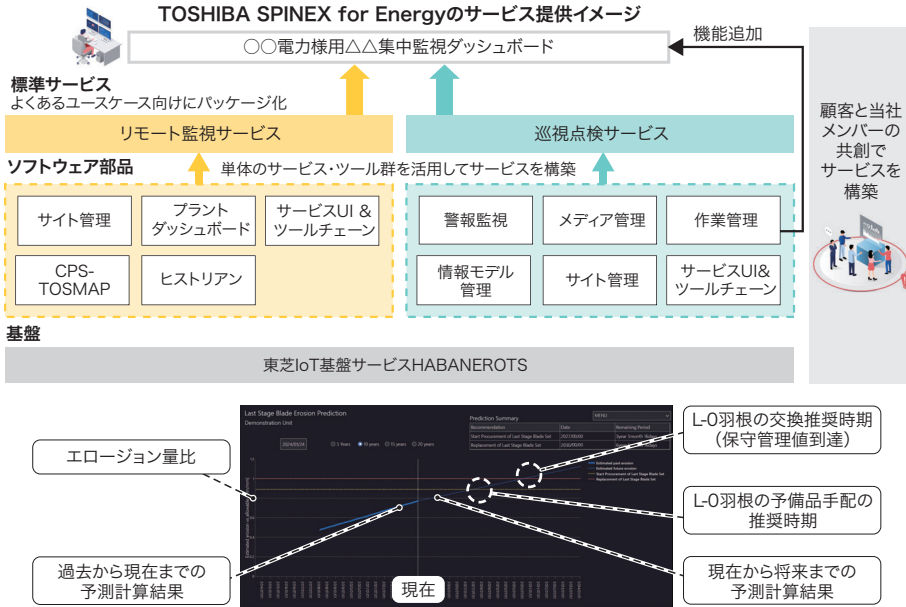


カーボンニュートラル実現に寄与する火力発電所運用保守向け CPS ソリューション

エネルギーシステム
火力発電



対象機器	アプリケーション
蒸気タービン	L-0羽根の浸食予測
	ノズルダイアフラムの変形予測
	初段羽根の固体粒子減肉予測
	低圧ローター植え込み部の孔食予測
発電機	高温部品の余寿命予測
	固定子コイルオンライン絶縁診断
	RRCA ローターレアショート検出 ローターアンバランス検出 クーラー性能劣化
	コレクターリング火花監視装置
復水器	冷却管減肉予測 性能回復効果評価
ボイラー	ボイラー燃焼最適化 スートブロー運用最適化
共通	トラブル要因分析及び 対策提示による運転支援

RRCA : Reverse Root Cause Analysis

TOSHIBA SPINEX for Energyのサービス提供イメージ及び蒸気タービンL-0羽根の浸食予測アプリケーションのユーザーインターフェース (UI) 画面

TOSHIBA SPINEX for Energy concept and application user interface (UI) screen for prediction of steam turbine L-0 blade corrosion

開発した火力発電向けIoTソリューションの例

Examples of new Internet of things (IoT) solutions for thermal power stations

我が国を含む世界各国で、カーボンニュートラル実現に向けて脱炭素化の流れが高まっており、電力分野においても再生可能エネルギーの拡充が進んでいる。一方で、再生可能エネルギーは電力システムの周波数維持・安定化が問題となるため、既設の火力発電所は調整用電源としての役割を求められるが、設計時の想定を超えた運転により機器の機械的負荷が増大し、ベースロード運用時代の保守計画では対応が厳しくなる懸念がある。これを解決するため、当社では、サイバーフィジカルシステム (CPS) 技術を活用した火力発電所の運用保守に関する様々なソリューションを提供している。

当社の火力発電所向けのソリューションは、エネルギー事業向けIoT (Internet of Things) プラットフォームであるTOSHIBA SPINEX for Energyを介して、表に示した例をはじめとする様々なアプリケーションとして提供される。蒸気タービンの低圧最終段 (L-0) 羽根の浸食予測IoTアプリケーションを例に挙げると、L-0羽根の浸食は定格出力付近では緩やかであり、低負荷帯で早く進行することが知られているが、実機の蒸気タービンでは中間負荷帯、低負荷帯の浸食レートを精度良く求めることは実運用上難しい。そこで、実機のデータに加え、数値流体解析 (CFD) 解析などによりL-0付近の流れや水滴の挙動などを評価し、浸食予測モデルを作成して、これをTOSHIBA SPINEX for Energy上で動作するIoTアプリケーションとして開発した。これにより、運用が変わってもタービン機器の開放点検を行うことなく、最終段羽根の現在の浸食量及び将来の浸食量、交換推奨時期などをシステム上で提示し、保守計画の立案に寄与することが可能となる。

今後も発電機器メーカーならではのCPS技術を活用したソリューションの開発・導入を推進し、カーボンニュートラルの実現へ貢献していく。表に示した火力発電向けIoTソリューションは、ボイラー向けIoTソリューションを除き、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 委託業務「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/次世代火力発電基盤技術開発/石炭火力の負荷変動対応技術開発」の結果得られたものである。

東芝エネルギーシステムズ (株)

相生バイオマス発電所燃料転換工事に伴うタービン更新工事の完遂



更新後のタービン及び発電機

Refurbished turbine-generator equipment at Aioi Biomass Power Plant

相生バイオマス発電所は、関西電力(株)の相生発電所2号機を相生バイオエナジー(株)へ継承し、ボイラーで使用する燃料を重油から木質バイオマスへ燃料転換したプラントである。定格出力は200 MWと国内最大のバイオマス発電所である。バイオマス発電は、生育過程で大気中の二酸化炭素(CO₂)を吸収しながら成長した植物に由来する燃料を使用しているため、燃焼させても追加でCO₂が発生されないことからカーボンニュートラルな発電方法の一つとされている。

2020年2月に木質バイオマスへの燃料転換工事に着手し、当社ではタービン・発電機及び制御装置の設計・製作・更新工事・試運転の対応を行い、2023年3月に相生バイオマス発電所として本格運転を開始した。

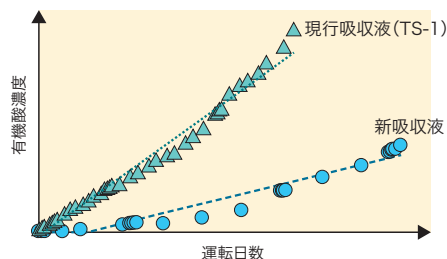
木質バイオマスへの燃料転換工事に伴い、定格出力が375 MWから200 MWに変更になったことを受けて、劣化回復並びに変更後の定格出力に合わせた運転最適点設計で、発電所熱効率を向上させ、燃料使用量低減に寄与した。また、定格出力が200 MWとなったことで復水ポンプの運転台数を2台から1台に減台する試験を実施し、安全・安定した運転ができることを検証し、顧客のニーズに応じた所内電力低減も達成した。このプラントでは既設設備を活用したダウンサイジングや発電効率の向上について、当社所掌のタービンサイクルからも貢献している。この実績を活用し、今後も既設火力発電プラントのカーボンニュートラル化に対応していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

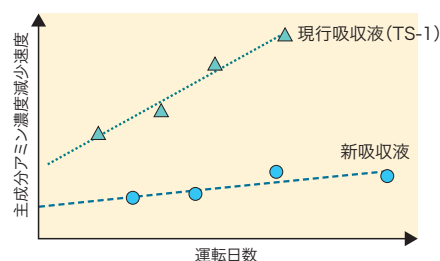
CO₂分離回収設備新吸収液の実運転での検証



佐賀市清掃工場CO₂分離回収設備
Carbon dioxide (CO₂) capture facility at Saga City waste incineration plant



新吸収液と現行吸収液の有機酸蓄積速度の比較
Comparison of organic acid accumulation speed in new and existing CO₂ solvents



新吸収液と現行吸収液の主成分アミン濃度の減少速度の比較
Comparison of decrease in main amine concentration in new and existing CO₂ solvents

カーボンニュートラル社会の実現に向け、CO₂分離回収設備を社会全体に広く普及させるには、設備運用の低コスト化が重要である。CO₂分離回収設備は、排ガスからCO₂を分離する際、CO₂を低温状態で吸収し、高温状態で放出するアミン系のCO₂化学吸収液を使用しているが、CO₂分離回収設備の維持管理費抑制の観点から、吸収液の耐久性向上が課題となっていた。そこで今回、CO₂回収量1単位当たりの必要エネルギーを現行CO₂吸収液と同等に保ちながら、吸収液の劣化が少ない特長を備えた新CO₂吸収液を開発した。

この高耐久性の新吸収液を、当社が2016年に佐賀市清掃工場に納入したCO₂分離回収設備(CO₂回収量：10 t/日)に導入し、連続運転を行い、耐久性について現行吸収液と比較評価した。吸収液の劣化過程は、主成分のアミンが分解しギ酸などの有機酸が生成する。運転時間経過に伴う有機酸蓄積量を従来吸収液と比較した結果、新吸収液の有機酸蓄積速度が約1/3程度に抑制されたことを確認した。また、吸収液中の主成分アミン濃度変化を測定した結果、アミン濃度の減少速度は2/5であることも確認した。このように、実機試験においても耐久性の優位性を確認できた。

2023年10月現在において、耐久試験は5千時間を超えて継続しており、その間CO₂分離回収設備は安定に運転され大きな問題は発生していない。2023年11月には清掃工場の定期検査に伴い、CO₂分離回収設備も約1か月間停止し定期検査を行った。再稼働後は、2023年度末まで耐久試験を引き続き実施し、新吸収液商用化に向けた最終確認を行う予定としている。

■ インドネシア チレボン拡張石炭火力発電プロジェクトが営業運転を開始



チレボン拡張石炭火力発電所
1 000 MW Cirebon2 coal fired power plant, Indonesia

超々臨界石炭火力発電所であるチレボン拡張石炭火力発電プロジェクトが2023年5月に工事完了を迎え、営業運転を開始した。

当社はタービンアイランドを担当し、高性能翼列、高性能最終段を適用するとともに漏洩量低減を図った最新の高性能タービンの採用や、デスーパーヒーター設置による給水温度の高温化などにより高効率化を実現し、炭素排出量の抑制に貢献している。

プロジェクト遂行中に新型コロナウイルス感染症が流行し、一時的に現地体制の縮小を余儀なくされたものの、現地による徹底した感染対策及びリモートシステムを活用した遠隔サポートに積極的に取り組むことで、工程への影響を最小化し建設・試運転を完遂した。

更に、このプロジェクトは1,000 MW標準モデル機の集大成であり、先行機で経験した課題をエンジニアリングから試運転に至るまで徹底的に対策することで、高い信頼性と高品質を達成し、営業運転開始以降も順調に運転を続けている。

今後も、高効率・高品質・高信頼性の発電プラントを納め、カーボンニュートラル社会の実現に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 富津火力発電所4号系列第3軸ガスタービン更新工事完遂



Source : GE Vernova, pic of 9HA Gas Turbine

第3軸ガスタービンの据え付け
Installation of Unit 4-3 gas turbine at JERA Co., Inc. Futtsu Thermal Power Station Group 4

(株)JERA富津火力発電所4号系列は、全3軸から成るコンバインドサイクルプラントで、2016年より第1軸を皮切りにガスタービン及び関連機器の更新工事を実施してきたが、2023年7月に最終の第3軸に対する更新工事が完遂した。

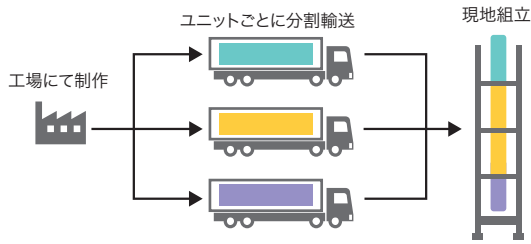
第3軸では、更新前の機器の技術情報が不十分なため、エンジニアリングを確実かつ工期内で進めるには、いかに効率良く実機の状態を把握できるかが課題となった。そこで、機器や配管設備などを3次元(3D)スキャンしデータ化することで、不足情報を補った。

また、工事においても3Dデータを活用し、作業プロセスの事前シミュレーションを実施し、問題点抽出・工法改善・作業最適化を図るなど、エンジニアリング全体を円滑に進めることに努めた。

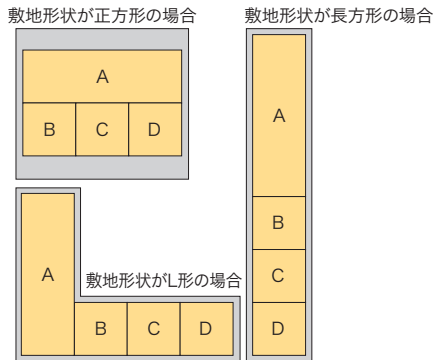
これらの主要な施策により、予定工期を前倒しての運転開始を実現し、夏場の電力安定供給に大きく貢献した。今後も、今回得られた知見や技術を活用し、発電プラントの主要設備更新による高効率化を目指していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ CO₂分離回収システムの現地搬入・組み立てが可能なモジュール型設備



CO₂分離回収システムのモジュール型設備のイメージ図
Concept of modularized CO₂ capture system



敷地形状に合わせた設備配置の模式図
Equipment layout according to shape of land

CO₂分離回収システムは、工場や発電所などから排出されるCO₂が含まれる排ガスからCO₂を選択的に分離・回収するシステムである。

当社は、1日当たり数kg～600 tonのCO₂の回収が可能な設備を、発電分野と産業分野に導入してきた。

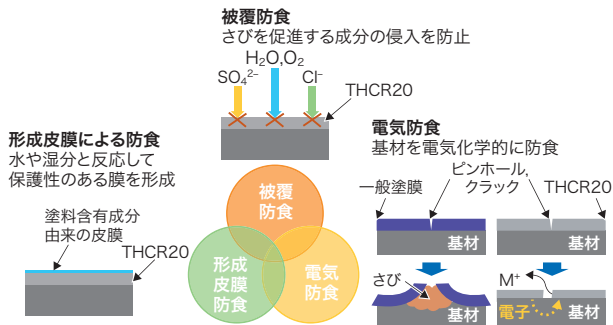
一方、更なる普及には分離回収コストの削減が必要であり、そのためには設備に係る費用の低減が有効である。

そこで、現地でプラント施工する従来工法とは異なり、工場で作成したユニットを現地搬入して組み立てる新工法を特徴とするモジュール型の設備を開発した。この設備は車両輸送し、様々な形状の敷地に合わせて配置を柔軟に変えることができる。また、設計エンジニアリングの標準化を行った。顧客により要求は異なるが、様々なオプション設備を設けることで対応可能とした。これらの取り組みにより、従来比で約20%の設備費低減を達成した。

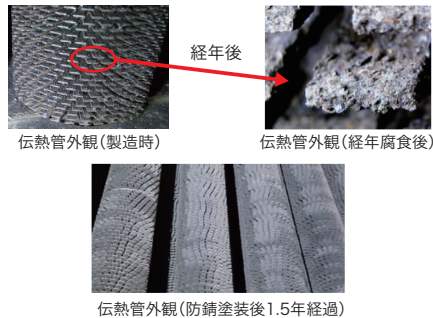
この開発成果は、現地工事工程短縮及びユニット化による品質の安定にもつながる。今後も、より高品質かつ低価格の製品を迅速に顧客へ届けることで、カーボンニュートラルの実現に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 発電プラントの安定運転・寿命延長に寄与する熱交換器伝熱管の防錆塗装技術



防錆塗装(THCR20)の耐腐食メカニズム



H₂O: 水 O₂: 酸素 SO₄²⁻: 硫酸イオン Cl⁻: 塩素イオン M⁺: 金属イオン

防錆塗装メカニズム及びHRSGへの適用状態

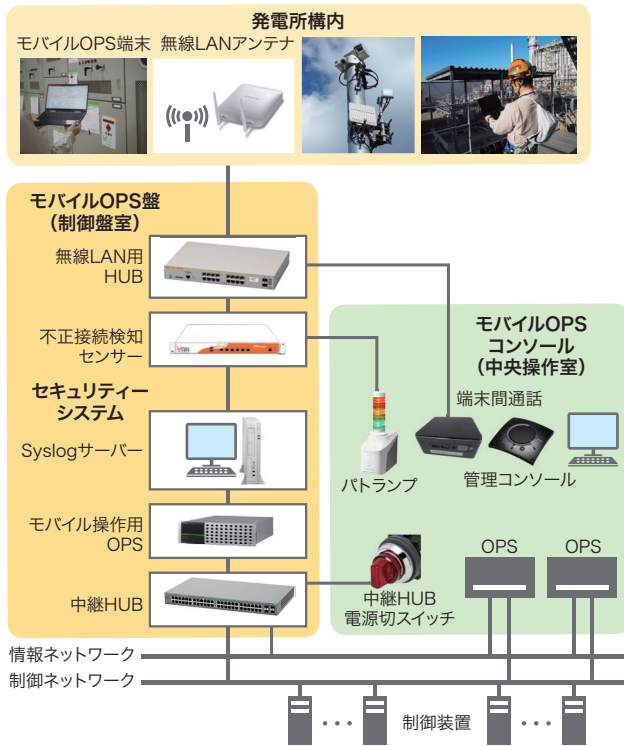
Mechanism of anti-rust painting system and application to heat recovery steam generator (HRSG)

東芝エネルギーシステムズ(株)

コンバインドサイクル発電プラント向け排熱回収ボイラー(HRSG)の伝熱管外表面には、ガスタービン排ガス中に含まれる腐食成分が運転中に付着し、運転中及び停止時に生じる結露水により経年的に腐食損傷する事象が生じ得る。近年のコンバインドサイクル発電においては、頻繁な起動停止や発電出力変動への対応が必要であり、腐食のリスクも高くなる。

当社では、発電プラントの安定運転及び寿命延長のために伝熱管腐食事象対策として、防錆(ぼうせい)塗料“THCR20”を開発した。この製品は、形成皮膜防食、被覆防食及び電気防食により伝熱管を保護でき、かつ熱伝導性に優れているので、伝熱管本来の機能を完全に維持できる。運転開始後9年が経過したHRSGに開発した製品の塗装を施し、その後1.5年が経過した2023年に状況確認を行った結果、塗膜が残存し発錆(はっせい)がないことから、塗装箇所の腐食抑制効果が確認できた。この製品は新製・経年の機種を問わず、腐食環境下の熱交換器伝熱管に広く適用することが可能である。

■ モバイルOPSを適用した火力発電所分散型制御システム



モバイルOPSの概要
Overview of mobile operators station (OPS)

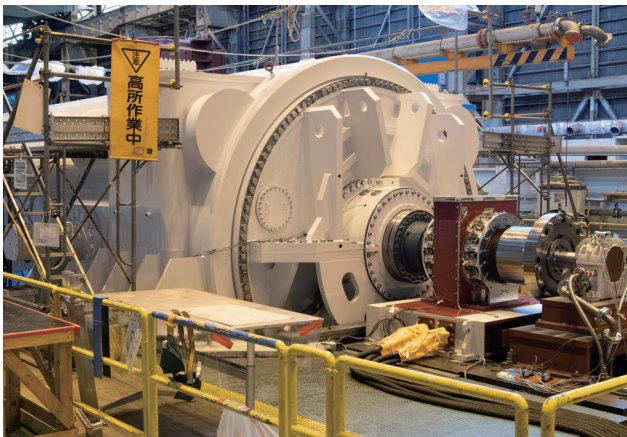
発電プラントでは、従来、中央操作室で運転監視操作を集中的に行っていたが、モバイルOPS (Mobile Operators Station) の導入により、中央操作室に限定することなく現場や事務所からリアルタイムに監視操作ができる分散型制御システム (DCS) を開発した。モバイルOPS導入により、以下の効果が期待できる。

- (1) 監視操作の分散化及び遠隔化による三密 (密閉, 密集, 密接) の回避及び働き方改革の実現
- (2) 日常点検の少人数作業範囲を拡張し現場作業を省力化
- (3) 点検時に現場で運転状態の把握及び危険の検知ができるようにしたことで作業員の安全を確保
- (4) 有識者遠隔支援による問題発生時の解決時間の短縮

また、電力制御システムセキュリティガイドラインに準拠したシステムとするため、外部端末接続による不正操作防止のための認証用サーバー、不正接続検知センサー、Syslogサーバーを構築するとともに、外部アクセス検知時に中央操作室に設置したパトランプを点灯させセキュリティ異常検知を告知し、必要に応じてネットワークを物理的に遮断するスイッチを設けた。このシステムを、今後の新設火力発電プラントに導入提案していく。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 両軸駆動向け870 MVA水素間接冷却タービン発電機



五井火力発電所リプレース用870 MVAタービン発電機 (工場試験時)
870 MVA turbine generator for Goi Thermal Power Station (shop test)

五井火力発電所リプレースへ納入した870 MVAタービン発電機は、両軸駆動方式あるいは固定子水素間接冷却方式のいずれにおいても世界最大容量^(注)のタービン発電機である。両軸駆動方式は運用特性の面で優れた利点を備える一方で、発電機軸は両端部からトルク伝達を受ける構造となっているため、コレクター軸強度の向上が課題となっていた。

この発電機は、2017年に出荷した650 MVA両軸駆動機をベースとしてコレクター軸を新たに開発して、トルク伝達容量の向上を実現すると同時に、高熱伝導絶縁の採用及び冷却構造最適化により、従来は水冷却方式であった容量帯の固定子巻線への水素間接冷却方式の適用を可能とした。

2023年に回転電気試験を実施し、仕様及び規格を満足するとともに、発電機効率に関しては99.2%を達成するという非常に優れた結果が得られている。

今後、発電所の運用開始に向けて据え付け及び試運転調整を進めていく。

(注) 2023年11月現在、当社調べ。

東芝エネルギーシステムズ (株)