

原型炉開発に向けたJT-60SAにおける研究開発

日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門
鎌田 裕



核融合研究開発

日本が主導する世界の科学。

エネルギー開発を目指した先端の科学・技術。
要素技術開発とシステムの統合。

発見、工夫、思想がシステムを魅力的にする。

人類の役に立てる
研究開発として面白い

「システムの構築」

目標へ向け、

構成要素を開発し、それらを最適に統合し、思い通りに制御する。

炉心プラズマはシステムであると同時に、核融合炉の構成要素である。

炉心プラズマ研究開発の目標

「燃焼」・「高圧力（高ベータ）」プラズマの理解と制御

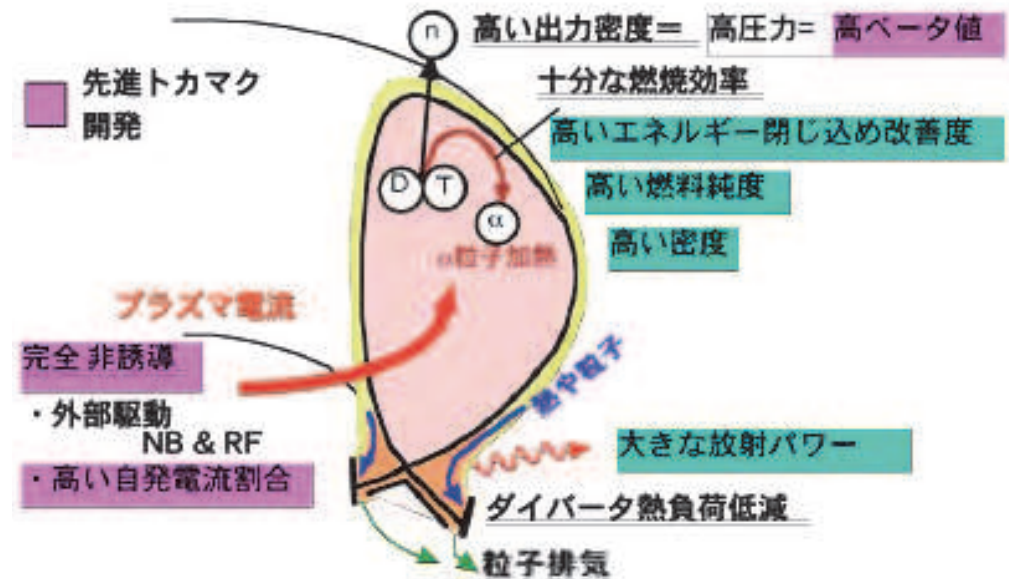
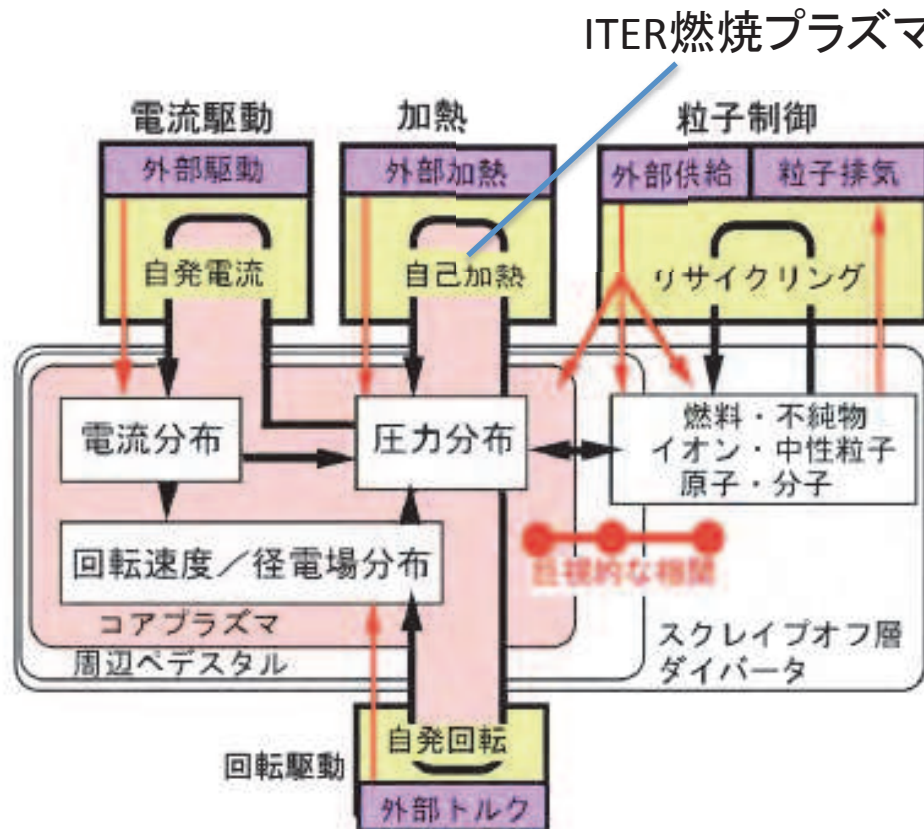
- ・ ITERのための「プラズマが自分を暖める」燃焼プラズマの研究
- ・ 原型炉に向けた、高ベータ高自発電流割合プラズマの定常化研究



原型炉に必要な高い「総合性能」の「定常」維持

必要な要素性能を高い次元で統合
=システムとしての最適化

核融合炉の信頼性・安全性・経済性の向上を目指した研究開発



幅広いアプローチ活動におけるサテライトトカマク計画と トカマク国内重点化装置計画の合同計画⇒ 核融合炉の早期実現

○ITERの技術目標達成のための支援研究

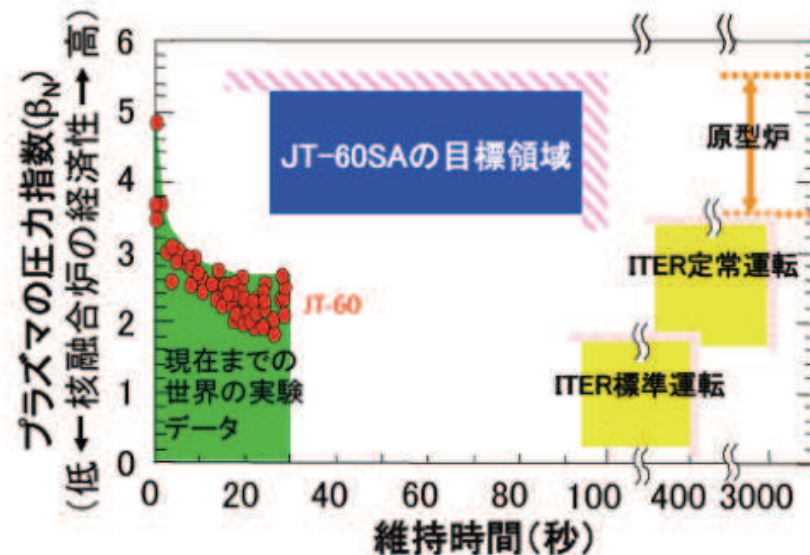
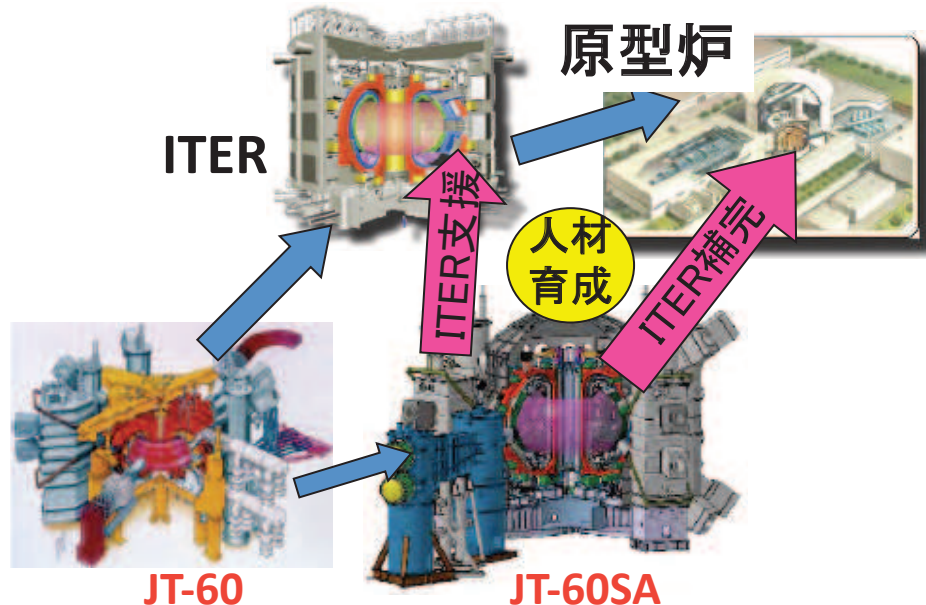
臨界条件クラスのプラズマを長時間(100秒程度)維持する高性能プラズマ実験を行い、その成果をITERへ反映させる。

○原型炉に向けたITERの補完研究

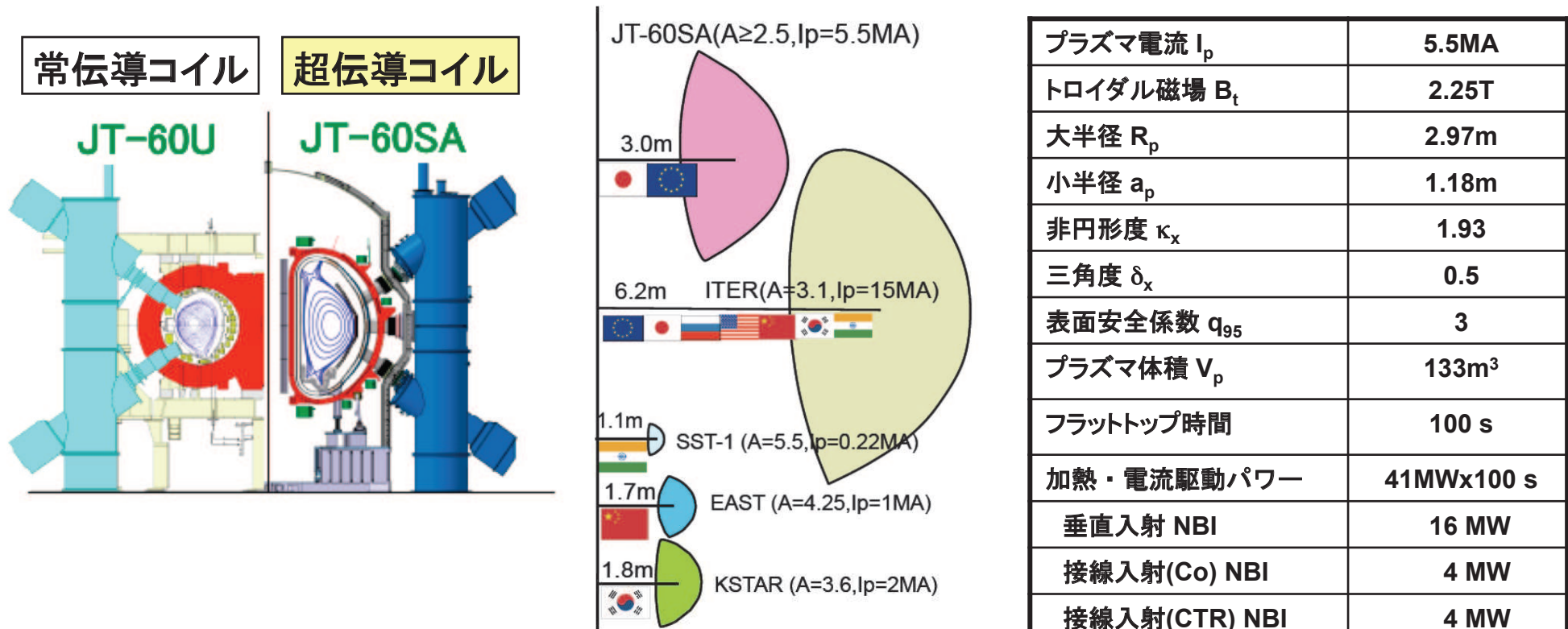
原型炉で必要となる高出力密度を可能とする高圧カプラズマを100秒程度維持し、原型炉の運転手法を確立する。

JT-60を超伝導装置として改修。我が国唯一の大型トカマク装置であり、世界の核融合実験装置の中で、ITERに対して最も大きな支援を行なう能力を有するとともに、ITERでは実施が難しい高圧カプラズマ定常化研究開発を実現できる世界で唯一の装置。

欧州が200億円を越える大型の資金をわが国設置の装置に投資する初の事例。
ITER・原型炉開発を主導する人材を育成する。



プラズマ電流5.5MA、プラズマ体積130m³で、高形状ファクター ($S=q_{95}I_p/(aB_t) \sim 7$) ・アスペクト比2.5を含む多様なプラズマ配位の自由度と41MAx100秒の加熱パワーを有する。



JT-60SAのプラズマサイズ～ 0.5 x ITER
 超伝導トカマク (SST-1, EAST, KSTAR, TORE-SUPRA, JT-60SA, ITER) の総合的知見で原型炉に向けた信頼性の高い科学技術を確立する。

順調に進むサテライトトカマクの日欧機器調達

H24年1月末までに日欧合計18件(日本調達分10件、欧州調達分8件)、サテライト・トカマク総事業費に対して75%(日本分76%、欧州分74%)の調達取り決めに締結し、順調に機器製作を進めている。JT-60の解体等、機器受け入れ・組立て準備も着実に進展。

那珂核融合研究所内
超伝導コイル巻線棟竣工
超伝導コイル巻線棟竣工

超伝導コイル巻線棟竣工
超伝導コイル巻線棟竣工

超伝導コイル巻線棟竣工
超伝導コイル巻線棟竣工

長さ450mの導体製作に成功=>量産開始

超伝導ポロイダルコイル1体目巻線完了

欧州TFコイル巻線契約完了

| 年 | H19 | H20 | H21 | H22 | H23 | H24 | H25 | H26 | H27 | H28 | H29 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 解体・組立 | | | | | | | | | | | |
| 試験・運転 | | | | | | | | | | | |

準備・環境整備 (H20-H22)
解体 (H23)
組み立て (H24-H27)
試験 (H28)
総合試験 (H29)

サテライトトカマク事業

真空容器材料

真空容器組立棟竣工
那珂核融合研究所内

真空容器実機40°セクター1体目完成

真空容器アウトボード20°試作完了

欧州クライオスタットベース溶接開始

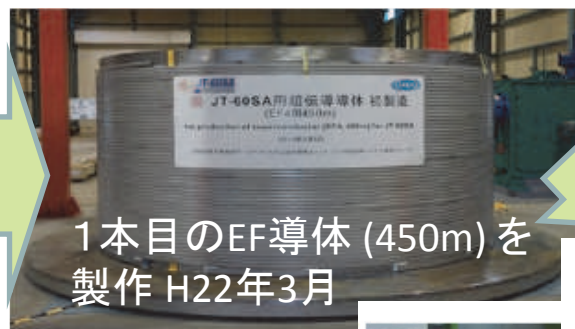
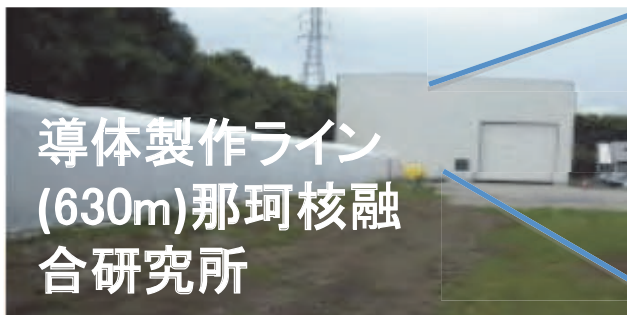
欧州TFコイル巻線契約完了

JT-60SA Research Plan - Research Objectives and Strategy - Version 3.0
2013, December
JT-60SA Research Unit

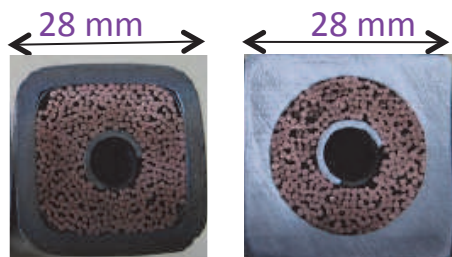
リサーチプラン Ver.3.0日欧案

JT-60本体解体作業計画通りに進捗

超伝導導体・コイルの製作



量産した実機導体
(超伝導コイル巻線棟内)

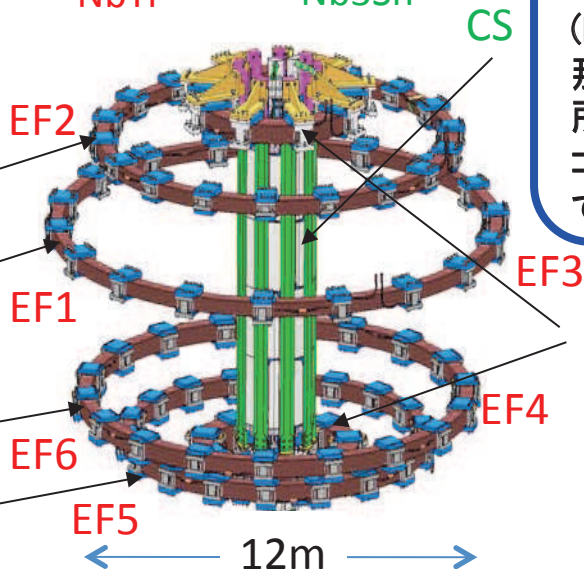


EF導体
NbTi

CS導体
Nb3Sn



大径のコイル (EF1,2,5,6)は
那珂核融合研究所構内の「超伝導コイル巻線棟」で製作する。



巻線メーカーに支給

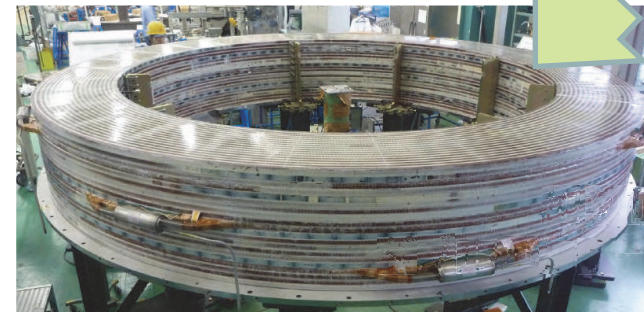


三菱電機神戸工場

5月よりEF4用ダブルパンケーキ量産開始：真円度: 3 mm (＜要求値6 mm、コイル直径4.4m)



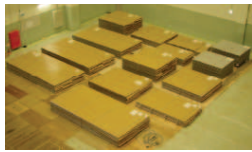
ダブルパンケーキ10個を組み立てて、コイル1体目の巻線を完了。那珂研究所のコイル巻線棟で、大型のEF5コイルとEF6コイルの製作を開始。



JT-60SA真空容器の製作

那珂核融合
研究所

真空容器材
料を適宜製
作メーカー
に輸送

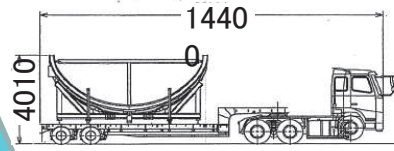


東芝京浜事業所で製作



真空容器40度セクター

インボードとアウト
ボードを輸送。



大型トラクター
により輸送。



那珂核融合研究所真空容器組立棟



40度セクターのインボードと
アウトボードを溶接



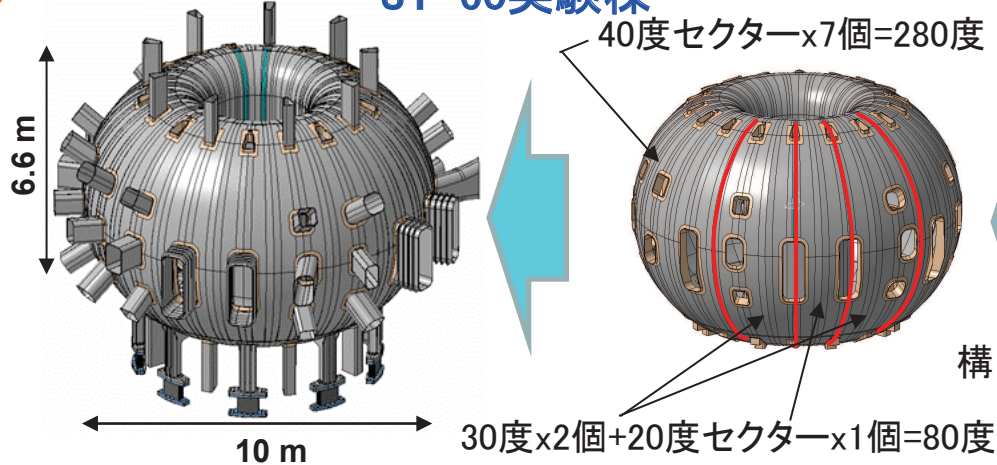
5月40度セ
クター1体目
完成

12月に2体目
完成

3月末までに3
体目完成予定。



JT-60実験棟



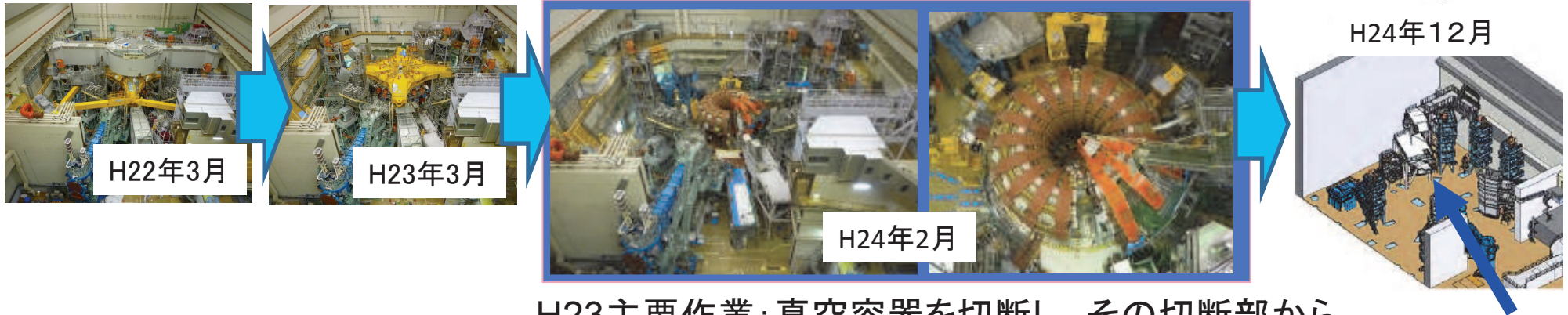
構内輸送

真空容器：二重壁構造
重量：約150トン

容器の板厚：18 mm
リブ板厚：24 mm

JT-60の解体：H24年12月の組立開始に向けて順調に進展

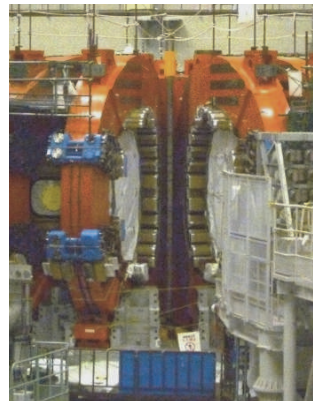
H23年度：震災の影響は軽微で、H23年度予定分のトカマク本体の解体・撤去を順調に実施中。



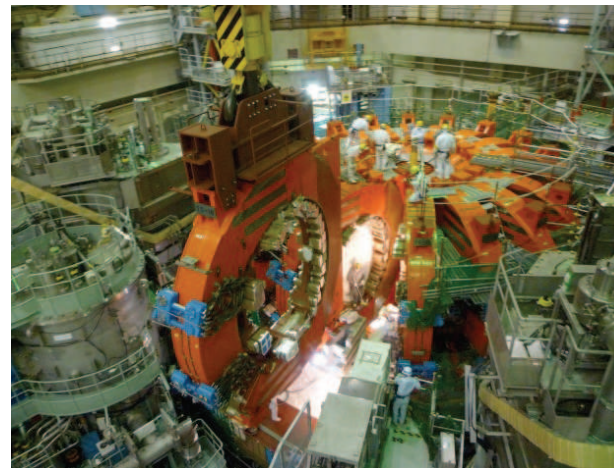
国内初の放射化した核融合装置の解体は、記録に留めるべき技術資産

H23主要作業：真空容器を切断し、その切断部から全18個のトロイダルコイル(約90トン/個)を吊り出し、機器収納棟に保管する。

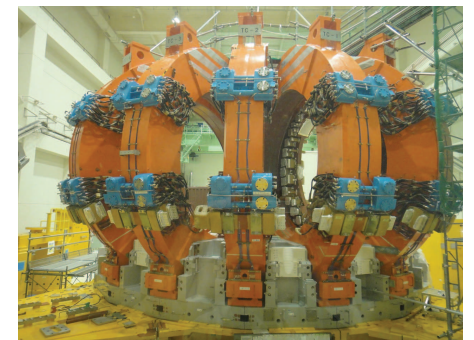
欧州からクライオスタットベース搬入



真空容器切断



トロイダルコイル吊り出し



機器収納棟に保管

JT-60SAの設計思想

ITER・原型炉を「直接見通せる領域」

無次元量(規格化衝突度、規格化ラーマ半径、ベータ値)でほぼ同等:コア & ペデスタル
 有次元量(温度、密度)でほぼ同等:特にダイバータプラズマ
 十分な高速イオン(NNB)、同等の加熱条件、同等のプラズマ形状

魅力的な実験装置であること

実証する／証明／確認することが出来る (総合性能、制御、モデリング予測)

これまで出来なかったことができる／これまで分らなかったことが分る

渡河 (自由境界限界以上、電流拡散時間以上、壁粒子飽和時間以上 etc.)

将来の研究の発展に対応する「場」となる柔軟性

ITER及び原型炉
 に必要な主要研
 究ニーズと、要求
 される機器性能を
 分析

| Main Issues | | ITER | DEMO | Requirements for devices |
|------------------------------|--|---|--|---|
| Integration | Demonstration | Integrated Performance required for Q=10 in ITER | Integrated performance required for DEMO | Integration of the followings Off-axis NNBCD Long Pulse ~100s Super Conducting TF & PF coils |
| | Identification of operational boundaries | stability limit, density limit etc. in high Ip ITER-like plasmas | stability limit, density limit etc. in high β_N & high bootstrap & radiative plasmas | |
| | Development of integrated control and study on plasma response | Test of controls for ITER at ITER-like regime & configurations | Development of Integrated Control for highly self-regulating high β_N & high bootstrap & radiative plasmas | |
| | current profile control $j(r)$ | relaxed $j(r)$ with bootstrap fraction <50% | relaxed $j(r)$ with bootstrap fraction >50% | |
| | Particle Control | Particle Control under saturated wall condition | | |
| MHD Stability and Disruption | Equilibrium Control | Fully superconducting operation | | |
| | high β operation boundary | Demonstrate long pulse high β_N ~3 and determine stability boundary | Demonstrate long pulse high β_N >4 .Determine stability boundary. Clarify plasma shape effects | |
| | RWM | RWM Control with internal coils. Compatibility with RMP | RWM stabilization with rotation | |
| | NTM | Efficient real time control with ECCD, Compatibility with RMP | Simultaneous stabilization of NTM & RWM at high β_N >4 | |
| | Disruption mitigation | Fast VDE control by VS-coil, Mitigation by large amplitude magnetic fluctuation or Increase of electron density | | |
| | Disruption prediction | Develop prediction scheme such as using Neural network | Disruption limits & behavior at high β_N & high radiation | |

| | Main Issues | ITER | DEMO | Requirements for devices |
|-------------------------|--|--|---|---|
| Confinement & Transport | confinement | Confirmation / extrapolation to ITER (mainly H-mode) | Confirmation / extrapolation to DEMO (advanced Operation) | High Ip and large plasmas |
| | heat, particle, momentum transport and confinement | low collisionality & normalized gyro radius at high density | | NNB & ECH |
| | | dominant electron heating | | |
| | | low central fueling | | |
| High Energy particle | AE | Stabilization / Control of AE at high fast ion beta, | | High energy & high power NNB |
| | Transport | Study transport of high energy particles | | |
| | Interaction with MHD modes | Clarify Interaction of high energy ions with various MHD modes | | |
| Pedestal | NBCD | High energy NBCD | High energy off-axis NBCD | High Ip and large scale & highly shaped plasmas |
| | L-H transition | low collisionality at high ne electron heating | highly shaped configuration | |
| | Pedestal structure | Pedestal characteristics at high current & high density | Pedestal characteristics with highly shaped configuration | |
| | ELM control | Behavior of type I ELMs Mitigation with RMP and pellet | small/no ELM regime development at high β_N | |
| Divertor & SOL | Particle Control | Main and impurity particle control with Fueling & Pumping satisfying required integrated performance | | Strong Pumping, Pellet, puff |
| | Power handling | ITER-like divertor configuration with high heating power | Large radiation fraction with high confinement | ITER-like divertor, divertor puff&pump |
| | compatibility with high performance plasmas | carbon / metal wall material | advanced wall material and divertor structure | Replaceable divertor structure |

ITER及び原型炉に必要な主要研究ニーズを満足するよう設計

核融合炉の信頼性・安全性・経済性向上を目指した研究開発を実施するため、ITER&原型炉を見通すことができる装置規模(ITER&原型炉級の無次元量領域)、かつ機動性に富んだ装置として最適化。

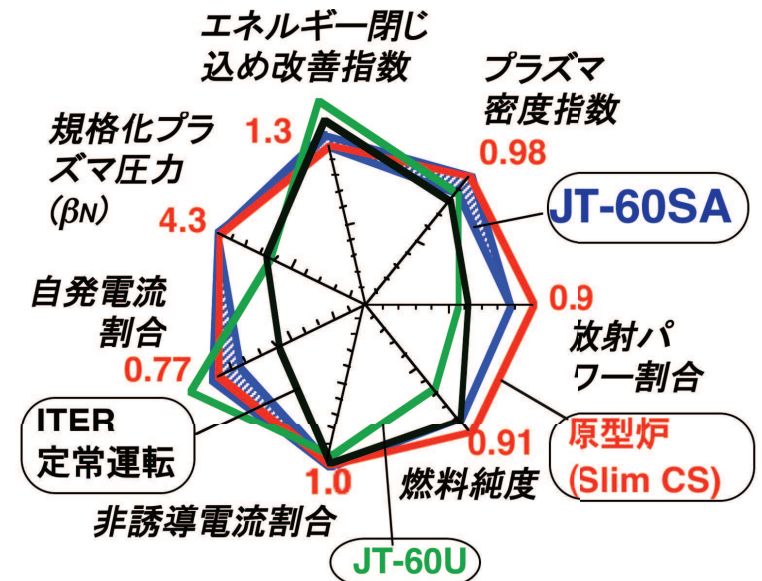
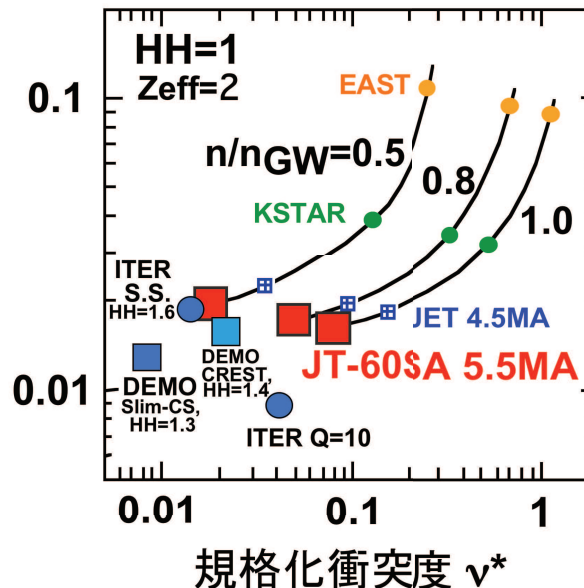
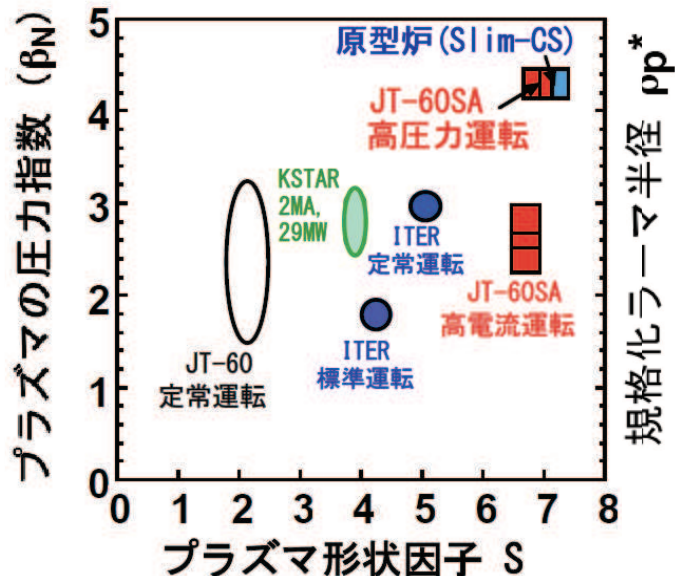
JT-60SAの特長

- 大型超伝導装置
- 高形状ファクタープラズマ
- 高パワーで多様な加熱・電流駆動機器
- 高いプラズマ安定制御能力
- 高いダイバータ熱・粒子制御能力
- 多様な高分解能計測群



各研究分野をITER・原型炉領域に拡張、その統合によって、これまで実現されていない**原型炉に必要な高い総合的プラズマ性能を定常維持する。**

JT-60SAの使命: 原型炉の姿を決定する



41MWx100sの大パワー・多彩な加熱システム

世界で最も多彩な、加熱・電流駆動・運動量注入の組み合わせが可能

NB: 34MWx100s

正イオン源NB

85keV

12units x 2MW=24MW

CO接線x2u, 4MW

CTR接線x2u, 4MW

垂直x8u, 16MW

負イオン源NB

500keV, 10MW

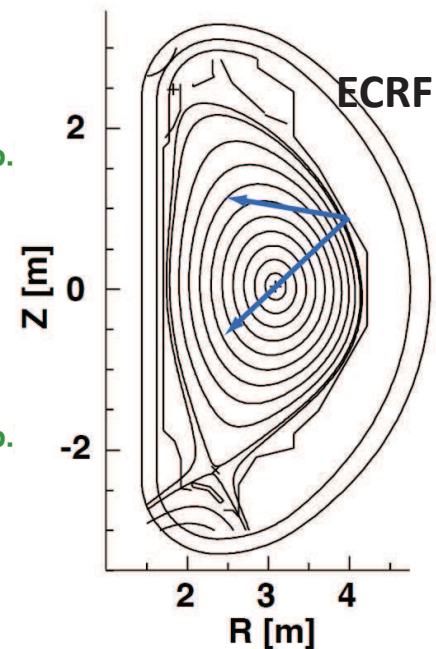
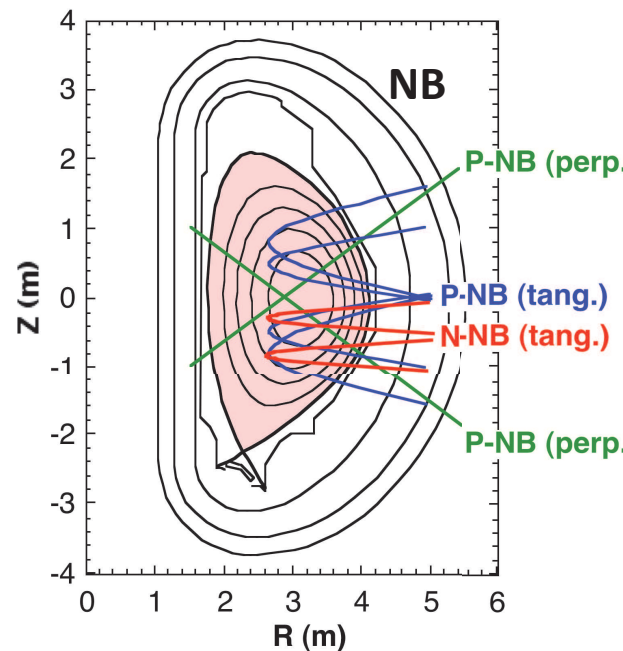
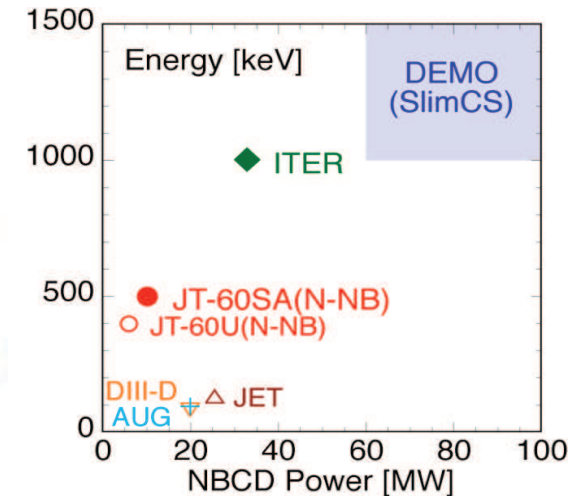
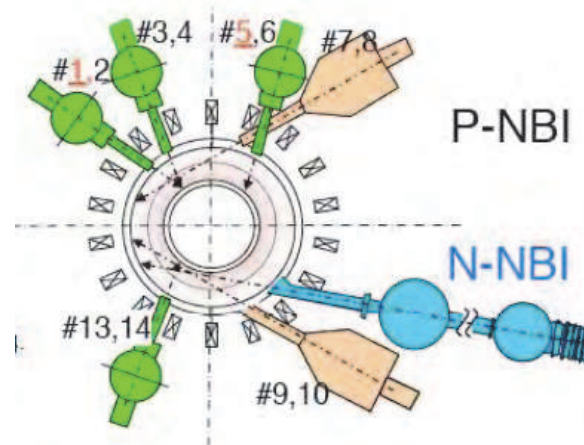
Off-axis for NBCD

ECRF: 110GHz, 7MW x 100s

9 Gyrotrons,

4 Launchers with movable mirror

>5kHz modulation



ITER & 原型炉と同等な加熱条件・スキャンが可能

JT-60SAは、以下を実施可能。

電子加熱主体、電子加熱割合のスキャン
 低中心粒子供給での高パワー加熱
 低外部トルク入射での高パワー加熱
 (回転スキャン含)

ECH (110GHz, 7MW)

N-NB (500keV, 10MW)

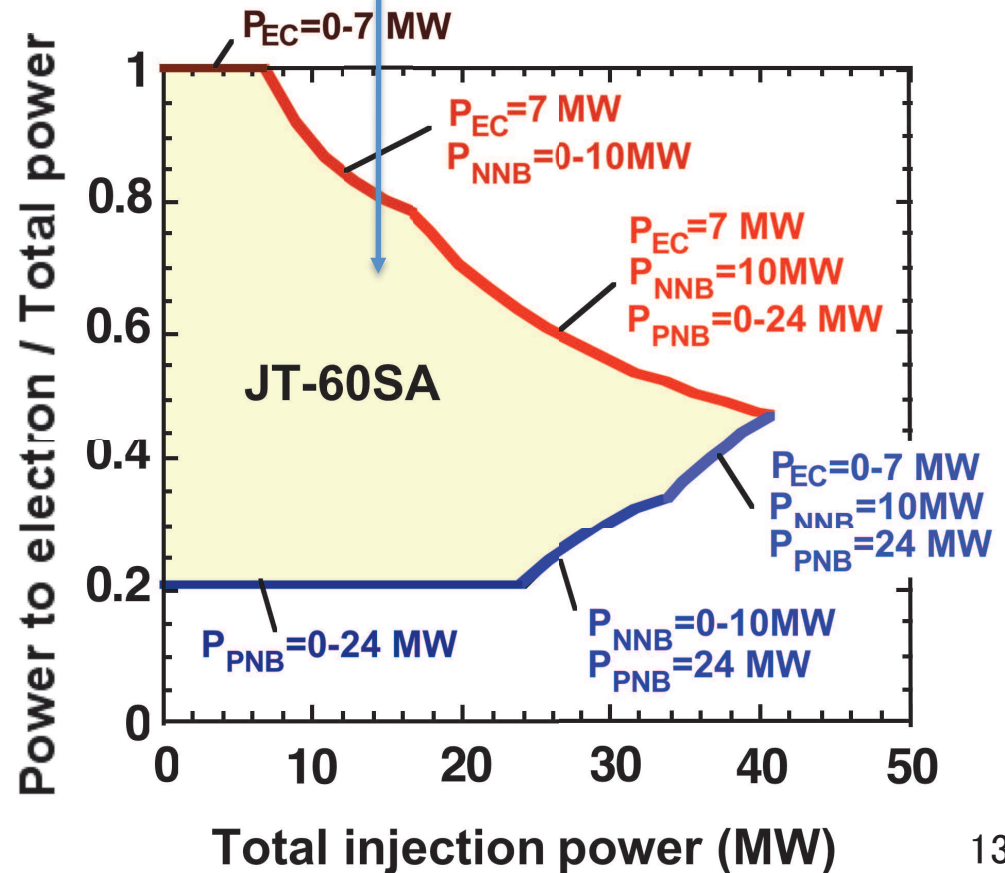
=>電子加熱主体
 低粒子補給
 低トルク入射

P-NB (85keV, 24 MW)

=>イオン加熱主体

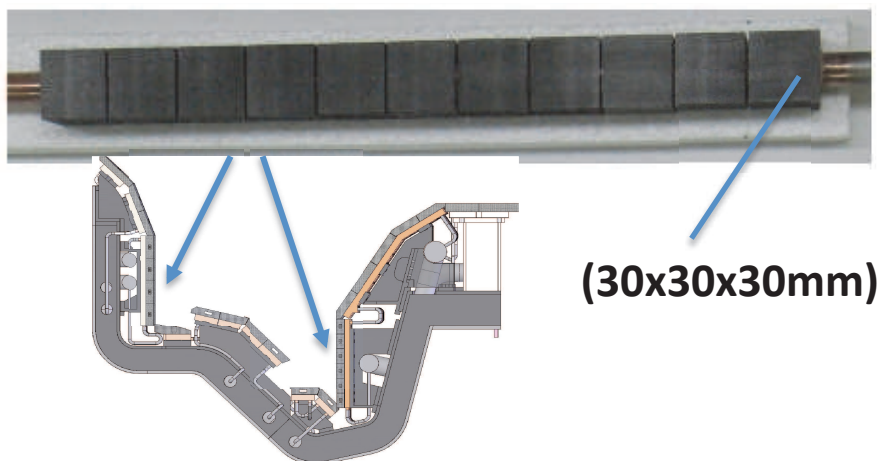
Perp-NB & balanced CO/CTR-NB

=低トルク入射
 (トルク入射スキャン)

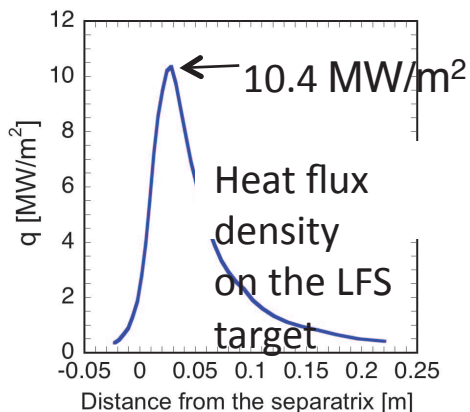
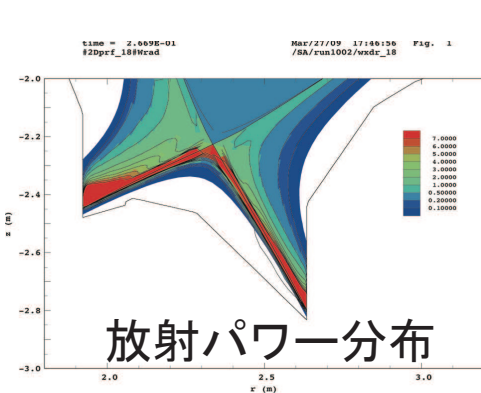


CFC モノブロックターゲットの開発

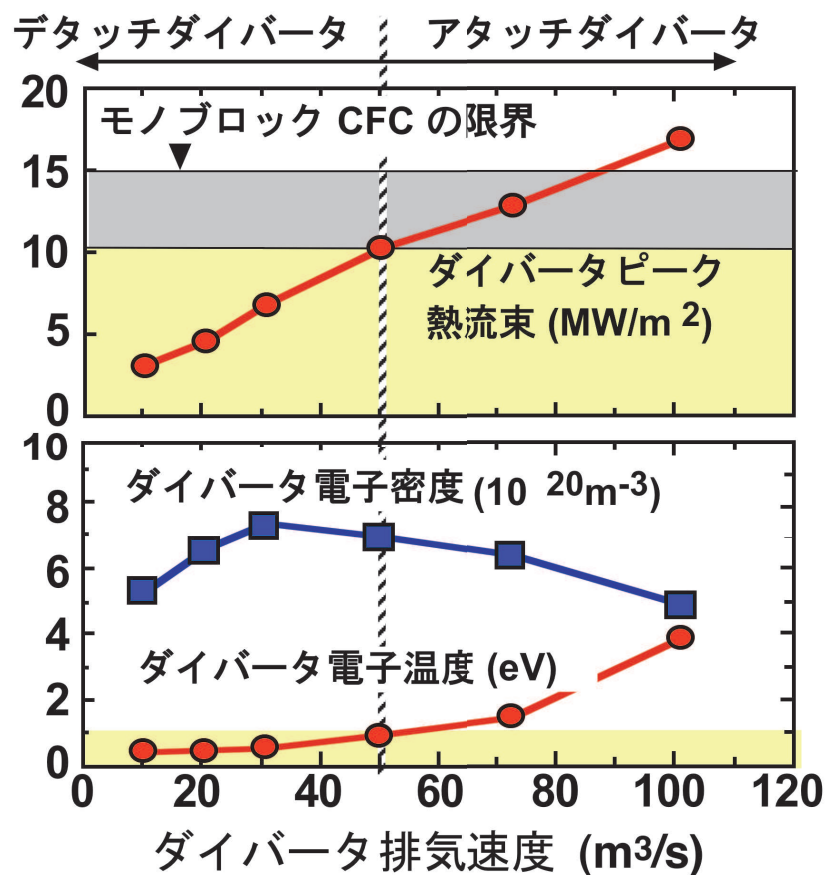
12本のフルサイズ試験体をJEBISで試験 (15MW/m²)
=> 半数が合格=> 歩留まり向上の研究中



ITER同様のW型Vコーナー付ダイバータ形状でダイバータ放射を増加し、熱流速を許容値以下に低減



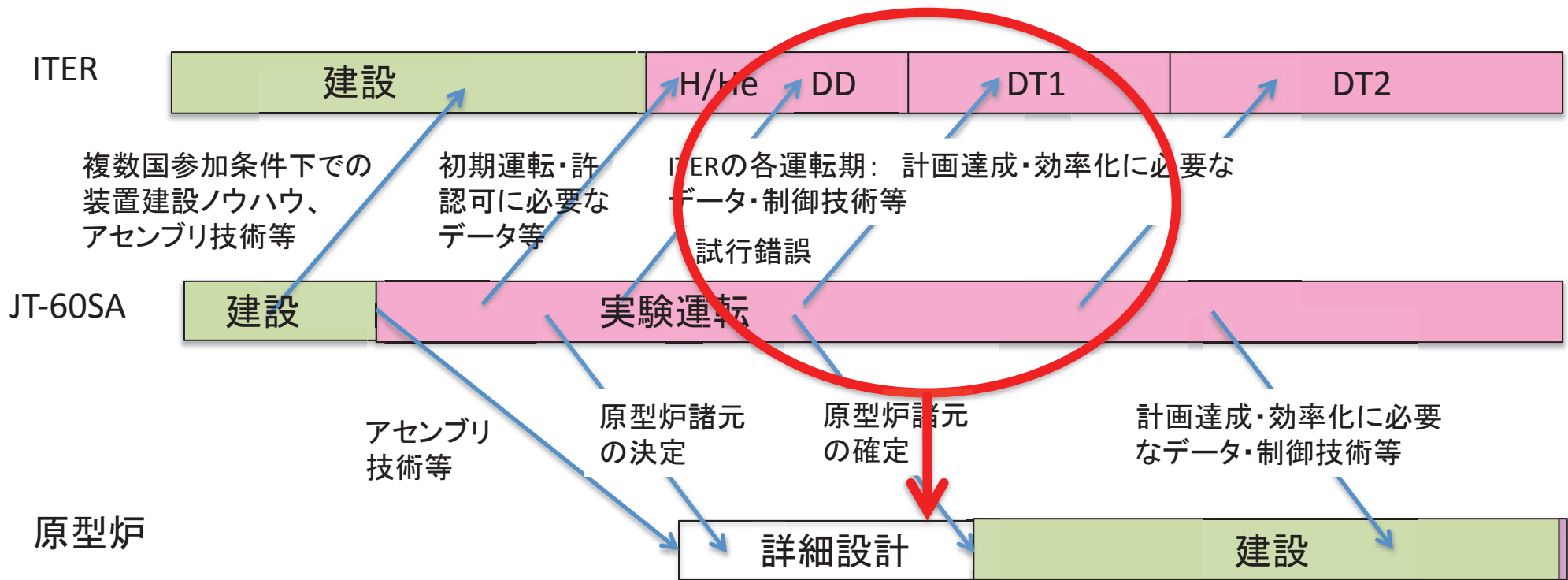
8段階のダイバータ粒子排気で、ダイバータ熱流速を制御



JT-60SA、ITER、原型炉を包括する研究が大切

原型炉へ向け、ITERを含めた、総合的リサーチプランが重要

1. ITERに先行する実験・試験によるITERへの貢献(研究 & 研究者)
2. ITERと協力して行なう原型炉への貢献
3. ITERを補完する原型炉への貢献
4. JT-60SAの特長を活かした/JT-60SAでこそ行うことのできる研究
5. わが国のコミュニティ/研究者の育成と国際主導性の堅持・向上



JT-60SAリサーチプラン(SARP) Ver.3.0が完成

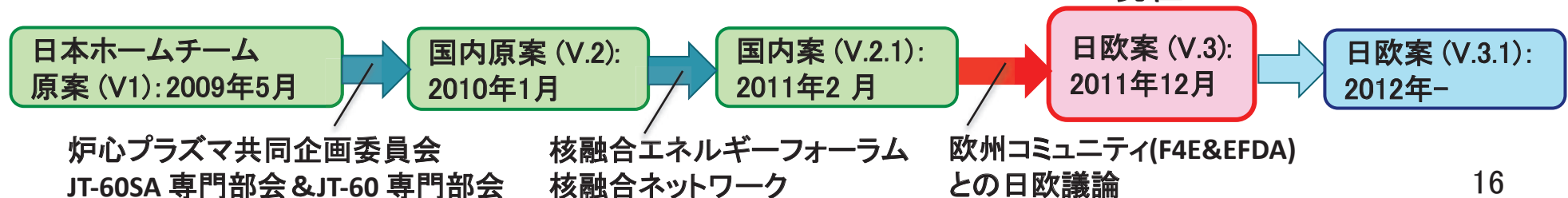
・JT-60SAリサーチプランVer.3.0(日欧案)を平成23年12月22日に完成し、サテライトトカマク事業の文書として確定し、日欧のWebサイトで公開した。

・共著者数は332名で、日本145名(原子力機構73名及び国内大学等(14研究機関)の研究者72名)、欧州182名(10カ国、23研究機関)、プロジェクトチーム5名。

・JT-60SAリサーチプランは、JT-60SA計画のミッションに従って、JT-60SAを用いてどのような研究を進めていくかについて、運転領域開発、MHD安定性と制御、輸送と閉じ込め、高エネルギー粒子挙動、ペDESTAL及び周辺プラズマ、ダイバータ・プラズマ壁相互作用、核融合炉工学、理論モデル・シミュレーションコードに関する8つの研究領域毎に、JT-60SAの実験研究を担う若手研究者を中心に企画・提案する文書。実験開始に向けて検討・改訂を重ね育てて行く。

・核融合エネルギーフォーラムを中心とする国内研究コミュニティにおいて様々な議論を進めて2011年2月に完成させたVer.2.1(国内案)を基に、欧州EFDAの協力の下、2011年5月に欧州内での検討活動体制が正式に発足したことを受け、日欧の研究コミュニティで密接な議論を重ね、10月の第一回JT-60SA研究調整会合を経て完成。

現在



JT-60SAリサーチプランは、幅広い日欧検討の賜物

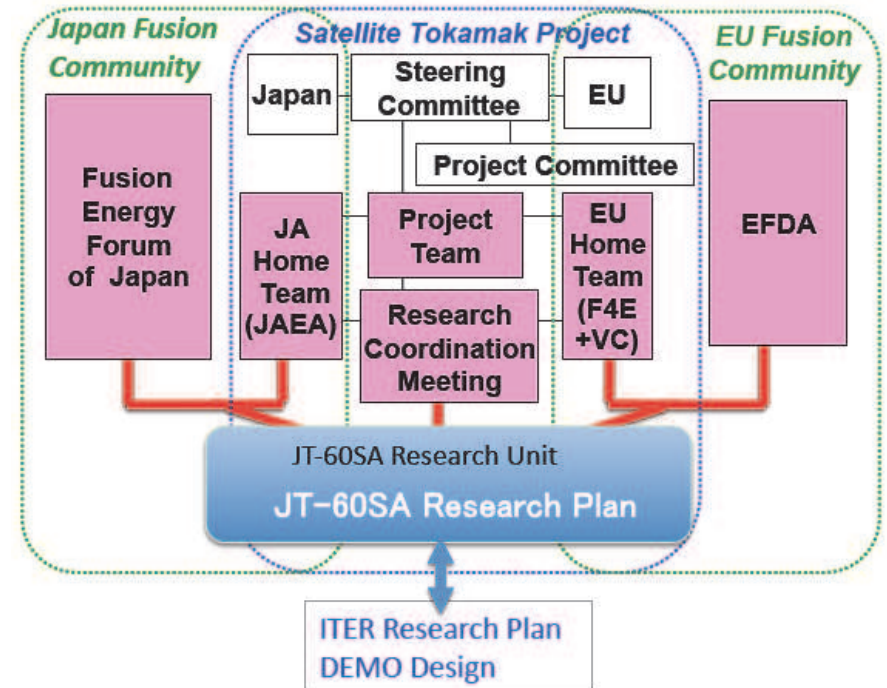
2011年6月20日 敬称略

| 分野 | 核融合エネルギーフォーラム調整委員会 | | 核融合開発戦略サブクラスター | 核融合ネットワーク | 欧州 |
|-----------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------|------------|------------------------------|
| | 検討代表者 JAEA | 検討代表者 大学等 | | | |
| 全体計画 | 鎌田 裕 | 高瀬 雄一 (東大) | 岡野 邦彦 (電中研) 原型炉の観点からの研究ニーズ | 小川 雄一 (東大) | D. Borba (EFDA) |
| 運転領域開発 | 鈴木 隆博 | 長崎 百伸 (京大) | | | E. Joffrin (JET/CEA, France) |
| MHD安定性と制御 | 松永 剛 | 古川 勝 (東大) | | | T. Bolzonella (RFX, Italy) |
| 輸送と閉じ込め | 吉田麻衣子 | 田中 謙治 (NIFS) | | | M. Romanelli (CCFE, UK) |
| 高エネルギー粒子挙動 | 篠原 孝司 | 長壁 正樹 (NIFS) | | | P. Lauber (IPP, Germany) |
| ペDESTアル及び周辺プラズマ特性 | 浦野 創 | 森崎 友宏 (NIFS) | | | M. Beurskens (CCFE, UK) |
| ダイバータ、SOL、プラズマ・材料相互作用 | 仲野 友英 | 坂本 瑞樹 (筑波大) | | | R. Neu (IPP, Germany) |
| モデリング・シミュレーション | 林 伸彦 | 福山 淳 (京大) | | | G. Giruzzi (CEA, France) |
| 炉工学 (プランケット・材料・統合技術等) | 榎枝 幹男 (JAEA) 櫻井 真治 (JAEA) | 相良 明男 (NIFS) | | | C. Day (KIT, Germany) |

| Appendix | 日本 | 欧州 |
|--|--------------|-----------------------------|
| Needs for heating and current drive systems | M. Yoshida | C. Sozzi (IFP/Milan, Italy) |
| Needs for diagnostics | M. Yoshida | F.P. Orsitto (ENEA, Italy) |
| Needs for magnetic field control and detectors | G. Matsunaga | T. Bolzonella (RFX, Italy) |
| Needs for particle control actuators | T. Nakano | C. Day (KIT, Germany) |

| | | | |
|--------|-------------------------------|-------|--------------------------|
| 日本検討取纏 | 鎌田 裕 (JAEA) | 日本事務局 | 吉田 麻衣子 (JAEA) |
| 欧州検討取纏 | D. Borba (EFDA) or G. Giruzzi | 欧州事務局 | G. Giruzzi (CEA, France) |

欧州EFDAの協力の下、2011年5月に欧州内での検討活動体制が正式に発足



○H24年度は、モデリング研究や課題の吟味、重点研究項目の選択等を行なう。そのための国内及び日欧の研究協力を進める。

第2章全体計画

JT-60SAの基本ミッション、装置の特長、ITER・原型炉貢献として求められる研究課題、研究段階、以上に基づいた基本放電シナリオ、各分野での研究概要、等の全体像を記述

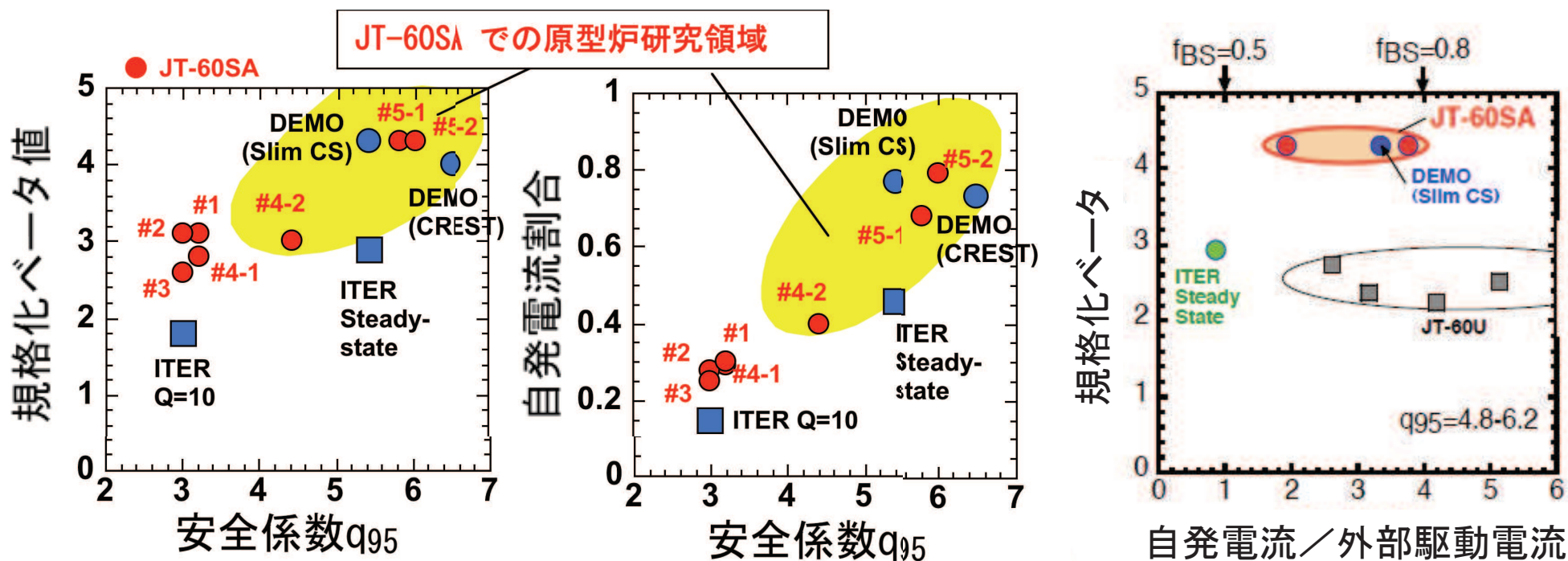
JT-60SAの使命: ITERの主要ミッションの達成に貢献する。

制御性を含め現実的な原型炉の姿を決定する。

原型炉目標を「点」ではなく「領域」として捉え、

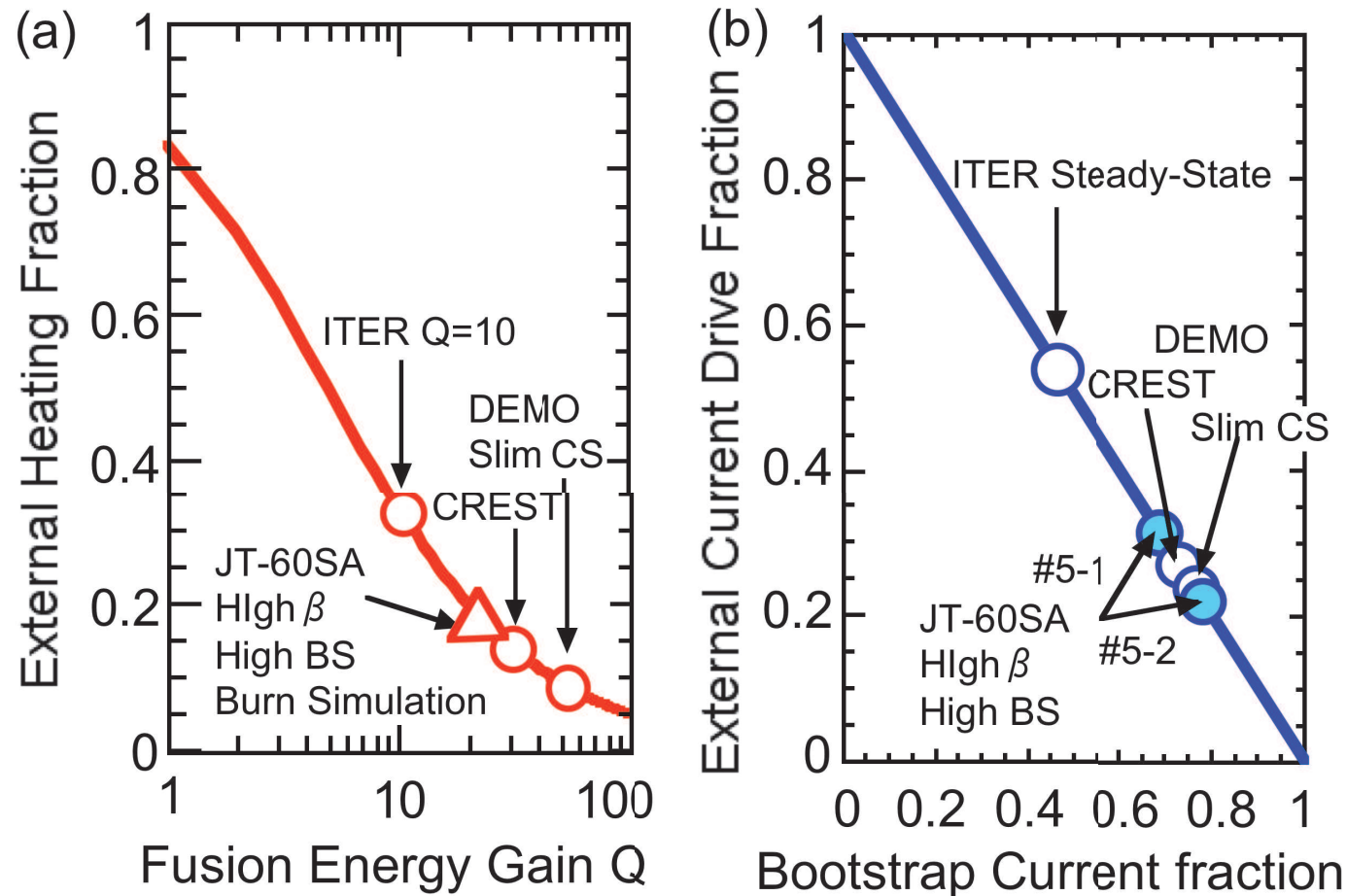
運転バウンダリの拡張・高い総合性能の獲得・プラズマ制御性の実証を進め、

原型炉に求められる**現実的な回答**を得る。



ITER(燃焼) + SA(高 β 高BS)+ モデリング= 原型炉

燃焼プラズマ(ITER)と高ベータ高自発電流プラズマ(JT-60SA)の両者のプラズマの振る舞いを統合して理解し、原型炉の予測を可能とするモデリングの開発が不可欠。



原型炉へ向けた「ミニマム制御」の確立

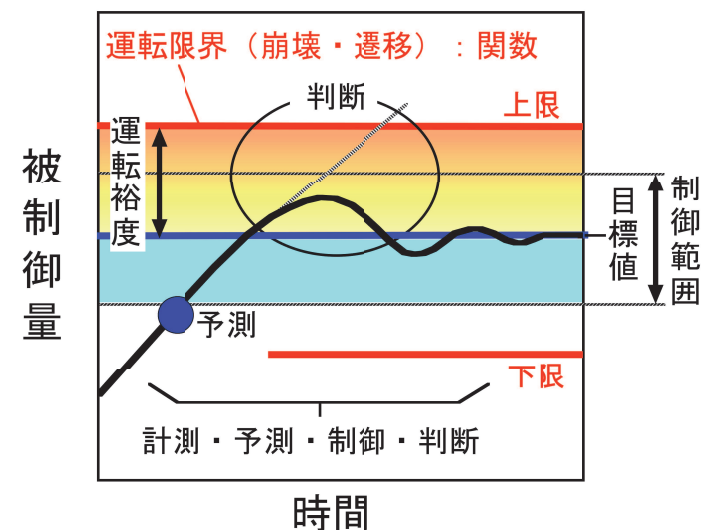
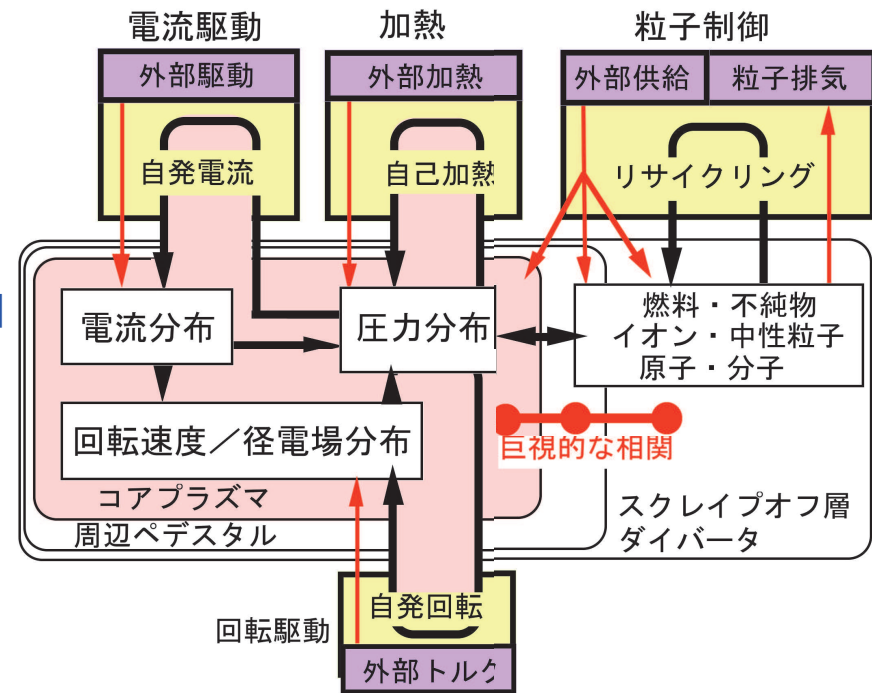
燃焼・高ベータ・高自発電流割合プラズマ
=>強い自律性を持つ非線形システム

- ・圧力・電流・回転の「セット制御」
- ・時定数で階層化した制御

プラズマの応答と制御性の研究
実時間予測・判断法の開発

最低限必要なアクチュエータ・
計測と制御ロジックの決定

どこまでシンプルな
制御ができるか？
=信頼性・現実性・
効率性の向上

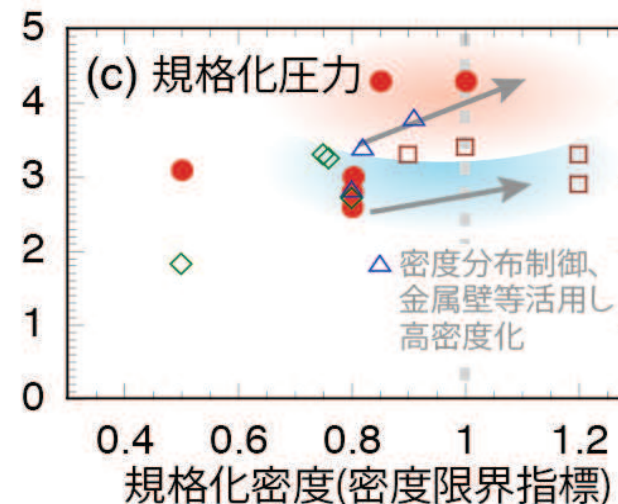
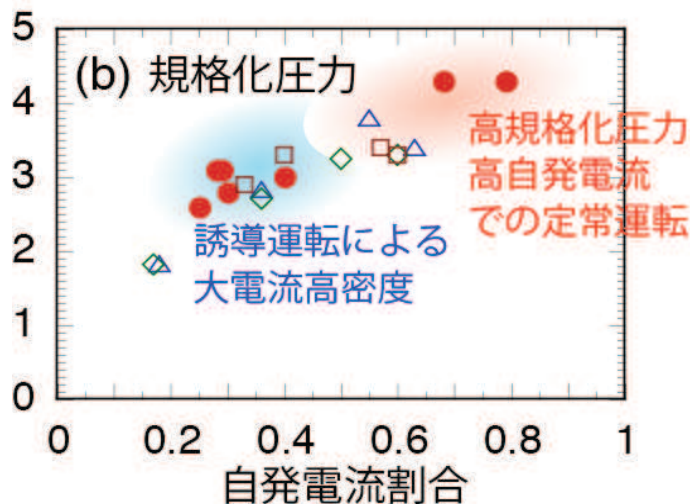
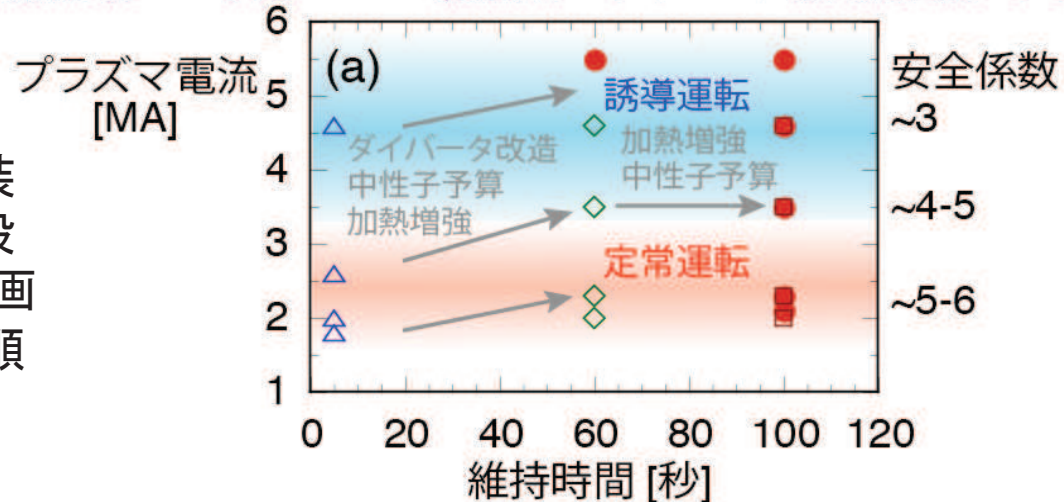


3章 運転領域開発

ITERに貢献しDEMO設計指針を提示するため、運転手法と制御手法の研究開発および電流駆動研究を行うと共に、以下のJT-60SAのミッション目標を達成する。

- 拡張研究フェーズ
- ◇ 統合研究フェーズ
- △ 初期研究フェーズII (点線部はダイバータ熱負荷低減による)

研究フェーズ毎の装置改造と整合した段階的な研究開発計画とし、研究フェーズ順に記述している。



第4章 MHD安定性と制御

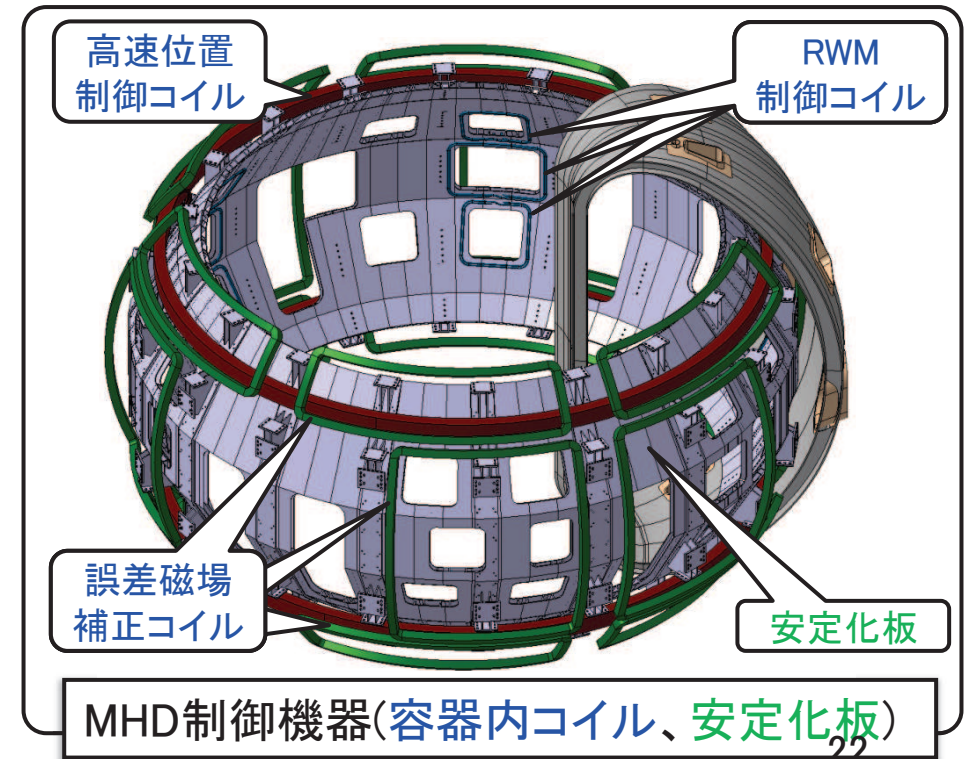
高い形状ファクター(～7)、安定化板、RWM制御コイル、誤差磁場補正コイル、高パワー加熱・電流駆動・運動量入射 等で、高ベータ定常化研究を推進する。

原型炉のためには、RWM安定化に必要な回転速度下限を明らかにする必要有。

高 β_N でのディスラプション限界の同定と実時間予測・回避制御

[主な研究項目]

- RWM物理と制御に関する研究
- NTM物理と制御に関する研究
- Sawtoothに関する研究
- Disruptionに関する研究
- 誤差磁場に関する研究
- 先進的MHD制御によるシナリオ開発
- MHD帰還制御システムの確立



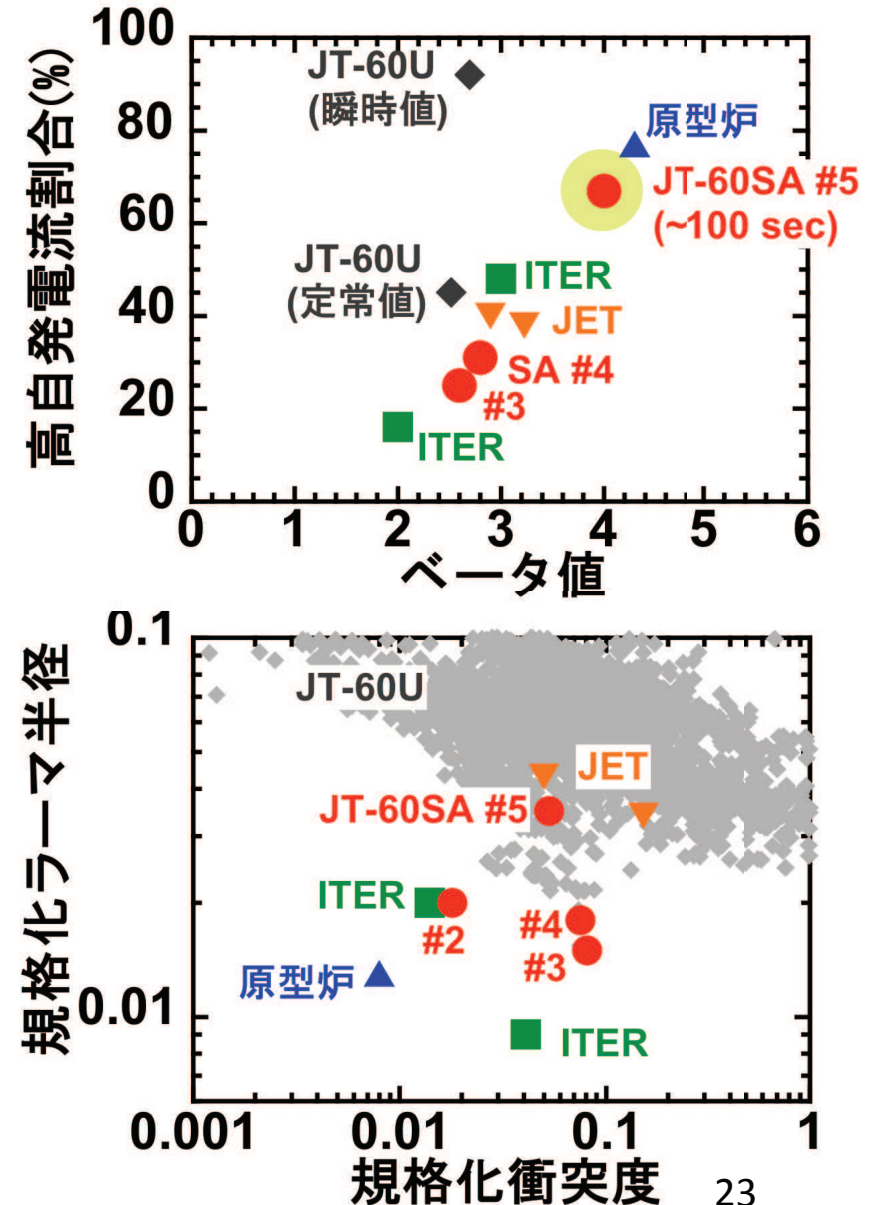
第5章 輸送と閉じ込め研究 (1)

ITERと原型炉への重要課題

- 高ベータ値で高自発電流割合の運転領域における, 高性能プラズマの定常維持.
- 未知なるパラメータ領域における プラズマの構成要素である粒子, 熱, 運動量の輸送と閉じ込め評価/予測.
- 燃焼プラズマに特徴的な電子加熱主体化でのプラズマ輸送と閉じ込め評価.
- 高エネルギーの α 粒子が存在する中でのプラズマ輸送の評価.

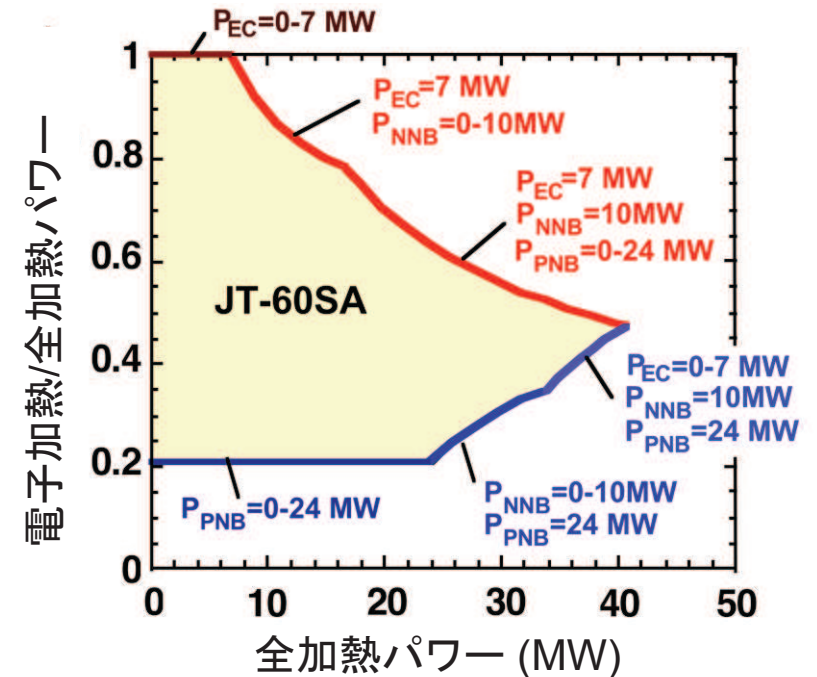
JT-60SAでの主な研究テーマ

- ITERや原型炉に近い高ベータ値で高自発電流割合の運転を活かし, プラズマ性能を決めるプラズマの圧力・回転・電流分布の相関関係の研究.
- プラズマの輸送を記述するパラメータ領域で実験可能な利点を活かし, プラズマの粒子, 熱, 運動量の輸送と閉じ込め研究.



第5章 輸送と閉じ込め研究 (2)

- 強力な電子加熱機器 (ECRF, NNBI) を利用した, 電子加熱主体化でのプラズマ輸送と閉じ込め研究.
- ITERや原型炉と相似形のプラズマ形状における閉じ込めスケーリングの構築.
- 高エネルギービーム入射を利用した, 高エネルギー粒子が多く存在する条件での閉じ込め研究.
- 高閉じ込め, 高密度領域における輸送特性の研究.
- 実験データと比較をしながらモデリング/コードの開発する. 開発したモデリング/コードを用い, 輸送現象を理解と, ITERや原型炉でのプラズマ性能予測を行う.
- 実時間安定化解析を備えた, 統合非線形実時間制御システムを構築し, 高ベータ値で高自発電流割合を伴う高性能プラズマの定常維持を達成する.



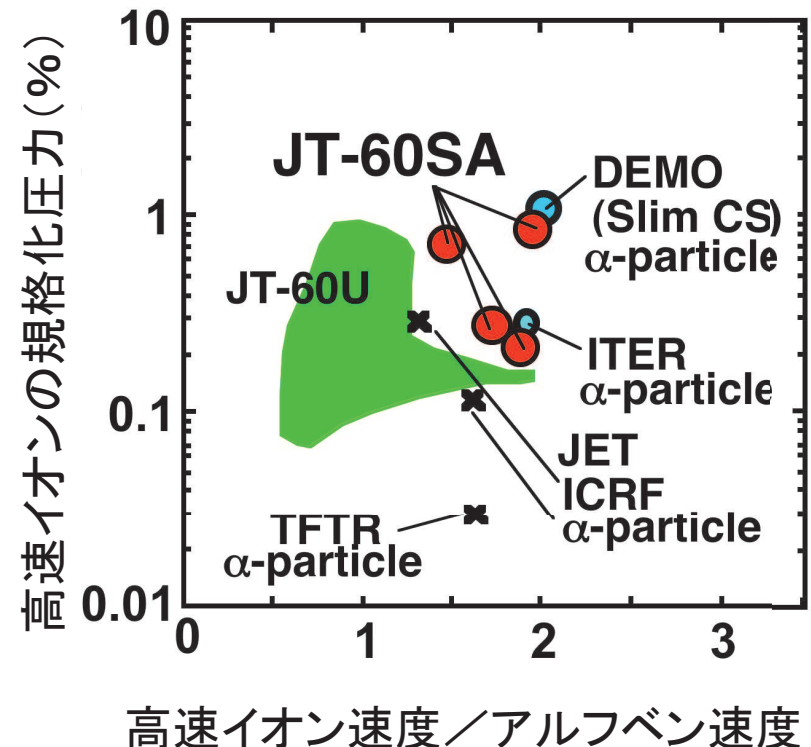
実験データ, 理論/モデリングシミュレーション, 実時間制御を駆使して核融合プラズマの理解を進め, ITERや原型炉でのプラズマ性能評価と運転シナリオに貢献する.

第6章 高エネルギー粒子研究

- 核融合炉では、プラズマ加熱の大部分を核融合生成物で高速イオンの α 粒子が担い、これがプラズマ中に良く閉じ込められている必要がある。そのため、高速イオンの特性の理解が当該分野での最重要課題の一つとなっている。
- JT-60SAでは500 keVのNNBを用いて、核融合炉の運転領域に相当する条件での高速イオンの特性の研究を行うことができる(図参照)。この特性を活かした研究計画を策定した。
- JT-60SAではNNBを用いた高エネルギー粒子実験で、十分先んじて、ITERの燃焼プラズマ実験(DT実験)に貢献できる。

- 日欧で協議し、以下を重点項目と設定した。

- (1)NNBによる周辺部電流駆動特性研究
- (2)高い規格化ベータ値での高速イオンの役割 (高いプラズマ性能と高速イオンの相乗効果による新現象／新領域での物理研究)
- (3)核融合炉の制限された環境での使用を考慮した高速イオン計測器の開発、及び、高速イオンとそれが引き起こす物理現象の特性を利用したバルクプラズマ計測器の開発



第7章 周辺及びペデスタルの物理

トカマクの基本的改善閉じ込めモード(Hモード)の性能を決定する「周辺ペデスタル」の構造と、そこで発生する不安定性(ELM)の研究を扱う。

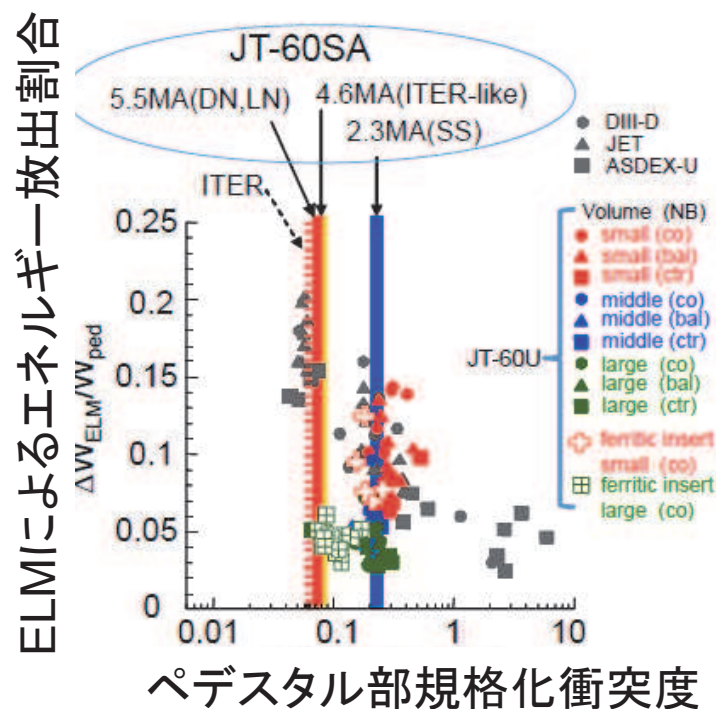
ITERのQ=10運転のプラズマ性能はペデスタル構造で決まる。

ITERに近接する無次元量領域で、その構造 & 制御の支援研究を行なう。

軽水素／ヘリウムプラズマでのITER初期運転への支援研究を行う。

ELM (ダイバータへの瞬時的熱パルス) の緩和：ITERの最大の課題の一つ。

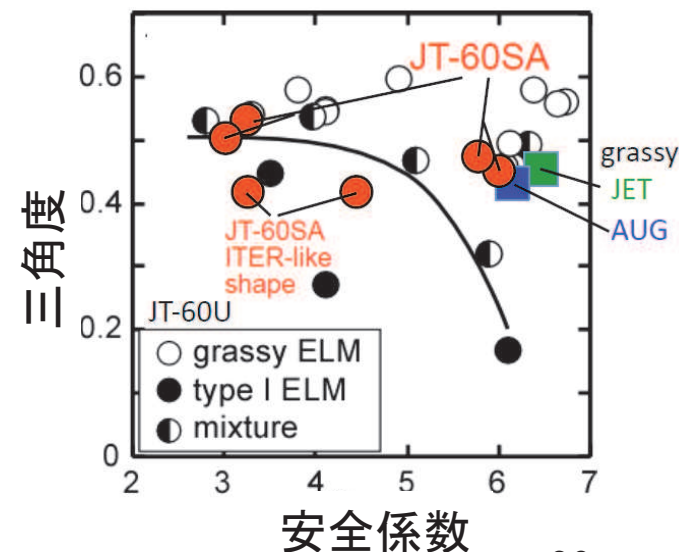
ITERと同等な十分低いペデスタル衝突度での緩和研究 (RMPコイル／ペレット) が可能



ペデスタル構造やELMは、プラズマ形状に大きく左右される。原型炉と同等な形状及び近接するプラズマ無次元量領域での研究を推進。

JT-60SAは、高周波数で小振幅なELM (Grassy ELM)を発生させるために適したプラズマ形状、磁場構造を有する。

⇒ダイバータに優しいELMを持つ運転の開発。

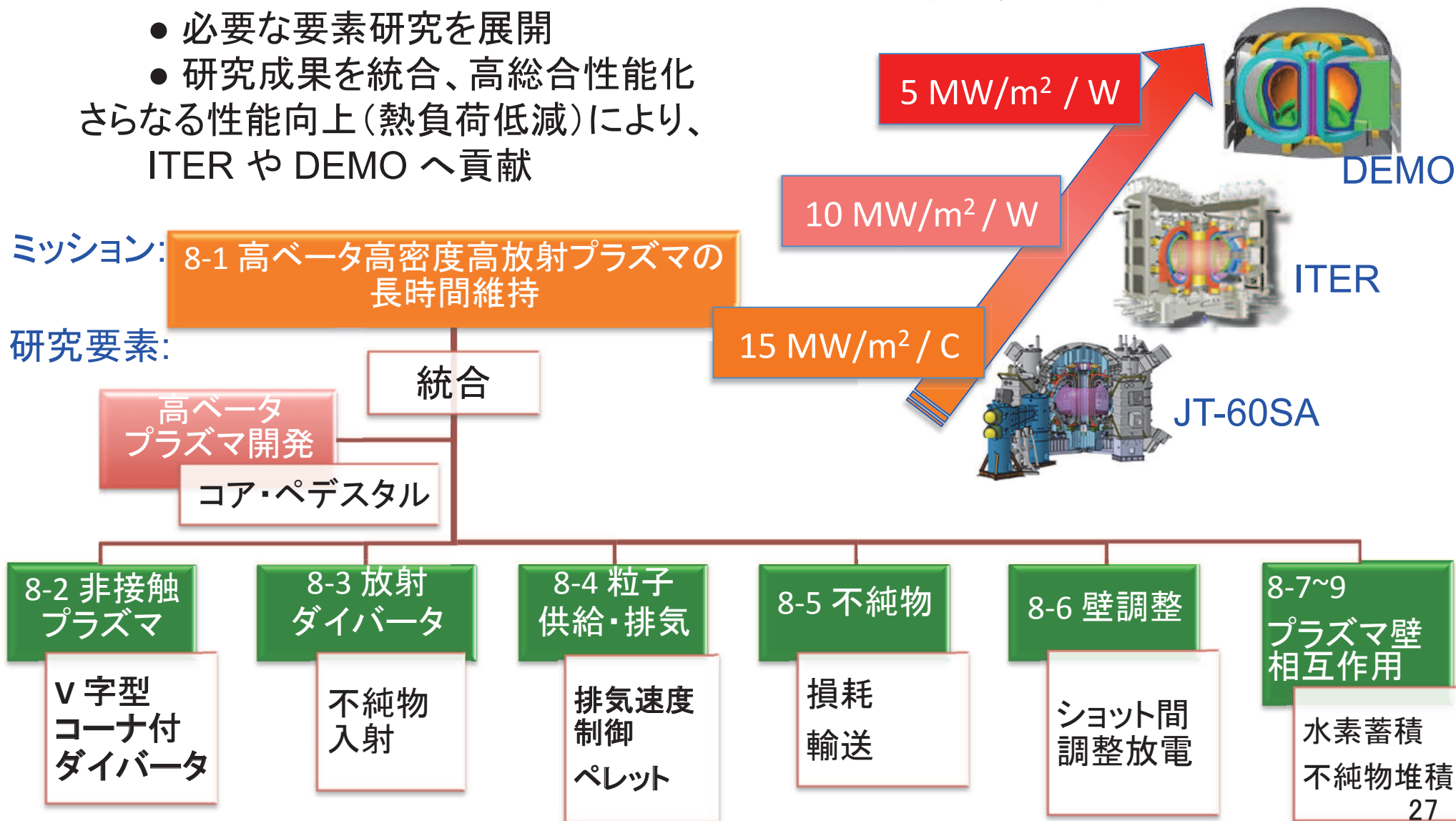


(1)

主要ミッションの達成のため

- 必要な要素研究を展開
- 研究成果を統合、高総合性能化
さらなる性能向上(熱負荷低減)により、
ITER や DEMO へ貢献

許容熱負荷(設計値)と材料



(1) プラズマ対向機器開発 (中性子を除く実機環境での検証)

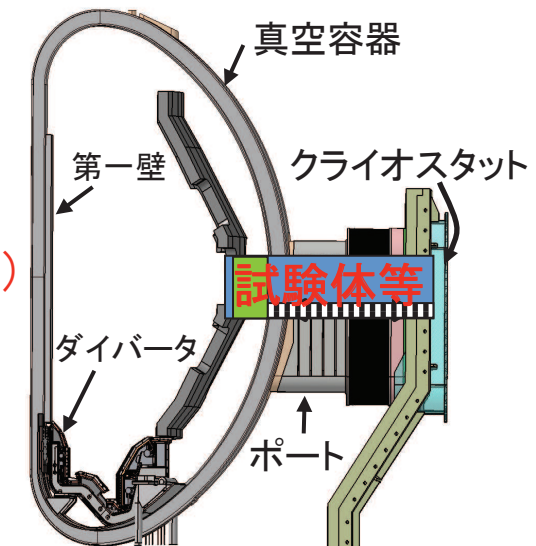
原型炉およびITER (TBM等) に向けた**機器開発支援研究**

- ・計装、ブランケット構造のモックアップ試験 (中性子環境以外)
- ・磁性体のプラズマへ影響評価
- ・実機体系での中性子輸送のモックアップ試験 (コード検証)
- ・金属ダイバータ実機試験

(2) プラズマ材料相互作用研究 (金属壁の成立性の検証)

原型炉に向けた**プラズマ材料相互作用研究**

- ・金属壁装置での水素同位体吸蔵
- ・金属壁材料の損耗、脆化
- ・(金属)ダストの発生と安全性に関する研究
- ・新規材料のプラズマ照射試験



ポート(の一部)を用いたモックアップ試験、試料照射試験等

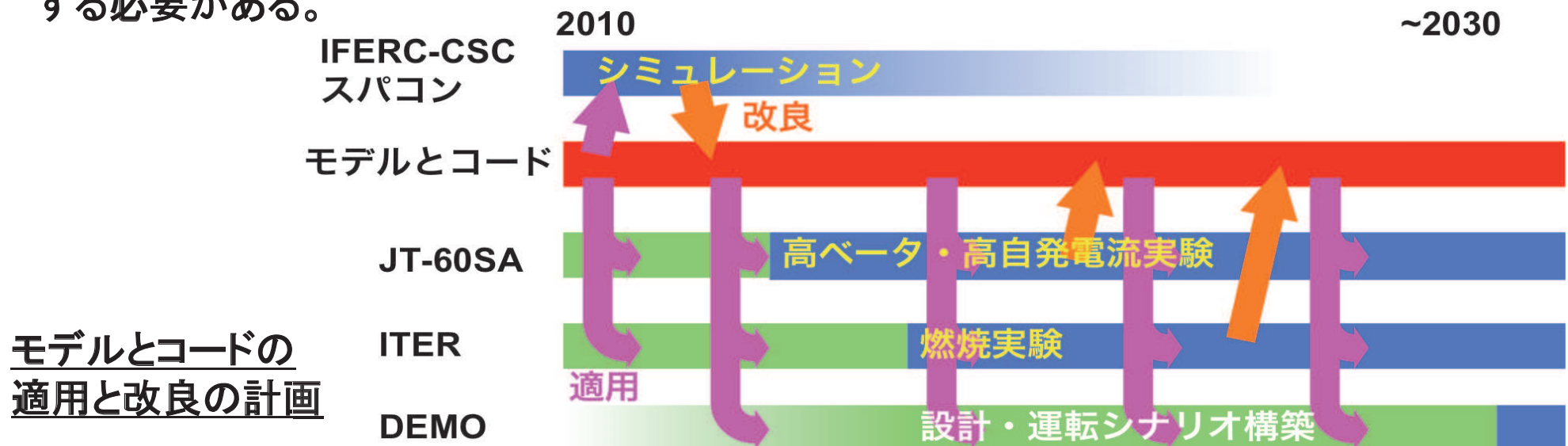
(3) 周辺工学技術開発 (実機試験と運用経験)

原型炉およびITERに向けた**周辺工学技術の開発と信頼性向上**

- ・遠隔保守技術の実機試験と運用、キラーペレット等の先進制御技術の高度化
- ・大型装置 & 長パルス運転での
燃料供給、排気、冷凍機、電源、加熱装置、CODACの運用

第10章 理論モデルとシミュレーションコード

- モデルとコードは、高ベータ・高自発電流割合の燃焼プラズマの複雑現象を解明し、ITERや原型炉のプラズマの挙動を予測・制御するのに不可欠
- モデルとコードを用いて、実験で未解明の現象を予測し、予測を確かめる実験を策定。実際の実験によりモデルとコードの妥当性の検証。
- SA実験では、高ベータ・高自発電流割合のプラズマでのモデルとコードの検証が可能。ITER実験で、燃焼プラズマでの検証を行える。
- 原型炉プラズマの挙動を確実に予測するためには、SA実験とITER実験の両方で検証する必要がある。



まとめ

炉心プラズマ: システムとして最適化=>高い「総合」性能と、その制御
ITER + JT-60SA + モデリング・シミュレーション

JT-60SA: ITERに貢献、ITERを補完、**原型炉の姿を決める**
日欧及び国内の研究拠点
日欧で機器製作が進展
日欧300名の研究者で研究計画を策定中

JT-60SAは、将来、皆さんが率いて行く
研究プロジェクト

その世代が原型炉のプラズマを
着火させる