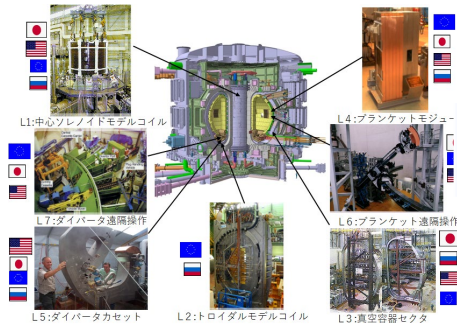


# ITER計画/BA活動の進捗と ITERサイズ原型炉による 発電実証の前倒しに係る検討

# ITER計画とBA活動の成果を最大限活用する 原型炉に向けた研究開発

## 工学R&D

ITER建設に必要な要素技術の蓄積



## 実験炉

核融合燃焼の実証

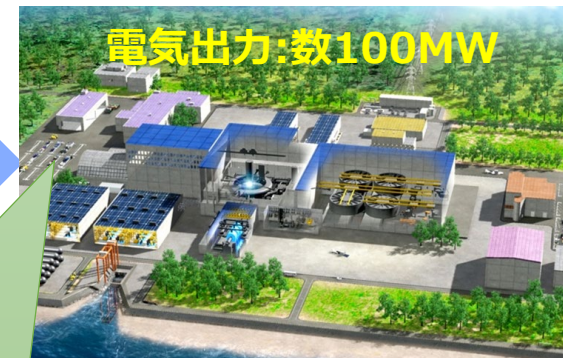
**ITER計画** 熱出力: 500MW

● TBM計画 (ITER利用計画)

## 原型炉

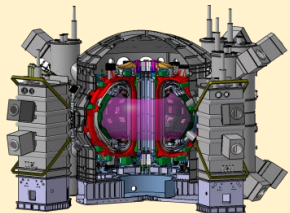
発電の実証

熱出力: ~1500MW



### 幅広いアプローチ活動

【茨城 那珂研】

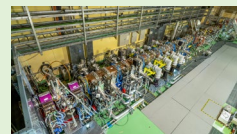


サライト・トマク計画事業 (JT-60SA)

【青森 六ヶ所研】



IFERC事業  
原型炉設計  
スーパーコンピュータ  
ITER遠隔実験



IFMIF/EVEDA事業  
材料照射施設のため  
の世界最大電流の加  
速器開発

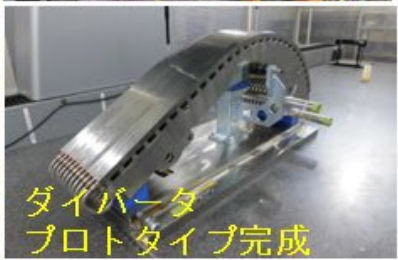
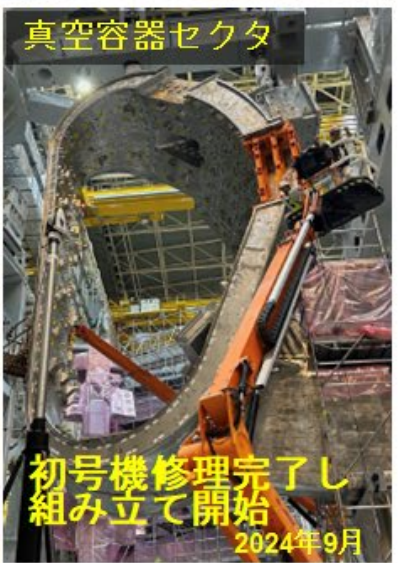
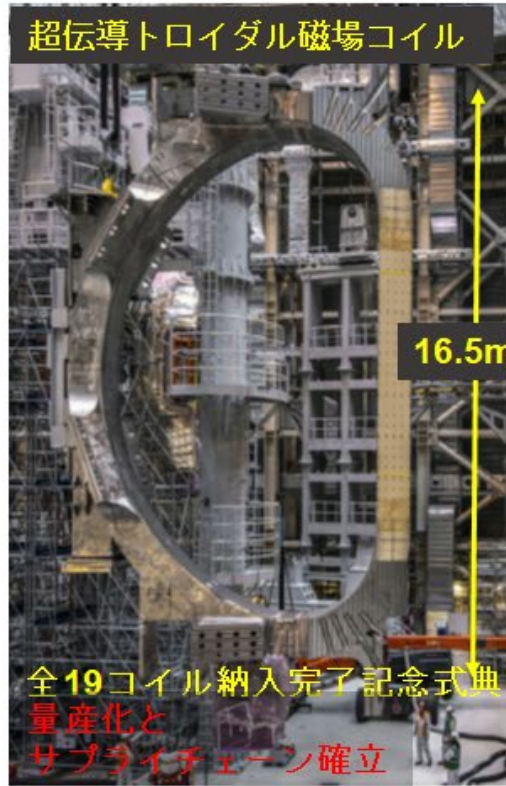
ITER計画/BA活動で得られた知見に加え、原型炉工学設計・実規模技術開発フェーズにおける工学R&Dが不可欠

IFERC: 国際核融合エネルギー研究センター

IFMIF/EVEDA: 国際核融合材料照射施設/工学実証・工学設計活動

# ITERサイトにおける組立作業が計画通りに進展

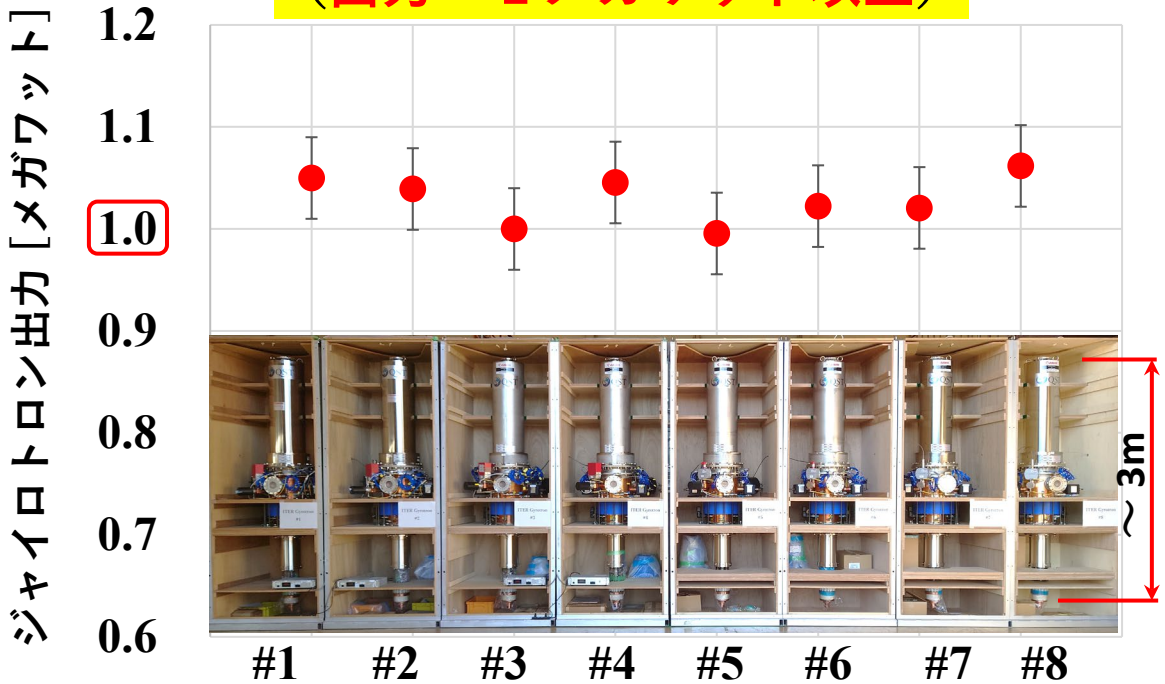
## ITER機構提供



# ジャイロトロン全基をITER機構に納入

- QSTでの性能実証試験を完遂
- ジャイロトロン機器の輸送が完了
- ITER機構での統合試験に向けて、高周波建屋への据付作業が加速

全8機のジャイロトロンで性能仕様を達成  
(出力：1メガワット以上)



最終便（ジャイロトロン2機ほか）が12月16日に出発

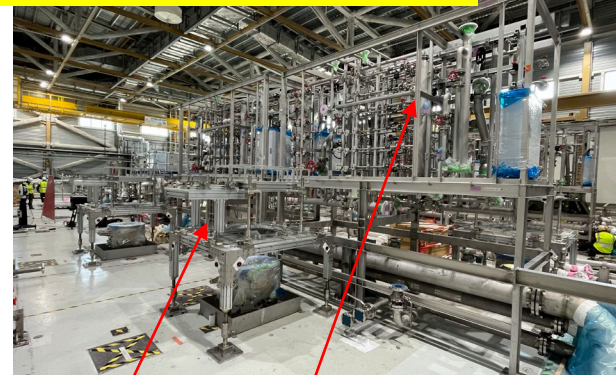


2025年1月22日にITER機構に到着

高周波建屋内での組立・据付作業が本格化



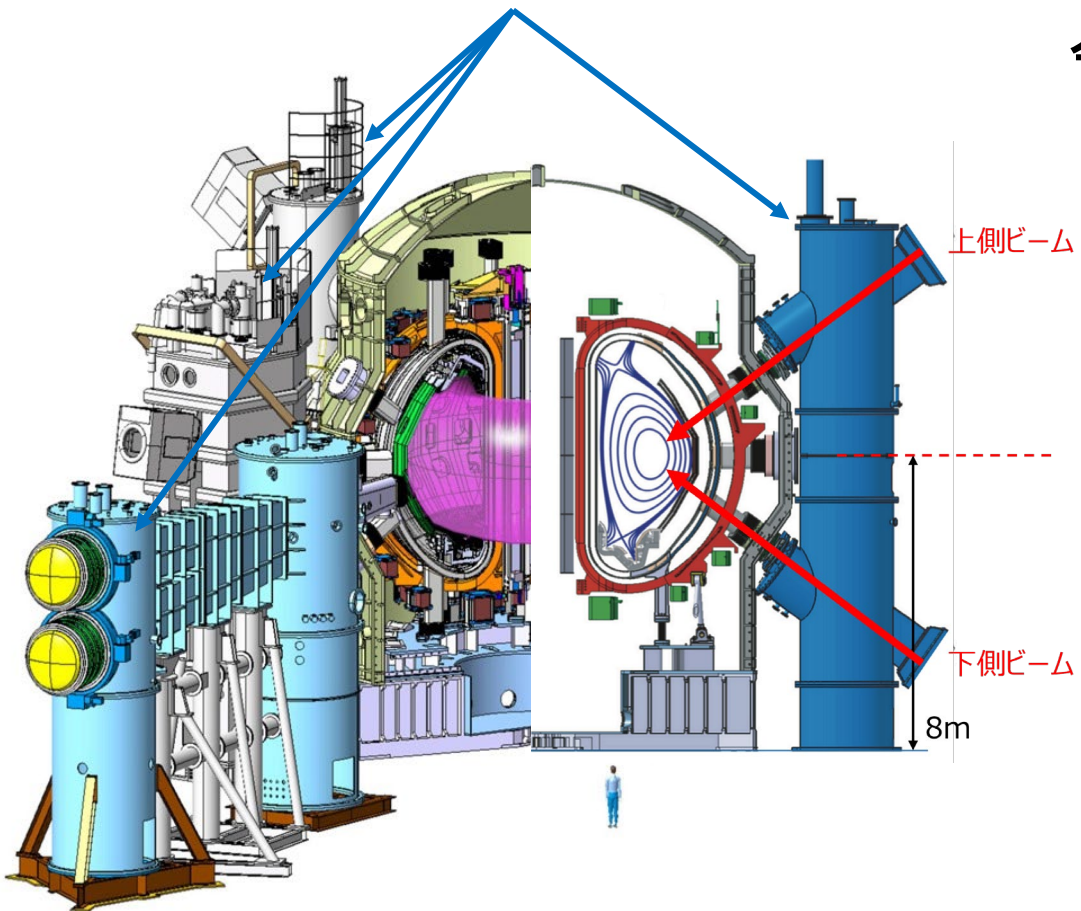
加速電源・制御装置（据付完了）



架台・マニホールド（据付中）

- 様々な加熱入力（手法、入射方向等）がJT-60SAの特色  
→高性能プラズマの開発に重要な役割

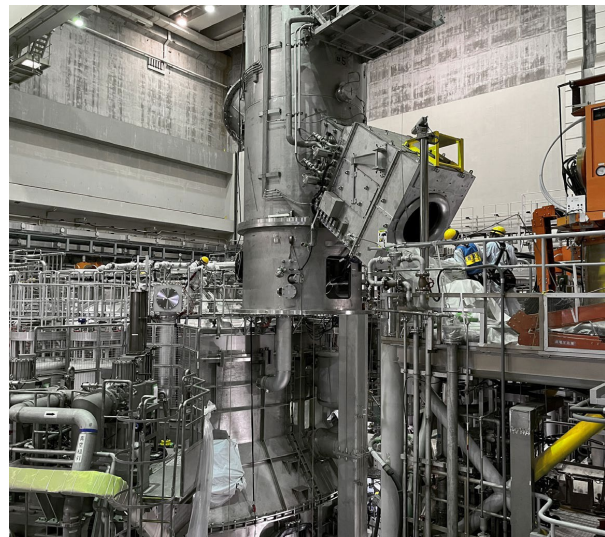
中性粒子ビーム入射装置



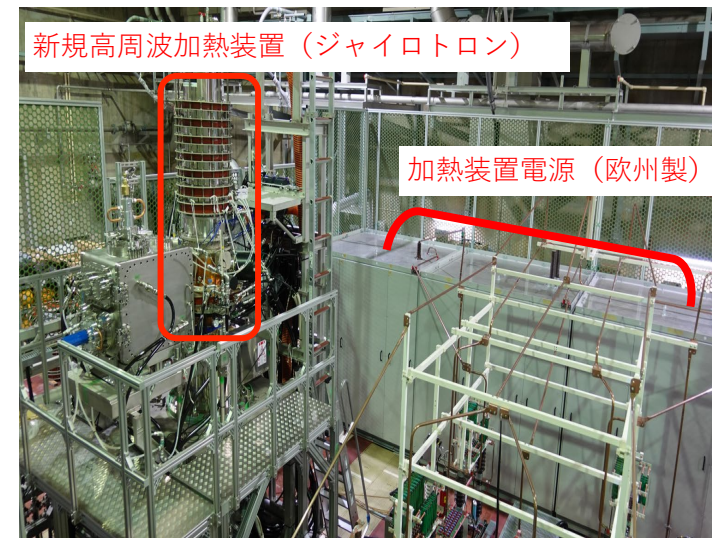
今回の増強工事で

- 中性粒子ビーム入射機の設置 ( $\leq 23.5\text{MW}$ )
- 高周波加熱装置の追加 ( $\leq 3\text{MW}$ )

下側ビーム（50t）の据付



高周波加熱装置



# 発電実証のさらなる前倒しの検討に向けて

文科省核融合科学技術委員会（第41回）（2025年2月7日）配布資料

- 令和4年には、第1回中間チェック・アンド・レビュー（CR1）での指摘を受けて、アクションプランに沿ったJT-60SA及びITERから原型炉への統合戦略を基に、運転開発期の目標を設定することで原型炉による発電実証の5年程度の前倒しが検討された。
  - 第1期：ITERからの技術ギャップが小さい『低出力&パルス運転』による早期発電実証（BLK発電の早期実証）
  - 第2期：商用炉段階に向けた『定格出力&連続運転』による発電実証
- 近年、各国政府は2030年代の早期発電実証に向けた政策を打ち出しているが、我が国においてもフュージョンエネルギー・イノベーション戦略が策定されて以降、フュージョンエネルギーによる2030年代の発電実証に向けて、様々な取組みが展開されているところ。
- このような状況を踏まえ、文部科学省からの依頼を受け、第37回原型炉開発総合戦略タスクフォースにおいて、「発電実証のさらなる前倒しの可能性」の検討状況について報告したところ。

# 発電実証のさらなる前倒しの考え方

文科省核融合科学技術委員会（第41回）（2025年2月7日）配布資料

- ITERサイズの原型炉により発電を2030年代に実証
  - ✓ ITERと同じ炉心機器 → 設計、R&D、試作等を大幅に簡略化
  - ✓ 機器製作（ITER調達）、統合化技術（JT-60SA建設） → 日本の優れた技術力
  - ✓ 核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標を達成するために必要な技術を原型炉建設と並行して開発 → 戦略的R&D
- 「発電実証」の目安は、発電のために消費する電力を賄う／上回る発電端出力（正味電力 $> \sim 0$ ）
  - ✓ 設備の高効率化に必要な技術開発も並行して実施 → 商用炉段階に正味電力を増大
- 多段階の運転開発期の目標を設定し、機器を段階的に改良することでプラント規模の発電を目指す
  - ✓ 同じ装置で複数の役割を担う → リソースを合理化
- 商用炉に必要な新技術をも原型炉建設に並行して開発、後期に導入することで性能を段階的に向上
  - ✓ 商用化への技術ギャップを最小化 → 早期の社会実装

建設に最短  
で着手

# ITERサイズの原型炉で段階的に目標を達成するアプローチ

文科省核融合科学技術委員会（第41回）（2025年2月7日）配布資料

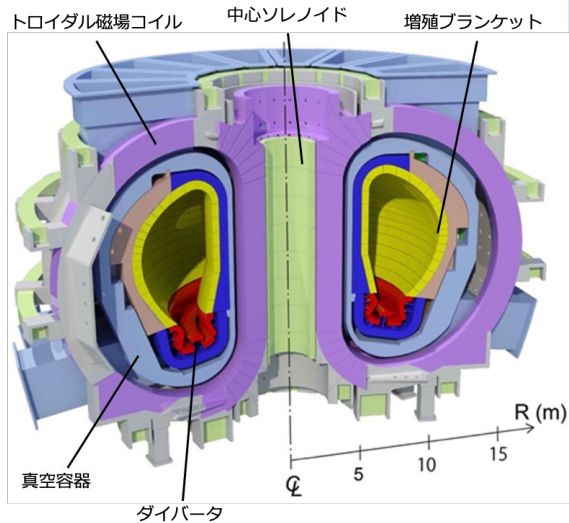


核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標

- ① 数十万kWの電気出力
- ② 実用に供し得る稼働率
- ③ 燃料の自己充足性

を満足するJA DEMOはITERの1.4倍のサイズ

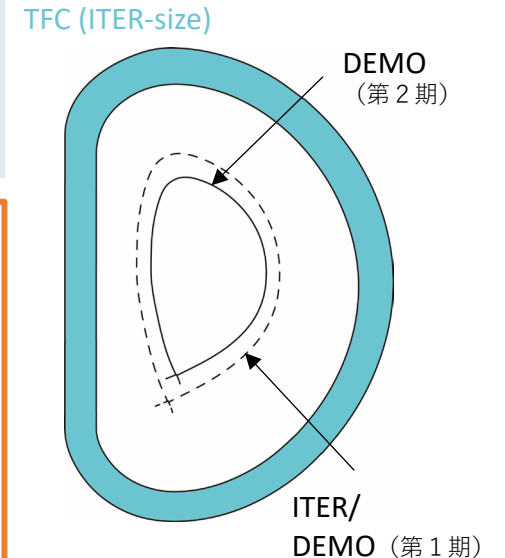
運転開始時から目標①～③の同時達成を目指すのではなく、ITERサイズのトロイダル磁場コイルを用いた原型炉において0.2GWクラスの発電実証を原型炉の第1期目標として定めることで移行判断を前倒すとともに、**主要機器を段階的にアップグレードすることで段階的に性能を向上するアプローチ**



**JA DEMO**  
主半径：8.5m  
小半径：2.42m  
核融合出力：1.5GW  
発電端出力：0.64GW

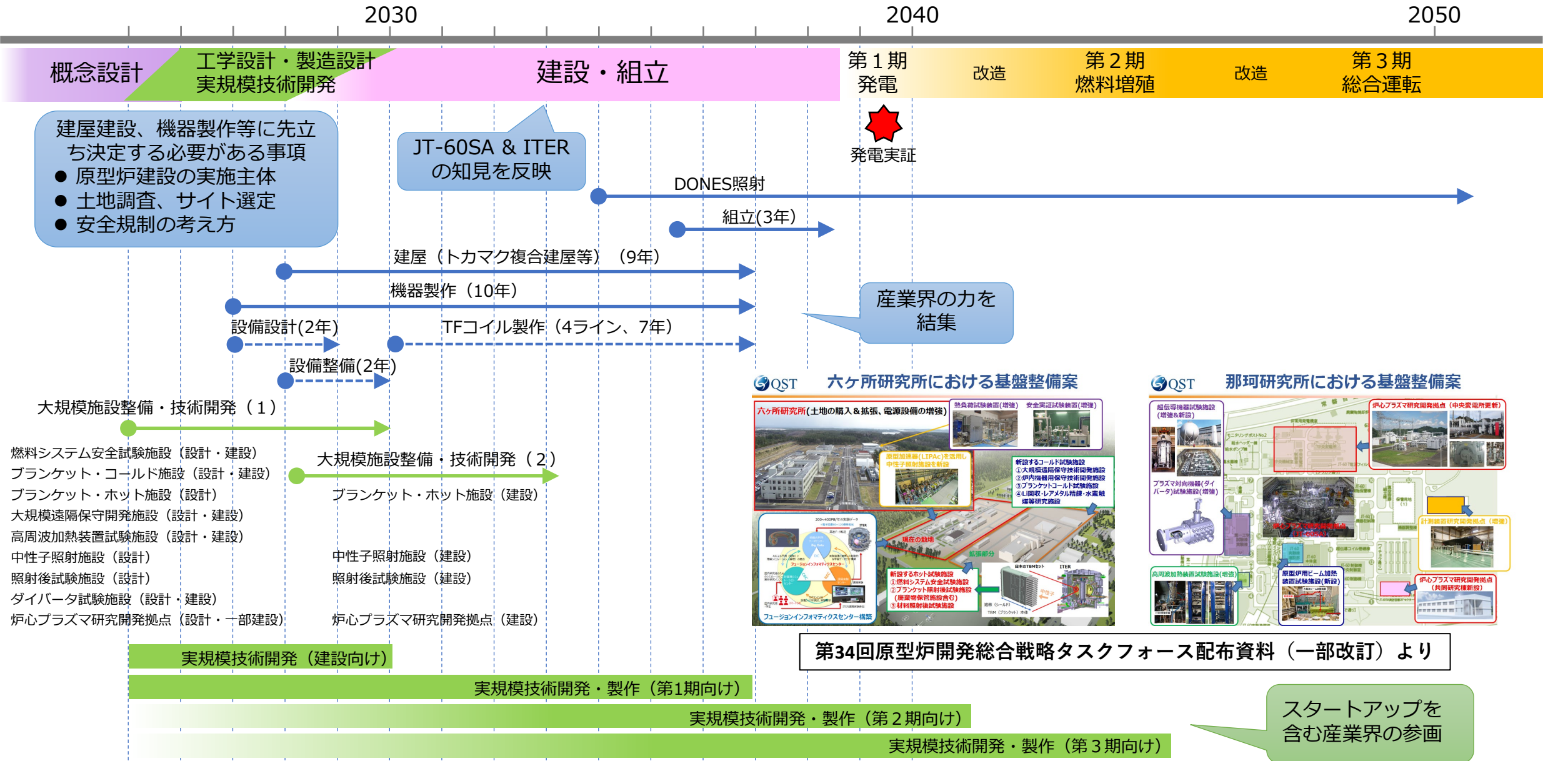
**検討例（第1期）**  
主半径：6.2m  
小半径：2.0m  
核融合出力：0.49GW  
発電端出力：0.18GW

- 第1期：発電に特化したブランケットを装着することでITER程度のプラズマ体積を確保し、数分間の短パルス運転にて正味電力 $\sim 0$ 規模の発電を実証
- 第2期：燃料増殖も行うブランケットに交換するとともに、数時間の長パルス運転にて燃料増殖を実証
- 第3期：加熱・電流駆動装置の高効率化やプラズマ性能を向上し、定常運転にて $\sim 100\text{MW}$ （正味電力 $> 0$ ）規模の発電を実証



# 2030年代発電実証を目指したスケジュール（イメージ）

文科省核融合科学技術委員会（第41回）（2025年2月7日）配布資料



概念設計

建屋建設、機器製作等に先立ち決定する必要がある事項

- 原型炉建設の実施主体
- 土地調査、サイト選定
- 安全規制の考え方

2030

工学設計・製造設計  
実規模技術開発

建設・組立

JT-60SA & ITER  
の知見を反映

DONES照射

組立(3年)

2040

第1期  
発電

改造

第2期  
燃料増殖

改造

2050

第3期  
総合運転

産業界の力を  
結集

QST 六ヶ所研究所における基盤整備案

六ヶ所研究所(土地の購入&拡張、電源設備の増強)

熱負荷試験装置(増強) 安全実証試験装置(増強)

原量加速器(LIPAC)を適用し  
中性子照射施設を新設

新設するコールド試験施設  
①大規模遠隔保守技術開発施設  
②炉内機器用保守技術開発施設  
③ブランケットコールド試験施設  
④Li回収・Liメタル精錬・水蒸気  
炉等研究施設

現在の敷地

拡張部分

新設するホット試験施設  
①燃料システム安全試験施設  
②ブランケット照射後試験施設  
(産業物産試験施設含む)  
③材料照射後試験施設

ITER

フェージョン・フォマティクスセンター構築

QST 那珂研究所における基盤整備案

超伝導機器試験施設  
(増強&新設)

伊心プラズマ研究開発拠点  
(中央受入所更新)

超伝導機器試験施設  
(増強&新設)

プラズマ対向機器(タイ  
バタ)試験施設(増強)

計画前期研究開発拠点  
(増強)

伊心プラズマ研究開発拠点  
(共同研究棟新設)

高周波加熱装置試験施設(増強)

原型炉用ビーム加熱  
装置試験施設(新設)

第34回原型炉開発総合戦略タスクフォース配布資料（一部改訂）より

スタートアップを  
含む産業界の参画

- 大規模施設整備・技術開発（1）
- 燃料システム安全試験施設（設計・建設）
  - ブランケット・コールド施設（設計・建設）
  - ブランケット・ホット施設（設計）
  - 大規模遠隔保守開発施設（設計・建設）
  - 高周波加熱装置試験施設（設計・建設）
  - 中性子照射施設（設計）
  - 照射後試験施設（設計）
  - ダイバータ試験施設（設計・建設）
  - 炉心プラズマ研究開発拠点（設計・一部建設）

- 大規模施設整備・技術開発（2）
- ブランケット・ホット施設（建設）
  - 中性子照射施設（建設）
  - 照射後試験施設（建設）
  - 炉心プラズマ研究開発拠点（建設）

- 実規模技術開発（建設向け）
- 実規模技術開発・製作（第1期向け）
- 実規模技術開発・製作（第2期向け）
- 実規模技術開発・製作（第3期向け）

## 原型炉開発アクションプランにおける核融合中性子源の記述

合同特別チームの活動フェーズ  
 黒: 開始事項  
 赤: 完了事項

	概念設計の基本設計	概念設計	工学設計/製造設計
	2015	2020頃	2025頃
8.核融合炉材料と規格・基準 (2)その他の材料	増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化	原子炉照射影響評価	
		増殖機能材料充填体の機械特性評価/製作技術確立 (ITER-TBM2号機)	
		Li確保技術開発	
		耐照射性ダイバータ材料の開発、原子炉照射影響評価	
	計測・制御機器材料の原子炉照射劣化データベース	原子炉耐照射性 計測・制御機器材料の評価	
	核融合材料ハンドブックの策定		
	(3)核融合中性子源	核融合中性子源の設計・建設	
増殖機能材料(中性子増倍材料及び三重水素増殖材料)	(15)Q:増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化(22) (18)Q:増殖機能材料充填体の機械特性評価/製作技術確立(30) (18)Q:Li確保技術開発(34)	---->(15)Q:増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化(22) (23)Q:原子炉照射影響評価(30) ----->	----->(23)Q:原子炉照射影響評価(30) ---->(18)Q:増殖機能材料充填体の機械特性評価/製作技術確立(30) ----->(18)Q:Li確保技術開発(34)
ダイバータ材料	(15)N/大:原子炉照射影響評価(26) (18)Q/N/大:耐照射性材料開発と評価(34)	---->(15)N/大:原子炉照射影響評価(26)	----->(18)Q/N/大:耐照射性材料開発と評価(34)
計測・制御機器材料	(15)Q/特:照射劣化データベースの整理→(19)	(20)Q/N/大:耐照射性材料の評価(35)	----->(20)Q/N/大:耐照射性材料の評価(35)
その他	(15)Q/N/大:核融合材料ハンドブックの策定→(19)		
核融合中性子源	(15)Q:核融合中性子源の設計・建設(42)	----->	----->(15)Q:核融合中性子源の設計・建設(42)

(43)Q/大:核融合中性子源照射試験 →(\*)

文科省 第34回核融合科学技術委員会  
 (2023年7月24日) 資料6 (文科省提出資料) より抜粋

### (参考) 原型炉開発に向けたアクションプラン項目別解説の抜粋

#### 核融合中性子照射試験

核融合中性子源 (A-FNS) による原型炉ブランケットの構成要素やコンポーネントの核融合中性子照射試験を行い、それぞれの機能を検証する。また、A-FNSによる核融合中性子照射試験を開始するまでは、欧州が計画する核融合中性子源 (DONES) に参画してデータを取得することも想定する。



DONES計画の進展も踏まえ、核融合中性子源についても、アクションプランの各課題の推進策とともに原型炉開発総合戦略タスクフォースにて検討する予定