

J-PARC核変換実験施設 の検討状況

2013年9月13日

群分離・核変換技術評価作業部会（第3回）

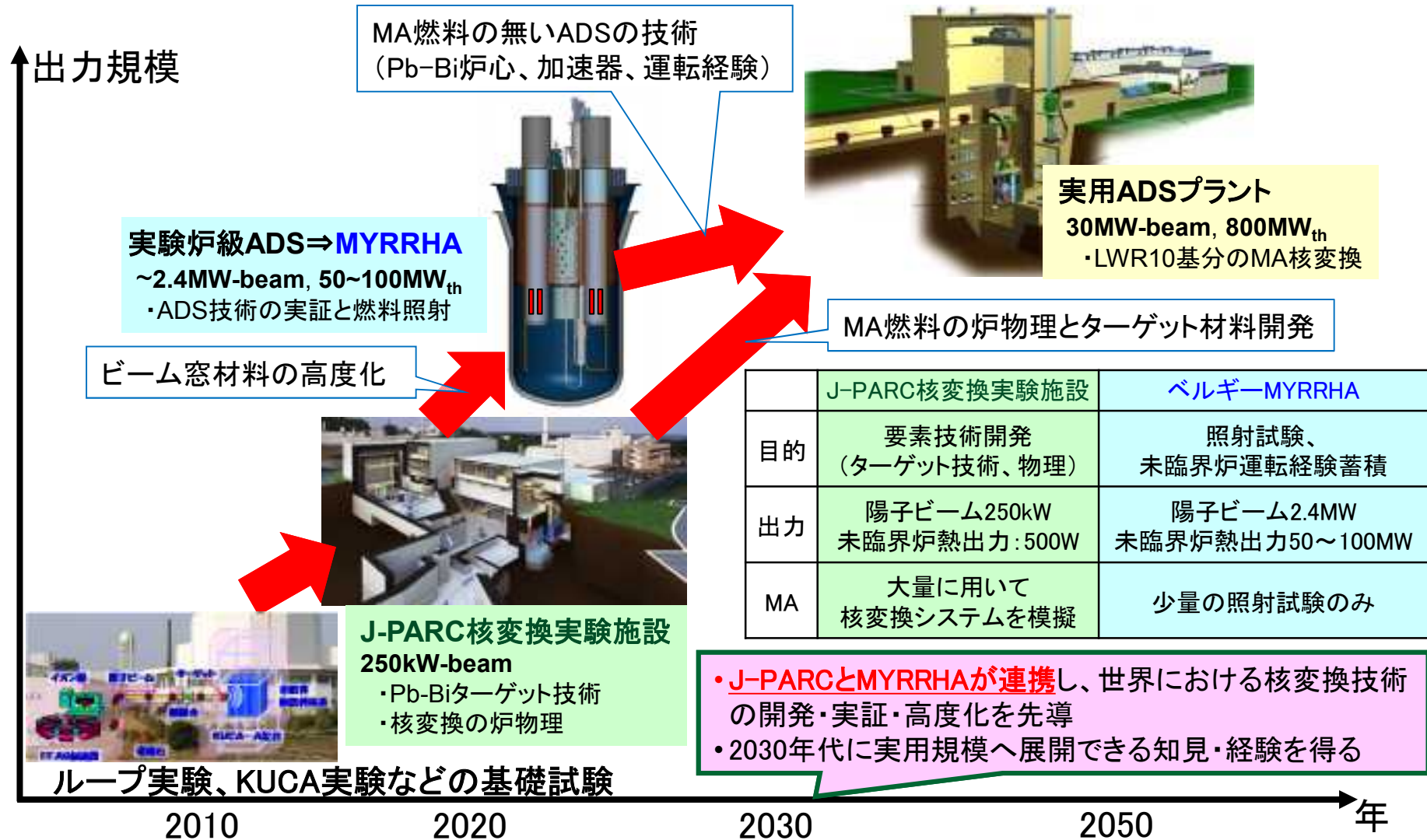
日本原子力研究開発機構

J-PARCセンター 核変換セクション

施設概要と位置づけ

施設概要と位置づけ:

ADS実用化に向けたロードマップ



施設概要と位置づけ:

ADS実用化に必要な技術開発

○加速器

大出力化・効率、信頼性、コストの向上

J-PARC 加速器

運転制御の経験、高度化

○構造・機器

ビーム導入部、炉容器、上部構造、
炉内構造物(ポンプ、熱交換器等)の
設計・機器信頼性・3次元免震 等

JAEAの基盤技術を活かしたR&D

既存施設・人材の活用

○燃料・サイクル

MA含有燃料の製造、再処理、加工・
照射挙動 等

○新型炉の物理

MA装荷炉心の核特性・
未臨界システムの挙動、制御 等

J-PARC 核変換実験施設 TEF

・個別重要課題の克服と基盤データ
蓄積を目的とした2施設で構成

核変換物理実験施設: TEF-P

核燃料を用いた低出力ビームでの
炉システム試験(原子炉施設)

ADSターゲット試験施設: TEF-T

高出力・高集束の陽子ビームを
用いた材料試験(放射線発生装置)

○核破砕ターゲット工学

材料照射・Pb-Bi利用技術・
陽子ビーム窓成立性・寿命評価 等

施設概要と位置づけ:

J-PARC: Japan Proton Accelerator Research Complex



施設概要と位置づけ:

核変換実験施設 (TEF: Transmutation Experimental Facility)

核変換物理実験施設: TEF-P

目的: 低出力で未臨界炉心の物理的特性の探索とADSの運転制御経験を蓄積
施設区分: 原子炉 (臨界実験施設)
陽子ビーム: 400MeV-10W
熱出力: 500W以下

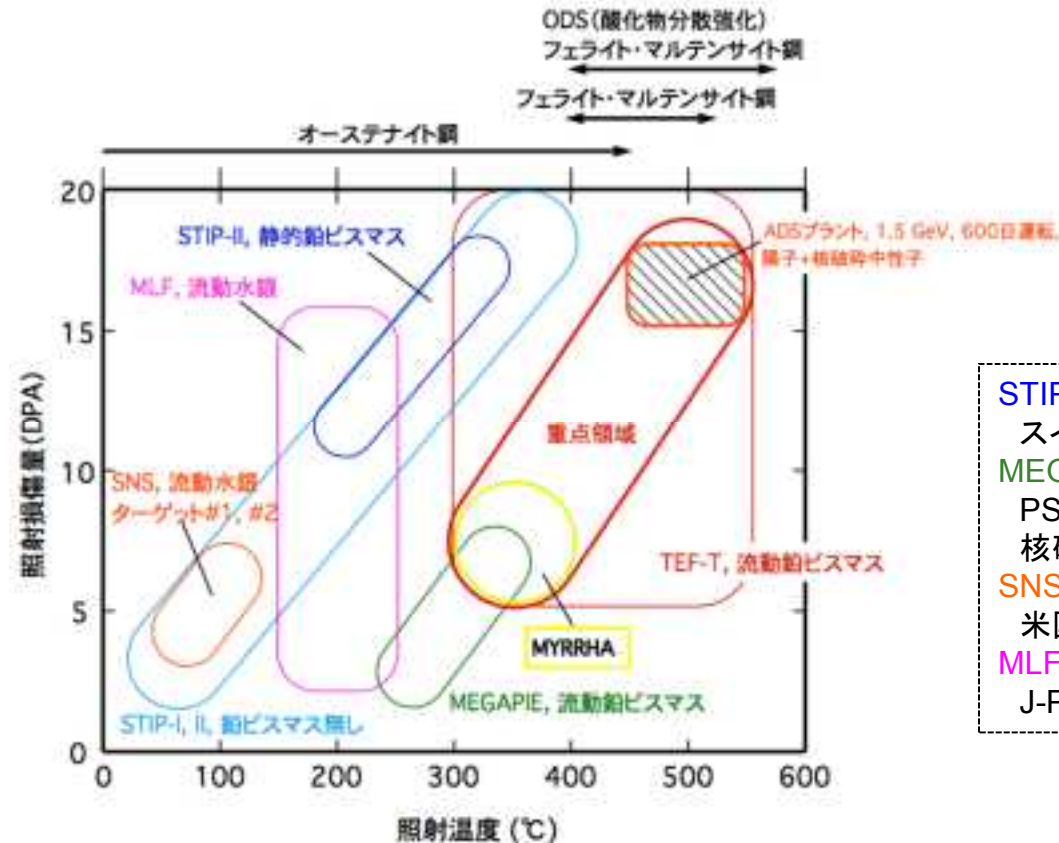
ADSターゲット試験施設: TEF-T

目的: 大強度陽子ビームでの核破砕ターゲットの技術開発及び材料の研究開発
施設区分: 放射線発生装置
陽子ビーム: 400MeV-250kW
ターゲット: 鉛・ビスマス合金



施設概要と位置づけ:

TEF-Tで取得する材料照射データ



STIP-I,II

スイスPSIで行われた照射カプセルを用いた試験

MEGAPIE

PSIのSINQ中性子源施設で使われた鉛ビスマス
核破砕ターゲットから照射試料を切り出し

SNS

米国の核破砕中性子源から試料を採取して試験

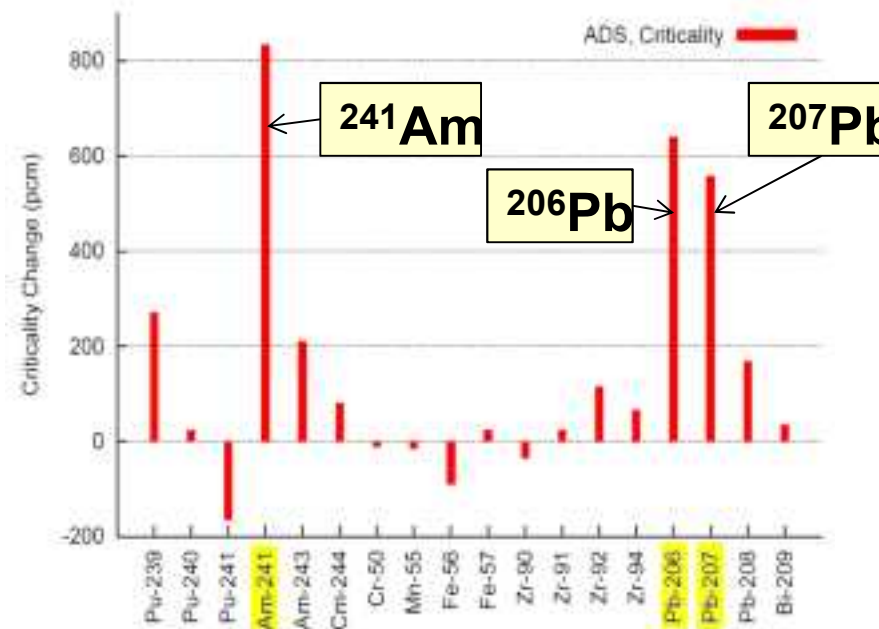
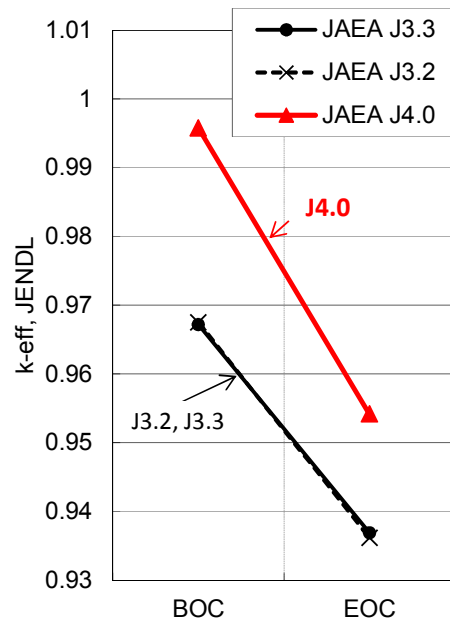
MLF

J-PARCの核破砕中性子源から試料を採取して試験

- ADS実用化には、既存の照射試験や日米の核破砕ターゲットの運転データに加え、流動環境下での、より高い温度域・照射量の系統的な材料特性データが不可欠
- 実験施設の早期運転開始により、MEGAPIE実験では包含出来ないMYRRHAのフル出力運転に向けたデータを取得

施設概要と位置づけ:

TEF-Pを用いたMA装荷炉心の設計精度向上

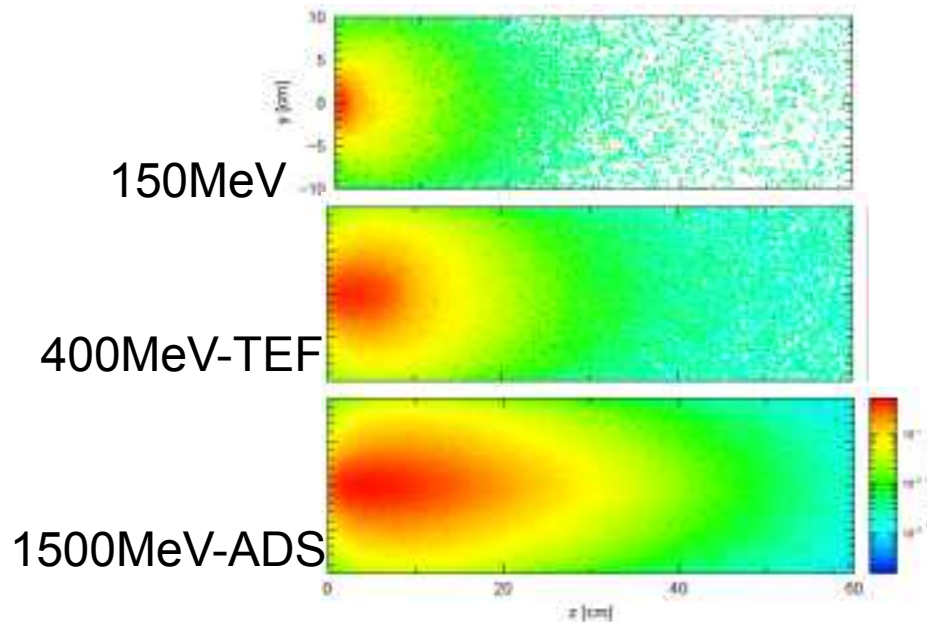


IAEA-CRPのJAEA-ADSベンチマークの計算結果(JENDL)及び解析結果の差に寄与する核種 (800MW_{th}ADS-600日運転での燃焼変化)

- 最新のリブラリ間で実効増倍率に対して計算誤差を超える2%以上の差異
- ライブラリ間の差の要因は、MA (Am-241) 及び鉛同位体 (Pb-206, 207)
- 鉛やMAを用いた炉物理実験によるデータや核特性予測誤差の検証が不可欠

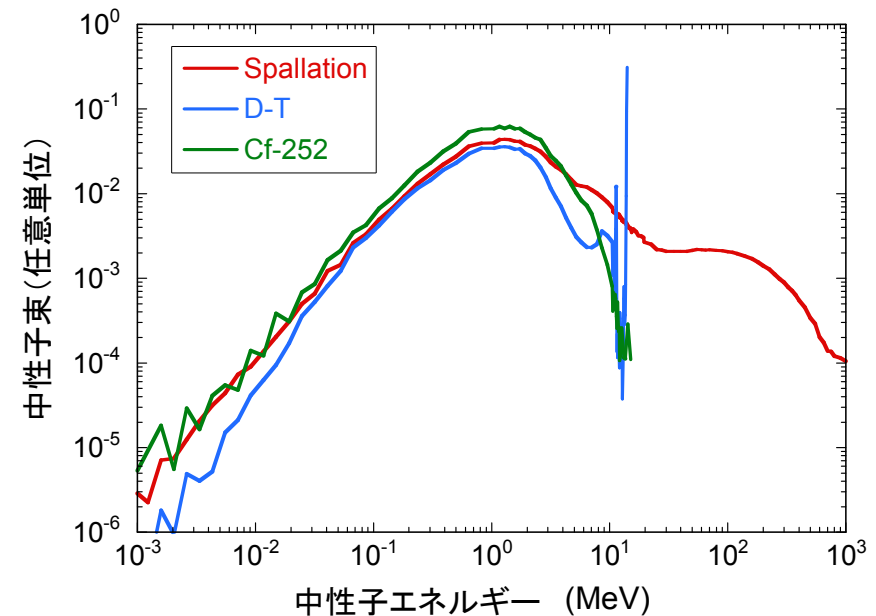
施設概要と位置づけ:

TEF-Pを用いたADS炉心特性の模擬と検証



鉛ターゲット内の核破砕中性子発生分布

核破砕中性子源は陽子エネルギーの増加とともに空間的な広がりを持つ



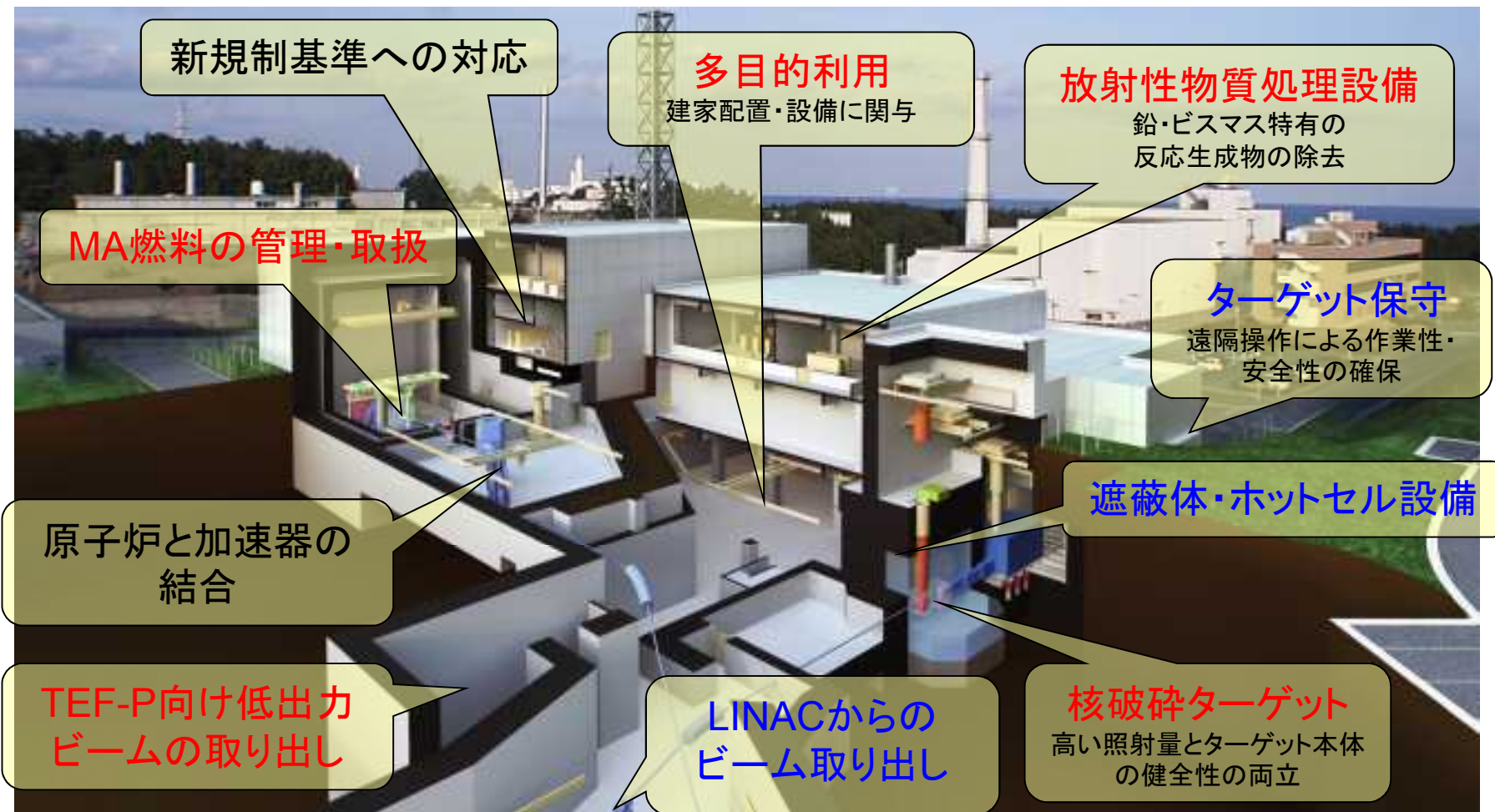
異なる外部中性子源を投入した炉心内の
中性子エネルギースペクトル

同じ炉心でも投入される中性子源の性質
(空間分布、エネルギー分布、角度分布等)
で核特性が大きく異なる

実用ADSのシステム特性を精度良く検証するには、核破砕中性子源と高速中性子スペクトルを持つ未臨界炉心に、MA燃料を装荷して実験を行うことが不可欠

施設具体化に向けた研究開発

施設具体化に向けた研究開発: 施設建設における主な課題

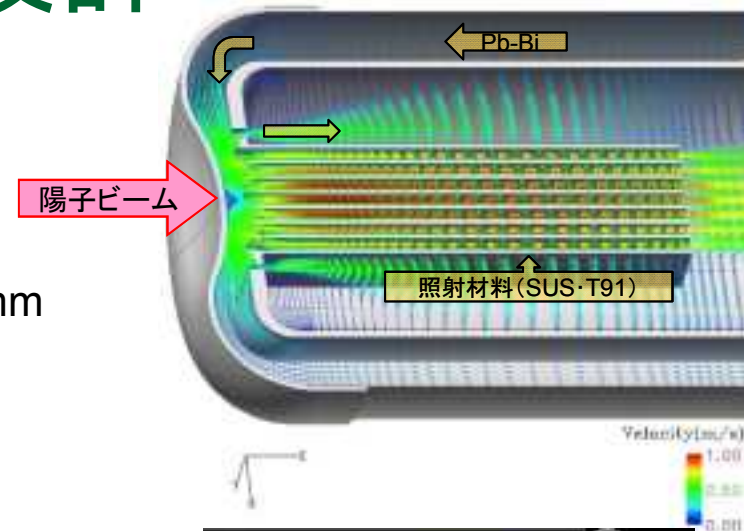


黒字: 検討中 赤字: 資料に掲載した検討中の課題 青字: 既存J-PARC設備(水銀ターゲット等)に準拠する課題

施設具体化に向けた研究開発【TEF-T】: 核破砕ターゲットの設計

熱流動解析(STAR-CD)

解析モデル	3次元1/4分割モデル
Pb-Bi流速	1 Litter/秒
入口温度	330°C
構造材 厚	316SS (高温運転時はT91) 2mm
陽子ビーム	400MeV-250kW
ビーム形状	ガウス分布



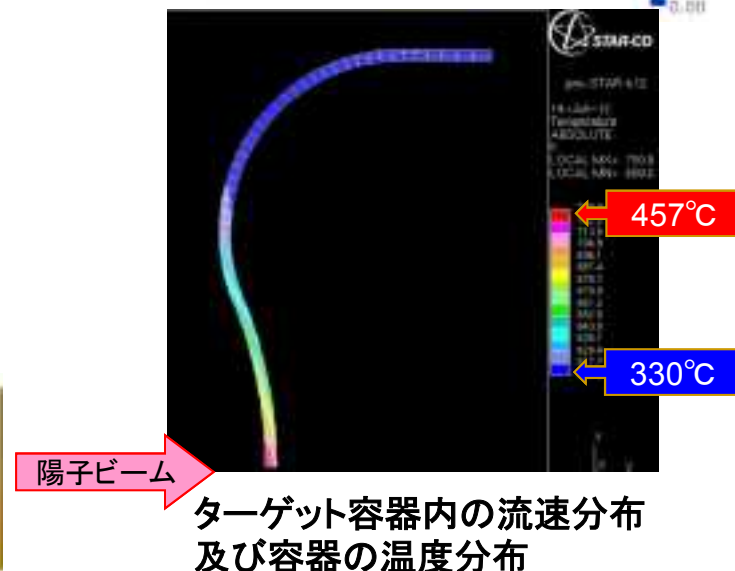
構造解析(ABAQUS)

静的荷重	0.3~0.5 MPa (Pb-Bi)
熱応力	熱流動解析の解析値を連成

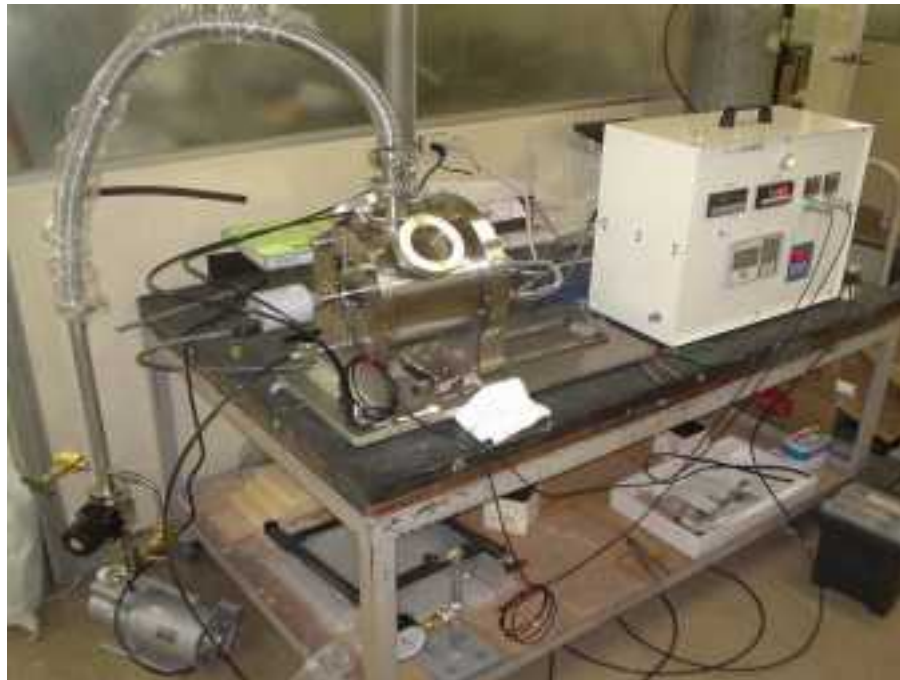


ターゲットが許容し得るビーム密度: $< 30 \mu\text{A}/\text{cm}^2$

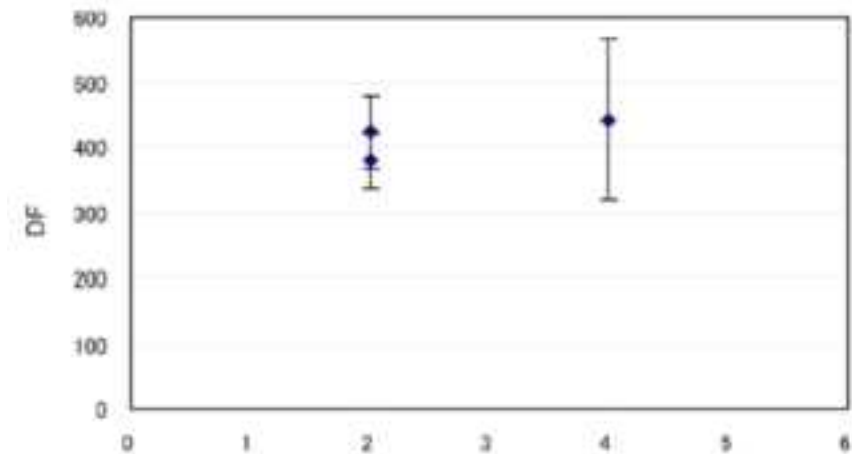
実用ADSに相当する陽子ビームの密度
(尖頭値 $20 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ のガウス分布)での
材料照射試験が実施可能であることを確認



施設具体化に向けた研究開発【TEF-T】: 放射性物質(ポロニウム)除去試験



ポロニウム除去試験装置



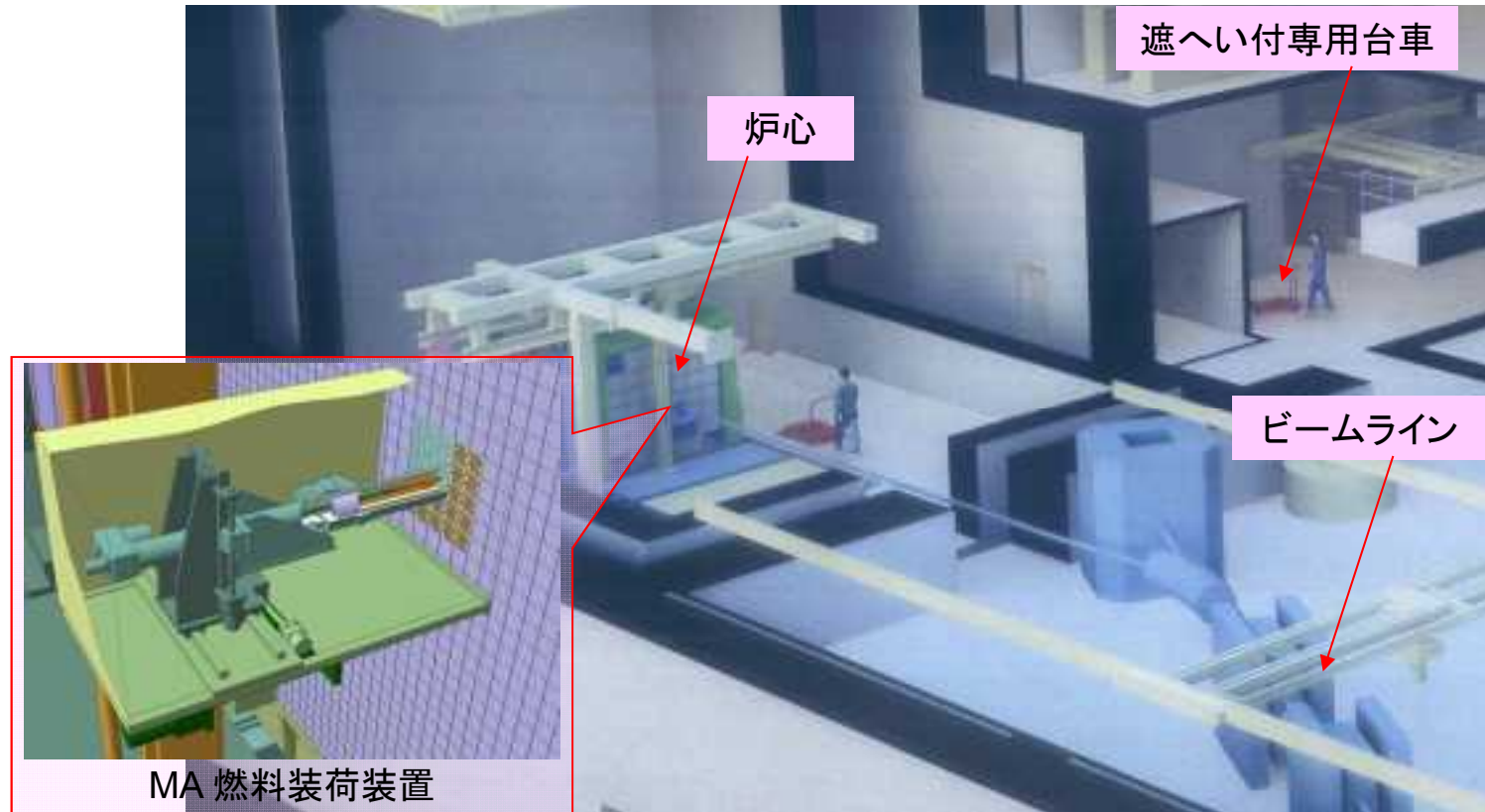
実験に用いたメッシュ層

$$DF = \frac{\text{フィルタ前の放射エネルギー}}{\text{フィルタ後の放射エネルギー}}$$

多層ステンレスメッシュによる
ポロニウムの除染係数

- JRR-4で照射後に昇温した鉛・ビスマスから揮発するポロニウムを捕集(東工大との共同研究)
- 市販ステンレスメッシュの設置によりDFで300~400を取得(メッシュの多層化は不要)
- 運転条件から定まるポロニウムの揮発率(検証済)も含め、環境放出を抑制可能な見通し
- TEF-Tの気体廃棄物処理系に設置予定

施設具体化に向けた研究開発【TEF-P】: MA燃料取り扱い機構

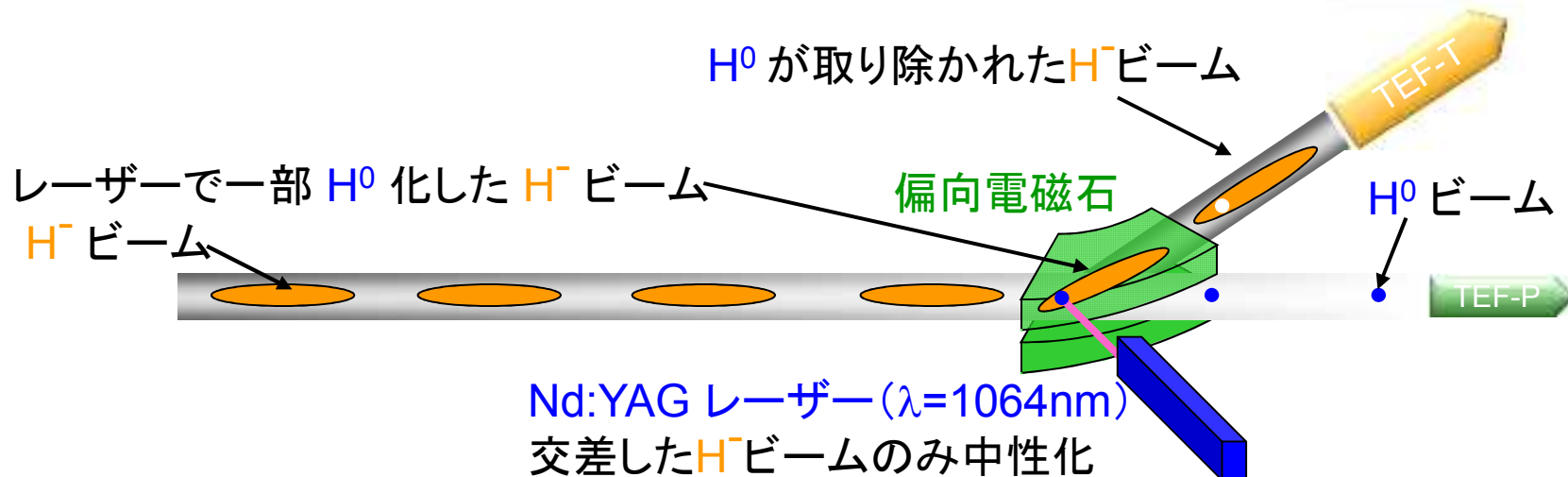


- MA燃料の貯蔵・運搬・装荷は全て遠隔操作で実施
- 6本のMAピンを遮へいと臨界防止の機能を持つステンレス製のカートリッジに収納
- 炉室には遮へいを付加した専用の台車にカートリッジを収納し、人間が運搬
- MA燃料貯蔵庫は空調設備により常時冷却

設計に
反映

施設建設に向けた研究開発【TEF-P・多目的利用】: 低出力陽子ビームの取り出し

- 偏向部での荷電変換によるビーム取り出しを確認
- 以下の用途へ適用の可能性あり
 - 実験目的に応じた多様なビーム取り出し
 - 炉物理実験に不可欠な安全で安定したビーム出力
 - 多目的利用に適する極短パルスビームの生成
- 今後はレーザー光の位置・強度安定性を検証



施設建設に向けた研究開発【TEF-P】:

TEF-P 陽子ビーム導入部の構成

