

電力・エネルギー事業を取り巻く環境は、国内市場での電力自由化の拡大、海外市場での競争の激化、地球環境問題への関心の高まり、小規模分散型電源の市場参入などにより大きく変化しています。

電力システム社は、このような事業環境の変化に対応して、経済性と信頼性をいっそう向上し、地球環境にも配慮した国内外の発電プラント及び関連設備・機器の設計、製作、建設、保守を推進するとともに、新エネルギー技術の開発に注力し、大きな技術成果を上げました。

火力発電分野では、蒸気タービン用スチール製最終段翼としては世界最長となる48インチ翼(50Hz機:3,000rpm用)、及び40インチ翼(60Hz機:3,600rpm用)を米国ゼネラルエレクトリック社と共同開発しました。また、台湾火力発電プラント向けに最新鋭のデジタル監視制御システム(TOSMAP-DS™)を出荷しました。水力発電分野では、ベトナム、ネパール、インドネシアなどで水力発電プラントが次々に運転を開始しました。また、原子力発電分野では、中部電力(株)浜岡原子力発電所5号機、及び東北電力(株)東通原子力発電所1号機の建設を順調に進めるとともに、原子炉機器の検査技術の高度化や使用済み燃料輸送・貯蔵兼用キャスクの開発に注力しました。更に、新エネルギー分野では、業務用5kW級及び家庭用1kW級の固体高分子形燃料電池(PEFC)システムの開発を推進しました。

統括技師長 古賀 孝也

1 原子力発電

原子力発電プラントの順調な建設

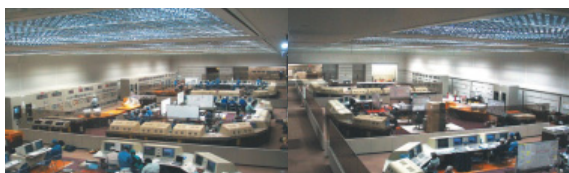


中部電力(株)浜岡原子力発電所5号機 1,380 MWe, ABWR)
Hamaoka Nuclear Power Station Unit No. 5 of Chubu
Electric Power Co., Inc. (1,380 MWe, ABWR)

中部電力(株)としては初めての改良型沸騰水型原子炉(ABWR)である浜岡原子力発電所5号機(電気出力138万kW)は、原子炉圧力容器及び中央制御盤などの主要機器の据付工事を完了し、2002年12月から試運転を開始した。2004年4月の燃料装荷、2005年1月の営業運転開始を目指し、順調に建設を進めている。

また、東北電力(株)東通原子力発電所1号機(電気出力110万kW、沸騰水型原子炉(BWR))は、2002年4月に原子炉格納容器組立てを完了し、2005年7月の営業運転開始に向けて、現地工事が最盛期を迎えている。

六ヶ所再処理施設建屋の順調な建設



ほぼ完成した各建屋の外観(上)と試運転中の中央制御室(下)
Bird's-eye view of completed Rokkasho Reprocessing Plant
of Japan Nuclear Fuel Ltd. (top) and main control room
under pre-operation (bottom)

青森県六ヶ所村の日本原燃(株)再処理工場本体設備の建設が着々と進み、受電、通水試験に続いて再処理特有の化学試験を実施中である。

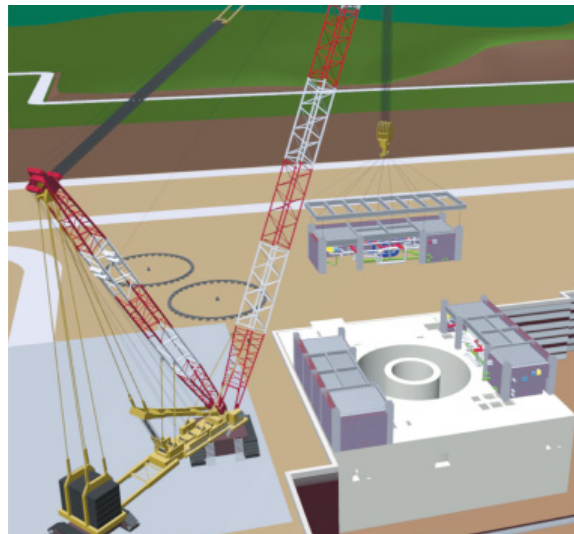
当社は全18建屋のうち、化学プロセス設備を収納する計7建屋と、施設全体を集中監視制御する中央監視制御建屋の建設を担当し、2002年11月15日から硝酸などを使用した化学試験を実施中である。先行フランス再処理工場などでの実績をベースに、国産の最新の技術を適用して信頼性と運転員の監視操作性の向上を図っており、引き続き2005年7月の全施設完成に向けて、天然ウランによる試験と実燃料による試運転が本格化する。

原子力発電所の建設工期短縮技術

原子力発電所の建設工期を画期的に短縮する建設技術を開発している。

原子力発電所は、多くの機器や配管などで構成されており、これら設備のモジュール化が工期短縮に有効である。近年、原子力発電所建屋の構造として、建物表面が鋼板で構築される鋼板コンクリート構造が実用化されており、鋼板に設備を取り付けた大型のモジュール化工法を検討している。

また、将来技術として、建物構造を鋼製とし、造船技術に実績のあるモジュール化の可能性についても検討を進めており、従来4年程度の建設工期を約30か月とすることを目標としている。



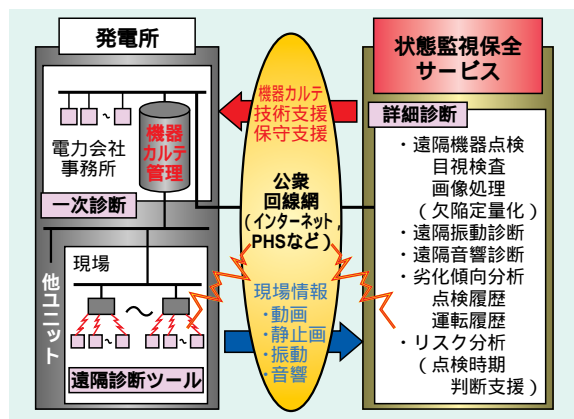
モジュール工法による原子力発電所建設のイメージ
3D image of modularization for nuclear power plant construction

Webを活用した遠隔状態監視保全システム

最新のWeb技術の活用により、発電所機器の状態監視保全を遠隔地から支援するシステムを構築した。

このシステムは、インターネットなどのWebと原子力発電設備や機器の計測・診断技術を組み合わせた遠隔診断ツールにより、設備・機器の現場情報(動画、静止画、振動、音響など)や運転と点検の履歴情報をオンライン、リアルタイムで伝送し、機器ごとのカルテデータベースとして保存・管理する。

更に、プラントメーカーのノウハウを入れた機器状態評価結果や、運転と保守に関する技術支援情報に加工し提供することで、発電所業務の省力化と設備の信頼性や経済性の向上に大きく貢献する。



遠隔状態監視保全システムの概要
Outline of remote condition-monitoring-based maintenance system

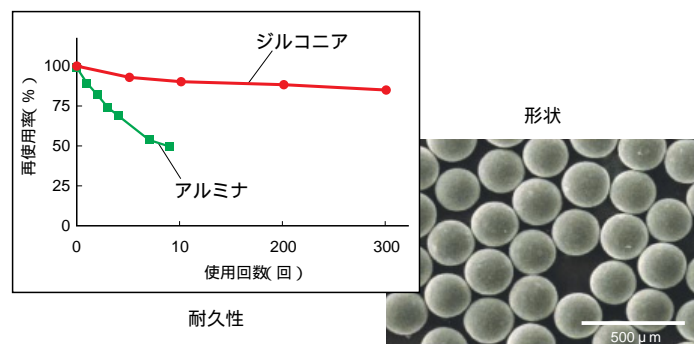
ジルコニア微粒子による機械式除染技術

ジルコニア(ZrO_2)微粒子を研磨材として使うことにより、原子力施設の配管や機器の内表面に生成する汚染層を高い効率で除去でき、徐染作業に伴う二次廃棄物の発生を従来に比べ数十分の一に低減できる技術を開発した。

当社が開発したジルコニアブラスト法は、従来のアルミナ(Al_2O_3)や鉄粒子を使う方法と比較して、次のような優れた特長がある。

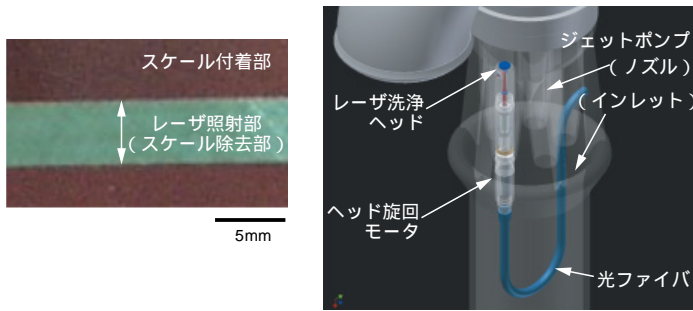
- (1) 除染効率が高い。
- (2) 研磨粒子が割れにくく、研削粉と分離しやすい。
- (3) 研磨粒子を繰り返し使用できる。
- (4) ジルコニア成分が対象物表面に残留しない。

更に、この技術は原子力施設以外にも適用可能である。



ジルコニア研磨材の耐久性と形状
Durability and particle features of zirconia (ZrO_2) blast

原子炉内機器のレーザー洗浄技術



レーザー洗浄試験結果(左)とジェットポンプ洗浄装置(右)
Result of laser cleaning test (left) and configuration of jet pump cleaning system (right)

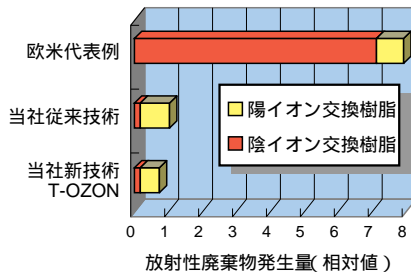
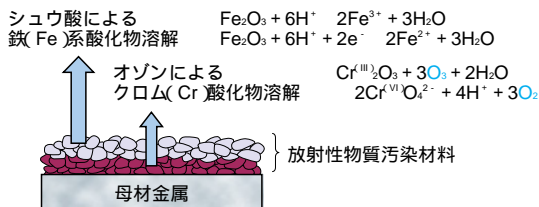
パルス発振されたレーザー光を対象面に照射することで、原子炉内機器に付着したスケールを洗浄するレーザー洗浄技術を開発した。

この技術は、複雑で狭い原子炉内を広く範囲にわたって洗浄でき、ジェットポンプノズル内面洗浄による発電効率の回復、被ばく線量の低減、及び検査の前処理に有効である。

既存の水ジェット洗浄に比べて以下の特長があり、他の一般用途にも広く適用することができる。

- (1) 付着したスケールを選択的に洗浄できる。
- (2) 洗浄による反力がなく装置構成が簡素になる。
- (3) 光ファイバにより狭い部分の洗浄が可能になる。

化学除染技術“ T-OZON法 ”



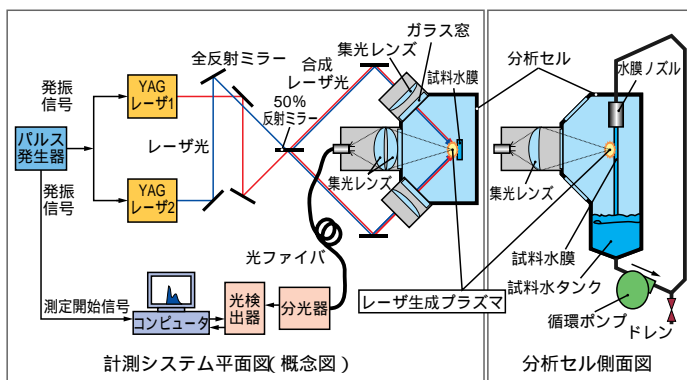
T-OZON法の原理と廃棄物発生量の低減効果
Decontamination mechanism of T-OZON process and its radwaste volume reduction benefit

原子力施設の配管内面などを化学的に除染する独自の技術を開発し、供用中の二つの原子力発電所に適用して優れた効果を確認した。

配管などの内面には運転により⁶⁰Coなどを含む鉄さび類が付着して、不要な放射線源となる。これをシュウ酸とオゾンにより溶解除去する技術を開発した。除染後、シュウ酸とオゾンはすべて無害のH₂O、O₂、CO₂に分解するので、各国の先行例や当社従来技術と比較して、二次廃棄物量を非常に少なくすることが可能となった。

このオゾン法化学除染技術“ T-OZON法 ”を発電所の配管系やポンプ部品に適用し、高い除染性能と二次廃棄物発生量低減に大きな効果を得た。

水化学技術の高度化



水中微量元素分析装置の構成
Configuration of analysis device for trace elements in water

BWRの化学管理の高度化を目指した化学分析自動化の一環として、レーザー誘起ブレイクダウン分光法(LIBS法: Laser Induced Breakdown Spectroscopy)を用いた、水中の微量元素のオンライン・リアルタイム検出装置を開発した。

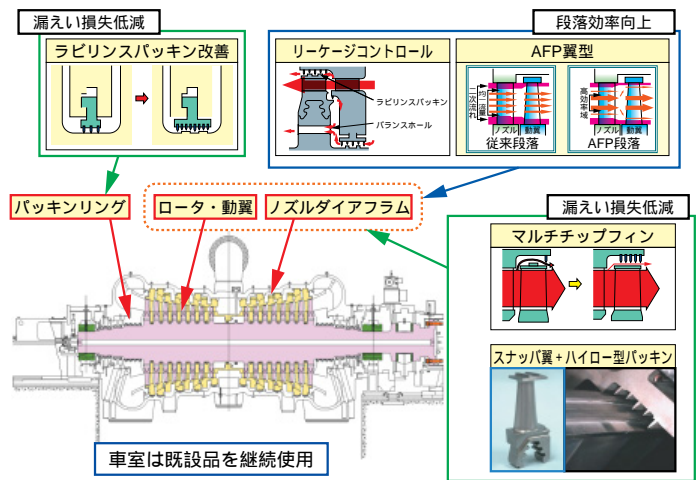
時間差を持たせて発振させた二つのYAGレーザービームを同軸に重ねて試料表面に照射する方法で、検出感度の向上を図り、ナトリウム(Na)について0.1ppb(十億分の一)レベルでの高感度測定が可能となった。この手法は測定試料の前処理が不要、廃液が発生せず連続測定が可能という画期的技術であり、火力発電所や一般産業にも適用可能である。

現在、ほかの元素の測定感度を向上させるための開発も進めている。

既設高圧タービンの高性能化技術

従来、定格電気出力一定運転であった火力・原子力発電プラントについて、2002年から定格熱出力一定運転が官庁から認められた。これに伴い、ベースロードを担う既設原子力発電プラントの効率向上ニーズが高まっている。

当社はこれに対応するため、出力への寄与が大きい高圧タービンの性能の向上改造技術を開発した。既設車室を流用することで、放射線管理区域での工事量及び工事被ばく線量の大幅低減を図ったことが特長である。内部のロータとノズルを、フローパターンを最適化したAFP(Advanced Flow Pattern)翼などの段落効率向上技術や、マルチチップフィンなどの漏えい損失低減技術を盛り込んだ新品に取り替えることにより、プラント効率を約0.8%向上させることが可能になった。



既設高圧タービンの高性能化技術
Performance improvement technology for existing high-pressure turbines

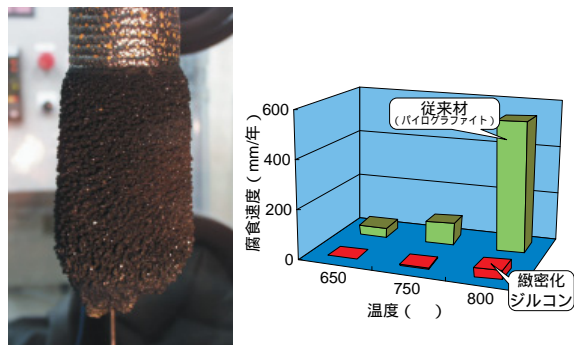
MOX充填燃料の乾式再処理技術の高度化

原子力発電所使用済み燃料の次世代再処理技術として、硝酸を使用しない乾式再処理技術を開発し、今般プルトニウム(Pu)を使用した試験で所定の性能を備えることを確認した。

この技術は使用済み燃料を約650の溶融塩($\text{NaCl} \cdot 2\text{CsCl}$)中に溶解して、電気分解によりウラン(U), Puなどを顆粒(かりゅう)として回収し、これを燃料被覆管に振動充填(じゅうてん)してリサイクルするシンプルな方式である。燃料溶解と回収を同時に行う陽極溶解法や、超高耐食性の緻密(ちみつ)化ジルコン材(ZrSiO_4)の開発などにより、高い経済性を実現した。

この開発は、国内10電力会社からの委託研究で実施した。

MOX: Mixed OXide(U・Pu混合酸化物)



陽極溶解法で回収した燃料成分(左)と緻密化ジルコン材の腐食特性(右)
Fuel deposited by anodic dissolution (left) and corrosion rates of densified zirconium (right)

高密度使用済み燃料貯蔵ラック

原子力発電所の使用済み燃料を効率的に貯蔵するため、電力業界から貯蔵プール容量増加の要求が高まっていた。

当社は、中性子吸収効果が高いボロン添加ステンレス鋼板を用いて、従来型より約10%高密度化した使用済み燃料貯蔵ラックを開発し、1プラント当たり約700~1,100体の増加を可能とした。

これまでに、東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所3号機、同6号機及び中部電力(株)浜岡原子力発電所4号機の増容量工事を受注し、完遂した。続いて、柏崎刈羽原子力発電所2号機の2003年度の工事に向けて、設計・製造中である。



高密度使用済み燃料ラックの燃料プールへの据付け
Installation of high-density spent fuel rack in spent fuel pool

2 火力発電

常磐共同火力(株)勿来発電所9号機向け リモートサービス試運用開始



プラントリモート診断センター
Plant remote diagnosis center

IT(情報技術)を用いて火力発電プラントの運転時の状態を監視し、効率的に支援するための新しい運用・保守サービスを開始した。

プラントリモート診断センターを設置し、振動と状態値をリモート監視することにより、日常監視と異常時の診断を行っている。振動については、Webによる簡易診断をはじめ、振動エキスパートによる診断・評価を行っており、状態値については、異常兆候の監視と異常時の異常箇所の同定を行っている。これらにより、異常に対する迅速な対応が可能となっている。

現在は常磐共同火力(株)勿来発電所の協力を得て試運用を実施している。

関係論文：東芝レビュー . 58 , 1 , 2003 , p.45 - 48.

南アフリカ マトラ発電所 ロータコイル巻替え



ロータコイルエンド
Rotor-coil end

南アフリカESKOM電力庁 マトラ発電所4号機(600 MW)のロータコイル巻替えを完了し、営業運転を開始した。

この設備は欧州メーカーが納入した発電機で、設計・製造に起因する軸振動、コイル過熱などの問題があり、調査結果を基に要因分析を綿密に実施した。

対策にあたっては最新の設計・製造技術を駆使し、各種改造を行うとともに、トルゲートシステムを採用した品質管理を適用し、性能と運転性を実現した。

また、この工事は、現地工事業者と協業することにより工程短縮が可能となった。

エジプト向け4×364 MW蒸気タービン・発電機設備の出荷完了



蒸気タービン・発電機の外観(スエズガルフ発電所)
Steam turbine and generator at Suez Gulf Power Station

フランス電力庁(EDF)がエジプトで展開する、IPP(独立発電業者)としてのスエズガルフ火力発電所及びポートサイドイースト火力発電所(共に2×364 MW)向け蒸気タービン・発電機設備を、2001年7月から2002年2月にかけて全4台出荷した。

蒸気タービンはタンデムコンパウンド型2車室(主蒸気17.15 MPa/540、再熱蒸気540)で、発電機は水冷却式460 MVAである。世界最大の発電設備容量を持つ電力会社であるEDFに、当社の実績ある設備が評価され採用に至った。

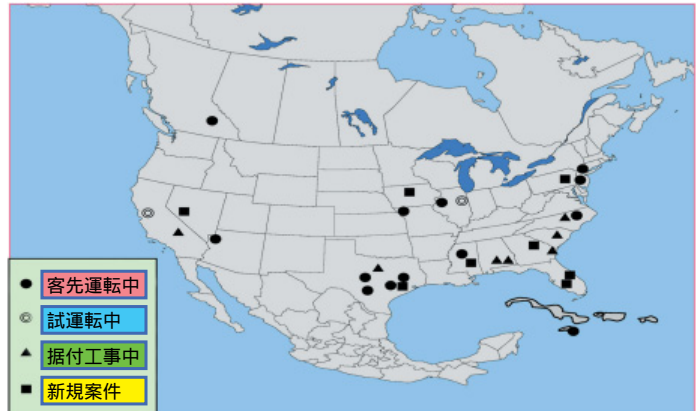
2003年7月に予定される全台運転開始時の総出力1,456 MWは、エジプト国内の総発電設備容量の約10%を占める。

北米 CCプラント向け 蒸気タービン・発電機相次ぎ完成

2002年度上半期に、コンバインドサイクル(CC)発電所向け蒸気タービン・発電機を6台、合計出力1,816 MWをあいついで工場完成し、北米へ出荷した。

当社は、1998年から戦略機種を絞り込み、標準設計を採用して先行手配により納期を短縮するとともに、製品品質や信頼性、及び技術力も高く評価され、電力会社やIPPとの包括契約を獲得し、北米市場に定期的に製品を納入することに成功した。

北米市場では累積24台、総出力6,761 MWの納入実績を達成し、当社の火力発電事業は世界第3位の地位を確保することができた。



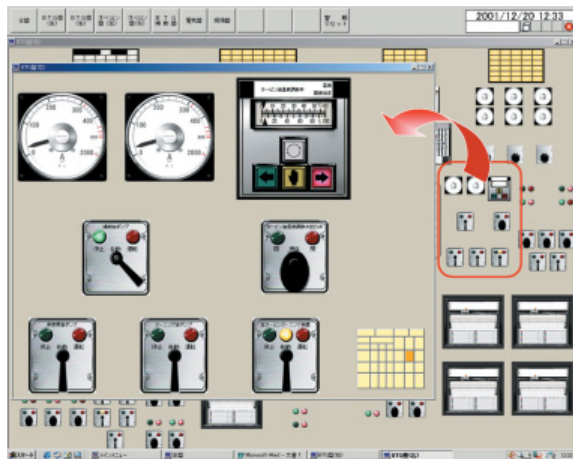
北米市場向け蒸気タービン・発電機の納入実績
Toshiba steam turbines and generators in USA

火力発電プラントの運転訓練をパソコンで実現

火力発電プラントの運転訓練は、研修所などの施設に中央制御室の監視・操作盤やモニタなどを再現した大型の訓練設備を設置して、実施している。

これらの監視・操作盤やモニタなどをパソコン画面に表示し、操作可能とすることで、コンパクトかつ低コストな運転訓練システムを実現した。

このシステムは、中国電力(株)新小野田1号機向けに“コンパクトシミュレータシステム”として適用された。



監視・操作盤のパソコン表示画面
Monitoring and operation board on PC display

蒸気タービンのリスクベースメンテナンス

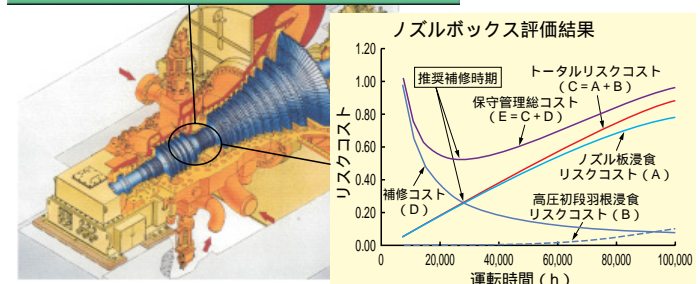
設備の故障発生に伴うリスクを基準として、タービン設備の保守計画を作成するシステムを開発した。

リスクは、タービン運転経過時間における故障確率と、故障による被害コストの積として表すことができる。リスクをコストとして表すことにより、事前補修コストとの比較が可能となり、定量的な保守計画を立てることができる。また、長年にわたって蓄積した蒸気タービンの保守管理実績を使用し、故障確率を時間の関数として表すことにより、使用年数や運転時間による時間基準の補修計画と、高温部品の寿命評価結果による補修計画との関係も、わかりやすく表示できる。

関係論文：東芝レビュー . 58, 1, 2003, p.49 - 51.

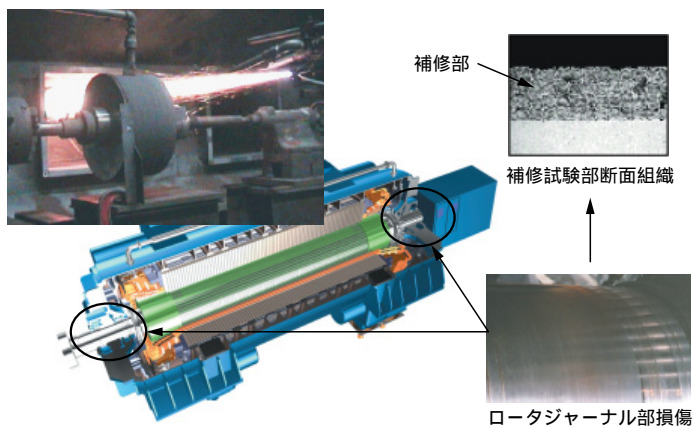


高圧ノズルボックス/初段羽根 イベントツリー



リスクベースメンテナンスの評価イメージ
Risk-based maintenance evaluation image

発電機ロータジャーナルの現地補修



実機モデルによる現地補修試験
On-site repair test for mockup rotor

発電機ロータのジャーナル部の損傷は、工場に搬入し設計変更と軸受再製により補修しているが、顧客から、現地での短工期での復旧が強く求められていた。

この技術は、超高速フレーム溶射法を用い、ロータ補修用に開発した鉄系溶射粉末で肉盛補修するもので、ロータへの熱的負荷を与えることなく、皮膜に圧縮の残留応力を作用させることで密着性の向上を図っていることから、施工後の熱処理なども必要としない。このため、現地にて短工期で低コストの補修が可能である。

現在、海外補修ビジネスを強力に推進中であり、その補修技術として、他部位への展開も含めて期待されている。

火力発電プラントの全自動化監視・制御システムをあいついで更新



更新後の全自動化監視・制御システム操作卓
Automatic control system operation desk

1980年代に建設された全自動化火力発電プラントは、運転開始後15年以上が経過したことから、当社の最新の自動化システム技術を適用して、あいついで監視・制御装置の劣化更新が進められている。

更新後の装置の主な特長は、次のとおりである。

- (1) 最新電子技術を取り入れた高信頼な装置
- (2) 応答性、視認性に優れた使いやすいマンマシンインタフェース
- (3) 最新制御技術を適用した自動化制御

なお、電源開発(株)松島2号機、東京電力(株)姉崎3号機、常磐共同火力(株)勿来9号機は既に更新を完了し、中国電力(株)新小野田2号機、東北電力(株)秋田2号機、東京電力(株)東扇島1号機は更新中である。

発電機・主要変圧器用 D -S形デジタル保護リレーの運用開始



D -S形適用デジタル保護リレー - 盤(左)とV形単機能デジタルリレー(右)
DIII-S numerical relay panel (left) and V series relay (right)

当社は、火力発電プラントの発電機・主要変圧器用のデジタル保護リレー(D形及びD形)を1994年から多数納入してきたが、今回、第2世代のD形の技術をベースにD-S形を開発し、これを適用した保護リレー盤が運用を開始した。

D-S形デジタル保護リレーは、システム規模に合わせた最適なパッケージユニットの選定により、既設盤、新設盤いずれにも対応できることを特長としている。

また、同時に開発した、所内電源系に最適な単機能デジタルリレー(V形)も既に納入し、運用中である。

3 水力発電

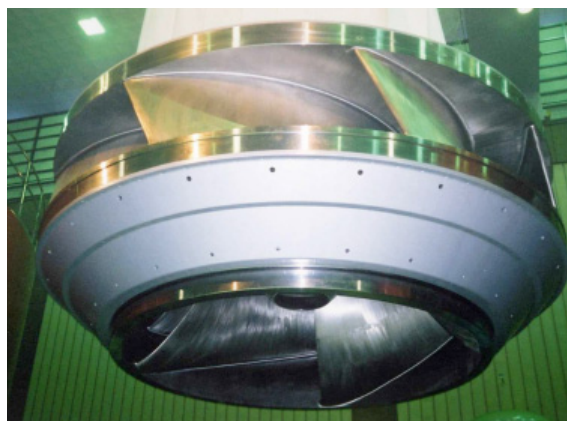
東京電力(株)安曇発電所向け スプリッタポンプ水車ランナの実機適用

東京電力(株)安曇発電所4号機にフランス形スプリッタポンプ水車ランナ(108.9 MW-138.2 m-187.5 min⁻¹)を適用し、2003年2月に営業運転を開始した。スプリッタランナは、長翼とそれよりも短い中間翼を交互に配置した新設計のランナである。

安曇発電所の既設ランナは建設以来約30年が経過し、ランナの更新時にスプリッタランナを適用したもので、ポンプ水車への適用は世界初となる。

スプリッタランナの適用により、下記を実現した。

- (1) 大幅な効率向上
- (2) キャビテーション性能の向上
- (3) 水圧脈動の低減
- (4) 運転可能範囲の拡大



スプリッタランナのつり込み状況
Francis type splitter reversible pump turbine assembly

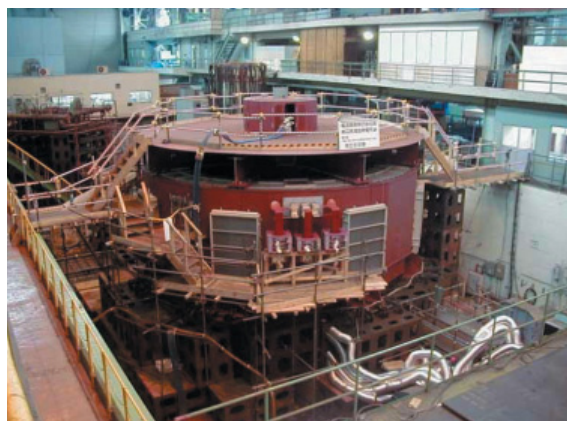
電源開発(株)奥只見発電所向け 4号水車発電機の工場回転試験完了

電源開発(株)奥只見発電所向け4号水車発電機(立軸回転界磁水冷熱交換器形同期発電機、223 MVA-214 min⁻¹ - 15.4 kV)の工場回転試験を2002年4月に完了し、高効率、高性能であることを確認した。

この設備は既設発電所の隣に増設されるもので、発電専用機としては国内最大級の大容量機である。

また、軸受オイルペーパー防止用のブラシ式高性能軸受シール装置やラジアル通風方式を採用し、保守の簡略化を図っている。

2003年6月の運転開始を目指し、現地据付けと試験が進んでいる。



電源開発(株)奥只見発電所向け4号水車発電機の工場回転試験
Rotating shop test of Generator No. 4 for Okutadami Power Station of Electric Power Development Co.

東北電力(株)十和田発電所 2号水車・発電機への新素材軸受適用

東北電力(株)十和田発電所2号機の改修工事において、当社として初めて、発電機スラスト軸受、上部ガイド軸受、下部ガイド軸受及び水車ガイド軸受のすべてに新素材軸受を採用し、2002年3月に運用を開始した。

この軸受は、従来のホワイトメタル(WJ2)に替えて四フッ化エチレン(PTFE)樹脂系材料を滑り面に適用したもので、耐摩耗性に優れ、摩擦係数が小さく、高面圧化が可能であり、以下の効果が得られた。

- (1) 軸受の小型化により軸受損失が低減
- (2) 従来の水冷却に代わり空気冷却が可能になり冷却水が不要
- (3) 油槽内の潤滑油の汚損などが低減しメンテナンス費用が削減



新素材軸受(中央)を採用した水車・発電機
Hydroelectric plant applying Polytetrafluoroethylene (PTFE) bearing

4 新エネルギー

純水素30kW級定置用PEFCシステムの開発



純水素30kW級定置用PEFCシステム
30 kW-class pure hydrogen type stationary polymer
electrolyte fuel cell (PEFC) system

当社は、将来の水素社会に向けて、純水素を燃料とした定置用PEFC(固体高分子形燃料電池)発電システムの実用化開発を進めている。当社ではNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託研究に基づいて、2002年度に高水素利用率の30kW燃料電池発電装置の試験調整を完了した。

このシステムでは、天然ガスなどの燃料を水素に変換する燃料改質装置が不要となるためシステムを簡素化でき、8分の高速起動と47%の高い発電効率を達成できた。2002年度下期からは、フィールド実証試験を行い、長期的な安定性の評価を行っている。

家庭用1kW級PEFCシステムの開発



家庭用1kW級PEFCシステムの発電パッケージ(右)と温水タンク(左)
Residential 1kW-class PEFC system : PEFC package (right)
and hot water tank (left)

クリーンで高効率のコージェネレーションとして注目されている家庭用1kW級PEFCシステムの開発を進めている。2000年度にシステムとしての開発をスタートし、その後、試作と改良を重ねてきた。この間、コンパクト化の点で同クラスでは業界最小となる、発電パッケージ容積210L(リットル)を達成した。

2002年度は、大きさはそのままに信頼性、耐久性、効率の向上を狙った開発を進めてきた。また(財)新エネルギー財団による“定置用燃料電池実証研究”に参画し、同システムを一般住宅に設置して、運用方法や運転環境の違いによる使いやすさ、経済性などのデータを収集中である。

関係論文：東芝レビュー .57, 7, 2002, p.35 - 38.

原子レーザー法によるウラン濃縮用レーザーシステムの開発



原子レーザー法ウラン濃縮用レーザーシステム
Laser system for atomic vapor laser isotope separation

レーザー濃縮技術研究組合の主導のもと、原子レーザー法によるウラン濃縮用の銅蒸気レーザー励起色素レーザーシステムの開発を推進し、2002年3月にレーザーシステムと分離装置を組み合わせた濃縮試験を実施して、システム全体の性能を検証した。

濃縮試験では、複数の波長の色素レーザー光を同軸に合成・伝送して分離装置内のウラン蒸気へ照射を行い、各波長とも、試験期間を通して設計どおりの出力を安定に維持することができた。

これにより、レーザー装置技術、プロセス解析技術とも商業プラントを見通せる技術を確立した。