

第3回作業部会での指摘事項について



平成25年10月23日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

実用ADSにおけるビーム窓あり/なし概念の比較

	ビーム窓あり概念	ビーム窓なし概念
照射による材料損傷	陽子・中性子による 損傷大	窓はないが、系統機器の中性子による 損傷大
熱負荷	大きい	小さい
核破碎反応生成物	炉心内に比較的容易に閉込め	ビームダクト内に拡散
機器構成	窓・冷却ノズル程度で動的機器は無い	専用の循環機器類が必要で 複雑
メンテナンス	異常発生時は、窓部単体で交換が可能	ポンプ、熱交換器が一体となっており、窓あり概念に比べて 煩雑
交換頻度例	2年 (JAEA: 1.5GeV-30MW)	3年 (EFIT: 800MeV-16MW)
必要なR&D	<ul style="list-style-type: none"> ● 窓材の照射試験と候補材の選択 (TEF-T) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 概念そのものの実証 ● 液面、液位の制御方法 ● 真空の維持方法
実績	<ul style="list-style-type: none"> ● MEGAPIE (陽子-鉛ビスマス) 	<ul style="list-style-type: none"> ● SCK-CEN(電子線-鉛ビスマス)

MYRRHAプロジェクトにおける、 窓なしから窓あり概念への変更の判断要因

- 検討初期は、350MeV-5mAのサイクロトロンを想定していたため、電流密度が高く($150\mu\text{A}/\text{cm}^2$)、窓あり概念では工学的に成立しないため($50\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下が当時の成立条件)、窓なし概念の検討を進めた
- その後の検討で、加速器を600MeV-3mAにすることで、ターゲットが窓部に与える熱負荷と電流密度が低下し、窓あり概念でも成立する見込みが得られた
- 同時期に行われたMEGAPIE実験(590MeV-1.8mA)が成功したことから、懸念されていた熱サイクル疲労に対して窓あり概念が健全であることが実証されたと判断
- MEGAPIEによる実証と以下の点を踏まえて、窓あり概念に変更
 - 窓なし概念はシステムが複雑(設計の自由度が低下、コスト高)
 - 窓なし概念は配管などの照射量が多く、定期的な交換が必要(コスト高)
 - 規制当局との議論の中で、窓なし概念に対して反応生成物等の封じ込めに対する懸念が示された

TEF-Tでの主な試験項目

研究開発項目	研究開発課題
陽子・中性子による 構造材の照射損傷	ビーム窓の健全性と寿命の予測
	陽子・中性子の混合照射の影響
	高速中性子場での材料照射データベースの取得
	応力付加時の材料の照射損傷
重照射下での液体金属と 構造材との共存性	陽子・中性子照射下での液体金属による材料の腐食・脆化
	液体金属の温度・流速・純度(酸素濃度等)をパラメータとした構造材との共存性に関するデータベース
	核破砕生成物の液体金属流動や材料への影響
液体核破砕ターゲットの 運転制御	実稼働する液体金属核破砕ターゲットでの主要構成機器(ポンプ、熱交換器、各種計装設備、純度管理設備など)の実証
	ビームトリップ及び照射再開時のターゲットの動的特性
	核破砕をはじめとする反応生成物の閉じ込め性能
	システム運転及びメンテナンスに関する運転経験の蓄積

材料照射用核破碎ターゲット概念



ターゲット実効寸法：15cmφ X 60 cmL

照射試験片

試験片ホルダ

(遠隔操作による複数年照射を考慮)

TEF-Tでの照射試験計画(案)

西暦		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
施設	TEF-T	設計・製作・建設			試験		定格運転							
	MYRRHA	製作・建設			試験					成果を反映		運転		
陽子ビーム強度					~25%	50%	100%	100%	100%					
冷却材温度(°C)					350~300	400~300	450~350	450~350	500~400					
ターゲットの種類					調整用	照射用(複数サイクル照射含む)					実機窓模擬	照射用		
容器材質					オーステナイト鋼			フェライト・マルテンサイト鋼						
照射後試験	MEGAPIE	J-PARC MLF					TEF-T							

照射試験後の主な流れ

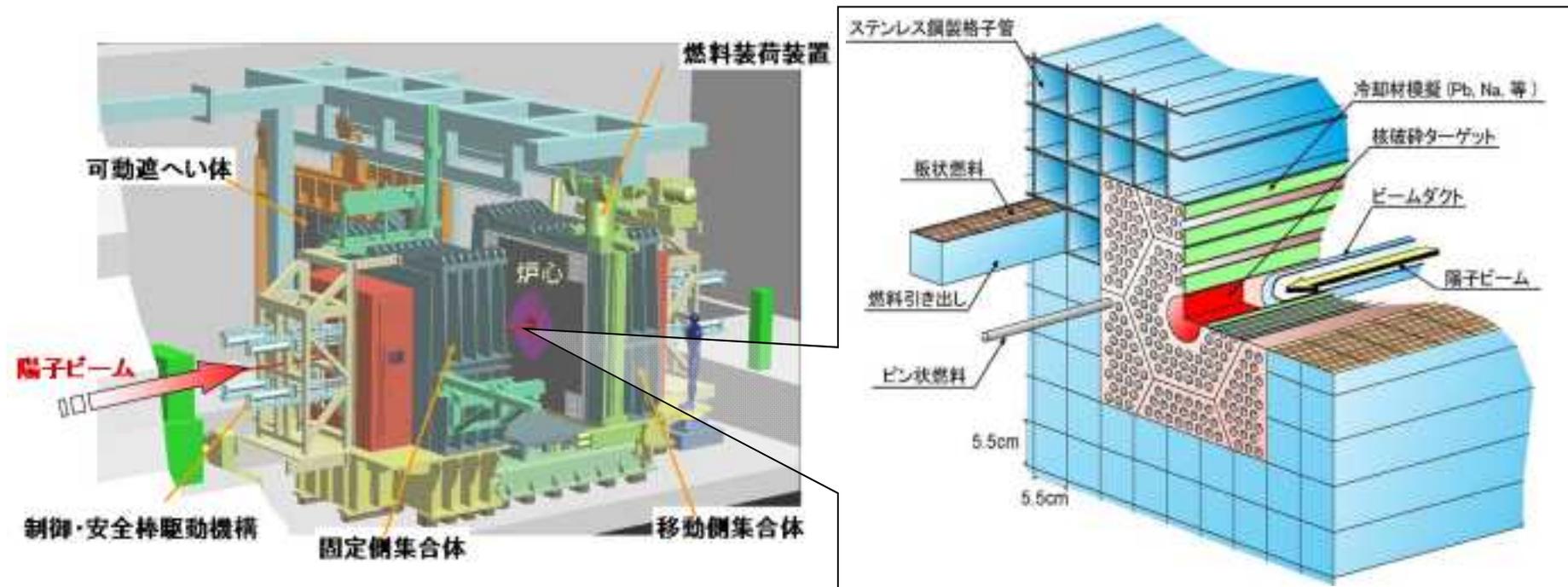


TEF-Pでの主な試験項目

研究開発項目	研究開発課題
核破碎中性子源で駆動される高速未臨界体系の核特性予測精度と計測手法の検証	未臨界体系内の出力分布
	体系の未臨界度及び実効的な線源強度の計測
	高エネルギー粒子の影響評価
	核破碎ターゲット、ビームダクト、ビーム窓の影響評価
	鉛ビスマス冷却システムの特性
加速器駆動システムの特性試験	陽子ビーム強度の調整による未臨界炉心出力のフィードバック制御
	ビームトリップ時及び再開時のシステムの振る舞いの検証
	ターゲット及び未臨界炉心の温度フィードバック特性
	中心部にターゲットを設置した中空円筒型炉心の応答
	エネルギー増倍率の評価
MA及びLLFPの核変換特性	中性子飛行時間法による断面積データの測定
	MA核変換率の測定
	MA及びLLFPサンプルの反応度値測定
	中性子減速場でのLLFP核変換に関する研究
	MA装荷窒化物炉心のシミュレーションに関する研究

核変換物理実験施設 (TEF-P)

- JAEAに既設の高速炉臨界実験装置 (FCA) に準拠した設計
- 10^{12} n/s、25Hzの中性子源で駆動
- レーザー荷電変換により、1nsの陽子パルス幅での実験が可能
- 中心5×5格子管を交換可能とし、ピン燃料装荷実験や高発熱試料 (MA, FP) を用いた実験に対応 (遮蔽、冷却、遠隔設備を設置)



TEF-P用MAピン製造の検討状況

MA原料調達

- ✓ JAEA保有のPu原料中に含まれるAmの利用を想定。その場合、多量に取り扱うことが困難なCmを含まないMAが得られる。
- ✓ Pu原料はもんじゅ等の燃料としても利用が可能になる。

MA分離

- ✓ 既存設備を用いた実験室規模(100gMA/年程度)の抽出作業によりAmを得る事が可能だが、取扱量は小規模に限定される。
- ✓ 大規模分離を行う場合は、専用設備の整備が必要になる。
- ✓ 専用設備を整備した場合、得られたAmはTEF-P用燃料ピンのみでなく、高MA含有ペレット調製試験、物性試験等の燃料製造開発、MA含有照射用燃料の原料として供給するほか、国内外の研究機関へ供給することを目指す。

MAピン製造

- ✓ 小規模に製造を行う場合、既存セルを用いて手作業で数本/年程度のピンの製造が可能。
- ✓ 大規模(200本/年程度)に製造する場合は、既存施設に多くの工程が自動化された設備を整備していく必要がある。

TEF建設に伴う主な付加的経費の見込み

項目		経費の見込み (億円)	備考
新規制基準への対応		未定	新規制基準策定後に検討するが、新設する場合、設計段階で織り込めればコストの合理化が可能
MA燃料製造		10～15	既存設備を改造し、TEF-P用MA燃料を年間5本製造 照射用MA燃料は別施設で製作*
LINAC改造費		15～20	ビーム分岐用マグネット、電気・冷却水設備増強等
小計		25～35＋新規制対応	
年度毎 経費	研究開発費	5	ターゲット安全性向上、炉物理実験用機器開発、 照射後試験費用等
	運転維持費	17	TEF-T:8億円 TEF-P・ビームライン:各1億円 LINAC改造による追加分:7億円(検討中)

*: 別施設を整備する場合は、他研究施設へのMA供給も視野に入れた100億円規模の整備費が必要