

参考資料 2

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
原子力分野の研究開発に関する委員会
核融合研究作業部会（第3回）
平成18年8月31日（木）

日本原子力研究開発機構 - 炉工学 -

（独）日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門

原子力機構における炉工学の研究開発の進め方

炉工学の研究開発は、原子力委員会策定の「第三段階核融合研究開発基本計画」に基づき、ITERに必要な主要構成機器の開発・高性能化を図ること、及び核融合炉開発に必要な炉工学技術の基盤を構築すること、の2項目の実現を目標とする。

科学技術・学術審議会基本問題特別委員会核融合研究ワーキング・グループの報告書において、原子力機構は「ITER計画、トカマク炉心プラズマ開発、炉工学開発を我が国の中核的機関として推進し、核融合開発研究に必要な人材育成を進めることが必要である」とされ、炉工学分野に関しては

- ①材料照射試験装置計画を大学等との連携の下で推進する役割
 - ②ブランケット、超伝導、加熱・電流駆動を含む所要の開発研究を、我が国の中核機関として推進する役割
- が求められる」とされている。

以下、上記2点を中心に、主に重点化後の研究開発の進展を報告する。

国際核融合材料照射施設（IFMIF）の要求性能と構成

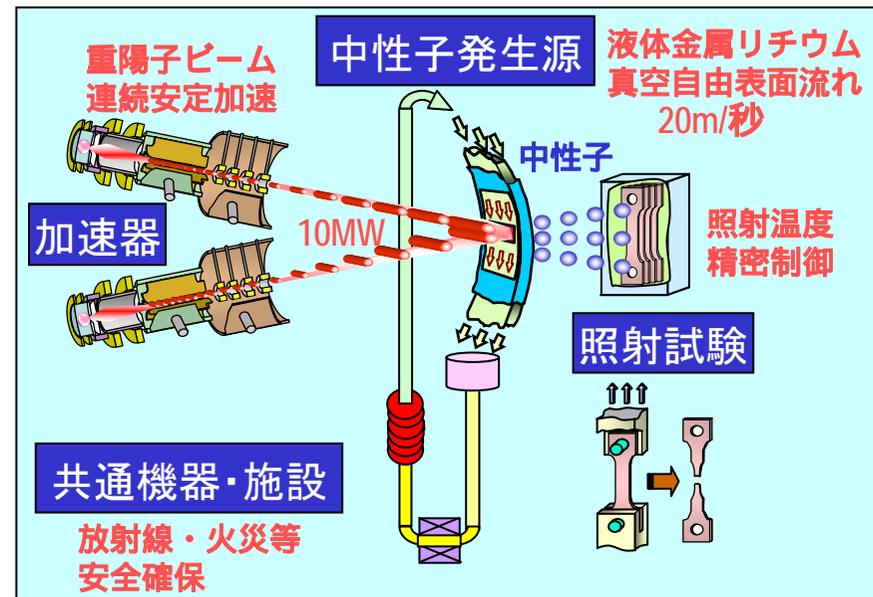
原型炉の設計・許認可・建設・安全な運転のためには、核融合条件を模擬しうる中性子照射施設が不可欠

- これまで、IEAの下でのボランティアな国際協力により、IFMIF計画を展開
- 核融合炉の照射環境を模擬するため、d-Li加速器型中性子源を採択
- 主たる目標は、核融合炉候補材の工学実証データの取得
- 既存の原子炉照射データとの相関を解明し、その有効活用を図る

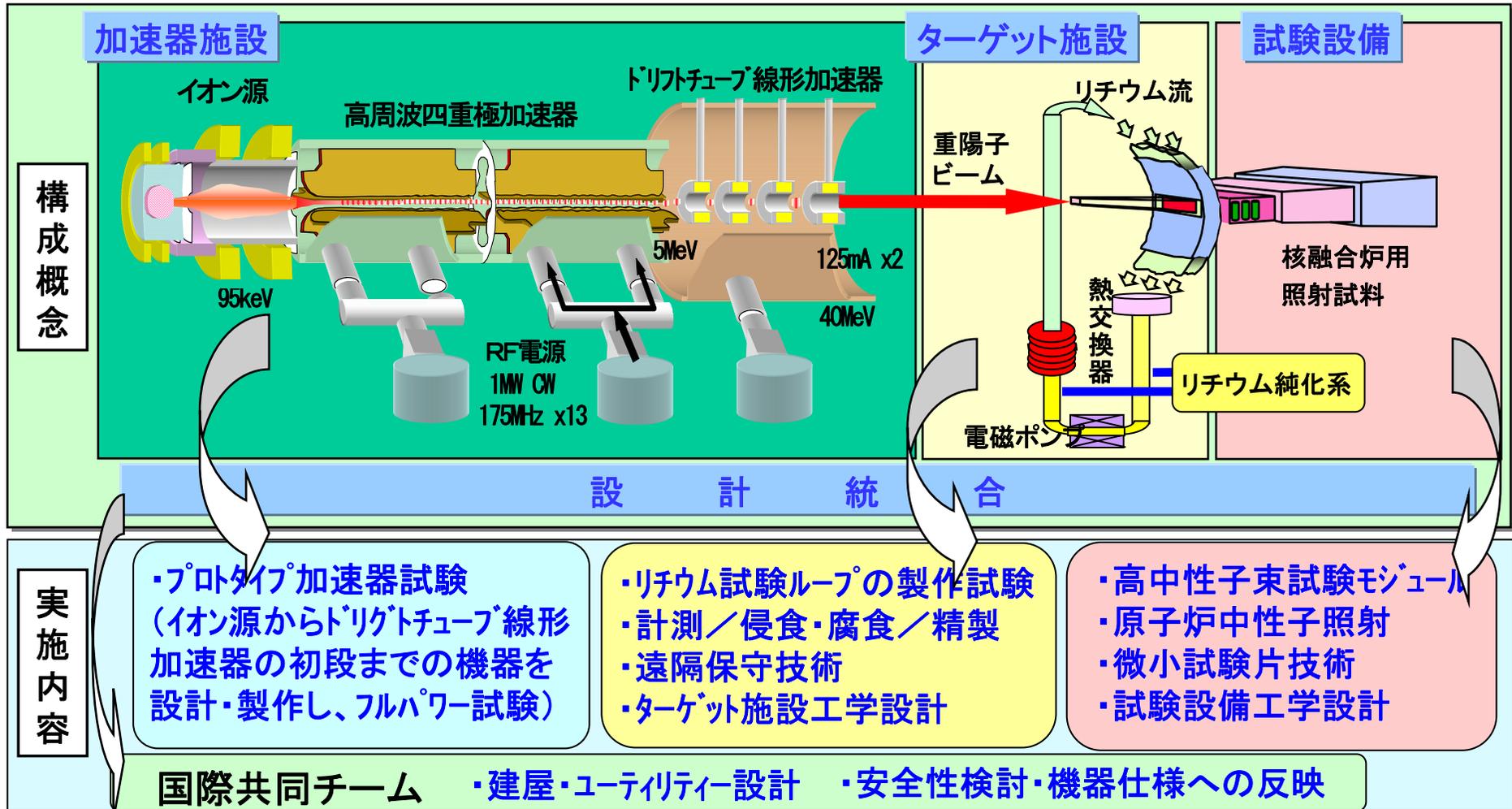
IFMIFのシステム構成要素

主な要求性能

- 照射容積(弾き出し損傷速度)
 - 0.5% (>20 dpa*/年、最大50dpa/年)
 - 6.0% (> 1 dpa/年)
 - 7.5% (>0.1dpa/年)
- 中性子スペクトル 第一壁環境を模擬
- 中性子束勾配 試験片試験部近傍で<10%
- 稼働率 70%



IFMIFの工学実証・工学設計活動（EVEDA）計画の策定が進展 - 幅広いアプローチ（BA）計画の一部として実施予定 -

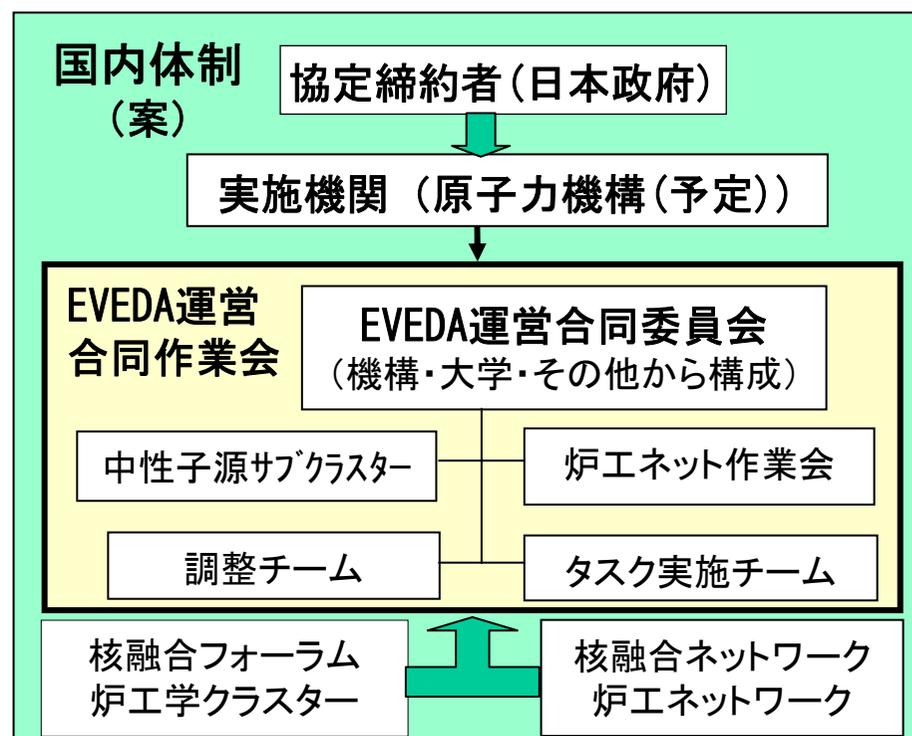
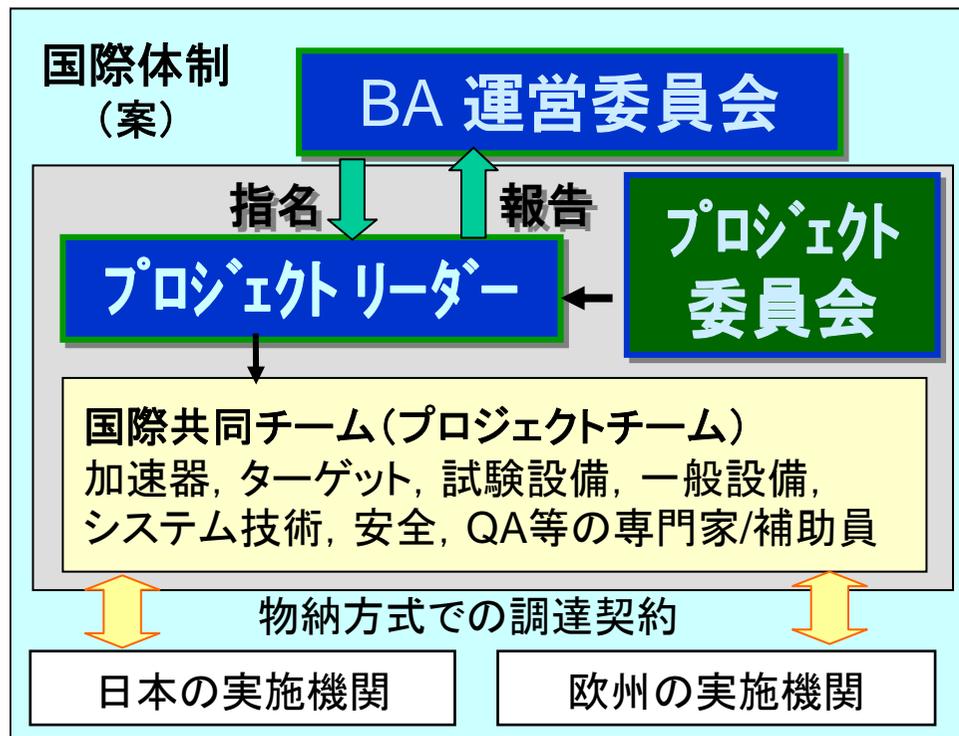


日欧分担

- ・国際共同チームへの専門家の派遣は日欧が折半、補助員派遣・事務経費は日本が負担。
- ・加速器施設は試験施設とプロトタイプの一部機器を含め日本が20%分担。
- ・ターゲット施設は試験ループ等の主要機器を始めとする83%を日本が分担。
- ・試験設備は高中性子束試験モジュール、微小試験片技術等を合わせ日本が16%分担。
- ・プロジェクト全体では日本の分担は35%。

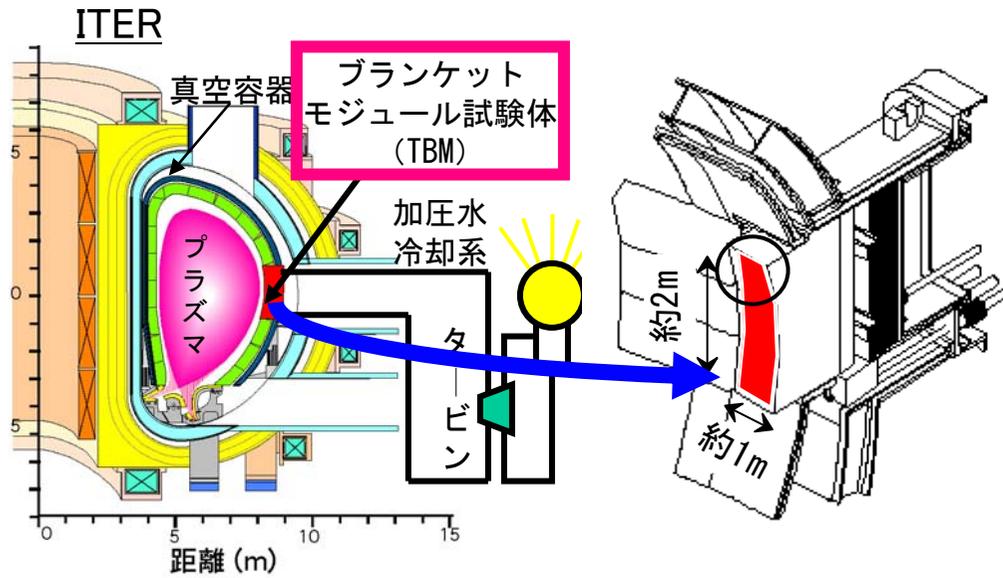
EVEDA実施体制の構築

－ BA及び国内体制



年度	1995	2000	2005	2010	2015～
概念設計					IEA協力で実施 日本、欧州、米国、ロシアが参加
要素技術確証			総合設計報告書完成		
工学実証・ 工学設計活動		日欧BA協定のプロジェクト のひとつとして実施予定		EVEDA(6年)	加速器プロトタイプ、Liモデルループ等 の実証試験と施設全体の工学設計
建設・運転・ 開発・廃止活動				建設判断	建設 (～7年) 試験調整 運転・開発 (20～30年間) 廃止 ～5年

ブランケット研究開発の位置づけ



各極が提案するTBM概念

○・・・各極の主要案

極	日本	欧州	米国	露	中国	韓国	印度
固体増殖/He	○	○	○	○	○	○	○
LiPb/He	○	○	○		○		○
固体増殖/水	○						○
液体Li/V	○			○		○	○
溶融塩	○						○

☆「核融合エネルギーの実現は人類共通の課題。ITERを中核とした国際協力によりその可能性を追求」(第三期科学技術基本計画)。

ブランケットはその中核機器であり;

- プラズマのエネルギーを熱の形で炉外に取り出して、発電に利用
- 燃料であるトリチウムの増殖・生産

☆ブランケットのモジュール試験は、ITERの重要なミッション:「今後の核融合研究開発の推進方策について」(平成17年11月、原子力委員会決定)

○ITERにブランケットのモジュール試験体(TBM)を設置し、試験を行うことが不可欠。

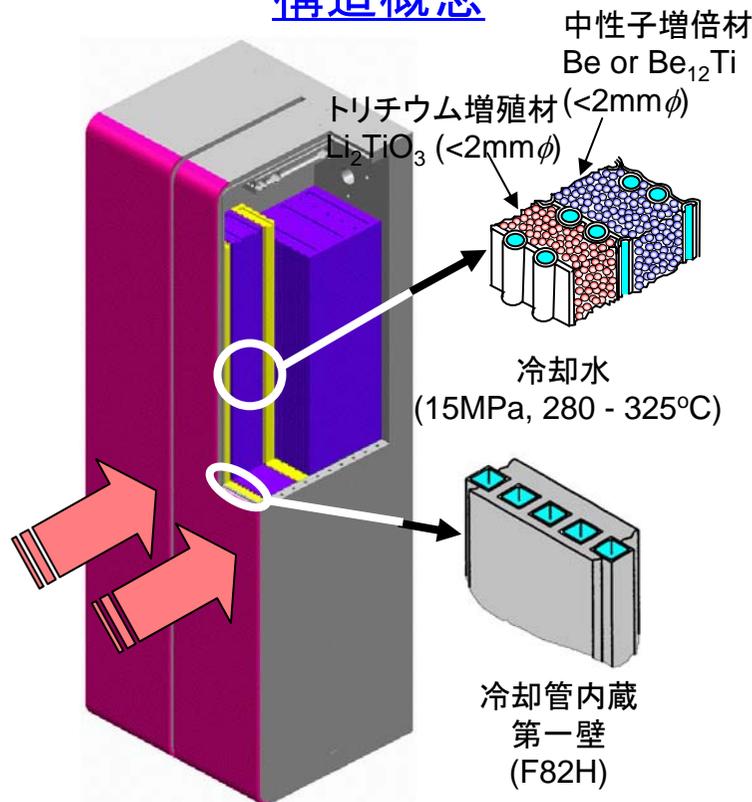
○我が国の主要案は、固体増殖/加圧水冷却方式のTBM(各極提案は上表参照)

○この主要案の開発の中核機関は日本原子力研究開発機構

「核融合炉ブランケットの研究開発の進め方」(平成12年8月、原子力委員会核融合会議)

原子力機構が開発を進めるTBM主案の概要

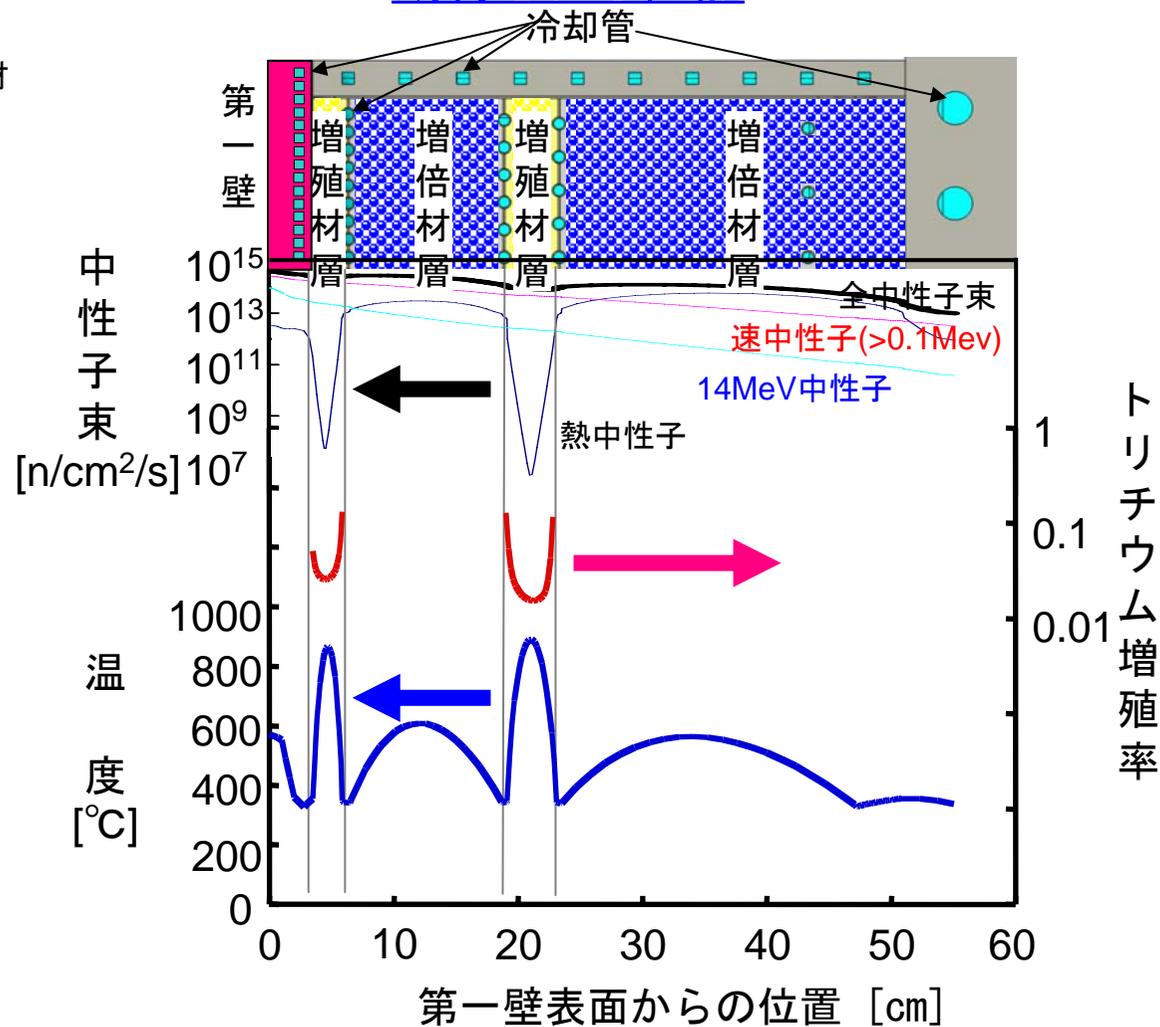
水冷却固体増殖TBMの 構造概念



設計条件

表面熱負荷: 0.5MW/m²
 中性子壁負荷: 0.8MW/m²
 フルエンス: 0.3MWa/m²
 DT燃焼パルス数: 30000回

期待される性能

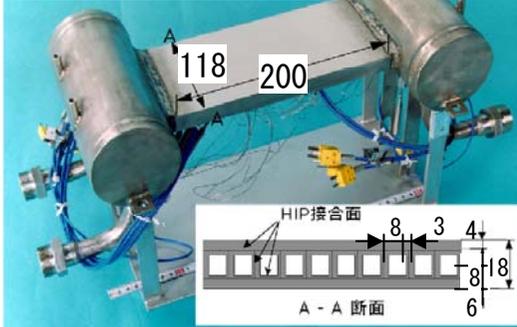


適正な温度制御性と健全性を示し、所定の熱の取り出しとトリチウム増殖性能を達成すること。

増殖ブランケットの開発 - 要素技術開発をほぼ完了

第1壁パネル製造技術

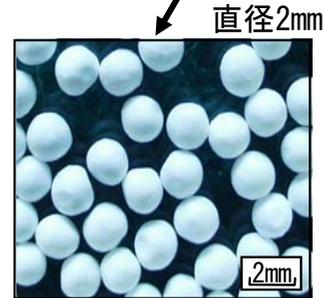
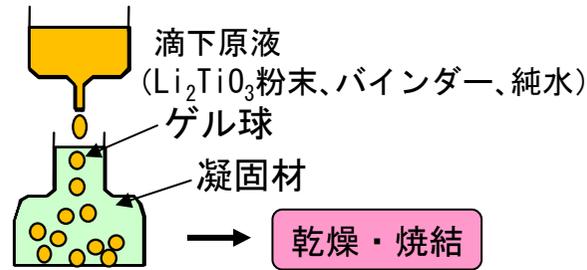
HIP接合低放射化フェラ
イト鋼第一壁パネル



- ・HIP接合による第一壁
- ・パネル・モックアップ

- ・HIP条件を選定
(約1000°C、1500気圧)
- ・材料疲労強度と同程度の疲労強度
(1MW/m²、400秒、5000回以上)

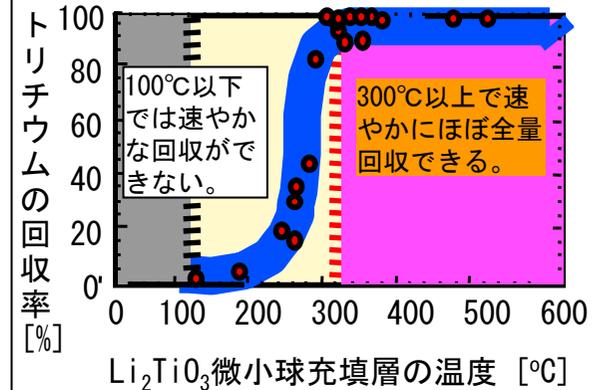
微小球製造技術



Li₂TiO₃微小球

増殖材(Li₂TiO₃)微小球の製造技術
(湿式造粒法)と微小球の外観

増殖材微小球からの トリチウム放出特性



- ・JMTRによる増殖材充填試験体の中性子照射下でのトリチウム放出試験の結果

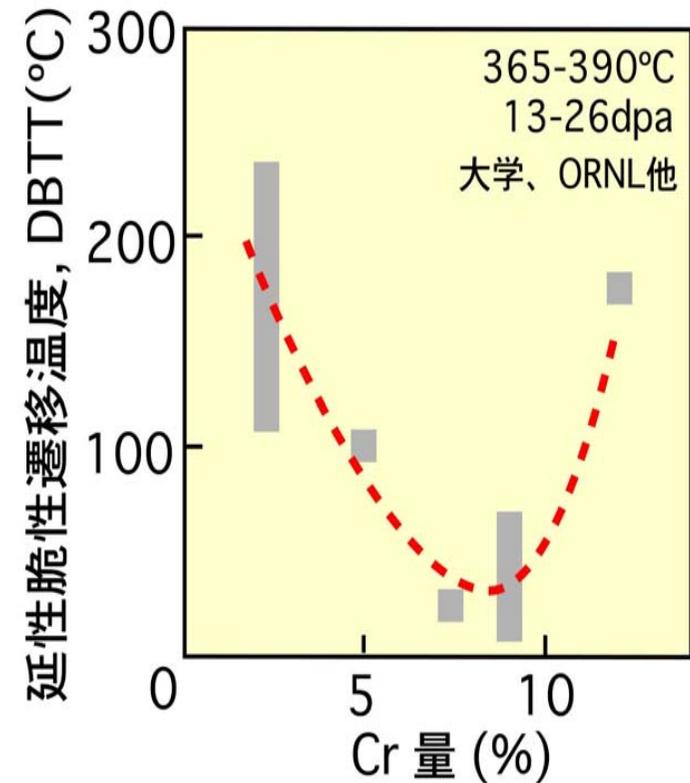
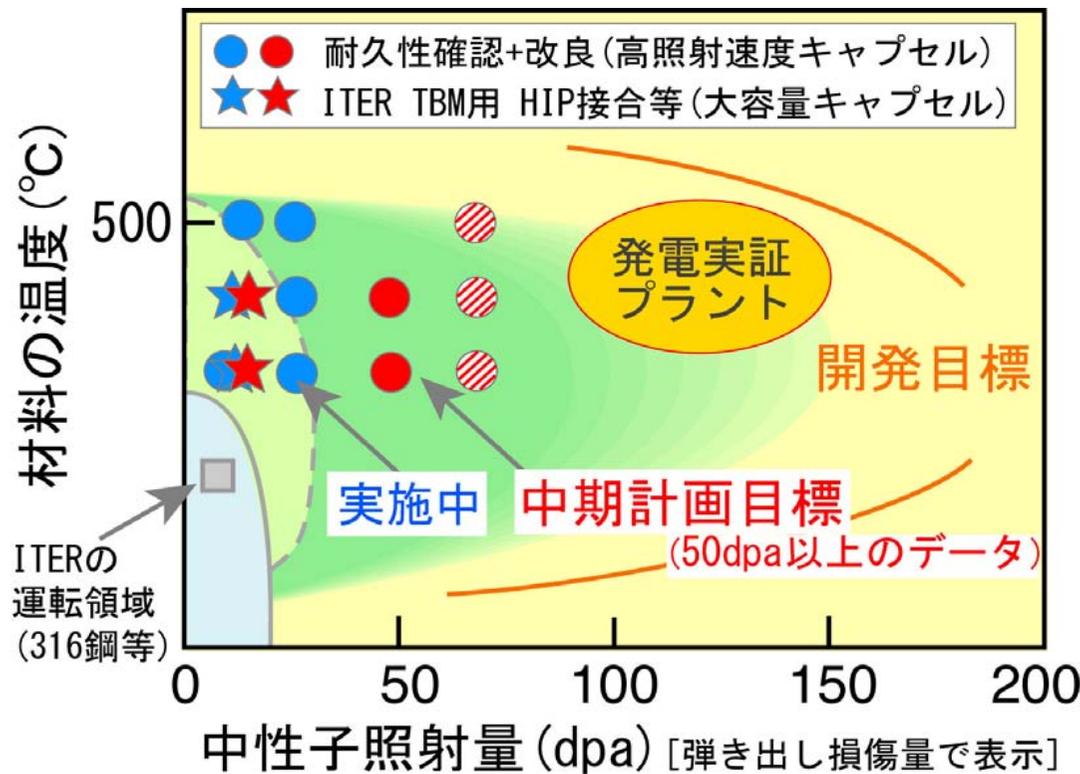
- ❑ これまでに実施してきたR&D、特に重点化後の要素技術開発により、ブランケット構成要素の製作技術開発および設計に必要な各種基礎データの取得を完了
- ❑ 原子力機構が開発を進める固体増殖・水冷却ブランケットに関して、設計概念の基本的な成立性を見通すための技術基盤の整備がほぼ完了
- ❑ 今後は、これらの成果に基づき、ITERテスト・モジュールの基本仕様を決定するために必要な工学規模のモックアップを用いた性能実証段階に進む予定

構造材料の開発目標

原子力委員会 核融合会議「中期的展望に立った核融合炉第一壁構造材料の開発の進め方」から

熱利用システム(冷却材)との適合性から3つの候補材料を選択

- ・低放射化フェライト鋼(水冷却); 第一候補材料 - 原子力機構 (中核機関)
- ・バナジウム合金(液体金属冷却); 先進材料 - 大学等
- ・SiC/SiC複合材料(Heガス冷却); 先進材料 - 大学等

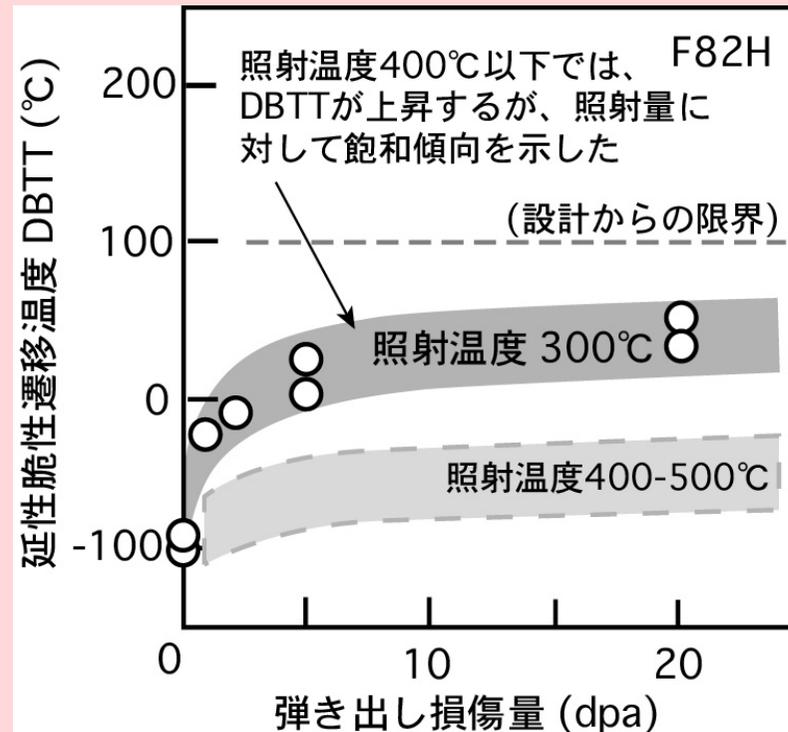
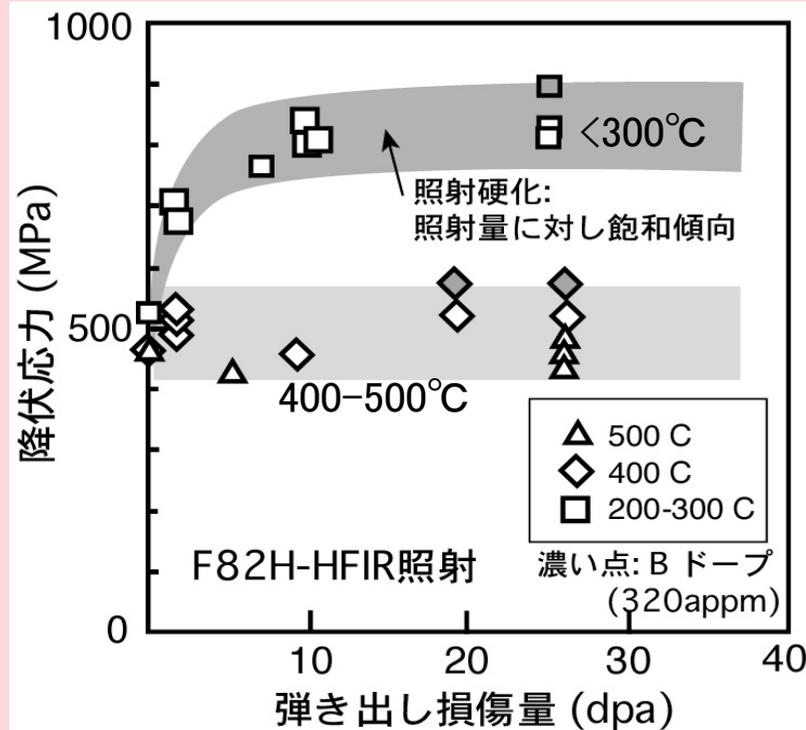


原子力機構の低放射化フェライト鋼F82Hの化学組成概略(重量%)



低放射化フェライト鋼開発の現状

最大の課題の一つである照射硬化/脆化は、照射量に対し飽和傾向。より重照射領域のデータ取得と核変換生成Heの効果が残された課題。

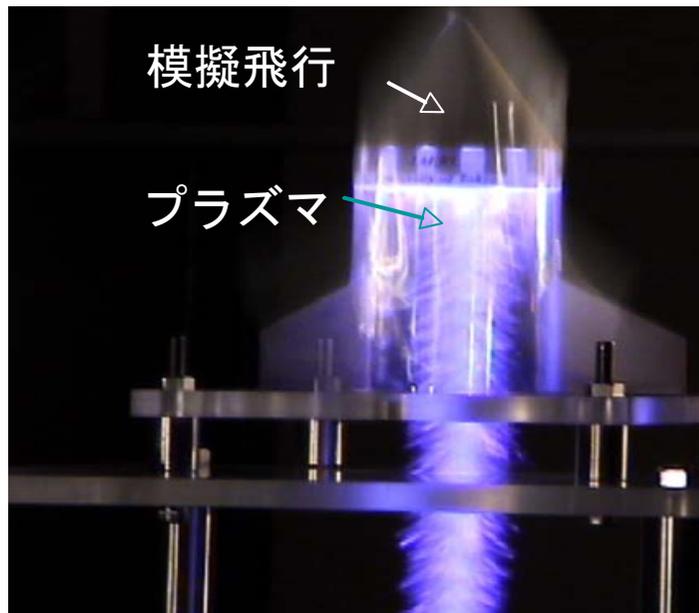


上記の他、短時間強度への照射効果については、上部棚領域の破壊靱性値が十分高いことを示し、また、延性破壊条件予測に利用できる塑性特性の構成方程式への照射効果を2-20dpaの範囲で評価した。さらに、テストブランケットのためにHIP接合を含む工学的な評価にも展開する。

成果の他分野への展開

学際的波及（例）

高周波加熱用ジャイロトロンからのミリ波をロケット推進に用いる研究を東京大学との共同研究で実施しており、模擬飛行体の浮上に成功。



↑↑↑
ミリ波

産業界への技術移転（例）

超高真空技術開発により、真空性能（ガス放出量等）を重量変化値として直接計測できる、分解能 $1/(2 \times 10^7)$ の高精度真空熱天秤（秤量20g, 精度 $1 \mu\text{g}$ ）を開発。特許実施許諾契約に基づいて技術移転され製品化、鋳造品の品質管理技術に適用されている

放出ガス測定装置「グラビマス」



研究成果のまとめ

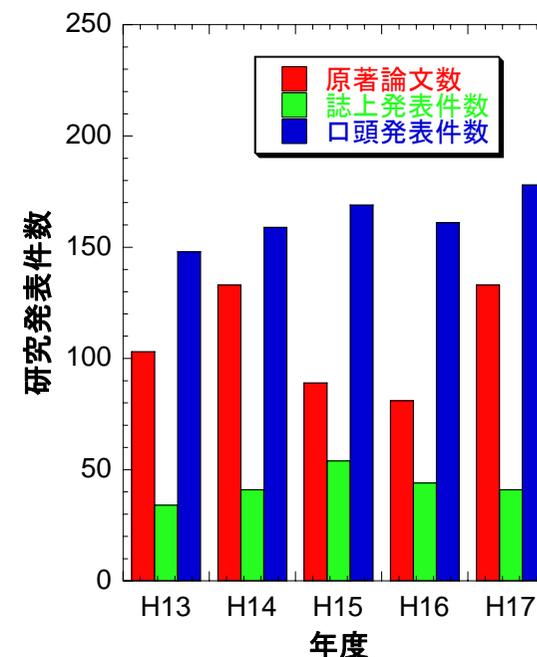
研究成果

項目	H13	H14	H15	H16	H17	計
共同研究件数	59	55	50	52	60	276
研究発表件数						
原著論文(レフリー付き)	103	133	89	81	133	539
誌上发表	34	41	54	44	41	214
口頭発表	148	159	169	161	178	815
特許出願件数	23	26	14	15	24	102
受賞等	3	5	2	4	5	19
プレス発表件数	5	5	2	0	0	12

人材育成

	H13	H14	H15	H16	H17
夏期実習生受け入れ数	8	9	4	3	7
特別研究生(大学院生)数	4	6	2	4	3
博士研究員数	5	7	7	6	5
大学教員兼職(客員教授等)	4	4	7	5	7

研究発表数



原子力機構は、核融合炉工学に係わる研究開発の我が国の中心的機関として、EVEDA計画、材料・ブランケット開発、原型炉に向けた炉工学技術の高度化を実施してきており、着実な進展を得ている。引き続き、「幅広いアプローチ」活動の実施機関として、EVEDA計画や材料開発を牽引すると共に、ITERテストブランケット・モジュールの開発では、水冷却固体増殖モジュールの開発を推進し、これらを通して、国の負託に適切に対応していく予定である、