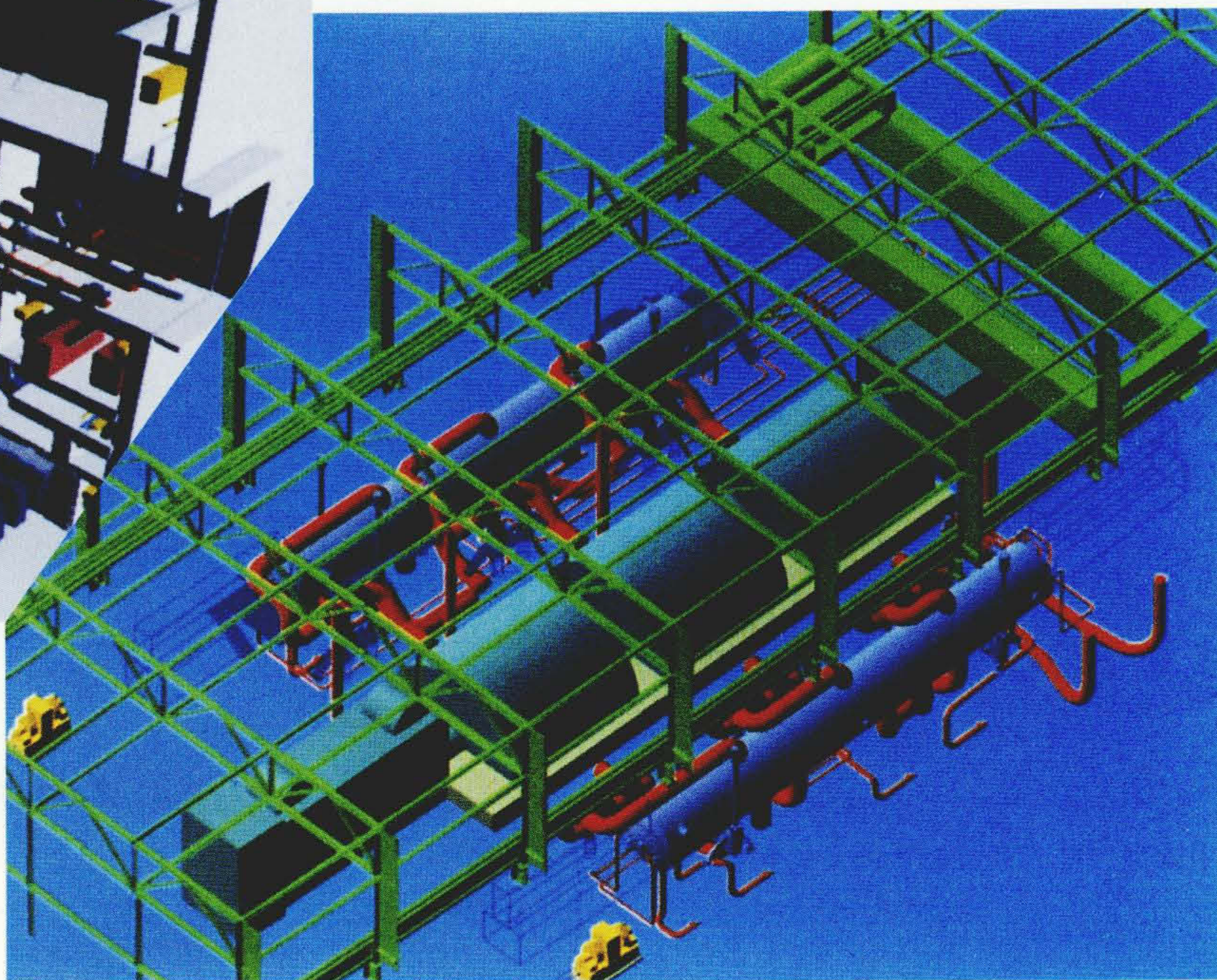
(1) ABWRの格納容器は原子炉建屋と一体となり、コンパクト化が図られた円筒型鉄筋コンクリート製格納容器である。インターナルポンプなど、新技術の採用によってコンパクト設計が可能となり、また炉心位置の低下および格納容器の高さが低減し、耐震性も向上している。原子炉建屋は格納設備の最適化などによって大幅な建屋容積の低減を行っており、経済性の向上および建設工期の短縮に大きく貢献している。

(2) タービン建屋は、タービン設備のほかに海水熱交換器設備と循環水ポンプ設備を一体に収納した複合建屋である。建屋は機器・設備の最適化によって非常にコンパクトになっている。定期検査時のタービン分解スペースは、6・7号タービン建屋中央に位置する廃棄物処理上部を利用することによって十分確保されている。



原子炉建屋内部
—鉄筋コンクリート製格納容器と
一体化した最適配置

タービン建屋 運転床配置
—保守性を考慮した最適配置



BWR(沸騰水型原子力発電設備)の建設状況

日立製作所は、新たに3基のBWRを加えて現在5基のBWRを鋭意建設中である。これらのプラントの建設状況について紹介する。

(1) 中国電力株式会社納め島根原子力発電所2号機

本プラントは、電気出力820 MW、MARK-I改良標準型を採用しており、1984年7月着工以来、工事は順調に進捗し、1988年5月に燃料を装荷して臨界に達した。その後、出力を段階的に上昇させながら設備の総合的な機能、および性能を確認する起動試験に入っている。

現在、100%出力での起動試験の最終段階にきており、1989年2月に営業運転開始の予定である。

(2) 東京電力株式会社納め柏崎刈羽原子力発電所5号機

本プラントは、電気出力1,100 MW、MARK-II改良標準型発電設備で、1987年10月2日、原子炉圧力容器が世界最大級移動式クレーンによって、原子炉建屋につり込まれて以来、周辺配管、炉内構造物据え付け工事も順調に進行し、現在は機器、電気品の据え付け工事もほぼ完

了し、系統別機能試験の最盛期の段階に至っている。1989年7月に燃料装荷を開始し、1990年4月に営業運転開始の予定である。

(3) 東京電力株式会社納め柏崎刈羽原子力発電所4号機

本プラントは、柏崎刈羽原子力発電所で5番目の電気出力1,100 MWの発電設備で、1988年2月着工以来、1989年11月の岩盤検査に向けて本館基礎掘削工事が進行中である。営業運転開始は1994年7月の予定である。

(4) 中部電力株式会社納め浜岡原子力発電所4号機

タービン系に湿分分離加熱器を採用し、熱効率を向上させた電気出力1,137 MWの発電設備で、日立製作所はタービン、発電機設備の建設に参画している。営業運転開始は1993年9月の予定である。

(5) 北陸電力株式会社納め志賀原子力発電所1号機

1988年8月に設置許可を得た電気出力540 MW、MARK-I改良標準型の発電設備で、同年12月に着工した。現在は本館基礎掘削工事中で、営業運転開始は1993年3月の予定である。



中国電力株式会社島根原子力発電所(手前が2号機)

高燃焼度確証用燃料

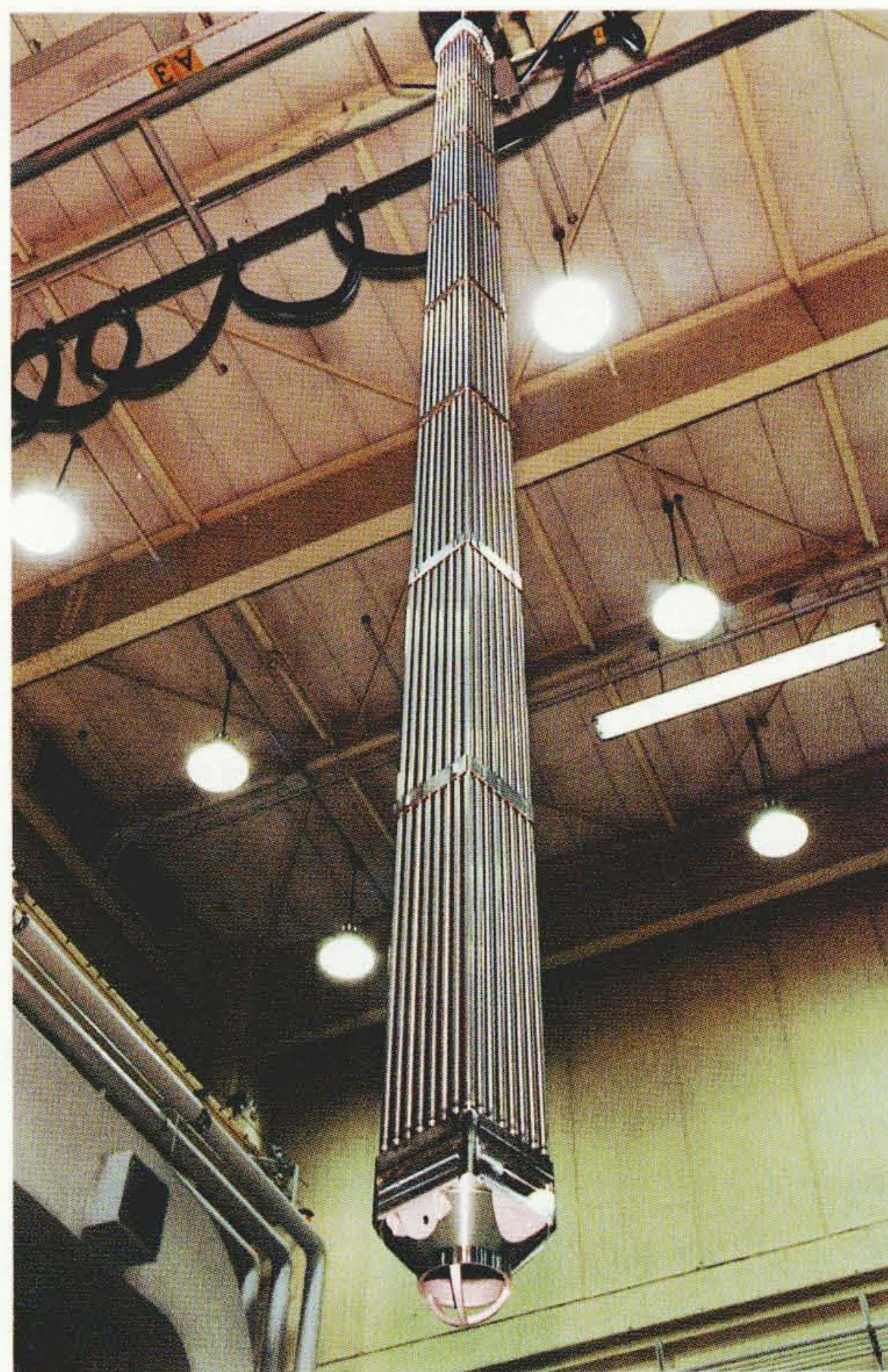
経済性を高めた高燃焼度燃料の実用化に先駆けて使用する高燃焼度確証用燃料が完成した。今後、燃料集合体平均燃焼度約50 GWd/tまで燃焼させ、燃料の健全性を確証する。

東京電力株式会社から受注した高燃焼度確証用燃料8体が完成し、同社福島第二原子力発電所2号機に装荷され、このほど照射が開始される。

高燃焼度燃料は、取り出し平均燃焼度を高めることによって燃料経済性の向上を達成するもので、ステップⅠ、Ⅱ、Ⅲと段階的に開発し製品化を進めている。本燃料は、将来のステップⅡ燃料の本格的実用化に先駆けて、高燃焼度での燃料の健全性を確証するためのものである。照射後は、財団法人原子力工学試験センターによる「高燃焼度等燃料確証試験」の一環として、詳細な照射後試験を実施する計画である。

本燃料は、高燃焼度化を効率的に達成するため、次のような設計改良を施している。

- (1) 水対燃料体積比改善のため太径ウォータロッドを採用
- (2) 限界出力特性改善のため新型スペーサを採用
- (3) 伝熱特性改善のためヘリウム加圧量を増加
- (4) その他燃料部材の改良



高燃焼度確証用燃料

原子力発電所放射性廃棄物処理設備総合デジタル監視制御システム

マンマシン技術、高信頼化デジタル技術および光情報伝送技術を駆使した原子力発電所用総合デジタル監視制御システムを完成した。

原子力発電所での運転信頼性向上を目的とする総合デジタル監視制御システムは、実プラントへの段階的な適用拡大が図られている。その一環として東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機納め廃棄物処理設備の監視制御システムで、CRTオペレーション、デジタル制御装置および光情報伝送装置を全面的に適用した総合化システムを完成し、系統試験を実施中である。

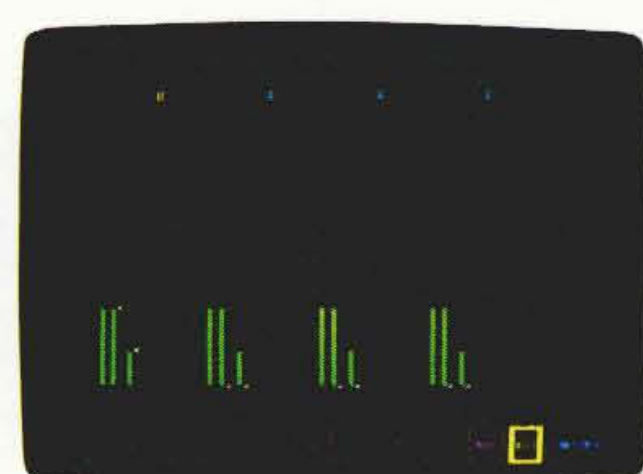
監視面では、高精細カラーCRTを用いたプラント情報の集約監視に加え、トレンド表示、警報表示を行っている。操作面では、画像上での運転操作を可能とするCRTオペレーションを採用した。プラント情報は、現場に分散配置された光多重伝送盤に取り込まれ、光伝送によって中央制御室内のデジタル制御装置に送られる。

システム構成面では、系統分散、冗長化構成によって高

信頼化を図り、制御面では、オペレータコンソール上に設置のマススイッチによるバッチ処理の自動化を行っている。



CRTオペレーション画面



オペレータコンソール外観

原子力発電プラント運転訓練シミュレータ

フルスコープシミュレータから小形シミュレータに至るまで、最近のニーズの多様化に対応して各種レパートリーの運転訓練・学習用シミュレータを開発した。

原子力発電プラントを安定に運転するため、従来から各電力会社は運転員を専門の訓練機関に派遣し、運転訓練シミュレータによる訓練を実施してきている。特に最近では、シミュレータの動向として次のものがある。

1. 専門の訓練機関での訓練内容の高度化

過酷事故を含む異常・事故模擬のほか、高度な訓練支援機能が付加されたフルスコープシミュレータ

2. 電力会社による訓練用シミュレータの導入

(1) 小さな施設場所でも中央操作室からの広範な操作がCRTとタッチスクリーンから行える、発電プラントの特性の学習を主体とした小形シミュレータ

(2) 実機同等盤による操作訓練を主目的とした訓練用シミュレータ

日立製作所では、このような顧客ニーズに対応して各種のシミュレータを開発している。先般も右写真のシミュレータを工場出荷し、顧客によって運用されている。

中国電力株式会社・原子力運転訓練シミュレータは同社島根原子力発電所2号機を模擬したものであり、実機と同一の制御盤を使用しているため臨場感がきわめて高い。さらに、異常や事故のスケジューリングなど、豊富なシミュレーション動作機能を持っている。



中国電力株式会社納め原子力訓練シミュレータ(工場内総合試験)

再処理施設

民間第1再処理工場の設計が進められており、日立製作所が担当する主施設について再処理技術を確立する時期になった。

わが国で再処理の必要な使用済み燃料は、1990年には約800 t、2000年には約1,600 tに達すると予測され、わが国での再処理の必要性が高まってきている。そこで再処理の国産化を図るため、日本原燃サービス株式会社は青森県下北半島に800 tU/年の再処理工場の建設を計画している。

民間第1再処理工場の基本設計は、1989年1月に終了の予定であり、その後、詳細設計に移る。日立製作所の分担工程のうち、オフガス工程については西ドイツから、高レベル廃液濃縮工程および酸回収工程については英国から、また、低レベル廃液処理工程についてはフランスからそれぞれ技術を導入する。

日立製作所が担当する設備は、硝酸と核分裂生成物を大量に含む廃ガスおよび廃液処理工程であるため、日立製作所は、実機の $\frac{1}{200}$ 規模の核分裂生成物化学挙動実験設備などを設置し、早期から材料の高耐食性技術の研究開発を進めてきた。特に核分裂生成物のルテニウムの腐食

挙動解明に関する研究は、世界的にも高く評価されており、詳細設計に反映される予定である。また、特定の工程にはジルコニウムとステンレス鋼の接続が必要となるので爆着接合技術を開発し、実機への適用性を確認している。

以上述べたように、材料に関する日立製作所独自の技術と海外から導入する技術とを効果的に組み合わせ、最適な再処理技術を確立する時期になった。



核分裂生成物化学挙動実験設備(実機の $\frac{1}{200}$ 規模)

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原型炉「もんじゅ」、新型転換炉実証炉および高速増殖実証炉の日立製作所での活動状況について紹介する。

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月の機器据え付け完了に向け現地工事がいよいよ本格化する。

工場製作は順調に進められており、中間熱交換器(3基)は、総数約9,900本/3基の伝熱管管束部の組み立てを完了した。主循環ポンプ3基のうち1基は、組み立てを完了し工場内で単体特性試験を進めている。また、蒸気発生器(過熱器3基)は、ヘリカルコイル伝熱管管束部の組み立てを完了した。これらの機器は、1989年5～6月に製作を完了する予定である。

現地では据え付け工事が本格化しており、ライニング設備工事は原子炉建物内が1990年4月に、原子炉補助建物内が1989年12月に完了する予定である。また、1988年4～5月にダンプタンク(3基)、オーバフロータンク(1基)、11～12月に中間熱交換器ガードベッセル(3基)、主循環ポンプガードベッセル(3基)の据え付けを完了した。1989年6～7月には中間熱交換器、主循環ポンプ、過熱器などの据え付けを予定しており、一次主冷却系や他系

統の配管の据え付けと合わせこれから建設最盛期を迎える。

2. 新型転換炉実証炉(電気出力606 MW)

新型転換炉実証炉は重水減速沸騰軽水冷却型で、電源開発株式会社が青森県大間地点に建設を予定しており、1992年4月着工をめどにプラントの性能向上、合理化を目指した設計が強力に進められている。

日立製作所は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、安全評価および原子炉本体、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。

現在、改良燃料の採用による炉心性能向上、原子炉本体・原子炉主要建屋の縮小などの合理化および安全系設備機能強化の検討を実施するとともに、顧客からの委託および社内研究によってその妥当性を確認し、目標を達成する見通しを得た。

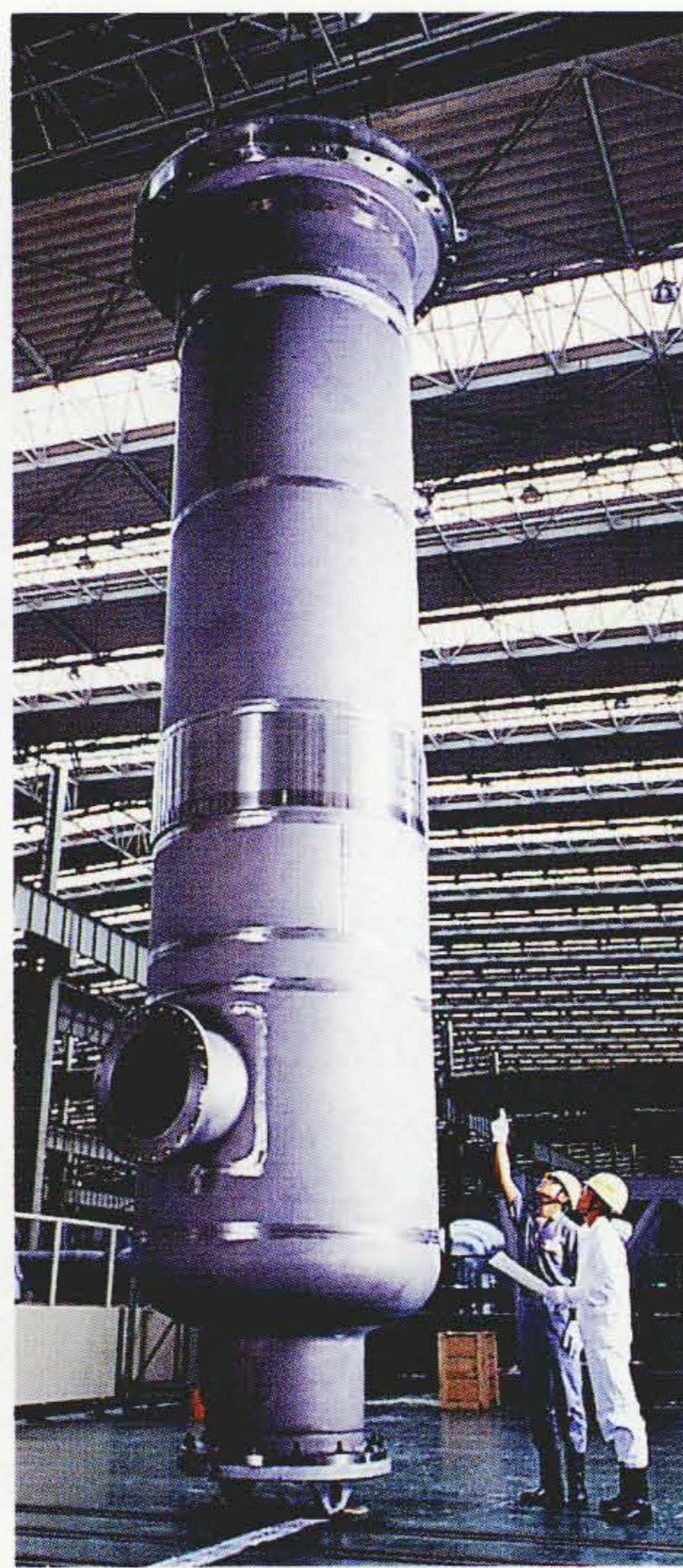
3. 高速増殖実証炉

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80万～100万kW級の大型炉の設計研究および研究開発が進んでいる。

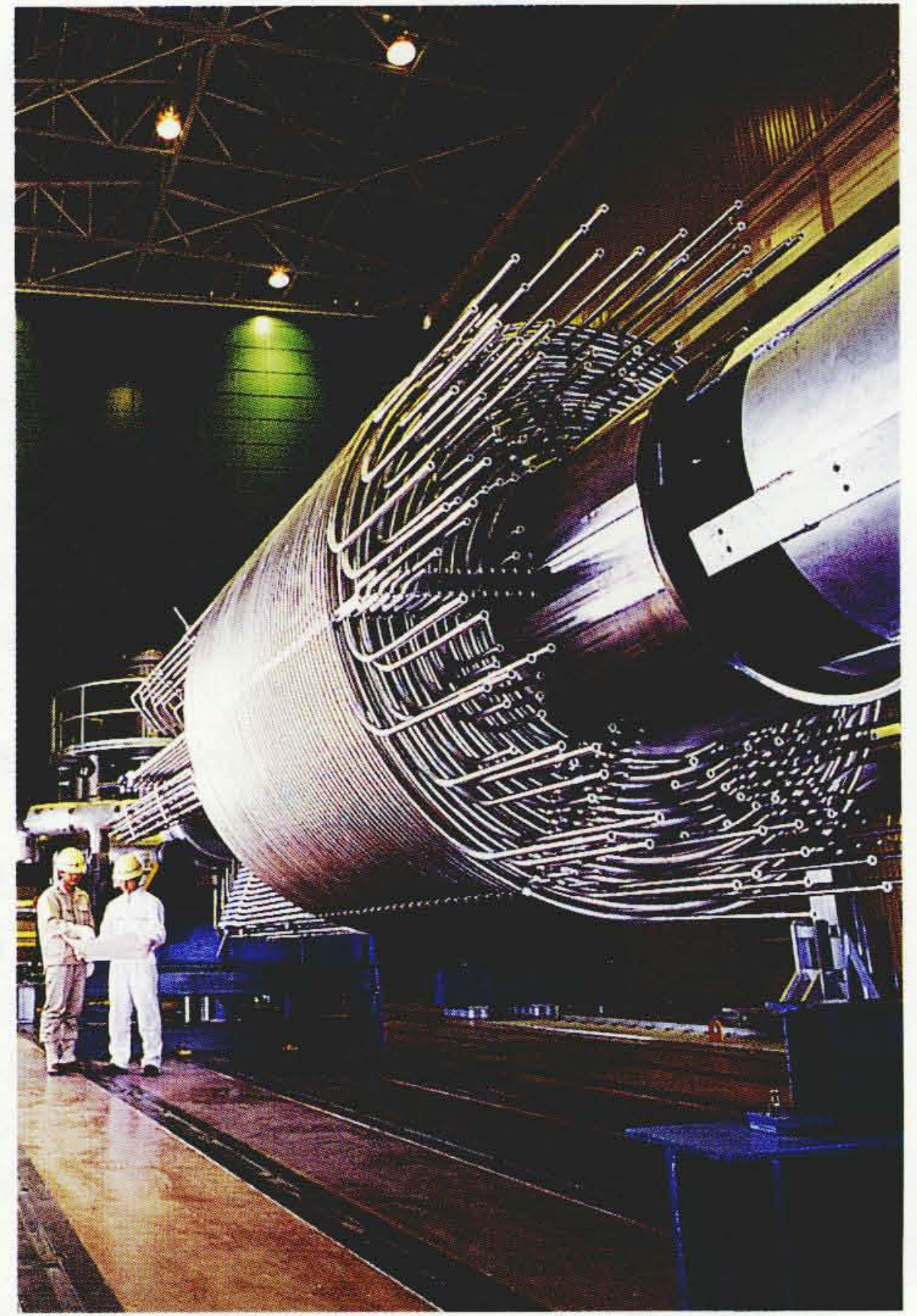
日立製作所はこれら設計研究に参画し、プラントや主要機器の概念を構築するとともに、崩壊熱除去系流動試験や新型炉停止機構の開発、免震システムの開発など幅広い研究開発も合わせて推進中である。



中間熱交換器伝熱管管束



主循環ポンプ外ケーシング



過熱器伝熱管管束

コンパクトヘリカルシステム

次期大型ヘリカル装置の設計に指針を与えることを目的として計画された、改良ヘリカル巻線を持つプラズマ実験装置コンパクトヘリカルシステムが完成した。

わが国での核融合研究は、日本原子力研究所のJT-60に代表されるトカマク装置の研究と、大学関係のヘリカル装置の研究を並行して進める方針となっている。後者の次期装置として岐阜県土岐市に大型ヘリカル装置の建設が計画されているが、本装置の設計指針を得るための準定常ヘリカル型プラズマ実験装置CHS(コンパクトヘリカルシステム)を1988年3月に完成させた。

CHSは改良ヘリカル巻線を採用したアスペクト比(トラス半径/プラズマ断面半径)の小さな装置であり、以下の特長を備えている。

- (1) ヘリカルコイル位置精度 $\pm 0.5\text{ mm}$ を実現するため、厚肉真空容器にNC機械加工機を用いてヘリカルコイル溝を正確に加工し、この溝内にヘリカルコイルを巻いた。
- (2) ヘリカルコイルは、不整磁場を地磁気の3倍程度に抑えるため、小断面導体密巻方式を採用すると同時に、コイル口出し部、段落部に特別の構造を用いた。

名古屋大学では、装置完成後直ちに実験に着手し、先に完成した同種の外国装置を凌駕(りょうが)する実験成果を達成した。



完成したコンパクトヘリカルシステム

技術抄録

■復水浄化用中空糸膜フィルタ

直径約1mmの太さの中空糸状多孔膜を多量に束ねて使用した大容量復水浄化用フィルタを開発した。本設備は東京電力株式会社福島第一原子力発電所4号機に納入され、順調に運転を継続している。

その特徴は、膜表面にある $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 程度の細孔で鉄酸化物などを効率よく除去し、運転に伴う廃棄物を少なくすることである。併せて装置の小形化を図った。

■CRD(制御棒駆動機構)点検支援エキスパートシステム

本システムは、定期検査時の機能試験結果や点検履歴などのデータベースと、従来専門技術者が行っていた判断を計算機化したエキスパートシステムとで構成したものである。これによって、質の高い予防保全計画を効率的に立案できる。

■原子カプラント用過渡現象記録装置

プラントの事象解析を補助するために、過渡現象発生時のプロセス量および機器動作信号を高速で自動記録する装置を開発した。記録データはグラフ出力、磁気テープ保管が可能である。本装置は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所4号機ほかに納入した。

■高速燃料取替機

AI(Artificial Intelligence)応用の高速燃料取替機を開発した。本装置は、複数横行台車方式で、完全遠隔自動操作およびAI応用取替手順最適プランニング制御を行うものである。定期検査時の燃料交換作業時間を約30%短縮するなど、高速・高信頼性運転を可能とした。

■レーザ法ウラン濃縮技術

レーザ濃縮技術研究組合では、1990年の工学的実証を目指して実験機開発を進めている。日立製作所もこれに参画し、電子銃加熱によるウラン熱流動や分離装置構成材料の評価を行うとともに、分離に必要なレーザの自社開発に取り組んでいる。

■FBR用環状型電磁フローカプラ

高速増殖炉では、液体金属ナトリウムを冷却材として使用する。冷却系には原子炉を冷却する一次系と、その熱を水蒸気系に伝える二次系がある。電磁フローカプラは、ナトリウムの導電性を利用して、二次系の流れにより磁場を介して一次系の流れを誘起する装置である。日立製作所は高性能が期待できる環状型を試作し、作動原理を初めて実証するとともに、60%の効率を達成した。

■ $(\text{NbTi})_3\text{Sn}$ 強制冷却マグネット

核融合用低交流損失 $(\text{NbTi})_3\text{Sn}$ 強制冷却型超電導コイルを開発し、10.8 Tの外周磁場中で定格値2.5 kAまでの励磁性能を確認した。また、クエンチ過渡解析コードを開発してコイルの安定性解析を行い、実測値と良い一致を見た。

■高速増殖炉「もんじゅ」用ナトリウムポンプ

高速増殖炉「もんじゅ」用ナトリウムポンプを現在製作中である。本ポンプは、原子炉冷却材である金属ナトリウム(約 $400\text{ }^\circ\text{C}$)の循環用として使用されるものである。わが国最初の自主開発による原子力発電所用第1種ポンプである。

燃焼温度1,300℃級日立高効率H-25形ガスタービン

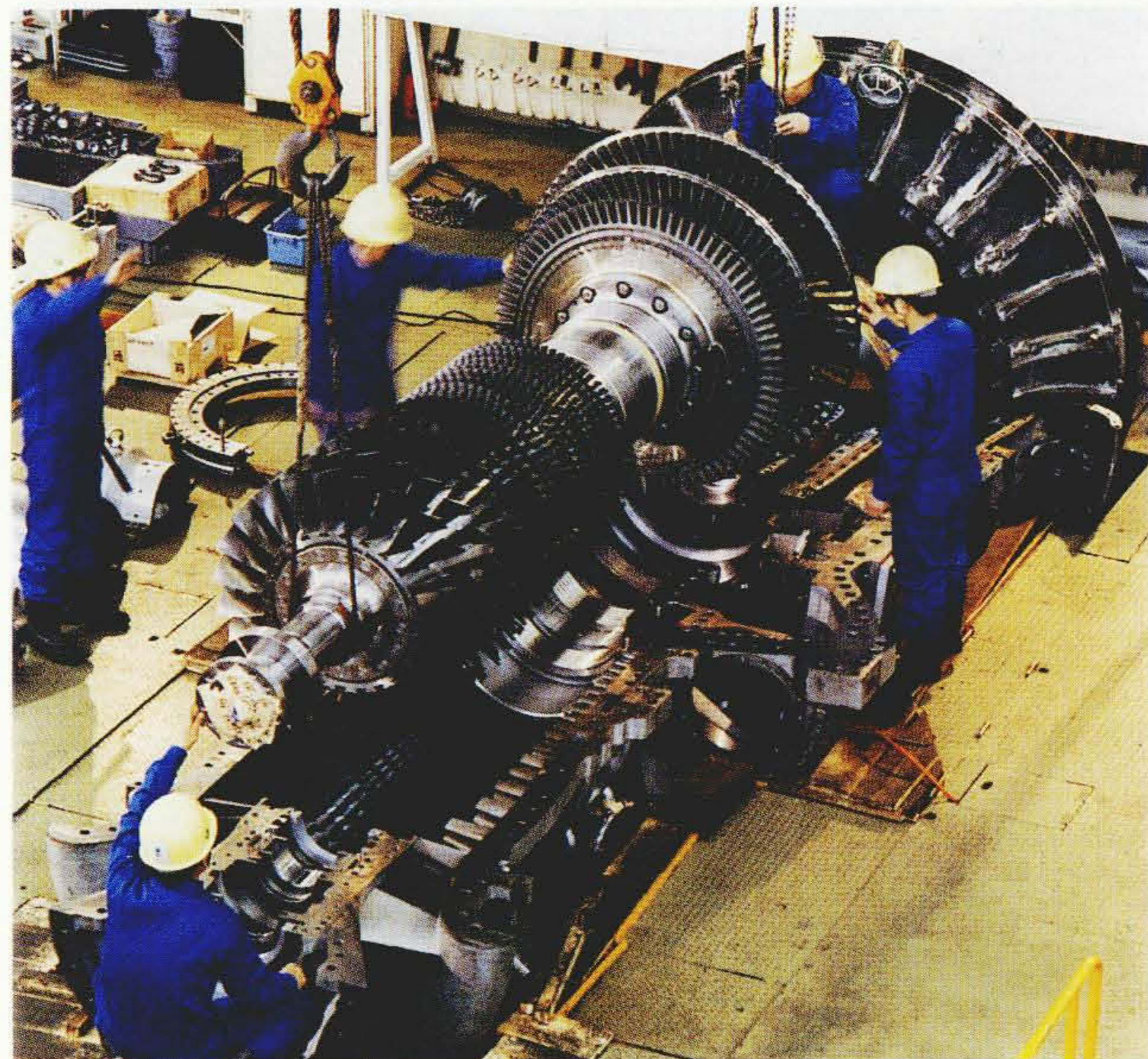
日立製作所では、自主開発を進めていた高効率ガスタービンH-25形(出力25 MW)を完成させた。熱効率32%は従来の同クラス機種を約20%上回るものである。

日立製作所では1964年以来、米国GE (General Electric) 社とのガスタービン共同製作契約によってGE型ガスタービンの製作に携わり、現在までに約370台の納入実績を持っている。

中でも、出力2万5,000 kWクラスのMS5001形が主力機種となっているが、熱効率が27%程度である。このため、熱効率の面で将来さらに市場競争力のある機種が必要となることを想定し、同出力クラスで高効率のガスタービンの自主開発を進めてきた。

このたび完成した高効率H-25形ガスタービンは、長年にわたるガスタービンの製作実績をもとに、日立研究所、機械研究所で開発した最新技術を取り入れたものである。圧力比14.7、燃焼温度1,260℃を達成し、このクラスのヘビーデューティガスタービンでは世界最高水準の熱効率32%を実現した。

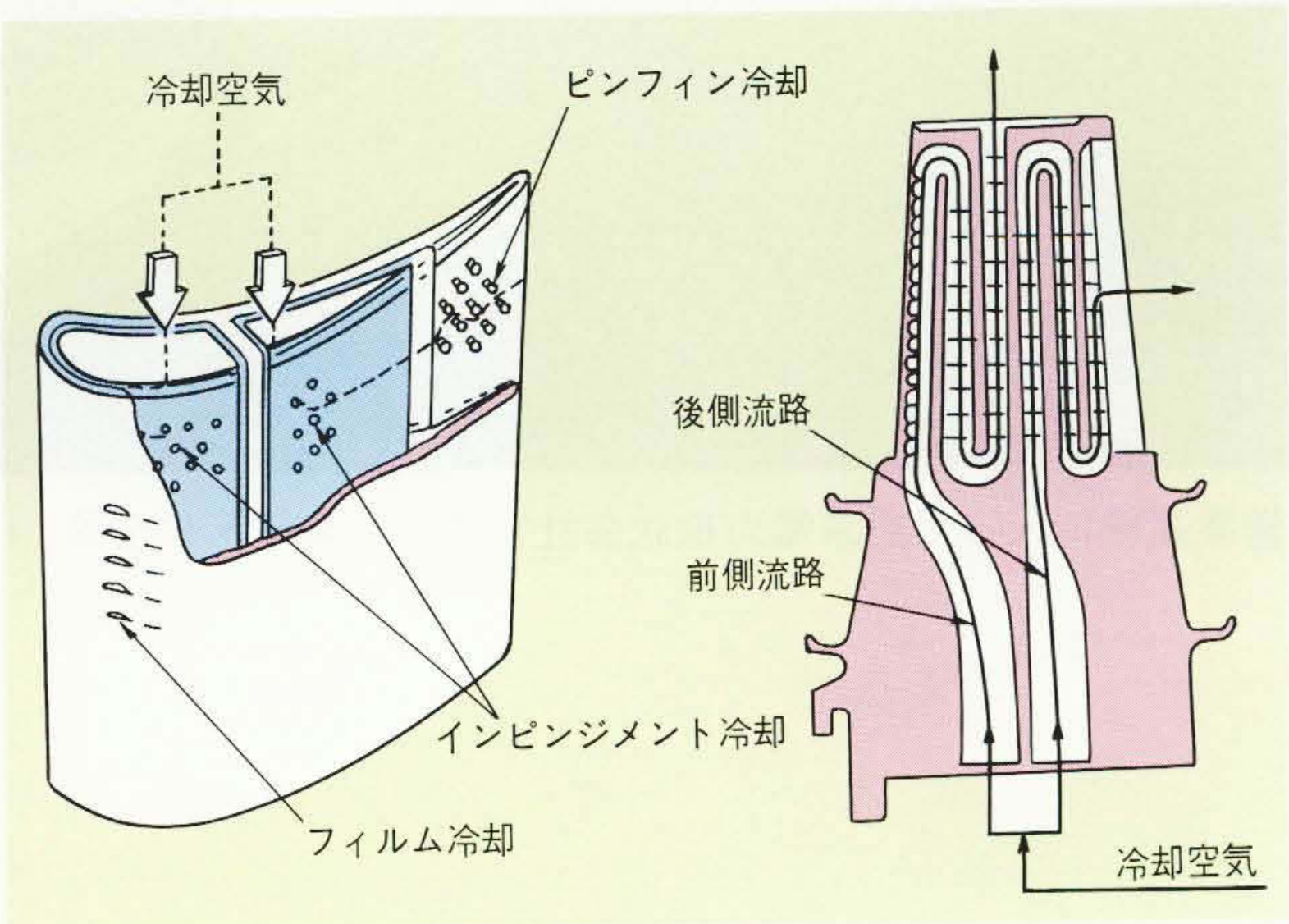
- 製品としての特徴は、
- (1) 新規プラントへの納入はもちろん、寸法的にも本体がMS5001形パッケージ内に収納できるものとなっているので、既設MS5001形ガスタービンの本体をこのH-25形に交換することが可能で、熱効率約20%の改善によって、燃料費の大幅な改善が期待できる。
 - (2) 燃焼温度1,260℃の達成によって、排熱回収ボイラとの組み合わせによる複合サイクル発電プラント、あるいはコージェネレーションプラントに最適であり、高い総



組立中のH-25形ガスタービン
 17段軸流圧縮機と3段タービンから構成されるロータを、ガスタービンケーシング(下方)に組み込んでいる。

- 合熱効率が得られる。
- また技術的な特徴としては、
- (1) 高速化によって14.7の高圧力比を実現した、17段高性能軸流コンプレッサを適用した。
 - (2) 高温部品用に開発した耐熱超合金を使用し、さらに耐久性を増す各種コーティング技術を適用した。
 - (3) 高温ガスにさらされるタービン翼には、最新の冷却技術を駆使した高性能空冷翼を使用した。
- などが挙げられる。主要部品は、要素試験を繰り返して開発され、最終的な工場実負荷試験では、ガスタービン各部に約800点のセンサを取り付けて、翼メタル温度などを計測し信頼性を確認している。
- H-25形ガスタービン1号機は、出光エンジニアリング株式会社社に納入され、既設MS5001形のリプレースによる効率向上用として、出光興産株式会社徳山製油所に設置された。

H-25形およびMS5001形ガスタービンの主要仕様			
項目	形式	H-25形	MS5001形
出力		25,000 kW	25,000 kW
熱効率		32%	27%
燃焼温度		1,260℃	980℃
圧力比		14.7	10.1
回転数		7,280 r/min	5,100 r/min
圧縮機		軸流式：17段	軸流式：17段
燃焼器		多缶式：10缶	多缶式：10缶
タービン		軸流式：3段	軸流式：2段



ガスタービンの空冷翼
 最新の冷却技術を取り入れた内部構造を持つ精密鋳造品である。(左：第1段静翼、右：第1段動翼)

1,000 MW 高効率コンバインドプラント

東京電力株式会社富津火力発電所2号系列1,000 MW
コンバインドプラントが完成し、営業運転を開始した。最新
鋭高効率の一軸形コンバインドプラントである。

東京電力株式会社富津火力発電所2号系列発電設備
が、1988年11月10日営業運転を開始した。

日立製作所は、主機の一部および補機の製作ならびに
プラント据え付け、試運転を担当し、このほど全7軸の
試運転を完了した。

本プラントは、わが国でも最大級のLNG発電設備であ
り、脱石油省エネルギー形の新技术としてガスタービン
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。主な特長は次のとおりである。

(1) 高効率：排熱回収サイクル(完全変圧変温、混圧)の

採用により、プラント熱効率43%以上

(2) 短時間起動・停止可能：軸当たりの起動～全負荷は
60分以内

(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(165 MW/軸×7軸：系列1,000 MW)のため、
部分負荷時の軸数切り替えによる高効率運用可能

(4) 環境適合性：NO_x低減技術としてガスタービンへの
蒸気噴射および排熱回収ボイラへの脱硝装置設置によっ
て、NO_x排出量は10 ppm(15%O₂換算)以下

(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

(6) 高メンテナンス性：定期点検は一軸ずつ順次実施可
能であり、年間を通じてプラント(系列)出力はほぼ一定
にできる。



営業運転に入った東京電力株式会社富津火力発電所の全景(1・2号系列合計2,000 MW)

新26インチ高耐力・高性能翼

高耐力・高性能な新26インチ長翼を開発した。60 Hz域向け中・小容量蒸気タービンの既納入機にも適用できる、S字形シュラウドカバーを備えたものである。

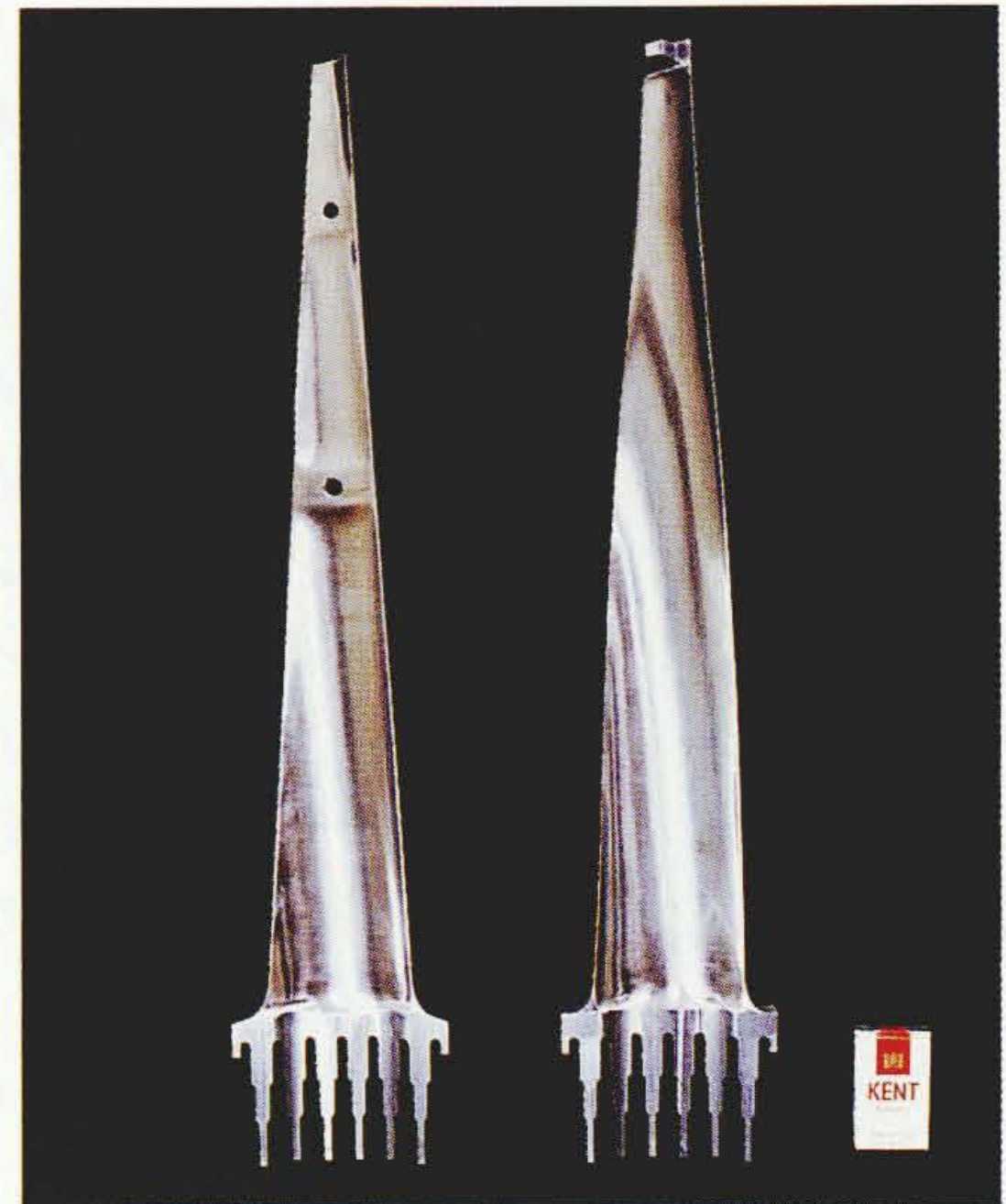
出力12.5万 kWから35万 kWの蒸気タービンでは、最終段落に26インチ長翼を用いたものが、国内向けおよび輸出向けに多数納入されている。

この26インチ長翼にはシュラウドカバーがなく、2本の銀ろう付きタイワイヤによってつづられた構造となっている。そのため、長年運転していると銀ろう付き部の補修が必要になることがあり、以前から改善を加えて耐力を向上することが求められていた。

このたび開発した新26インチ長翼は、旧翼の欠点を回避するために、銀ろう付きタイワイヤを2本とも削除して、代わりにS字形のインテグラルシュラウドカバーを取り付けた構造とした。このS形状は、長翼の回転中に発生するねじれ戻り力を利用して、隣り合う翼が相互に突っ張り合って、強固なつづり力を発生させるような形状となっており、これによって振動的に安定した全周1リングつづり構造が得られた。

さらに、最新技術による高性能な遷音速翼形とすることによって、約0.9%のタービン効率向上(25万～35万 kW機で)を図っている。

この新26インチ長翼は、既納入機の耐力向上と熱効率向上を図ることも目的としているので、翼根部と翼本数は旧翼と同一とし、互換性を持たせている。



3,600 r/min用26インチ旧翼(左)と新翼(右)

火力異常診断用AIツール“HITREX”

火力発電所の運転の高度化、多様化に対応し、熟練運転員のノウハウ・知識を容易に計算機に移植し、だれでも活用を可能とする異常診断用AIツールを開発した。

従来、知識を構築するためには、フレームと呼ばれる構造化された事実知識およびif条件部、then実行部の形式で表現されたルール知識を定義する必要があり、ある程度知識工学に関する専門知識を必要とした。また、プラントのデータを知識として利用するためには、それに対応したプログラムの作成が必要であった。新開発の火力異常診断用知識構築ツールHITREXは、これらの問題点を解決するもので、次の特徴を持っている。

- (1) ナレッジエンジニアを必要とせず、プラントエンジニアでもフォールトトリーに基づいた知識構築を可能とする。
- (2) 知識構築データの入力だけで、プラントデータとの結合情報を自動的に生成する方式とし、プログラム作成を不要とする。
- (3) 異常の波及経路、異常の程度に対応した適切なガイドメッセージを表示する。

プラントエンジニアは写真例に示すように、CRT画面上でフォールトトリーを描くことによって簡単に異常診

断に関する知識を構築可能である。またトリーの各ブロックの定義は該当ブロックをタッチすることによって、画面の一部に現われるウインドウ上で、プラントデータ識別番号(入力点番号)を用いて行うことができる。

このように、フォールトトリーに基づいて構築された知識は異常予知・異常解析の推論に組み込まれ、異常診断システムとして機能する。



HITREXによる
知識構築例

異常予知ガイドメッセージ

本CRT画面に表示の知識は、東京電力株式会社との共同研究「運転支援システムの開発」の成果である。

既設貫流ボイラの高機能化

東京電力株式会社五井火力発電所2号ボイラで、運用性能改善と寿命延伸化を同時に達成するための改造を実施し、起動時間、起動損失が従来の約 $\frac{1}{3}$ となった。

本プラントは265 MW容量で、1964年8月運転開始以来今日まで、ベース負荷運用が順調に続けられてきた。

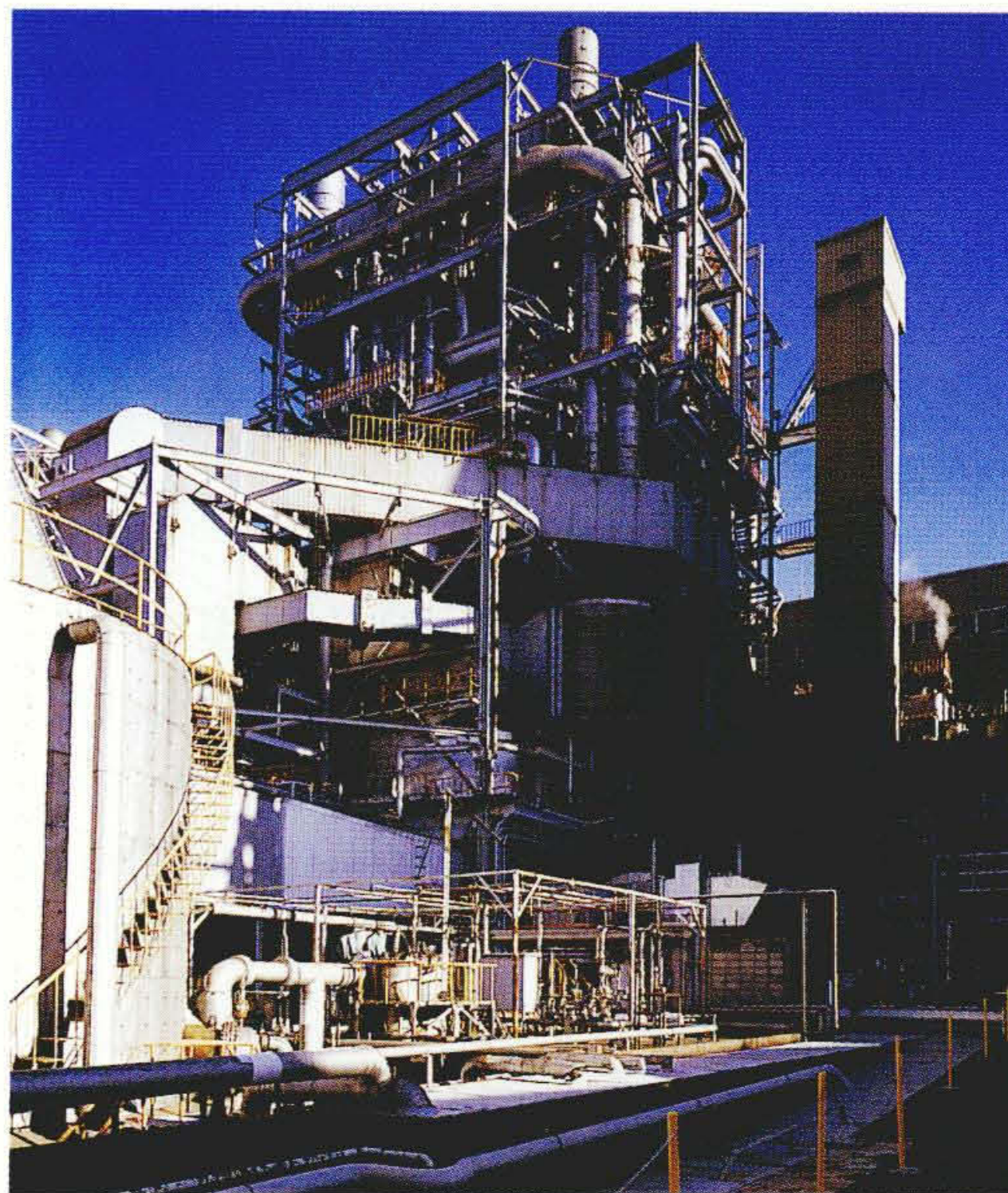
ところが、原子力発電設備の増加に伴い新設火力だけでなく、既設火力にも中間負荷運用が求められるようになった。

一方、本ボイラの累積運転時間も12万時間に達し、寿命延伸対策が必要となっていた。そこで起動時間の大幅短縮と寿命延伸化を同時に達成するため、既設垂直管火炉壁のスパイラル壁化を含む根本的なボイラ改造を実施した。

主な改造は、(1)既設火炉壁(約 $\frac{2}{3}$)の撤去と、スパイラル壁の設置、(2)旧起動バイパス配管・弁などの撤去と新起動バイパスの設置、(3)起動時の火炉再循環系統の新設、(4)熱応力集中部の構造改造、(5)制御装置の改善などである。

隣接するプラントを運転しながら、延べ4万2,000人を投入した工事約5か月で無事故、無災害で終了した。

その後の試運転によって、深夜8時間停止後の起動時間(点火～全負荷)は、改造前の345分から最短124分へと大幅に短縮され、起動損失(点火～併入間燃料消費量)も改造前の $\frac{1}{3}$ 以下に低減できた。



東京電力株式会社五井火力発電所2号ボイラ

石炭灰利用乾式脱硫装置

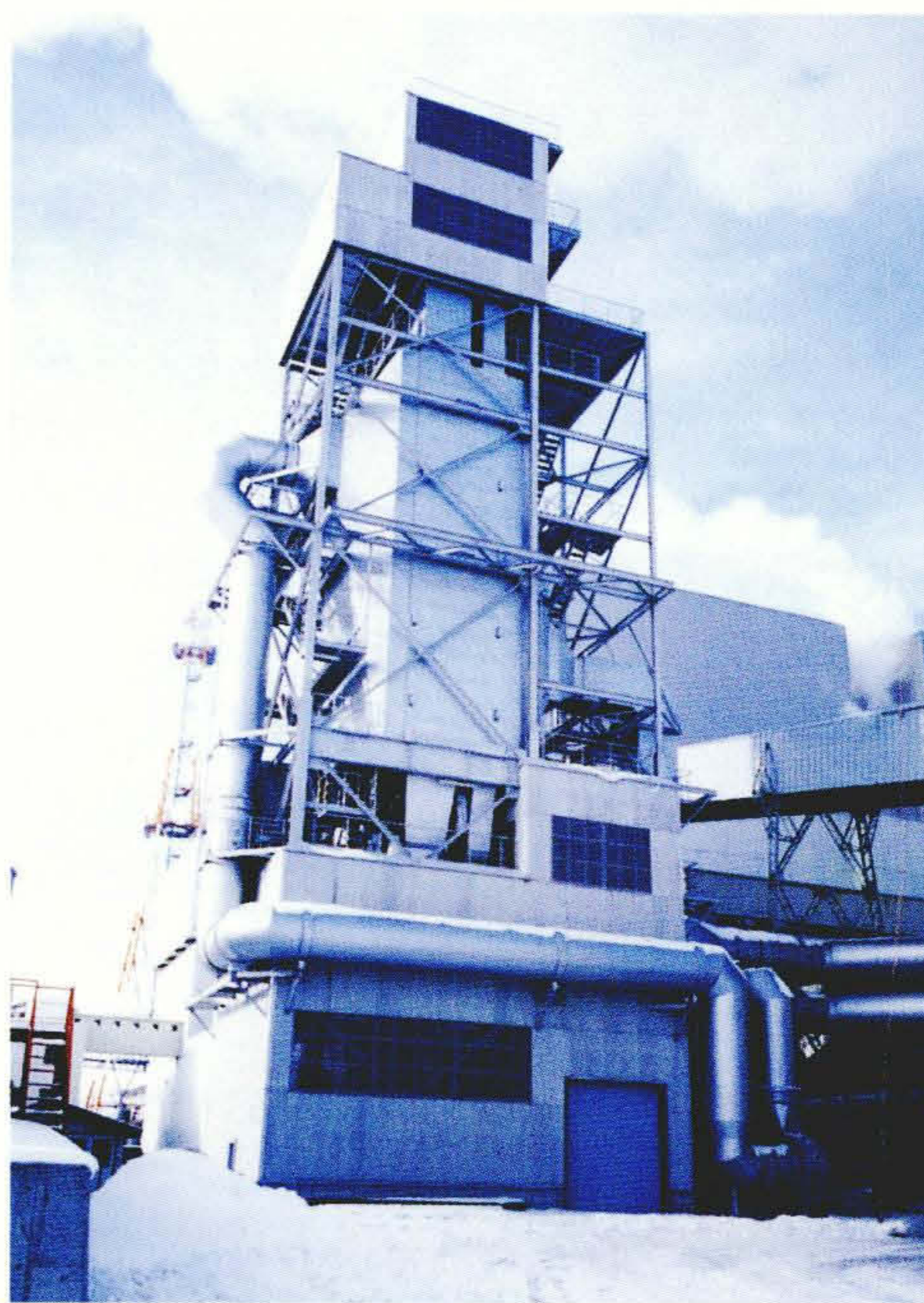
石炭灰を利用して製造した脱硫剤による乾式脱硫装置の開発を北海道電力株式会社との共同研究により進め、5万 $\text{m}^3\text{N/h}$ 実証プラント試験を実施した。

石炭火力発電所などから排出される石炭灰の有効利用法として、石炭灰、石灰、石こうの混合物に水を添加し、蒸気養生して得られる硬化体を脱硫剤とする乾式脱硫装置の開発を実施中である。研究開発は、脱硫剤特性の研究、脱硫剤製造技術の研究および1,000 $\text{m}^3\text{N/h}$ パイロット試験を含むもので、その後、北海道電力株式会社江別発電所に5万 $\text{m}^3\text{N/h}$ の実証プラントを建設して実証試験を実施した。

本試験では、設備の計画条件での試験に引き続き、プロセスおよび機器の最適化のための試験を行った。

これにより、脱硫剤の製造法の妥当性および吸収塔の吸収性能を実証し、さらに、この試験の結果をもとにスケールアップを含めて実用化に向けての検討を進めている。

本脱硫装置は乾式法で排水がでないこと、ガスの再加熱が不要であることのほか、石炭灰が有効に利用できるなど、他方式にない特長があり、その成果が期待されている。



石炭灰利用乾式脱硫装置実証プラント

高性能水車の開発

スーパーコンピュータの利用によって可能となった最新の3次元粘性流れ解析技術や性能予測技術を用いて、高性能水車の開発を行った。

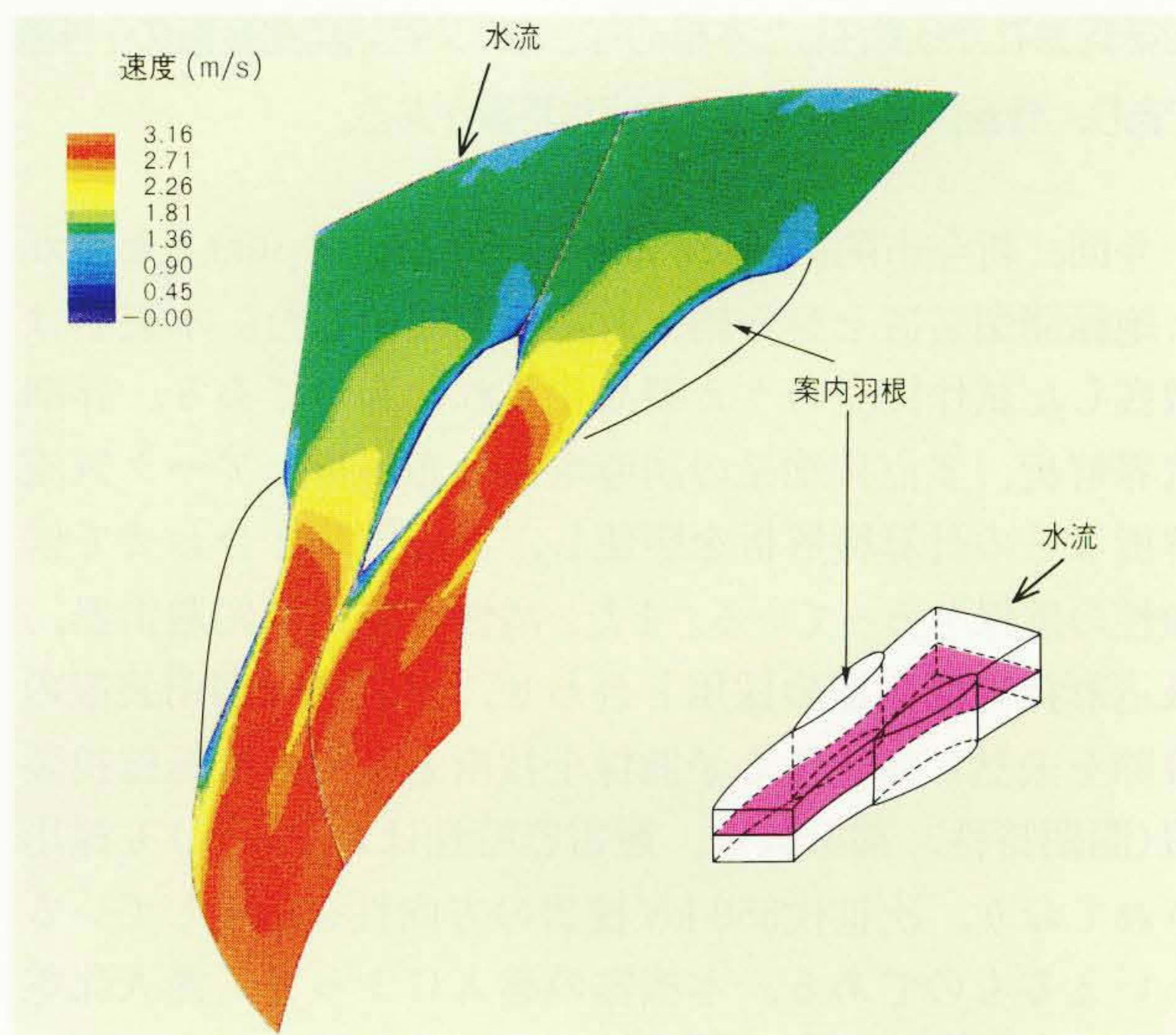
水車の開発は、新しい解析技術や性能予測技術の導入によって、一段と高いレベルへと進むことになった。

日立製作所では、従来から行ってきた2次元あるいは準3次元の非粘性流れ解析技術のほか、完全3次元の非粘性および粘性流れ解析コードHISTREAM[※])を種々の流体要素(ケーシング、ステーション、案内羽根、ランナ、ドラフトチューブなど)の解析に適用しており、さらに性能予測技術を加えて高性能水車の開発を進めている。

右図は、案内羽根部の3次元粘性解析結果の一例を示すものである。従来は解析不可能であった案内羽根後流(羽根後方の流速の遅い部分)の様子をよく示している。

現在、これらの計算には、スーパーコンピュータHITACS-810/20で約10分から80分のCPU時間を必要としているが、今後の電子計算機の進歩によって、さらに強力な設計開発のツールとなることが期待されている。

※) HISTREAMは、日立製作所機械研究所で開発された汎(はん)用の流体解析ソフトウェアである。



案内羽根部の粘性解析

上図は、案内羽根周りの流速分布を示す。赤い部分の流速が最も速く、緑から青になるに従って遅くなる。案内羽根後方の青色から黄色に変わる舌状の部分が後流である。

光LANを用いた屋外分散形全デジタル制御・保護システム

変電所の制御・保護システムの高性能・高信頼度化、装置設置スペース削減を目標に、光LANを用いた屋外分散形の全デジタル制御・保護システムを開発した。

保護リレー装置や各種制御装置のデジタル化が急速に進められる一方で、次のステップへの布石として変電所の制御・保護システムの統合化にも関心が高まっている。その統合化を実現するため、東京電力株式会社との共同研究で、光LANを用いた屋外分散形全デジタル制御・保護システムを開発した。

この新しいシステムでは、制御・保護装置を、現行の屋内集中配置に代え遮断器など近傍の現場ヤードに分散配置し、そこで電圧・電流・開閉情報をデジタル処理する。各装置間および変電所CPUの間の情報伝送用光LANは、光スターカプラを中心に構成したスターバス形である。伝送制御手順は、IEEE802.4に準拠したトークンバス方式で、これに全端末局でのサンプリング同期機能を付与した点が大きな特徴である。

また、メーカーを異にした装置の統合も可能であり、

試作装置を東京電力株式会社新秦野変電所の500 kVヤードに設置した。1989年2月までの予定でフィールドテスト中であり、順調な稼動実績が得られている。

なお、このシステムの光LAN技術については、日立電線株式会社の協力を得て開発を行ったものである。



屋外分散形全デジタル制御・保護システム

550 kVセミガス絶縁開閉装置

東京電力株式会社新今市開閉所に550 kV, 50 kA, 4,000 Aセミガス絶縁開閉装置を製作納入し、運転を開始した。本製品は東京電力株式会社から受注した本格的なセミガス絶縁開閉装置の1号機であり、機器監視装置を備えた点に特徴がある。

今回、新今市開閉所に550 kV, 50 kA, 4,000 Aセミガス絶縁開閉装置を製作納入し運転を開始した。本製品は徹底した試作開発のうえ製品化されたものである。詳細電界解析、多点接地系の誘導電流分布解析、アーク気流解析などの計算機解析を駆使し、実証試験と合わせて信頼性の確保を行っている。また、高性能酸化亜鉛避雷器、吸込形接地開閉器の採用と合わせ、ガス絶縁開閉装置の故障を未然に防止する予測保全技術としての機器監視装置(開閉特性、部分放電、避雷器特性ほかを監視)も採用されており、次世代550 kV機器の方向性を示唆しているといえるものである。本機器の導入によって、無人化電気所での系統運用面の高信頼度化が期待されている。



東京電力株式会社新今市開閉所納め550 kVセミガス絶縁開閉装置

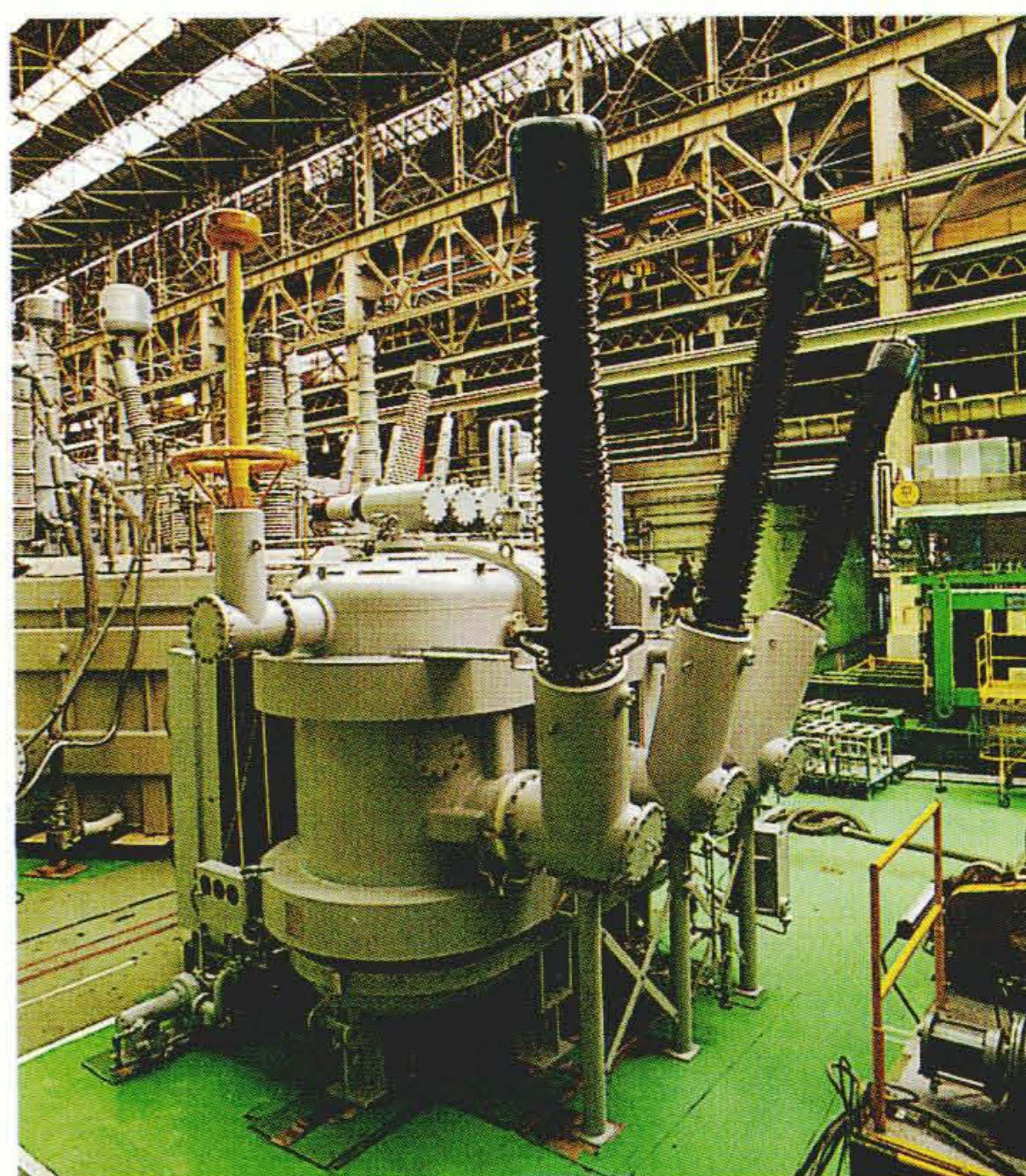
超高压・大容量不燃変圧器

大容量変圧器の不燃化、コンパクト化を目的として、パーフルオロカーボンとSF₆ガスによる複合絶縁方式の超高压・大容量変圧器を開発し、良好な性能を確認した。

都市部への電力需要の集中が進む傾向にあり、電力の安定供給のために市街地に設置される変電所は、高电压化・大容量化が進められている。これらの変電所では、変電所全体の縮小化とともに都市防災の面から変圧器の不燃化が要望されている。このような背景から、従来の変圧器油に代わる不燃性液体(パーフルオロカーボン)とSF₆ガスを用いた複合絶縁方式の275 kV, 100 MVA三相不燃変圧器を、中部電力株式会社と共同で開発した。

試作変圧器は巻線と鉄心を絶縁筒の中に収納し、絶縁筒内にはパーフルオロカーボンを満たして巻線と鉄心を液中に浸せきしている。また絶縁筒とタンクとの空間にはSF₆ガスを加圧充填(てん)するとともに、絶縁筒の上部にはセパレータを設けて液とSF₆ガスを分離する構造とした。巻線と鉄心を液中に直接浸せきするため、液の優れた冷却性能および絶縁性能を活用できコンパクト化を可能にした。またSF₆ガスの介在によって低騒音化を図った。

性能検証試験ではきわめて良好な結果を得た。現在、長期課電による信頼性検証試験を継続中である。



275 kV/33 kV, 100 MVA三相不燃変圧器

知識工学応用変電所運転支援システム

関西電力株式会社と共同で、電力系統事故時の的確かつ迅速な対応を目指し、知識工学を応用してベテラン運転員のノウハウを生かした運転支援システムを開発した。

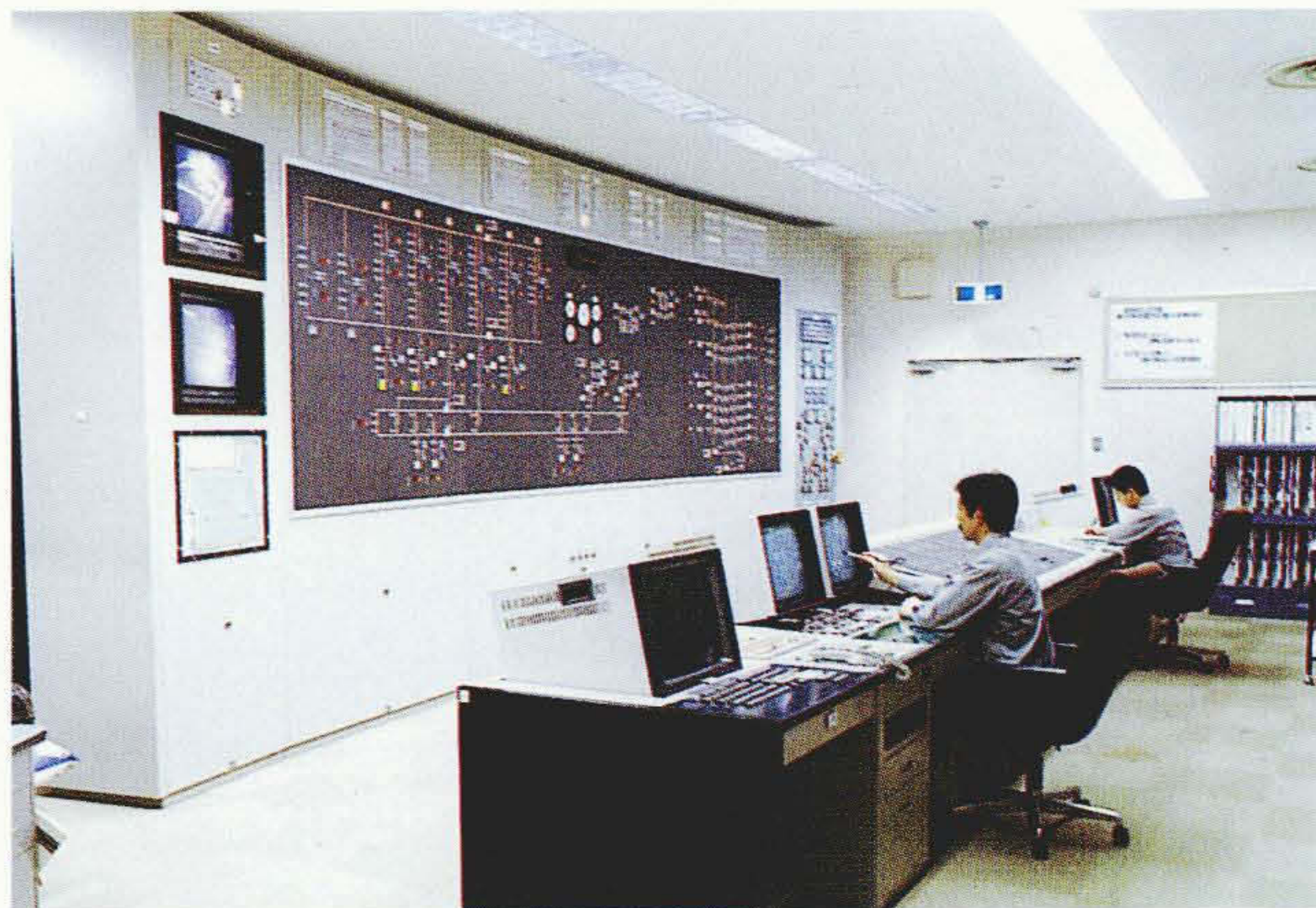
電力系統での500 kV基幹系変電所の役割はきわめて重要である。構成する設備とともにその運用に当たっては高い信頼性が要求され、近年、コンピュータによる監視制御の自動化が進められている。変電所運転業務のなかで事故時の対応は最も重要であり、運転員の的確かつ迅速な判断が要求される。このため、ベテラン運転員のノウハウを生かすことのできる知識工学を応用した運転支援システムの開発を行った。

その1号機として、関西電力株式会社新生駒変電所に日立制御用計算機HIDIC-V90/50による監視制御システムが納入され運用を開始した。

本システムの主な業務内容は下記に示すとおりである。(1) 系統の潮流、電圧、周波数などの監視、(2) 個別機器の制御、件名操作の登録・実行、(3) 給電記録(日報、月報)、操作記録、事故記録、(4) リレー動作から事故点、事故様相を推論し、CRTに事故状況、確認事項、処置内容をガ

イダンス表示する。(5) シミュレータによる運転員の事故想定訓練

知識工学を変電所監視制御システムに導入したことによって、ベテラン運転員のノウハウを十分生かすことができるようになり、次のような効果が期待できる。(1) 電力系統の信頼性向上、(2) 事故発生時の迅速かつ的確な状況把握、(3) 運転員の事故時の精神的負担軽減、(4) 学習システムによる運転員の技術レベルの向上



知識工学応用変電所運転支援システム

技術抄録

■米国Vogt社納め/ARCO社向けコージェネレーション用脱硝装置

日立製作所独自の板状触媒を採用した米国最大のガスタービン(80 MW×4)コージェネレーション用脱硝装置が1988年1月に完成し、順調に営業運転を開始した。本装置は、コージェネレーション用脱硝装置での米国記録品として注目されている。



■低落差水車が続々運転開始

バングラデシュ人民共和国カプタイ発電所納め52 MW、米国ジムフォールズ発電所納め29.6 MW各2台および米国ジェムステート発電所納め22.6 MW 1台の低落差水車が次々に営業運転を開始した。

これらはいずれもランナ径が5 mを超える大形カプラン水車で、運転状況も良好である。

■新素材適用の水車発電機用主軸シール装置

保守性と密封性に優れた新方式の主軸シール装置を関西電力株式会社と共同で開発した。セラミックスを用いた封水シールは優れた耐土砂摩耗性に、磁性流体を用いた軸受装置のオイルミストシールは完全密封性に特徴があり、発電所の保守・簡略化に寄与するものと期待されている。

■45ホン級鉄板防音壁付き200 MVA変圧器

変圧器に対する最近のニーズとして小形・超低騒音化がある。このたび完成した北海道電力株式会社苗穂変電所納め45ホン級200 MVA変圧器は、この期待にこたえたものである。ハイブリッド絶縁技術の応用、新接合方式鉄心、さらには高効率遮音板を用いた鉄板防音壁構造の採用によって、小形化・超低騒音化を実現している。

■送変電機器の予測保全システム

送変電機器を監視・診断し、異常の兆候を早期に検出して事故を未然に防止する予測保全手法は、機能の向上とともにオンラインシステムとしての適用が拡大している。

東京電力株式会社新今市開閉所納め550 kVセミガス絶縁開閉装置の予測保全システムは、この技術の最先端をいくものである。高度の診断機能と充実した保守支援機能によって、開閉所の無人化、保守の省力化を可能としている。

■零相伝送方式配電線監視制御装置

日立製作所独自の零相伝送方式を採用した配電線監視制御装置の本格的な納入を開始し、1988年度での納入は16システム、柱上子局台数2,000台を越えた。零相伝送方式は、配電線路そのものを情報伝送路とするため、専用通信路の設置が不要である。さらに、信号の減衰がほとんどないため、長距離配電線やケーブル系でも安定した通信ができる特徴がある。

■光応用電圧・電流変成器

電圧、電流を直接光信号に変換する光応用電圧・電流変成器を開発した。中部電力株式会社との共同研究では、これを組み込んだガス絶縁開閉装置と、デジタル構内光伝送システムおよび制御装置によるフィールド試験を行い、その実用性能の確認を進めている。

■電力貯蔵用ナトリウム-硫黄電池

電力の負荷平準化を目的としたナトリウム-硫黄電池を、東京電力株式会社と共同で開発中である。本電池は、コンパクトで高効率であることなどの特長があり、電力系統の効率的運用に寄与することが期待されている。