



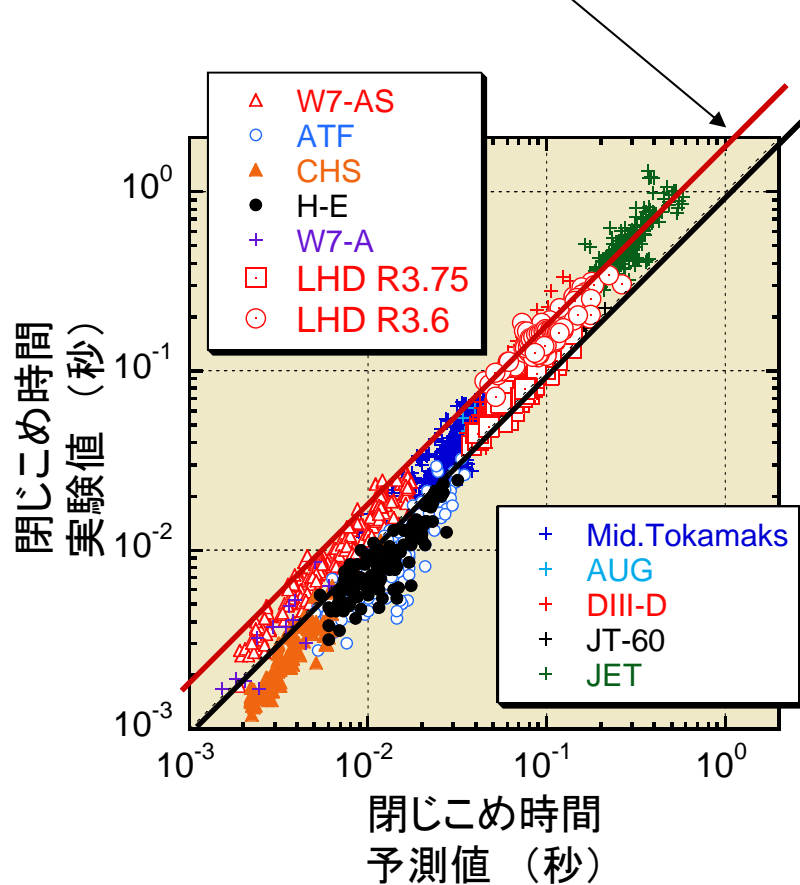
重要な成果(経験則)

プラズマの閉じ込め

閉じ込めが予測より約1.5倍良

次の2つが両立する実験条件の存在

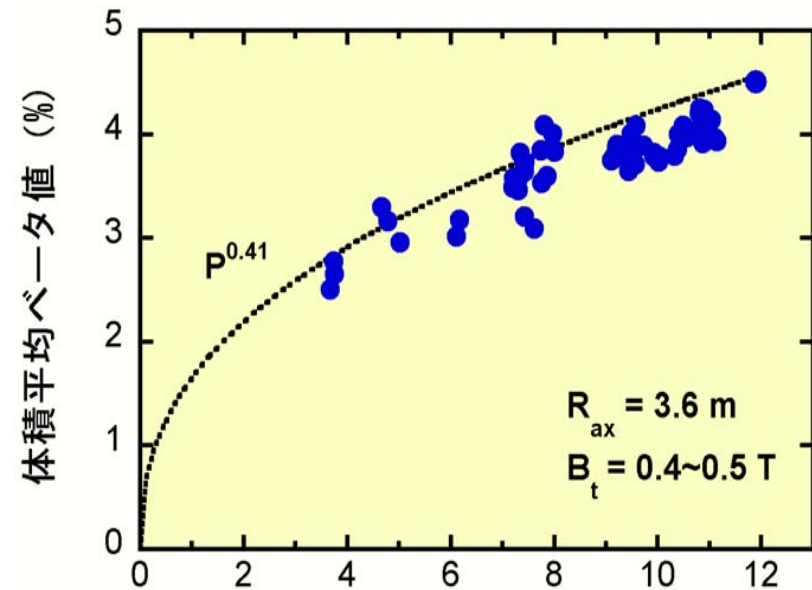
- ・磁場に沿ったプラズマ粒子の閉じ込めが良
- ・電磁流体不安定性の影響が小
ベータ値が高くなると中心部は安定化
トカマクと異なりこの不安定性では平衡は失われない



従来の中型のヘリカル装置からの予測値

ベータ値

ベータ値は加熱パワーの増加関数

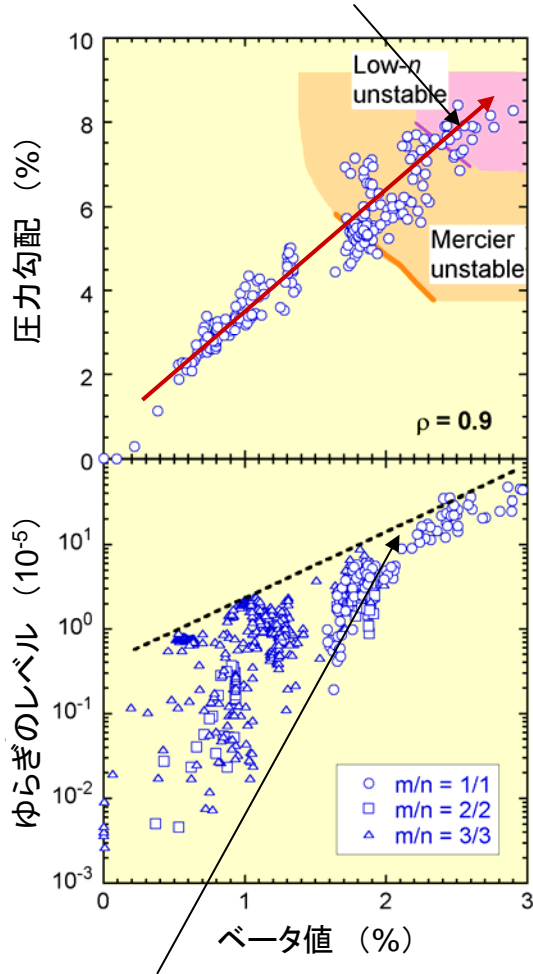


中性粒子入射装置の加熱パワー (MW)



周辺部も安定化(目標を超えるβ値達成の可能性)

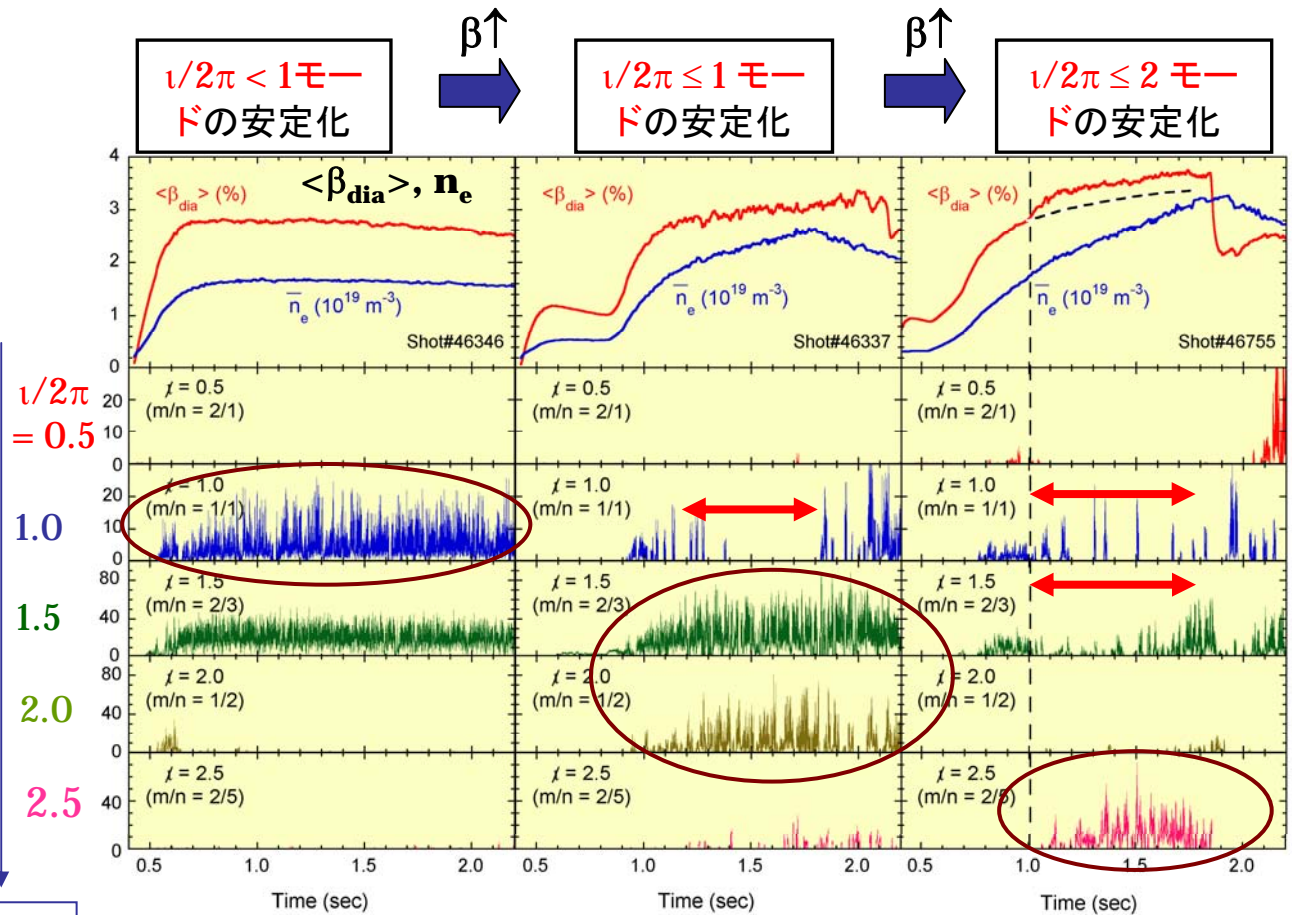
圧力勾配は理論的に不安定となる領域でもベータ値とともに単調に増加



不安定性の振幅はベータ値とともに増大

外側

左図よりベータ値がさらに高くなると、内側の周辺部が安定化され、より外側の周辺部が不安定になる現象が見られる



不安定性が励起される位置のプラズマ圧力が局所的に平坦化されることを示唆

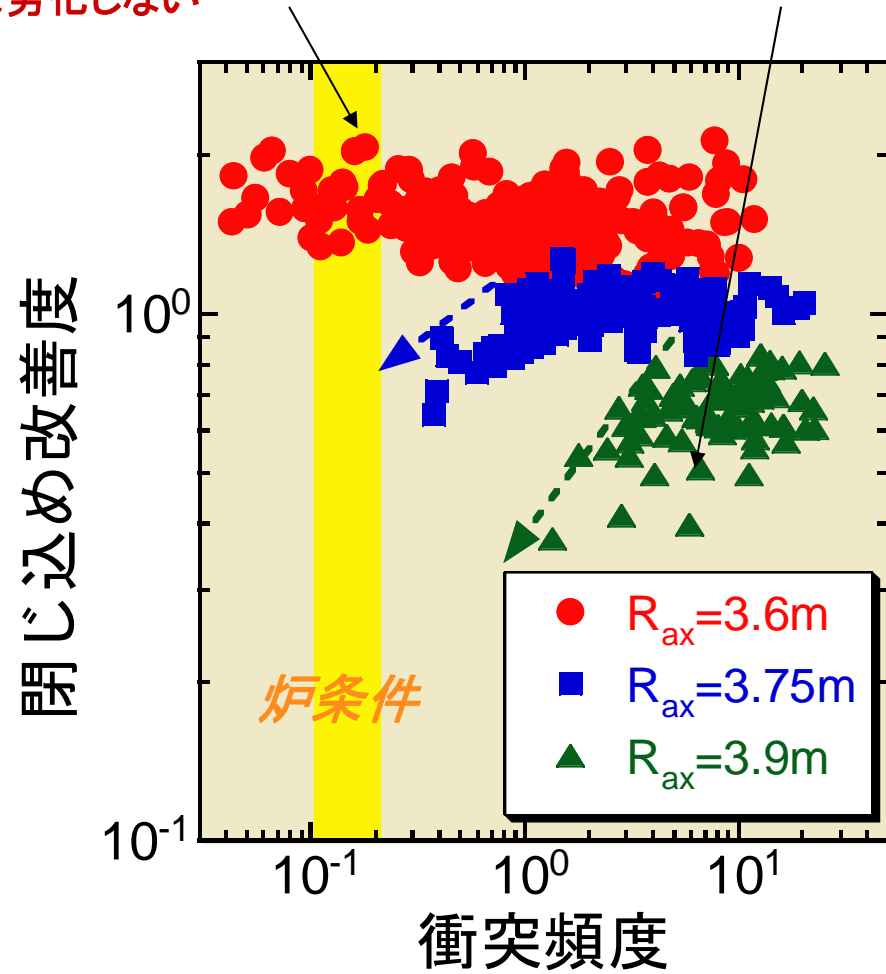
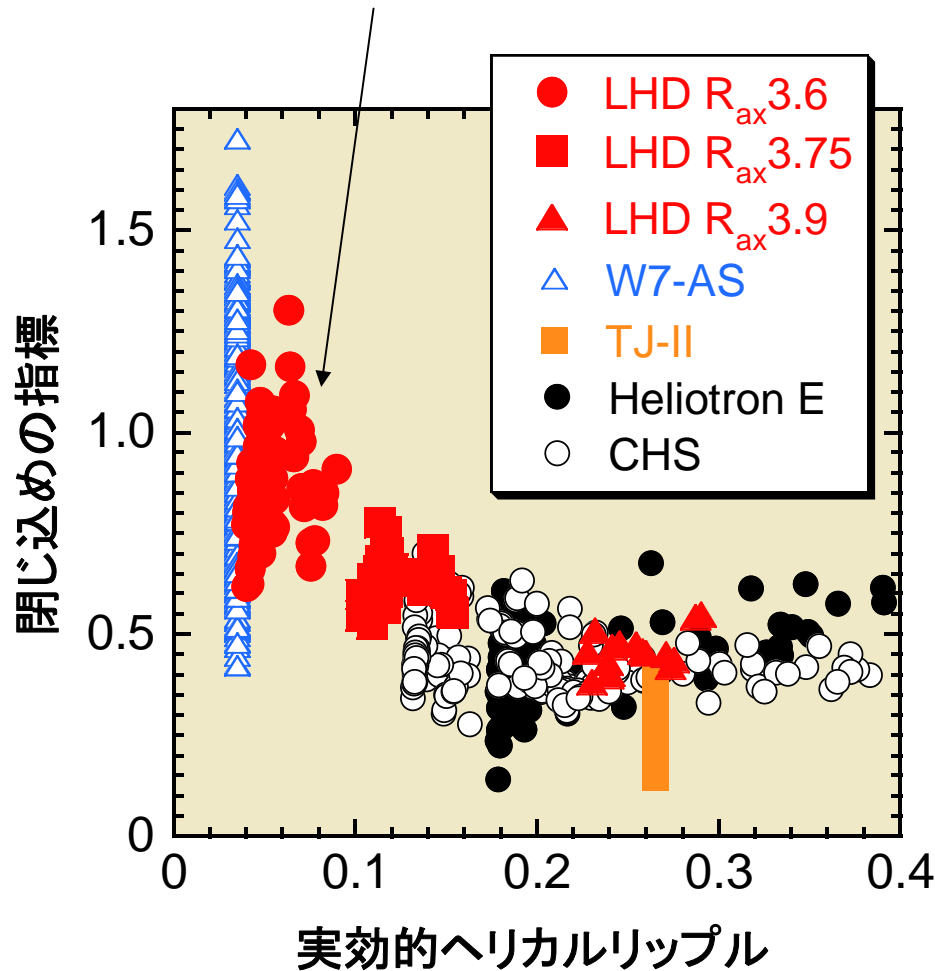


良好な閉じ込め(経験則)

ヘリカルリップル(磁場に沿って磁場強度にヘリカル装置特有の強弱があること、また、その値)が小さい方が閉じ込めが良い

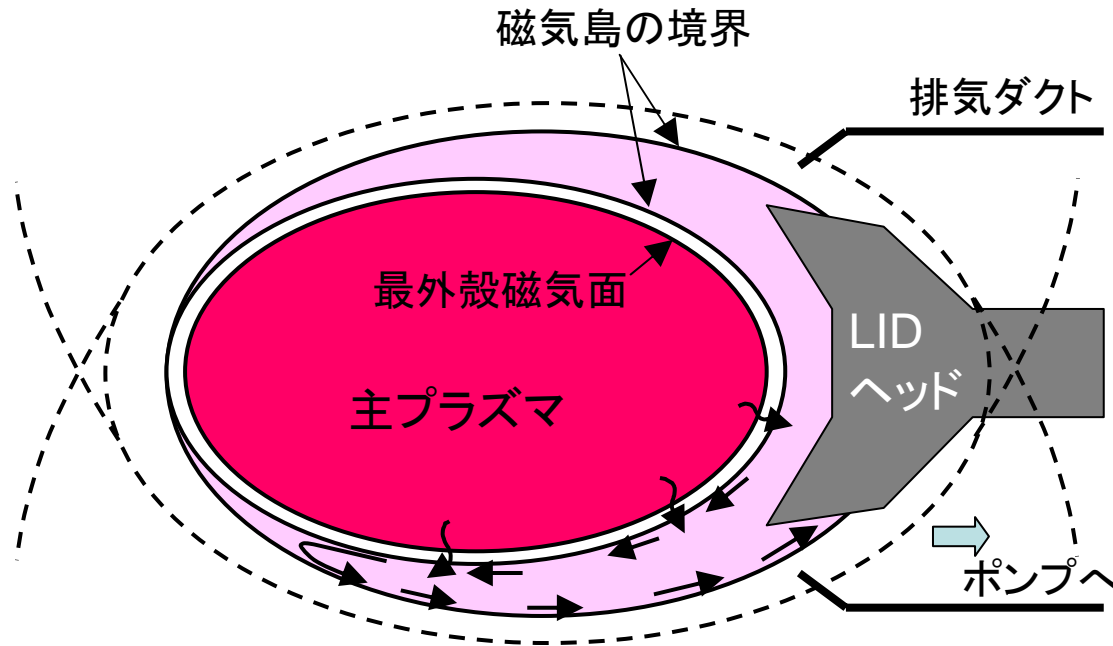
ヘリカルリップルが小さいプラズマの位置では劣化しない

通常、炉条件に近づくと閉じ込め性能が劣化



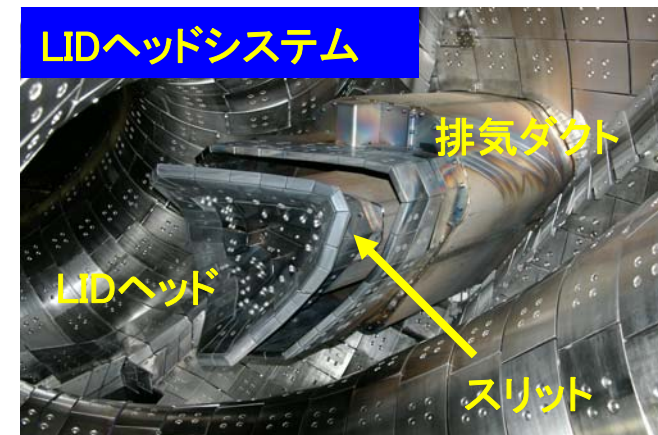
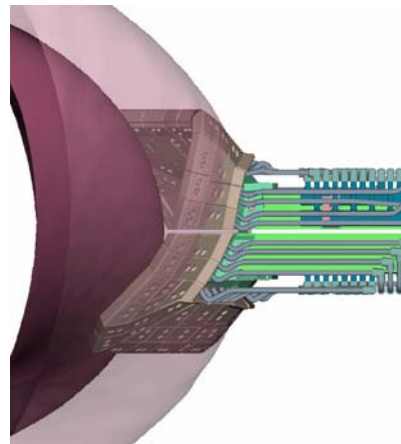
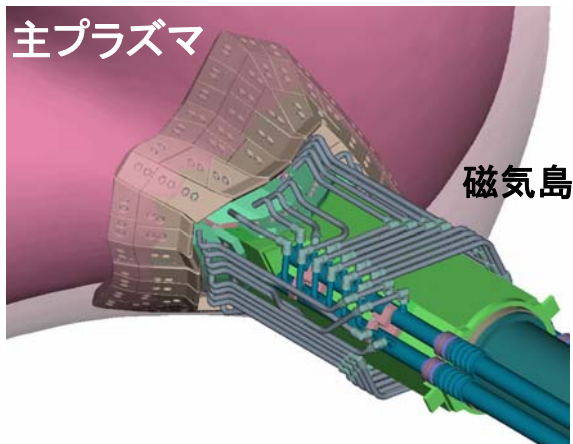


ローカルアイランドダイバータ(LID)の成果



原理と特徴

- * 外部コイルで形成した磁気島を利用
- * LIDヘッドをトラス中に1箇所(局所的に)挿入
- * 磁気島の境界が閉じ込め領域を決定
- * 周辺部粒子の高排気効率を実現(> 50%)





超高密度コア(SDC)プラズマの生成

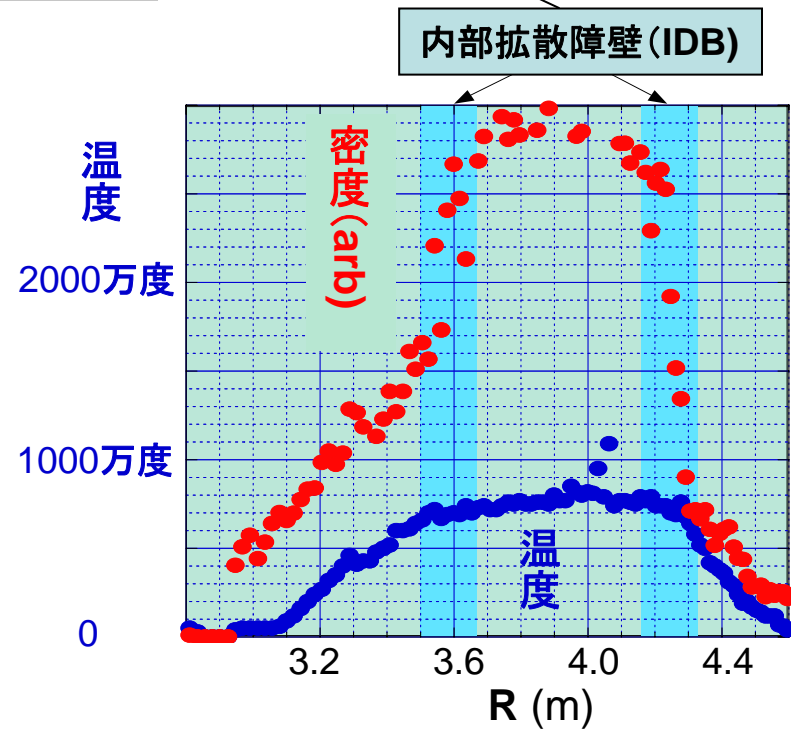
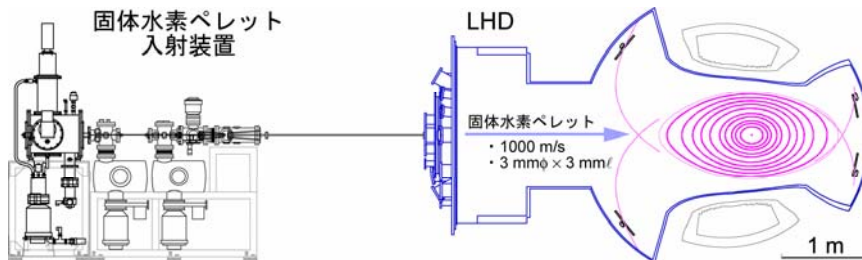
強力な粒子制御(LIDヘッドシステム+ペレット)による閉じ込め改善

● 改善シナリオ

粒子制御 → 粒子拡散障壁(内部拡散障壁IDB)の誘起 → 閉じ込め改善

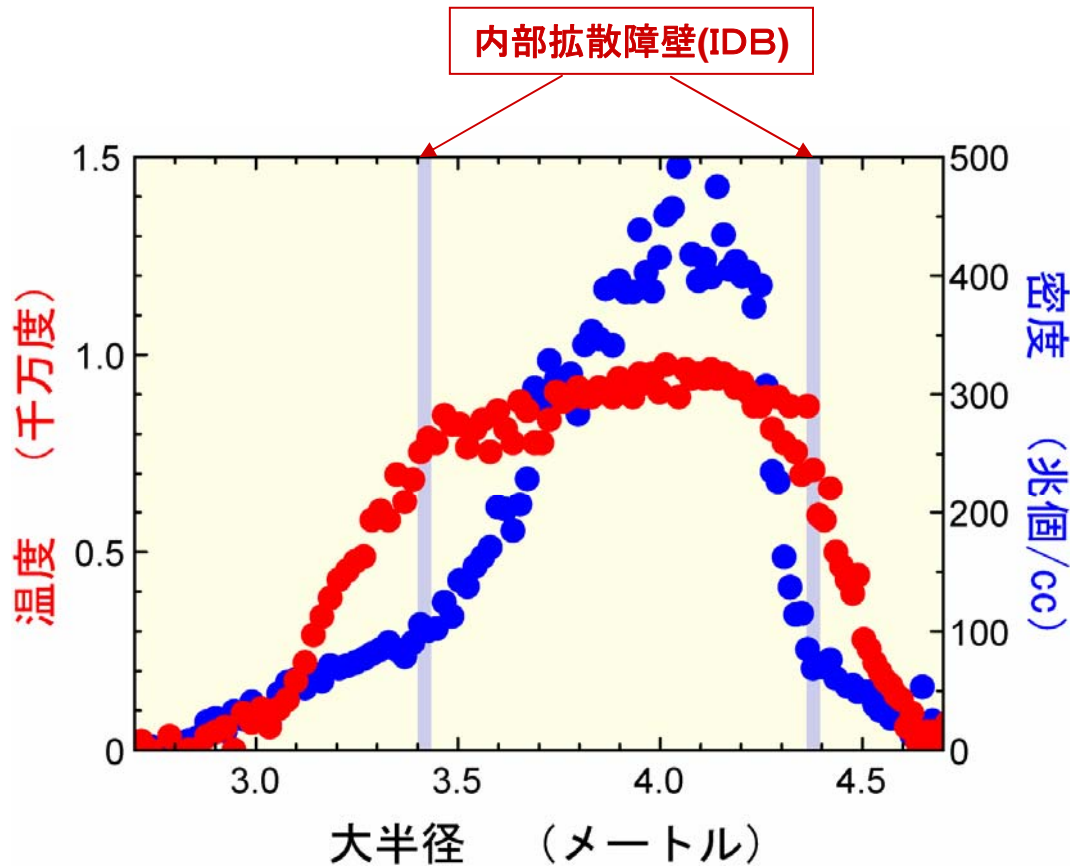
連続ペレット(水素の氷粒)入射による中心粒子供給
+ LIDヘッドシステムによる強力な周辺粒子制御

● ペレット入射 (燃料粒子補給)





超高密度コア(SDC)プラズマの実現



入力加熱パワー 14.7 MW

急峻な周辺温度勾配を伴う
尖塔型密度分布のSDCの実現

最高中心密度 500 兆個/cc

中心温度 1,000 万度

蓄積エネルギー 980 キロジュール

中心ベータ 4.2% 2.64テスラ

||
中心圧力約1気圧を達成

↓
高圧力による外側へのシフトを観測



閉じ込め改善

高核融合三重積
 $4.4 \times 10^{19} \text{keVs/m}^3$ の達成

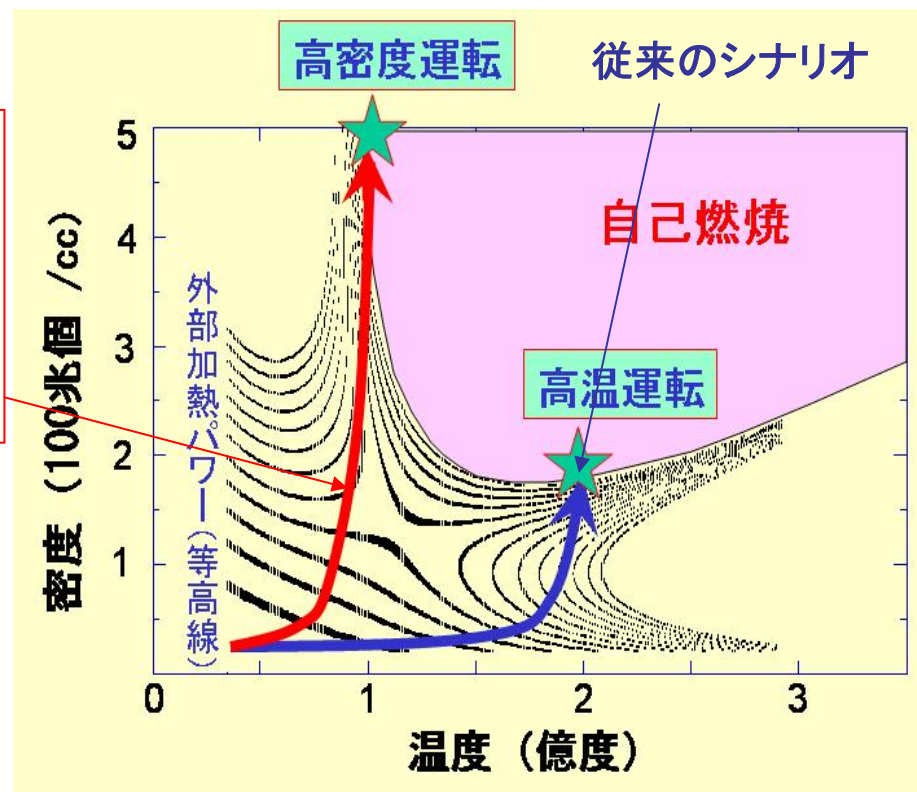
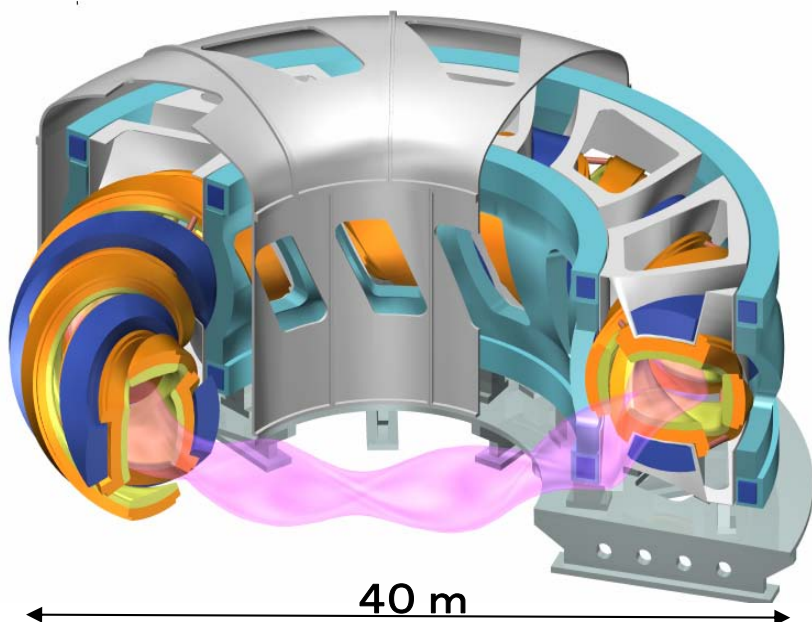


高密度運転のシナリオ

閉じ込め改善 (IDB) の物理
IDBの形成、位置
電磁流体的 (MHD) 安定性

新しい物理の発見の効果

- (1) 核融合炉の点火に向けた将来の発展性
パラメーター(密度、温度)は燃焼プラズマに近い
点火の新しいシナリオ(高密度点火)
- (2) $Q = 1$ を目指した研究の開始



LHD型ヘリカル炉FFHR	
電気出力	100万kW
重量	2万5千トン
中心磁場	6万ガウス



LHDの目標プラズマパラメータと達成値

達成値 [最終目標]

イオン温度

中心イオン温度 1億5,000 万度 [1億2千万度]
 密度 3 兆個/cc(アルゴンガス) [20 兆個/cc]

電子温度

中心電子温度 1億2千万度 [1億2千万度]
 密度 5兆個/cc [20兆個/cc]

核融合炉の温度条件に到達

体積平均ベータ値

4.5 % (磁場 0.425 万ガウス)
 [≥ 5 % (磁場 1 - 2 万ガウス)]

プラズマ圧力条件に近づく
 世界最高の定常ベータ値

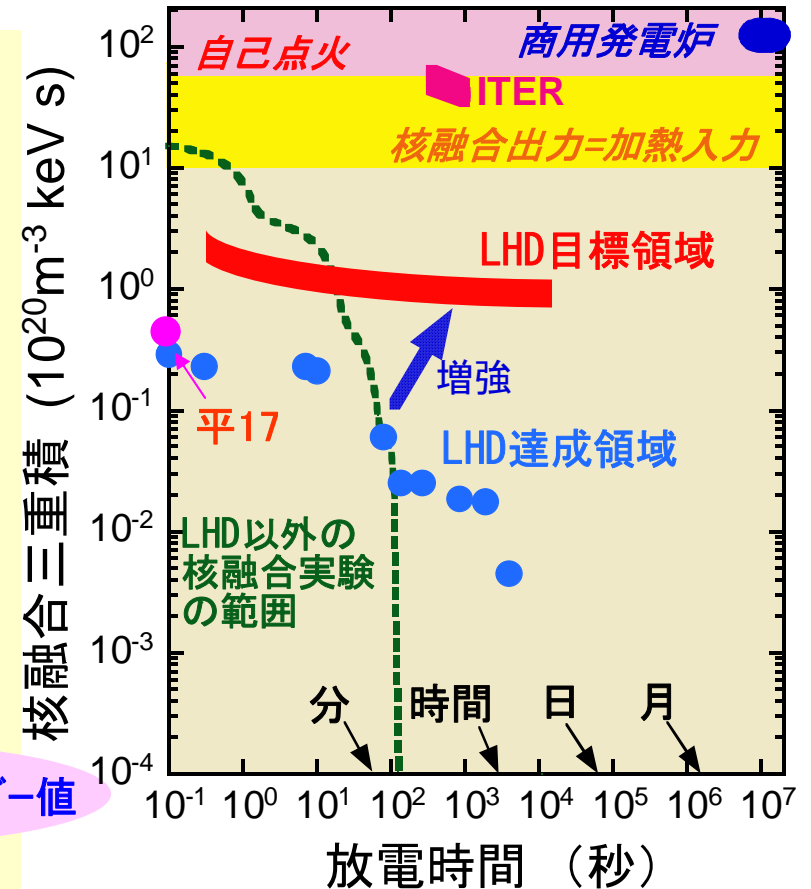
定常運転

31分45秒 (700 kW) 1.3GJ [1時間 (3,000 kW)]
 54分28秒 (500 kW) 1.6GJ

世界最高の入力エネルギー値

Q値

0.075 [→ 1] 内部拡散障壁による高密度運転



大量の物理データの蓄積に成果

収集データ量	
3分周期放電	3.05 GB/1放電
長時間放電	90 GB/1放電
1秒あたり	300MB/秒

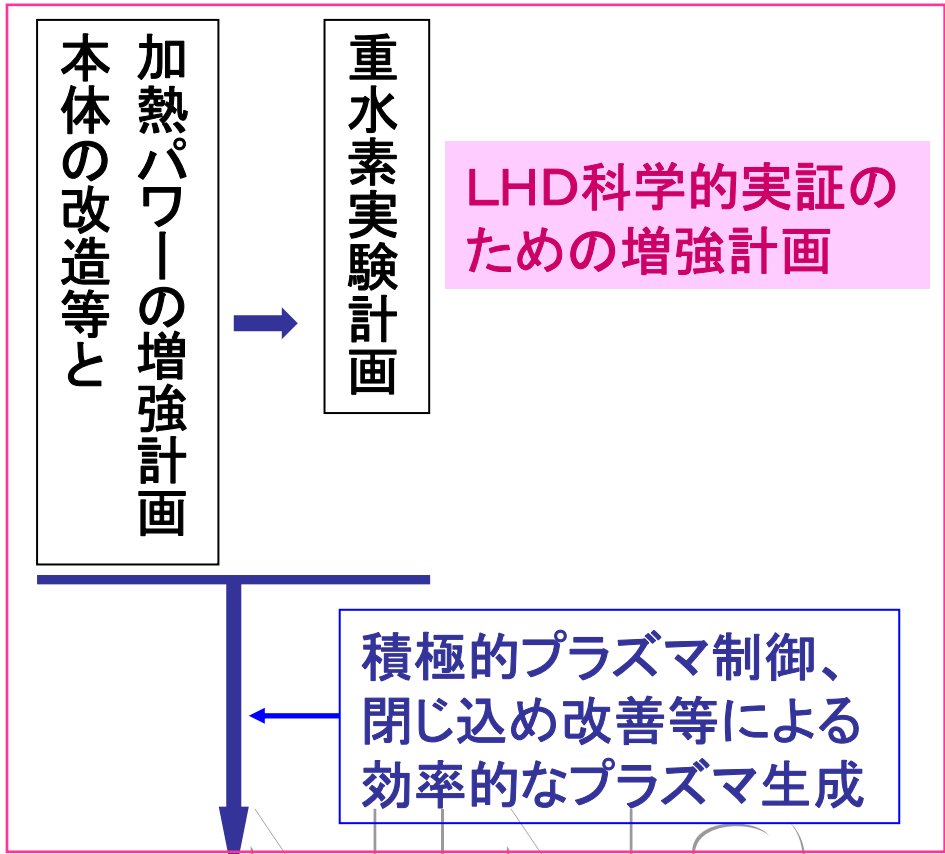
さらなる学術的、体系的探求を推進
 → 加熱パワーの増強、重水素を用いた実験等



今後のシナリオ

これまでに基本的事項をほぼ検証

さらなる学術的、体系的探求



LHD科学的実証のための増強計画

目的の達成

目標とする炉心プラズマに外挿可能な高性能プラズマの実現



研究・教育体制の強化(1)

我が国の大学における核融合科学研究の中核機関としてのリーダーシップを発揮し、核融合科学研究のさらなる進展を図る

【実験体制の整備】

効率的に実験が行えるよう法人化を機会に大型ヘリカル研究部を改組
→ 全所的サポート体制を構築(LHD実験会議を組織)

【共同研究体制の強化】

○共同研究の推進

共同研究の拡充

双方向型共同研究の創生(平成16年度)

相互交流型共同研究の開始(一般共同研究、平成15年度)

機構内連携・異分野との共同研究促進

「LHDを用いる太陽非平衡プラズマの模擬実験とその分光診断手法の開発」

国立天文台・Solar-B推進室

「広帯域小型X線分光計測システムの開発」

名古屋大学エコトピア科学研究機構

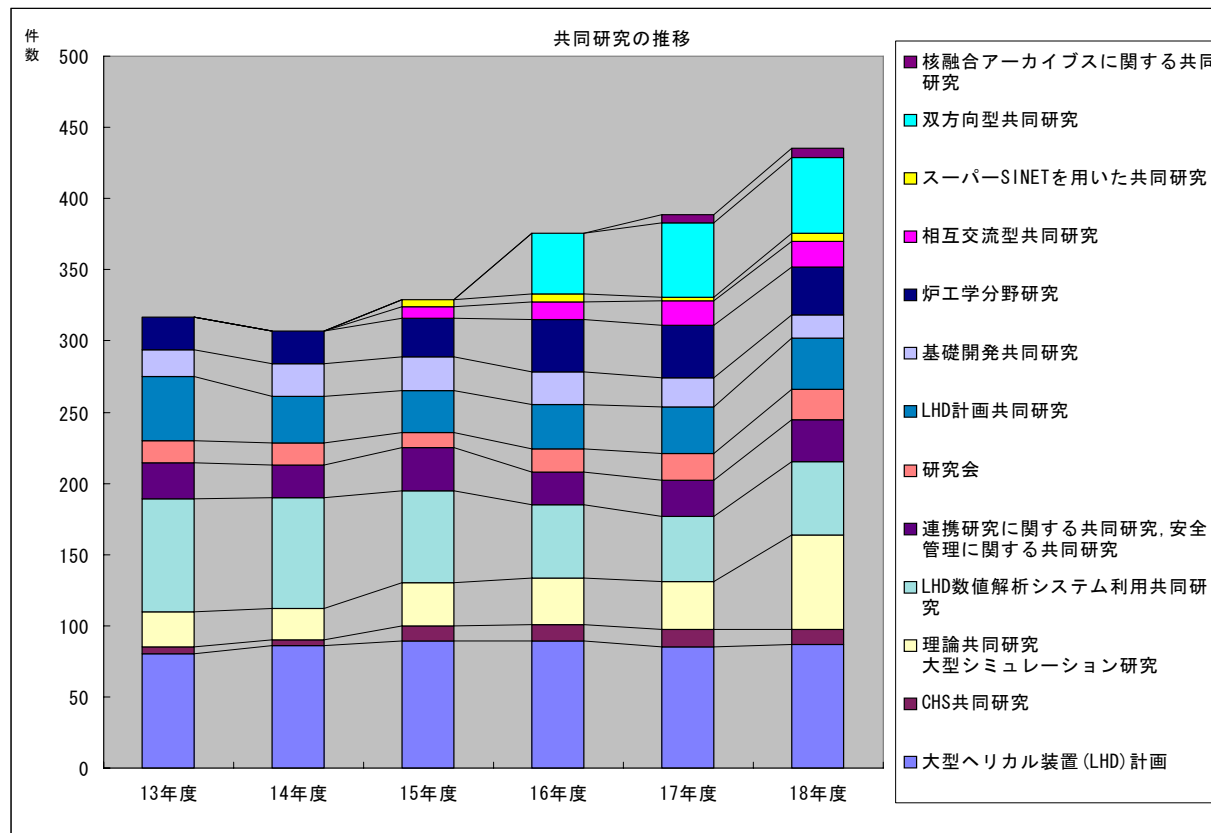
公募の統一、より透明化

- ・ 一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究を同じ公募案内に記載して募集、これら3つのカテゴリーの採択のプロセスを公開する等して、透明性を確保
- ・ 採択された研究課題は、研究所のホームページで全て公開



研究・教育体制の強化(2)

- ・国内共同研究(平17)
 - 一般共同研究(304件)
 - LHD計画共同研究(33件)
 - 双方向型共同研究(4大学と実施)
- ・国際共同研究
 - IEAステラレータ協定、日米協力、日韓協力、国際拠点形成 等



共同研究数の推移

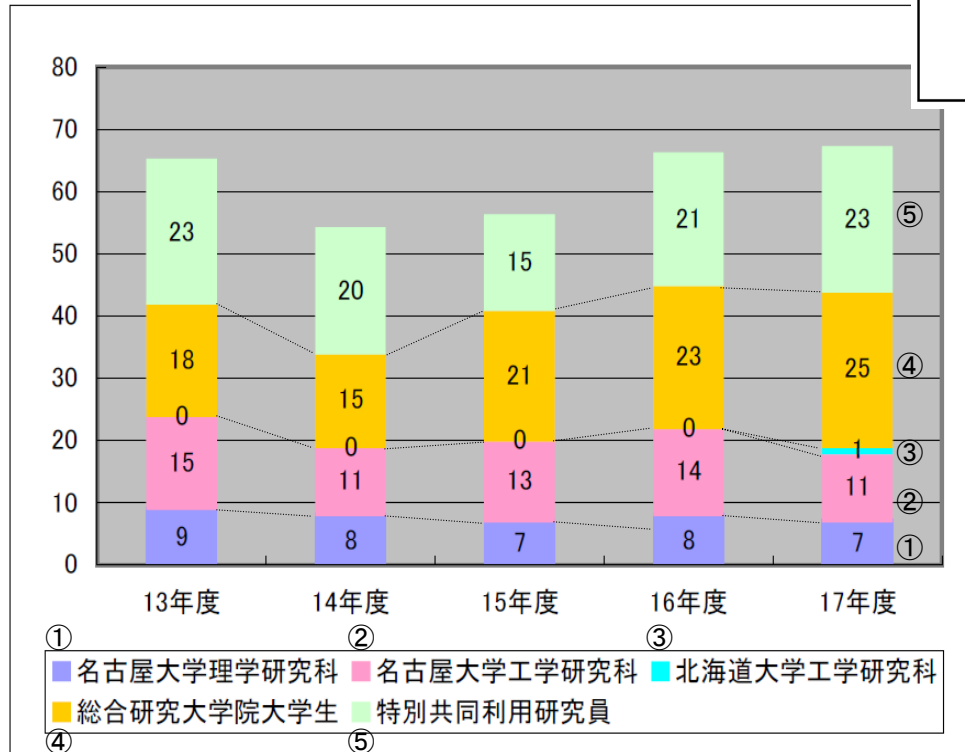
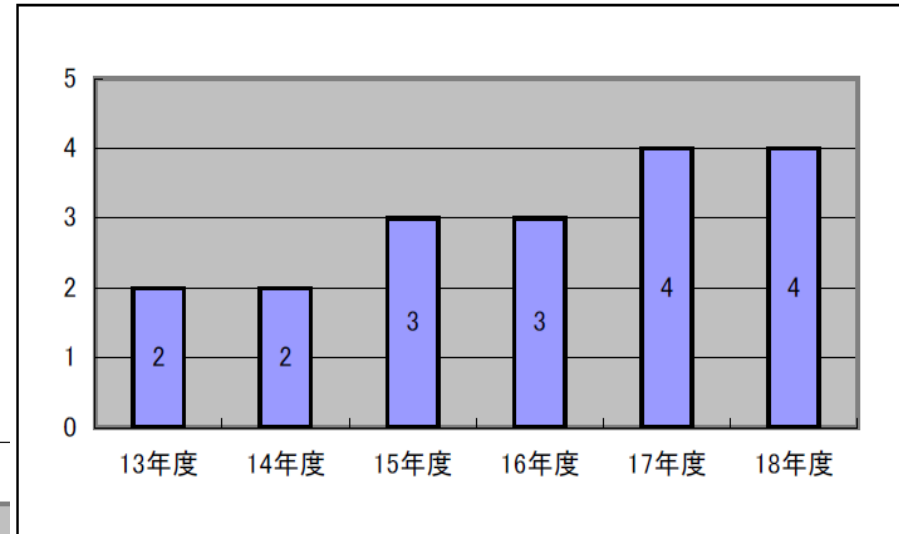


研究・教育体制の強化(3)

○人材の育成

LHD実験や共同研究等を通じて、核融合科学分野で、**国際的にリーダーシップを発揮**できるような広い視野と柔軟な発想を持てる**大学院生、若手研究者の育成を強化**

- ・総合研究大学院大学(25名、平17)
- ・連携大学院(18名)
- ・特別共同利用研究員(22名)等



連携大学院の年度別変化

○外部評価の実施

平成16年度 大型ヘリカル研究部
平成17年度 共同利用・共同研究
ともに高い評価を得る



大学院生の年度別変化



大学共同利用機関としての役割の強化



【双方向型共同研究の開始】

本研究所が核融合コミュニティの中核として、核融合科学研究の重要課題の集約、各大学附置センターが分担する研究課題の調整、研究進捗状況の把握等、核融合研究を全国規模の共同研究で更に発展・強化し、核融合炉実現に向けての進展に寄与

本研究所と複数の大学附置センターの装置を整理統合し、重点化・効率化

本研究所と各大学附置センターは相互に往来

大学附置センターは全国共同利用の機能を保有

【相互交流型共同研究の開始】

一般共同研究に、核融合研と相互に往来できるカテゴリを設けた