

柏崎刈羽原子力発電所6号機 再稼働準備の完了



写真提供:東京電力ホールディングス(株)

柏崎刈羽原子力発電所

Panoramic view of Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Plant



KS6の概要

KK6 Safety Measures Joint Venture Co., Ltd.



写真提供:東京電力ホールディングス(株)

原子炉プールへの燃料装荷

Loading nuclear fuel into reactor pool



写真提供:東京電力ホールディングス(株)

燃料装荷の様子

Loading nuclear fuel into reactor

当社は、東日本大震災以降、東京電力ホールディングス(株) 柏崎刈羽原子力発電所6号機の安全対策工事や原子炉の起動に必要な主要設備の健全性確認を進めてきた。その結果、2025年10月、東京電力ホールディングス(株)は原子炉の起動のための技術的な準備が整ったと公表し、柏崎刈羽原子力発電所6号機は起動準備完了を迎えた。

今回の起動準備にあたり、東京電力ホールディングス(株)と当社は、早期再稼働を実現するために発電事業者とプラントメーカーという業界の垣根を越えて技術・知見を持ち寄り、安全対策工事に関するプロジェクト(PJ)運営、及び設計・工事の管理を実施するKK6安全対策共同事業(株)(KS6)を2020年6月に設立した。

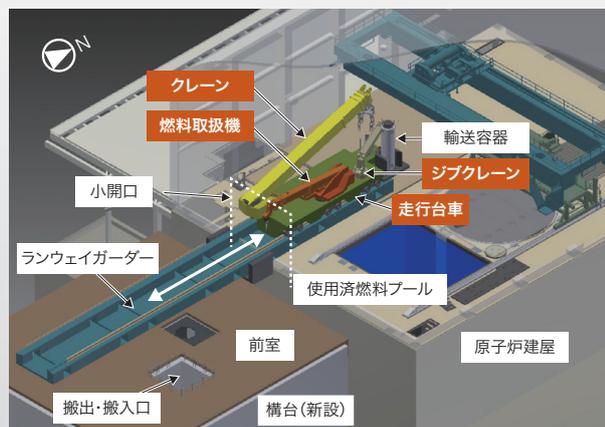
安全対策工事の元請けをKS6に集約することで、発電所構内企業を含めた人的融合を進め、同一目標を共有して、強い一体感を醸成した。また、工事工程と進捗の可視化や、工程の蓋然性を阻害するリスク情報の一元管理、自他社所掌設備の配置と工事エリア情報を起点としたフロントローディングによる工程精度向上などを実施した。工事の計画から完了までKS6が主導することでシナジー効果を発揮して、工程どおりの安全対策工事完了に寄与した。更に、設計及び工事計画の早期認可に向けて、東京電力ホールディングス(株)と協業して原子力規制庁によるヒアリングに対応した。KS6は専門的な質疑に的確に回答することでヒアリング回数削減などに寄与し、認可申請から1年後の2024年9月の認可取得に貢献した。

安全対策工事完了後の燃料装荷、原子炉圧力容器漏えい確認、原子炉格納容器漏えい率確認、制御棒駆動機構機能確認といった起動準備に関する主要イベントにおいて、当社は、設計・工事・試験の専門家チームを発電所内に編成するとともに、工場や研究所の有識者から成る対策チームを当社の本社に設置し、想定外事象に迅速に対応した。

これらの取り組みを通して、東京電力ホールディングス(株)とともに、安全を最優先に一つ一つ課題を克服して再稼働準備完了を達成した。

東芝エネルギーシステムズ(株)

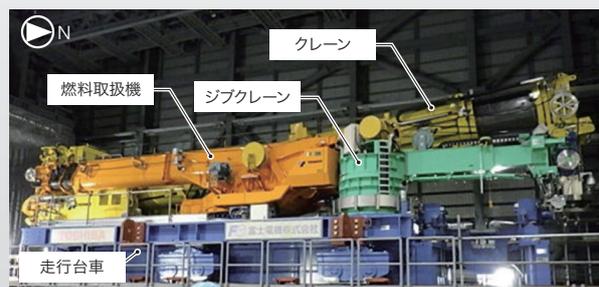
福島第一原子力発電所2号機 燃料取扱設備の製作・現地設置の完遂



■：燃料取扱設備

燃料取扱設備の概要

Overview of spent fuel removal system for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit 2



現地設置後の燃料取扱設備

Spent fuel removal system installed on site

福島第一原子力発電所2号機は、東日本大震災において水素爆発に至らず原子炉建屋が崩壊しなかったが、炉心溶融により拡散した放射性物質が建屋内にとどまり高線量環境になった。このため、建屋内での有人作業が困難な状況が、震災から15年経過した2026年3月現在も依然として続いている。建屋内の使用済燃料プールに貯蔵されている615体の原子燃料は、自発核分裂による崩壊熱を継続的に除熱する必要があり、震災後に設置した循環冷却系によりプールの水温を維持している。万一の冷却機能喪失のリスクを想定し、冷却機能の信頼性が高く低線量環境である同発電所構内の共用プール施設へ移送する計画である。

従来の燃料取り出し作業は門型クレーン式の設備で行われており、2号機に従来型の設備を設置するには建屋上部を全面解体する必要があるが、解体時の放射性物質の飛散や雨水の流入による汚染水の増加などが懸念されるため、2号機の燃料取り出しは建屋上部を解体せずに、壁面に設ける小開口から建屋内へ燃料取扱設備を投入した。

開発期間の短縮による速やかな燃料取り出しの開始と開口部の寸法制約を考慮し、設備はゼロからの新規設計でなく、一般産業用のブーム型クレーンをベースとし、ブームを収納した状態で建屋内へ進入した後展開して、燃料を取り出すこととした。基礎となる走行台車上に機能が異なる3基のクレーンを備え、建屋内のプールに貯蔵されている燃料を輸送容器に収納して建屋外へ搬出する一連の作業を、この設備だけで遂行する。前例のない設備の開発にあたり、原子燃料の取り扱いに求められる安全機能の実装、原子力施設としての耐震要求適合のための補強、及び建屋内の高線量かつ狭隘（きょうあい）な環境における遠隔操作機能や故障時復旧機能の実装により、既存の燃料取扱設備と同等の安全性を確保した。必要な安全機能を設計・製作段階で設備に実装し、工場試験において機能検証を完了した後に、東京電力ホールディングス（株）と協働で、設備の現地輸送・設置までを計画どおりに完遂した。

今後、現地での機能検証までを完遂し、2026年度に計画されている2号機燃料取り出し開始に資することで、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）

延世大学の重粒子線治療装置 全治療室の引き渡し完了



延世大学の重粒子線治療施設
Heavy-ion radiotherapy facility installed at Yonsei University, South Korea



回転ガントリーの外観
Rotating gantry



回転ガンアリー治療室の内観
Rotating gantry irradiation room

当社は、重粒子線治療装置の海外展開を進めており、2018年3月に韓国の手医療企業DKメディカルソリューションとコンソーシアムを組み、当社初の海外案件として、韓国の延世大学に付属する延世大学校医療院 (Yonsei University Health System) から受注した。この重粒子線治療装置は、固定照射ポート治療室1室と、1施設に2台の重粒子線超伝導回転ガンアリーを世界で初めて^(注)備えたことが特徴であり、2025年12月に、全治療室の引き渡しが完了した。

重粒子線によるがんの放射線治療は、患部への線量集中性が高く、周囲の正常組織への影響を抑えられるため、患者の負担や副作用が少ない。超伝導回転ガンアリーを用いることで、患者を無理な姿勢にさせずに治療台での位置調整時間を短縮し、身体的・精神的負荷を軽減する。また、体軸周りの任意角度から照射できるため、より高い自由度で効率的な照射が可能となり、前立腺がんのほか、すい臓がんや肝臓がんなどにも対応できる。当社の最新技術を駆使することで、高速スキャンニング照射や呼吸同期照射も実現した。

2021年3月に、初の現地作業員による作業で、装置の搬入を開始した。トラブル発生時は、リモートで当社の本社・工場及び協力会社が協力して、治療装置としての性能を満足するように、主加速器、高速エネルギービーム輸送ライン、及び超伝導回転ガンアリーの据え付け・調整・試験を実施してきた。海外現地保守作業員による保守も初めて実施するために、現地試験と並行して作業員の教育を進め、2023年以降は現地保守作業員が保守対応している。2023年2月に固定照射室の引き渡しが完了し、固定照射室による治療が開始された。超伝導回転ガンアリー治療室の機能の確認を進め、2024年5月に超伝導回転ガンアリー1室を引き渡し、超伝導回転ガンアリー治療室での治療が開始された。その後、2025年12月に2室目の超伝導回転ガンアリー治療室を引き渡し、全ての治療室で治療が始まった。その後も、複数の海外案件を受注した。今後も重粒子線治療装置の国内外への普及を進めていく。

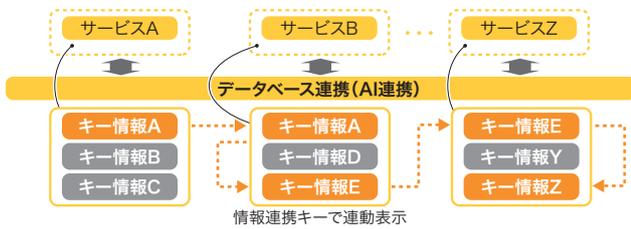
(注) 2025年12月時点、当社調べ。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 複数のデジタルサービスをダッシュボードシステムで配置・連携できる 原子力発電プラント向け統合システム



ダッシュボードシステム (AX-VIEW) の概要
Overview of AX-VIEW dashboard system



デジタルサービス間の連携
Collaborative framework for digital services

プラントの保守保全や監視制御に必要な膨大な情報（図書情報・トラブル対応事例・ベテランの知見など）の中から、必要な情報を抽出・比較することで作業を効率化する原子力発電プラント向け統合システムを開発した。

このシステムは、複数のデジタルサービスをダッシュボードシステムのAX-VIEW上で統合表示することで、一つのサービスのように直感的な操作と情報閲覧ができる。更に、統合システム上で、異なるサービスを情報連携キーで連携させる機能も備えている。例えば、配管計装線図のシステムで機器を選択すると、別の独立したプラント画像表示システムの当該機器のエリアが自動で表示される。これにより、複数のデジタルサービスを個別に立ち上げる手間を省くとともに、関連情報が連携表示されることで、一つの画面上で必要な情報を即座に確認できるため、作業効率が大幅に向上する。

また、表示するサービスのレイアウトは、利用者の役割や目的に応じて利用者自身がカスタマイズできるので、利便性・応用性を高められ、更なる作業効率向上に貢献する。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 原子力発電プラントの効率的な保守と長期安定運転に寄与する デジタルコントローラー



デジタルコントローラーの外観



デジタルコントローラーを構成する基板

TOSMAP-C3000SX
New TOSMAP-C3000SX digital controller

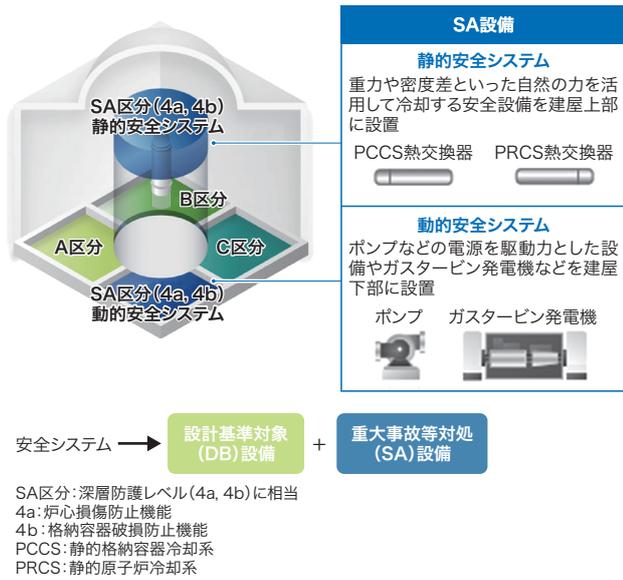
原子力発電プラントでは、再稼働後の長期安定運転継続を考慮した監視制御システムの更新需要が高まっている。更新後のシステムを長期間保守保全可能とするためには、最新素子・最新技術を適用した上で、異常時の解析性の担保、及び信頼性・運用性・可用性・保守性の向上が可能な監視制御システム・サービスが求められている。

当社は、これらのニーズに応えるため、原子力監視制御システム向けデジタルコントローラー TOSMAP-C3000SXを開発した。

TOSMAP-C3000SXは、現行機種との互換性を確保し、容易な更新を可能にするとともに、従来使用してきたマルチモード光ケーブルが廃型になったため、シングルモード光ケーブルに対応した。性能向上施策として、伝送基板の処理速度向上を図った。また信頼性向上施策として、部品点数の削減などを行うことにより、CPUユニット1個当たりの故障率を約41%低減した。更に、サービスビジネスへの展開を見据えて、プラントデータのセンシング性能の向上を図った。

東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 革新軽水炉の実用化に向けた次期軽水炉技術要件の適合性検討



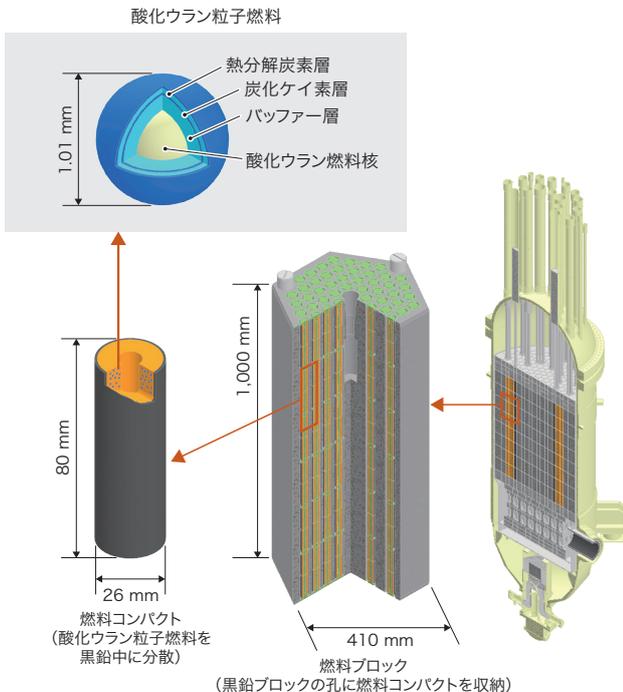
静的安全システムの位置分散による動的 안전 시스템との独立性確保
 Independence from active safety systems via spatial distribution of passive safety systems

当社は、社会と共生し、エネルギー安定供給を実現する革新軽水炉 (iBR) の開発を進めている。2030年代の運転開始を目指す至近の新設軽水炉については、日本原子力学会が「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ (WG) を設置し、2023年度までに次期軽水炉の重要コンセプト及び技術要件を具体化するとともに、考慮すべき規制や制度の考え方が示された。続いて、2024年11月に、同WG内に沸騰水型原子炉 (BWR) を検討対象とするBWRブランチが設立され、当社は幹事として参画した。

BWRブランチでは、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえたBWR固有の対応方針が議論された。また、iBRの実装例が次期軽水炉の技術要件に適合することが確認された。特に、次期軽水炉では、プラント全体で安全性を合理的・効果的に高めたバランスのよい深層防護の実装が求められる。これに対し、iBRが持つ新たな安全メカニズムである静的安全システムの設置意義、及びその多様性・信頼性・位置分散特性を示すことで、当社独自技術が次期軽水炉の技術要件に適合することが確認できた。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 高温ガス炉のプラント設計手法



高温ガス炉の炉心構造
 High-temperature gas-cooled reactor core structure

高温ガス炉は、放射性物質の閉じ込め機能に優れ、受動的崩壊熱除去機能、及び負の温度係数に基づく固有の安全性により、高い社会的受容性を有する原子炉である。また、原子炉出口温度が高ことから、発電に加えて水素製造や化学プラントなどへの脱炭素熱源としての応用が期待される。

当社は、軽水炉や高速炉、日本原子力研究開発機構の高温工学試験研究炉などで培った知見を生かし、高温ガス炉の炉心設計手法、安全設計手法を開発している。

炉心は、黒鉛ブロックを積み上げた構造で、黒鉛ブロックには、炭化ケイ素などで被覆された直径1 mmの酸化ウラン粒子燃料を包含する燃料コンパクトが装荷されている。

今回、その炉心構造における核特性を高精度に解析し、炉心設計を行う手法を開発した。また、安全設計に関しては、解析コード体系を整備し、プラント動特性解析、圧力伝播 (でんぱ) 解析など、一連の解析手法を構築した。加えて当社の強みである反応度制御設備の設計手法を新たに開発中である。

これらの成果を今後の高温ガス炉プラント設計に活用していく。

東芝エネルギーシステムズ(株)