

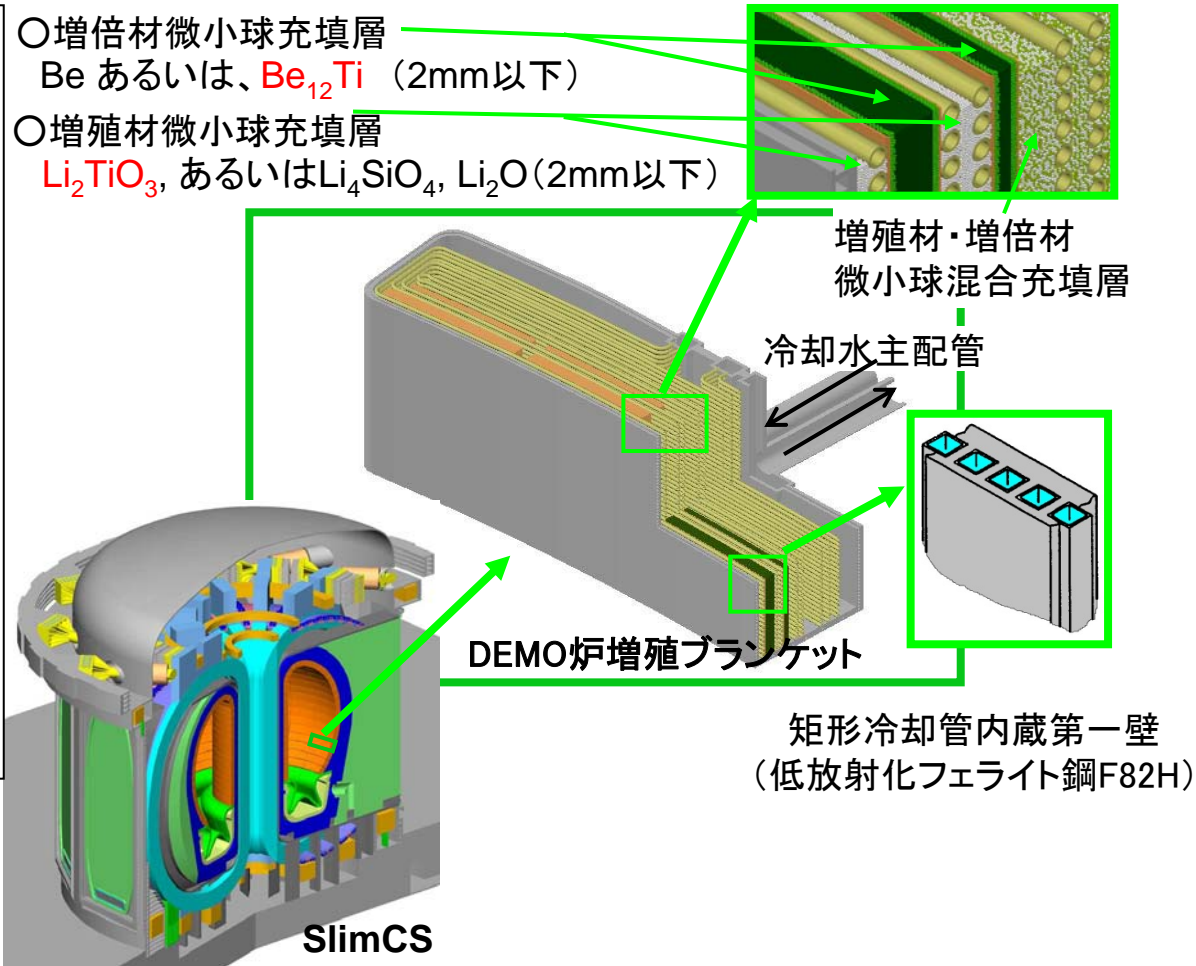


③ ブランケット開発

林 巧
原子力機構

ブランケットの構成 (固体増殖-水冷却方式)

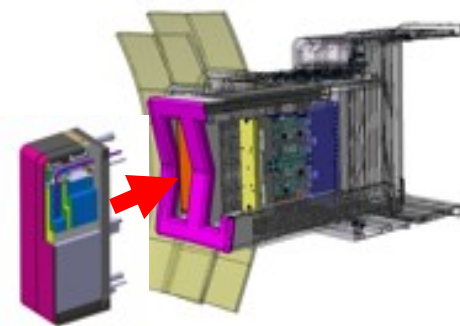
- ・モジュラー構造(高さ1.5m、幅3m、奥行き1m、全数450個)
- ・第一壁直後から、増殖材・増倍材を微小球充填層として、冷却パネルで仕切りつつ、交互に配置。
- ・トリチウム増殖材: Li_2TiO_3 、 Li_4SiO_4 、 Li_2O
- ・中性子増倍材 : Be 、 Be_{12}Ti
- ・6-Li 濃縮度 : 天然~90 %
- ・構造材 : F82H
- ・冷却水 : 高温高压軽水 (15MPa, 280-320°C)



原型炉ブランケットに向けた課題

- ①放射線遮蔽、熱エネルギーの取り出し、トリチウム燃料増殖の全てを同時に満足する
これまでにない機器の開発
→ まずはモジュール規模での実証試験を行うべく、
ブランケットモジュール製作技術の確立、モジュール規模の性能評価、
原型炉用構造材料、増殖・増倍材料の技術基盤の確立
- ② 高耐照射性能、高温強度を同時に満足する新しい構造材料の実用化
→ 材料開発・規格化、設計基準、検査維持技術開発
- ③ 原型炉のシステム技術の開発と実規模への適用性確証、高い安全性の確保
- ④ 原型炉の工学基盤の構築と高機能ブランケットの開発

	ITER	原型炉(固体増殖・水冷却 ブランケットの例)
核融合出力	0.5 GW	~ 3 GW
中性子壁負荷(Max.)	0.78 MW/m ²	2 ~ 5 MW/m ²
中性子照射量	0.3 MWa/m ² (20年間の合計)	10~15 MWa/m ² (2~5年毎に交換)
ブランケットの機能	遮蔽機能のみ	燃料増殖、熱の取り出し
ブランケットの材料	Be/CuCrZr/SS	W/F82H/Li ₂ TiO ₃ /Be ₁₂ Ti
ブランケット冷却条件	水: 100°C, 2.6 MPa	水: 300°C, 15.5 MPa



テストブランケットモジュールとITERの試験ポート

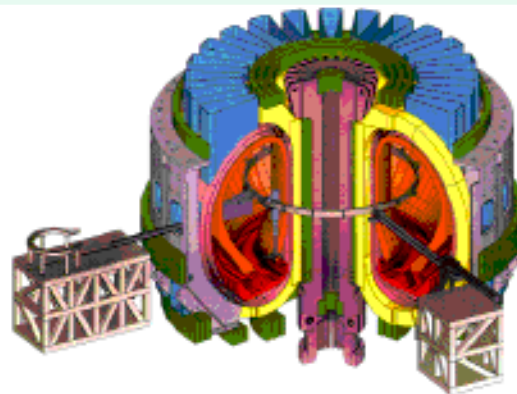
原型炉ブランケット開発の留意点

1. 構成材料基礎データの拡充
 - ・ 原型炉ブランケットに向け、増殖・増倍材料、構造材料の非照射、照射下のデータの拡充、標準データの確定。
 - ・ 核融合中性子照射下の挙動評価が必要。
2. 構造健全性実証
 - ・ 照射下で熱負荷を受ける運転条件での構造健全性が、交換期間を通じて確実に保たれることを示す必要がある。
3. トリチウム増殖回収実証
 - ・ 原型炉全体のトリチウム増殖性能が、持続的な運転が可能となるよう確保されることを実証する必要がある。
4. 合理的な遠隔保守性や高い安全性の確保、規格基準の構築
 - ・ 運転期間中の健全性確認、故障発生時の対処が可能なシステム構築。
 - ・ 安全性を確保し、事象の管理が可能なブランケットシステムの構築。
(個別及び複数モジュール毎対処の可能性、主に財産保護上の対策)
 - ・ 核融合炉固有の安全性を基盤とした合理的な規格基準の構築。

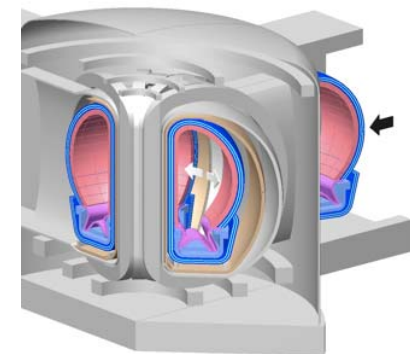
原型炉の稼働率と遠隔保守性

	炉内保守方式 (モジュール方式)	炉外保守方式 (セクター一括方式)
保守ポート	小	大
炉内線量率	ITER程度が適用限界	さらに高線量率にも適用可
稼働率	交換点数が多く、稼働率低い 交換・検査がすべて完了するまで 運転を再開できない	スペアセクター利用で稼働率高 炉内はセクタ交換のみ、ブランケット交換 ・検査は運転中にホットセルで実施
拡張性	少ない	運用中のブランケット改良が可能

保守期間の評価例



ブランケットモジュール (440個)
の炉内交換に要する時間
約730日



スペアセクターを利用する
場合の保守所要時間
約70日

原型炉にむけたブランケットの開発計画

1. ITER TBM 計画を活用した開発:

- ・日本の主概念である固体増殖・水冷却のITER TBMの開発・製作を具体化し、関連試験を含め着実に実施するとともに、そのITER への装着と補機設備の整備についても滞りなく実施する。
- ・主にトカマク環境での技術統合及び総合的機能確認を目指す。
- ・小規模でも発電実証を目指す。

2. ITER TBMを補完する原型炉ブランケット開発:

- ・中性子負荷、熱負荷、トリチウム増殖比に係るブランケット構造内での核反応確認試験を実施する。
- ・遠隔保守、PIE、廃棄物処理など総合的RI取扱技術の検証する。
- ・既存施設を有効利用しつつ、「炉工学試験装置」を整備する。

ITER-TBM計画

●ITER

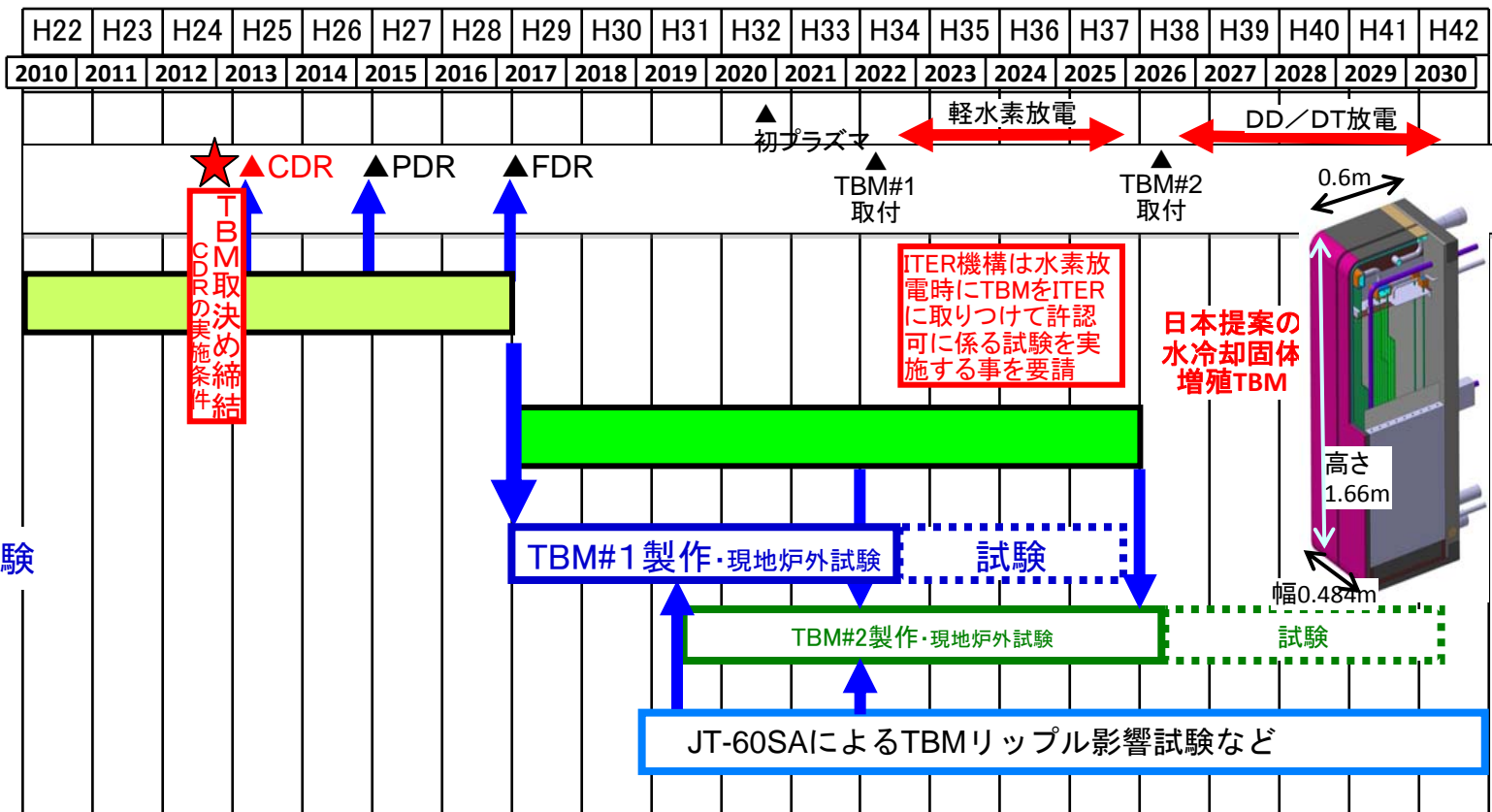
ITER/TBM

●詳細設計作業

●安全性評価試験

●実機TBM製作・試験

●JT-60SA



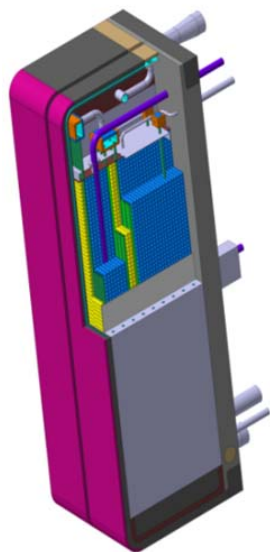
○TBM製作技術の確立

○ITERの安全審査に必要な、TBMの構造健全データ確認試験、プロトタイプ性能試験、TBMの安全性確認試験、TBM補機システムの開発、実機受け入れ試験などの確認試験を実施する

TBMに提案されている主なブランケット概念

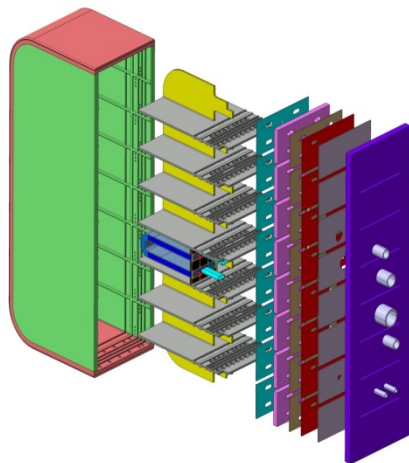
固体増殖方式

固体増殖/水冷却方式(WCCB)



- ▶ 構造材: 低放射化鋼
- ▶ 増倍材: Be
- ▶ 増殖材: Li_2TiO_3
- ▶ 冷却材: 加圧軽水
圧力: 15.5MPa
温度: 280/325°C

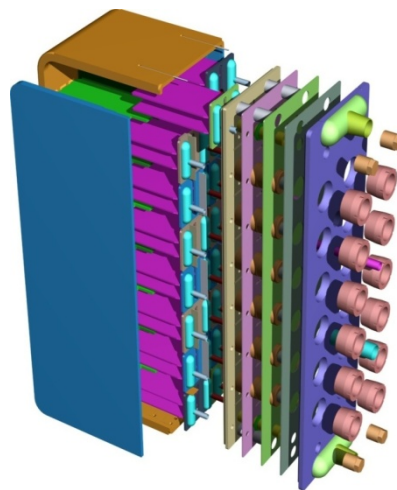
固体増殖/He冷却方式(HCPB、HCSB、HCCR)



- ▶ 構造材: 低放射化鋼
- ▶ 増倍材: Be
- ▶ 増殖材:
 Li_4SiO_4 or Li_2TiO_3
- ▶ 冷却材: He
圧力: 8MPa
温度: 300/500°C

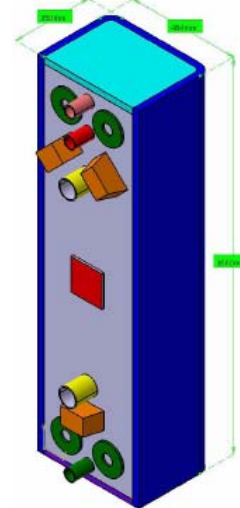
液体増殖方式

LiPb増殖/He冷却方式(HCLL)



- ▶ 構造材: 低放射化鋼
- ▶ 増殖材: LiPb
- ▶ 冷却材: He
圧力: 8MPa
温度: 300/500°C
- ▶ LiPb速度: <1mm/s

LiPb増殖/2流体(He, LiPb)冷却方式(DCLL、LLCB)



- ▶ 構造材: 低放射化鋼
- ▶ 増殖材: LiPb
- ▶ 冷却材1: He
圧力: 8MPa
温度: 300/500°C
- ▶ 冷却材2: LiPb
温度: 460/700°C
- ▶ LiPb速度: <10cm/s

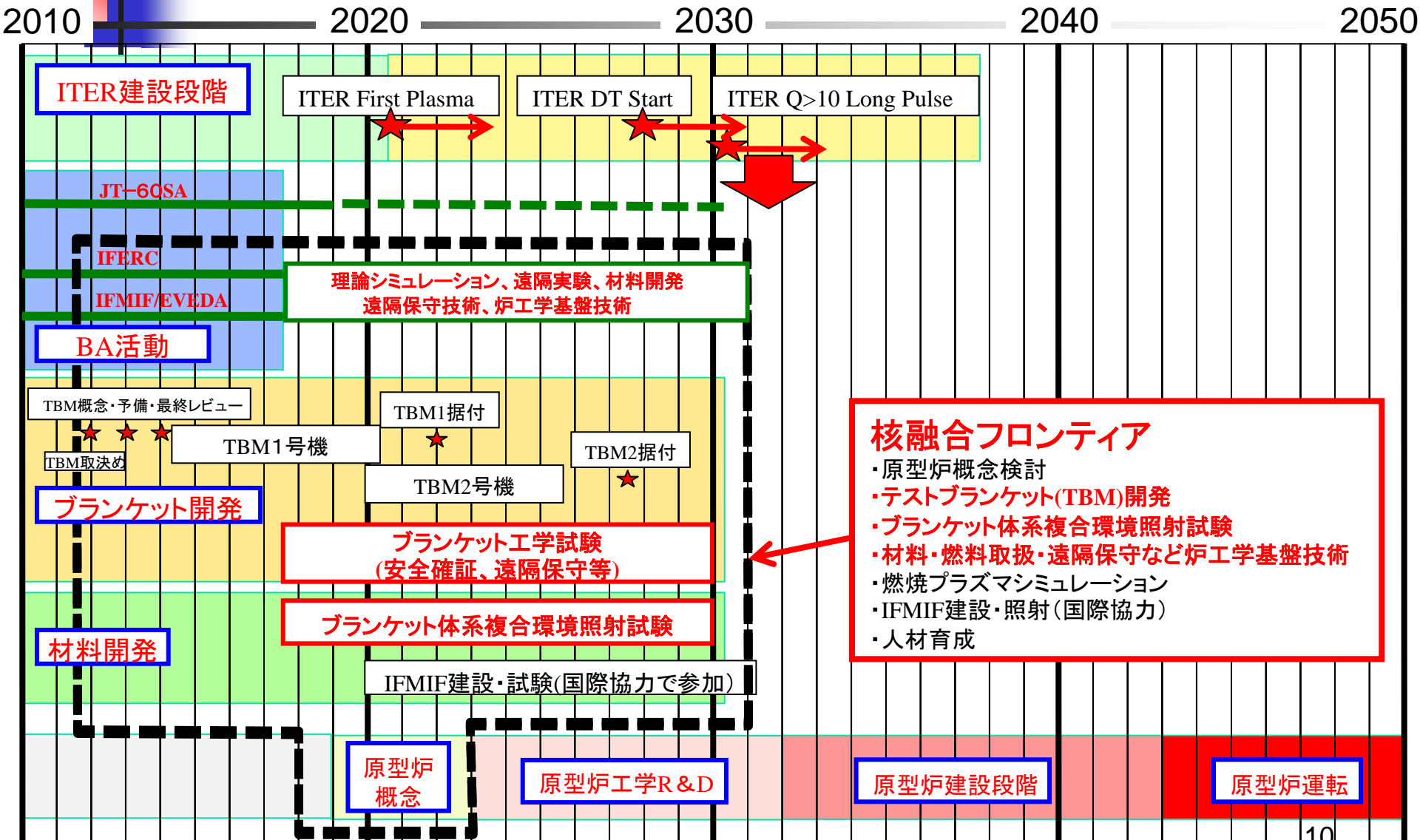


TBMを補完する研究開発について

1. TBM実機製作とITERの安全審査に必要な、TBMの構造健全データ確認試験、プロトタイプ性能試験、TBMの安全性確認試験、TBM補機システムの開発、実機受け入れ試験などの、確認試験を実施すると共に、**原型炉ブランケットの製作技術開発、概念確認試験、性能試験により、原型炉ブランケットの概念構築。**
2. **大強度中性子源による、ブランケット等の核融合炉内機器の核的な特性評価**を行い、**体積発熱 (数W/cc)、He効果 (He/dpa=>10, >10MeV中性子, >20dpa)、トリチウム生産量評価 (TBR検証と計量管理) の高度化などの、原型炉核工学データベースを構築する。**
3. ITERで照射したTBM (2号機以降) の受入、**照射後試験**、保管を行い、TBM試験のデータを完備すると共に、**原型炉大型放射化構造物の解体処理技術**を確立する。(再使用・再利用・減容などの**廃棄物低減と安全閉じ込め技術**など)
4. 原型炉の**ブランケット交換保守概念**の根幹である、多数のモジュールを組み込んだセクター規模の大型構造物の製作性と、セクター一括交換方式による大規模構造物の着脱性、原型炉のトカマク-ホットセル間の輸送性の実証、原型炉ホットセル内におけるブランケットの遠隔保守技術の開発と実証。**総合的な保守時の安全性確保概念の検証。**

核融合フロンティア計画～工学設計活動

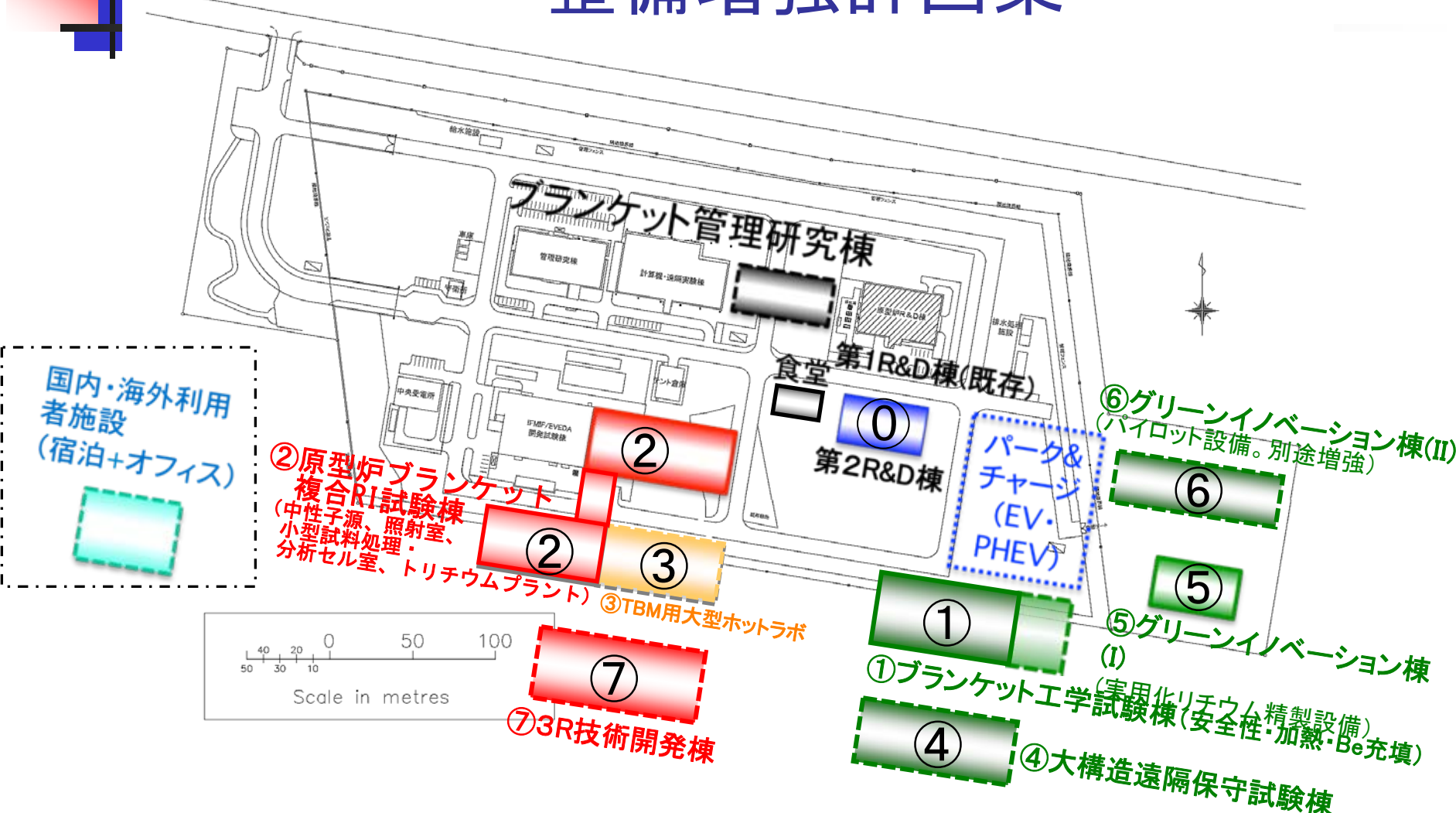
核融合フロンティア: BAの成果を活用し円滑に原型炉工学R&Dに移行するための計画



核融合フロンティア

- ・原型炉概念検討
- ・テストブランケット(TBM)開発
- ・ブランケット体系複合環境照射試験
- ・材料・燃料取扱・遠隔保守など炉工学基盤技術
- ・燃焼プラズマシミュレーション
- ・IFMIF建設・照射(国際協力)
- ・人材育成

核融合フロンティア研究開発施設群 整備増強計画案



国内・海外利用者施設
(宿泊+オフィス)

波線部は、時期を見て整備予定



まとめ

- 原型炉ブランケット開発においては、ITER TBM 計画を着実に進め、最大限利用することが重要。
- ブランケット技術は、構造規格、安全性、遠隔保守とともに原型炉概念構築に不可欠であり、構成材料の基礎データの拡充（ITER TBMでカバーできない広範囲又は詳細データ）のため、TBM計画と並行して、原型炉模擬環境でのモックアップ試験が必要。
- 既存施設を有効活用した、核融合フロンティア計画などの「炉工学試験装置」の整備が必要。その推進には、大学・研究機関・産業界の相互連携が不可欠。
- 遠隔保守性と稼働率は密接に関連しており、セクター一括引き抜きなどの概念整備とその検証が必要。