



# FSおよびFaCTの経緯・概要 —プロジェクト管理の観点から—

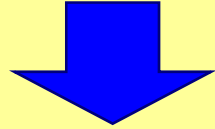
2011年1月18日

日本原子力研究開発機構  
次世代原子力システム研究開発部門

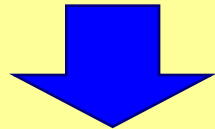
# 実用化戦略調査研究(FS)の経緯

# 実用化戦略調査研究(FS)の開始

「もんじゅ」2次系ナトリウム漏えい事故(1995年12月8日)



【原子力委員会『高速増殖炉懇談会』(1997年12月1日)】  
将来のエネルギー源の一つの有力な選択肢として、高速増殖炉の実用化の可能性を技術的・社会的に追求するために、その研究開発を進めることが妥当



## 実用化戦略調査研究の開始

サイクル機構、電気事業者、電中研、原研等によるオールジャパン体制で、1999年7月より、**高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究を開始。**

## 実用化戦略調査研究の目標:

高速増殖炉サイクルの適切な実用化像とそこに至るまでの研究開発計画を2015年頃に提示する

## 【原子力長計】

(2000年11月24日)

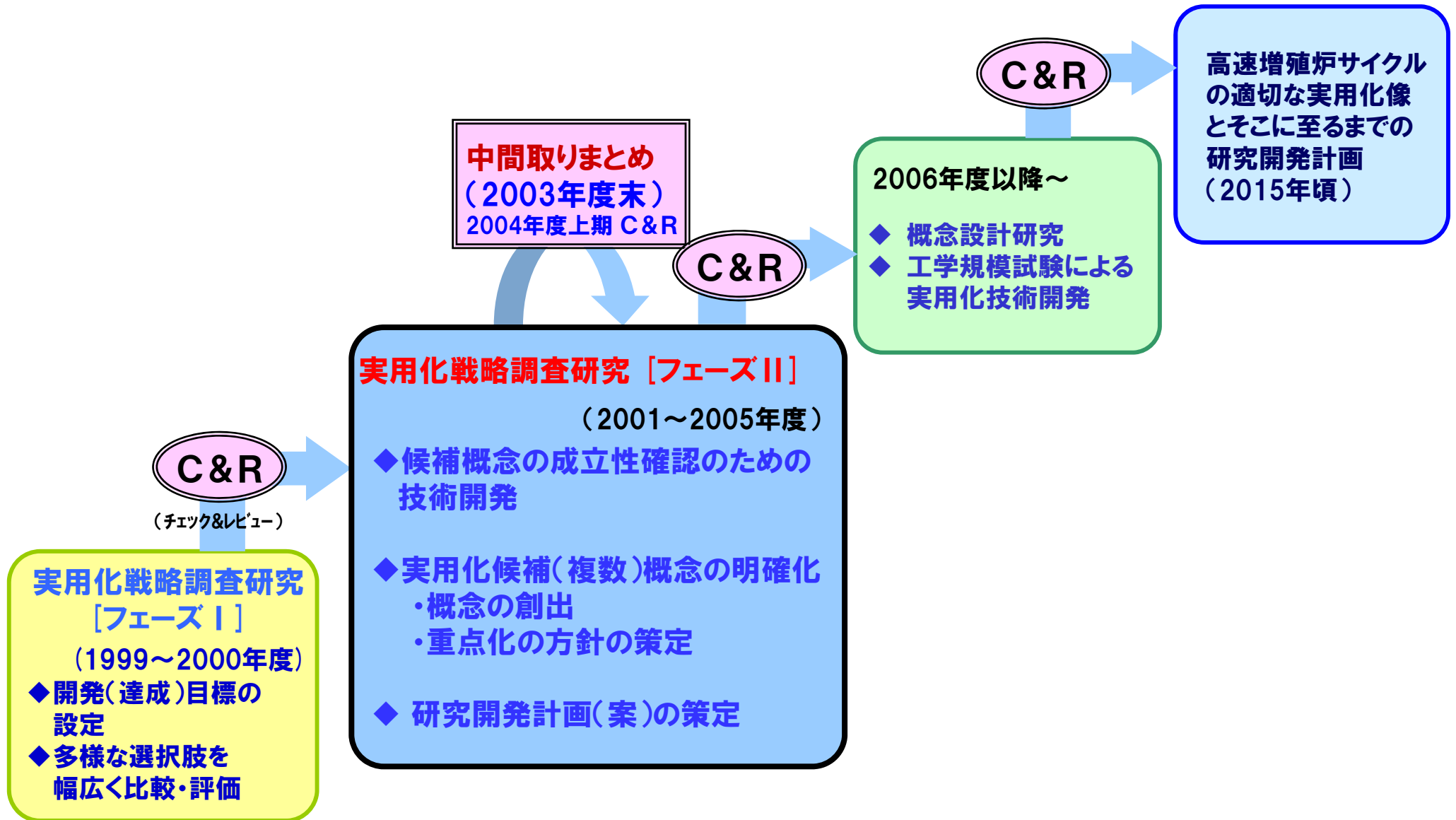
・高速増殖炉サイクル技術が技術的な多様性を備えていることに着目し、選択の幅を持たせ研究開発に柔軟性を持たせることが重要。サイクル機構において実施している「**実用化戦略調査研究**」等を引き続き推進する。

## 【原子力政策大綱】

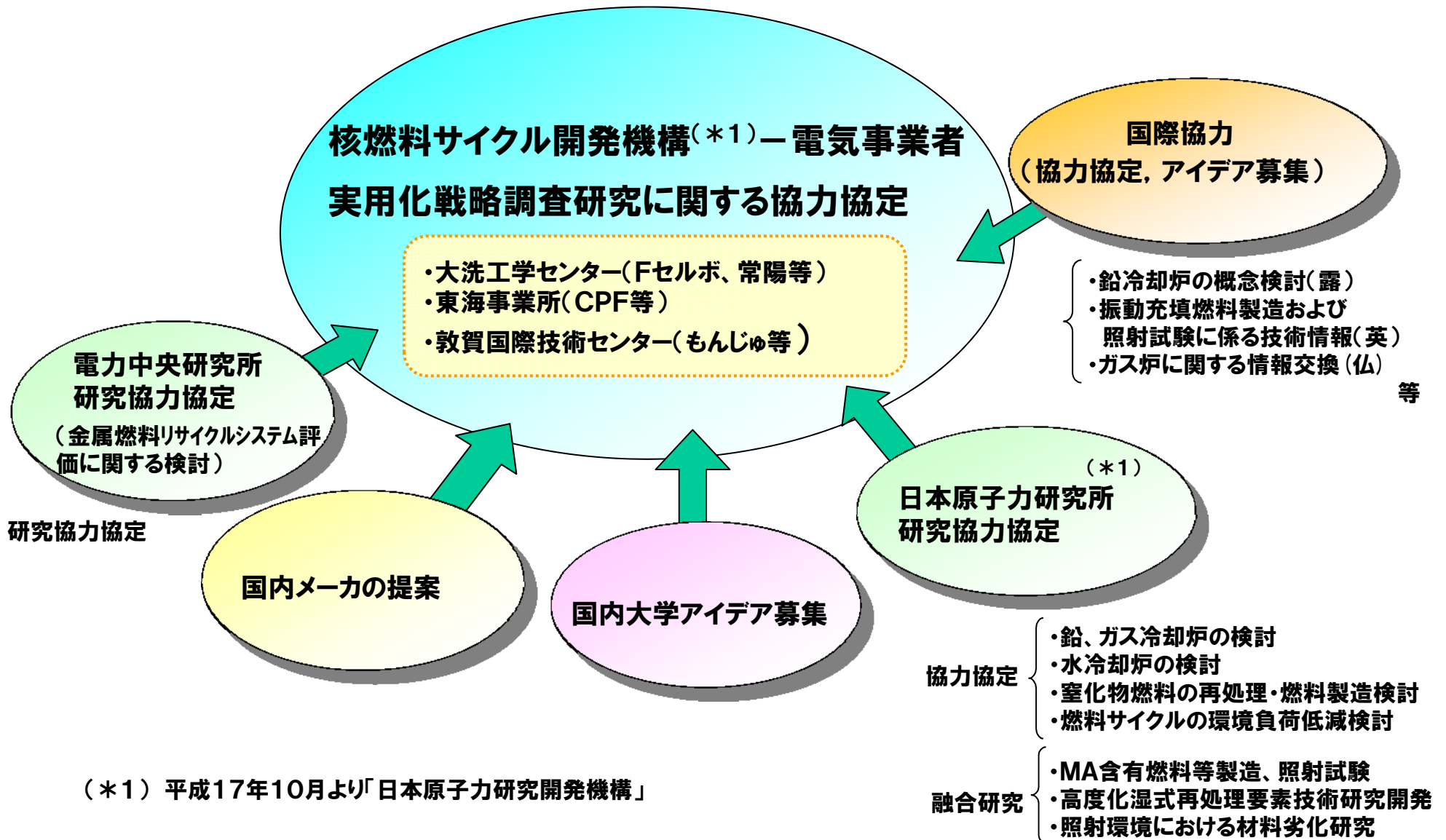
(2005年10月11日)

・国は高速増殖炉サイクルの適切な実用化像と2050年頃からの商業ベースでの導入に至るまでの段階的な研究開発計画について**2015年頃から国としての検討を行うことを念頭に、実用化戦略調査研究フェーズIIの成果を速やかに評価して、その後の研究開発の方針を提示する。**

# 実用化戦略調査研究(FS)の展開



# 実用化戦略調査研究(FS)における協力体制



# フェーズIIでの検討対象：高速増殖炉システム

● 幅広い選択肢(冷却材と燃料形態)の組合せ(約40概念)から、今後検討すべき概念を選択

## フェーズIにおける有望概念の抽出結果

対象技術		炉型の評価	燃料形態の評価		
			MOX	窒化物	金属
ナトリウム炉	大型タンク	B	A	B	A
	大型ループ	A			
	中型モジュール	A			
	小型炉	A(※1)	B	A	
ガス炉	CO2ガス炉	B*	A*	A*	C
	Heガス炉ピン型	B*			
	Heガス炉粒子型	A*	B	-	
	小型炉	B*	B*	A*	-
重金属炉	大型	C	B	A	A
	中型モジュール	A(※2)			
	小型炉	A(※3)			
水炉	BWR型	A(※4)	A	-	-
	PWR型	A(※4)	A	-	-
	超臨界圧水型	A(※4)	A	-	-
溶融塩炉		C	C [塩化物溶融塩]		

A:引き続き検討 B:国内外の研究のレビュー C:データ化 \*:2001年度に抽出

○:フェーズII中間評価以降に検討を進めた主要な組合せ

## フェーズIIでの検討対象

- ナトリウム炉
  - ・ 大型ループ型(MOX、金属燃料)
  - ・ 中型ループ型モジュール炉 (MOX、金属燃料)
  - ・ 小型炉(金属燃料)
- ガス炉
  - ・ Heガス炉粒子型(窒化物燃料)
- 重金属炉
  - ・ 中型モジュール炉(窒化物燃料)
- 水炉
  - ・ BWR型(MOX)

- ※1 炉心性能及び実現可能性の観点から金属燃料を選択。小型炉については多目的利用など、基幹電源とは異なる概念として検討。
- ※2 金属燃料はボンド部にNaを使用しており、破損時に金属間化合物を形成するため、ヘリウムボンドの窒化物燃料を選択。
- ※3 中型モジュール炉と同様の基礎的課題があるため、2001年度以降の検討対象は中型モジュール炉のみを対象とした。
- ※4 設計検討が最も進んでおり、炉心損傷時の成立性、経済性を含めたシステムの成立性が高い概念として、BWR型を検討対象とした。

# フェーズIIでの検討対象：燃料サイクルシステム

● 幅広い選択肢(燃料形態)の組合せ(再処理システム約10概念、燃料製造システム約10概念)から、今後検討すべき概念を選択

## フェーズIにおける有望概念の抽出結果

対象技術		燃料形態			
		MOX	窒化物	金属	
再処理	先進湿式		(A)	A(*2)	-
	乾式	酸化物電解法	(A)	C	C
		金属電解法	(A)	A(*2)	(A)
		フッ化物揮発法	B	B	B
燃料製造	簡素化ペレット		(A)	A(*2)	-
	振動充填	湿式法対応	(A)	A(*2)	-
		酸化物電化法対応	(A)	C	-
		金属電解法対応	A(*1)	A(*2)	-
		フッ化物揮発法対応	B	B	-
	casting	射出鋳造法	-	-	(A)
		遠心鋳造法	-	-	A(*1)

A:引き続き検討 B:国内外の研究のレビュー C:データ化

○:フェーズII中間評価以降に検討を進めた主要な組合せ

## フェーズIIでの検討対象

### ○再処理

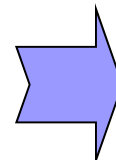
- ・先進湿式法(MOX、窒化物)
- ・酸化物電解法(MOX)
- ・金属電解法(金属、酸化物、窒化物)

### ○燃料製造

- ・簡素化ペレット法(MOX、窒化物)
- ・振動充填法
  - －湿式対応[スフェアパック](MOX、窒化物)、
  - －酸化物電解対応[ハイパック](MOX)
- ・射出鋳造法(金属)

\*1 金属電解法対応振動充填法(MOX)及び金属燃料対応の遠心鋳造法は経済性の点で魅力がないことからフェーズII中間段階で検討対象から除外。

\*2 窒化物燃料については、主たる工程はMOX対応の先進湿式法やペレット、振動充填法あるいは金属燃料対応の金属電解法等の適用が可能であるため、これらの成果を活用して検討



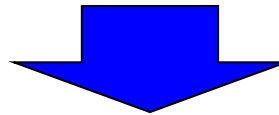
# 主概念・補完概念の選定

## ●有望なシステム概念抽出の考え方

- **設計要求への適合可能性**を評価し、次に**国際協力の可能性を含めた技術的実現性**の評価を加味した上で、**有望なシステム概念**を抽出する

設計要求への適合可能性

- ・ 安全性、経済性、環境負荷低減性、資源有効利用性、核拡散抵抗性に関する設計要求に対し、各概念の適合可能性を評価する

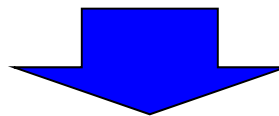


技術的実現性

(含 国際的視点)

- ・ 実用化するために克服すべき課題の多さ、それぞれの課題の難易度から、各概念の技術的成立性を評価する

Gen-IV 等の国際協力の活用により、効率的な研究開発が期待できるとともに、技術的実現性をより確かなものとすることができる。更には、国際協力の実施により、システム概念を国際標準にできる可能性がある。以上の観点より、各概念の国際協力の可能性を評価する

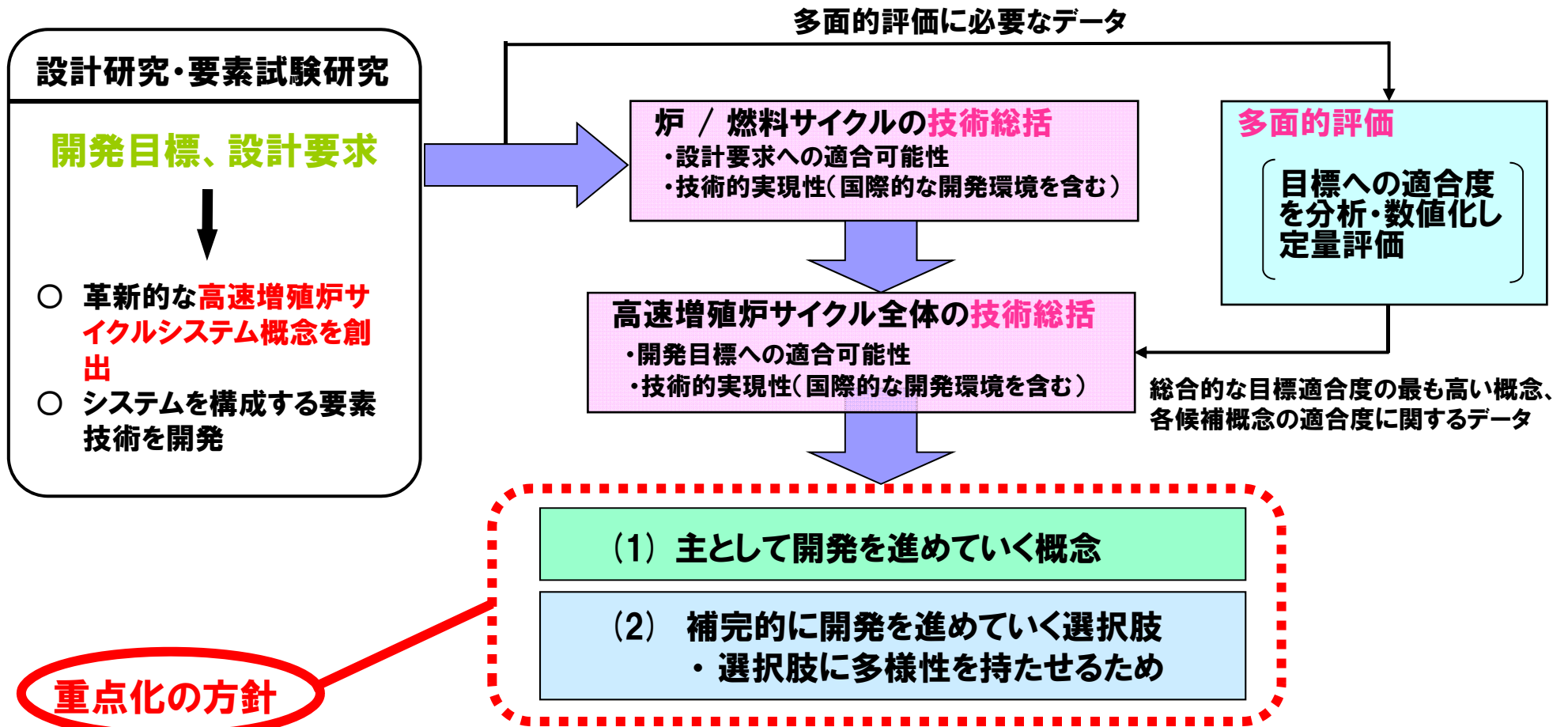


有望なシステム概念の抽出

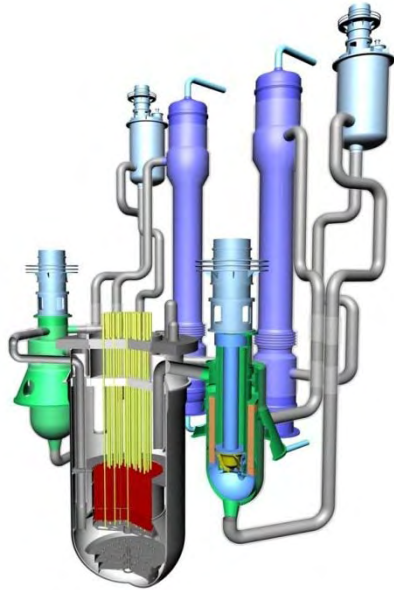


# 研究開発の重点化に向けたフェーズIIでの検討の流れ

- 開発目標、設計要求を設定し、革新的な高速増殖炉サイクルを創出、構成する要素技術を開発、創出した概念について、多面的評価の結果も参考にしつつ、技術総括の結果に基づき重点化の方針を決める

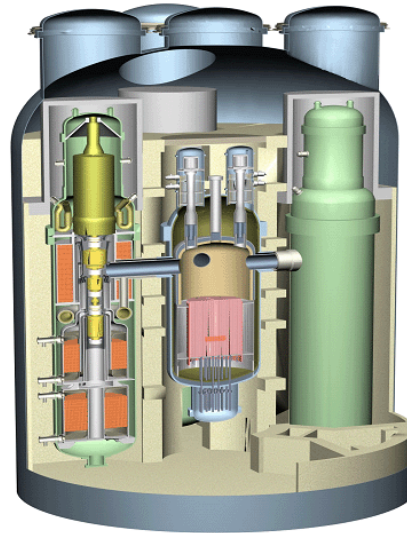


# FBRシステムの実用化概念(FS時)



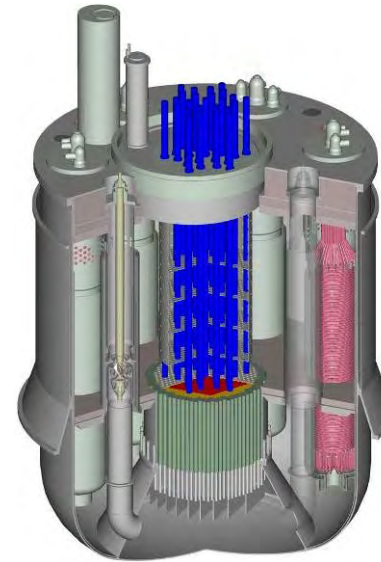
## ナトリウム冷却炉

- 150万kWe大型炉  
(酸化物及び金属)
- 革新技術の採用で物量、建屋容積を大幅に削減
- ナトリウムの特徴を考慮した設計により信頼性を確保



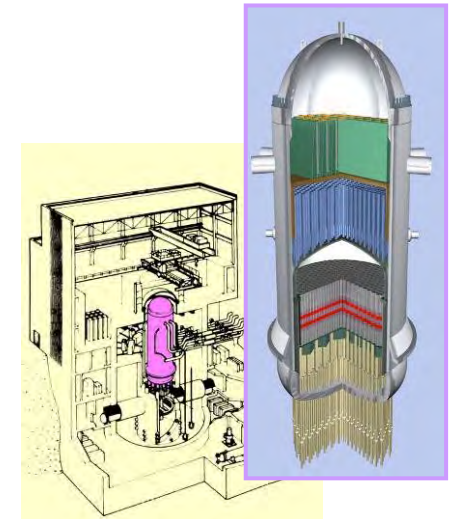
## ヘリウムガス冷却炉

- 150万kWe大型炉  
(窒化物被覆粒子燃料)
- 高温熱源の特長を活かして物量・建屋容積を削減
- 減圧事故、炉心損傷事故対策を考慮



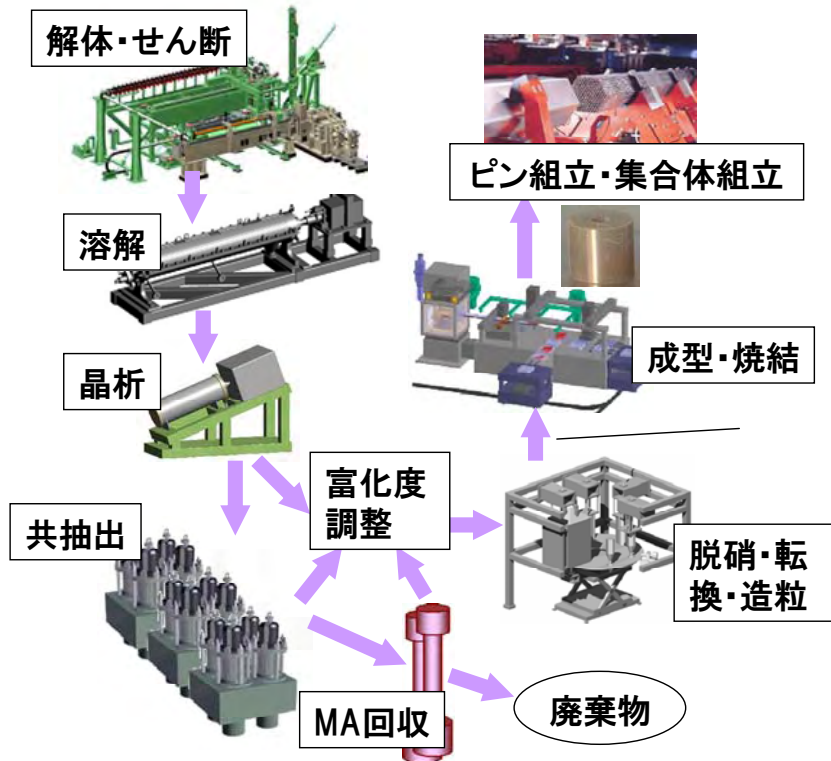
## 鉛ビスマス冷却炉

- 75万kWe中型炉  
(窒化物燃料)
- 化学的に不活性な冷却材であり二次冷却系を削除したシステムを構築



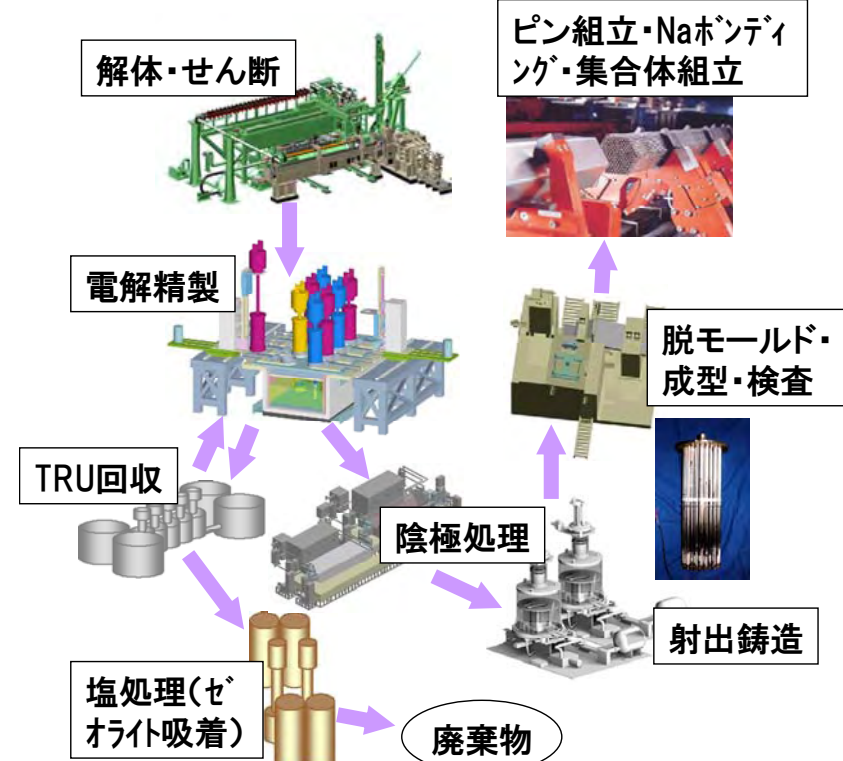
## 水冷却炉

- 135万kWe BWR型高速増殖炉  
(酸化物燃料)
- 増殖性確保のため、高富化度・高稠密炉心概念
- ABWRのプラント技術が利用可能



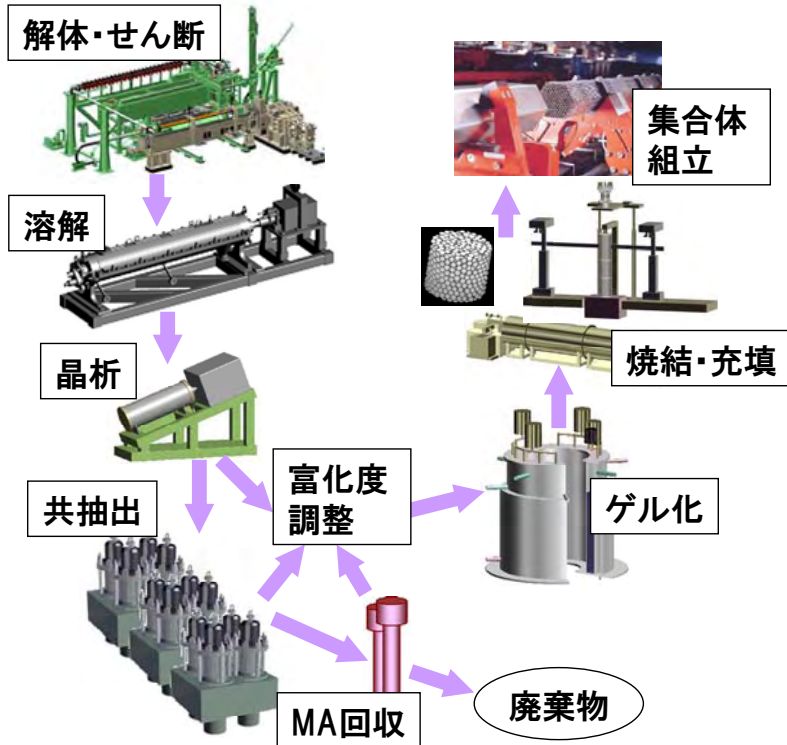
## 先進湿式法＋簡素化ペレット法

- 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



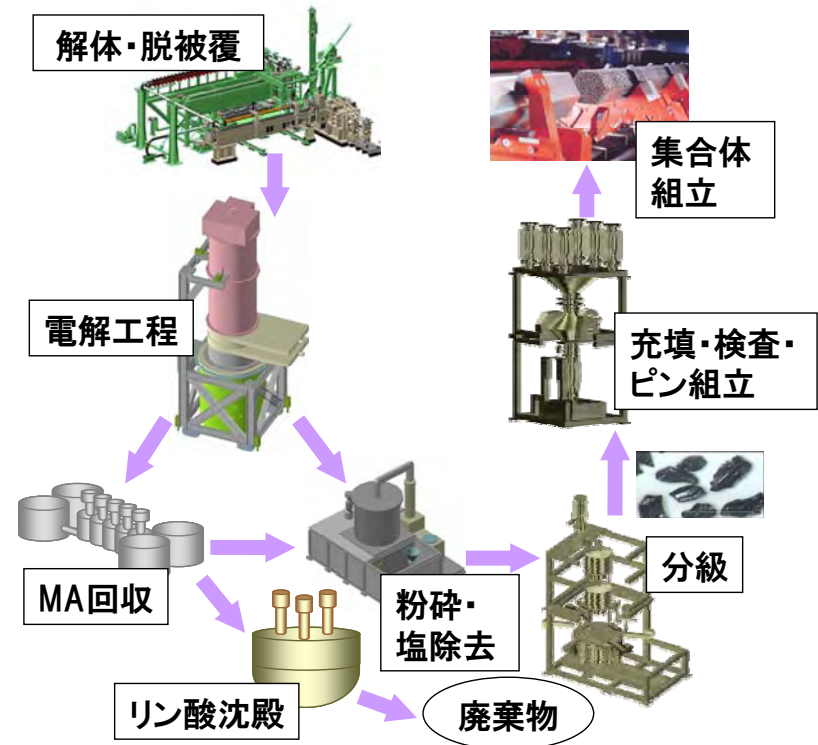
## 金属電解法＋射出 casting法

- 米国で開発された乾式再処理法に対して、処理速度向上等の改良
- 米国高速実験炉EBR-IIの燃料製造に用いられた射出 casting法の一部合理化



## 先進湿式法＋振動充填法

- 低除染燃料の使用が許容される高速増殖炉の特長を活かし、回収/精製工程を合理化
- 微粉末発生が少なく、遠隔製造に適合するゲル化法による粒子燃料製造を採用



## 酸化物電解法＋振動充填法

- ロシアで開発された乾式再処理法に対して、実用燃料処理への適合性を高める改良
- ロシアの高速実験炉BOR-60の燃料製造に用いられているバイパック燃料製造を採用

# 高速増殖炉システムの有望概念の抽出

## ●有望なシステム概念

- ナトリウム冷却炉が最も有望な概念である
- ヘリウムガス冷却炉は多様なニーズに対応可能な概念である

	ナトリウム冷却炉	ヘリウムガス冷却炉	鉛ビスマス冷却炉	水冷却炉
設計要求への適合可能性	全ての設計要求に対して、高いレベルで適合する可能性がある。金属燃料を採用した場合にはさらなる炉心性能の向上が見込める。	全ての設計要求に対して適合する可能性があり、高温熱源としての魅力を有する。	全ての設計要求に対して適合する可能性がある。	資源有効利用性および環境負荷低減性に制約が有る。上記以外の設計要求に対しては、適合する可能性はある。
技術的実現性	開発課題が明確であり、また代替技術を準備することができることから、高い確度で実現性を見通すことが可能	実現性を見通すためには、概念成立性に係わる課題を解決することが必要		実現性を見通すための課題が炉心燃料関連に限定
(国際的視点)	国際協力を期待することが可能 〔GIFでの活動が活発で、国際標準の概念へ発展していく可能性がある。また、共同開発による革新技术のブレークスルー、開発分担による効率的開発が期待できる。〕	国際協力を期待することが可能 〔GIFでの活動により、国際標準の概念に発展していく可能性がある。また、概念成立性に係わる課題が解決されれば、技術的実現性をより向上させることができる。〕	国際協力を期待することが困難 〔GIFでの活動において開発を主導する国が無く、概念成立性に係わる課題をブレークスルーできる可能性が低い。〕	国際協力を期待することが困難 〔GIFでの候補概念に取り上げられていないため、現状では基盤的な研究協力内容に限定される。〕

は優れた部分

# 燃料サイクルシステムの有望概念の抽出

## ●有望なシステム概念

- 先進湿式法＋簡素化ペレット法が最も有望な概念である
- 金属電解法＋射出鑄造法は多様なニーズに対応可能な有望概念である

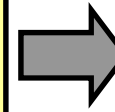
	先進湿式法＋ 簡素化ペレット法	金属電解法＋ 射出鑄造法	先進湿式法＋ 振動充填法 <sup>(※)</sup>	酸化物電解法＋ 振動充填法
設計要求への 適合可能性	全ての設計要求に対して高いレベルで適合する可能性があり、スケールアップ効果のため大規模施設の経済性が高い。	全ての設計要求に対して適合する可能性があり、小規模施設の経済性が高い。	全ての設計要求に対して適合する可能性がある。	全ての設計要求に対して適合する可能性がある。
技術的実現性	実現性を見通すことが可能	実現性を見通すことが可能だが、インフラ整備が必要なことから比較的長期の開発を要する見込み	実現性を見通すことが可能	技術的課題が多く開発に長期を要する
(国際的視点)	国際協力を期待することが可能 〔フランスではホットラボなどによる関連研究を実施〕	国際協力を期待することが可能 〔米国ではホットラボなどによる研究を実施〕	国際協力を期待することが困難 〔積極的に開発する国はない〕	国際協力を期待することが可能 〔ロシアではホットラボなどによる関連研究を実施〕

 は優れた部分

(※) ヘリウムガス冷却炉用の窒化物被覆粒子燃料の製造には、この振動充填法の工程の一部である「ゲル化法」が用いられるが、対応する燃料サイクル概念の開発については、高速増殖炉システム開発の進捗により被覆粒子窒化物燃料の概念が固まった後に着手することが効率的である。

## 高速増殖炉サイクルの技術総括結果

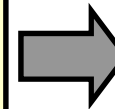
(a) 高速増殖炉システム : ナトリウム冷却炉(MOX燃料)  
燃料サイクルシステム: 先進湿式法再処理 + 簡素化ペレット法燃料製造



<主概念>

総合的に最も優れた概念

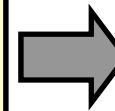
(b) 高速増殖炉システム : ナトリウム冷却炉(金属燃料)  
燃料サイクルシステム: 先進湿式法再処理 + 簡素化ペレット法燃料製造

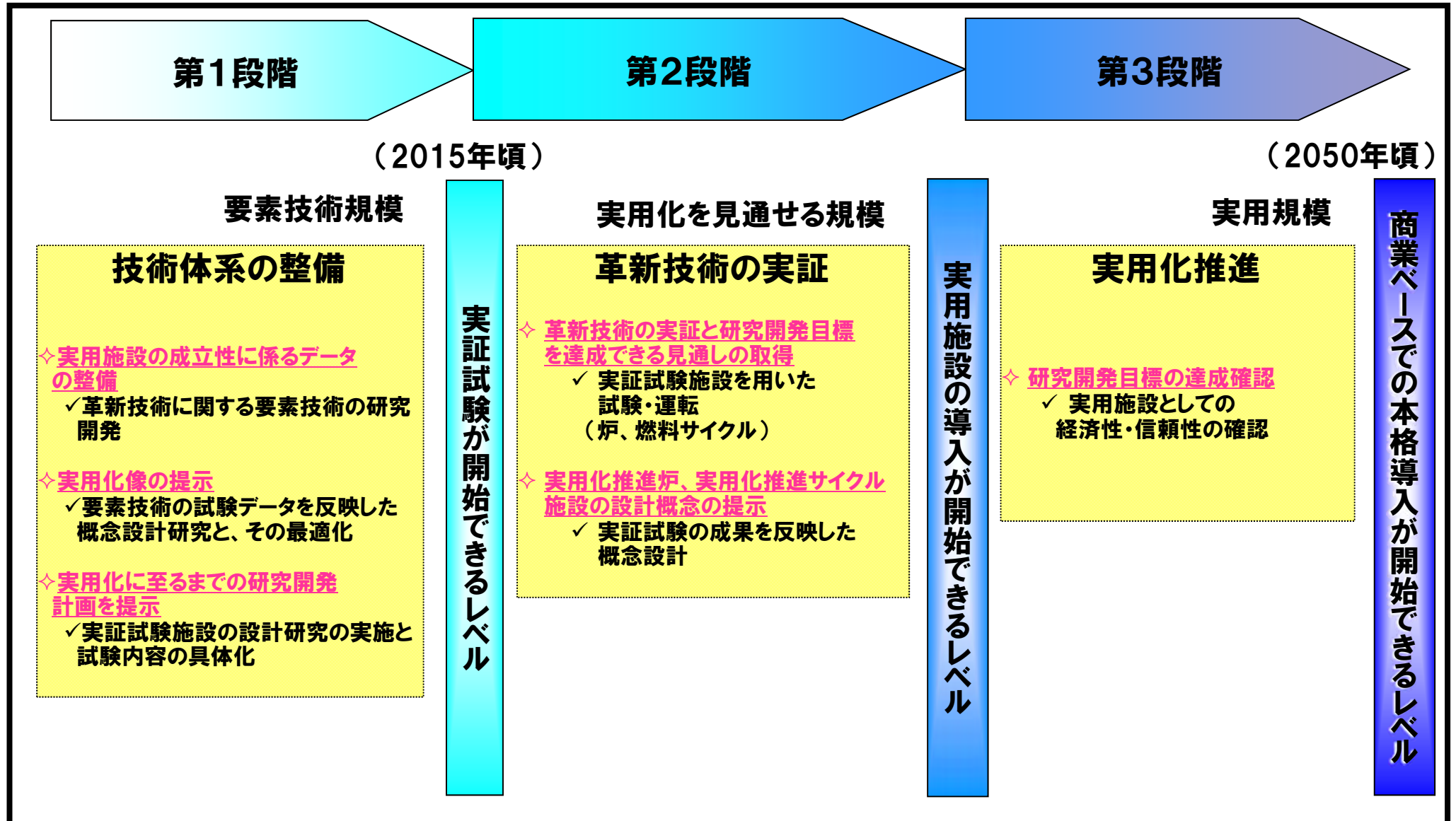


<補完概念>

総合的な評価では(a)を超えるものではないが、(a)にはない魅力を有する概念

(c) 高速増殖炉システム : ヘリウムガス冷却炉(窒化物被覆粒子燃料)  
燃料サイクルシステム: 先進湿式法再処理 + 被覆粒子燃料製造法







# FSフェーズII 成果の国の評価

## 文部科学省

- 中央教育審議会
- 教育用図書検定調査審議会
- 大学設置・学校法人審議会
- **科学技術・学術審議会**
- 宇宙開発委員会
- 放射線審議会
- …(全11審議会等)

### 研究計画・評価分科会

- 資源調査分科会
- 学術分科会
- 海洋開発分科会
- …(全12分科会等)

### 防災分野の研究開発に関する委員会

### 研究評価部会

### 航空科学技術委員会

### 原子力分野の研究開発に関する委員会

### 安全・安心科学技術委員会 など

### 原子力研究開発作業部会

### RI・研究所等廃棄物作業部会

### 核融合研究作業部会

(第8回原子力分野の研究開発に関する委員会(2005年8月1日)資料1-1より抜粋)

以下を含む原子力分野の研究開発に係る推進戦略について調査審議を行うとともに、研究開発の進捗に応じて適時適切に評価を行う。

○ 原子力分野の研究開発を通じた我が国の知識基盤・技術基盤の強化のあり方(原子力の競争的資金制度のあり方を含む。)

○ **高速増殖炉サイクル技術の研究開発の進め方(FBR実用化戦略調査研究のとりまとめとその後の研究開発計画に関する評価を含む。)**

○ 研究開発施設・設備の整備、利用促進のあり方(施設の改廃のあり方も含む。)ほか

# 原子力分野の研究会開発に関する委員会構成員

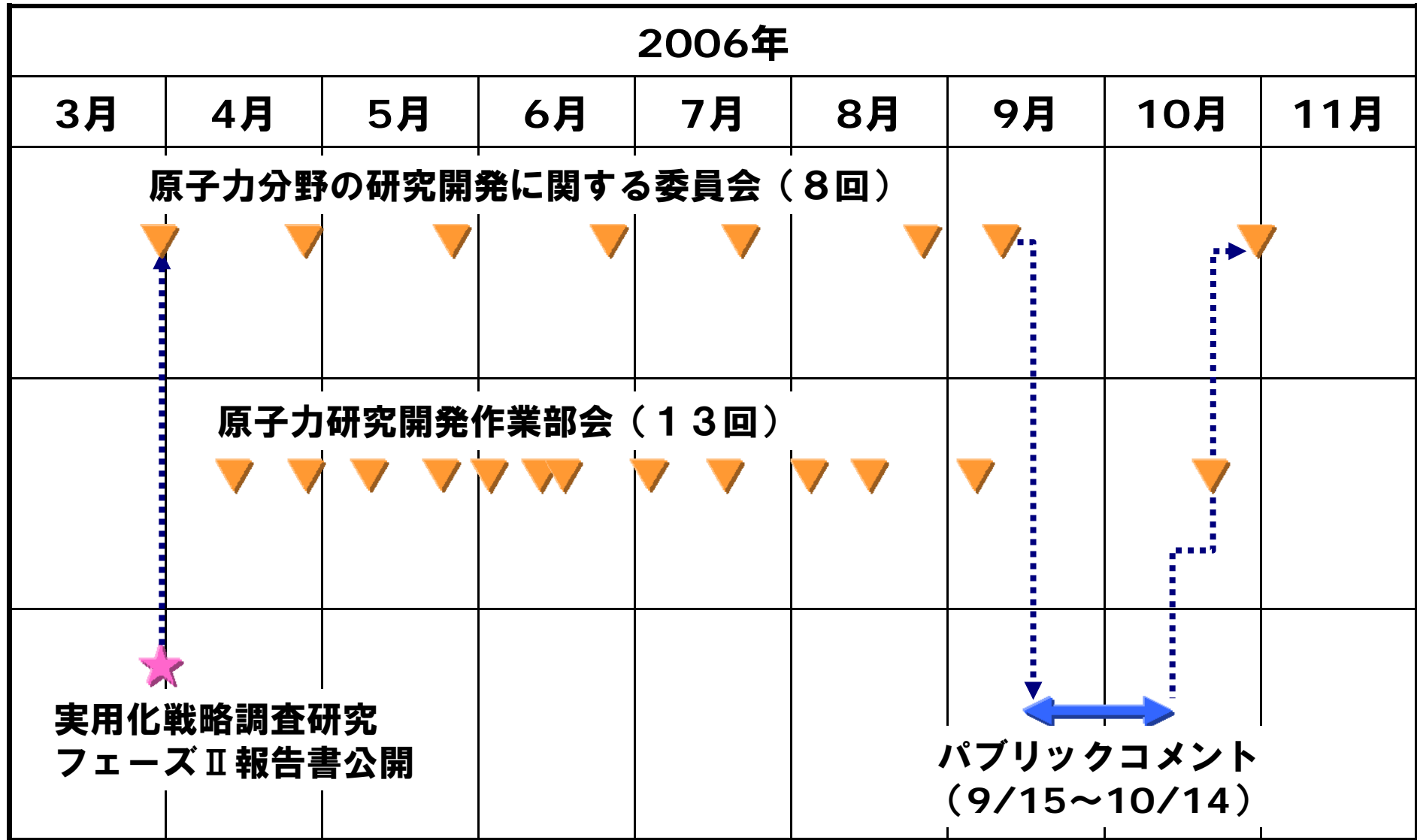
## <原子力分野の研究会開発に関する委員会構成員>

石田寛人	金沢学院大学長
伊藤範久	電気事業連合会専務理事
井上信	京都大学名誉教授
榎田洋一	名古屋大学エコトピア科学研究所部門長
岡崎俊雄	独立行政法人原子力機構副理事長
加藤正進	財団法人電力中央研究所常務理事
木下富雄	財団法人国際高等研究所フェロー
小林英男	横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター教授
(主査) 田中知	東京大学大学院工学系研究科教授
知野恵子	読売新聞東京本社編集局解説部次長
中西友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
早野敏美	社団法人日本電機工業会専務理事 (第18回より)
藤本弘次	社団法人日本電機工業会専務理事 (第17回まで)
松田美夜子	富士常葉大学環境防災学部教授、 生活環境評論家 (廃棄物とリサイクル)
本島修	自然科学研究機構核融合科学研究所長
和気洋子	慶應義塾大学商学部教授

## <原子力研究開発作業部会構成員>

榎田洋一	名古屋大学エコトピア科学研究所 環境システムリサイクル科学研究部門長
柴田洋二	社団法人日本電機工業会原子力部長
代谷誠治	京都大学原子炉実験所長
(主査) 田中知	東京大学大学院工学系研究科教授
田中治邦	電気事業連合会原子力部長
前川治	株式会社東芝電力システム社原子力技師長 (第8回より)
山中伸介	大阪大学フロンティア研究機構副機構長

# 原子力分野の研究開発に関する委員会の審議経緯



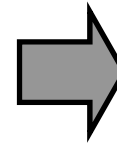
報告書『高速増殖炉サイクルの研究開発方針について－「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズ2最終報告書」を受けて－』

# FSフェーズII成果の国による評価結果

「高速増殖炉サイクルの研究開発方針について」(2006年11月、文部科学省研究開発局)

## <FSフェーズII成果の評価>

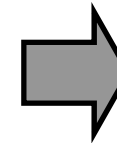
ナトリウム冷却炉(MOX燃料)+先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造



### 主概念

現在の知見で実用施設として実現性が最も高いと考えられる実用システム概念

ナトリウム冷却炉(金属燃料)+金属電解法再処理+射出鑄造法燃料製造



### 副概念

社会的な視点や技術的な視点から主概念の比べて不確実性がある

## <研究開発方針>

- **主概念を成立させるために必要な革新的な技術について集中的に研究開発を行うべきであり、副概念については、基盤的な研究開発として取組むべき。**
- **2015年までに主概念の革新的技術の採用可能性を判断できるところまで具体化させ、開発目標・設計要求を満足する概念設計を得ることを目指す。**
- **今後は「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」として、実用化に集中した技術開発を行い、高速増殖炉サイクルの研究開発を加速すべきである。**

# 高速増殖炉サイクル実用化研究開発 (FaCTプロジェクト)

# FBRサイクル実用化研究開発の開始

- 「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
- 国によるFSフェーズIIの評価(2006年11月、20頁参照)
- 「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

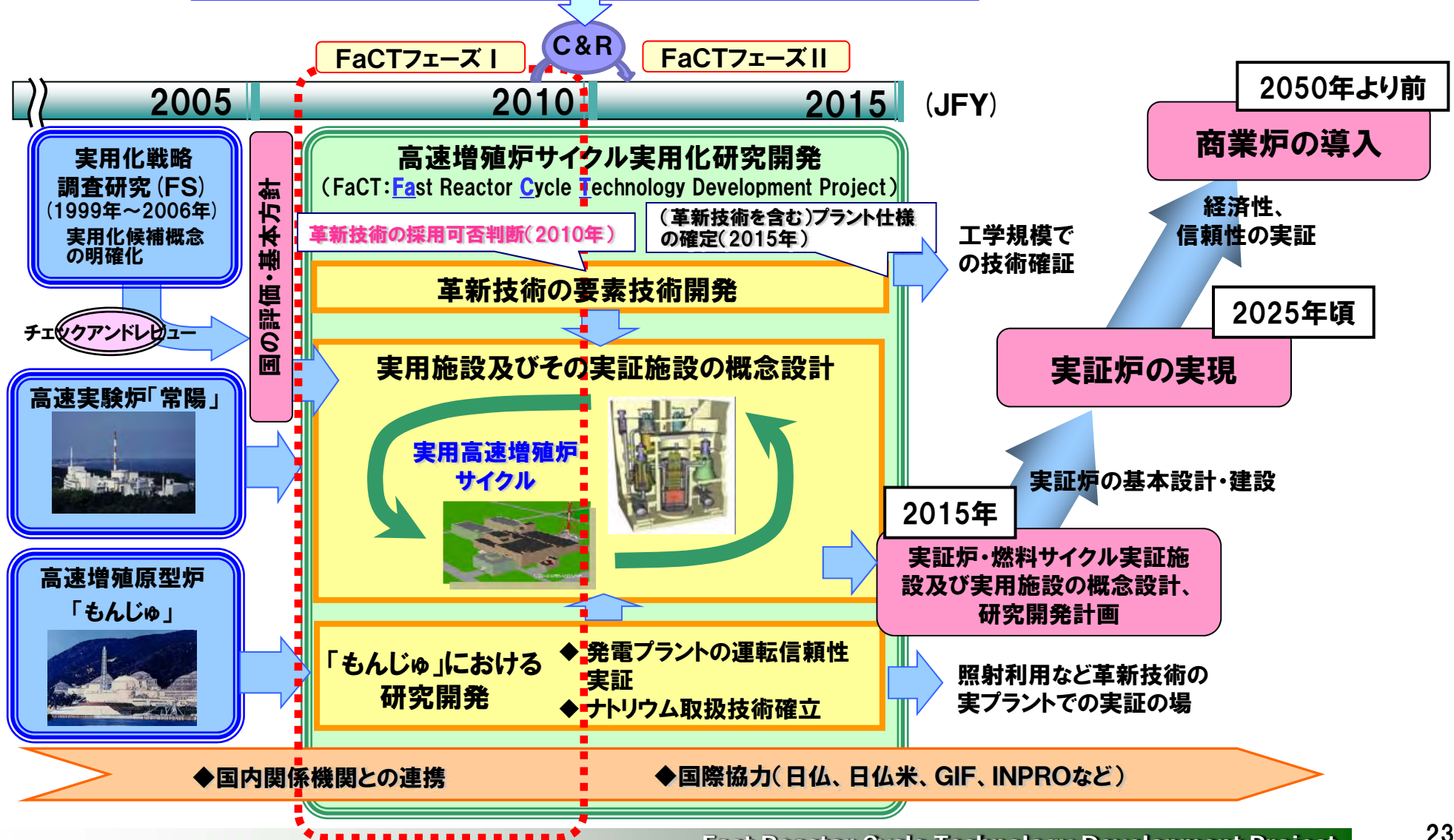


FBRサイクルの実用化に重点を置いた  
「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」の開始

Fast Reactor Cycle Technology Development Project  
(通称“FaCT” Project)

# FBRサイクルの研究開発計画

＜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プロジェクトの進め方

原子力委員会 **性能目標**

**FaCT開発目標**

- 安全性及び信頼性
- 持続可能性(環境保全性、廃棄物管理性、資源有効利用性)
- 経済性
- 核不拡散性

**設計要求**

- FaCT開発目標の具体化(実用施設の設計の方向性を定量化)

**プラント設計**

- 炉心燃料設計
- システム設計 他

**性能目標の達成度評価**

- プラント概念を対象に開発目標、性能要求の達成度を定量的に評価
- 上記定量評価結果をもとに総合的に性能目標達成度を評価

- **主概念**を成立させるために必要な革新的な技術について**集中的に研究開発**
- **副概念(金属燃料サイクル)**については、**基盤的な研究開発**として取り組む

- 革新技术成立性評価
- 設計成立性評価

判断  
クライテリア

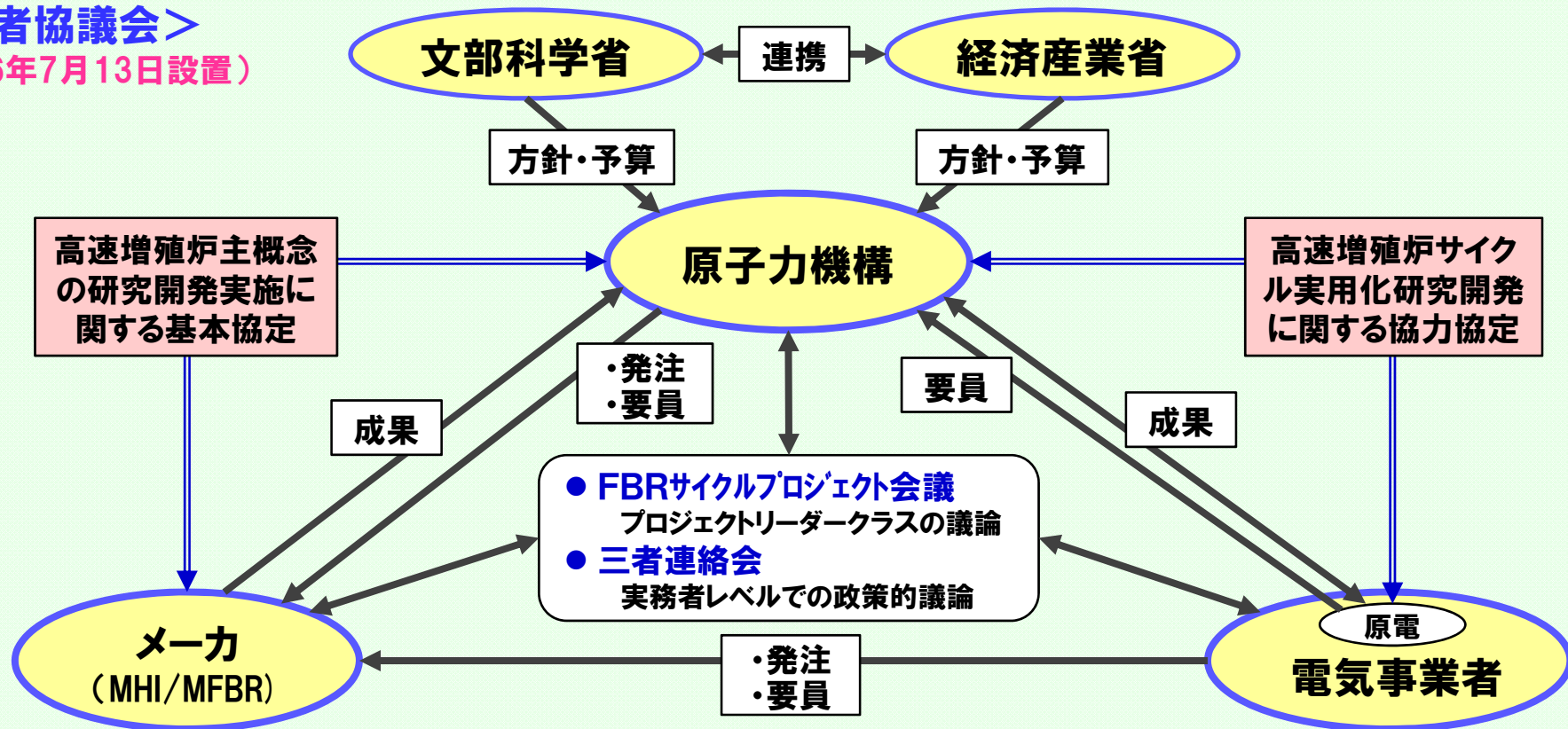
# 五者協議会の設置とこれまでの議論

# 「FBR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」

- 研究開発段階から実証・実用段階に円滑に移行するため、すみやかに研究開発側と導入者側とで円滑な移行に向けた協議を開始することが必要
- 経産省、文科省、電気事業者、メーカ、原子力機構の関係者により、実証プロセスへの移行にあたっての課題を具体的に検討し認識の共有を行うため、本協議会を開始

## <五者協議会>

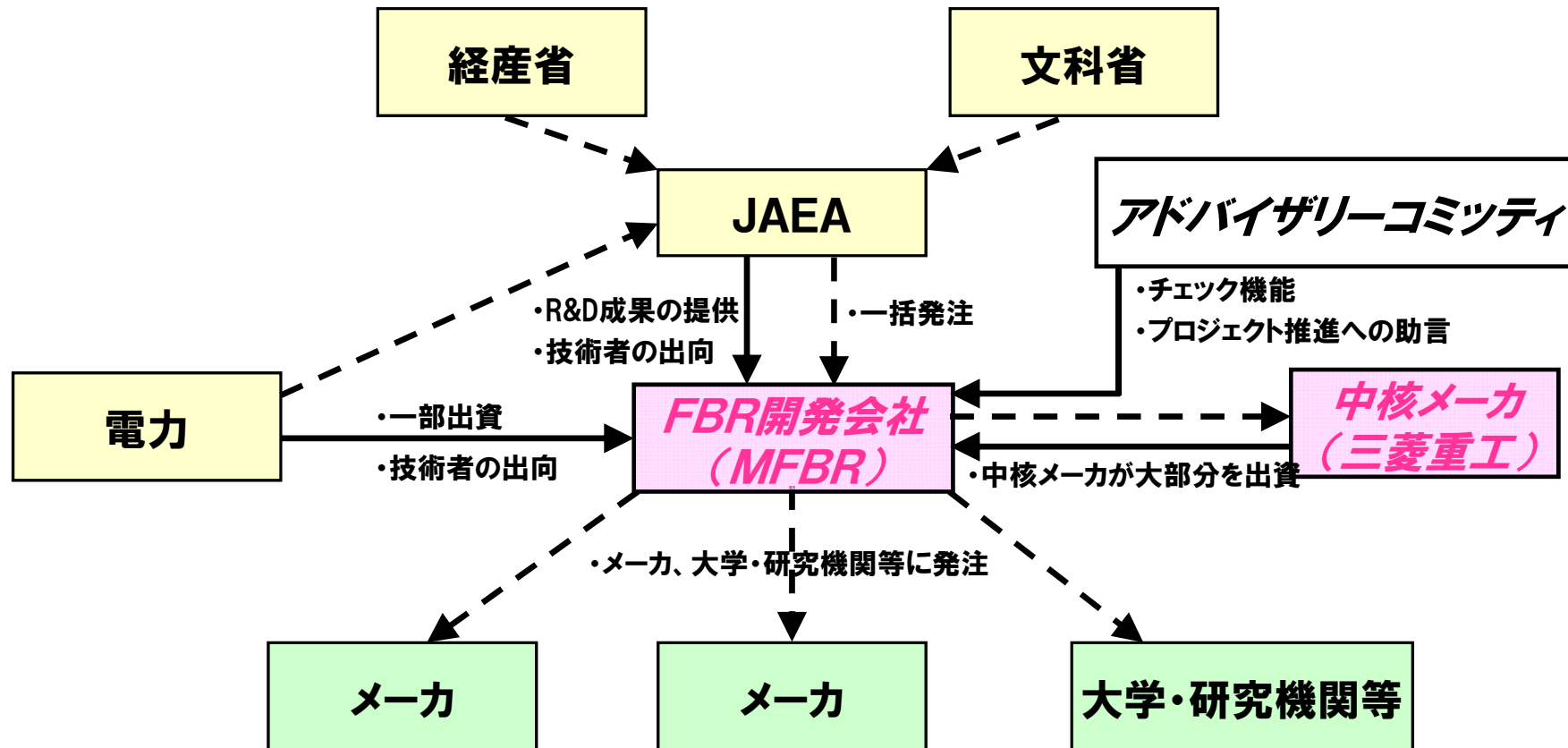
(2006年7月13日設置)



◆ 技術的内容を検討するため、上記五者に学識経験者を加え「高速増殖炉サイクル実証プロセス研究会」を設置(2006年8月)

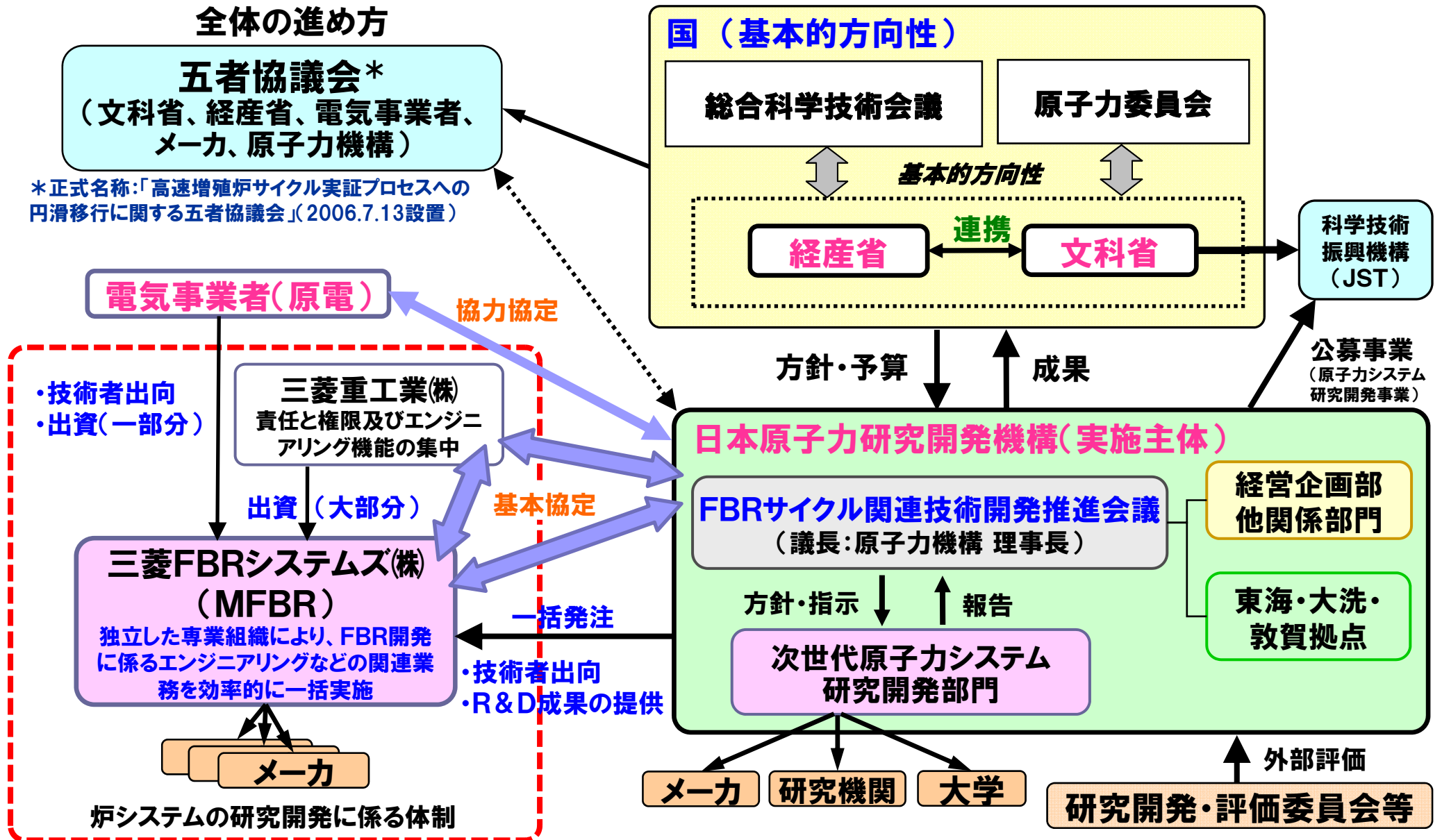
# 高速増殖炉(FBR)実証炉の基本設計開始までの研究開発体制

- これまでの護送船団方式を脱却し、明確な責任体制のもとで、効率的にFBR開発を実現できるよう、**中核メーカー1社に責任と権限及びエンジニアリング機能を集中する**
- 原子力機構が中核企業選定委員会を設置し、**中核企業として三菱重工業(株)を選定し**、文科省、経産省及び電気事業連合会は、これを了承
- 三菱重工業(株)は、**FBR開発会社として三菱FBRシステムズ(株)を設立し事業開始(2007年7月5日)**



なお、副概念(金属燃料炉心)については、主概念と独立した責任体制での遂行とする。

# FaCTプロジェクトの推進体制



# 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

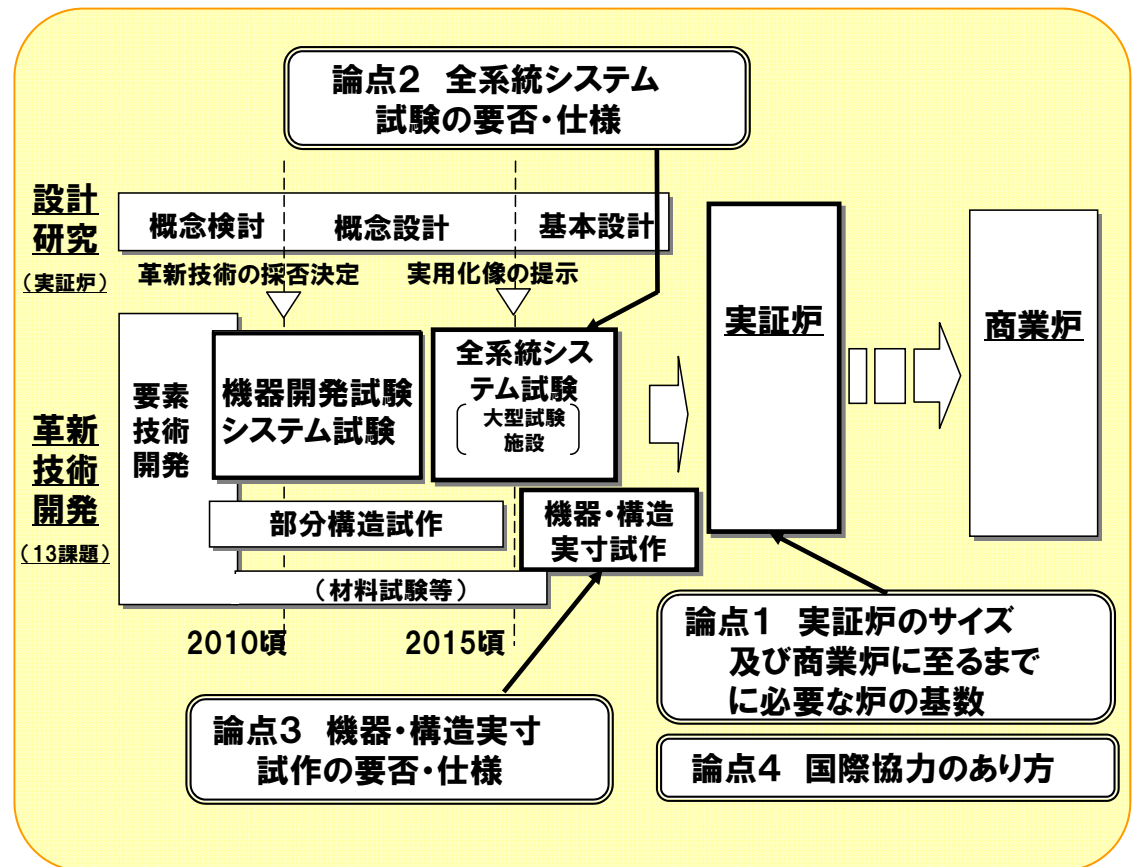
### <比較的早い時期に実施すべき項目>

- 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、

- 次世代の核燃料サイクルの検討に際し「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、既になされた投資である既存の軽水炉サイクル資源と、新たな投資が必要なFBRサイクル資源が存在し、この2つのサイクルを技術的にも産業的にも調和させることが不可欠。次世代の核燃料サイクルの検討に際しては、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、核燃料サイクルの重心が徐々に軽水炉からFBRに移行すること、両者はさらに長期にわたり共存する可能性もあること、FBR導入時期・ペース等の不確実性に対し柔軟性が必要なこと等を勘案すると、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年頃までに済ませべき事項>

- 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・プルス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、研究開発項目の従属関係による研究開発順序と、スケールアップ等の節目が存在。このため、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。

# 五者協議会合意文書(2009年7月)

- ◆ 五者連名の「高速増殖炉実証炉・サイクルの研究開発の進め方について」を合意(2009年7月9日)
  - 関係五者が応分の役割を果たすためのアクションプラン

## 【プロジェクトマネジメント体制の強化】

- 原子力機構は、高速増殖炉の研究開発計画等に三菱重工／電気事業者の意見や考えを反映できる体制の整備、高速増殖炉関連プロジェクト全体を俯瞰して戦略的にマネジメントを行う体制を整備(2009年9月、2010年4月の2段階)

## 【高速増殖炉の技術移転】

- 国、原子力機構、三菱重工、電気事業者は、技術移転を円滑に行うため、長期にわたる開発の進捗に応じた適切な体制を検討し、技術的やノウハウを有する人材を適切に移転・配置する基本的な見通しを共有(2009年10月)

## 【燃料サイクルの研究開発】

- FaCTにおいても、LF移行を念頭におきつつ燃料サイクル技術に係わる研究開発を進める
- 原子力機構が中核となって、原子力委員会の第二再処理工場の検討に必要な情報を提供する調査・検討を実施。関係者が、第二再処理工場実現に向けた研究開発の在り方・進め方、事業の在り方、役割分担等の検討を継続
- 関係者が、実証炉燃料製造に関わる研究開発、製造施設の整備等の進め方、関係者の役割分担の在り方等を整理すべく、検討を開始

## 【もんじゅ】

- 運転再開後は、原子力機構は、成果を速やかに高速増殖炉研究開発に反映するとともに、メーカー、電気事業者と密接に連携

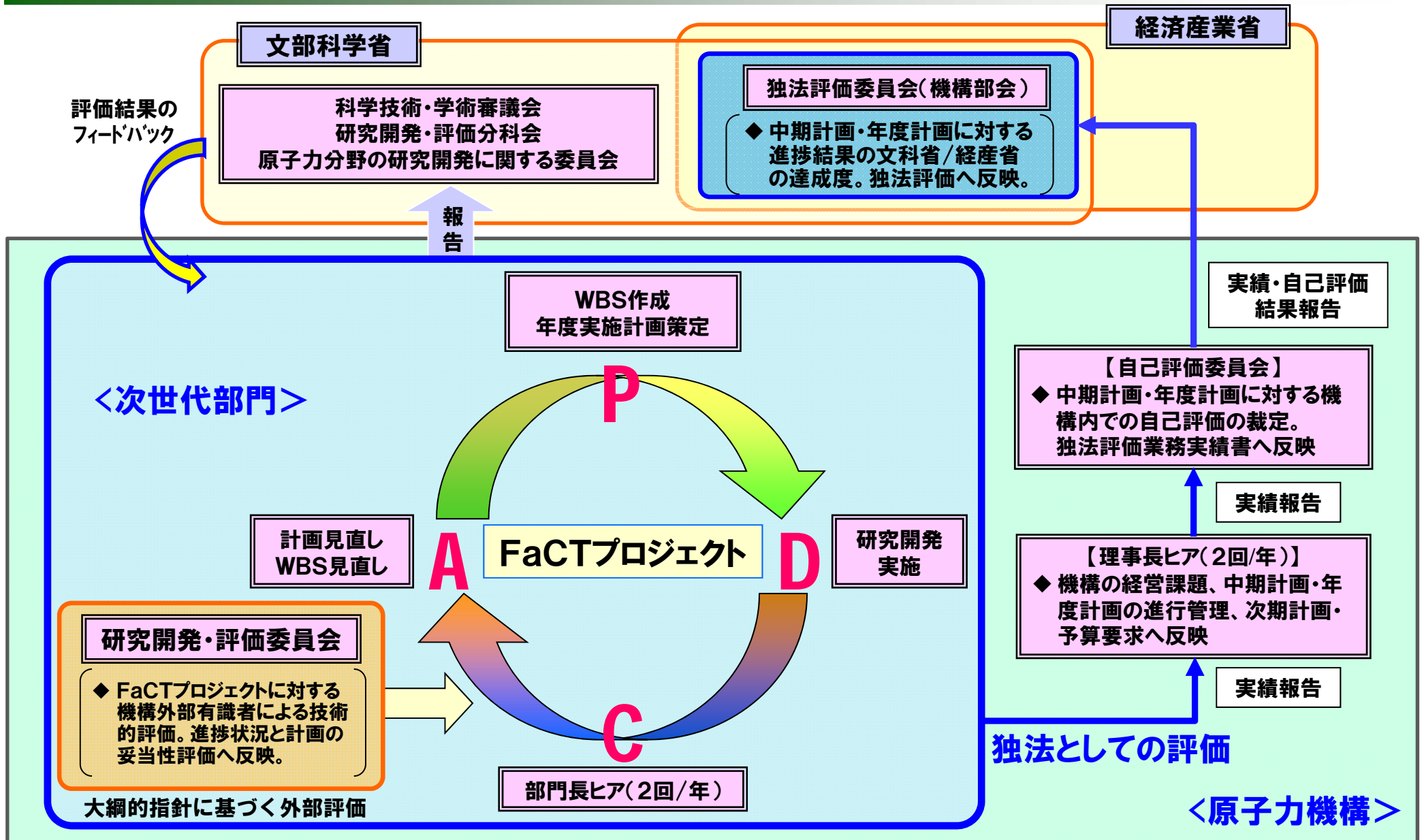


# 五者協議会合意文書(2010年7月)

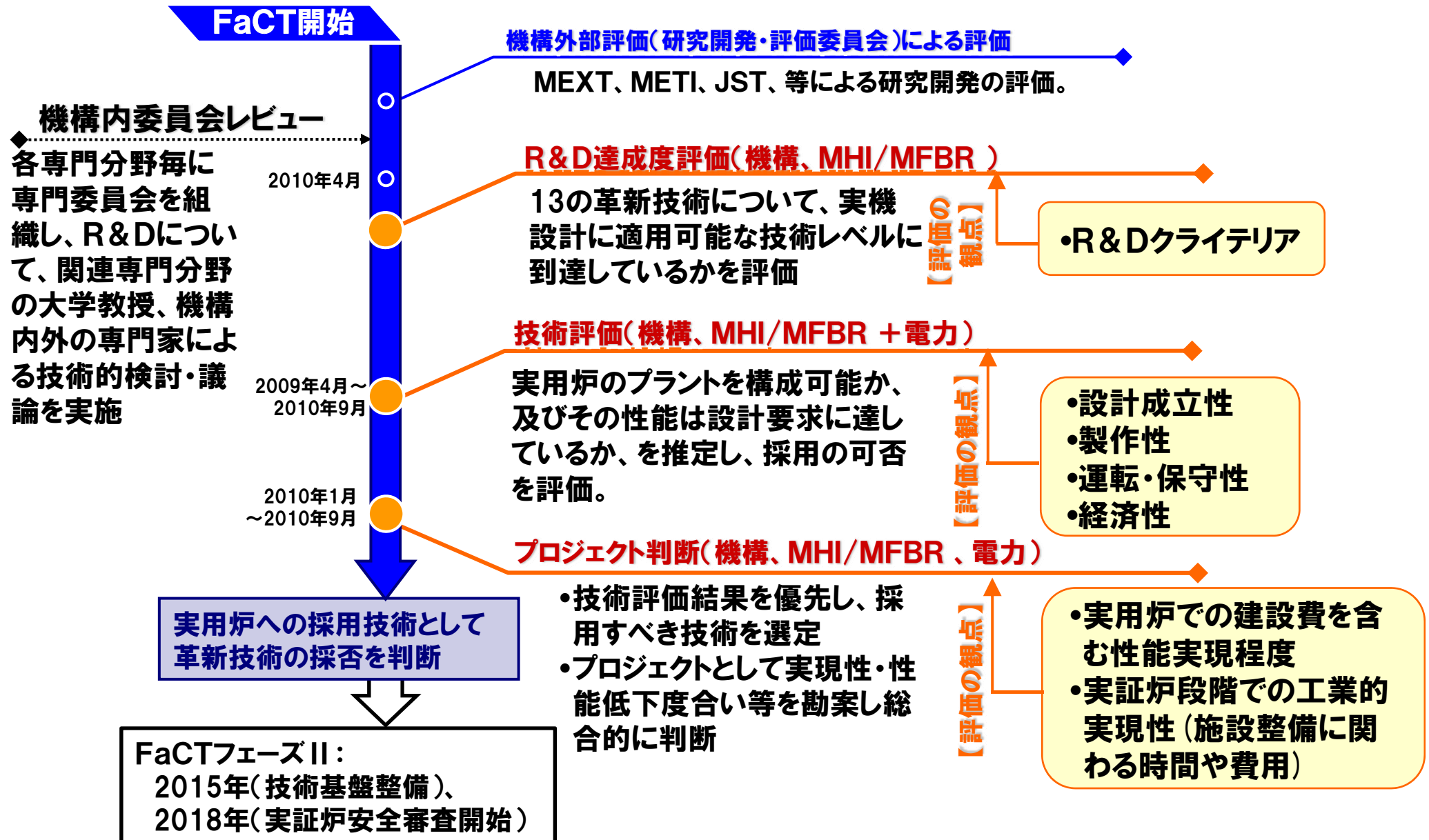
- ◆ 五者連名の「高速増殖炉サイクルの早期実用化に向けた取り組みについて」を合意(2010年7月2日)
1. 2025年実証炉、2050年前の実用炉の実現を目指して着実に研究開発を推進。
  2. 関係五者が、それぞれ更に一步づつ前に踏み出して、研究開発を着実に進める努力が必要。他方、代替技術も含めた研究開発課題の優先順位付けや絞り込み等を早期に行い、一層効率的に研究開発を進めることが重要。
  3. 炉システムについては、2015年の実用化像の提示に向けて着実に研究開発を進める。2025年の実証炉運転開始を踏まえると、2015年より前の段階からサイト選定や安全審査等の準備を行う必要があり、国、原子力機構、電気事業者は協力して対応すべく、適切な対応のあり方について本年度中に検討する。
  4. 燃料サイクルについては、軽水炉から高速増殖炉への移行期を念頭に、段階を踏んだ開発を進める。
    - 燃料製造については、第1ステップでは実証炉燃料を高除染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を実現し、適切な時期から実証炉の取替燃料として装荷することを目指す。
    - 再処理技術については、再処理技術全体の研究開発について本年度中に策定するとともに、2015年に再処理技術の実用化像を提示する。
  5. 仏米との国際共同開発の可能性も含め、具体的な国際協力のあり方を本年度中に検討して、関係五者で共有する。
  6. 強化・整備した体制の下、着実にプロジェクトを進める。
  7. 実証炉建設・運転、実証炉燃料製造、技術開発等に関する役割分担を本年度中に検討して、関係五者で共有する。
  8. 「もんじゅ」の試運転再開を踏まえ、実証炉開発に反映すべき「もんじゅ」の具体的成果、反映に向けての具体的スケジュールを本年度中に明確にする。

# FaCT(FSを含む)に係る プロジェクトマネジメント (PDCA、評価)

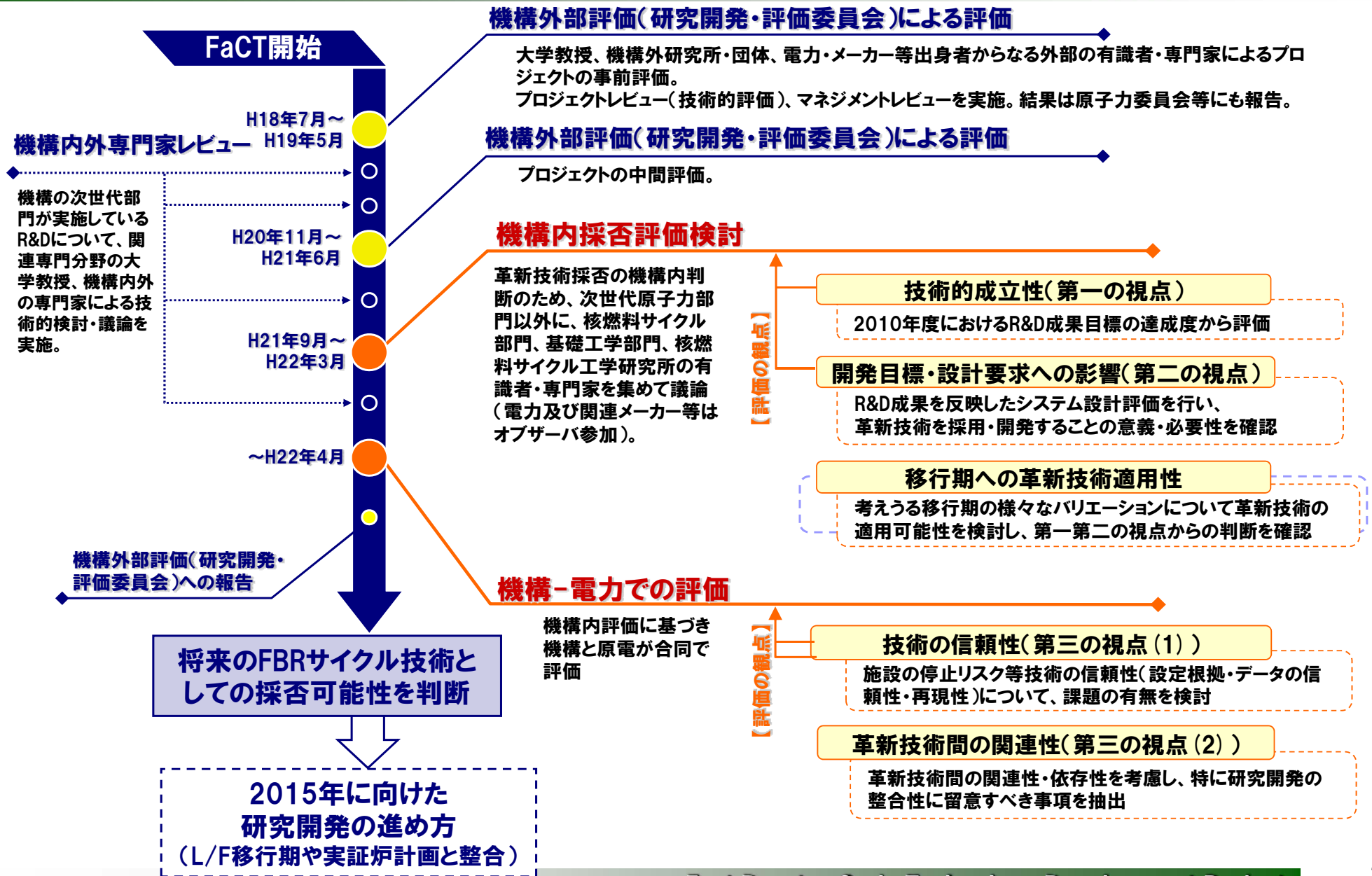
# FaCTプロジェクトに係るPDCA



# チェック & レビューと採否判断の流れ(炉)



# チェック＆レビューと採否判断の流れ(燃料サイクル)



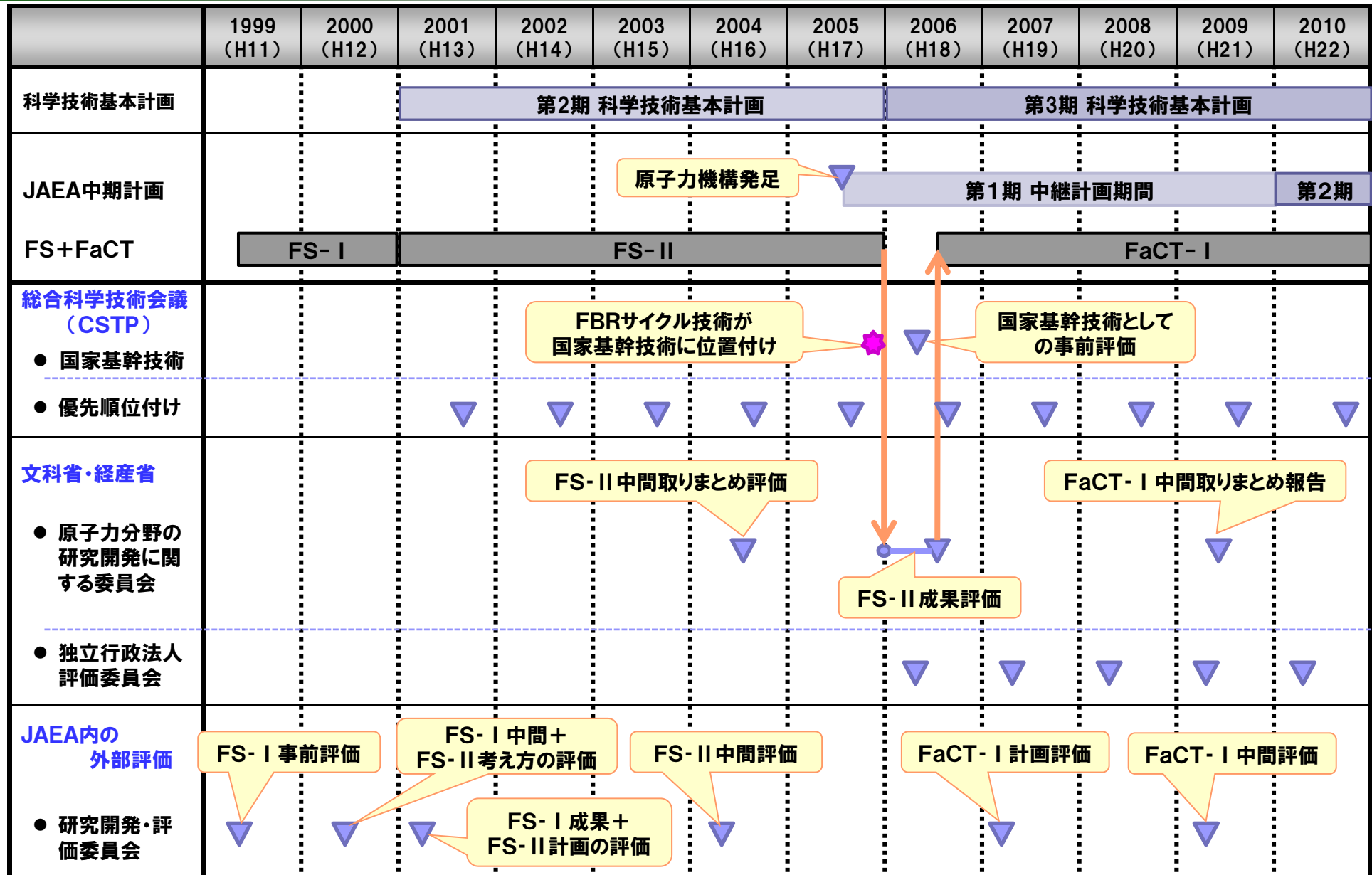
# 原子力機構内の専門委員会(1/2)

専門委員会名	所掌事項	委員構成
FBRシステム検討会	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実用炉候補概念であるNa冷却高速炉の炉心燃料及びプラントに関する設計並びに研究開発の進捗状況について外部有識者と社内メンバーによる技術的な議論を行う。</li> <li>● 今後の検討の進め方に対する意見を伺う。</li> </ul>	【委員長:堀池 寛 大阪大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、メーカ、機構職員
次世代燃料サイクル技術検討会	<ul style="list-style-type: none"> <li>● FaCTで進めるFBR 再処理技術及びFBR 燃料製造技術に関するプラント設計及び関連する研究開発の進捗状況について技術的な議論を行う。</li> <li>● R&amp;Dの実施内容・評価結果や方向性判断等に関する助言。</li> </ul>	【主査:田中 知 東京大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、機構職員
FBRサイクル総合評価技術検討会	次の各号に掲げる事項について検討を行い、検討会で出された意見については、実用化研究開発に反映する。 (1) FBRサイクル導入シナリオの検討 (2) FBRサイクル導入影響評価の検討 (3) 研究開発評価法の検討	【委員長:年度毎に選任】 ・ 大学教授、研究機関、電力、機構職員
燃料・材料技術専門委員会 ・燃料物性・挙動評価WG ・炉心材料特性評価WG	下記の2項目を検討する。 (1) 燃料・材料の研究開発に関する計画(方向性) (2) 燃料・材料の研究開発に関する成果(進捗と評価)	【委員長:山中伸介 大阪大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、電力、機構職員
構造・材料技術専門委員会 ・材料強度評価WG ・構造強度評価WG	次の各号に掲げる事項について、研究開発の実施内容・評価結果や方向性判断等に関して検討及び助言を行う。 (1) 高速増殖炉サイクル実用化研究開発における高温構造設計に関する研究開発について (2) 高速増殖炉サイクル実用化研究開発における材料技術に関する研究開発について	【主査:湯原哲夫 東京大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、電力、メーカ、機構職員

# 原子力機構内の専門委員会(2/2)

専門委員会名	所掌事項	委員構成
熱流動研究専門委員会	次の各号に掲げる事項について討議を行う。 (1) 研究開発課題に対する取り組みの妥当性に関すること (2) 研究開発成果の技術的客観性の評価に関すること (3) 技術のブレークスルーに繋がる方法論に関すること	【主査:岡本 孝司 東京大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、電力、メーカ、機構職員
安全研究専門委員会 ・EAGLE WG ・CDAシナリオWG	次の各号に掲げる事項について討議を行う。 (1) 高速増殖炉の炉心損傷時の事象推移評価。 (2) ナトリウムの化学反応に関する安全評価。	【主査:二ノ方 壽 東京工業大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、電力、メーカ、機構職員
もんじゅ研究利用専門委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部からの参加を得て実施する試験及びその他の試験について、その状況や進捗を評価する。</li> <li>また、これに関連するその他の事項を所掌する。</li> </ul>	【主査:竹田 敏一 福井大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、電力、メーカ、機構職員
鋼板コンクリート構造格納容器検討委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼板コンクリート構造格納容器の研究開発計画及び実施結果について外部の有識者に説明し、外部有識者と機構職員による技術的な審議を行う。</li> </ul>	【主査:久保 哲夫 東京大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、電力、メーカ、ゼネコン、機構職員
高速炉国際展開戦略検討委員会 ・安全審査WG ・規格・基準WG ・規制制度調査ad-hocWG	<ul style="list-style-type: none"> <li>革新技術を採用したFBRに適合し、海外主要国の規制制度にも調和する指針体系と規格・基準類を検討する。</li> <li>安全審査ワーキンググループと規格・基準ワーキンググループ及び、規制制度調査アドホックワーキンググループの3つのワーキンググループを設置する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大学教授、研究機関、電力、メーカ、ゼネコン、機構職員</li> </ul> <オブザーバー> <ul style="list-style-type: none"> <li>経産省、保安院、原子力安全委員会</li> </ul>
炉心損傷評価技術の開発に関する検討委員会	次の各号に掲げる事項について討議を行う。 (1) 高速増殖炉の炉心損傷後の物質再配置に関する評価手法の開発 (2) ナトリウム-デブリー-コンクリート相互作用モデルの開発 (3) 事象進展確率の定量化に必要な技術的根拠の整備 (4) 前各号に掲げるもののほか、委員長が特に必要と認める事項 上記(1)~(4)に掲げる事項についての意見具申。	【主査:二ノ方 壽 東京工業大学教授】 ・ 大学教授、研究機関、メーカ、機構職員

# FSおよびFaCTに係る評価実績





# 総合科学技術会議による国家基幹技術の評価結果

**目的:** 第3期科学技術基本計画に基づき、分野別推進戦略(2006年3月策定)において「**国家基幹技術**」と位置付けられた**研究開発**を評価。関係大臣に意見具申し、研究開発の**効果的・効率的な推進**を確保。

**評価方法:** **総合科学技術会議(CSTP)**の評価専門調査会において、原子力委員会等の見解も参考として**調査・検討**。**本会議**で審議、決定。

## 評価結果の概要(2006年7月26日)

### 1. 高速増殖炉サイクル技術

#### <総合評価>

◆ **概ね妥当**

#### <主な指摘事項>

- ◆ **他のエネルギー供給技術と比較した優位性の確立を念頭においた  
詳細な実施計画の策定**
- ◆ **研究機関から事業者への確実な技術移転**
- ◆ **戦略的な国際協力の実施**
- ◆ **長期的視点での人材育成および技術、技能の後継者への確実な継承**
- ◆ **国民の支持を得、研究開発をスムーズに実用化につなげていくための  
国民との相互理解の醸成**

## ➤ 科学技術関係施策の各概算要求における優先順位付け等の結果

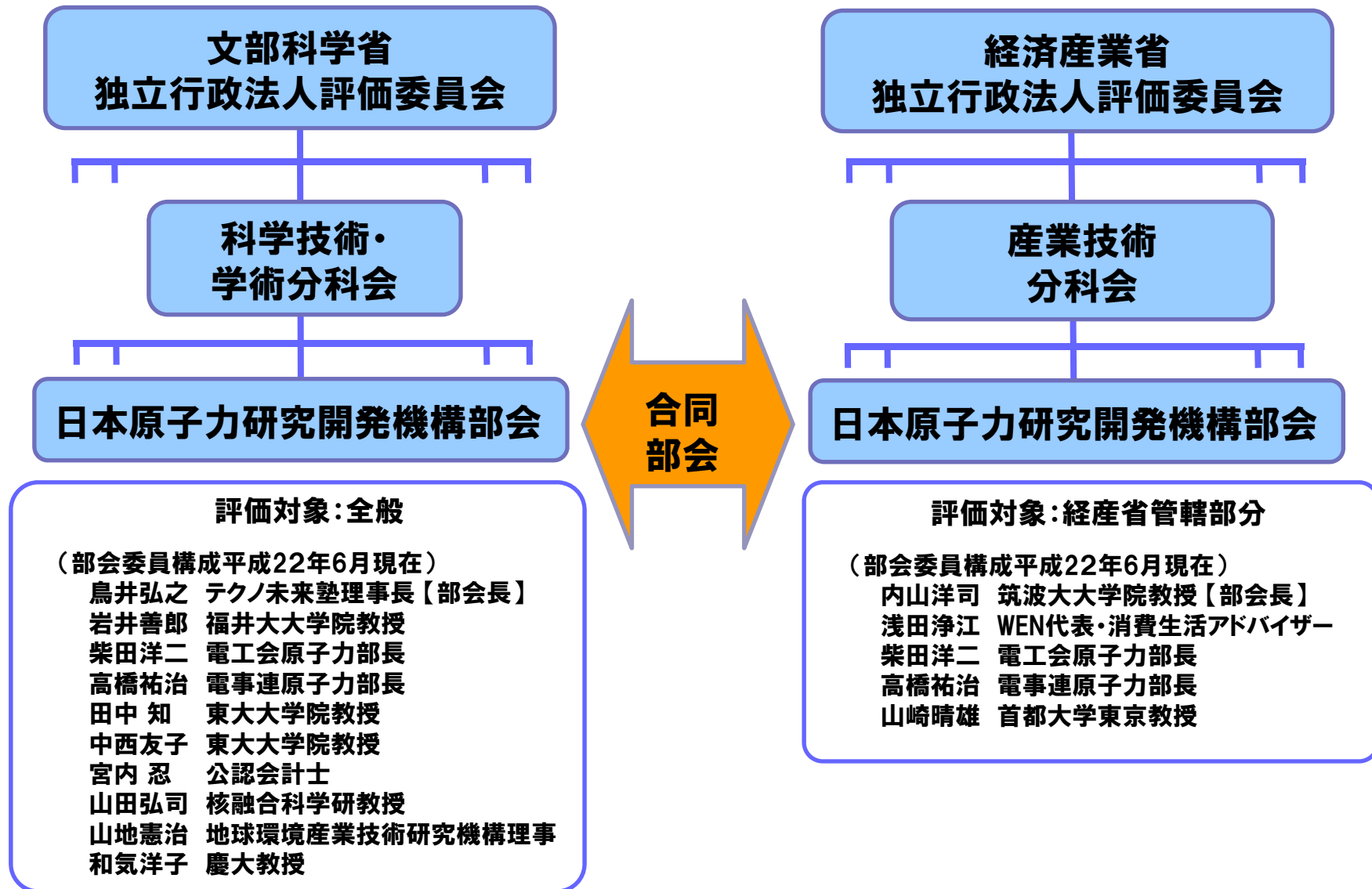
	H15年度 概算要求	H16年度 概算要求	H17年度 概算要求	H18年度 概算要求	H19年度 概算要求
施策名	FBRサイクル開発 戦略調査研究	FBRサイクル開発 戦略調査研究	FBRサイクル実用化 戦略調査研究	—	高速増殖炉サイクル 実用化研究開発
優先順位	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>—</b>	<b>S</b>
優先順位の理由	—	○ FBRサイクル技術の実用化像を示し、研究開発計画を策定する上で、 <b>諸々の技術の定量的な評価は不可欠</b> であり、その <b>要素技術の研究開発は重要</b> であることから、 <b>着実に実施する必要がある</b> 。	○ FBRサイクル技術の実用化像を示し、研究開発計画を策定する上で、諸々の技術の定量的評価は不可欠であり、その要素技術の研究開発は重要であり、 <b>第2期の最終とりまとめ等を着実に実施すべき</b> である。	—	○ 高速増殖炉サイクル技術の実用化に必要な研究開発であり、 <b>積極的に実施すべき</b> である。
留意事項	—	○ <b>安全性、経済性を主眼においた開発戦略の策定が必要</b> である。 ○ <b>常陽、もんじゅと併せて開発計画を策定する必要がある</b>	○ 平成17年度に予定されている第2期の最終とりまとめでは、FBRサイクル技術の今後の研究開発計画について、 <b>経済性を含めたとりまとめが必要</b> である。 ○ 研究開発資源配分の有効性の観点から、実用化に向けて必要な技術を見極め、 <b>重点化を図ることが必要</b> である。	(見解) ○ FBRサイクル技術の実用化のための研究として意義は高く、その設計研究及び要素技術の研究開発は重要であり、17年度に予定されている第2期の最終とりまとめを踏まえ、 <b>着実に実施すべき</b> である。 ○ 今後の研究開発計画について、 <b>実用化に必要な技術を見極め、重点化を図ることが必要</b> である。	○ 研究費が効果的に使われるよう、 <b>研究開発体制の精査も怠らないよう期待</b> する。 ○ 研究計画スケジュールにおいて前後関連する研究テーマについては、研究の遅滞が相互に悪影響を及ぼさないように <b>適切にマネジメントすることが重要</b> である。

S: 目標設定が明確で効果的な実施体制が整備されるなど内容的に極めて優れ、特に重点的に資源を配分することで積極的に実施すべきもの  
A: 重要で、内容的に優れた施策であり、重点的に資源を配分することで、着実に実施すべきもの。  
B: 必要な施策であり、限られた資源を有効に活用して、効果的・効率的に実施すべきもの  
C: 必要な施策ではあるが、目標設定、ロードマップ、実施方法等の一部が不適切なもの、或いは、資源投入の優先度が低く、実施すべきではないもの

➤ 特に予算規模が大きく**重要性の高い基盤的な継続施策**については、「優先・着実・減速」ではなく「**詳細な見解付け**」を実施

	H20年度 概算要求	H21年度 概算要求	H22年度 概算要求	H23年度 概算要求
施策名	高速増殖炉サイクル 実用化研究開発	高速増殖炉サイクル 実用化研究開発	高速増殖炉サイクル 実用化研究開発	高速増殖炉サイクル 実用化研究開発
<p>詳細な見解 付け (優先度がわかるようにメリハリをつけて改善事項・留意事項等を指摘)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 将来のエネルギー供給の基幹となる技術であり、5者協議会の設置等、体制面でも整備されたので、<b>ロードマップに沿って着実に研究開発を推進していくことが重要</b>である。</li> <li>○ 当面の研究開発実施機関である独立行政法人における体制について、もんじゅ、常陽、MOX燃料、基礎基盤部門など<b>関連組織の連携を意識して効率的に推進</b>することが重要である。</li> <li>○ GIF、GNEPの国際研究開発プログラムとの整合性を明確にし、特に国際的な役割<b>分担とその中での我が国の位置付けを明確にして進める</b>必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>今後の研究開発のあり方、組織体制については、五者協議会などで十分に検討し、遅滞なく実行に移していく必要がある。</b></li> <li>○ 高速増殖炉サイクル技術の実現に向けて、我が国が主導的にソフトとハード両面の研究開発を行うためにも、技術開発ロードマップと他の施策との連携を念頭において、<b>予算の重点化を検討</b>する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 高速増殖炉サイクルの実用化のために必要な技術開発であり、<b>ロードマップに沿って着実に推進していく必要がある。</b></li> <li>○ 高速増殖炉関連プロジェクト全体を俯瞰して<b>戦略的にマネジメントを行う体制を整備</b>することにより、平成22年度の革新技術の採否判断や平成27年度の実用化像の提示等に向けて、研究開発をより一層円滑に推進していくことが重要である。</li> <li>○ 現場の技術者・研究者の<b>人材育成</b>にも留意する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2010年度に行う、実用施設に採用する革新技術の採否判断の結果を踏まえ、<b>2015年の達成目標を明確</b>にした上で、五者協議会における明確な役割分担のもと、<b>各種要素試験研究並びに実用プラントシステムの概念設計研究を、一層効率的に研究開発を進めていくことが必要</b>である。</li> <li>○ 我が国の高速増殖炉サイクル技術の国際標準化の獲得や効率的な研究開発の推進の観点から、<b>戦略的な国際協力を推進</b>することが重要である。</li> <li>○ パブコメに「重要性は分かるがコストがかかりすぎる」という意見が寄せられているが、これは「もんじゅ」の長期間停止などで開発が必ずしも順調に進んでいないことが背景にあると考えられる。国民にこのような懸念を抱かれることのないよう、今後の開発においては、特に<b>事故を起さない万全の管理と対策を行い、着々と推進すべき</b>である。</li> <li>○ 現場の技術者・研究者の<b>人材育成</b>にも留意する必要がある。</li> </ul>

# 独法評価における原子力機構を評価する仕組み



# 独法評価における中期計画期間の業務実績評価結果

年度	H17	H18	H19	H20	H21	中期目標期間	
項目	高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究	高速増殖炉サイクルの実用化研究開発					
結果	A	S	A	A	A	A (4.5ヶ年)	
留意事項	<p>FBRサイクル実用化戦略調査研究フェーズIIの取りまとめが着実に実施されており評価する。</p> <p>今後、実用化に当たっては、電気事業者、メーカー等の関係機関との協力しつつ、先導的な役割を担うことを期待する。</p>	<p>高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究から高速増殖炉サイクル実用化研究開発へ研究段階をステップアップすることができたこと、高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究の成果を、我が国の高速増殖炉サイクル技術の研究開発方針に反映できた功績は顕著である。ODSフェライト鋼の開発に目処をつけた意義は大きい。</p> <p>原子力委員会の基本方針要請されている「研究開発成果が性能目標を満足する可能性についての国内外の専門家によるレビュー、プロジェクトレビュー及びマネジメントレビューを行う体制の充実」を図るとともに、内部レビューや五者協議会での検討に反映させつつより研究を加速することを期待する。</p> <p>また、技術のイノベーションに結びつくよう配慮することを期待する。</p> <p>今後とも、GNEP等の国際協力に取り組み、日本の技術が国際標準となるよう引き続き努力していくことを期待する。</p>	<p>「常陽」におけるトラブルにより試料部を取り出すことができず、照射後試験は未着手であることが懸念材料ではあるが、平成19年度実施分については、中期計画通りに履行し、中期目標の達成に向けて順調に実績を上げている。</p> <p>また、海外の機関と積極的な連携を図り、FBRサイクルに係る国際共同研究の実現に向けた共同文書に同意しFBR国際標準の一つとなる可能性を高めるなど成果を上げつつある。</p> <p>高速増殖炉サイクル実用化研究開発が中期目標期間を超えて実施されるプロジェクトであることを踏まえ、「2010年度に革新技術の採否を決定する」との方針に基づき、日本原子力研究開発機構における課題の進捗状況の把握、進捗状況の情報開示、プロジェクト管理、軽水炉から高速増殖炉への移行期の検討の結果のPDCAサイクル等が適切に実施されることを期待する。</p>	<p>2010年の革新技術の採否へ向け、中期計画通りに履行し、中期目標に向かって順調に実績を上げている。引き続き、「もんじゅ」や六ヶ所再処理工場、国際共同研究開発との整合性等の国内外の状況を踏まえつつ、着実な研究開発の進展に期待する。</p> <p>なお、今後、実用化までを念頭に研究開発を成功に導くには、技術的な側面の評価に長ける外部有識者による評価のみならず、実際に導入するユーザーによる経済性、実現可能性等を中心とした評価を反映することが一層重要となる。このため、これらの観点が次期中期目標及び計画並びに2010年の国による評価に反映されることを期待する。</p>	<p>高速増殖炉サイクルの実用化に向けて、国の基本方針のもと、国内の関連機関である電気事業者、メーカー、大学等と密接に連携して研究開発を実施し、採否暫定判断等の一定の成果を出している。その成果を踏まえ、原子力機構として革新技術に関する絞り込みが進められている。</p> <p>世界の状況も変化しつつあることから、適宜計画の見直しを行い、専門家集団として一歩前に出ることが求められている。国際的にも遅れをとらないよう、フロントランナーとして研究開発を実施していくことが重要である。</p>	<p>様々な情勢の変化があったにもかかわらず、関係機関と調整しながら計画を推進し、実用化戦略調査研究の取りまとめや実用化研究開発を実施したことは評価できる。高速増殖炉研究開発では中国、インドの追い上げが激しいが、第2期中期目標期間において、フランス等の先進国との戦略的な国際協力を実施していくことが重要である。また、実証炉への研究開発、燃料製造及び再処理技術などのプロジェクトを遂行していくためには、技術開発に直接携わる技術者の養成が必要不可欠であり、今後の課題と考えられる。</p>	

「S」: 特に優れた実績を上げている。

「A」: 中期計画通り、または中期計画を上回って履行し、中期目標を達成、または中期目標を上回る実績を上げた。

# 原子力機構内の研究開発・評価委員会の構成

<次世代原子力システム／核燃料サイクル研究開発・評価委員会（2006年1月設置）>

◆ 原子力機構内の外部有識者（関連分野の専門家、ジャーナリスト、ユーザ等）により構成される外部評価委員会

## 【次世代原子力システム／核燃料サイクル研究開発・評価委員会】

委員長	森山 裕丈	京都大学 原子炉実験所 所長
委員長代理	二ノ方 壽	東京工業大学原子炉工学研究所教授
委員	石井 保	三菱マテリアル（株）原子力顧問
（五十音順）	井上 正	電力中央研究所首席研究員
	大熊 和彦	東京工業大学統合研究院 イノベーションシステム研究センター 特任教授
	芝 剛史	ウィングパートナーズ（株）代表取締役
	東嶋 和子	科学ジャーナリスト
	戸田 三朗	東北放射線科学センター 理事
	中村 裕行	日本原燃（株）再処理事業部再処理計画部長
	藤井 靖彦	東京工業大学原子炉工学研究所教授（平成21年3月末まで）
	堀池 寛	大阪大学大学院工学研究科教授
	松井 恒雄	名古屋大学エコトピア科学研究所長・教授
	松本 史朗	独立行政法人原子力安全基盤機構 技術顧問
	八木 秀樹	東京電力（株） 原子炉安全技術グループ課長

## 【炉システム作業会】

主査	二ノ方 壽	東京工業大学原子炉工学研究所教授
メンバー	戸田 三朗	東北放射線科学センター 理事
	堀池 寛	大阪大学大学院工学研究科教授
	八木 秀樹	東京電力（株） 原子炉安全技術グループ
有識者メンバー	稲垣 達敏	元日本原子力発電株式会社 研究開発室 主席研究員
	前田 清彦	株式会社NESI 営業企画本部 副本部長

## 【燃料サイクルシステム作業会】

主査	松本 史朗	独立行政法人原子力安全基盤機構 技術顧問
メンバー	石井 保	三菱マテリアル（株）原子力顧問
	井上 正	電力中央研究所首席研究員
有識者メンバー	榎田 洋一	名古屋大学エコトピア科学研究所・教授
	山村 修	原子力安全委員会事務局 規制調査課技術参与
	木村 雅彦	株式会社神戸製鋼所 機械エンジニアリングカンパニー顧問

# 研究開発・評価委員会の評価結果概要(1/2)

## <FS- I 事前評価>

### 【評価結果】

- ◆ 本研究開発課題を実施することは妥当。

### 【主な指摘事項】

- ◆ 全ての要求を満たす総花主義は成功しない。それぞれの技術や設計には特徴があるので、その利点を生かすことを考えつつ研究を進め評価を行うと良い。
- ◆ 高速炉の実用化戦略を考える上では、長期的な境界条件の変化に、より耐えるようにするのはどうすればよいかという視点も検討に入れると良い。
- ◆ 高性能化の程度と開発要素の大小を定性的でも良いので評価すること。
- ◆ 研究計画を公開する際は安全確保の考え方一般について十分な説明をすることが望まれる。一方的な説明ではなく、質問や疑問に答えていく姿勢も必要。

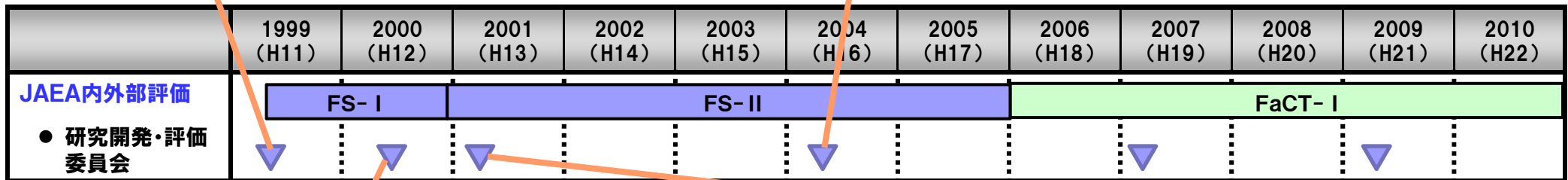
## <FS- II 中間評価>

### 【評価結果】

- ◆ 本研究開発の目的は適切。
- ◆ フェーズIIの中間取りまとめまでの研究は順調に進んでいると評価。
- ◆ フェーズII最終取りまとめに向けた計画やフェーズII終了以降の展開の基本的考え方も概ね妥当。

### 【主な指摘事項】

- ◆ フェーズII最終取りまとめに際しては、各候補概念の技術レベルに佐賀あることから技術的不確定性などを考慮する必要がある。
- ◆ 有望なFBRサイクル候補概念の明確化に向けて、各候補概念の課題が明らかになってきたが、これらの課題に対する工学的成立性を見通しを検討し、その有望性を判断することが重要。
- ◆ 候補概念の優先度を判断する基準と資源配分の方針を整理しておく必要がある。



## <FS- I 中間+FS- II 考え方の評価>

### 【評価結果】

- ◆ 本研究開発の目的、意義は明らか。
- ◆ フェーズIの中間成果として十分評価。
- ◆ フェーズIIは、適切に計画を策定。
- ◆ 実施体制については、協力体制がとられており適切。

### 【主な指摘事項】

- ◆ 本研究では、技術開発レベルの違い幅広い技術選択肢の検討を行っており、革新技術の技術的ポテンシャルも十分考慮し、総合的な評価がなされるべき。
- ◆ FBRサイクルの有望技術を抽出した後も、内外の技術開発動向を十分に把握し、変更すべき点は速やかに変更して、決して一本道の開発にならないように心掛けるべき。
- ◆ 海外との共通技術の共同開発や海外施設の有効利用を積極的に実施することが重要。
- ◆ 得られた成果の情報公開については、一般の方への情報発信も重要であり、発信する方法、チャンネルについても一考するべき。

## <FS- I 成果+FS- II 計画等の評価>

### 【評価結果】

- ◆ 本研究開発の目的・意義は明確。サイクル機構(現JAEA)がプロジェクトの主体となって進めていくことは適切。
- ◆ 研究開発目標、オールジャパンの研究実施体制も適切。
- ◆ フェーズIの成果は当初計画通り十分な成果が得られたものと評価。
- ◆ フェーズIIの研究開発計画、マイルストーンの置き方も妥当。

### 【主な指摘事項】

- ◆ 長期的なプロジェクトの遂行にあたっては、世の中の動きに敏感であり、広い視野を持ち、柔軟な計画運営に心掛けるべき。
- ◆ 候補概念絞り込みの総合的評価手法について積極的な開発が望まれる。
- ◆ 社会的受容性への配慮も心掛けるべき。

# 研究開発・評価委員会の評価結果概要(2/2)

## <FaCT- I 計画評価>

### 【評価結果】

- ◆ 今後5か年の研究開発計画では、その成立性を見極めるために重要な個別テーマが挙げられており、各々の解決の見通しを得るために設定した研究開発計画は概ね妥当である。
- ◆ 革新技術が成立したとすれば経済性等の様々面での大きなメリットが期待される。
- ◆ 研究開発実施体制について、経営レベルの意思決定、部門と拠点の連携が図られる仕組み等が構築されており適切である。

### 【主な指摘事項】

- ◆ 革新技術の開発には現時点で大きな開発リスクを伴う。各課題の現状の技術レベル等を明確にし、実用システムの更なる具体化、課題相互の関係等に留意し慎重に進められるべき。
- ◆ 研究開発成果の集約・保存・共有化を進めるとともに、2010年のクライテリアを具体化、定量化していくことが重要。
- ◆ 2015年以降の研究開発の進め方については、先行して2010年より前から検討しておく必要がある
- ◆ 原子力機構内の部門・拠点との連携強化、組織や評価の仕組みの改善・改良を図りつつ、電気事業者、メーカ、国との関係・体制のあり方についても継続的に検討することが望ましい。
- ◆ 計画通りの成果を挙げるために研究費の確保に努力する必要がある。
- ◆ 要員の確保にあたっては、人材育成(人材養成)や技術継承の面からの検討が必要。

	1999 (H11)	2000 (H12)	2001 (H13)	2002 (H14)	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)
● 研究開発・評価委員会	FS- I		FS- II					FaCT- I				
	▼	▼	▼			▼			▼		▼	

## <FaCT- I 中間評価>

### 【評価結果】

- ◆ 研究開発全般は、前回評価の指摘も踏まえ、概ねプロジェクト開始時の計画に従って進められている。
- ◆ 革新技術に関する新たな課題が見出されているが、2010年の採否判断に向け、課題への対応方策の検討を含めた研究開発計画は概ね妥当。ただし、
- ◆ 実用化に向け工学的に技術の成立性を見極めていく大型プロジェクト本来の困難さから、マネジメント面で多くの改善すべき点が存在している。今後のプロジェクト遂行にあたり、いくつかの重要なポイントを指摘。

### 【主な指摘事項】

- ◆ 2010年の判断において、いくつかの革新技術が採用できず、代替技術を採用することになった場合でもプラントとして総合的にバランスのとれたものとし、開発目標を達成することが不可欠。
- ◆ 各革新技術の工学的な成立性判断に足る十分なデータベースを揃える必要がある。設計成立性の判断には、基盤的な知見に裏打ちされたものである必要があるため、適切なマネジメントが行われることが重要。
- ◆ 第二再処理工場に関する議論が2010年頃から開始されることを踏まえ、関係者の合意の下、必要に応じ計画を変更することも考えるべき。
- ◆ プロジェクト管理については、多くの改善すべき点が見受けられた。当委員会の提言や昨今の機構のマネジメントに対する外からの指摘にも真摯に耳を傾け、継続的に改善が図られていくことが望まれる。



# 金属燃料サイクルの位置付け

## 副概念とは？

「金属燃料ナトリウム冷却高速増殖炉＋金属電解法再処理＋射出鑄造法燃料製造」で構成される概念(通称;金属燃料サイクル)であり、**実用化戦略調査研究(FS)の結果を受けた国の評価によりFBRサイクル実用化候補の「副概念」に選定された。**

## 開発経緯

FSで抽出された以下の課題に対して、電中研中心に研究開発を展開

### ▶ 炉心燃料

- ◆ **金属燃料ピンの照射試験**； ・PhenixにおけるMA含有金属燃料ピン照射試験  
・国内での金属燃料ピン製造＋常陽での照射(準備)
- ◆ **金属燃料炉心の特長を生かす炉心設計**； ・高増殖率炉心、低ボイド反応度炉心等

### ▶ 燃料サイクル

- ◆ **主要工程機器開発**； 乾式再処理工程フローシート評価、工学規模機器の成立性
- ◆ **高レベル廃棄物(HLW)発生量の低減**； ゼオライト技術の高度化、他の塩処理法の開発
- ◆ **保障措置・計量管理技術**； 計量技術の原理確認試験、新たな保障措置概念の検討

区分	実用化に向けた課題	2005年度までの到達点	2006～2010年度の進捗	今後の課題
金属燃料 ピンの照 射試験	国内金属燃料製造技 術の確立	工学規模U-Zr射出鑄造試験 開始(20kg/バッチ)	実用的な品質と製造効率の工学規模実証(U-Zr)、 U-Pu-Zr燃料製造技術開発、ナトリウムボンディング 技術開発	MA含有燃料製造技術開発、遠 隔・自動機器開発
	① 高温・高燃焼度まで の照射性能確認と国内 照射実績 ② MA含有金属燃料の 照射性能確認	① 照射挙動解析コード開発、 燃料合金特性試験、「常陽」キ ャプセル照射試験計画立案 ② MA含有金属燃料要素製造 、Phenix炉で照射開始	① 「常陽」キャプセル照射試験用U-Pu-Zr金属燃料 要素の設計、設工認取得、照射用燃料ピン6本の製 造を完了(「常陽」停止のため照射は未着手) ② MAを最高5wt%含む金属燃料9本のPhenix炉での 照射を完了、最高燃焼度10at.%達成、照射後試験を 実施中	① 「常陽」キャプセル照射試験 による高温健全性の実証、オー プンコア照射試験、集合体照射 試験 ② MA添加金属燃料の照射健 全性とMA核変換の実証
炉心設計	金属燃料の特長を活か した炉心概念構築	小型～大型金属燃料炉心概 念の構築、特性解析	ブランケットなしで増殖率1.3を達成、炉内Pu装荷量 を従来の約2/3に抑制など、種々の炉心概念構築	金属燃料FBR導入シナリオを考 慮した炉心概念の構築
主要工程 機器開発 (HLW発生 量低減を 含む)	【プロセスフローシート】 ① 金属燃料の乾式再 処理プロセス構築 ② 酸化物燃料の乾式 再処理プロセス構築 ③ 廃棄物処理プロセス 構築	① 非照射U,Pu, MAで基礎デ ータ整備、基本プロセスを構築 ② 未照射MOXで基礎データ 整備、基本プロセス提案 ③ 基礎データを取得し、模擬 物質でプロセス検討	① 非照射金属燃料の小規模プロセス試験によりU、 Pu、Amの回収率100%を達成、照射済金属燃料の 小規模電解精製試験により各元素の挙動を確認 ② 軽水炉照射済MOXからのU,Pu,MAの回収を実証 ③ 模擬陽極残渣を熔融固化して模擬金属廃棄物を 試作と高い耐浸出性の確認、ゼオライトカラムの成立 性確認と模擬塩廃棄物固化体の高い耐浸出性の確 認	① 高燃焼度照射済金属燃料 でのプロセス実証 ② 前処理を含めたプロセス最 適化、ホット実証 ③ ホット試験のFP性状・分布に 基づくプロセス最適化、実廃棄 物でのプロセス実証
	【工学規模機器開発】 ① 主要プロセス機器の 開発 ② 周辺技術開発	① 主要プロセス機器のスケ ールアップ試験着手 ② 高温融体輸送試験着手、 塩中濃度モニタなど計量技術 開発着手	① 主要プロセスの工学規模装置を設計・製作、コー ルド試験、U試験により、処理速度等を評価。 ② 遠心ポンプ等による実用的な流速(1～3L/分)で の輸送制御性を確認	① 信頼性向上と自動・遠隔技 術の開発、工学ホット実証。 ② 信頼性向上と遠隔保守・補 修技術の開発
保障措置 ・計量管 理技術	計量管理技術開発	基礎データを整備し、非照射 U,Pu, MAで挙動・回収条件の 把握。基本プロセス構築	INL実規模電解装置内の物質分布、Pu試験、ホット 試験の分析値から、99%以上の高い物質収支を確認	計量実績の蓄積、実用規模処 理容量の計量管理概念構築

# 金属燃料サイクルに関するポジション

金属燃料サイクルについては、以下のような理由から、2011年度以降も副概念として基盤的な研究を継続するとともに、国際協力による研究や情報の収集を実施する必要があると考える。

- ◆ 金属燃料サイクルについては、2006年度以降、電中研と原子力機構との協力の下、副概念として基盤的な研究を継続してきた。予算等の制約もあり、研究の規模は限定的ではあるが、一定程度の進展を見ている。また、この間、国内外の他機関での研究も進展している。これらの結果から、FaCT開始時点で認識されていた技術課題の幾つかは解決の見通しが立ってきており、また、実用化に向けた致命的な欠陥も見いだされていない。
- ◆ 主概念の研究開発が進展する一方で、金属燃料サイクルが主概念と比較して増殖率等の面で魅力の高いものであることは変わっていない。
- ◆ 世界の原子力政策に対する影響度の大きい米国が核不拡散性に留意する観点から、また、今後のエネルギー需要の伸びが大きい中国、インド等の国が高い増殖率を重視する観点から、金属燃料サイクルの研究開発を指向している。これらの状況を鑑み、今後の国際協力、国際展開を考慮すると、我が国が金属燃料サイクルに係わる技術ポテンシャルを一定程度のレベルで保持しておくことが必要と考えられる。
- ◆ 2015年頃に、国が実用化像とその後の開発計画を決めることから、金属燃料サイクルに関する我が国の方針(位置付け、研究の進め方)も決める必要があるため、それまでの間に、国際情勢や国際協力の可能性の調査、我が国の対応方針の検討を進め、判断のための情報を揃える必要がある。