

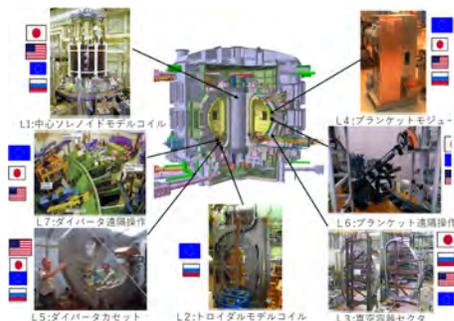
# 原型炉実現に向けた基盤整備について

量子科学技術研究開発機構  
石田 真一

# 原型炉に向けては、ITER計画とBA活動の成果を最大限活用+必要なR&D

## 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



● 幅広いアプローチ活動

<p>【茨城 那珂研】</p> <p>サライト・トマク計画事業 (JT-60SA)</p>	<p>【青森 六ヶ所研】</p> <p>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</p>
<p>IFERC事業 原型炉設計 スーパーコンピュータ ITER遠隔実験</p>	<p>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</p>

**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

# 原型炉実現に向けた基盤整備（研究開発）の実施状況

- 原型炉開発を見据えた研究開発を加速するため、QSTを中心とした実施体制を構築することが求められたことから、令和6年度より、アクションプラン項目別に公募を実施するなど、大学や企業等の更なる参画を促すための仕組みを導入。
- 「令和6年度に優先的に実施すべき研究開発項目」に沿って、右下表のとおり、大学・産業界等への公募も含めて研究開発を実施。令和6年度の成果を踏まえ、「令和7年度に優先的に実施すべき研究開発項目(案)」を第38回原型炉開発総合戦略タスクフォースで報告。

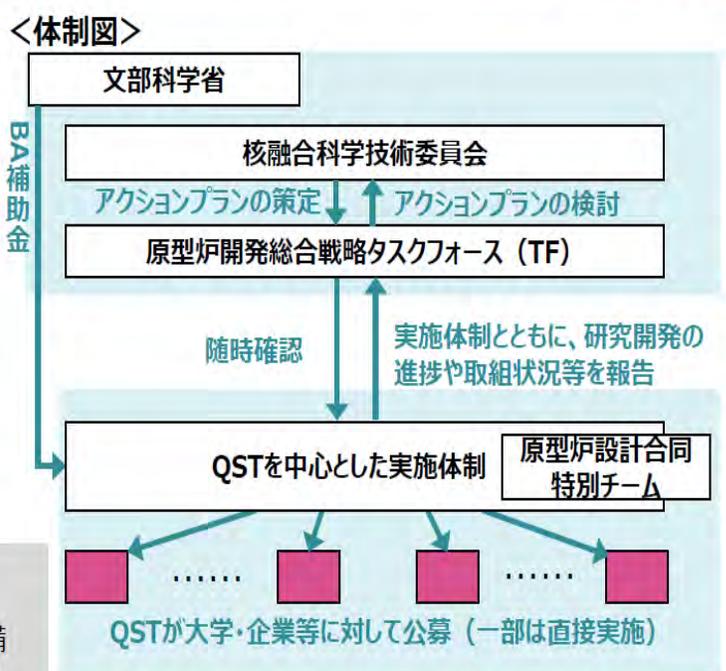
## 原型炉実現に向けた基盤整備（研究開発）

- ◆ フュージョンエネルギーの早期実現に向け、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を踏まえ、量子科学技術研究開発機構(QST)を中心に、アカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制を構築し、**将来の原型炉開発を見据えた研究開発を加速**する。
- ◆ 原型炉開発に向けて、QSTを中心としつつ、大学や企業等も参加する実施体制を構築するため、「原型炉開発に向けたアクションプラン(令和5年7月改訂版)」に基づき、項目別に公募を実施するなど、**大学や企業等の更なる参画を促すための仕組みを導入**する。
- ◆ 研究開発の進捗や取組状況については、核融合科学技術委員会原型炉開発総合戦略タスクフォース等において、随時確認。

(参考) 原型炉開発に向けたアクションプラン(令和5年7月改訂版)項目

0. 炉設計	4. 加熱・電流駆動システム	8. 核融合炉材料と規格・基準	
1. 超伝導コイル	5. 理論・シミュレーション	9. 安全性	12. サイト整備
2. ブランケット	6. 炉心プラズマ	10. 稼働率と保守	13. 社会連携
3. ダイバータ	7. 燃料システム	11. 計測・制御	14. レーザー方式

文科省核融合科学技術委員会（第37回）  
（2024年2月7日）配布資料より一部抜粋



文科省原型炉開発総合戦略タスクフォース（第33回）  
（2024年3月14日）配布資料より一部改訂

QST 令和6年度に優先的に実施すべき研究開発項目

アクションプラン項目	研究開発項目	QST	大学・産業界等への公募
0. 炉設計	概念設計及び機器・設備の製作性検討と開発項目の抽出 小規模技術開発	◎	◎
1. 超伝導コイル	矩形導体機械試験 高強度構造材料の試作・試験、超伝導導体の試作・試験	◎	◎
2. ブランケット	ブランケット・リミターシステムの概念設計		◎
3. ダイバータ	定常高密度プラズマ実験装置に関する検討		◎
4. 加熱・電流駆動システム	原型炉用高周波負イオン源の開発		◎
5. 理論・シミュレーション			
6. 炉心プラズマ			
7. 燃料システム	燃料システム安全試験施設に関する技術・設計検討	◎	
8. 核融合炉材料と規格・基準	A-FNSの加速器・照射モジュール・試験施設等に関する工学設計、核融合炉構造材料の標準化活動、構造規格に関する予備検討	◎	
9. 安全性	安全性評価コードの開発		◎
10. 稼働率と保守	保守・保全計画の検討	◎	
11. 計測・制御	原型炉に向けた計測器の検討・開発		◎
12. サイト整備			
13. 社会連携			

# フュージョンテクノロジー・イノベーション拠点化の実施状況 <sup>4</sup>

- 「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を踏まえ
  - ITER計画/BA活動等で培った技術の伝承・開発や産業化、人材育成を見据え、那珂フュージョン科学技術研究所と六ヶ所フュージョンエネルギー研究所をフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点化
  - 民間企業と繋ぐ技術コーディネーターの設置やQSTが保有する施設・設備の民間企業への供用等に取り組むオープンイノベーション総合窓口を令和5年8月に設置し、産業界への施設供用を開始

- 企業・国内外の大学・研究機関等と連携
  - ・ 産業化の促進：オープンイノベーション（共同研究、施設・設備の供用、知財戦略）
  - ・ 原型炉開発の加速：原型炉に向けて若手リーダーの育成
- 試験施設や基盤インフラを強化するとともに、ITER計画/BA活動等で培った技術の伝承、それに基づく新技術の開発や産業化、人材育成を見据えた新規施設を整備。

六ヶ所フュージョンエネルギー研究所 オープンプラットフォーム

産業界との連携強化（人材の拡充）

原型炉設計合同特別チームを強化し、産業界への技術移転を促進

フュージョンインフォマティクスセンター（仮称）の構築（拠点の強化）

ビッグデータを産業界が有するAI・シミュレーション技術を駆使して解析 企業との共同研究や企業の施設利用を促進



オープンイノベーション総合窓口(技術コーディネーター)において、外部からの問い合わせに一元的に対応

共同研究、施設・設備の供用、知財戦略

技術提供  
フィードバック

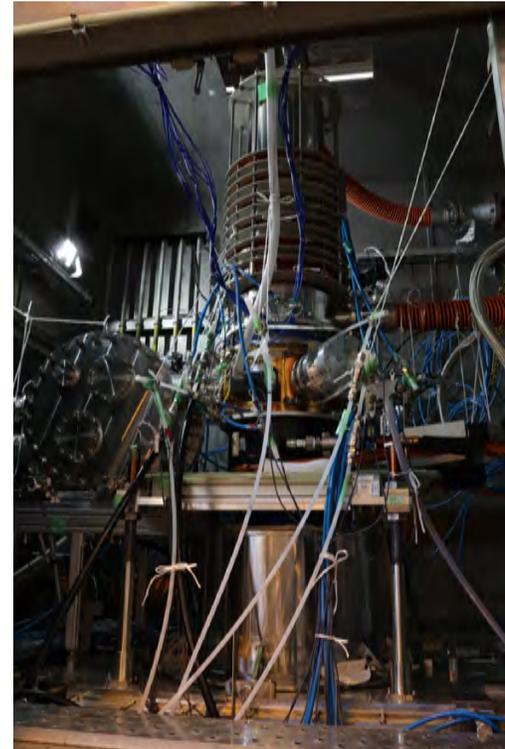
連携・協力

英知を集結・  
人材育成／頭  
脳循環の推進

企業等  
一般社団法人  
フュージョンエネ  
ルギー産業協議会

研究機関

大学

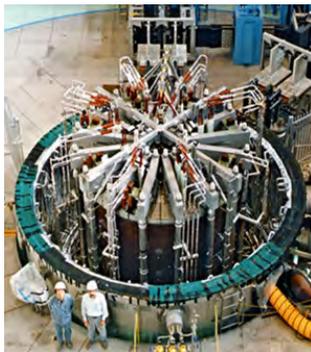


高周波加熱装置試験施設の供用

## オーブンプラットフォーム（施設供用含む）

ITER用機器開発のための試験施設を強化し、原型炉開発に向けた**企業との共同研究**や**施設利用を促進**

### 超伝導機器試験施設



原型炉用超伝導コイルを開発する上で必要な高磁場化・大電流化を実施し、導体開発試験の拠点に

### 高周波加熱装置試験施設



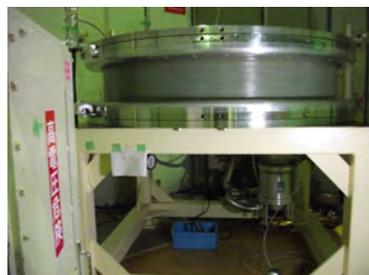
世界最高性能を誇る日本のジャイロトロンの需要に対し、出荷前試験施設が不足しているため、ジャイロトロン試験施設等を強化

### プラズマ対向機器試験施設



高い熱負荷を受けるプラズマ対向機器の開発に不可欠な高熱負荷試験装置を国内に整備し、原型炉用ダイバータ研究開発拠点に

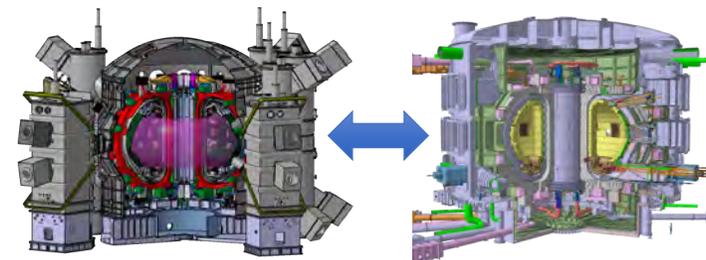
### 中性粒子入射加熱装置試験施設



100万Vもの高電圧に対応できる試験設備を活用して高電圧機器や絶縁材の開発拠点に

## 研究連携促進・人材育成

- **共同研究棟を整備**し、JT-60SAを用いたプラント全体の統合技術（開発、設計、製作、試験、運転）の産業界への技術移転を促進するとともに、欧州を中心とする外国人研究者と切磋琢磨してJT-60SAを用いた研究をオールジャパン体制で進めることで、ITERを用いた研究を主導できる若手リーダーを育成



## イノベーション拠点のインフラ強化



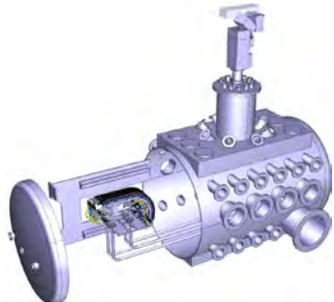
20年間程度の運転を計画しているJT-60SAなど那珂研究所を支える基盤インフラである中央変電所を強化

# 那珂フュージョン科学技術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)



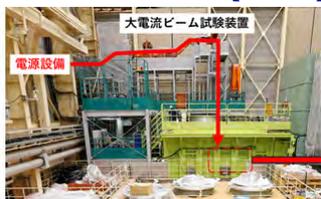
プラズマ対向機器(ダイバータ)試験施設(増強)



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)



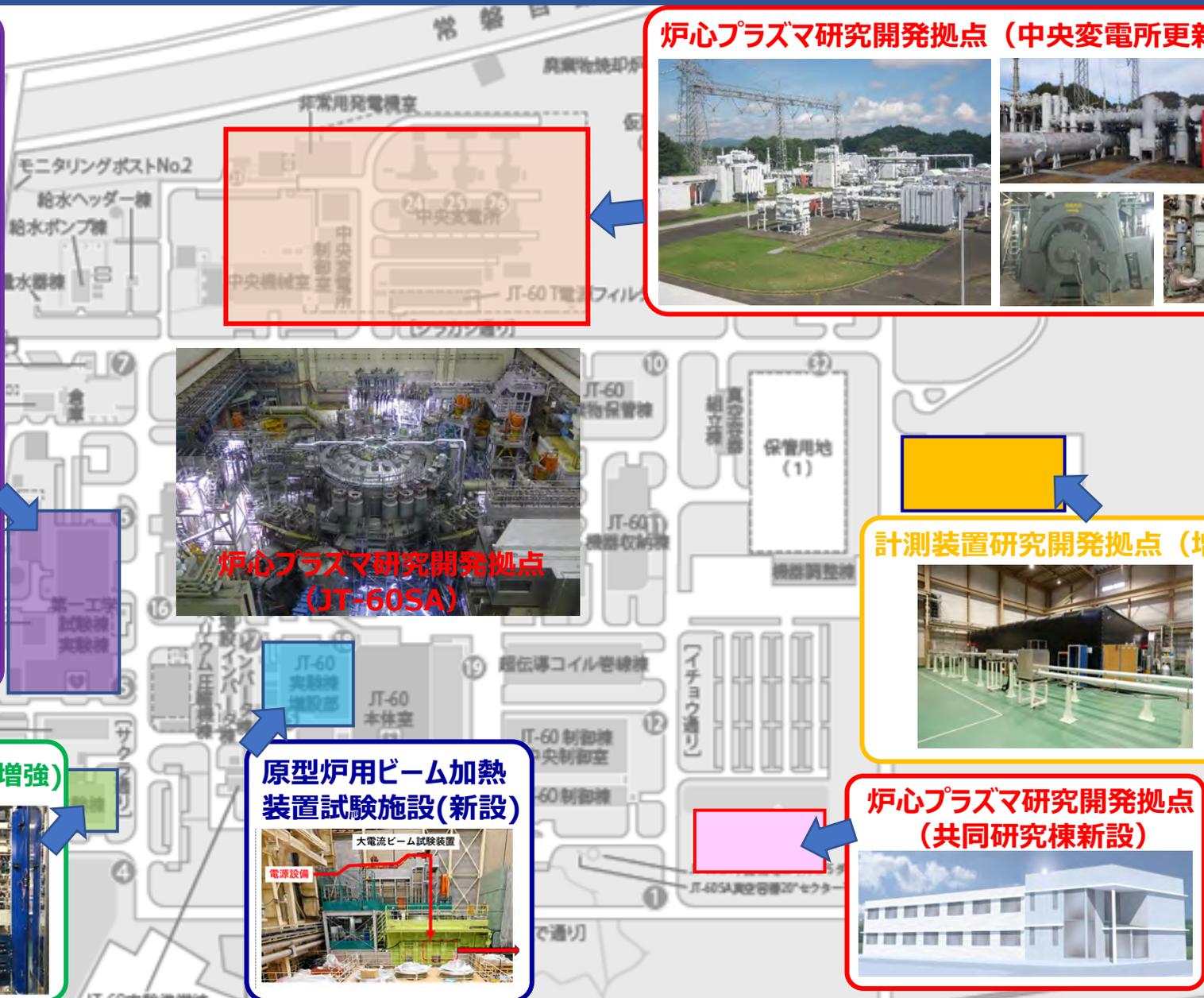
炉心プラズマ研究開発拠点 (中央変電所更新)



計測装置研究開発拠点 (増強)



炉心プラズマ研究開発拠点 (共同研究棟新設)



## 産業界との連携強化（人材の拡充）

産学が連携した原型炉設計合同特別チームを強化し、産業界への技術移転を促進。

- **幅広い分野での技術移転**：多種・多様な産業界からの人材を受け入れるとともに、産業界と原型炉に向けたフュージョンテクノロジーを共同開発
- **原型炉設計の高度化**：産業界の意見を反映しつつ、小型化・高度化等をはじめとするフュージョンエネルギーの早期実現やコストダウン等に貢献する独創的な新興技術の取り込み
- **規制・規格基準の検討**：産業化に重要なフュージョンエネルギーの特徴を踏まえた安全規制・規格基準について検討するとともに、米英等との協力を推進。BRIDGEプログラムも活用。
- **大規模R&D項目の検討**：燃料システム安全取扱技術や大型遠隔保守技術、ブランケットシステム等の大規模R&D項目の抽出と必要な施設の検討

## フュージョンインフォマティクスセンター（仮称）の構築（拠点の強化）

産業界の技術も活用して、**科学データセンター、計算機シミュレーションセンター、遠隔実験センター**を有機的に統合

- ITERやJT-60SA等の**ビッグデータを産業界が有するAI・シミュレーション技術**を駆使して解析し、原型炉プラズマを高精度予測
- 産業界が有する**光・デジタル技術とフュージョンテクノロジーの融合による革新的なネットワーク技術の創出**

## オープンプラットフォーム（施設供用含む）

既存施設を活用した企業との共同研究や企業の施設利用を促進

### 微細構造解析装置群



照射材料の解析等により原型炉用材料の研究開発拠点に

### ブランケット安全実証試験群



原型炉用ブランケットシステムの研究開発拠点に

### スパコン



大規模シミュレーションの拠点に 大量データ高速転送技術の産業化拠点に

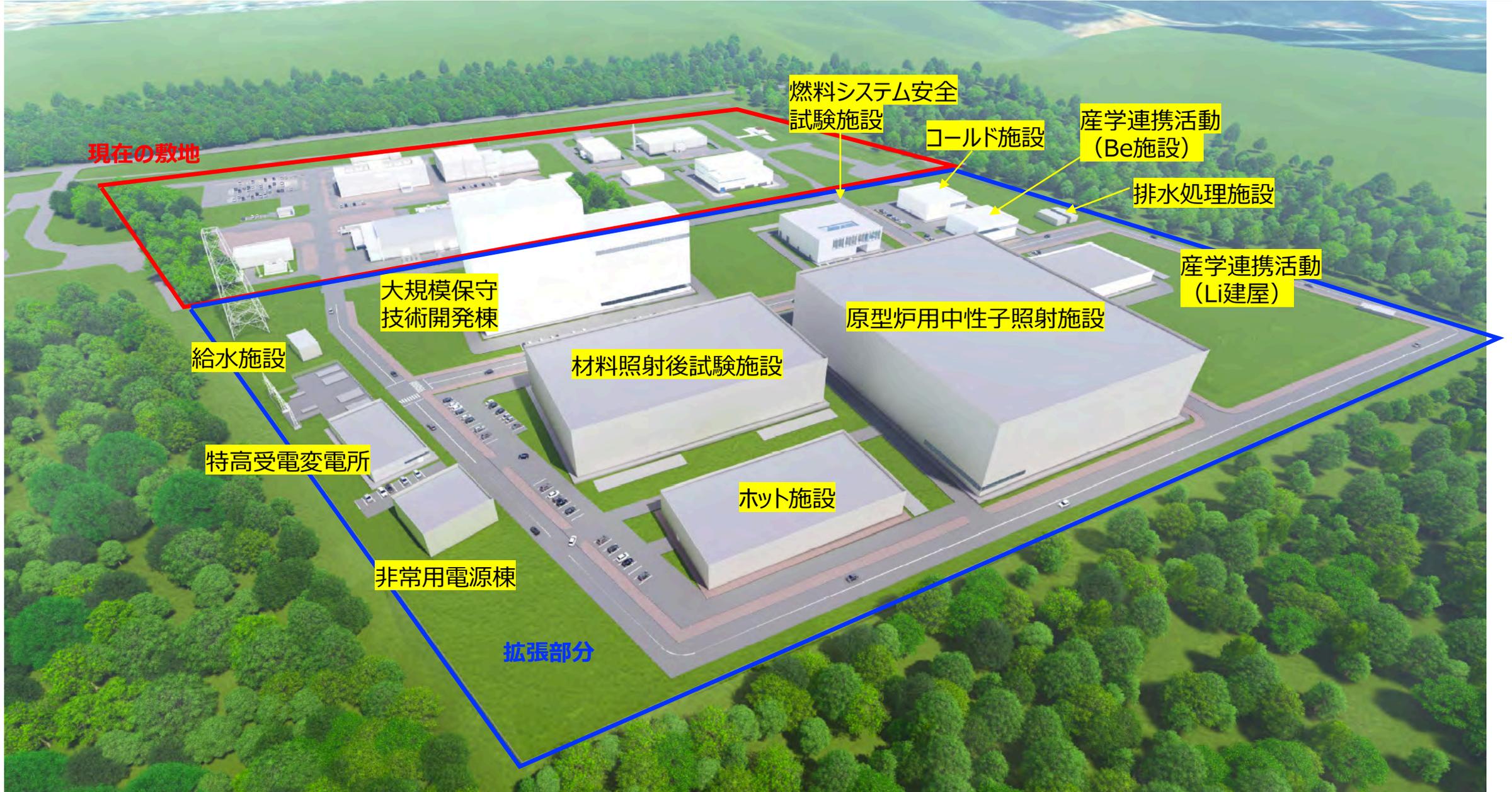
### 遠隔実験設備



## 出口戦略・知財戦略

- 国際標準化：（例）**低放射化フェライト鋼**
- 技術マッチング：（例）**シンクタンクによる産業界への波及と経済的効果の評価**
- 知財活用：（例）**活用促進活動、スタートアップ設立支援**

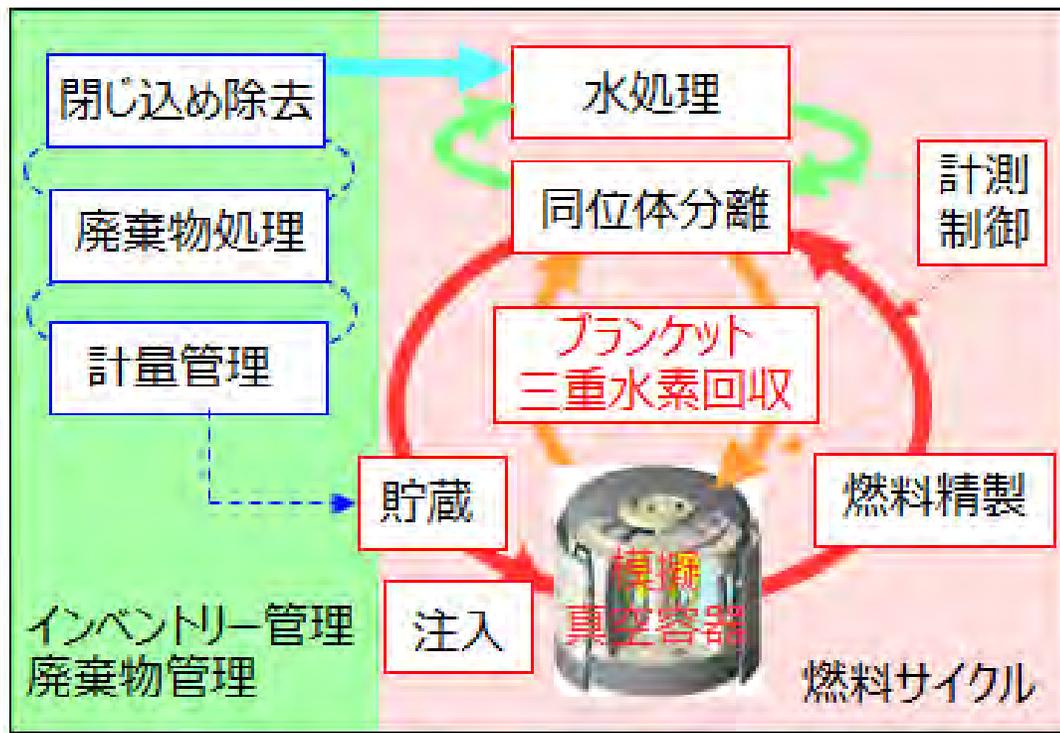
# 六ヶ所フュージョンエネルギー研究所における基盤整備案



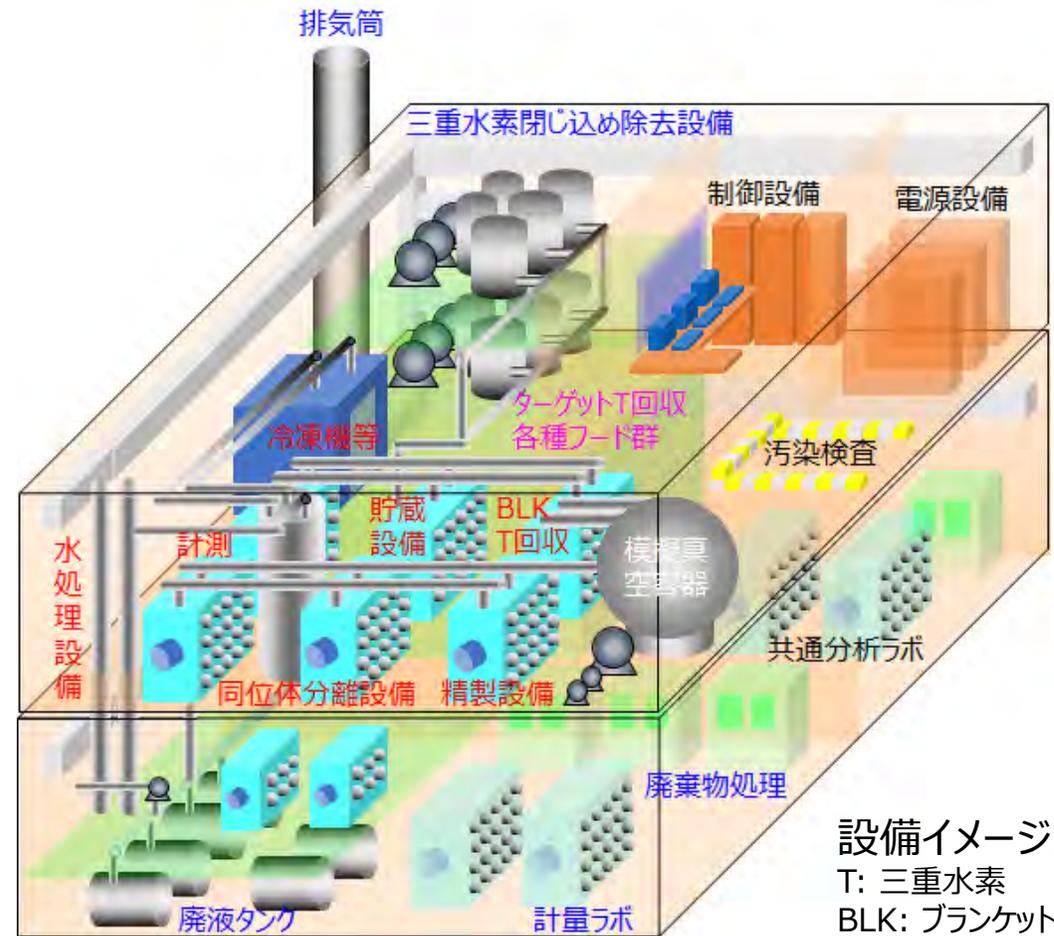
# 基盤整備の一例：燃料システム安全試験施設の概念設計

## ○ 燃料システム安全試験施設

- これまで経験がほとんどない高濃度三重水素水処理システムの実証や燃料ペレット製造技術の検証など様々な技術検証が不可欠であるが、**国内に試験施設はない**
- **原型炉の法整備のためにも、取扱技術を早期に蓄積することが急務**



設備概念



設備イメージ図

T: 三重水素  
BLK: ブランケット

# 原型炉早期実現に向けた基盤整備として必要なこと

- ITERサイズの原型炉でもITERとの間にある技術ギャップを早期に解消することは必要であり、**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は不可欠。**
- 2030年代の発電実証を実現するためには、燃料システム安全試験施設を始めとする**工学設計・実規模技術開発フェーズで必要となる試験施設・設備の整備に早急に着手することが必要。**これにより、ITER計画やBA活動で得られた日本の技術や人材を、散逸する前に原型炉研究開発に継承することが可能。
- 試験施設・設備は、QSTにおける研究開発で使用するだけでなく、フュージョンテクノロジー・イノベーション拠点として産業界への供用も視野に入れており、**産業界におけるイノベーション創出やトカマク以外の方式の研究開発にも貢献可能。**その結果として、フュージョンテクノロジーの産業化、フュージョンインダストリーの育成、原型炉の建設コスト低減に繋がる可能性がある。
- アカデミアや産業界の人材を結集した全日本体制の構築とともに、**若手研究者などへの訴求力を高めることにより、将来に向けた本分野全体の人的リソース・裾野の拡大を図ることが必要。**