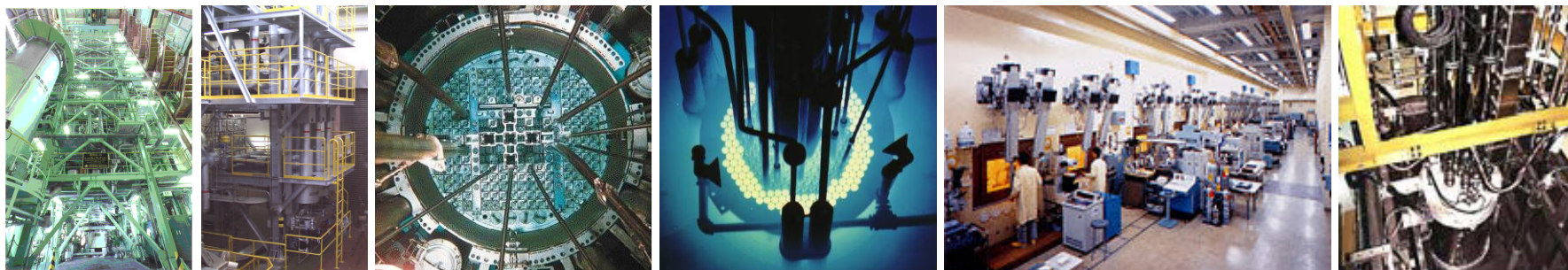


# 安全研究センターの将来展望

## — 原子炉施設安全研究 —



安全研究センター  
更田 豊志



平成20年8月27日  
安全研究審議会

## 産業界との協力に関する国際的議論の一例

- ▶ 2001年6月にCSNI/CNRAはワークショップ「規制における研究の役割 (RRRC: Role of Research in a Regulatory Context)」を開催。規制側、産業界、それぞれの研究を調査し、両者の協力を阻害している要因について議論して、規制判断の独立を維持しつつ障害を取り除くための方策について検討することを提言。
- ▶ 安全研究における規制側と産業界との協力に向けた検討グループ **GRIC** (Group for Regulatory-Industry Co-operation on Safety Research) を設置。2003年に報告書「安全研究における規制側と産業界の協力—挑戦と機会(Challenges and Opportunities)—」を刊行\*。
  - ✓ 今後起こり得る安全問題への効果的対処には、高度な技術者集団を維持し、そのために必要な試験研究施設を維持することが両者にとって不可欠。
  - ✓ 産業界では経済性優先が進み、規制側では研究予算が減る環境で、両者の協力の重要性は増している。
  - ✓ 規制判断の独立は基本原則。一般公衆にとっても、両者にとっても重要。両者の協力でそれが維持されていることを示しつつ進める必要がある。
  - ✓ 知的財産権、情報の所有権、情報の公開、公開前のレビューなどについて事前に明確にすべき。

# 規制における研究の役割に関する最近の国際的議論

2007年12月にCSNI/CNRAは第2回ワークショップ(RRRC-II)を開催\*。

## 議長による結論及び提言

- ✓ 既設炉にとって寿命延長は重要な課題。新型炉の設計にも重要。
- ✓ 規制支援機関(TSO)と産業界とは、特にデータ収集プロセスでは協力を強化すべき。ただし、データの解釈及びコード開発では独立性を確保すべき。
- ✓ 国内の研究プログラムは、長期的なスパンに亘り、優先度とともに、規制当局、産業界、研究機関での役割を明確にすべき。
- ✓ 規制機関による研究ニーズの評価では、技術的能力(competence)及びインフラの維持も含めるべき。
- ✓ 第四世代炉は多種あり、その多くは軽水炉ではない。こうした炉の評価には新しいインフラが必要。CSNIはインフラを共同で構築するための長期的な戦略とアプローチについて検討するためのタスクを作るべき。
  - ➡ 新型炉試験施設に関するタスクグループの設置を提案

# ロードマップの策定と次世代軽水炉開発計画

▶ 産官学が協同して技術戦略マップを策定し、ローリングを実施

高経年化対応技術戦略マップ、燃料高度化技術戦略マップ  
水化学ロードマップ、熱水カロードマップ、等々

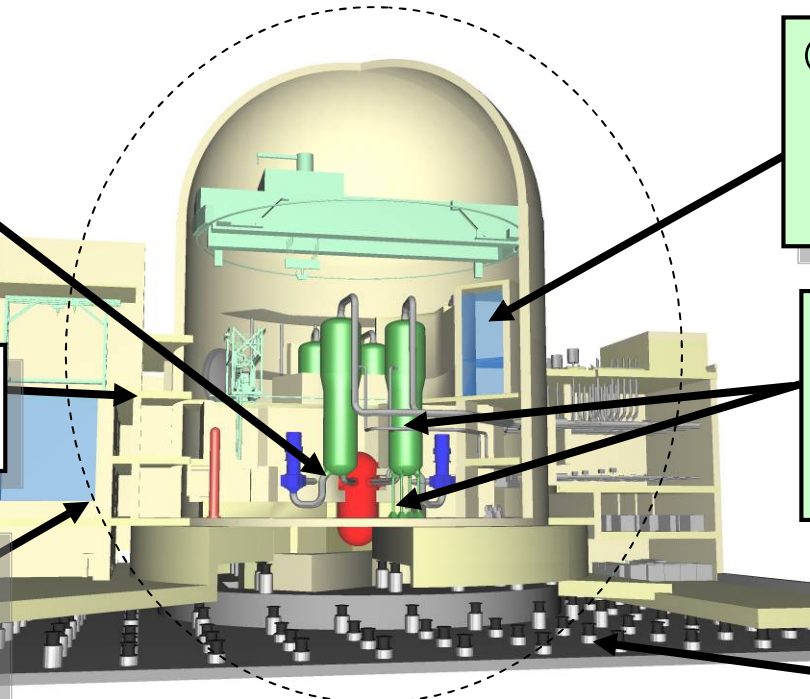
▶ 次世代軽水炉開発計画

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。

① 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

④ 斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮

⑥ 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



⑤ 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

③ 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と水化学の融合

② 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

次世代軽水炉の6つのコアコンセプト

# リスク研究

- ✓ 安全分野の横断的課題に対処するためには、リスク評価基盤技術の維持と最新の知見の反映による進展が必要である。リスク情報を活用した規制の体系化、安全上の課題検討等の国の規制ニーズを睨みつつ、JNESとの連携、役割分担を踏まえ、また国際動向を注視して評価手法を整備する。
- ✓ 原子力防災研究についてはこれをリスク研究に位置づけ、これまでのリスク情報を活用した計画策定支援研究をさらに発展させ、自治体と協力した事例研究を通して、地域防災計画の実効性向上を図る。

## 【次期中期計画】

- ✓ 重要度指標の開発、最新知見に基づくレベル2/3PSA手法の改良、不確かさ・感度解析手法に関する研究を中心にリスク評価基盤技術を整備するとともに、核燃料施設のリスク情報活用に関する研究を進める。
- ✓ 事故・故障の分析評価に関する研究を継続する。
- ✓ リスク情報を活用した地域防災計画支援に関する研究を展開する。

## 【長期展望】

- ✓ 次世代炉を見通した新たな安全設計・安全評価の規制体系の構築あるいは廃棄物処分を含む核燃料サイクル諸施設の安全規制に資するためリスク評価基盤技術の高度化及びリスク評価を継続する。また、リスク評価からリスク管理に向けた研究に取り組む。

# リスク研究の進め方

	今期中期計画(～H21)	次期中期計画(～H26)	H27～
リスク情報活用の推進	<b>安全目標</b> 軽水炉性能目標 基本ガイドライン 品質ガイドライン	核燃料施設性能目標 試行の実施	リスク情報の本格活用
	<b>PSA手法標準の策定・改訂</b> (停止時PSA、レベル1～3PSA、地震PSA)		(火災、溢水、外部溢水PSAなど)
確率論的安全評価(PSA)手法の高度化・開発整備	<b>PSA手法の開発整備</b> ・核燃料施設PSA手法整備 ・レベル2/3PSA手法高度化 <b>施設の性能目標等検討</b> ・軽水炉性能目標の検討 ・核燃料施設性能目標の検討	<b>●リスク評価基盤技術整備</b>	
	<b>事故・故障の分析評価に関する研究</b>	<b>●重要度評価手法の開発</b> <b>●最新知見に基づくレベル2/3PSA手法の改良</b> <b>●不確かさ・感度解析手法に関する研究</b> <b>●核燃料施設のリスク情報活用に関する研究</b>	
原子力防災等に対する技術的支援	<b>防災計画策定に係る技術的課題検討</b> ・短期・長期防護措置ガイダンス <b>緊急時意思決定支援手法検討</b> ・専門家支援技術マニュアル等整備	<b>●事故・故障の分析評価</b>	
		<b>●リスク情報を活用した防災計画支援に関する研究</b>	

## 熱水力安全研究

- ✓ 軽水炉の技術導入計画、国際的な安全規制の動きなどを俯瞰した「熱水力ロードマップ(仮称)」に対応し、現行軽水炉の高度利用、次世代軽水炉開発、規制の高度化に必要な熱水力安全に係わるデータをタイムリーに取得するとともに、これらのデータを含めた技術的知見を活用して安全評価手法の高度化を進め、国の安全規制に最新の知見を反映する。OECD/ROSAプロジェクト第2期計画(2009～2011年)では、国際的に強いニーズのある中破断LOCA実験などを行う。
- ✓ 実施に際してはこれまでに蓄積した知識、LSTF、THYNC等の実験施設基盤を維持、活用するとともに、人材の育成を図る。
- ✓ 高速増殖炉など軽水炉以外の分野に係わる検討を視野に入れる。

### 【次期中期計画】

- ✓ 次世代軽水炉に採用される先進安全系の性能確証、高出力炉心内の熱流動挙動、シビアアクシデント時のより現実的なソースターム評価に係わるデータや、規制の高度化・世界標準化に関連する様々なデータをLSTF等を用いた総合実験や個別効果実験により取得する。さらに、最新知見を反映した最適評価手法の整備を進める。

### 【長期展望】

- ✓ 次世代軽水炉の導入に際する安全審査に必要なデータの取得や熱水力解析手法の高精度化を継続するとともに、高速増殖炉などへの対応も検討していく。

# 熱水力安全研究の進め方

次期中期計画

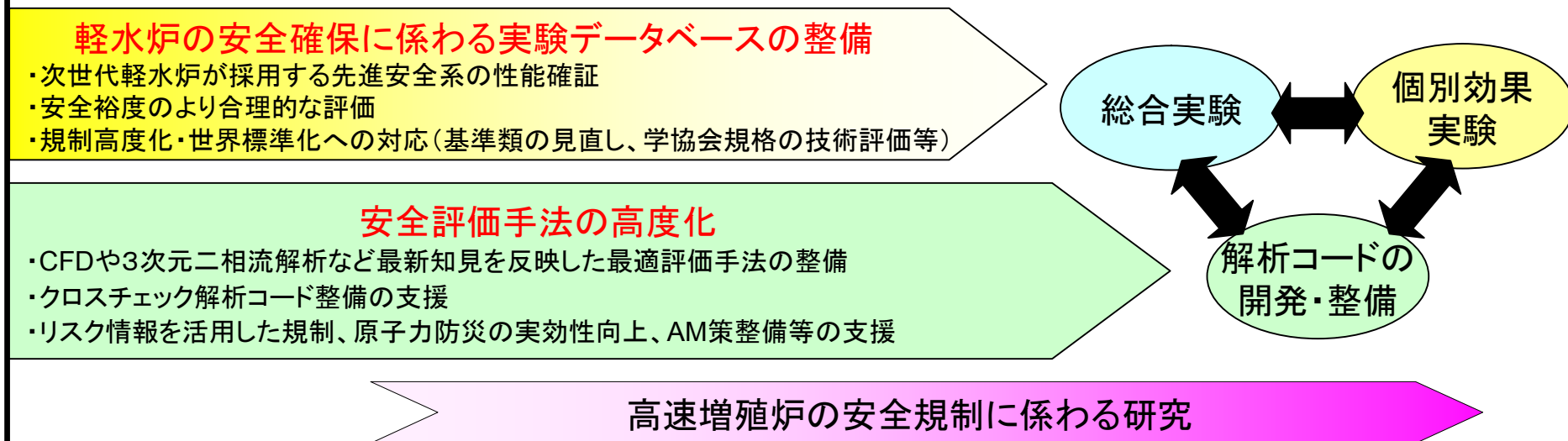


出典:原子力の革新技术開発ロードマップ(中間取りまとめ)  
 ▼初期プラント60年経過

技術導入



機構における研究





# 燃料安全研究

- ✓ 燃料の高燃焼度化、最適運転サイクル、出力増強などを進めるための改良型燃料の導入やMOX燃料の高燃焼度化に際して国が行う安全審査に対し、異常過渡時の燃料破損限界、反応度事故(RIA)及び冷却材喪失事故(LOCA)時の燃料破損限界、破損影響、冷却可能限界など基礎データを提供するとともに、解析コードの開発、検証を進める。NSRRが現在世界唯一のRIA実験施設であることなどを踏まえ、引き続きこの分野を国際的にリードしていく。
- ✓ 安全性に重要な影響を与える現象の抽出やその機構の解明などを通じた安全評価における基本的手法に関わる技術の開発並びに評価精度の向上を目指した研究を行い、燃料の安全性に係る研究能力の維持、向上を継続的に図る。
- ✓ 実施にあたっては、JAEAが蓄積した経験、知識及びNSRRや燃料試験施設、JMTRなどの施設を活用する。

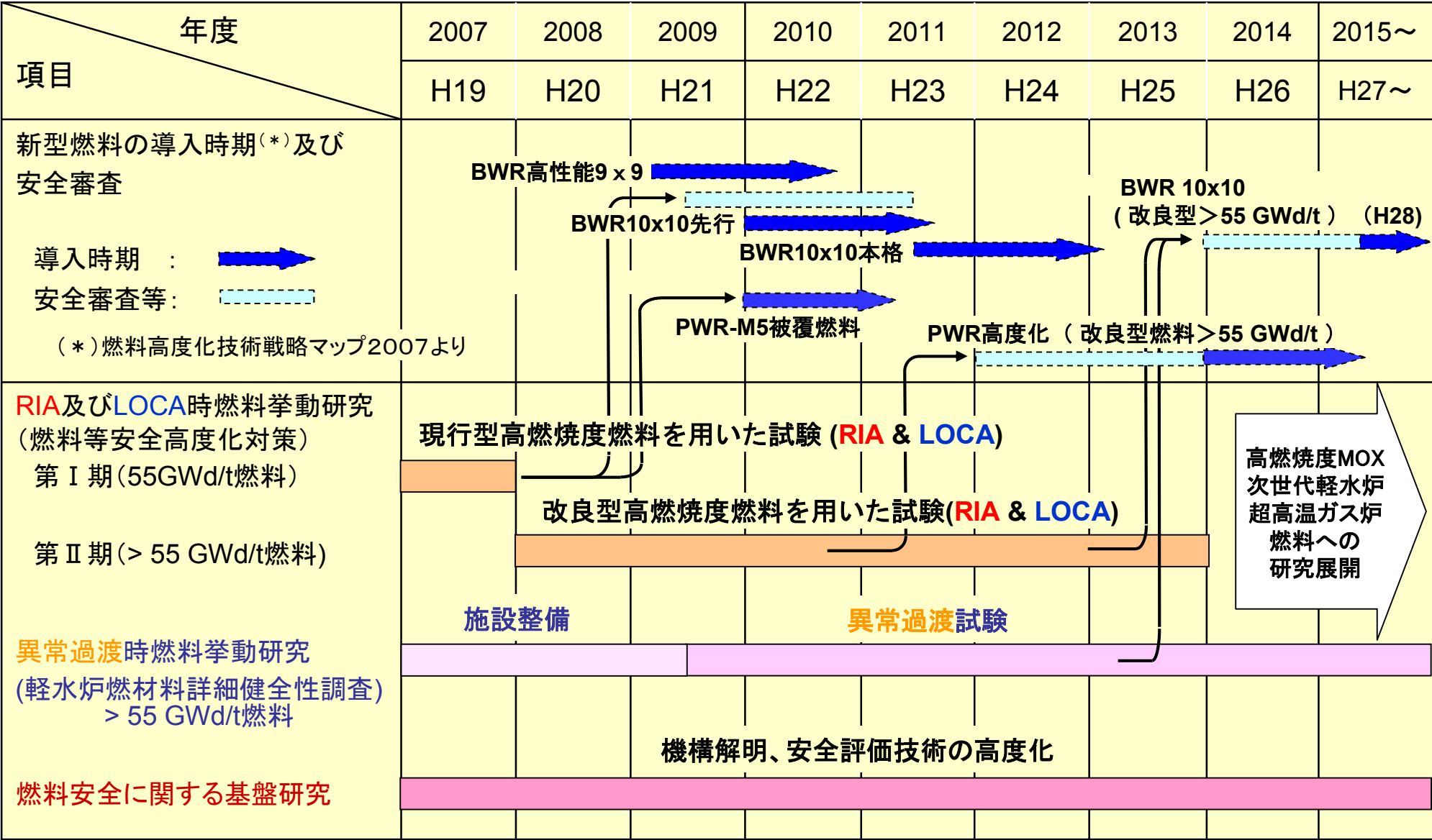
## 【次期中期計画】

- ✓ 「燃料高度化技術戦略マップ2007」における燃料の高度化計画をふまえ、改良型燃料の異常過渡・事故時挙動に関するデータを取得する。

## 【長期展望】

- ✓ MOX燃料の高燃焼度化、さらには超高燃焼度範囲までの利用を視野に入れた次世代軽水炉燃料や、超高温ガス炉、超臨界水炉など、将来、規制の対象となる原子炉燃料にも対応していく。

# 燃料安全研究の進め方



# 高経年化研究

## 【周辺状況】

- ✓ 新検査制度の中で保全プログラムと高経年化対策とが融合し、高経年化対策の位置づけが明確化(運転年数に応じた経年劣化管理が確立)。
- ✓ 産官学合意の下で高経年化対応技術戦略マップが策定され、3者の役割分担も明確化。
- ✓ 国による高経年化対策強化基盤整備事業として4地域でのクラスター事業が進行。

## 【JAEAの役割】

- ✓ 経年劣化事象の中で特に放射線に起因した事象に関して機構解明を目指した研究を実施。長期供用機器の保全高度化に関して先進的評価手法整備のための研究を実施。
- ✓ JMTRなど、高経年化研究に必要な研究施設の維持および整備。

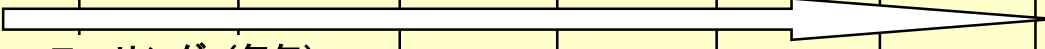
## 【次期中期計画】

- ✓ 放射線に起因する材料劣化事象に重点を置き、圧力容器鋼の照射脆化と破壊靱性評価、照射下き裂進展性試験及びその他の喫緊の課題に対応。
- ✓ 保全高度化に関わる評価手法の整備として長期供用された材料・機器を用いて高経年化評価技術の妥当性を検証、確率論的手法に基づく検査・保全手法の整備と確証。
- ✓ 高経年化研究に必要な研究施設・技術基盤の維持・拡充。

## 【長期展望】

- ✓ 高経年化対策に関する知見の次世代炉や新型炉に対する技術基準への反映。
- ✓ 確率論的手法を導入した合理的な規制基準の開発・整備に寄与。
- ✓ 材料、構造及び関連研究に関する技術基盤の維持と継承(研究施設も含む)。

# 高経年化研究の進め方

項目	年度									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015~	
	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27~	
軽水炉プラントの状況	初期プラント40年までの時期			△ 40年	40年を超えて50年を迎えるまでの時期					
	高経年化対策の充実									
安全規制	新検査制度導入			リスク情報の活用						
高経年化対応技術戦略マップ	△ 策定	ローリング（毎年） 								
高経年化対策強化基盤整備事業 ・HAZ監視試験片省略 ・ケーブル絶縁劣化 ・SCC評価法の高度化	茨城クラスター事業				高経年化に関わる照射試験研究					
	確率論的破壊力学解析手法				リスク情報、長期供用材等による高経年化評価技術					
保全の高度化対応										
照射脆化・照射下SCC試験研究 (軽水炉燃材料詳細健全性調査)	JMTRにおける施設の整備				脆化・破壊靱性、照射下SCC試験					
材料劣化等に関する基盤研究	放射線劣化機構解明、構造健全性評価技術の高度化、規制基準策定への貢献									

# 施設基盤維持に係る国際的な検討

施設基盤の維持に関するCSNIにおける議論  
- OECD/NEAプロジェクトの経緯 -

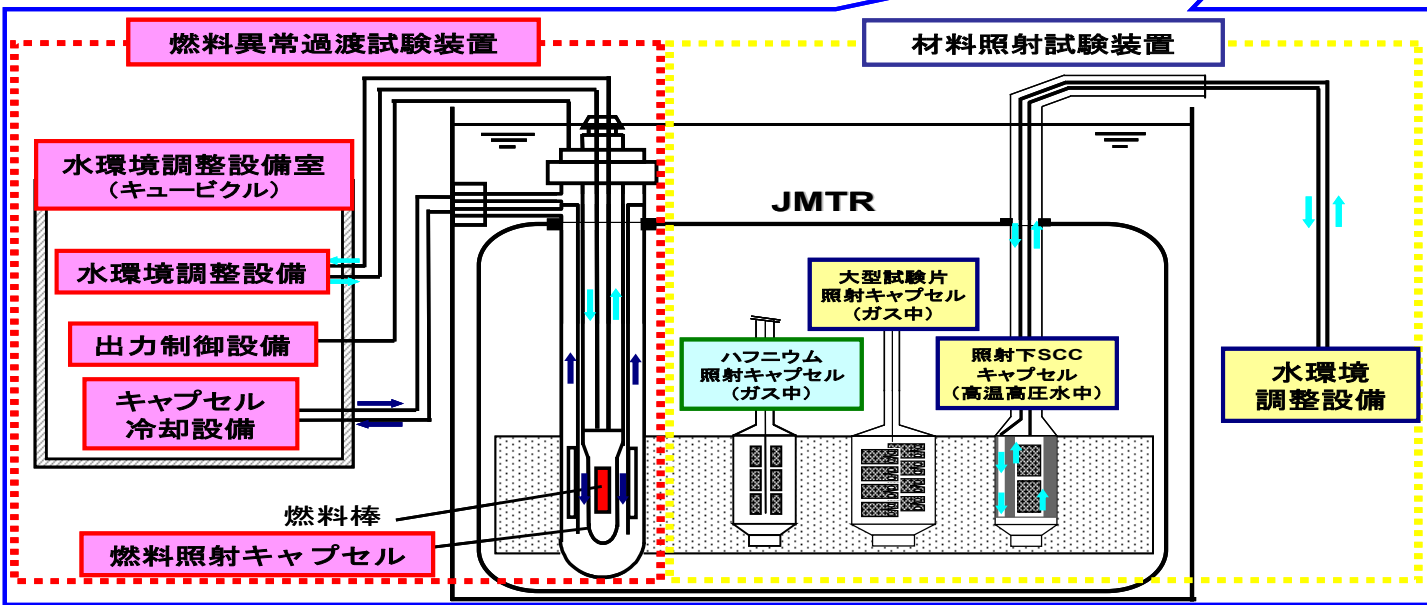
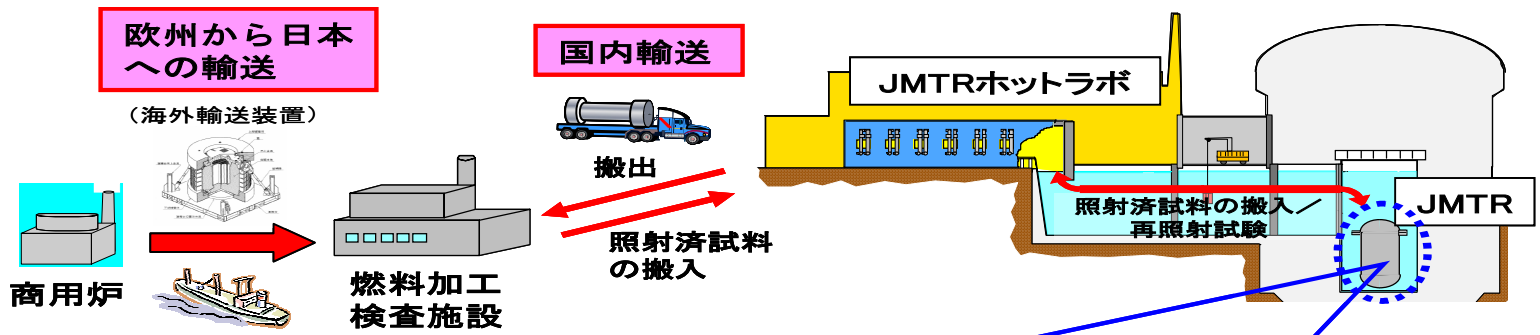
- ✓ 1992年にCSNIはSESAR (Senior Group of Experts on Nuclear Safety Research)を組織し、安全研究が有すべき機能と研究施設について検討を開始。研究ニーズが存在するにも拘らず、一つの国ではその施設を維持することが出来ないという問題に対し、施設を国際社会で共同運営する方向について検討。
- ✓ SESAR/FAP (Facility and Program)は、NEA加盟国の研究施設について調査。2001年に報告書「閉鎖の危機にある施設とプログラム」を刊行\*。
  - これを受け、OECD/NEAプロジェクトSETH(SESAM Thermal-Hydraulics; 2001～2006、独PKL及びスイスPANDA、参加15カ国)を開始。
  - 2002年、総額の半分をホスト国が、残りを参加国が分担するルールを確立。
  - 我が国ではOECD/ROSAプロジェクト(2005～2009)を開始。
- ✓ SESAR/SFEAR (Support Facilities for Existing and Advanced Reactors)は、課題の抽出とその解決に貢献できる施設の特定、重要度付けを行い、2007年に報告書を刊行\*\*。

\* <http://www.nea.fr/html/nsd/reports/nea3144-research.pdf>で公開

\*\* <http://www.nea.fr/html/nsd/docs/2007/csni-r2007-6.pdf>で公開

# 燃材料の照射試験に向けてJMTR施設を整備

- ▶ 異常過渡時燃料挙動評価試験 ➡ 高燃焼度燃料等の破損限界確認、評価手法の高度化
- ▶ 炉内構造材のSCC試験 ➡ SCC進展評価法の妥当性確認
- ▶ 圧力容器鋼の照射脆化試験 ➡ 脆化評価法の妥当性確認(破壊靱性評価、脆化機構解明)
- ▶ ハフニウム制御材試験 ➡ トラブルに対応した新たな設計の妥当性評価



# 安全研究の実施による施設基盤の維持

## JMTRの再活性化

- ✓ 燃材料の照射挙動は極めて複雑であり、その機構解明は長期的な課題。現段階では顕在化していない新たな課題に適切に対応するためには、継続的な照射試験の実施を通じた課題の抽出、予知や、照射挙動に直接触れる経験を備えた人材、照射技術の維持が不可欠。
- ✓ 一方、技術的な重要性にもかかわらず、大きな研究資源を要する照射試験は十分には行われ難い環境となっており、**人材や技術が失われようとしている**。国内産業の技術的ポテンシャルを高め、安全に原子力を推進するためには、先ずは国が大きな方向性を示して国、電気事業者、メーカー間の「三すくみ構造」を打破する必要がある(原子力立国計画)。
  - ➡ 保安院による照射試験実施に向けた施設整備。

## 国際協力による我が国施設の維持

- ✓ 熱水力分野においても大型施設は国際的に減少。前項SESARによる検討。
  - ➡ LSTFにおけるOECD/ROSAプロジェクトの実施。

## 将来を見据えた施設基盤維持のための努力

- ✓ 次世代軽水炉、将来炉などにおける新技術の導入に対応し、燃材料の照射施設・照射後試験施設、熱水力実験施設、臨界試験施設などの維持、整備が不可欠。濃縮度5%超燃料や高富化MOX燃料などの実用化を踏まえ、**臨界試験施設の整備に向けた検討を開始**。