



資料No.安研審3-3

第3回安全研究審議会

日本原子力研究開発機構システム計算科学センター
住友不動産上野ビル8号館7階

材料試験炉 (JMTR) の今後の利用計画について

平成19年10月25日

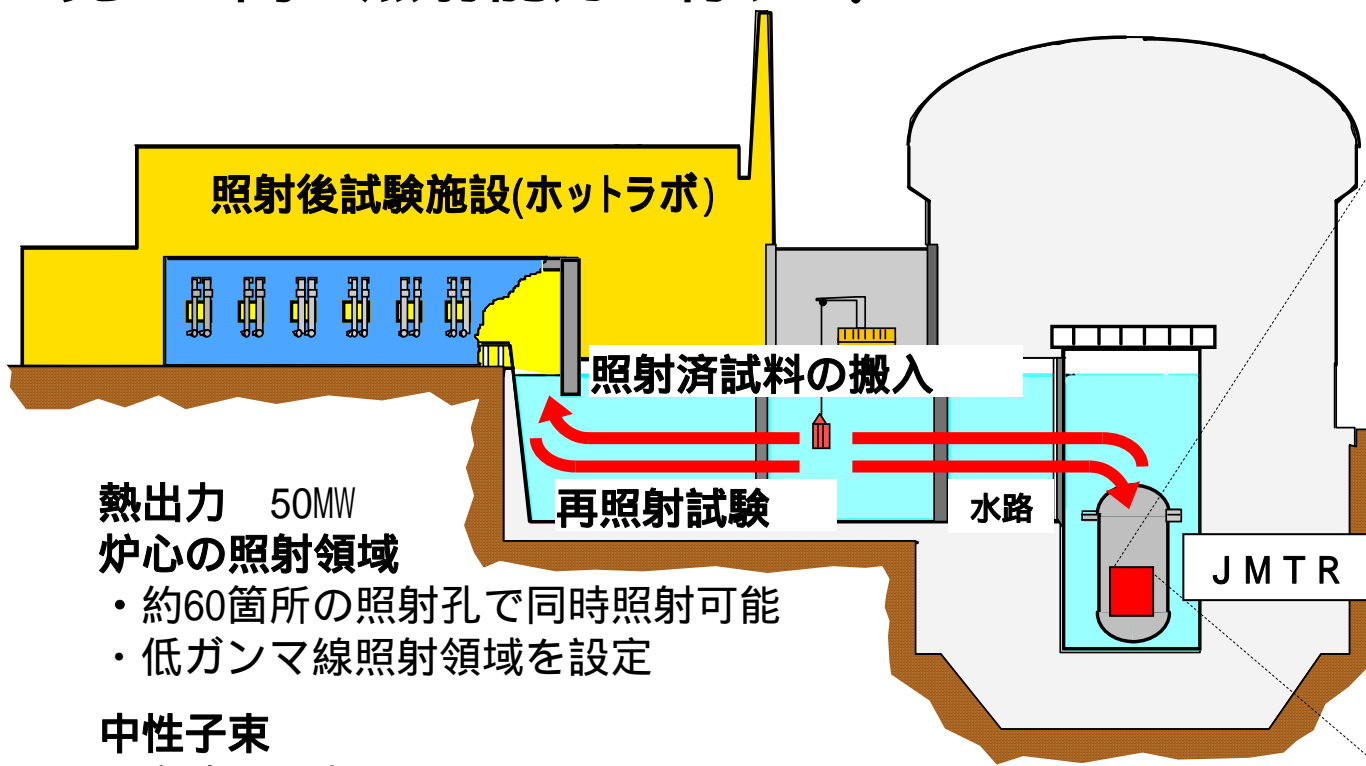
(独) 日本原子力研究開発機構
安全研究センター
中村 武彦

- 1 . JMTRの概要
- 2 . 改修・再稼働に至る経緯
- 3 . 利用ニーズ
- 4 . 今後の計画
 - 4.1 原子炉の改修
 - 4.2 照射設備の整備
 - 4.3 照射試験計画
- 5 . まとめ

1. 材料試験炉 (JMTR) の概要

軽水炉の高経年化に対応した材料照射試験、燃料の高度利用に対応した厳しい使用環境や異常過渡条件での照射試験が実施可能な中性子照射炉。照射試験体等を取扱うホットラボが付属。

材料照射試験や燃料異常過渡試験などにおいて多くの実績と国際的に見ても高い照射能力を有する。

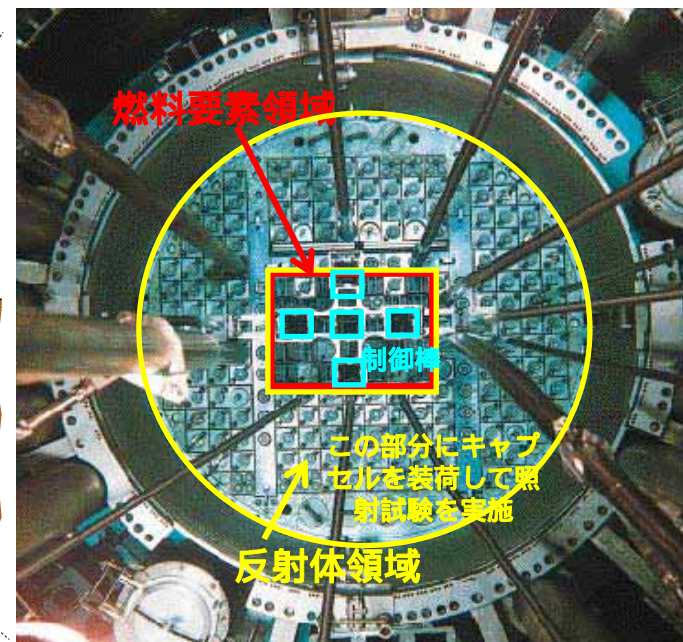


熱出力 50MW
炉心の照射領域

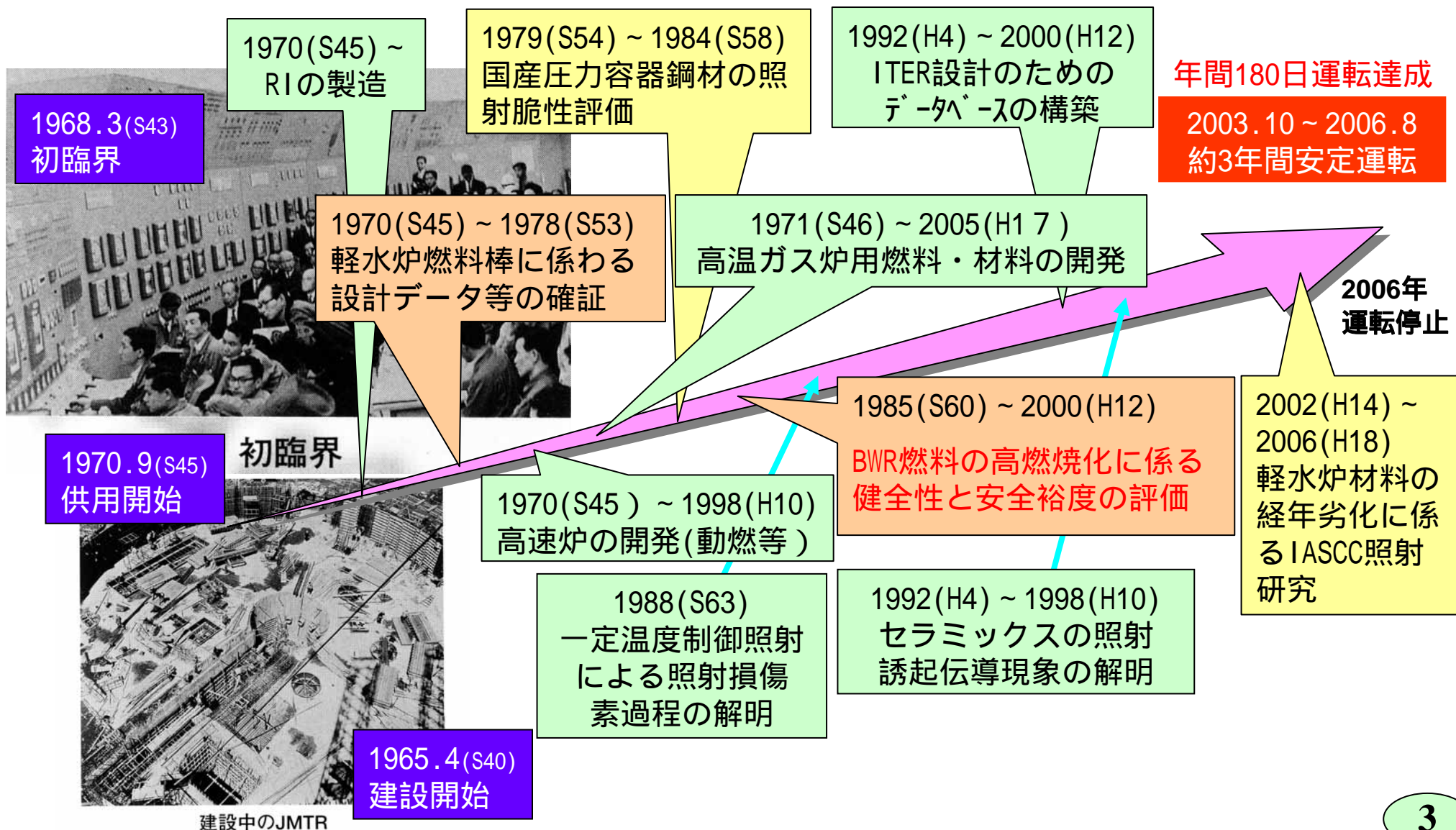
- ・ 約60箇所の照射孔で同時照射可能
- ・ 低ガンマ線照射領域を設定

中性子束

- ・ 高速 : 最大 4×10^{18} (n/m²/s)
- ・ 熱 : 最大 4×10^{18} (n/m²/s)

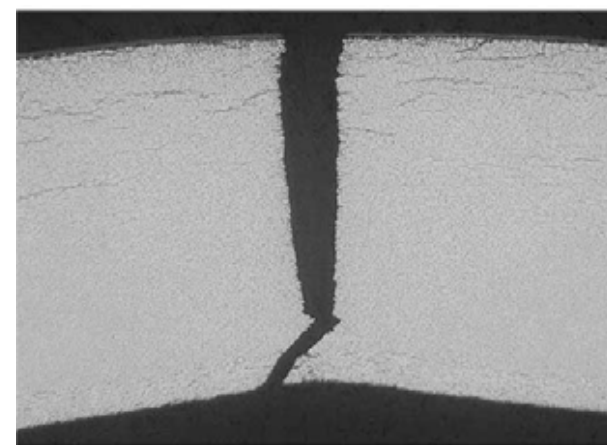
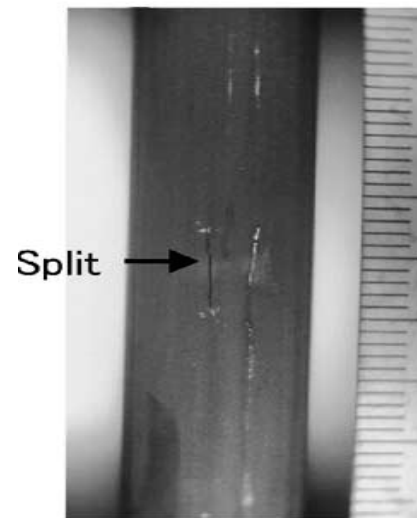
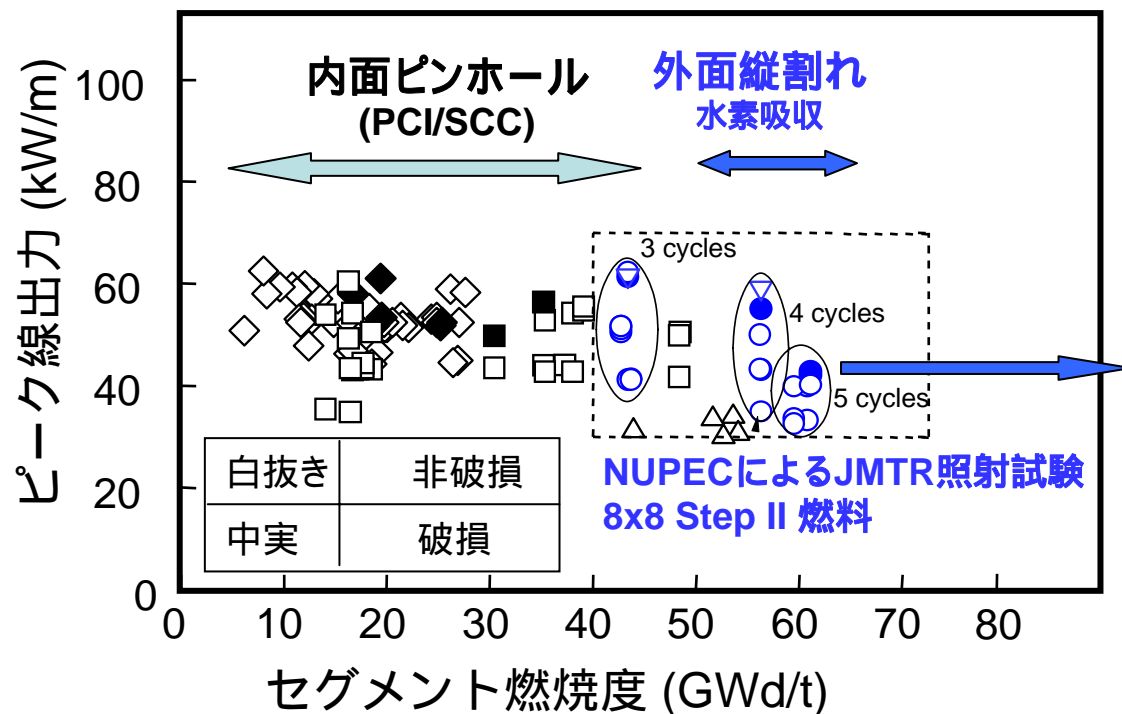


1 . JMTRの概要 - 歴史 -



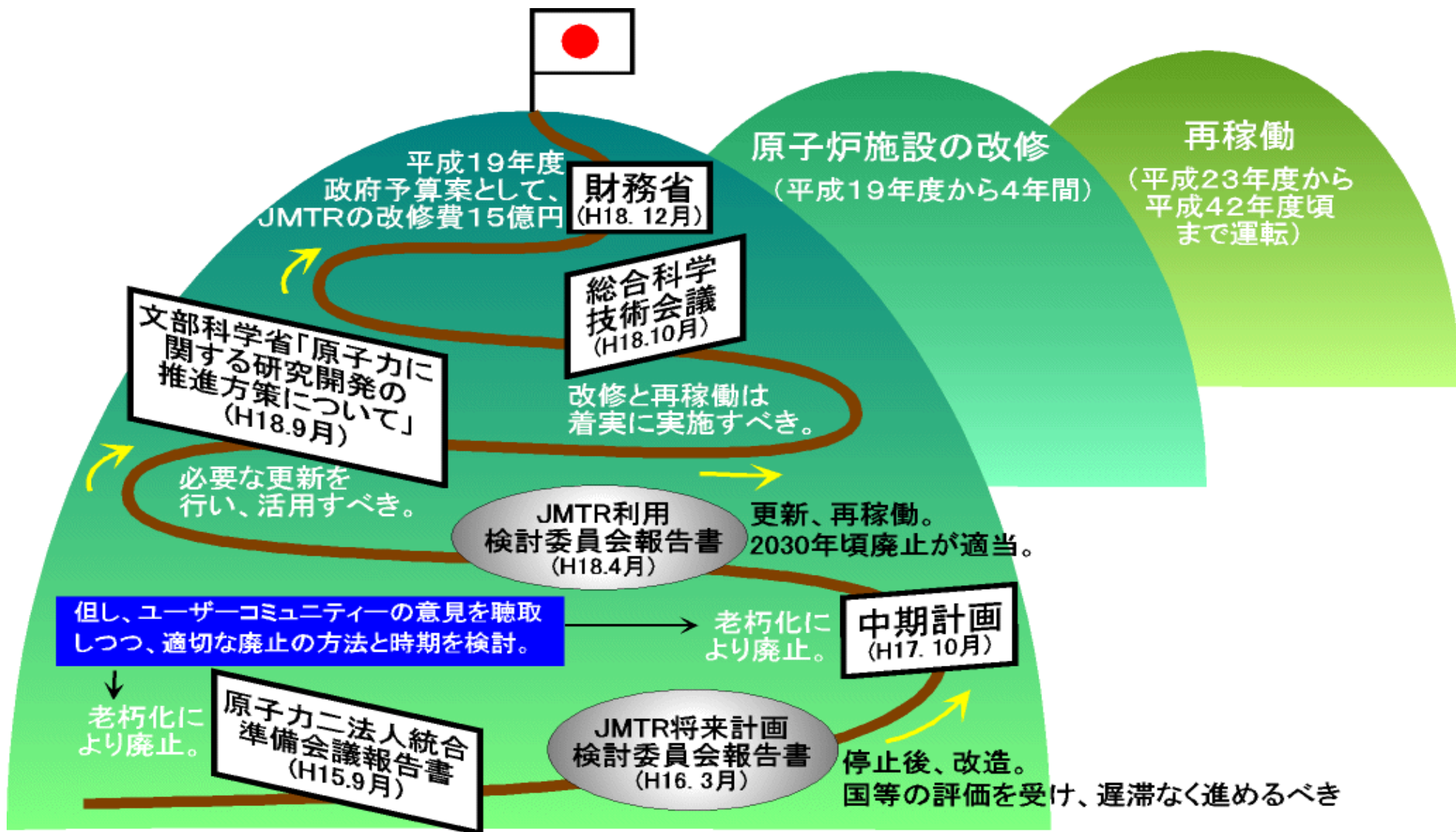
1. JMTRの概要 成果の例: 出力過渡条件での燃料破損試験 -

50GWd/tを超える燃焼度では、出力過渡時に従来のPCI/SCCによるピンホール破損とは異なる、水素の影響を受けた縦割れ破損が発生。



*S. Shimada et. al. Journal of Nuclear Materials
327 (2004) 97-113

2. JMTRの改修・再稼働に至る経緯

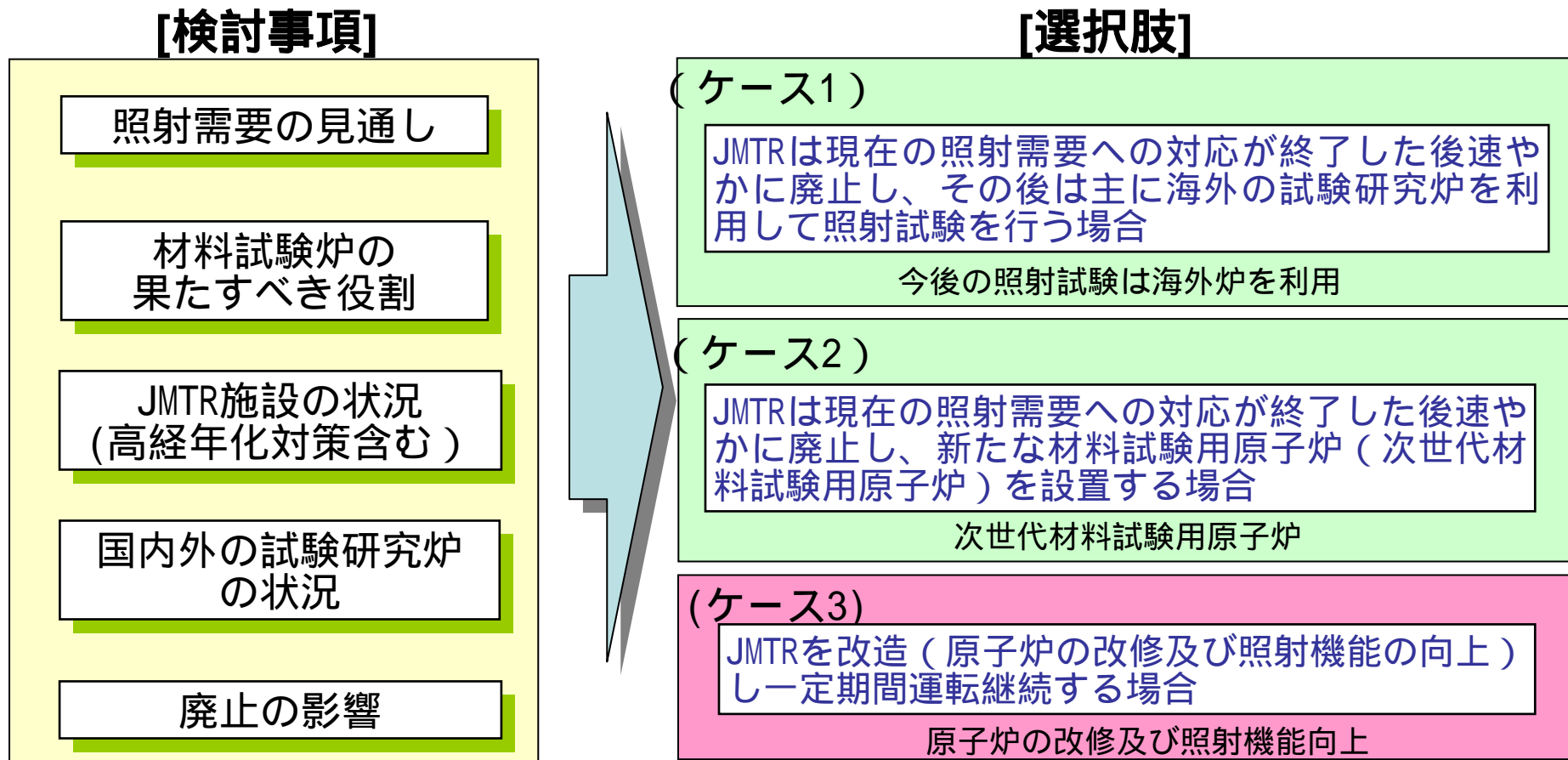


2 . 経緯 - 「JMTR将来計画検討委員会」での視点 -

- (1) 重要性を増した材料試験用原子炉
 - ・ 軽水炉の高経年化で生ずる材料劣化問題
 - ・ MOX燃料など燃料開発
 - ・ 次世代炉、核融合炉等の開発
 - ・ 照射研究の実施による人材の育成、技術の継承
 - ・ RIの安定供給

- (2) 老朽化したJMTR -いかに対処するか-
 - ・ 燃料、材料の開発や安全性確証を海外に依存することは不適切。
 - ・ 新設は400～500億円程度の予算と十年以上の空白期間が見込まれる。
 - ・ 改修と新たな照射試験設備の整備を3～4年で実施し、利用効率を向上すべき。
 - ・ 国費で建設された原子炉を使い切る意味でも国民の納得を得るものとなる。

2. 経緯 - JMTR将来計画検討委員会の検討結果 -

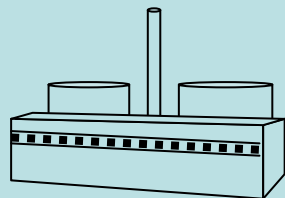


- ケース1: 国内に技術が蓄積せず技術基盤が衰退
- ケース2: 長期間の建設、財政的な困難
- **ケース3: 最小限の費用で必要な技術基盤を残し、第2四半世紀以降は今後の研究動向で判断。**

参考: 付録1 原子力政策大綱における中長期方向性との関係

3. 利用ニーズ - 新JMTRに期待される役割 -

軽水炉利用の長期化対策



- ・現行軽水炉の高経年化対応と高度利用
- ・次世代軽水炉の開発

科学技術の向上

- ・核融合炉用材料、機器等の開発
- ・高温ガス炉用燃料・材料の開発
- ・原子力エネルギー基盤研究 等



産業利用の拡大

- ・シリコン半導体製造
- ・医療診断薬の ^{99m}Tc 製造等

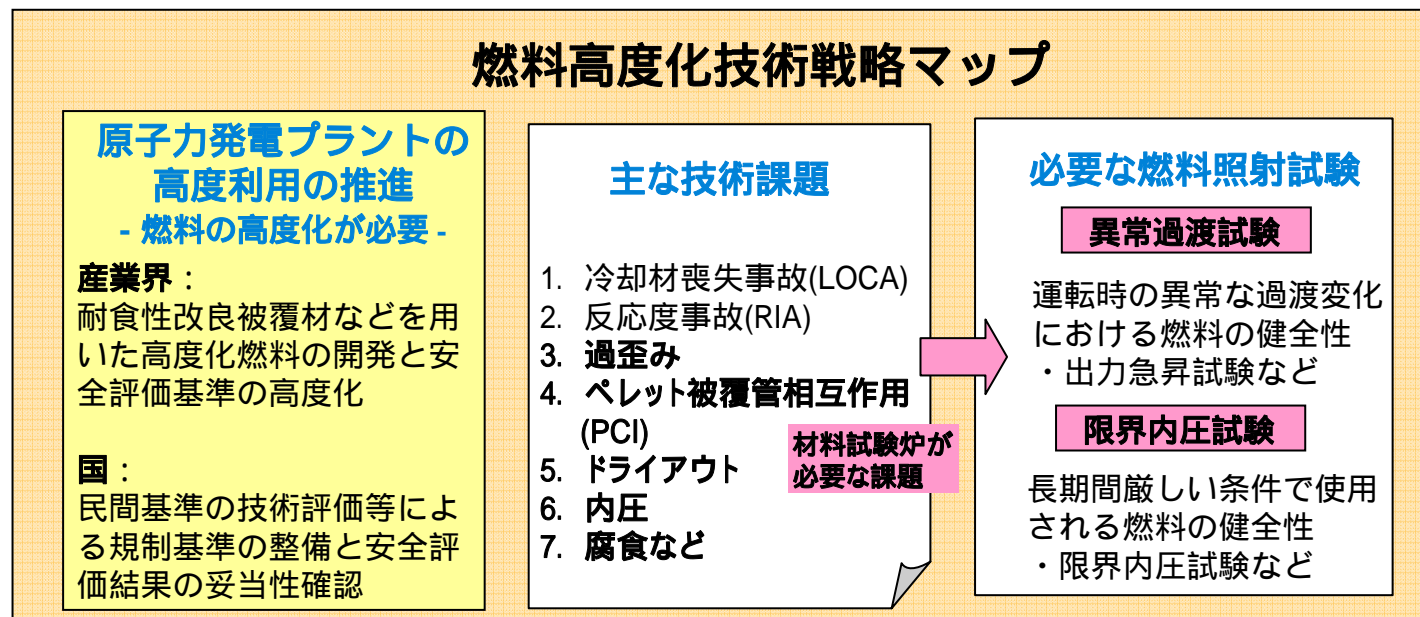
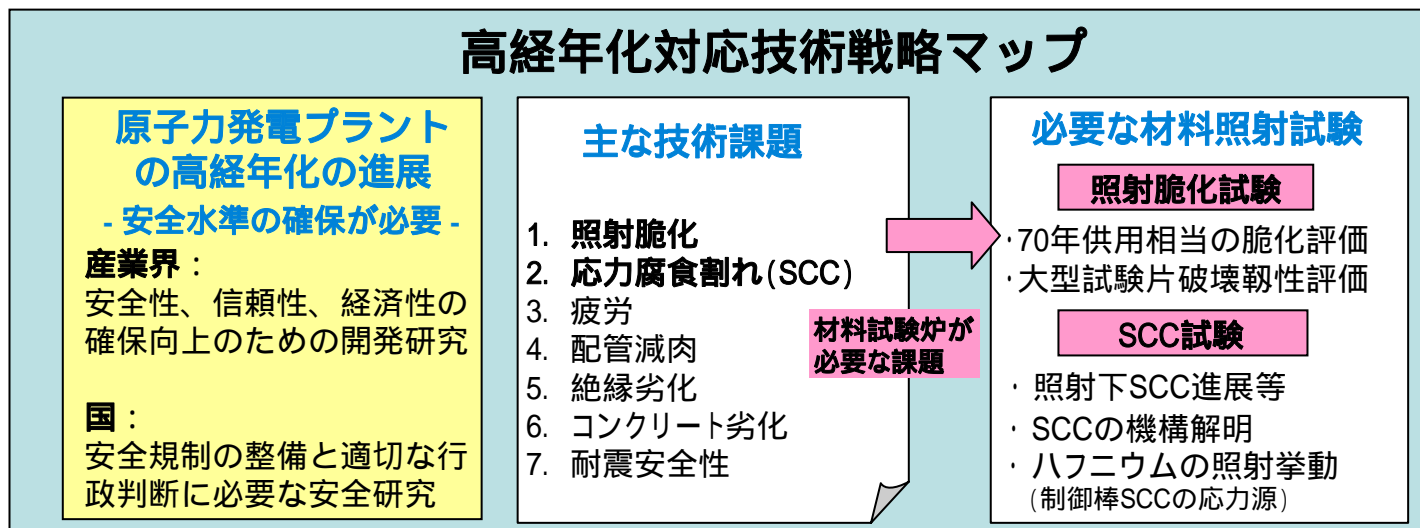


原子力人材育成

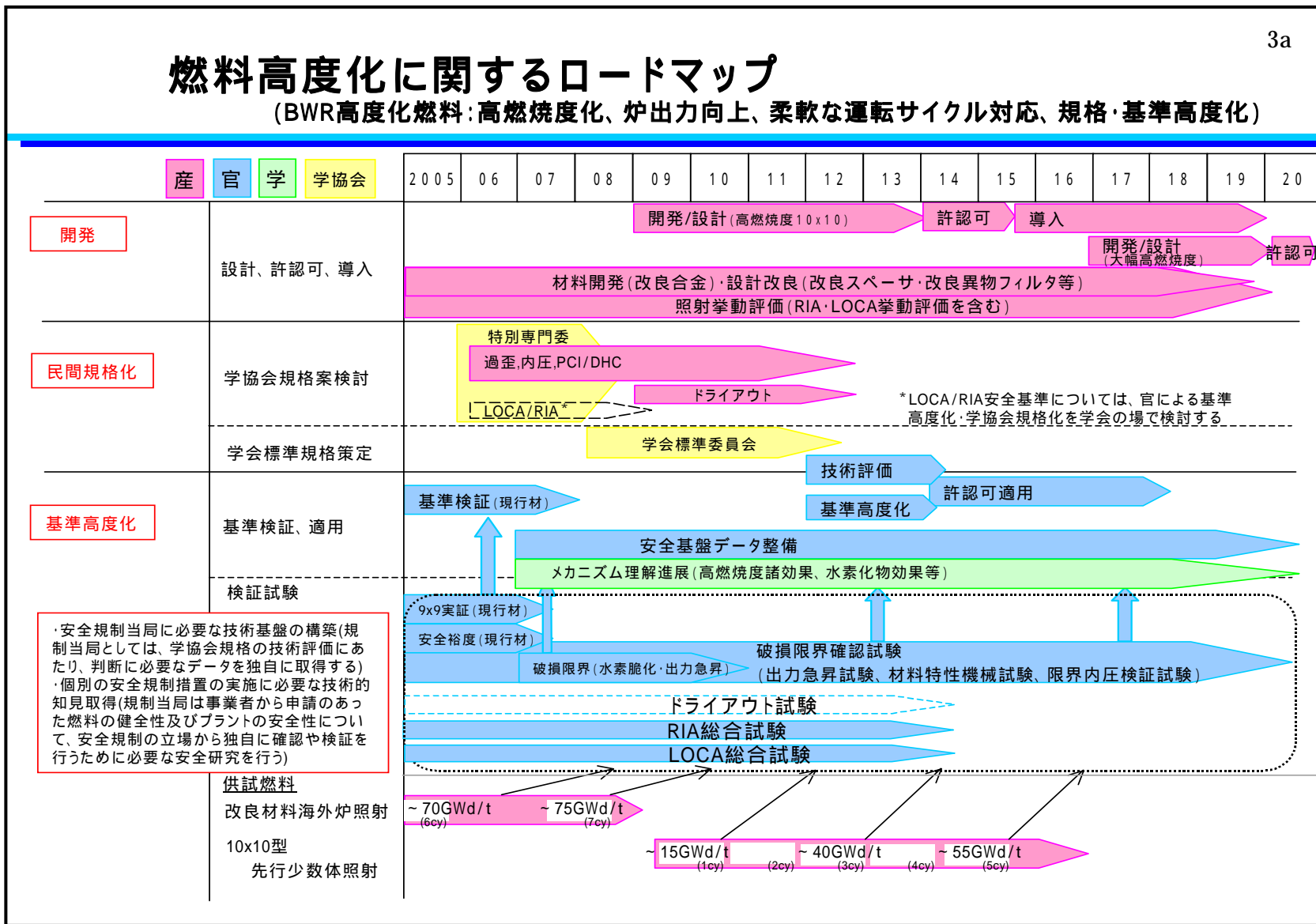


3. 利用ニーズ

現行軽水炉の高経年化対応及び高度利用

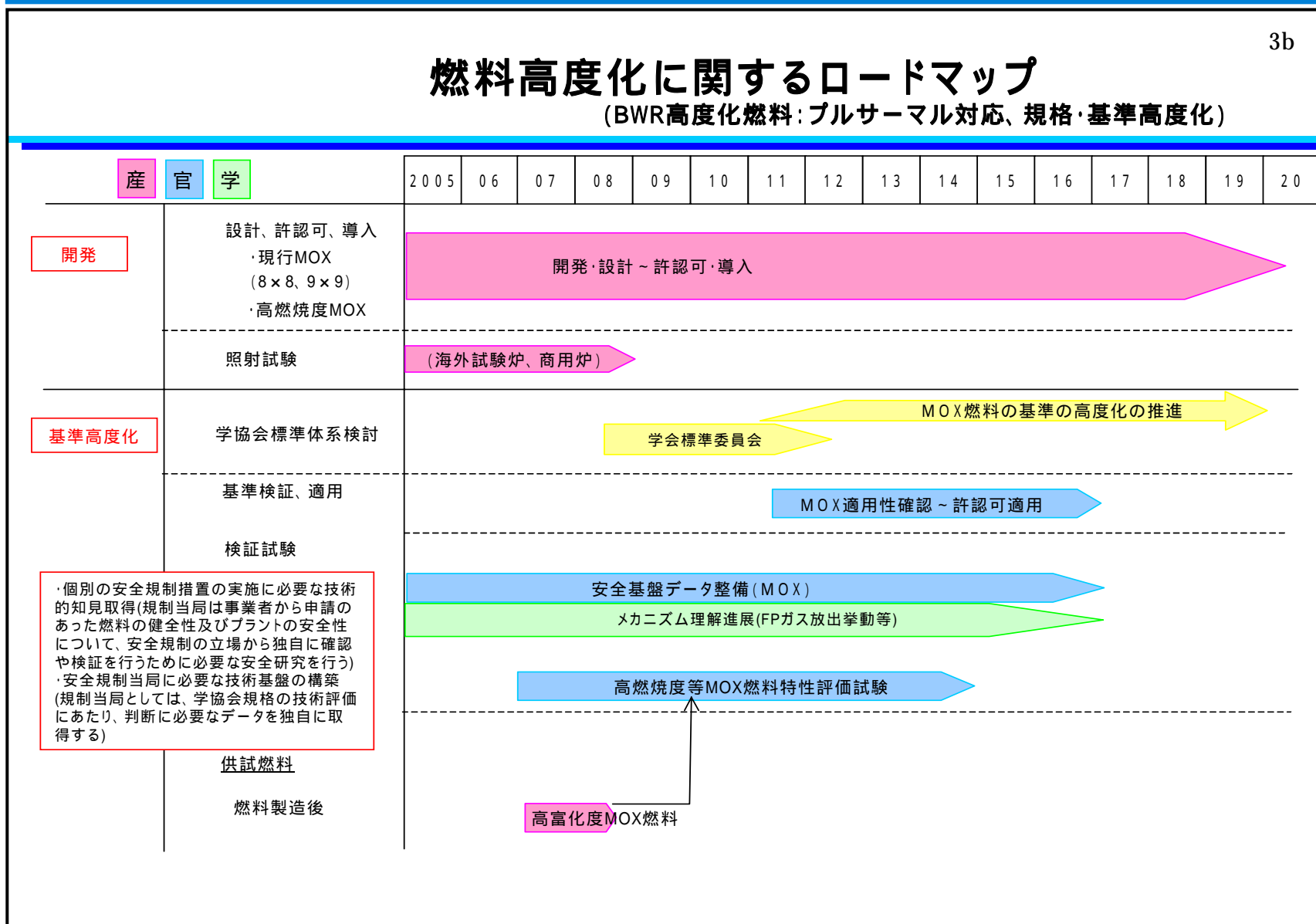


3. 利用ニーズ - 燃料高度化技術戦略マップの例(1) -



日本原子力学会
 「軽水炉燃料の高度化に必要な技術検討」
 特別専門委員会
 (H19年7月)より

3. 利用ニーズ - 燃料高度化技術戦略マップの例(2) -



日本原子力学会
 「軽水炉燃料の高度化に必要な技術検討」
 特別専門委員会
 (H19年7月)より

BWR高度化燃料: プルサーマル対応



3. 利用ニーズ 次世代軽水炉開発-

次世代軽水炉のコアコンセプト

世界初の濃縮度5%超燃料を用いた原子炉系の開発による、
使用済燃料の大幅削減と世界最高の稼働率実現

免震技術の採用による、立地条件によらない標準化プラントの
実現

プラント寿命80年とメンテナンス時の被ばく線量の大幅低減を
目指した、新材料開発と水化学の融合

斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮
パッシブ系、アクティブ系の最適組合せによる、世界最高水準
の安全性・経済性の同時実現

稼働率と安全性を同時に向上させる、世界最先端のプラント
デジタル化技術

(4) 規格基準整備、規制高度化

開発と一体的に、次世代軽水炉に必要な規格基準を整備する。また、次世代軽水炉に適合した規制制度について提案するとともに、安全当局との連携を図り、規制高度化を一体的に推進する。

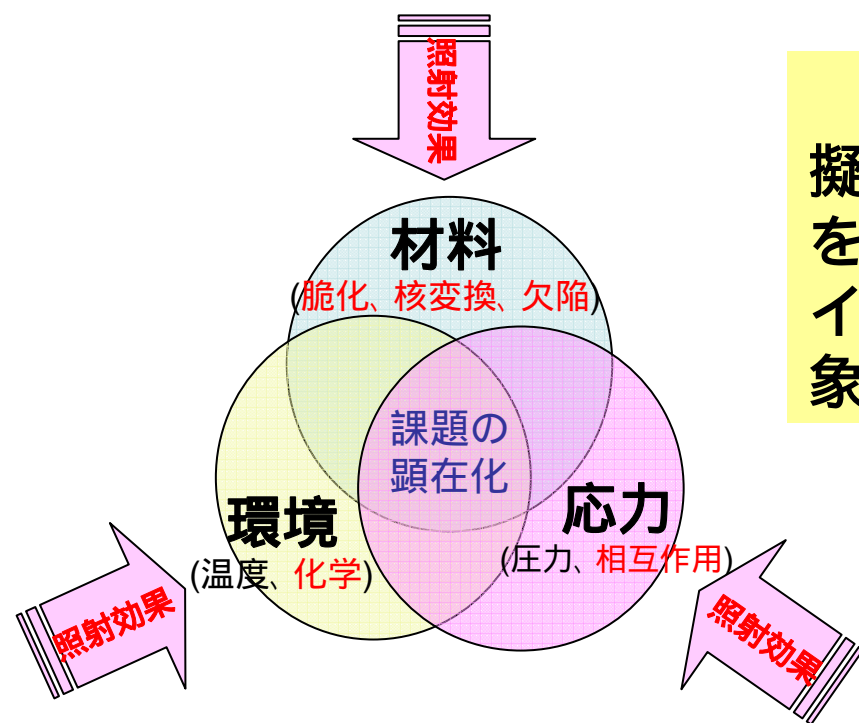
「世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の開発について」

経済産業省、電気事業連合会、(社)日本電機工業会 (平成19年9月12日)より

4 . 今後の計画 - 材料試験用原子炉の役割 -

原子炉の燃料や構造材は放射線と応力や腐食等の相乗的な影響を受けることから、これらの研究開発にあたっては、実機環境を模擬した照射試験及び実機よりも過酷な条件での加速試験も含めた照射試験を行うことが必要であり、これらの照射試験を行うための施設が材料試験用原子炉である。

JMTR利用検討委員会報告書 (平成18年3月)



材料・環境・応力の総合的な環境を模擬し、より厳しい環境・個別パラメータを制御した試験を実施し、詳しいオンライン計測、照射後試験によって複合的現象を把握し、影響を定量・実証する。

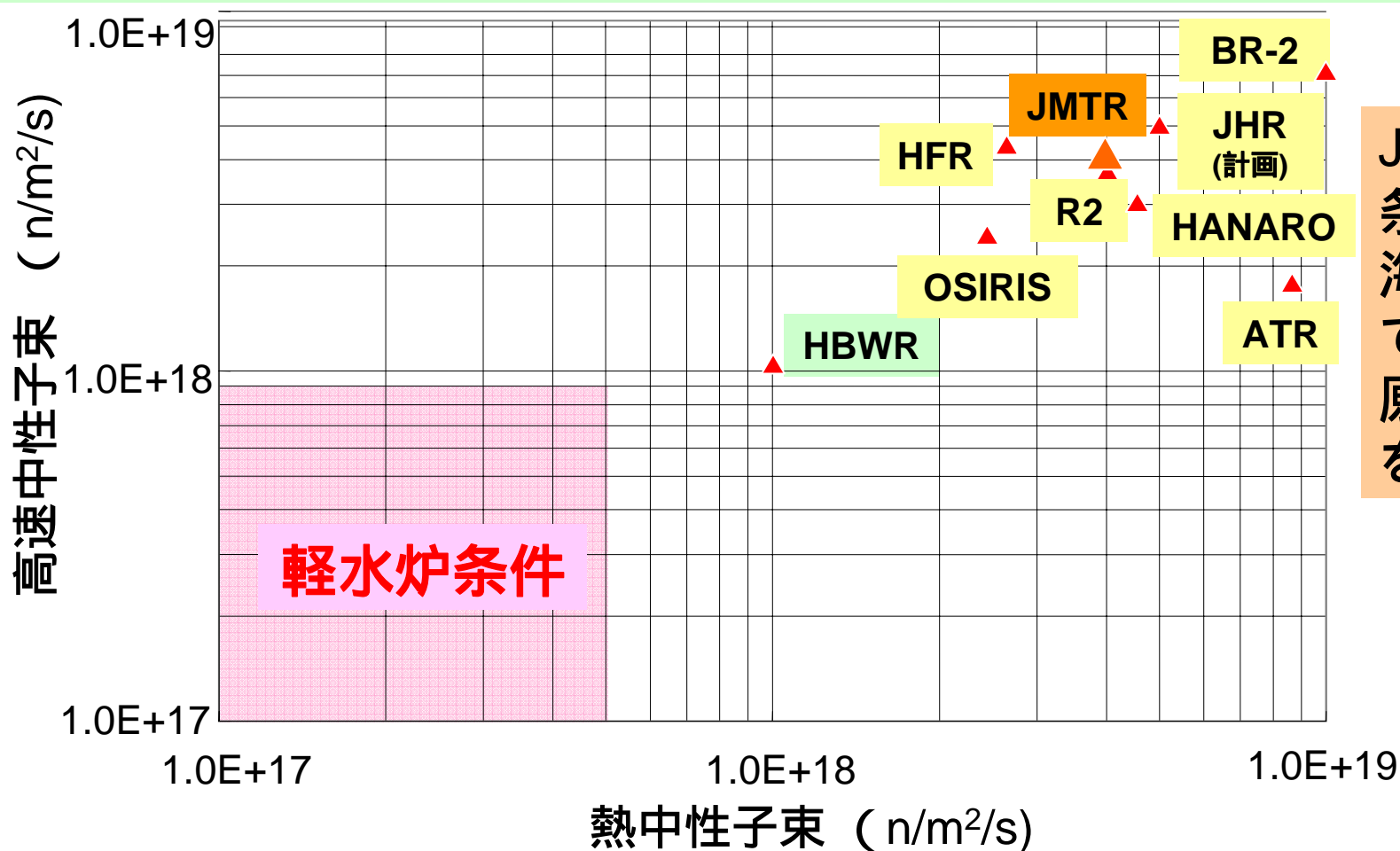
**材料試験炉の性能：
原子炉 + 試験装置の総合力**

4. 今後の計画 - 燃材料試験炉の性能 -

中性子束・スペクトル
安定性、稼働率

原子炉の性能

温度、圧力、水質などの環境条件と計測 照射試験装置の性能

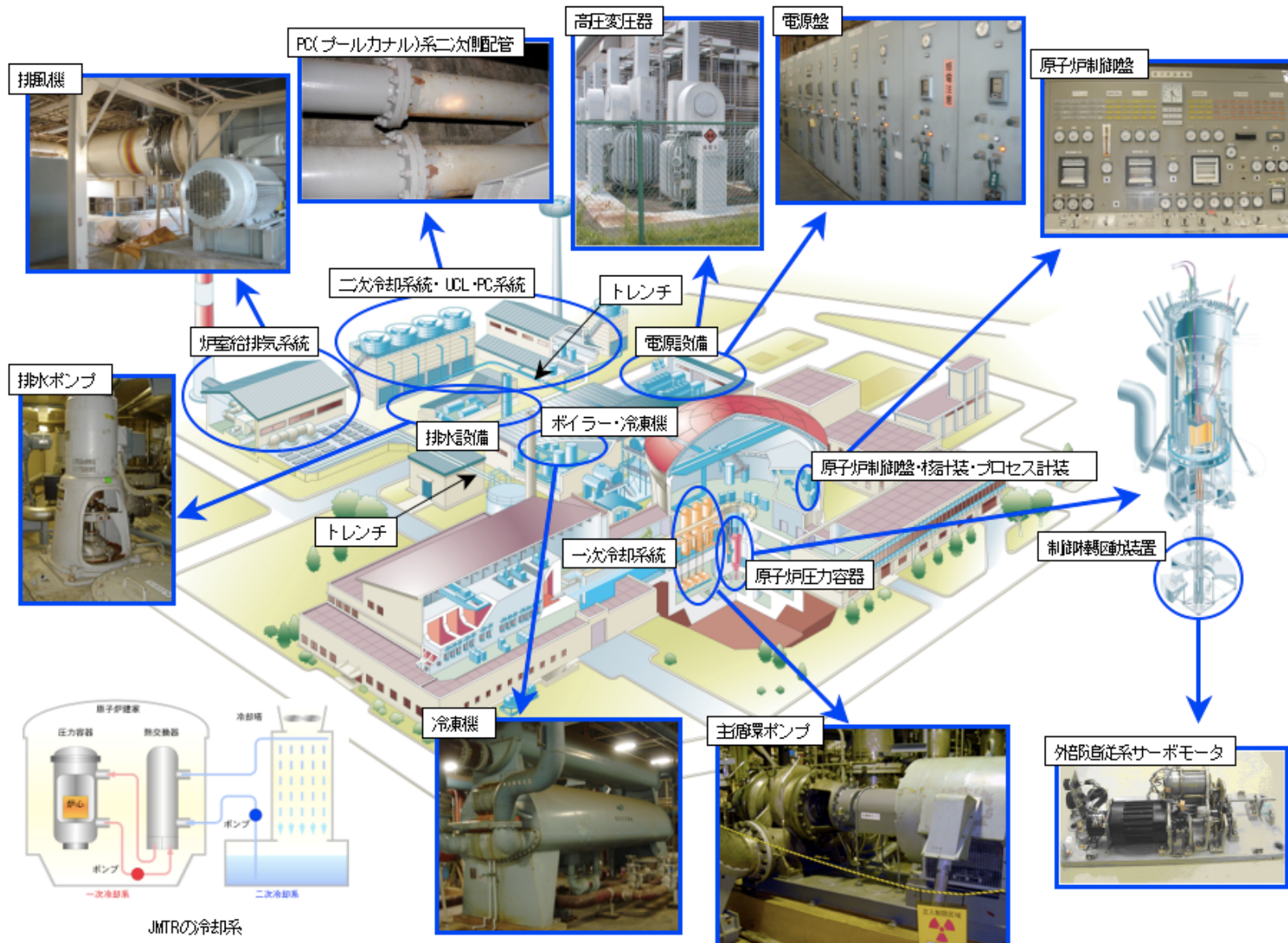


JMTRは軽水炉条件を満たし、海外炉と比べても遜色ない原子炉性能を有している。

参考資料
Directory of Nuclear Research Reactors, IAEA, 1998 など

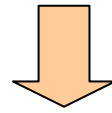
4.1 原子炉の改修

- 高稼働率での安定した運転の実現 (原子炉性能) -



4.1 原子炉の改修 - 効果 -

老朽化した機器の更新により予防保全が可能となり、新JMTRの安心・安定運転が実現される。

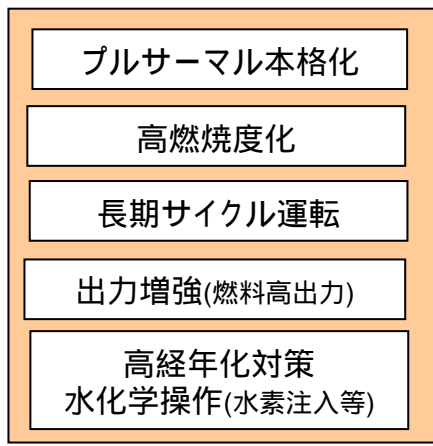


世界最高水準の年間稼働率70%を目指せる。
本更新を通じて、JMTR建設世代から次世代へ材料試験炉に係る技術伝承ができ、実務技術者の育成が可能となる。また、国の安全規制業務支援を担う実務若手人材の育成もできる。
予期せぬ商用炉のトラブル対応等について、随時、迅速に対応可能となり、商用炉の安心・安定運転に対しても貢献できる。

付録2、3に示すソフト面の改善や国際拠点化のための取組により総合的な利用性の向上を図っている。

4.2 照射設備の整備 - 燃料照射試験装置の例 -

- ・ 軽水炉高度利用に対応したウラン及びMOX燃料の**高負荷環境照射試験装置**
- ・ 出力過渡及び流動過渡条件でのウラン及びMOX燃料の**異常過渡試験装置**

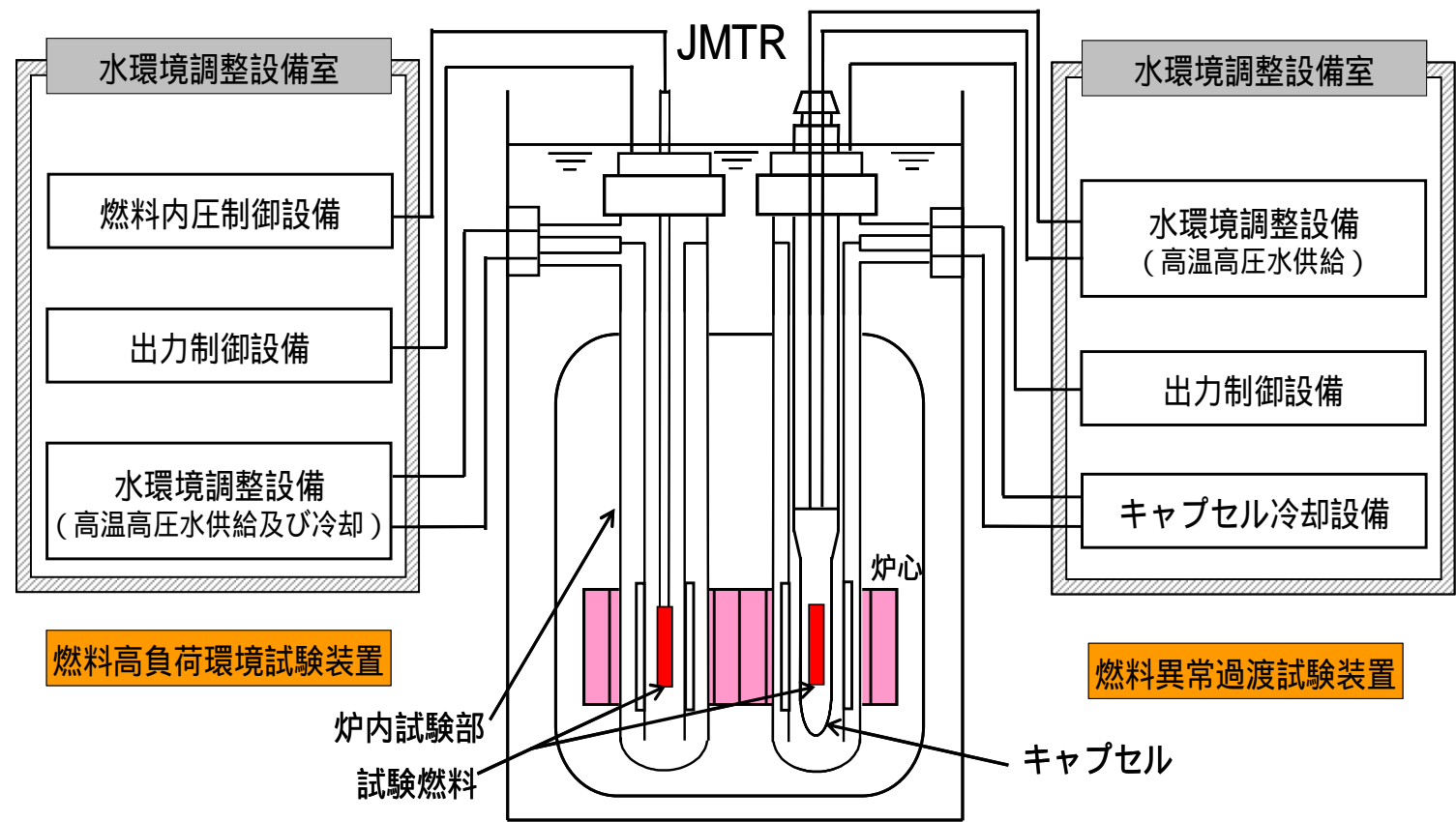


高負荷環境照射試験



事故・異常過渡時の
破損限界の低下

燃料異常過渡試験

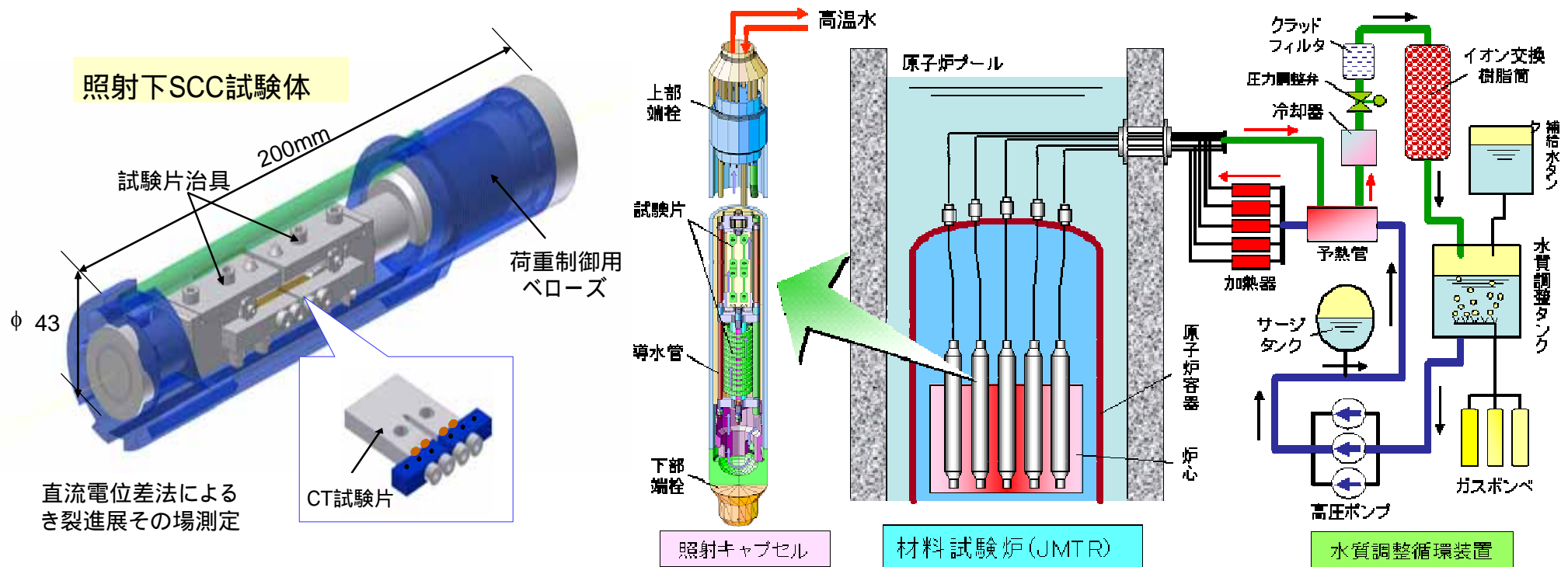


燃料照射試験装置の概念図

4.2 照射設備の整備 - 材料照射試験装置の例 -

- 大型試験片まで照射可能な温度制御照射装置 (原子炉容器破壊靱性試験など)
- 高温・高圧・水化学制御環境下での照射試験装置 (照射下応力腐食割れ(SCC)、腐食試験など)

維持規格及び高経年化評価技術の高度化のための試験



照射環境下でのSCC試験装置の概念図

これらの試験装置によって、トラブル対応を含めた多様なニーズに応える試験が実施可能 (性能)

原子力安全基盤小委員会での「原子力の安全基盤の強化について」の検討(付録4)を踏まえた原子力安全・保安院からの受託研究がJMTRを利用して進められている。

高燃焼度燃料の安全基準の高度化

長期間使用した高燃焼度燃料は、異常な過渡事象では小さな変形で破損が生じるなど、破損限界出力が半減し得る原理の解明が必要。

開発が進められている改良燃料の破損限界の仕組みの把握と評価(燃料異常過渡試験)

高経年化に対応した材料評価の高度化

今後10年間で国内の過半数の原子炉が供用開始30年あるいは40年を超えるため、原子炉容器の脆化予測が重要。

実機を模擬した大型試験片による原子炉容器破壊靱性の評価による信頼性の高い高経年化技術評価(原子炉容器破壊靱性試験)

炉心シュラウドの割れが16基以上で発見されており継続利用のためには適切な検査頻度の設定や寿命予測が不可欠。

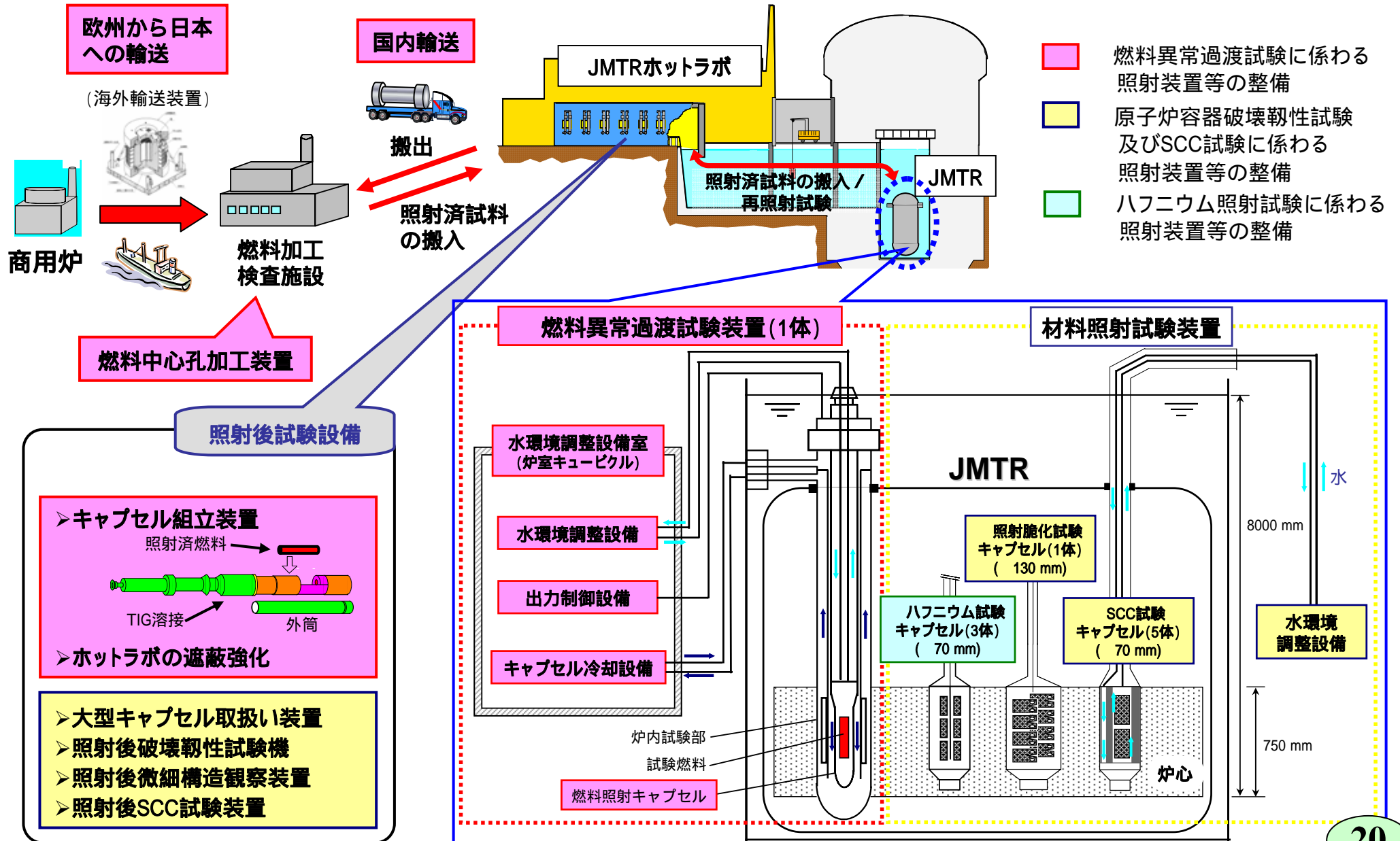
放射線照射環境の応力腐食割れ等の影響評価試験(SCC試験)

事故時に対応した制御棒等の評価

原子炉のブレーキである制御棒が破損する事例が6基以上で発生しており、より信頼性の高い制御棒が必要。

制御棒用ハフニウムの健全性の試験分析(ハフニウム照射試験)

* 日本原子力学会「2007年秋の大会」標準委員会特別セッションI 原子力安全基盤小委員会報告と平成20年度安全研究予算(案)について 配付資料より、9月28日、2007年、北九州



		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
燃料詳細健全性評価	異常過渡試験		試験条件検討 概念設計	詳細設計	照射装置等の整備			照射試験・照射後試験				
	原子炉容器破壊靱性試験 応力腐食割れ(SCC)試験 制御棒用ハフニウムの健全性調査		試験条件検討 概念設計	詳細設計	照射装置等の整備			照射試験、照射後試験				
材料詳細健全性評価												
				ハフニウム基礎試験								
原子炉施設改修	計測制御系統 電源設備 冷却設備 炉室給排気系統等		設計	製作・据付								
	ボイラー設備等 純水製造設備			製作・据付								

5. まとめ

JMTRについては機構内外での検討と評価を経て改良型軽水炉へのリプレイスが始まる2030年頃までは、JMTRを改修し軽水炉の長期利用等に対応した照射ニーズに応えるための改修と再稼働計画が決まり、2007年度より原子炉の改修を開始した。

現行軽水炉の高経年化対応及び燃料高度化のための技術戦略マップがまとめられ、これらに対応して照射脆化や照射環境下での応力腐食割れ、制御棒ハフニウム及び燃料の異常過渡時の破損限界に関する調査が原子力安全・保安院からの受託研究として2006年度より開始され、必要な照射試験装置の設計や一部整備を進めている。

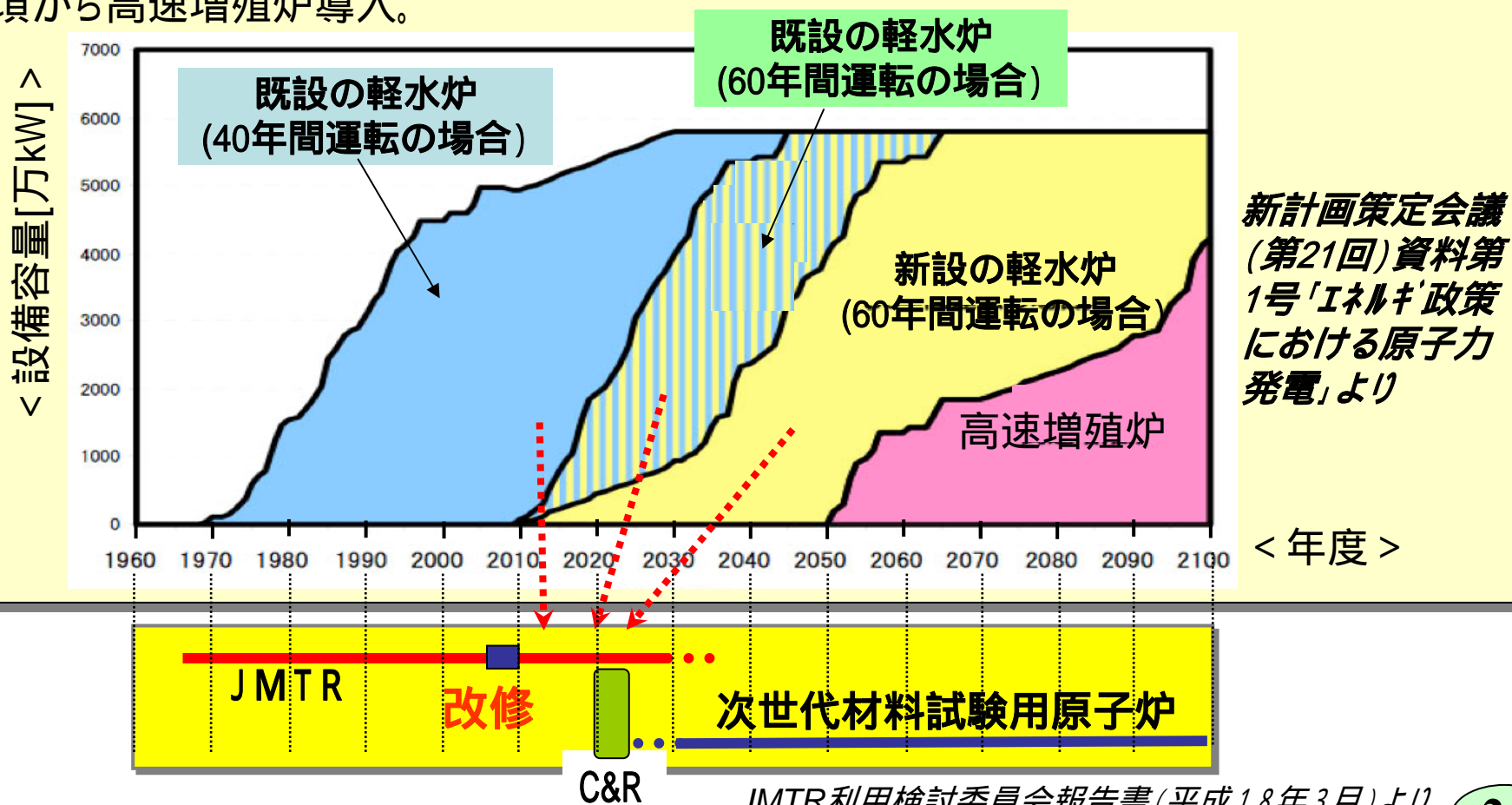
次世代軽水炉開発では濃縮度5%超の高燃焼度燃料やプラント寿命80年を実現する新材料開発や水化学管理がコアコンセプトとしてまとめられ、規格基準の整備や規制の高度化と一体に開発を進める方針がまとめられた。燃料高負荷環境照射試験など現行炉に加え次世代軽水炉の開発と規制に必要な試験についての提案や関連機関との協議を進める。

付録

- 付録1 原子力政策大綱における中長期方向性との関係
- 付録2 利用性の向上 -ソフト面の改善-
- 付録3 国際照射試験センター構想
- 付録4 原子力安全基盤小委員会報告(案)

原子力政策大綱(平成17年10月11日)

下図は、イメージを示すためのものであり、設備容量は58GWで一定と仮定。
 既設の軽水炉は40～60年で廃炉。2030年前後から現行の軽水炉を改良したものに順次代替。
 2050年頃から高速増殖炉導入。



JMTR利用検討委員会報告書(平成18年3月)より

ターンアラウンドタイム(照射申し込みから試験データが出るまでの期間)の短縮。

照射費用の低減化。

照射手続きの簡素化。

使い勝手がよいこと。

企業秘密の保持

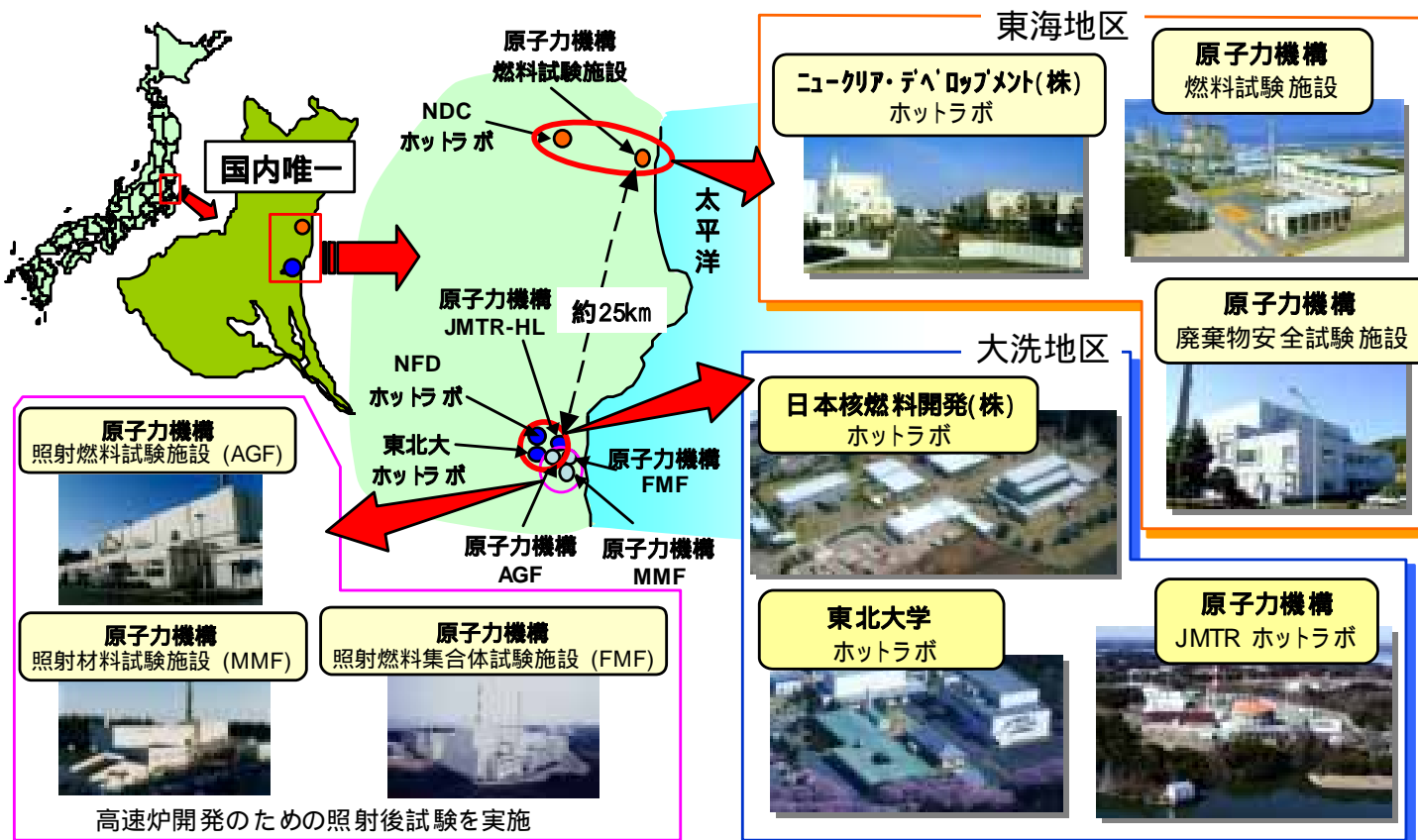
「JMTR利用検討委員会」検討結果(H18年3月)改修・利用計画の調整など全体計画を企画、推進するため

JMTR計画準備室を設置 (H18年9月1日)

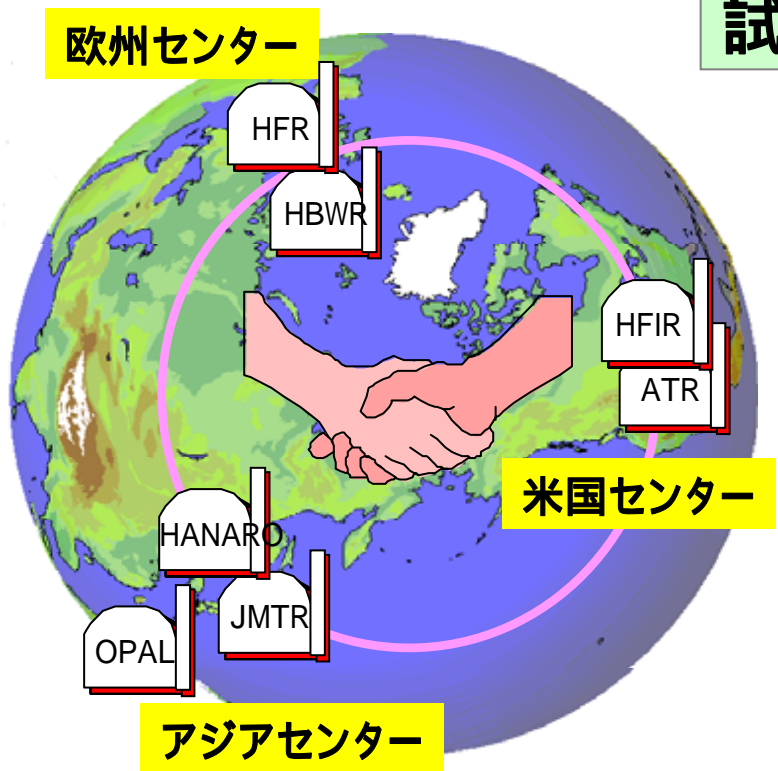
照射試験炉センターを設置 (H19年4月1日)

照射試験炉センターの機能強化 (H19年8月1日)

JMTRを中核として材料試験用原子炉と照射後試験施設を有機的に活用する国際照射試験センターを提案している。OECD国際協力研究の枠組み等を活用して推進側と規制側を含めた合理的な研究実施のためのシステムを構築するための検討を進める。これにより、我が国独自の利益を最大限に確保しつつ、国際的協調による成果も生かせる形を実現する。



JMTR再稼働までに、アジアの中核試験炉として国際協力体制を構築



世界の主な試験炉と3つのセンター構想

- ・情報交換
- ・技術移転
- ・照射技術の活用
- ・人材交流 など

互いの試験炉の特長を生かした照射試験の役割分担による施設運営の効率化や照射機能の高度化

照射技術等の共有化による世界的に統一性の取れた照射試験の提供

(*) アジア・環太平洋地域での情報交換を開始予定(平成19年度～)

原子力安全・保安部会 原子力安全基盤小委員会報告 ～原子力の安全基盤の強化について～ (案)

第一章 はじめに

第二章 原子力の安全基盤の現状と課題及び今後の対応の考え方について

1. 原子力安全基盤研究
2. 規格基準の策定と学協会の取組み
3. 原子力安全確保の観点からの人材基盤
4. 原子力安全確保の観点からの**研究施設基盤**
5. 原子力安全確保の観点からの知識基盤

第三章 原子力安全基盤小委員会の提言について

1. 新たな原子力安全基盤研究システムの構築
2. 原子力安全分野における学協会の役割の高まりと体制強化
3. 原子力専門家人材の戦略的な育成・確保
4. **戦略的に重要な安全基盤研究施設の維持・確保**
5. 知識基盤の高度化と積極的な活用

第四章 おわりに

4. 戦略的に重要な安全基盤研究施設の維持・確保

- ・本小委員会は、次に該当する研究施設について「戦略的に重要な安全基盤研究施設」と位置づけ、当該施設の重要性について国民の理解を得るよう努める。
 - 技術戦略マップにおける重要な安全基盤研究ニーズに対応する施設
 - 人材マップにおいて今後専門家の育成・確保が重要とされる分野の研究課題へ対応する施設
 - OECD/NEA等により国際的に高い評価を受けている施設
- ・また、当該施設を有する研究開発機関は国際的に遜色のない経済性、利便性等の確保を図るとともに、国内外ユーザによる利用が促進されるよう具体的な提案を行う。国は国際共同研究プロジェクトの実現に向け必要な政府間ベースでの提案を行う。産業界は当該研究開発機関の取組みの成果を踏まえ当該施設の積極的な利用に努める。
- ・「研究施設の維持に関する戦略策定が必要」とのOECD/NEAの提言にも鑑み、原子力安全基盤機構及び日本原子力研究開発機構は連携して、技術戦略及び人材マップを踏まえつつ、安全基盤研究施設の活用戦略を策定する。
- ・本小委員会は、高度燃料利用分野及び高経年化対応技術分野に関し、技術戦略マップ等を踏まえ、日本原子力研究開発機構原子炉安全性研究炉(NSRR)、燃料試験施設(RFEF)、及び材料試験炉(JMTR)(照射後試験施設など、これらの付属する施設を含む。)を「戦略的に重要な安全基盤研究施設」と位置づける。なお、他の研究施設について、今後、他分野の技術戦略マップ策定等を踏まえ、「戦略的に重要な安全基盤研究施設」への位置づけを検討する。