

高速増殖炉サイクルの  
実用化戦略調査研究フェーズⅡ  
最終報告書（FSⅡ報告書）の  
評価について

平成18年5月24日  
文部科学省研究開発局

# 目次

1. 評価の視点（4月14日 第5回作業部会資料5－9抜粋）
2. 2015年までの研究開発課題と研究開発計画について
  - (1) 実用化までのロードマップの検討について
  - (2) 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行について
  - (3) 2015年までの研究開発課題と研究開発計画について

# 1. 評価の視点

2015年頃までに、技術的に整合性のとれた実用的な「高速増殖炉システム」と「燃料サイクルシステム」全体の概念設計の特定・明確化がなされることや、必要な技術データが効率的・効果的に蓄積されることが必要。

⇒ そのために、FSⅡ報告書をどのように評価し、2015年頃までの研究開発方針を提示していくべきか…

## 【評価の視点(案)】

FSⅡ報告書で示された技術的な結論の妥当性を評価するとともに、最近の諸情勢を踏まえ、今後10年間の研究開発方針の提示を行う。

### ①大局的評価(主として政策的評価)

- 国家戦略的視点(政策大綱の実現性、国際戦略(競争・協調)など)
- 資源配分的視点(選択と集中、柔軟性など)
- 目的実現方策(計画性・有効性・効率性、実施・連携体制、事業(交付金、公募事業など)の在り方)
- その他(社会受容性(安全性、透明性等)、波及効果など)

### ②FSⅡ報告書の妥当性(主として技術的評価)

- 開発目標(2005年まで:安全性、経済性、環境負荷低減性、資源有効利用性、核不拡散抵抗性への適合性)  
(2006年以降:開発目標の追加・修正、優先順位)など
- 技術的实现性(新材料、革新技術、代替技術、スケジュールなど)

### ③上記を踏まえた研究開発方針

本日の  
ポイント

## 《評価の視点案(1) ～主として政策的観点からの評価～》

高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書については、主として以下の視点から評価等を行うことが適当ではないか。

- :主として「委員会」で評価する事項  
●:主として「作業部会」で評価する事項

### 【大局的な分析・判断(主として政策的観点からの評価)】

#### ○国家戦略的視点

- ・原子力政策大綱の方向性と適合しているか  
⇒意義、必要性、公益性、核燃料サイクル政策上の位置付け、スケジュール など
- ・社会諸情勢に鑑み適切か
- ・国際的動向に鑑み適切か  
⇒GNEP、GIF、中国・インド情勢、フランス・ロシア情勢、エルバラダイ構想 など

#### ○社会受容性など

- ・国民に受け入れ可能な安全性が確保されているか
- ・研究開発の透明性が確保されているか
- ・各方面への波及効果は期待できるか

## 《評価の視点案(2) ～主として技術的観点からの評価～》

### 【選択と集中の妥当性(主として技術的観点からの評価)】

#### ●開発目標適合性

- ・開発目標(安全性、経済性、環境負荷低減性、資源有効利用性、核不拡散抵抗性)の設定は妥当か(追加すべき目標があるか等)
- ・各開発目標が適切に確保されるものとなっているか
- ・各開発目標の優先順位付けは適切になされているか

#### ●技術的実現性

- ・各課題の技術的実現性の見込み(スケジュール含む)は妥当か
- ・炉システム・燃料サイクルシステムを含めたFBRサイクルシステム全体の整合性が図られているか
- ・状況の変化等に対して技術的に柔軟に対応することが可能か
- ・国際的な技術開発動向・協力関係が適切に踏まえられているか

## 《評価の視点案(3) ～研究開発方針の提示関係～》

### 【研究開発方針の提示関係】

#### ●研究開発課題の選定

- ・FS報告書で示されている研究開発課題は妥当か
- ・主概念、補完概念の考え方による研究開発課題の選択が適切か

#### ●資源配分的方針

- ・必要な研究開発費はどの程度と見込まれるか
- ・主な研究開発課題への重点化はどの程度とすべきか

#### ○目的実現方策

- ・どのような研究開発体制をとることが適切か  
⇒開発・設計責任主体の体制・位置づけ、産・学・官・海外の知の結集方策、  
主概念とその他の概念における国際協力の在り方 など
- ・国によるサポートはどのようなものであるべきか  
⇒運営費交付金の手当、公募事業の在り方 など

#### ◎スケジュール

- ・FS報告書で示されている研究開発スケジュールは妥当か(●)
- ・研究開発継続・変更・断念の評価・判断をどのように行うか(●)
- ・状況の変化等に対するスケジュールの見直し・対応策について(○)

本日の  
ポイント

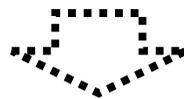
## 2. 2015年までの研究開発課題と 研究開発計画について

### (1) 実用化までのロードマップの検討について

- 2050年頃までのスケジュールの前倒し
  - 国際競争力を維持するために、スケジュールの前倒しが必要か
  - 国際協力を考慮すればスケジュールの前倒しが可能か
- ロードマップの具体的な検討  
「実用化までの全体の道筋を念頭に、この10年間の研究開発計画を  
考えるべき」



どのロードマップをリファレンスケースとするか



今後リファレンスケースに基づき2015年までの研究開発計画を検討

## (2) 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行について

- 2010年頃から検討を開始する第2再処理工場への対応
  - 何を検討するのか
    - (例)
      - 再処理能力はどの程度と想定するか
      - 軽水炉燃料再処理専用と想定するか、高速増殖炉燃料やプルサーマル燃料の再処理と共用すると想定するか
      - 回収するウランは高除染と想定するか、また再濃縮すると想定するか
      - 高レベル廃棄物の処分方法を簡素化できるか
    - その検討に必要なものはなにか

# (3) 2015年までの研究開発課題と研究開発計画 について(1/2)

## ①達成目標

### － 2010年の達成目標

- その時点で何を判断するのか(実用施設(第2再処理工場を含む)、次期施設など)
- その判断に必要なものはなにか

### － 2015年の達成目標

- その時点で何を判断するのか(実用施設(第2再処理工場を含む)、次期施設など)
- その判断に必要なものはなにか



## 2.(3) 高速増殖炉システム (a) 主概念(ナトリウム冷却炉)

### ■ 研究開発目的

- 実用炉の技術仕様の提示
- 実用炉の成立性に係るデータ整備
- 実用化までの研究開発計画の提示

(2010年まで)

- 実用炉概念の成立性の評価
- 採用する革新技術の決定と代替技術への切替必要性の判断
- 基盤研究成果の取り込み要否の判断

(2015年頃まで)

- 要素技術の研究開発成果を設計研究へ反映し、実用炉の技術仕様の提示
- プラントの成立性に関わる試験データの整備
- 実証試験施設の概念と実用化までの研究開発計画の提示



## 2.(4) 燃料サイクルシステム

### (a) 主概念(先進湿式法+簡素化ペレット法)

#### ■ 研究開発目的

- ・実用サイクル施設の技術仕様の提示
- ・実用サイクル施設の成立性に係るデータ整備
- ・実用化までの研究開発計画の提示

(2010年まで)

- ・軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの合理的な移行を考慮した、実用サイクル施設概念の構築
- ・主要工程の技術的成立性の確認と実用機器概念の提示
- ・基盤研究成果(超臨界直接抽出法等)の取り込みの要否の判断

(2015年頃まで)

- ・要素技術開発成果等を設計研究に反映し、実用サイクル施設の技術仕様の提示
- ・革新技術等の成立性に関するデータの整備
- ・実証試験施設の概念と実用化までの研究開発計画の提示

# (3) 2015年までの研究開発課題と研究開発計画 について(2/2)

## ②研究開発課題

- 研究開発課題は妥当か
- 重点的に研究開発すべき課題は何か
  - 費用対効果(代替技術を採用することによる影響など)
  - 次期施設のために必要な最小限の課題
- その他

## ③研究開発計画

- 達成時期は妥当か
- 国際協力により研究開発資源及び期間を節約できるものはあるか
- GNEP等を踏まえ、前倒しすべきものはあるか

## ④ 研究開発継続・変更・断念の評価・判断をどのように行うか



## 1. (3) 今後の研究開発目標(1/2)

### 2015年頃の技術体系整備に向けた目標

#### 安全性

- 社会の既存リスクに比べて小さいこと

#### 経済性

- 将来の国際標準軽水炉の発電単価に比肩すること

#### 環境負荷低減性

- 放射性廃棄物による負荷を低減すること
  - －TRU(超ウラン元素)の燃焼による地層処分への負荷軽減
  - －運転保守および廃止措置に伴う廃棄物発生量の低減

#### 資源有効利用性

- 持続的な核燃料を生産するとともに、多様なニーズへ対応できること

#### 核拡散抵抗性

- 核物質防護および保障措置への負荷軽減

### 基礎的に研究開発を進めるべき環境負荷低減の目標

- LLFP(長寿命核分裂生成物)の分離変換による地層処分への負荷軽減

- フェーズⅢ以降の研究開発計画策定に向け、研究開発目標の見直しの要否について検討した結果、基本的にフェーズⅡで設定した研究開発目標と一貫性のある目標を設定し、2015年頃までに研究開発目標を満足する技術を準備することとした。
- LLFP(長寿命核分裂生成物)の分離変換については、課題が多く研究開発に長期間を要すると考えられるため、基礎的に研究開発を進めるべき目標とした。
- 研究開発目標については、今後も定期的に見直しを行う。



## 1. (3) 今後の研究開発目標(2/2) -設計要求への展開(検討中)-

研究開発目標	高速増殖炉の設計要求	燃料サイクルの設計要求
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>●炉心損傷の発生頻度<math>10^{-6}</math>/炉・年未満</li> <li>●炉心損傷に至る代表事象に対する受動安全性の強化 あるいは事故管理方策の具体化</li> <li>●仮想的な炉心損傷時の再臨界発生を回避し、その影響を原子炉容器あるいは格納施設内で確実に終息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●同時代の軽水炉燃料サイクルシステムと同等以上 (異常の発生要因を極力排除、異常の拡大防止等)</li> <li>●施設内での放射性物質の大規模放出事象の発生頻度を<math>10^{-6}</math>/プラント・年未満に抑制し、その事象を想定しても、施設の閉じ込め能力を確保して、影響を周辺環境に及ぼさない設計</li> </ul>
経済性	<ul style="list-style-type: none"> <li>●建設費:20万円/kWe *</li> <li>●燃料費:炉心燃料の平均燃焼度 15万MWd/t *</li> <li>●運転費:連続運転期間 18カ月以上*、稼働率 90%以上*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●処分費等を含む燃料サイクル費は1.1円/kWh *</li> <li>●再処理・燃料製造費としては 0.8円/kWh *</li> </ul>
環境負荷低減性	<ul style="list-style-type: none"> <li>●低除染TRU燃料(MA含有率 5%程度)を燃焼できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●発電量あたりの放射性廃棄物の発生量が軽水炉燃料サイクル施設と同等以下</li> <li>●UおよびTRUの廃棄物への移行率 0.1%以下</li> </ul>
資源有効利用性	<ul style="list-style-type: none"> <li>●増殖比; 低除染TRU燃料で、増殖比1.1以上を達成できること (60年程度で軽水炉から高速増殖炉に移行できること)</li> <li>●増殖ニーズに柔軟に対応できること</li> <li>●高温熱源による多目的利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●UおよびTRU回収率99%以上</li> </ul>
核拡散抵抗性	<ul style="list-style-type: none"> <li>●低除染TRU燃料による高線量化で接近性を制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●核物質防護、保障措置への対応を考慮した設計として、プルトニウムが単体の状態で存在しないこと</li> <li>●低除染TRU燃料による高線量化で接近性の制限</li> </ul>

\* : 国際標準となる具体的な目標を設定予定

▶ LLFPの分離変換に関する設計要求

●放射性廃棄物発生量が軽水炉燃料サイクルの発生量の1/10に削減する(単位発電量当たり)

✓我が国における軽水炉から高速増殖炉への円滑な移行を図るため、増殖比1.1以上を要求するとともに、将来の国際的なエネルギー需給の不確実さを考慮して増殖比の柔軟性も要求した。また、環境負荷低減に関する高い目標を達成するため、UおよびTRUの廃棄物への移行率0.1%以下を設計要求とした。



## 2.(1) 高速増殖炉システム (a) ナトリウム冷却炉

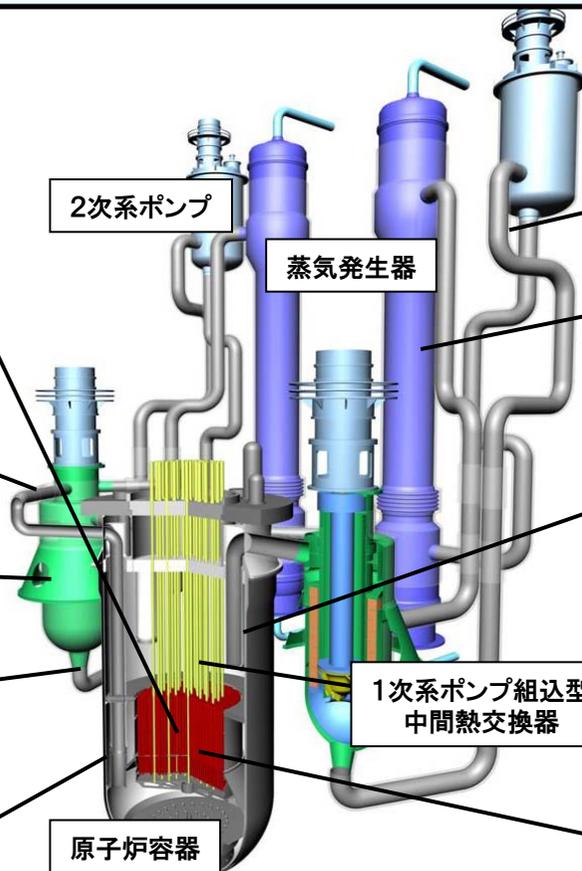
### ● システムの特徴

- 150万kWe大型炉の概念を構築。(酸化物燃料及び金属燃料)
- 革新技術の採用により物量、建屋容積を大幅に削減。
- ナトリウム固有の課題に対する対応策を設計に取り込むことで信頼性を確保。

高燃焼度化のための  
ODS鋼被覆管

革新技術の採用による物量、  
建屋容積の削減

- システム簡素化のための2  
ループ化
- 配管短縮のための高クロム鋼  
構造材料
- 1次冷却系統簡素化のための  
ポンプ組込型中間熱交換器
- 原子炉容器のコンパクト化



ナトリウムの化学的活性

- 配管二重化の徹底
- 直管二重伝熱管蒸気発生器

保守・補修性を考慮した  
プラント設計

炉心安全性の向上

- 受動的炉停止と自然循環に  
よる炉心冷却
- 炉心損傷時の再臨界回避  
を達成できる炉心概念

注) ナトリウム炉の仕様比較については、参考 I-1(OHP116) 参照



# フェーズⅢ以降の技術課題 —ナトリウム冷却炉—

## (1) プラントシステム

課 題		フェーズⅢ以降の技術課題
ナ ト リ ウ ム 冷 却 炉	配管短縮のための高クロム鋼の開発	2010年まで:クリープ疲労強度、長時間延性・靱性、溶接施工性の確認による材料強度基準案の提案 2018年まで:長時間材料試験データ取得による材料の基準化
	システム簡素化のための冷却系2ループ化	2010年まで:流力振動に対する配管健全性確認、高速流による配管の耐エロージョン性の成立性見通し 2015年まで:高速流による配管の耐エロージョン性の成立性確認
	1次冷却系簡素化のためのポンプ組込型中間熱交換器の開発	2010年まで:振動抑制対策の有効性及び寿命中の伝熱管摩耗量 2015年まで:機器の流動成立性確認
	原子炉容器のコンパクト化	2010年まで:材料・構造の成立性確認、モデル試験と高温構造設計方針の整合見通し 2015年まで:高温構造設計方針の策定、プラント設計の整合性確認
	システム簡素化のための燃料取扱系の開発	2010年まで:高発熱使用済み燃料の除熱性、燃料交換機の機能、大型燃料集合体の落下時健全性確認 2015年まで:燃料出入機・燃料移送機の機能、燃料交換設備の操作性、冷却設備の有効性確認
	物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化	2010年まで:SC造格納容器成立性見通し 2015年まで:設計基準整備と設計の整合性確認
	配管2重化によるナトリウム漏洩対策強化	2010年まで:高感度漏洩検出器の成立性見通し 2015年まで:2重配管の保守・補修性確認
	直管2重伝熱管蒸気発生器の開発	2010年まで:2重伝熱管製作性、大型球形管板の成立性見通し 2015年まで:総合的な機能確認による成立性確認
	保守補修性を考慮したプラント設計	2010年まで:目視センサ、体積検査機器、二重伝熱管検査機器の成立性見通し 2015年まで:検査機器の分解能、処理能力と実機への適合性確認
	受動的炉停止と自然循環による炉心冷却	2015年まで:受動的炉停止装置の機能確認、自然循環による炉心冷却システムの成立性確認
	炉心損傷時の再臨界回避技術	2010年まで:S-FAIDUSの熔融燃料排出能力の実証、炉心損傷影響を炉内終息できる概略見通し 2015年まで:炉心損傷影響を炉内終息できることの実証
	建屋の3次元免震技術	2010年まで:3次元免震技術の成立性見通し 2015年まで:設計基準整備



## 2.(3) 高速増殖炉システム (a) 主概念(ナトリウム冷却炉)

### 研究開発計画(プラントシステム)

		2005	2010	2015		判断のポイント	代替技術
設計研究	実用炉の概念構築		概念設計研究	概念最適化		—	—
	実証試験施設の概念構築		実証方策の検討	実証設計研究		—	—
ナトリウム冷却炉 技術開発	①配管短縮のための高クロム鋼の開発		設計用データ取得(強度、溶接性等)	長時間評価データ取得/交換補修法整備	1 2	1・クリープ疲労強度、長時間延性・韌性、溶接施工性の確認 2・長時間データの成立見通し	改良9Cr鋼
	②システム簡素化のための冷却系2ループ化	3	流力振動試験(水) Na中エロージョン試験(エルボ等配管要素試験/浸食発生条件試験)	5	3・流力振動問題の成立性確認 4・高速流配管の耐エロージョン性の成立見通し 5・高速流配管の耐エロージョン性成立性の確認	ループ数増加	
	③1次冷却系簡素化のためのポンプ組込型中間熱交換器開発		振動・伝熱管の磨耗量確認試験	入口プレナム流動試験	6 7	6・振動抑制対策及び寿命中の伝熱管磨耗量の確認 7・同機器の流動成立性の確認	従来型(分離配置)
	④原子炉容器のコンパクト化	切り欠き型による熱衝撃評価試験(水、Na) 基準要素技術開発(非弾性解析等)	8 9	設計方針策定/適用性確認試験	10	8・実機熱流動条件下での材料・構造の健全性確認 9・モデル試験と高温構造設計方針との整合見通し 10・高温構造設計方針の策定と設計の整合性確認	原子炉容器拡大
	⑤システム簡素化のための燃料取扱系の開発	除熱性能、交換機性能確認 ガス中落下試験	11	出入機、EVST内移送機性能確認	12	11・大型燃料集合体の落下試験による健全性確認 12・燃料交換設備の操作性や冷却設備の有効性確認	従来型
	⑥物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化	SC造の技術開発	13	基準整備	14	13・SC造格納容器成立性の見通し 14・設計基準との整合性確認	RC造
	⑦高燃焼度化に対応した燃料被覆管の開発		照射試験・照射後試験		15 16	15・実用燃料への適用性見通し 16・設計基準整備	既存材料(低温化)
	⑧配管2重化によるナトリウム漏洩対策強化		漏洩検出器開発	2重配管検査・補修技術開発	17 18	17・漏洩検出器成立性見通し 18・2重配管の保守	従来型
	⑨直管2重伝熱管蒸気発生器の開発	実機長の2重伝熱管及び球形管板の制作、流動試験	「常備」を用いた伝熱流動試験(~60本規模)		19 20	19・2重伝熱管の製作性や大型球形管板の成立見通し 20・総合的な機能確認による成立性の確認	ヘリカルコイル型SG
	⑩保守、補修性を考慮したプラント設計		革新的検査装置の開発(Na中目視試験装置、Na中体積試験装置)		21 22	21・目視センサー、体積検査機器の実用性見通し 22・同機器の分解能、処理能力と実機への適合性確認	従来型
	⑪受動的炉停止と自然循環による炉心冷却	受動的炉停止装置 要素照射(常備) 自然循環水流動・Na流動試験	「もんじゅ」自然循環試験		23 24	23・受動的炉停止装置の機能確認 24・自然循環による炉心冷却システムの成立性確認	—
	⑫炉心損傷時の再臨界回避技術	S-FAIDUS有効性確認 炉内・炉外試験 デブリの安定冷却 炉内・炉外試験	25 26 27		25 26 27	25・S-FAIDUSの溶融燃料排出能力の実証 26・炉心損傷影響を炉内終息できる概略見通し 27・炉心損傷影響を炉内終息できることの実証	—
	⑬建屋の3次元免震技術	要素試験・特性試験	技術確認試験		28 29	28・技術成立性の見通し 29・設計基準整備	水平免震
発電プラントとしての信頼性実証/ナトリウム取扱技術の確立			「もんじゅ」の運転経験	30 31	30・設計手法の妥当性検証 31・発電プラントとしての信頼性実証(稼働率60~70%)Na取扱技術の確立	—	

▼ 革新技術の採否判断 ◆ 各課題の主要なチェックポイント



(2) 炉心燃料

項目		フェーズⅢ以降の技術課題
炉心燃料	高燃焼度燃料・材料の研究開発	<p>2010年まで: ODS被覆管燃料ピンの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 15万MWd/t、90dpa(実用化目標の40-60%)まで)</p> <p>2015年まで: ODS被覆管燃料ピンの実用化目標(250dpa, 25万MWd/t相当)までの照射データを取得と健全性確認・性能評価 ODSバンドルの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 15万MWd/t程度まで)</p>
	低除染TRU酸化物燃料の研究開発	<p>2010年まで: TRU酸化物燃料ピンの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 10万MWd/t(実用化目標の40%)まで) ショートプロセス中空燃料ピンの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 5万MWd/tまで)</p> <p>2015年まで: 低除染TRU酸化物燃料・ショートプロセス中空燃料ピンの実用化目標(25万MWd/t)までの照射データ取得と健全性確認・性能評価</p>
	再臨界回避集合体の研究開発	<p>2010年まで: 再臨界回避集合体の具体的構造の決定と炉外試験による成立性見通し評価</p> <p>2015年まで: 再臨界回避集合体の中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 7万MWd/t程度まで)</p>



## 2.(3) 高速増殖炉システム (a) 主概念(ナトリウム冷却炉)

### 研究開発計画(炉心燃料)

主概念・MOX燃料	2005	2010	2015	判断のポイント	代替技術
	高燃焼度燃料・材料研究開発		 燃料ピン照射試験(BOR-60, 「常陽」, 目標: 250dpa, 25万MWd/t) 	   	 ODS燃料ピンの目標燃焼度達成見通し判断  ODS燃料ピンの75dpa, 15万MWd/t (※)までの健全性確認  ODS燃料ピンの250dpa, 25万MWd/t (※)相当までの健全性確認  ODS被覆管の90dpaまでの材料照射特性評価  ODS被覆管の250dpaまでの材料照射特性評価  ODSバンドルの15万MWd/t程度までの健全性確認および25万MWd/tまでの健全性外挿評価  ODSバンドルの25万MWd/tまでの性能実証
低除染TRU酸化物燃料の照射健全性		 TRU酸化物燃料ピン照射試験(「常陽」) 	    	 TRU酸化物燃料の430W/cmまでの熱的挙動評価  TRU酸化物燃料ピンの10万MWd/tまでの健全性確認  TRU酸化物燃料ピンの25万MWd/tまでの健全性確認  ショートプロセス中空燃料ピンの5万MWd/tまでの健全性確認および溶融限界線出力評価  ショートプロセス中空燃料ピンの25万MWd/tまでの健全性確認  低除染TRU酸化物燃料の25万MWd/tまでの燃料ピン健全性確認  低除染TRU酸化物燃料バンドルの25万MWd/tまでの性能実証	—
再臨界回避集合体研究開発		 再臨界回避集合体構造開発 		 再臨界回避集合体の詳細構造決定と成立性見通し  再臨界回避集合体ダクトの照射健全性確認  再臨界回避集合体の7万MWd/t程度までの健全性確認および25万MWd/tまでの健全性外挿評価	—

注) LLFP変換技術開発については、LLFPの変換性能、技術的実現性、経済合理性等を評価すると共に、I、Tcなどのターゲット化合物の照射試験を行い、2015年頃までにはその後の進め方を判断する。

(※) 燃焼度、照射量はピーク値。取出平均燃焼度: 15万MWd/tは、 革新技術の採否判断  
25万MWd/t, 250dpaのピーク値と対応する。

 各課題の主要なチェックポイント



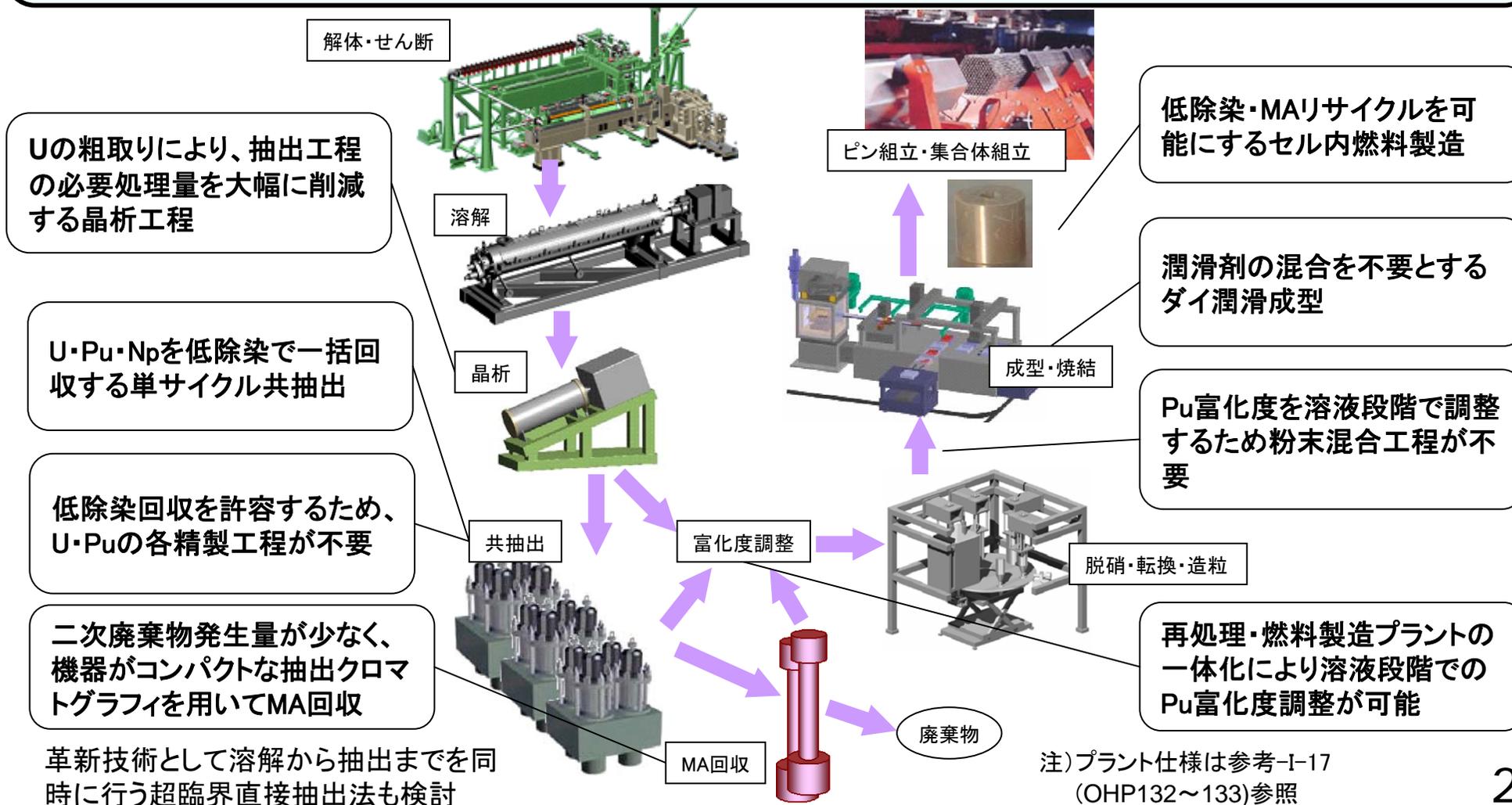
## 2.(2)燃料サイクルシステム

### (a) 先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造

FS II 報告書概要抜粋

#### ●システムの特徴

- 低除染燃料の使用が許容される高速増殖炉の特徴を生かし、回収/精製工程を合理化。
- 溶液段階でのPu富化度調整などにより、従来のペレット製造から粉末混合工程を削除。





# フェーズⅢ以降の技術課題 —燃料サイクルシステム—

項目		フェーズⅢ以降の技術課題
先進湿式法	解体・せん断	2015年まで： 機械式／レーザ式の解体機種選定、一体型解体・せん断機の開発(機器開発) 2015年まで： 高濃度で効率的な溶解に最適なせん断条件（短尺せん断など）の設定
	溶解	2010年まで： せん断や晶析の条件(粉体化率、温度、等)と整合した溶解速度の確認(小規模ホット試験) 2015年まで： 実用化が見通せる規模(～10～40kg/h)での遠隔保守補修性や溶解速度など機器性能確認(機器開発)
	晶析	2010年まで： 晶析工程の元素毎の除染係数や結晶洗浄効果の確認を通した操業条件の最適化(小規模ホット試験) 2015年まで： U回収率のスケールアップの影響等の確認(枢要プロセス試験) 実用化が見通せる規模(～10～40kg/h)での遠隔保守補修性や処理速度など機器性能確認(機器開発)
	共除染・逆抽出	2010年まで： 晶析条件と整合した条件、異常時を想定した条件などにおける共除染・逆抽出データの拡充(小規模ホット試験) 2015年まで： 除染性能のスケールアップの影響等の確認(枢要プロセス試験) 実用化が見通せる規模(～10～40kg/h)での遠隔保守補修性、除染性能、耐久性など機器性能確認(機器開発)
	MA回収	2010年まで： 抽出クロマトグラフィによるMA回収の原理確認およびMA回収率達成の確認(小規模ホット試験) 2015年まで： 分離性能のスケールアップの影響等の確認(枢要プロセス試験) 実用化が見通せる規模(～10～40kg/h)での遠隔保守補修性や分離回収性能など機器性能確認(機器開発)
簡素化ペレット法	脱硝・転換・造粒	2010年まで： 小規模装置を用いたプロセスの再現性確認(簡素化ペレット試作試験) 2015年まで： 実用化が見通せる規模(～1kg/h)での遠隔保守補修性や量産性など機器性能確認(機器開発)
	成型	2010年まで： 小規模装置を用いたダイ潤滑成型プロセスの再現性確認(簡素化ペレット試作試験) 2015年まで： 実用化が見通せる規模(～1kg/h)での遠隔保守補修性や量産性など機器性能確認(機器開発)
	焼結	2010年まで： 小規模装置を用いた焼結性やO/M調整の再現性確認(簡素化ペレット試作試験) MA含有MOX原料等を用いた低除染MA含有簡素化ペレットの製造実証(小規模実証) 2015年まで： 実用化が見通せる規模(～1kg/h)での遠隔保守補修性や量産性など機器性能確認(機器開発)
金属電解法＋射出鋳造法		2010年まで： U-Pu-Zr燃料ピン製造技術開発 小規模ホット試験計画の立案(詳細設計や施設整備に際しては国内外情勢により着手を判断) 操作性や物質移送等を考慮した主工程機器開発、計量管理技術開発、廃棄物固化体の最適化(主要機器開発、プロセス開発) 2015年まで： 上記主工程機器開発などによる実用機器の成立性確認



## 2.(4) 燃料サイクルシステム

### (a) 主概念(先進湿式法+簡素化ペレット法)

#### 研究開発計画

項目		目的	2010	2015	評価・判断のポイント	代替技術
主概念	設計研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実用サイクル施設の概念構築</li> <li>・技術の総合実証 実証試験: ~10kg/h=50t/y相当</li> </ul>	概念設計研究	最適化設計研究 ↓ 実用化プラントの仕様および目標性能 ↓ 計画案の提示	-	-
	プロセス開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作条件最適化のための小規模ホット試験 (CPF)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・せん断や晶析の条件(粉体化率、温度、等)と整合した溶解速度の確認</li> <li>・晶析工程の除染係数確認および結晶洗浄効果の確認</li> <li>・晶析条件と整合した共除染/逆抽出データ拡充</li> <li>・MA回収工程の原理確認</li> <li>・超臨界直接抽出法の抽出性能の確認</li> </ul>	試験条件 ↓ 晶析、共除染・逆抽出、MA回収に関する重要プロセス試験 (~1kg/h)	1 晶析技術の実用化の見通し評価 重要プロセス試験装置の設計への反映 2 小規模ホット試験結果に基づく溶解・晶析・共除染・逆抽出の操作条件提示、実用化の見通し判断	-
	スケールアップの影響等確認のための重要プロセス試験 (小規模ホット試験の10~100倍程度の規模: ~1kg/h=5t/y相当)	設計支援データ、試験条件 ↓ 概念検討 → 詳細設計 → 許認可 → 施設整備	試験条件 ↓ 晶析、共除染・逆抽出、MA回収に関する重要プロセス試験 (~1kg/h)	3 小規模ホット試験結果等を踏まえた重要プロセス試験の施設整備開始の判断 4 重要プロセス試験結果に基づく溶解・晶析・共除染・逆抽出の実用化の見通し判断	-	
	機器開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理速度や除染性能など機器性能を確認するための機器概念の構築</li> <li>実用化が見通せる規模の機器の設計・製作・試験</li> </ul>	解体、せん断、溶解、晶析、共除染・逆抽出、MA回収等 主要工程の試験用機器設計(試作・試験も含む)	試験条件 ↓ 主要工程の機器の製作、機器性能試験	5 実用機器の性能(処理速度、除染性能等)の確認、実用化の見通し判断	従来型Purexベース技術
簡素化ペレット	プロセス開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低除染MA含有MOXペレット製造実証</li> <li>・製造プロセス開発</li> </ul>	簡素化ペレット法の 小規模実証	試験条件 ↓ 簡素化ペレット法による照射燃料製造(技術確認)	6 簡素化ペレット法の原理的成立性の確認、実用化の見通し判断 7 簡素化ペレット法製造システムの技術確認、実用化の見通し判断	従来型ペレット法ベース技術
	機器開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実用化が見通せる規模の遠隔保守補修、量産性確認</li> </ul>	脱硝転換・ダイ潤滑成型・焼結等、簡素化ペレット製造小規模システムの設計・製作 ↓ 遠隔保守補修概念検討/詳細設計	試験条件 ↓ 機器製作 → 遠隔製造・量産試験	8 実用機器の性能(量産性、遠隔保守等)の確認、実用化の見通し判断	従来型ペレット法ベース技術 高除染体系でのグローブボックス内製造システム

注) LLFP分離技術開発は当面基礎基盤の位置づけとして、環境負荷低減性に寄与するFP核種の分離技術、分離スキームの調査・検討を進め、2015年頃までには技術的実現性の見通し、経済合理性等を評価してその後の進め方を判断する。

コールド試験  
 ホット試験  
 ウラン試験  
 MOX試験

革新技術の採否の判断  
 各課題の主要なチェックポイント