



超高性能プラズマの定常運転の実証

(大型ヘリカル装置(LHD)による核融合科学研究の推進)

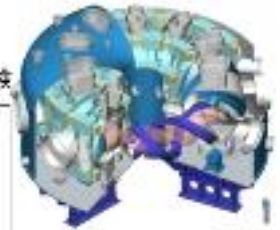
自然科学研究機構
核融合科学研究所

背景・課題

- 大学共同利用機関である核融合科学研究所では、我が国独自のアイデアに基づくヘリカル方式の超伝導コイルを有する大型ヘリカル装置を用いて、将来の核融合炉に不可欠な、超高性能プラズマの定常運転の実証研究を大学等と共同して推進
- ITERが採用しているトカマク方式では、定常運転と安定な制御が未解決の課題
- 将来の核融合炉の早期実現に必要な学理の追究とその体系化を図るため、大型ヘリカル装置による研究を進めて、環状プラズマの総合的理解や体系化を図ることが必須

大型ヘリカル装置(LHD)
世界最大の定常型実験装置
平成2~9年度 建設8年計画
平成10年4月 本格実験開始
14年間で11万回のプラズマ実験

装置本体の外径	13.5 m
プラズマの直径	約8 m
プラズマの太さ	約1.2 m
プラズマの体積	3.0 m ³
磁場強度	約3万ガウス



目標に向かっての現況

1) 核融合炉炉心プラズマを見通せる超高性能プラズマの実現へ

プラズマイオンの温度(1億2千万度)

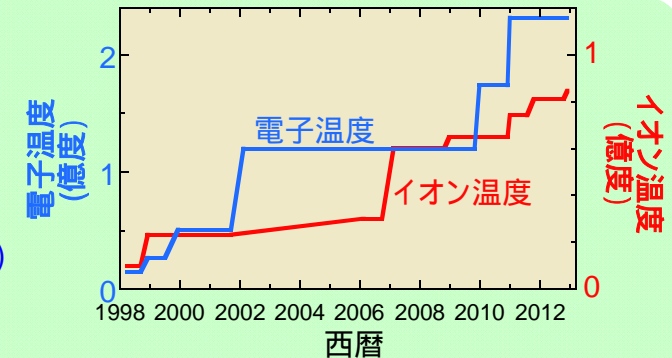
イオン温度 8,500万度を達成(H24)

電子温度 2億3,000万度(密度2兆個/cc)

最終目標1億2000万度へ

H24, 1億5,000万度(10兆個/cc)

より高い密度で1億度以上へ



2) プラズマと磁場との高い圧力比(ベータ値)実現

経済的な核融合炉に必要なベータ値5%以上(磁場0.43テスラ)を達成

より高い磁場(1テスラ以上)での達成へ

3) 高性能プラズマの生成及び長時間のプラズマ放電保持

約1時間のプラズマ(1,200万度)の保持を達成 H24, 2,500万度を19分定常保持

より高温(数千万度)での1時間定常保持へ

4) 環状プラズマの総合的理解とプラズマ物理の体系化

・ブレークスルーとなる発見: 不純物の自動排出機構、不安定性の自己安定化、良好な粒子閉じ込めと高い安定性の両立、核融合条件の10倍以上となる超高密度プラズマ、等の革新的発見と体系的理解

・トカマク方式を含む環状プラズマの総合的理解 データベースの構築と高温プラズマに関する学術研究基盤の提供



大型ヘリカル装置は目標に向かって新たなステージへ

大型ヘリカル装置の基本性能の検証

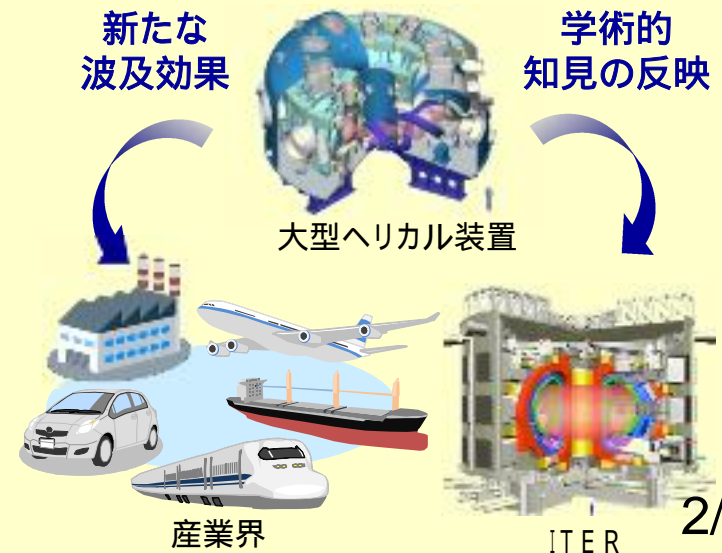
新たなステージへ

新たなステージ

- 1) 超高性能化により核融合を見通せる定常プラズマを生成、研究
← 格段の性能向上が期待できる重水素実験に係る地元自治体との協定書等締結を受け、準備に着手
- 2) 双方向型共同研究を中心とした大学の総力を挙げた核融合工学・炉設計研究の推進
- 3) 核燃焼段階を補完する数値実験研究

電気出力100万kW級定常核融合炉の早期実現へ

- ・超高性能プラズマの定常保持により得られた成果・学術的知見は、ITER計画に寄与
- ・核融合科学に関わる基礎学術研究の進展により、新しい学術分野や技術を創出し、産業界への新たな波及効果
- ・世界最先端の研究環境を大学院生・若手研究者の教育に生かし、人材育成に貢献
- ・世界最大のヘリカル装置であるとともに、日本で唯一稼働している大型装置であり、核融合科学に関するCOEとして世界に大きく貢献





大型ヘリカル装置はここまで来ている！

大型ヘリカル装置最終目標の7合目に至る

赤字は平成24年度達成

プラズマ性能	大型ヘリカル装置 達成値	大型ヘリカル装置 最終目標値	核融合炉 設計条件の目安
イオン温度	8,500万度 (密度10兆個/cc)	1億2,000万度 (密度20兆個/cc)	1億2,000万度以上 100兆個/cc以上
電子温度	2億3,000万度 (密度2兆個/cc) 1億5,000万度 (密度10兆個/cc)	1億2,000万度 (密度20兆個/cc)	
密度	1,200兆個/cc (温度300万度)	400兆個/cc (1,500万度)	
ベータ値 (プラズマ圧力/ 磁場圧力)	5.1% (磁場0.425 T) 3.4% (磁場1T)	5% (磁場1-2 T)	5%以上 (磁場5 T以上)
定常運転	54分28秒 (500kW) 18分55秒 (1MW)	1時間 (3 MW)	定常 (1年)



平成25, 26年度の研究計画

【H24】

- ・水素で実験
- ・イオン温度8,500万度達成
- ・重水素実験にかかわる協定 等を地元自治体と締結、準備に着手



【H25】

研究計画

- ・水素で実験、核融合条件の温度により近いプラズマで学術研究を実施
- ・24年度補正で改造を進めている中性粒子ビーム入射加熱装置により超高性能プラズマの定常運転の実証に向けたプラズマの超高性能化を目指す
 - イオン温度9,000万度(密度16兆個/cc)
 - 磁場1Tにおいてベータ値(プラズマ圧力/磁場圧力)4%



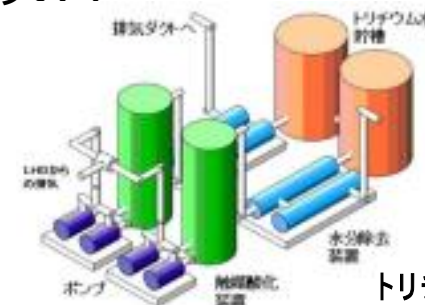
中性粒子ビーム入射加熱装置



閉構造ダイバータ

【H26】

- ・加熱電力増強下での閉構造ダイバータによるプラズマの熱・粒子制御実験
超高性能プラズマに近いプラズマの実現
- ・トリチウム除去装置など、重水素実験に向けた必要な設備の整備、および運転の高信頼性確保のため老朽化した設備の改修を進める



トリチウム除去装置



将来の核融合炉実現への戦略(大型ヘリカル装置の貢献)

