

電力・エネルギー

この分野では、電力需要の増大にこたえる一方、地球環境との調和をいかに実現するかが重要な課題となっている。そこで、環境技術研究センターを設立し、日立グループとして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)の実用化、高速増殖炉もんじゅの総合試験のほか、高速増殖炉実証炉、原子燃料サイクルの開発計画を推進している。

火力発電関係では、中国電力株式会社に続いて九州電力株式会社にもLNG高効率コンバインド発電プラントを納入した。火力発電の新時代を開くもので、高効率化の実現によって、大きく環境適合性を高めている。

送変電関係では、絶縁設計の合理化などの新技術を適用したコンパクトな新形550 kVガス絶縁開閉装置を開発し、東京電力株式会社に納入した。500 kV電力基幹系統の強化拡充のニーズにこたえるものである。さらに、系統安定化対策として、200 MVA同期調速機、50 MVA自励式無効電力制御装置を東京電力株式会社に納入した。

短工期での実現を目指すABWRの着工

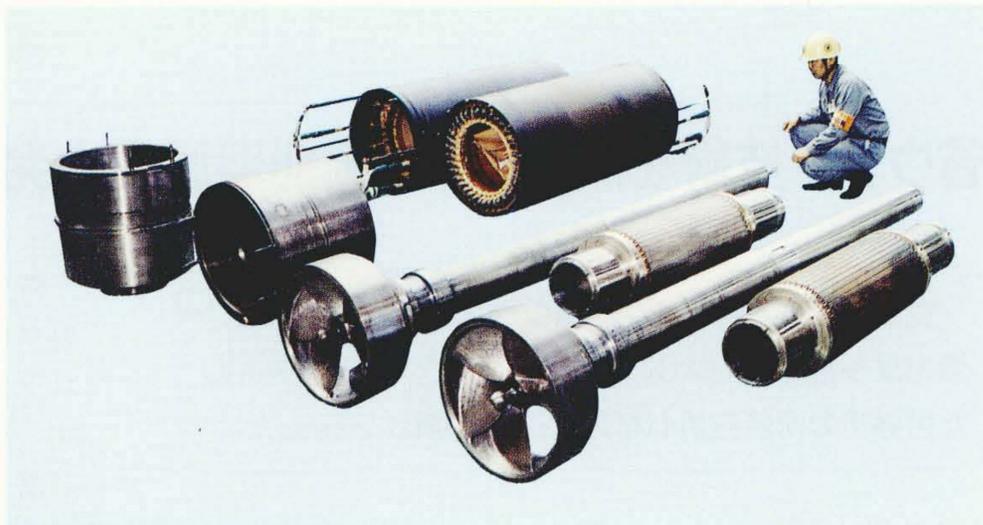
ABWR(改良型沸騰水型原子力発電設備)の初号機である東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所6, 7号機は所定の手続を終了し, 6号機は1991年9月に着工し, 7号機は1992年2月に着工する。

ABWRは, 今や実証されている改良標準型BWRの技術をベースに, 欧米で実績のある技術を加え, BWRの特長を十分に生かして, 安全性・信頼性のいっそうの向上, 作業者の受ける放射線量の低減, 放射性廃棄物の低減, 運転・操作性の向上, および経済性の向上を目指している。日立製作所が株式会社東芝, 米国GE社および東京電力株式会社をはじめとするBWR各電力会社と共同で開発したABWRは, これらの目標が高い水準で達成できる見通しが得られている。

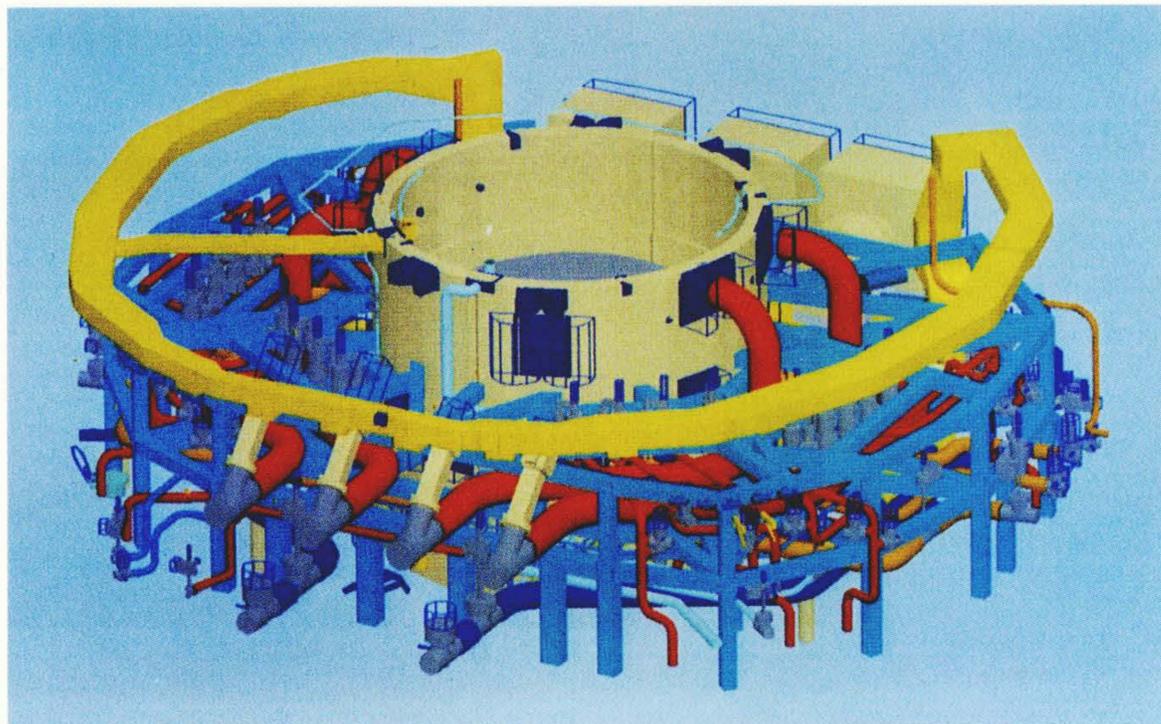
これらの目標を達成するために備えたABWRの技術的特長は, (1) 大容量高効率プラント, (2) インターナルポンプを採用した原子炉再循環系, (3) 改良型制御棒駆動機構, (4) 3区分の非常用炉心冷却系, (5) 鉄筋コンクリート製原子炉格納容器などがあげられる。高性能で安全性の高い原子炉系, コンパクトで効率的なタービン系として

おり, 大容量プラントを短工期で建設することを可能としている。例えば, インターナルポンプの開発にあたっては, 日立製作所の経験と実績を基に, さらにポンプを構成する各コンポーネントおよび各材料に対する各種の試験を実施し, 最も信頼性の優れたものを選定し, 設計と試作を行った。試作機による単体試験および組み合わせ試験などもすでに実施し, その性能や信頼性などを確認している。

ABWR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(電気出力1,356 MW)は, 1991年5月に原子炉設置許可, 同年8月に工事計画認可, 同年9月に建築確認取得を経て, 同月に6号機が着工, 1992年2月に7号機の着工を迎える。日立製作所は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号機建設の取りまとめを行っている。これらの建設にあたっては, 先行機で採用した三次元CADによるコンピュータグラフィック技術による配置配管計画設計や建設計画, および大型クローラクレーン採用による建設工法に, さらに改良を加え, 高信頼性プラントの短工期での実現を目指している。



分解をしたインターナルポンプ
(試作機は2台分)



三次元CADによる建設計画(原子炉格納容器内配管構造物などの大型モジュールの検討)

BWRの建設状況

BWR(沸騰水型原子力発電設備)3基を鋭意建設中である。建設工事も、1.5~2.5年後の営業運転開始を目指して急ピッチに進んでいる。

(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)

1991年3月に原子炉格納容器の耐圧漏えい試験を予定どおり完了した。同年11月には建築鉄骨・鉄筋に空調ダクト、ケーブルトレー、電線管などを地上組みした世界初の試みである中央制御室ルームモジュール(質量約440 t, 320 t)を、大型クローラクレーンでつり込んだ。1992年5月には原子炉圧力容器をつり込む予定である。

(2) 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)

1991年3月に中央制御室制御盤の搬入、同年8月に原子炉圧力容器の据付けを完了した。その後、主タービン、発電機などの大型機器の搬入据付け、275 kV受電も順調に進捗(ちよく)し、現在は系統試験を実施中である。1992年には原子炉圧力容器耐圧試験、燃料装荷を迎え、起動試験に入る予定である。

(3) 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3月~4月に国内BWRプラントでは初めて採用される湿分分離加熱器(質量約400 t)2基の搬入を完了した。同年7月にタービン建屋天井クレーンが稼動し、タービン本体の据付作業を開始した。同年12月に6.9 kV受電も完了し、1992年1月から通水・一次洗浄を予定している。



中部電力株式会社 浜岡原子力発電所4号機での湿分分離加熱器の搬入

省ウラン技術を採用した柏崎刈羽原子力発電所5号機初装荷炉心の完成

ウラン資源の有効利用と運転性の向上を目指して、濃縮度多種類化をはじめ、数々の省ウラン技術を採用した世界初の初装荷炉心を完成し、実運転に成功した。

東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所納め5号機は1990年4月に運開し、最初のサイクルの運転を1991年4月に終了した。

同機として最初の炉心である初装荷炉心には、少ないウランでより多くのエネルギーを得る数々の省ウラン技術が集約されており、特に濃縮度の異なる3種類の燃料による炉心構成(濃縮度多種類化)と、燃料健全性をよりいっそう高めたジルコニウムライナ燃料の併用は、世界で初めてのものである。

濃縮度多種類化は、燃料の取り出される時期に応じて種類を分け、早く取り出される燃料ほど低濃縮度にして、取り出される燃料に残留する ^{235}U の量を低減する技術であり、大幅な省ウラン化を実現するものである。

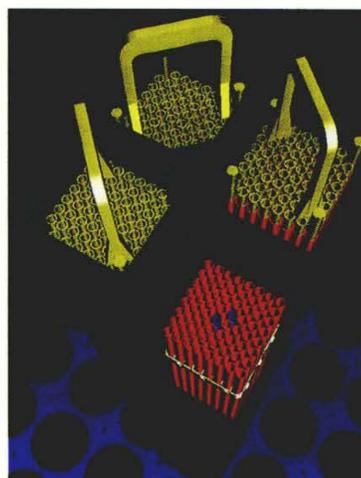
これまでに同機で得られた成果は次のとおりである。

(1) ウラン資源の有効利用

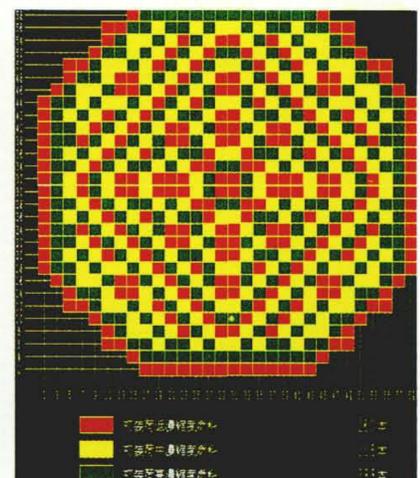
省ウラン効果により、第1回取り替え燃料としての必要ウラン量を、従来炉心に比べ約30%低減する大幅な省ウラン化を実現した。

(2) 運転性向上

出力分布を平坦化して制御棒操作を単純化できる上下濃縮度燃料と、制御棒の長期間挿入が可能となるコントロールセルの採用により、1990年度全世界の原子力発電所346基中第1位の負荷率99.8%を達成した。



燃料集合体拡大図



初装荷炉心燃料配置

606 MW ATR実証炉の開発状況

ATR実証炉は、国家プロジェクトとして電源開発株式会社が開発を推進し、日立製作所は主務会社として設計および技術開発を進めている。

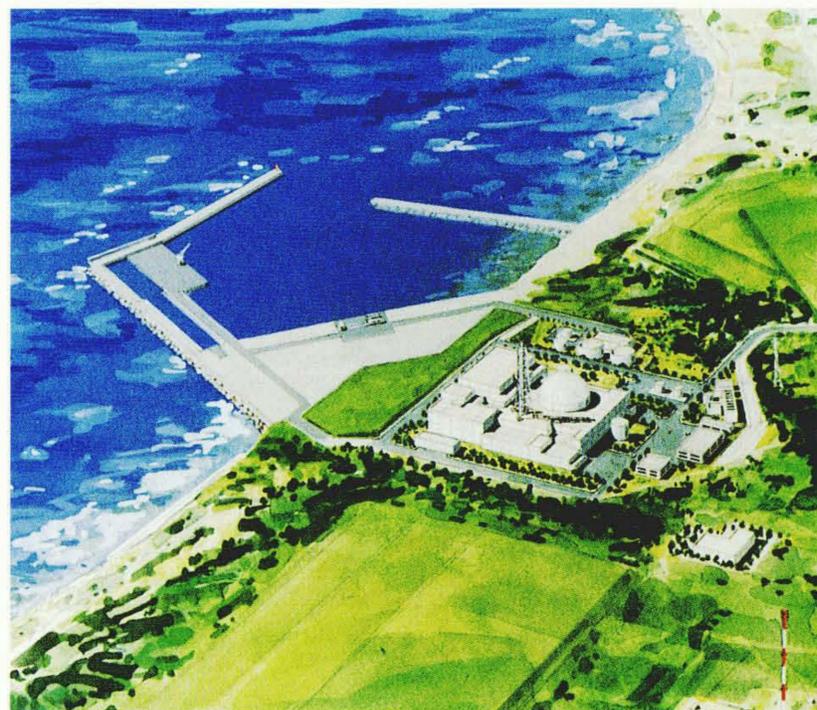
ATR実証炉(電気出力606 MW、重水減速沸騰軽水冷却圧力管型炉)は、電源開発株式会社が青森県大間町に建設を予定し、原型炉である「ふげん」の実績を生かし、さらに安全性・信頼性・運転保守性・経済性の向上および高度化を目指した設計が進められている。

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、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、目標を達成する見通しを得た。

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

り、委託研究および社内研究によって、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、それらの信頼性を確認している。

現在、安全審査に必要となる資料の整備を図っているところである。



電源開発株式会社ATR実証炉の完成予想図

280 MW高速増殖炉もんじゅ発電所建設の進展

国家プロジェクトである高速増殖炉もんじゅ発電所は据付けが完了し、現在、総合機能試験中である。日立製作所はその開発に積極的に参加している。

動力炉・核燃料開発事業団の高速増殖炉もんじゅ発電所(電気出力280 MW)は、1985年10月から建設を進めていたが、当初の計画どおり1991年4月に機器据付けが完了した。

本発電所は、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(日立製作所、株式会社東芝、三菱重工業株式会社、富士電機株式会社)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、一次冷却系設備、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(1,620日間、488万時間)で工事を完了した。

現在、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進めて確認する総合機能試験の最中であり、すでに高温アルゴンガス中試験

を終了し、液体ナトリウムの受け入れ・循環を開始している。

新製品・開発品がほとんどであるため、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および原子力プラントメーカー4社が協力し、結果評価を着実に実施しながら試験を進めている。



高速増殖炉もんじゅ発電所の全景

高速増殖炉もんじゅ発電所用ブランケット燃料集合体の納入

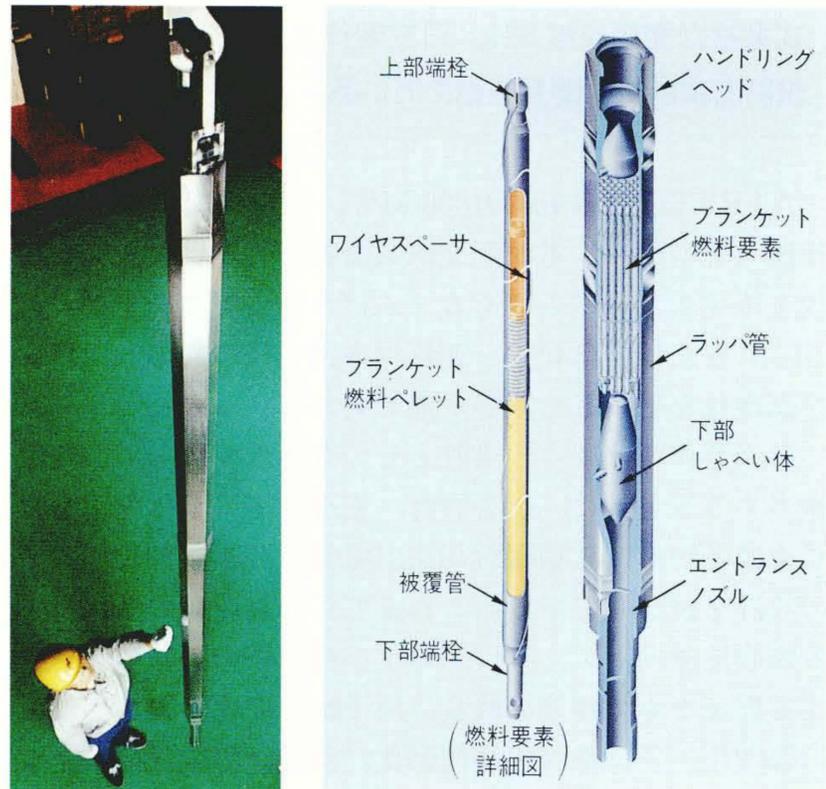
高速増殖炉もんじゅ発電所向けとして、初装荷用ブランケット燃料集合体の全数177体(うち、5体は予備)が、官庁検査を完了し納入された。

高速増殖炉もんじゅ発電所は、動力炉・核燃料開発事業団の手で福井県敦賀市に建設され、現在総合機能試験中である。その炉心部分は、中心領域に運転に必要な炉心燃料集合体(プルトニウム燃料)198体が装荷され、外側領域を燃料の生産(増殖)に寄与するブランケット燃料集合体(ウラン燃料)172体を取り囲んで構成される。

ブランケット燃料集合体は、増殖炉としての目的を達成するために不可欠な炉心構成品である。ここに含まれる燃えないウラン238が燃えるプルトニウム239に変換され、炉心燃料集合体で消費した以上の燃料が生産できる。

日立製作所ではウラン原料、被覆管、ワイヤスペーサおよびラッパ管について動力炉・核燃料開発事業団から支給を受け、発電用高速増殖炉のブランケット燃料集合体としては初めて民間の燃料製造施設(日本ニュークリア・フュエル株式会社)による組立を行った。生産には高度な量産技術と品質管理を適用し、1991年6月に計画ど

おり納入した。



(a) 完成品

(b) 構造説明図

ブランケット燃料集合体

次世代濃縮技術における原子法同位体分離システムの開発

次世代の濃縮技術として推進されている原子レーザー法の同位体分離システムの開発に参画中である。グラムオーダーの濃縮ウラン回収などにより、今後の開発の方向性検討に反映させる。

原子レーザー法はレーザー濃縮技術研究組合を中心に開発が推進されている次世代の濃縮技術であり、日立製作所もこの開発に参画している。

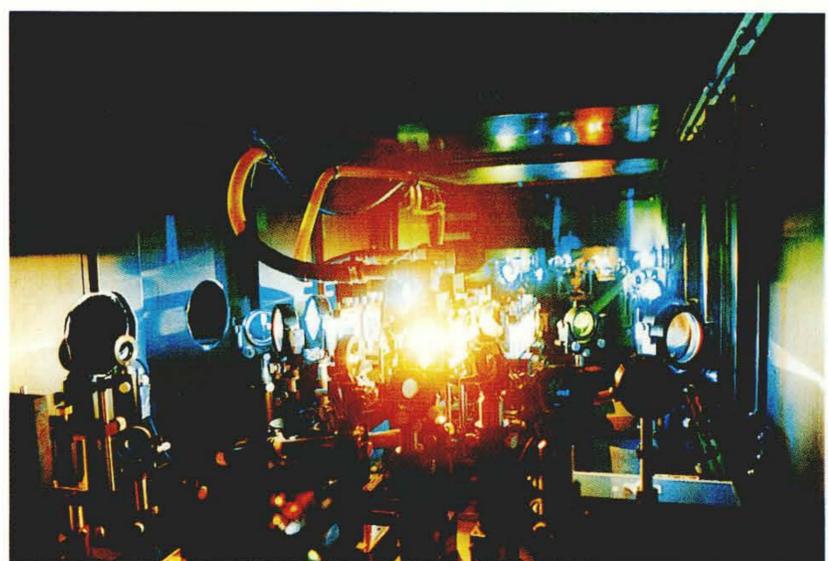
日立製作所は、原子レーザー法に適用する一連の要素設備である金属ウランの蒸発回収設備やレーザー設備などを開発しており、これらを統合して同位体分離実験システムを構築したものである。システムの主な特徴は次のとおりである。

- (1) 分離スキーム：現在主流の3段階法とし、特に中間励起準位の寿命が長いスキームを選定
- (2) 金属ウランの蒸発回収設備：長寿命化を指向した低温作動長尺(リニアフィラメント)電子銃による加熱
- (3) レーザ設備：将来の運転コスト低減を指向し、緑色光だけでなく黄色光利用すると同時に、低コスト化を指向し多波長同時増幅色素レーザーシステムの採用

このシステムによって同位体分離試験を実施して、濃

縮ウランが回収できたことを確認した。濃縮度・収量ともに解析的に予見されたデータと良い整合性があり、開発中のレーザー設備などの濃縮システムへの適用性が確認できたとして評価される。

これら結果を現在実施中のレーザー濃縮技術研究組合実験機の試験結果評価などに適用し、今後の開発の方向性検討に反映させる。



同位体分離用色素レーザーシステム

大飯発電所3, 4号機向け放射性廃棄物減容固化設備の完成

関西電力株式会社 大飯発電所3, 4号機向け放射性廃棄物減容固化設備が完成し、1991年12月の発電所運開と同時に稼働した。

原子力発電所で発生する放射性廃棄物の大部分を占める低レベル廃液は、従来、濃縮減容した後にセメント、アスファルトなどで固化していた。日立製作所では、従来とまったく異なる高い減容性と固化体耐久性に優れた乾燥・造粒・セメントガラス固化システムを開発し関西電力株式会社に納入した。

本システムでは、廃液を濃縮した後の濃縮廃液をさらに乾燥させて粉末化し、これをペレット状に圧縮成型して減容性を高め、さらにこのペレットをセメントガラスで固型化する。乾燥粉末化には縦(たて)型遠心薄膜乾燥機を開発し、大量廃液の連続処理が可能となった。ペレットの固型化材料として新たにセメントガラスを開発した。これは主要成分がケイ酸ナトリウムであり、これを反応開始剤によって網目状非晶質重合体にして硬化させる。取り扱いがセメントと同様に容易で、無機材料であるため長期耐久性に優れていること、セシウム、ストロ

ンチウムなどの放射性核種の吸着性能が大きいことなどの特長を持ち、放射能浸出量を低減できる。本システムにより、固化体発生量を従来のセメント固化の $\frac{1}{8}$ 、アスファルト固化の $\frac{1}{2}$ に低減できる。

本システムは、加圧水型原子炉、沸騰水型原子炉および再処理工場からの廃棄物にも適用でき、北陸電力株式会社 志賀原子力発電所でも建設中である。



据付け完了の乾燥機(左)と造粒機(右)

原子レーザー法ウラン濃縮用300 kW級電子銃の開発状況

含浸形カソードの採用によって電子銃の動作温度を低くできる直線状の長尺カソードを開発した。さらに、低真空での動作性能の向上を進めている。

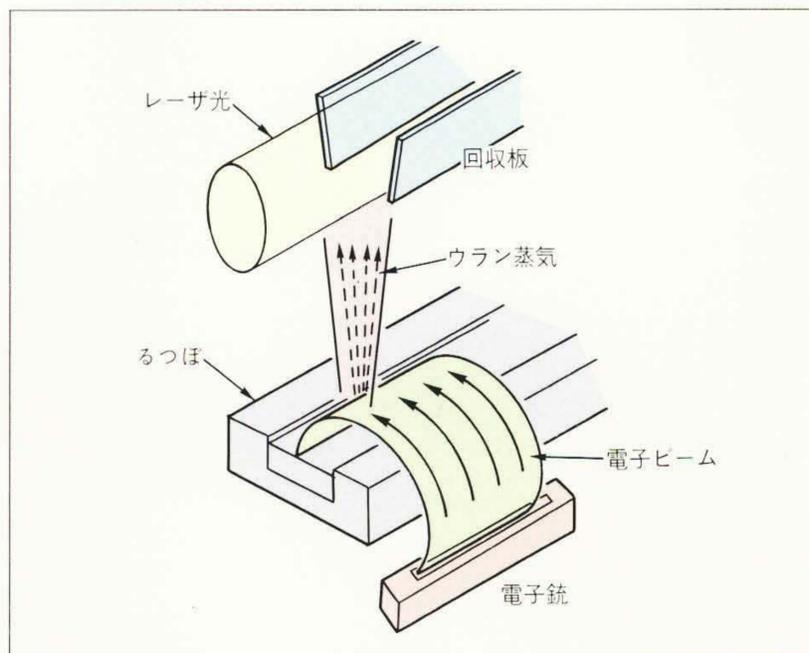
次世代ウラン濃縮法の一つとして原子レーザー法を開発を進めている。レーザー濃縮技術研究組合の委託を受けて開発した電子銃は、るつぼ内の金属ウランを効率よく溶解、蒸発させるための要素機器である。

原子レーザー法では、レーザー光とウラン蒸気との反応を効率よく起こすため、レーザーの光軸に沿って高密度のウラン蒸気を発生させる。このための電子銃としては、直線状に長いカソードが必要であった。従来、電子管に使用されていた含浸形カソードを、濃縮プラント用に素材を含めて改良することによってカソードの動作温度を低くし、構造上の問題を解決してリニア形カソードを実現した。

開発した電子銃の100 kW級のものは研究開発用でのウラン蒸発試験に供し、信頼性、使い勝手の改善を進めた。これらの経験を反映して設計した300 kW級電子銃2

台を、1991年10月にレーザー濃縮技術研究組合実験機の本試験用に納入した。

日立製作所もこの実験機計画に参画し、試験を推進するとともに、プラントのすべての運転モードに対応可能な使い勝手の優れた電子銃の開発を進めている。



原子レーザー法ウラン濃縮設備の構成

高感度のSQUIDセンサを用いた材料劣化診断技術

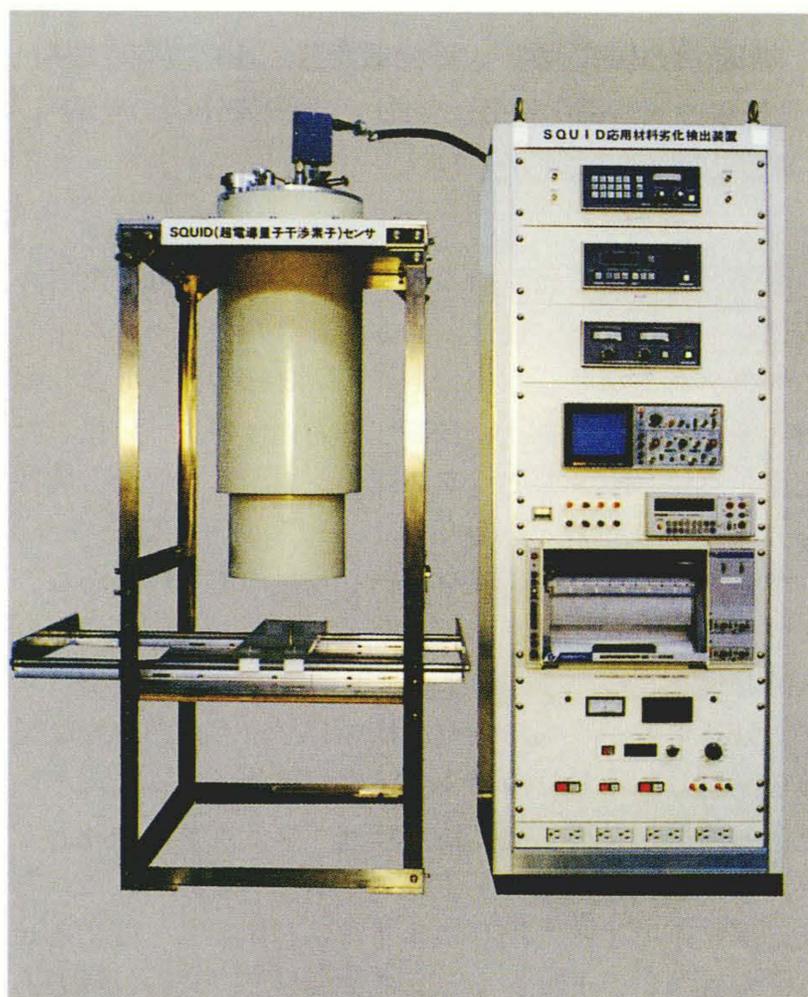
発電プラントの機器を対象に、SQUIDセンサによって微弱な磁気変化から材料劣化を離れた位置で高感度に検出できる新しい診断装置を試作した。

SQUID(Superconducting Quantum Interference Device:超電導量子干渉素子)センサは、生体磁気計測に用いられている高感度の磁気センサである。

本センサを用いた機器の材料劣化非破壊検出技術を開発した。開発した試作装置では、工業分野に適用できるように、SQUIDセンサと超電導マグネットを組み合わせるとともに、微弱な磁界中でだけ動作するSQUIDセンサを強磁界中でも測定可能にした。

従来、材料劣化を非破壊的に検出する方法として、超音波法をはじめ種々の方法が考案されているが、どの方法も損傷がかなり進まないと検知できず、またセンサを機器表面に密着させるものであった。

SQUIDセンサを用いた新しい非破壊検査技術は、疲労損傷や熱時効劣化のような種々の劣化検出、配管の減肉検査、半導体素子の機能検査など直接目に見えない個所の劣化損傷検査に適用が期待される。



SQUIDを用いた材料劣化診断試作装置

出力690 MWの新大分発電所LNG燃焼一軸形コンバインドプラントの完成

九州電力株式会社新大分発電所第1号系列(タービン出力690 MW)が完成し、営業運転を開始した。九州電力株式会社初のコンバインドプラントである。

九州電力株式会社新大分発電所第1号系列発電設備が、1991年6月に営業運転を開始した。

本プラントは九州電力株式会社初のコンバインドサイクル発電設備であり、出力115 MWの一軸形コンバインドサイクル6軸で構成され、6軸合計のタービンの出力は690 MWである。

1985年2月の土木建設着工以来建設工事は順調に進み、1990年5月最初の軸のガスタービン点火を行った。以後、順次軸ごとに試運転に入り、1991年4月から6月までに1号系列全体の総合試運転を終了し、無事営業運転に入った。

コンバインドプラントは高効率・省資源・運用性に優れた特長を持つが、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(燃焼温度1,085℃)およ

び圧力の異なった排熱ガスの回収サイクルの採用によって、プラント熱効率44%以上を達成した。

(2) 短時間起動・停止可能：軸当たりの起動時間(ホット起動時：起動から全負荷まで)は60分以内、また系列全体起動時間は90分以内を達成した。

(3) 高部分負荷運用性：小容量タービン機の複数軸設置によるプラント構成(115 MW/1軸×6：系列690 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燃焼器を開発し、排熱回収ボイラ内に設置の脱硝装置と合わせてNO_x低減を図った。

(5) 合理化設計：脱気復水器の採用、補機の子備機削除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) 運用性：自動運転が可能であり、中央給電指令所からの指令によって決定された各軸の運転スケジュールに従って、各軸は起動や停止、そして指示された負荷での自動運転が行われる。

(7) メンテナンス性：定期点検は1軸ずつ実施可能である。運転軸を確保できるため、年間を通じてプラント(系列)出力をほぼ一定とすることができる。



営業運転に入った新大分発電所第1号系列(690 MW)の全景

超臨界圧貫流ボイラのベンソンボイラへの大規模改造

24年間の運転を経た大容量60万kW超臨界圧貫流ボイラに大規模改造を実施し、変圧運転が可能な新設火力並みのベンソンボイラとして完成した。

東京電力株式会社姉崎火力発電所納め1号機60万kW用ボイラは、米国から輸入されて1967年に運開して以来24年間の運転で経年劣化が進展してきたため、抜本的対策を講じる必要があった。

このため、今後の系統運用面から要求される機能向上も目標に取り入れ、以下の特徴を持つ変圧ベンソンボイラへと大規模な改造を行った。

- (1) 火炉水壁の約 $\frac{2}{3}$ をスパイラル水冷壁形構造に取り替え、同時に煙道蒸発器、ボイラ再循環系統の追加設置などによって変圧運転が可能となり、部分負荷効率の向上(負荷30万kWで約1%)、最低負荷の低減(18万kW→9万kW)が図れた。
- (2) 2段過熱器スプレー改造などによって、負荷変化(3.3%/分→4%/分)の向上が図れた。
- (3) 制御装置のデジタル化、ユニット計算機の更新な

どによって監視制御機能の高度化と高信頼が図れた。

電力需給の逼迫(ひっばく)する中で、水壁撤去への大形ジャッキダウン工法の採用など新技術によって6か月という短期間内で無事工事を完了した。



東京電力株式会社姉崎火力発電所1号機のボイラ設備

最大規模の500 MW石炭ボイラ用移動電極形電気式集じん装置

海外炭専焼ボイラの煤塵(ばいじん)を、高性能で捕集する最大規模の移動電極形電気式集じん装置を完成した。

北陸電力株式会社敦賀火力発電所1号(500 MW)石炭専焼ボイラの、煤塵処理用として建設中であった移動電極形電気式集じん装置が完成し、1991年10月から営業運転を開始した。

本装置は、電気抵抗が非常に高い($1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上)煤塵を捕集するために、日立プラント建設株式会社が独自に開発した装置で、近年、輸入炭を燃料とする火力発電所の建設が増加し、その高い集じん性能に関心が高まっている。

火力発電所向け移動電極電気式集じん装置は、従来電気出力156 MW用が最大規模であったが、海外炭専焼火力の発電規模の拡大に伴い、今回500 MW用を完成させた。

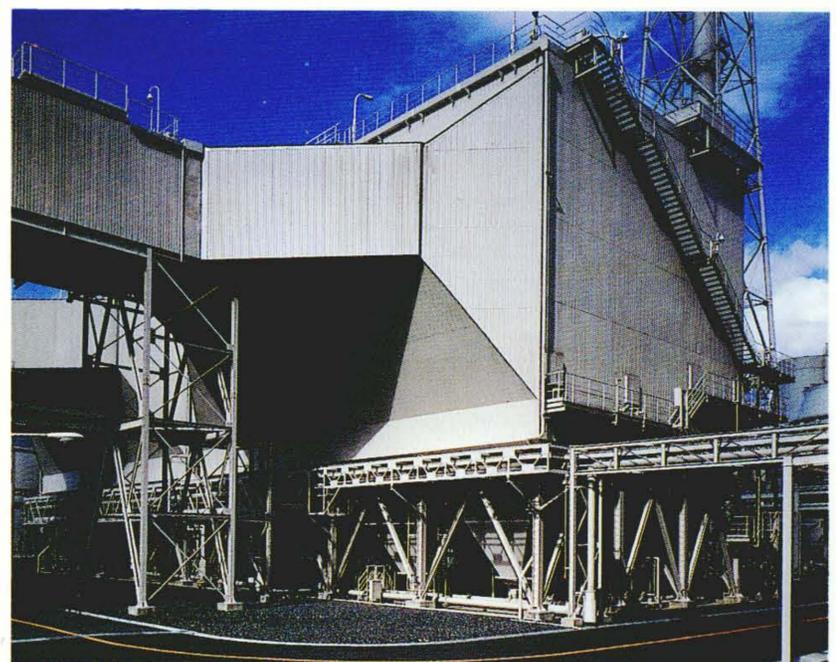
この設備の特徴は次のとおりである。

- (1) オーストラリア、インドネシアをはじめとする、多種類の海外炭に対応するために、移動電極の移動速度調整範囲を拡大した。

- (2) 省エネルギー運転のために、負荷に応じた電力を供給する、負荷追従荷電システムを組み込んだ。

- (3) 部品の信頼性向上のため、電極移動用チェーンおよびダスト払い落とし用ブラシの材質を変更した。

- (4) 駆動部はブロック化して工場組み立てることにより、信頼性の向上を図った。



北陸電力株式会社敦賀火力発電所1号機の移動電極形電気式集じん装置

太陽光発電利用の淡水化システム

さまざまな分野で利用が進められている太陽光発電の中で、淡水化プラントは実用規模の複合システムとして研究が進められている。

太陽光発電は無限の自然なクリーンエネルギーとして、さまざまな分野で実用化が進められている。

通商産業省工業技術院はサンシャイン計画の一環として「太陽光発電システム実用化技術開発」を進めている。その中で、長崎県福江市、財団法人造水促進センター、日立製作所、昭和シェル石油株式会社およびバブコック日立株式会社は、「独立分散型等システムの研究開発(かん水利用淡水化システム)」に関する共同研究をNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)から受託し、1990年3月実証システムの建設を完了し、1992年3月まで運転研究を行う計画である。

この実証システムは、太陽電池で発電される直流出力を直接電気透析法かん水淡水化装置に利用し、塩水化された地下かん水の脱塩を行い、飲料水に適した淡水に変えるシステムである。主な特徴は次のとおりである。

(1) 太陽電池で出力される直流出力を、電気透析法かん

水淡水化装置に直接利用できるようにした複合システムである。

(2) システムは太陽電池の出力特性に合わせ、発電量の多い昼間の時間帯に揚水ポンプを起動し、かん水を地上に貯蔵しておく機能を持っている。

(3) 昼間の余剰電力は蓄電池に充電し、夜間に消費電力が少ない脱塩運転に使用する。

実証システムは、太陽光発電技術とかん水淡水化技術とを有機的に結合させ、普及性のある実用化規模として太陽電池65 kW、かん水淡水化装置200 m³/dの規模を持っている。



太陽光発電を利用した淡水化システム

加圧流動床ボイラを利用した複合発電装置の総合試験設備

石炭火力発電所の高効率化を目指し、加圧流動床ボイラ複合発電装置の総合試験設備を建設し、基本特性を把握した。

今後需要が増大する石炭火力発電所では、ガスタービンと蒸気タービンとを併用する複合発電システムが次世代の高効率発電装置として期待されている。加圧流動床ボイラ複合発電装置は、従来の微粉炭火力を上回る40～42%の送電端効率が期待され、西暦2000年には国内で商用運転が行われる計画である。

加圧流動床ボイラは、(1) 燃焼炉内で二酸化硫黄をセッコウに転換・除去できるため、排煙脱硫装置が不要なこと、(2) 燃焼温度が1,100～1,200 Kと低く、窒素酸化物発生量が少ないなど、環境性に優れているのが特徴である。

日立製作所とバブコック日立株式会社は、1991年6月に入熱量2 MWの加圧流動床ボイラ総合試験設備を完成した。本設備は、流動媒体の貯蔵タンクや石炭と水を混合したスラリー状燃料のポンプ輸送系を持ち、かつ負荷運用に対するプラントの動特性解析を可能にした。試

験計画を2期に分け、第1期としてボイラの燃焼特性および動特性の評価を推進中で、第2期にはタービンのシミュレータと脱塵装置を組み入れた試験によって、システムとしての性能評価を実施する。



加圧流動床ボイラ総合試験設備

簡易形の乾式石灰法排煙脱硫装置

システムが簡素で、コストが安く、運転操作が容易な脱硫装置のニーズに対応して、石灰を火炉または煙道に吹き込む簡易形の乾式石灰法排煙脱硫装置を開発した。

従来の本格脱硫装置に対して、脱硫率は70～80%と若干低くなるが、コストを本格脱硫の $\frac{1}{2}$ 以下にすることを目標として、簡易形の脱硫装置の研究・開発を行い、所期の目標を達成して実用化のための検討を進めている。

乾式石灰法排煙脱硫装置のプロセスは図1のように、脱硫剤として、石灰と石灰石のどちらが入手できるかによって、2種類のプロセスを使い分けができるようにしている。(1)石灰煙道吹き込み法は、ボイラ空気予熱器出口の比較的低温域に消石灰を吹き込み、脱硫塔で水を噴霧して脱硫する方式である。一方、(2)石

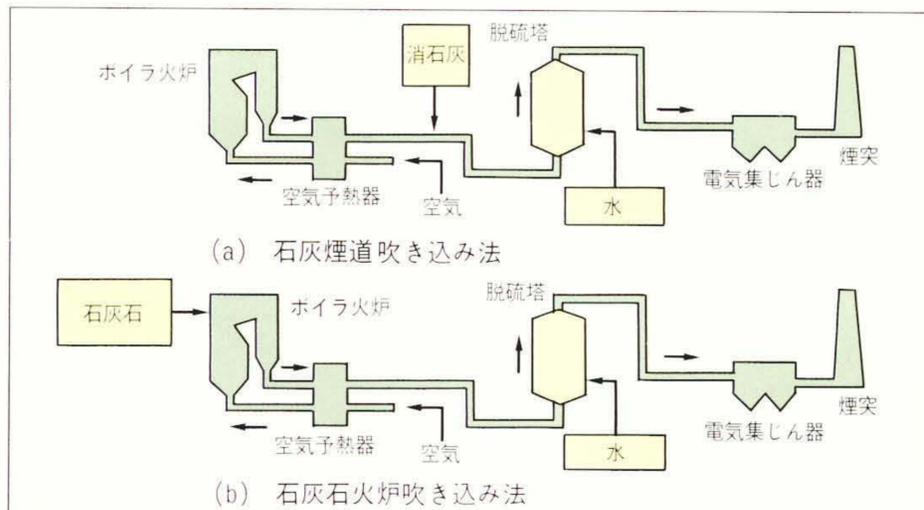


図1 乾式石灰法排煙脱硫装置のフローシート

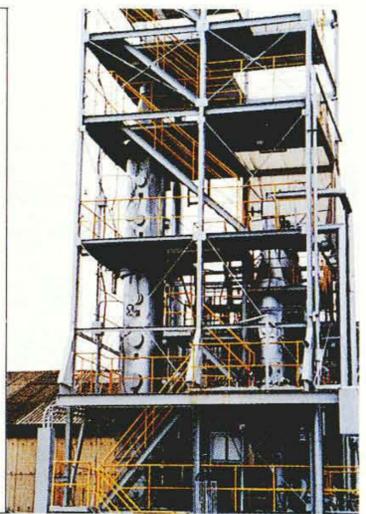


図2 パイロットプラントの全容

灰石火炉吹き込み法は石灰石を火炉に吹き込み、1段目の脱硫をした後、さらに脱硫塔で水を噴霧して未反応石灰で2段目の脱硫をさせる方式である。これらのプロセスについては、バブコック日立株式会社の石炭燃焼量4t/h燃焼試験炉および2,000 m³N/hパイロットプラントでの試験を終えている。これらのプロセスは乾式であり、排水処理装置およびガス再加熱装置が不要で、プロセスが簡素で設置スペースが少なく、運転が容易である。

コンパクトな構成で運転訓練ができる火力発電所全自動化プラントの訓練用シミュレータ

高性能計算機と高機能CRTを活用し、火力発電所に設置可能なコンパクトな構成で、しかも全自動化プラントを精密に模擬する訓練用シミュレータを開発した。

火力発電所全自動化プラントの運転訓練が、コンパクトな構成でできる訓練用シミュレータを開発し、東京電力株式会社東扇島火力発電所に納入した。本シミュレータは高性能中央処理装置HIDIC V90/75の採用によって筐(きょう)体3面と、CRT5台を組み込んだ主制御盤から成るコンパクトな構成とし、これによって発電所設置にも手ごろな大きさとする事ができた。

本シミュレータの特徴をまとめると次のとおりである。

- (1) 本体モデルは、研修センター設置のフルスコープシミュレータ並みに精密に模擬している。
- (2) 制御装置モデルは、実機とほとんど変わらないロジックとすることにより、制御ロジックの保守訓練も可能としている。
- (3) 自動化プラントの運転訓練を目的として、自動化ロジックは実機並みに模擬し、マルチファンクションも、それに適した形で組み込んでいる。

- (4) 警報窓、操作スイッチなどを組み込んだ監視盤をCRT化し、マルチウインドウ、画面縮小機能によって実機と変わらない操作性を実現している。
- (5) 電源操作訓練のために実機並みのシンクロスコープおよび電源操作盤を設けている。

発電所にシミュレータを設置することにより、手軽に、かつ実プラントに即した操作訓練ができ、その訓練効果は非常に大きいと期待されている。



訓練用シミュレータ

新形550 kVガス絶縁開閉装置の完成

高性能避雷器の導入などによって絶縁合理化を図った新形550 kVガス絶縁開閉装置を完成した。各種検証試験を実施し高信頼性を持つ装置とした。

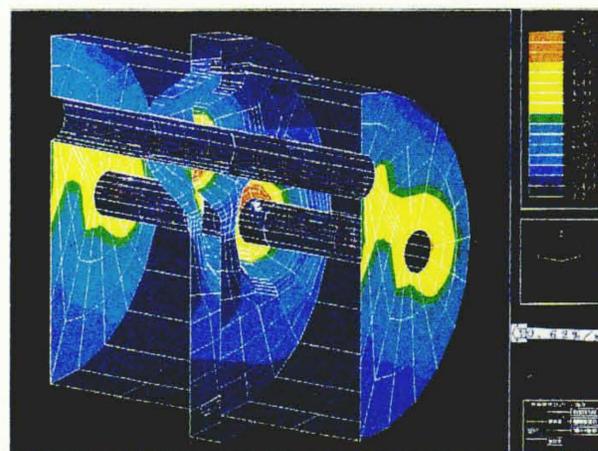
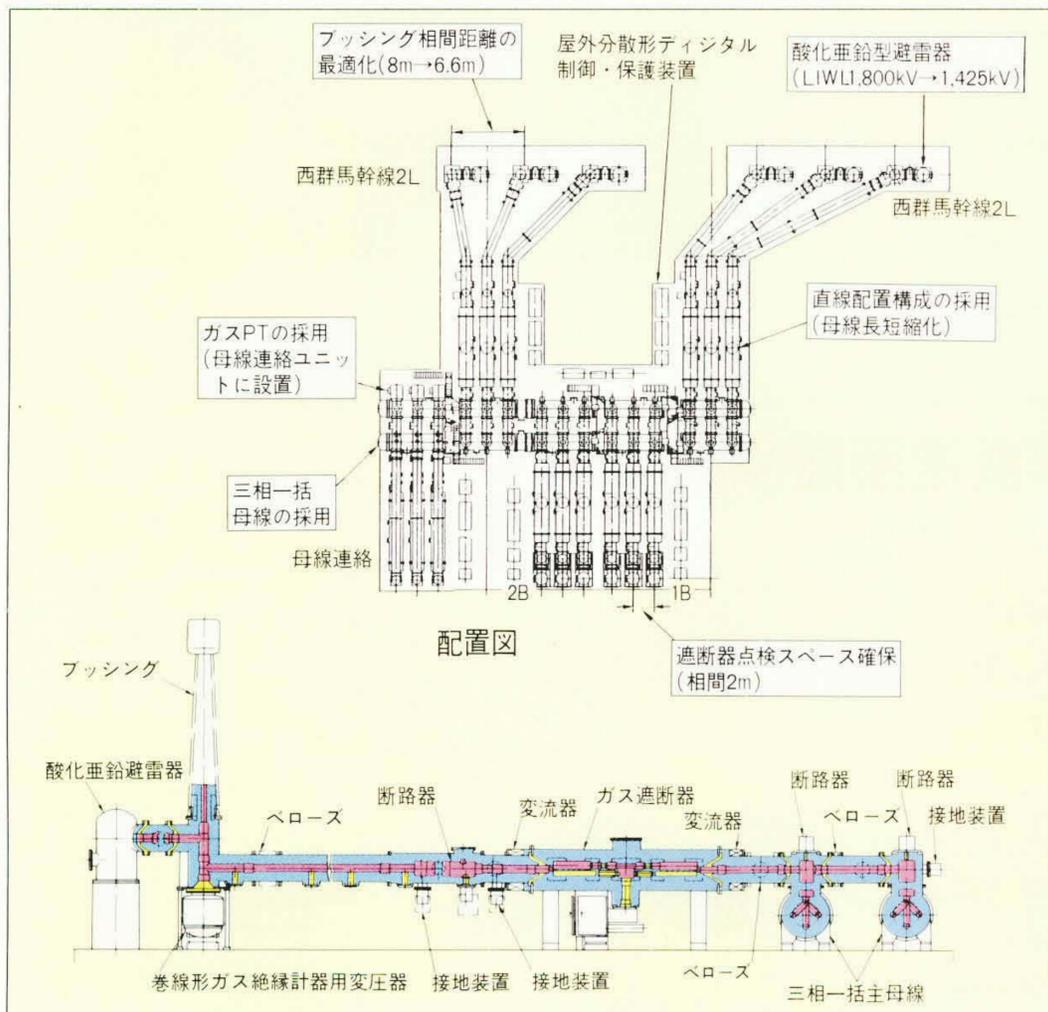
絶縁設計の合理化などの新技术を適用した新形550 kVガス絶縁開閉装置を開発した。東京電力株式会社東山梨変電所に納入し、1992年5月に運開の予定である。本ガス絶縁開閉装置は、高性能避雷器 ($V_{10kA}=870$ kV) 導入による雷インパルス試験電圧の低減(1,800 kV → 1,425 kV)および温度上昇限度の見直しなどによって小形・軽量化等を図ったものである。

本ガス絶縁開閉装置では三相一括スペーサを適用した三相一括母線を採用することなどによって敷地面積の削

減を図っている。また、納入にあたっては、各コンポーネントの各種検証試験および8,000 A通電試験、主回路サージ電圧分布測定他の各種システム性能検証試験を実施し、近年ますます要求が高まってきている高信頼性にこたえるべく対応している。

主な仕様

定格電圧	550 kV
定格電流	8,000 A(主母線) 8,000/8,000/2,000 A (送電線/母線連絡/主変1次)
定格遮断電流	50 kA
試験電圧	1,425 kV(雷インパルス)
温度上昇限度	タンク……40 deg 導体……75 deg



スペーサ沿面電界解析
(三次元電界解析)



耐震試験状況

送電線ユニット



東京電力株式会社東山梨変電所納め550 kVガス絶縁開閉装置

超高圧変電所における設備診断・外観監視診断統合の保守支援システム

500 kV・187 kV系変電所で、主機取り付けセンサによる設備診断とITV(工業用テレビジョン)による外観監視診断とを統合した保守支援システムを開発した。

四国電力株式会社と共同研究した「ガス絶縁開閉装置の保守支援システム」に基づく実機500 kV・187 kV変電所での適用であり、現在187 kV系は運用中、500 kV系は製作中である。主機(コンベンショナル開閉所およびガス絶縁開閉装置)に各種センサを約400個取り付け、本館盤でローカルエキスパート処理を行う。一方、外観診断は外観(カラーITV)、絶縁(超音波マイクロホン)、局部加熱(赤外線カメラ)の組み合わせによって、固定式と移動式との併用モニタリングで21インチテレビジョンモニタを行う。

以上のねらいは、次の3点である。

- (1) 供給信頼度の向上(事故未然防止および事故復旧の迅速化)
- (2) 保守業務の効率化(保守データの経年的管理およびガイダンスの提供)
- (3) 保守管理機能の維持・向上(専門家知識の折り込みおよびガイドブック的教育の役割)

外観監視装置では、次の新技术を採用した。

(1) 固定式センサ部

固定ポール上に電動雲台で制御されたITVと超音波マイクロホン、赤外線カメラを搭載し、湿度センサで判定しきい値を自動補正する。

(2) 移動式センサ部(愛称：BIG MOUSE)

同上センサ部を移動用台車に搭載して150 m往復移動、30ステップ×60ポジションを自動設定する。

(3) 本館盤

赤外線カメラで映像処理することで過熱個所を自動検出し、アラーム出力を可とした。



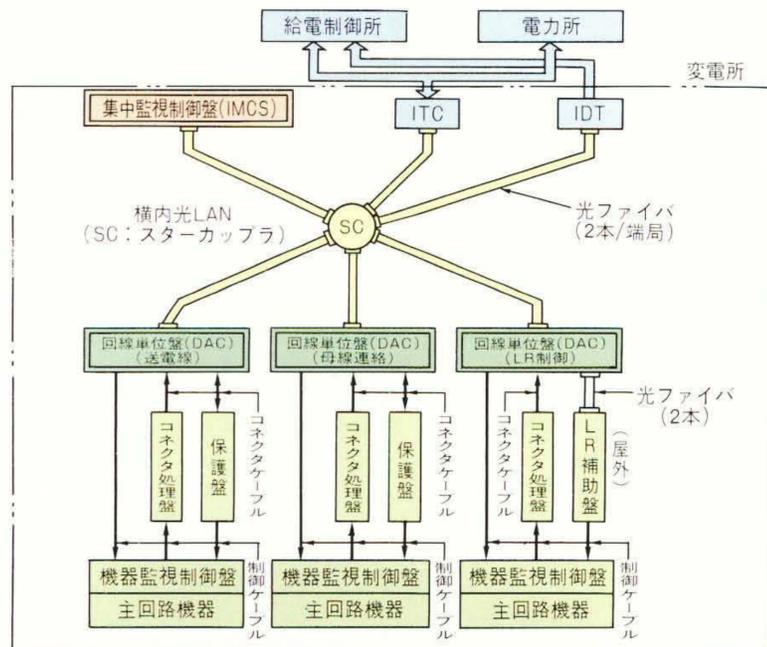
移動式センサ部

光LAN応用の機能分散形変電所監視制御システム

変電所の監視制御システムの性能・信頼性の向上、増改造作業の容易性などを目的とした光LAN応用の機能分散形全デジタル監視制御システムを開発した。

光LANおよび制御用コンピュータを応用した全デジタル監視制御装置を開発し、中部電力株式会社新鈴鹿変電所に納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) このシステムは、変電所の監視制御機能を主回路の回線単位ごとに分散させた(従来は一括集約方式)。
- (2) これらの各回線単位盤とIMCS(集中監視制御装置)とを光LAN(伝送速度：10 Mビット/s)で接続し、IMCSから変電所全体の状態把握および運転ができるようにした。
- (3) さらに、この光LANをITC(インテリジェントテレコン)およびIDT(インテリジェント データ トランスミッタ)とも結合できるようにして、遠方の制御所から無人の変電所を運転できるようにした。
- (4) 伝送系の不具合により、ITCおよびIMCSからの運転が不能な場合を考慮して、回線単位制御盤に直接、操作ユニットを設置し、変電所の運転を可能とした。



全体システム構成



集中監視制御装置(IMCS…制御用コンピュータ応用)

小形・軽量化を図った配電用パーフルオロカーボン液入り変圧器

配電用変圧器の小形・軽量化を目的とし、冷却および絶縁媒体としてパーフルオロカーボン液を使用した33 kV、20/26 MVA全液浸形PFC変圧器を完成した。

都市部に設置される変電所では、機器のコンパクト化による変電所全体の縮小化とともに、不燃化による防災性や環境調和性が要求されている。これに対して超高压大容量変圧器では、変圧器油に代えて不燃性のPFC(パーフルオロカーボン)液とSF₆ガスを用いた複合絶縁液浸方式のPFC変圧器を中部電力株式会社と共同開発し、1991年に275 kV、250 MVA複合絶縁形PFC変圧器を中部電力株式会社安倍変電所に納入した。この超高压大容量PFC変圧器開発の成果を踏まえ、中容量器への適用拡大を図ることにより、全液浸形PFC変圧器を開発した。その1号器として、中部電力株式会社南大津変電所納め33 kV、20/26 MVA変圧器を完成した。この変圧器は冷却および絶縁媒体にPFC液を用い、PFC液と相性の良い材料を使用し、その優れた冷却・絶縁特性を有効に活用して変圧器の小形・軽量化を図ったものである。タンク構造は高価なPFC液の使用量を低減するためコルゲー

トタイプとし、また液温上昇とともに液圧を上昇させ沸点を高める加圧密封方式を採用し、絶縁特性と過負荷耐量を向上させた。

この全液浸形PFC変圧器の完成により、今後都市部の地下変電所に設置される配電用変圧器の不燃化、および小形・軽量化が容易になった。



33 kV、20/26 MVA全液浸形PFC変圧器

特性、生産性に優れたオーバーラップ構造のアモルファス鉄心変圧器

特性、生産性に優れたオーバーラップ構造鉄心を採用したアモルファス鉄心変圧器の量産化技術を確立し、1991年4月から電力会社に納入した。

アモルファス鉄心にかかわる日米政府間交渉が1990年9月に行われ、1991～1992年の2年間に3万2,000台を、実用化に向けたフィールドテスト用として実配電線路に装柱することで決着した。

アモルファス素材を用いた変圧器は、無負荷損を従来の $\frac{1}{3}$ に低減できるメリットを持っている。しかし、素材は飽和磁束密度が1.56 Tと低く、板厚が0.025 mmと非常に薄く、また磁場焼鈍後脆(ぜい)化し、加工性に難点があった。

この難点を克服して量産化技術を確立するため、従来の基礎研究を活用して、特性、生産性に優れたオーバーラップ構造のアモルファス鉄心変圧器を開発し、1991年4月に量産化ラインを完成させた。

製品に対する振動試験、落下試験などの限界性能検証を含めて各種信頼性試験を実施し、現在、フィールドテスト用として稼動している。



アモルファス鉄心変圧器

液晶投射式大形ディスプレイ使用のダイナミック系統監視盤を備えた制御所監視システム

系統監視盤に液晶投射式大形ディスプレイを採用し、電力系統の変化を色とシンボルによってダイナミックに表現するダイナミック系統監視盤を採用し、操作性の向上を図った制御所集中監視システムを開発した。

中部電力株式会社浜松制御所の集中監視制御システムが完成し、1991年1月から運転を開始した。本システムは、静岡県西部地域約100か所(最終規模)の発電所を無人化し、遠方から監視・制御する大規模集中制御所で、制御用計算機HIDIC V90/65を中心とした、主要機器を二重化した高信頼度システムである。マンマシンインタフェースの中心は、高精細CRTと液晶投射式大形ディスプレイを使用したダイナミック系統監視盤で、運用者の視認性と操作性の向上を図っている。機能面では従来の基本的な監視制御に加え、ソフトウェアによる機器操作条件チェックの充実、電力設備増設に対応したデータメンテナンス性の向上、非常時の運転訓練を模擬するシミュレーション機能などを実現している。

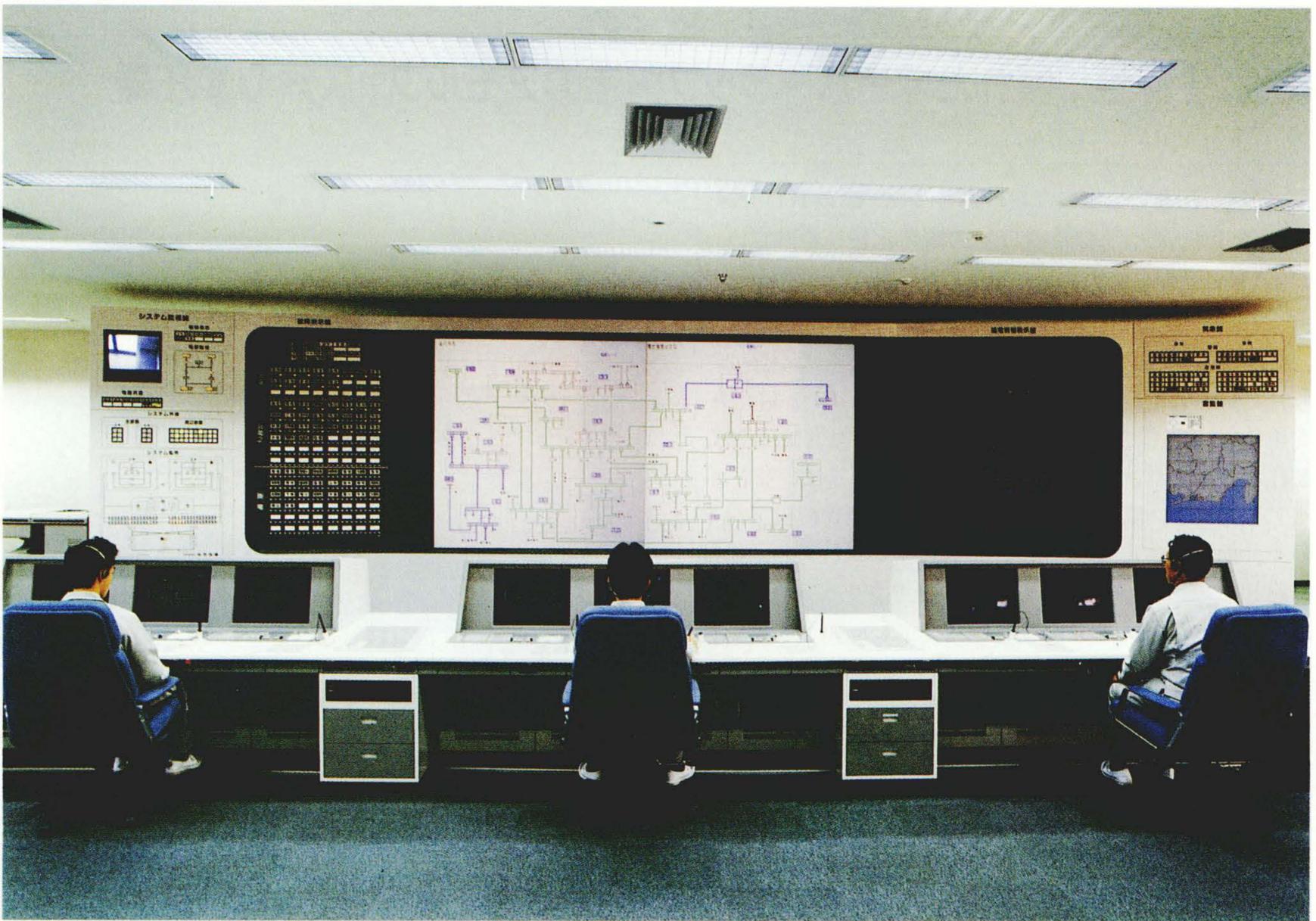
特に従来、系統監視盤はモザイク上にランプ(発光ダイオード)で機器状態を表示する方式が主流であったが、本

システムでは世界で初めて液晶投射式大形ディスプレイを使用したダイナミック系統監視盤を実現した。

ダイナミック系統監視盤は、ソフトウェアの処理で系統の色や形を自由に変えることができるため、従来形では実現できなかった視認性の高い次のような機能を実現している。

- (1) 電源系統別に送電線、母線の色を分けて表示し、系統の識別を容易にした。
- (2) 停電部を黒色表示することにより、充・停電状態の把握を容易にした。
- (3) 系統事故時の動作リレー種別を表示することにより、運用者の復旧判断を容易にする。
- (4) 系統の作業停止状況など、任意のコメントを表示できる。

本系統監視盤は、通常は2面を使って全系統を表示しているが、増改造時や訓練時には全系を半分に縮小して、おのおの別々の画面を表示することができる。したがって、片側はオンラインの状態表示、もう一方はオフラインの試験や訓練の状態を表示することにより、増改造時の確認、訓練の臨場感の向上を実現している。



中部電力株式会社浜松制御所の集中監視制御システム

情報伝送量の増大, 多様化に対応する新形インテリジェント遠方監視制御装置

監視制御対象の大形化・多様化・高機能化に対応するため、瞬時に大量、多様な情報を編集・加工し、伝送することができる新形インテリジェント遠方監視制御装置“SPR-I 90”を開発した。

ますます大形化・多様化・高機能化する電力、上下水道、道路・鉄道施設に対して、これらを監視制御するシステムにも大量の情報をより速く、正確に伝送するとともに、より高度に処理する機能が求められてきた。新形インテリジェント遠方監視制御装置SPR-I 90は、これらのニーズを次のとおり実現した。

1. 高速・大容量伝送方式の確立

伝送方式としてHDLC(High Level Data Link Control Procedure)方式を採用し、情報伝送量の飛躍的増大、多様化に対応した。

2. 操作性・応答性の向上

必要なときに、必要なだけの情報を抽出伝送することによって効率的な伝送を可能とし、操作性、応答性を向上した。

3. 大容量化・コンパクト化を指向したハードウェア構成

共通部、入出力部を機能ブロック単位でモジュール化

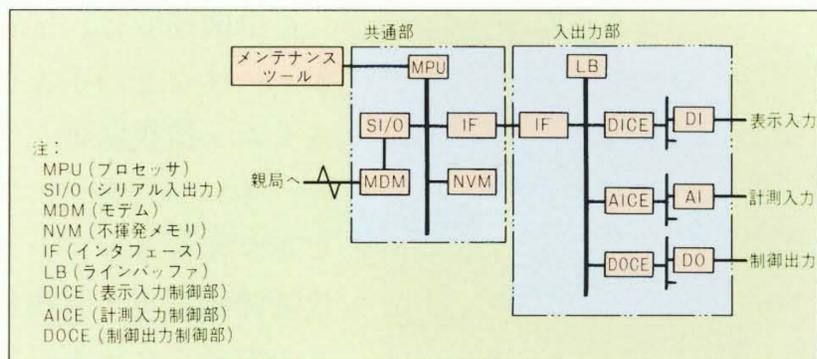
した。また、各モジュール間の結合をバス結合方式とすることによってコンパクト化し、最大容量として制御800点、表示2,000点および計測400量を実現した。

4. インテリジェント機能

多様な要求に対応して次のようなインテリジェント機能を持つ。

- (1) 設備、系統事故などの時系列解析機能
- (2) 動作パラメータの遠隔設定機能
- (3) 計測上下限監視機能

本装置は、今後の遠方監視制御装置の主流となる製品であり、電気共同研究会でも標準仕様が検討され、「HDLC型遠方監視制御装置」として報告書が発行されている。



ハードウェア構成

世界最高電圧の直流500 kV OFケーブル

世界最高電圧である直流500 kV OFケーブルをカナダから受注した。5.1 km連続長の製造・輸送・布設という陸上ケーブルとしてかつてない要求に最新鋭製造設備、布設工法で対処し、1992年夏には工事完了の予定である。

このほどカナダ・ケベック州の電力庁“ハイドロケベック”から、世界最高電圧である直流500 kV OFケーブルを布設工事込みで受注した。

このケーブルは、カナダと米国を連系する総亘(こう)長1,500 kmに及ぶ直流500 kV送電線路のうち、セントローレンス川横断部5.1 kmの区間に布設されるものである。カナダ・ジェームス湾近くの豊富な水力を利用して発電された2,600 MWの電力を、米国ニューイングランド州に送電する一翼を担うことになる。

今回受注したのは、セントローレンス川を横断する深さ80 mのトンネル内に布設する亘長5.1 kmの直流500 kV、単心1,400 mm²銅導体・紙絶縁・鉛被OFケーブル6条である。ケーブルは仕上り外径135 mm、質量は1 m当たり45 kg、信頼性確保の観点から、5.1 kmを接続なしの一連続長で製造・輸送・布設することが要求されており、

ケーブル1条当たりの出荷総質量は250 tにもなる。すでにケーブル3条は1991年7月に船積み出荷された。

ケーブルの布設工事は1991年9月から開始し、1992年夏には完了の予定である。従来この種の地中送電線の布設は、世界的にみても、1条の長さが1 km程度が限度で、5.1 kmは類のない長尺ケーブル布設工事となるため、このプロジェクトのために特殊な布設工法を開発した。(日立電線株式会社)



直流500 kV OFケーブル