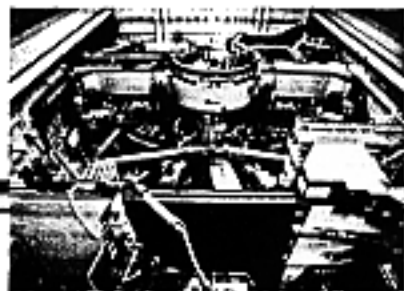


JT-60の最近の成果 と今後の計画

平成 1 2 年 3 月 2 9 日
日本原子力研究所



概 要

JT-60

[1] JT-60の最近の成果

JT-60では、負磁気シアモードを中心とする「先進トカマク研究」で世界をリードしてきた。その結果、平成8年度には臨界プラズマ条件を達成した(第122回で報告)。また、平成10年度にはエネルギー増倍率(等価)で世界最高値1.25を実現した。これらの成果により、定常運転を重視したコンパクトITERへの方針転換に本質的な役割を果たした。

ITER物理R&Dとしては、ITER用負イオン源NBIによる高効率電流駆動、W型ダイバータによるヘリウム排出とHモード遷移入力閾値の低減、負磁気シア定常運転方式の実証、等の成果を得て、ITERの物理基盤の確立に大きく貢献した。

[2] JT-60の今後の計画

JT-60は本体部分の老朽化が目立っている。また、原研の研究資源の制約も多い。ITERが建設に向けた準備段階に入るに当たって、ITER計画の基盤を支え、運転シナリオ確立への最大限の貢献によって引き続き世界をリードするために限られた資源での改修を行う。

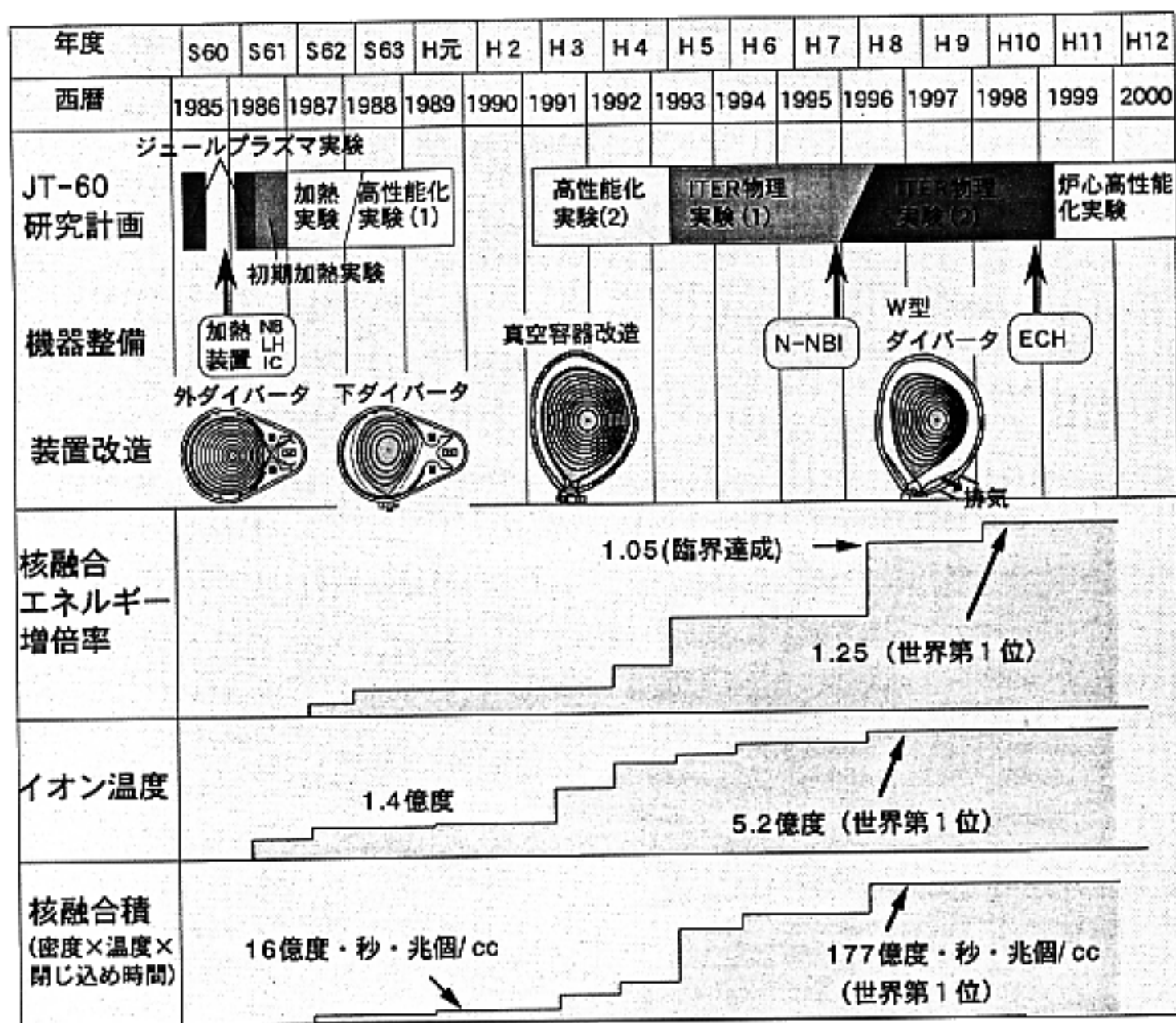
改修にあたっては、以下の点を考慮する。

- ① 高性能プラズマの長時間制御、高ベータ化および熱・粒子制御の研究等の推進を可能とし、ITER計画への貢献と原型炉以降の段階への展望を得る。
- ② 既存設備の最大限の有効利用を図るとともに、改修後の運転合理化を目指し、ITER建設時の研究資源の制限に対応出来るようにする。
- ③ 改修後のJT-60の研究に関しては、広く大学・国公立研究機関等が参加し易い研究形態を探究する。

JT-60における最近の成果

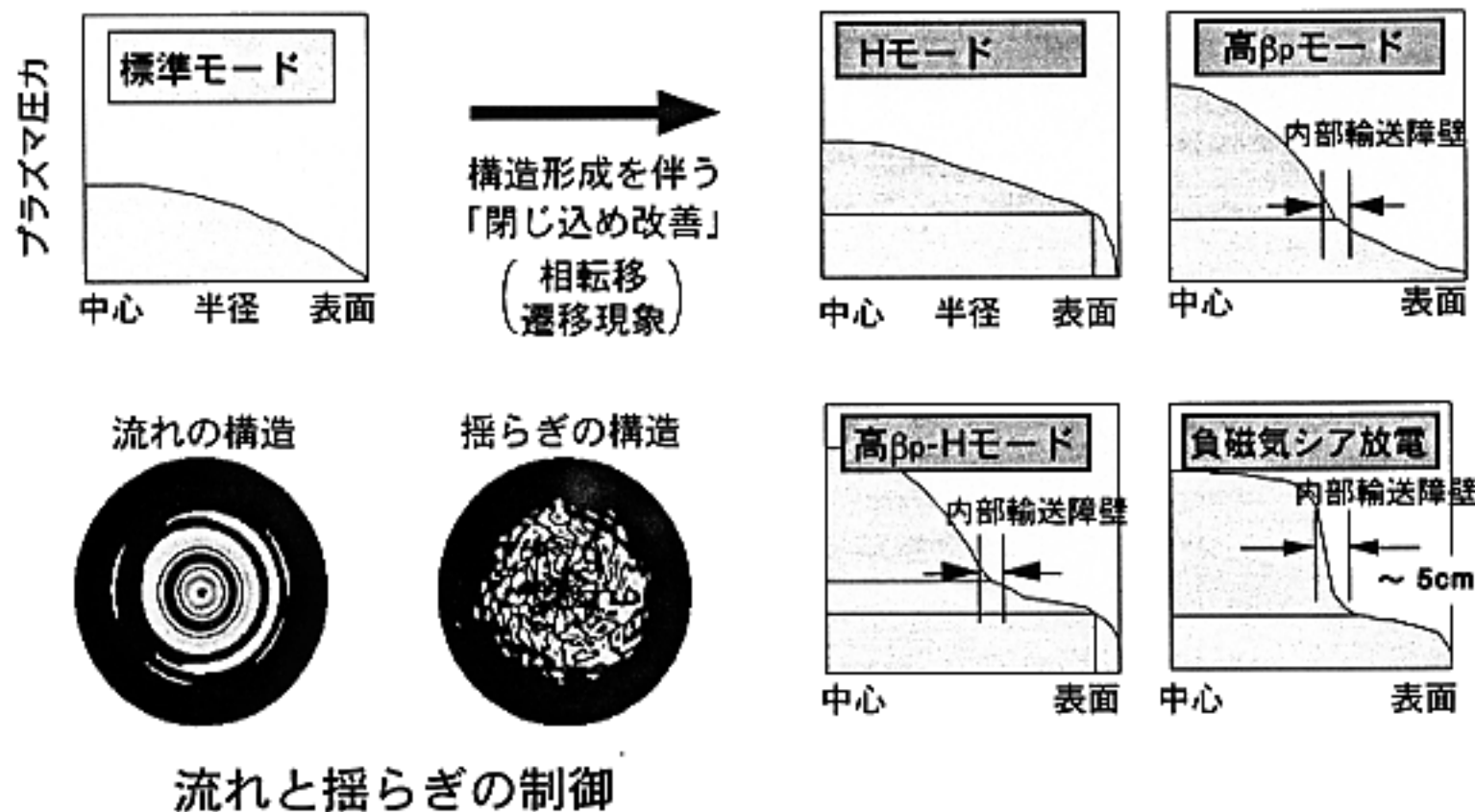
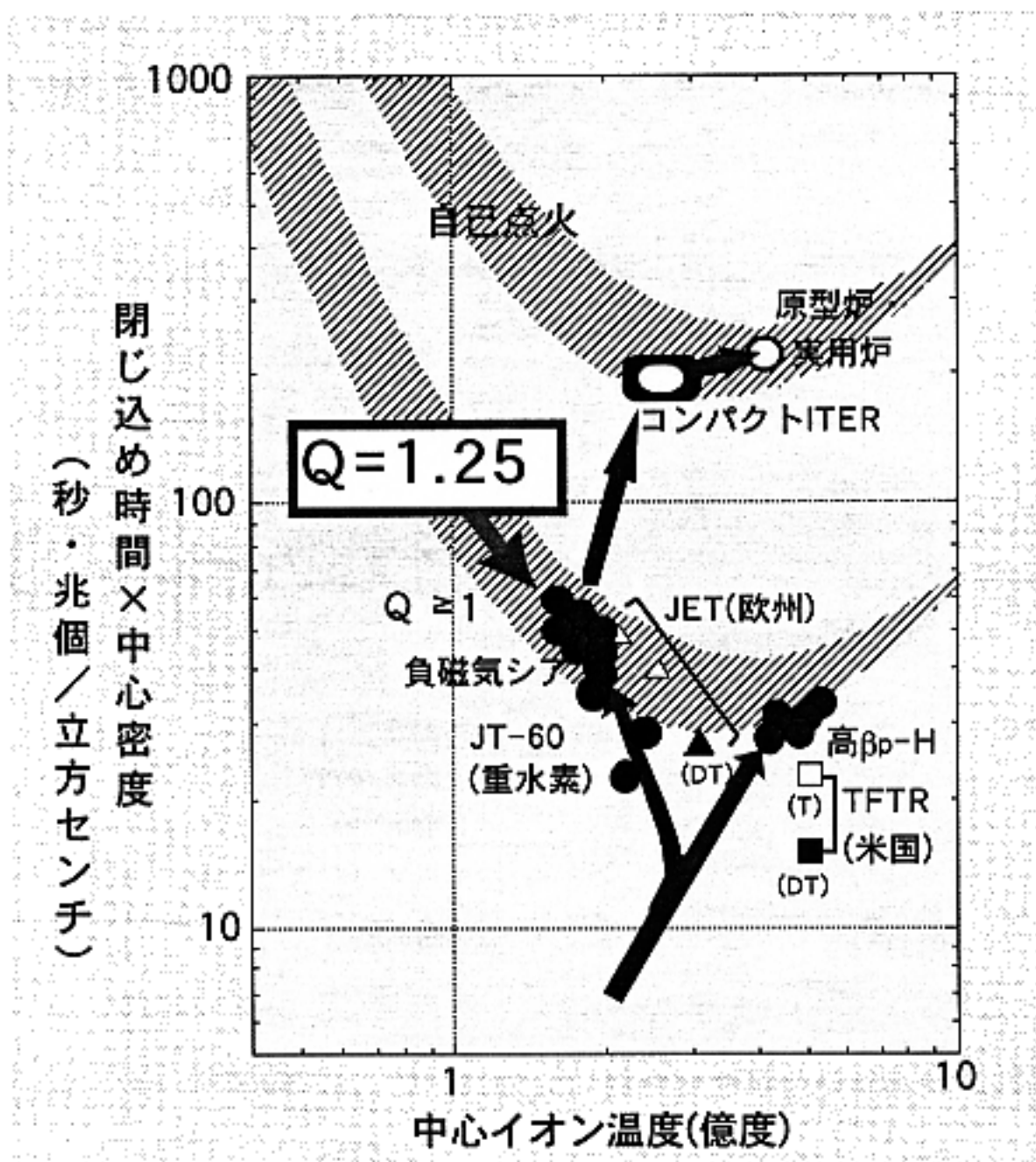
- ・ 前回の報告（第126回）以降、負磁気シア運転により、核融合エネルギー増倍率（等価）で世界最高値1.25を達成し、プラズマ温度、核融合積を合わせて、多くのパラメータで世界最高値を更新している。

JT-60 計画の推移とプラズマ性能の進展



注：JT-60は昭和60年の運転開始以来すでに16年目を迎え、本体部分の老朽化が進んでいる。

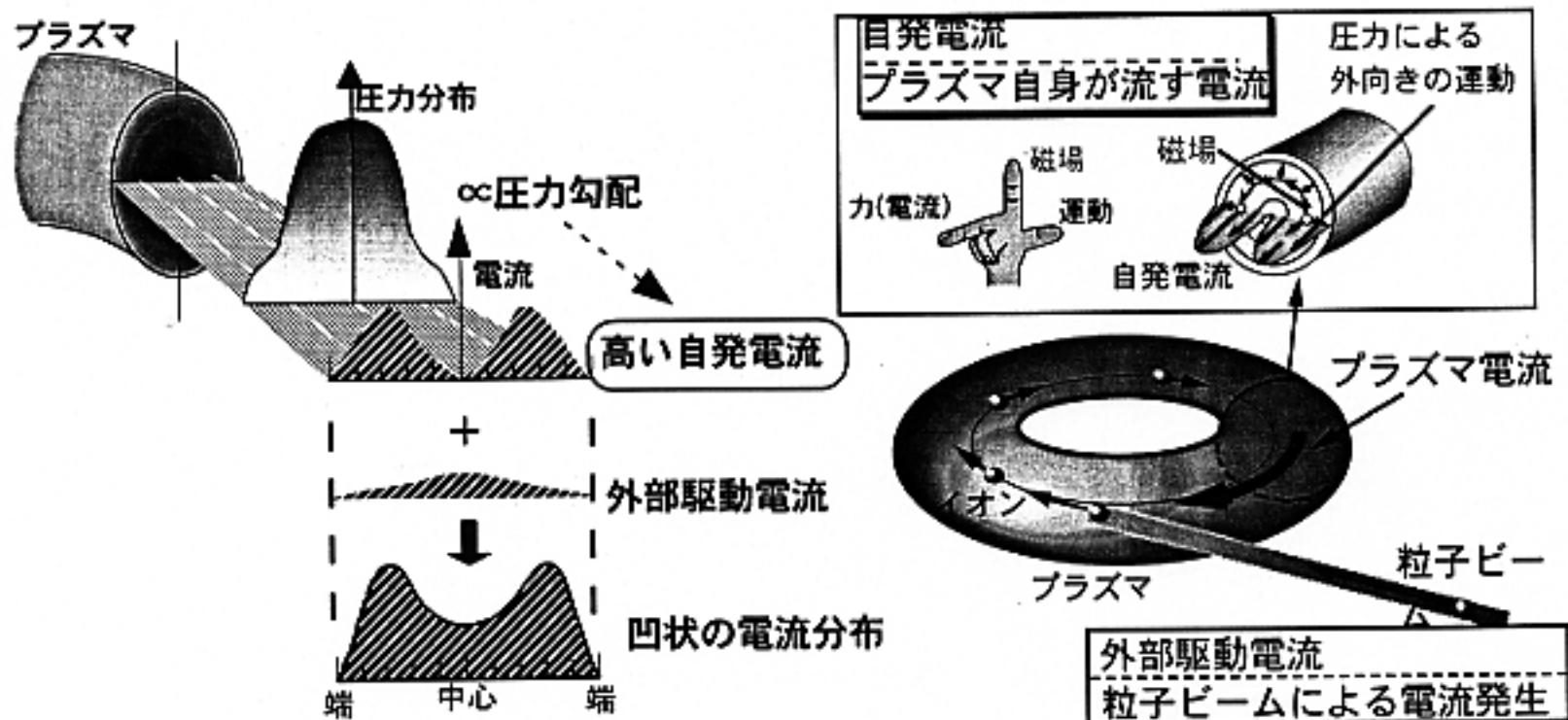
JT-60の成果 - 先進トカマク研究(I)-



JT-60の成果 — 先進トカマク研究(II)—

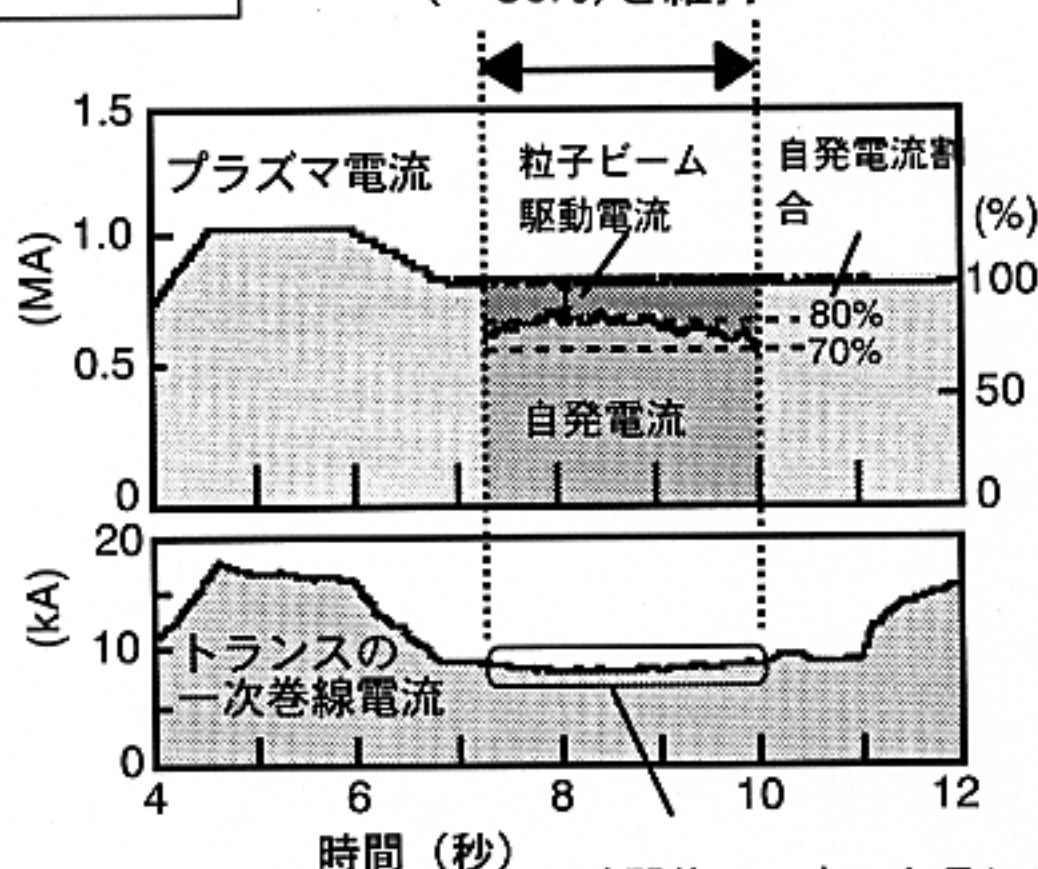
JT-60で考案した負磁気シア運転による
定常運転方式を世界で初めて実証

定常運転方式の概念



JT-60実験結果

高い自発電流割合
($\sim 80\%$)を維持



時間的に一定：トランスの
原理による電流はゼロ

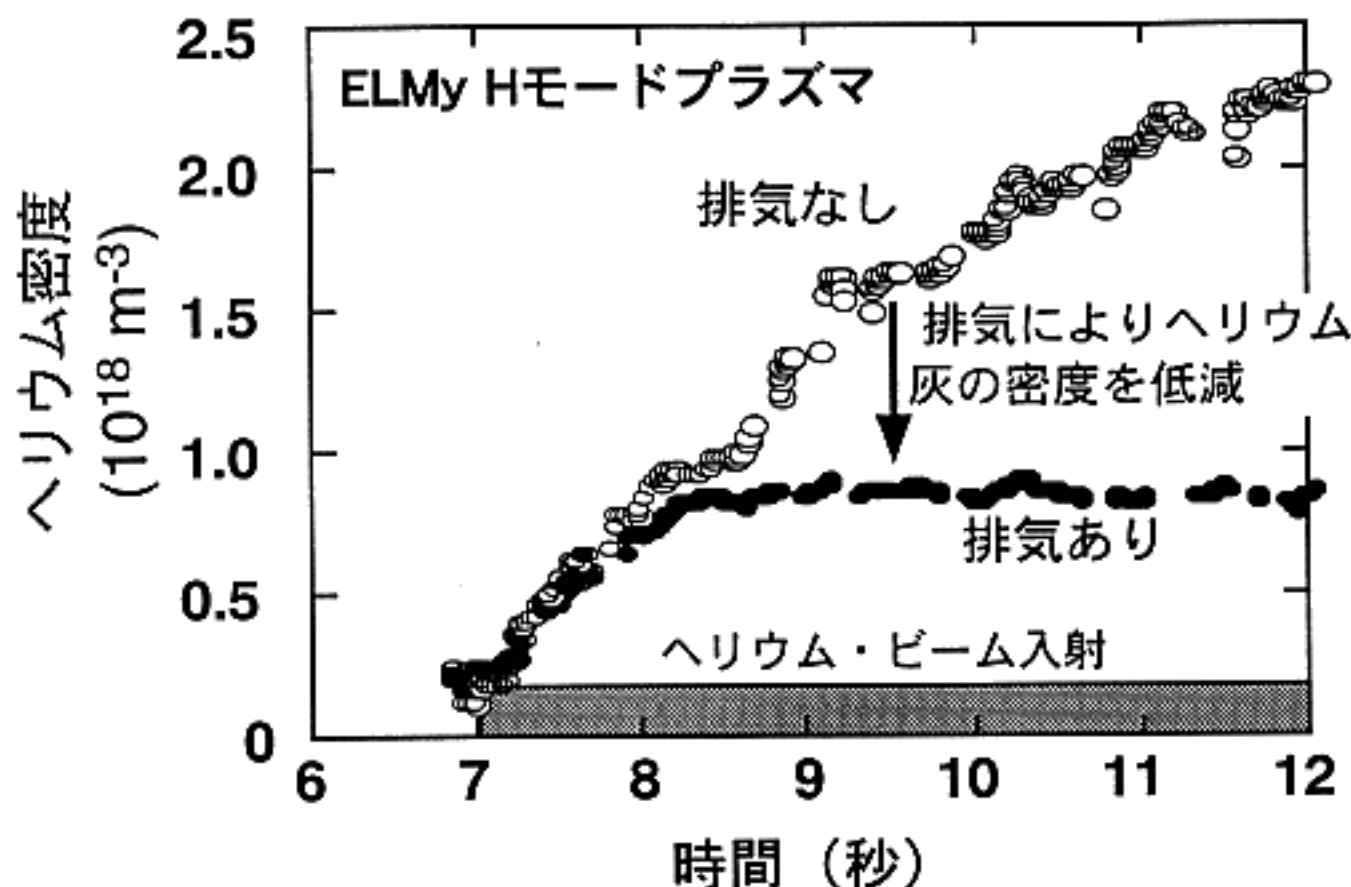
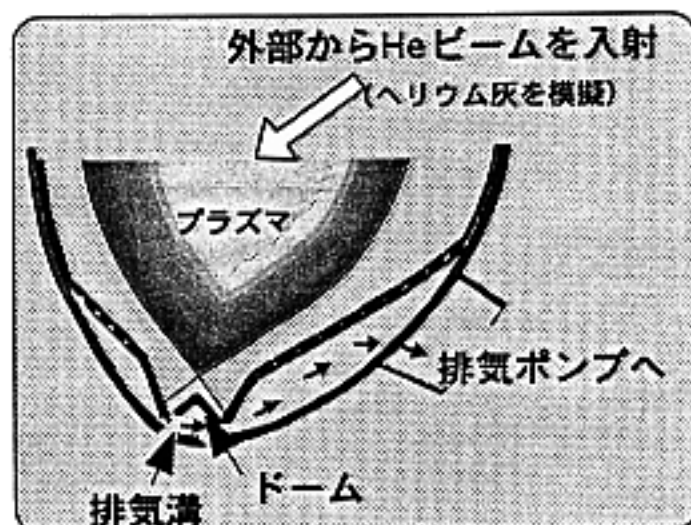
ITER物理R&Dへの貢献 (I)

ーヘリウム灰排気ー

- 核融合炉で核燃焼を持続するのに必要なHe灰排気性能を実証

$$\frac{\text{He粒子閉じ込め時間}}{\text{エネルギー閉じ込め時間}} = 4$$

ITERの要請は <5

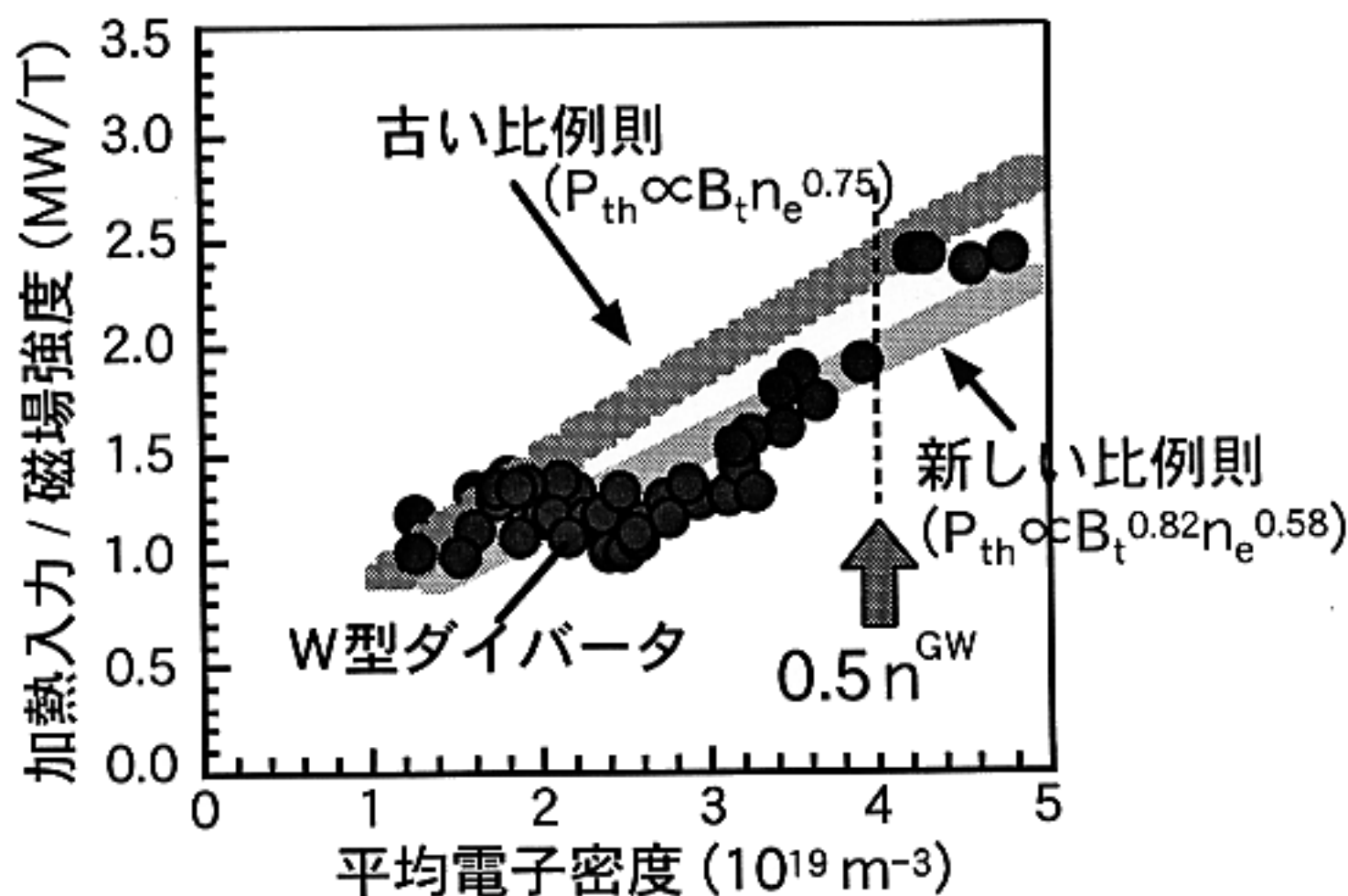


ITERと類似構造のW型 ダイバータの
熱・粒子制御性を実証

ITER物理R&Dへの貢献 (II)

JT-60におけるITER方式のW型ダイバータ実験により、ITERのHモード遷移加熱入力所要値の低減が明らかになった。

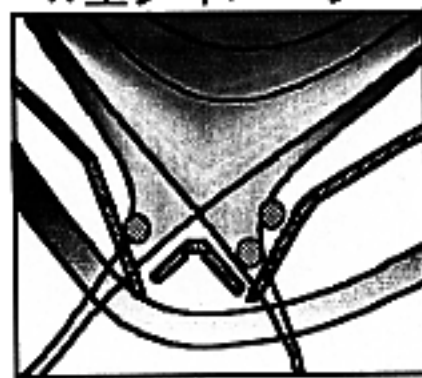
下記JT-60実験に基づく新評価値 32.4 MW (従来の評価値 43.6 MW)



開放型ダイバータ(従来)



ITER方式のW型ダイバータ

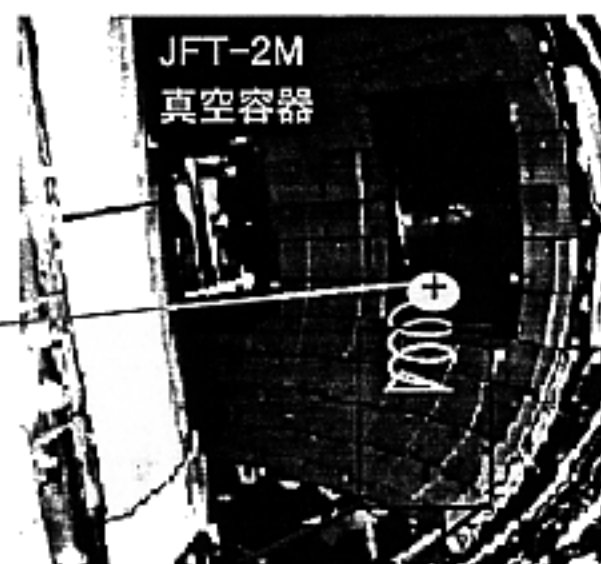


中性粒子と不純物の逆流抑制が鍵
→新方式のW型ダイバータへ改造

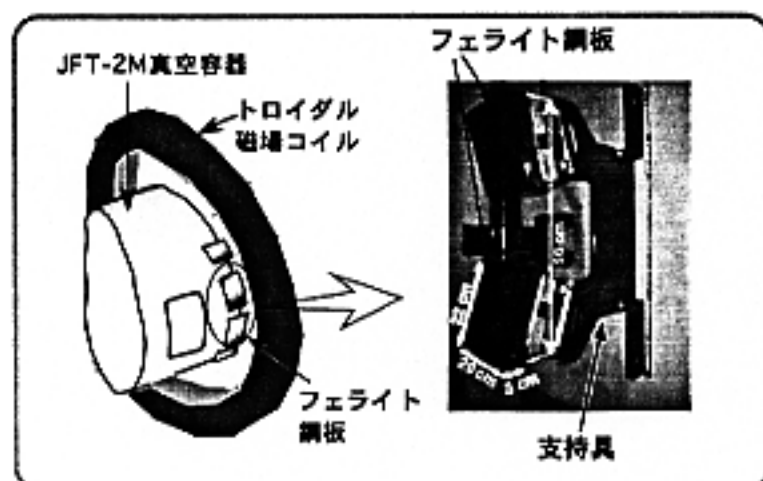
材料開発への貢献

- フェライト鋼によるリップル磁場低減技術を確立

トロイダル磁場の不均一（磁場リップル）が原因でプラズマから逃げる高速イオン

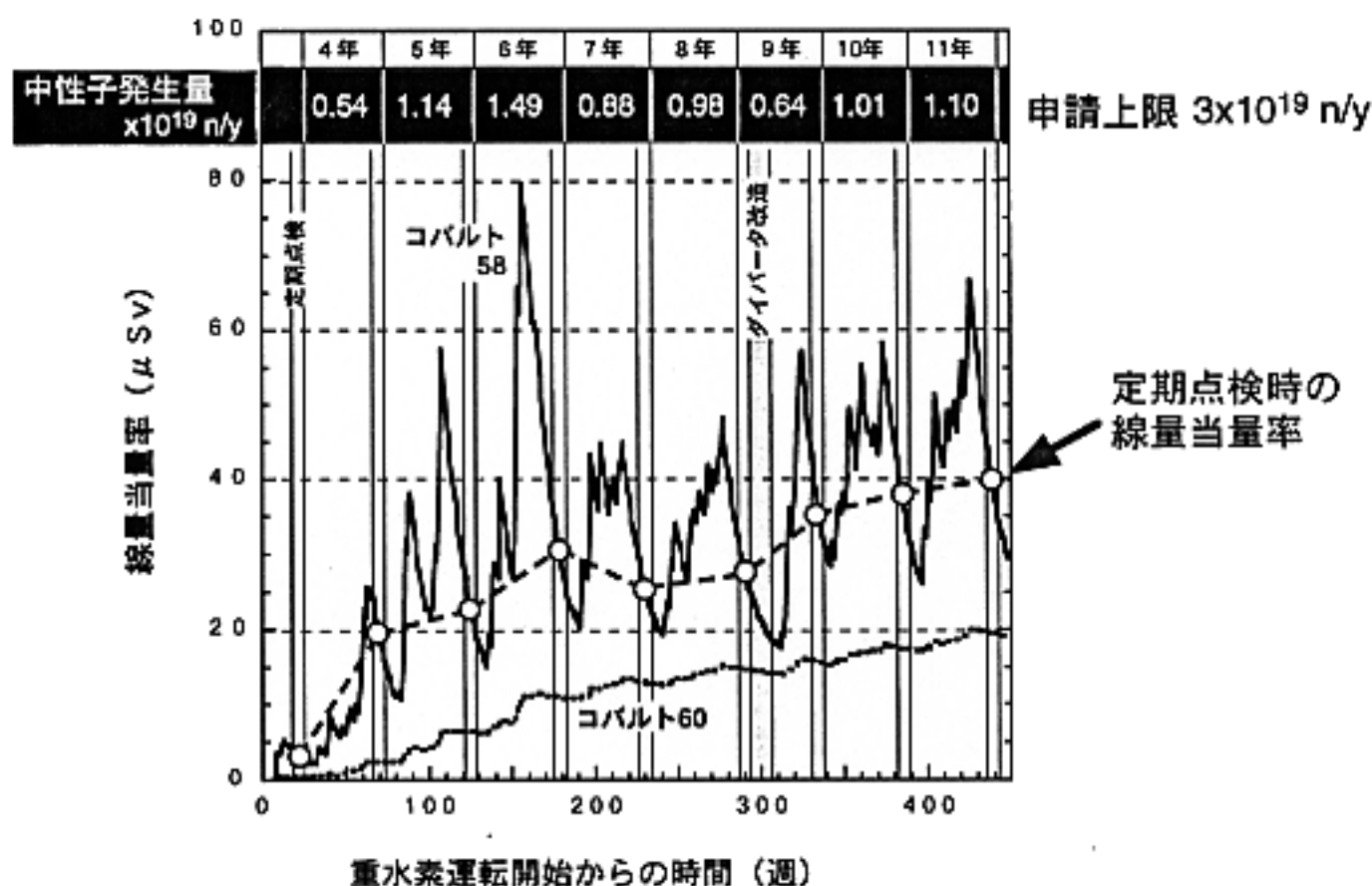


高速イオンによる真空容器内壁の温度上昇から、逃げ量を評価



磁場リップル： 2.2% → 1.1%
高速イオンの逃げ： 約10% → 約5%

- JT-60真空容器の放射化レベルの推移

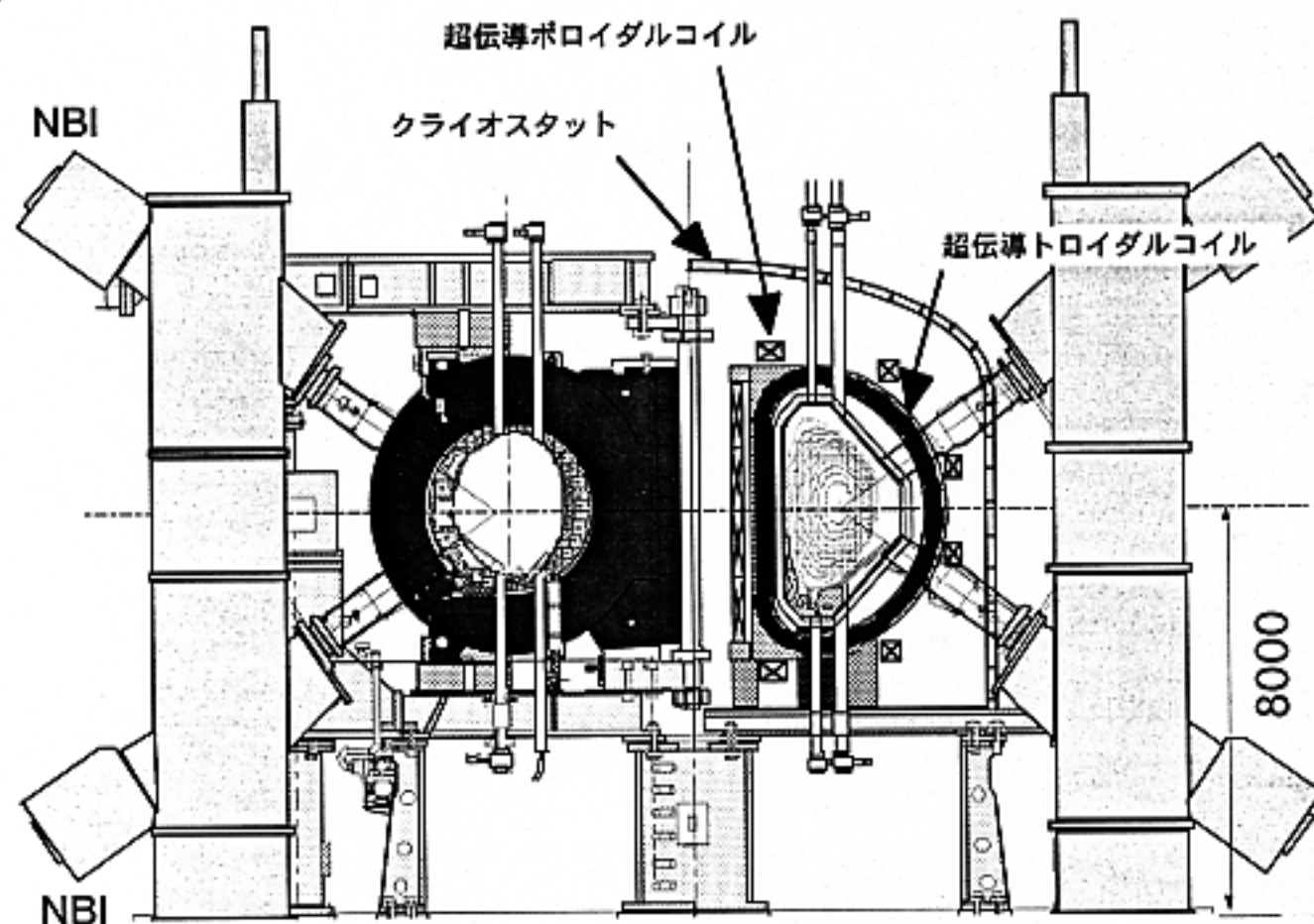


今後の計画

ITER計画の基盤を支え、ITERの運転へ貢献するために
コイル改修を行う。

改修前後とITERのパラメータ

パラメータ	JT-60 (現在)	JT-60(改修後)	コンパクトITER パルス 定常	
電流維持時間 最大加熱・電流駆動入力	15 秒 40 MW (10秒)	100 秒 40 MW (10秒) ≥10MW (100秒)	400 秒 73MW	ほぼ定常 73MW
プラズマ電流	3-5 MA	4 MA	15 MA	7.8 MA
トロイダル磁場	4 T	3.8 T	5.3 T	4.98 T
安全係数 (q95)	3.0	3.2	3.0	4.1
主半径	3.4 m	2.8 m	6.2 m	6.6 m
小半径	0.9 m	0.85 m	2.0 m	1.6 m
アスペクト比	3.8(=3.4/0.9)	3.3	3.1	4.1
非円形度 (κ95)	1.8 (δ95=0.06)	1.7	1.7	2.0
三角度 (δ95)	0.4(κ95=1.33)	0.36	0.35	0.35
磁場リップル率 (フェライト鋼挿入時)	2%	1%	1.14%	1.14%
	—	0.4%	0.6%	0.6%



現在のJT-60断面図

改修後の断面図

JT-60(改修)の研究課題

1. 高性能プラズマの長時間制御

高いブートストラップ電流率のもとでの高密度・高閉じ込め性能プラズマの長時間維持技術を開拓し、ITERの運転最適化ならびに定常核融合炉の基礎の形成に貢献する。

2. プラズマ断面形状および圧力・電流分布制御による高ベータプラズマの実現

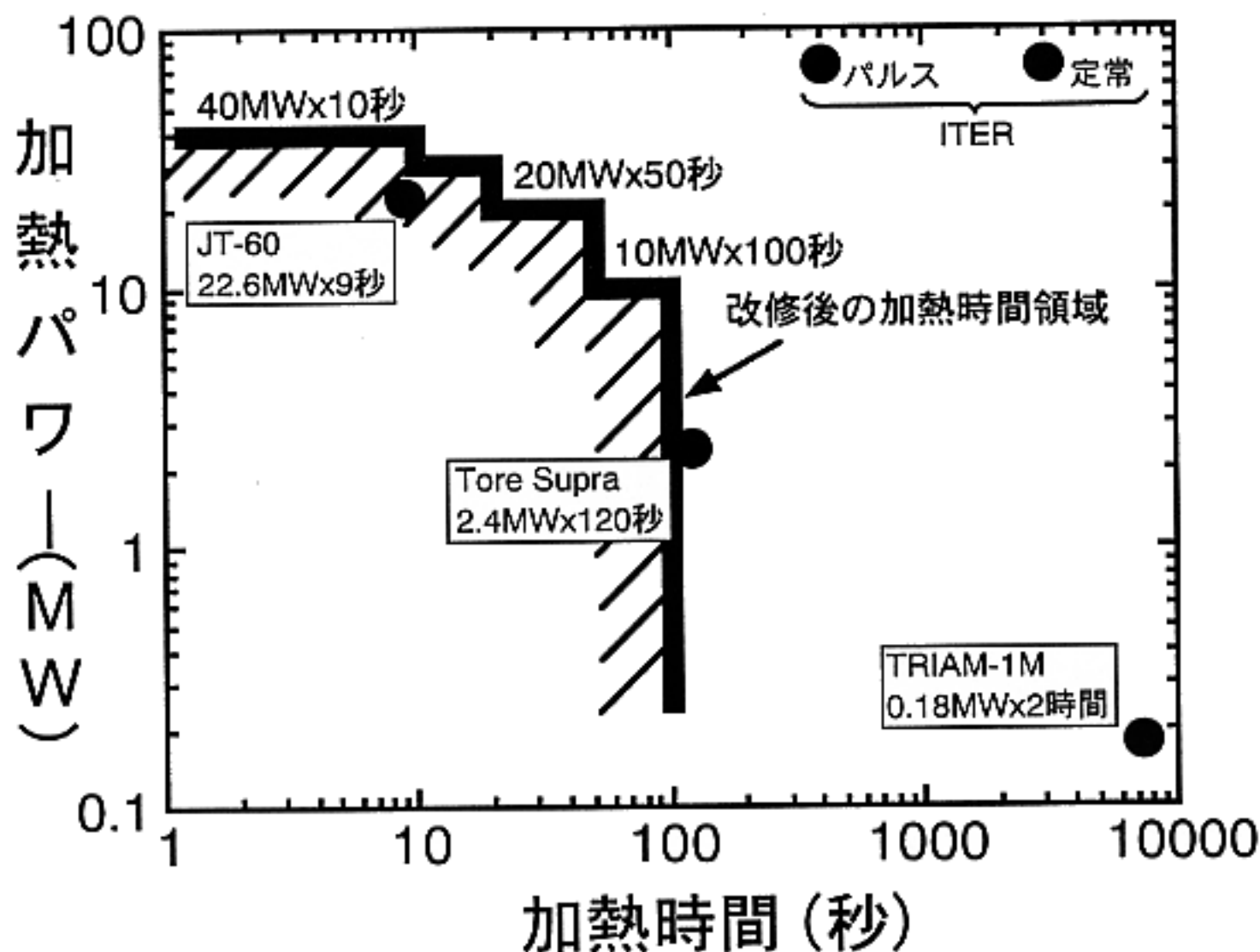
プラズマの断面形状および圧力・電流分布の最適な制御によって、ITERの定常運転で想定される高いベータ値($\beta_N \sim 3$)、あるいは定常発電実証を行う原型炉とそれ以降の段階で必要となるより高いベータ値($\beta_N \sim 3.5-4.5$)の実現を目指す。

3. 高密度・高性能プラズマの熱・粒子制御

高密度・高閉じ込め性能の主プラズマと併存する排気性能を有するダイバータの研究により、ITERの運転に要請される熱と粒子の制御あるいは定常発電に求められる熱・粒子制御の実現を目指す。

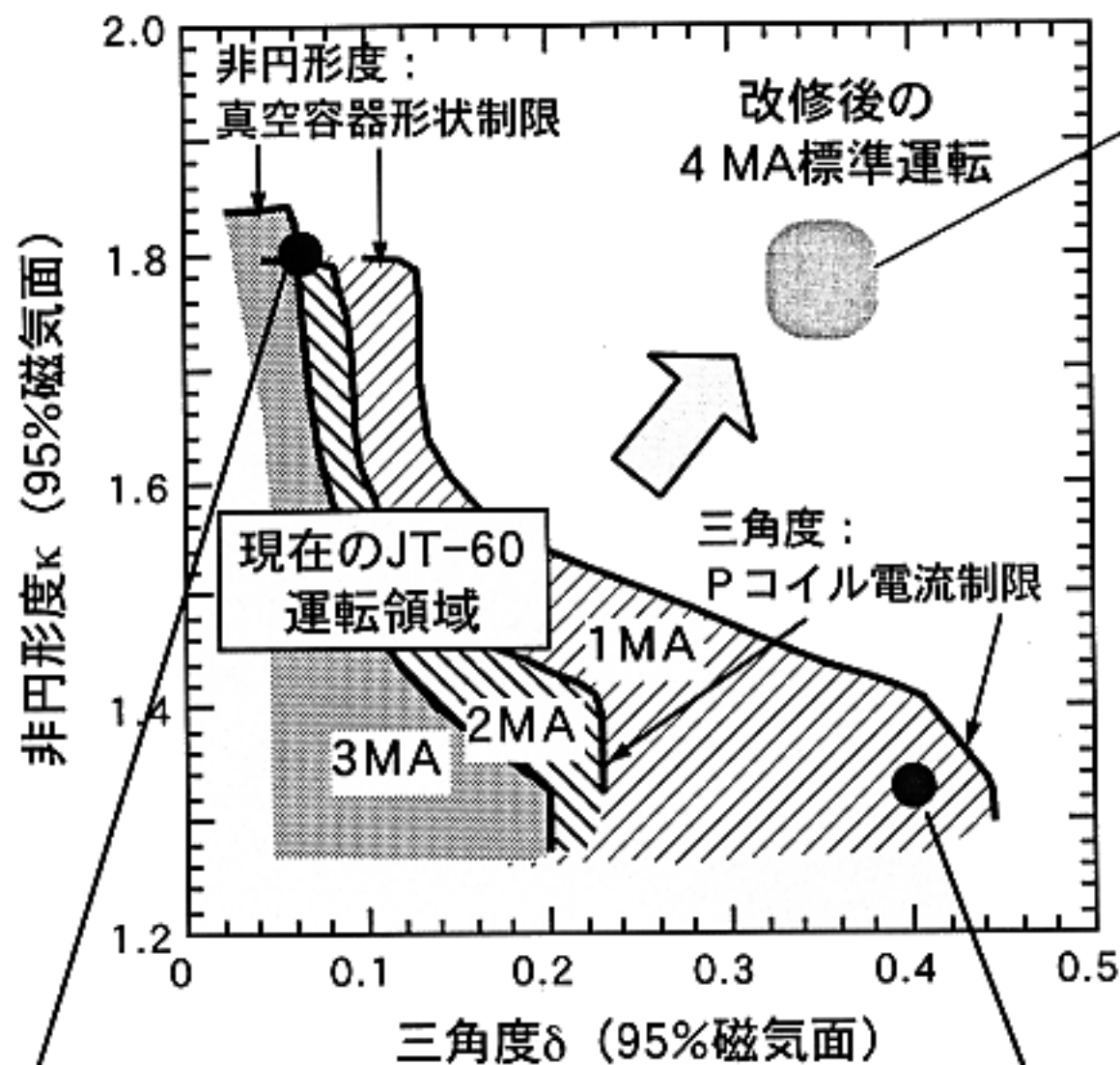
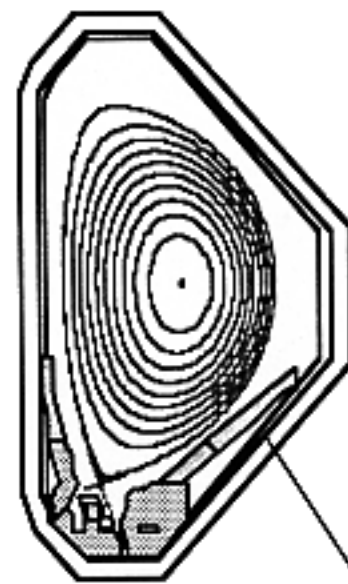
高性能運転領域の長時間制御

加熱時間領域



形状制御領域

改修後の高非円形・
高三角度配位



JT-60高非円形配位
($\kappa \sim 1.8$, $\delta \sim 0.06$);
等価エネルギー増倍率
1.25を達成



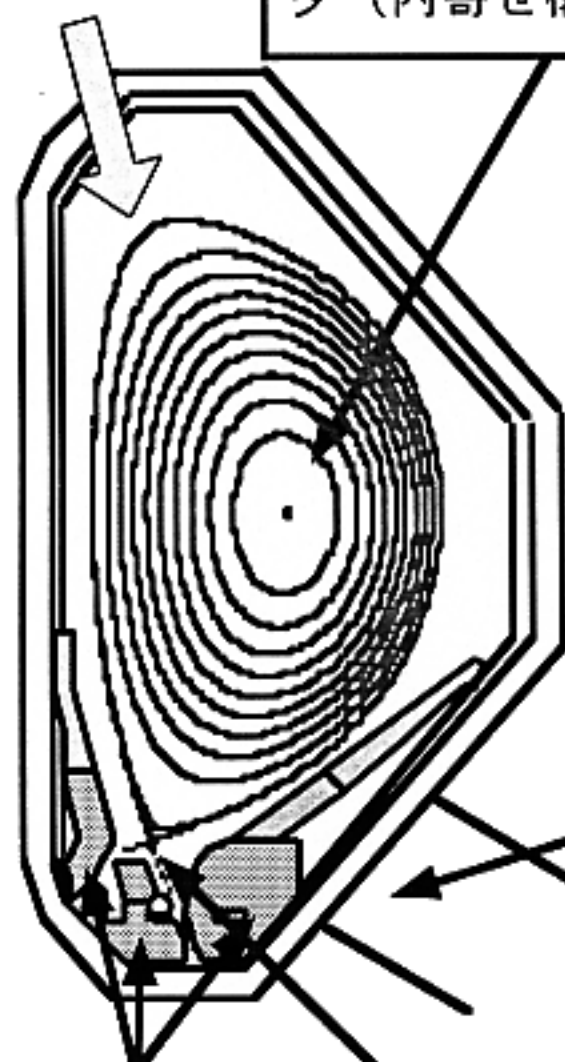
JT-60高三角度配位
($\kappa \sim 1.33$, $\delta \sim 0.4$)

ダイバータ概念

- ・ 高密度と高閉じ込めの両立を目指す

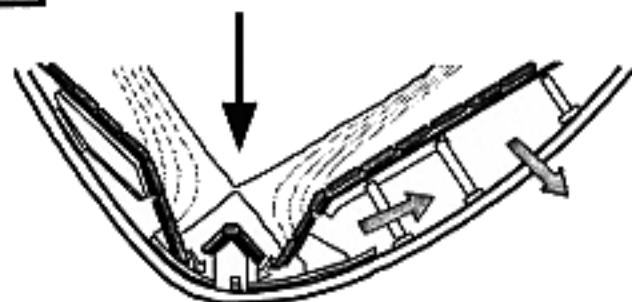
主プラズマとの整合：
新ITERで採用した三角
度の高い主プラズマと
共存できる新ダイバー
タ（内寄せ構造）

内側ペレット
入射



ダイバータ構造

JT-60のW型ダイバータ



ダイバータ排気：
100秒間のヘリウム
排気・粒子制御
壁飽和現象等
(JT-60では5秒)

傾斜ダイバータ：

- ・ ITERレベル($10\text{MW}/\text{m}^2$)の熱流束制御
- ・ ITER強制冷却ダイバータ板実証
- ・ ダイバータ板に優しいELMの開拓

スケジュール（案）

- (1) JT-60は、平成13年度まで運転を行う。
- (2) 平成13年度より平成16年度まで、コイル改修計画を実施する。
- (3) 平成16年度後半より、JT-60の運転を再開する。

年度	平成11年	平成12年	平成13年	平成14年	平成15年	平成16年
JT-60実験 コイル改修	炉心高性能化実験					実験 ■
			製作、据え付け、試験			完成 ▼

JT-60(改修)による研究協力

