

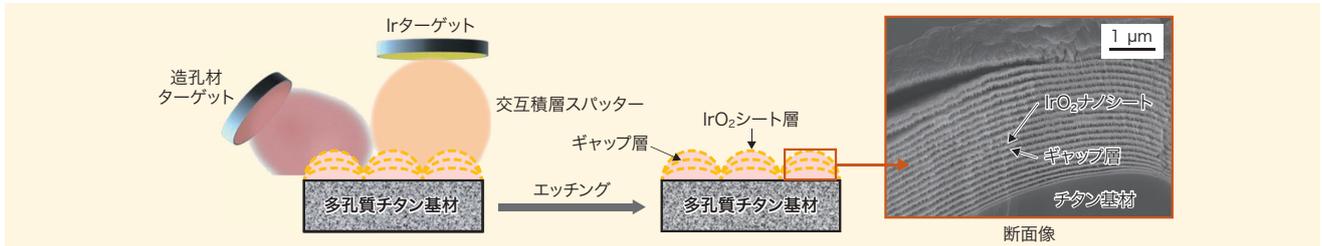
エネルギーシステム

Energy Systems

カーボンニュートラルに貢献する各種再生可能エネルギーや、原子力・火力発電設備、環境に配慮した送変電システムに加え、産業や運輸などの分野にも応用される水素エネルギーシステムや超電導モーターなどの製品・サービスを開発するとともに、デジタル技術を応用したサービスの高度化・最適化を実現することで、持続可能な社会の実現に貢献します。



水素製造に用いる省イリジウム電極と膜電極接合体の大型化

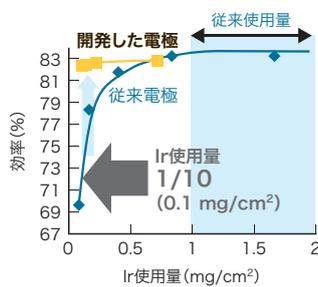
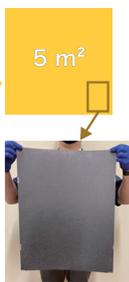


電極製造プロセス

Processes for manufacturing of electrode for polymer electrolyte membrane (PEM) electrolysis developed by Toshiba Corporation

一度に成膜可能な面積
これまで 100 cm^2

$\times 500$



電極の省Ir効果及び大型電極

Performance of newly developed electrode with small amount of iridium and electrode with area of 5 m^2

$2,000 \text{ cm}^2$ 大型MEA

Membrane electrode assembly (MEA) with area of $2,000 \text{ cm}^2$

天候の影響を受けて変動しやすい再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）の電力を水素などに変換し、貯蔵・輸送を可能にするPower to Gas (P2G) 技術への期待が高まっている。再エネによる余剰電力を利用して、水を水素と酸素に電気分解（水電解）し、環境負荷の少ない水素を製造する。

水電解には、電力変動への追従性と耐久性の高いPEM（固体高分子膜：Polymer Electrolyte Membrane）を用いたPEM水電解方式が注目されているが、電極に用いる触媒に世界の年間生産量が7～10 tと貴金属の中でも最も希少なイリジウム（Ir）を使用しており、実用化にはIr使用量の削減が課題の一つであった。東芝グループは2017年に、スパッタリング法を用いた独自の酸化Ir（ IrO_2 ）ナノシート積層触媒を開発し、Ir使用量を従来の1/10に抑えることに、世界で初めて成功した。

今回、ナノシート形成のために必要な造孔材とIrの比率調整と、酸素投入量などの成膜条件の変更により、 IrO_2 ナノシート積層触媒を、一度に最大 5 m^2 成膜できる技術を開発した。

PEM水電解には、高温プレスにより電解質膜と電極を一体化したMEA（膜電極接合体：Membrane Electrode Assembly）を用いるが、電解質膜の製造時にプレス温度により膨潤・収縮し、電極が剥離したり電解質膜にしわがでたりする問題があった。そこで、プレス条件を適正化することで膨潤・収縮率を制御し、しわのない大型MEA（ $2,000 \text{ cm}^2$ ）の製造にも成功した。

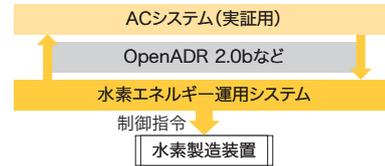
これらの技術により、P2Gの早期実用化を進め、カーボンニュートラル社会の実現に、貢献していく。

関係論文：東芝レビュー、2022、77、4、p.11-14.

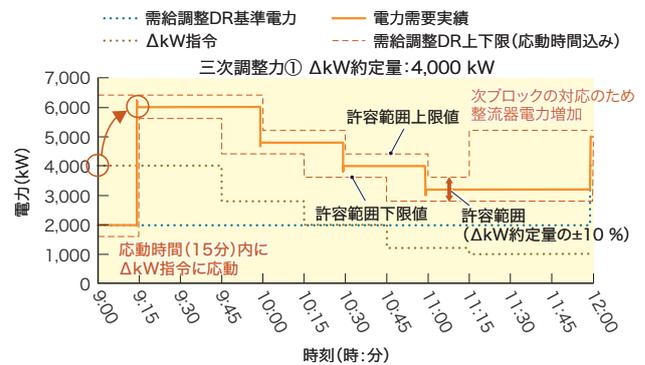
再生可能エネルギーを利用した水素製造施設FH2Rの 需給調整市場を想定した実証運用



福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R)
Fukushima Hydrogen Energy Research Field (FH2R)



ACシステムと連携する水素エネルギー運用システム
Hydrogen energy management system in conjunction with aggregation coordinator (AC) system



三次調整力①のDR実証試験の結果
Results of demand response (DR) demonstration tests on replacement reserves

福島県双葉郡浪江町で、10 MWの水素製造装置と20 MWの太陽光発電 (PV) 設備を備えた水素製造施設 (福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R)) の開発・実証運用を行う委託事業を進めている。この事業は、将来の再生エネ導入拡大を見据え、電力システムの電力需給調整に貢献する水素活用事業モデルと、水素需要に応じて水素製造を行う水素販売事業モデルとを同時に確立する、新たな付加価値を持った大規模P2Gシステムの実用化を目的としている。これまでに、電力需給調整と水素需要の二つの要求を満たしつつ運用コストを最小化する計画機能と、計画に従いながらリアルタイムに変化するPV設備の発電電力と水素製造装置への入力電力を協調制御する制御機能を備えた水素エネルギー運用システムを開発した。

2022年は、PV設備の発電電力を最適な条件下で売電する逆潮流機能を追加した。また、電力の需給調整力を取り引きする需給調整市場への対応を目指して、アグリゲーションコーディネーター (AC) システムと水素エネルギー運用システム間の通信方式を、需給調整市場の通信仕様の要件であるOpenADR 2.0bに対応させた。

これらの改善後の水素エネルギー運用システムを水素製造装置などの実機に適用し、需給調整市場を想定した実証運用を開始した。これまでに、需給調整市場にある複数種の商品のうち三次調整力①、②のデマンドレスポンス (DR) 対応試験を実施し、これらの商品要件を満たすことを確認した。

今後も、電力需給調整と水素製造を両立するP2Gシステムの更なる高度化と、水素需要への対応を含めた大規模化を実現していく。

この実証実験の成果の一部は、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) の技術開発事業「水素社会構築技術開発事業」(JPNP14026) で実施したものである。

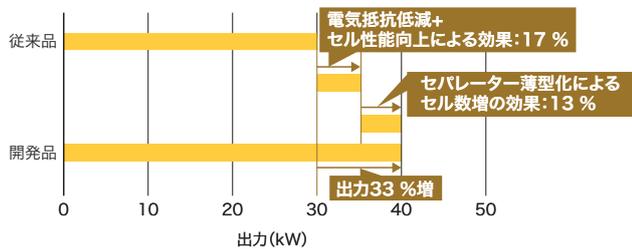
関係論文：東芝レビュー、2022、77、4、p. 7-10。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 燃料電池スタックの高出力化



40 kW 燃料電池スタック
40 kW fuel cell stack for heavy-duty vehicles



開発品と従来品の出力比較
Comparison of power density of conventional and newly developed fuel cell stacks

当社製燃料電池は、世界トップクラスの耐久性があり、バスなどの稼働時間の長いヘビーデューティービークル (HDV) への適用が期待されている。HDV 向けの燃料電池は、高い耐久性を維持しながら、小型化 (高出力密度化) が必要である。出力密度向上のため、部材の小型化と発電性能向上に取り組んだ。

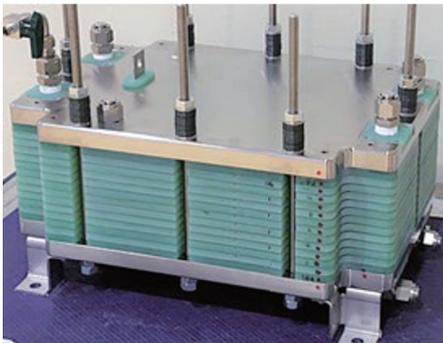
高耐久性を実現する独自技術である内部加湿カーボンセパレーターは、加湿性能を低下させずに強度を向上させ、12%の薄型化により出力密度向上 (同容積でセル数13%増) と電気抵抗低減を達成した。また、高活性な触媒と薄型電解質膜の採用により、セル性能を向上した。その結果、燃料電池スタックの出力密度を33%向上し、40 kWの出力を実現した。

今回開発した40 kW燃料電池スタックを、バッテリーシステム製造を行うポーランドのImpact Clean Power Technology社へ出荷した。今後、バス向け水素燃料電池システムの動作テスト・検証が開始される。

燃料電池スタックの適用領域を更に拡大し、欧州及び世界のほかの地域で水素バリューチェーン展開に対応していく。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ CO₂ 電解ショートスタックの性能検証とCO₂ 電解装置 C2One の基本設計



CO₂ 電解ショートスタック (10セル)
10-cell carbon dioxide (CO₂) electrolysis short stack



C2One
C2One™ CO₂ electrolyzer

二酸化炭素 (CO₂) を一酸化炭素 (CO) に高効率で転換できる電解技術を基に、年間約150 tのCOを製造するC2Oneを、2023年度の試作機完成を目標として開発している。

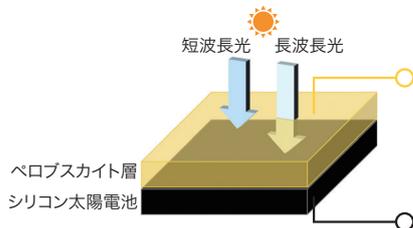
C2Oneには、電極面積400 cm²の単セルを100~200セル積層した電解スタックを複数台搭載する。今回、実機と同じサイズの単セル10枚を積層したショートスタック、及び電解性能を評価するための電気化学評価設備を製作して電解試験を行い、小型セルと同等のファラデー効率でCO製造ができることを検証した。また、電解スタックの性能検証結果を基に、C2Oneの基本設計を行った。システムの熱物質収支の検討や、プロセス系統設計、機器選定、電気システム設計、制御ロジック設計、装置内の配置と3次元モデル設計、安全性レビューなどの、基本設計を完了した。

成果の一部は、環境省の委託事業「二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業」で得られたものである。

関係論文：東芝レビュー、2022、77、4、p.28-31。

東芝エネルギーシステムズ (株)

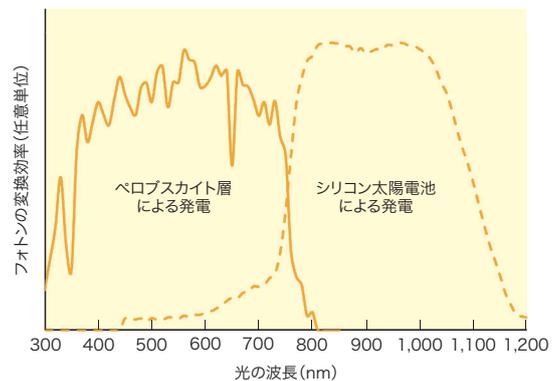
ペロブスカイト／シリコン タンデム太陽電池



2端子型タンデム太陽電池の原理
Basic principle of 2-terminal type perovskite/silicon tandem solar cell



ダブルガラス封止型ペロブスカイト太陽電池の耐水性
Waterproofing of perovskite solar cell by double glass encapsulation



ペロブスカイト層とシリコン太陽電池の同時発電を実証
Results of demonstration of power generation

2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）は重要な役割を担う。再エネを社会の主力電源とするためには、これまで以上に革新的な太陽電池の開発が必要となる。太陽電池のエネルギー変換効率の向上と長寿命化は、発電コストを低減して社会への普及を促進するためには欠かせない。当社は、将来技術として2端子型のペロブスカイト／シリコン タンデム太陽電池を開発している。タンデム太陽電池は、太陽光に含まれる波長を、複数の発電材料で分担して発電することを基本原理とし、トータルのエネルギー変換効率を引き上げる技術である。

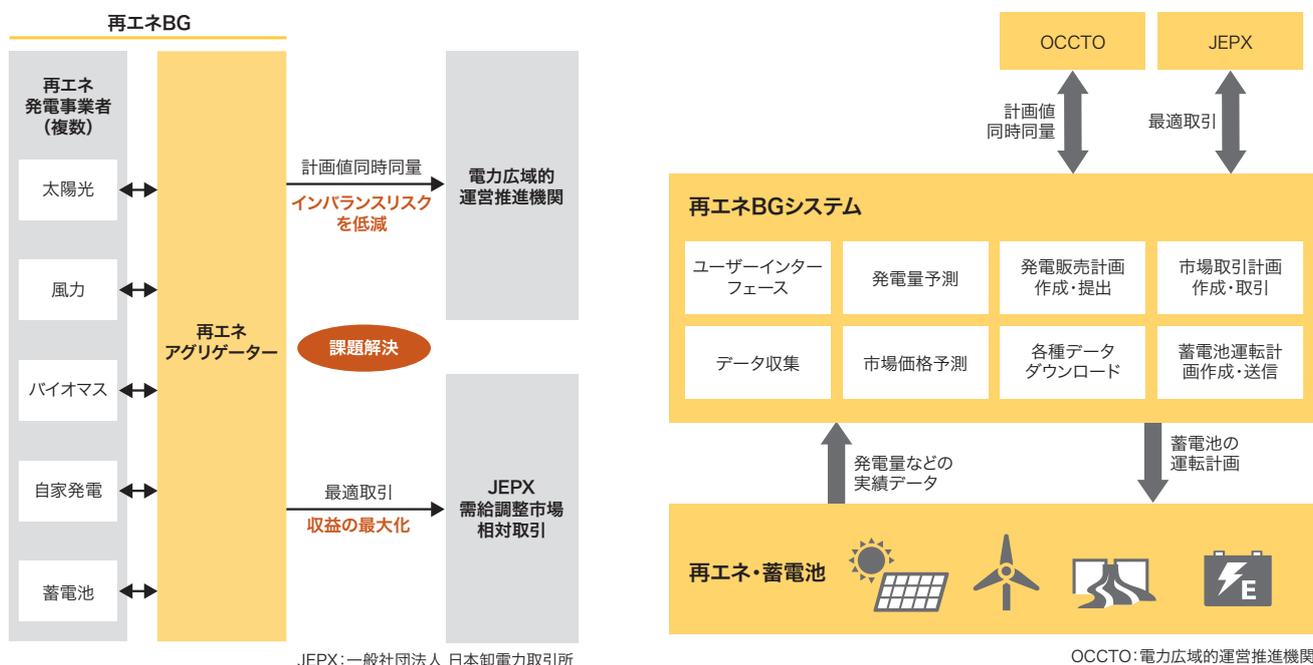
今回、電気通信大学及び産業技術総合研究所と共同で、ペロブスカイト／シリコン タンデム太陽電池の変換効率向上技術を開発し、エネルギー変換効率25.5%を達成した。これは、各発電材料を改良するとともに、ペロブスカイト層の発電量とシリコン太陽電池の発電量が同等になるように、デバイス全体を最適設計することで達成した。今回使用したシリコン太陽電池単体のエネルギー変換効率は17.3%であり、タンデムとすることで8.2ポイントの向上を実現した。向上効果として、世界トップレベルを達成できた。

2端子型のペロブスカイト／シリコン タンデム太陽電池は、現在主流であるシリコン太陽電池モジュールと同じシステムを利用できるため、既存の太陽光発電技術や設備を利用できるメリットがある。更に、耐水性が高いダブルガラス封止で保護することで、長寿命も期待できる。独自に発電コストの試算を行った結果、例えばエネルギー変換効率が27%の場合、寿命がシリコン太陽電池と同等に30年であれば、我が国が目指している発電コスト（7円/kWh）を達成できることも分かった。

今後、実用化に向けて更なる改良を行い、カーボンニュートラルの実現に貢献できる技術開発を加速する。

東芝エネルギーシステムズ(株)

再エネバランシンググループシステムの開発



再エネアグリゲーターの位置付けと役割

Positioning and functions of renewable energy aggregator

再エネバランシンググループシステムの概要

Overview of renewable energy balancing group system

再エネの主力電源化に向けて、2022年4月にFIP (Feed-in Premium) 制度が始まった。FIP制度では、再エネ発電事業者は、発電した電力を相対取引や市場取引により販売する必要があり、そのために計画値同時同量の責務を負う。また、再エネは気象条件などにより発電量が変化するため、計画作成時には高精度に再エネ発電量を予測するのは難しい。全ての再エネ発電事業者が高精度の予測ができるとは限らないため、再エネ発電事業者を束ねてバランシンググループ (BG) を組成し、計画値同時同量に関する業務を行う再エネアグリゲーターという事業者が求められている。

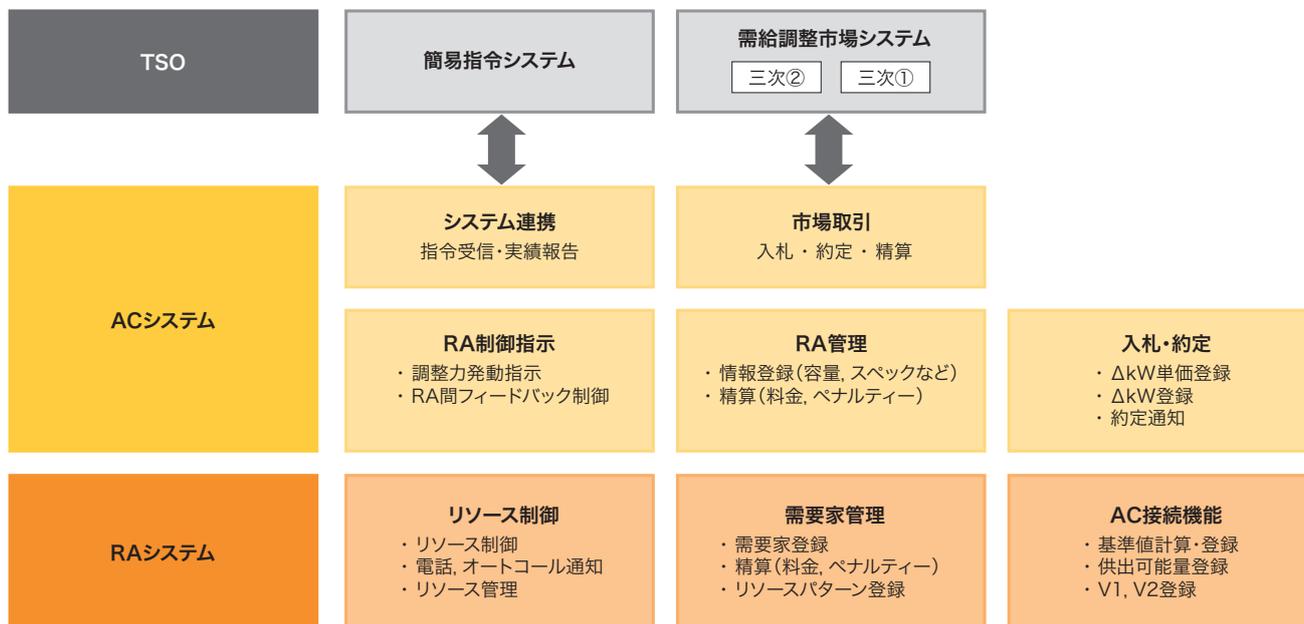
この状況を踏まえ、再エネアグリゲーター向けのシステムとして、再エネBGシステムを開発した。再エネBGシステムは、市場取引や計画値同時同量などの業務を行うための基本的な機能に加えて、以下の機能を備える。

- ・ 発電量予測機能：独自の数値気象予報モデルによる気象予測データ (日照強度、気温など) に基づき、再エネの発電量を高精度に予測する。
- ・ 市場取引戦略機能：過去の発電量の予測データと実績データから、多数の将来シナリオを生成し、インバランスリスクを制約条件として最適な取引計画を作成する。
- ・ 蓄電池制御機能：発電量や市場価格の予測データに基づき、インバランスを最小化する運転計画や、市場取引の収入を最大化する運転計画を作成する。

これらの機能は、一般社団法人 環境共創イニシアチブの「令和3年度 再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業」を通じて評価され、再エネアグリゲーターにとって有用であることが確認された。また、再エネBGシステムを用いた再エネアグリゲーションサービスを、2022年5月に開始した。今後も、このシステムの使いやすさと各機能の改善を継続する。

東芝エネルギーシステムズ (株)

需給調整市場向けアグリゲーションシステム（ACRAシステム）



V1: 上げ調整単価 V2: 下げ調整単価

需給調整市場向けACRAシステムの構成

Structure of aggregation coordinator (AC) and resource aggregator (RA) systems for control reserve markets

2017年度以降、一般送配電事業者（TSO）が電力供給エリアの周波数制御と需給バランス調整を実施するために必要な調整力は、各エリアで公募により調達してきたが、より効率的な需給運用のために、2021年4月に需給調整市場が開設された。需給調整市場では、市場運営者である各エリアのTSOが調整力の必要量を提示し、発電機や需要抑制のリソースを持つ調整力の提供者は、必要量に対して入札するため、調整力の提供者は、市場のアクセスやリソース運用を行うシステムが必要になる。

当社は、2017年からネガワットアグリゲーターとして、TSOから電力抑制の指令を受けて需要家に配信する機能や需要家の電力量を収集する機能を持ち、運用サービスを行っている。これらの機能に、需給調整市場への入札機能などを追加することで、ACRAシステムを開発した。

ACRAシステムは、簡易指令システムとの送受信や需給調整市場への入札・約定の役割を持つAC（Aggregation Coordinator）システムと、需要家のリソースを制御するRA（Resource Aggregator）システムとで構成される。

ACシステムの機能としては、簡易指令システムからの指令の受信、実績データの送信、需給調整市場システムへのΔkW入札・約定機能、RAシステムへの調整力発動指示、精算機能などがある。

RAシステムの機能としては、リソース制御実績表示、基準値計算、調整単価の登録、需要家精算機能、リソース管理機能などがある。ACRAシステムはクラウド環境に構築して、顧客にSaaS（Software as a Service）として提供しており、利便性の向上や法制度変更への対応など、柔軟に機能拡張できる。

今後、2024年度から市場が開設される二次調整力や一次調整力の市場要件や、需給調整市場の市場価格予測機能などに対応していく。

東芝エネルギーシステムズ（株）

中部電力(株)久瀬発電所が営業運転を開始



久瀬発電所の水車発電機
Hydraulic turbine generators for Kuze Hydroelectric Power Station of Chubu Electric Power Co., Inc.



水車
Hydraulic turbine

中部電力(株)久瀬発電所の水車・発電機設備の一式更新工事が完了し、2022年7月に営業運転を開始した。この発電所は岐阜県揖斐郡に位置し、木曽川水系揖斐川より取水し、2台で17,000 kWを出力する発電所である。2018年7月に発生した集中豪雨により隣接する揖斐川の氾濫で、土砂や河川水が所内に侵入して壊滅的な被害を受けたため、急ぎよ、電気設備の一式更新を行うこととなったもので、短納期での対応が評価され、当社が受注した。水車にはT-Blade™ランナを採用し、当社保有の最適類似模型を参考にした設計を行い、模型と形状が異なる吸い出し管については流れ解析(CFD)による追加検討を実施した。これにより、短納期を確保しつつ、既設機器と同じ使用流量で水車1台当たりの最大出力を100 kW増加させた。また、万が一、豪雨などで水車室が浸水しても、発電機を据え付けたままの状態の水車だけを分解し、部品を水車ピット監査路から搬出することが可能な構造とした。更に、ガイドベーンサーボモーター及び入口弁サーボモーターを電動化することでオイルレス化を図るとともに、水車及び発電機の軸受を空冷にすることで冷却水レス化し、保守の省力化と環境負荷の低減を図った。監視システムとしては、発電所に設置する監視測定データ送信用サーバー(子局)及び管理所に設置するデータ集計・分析用サーバー(親局)で構成される保守支援装置を導入した。計測項目を増やし、帳票作成機能、表示機能の使い勝手を高めたことにより、保守の利便性向上を図った。今後、同じ管理所が管轄している複数の発電所に対しても、子局を順次導入することでシステムを拡張し、更なる利便性の向上に貢献していく。

納入した水車及び発電機の定格は、以下のとおりである。

- ・水車：9,100 kW, 34.62 m, 240 min⁻¹, 2台
- ・発電機：10,000 kVA, 6.6 kV, 60 Hz, 力率0.9, 2台

中国 寧海揚水発電所の模型立ち会い試験の完了及び初号機吸い出し管の出荷



寧海揚水発電所ポンプ水車模型立ち会い試験装置
Model acceptance test equipment for Ninghai Pumped-Storage Power Station, China



初号機吸い出し管の出荷
Shipment of draft tube for Unit 1

中国 寧海揚水発電所のポンプ水車の模型立ち会い試験は、2022年3月に第三者機関である中国水力水電科学研究院 (IWHR) で、ポンプ及び水車の効率や、キャビテーション、水圧脈動などの項目について実施し、合格した。

また、主要部品として初となる初号機の吸い出し管を、2022年8月に出荷した。

この発電所は、浙江省の省都である杭州市から220 km 東南に位置する単機出力350 MWの設備4台、総出力1,400 MWの揚水発電所で、東芝水力発電設備(杭州)有限公司 (THPC) が、広東省の清遠揚水発電所に続く中国国内揚水案件の2例目として、2021年2月に受注したものである。

当社の所掌は、ポンプ水車の水力設計及び模型開発・試験だけに限定し、ポンプ水車・発電電動機的设计・製造は、当社の支援の下、全てをTHPCにて実施している。

ポンプ水車には、長翼と短翼を組み合わせたスプリットランナを採用した。また、CFDと模型開発により、ケーシングの断面積の変化率、ステーベーンとガイドベーンの翼形と相対位置、ランナの背圧室及び側圧室の隙間、ランナの羽根形状がそれぞれ最適となるよう設計した。これにより、類似機と比較して、模型の水車最高効率を約0.5%向上させ、ガイドベーンの出口とランナ羽根入口間の脈動も減少させた。

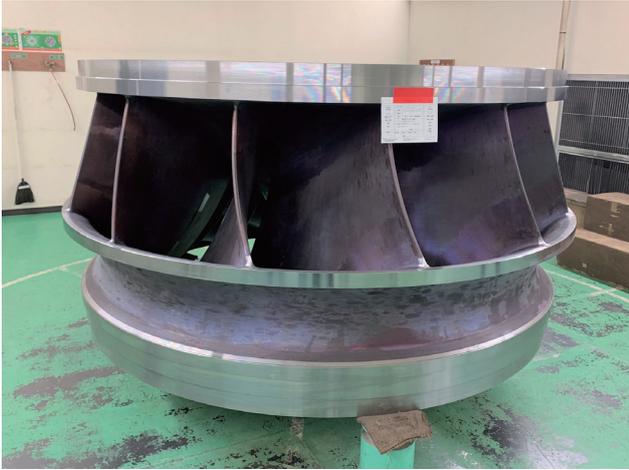
初号機の吸い出し管の据え付けは2022年12月末に完了し、後続の号機・機器の工場製作及び現地据付を進めている。運転開始は、初号機が2024年4月の予定であり、以降は4か月ごとに次号機へと進めて、最終号機である4号機は2025年3月を予定している。

ポンプ水車と発電電動機の定格は次のとおりで、THPCとしての最大容量機となる。

- ・ポンプ水車：351.7 MW, 438 m/507 m, 428.6 min⁻¹
- ・発電電動機：388.9 MVA/384 MW, 18 kV, 428.6 min⁻¹, 50 Hz

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ ネパール カリガンダキ A 水力発電所用予備ランナが工場で作成



カリガンダキ A 水力発電所 予備ランナ (溶射前)
Spare hydraulic runner before thermal spraying for Kaligandaki A
Hydroelectric Power Station, Nepal

ネパール カリガンダキ A 水力発電所用の予備ランナは、2022年12月に溶射を実施して工場で作成した。

この発電所は、2002年に運転を開始した主機3台の発電所で、耐土砂摩耗性に優れた溶射ランナ3台とともに、溶射を施していない予備ランナを3台納入した。溶射を施さずに納入した予備ランナは、現地業者が溶射を行い、入れ替えながら使用されていたが、被膜が剥がれ摩耗が進行する問題を抱えていた。一方で、当社の溶射被膜は剥がれにくく、耐土砂摩耗性に優れていることが評価され、今回の受注につながった。

今回完成したランナは、現地調査結果に基づき、ランナ羽根出口側にも溶射を追加し、被膜厚さを薄くしたことにより耐摩耗性と耐衝撃性のバランスを最適化した。

機器の定格は、次のとおりである。

- ・水車：48,000 kW, 115 m, 300 min⁻¹

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ インドネシア シグラグラ発電所の水車ランナ4号機の更新を完了



インドネシア シグラグラ発電所更新水車ランナ
Upgrade of hydraulic runner for Siguragura Power Station, Indonesia

インドネシア アサハンアルミニウム (以下、INALUM) 社シグラグラ発電所は、2022年6月に4台目となる水車ランナ4号機の更新を完了した。

この発電所は、日系企業が設立した日本アサハンアルミニウム (株) とインドネシア政府の合弁会社であるINALUM 社が、アルミニウム工場とともに建設した発電所で、1982年に運転を開始した。

2013年の契約満了でのインドネシア政府への全株売却を前に、2007年から2011年にかけて1号機から3号機の水車ランナの更新を実施したが、その効果が認められ、インドネシア政府移管後の2017年に4台目の水車ランナの更新を受注した。

一連の更新では、CFDと模型試験を駆使した性能開発を行い、水車ランナ更新に併せて、ガイドベーンの更新及びステーベーン延長片取り付け改造を実施することにより、既設水車と比較して、効率を約5%向上させた。

定格は以下のとおりである。

- ・水車：73,200 kW, 218 m, 333 min⁻¹, 4台

東芝エネルギーシステムズ (株)

九州電力（株）竹田発電所が営業運転を開始



水車発電機

Hydraulic turbines and generators for Taketa Hydroelectric Power Station Units 1 and 2 of Kyushu Electric Power Co., Inc.

九州電力（株）竹田発電所は、水車・発電機及び制御装置の一式更新工事を完了し、2022年6月に営業運転を開始した。

この発電所は、運転開始から64年が経過し、老朽化が進行していることから、一式更新することになったものである。流用する既設建屋に搬入可能な寸法上の制約があることから、吸い出し管、スピードリング、ケーシング側板、入口短管は分割構造とし、現地にて溶接組立を実施した。また、ガイドベーンサーボモーター、ランナベーンサーボモーター、主弁及び側路弁を全て電動化することにより、設備の簡素化や保守の省力化を図った。このほか、一体形制御盤の採用による省スペース化、制御ケーブルの低減による工期の短縮を図った。

発電所出力は、最大使用水量を増加し、最適設計で水車・発電機の効率を向上させたことにより、従来の7,000 kWから、8,300 kWに増加した。

更新後の水車・発電機の定格は、次のとおりである。

- ・水車：8,940 kW, 37.4 m, 327.5 min⁻¹
- ・発電機：9,000 kVA, 6.6 kV, 700 A, 60 Hz

東芝エネルギーシステムズ（株）

北海道電力（株）層雲峡発電所2号機が営業運転を開始



発電機

Generator for Souunkyo Hydroelectric Power Station Unit 2 of Hokkaido Electric Power Co., Inc.

北海道電力（株）層雲峡発電所は、2021年10月の1号機に続き、2022年10月に2号機が営業運転を開始した。

この発電所は、1954年に運用を開始してから60年以上経過しており老朽化が進んでいたことから、1、2号機ともに一式更新を実施したものである。

水車は、T-Blade™ランナを採用し、CFDにより形状を最適化することで水車出力を12,500 kWから13,000 kWへ増大させた。また、调速機にはハイブリッド方式を適用し、設備の簡素化、環境負荷の低減、メンテナンス性の向上を図った。発電機では、樹脂軸受を採用することで軸受の損失低減を図った。

当社が納入した水車、発電機の定格は、以下のとおりである。

- ・水車：13,000 kW, 158.45 m, 600 min⁻¹, 2台
- ・発電機：15,000 kVA, 11 kV, 788 A, 50 Hz, 力率0.9, 2台

東芝エネルギーシステムズ（株）

■ ほくでんエコエナジー(株) 虻田発電所が営業運転を開始



水車1号機
Hydraulic turbine for Abuta Hydroelectric Power Station Unit 1 of Hokuden Eco-Energy Co., Ltd.



水車2号機
Hydraulic turbine for Unit 2



水車発電機
Hydraulic turbine generator

ほくでんエコエナジー(株) 虻田発電所は、水車・発電機及び制御装置の更新工事を完了し、2022年12月に発電設備全3台の営業運転を開始した。この発電所は、1939年に建設されてから80年以上経過しており、老朽化のため、設備の一式更新を行うことになったものである。

水車は、T-Blade™ランナを採用し、CFDによる性能開発を実施し、高効率化させたことで、1台当たりの出力を430 kW、発電所として1,290 kW向上させた。

フランス水車のケーシングはコンクリートに完全に埋設するのが一般的だが、更新機は下流側の一部だけをコンクリートに埋設する半露出タイプを採用した。更に、下部吸い出し管は既設を流用することで、現地工程を大幅短縮し、当初の計画より早い運転開始を実現した。また、ガイドベーンサーボモーター、入口弁、及び側路弁を全て電動化することにより、設備の簡素化や保守の省力化を図った。

更新後の水車・発電機の定格は、次のとおりである。

- ・水車： 7,160 kW, 64.31 m, 375 min⁻¹, 3台
- ・発電機：7,700 kVA, 6.6 kV, 674 A, 50 Hz, 力率0.9, 3台

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 電源開発(株) 瀬戸石発電所の水害復旧のための機器更新を完了



水害復旧工事完了後の発電機フロア
Generator floor after completion of flood-damage restoration work at Setoishi Hydropower Station of Electric Power Development Co., Ltd.

電源開発(株) 瀬戸石発電所の水害復旧工事が完了し、2022年5月から営業運転を再開した。

この発電所は、2020年7月の球磨川流域を中心とした豪雨に見舞われ、主要機器のほぼ全てが水没する甚大な被害を受けたことから、一部更新を含む復旧工事を、緊急かつ敏速に行う必要が生じた。

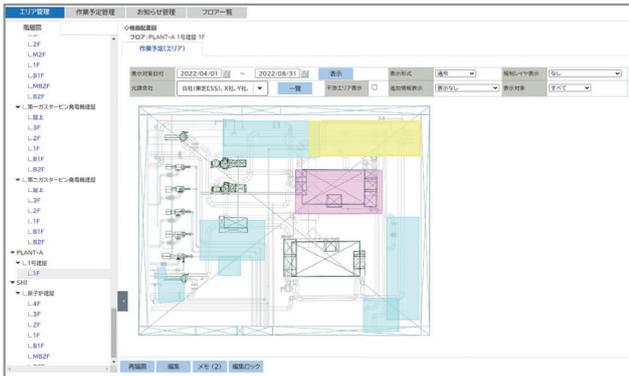
水車・発電機は、電源開発(株)により洗浄・乾燥を行うことのできる限り再利用し、著しい発錆が見られた上部軸や、コレクターリングカバー、上部ブラケットなどの一部の部品だけを工場に持ち込み、修正加工を行った。ソレノイドなどの電気品、制御装置、及びキュービクルは、再利用不可能であったため、更新決定と同時に長納期品の手配を開始し、工期短縮に努め、復旧を完了させた。また、ランナベーン制御の不具合を改善し、励磁変圧器の移設及び保守性の改善も図った。

主要機器の定格は、以下のとおりである。

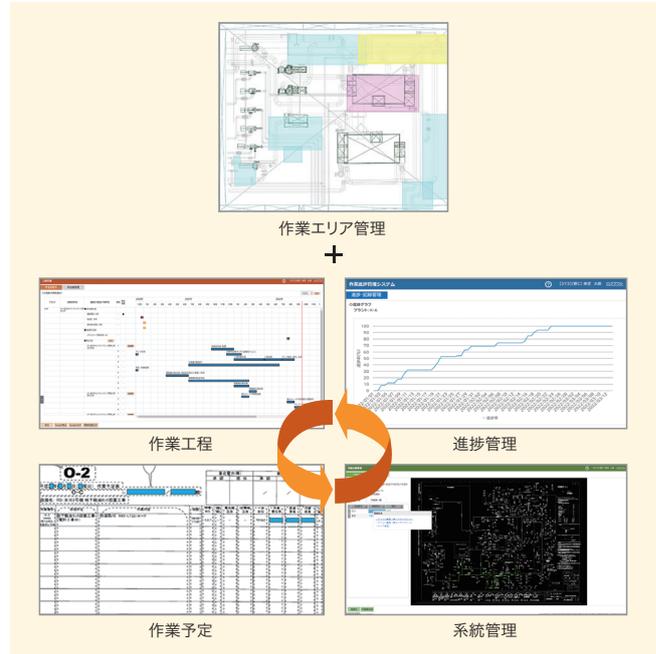
- ・水車：20,600 kW, 17.15 m, 128.5 min⁻¹
- ・発電機：22,000 kVA, 11 kV, 力率0.85, 129 min⁻¹, 60 Hz

東芝エネルギーシステムズ(株)

原子力発電所の作業エリア情報のデータ活用による一元管理



作業エリア情報を一元管理するデータベースアプリケーションの画面例
Example of display of database application for unified management of construction area information



今後の管理機能の拡張
Further expansion of functions of database application

2022年8月の第2回GX(グリーントランスフォーメーション)実行会議で、2030年までに27基の原子力発電所を稼働させる必要があることが示された。原子力発電所の再稼働に向けて、新規制に対応するための工事を進めており、関係する多くの電気事業者は、膨大な数の工事を同時に行うため、複数の元請け会社に発注している。各元請け会社は、工事を円滑かつ確実に実施するため、自社の下請け会社との間はもとより、ほかの元請け会社とも日々の作業調整が必要である。

この中で特に、作業エリアで複数の工事が干渉しないようにする調整は、多数の工事関係者が関わる属人的な業務であり、負担が大きかった。ホワイトボードに手書きしていた作業エリア情報を、汎用ソフトウェアの活用で、工事関係者が自席のPC(パソコン)で把握し、電話やメールで調整できるように改善した。しかし、時々刻々変化する作業エリア情報の常時更新が難しく、タイムリーな情報確認ができなかった。

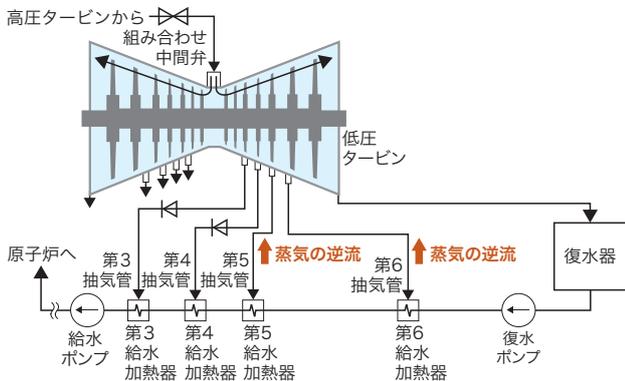
そこで、作業エリア情報を一元管理できるデータベースアプリケーションを開発し、Webブラウザを用いた社外公開サービスを活用することにより、全ての元請け会社が作業エリア情報をリアルタイムに確認できるようにした。工事関係者が使いやすいユーザーインターフェースを実現するために、データ入力方法を継続的に改善している。

このアプリケーションは、2022年4月から東北電力(株)女川原子力発電所2号機の新規制対応工事で採用され、7,000か所以上の作業エリア情報をリアルタイムに一元管理し、工事関係会社の約400名が利用して、工事管理者の負担軽減に貢献している。ほかの事業者からも採用したいという要望があり、適用先を拡大していく。

今後、アプリケーションが扱う対象として、工程管理や、系統管理、進捗管理などを加え、作業調整業務のプラットフォームとすることで、現地工事の統合管理を進めていく。更には、このアプリケーションを通して蓄積した実績データを基にシミュレーションを行い、定期検査における工期短縮や設備利用率の向上に寄与していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

東京電力ホールディングス(株) 柏崎刈羽原子力発電所 第6, 7号機用低圧タービンの信頼性検証



フラッシュバック現象による既設タービン動翼の疲労損傷
Fatigue failure of existing turbine blades caused by flashback phenomenon



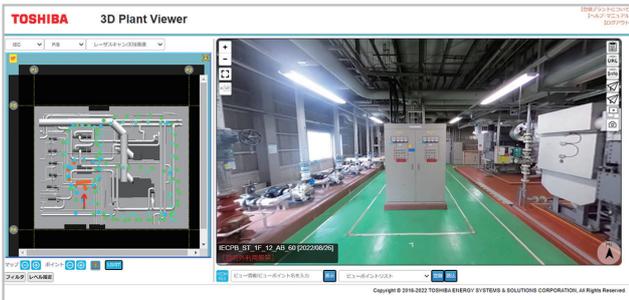
縮小モデルタービン検証試験装置
Subscale model turbine test facility

2008年に、東京電力ホールディングス(株) 柏崎刈羽原子力発電所第6, 7号機の他社製低圧タービンの長翼段落で、動翼植え込み部に多数の損傷が確認された。損傷の原因は、発電機の負荷遮断時に、給水加熱器の飽和水が急激な減圧沸騰により大量の蒸気になり、タービン内部へ蒸気が逆流するフラッシュバック現象による高サイクル疲労であると推定された。この事象の対策を行ったタービンへの更新が、計画されている。

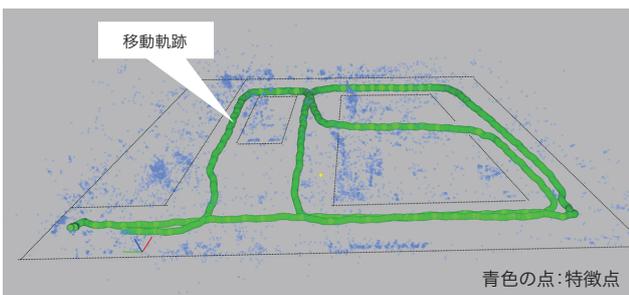
更新タービンの長翼の信頼性を検証するため、当社京浜事業所タービン工場で、実機の1/4.2倍の縮小モデルタービンと、フラッシュバック現象を模擬するための装置で、検証試験を実施した。実機で想定される最も厳しい条件として、フラッシュバック蒸気量が最大となる定格電気出力の負荷遮断を想定した。試験の結果、動翼植え込み部に発生する振動応力は、材料の疲労強度に対して十分小さいことを確認し、更新タービンの長翼の構造信頼性を検証することができた。

東芝エネルギーシステムズ(株)

発電所の現場状況を把握できる360°カメラ画像の活用技術



撮影位置から推定された360°画像が配置・登録された3D Plant Viewer
Example of 3D Plant Viewer display with arranged and registered 360° images estimated from shooting positions



撮影した動画を基にした移動軌跡の推定結果
Result of estimation of movement trajectory based on shooting positions

原子力発電所の安全対策として、様々な設備の追加工事を行っている。設備の追加には工程や空間上の制約があるため、工事を円滑に進めるには関係者との設計情報や現場状況の共有が有効である。そこで、3D(3次元)CADモデルや点群データをWebブラウザ上で閲覧できる3D Plant Viewer(2019年提供開始)に、360°画像から現場状況を把握できる機能を追加した。

点群データの取得には時間が掛かるため、従来は数年に一度の頻度でしか現場の情報を更新できなかった。カメラからの360°画像を使うことで数週間に一度の頻度で更新でき、最新の現場状況の共有に活用できるようになった。

3D Plant Viewerが持つタグ付けや、時系列アーカイブと情報共有する機能との組み合わせは、電力事業者からも教育実習など様々な場面で利用したいとの要望があり、更なる発展に向けて機能改良を進める。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ バラカ原子力発電所1号機タービン発電機用検査ロボットの初適用



タービン発電機向け検査ロボット
Inspection robot for turbine generators



検査ロボットによる詳細検査の様子
Detailed inspection of turbine generator applying inspection robot at Barakah Nuclear Energy Plant Unit 1, United Arab Emirates

当社は、アラブ首長国連邦(UAE)のバラカ原子力発電所1号機の初回定期検査(2022年春に実施)に、タービン発電機用検査ロボットを初適用し、検査を完了した。これは、運転・保守を担当するNawah エナジー社、及びタービン発電機検査の主契約者である韓国の斗山エナビリティー社を通じて行った。

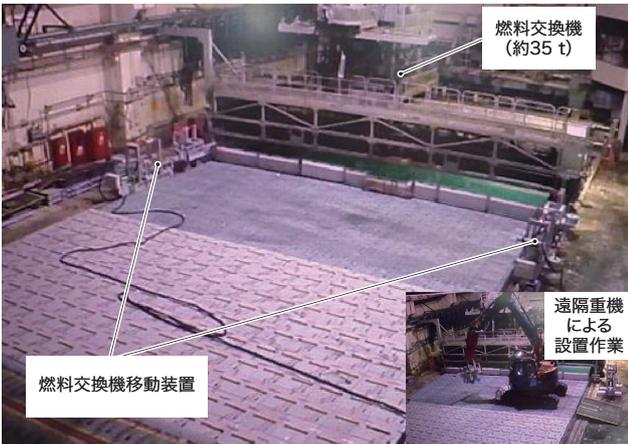
検査ロボットは、発電機の回転子が固定子内にある状態のまま、狭いギャップ内を走行し、内部の詳細検査を行う。回転子の引き抜きが不要なため、検査工期を従来の約半分に短縮できる。

今回の検査では、業界最薄クラスの厚さ10mmである薄型検査ロボットを適用し、回転子の目視検査(傷、過熱痕、通風孔詰まり)、固定子の目視検査(傷、過熱痕)、及び固定子楔(くさび)の打音検査(楔緩みの確認)を実施した。検査結果に問題はなく、発電機の健全性を確認できた。今後、ロボット検査機能を拡充し、更に顧客の利便性向上を図る。

当社は、検査ロボットによる保守メンテナンスサービスの適用範囲を拡大し、タービン発電機検査の効率化を通して、発電所の稼働率向上及び保守費削減による経済性向上に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 高線量環境下での遠隔作業による燃料交換機移動工事の完遂



燃料交換機移動工事の様子
Scene of evacuation of fuel handling machine installed at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 2

東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所2号機の原子炉建屋内の使用済み燃料プールにある燃料の安全な取り出しに向けて、プール上にある燃料交換機を移動させる移動装置を開発した。

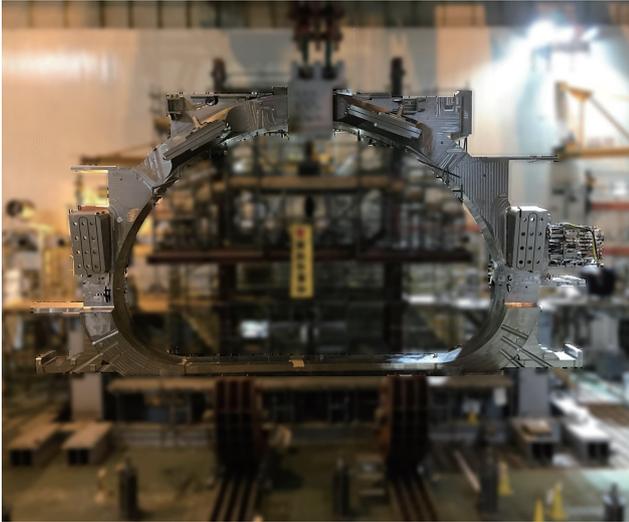
この装置に必要な機能として、ギア・車輪部の固着や、ブレーキの解除不可などの事態が発生しても移動できるだけの牽引(けんいん)力、遠隔重機とカメラ映像で設置できる位置決めガイド、及び重機で運搬できる軽量化・小型化が求められる。更に、燃料交換機は2本のレール上を走行するため、片側だけの牽引とならないよう移動距離・駆動電流・牽引力を監視し、牽引部を同調させる制御を実装した。

移動装置の機能を工場で入念に検証した上で現地作業に臨み、遠隔操作室からカメラ映像だけで重機を操作して移動装置を設置させ、更に移動装置を遠隔操作で牽引部を問題なく同調させてレール上を約15m移動し、使用済み燃料プール上からの移動を完遂した。

今回得られた遠隔技術を今後の装置開発にも生かし、福島第一原子力発電所の廃炉活動に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

ITER TF コイル3基の完成



4基目の ITER TF コイル

Fourth toroidal field (TF) coil for ITER in standing position before machining

日本や欧州連合など世界7極が連携した国際プロジェクト ITER (核融合実験炉) の建設が、フランスで進んでいる。主要機器のトロイダル磁場 (TF) コイルは、高さ17 m、幅9 m、質量320 tで、高温・高密度の核融合プラズマを閉じ込める世界最大級の超伝導コイルである。ITERには18基のTFコイルが用いられる。当社は、量子科学技術研究開発機構から4基の製造を受注し、2022年9月までに3基が完成して出荷した。最後の4基目は2023年3月に完成する。

TFコイルは、超伝導導体の巻線をコイルケースに組み込み、機械加工で仕上げる。大型構造物であるが寸法精度の仕様は厳しく、数ミリオーダーの製作精度が要求される。そのため、組み立て・溶接・加工に高い技術が必要とした。機械加工では、製品温度をリアルタイムで測定して、加工プログラムを自動補正するシステムを開発した。これにより、作業効率の低下を避けながら、発生する熱膨張や変形を公差内に収めて、要求精度を満足する高精度加工を実現した。

TFコイルの製作完了後も、核融合技術を活用して未来のエネルギー供給とカーボンニュートラル実現に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ (株)

延世大学の重粒子線治療装置 固定治療室の現地工事完了



延世大学の重粒子線治療施設

Heavy-ion radiotherapy facility installed at Yonsei University, Korea

当社は、重粒子線治療装置の海外展開を進めており、初の海外案件として、2022年10月に韓国の延世大学で、固定治療室の現地工事を完了した。

重粒子線を用いたがんの放射線治療は、患者への負担や副作用が小さいだけでなく、患部への線量集中度が高いため近傍の正常組織への影響を抑えられる。当社は重粒子線治療装置メーカーで唯一^(注)、患者の体軸周りの任意角度からの照射が可能な超伝導回転ガントリーを実用化済みであり、患部への線量集中を更に高精度に実施できる。

2018年3月に、韓国の医療企業DKメディカルソリューションとコンソーシアムを組み、延世大学から固定照射ポート式の治療室1室と回転ガントリー式の治療室2室の重粒子線治療装置を受注した。2021年3月から大型装置の搬入を開始し、治療装置としての性能を満足するように、加速器とビーム輸送ラインの調整・試験を実施してきた。2023年2月に固定治療室の引き渡しを行い、2023年春に治療開始の予定である。その後、回転ガントリー式の治療室での治療開始に向けて、機能確認を進めていく。

(注) 2023年3月現在、当社調べ。

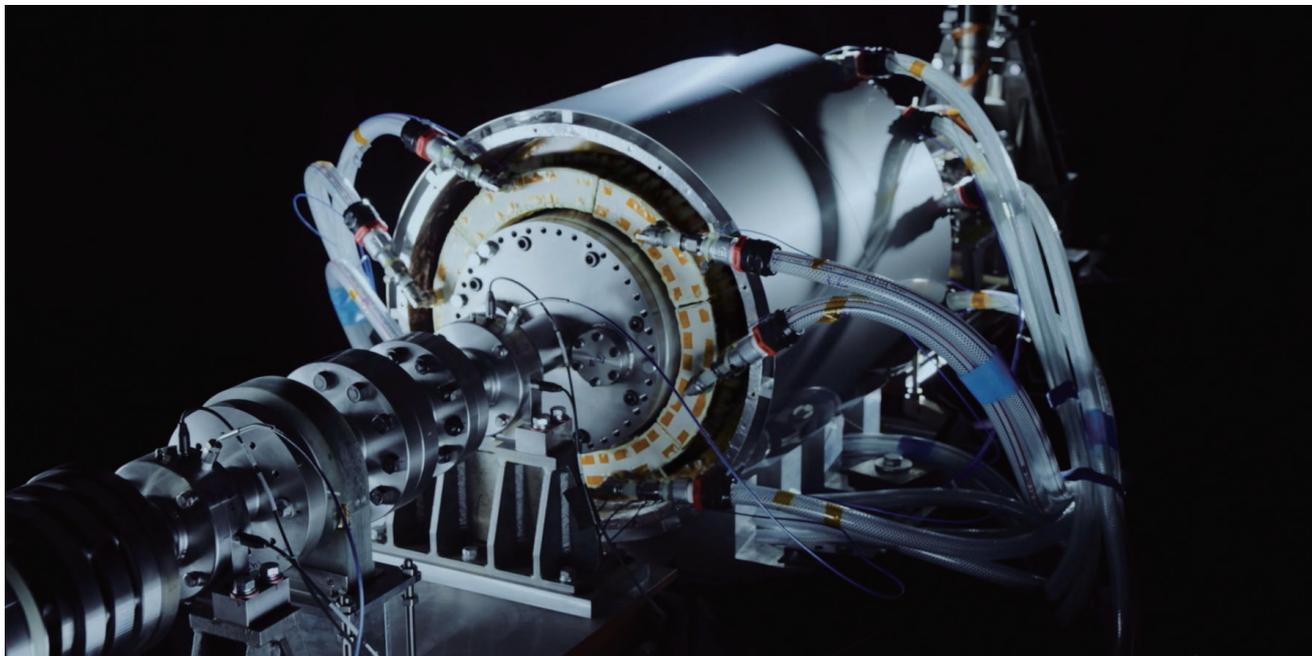
東芝エネルギーシステムズ (株)



固定治療室の内観

Fixed-beam irradiation room

モビリティ向け軽量・小型・大出力の超電導モーター試作機



超電導モーター試作機
Prototype superconducting motor

世界初^(注)次世代モビリティ向け2 MW級出力の軽量・高出力超電導モーターを開発し、試作機の検証試験を完了した。この超電導モーターは、航空機、船舶、トラックなど大型モビリティに適用可能であり、今後、モビリティ業界との連携を進め、2020年代後半の事業化を目指す。

世界的に環境意識が高まる中、モビリティ業界においても二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガス削減に向けた動きが加速している。

例えば、航空業界では、2050年にCO₂排出量を実質ゼロ(カーボンニュートラル)とする目標を掲げており、従来の航空燃料から、石油由来ではない航空燃料(SAF: Sustainable Aviation Fuel)への切り替えが始まっている。しかし、カーボンニュートラルの達成には、燃料のほかにも航空機システム全体の進化が必要とされる。その一つが推進系の電動化であり、軽さと高い出力を両立したモーターの登場が期待されている。

既存方式で要求される出力のモーターを製作すると、重量が過大となり航空機に適用できない。そこで、超電導コイルを適用して磁場を強くするとともにモーターの回転数を上げることで、軽量化と高出力化を両立した。超電導コイルを回転機に組み込むために、超電導コイル製造技術、低温を保持する断熱冷却技術、及びタービン発電機に代表される高速回転機的设计・製造技術を組み合わせた。

2022年3月に完成した超電導モーター試作機は、外径約500 mm、全長約700 mmであり、出力が同程度の一般産業用モーターと比較すると、重量は1/10以下である。

現在、次の試作機の製造に向けて、更に軽量化する検討を開始しており、業界をリードする製品開発を進めていく。

(注) 2022年6月時点、当社調べ。

富津火力発電所4号系列第2軸ガスタービン更新工事完遂



更新後の4号系列第2軸の機器（ガスタービン，燃料弁室）
Refurbished Unit 4-2 gas turbine and components for Futtsu Thermal Power Station
Group 4 of JERA Co., Inc.



更新用のガスタービン
Replacement gas turbine

（株）JERA富津火力発電所4号系列は、第1～3軸（定格出力507 MW）の全3軸から成る1,500℃級のガスタービンを使用したコンバインドサイクル発電プラントである。このプラントは、運転開始から13年以上経過している。4号系列第1軸ガスタービンは、2016年9月～2017年9月の約1年の当社所掌工期で、更新を実施した。また、既設機であるH型ガスタービン高温部品の生産終了を受け、4号系列の第2軸と第3軸について、ガスタービン（General Electric Company（GE社）製9H型を9HA.01へ更新）及び制御装置を更新することになった。新型のガスタービンへ更新することで、定格出力運用の可能な大気温度範囲が拡大し、夏季の電力供給能力が向上する。

4号系列第2軸の更新工事は、電力需要が特に高くなる夏季に営業運転を開始するために、4号系列第1軸に比べて約3か月間の当社所掌工期短縮が必要になった。工期短縮及びコスト削減のために、ガスタービン本体を含む大型機器における新たな据付工法採用や、ガスタービン車室分割輸送、輸送ルート見直し、本体周り配管の工場内でのプレアセンブリーなど様々な施策を適用した結果、計画どおり2022年6月下旬発電開始を達成できた。また、更新後のプラント性能試験では良好な結果が得られた。これにより、プラント効率向上による単位出力当たりの使用燃料削減、及び二酸化炭素（CO₂）排出量の低減による環境負荷の軽減に寄与できた。

今後は、4号系列第2軸更新工事での経験を生かし、残る4号系列第3軸ガスタービン更新工事を推進する。

■ インドネシア タンジュンジャティ B 発電所 5, 6号機の完工



インドネシア タンジュンジャティ B 発電所 5, 6号機
Tanjung Jati B Power Plant, Indonesia

超々臨界石炭火力発電所であるタンジュンジャティ B の 5号機が 2022 年 3月に、6号機が 2022 年 7月に完工を迎えた。当社はタービンアイランドを担当し、タービンの蒸気シール部の間隙狭小化による漏えい量低減、低圧損型の主蒸気弁、デスーパーヒータ設置による最終給水温度高温化などの最新技術を採用することで高効率化を実現し、炭素排出量の抑制に貢献している。また、当社は同発電所に 1～4号機を納入済みであり、5, 6号機と合わせてインドネシアにおける最大級 (4,640 MW) の基幹発電所として安定した電力供給を担っている。

工期中には新型コロナウイルス感染症が流行し、現地作業員が大量に罹患 (りかん)、国外からの技術員派遣に対するインドネシア入国制限措置が取られるなど、一時的にサイト体制の縮小を余儀なくされた。検査・感染対策の徹底のほか、積極的な工程の組み換えによる工程短縮提案など影響を最小限に抑える活動を行うことで、当社の対応は顧客から高く評価された。

今後も、顧客の要望に応じて高効率な発電プラントを納めることで、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)

■ CO₂ 分離回収実証設備のアミン放散抑制技術



CO₂ 分離回収実証設備
Large-scale carbon dioxide (CO₂) capture demonstration facility at Mikawa Power Plant of SIGMA POWER Ariake Corporation

我が国は、2030 年までに温室効果ガスの排出量を 2013 年度比の 46 % 削減することを目標としており、CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) 技術は、CO₂ 排出量削減の重要な手段の一つである。

当社は、環境省の委託事業である「環境配慮型 CCS 実証事業」の一環として、(株)シグマパワー有明 三川火力発電所に、日量 600 t の CO₂ ガスを回収するアミン系吸収液の CO₂ 分離回収実証設備を設置し、2020 年度から運用している。

この設備に、環境負荷の低減を目的として、希薄アミン水溶液を噴霧する放散抑制技術 (スプレー法) を新規に開発・導入して評価したところ、吸収塔出口から排出されるアミンの濃度を 1/100 以下 (体積比) まで低減できることを確認した。充填物を用いた従来の手法では、アミン濃度の 1/4 程度の低減にとどまることから、新規技術の適用により 1 桁以上の改善に成功したといえる。なお、運転出力を下げた条件でも同様に、高いアミン放散抑制効果が得られることを確認した。

東芝エネルギーシステムズ (株)

イラク ニューバビル400 kV 新設変電所の現地工事完了



400 kV ガス絶縁開閉装置
400 kV gas-insulated switchgears (GIS) at New Babil 400 kV Substation, Iraq



400 kV 変圧器
400 kV transformers



132 kV ガス絶縁開閉装置
132 kV GIS

イラク電力省のニューバビル400 kV 新設変電所に、400 kVガス絶縁開閉装置 (GIS)、132 kV GIS、及び400 kV変圧器を納入し、2022年10月に受電に成功した。2021年10月に既に受電したイラク電力省のモサナなど4か所の400 kV変電所に続いて、ニューバビルは5か所目の変電所となる。

イラク戦争終結後の電力網整備計画の中で、当社は2020年にこの案件の主契約者である豊田通商(株)より、機器供給及び現地据付・試験の支援業務を受注した。

イラク共和国は、外務省の渡航中止勧告地域に該当するため当社技術者を現地に派遣することができないことから、主契約者が起用したエジプトEPC(設計、調達、建設)会社の技術者を当社工場に招いてトレーニングを行い、現地据付・試験作業は国外からの遠隔支援で進める必要があった。

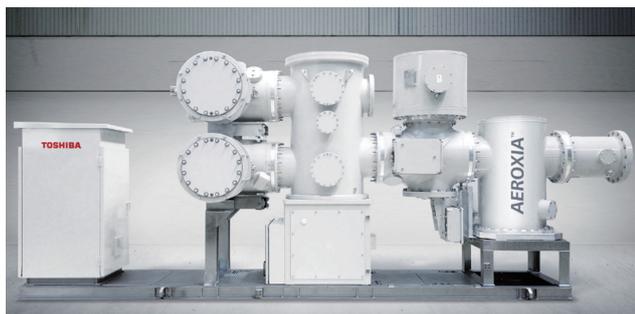
このような制約下での工事は、当社の海外変電部門としては、前述した4か所の400 kV変電所に続き5回目である。今回は更に、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響に伴う渡航制限が加わり、エジプトEPC会社の技術者に対して、工場トレーニングを行うことが困難な状況であったが、ビデオや資料を使って遠隔でのトレーニングを事前に実施した。また、現地作業に従事するエジプトEPC会社の技術者に対して、国内からのコミュニケーションツールを活用した遠隔支援だけでなく、アラブ首長国連邦からも当社中東拠点の技術指導員が加わることで、工事を円滑に遂行できた。

更に、今回のプロジェクトでは、イラク向けとしては初めての適用となる、東芝電力流通システム・インド社製の400 kV変圧器を採用し、その納入を実現した。

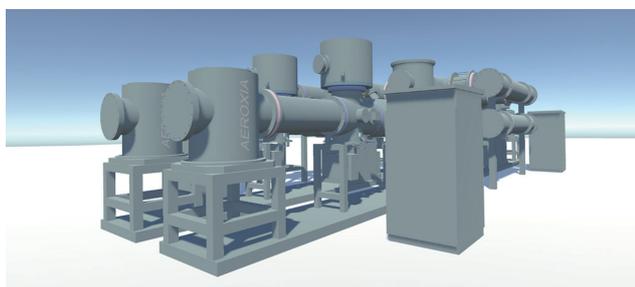
この案件を通じて、当社の総合的な技術力を示し、将来案件のリソース運用や受注拡大に寄与する実績を得た。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 自然由来ガスを用いた環境調和型 72 kV GIS の納入



自然由来ガス GIS
72 kV GIS using natural-origin gases



府中変電所向け自然由来ガス GIS の 3D イメージ
Rendering of 72 kV GIS using natural-origin gases for Fuchu Substation of TEPCO Power Grid, Inc.

東京電力パワーグリッド(株)(以下、東電PGと略記)の府中変電所の 72 kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) リプレース案件で、自然由来ガスを用いた環境調和型 GIS を国内電力会社向けとして初納入する。2022年12月に現地搬入が完了しており、2023年2月より運転を開始する予定である。

この製品の絶縁媒体は、地球温暖化係数が高いSF₆(六フッ化硫黄)ガスではなく、安全性が高く、かつ漏えい時の地球温暖化への影響がない窒素及び酸素の混合ガス(ドライエア)を用いている。この製品は2020年より当社が(株)明電舎と進めてきた共同開発の成果であり、所定の形式試験を完了し、リリースを開始しているものである。東電PG 府中変電所用のGISは、主母線、開閉機器に加えてケーブルヘッドを含む全体の絶縁を自然由来ガスが担っている。また、変電所のデジタル化にも対応し、IEC 61850(国際電気標準会議規格 61850)に準拠した監視・診断システムを搭載している。

今後も、自然由来ガスを用いたGISの高電圧・大容量化を目指して積極的に開発を進めることで、環境調和性の高い製品展開を行い、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)

■ 240 kV ポリマーがい管形ガス断路器のラインアップ完了



240 kV 気中断路器 (パンタグラフ形)
240 kV air-insulated pantograph disconnectors for substations of Kyushu Electric Power Transmission and Distribution Co., Inc.



240 kV ポリマーがい管形ガス断路器
240 kV polymer-housed gas disconnectors

九州電力送配電(株)では、2016年4月に発生した熊本地震の際に熊本変電所 240 kV 気中断路器(パンタグラフ形)が多数倒壊したことから、気中断路器の耐震強化が課題となっていた。

これを受け、当社は既に製品化していたがい子形開閉器(遮断器と断路器を一体化した製品)の断路器をベースに、がい管を磁器製からポリマー製へと改良した気中断路器の開発を進めてきた。

この製品のうち、定格電流 4,000 A の機器は 2020 年度に九州電力送配電(株)の西九州変電所へ初号器を納入していたが、今回、2022年10月に同変電所へ定格電流 6,000 A の機器 2 台(6相)を納入したことで、製品のラインアップが完了した。

耐塩化を図ったポリマーがい管の適用により、既設のがい子洗浄装置を撤去できたことなどの設備の簡素化が図られ、また、軽量化したことで、既設架台が流用でき、更新範囲も極小化できている。この製品は、300 kV/240 kV 気中開閉設備で主母線がアルミニウムパイプ母線へ接続されるパンタグラフ形断路器の更新又は新設の際に適用可能であり、新設や高経年器の取り替え需要に応えられる製品である。

東芝エネルギーシステムズ(株)

Wi-SUN FAN 対応無線マルチホップネットワークシミュレーター

様々なネットワーク構成で多様なシナリオのシミュレーションが可能

802.1X セキュリティ	RPL	UDP, ICMPv6
	IPv6, 6LoWPAN	
IEEE 802.15.4-2020 MAC		
Wi-SUN FANシミュレーター		
Linuxプロセス		

Date: 2022/9/30 17:05:31

Max. Avg. Min. RSSI[dBm]: -95, -86.27, -69dBm

Joined Nodes: 1000 nodes

Data in the 30min, since 2022/9/30 17:00:00: 960

Load the latest

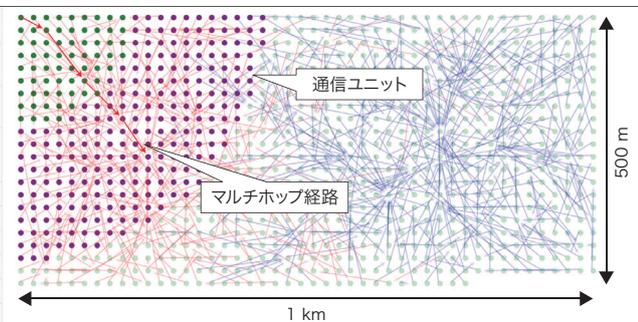
Graph style: Radial

Graph style: Grid

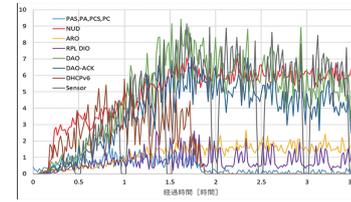
Link color: RSSI

Link color: Parent change

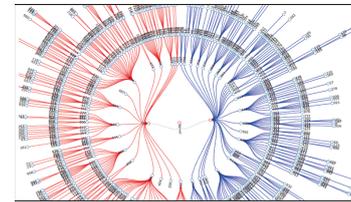
Link color: DAG



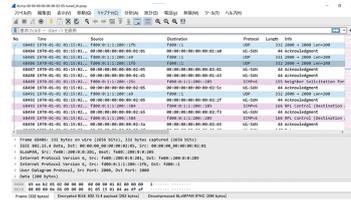
通信ユニット1,000台のスクエア配置



通信トラフィック統計



木構造表示



パケットモニタリング

RPL: Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks UDP: User Datagram Protocol IPv6: Internet Protocol Version 6
 ICMPv6: Internet Control Message Protocol for IPv6 6LoWPAN: IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network
 IEEE 802.15.4-2020: 電気電子技術者協会規格 802.15.4-2020 MAC: Media Access Control

Wi-SUN FAN 対応無線マルチホップネットワークシミュレーターの特長

Features of wireless multihop network simulator compliant with Wi-SUN field area network (FAN) specifications

Wi-SUNアライアンスで規格化された Wi-SUN FAN (Wireless Smart Utility Network for Field Area Network) は、個々の通信ユニットが木構造のマルチホップネットワークを自動構成し、相互公開鍵認証による強固なセキュリティ機能を備えるため、次世代スマートメーターシステムなどIoT (Internet of Things) データ収集の領域で注目されつつある。

高信頼で安定したネットワークを実現するには、様々な運用シナリオによるパフォーマンス評価と改善が必要である。しかし、広域かつ大規模なマルチホップネットワークの評価系を構築するには、多数の通信ユニットの設置作業に加え、ファームウェアの書き換えやログ回収などメンテナンスに多大な労力が掛かる。また、各通信ユニット近傍での無線の混雑状況や通信パケットログを同時にキャプチャーして把握するデバッグ作業も困難である。

そこで、Wi-SUN FANに基づく920 MHz帯無線マルチホップネットワークのシミュレーターを開発した。通信ユニットの自社製 Wi-SUN FAN 組み込みソフトウェアをLinux 計算機環境上で動作させ、2次元空間上に通信ユニットを自由に配置した並列動作や、市街地相当の伝搬を模擬した2値FSK (周波数偏移変調) 方式の100 kビット/s及びOFDM (直交波周波数分割多重) 方式の600 kビット/sに対応している。1,000台規模の通信ユニットでの実時間シミュレーションが可能で、Linux上のアプリケーションサーバーとの相互通信や、各通信ユニットへのpingやtraceroute診断、任意の通信ユニットのパケットモニタリング、全体ネットワークポロジの可視化機能に対応する。

このシミュレーターを使用することで、通信ユニットの配置構成、電波伝搬条件、Wi-SUN FANパラメーターを自由に調整し、様々な無線マルチホップネットワーク構成で多様な運用シナリオのシミュレーションができる。また、ネットワークポロジの変化や、通信ログ、パケット種別ごとのトラフィック変動、サーバーへのパケット到達率などの様々な評価が可能で、ネットワーク全体の振る舞いを詳細に分析できる。今後のネットワークインテグレーションやパフォーマンス改善に活用していく。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 発電事業者向けプラント監視ソフトウェア EtaPRO™ の導入推進



発電方式	EtaPRO™ archive	EtaPRO™ APP	EtaPRO™ VIRTUALPLANT™	EtaPRO™ predictor™
ガス火力	●	●	●	●
石炭火力	●	●	●	●
原子力	●	●	●	●
地熱	●	●	●	●
水力	●	●	●	●
風力	●	●	●	●
ソーラー	●	●	●	●
蓄電池	●	●	●	●

KPI: Key Performance Indicator

発電事業者向けプラント監視ソフトウェア EtaPRO™ の概要

Overview of EtaPRO™ plant monitoring software for power producers

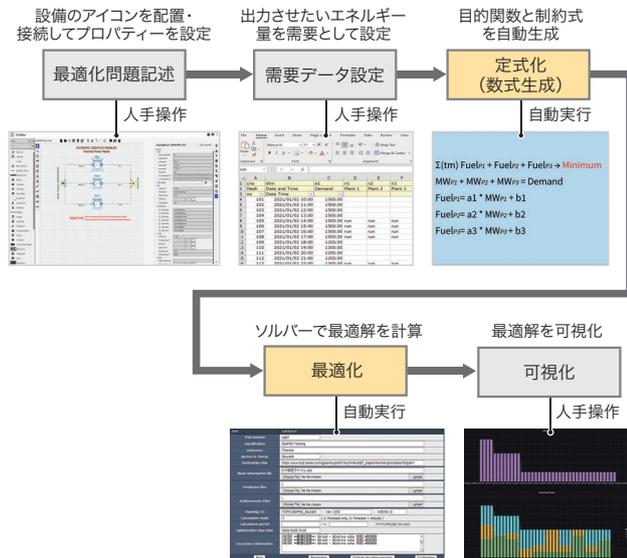
2021年10月に米国のGP Strategies社から事業買収した発電事業者向けプラント監視ソフトウェアEtaPRO™は、プラントの熱効率や運転状態を監視し、劣化や異常兆候を検出することで発電所運営の効率向上に寄与できる。世界60か国で3,000以上の発電所に導入されており、国内では、東北電力(株)の全火力発電所、北陸電力(株)の2発電所に導入されている。

当社は、タービンや発電機などの機器を中心として既に行っている保守・メンテナンスに、このEtaPRO™や当社が開発したエネルギーIoTサービスを組み合わせ、シナジー効果を発揮するCPS(サイバーフィジカルシステム)のグローバルな導入を推進している。2022年には、インドネシアのパトハ地熱発電所、タイのマエモ火力発電所11・13号機、北海道電力(株)の2火力発電所に、このCPSを導入した。

今後も、カーボンニュートラル社会の実現に向けて当社のCPSを導入し、発電事業者の課題解決やDX(デジタルトランスフォーメーション)構想の実現に貢献していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ ユーザーの課題を直感的に記述して最適解を見つけ出す最適化ツール



発電所や工場が直面する課題を解くための最適化ツール

Optimization tool featuring intuitive user interface (UI) to provide optimal solutions to issues facing power plants and factories

発電所の運用計画や工場のエネルギー管理などの最適化問題を直感的に記述し、最適解を見つけ出すツールを開発した。

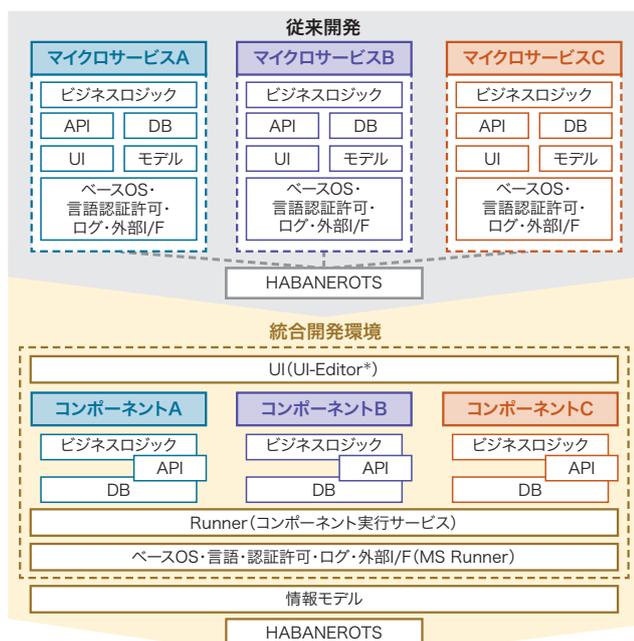
発電所や工場内の設備(ボイラー・タービン・蓄電池など)を模擬するアイコンを一覧から選んでキャンバスに配置する。各アイコンをコネクタで接続することで、エネルギー(電力や蒸気など)、排出物(二酸化炭素など)、費用(電力や燃料の購入費など)の流れを直感的にモデル化できる。

このモデルにおいて、出力させたいエネルギーの量を需要として設定し、需要を満たした上で費用を最小化するように設定すると、最適化問題の数式が自動生成されて最適解が計算され、グラフで可視化できる。

一度モデルを作成してしまえば、設備のプロパティ変更や新たな設備追加が簡単にできる。これにより、ソフトウェアや最適化の専門知識がない技術者でもモデルをカスタマイズできるようになり、エネルギー関連サービスの提案力向上が期待できる。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ モデルを介してデータハンドリング可能なソフトウェア統合開発環境



API: Application Programming Interface DB: データベース
 OS: 基本ソフトウェア MS: Micro Service
 *ツールチェーンの一つでUI編集ツール

ソフトウェア統合開発環境の概要と従来開発環境からの改善点

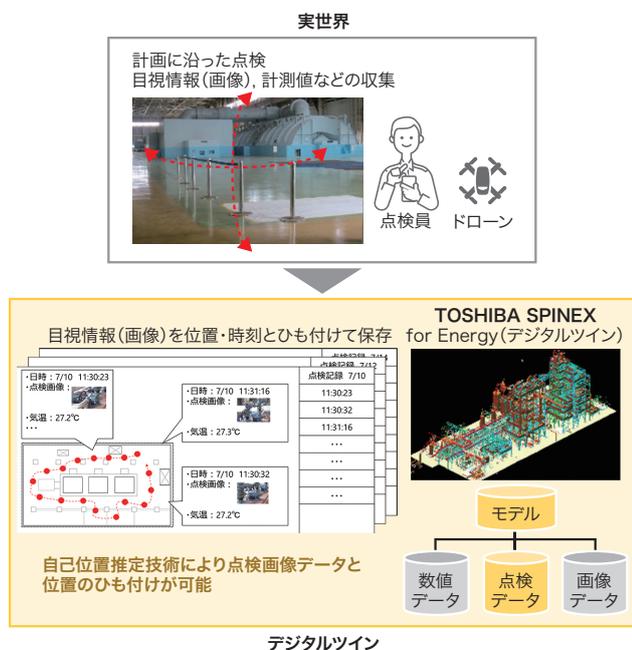
Overview of software integrated development environment including services and UI toolchain and improvements of conventional environment

インフラ向けシステムにおいて、各ユーザーインターフェース (UI) にアクセスするには、一般的に、プラントごとに決められた名称など、特定のID (識別情報) でアクセスする必要があり、稼働状態は概念レベルで同じ認識を持つことが難しかった。そこで、モノだけでなく人間の思考や関心事についてもUIを含めモデル化し、ハンドリング可能な統合開発環境の“サービス&UIツールチェーン”をリリースした。これにより、コミュニケーションミスの低減、更にインターフェース (I/F) でのモデル活用によるソリューション展開が可能になる。

また、新たなサービスを構築する際、統合開発環境を使うことで、各開発者が独自の処理・コードでサービスを個別に開発することを防げる。開発ベースを共有することで、開発が簡略化され、ビジネスロジック部分の作成に注力できる。その結果、サービスを低コスト、短期間で提供可能となり、次々と新たなサービスをリリースできる。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 映像情報だけで任意の日時のサイト設備状況を確認できる現場作業支援サービス



360度映像を利用した現場作業支援サービス

On-site operation support service using video images captured by 360° camera

発電所フィールドなどのサイト設備の状況を把握するため、映像情報だけあれば、位置情報とひも付けて、任意の日時に於けるサイト設備の状況を確認できる現場作業支援サービスを開発した。

サイトに360度カメラで撮影した動画データを自己位置推定機能に入力すると、原点としてあらかじめ設定しておいたサイトのある位置からの位置情報の差分を計算することで計測を行い、モデル化する。Webブラウザの操作で、サイトのレイアウト図に画像と日時情報のリンクが表示され、任意の日時、設備部位の状態確認ができる。

この技術は、エネルギー事業をはじめ、民需インフラ、工場プラントなど、あらゆる産業の施設、サイトの点検や状態の記録に適用可能である。また、360度カメラを搭載したロボットやドローンの活用で、人手で行っているサイトの巡視・点検業務の代替にもなり、更なるO&M (Operation and Maintenance) の効率化への寄与が期待できる。

東芝エネルギーシステムズ (株)