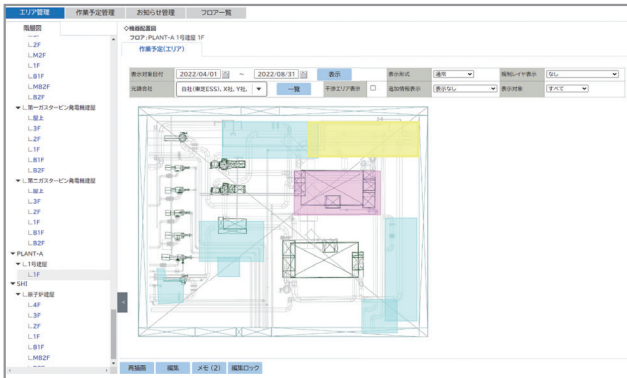
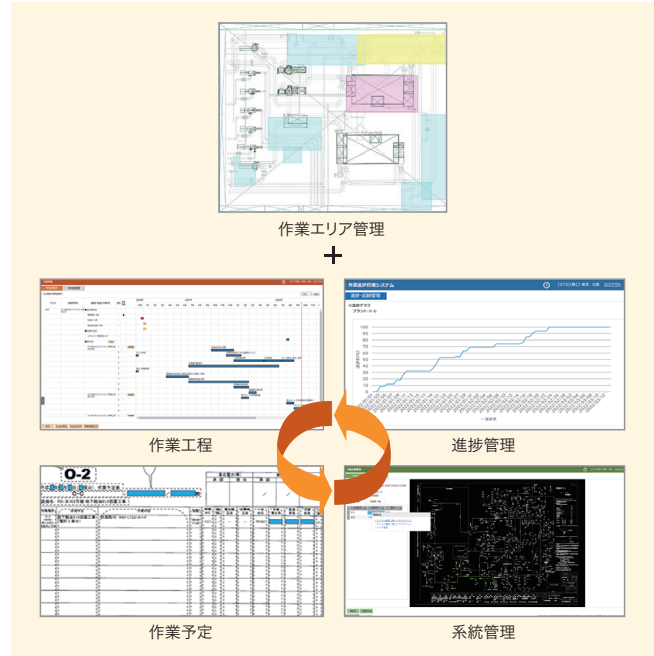


原子力発電所の作業エリア情報のデータ活用による一元管理



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。

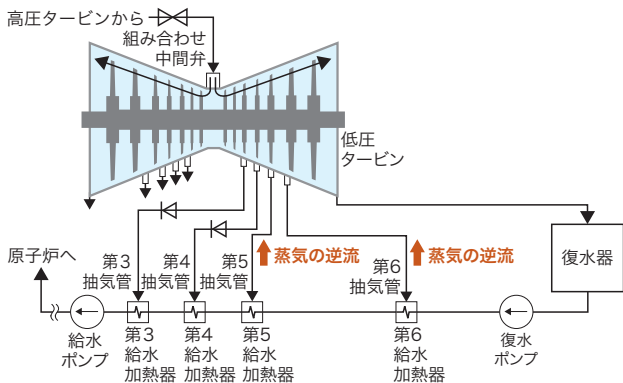
そこで、作業エリア情報を一元管理できるデータベースアプリケーションを開発し、Webブラウザを用いた社外公開サービスを活用することにより、全ての元請け会社が作業エリア情報をリアルタイムに確認できるようにした。工事関係者が使いやすいユーザーインターフェースを実現するために、データ入力方法を継続的に改善している。

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



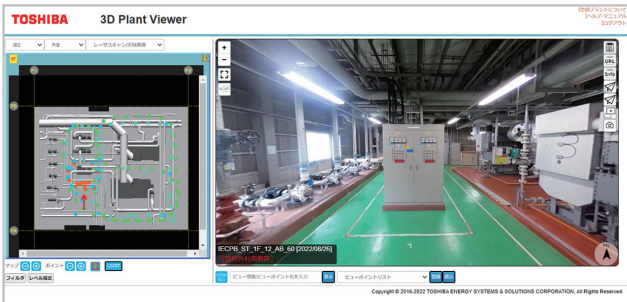
縮小モデルタービン検証試験装置
Subscale model turbine test facility

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。

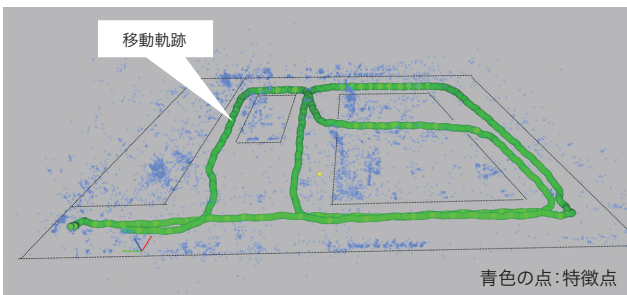
更新タービンの長翼の信頼性を検証するため、当社京浜事業所タービン工場で、実機の1/4.2倍の縮小モデルタービンと、フラッシュバック現象を模擬するための装置で、検証試験を実施した。実機で想定される最も厳しい条件として、フラッシュバック蒸気量が最大となる定格電気出力の負荷遮断を想定した。試験の結果、動翼植え込み部に発生する振動応力は、材料の疲労強度に対して十分小さいことを確認し、更新タービンの長翼の構造信頼性を検証することができた。

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

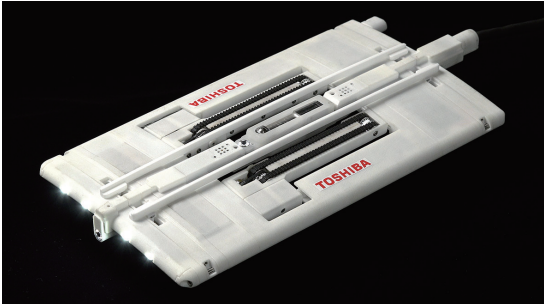
原子力発電所の安全対策として、様々な設備の追加工事を行っている。設備の追加には工程や空間上の制約があるため、工事を円滑に進めるには関係者との設計情報や現場状況の共有が有効である。そこで、3D(3次元)CADモデルや点群データをWebブラウザ上で閲覧できる3D Plant Viewer(2019年提供開始)に、360°画像から現場状況を把握できる機能を追加した。

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。

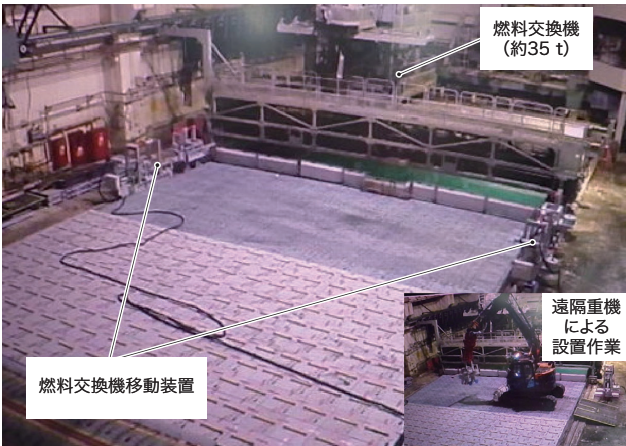
検査ロボットは、発電機の回転子が固定子内にある状態のまま、狭いギャップ内を走行し、内部の詳細検査を行う。回転子の引き抜きが不要なため、検査工期を従来の約半分に短縮できる。

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。

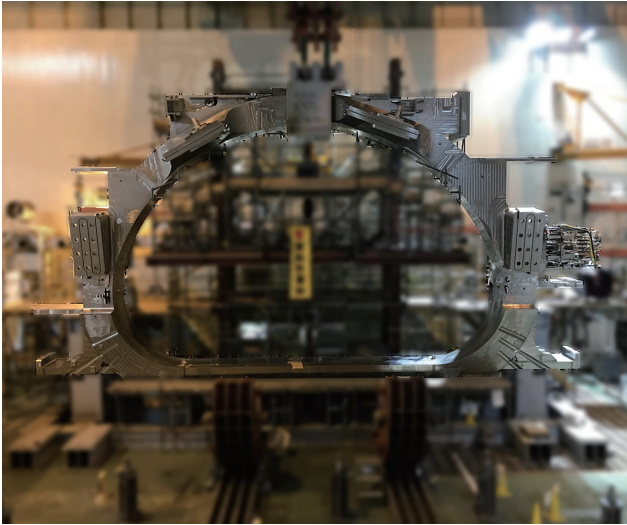
この装置に必要な機能として、ギア・車輪部の固着や、ブレーキの解除不可などの事態が発生しても移動できるだけの牽引(けんいん)力、遠隔重機とカメラ映像で設置できる位置決めガイド、及び重機で運搬できる軽量化・小型化が求められる。更に、燃料交換機は2本のレール上を走行するため、片側だけの牽引とならないよう移動距離・駆動電流・牽引力を監視し、牽引部を同調させる制御を実装した。

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。

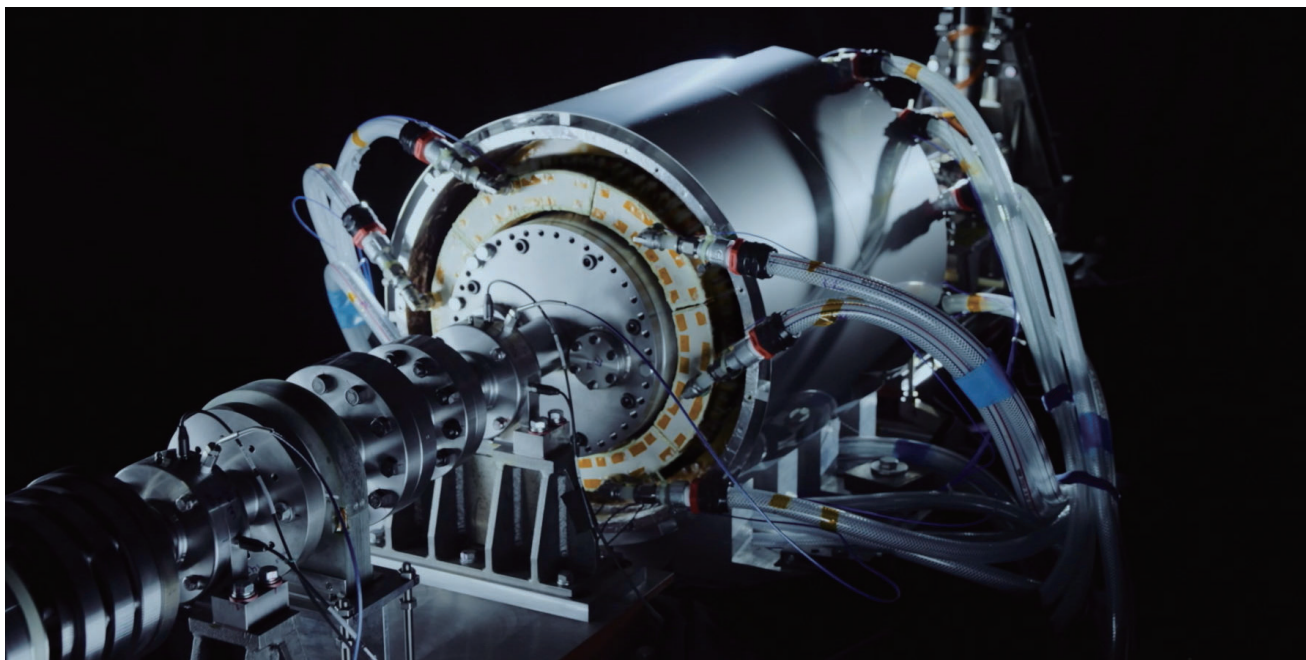
東芝エネルギーシステムズ(株)



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。