

核変換物理実験施設(TEF-P)検討の 進捗状況



平成27年8月13日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

□ 要素技術開発: MA燃料取扱関連機器

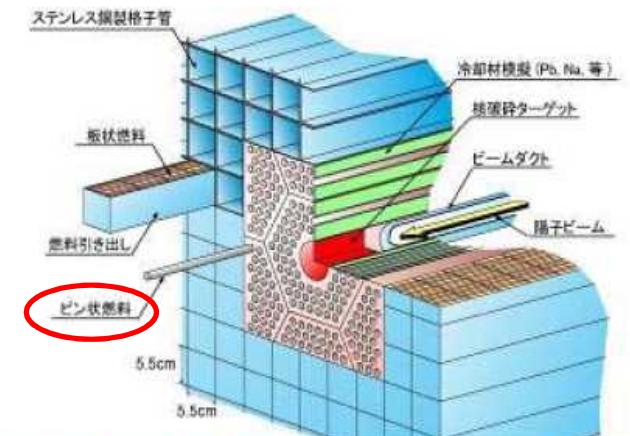
平成26年度に試験装置を整備し、遠隔での取扱や冷却性能に関する試験を実施中。

- ・ 装填試験装置(遠隔・自動でのMA燃料装荷・取出し)
- ・ 識別試験装置(カメラによる燃料識別)
- ・ 冷却試験装置(強制冷却による燃料冷却性能)

□ 施設概念検討

新規制基準に対応した施設・装置の概念検討の実施。

- ・ 敷地基礎の嵩上げ検討
- ・ 施設の耐震クラスの予備検討
- ・ 核不拡散・核物質防護・核セキュリティ上の要求事項を考慮した検討



「陽子導入未臨界運転」でのADS模擬実験

① 要素技術開発:(1)MA燃料装填試験装置

課題:

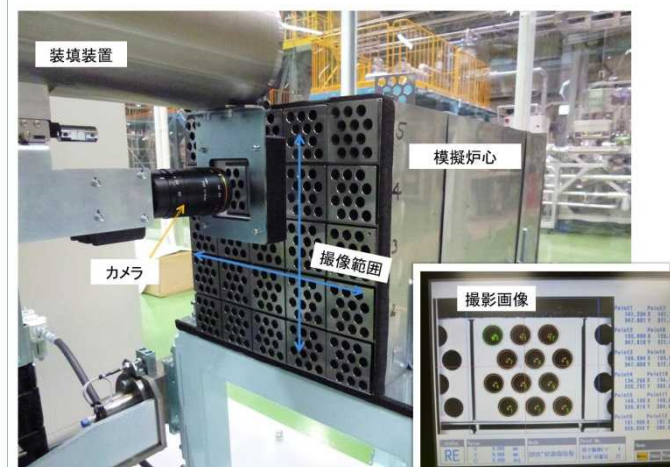
線量の高いMA含有燃料を高い信頼性を持って遠隔で炉心への装荷・取り出しを行うためにモックアップ装置を製作。

- MA燃料装填試験装置を製作(2014年度、SAFER棟)
- MA燃料を遠隔で操作する装填装置の製作実績を得た。試験により、不具合無く燃料ピンを所定の位置に装荷/取出できることを確認。

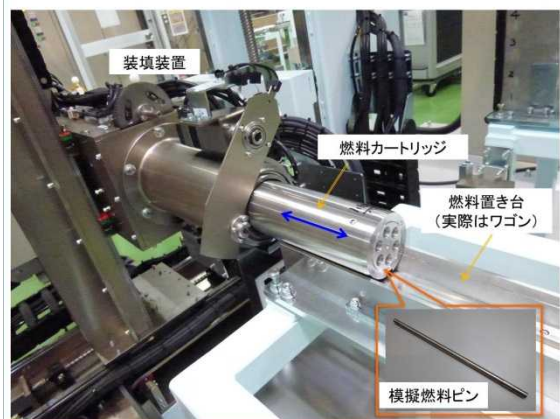
平成27年度

試験結果の機器設計への反映(燃料ピンの落下防止機構の付加等)。

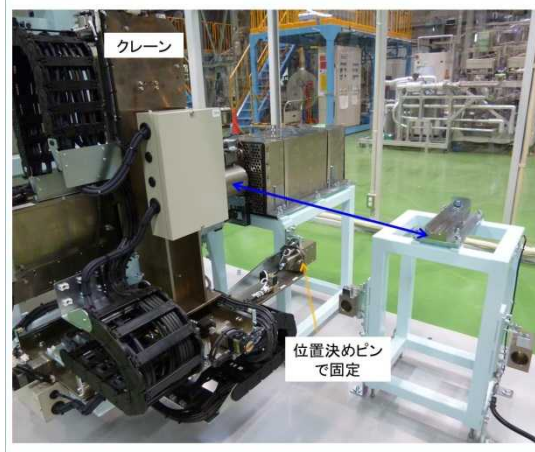
ステップ①: MAピンの装荷位置(案内管)を正確に測定する。



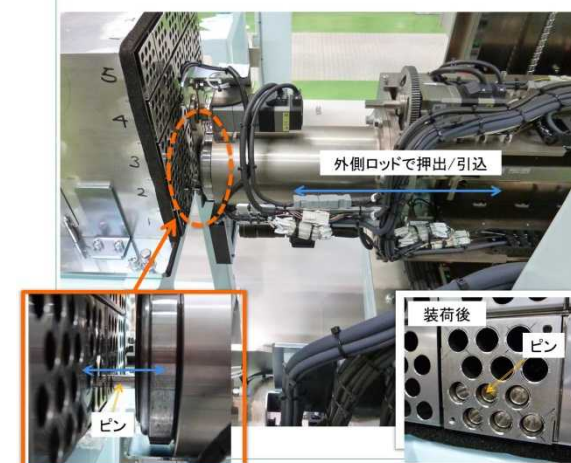
ステップ②: 燃料カートリッジ(MA燃料ピン6本入り)を燃料置き台から装填装置に格納/返却する。



ステップ③: 装填装置を炉心装荷位置に移動する。



ステップ④: 炉心にMA燃料を装荷/取出する。

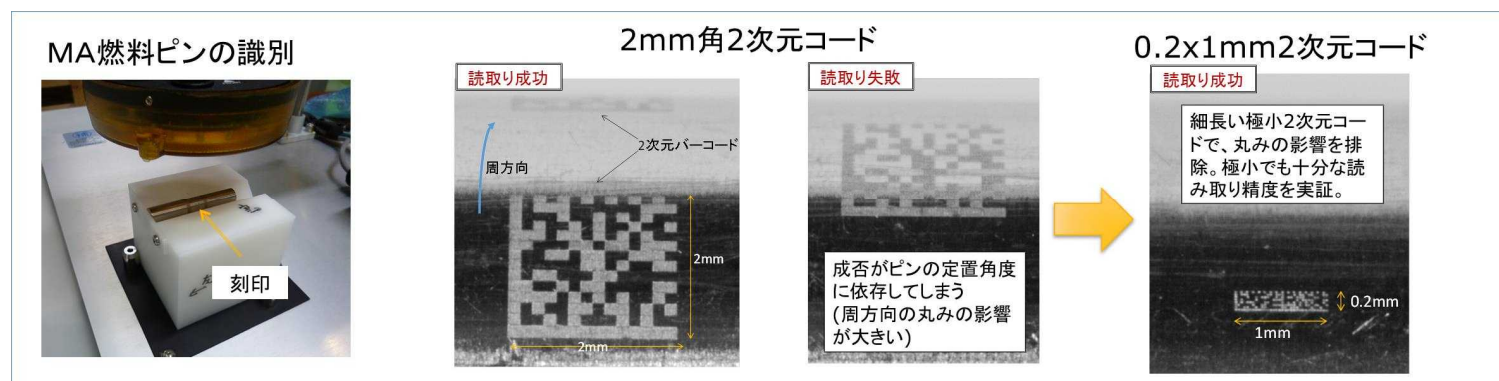
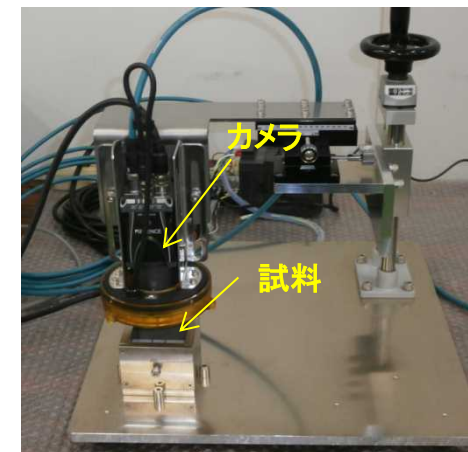


① 要素技術開発:(2)MA燃料識別試験装置

課題:

MA含有燃料は目視による個体識別が困難なため、遠隔による自動識別装置開発が必要。また、板状燃料に関しても、誤装荷防止や実験精度向上の観点から自動識別を実施。

- 2次元バーコードを用いたMA燃料識別試験装置を製作。
- MAピン表面に刻印した極小2次元コードで、周方向の位置によらず識別可能な見込みを得た。
- 板状燃料に対して様々な変動に対して刻印方法のノウハウを得て、識別可能な見込みを得た。



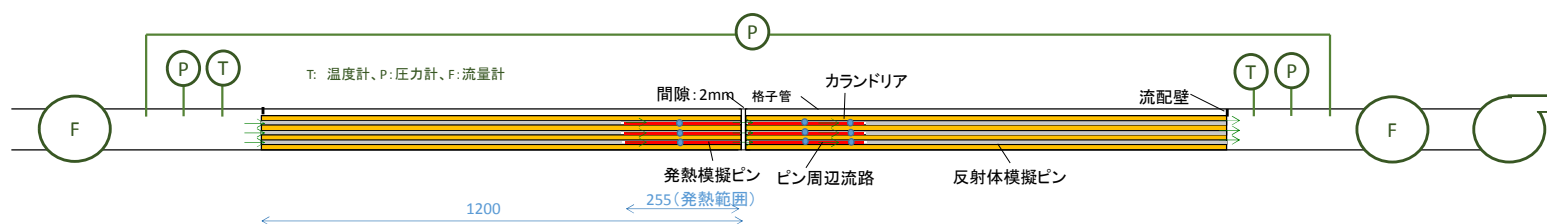
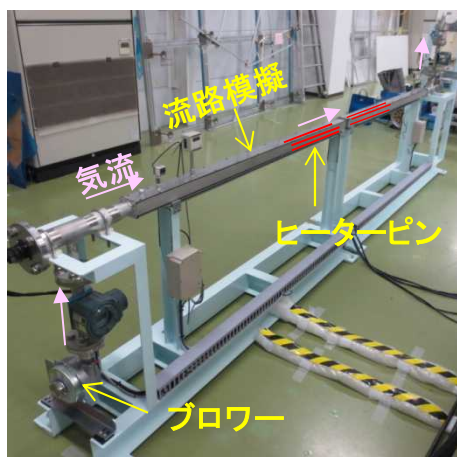
平成27年度

MAピンの端面に刻印し、カートリッジに収納したまま識別する方法の検討。

① 要素技術開発:(3)MA燃料冷却試験装置

課題:

MA燃料は炉心装荷後、強制空冷する必要がある。冷却風が流れる流路が狭いために、通常運転時のMA含有燃料の冷却性をモックアップ装置で確認する。



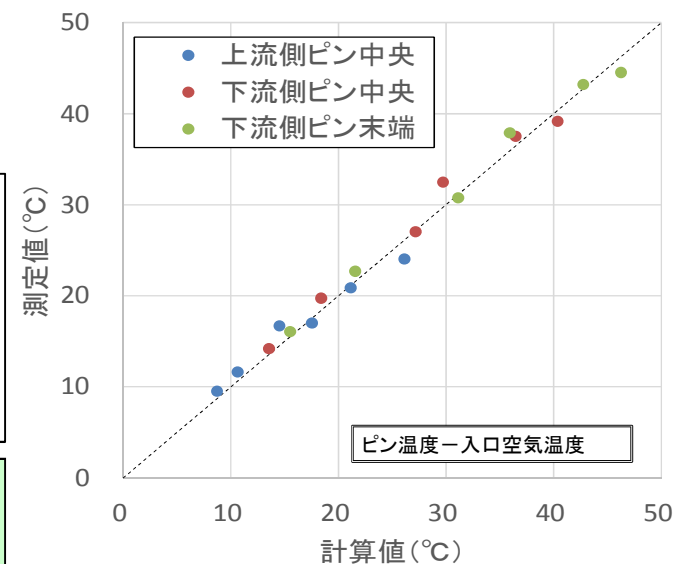
装置概要

ヒーター: 0~10W/ピン、24本
ブロワ: 最大静圧19kPa

- 格子管1体を模擬したMA燃料冷却試験装置を製作。
- 燃料ピン表面温度の解析値と測定結果との比較から、予測精度は十分に高いことを確認。TEF-P設計に向けて有用な試験データを得た。

平成27年度

・燃料ピンの外側に引き出し型の反射体を装填した燃料引き出しを模擬した体系への改造方法の検討。



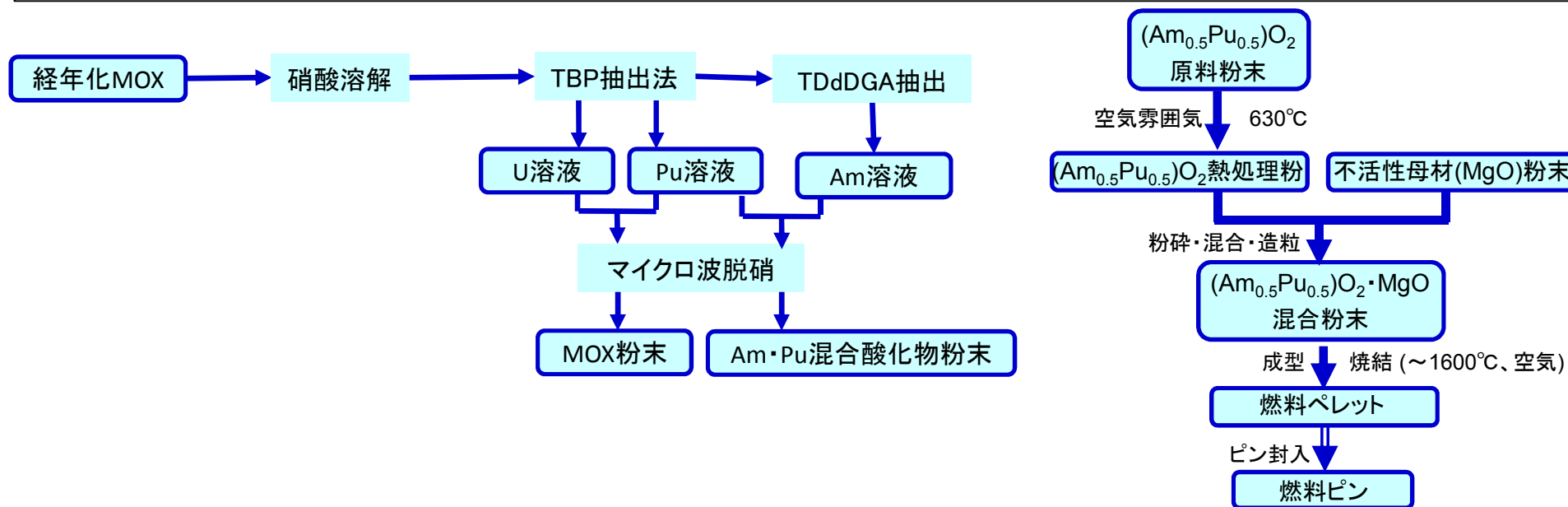
燃料ピン温度測定結果

① 要素技術開発:(4)MA燃料製造プロセス検討

課題:

TEF-P用MA含有燃料の製造に必要なプロセス概念の検討。

- 原料とする経年化MOX粉末からAm・Pu混合酸化物粉末を調製するプロセス概念を検討し、必要とされるAm・Pu混合粉末を調製するための装置・施設の概念検討を実施。
- Am・Pu混合酸化物粉末を原料として、TEF-P用MA燃料ピンを製造するプロセス概念を検討するために、必要とされる燃料ピンを製造するための装置・施設の概念検討を開始。



平成27年度

MA含有燃料の製造プロセス概念検討の継続及び必要な基礎データの収集。

② 概念検討：規制基準への対応

課題：新規制基準に適合した安全性の高い施設検討

これまでの成果

- ❑ 施設の床面高さについて、津波による遡上波の到達高さ以上とする場合に、建設予定地の地盤安定性評価、必要な基礎構造のコスト評価を実施。
- ❑ 岩盤(TP~0)まで人工岩盤を設けることで、炉室高さTP+8.8mまたは、TP+18mとする場合を検討。いずれの場合でも、980ガルの地震動に対して、地盤安定性を満足できる結果を得た。

平成27年度

- 原子炉直下となる地点の大深度ボーリング調査(活断層等の確認)を実施予定。
- 安全設計基本方針案の検討。
- 主要機器の耐震重要度分類及び安全重要度分類の検討。



TEFCO建設予定地



(参考)

JAEA原子力科学研究所(東海)
設計地震動(S_s):901ガル(マグニチュード9.0)
津波遡上高さ:約13m

② 概念検討：耐震重要度分類：施設全体



これまでの成果

- 原子炉の安全を担保する上で重要な基本的機能である「停止」、「冷却」、「閉じ込め」の全ての安全機能の喪失を想定した場合の敷地境界での一般公衆への被ばく線量評価（**耐震クラス、5mSv超：Sクラス、5mSv以下：Bクラス以下**）を実施。

「停止」機能喪失

- 原子炉停止系（安全棒および炉心分離）が機能せず最大出力（暫定：500W）の運転が継続されるが、これによるFPの蓄積や崩壊熱等は無視できる。

「冷却」機能喪失

- TEF-Pは低出力炉であるが、発熱量の大きいMA含有燃料（最大発熱量：2kW）を扱うために空気強制冷却を行う。
- 空気冷却停止時の格子管集合体内熱解析を実施し、MA含有燃料は熔融せず、被覆管の最大温度も400°Cを下回る結果を得た。

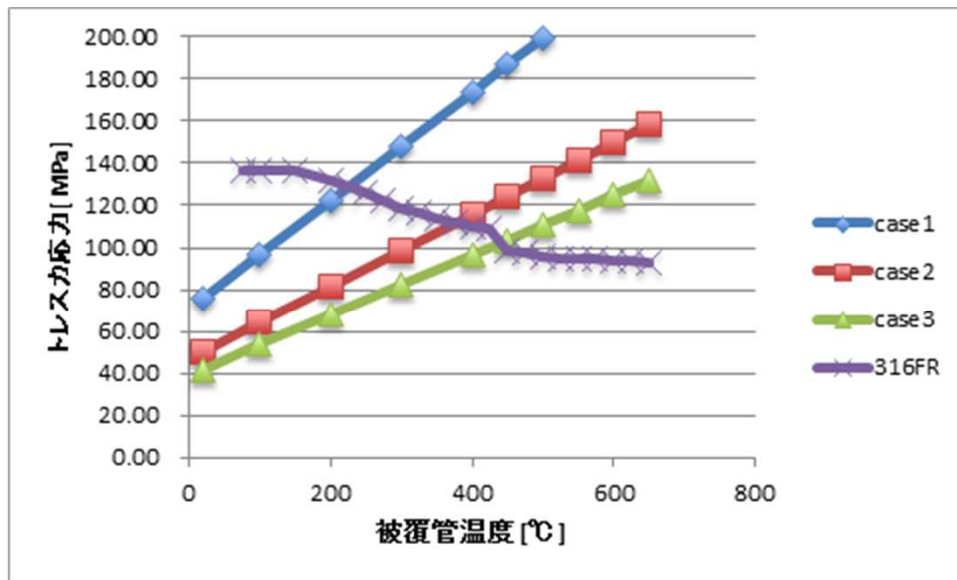
「閉じ込め」機能喪失

- 全ての閉じ込め機能（燃料ペレット、燃料被覆管、原子炉容器・建屋）を想定。MA燃料中のハロゲン・希ガスが全て放出された場合の敷地境界での一般公衆への被ばく線量を評価。
- 週間最大積算出力（4 kW・h／週）で25週（年間積算出力50 kW・h／年のため、2年間の運転に相当）の運転後で、敷地境界での一般公衆被ばく線量が5mSVを下回る結果を得た。

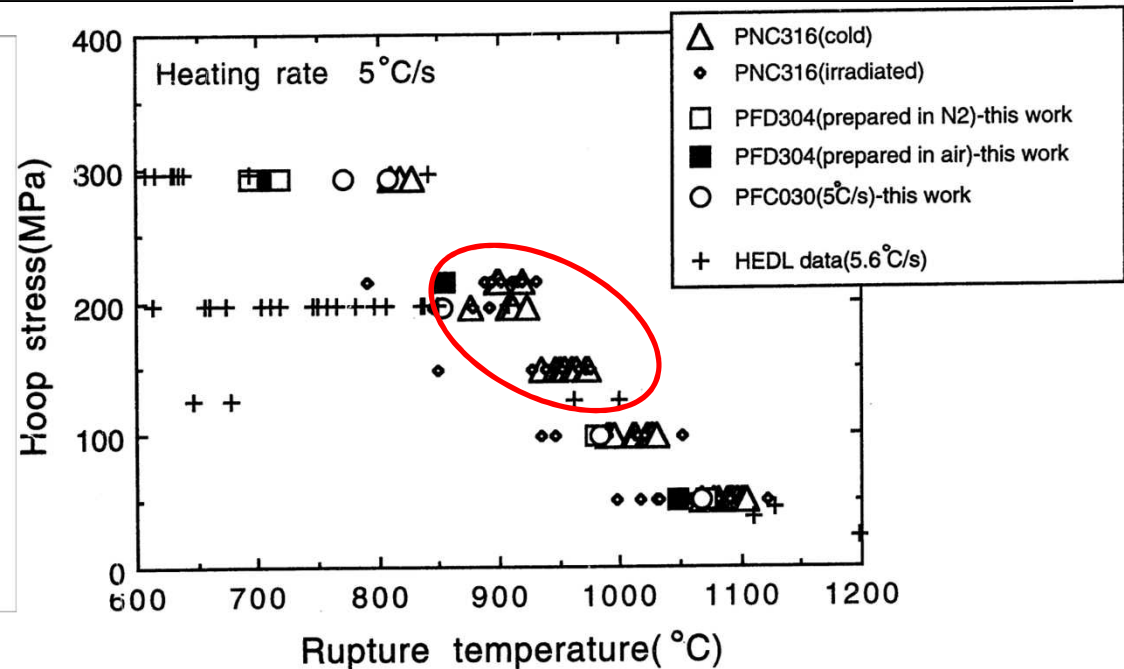
② 概念検討: MA燃料被覆管許容設計限界温度の検討

これまでの成果

- TRUの α 崩壊で生成されるHe(製造後30年)の全量放出条件で、許容設計限界温度を検討。
- 燃料ピン内径7.38mm、被覆管厚さをパラメータ(0.5、0.8、1.0mm)に被覆管内圧破裂の可能性を検討した結果、600°C以上まで内圧破裂の可能性は小さいと思われる。



被覆管温度と一次一般膜応力(Pm)の関係(燃料ピン内径7.38mm、被覆管厚さ: ケース1,2,3:0.5,0.8,1.0mm)



PNC316の破裂温度と周応力の関係(加熱温度5°C/sec)
(参考文献:PNC TN9410 96-281)

平成27年度

昇温温度をTEF-P冷却停止時の条件(0.04°C/sec以下)に合わせた被覆管破裂試験を実施予定。

② 概念検討：核不拡散・核物質防護・核セキュリティ

課題：

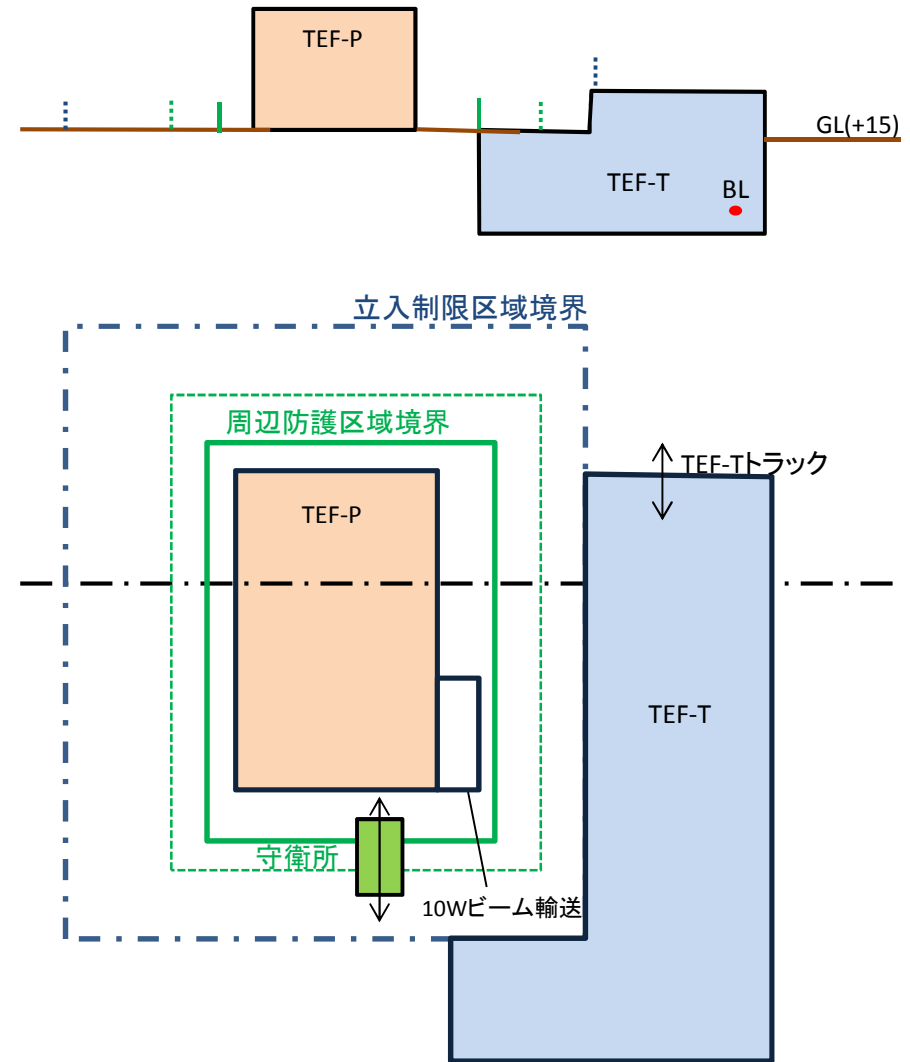
最新の核物質防護規則を取り入れた施設設計及び核物質管理体制の構築

これまでの成果

- 最新の核物質及び原子力施設の物理的防護に関するIAEAのガイドラインを基に、施設設計段階で対応が必要な項目を抽出。
- TEF-P及びTEF-Tの区域設定等の核物質防護計画を検討する検討チームを所内に立ち上げて、基本的な計画を取りまとめ。
- 核物質防護上の要求を満たす方策を策定（TEF-T及びビームライン等への影響）。

平成27年度

- ・ 最新の核物質防護規則等を考慮して施設の計画を見直し。



国内外との研究協力：炉物理・核データ



国内関係機関との協力

□京都大学原子炉実験所

公募型研究(原子カシステム)において、平成27～28年度(新規制適合性確認後)に、京都大学臨界集合体(KUCA)とFFAG陽子加速器を用いて、できるだけADSを模擬した体系での炉物理実験を計画

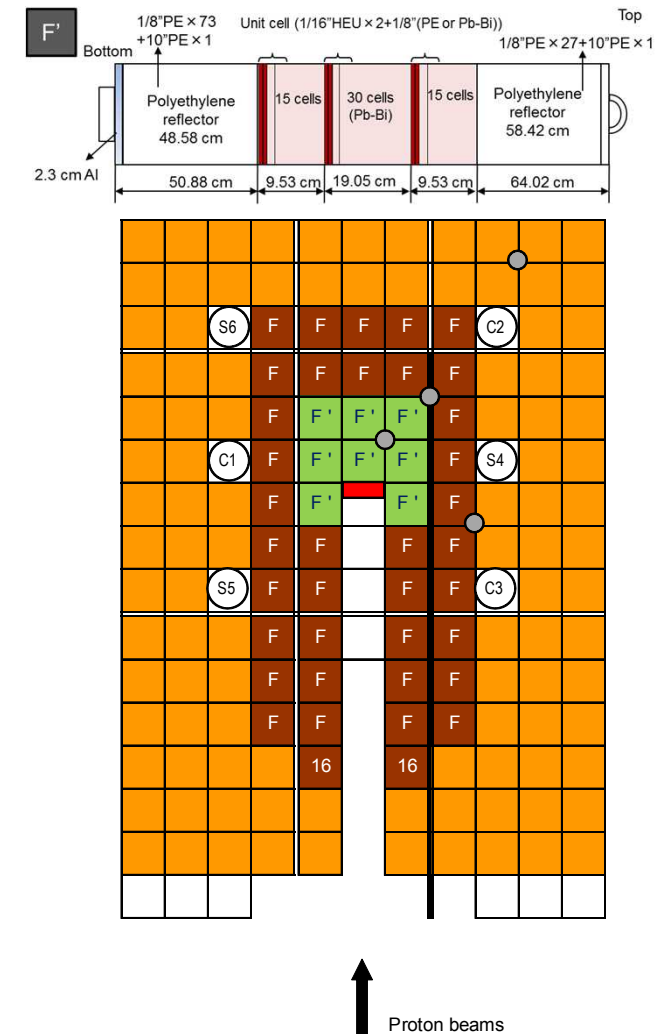
- ・未臨界体系での炉物理特性
- ・Np-237、Am-241の核分裂率測定

国際協力

□OECD/NEAの専門家会合で、MAマネジメントのために必要な国際共同実験を検討中(2015～2016年)

- ・MA核種の捕獲・核分裂率測定実験
- ・MA試料の照射実験

□国外研究機関と断面積データ検証のための共同炉物理実験の実施を検討中。



KUCAで計画しているADS模擬実験体系

平成28年度以降の取組



□ 要素技術開発

- これまで整備した試験装置を用いた試験の継続及び装置改良の検討
- 試験結果の装置設計への反映
- TEF-P用MA燃料製造プロセスの検討

□ 核変換物理実験施設(TEF-P)概念検討

- 建設予定地のグリッドボーリング(TEF-Pの安全性及びTEF-T建屋のTEF-P建屋への影響確認)
- 規制基準に適合した施設・装置の安全性検討
 - ✓ 安全設計方針に従った安全重要度分類、耐震重要度分類検討
 - ✓ 主要機器・装置の耐震予備評価
 - ✓ 安全性予備検討
- 学協会等の意見聴取の場の設定