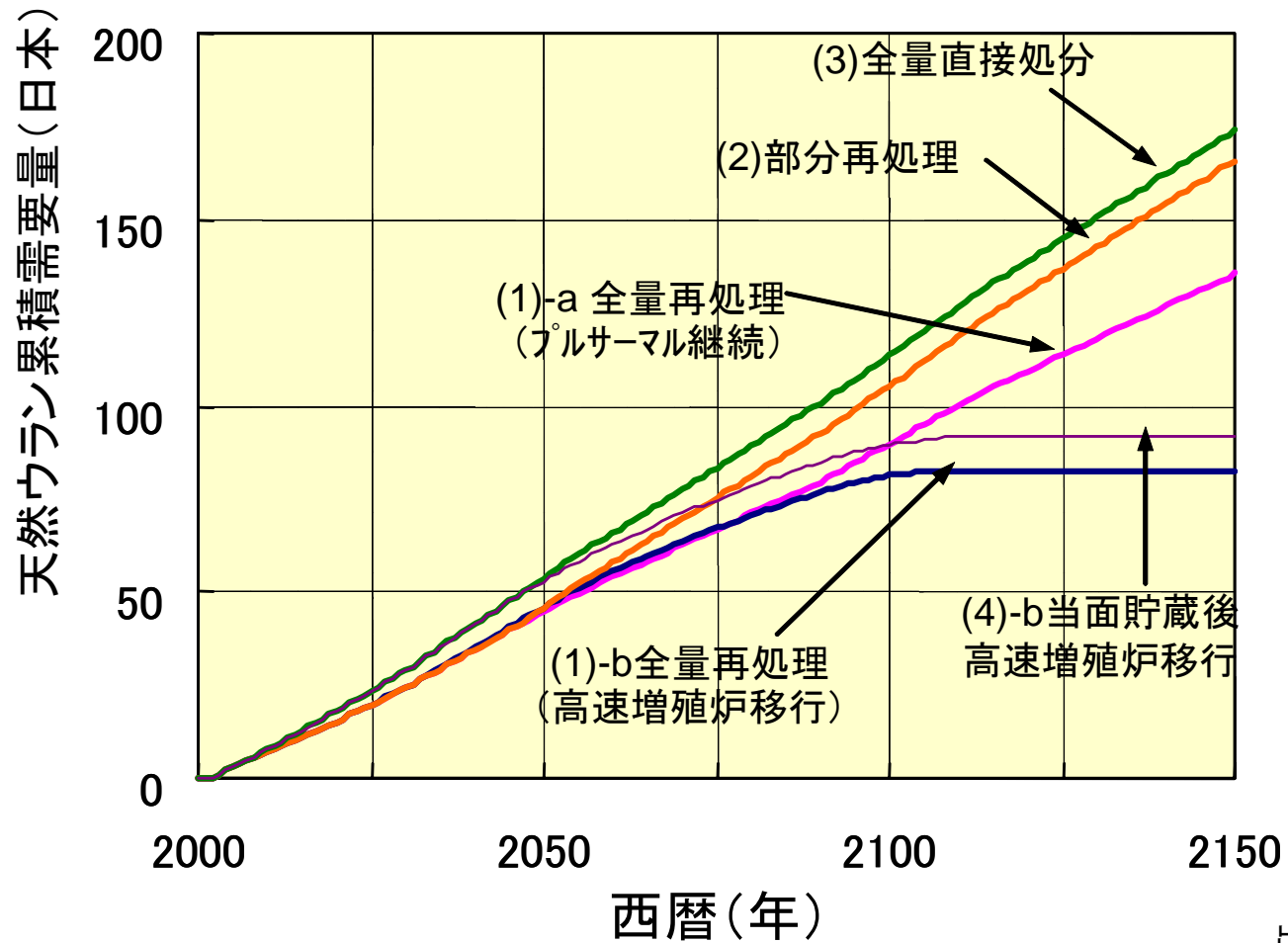


# 図総-3-1 ウラン資源の有効利用とエネルギーセキュリティの確保

我が国においては、2050年以降、軽水炉のリプレースにより高速増殖炉を本格的に導入していけば、22世紀には、天然ウランの調達は不要となる。

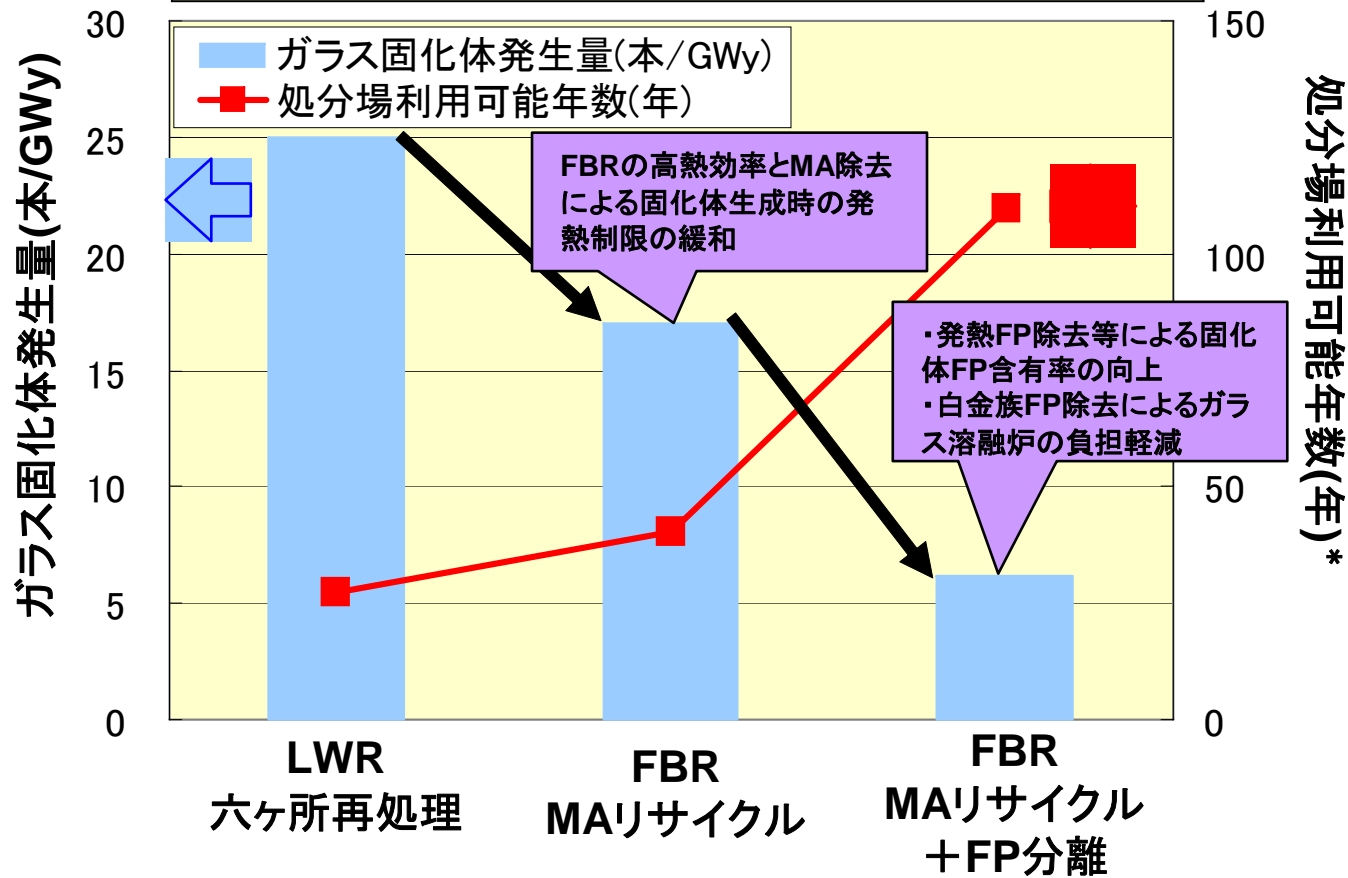
(万tonU) (新計画策定会議(第8回)資料第3号  
「核燃料サイクル諸量の分析について(改訂版)」より)



出典: フェーズII 報告書の概要

図総-3-2 高レベル放射性廃棄物量の削減

FBRサイクルではMA:マイナーアクチニド(ネプツニウム、アメリカシウム、キュリウム)リサイクルと高熱効率とがあいまって高レベル放射性廃棄物の体積を減少できる可能性がある。(また、発熱FP等の分離処分技術が実現すれば、さらに体積を減少できる可能性がある。)



\*) 処分場利用可能年数(年)

原子力発電設備58GWeとして、各処理技術を適用した場合に、ガラス固化体4万本処分可能な処分場を満杯にするのに要する期間を示す。

### 3. 進むべき道筋

#### (1) 高速増殖炉サイクルが担う役割

我が国は、原子力発電に軽水炉を用いているが、その燃料であるウランの全てを海外から輸入している。これに対し、高速増殖炉サイクルは、発電しながら消費した燃料以上の燃料を生み出す特長を有する、自己完結型のエネルギー供給技術である。このため、エネルギーセキュリティの向上や循環型社会の実現に貢献することが期待できると考える。

高速増殖炉サイクルの導入効果について、2050年頃から高速増殖炉を商業ベースで導入し、基幹電源として軽水炉（寿命60年と想定）に置き換わって順次建設（リプレース）することを仮定して、最終的には総発電電力量の30～40%程度という現在の水準程度（5,800万kWeと仮定）を担うとして計算した場合、以下のような効果が期待できる。

- 2100年過ぎには、発電に必要な核燃料の海外からの輸入が不要となる（原子力発電におけるエネルギー自給の確立）（図総-3-1参照）
- マイナーアクチニドを回収し燃料に混ぜて燃焼することにより、また、熱効率の向上により、発電電力量あたりの高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）発生量は約2/3に低減可能となる。さらに、発熱性核分裂生成物等の分離処分技術が実現すれば、発熱量の低減とあいまって、処分場の面積を約1/4に減少することが可能となる（図総-3-2参照）。
- 核兵器の原料ともなり得るプルトニウムを利用しているが、プルトニウムは常にウランやマイナーアクチニド等と混合された状態で取り扱うことにすれば、これにより燃料の放射線量が高くなり、テロリストなどの盗取を試みる可能性のある者の接近を阻害することができるなど、高い核拡散抵抗性を実現することができる。

また、産業界に多くの技術蓄積がなされており、今後、高速増殖炉の建設拡大が予想される国内外のマーケットにおいて、競争力を持ち、我が国のイノベーション力を発揮できる可能性が高いものと期待される。

表総－3－1 実用化戦略調査研究の実施方針(開発目標)

## 開発目標

- 安全性 : 公衆の日常活動において発生するリスクと比べて十分小さくなるようにすること
- 経済性 : 建設時期における他の基幹電源と比肩し得る発電単価を確保できること
- 環境負荷低減性 : 最終処分廃棄体量の低減及び高レベル放射性廃棄物処分場の合理化を図れること
- 資源有効利用性 : 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行ができる増殖性能を確保すること
- 核拡散抵抗性 : プルトニウムが単体の状態でプロセス内に存在しないこと、低除染TRU燃料を用いることにより、接近性を制限した設計とすること

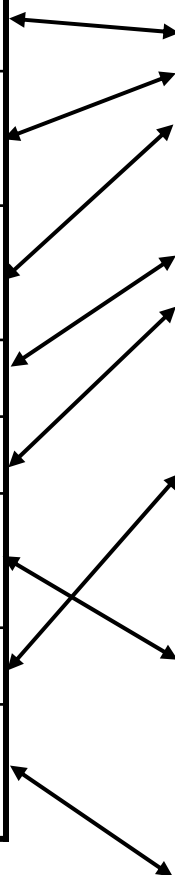
表総-3-2 開発目標とGIFのゴールとの比較

GIF

今後の開発目標

分野	ゴール
安全性 信頼性	SR-1 卓越した信頼性
	SR-2 極めて低い炉心損傷頻度と影響
	SR-3 サイト外緊急時対応が不要
経済性	EC-1 ライフサイクルコスト
	EC-2 財政的なリスク
持続可能性	SU-1 長期的・効果的な資源利用
	SU-2 廃棄物の最小化他
核拡散抵抗性	PR-1 拡散・盗難防止並びに転用手段の困難性

分野	開発目標
安全性	公衆の日常活動において発生するリスクと比べて十分小さくなること
経済性	建設時期における他の基幹電源と比肩し得る発電原価を確保できること
環境負荷低減性	最終処分廃棄体量の低減及び高レベル放射性廃棄物処分場の合理化を図れること
資源有効利用性	軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行ができる増殖性能を確保すること
核拡散抵抗性	プルトニウムが単体の状態でプロセス内に存在しないこと、低除染TRU燃料を用いることにより、接近性を制限した設計とすること



## (2) 技術的な開発目標

高速増殖炉サイクルの研究開発を実施するにあたっては、実用プラントが軽水炉サイクルと同等以上の安全性と経済性を実現し、高速増殖炉サイクルの特長を最大限に発揮させることを目標とすべきと考える。

このため、「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」の5つの開発目標（表総－3－1参照）を設定して研究開発を進めるべきである。

### (安全性)

現行軽水炉サイクルと同様の安全確保の考え方に基づき、高速増殖炉サイクルシステムの導入によるリスクが、同時代の公衆の日常活動において発生するリスクと比べて十分小さくなるようにすること

### (経済性)

建設時期における他の基幹電源と比肩し得る発電単価を確保できること

### (環境負荷低減性)

最終処分廃棄体量の低減及び高レベル放射性廃棄物処分場の合理化を図れること

### (資源有効利用性)

マイナーアクチニド (MA) を含有した低除染超ウラン元素 (TRU) 燃料を用いた上で、軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行ができる増殖性能を確保すること

### (核拡散抵抗性)

プルトニウムが単体の状態でプロセス内に存在しないこと、低除染 TRU 燃料を用いることにより、接近性を制限した設計とすること

これらの開発目標の5つの分野は、FSにおいて我が国が世界に先駆けて設定したが、現在 GIF においても同様な分野を開発目標として採用している（表総－3－2参照）。

表総-3-3 開発目標を実現するための設計要求

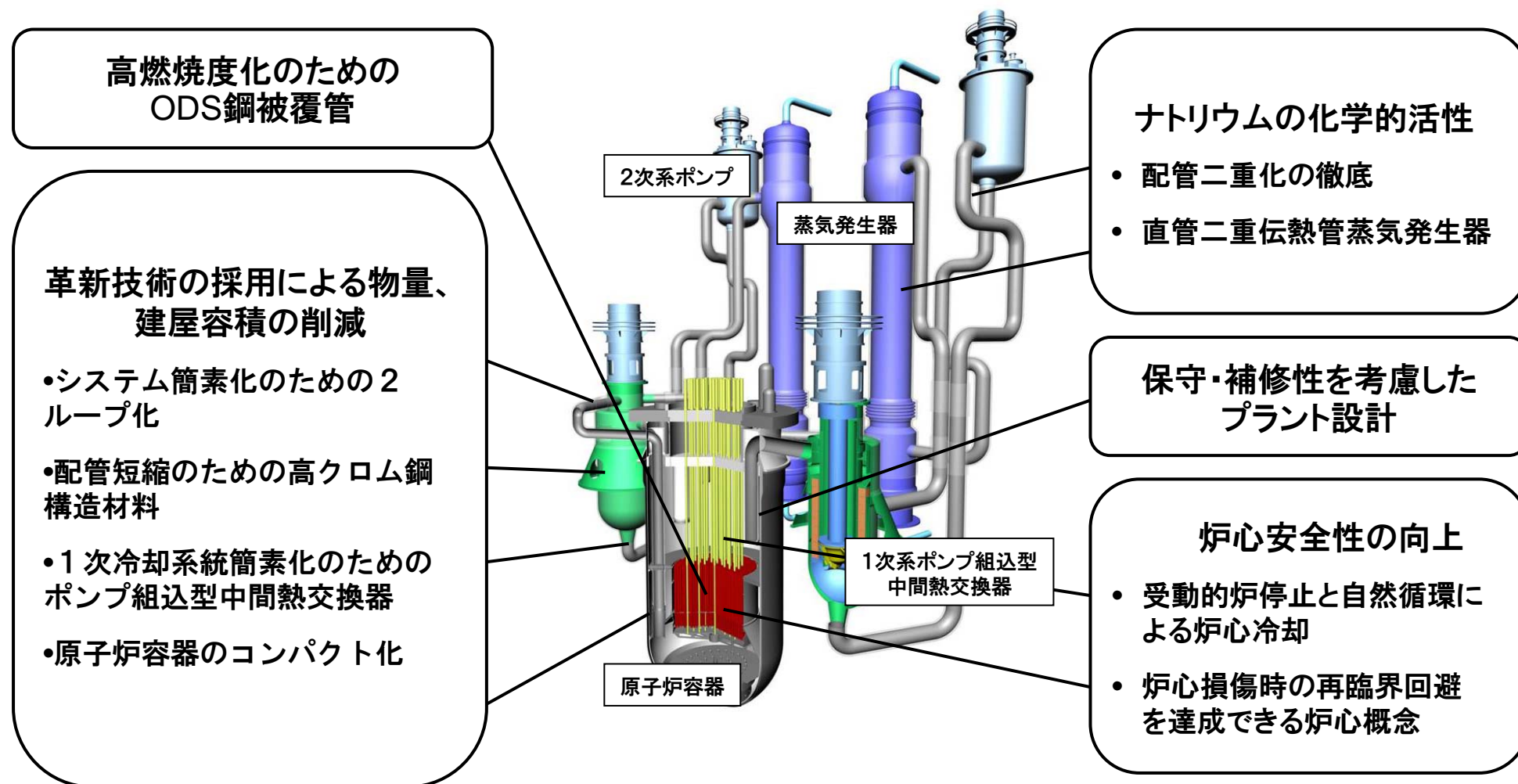
研究開発目標	高速増殖炉の設計要求	燃料サイクルの設計要求
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 炉心損傷の発生頻度<math>10^{-6}</math>/炉・年未満</li> <li>● 炉心損傷に至る代表事象に対する受動安全性の強化 あるいは事故管理方策の具体化</li> <li>● 仮想的な炉心損傷時の再臨界発生を回避し、その影響を原子炉容器あるいは格納施設内で確実に終息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 同時代の軽水炉燃料サイクルシステムと同等以上 (異常の発生要因を極力排除、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1.2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> </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>

\* : ユーザーとの協議が続けられている項目

図総-3-3 高速増殖炉システム(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)
- 革新的な技術の採用により物量、建屋容積を大幅に削減。





### (3) 現在の知見で見通される高速増殖炉サイクル

これまでの研究開発成果を踏まえると、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は、次のようなものであると考える。5つの開発目標に対応して設定した設計要求は、表総-3-3のとおりである。

なお、軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルの移行期間（高速増殖炉サイクル導入期：軽水炉と高速増殖炉が並存して運転されている期間）は、2050年頃から2110年頃までの約60年間と想定している。これは、2050年から実用高速増殖炉の導入を開始し、それ以降は、運転中の軽水炉が60年間で停止し、その後高速増殖炉が軽水炉に置き換わっていくことを仮定すれば、仮に2049年に運転開始する軽水炉は60年間運転を行うことになるので、2050年から2110年までの60年間は軽水炉と高速増殖炉が並存して稼働することになる。

#### ① 発電施設（原子炉）（図総-3-3参照）

- 炉型 : ナトリウム冷却高速増殖炉
- 燃料 : マイナーアクチニド(MA)含有混合酸化物(MOX)燃料  
(低除染TRU燃料)
- 電気出力 : 150万kWe（ツインプラント：150万kWe×2基）

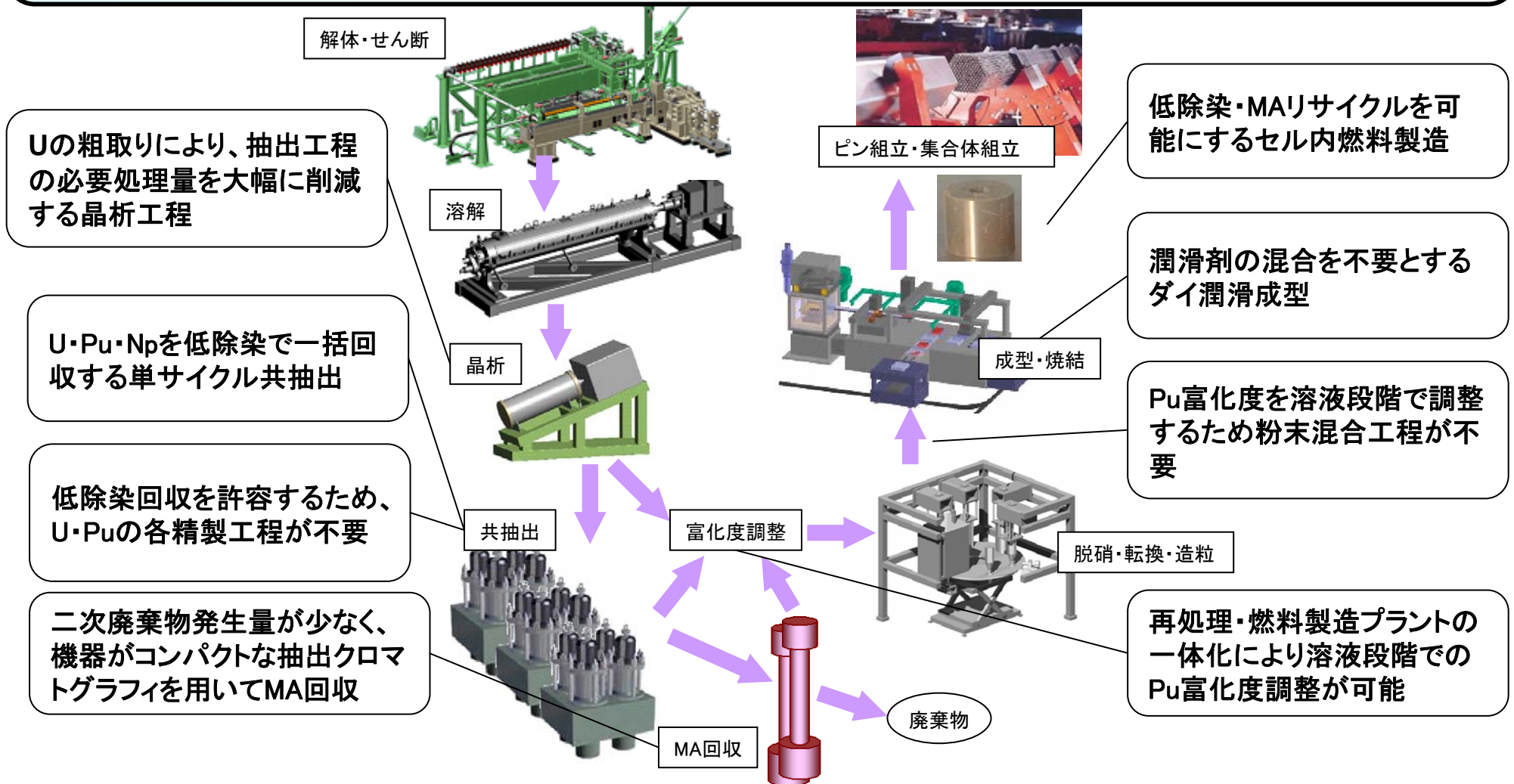
高速増殖炉の増殖比は、高速増殖炉の導入基数とそれに伴う燃料（プルトニウム）の量的バランスから、当初は増殖比1.2程度とし、全ての原子炉が高速増殖炉になった状況では、増殖比をわずかに1を上回る程度とすることが適切と考える。なお、「FSフェーズII報告書」では、増殖比1.1でもプルトニウムバランスが成立するとしている。しかし、増殖比1.1としたプルトニウムバランスには余裕が少ないことなどから、燃料供給の信頼性、確実性を確保する観点から設計要求としては増殖比1.2とすることが妥当と判断した。但し、プルトニウムを増殖する部分であるブランケット燃料を加減することで増殖比を柔軟に設定することが可能であるため、必要に応じてプルトニウム発生量を制御することができる。

#### ② 燃料サイクル施設（再処理施設、燃料製造施設）（図総-3-4参照）

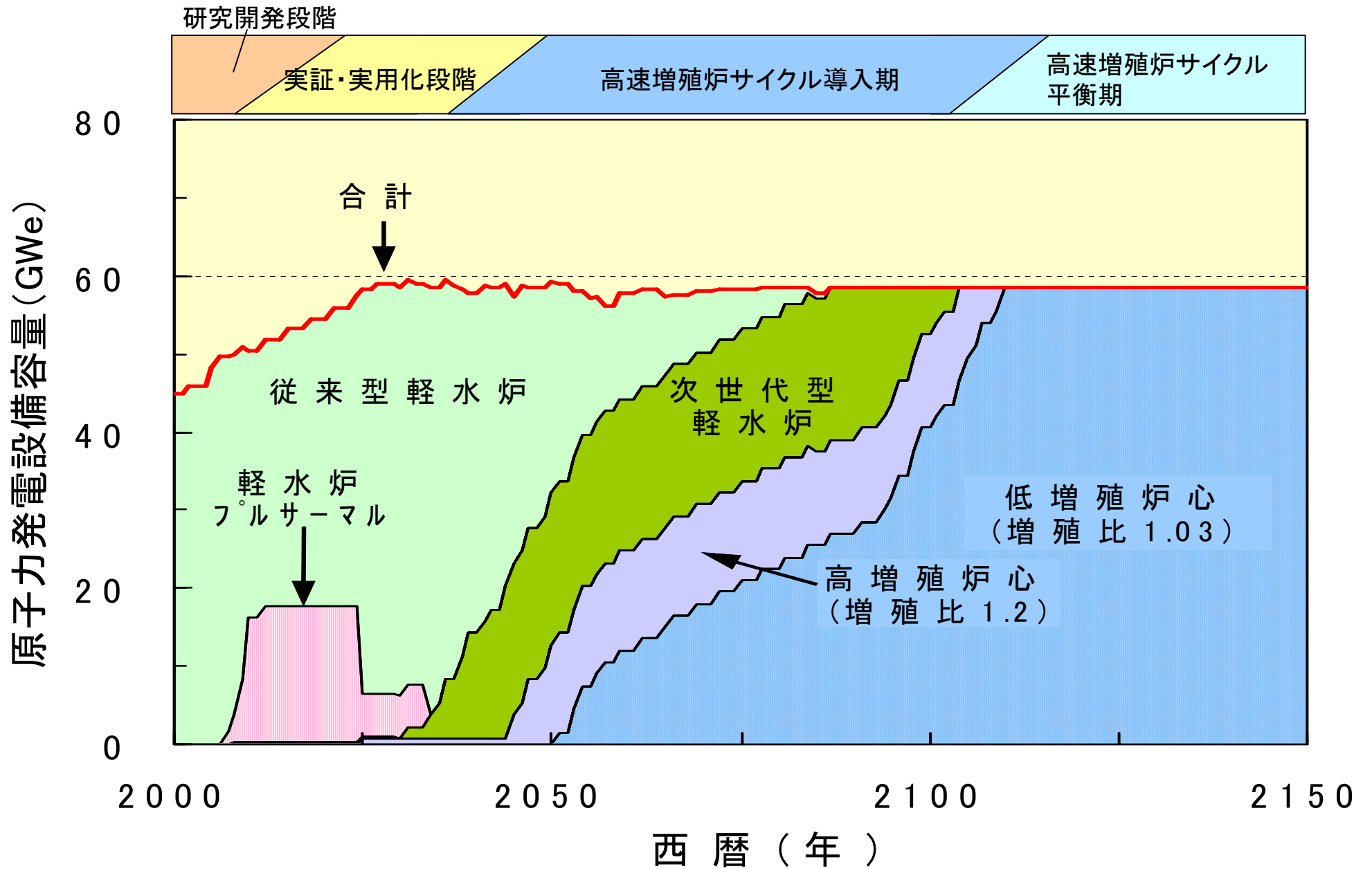
図総-3-4 燃料サイクルシステム(先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造)

## ●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。



図総-3-5 軽水炉から高速増殖炉への移行期



- 再処理 : 先進湿式法再処理
- 燃料製造 : 簡素化ペレット法

燃料サイクル施設においては、ウラン、プルトニウム、ネプツニウムを低除染で一括回収し、さらに高レベル廃液より回収したアメリシウム、キュリウムを混合するなど、プルトニウムを常に MA と混合した状態で取り扱う工程としている。これにより、核拡散抵抗性は現在の軽水炉サイクルよりも向上することになる。

MA を回収し燃料に混ぜて燃焼することにより、また熱効率の向上により発電電力量あたりの高レベル放射性廃棄物発生量が減少し、最終処分場への負荷が軽減されている。なお、「FS フェーズⅡ報告書」では、長半減期核分裂生成物（LLFP）の分離変換を「将来の目標」としている。LLFP の分離変換を 2050 年頃の実用化以降の目標とし、むしろ最終処分場の受け入れ量の制限値「高レベル放射性廃棄物 1 体あたりの発熱量」を低減する観点から、高発熱性核分裂生成物の分離と処分方策の研究開発に取り組むべきであると判断した。

現在の知見で実用施設として実現性が高いと考えられる実用システム概念は、以上のようなものとする。但し、これらの実用システム概念は、2110 年頃以降の高速増殖炉サイクル平衡期（軽水炉から高速増殖炉へのリプレースが完了し、高速増殖炉サイクルだけで我が国の原子力発電を賄っている時期）での最適な条件を想定したものである。高速増殖炉サイクル平衡期に至る以前に、実証・実用化段階と高速増殖炉サイクル導入期という、軽水炉と高速増殖炉が共存する時期が長期にわたり存在することから、これらの時期において軽水炉サイクルと整合性ある高速増殖炉サイクルシステムを検討する必要があると考える（図総-3-5 参照）。

また、現在の知見では実現性が最も高いと考えられるとはいえ、革新的な技術の採用を前提としていること、工学的規模での実証が必要であること、また、国内外におけるエネルギー需給構造、地球温暖化対策の考慮など、今後の社会環境の変化に柔軟な対応をとる必要があることなどから、今後の研究開発結果などを踏まえ、適宜評価を行って見直すべきである。

### 表総－3－4 2015年までの研究開発の達成目標

- |       |                      |                    |
|-------|----------------------|--------------------|
| 達成目標： | ・ 開発目標               | ・ 設計要求を満足する概念設計を得る |
| 対象施設： | ・ 実証炉及び核燃料サイクル実証施設   |                    |
|       | ・ 高速増殖炉サイクル実用施設（導入期） |                    |
|       | ・ 高速増殖炉サイクル実用施設（平衡期） |                    |

表総－3－5 選択された「主概念」と「副概念」

	原子炉	再処理	燃料製造
主概念	ナトリウム冷却炉 (MOX燃料)	先進湿式法	簡素化ペレット法
副概念	ナトリウム冷却炉 (金属燃料)	金属電解法	射出鑄造法

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システム概念であり、今後研究開発を特に進めるべきもの

副概念：実用施設として実現性が認められるが、社会的な視点や技術的な視点から比較的には不確実性がある概念

#### (4) 2015年までの研究開発計画

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年頃から国として検討を行うとされている。この検討の際に必要な科学技術的な知見を提供することが、今後2015年までの研究開発の目的である。当委員会は、この目的を達成するため、2015年までの研究開発計画を次のように定めるべきと考える。

##### ① 研究開発の目標

2015年までの研究開発の目的を達成するため、具体的には、革新的な技術についてその採用可能性を判断できるところにまで具体化させ、それらを取捨選択して組み合わせて高速増殖炉サイクル技術システムの設計研究を行い、開発目標・設計要求を満足する概念設計を得ることを目標とする。

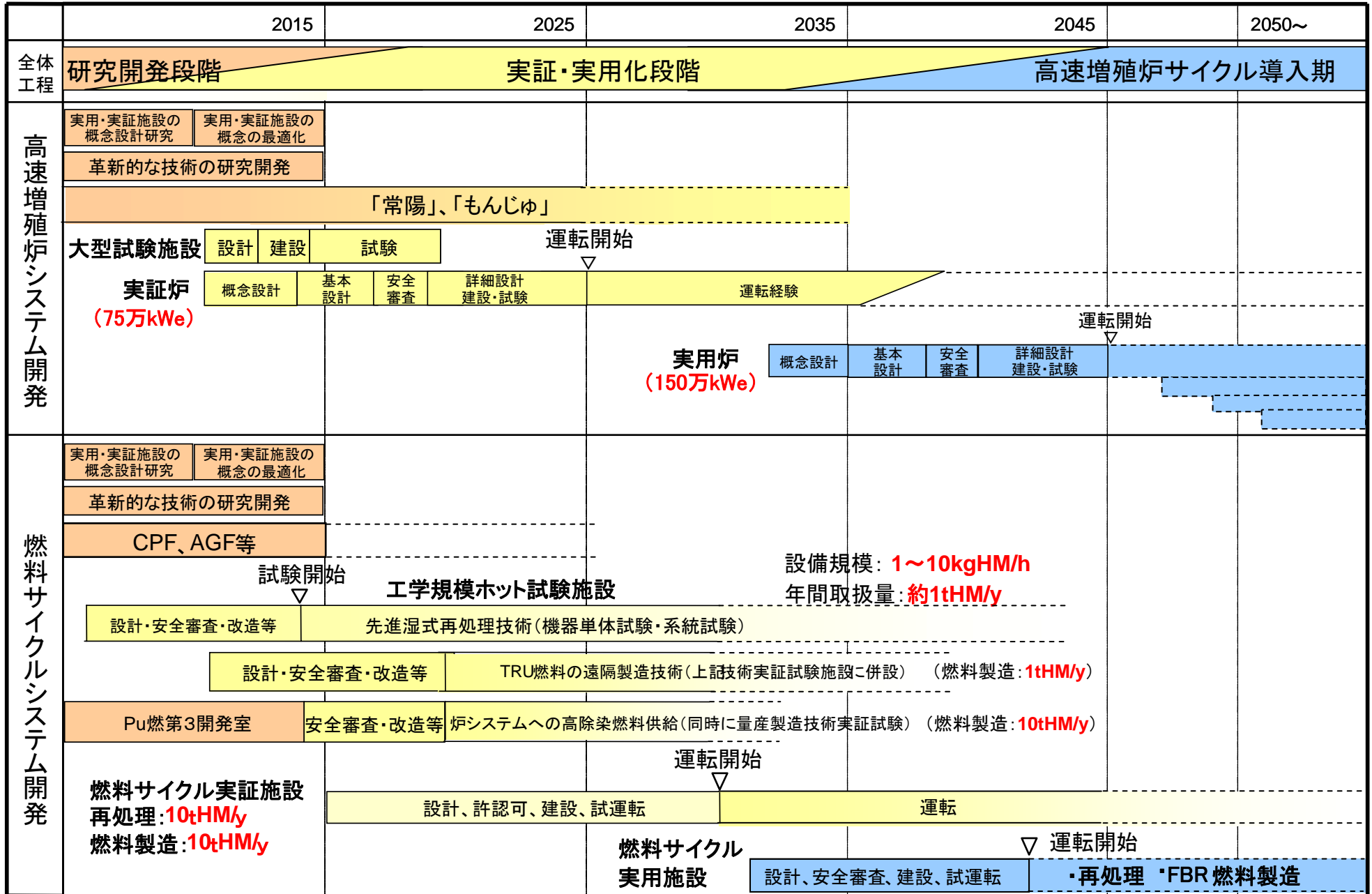
この概念設計は、2015年以降2050年頃までの期間に必要な実証炉と燃料サイクル実証施設の概念設計、及び、2050年頃からの高速増殖炉サイクル導入期と2110年頃以降の高速増殖炉サイクル平衡期の両方をにらんだ高速増殖炉サイクル実用施設の概念設計とする（表総－3－4参照）

##### ② 研究開発課題の重点化

「主概念」すなわち、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であり、今後研究開発を特に進めるべきものは、「ナトリウム冷却高速増殖炉（MOX燃料）、先進湿式法再処理、簡素化ペレット法燃料製造」の組み合わせとする（表総－3－5参照）。

「ナトリウム冷却高速増殖炉（金属燃料）、金属電解法再処理、射出鑄造法燃料製造」の組み合わせについては、実用施設として実現性が認められる概念であるが、「主概念」と比較した場合、社会的な視点や技術的な視点から不確実性がある。このため、「副概念」とし、高速増

図総-3-6 高速増殖炉サイクルの実用化を目指した研究開発ロードマップ



※本ロードマップは2015年までの研究開発計画を作成するにあたり想定したもの



図総-3-7 2015年までの研究開発計画(ナトリウム冷却炉)

		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			—	—	
	実証炉の概念構築	予備的概念検討		概念設計研究	—	—	
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 クリープ疲労強度、長時間延性・靱性、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	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)			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 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(Na, Na)		設計方針策定/適用性確認試験	8 実機熱流動条件での材料・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 出入機、EVST内移送機能確認	11 燃料交換機、燃料出入機、燃料洗浄概念成立性見通し 12 燃料交換設備の操作性や冷却設備の有効性確認	—	
	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		基準整備	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	—	
	⑦炉心燃料の開発[照射試験]	照射試験・照射後試験			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 漏洩検出器成立性見通し 18 2重配管の保守方法の確認	—	
	⑨直管2重伝熱管蒸気発生器の開発	実機長の二重伝熱管及び球形管板の制作、センサ開発		水リーク、高温ラプチャー試験、モデル構築/高度化	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 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	—	
	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(常陽)		受動的炉停止装置開発	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		「もんじゅ」自然循環試験 デブリの安定冷却 炉内・炉外試験	25 S-FAIDUSの熔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 技術成立性の見通し 29 設計基準整備	水平免震	
大型試験施設	計画立案、概念検討		設計	建設	運転	革新技術の成立性見通し	—
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 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	—		

主概念・ナトリウム冷却炉

▼ 革新的な技術の決定    ◆ 各課題のマイルストーン

殖炉サイクルの基盤的な研究開発として取り組むこととする（表総－3－5参照）。

その他の概念についても、研究開発を行うことにより科学技術として多様な知と革新が期待される。このため、原子力分野の裾野を広げる基礎研究として取り組むこととする。

高速増殖炉サイクルの研究開発を実用化に向けて促進するため、これまで「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究」で行ってきた幅広い戦略的な調査という方向性を変更する。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る。

### ③ 実用化に向けてのロードマップ

2015年までの研究開発計画は、2050年頃までのロードマップを想定し、これと整合性あるものであることが必要である。

このようなロードマップについては現在複数の提案がなされているが、技術的な知見を前倒しで蓄積して行くことの重要性、研究開発資源の効率的利用などを考慮し、本委員会は図総－3－6のロードマップを想定した。本ロードマップは、2025年に実証炉を運転開始し、2045年頃に実用炉を運転開始できるよう、技術的な知見を整えることを目指すものとなっている。

なお、ロードマップは、社会環境の変化や国内外における研究開発の進展に対応したものである必要があると考える。このため、2010年及び2015年に予定している評価において再検討されるべきである。

### ④ 2015年までの研究開発計画

実用化を目指したロードマップを踏まえた高速増殖炉サイクルに関する2015年までの研究開発計画は、原子炉、再処理、燃料製造に対応して、それぞれ図総－3－7～図総－3－9とする。なお、原子炉の研究開発計画の詳細は添付資料4として、再処理及び燃料製造の研究開発計画の詳細は添付資料5として本報告書に添付している。

図総-3-8 2015年までの研究開発計画(再処理)

項目		2010	2015	評価・判断のポイント	代替技術
先進湿式法	設計研究	概念設計研究(安全設計、周辺工程の設計) シナリオ解析、プラント概略仕様及び設備検討	最適化設計研究(要素技術開発の進展を考慮したシステムの最適化)		-
	①解体・せん断技術の開発	要素機での基本性能確認、実燃料せん断データ把握 システム試験機的设计・製作・コールド試験・評価、遠隔保守性検討		① 工学規模ホット試験施設(総合システム実証試験設備)の設計へのプロセスデータ反映 ② 工学規模ホット試験施設(革新技術試験装置)の設計へのプロセスデータ反映	従来型Purexベース技術
	②高効率溶解技術の開発	各種溶解条件の影響評価 溶解計算コード改良 基本構造の検討 部分モックアップ試験機的设计・製作・試験(コールド、ウラン)	工学規模ホット試験に向けた溶解データ拡充 工学規模ホット試験に向けたコード拡張	2 工学規模ホット試験施設(総合システム実証試験設備)の設計への機器性能データの反映 3 プロセス開発及び装置システム開発の成果に基づく革新技術の決定、操業条件提示、実用化見直し判断	従来型Purexベース技術
	③晶析技術による効率的ウラン回収システムの開発	FP同伴イオン解明、結晶洗浄技術の検討(ウラン、ホット) 基本構造、計測制御システム、遠隔保守構造の検討 工学規模試験機的设计・製作・試験(コールド、ウラン) 結晶分離機の成定性評価、高濃度溶液の移送技術の確立	工学規模ホット試験に向けたプロセスデータ拡充整備(操業条件最適化)	4 プロセス開発成果及び装置システム開発成果に基づく工学規模ホット試験施設の施設整備開始の判断	従来型Purexベース技術
	④U,Pu,Npを一括回収する高効率抽出システムの開発	U,Pu,Np一括回収プロセスの開発 抽出計算コード改良 工学規模システム試験(耐久性、インライン計装技術、システム制御性、遠隔保守性検討)(コールド、ウラン) 大容量遠心抽出器 基本性能確認、システム特性把握、遠隔保守構造検討(コールド、ウラン)	工学規模ホット試験に向けた抽出データ拡充 工学規模ホット試験に向けたコード拡張	5 実用機器の性能(処理速度、除染性能等)の確認、実用化見直し判断 6 工学規模ホット試験施設の製作性や施工費等に係るデータの設計研究への反映	従来型Purexベース技術
	⑤抽出クロマト法によるMA回収技術の開発	吸着材(抽出剤)の分離性能比較評価・安全性評価、使用済吸着材処理方法検討、回収フローシート構築、MA、FP元素挙動評価(コールド、ホット) 要素試験(カラム内流動性、安全性・耐久性評価)、遠隔操作性及び計装・制御法検討 工学規模プロセス試験用機器的设计・製作・試験(コールド→RT)	回収フローシート改良	7 革新技術試験及び総合システム実証試験結果に基づく先進湿式再処理技術の実用化見直し判断	従来型溶媒抽出技術
	⑥廃棄物低減化(廃液2極化)技術の開発	周辺工程でのソルトフリー化検討、濃縮妨害試薬排除・硝酸分解技術検討 ソルトフリーオフガス洗浄装置、硝酸分解装置の要素試験、モックアップ装置による試験			従来型Purexベース技術
工学規模ホット試験	設計支援データ、試験条件 基本設計 安全審査、詳細設計、設工認	施設整備 革新技術試験、総合システム実証試験	6 7	-	

▼ 革新的な技術の採否の判断

◆ 各課題の主要なチェックポイント

図総-3-9 2015年までの研究開発計画(燃料製造)

項目		2010	2015	評価・判断のポイント	代替技術
簡素化ペレット法	設計研究	概念設計研究	最適化設計研究		-
	⑦脱硝・転換・造粒一元処理技術の開発	原料粉末調整プロセス開発 (Pu富化度調整・転換・造粒) 遠隔保守対応量産技術開発	小規模試験設備整備 製造性評価試験 品質向上試験 条件最適化試験	1 2 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来型ペレット法ベース技術</li> <li>高除染体系でのグローブボックス内製造システム</li> </ul>
	⑧ダイ潤滑成型技術の開発	ダイ潤滑型プロセス開発 遠隔保守対応量産技術開発	小規模試験設備整備 製造性評価試験 品質向上試験 条件最適化試験	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来型ペレット法ベース技術</li> <li>高除染体系でのグローブボックス内製造システム</li> </ul>
	⑨焼結・O/M調整技術の開発	焼結・O/M調整プロセスの開発 遠隔保守対応量産技術開発	小規模試験設備整備 製造性評価試験 品質向上試験 条件最適化試験	3 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来型ペレット法ベース技術</li> <li>高除染体系でのグローブボックス内製造システム</li> </ul>
	⑩燃料基礎物性研究	基礎物性と燃料設計コードの開発 基礎物性と燃料製造	実験的研究(物性データ測定) 理論研究(計算化学による物性データ予測手法の開発) 照射データ評価/挙動解析コードの開発 初期焼結挙動の速度論的評価、O/M変化の測定・調整技術評価 焼結挙動のモデル化	3 7 1 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝容器形状(円筒or浅皿)、焙焼還元及び造粒プロセスの最適な組合せ・方式を選定</li> <li>保守性や熱処理方式を考慮したO/M調整・焼結炉の方式を選定</li> <li>プロセス開発及び機器開発の成果に基づく工学規模ホット試験施設の施設整備開始の判断</li> </ul>
	⑪セル内遠隔設備開発	セル内遠隔設備開発	遠隔対応設備、遠隔ハンドリング設備、機器監視異常診断技術、分析、検査迅速化の開発	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>高除染体系でのグローブボックス内製造システム</li> </ul>
	⑫TRU燃料取扱い技術	原料発熱影響評価	熱流動シミュレータによる計算モデルの開発、コールドモックアップ試験	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>MA含有酸化燃料の成立性の確認(FCCI等の挙動評価の観点)</li> </ul>
	工学規模ホット試験	設備システムの選択 試験施設の設計・建設	試験施設の検討 セル設備を主体とした工学規模ホット試験施設の設計、許認可 Pu第3開発室を利用した工学規模ホット試験施設の設計、許認可	6	-

▼ 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

2015 年までの研究開発においては、その目標である実用及び実証施設の概念設計のとりまとめを目指し、設計研究を進めることとする。特に再処理では、高速増殖炉サイクル導入期の検討を行うこととする。

技術開発としては、概念設計で採用を見込んでいる革新的な技術、すなわち、ナトリウム冷却炉 13 項目、燃料サイクルシステム 12 項目（再処理 6 項目、燃焼製造 6 項目）を中心に研究開発を進めることとする。この革新的な技術については、それぞれについて、採否の判断時期、主要なチェックポイント、評価・判断のポイント、及び代替技術を明示している。

また、革新的な技術を工学的規模で確認するための施設の設計、建設などを行うこととしている。

さらに、高速増殖原型炉「もんじゅ」を運転再開し、「発電プラントとしての信頼性実証」及び「ナトリウム取扱技術の確立」を目指して運転経験を着実に積み重ねることとしている。また、東海再処理工場や MOX 燃料製造施設を着実に稼働し、運転経験を積み重ねることとしている。

## (5) 2015年までの研究開発の進め方

当委員会としては、2015年までの高速増殖炉サイクル研究開発を進めるにあたり、次のような事項に配慮することが必要であると考えます。

### ① 安全の確保

安全の確保は、高速増殖炉サイクル技術の研究開発を推進するにあたっての前提条件である。安全の確保が全てに優先されるべきことを徹底し、本研究開発にかかわるすべての組織と人が安全文化を維持発展させて行くことによって、安全確保の実績を積み上げ、国民の信頼の確立に努めることが重要であると考えます。

### ② 国際協力の推進

国内における資源の効果的で効率的な活用の観点や世界の公共財的な技術として国際的な貢献の観点から、競争する分野と協調する分野を峻別しつつ、国際協力を積極的に推進するべきであると考えます。この際、次のような基本的な考え方に沿って進められることが重要であると考えます。

- 我が国が進めている高速増殖炉サイクル研究開発について、諸外国と目標を共有することを目指すこと
- 我が国の技術が世界標準となることを目指すこと
- 研究開発のリスクや資源負担の低減、研究開発に要する期間の短縮など、我が国にとって利益が明確であること
- 必要に応じ、二国間協力と多国間協力を適切に選択すること
- 知的所有権の確保に留意すること
- 国際協力によって我が国の研究開発計画に悪影響が生じないように留意すること（例えば、国際協力への過度の依存は、相手国の方針変更等によって我が国の計画に重大な影響を及ぼすリスクがある）
- 平和利用、核不拡散の担保、安全の確保、核セキュリティの担保を求めること

特に、米国が2006年2月に提唱した「国際原子力エネルギー・パー

トナーシップ（GNEP）」構想に盛り込まれている高速炉サイクル技術分野の研究開発に対しては、共通点及び相違点を明確にしていく必要はあるが、積極的、また前述の基本的な考え方に沿って戦略的に対応することが適切であると考ええる。

### ③ 研究開発体制

高速増殖炉サイクルの研究開発は、国および研究機関が、産業界とロードマップ等を共有し、大学や産業界からの協力・協働を得つつ、主体的に取り組むことが必要であると考ええる。この際、原子力機構を中核として、電気事業者とともに、電力中央研究所、製造事業者、大学等の協力を得つつ、着実に推進することが適切であると考ええる。

今後の研究開発においては、産業界が実用化の対象として選択できる環境を整えることが必要であると考ええる。このため、2015年までの研究開発の終了を待つのではなく、常に研究開発側と導入者側とで円滑な移行に向けた意見交換を行うことが重要であると考ええる。既に、経済産業省、文部科学省、電気事業者、製造業者、原子力機構により「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」が設置されているが、このような場を通じ、今後の研究開発に対する要求を随時反映させるとともに、軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行シナリオ、国際協力のあり方、開発スケジュールと実証ステップのあり方などを検討することなどが重要であると考ええる。

### ④ 研究開発の評価体制

高速増殖炉サイクル技術の研究開発は、原子力利用や広範な科学技術分野に革新をもたらす可能性が大きい革新技術システムを実用化の候補にまで発展させるための研究開発段階にあることから、段階的な計画として取り組み、段階を進める際には国が成果と計画の評価を行い、実施すべき研究開発を重点化して進めることが重要であると考ええる。

今後、2010年及び2015年に評価を行うこととしているが、研究開発段階から実証・実用化段階に円滑に移行するための原子力政策全般

に広くかかわる判断に資するものとなることから、国は、よりふさわしい評価のあり方を検討する必要があると考える。また、研究開発の中核である原子力機構は、研究開発の当事者として適性かつ厳正に自らの研究開発成果を評価することが必要であり、国内外の関係者によるピアレビューや外部評価を効果的に活用して判断の妥当性を確保して行くことが必要であると考ええる。

## ⑤ 研究開発資源の確保

### (研究開発費の確保)

高速増殖炉サイクル実用化研究開発の推進にあたっては、多額の資金が必要になる。このため、研究開発の中核となる原子力機構は、研究開発の重点化、既存施設の有効活用、大学等との共同研究、国際協力の活用などを含め、効果的・効率的に研究開発を着実に実施することはもとより、原子力機構の業務の選択と集中を行い、必要な研究開発資金を確保することが重要であると考ええる。さらに、国は、適切な資金の確保に努めることが重要であると考ええる。

### (人材の確保・育成)

高速増殖炉サイクル技術の研究開発にあたっては、創造性と倦むことなき探究心を持つ人材、様々な困難を乗り越えて技術革新を実現していく強い意志を持った人材の確保が必要である。また、研究開発機関、産業界、大学における人材、そして将来これらの組織において研究開発を担うであろう人材の確保・育成が必要であると考ええる。

このため、2015年までの研究開発を着実に推進するとの観点、研究開発段階から実用化段階への円滑な移行を推進するとの観点、さらに、将来を担う人材を確保・育成するとの観点から、それぞれに対応した適切な対応をとる必要があると考える。

## ⑥ 説明責任を果たす活動の充実

高速増殖炉サイクルに関する研究開発は、多くの資源の投入が必要



とされるとともに、成果が得られるまでの期間が長く、様々な不確実性を伴うため、関係者はその内容を国民に積極的に公開あるいは公表し、施策について理解を求めることに十分留意しなければならないと考える。

特に、エネルギーセキュリティの向上、地球環境保全に貢献する研究開発の意義や内容についての国民の理解増進に努め、納税者への説明責任を果たすべく、積極的に広聴・広報活動を行うことが重要であると考える。



