

# 高速増殖炉サイクル技術開発の現状と将来展望

平成15年6月

核燃料サイクル開発機構

## 開発目標

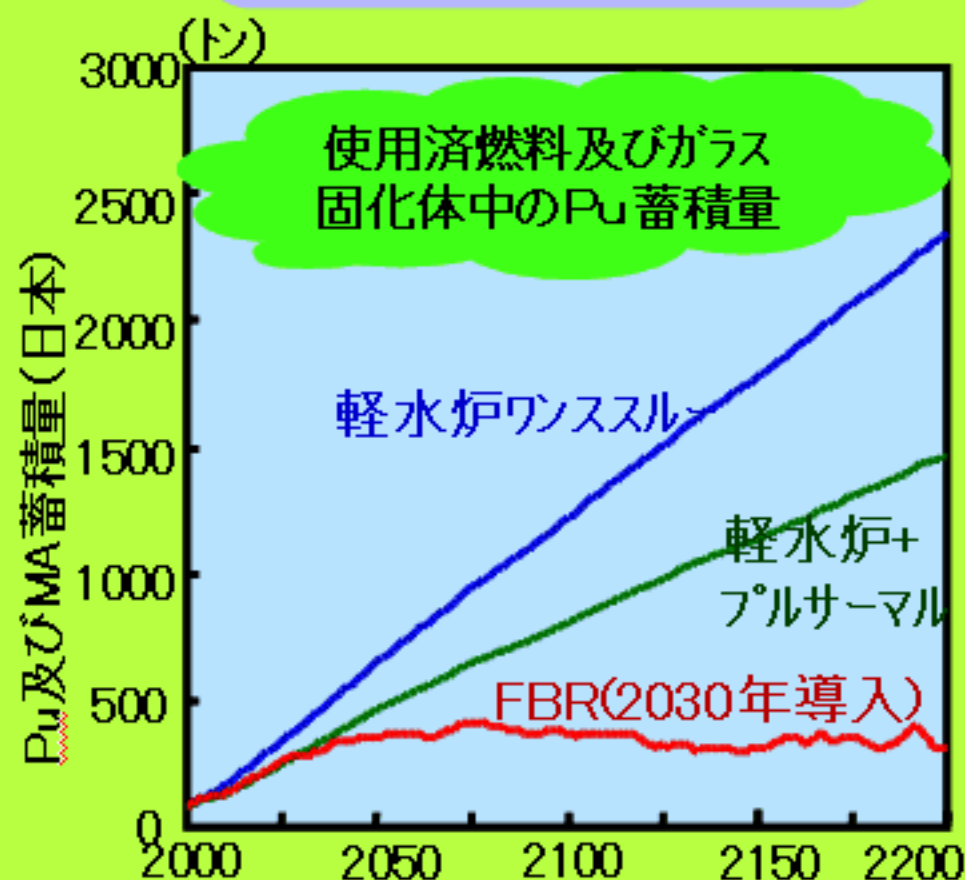
- ・安全性
- ・経済性(軽水炉に比肩する)
- ・資源の有効利用
- ・核拡散抵抗性
- ・環境負荷の低減

プルトニウムを燃焼させ  
資源として消費

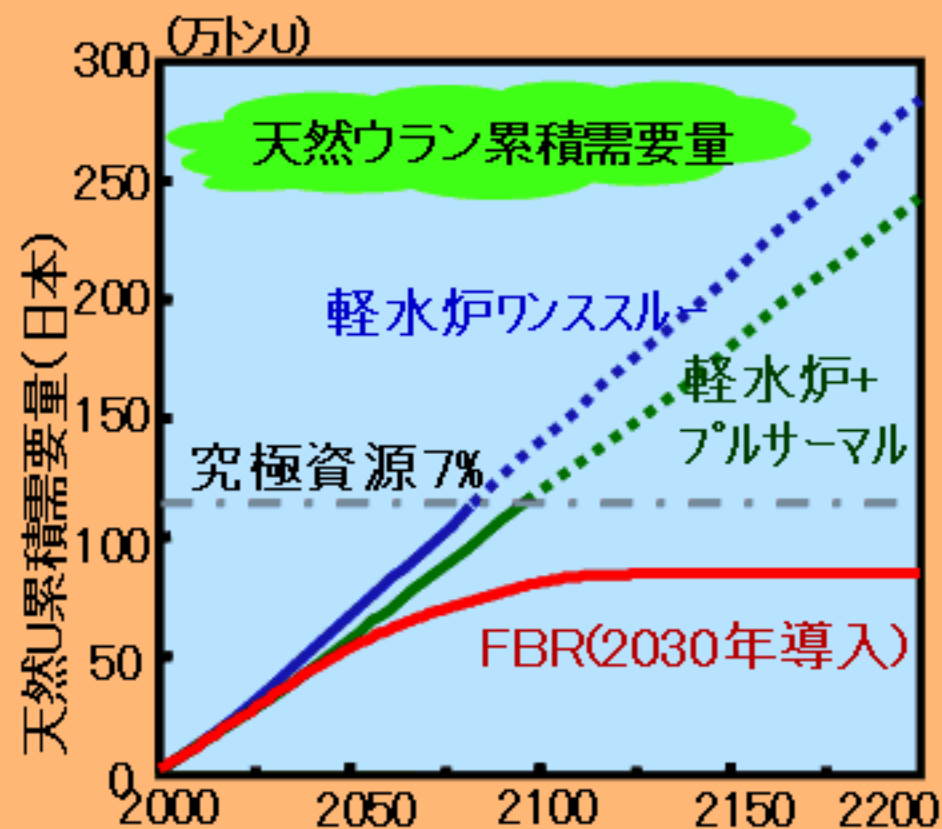
余剰なプルトニウムを持たない

将来的にはウラン輸入が不要

エネルギー自立



Pu: プルトニウム MA: マイナーアクチノイド



U: ウラン

## 開発目標

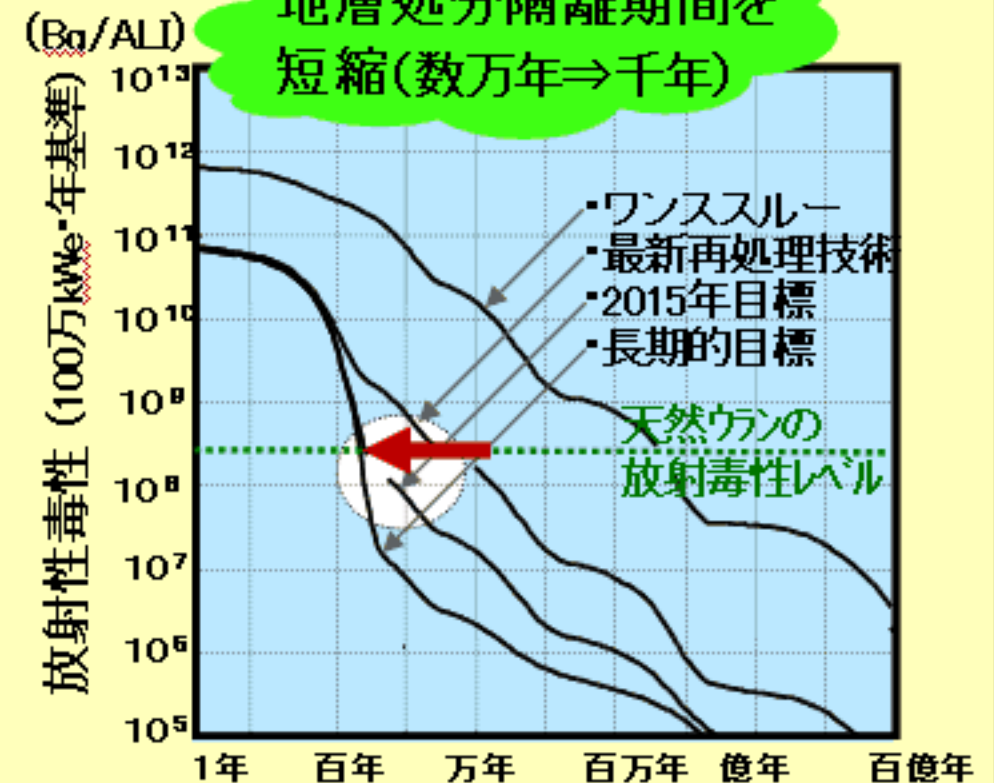
- ・安全性
- ・経済性(軽水炉に比肩する)
- ・資源の有効利用
- ・核拡散抵抗性
- ・環境負荷の低減

超ウラン元素を燃料に組み込みリサイクル

高レベル廃棄物量を大幅低減

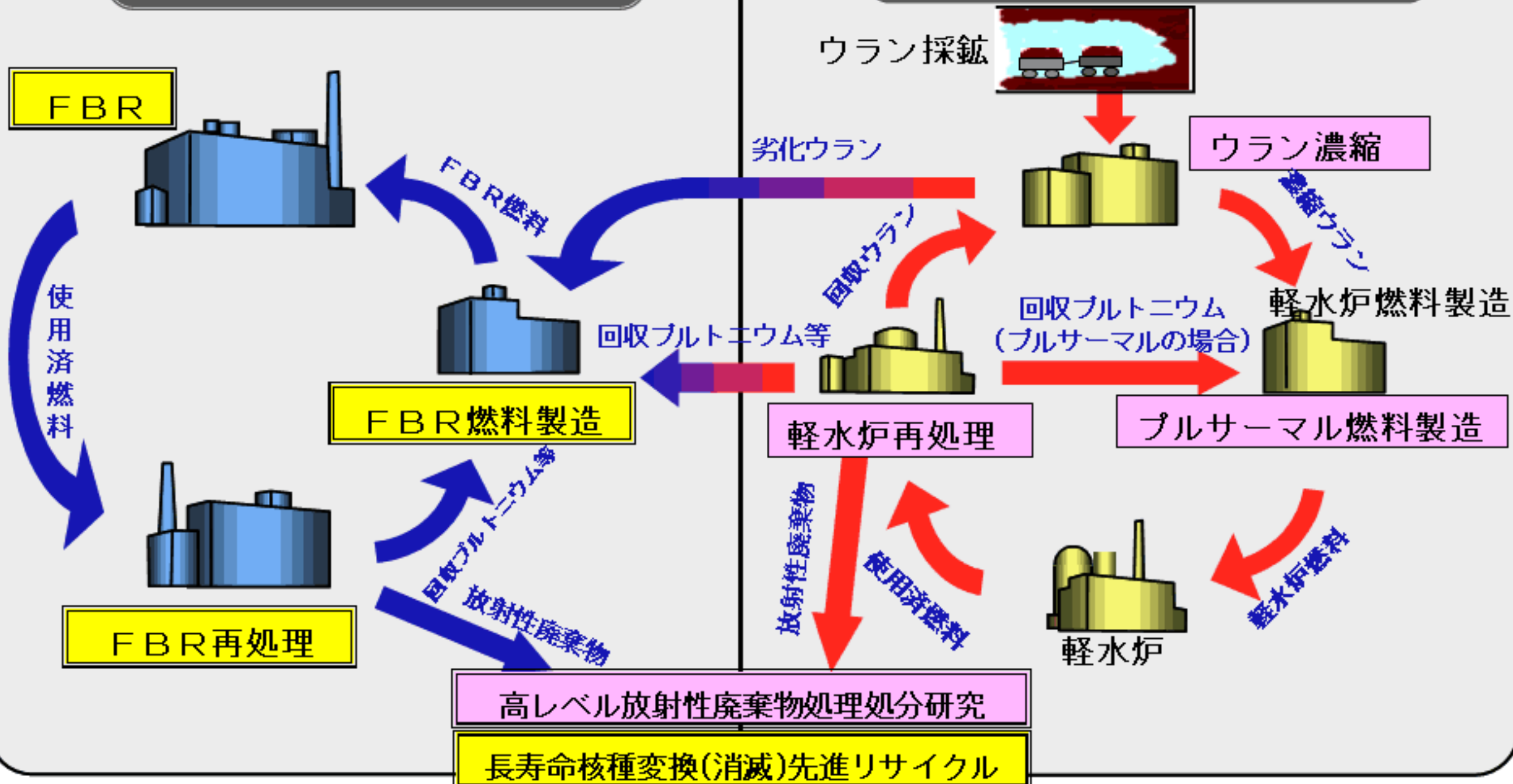
核変換で毒性を大幅低減

## FBRを用いた先進サイクル



## 高速炉サイクル (研究開発段階)

## 軽水炉サイクル(プルサーマル) (実用化段階)



□ : 今後研究開発の必要な分野

□ : 実用化のための技術移転/技術協力の必要な分野

## 実用化に向けた技術体系を幅広い評価と実プラントデータで提示

FBRサイクル実用化目標

○安全性 ○経済性 ○資源の有効利用 ○環境負荷低減 ○核不拡散性の確保

〔FBRサイクルシステム  
具体化のための評価〕

実用化戦略調査研究

2015年頃

競争力のある  
FBRサイクル技術体系  
提示

社会ニーズ  
に応じ実プラントを試験  
的導入

2030年頃

FBR  
サイクル  
実用化

「常陽」での  
研究開発

実用化像

実プラント  
データ

基本データ  
(許認可用)

実用化FBR  
技術の実証

〔発電用FBRプラント  
としての実データ〕

「もんじゅ」での研究開発

・実用化燃料実証(高燃焼度、  
低除染TRU燃料等)  
・運転保守技術高度化、運転コ  
ストの低減

FBR技術の実証と  
実用化に向けた研究開発

・発電プラント信頼性確立  
・ナトリウム取扱い技術の確立  
・運転保守技術高度化  
・実用燃料の研究開発 など

本格Pu利用の実証

・高燃焼度MOXサイクル実証  
(サイクル施設との連携)

Pu利用と核不拡散  
技術に関する  
信頼性向上

TRU：超ウラン元素

「もんじゅ」、「常陽」及び燃料サイクル施設(PFPF、CPF、RETF)を活用して  
実用化研究を進め競争力のあるFBRサイクル技術体系を提示(2015年頃)

項 目	達 成 目 標	FBRサイクル技術の研究開発を主に行う施設		
		もんじゅ	常陽	燃料サイクル施設
安全性	技術信頼性確立 より信頼性の高い安全対策	◎ △	○ △	
経済性	建設費低減(20万円/kWe) 高燃焼度燃料(15万MWd/t) <small>(燃料コスト低減)</small> 燃料品質確保・コスト低減(43万円/kgHM) 長期運転サイクル (稼働率向上)	△ ◎  ○	○	◎  ◎
資源有効利用	増殖性実証 プルトニウムリサイクル実証 TRUリサイクル実証	◎ ◎ △	 △ △	◎ ◎ ○
環境負荷低減	マイナーアクチノイド燃料燃焼 分離核変換技術の実証 放射性廃棄物発生量低減	○ ◎ △	◎ ○ △	○ ◎
核拡散抵抗性	信頼ある防護対策	○	○	○

PFPF: プルトニウム燃料製造施設、CPF: 高レベル放射性物質研究施設  
RETF: リサイクル機器試験施設

◎: 不可欠な施設、○: 必要な施設、△: 利用できる施設



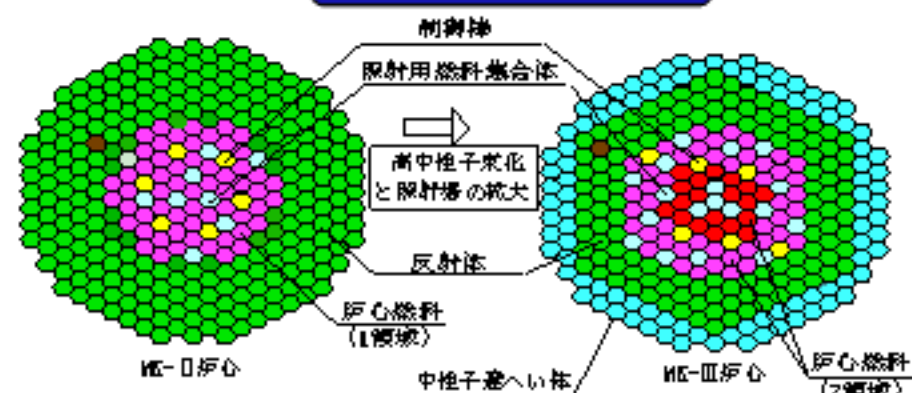
## 1 現状

- 高性能炉心・燃料開発のため改造中  
⇒ 照射試験能力 4倍
- 平成15年7月から性能試験開始予定

## 2 役割

- ・高速増殖炉の基礎的なデータ取得  
(増殖性の確認、炉心・プラント特性の確認)
- ・高速中性子を用いた照射  
(FBR燃料・材料、核融合材料等の照射)
- ・FBRの運転・保守技術の蓄積と技術者養成

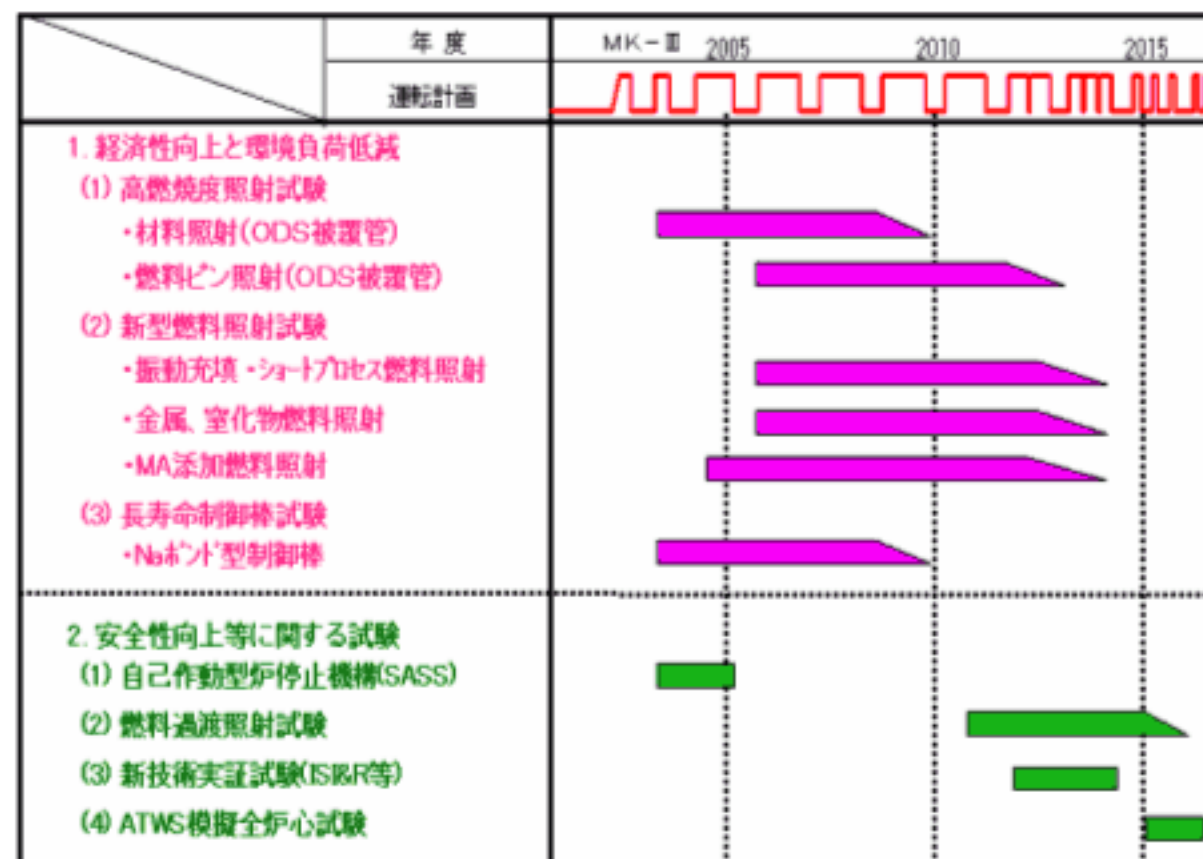
炉心機能の比較



項目	炉心	MK-II	MK-III	照射能力
熱出力		100MWt	140MWt	4.0倍
高速中性子束		$3.2 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2 \text{ s}$	$4.0 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2 \text{ s}$	1.3倍
照射ベース		約9体	約20体	2.0倍
設備率		約40%	約60%	1.5倍

## 3 今後の予定

- 高性能化及び環境負荷低減研究を実施
    - ・高燃焼度用燃料・材料の照射
    - ・マイナーアクチノイド含有燃料の燃焼試験
    - ・金属燃料サイクル開発(新型燃料照射試験等)
  - 安全性向上研究
    - ・自己作動型炉停止機構
    - ・燃料過渡照射試験 等
- ⇒試験成果をFBRサイクル技術の研究開発に反映



ODS: 酸化物分散強化型フェライト鋼 MA: マイナーアクチノイド  
ATWS: 異常な過渡変化時のスクラム不作動事象

## 1. 現状

- 原子炉設置変更申請書が許可  
(平成14年12月26日)
- 設工認申請(平成14年12月27日)

## 2. 役割 (原子力長期計画)

- 高速増殖炉サイクル研究開発の中核
- 発電プラントとしての実証
- ナトリウム取扱技術の確立
- 世界の国際公共財として活用

## 3. 今後の予定

- 地元了解後に所要の改造工事に着手
- 運転再開後
  - ・実用化の研究開発
    - ⇒発電プラントとしての技術信頼性の確立
    - ⇒高性能炉心を活用した研究開発  
(実用化燃料の実証→高燃焼度化15万 MWd/t)
  - ・リサイクル技術の実証
    - ⇒プルトニウムリサイクル
    - ⇒低除染燃料(FP、TRU含有燃料)の実証  
→環境負荷の低減

### もんじゅ

#### 世界の国際公共財として

- ◇ Na冷却、MOX燃料サイクルは日本がリード
- ◇ 海外研究者参加 (実績 研究員等30人)
- ◇ 「もんじゅ」国際共同利用
- ◇ フェニックス炉を継承し、大規模照射炉として利用 (廃棄物低減研究など)

#### 2国間、国際機関との協力

- ◇ 欧、米との2国間協力を機軸とする共同研究 (先端技術、運転経験情報交換)
- ◇ IAEA(TWGFR)
  - ・高速炉技術継承のための国際データベース構築
  - ・FBR開発途上国における安全性向上の貢献
- ◇ WANO(FBRグループ会議)
  - ・海外先行炉の技術継承と「もんじゅ」での活用



FP: 核分裂生成物 TRU: 超ウラン元素



## 「もんじゅ」の主な成果

- FBR発電プラントとして40%出力運転達成
  - ⇒自主技術開発の実証(原子炉運転約4400時間)
- 総合試験(成果報告書約2200件、解析コード約30件)
  - ⇒プラント、臨界、炉心特性を取得
    - (増殖性実証、解析コードの検証、安全余裕の定量評価)
- 漏えい事故原因調査
  - ⇒流動振動、燃焼挙動、高温腐食の知見取得
    - (実用化設計に反映)
- 先端原子力関連技術成果展開事業(特許約300件)
  - ⇒一般産業界への反映
    - (金属火災消火器開発、水中機器開発等)



- ・運転保守技術の高度化
- ・点検保守規準の確立
- ・ISI技術の高度化
- ・ナトリウム取扱技術の確立



制御棒駆動装置の点検

## 1. 現状

- 「常陽」MK-Ⅲの燃料製造
- 民間MOX加工事業への技術協力  
(受託試験)

## 2. 役割

- MOX燃料製造技術の開発  
⇒「常陽」、「もんじゅ」等への燃料製造  
⇒高燃焼燃料の開発実証
- MOX保障措置システムの確立
- 開発成果を民間へ技術移転  
⇒技術情報、人的協力

MOX燃料製造実績

燃料種類	体数	MOX量
もんじゅ	285	約10トン
常陽	551	約7トン
ふげん	773	約139トン
その他	4	約14トン
合計	1,613体	約170トン

‘03年3月末現在

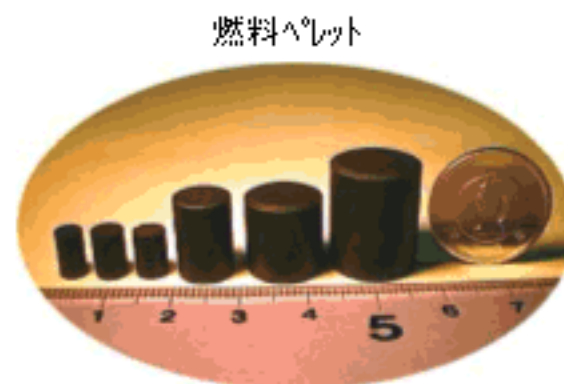
MOX燃料：ウラン酸化物とプルトニウム酸化物を混合した燃料

## 3. 今後の予定

- 「常陽」「もんじゅ」の燃料製造を通じて  
⇒ **MOX燃料製造技術の開発と確立**
- MOX燃料製造簡素化プロセスの開発  
⇒ **燃料製造コストの低減**
- 振動充填燃料の研究開発  
⇒ **燃料製造コストの低減**
- 低除染燃料の開発  
⇒ **遠隔製造技術の開発**



プルトニウム燃料第二開発室



プルトニウム燃料第一開発室





## 1. 現状

- 高速炉使用済燃料再処理ホット基礎試験
- 改造工事(平成8年～平成14年)
- 先進湿式再処理試験開始(平成14年12月)

## 2. 役割

○高速炉燃料再処理プロセスの確認及び関連するウラン、プルトニウム、MA挙動データ等の取得

○高レベル放射性廃液の処理・処分にに関するガラス固化プロセス、固化体物性データ等の取得

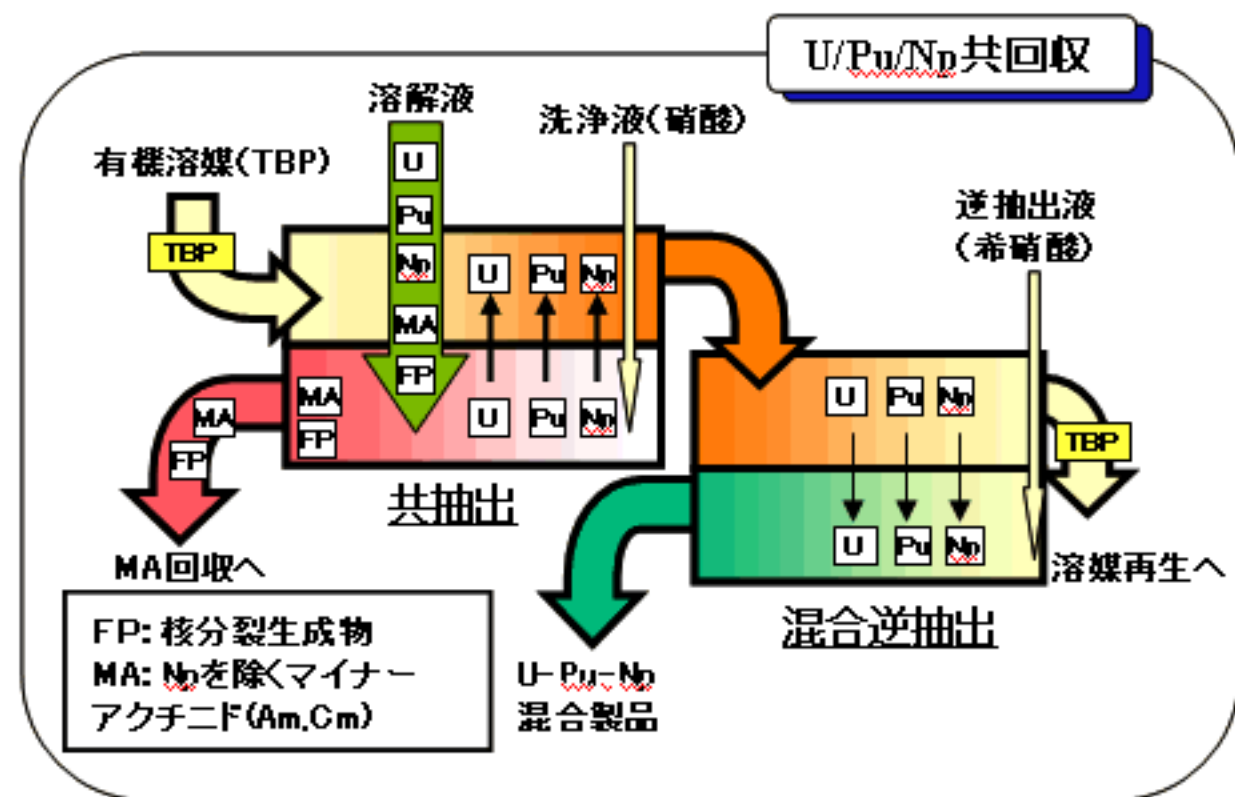
## 3. 今後の予定

○経済性、環境負荷低減性、核拡散抵抗性等の高度化再処理プロセスのホット基礎データの収集・解析

・湿式法: PUREX法を基軸とした先進リサイクル開発(超ウラン元素のリサイクル)

・乾式法: 金属電解法技術の確証

○成果はリサイクル機器試験施設(RETf)での運用及び実用化戦略調査研究に反映



PUREX: 使用済燃料の再処理法の一つで実用化されているもの

2000

2005

2010

2015 (年度)

## フェーズⅠ

- ・幅広い選択肢の評価
- ・有望な候補概念の抽出

原研との統合

## フェーズⅡ

- ・革新技術の導入
- ・設計研究の実施
- ・要素技術開発の実施

中間取りまとめ  
(2003年度末)

- ・複数の実用化候補概念の明確化
- ・研究開発計画の策定

要素技術開発の例

### 炉システム

- Na炉 → 経済性の向上 (合体機器・長期運転サイクル等) 他  
→ Na炉の魅力追求&課題克服
- 鉛ビスマス炉 → 耐腐食材料開発/経済性の向上 他
- ガス炉 → 被覆燃料開発 他

### 再処理

- 先進湿式法 → 経済性・環境負荷低減性の高いプロセス開発
- 乾式法 → MA回収等の技術成立性の確認

### 燃料製造

- 振動充填法
- 筒素化ペレット法
- 鋳造法
- 燃料開発
- ODS鋼の開発
- 低除染・TRU燃料の照射
- 振動充填燃料の照射 他

チェック&レビュー

- ・課題評価委員会
- ・第三者評価

## <実用化戦略調査研究の開発目標>

- ・安全性の確保
- ・競争力のある経済性
- ・資源の有効利用
- ・環境負荷の低減
- ・核拡散抵抗性の向上

フェーズⅢ以降

競争力のある高速増殖炉  
サイクルの技術体系を提示

[工学規模の検証]

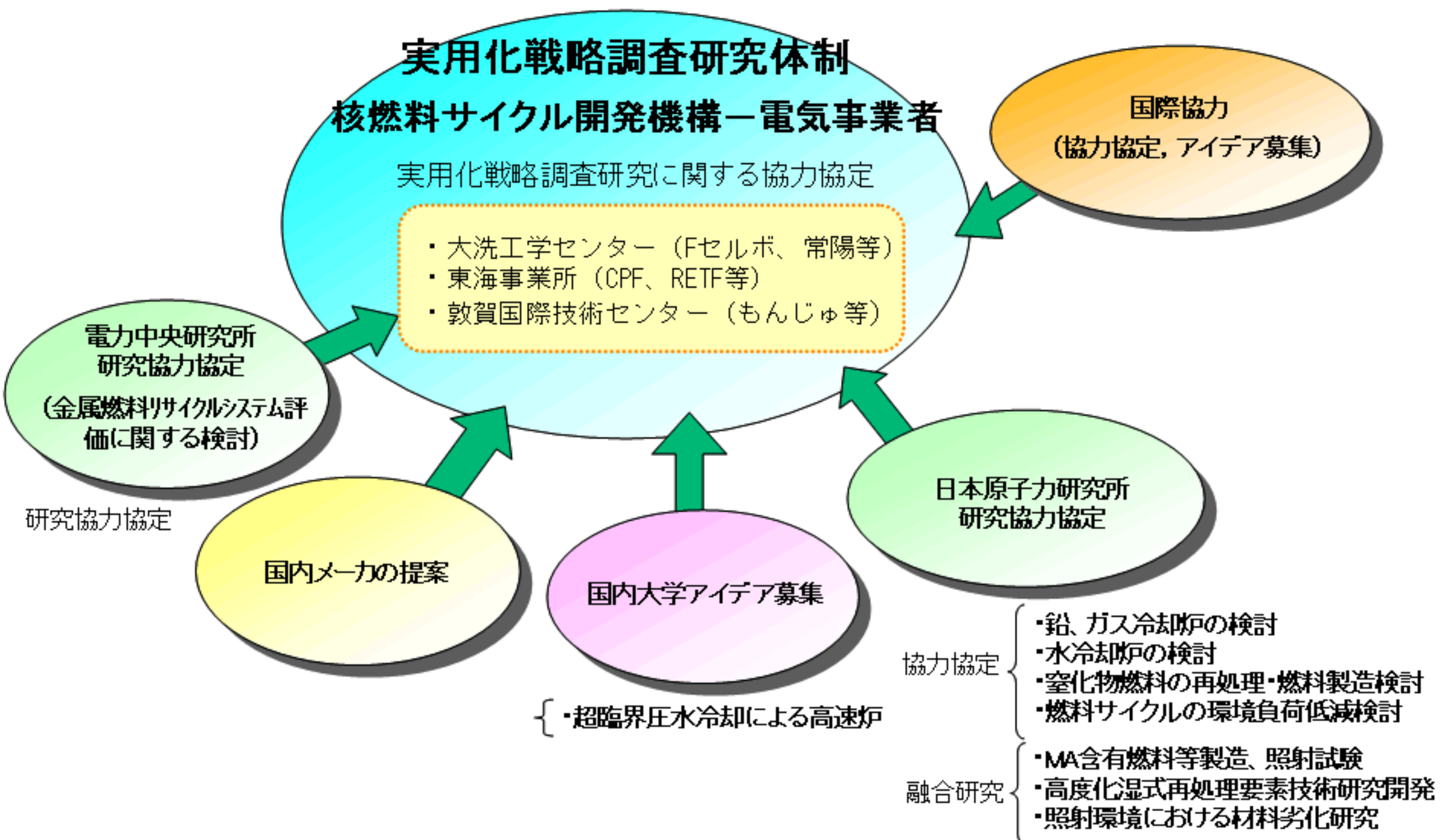
- ・概念設計
- ・設計手法高度化・基準策定等  
に必要なデータ取得
- ・燃料サイクルホット試験
- ・燃料のピン照射 等

[炉及び燃料サイクル施設]

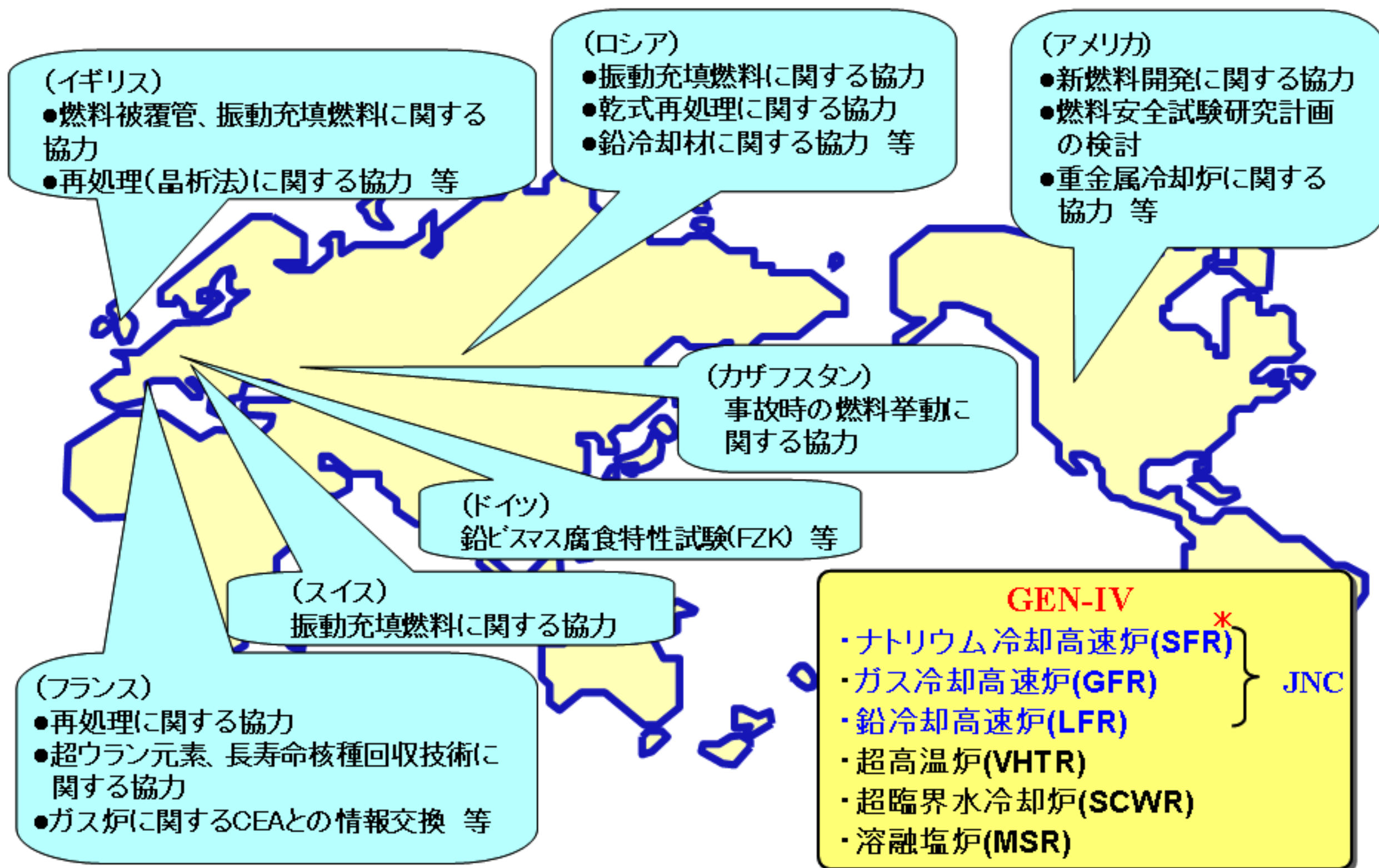
- ・実プラントの基本設計
- ・燃料の集合体照射
- ・設置許可申請が可能な  
安全設計・評価に関わる  
データ取得 等

ローリングプランによる実施

5年程度毎の  
チェック&レビュー







1999～2000年(フェーズⅠ) 2001～2005年(フェーズⅡ) 2006～2010年 2011～2015年

- ◆ 開発目標の設定
- ◆ 選択肢の比較・評価による有望概念抽出

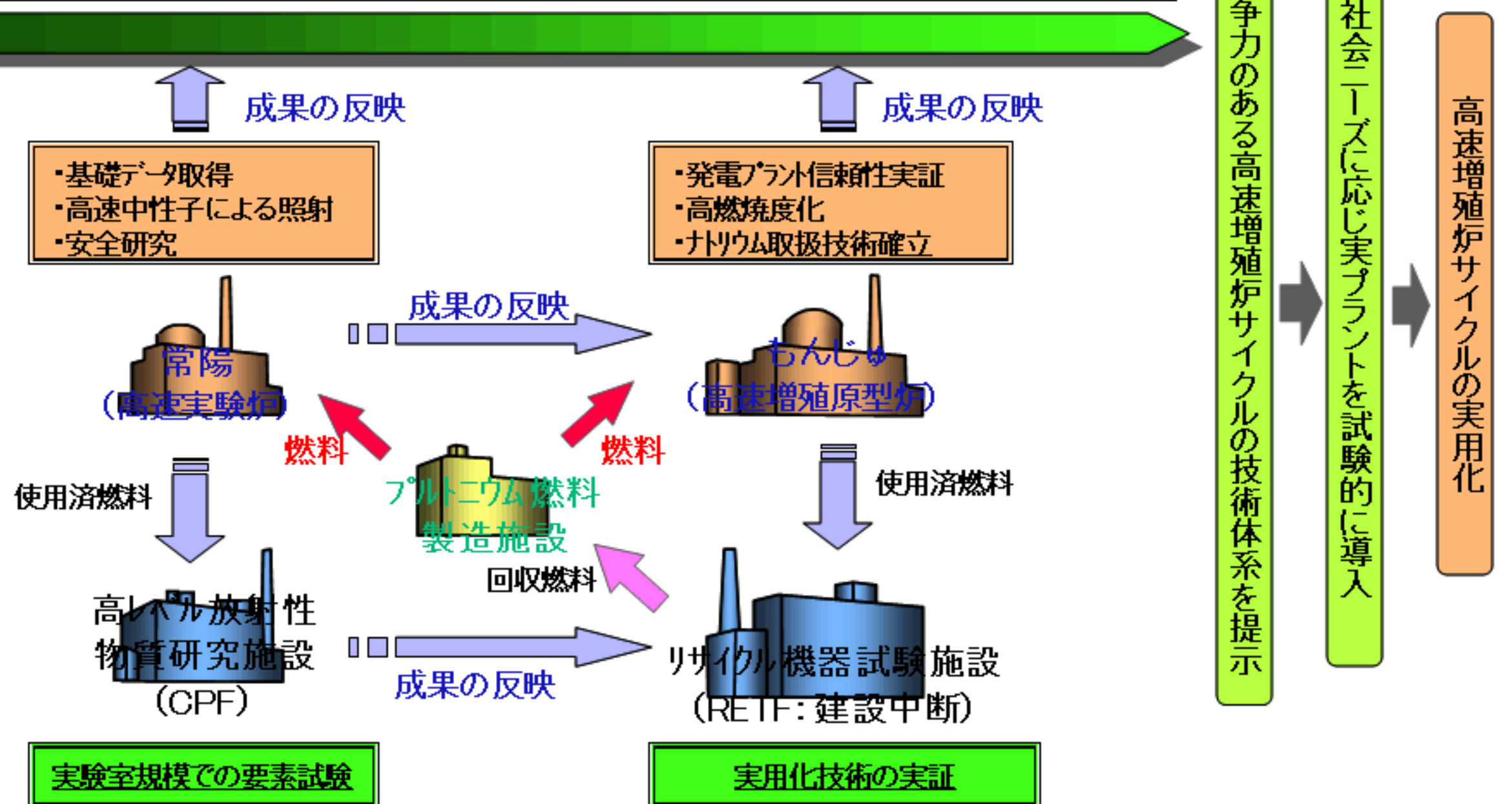
- ◆ 設計研究と技術的成立性確認の要素技術開発
- ◆ 中間とりまとめ(2003年度末)
- ◆ 実用化概念の明確化
- ◆ 研究開発計画の策定

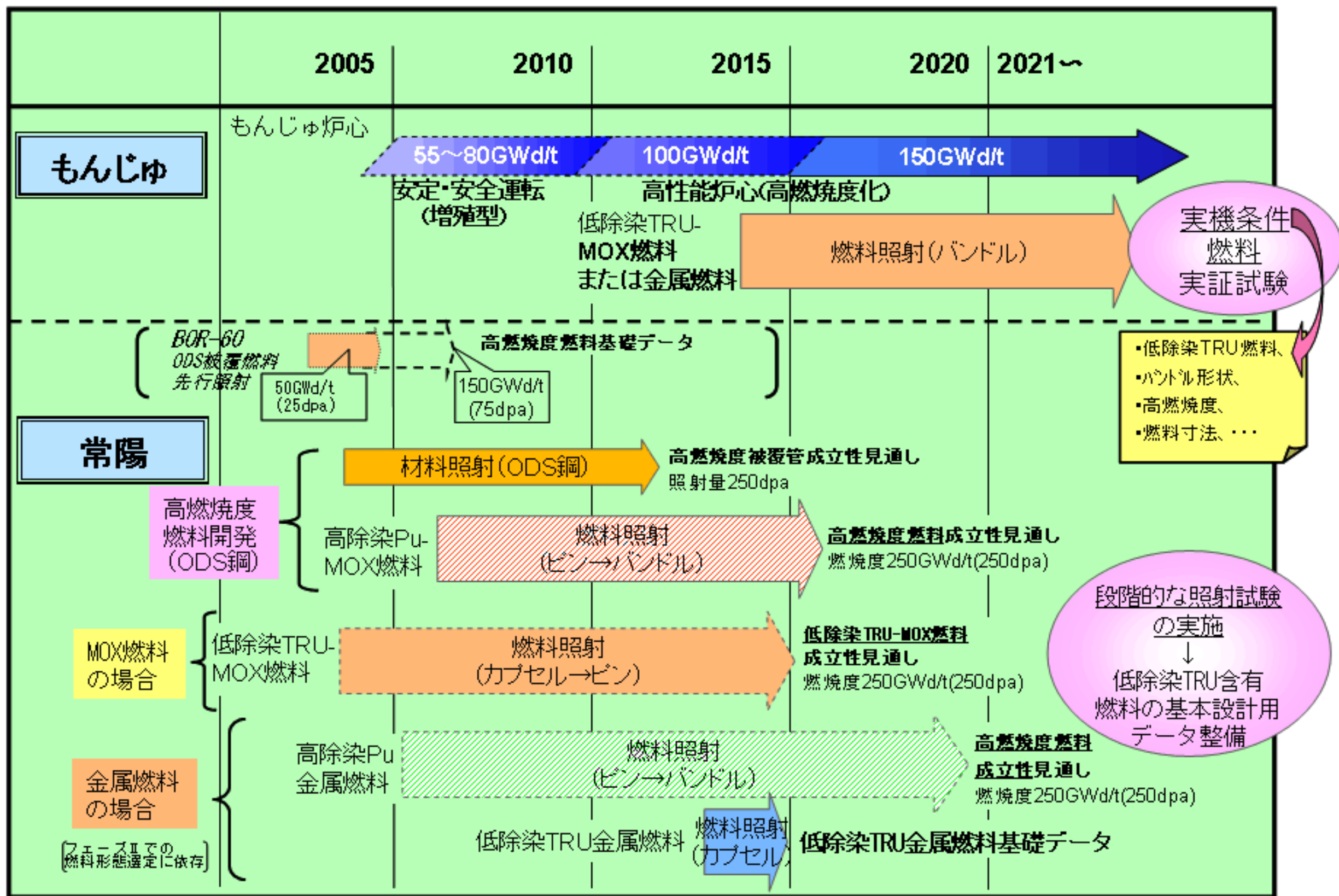
- ◆ 概念設計研究
- ◆ 工学試験による実用化技術開発
- ◆ 基本設計研究

(2015年頃)

(2015～2030)

(2030～)







もんじゅ

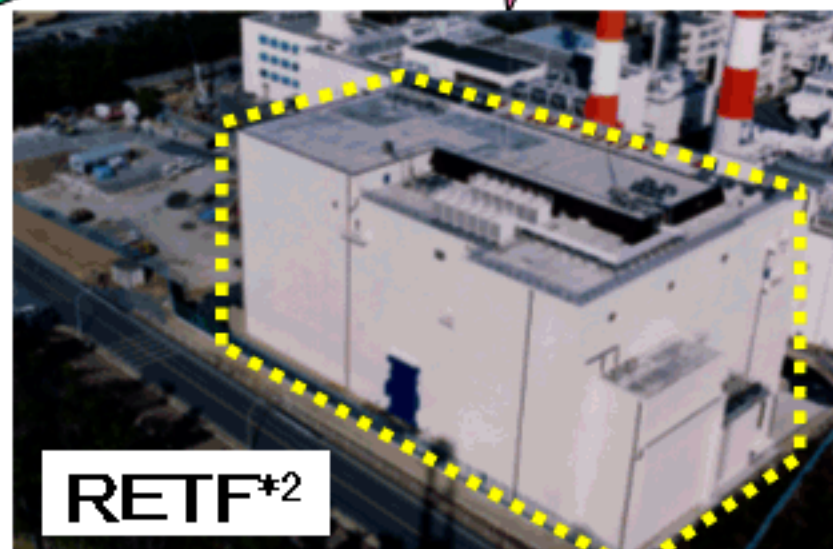
## ○ TRU<sup>\*1</sup>リサイクル利用

- 環境負荷低減
- 経済性/信頼性向上
- 核拡散抵抗性向上

## サイクル技術の 工学実証

## ○ 信頼性実証

- Na取扱技術の確立
- 燃料の高燃焼度化
- TRU<sup>\*1</sup>燃料の照射



RETF<sup>\*2</sup>

\*1:超ウラン元素(Trans Uranium)

\*2:リサイクル機器試験施設(Recycle Equipment Test Facility)





中長期事業計画－抜粋－

- FBR再処理技術開発の進展を適切に反映  
⇒RETf計画は柔軟に進める
- 「実用化戦略調査研究」の結果と整合を取りつつ、2003年度頃を目途に、その後のRETf計画を作成



- 実用化戦略調査研究で絞り込む再処理技術の工学的実証を、技術的成立性、経済性等の観点から検討中
- その他ニーズに対する検討も実施中
  - 遠隔TRU燃料製造
  - 「もんじゅ」燃料処理など