

2 エネルギー

Energy

世界に比類を見ないといわれたわが国の経済の高度成長、それはそのまま、エネルギーの急激な需要につながっている。周知のようにわが国の天然資源はきわめて乏しく、エネルギー源も輸入に頼らなければならないが、昭和50年においては、85%以上のエネルギーを海外から輸入しなければならないことが推定されている。

一方、わが国における急速な経済成長のひずみは、多くの公害問題となってわれわれの目の前に立ちはだかり、この問題の解決をしなければ国民生活自体が危険状態にさらされるおそれがある。われわれの使命は、第一に、いかにしてエネルギーを有効に利用するかという技術を開発確立し、その成果をソフトエンジニアリングと装置機器として、ただ単にわが国内における貢献だけでなく、広く海外にも輸出することである。第二の使命は、人間生活の環境を快適に保全するために、公害防止産業、たとえば、原子力発電所のオフガスや火力発電所の排煙の無害化、あるいは、工場排水の処理などの分野における技術の開発をはかり、さらに進んで、公害を発生しないエネルギー利用の技術を確立することである。

昭和46年度におけるエネルギー関連部門を以上の観点からながめるとき、多くの画期的な技術の進歩と開発の成果をあげることができる。水力部門では、低負荷時におけるエネルギーを有効に利用するための揚水発電所の建設が国内、国外ともに多く、米国ミシガン湖を下池とした世界最大の揚水発電所であるラディングトン発電所の343MW6台を受注してい

たが、そのうち4台目までが現地に到着した。このほか、ロスアンゼルス市電力局キャストイク発電所261MW6台の揚水発電所機器などが出荷されている。

火力部門では、600MW蒸気タービンが運転に入ったが、この火力プラントでは発電端効率40%が見込まれ、大容量化による効率上昇とそれに伴ってエネルギー節約への大きな貢献が実現された。

ピーク負荷時における系統ネットワークの効率のよい運転を果たすために、ガスタービンの設置計画が多くなり、その需要が増加した。昭和45年度において、ピーク負荷用、定常時負荷用を合わせて18ユニットのガスタービンを出荷し、昭和41年第一号機を完成して以来、国内、輸出を含め50台の出荷記録を突破した。

原子力部門で特記しなければならないことは、原子力発電所のオフガスの無公害化をはかり、5年の研究開発期間をもって製品化した希ガスホールドアップ装置の実プラントが、始めて日本原子力発電株式会社敦賀発電所の現地において運転に入ったことである。

送変電機器および系統保護装置の分野では、上記の火力原子力発電所の大容量化に伴って、大容量変圧器が開発され、660MW変圧器が完成し、550kVの超々高圧変圧器の試作が完了した。一方、系統の安全運転をはかるために、新しいキャリヤレー方式と新しい事故波及防止システムが開発された。

水力設備

■ 大容量輸出ポンプ水車続々完成

昭和44年アメリカより受注以来、鋭意設計製作を進めてきた大容量ポンプ水車が続々と工場完成し、その一部は現地に発送され据付が進められている。

- (1) コンシューマ電力ラディングトン発電所納 343MW 6台
- (2) ニューヨーク州電力局ブレンハイム・ギルボア発電所納 300MW 4台
- (3) ロスアンゼルス市水利電力局キャストイク発電所納 261MW 6台

ラディングトン発電所は、ミシガン湖を下池とし、付近の丘陵に建設された大人工湖を上池とする完全な純揚水式発電所であり、総出力2,058MWという揚水発電所としては他に類例のない大規模な発電所である。大容量出力に比べ、落差が低いため高比速度ランナとなりさらに半地下式発電所であるため押込揚程を深くできない。そのため、特にキャビテーション性能にすぐれたランナの開発が望まれたが、従来の製作実績に基づく慎重な模型開発試験を経て、じゅうぶん実機仕様を満足するランナの開発に成功した。構造的には、ランナ外径が8mを越える超大形であり、従来の鑄造方式による製作限界をはるかに越えるものであるため、ランナクラウン、シュラウド、羽根をそれぞれ単独に製作し溶接に

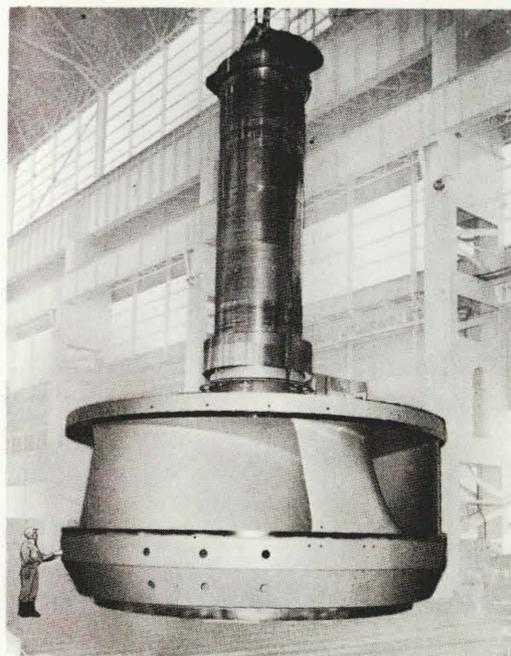


図1 ラディングトン発電所納343MWポンプ水車ランナ、主軸の工場組立

より一体とするいわゆる溶接ランナ方式を採用した。この方式の成功により今後ますます大形化するランナの製作にじゅうぶん対処できることとなり揚水機器の飛躍的發展の礎となるものである。また主軸にも溶接構造を採用している。図1は、完成したランナおよび主軸の工場組立状況を示したものである。昭和47年12月1号機運開を目標に現在急ピッチで据付作業が進められている。

ブレンハイム・ギルボア発電所は、ハドソン川上流に建設され、最高揚程357m、単機出力300MWという高落差大容量ポンプ水車

4台による総出力1,200MWの大規模揚水発電所である。

本主機は、現在既に運転されている関西電力株式会社喜撰山発電所納240MWポンプ水車の開発製作経験を基に、強度、特性の面でさらに慎重な検討を加え、設計製作したものである。本主機のランナは、普通鋳鋼一体鋳造であり、流水面の一部に、ステンレス鋼肉盛を実施している。またケーシングには60kg/mm²高抗張力鋼を使用し、現地溶接構造を採用した。現在日立指導員の指導のもとで、着々と据付作業が実施されており昭和47年8月に1号機が運開する予定である。図2は本主機の工場組立状況を示したものである。

キャストイク発電所は、サンタクレラ川水力開発の一環として建設されるもので、単機出力261MWポンプ水車6台による1,566MWの大容量揚水発電所である。主機仕様は、ほぼブレンハイム・ギルボア主機と同じであるが、比較的水位変動範囲が大きい。ランナは、ステンレス鋳鋼による一体鋳造製である。またケーシングは、ボルトによるフランジ接続方式をとっている。

図3はケーシングの工場耐圧試験状況を示したものである。本主機も、日立指導員の指導によって現在据付が進められている。

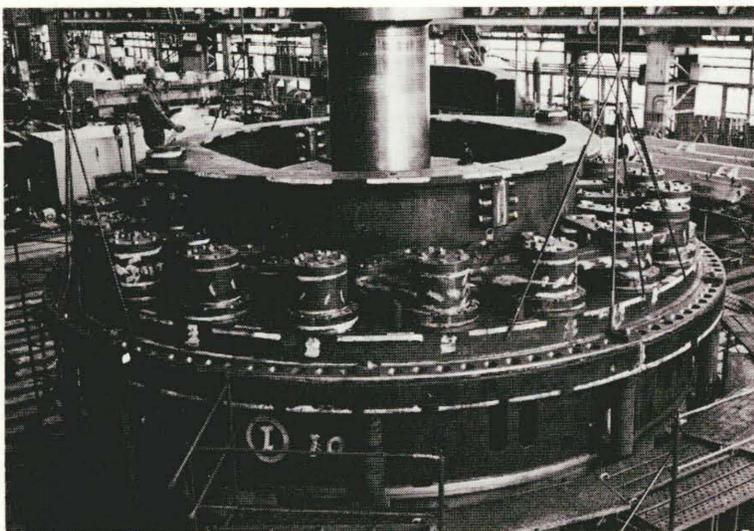


図2 ブレンハイム・ギルボア発電所納
300MWポンプ水車の工場組立

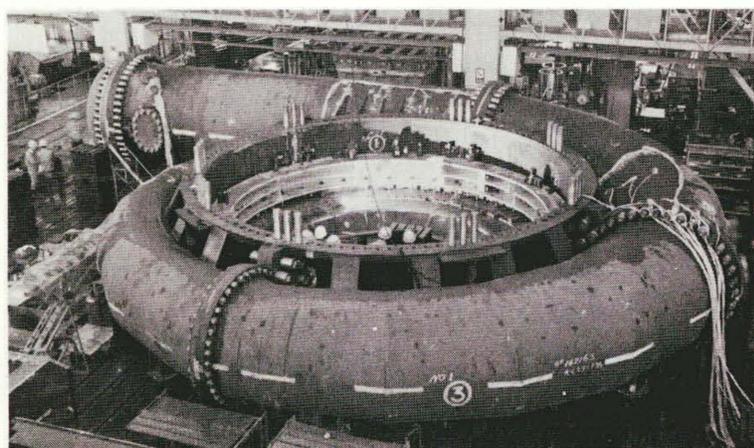


図3 キャスタイク発電所納261MWポンプ水車
ケーシングの工場耐圧試験

入口径は約8mを越える大形なものとなり、シャフト、ランナ、ガイドベーンなどに溶接構造を採用している。また、水車、発電機のシャフトを共通とし、スラストメタルを水車カバーで支持する構造とすることにより全体を低くし、機器の経済化を図っている。

アコソソボ発電所は、ガーナの首都アクラ市の東北約60マイルの地点にあり、すでに212,000HP水車4台が設置され好調に稼働しているが、これはいずれも日立製作所より納入したもので、完成した水車はこの5、6号機に当たる。

本水車も低落差、大容量のため、上記イリヤ・ソルテイラ発電所納水車に次ぐ大形製品である。完成した増設機は、互換性を考慮し既設機と同一構造であるが、既設機の運転結果より最大出力を10,000HP高くして、222,000HPとしたものである。

水車仕様

	イリヤ・ソルテイラ発電所納	アコソソボ発電所納
最大出力:	225,000HP(16.5MW)	222,000HP(166MW)
最高落差:	48m	69m
回転数:	85.7rpm	115.4rpm
形式:	VF-1RS	VF-1RS

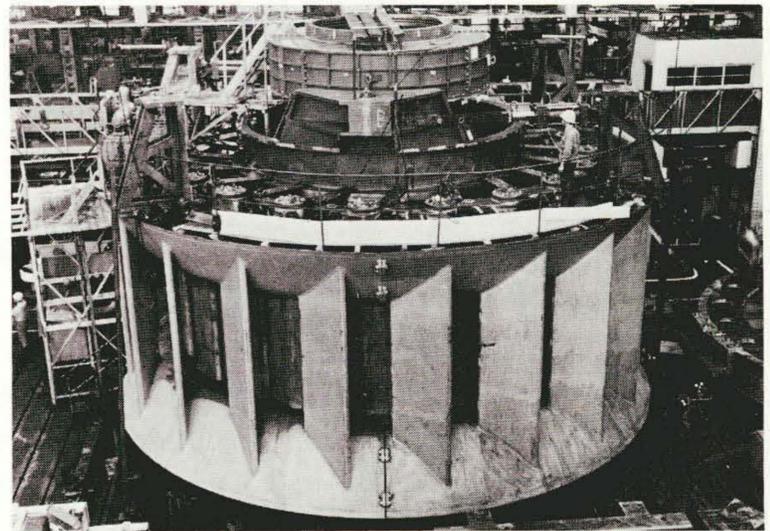


図4 イリヤ・ソルテイラ発電所納225,000HP水車の工場組立

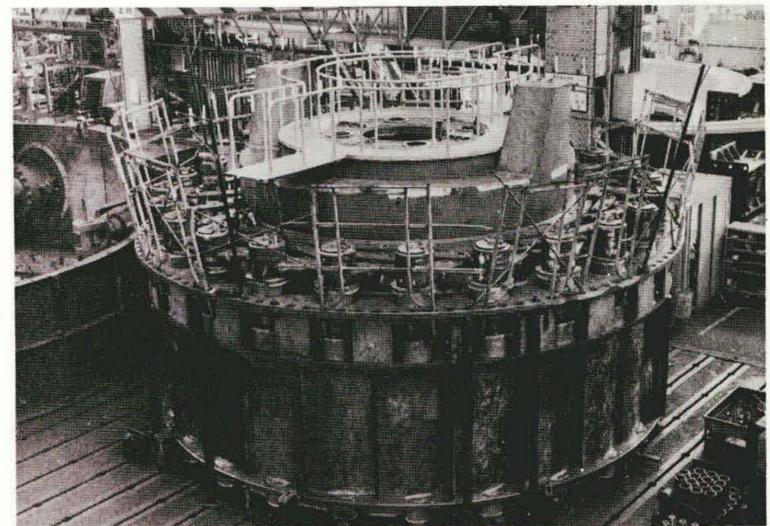


図5 アコソソボ発電所納222,000HP水車の工場組立

■ 大形フランス水車完成

ブラジル・サンパウロ州中央電力公社、イリヤ・ソルテイラ発電所納225,000HP水車4台およびガーナ・アコソソボ発電所納222,000HP水車2台がこのほど完成しそれぞれ現地へ発送された。

イリヤ・ソルテイラ発電所はサンパウロ市の北西約600kmの地点に建設され、完成した暁には総出力320万kWというブラジル最大の発電所となる。

本水車は、最高落差48mと低くかつ大容量のため、ケーシング

■ ラディングトン発電所向け 388MVA発電電動機完成

昭和46年3月1台目が完成し、すでに4台目まで現地到着済みである。そのうち1台は、工場組立し回転試験を行ない電気的特性、構造などが確認され、性能の信頼性がじゅうぶん実証されている。残り2台は昭和47年初め発送の予定である。本発電所は、アメリカ・ミシガン湖岸に建設されるもので、単機容量、発電所総容量と

もに世界最大の揚水発電所である。

本機の仕様は、発電機、電動機とも同一で、過負荷388MVA定格325MVA、回転速度112.5rpm、端子電圧20kV、周波数60Hz、極数64、力率0.85である。

本機の特長は、次のとおりである。

- (1) 低速大容量機で、風道外径20mと径の大きい機械であるため、通風設計には水流モデルを活用し自己ファンを省略し、回転子自身のファン効果を有効に活用する構造を採用している。実機回転試験の結果は、水流モデルのデータとよく一致している。また、主要部品の強度を確かめるためにはプラスチックモデルを作り、計算と対比を行ない、その安全性をあらかじめ確認している。
- (2) スラストベアリングは、全推力荷重2,200tと最大級であり、日立独自のピボットスプリング方式を採用し信頼性を高めている。
- (3) 励磁機は、別置のM-G方式として経済性を図っている。
- (4) 始動方式は、2台が誘導電動機始動、4台が同期始動である。前者は喜撰山で、後者は水殿ですでに実施済みであるが、大容量機であるので詳細な検討が行なわれた。
- (5) ロータリム積みは、回転子を回しながら行ない、作業員の移動距離を最小にして効率を上げた。
- (6) 現地での据付は、すべて日立が行なう契約となっており、日立がアメリカの据付業者に下請けさせて現地作業を開始している。
- (7) クレーン容量低減のため、ロータリムはピットの上で組み立て、ポンプ水車分解時にはスパイダを分解し、ロータリムはジャッキの上に休ませたままとし、ポンプ水車はロータリムの内周をつり上げることができるようにしてある。したがって、クレーン容量最大値は発電電動機の回転部つり上げ重量ではなく、ポンプ水車のランナつり上げ重量で決まり、360sh.tnとなっている。

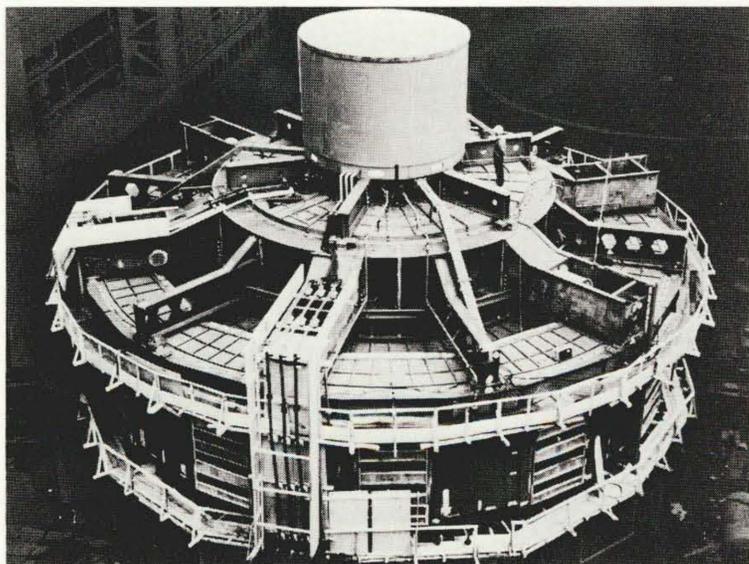


図6 388MVA発電電動機の工場試験

■ 初のカナダ向け水車発電機完成

カナダ向けとして初めての水車発電機を完成した。本機はカナダ・ブリティッシュ・コロンビア州水力開発局ワッチャン発電所に納入されるものである。

本発電機のおもな仕様は次のとおりである。

定格出力	55,500kVA
過負荷出力	64,000kVA

定格電圧	13,800V
周波数	60Hz
回転速度	327.3rpm
極数	22
力率	0.9(遅れ)
調相機容量	50,000kVAR

本機の特長としては

- (1) 固定子コイルは、製作に先立ちサンプルコイルを提出し、顧客の指定する耐電圧試験に合格してから、納入品を製作した。この試験の結果、日立のコイルの優秀性が実証された。
- (2) スラストメタルの荷重アンバランス7%以下というきびしい仕様が課せられた。このため設計・製作面でじゅうぶんの考慮を払った結果、仕様を上回る性能が得られ、ピボットスプリング支持機構の優秀性が確認された。また荷重アンバランスを検出するための装置も納入された。
- (3) 発電機内の暖かい空気を空調に流用するため、空気式ルーバーコントロール装置を納入した。
- (4) 溶接規格にはカナダ規格が適用された。
- (5) 工場において640rpm(195.6%)1分間の無拘束速度試験を検査官立会のもとに実施し、機械的にじゅうぶんな強度と剛性を有することが実証された。
- (6) 本機の据付作業も日立が担当することになっており、現地の据付業者を使って昭和47年4月に作業開始予定である。

火力設備

■ 大容量蒸気タービン好調に営業運転開始

事業用大容量タービンとして、わが国最大容量の超臨界圧600,000kW蒸気タービンが、東京電力株式会社鹿島火力発電所第1号機として運転を開始した。仕様は、主蒸気圧力246kg/cm²g、主蒸気温度538°C、再熱蒸気温度566°C、回転数3,000rpm、最終段動翼に33.5in翼を採用した、クロスコンパウンド4流排気形である。本機の特長としては、超臨界圧蒸気を使用することによる高热効率、高圧初段翼に強度的に余裕のあるアキシヤルエントリー翼の採用、低圧車室に動圧回収形の採用、排気損失の低減、180度ノズルボックス、組合せ再熱弁の採用などがあげられる。本機と同一仕様の東京電力株式会社姉崎火力発電所向け第4号機もすでに工場通気試験を完了している。同じく、クロスコンパウンド4流排気形、350,000kW、3,000rpm機が、東京電力株式会社大井火力発電所第2号機および君津共同火力株式会社君津発電所第4号機として好調に運転を開始している。本機はすでに、東京電力株式会社五井火力発電所第6号機および君津共同火力株式会社第3号機として運転実績のあるタービンと同形機であり、特長としては、再熱蒸気温度を主蒸気温度と同じ566°Cまで上げ、熱効率の向上を図っていること、車室配置をクロスコンパウンド形としてタービン軸長を短くすることによって、運転中の起動・停止・負荷変化の操作を容易にしたことである。また君津4号機は、同3号機とともに350,000kWの大容量タービンとして初めて工場通気試験を省略したものであり、ほかに、50Hz機の標準機種であるタンデムコンパウンド3車室4流排気形250,000kW、3,000rpmの苫小牧共同火力株式会社苫小牧発電所第1号機も好調に営業運転を行なっている。本機はすでに、常磐共同火力株式会社勿来発電所第7号機として実績のあるタービンと同形機であり、性能、信頼性の面で設計にじゅうぶんな考慮が払われている。一方60Hz機では、日立最大の3

車室タンデムコンパウンド4流排気形350,000kW機が、中国電力株式会社玉島火力発電所第1号機として、営業運転を開始した。本機は高中圧部を一体化し、シュリクト翼および三次元設計翼の採用、180度ノズルボックス、インサートシュラウド形高压第1段翼の採用、動圧回収形低圧車室、シングルガバナ、別置形加減弁、組合せ再熱弁の採用など、最新の設計を盛り込んだものである。おもな仕様として、主蒸気圧力169kg/cm²g、主蒸気温度566℃、再熱蒸気温度538℃があげられ、最終段には26in翼が採用されている。なお、同発電所の第2号機もすでに現地で据付中である。

さらに日立の標準機種としてすでに数多くの製作運転実績のある、タンデムコンパウンド26in4流排気形3,600rpm再熱タービンが、富山共同火力株式会社新港第1号機としてすでに営業運転に、また2号機が現地据付中である。これらは、ともに工場における通気試験を省略して、納期の短縮を実現したものである。

このように続々と大形事業用タービンが営業運転にはいつているが、最近の特徴として、工期の短縮が要求される場合には、工場における通気試験を省略することがあるが、納入後はいずれも好調に運転にはいつている。このことは、日立の設計、製作、組立、検査における技術の向上と、品質管理態勢の優秀さを実証するものである。

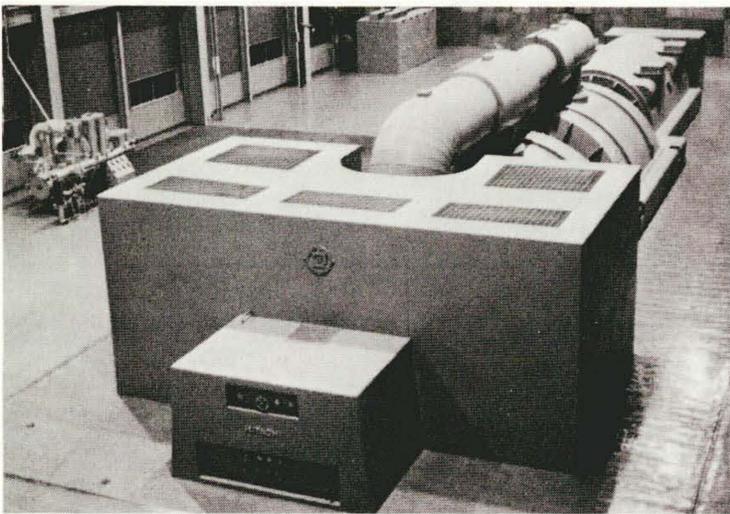


図7 中国電力株式会社玉島火力発電所第1号機
350MW蒸気タービン

■ 輸出用タービン続々運転開始

大容量輸出蒸気タービンが、次々と運転を開始した。メキシコ国では、バレデメヒコ発電所納め2号機、3号機、サラマンカ発電所納め1号機、2号機、それぞれ好調のうちに据付、試運転を完了し、現在好調のうちに営業運転を行なっている。

タービンの仕様は、4機とも同一で出力158MW、主蒸気圧力127kg/cm²g、主蒸気温度538℃、再熱蒸気温度538℃、回転数3,600rpm、最終段動翼23in翼採用のタンデムコンパウンド2流排気形である。これらの好調な運転実績が買われて、メキシコ国へは、マサトラン発電所1、2号機を、韓国へは京仁発電所納め1、2号機を、カナダ国へはバウンダリーダム発電所納めものを合わせると、本機種の輸出台数は9台にも達している。

このメキシコ納めの4台に続き、パキスタン原子力委員会カラチ原子力発電所納め138.6MWタービンが、試運転を開始した。本機は国産原子力タービン第1号機である。

本タービンの仕様は、出力138.6MW、主蒸気圧力38.2kg/cm²g、主蒸気温度248℃、回転数3,000rpm、最終段動翼23in翼採用のタンデムコンパウンド4流排気形である。特長としては、

- (1) 全段湿り域で運転される原子力タービンである。
- (2) 湿り域での効率を高めるため汽水分離ダイアフラム、みぞ

付汽水分離動翼の採用。

- (3) 日立独自の設計による三次元シュリクト翼の採用。
- (4) 高压部、低压部の間に、日立独自の開発による波板式低压汽水分離器2個配置。
- (5) ドレン浸食対策を随所に採用したことなどである。

カナダでは、クィーンエリザベス発電所納め100,000kWタービンはすでに試運転を終了し、ヘンリーミルナ発電所納め150,000kWタービンは、近々運転にはいる予定である。

クィーンエリザベス発電所納め100MWタービンには、オーバロードバルブを設置し部分負荷効率を改善しながら熱応力も軽減するためコンバインド調速としている。

またヘンリーミルナ発電所納め150MWタービンは、1個のロータからなるタンデムコンパウンド2流排気形で、最終段動翼に23inを採用した非常にコンパクトな非再熱形復水タービンである。同じくカナダNBEP向け315,000kWを製作中である。北アメリカ大陸ではわが国初めての大容量火力機器の進出ということより、今後の運転に注目を集めている。

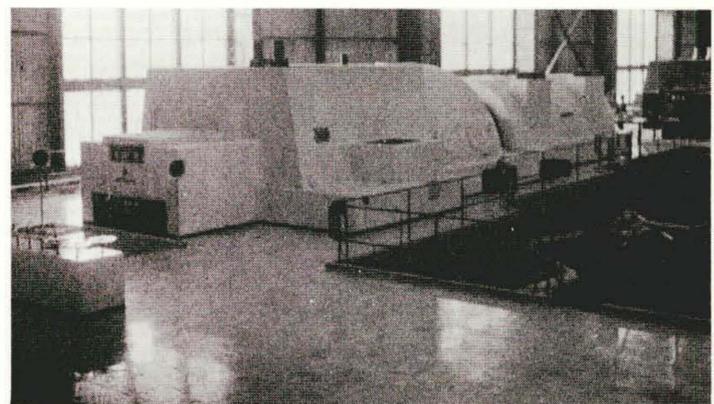


図8 メキシコ納158MWタービン

■ 中国電力株式会社水島発電所3号機
350MW蒸気タービン用ロータシャフト

日立製作所勝田工場では、6,000t鍛造プレスをはじめとした各種の大形新鋭設備の完成により、150tまでの鋼塊を使用した大形鍛鋼品の製造が可能になった。中国電力株式会社水島発電所第3号機蒸気タービン用ロータシャフトは勝田工場にとって記録品であったが、従来の豊富な経験と技術に加え、綿密な事前検討と徹底した作業管理で工場一丸となり製造に対処した結果、すべての点で良好な成果が収められた。

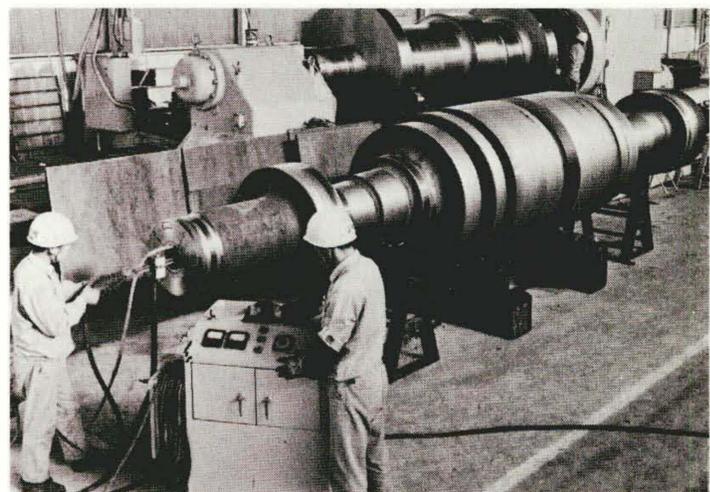


図9 中国電力株式会社水島発電所第3号機
350MW蒸気タービン用ロータシャフト

高圧ロータシャフトはCr-Mo-V鋼で、最大直径1.232m、全長6.003m、ドラム重量221tである。低圧ロータシャフトはNi-Cr-Mo-V鋼で、最大直径1.283m、全長6.507m、ドラム重量32.6tであり、6,000tプレスの完成で初めて鍛造可能となったものである。低圧ロータシャフトは4基の塩基性電気炉の合せ湯で、とくに非金属介在物を減少させるため真空脱酸法を採用して製造した。鍛造に際しては6,000tプレスを駆使し鋼塊中心部まで鍛練効果がじゅうぶんであるように配慮した。熱処理については実物大のモデルロータシャフトによる実験を行ない、じゅうぶんな機械的性質が得られることを確認したうえで作業した。

3本のロータシャフトはいずれも機械的性質、健全性および高温時の熱安定のすべてに対し優秀な成績を取めた。特に、外周および中心穴からの超音波探傷ならびに中心穴の磁粉探傷試験で欠陥がまったく認められなかったことおよび熱安定化試験で振れ量が規格の0.05mm以下に対し0.01mm以下であった。

■ 大容量タービン発電機

タービン発電機の単機容量の増大に伴い、冷却方式、励磁方式、構造、材料の面で数多くの開発実績を重ね、標準化もまた大いに進んだ。

50Hz地区では、東京電力株式会社鹿島火力発電所納め1号機350,000kVA×2クロスコンパウンド機、60Hz地区では、中国電力株式会社玉島火力発電所納め1号機390,000kVA機の大容量機が、順調に運転を開始した。さらに、670,000kVA、560,000kVA、500,000kVA各3,600rpm機が、続々と工場において製作されつつある。

輸出においても、カナダ・ミルナー発電所納め166,667kVA機が工場完成し、同じくカナダ向けの368,000kVAほか、多数を製作中である。

(1) 冷却方式

大容量機における固定子直接水冷却、回転子ダイアゴナルフロー形直接水素冷却方式は多数の実績を積み重ね、信頼性の高い高性能冷却方式として確固たる地位を占めている。その中でも、固定子コイル冷却水の1パスフロー方式、コイル素線の4列方式、冷却水素圧の4kg/cm²などを実機に採用し、また、さらに改良を加え、1,000MW級に対する冷却方式に対する方針が確立されている。

(2) 励磁、運転方式

励磁方式は、大容量機に対し、直結交流励磁機と静止整流装置によるコミュテーターレス方式を標準とし、すでに20機以上に採用の実績の上に立ち、1,000MW級に対しても、信頼性の高い励磁方式としてじゅうぶん採用可能なことを確認している。一方、電力系統運用上の要求から、きわめて応答の速いサイリスタ自励方式によって、発電所近辺の短絡事故、異位相投入時などにおいても、励磁電源がじゅうぶん確保されることが確認され、発電機界磁巻線、励磁装置に誘起されるおそれのある異常高電圧に対しても、その発生条件が明らかにされるとともに、その具体的な対策も開発された。これにより、サイリスタ自励方式が、大容量機の励磁方式としてもじゅうぶん信頼性のあることが確認され、すでに4機に対し適用されている。

一方、運転方式においては、クロスコンパウンド形発電機における半速同期方式が、600MW機に適用され、理論計算が現地試験により確認され、さらに大容量クロスコンパウンド機の同期方式に適用可能なことを立証した。

(3) 構造および材料

構造面においては、大容量機の固定子コイルに及ぼす大きな電磁力に対する対策として、溝(こう)内およびエンド部とも、特殊な支持方式が採用され、さらに改良が加えられつつある。

材料面においても、各部にFRP材を採用、軸材に含Cr鋼を用いるなど多くの開発が進んだ。

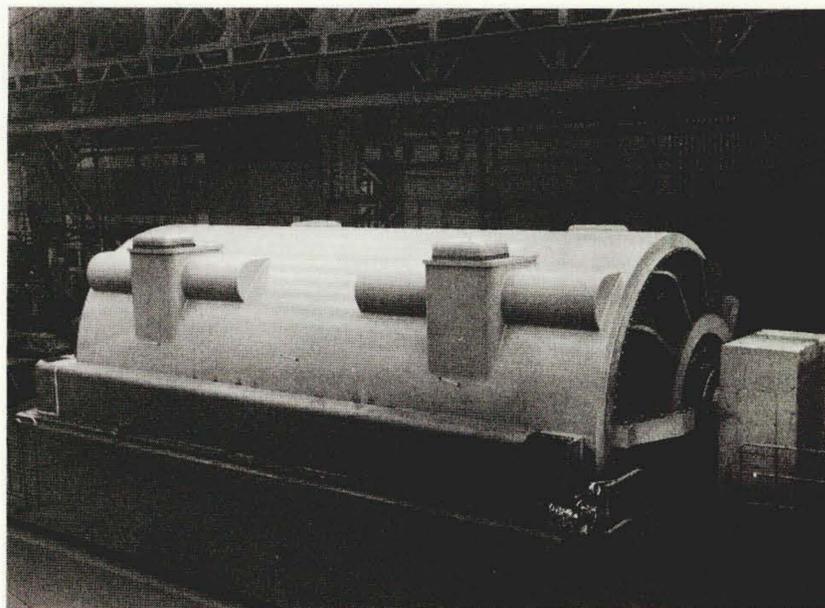


図10 大容量タービン発電機

■ 中国電力株式会社納 玉島火力DDCシステム完成

火力発電所の大容量化に伴い、安全性の向上・運転員の労力節減・より高度な運転管理の確立をめざし、火力プラントの起動過程の中でも特に重要なタービン関係を中心としたDDC方式による計算機制御システムを確立し、中国電力株式会社玉島火力発電所1号ユニットに納入した。

本システムはタービン昇速から初負荷保持、加減弁切換を含めて負荷35%までの範囲をDDC中心で自動化し、あわせてユニット起動時における広範な操作指示モニタを行なうシステムである。このシステムでは制御用電子計算機HITAC7250を中心に火力自動化用ソフトウェアシステムPPCSを有効に適用したシステムで

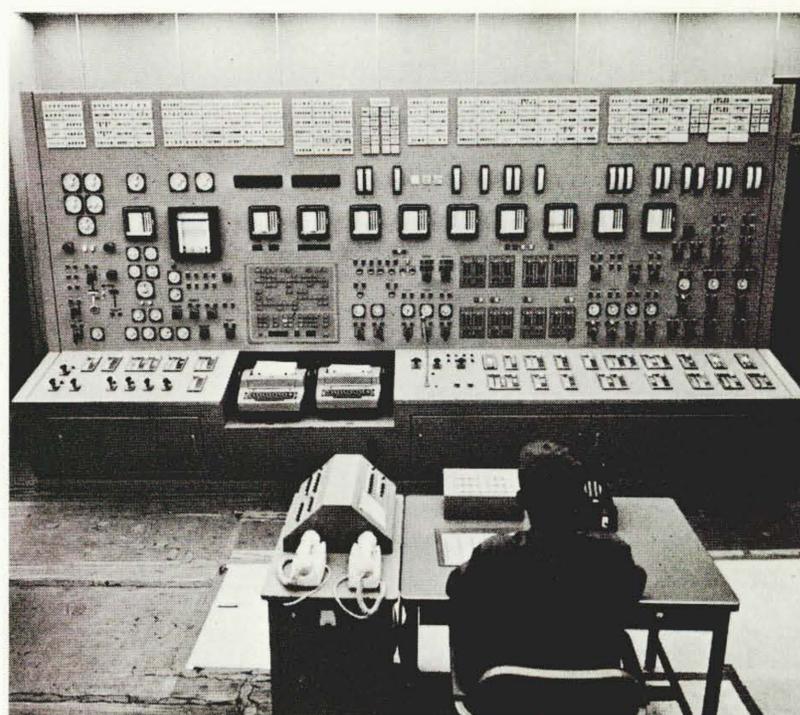


図11 自動化機器を設置したBTG盤

あり、わが国で最も自動化の進んだシステムの一つである。

昭和46年3月プラント機器との結合テストは完全に終了し、引き続き営業運転にはいり所期の目的を果たしている。

図11は本システムのマンマシンインターフェースであるオペレータコンソールおよびメッセージタイプライタの組み込まれた中央操作室のBTG盤である。

中国電力株式会社玉島発電所納 第1号缶350MW UPボイラの営業運転開始

中国電力株式会社玉島発電所1号缶の計画に際して、350MW級火力ユニットの長期運転条件を考えた場合30%部分負荷での自動運転が予想されるので、これにさらに出力変動幅約3%を加味してボイラ最低負荷を27%（ボイラMCR基準）とした。これは垂臨界圧UPボイラの標準である最低負荷33%より低いため以下のような設計上の考慮が払われた。そのほかコンピュータ制御など自動化の範囲も広げられ、現在好調な営業運転を行なっている。ボイラ構造図は図12に示すとおりである。

- 低負荷時には変圧運転を行なう設計とした。
すなわち40~27%（140MW~94.5MW相当）の低負荷時には規定圧力より158.5kg/cm²まで変圧運転を行ない、火炉管内での許容最低流速を保持する設計として安全を図った。
- 火炉壁における水壁流体混合に対しては、従来の設計の火炉水壁は高さ方向に3分割して途中で2回混合していたものを今回は4分割3回混合して、流体温度の炉幅方向のアンバランスを少なくするようにした。
- 火炉水壁管の内径を小さくして沸騰の安定化を図った。
熱吸収の大きいバーナゾーンにはリブドチューブを使用して核沸騰の状態を持続できるように設計してあるが、これに加えて標準設計ボイラのチューブより肉厚を増し内径を小さくすることにより、流速を高くして沸騰の安定化を図った。
- 天井壁入口部、ケージ壁入口部にオリフィスを設置し低負荷時の流動不安定現象防止を図った。
すなわち天井管、ケージ管のおもな問題は起動時および低負荷時において、並列管中のある管に水が停滞して流量がほと

んどなくなるのを防止した。

- ボイラの保証効率試験を実施した結果計画値を上回る良好なる結果を得ることができた。
その結果については図13に計画値と実績値を示した。
この結果から、本ボイラの性能の優秀さと各負荷における安定した運転条件が立証され、今後の安全運転が継続できることが確認された。

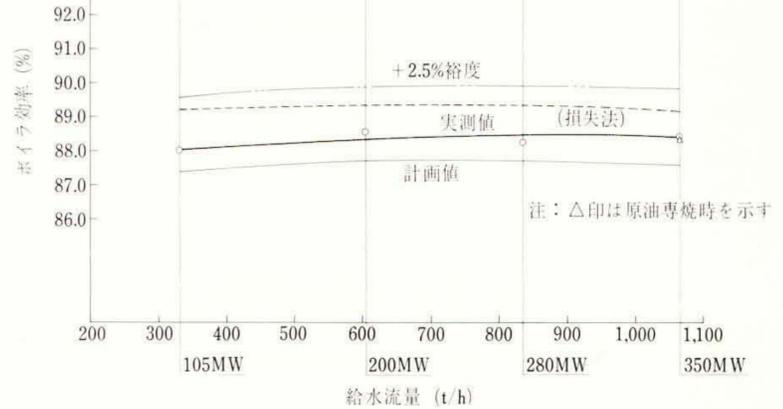


図13 ボイラ効率比較表（重油専焼時）

300MW用ベンソンボイラ据付開始

マニラ電力・シュナイダ(SNYDER)発電所納め第2号ボイラは、ドイツ・シーメンス社300MWタービン発電機との組み合わせであるが、日立製作所および日本におけるベンソンボイラとして

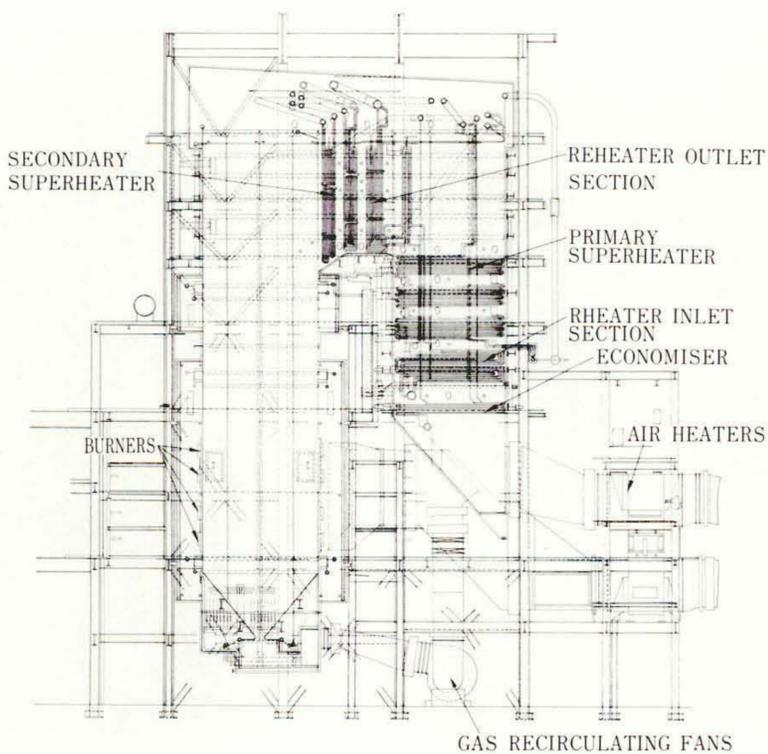


図12 1,115t/h垂臨界圧UPボイラ構造図

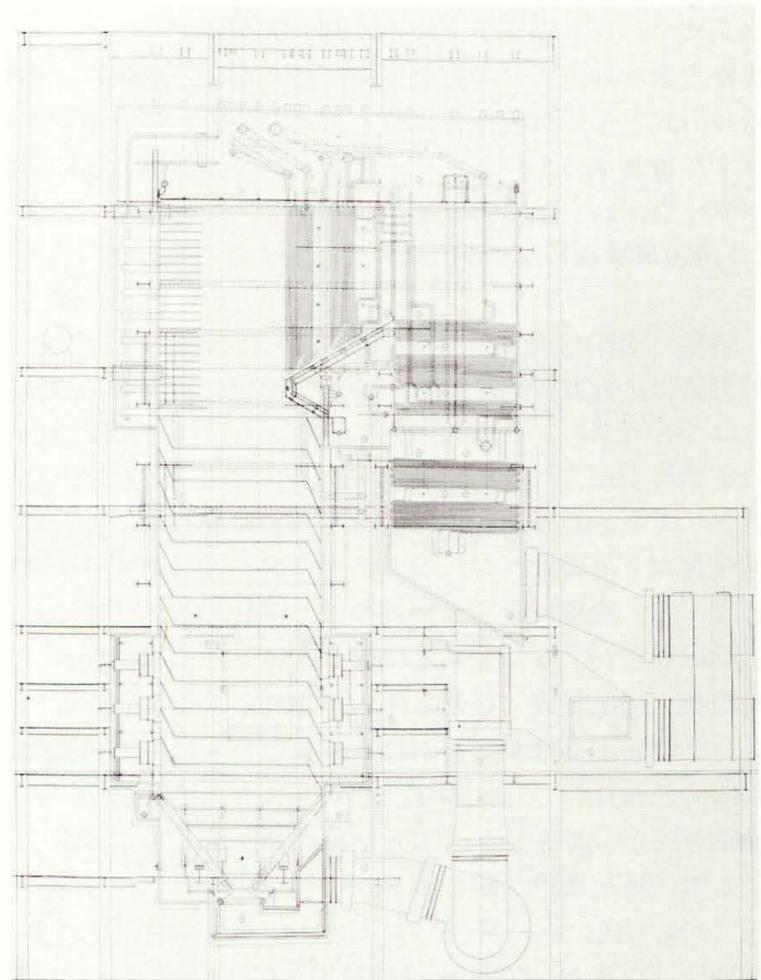


図14 970t/hベンソンボイラ構造図

は最大容量の記録品である。本ボイラは、現在、鋭意現地据付中である。

シュナイダ発電所1号および同じ構内のガードナ(GARDNER)発電所2号として、今までの記録品である日立製作所納入の200MW用ベンソンボイラと相並んで、すでに稼働中であるが、本ボイラでは容量増大に伴い、新しい配慮を加えている。その主要点は下記のとおりである。

- (1) ベンソン特有のミアンダウォール(蛇(だ)管構造壁)のサイズアップに伴い、炉壁管の熱膨張に関する構造面について、むりを生ぜぬよう、放射過熱器による周壁形成範囲を短縮し、ケージ部側壁は、新たに節炭器管で形成させた。
- (2) 従来の貫流経路(水壁→一次過熱器→放射過熱器→天井過熱器→過熱器止弁→二次過熱器)を改変して、水壁→天井過熱器→放射過熱器→一次過熱器→過熱器止弁→二次過熱器とし、従来の天井過熱器出口であった起動バイパス点を、一次過熱器の入口側に位置を変える一方、同過熱器出口にはクオリティモニタ系統を追設して、起動特性の改善を図った。なお、本ボイラの主要仕様は次に示すとおりである。

形 式	B&W ベンソンボイラ屋内式
蒸 発 量	970t/h (ボイラMCR)
蒸気条件	196.1atg/541°C (過熱器出口) 42.8atg/541°C (再熱器出口)
給水温度	256°C (節炭器入口)
使用燃料	C重油および原油
通風方式	押込通風方式

マニラ電力で、新しく建設されるモンテリバノ(MONTELIBANO)発電所の第1号ボイラも、本ボイラと同一仕様であり、現在、工場製作中である。

■ 東京電力株式会社姉崎火力3号缶用 自動バーナ運転開始

火力発電所ボイラの高性能、大容量化に伴い、バーナ点火、消火操作の自動化装置“自動バーナ”の設置が安全運転および省力化の点より必要になっているが、これまで実績の点から輸入品が使用されてきた。

日立製作所においては昭和45年11月純国産技術のソリッドステート式全自動バーナ制御装置を国内最大容量の東京電力株式会社姉崎火力発電所(3号缶 出力600MW, UPボイラ)に納入、これまで好調に運転を継続している。

この装置は多数のバーナの遠隔自動点火、消火、常時監視、本数制御(自動負荷追従制御)、ファーストカットバックなどの機能のほかに火炉パージ、燃料緊急しゃ断の機能も有しており、すべてのボイラ保安制御機能のソリッドステート化を達成したものである。

おもな特長は次のとおりである。

- (1) 装置機能の重要性にかんがみ重要回路に2 out of 3方式を採用し、信頼度の向上を図っている。
- (2) 電源装置に小形バッテリーを内蔵させ完全無停電電源としている。
- (3) ロジック回路および電源をバーナごとに専用に設けロジック故障時の影響を最小限にとどめうるようにしている。
- (4) 保守、点検の便、ダウンタイムの短縮を図るためシミュレータを付属させている。

図15はロジックキャビネットでソリッドステート式の論理回路を収納している。

運転実績において特記すべきことは、ボイラ自動制御装置との協調により、わが国において初めて大容量ボイラのファーストカットバック制御の実機試験に成功し、無消火所内単独運転実用化への見通しが得られたことである。

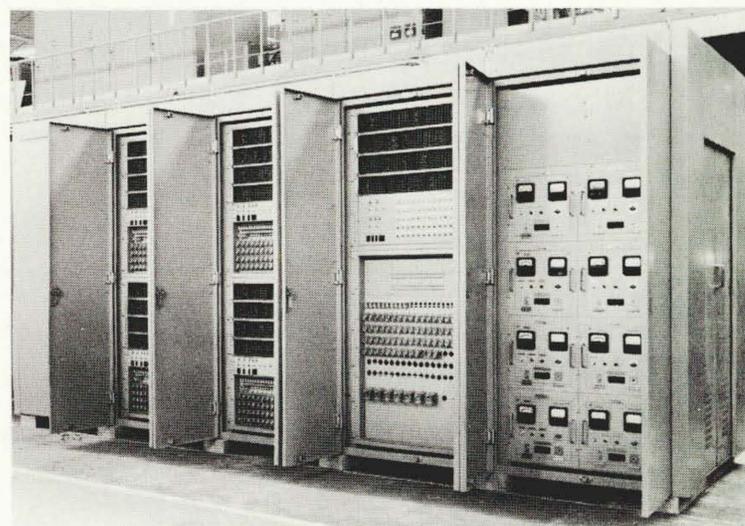


図15 自動バーナロジックキャビネット

■ トムリンソン無臭化黒液回収装置完成

東北製紙株式会社秋田工場に新設されたトムリンソン黒液回収装置はわが国におけるOdor Control Unit(臭気をコントロールした回収ボイラ)としての第1号缶で、アメリカB&W社が開発しアメリカおよびカナダですぐれた稼働実績を有する技術を導入し、バブコック日立株式会社が設計製作、日立プラント建設株式会社が据付を行ない完成したものである。東北製紙株式会社秋田工場はプラント全装置が最新鋭の技術を結集して作られた新工場であって、回収ボイラもプラント全体の建設および運転開始工程に従いつつ昭和46年11月より運転を開始している。回収ボイラの概略仕様は表1に示すとおりである。

製紙工場、特にパルプ製造を伴う工場において公害の見地から問題とされるものには粉塵(じん)、廃液、大気汚染などがあり従来より種々対策がとられてきた。近年特にクラフトパルプ製法の場合の独特な臭気に対する対策が必要となってきたが、この臭気の根源として、回収ボイラの燃焼排ガス中に硫化物(硫化水素やメチルメルカプタンなど)が多量に含まれており、煙突による広範囲な拡散を伴うことからいちばんの問題点とされている。燃焼排ガス中にこの硫化物をもたらずものは、パルプ廃液を燃焼ガスと直接接触させて濃縮するエバポレータであり、ここで廃液中の硫化物を燃焼ガス中に放出するためである。この臭気に対して従来とられてきた対策は熱量損失、運転費の増加、操作の複雑化など種々な欠点を有していたが、このような欠点をなくし完全な臭気対策として開発、実用化したものがOdor Control Unitである。本装置の特長は次のとおりである。

- (1) 臭気発生の根源である直接接触式エバポレータを持たない。したがって燃焼黒液は多重効用缶によってのみ濃縮されるため、ボイラたき込み濃度は従来の65%より下がり60%前後となるが、トムリンソン方式の燃焼方法によればじゅうぶん安全に運転できる。
- (2) 裸管式大形つり下形節炭器を持っている。したがって排ガス温度は185~200°Cとなり、直接接触式エバポレータの除去による排ガス温度上昇、排ガス損失の増大を最小限に押えている。なお、エバポレータ接触がなく水蒸気損失が減るため、ボイラの全体効率は無臭化回収装置のほう

がよい。

(3) 集塵を電気集塵器により行なう。

この電気集塵器は臭気対策の点からドライボトム式が望ましい。そのほか黒液系統の単純化、運転保守の省力化などに重点的な配慮が払われている。また本回収ボイラには従来のトムリンソン式の特長はそのまま引継がれている。すなわち炉壁のプラストによる保護、一次、二次、三次に配分された空気による適切な燃焼、メンブレン壁構造による完全シールの炉壁、管壁温度を考慮した過熱器配置などである。

表1 黒液回収装置の仕様

黒液固形分処理量	910t/d
黒液濃度(多重効用缶出口)	60%
黒液温度(多重効用缶出口)	100℃
黒液固形分発熱量	3,300kcal/kg
ボイラ形式	トムリンソン形(Odor Control Unit)
蒸発量	125t/h
蒸気圧力(過熱器出口)	80kg/cm ² g
蒸気温度(過熱器出口)	480℃
給水温度(節炭器入口)	134.8℃

■ 総出力73,800kWパワーブロック
ガスタービン完成

国内では初めてのパワーブロックガスタービンを中部電力株式会社西名古屋ガスタービン発電所に納入した。これは昭和46年6月28日官庁立会試験を完了し、現在順調に営業運転を継続している。このパワーブロックガスタービンは、出力18,450kW(ISO定格)パッケージ形4台が総出力73,800kWの発電プラント1台であるかのように運転制御され、昨今のピーク負荷容量増大に伴う大容量ガスタービン発電設備として完成したものである。日立製作所ではパッケージ形ガスタービンについて国内外に多数の納入実績があり、すべて好調に運転を継続している。

このパッケージ形ガスタービンは工場で完全な組立、試験が行なわれ、パッケージの形でそのまま輸送、据付にかかれるため、信頼性が高く据付期間も著しく短い。また、特別の建屋を必要とせず、敷地面積もわずかで済むため建設費が安くなるという利点があるが、このパワーブロックガスタービンでもすべてコンパクトにパッケージ化されており、それらの利点はすべて生かされている。さらにパワーブロックガスタービンでは制御パッケージが1台あるだけで、これから4台のガスタービンを統括して制御でき、必要に応じて3台あるいは2台だけのガスタービンをパワーブロックとして運転することも可能である。現在単機出力6万kWのパッケージ形ガスタービンの製作を始めているが、これを4機使用したパワーブロックガスタービンでは総出力24万kWとなり、またこれの全負荷までの起動時間は15分程度で大電力会社のピー

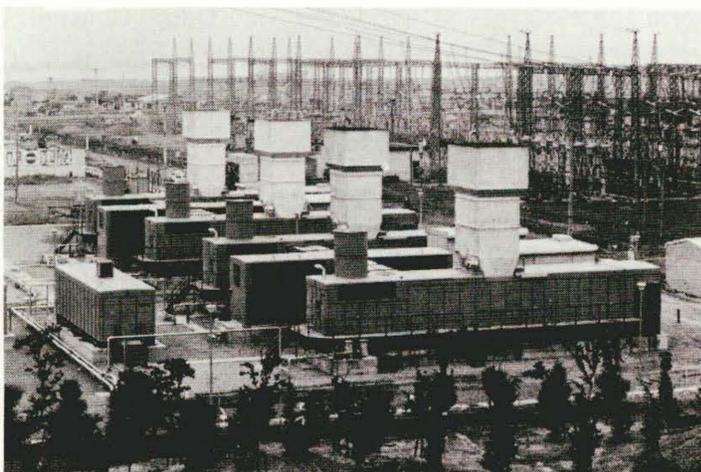


図16 中部電力株式会社西名古屋パワーブロックガスタービン発電所

ク負荷要求に対して最適なものになると判断される。

ガスタービンはその急速起動特性と安い建設費の利点が買われて、ピーク負荷用として各電力会社で急速に脚光を浴びてきているが、小容量という弱点をカバーするこの大容量パワーブロックガスタービンの出現はまことに意義深いものといえることができる。

■ ガスタービン50台発送達成

昭和46年もガスタービンの需要は世界的に拡大基調で推移した。この世界的な需要増加を反映し、また、この需要増加にこたえるため、日立製作所におけるガスタービンの生産実績も飛躍的に伸長し、昭和46年6月15日に、日立-GEガスタービンの第50号機を完成発送するに至った。

日立製作所におけるガスタービン製作の歴史は古く、戦前より多くの研究を手がけ、昭和28年には1,000kWガスタービンの試作に成功するまでに至っているが、本格的に商業用重負荷ガスタービンの製作に着手したのは、昭和39年8月にアメリカのGE社と共同製作協定を結んでからで、この日立-GEガスタービンの第1号機は昭和41年5月に完成納入された。その後おからの世界的な需要増大を反映し、国内はもちろん、北米、中近東、中南米、東南アジア、アフリカと世界の至るところに納入されて、今日の第50号機完成をみるに至った。

ガスタービンの需要は、今なお急速に増大する傾向にあり、また、ガスタービン需要の一つの特徴である短期運開の要求にこたえるため、日立製作所では年次生産設備の増強に努力し、すでに現在年間40台の生産能力を有するに至っている。

日立-GEガスタービンは、基本的に3種類の標準モデルから構成されている。その一つは、出力10,000kWクラスのMS-3000形であり、もう一つは、出力25,000kWクラスのMS-5000形であり、最後の一つは出力60,000kWクラスのMS-7000形である。この基本3モデルに各種のアクセサリの変化を与え、また種々のアプリケーションを準備することにより、千差万別の需要家の要求に対してもじゅうぶんこたえることができるようになってきている。

ガスタービンの用途としては、今なお発電用が主体であるが、きわめて近い将来、産業機械駆動用として、また、船用主機関として、確固たる位置を占めるであろうことは、ガスタービンの特質からして疑いのないことであろう。



図17 ガスタービン50台発送記念

■ 海水淡水化造水プラント用
前処理技術の確立

フラッシュ蒸発法海水淡水化造水プラントを開発するには、伝

熱管へのスケール付着と缶体の腐食の各防止技術の確立が必要である。

これに対処するため日立製作所は通産省大型プロジェクト〔海水淡水化と副産物利用〕のうち脱気、脱炭酸、スケール防止の研究を受託し、脱炭酸、脱気およびpHコントロールよりなる前処理法の検討を進めた結果、海水を効果的に処理できる脱炭酸を脱気塔で併用する新方式などを開発した。この成果をもとにpHコントロール脱炭酸法のスケール防止効果の連続特性試験を数回にわたり実施し、この方式がソフトスケール付着防止に非常に有効であることを見いだした。これによりフラッシュエバポレータを高効率で運転できるブライン最高温度120℃、濃縮比2.0の造水運転を可能にした。

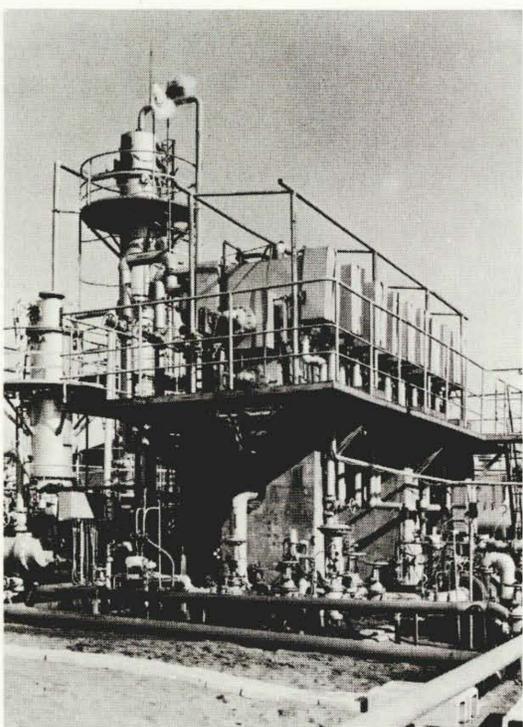


図18 スケールテスト装置
(100t/dフラッシュエバポレータ)

原子力

中国電力株式会社島根原子力発電所建設

中国電力株式会社島根原子力発電所は、電気出力460MWの沸騰水形原子力発電所で、日立製作所が主契約者として全機器を受注したものである。原子炉熱出力は1,380 MWであり国産第1号機として、安全性、実証性に重点をおき、計画されている。安全設備については、アメリカで採用されているGE67年形沸騰水形原子力発電所の設備を全面的に採用している。

昭和44年5月、中国電力株式会社が原子炉設置許可申請書を提出し、同年11月に許可を得て、昭和45年2月着工以来、島根現地では順調に建設が進んでいる。土木建築関係の工事は大部分を終え、発電所の外観は整いつつある(図19参照)。

発電所のおもな建物は原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物であり、昭和46年12月までのおもな建設進捗状況は次のとおりである。

原子炉建物内の主要機器である原子炉格納容器は昭和45年2月より工場製作を開始し、昭和45年11月より現地据付が行なわれた。トラスの一体つり込み法の採用など、過去の製作経験を生かし、現地据付を4.5ヶ月で終わり、世界最短記録を樹立した。格納容器使用前検査としての寸法、外観および耐圧の通産省立会検査が昭和46年4月に行なわれ、きわめて優秀な成績で検査を終了した。

圧力容器は炉心を取り囲む重要な機器で、高さ約20m、内径4.8m、総重量は約400tである。昭和47年3月の現地据付をめざし予定ど

おり製作が進んでいる。

原子炉建物は4階までコンクリートが打設され、制御棒駆動系の水圧ユニット、非常用炉心冷却系のポンプ、熱交換器などが搬入据付されている。

タービン建物関係では、タービン、発電機は工場で作成中であり、復水器、所内動力用の各電気品は据付実施中であって復水脱塩装置は据付られている。復水脱塩装置としてはフィルタ式および混床式脱塩装置の組合せを採用し、起動時の鉄分の除去、廃棄物の減少、経済性の向上を図っている。

タービン建物は仕上工事を残すのみである。

廃棄物処理建物関係では、昭和46年6月1階に設置されるタンクが据付られ、昭和46年中に過半数の機器が搬入されている。コンクリート打設は3階まで完了している。廃棄物は、気体、液体、固体と3系統に分かれて処理されるが、各系統は運転面から、かなり改善されている。

建設工事は当初計画の工程どおり進められている。



図19 中国電力株式会社島根原子力発電所の建設状況(46年11月現在)

希ガスホールドアップ実用試験装置 および実用化

原子力発電所から放出される排ガスの放射能放出率を低減する「希ガスホールドアップ装置」の開発研究を動力炉・核燃料開発事業団より受託、実用規模の試験装置建設ならびに試験を行なった。これは原子炉より放出される希ガス(主としてXe、Kr)を活性炭充てん層に一定期間吸着保持して放射能を減衰せしめる方式である。実用試験装置は実機の約1/3の規模を持ち、模擬排ガスとしては空気に放射性希ガス(XeおよびKr)を混合したガスを用いている。活性炭はXeを30日間保持する容量を持ち、吸着温度を低温および常温に、ガス線速度を2種類に変えて試験できる機能を備えている。また、ガス中の水分はモレキュラシーブスにより吸着除去している。試験の結果、活性炭充てん層出口の放射能減衰値は理論値と良い一致を示し、希ガスホールドアップ装置実用化の見通しをつけることができた。

図20は実用試験装置の全景を示したものである。また、開発研究と並行して、わが国最初の実用プラントが日本原子力発電株式会社敦賀発電所に納入された。

本装置の設計要目は下記のとおりである。

- (1) 方式：活性炭方式
- (2) 設計流量：20Nm³/h
- (3) ホールドアップ時間：20日間(Xeにて)
- (4) 系統圧力：負圧

BWR気体廃棄物の大部分をしめる空気抽出器からの排ガスは、まずそれに含まれる水素、酸素を再結合したのち、減衰タンクを経て希ガス装置にはいり、放射性希ガスを長時間ホールドすることにより、それらを減衰させる。排ガスはこののち、既設のフィルタでろ過処理後、スタックより放出される。

希ガスホールドアップ装置の構成は次のとおりである。まず前置除湿器で排ガスを約5℃に冷却して除湿する。その後排ガスを

フィルタ2基（うち1基は予備）に通し排ガス中の短半減期核種の減衰により生じた固体状娘核種を除去する。次いで後置除湿器3基（うち1基予備）により排ガスを -25°C まで冷却し、氷結除湿を行なう。一定時間運転後、この後置除湿器は除霜再生し、ドレンとして排出する。除湿された排ガスは活性炭を充てんした吸着塔8基をシリーズに流れ、ここで希ガスがホールドアップされ放射能を減衰し、既設の排ガスフィルタを経由して、エアエジェクタにより吸引され、スタックより放出される。

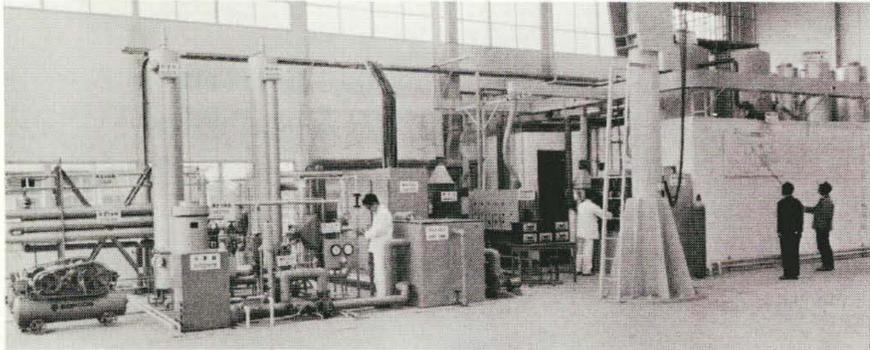


図20 実用試験装置全景

東京電力株式会社福島原子力発電所納 3号機用原子炉格納容器

原子炉格納容器(Primary Containment Vessel: 以下PCV)の目的は、原子力発電所において発生するとは考えられないような事故を想定し、そのときにすら燃料から放出された核分裂生成物をその内部に封じ込め、公衆に放射線障害を与えないようにすることにある。このためPCVには、設計、製作、検査など全体に対して高度な技術が要求される。さらにPCVは原子力発電所建設上のクリティカルパスにもなっているため、高い作業管理と品質管理に加えて工程短縮のための作業改善、すぐれた作業計画が要求される。東京電力株式会社福島3号機用PCVは、日立製作所によって東京電力株式会社福島1号機(460MW)、中国電力株式会社島根1号機(460MW)について3機目のもので、780MW用としては最初のものであり、ドライウェル球部直径20m、トラスの断面直径8.9m、円環径33.5m、板厚9~80mm、総重量約1,800tという非常に大形の容器である。その溶接量は耐圧部の突合せ溶接部のみを取上げて、全長で約4,500m、放射線検査フィルム約15,000枚に達する。このような大量の溶接を含む作業を工場製作、現地据付ともに高い品質を維持しながら行なう点に大きな特徴がある。完成した本PCVを図21に示す。

本PCVのおもな特長を次に示す。

- (1) トラス $\frac{1}{6}$ 分割（内蔵されるヘッダ、下降管およびベント管含む）まで工場完成した。
- (2) ドライウェル関係（上鏡、円筒部、内・外スカートなど）も極力工場で大部品にまとめた。
- (3) 工場溶接にFAB（片面自動溶接）法、両面自動溶接（裏ハツリナシ）法

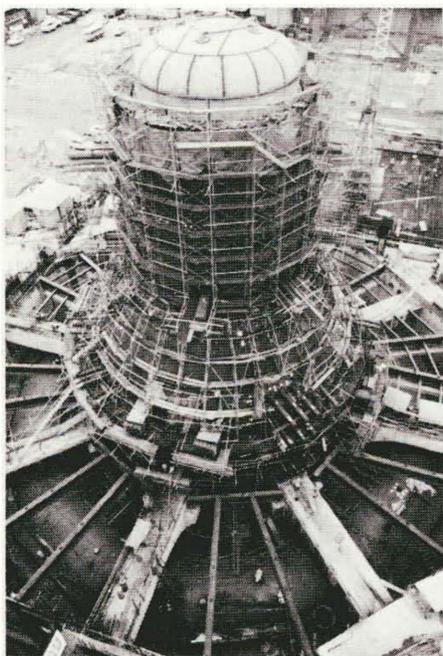


図21 完成した原子炉格納容器

を初めて採用した。

- (4) 局部リークテストには初めての加圧方法(チャンバー方式)を採用した。
- (5) 完成後の耐圧試験、石けん水試験はドライウェル・トラス一体で行なわれる。

日本原子力研究所納 動力試験炉 (JPDR-II)改造完成

日本原子力研究所の動力試験炉（改造前はJPDR-Iと称す）はわが国初の沸騰水形動力試験炉として設置され、昭和38年8月より昭和44年8月まで順調に運転を継続してきたが、ほぼ所期の使用目的を終了したので、既設設備を改造して新たな研究開発を行なうため、昭和44年末より日立製作所が主契約者となって改造に着手しこのほど完成した。図22は新設される原子炉内部構造物の一部を示したものである。

今回の改造は、原子炉熱出力を45MWから90MWに倍増するため、従来の自然循環方式を強制循環方式に変更するもので、おもな改造項目(日立施工分)は下記のとおりである。

- (1) 強制循環系統の新設
- (2) 同上強制循環ポンプの回転数制御装置（可変周波数電源MFGセット）新設
- (3) 既設原子炉内部構造物の撤去、新設ならびに原子炉周りプールの改造
- (4) 気体廃棄物系統一列の増設
- (5) 液体廃棄物系統のろ過装置、そのほかの増設
- (6) 計器用および所内用空気系統、閉回路冷却水系統の増設、改造
- (7) 電力系統、制御計測系統の増設、改造そのほか

本改造においては、原子炉長期運転後におけるわが国初の大規模な工事であるため、特に放射能対策に留意した。また設置スペース、既設との取合いなどでかなりの制約があり、原子炉内部構造物、強制循環系統の設計、製作にはじゅうぶんな配慮を払った。特に原子炉内部構造物はシュラウド部、汽水分離器支持わくなどの円筒部を縦方向に二分割するなど新方式を採用した。また強制循環ポンプ駆動用可変周波数電源M・Gセット、強制循環系統主配管の電動仕切弁は、国産品における運転第1号となる予定である。

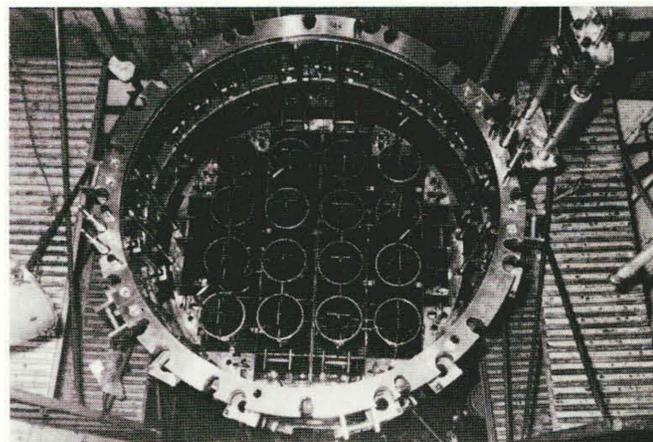


図22 原子炉内部構造物の一部

BWR用制御棒駆動装置の実証運転

日立製作所においてはBWR用制御棒駆動装置を国産化するために昭和42年より試作を開始し、現在までに7台の制御棒駆動装置を製作し、各種の試作試験を行なった。表2はそのおもな仕様を、表3はおもな試作試験の項目を示したものである。初めの1

台は性能の確認を目的とし、製作技術の確立と、工場において表3に示す試験を行ない原子炉と同じ条件における運転にじゅうぶん耐えることを確認した。次に量産体制のもとに6台の制御棒駆動装置を製作し、表3に示す試験を行ない、ばらつきが少なくじゅうぶん仕様を満足するものが得られた。図23は製作した制御棒駆動装置の外観である。また実際の原子炉における運転実績を得るため、量産試作した6台のうちの2台を昭和46年11月より日本原子力発電株式会社敦賀発電所において実証運転中であり、今後の長期にわたる運転の成果が期待される。

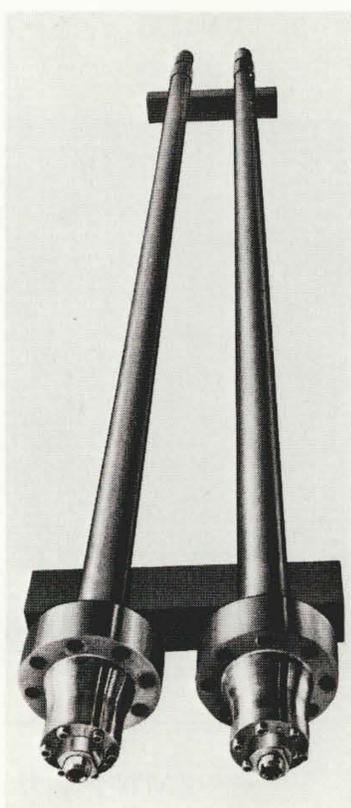


図23 制御棒駆動装置

表2 おもな仕様

項目	仕様
形式	ロッキングピストン
駆動源	水圧
ストローク	3,660 mm
駆動速度	76.2mm/s
スクラム仕様	90%そう入5.0秒以内

表3 試験項目

項目	初めの1台	量産試作
性能試験	○	○(全数)
寿命試験	○	○(抜取)
耐震試験	○	×
過酷試験	○	×

○ 試験あり
× 試験なし

Gd₂O₃入り燃料の核特性実験

動力炉において、炉心の過剰反応度を抑制し燃料経済性を向上するために、各種形状の中性子吸収体をバーナブル・ポイズンとして炉心内に装荷する。このようなバーナブル・ポイズンの新しい使用法として、UO₂燃料ペレット自体にポイズン物質(Gd₂O₃)を含有させたものを取りあげ、臨界実験と解析によってその核特性を評価した。この種のバーナブル・ポイズン使用法の利点は、炉心構造に影響なくポイズンの自由な配置ができることにあるが、その核特性については実際の炉心設計に採用するために実験による検証が強く望まれていた。

実験にはOCF(王禅寺臨界集合体)でBWRを模擬したアセンブリ炉心を組んだが、その炉心は図24に示すとおりである。研究成果を要約すると、

- (1) Gd₂O₃を含有する燃料棒による出力分布抑制効果を実験的に追求するとともに、解析手法が実用上じゅうぶんの精度をもつことを確認した。解析では合成手法によって、熱中性子密度分布がポイズン入り燃料棒に向かって波を打ちながら減少する様子を再現した。その一例は図25に示すとおりである(この例においてポイズン棒(C)はUO₂ペレット内に2ω/oのGd₂O₃を含有するものである)。

- (2) ポイズン入り燃料棒の反応度効果を、各そう入パターンで測定し解析と比較したが、解析ではいずれの場合についても最大1.0%ΔK以内の精度で実験値を再現しうる見通しを得た。
- (3) ポイズン入り燃料棒を装荷した炉心では、減速材温度係数が負側に移動することが明らかになり、その効果は炉の運転に対して安全側である。

以上バーナブルポイズンとしてGd₂O₃のすぐれた核特性を実証することができた。同時に本実験解析の結果、バーナブルポイズン入り燃料の反応度や出力分布に関し、現在用いられている解析法はじゅうぶんな計算精度で実験値を再現しうるということが証明された。

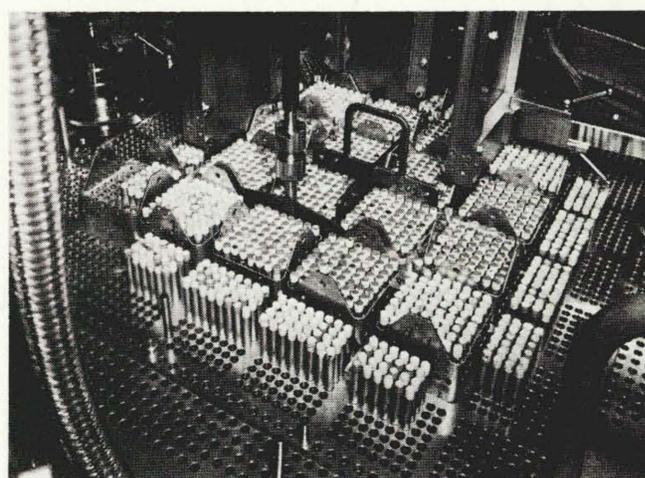


図24 OCFのアセンブリ炉心

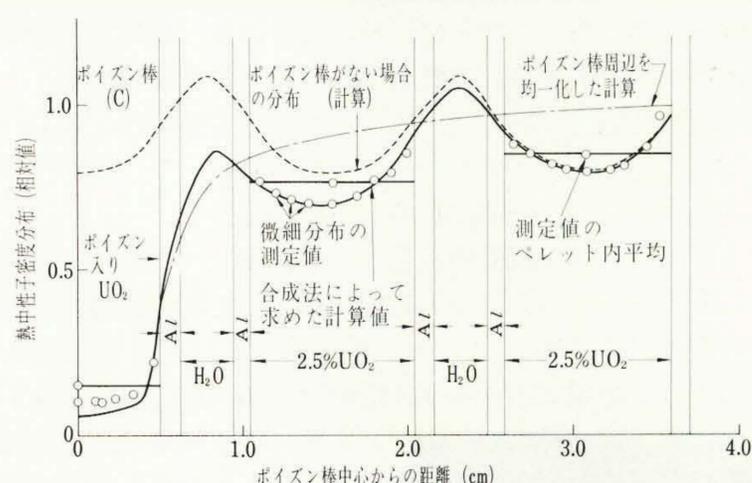


図25 ポイズン棒(C)周辺の熱中性子密度分布

新型転換炉原型炉「ふげん」の受注

動力炉・核燃料開発事業団が鋭意開発中の新型転換炉(ATR)原型炉「ふげん」は第2次概念設計終了後調整設計が行なわれ、

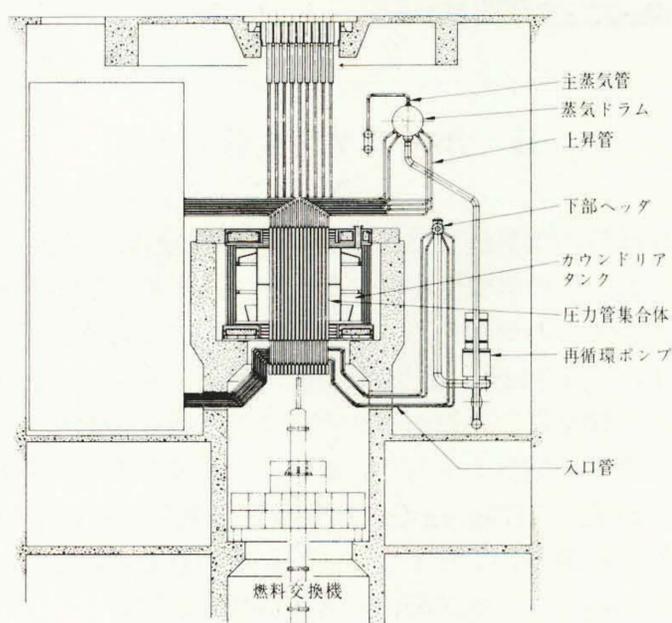


図26 「ふげん」原子炉本体概略図

昭和46年7月に日立製作所はその主要機械装置を他の原子力メーカー4社とともに受注した。日立製作所は主務会社として全体の取りまとめを行ない、5社共同して「ふげん」を完成させることになっている。

プラントの主要仕様は、定格電気出力165MW、原子炉定格熱出力557MW、重水減速沸騰軽水冷却形圧力管式、微濃縮ウランおよび天然ウラン・プルトニウム混合燃料初装荷、運転中燃料交換方式、独立2ループ冷却方式となっており、本炉は初装荷燃料にプルトニウムを使用する世界で初めての原子炉である。

日立製作所が担当する原子炉本体は、軽水形動力炉とは異なり、重水を保有するカランドリアタンクの中に多数のたて形圧力管、カランドリア管、燃料集合体および制御棒などがあり、燃料集合体を内蔵する圧力管の外側にカランドリア管を設置する構造となっている。また圧力管(Zr-Nb)とその延長部(ステンレス鋼)間の異種金属の接合のために開発したロールド・ジョイント技術など数多くの新技術が採り入れられている。図26は原子炉本体の概略図である。

■ 新型転換炉原型炉制御棒駆動装置試作品の完成

新型転換炉原型炉制御棒駆動装置の試作品を完成し、一連の特性試験を実施した。この試作試験の成果に基づき改良形制御棒駆動装置の試作を実施後、実機の量産にはいる予定である。

- | | | |
|----------|--------|-------------|
| (1) 主要仕様 | 形式 | ワイヤドラム形 |
| | ストローク | 4,500mm |
| | 駆動速度 | 60mm/s |
| | 制御棒重量 | 約90kg |
| | スクラム時間 | 80%そう入時間 2秒 |

(2) 特性試験結果

スクラム時間は80%そう入時間が1.36~1.65秒であり、またストローク終端において緩衝の際のはね上がりもなく、諸外国の例にまさる高性能が得られた。

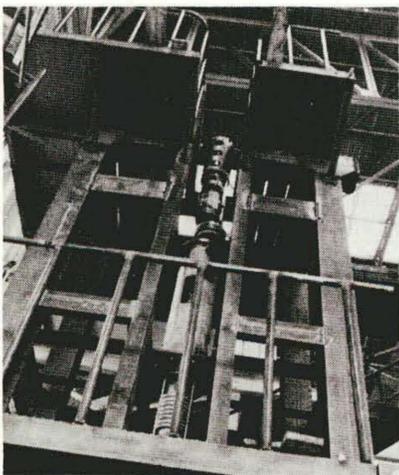


図27 新型転換炉原型炉制御棒駆動装置

■ 1MW蒸気発生器の完成

高速増殖炉の重要機器であるナトリウム加熱蒸気発生器(1MW)を完成した。この蒸気発生器は動力炉・核燃料開発事業団より受注したもので、わが国初めての大容量のものである。その大きさは直径1m、長さ12m、重さ13tのたて形シェルアンドチューブ式で、胴内に10本の伝熱管がヘリカルコイル状に巻かれており、管内を水、管外を高温ナトリウムが流れ、その熱交換(1.2MWt)により、513°C、173kg/cm²Gの加熱蒸気を発生させるものである。

本器の設計製作にあたっては、特に次の点を考慮した。

- (1) 高温設計 胴側550°C、管側540°Cの設計
- (2) 材料選定 胴体SA387Gr.D、伝熱管STBA24およびその安定化鋼の採用

- (3) 伝熱流動 日立におけるモデル実験のデータの活用による性能予想



- (4) 安全 品質管理の徹底およびナトリウム-水反応の解析

本器の今後の性能試験により、高速増殖炉開発への貢献が期待されている。

図28 据付中の蒸気発生器

■ 2MWナトリウム流動伝熱試験装置の完成

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センタ納めナトリウム流動伝熱試験装置は昭和45年1月よりナトリウム温度約450°Cで長時間の運転が実施されてきたが、今回この装置を改造してナトリウム温度約600°Cとして72時間の連続試運転を完了し現在順調に運転中である。この改造と同時に“常陽”に使用される実寸大の燃料集合体の耐久試験のできるテストループが増設された。

本装置はわが国最初の高温度ナトリウムループであり、金属ナトリウムは軽油炉内に据付けられた伝熱管によって高温に加熱される。“常陽”の主中間熱交換器のR&Dの一環として再生熱交換器が設備されており、Na-Na熱交換器の性能および耐久性が確認されることになっている。

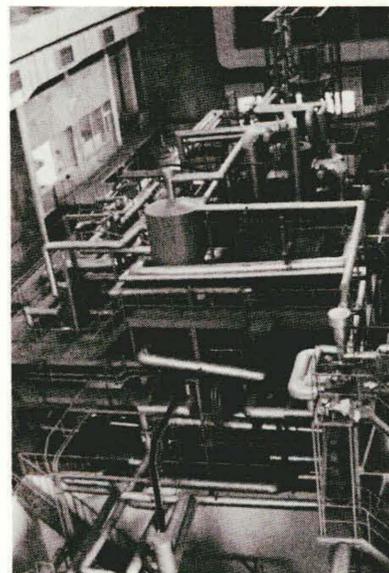


図29 完成した2MWナトリウム流動伝熱試験装置

■ 東京大学・高速中性子源炉の完成

茨城県東海村の東京大学工学部附属原子力工学研究施設に納入した高速中性子源炉「弥生」は昭和46年4月10日臨界に達した。本原子炉は日立製作所が燃料および核計装を除く原子炉設備一式を請負い約2年にわたって建設したものである。



図30 東京大学・高速中性子源炉「弥生」

おもな特長は次のとおりである。

- (1) 炉心部、制御棒および中性子源駆動機構が一体となって炉心集合体という原子炉ユニットを形成し、これが移動用通路に沿って水平方向に移動できる。このように炉心を移動できるようにした構造は世界で最初に採用されたものである。
- (2) 通常の安全系および固有の安全性により、仮想事故に対しても炉心溶融が起こらないよう余剰反応度を押し、本質的に安全な設計となっている。

■ 原子炉異常診断システムの開発

原子炉事故を初期の段階で検知し、事故に伴う災害発生を未然に防止することを目的とした原子炉異常診断システムを開発した。このシステムは、原子炉に発生した異常を検出するシステムおよび異常が検出された場合に、その異常原因を判定して表示するシステムの二つを有している。

異常を検出するシステムは、原子炉炉心反応度の平衡状態を長時間で常時検査する機能を持っている。この平衡状態は、炉出力の変動から求められる動特性反応度と正常時において出力変動の原因となる諸反応度との差から定められ、これを残留反応度と称する。異常は、この残留反応度を現在の正常状態が持続していると仮定して求めた予測残留反応度と、その時点の原子炉信号から実測した実測残留反応度との差が、許容範囲を越えているか否かにより検出される。また、微少なパルス状の異常反応度は、残留反応度の時間変化分を算出し、これを統計的に検定することにより検出される。このシステムを示したのが図31である。

異常原因判定システムは残留反応度あるいはその時間変化分により異常が検出された場合、その時点の原子炉信号の信号パターンを算出する。次に、

信号パターンをあらかじめ定められた異常信号パターンと比較照合して異常原因の判定をする。ここで得られた結果はタイプライタ、ペンレコーダおよびCRTなどにより常時表示される。

この異常診断システムは日本原子力研究所の材料試験炉で実証実験がなされた(図32参照)。その結果、異常検出感度は反応度に換算して1.6セント、異常原因判定までに要する時間は約3秒であることがわかった。また、実測された異常原因を分類すると次のよ

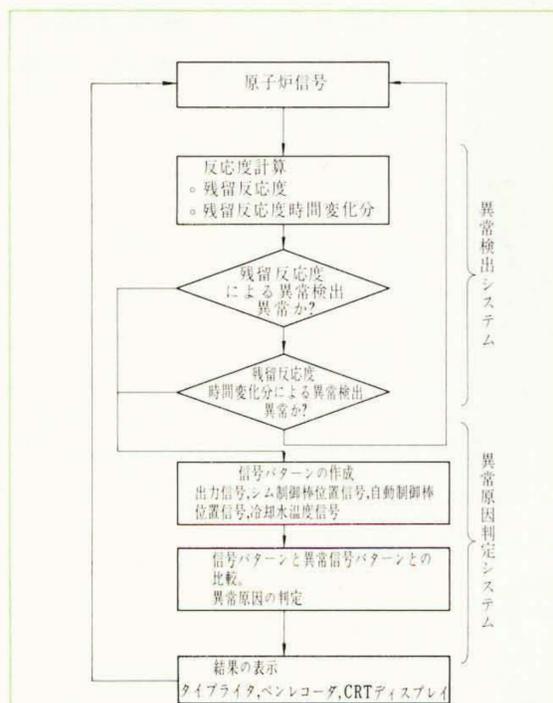


図31 原子炉異常診断システムのブロックダイアグラム



図32 日本原子力研究所の材料試験炉において実証実験をした原子炉異常診断システム

うになる。(1)運転状態の変化、制御棒入替え、出力調整など (2)検出系と制御系の故障 (3)未知異常反応度のそう入 以上の結果から、このシステムは運転誤操作、機器の故障および外部原因による反応度そう入などの事故の諸原因を、初期の段階で短時間で検出し防止する手段として有効であることがわかった。

送変電系統保護装置

■ 660MVA負荷時タップ切換変圧器

変圧器の超大容量化・超々高圧化などを目標に、昭和40年から円筒巻線の構造および製作技術について検討し、試作および実器の製作経験を積み重ねてきた。これらの総合技術の成果として、今回関西電力株式会社海南火力発電所4号低騒音660MVA負荷時タップ切換変圧器を製作、納入した。本器は60Hz、負荷時タップ切換器付きであるため、大容量器で特に問題となる漏れ磁束に関する現象面からは非常にきびしいものとなる。したがって本器設計にあたっては、巻線内漏れ磁束低減対策としての高圧巻線二分割構造の採用、漂遊損の低減と作業時間の短縮を図り、低圧ヘリカル巻線に転位電線の使用、タンク補強はりに縦はり方式の採用などの新設計を行ない、納入器製作に先だち実器を先行試作して絶縁破壊試験を含む総合的な試験検討を行なった。これにより電気的・機械的特性の確認および作業性の検討を行ない、あわせて今後の超大容量変圧器設計・製作の基礎データを得た。

おもな試作内容は次のとおりである。

- (1) 実器の $\frac{1}{3}$ サイズの電磁モデルを製作し、この結果により電界マッピングを行ない絶縁構成を検討した。
- (2) 実物大冷却実験用巻線を製作して巻線間の油流分布を検討し、局部的な偏流のないことを確認した。
- (3) 巻回数10%の実物巻線を製作して短絡試験を行ない、じゅうぶんな機械的強度を有することを確認した。
- (4) 実器にて鉄心締金具、タンクシールドなどの構造物表面の磁束分布およびそれら構造物の温度分布を測定し、局部過熱のないことを確認した。

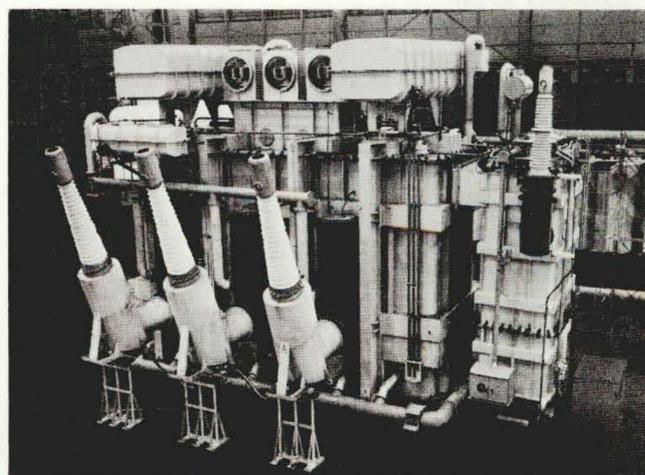


図33 660MVA負荷時タップ切換変圧器

■ $500\text{kV} \frac{1000}{3}\text{MVA}$ 単相単巻変圧器

日立製作所では、国内の500kV送電の実現に備え、500kV変圧器の開発研究をすすめるとともに、アメリカBPA納め336MVA単相単巻変圧器、同USBR納め448MVA単相単巻変圧器を各3台製作納入した。

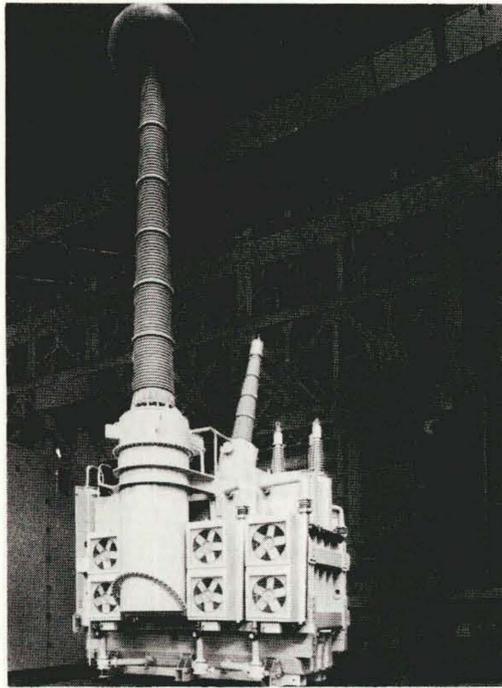
これらの成果をもとに、国内500kV送電の主要変圧器の一つである500/275kV1,000/3MVA単相単巻変圧器を試作し、過電圧試験

を含む各種試験を実施し、その特性を検証した。

本変圧器は、バインド締付けによる単相4脚鉄心を採用し巻線は、直列巻線および三次巻線に連続円板巻線、分路巻線に円筒巻線を用いている。この結果、タンク間や主絶縁の絶縁が合理化され、また、転位電線を全面的に用いることにより、うず電流損を低減し、導体接続のほとんどない巻線としている。さらにコロナ特性を改善するため、高密度低収縮プレスボードを用いた絶縁筒を開発し、絶縁物の接合についても、特殊塗工紙を用いるなど、ボイドがなく、しかも油含浸のしやすい構造としている。また、リード線については、電極表面をなめらかに成形し電界を緩和するとともに、パルプモールドにより油隙(げき)を分割し絶縁を強化している。

本変圧器は、インパルス耐圧1,550kV、AC耐圧840kVの通常試験のほか、コロナ試験(長時間印加)として1.5E(456kV)2時間、2E(609kV)5分を行ない、さらに過電圧試験として試験電圧に対しAC1.4倍、インパルス1.5倍までを印加し異常のないことを確認した。

図34 500kV1,000/3MVA
単相単巻変圧器



■ 超小形ガス絶縁開閉装置

都市過密化に伴う電力需要の著しい増加に対応して、都市の中心部または周辺部に大容量変電所を建設しなければな

図35 中部電力株式会社守山変電所納
77kV超小形ガス絶縁開閉装置

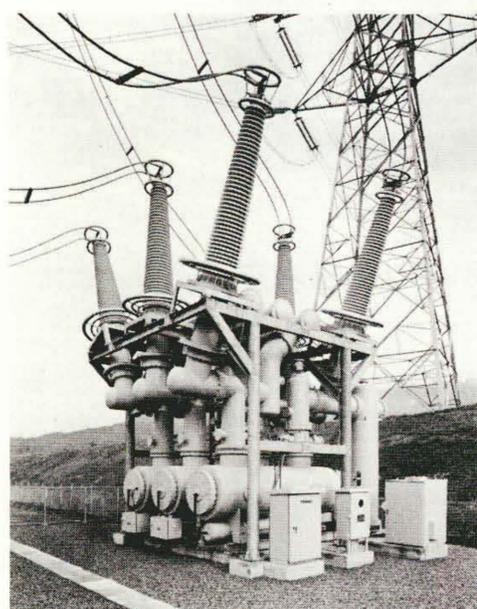
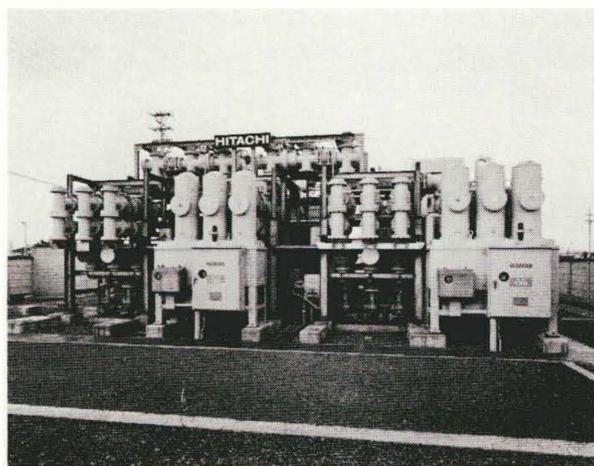


図36 中部電力株式会社三河変電所納 275kV超小形ガス絶縁開閉装置

らないが、変電所用地の入手は年々困難になるばかりである。これの対応策として変電所を超小形に建設することができ、しかも安全性、信頼性の高い新技術の開発が要求され、超小形ガス絶縁開閉装置の開発を行ってきたが、今回275kVまでの開発を完了した。

超小形ガス絶縁開閉装置は母線、しゃ断器など開閉装置の充電部全体を特殊なエポキシ樹脂スペーサを使用して小形な金属容器の中に収め高圧のSF₆ガスを密封したもので、所要スペースは従来の方式に比べ1/10以下にすることができる。したがって、用地費、建設費を含め変電所の総建設費が大幅に軽減されるほか、地域環境との調和が図れるなど利点が多い。また塩塵害の多い工業地帯、臨海地区などの変電所にも適用できる。

■ SF₆ガスしゃ断器

SF₆ガスのすぐれた消弧特性と高い絶縁耐力を利用した日立屋外用ガスしゃ断器は、すでに72~300kVまで開発され、100台以上の運転実績と約200台の製作実績を持っている。

定格しゃ断電流30kA以下の中容量ガスしゃ断器の消弧方式には、構造、動作原理とも簡単なダブルフロー形単一圧力パッファ方式を採用している。204kV7.5GVA1しゃ断点構成は、わが国最初のもので多数受注製作している。図37は204kV7.5GVA2kAパッファ形ガスしゃ断器の概観を示したものである。

定格しゃ断電流50kAの超高圧大容量のガスしゃ断器には、二重圧力ガス吹付形2点しゃ断方式を適用し、しゃ断性能の向上を図っている。パッファ形と同様接地タンク方式を採用しているため、ブッシングCTを内蔵できるほか、耐震性能がすぐれ、据付面積が縮少できるなど多くの利点を持っている。図38は300kV25GVAガスしゃ断器の外観である。

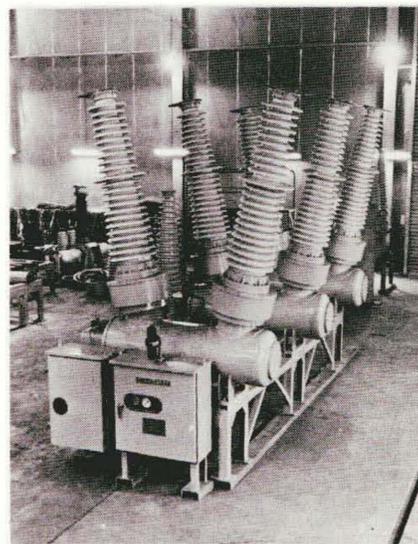


図37 204kV2,000A 7.5GVAガスしゃ断器

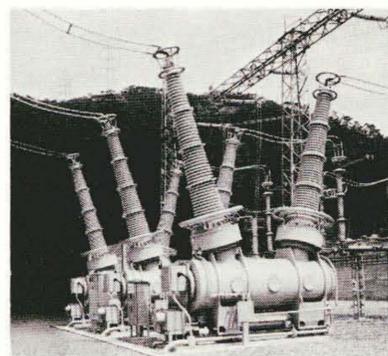


図38 300kV2,000A 25GVA
ガスしゃ断器

■ デジタル差電流キャリヤリレーの開発

保護リレー技術にデジタル技術と最新の通信技術を導入したデジタル差電流キャリヤリレーを開発し、中部電力株式会社尾

鷺幹線（西名古屋s/sー尾鷲三田火力p/s, 275kV, 141km）においてフィールドテストを開始した。本リレー方式はPCM（パルスコード変調）伝送回線を介して保護区間両端の電流の位相のみならず大きさをも相互に比較しパイロットワイヤリレーと類似の差電流特性を持たせたもので、次のような特徴を有している。

- (1) 非電源端があっても特別な対策をすることなく保護可能である。
- (2) PD不良時、あるいは同期はずれの時の誤動作がない。
- (3) 潮流の影響を受けないため、重負荷送電線の保護が可能である。
- (4) 差電流特性を有しているため、内部事故時流出端を生じても保護可能である。
- (5) 各相比較することにより、多相再閉路が実施できる。

図39は本リレー方式の構成を示すものである。CT二次電流を電圧に変換したのち、リミッタおよびバンドパスフィルタによって入力電流情報の圧縮を行ない、その基本波分のみを導入する。その出力をデジタル信号に変換してPCM伝送回線により相手端に送る。一方、相手端の電流信号を受信するとこれをアナログ量に逆変換し、自端の電流と比較してベクトル差を検出し、この値が予定値を越えたとき最終出力を出す。

図40はリレー部1端局1相分を示したもので、仕様は次のとおりである。

- リレー形式：SD-K₂
- 整定範囲：1～4A（5A定格において）
- 消費VA：0.3VA（1Aタップにおいて）
- 伝送回線：2,400ボア
- 伝送回線遅延補償：3.3～6.6ms

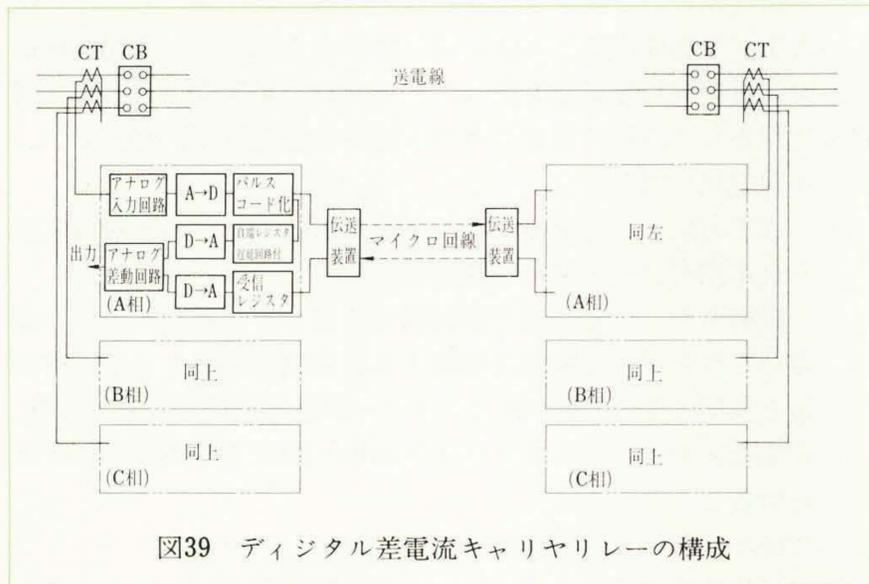


図39 デジタル差電流キャリアリレーの構成

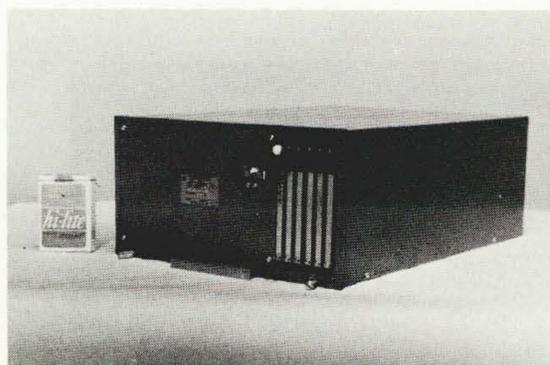


図40 デジタル差電流キャリアリレー

■ 電力系統の事故波及防止システムの開発

大停電事故を防止するには電力系統の一部に発生した事故の影響が他の健全区間に波及することを防ぐ必要があります。従来の系統保護方式に加えて新しい後備保護手段、予測操作、事故波及防止

操作が必要になる。今回開発したシステムはこの要望にこたえるものであり、図41に示す次の装置により構成されている。

- (1) 群制御後備保護装置 送電線の2回線2保護区間を1群とし事故電流方向を信号伝送で比較して事故区間のみ高速しゃ断

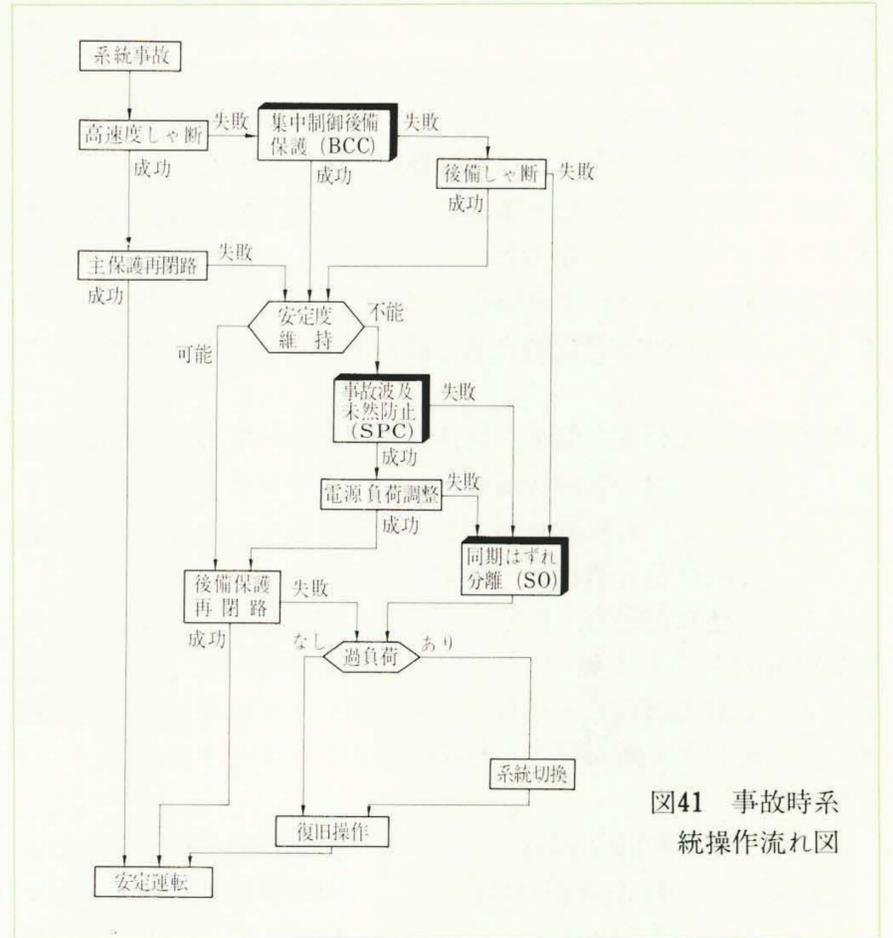


図41 事故時系統操作流れ図

断する。

- (2) 事故波及未然防止装置 事故により系統の安定度維持が不能になるおそれがあるとき、安定度を維持するために必要な電源負荷を緊急調整するもので、事故状態と調整すべき電源負荷量の関係をあらかじめ計算記憶しておいて動作させる。
- (3) 同期はずれ分離装置 各系統の同期はずれ検出リレーのみるインピーダンス軌跡を比較し、系統間同期はずれか発電機同期はずれかを区別して、最適点で系統分離を行ない事故波及を防止する。

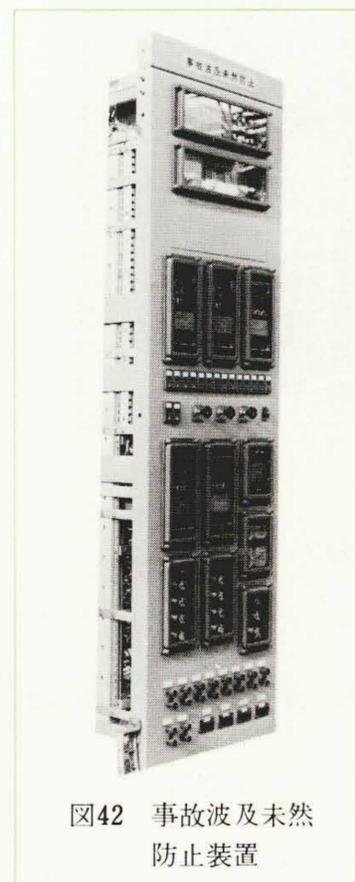


図42 事故波及未然防止装置

このシステムは次のように動作する。事故の高速しゃ断に失敗した場合には群制御後備保護装置により事故区間を高速しゃ断する。再閉路失敗および後備保護に成功した場合にも系統の安定度維持が不能になるおそれがあるときには事故波及未然防止装置により必要な電源負荷を緊急調整し、後備保護再閉路により、系統の自動復旧をはかる。後備保護、事故波及未然防止制御に失敗したとき、同期はずれに至れば最適点で系統分離する。

このシステムは常時監視、手動点検を行なうことができるよう、最新のエレクトロニクス技術を駆使して構成している。

本システムは東北電力154kV系統の各変電所に納入され、好調に運転されている。図42はこのシステムを中心となる事故波及未然防止装置の外観を示したものである。

■ 選択しゃ断装置

最近の大規模なコンビナートや工場において、使用電力は、買電のほか、自家発電を並列に運転して供給される場合が多い。買電供給停止または自家発電停止などの電源側故障が発生した場合、他の健全な電源を保護するためには、すみやかに負荷を選択しゃ断して供給電力に見合った負荷に制限する必要がある。

今回、完成した選択しゃ断装置は、昭和電工株式会社大分石油化学コンビナートに使用されている。本コンビナートの使用電力は、九州電力株式会社より供給されるほか、スチームおよびガスタービン方式の自家発電機3基を並列に運転し、需要を満たしている。

本装置は、九州電力側または自家発電側のいずれかが故障で停止した場合に、他の電源が過負荷などでダウンすることを防止するため、あらかじめ故障を想定して演算を行ない、故障発生で直ちに適切な負荷量を選択しゃ断する装置である。

また、常時買電電力、自家発電出力、周波数および被選択しゃ断負荷電力を取り込み、サンプリング回路を用いて、IC化演算装置により、最適選択しゃ断負荷量を演算して系統上の条件を論理判断して選択しゃ断を行ない負荷制限をするものである。

操作対象

受電	電	60kV 1回線	28MW 抽気復水タービン
受電変圧器	40MVA 66/11kV	1バンク	35MW 抽気復水タービン
発電機	17MW ガスタービン	被選択しゃ断負荷	25フィード
		配電方式	11kV 二重母線

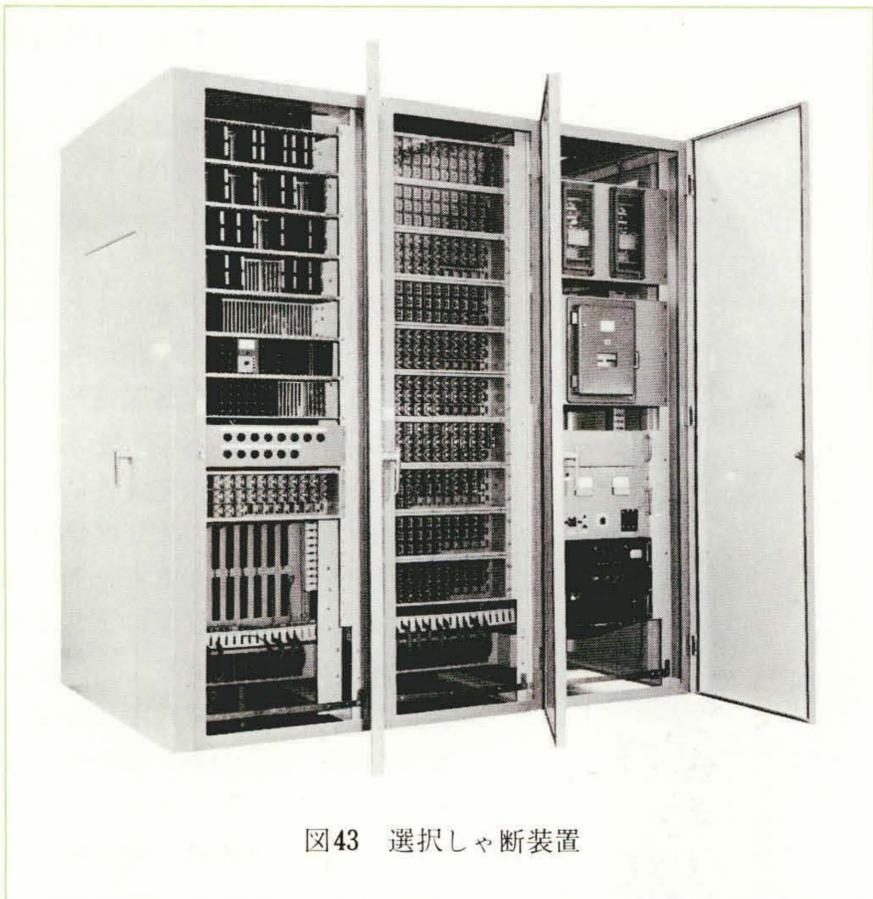


図43 選択しゃ断装置

おもな特長

- (1) IC演算増幅器を用いることにより、装置の精度、信頼度を向上させるとともに装置を小形化した。
- (2) 一時記憶要素を設けることにより、あらゆる時点の事故に対処できる。
- (3) 周波数低下条件を取り込むことにより、選択しゃ断後のバックアップが完全となった。
- (4) 受電供給停止、発電機停止、母線連絡しゃ断器解列および

これらの二重故障のあらゆる電源故障に対し、最適の選択しゃ断が実施できる。

- (5) 選択しゃ断の優先順序は、ピンボードにより、任意に変えることができる。
- (6) 各電源故障別の手動設定回路を設けることにより、演算装置の異常、点検中も使用できる。
- (7) 試験回路を用いることにより、負荷に影響を与えることなく、任意の装置の動作試験ができるよう考慮し、保守を容易にしている。

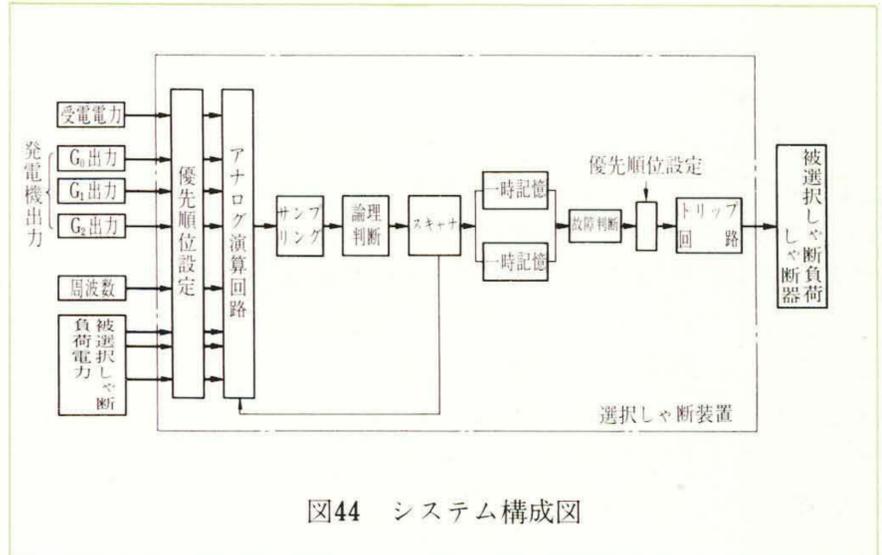


図44 システム構成図

■ 日本国有鉄道電化用交流き電盤

日本国有鉄道の交流き電方式がBT（吸上変圧器）方式から新しいAT（単巻変圧器）方式に切り換わるとともに、鹿児島線電化、山陽新幹線用配電盤を納入してきたが、46年度はさらに奥羽線電化用として沿線の各電気所のき電関係配電盤を多数納入した。奥羽本線電化に対しては、

- (1) AT方式のき電線特性に合った高調波抑制付の距離継電器を日本国有鉄道と共同で開発し適用した。
- (2) 制御所から一定の遠方制御指令を出すと各電気所の機器は定められた組合せ順序で応動する自動制御装置を日本国有鉄道と共同で開発し適用している。一部き電区間を切離し試験、作業などが行なえるものであり操作の簡単化と誤操作の防止を図ることができる。

昭和46年10月より営業運転にはいった。

図45は秋田変電所の受電およびき電用配電盤を示したものである。

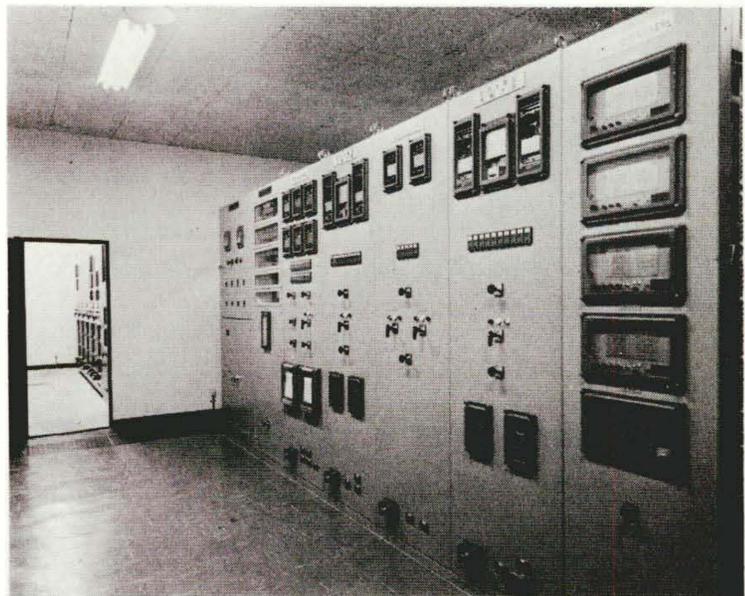


図45 日本国有鉄道秋田変電所配電盤