

各論 第二部 今後の進め方

## 各論 第二部 今後の進め方

### 1. 2015年までの研究開発計画

#### (1) 基本的な考え方

原子力政策大綱（2005年10月）は、高速増殖炉サイクル技術が2050年頃から原子力発電体系の中核技術として導入できるようにするため、その研究開発を進めるにあたって、まず実用化すべき技術体系を定め、その後実用化に取り組むという段階的アプローチを定めている。具体的には、「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」こととしている。これを受け、当委員会は、この検討において必要となる科学技術的な知見を提供することを今後2015年までの研究開発の目的とし、この目的を達成するための今後の研究開発について、次のような基本的な考え方に沿って進められるべきであると考えている。

#### ① 研究開発課題の重点化

原子力機構と日本原電が「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究（FS）」を1999年に開始して以降これまで、炉型、再処理法、燃料製造法など高速増殖炉サイクル技術に関する多様な選択肢について検討を行ってきており、本年3月にFSフェーズⅡを終了した。

当委員会は、各論第一部で述べたように、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」の組み合わせであると判断し、これを「主概念」とした。さらに、この概念を成立させるために必要な革新的な技術を選定した。今後は、実現性をより確実なものとするために、この「主概念」を中心に研究開発を行うこととし、特に、この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る。

しかしながら革新的な技術の研究開発においては、開発リスクが無視できない。このため、革新的な技術に対しては、既存技術に基づく代替技術を準備しておき、当該革新的な技術を代替技術に置き換えた場合のシステム概念が、実用システム概念として適切であるか否かを検討するというアプローチが必要であると考え。これにより、万一、いくつかの革新的な技術が研究開発の結果採用できないと判断される結果になったとしても、直ちに主概念全体が成立しないという状況にならないよう、柔軟性を確保することが可能となると考える。但し、この代替技術については、開発資金の効率的活用の観点から、革新的な技術が採用できないと判断された後に必要な研究開発を行うことが適切であると考え。

革新的な技術の幾つかに対して、現在の知見では実現性などで劣るものの、更なる性能向上の可能性を有する革新的な技術の新たな芽ともいべき技術が指摘しうる。このような技術については、国内外における今後の研究開発の進展の可能性を考慮し、高速増殖炉サイクルの基盤的な研究開発として取り組むことが適切であると考え。

「副概念」は、「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」の組み合わせとすることが適切であると判断した。これは、現在の知見で実用施設として実現性は認められるものの、社会的な視点や技術的な視点から比較的不確実性がある概念と考えるからであり、今後、高速増殖炉サイクルの基盤的な研究開発として取り組むべきである。

今回、「主概念」及び「副概念」を選定したが、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、その他の概念については、原子力分野の裾野を広げる基礎研究として取り組むべきである。

前述の通り「主概念」と「副概念」を選定し、特に「主概念」を中心に実用化に向けた研究開発を促進することが必要であると考え。このような研究開発の重点化を踏まえ、これまでの「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し、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べきである。

## ② 高速増殖炉サイクルの適切な実用化像の明確化

今後 2015 年までの高速増殖炉サイクル技術の研究開発は、その成果として高速増殖炉サイクルの適切な実用化像を明確化することが求められている。これを踏まえ、具体的な目標を、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、組み合わせる高速増殖炉サイクル技術の設計研究を行い、開発目標・設計要求を満足する概念設計を得ること、とするべきである。

高速増殖炉が 2050 年頃から商業ベースで導入開始され、その後は高速増殖炉と軽水炉とが共存するが、高速増殖炉は軽水炉のリプレースとともに徐々にその比率を増加させ(高速増殖炉サイクル導入期)、2110 年頃以降は高速増殖炉により我が国の原子力発電の全てを担う(高速増殖炉サイクル平衡期)ことが想定される。これに対応し、今後 2015 年までの概念設計研究にあたっては、高速増殖炉サイクル導入期及びその後の高速増殖炉サイクル平衡期の両方を視野に入れるべきである。

## ③ 実証炉、燃料サイクル実証施設の明確化

高速増殖炉サイクルの適切な実用化像については、2015 年頃から国として検討を行うとされている。この検討では、実用化像として示されるシステム概念を経済性を含めて実証することの必要性や、そのために必要となる施設の建設が真剣に議論されるものとする。この検討に対して適切な技術的知見を提供するため、今後 2015 年までの研究開発においては、実証炉と燃料サイクル実証施設の概念設計をとりまとめるべきである。

この際、燃料サイクル実証施設は、実証炉に燃料供給を行う役割を担うことから、施設能力や建設時期などに関して実証炉と整合性がとれたものとする必要があると考える。なお、実証炉及び燃料サイクル実証施設は、実用施設と規模が違ふこと、実証目的を含めた設計であることなどから、設計要求の一部が実用施設と異なることが合理的であるとする。従って、研究開発の前提となる設計要求に関し、国(文部科学省、経済産業省)、原子力機構、電気事業者、製造事業

者が緊密に連携し、早急に検討を行うべきである。

#### ④ 段階的な評価の実施

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。このため、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必要があると考える。

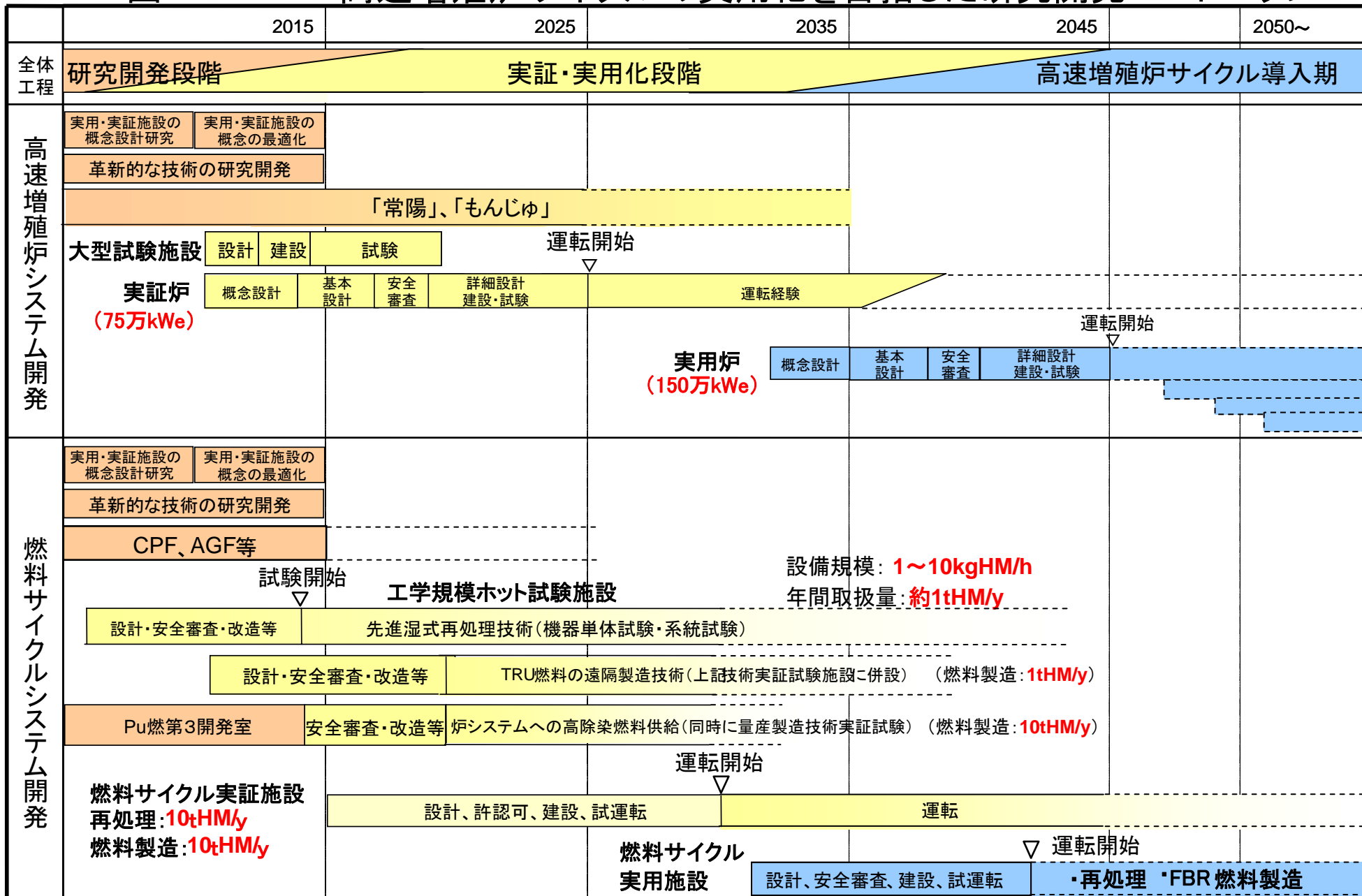
この際、原子力政策大綱（2005年10月）は「2015年頃から国としての検討を行う」としており、この2015年頃の国の評価は特に重要であると考えられる。

また、(i) 原子力政策大綱（2005年10月）は「軽水炉使用済 MOX 燃料の処理の方策は、(中略) 2010年頃から検討を開始する」としており、この検討において必要となる科学技術的な知見の提供を求められること、(ii) 今後5年間の研究開発成果を踏まえて、採用する革新的な技術の高い確度の見直しを持って決定し、その後の概念設計（実用施設・実証施設）活動や実証試験施設の整備に反映させる必要があること、(iii) 諸外国の高速増殖炉サイクル開発に関する状況は大きく動き、適宜、我が国の研究開発計画の再検討が必要になること、が考えられる。これに対応するため、2010年までに高速増殖炉サイクル技術に関する研究開発成果をとりまとめ、これを国が評価することが必要であると考えられる。この際、採用する革新的な技術の高い確度の見直しを持って決定できるよう、また、採用する革新的な技術あるいはそれ以外の技術と当該技術の採用に伴うコストが明かになるよう研究開発成果がとりまとめられることが必要であると考えられる。

#### ⑤ 既存施設の有効活用

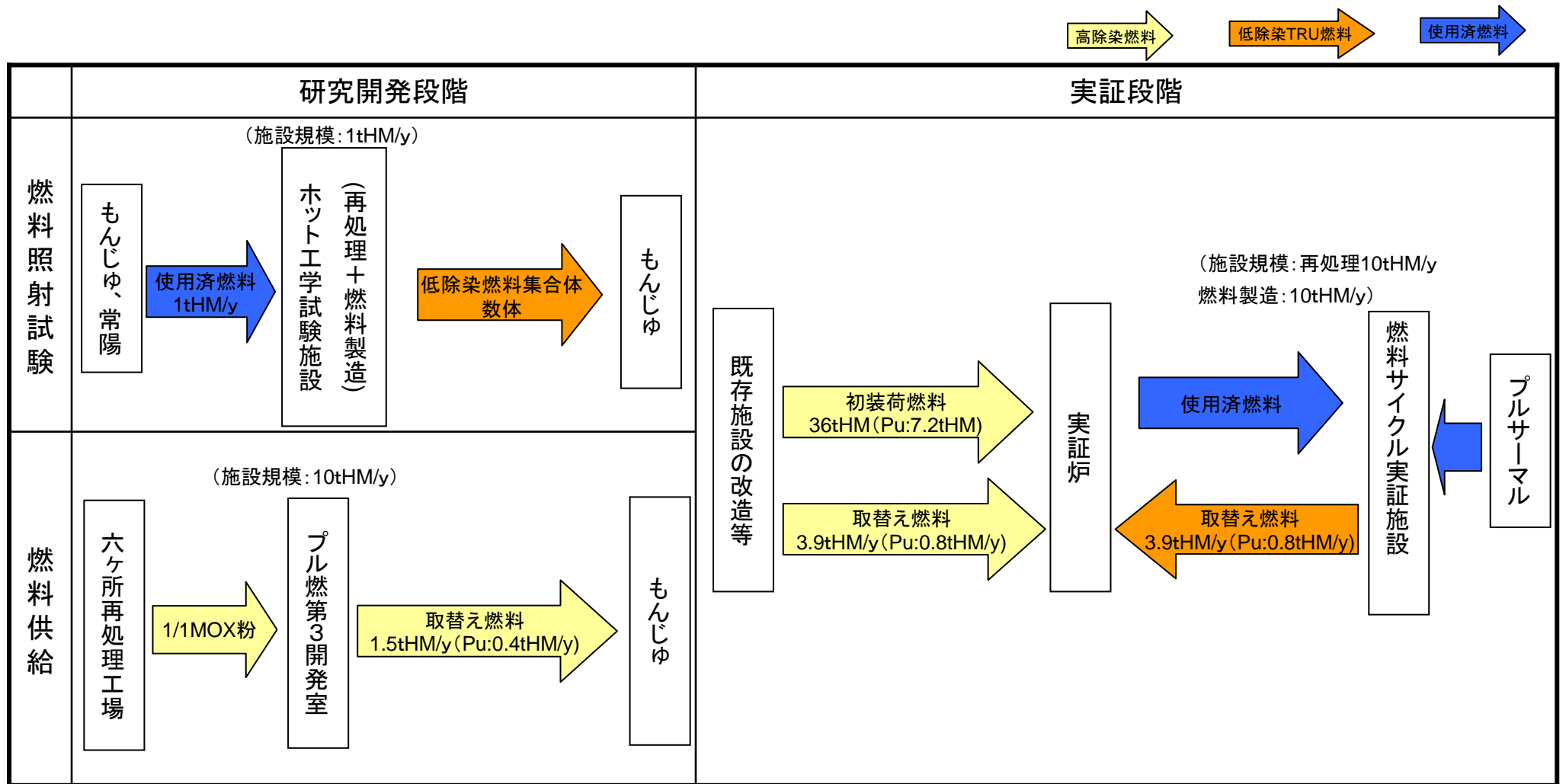
今後の研究開発を進めるにあたっては、高速実験炉「常陽」、高速増殖原型炉「もんじゅ」、東海再処理工場、プルトニウム燃料開発室など、既存施設の有効活用を優先的に考えることが、研究開発を効率的・効果的に進める観点から重要であると考えられる。

図2-1-1 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2-1-2 ロードマップに基づく燃料供給の流れ



## (2) 実用化に向けてのロードマップ

「高速増殖炉の（中略）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」に関連して、「FS フェーズⅡ報告書」では、革新的な技術の実証方法などが異なる3つのシナリオが紹介されており、また、製造事業者からもシナリオが提案されている。このように、2050年頃までの高速増殖炉サイクルの実用化を目指したロードマップとして複数のものが考えられる。

当委員会は、これらのシナリオを踏まえ、技術的な知見を前倒して蓄積していくことの必要性、研究開発資源の効率的利用などを考慮し、図2-1-1のロードマップを想定して2015年までの研究開発計画をまとめることが適切であると考えます。

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ことが必要であることから、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。

### (ロードマップのポイント)

高速増殖炉の燃料は、天然に存在するウランではなく、再処理施設（及び燃料加工施設）から供給されることから、高速増殖炉システムと燃料サイクルシステムとの整合性が不可欠である。このため、実証炉に向けての燃料供給の流れを図2-1-2のように想定している。

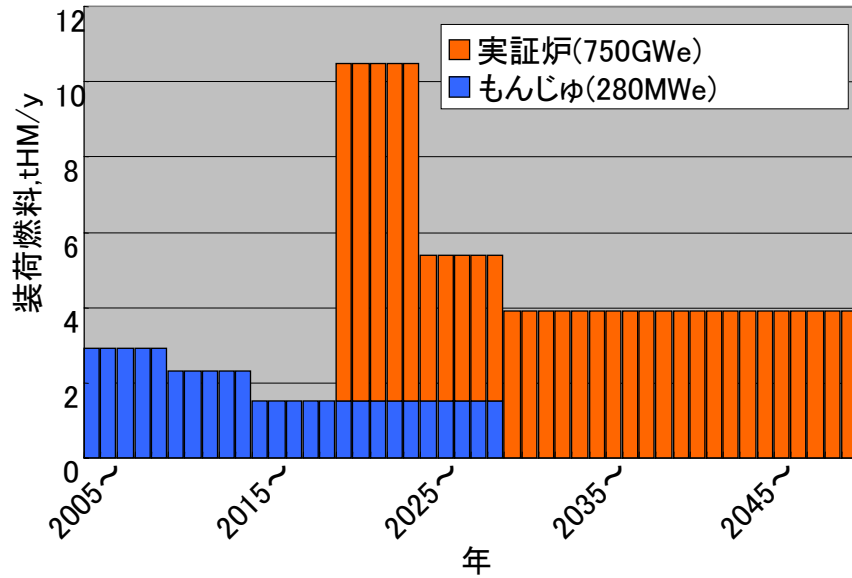
具体的には、2025年に実証炉を運転開始することとしている。実証炉は、MAが含有されていない燃料（高除染燃料）で運転を開始し、MA含有燃料（TRU燃料）に関する再処理、燃料製造技術の開発を並行して行うとともに、実証炉運転の習熟を経て、取替え燃料として順次TRU燃料に移行していくこととしている。

但し、これらの施設の規模や運転開始時期は、小規模なシステムから実用段階のシステムに規模を大型化する際の段階をどのように刻むことが適切かという判断によって異なってくる。また、研究開発の進展や社会環境の動向を正確には予測できない。このため、施設の規模

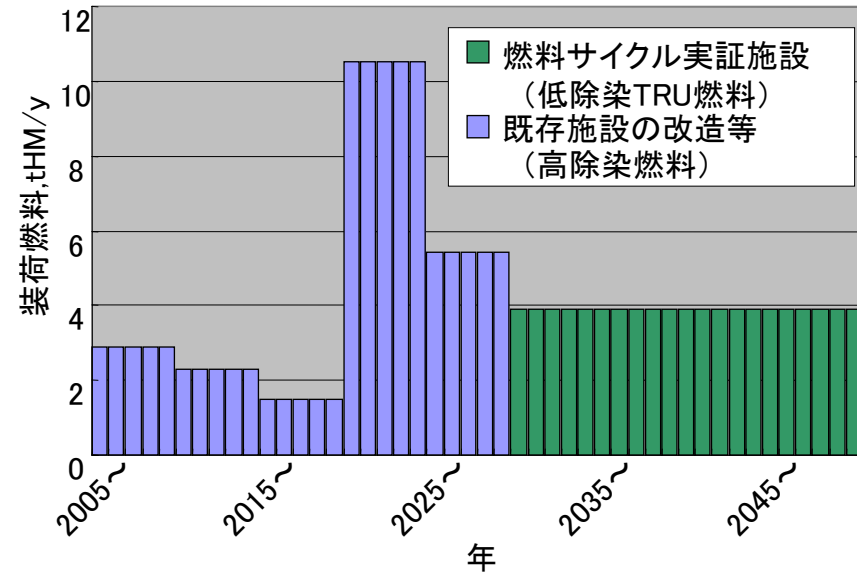


図2-1-3 ロードマップに基づく必要な核燃料物質の供給量

炉システムに必要な核燃料物質量の推移



炉システムに供給する燃料の加工量の推移





や運転開始時期については、ひとつの目安として捉えたものであることに留意すべきである。なお、施設の立地準備に必要となる期間は明示していないが、今後ロードマップを詳細なものとしていく場合にはこの点に関し考慮することが重要であると考えられる。

2015 年頃までは、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」として、革新的な技術の研究開発を中心に実施することとしている（具体的な研究開発計画は「(3) 研究開発計画」に示す。）。今後 2015 年頃までに、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、組み合わせて高速増殖炉サイクル技術の設計研究を行い、開発目標・設計要求を満足する概念設計を得ることとしている。2015 年頃以降、得られたシステム概念を経済性を含め実証するための実証炉、燃料サイクル実証施設において総合的に実証し、実用炉及び燃料サイクル実用施設に成果を反映させて行くものとしている。これらを踏まえ、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ものとしている。

高速増殖炉に必要な核燃料物質の供給については、図 2-1-3 のように想定している。「もんじゅ」や実証炉の運転に必要な核燃料物質を既存施設を改造した施設から供給される高除染燃料と核燃料サイクル実証施設から供給される低除染 TRU 燃料で賄うと想定している。

また、2045 年頃の実用炉運転開始の以前に燃料サイクル実用施設が運転を開始するものと想定している。この燃料サイクル実用施設は、軽水炉燃料及び高速増殖炉燃料を再処理し、実用炉へ低除染 TRU 燃料を供給する役割を想定している。

図2-1-4 ナトリウム冷却炉の2015年までの研究開発計画

		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		1	2	1, 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>クリープ疲労強度、長時間延性・靱性、溶接施工性の確認</li> <li>長時間データの成立見通し</li> </ul>	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, 4	5	3, 4, 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>流力振動問題の成立性確認</li> <li>高速流配管の耐エロージョン性の成立見通し</li> <li>高速流配管の耐エロージョン性成立性の確認</li> </ul>	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		6, 7	8	6, 7, 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>振動抑制対策及び寿命中の伝熱管磨耗量の確認</li> <li>同機器の流動成立性の確認</li> </ul>	従来型(分離配置)
	④原子炉容器のコンパクト化		9, 10	11, 12	9, 10, 11, 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機熱流動条件での材料・構造の健全性確認</li> <li>モデル試験と高温構造設計方針との整合見通し</li> <li>高温構造設計方針の策定と設計の整合性確認</li> </ul>	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		13, 14	15, 16	13, 14, 15, 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料交換機、燃料出入機、燃料洗浄概念成立性見通し</li> <li>燃料交換設備の操作性や冷却設備の有効性確認</li> </ul>	—
	⑥物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化		17, 18	19, 20	17, 18, 19, 20	<ul style="list-style-type: none"> <li>SC造格納容器成立性の見通し</li> <li>設計基準との整合性確認</li> </ul>	—
	⑦炉心燃料の開発[照射試験]		21, 22	23, 24	21, 22, 23, 24	<ul style="list-style-type: none"> <li>実用燃料への適用性見通し</li> <li>設計基準整備</li> </ul>	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		25, 26	27, 28	25, 26, 27, 28	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏洩検出器成立性見通し</li> <li>2重配管の保守方法の確認</li> </ul>	—
	⑨直管2重伝熱管蒸気発生器の開発		29, 30	31, 32	29, 30, 31, 32	<ul style="list-style-type: none"> <li>2重伝熱管の製作性や大型球形管板の成立見通し</li> <li>総合的な機能確認による成立性の確認</li> </ul>	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		33, 34	35, 36	33, 34, 35, 36	<ul style="list-style-type: none"> <li>目視センサー、体積検査機器の実用性見通し</li> <li>同機器の分解能、処理能力と実機への適合性確認</li> </ul>	—
	⑪受動的炉停止と自然循環による炉心冷却		37, 38	39, 40	37, 38, 39, 40	<ul style="list-style-type: none"> <li>受動的炉停止装置の機能確認</li> <li>自然循環による炉心冷却システムの成立性確認</li> </ul>	—
	⑫炉心損傷時の再臨界回避技術		41, 42	43, 44	41, 42, 43, 44	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-FAIDUSの溶融燃料排出能力の実証</li> <li>炉心損傷影響を炉内終息できる概略見通し</li> <li>炉心損傷影響を炉内終息できることの実証</li> </ul>	—
	⑬建屋の3次元免震技術		45, 46	47, 48	45, 46, 47, 48	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術成立性の見通し</li> <li>設計基準整備</li> </ul>	水平免震
大型試験施設		49, 50	51, 52	53, 54	49, 50, 51, 52, 53, 54	<ul style="list-style-type: none"> <li>革新技術の成立性見通し</li> </ul>	—
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		55, 56	57, 58	59, 60	55, 56, 57, 58, 59, 60	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計手法の妥当性検証</li> <li>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</li> </ul>	—

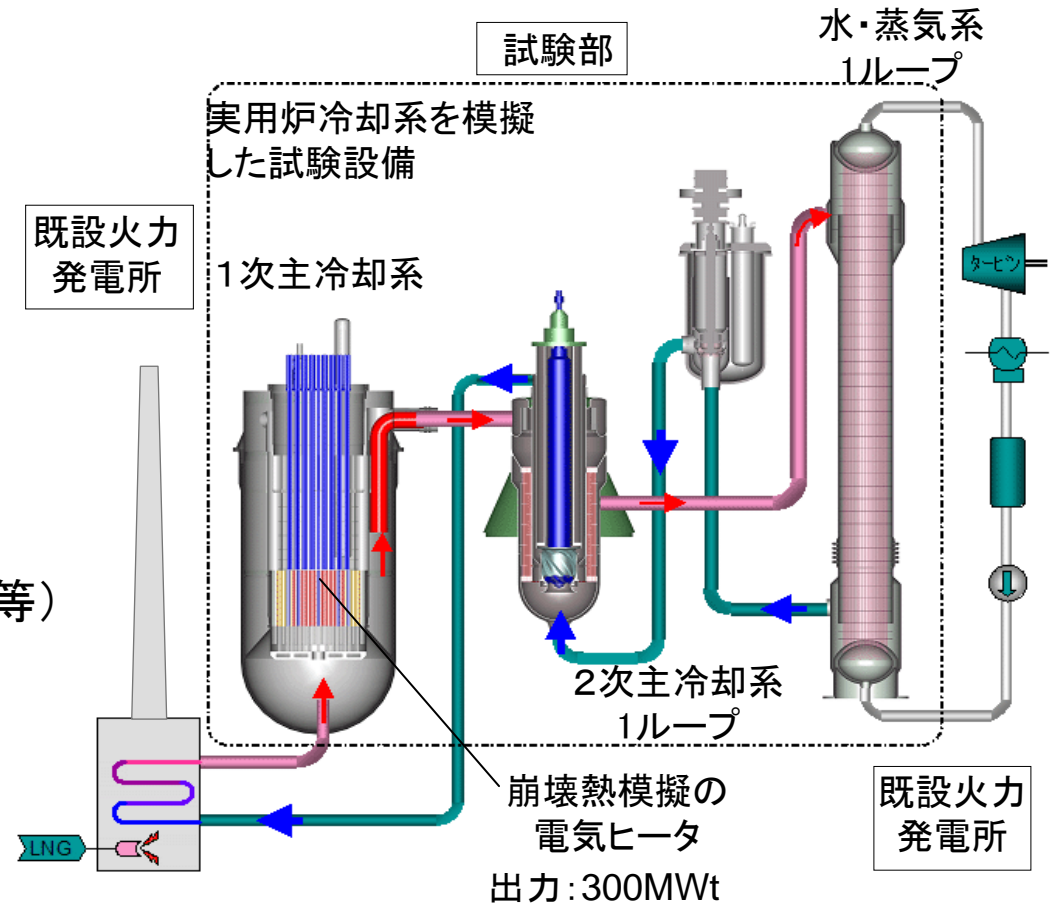
主概念・ナトリウム冷却炉

▼ 革新的な技術の決定      ◆ 各課題のマイルストーン

図2-1-5 大型試験施設による革新的な技術の実証試験

(試験項目の例)

- ・主循環ポンプ
- ・直管型二重伝熱管蒸気発生器
- ・水蒸気系再循環運転による崩壊熱除去
- ・計装(超音波流量計、水素計、ISI機器、等)
- ・配管・機器内温度成層化現象、等



大型試験施設概念の一例

### (3) 研究開発計画

当委員会は、2015年までの研究開発に関する基本的な考え方及び想定した2015年以降のロードマップとの整合性を踏まえ、高速増殖炉システムと燃料サイクルシステムについて2015年までの研究開発計画を検討した。その結果は次のようなものである。

#### ① 高速増殖炉システムの2015年までの研究開発計画

高速増殖炉システムの2015年までの研究開発計画の全体スケジュールは図2-1-4である。

2015年に向けて、2050年頃に導入を目指す実用炉及び2025年頃に導入を目指す実証炉の概念設計研究を実施するべきである。この際、概念設計に革新的な技術を含め全ての要素技術の研究開発成果を反映することが、重要であると考ええる。

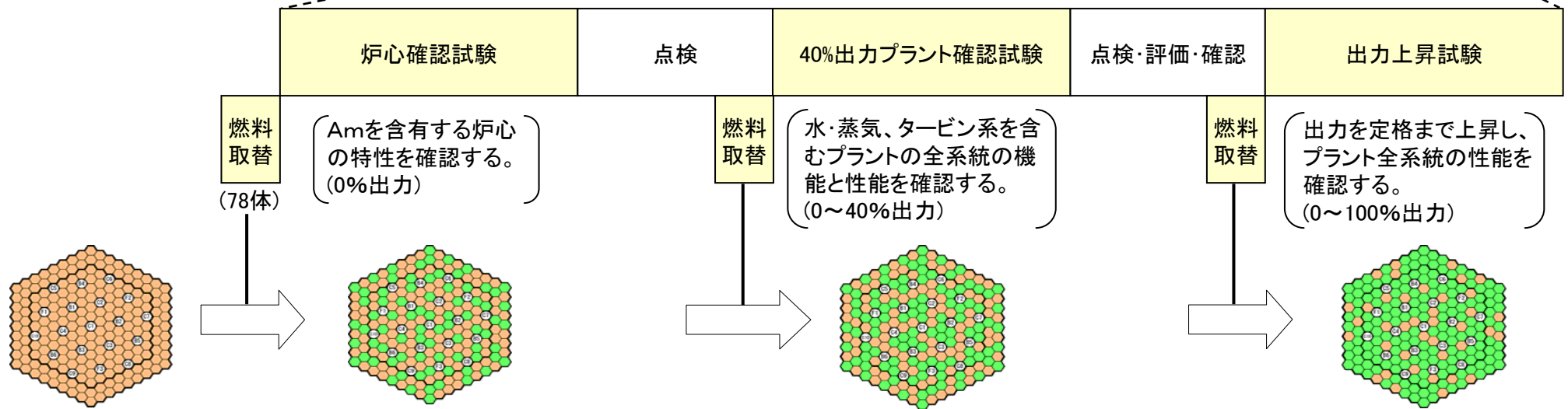
同時に、革新的な技術について研究開発を行う必要がある。具体的には、図2-1-4に示すように、13項目の革新的な技術ごとに技術的判断のポイント及び代替技術を定めている。なお、革新的な技術に関する問題を解決するためには、さらに詳細な開発課題あるいは試験課題に対応した研究開発の実施が必要になる。この詳細な開発課題あるいは試験課題とこれらに対応した研究開発の内容については、添付資料4として本報告書に添付している。

革新的な技術の実証の一環として、放射性物質を用いない大型試験施設の建設が必要であると考ええる。これを用いて、直管二重伝熱管蒸気発生器の伝熱流動試験、ポンプ組込型中間熱交換器安定性・熱影響確認試験、炉心プレナム内流動試験などを行うことが重要であると考ええる。革新的な技術の研究開発を進めた後、2010年頃から実証試験計画の立案、大型試験施設の設計、建設と進めていくことが必要であると考ええる（図2-1-5参照）。

大型試験施設は放射性物質を用いないコールド施設であることから、炉心燃料を用いた試験は行えず、また、発電システムとしての総合的

図2-1-6 「もんじゅ」の性能試験を踏まえた燃料取替計画と性能試験工程

	17年度	18年度 (2006)	19年度 (2007)	20年度 (2008)	21年度 (2009)	22年度 (2010)
工程	改造工事		工事確認試験		プラント確認試験	
					性能試験(約2年半)	

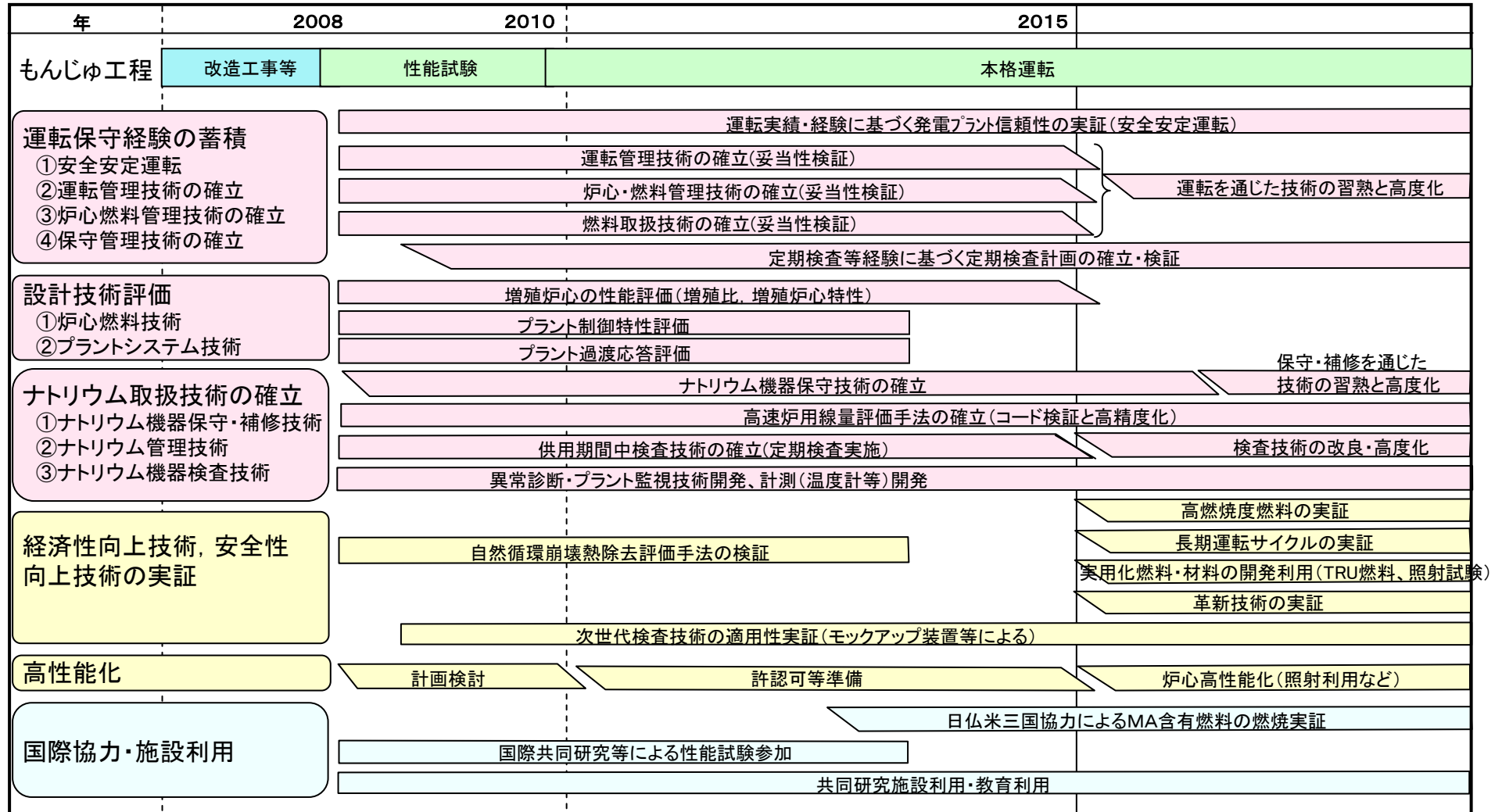


● : 炉内装荷状態の保管燃料(初装荷燃料Ⅰ型)    ● : 製造済の保管している取替燃料(初装荷燃料Ⅱ型)、新たに製造する燃料(初装荷燃料Ⅲ型)

注) 燃料交換体数及び燃料配置は例示である。

## 図2-1-7 「もんじゅ」における研究開発計画

- もんじゅの運転保守経験に基づき、運転管理技術等を確立、設計技術を評価、ナトリウム取扱技術を確立。
- 特に、性能試験では、安全確認の他、運転データに基づくFBR設計手法の妥当性検証などの設計技術評価を行う。





な確認も行えない。このため、燃料ピンレベルでの燃焼に関する知見の獲得については、既存施設である高速実験炉「常陽」を活用することが適切であると考え。また、燃料体レベルでの燃焼に関する知見の獲得、並びに、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については、高速増殖原型炉「もんじゅ」を活用することが適切であると考え。

特に、「もんじゅ」については、安全確保を前提に地元の理解を得て早期に運転を再開し、原型炉としての所期の目的の達成に注力するとともに、その成果を実用化に向けての研究開発に反映するべきである。まず、性能試験結果等に基づく高速増殖炉プラント設計技術を評価し、高速増殖炉の設計手法の妥当性を検証することが必要であると考え（図 2-1-6 参照）。続いて燃料交換・運転保守経験の蓄積による運転管理技術等の確立を図るとともに、ナトリウム機器の保守経験等に基づくナトリウム取扱技術を確立することが適切であると考え。これらにより、発電プラントとしての信頼性実証とナトリウム取扱技術の確立を達成するべきである。

所期の目的を達成した後は、高速中性子による照射、TRU 燃料開発、長期運転サイクルの実証など炉心の高性能化に向けた研究開発を実施し、また経済性向上技術や安全性向上技術の実証の場として活用するなど、高速増殖炉の実用化に向けた研究開発の場として活用・利用することが期待される（図 2-1-7 参照）。なお、将来の研究開発計画については、研究開発の進捗などを踏まえ、2010年及び2015年の評価において見直すべきである。

なお、2008 年より開始する予定の性能試験の実施に当たっては、安全を最優先とし、リスクを小さくしながら、成果を確実に得る性能試験計画とするべきである。すなわち、燃料及びプラント設備機器が長期保管状態にあったことを踏まえ、臨界状態での炉心確認試験および 40 %の低出力運転状態でのプラント確認試験を追加し、その評価・確認を行った上で、出力上昇試験を実施することが適切であると考え。また、炉心の長期停止に伴い、プルトニウムがアメリカウムに壊変した炉心の炉物理データを取得することは、高速増殖炉による TRU 燃焼に関する基礎的なデータを取得の機会として重要であると考え。

図2-1-8 燃料サイクルシステムの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
先進式 湿式	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、ネプツーン) 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) 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	4 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2-1-9 燃料サイクルシステムの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 プロセス選定試験、遠隔保守対応設備開発	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 プロセス選定試験、遠隔保守対応量産設備開発	1 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 量産用連続焼結炉の開発	1 2 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)、焼結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 設計支援データ、試験条件 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

## ② 燃料サイクルシステムの 2015 年までの研究開発計画

燃料サイクルシステムの 2015 年までの研究開発計画の全体スケジュールは図 2-1-8 及び図 2-1-9 である。

2015 年に向けて、2050 年頃に導入を目指す燃料サイクル実用施設及び 2030 年頃に導入を目指す燃料サイクル実証施設の概念設計研究を実施すべきである。この際、革新的な技術を含めた全ての要素技術の研究開発成果を反映することが重要であると考ええる。

同時に、革新的な技術について研究開発を行う必要がある。具体的には、図 2-1-8 及び図 2-1-9 に示すように、12 項目の革新的な技術ごとに技術的判断のポイント及び代替技術を定めている。なお、革新的な技術に関する問題を解決するためには、さらに詳細な開発課題あるいは試験課題に対応した研究開発の実施が必要になる。この詳細な開発課題あるいは試験課題とこれらに対応した研究開発の内容については、添付資料 5 として本報告書に添付している。

燃料サイクル施設は核物質を扱う化学プラントとの側面が強いことから、その研究開発は、核物質を用いた小規模の試験を行いその後規模を大きくするというアプローチが適切であると考ええる。このような特徴を踏まえ、まずは、核物質を取り扱える既存施設（高レベル放射性物質研究施設（CPF）や照射燃料試験施設（AGF）など）において実験室規模（～ 0.1kg/h）での基礎的な物性データを取得することが必要であると考ええる。さらに、革新的な技術の開発・実証の一環として、実験室規模よりも核物質取扱量を増やし、装置挙動や製作性を考慮した工学規模（～ 1 kg/h）での革新的な技術の性能データ取得を行い、その後総合システム実証（～ 10kg/h）を行うことが必要であると考ええる。この総合システム実証が可能なホット工学試験施設の建設にあたっては、研究開発資源の効率化の観点から、既設施設の活用及び再処理施設と燃料製造施設の併設による合理化を検討すべきである。

実証炉の初装荷燃料及び初期の取替え燃料として MA が含有されていない燃料（高除染燃料）を想定している。この高除染燃料の供給及び将来に向けた低除染燃料の量産製造技術を高除染燃料で実証するために（低除染燃料と比較して放射線量が低いため研究開発にあたり取り扱いが容易）、既存施設の活用を検討すべきであると考ええる。

図2-2-1 「もんじゅ」事故後のこれまでの経緯

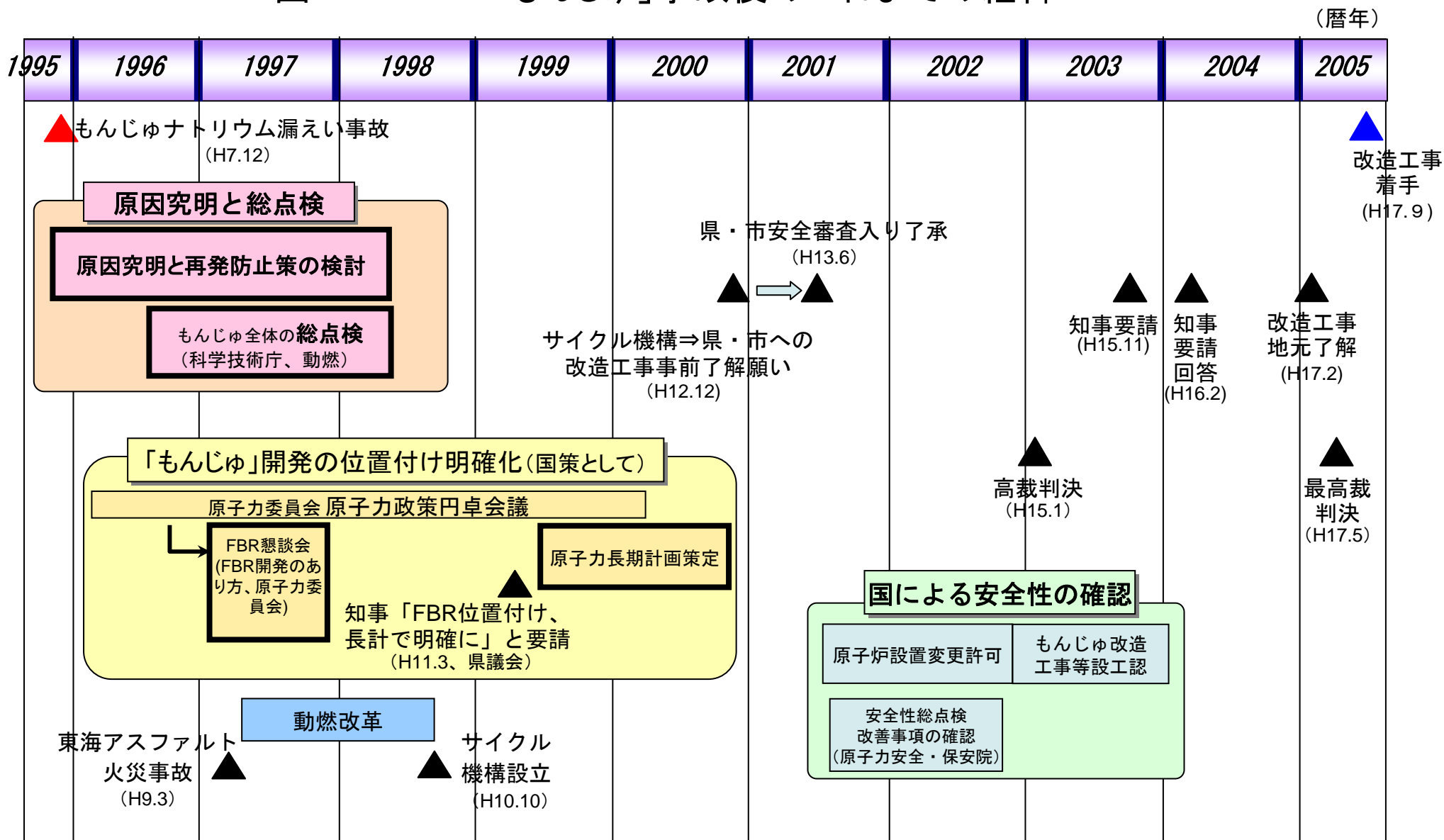
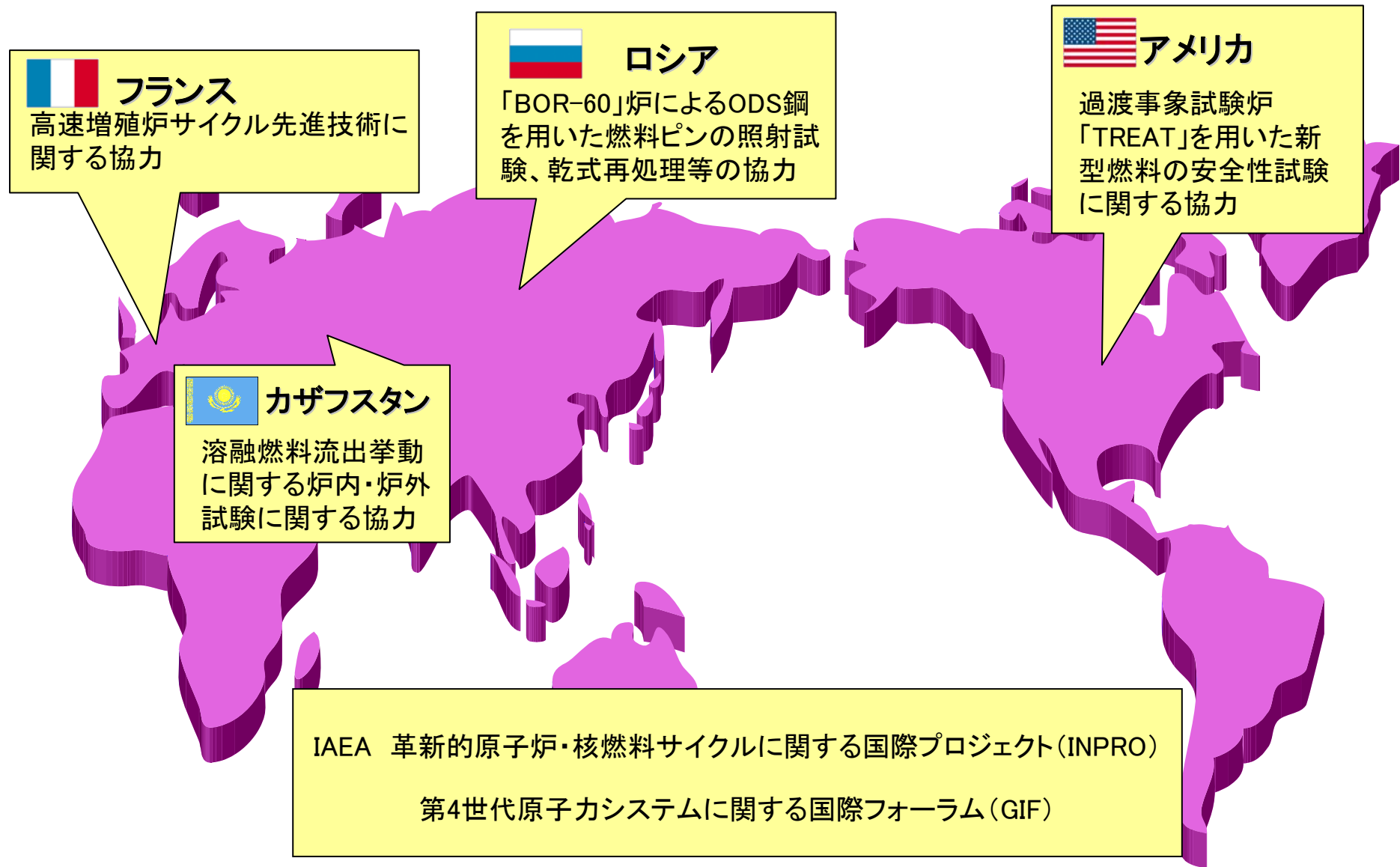


図2-2-2 高速増殖炉サイクル分野の国際協力の現状



## 2. 2015年までの研究開発の進め方

### (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当たっての前提条件である。

これまでの高速増殖炉サイクル技術に関する研究開発においては、もんじゅナトリウム漏れ事故、東海再処理施設アスファルト固化処理施設火災・爆発事故を経験している。これらは、安全性に関連した情報共有の問題やチェック体制の機能不全などにより事故の発生を未然に防ぐことができなかつただけでなく、事故情報の公開への取り組みに問題を起こし、国民の信頼を大きく失うことにつながったものである。

1995年に発生したもんじゅナトリウム漏れ事故の発生から10年以上が経ち、この間、原因究明と総点検、さらに国による安全性の確認が行われるとともに、研究組織は、動力炉・核燃料開発事業団から核燃料サイクル開発機構を経て現在の原子力機構になった（図2-2-1参照）。しかし、国民の信頼を回復するには至っていない。

安全の確保が全てに優先されるべきことを改めて徹底し、安全確保に関する法令の順守、品質保証活動の絶えざる改善、業務に関する安全性についての十分な知識の蓄積、安全確保についての高い意識と倫理の維持、さらに、危機管理や積極的な情報公開などを通じ、高速増殖炉サイクルの研究開発に係わるすべての組織と人が安全文化を維持発展させていくことによって、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

#### ① 基本的な考え方

高速増殖炉サイクルの研究開発を国際的な共同研究・共同開発により実施することは、我が国が研究開発を進めている高速増殖炉サイク

ルと共通の概念について幾つかの技術候補の研究開発を分担したり、炉型や燃料の異なる高速増殖炉サイクル技術の研究開発を並行して実施したりすることにより、研究開発のリスクや資源の低減を図ることができる可能性がある。また、国際協力を通じて設計概念を共有することにより、国際標準概念を構築できる可能性がある。このため、国内における資源の効果的で効率的な活用や世界の公共財的な技術として国際的に貢献するとの観点から、競争する分野と協調する分野を峻別しつつ、国際協力を推進するべきである。

このような認識に立ち、今後の国際協力は、次のような基本的な考え方に基づき進めることが適切であると考ええる。

- 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
- 情報、技術等を提示するにあたり、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

## ② 国際協力の現状

高速増殖炉サイクルに関する国際協力の現状を図 2-2-2 に示す。

多国間協力である「第 4 世代原子力システムに関する国際フォーラム (GIF)」は、持続性、安全性、経済性、核拡散抵抗性・核物質防護の要件を満たす第 4 世代原子力システムを、2030 年頃の実用化を目標に開発することを目指している。個別の協力については、ナトリウム冷却高速炉の開発に関する共同研究のシステム取決めが原子力機構を



実施機関として 2006 年 2 月に締結され、設計・安全性、新型燃料、機器設計・BOP などの分野での具体的な協力が開始されようとしている（開発目標と設計要求の比較については添付資料 6 を参照のこと）。

IAEA が主導する「革新的原子炉・核燃料サイクルに関する国際プロジェクト（INPRO）」では、開発途上国とともに、各種の高速炉サイクル技術を対象とした INPRO 評価手法による評価について共同研究を行うこととしている。

表 2-2-1 は、高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究（FS）フェーズⅡにおける開発目標と、GIF 及び INPRO における開発目標を比較したものである。FS はこれらの国際的な取り組みに先行して 1999 年に開始されたが、GIF 及び INPRO と FS では、ほぼ同様な開発目標や設計要求が設定されている。高速増殖炉サイクルの研究開発は、我が国を含めて概ね同様の方向を目指しており、国際協力が関係国間で有効な研究開発手段となりうると考えられる。

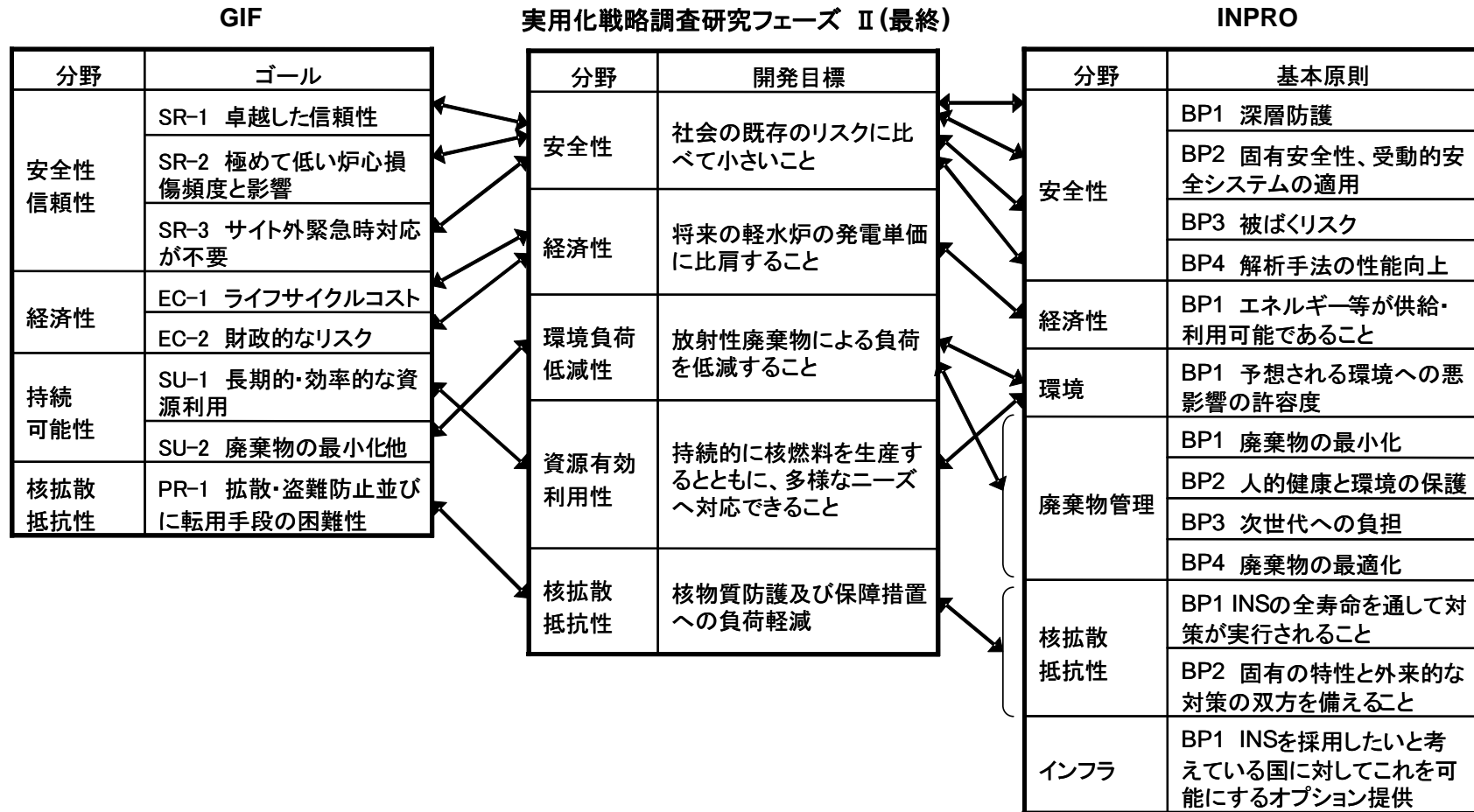
二国間協力では、原子力機構が仏国原子力庁（CEA）と、高速増殖炉サイクル先進技術に関し、高速炉プラント設計研究、構造健全性、熱流動、炉物理、安全性、炉心燃料開発、プラント運転技術、再処理プロセス技術、燃料製造プロセス技術、および高速増殖炉サイクル導入シナリオ研究などの分野で情報交換を中心に行っている。

米国との間では、原子力機構が、米国の過渡事象試験炉「TREAT」を用いた新型燃料の安全性試験の準備等を進めている。

ロシアとの間では、1998 年から開始された日露政府間の高速増殖炉サイクル協力の枠組みの下で、原子力機構が原子炉科学研究所（RIAR）と、燃料材料照射試験（「BOR-60」炉による ODS 鋼を用いた燃料ピンの照射試験）を実施している。なお、乾式再処理（酸化物電解法の基礎試験）については 2005 年度で協力を終了している。

カザフスタンとの間では、炉心損傷時の熔融燃料流出挙動に関する炉内・炉外試験について、原子力機構がカザフスタン国立原子力研究センターと共同研究を実施している。

表2-2-1 実用化戦略調査研究とGIF、INPROとの開発目標の比較



INS: Innovative Nuclear System

## 表 2-2-2 国際原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP） 構想について

### 政策的目標

- 米国と世界のエネルギー安全保障を増進する。
- クリーンなエネルギーを世界中に広め、環境の改善を図る。
- 核拡散リスクを低減する。

### 米国の国内政策の方針

米国は、本構想の下で、放射性廃棄物を減量し、**核拡散抵抗性に優れ、プルトニウムを単体で分離しない先進的再処理技術開発を促進**するとともに、こうして取り出されたプルトニウム等を燃やすための高速炉開発を進める方針。

### GNEP構想の7つの構成要素

- |                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| ① 米国における原子力発電の拡大             | ② 放射性廃棄物の低減            |
| ③ <b>核拡散抵抗性の高いリサイクル技術の実証</b> | ④ <b>先進燃焼炉(ABR)の開発</b> |
| ⑤ 燃料供給サービスの確立                | ⑥ 輸出可能な小型炉の開発          |
| ⑦ 先進的保障措置技術の開発               |                        |

### ③ 今後の国際協力の進め方

#### ア. 国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP)

米国が本年2月に提唱した新たな枠組みである「国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP)」構想(表2-2-2参照)は、世界的な原子力発電の拡大に対応しつつ、核不拡散を確保するための国際的なシステムを構築しようとするものである。

GNEP 構想の中の高速炉サイクル技術は、放射性廃棄物の低減、核拡散抵抗性の向上、プルトニウムを単体で分離しない再処理(当面は軽水炉から発生する使用済燃料を再処理)の推進、ナトリウム冷却高速炉の導入などの点で我が国と方向性が共通している。一方、方向性が異なる点もある。例えば、GNEP 構想の中のナトリウム冷却高速炉はプルトニウムの増殖を目指していない。これは、我が国と米国のエネルギーセキュリティに対する考え方の違いによるものと考えられる。

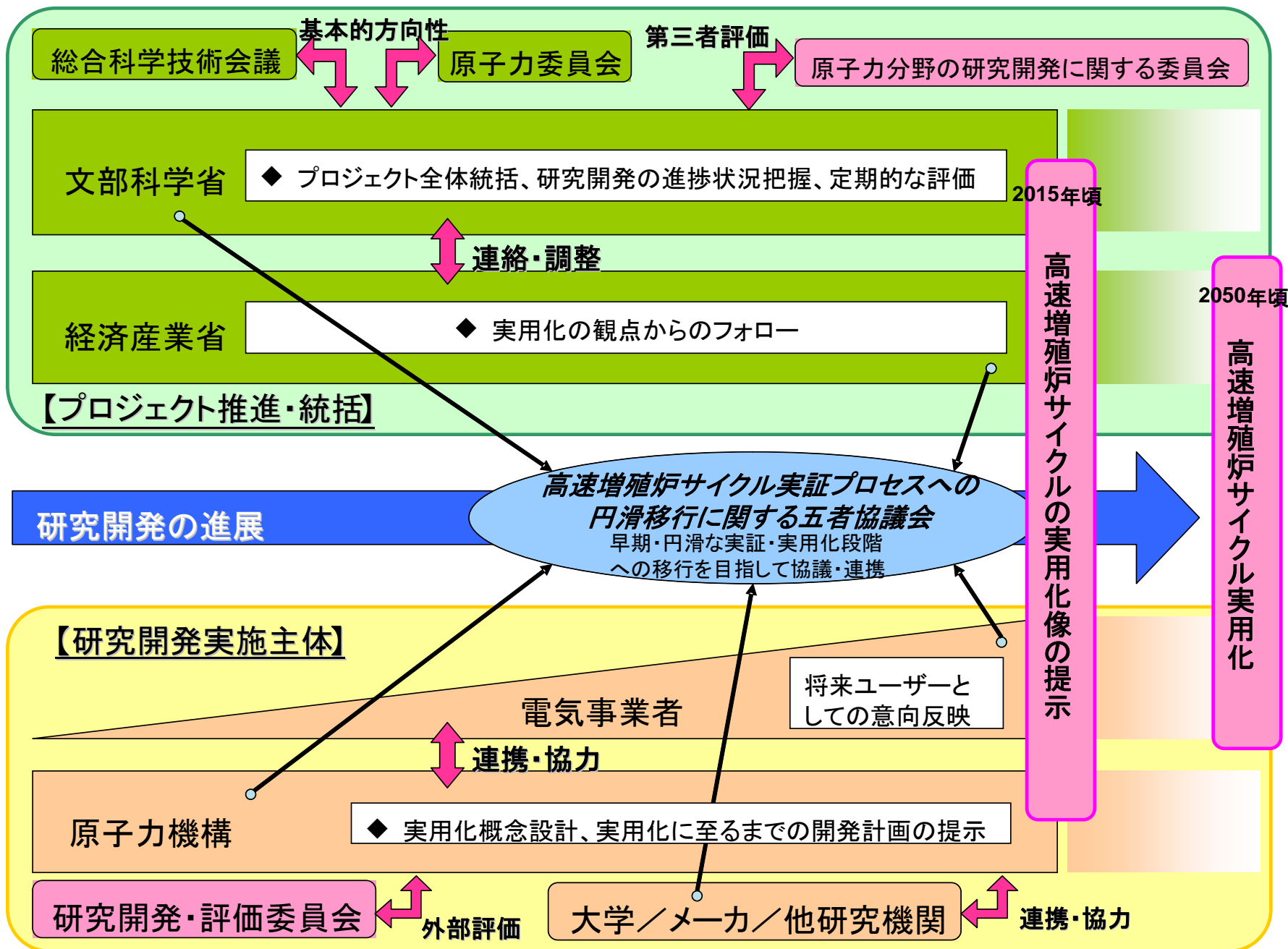
今後、GNEP 構想を詳細に検討し、共通点及び相違点を明確にしていく必要があるが、GNEP 構想に対し積極的、また前述の基本的な考え方に沿って戦略的に対応することが適切である。

具体的には、日米両国が研究開発を進めている技術の比較検討を行って共同研究・共同開発の可能性を探ること、先進燃焼炉「ABR」の設計活動に積極的に参加すること、「常陽」・「もんじゅ」・米国過渡事象試験炉「TREAT」など研究開発施設を相互利用すること、などを検討することが適切である。

#### イ. 第4世代原子力システムに関する国際フォーラム (GIF)

ナトリウム冷却炉システム取決めの締結に続き、ナトリウム冷却炉に係るプロジェクト取決め(設計・安全性、新型燃料、機器設計・BOPなどの分野)を締結し、国際共同研究を本格化させることが適切であると考える。これにより、主としてプラントシステム技術及び炉心燃料技術の分野でメリットがあると考えられる。特に、プラントシステム技術については、GIF が開発を目指す炉概念の比較検討プロセスにおい

図2-2-3 研究開発の推進体制





て、我が国の技術が世界標準となるよう主体的にリードしていくことを期待する。炉心燃料技術については、各国における要素技術開発に関する情報交換を通じて基礎データの拡充が可能となることから、研究開発のリスク低減や資源負担の低減を期待する。

#### ウ．革新的原子炉・核燃料サイクルに関する国際プロジェクト (INPRO)

開発途上国からの参加もあることから、我が国が提供可能な技術が国際的に活用されていくものとするため、開発途上国の動向等の情報収集を含め、幅広く国際的な理解を得るよう努力して行くことが重要である。

#### エ．その他の二国間、多国間の協力

上記以外の二国間や多国間の協力についても積極的にその可能性を追求し、国際標準化概念の構築と開発リスクの低減に寄与するよう努めることが重要である。

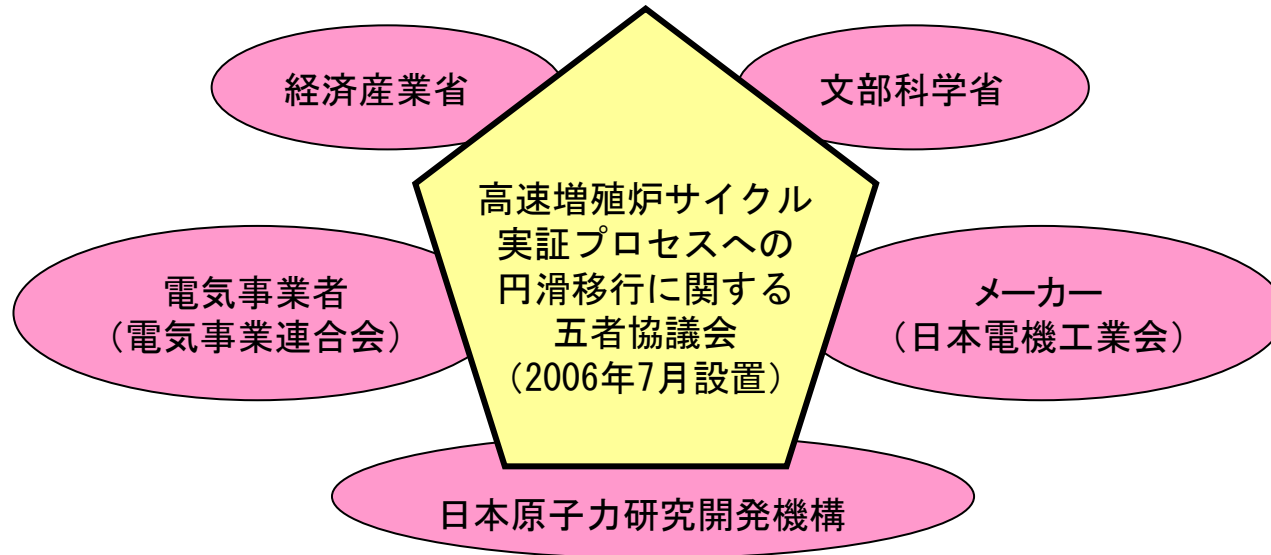
### (3) 研究開発体制

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、国および研究開発機関が、産業界とロードマップ等を共有し、大学や産業界の協力・協働を得つつ、主体的に取り組むべきである。

これに対応し、原子力基本法に定められる唯一の原子力研究開発機関である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る（図2-2-3参照）。

原子力機構は、2005年10月、基礎的な研究開発を主に行ってきた日本原子力研究所とプロジェクト指向の研究開発を主に行ってきた核燃料サイクル開発機構が統合して設立された独立行政法人である。今後とも、

## 図2-2-4 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



### ○目的

- ・ 2015年頃の高速増殖炉サイクル実用化研究開発（研究開発段階）の終了後、円滑に実証炉等の実証プロセスに移行するためには、その相当前から、並行して、研究開発側と導入者側の間で実証プロセスに向けた検討を進め、その結果を実用化研究開発にも反映していくことが不可欠
- ・ 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、協議会を開始

### ○検討事項（案）

- ・ 実用化研究開発に対するユーザー側のリクワイヤメント
- ・ 軽水炉から高速増殖炉へのサイクル側（再処理、燃料）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
- ・ 予算のフレームワーク
- ・ 実証体制と費用分担
- ・ その他



## 図2-2-5 評価の体制

### 国の評価

○現在：

文部科学省：科学技術・学術審議会 研究開発・評価分科会 原子力分野の研究開発に関する委員会」  
において、「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」を評価

経済産業省：総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会において、高速増殖炉サイクル  
実用化のシナリオや移行シナリオにおける官民役割分担のあり方などを検討

○2010年及び2015年：

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  
ものであるから、評価のあり方を検討する必要あり

### 研究開発機関が自ら実施する評価

○当事者として適正かつ厳正に自らの研究開発成果を評価することが必要

○この際、各種の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することが必要

●プロジェクトレビュー：複数の取り組み提案の相互比較を保証

・当該分野の専門家を含む学識経験者の集団に求めるなど

●マネジメントレビュー：取り組みが適切に推進されることを保証

・取り組みの進捗状況や成果に関する担当者的上司による評価

・学会等における批判を効果的に活用

・分野毎に国内外の専門家、成果の利用者からなるチームを設け、研究開発活動の妥当性を評価

●研究開発活動の成果を性能目標の達成度の観点から評価し、これを踏まえて次に取り組むべき活動を提案

・多方面にわたる学識経験者と関係分野に深い学識を有する国内外の専門家から構成される評価チーム  
によるレビュー

原子力機構は、原子力政策大綱等にとり、統合効果及び経営の自主性・自立性を発揮しつつ、高速増殖炉サイクルの実用化に向けた研究開発を総合的、計画的かつ効率的に行うことが必要である。このため、深い専門的能力を有し、組織横断的にリーダーシップを発揮するプロジェクトリーダーの下、推進チームの顔が見える、研究開発能力及び研究開発管理能力に優れた体制を整備し、強力に研究開発を推進することが重要であるとする。

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り、文部科学省と経済産業省が連携を進めることが重要であるとする。特に、研究開発段階から実証・実用化段階に円滑に移行させるためには、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協議を行うことが重要であるとする。既に、経済産業省、文部科学省、電気事業者、製造事業者、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」が本年7月に設置、開催されている。この協議会においては、今後の研究開発に対するユーザー側の要求、軽水炉から高速増殖炉へのサイクル側（再処理・燃料製造）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としている（図2-2-4参照）。このような場が十分に機能することを期待する。

また、高速増殖炉サイクル技術の研究開発にあたっては、中核となる原子力機構とともに、基礎的な研究や実証・実用化に向けた研究開発などの各分野において、大学、研究開発機関、電気事業者、製造事業者における取り組みも強く期待する。

#### （4）研究開発の評価体制

研究開発の評価については、国の評価と研究開発機関が自ら実施する評価が必要不可欠である（図2-2-5参照）。

今回の「FS フェーズⅡ報告書」の評価は、本委員会（文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力分野の研究開発に関する委員会）において行った。一方、本年8月に取りまとめられた

表2-2-3 2010年までの研究開発経費

(単位:億円)

研究開発課題	年度	2006	2007	2008	2009	2010	計
設計研究(高速増殖炉システム)		5	9	8	8	8	37
設計研究(燃料サイクルシステム)		2	3	3	4	3	15
革新技術(高速増殖炉システム)		10	57	79	51	37	233
革新技術(燃料サイクルシステム)		11	40	49	39	26	164
工学規模ホット試験施設		0	18	17	18	16	70
「もんじゅ」維持管理費		80	91	150	166	208	694
「もんじゅ」改造工事等※		139	133	67	1	0	340
「もんじゅ」性能試験費		4	2	4	21	11	42
「もんじゅ」関連技術開発		8	8	8	8	8	41
「常陽」		29	50	59	59	55	250
CPF等		8	10	15	15	15	64
プルトニウム燃料製造		46	71	72	70	73	332
照射後試験施設		7	8	15	12	13	55
その他(コールド試験、施設維持等)		21	18	21	44	44	148
総計		370	518	566	513	516	2,484

※長期停止設備点検検査+安全対策を含む費用



経済産業省 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会の報告書において、「FS フェーズⅡ報告書」の評価が言及されるとともに、高速増殖炉サイクル実用化のシナリオや移行シナリオにおける官民役割分担のあり方などが検討されている。高速増殖炉サイクルの実用化は、文部科学省に限らず、我が国全体として取り組むべき重要な課題であると考え。特に、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、これに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。

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正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る。この際、研究開発に携わる原子力機構の個々の研究者・技術者及び組織としての原子力機構は、各種の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いくことが必要であると考え。このような評価の手法として、①複数の取り組み提案の相互比較を当該分野の専門家を含む学識経験者の集団に求めるなど、課題に対する取り組み方法などが妥当であることを保証していくプロジェクトレビュー、②取り組みの進捗状況や成果に関する担当者的上司による評価や学会等における批判を効果的に活用する他、分野毎に国内外の専門家、成果の利用者からなるチームを設け、研究開発活動の妥当性評価を求めるなどして、取り組みが適切に推進されることを保証していくマネジメントレビュー、が考えられる。このようなプロジェクトレビューやマネジメントレビューを充実させることが重要であると考え。また、研究開発活動の成果を性能目標の達成度の観点から評価し、これを踏まえて次に取り組むべき活動を提案するため、多方面にわたる学識経験者と関係分野に深い学識を有する国内外の専門家から構成される評価チームによるレビューを実施することが必要であると考え。

## (5) 研究開発資源の確保

### ① 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、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」など既存の施設における研究開発とともに、設計

図2-2-6 原子カシステム研究開発事業

**目的**

革新的原子カシステム(原子炉、再処理、燃料製造)の実現に資するため、競争的資金制度を適用した公募事業を実施

- ◇原子カ技術開発にブレークスルーをもたらす要素技術の涵養
- ◇産学官の連携により原子力の技術基盤を維持・発展
- ◇多様なアイデアの活用により科学技術を活性化
- ◇若手研究者を対象とした募集区分による人材育成

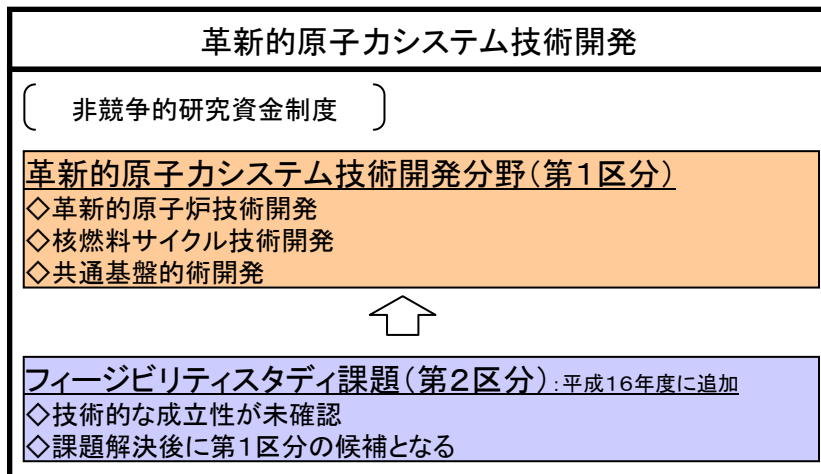
**事業の特色**

◇競争的資金制度の適用

- 独立した配分機関による配分を検討
- PD・POを設置する
- 技術的観点からの厳正評価
- 間接経費による措置を進める

**今後望まれる革新的原子カシステムの方向**

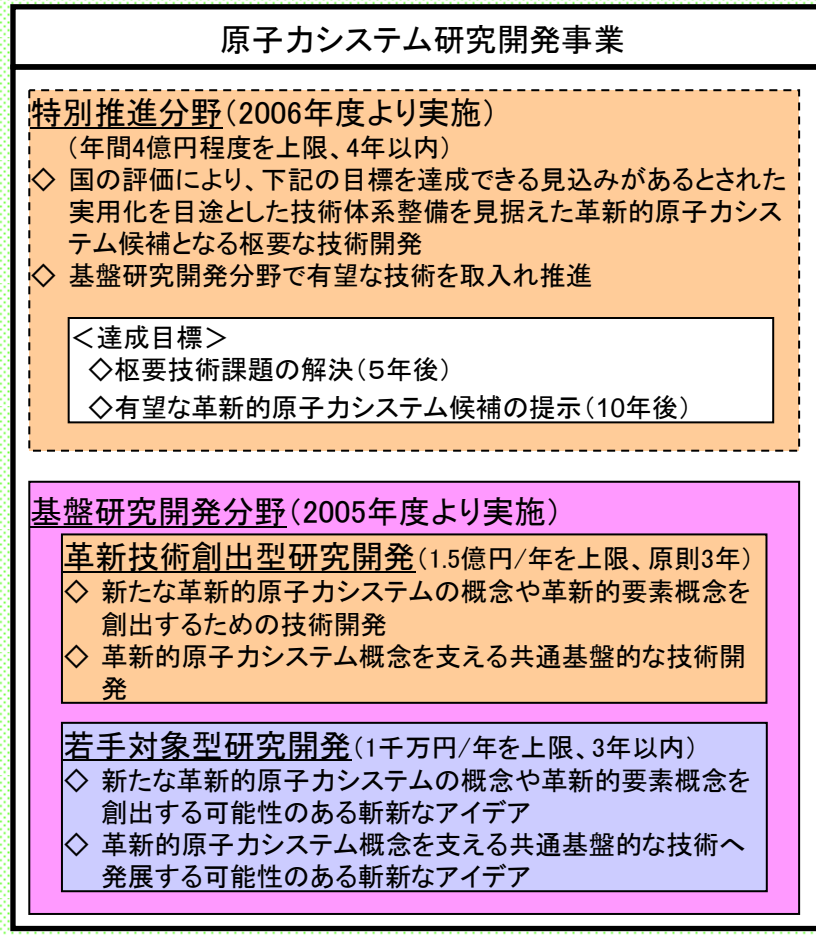
- ◇安全確保のしきみがわかりやすい(シンプル、人的要素の排除)
- ◇燃料を極力無駄にしない高効率燃料利用(高効率熱、高速中性子の利用)
- ◇放射性廃棄物排出の大幅削減(再処理等)



2002年度

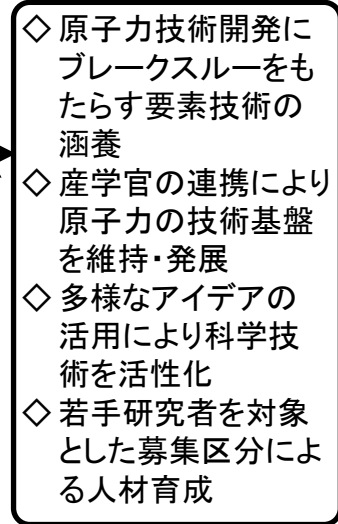
2003年度

2004年度



新規採択なし

2005年度～



2008年度に既採択課題終了

表2-2-4 原子力システム研究開発事業の採択実績

2006年8月17日現在

		2005年度		2006年度		
		革新技术創出	若手対象	革新技术創出	若手対象	特別推進分野
原子炉	ナトリウム冷却炉	3	1	5	3	7 (審査中)
	鉛ビスマス炉		1		2	
	ガス冷却炉		2			
	水冷却炉	1	3		1	
	高温ガス炉(*)		3		3	
再処理	先進湿式法 (湿式法)	(3)	(4)	1 (2)	(3)	3 (審査中)
	乾式法		2	1	1	
燃料製造 (燃料)	簡素化ペレット法 (MOXペレット)	(1)	(1)		(2)	2 (審査中)
	窒化物燃料				1	
	金属燃料 射出鑄造法			1		
共通基盤技術		5	7	2	4	
合計		13	24	12	20	12 (審査中)

(\*)高温ガス炉を除く原子炉は高速増殖炉

研究、革新的な技術の研究開発などに資金が必要となる。原子力機構の見積もりでは、表 2-2-3 のようになっている。2010 年以降は、大型試験施設や工学規模ホット試験の建設に必要な資金を含め、研究開発費は増大する傾向にあると考えられる。

このため、高速増殖炉サイクル実用化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。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。

また、基盤的に取り組むべき技術開発課題については、研究機関、大学、産業界などの革新的なアイデアから成果が生み出される。このため、競争的な環境の下広く革新的なアイデアを公募し、第三者による評価を受けつつ研究開発が進められるよう、競争的資金を活用することも重要であり、国はこれに適切に対応する必要があると考え。 (図 2-2-6、表 2-2-4 参照)。

実証プロセスに関し、本年 8 月、経済産業省 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会 がとりまとめた報告書は、「軽水炉発電相当分のコストとリスクは、民間事業者が負担することを原則とすることが適切である。それを超えるコストとリスクについては、(中略) 国の積極的関与が不可欠であること、を勘案して、国が相当程度の負担をするのが適切である。」としている。今後、「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」において、役割分担、資金負担の考え方などについても必要な検討がなされることを期待する。

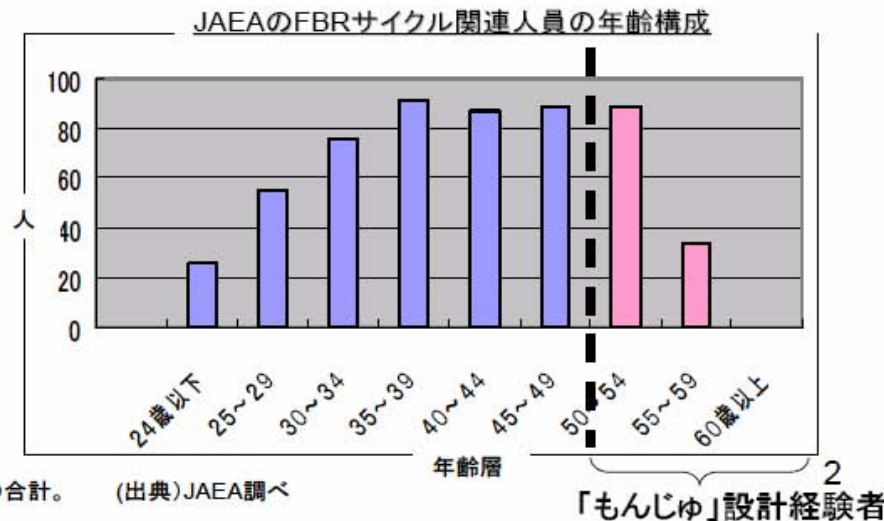
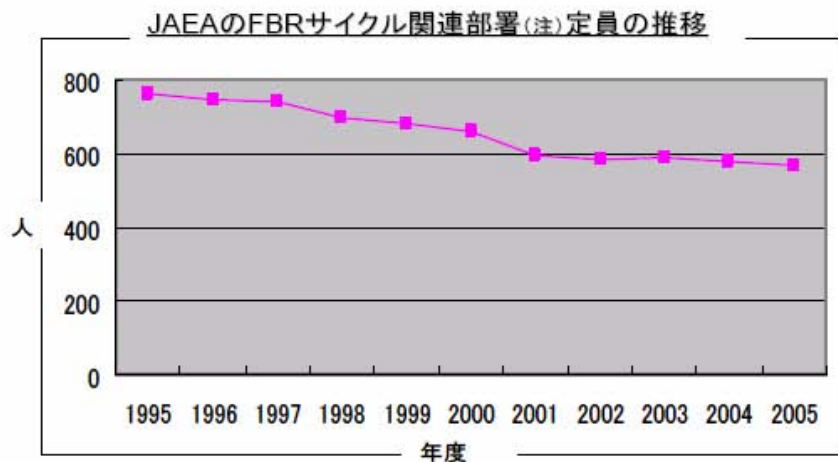
## ② 人材の確保・育成

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、(i) 革新的技術概念に基づく技術システムを実現する方策を探求する研究開発、



## 図 2 - 2 - 7 日本原子力研究開発機構における高速増殖炉 及び高速増殖炉再処理関連の技術・人材の現状

- (独)日本原子力研究開発機構(JAEA)及び旧核燃料サイクル開発機構、旧動力炉・核燃料開発事業団における高速増殖炉及び高速増殖炉再処理関連の定員は、1980年代から90年代中頃まで、ほぼ横ばい。その後、行革による予算削減の中で減少傾向。
- ただし、「高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究」の実施や、「もんじゅ」「常陽」の維持・運転等を通じ、一定の規模は維持しており、メーカーに比べ減少幅は小さい。
- 高速増殖炉・高速増殖炉再処理関連の人員構成は、メーカーと異なり、さほど高齢化が進んでいない。ただし、技術者数の減少に伴い、若年層の割合が減少。

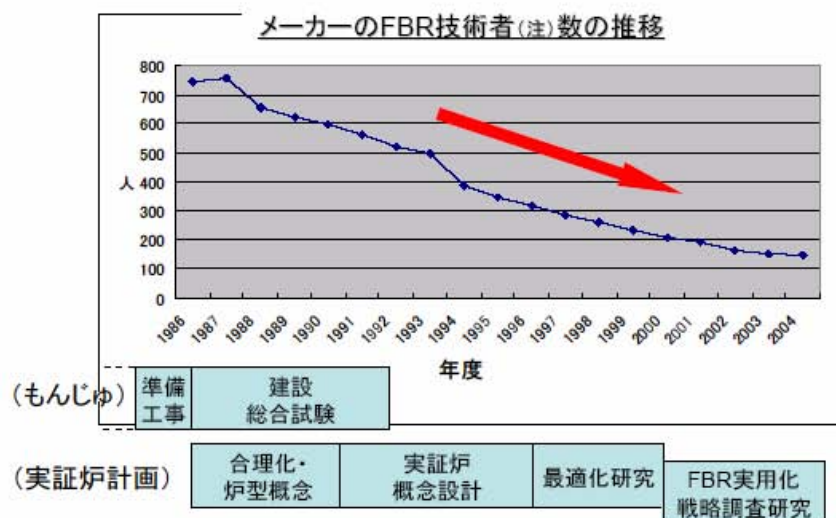


(注) 設計、要素技術開発等の技術者及び試験施設等の運転・管理を行う現場作業者の合計。

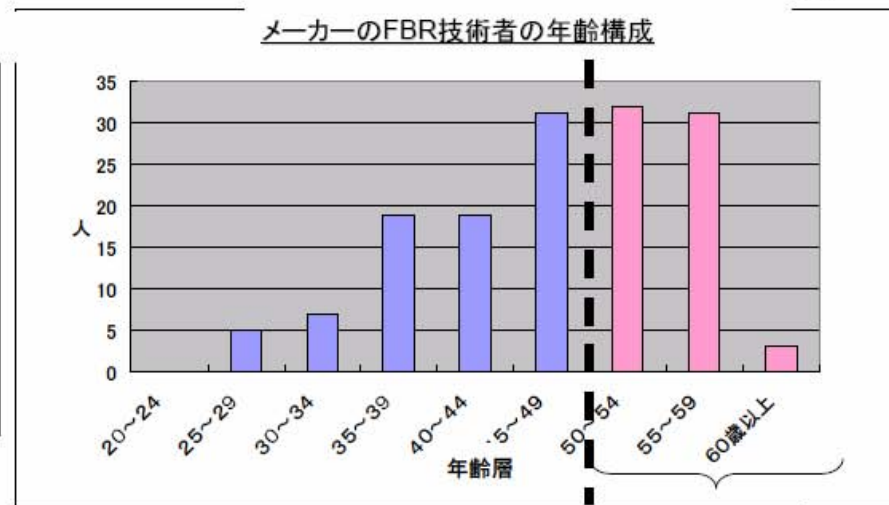
(出典) JAEA調べ

## 図 2-2-8 メーカーの高速増殖炉関連の技術・人材の現状

- メーカーにおける高速増殖炉(FBR)関連の技術者数は、「もんじゅ」基本設計・製作設計やFBR実証炉計画が進められた1980年代がピーク。その後、「もんじゅ」の設計作業終了と、FBR実証炉開発計画の延期にともない、技術者数はピークの1/5程度に急減。
- 現時点では、「もんじゅ」改造工事や(独)日本原子力研究開発機構(JAEA)を中心に実施している「高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究」への参画等により、各社とも小規模ながら技術者を維持。しかしながら、今後ともFBR開発スケジュールが不透明なままでは、今後の技術者維持は経営上困難な状況。
- 若年層の配置が減少した結果、FBR関連部署の人員構成は高齢化が進行。



(注) 設計、製造、工程管理、品質管理、及び、研究開発部門の技術者の合計。現場作業者は含まない。



(出典)(社)日本電機工業会調べ

「もんじゅ」設計経験者

(ii) 実現できるとわかった革新的技術システムを支える材料、構造、システム統合技術等の革新を通じてこれを実用化候補まで発展させる研究開発、(iii) 関連する産業の技術基盤の革新を図ることによって実用化候補技術システムを実用化していく研究開発、という3段階の長期間にわたる研究開発活動を経て実用化されることから、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られる。

高速増殖炉サイクルの研究開発人材の現状をみると、原子力機構の人材は、国の研究開発投資の減少、特殊法人改革等に伴い減少基調にあり、民間企業の人材も、建設機会の減少や研究開発投資の減少に伴い減少傾向にある(図2-2-7参照)。また、高速増殖原型炉「もんじゅ」の設計経験者は50歳以上となっている。さらに、六ヶ所再処理工場の試運転終了とともに技術者数が減少するおそれを指摘できる(図2-2-8、図2-2-9参照)。大学においては、名称として「原子」が含まれる学部・学科が減少している。しかし、原子力に関する学問の進展に伴い関連する教育研究の領域が様々な分野に拡大しており、このような状況を踏まえ、量子エネルギー工学、エネルギー科学等の名称の学部・学科において、従来の原子力分野を含め、より幅広い分野を内容とする原子力に関する教育研究を実施している。その学生数は、学部生、修士、博士の数ともにほぼ横ばい状態となっている(図2-2-10参照)。しかしながら、幅広い学問、学際分野を対象とした教育・研究を指向する傾向が強くなり、原子力の専門教育・研究の希薄化が懸念される状況である。

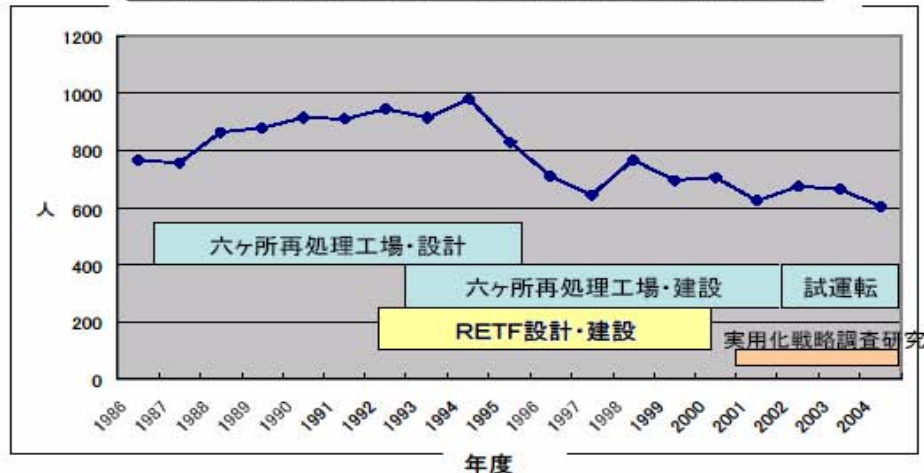
このような状況を踏まえると、(i) 2015年までの研究開発を着実に推進するため、(ii) 開発段階から実用化段階への円滑な移行を推進するため、(iii) 将来を担う人材を確保・育成するため、それぞれに対応した適切な対応をとる必要があると考えられる。

(i) 2015年までの研究開発を着実に推進する観点からは、研究開発の中核的実施機関である原子力機構内部における人材の集中と研究開発機関、産業界、大学などの人材の裾野の拡大が必要であると考えられる。このため、原子力機構は、研究者・技術者を主概念の研究開発に集中するとともに、これまでFSに携わってきた人材のみならず、基

## 図 2 - 2 - 9 メーカーの再処理関連の技術・人材の現状

- メーカーにおける再処理関連の技術者数については、六ヶ所再処理工場の設計・建設や旧核燃料サイクル開発機構のリサイクル機器試験施設(RETf)設計作業が行われた1980年代後半～90年代前半がピーク。
- その後、六ヶ所再処理工場建設の進展やRETf建設の中断により、技術者数は減少しているものの、現時点では、六ヶ所再処理工場の建設・試運転や「高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究」への参画等により、一定数の技術者は維持。しかしながら、今後、六ヶ所再処理工場の試運転終了とともに、技術者数が減少するおそれ。
- 六ヶ所再処理工場に用いられる主要技術は海外から導入したものであるが、詳細設計を実施した我が国メーカーは、コアとなる技術を持っている。

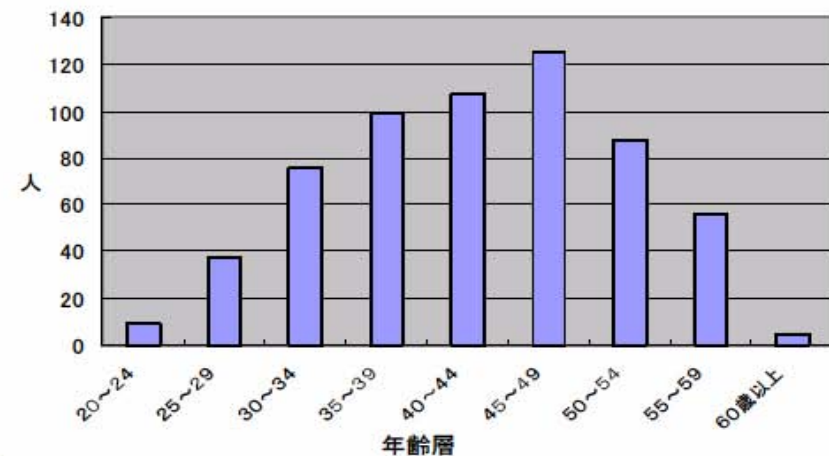
メーカーの核燃料サイクル関連技術者(注1、2)数の推移



(注1) 設計、製造、工程管理、品質管理、及び、研究開発部門の技術者の合計。現場作業者は含まない。

(注2) 核燃料サイクル関連とは、再処理プラント設備、燃料輸送用キャスク、濃縮プラント用機器、RI機器を指す。

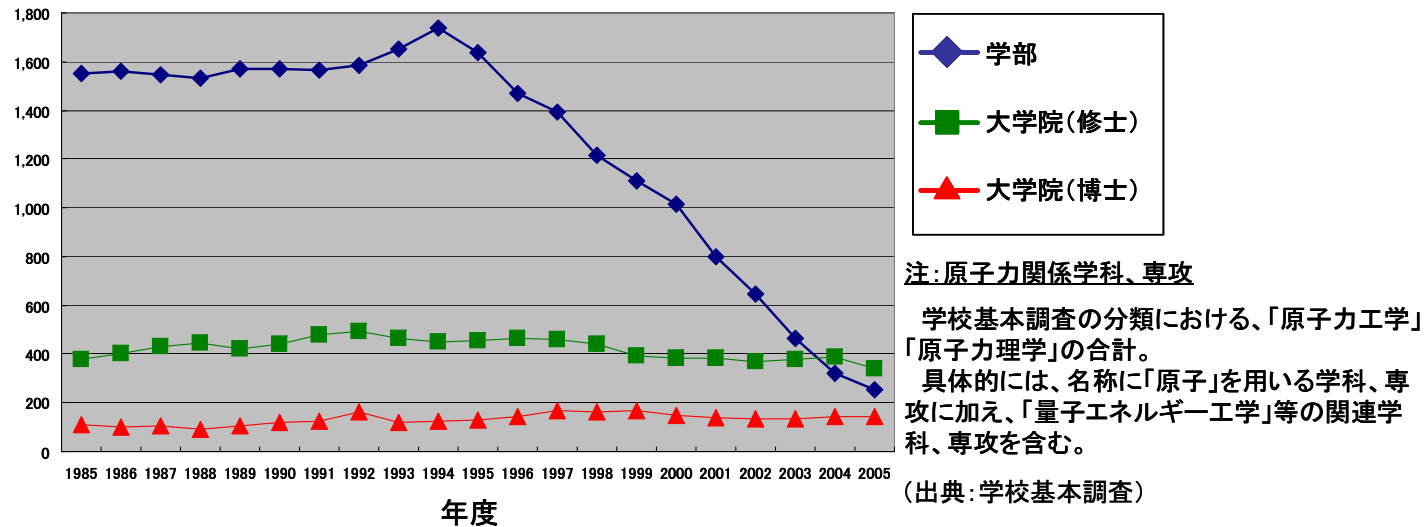
メーカーの核燃料サイクル技術者の年齢構成



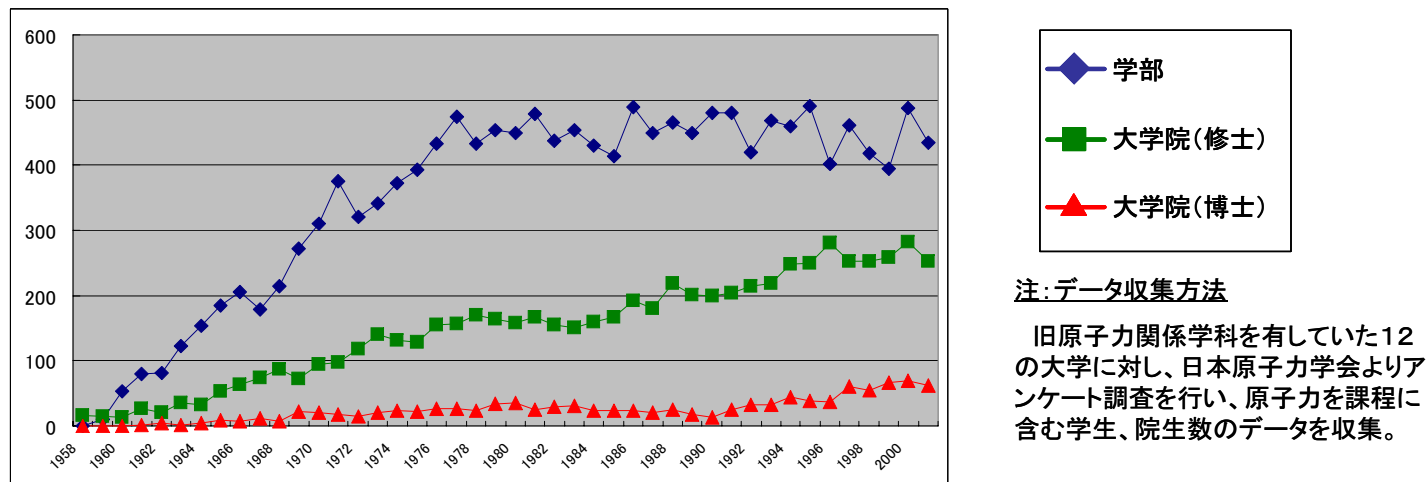
(出典)(社)日本電機工業会調べ

## 図 2-2-10 大学における学生数の現状

### (1)原子力関係学科・専攻(注)における学生の在籍数の推移



### (2)原子力を課程に含む学科・専攻における学生の卒業生数の推移



(出典 : 大学の原子力工学研究教育設備等検討特別専門委員会報告書(2003年3月 日本原子力学会))

出典:原子力部会報告書(2006年8月)

礎的な研究開発や高速増殖炉サイクル関連施設の運転を行っている研究者・技術者を今後の研究開発に積極的に参加させることが重要であると考えます。また、人材の裾野の拡大については、競争的資金制度の活用や原子力機構と他の研究開発機関、産業界、大学などとの共同研究の推進が重要であると考えます。

(ii) 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観点からは、産業界における人材の確保、研究開発機関・産業界・大学などの人材交流の促進、これまで高速増殖炉サイクル施設の設計を行った世代の能力の活用と若手研究者・技術者への技術継承が必要であると考えます。産業界における人材の確保については、国が中長期的な研究開発計画を明確にし、産業界が投資を行いやすい環境を整えることが重要であると考えます。研究開発機関・産業界・大学などの人材交流の促進については、大型試験施設やホット工学試験施設などの試験施設の設計、建設、運転を通じての人材交流と技術継承、並びに高速増殖炉原型炉「もんじゅ」などの既存施設の運転を通じての人材交流と運転・保守経験の蓄積が重要であると考えます。また、これまで高速増殖炉サイクル施設の設計を行った世代の能力の活用と若手研究者・技術者への技術継承については、実用施設の概念設計活動のみならず、各種施設の設計、建設活動を通じて、その能力を活用する場を提供し、同時に若手研究者・技術者へ技術継承を行うことが重要であると考えます。

(iii) 将来を担う人材の確保・育成の観点からは、次世代の人材の育成や社会への情報発信が必要であると考えます。次世代の人材の育成については、原子力機構と大学との連携大学院の実施など大学教育に対する連携強化が重要であると考えます。また、社会への情報発信については、世界標準を目指した国際競争の姿やその成果の発信、高速増殖炉サイクル技術の異分野へ成果展開、地域科学教育活動への貢献などを通じ、幅広い世代に対し夢を提供し、高速増殖炉サイクルへの関心を広げ、その実用化に携わろうとする若年層が増えるよう努めることが重要であると考えます。

## (6) 説明責任を果たす活動の充実

原子力に関する活動は、多方面にわたり、成果が得られるまでに長期にわたる総合的な取り組みを要し、しかもその達成には様々な不確実性を伴う。このため、国や事業者は、施策の企画・推進にあたって、施策がもたらす公共の福祉に対する貢献の大きさやそのライフサイクルにわたるコストとリスクなどを可能な限り定量的に評価することが重要である。この際、こうした評価の内容を国民に積極的に公開することが、施策についての理解の促進に有効であることに十分に留意すべきである。

特に、高速増殖炉サイクル技術の研究開発にあたっては、エネルギーセキュリティの向上、地球環境保全への貢献など研究開発の意義や内容を平易な言葉で分かり易く国民に示し、社会のニーズを的確に捉え、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必要であると考ええる。

さらに、長期的に国民の支援を受け、萌芽としての研究者・開発者を育成するという意味において、学校教育の中で原子力発電所や研究開発施設の見学、エネルギーや地球環境保全などをカリキュラムに折り込めるよう、高速増殖炉サイクルに係わる全ての関係者が様々な働きかけを行うことが重要であると考ええる。