

## **もんじゅ研究計画について**

### **(3) 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発**

**大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻  
北田孝典**

**日本原子力学会 2014年秋の大会 新型炉部会セッション  
2014年9月10日(水) 13:00-14:30**

## ご説明内容

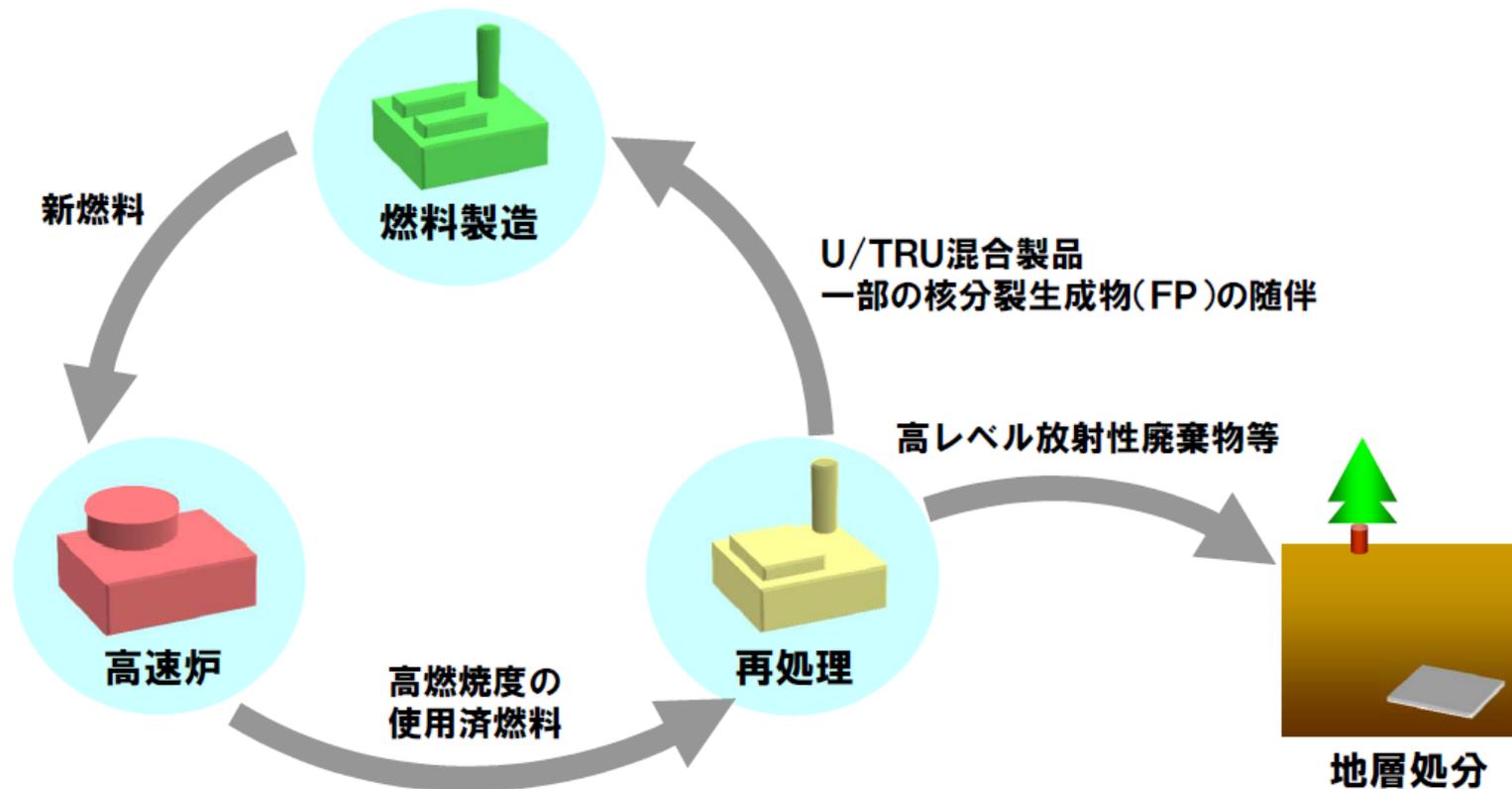
- ・廃棄物対策から見た高速炉システムの特徴
- ・廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発
- ・もんじゅ研究開発（重要度・優先度分類）での位置づけ
- ・まとめ

### 謝辞

本報告は、文部科学省 原子力科学技術委員会 もんじゅ研究計画作業部会報告書 および 日本原子力研究開発機構からの同部会提出資料を引用して作成しました。ここに謝意を表します。

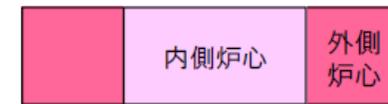
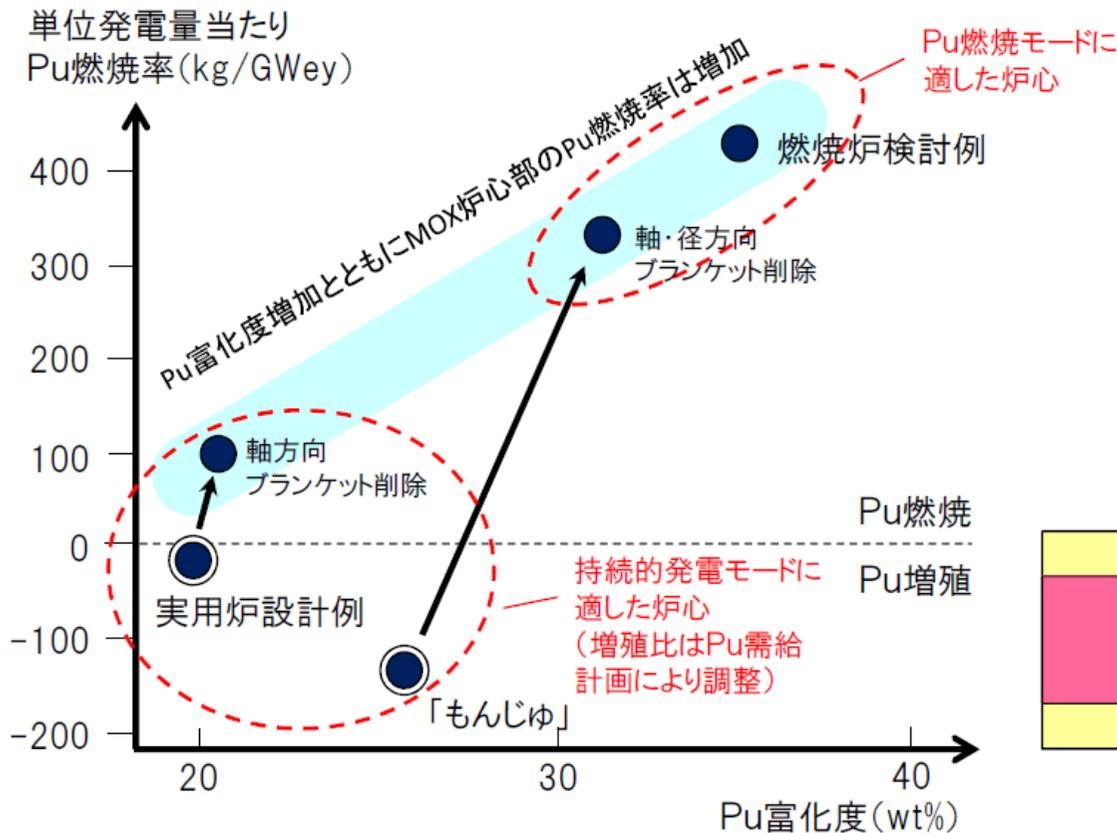
# 廃棄物対策から見た高速炉システムの特徴 (1/3)

- Pu、MAをシステム内で柔軟にリサイクルでき、システム外に排出する放射性廃棄物に含まれるPu、MAを合理的な範囲で最小化可能
- 炉心の変更により、Puの増殖にも、Pu、MAの燃焼にも利用可能であり、システム内のPu、MAインベントリを調節可能
- 余剰中性子を用いて長寿命核分裂生成物(FP)の消滅処理の可能性



# 廃棄物対策から見た高速炉システムの特徴 (2/3)

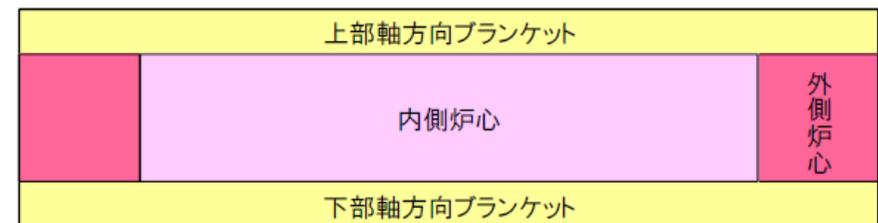
- 高速炉炉心に装荷した燃料中のPuの増減
  - Pu生成(主にUからの核変換)とPu減少(主にPuの核分裂とPuからMAへの核変換)の差
  - ブランケット(U)が少なく、初期Pu富化度が高い程、Puは減少
- 炉心変更により、Puの増殖、維持、燃焼が可能
  - ブランケット量、炉心燃料仕様(Pu富化度)の調整



燃焼炉検討例の炉心垂直断面



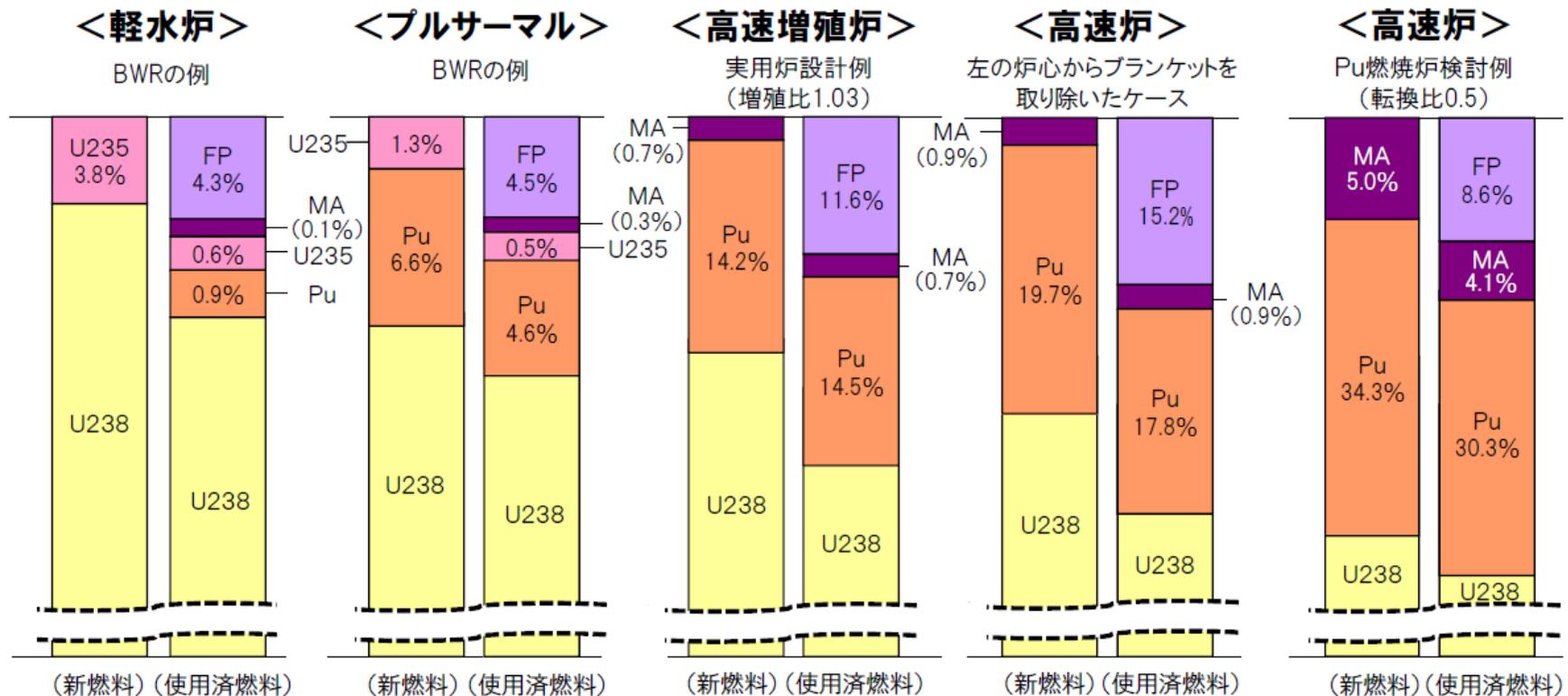
「もんじゅ」の炉心垂直断面



实用炉設計例の炉心垂直断面

# 廃棄物対策から見た高速炉システムの特徴 (3/3)

- 高速炉炉心に装荷した燃料中のMAの増減
  - MA生成(主にPuからMAへの核変換、放射性崩壊)とMA減少(主に核分裂、放射性崩壊)の差
  - 初期Pu濃度が低く、初期MA濃度が高い程、MAは減少
- 初期MA濃度を調節することにより、Puと同様に利用、燃焼可能
  - MA濃度を1%程度にすれば、Puと同様にほぼ増減なし
  - MA濃度を高めれば、Puと同様に減少



# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (1/8)

## システム概念の有効性確認に必要な調査・評価-1

### 分離変換研究としての留意点

- 多くのオプションが提案され、オプション毎に開発すべき課題と共通的な研究開発課題がある
- 幅広い分野に多くの研究開発課題があり、長期的な研究必要
- 高速炉均質サイクルオプションは、発電用高速増殖炉サイクルの研究開発の一環として進められ、基礎研究段階を概ね終了
- 総合的な評価には、分離、燃料製造、照射、照射後試験等の一連の施設を用いた試験が必要
- MA分離についての設備が不足し、MA原料調達が一連の試験実施上のボトルネック

### 研究開発実施の観点からの留意点

- 実規模照射が可能な「もんじゅ」を最大限活用
- 「もんじゅ」で試験を安全に実施するための条件を満たし、運転計画と適合することが必要
- 常陽を用いて「もんじゅ」の補完が可能
- 関連するサイクル施設(燃料製造、照射後試験、再処理試験)でAm, Np含有MOX燃料に対応可能だが、数量的には限界
- MA原料、高次化Pu原料の調達に対する対応必要
  - Pu-241から生成されるAm-241利用
  - 国際協力による調達

### 「もんじゅ」等で実施する廃棄物減容等のための研究開発

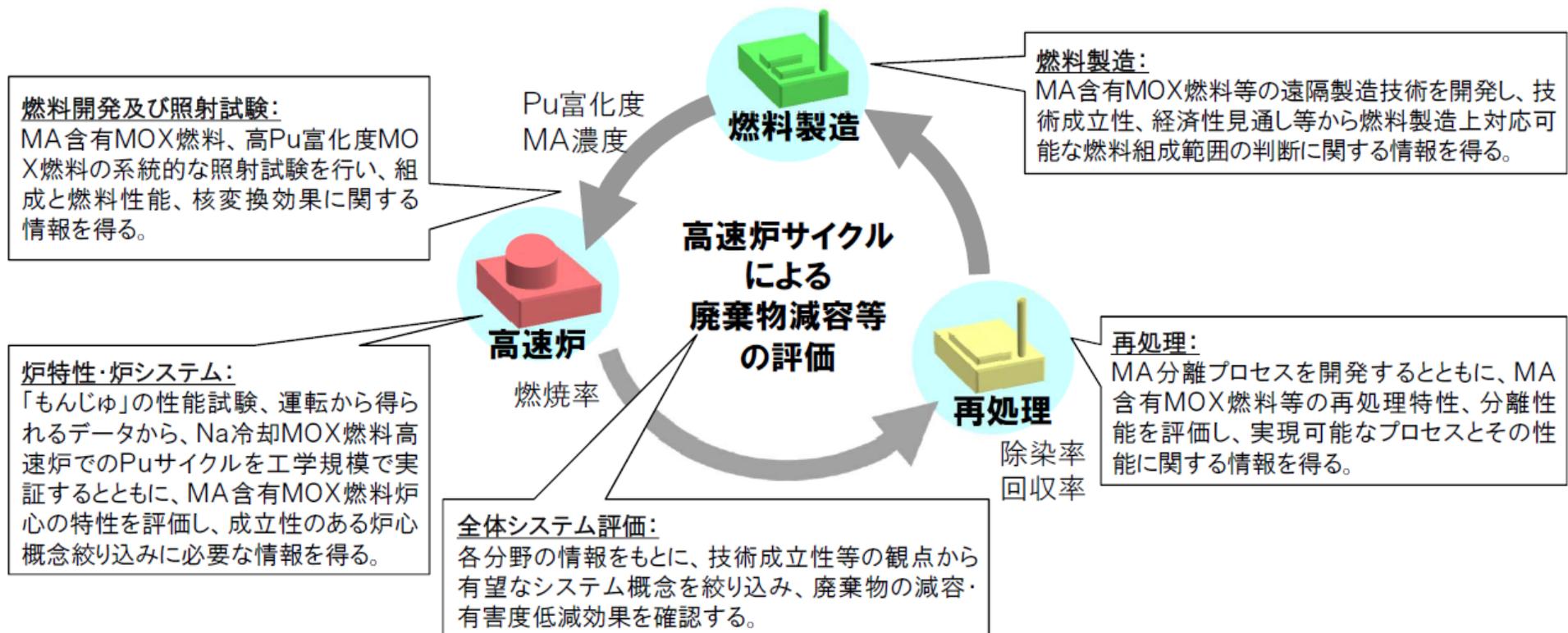
- Na冷却MOX燃料高速炉の均質Pu/MAサイクルを主たる研究対象オプション概念とし、既存施設を活用してできるだけ早期に成果を得て、準工学研究段階での本オプションの技術見通しと有効性の確認
- 「もんじゅ」での実規模照射により、照射中のMA含有燃料等の特性・挙動確認、核変換によるPu、MAの増減検証を優先的に実施し、「常陽」での特殊な条件での系統的試験により補完
- 関連するサイクル研究開発施設を用いて、MOX燃料でのAm均質サイクルまでの対応に必要なサイクル技術の見通し評価を実施
- 国際協力により、海外のMA原料、MA含有燃料、照射済燃料を活用して照射試験計画を充実させるとともに、各分野での情報交換、共同評価等を進める。

# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (2/8)

## システム概念の有効性確認に必要な調査・評価-2

### ●高速炉サイクルによる廃棄物減容、有害度低減の技術見通しと有効性の評価のために確認すべき事項

- 高速炉プラント概念の技術成立性 → Na冷却MOX燃料高速炉プラントでのPuリサイクルの技術成立性確認
- Pu利用柔軟性向上 → 高次化Pu利用、Pu燃焼の確認
- MAの利用、燃焼 → MA含有MOX燃料利用の確認
- MA分離・変換関連サイクル技術 → MA分離、遠隔燃料製造技術等の開発、見直し確認



# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (3/8)

## 研究開発項目の分類

- ① 燃料製造技術
- ② 照射試験及び燃料材料開発
- ③ 炉特性・炉システム設計技術
- ④ 再処理技術開発

# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (4/8)

## ① 燃料製造技術

- **MOX燃料製造プロセス開発**  
安定した品質で製造するためのプロセス技術  
発熱率及び放射線源強度の増加による製造上の課題解決
- **簡素化ペレット法のMA含有燃料製造への適用性検討**  
MA含有燃料の遠隔操作に適した簡素化ペレット法の開発
- **遠隔自動製造設備の高度化**  
放射線源強度の増加に対応すべく高度化

## ② 照射試験及び燃料材料開発

- **「もんじゅ」や「常陽」等での照射試験、照射後試験等**  
実規模照射試験/短尺燃料の各種照射試験、  
MA/Puの核変換量の評価・検証、燃料設計の妥当性確認
- **長寿命炉心燃料材料の開発等の基盤技術開発**  
高中性子照射量に耐え得る炉心材料等の開発

# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (5/8)

## ③ 炉特性・炉システム設計技術

### ・炉特性の確認及び炉心概念の検討

Pu/MAを燃料とする高速増殖炉/高速炉の炉特性の確認

## ④ 再処理技術開発

### ・MA分離プロセスの開発

Am/Cmを効率的に回収可能な抽出剤の開発

MA分離回収フローシートの構築

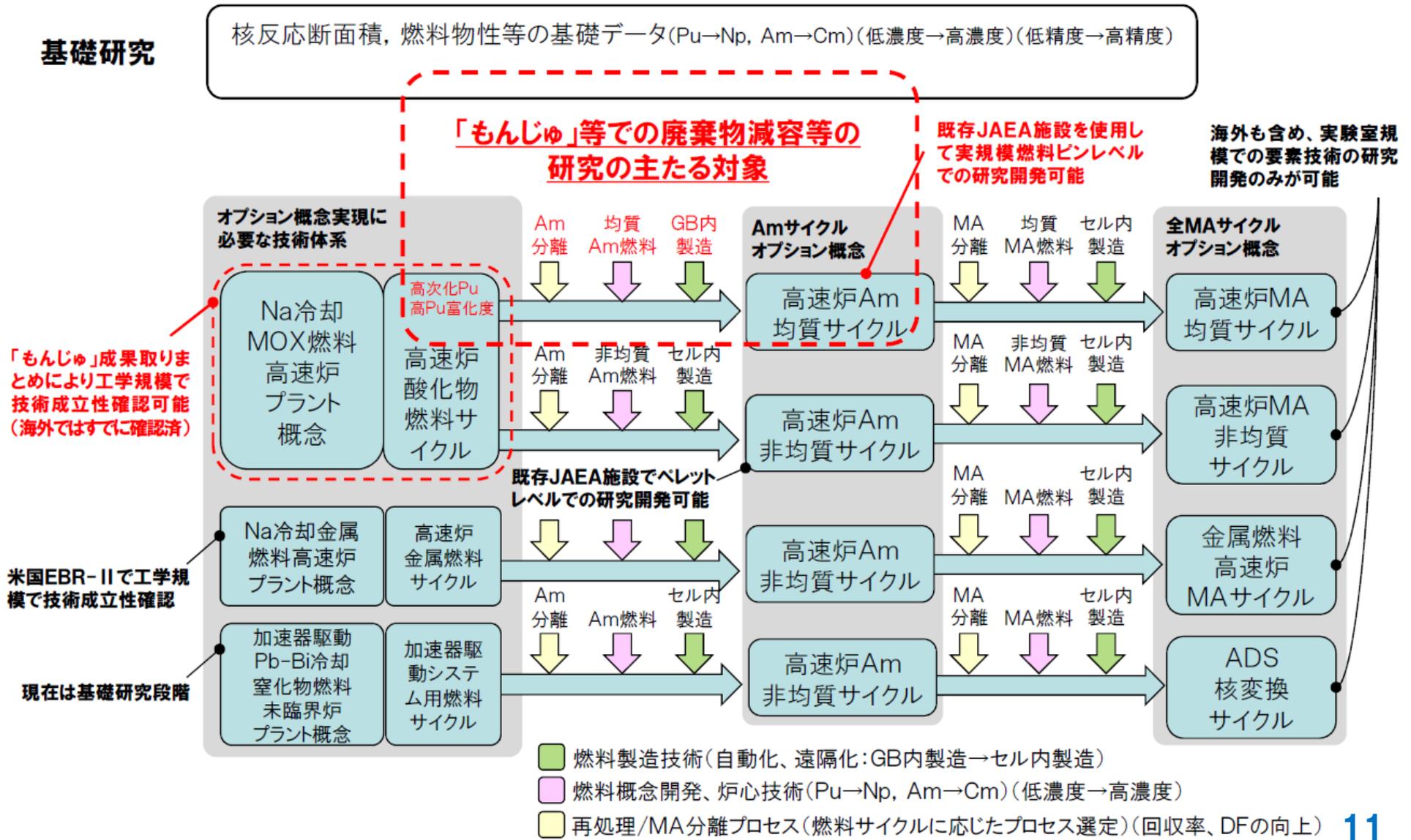
### ・MA燃料の再処理試験

MA含有による再処理工程への影響を評価

Pu/MAサイクルの物質収支(核変換特性評価)の検証

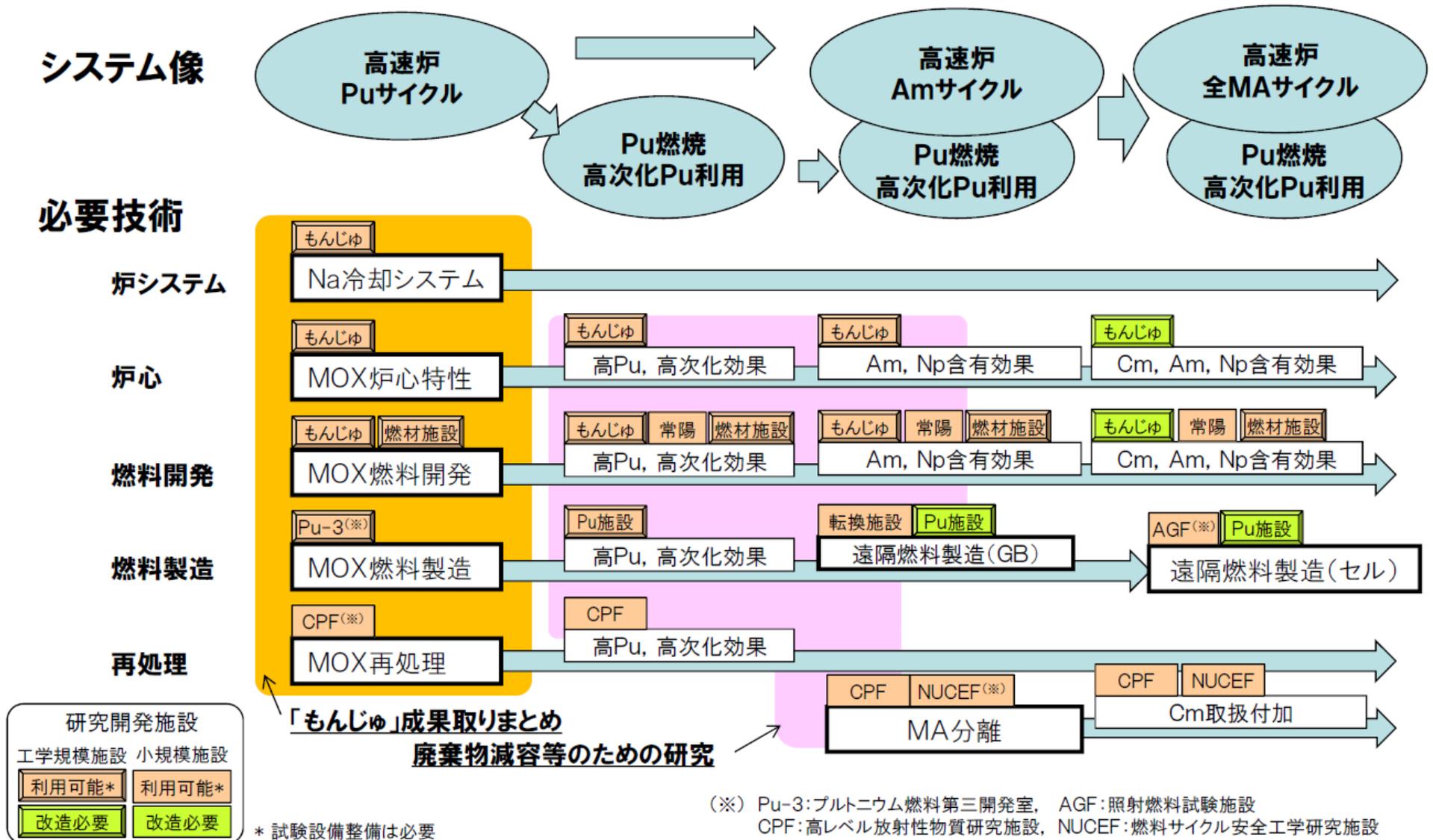
# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (6/8)

## 廃棄物減容に資する研究開発の全体の中での位置付け



# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (7/8)

## 廃棄物減容に資する研究開発の全体の中での位置付け



# 廃棄物減容及び有害度低減を目指した研究開発 (8/8)

## もんじゅ研究計画全体像のイメージ



※ 定格運転以降は、1サイクルとして4ヶ月の運転+8ヶ月程度の点検を行う運転パターンを想定

# もんじゅ研究開発(重要度・優先度分類)での位置づけ

高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認等の高速増殖炉の成果の取りまとめに必要な技術を特定するため、「もんじゅ」の技術体系を整理。その上で、これらを「高速増殖炉開発における技術の重要度」と「もんじゅ」を利用することの優先度」の2つの軸で表を整理。

		「もんじゅ」を利用することの優先度		
		1 「もんじゅ」でなければ開発できない技術	2 「もんじゅ」で開発することが合理的な技術	3 「もんじゅ」以外で開発することが可能な技術
高速増殖炉開発における技術の重要度	A 高速増殖炉開発において鍵となる技術(成果の取りまとめに不可欠なもの)	<b>A1</b> 【炉心・燃料技術】 ・高次化Pu/A m含有組成燃料で構成された炉心の設計技術・管理技術 【機器・システム設計技術】 ・ループ型炉プラント系統設計技術・評価技術 ・ホットベッセル原子炉容器の設計・評価技術 ・計測設備設計技術の内、炉外核計装、FFDの設計技術 ・燃料取扱システム設計技術 【ナトリウム取扱技術】 ・原子炉容器/1次主配管用ISI技術 【プラント運転・保守技術】 ・1次系配管・炉容器外配置1次系機器の保守管理技術 ・トラブル対応から得られる知見の集積による運転技術・保守技術の向上 【安全機能確認・評価技術】 ・「もんじゅ」のシビアアクシデント防止/緩和対策・評価技術 ・大規模システムでの自然循環除熱設計技術・評価技術 ・安全保護系統(計装、保護動作)の設計技術・評価技術 ・ナトリウム-水反応防止/緩和設備の設計技術・評価技術	<b>A2</b> 【炉心・燃料技術】 ・実用規模燃料等の設計技術 ・廃棄物減容・有害度低減を目指した「もんじゅ」照射試験 【機器・システム設計技術】 ・ループ型炉の大型機器設計技術・評価技術 ・計測設備設計技術の内、ナトリウム漏えい検出技術、水漏えい検出技術、タグガス式燃料破損位置検出技術 【ナトリウム取扱技術】 ・蒸気発生器伝熱管用ISI技術 ・ナトリウム管理技術(ナトリウム純度管理、放射化物(CP挙動、トリチウム挙動)、ナトリウム蒸気管理、洗浄等) 【プラント運転・保守技術】 ・高速増殖炉発電プラントの運転管理技術 ・高速増殖炉の保守管理技術(2次系機器等) ・燃料取扱系機器の保守管理技術	<b>A3</b> 【機器・システム設計技術】 ・高温構造設計・評価技術(コールド試験、常陽照射等) ・検出機器類の性能向上技術(コールド試験) 【プラント運転・保守技術】 ・廃炉関連技術*(先行炉、海外炉) *：廃炉時に確認 【安全機能確認・評価技術】 ・シビアアクシデント発生防止・影響緩和に係る設計対応技術(コールド試験、IGR炉) ・自然循環時の詳細温度分布等による解析技術(コールド試験)
	B 高速増殖炉開発において重要又は補強となる技術(成果の取りまとめに有用なもの)	<b>B1</b> 【機器・システム設計技術】 ・水・蒸気系設備設計技術のうち、制御特性・過渡特性に関する設計技術・評価技術	<b>B2</b> 【機器・システム設計技術】 ・水・蒸気系設備設計技術の内、蒸気発生器等設計・評価技術 ・発電所補助システム設計技術(換気空調システム、メンテナンス時冷却システム)	<b>B3</b> 【機器・システム設計技術】 ・2次系ポンプ設計・評価技術(コールド試験、海外炉) ・主循環ポンプ調速用VVVFの設計技術(コールド試験) ・浸漬型純化系コールドトラップ設計技術(海外炉)
	C 高速増殖炉の成果の取りまとめには入らない技術	<b>C1</b> 【機器・システム設計技術】 ・発電所補助システム設計技術(ユーティリティ消費量、制御用圧縮空気圧力、等) ・タービン/発電機設計技術	<b>C2</b> 4.7	<b>C3</b>

## まとめ

**高速炉システムは、Puの増殖・維持だけでなく、Pu/MAの燃焼（廃棄物減容）にも利用可能**

**「もんじゅ」は高速炉システムによる環境負荷低減の有効性確認のための中核的な研究開発の場**

**- 「もんじゅ」「常陽」での照射試験と照射後試験**

**実規模レベルでの照射が可能**

**核変換量の評価、核計算手法/核データの検証～5サイクル**

**- 燃料製造技術開発**

**遠隔自動設備、製造プロセス開発**

**- 炉特性・炉システム設計技術**

**MA含有燃料の炉特性**

**- 再処理技術**

**MA分離回収プロセス開発、Pu/MAサイクル物質収支、核変換特性**