

IFMIF-EVEDA

文部科学省研究開発局
第2回ITER計画推進検討会

平成17年9月1日

松井 秀樹

IEA-IFMIF執行小委議長
東北大学教授 / 原研客員研究員

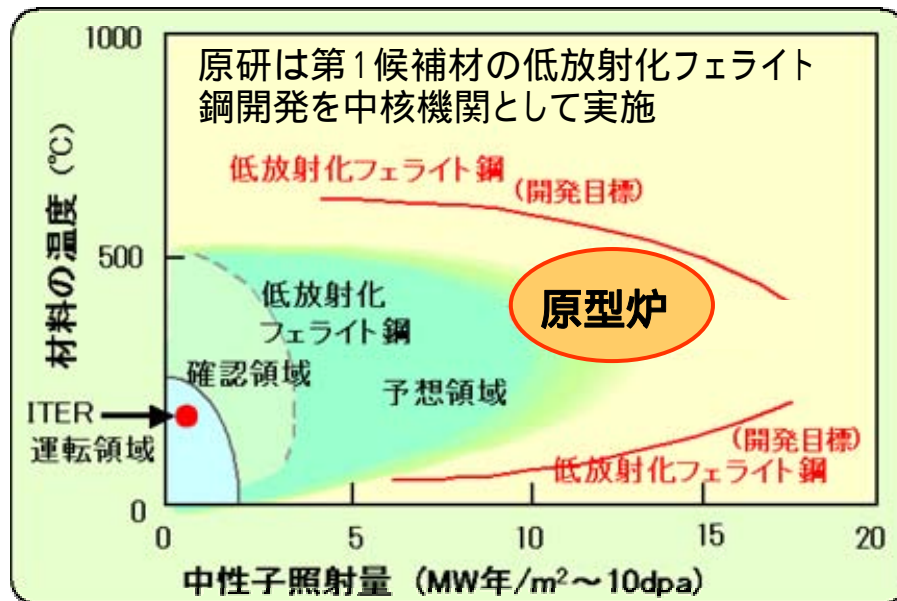
IFMIFの必要性－核融合材料の使用環境

耐中性子照射特性の目標範囲

原型炉を目指した材料開発では、第一壁・ブランケット構造材料等の14MeV中性子重照射による材料特性影響を検証することが必要である。

ITER運転による材料照射は原型炉目標の数%以下を実証するに過ぎない。

ITERでの試験に加え、第一壁構造材料開発とその中性子重照射データの構築が不可欠。



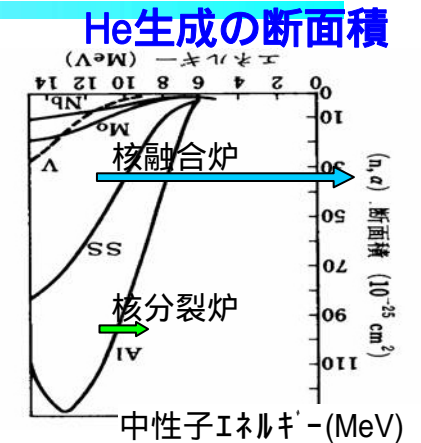
dpa: 原子当たりの弾き出し回数(displacement per atom)

14MeV中性子の照射による影響

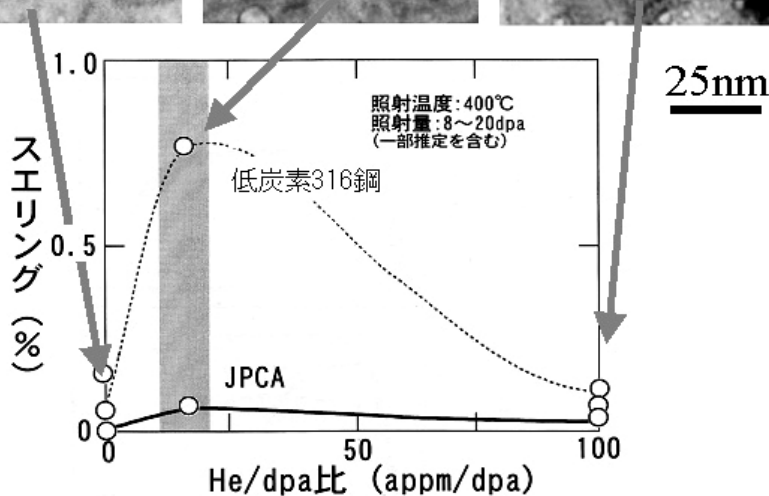
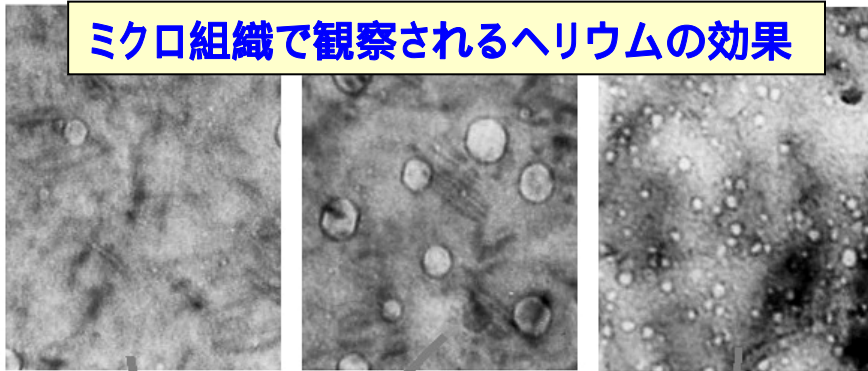
- ・材料の原子に中性子が衝突し、**弾き出し**(格子間原子等を生成)と、**核変換**(HやHe原子等)が起こる。
- ・生じた点欠陥が集まり、材料の組織に変化が現れると、**高温で膨れる**、**低温で脆くなる**といった**特性変化**が生じる。
- ・14MeV中性子は、原子炉の中性子より衝突の連鎖が起きやすく核変換を起こしやすい。後者については、**放射化が、より厳しくなる**という影響も出る。

IFMIFの必要性－照射場の要件

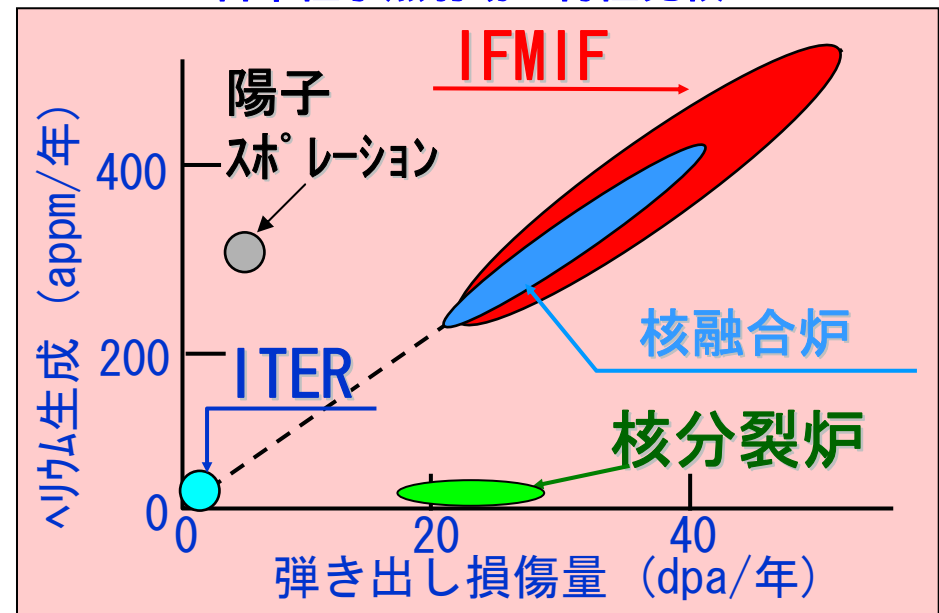
- 照射場は使用環境下の弾き出し損傷量と、中性子によるヘリウム生成等核変換の影響を同時に模擬すること。特にHe / dpa比が核融合条件と一致することが必要。
- He / dpa比によって組織中のボイド生成の様子が大きく異なりスエリング特性が変化。使用温度、損傷速度等の影響も大きく、モデル計算で十分な精度を得ることができない。
- He / dpa比は316鋼等のIASCC、フェライト/マルテンサイト鋼で**最重要特性である延性脆性遷移温度の照射による上昇**等においても重要。



ミクロ組織で観察されるヘリウムの効果



各中性子照射場の特性比較



dpa: 原子当たりの弾き出し回数 (displacement per atom)
 appm: 核変換濃度 (atom part per million)

IFMIFの要求性能と構成

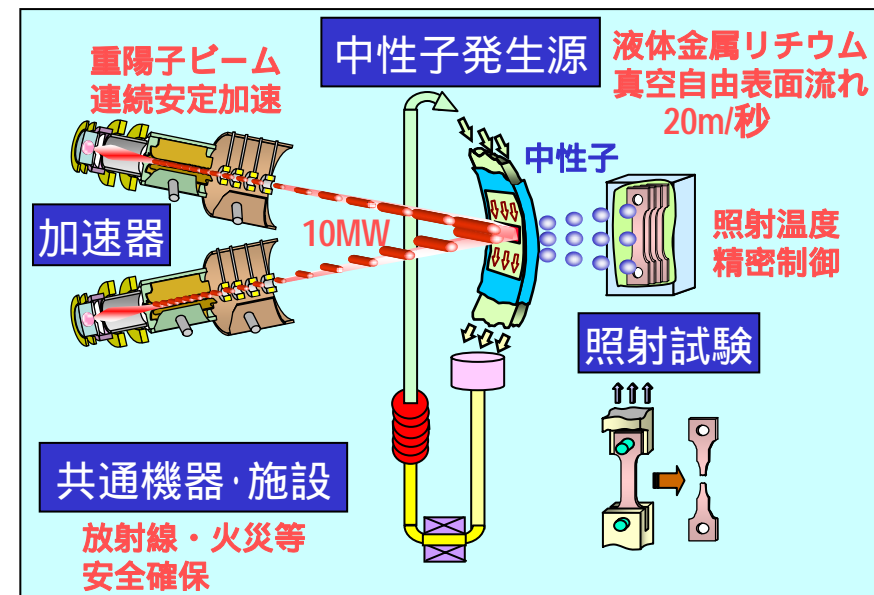
原型炉の設計・建設のためには、核融合条件を模擬しうる中性子照射施設が不可欠

- 現在、IEAの下での国際協力により、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 μm^3 (>20 dpa*/年、最大50dpa/年)
 - 6.0 μm^3 (> 1 dpa/年)
 - 7.5 μm^3 (>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施設の概要

テストセル施設

核融合炉照射条件下での材料性能の工学実証データを取得

重陽子線形加速器

長時間安定に10MWの連続重陽子ビームを生成

建屋

敷地面170m x 60m
地上26m、地下11m

IFMIFサイト鳥瞰図

照射試料容器

リチウム流
(20m/秒)

中性子

照射環境計測
制御アセンブリ

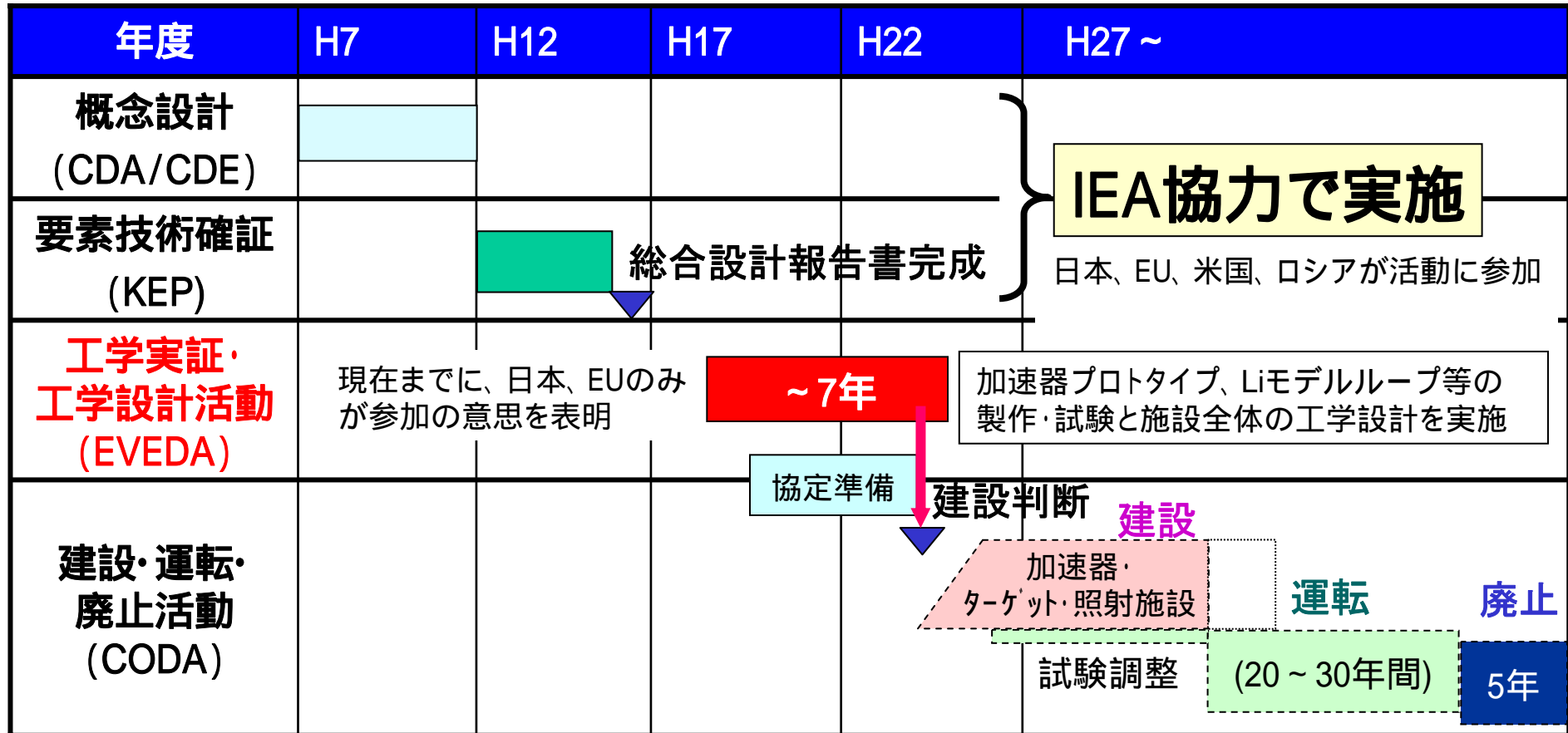
重陽子ビーム
(40MeV, 125mA \times 2)

液体Liターゲットループ

1GW/m²のビーム入熱に耐えて大量の核融合中性子を発生

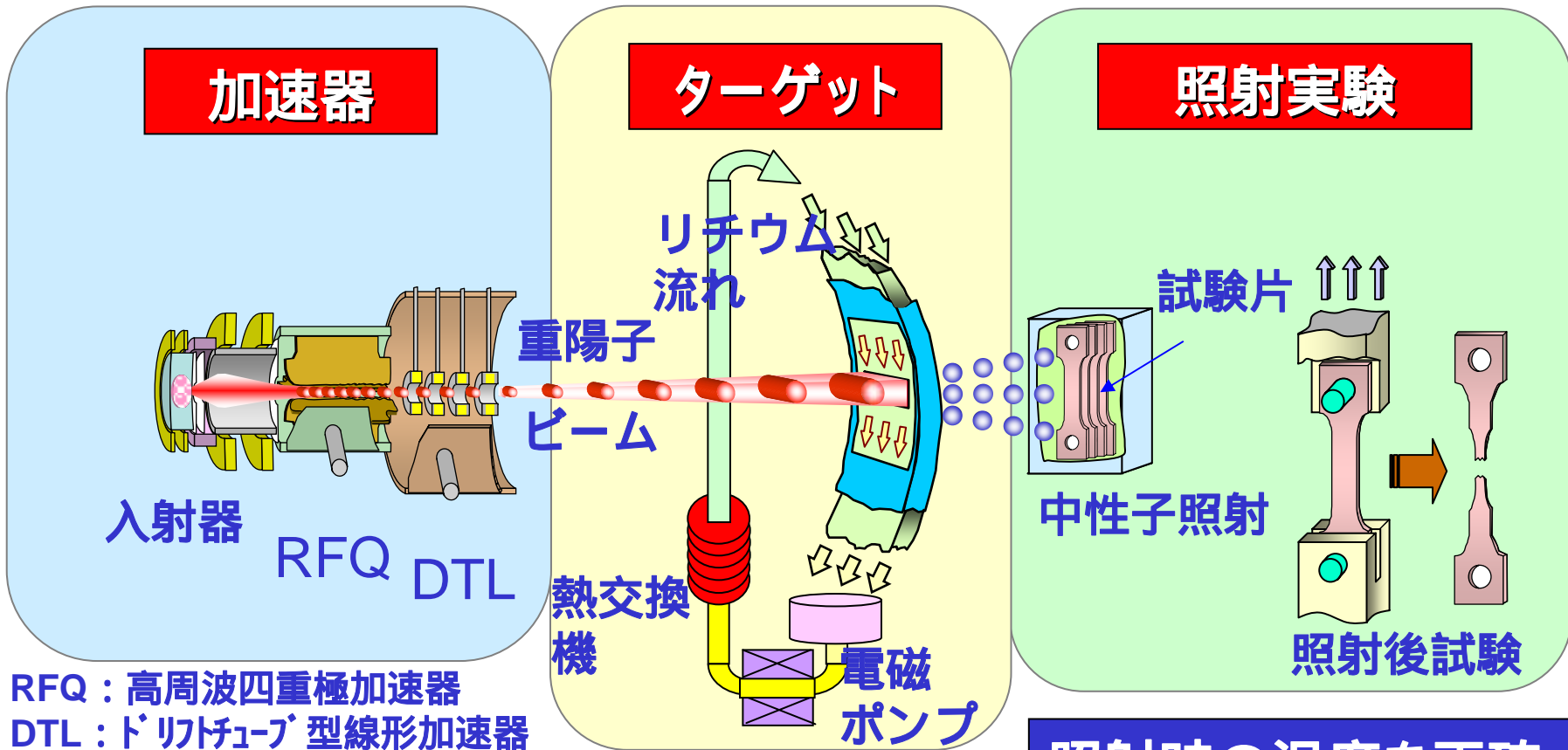
中性子重照射試験の原理

IFMIF計画のスケジュール



CDA: Conceptual Design Activity
 CDE: Conceptual Design Evaluation
 KEP: Key Element technology Phase
 EVEDA: Engineering Validation and Engineering Design Activity
 CODA: Construction, Operation and Decommissioning Activities

IFMIFの開発項目



RFQ : 高周波四重極加速器
DTL : ドリフトチューブ型線形加速器

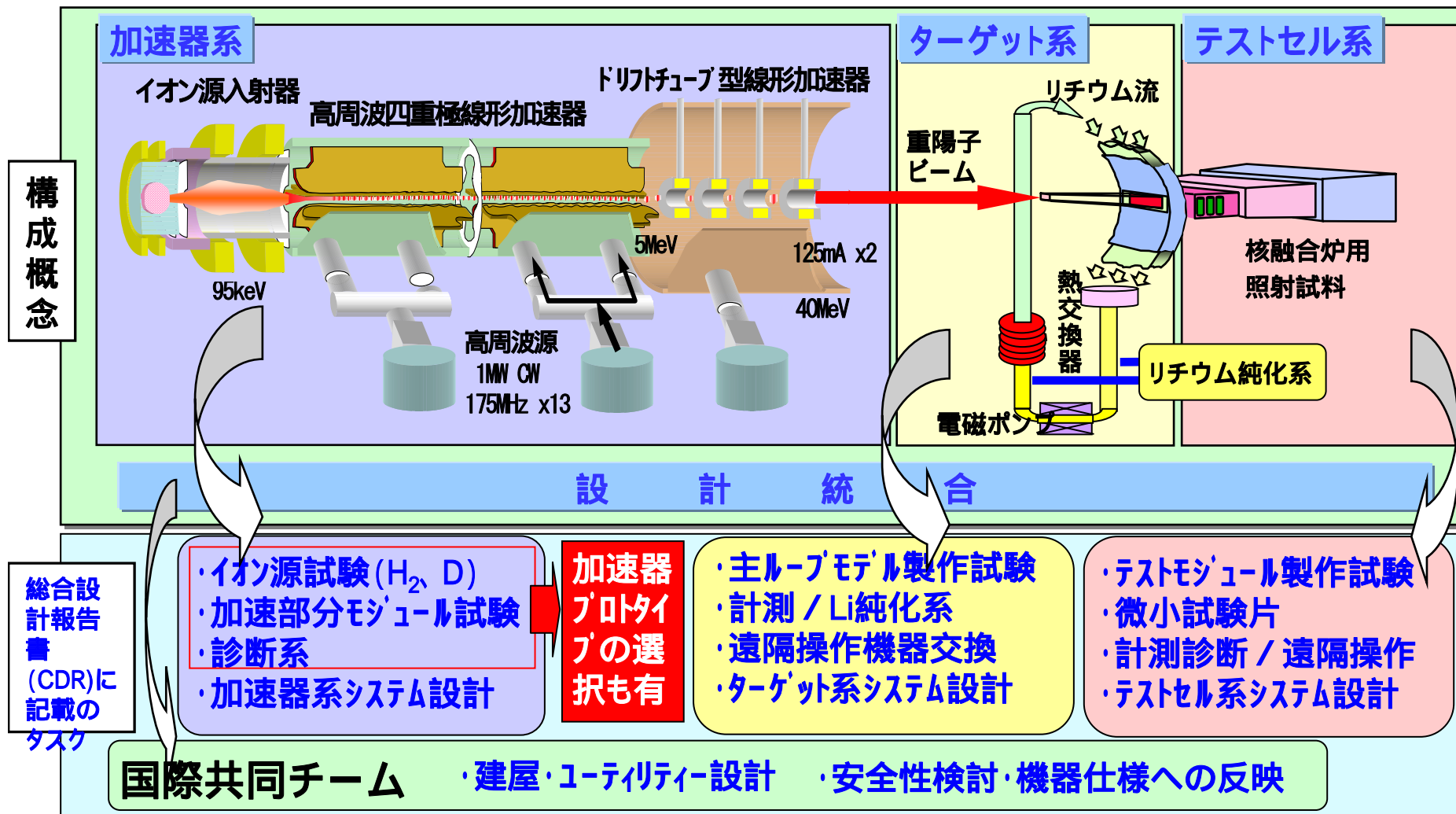
大電流の重陽子
ビームを長期間
安定に発生する

真空下で液体
リチウム流れを
安定に維持する

照射時の温度を正確
に制御し、照射により
放射化した試験片は
遠隔操作で試験する

EVEDA計画の実施内容

- IFMIF建設判断に必要な十分に統合された工学設計及びその裏付けとなる技術データを整えることを目標とする。
- そのため、総合的なIFMIFプラントの最終設計と原型コンポーネントの製作プロセスの開発とIFMIF運転上クリティカルとなる長時間耐久性などの性能実証を行う。



加速器プロトタイプ

- ・連続・安定運転を達成するための最重要課題である低エネルギー部の実証試験を実施
- ・プロトタイプは実機相当を製作するが、RFQまでを製作するなどの選択肢もある

