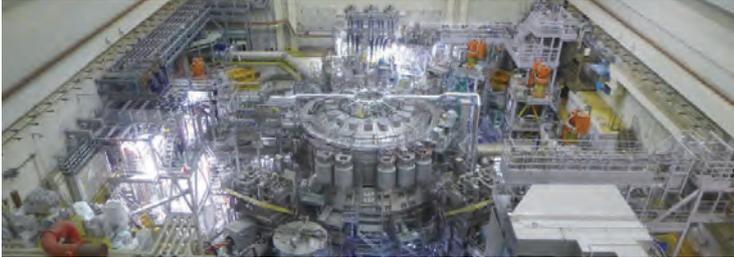


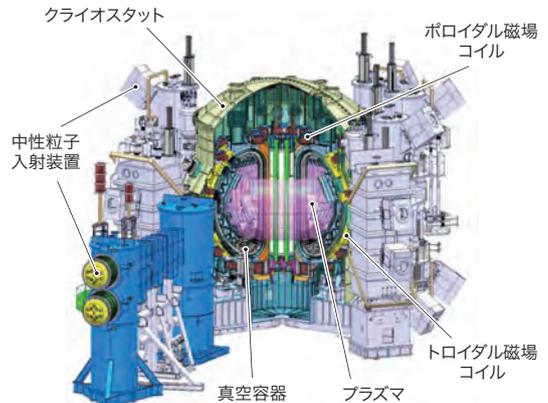
世界最大級の超伝導核融合実験装置 JT-60SA の完成



完成した JT-60SA
Completed assembly of JT-60SA experimental tokamak type thermonuclear fusion device



クライオスタット上蓋の据え付け
Installation of cryostat top lid



資料提供: 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

JT-60SA の構成
Configuration of JT-60SA

JT-60SA (Super Advanced) は、核融合炉の炉心プラズマを長時間 (100 s 程度) 維持する運転方法を確立する目的で、日欧協力の下、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所内に建設されたトカマク型核融合実験装置であり、国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画を補完する役割を担う。

当社は、装置構成機器の一つである真空容器の製造と主要機器の現地での組み立てを担当し、真空容器の製造に 6 年、現地組立作業に 7 年を掛けて、主要機器の組み立てを完遂した。

現地組立作業では、主要機器約 1,700 t を支持するスペイン製のクライオスタットベースの据え付けや、真空容器の周囲にイタリア製及びフランス製の超伝導トロイダル磁場コイル (TFC) 18 機の据え付けを行うなど、日欧様々なメーカーによって製造された大型機器を高精度に据え付ける難度の高い作業を実施した。

真空容器は、プラズマ維持に必要な高真空を形成する高さ約 6.6 m、幅約 3.5 m、直径約 10 m のドーナツ型の形状をした総質量 150 t の大型構造物である。当社は、真空容器を円周方向に 10 分割して製造した D 字型断面のセクターを現地溶接で組み立て、溶接による形状収縮を予測した施工と 3 次元計測器を用いた位置調整により、設計値に対して ±10 mm の高精度な組み立てと据え付けを同時に達成した。また、TFC は高さ約 10 m、幅約 5 m の大型超伝導コイルであるが、レーザー 3 次元計測技術とそのノウハウを駆使して、要求される ±1 mm の精度で組み立てを完了した。

これらを含めた内部構造物の組み立て後の 2020 年 3 月末に、クライオスタット上蓋を据え付けて、予定どおり本体主要機器の組み立てを完成させた。日欧共同プロジェクトのマイルストーンが厳格に定められている中、工程面での当社の功績は大きく、今回の組立作業を通じて習得・蓄積した高精度な組立技術を活用し、今後も核融合エネルギーの早期実用化に貢献していく。

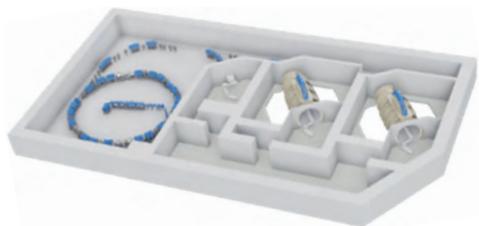
東芝エネルギーシステムズ (株)

■ 山形大学 重粒子線がん治療装置の治療開始と韓国 延世大学の同装置据え付けを開始



山形大学医学部 東日本重粒子センターの小型超伝導回転ガントリー照射治療室

Treatment room equipped with downsized superconducting rotating gantry at East Japan Heavy Ion Center, Faculty of Medicine, Yamagata University



延世大学校医療院 重粒子線がん治療施設の完成予定図

Rendering of heavy-ion radiotherapy facility for Yonsei University Health System, Korea

重粒子線がん治療装置は、正常細胞への影響が少なく治療期間が短いなど、患者への負担を減らして QOL (Quality of Life) を向上させることができる。

当社は、東北地方で初となる重粒子線がん治療装置の国立大学法人 山形大学医学部 東日本重粒子センターへの据付工事を完了した。この装置は、先進的な高速スキャニング照射装置と超伝導電磁石を採用した世界最小の回転ガントリーから構成される当社標準モデルであり、施設のコンパクト化や治療時間の短縮に貢献できる。現在、客先への装置受け入れ試験を進めており、2021年春に治療開始の予定である。

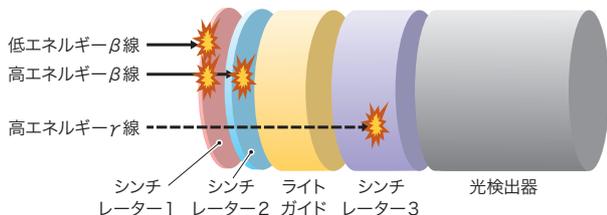
また、当社初の海外案件である韓国の延世大学校医療院の重粒子線がん治療施設では、世界初^(注)の回転ガントリー 2 基から成る装置設計・製作をおおむね完了し、ソウル市内サイトへの装置輸送を進めている。2021年2月から装置の据付工事に着手し、2022年度に治療開始の予定である。更に、2020年8月には韓国のソウル大学病院からも同装置を受注した。

今後も、国内外における質の高いがん治療に貢献していく。

(注) 2021年1月時点、重粒子線がん治療装置において、当社調べ。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ β 線・ γ 線の同時弁別型線量計



多層シンチレーターの構造

Structure of multilayer scintillator for dosimeter with function to simultaneously discriminate beta and gamma rays



試作線量計

Prototype dosimeter

2021年4月から、眼(め)の水晶体に対する被ばく限度の引き下げに関する法令が施行される。東日本大震災後の福島第一原子力発電所では、眼の水晶体への被ばくの影響が大きい β 線源が多くあるため、現場の線量率を正確に把握し、適切な被ばく防護対策を講じていく必要がある。しかし、従来の線量計は γ 線の影響を受けるため、2種類の測定器を携行した2回の測定結果から β 線の線量率を算出しており、測定に手間が掛かる上に、線量率算出時に誤差が生じるという問題があった。

この問題を解決するため、3種類のシンチレーターを備え、 β 線の連続的エネルギー付与と、 γ 線の確率的な反応という性質の違いで生じる信号波形の差から、イベント種類を特定する線量計を開発した。この装置を用いることで、1台の測定器による1回の測定で β 線・ γ 線のそれぞれの線量率を測定可能であり、より正確な測定値を得ることができる。

これまでに検出部を試作し、イベント弁別アルゴリズムの基本動作検証を完了した。現在、JIS(日本産業規格)に準拠した製品を開発中である。

東芝エネルギーシステムズ(株)

非溶解性中性子吸収材による燃料デブリの臨界抑制技術

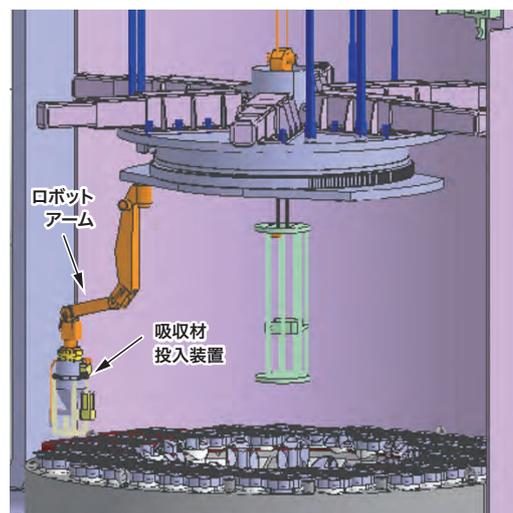


固化体タイプ吸収材



固体タイプ吸収材

非溶解性中性子吸収材の試作品（固化体タイプと固体タイプ）
Prototype solidifying and solid type non-dissolving neutron absorbers



中性子吸収材の投入システム
Planned neutron absorber injection system

東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の損傷した原子炉建屋に残っている燃料デブリを安全に取り出すためには、再臨界となるリスクを低減する必要がある。燃料デブリの形状は不定で、建屋の閉じ込め機能も損なわれているため、溶液性材料の使用は困難である。このため、二つのタイプの非溶解性中性子吸収材（以下、吸収材と略記）を新たに開発した。

一つは、投入時は液状の粘性体で時間の経過とともに固化する、水ガラスに酸化ガドリニウム造粒粉を混合した固化体タイプであり、素材メーカーである富士化学（株）と協力して開発した。不定形状のデブリの表面に沿った被覆が可能で隙間への浸透性にも優れている。もう一つは、原子燃料工業（株）とともに開発した、酸化ガドリニウムを直径 500 μm 程度の微粒子状に成型・焼結した固体タイプで、投入時の取り扱いが容易でデブリ加工後の形状変化への追従性に優れている。どちらも、ガドリニウムが中性子を吸収することで、臨界を抑制する。

基礎物性、溶出特性、核特性、照射特性、施工性、及び副次的影響に関して、開発した吸収材の性能を試験により評価した。この中で、核特性は、国立大学法人 京都大学 複合原子力科学研究所の臨界集合体実験装置で燃料デブリの臨界抑止効果が得られることを確認した。また、照射特性は量子科学技術研究開発機構の施設共用制度に基づき、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所の γ 線照射設備を利用して、デブリ取り出しで想定される放射線量下でも形状や性状に問題がないことを確認した。

これらの吸収材を、ホッパーとポンプで構成される投入装置に装填してロボットアーム先端に取り付け、遠隔操作で投入する方法を提案している。今後、燃料デブリ取り出し工法の具体化に合わせて運用方法を検討し、取り出し現場への適用を目指す。

この成果の一部は、資源エネルギー庁の「廃炉・汚染水対策事業費補助金（燃料デブリ臨界管理技術の開発）」に係る補助事業で得られたものである。

東芝エネルギーシステムズ（株）

■ 大容量タービン発電機用ブラシレス励磁装置



4 極 1,700 MVA 級タービン発電機用ブラシレス励磁装置
Brushless excitation system for 4-pole 1 700 MVA-class turbine generators

近年、欧州をはじめとする地域においてグリッドコード（系統連系に係る技術要件）への適合要求があり、FRT (Fault Ride Through：系統電圧低下時における発電機の継続運転要求) に代表される厳しい条件が規定されている。

これらを踏まえて、当社は、サイリスター励磁方式に比べて、応答性に劣るといわれているブラシレス励磁方式において、高速励磁応答性の規格指標（励磁系電圧応度 (Response Ratio)^(注1) 2.0 以上、及び高速応励磁 (High Initial Response)^(注2) を満足し、グリッドコードへの適合、及び過渡安定度の向上に寄与する大容量ブラシレス励磁装置の実証機を開発し、検証試験を完了した。開発した大容量ブラシレス励磁装置では、これまで当社で最大容量の 2 極 1,000 MVA 級を超える、4 極 1,700 MVA 級を実現した。

今後、顧客ニーズに合わせて、大容量向けに既に多くの納入実績があるサイリスター励磁方式とともに、運転保守が容易な高速応答ブラシレス励磁方式の適用拡大も図っていく。

(注1) JEC-2130：2016（電気学会 電気規格調査会標準規格 2130：2016）で規定。
(注2) JEC-2130：2016、及び IEEE 421.1：2007（電気電子技術者協会規格 421.1：2007）で規定。

東芝エネルギーシステムズ(株)

■ 原子力施設のプラント運營業務支援サービス



3D プラントビューアーの表示例
Example of three-dimensional (3D) plant viewer display

国内の原子力施設では、新たな原子力規制検査制度が導入され、電気事業者は、原子力施設の安全性や性能の維持・向上のために、プラントの設備情報や運営情報などを管理・分析することが求められている。また、プラント価値を最大化するために、安全性・稼働率の向上を目指して、リスク情報の活用や設備の劣化状況に基づいた状態基準保全の最適化が必要になっている。

このような状況を受けて、当社は、プラントメーカーとして蓄積した設計データを生かし、3D (3次元) CAD やレーザースキャンで得られる点群データをエンジニアリングや保全活動に利用できる 3D プラントビューアーや、現場で発生している設備故障の予兆現象や気付き事項を集約し、AI を活用して分析や改善処置を計画できる改善処置活動 (CAP) 支援システムといった、プラント運營業務支援サービスを開始した。

これらのサービスを通じて、プラント運營業務を支援しながら電気事業者のプラント価値最大化に貢献していく。

関係論文：東芝レビュー、2020、75、3、p.29-32。

東芝エネルギーシステムズ(株)



改善処置活動支援システムへの AI 活用
Application of artificial intelligence (AI) to corrective action program (CAP) support system