



ヘリカル炉 FFHR 概念設計の進捗

設計の段階

第3ラウンド

建設工程・メンテナンス

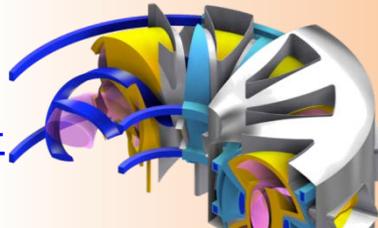
ヘリカル炉の特長

プラズマ電流が不要なため、本質的にプラズマの安定・定常保持が可能

ヘリカル炉の難点

プラズマ電流駆動が不要な代わりに、複雑かつ巨大な構造物を高精度で建設する必要がある

高温超伝導マグネット

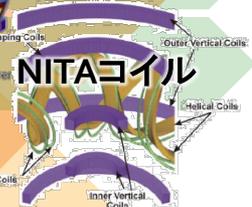
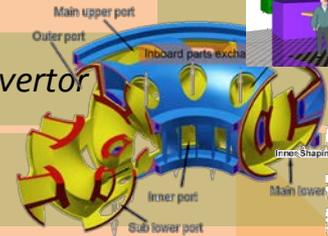
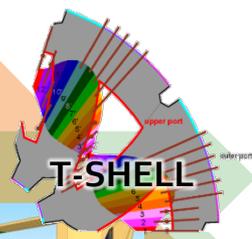


ブランケット分割方式

液体金属ダイバータ

Novel Divertor

接続巻線

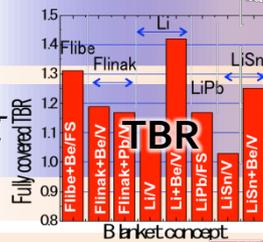


第2ラウンド

3D 解析 (構造、中性子)

構造計算

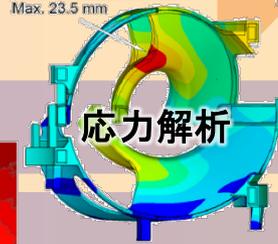
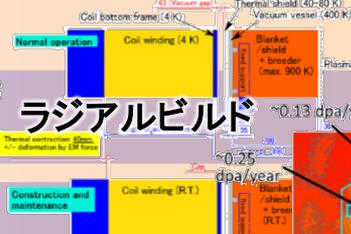
中性子計算



ラジアルビルド

ダイバータ中性子負荷低減

応力解析

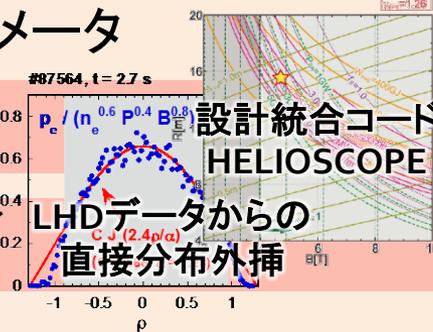


第1ラウンド

基本パラメータ

設計統合

炉心プラズマ設計

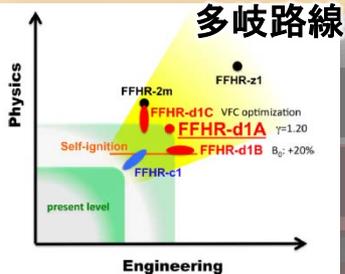


基本パラメータ決定

Parameter	LHD	FFHR-1	FFHR-2m1	FFHR-2m2	FFHR-2m3
Blanket space	0.12	0.7	1.1	1.05	0.765
Magnetic field	5	10	6.18	4.84	4.7
Magnetic energy	1.64	147	133	160	160
Fusion power	1	1.9	3	3	3
Neutron wall load	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
In factor of Q395	2.40	1.92	1.92	1.64	2
Plasma beta (isolated with B_z)	1.6	3.0	4.4	3.35	5
Divertor heat load (A 0.1m)	5	7.2	1.9	8.1	
Total capital cost	4.6	5.6	7.0	7.0	
COE	155	106	93		

詳細物理検討

(数値プロジェクトとの連携)



d1A, d1B, d1C, c1

FFHR-1
1994

2010 2011 2012 2013 2014 2015

→NIFS 工学研究プロジェクト始動



主要5課題のR&D推進

革新的エネルギー循環工学

世界最大級の大型実験設備による核融合工学基盤の構築と異分野融合
NIFSを中核とした大学とのネットワークにより推進

(1) 大型高磁場超伝導マグネット研究

- ◇ ヘリウム液化冷凍機更新と13テスラマグネット導入により世界で唯一の温度可変大口径導体試験環境を実現



13 T マグネット



コールドボックス

将来の核融合炉

平成24年度補正予算

設備強化により
工学基盤構築が加速

(4) 高熱流プラズマ対向壁研究

- ◇ 超高熱負荷試験装置ACT2
- ◇ 水素蓄積分析装置
- ◇ LHD照射試験装置

超高熱負荷
試験装置
ACT2
300kW電子ビーム



1 MVタンデム加速器

(2) 長寿命液体 ブランケット研究

- ◇ FLiNaK/LiPb流動ループOroshhi-2稼働
- ◇ 世界最強の直交3テスラでのMHD圧力損失測定を実施



Oroshhi-2

FLiNaKループ
(500°C)

3テスラ
超伝導電磁石

LiPbループ
(300°C)

(世界最強)

(3) 低放射化材料研究

- ◇ 材料微細構造組成分析装置
- ◇ 超高真空クリープ試験装置
- ◇ 接合材試作試験装置
- ◇ 電子ビーム加工機, etc.

HIP(高温静水圧
焼結接合)装置

最大圧力: 200MPa
最高温度: 2000°C
処理寸法(mm): 120(d)×240(h)



高分解能
電子顕微鏡



クリープ試験装置(7台)

(5) 微量トリチウム管理技術研究

- ◇ 水素試験・計測装置



トリチウム実験は富
山大等での共同研
究施設で実施



数値実験炉研究プロジェクト



数値実験炉

実験による比較・検証

コアプラズマ

周辺プラズマ

統合輸送コード

高エネルギー粒子

燃料補給・加熱

運動論

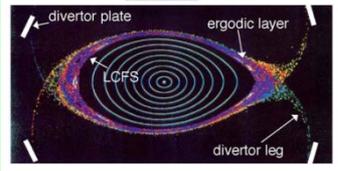
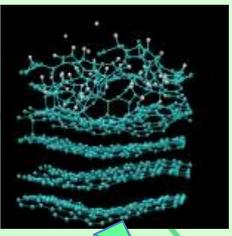
プラズマ壁相互作用

周辺輸送

流体

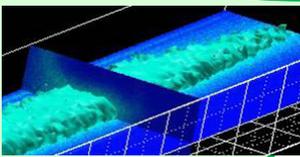
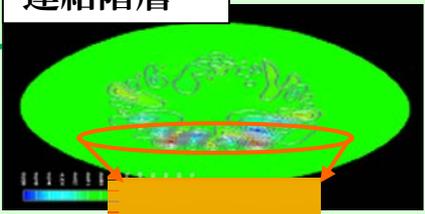
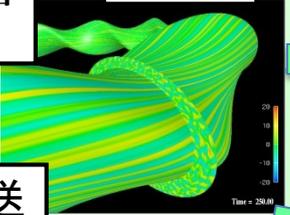
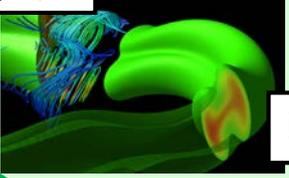
輸送

階層間結合、コア・周辺結合、複合物理結合



連結階層

基礎物理



多階層複合物理

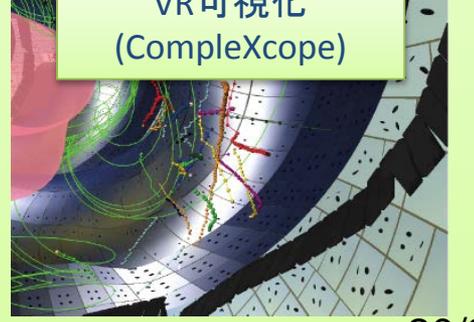
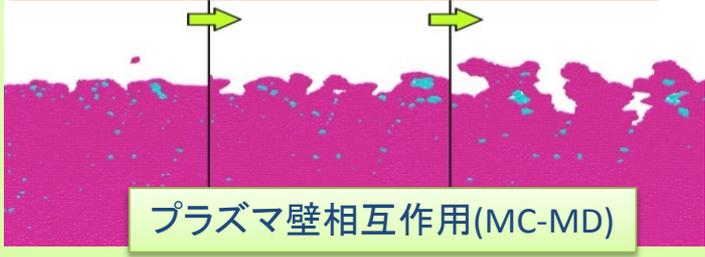
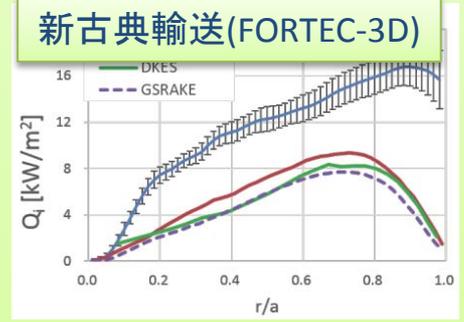
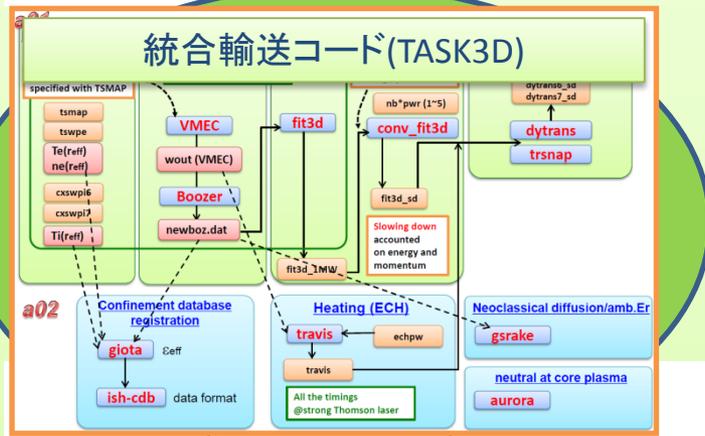
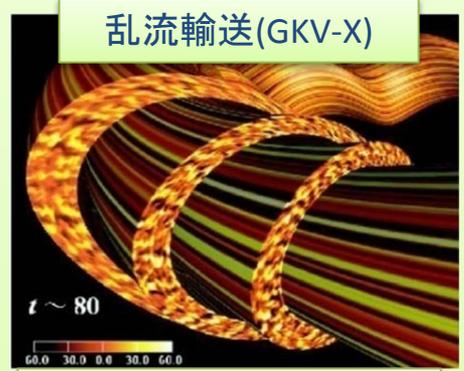
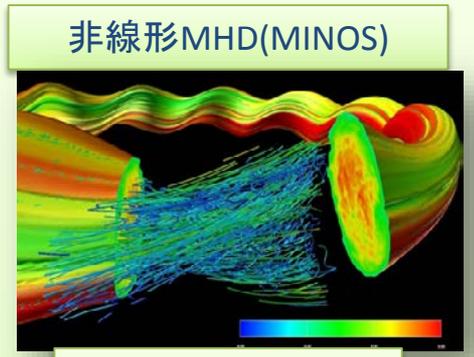
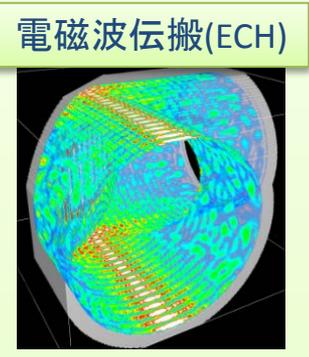
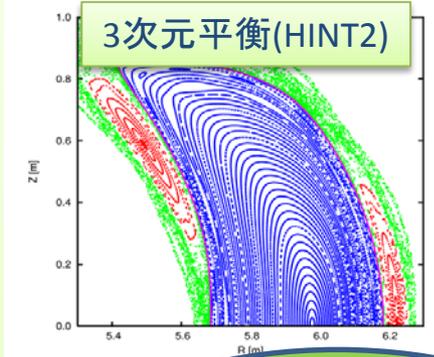
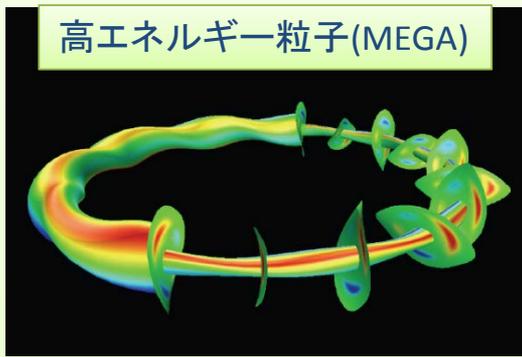
シミュレーション科学基盤



数値実験炉研究プロジェクト

-第2期中期計画(2010-16年)における取り組み-

「数値実験炉構築に向けたシミュレーションコードの開発・高精度化と物理機構解明における進展(理論検証・実験検証)」

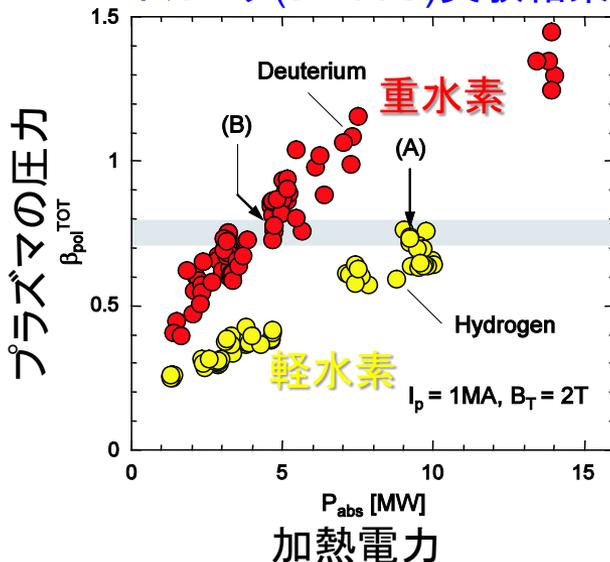


②中長期計画と今後必要な取組等

～大型ヘリカル装置は目標に向かって新たなステージへ～ LHD重水素実験(H28～H37)の目的と意義

- 閉じ込め改善による高性能化を実現
 - ➔ 核融合条件により近いプラズマの研究を可能とする
 - ➔ 新たな研究領域の開拓や実験の多様性を拡大すること
- 閉じ込め物理の同位体効果を研究
 - ➔ DTプラズマによる核燃焼実験を十分な確度で予測できるモデルを構築
- ヘリカル系の高エネルギーイオンの閉じ込め性能が核燃焼プラズマを展望できることを示すこと

トカマク(JT-60U)実験結果



世界的なインパクトを持つ、先駆的研究を展開

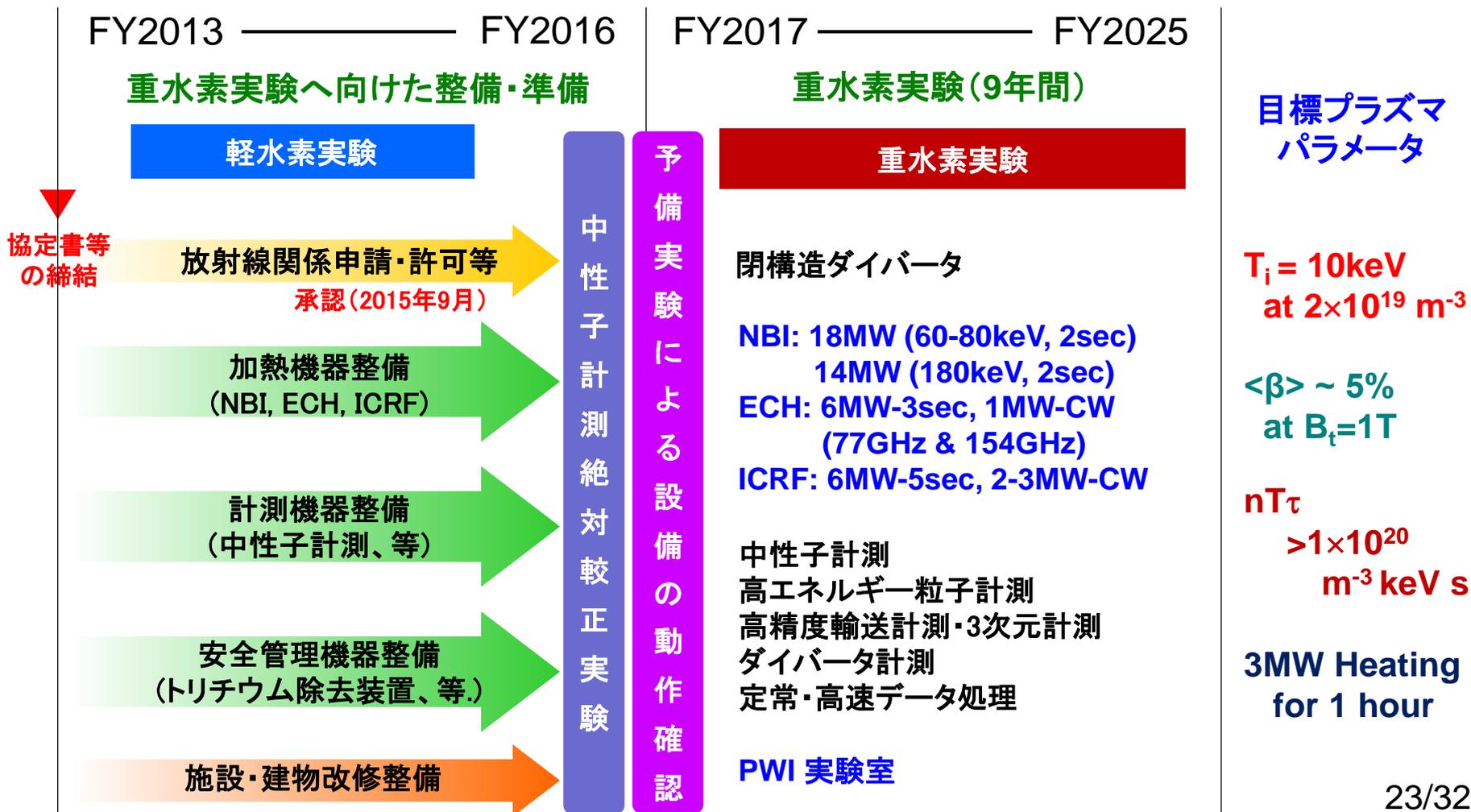
重水素を用いると、閉じ込め性能が向上することが広く実験で認められている

- ➔ なぜか、物理機構は未解明
- ➔ LHDを用いて、学術的に解明
- ➔ プラズマ物理学としても、核融合炉設計にも極めて重要な価値



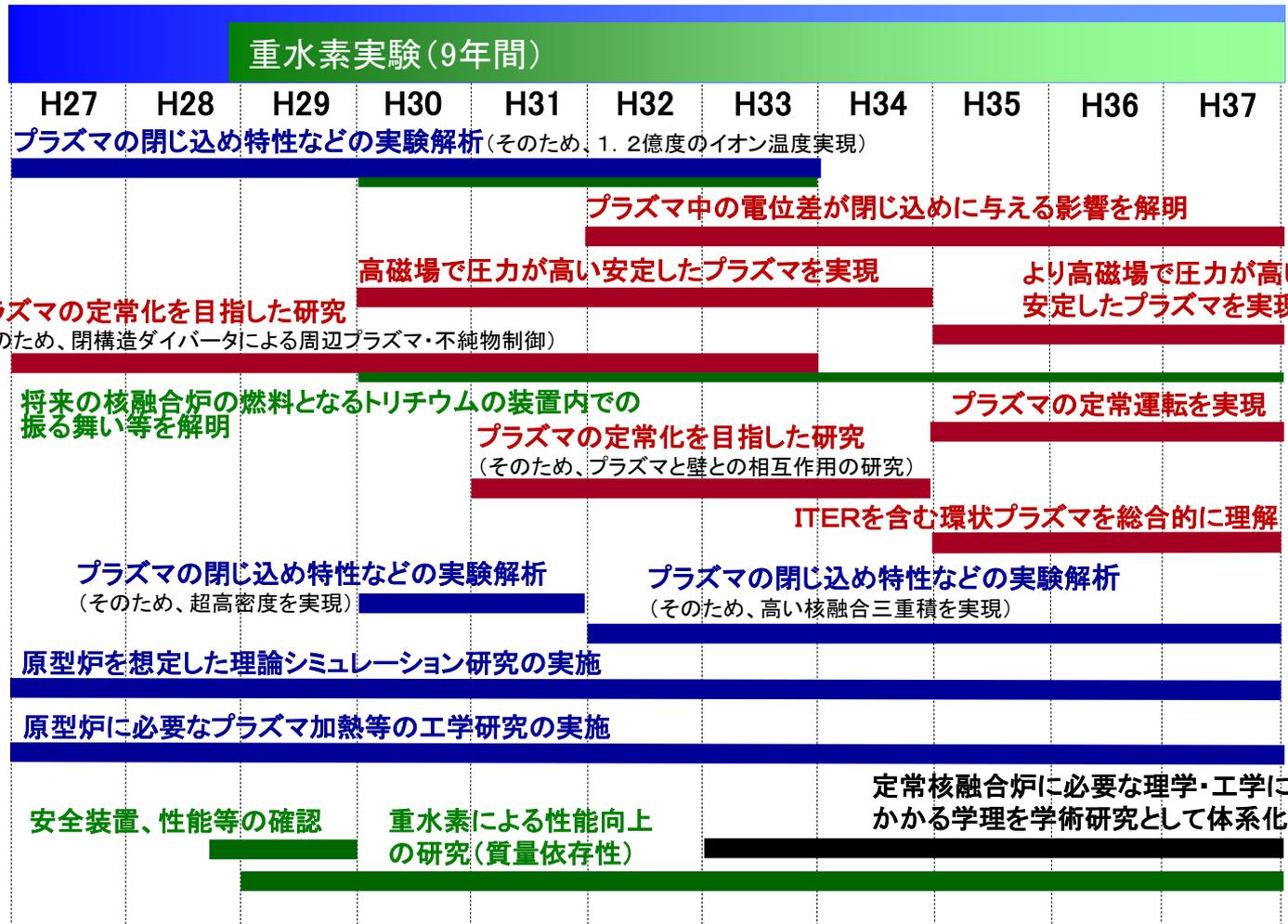
LHD重水素実験へ向けたスケジュール

- ・ 地元自治体と重水素実験に関する協定書等を締結(2013年3月28日)。
- ・ 2016年度末の重水素実験開始に向けて準備を進めている。
- ・ 重水素実験は9年間を予定しており、10keVのイオン温度達成など、ヘリカル核融合炉に外挿できる高性能プラズマの実現を目指す。





超高性能プラズマの定常実証研究 年次計画表



主な研究

- 1. 炉心プラズマ実現に必要な学理(物理的、工学的)の体系化
- 2. 原型炉設計・製作のための学術基盤の形成
- 3. 重水素を用いた実験の遂行

- 右記の重要課題が関係するプラズマの目標
- ・高いイオン温度
核融合実現へ向けた指標
 - ・超高密度プラズマ・
高い核融合三重積
 - ・高ベータ値(プラズマの
圧力と磁場の圧力の比)
 - ・定常運転の実現

重点研究課題

- ・閉じ込めの改善と物理
同位体効果の同定、環状プラズマの包括的理解
- ・MHD安定性の改善と高β領域の拡大
高温無衝突領域でのβ限界の研究
- ・高速イオンの閉じ込め
核燃焼プラズマに外挿できる高速イオンの閉込め研究

- ・ダイバータ最適化
粒子・熱制御の研究と定常プラズマの高性能化
- ・プラズマ・壁相互作用
PWIIにおける同位体効果、核燃焼時の挙動予測
- ・多様な実験手法の拡大
ICRFによる D(H) 及び D(³He)加熱実験