

JT-60SAの初期結果と今後の計画

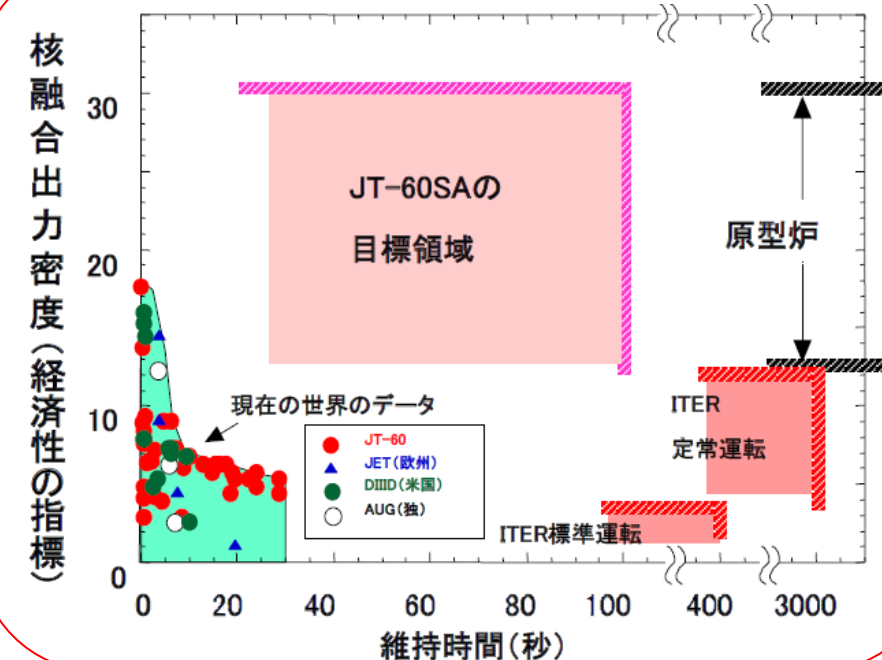
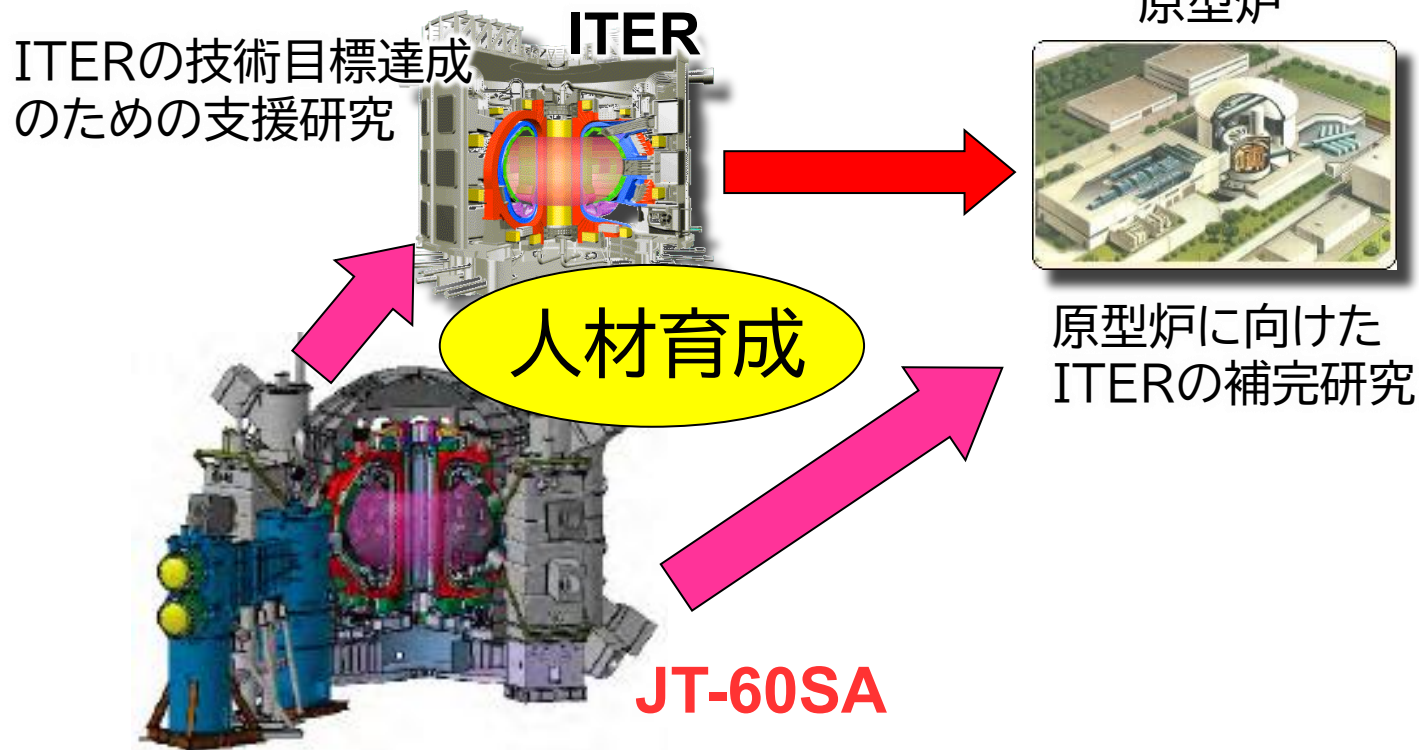
— 幅広い専門が集まる研究の最前線 —

量子科学技術研究開発機構 那珂フュージョン科学技術研究所
先進プラズマ研究部 先進プラズマ第1実験グループ
大谷 芳明



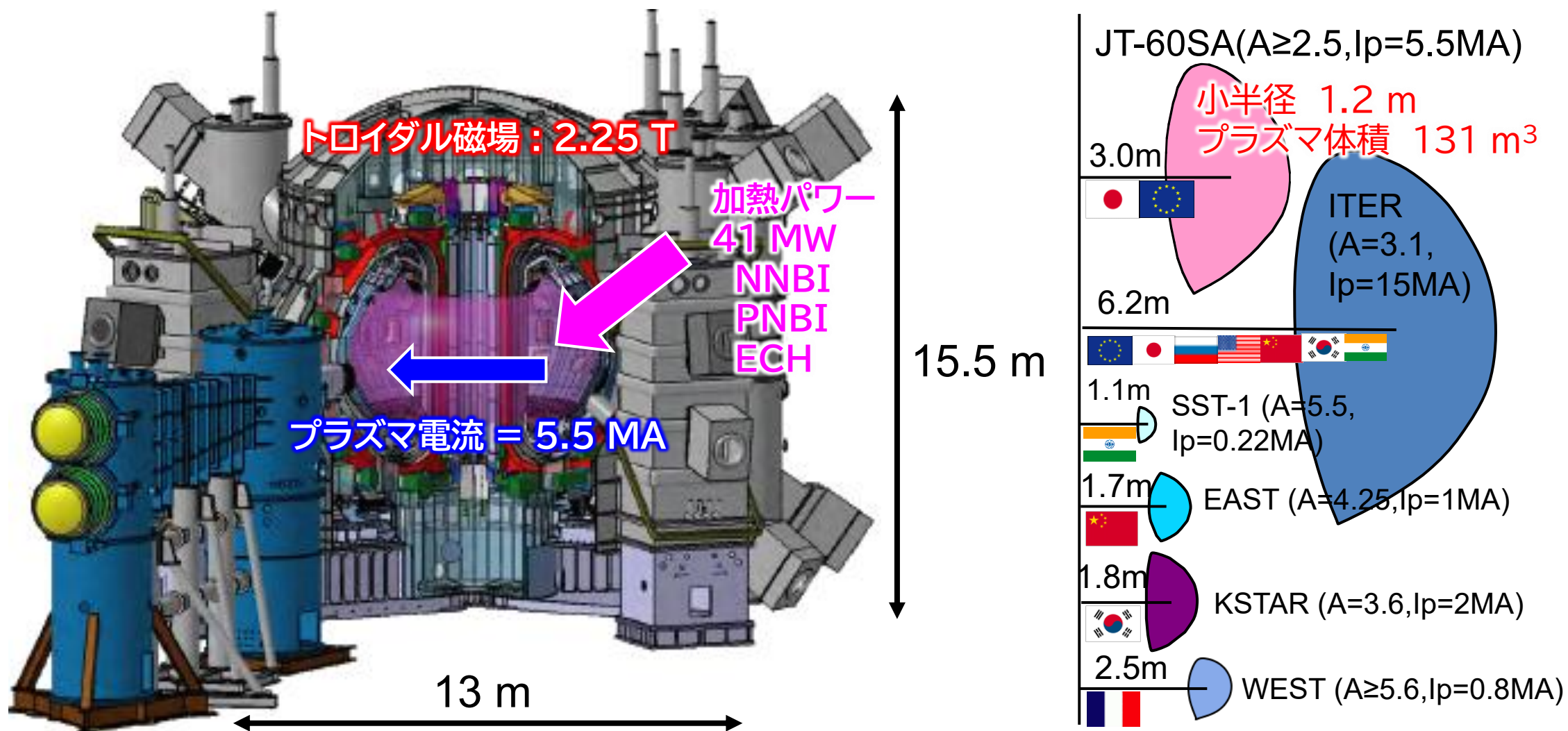
JT-60SA プロジェクトとは

- JT-60SAプロジェクトは幅広いアプローチ活動として日欧共同で実施するサテライト・トカマク計画と、我が国のトカマク国内重点化装置計画の合同計画
- ITERと原型炉のための重要な物理的課題に取り組むことにより、ITERの利用と原型炉に向けた研究を支援する核融合エネルギーの早期実現に貢献する。



- 2020年: **建設完了**
- 2023年: **統合試験運転を完了**
- 2023年~:
- 次の運転期に向けた装置の増強作業
- 2026年: **次の運転期開始(予定)**

JT-60SA は、現在世界最大のトカマク型装置



JT-60SA 統合試験運転成果のダイジェスト

統合試験運転期におけるプラズマ運転の目標

- 1 MA 級のダイバータプラズマの生成
- プラズマ生成、プラズマ電流の伸長から立ち下げまでの安定制御の実証
- 新規装置におけるプラズマ性能の評価

✓ ファーストプラズマ達成 (2023/10/23)

✓ プラズマの維持時間の伸長(0.5 秒 → 10 秒)

✓ 最大プラズマ電流1.2 MA のダイバータ放電を達成 (2023/11/27)

(超伝導トカマク装置としては世界最大級)

✓ 最大プラズマ体積(160 m³)の達成 (ギネス記録)

など超伝導大型トカマク装置の試験運転が成功裏に終わった。

➔ 加熱パワーを強化する次期運転フェーズに向け、
容器内機器・加熱装置・計測装置の増強を進めている。

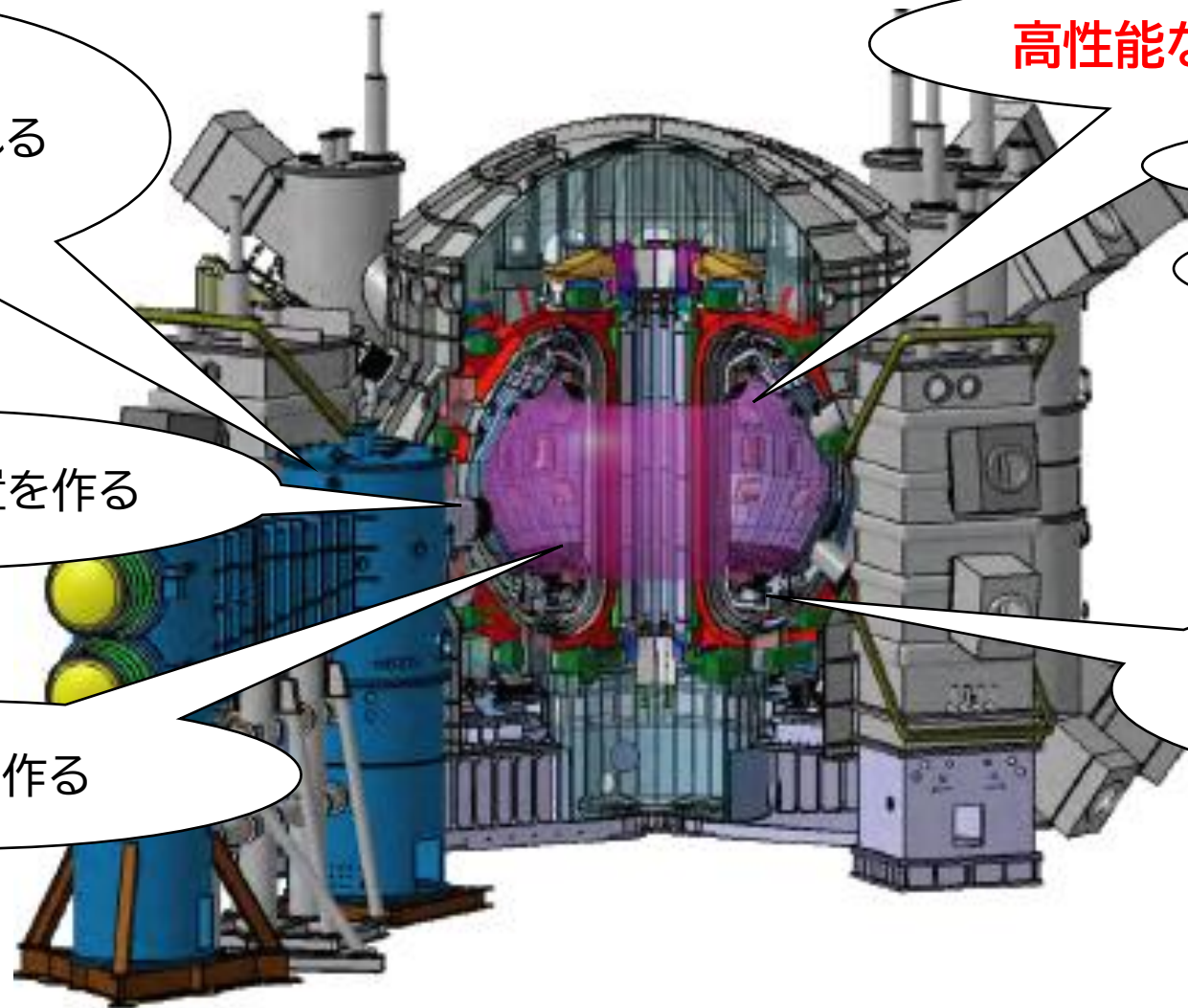


本日の講演内容

磁場閉じ込め方式の核融合炉では、核融合反応は、高い圧力を持つ閉じ込めの良い高性能なプラズマ中で起こる。

- 高性能なプラズマを作るために
 - どのような装置を整備し、
 - どのようにプラズマを生成し、
 - どのように計測し、
 - どのように制御するかについて、JT-60SAの統合試験運転期の結果から概説。
- 次期運転期に向けた機器整備
- 人材育成のためのQSTの取り組み

装置建設・運転に向け、様々な要素を満足する必要がある



プラズマを温める
熱い粒子を入れる
電磁波で温める

高性能なプラズマを作る

プラズマの状態を測る

プラズマを制御する

高い精度で装置を作る

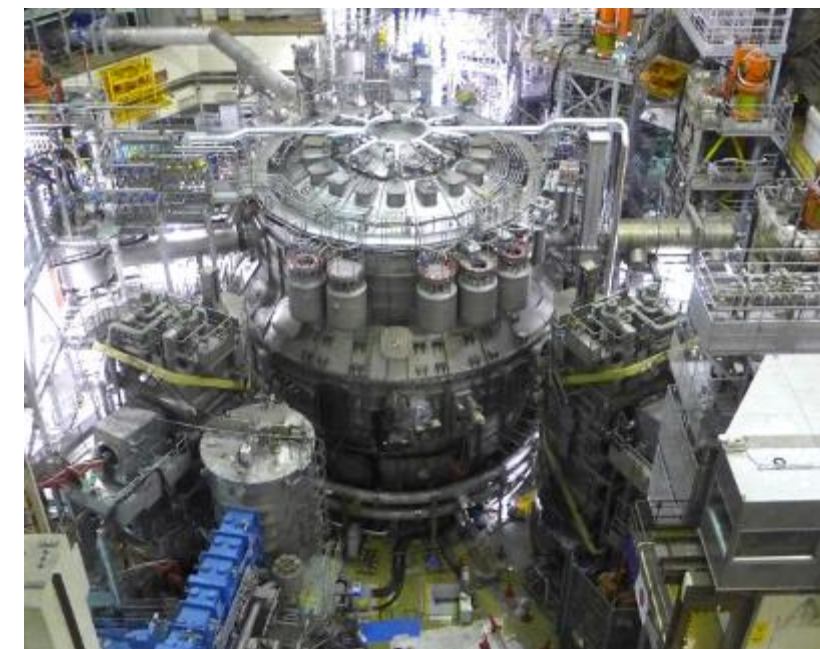
超伝導コイルを作る
超伝導状態を維持する

高真空を作る

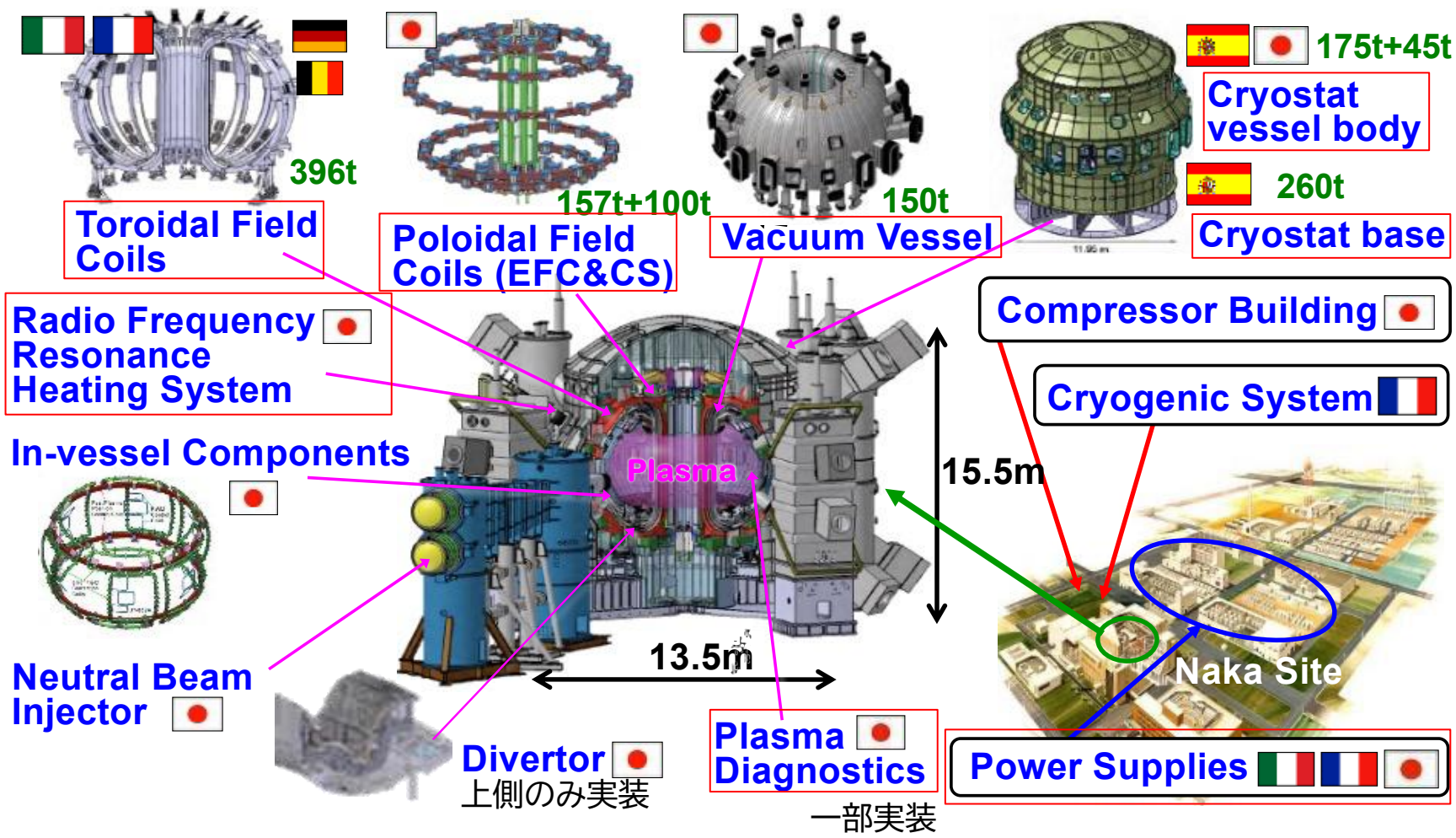
大型電源装置

JT-60SAは日欧の協力で機器を調達し建設された

組立て開始 2013

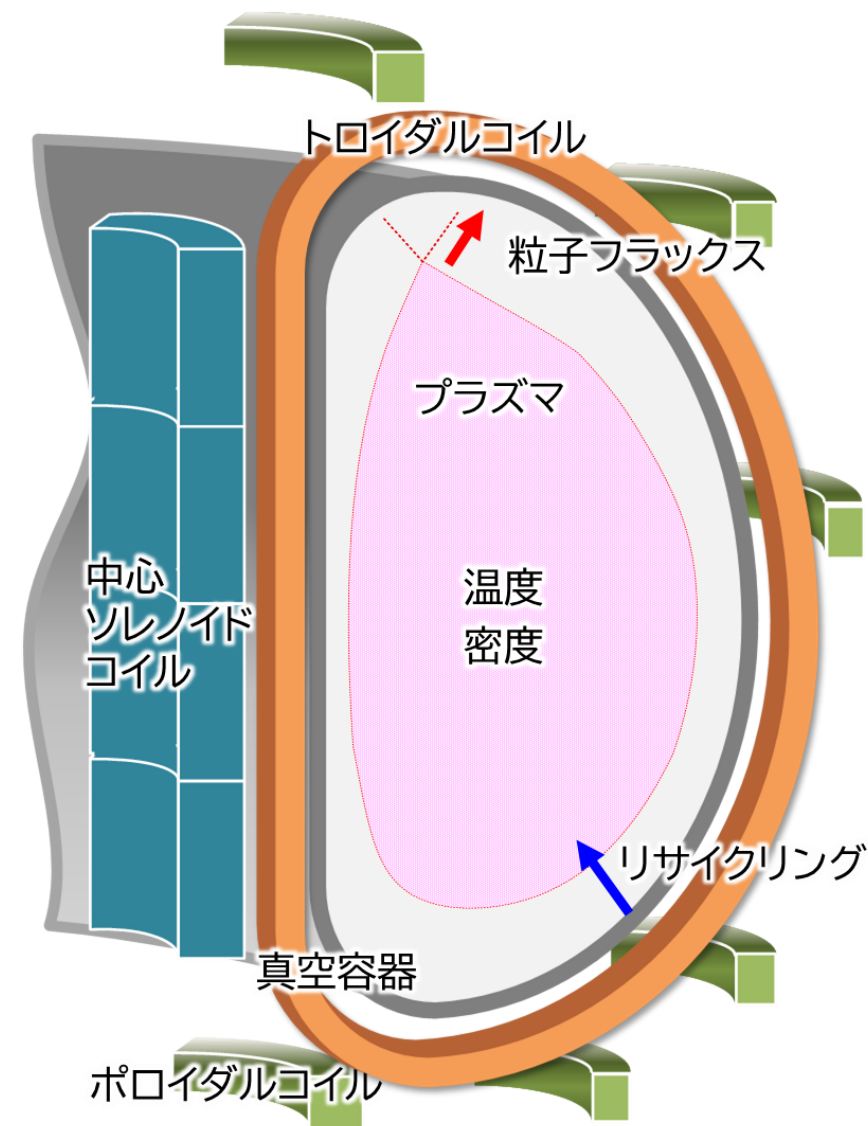


建設完了 2020



赤枠：統合運転試験期に実装済み

統合試験運転の目的に沿った計測器を厳選して開発



統合運転試験期では、

- プラズマの生成
- 基礎的な制御性・性能評価を行うことを目標とした。

プラズマの計測方法には

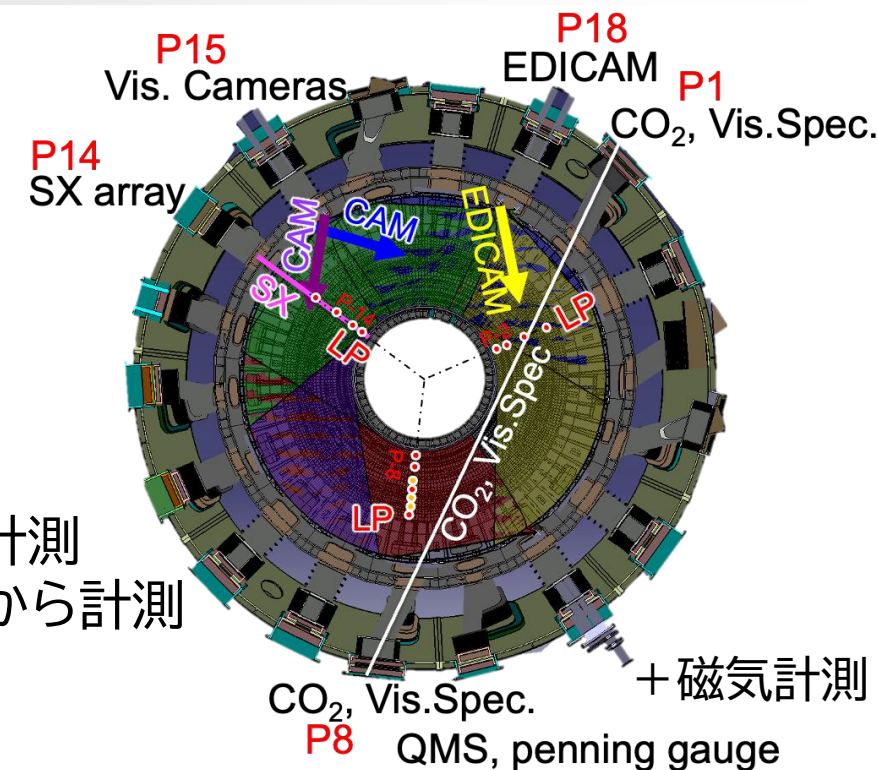
- コイルによる磁場・電流計測
- プラズマからの粒子計測
- プラズマからの電磁波放射を計測
- プラズマと電磁波の相互作用から計測に大別できる。

高圧カプラズマ制御、閉じ込め特性、不安定性

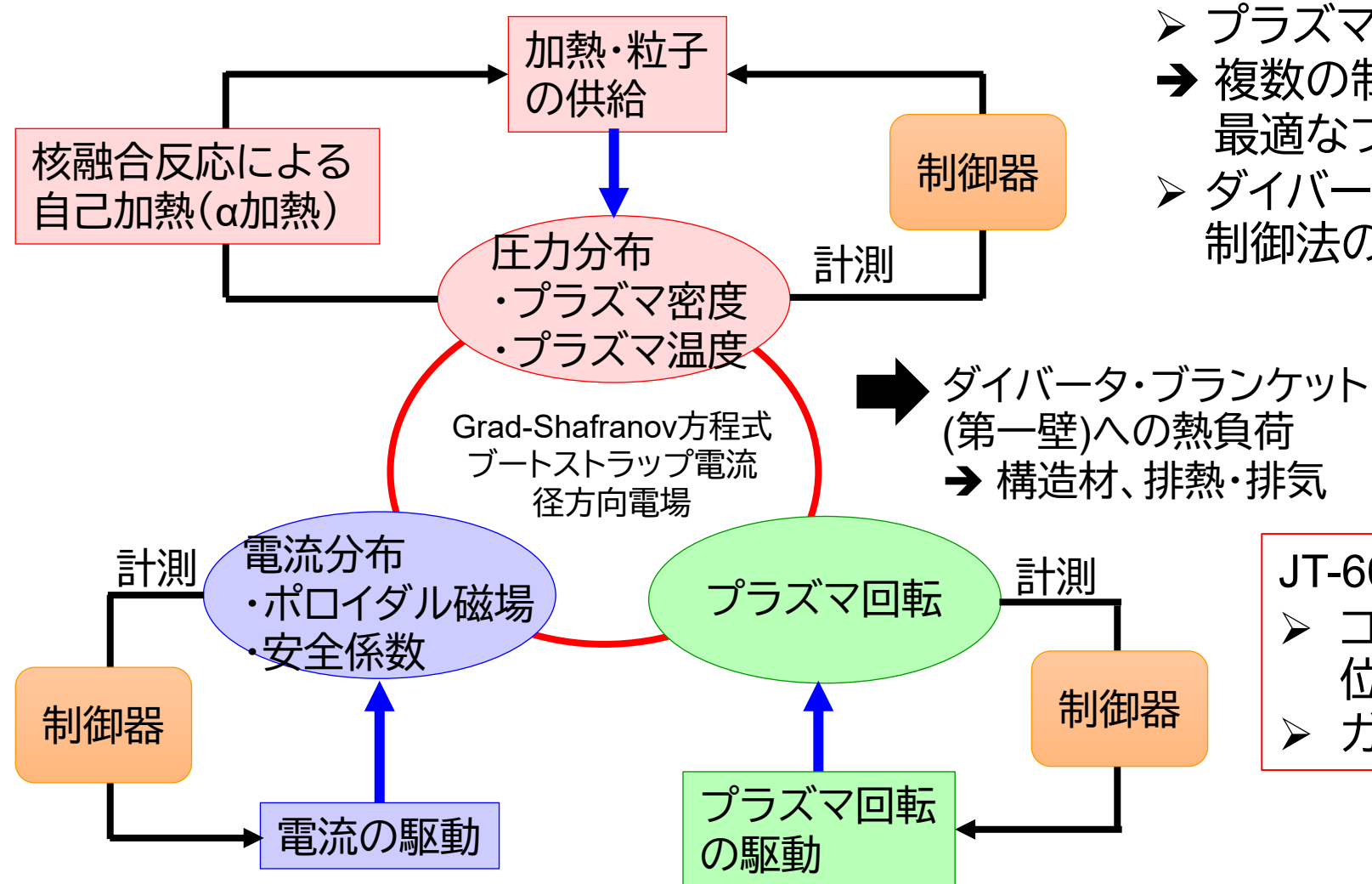
➔ **プラズマ中の粒子数密度：干渉計測、温度：軟X線計測**

プラズマ中への粒子供給(リサイクリング)： H α 輝線分光計測

ダイバータ部への熱負荷(粒子・熱の流れ)： ラングミュアプローブ



相互作用するプラズマパラメータを個別に制御して最適な状態へ



- プラズマパラメータは、お互いが影響を受ける。
- ➔ 複数の制御ノブで最適なプラズマの運転条件の維持
- ダイバータへの熱・粒子負荷を大幅に低減させる制御法の確立。

➔ ダイバータ・ブランケット (第一壁)への熱負荷
➔ 構造材、排熱・排気

JT-60SAの初期運転フェーズ

- コイル電流制御による、プラズマの形状・位置制御
- ガス入射による、密度制御

今後の計画

次期運転の目的

- 科学実験を行うための水素プラズマでの試験運転
 - 増強する加熱機器(NBI)の運転試験
 - プラズマ電流 5.5 MA の達成
 - プラズマ制御(電流・位置、密度、加熱)
 - ITERでのリスク低減のための研究
 - 高閉じ込め運転に向けた統合シナリオの開発
-
- ➔ 次期運転に向けた準備が進行中
 - 加熱装置の増強
 - 容器内機器の増強
 - 計測機器の増強

まとめ

- JT-60SAの装置概要・組立・初期運転の成果・今後の計画についてオーバービューを行った。
- JT-60SAは、プラズマの要請の元、多くの技術が集結して開発された。
 - ➔ コイル、クライオスタット、真空容器 etc.
- プラズマの状態を知り、制御するための計測器群について紹介した。
 - ➔ 目的に沿った計測器の開発が進められている。
- 統合試験運転期における制御研究の成果を紹介した。
 - ➔ プラズマ形状・電流の制御、密度制御
- 次期運転期における装置増強計画について紹介した。
 - ➔ 加熱機器、真空容器内機器、計測機器が増強され、シナリオ開発も進められている。
- QSTにおける若手人材の育成に対する取り組みについて紹介した。

核融合研究では、様々な分野の人材が必要とされています！

