

電力・社会システム事業を取り巻く環境は、中国に代表される海外市場の急速な拡大や、地球環境への関心の高まりによる環境負荷低減のニーズなど、大きく変化してきております。

このような状況のなかで電力・社会システム社は、経済性の更なる向上や環境に配慮した製品の開発とそれらのメンテナンスなど、サービス事業の拡大に努めてまいりました。

最近の主要なトピックスとしては、中部電力(株)初の改良型沸騰水型原子力発電所(ABWR)の運転開始、米国へのABWRの展開開始、台湾向けコンバインドサイクル3プラントの運転開始などがありました。また、海外向けに当社最大容量の水素冷却並びに空気冷却方式の発電機を製作し納入するとともに、中国に広州東芝白雲自動化系統有限公司及び東芝水電設備(杭州)有限公司を開設し、中国での事業展開を推進しています。更に、損失を40%低減した環境調和型高効率変圧器、10%省エネを達成したN700系新幹線用変換装置、熱から電気を直接取り出す熱電モジュールgigatopaz™、及び愛知万博向けのマルチロードシェア燃料電池システムなど、環境に配慮した戦略商品を開発してまいりました。特に、固体絶縁スイッチギヤは温室効果ガスである六フッ化硫黄(SF₆)をまったく使用しない地球環境に配慮した製品として評価され、大河内記念生産賞の受賞が決定いたしました。

当社は、今後も電力・社会システム分野で高品質な製品とソリューションを提供し、社会に貢献してまいります。

統括技師長 田井 一郎

1 原子力

● 東北電力(株)東通原子力発電所1号機の試運転開始



東北電力(株)東通原子力発電所1号機のECCS注水試験
Emergency core cooling system (ECCS) spray test at
Higashidori Nuclear Power Station Unit No. 1 (1,100 MWe,
BWR) of Tohoku Electric Power Co., Inc.

東北電力(株)としては2番目の原子力発電所立地点であり、国内では約10年ぶりの新規立地点となる東通原子力発電所の建設工事が最終段階を迎えている。

最近の知見に基づき、炉内構造物や冷却材再循環配管への応力腐食割れ対策工事を完了した。2004年7月には系統試験の節目となる非常用炉心冷却系(ECCS)の注水試験を実施し、2004年12月には初燃料を原子炉へ装荷しての試運転を開始した。2005年10月の営業運転開始を目指して順調に建設が進んでいる。

● 改良型沸騰水型原子力発電所(ABWR)の海外展開



米国TVAベラフォンテABWRの建設計画案
Draft of advanced boiling water reactor (ABWR) construction
plan for Bellefonte site of Tennessee Valley Authority, U.S.A.

米国エネルギー省(DOE)から資金補助を獲得し、米国大手の電力会社であるテネシー峡谷開発公社(TVA)と共に、アラバマ州ベラフォンテに改良型沸騰水型原子力発電所(ABWR)を建設する計画の具体化を検討している。

ABWRは、世界に先駆けてわが国に建設された最新の原子力発電所で、既に米国の設計ライセンスを取得しているが、米国では、2001年5月にブッシュ大統領が打ち出した新エネルギー政策の下、20年以上とだえていた原子力発電所の新規建設の可能性が高まっており、これを機会に米国市場での積極展開を推進していく。

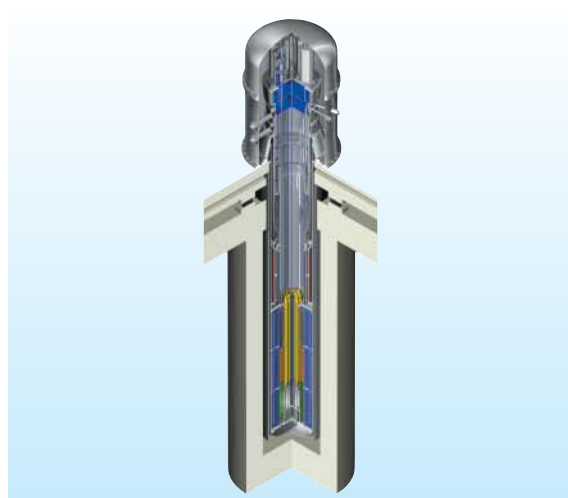
● 遠隔地向け 小型原子力バッテリー (4S)

当社が培ったナトリウム冷却炉技術を投入し、小型原子炉 (4S : Super-Safe, Small & Simple) を開発した。4Sは、燃料を交換することなく30年間運転が可能な原子力バッテリーで、1万～5万kWの電気を供給できる。

主な特長は、次のとおりである。

- (1) 燃料として濃縮ウラン金属燃料を利用し、炉心を囲む可動式反射体により原子炉が制御される (運転の容易性)。
- (2) 海上及び河川を利用し、原子炉を設置した建物ごと遠隔地の建設サイトに船で輸送できる (品質確保と工期短縮)。
- (3) 万一の事故で温度が上昇しても、自己制御性を備えているため原子炉は安全に停止し、停止後の崩壊熱は大気其自然通風により除去される (安全性)。

現在、原子炉施設に関する米国の許認可を取得するため準備中である。

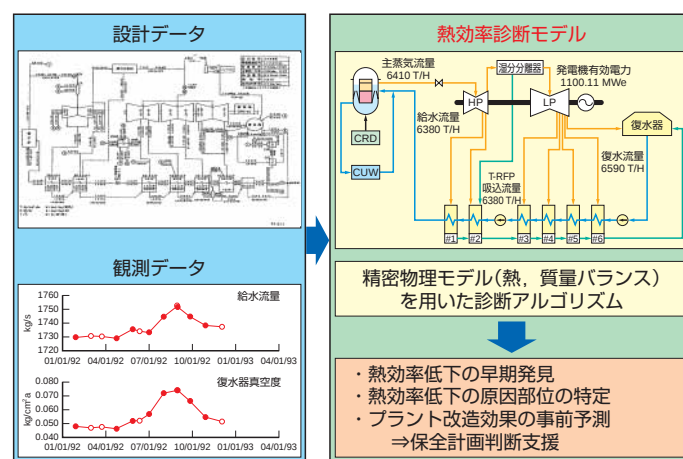


小型原子力バッテリー (4S) の概念
Concept of reactor assembly of "super-safe, small & simple" (4S) small nuclear battery

● 原子力発電プラントの熱効率診断システム

原子力発電プラントの熱出力一定運転の導入や将来の増出力に向けて、発電の経済性に大きな影響があるプラントの熱効率の維持向上は極めて重要である。

当社はこれに対応するため、原子力発電プラントの熱効率を監視し、異常診断や点検・保守を支援するシステムを開発した。このシステムは、プラント機器の設計データと観測データに基づき、当社独自の精密物理モデルを用いた熱効率診断アルゴリズムにより、熱効率を精度良く評価できる。これにより、熱効率低下の早期発見や原因機器の特定、及びプラント改造時の熱効率の事前予測が可能で、点検・保守や取替えの時期を適切に判断できるようになり、発電の経済性の維持向上に貢献できる。



原子力発電プラントの熱効率診断システムの概要
Outline of thermal efficiency diagnosis system for nuclear power plant

● 原燃輸送(株) 向け 使用済燃料輸送キャスク

原燃輸送(株)に使用済燃料輸送用金属キャスクを4基納入した。

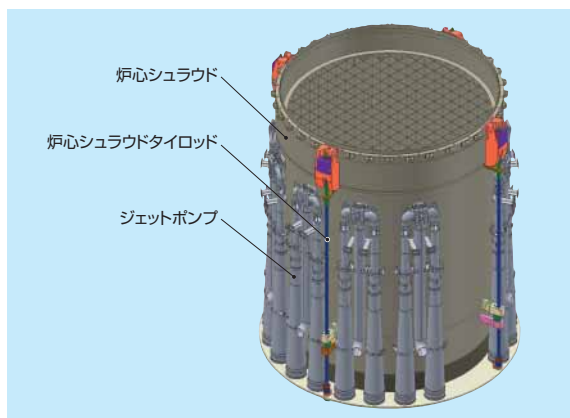
このキャスクは、BWRで使用済となった燃料を再処理工場へ輸送する際に使用するもので、38体の燃料集合体を収納できる。製造にあたっては、極厚鋼に対する狭間先溶接の適用、銅製伝熱フィンの狭くて奥まった部分に対する自動溶接の適用、及び中性子遮へい体の樹脂の充填方法の改良、などの技術開発によって品質向上と工程短縮に成功した。

この製造経験を生かし、日本原子力発電(株)向けの使用済燃料貯蔵キャスク4基も受注し、設計中である。



原燃輸送(株) 向け 使用済燃料輸送キャスク
Spent fuel transport cask for Nuclear Fuel Transport Co., Ltd.

● 炉心シュラウドタイロッド工法



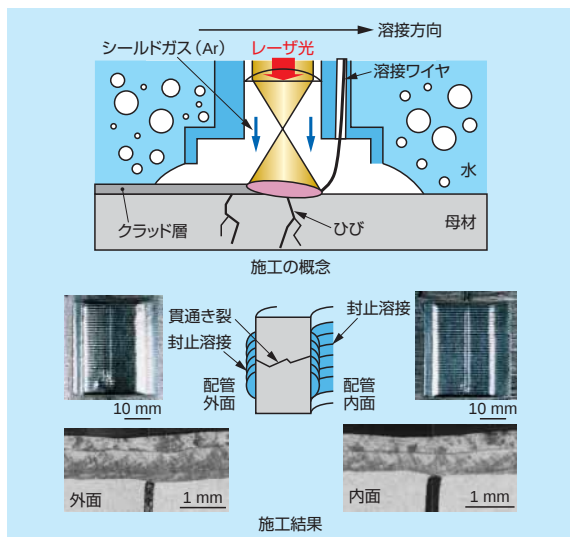
炉心シュラウドタイロッドの取付け状態
Core shroud tie rod

原子炉圧力容器内部で燃料を支え、炉内の冷却水の流路を形成している炉心シュラウドにひびが発見された場合の補修工法の一つとして、その外側に配置した4本の棒（タイロッド）により炉心シュラウドを押さえつけ、浮き上がりや地震時の変形を抑える機能を持たせた炉心シュラウドタイロッド工法を開発した。

従来の他社の工法に比べて部品点数を少なくし、構造を簡素化することで、信頼性及びメンテナンス性に優れた工法とすることができた。

この工法は、2005年3月末に実際の原子力発電所に導入する予定である。

● 水中レーザ封止溶接及びクラッド溶接



水中レーザ封止溶接工法の概念
Concept of underwater laser welding technique

原子炉圧力容器及び炉内機器に対する補修工法として、水中レーザ溶接技術を用いた封止溶接工法を開発した。水中レーザ溶接は、シールドガスで溶接部を炉水から隔離しながら、レーザ光による低入熱の溶接を行う技術である。

この工法により、耐応力腐食割れ (SCC) 性に優れた材料でひび割れを封止溶接して炉水環境から隔離し、SCCの進展を防止することができる。また、材料表面に耐 SCC 性に優れた材料をクラッド溶接することで、SCC に対する予防保全としても非常に有効な工法である。

● FPGA 適用型 プロセス放射線モニタ (A-TOSDIA)



FPGA 適用型 プロセス放射線モニタ (A-TOSDIA)
FPGA-based process radiation monitor (A-TOSDIA)

プロセス放射線モニタは、原子力発電所内の機器に内包されるプロセス流体の放射線レベルを監視するシステムである。このシステム向けに、デジタル信号処理を集積論理素子 (FPGA: Field Programmable Gate Array) だけで実施する新型監視装置 A-TOSDIA を開発し、東京電力 (株) 福島第一原子力発電所 2 号機、及び福島第二原子力発電所 1 号機向けに納入した。

主な特長は、次のとおりである。

- (1) CPU と関連部品が不要となり、部品改廃の影響を低減することで長期継続供給を実現可能
- (2) 既設の装置と互換性があり、短期間でのシステム更新が可能

● トレイ型クリアランスレベル測定装置の操作性改良

放射線管理区域から搬出する物品の放射能のクリアランスレベル判定機能、及び現行の表面汚染密度測定による搬出基準検査機能を併せ持つ装置の開発を2003年までに終え、実プラントサンプルでの性能評価を行った。

2004年は、操作性を改良するため、トレイ上に搬出物品を乗せ、識別番号の入力と測定開始ボタンを押すだけでも測定できるようにした。また、誤操作を防ぐため、搬出物品の重量とトレイ上の位置を確認できるようにし、更に、クリアランスレベル判定に役立つ情報として、トレイ上の測定対象物の画像に汚染分布測定結果を重ね合わせた表示から、スポット状汚染の混入がないか確認できるよう改良した。

関係論文：東芝レビュー． 59, 8, 2004, p.40 - 43.



トレイ型クリアランスレベル測定装置と汚染分布測定結果の表示例

Tray type clearance level monitor and example of contamination map display

● 負荷変動補償用 超電導電力貯蔵装置

超電導電力貯蔵装置 (SMES) 用の大型超電導コイル (10 MJ / 直径3.6 m) の製作及び検証試験に成功した。

このコイルは100 MW 級負荷変動補償と周波数調整を目的としたSMESの技術開発を目指す、国の研究開発 (5か年計画) の一環として製作された。定格直流電流10 kAで、強制冷却方式を採用している。また、経済性向上のため、導体の合理化や造管ラインの整備などを行った。中部電力 (株) 寛政変電所内で、10,000回の連続充放電・パルス通電時の模擬負荷変動補償運転に成功し、経済性改善と高性能化が両立することが実証された。

この成果を受け、新たな国のプロジェクトでシステムの実用化を目指す予定である。



中部電力 (株) 提供

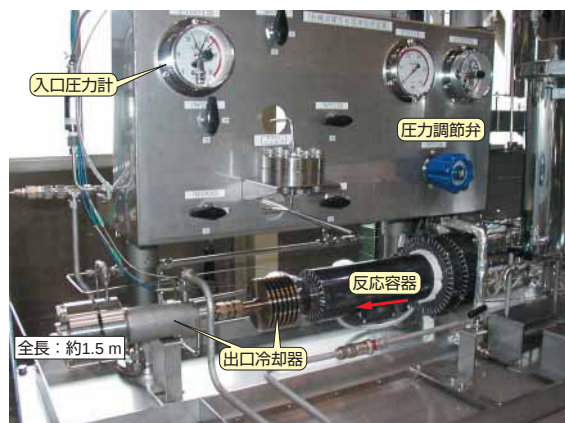
100 MW 負荷変動補償用 SMES の超電導コイル
Superconducting coil for 100 MW load fluctuation compensation

● 超臨界水を用いた有機廃液処理装置

核燃料サイクル開発機構向けに放射性有機廃液処理用の小型超臨界水分解装置 (処理能力：約100 g/3時間/日)を開発し、納入した。

放射性廃液に有機物が含まれていると、セメント固化した後、セメント固化体から放射性物質が溶出してしまう可能性があるため、無機化する必要がある。この装置は、超臨界水 (圧力：29 MPa, 温度500℃) を使って放射性有機廃液を無機化し減容して、安定化するものである。超臨界水は有機物の分解力が強く、更に、有害物質 (SO_x など) を水中に保持できるため、排ガス処理装置が不要になるなどの利点がある。

関係論文：東芝レビュー． 59, 8, 2004, p.44 - 47.



超臨界水を用いた小型有機廃液処理装置
Compact equipment for organic liquid waste treatment using supercritical water

2 火力発電

● スチール製 48 インチ最終段動翼適用機を出荷



イタリア エジソン社のトルビスコサ プロジェクト向け主タービン低圧ロータ
Steam turbine low-pressure rotor for Torviscosa Project of Edison Termoelettrica S.p.A., Italy

当社とゼネラルエレクトリック (GE) 社の共同開発による主タービンの大型スチール製最終段動翼 (50 Hz 用 48 インチ翼) を初めて採用した、イタリア エジソン社のトルビスコサ プロジェクト向け主タービン (285 MW) を 2004 年 9 月に出荷した。

この動翼の開発には、当社及び GE 社の最新の空力技術、材料技術、機械設計技術が適用されており、大幅なコストダウンを実現するとともに、モデルタービン試験などで信頼性と性能の向上が実証されてきた。

今後は、このプラントへの適用実績を土台に、相似設計の 60 Hz 用 40 インチ翼と合わせて、客先に提供する主タービンの高性能化とコンパクト化の提案に活用していく。

● 欧州向け蒸気タービン・発電機 相次ぎ出荷



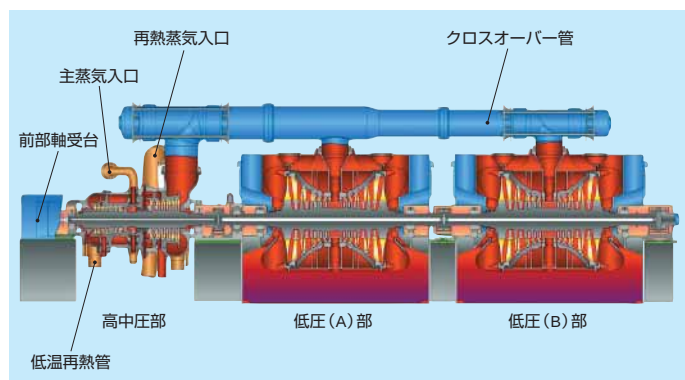
イタリア エジソン社のトルビスコサ発電所向け 高中圧タービンケーシング
Steam turbine high/intermediate-pressure (HIP) casing for Torviscosa Project of Edison Termoelettrica S.p.A., Italy

コンバインドサイクル発電用の蒸気タービン・発電機 (STG) を、イタリア エジソン社のカンデラ、アルタモンテ、トルビスコサの各発電所向けに相次ぎ 3 台を出荷した。

カンデラ向け STG は、ガスタービン・発電機 (GTG) 1 台に別軸で組み合わせられた、出力 138 MW の軸流排気式蒸気タービンである。アルタモンテ向けは、GTG 2 台と多軸で構成された、出力 276 MW の高排圧 (3 inHg) 蒸気タービンである。また、トルビスコサ向けは出力 285 MW で、48 インチの高効率最終段動翼を採用している。

初のイタリア向けで、厳しい工場試験に合格し、2003 年 12 月及び、2004 年 6 月と 9 月にそれぞれ出荷した。

● 米国向け 超臨界圧大容量蒸気タービンを受注



大容量蒸気タービンの外形図
Outline of large-capacity steam turbine

米国 Wisconsin Public Service Corporation の Weston 発電所 4 号機向け 超臨界圧大容量蒸気タービンを受注した。

これは、主蒸気条件 3,582 psi/1,080°F、再熱蒸気温度 1,080°F、発電機端出力 582 MW のタービンである。高中圧対向流型の 3 車室構成で、最終段には豊富な実績を持つ 33.5 インチ翼を採用している。また、最新の性能向上施策を適用した最新鋭機でもある。石炭炊き超臨界発電設備を北米市場で受注したのは当社として初めてであり、今後の北米市場の受注競争への影響を考えるとその意義は大きい。この案件は 2004 年 10 月に正式受注し、現在製造中である。

● 大容量空気冷却発電機を出荷

50 Hz, 3,000 rpm の空気冷却発電機としては当社最大容量である中近東向け 220 MVA 発電機が完成し、工場試験で良好な性能を確認して、出荷した。

この容量域は今まで水素冷却方式の領域であったが、冷却技術及び解析技術の向上により空気冷却方式の採用が可能となり、当社の最大容量機が完成した。これにより、価格や性能などの競争が厳しい当該容量域を、水素ガス系統とその制御を行う補機や計器類が不要な、空気冷却機でもカバーすることが可能となった。

今後、この実績を踏まえ、空気冷却発電機の更なる大容量化、高性能化、低コスト化に取り組んでいく。



大容量空気冷却発電機の工場回転試験
Rotating shop test of large-capacity air-cooled generator

● アフリカ向け 445 MVA タービン発電機の更新

当社は、アフリカにおける既設他社製タービン発電機の6台一括の新製更新を2003年5月に受注し、2004年11月に1号機の据付けと試運転を完了した。

アフリカ向けに大形タービン発電機を納入するのは当社としてこれが初めてであり、また、その容量は、50 Hz 水素冷却機では当社として最大となる。今回は、既設の他社製発電機の更新という制約ある条件(基礎流用など)のなかで、最新の技術を駆使した設計により、既設の水冷却形389 MVA 発電機の容量を15%増加した445 MVA 発電機を、より簡略なシステムである水素冷却で実現した。

今回の受注にあたっては、当社の技術力が客先から高く評価されたものである。



水素冷却タービン発電機 (445 MVA-15 kV-力率0.9-効率99%)
Hydrogen-cooled turbine generator (445 MVA-15 kV-0.9 p.f.-99%)

● 東欧の石炭火力発電所向け 更新用 176.5 MVA 空気冷却発電機を出荷

東欧の石炭火力発電所のタービン、発電機、ボイラ及び付帯設備の更新工事において、客先で購入済みの他社製タービンにより駆動される発電機を2005年1月に出荷した。

最新設計により、更新前の水冷却発電機と同一出力を、同一寸法の空気冷却発電機で実現し、出荷に先立って行われた工場試験を良好な成績で完了した。2005年春から据付けを開始し、同年夏ころから試運転が開始される予定である。



東欧の火力発電所向け 更新用 176.5 MVA 空気冷却発電機
176.5 MVA air-cooled generator for replacement in thermal power plant in Eastern Europe

● 西欧向けリブレース用 410 MVA 水素冷却発電機の据付け完了



据付けを完了した発電機
410 MVA hydrogen-cooled Generator installed at site

既設の他社製発電機のリブレース案件である、西欧向け410MVA水素冷却発電機の現地据付けを完了した。

この案件では客先から基礎台流用の要求があり、当社は、低固有値小型フレーム設計を適用するなど保有する小型化技術を幅広く採用し、既設基礎の開口寸法を改造せずに据付け可能なコンパクト構造を実現した。併せて、既設機と同様に水素冷却方式でありながら、機内圧を410kPagと高めにとり、高熱伝導性絶縁を固定子巻線に適用することで、リブレース前の既設機に対し約45%の容量増を実現した。

現在、現地試運転を実施中で、2005年4月に営業運転開始の予定である。

● ベネズエラ AMPLIACION TACOA 火力発電所向け リハビリプロジェクト9号機の引渡し完了



ベネズエラ AMPLIACION TACOA 火力発電所 9号機の新たな中央
制御室
New central control room for Unit No. 9 of AMPLIACION
TACOA Thermal Power Plant, Venezuela

ベネズエラの AMPLIACION TACOA 発電所は7～9号の3ユニットと共通設備から構成されており、今回、9号機向け監視制御システムの更新工事が完了した。

既設システムは運用開始から25年が経過しており、ボイラ制御を含む全制御装置のDCS (Distributed Control System：分散型監視制御システム) 化、主タービンと給水タービンのMHC (Mechanical Hydraulic Control：機械油圧式制御) のD-EHC (Digital Electro-Hydraulic Control system：電気油圧式デジタル制御装置) 化、プラント全体の現場計装機器の追加設置や更新を実施することにより、システム全体の操作性、拡張性、保守性の向上を図ったものである。

この工事は12週間のプラント停止期間で実施され、2004年11月に運用を開始した。引き続き、8号機、7号機の順で更新工事を予定している。

● 中国向け 火力発電プラント用 DCS を初出荷



中国向け火力発電プラント用 DCS の監視制御用端末
Human-machine interface of distributed control system for
thermal power plant in China

当社の火力発電プラント用 DCS の中国市場参入において先駆けとなる、脱硫装置を含めた邢台発電プラント向けの一部として、熱供給システム用 DCS を2004年9月に先行して出荷した。

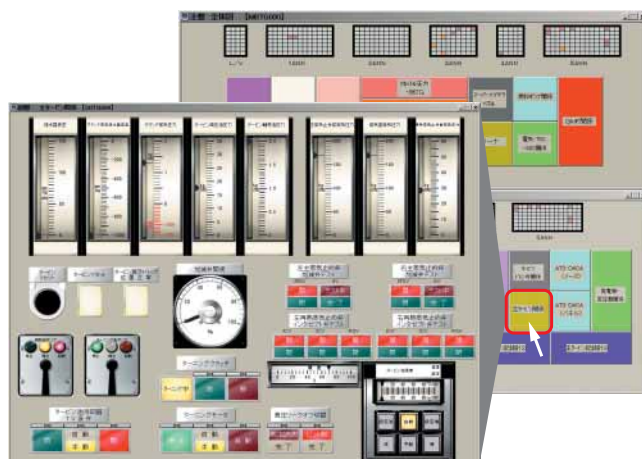
これは中国のエンジニアリング会社と共同で製作を進めたもので、熱供給システム用 DCS は2004年11月に運転を開始した。今後、順次1号プラント、脱硫装置、共通設備、2号プラント用の DCS を製作・出荷して、2005年7月に引渡しを完了する予定である。

中国市場で要求の多い仕様と中国語への対応によって、発電プラント用 DCS における親和性や操作性が大幅に向上できる。

● オンサイト型運転訓練シミュレータを出荷

パソコン数台のコンパクトな構成で、火力発電所の起動停止やトラブル対応などの運転訓練を行うことができるオンサイト型シミュレータを、中部電力(株)西名古屋火力発電所、住友金属工業(株)鹿島火力発電所向けに納入した。

このシステムは、中央制御室内の主要な監視・操作盤上の指示計、記録計、操作スイッチなどの動きや操作を、当社独自のグラフィカルユーザーインターフェースを用いてパソコン画面上に模擬しており、手軽で身近な訓練設備として、発電所運転員の技能訓練などに活用されている。



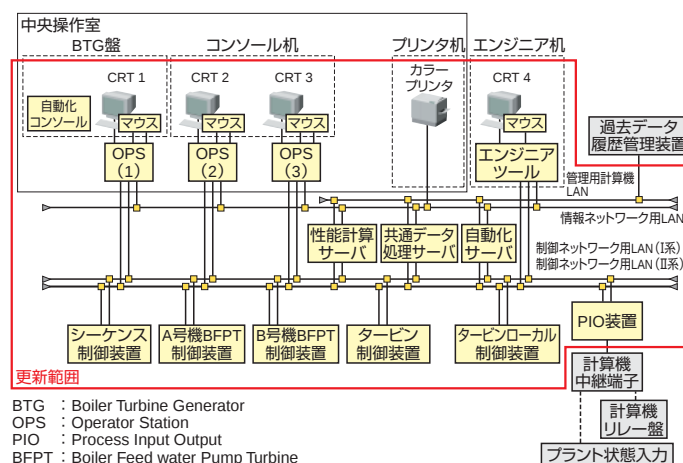
監視・操作盤のパソコン表示画面例

Example of monitoring and operation panel display on PC

● 既設火力発電プラント向け 更新制御システム 相次ぎ出荷

四国電力(株)阿南発電所4号機、東京電力(株)東扇島発電所1号機、及び九州電力(株)新小倉発電所5号機に納入するユニット計算機と制御装置の更新システムを2004年9月から11月にかけて相次ぎ納入した。

3プラント向けとも、制御用計算機、タービン制御装置、及びシーケンス制御装置などから構成されるフル自動化規模の監視制御システムで、当社の発電プラント向け分散制御システム(GSXP™シリーズ)を採用している。既設システムの劣化や機能向上に対応し更新するもので、定期点検期間中に切替え工事や試験・調整を行い、2プラントは運用開始し、1プラントは試運転中である。



既設火力発電プラント向け更新制御システムの構成

Configuration of renewed control system for thermal power plant

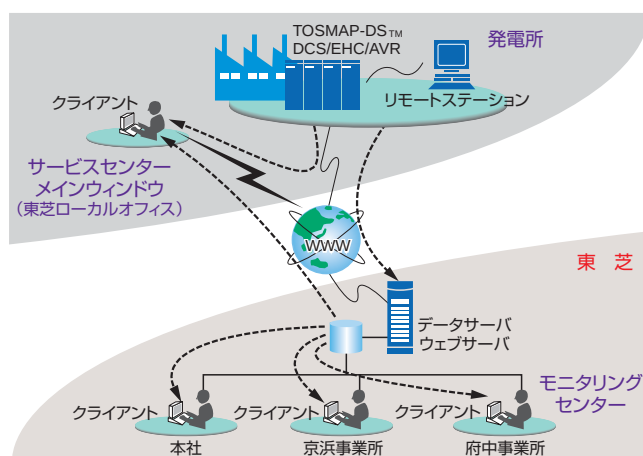
● 北米向け 火力発電所リモート監視・診断サービスを開始

海外火力発電所の日常監視と異常時の業務をサポートするため、IT(情報技術)を適用したリモート監視・診断サービスを開発した。

リモート監視の対象は、タービン振動値、プロセス状態値、及び制御装置状態であり、定期診断レポートによる通常運転状態の確認、改善提案及び異常発生時の迅速な対応が可能である。

米国 Constellation Energy Group の High Desert 発電所(カリフォルニア州)及び Florida Power and Light Energy の Forney 発電所(テキサス州)に対して、サービスの運用を始めている。

関係論文: 東芝レビュー. 59, 12, 2004, p.49 - 51.



リモート監視・診断サービスのシステム構成

System configuration of remote monitoring and diagnostic service

3 水力発電

● インド ティースタ発電所向け 水車及び発電機の出荷完了



ランナと水車軸の組立て状態
Shop assembly of runner with turbine shaft

インド国営水力発電公社ティースタ発電所向けの水車本体静止部(2, 3号機), ランナ(1, 2号機), 及び発電機(1号機)が完成し, 出荷した。水車本体静止部は2003年に出荷した1号機に続き, 全3台を出荷したことになる。

この発電所は発電専用の水力発電所であり, 当社が2001年に, 主機全台に加え, 変電設備や発電所付帯設備を含む発電所のすべての機器を受注したもので, 2006年5月に全台運転開始の予定である。

- ・水車定格 : 173.5 MW-197 m-214.3 min⁻¹
- ・発電機定格: 189 MVA-13.8 kV-50 Hz

● 北海道電力(株) 新忠別発電所・江卸発電所向け 水車本体静止部を出荷



北海道電力(株) 江卸発電所向け 水車本体静止部の工場組立
Turbine shop assembly for Eoroshi Power Station of Hokkaido Electric Power Co., Inc.

北海道電力(株) 新忠別発電所及び江卸発電所向けの水車本体静止部品が工場完成した。

これらは当社の設計に基づき, 中国の富春江富士水電設備有限公司にて製作したもので, 規定の品質が確保されていることを確認して, 2004年秋に出荷した。

両機は, 中国から直接現地の発電所へ搬入し, 据付・調整試験を経て, 2006年10月に運転開始となる予定である。

- ・新忠別機: 10.6 MW-56.3 m-429 min⁻¹, カプラン水車
- ・江卸機 : 14.4 MW-108.9 m-429 min⁻¹, フランシス水車

● 回転形位相調整機を用いた出力安定化装置の現地性能検証試験を完了



現地試験場全景



回転形位相調整機本体

RPSを用いた出力安定化装置の現地性能検証試験装置
Field test equipment connected to wind power generator
(left: field test site, right: side view of rotary phase shifter)

風力発電など出力変動が大きい発電設備向けに回転形位相調整機(RPS: Rotary Phase Shifter)を用いた出力安定化装置を開発し, 100 kVA 試作システムと1,000 kW 実機風車を組み合わせた現地性能検証試験を2004年3~6月の4か月間実施し完了した。

この試験の結果から, 風力発電機が発生する定格出力の約50%に達する短時間過出力を, RPSの適切な選定と適用により10%以下に低減できるめどが立った。

この装置は静止形変換器に代えて誘導機応用製品を用いたもので, 小型で低価格の出力安定化装置の実現を目的としている。

関係論文: 東芝レビュー, 59, 10, 2004, p.55-58.