

平成20年4月25日

原子力委員会核融合専門部会資料

大型ヘリカル装置(LHD)による 今後の核融合科学研究の進展 について

大学共同利用機関法人
自然科学研究機構 核融合科学研究所
大型ヘリカル研究部 研究総主幹 小森彰夫



発表内容

1. 学術研究
 1. 1 ヘリカル型装置による研究
 1. 2 基盤研究の充実
2. 人材育成等
 2. 1 研究人員の充実、研究環境の整備
 2. 2 社会への発信
 2. 3 研究のスピンオフについて
3. 知識・情報基盤の整備
4. 外部評価の実施
5. まとめ



LHD

1. 学術研究 1. 1ヘリカル型装置による研究 LHD実験の目的と学術的意義

- 核融合炉を見通せる高温高密度プラズマをLHDで実現し、ヘリカル方式プラズマの学理を体系化
- 精度の高い科学的予言力を持つ物理モデルを確立
- エネルギーの実現に必要な物理的、工学的課題を解明 等



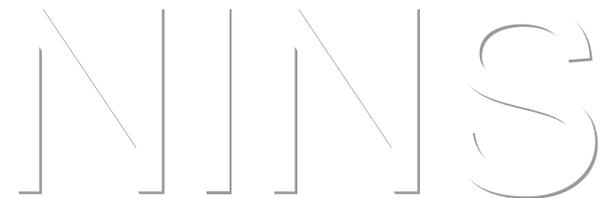
- 核融合に関連する広範な学術分野（プラズマ計測、新材料、超伝導等）の研究推進



- 他の方式(トカマク)との共通点・違いを体系的に研究し、環状プラズマを総合的に理解
- 高温プラズマの物理に関する基礎的研究
- プラズマ物理をはじめとする関連研究分野の学問的体系化

- 他分野との連携
中性子科学(農学、医学、環境科学 等)
天文学(宇宙プラズマ等)
放射光・粒子線源(生命科学、分子物質科学等)

- 社会・経済への貢献
応用研究の推進(プラズマ加熱技術によるセラミックス・陶磁器焼成、超伝導技術による送電・電力貯蔵 等)

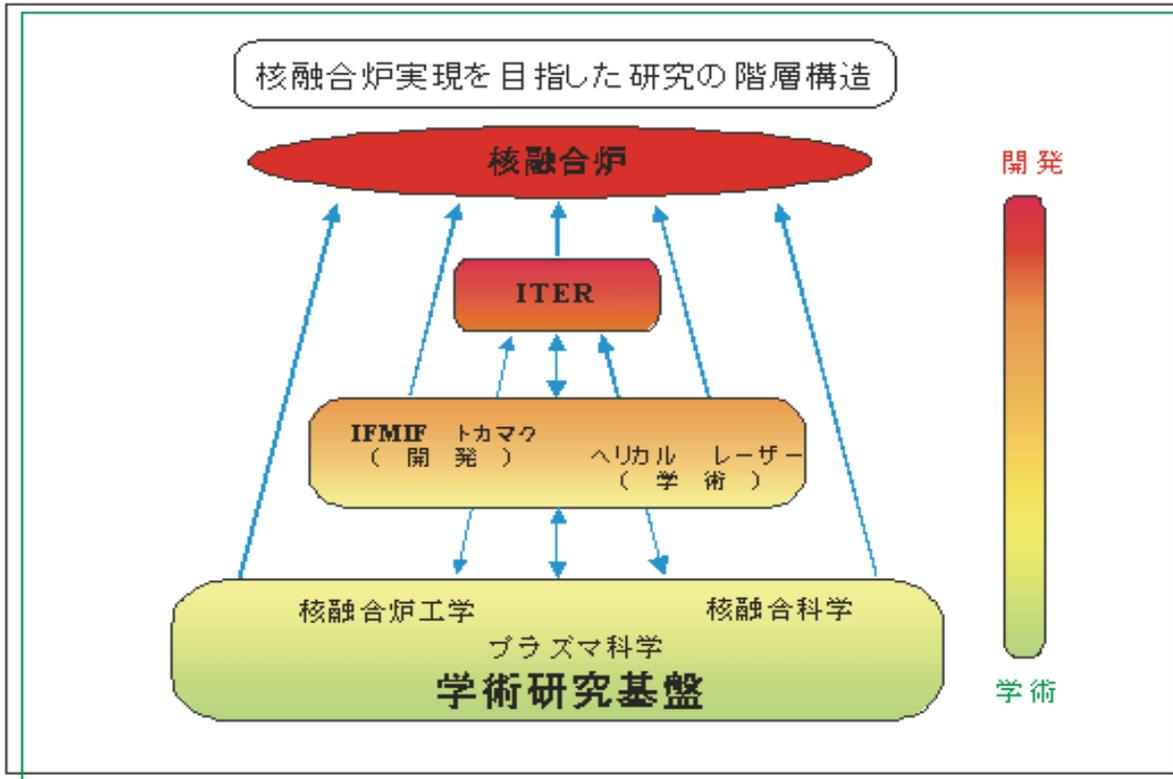




報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」

科学技術・学術審議会 学術分科会

基本問題特別委員会 核融合ワーキンググループ 平成15年1月8日



核融合：長期にわたり、物理と工学の統合が必要

- 課題を定めた開発研究
- ・ 学術基盤の維持・整備

重点化

トカマク、炉工学 : 開発

ヘリカル、レーザー : 学術

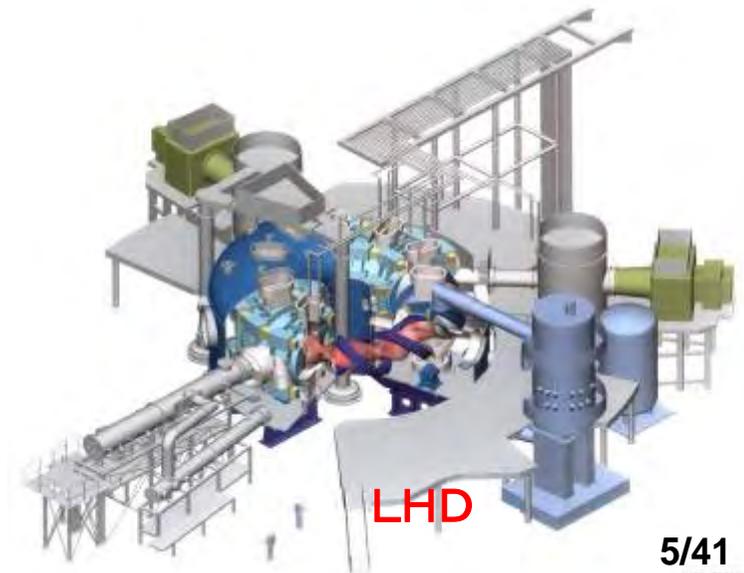
既存装置の整理 : 新たな可能性

共同利用・共同研究の強化
人材育成

在り方：グランドデザインについてコンセンサス → 具体的な施策への展開

- ・ 法人組織内の閉じた論理による埋没を起こさないような国としての政策的な計画管理

- (1) 高い核融合三重積(密度×イオン温度×閉じ込め時間)を実現し、核融合炉で必要なプラズマの閉じ込めの研究を広範に行う
- (2) 高イオン温度プラズマで、プラズマ中の電位差が閉じ込めに与える影響を明らかにする
- (3) 長時間プラズマ生成実験を行い、連続運転が可能であることとその高い安定性を実証する
- (4) 核融合炉で効率的な発電に必要とされるプラズマと磁場との圧力比5%以上を実現し、関連する物理を調べる
- (5) プラズマ閉じ込めの改善と長時間運転に必要とされる周辺プラズマ排気装置(ダイバータ)を設置して、それらの基礎資料を得る
- (6) 高エネルギー粒子のヘリカル磁場中での振舞いを研究し、核融合炉で発生するさらに高エネルギーの粒子を想定したシミュレーション実験を行う
- (7) プラズマの閉じ込めが燃料元素の質量に依存することを明らかにする





LHD実験のプラズマパラメータにおける成果

平成16年度/19年度 までに達成 [目標値]

中心イオン温度 [1億2,000万度 (密度20兆個/cc)]

1億2,000万度 (密度3兆個/cc アルゴン)

2,300万度 → 7,900万度 (密度20兆個/cc 水素)

中心電子温度 [1億2,000万度 (密度20兆個/cc)]

1億2,000万度 (密度5兆個/cc)

核融合エネルギー炉の
温度条件に到達

中心密度

200兆個/cc → 1,100兆個/cc

核融合エネルギー炉の
密度条件の10倍を達成

体積平均ベータ値 (プラズマ圧力/磁場圧力)

[5% (磁場 1万-2万ガウス)]

4.3% → 5.0%

(磁場 4250ガウス)

プラズマ圧力条件に到達
世界最高の定常ベータ値

定常運転 [1時間(3,000キロワット)]

31分45秒 (700キロワット) → 54分28秒 (500キロワット)

13分20秒 (1,000キロワット)

13億ジュール

→ 16億ジュール

(入力エネルギー)

世界最高の入力エネルギー値

蓄積エネルギー [300-400万ジュール]

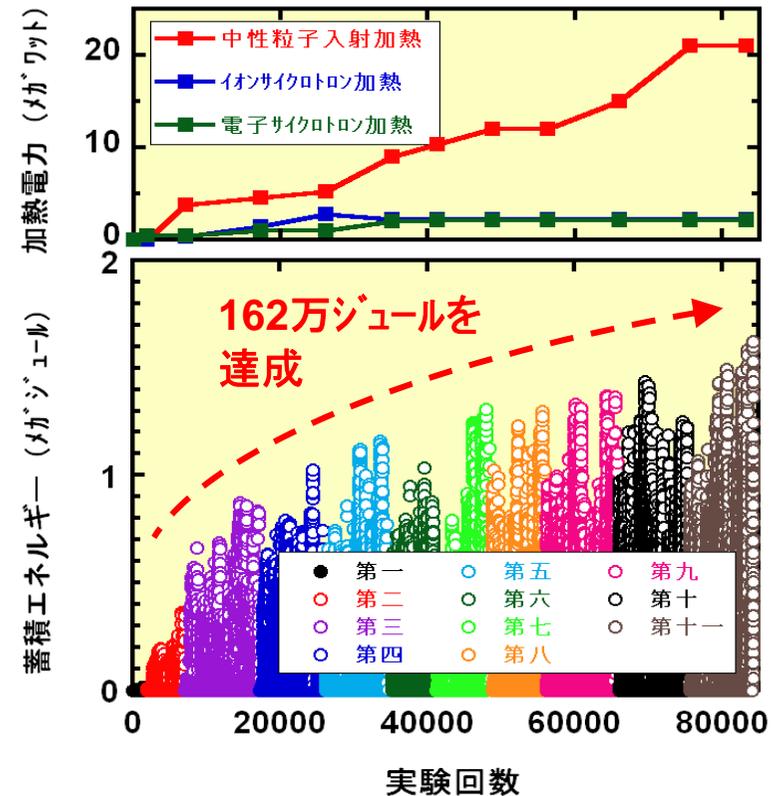
131万ジュール → 162万ジュール

核融合臨界条件

1億度、100兆個/cc、1秒

プラズマ圧力条件

ベータ(β)値5%



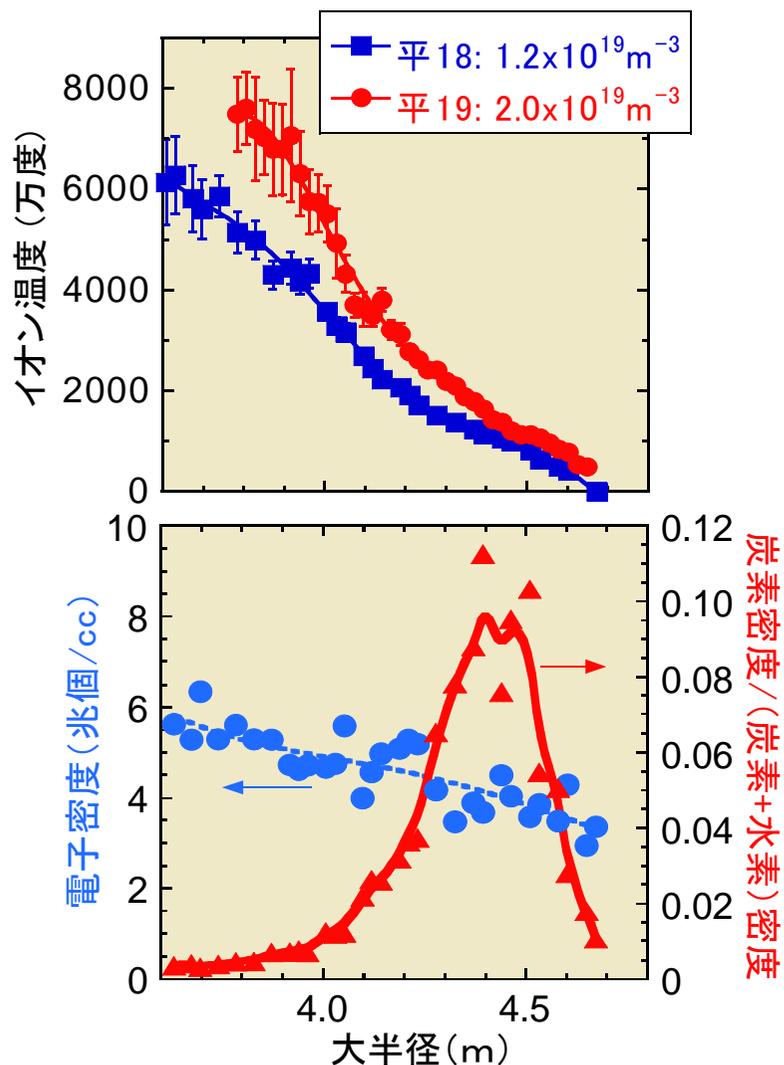
世界の核融合科学研究のCOEとして、さらなる学術研究の推進、物理的・工学的研究課題の究明と体系化
→ 加熱パワー増強、重水素実験等



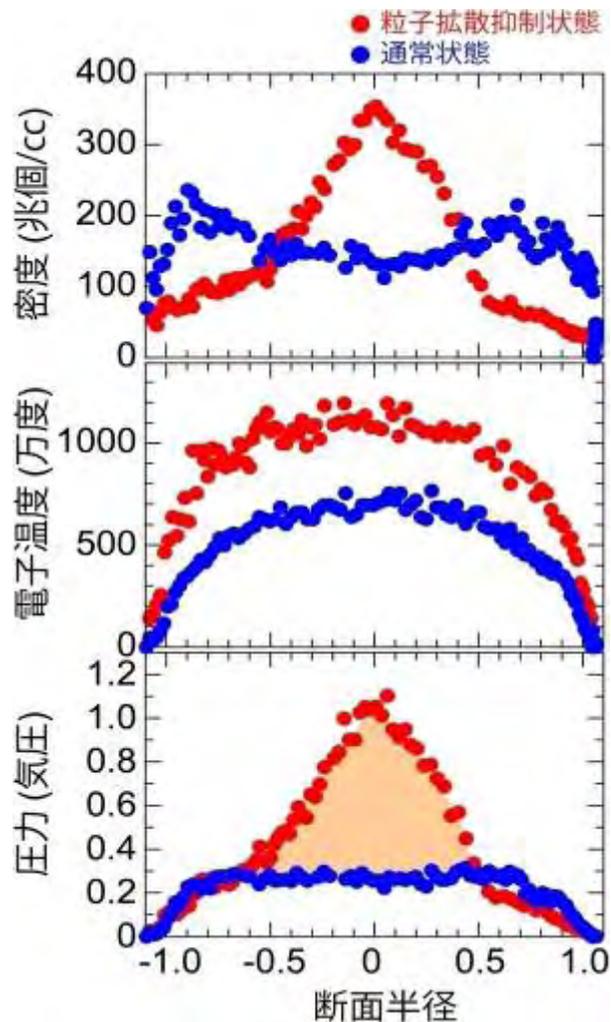
LHD実験:ここ数年間の大きな進展

磁場配位の最適化、垂直中性ビーム入射装置、ローカルアイランドダイバータ

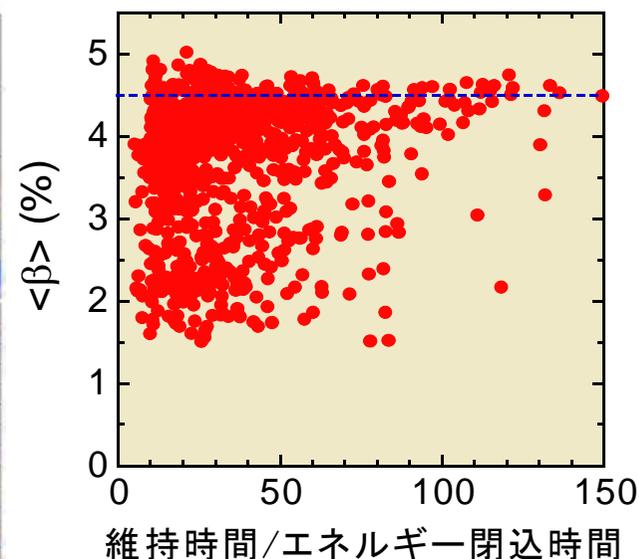
1. 高イオン温度の達成と不純物ホール発見



2. 内部拡散障壁による超高密度プラズマ実現



3. 高圧力(ベータ値)5%達成と安定保持



$$\text{ベータ値} = \frac{\text{プラズマ圧力}}{\text{磁場圧力}}$$



高密度運転のシナリオと新たな展開

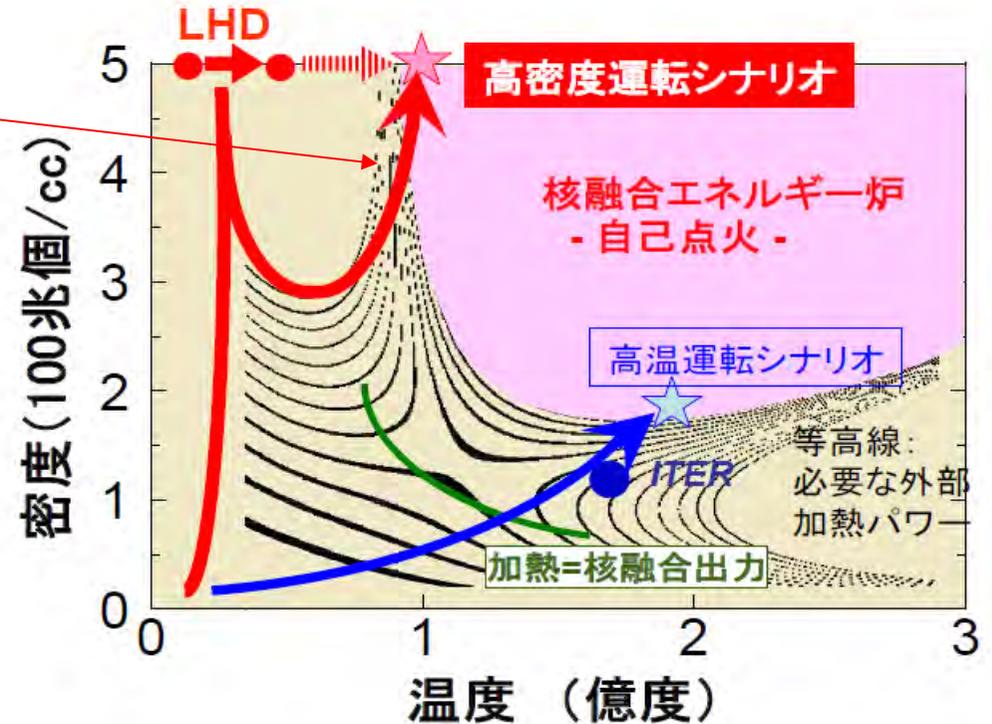
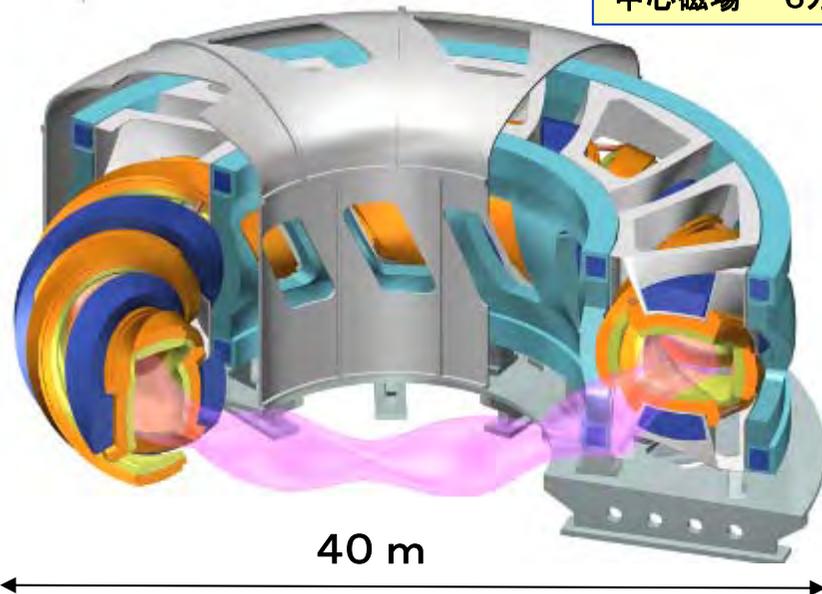
内部拡散障壁 (IDB) という新しい物理の発見の効果

(1) 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



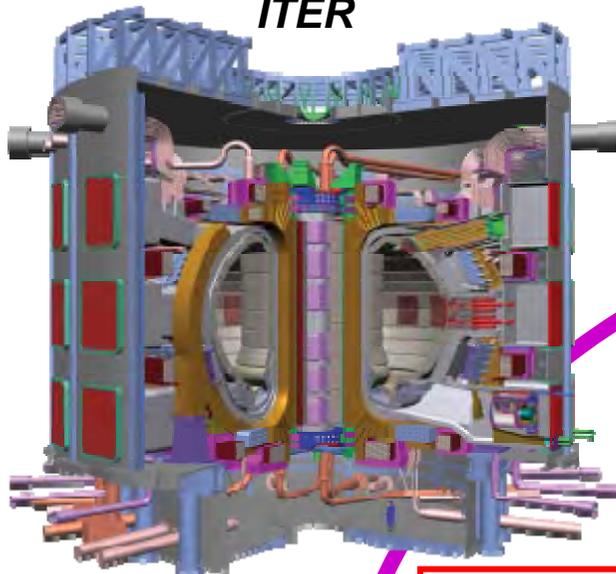
- ・ 電流駆動が必要で、不安定性による運転密度限界があるトカマクでは不可能な高密度運転が可能
- ・ 高密度運転はダイバータ熱負荷や第一壁損耗などの工学要求を大きく軽減
- ・ 現在のLHDから炉条件へのステップ幅を縮小



LHD計画を基盤とした、核融合エネルギーの実現

トカマク型実験炉

ITER



核燃焼プラズマの物理

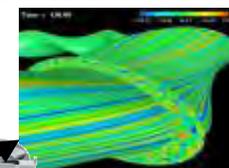
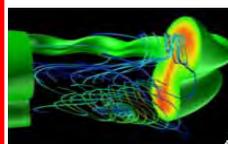
核融合エネルギー実現



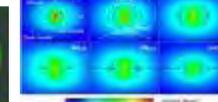
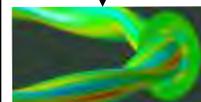
ヘリカル型実証エネルギー炉

理工学にわたる階層繰り込みモデル

無電流プラズマによる
定常・高密度・高ベータ
実証



LHDニューメリカル・
テストリアクター



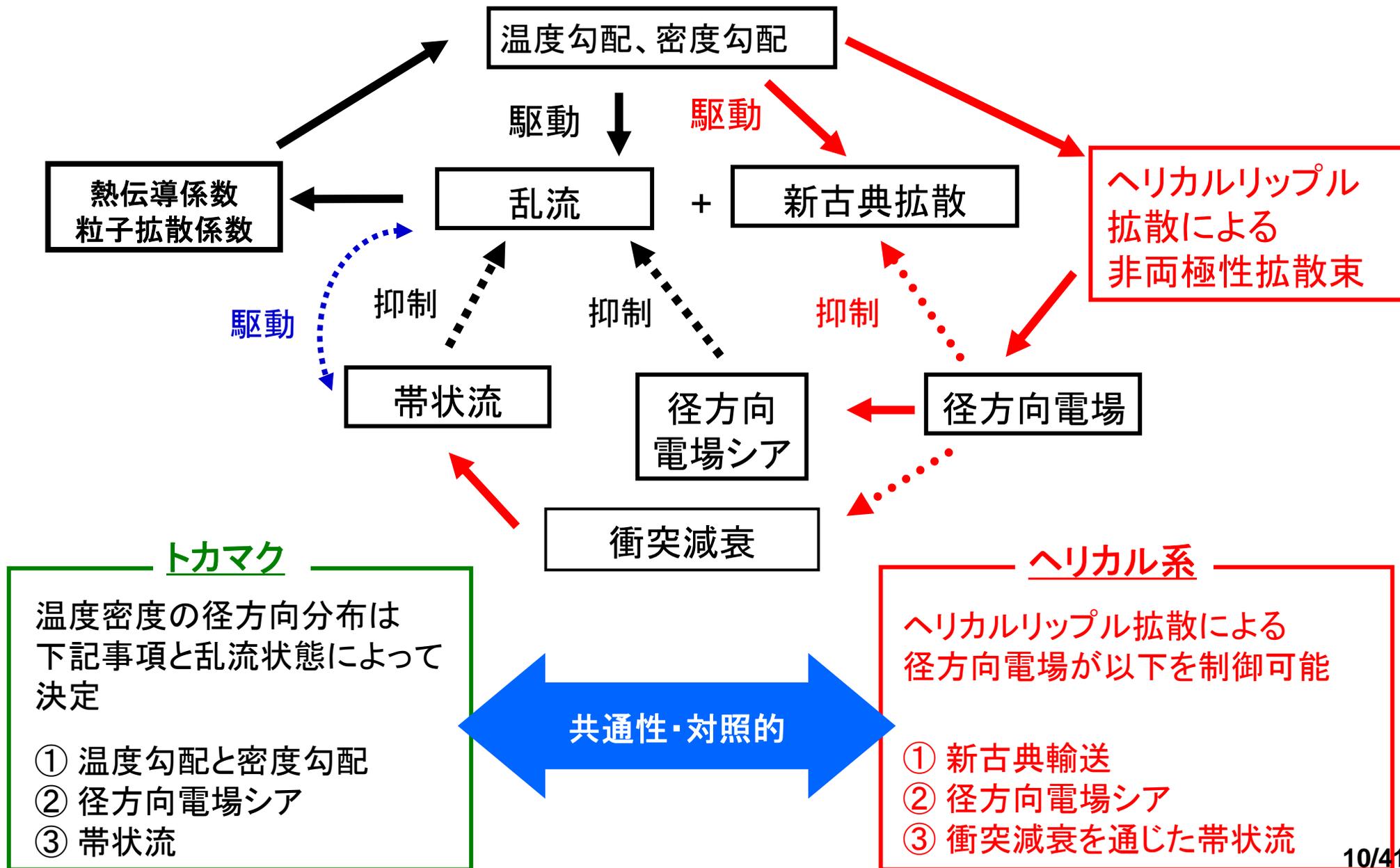
LHD



基礎学術基盤



内部拡散障壁形成などの物理機構の解明 環状プラズマ中の輸送を決定する物理機構 —乱流輸送—





環状プラズマにおける非軸対称性の発生と周辺輸送特性

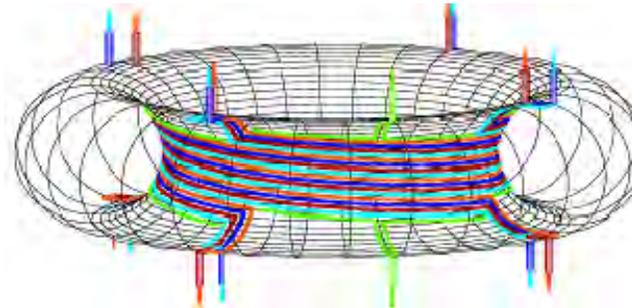
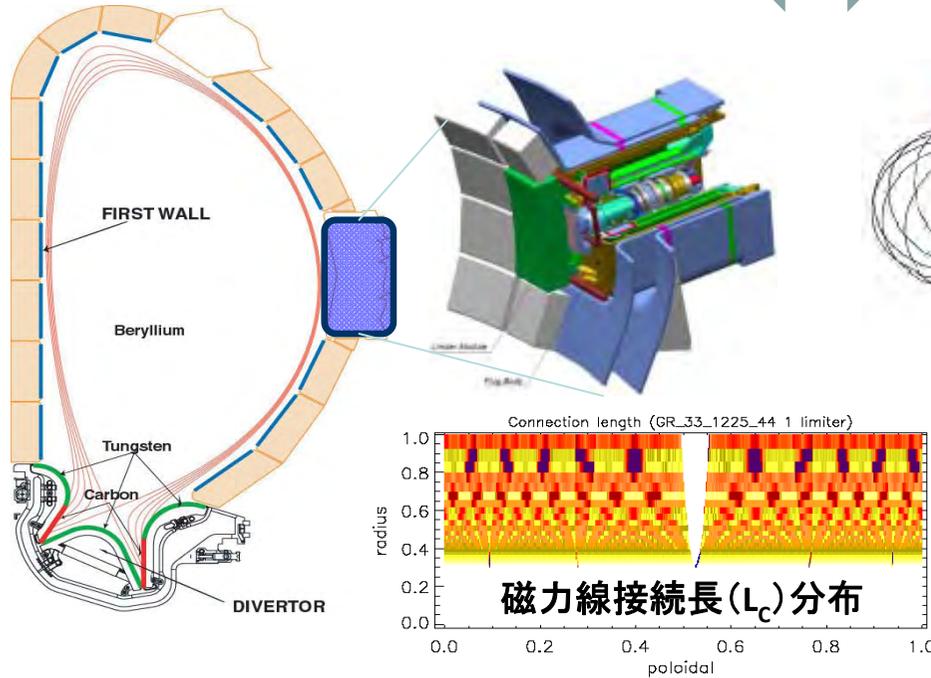
ITER 放電立ち上げ(リミター要)

軸対称磁場 + 非軸対称対向壁

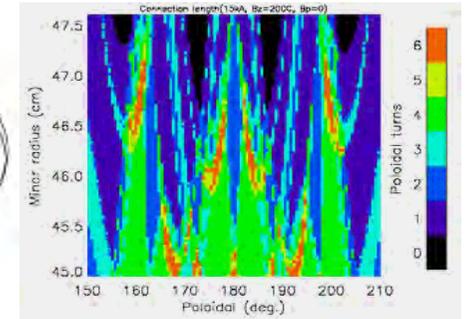


ヘリカル摂動磁場制御(ELM, RWM抑制)

非軸対称磁場 + 軸対称対向壁

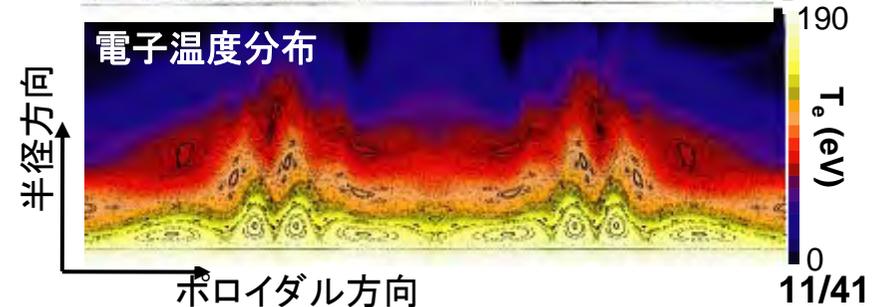
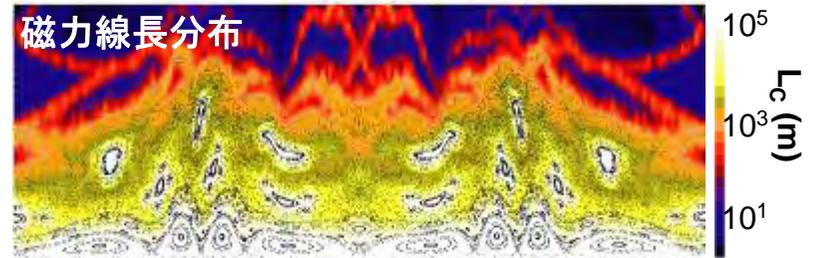


磁力線接続長分布



LHDにおける周辺エルゴディック層解析

非軸対称磁場 + 非軸対称対向壁



輸送特性の変化: 1次元輸送 ⇔ 2,3次元輸送

- 磁場のシアーによる引き伸ばし/折りたたみ
- 磁力線の微細構造 (長い磁力線の発生)
- 磁力線に垂直方向の輸送の役割大
- 中性粒子の役割

→ ヘリカル系における研究が概念・手法を包摂



LHD実験の現状と研究計画

基本事項の検証
閉じ込め磁場形状の最適化 } ほぼ終了



計画の次の段階

LHDによる科学的実証のための増強計画
{ 本体の改造等と加熱パワーの増強計画
重水素実験計画



重水素 → 閉じ込めの改善
重要課題(7)の解明

LHD計画の最終目標の達成

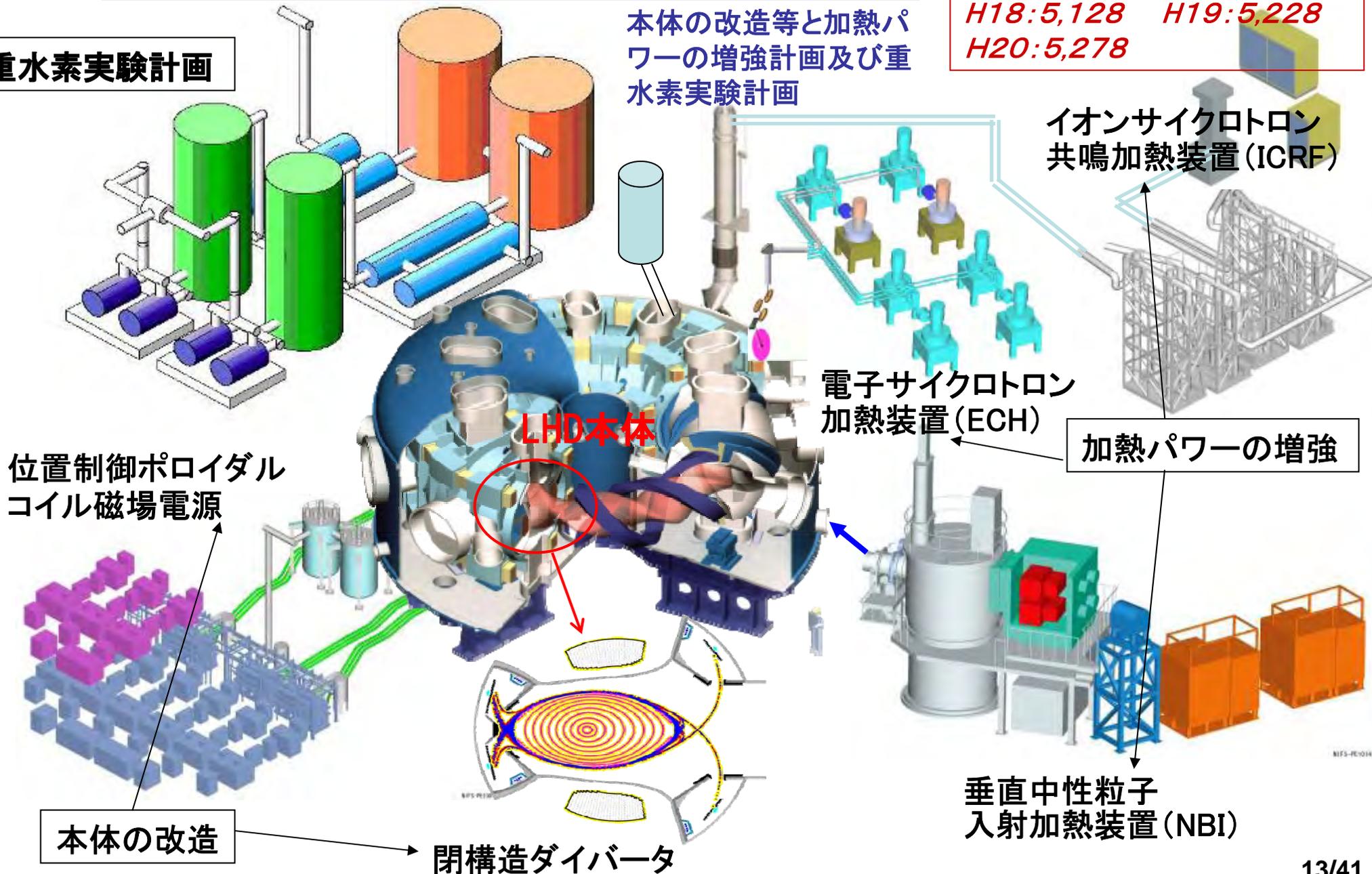


LHDによる科学的実証のための増強計画

予算推移【単位:百万円】	
H16:5,180	H17:5,180
H18:5,128	H19:5,228
H20:5,278	

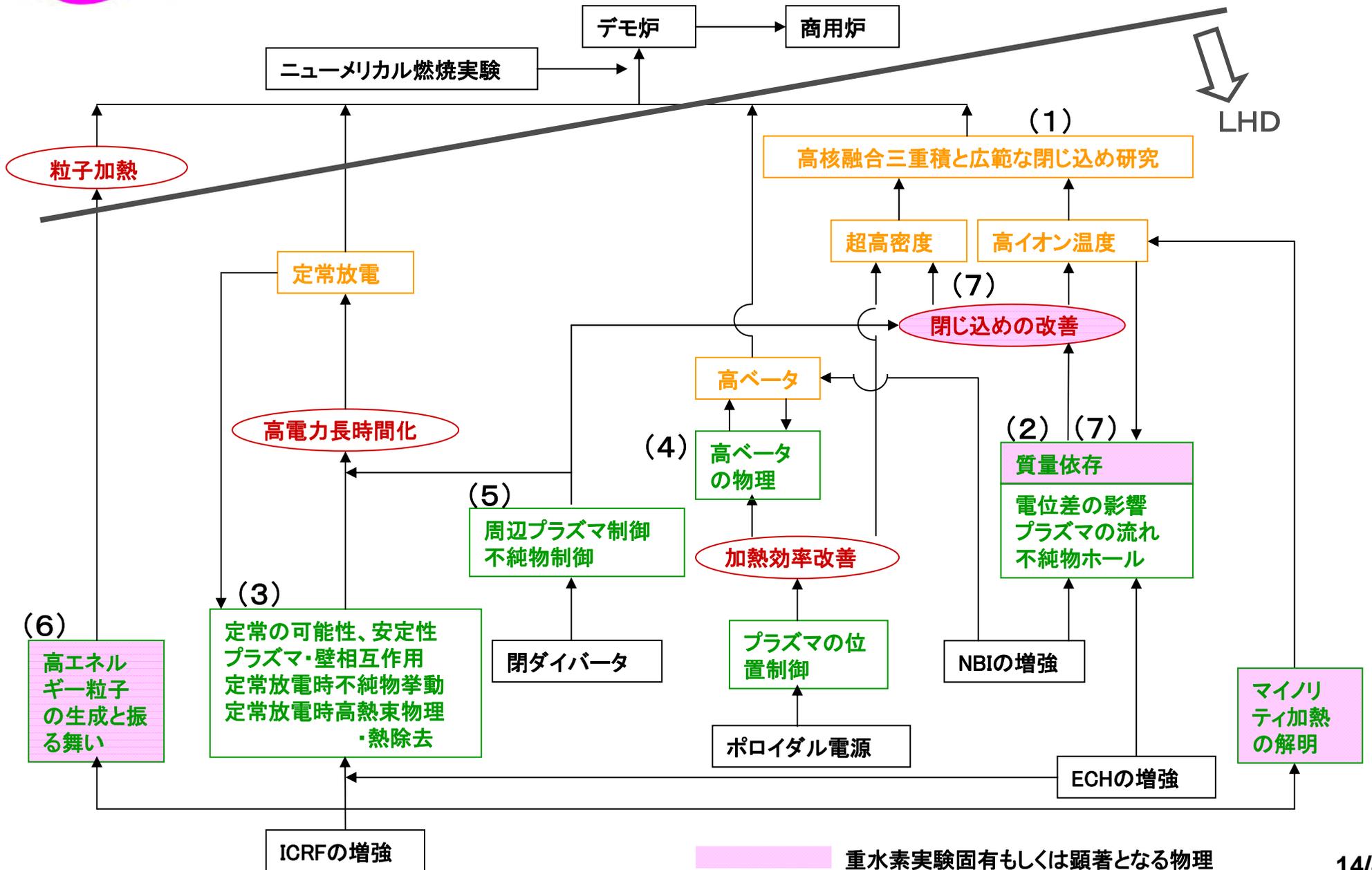
重水素実験計画

本体の改造等と加熱パワーの増強計画及び重水素実験計画





LHD機器と重要研究課題解明・目標達成の主シナリオ





重水素実験スケジュール

重水素実験種別	前期重水素実験					後期重水素実験				重水素実験種
数年間	初年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	
放射線発生装置の使用許可申請等	文部科学大臣の施設検査、結果公表									ポスト-LHD計画
	予備実験、コンクリート遮蔽壁等の所期性能、安全性確保上の態勢を確認し結果公表					(1)核融合三重積(密度×イオン温度×閉じ込め時間)の目標値を実現と核融合炉に必要なプラズマ条件の解明研究				
						(2)温度(イオン、電子共)が1億℃程度のプラズマの実現研究と核融合炉に必要な高温プラズマの学理研究				
				(2)プラズマ中の電位差が閉じ込めに与える影響の詳細な研究及びプラズマ中の電位差による閉じ込め改善研究						
				(1)(2)(5)閉構造ダイバータ、増強された加熱機器等によるプラズマの閉じ込めの飛躍的な改善研究						
			(5)閉構造ダイバータによる周辺プラズマ粒子制御研究							
	(7)燃料元素の質量にプラズマの閉じ込めが依存することを明らかにする研究									
		(1)(2)重水素と水素の混合プラズマを用いたイオンサイクロトロン周波数領域の電磁波によるイオンを加熱するマイリリティ加熱実験								
					(3)(5)高入射エネルギーによるイオンサイクロトロン周波数領域の電磁波を用いた1時間3MWの定常運転実験と関連する学術研究					
		(6)高エネルギー粒子の振舞いの研究(核融合炉で発生するさらに高エネルギーの粒子のシミュレーション実験)								
		(4)弱磁場で核融合炉での効率的な発電に必要とされるプラズマと磁場との圧力比5%実現と関連する学理研究					(4)1~2テスラで、プラズマと磁場との圧力比5%実現と関連する学理研究			
						前年度までに得られた高性能プラズマの総合性能の伸長およびその長時間保持の研究				
						ヘリカルプラズマの学理の体系化、トロイダルプラズマの総合的理解等				



国際協力の活用

- ・ 国を代表しての 6つの2国間協定(米、中、韓、露、豪、EU)

Agreement between the Government of Japan and the Government of United States of America on Cooperation in Research and Development in Energy and Related Fields

Japan-Korea Cooperation in the Area of Fusion Energy Research and Related Fields 他

- ・ 3つの多国間協定(IEA: ステラレータ、テキサトール、ST)

International Energy Agency Implementing Agreement for Co-Operation in Development of the Stellarator Concept 他

- ・ 14機関との学術交流協定

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Princeton Plasma Physics Laboratory

Oak Ridge National Laboratory 他

- ・ 磁場核融合研究に関する国際連携研究所(LIA)設置協定

NIFS、プロヴァンス大学、フランス国立科学センター(CNRS)、九大、阪大

外国人来所数

H16	H17	H18	H19
156	148	39	139

NIFS職員渡航数

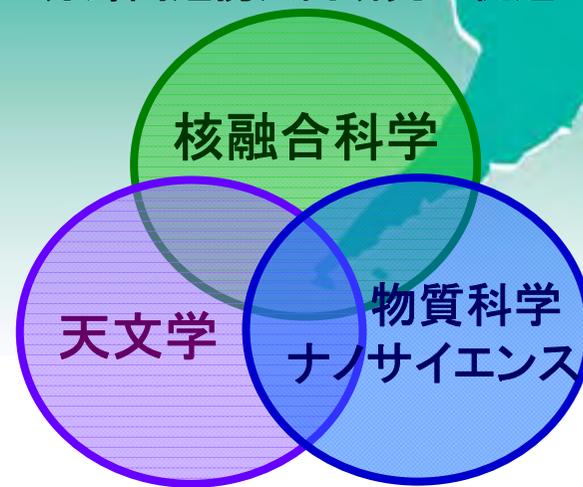
H16	H17	H18	H19
152	166	264	271



LHDを中核とした「国際共同研究拠点ネットワーク形成」事業



自然科学研究機構
分野間連携共同研究の促進



	H17		H18		H19	
	人	日	人	日	人	日
日本へ招聘	31	455	62	838	49	831
日本から派遣	23	213	31	324	41	412





1.2 基盤研究の充実 大学等における学術研究の全国展開ネットワーク

共同研究の実施機関(157機関・2150人)



- ・学術研究の推進
- ・研究者等との緊張感のある共同研究体制の構築
- ・高い研究のレベルの維持

共同研究分野

- プラズマ・核融合科学
 - 高温プラズマ物理学・工学
 - 高密度プラズマ物理学・工学
 - 定常プラズマ物理学・工学
 - 周辺プラズマ物理学・工学
 - プラズマ制御物理学・工学
 - プラズマ加熱物理学・工学
 - プラズマ計測学・工学
- シミュレーション科学
- 炉工学
- 炉システム学
- プラズマ材料工学
- 材料シミュレーション学
- 放射線工学
- 超伝導工学
- 極低温工学
- マイクロ波応用
- 原子分子
- プラズマ基礎物理学
- プラズマ応用 など



共同利用・共同研究、連携研究体制

双方向性を持った共同研究の開始 — 基盤研究の充実

◎一般共同研究

相互交流型共同研究の開始(平成15年度) — 大学等での萌芽的・独創的研究への参加

	H15	H16	H17	H18	H19	H20
課題数	8	12	17	18	12	12
延べ研究者数	119	107	177	157	106	104

H19年度の課題例

LHD: トカマクとヘリカルでの密度分布の比較(日本原子力研究開発機構)

相互交流: 内部導体トラス装置における電子バーンシュタイン波の励起実験(東大)
TST-2球状トカマクにおける高周波電流駆動実験(東大)

◎LHD計画共同研究

大学等における萌芽的・独創的研究の育成 30数件/年

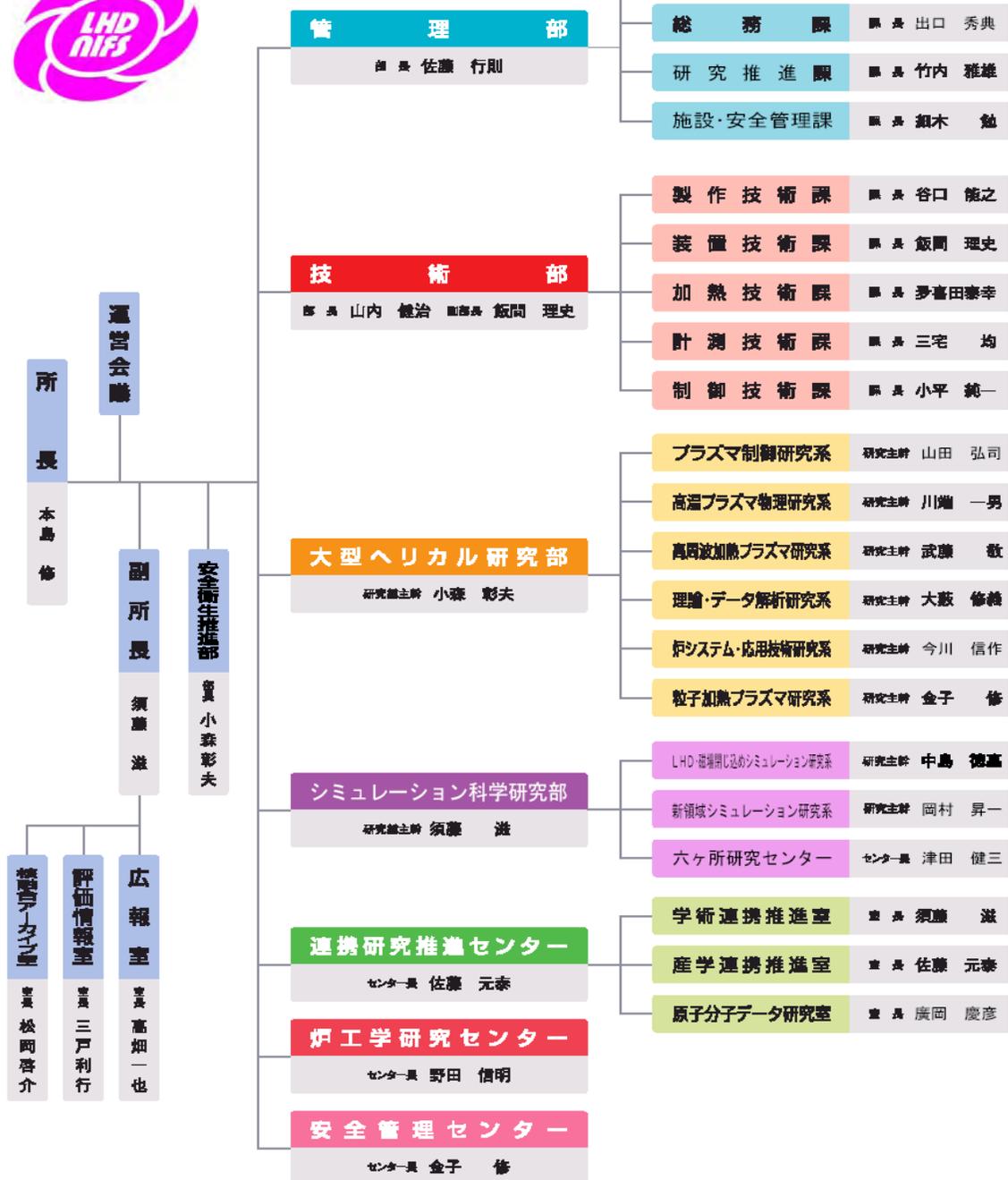
核融合ネットワーク(核融合科学、炉工学、プラズマ科学の一部)

採択課題の推薦、科研費へ応募

◎双方向型共同研究の創設(平成16年度)

経費は、参画機関に措置されていた核融合研究予算の約2分の1を核融合科学研究所に移管、核融合科学研究所の運営費交付金として予算執行、双方向型共同研究の企画に基づいて双方向型共同研究委員会が決定

方針: しっかりスタートし、確実に進化することを目指す
新しい芽の創出



共同利用・共同研究、 連携研究体制(2)

組織の見直し — 連携研究の強化

◎大型ヘリカル研究部

◎連携研究推進センター

レーザー高速点火計画

◎シミュレーション科学研究部

六ヶ所研究センターの開設



核融合科学研究所を中心にコミュニティ
の総力を上げた共同利用・共同研究を
展開



六ヶ所研究センターの開設

将来: ITER・BAへの参加拠点

現在: 3次元高速仮想現実システムの開発

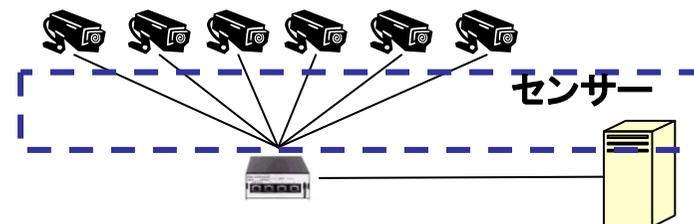
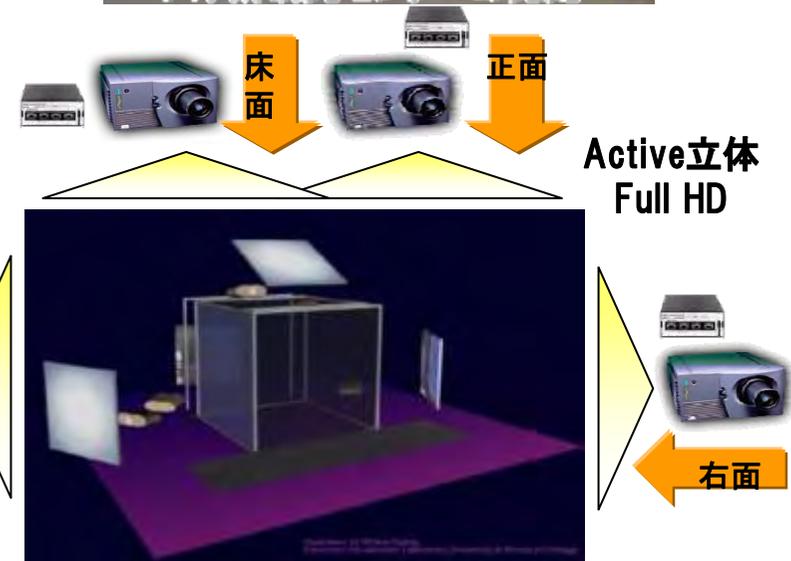
目的・概要

シミュレーション結果の高精度・高速可視化
炉設計・炉構造設計のバーチャルリアリティー
システムによる支援
遠隔バーチャルリアリティーシステム同時運用
開発(核融合科学研究所 土岐市と六ヶ所村間)

CompleXscope: 3次元体感型バーチャル
リアリティー(VR)

装置の高性能化、多次元可視化手法の開発
(空間3次元、運動量空間2次元)

炉設計・炉構造設計のバーチャルリアリティー
システムによる支援





炉工学研究センター(FERC)

H11年4月 炉工学研究センター(FERC)の設立

目的: 大学の炉工学共同研究推進

組織: 専任4(教授1、助教授2、助手1), 客員2(教授1、助教授1)

主な研究テーマ: 低放射化構造材料とブランケット工学の基盤技術の開発

H12年4月 強力中性子源要素技術開発共同研究を本格的に開始

(材料照射試験用強力中性子源の開発に関し原研と大学の協力の重要性を指摘する報告(原子力部会報告, 平成11年4月))

H15年4月 研究組織を専任7, 客員に拡充

研究テーマ: 材料開発, エネルギー変換システム開発, 超伝導コイル技術開発の3分野に拡大。
(長期的な視野に立った超伝導研究の一部を大型ヘリカル研究部から移管)

H16年4月 炉設計グループ等との連携強化のため, 所内併任3名を設置

核融合炉設計研究体制

炉工学研究センター +

一般共同研究 FFHRヘリカル核融合炉における高密度プラズマの燃焼制御の検討
ヘリカル炉設計における装置サイズ最適化に関するシステム統合研究 等

大型ヘリカル研究部

安全管理センター



LHD型ヘリカル炉FFHRの設計 高密度運転による核融合炉への新たなシナリオと展開



双方向型共同研究 実施状況

共同研究件数・共同研究者数

年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度
件数	43件	52件	53件	59件	68件
人数	延べ495人	延べ625人	延べ671人	延べ777人	延べ870人

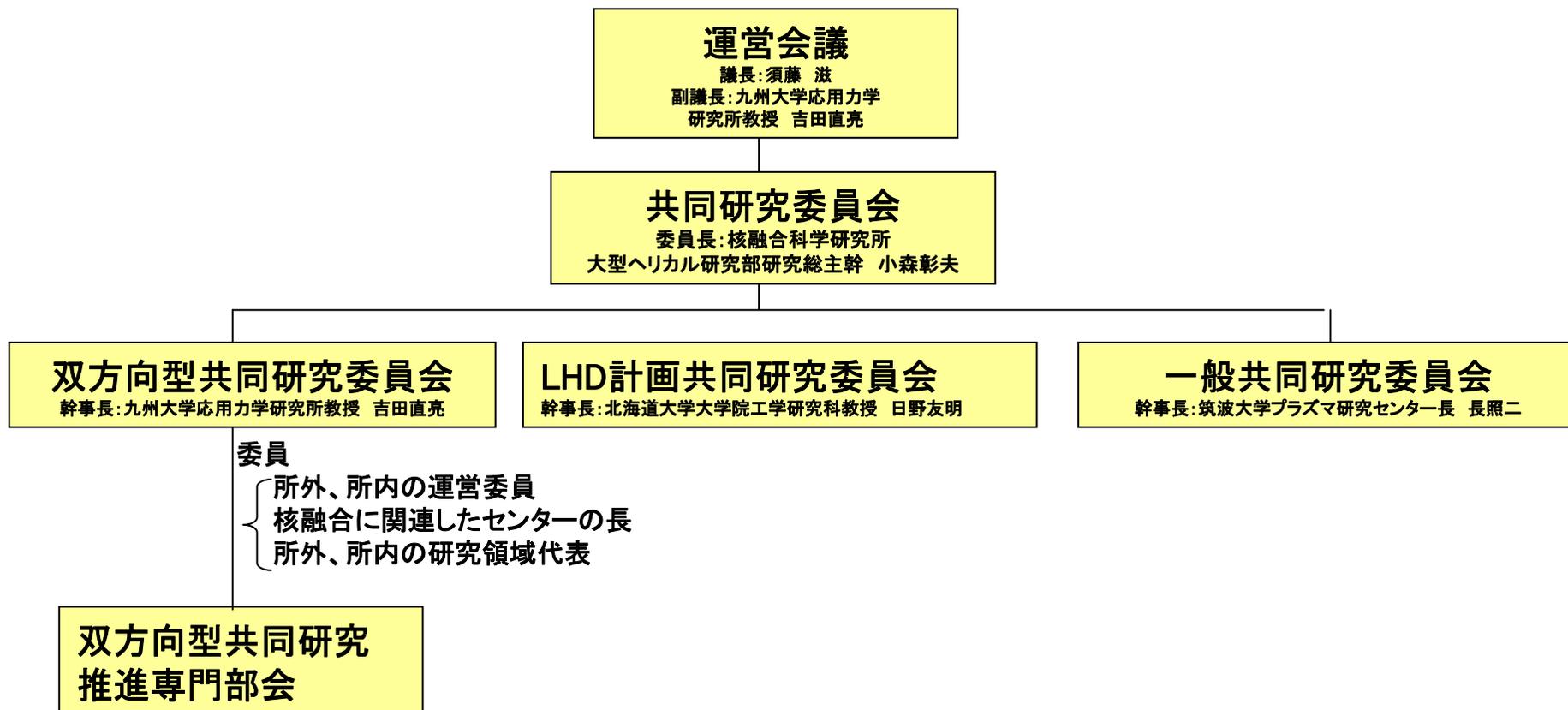




双方向型共同研究委員会

共同研究委員会のもとに、双方向、LHD計画、一般に対応して、専門部会(委員会)を設置

○ 各専門部会の幹事長(委員長)には、所外委員が就任 — 透明性の確保



委員会	大学等	核融合科学研究所
一般	14 (3)	11 (5)
LHD 計画	9 (3)	6 (4)
双方向	10 (7)	5 (3)

()内は運営委員数



双方向型共同研究委員会 調査審議等の具体的内容

双方向型共同研究委員会では、

- ◆ 特に4センターの研究課題が双方向型の方針に合致しているか、
- ◆ 今後、我が国の核融合研究をさらに発展させるため、どのような方向、内容であれば良いか、
- ◆ 4センター以外から提案された新規研究課題を同等の条件で採択するには、どのようなガイドラインが必要か、あるいは、どのような条件をクリアしていれば良いか、
- ◆ 必要な予算は大枠としてどのような配分であれば良いか、また、双方向型の概算要求案の検討等について、年間を通して審議を行っている

開催回数

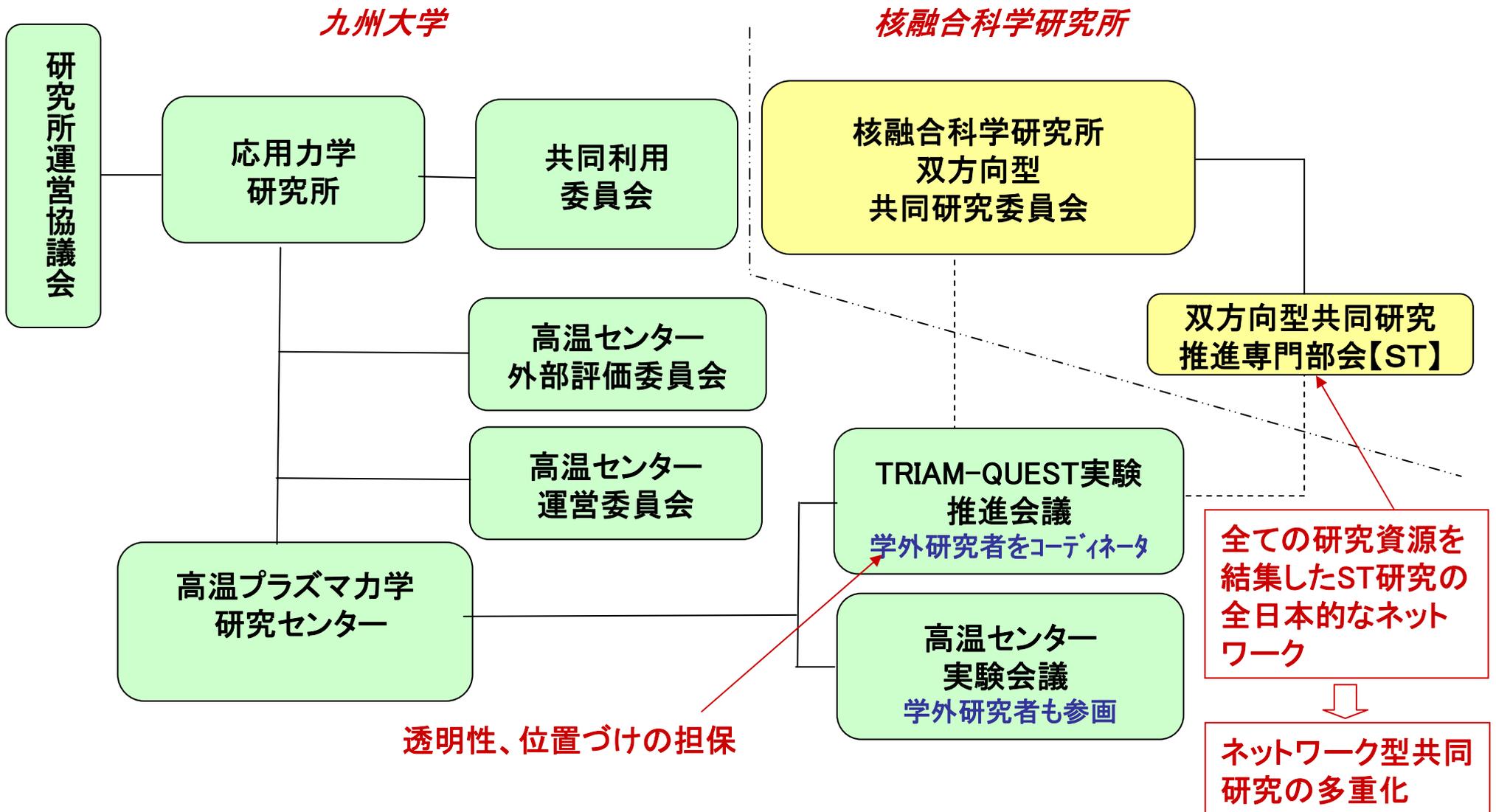
平成16年度 2回 平成17年度 7回 平成18年度 9回 平成19年度 9回

予算配分(千円)

	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度
全体	<u>623,849</u>	<u>623,849</u>	<u>673,675</u>	<u>673,575</u>
筑波大	150,282	150,282	105,427	150,282
京都大	150,096	150,096	105,297	105,787
大阪大	93,820	93,820	93,300	93,790
九州大	229,651	229,651	368,951	323,016
専門部会			700	700



新しい研究体制の構築 / 双方向型共同研究の下日本 全国の共同研究者の装置としての位置づけ





SINET3を用いたデータ処理システム

NIFSのデータ処理システムを利用することによる省力化
データ処理の透明性の確保
データの公開



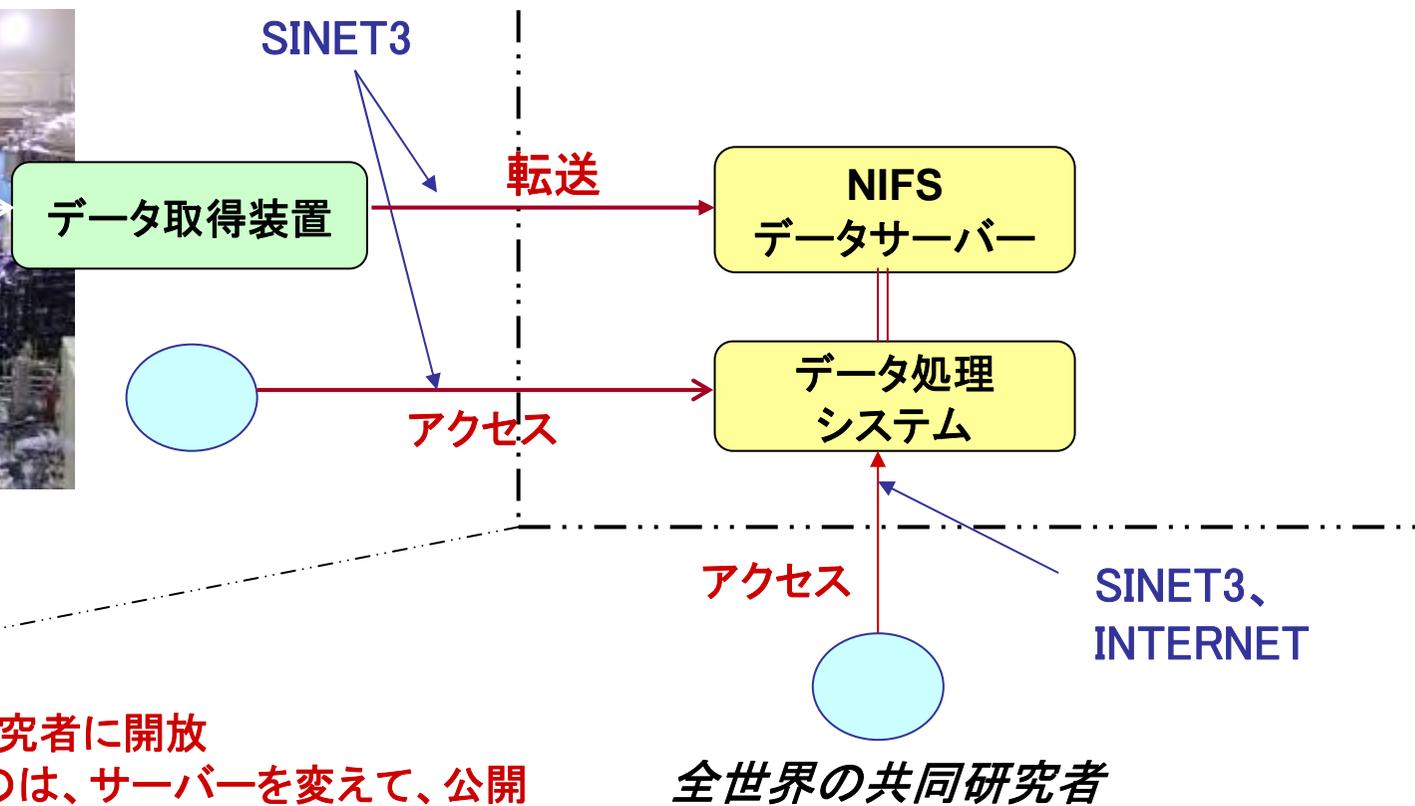
他センターでも採用の可能性

九州大学



QUEST

核融合科学研究所



- ・1年間は共同研究者に開放
- ・1年を過ぎたものは、サーバーを変えて、公開



核融合研の共同利用・共同研究の実施状況

○ 共同利用・共同研究の強化

体制の強化、研究企画の透明性・データを含む情報公開が主軸

○ 外部評価の実施

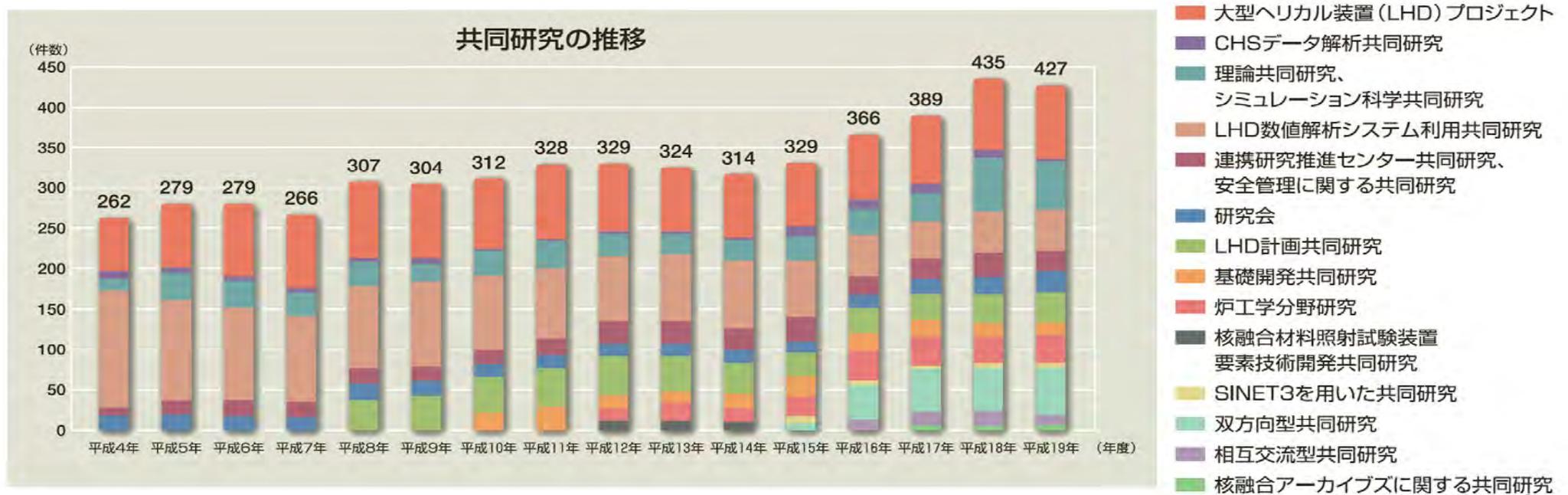
平成17年度 共同利用・共同研究の外部評価実施 **— 高い評価を得る**

○ 平成20年度の例

- ・ 国内共同研究 一般(339件)、LHD計画(34件)、双方向型(4大学と実施、68件)
- ・ 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

○ 共同研究内容の推移

LHD関連研究以外は、主にスーパーコンピュータを利用する共同研究 → 多彩な内容に発展





2. 人材育成等 2.1 研究人員の充実、研究環境の整備 多様な研究の機会提供

LHDは所外研究者を含む「LHD実験会議」で運用 **一透明性の確保一**

ミッション + テーマ枠制を採用

青字で示したミッションのリーダーには所内若手を起用

黒字の物理研究テーマのリーダーには所外共同研究者、サブリーダーには所内若手を起用



自由な発想に基づく提案、運用の透明性

担当研究系	主幹 主幹代理	テーマ枠	リーダー	サブリーダー	提案数
プラズマ制御	山田弘司 長山好夫	ローカルアイランドダイバータと 閉じ込め改善	坂本隆一	小林政弘	22(1)
		周辺プラズマ物理とプラズマ壁 相互作用	大野哲靖 (名大)	増崎貴 芦川直子	45(15)
高温プラズマ 物理	川端一男 渡辺清政	高 β	大館暁	榊原悟	11(1)
		コアプラズマ輸送	福田武司 (阪大)	田村直樹 舟場久芳	37(5)
		MHD平衡と安定性	中村祐司 (京大)	成嶋吉朗 渡邊清政	25(3)
高周波加熱 プラズマ	武藤敬 下妻隆	定常運転	斉藤健二	吉村泰夫	14(0)
		波動加熱物理	田中仁(京大)	伊神弘恵 関哲夫	18(3)
粒子加熱プラ ズマ	金子修 居田克己	高イオン温度	横山雅之	永岡賢一	17(1)
		高エネルギー粒子閉じ込め	村上定義 (京大)	徳沢季彦	18(2)
炉システム応 用技術	今川信作 三戸利行	装置工学実験	岡村哲至 (阪大)	柳長門	9(2)



若手研究者育成

at 2007.10.01

	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度
夏の体験入学・アジア冬の学校	賢島セミナー (Aug.19-21)	賢島セミナー (Jul.28-30)	賢島セミナー (Jul.27-29, Jul.31-Aug.2)	賢島セミナー Jul.29-Aug.1)
	夏の体験入学 (Aug.2-6)	夏の体験入学 (Aug.18-24)	夏の体験入学 (Aug.7-11)	夏の体験入学 Aug.8-10)
	アジア冬の学校 (Dec.9-11)	アジア冬の学校 (Dec.12-16)	アジア冬の学校 (Feb.27-Mar.2)	アジア冬の学校 (Jan 2008) ITER サマースクール (Jul.16-20)
総合研究大学院大学				
学生数	23	25	21	20
博士取得者数	6	12	4	3
連携大学院				
名古屋大学工学研究科	14	11	10	6
名古屋大学理学研究科	8	7	4	5
北海道大学	0	1	2	1
富山大学	0	14	15	15
特別共同利用研究員				
国立大学法人から	27	22	24	14
公立大学から	0	0	0	1 (富山県立大)
私立大学から	4	4 (上智大, 成蹊大, 東海大, 立教大)	4 (上智大, 成蹊大, 東海大, 藤田衛生大)	4 (上智大, 成蹊大, 東海大, 福岡工業大)
COE研究員採用実績	12	11	8	9



ITPA

ITPA活動、ITERへの参加状況

トピカルグループ名	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度
輸送物理	2(2)	9(8)	5(4)	2(1)
閉じ込めデータベース&モデリング	0	3(1)	0	2(1)
MHD安定性	1(1)	4(4)	1(0)	9(7)
周辺及びペDESTAL物理	2(1)	4(4)	4(4)	2(1)
スクレイプオフ層及びダイバータ物理	1(2)	2(3)	1(1)	2(3)
定常運転及び制御	1(0)	1(1)	1(0)	0
計測	3(2)	2(0)	4(4)	0
合計	10(8)	25(21)	16(13)	17(13)

ITER

表内の数字は参加人数で()内は発表件数

所属	職名	氏名	派遣期間	用務	派遣先
プラズマ制御 研究系	助教	小林政弘	2005/9/25 ~ 2006/3/25	平成17年度大学教育の国際化推進プログラム(海外先進研究実施支援)	ITER Joint Works Site ガルヒン(ドイツ) 核融合エネルギーフォーラムから受賞 「核融合エネルギー奨励賞 優秀賞」
炉工学研究 センター	助教	妹尾和威	2008/2/1 ~ 2008/12/15	ITER導体性能の評価、解析	日本原子力開発研究機構 ITER超伝導磁石開発グループ ITER協力調整グループ 31/41



2. 2社会への発信 社会から理解を得るための取り組み

核融合科学研究所オープンハウス(オープンキャンパス)

年度	実施年月日	参加者数	実施テーマ
H16	16.10.30(土)	約2,500名	めざせ, 地上の太陽
H17	17.8.20(土)	約2,500名	未来を照らすプラズマとエネルギー
H18	18.10.28(土)	約2,500名	ようこそ! エネルギー科学の最先端へ!
H19	19.11.10(土)	約3,000名	未知を拓き, 未来を創る

核融合科学研究所見学者数

年度	見学者数
H16	2,416
H17	2,371
H18	3,038
H19	2,763

核融合科学研究所市民学術講演会

年度	土岐コンファレンス期間中		その他期間	
	開催年月日	参加者数	開催年月日	参加者数
H16	16.10.6(水)	約80名		
H17	17.12.8(木)	約100名		
H18	18.12.7(木)	215名	18.7.22(土)	約170名
H19	19.10.17(水)	183名	19.7.21(土)	235名

WEBによるNIFS活動報告

年度	件数
H16	8
H17	21
H18	26
H19	20

配信数
H17 220
H19 371

WEB、メールによる質問/回答数

年度	件数
H16	9
H17	8
H18	12
H19	11

核融合科学研究所市民説明会

年度	土岐市内			多治見市内			瑞浪市内		
	開催期間	会場数	参加人数	開催期間	会場数	参加人数	開催期間	会場数	参加人数
H18	8/15(火)~ 8/19(土)	9	126	8/19(土)~ 8/27(日)	14	129	9/14(木)	1	37
H19	8/2(木)~8/10 (金)	9	329	8/16(木)~ 8/24(金)	14	89	8/30(木)	1	36

平成20年度においてキッズエネルギー科学館開館予定



重水素実験のための協定書締結に向けた活動

[市民説明会]・・・平成20年度においても実施予定

市民講演会 : 対象は主に土岐市、多治見市、瑞浪市の市民

【平成18年度:7月22日に実施、170人が参加、平成19年度:7月21日に実施、235人が参加】

議員への説明: 3市を地元とする県会議員、3市の市議会議員【平成20年度も逐次実施】

市民説明会 : 土岐市、多治見市 = 校区を基本に計23箇所を実施

【平成19年度:土岐市(8/2~10)、多治見市(8/16~24)計23会場で実施】

瑞浪市 = 一箇所を実施【平成19年度:8月30日に実施】



計24箇所を実施、平成18年度:参加者約300人、平成19年度:参加者約450人

[重水素実験安全評価委員会] 委員17名+オブザーバー

重水素実験計画について、安全性評価と実験環境評価のため、設置

委員メンバー : トリチウム、放射線、プラズマの専門家、地元関係者、一般公募に応募された3市在住者、在勤者、ジャーナリスト 等

オブザーバー : 地元自治体(岐阜県、土岐市、多治見市、瑞浪市)の担当部長

開催日 : 平成19年1月19日(第1回)、2月27日(第2回目)、3月19日(第3回)、4月21日(第4回)、5月24日(第5回)、9月8日(第6回)、11月4日(第7回)



委員会より検討内容をまとめた中間報告が提出された(6月12日)

地元自治体窓口やホームページ上で意見募集(パブリックコメント)(6月18日~7月17日)



寄せられた意見を参考にして、さらに審議がなされ、最終報告が取りまとめられた(11月16日)

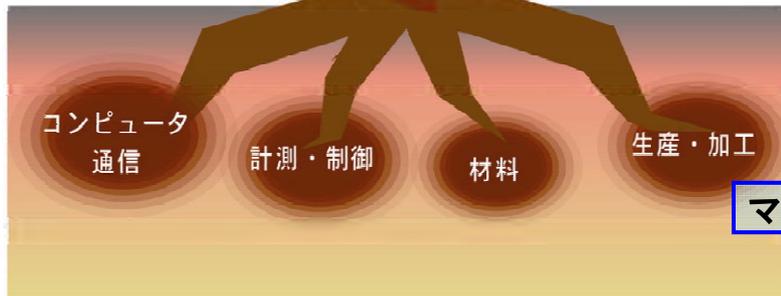


2. 3研究のスピノフについて 核融合研究の波及効果・イノベーション

広範な波及効果・相乗効果が期待

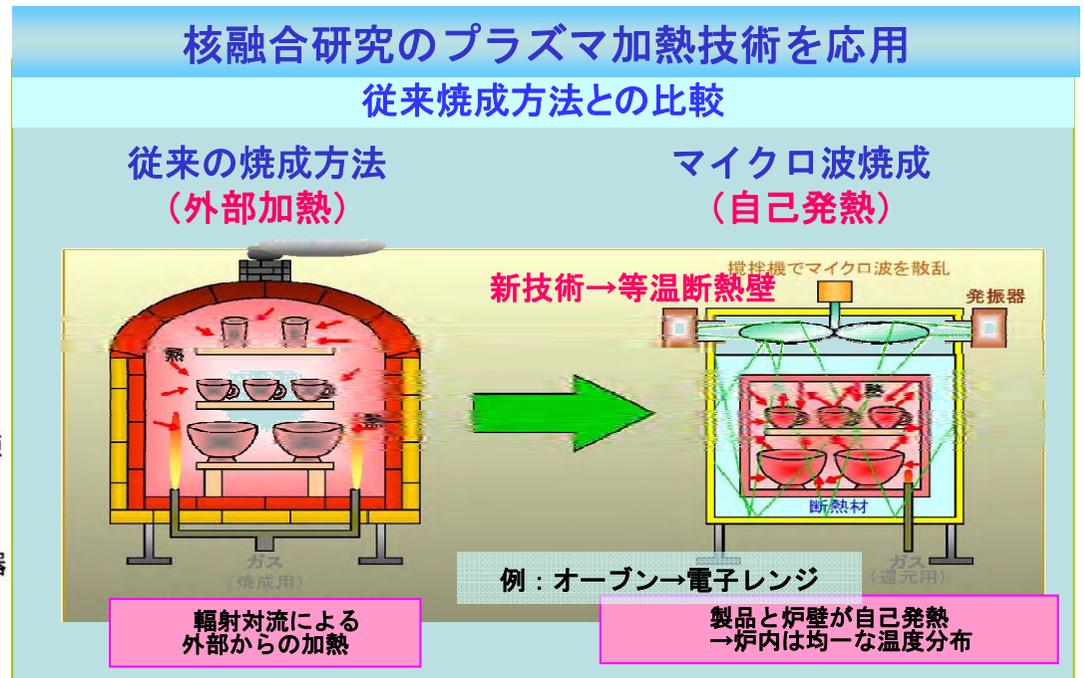


LHDによる核融合研究

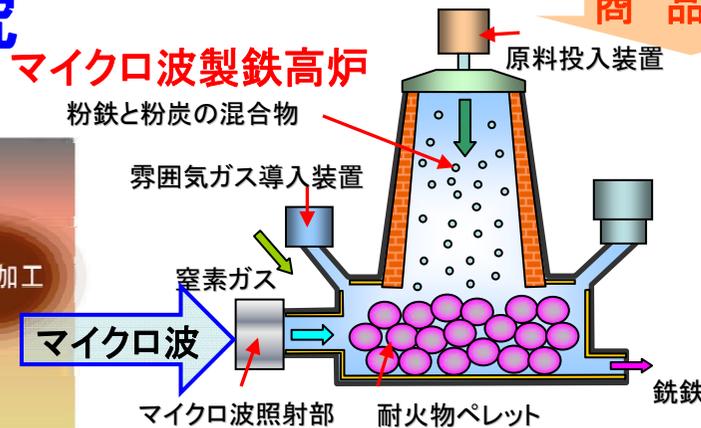


<波及効果の例>

マイクロ波焼成技術



商品化 マイクロ波製鉄高炉



世界初のマイクロ波連続工業炉

地域連携推進研究費による試作：平成13年
工場用生産機：平成16年7月納入

製造：美濃窯業(株) (瑞浪市)



3. 知識・情報基盤の整備

国際ステラレータ/ヘリオトロン・データベース活動

国際エネルギー機関(IEA)実施協定「ステラレータ概念の開発」に基づく国際共同作業

✓ 9つの主たるヘリカル系実験:

日本: LHD, CHS, Heliotron E, Heliotron J

ドイツ : W7-A, W7-AS, (W7-X)

米国 : ATF, HSX

スペイン : TJ-II

→ 3000以上の実験データ

0次元、1次元分布、MHD平衡・不安定性、
周辺プラズマ、と段階的に高度化

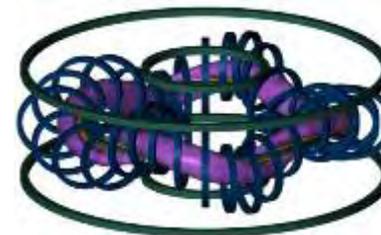
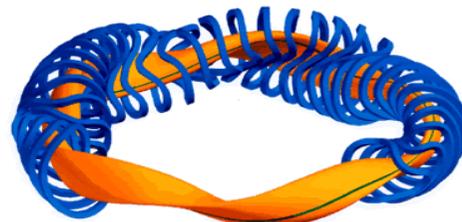
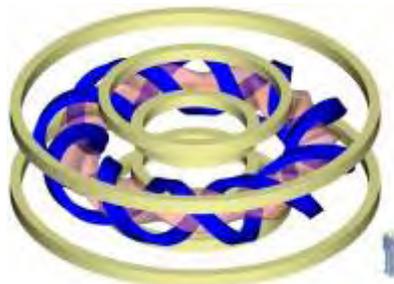
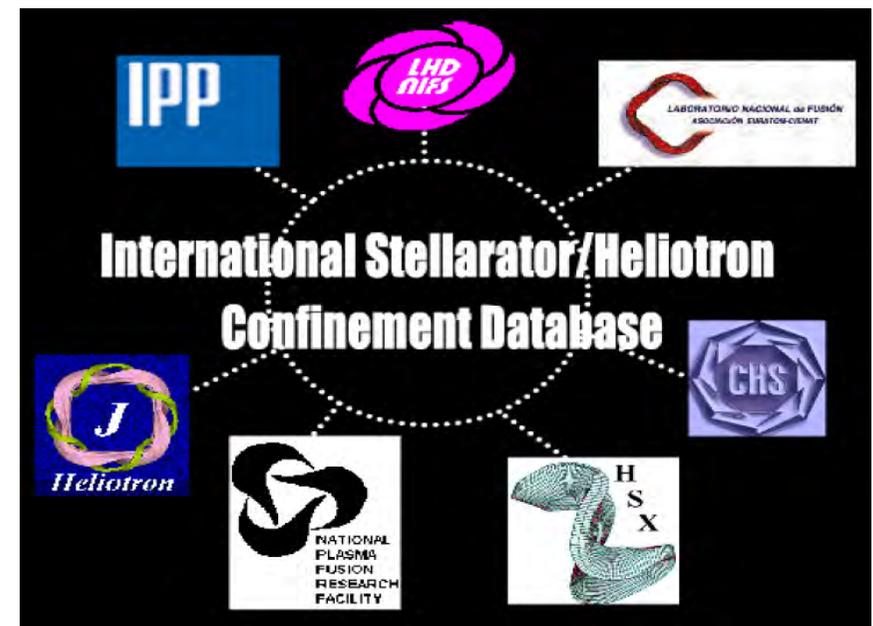
調整作業会による組織的拡大・進展

→ 大規模計算コードベンチマーク
統合シミュレーション開発
ヘリカル炉設計

閉じ込めデータベース:

核融合研・マックスプランクプラズマ
物理研(独)共同ホスト

<http://iscdb.nifs.ac.jp/> にて公開





各種のデータベースの作成と公開

原子・分子データベース

原子分子数値データベース

電子衝突による電離、励起、再結合断面積及び速度係数、重粒子衝突による荷電交換断面積、分子の各種衝突過程断面積及び速度係数、固体のスパッタリングイールド、固体からの後方散乱係数

文献検索データベース

プラズマ・核融合科学、原子分子物理学、原子分子衝突過程

アクセス数 H15年度 2770件 H19年度 3710件

超伝導データベース

核融合科学研究所、日本原子力研究所、および九州大学応用力学研究所の3つの研究所が協力し、超伝導マグネットシステムに関するデータベースを構築

3つの研究所に蓄積された研究開発の成果を取りまとめたものであり、将来の大型核融合装置の設計、建設、運転のデータベース

核融合アーカイブズ

日本における核融合研究の歴史的評価を行うとともに史料の公開を通して社会に対する説明責任を果たすことが出来るよう歴史的史料を収集、整理、登録

総合研究大学院大学、国文学研究資料館、高エネルギー加速器研究機構との緊密な共同研究により、国際標準であるEAD (Encoded Archival Description、符号化記録史料記述)による検索を一部史料について開始

公開は、基準作成後、実施予定



4. 外部評価の実施 法人化後の実施状況

1. 国立大学法人評価委員会による評価

平成17年度	平成16年度の業務実績評価
平成18年度	平成17年度の業務実績評価
平成19年度	平成18年度の業務実績評価
平成20年度	平成19年度および中期目標期間の業務実績評価(実施予定)

2. 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会による評価

平成16年度	大型ヘリカル装置(LHD)研究、シミュレーション研究
平成17年度	共同利用・共同研究、炉工学研究センター、安全管理センター
平成18年度	国際共同研究、連携研究推進センター、技術部
平成19年度	大型ヘリカル装置(LHD)研究、シミュレーション研究

3. 核融合科学研究所双方向型共同研究外部評価委員会による評価

平成20年度	双方向型共同研究(実施中)
--------	---------------

4. 社団法人 低温工学協会による評価

平成17年度	超伝導・低温グループ
--------	------------



平成19年度 大型ヘリカル装置(LHD)の外部評価

以下抜粋

核融合炉心プラズマを見通すことを目指して、プラズマの高性能化を図ることができたか

LHD では、重点研究課題に応えるために必要とされているプラズマ性能の目標が設定されている。これらの目標に対して、NBI の増強、ペレット入射装置の開発など、多くの適切な機器整備が行われ、超高密度プラズマの生成 ($1.1 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$)、 β 値 (5%)、長時間プラズマの維持 (54 min)、中心イオン温度 (6.8 keV) 及び中心電子温度 (10 keV) を達成したことは、核融合炉心プラズマを見通すことを目指してプラズマの高性能化を図る観点から、高く評価できる。

核融合三重積の増大、温度の増大等、高性能化は着実に進展しており、ヘリカル型核融合炉の実現に対する新しいアプローチを提示する視点から大きな飛躍といえる。

今後の重水素実験の開始により、更なる高性能化が期待される。

一方、長時間実証実験では、加熱パワーは不十分と考えられ、今後の加熱機器の合理的な整備計画が必要であろう。

環状プラズマの総合的理解と核融合炉心プラズマの実現に向けた学術研究を進めることができたか

核融合炉心プラズマの実現には高温・高密度プラズマを長時間閉じ込めることが必要であり、さらに経済的な炉設計を行うには電磁流体力学的に安定な高ベータプラズマを必要とする。このような視点から、LHD 研究において高密度・高ベータプラズマの閉じ込め研究、圧力駆動型電磁流体力学的不安定性の研究、閉じ込め改善を実現する内部輸送障壁 (ITB) や帯状流 (Zonal Flow) の研究等、環状プラズマの総合的な理解を図る広範な学術研究が、プラズマパラメータの精確な測定を用いて、トカマクとの対比を考慮しつつ進展していることは、高く評価できる。



平成19年度 大型ヘリカル装置(LHD)の外部評価(2)

プラズマの高性能化に必要となる物理機構の解明などを、研究所や大学・附置研究所・センターの装置・設備を有機的に活用し、双方向型共同研究として進めることができたか

双方向型共同研究のシステムを活用し、外部に出向いて、極めて活発な、また幅広い共同研究が行われており、多くの成果を挙げている。これらの共同研究の成果はLHD 研究の目標の1 つである環状プラズマの総合的理解を深めるものとなっており、評価できる。京都大学(Heliotron J)では閉じ込め改善とヘリカル磁場構造の関係の共同研究が、九州大学(TRIAM-1M/QUEST)では高温プラズマ定常化とプラズマ壁相互作用の共同研究及び球状トラスに関わる研究計画が、筑波大学(GAMMA10)ではプラズマ閉じ込め改善の物理機構解明の共同研究が、進展している。これらの共同研究において、研究所や大学・附置研究所・センターの装置・設備を有機的に活用し、プラズマの高性能化に必要となる物理機構の解明を一段と加速するよう期待する。

COE としての役割を果たすことができたか、さらに、国際的な連携研究・貢献などにより、国際的にもCOE としての役割を果たすことができたか

NIFS は高い研究レベルと国際的共同研究の中核機関としての両面で、COE の役割を十分果たしている。特にLHD は国内において重点化装置として位置づけられ、環状系プラズマ研究において国際的なCOE としての役割を大いに果たしている。また日米、日欧、日中、日韓等の連携体制を整備し、多くの国際共同研究、国際連携の窓口として、国際的な核融合研究のリーダーシップを発揮している。これらの点から高く評価できる。



平成19年度 大型ヘリカル装置(LHD)の外部評価(3)

国際的に活躍できる人材の養成を行えたか

NIFSの大学院教育は、(1)総合研究大学院大学物理科学研究科の基盤研究機関の一つ(核融合科学専攻)として、(2)名古屋大学大学院工学研究科及び理学研究科、北海道大学大学院工学研究科、富山大学大学院理工学教育部との連携大学院、及び(3)特別共同利用研究員としての他大学の学生の教育委託の3つによって行われている。LHD実験では、この3つの人材養成の外に、一般共同研究、LHD計画共同研究及び双方向型共同研究の展開によって、全国の大学における多くの学生の教育・研究にも貢献している。

総合研究大学院大学の核融合科学専攻としてはこの4年間に定員を超える博士号取得者を送り出しており、その6割がLHD研究に関連する課題で学位を取っている。外国人留学生も多く、LHD実験の教育面での効果と国際貢献は大きい。また日米、日欧、日中、日韓等の国際連携において、大学院生や若手研究者の海外派遣や、海外の若手研究者の招へいを積極的に行っており、国内外の若手研究者を国際的に活躍できる人材として養成していると評価できる。更にポスドク枠として数名のCOE研究員を雇用しており、若手研究者の育成に努力しているのは評価できる。

しかし、ITERを視野に入れた国際的に真に活躍できる人材の養成には更なる努力が望まれる。そのためには独自の積極的な人材養成プログラムを持ち、戦略的に取り組む必要がある。



5. まとめ

1. ヘリカル方式は、LHDによる研究を中心に、ヘリカルプラズマの高性能化が、磁場配位の最適化研究などにより、着実に進展している。また、ヘリカルプラズマの高性能化は、世界のヘリカル研究と連携しつつ、図られている。
2. 大型装置では得られないプラズマ領域を実現できる斬新なアイデアに基づく中小規模のプラズマ実験装置を用いた研究、例えば、球状トラスや新形式の内部導体等の研究など大学等における核融合プラズマ科学の基礎実験に関し、核融合研は、共同研究体制を充実させることにより、その進展に大きく寄与している。即ち、双方向性を持った共同研究である、双方向型共同研究の創設、一般共同研究における相互交流型共同研究の開始、LHD計画共同研究などにより、大学における萌芽的、独創的研究の進展を支援するとともに、LHDにその成果を活かす体制を整え、今後、さらなる成果が期待される。
3. LHDでは、研究者の育成のため、若手研究者にテーマリーダーを勤めてもらうなどして、多様かつ魅力ある研究の機会を提供することに努めている。また、総研大学の基盤研究機関の一つであることに加えて、連携大学院制度、特別共同利用研究員制度を活用して大学院生の教育を積極的に行っている。さらに、一般共同研究、LHD 計画共同研究及び双方向型共同研究の展開によって、全国の大学における多くの学生の教育・研究にも貢献している。
4. 国際協力において、大学院生や若手研究者の海外派遣や、海外の若手研究者の招へいを積極的に行っており、国内外の若手研究者を国際的に活躍できる人材として養成している。さらにポスドク枠として数名のCOE 研究員を雇用しており、若手研究者の育成に努力している。
5. 社会への発信については、市民説明会、市民学術講演会、一般公開などを積極的に行っている。重水素実験に向けた協定書の締結が当面の課題である。
6. 知識・情報基盤の整備などにおいても、ステラレータ協定に基づく国際共同作業により「閉じ込めデータベース」、また、「原子・分子データベース」などを作成し、大きく貢献している。