

Fusion Science School 京都
開催日時：2025年2月17日(月) - 19日(水)
開催場所：ホテル京都エミナース(京都市西京区)

産業界の核融合との関わり方

三菱重工 核融合への取り組み

原子力セグメント
先進炉技術部

三菱重工業株式会社

自然とともに、人とともに。

三菱重工の原子力技術

© Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved.

三菱重工

三菱重工の原子力事業領域

三菱重工

- 当社は、1970年の美浜1号運開以来、技術改良に努め、安全性、信頼性、経済性、運転保守性のあらゆる面で**世界に誇れるPWRを提供**
- **国内PWR24基の全てを当社にて納入しており、近年、BWR再稼働支援にも注力**
- **国内軽水炉の安全・安定運転だけでなく、将来炉開発/燃料サイクル等ほぼ全ての領域で事業展開**

<国内軽水炉プラント>



軽水炉	PWR AS	再稼働/特重/定検・保守、プラント運用高度化、燃料他
	BWR	BWR再稼働/特重工事、保守
	海外	仏国向け等を中心にコンポーネント輸出
	革新軽水炉	新設向けSRZ-1200(中型炉)開発
廃止措置		軽水炉廃止、福島廃炉(デブリ取出し他)

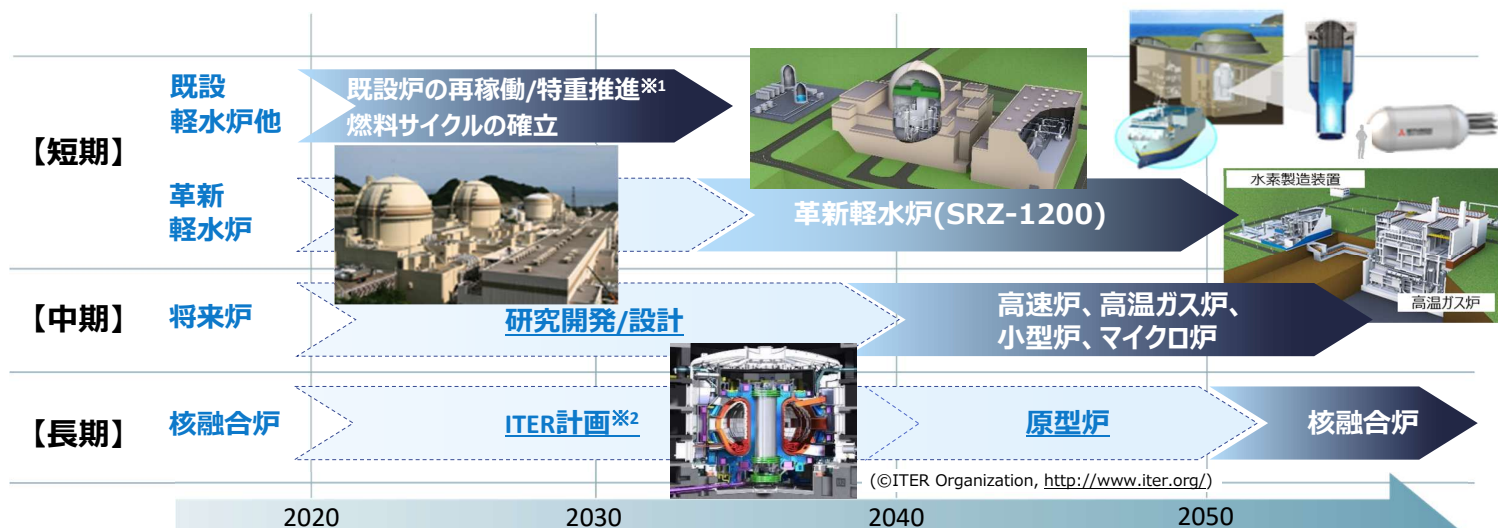
<高速炉実証炉>



燃料 サイクル	RRP/J-MOX	RRP/J-MOX建設工事、竣工後保守
	キャスク	使用済燃料の輸送・貯蔵用キャスクの製造
将来炉	高速炉	中核企業として高速炉開発推進
	高温ガス炉	水素製造の熱源向けに開発推進
	小型軽水炉	分散型/小規模グリッド向け電源として開発
	核融合	国際プロジェクト(ITER)に参画し開発推進

カーボンニュートラルに向けた原子力事業の取組み（全体像）

- 既設プラントの再稼働支援、再稼働後の安全安定運転の実現に努めるとともに、**燃料サイクル確立**に取り組む
- 世界最高水準の安全性を実現する**革新軽水炉(SRZ-1200)**の**早期実用化**により、カーボンニュートラル（CN）とエネルギー安定供給の実現に貢献
- 将来の多様化する社会ニーズに応じて、**高速炉、高温ガス炉、小型炉等の開発**を進めるとともに、“夢のエネルギー源”である**核融合炉にも挑戦**



※1 特定重大事故等対処施設：プラントとは完全に独立し、航空機衝突やテロ等の際に安全に運転停止できる大規模施設

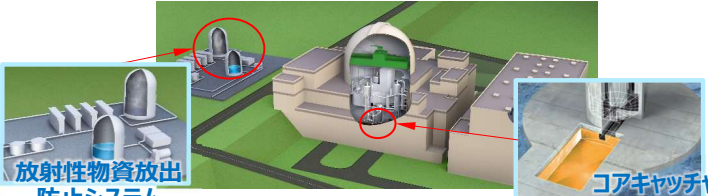
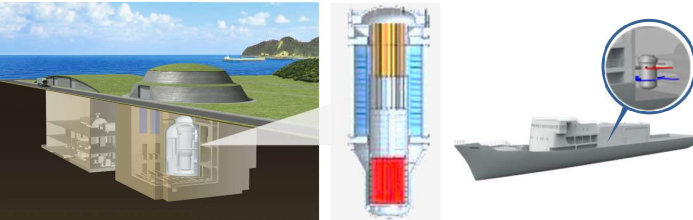
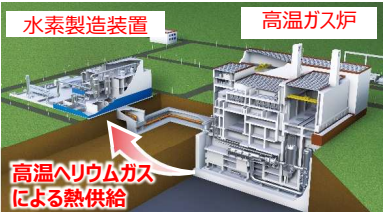
※2 ITER計画：核融合炉実験炉実現に向け7極（日、EU、米、露、中、韓、印）政府により進められている大型国際PJ

© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

2

三菱革新炉ラインナップ

- 革新軽水炉SRZ-1200に加え、社会的ニーズに応える将来炉（小型軽水炉、高温ガス炉、高速炉、マイクロ炉）の開発も推進中

革新軽水炉SRZ-1200	小型軽水炉	
✓ 既存グリッド向発電(電気出力:~120万kW) ✓ 2030年代半ばの実用化を目標に、高い経済性に加え、革新技術を採用した世界最高水準の安全性を実現 	✓ 分散型、小規模グリッド向発電（電気出力:30万kW） ✓ 安全系のフルパッシブ化、主機一体型炉他の採用 ✓ 船舶搭載炉も視野に開発を推進 	
高温ガス炉	高速炉	マイクロ炉
✓ 超高温（900℃以上）の核熱利用により大量かつ安定的な水素製造を実現 ✓ 鉄鋼業界など産業界の脱炭素化に貢献 	✓ 核燃料サイクルの実現により、資源の有効活用、高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度の低減が可能  ※1	✓ 離島・僻地・災害地用電源など多目的利用を可能とするポータブル原子炉 ✓ 三菱独自設計の全固体原子炉 

© MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

3

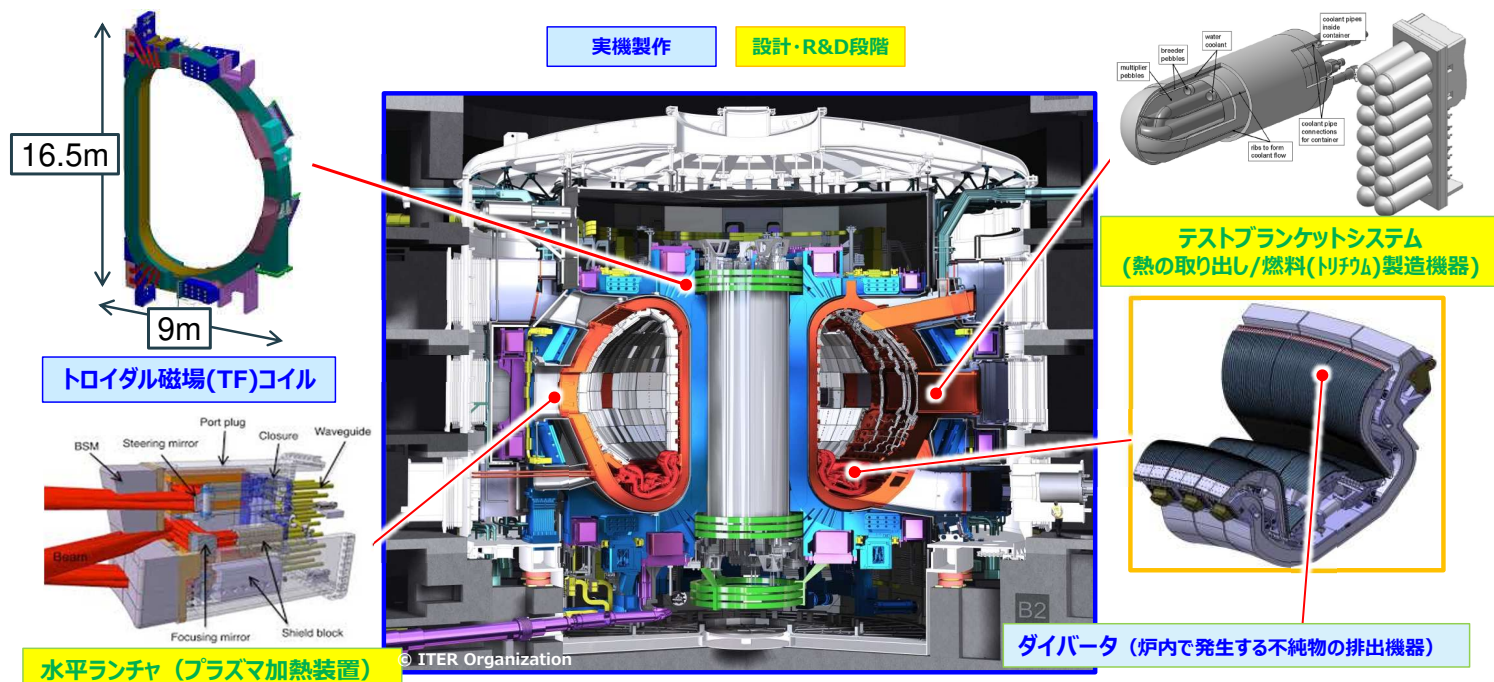
※1:本図は、経済産業省からの受託事業である“高速炉の国際協力等に関する技術開発”の成果を含みます

- 我が国の本格的な核融合開発は、1969年、国策として本格的に核融合研究開発計画が始まり、現在はITER、JT-60SAを基幹装置として、原型炉に向けた開発を推進
- 国際核融合実験炉 ITER計画 (7極(日,EU,米,露,中,韓,印)政府による超大型国際PJ)は2007年に開始
並行して、国内核融合実験装置JT-60SA※1によるITER補完、原型炉に向けたプラズマ実験を実施
※1：日欧協力によるBA(ブローダーアプローチ)計画の一つであり、また、国内サテライト装置としても位置づけ
- 昨今、CNに向けて核融合開発の機運が高まり、核融合科学技術委員会('21年8月)にて原型炉開発の加速（原型炉を2040年代の運用）に向けて提言※2
※2：文科省における核融合研究開発計画の作成、推進及び評価並びに重要調整事項の調査検討
- 内閣府・統合イノベーション戦略推進会議の下に、核融合国家戦略を取纏める「核融合戦略有識者会議」が設置。'23年4月に、核融合発電実用化に向けた研究開発加速、核融合関連産業育成を銘打って、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(国家戦略)」が策定され、推進中



三菱重工のITERへの取組み

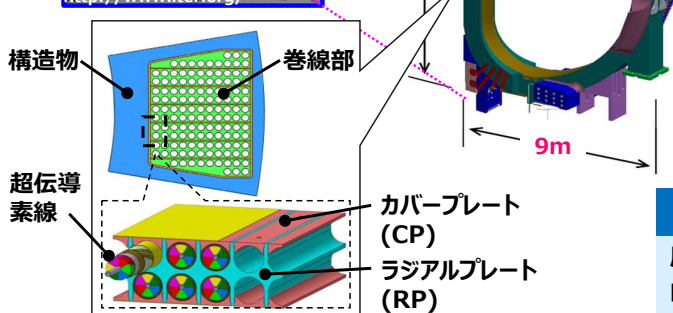
- '80年代から続く核融合開発の中心的プレーヤーとしてITERに参画。
- 原子力での機器製造の技術を活かし、高品質・高精度(1/10000オーダーの製作精度)が求められる超大型トロイダル磁場コイルを製作を担当し、世界に先駆けて製造/出荷を完了させ、ITER機構他から高評価獲得。
- 核融合炉の重要機器であるダイバータ、プラズマ加熱設備、ブランケット等にも開発・試作段階から参画中であり、当社のモノづくり力を活かして、核融合発電の実現に貢献していく



トロイダル磁場コイル（TFコイル）の概要

- 強い電磁場（数万トン）に耐え、プラズマ性能を保つため厚肉構造で高い精度が必要。また、高精度のプラズマ閉じ込め磁場形成のため巻線部にも高い精度が必要。
- 全19基(うち1基は予備コイル)のうち、日本は9基(欧州が10基)を所掌し、当社は5基の製作及び出荷が完了。コイルケースのうちインボードは全て当社にて製作し、最終組立メーカへ供給

項目	仕様
形状	高さ16.5m×幅9m
重量	コイル容器 約210ton/基、巻線 約100ton/基
材質	極低温用ステンレス鋼(高窒素含有)
数量	18基 (+ 予備 1 基)



一体化

巻線位置合せ：0.2mm
溶接後の最終機械加工
精度：平行度0.4mm

構造物(コイル容器)

14m×9mの溶接構造物で
輪郭度2mm以内
構造物全数は日本が調達

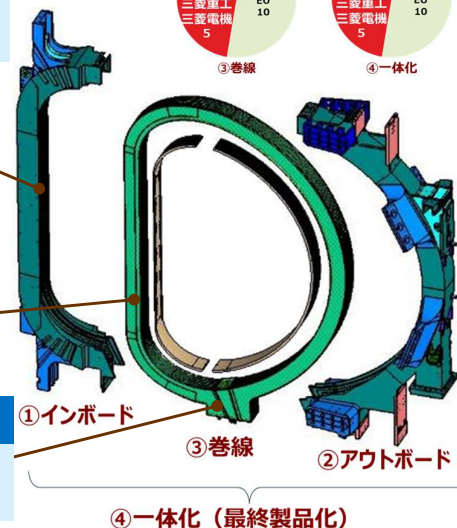
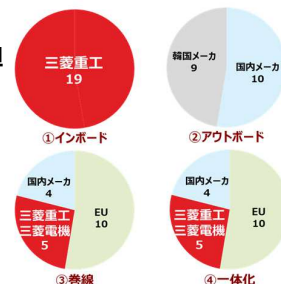
ラジアルプレート (RP)

14m×9mの溶接構造物で
平面度1mm以内

巻線部 (WP)

周長約30mに対する許容値：8mm
曲率に合わせ262種類のカバープレート

TFコイル製作分担

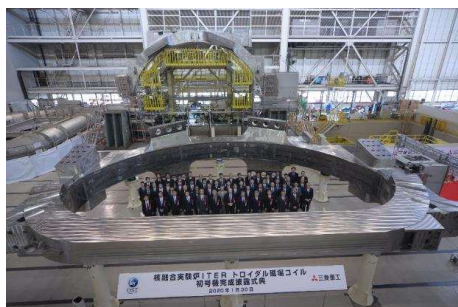


TFコイル製作への取り組み

- 2020年2月の初号機出荷を皮切りに、2023年8月に最終号機の出荷完了。
- 当社が納入した初号機、2号機は真空容器サブセクターの初号機に使用され、2022年5月にITERのピットへ問題なく搬入（IOにて真空容器の修理を行うため、現在はピットから搬出されている）



TFコイル最終組立



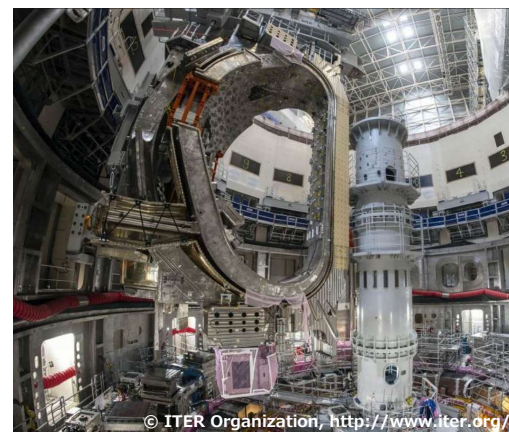
初号機完成（2020年1月30日）



TFコイル最終加工



最終号機出荷（2023年8月23日）

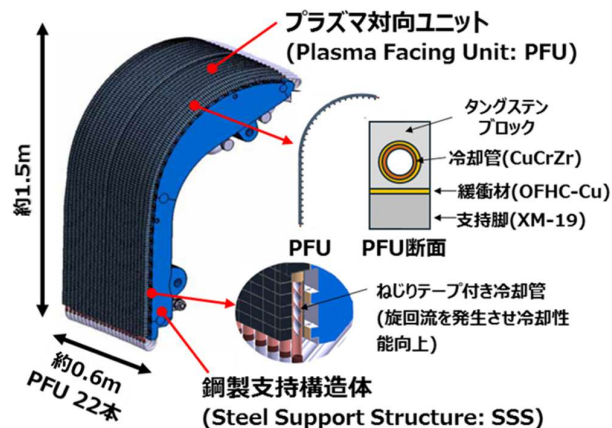
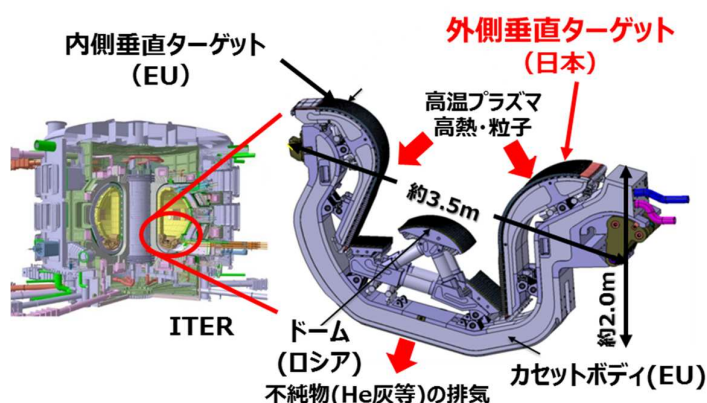


真空容器サブセクター初号機のピット搬入
(当社が納入したTFコイル2基分が使われている)

ダイバータ 外側垂直ターゲット (OVT※) の概要

※Outer Vertical Target 三菱重工

- 高温プラズマからの高い熱負荷と粒子負荷を受け止め、炉心プラズマ中の不純物であるHe灰（衝突過程でエネルギーを失ったヘリウムイオン）等を外部へ排気するための装置。日本は外側ターゲットを担当
- 運転中の熱負荷は、スペースシャトルが大気圏突入時に受ける熱負荷の約30倍。この対策として、表面は複雑な形状を有しており、高精度の製作技術が要求される



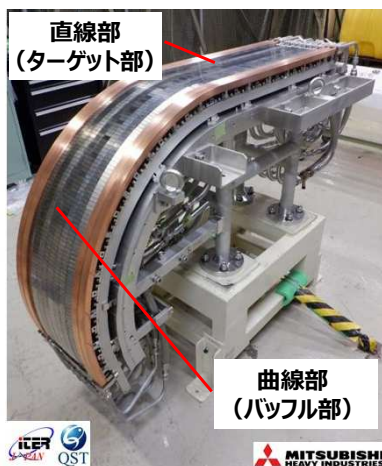
項目	仕様
形状	約高さ2.0m×幅1.5m×長さ3.5m
重量	約8ton
材質	タングステン(+Cu合金)+ステンレス(XM-19)
数量	54体(10年で交換)

機能	仕様/要求性能
熱防護性能	材質：タングステン PFU：22本(約150ブロック/本) プラズマ対向面 輪郭度：±0.25mm
冷却性能	冷却管材質：銅合金(CuCrZr) 高熱伝導：冶金的接合(ロウ付け等) 冷却性向上：ねじりテープ付き冷却管

ITERダイバータ製作への取り組み

三菱重工

- ITER機構が実施した熱負荷試験に合格（左図）。他極に先駆けて、実機PFU（タングステン-CuCrZr配管のロウ付け）製作に着手。ITER計画における日本分担機器製作の着実な進展に貢献
- ITER機構でのダイバータ組立試験に向けて、実機大のOVTプロトタイプ（右図）を製作し、QST殿へ納入



試験条件	【直線部】 10MW/m ² 5000サイクル 20MW/m ² 300+700 ^{*1} サイクル *1) 日本独自
	【曲線部】 5MW/m ² 5000サイクル
合格基準	除熱性能の劣化がないこと ・ 熱サイクル試験中に局所的な温度上昇の発生が無いこと ・ 熱サイクル前後のマッピング結果にて著しい温度差が無いこと。 ・ 熱負荷面であるタングステンに溶融が認められないこと（外観）。



PFUプロトタイプ（熱負荷試験体）外観と試験条件

OVTプロトタイプ外観

- 三菱みなとみらい技術館オンライントークイベントを開催し、核融合のアウトリーチにも貢献
興味ある方はぜひアクセスしてみてください！

■ 2022年1月27日（第一弾）

「SF思考で考える—核融合エネルギーが実現する未来社会とは—」

カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組みを進める当社グループの活動の一環として、未来のエネルギーといわれる核融合エネルギーにフォーカス。非連続で挑戦的かつリアリティのある未来を描くための手法として注目されている“SF思考”の視点から、「核融合エネルギーが実現する未来社会とはどのようなものか」「私たちの生活にどのような変化が起こるのか」といった切り口で未来社会を想像していきます

三菱みなとみらい技術館 核融合



■ 2023年7月26日（第二弾）

「ZEROから分かる！核融合エネルギーが実現する未来社会とは」

ITER 日本国内機関長の杉本 誠氏、ITER 機構首席戦略官の大前 敬祥氏、漫才コンビの U 字工事（福田 薫氏、益子 卓郎氏）をお招きし、ITER 機構・ITER 計画※2 に関する説明を交えながら核融合エネルギーの可能性について、基礎から分かりやすく解説します

