

高速増殖炉サイクルの研究開発の従来計画 及びこれまでの成果について

（高速増殖炉サイクル実用化研究開発（FaCTプロジェクト））

平成24年10月29日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

1. **FaCT計画について**
2. **FaCTフェーズⅠの開発目標設定**
3. **FaCTフェーズⅠの計画および成果**
4. **FaCTフェーズⅡの計画案**
5. **FaCTに対する評価**
6. **FaCTにおけるもんじゅ成果の反映**
7. **FaCTに係る国際協力**

1. FaCT計画について



FBRサイクル実用化研究開発 (FaCT) の開始

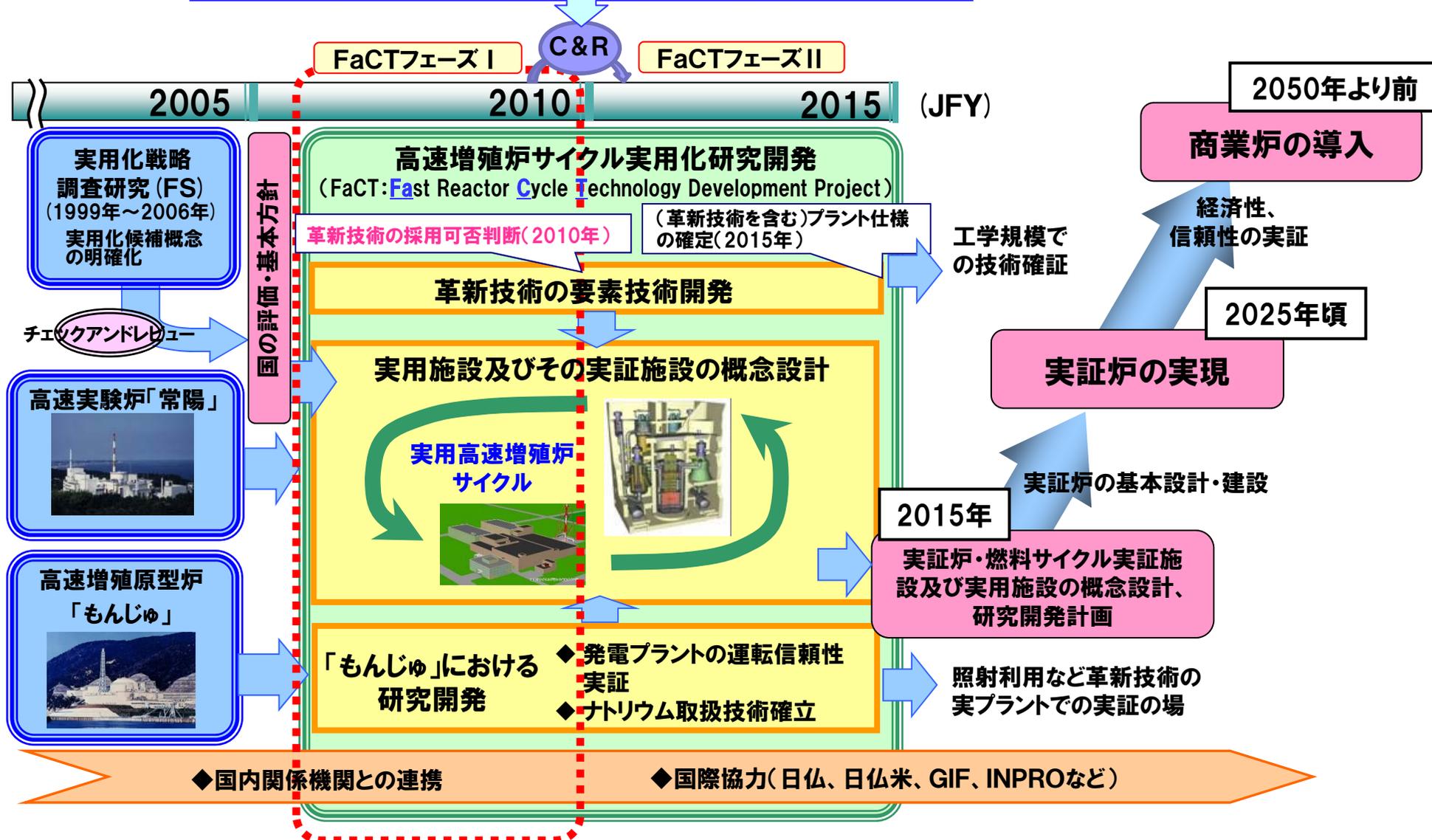
- 「原子力政策大綱」(2005年10月、原子力委員会)
 - 高速増殖炉については、2050年頃からの商業ベースでの導入
- 第3期「科学技術基本計画」(2006年3月、閣議決定)
 - 高速増殖炉サイクル技術を国家基幹技術として位置付け
- 「原子力立国計画」(2006年8月、原子力部会)
 - 実証炉の2025年頃までの実現、2050年前の商業ベースでのFBRの導入
- 「高速増殖炉サイクルの研究開発方針について」(2006年11月、文科省)
 - 国によるFSフェーズIIの評価、今後の開発方針
- 「高速増殖炉サイクル技術の今後10年程度の間における研究開発に関する基本方針」(2006年12月、原子力委員会決定)
 - 性能目標を達成できる高速増殖炉サイクルの実用施設及びその実証施設の概念設計並びに実用化に至るまでの研究開発計画を2015年に提示
 - 今後「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」として推進



FBRサイクルの実用化に重点を置いた
「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」の開始
Fast Reactor Cycle Technology Development Project
(通称“FaCT” Project)

FBRサイクルの研究開発計画 (FaCT開始時)

＜国の評価＞ ⇒ 研究開発方針の具体化
 ◆ 革新技術採否判断、性能目標達成度評価を通じたシステム全体の妥当性
 ◆ フェーズII(2011～2015年度)の研究開発計画の妥当性



FaCTの推進体制

全体の進め方

五者協議会*
 (文科省、経産省、電気事業者、
 メーカー、原子力機構)

*正式名称:「高速増殖炉サイクル実証プロセスへの円滑移行に関する五者協議会」(2006.7.13設置)

国 内閣府(基本的方向性)

内閣府
 (総合科学技術会議)

内閣府
 (原子力委員会)

基本的方向性

文科省

連携

経産省

方針・予算

成果

日本原子力研究開発機構(実施主体)

FBRサイクル関連技術開発推進会議
 (議長:原子力機構 理事長)

経営企画部
 他関係部門

方針・指示 ↓ ↑ 報告

次世代原子力システム
 研究開発部門

東海・大洗・
 敦賀拠点

外部評価

研究開発・評価委員会等

電気事業者(原電)

協力協定

- ・技術者出向
- ・出資(一部分)

三菱重工業(株)
 責任と権限及びエンジニアリング機能の集中

出資(大部分)

基本協定

三菱FBRシステムズ(株)
 (MFBR)

独立した専門組織により、FBR開発に係るエンジニアリングなどの関連業務を効率的に一括実施

一括発注

- ・技術者出向
- ・R&D成果の提供

メーカー

炉システムの研究開発に係る体制

FaCTフェーズ I の進め方



2. FaCTフェーズ I の開発目標設定

原子力委員会の性能目標		FaCTの開発目標・設計要求の概要	
安全性	<ul style="list-style-type: none"> シビアアクシデントの発生確率が十分低い 従業員と公衆の健康リスクが十分小さい 	安全性 及び信頼性	<ul style="list-style-type: none"> 軽水炉及び関連するサイクル施設と同等の安全性の確保 <ul style="list-style-type: none"> 設計基準事象の範囲内で周辺公衆に著しい放射線被ばくリスクを与えない 大量の放射性物質又は放射線の放出事象の発生可能性を十分に抑制 炉心損傷等の発生確率の目標設定 炉心損傷を想定しても炉内終息 軽水炉及び関連するサイクル施設と同等の信頼性の確保 <ul style="list-style-type: none"> 施設の運転・保守・補修性の向上 放射線作業従事者の被ばく低減
			<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルによる不確定性を考慮し、発電原価が軽水炉等に匹敵 軽水炉サイクルと比較し、大きな投資リスクがない 軽水炉サイクルと比較し、大きな外部コストがない
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 運転期間を通じての発電コストが、他のエネルギー技術と競合できる 初期投資や出力規模が過大でないこと、建設期間が短いことも重要であることに留意 	経済性	<ul style="list-style-type: none"> 放射線作業従事者の被ばく低減
環境影響	<ul style="list-style-type: none"> 気体、液体、固体放射性廃棄物発生量(高レベルを含む)が、軽水炉技術のそれを超えない 高レベル廃棄物にマイナーアクチノイドが含まれないことが、処分場面積を低減することに留意 	持続可能性	<ul style="list-style-type: none"> 放射性気体及び液体廃棄物の環境への実効線量が軽水炉サイクルを下回る ライフサイクルを通し環境移行物質の影響を抑制
		環境保全性 廃棄物管理性	<ul style="list-style-type: none"> 軽水炉サイクルと比較し、ライフサイクルを通した放射性廃棄物の発生量の低減及び質の向上、並びに潜在的有害度の低減(マイナーアクチノイドのリサイクル)

原子力委員会の性能目標		FaCTの開発目標・設計要求の概要	
資源の利用効率	<ul style="list-style-type: none"> 1をある程度超える増殖比の実現 倍增時間の短縮(増殖比を大きく、炉外サイクル時間を短く)により、導入速度が大きくなることに留意 	持続可能性(続き)	資源有効 利用性 <ul style="list-style-type: none"> ● 低増殖から高増殖まで柔軟に対応可能とする(増殖比1.0~1.2) - FBR導入開始後は、新規に軽水炉を建設することなく、FBRへ移行できる程度の燃料生産を可能にする - エネルギー需給や資源の不確かさ、海外展開も視野に入れる
核拡散抵抗性	<ul style="list-style-type: none"> Puが、常にマイナーアクチノド等と混合された状態であること 我が国が国際燃料供給を行うというビジネスモデルでは、倍增時間短縮が重要となる可能性が高いことに留意 	核不拡散性	<ul style="list-style-type: none"> ● 核拡散抵抗性を高めた技術の採用 → 他の原子力システムと同等以上の核拡散抵抗性を有し、国際的に容認されるものとする - Puを単離せず、常にウランもしくはマイナーアクチノド等と混合された状態 - 効果的・効率的な保障措置システムの適用 ● 核物質等の盗取と施設の妨害破壊行為を抑制できる核物質防護システムを持つ
軽水炉と高速炉の共生	<ul style="list-style-type: none"> 軽水炉と高速炉を共存させる燃料サイクルシステムの整備が重要であることに留意 		他の開発目標、設計要求の中で関連要求事項有り <ul style="list-style-type: none"> ● 軽水炉からFBRへの移行期に想定される増殖比や炉心へのMA含有量を前提とした設計 等

性能目標達成度評価の方法

◆ 2010年の性能目標達成度評価の位置付け

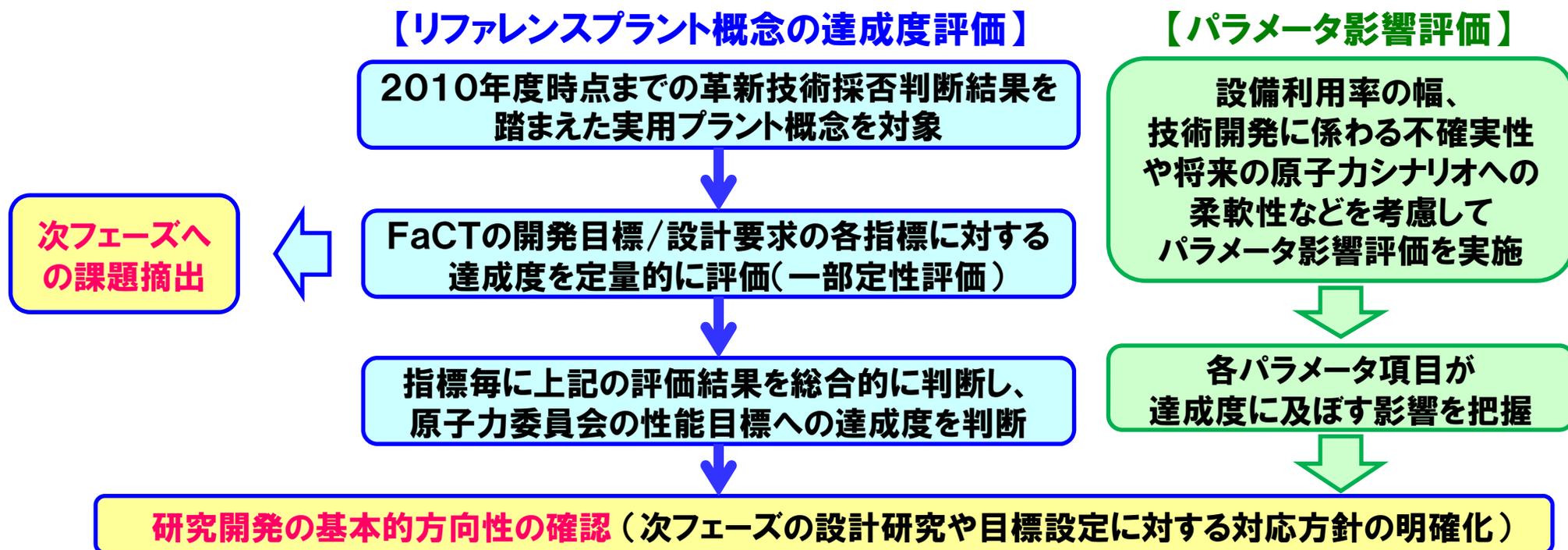
(目的)

- 原子力委員会が提示した性能目標への達成状況を現時点で評価し、**研究開発の基本的方向性に問題が無いことを確認**
- 次フェーズに向けた**課題を抽出**

(留意事項)

- 2015年に向けた中間段階であり、すべての項目に対する定量評価は困難
- 炉、燃料製造、再処理の開発フェーズが異なり、設計のレベルが異なる

◆ 性能目標達成度評価の流れ



3. FaCTフェーズ I の計画および成果

FaCTフェーズ I の基本的計画

- FaCTフェーズ I (2006-2010年度) では、FSフェーズ II 成果の国の評価において選定された**主概念**(下図)を対象として、**革新技術**の成立性を確認するための**要素技術開発**と、それらの結果を踏まえた**概念検討**を行い、2010年度に革新技術の**採用可否**を判断する。

電気出力 150万kWe
 ● 増殖比 1.03~1.2
 ● 燃焼度 約15万MWd/t (炉心平均)

● 処理能力 200tHM/年
 ● 先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造一体型施設



ナトリウム冷却FBR



先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造

五者協議会での炉の中間論点整理

◆ 高速増殖炉の実証ステップとそれに至るまでの研究開発プロセスのあり方に関する中間論点整理（2007年4月25日）

- 現時点で想定されるステップのイメージを提示
- 比較的早い時期に実施すべき項目、「論点」と「判断ポイント」について整理

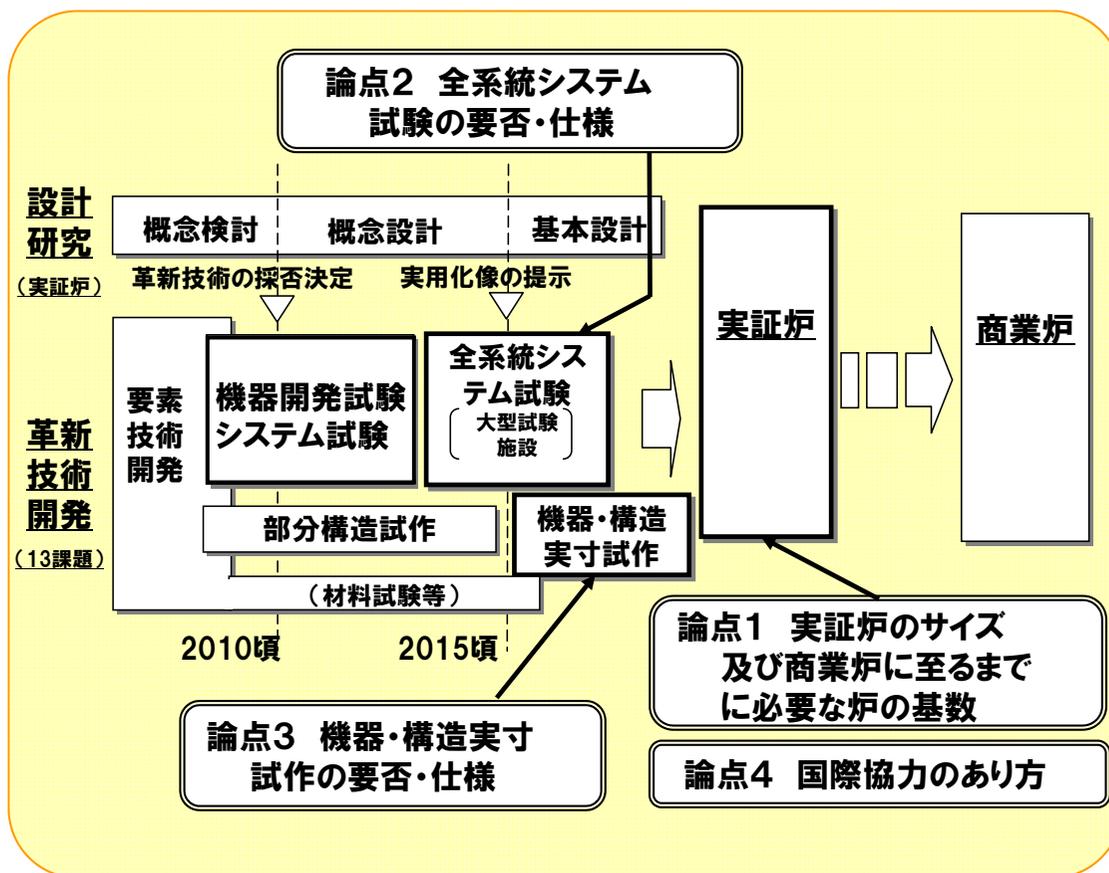
<比較的早い時期に実施すべき項目>

- 機器開発試験・システム試験、部分構造試作
- 当面の概念検討の対象とするサイズを50～75万kWの範囲とした上で、実証炉の概念検討を実施



<2010年判断事項>

- ✓ 革新技術の採否
- ✓ 全システム試験の要否
- ✓ 実証炉の出力／基数



<実証ステップとそれに至る研究開発プロセスのイメージ>

◆ 核燃料サイクル分野の今後の展開について【技術的論点整理】(2009年7月2日)

<FBRサイクル検討に際しての視点追加の必要性>

FBR導入開始後、60年以上に及ぶ「軽水炉からFBRへの移行期」が存在することから、

- 「軽水炉からFBRへの移行期」に係る視点追加が必要。
- この移行期には、軽水炉とFBRの2つの核燃料サイクルの総合合理性の観点から判断が必要。

<第二再処理工場の具体的イメージ例>

- 「軽水炉からFBRへの移行期」には、軽水炉再処理とFBR再処理のプラント共用化の重要性、軽水炉・FBR再処理の単一プラントが合理性を持ち得る可能性がある。

<2010年頃までになすべき事項>

- 再処理プロセスプロファイルにおいて、欠落している情報、不確かな情報の調査・整備。
- 今次の検討を通して以下の検討が必要。
 - ① FBR導入に係る将来の社会環境の精査
 - ② FBRで生産したプルトニウムの軽水炉利用に係る経済合理性
 - ③ MA回収・リサイクルについて、低除染プロセスの合理性と併せた経済性評価
 - ④ FBR・プルサーマル共存サイクルの炉及びサイクル全体の経済性評価等
- 再処理プロセス選定や研究開発には、何が判明したら何を決断するかを明示したマイルストーンとアクションプログラムおよび研究開発のホールドポイントと解除条件を含む研究開発ロードマップの作成が必要。

ナトリウム冷却炉の革新技術の概要

1. 高燃焼度炉心・燃料

- ⑦高燃焼度化に対応した炉心燃料の開発

2. 安全性向上技術

- ⑪受動的炉停止と自然循環による炉心冷却
- ⑫炉心損傷時の再臨界回避技術

3. コンパクト化原子炉構造

- ④原子炉容器のコンパクト化
- ⑩保守、補修性を考慮したプラント設計と技術開発
- ⑬大型炉の炉心耐震技術

4. 9Cr鋼大口徑配管を用いた2ループシステム

- ①配管短縮のための高クロム鋼の開発
- ②システム簡素化のための冷却系2ループ化
- ⑧配管2重化によるNa漏洩対策と技術開発

5. ポンプ組込型中間熱交換器

- 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

6. 直管2重伝熱管蒸気発生器

- ①配管短縮のための高クロム鋼の開発
- ⑨直管2重伝熱管蒸気発生器の開発
- ⑩保守、補修性を考慮したプラント設計と技術開発

7. 自然循環除熱式崩壊熱除去システム

- ⑪受動的炉停止と自然循環による炉心冷却

8. 簡素化燃料取扱いシステム

- ⑤システム簡素化のための燃料取扱系の開発

9. SC造格納容器

- ⑥物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化

10. 高速炉用免震システム

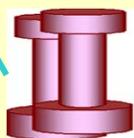
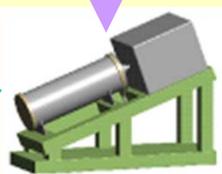
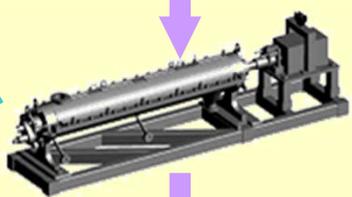


◆ 実用炉の目標仕様を満たすために必要な革新技術(13課題)をFSで抽出
 ◆ 革新技術の採否は、単独技術としてのR&Dの進捗と成立性評価だけでは不十分で、炉心及びプラントに組み込んだ設計成立性やプラントとしての機能発揮に基づく判断が必要

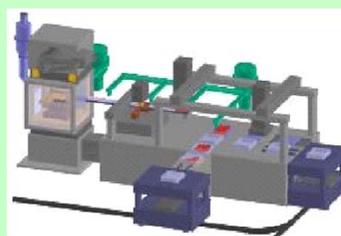
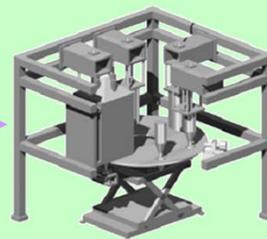
◆ プラントを構成する機器等に革新技術を組込んだ10種の評価対象技術に再分類し、適合性を評価

燃料サイクルの革新技術の概要

先進湿式法再処理



簡素化ペレット法燃料製造



①解体・せん断技術の開発

②高効率溶解技術の開発

③晶析技術による効率的ウラン回収システムの開発

④U,Pu,Npを一括回収する高効率抽出システムの開発

⑤抽出クロマト法によるMA回収技術の開発

⑥廃棄物低減化(廃液2極化)技術の開発

⑦脱硝・転換・造粒一元処理技術の開発

⑧ダイ潤滑成型技術の開発

⑨焼結・O/M調整技術の開発

⑩燃料基礎物性研究

⑪セル内遠隔設備開発

⑫TRU燃料取扱い技術

革新技術の採否判断結果の概要

炉システム、再処理技術、燃料製造技術の革新技術の採否暫定判断(原子力機構・メーカー・電力の3者で実施)

■ 炉システムの革新技術の採否

- 8課題は採用可能と判断
- 1課題は、代替技術を採用
- 1課題は、代替案を含めた検討を実施し、再評価

■ 再処理技術の革新技術の採否

- 3課題は採用可能と判断
- 残りの3課題は技術的成立性と性能目標への貢献度について、更に検討を進めた上で判断

■ 燃料製造技術の革新技術の採否

- 3課題は採用可能と判断
- 残りの2課題は技術的成立性と性能目標への貢献度について、更に検討を進めた上で判断

炉システムの採否判断

従来実施してきた13の革新技術を10の課題に再整理して評価

8課題採用	<ul style="list-style-type: none"> • 安全性向上技術(SASS、再臨界回避技術) • コンパクト化原子炉構造 • 9Cr鋼大口径配管を用いた2ループシステム • ポンプ組込型中間熱交換器 • 自然循環除熱式崩壊熱除去システム • 簡素化燃料取扱システム • SC造格納容器 • 高速炉用免震システム
1課題代替技術採用	<ul style="list-style-type: none"> • 直管2重伝熱管蒸気発生器(代替伝熱管として開発を進めた防護管付き伝熱管を採用)
1課題検討継続	<ul style="list-style-type: none"> • 高燃焼度炉心・燃料(採用する被覆管を高Ni鋼等の代替案も含め2013年度末に判断)

再処理システムの採否判断

3課題採用	<ul style="list-style-type: none"> • 解体・せん断技術 • 高効率溶解技術 • U-Pu-Npを一括回収する高効率抽出システム
3課題検討継続	<ul style="list-style-type: none"> • 晶析技術による効率的ウラン回収技術 • 抽出クロマト法によるMA 回収技術 • 廃棄物低減化(廃液2極化)技術

燃料製造システムの採否判断

3課題採用	<ul style="list-style-type: none"> • 脱硝・転換・造粒一元処理技術 • ダイ潤滑成型 • TRU燃料取扱い技術
2課題検討継続	<ul style="list-style-type: none"> • 焼結・O/M調整技術 • セル内遠隔設備

「燃料基礎物性研究」は、簡素化ペレット法燃料製造システム全体に係わる基盤物性の提供を目標としているため採否判断の対象から除外

性能目標達成度評価結果のまとめ

- フェーズ I で実施した実用施設のプラント概念を対象に、達成度を評価した。
- 原子力委員会の性能目標を概ね達成しており、研究開発の基本的な方向性に問題ないと判断するとともに、今後の課題を抽出した。
(高い目標設定としたFaCTの設計要求に対しては、一部未達成の部分あり)

達成度評価結果から抽出された開発目標・設計要求設定に係わる課題

- フェーズ I では、高い努力目標値としての設計要求を設定し、設計者に対し性能追求を促した。一方で、達成すべき要求レベルが不明確となった。
- 多岐にわたる項目に対し、できるだけ定量的な設計要求を設定した。このため、現時点の設計の深みでは重要性の低い数値についても定量評価を行うこととなった。
- 開発レベルの異なる炉、再処理、燃料製造について、同様の設計要求を課した。このため、一部の再処理、燃料製造の達成度評価が困難となった。
- 実用炉の設計要求を元に、実証炉に固有な設計要求(経済性)を設定することが必要となった。

留意事項

- 安全基準の国際動向等の状況変化への適切な対応が必要である。

- ◆ 2010年度はFaCTフェーズ Iの最終年度であったことから、原子力機構・メーカー・電力の3者で以下の判断を実施した。

<2010年判断事項>

- ✓ 革新技術の採否 → 前々頁記載
- ✓ 全システム試験の要否 → 2013年度に判断
- ✓ 実証炉の出力／基数 → 75万kWeを1基

- ◆ 併せて、性能目標の達成度評価、フェーズ I成果の取り纏め、その後の開発計画の作成を実施し、国の評価の予定であった。

- ✓ 性能目標の達成度評価 → 前頁記載
- ✓ FaCTフェーズ I公開成果報告書の発行 → 実施済*
- ✓ 今後の開発計画の作成 → 実施済(4.に記載)
- ✓ 国の評価 → 終了直前の段階で震災により中断

* JAEA—Evaluation 2011-003 (2011年6月発行)

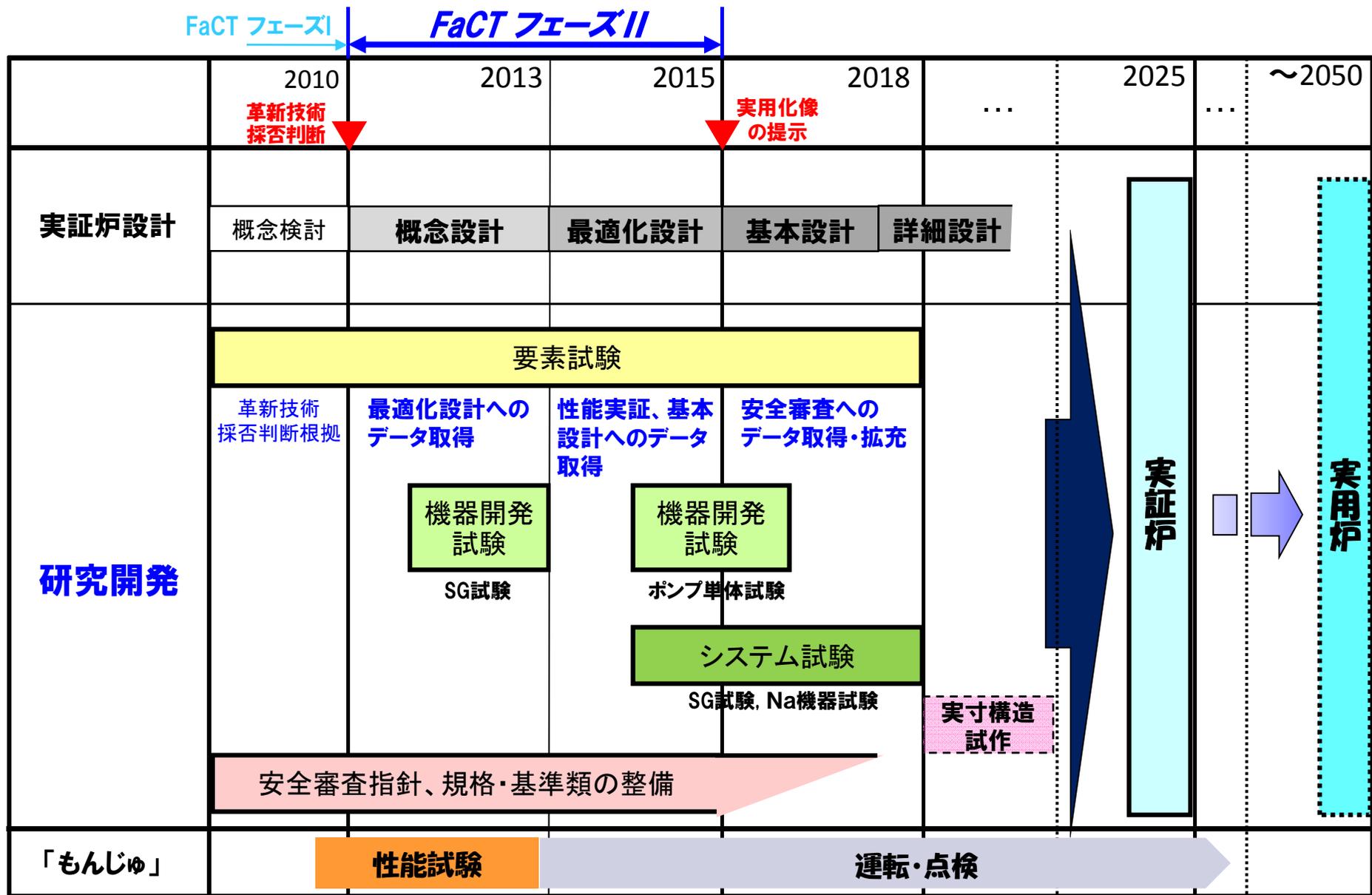
FaCTフェーズ I の成果概要

- **革新技術の成立性を確認するための要素技術開発を実施し、それらの採用可否を判断した結果、炉システムでは10項目中9項目、再処理システムでは6項目中3項目、燃料製造システムでは5項目中3項目が採用可能との成果を得た。**
- **革新技術開発の結果を踏まえたプラントの概念検討を実施し、FBRサイクルの実用施設概念を構築した。**
- **構築されたFBRサイクルの実用施設概念を対象として、原子力委員会が提示した性能目標に対する達成度を評価した結果、概ね達成していることを確認するとともに、今後の研究開発の方向性を示唆する課題を抽出した。**
- **FaCTフェーズ IIに向けてその具体的な開発計画を作成した。**
- **上記の成果等を報告書に取り纏めて公開した。**

4. FaCTフェーズII の計画案

- **実証炉概念設計**
 - 2013年までに一巡のプラント設計を実施する
 - 2014～15年では要素試験データ等を反映し、設計を最適化する
 - プラント性能を評価し、実証試験データと併せて実用化像提示に供する
- **要素試験**
 - 2015年までに実用炉及び実証炉概念設計の根拠となるデータ、及び実証炉基本設計に必要なデータを取得する
 - 2018年までに実証炉の安全審査に必要なデータを拡充する
- **実証試験**
 - 2015年までに性能実証データ(機器開発試験、システム試験)を取得し、実用化像提示に供する
 - 信頼性と保守性確保に必要な技術を実証する
- **試作試験**
 - 構造各部の工業的製作性を確認する
- **もんじゅ成果の反映**
 - 性能試験データを実証炉設計・評価手法に反映する
 - 運転・保守経験を基本設計・詳細設計に反映する

概略工程(炉システム)



■ 十分な工学的信頼性の確保

- 六ヶ所のガラスや東海での経験を踏まえ、信頼性向上に係る検討を実施すること。
- 湿式再処理共通の横断的な技術、稼働率向上のための共通技術にも注目すること。

■ 十分なロバスト性の確保

- 工程条件の変動、性能の変化に対して対応可能であること。

■ 技術的な盲点の排除

- 東海や六ヶ所再処理工場等、運転・保守経験を反映すること。
- 産業界、大学、研究機関等の関係者のご意見にも留意すること。

■ 国際動向の注視

- 各国の特色、事情を十分踏まえたうえで、フランス等諸外国の開発動向に常に注意を払い必要な研究協力を実施すること。

■ 核燃料サイクル全体の最適化

- 炉、燃料製造と整合のとれた開発を行うこと。
- 廃棄物に対しては、MAリサイクルや低除染化等に伴う種々の得失を評価し、総合的な視点から取り組み方を決めること。
- 代替技術や代替技術採用が各工程へ与える影響についての検討も行うこと。

- 再処理システムの検討と同様に、十分な**工学的信頼性**、**ロバスト性**の確保、**技術的な盲点への注意**、**国際動向**の留意、**サイクル全体の視点**などを考慮
 - **東海MOX施設等での経験**を十分踏まえR&Dを進める。
 - 取扱い規模拡大による影響、MA及びFP含有による影響、燃料製造の基盤的な技術、稼働率向上のための共通設備技術などにも注目する。
- フェーズ1結果を踏まえた**実用技術概念**についての今後の課題
 - **2つの革新技术課題**についての検討を継続し、2015年までに採否判断
 - 現在進行中の小規模MOX試験による**簡素化ペレット法**の**基本的な技術の確立**
- FBRサイクルの**早期実用化**に向けた取り組み
 - **第1ステップ**として実証炉燃料を**高除染MOX燃料**として**経済性向上技術**の成果を反映した製造プロセスで量産し、**第2ステップ**で**低除染MA含有燃料**製造プロセス実現を目指す
- **燃料安定供給**のための**研究開発計画策定**にあたっての留意点
 - 燃料の**安定的供給**には、**製品品質安定性**、**設備運転信頼性**、**プラントのトラブル対応性**が必要
 - **高除染簡素化法製造システム**で、**品質安定性**、**運転信頼性**、**トラブル対応性**を**実機燃料製造**で**確認**した上で、**低除染関連技術**を組み入れた**低除染燃料製造システム**へ移行することにより、**低除染燃料の安定供給**可能

5. FaCTに対する評価



FaCTフェーズ I の国の評価の状況 (1/2)

FaCTプロジェクト評価委員会(文科省/経産省の合同評価委員会)

委員会概要

原子力機構による**革新技術の採用可否**等の判断及び原子力機構が策定する**今後の研究開発計画**に対し、外部の多様な専門家の意見を踏まえつつ、それらの妥当性を国が評価する目的で設置

構成員

委員会		[共同議長]大橋 弘忠、山名 元 [メンバー]全員	
原子炉WG		燃料サイクルWG	
[主査]大橋 弘忠(東京大学)		[主査]山名 元(京都大学)	
[メンバー]阿部 清治(原子力安全基盤機構)		[メンバー]青柳 春樹(日本原燃)	
内山 洋司(筑波大学)		池田 泰久(東京工業大学)	
岡本 孝司(東京大学)		出光 一哉(九州大学)	
笠原 文雄(原子力安全基盤機構)		榎田 洋一(名古屋大学)	
関村 直人(東京大学)		小山 正史(電力中央研究所)	
西口 磯春(神奈川工科大学)		酒井 和夫(関西電力)	
守田 幸路(九州大学)		佐藤 正知(北海道大学)	
山口 彰(大阪大学)		本間 俊司(埼玉大学)	
山下 和彦(東京電力)		山田 興一(東京大学)	
山本 章夫(名古屋大学)		山中 伸介(大阪大学)	
吉村 忍(東京大学)		吉井 良介(日本エヌ・ユー・エス)	

◆ 国の評価の状況

<文科省/経産省の合同評価委員会で外部専門家の意見を聴取>

- ✓ 評価委員会 → 2010年11月以降4回開催
- ✓ 原子炉WG → 各回評価委員会に先だって6回開催
- ✓ 燃料サイクルWG → 各回評価委員会に先だって6回開催
- ✓ 2011.3.18に第5回+WGを開催予定 → 延期されたまま中断状態

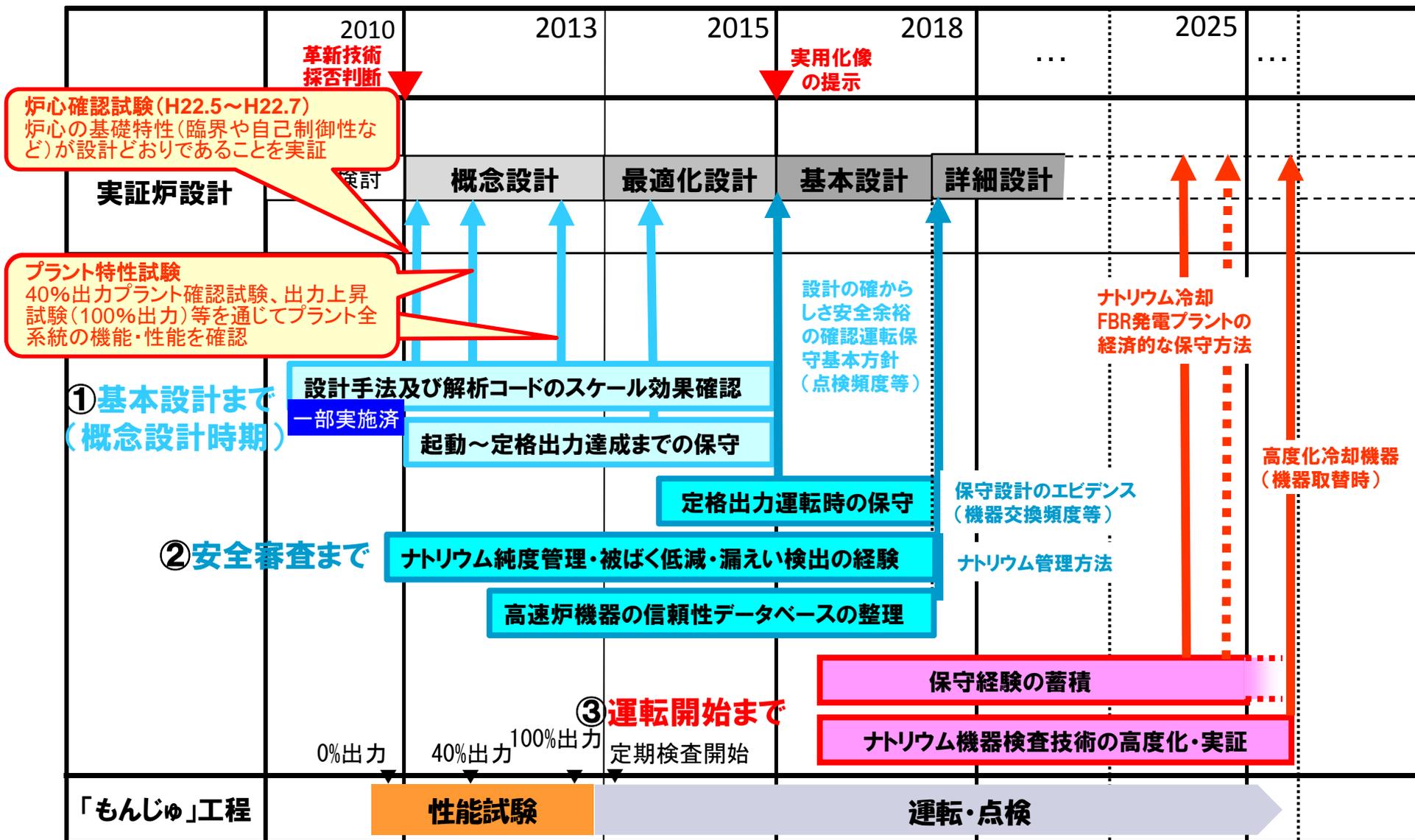
◆ 委員会での審議内容

- 第1回: FaCTプロジェクトの概要、革新技術の採否判断について審議
- 第2回: 性能目標の達成度評価, 実証炉のサイズと基数の考え方、国際動向、プロジェクトに対する産業界の見解について審議
- 第3回: 今後の研究開発に対する考え方について審議
- 第4回: FaCTフェーズIIにおける研究開発計画、FBRサイクル導入効果と開発に要する費用について審議

6. FaCTにおけるもんじゅ成果の反映

「もんじゅ」成果の実証炉への反映(従前1/2)

- 反映の時期と内容(性能試験開始時点案) -



- 検討結果 -



◆「もんじゅ」性能試験結果を反映

(実証炉への反映事項)

- ⇒「もんじゅ」データを用いた設計評価手法や解析コードの検証
- ⇒「もんじゅ」定格出力達成までのトラブル経験・運転保守経験

◆「もんじゅ」の運転時のトラブル・運転保守経験を反映

(実証炉への反映事項)

- ⇒保守・補修方針、ISI装置開発などの成果
- ⇒信頼性データベースや放射性廃棄物量などの運転データ等
- ⇒ナトリウム管理技術に関する設備設計・運用基準(警報設定値等)

◆「もんじゅ」で蓄積された運転保守経験、Na検査技術を反映

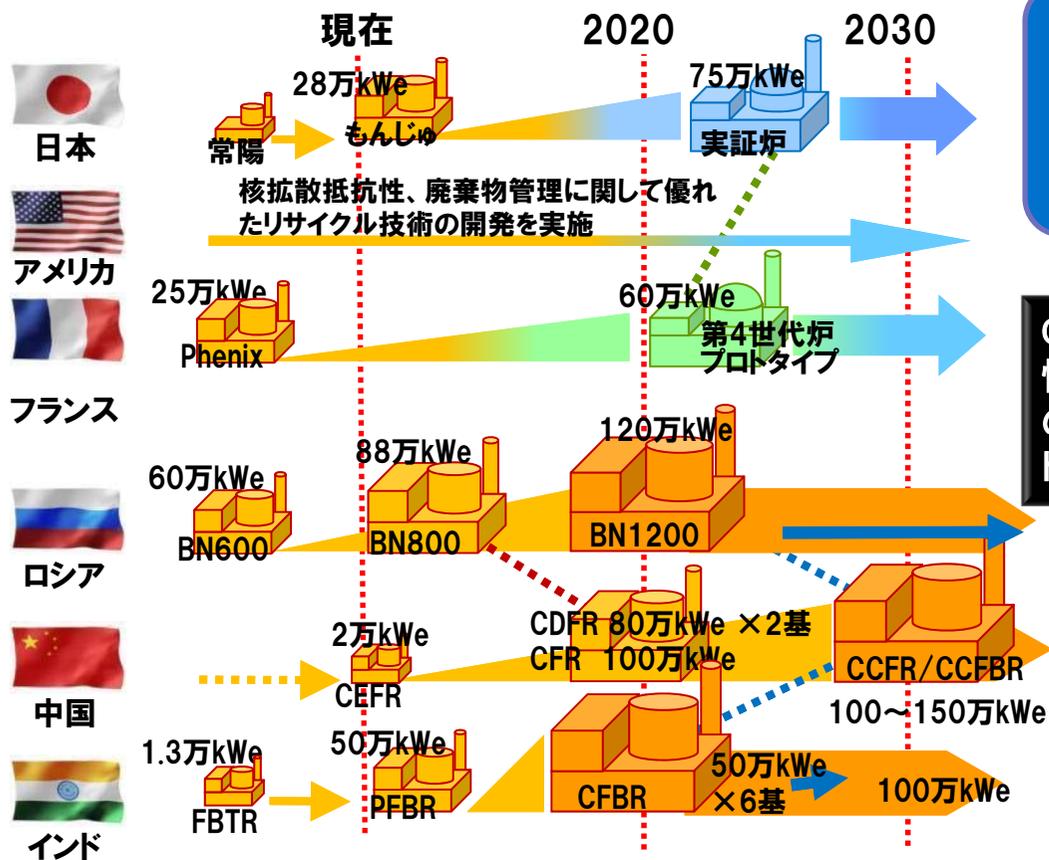
(実証炉への反映事項)

- ⇒リスク情報や信頼性データベースなどの成果
- ⇒高度化されたナトリウム機器検査技術

- ・性能試験成果は、実証炉の設計評価手法や解析コードの検証へ利用
- ・トラブル、運転保守経験は、実証炉の工程に応じて、設備設計や運用基準、保守補修方針、運転検査要領等へ反映

7. FaCTに係る国際協力

FBR開発を巡る今後の世界情勢



● 日仏米は世界に先駆け、第4世代炉の開発ステージへステップアップを目指す

GIF*等の場を通じた、安全性、核不拡散性等についての国際的な設計基準やガイドラインの統一化

● ロシア、中国、インドは、既存技術をベースに高速増殖炉開発を加速

➢ 安全性
➢ 核不拡散性
➢ 持続可能性
➢ 経済性
に対して、
総合的に優れた
第4世代炉としての
FBRの実現

* 第4世代原子力システム国際フォーラム

各国の高速炉開発の主目的

中・印: エネルギー自給率・資源利用率の向上
 仏・露: 上記の他、エネルギー輸出国家としてのビジネスチャンス
 米: 使用済燃料直接処分政策廃止→使用済燃料活用の道を探る

FaCTに関する国際協力

国際協力のメリット

- FBRの効率的な開発
- 開発リスクの低減
- 世界標準技術の確立

日米仏三国協力

「ナトリウム冷却高速実証炉の協力に関する覚書」
(2008年1月覚書 → 2008年8月改正)

日米仏

ナトリウム冷却高速炉の協力に関する
覚書(MOU)改正(2010年10月)



協力の内容候補

- 設計基準の統一
- 研究施設の共同利用
- 機器の共同開発
- 概念設計の相互協力

日-米

日米原子力エネルギー共同行動計画
(JNEAP) 2007年4月

日-仏

JAEA-CEA フレームワーク協定(2005年12月)
JAEA-EDF高速炉システム協力取決め(2008年10月)

・協力協定の締結
・Top tier requirement合意

設計クライテリア(DC)の統一化

- 安全(SDC)、プラントシステム、構造保守・補修性、検査技術
- PRPP(核拡散抵抗性・核物質防護)
- 他



INPRO

革新的原子炉・
燃料サイクルシステム
に関する国際プロジェクト

GIFに参加していない
インド等との情報交換



GIF

第4世代原子力システム
国際フォーラム

GIF-SFRメンバー国

- ・日本 ・フランス ・米国 ・中国
- ・韓国 ・ロシア ・EU

GIFを通じて国際的な設計
基準の統一化を検討

FaCTに対する国際的な評価の現れとして、以下の事例が挙げられる。

- FaCTで対象としているJSFRは、GIFでの検討対象とされた3種のSFRのうちループ型炉の分野において第4世代炉として国際的に認知され、System Research Plan (SRP)の代表例として掲載されている(2006年)。
- JSFRは、米国のGNEP計画において世界に広く候補を募集したAdvanced Burner Reactor (ABR) / Advanced Recycle Reactor (ARR)仕様に適合する炉として高く評価され、2007年に採択された。
- フランス電力(EdF)は、JSFRの設計を評価し、その内容についてJAEAと共著で国際会議*で発表するとともに、論文誌に投稿中。

* ICAPP 2012, Paper12354 (2012年6月)

参考資料

FaCTフェーズ I 予算推移

[単位:億円]

内訳		年度	2006	2007	2008	2009	2010	計
運営費 交付金	原子炉		3.5	28.5	54.3	77.2	87.8	251.3
	再処理		1.5	25.3	13.9	13.8	6.6	61.1
	燃料製造		0.5	11.2	13.8	19.0	6.8	51.3
施設整備費補助金	原子炉						1.5	1.5
小 計			5.5	65.0	82.0	110.0	102.7	365.2
公募研究 ¹⁾	原子炉		17.3	30.8	13.8	10.9	4.0	76.8
	サイクル		10.9	16.4	10.1	8.5	0	45.9
経産省 委託	原子炉 ²⁾		0	32.4	43.7	53.5	55.9	185.5
総 計			33.7	144.6	149.6	182.9	162.6	673.4

1): 「原子力システム研究開発事業」(「特別推進分野」+「基盤研究開発分野」)

2): 「発電用新型炉等技術開発」

外国との開発予算比較

フランスASTRID(600MWe)開発との比較(2010年9月情報)

単位:100万ユーロ

内訳 \ 年度	2010-2012	2013-2014	2015-2017	計
炉設計	75.0	52.0	210.0	337.0
炉R&D	102.1	128.4		213.6
臨界実験	5.3	11.6	33.1	50.0
燃料供給検討	21.0	30.0		51.0
合計	198.1	210.4	243.1	651.6*
FaCT 炉関係合計	概念検討:515.1億円 (2006-2010)		概念設計: 約200億円**	

*:更に別枠のCEAの研究費あり、**:炉設計費用のみ(5年間)

炉関係の概念検討や概念設計の費用は同程度