

原子力安全研究ロードマップの整備

平成17年12月13日

独立行政法人 原子力安全基盤機構
規格基準部

内 容

1. ロードマップ整備の目的・背景
2. ロードマップ整備分野の選定
3. ロードマップ検討方法
4. ロードマップ検討の前提条件
5. ロードマップ整備の整備
 - 5.1 軽水炉利用高度化ロードマップ
 - 5.2 燃料高度化対応ロードマップ
 - 5.3 高経年化対応ロードマップ
6. まとめ

1. ロードマップ整備の目的・背景

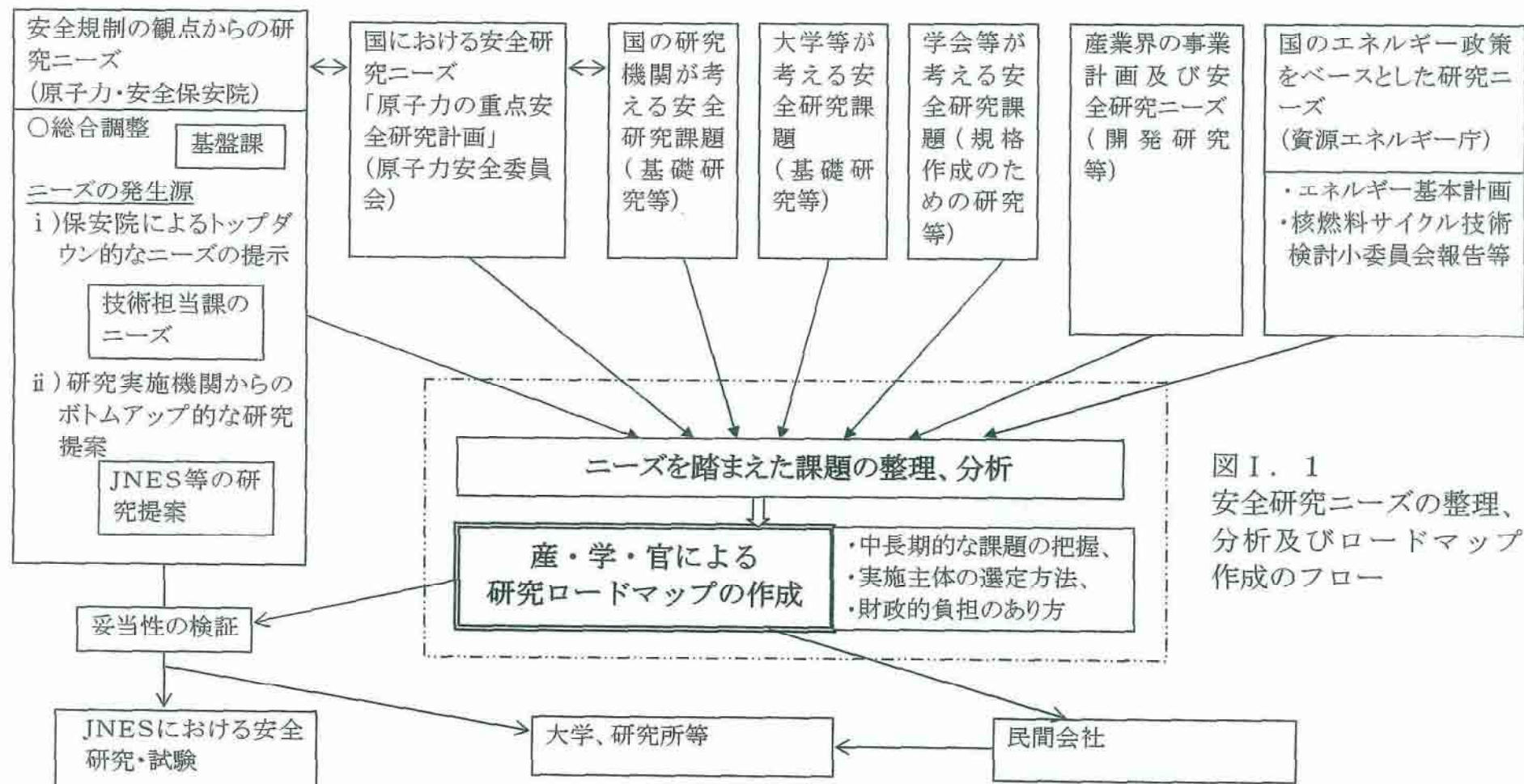
原子力安全・保安部会報告「原子力の安全基盤の確保について」(平成13年6月)では、「国による安全基盤研究には明確な戦略と計画が必要であり、産学官により中長期的課題を把握し、問題解決に向けたロードマップ作りが必要」としている。

JNESは、原子力安全・保安院の安全研究ニーズに基づき、安全研究計画を、内部タスクチームによるテーマの抽出、及び、外部学識経験者で構成する技術研究会によるレビューを通して策定している。

上記のスキムでとらえきれない安全研究ニーズ及び実施中の関連研究を確認し、JNES計画を確認するとともに、原子力安全に係る重要課題に対して産学官が共通認識を有し、それに沿った活動を促進することが重要と認識し、ロードマップ整備に着手した。

国による安全基盤研究には、明確な戦略と計画が必要であり、産学官によるロードマップづくりが必要

(総合資源エネルギー調査会「原子力安全・保安部会報告書～原子力の安全基盤の確保について～」(平成13年6月))



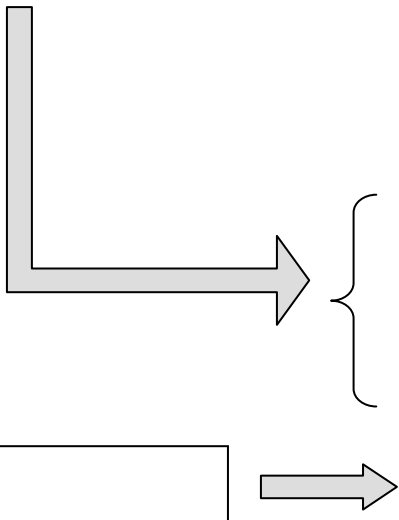
2. ロードマップ整備分野の選定

「原子力の安全基盤の確保について」

(原子力安全・部会報告)

- ・ 多くの蓄積がある軽水炉分野では事故時の燃料挙動、高経年化対策等への重点化が必要である。
- ・ 事業が具体化の途上にある高レベル放射性廃棄物処分などの核燃料サイクル分野の研究では研究投資を充実していく必要があるが、あわせて、ピアレビューによって研究項目を厳選し、成果の評価を行わなければならない。

検討対象分野

- 
1. 高レベル放射性廃棄物処分(ニーズ調査)
 2. 燃料高度化
 3. 高経年化対応
 4. 軽水炉高度利用

米国における動向調査

3. ロードマップ検討方法

検討方法：産学官が対等の立場で参加できる日本原子力学会に委託し、学会主導で検討分野ごとに専門家によるワーキンググループにより検討を実施。(産学官のバランス重視)

ワーキンググループ (WG主査)		軽水炉利用高度化	燃料高度化	高経年化対応	廃棄物処分
		岡本東京大学教授	寺井東京大学教授	関村東京大学教授	森山京都大学教授
産	電気事業者	4	4	4	2
	機器製造者	3	3	3	3
	燃料製造者	-	3	-	2
学	大学	8	10	7	8
	研究機関	1	2	1	5
官 (含JNES)		2	2	2	3

3. ロードマップ検討方法

(原子力学会への委託の背景)

- 原子力学会は、これまで、安全研究に係る研究課題の重要度調査(平成14年度)、原子力発電にかかる安全研究ニーズ調査(平成15年度)等を実施してきた実績があり、原子力発電分野におけるロードマップ整備の素地ができています。
- 原子力安全委員会「原子力の重点安全研究計画」において、「学協会に期待する役割」として下記を述べています。

「安全研究に対する議論の促進、学会を通じたニーズの把握、それに基づく安全研究の課題、安全研究の枠組みの提案・提言の他、産学官の連携を促進するための取り組みを行なうこと等を期待する。」

- 学会は、会員が所属する組織に関係なく、一人の学会員として平等に情報を交換し、議論することが可能であり、産官学の係わる研究開発のロードマップを公平(中立)、公正な立場で作成できる場を提供できる。

4. ロードマップ検討の前提条件

1. 対象とする炉型 : 現行の軽水炉 (BWR、 ABWR、 PWR、 APWR) とし、次世代炉は含めない。
2. 時間スケール 軽水炉利用高度化対応 : 10年程度
 燃料高度化対応 : 20年程度
 高経年化対応 : 20年程度
3. 役割分担の基本的な考え方 (案)
 国 : 安全規制の執行・高度化に必要な研究
 (規制の科学的根拠等)
 安全基盤の維持に必要であって民間の投資
 が期待できない研究
 産業界 : 安全で効果的な事業の実施に必要な研究
 (機器・システムの安全性確認研究等)
 研究機関 : 基盤研究

5 . ロードマップの整備

5 . 1 軽水炉利用高度化ロードマップ

(炉出力向上)

本検討では、「軽水炉高度化」とは「炉出力向上」を意味しており、現有の原子力発電プラントの安全性を損なうことなく、発電出力を1～20%増大する方策に必要な安全研究課題について整理した。

軽水炉利用高度化(米国における実績)

1. 1977年以来100件以上の炉出力向上が認可
100万kWe級プラント4基と等価な発電量
2. NRCは、審査の定型化と期間短縮のため、炉出力向上を3つの型式に分類し、各型式毎に審査のひな型を規定し、審査範囲/審査内容を明確化
 - a. 測定精度改善型(MU型) ; 原子炉出力の計測方法の改善
超音波流量計を採用
 - b. ストレッチ型(S型) ; プラント性能範囲内で達成
主要プラント機器の改造無し
 - c. 設備拡張型(E型) ; 主要プラント機器の改造が必要。

3. 実績

炉型	MU型	S型	E型
BWR	1.4 ~ 1.7%	4 ~ 5%	6.3 ~ 20%
WH社PWR	0.4 ~ 1.7%	2 ~ 6%	- (*1)
CE社PWR	1.4 ~ 1.5%	2 ~ 5.6%	7.5% (*1)
B&W社PWR	-	0.9 ~ 1.3%	-

(*1) 2004年12月現在、8 %の申請有り

軽水炉利用高度化(一般的なプラントへの影響)

炉出力増加が直接影響する項目

中性子束増加による影響

核的 / 熱的裕度減少

残留熱増加による影響

蒸気量増加が影響する項目

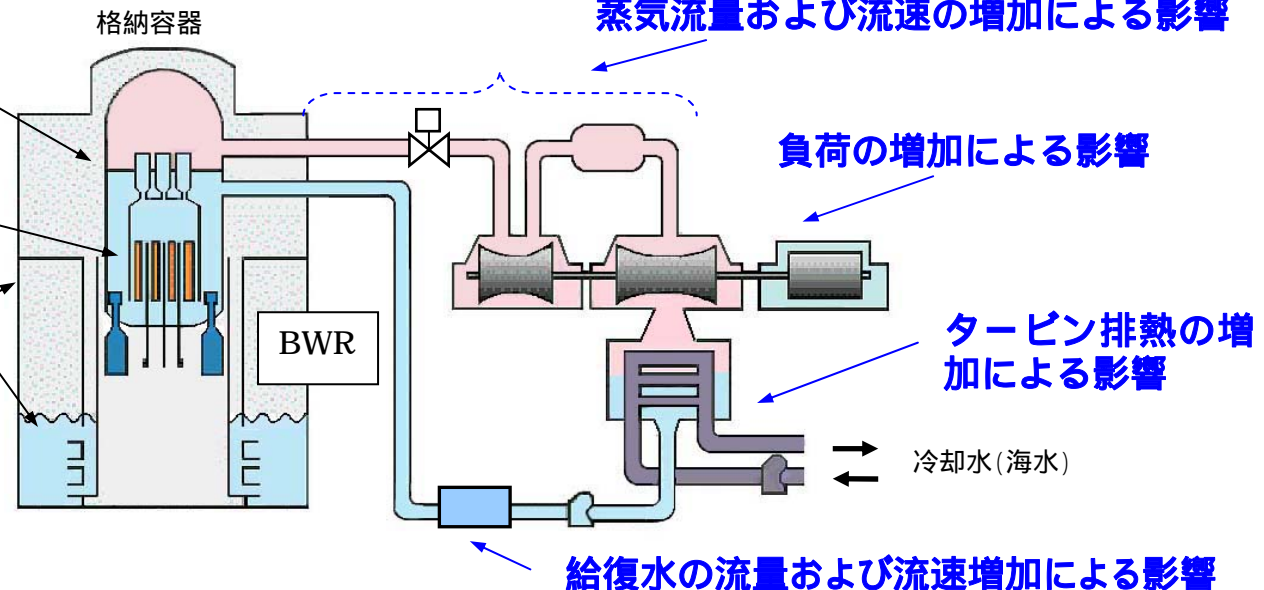
蒸気流量および流速の増加による影響

負荷の増加による影響

タービン排熱の増加による影響

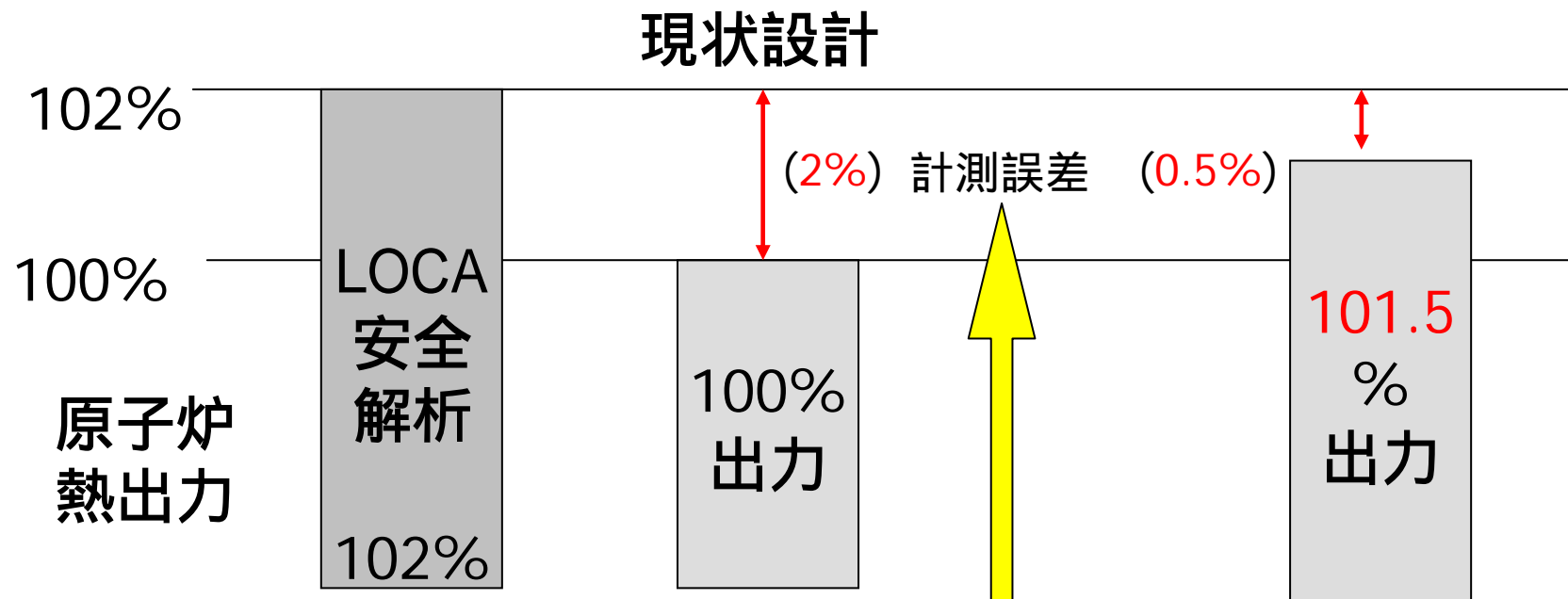
冷却水(海水)

給復水の流量および流速増加による影響



- 上記項目の影響が現行設計の範囲内に収まることを確認すれば現行設備をそのまま使用可能
- 現行設計に対する上記項目の影響を評価し, 必要なケースでは炉出力向上レベルに応じた設備の改造または取替を行う。
- 大幅な炉出力向上を図る際には高度化燃料や高度化・改良された評価手法を用いることにより適切な余裕を確保

軽水炉利用高度化 (MU型炉出力向上の考え方)



超音波流量計による計測誤差の改善により達成
(括弧内はメーカー公称値)

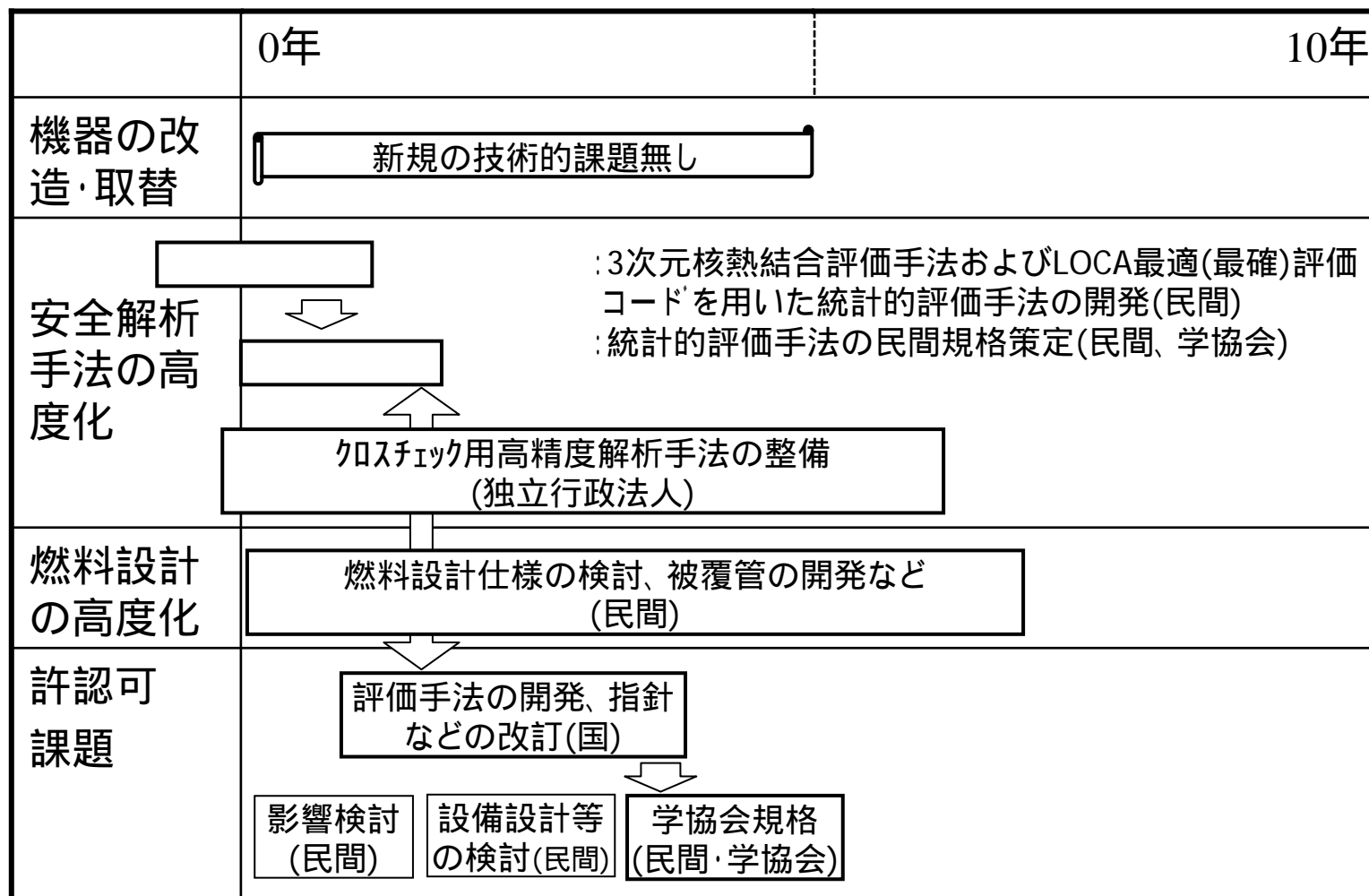
- ・ Chordal型超音波流量計 ($\pm 0.3 \sim 0.5\%$)
- ・ External型超音波流量計 ($\pm 1.0\%$)
- ・ Crossflow型超音波流量計 ($\pm 0.3 \sim 0.5\%$)

軽水炉利用高度化(MU型・S型炉出力向上)

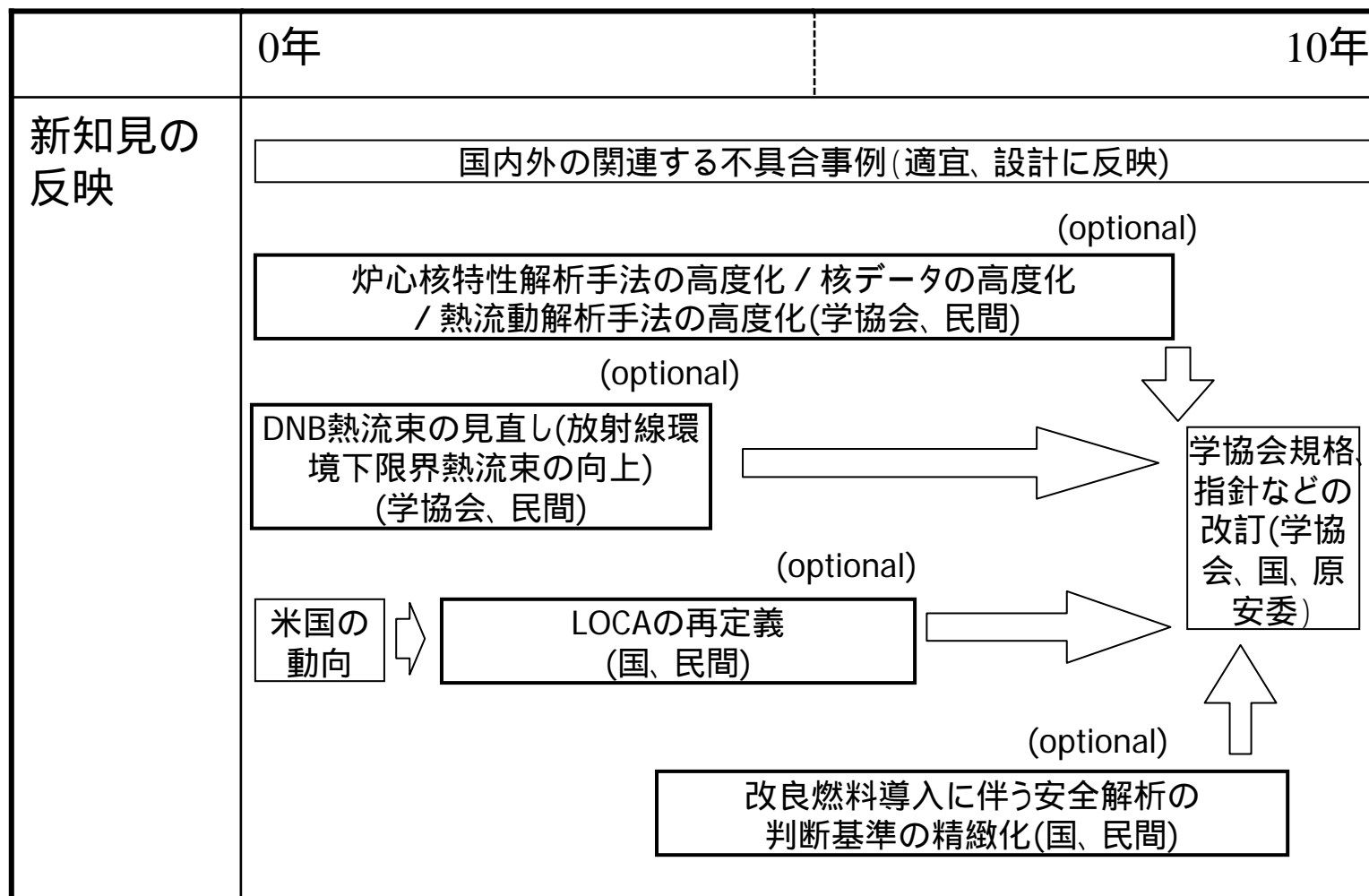
課題	0年	6年	10年
給水流量計の精度向上	<div>実機適用性試験など(民間)</div> <div>↓</div> <div>大規模試験の必要度検討(民間・学協会)</div> <div>↓</div> <div>安全面から要求される学協会規格(民間・学協会)</div>	<div>実機条件に近い大規模実証試験(国)</div> <div>↓</div> <div>安全面から要求される学協会規格(民間・学協会)</div>	<div>MU型</div>
	<div>指針等の改訂(原安委)</div>		
新知見の反映	<div>新型超音波流量計の開発(民間・学協会)</div> <div>⇒</div> <div>安全面から要求される学協会規格(民間・学協会)</div>		
技術的課題	<div>新規の技術的課題無し</div>		<div>S型</div>
許認可課題	<div>影響検討(民間)</div> <div>学協会規格(民間・学協会)</div>		

軽水炉利用高度化(E型・1/2)

主要機器の改造による性能向上および(あるいは)安全解析手法の高度化により達成



軽水炉利用高度化(E型・2/2)



5．ロードマップの整備

5．1 燃料高度化対応ロードマップ

燃料高度化の要素として、「高燃焼度化」、「最適運転サイクル対応」、「炉出力向上対応」、「プルサーマル推進」及び「安全基準の説明性向上」がある。これらに対して燃料高度化の実現のため必要な技術的課題を、PWR、BWRのそれぞれに対し摘出・整理し、燃料高度化のロードマップを作成した。

燃料高度化対応ロードマップ(課題認識)

[PWR燃料の現状] : 燃料集合体最高燃焼度55GWd/tの高燃焼度化ステップ2燃料(取出平均燃焼度 約50GWd/t)の利用が本格化。

[課題認識] : 高度化燃料の使用環境条件の影響に留意しつつ、高度化燃料に関する技術的課題への取り組みが必要。同時に、安全規制の信頼性と合理性の向上をあわせて検討。

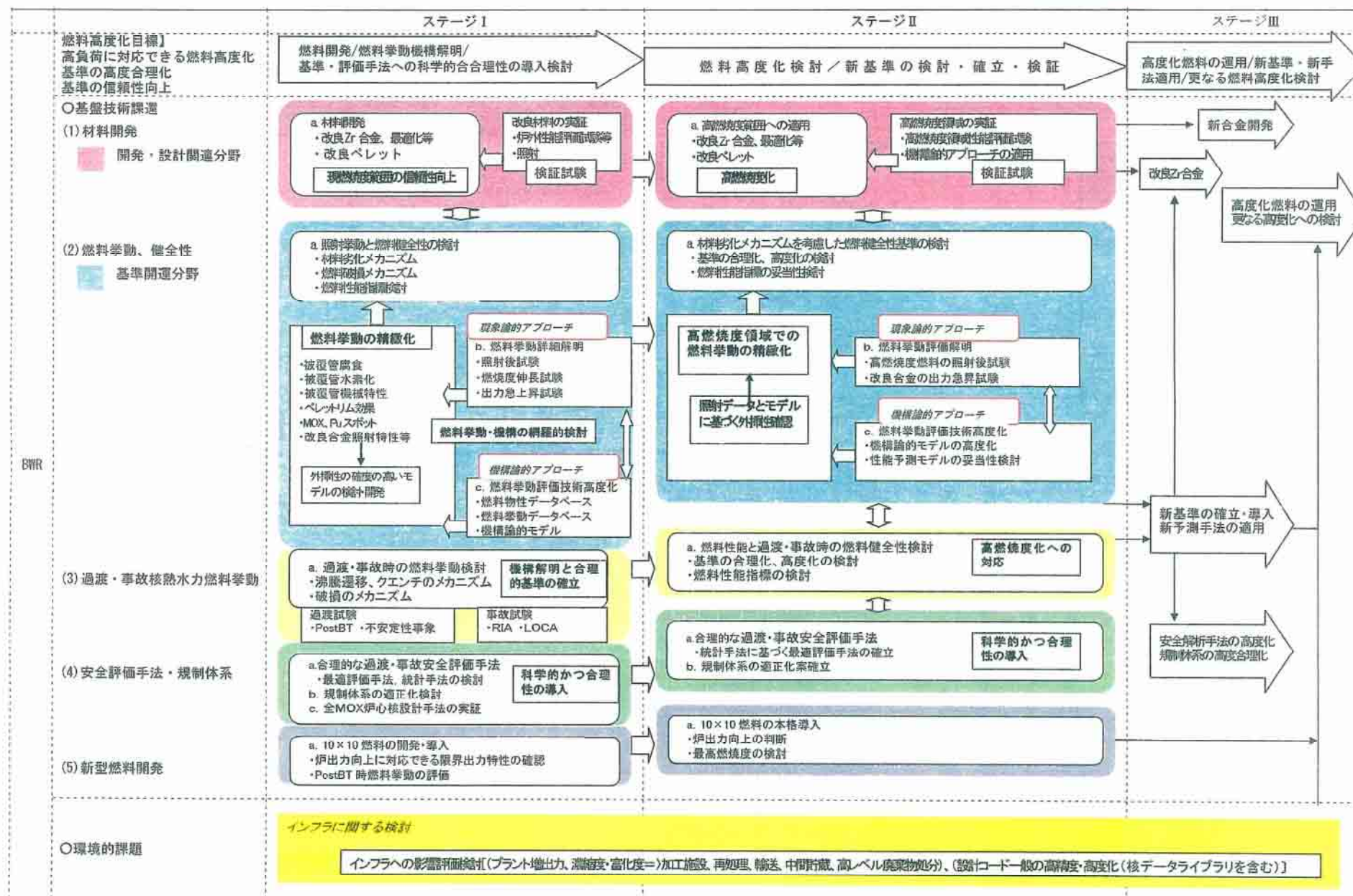
[BWR燃料の現状] : 集合体最高燃焼度55GWd/tのステップ 1・9×9燃料(取出平均45GWd /t)の利用が本格化。さらに、高性能9×9燃料(同50GWd/t)の本格利用に向けた準備段階にある。また、炉出力向上等に対する熱的裕度の高い10×10燃料を開発中

[課題認識] : 「材料開発」「燃料挙動、健全性」「過渡・事故核熱水力燃料挙動」「安全評価手法・規制体系」「新型燃料開発」の5つの基盤技術課題への取り組み、及び「高負荷に対応できる高度化・合理的安全基準」について検討。

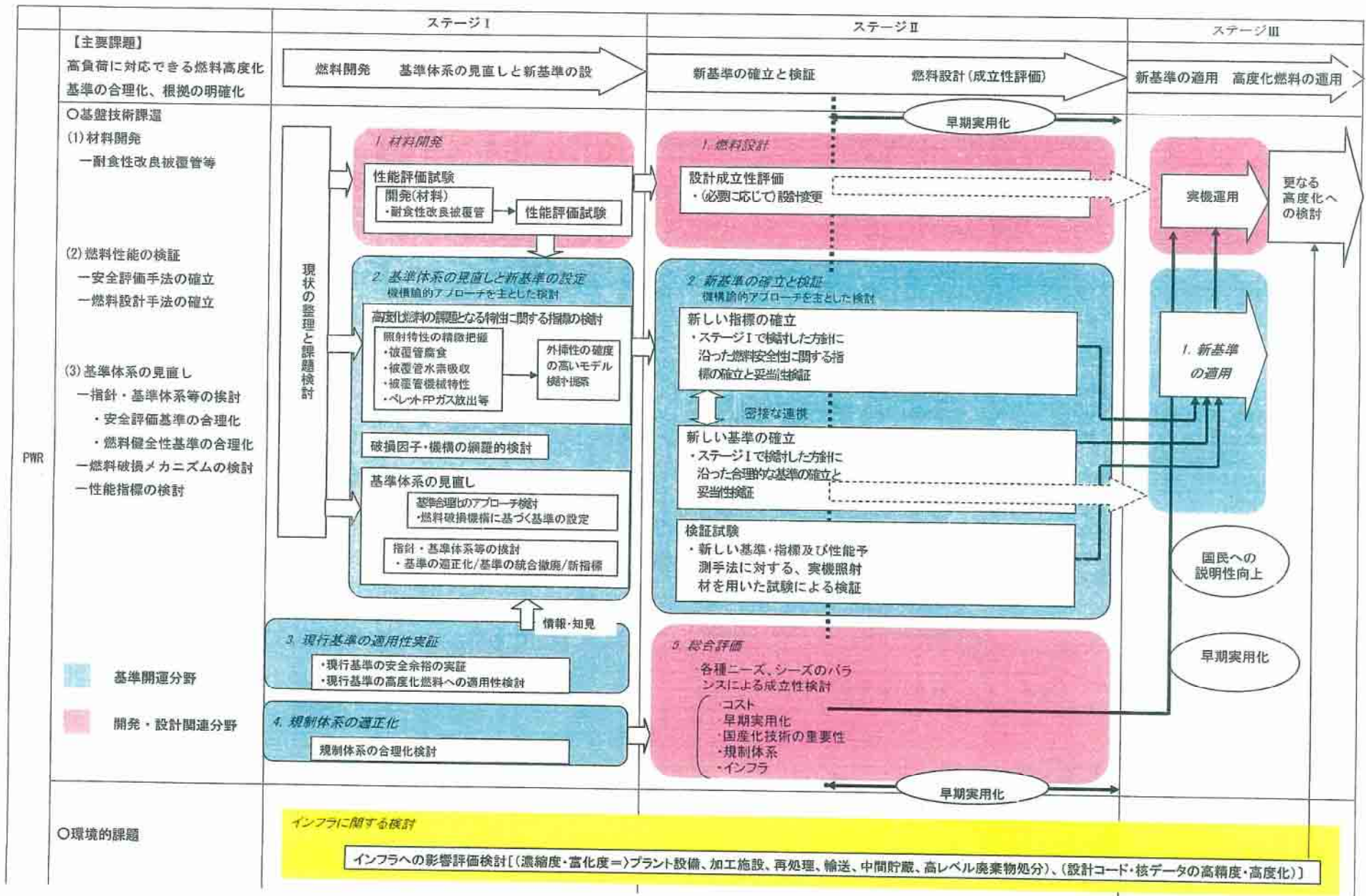
燃料高度化対応ロードマップ(作成方針)

- ・ 燃料高度化に適用する「高度化燃料」導入までを20年を目処とし、それらを3つのステージに分けて整理
 - ステージⅠ：基礎的な検討
 - ステージⅡ：ステージⅠの検討結果の検証、
ステージⅢの実機適用化に向けた準備
 - ステージⅢ：実機適用化、更なる高度化への検討
- ・ ステージ間などの適切な時期において、予め定めた事項の確認と その後の計画検討を実施(ホールドポイントの設定)
- ・ 従来の実証的な方法のみならず、いわゆる機構論的アプローチを取り入れ、質的な転換を図り、早期適用を目指す
- ・ 放射性廃棄物の処理・処分などの環境的な要因や社会的ニーズの変化などを適切に反映する

燃料高度化対応ロードマップ(BWR燃料)



燃料高度化対応ロードマップ(PWR燃料)



5．ロードマップの整備

5．3 高経年化対応ロードマップ

高経年化対応は、単一の技術開発事項等を示すものではなく非常に広範な内容が含まれている。このため、ロードマップ検討に当たっては、現状における課題を明確化するための目標設定や検討過程の透明性確保の観点から、検討のプロセスを定めて実施する。また、検討の対象とする分野は、技術面に関する事項や制度面に関する事項等を網羅的に扱うこととし、社会的な側面（安心に関する事項）は対象外とした。

高経年化対応ロードマップ(高経年化を取り巻く状況)

国内の原子力発電所の運転状況(H17年4月現在)

- ・53基(商業用原子力発電プラント)が運転
- ・7基の運転年数が30年を超え, 26基の運転年数が20年以上

国・電気事業者

- ・平成8年4月「原子力発電所の高経年化に関する基本的な考え方」(通商産業省)
- ・平成15年10月「実用発電用原子炉の設置, 運転等に関する規則」が改正され、電気事業者は、原子力発電プラントの定期安全レビューの一環として、運転開始以後30年を超えるまでに高経年化に係る技術評価及び長期保全計画を策定することが義務付けられた。

総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会

- ・高経年化対策検討委員会において、高経年化対策に関する国の役割や必要な規格基準等について検討を実施中

(社)日本原子力学会

- ・原子力施設・機器に関する規格、規準、指針類などの標準作成・制定実施
- ・高経年化対策実施基準を作成中

技術開発

- ・国, 大学, 日本原子力研究所などの研究機関, 電気事業者及び原子力プラントメーカーなどにより継続的に実施

高経年化対応ロードマップ(基本方針と戦略的シナリオ)

最終目標

原子力発電プラントの高経年化に対する安全性・信頼性確保の達成

検討の着目点

技術情報基盤の整備

< 継続的なデータ収集と発信 >

経年変化技術情報データベースの整備
プラント運転経験データベースの整備
技術情報ネットワークの整備

技術開発の推進

< 開発状況の定期的評価 >

経年変化評価技術
検査・モニタリング技術
予防保全・補修・取替技術

規格基準類の整備

< 透明性、客観性、説明性 >

規格規準化の推進
基本指針の策定
制度(仕組み)の整備

保全高度化

< リスク情報の活用等 >

保全最適化の推進
人材の確保・育成

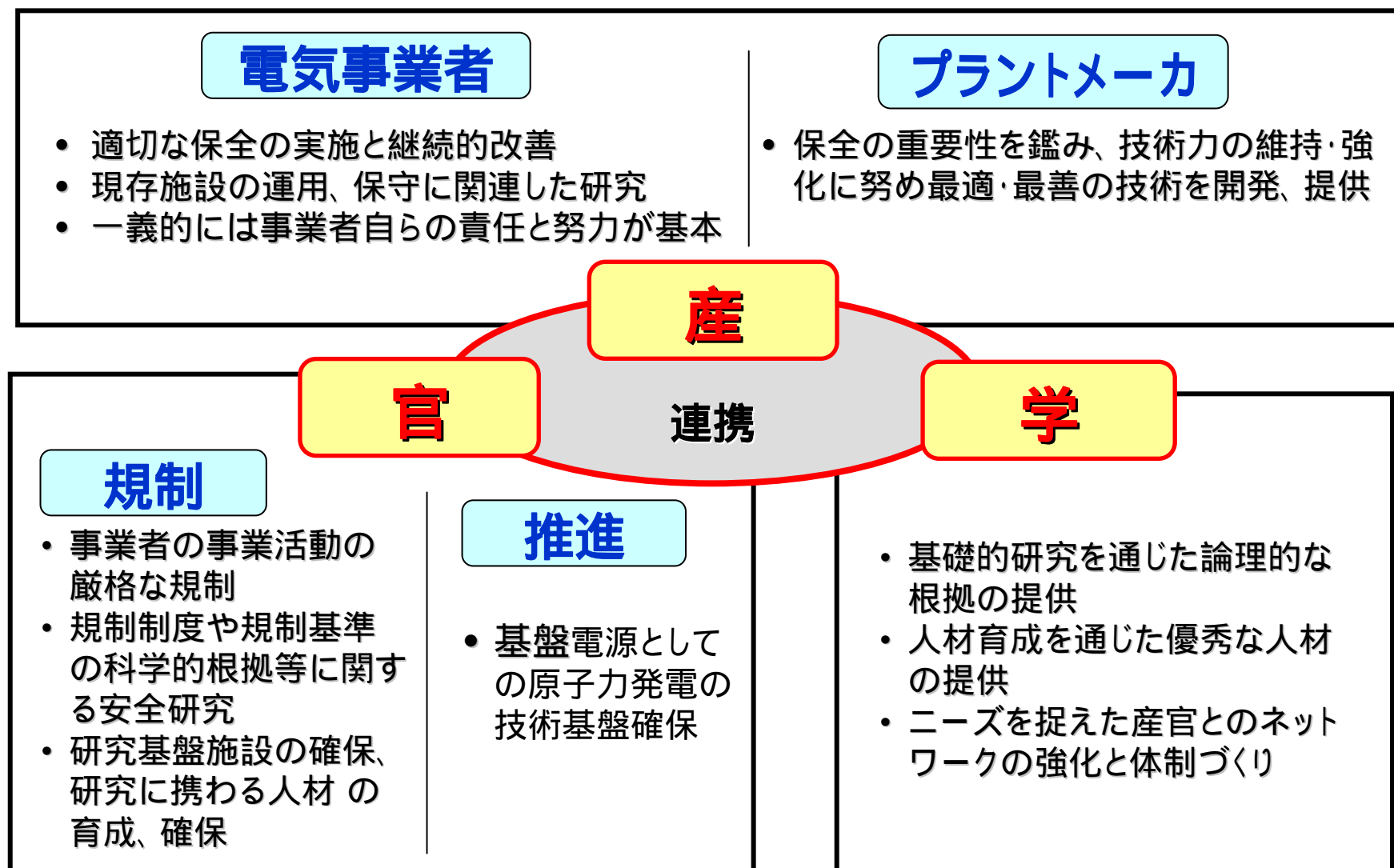
高経年化対応ロードマップ(時間軸の検討)

ロードマップの方向性

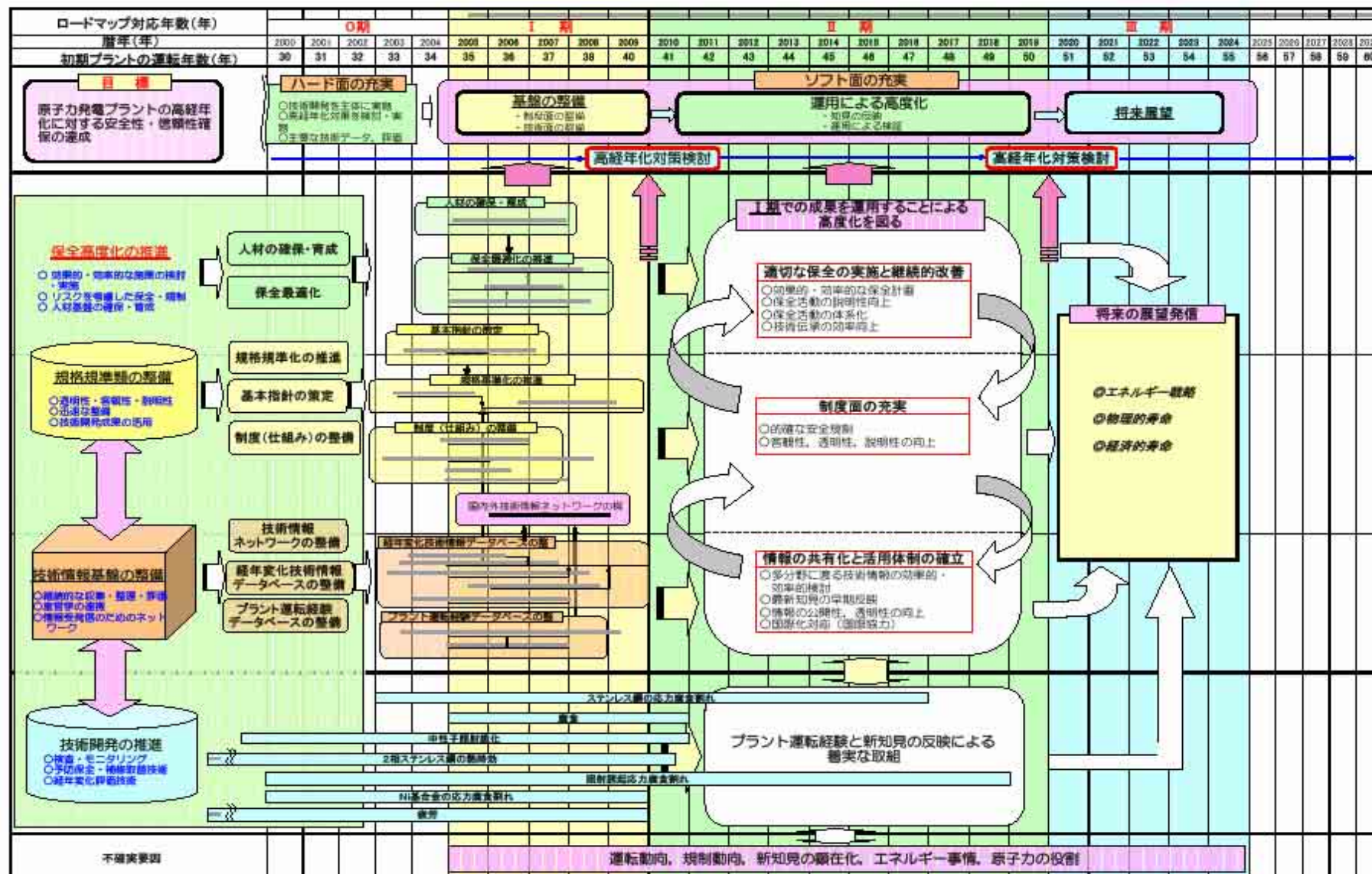
- 技術開発については今後とも最新知見等の情報を捉え、着実な取り組みが必要
- 透明性、客観性等の観点から「技術開発の推進」に加え、「技術情報基盤の整備」や「規格・基準類の整備」等の「基盤の整備」に対する施策を重点的に実施していくことが重要

時間軸	期 初期のNPPが40 年を迎える時点	期 40年を超えて50年 を迎える時点	期 50年を超える時点
方向性	[基盤の整備]	[運用による高度化]	[将来展望]
	制度面の整備 技術面の整備	知見の反映 運用による検証	物理的寿命 経済的寿命 エネルギー戦略

高経年化対応ロードマップ(産官学の役割の検討)



高経年化対応ロードマップ



6. まとめ

1. 原子力安全基盤機構は、原子力学会に安全研究ロードマップの整備を依頼し、平成16年度は、3つの技術分野のロードマップ整備を行った。また、1つの技術分野については、その前段階に当たる安全研究ニーズの調査を行った。
2. 作成したロードマップは、関係者がそれぞれの目的に応じて使用できるよう、公開している（インターネットホームページに搭載）。
3. 基盤機構は、今後も、原子力学会等の場で、原子力施設の各分野の安全研究ロードマップの整備を推進していくこととしている。
4. 作成したロードマップは、原子力を取り巻く環境に対応して、適宜見直しを行う必要があり、基盤機構は今後も継続的にレビューしていく予定である。