

ITER/BA成果報告会2025  
「副題：フュージョンエネルギーが拓くサステナブルな未来」  
2026年1月19日（月）イイノホール

# JT-60SA プラズマ加熱実験に向けた増強、及び ITER計画 の進捗

Progress of  
**JT-60SA enhancement for next operation  
and ITER project**

柏木 美恵子 / Mieko KASHIWAGI

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (QST)

那珂フュージョン科学技術研究所

# フュージョンエネルギー実現に向けて Toward realization of fusion energy

那珂研究所は、世界7極で取り組むITER計画、ならびにそれを補完・支援する日欧協力のBA（幅広いアプローチ）活動のうち、サテライト・トカマク計画のJT-60SAを推進し、培った技術や所内の施設を利用した産学界との連携に力を入れています。

試験装置

**JT-60**

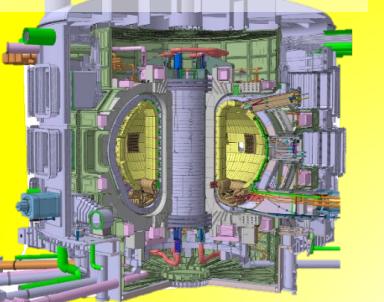
世界最高イオン温度  
5.2億度を達成

実験炉による科学的・技術的実現性

**ITER**

(仏 サン・ポール・レ・デュランス市)

核融合燃焼実証  
熱出力50万kW



技術的実証・経済的実現性

**原型炉****発電実証**

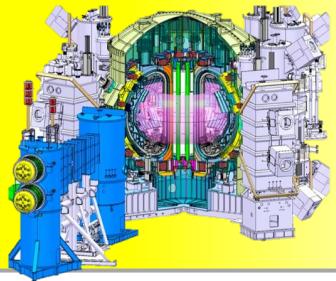
実用段階

ITERを支援、原型炉に向けた活動  
**幅広いアプローチ(BA)活動**

**JT-60SA** (茨城県那珂市)

**原型炉設計**  
**材料・燃料開発**

(青森県六ヶ所村)



産学界との連携強化

**フュージョンテクノロジー・  
イノベーション拠点**

知財、施設利用、  
オンラインラボ設置の  
ご相談はこちらから！

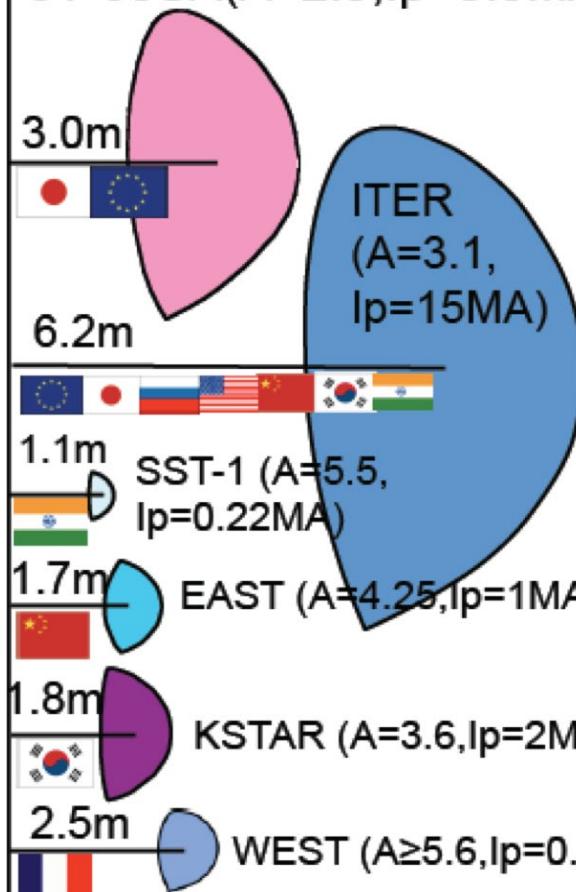


# JT-60SAとITERは、原型炉に向けた二大両輪

## The way to DEMO utilizing JT-60SA/ITER

### 世界のトカマク装置との比較 大半径方向

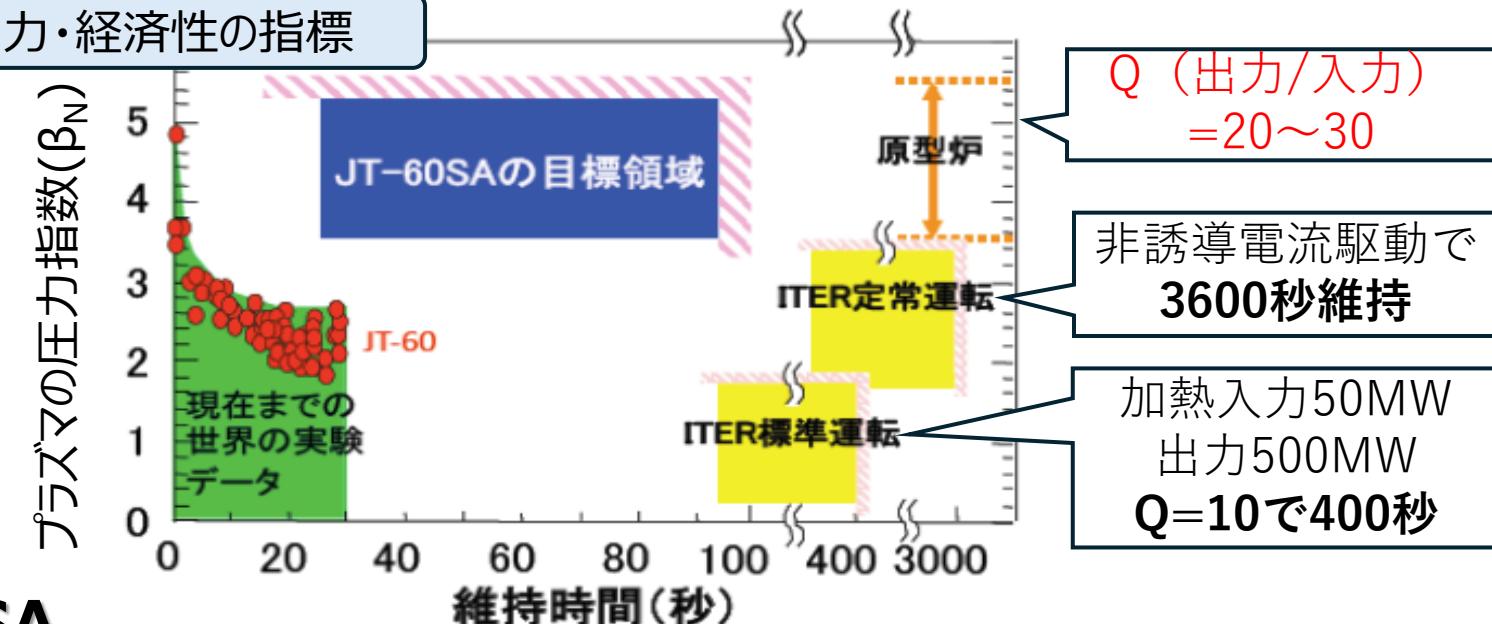
JT-60SA( $A \geq 2.5, I_p = 5.5\text{MA}$ )



### ITER

- 原型炉に必要な工学技術の獲得
- 実際の燃料（トリチウム）を用いた安定運転の実証
- 熱を取り出す・燃料を自己補給する技術の実証

### $\beta_N$ 値：出力・経済性の指標



### JT-60SA

- ITERに先んじて、ITERプラズマ制御方法や運転シナリオの構築
- ITERではできない、プラズマの高圧力運転の実証
- 運転を通じ、ITER/原型炉を牽引する人材の育成

# JT-60SA プラズマ加熱実験開始に向けた増力工事

# JT-60SA Machine enhancement for plasma heating experiment

**2023年10月** 初プラズマ後、世界最大プラズマ ( $160\text{m}^3$ )達成。 **2024年**より増力工事開始。  
2025年は各作業が進捗。 **2026年末、次の実験、プラズマ加熱運転を開始予定**

**超伝導コイルの接手部の絶縁強化(p.5)**  
(Reinforcement of superconducting coils)

**プラズマ加熱装置の準備 (p.6)**  
(Plasma heating components)

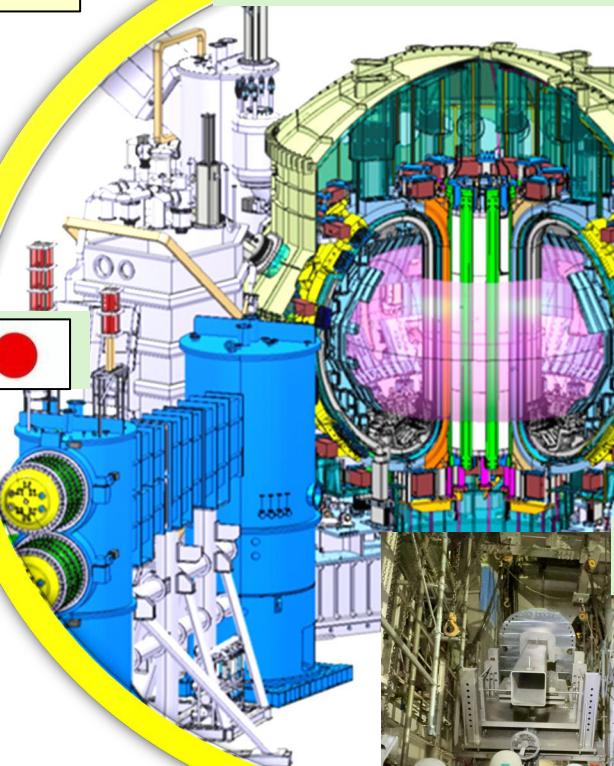
**冷却水設備・真空設備の整備**  
(Water & Vacuum pumping system)

**電源設備(Power supply)**



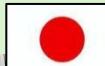
- 超伝導コイル電源の保護強化
- 容器内コイル電源の据付
- 電動発電機の整備

**上部架台の設置**  
(Upper stage)



**プラズマ制御の安定化板・容器内コイルの設置中**  
(Stabilization plate and coils for plasma control)

**高熱負荷機器（第一壁・ダイバータ）設置開始**  
(High heat flux components)



三菱電機（株）  
助川電気工業（株）  
(株) NAT  
(株) クリハラント  
原子力エンジニアリング（株）

**計測機器の搬入(Diagnostics)**



# 超伝導コイル：中心ソレノイド（CS）の絶縁強化

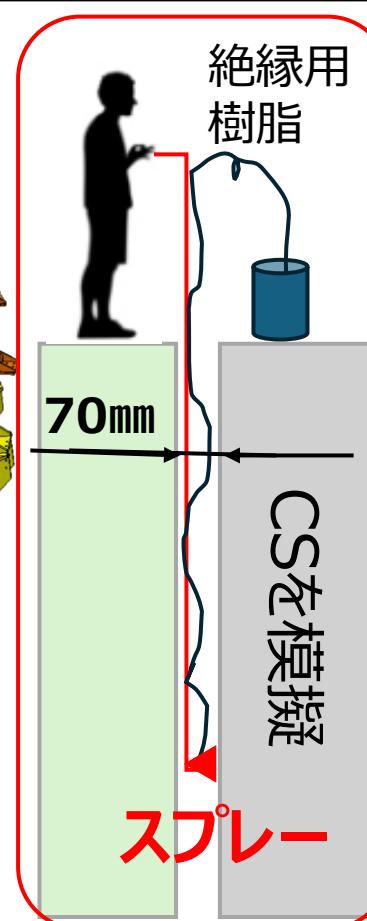
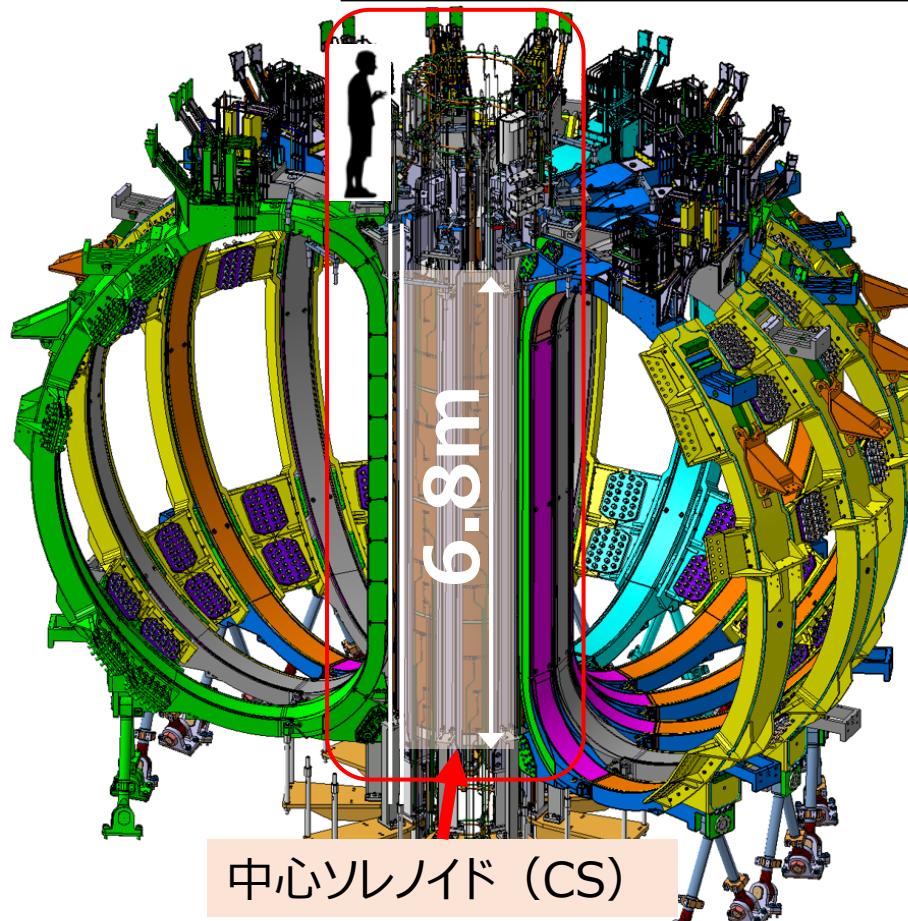
## Superconducting magnets: Reinforcement of insulation of CS

2021年3月、コイルと電路の継ぎ手部で放電。類似箇所（約100箇所）の絶縁部の補強を決定。

（課題）高さ6.8m、わずか70mmの隙間にある、手が届かない場所にある継ぎ手の補修

欧洲の提案、“CSを引き抜く方法”に対し、日本は引き抜かず、スプレーを使う“その場補修”を提案。

スプレーを狭隘空間に挿入し、絶縁樹脂を吹き付ける方法を確立し、現場作業を実施。



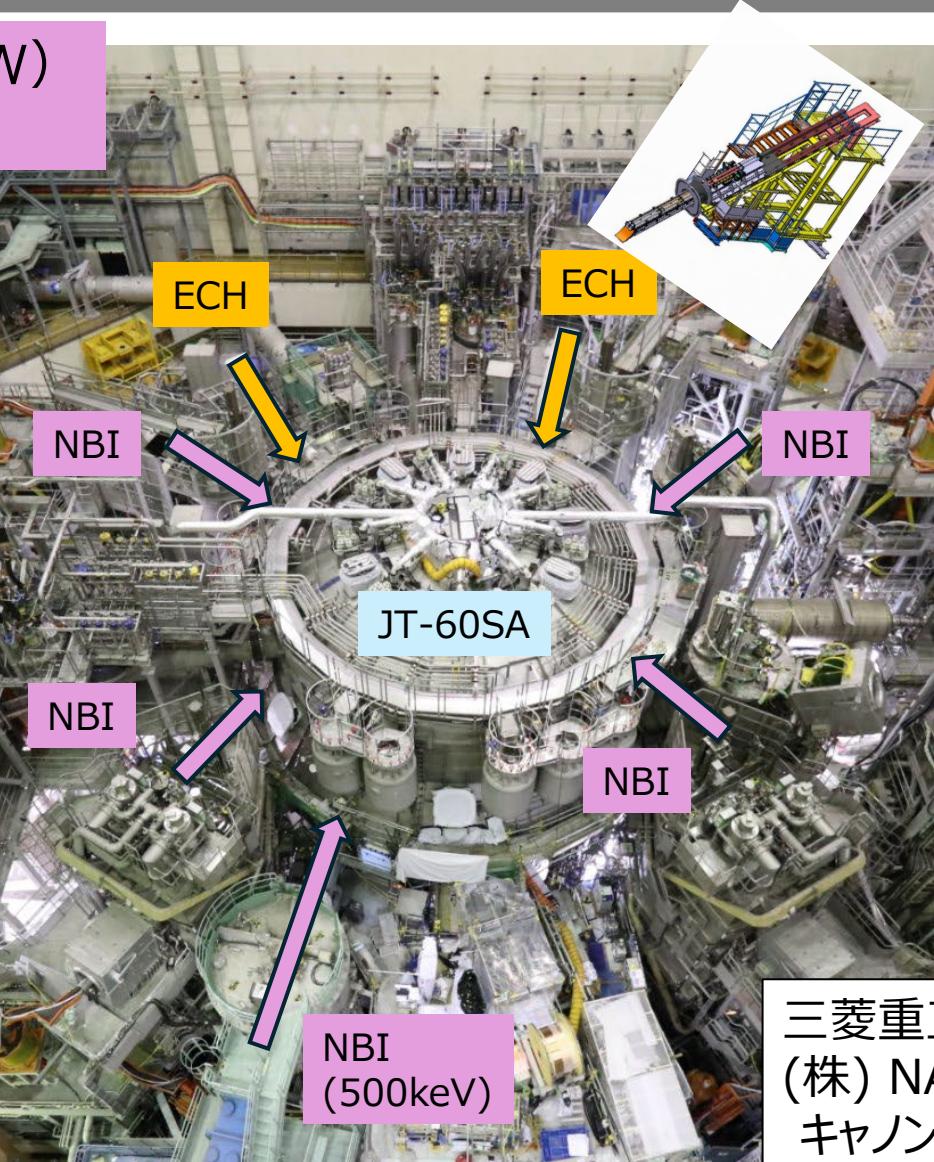
(株) NAT

2025年7月  
全ての絶縁部の補強  
を完了。

# JT-60SAのプラズマ加熱実験を支えるNBIとECH Progress of NBI & ECH for plasma heating experiment

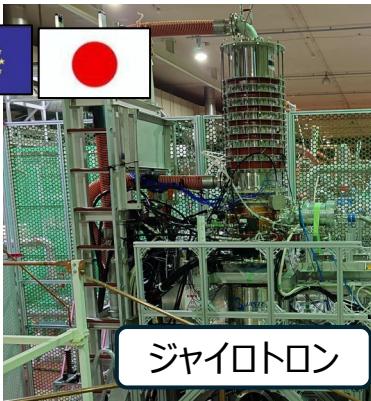
中性粒子入射装置 NBI (23.2MW)  
の再立ち上げ作業中

5MW 負イオンNBI (500keV) 2基  
1.6MW 正イオンNBI (85keV) 4基  
1.7MW 正イオンNBI (85keV) 4基



高周波加熱装置 RF (3MW)  
各ジャイロトロン発振試験中

1MW 110GHzジャイロトロン 2基  
1MW 多周波数 (138GHz, 110GHz,  
82GHz) ジャイロトロン 2基



ジャイロトロン



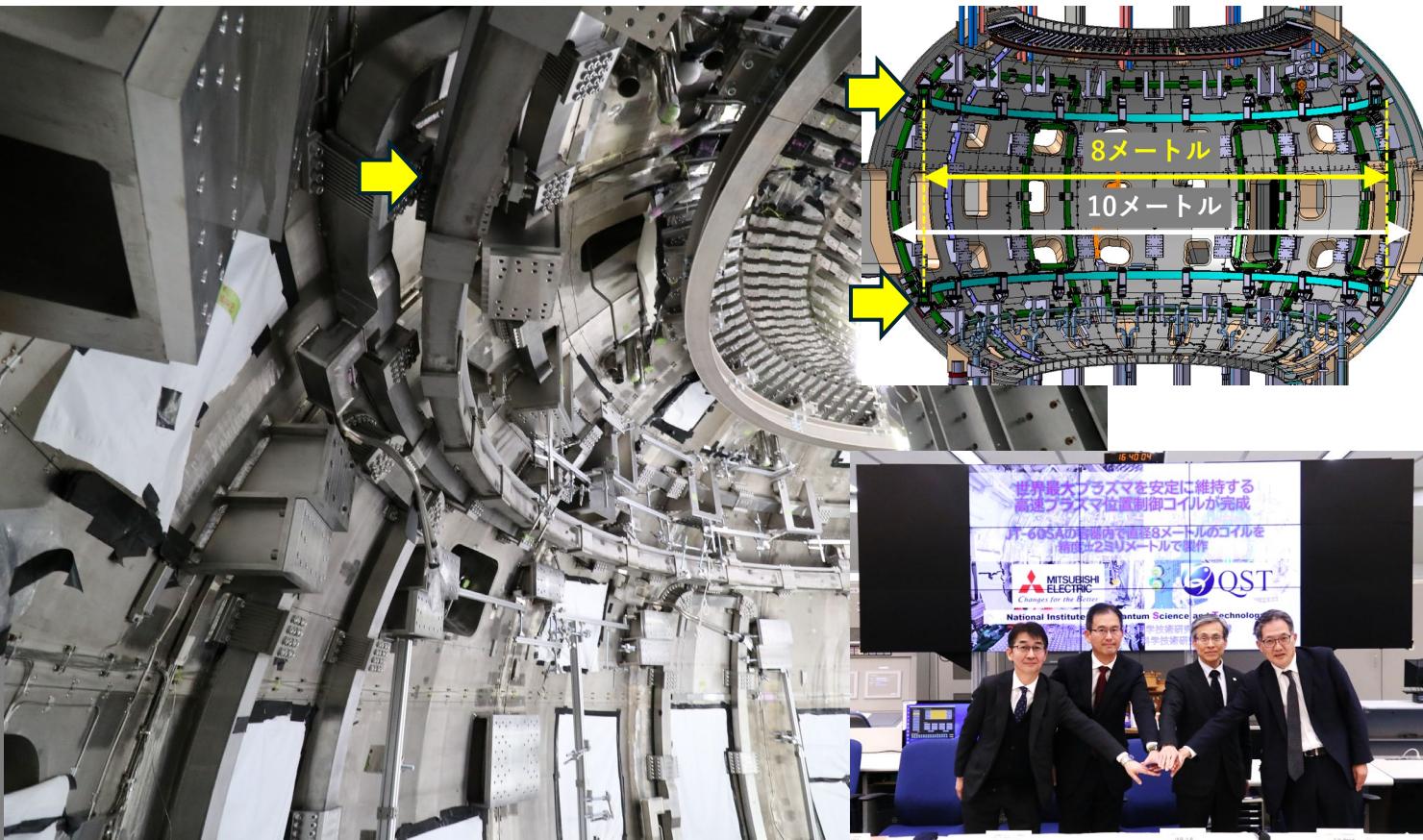
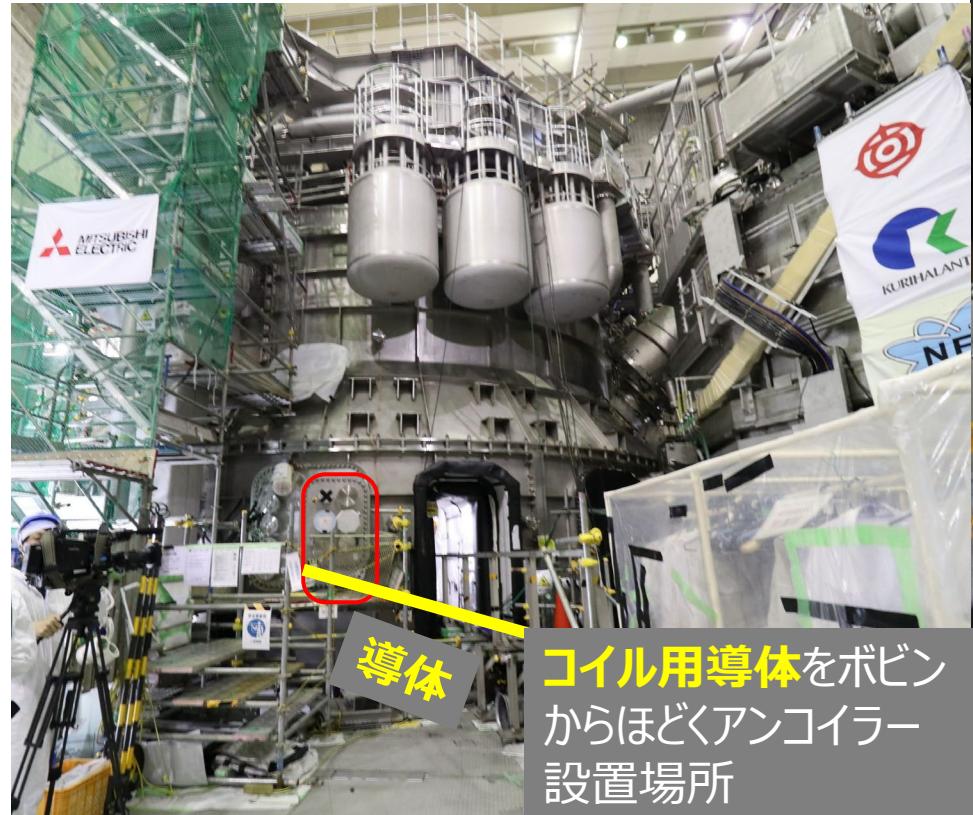
三菱重工業(株)  
(株) NAT  
キャノン電子管デバイス(株)

(株)日立製作所  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
(株) NAT  
(株)クリハラント  
原子力エンジニアリング(株)  
(株)ニチコン  
(株) ULVAC

QSTと三菱電機（株）との共同プレスリリース

## 世界最大プラズマを安定に維持する高速プラズマ位置制御コイル（FPPC）2体が完成

容器内の狭隘環境で大きなコイルを巻く技術開発



内径10メートルの容器内に直径8メートルのコイルを精度±2ミリメートルで製作

# プラズマ制御 AIによるプラズマ閉じ込め磁場予測技術の開発

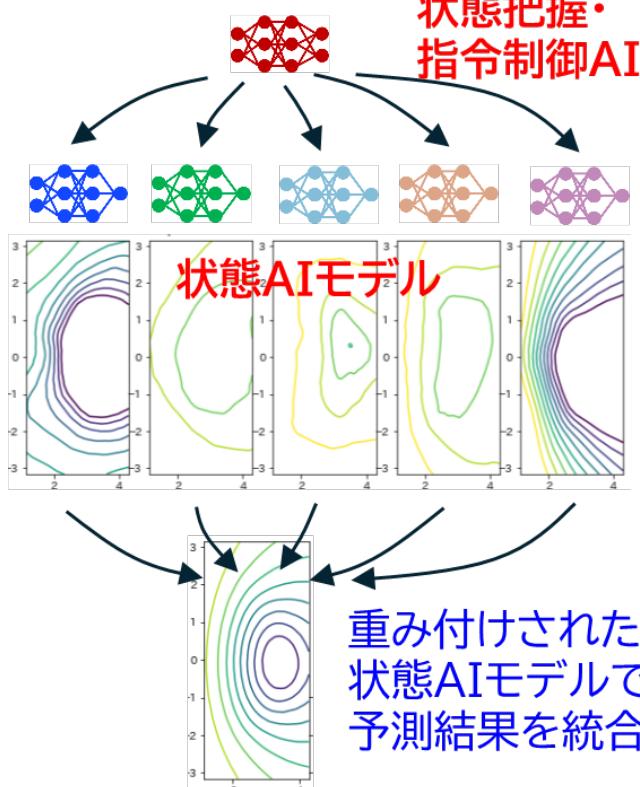
## Plasma control/prediction: AI based control method



QSTとNTT（株）との共同プレスリリース

プラズマの制御に必要なプラズマ位置形状の再現にAIを適用  
世界で初めて、過渡的な変化をリアルタイムで予測し(10ms)、  
空間的にも高精度（全体の約1%の1cm）で再現

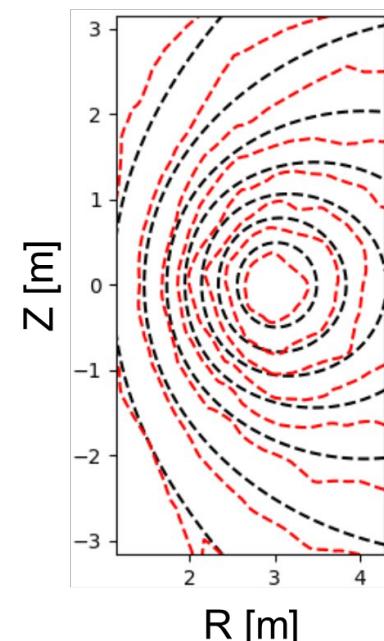
混合専門家 (MoE)



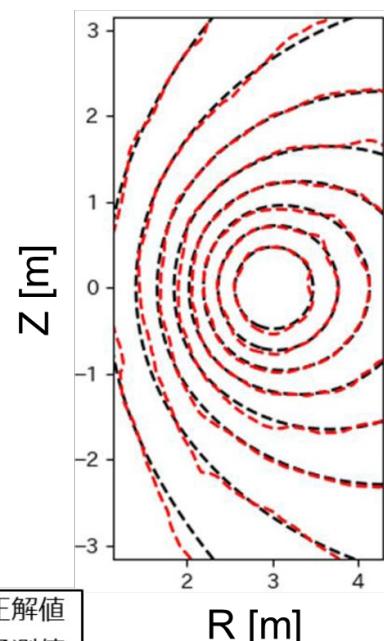
プラズマ閉じ込め磁場再構築に  
混合専門家モデル (MoE) 適用



単一のAIモデル

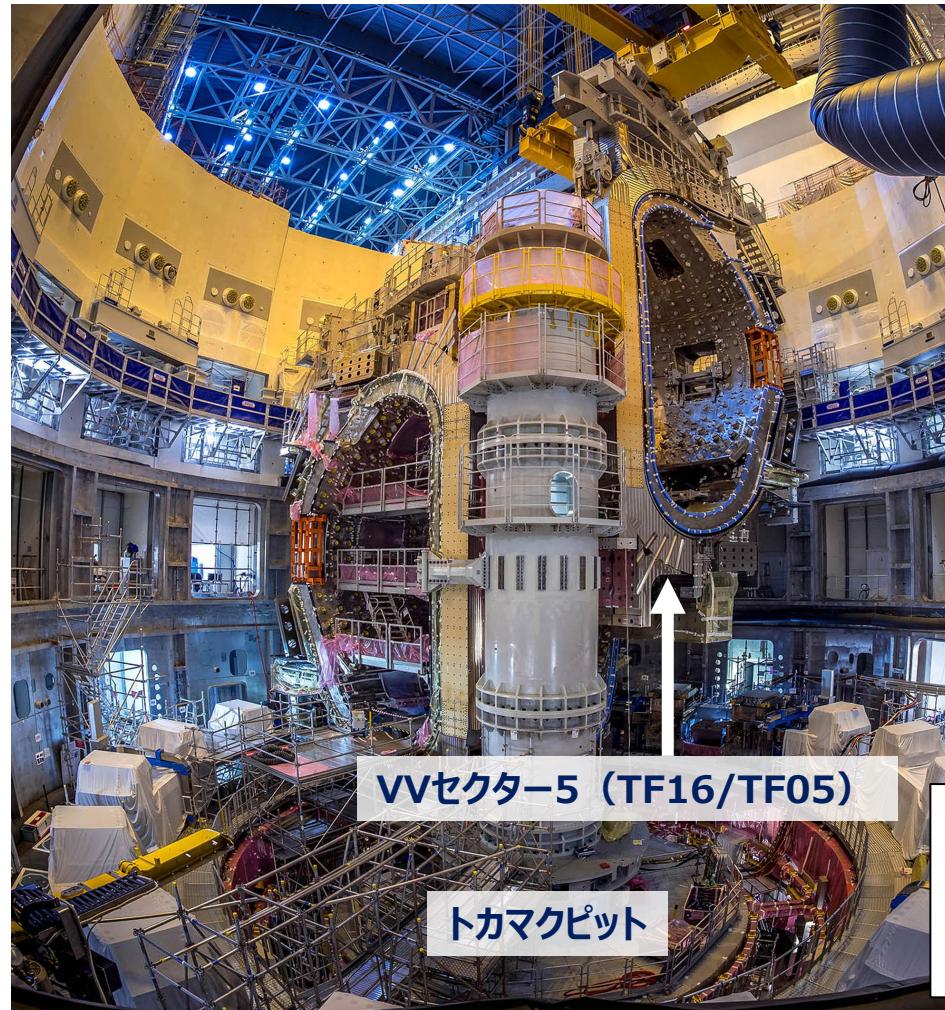
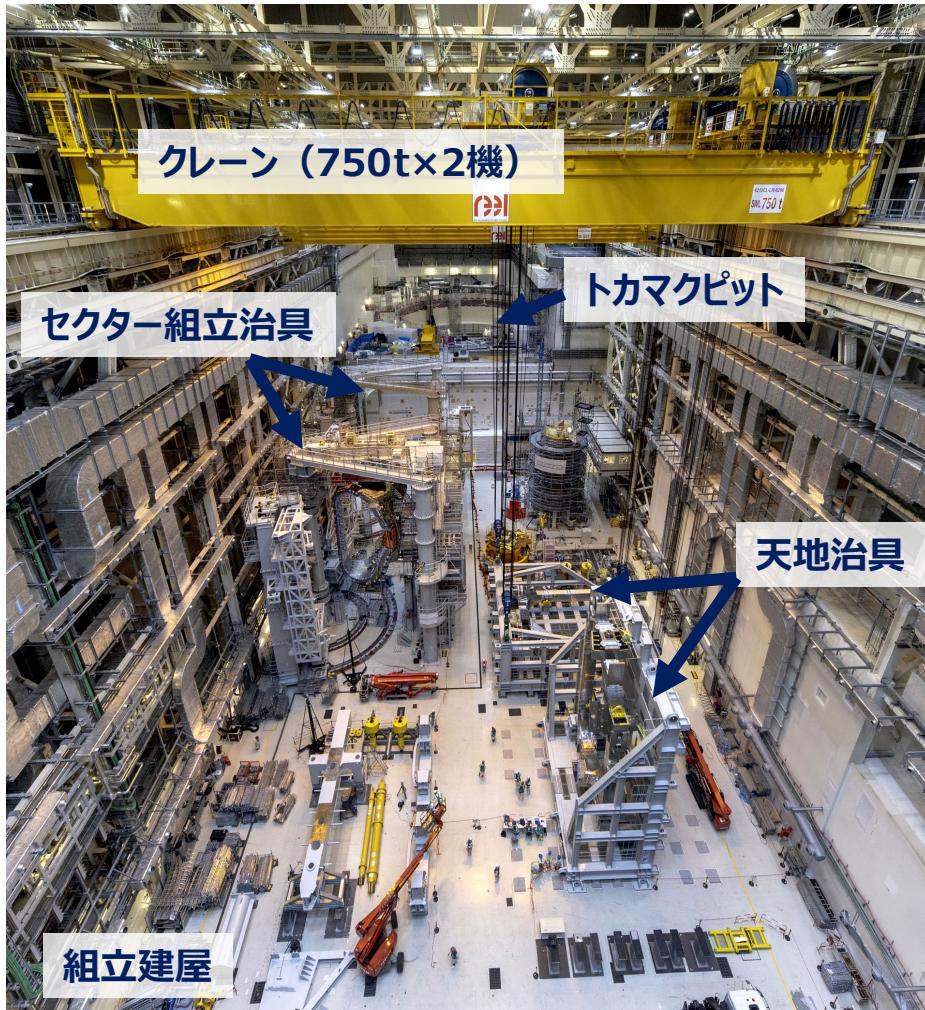


混合専門家モデル(MoE)



# ITERプロジェクト：ITERサイトにおける作業進捗 Progress of installation work in ITER site

- 全体の1/3となる**3機**（1機あたり40度分）の**真空容器(VV)**セクターがトカマクピットへの据付を完了。
- 1機につき2つのトロイダル磁場（TF）コイルを入れた構造で、高さ約16m、総重量は約1,350トンの巨大構造物。

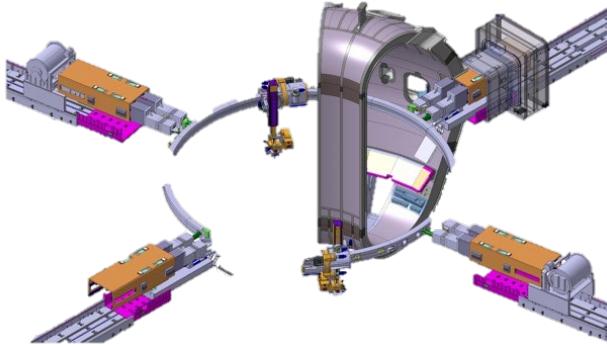


VVセクター1機あたりの組立・据付期間は、当初の18か月から目標としていた**約1/3に短縮**され、さらなる加速を目指す計画で進められている

東芝(株)  
三菱重工業(株)  
三菱電機 (株)

## ブランケット遠隔保守機器(P.12)

ブランケット初期組立用ツール 分担調達

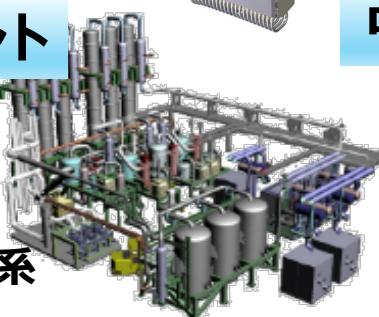


## ダイバータ(p.11)

外側垂直ターゲット 54台全数

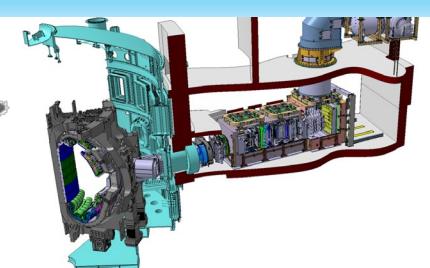


## トリチウムプラント



## トリチウム除去系

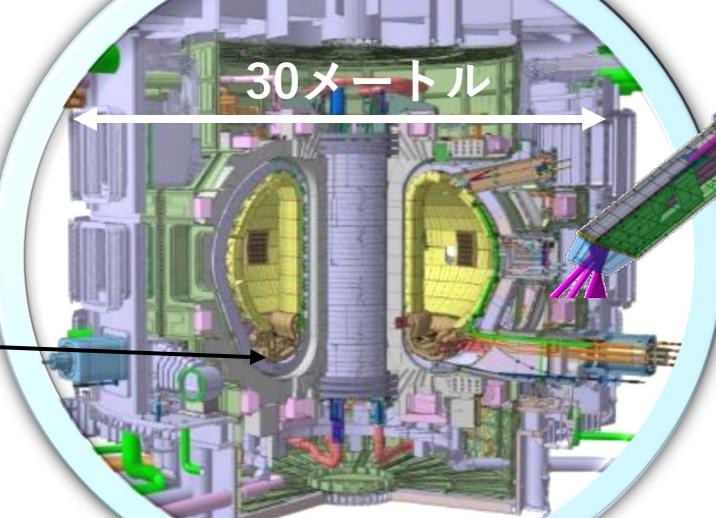
## 中性粒子入射加熱装置 (NBI) (p.12)



100万ボルト電源高電圧部  
100万ボルト高圧ブッシング  
1 MeV加速器

## 中心ソレノイド (CS)

導体 全数



## トロイダル磁場 (TF) コイル

TFコイル導体 33導体 (25%)

TF構造物 19機分 (全数)

TFコイル巻線・一体化 9機分 (47%)

## 高周波(EC)加熱装置(p.11)

ジャイロトロン 8基 (全体の1/3)

水平ランチャー (ポートプラグを含む)

## プラズマ計測装置

電子温度・密度計測、中性子計測など

5つの計測装置 (約15%)

マイクロフィッシュンチェンバー

ポロイダル偏光計

周辺トムソン散乱

ダイバータ不純物モニタ

ダイバータ赤外サーモグラフィー

下部ポート統合

東芝ESS(株)

(株)JEX

(株)トヤマ

MEDS (株)

Cosylab(株)

三菱電機(株)

(株)フォトクロス

(株)IHI

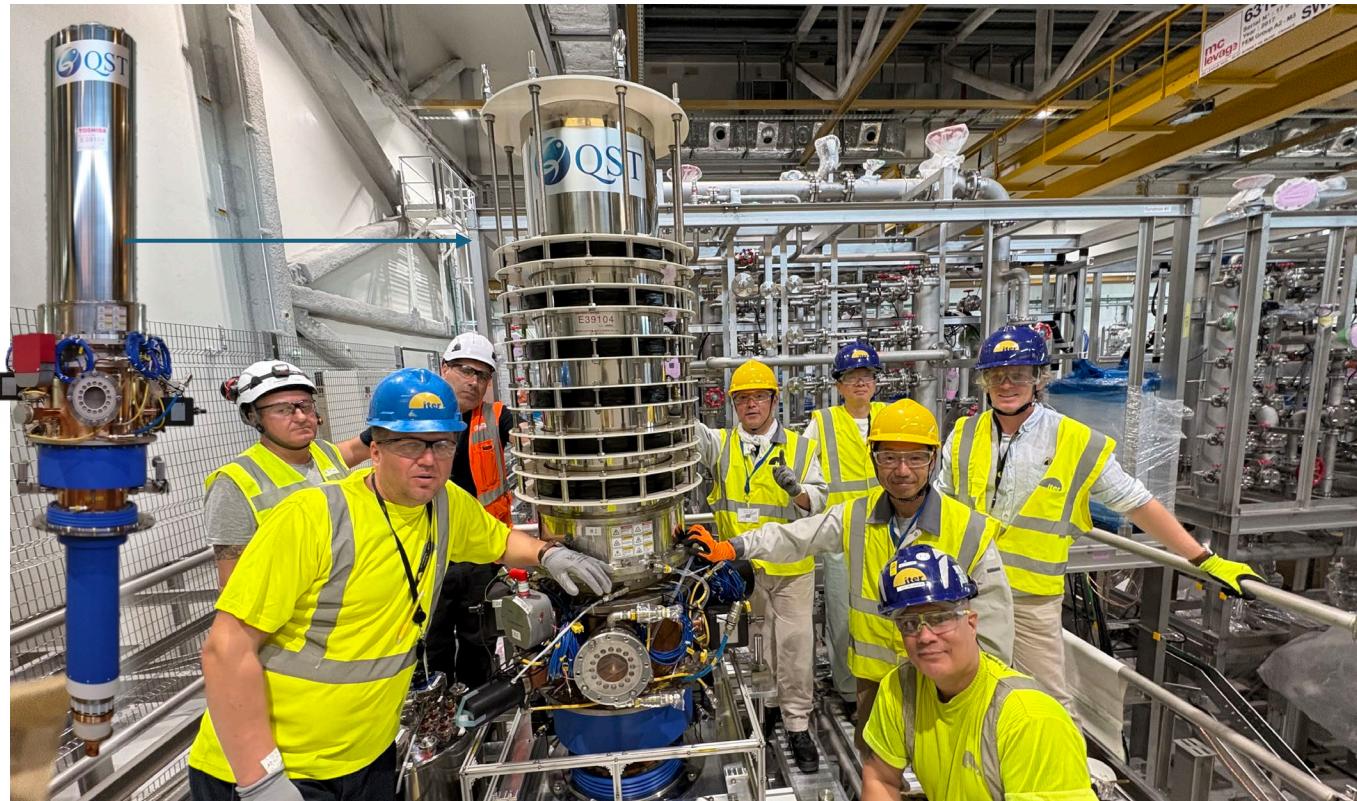
## トリチウム除去系

NBTF1機、ITER 2機  
NBTF1機、ITER 2機  
ITER用 1機

# ITERサイトでの進捗、ジャイロトロン初号機据付完了 First gyrotron installed at ITER site

プレスリリース

ITERで最初のプラズマ加熱装置を据付け



運転開始に向けて冷却配管を接続、  
通水試験を完了。



キヤノン電子管デバイス(株)  
(株) NAT

ジャパンスーパー・コンダクタ・テクノロジー(株)  
日本原子力エンジニアリング(株)

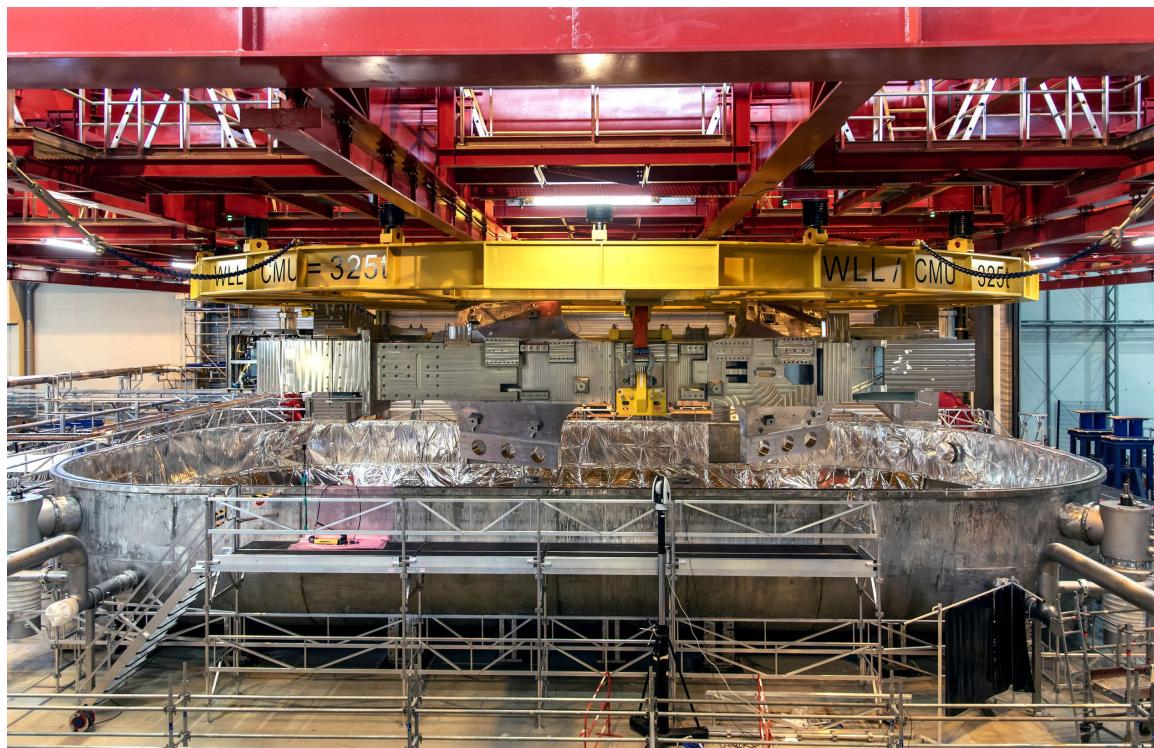
トヤマ(株) コスモ・テック(株) / 京セラ(株)  
Quod6(株) / Element Six 東京電子(株)

# 原型炉に向けた基盤技術：超伝導コイルと高熱負荷機器

## Base technology for DEMO: Super conducting coil and divertor

### トロイダル磁場コイル試験（ITERサイト）

TF07（東芝製）のコールド試験開始目前。  
運転より先行して日本製のコイルの性能確認を行い、  
ITERサイズ原型炉の基盤技術に貢献



試験用のクライオスタット容器にトロイダルコイルが装着された様子

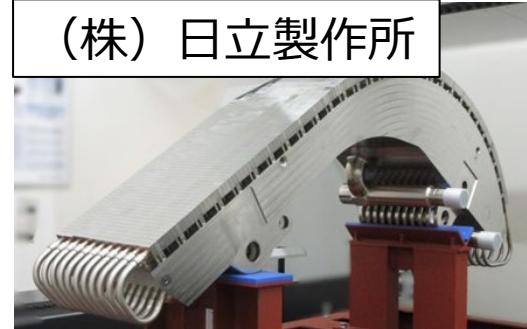
### ダイバータ外側ターゲット（OVT）の製作

オールジャパンのサプライチェーンを構築し、EUからも受注。  
タンクステンモノブロックはEUに全数納品。  
銅合金管、ねじりテープなど欧州からも引き合いあり。

(株) 日立製作所

▶ プレスリリース ▶

プロトタイプ完成  
プレス7月



(株) 三菱重工業

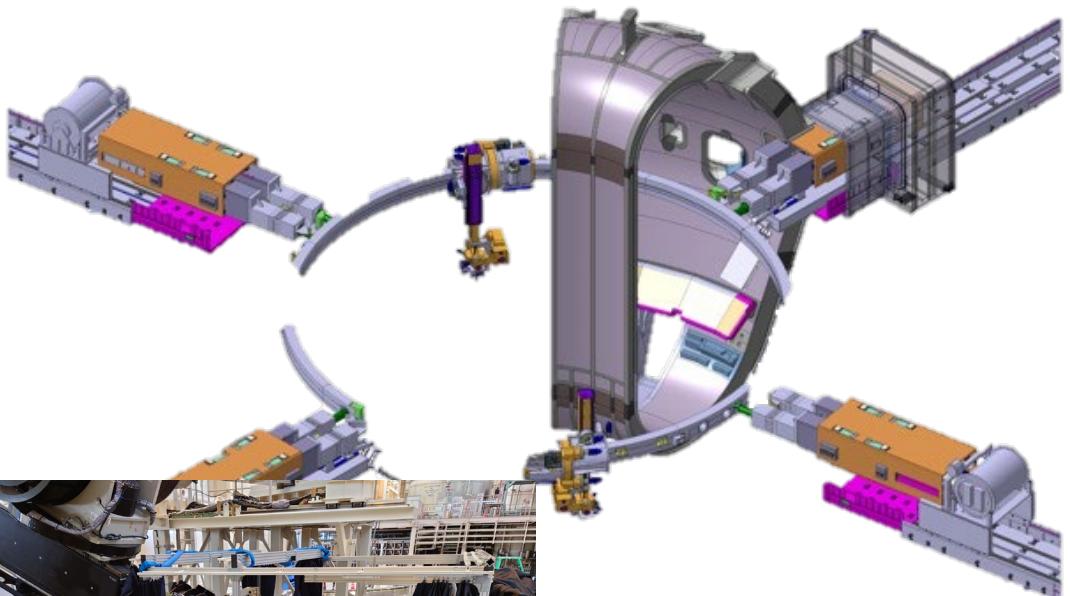
(株)アライドマテリアル  
金属技研(株)  
大同特殊鋼(株)

大和合金(株) / 三芳合金工業(株)  
大阪冶金興業(株) (有)菊池製作所  
助川電気工業(株)

# ブランケット遠隔保守とNBIの進捗 Progress of Remote handling of blanket and NBI

## ブランケット遠隔保守

ビーコル・マニピュレータ型遠隔保守装置用に開発してきた各種ツールを、ITER初期組立に使うため、調達を前倒し、早期の運転開始を強力に支援。



遠隔保守の試験装置

東芝(株)  
三菱重工業(株)  
(株)スギノマシン  
双日マシナリー(株)

## NB実機試験施設（NBTF）

100万ボルト電源、試験時の絶縁破壊で機器損傷。過渡的に発生する高電圧から機器を守る保護機能強化



(株) 日立製作所 京セラ(株) MARUWA(株)  
日新電機(株) レゾナック(株) 旭金属工業(株)  
Consorzio RFX(伊) Syncrom(伊)



# 原型炉に向けた協力体制・人材育成

## Research collaboration



### JT-60SA 実験チーム

実験リーダー

日本側リーダー



H. Urano



M. Yoshida

ITER-BA協力協定  
人材派遣・実験参加

トピカルグループリーダー

Operation Regime Development

Takuma Wakatsuki (QST, Japan)



MHD Stability and Control

Gianluca Pucella (ENEA, Italy)



Transport and Confinement

Luca Garzotti (EUROfusion)



High Energy Particle Behavior

Yevgen Kazakov (LPP-ERM/KMS, RERF)



Pedestal and Edge Physics

Nobuyuki Aiba (QST, Japan)



Divertor, SOL and PMI

Tomohide Nakano (QST, Japan)



### ITER運転

原型炉  
設計  
建設  
運転

### 実験参加・実験提案

トカマク炉心プラズマ共同研究  
オンサイトラボ協定  
関係機関との協力協定  
スチューデンドリサーチャー制度

JT-60SA国際核融合スクール (JIFS)  
若手研究会、WiFaS

### ITERプロジェクト下での参加

- ITER機構職員/エキスパート
- ITERプロジェクトアソシエイツ (IPA)  
参加極の関係機関等に在籍しつつITER機構で業務
- ITER機構インターンシップ  
(高校生以上、一般まで)
- モナコ/ITERポストドクフェロー



# 研究協力体制の例 Collaboration



## オンサイトラボ協定

JT-60SAを用いた大学等との連携（研究、人材育成）を促進するため、那珂研に研究拠点（オンライン・ラボ）を設置。興味のある大学・研究室にて説明会を開催。現在、10大学・研究機関が協定を締結し、研究活動を開始。



## トカマク炉心プラズマ共同研究

令和8年度  
「トカマク炉心プラズマ共同研究」課題公募

申込期限：令和7年12月11日（木曜日）17:30

JT-60SAの実験、ならびにJT-60SA/ITERの物理研究・装置開発に関するテーマで公募（令和8年度は17件）

## 国際連携

米国ジェネラル・アトミクス社、  
米国プリンストン・プラズマ物理研究所が  
JT-60SAと協力取決めを締結し、計測装置搬入





# 人材育成の例 Human resource development



第3回JT-60SA国際核融合スクール (JIFS)  
2025年9月1-12日



日欧合わせて20名の参加者（修士卒以上）が参加。  
那珂研での2週間の集中講義と実習の後、国内の最先端施設を訪問。今週、欧州の研究所にて特別実習中。

Women in Fusion and Science (WiFaS)  
(NIFSスクーリング事業) 2025年12月8-10日



共通技術を有するフュージョンエネルギー・加速器・宇宙に興味がある大学1年生相当以上の参加者を募り、講師合わせて50名以上の女性が参加。

# まとめ/Summary

那珂フュージョン科学技術研究所では、JT-60SAとITERの日本の2大国際プロジェクトを牽引

○ JT-60SAを用いた核融合装置の建設の技術開発、2026年以降のプラズマ加熱実験で、原型炉に必要なプラズマ性能を開発

○ ITERプロジェクトにおいて、原型炉で必要となる大型機器の製作や安定な運転技術を実証し、原型炉に向けた機器製作のためのサプライチェーンの開発を進める

○これら基盤を活用し、また原型炉の研究拠点である六ヶ所フュージョン科学技術研究所と協力し、  
**日本の原型炉に向けて、技術の確立に加え、人材育成、製造メーカー・スタートアップとの連携を進めていきます。**

