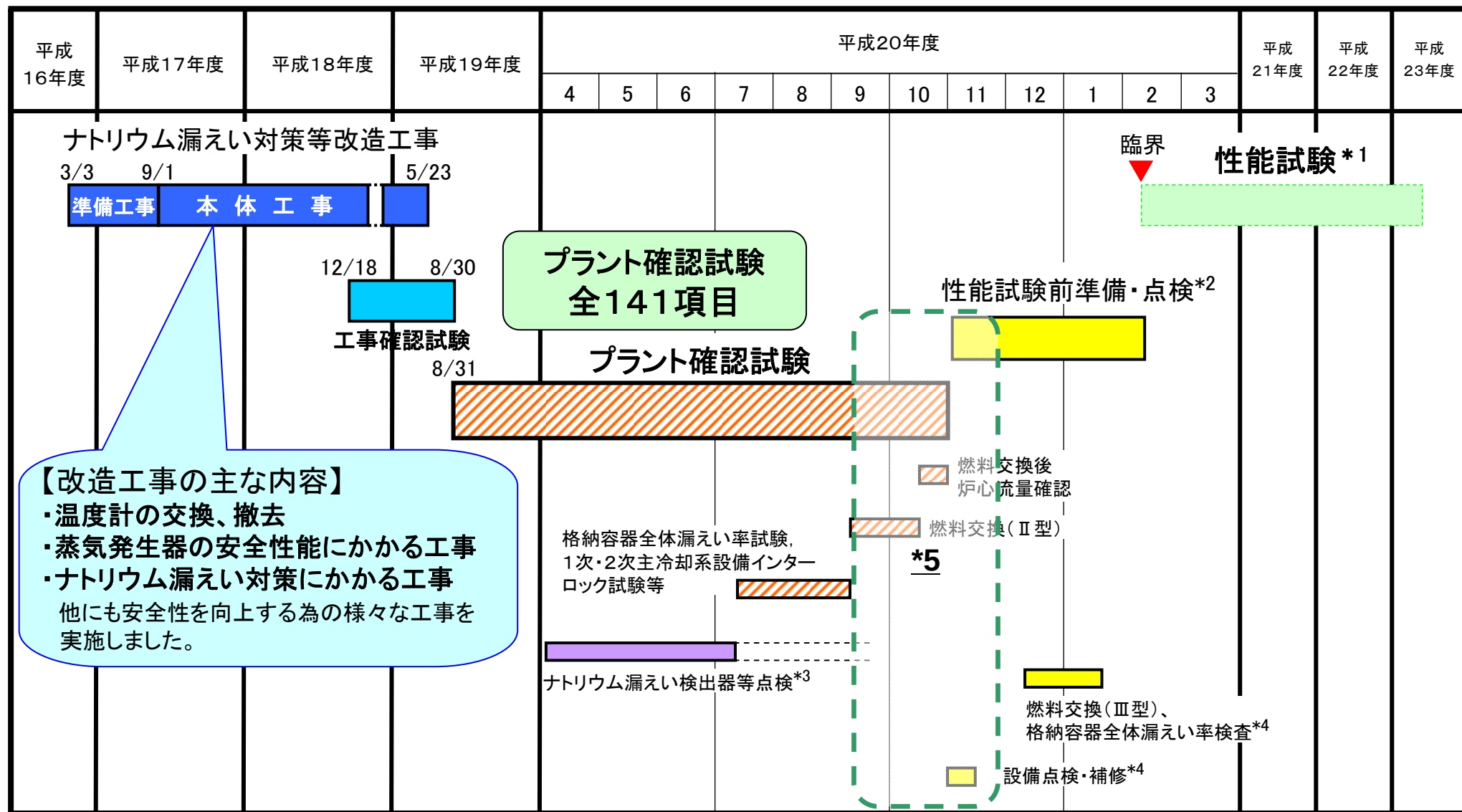


「もんじゅ」の状況について

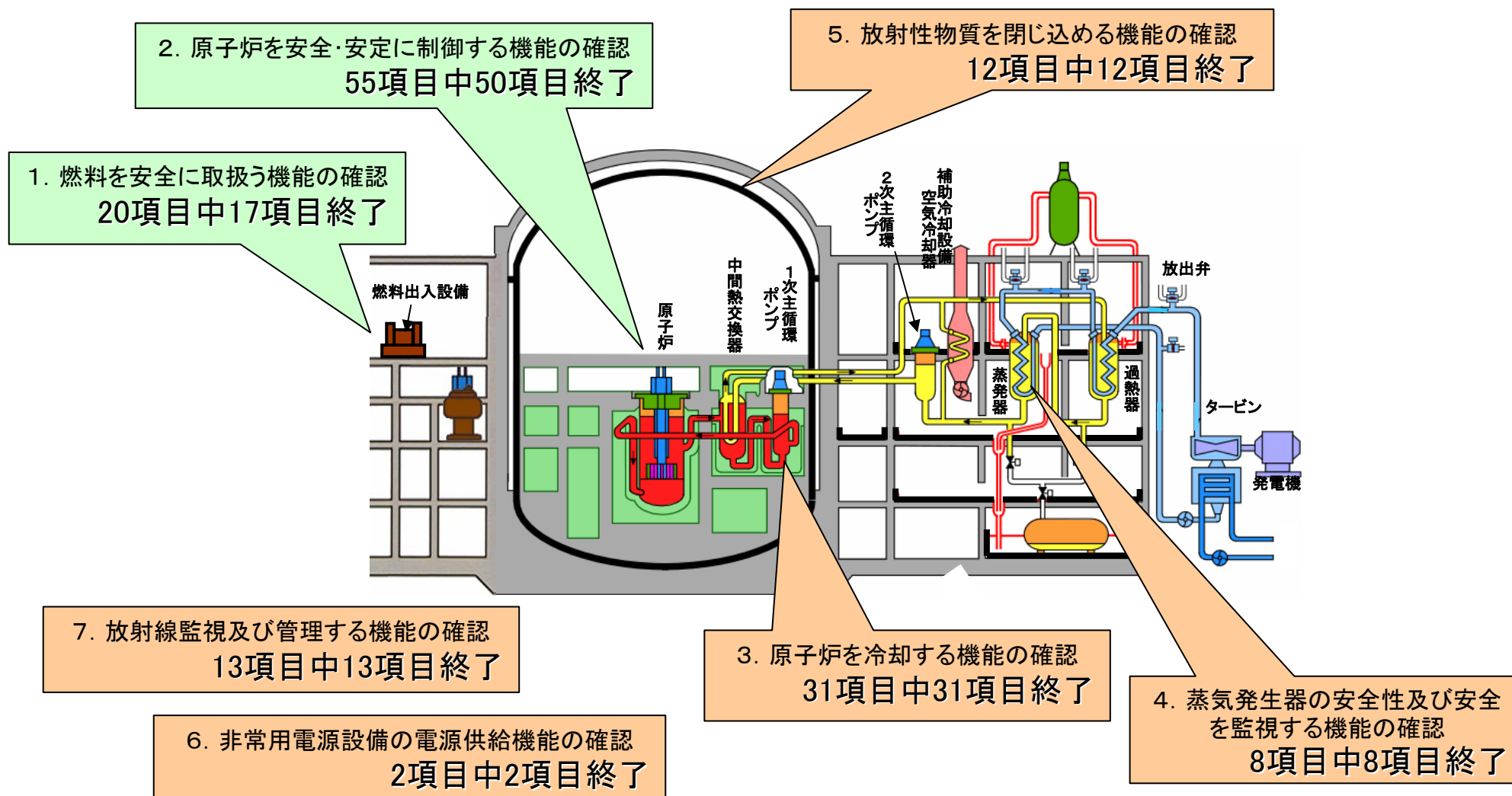


「もんじゅ」の工程（平成20年8月20日時点）



注) 状況によって工程の変更はあり得る。

- *1 性能試験は、地元のご理解を得て実施することとし、約2年半の予定で炉心確認試験、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験の3段階で行うことを予定。
- *2 性能試験前準備・点検は、設備点検・補修、制御棒駆動機構の作動確認、燃料交換、格納容器全体漏えい率検査や系統別の弁・電源等の状況確認を実施する。
- *3 点検報告書のとりまとめ作業等を継続中。
- *4 今回の工程変更で、性能試験前準備・点検として追加した項目。
- *5 現在、屋外排気ダクトの腐食原因調査・点検、2次系漏えい検出器(CLD)の調査・点検等の対応を優先しているため、プラント確認試験等の工程を再検討中。



プラント確認試験の状況について(実施状況)

平成20年11月30日実績で、全141項目中133項目が終了。

試験区分	終了試験項目数 ／全試験項目数	終了した主な試験	今後実施する主な試験
燃料を安全に取扱う機能の確認	17／20	・燃料取扱設備運転試験 ・燃料外観確認(ファイバースコープ等による確認)	・燃料交換後炉心流量確認
原子炉を安全・安定に制御する機能の確認	50／55	・制御棒駆動機構作動試験(ポニーモータ流量時) ・安全保護系機能確認試験 ・外部電源喪失模擬試験 ・原子炉制御系機能確認試験 ・総合インターロック試験	・制御棒駆動機構作動試験(定格流量時) ・破損燃料検出装置改善確認試験
原子炉を冷却する機能の確認	31／31 (完了)	・1次・2次主循環ポンプ主モータ機能確認試験 ・1次・2次冷却系系統昇温純化試験 ・補助冷却設備機能確認試験 ・新型ナトリウム温度計特性試験 ・1次・2次主冷却系設備インターロック確認 ・メンテナンス冷却系設備機能確認	
蒸気発生器の安全性及び安全を監視する機能の確認	8／8 (完了)	・蒸気発生器伝熱管健全性確認試験	—
放射性物質を閉じ込める機能の確認	12／12 (完了)	・原子炉格納容器全体漏えい率試験 ・原子炉格納容器自動隔離弁機能確認試験 ・アニュラス循環排気装置機能確認試験	—
非常用電源設備の電源供給機能の確認	2／2 (完了)	・ディーゼル発電機自動負荷確認試験	—
放射線監視及び管理する機能の確認	13／13 (完了)	・放射線監視装置機能確認試験	—

1 次系ナトリウム漏えい検出器（CLD）の警報の誤発報と通報連絡遅れの問題

「もんじゅ」特別な保安検査

5月19日～6月13日 原子力安全・保安院による「特別な保安検査」が実施されました。

1 2 項目の指摘事項

改善が必要とされる事項について行動計画として取りまとめ、報告するよう指示を受けました。



「特別な保安検査」の様子

行動計画

次の5項目の対応方針を柱として42項目の具体的な行動計画を策定し、7月31日に報告しました。

「特別な保安検査」で実施状況を確認していただいています。

【行動計画策定のための対応方針】

- (1) 経営の現場への関与の強化
- (2) 品質保証の強化
- (3) 安全文化の醸成及びコンプライアンスの徹底
- (4) 業務の透明性の向上
- (5) 外部からのチェック機能の強化

「もんじゅ行動計画フォロー委員会」の設置

実施状況や
実効性を
チェック

今後とも、安全確保を第一に、地元の皆様をはじめ、国民の皆様の信頼を得るべく原子力機構の総力を挙げ、「もんじゅ」の運転再開に向けて取り組んでまいります。

第二回特別な保安検査の実施



平成20年9月1日～30日



平成20年5月～6月に行われた第一回特別な保安検査における指摘事項を踏まえて策定した、『行動計画』(7月31日報告)の実施状況を確認するための第二回特別な保安検査が実施されました。
(於: 敦賀本部、もんじゅ)

▼検査の主なポイント

- ①CLDナトリウム漏えい検出器の点検や、不具合発生の原因究明等の状況
- ②ナトリウム漏えい警報発報時の通報連絡の遅れに対する改善状況
- ③ナトリウム漏えいに係る運転上の制限の逸脱の判断のありかた
- ④ナトリウム漏えい検出器不具合への対応等を踏まえた機構の品質保証体制・安全文化の状況

・施設への立ち入り
・物件検査
・関係者への質問

▽検査結果の概要

行動計画に基づいた改善の取り組みについて、『経営の現場への関与』など改善事項も見られるが、多くがまだ途上で、行動計画実施のためのスケジュールが明確でない。

また以下の点について指摘を受けた、

- ①行動計画の充実と実施による自律的な品質保証体制の確立及びその結果の安全性総点検への反映
- ②ナトリウム漏えい検出器の点検及び安全文化・組織風土の改善・醸成
- ③長期停止プラント設備健全性確認実施状況の点検

今回の指摘を踏まえつつ、今後も行動計画に基づく改善を確実に実施していきます。

行動計画の実施項目

行動計画の以下の5つの方針に基づき、具体的改善活動を実施している。

1「経営の現場への関与の強化」の改善

- (1) 経営層の積極的関与
- (2) もんじゅへの経営資源の重点化
- (3) 敦賀本部の統括機能の強化
- (4) 事故時対応見直し

2「品質保証の強化」の改善

- (1) 「もんじゅ」の品質保証体制の強化
- (2) マニュアルの見直し
- (3) LCO逸脱の判断基準の見直し

3「安全文化の醸成及びコンプライアンスの徹底」の改善

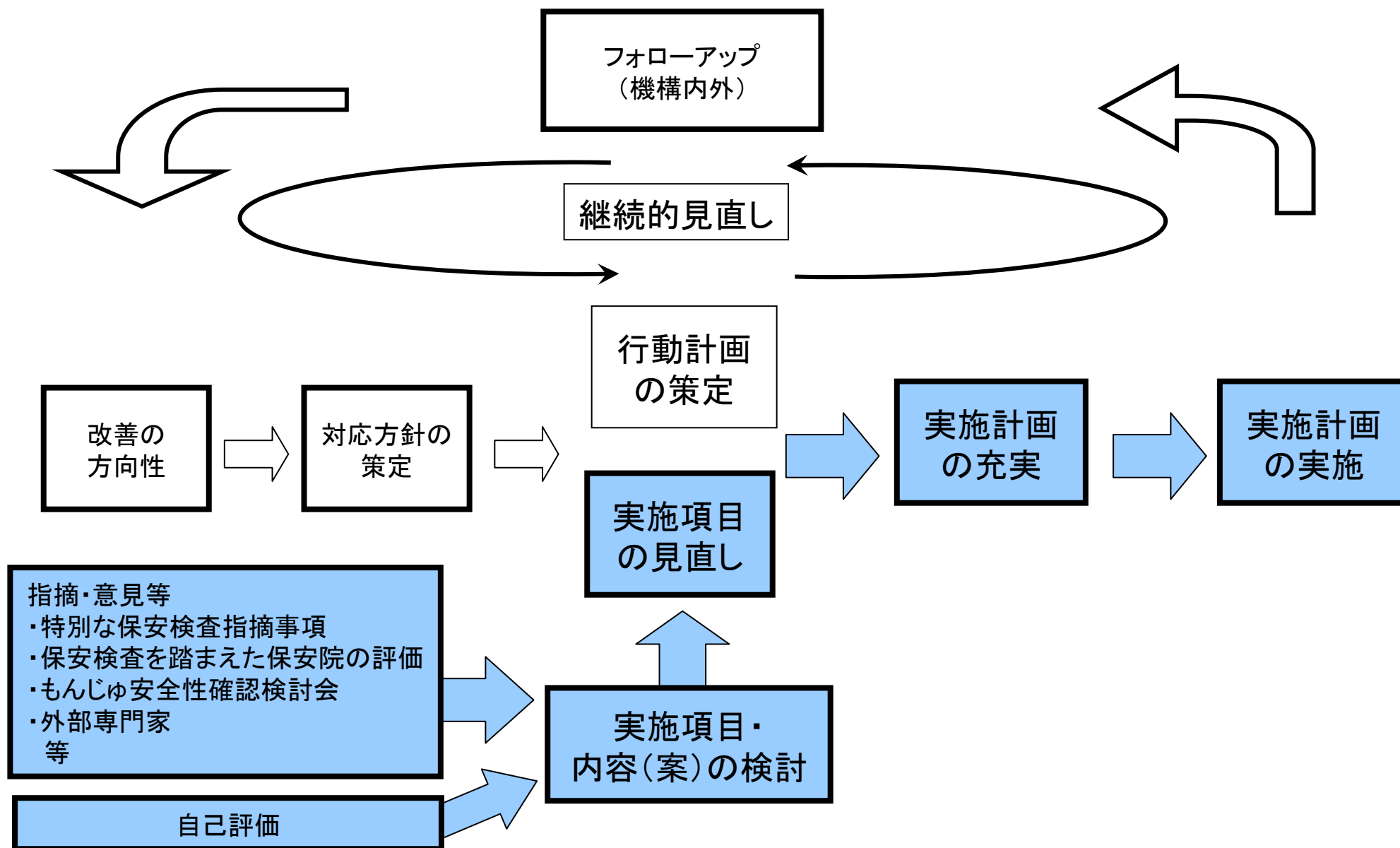
- (1) 安全文化の醸成活動の推進
- (2) コンプライアンスの徹底

4「業務の透明性の向上」の改善

- (1) 通報連絡に対する改善活動の継続的取組み
- (2) 通報連絡に関するコンセンサスの構築

5「外部からのチェック機能の強化」

- (1) 第3者によるチェック機能の活用
- (2) 行動計画フォロー



経営の現場への 関与の強化

- ・敦賀本部に「もんじゅ総括調整Gr」設置(9/1)
- ・本部長の陣頭指揮の実施(もんじゅの主要会議出席など)
- ・安全品質推進部にスタッフ増員(8/1)
- ・他部門・拠点からの「もんじゅ」への人員配置(8/1)
- ・もんじゅ組織の強化検討(三部体制、保守部門の体制強化) など

- ・組織体制の強化(保安規定認可後)など

品質保証の強化

- ・専門部署の設置(安全品質管理室の新設、要員の確保)
- ・保全プログラムの策定に係る保安規定改定申請(10/31)
- ・不適合管理の見直し(敦賀本部全体での不適合区分を統一:12月末施行目標)
- ・臨時マネージメントレビュー会議実施(10/17) など

- ・施設保全の計画的実施
- ・長期停止プラント設備健全性確認計画の実施状況確認など

安全文化醸成・ コンプライアンス徹底

- ・コンプライアンス意識の推進(役員層(10/24)、管理職層(10/11, 19))
- ・対外約束事項確認要領制定(11/1)
- ・法令遵守等の取り組み推進のため、活動の規程化を検討(年度内) など

- ・職場風土に関するアンケートの実施
- ・コンプライアンス意識の推進(一般職教育)など

業務の透明性向上

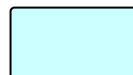
- ・スキルアップのための通報連絡責任者会議設置(8-10月に5回開催)
- ・事故トラブルを含む不具合情報の公表基準(案)の作成など

- ・公表基準(案)の機構内外とのコンセンサス形成など

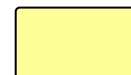
外部からのチェック 機能の強化

- ・通報連絡に係るJANTIによるサポートミッション(9/17報告書受理)
- ・もんじゅ安全委員会による行動計画実施状況の確認 など

- ・もんじゅ安全委員会によるフォローアップ

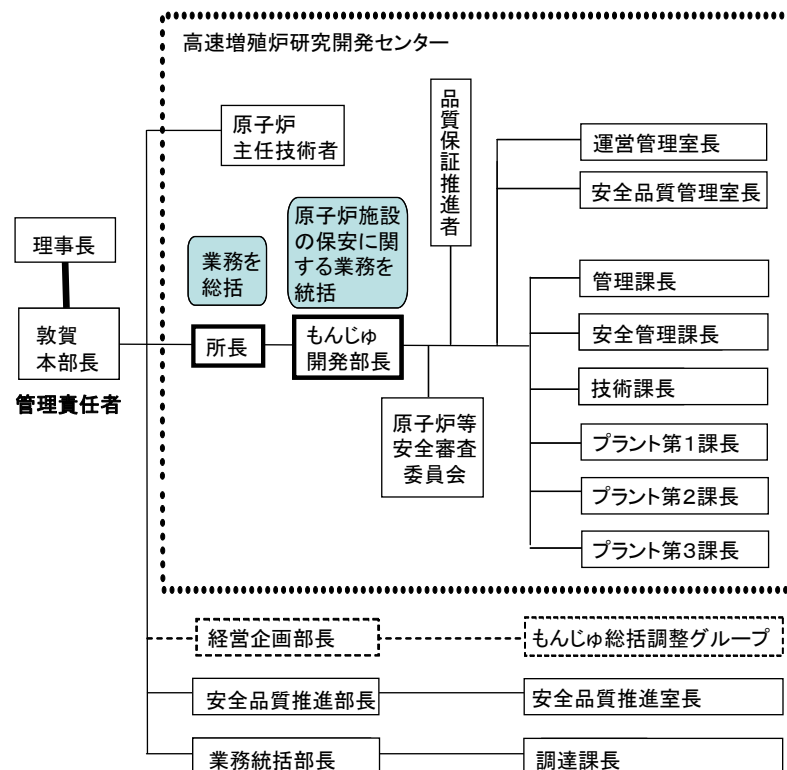


青色部分;実施中または既に終了したもの



黄色部分;未実施、実施予定分

高速増殖炉研究開発センター 組織体制（平成20年10月現在）



（自己評価）

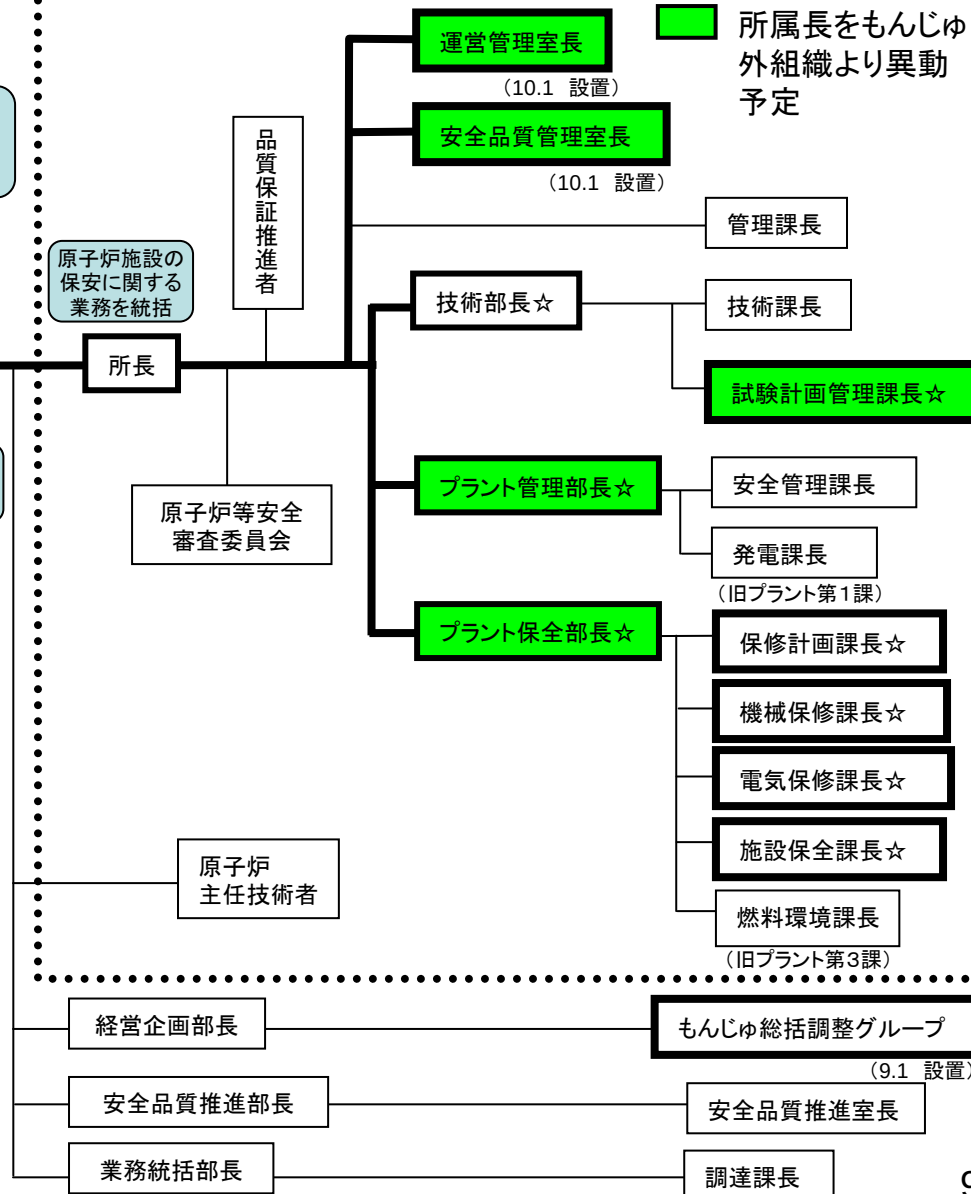
- ①敦賀本部の経営判断
- ②もんじゅにおける業務マネジメント
- ③人材の育成、技術・改革の継承
- ④組織風土

総括：安全確保を前提にした「もんじゅ」運転再開を目標に、スケジュールの策定、予算・人員の確保、組織の整備を明確な経営判断のもとに行ってこなかった。

高速増殖炉研究開発センター

☆ 新規設置部署
部課室名称は仮称

■ 所属長をもんじゅ外組織より異動予定



参考資料

「もんじゅ」一次系ナトリウム漏えい警報の誤発報について

〔事象〕

平成20年3月26日、28日

一次メンテナンス冷却系配管室の弁に設置されたCLD(接触型ナトリウム漏えい検出器)が誤警報を発報しました。

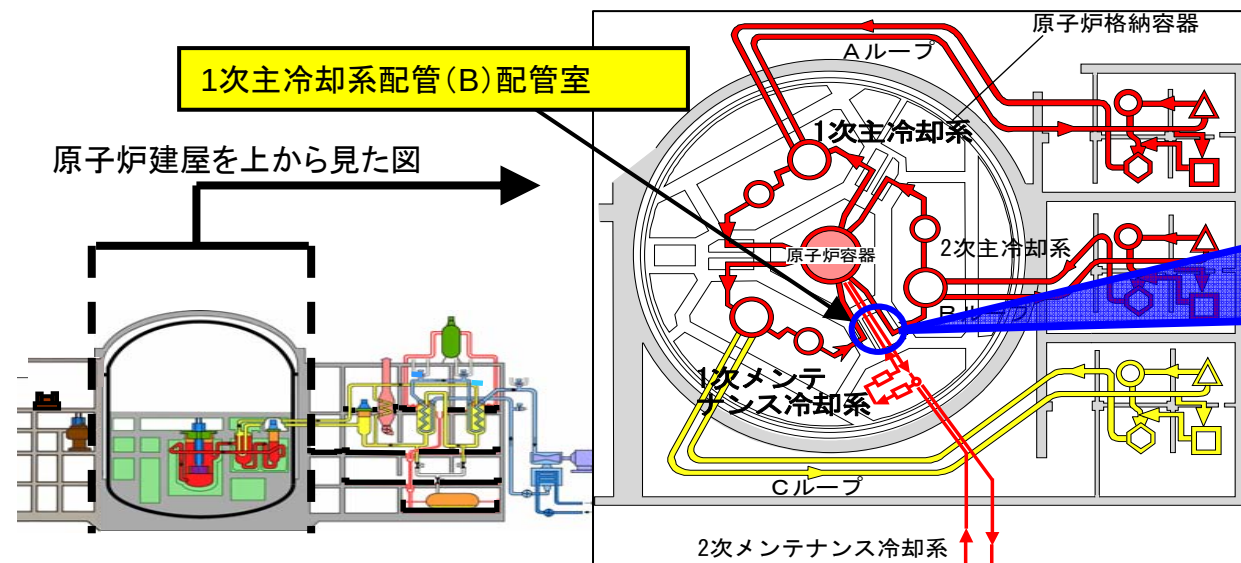
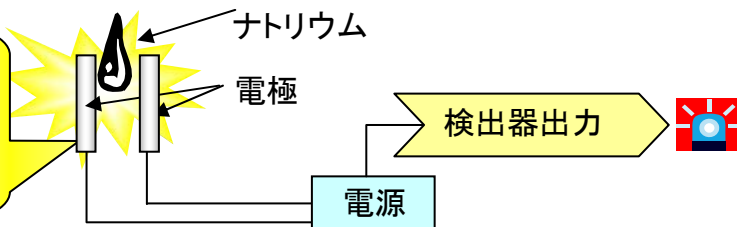
〔原因及び対策〕

平成20年4月1日より発報箇所への立ち入りと検出器の抜き出し・検査等を実施し、検出器設置の際に計画より深く挿入してしまったことが原因であると推定されました。

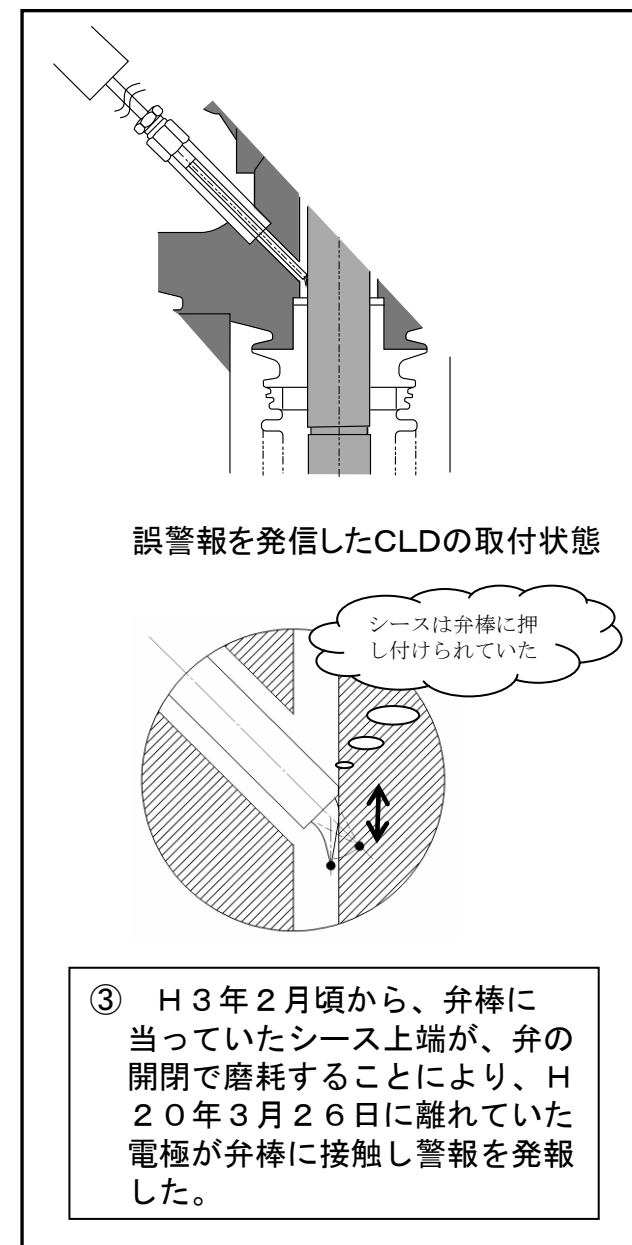
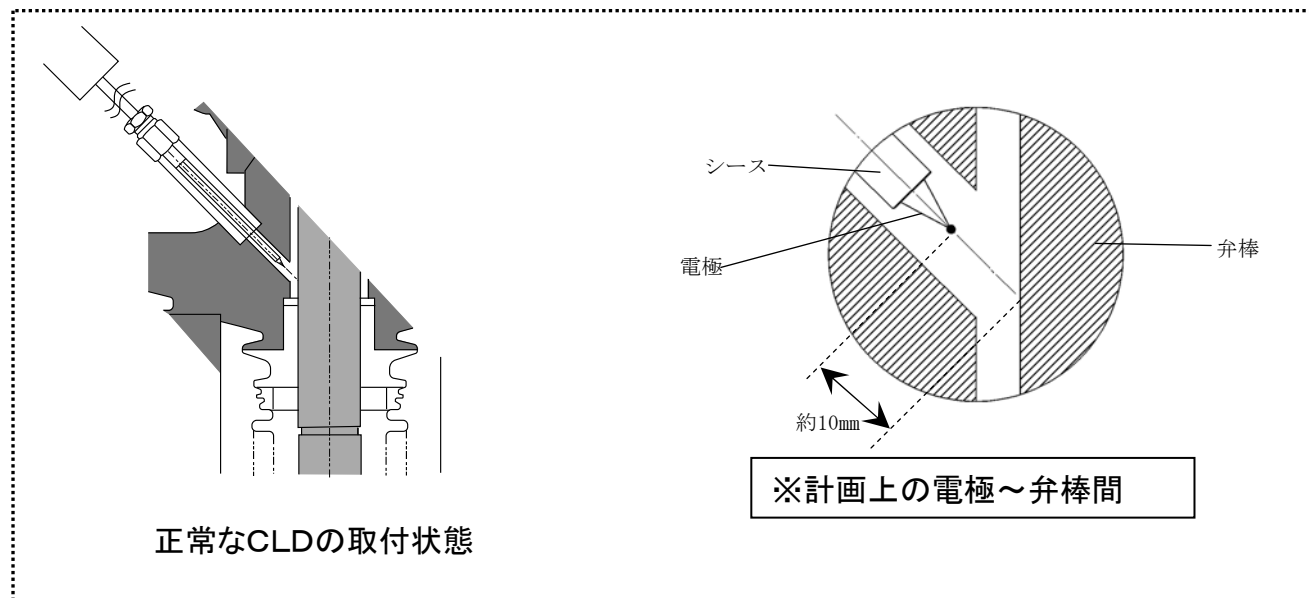
本検出器は新品と交換し適正な位置に設置し、また、今後は他の弁に設置されている検出器の挿入長さや健全性の確認を実施し、問題のある検出器については交換を実施していきます。

CLD(Contact Leak Detector/直訳: 接触式漏えい検出器)の原理

ナトリウムによって電極間が通電すると警報が鳴ります。
(通常時は離れているため電気が流れません)



「もんじゅ」一次系ナトリウム漏えい警報の誤警報発報の原因



- ① 弁体に挿入するCLDを計画値より13.5mm長く挿入したため、電極の先端部が弁棒に当る。

H3年2月頃

- ② 当たった後もさらに挿入されたことによって、電極が曲がりシース上端が弁棒に当たって下方に変形したため、電極が弁棒から離れた。

H3年2月頃

屋外排気ダクトの腐食孔の発生状況について

【発生状況】

平成20年9月9日、屋外排気ダクトの計画的な補修のため、鋼板塗装などの作業を行っていたところ、当該屋外排気ダクトに腐食孔(縦約1cm、横約2cm)を確認した。

腐食孔部を切り出したサンプル調査の結果、外面から減肉しており、減肉部の表面に塩素及び酸化物が認められた。腐食孔部を切り出したサンプル付近において、母材を貫通する腐食も確認された。切り出し後は、当て板を冷間溶接材(ペロメタル)で固定した。

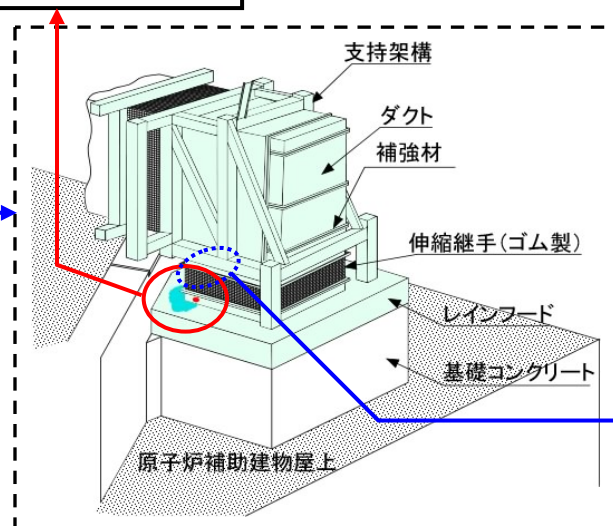
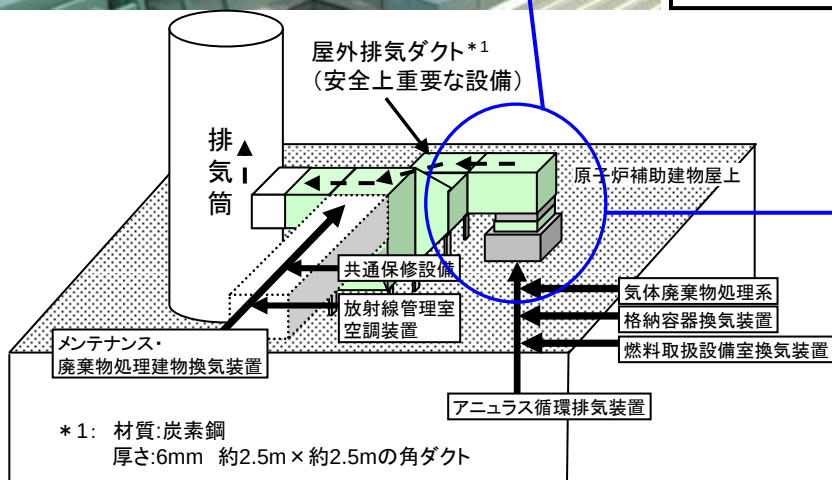


腐食孔を確認(平成20年9月9日)
(大きさ:縦約1cm 横約2cm)

当て板を冷間溶接材
(ペロメタル)で固定



当て板を冷間溶接材
(ペロメタル)で固定



腐食孔切り出し口の内部において
母材を貫通する腐食を確認
(平成20年9月20日)
(大きさ:縦約1.5cm 横約2.5cm)

2次系オーバフロータンク室(A) ナトリウム漏えい検出器の誤警報について

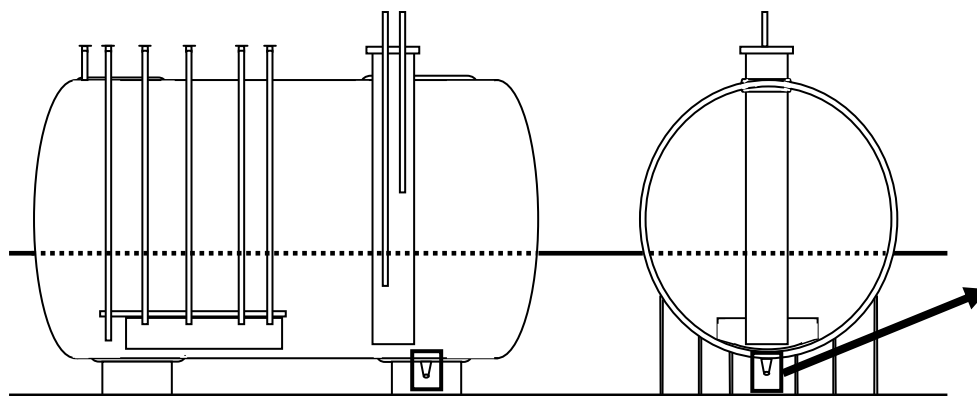
○接触型ナトリウム漏えい検出器 (CLD) の誤警報について

- ・発生日時：平成20年 9月6日（土）22時49分誤警報発報
- ・発生場所：2次系オーバフロータンク室（A）
- ・検出器の種類：接触型ナトリウム漏えい検出器（CLD）
- ・〔メーカによる原因調査〕

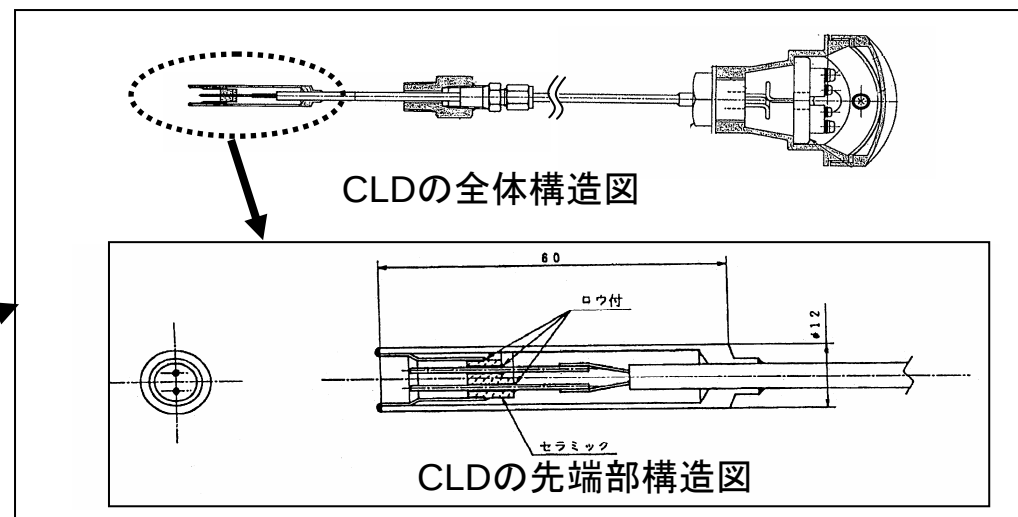
メーカにおいて、外観、目視検査、電気的特性試験（導通確認、絶縁抵抗測定）、X線検査、解体検査（絶縁低下位置を特定し、その原因を調査）、分析調査（電極部セラミック部汚染、異物等を調査）

- ・〔水平展開状況〕

原因調査を行った後、同型のCLDについても水平展開を実施する。



2次系オーバフロータンク(A)のCLDの据付概要図



屋外排気ダクトの腐食孔について

ナトリウム漏えい検出器誤警報について

発生原因

- 当該腐食孔部等は塩害腐食の発生しやすい環境下にあつて、構造的に雨水により継続的に湿潤状態となっていたことから、腐食が助長されたものと推定される。
- 平成2年設置後、平成11年に全面補修塗装した以降、平成19年12月まで計画的な点検は実施していなかった。
- 平成19年に設備健全性確認計画*1に基づき、外観点検を実施した際、ダクト上面・下面に著しい発錆が確認されたが、これらの部位と比較して当該腐食孔部の表面には著しい発錆が見られなかったため、肉厚測定は実施しなかった。

*1: 性能試験を再開するために必要な、長期間停止している機器・設備の点検、試験・検査計画を定めた計画書(平成18年9月制定)

- 端子表面の元素分析を行ったところ、鉄、ニッケル、コバルトおよび銀などの金属が確認されたことから、これらの金属が電極間を橋渡ししたため、短絡、発報したものと推定。
- これらの金属類は、結露水*1により、端子部材(鉄、ニッケル、コバルト)および銀ロウの電気分解により溶け出して、セラミック端子表面に付着したと推定。
- また、9月1日～5日の系統昇温試験により、ナトリウム温度を200℃一定から325℃まで上げたことにより、CLD廻りの温度も上昇し、温度変化による化学反応で、銀の付着が促進されたと推定。

*1 平成17年～18年のナトリウム漏えい対策工事期間中に同一条件の他のタンクのCLD部で結露水が確認されている。

今後の予定

- 腐食進展の原因、詳細な肉厚測定等の結果を踏まえ、必要な箇所については、試運転開始までに適切な補修を行う。また、恒久対策として、40%出力プラント確認試験前までには、当該屋外排気ダクトの取替えを実施する方針である。
- ダクトや各機器について、長期的な点検・補修計画を定め、保全プログラムに反映する。

- 従来品については、全て対策品に交換する。
(対策品が製作された段階で交換)
- 対策品への交換までの間は、劣化の傾向を把握し、セラミック端子表面の研磨による修復又は予備品との交換を行う。
- 結露水を防止する対策を検討中。

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発 及びこれに関連する研究開発

評価方法（案）

平成20年12月3日

次世代原子力システム/核燃料サイクル
研究開発・評価委員会

プロジェクトレビュー/マネジメントレビュー（1）

原子力委員会 声明・見解

「国家基幹技術としての高速増殖炉サイクル技術の研究開発のあり方」（抜粋）

（平成18年7月11日）

- ◆ この研究開発の中核的实施機関である日本原子力研究開発機構には、第1に、その研究開発活動が、その知識ベースを世界規模に維持しながら、その組織の全ての能力を効果的に活用して高い品質で行われるようにする責任がある。
- ◆ この責任を果たすためには、取り組むべき課題に対する**取組の担い手や取組方法が資源の最も効果的な活用の観点から妥当であることを、たとえば複数の取組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**などして保証していく、プロジェクトレビューをまず充実させるべき。
- ◆ 取組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それらの報告に対する同業者批判を効果的に活用する他、分野毎に国内外の専門家、成果の顧客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、**取組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を充実させるべき。

プロジェクトレビュー/マネジメントレビュー（2）

『高速増殖炉サイクル技術の今後の10年程度の間における 研究開発に関する基本方針』（抜粋）

平成18年12月26日
原子力委員会決定

5. 国及び研究開発期間は、それぞれの取り組みを進めるに当たって、以下に示す事項に配慮する。

(4) 研究開発活動の中核組織である原子力機構は、研究開発成果が性能目標を満足する可能性についての国内外の専門家によるレビューを実施するとともに、**プロジェクトレビュー**及び**マネジメントレビュー**を行う体制の充実を図り、レビュー結果を研究開発の計画や計画の進め方に反映すること。

評価を受ける範囲

○原子力政策大綱

- ・10年程度以内を目途に「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」という所期の目的を達成すること
- ・実用化に向けた研究開発等の場として活動の内容については、運転実績や「実用化戦略調査研究」の成果を評価しつつ計画されるべき
- ・「もんじゅ」及びその周辺施設を国際的な研究開発協力の拠点として整備すること

○「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」(FaCTプロジェクト)

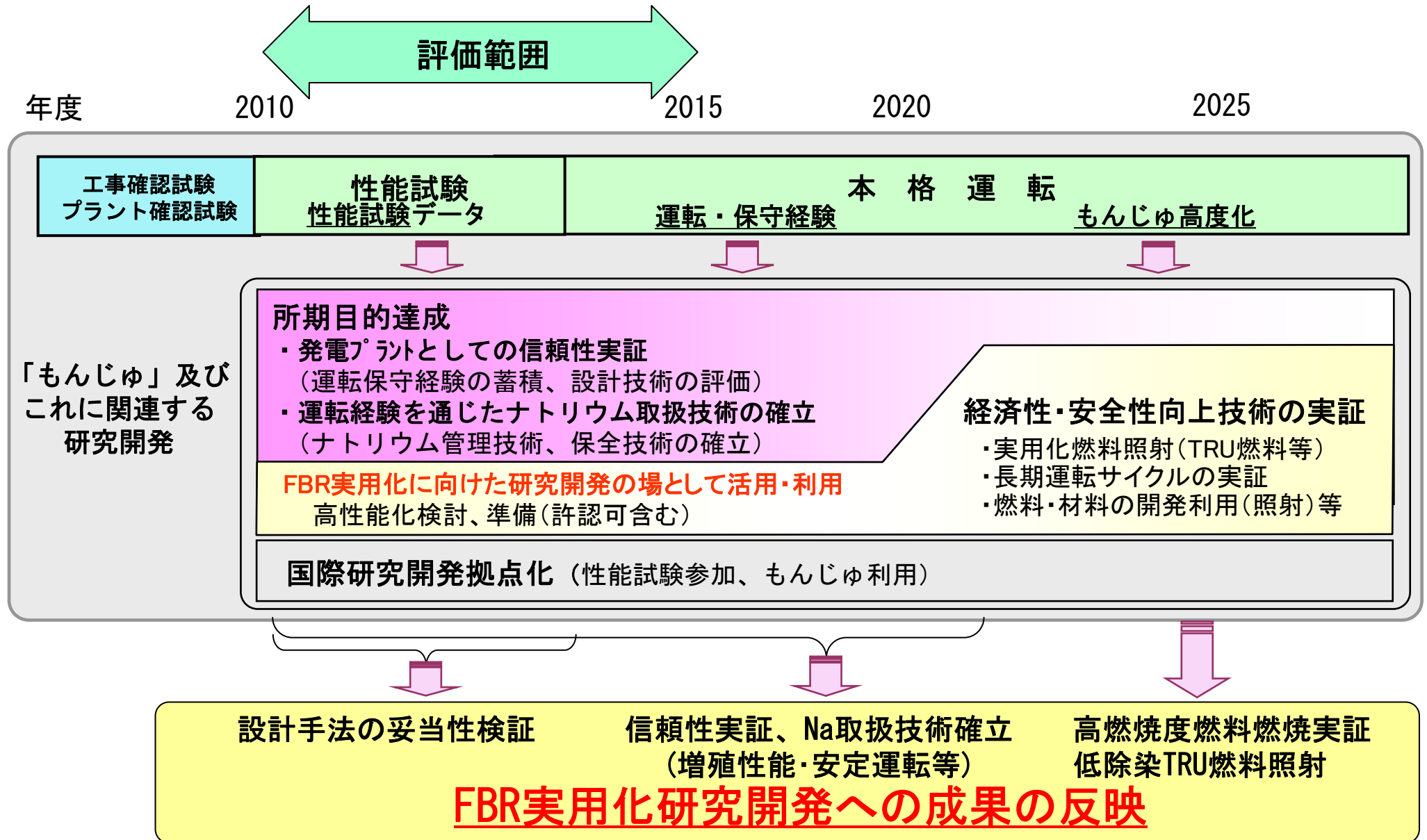
- ・2015年までの研究開発において、その目標である実用及び実証施設の概念設計のとりまとめを目指し、設計研究を進める

◎本研究は「もんじゅ」の運転に合わせた長期にわたる研究開発であるが、最初のマイルストーンとしてFaCTプロジェクトで設定している2015年を目途に本研究の中間評価を受ける。

評価を受ける範囲

「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発に係る2015年までの計画及びその進め方

「もんじゅ」における研究開発計画



二種類の評価

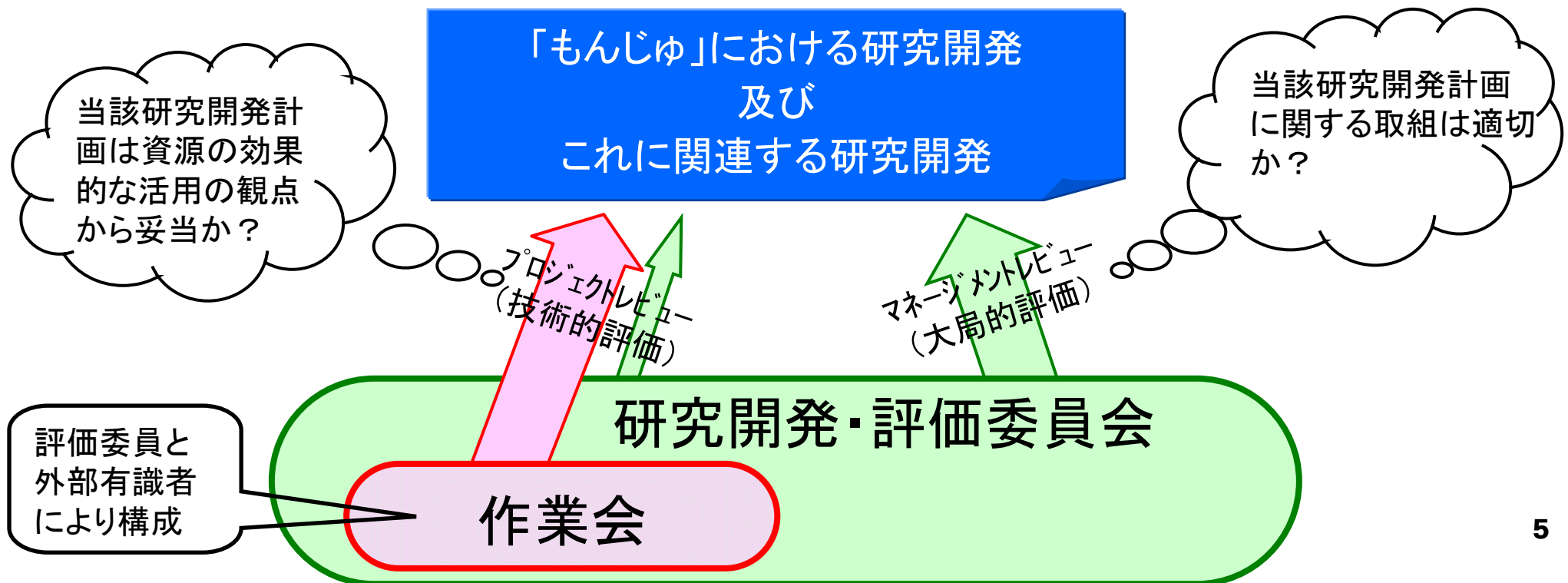
- 「もんじゅ」の事前評価として

- ・プロジェクトレビュー [技術的評価]

- ・マネジメントレビュー [大局的評価] (開発管理、組織、体制、要員など)

を実施する。

- プロジェクトレビューについては、委員会活動の一環として**作業会方式**で詳細な審議を行う。



プロジェクトレビューと評価の視点

- 原子力政策大綱において、
 - ―「発電プラントとしての信頼性の実証」
 - ―「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」
 - ―「研究開発の場としての活用・利用」という研究項目が定められている。
- プロジェクトレビューについては、これらの研究項目を解決するための**研究計画及びその期待される成果を評価対象**とし、当該研究開発計画の妥当性を作業会で評価して頂く。

- ▶ 計画の妥当性（目標達成のための計画の内容は十分か）
- ▶ 費用対効果の妥当性（既存施設が活用され、合理性のある計画か）
- ▶ 研究開発の手段やアプローチの妥当性（長期にわたる研究の進め方の考え方は妥当か）
- ▶ 見込まれる成果の適切性（成果の反映先はあるか）

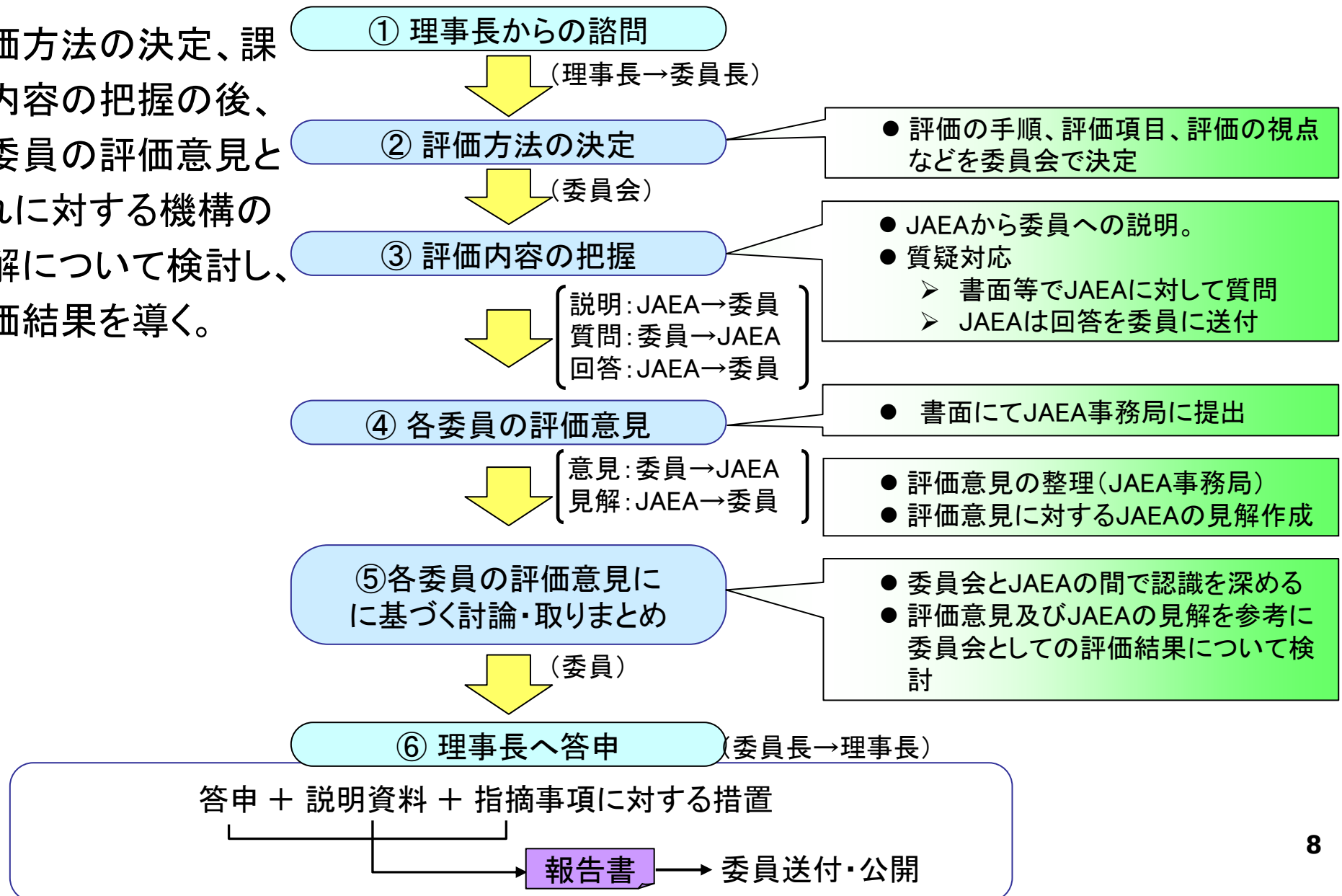
マネージメントレビューと評価の視点

- マネージメントレビューでは、「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発推進のための研究開発体制、研究開発の評価体制や仕組みについて評価頂く。

- ▶ 実施体制（推進体制、評価体制、目標管理）
- ▶ 研究開発資源（予算、要員）
- ▶ 人材育成（技術継承）と技術蓄積

評価の流れ

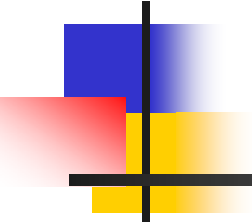
- 評価方法の決定、課題内容の把握の後、各委員の評価意見とこれに対する機構の見解について検討し、評価結果を導く。



参考：大綱的指針に基づく評価の視点の例

評価の観点	評価項目	視点	事前	中間	事後	追跡
必要性の観点	科学的・技術的意義	独創性	●	●(変化)		
		革新性	●	●(変化)		
		先導性	●	●(変化)		
		発展性	●	●(変化)		
	社会的・経済的意義	産業・経済活動の活性化・高度化	●	●(変化)		
		国際競争力の向上	●	●(変化)		
		知的財産権の取得・活用	●	●(変化)		
		社会的価値の創出	●	●(変化)		
		国益確保の貢献	●	●(変化)		
		政策・施策の企画立案・実施への貢献	●	●(変化)		
	国費を用いた研究開発としての妥当性	国や社会へのニーズへの適合性	●	●(変化)		
		機関の設置目的や研究目的への適合性	●	●(変化)		
		国の関与の必要性・緊急性	●	●(変化)		
		他国の先進研究開発との比較における妥当性	●	●(変化)		
有効性の観点	見込まれる成果への期待／成果の有効性	目標の実現可能性や達成のための手段の存在	●	●		
		目標達成度		●	●	
		新しい知の創造への貢献		●	●	●
		（見込まれる）直接の成果の内容	●	●	●	
		（見込まれる）効果や波及効果の内容	●	●	●	●
		研究開発の質の向上への貢献		●	●	●
		実用化・事業化の見通し		●	●	●
		行政施策実施への貢献		●	●	●
		人材の養成		●	●	●
効率性の観点	研究開発計画の妥当性	知的基盤の整備への貢献		●	●	●
		計画・実施体制の妥当性	●	●		
		目標・達成管理の妥当性	●	●		
		費用構造や費用対効果の妥当性	●	●		
		研究開発の手段やアプローチの妥当性	●	●		

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発及び これに関連する研究開発

A decorative graphic on the left side of the slide, featuring a vertical black line and a horizontal black line intersecting. To the left of the intersection are three overlapping squares: a blue one on top, a red one to the left, and a yellow one on the bottom right. The squares have a soft, blurred gradient effect.

課題説明資料

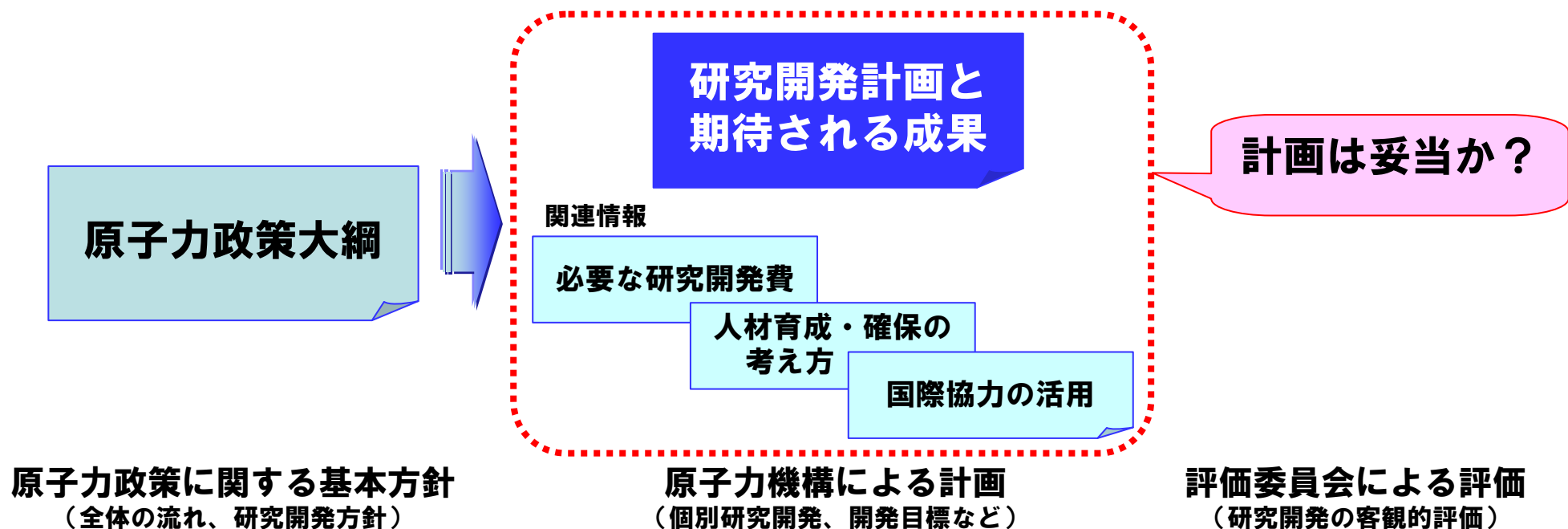
平成20年12月3日
日本原子力研究開発機構

1. プロジェクトレビュー(技術評価)
2. マネージメントレビュー(大局的評価)

1. プロジェクトレビュー(技術評価)

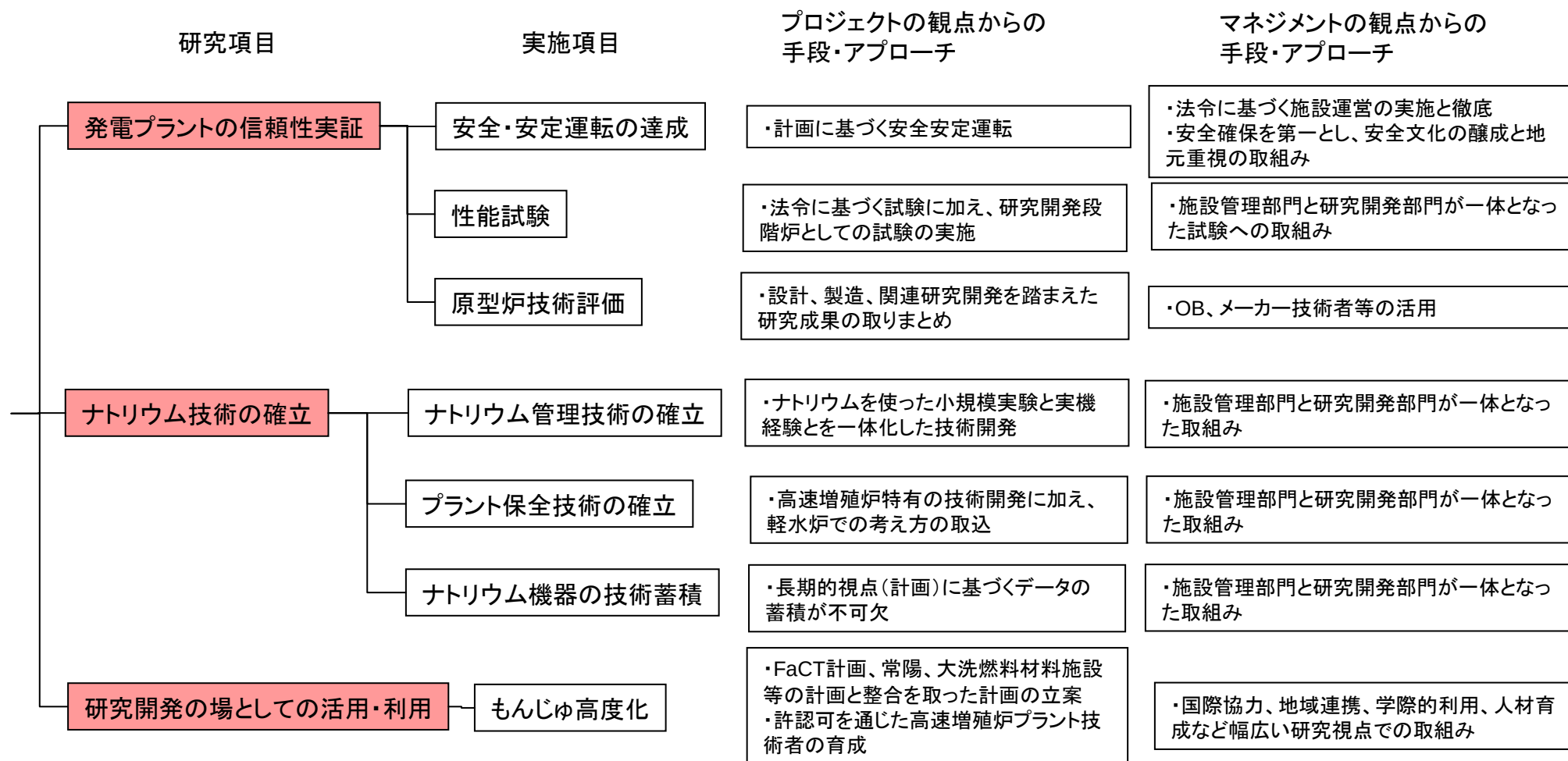
プロジェクトレビューの評価対象

- 原子力政策大綱において、「もんじゅ」における研究開発が定められている。
 - 「発電プラントとしての信頼性の実証」
 - 「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」
 - 「研究開発の場としての活用・利用」
- プロジェクトレビューについては、これらの研究開発を進めるための
 - 研究開発計画及びその期待される成果**
 を評価対象とし、当該研究開発計画の妥当性を作業会で評価いただく。



本研究開発の評価対象

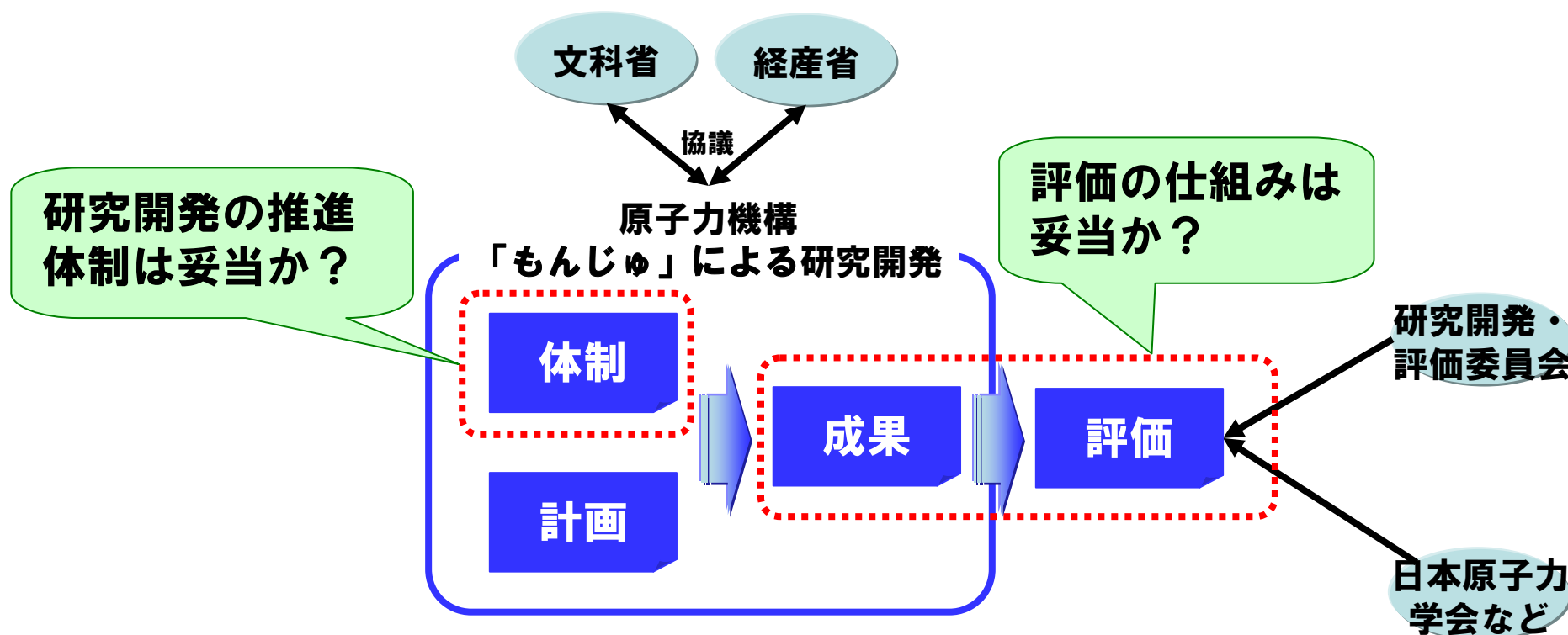
- 原子力政策大綱を受けた3つの研究項目の実施項目、手段・アプローチを次のように定めた(作業会にて評価)。



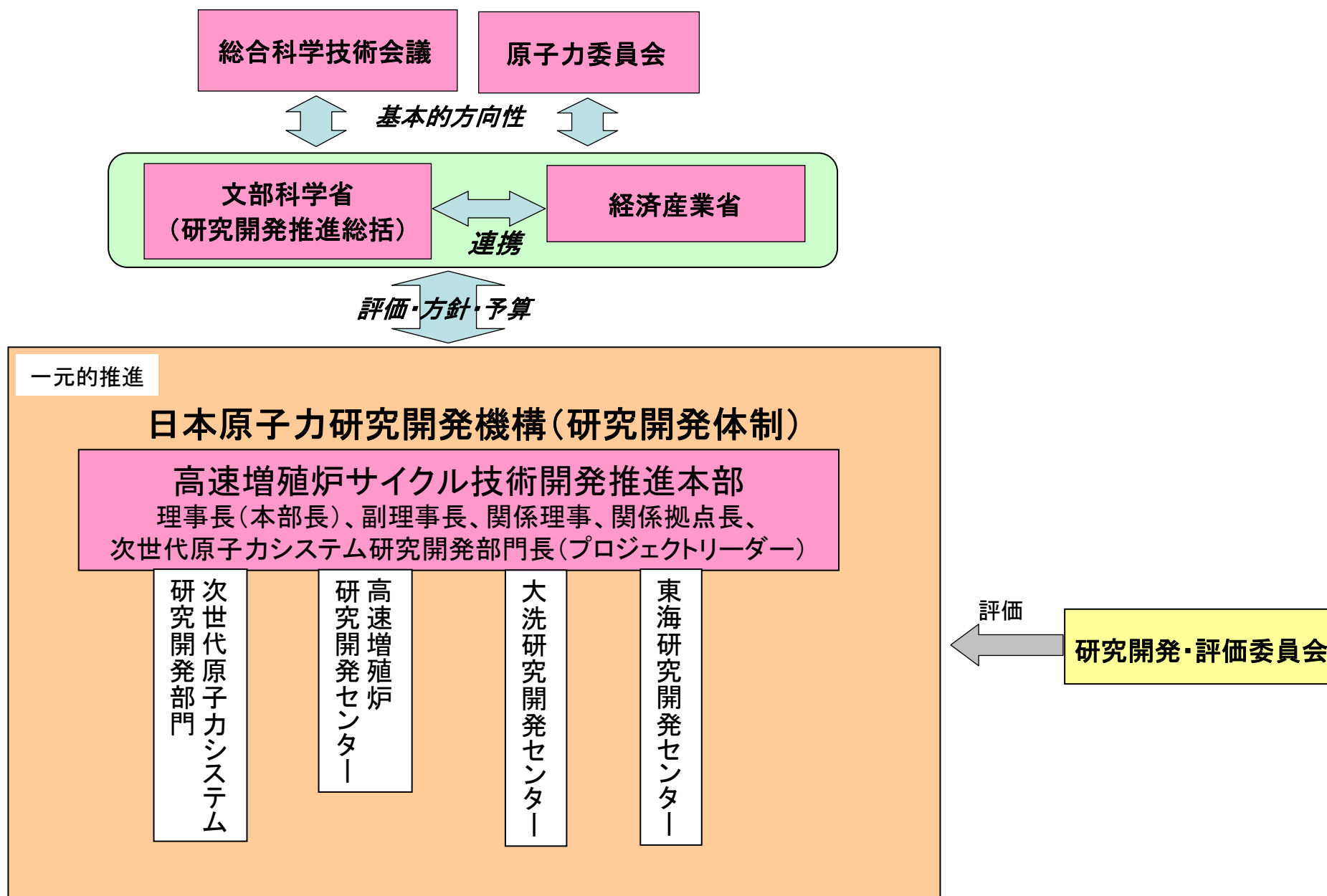
2. マネージメントレビュー(大局的評価)

マネージメントレビューの評価対象

- マネージメントレビューでは、「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発の推進のための**研究開発体制**、**研究開発の評価体制や仕組み**について評価いただく。

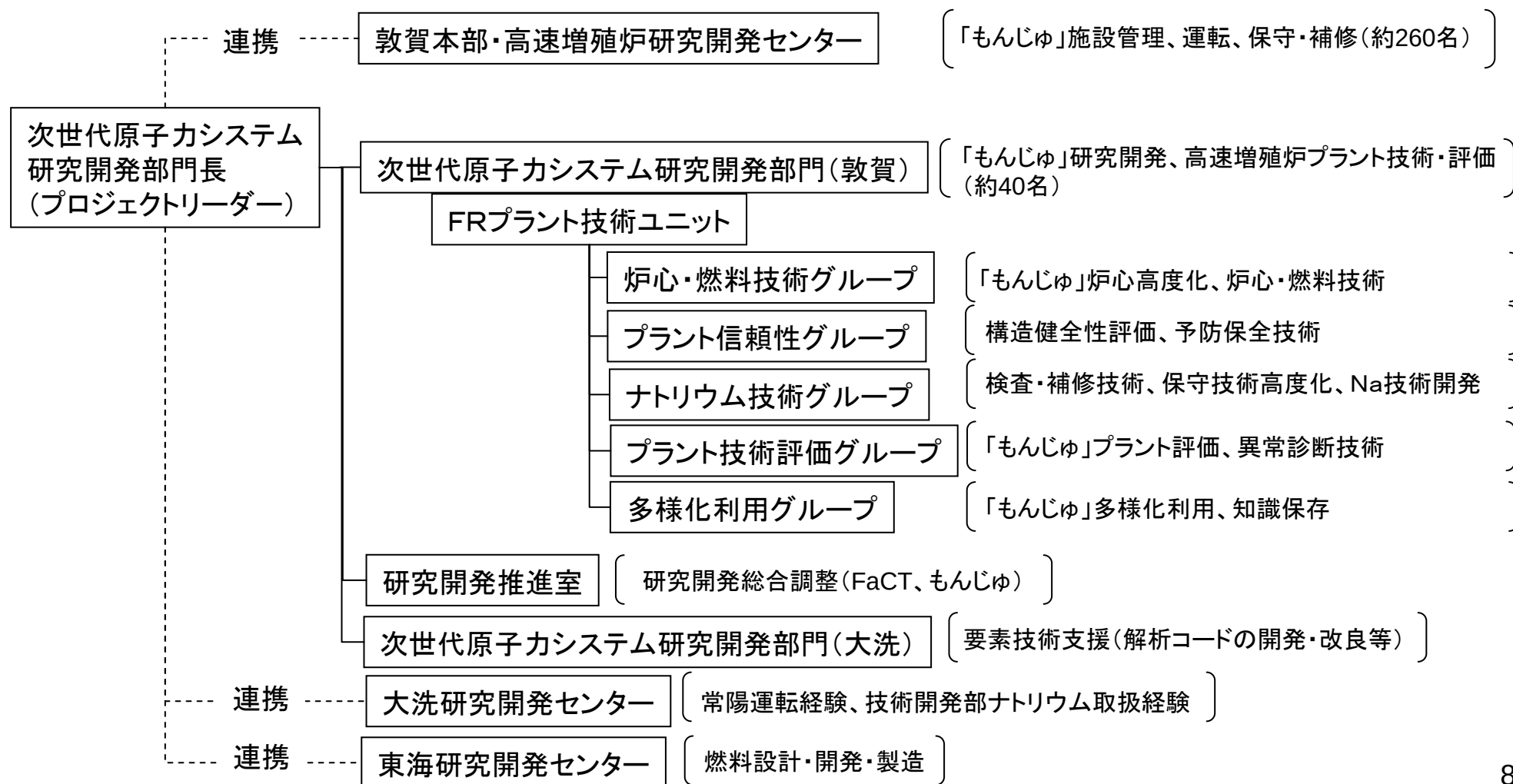


研究開発推進の体制①国家基幹技術の推進

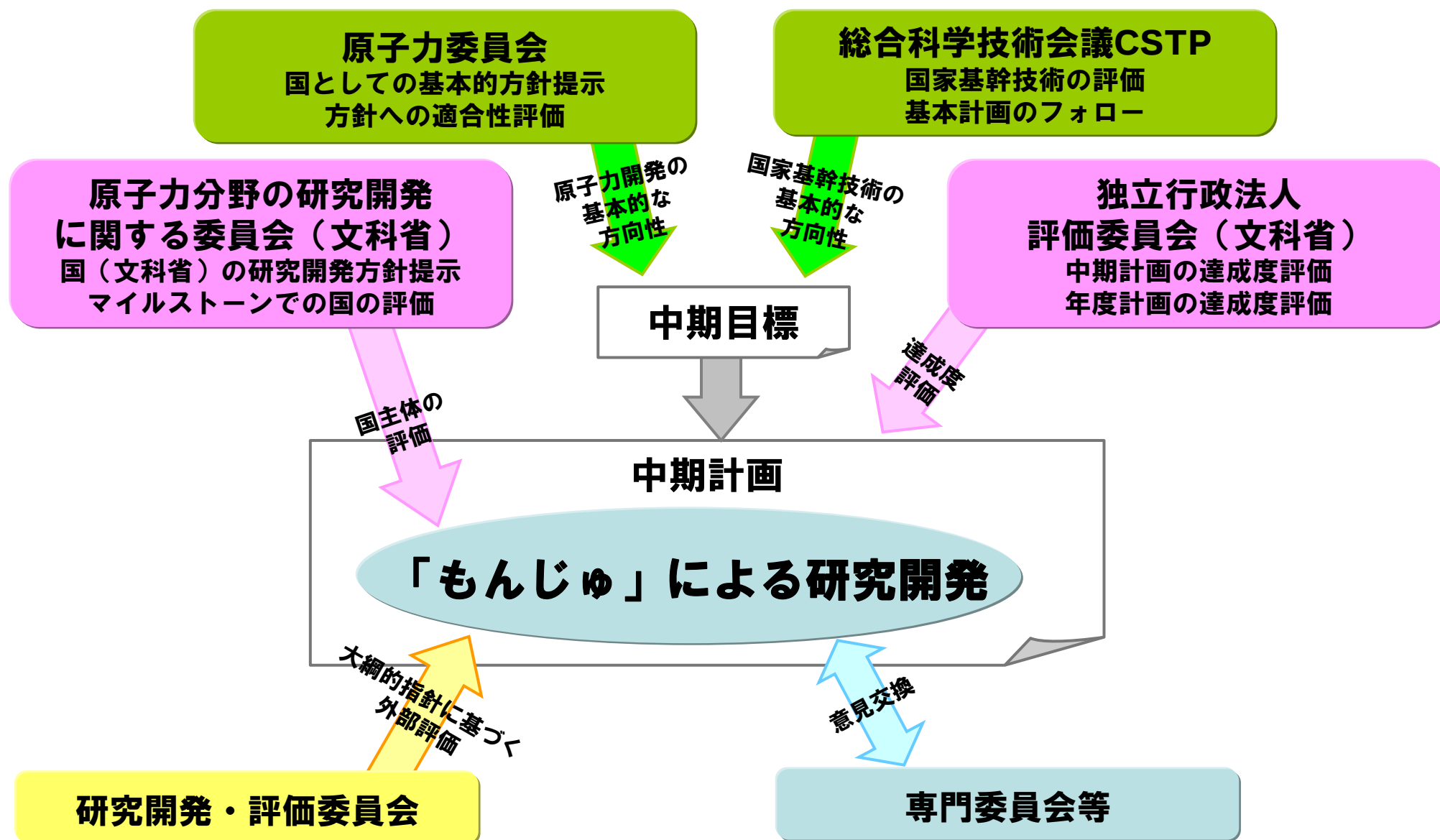


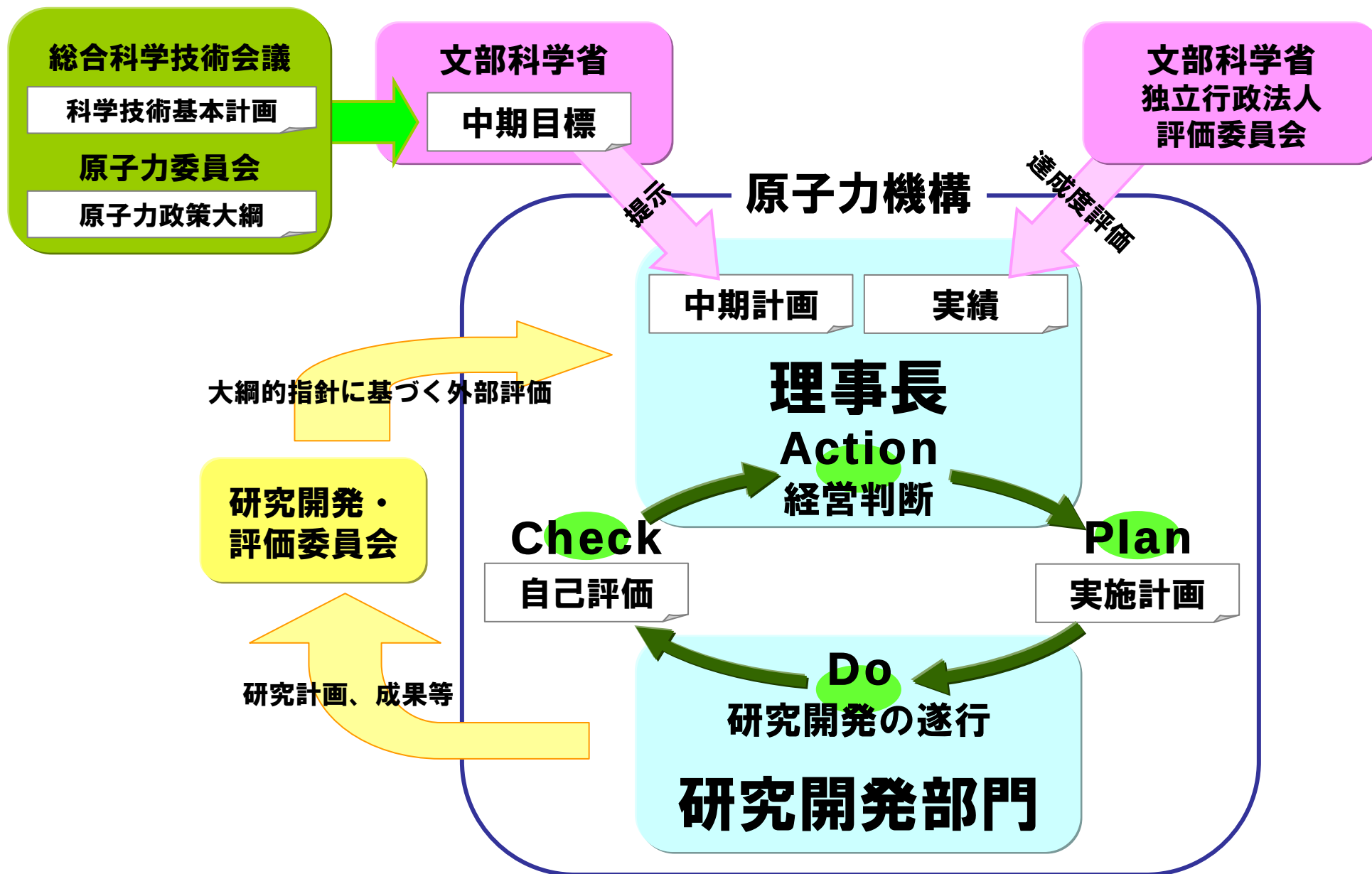
研究開発推進の体制②機構における「もんじゅ」研究開発体制

「もんじゅ」による研究開発は、次世代原子力システム研究開発部門長をプロジェクトリーダーとして、研究開発を担当する次世代原子力システム研究開発部門と施設管理を担当する敦賀本部・高速増殖炉開発センターの両者が連携して進める。

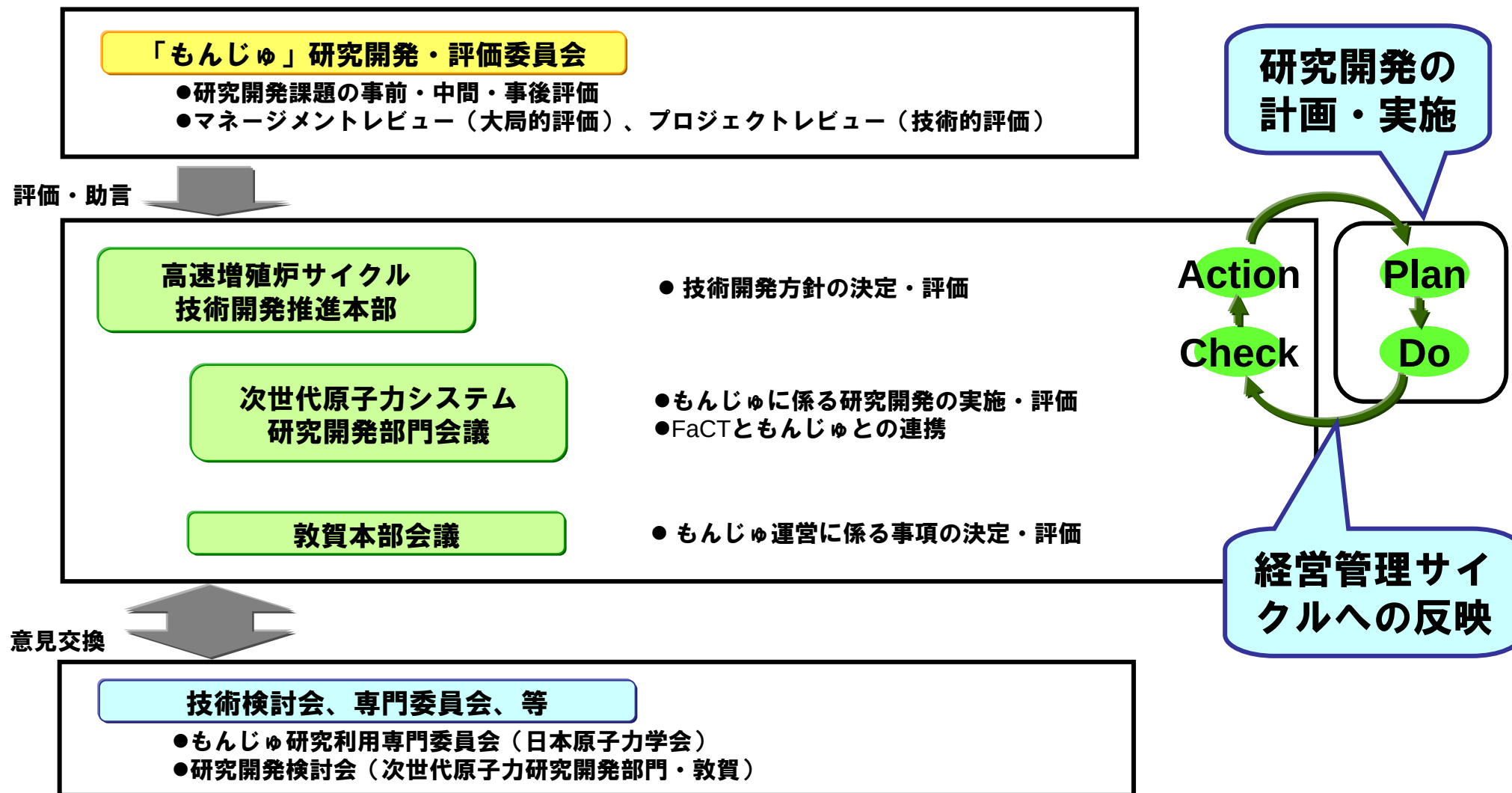


研究開発の評価体制①国の評価等





研究開発の評価体制③運営に係る評価



高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発 及びこれに関連する研究開発

評価方法 [プロジェクトレビュー] (案)

平成21年7月30日

次世代原子力システム/核燃料サイクル
研究開発・評価委員会

評価を受ける範囲

○原子力政策大綱

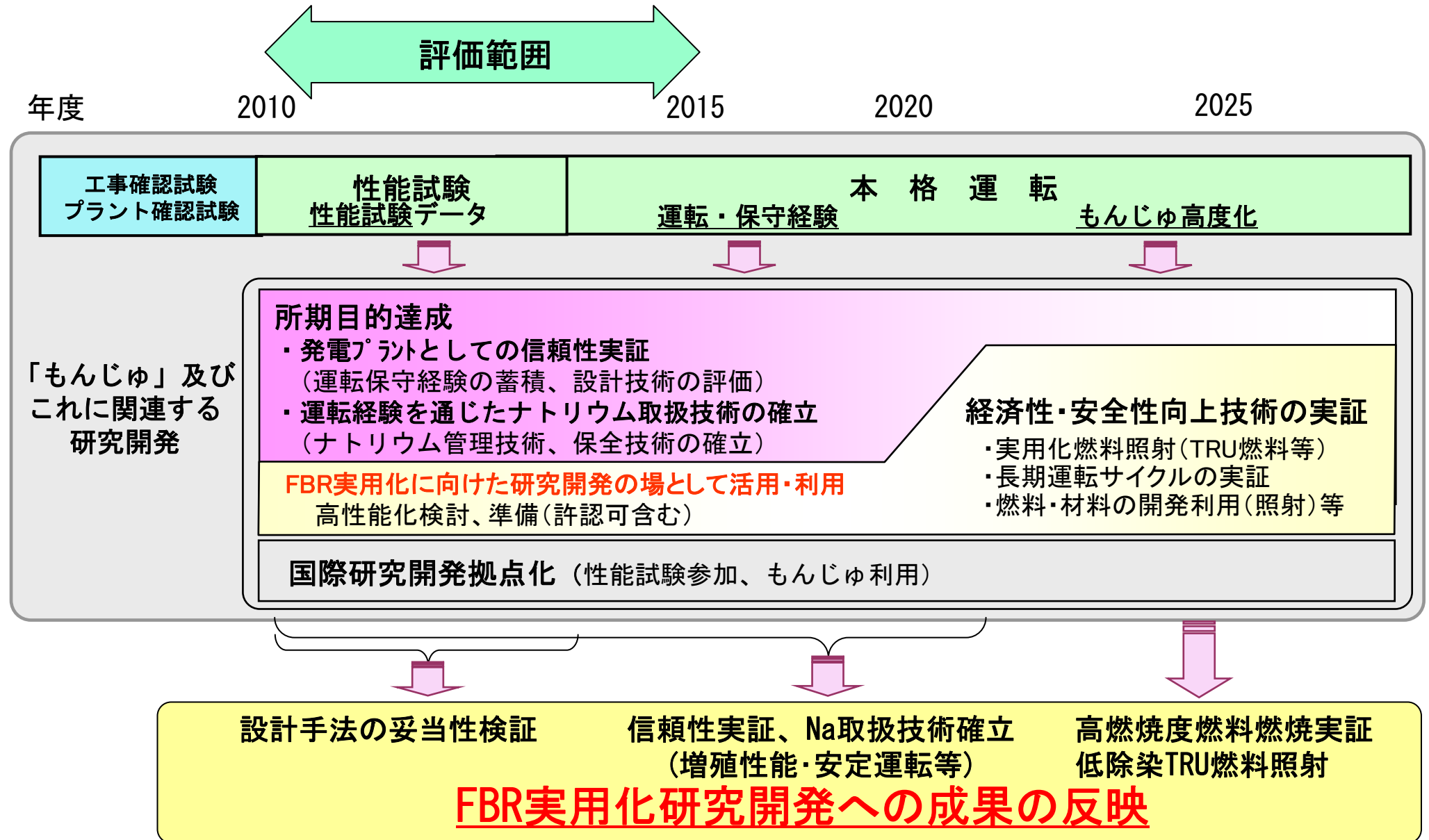
- ・10年程度以内を目途に「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」という所期の目的を達成すること
- ・高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場として活用・利用すること
- ・「もんじゅ」及びその周辺施設を国際的な研究開発協力の拠点として整備すること

◎本研究は「もんじゅ」の運転に合わせた長期にわたる研究開発であるが、最初のマイルストーンとしてFaCTプロジェクトで設定している2015年を目途に本研究の中間評価を受ける。

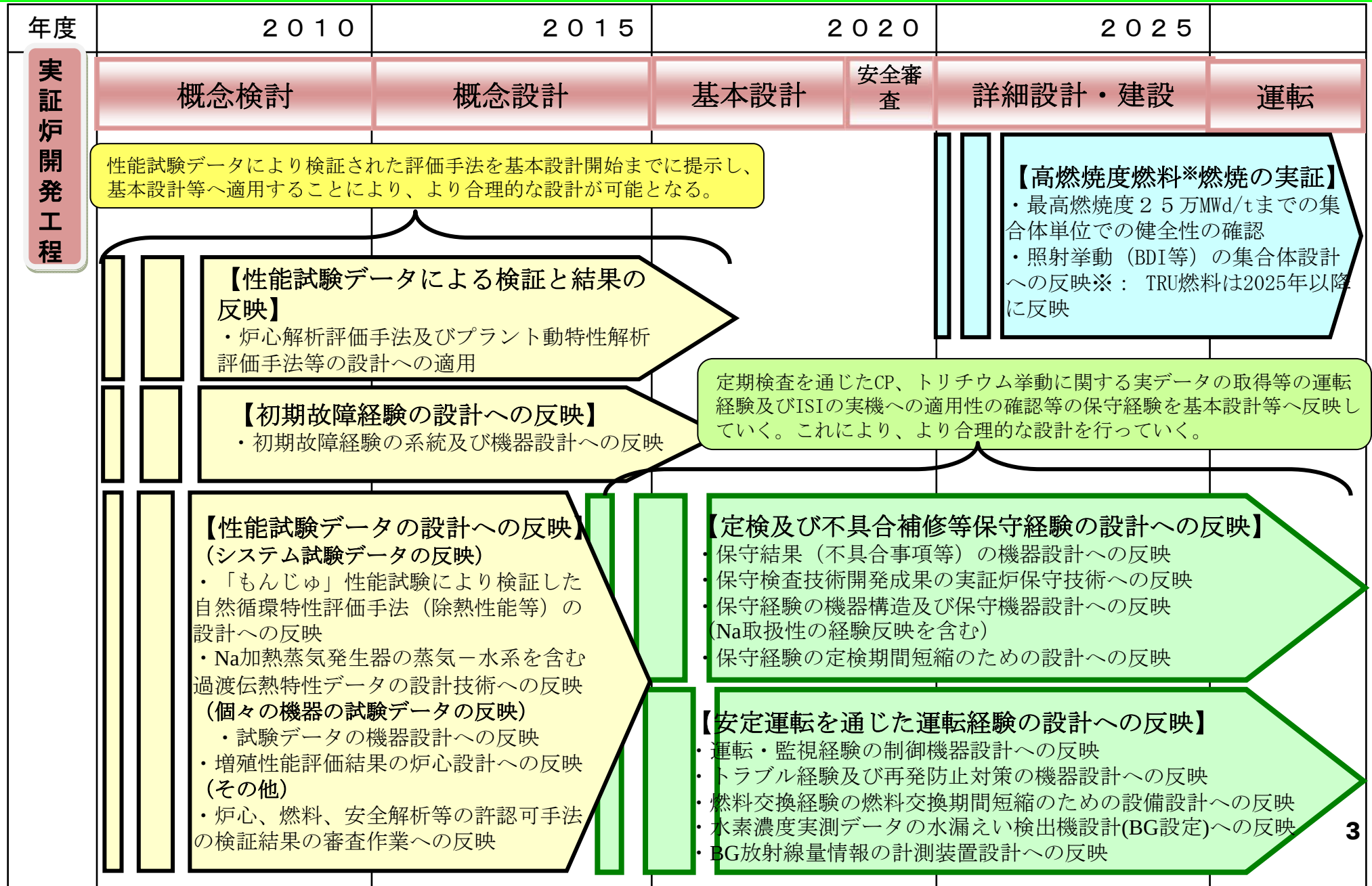
評価を受ける範囲

「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発に係る2015年までの計画及びその進め方

「もんじゅ」における研究開発計画



「もんじゅ」データの実証炉以降への反映



二種類の評価

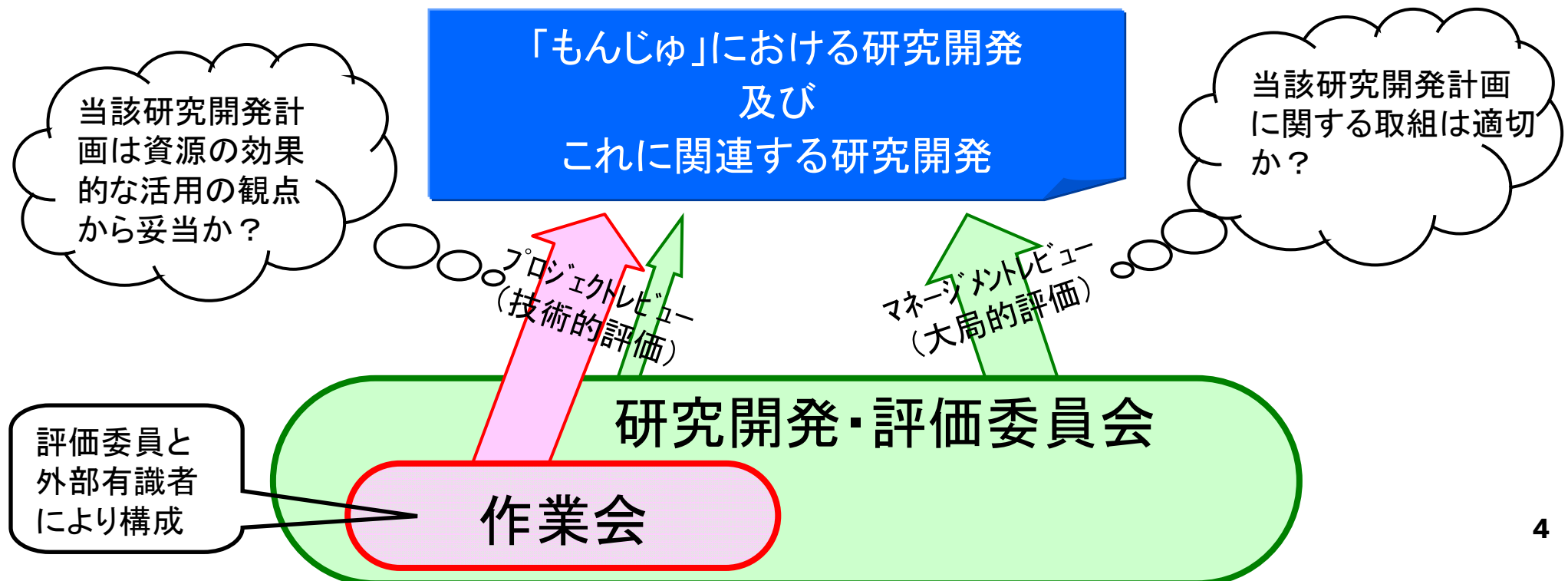
- 「もんじゅ」の事前評価として

- ・プロジェクトレビュー [技術的評価]

- ・マネジメントレビュー [大局的評価] (開発管理、組織、体制、要員など)

を実施する。

- プロジェクトレビューについては、委員会活動の一環として**作業会方式**で詳細な審議を行う。

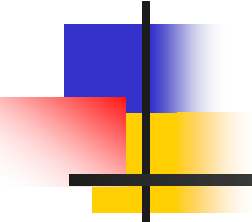


プロジェクトレビューと評価の視点

- 原子力政策大綱において、
 - ―「発電プラントとしての信頼性の実証」
 - ―「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」
 - ―「研究開発の場としての活用・利用」という研究項目が定められている。
- プロジェクトレビューについては、これらの研究項目を解決するための**研究計画及びその期待される成果を評価対象**とし、当該研究開発計画の妥当性を作業会で評価して頂く。

- ▶ 計画の妥当性（目標達成のための計画の内容に過不足はないか）
- ▶ 研究開発の手段やマイルストーンの内容の妥当性（長期にわたる研究の進め方の考え方は妥当か）
- ▶ 性能試験結果のFaCTへの反映方法は妥当か

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発 及びこれに関連する研究開発

A decorative graphic is located on the left side of the slide. It features a black crosshair-like structure. To the left of the vertical line is a blue square, and to the right is a yellow square. Below the horizontal line, there is a red square on the left and a yellow square on the right. The squares have a slight gradient and are partially overlapping the crosshair.

課題説明資料 [プロジェクトレビュー]

平成21年7月30日
日本原子力研究開発機構

高速増殖原型炉「もんじゅ」の意義・役割

(1) 国策としての役割

エネルギー基本計画

「もんじゅ」の運転を再開し10年程度以内を目途に所期の目的を達成する。

- 発電プラントとしての信頼性の実証
- ナトリウム取扱技術の確立等

(2) 国際的な役割

「もんじゅ」による 国際先導的プロジェクト

- 高性能燃料実証試験
- 国際協力による性能試験
- 人材育成

(3) 立地地域への貢献

福井県エネルギー研究 開発拠点化計画

- プラント技術研究センター(白木)
 - プラント実環境研究施設
 - 新型燃料研究開発施設
- プラント技術産学協同
開発センター(敦賀市街地)
 - プラントデータ解析共同研究所

高速増殖炉発電所の国 内技術の確立



「もんじゅ」運転は実証炉・実用炉の設計に不可欠

- ①高速増殖炉の設計方法を自らの技術とする
- ②発電技術(ナトリウム加熱蒸気発生器)
- ③ナトリウムプラントの診断・治療(保全技術)

商業炉(実用炉)
2050年より前の開発

〔経済性
安定した運転〕

実証炉
2025年頃の実現

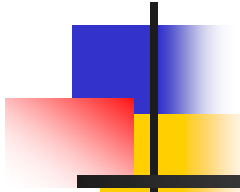
〔革新的技術の実証
高い稼働率の運転〕

研究開発

実用化研究開発
(FaCTプロジェクト)

革新的な技術の研究開発

実機の運転



高速増殖原型炉「もんじゅ」の意義・役割

(1) 国策としての役割

○原型炉「もんじゅ」は、実験炉「常陽」にはない発電設備を持ち、実機の運転によって「発電プラントとしての信頼性の実証」と同時に「ナトリウム取扱技術の確立」を行っていく。

- 性能試験等により得られた実機プラントのデータと予測した値を比較することにより、同様の設計方法を用いる実証炉・実用炉の**設計方法を自らの技術としてマスター**する。
- ナトリウムを取扱う**発電技術**のうち最も重要な機器である**蒸気発生器**(ナトリウムと水が伝熱管を境に接する)の安全・安定した運転実績は、実証炉・実用炉に繋げるために重要である。

○「もんじゅ」の経験をベースとし、実用化研究開発の成果とあわせて、「実証炉」を実現し、実施主体によって革新的技術の実証と高い稼働率の運転が可能であることが示される。

- ナトリウムプラントの診断・治療(保全技術)の経験を蓄積し、実証炉の実現に際して、**保守・補修性**に課題が少ないことが見通せていることが重要である。
- 「もんじゅ」の経験を通じて**規制の実績**が蓄積され、将来の実用炉開発に繋がられていく。

(2) 国際的な役割

○「もんじゅ」による国際的先導プロジェクトによって、長期間使用可能な燃料等の高性能な燃料の開発、海外参画の性能試験による欧米高速増殖炉技術の確認、人材育成が期待される。

(3) 立地地域への貢献

○福井県エネルギー研究開発拠点化計画の中核として期待されている。

結言:「もんじゅ」の運転経験は実証炉の実現に必須であり、実用化の前提となる安全を最優先し「もんじゅ」を早期再開することが不可欠である

「もんじゅ」研究開発体系

1. 発電プラントとしての信頼性実証

1) 安全・安定運転の達成

2) 性能試験

3) 原型炉技術評価

2. 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立

1) ナトリウム管理技術の確立

2) プラント保全技術の確立

3) ナトリウム機器の技術評価

3. FBR実用化に向けた研究開発の場として活用・利用

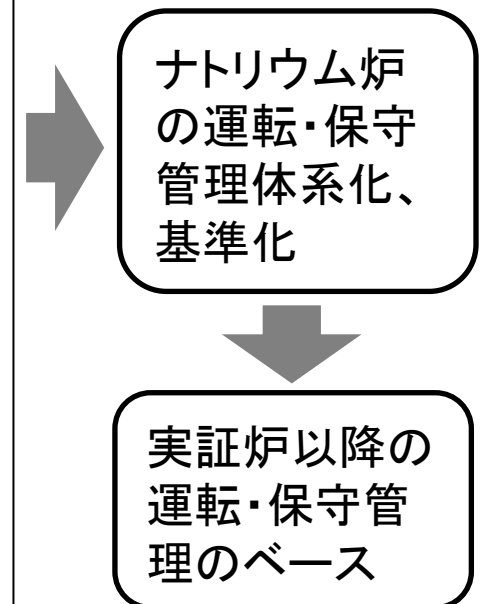
1) もんじゅ高度化

1. 発電プラントとしての信頼性実証

1) 安全・安定運転の達成

1. 1) 安定・安全運転の達成

- 原子炉の起動・停止、定格出力による連続定常運転を行うことにより、プラント運転、発電性能を発揮できることを示す。
- 運転経験を通じて、FBR発電プラントの運転管理について、規則(保安規定、運転手順書)、基準等の体系化を図る。
- 機器を適切な時期・方法で保守する「保全プログラム」を作成し、故障やトラブル等の保全データベースを充実し、保全活動の改善を進める。
- 実証炉計画を推進するため、「もんじゅ」が安全・安定運転の実績を積むことが重要。



1. 1) 安定・安全運転の達成(運転経験)

保安規定(運転管理)

- ・運転計画
- ・運転員の確保
- ・巡視点検
- ・運転手順書の作成
- ・運転条件
- ・反応度測定検査
- ・ナトリウム純度管理
- ・運転上の制限
 - 個別の運転上の制限
 - 運転上の制限を満足していることを確認するための検査
 - 運転上の制限を満足していないと判断された場合に要求される措置、完了時間



運転経験を反映して
改正していく。

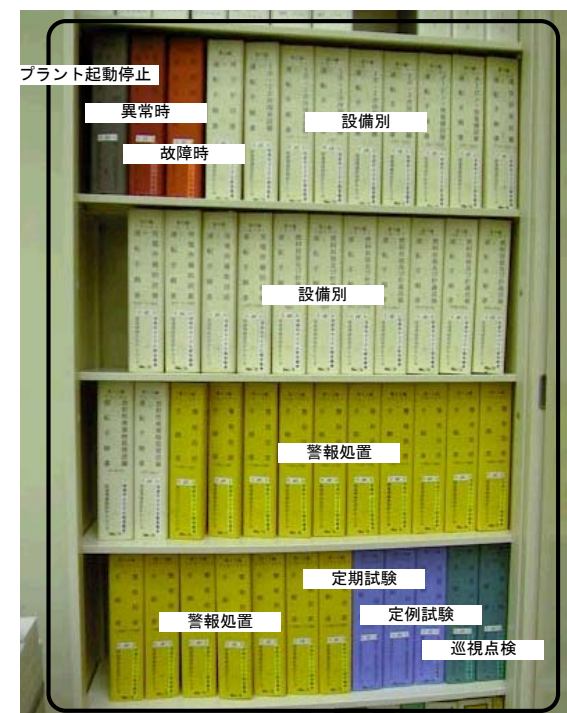
運転手順書類

- ①通常の運転
 - ・プラント起動停止手順書
 - ・設備別運転手順書
 - ・巡視点検手順書
 - ・定期・定例試験手順書
- ②故障やプラント異常時
 - ・警報処置手順書
 - ・故障時運転手順書
 - ・異常時運転手順書
(異常な過渡、事故対応)
- ③アクシデントマネジメント
 - ・AMG(アクシデントマネジメントガイドライン)
 - ・異常時運転手順書Ⅱ
(徴候ベースの異常時対応)



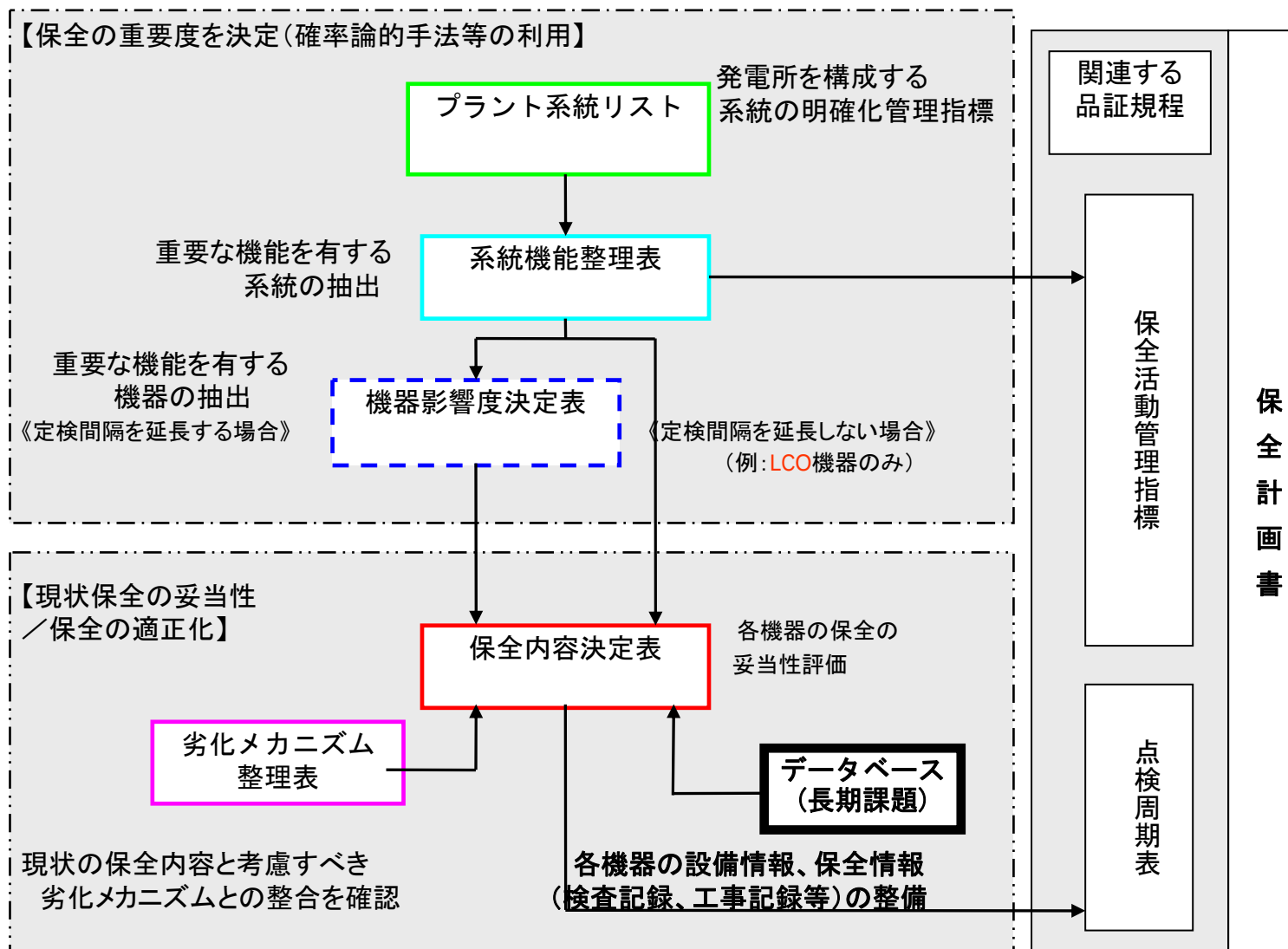
運転経験を反映して
改善・拡充していく。

運転手順書全体写真



1. 1) 安定・安全運転の達成(保全経験)

保全計画書等



1. 発電プラントとしての信頼性実証

2) 性能試験

1. 2) 性能試験

性能試験計画の基本方針

- (1) 燃料及びプラント設備機器が長期保管状態にあることを踏まえ、段階的に試験を実施して、試験の結果から抽出される課題の対応を可能とする。
- (2) また、段階的試験実施を通じて、運転員及び保守員の技術習熟を図る。
- (3) 法令に沿った性能確認、設計の妥当性評価、実用化研究開発へのデータ反映など、「もんじゅ」の特徴と役割を考慮する。

1. 2) 性能試験

試験項目

- (1) 炉心・しゃへい特性試験27項目、プラント特性試験90項目の合計117項目
- (2) 炉心・しゃへい特性試験27項目の目的を整理すると、
 - A 法令に基づく使用前検査：5項目
 - B 系統・設備の性能確認：4項目
 - C 設計の余裕、妥当性等の確認：13項目
 - D 解析及び評価手法の精度向上のためのデータ取得：13項目
 - E 将来炉の設計のためのデータ取得：3項目
- (3) プラント特性試験90項目の目的を整理すると、
 - A 法令に基づく使用前検査：13項目
 - B 系統・設備の性能確認：63項目
 - C 設計の余裕、妥当性等の確認：28項目
 - D 解析及び評価手法の精度向上のためのデータ取得：4項目
 - E 将来炉の設計のためのデータ取得：4項目

注) 複数の試験目的をもつ試験項目があることから、A～Eを合計すると試験項目数を上回る。

1. 2) 性能試験

炉心・しゃへい特性試験 (1/2)

分 類		試 験 名 称	試 験 概 要	試験目的
		① 過剰反応度測定試験	性能試験の3段階の炉心構成毎に、新燃料の装荷が確実に行われたことを確認し、原子炉を起動して過剰反応度を測定する。また、未臨界度を直接測定する方法を高速炉実機に適用するR&Dを行う。	A
		② 炉内中性子源効果評価		C
		③ 未臨界度測定法適用性評価		E
	反応度価値	① 反応度停止余裕測定試験	制御棒価値を測定し(制御棒校正)、主炉停止系および後備炉停止系の制御棒が挿入されたときの反応度停止余裕を評価する。また、制御棒校正曲線から制御棒引抜き時の最大反応度添加率を評価する。	A
		② 制御棒価値確認		B, C
	反応度係数	① 出力係数測定試験	零出力試験において、温度変化、流量変化による反応度効果(等温温度係数、流量係数)を測定する。出力試験段階においては、出力上昇と連続運転による反応度変化(出力係数、燃焼係数)を測定する。また、反応度印加時の自己安定性や温度係数の分離のためのR&D測定の実施可能性を検討中である。	A
		② 温度係数評価		D
		③ 燃焼係数評価		D, E
		④ 流量係数評価		D
		⑤ フィードバック反応度評価		D
		⑤ 出力係数評価		B
	分 出 布 力	① 核出力校正確認	中性子計装と原子炉熱出力の関係を校正する。また、燃料集合体出口温度計データを利用した出力分布の評価についてのR&Dを行う。	C
		② 集合体出口温度評価		C

1. 2) 性能試験

炉心・しゃへい特性試験 (2/2)

分 類		試 験 名 称	試 験 概 要	試験目的
炉心特性評価	特性 熱流	① 炉内流量分布試験	1次冷却材の流量と炉内での流量配分が適切であることを確認するとともに、炉心燃料を含む1次冷却系の圧力損失の経時的変化の程度を観察する。また、原子炉容器上部プレナムのナトリウム温度分布について、定常・過渡時(原子炉トリップなど)の挙動を観察する。	A
		② 流量分布評価		B, C
		③ 圧力損失変化評価		C
		④ 原子炉容器上部プレナム温度評価		C, D, E
	特性 炉内状態	① 炉雑音評価	原子炉出力(中性子計装)のゆらぎを測定し、プラント運転上問題ないことを確認する。また、プラント起動・停止時、出力運転時の原子炉まわりの温度ゆらぎの特性を把握する。また、原子炉トリップ後の崩壊熱の測定を行う。	C, D
		② 温度ゆらぎ評価		D
		③ 崩壊熱評価		D
しゃへい特性評価	原子炉 まわり	① 原子炉まわりしゃへい評価	原子炉容器内外での中性子測定を行うとともに、しゃへいプラグ上面等での中性子、 γ 線測定を行う。	C, D
		② しゃへいプラグしゃへい評価		C, D
	1次 冷却系	③ 配管室しゃへい評価	出力運転時において、1次主冷却系配管室の中性子及び γ 線線量を測定するとともに、1次冷却系機器の上方部屋での γ 線線量を測定する。	C, D
		④ 1次主冷却系室しゃへい評価		C, D
		⑤ 1次冷却系機器しゃへい評価		C, D
	空間 線量	① 負荷試験(その2)	放射線管理の観点から、定格出力運転時等に管理区域内外の外部放射線当量率及び放射性物質濃度等を確認する。	A
		② 空間線量当量率確認		B

1. 2) 性能試験

プラント特性試験 (1/6)

分類		試験名称	試験概要	試験目的
系統運転特性 (その1)	原子炉構造設備	① 制御棒駆動機構特性確認	トリップ試験時に制御棒挿入時間を測定し、所定の時間内であることを確認する。しゃへいプラグの各部温度を測定し、しゃへいプラグを冷却する系統の性能を確認する。	B
		② しゃへいプラグ温度評価		B, C
	1次冷却系設備	① 1次主冷却系設備特性確認	プラントの出力上昇・下降(0%⇔100%)時に1次主冷却系、アルゴンガス系、ナトリウム純化系、等のナトリウム温度及び流量、カバーガス圧力、などを測定し、原子炉容器カバーガス圧力が正常に制御されていること、ナトリウム純度が所定の値になっていることを確認する。また、トリップ試験時のポンプフローコーストダウン特性を測定し、流量半減時間を確認する。	B
		② 1次アルゴンガス系特性確認		B
		③ 1次系コールドトラップ特性確認		B
		④ 1次主冷却系循環ポンプコーストダウン特性確認		B
	2次冷却系設備	① 2次主冷却系設備特性確認	プラントの出力上昇・下降(0%⇔100%)時に2次主冷却系、アルゴンガス系、ナトリウム純化系、等のナトリウム温度及び流量、カバーガス圧力、などを測定し、過熱器ナトリウム液位が正常に制御されていること、ナトリウム純度が所定の値になっていることなどを確認する。また、プラントトリップ試験時のポンプフローコーストダウン特性を測定し、流量半減時間を確認する。また、音響法による水漏えい検出器開発のため、出力運転中の蒸発器のバックグランドノイズを測定する。	B
		② 2次アルゴンガス系特性確認		B
		③ 2次系コールドトラップ特性確認		B
		④ 蒸気発生器音響法評価 (新型水漏えい検出装置)		E
		⑤ 補助冷却設備特性確認		B
	水・蒸気系設備	① 水・蒸気系起動バイパス系統特性確認	プラントの出力上昇・下降(40%⇔100%)時に水・蒸気系の温度、流量、圧力、ポンプの回転数などを測定し、各機器が正常に作動し、所定の機能、性能を有していることを確認する。	B
		② 主給水ポンプ特性確認		B
		③ 主給水ポンプ駆動タービン保安装置無負荷時特性確認		B
		④ 復水器特性確認		B
		⑤ 復水脱塩装置特性確認		B

1. 2) 性能試験

プラント特性試験 (2/6)

分類	試験名称	試験概要	試験目的
系統運転特性 (その2)	⑥ 水・蒸気系試料採取装置特性確認	(前頁と同じ)	B
	⑦ 水・蒸気系起動バイパス系統制御特性確認		B
	⑧ 蒸気発生器ブロー特性確認	プラントトリップ試験時の蒸気発生器伝熱管の保有水の放出機能を確認する。	B
	⑨ 負荷しゃ断時水・蒸気系起動バイパス系統特性確認	発電機負荷しゃ断を模擬し、この場合でも蒸気発生器の給水温度が過度に低下しないことを確認する。また、復水ポンプ、主給水ポンプ、循環水ポンプの異常を模擬し、異常が発生した運転が継続できることを確認する。	B
	⑩ 復水ポンプ1台トリップ時特性確認		B
	⑪ 主給水ポンプ及び起動用給水ポンプ並列運転特性確認		B
	⑫ 循環水ポンプ1台トリップ時特性確認		C
	① タービン保安装置試験	タービン保安装置特性確認では、停止中、無負荷運転中にタービン保安装置が正常であることを確認する。また、プラントの出力上昇・下降(40%⇔100%)時にタービンの主蒸気温度、流量、圧力、回転数、潤滑油温度、などを測定し、各機器が正常に作動し、所定の機能、性能を有していることを確認する。	A
	② タービン保安装置特性確認		B
	③ タービン特性確認		B
	④ タービンローカル制御系特性確認		B
	⑤ 軸受冷却水系特性確認		B
	⑤ 負荷制限器、負荷設定器特性確認		C
	⑥ タービン弁特性確認	主蒸気止弁、タービンバイパス弁を寸動させ、運転中の定例試験ができることを確認する。	B
	⑦ タービンバイパス弁特性確認		B

1. 2) 性能試験

プラント特性試験 (3/6)

分類	試験名称	試験概要	試験目的
系統運転特性 (その3)	電気設備	① 発電機系試験	A
		② 負荷試験(その3)	A
		③ 発電機系特性確認	B
		④ 発電機特性確認	B
	プラント補助設備	① 原子炉補機冷却水設備特性確認	B
		② メンテナンス冷却系特性確認	B
		③ 機器冷却系設備特性確認	B
		④ 換気空調設備特性確認	B
	プラント全体	① 系統運転性能試験	A
		② タービン系統試験	A
		③ 負荷試験(その1)	A
		④ 定格出力連続運転確認	B
		⑤ 出力上昇操作手順確認	C
		⑥ 出力降下操作手順確認	C
		⑦ 中央計算機システム確認	B
		⑧ 熱出力確認	B, C
		⑨ 熱収支評価	B, C

1. 2) 性能試験

プラント特性試験 (4/6)

分類		試験名称	試験概要	試験目的
計測制御特性	計測設備	① 中性子計装特性確認	出力運転中に左記の計測装置で中性子束の測定、ナトリウム中のバックグランド水素濃度及びバックグランド計数率を測定し、警報設定値等の妥当性を確認する。	B, C
		② 水漏えい検出器特性確認		C, D
		③ 遅発中性子法破損燃料検出装置特性評価		C
		④ FFD/L装置特性評価		C
		⑤ 新型ナトリウム温度計特性評価		E
	制御設備	① 原子炉出力制御系特性確認	制御設定値を変更しても各制御系が作動して設定値変更による外乱を吸収し、所定の状態で安定して運転継続することができることを確認する。	B
		② 1次主冷却系流量制御系特性確認		B
		③ 2次主冷却系流量制御系特性確認		B
		④ 給水流量制御系特性確認		B
		⑤ 主蒸気温度制御系特性確認		B
		⑥ 主蒸気圧力制御系特性確認		B
		⑦ 出力変更試験		A
		⑧ 出力変更特性評価		B, C
		⑨ 水・蒸気、タービン発電機設備自動化制御装置特性確認	プラントの起動・停止過程において、左記の装置が正常に作動し、自動的に水・蒸気、タービン発電機設備が起動・停止することを確認する。	B
		⑩ プラント診断法評価	制御系に擬似ランダム信号を印加し、プロセス量の応答を評価することにより、プラントの動特性を把握する。	D, E

1. 2) 性能試験

プラント特性試験 (5/6)

分 類	試 験 名 称	試 験 概 要	試験目的
異 常 模 擬 運 転 特 性	① 総合インタロック試験	原子炉停止(低温停止)状態で原子炉、タービン及び発電機のトリップを模擬し、各設備間のインターロックが正常に機能することを確認する。	A
	② プラントトリップ試験(タービン)	出力運転中にプラントに異常が発生した場合でも、原子炉が停止し、プラントが安全に停止することを確認する。このため、タービン、1次主循環ポンプ、発電機、送電系統、蒸気発生器で発生する異常を模擬した信号を入力し、この信号で原子炉が停止し、プラントが安全に停止することを確認する。	A
	③ 1次主冷却系循環ポンプトリップ試験		A
	④ 外部電源喪失試験		A
	⑤ 蒸気発生器伝熱管水漏えい時特性試験(模擬試験)		A
	⑥ プラントトリップ時特性評価(タービン)		B, C
	⑦ 1次主冷却系循環ポンプトリップ時特性評価		B, C
	⑧ 外部電源喪失時特性評価		B, C
	⑨ 蒸気発生器伝熱管水漏えい時特性確認(模擬試験)		B, C
	⑩ 発電機負荷しゃ断試験	出力運転中に異常が発生し、発電機の負荷が無くなった場合でも、タービンの回転数上昇が所定の値を上回らないことを確認する。このため、発電機負荷しゃ断を模擬した信号を入力し、この信号で主蒸気調節弁が作動し、タービン回転数が制御されることを確認する。	A
	⑪ 発電機負荷しゃ断時特性評価		B, C
	⑫ ナトリウム自然循環評価	仮に強制循環による崩壊熱除去に失敗した場合でも自然循環により崩壊熱除去ができ、安全にプラントが停止できることを確認する。このため、原子炉トリップ後、1次及び2次ポンプのポニーモータ、空気冷却送風機を停止し、自然循環状態で各種データを測定する。	C, D, E

1. 2) 性能試験

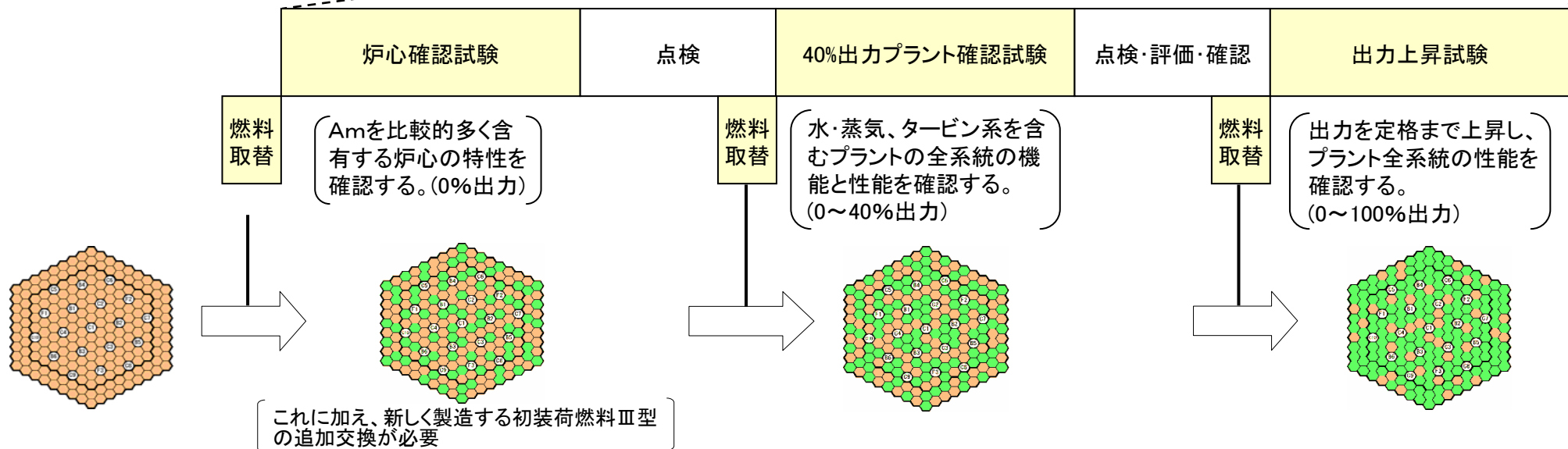
プラント特性試験 (6/6)

分 類		試 験 名 称	試 験 概 要	試験目的
化学 分 析 評 価		① ナトリウム純度確認	1次冷却系、2冷却系及び炉外燃料貯蔵槽のナトリウム及びアルゴンガスの純度を測定し、不純物濃度が基準値以内であることを確認する。また、復水、給水等の水質を測定し、基準値を満足することを確認する。	B, C
		② アルゴンガス純度確認		B, C
		③ 水、蒸気、タービン設備水質確認		B
		④ ナトリウム放射化量評価	1次冷却系及び2冷却系の放射化ナトリウム濃度、放射性腐食生成物の配管・機器内面の付着分布を測定し、放射化ナトリウムの生成量、放射性腐食生成物の系内移動挙動、等の評価を行う。また、トリチウムの挙動評価を行う。	B, C
		⑤ 1次主冷却系放射性物質挙動評価		C, D
		⑥ 放出放射性物質挙動評価		B, C
そ の 他	配管熱変移	① 1次系主配管熱変移評価	出力運転時に1次主冷却系配管、2次主冷却系配管及び水・蒸気系配管等の熱変移量を測定し、配管支持装置の許容変移範囲内であること、周辺機器との干渉がないことを確認する。	B, C
		② 2次系配管熱変移評価		B, C
		③ 水・蒸気系/配管熱変移評価		B, C
	配管振動	④ 1次系小口径配管振動状態確認	主冷却系配管に接続している圧力計、ナトリウム中水素計などの主に計装配管の振動を測定し、振動が許容範囲内であることを確認する。	B
		⑤ 2次系小口径配管振動確認		B
		⑥ 水・蒸気系/タービン系小口径配管振動確認		B
		⑦ 1次オーバーフロー系、ドレン系配管等の予熱温度確認	原子炉トリップ後のナトリウム再汲み上げ時のオーバーフローナトリウム温度の測定し、適切な配管予熱ができているか確認する。	B
		⑤ ユーティリティ消費量確認	Arガス、窒素ガス、軽油、などのユーティリティ消費量を測定し、本格運転開始後の各ユーティリティ消費量を把握する。	C
		⑥ 制御用圧縮空気圧力確認	外部電源喪失時にディーゼル発電機から電源供給開始までの圧力変化を測定し、余裕を確認する。	C

1. 2) 性能試験

性能試験工程

	18年度 (2006)	19年度 (2007)	20年度 (2008)	
工程	工事確認試験			
		プラント確認試験		
				性能試験



: 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。

1. 2) 性能試験

炉心・しゃへい特性試験(3つの炉心)

次回性能試験の特徴

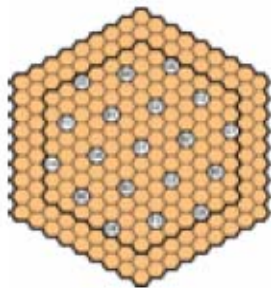
- ① 3段階の炉心構成(炉心確認試験、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験)
異なる炉心での核特性の取得(多様なデータの取得)
- ② 燃料組成の変化(Pu-241の減少、Am-241の増加)
反応度、反応度係数に影響、Am-241を多く含む炉心でのデータ取得



多様なFBR炉心設計精度向上に資する

前回性能試験の炉心

(すべて新燃料)

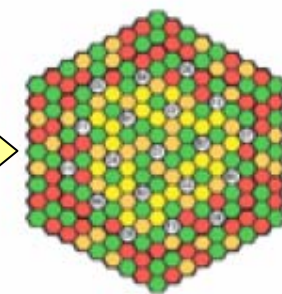
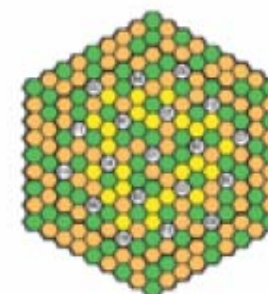
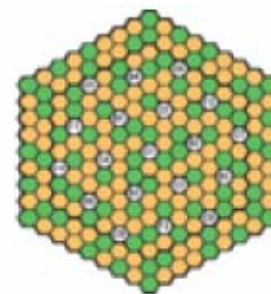


次回性能試験の炉心: 3段階の燃料交換

炉心確認試験

40%出力プラント確認試験

出力上昇試験



- 初装荷燃料Ⅰ型 炉心に装荷されている初装荷燃料
- 初装荷燃料Ⅱ型 本格運転以降に使用する予定で製造した取替燃料
- 初装荷燃料Ⅲ型 } 新たに製造する燃料
- 初装荷燃料Ⅳ型 }

(燃料装荷パターンは例)

1. 2) 性能試験

炉心・しゃへい特性試験(前回試験との比較)

試験名称	取得データ	前回性能試験	次回性能試験(予定)		
			炉心確認試験	40%出力プラント 確認試験	出力上昇試験
過剰反応度測定試験	過剰反応度	○	○	○	○
反応度停止余裕測定試験	反応度停止余裕、最大反応度添加率	○	○	○	○
制御棒価値確認	制御棒価値	○	○	○	○
温度係数評価	等温温度係数	○	○	○	○
流量係数評価	流量係数	○	○	○	○
出力係数測定試験	出力係数	○(45%熱出力まで)		○(45%熱出力まで)	○(100%熱出力まで)
燃焼係数評価	燃焼係数、Pu-241崩壊効果	○(45%熱出力まで)	○(Pu-241崩壊効果)	○(45%熱出力まで)	○(100%熱出力まで)
出力分布評価	箔装荷による反応率分布、 反応率比	○			
固定吸収体反応度評価	ブランケット燃料と固定吸収体 の置換反応度	○			
燃料等価反応度評価	炉心燃料とダミーの置換反 応度	○			
冷却材反応度評価	試験体内での冷却材の反 応度価値	○		○(実施可能性検討中)	
燃料組成差反応度評価	組成の異なる燃料の置換反 応度			○(実施可能性検討中)	
未臨界度測定法の適用	未臨界度		○	○	○
フィードバック反応度評価	自己安定性など		○(実施可能性検討中)	○(実施可能性検討中)	○(実施可能性検討中)
しゃへい測定	線量率測定など			○(45%熱出力まで)	○(100%熱出力まで)

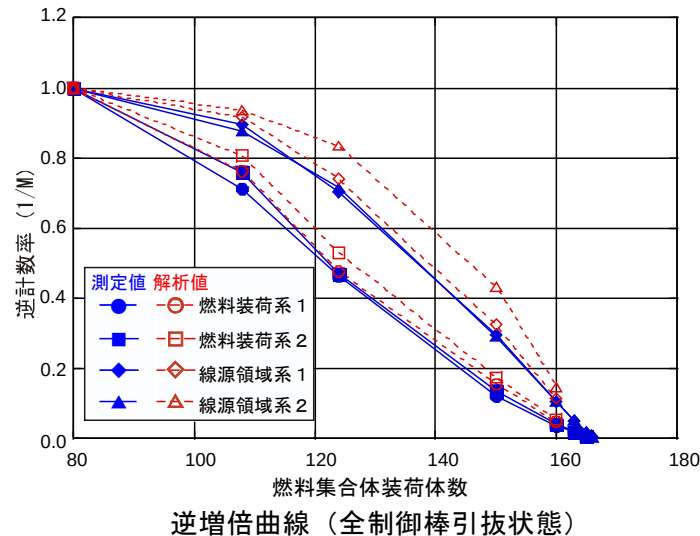
1. 2) 性能試験

炉心・しゃへい特性(臨界性、制御棒価値)

○臨界性

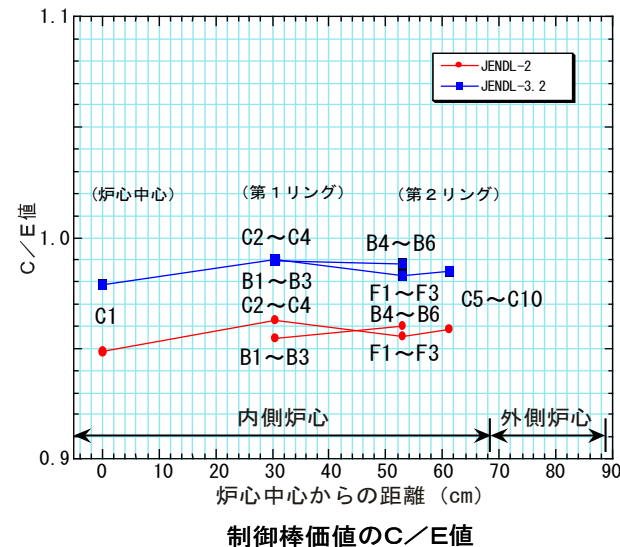
初臨界の達成(H6年4月5日):

- ・実測(E):168体炉心
- ・予測(P): 169 ± 4 体(1σ)
- ・初臨界炉心の実効増倍率
予測／実測=0.998



○制御棒価値

- ・制御棒価値校正→安全上の制限値
(過剰反応度、反応度停止余裕)の評価
- ・制御棒価値の解析精度評価に資する
データの取得



((注) より詳細で厳密な超微細群補正や連続エネルギーモンテカルロ法等の最新手法に基づく検討を継続中。)

1. 2) 性能試験

炉心・しゃへい特性(反応度係数等)

○反応度係数

・等温温度係数

ドップラ効果

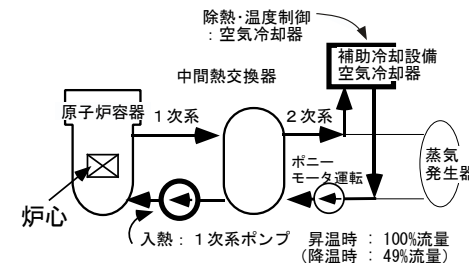
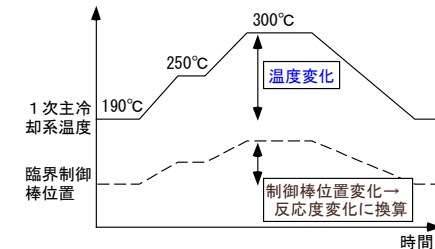
燃料・構造材の膨張変化
の効果(密度、寸法変化)

・燃焼係数

出力運転に伴う反応度損失

等温温度係数

- ・冷却材の温度を調整し
炉心温度を変化
- ・測定温度範囲約190~300℃



$$\text{等温温度係数} = \frac{\text{反応度変化}}{\text{温度変化}}$$

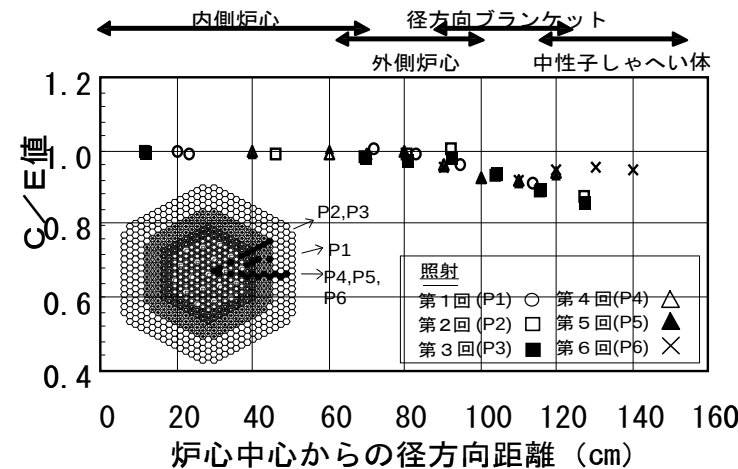
測定時プラント状態

○反応率分布測定*結果の利用

・出力分布の評価

・増殖比の評価(1.18)

*反応率は前回性能試験で測定



Pu-239核分裂率(規格値)のC/E値の炉心中心面上径方向分布
(DIF3Dコード、Tri-Z、70群、JENDL-3.2)

[DIF3D, 70群, J3.2]

反応率比のC/E値:
(炉心中心位置)

$$\frac{U235(n,f)}{Pu239(n,f)} = 0.98 \sim 0.99$$

$$\frac{U238(n,\gamma)}{Pu239(n,f)} = 1.00 \sim 1.02$$

$$\frac{U238(n,f)}{Pu239(n,f)} = 0.97 \sim 0.98$$

1. 2) 性能試験

40%出力プラント確認試験の概要

目 的	概 要
・水・蒸気、タービン系統が長期保管状態にあったこと、かつ設備改造が行われたことを踏まえ、出力上昇試験(0%～100%出力)に先立ち、40%出力までの状態で、プラント全系統の機能確認・性能確認を実施する。 ・水・蒸気タービン系を含めたプラント全系統の運転保守技術の一層の習熟を図る。	・今後製造する新燃料を装荷した炉心で、40%出力までの運転状態での試験を実施する。 ・核加熱による水・蒸気タービン系の動作試験を行いながらプラント出力を40%とし、プラント全系統の性能を確認するとともに、プラント起動・停止が確実にできることを確認する。 ・水・蒸気タービン系を含めた全系統の起動・運転・停止を通じてプラント運転保守技術の習熟を行う。 ・40%出力プラント確認試験の評価を行い、引き続いて行う出力上昇試験が実施できることを確認する。

(主な試験項目案)

項目	試験概要	試験データの活用・反映先	試験の状況・対象など
水・蒸気系起動バイパス系統制御特性確認	・40%出力までの起動操作において運転される、水・蒸気系起動バイパス系統の各制御系の調整を行い、各制御系が動作する運転時期において安定な制御を行えることを確認する。 ・プラント制御定数の調整に基づくプラント挙動データを取得する。	・運転手順書の整備 ・もんじゅ設計の妥当性評価 ・解析コードの検証、高度化 ・実用炉のための実機データの提供	・H7性能試験の再試験 ・H7性能試験結果に基づき実施した設備改造の妥当性を確認する。
しゃへいプラグ温度評価	・プラント出力運転時にしゃへいプラグ窒素ガス冷却系の冷却性能が適切であることを確認する。 ・しゃへいプラグ及び炉心上部機構各部の温度を測定し、各部の温度が設計目標値範囲内であることを確認する。	・もんじゅ設計の妥当性評価 ・運転手順書への反映	・H7性能試験の再試験(40%出力) ・75%、100%出力で実施
プラントトリップ試験	・40%出力運転時において、復水器真空度低を模擬することにより、タービンのトリップからプラントトリップさせ、各プロセス量を測定し、プラントが安定して停止することを確認する。	・もんじゅ設計の妥当性評価 ・解析コードの検証、高度化 ・実用炉のための実機データの提供	・使用前検査項目 ・H7性能試験の再試験 ・送電系統への影響を緩和する為、40%出力において実施する。

1. 2) 性能試験

出力上昇試験の概要

目 的	概 要
・本格運転に向けた出力上昇及び100%出力時におけるプラント性能を確認するための試験を行う。 ・水・蒸気タービン系を含めたプラント全系統の運転保守技術の一層の習熟を図る。	・ 100%出力運転のための炉心構成を行い、臨界試験後、40%、75%、100%として炉心特性、プラント特性データを取得する。 ・ プラント全系統の起動・運転・停止、過渡時の対応を通じてプラント運転保守技術の習熟を行う。

(主な試験項目案)

項目	試験概要	試験データの活用・反映先	試験の状況・対象など
温度ゆらぎ評価	・温度、流量等の信号を測定し、プロセス量の応答や信号間の関係性を評価することにより、プラントの動特性やプラントが持つ微少なゆらぎ特性を把握する。	・プラント性能の評価 ・安定運転への寄与 ・異常診断手法開発への寄与	・測定のための試験であり、各プラント出力で実施する。
ナトリウム自然循環評価	・1次・2次主冷却系循環ポンプポニーモータの自動起動インターロックを阻止した状態で、模擬信号によって原子炉トリップさせ、自然循環力による循環モードとし、プラント規模での自然循環挙動データを取得する。	・解析コードの検証、高度化 ・実用炉のための実機データの提供	・プラント系統への熱過渡による影響を極力少なくする為、40%出力状態において実施する。
新型ナトリウム温度計特性評価	・0～100%出力において、超音波温度計の実機特性評価を行う。	・新型温度計設計の妥当性評価 ・実用炉のための実機データの提供	・安全総点検指摘事項。 ・試験終了後も、耐久性評価の為、継続してデータを取得する。
ナトリウム純度確認	・1次冷却系のナトリウム純度を測定し、不純物(酸素)濃度が基準値以内であることを確認する。 ・1次、2次、EVST系ナトリウム中のトリチウム濃度や、1次系ナトリウム中のFP, CP, U, Pu核種のバックグラウンド濃度データを取得する。	・不純物(酸素)濃度の実機データの提供 ・1次系等のバックグラウンド核種及びその濃度の実機データの提供	・0%、40%、75%、100%の各出力段階でデータを取得する。

1. 2) 性能試験(プラント特性試験)

系統運転特性試験:しゃへいプラグ温度評価

試験目的:

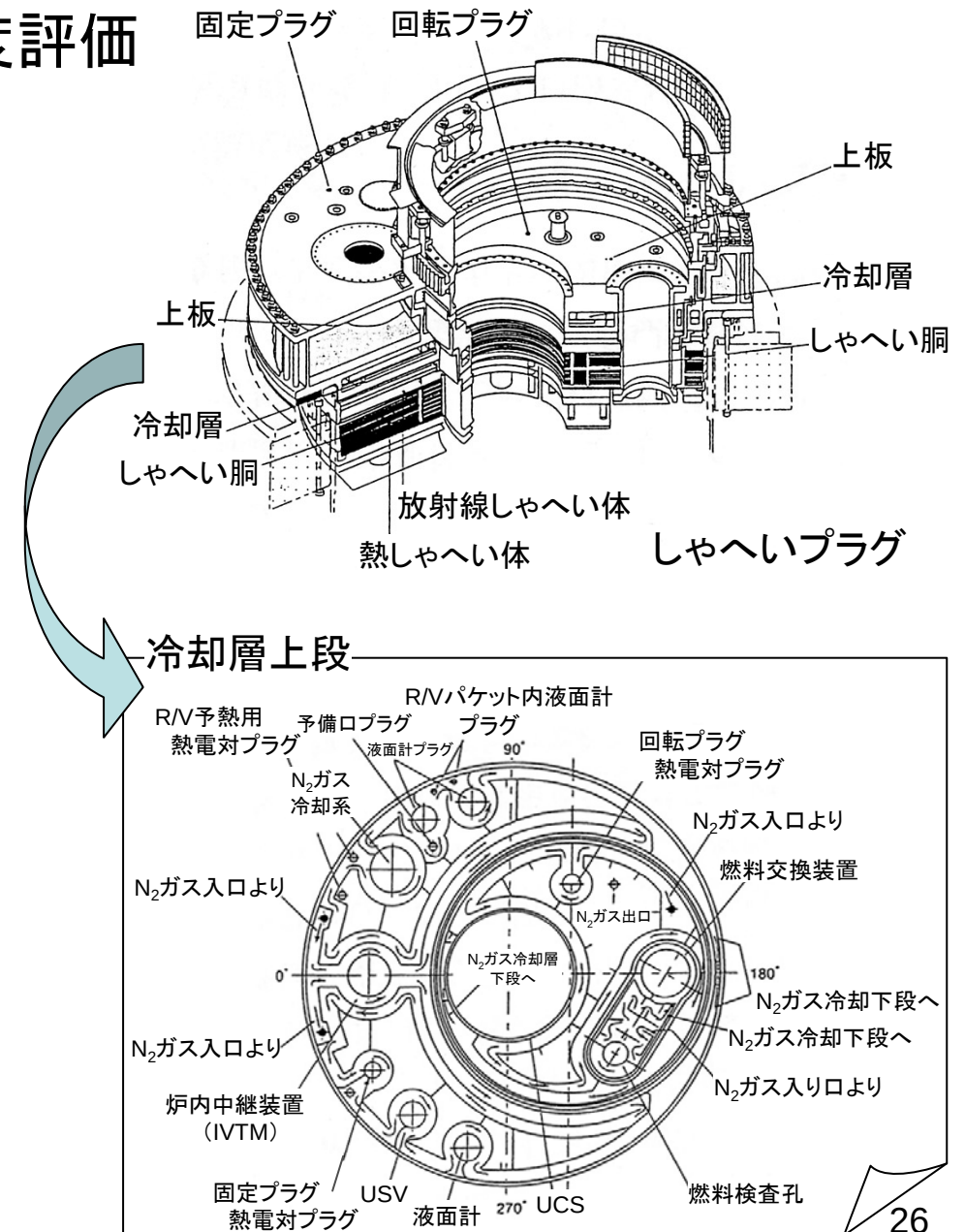
- ・運転中、しゃへいプラグの冷却を行うしゃへいプラグ窒素ガス冷却系の冷却性能が適切であることを確認する。
- ・しゃへいプラグ及び炉心上部機構各部の温度を測定し、設計目標範囲内であることを確認する。

試験方法:

- ・しゃへいプラグ及び炉心上部機構に設置された熱電対で継続的に温度を測定する。
- ・しゃへいプラグ、炉心上部機構の各部の温度及び窒素ガス冷却系の温度、流量を測定する。
- ・出力運転時(40%、100%)に、窒素ガス冷却系を停止し、しゃへいプラグ及び炉心上部機構の各部の温度上昇を測定する。

成果:

- ・しゃへいプラグ窒素ガス冷却系設計の妥当性の確認



1. 2) 性能試験(プラント特性試験)

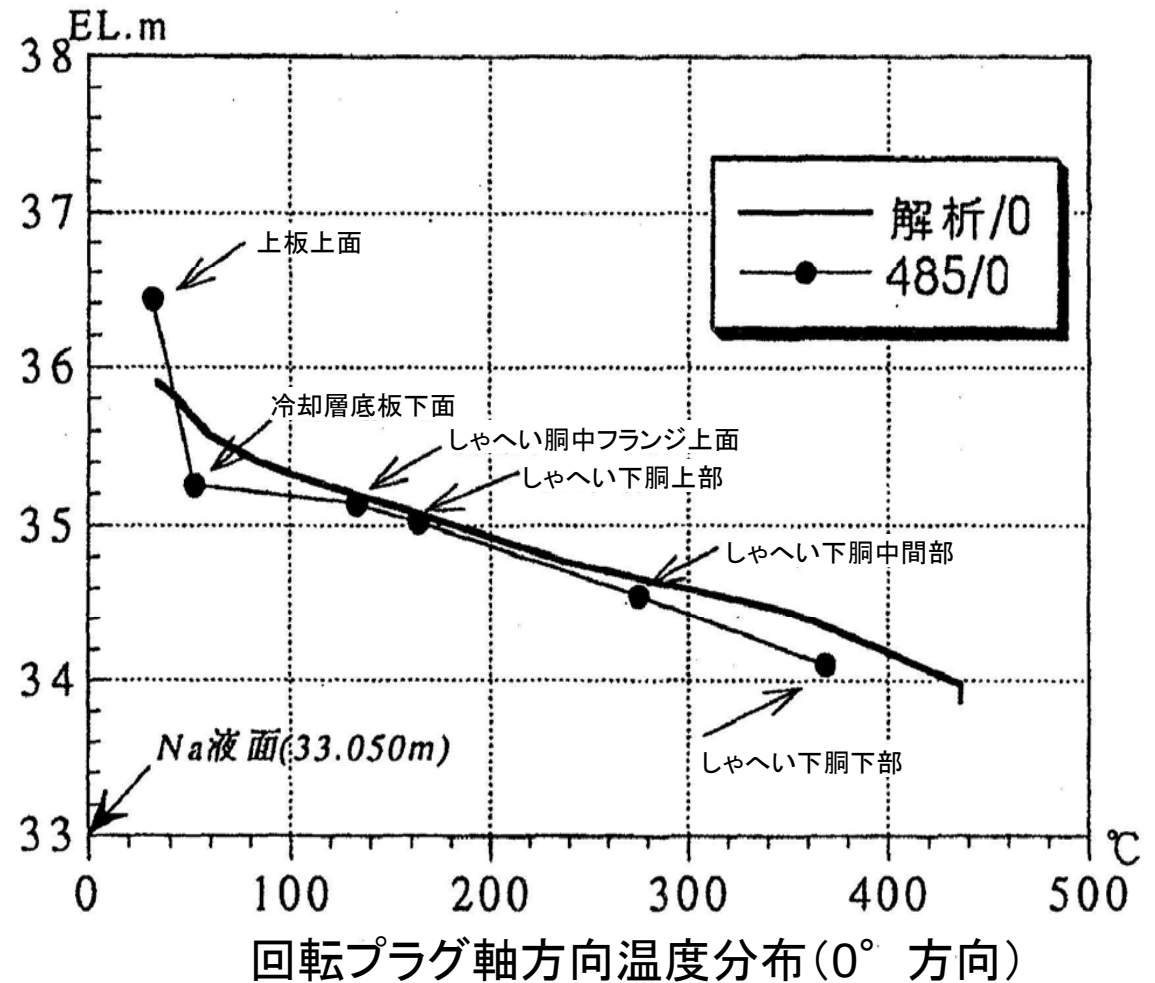
系統運転特性試験:しゃへいプラグ温度評価

これまでの成果

前回性能試験(40%出力)

- ・軸方向及び周方向の温度分布を測定
- ・しゃへいプラグ各部の温度が所定の温度範囲内であることを確認
- ・冷却系停止後、冷却系の再運転開始時間を確認

今後、性能試験で各出力段階におけるしゃへいプラグ窒素ガス冷却系の冷却能力が適切であることを確認する。



1. 2) 性能試験(出力上昇試験)

計測制御特性試験: 温度ゆらぎ評価

試験目的:

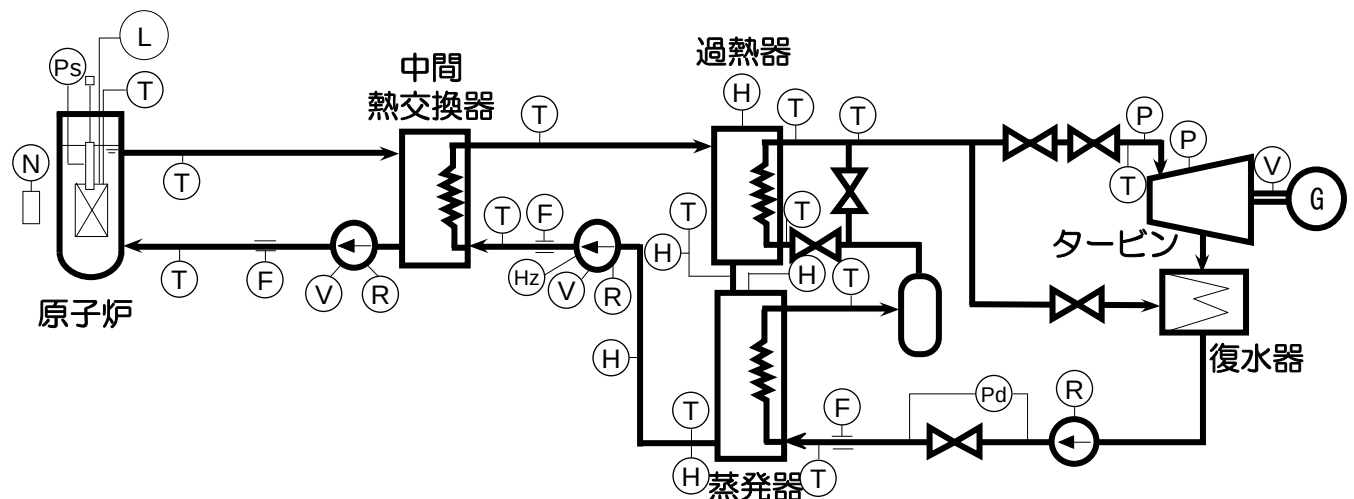
温度、流量等の信号を測定し、信号間の関係性を評価することにより、プラントが持つ微少なゆらぎ等の特性を把握する。

試験方法:

・各出力段階において、1次主冷却系、2次主冷却系及び水・蒸気系の温度、流量、圧力、等のプロセス信号を測定する。

成果:

・もんじゅプラントの特性を確認する。



F: 流量 L: 液位 P: 圧力 V: 振動 Ps: 位置
T: 温度 N: 中性子束 R: 回転数 H: 水素濃度 Pd: 差圧

1. 2) 性能試験(出力上昇試験)

計測制御特性試験: 温度ゆらぎ評価

- これまでの成果
 - 前回性能試験(40%出力)で
 - プラントでの微少なゆらぎ特性の把握。
 - 信号伝達経路の推定。
 - 励振源の推定。

例) 制御棒振動
1次系主流量制御系
給水流量制御系
原子炉容器Na液位

今後の計画

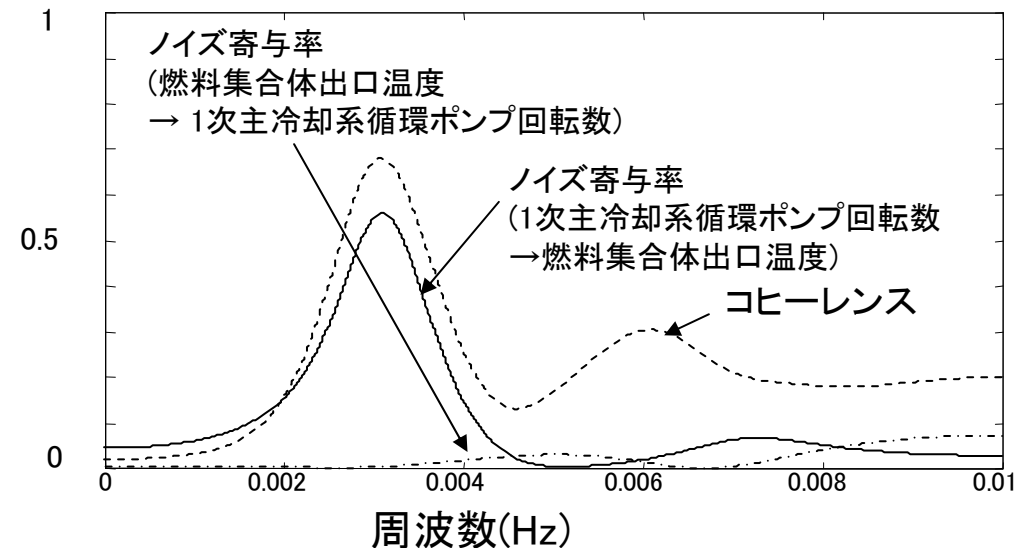
性能試験の各出力段階における特性を確認

1次主流量制御系、給水流量制御系の定期的な特性変化の確認

→ 設備健全性の確認

原子炉出口Na温度等のゆらぎ特性変化の測定 → プラント特性変化の把握

結果の例: 信号伝達経路解析



ノイズ寄与率を求め、その結果から、1次主冷却系循環ポンプ回転数信号から燃料集合体出口温度信号へ伝達していることを推定

このような伝達経路を評価して、プラントの持つ微少な励振源を推定

1. 2) 性能試験(プラント特性試験)

異常時模擬特性試験:プラントトリップ試験

試験目的:

仮にプラントでトラブルが発生しても、原子炉が自動的に停止し、プラント全体が安全に停止することを確認する。

試験方法:

40%出力運転時において、復水器真空度低を模擬することにより、タービンのトリップからプラントトリップさせ、各プロセス量を測定する。

成果:

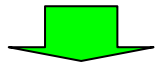
- ・もんじゅ設計の妥当性評価
- ・解析コードの検証、高度化のための実機データ収集

1. 2) 性能試験(プラント特性試験)

異常時模擬特性試験:プラントトリップ試験

これまでの成果

前回性能試験(40%出力)で、原子炉トリップ後の炉心出口温度分布及びその変化を測定。



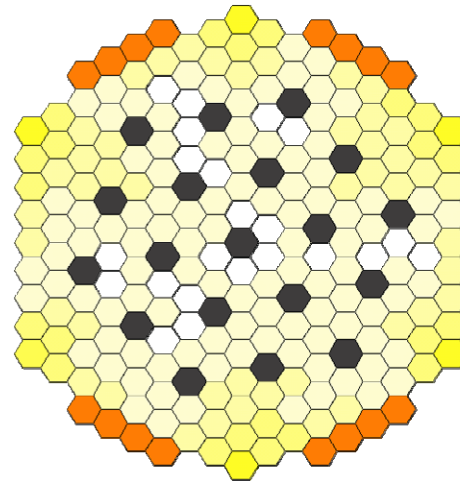
今後、その他の異常時模擬試験のデータを蓄積した上で、

①運転時の集合体出口温度(最高、最低、平均)を把握する。

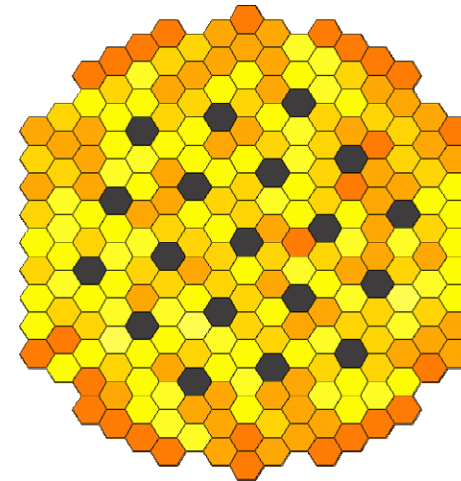
以降、原型炉技術評価として、以下を実施する。

②炉心熱流動解析コードの検証する。

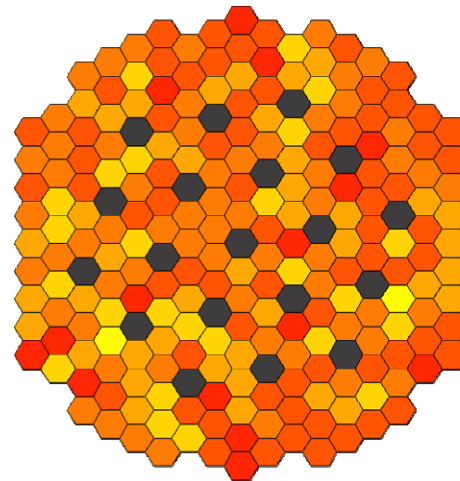
③炉心出口温度分布を強制循環時と自然循環時で比較し、その結果から炉心の冷却材流量の再配分効果、半径方向の熱移行効果を評価する。



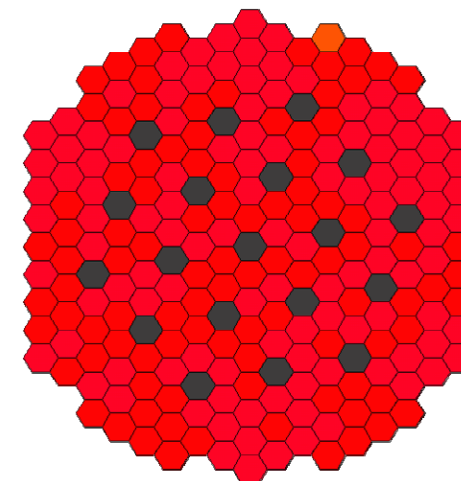
トリップ前



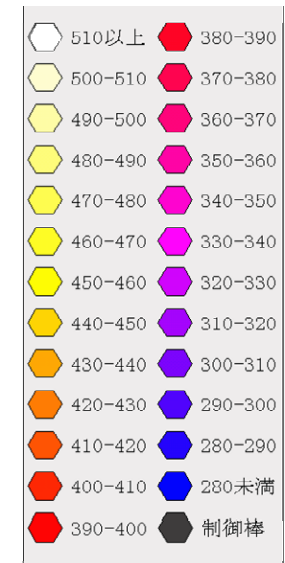
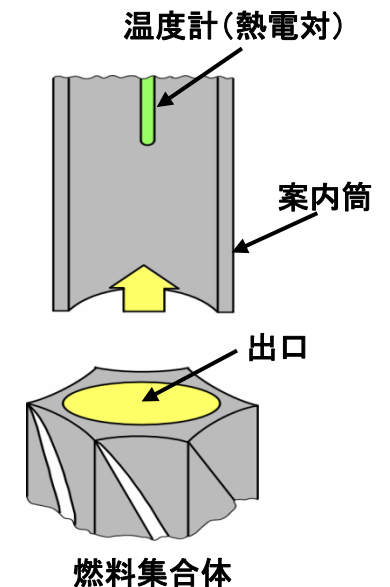
トリップ16秒後



トリップ24秒後



トリップ100秒後



1. 2) 性能試験(プラント特性試験)

化学分析評価試験: ナトリウム純度確認

試験目的:

1次主冷却系ナトリウム中の不純物濃度(酸素濃度)を測定し、この濃度から燃料被ふく管の外面腐食量を評価し、設計範囲内であることを確認する。

同時に、他系統のナトリウム中の不純物濃度(酸素濃度)を測定し、長期的な傾向を把握する。

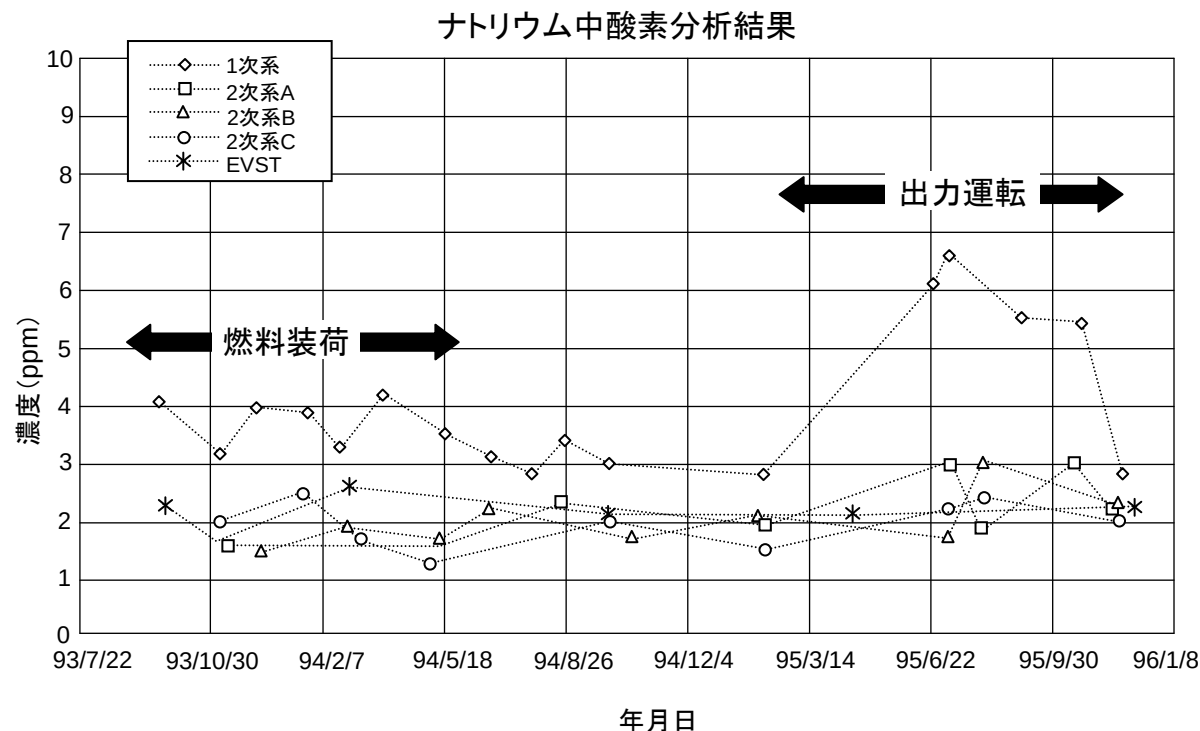
試験方法:

各出力段階でのNaサンプリング・分析の実施

成果:

プラント設計の妥当性の確認

- これまでの成果
前回性能試験 ナトリウム中酸素分析結果(～40%出力)
- 今後、性能試験で各出力段階におけるナトリウム純度を
確認



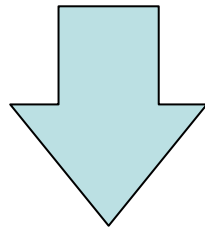
1. 発電プラントとしての信頼性実証

3) 原型炉技術評価

1. 3) 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)

高速原型炉の性能試験、サイクル運転で取得したデータに基づき原型炉を建設した結果の技術評価を行う。

- ・「前回の性能試験」
- ・Amの蓄積量が多い「次回の性能試験」
- ・「それぞれの炉心のサイクル運転時」

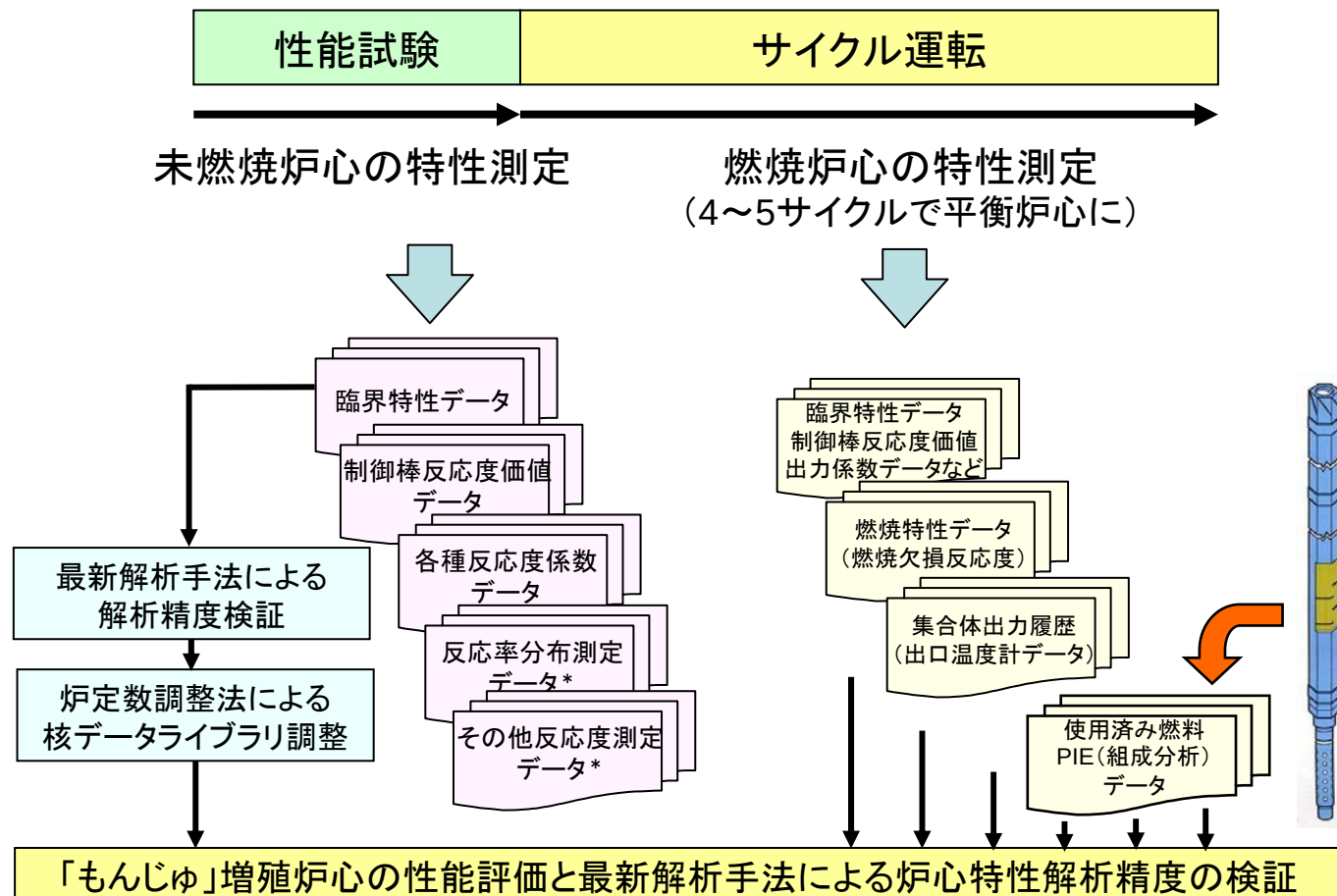


様々な炉心条件で、
取得したデータ

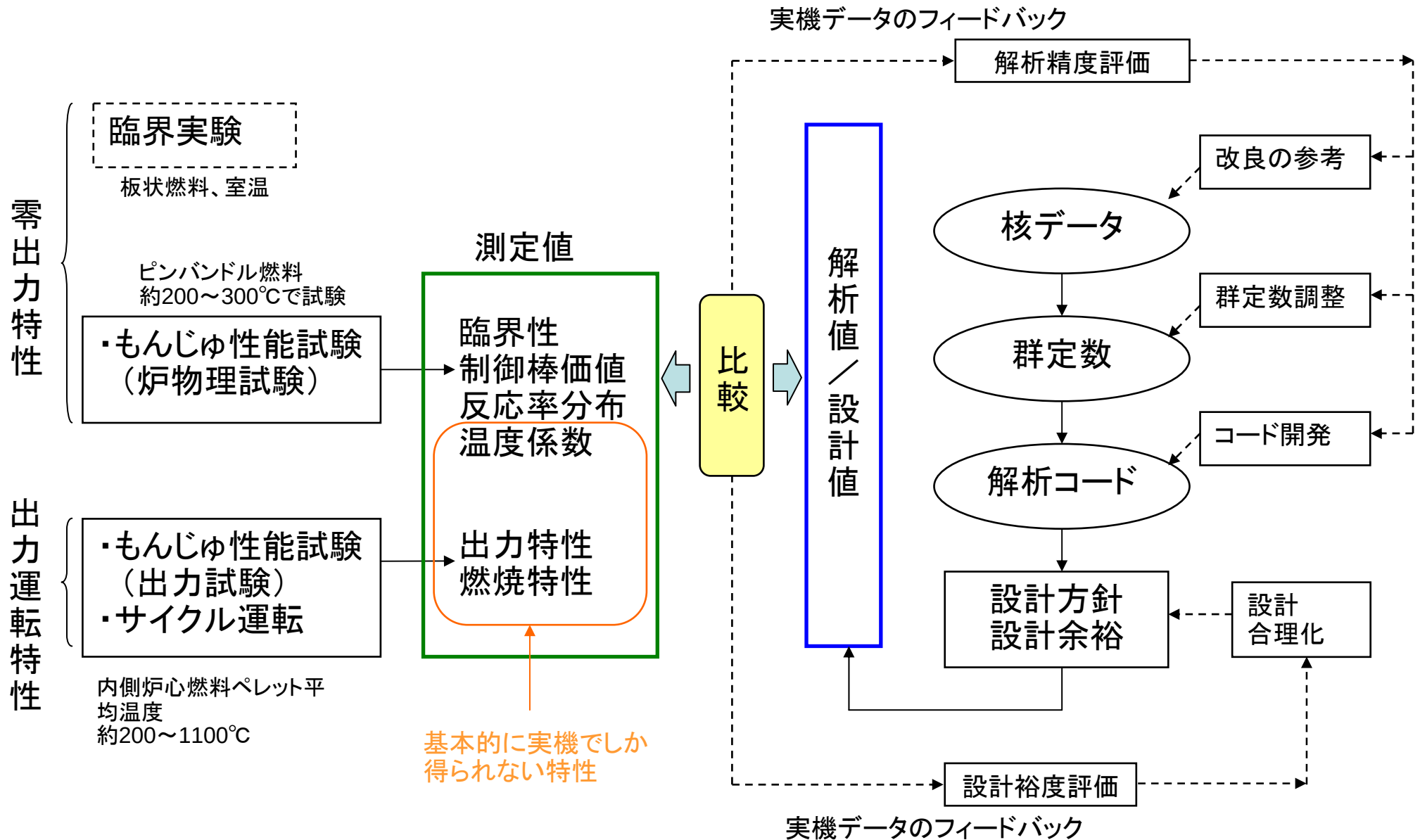
設計手法(データ、コード)の精度、妥当性を検証するとともに、設計余裕の合理化を検討し実証炉・実用炉設計に反映する。

1. 3) 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)

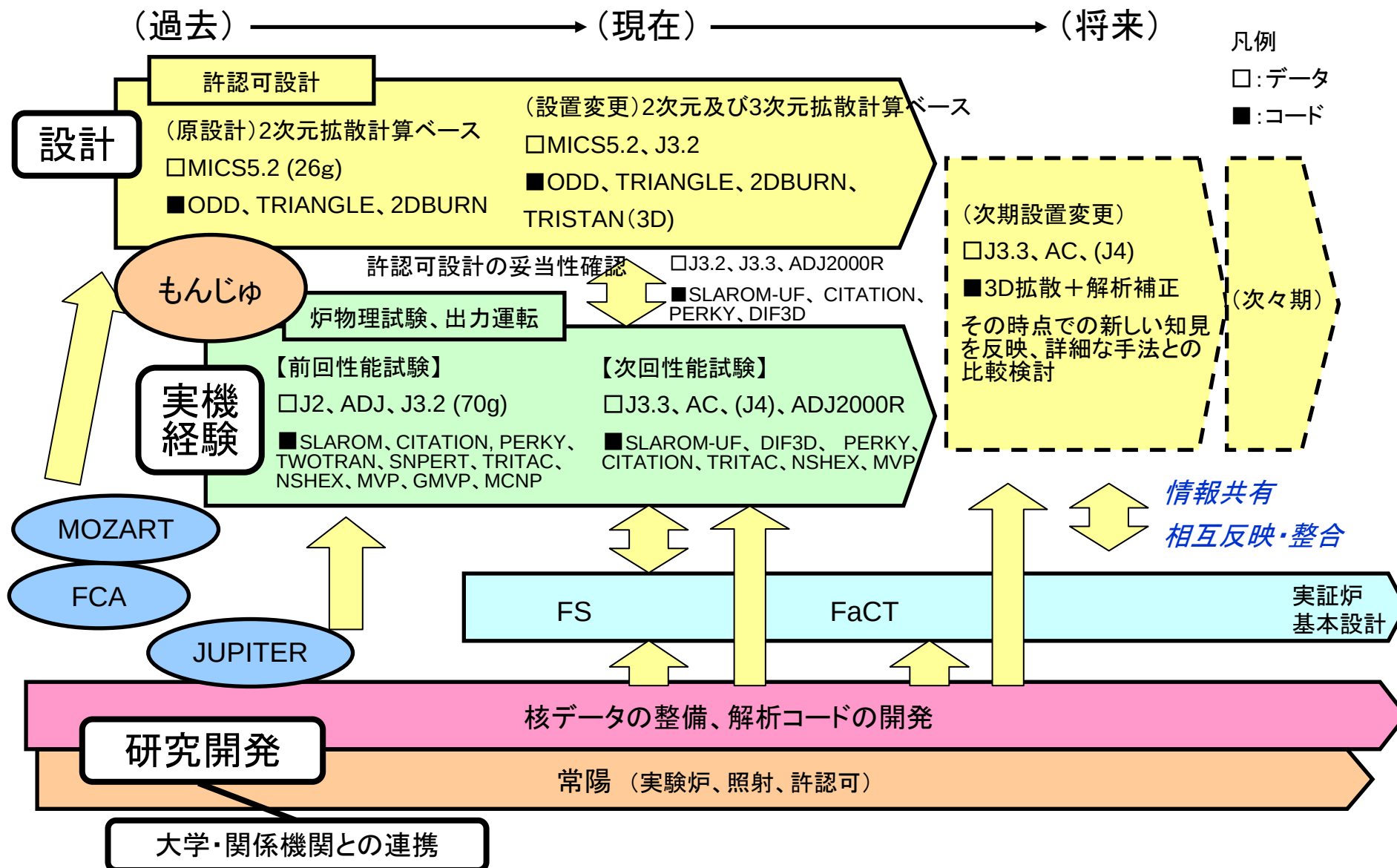
- 性能試験時の未燃焼炉心のデータに加えて、本格運転時の燃焼の進んだ「もんじゅ」増殖炉心の炉心特性データを採り、増殖炉心特性を評価する。また、炉心解析手法の精度向上に資する。
- 燃焼燃料については照射後試験(PIE)を行い燃料健全性、増殖比等を評価する。



1. 3) 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)



1. 3) 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)



1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

性能試験で取得されたデータにより実証炉以降に適用できる動特性評価手法を構築するとともに、設計余裕・安全余裕の合理化を行う。また、実証炉・実用炉の設計に用いる自然循環評価手法を検証する。

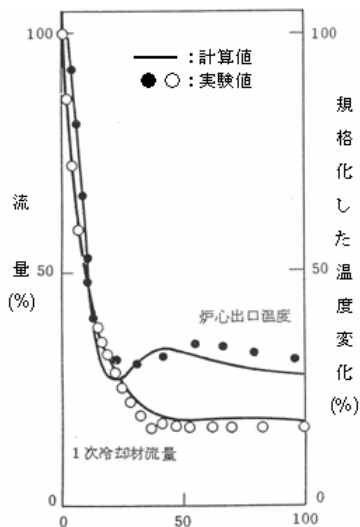
1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

1. 「もんじゅ」設計用熱過渡解析コード

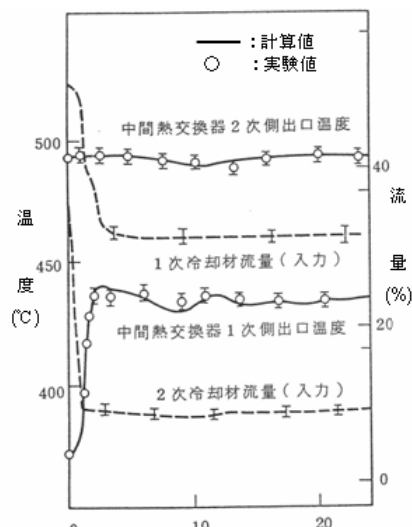
設計用解析コード

解析コード	解析対象	検証実績
COPD	約1時間までのプラント熱過渡現象	「常陽」, 50MWSG施設 1/6水流動試験, 1/10水流動試験
HYMON	約1時間以降の緩慢なプラント温度挙動	COPDの解析結果
BLOOPH	SG周り水・蒸気系の保有水ブロー現象	50MWSG施設

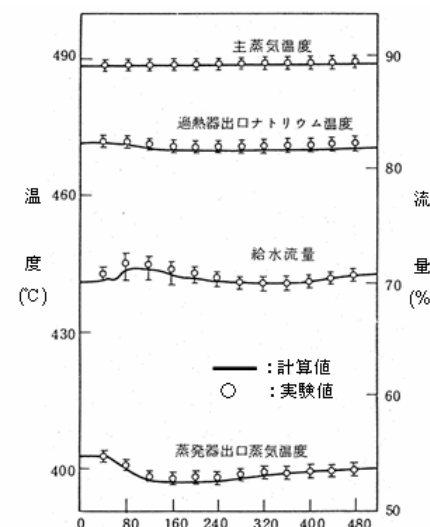
(検証例:COPD)



炉心出口温度及び1次系流量
(「常陽」, 電源喪失)



中間熱交換器温度及び流量
(50MWSG, 流量外乱)



SG温度及び流量
(50MWSG, 制御系目標値外乱)

(結果)

●「もんじゅ」に対し比較的良好な精度でプラント熱過渡評価が実施可能。(多くの実験でフローネットワークモデルの構築が可能であった。)

(課題)

●実証炉以降の設計評価手法への反映

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

2. 詳細熱流動解析手法を用いた最適動特性解析モデルの構築

- 十分に検証された詳細熱流動解析コードにより主要機器の内部熱流動挙動を解析し、フローパターン・温度分布変化を評価することにより1次元フローネットワークモデルを構築する。

(1) 解析対象機器：

原子炉容器(上部プレナム、炉心)、IHX、AC、SG(EV, SH)

(2) 熱流動解析コードの要件：

- ・汎用性を有する解析手法であること
- ・精度の高い熱流動シミュレーションができること

(3) 熱流動解析コード：

コード		特長 / 課題
機器内部熱流動	AQUA	「もんじゅ」安全審査以降JAEAで開発。機器内部熱流動及び燃料集合体内熱流動を解析対象。「常陽」上部プレナムや各種のナトリウム及び水試験による検証実績。各種乱流モデルやアルゴリズム完備。熱交換器の熱流動解析には適用不可。直交座標系に限定されるため形状模擬性に課題。
	CFX / FLUENT	各種乱流モデルやアルゴリズムが完備され高速解析が可能。熱交換器の熱流動解析にも適用可。非構造格子系の採用により形状模擬性に優れている。商用コードであり高速炉特有の熱流動現象解析の実績が少ない。AQUAのバックアップ用として最適。
炉心熱流動	GENERAL	炉心の核熱解析評価用コード。「もんじゅ」設計にも用いられ多数の検証実績を有している。核特性解析精度は高いものの、熱流動解析精度に課題。「もんじゅ」以降では、発熱分布を計算しASFRE等の熱流動解析コードで集合体内熱流動評価を実施している。
	ACT	上部プレナム解析モジュール及び炉心詳細解析モジュールで構成され、前者はAQUA詳細モデル、後者はASFREを全集合体分結合させたモデルであり、燃料ピン毎の発熱分布やそれに伴う上部プレナム温度分布評価が可能。現在JAEAで開発中だが、部分的な炉心の計算は可能。

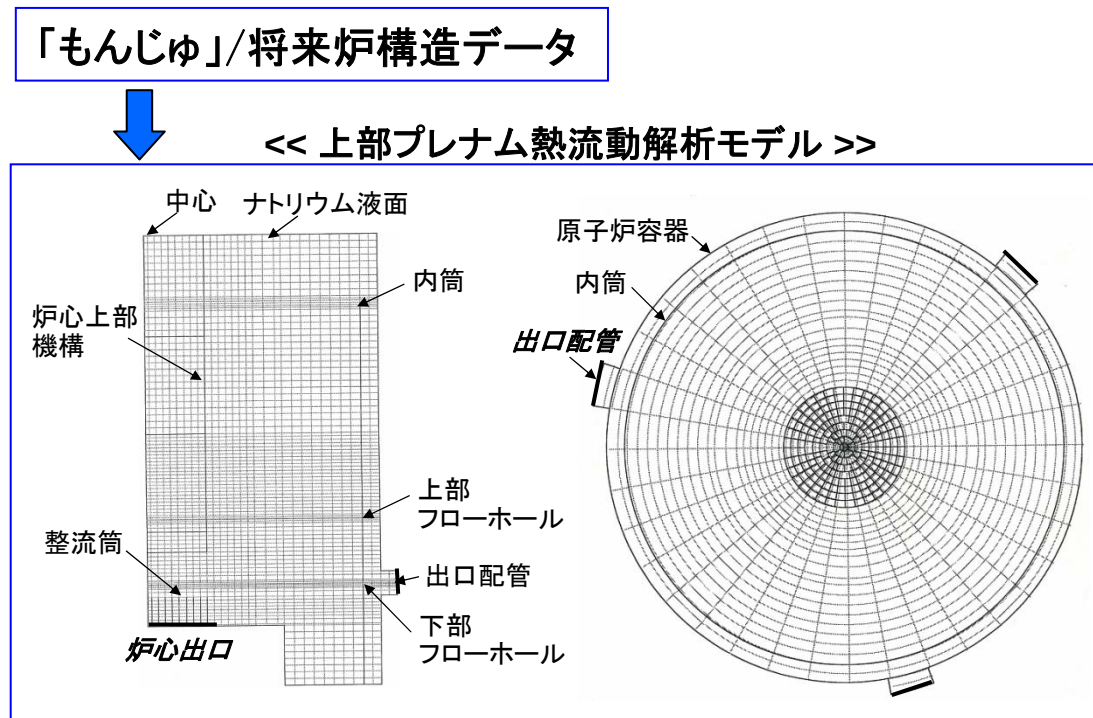
1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

最適動特性解析モデル構築の具体化

(主要機器に対する構築方法は基本的には同じ)

【具体例: 手動トリップ時の炉容器出口部熱過渡評価】

(1) 原子炉容器上部プレナム詳細熱流動解析



境界条件

- ・炉心出口流量変化
- ・炉心出口温度変化
- ・出口配管圧力(固定)

(1回目: $i = 1$)

- ・「もんじゅ」/将来炉の設計用動特性ノミナル解析 (改良Super-COPD)

- ・構築したFNMによる動特性ノミナル解析 (*)

(2回目: $i = 2$)

RV入口流量変化・温度変化

- ・「もんじゅ」/将来炉の炉心設計データ

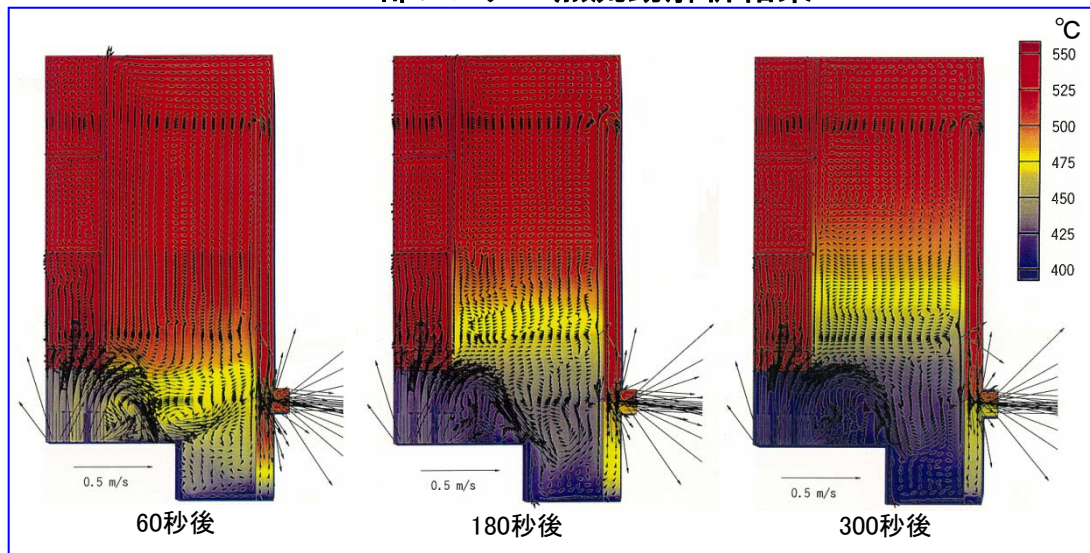
- ・集合体構造データ
- ・集合体発熱量
- ・集合体発熱分布

- ・炉心解析コードによる集合体出口流量変化, 温度変化 (GENERAL / ACT)

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

(2) 詳細熱流動解析結果からフローネットワークモデル(FNM)の構築

<< 上部プレナム熱流動解析結果 >>



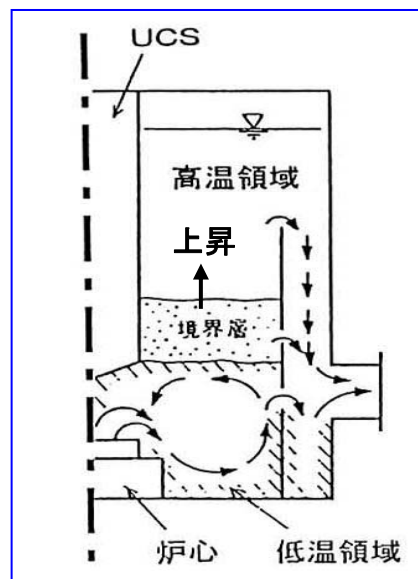
詳細解析手法

- ・乱流モデル
($k-\epsilon$ / RANS / ASM)
- ・空間離散化
(QUICK-FRAM / 2nd-CENTRAL)
- ・時間積分
(Euler implicit / Leap-Frog)
- ・圧力Poisson解法
(ICCG)

もんじゅの場合

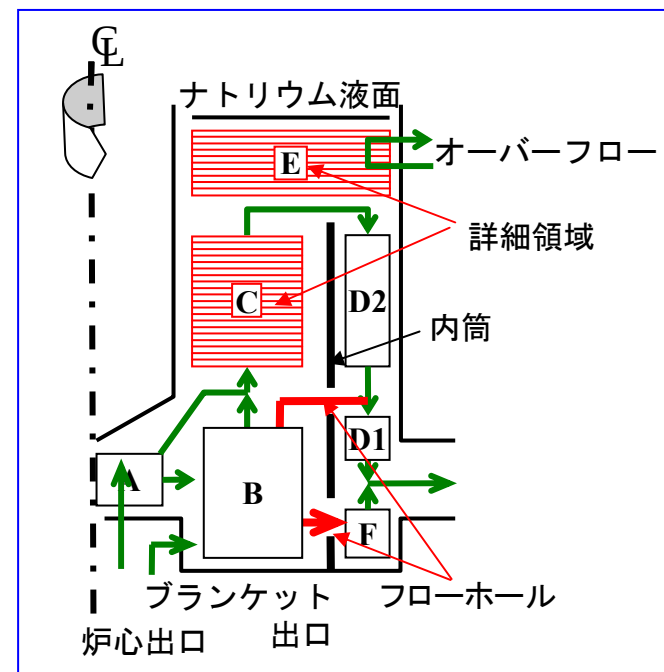
- ・流速分布よりフローパス設定
- ・温度分布の把握

・「もんじゅ」性能試験による検証
(上部プレナム温度分布、炉心出口流量・温度、RV出口流量・温度、温度境界層上昇速度)



FNMの構築

- ①フローパス設定
- ②温度境界層の上昇速度を評価する詳細領域設定



1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

(3) その他主要機器のフローネットワークモデル(FNM)の構築

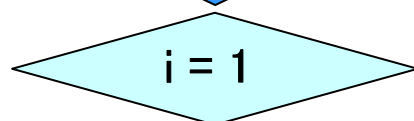
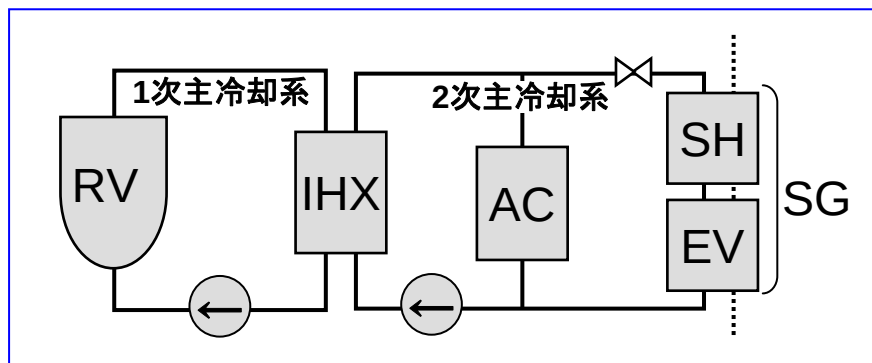
- ・IHX, AC, SG (EV, SH)についても、詳細熱流動解析を実施しFNMを構築する。



(4) プラント全系動特性解析

- ・構築したフローネットワークモデルを用いて、プラント全系の動特性解析を実施。
- ・「もんじゅ」性能試験により検証(主要機器の出入口温度変化・流量化)。

<< プラント全系動特性解析モデル >>

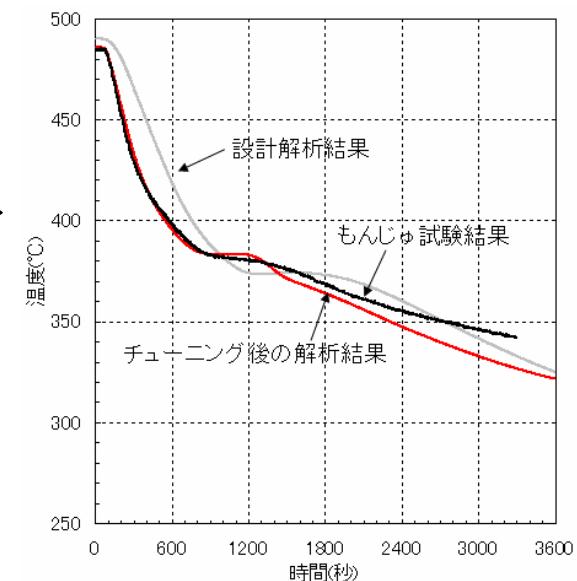
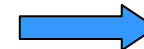


Yes

$i = i+1$
(1)の(*)へ(再解析)

No

流速分布と温度分布が前回と大きく変化していないことを確認し、ノミナル結果とする。



手動トリップ時のRV出口温度変化

- 原型炉と異なる仕様の実証炉以降に対して、「もんじゅ」の成果を反映して、精度の高いプラント動特性評価が可能となる。

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

3. 「もんじゅ」熱過渡条件の設定及び構造健全性評価

例：手動トリップ事象における炉容器
出口部の熱過渡評価

(1) 熱過渡条件の設定

① 熱過渡解析(ノミナル条件)

② 影響パラメータ抽出(最大値, 最小値),
パラメータ解析：最大温度幅条件
：最大温度勾配条件

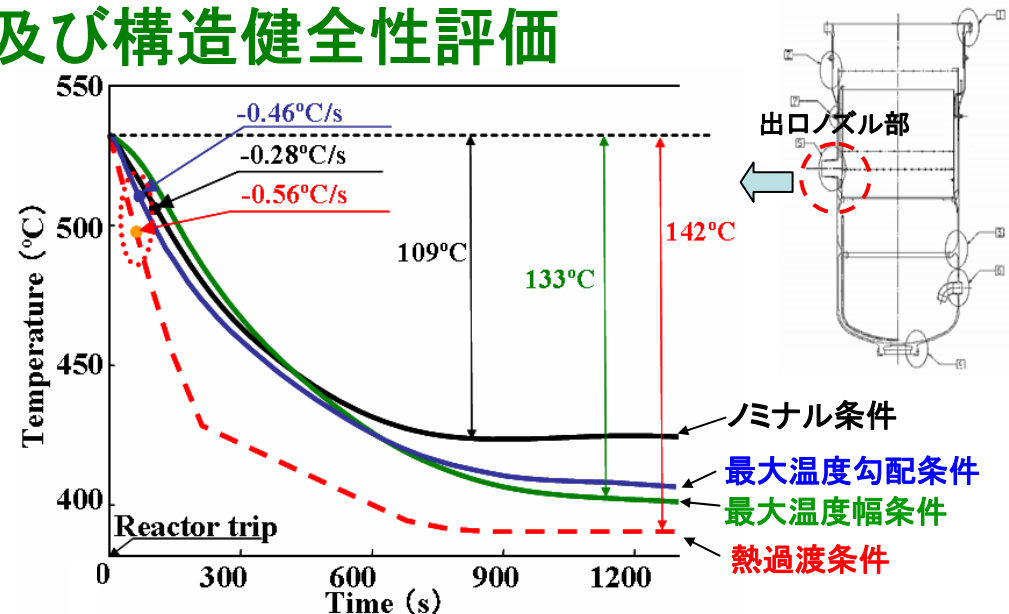
③ 工学的余裕係数：
(計算値) $\alpha=1.22$, $\beta=1.65$

④ 計算値の丸め：
 $\alpha=1.22 \rightarrow 1.3$, $\beta=1.65 \rightarrow 2.0$

⑤ 折れ線化
→ 熱過渡条件の設定

(課題)

- 1) 最大温度変化条件(温度変化幅、温度変化率)の評価精度向上
- 2) 熱過渡条件の必要十分性
 - ・丸め余裕($\alpha=1.22 \rightarrow 1.3$, $\beta=1.65 \rightarrow 2.0$)
 - ・折れ線化



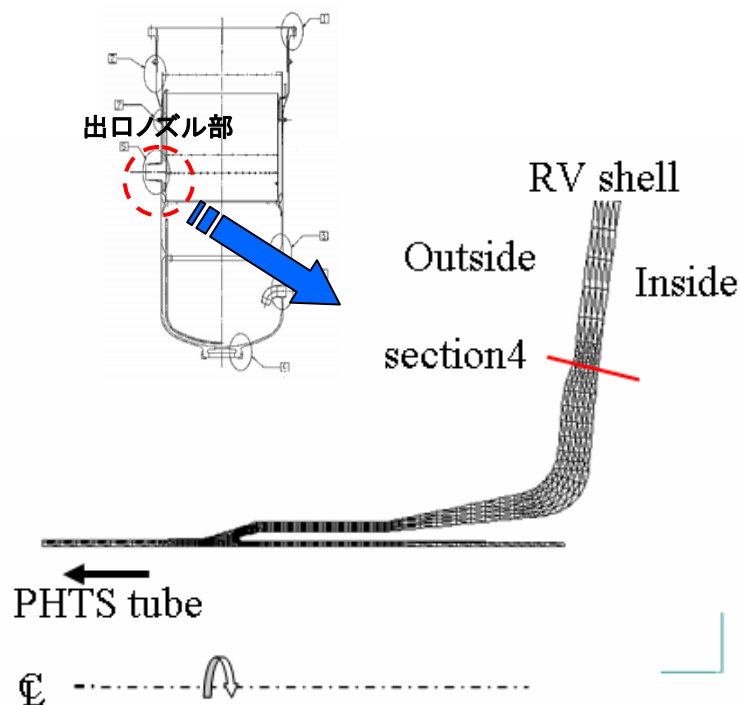
	温度変化幅 (0~1200秒)	温度変化率
ノミナル条件	109°C	-0.28°C/s
最大温度変化条件	133°C	-0.46°C/s
工学的余裕係数 (計算値)	1.22	1.65
工学的余裕係数 (設定値)	$\alpha=1.3$	$\beta=2.0$
プラント熱過渡条件	142°C	-0.56°C/s

①
②
③
④
⑤

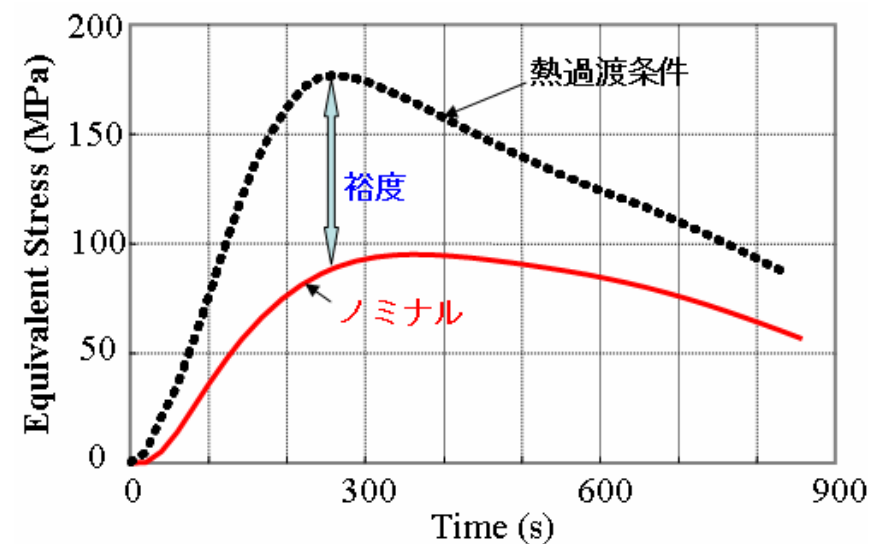
1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

(2) 熱過渡条件を用いた構造健全性評価

折れ線化した熱過渡条件を入力条件とし熱応力解析を実施



出口配管部の熱応力解析モデル(FEM)



熱応力解析結果(Inside)

(結果)

- ・ノミナル条件の結果と比較して十分な余裕を有する熱過渡条件を設定
- ・「もんじゅ」性能試験でも同様の余裕を有することを確認
- ・実証炉以降のより合理的な設計検討に反映

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

4. 設計余裕・安全余裕の最適化

(1) 最大温度変化条件(温度変化幅、温度変化率)の評価精度向上

・最適化フローネットワーク解析結果により精度の高い評価が可能となる。

(2) 熱過渡条件の評価

((例: 手動トリップ事象))

影響パラメータ

- ① 崩壊熱
- ② 炉容器内筒フローホール流量
- ③ 1次流量コストダウン特性
- ④ ポニーモータ流量
- ⑤ 2次流量コストダウン特性
- ・
- ・
- ・



「もんじゅ」設計

影響パラメータの最大値及び最小値の組合せで、最大温度変化幅、最大温度変化率を設定

必要性の担保

- ・計算値の丸め
- ・折れ線化



妥当性確認



実証炉以降への反映

最大値-最小値の中間領域の値も取込んだパラメータの組合せで、最大温度変化幅、最大温度変化率を設定



・設計余裕の最適化

・「丸め」及び「折れ線化」の合理化

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

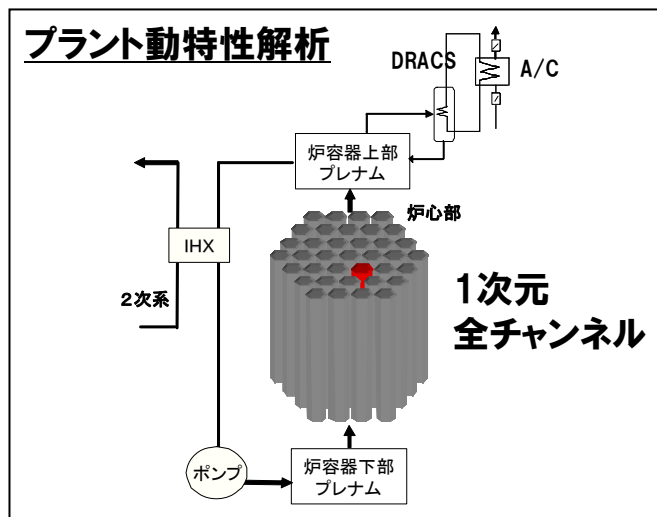
5. 自然循環による崩壊熱除去機能を評価する手法の検証

- ・基本方針 : FaCTで検討されている自然循環評価手法を取り込んだフローネットワーク解析手法を、「もんじゅ」性能試験により検証する。

FaCT自然循環評価手法

○従来の自然循環評価

プラント全体の熱流動は炉心平均チャンネルで評価、その結果に保守側な工学的安全係数(定格運転時と過渡時で共通)を乗ずることで仮想的なホットチャンネルの値を求め、燃料被覆管の高温点を評価



自然循環特性の取り込み

- ・浮力による燃料集合体間／内流量再配分効果
- ・燃料集合体間／内径方向熱移行効果



- ・炉心は集合体単位でモデル化
- ・仮想的なホットチャンネルではなくプラント全体にリンクしたホットテスト集合体(多次元)として動特性解析の炉心モデルに組み込む

自然循環特性に応じた不確かさ要因の適用

- ・強制循環時と異なり、流量が不定。強制循環時に考慮している不確かさ要因に加えて、過渡・自然循環時の出力要因、流動要因を評価することが必要

堂田,等,「過渡時の自然循環による除熱特性解析手法の開発 (2)炉心高温点評価手法の開発(第二報)」,日本原子力学会(2009年春の大会),発表スライドより

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)

炉心内HSFに着目した評価方法

不確かさ要因

- ①炉心全体要因
- ②炉心局所要因
- ③集合体内要因

運転中の炉心状態の分類

初期条件

STEP1: プラント動特性解析

- ・ホットテストチャンネル候補の同定
- ・**炉心全体**に影響する不確かさ要因を境界条件として加味
(崩壊熱誤差, フローコーストダウン誤差, 等)

STEP2: プラント動特性解析

- ・ホットテストチャンネルを炉心モデルに組み込む
- ・**炉心局所**に影響する不確かさ要因を境界条件に加味
(集合体間: 圧損係数誤差, 出力分布誤差(制御棒位置偏差など), 等)

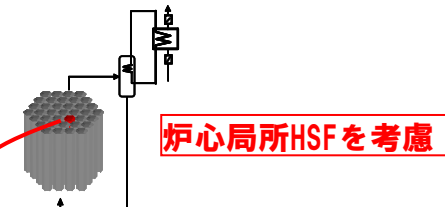
STEP3: ホットテスト集合体内多次元熱流動解析

- ・集合体内の熱流動を解析し、最高温度点を評価
- ・**集合体内**に影響する不確かさ要因を境界条件に加味
(集合体内: ペレット製作公差, ワイヤコンタクト効果, 等)

ステップ1: プラント動特性解析



ステップ2: プラント動特性解析



ステップ3: 集合体内熱流動解析



堂田,等,「過渡時の自然循環による除熱特性解析手法の開発
(2)炉心高温点評価手法の開発(第二報)」,日本原子力学会
(2009年春の大会),発表スライドより

- 本手法を取入れた最適動特性解析コードを「もんじゅ」性能試験(自然循環試験)で検証
(燃料集合体出口温度変化、燃料集合体出口(代表)流量変化、炉容器出入口温度・流量、炉上部プレナム温度分布)
- 自然循環時の炉心内HSFの評価

2. 運転経験を通じた ナトリウム取扱技術の確立

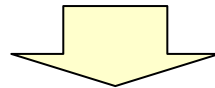
1) ナトリウム管理技術の確立

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

「もんじゅ」における研究開発の実施内容

- ・ ナトリウム純度管理、腐食生成物挙動のデータ取得。これらには長期間を要し、継続的なサイクル運転を通じて変化挙動を評価する。
- ・ 大型機器、燃料集合体等の洗浄データ等の蓄積。

なお、ナトリウム関連の要素技術開発は、次項の保全に係る要素技術開発とともに、敦賀・白木に建設予定の「プラント実環境研究施設(仮称)」にて実施する計画である。



実証炉以降への反映

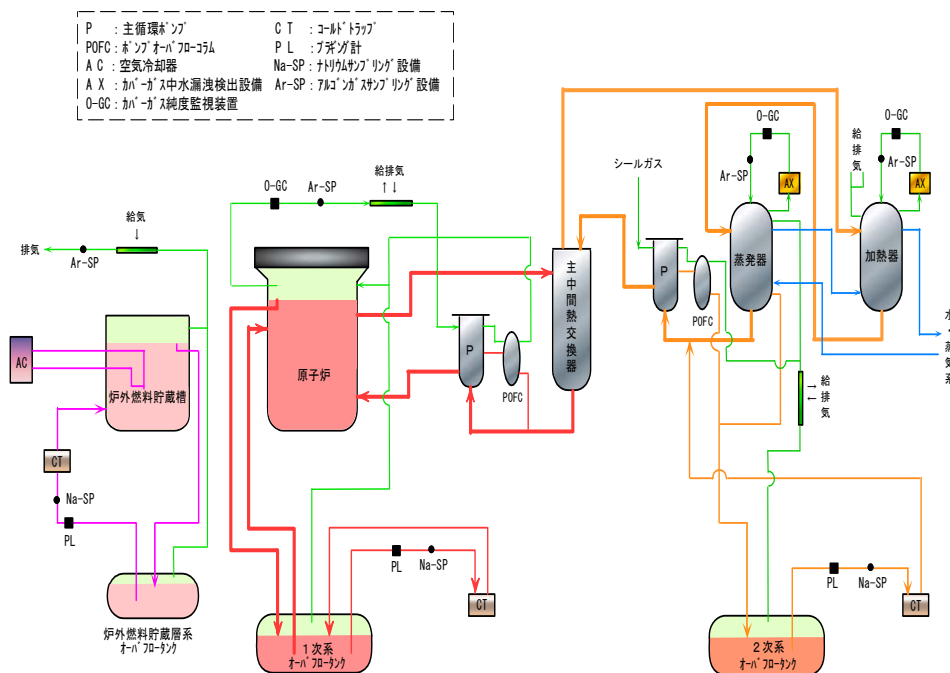
- ・ 「もんじゅ」運転データにより検証された冷却材中の腐食生成物挙動評価手法を用いた評価結果を、実証炉の遮へい設計などへ活用する。
- ・ Na機器の洗浄経験等を、燃料取扱装置や保守用設備の設計に反映する。
- ・ 実証炉・実用炉の運転管理技術へ反映する。

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

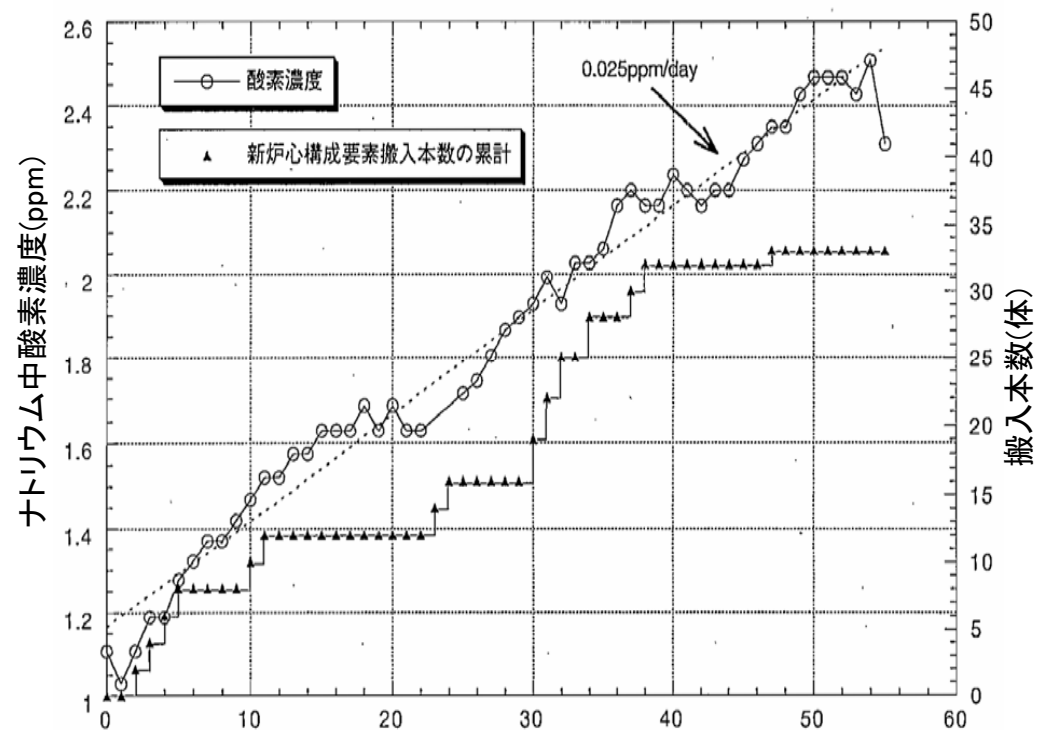
ナトリウム純度管理技術

2010年までの計画

- ・系統昇温や燃料交換に伴う不純物持込量評価
⇒系統昇温時の配管機器表面からの不純物溶出量抑制と燃料交換時等の不純物持込量低減



「もんじゅ」1・2次主冷却系及び炉外燃料貯蔵槽系統の概略図



EVSTへの炉心構成要素搬入本数とナトリウム中酸素濃度

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

ナトリウム純度管理技術

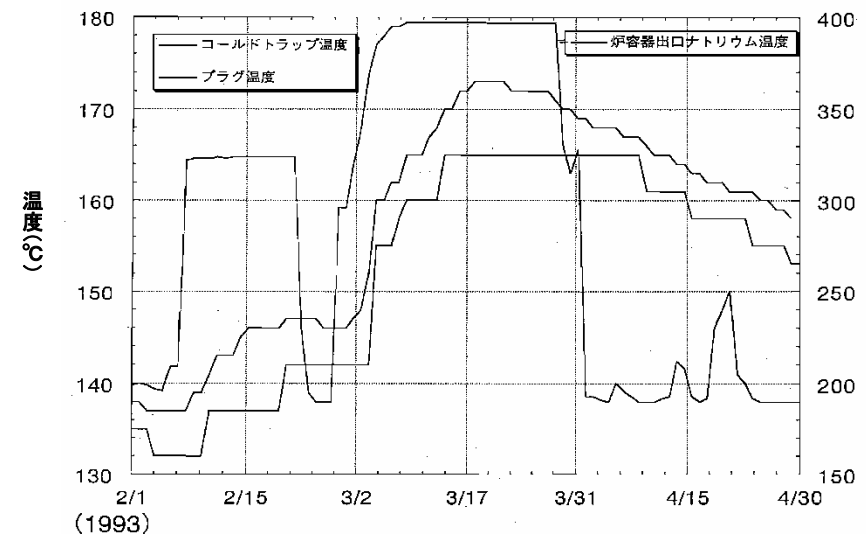
2010年までの計画

・コールドトラップによる不純物捕獲負荷評価のためのコールドトラップ純化効率(η)評価

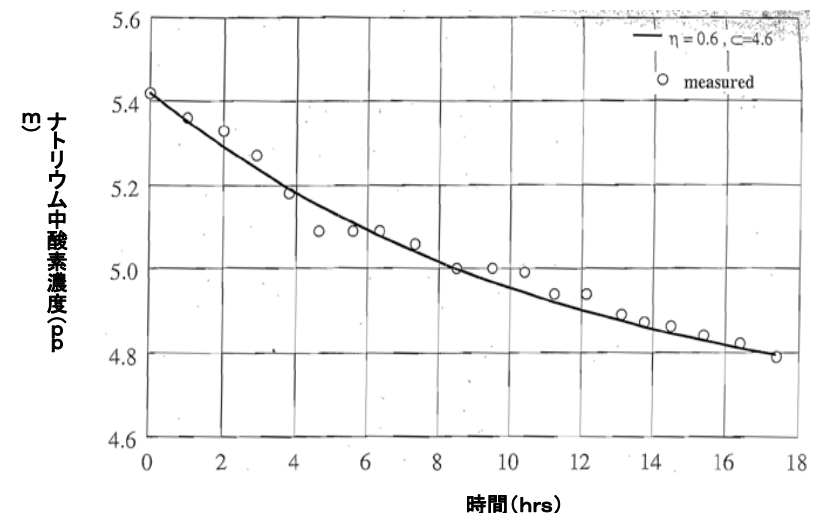
⇒系統昇温時の配管機器表面からの不純物溶出量抑制と燃料交換時等の不純物持込量の低減

・ナトリウム純度管理基準値評価のためのプラグging計によるプラグging温度(純度)測定と純度管理基準値の妥当性確認およびナトリウムサンプリング方法とナトリウムサンプルによる不純物分析方法の妥当性評価

⇒コールドトラップによる不純物捕獲容量の最適化と適切なナトリウム純度の維持管理



1次系ナトリウム温度、コールドトラップ温度およびプラグ温度の時間変化(前回性能試験時)



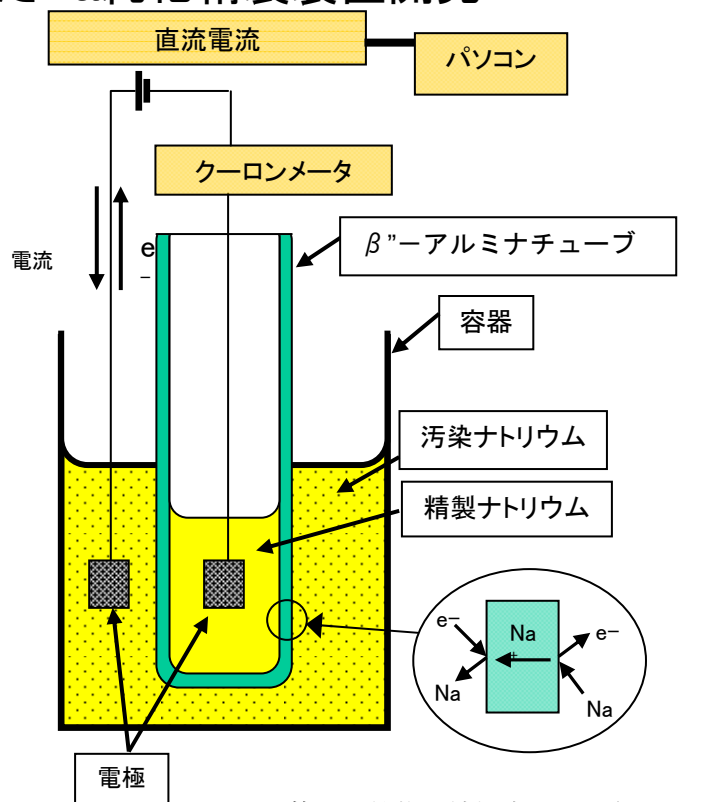
コールドトラップ温度を171°Cから167°Cに変化させた時のオーバーフロータンク・ナトリウム中酸素濃度変化

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

ナトリウム純度管理技術

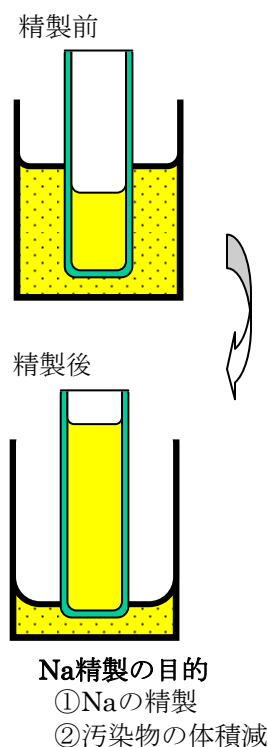
2015年までの計画

- ・従来型コールドトラップの再生方法検討
- ・コールドトラップに代わる高性能セラミックスを用いたNa純化精製装置開発



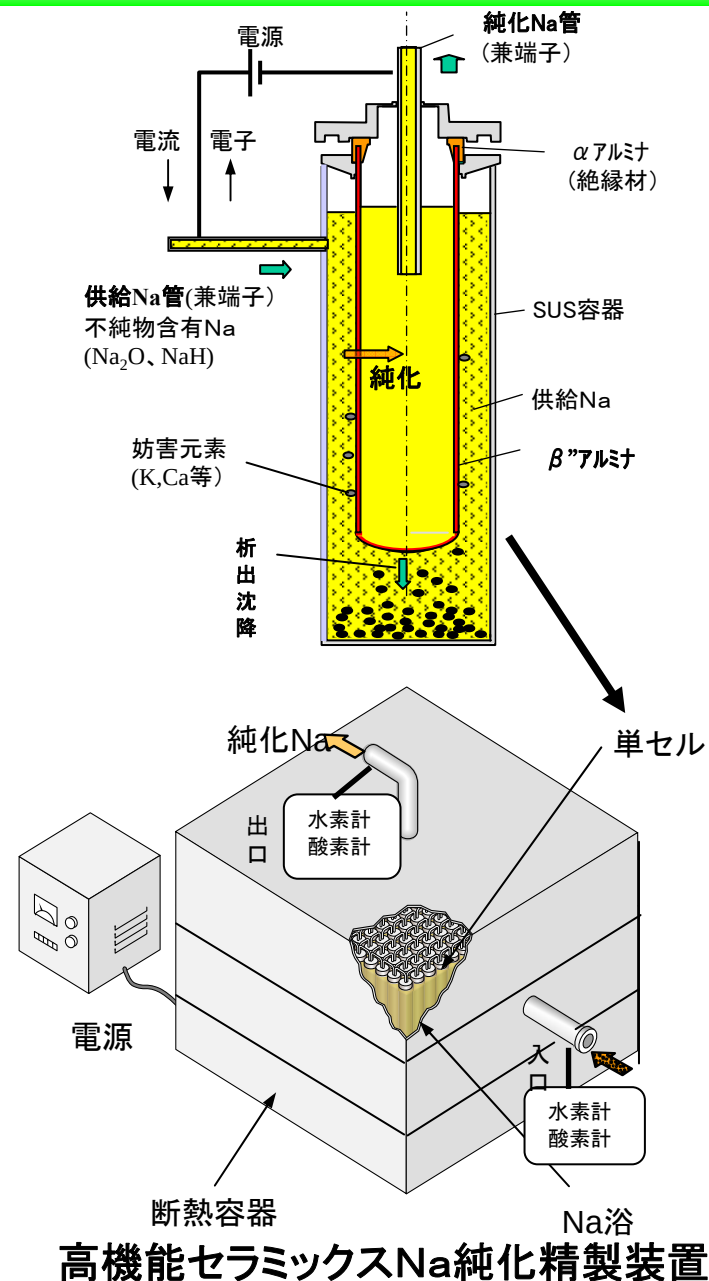
原理的に不純物の捕捉率は100%である

β'' -アルミナを用いたナトリウム精製の原理



Na精製の目的

- ① Naの精製
- ② 汚染物の体積減



2. 1) ナトリウム管理技術の確立

洗浄処理技術

2010年までの計画

- ・CPを含んだ照射済燃料集合体洗浄廃液の減容固化技術評価
- ・大型ナトリウム機器等の洗浄処理技術評価
- ⇒設計の妥当性確認

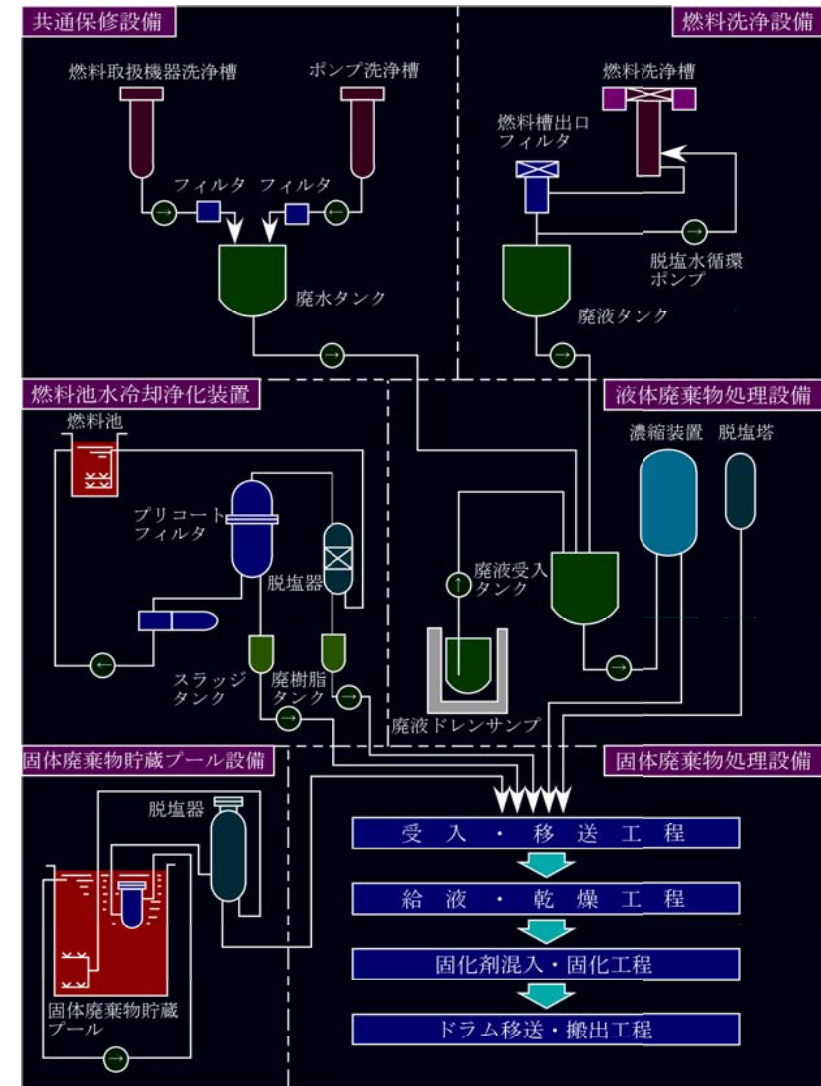
- ・点検、保守・補修に伴うナトリウム機器の開放・取り出し等の取扱い方法検討
- ⇒手法確立

2015年までの計画

- ・洗浄系の系統除染の必要性検討
- ・洗浄処理技術の課題抽出
- ・定期検査への適用

2015年以降の計画

- ・実証炉以降の大型ナトリウム機器等洗浄処理技術開発
- ⇒高温ガス洗浄, 流動パラフィン洗浄等



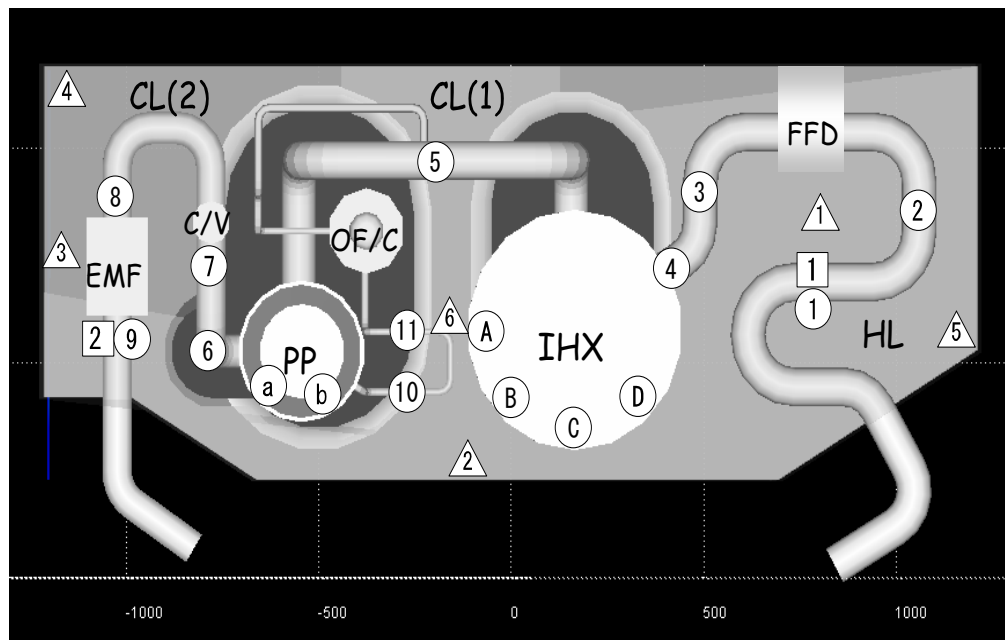
「もんじゅ」廃棄物処理系統

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

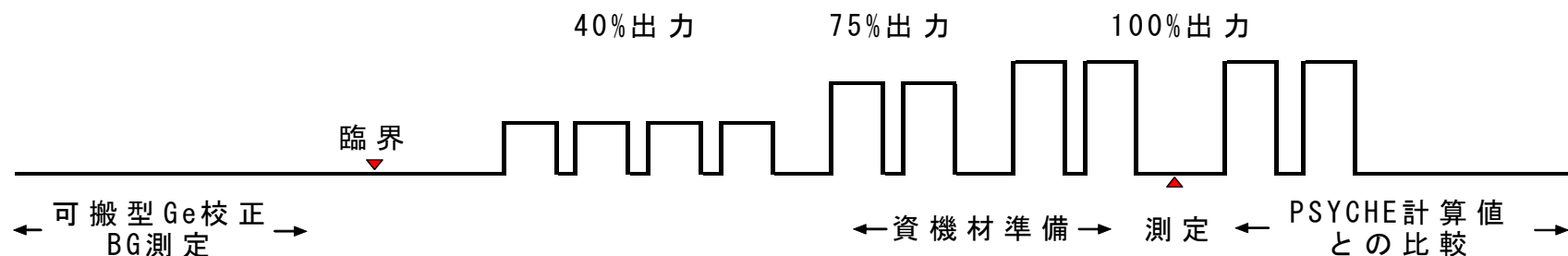
放射性物質の冷却系内移行挙動

2010年までの計画

- ・高速炉の冷却系内での放射性物質の生成、移行挙動評価
⇒FP, CP, トリチウムの移行・沈着データ測定



□ : Ge半導体検出器による核種測定			
ホットレグ	1点		
コールドレグ	1点		
○ : TLDによる機器・配管表面線量率			
ホットレグ配管	4点(周方向)	8点	計 32点)
IHX-PP配管	1点(周方向)	8点	計 8点)
コールドレグ配管	4点(周方向)	8点	計 32点)
PP-OF/C配管	2点(周方向)	8点	計 16点)
IHX	4点(軸方向)	17点	計 68点)
PP	2点(軸方向)	10点	計 20点)
△ : 空間線量率	6点(		計 6点)
ブランク	2点(		計 2点)
線量率測定ポイント計		19点 (TLD)	計184点)



「もんじゅ」性能試験における1次冷却系内CP沈着データ測定計画

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

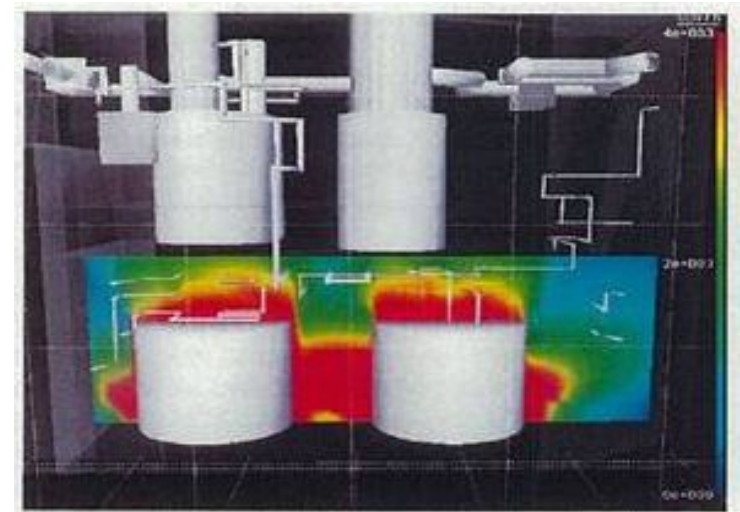
放射性物質の冷却系内移行挙動

2015年までの計画

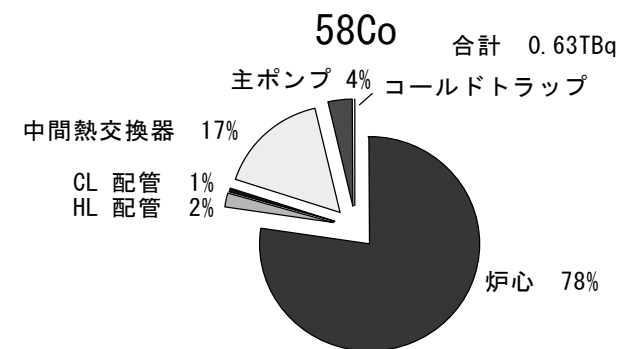
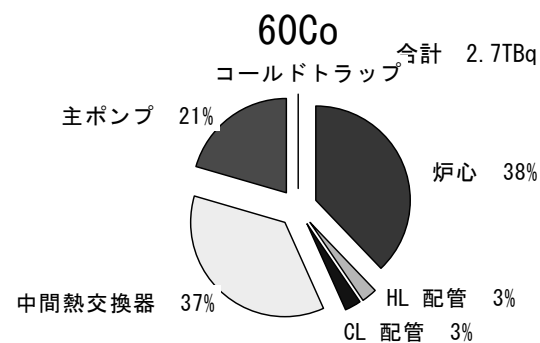
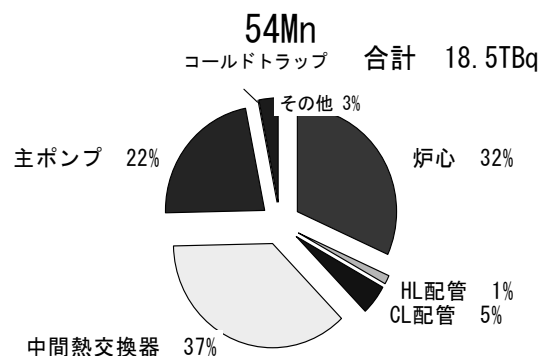
- ・前記の結果としてのプラント内線源分布評価
⇒冷却系内の放射性物質移行沈着挙動評価手法の検証・改良

2015年以降の計画

- ・実証炉以降に適用できる評価手法の確立
- ・冷却系内での放射性物質移行沈着による線量率上昇に伴う保守・補修時被ばく線量の低減化



高速炉保守線量評価システム(DORE*)による線量率予測
*Dose Rate Estimation System For FBR Maintenance



高速炉保守線量評価システム(DORE*)による「もんじゅ」定格運転CP飽和インベントリ分布予測

2. 1) ナトリウム管理技術の確立

FBRに関連する研究開発

安全性・信頼性・経済性の向上
環境負荷低減効果

ナトリウム機器洗浄技術

- ・大型Na機器等洗浄処理技術開発
- ・Na機器等洗浄廃液減容処理技術開発

保守・補修時被ばく低減化技術

- ・放射性CP, FP移行沈着量と線量評価手法高度化
- ・放射性CP, FPの新型捕獲材開発
- ・放射性CP発生抑制技術開発

ナトリウム純度管理技術

- ・高機能セラミックスNa純化精製技術開発
- ・Na中不純物濃度迅速分析法開発
- ・トリチウム除去回収技術開発

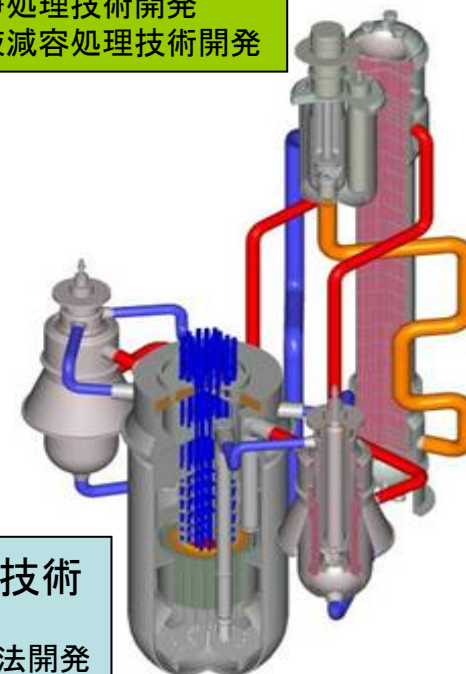
ナトリウム取扱い経験、研究開発成果

蒸気発生器水漏えい検出技術

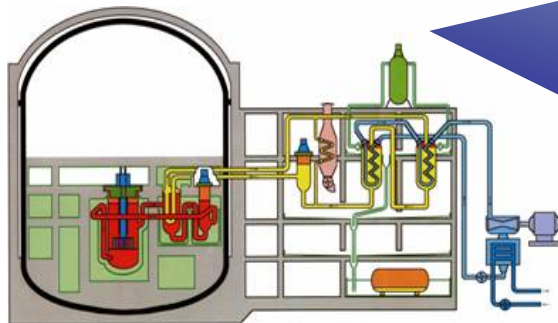
- ・固体電解質水素計, 酸素計開発
- ・水素, トリチウム移行挙動評価手法開発
- ・トリチウム移行抑制技術開発

微量ナトリウム漏えい検出技術

- ・新型Na微量漏えい検出システム開発
- ・レーザー分光微量漏えいNa同定技術開発



実用炉



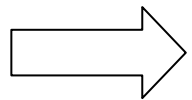
もんじゅ

2. 運転経験を通じた ナトリウム取扱技術の確立

2) プラント保全技術の確立

2. 2) プラント保全技術の確立

- 「もんじゅ」の原子炉容器、一次主冷却系配管、SG(蒸気発生器)伝熱管の供用期間中検査(ISI)技術について、第1回定期検査までに整備を終了した上で、保全プログラムに従い「もんじゅ」に適用し、高温・高放射線環境などを特徴とする高速炉機器のISI技術を実証する。
- 安全確保の充実とより合理的な保全活動達成の確立の観点から、高速増殖炉機器の検査・モニタリング技術、劣化診断技術および補修技術、評価技術の開発を行い、「もんじゅ」を用いて有効性を検証する。



水系を持っている「もんじゅ」の運転で取得できる保全技術を通して、実証炉以降の保全技術基盤を構築する。

2. 2) プラント保全技術の確立

「もんじゅ」用供用期間中検査 (ISI) 技術開発

目 的

原子炉施設の安全上重要な機器に対して計画的に試験あるいは監視を行うことにより、供用期間を通じて原子炉施設の安全性を確保する。

Na冷却型高速炉の特徴

使用条件

- ・冷却材: Na (沸点高い)
- ・内 圧: 低圧
- ・材 料: 延性に優れた
オーステナイト系ステンレス鋼

破損形態:
漏えい先行型

ISIの方法

I. 連続漏えい監視

- (1) Na漏えい監視
- (2) 放射性カバーガスモニタ

II. 肉眼試験

III. 体積試験

IV. 材料監視

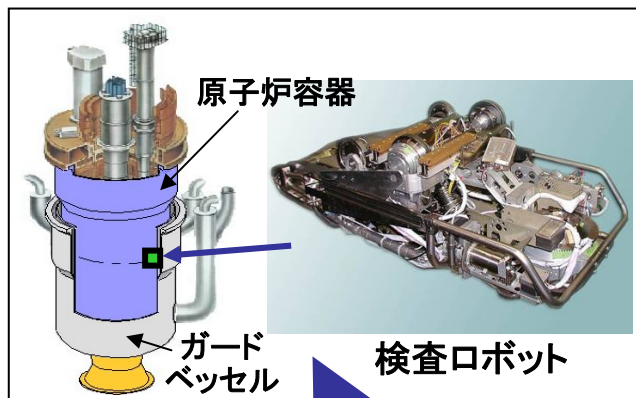
2. 2) プラント保全技術の確立

機器	対象部分	試験等の方法
原子炉容器	ガードベッセルに囲まれた部分	肉眼、Na漏えい監視、材料監視
	ガードベッセル外	Na漏えい監視、放射性ガースモニタ
しゃへいプラグ	原子炉カバーガス等のバウンダリ	放射性ガースモニタ
1次主冷却系循環ポンプ	外ケーシング	肉眼、Na漏えい監視、放射性ガースモニタ
1次主冷却系中間熱交換器	胴体	肉眼、Na漏えい監視
	伝熱管	漏えい監視
1次主冷却系配管	配管	肉眼、Na漏えい監視、体積
1次主冷却系逆止弁	弁箱	Na漏えい監視
炉心支持構造物	炉心支持板、炉心槽	材料監視
ガードベッセル	胴体	肉眼、（材料監視）
1次補助Na系配管	配管	Na漏えい監視
2次主冷却系循環ポンプ	外ケーシング	肉眼、Na漏えい監視
蒸気発生器	胴体	肉眼、Na漏えい監視
	伝熱管	体積
2次主冷却系配管	配管	肉眼、Na漏えい監視、体積
補助冷却設備 空気冷却器	伝熱管	Na漏えい監視
炉外燃料貯蔵設備	Naバウンダリ	Na漏えい監視

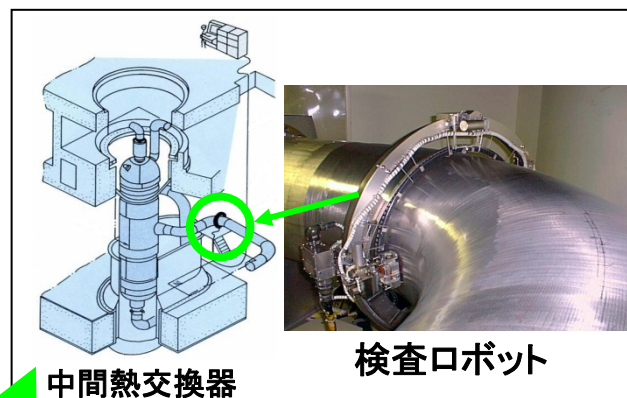
もんじゅ用ISI装置を継続して開発

2. 2) プラント保全技術の確立

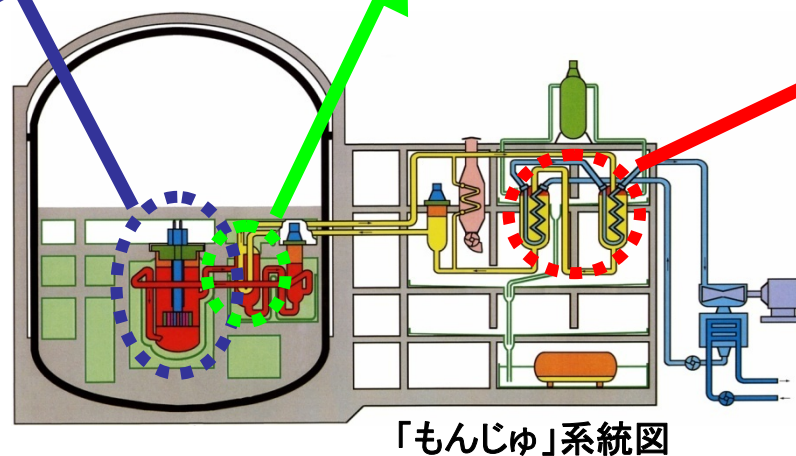
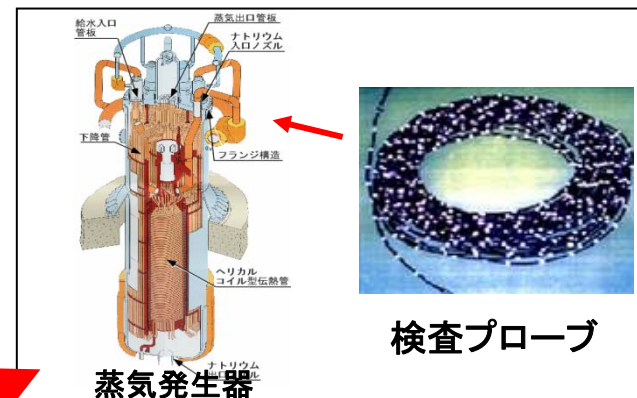
①原子炉容器廻り検査装置



②1次主冷却系配管検査装置



③蒸気発生器伝熱管検査装置



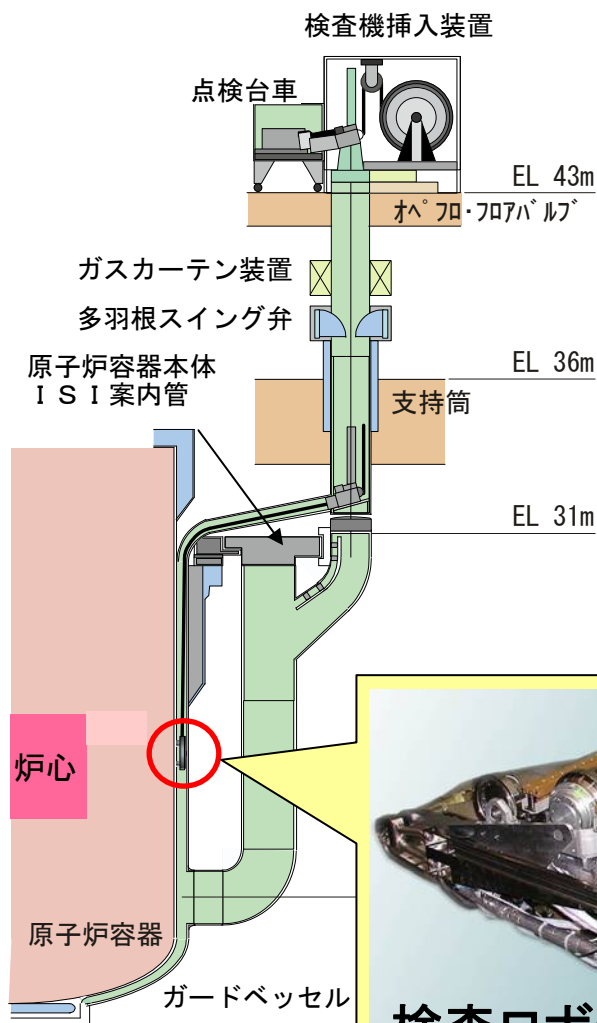
開発経緯

- ・要素技術開発: 昭和47年頃～
- ・システム開発: 昭和62年頃～
- ・総合機能試験(SKS)
/ 供用前検査(PSI): 平成3・4年
- ・開発/整備: 平成13年～

2. 2) プラント保全技術の確立

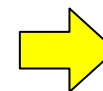
① 原子炉容器廻り検査装置

原子炉容器・ガードベッセルの健全性確認
⇒ 溶接部の肉眼検査、クリアランス測定



開発の条件(軽水炉との違い)

- ・高温雰囲気(約200℃)
- ・高放射線環境(最大10Sv/hr)
- ・禁水区域(冷却水等使用不可) など



耐熱・耐放射線性部品
(モーター、タイヤ、センサー等)
N₂ガス冷却システム

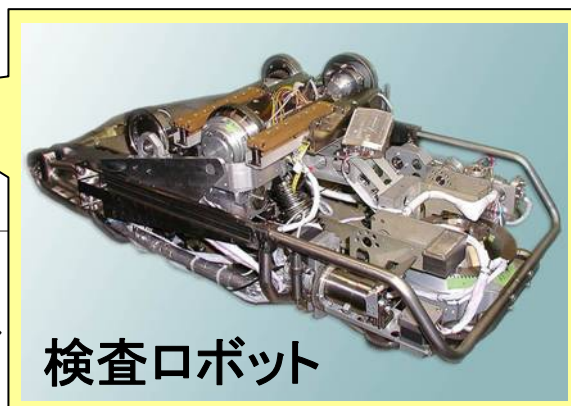
2015年までの計画

検査システムとしての性能実証

- ・耐熱・耐放射線性部品の耐久性、信頼性実証
- ・N₂ガス冷却システムの性能実証
- ・SKS/PSI時の課題克服(狭隘部や段差の走破性など)

2015年以降の計画

- ・検査性能向上: 肉眼検査性能(解像度)の向上
体積検査機能の実用化
- ・信頼性向上: システム多重化(バックアップ機能)
操作支援機能(ソフト)の充実
- ・検査期間短縮: 検査準備を含む手順・システムの合理化



検査ロボット

2. 2) プラント保全技術の確立

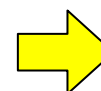
② 1次主冷却系配管検査装置

1次主冷却系配管の健全性確認

⇒ 代表箇所(ホットレグエルボ)の超音波探傷

開発の条件(軽水炉との違い)

- ・エルボ部の走行/検査
- ・高放射線環境(作業時間5分以内)
- ・禁水区域(水:カプラント使用不可) など



ロボット位置・姿勢制御技術
軽量化・着脱の容易さ
ハンカプラント タイヤ型探触子

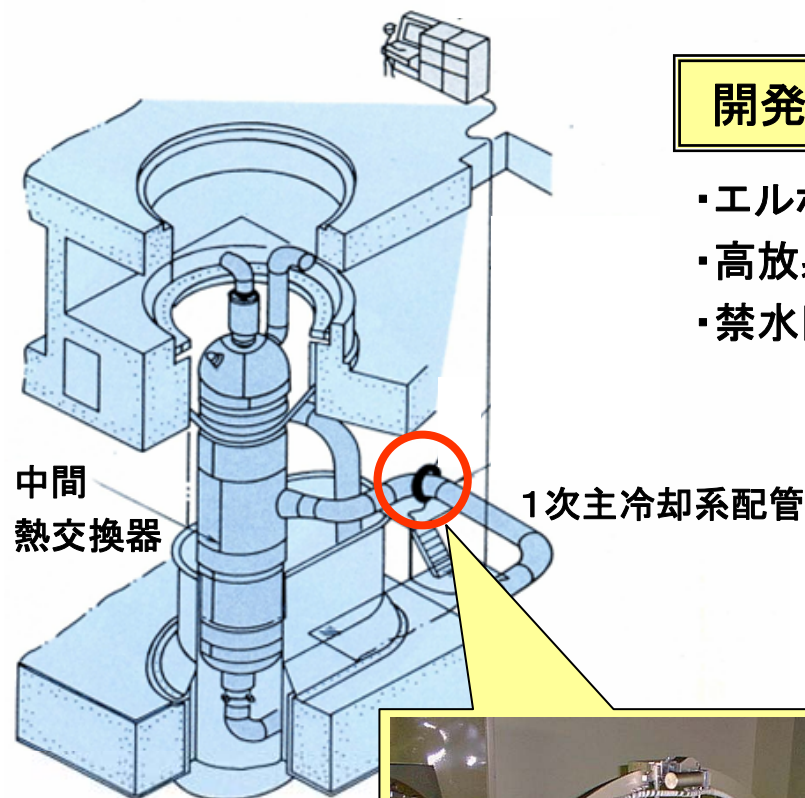
2015年までの計画

検査システムとしての性能実証

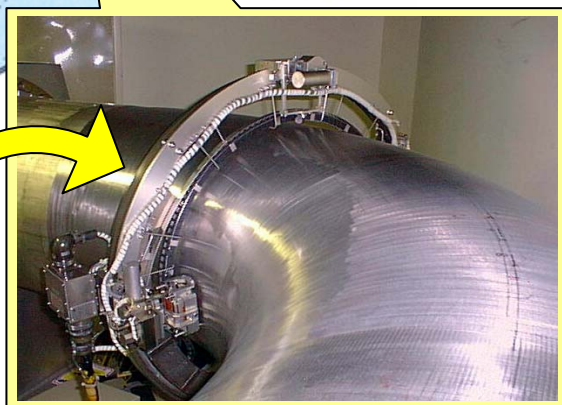
- ・欠陥検出性(割れ、減肉)
- ・ロボットの取り扱い性(着脱時間)
- ・SKS/PSI時の課題克服(制御精度、板厚測定など)

2015年以降の計画

- ・検査性能向上: 欠陥定量(深さ)評価技術
- ・取扱性向上: 検査ロボットの軽量化(新素材等)
- ・検査期間短縮: ロボット制御技術の高度化 など



検査ロボット



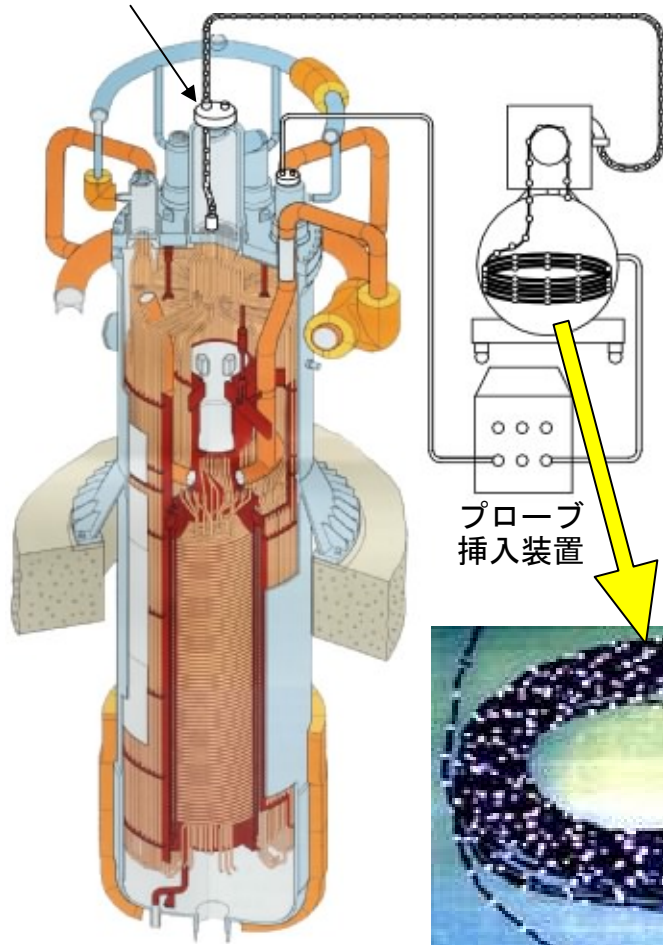
2. 2) プラント保全技術の確立

③ 蒸気発生器伝熱管検査装置

蒸気発生器伝熱管の健全性確認

⇒ 伝熱管全数・全長の渦電流探傷(ECT)

管板位置決め装置



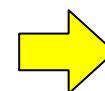
プローブ
挿入装置



検査プローブ
(渦電流探傷用)

開発の条件(軽水炉との違い)

- ・強磁性体材料(蒸発器)
- ・長尺(約90m)、厚肉(3.5mm以上)
- ・複雑形状(曲り部、溶接部)



RF(リモートフィールド)ECT技術
ガス圧送式プローブ挿入技術

2015年までの計画

検査システムとしての性能実証

- ・欠陥検出性
- ・検査プローブの挿入性
- ・SKS/PSI時の課題克服(ノイズ低減、管板位置決めなど)

2015年以降の計画

- ・検査性能向上: 微小欠陥の検出性向上(マルチコイル型)
欠陥定量(深さ)評価技術
- ・検査期間短縮: 複数本同時探傷
プローブ挿入速度の向上 など

「もんじゅ」
蒸気発生器

2. 2) プラント保全技術の確立

高温環境下でのモニタリング技術開発

耐熱FBGによる高温機器健全性モニタリング技術の開発

研究概要

新しい保全法である予知・予防保全を実現するために、
耐熱FBGと耐熱FBGを利用した高温機器健全性モニタ
リングシステムの開発を行っている

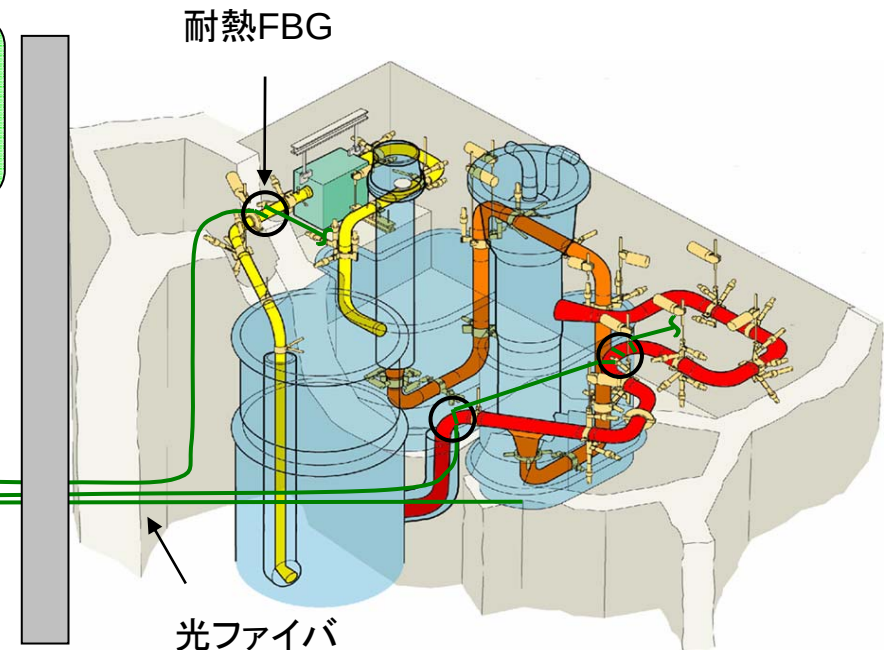
ひずみ、温度、振動などの
物理量を耐熱FBGで計測

↓
耐熱FBGの反射波長を解析

↓
予知保全・予防保全の実施



反射波長
解析装置

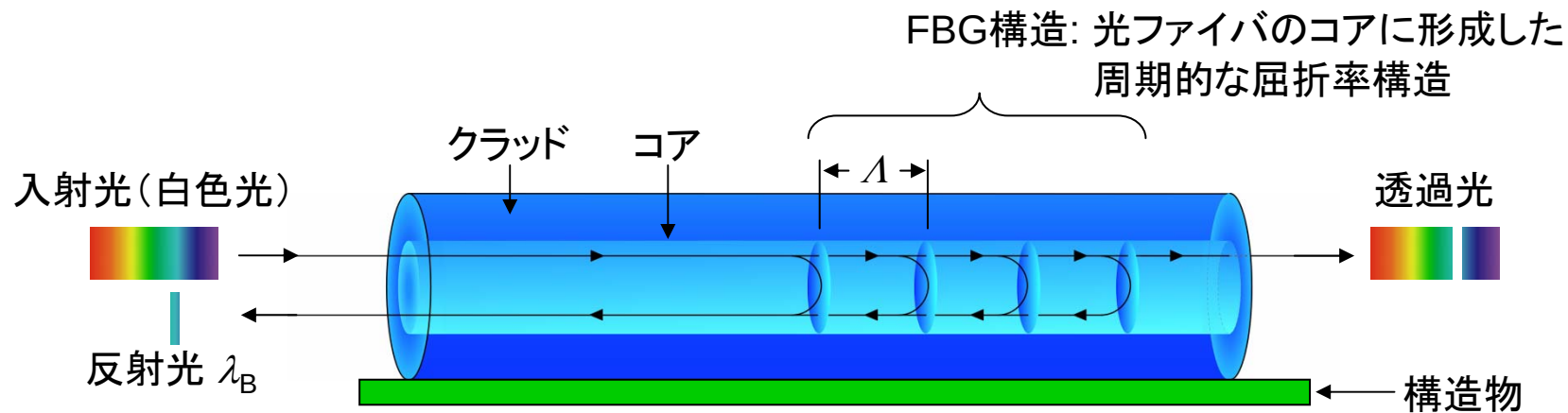


2. 2) プラント保全技術の確立

高温環境下でのモニタリング技術開発

耐熱FBGによる高温機器健全性モニタリング技術の開発

FBG (Fiber Bragg Grating) と計測原理



入射光のうち周期 Λ とマッチングする波長 λ_B を持つ光だけが反射する

$$\lambda_B = 2 n_{\text{eff}} \Lambda \quad n_{\text{eff}} : \text{コアの実効屈折率}$$

構造物の変形

光ファイバの伸縮

周期 Λ の変化

反射波長 λ_B の変化

λ_B の変化量 $\propto$ 構造物の変形量

2. 2) プラント保全技術の確立

高温環境下でのモニタリング技術開発

耐熱FBGによる高温機器健全性モニタリング技術の開発

技術課題

- × 従来型FBGの周期的屈折率構造は熱で消失 → 高温環境に適用不可能
- × 550℃にもなる高速炉のモニタリングシステムは実現されていない

研究目的・目標

- フェムト秒レーザの非熱的な作用を利用した耐熱FBG製作技術の確立
- 耐熱FBGによる高温機器健全性モニタリングシステムの開発

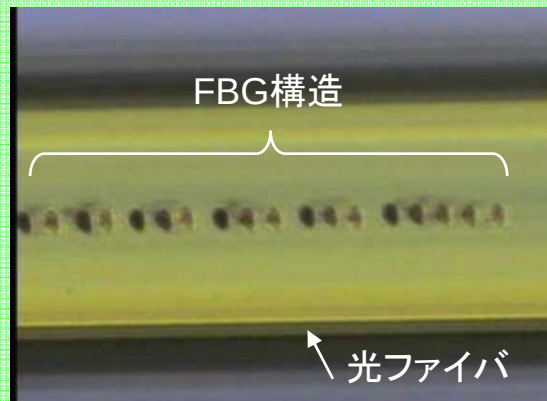
2. 2) プラント保全技術の確立

高温環境下でのモニタリング技術開発

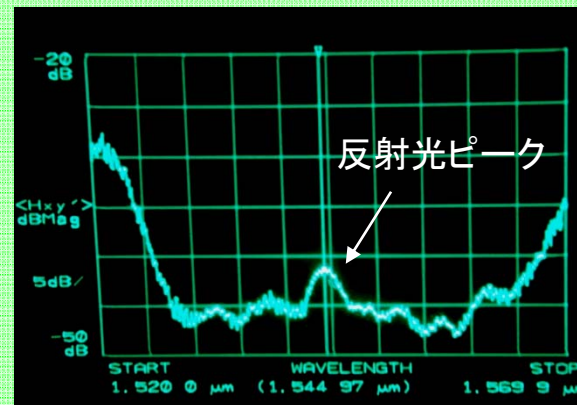
耐熱FBGによる高温機器健全性モニタリング技術の開発

実施状況

- 耐熱FBGの製作と反射スペクトル及び耐熱性能の評価
- 従来型FBGの4点曲げ法によるひずみ計測実験(比較用データの収集)



耐熱FBGの位相差顕微鏡写真



耐熱FBGの反射スペクトル
縦軸: 光強度、横軸: 波長



ひずみ計測実験装置

2. 2) プラント保全技術の確立

機器損傷挙動評価手法の開発

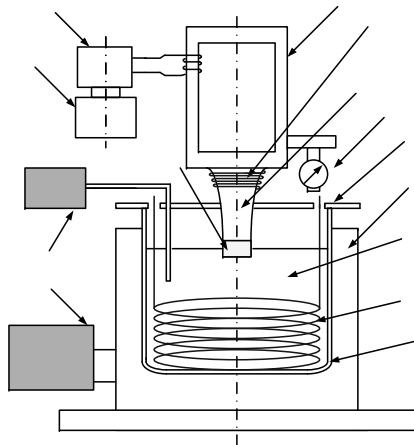
液体金属中キャビテーション壊食に関する研究

目的: 液体金属中キャビテーションによる減肉量評価

目標: Na中エロージョン検討に資する

技術課題と現状: 液体金属流のキャビテーション壊食は、極めて特殊なケースであるためほとんど研究が行われていない。液体金属流れ系におけるキャビテーションによる減肉量評価手法の開発中。

磁わい振動壊食試験装置



噴流型壊食試験装置



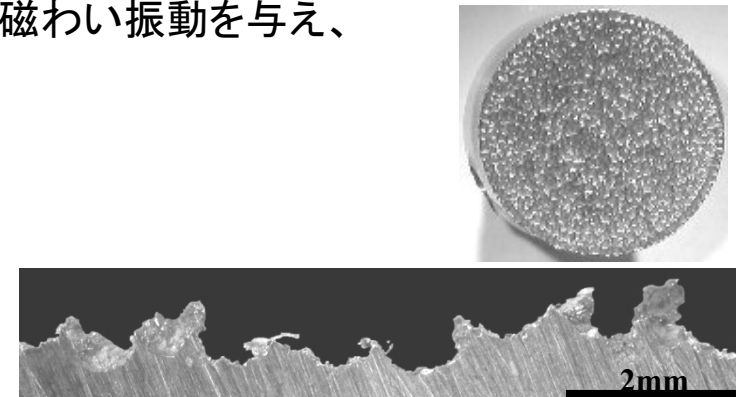
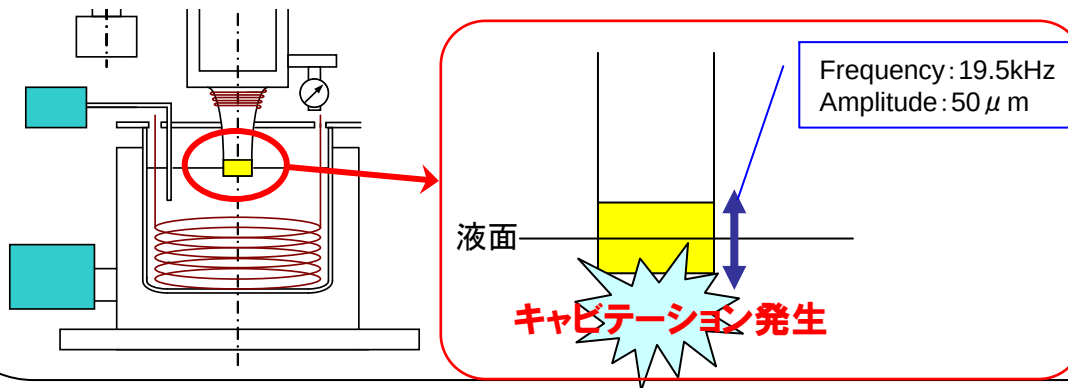
2. 2) プラント保全技術の確立

機器損傷挙動評価手法の開発

液体金属中キャビテーション壊食に関する研究(補足説明1)

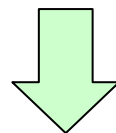
磁わい振動壊食試験装置

試験装置に取り付けた試験片に周波数19.5kHz、振幅50 μm の磁わい振動を与え、液中でキャビテーションを発生させる装置。(ASTMG32-03)

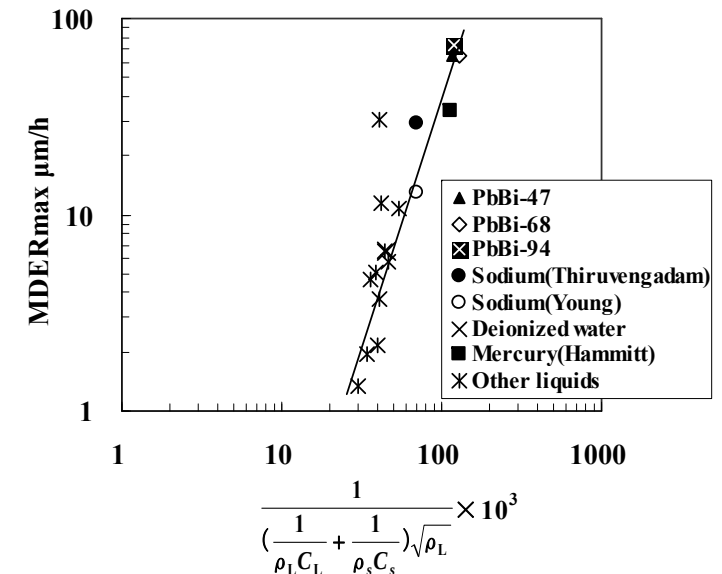


磁わい振動装置による壊食試験結果 (PbBi-68、100°C、8h)

磁わい振動壊食試験を水、各種Pb-Bi合金を用いて実施。
(Na, Hg, その他のデータについては文献より引用)



液体の相対温度が同じであれば、**平均壊食深さ速度のピーク値**
(MDERmax)は、液体及び固体の物性値(密度、音速)により定
義される**関係式**により整理可能。



物性値とMDERmaxの関係

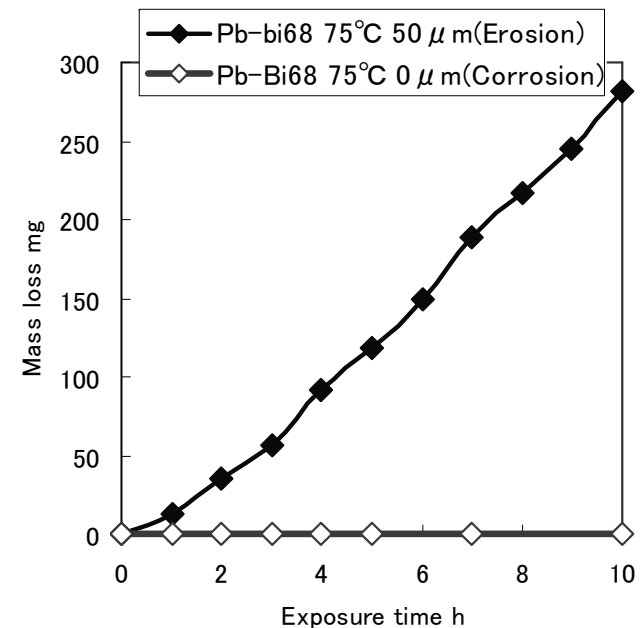
2. 2) プラント保全技術の確立

機器損傷挙動評価手法の開発

液体金属中キャビテーション壊食に関する研究(補足説明2)

Pb-Bi中におけるキャビテーション壊食(erosion)と腐食(corrosion)の違い

本研究では液体金属にPb-Biを使用している。
Pb-Biはステンレス鋼を腐食させることから腐食による
試験片の質量減少量を測定。
10時間の腐食試験では質量の減少は見られなかった。
(右図)



2. 2) プラント保全技術の確立

機器経年特性評価手法の開発

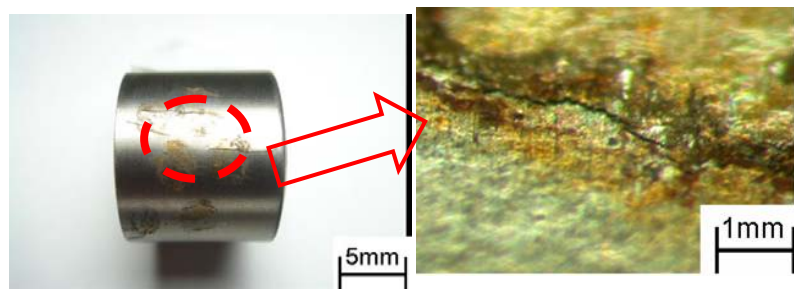
海塩による外面応力腐食割れ(ESCC)損傷機構の解明とキャビテーションによる材料強化に関する研究

目的: 海塩ESCC損傷機構解明と防止技術の開発

目標: 合理的な管理方法の確立

技術課題と現状: 付着塩分量の管理目標値は経験に基づく値であり、海塩ESCCの検討はほとんど行われていない。海塩ESCC損傷機構の解明と材料強化による損傷防止技術を研究。

応力腐食割れ試験



キャビテーションを付加した洗浄ノズル



◆キャビテーションの圧力による海塩粒子除去率の向上

◆キャビテーションにより圧縮残留応力を付加し、SCCの発生を防止

2. 2) プラント保全技術の確立

機器経年特性評価手法の開発

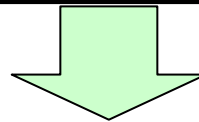
海塩による外面応力腐食割れ(ESCC)損傷機構の解明とキャビテーションによる材料強化に関する研究

現状と課題

- ・ 付着塩分量の管理目標値は経験に基づく値。
- ・ 海塩ESCCの検討は湿度について検討されているが、その他の因子(海塩濃度、材料の鋭敏化度、応力等)についてはほとんど検討されていない。
- ・ 現在においても、ESCCによるトラブルが起きている。

近年の事例: H20.3 伊方2号機、H19.4 美浜1号機、H16.7 大飯1号機、H16.1 美浜1号機 他

(原子力施設情報公開ライブラリー「NUCIA」より)



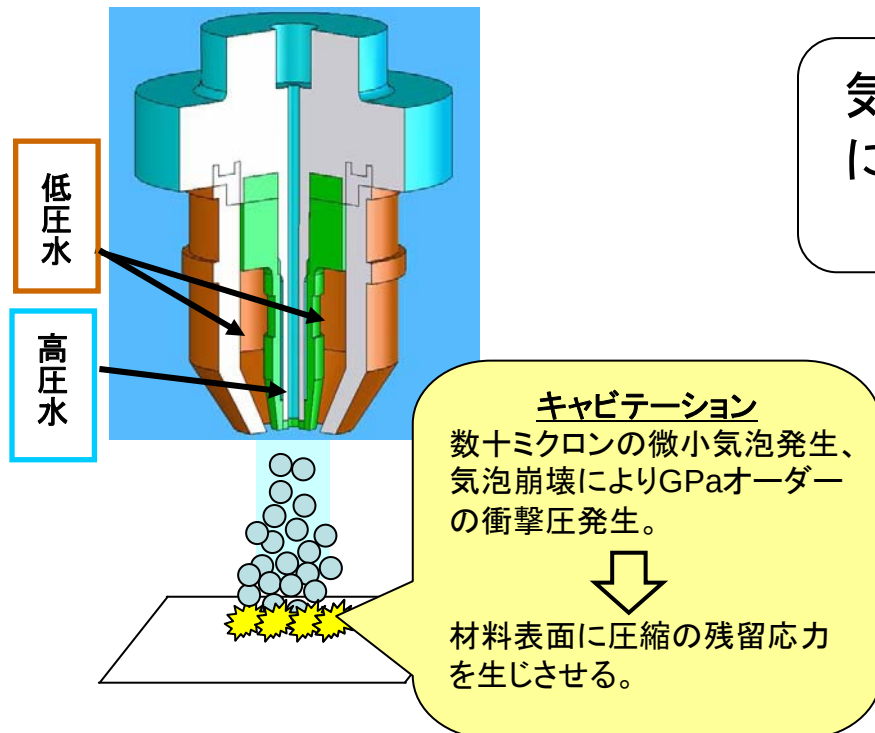
研究の目的

- ・ 付着塩化物濃度、鋭敏化度、応力状態、時間をパラメータとして、応力腐食割れ試験を実施し、各種パラメータの影響を定量的に評価。現在の管理目標値に合理的根拠を与える。
- ・ キャビテーションを用いた効果的な洗浄、耐SCC性の向上方法の提案。

2. 2) プラント保全技術の確立

機器経年特性評価手法の開発

海塩による外面応力腐食割れ (ESCC) 損傷機構の解明とキャビテーションによる材料強化に関する研究

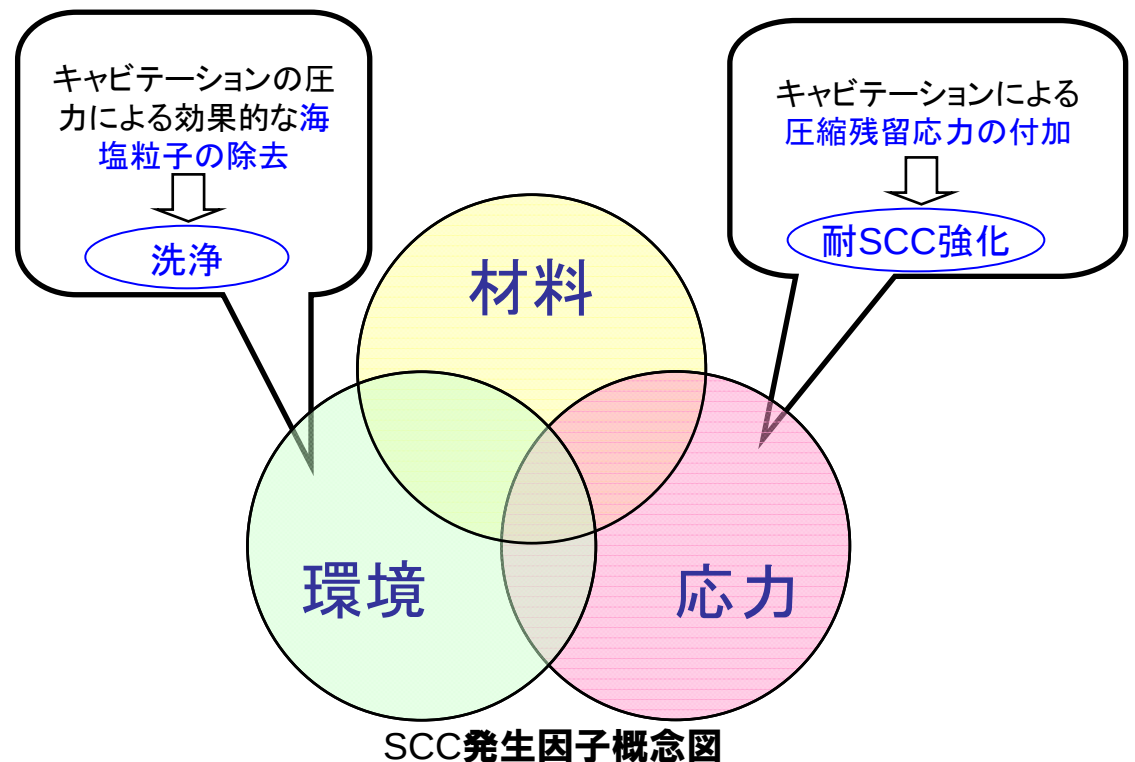


Al試験片による
壊食試験結果



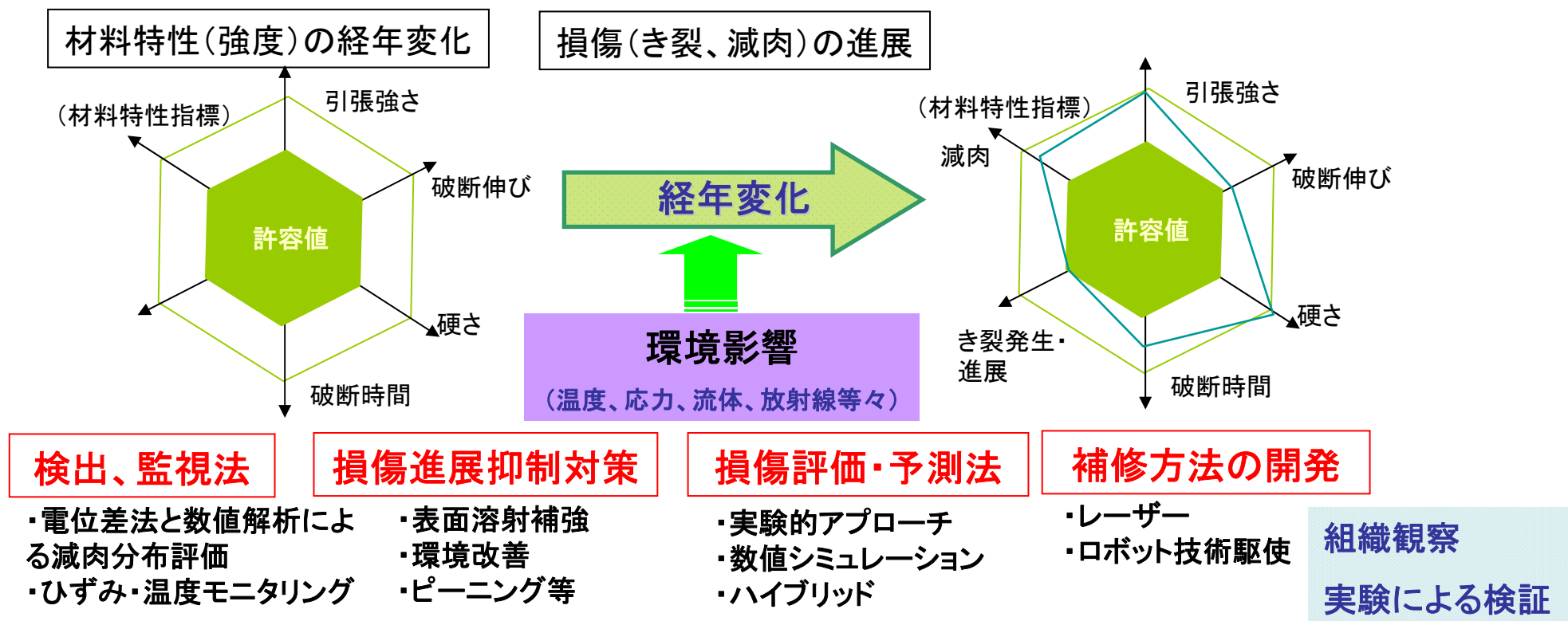
気中キャビテーション発生ノズル
による材料強化概念

気中でキャビテーションを発生させて洗浄を行うことにより、付着塩化物を除去し、更に母材に圧縮残留応力を付加することによりSCCの発生を防止。



2. 2) プラント保全技術の確立

保全関係技術の調査・分析、有望保全技術の開発



2. 運転経験を通じた ナトリウム取扱技術の確立

3) ナトリウム機器の技術評価

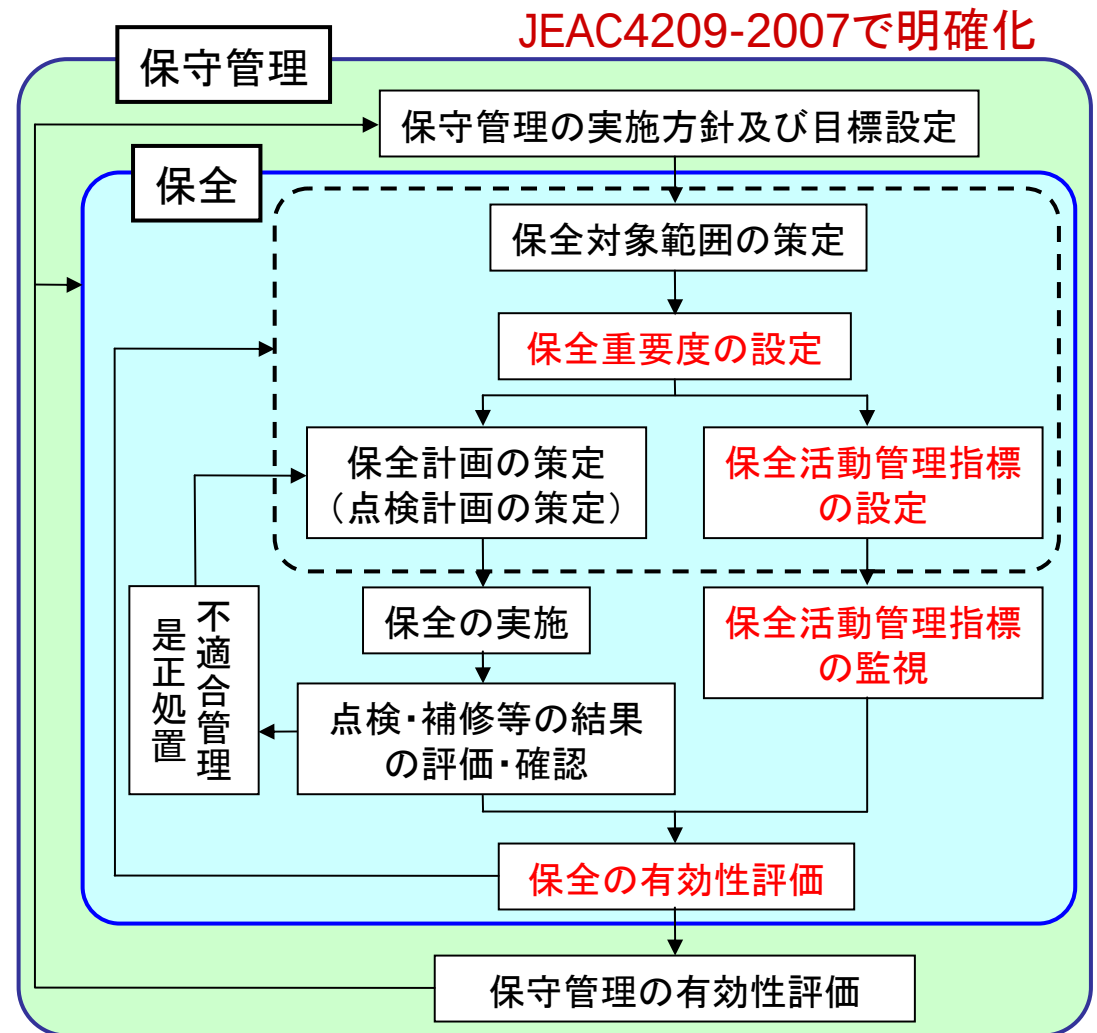
2. 3) ナトリウム機器の技術評価

- ◆技術蓄積に必要なデータには、設計に関するもの、状態計測データ、運転記録、保守・補修記録等がある
- ◆「もんじゅ」における既存のデータベース群を活用しつつ、設計の評価、合理的・計画的な保全、安全確保を可能にするための情報システムとしての総合データベース構築に向けた研究開発を行う。次世代ナトリウム冷却炉のためのデータベース構築技術としての継承を図る。
 - ・保全データベースでは、重要度分類やPSAに基づく保全のための情報の収集、機器や部品の劣化データ、保全記録の蓄積、処理及び提供機能を開発する。
 - ・設計に関するデータベースについては、今後の変更申請等に関わる安全性の確認を根拠に基づいた一連の工学的判断／評価の結論として提示するための情報システムとして構築する。また、裕度や可能な変更範囲を含んだ理解を支援する機能を開発する。
 - ・また、これらの経験を実証炉以降に繋げる。

2. 3) ナトリウム機器の技術評価

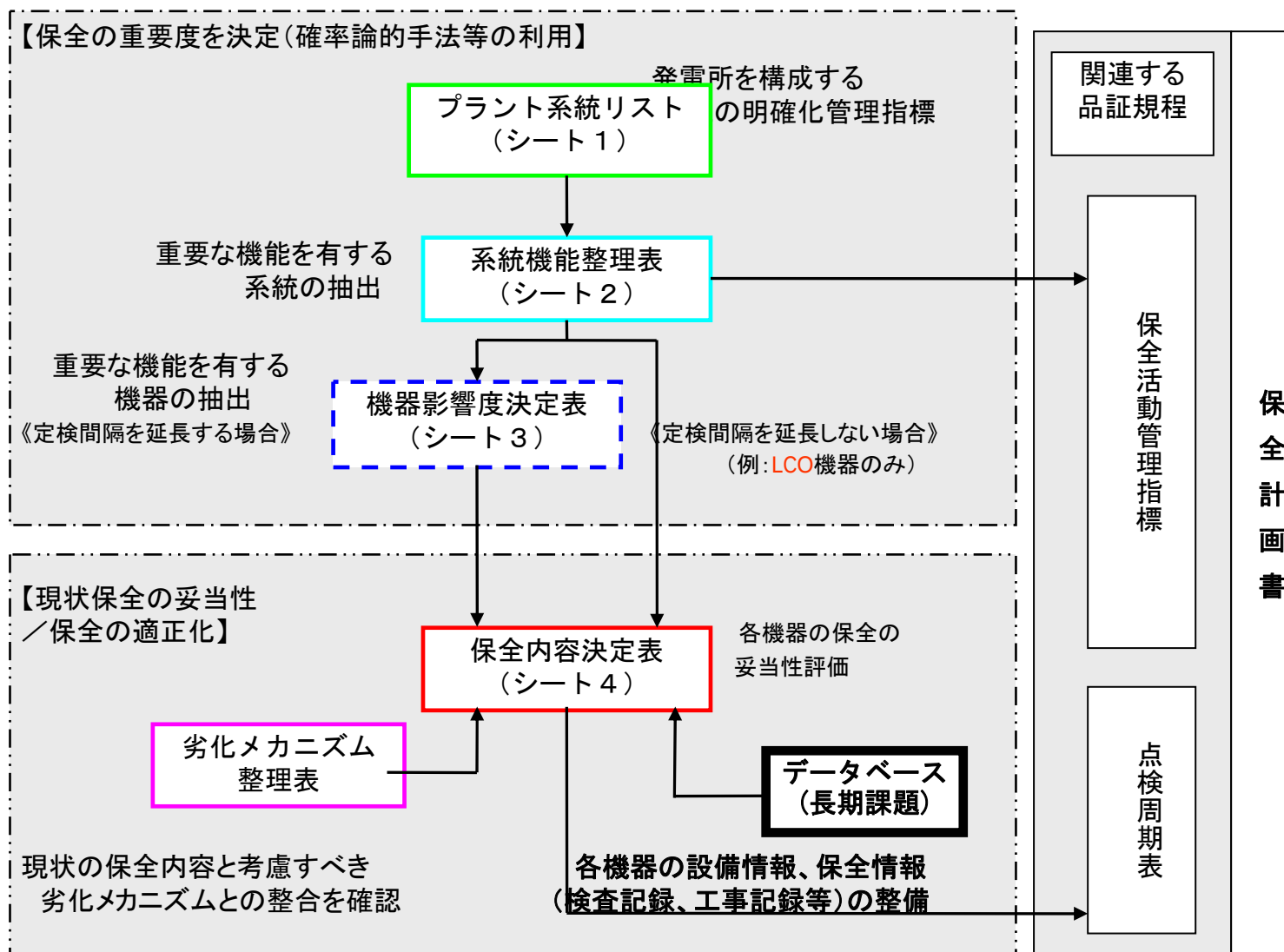
事業者の目指す保全活動の充実(制度の前提となる「事業者の自主保安」)

- 「適切な機器を適切な時期に適切な方法で」保守する仕組みを確立することにより、保全の最適化を図る。
- 保全のPDCAのサイクルを重ねるごとに得られた各種保全データの把握を可能にし、これによって補修要員が技術論に基づいた保全活動の改善努力を行えるようにする。
- 保全活動管理指標を用いた保全の有効性評価など保全活動の評価の「見える化」を進めるとともに、規制当局への各種申請の際のエビデンスの提出を支援する。



2. 3) ナトリウム機器の技術評価

保全計画書におけるデータベースの位置付け(本体系の完成は供用開始時)



プラント系統リスト(シート1)の作成例

プラント名称:〇〇原子力発電所〇号機

No.	プラント系統・設備		備考
1	B11	原子炉構成機器	
2	B21	原子炉系	
・	・・		
N	E22	高圧炉心スプレイ系	

系統機能整理表(シート2)の作成例

系統名: 高圧炉心スプレイ系 (HPCS)

- ## 1. 系統機能

A. 炉心冷却機能

■ ■ ■ ■ ■ ■

- ## 2. 重要な系統機能

	安全機能		LCO		...	リスク	重要な系統機能
A	○	MS-1	○	第39, 40条	...	○	○
..	..		..		...	...	

- ### 3. 系統機能喪失の定義

A	機能喪失時には原子炉冷却材喪失事故時に原子炉へ冷却材を送水できない、又はLCO(流量368m ³ /h以上、全揚程866m以上)逸脱に至る。
・	...

機器影響度決定表(シート3)の作成例

系統毎に機器を抽出

当該機器の機能喪失時の影響度を評価

当該機器の現状保全
と保全重要度を比較し、
保全の妥当性を確認

系統名: 高圧炉心スプレイ系

No.	機器 番号	機器名称	機器 分類	機器 機能	影響評価		影響度	現状 保全	
					A	..			
1	E22- COO 1	高圧炉心 スプレイ 系ポンプ	本体	ポンプ	送水	○	..	高	時間 計画 保全
					バウン ダリ	—	..		
2			駆動 部	ポンプ 用モ ータ	送水	○	..	高	時間 計画 保全
3	..	...	...	...	...	..	..	高	点検 周期 未定

保全重要度が高いにも係らず点検周期が定められていない構成要素が抽出される。

劣化メカニズム整理表の作成例

部位毎に重要な
機能を抽出

当該機器の劣化メカニズム
整理表を選定

部位毎に考慮すべき重要な機能に対する劣化モードの適否及びその理由を検討

重要な劣化モードに対し現状保全の妥当性を確認。
重要な機器:保安規定申請時
残りの機器:2~3年

劣化メカニズム整理表(例)

仕切弁
U字管式熱交換器

縦型ポンプ【高圧炉心スプレイポンプ】

部位	機能	劣化メカニズム		(参考)		劣化モード	
		事象	因子	検知方法	時間特性	要否	理由
主軸	送水	割れ	応力腐食 割れ	分解点検 (VITP)	中長期的 劣化性	○	100℃ 以下
		割れ	疲労	分解点検 (VITP)	中長期的 劣化性	○	待機 間欠使用
		腐食	水質 材料	分解点検 (VITP)	劣化性	x	非腐食性 SUS
		曲がり	保守不良	分解点検 (寸法測定)	偶発性	除外	HE
		.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.
HE:ヒューマンエラー							

設計情報データベース

目的:

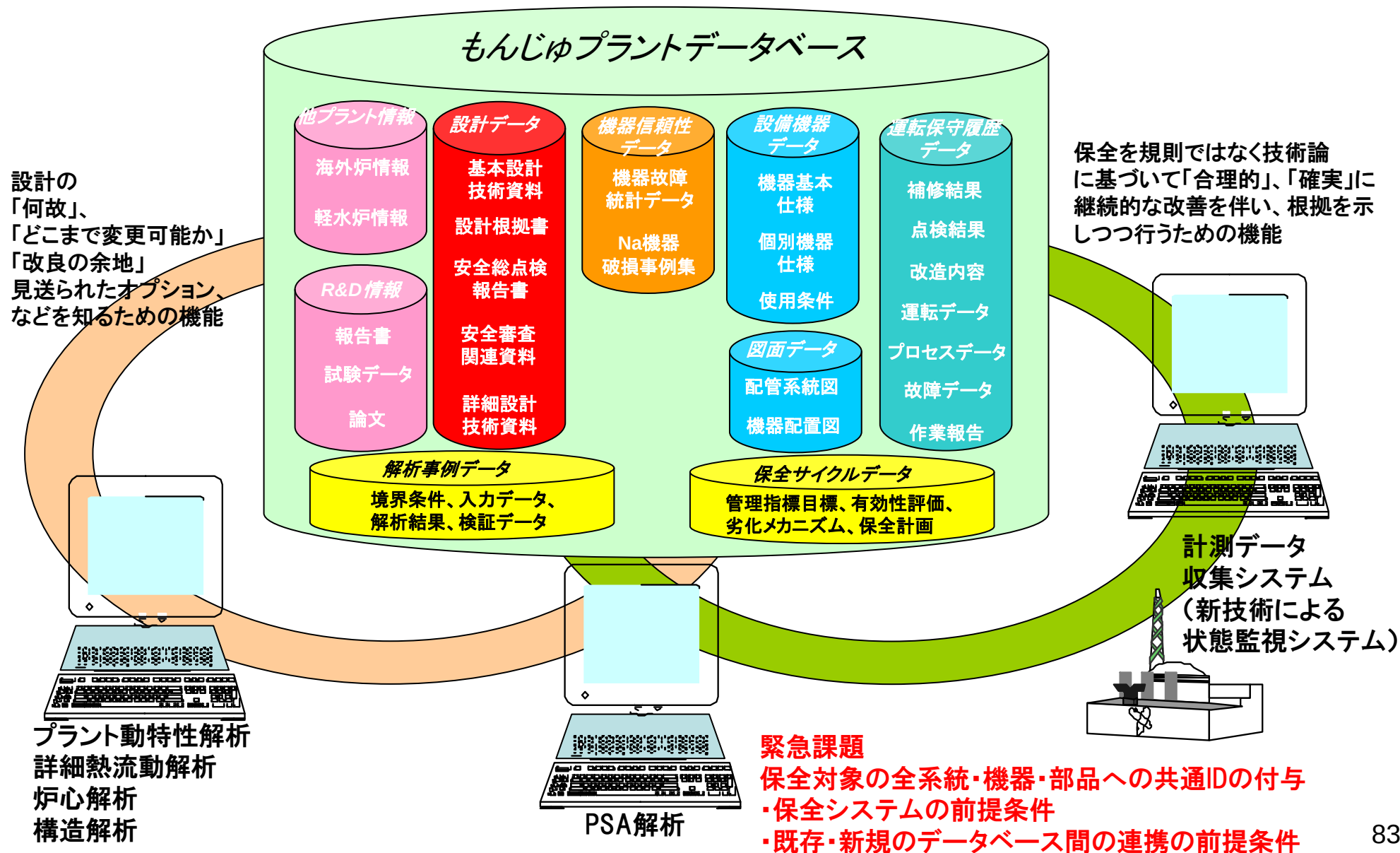
- ・変更申請などの規制当局から認可を得るための技術検討・評価をより円滑・確実にするための機能の開発
- ・現在の「もんじゅ」をベースとして、仕様間の関連に基づいて可能な変更の範囲を把握する。
- ・実証炉以降の設計情報の構築・継承のためのソフトウェア技術を開発する。

必要な開発技術:

- ・プラント動特性、多次元熱流動解析、炉心燃焼計算、構造解析などにおいて、元となる設計情報、解析における想定条件、用いたコード及び解析結果を関連付けて管理する。
- ・設計根拠を記述した資料群の相互の関係を表現するソフトウェア技術
- ・「もんじゅ」の設計情報を、設計解の空間中の「点」ではなく「場の中心」として表現する技術

2. 3) ナトリウム機器の技術評価

「もんじゅ」総合データベースの構築(保全データベースの整備が最優先)



2. 3) ナトリウム機器の技術評価

実証炉以降への貢献を可能にするための課題

- ・「もんじゅ」機器、部品の劣化データ、保全記録

→機構論的な劣化現象の把握を支援

「もんじゅ」固有の仕様条件下で計測された劣化データから一般化が可能な知見を獲得し、異なる仕様条件下での劣化現象の予測を可能にする。

- ・「もんじゅ」設計における工学的判断＋運転・保守経験

→柔軟で幅広い設計検討ケーススタディを支援

「もんじゅ」設計当時に行われた幅広い選択肢に関する検討をベースに、仕様間の相互依存性に沿った仮想的な設計変更＋現行の「もんじゅ」の運転保守経験を通じた評価を組み合わせ、将来炉の開発方針に関する幅広い検討を支援する。

- ・膨大で相互に緊密に関連する情報群

→情報群の信頼性の確保

3. FBR実用化に向けた 研究開発の場として活用・利用

1) もんじゅ高度化

3. 1) もんじゅ高度化

○炉心性能の向上

- ・燃料・炉心性能高度化実証
- ・実証炉・実用炉で採用する燃料を「もんじゅ」を用いて工学規模で照射
- ・段階的な炉心高度化について燃料供給計画も含めて検討する予定

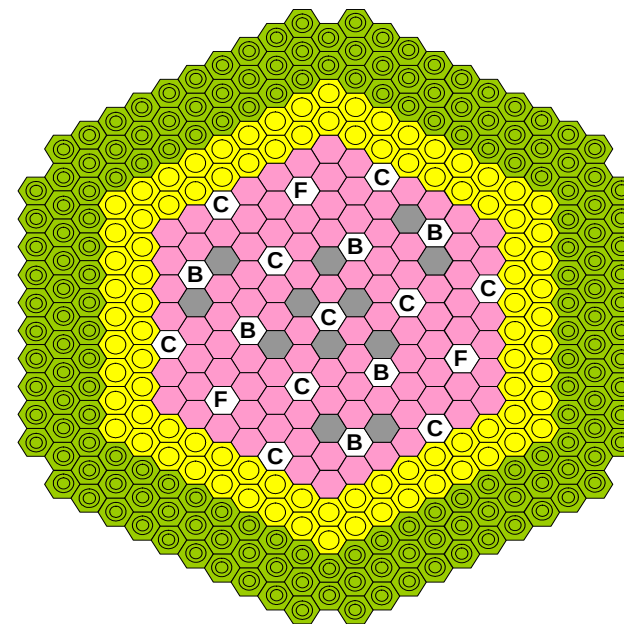
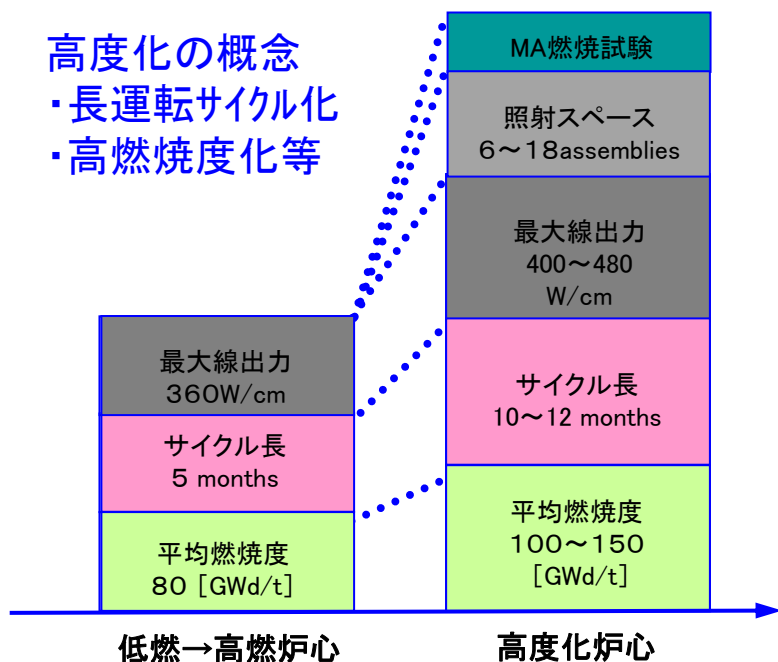
○高速中性子場としての活用

- ・照射能力を活かす研究開発

MA含有燃料などの開発に資する

高度化の概念

- ・長運転サイクル化
- ・高燃焼度化等



- 内側炉心
- 外側炉心
- 遮蔽体等
- 照射用集合体
- 制御棒

「もんじゅ」
高度化炉心配置図(例)

○新型燃料研究開発施設(仮称)

- ・「もんじゅ」で照射した試験燃料の健全性確認

3. 1) もんじゅ高度化

平成24年度を目途に「プラントデータ解析共同研究所(仮称)」の開設

世界に開かれた研究開発拠点として、国際協力を利用した研究開発に活用し、海外からの期待に応えるとともに、海外の技術者が集い、最先端技術を広く発信していくため、国際協力を一層充実させ、国際共同プロジェクトを推進していくことを目的とする。

「もんじゅ」をFBRの実用化研究開発に活用

日米等の12カ国共同の第4世代原子力システム研究開発(Gen-IV)において、「もんじゅ」の開発を進める日本がナトリウム冷却高速炉(SFR)の開発に主導的役割を担い、「もんじゅ」を活用する検討等を進めている。



「もんじゅ」MA燃焼実証プロジェクト(GACID)

「もんじゅ」を用いて、マイナーアクチニド(MA)含有燃料を燃焼(長半減期核種を減少)させる実証試験の計画を、日仏米3国共同で検討している。Gen-IV/SFRの枠組みの下、にプロジェクト取り決めで締結。

なお、仏国の高速原型炉フェニックスは2009年に運転を終了する予定であり、「もんじゅ」は工学規模での高速中性子照射の場として国際的に期待が寄せられている。

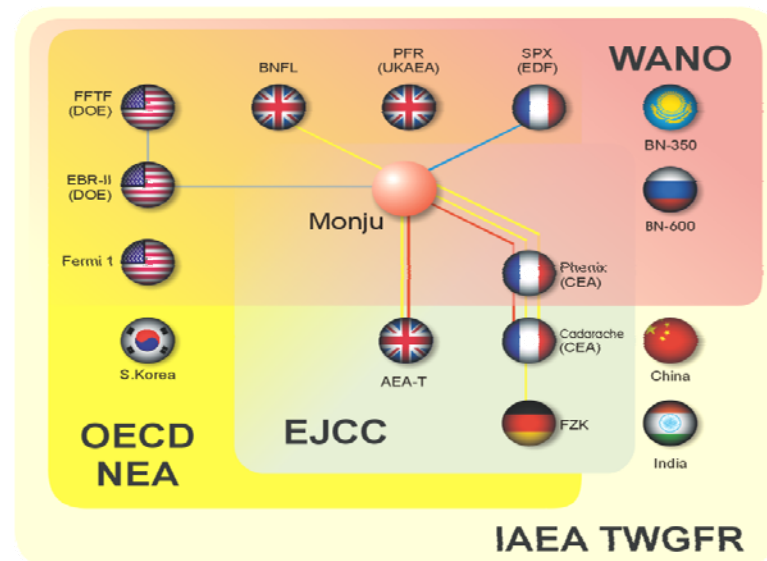


国際機関を通じた協力と「もんじゅ」活用

国際機関を通じた協力の枠組みでの技術情報交換を実施しており、IAEA等の国際機関の場で「もんじゅ」を活用。

また、WANOのピアレビューにも参加してプラント運転・保守の安全・信頼性向上にも取り組んでいる。

【国際協力の枠組み】



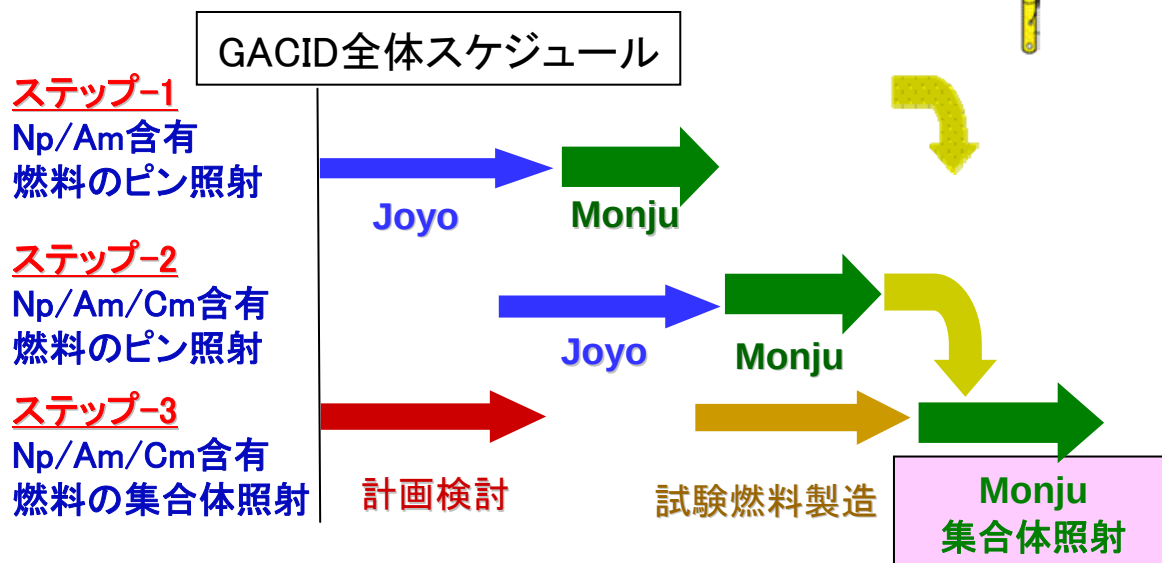
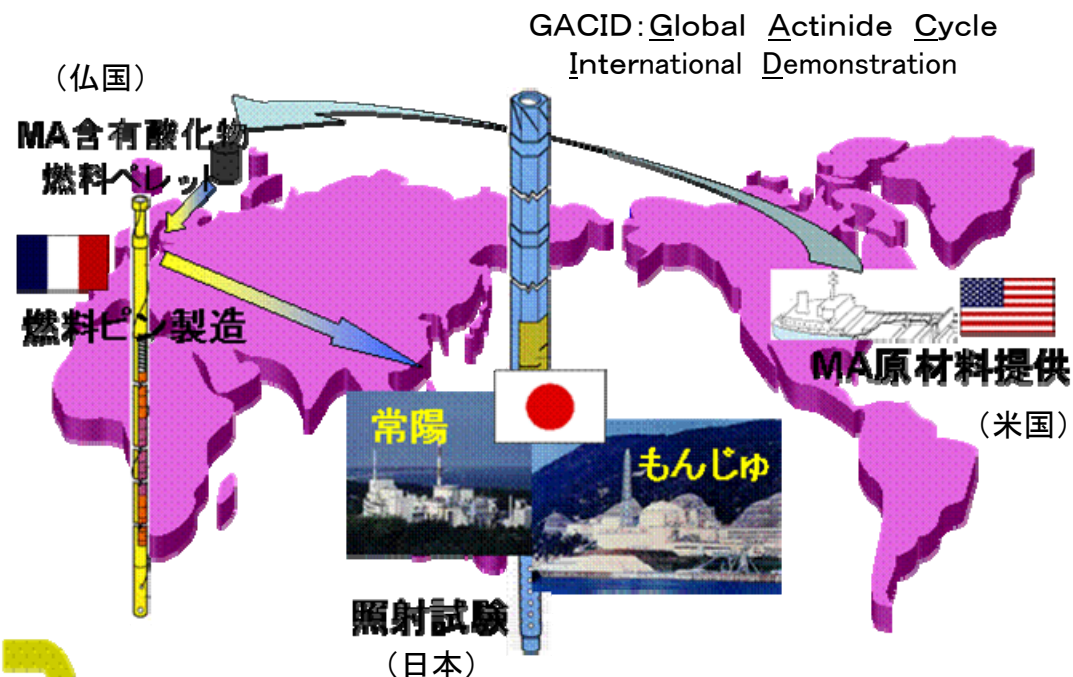
- EJCC : Europe-Japan Coordinating Committee
- GIF : Generation IV international Forum
- NEA : Nuclear Energy Agency
- TWGFR : Technical Working Group on Fast Reactors
- WANO : World Association of Nuclear Operators

- 高速炉開発協力
- 高速炉運転協力
- 先進技術協力
- 原子力技術協力

3. 1) もんじゅ高度化

MA含有燃料の照射 [「もんじゅ」MA燃焼実証プロジェクト(GACID)、日米仏]

- ・目的
高速増殖炉の実用炉用燃料として有力なマイナーアクチニド(MA)含有燃料(TRU燃料とも言う)を、「もんじゅ」及び「常陽」を利用して照射



- ・高速増殖炉で燃焼させることによりMA全量リサイクルの可能性を示す
- ・3ステップで段階的に実施
- ・第4世代国際原子力システムフォーラム(GIF)／ナトリウム冷却高速炉プロジェクトの一つ

研究開発・評価委員会

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発
及び
これに関連する研究開発

A decorative graphic on the left side of the slide, featuring a black crosshair and overlapping colored squares (blue, red, yellow) with a gradient effect.

課題説明資料
[プロジェクトレビュー]
(概要版)

平成21年9月3日
原子力研究開発機構
次世代原子力システム研究開発部門

「もんじゅ」研究開発体系

1. 発電プラントとしての信頼性実証

1) 安全・安定運転の達成

2) 性能試験

3) 原型炉技術評価

2. 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立

1) ナトリウム管理技術の確立

2) プラント保全技術の確立

3) ナトリウム機器の技術評価

3. FBR実用化に向けた研究開発の場として活用・利用

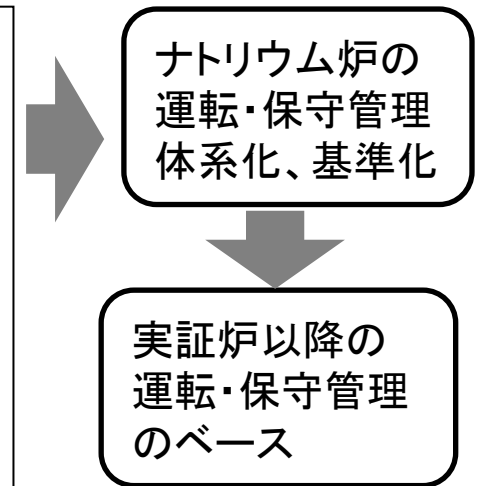
1) もんじゅ高度化

目 次

1. 発電プラントとしての信頼性実証
 - 1) 安全・安定運転の達成
 - 2) 性能試験
 - 3) 原型炉技術評価
2. 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立
 - 1) ナトリウム管理技術の確立
 - 2) プラント保全技術の確立
 - 3) ナトリウム機器の技術評価
3. FBR実用化に向けた研究開発の場として活用・利用
 - 1) もんじゅ高度化

1. 1) 安定・安全運転の達成(1/2)

- 原子炉の起動・停止、定格出力による連続定常運転を行うことにより、プラント運転、発電性能を発揮できることを示す。
- 運転経験を通じて、FBR発電プラントの運転管理について、規則(保安規定、運転手順書)、基準等の体系化を図る。
- 機器を適切な時期・方法で保守する「保全プログラム」を作成し、故障やトラブル等の保全データベースを充実し、保全活動の改善を進める。
- 実証炉計画を支援するため、「もんじゅ」が安全・安定運転の実績を積むことが重要。



保安規定(運転管理)

- ・運転計画
- ・運転員の確保
- ・巡視点検
- ・運転手順書の作成
- ・運転条件
- ・反応度測定検査
- ・ナトリウム純度管理
- ・運転上の制限



運転経験を反映して
改正していく。

運転手順書類

- ・通常の運転
- ・故障やプラント異常時
- ・アクシデントマネジメント



運転経験を反映して
改善・拡充していく。

運転手順書全体写真

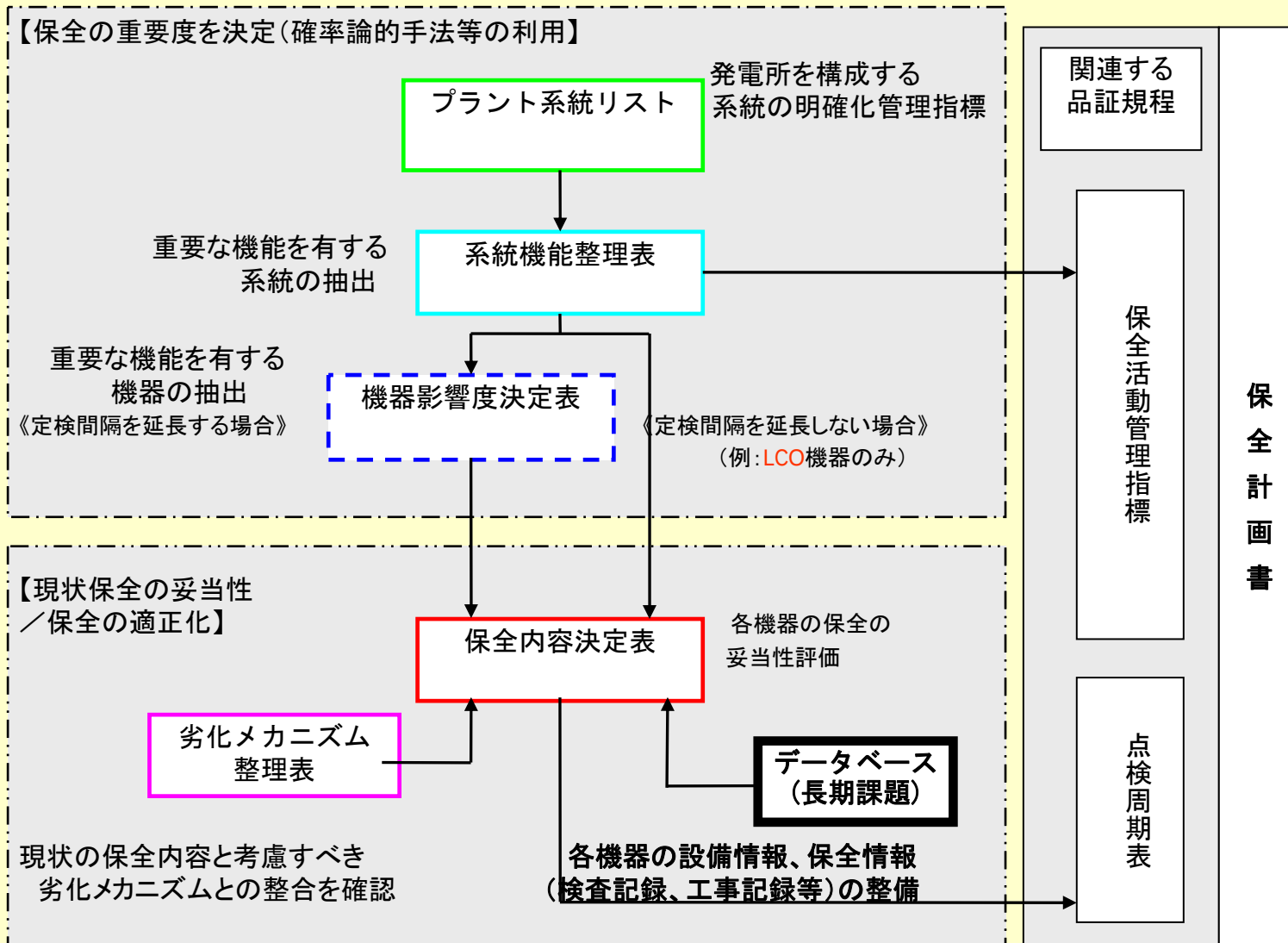


運転経験

1. 1) 安定・安全運転の達成(2/2)

保全経験

保全計画書等



1. 2) 性能試験(1/3)

性能試験計画の基本方針

- (1) 燃料及びプラント設備機器が長期保管状態にあることを踏まえ、段階的に試験を実施して、試験の結果から抽出される課題の対応を可能とする。
- (2) また、段階的試験実施を通じて、運転員及び保守員の技術習熟を図る。
- (3) 法令に沿った性能確認、設計の妥当性評価、実用化研究開発へのデータ反映など、「もんじゅ」の特徴と役割を考慮する。

試験項目

- (1) 炉心・しゃへい特性試験27項目、プラント特性試験90項目の合計117項目
- (2) 炉心・しゃへい特性試験27項目の目的を整理すると、
 - A 法令に基づく使用前検査: 5項目
 - B 系統・設備の性能確認: 4項目
 - C 設計の余裕、妥当性等の確認: 13項目
 - D 解析及び評価手法の精度向上のためのデータ取得: 13項目
 - E 将来炉の設計のためのデータ取得: 3項目
- (3) プラント特性試験90項目の目的を整理すると、
 - A 法令に基づく使用前検査: 13項目
 - B 系統・設備の性能確認: 63項目
 - C 設計の余裕、妥当性等の確認: 28項目
 - D 解析及び評価手法の精度向上のためのデータ取得: 4項目
 - E 将来炉の設計のためのデータ取得: 4項目

注) 複数の試験目的をもつ試験項目があることから、A～Eを合計すると試験項目数を上回る。

1. 2) 性能試験 (2/3)

○炉心・しゃへい特性試験

(1) 炉心特性評価

- ・過剰反応度測定試験
- ・炉内中性子源効果評価
- ・未臨界度測定法適用性評価
- ・反応度価値
- ・反応度係数
- ・出力分布
- ・熱流力特性
- ・炉内状態特性

(2) 遮へい特性評価

- ・原子炉まわり
- ・1次冷却系
- ・空間線量

○プラント特性試験

(1) 系統運転特性

- ・原子炉構造設備
- ・1次冷却系設備
- ・2次冷却系設備
- ・水・蒸気系設備
- ・タービン設備
- ・電気設備
- ・プラント補助設備
- ・プラント全体

(2) 計測制御設備

(3) 異常模擬運転特性

(4) 化学分析評価

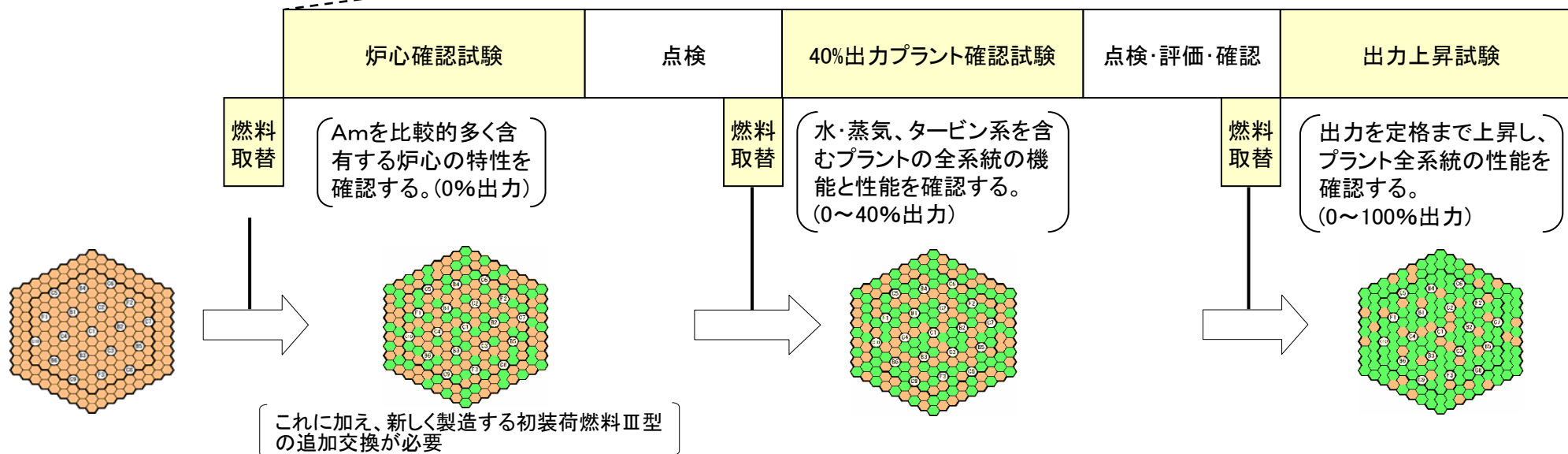
(5) その他

- ・配管熱変移
- ・配管振動

1. 2) 性能試験 (3/3)

性能試験工程

	18年度 (2006)	19年度 (2007)	20年度 (2008)	
工程	工事確認試験			
		プラント確認試験		
				性能試験



: 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。

1. 3) 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)(1/2)

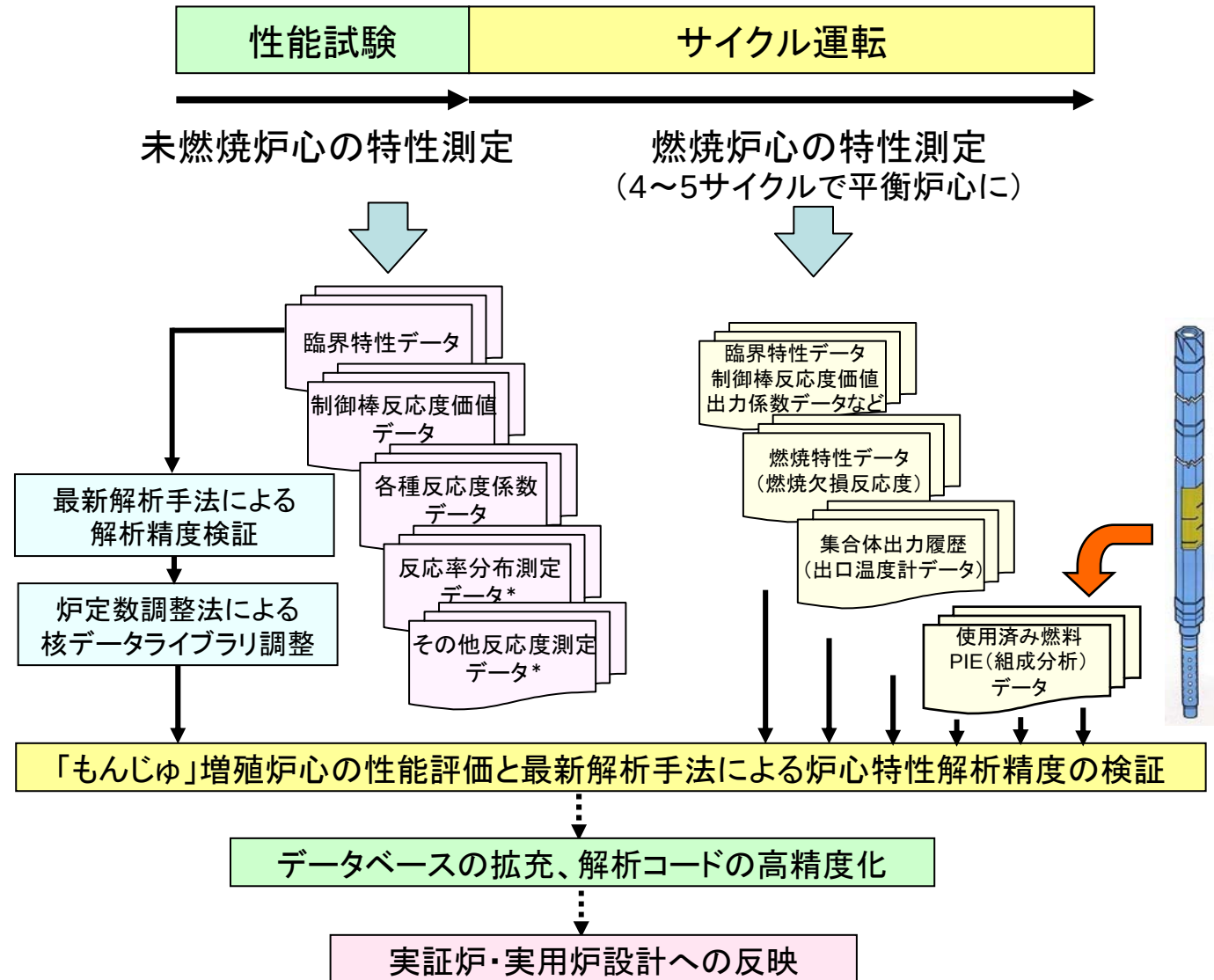
高速原型炉の性能試験、サイクル運転で取得したデータに基づき、原型炉を建設した結果の技術評価を行う。

- ・「前回の性能試験」
- ・Amの蓄積量が多い「次回の性能試験」
- ・「それぞれの炉心のサイクル運転時」

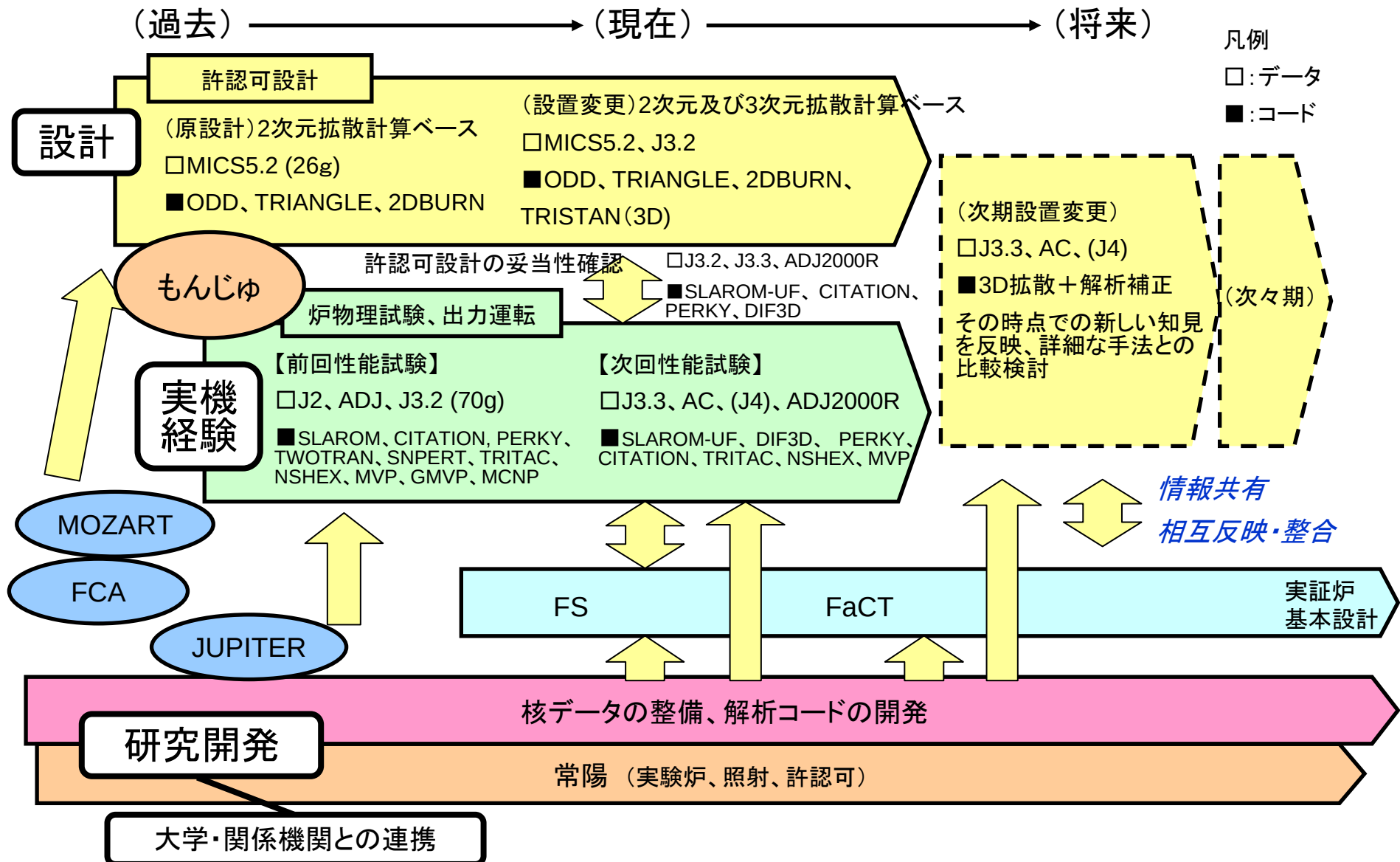
様々な炉心条件で、取得したデータ

設計手法(データ、コード)の精度、妥当性を検証するとともに、設計余裕の合理化を検討し実証炉・実用炉設計に反映する。

「もんじゅ」の試験・運転から得られる知見



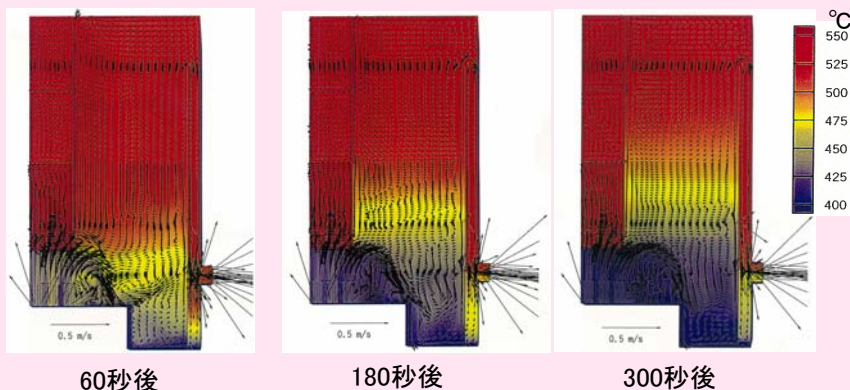
1. 3) 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)(2/2)



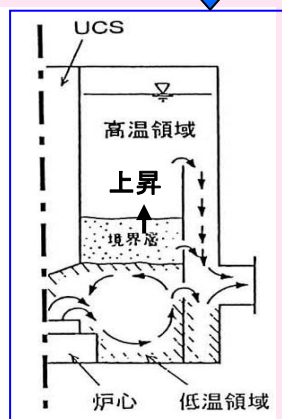
1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)(1/2)

★詳細熱流動解析手法を用いた最適動特性解析モデルの構築

<< 上部プレナム熱流動解析結果 >>

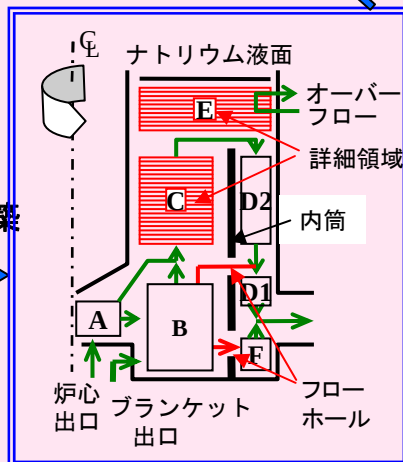


流速分布・
温度分布
把握



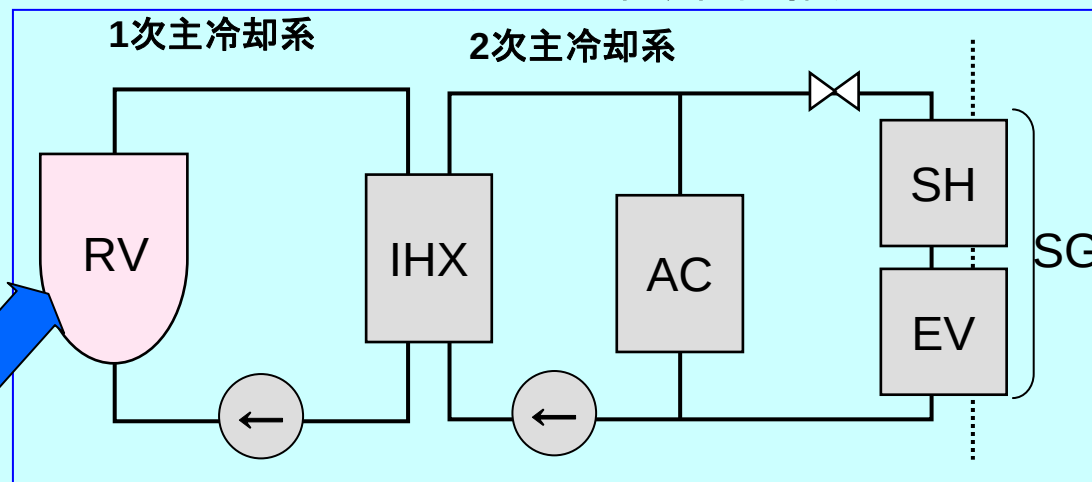
プラント全系動特性
解析モデルに組み込み

FNM構築



(1) 原子炉容器(RV)上部プレナム詳細熱流動解析

<< プラント全系動特性解析モデル >>



(3) その他主要機器のFNMの構築

・IHX, AC, SG (EV, SH)についても、詳細熱流動解析を実施しFNMを構築

(4) プラント全系動特性解析

・構築したFNMを用いて、プラント全系の動特性解析を実施。
・「もんじゅ」性能試験により検証(主要機器の出入口温度変化・流量化)。

●原型炉と異なる仕様の将来炉に対して、精度の高いプラント動特性評価が可能となる。

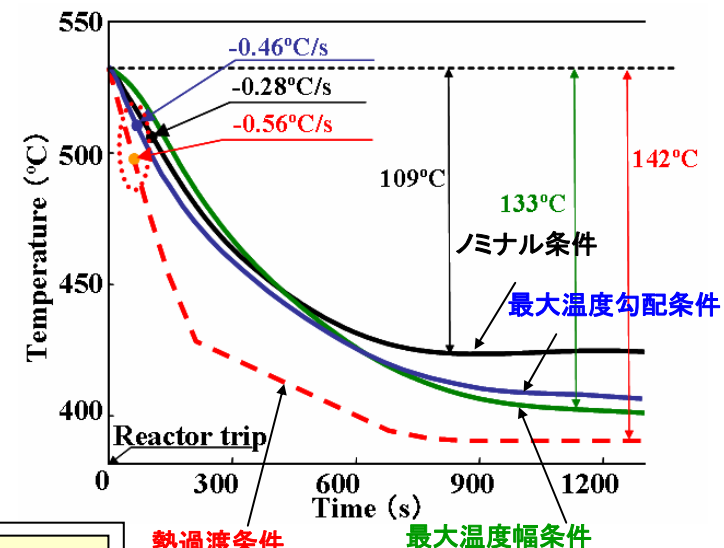
(2) 詳細熱流動解析結果からフローネットワーク
モデル(FNM)の構築

1. 3) 原型炉技術評価(プラント関係)(2/2)

★設計余裕・安全余裕の最適化

(1) 最大温度変化条件(温度変化幅、温度変化率)の 評価精度向上

・最適化FNM解析結果により精度の高い評価が可能となる。



(2) 熱過渡条件の評価

((例: 手動トリップ事象))

影響パラメータ

- ① 崩壊熱
- ② 炉容器内筒フローホール流量
- ③ 1次流量コストダウン特性
- ④ ポニーモータ流量
- ⑤ 2次流量コストダウン特性

「もんじゅ」設計

影響パラメータの最大値及び最小値の組合せで、最大温度変化幅、最大温度変化率を設定

必要性の担保

・折れ線化,
etc

妥当性確認

将来炉への反映

最大値-最小値の中間領域の値も取込んだパラメータの組合せで、最大温度変化幅、最大温度変化率を設定

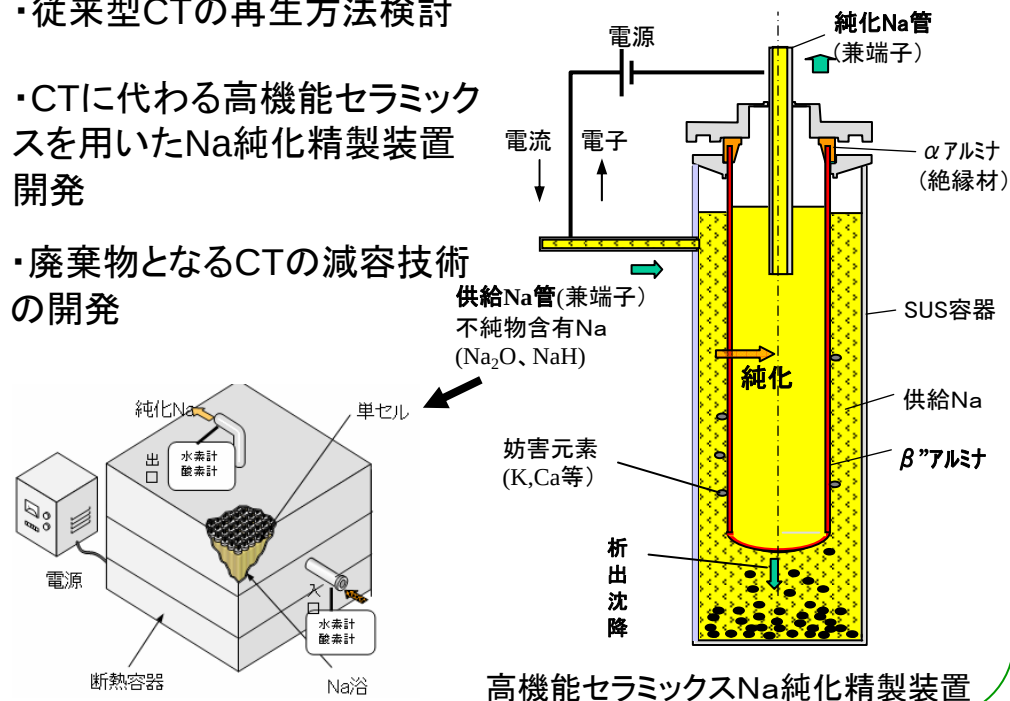
・「もんじゅ」設計手法の妥当性確認
・「折れ線化」, etc の合理化

2. 1)ナトリウム管理技術の確立(1/2)

「もんじゅ」における研究開発の実施内容

ナトリウム純度管理、腐食生成物挙動のデータ取得

- ・系統昇温や燃料交換に伴う不純物持込量評価
 - ・コールドトラップ(CT)による不純物捕獲負荷評価のためのCT純化効率(η)評価
 - ・Na純度管理基準値評価のためのプラグging計によるプラグging温度(純度)測定およびサンプリング・不純物分析方法の妥当性評価
 - ・従来型CTの再生方法検討
 - ・CTに代わる高性能セラミックスを用いたNa純化精製装置開発
 - ・廃棄物となるCTの減容技術の開発
-

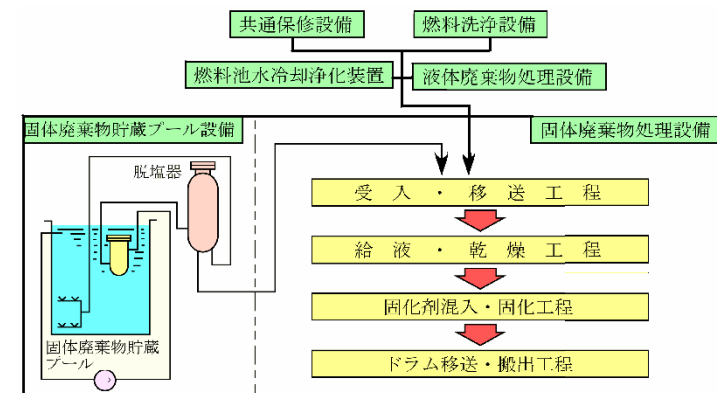


大型機器、燃料集合体等の洗浄データ等の蓄積

- ・CPを含んだ照射済燃料集合体洗浄廃液の減容固化技術評価
- ・大型ナトリウム機器等の洗浄処理技術評価
- ・点検、保守・補修に伴うナトリウム機器の開放・取り出し等の取扱い方法検討
- ・洗浄系の系統除染の必要性検討
- ・定期検査への適用

↓ これらの研究をもとに

- ・実証炉以降の大型ナトリウム機器等洗浄処理技術の開発



「もんじゅ」廃棄物処理系統

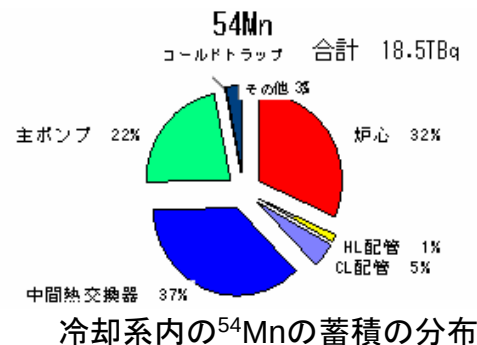
2. 1) ナトリウム管理技術の確立(2/2)

放射性物質の冷却系内移行挙動評価

- ・高速炉の冷却系内での放射性物質の生成、移行挙動評価
- ・プラント内線源分布評価

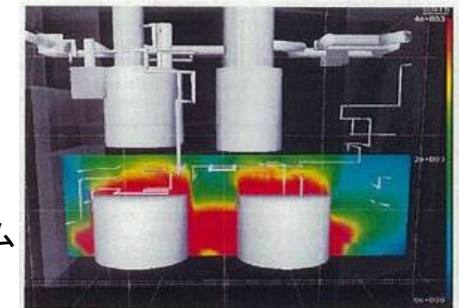
- ・実証炉以降に適用できる評価手法の確立
- ・冷却系内での放射性物質移行沈着による線量率上昇に伴う保守・補修時被ばく線量の低減化

→冷却系内の放射性物質移行沈着挙動評価手法の検証・改良



これらの研究をもとに

高速炉保守線量評価システム (DORE)による線量率予測

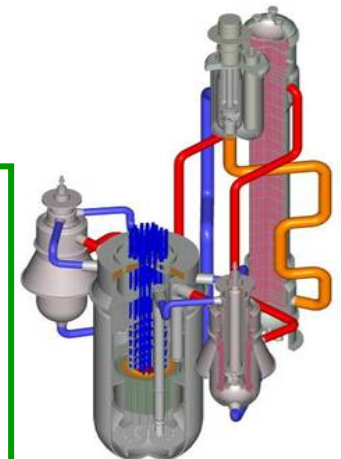


実証炉以降への反映

冷却材中の腐食生成物挙動評価手法を用いた評価結果を、実証炉の遮へい設計などへ活用する。

Na機器の洗浄経験等を、燃料取扱装置や保守用設備の設計に反映する。

実証炉・実用炉の運転管理技術へ反映する。

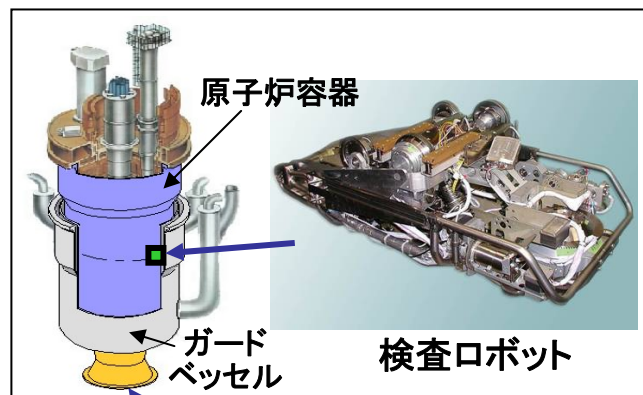


ナトリウム関連の要素技術開発は、保全に係る要素技術開発とともに、敦賀・白木に建設予定の「**プラント実環境研究施設(仮称)**」にて実施する計画である。

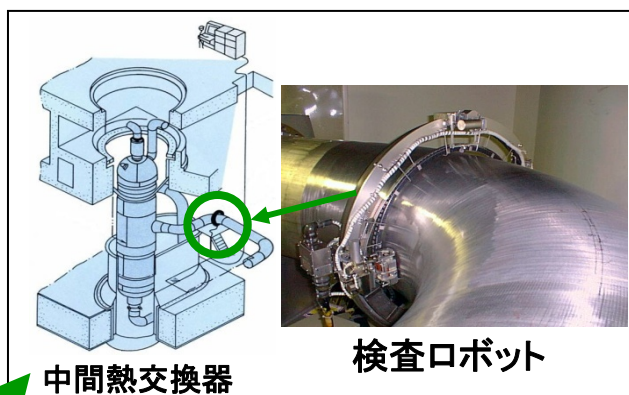
2. 2) プラント保全技術の確立(1/2)

「もんじゅ」の原子炉容器、1次主冷却系配管および蒸気発生器伝熱管のISI(供用期間中検査)技術について、第1回定期検査までにISI装置の整備を終了した上で、保全プログラムに従い「もんじゅ」に適用し、高温・高放射線環境などを特徴とする高速炉機器のISI技術を実証する。

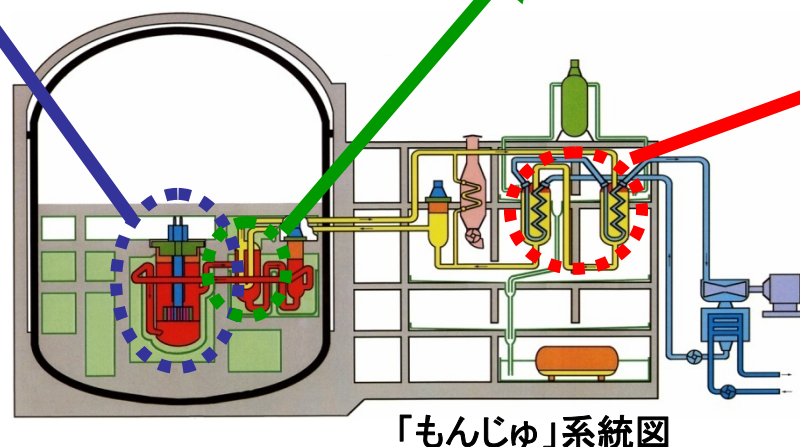
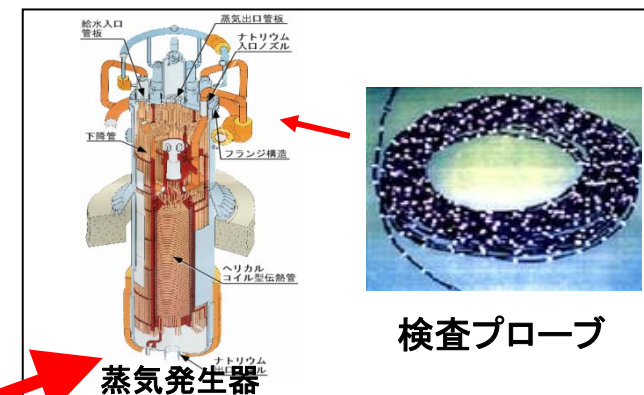
原子炉容器廻り検査装置



1次主冷却系配管検査装置



蒸気発生器伝熱管検査装置



実機適用し検査システムとしての性能を実証

- ・検査性能向上(微小欠陥の検出性、定量評価)
- ・信頼性、取扱性の向上
- ・検査期間短縮、コスト削減

2. 2) プラント保全技術の確立 (2/2)

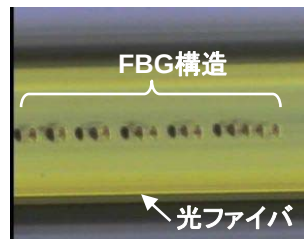
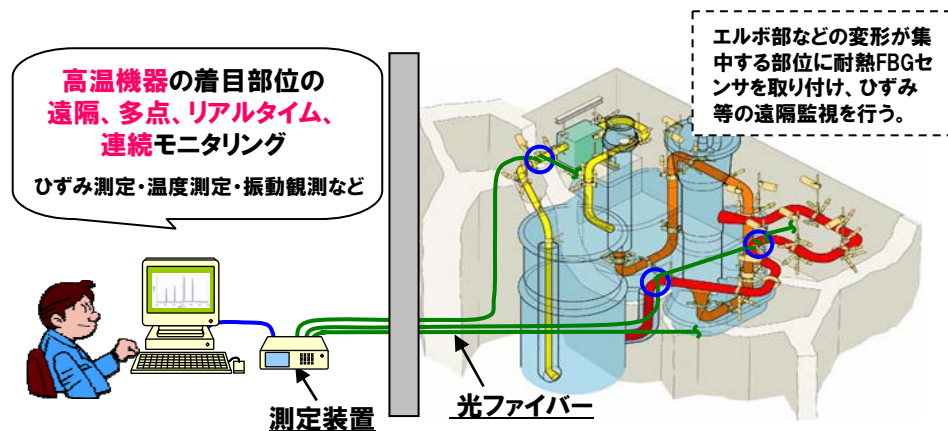
安全確保の充実とより合理的な保全活動達成の確立の観点から、高速炉機器の検査・モニタリング技術、劣化診断技術および補修技術、評価技術の開発を行い、「もんじゅ」を用いて有効性を検証する。

実施例) 高温環境下でのモニタリング技術開発

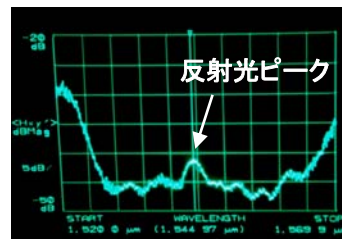
耐熱FBGによる高温機器健全性モニタリング技術の開発

実施例) 機器経年特性評価手法の開発

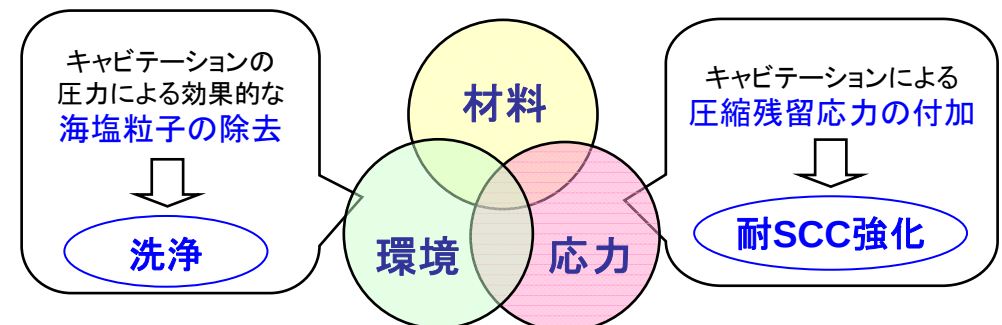
海塩による外面応力腐食割れ(ESCC) 損傷機構の解明と
キャビテーションによる材料強化に関する研究



耐熱FBGの位相差顕微鏡写真

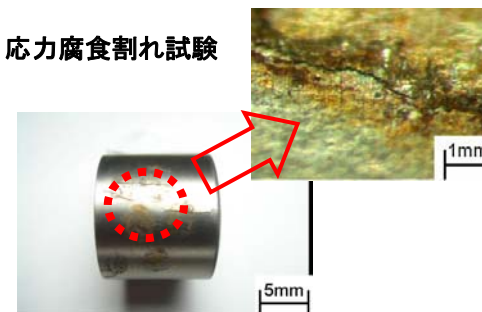


耐熱FBGの反射スペクトル
縦軸: 光強度、横軸: 波長



SCC発生因子概念図

応力腐食割れ試験



キャビテーション生成・洗浄ノズル

2. 3) ナトリウム機器の技術評価(1/2)

後続FBRプラントへの技術継承にデータベースが貢献すべき項目：

○：新規開発
●：既存DBに基づく駆動部開発

1. 安全・合理的なナトリウム機器の**保全**計画の作成、運用技術

対象毎の劣化のメカニズムや速度に応じた保全を、規制当局への申請、承認を伴うPDCAサイクルを通して最適化を進めていくプロセスを支援

- プラントの機能維持、安全性確保のための重要度情報
- 機器、システムの劣化現象の定量的データ
- 保全計画のPDCAサイクルを通じた改善(合理化)の履歴

研究開発項目：

- ①対象ハードウェア群全てのカタログ化が基礎：緊急かつ膨大なマンパワーを有する
- ②劣化現象の仕様、条件への依存性：後継プラントへの外挿に不可欠

2. 設計に基づいて**プラント**の**特性**を**評価**する技術(許認可対応の安全性評価を含む)

炉心、プラントやシステムの想定条件下での挙動の、設計データと解析コードによる模擬

- 機器故障率データ
- 設計情報データ群(設計根拠書、設置許可申請書、各種技術検討書、等)
- 解析コードライブラリ
- 解析例データベース(入力データ、解析結果、検証結果)

2. 3) ナトリウム機器の技術評価(2/2)

3. プラント・機器の設計技術

○:新規開発

●:既存DBに基づく駆動部開発

過去の設計情報の新たな設計案への反映

●設計情報データ群の整理(設計根拠書、設置許可申請書、各種技術検討書、等)

①プラント設計全体を俯瞰した考え方の整理

②「見送られたオプション」の検討経緯

4. 共通データ

○「便覧」機能・各種物性値、基準、規格、規定、等

5. プラントの技術情報を総合するデータベース構築技術(1～4を総合)

「もんじゅ」プロジェクトの成果のパッケージ化

研究開発項目: ①各データベース間の整合

②外挿性の付与(各情報の仕様や条件への依存性を合わせてデータ化、駆動部の汎用性)

③データ種別毎の機密性、改訂権限、エビデンス管理

④分散型構造の採用

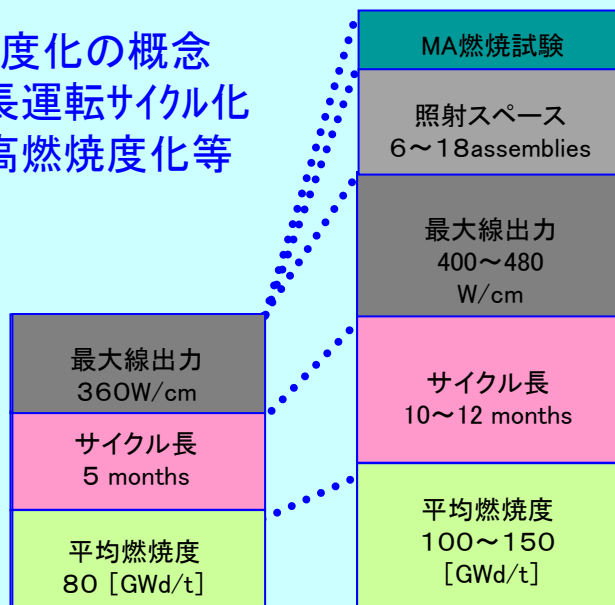
3. 1) もんじゅ高度化 (1/2)

○炉心性能の向上

- ・燃料・炉心性能高度化実証
- ・実証炉・実用炉で採用する燃料を「もんじゅ」を用いて工学規模で照射
- ・段階的な炉心高度化について燃料供給計画も含めて検討する予定。

高度化の概念

- ・長運転サイクル化
- ・高燃焼度化等



低燃→高燃炉心

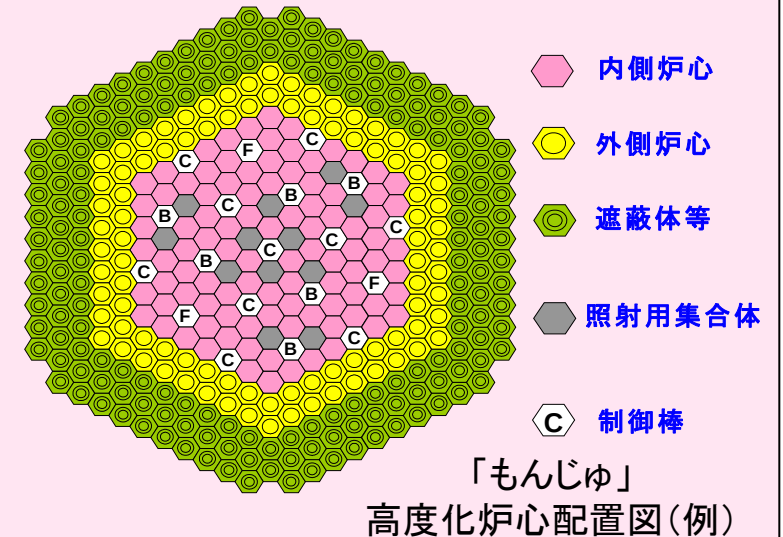
高度化炉心

○高速中性子場としての活用（照射能力を活かす研究開発）

MA含有燃料などの開発に資する

【「もんじゅ」MA燃焼実証プロジェクトの目的】

高速増殖炉の実用炉用燃料として有力なマイナーアクチニド(MA)含有燃料(TRU燃料とも言う)を、「もんじゅ」及び「常陽」を利用して照射



- ・高速増殖炉で燃焼させることによりMA全量リサイクルの可能性を示す
- ・3ステップで段階的に実施
- ・第4世代国際原子力システムフォーラム(GIF)／ナトリウム冷却高速炉プロジェクトの一つ

○新型燃料研究開発施設(仮称)

- ・「もんじゅ」で照射した試験燃料の健全性確認

3. 1) もんじゅ高度化 (2/2)

平成24年度を目途に「プラントデータ解析共同研究所(仮称)」の開設

世界に開かれた研究開発拠点として、国際協力を利用した研究開発に活用し、海外からの期待に応えるとともに、海外の技術者が集い、最先端技術を広く発信していくため、国際協力を一層充実させ、国際共同プロジェクトを推進していくことを目的とする。

「もんじゅ」をFBRの実用化研究開発に活用

日米等の12カ国+1国際機関共同の第4世代原子力システムに関する国際フォーラム(Gen-IV)において、「もんじゅ」の開発を進める日本がナトリウム冷却高速炉(SFR)の開発に主導的役割を担い、「もんじゅ」を活用する検討等を進めている。



「もんじゅ」MA燃焼実証プロジェクト(GACID)

「もんじゅ」を用いて、マイナーアクチニド(MA)含有燃料を燃焼(長半減期核種を減少)させる実証試験の計画を、日仏米3国共同で検討している。Gen-IV/SFRの枠組みの下、にプロジェクト取り決めで締結。

なお、仏国の高速原型炉フェニックスは2009年に運転を終了する予定であり、「もんじゅ」は工学規模での高速中性子照射の場として国際的に期待が寄せられている。



「もんじゅ」



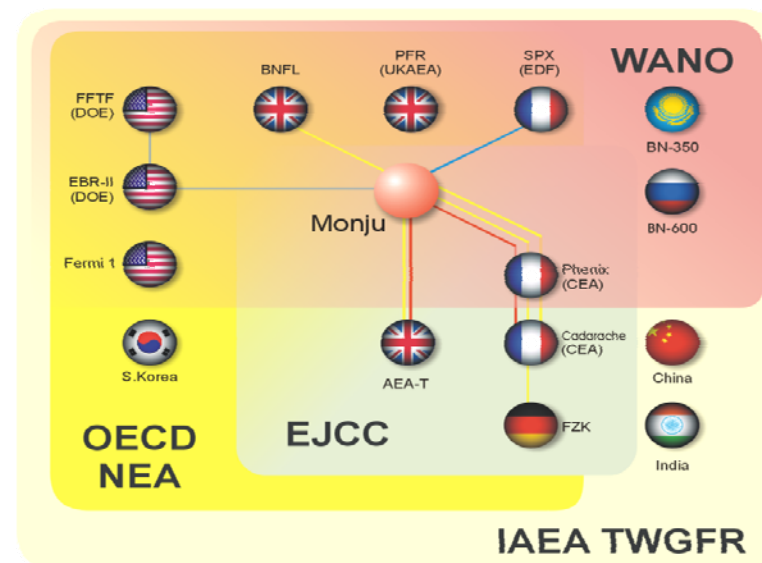
「フェニックス」(仏)

国際機関を通じた協力と「もんじゅ」活用

国際機関を通じた協力の枠組みでの技術情報交換を実施しており、IAEA等の国際機関の場で「もんじゅ」を活用。

また、WANOのピアレビューにも参加してプラント運転・保守の安全・信頼性向上にも取り組んでいる。

【国際協力の枠組み】



- EJCC : Europe-Japan Coordinating Committee
- GIF : Generation IV international Forum
- NEA : Nuclear Energy Agency
- TWGFR : Technical Working Group on Fast Reactors
- WANO : World Association of Nuclear Operators

- 高速炉開発協力
- 高速炉運転協力
- 先進技術協力
- 原子力技術協力

研究開発・評価委員会資料

「高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発及び
これに関連する研究開発」
に関する
研究開発計画書

平成 21 年 10 月 30 日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

目次

1. 研究開発課題名	1
2. 目的	1
3. 背景	1
(1) 社会のニーズへの適合性	1
(2) 中期目標との整合	2
(3) 必要性及び緊急性	3
1) 必要性	3
2) 緊急性	4
4. 研究開発計画	4
(1) 達成目標	4
(2) 実施内容及びスケジュール	5
1) 発電プラントとしての信頼性の実証	5
①安全・安定運転の達成	5
②性能試験	6
③原型炉技術評価	7
2) 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立	8
①ナトリウム管理技術の確立	8
②プラント保全技術の確立	9
③ナトリウム機器の技術蓄積	10
3) 高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場としての活用・利用	10
①もんじゅ高度化	11
(3) 実施体制及び要員計画	11
1) FBR プラント工学研究センター	11
2) 高速増殖炉研究開発センター	12
3) 敦賀本部	12
4) 他部門との連携	12
5) 他機関との連携	12
(4) その後の計画について	12
5. 期待される成果及び反映	13
6. 成果に対する情報公開の考え方	13
7. その他特記すべき事項	13
(1) 国際的研究開発の拠点化	13
(2) 人材育成と技術継承	14
(3) 福井県のエネルギー研究開発拠点化計画との関連	14

図表一覧

図 1	「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関する WBS	15
図 2	「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関する研究開発計画	15
図 3	研究開発工程（安全・安定運転の達成）	16
図 4	研究開発工程（性能試験）	16
図 5(a)	研究開発工程（原型炉技術評価（炉心・遮へい特性））	17
図 5(b)	研究開発工程（原型炉技術評価（プラント関係））	17
図 6	研究開発工程（ナトリウム管理技術の確立）	18
図 7	研究開発工程（プラント保全技術の確立）	18
図 8	研究開発工程（ナトリウム機器の技術蓄積）	19
図 9	研究開発工程（もんじゅ高度化）	19
図 10	「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」の実施体制	20

1. 研究開発課題名

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発

2. 目的

我が国初の発電する高速増殖原型炉である「もんじゅ」については原子力政策大綱において、早期に運転再開し、「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」とを10年程度以内を目途に達成することとされている。本研究開発はこれら所期の目的を達成するための研究開発を行うことを目的とする。併せて高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場として活用・利用することを実現していく。また、国際的な研究開発協力の拠点として整備し、国内外に開かれた研究開発を実施し、その成果を国内外に発信する。

3. 背景

(1) 社会のニーズへの適合性

「もんじゅ」の燃料増殖能力を使用した核燃料のリサイクル利用によりウラン資源の利用効率を飛躍的に向上させることが可能である。また、温室効果ガスである二酸化炭素を発電過程では排出しないという特徴を有している。したがって、社会が求めている長期に亘るエネルギー安定供給と地球温暖化対策に貢献する有力な技術を提供することができる。

高速増殖炉の実用化には、従来炉の設計情報、各種実験等に基づく実証炉及び実用炉の設計研究を進めると同時に、実際の原子炉でのトラブルも含めた運転経験に基づく改良や運転信頼性の実証が重要となる。高速増殖炉の研究開発を実際のプラントを用いて実施している国として、フランス、ロシアを挙げることができる。しかしフランスのフェニックス炉は本年プラントを停止した。今後は廃炉措置に入ることとなるため、「もんじゅ」に対して研究開発を担う実際のプラントとしての国際的な期待は高い。

「もんじゅ」における研究開発は安全の確保を大前提として進めている。すなわち、「もんじゅ」の設計・建設・運転に当っては、地震等の自然現象に対する対策はもとより、設備の故障や誤操作に起因して、内在する放射性物質が周辺公衆の健康に悪影響を及ぼす潜在的危険性を抑制する安全対策と、妨害破壊行為の潜在的危険性を抑制する防護対策を確実に整備・維持する。このために、深層防護の考え方によりこの潜在的危険性を抑制するための措置を講ずるとともに、その措置の品質が必要な水準に維持されていることを品質保証活動により検証している。

「もんじゅ」における研究開発を進めるためには、地元地域をはじめ国民

の理解と信頼が必要である。そのため、「もんじゅ」の運営に当たってはトラブル等の情報も積極的に発信する等「もんじゅ」での諸活動の透明性を高め、関連する情報の公開を進める。また、本研究の成果を積極的に国内外に発信する。

(2) 中期目標との整合

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）が達成すべき目標は、文部科学省と経済産業省とにより、平成 17 年 10 月 1 日に定められ、その後数回の変更を経た「独立行政法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中期目標）」に、「高速増殖炉の実用化に向けた研究開発の場の中核である高速増殖原型炉「もんじゅ」については、その開発の所期の目的である「発電プラントとしての信頼性の実証」及び「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」の達成に向けて、高速増殖原型炉「もんじゅ」の運転を再開し、100%出力運転に向けて出力段階に応じた性能試験を進める」と記載されている。

これを受け原子力機構では、平成 17 年 10 月 3 日に認可を受けた後、数回の変更を経た「独立行政法人日本原子力研究開発機構の中期目標を達成するための計画（中期計画）（平成 17 年 10 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日）」を定めた。この中期計画において、①高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発を進め、併せて地元福井県が進める②エネルギー研究開発拠点化計画に貢献することとしている。

「高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発」では、改造工事後の工事確認試験を経て、中断していた性能試験を早期に再開し、その後 10 年程度以内を目途に所期の目的を達成する計画である。

また、本研究開発を進める上で、福井県が進めるエネルギー研究開発拠点化計画と連携し、国内外に開かれた研究開発を行い、その成果を発信していくと共に成果を地域産業界等の活性化につなげるようにしていく。

なお、当該中期計画の記載は次の通りである。

○ 高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発について

高速増殖原型炉「もんじゅ」は、高速増殖炉サイクル技術の研究開発の場の中核として、運転開始後 10 年間で「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」という所期の目的を達成すべく、

- ① 漏えい対策等の改造工事及び長期停止機器等の点検・整備を行い、工事確認試験を終了する。
- ② その後、燃料交換を経て性能試験を再開し、
 - i 発電プラントとしての信頼性の実証・向上に向け、100%出力運転に向け

て出力段階に応じた性能確認を進める。

- ii 高速増殖炉の設計及び運転保守管理技術の高度化のため、起動・停止を含めた運転・保守データを取得し、プラントの熱過渡余裕等の設計裕度の検証や、運転信頼性の向上及びナトリウム取扱技術の確立を進める。

○ 立地地域の産業界等との技術協力について

国際的な研究開発拠点を目指す高速増殖原型炉「もんじゅ」については、福井県が進めるエネルギー研究開発拠点化構想と連携し、海外研究者の招聘、国際会議の開催、情報発信等を行う。さらに、幅広い研究開発や教育・人材育成のために「もんじゅ」を利用していくとともに、研究開発成果を公開することにより成果を地域産業界へ展開し、地元産業の活性化に貢献する。

(3) 必要性及び緊急性

1) 必要性

原子力委員会が平成 17 年 10 月 11 日に定めた原子力政策大綱において、エネルギー自給率が 4%と主要先進国中で最も低い我が国は、需要面では省エネルギー社会を目指すとともに、供給面ではエネルギー資源の輸入先の多様化により安定的で信頼できるエネルギー源の確保を図ることが不可欠であること、また世界のエネルギー需要の増大等に伴う地球温暖化問題への対応のために、省エネルギー努力に最大限に取り組む一方で、温室効果ガスである二酸化炭素の排出量の少ないエネルギー源を最大限に活用していくことが必要であるとされている。

また、この政策を実現し得る手段として、原子力発電は、二酸化炭素排出について発電過程では排出せず、発電所建設から廃止までのライフサイクル全体で見ても太陽光や風力と同レベルであり、二酸化炭素排出量が石油・石炭よりも少ない天然ガスによる発電と比べても 1 桁小さいこと及び放射性廃棄物は人間の生活環境への影響を有意なものとすることなく処分できること、さらに、原子力発電は核燃料のリサイクル利用により供給安定性を一層改善できること、高速増殖炉サイクルが実用化すれば資源の利用効率を飛躍的に向上できること等から、長期にわたってエネルギー安定供給と地球温暖化対策に貢献する有力な手段として期待できるとされている。

この高速増殖炉サイクルの実現を目指して、我が国では高速実験炉「常陽」を設計・建設・運転し、高速増殖炉の炉心技術及びナトリウムによる冷却技術の取得を図った。さらに、高速増殖原型炉「もんじゅ」を設計・建設・運転し、「常陽」よりも規模の大きな炉心技術及びナトリウムによる冷却技術に加え、水・蒸気系をナトリウム系に接続した発

電プラントとしての技術の取得を図っている。このように高速増殖炉の研究開発では、従来炉の設計情報、各種実験等に基づく設計研究を進めると同時に、実際のプラントでの運転経験データの取得が実証炉・実用炉の合理的な設計・運転を進める上で必要である。

このように、技術面においては、実証炉・実用炉の技術基盤となる「発電プラントとしての信頼性の実証」及び「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」は「もんじゅ」でしかできないため、本研究開発の必要性は大きい。

また、高速増殖炉サイクル技術の実用化は、国家基幹技術として 2050 年頃の実用化を目標に国を挙げた取り組みをしている。我が国初の発電する高速増殖炉として「もんじゅ」を安全かつ安定に運転し、その運転実績を積み重ねることは、高速増殖炉の実用化に向けて、国民の理解と信頼性を高める上で不可欠である。

2) 緊急性

実用炉の設計研究については、2010 年までに概念設計を実施し、その後、最適化設計を実施すること、また実証炉の設計研究については、2010 年までに概念検討を実施し、サイズと基数を暫定し、その後、概念設計を実施することとされ、さらに文部科学省の実用化戦略調査研究の評価報告書においても「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」とされている。

これら高速増殖炉の実用化を進めるためには、発電施設を備えた我が国初の高速増殖炉「もんじゅ」の技術と運転経験の反映は不可欠であり、この「もんじゅ」の運転経験と研究開発成果及び「実用化戦略調査研究」を踏まえて 2015 年頃を目途として高速増殖炉サイクルの実用化像と研究開発計画を提示することを計画している（高速増殖炉サイクル実用化研究開発（以下、「FaCT プロジェクト」という。）。）。そのため「もんじゅ」は早期に運転再開を行い性能試験、本格運転、定期検査等の発電プラントとしての運転経験を踏まえた研究開発成果をとりまとめなければならない緊急性が高い。

4. 研究開発計画

(1) 達成目標

「もんじゅ」による研究開発の達成目標として図 1 に示す次の 3 項目を計画する。

早期に運転再開を行い、10 年程度以内を目途に発電プラントとしての運転データの蓄積を図り、安全・安定運転を達成することにより発電プラントとしての信頼性を実証し、その成果を実証炉・実用炉に活用する。また、性能試験、本格運転、保守・補修等を通じた運転データに基づき高速増殖原型炉の設計技術評価を行う（発電プラントとしての信頼性の実証）。

また、同期間に「もんじゅ」の運転経験を通じてナトリウム管理技術を確立し、またプラント保全技術を確立することにより、ナトリウム取扱技術の確立を図る（運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立）。

さらに、「もんじゅ」を研究開発の場として活用・利用する方策を検討し、それを実行する（高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場としての活用・利用）。

(2) 実施内容及びスケジュール

「もんじゅ」の研究開発は長期に亘るため、図 2 に示すように、本研究開発計画では、運転再開後、所期の目的を達成する約 10 年を中心に研究開発計画を固め、2014 年を目途に中間的な成果のとりまとめを行う。それ以降の研究開発については「高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場としての活用・利用」として本研究開発の中で検討し、「もんじゅ高度化計画(案)」としてまとめる。なお、現在、「もんじゅ」は再起動のための準備及び運営・保安管理組織の見直し・強化を図っており、この点について原子力安全・保安院により厳格に検査されている。したがって、当該活動に関する事項は本研究開発の対象には含めない。

1) 発電プラントとしての信頼性の実証

本研究開発は「安全・安定運転の達成」、「性能試験」及び「原型炉技術評価」から構成される。

① 安全・安定運転の達成（図 3 参照）

実施内容

計画に従ったプラントの安全・安定運転を、運転開始後 10 年程度以内を目途にして行い、所期の性能を発揮できることを確認する。その間、原子炉の起動・停止、定格運転、定期点検、保守、トラブル対応等の運転経験の蓄積と安全・安定運転のための技術の確立を図る。

この運転を通じて、ナトリウム冷却発電炉としての保安規定、プラント起動停止操作、警報処置手順等の運転管理、燃料交換計画等の燃料管理等の各種管理要領類の体系を整備する。

また、点検・保守を通じて、プラント機器の健全性と保守性を実証し、保全プログラムを基礎とする定期検査・保守方法の確立と体系を計画書、要領書等として整備する。

さらに、ナトリウム漏えい、蒸気発生器での水漏えい、燃料の破損等の異常時に対して、異常検出方法の改善、異常時対応手順書の整備、異常発生後の処置要領の整備を行うことにより、ナトリウム炉での異常時対応法を整備する。

上述の整備された管理要領書等は実証炉・実用炉における当該要領書等の策定に活用する。

スケジュール

図 3 に示すとおり、運転手順書等の整備は、2009 年度から開始が予定されている性能試験前までに整備し、性能試験その後のサイクル運転を通じて、それらの改善を行う。

保全プログラムを運転開始前までに策定し、運転開始後の定期検査、保守・補修の経験を反映させ点検・保守体系の確立を図る。

異常時対応法の整備は、臨界達成後の実際の運転中に経験する異常状態への対処を通じて、整備を図る。

② 性能試験（図 4 参照）

実施内容

性能試験は炉心・遮へい試験及びプラント特性試験から構成し、炉心確認試験、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験の 3 段階で実施する。炉心・遮へい試験では、臨界から定格出力までの炉心・遮へい特性の確認、すなわち、制御棒価値の測定（過剰反応度、反応度停止余裕等）、反応度係数の測定、中性子及び γ 線量の測定を行い、当該データを取得するとともに、実際の炉心特性が設計の範囲内にあることを確認する。

プラント特性試験では、1 次主冷却系等の系統運転特性、タービントリップ等の異常模擬運転特性、中性子検出器及び水漏えい検出器等の計測制御特性、並びにナトリウム純度及びアルゴンガス純度等の化学分析評価を行い、当該データを取得するとともに、実際のプラント特性が設計の範囲内にあることを確認する。

また、これら取得したデータを集約してデータベースを構築する。

スケジュール

2009 年度から開始が予定されている性能試験の結果については、試験項目毎に各試験実施後に速やかにとりまとめる。また、出力上昇試験を開始する前には、炉心確認試験及び 40%出力プラント確認試験の結果に

基づく評価を行う。

性能試験を集約したデータベースは、性能試験後 2 年を目途に取りまとめる。

③ 原型炉技術評価（図 5(a) 及び図 5(b) 参照）

実施内容

本研究項目は、炉心・遮へい特性とプラント関係とに分けて記述する。

図 5(a) に炉心・遮へい特性の研究項目を示す。前回の性能試験で 40% 定格出力までの炉心特性データを取得している。この直後から「もんじゅ」は 14 年間停止しており、この間に核データの更新、評価方法の改良・開発が進められている。そのため、前回の性能試験のデータと今回実施する性能試験のデータとを合わせてもんじゅ炉心の核熱設計、遮へい設計の手法の検証を行うとともに、最新の研究開発成果に基づく核データ及び評価手法の検証を行う。性能試験後は、サイクル運転による燃焼特性評価を実施する。

図 5(b) にプラント関係の研究項目を示す。40% 出力プラント確認試験及び出力上昇試験で得られたデータを、系統設計、安全設計及び設備・機器設計の 3 分野に整理し、系統及び機器の性能評価を行う。

- 系統設計技術評価では、プラント全体、出力制御系、ナトリウム系、水・蒸気系のシステム設計やそれらに関連する機器設備や計測制御系を対象にして、プラント制御特性評価、プラント過渡特性評価等を行う。
- 安全設計技術評価では、炉心特性や工学的安全施設の特性等安全設計に係るプラント特性データを用い、異常な過渡・事故事象等を解析し、安全裕度の評価を行う。
- 中間熱交換器等の熱交換性能といった実際のプラントにおけるデータを用いた機器特性評価と「もんじゅ」設計時の設計評価値とを比較し、実際のプラントが持っている設計裕度を評価する。

また、簡易モデルと詳細モデルとを組み合わせた汎用性のあるプラント動特性解析コードを開発し、上記の評価結果を用いた検証を行う。

上述の評価結果及び評価手法は実証炉・実用炉の設計等に活用する。

スケジュール

図 5(a) に示す炉心・遮へい特性は、2009 年度から開始が予定されている性能試験データを用いる研究を 2014 年までに終了させ、その後は 2015 年以降の次期炉心及び高度化炉心に合わせて実施される各試験結果を用いて、核データ及び評価手法の検証を行う。

図 5(b)に示すプラント関係は、2009 年度から開始が予定されている性能試験結果を用いて、2014 年までに評価を終了させる。

2) 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立

本研究開発は、「ナトリウム管理技術の確立」、「プラント保全技術の確立」及び「ナトリウム機器の技術蓄積」とから構成される。

① ナトリウム管理技術の確立（図 6 参照）

実施内容

ナトリウム純度管理技術については、系統昇温や燃料交換に伴う不純物持込量とコールドトラップの不純物捕獲負荷等を評価し、ナトリウム中不純物除去特性に関する「もんじゅ」の設計の妥当性を評価する。また、プラグGING計の実際のプラントでのデータを評価し、プラグGING温度によるナトリウム純度管理と純度管理基準値の妥当性を評価する。さらに、ナトリウム純度管理技術の高度化を目指して高機能セラミックスを使用したナトリウム純化精製装置等の開発及び漏えいナトリウム迅速検出法の開発を行う。

洗浄処理技術については、燃料交換による照射済燃料集合体の洗浄で発生する放射性腐食生成物を含んだ洗浄廃液の減容固化技術に関する「もんじゅ」の設計の妥当性を確認し、洗浄系の系統除染の必要性を検討する。また、大型ナトリウム機器等の洗浄処理技術に関する「もんじゅ」の設計の妥当性を検討して課題を抽出し、現行の水蒸気洗浄に代わる新たな洗浄処理技術の開発を行う。さらに、点検、保守・補修に伴うナトリウム機器の開放・取出し等の取扱方法について検討を行い、定期検査への適用を図る。

放射性物質の冷却系内移行挙動について、高速増殖炉の冷却系内での放射性物質の生成、移行、それらの結果としてのプラント内線源分布を評価することを目的として、「もんじゅ」における当該データを取得し、各種解析コードの開発、検証・改良及び高度化を行い、評価手法の確立を図る。

上述の評価結果及び評価手法は実証炉・実用炉の設計等へ活用する。

スケジュール

図 6 に示すように、ナトリウム純度管理技術の確立・高度化については、2009 年度から開始が予定されている性能試験開始後よりデータの取得を始め、これらのデータを使ってコールドトラップの設計と現行の純度管理方法の妥当性を評価する。

また、コールドトラップ再生方法の検討とともに新型ナトリウム純化精製装置開発を進め、次期炉心においてこの装置を「もんじゅ」に適用することを目標とする。

放射性物質の冷却系内移行挙動評価については、性能試験開始後よりデータの取得を始め、これに合わせて解析コードの検証、改良整備を行い、所期の目的を達成する期間内に当該コードを使った挙動予測の評価を実施する。その後、高度化研究を進める。

② プラント保全技術の確立（図 7 参照）

実施内容

プラント保全技術については、ナトリウム冷却高速増殖炉の冷却材が軽水炉と異なりナトリウムであることによる特徴を考慮した研究開発を行う。軽水炉では冷却材に軽水を用いるため低温・高圧の冷却系となるが、高速増殖炉ではナトリウムを用いることから高温・低圧の冷却系となる。そのため、冷却材の漏えいが発生しても配管等が急速に破断することはないが、一方、熱サイクル疲労が構造負荷として重要になるという特徴を有している、またナトリウムは光学的に不透明であるため、ナトリウム中の構造物を直接光学的に観察することができない。これらはいずれも保全技術を研究開発する上で、在来の軽水炉技術の延長では対処できないことを意味している。

このような高速増殖炉の特徴を踏まえ「もんじゅ」の原子炉容器、1次主冷却系配管および蒸気発生器伝熱管を対象とする供用期間中検査（以下、ISI）装置の研究開発を進めており、第1回定期検査までに整備を終了した上で、保全プログラムに従い「もんじゅ」に適用し、高温・高放射線環境などを特徴とする高速増殖炉機器のISI技術を実証する。その後、「もんじゅ」で使用経験を蓄積しながら、検査の性能および効率を向上させるための改良を行い、実証炉・実用炉のISI装置開発に反映させる。

また、安全確保の充実とより合理的な保全活動の達成の観点から、高速増殖炉機器の検査・モニタリング技術、劣化診断技術、補修技術及び評価技術の開発を行い、「もんじゅ」を用いて有効性を検証する。これらの技術は高速増殖炉の規格・基準の策定に反映する。

上述の開発された技術及び策定された規格・基準は実証炉・実用炉に活用する。

スケジュール

図 7 に示すように、第 1 回定期検査前までに ISI 装置の整備を完了し、

2015 年頃に「もんじゅ」へ適用することで高速増殖炉機器の ISI 技術を実証する。

高速増殖炉機器の検査・モニタリング技術、劣化診断技術、補修技術及び評価技術については、要素技術の開発を継続的に行い、2015 年頃から「もんじゅ」へ試験的に適用する。また、2012 年頃までにプラント実環境を模擬した実験施設を整備する。

③ ナトリウム機器の技術蓄積（図 8 参照）

実施内容

図 8 に示すとおり、点検、保守・補修により集められる作業票・補修票の内容をデータベース化する管理システムの運用が図られており、また、初期の設計・建設段階の設計情報や今後行われる改造等の設計データも含めた設計情報データベースも運用を開始している。

保全データベースでは、上記管理システムデータも利用して、もんじゅの保全計画の策定、保全の品質向上、効率化等に資するため定期検査及び異常時の保守履歴や状態監視データ並びに検査点検の費用、人工、期間等に関するデータを集積し、実証炉・実用炉における機器の保全に関する内容を評価する基本的なデータを提供する。

高速増殖炉機器信頼性データベースでは、上記の管理システムに登録されるデータ並びに「常陽」及び「海外の高速増殖炉」に関するデータを用いてポンプ、弁、電気部品等の機器についての故障情報を抽出し、実証炉・実用炉における機器信頼性を評価するための基本データを提供する。

スケジュール

図 8 に示すとおり、保全データベースは 2010 年から設計・製作し、2013 年からの試験運用を経て、2015 年ごろから運用を開始する。高速増殖炉機器信頼性データベースは運用を開始しており、運転再開に伴いデータの拡充を図る。設計情報データベースはこれも運用を開始しており、設備変更がある都度、当該データの蓄積を行う。

3) 高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場としての活用・利用

本研究開発は、「もんじゅ高度化」計画として実施する。

先の原子力政策大綱には、所期の目的を達成した後に、「もんじゅ」で発生する高速中性子を研究開発に提供できることを踏まえ、燃料製造及び再処理技術開発活動と連携して、高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場として活用・利用することが期待されるとしている。そのた

め、今後の「もんじゅ」の研究利用を具体的に固めていく目的で、本格運転開始後を目途に「もんじゅ高度化計画（案）」を、性能試験結果を踏まえて策定し、機構内外での審議を受ける。

① もんじゅ高度化（図 9 参照）

実施内容

原子力政策大綱の期待に応えるために、実証炉・実用炉で採用が予定されている燃料密度を高密度化した中空燃料ペレットあるいは新しい被ふく管材料に関する燃料の技術実証を試験用燃料集合体あるいはドライバー燃料として段階的に「もんじゅ」で照射することを検討する。

高速中性子場としての利用のために、照射機能を持たせた炉心を検討する。当初は、材料照射機能及び日米仏 3 国によるマイナーアクチニド照射（燃料要素 1 本）を計画するが、その際、燃料集合体照射の可能性も合わせて検討する。また、高速中性子場として利用するために、炉心の変更と、照射済燃料の検査装置等の具体化の検討を行う。

さらに、高速増殖炉の経済性を向上させる技術である長期サイクル・高燃焼度化について、実証炉・実用炉の技術基盤を提供するために、当該技術を「もんじゅ」自体にも適用し、「もんじゅ」の炉心性能を向上させることを計画する。

以上の研究計画をまとめ、「もんじゅ高度化計画（案）」を策定する。

スケジュール

次期の高度化炉心への移行を 2015 年以降とし、本研究期間内に上記計画（案）を策定する。

(3) 実施体制及び要員計画

本研究開発の実施体制を図 10 に示す。次世代原子力システム研究開発部門長をプロジェクトリーダーとし、FBR プラント工学研究センターと「もんじゅ」運転管理を行う敦賀本部・高速増殖炉研究開発センターの両者が一体となって、次世代原子力システム研究開発部門の協力を得て研究開発を進める。

1) FBR プラント工学研究センター

約 50 名の要員（2009 年 4 月 1 日現在）で、1 室 5 グループから構成する。主たる役割は以下の通りである。

- 研究計画工程管理
- 性能試験要領等の準備及び試験結果の評価
- 原型炉技術評価

- ナトリウム管理・プラント保全技術の開発
- もんじゅ高度化計画

2) 高速増殖炉研究開発センター

約 280 名の要員（2009 年 4 月 1 日現在）で、2 室 3 部 10 課から構成する。主たる役割は以下の通りである。

- 「もんじゅ」の運転管理
- 性能試験の実施及び試験結果の整理
- ナトリウム管理・プラント保全技術開発のためのデータベースの構築
- もんじゅ高度化のための許認可申請

3) 敦賀本部

「もんじゅ」による研究開発を進めるにあたり必要な業務支援を行う。

4) 他部門との連携

次世代原子力システム研究開発部門とは、FaCT プロジェクトと「もんじゅ」研究開発との連携を進めるため研究開発ニーズと成果反映の調整を行う。また、許認可で必要となる解析評価コードの開発・整備、及び実証炉・実用炉における保守・補修の要求仕様の整備等で協力を行う。

大洗研究開発センターとの間では、ナトリウムの化学的特性に関する検討、常陽におけるナトリウム使用経験等について協力を行う。

また、核燃料サイクル工学研究所との間では、許認可で必要となる燃料関係の検討に関する協力を行う。

5) 他機関との連携

「もんじゅ」の運転により得られるデータにはメーカー等のノウハウが直接反映されるため、その取扱いには第 6 節で述べるような注意を払った上で、大学を含む他機関との連携を図り、原子力機構外部の研究機関の持つ知見を最大限活用するとともに、当該研究機関にも連携によるメリットが生ずるよう配慮する。特に、「もんじゅ」性能試験を実施するに当たっては、日本原子力学会での「もんじゅ研究利用特別検討専門委員会」での提言を踏まえ、外部研究者の試験提案反映や試験参画を進め、高速増殖炉技術を担う人材のすそ野が広がるように配慮する。なお、本特別検討専門委員会は、2009 年に原子力機構の「もんじゅ研究利用専門委員会」として改組され、同年より発足した。

(4) その後の計画について

本研究開発は、「もんじゅ」の所期の目的である「発電プラントとしての信頼性の実証」及び「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」を運転

開始後 10 年程度以内に達成するための研究開発を進めるが、長期に亘るため、中間的な評価のとりまとめを 2014 年を目途に実施する。その後は、これら所期の目的を達成するため中間評価を踏まえて後半の研究開発を進める。また、「もんじゅ」の原子炉の特徴を踏まえて燃料サイクルと連携をとりながら中性子照射場としての利用や高速増殖炉の実用化に向けた技術実証の場としての利用を計画し、「もんじゅ高度化計画(案)」の実現を図る。さらに、高速増殖炉の実用化には人材育成も重要な視点であり、併せて本計画の中で考慮していく。

5. 期待される成果及び反映

「もんじゅ」の安全・安定運転の実績は高速増殖炉の運転信頼性を高めることになる。運転実績に基づく研究開発の成果は、研究報告書、技術報告書等に取りまとめる。また、ナトリウム冷却高速増殖炉の設計解析コード、運転手順書、保安規定、保守・補修要領書等としてまとめる。また、保全データベース及び高速炉機器信頼性データベースを構築する。これらの成果は、実証炉・実用炉の設計、設置許可申請書の作成、運転、保守・補修等に活用される。加えて、「もんじゅ」の運転及び関連する研究開発を通じて人材育成と技術継承を進め、高速増殖炉プラント技術の維持発展につなげる。

6. 成果に対する情報公開の考え方

「もんじゅ」における研究開発の成果は、日本及び世界のナトリウム冷却高速増殖炉の設計・建設・運転に関して実際のプラントデータの提供及び当該データに基づく評価手法の提供に係るものであるから、得られた成果について国内外の有識者の公正な評価を受けることが必要と認識している。また、成果は研究報告書、技術報告書等として取りまとめ、原子力機構の情報公開指針に基づき公開する。

なお、国際的研究開発の拠点化に伴い海外の研究者、連携大学による大学の研究者が直接「もんじゅ」で実際に取得されたデータに触れる機会があるため、これらの研究者との間で結ぶ協力協定等の中に情報公開に係る条項を設け、適切な情報管理を行う。

7. その他特記すべき事項

(1) 国際的研究開発の拠点化

原子力政策大綱には、「もんじゅ」及びその周辺施設を国際的な研究開発協力の拠点として整備し、国内外に開かれた研究開発を実施し、その成果を国内外に発信していくべきであるとされている。また、福井県エネルギー研

究開発拠点化計画との連携も期待されている。このため、日仏二国間協力協定、日米仏三ヶ国協力協定及び第四世代原子力システム国際フォーラムなどの国際協力の枠組みを利用した共同研究を進め相互の技術向上を図りながら海外研究者の参加を促進する。国内的には日本原子力学会、連携大学等により「もんじゅ」に係わる共同研究利用について促進を行う。

また、敦賀国際エネルギーフォーラム等、国際会議・専門家会議を開催し国際的な情報交換が可能な場を設定する。

(2) 人材育成と技術継承

「もんじゅ」における研究開発は実際のプラントを対象とすることから将来の高速増殖炉プラントの技術者の育成とプラント技術継承の場として利用する。特に、施設の改造などを行う場合、関係する研究開発、設計、許認可、製作、工事など実際のプラントを対象とした技術経験をすることができる。また、国内外の学術機関やメーカー、電力事業者とも交流を図り、双方向の技術交流やもんじゅ研究利用による研究開発の参加を促進する。

さらに、日仏ナトリウム学校、海外研修生の受入、原子力夏の大学等国内外の学生、若手研究者・技術者の研修を実施し、高速増殖炉技術を理解できる人材の裾野の拡大を図る。

(3) 福井県のエネルギー研究開発拠点化計画との関連

福井県が進めるエネルギー研究開発拠点化計画について、上記(1)の国際的研究開発の拠点化を同計画と連携して進める。このために、2009年4月に、敦賀の次世代原子力システム研究開発部門を改組し、FBRプラント工学研究センターとして発足させた。同センターでの高速増殖炉実用化に向けたプラント技術の研究開発活動及び「もんじゅ」を利用した実用化技術の実証等の検討を踏まえて、「もんじゅ高度化計画(案)」等に反映していく。

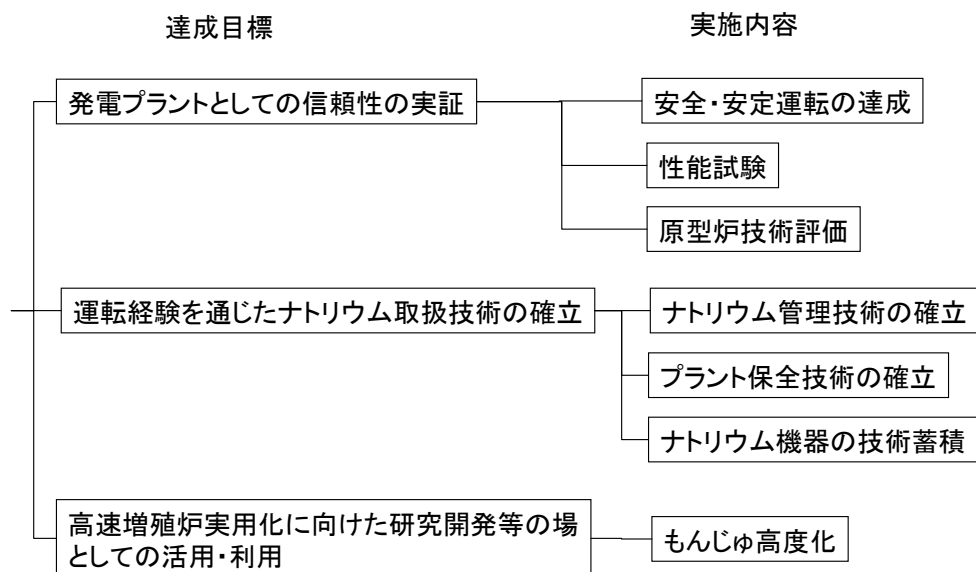


図1 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関するWBS

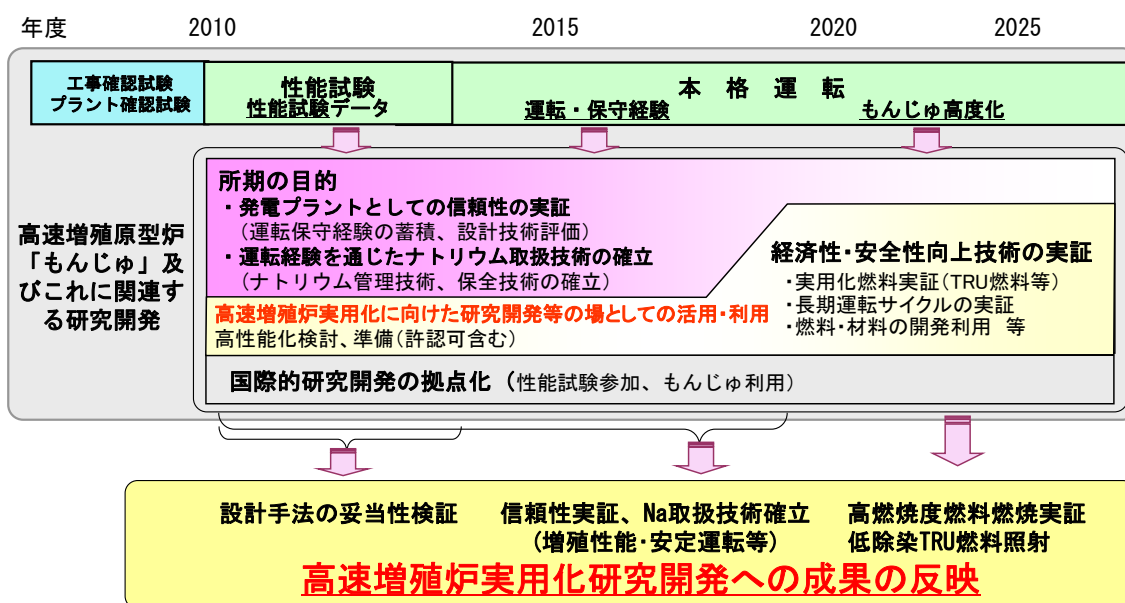


図2 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関する研究開発計画

細 目	2010				2015				2015以降	実施内容
もんじゅマスター工程	改造工事	臨界	性能試験	運転	現行炉心	次期炉心・高度化炉心				
(1) 運転管理に係る規則・基準等の体系化					サイクル運転					◆ FBR発電プラントの運転管理に係る規則類（保安規定、運転手順書）、基準等の整備 ◆ 性能試験やサイクル運転実績の反映による規則類、基準等の改善と体系化
(2) 保全プログラム、データベースの作成・充実	保全プログラムの整備				性能試験の反映	サイクル運転実績の反映				◆ 保全プログラムの作成 ◆ 運転・保守実績からFBR発電プラントの保全データベースを作成 ◆ 保全データベースからのフィードバックによる保全プログラムの改善

図3 研究開発工程（安全・安定運転の達成）

細 目	2010				2015				2015以降	実施内容
もんじゅマスタリング工程	改造工事	臨界	性能試験	運転	現行炉心	次期炉心・高度化炉心				
1. 性能試験					サイクル運転					概 要 性能試験は、臨界から定格出力までのプラント系統設備の設計及び性能確認、試験データに基づく設備安全裕度、運転性、保守性等の妥当性評価、将来炉のための実機データの集約等を目的に行う。 このような目的から試験項目を抽出し、各試験の内容、工程、要員、体制等の検討を行い、試験準備を行う。
(1) 炉心・遮へい試験										(1) 炉心・遮へい試験 ・炉心・遮へい特性試験の準備、実施、結果のまとめ ・大学、海外研究機関等との連携
(2) プラント特性試験										(2) プラント特性試験 系統運転試験、異常模擬試験などで得られるデータを整理し、この結果から系統や設備が所定の機能、性能を満足しているかを各試験毎に確認する。

図4 研究開発工程（性能試験）

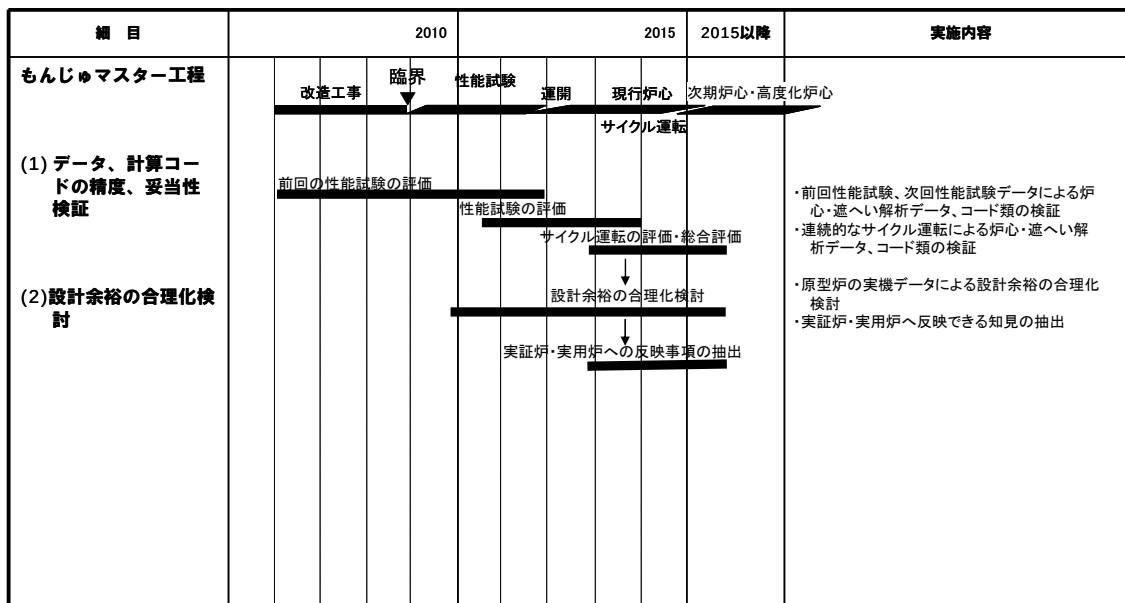


図5(a) 研究開発工程（原型炉技術評価（炉心・遮へい特性））

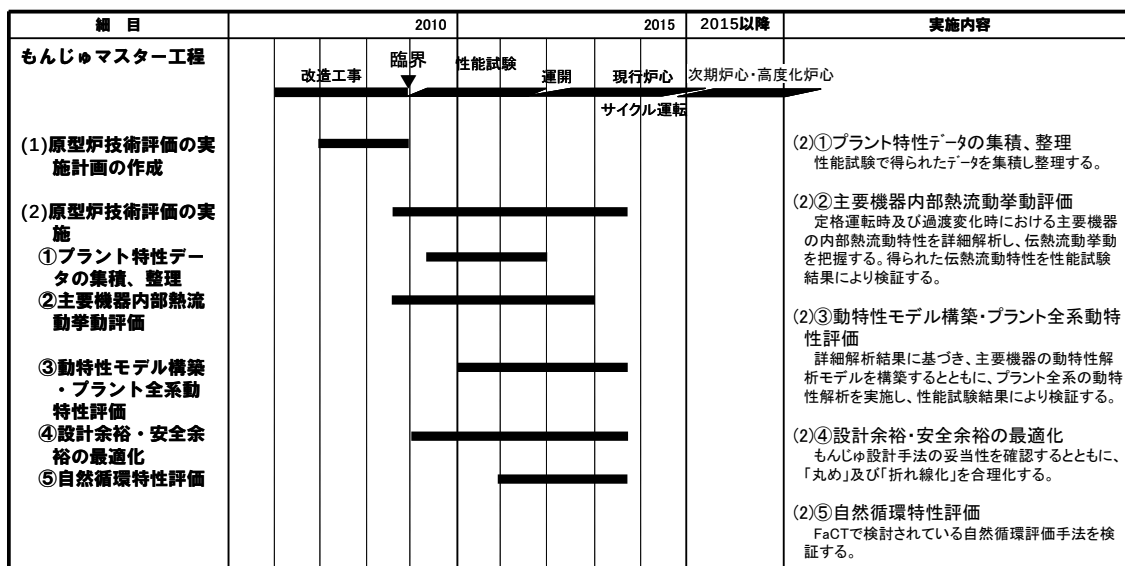


図5(b) 研究開発工程（原型炉技術評価（プラント関係））

細目	2010				2015				2015以降	実施内容
もんじゅマスター工程	改造工事	臨界	性能試験	運転	現行炉心	次期炉心・高度化炉心				
(1)ナトリウム純度管理技術の確立・高度化	不純物持込量評価、CT特性確認、Na純度管理評価	CT再生方法検討、新型Na純化精製装置開発	新型水素計・酸素計開発等	サイクル運転			◆ 不純物持込量評価、コールドトラップの特性確認と不純物捕獲負荷評価、ナトリウム純度管理方法と純度基準値評価 ◆ コールドトラップ再生方法検討、高機能セラミックスNa純化精製装置開発とトリチウム移行抑制・除去回収技術開発及び「もんじゅ」への適用 ◆ ニッケル膜式水素計に代わる新型水素計・酸素計開発と漏えいナトリウム迅速検出法及びナトリウム中不純物迅速分析法開発及び「もんじゅ」への適用			
(2)ナトリウム洗浄処理技術の確立	S/A洗浄廃液減容固	七技術評価、点検時Na機器取扱方法確立	大型ナトリウム機器等洗浄処理技術開発				◆ 燃料交換に伴うS/A洗浄廃液の減容固化工術評価、点検時Na機器取扱方法検討 ◆ 水蒸気洗浄に代わる大型ナトリウム機器等洗浄処理技術開発			
(3)放射性物質の冷却系内移行挙動評価	データ取得	コード検証、改良整備、挙動予測評価	高度化、評価手法の確立・運用				◆ 放射性腐食生成物(OP)、トリチウム、放射性核分裂生成物(FP)の冷却系内移行挙動とプラント内線源分布に関するデータ取得 ◆ 高速炉保修線量評価システム「DORE」内蔵のCP挙動解析コード(PSYCHE)と線量率解析コード(QAD-CG)、トリチウム挙動解析コード(TTT)、FP挙動解析コード(SAFFIRE)の検証・改良整備と「もんじゅ」運転初期運転段階における挙動予測評価 ◆ 各コードの高度化と評価手法の確立・運用			

図6 研究開発工程（ナトリウム管理技術の確立）

細目	2010				2015				2015以降	実施内容
もんじゅマスター工程	改造工事	臨界	性能試験	運転	現行炉心	次期炉心・高度化炉心				
(1) 供用期間中検査技術の開発	開発整備				サイクル運転		◆ 「もんじゅ」の原子炉容器、1次主冷却系配管および蒸気発生器伝熱管を対象とする供用期間中検査装置を第1回定期検査までに整備し、「もんじゅ」に適用 ◆ 高温・高放射線環境などを特徴とする高速炉機器のISI技術を実証			
(2) 検査・モニタリング技術、劣化診断技術、補修技術及び評価技術の開発	調査・分析、候補技術検討	手法検討、要素技術開発					◆ 安全確保の充実とより合理的な保全プログラムの確立の観点から、最新の技術を調査・分析し、高速炉機器の検査・モニタリング技術、劣化診断技術、補修技術を開発 ◆ 高速増殖炉の規格・基準の策定に反映			

図7 研究開発工程（プラント保全技術の確立）

細 目	2010				2015		2015以降	
もんじゅマスター工程	改造工事	臨界	性能試験	運転	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
(1) 保全データベースの構築		調査	①DB設計・製作 データ収集	②試運用、改良	③運用、高度化			概 要 複数サイクルの運転及び定期検査を行うことにより、2015年までに主要ナトリウム機器の運転及び点検・保守実績に基づいて、機器の健全性、性能、保守性、ナトリウム影響、経年変化等を評価する。また、故障が発生しやすい機器とその発生率などを活用した運転及び保守計画の検討に使用するため、機器信頼性データベースを整備、データ蓄積を行う。また、設計情報データベースは、知識の保存・共有化により、高速炉開発に資する。
	既存DBシステム (作業票・保修票管理システム等)			データ利用				
	省令施行			運用・機能向上				
(2) 高速炉機器信頼性データベース(CORDS)の整備、データ蓄積			保全システムとの連携		運用・機能向上			(1)保全データベースを構築し、定期検査及びトラブル時、保守履歴や状態監視データ等を蓄積する。自らの保全データを保全計画へ適切に反映することによりPDCAサイクルを重ね、保全の品質向上、効率化、コスト低減を図る保守実績(不具合事項と改善策等)は実証炉等の設計に反映
(3) 設計情報データベースシステム			データ拡充システム化(MONDE)へのデータ蓄積		運用・機能向上			(2)CORDSへのデータ転送、データの仕様の詳細を決定、本格運用開始している。これまで、ポンプ、弁、電気部品などの機器についての故障情報、約150件をもんじゅの保守完了報告書より抽出し、CORDSに記録した。
								(3)建設段階の設計情報データに加え、ナトリウム漏えい対策で変更された設備の設計データ等、合計で約7,200件のデータが蓄積されている。現在、燃料組成変動に伴う設計変更情報を入力している。今後も設備変更があれば、適宜、データを蓄積していく。

図 8 研究開発工程（ナトリウム機器の技術蓄積）

細 目	2010				2015				2015以降	実施内容
もんじゅマスター工程	改造工事	臨界	性能試験	運転	現行炉心	次期炉心・高度化炉心				
(1) もんじゅ炉心の高度化		高度化準備検討			設計・許認可	経済性向上 照射利用	◆ 高度化炉心概念の構築、必要データの蓄積 ◆ 高度化炉心の設計・許認可 ◆ オンサイトでの試験体組立て、照射後確認機能の検討と施設の設計建設			
(2) オンサイトホットラボ		施設検討			設計・建設	照射後試験等				

図 9 研究開発工程（もんじゅ高度化）

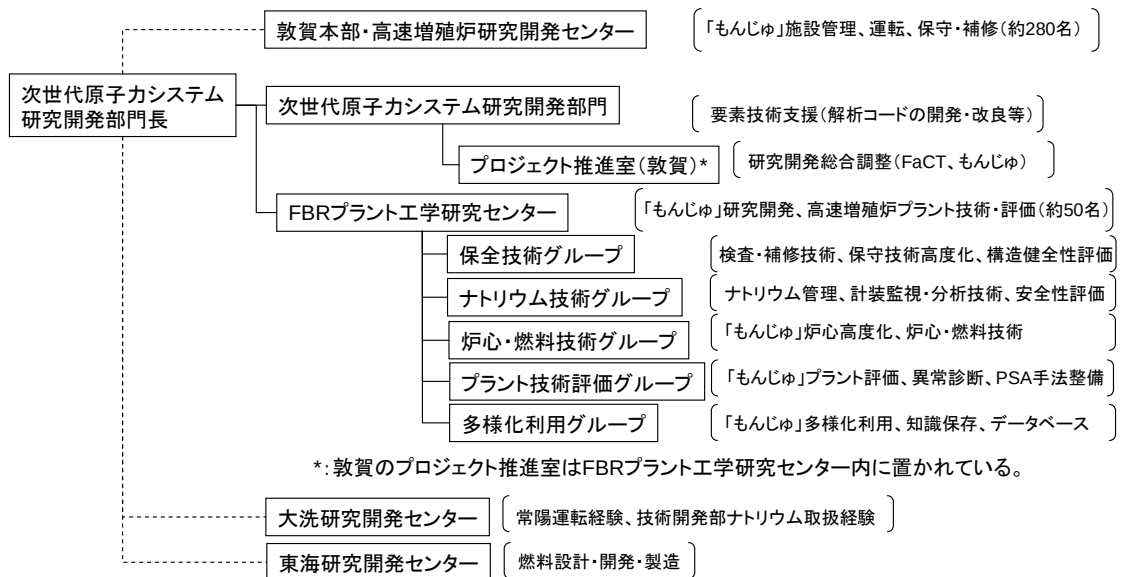


図10 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」の実施体制

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発 及びこれに関連する研究開発

評価方法 [マネジメントレビュー] (案)

平成21年9月3日
次世代原子力システム/核燃料サイクル
研究開発・評価委員会

プロジェクトレビュー/マネジメントレビュー(背景) (1)

原子力委員会 声明・見解

「国家基幹技術としての高速増殖炉サイクル技術の研究開発のあり方」(抜粋)

(平成18年7月11日)

- ◆ この研究開発の中核的实施機関である日本原子力研究開発機構には、第1に、その研究開発活動が、その知識ベースを世界規模に維持しながら、その組織の全ての能力を効果的に活用して高い品質で行われるようにする責任がある。
- ◆ この責任を果たすためには、取り組むべき課題に対する**取組の担い手や取組方法が資源の最も効果的な活用の観点から妥当であることを、たとえば複数の取組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**などして保証していく、プロジェクトレビューをまず充実させるべき。
- ◆ 取組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それらの報告に対する同業者批判を効果的に活用する他、分野毎に国内外の専門家、成果の顧客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、**取組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を充実させるべき。

プロジェクトレビュー/マネジメントレビュー(背景) (2)

『高速増殖炉サイクル技術の今後の10年程度の間における 研究開発に関する基本方針』(抜粋)

平成18年12月26日
原子力委員会決定

5. 国及び研究開発機関は、それぞれの取組を進めるに当たって、以下に示す事項に配慮する。

(4) 研究開発活動の中核組織である原子力機構は、研究開発成果が性能目標を満足する可能性についての国内外の専門家によるレビューを実施するとともに、**プロジェクトレビュー**及び**マネジメントレビュー**を行う体制の充実を図り、レビュー結果を研究開発の計画や計画の進め方に反映すること。

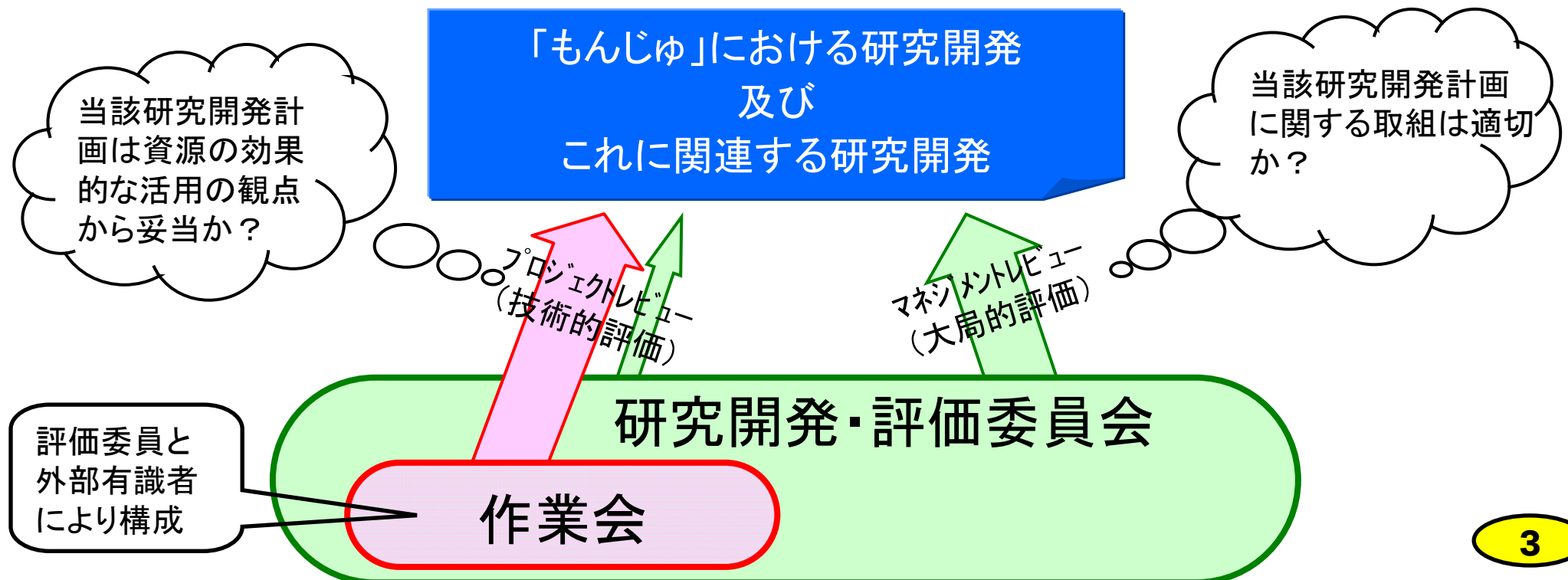
二種類の評価

● 「もんじゅ」の事前評価として

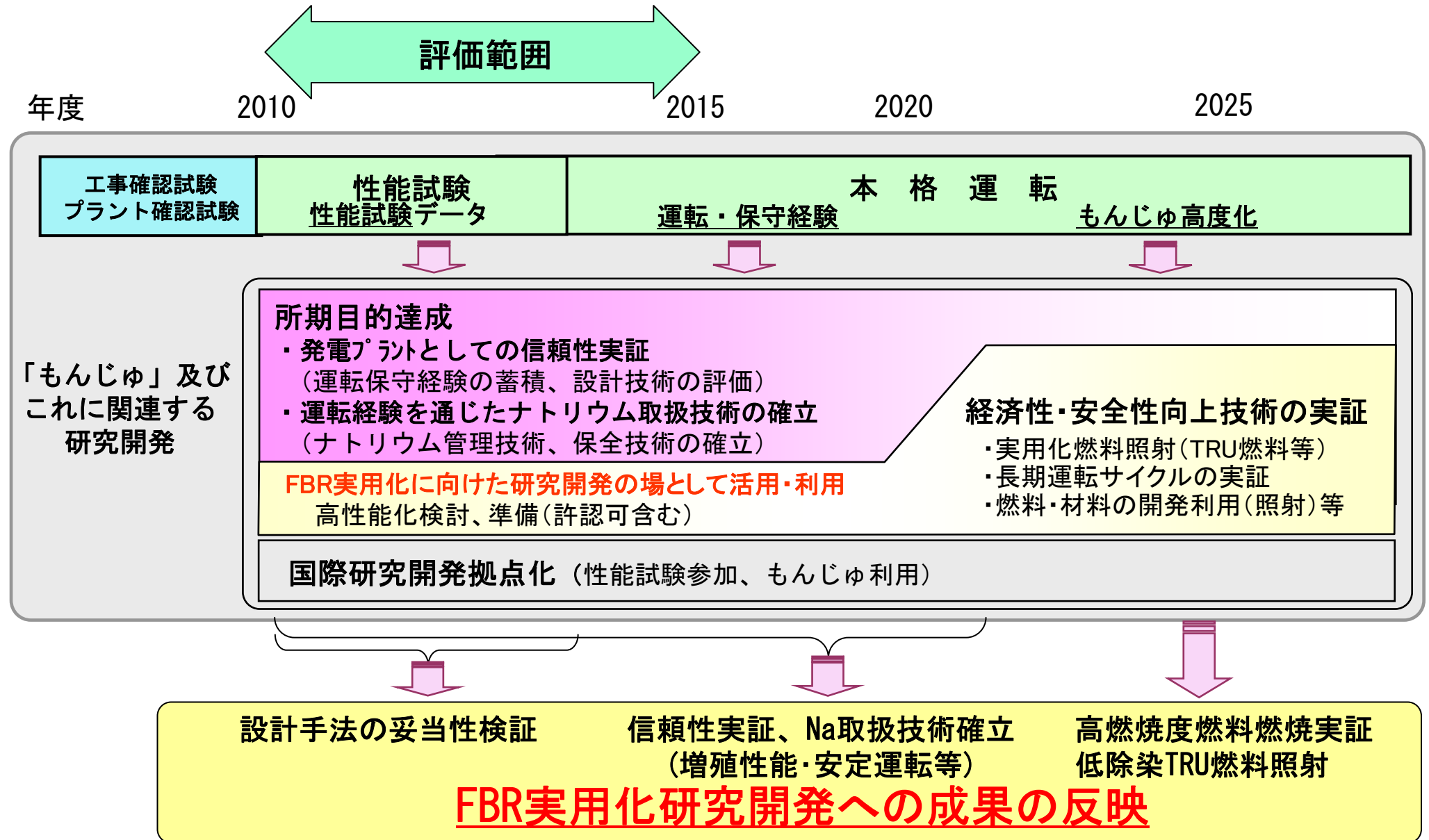
- ・プロジェクトレビュー [技術的評価]
- ・マネジメントレビュー [大局的評価] (開発管理、組織、体制、要員など)

を実施する。

● プロジェクトレビューについては、委員会活動の一環として**作業会方式**で詳細な審議を行う。



「もんじゅ」における研究開発計画



マネジメントレビューの評価を行う範囲(1)

○原子力政策大綱

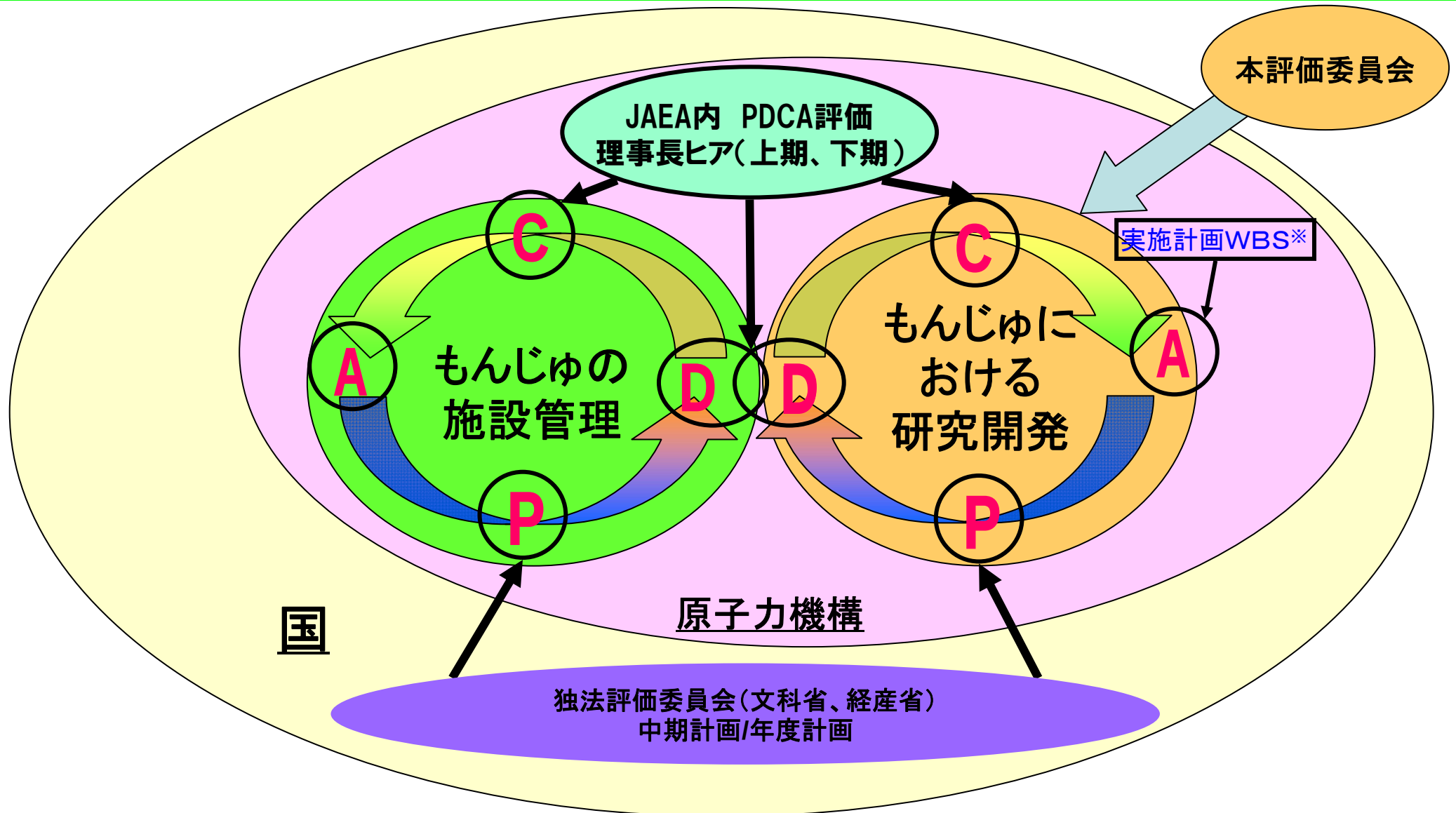
- ・10年程度以内を目途に「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」という所期の目的を達成すること
- ・高速増殖炉の実用化に向けた研究開発等の場として活用・利用すること
- ・「もんじゅ」及びその周辺施設を国際的な研究開発協力の拠点として整備すること

◎本研究は「もんじゅ」の運転に合わせた長期にわたる研究開発であるが、最初のマイルストーンとしてFaCTプロジェクトで設定している2015年を目途に本研究の中間評価を行う。

評価を行う範囲

「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発に係る2015年までの計画及びその進め方

マネジメントレビューの評価を行う範囲(2)



※WBS【Work Break-down Structure】: プロジェクトを完遂させるために必要な全ての作業を分割可能な単位に細分化し、ツリー構造で表す手法

マネジメントレビューと評価の視点

- マネジメントレビューでは、「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発推進のための研究開発体制、研究開発の評価体制や仕組みについて評価を行う。

➤ 実施体制

- ・長期にわたる研究開発を実施できる仕組みが用意されているか
(推進体制、評価体制)
- ・経営トップの意思が周知され、かつ現場での計画の見直しが、経営層によって適切に評価できる仕組みであるか。
- ・性能試験についてプラント運転管理部門と研究開発部門とが一体となった取組ができているか。

➤ 人材育成・技術継承

- ・日常の研究開発以外に、人材育成・技術継承に有効な方策を計画しているか。

➤ 国際協力・情報管理

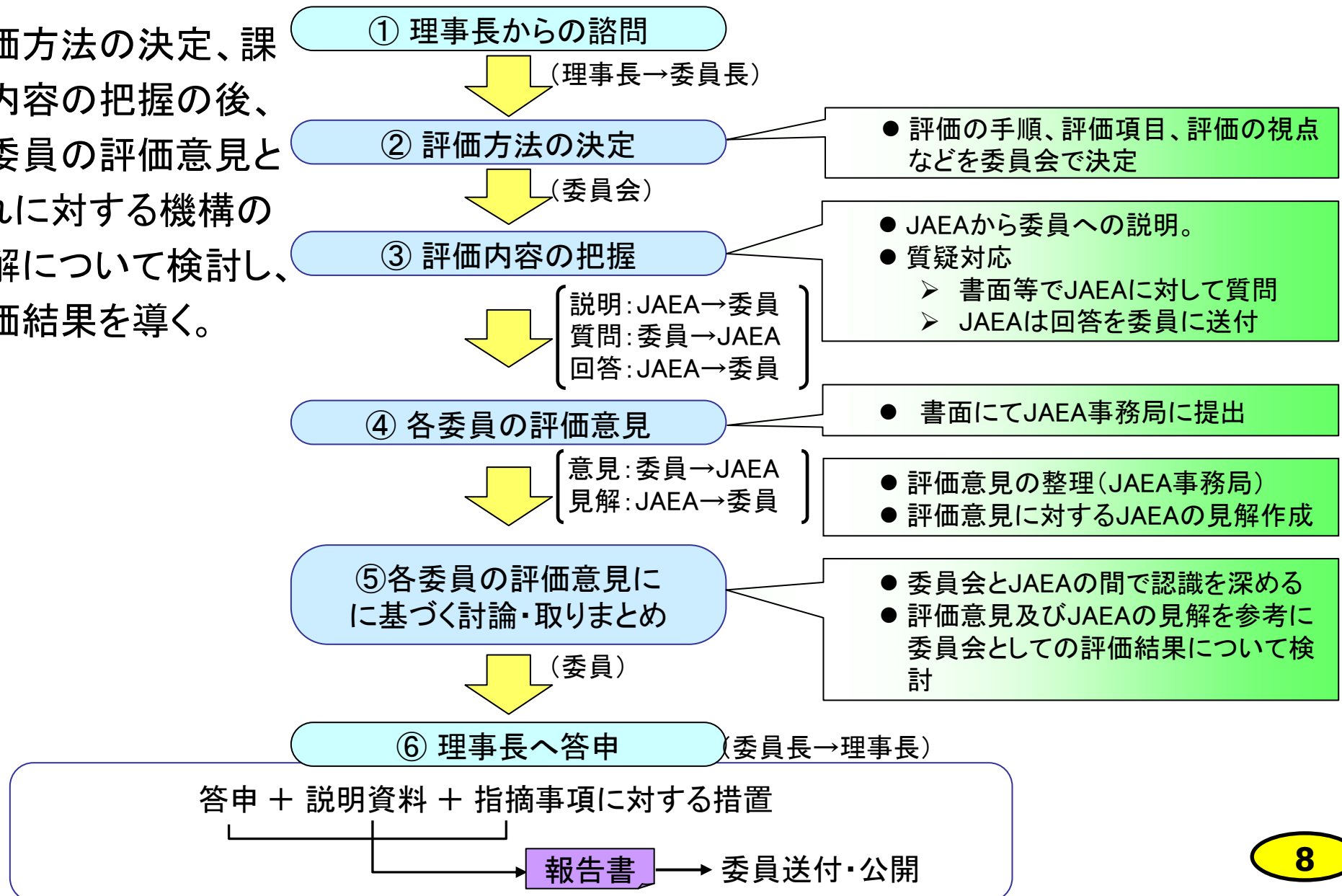
- ・情報管理を適切に行う仕組みができているか。

➤ 品質保証

- ・研究開発における品質保証の考え方は適切か

評価の流れ

- 評価方法の決定、課題内容の把握の後、各委員の評価意見とこれに対する機構の見解について検討し、評価結果を導く。



高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発 及びこれに関連する研究開発

課題説明資料 [マネジメントレビュー]

平成21年9月3日

日本原子力研究開発機構

次世代原子力システム研究開発部門

目次

1. 「もんじゅ」における研究開発マネジメント方針
2. 組織体制/外部機関との連携
3. 機構におけるPDCAと意思決定
4. 要員確保（計画）と人材育成・技術継承
5. 国際協力
6. 情報に関するマネジメント
7. 品質保証

補足資料：

「もんじゅ」における研究開発のPDCAプロセス（補足）

1. 「もんじゅ」における研究開発 マネジメント方針

- 1. 1 「もんじゅ」における研究開発マネジメントの考え方**
- 1. 2 マネジメントレビューの評価を受ける範囲**
- 1. 3 「もんじゅ」による研究開発計画(全体)**
- 1. 4 「もんじゅ」による研究開発計画(性能試験)**

1. 1 「もんじゅ」における研究開発マネジメントの考え方

- 高速増殖炉とその関連するFBRサイクルの実用化を進める上で、(もんじゅにおける)発電炉としての設計、建設経験で得られた知見や、今後の運転を通して得られる知見は必要不可欠である。「もんじゅ」を活用し、高速増殖炉の合理的なプラント設計、運転・保守方法を獲得することで、発電プラント技術の確立を図る。
- 原型炉技術評価を行うと共に、2015年までのFBR実用化技術の確立(実証炉の概念設計取りまとめ)に「もんじゅのデータ」を着実に反映するため、「もんじゅ」での研究開発の管理にあたっては、「計画の策定」、「実施」、「評価」、「反映」を的確に行う(「PDCAサイクルの実施」)。
- 原型炉技術評価の着実な実施と「もんじゅ」の運転工程及びFBR実用化研究開発への成果の反映時期を見据えた長期研究開発計画を具体化している。

・計画

独立行政法人の業務管理の仕組みに従い、高速増殖原型炉「もんじゅ」及びこれに関連する研究開発計画を、機構の中期計画(5年単位)、及び、中期計画が定める目標の達成に必要な当該年度の措置についての年度計画に展開する。

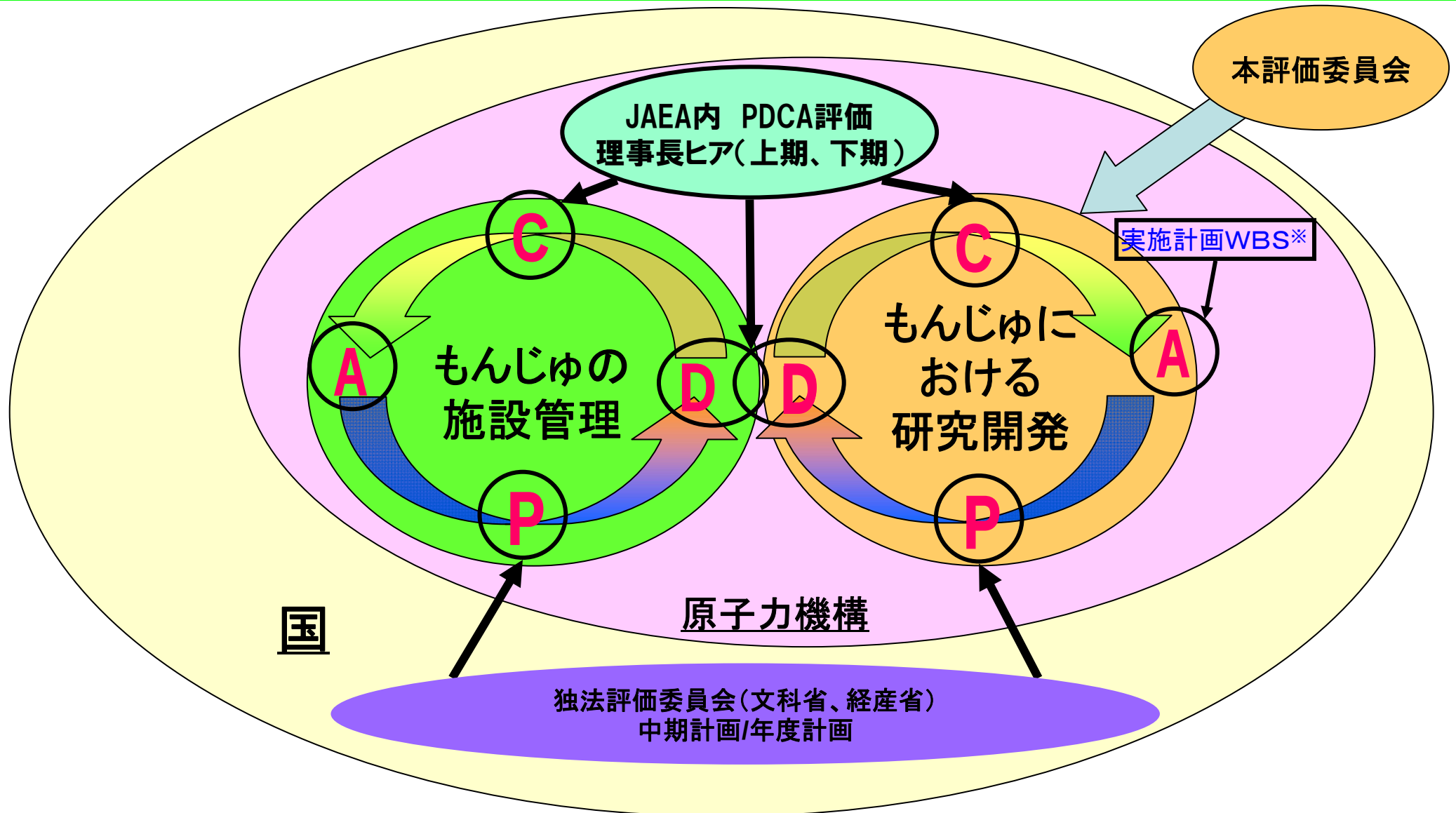
・実施、評価

- ・「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づく外部評価(研究開発・評価委員会)を受ける。
- ・年度上期終了時、及び年度終了時に実施状況を確認し、実施状況の達成度等の評価を行う。(理事長ヒアリング、独法評価委員会、等)

・反映

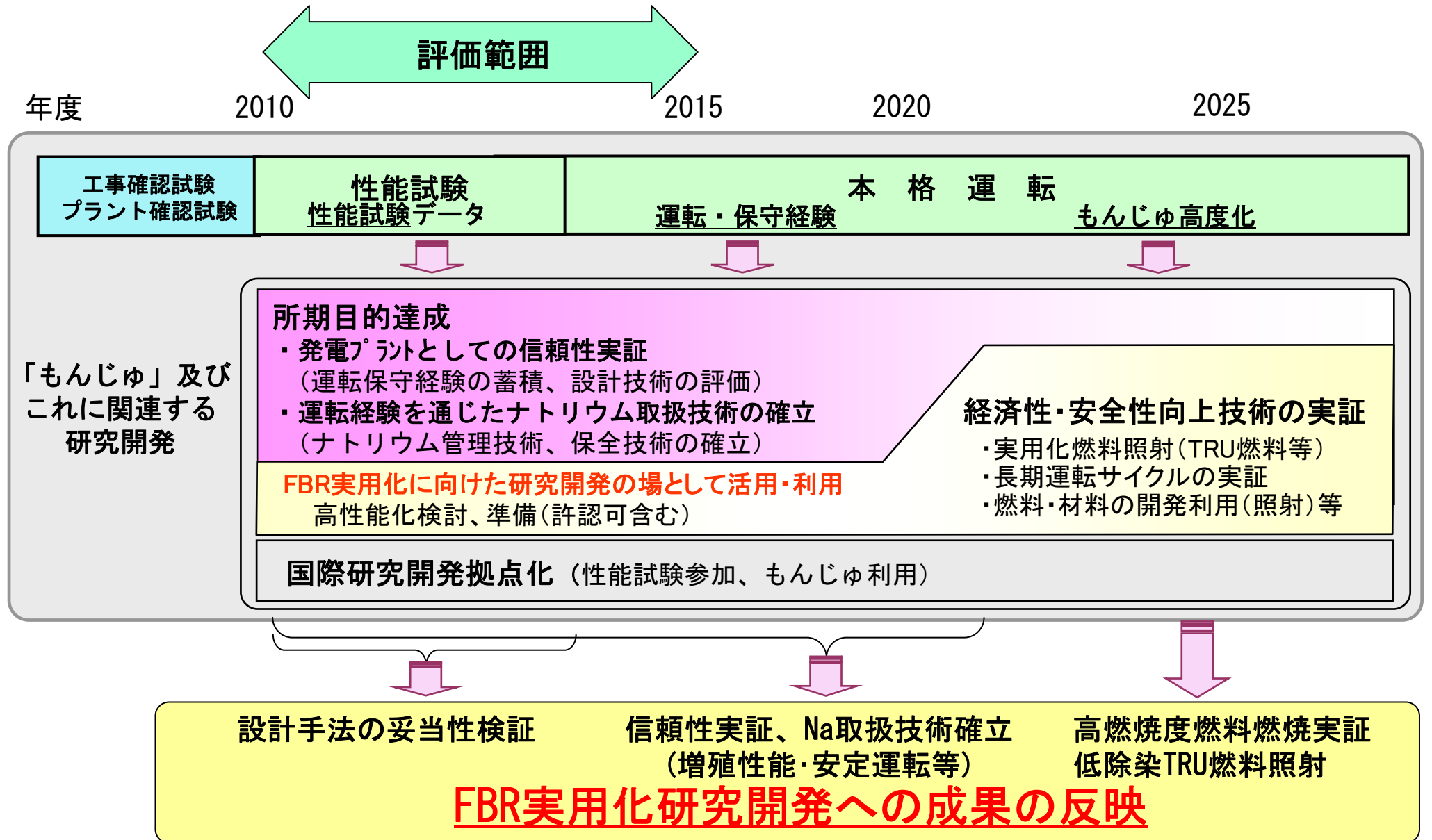
評価結果をもって、計画の策定、その他「原型炉技術評価」と「発電プラント技術の確立」に適切に反映させる。

1. 2 マネジメントレビューの評価を受ける範囲



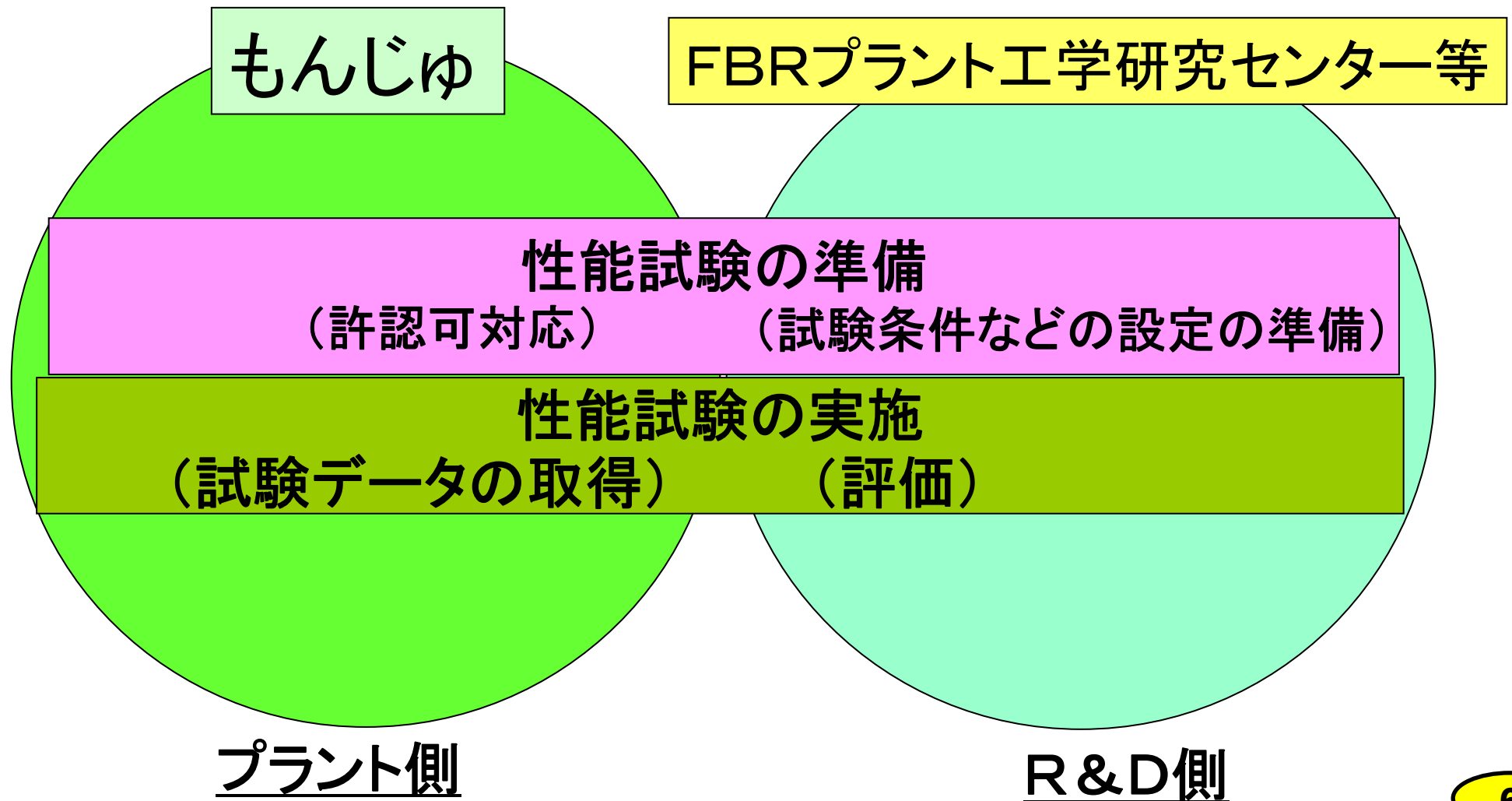
※WBS【Work Break-down Structure】:プロジェクトを完遂させるために必要な全ての作業を分割可能な単位に細分化し、ツリー構造で表す手法

1. 3 「もんじゅ」における研究開発計画



1. 4 「もんじゅ」による研究開発計画（性能試験）

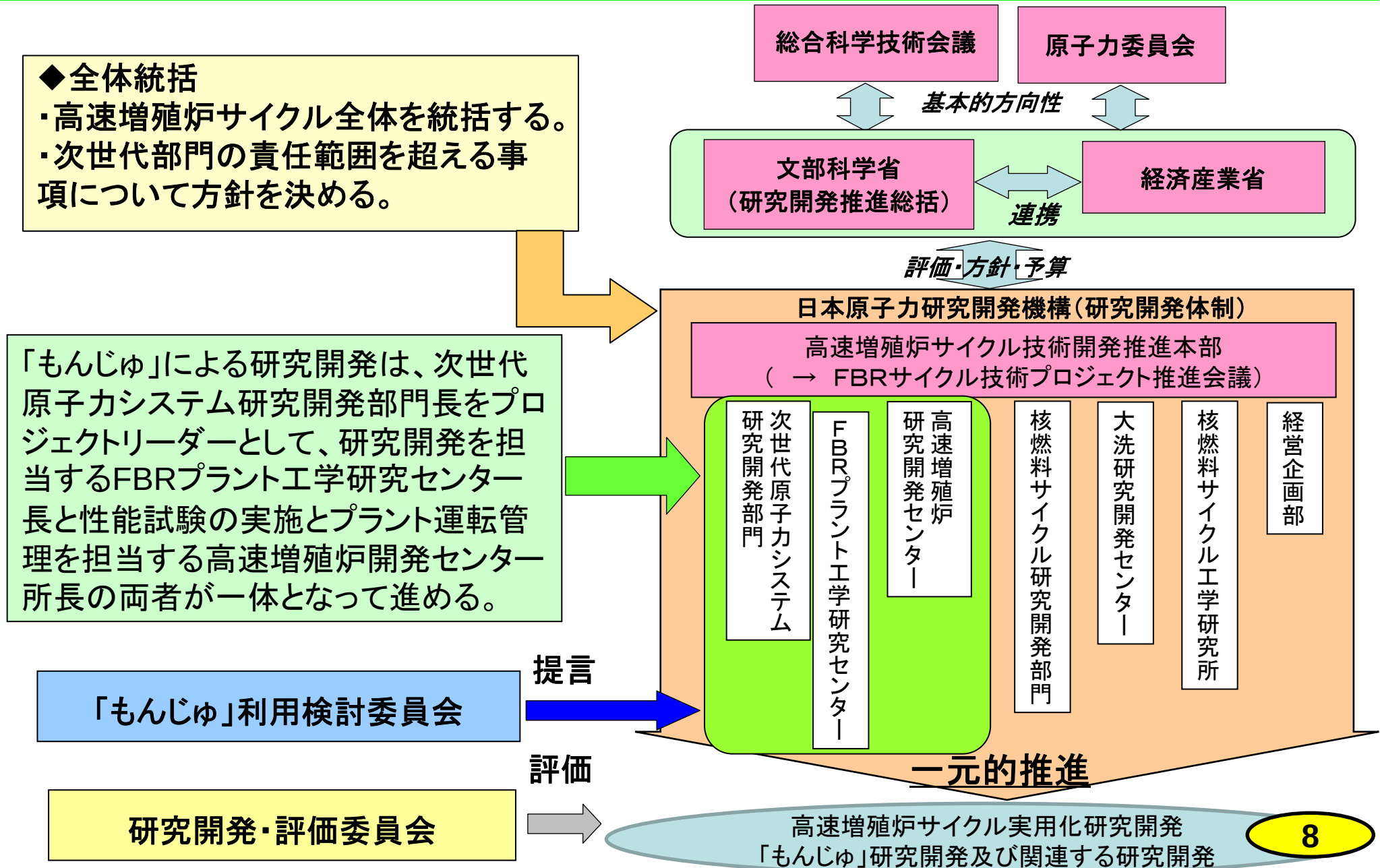
性能試験実施については一体的に行う



2. 組織体制／外部機関との連携

- 2. 1 機構における「もんじゅ」研究開発体制**
- 2. 2 「もんじゅ」研究開発WBSと役割分担**
- 2. 3 「もんじゅ」研究開発における外部機関との連携**

2. 1 機構における「もんじゅ」研究開発体制



2. 2 「もんじゅ」研究開発WBSと役割分担(1/2)

マネジメント評価期間のWBSであり、順次レベルアップしていく

1. 発電プラントとしての信頼性実証

主な担当部署

1) 安全・安定運転の達成

〔・高速増殖炉研究開発センター
・FBRプラント工学研究センター〕

2) 性能試験

〔・高速増殖炉研究開発センター
・FBRプラント工学研究センター〕

3) 原型炉技術評価

〔・FBRプラント工学研究センター
(炉心燃料技術Gr、プラント技術評価Gr.)〕

2. 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立

1) ナトリウム管理技術の確立

〔・高速増殖炉研究開発センター
・FBRプラント工学研究センター
(ナトリウム技術Gr)〕

2) プラント保全技術の確立

〔・高速増殖炉研究開発センター
・FBRプラント工学研究センター
(保全技術Gr、ナトリウム技術Gr.)〕

3) ナトリウム機器の技術評価

〔・高速増殖炉研究開発センター
・FBRプラント工学研究センター
(ナトリウム技術Gr、多様化利用Gr.)〕

3. FBR実用化に向けた研究開発の場として活用・利用

1) もんじゅ高度化

〔・FBRプラント工学研究センター〕

2. 2 「もんじゅ」研究開発WBSと役割分担(2/2)

【部門・拠点間連携】

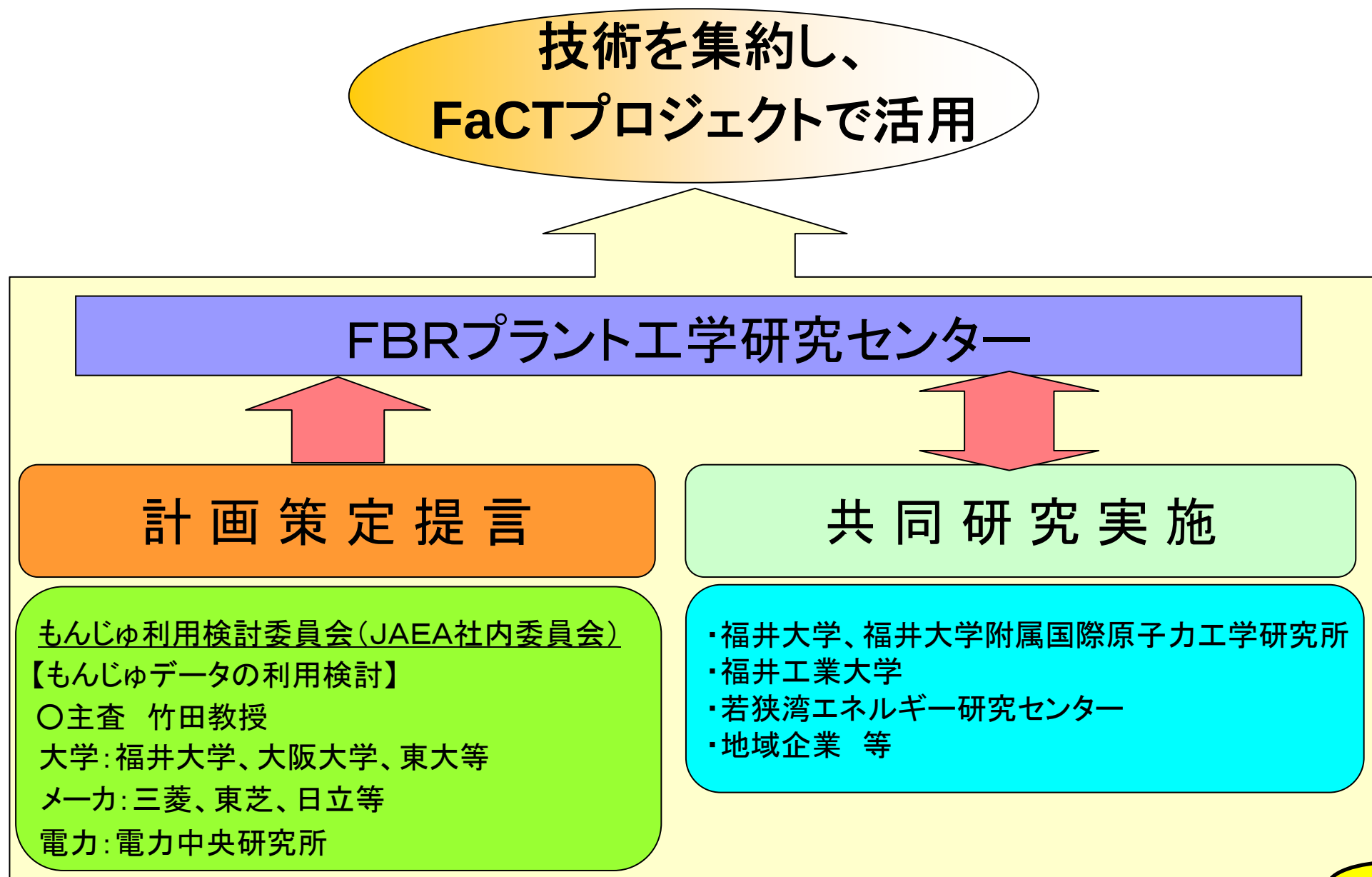
◆性能試験に関する協力体制

- ・高速増殖炉研究開発センター、次世代原子力システム研究開発部門(大洗)、原子力基礎工学研究部門及びFBRプラント工学研究センターの専門家が結集し、性能試験結果の分析結果をFaCTプロジェクトに示し、実証炉以降の炉設計へ反映する。

◆燃料開発計画策定のための横断的な体制

- ・高性能燃料の実用化に向けた開発と「もんじゅ」や実証炉への燃料供給を通じたMOX燃料製造経験を密接に結びつけ、2025年までの燃料開発計画(運転計画、燃料製造・供給計画含む)を検討(「燃料開発特定ユニット」のメンバーとして共に検討)。

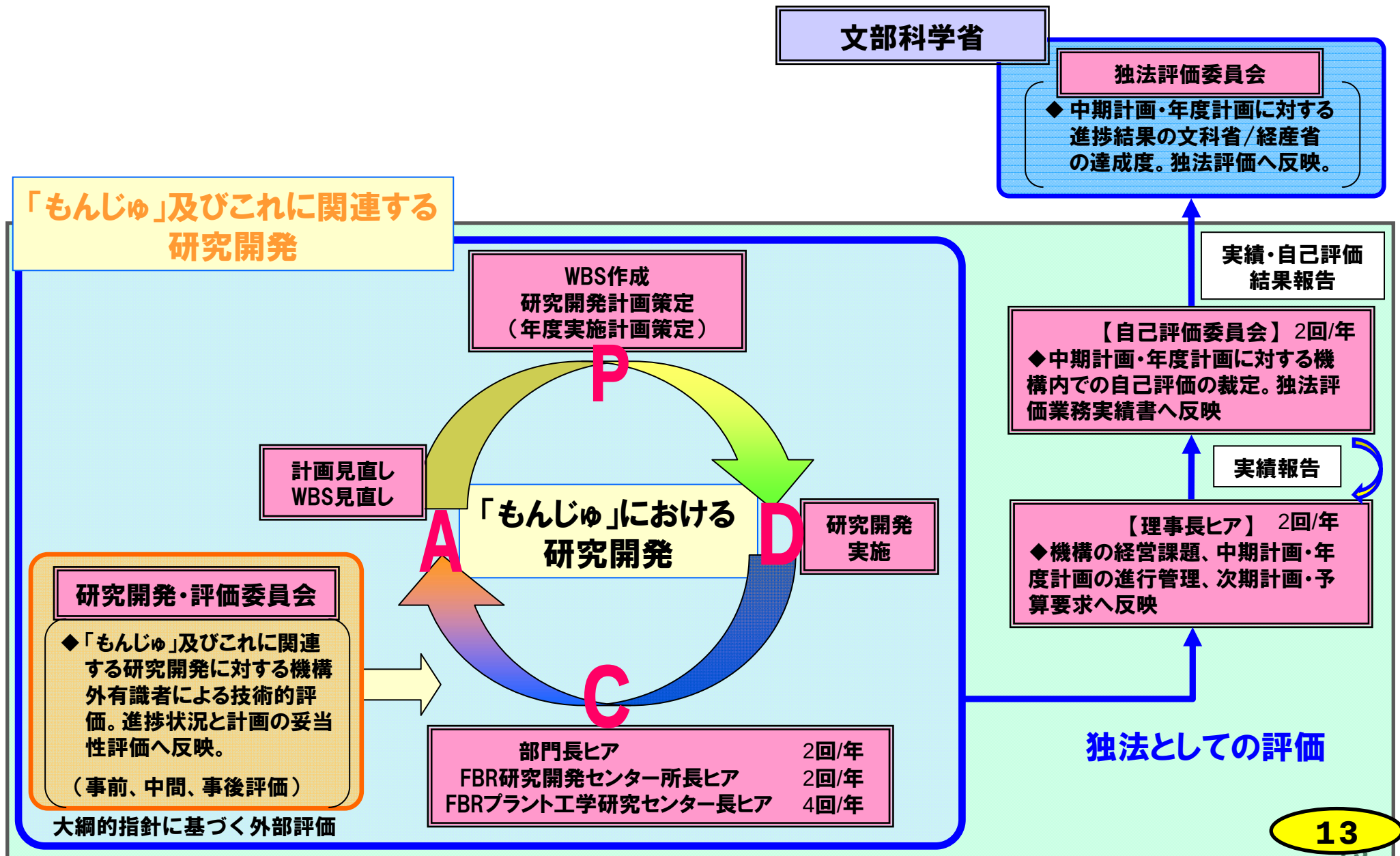
2. 3 「もんじゅ」研究開発における外部機関との連携



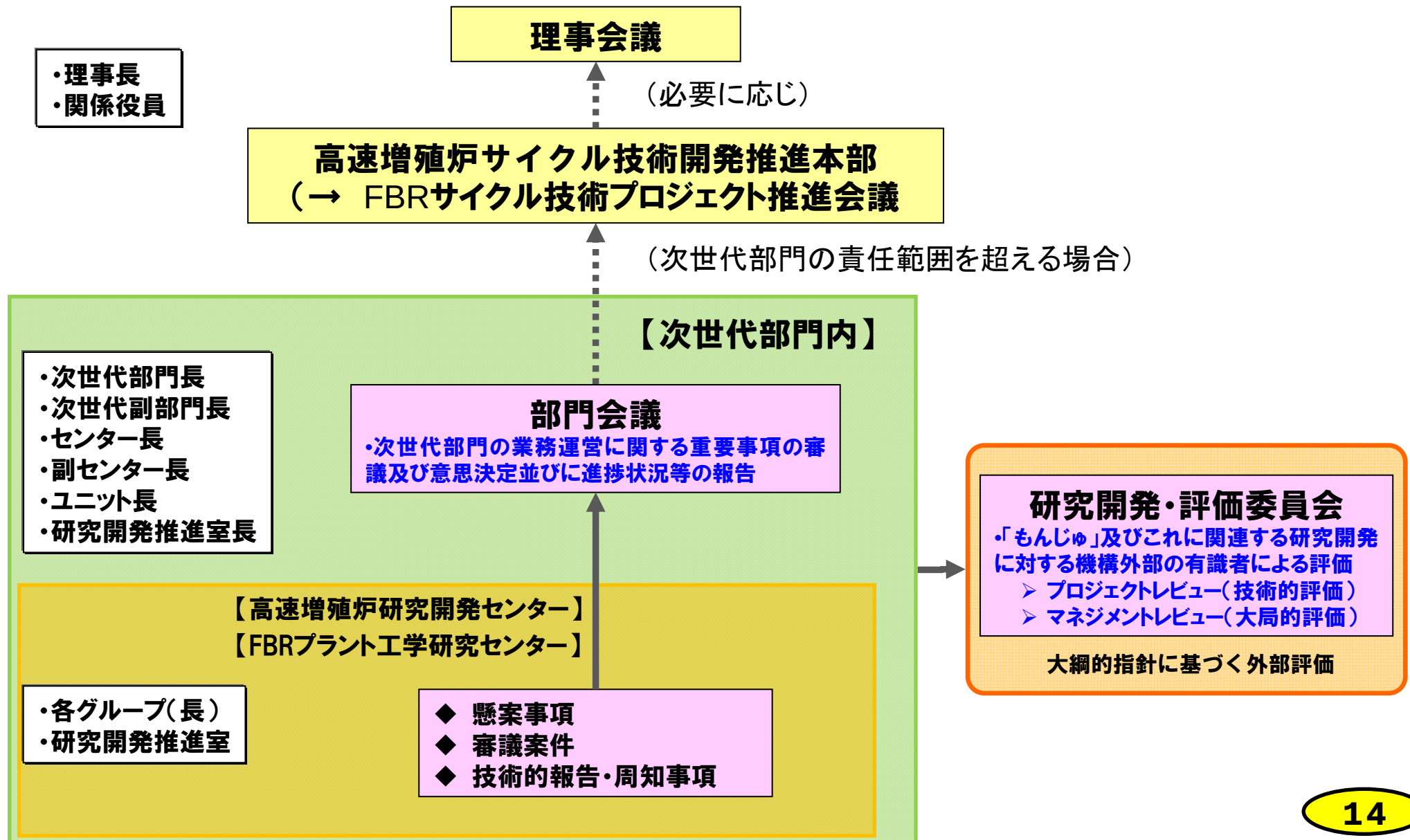
3. 機構におけるPDCAと意思決定

- 3. 1 「もんじゅ」における研究開発のPDCAプロセス**
- 3. 2 「もんじゅ」及びこれに関連する研究開発の
意思決定プロセス**

3. 1 「もんじゅ」における研究開発のPDCAプロセス



3. 2 「もんじゅ」及びこれに関連する研究開発の意思決定プロセス



4. 要員確保(計画)と人材育成・技術継承

4.1 要員確保(計画)

4.2 人材育成と技術継承

4. 1 要員確保(計画)(1/2)

高速増殖炉研究開発センター及びFBRプラント工学研究センターの要員の推移

- ・ 「もんじゅ」の運転再開とそれに基づく研究開発体制の充実・強化に伴う人員増加
- ・ エネルギー開発拠点化計画に基づく、新規研究施設等の開設に伴う人員増加。

	21年度4月	運転再開	40%出力 試験	本格運転
高速増殖炉研究開発センター	281	300	310	310
FBRプラント工学研究センター	50	50	60	80

4. 1 要員確保(計画)(2/2)

【研究者・技術者の確保について】

◆若手の人材不足

- ・新入職員の継続的採用

◆増員への対応策

- ・大学との連携等(共同研究など)
- ・定年退職後の経験者の協力(技術コンサルタントなど)

◆海外から研究者を受け入れ

◆メーカー等からの出向・開発協力

◆施設間の人事交流

4. 2 人材育成・技術継承

【研究者・技術者の人材育成・技術継承】

- ◆次期設置変更申請等の活動を通じて人材育成を図る
- ◆大学との共同研究や大学等の講座への講師を派遣
 - ・福井大学の講座：プラントシステム安全工学講座
 - ⇒ H19年度より高速炉工学講座に名称変更し、機構職員が客員教授として学生を教育。
- ◆定年退職後の経験者に若手の指導員的な立場で協力してもらえる制度の積極的活用
- ◆研究施設を有する拠点側との人材交流
- ◆次世代部門間との人材交流、等
- ◆原子力夏の大学等国内外の学生、若手研究者・技術者の研修実施

5. 国 際 協 力

5. 1 国際協力の考え方

5. 2 国際協力の内容とその関係

5. 1 国際協力の考え方

【考え方】

基本方針：「もんじゅ」及びその周辺施設を国際的な研究開発協力の拠点として整備し、国内外に開かれた研究開発を実施。〔原子力政策大綱〕

【現状】

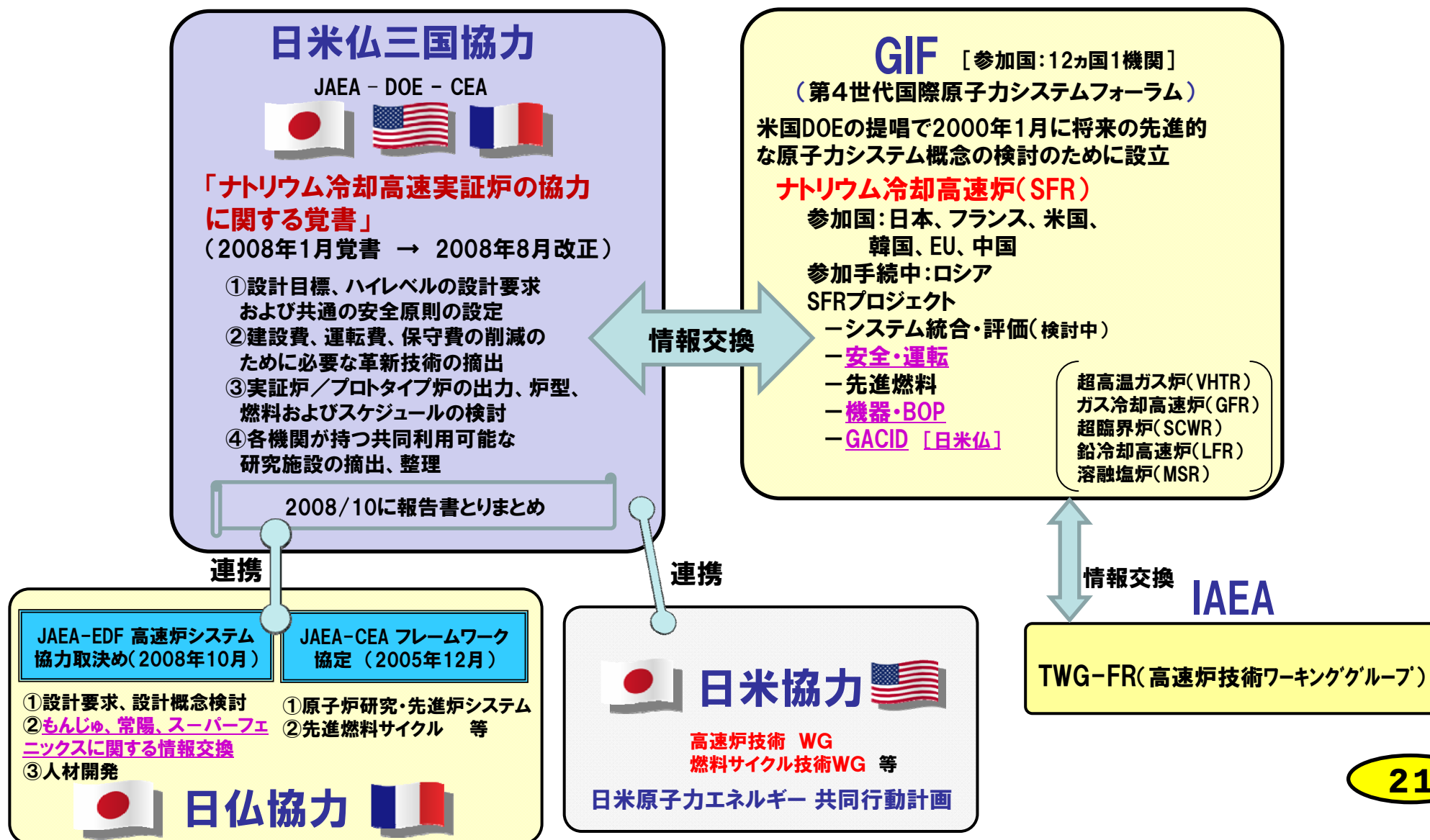
- ◆ GIF/SFRのシステム枠組みの下、「機器・BOPに関するプロジェクト取決め」（平成19年10月11日）、「安全・運転プロジェクト取決め」（平成21年6月11日）
- ◆ 「もんじゅ」を利用した日仏米共同の「包括的アクチニドサイクル国際実証（GACID: Global Actinide Cycle International Demonstration）プロジェクト取決め」の締結（平成19年9月27日）
- ◆ 日米仏の三カ国協力を基軸に国際協力を展開し、協力活動を強化するため、JAEA-DOE-CEAで、「ナトリウム冷却高速実証炉の協力に関する覚書」を締結
 - ー DOE/ANLよりもんじゅ駐在DOE代表受入れ

（平成20年1月31日締結、同8月25日改正）
- ◆ 原子力研究開発分野における協力のためのフレームワーク協定（日仏協定）
 - ー CEAよりもんじゅ駐在CEA代表受入れ

（平成17年12月13日締結）

5. 2 国際協力の内容とその関係

「もんじゅ」における研究開発では三国間協力(日米仏)を基軸として、GIF等の多国間協力を活用しつつ、国際協力を進める。



6. 情報に関するマネジメント

6. 1 情 報 発 信

6. 2 情 報 管 理

6.1 情報発信

【考え方】

- ◆ 情報発信については、「もんじゅ」を活用した研究開発による、FaCTプロジェクトへの成果反映とその重要性に基づき、適宜実施する。
- ◆ 次世代部門の研究開発推進室が事務局的作用を担い、次世代部門内及び関係部署の協力のもとに情報発信の活動を行う。

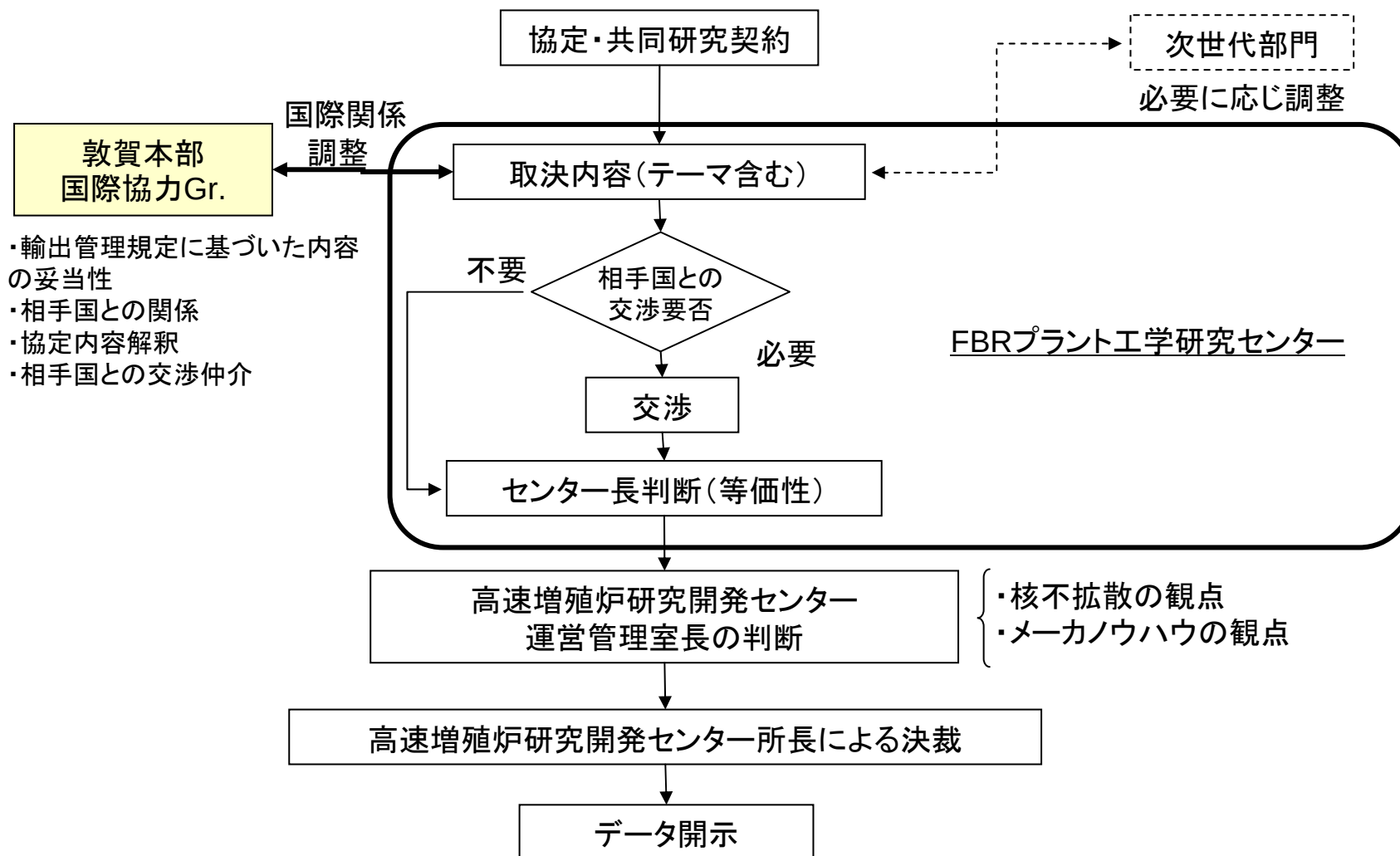
対象を考慮した情報発信

事 項	主な実施予定内容	対 象			
		機構内 発信	産学連携の ための国内 発信	国際協力の ための海外 発信	ステーク ホルダー (国民含 む)
研究成果発表	学会、機構広報誌	○	◎	◎	○
報告会開催	「もんじゅ」技術報告会、機構報告会等	○	○		○
専門誌投稿	解説記事投稿	○	○		○
個人情報発信	ご質問への回答				◎
教育機関連携	大学への講師派遣		◎		
立地地域との対話	さいくるミーティング、懇話会等				◎
海外発信	敦賀国際エネルギーフォーラム、FR09等			◎	○

◎：発信の際に重点を置くべき対象 ○：発信の際に配慮すべき対象

6.2 情報管理

- ・外部機関との研究開発における「もんじゅ」関連データの開示（発信）においては、以下のフロー図に基づき管理される。
- ・このほかの情報発信については、原則、機構内手続きに基づき管理する。



7. 品 質 保 証

- 7. 1 研究開発における品質保証**
- 7. 2 研究開発の段階別適用策のQMS要求事項例**
- 7. 3 研究開発の品質保証体制**
- 7. 4 研究開発の品質保証活動**

7. 1 研究開発における品質保証

【考え方】

研究開発段階に応じた区分の適用（応用研究、開発業務、R&D支援業務）

【状況】

◆研究開発における品質保証システム（QMS）の運用開始

- ・研究開発の推進には、品質管理システムの構築が不可欠
- ・国際協力を進める中で、研究開発成果への品質保証が求められている

【研究開発段階に応じた区分の適用について】

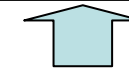
- ・特定の研究開発活動にどのような管理項目及び検証項目を適用するかを、QMSの適用範囲及び程度を考慮し、その研究開発の安全性、信頼性、実行性及び達成の重要度と整合させつつ決定する
- ・研究開発活動に適した管理項目は、柔軟に設定することを可能としている

7.2 研究開発の段階別適用策のQMS要求事項例

ISO9001	GIFガイドライン	R&D活動			R&D支援業務 (Research and Development Support Activities)
		基礎研究 (Basic)	応用研究 (Applied)	開発業務 (Development work)	
4.2.3文書管理	文書管理 (Document Control)	○	○	○	○
7.3.1研究開発の計画	プロセスの識別及び管理 (Identification and Control of Processes)	△	△	○	○
7.5.3識別及び トレーサビリティ	プロセスの識別及び管理 (Identification and Control of Processes)	△	△	○	○
8.2.2内部監査	監査及び査定 (Audit and Assessments)	△	△	○	○
8.3不適合管理	品質問題の早期発見 (Early Detection on Quality improvement)	△	△	△	○

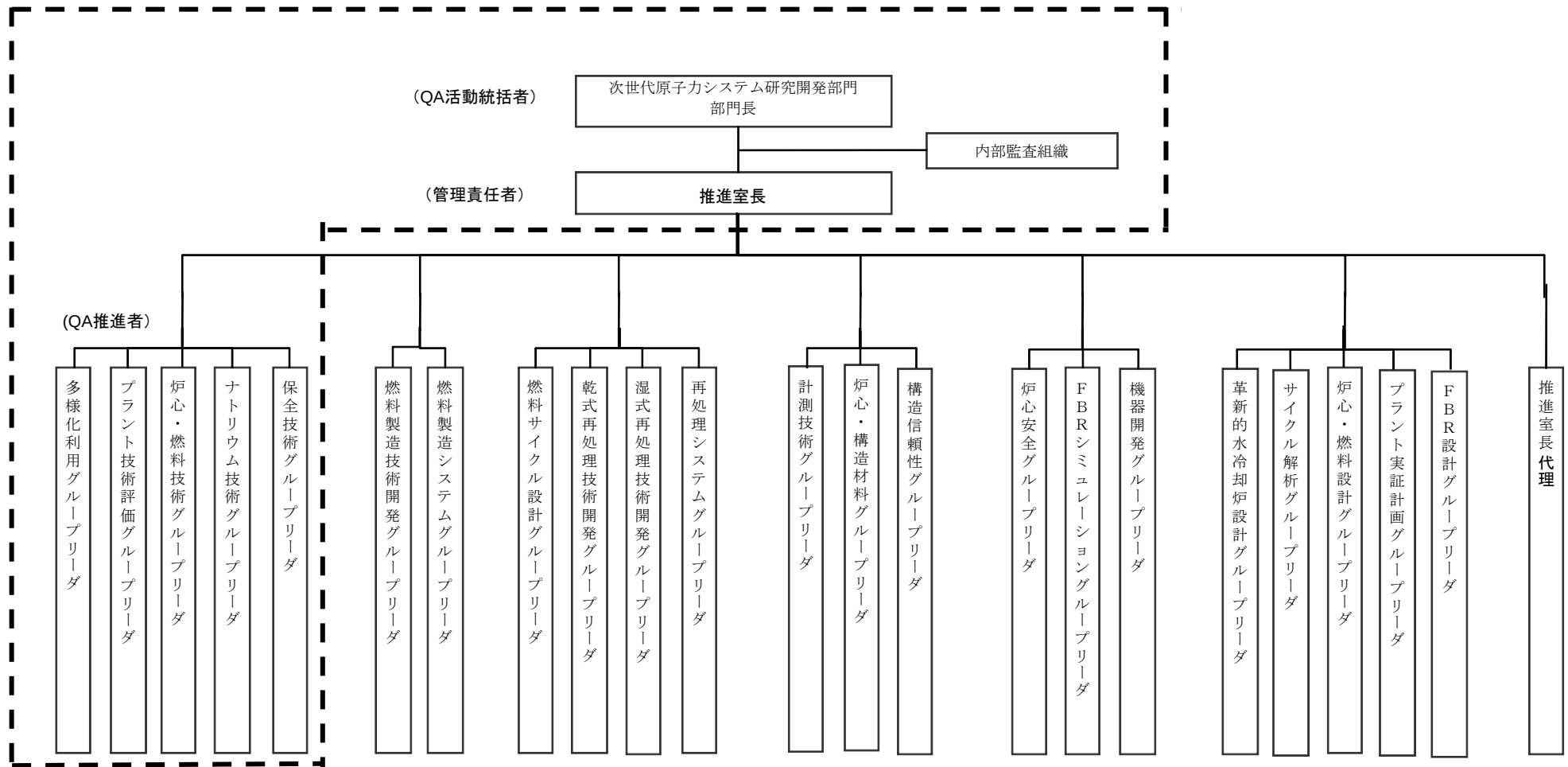
○: 適用 (applicable)

△: 限定された適用 (Limited applicability)



性能試験評価に対しての適用

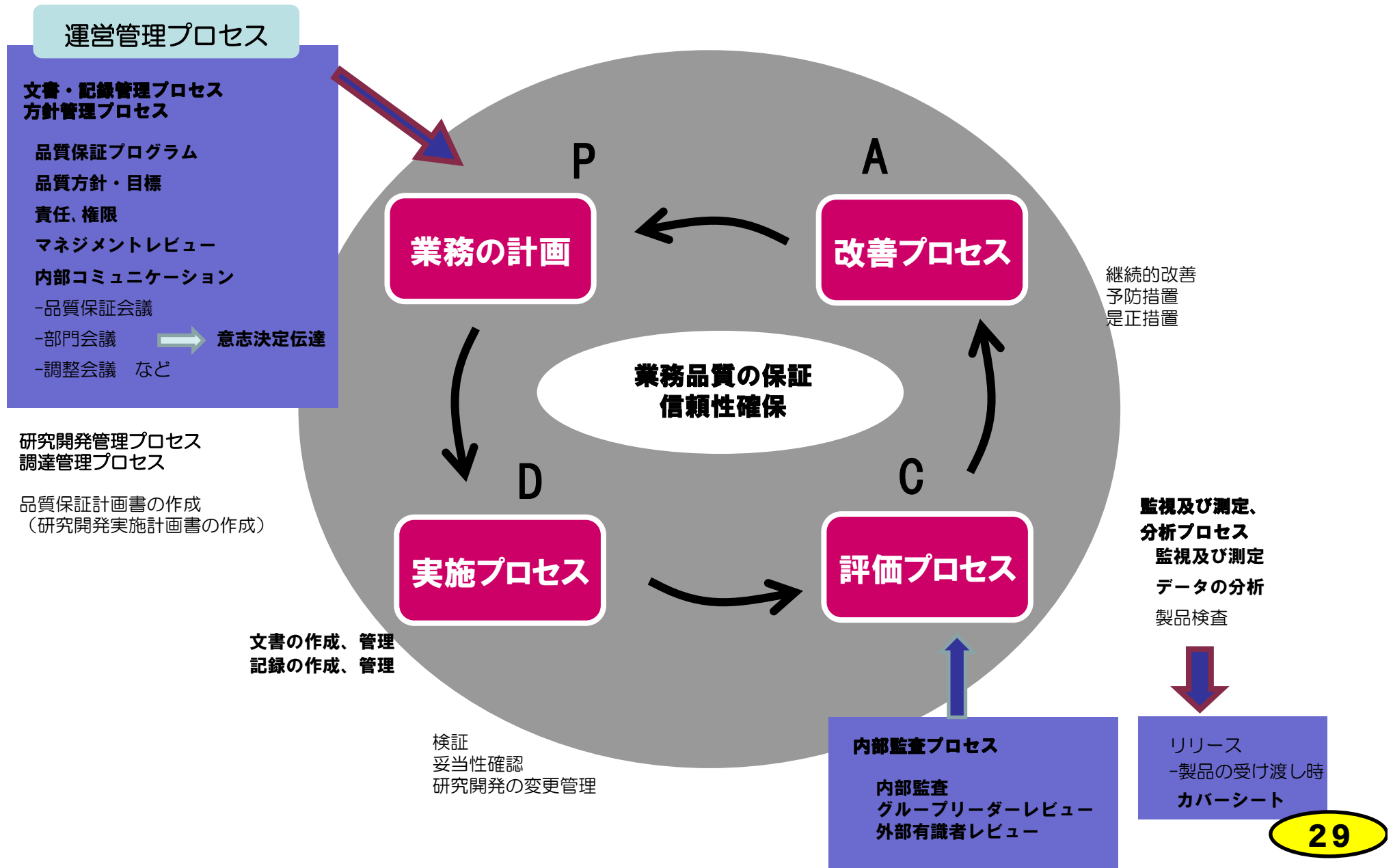
7.3 研究開発の品質保証体制



品質保証体制図

↑
FBRプラント工学研究センターの研究開発に係る
品質保証体制

7.4 研究開発の品質保証活動



(補足資料)「もんじゅ」における研究開発のPDCAプロセス(補足)(1/3)

(1)計画 (P)

①高速増殖原型炉「もんじゅ」及びこれに関連する研究開発としての計画

- ◆ 原子力政策大綱において「発電プラントとしての信頼性の実証」「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」という所期の目標達成するとともに、「研究開発の場としての活用・利用」を実現すべく取り組んでいる。
- ◆ WBS手法を取り入れ、研究開発課題を体系化し、課題毎の責任者を明確化。課題毎に年度単位の実施計画書を作成・進捗管理。具体的には課題毎の年度計画をグループリーダーが作成し、ラインの承認を得て、当該年度の計画とする。

②原子力機構の独立行政法人としての計画

- ◆ 国が提示する中期目標に基づき、中期計画(約5年単位)を策定し、国の認可を得る。
- ◆ 中期計画に基づき、中期目標の達成に向けた年度計画を策定し、国に届け出る。
- ◆ 業務運営の管理にあたっては、事業年度毎に年度事業方針を策定する。その内容、目標、スケジュール、自己評価の方針等を明示し、国へ届け出る年度計画をより詳細にした、年度実施計画を策定する。これが理事長と部門長との間のいわゆる契約行為となる。
- ◆ これら中期計画、年度計画、年度実施計画は、①の計画を基に、独立行政法人のルールに則って作成する計画と実質的には同じ内容である。

(補足資料)「もんじゅ」における研究開発のPDCAプロセス(補足)(2/3)

(2)実施 (D)

- ◆ 前述の①、②(実質的には同じもの)の計画に基づき、研究開発を進める。
- ◆ 実施方法は、「3.3 意志決定プロセス」を参照のこと。

(3)評価 (C)

①高速増殖原型炉「もんじゅ」及びこれに関連する研究開発としての評価

- ◆ 日々の継続的な業務のチェックに加え、実施計画書に基づき四半期毎にFBRプラント工学研究センター長によるヒアリングを行う。
- ◆ 半期毎に次世代部門長及び高速増殖炉研究開発センター所長によりヒアリングを実施し、次世代部門としてのPDCAを実施している。なお、次世代部門の半期毎のPDCAは、原子力機構の独立行政法人としてのPDCAの仕組み(理事長によるヒアリング)に連動させて実施している。
- ◆ プロジェクトの節目においては、外部の有識者から成る研究開発・評価委員会の事前評価、中間評価、事後評価を受ける。
- ◆ 国の評価(文科省「原子力分野の研究開発に関する委員会」、等)を受ける。

(補足資料)「もんじゅ」における研究開発のPDCAプロセス(補足)(3/3)

(3)評価(続き) (C)

②原子力機構の独立行政法人としての評価

- ◆ 四半期毎のFBRプラント工学研究センター長ヒアリング、半期毎の次世代部門長ヒアリングは、前述①の評価を兼ねて実施する。
- ◆ 理事長が半年毎にヒアリングを実施し、PDCA サイクルが健全に廻っているか、中期計画の進捗を経営層が確認する。
- ◆ 年度毎に経営層から成る自己評価委員会により自らの業務進捗を評価するとともに、独立行政法人としての評価を受ける。

(4)反映 (A)

- ◆ (3)の評価結果を次年度の計画の策定・見直し、資源配分、その他に、適切に反映させる。

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発
及びこれに関連する研究開発

マネジメントにおける計画策定の
考え方について
[マネジメントレビューの評価の視点]

- (1) 組織体制/外部機関との連携
- (2) 機構におけるPDCAと意思決定
- (3) 要員確保(計画)と人材育成・技術継承
- (4) 国際協力、情報管理
- (5) 品質保証

マネジメントレビューにおける評価の視点について

高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発のマネジメントでは、研究を実施していくためのマネジメント分野として以下の4点が重要であると考え、事前評価の段階で評価いただくものとした。

- ①研究開発が長期にわたること
- ②専門性の高い人材を確保しなければならないこと
- ③情報について原則公開が基本であるが原子力情報の中には制限を課さざるを得ないものが存在すること
- ④機構の技術を外部に提供するにはその品質を確保する必要があること

これらの4つの項目を評価の視点から具体的に書下したものが、資料2-4の7ページである。次ページから、各評価の視点について、[課題/背景]、[取組方針]、[具体的方策]を記載した。

(1) 組織体制/外部機関との連携 [1/2]

評価の視点: 長期にわたる研究開発を実施できる仕組みが用意されているか(推進体制、評価体制)。[\[資料2-5:8ページ、13ページ及び18ページ参照\]](#)

[課題/背景] 長期にわたる研究開発プロジェクトを遂行するためには、基本的な方針に貫かれた一貫性のある取組みができることと同時に、外部環境の変化にも適切に対応できる柔軟性のある組織とする必要がある。

[取組方針] 国の関係機関と十分な協議を行うことで、基本的な方向性を一致させるとともに、機構として外部の意見を取入れながら一元的に推進できる体制を整える。

[具体的方策] 「もんじゅ」による研究開発では、国(文部科学省、経済産業省、総合科学技術会議及び原子力委員会)において、研究開発の方針等が定められる。

これを受け、機構においては、次世代原子力研究開発部門及び東海・大洗・敦賀の各拠点を統括する高速増殖炉サイクル技術開発推進本部が機構としての研究開発の方針等を定める。また研究開発の評価手段としてPDCAを導入し、機構内部で自己評価する体制を構築している。さらに、外部の専門家による研究開発・評価委員会により、事前・中間・事後評価が行われることで、外部の有識者による意見を反映する仕組みとしている。

また、長期にわたるため世代をまたがって研究開発を継続する必要があり、人材の育成・技術継承の方法も用意した(後述の(3)項参照)。

(1) 組織体制/外部機関との連携 [2/2]

評価の視点: 性能試験についてプラント運転管理部門と研究開発部門とが一体となった取組ができているか。[資料2-5:8ページ 参照]

[課題/背景]「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発では、性能試験の実施が最重要課題であると同時に、「もんじゅ」の運転に関する知見も研究開発にとり重要な情報である。

[取組方針]性能試験を計画通り実施できるように準備を行うとともに、「もんじゅ」の運転に関する情報が研究開発部門であるFBRプラント工学研究センターに直接流れる体制を構築する。また、「もんじゅ」の運転工程が研究開発の進捗に大きく影響するため、研究開発側は「もんじゅ」の運転に必要な課題あるいは運転で発生する課題について、運転管理部門と一体となって解決を図る。

[具体的方策] 性能試験について、研究開発を担当するFBRプラント工学研究センターと、プラント運転管理を担当する高速増殖炉開発センター所長の両者が、高速増殖炉開発センターの運営会議あるいは性能試験準備本部会議で「もんじゅ」の運転管理及び研究開発側の性能試験準備状況等の情報交換をタイムリーかつ十分に行う。また、「もんじゅ」の性能試験での運転に必要な許認可手続き等に対して、研究開発側の専門家の知識を生かして、これらの手続き等がより迅速に進められるようその準備作業を行う。また、予期せぬトラブルに対する対応については、「もんじゅ」の運転を最優先にした上でFBRプラント工学研究センターの研究計画の見直しを適時行い、当該専門家が常に「もんじゅ」に即応できる体制とする。

(2) 機構におけるPDCAと意思決定

評価の視点：経営トップの意思が現場に周知され、かつ現場での計画の見直しが、経営層によって適切に評価できる仕組みであるか。

[課題/背景] 研究開発プロジェクトの目標達成を効率良く進めるためには、経営トップの意思が正しく現場に周知され、日常の業務が共通の目標に基づいて進められていなければならない。

[取組方針] 経営層の考えや方針を現場の隅々まで周知させ、また現場の情報や課題を経営層にきちんと上げていく仕組みを構築し、それを適切に機能させる。

[具体的方策] 経営トップの意思を反映した機構の中期計画・年度計画を経営企画部が中心となって策定し、現場ではこの年度計画に基づき研究開発項目をWBS*に展開した上で、PDCAサイクルのP(計画)を立てる。これにより経営トップの意思は、現場で常に参照されている中期計画・年度計画を通じて周知される。**[資料2-5:13ページ参照]**

一方現場で、WBSに展開した研究開発項目について、何らかの事情で計画を見直さざるを得ない事態に至った場合には、次世代部門会議で審議し、「もんじゅ」による研究開発のプロジェクトリーダーである次世代部門長が、計画変更への対応について意思決定する。また、経営層の判断を仰ぐ必要のある場合には、次世代部門長はその旨を高速増殖炉サイクル技術開発推進本部に図り意思決定を得る。**[資料2-5:14ページ参照]**。

この仕組みを適切に機能させるために、FBRプラント工学研究センター長及び高速増殖炉研究開発センター所長は、定期的に研究開発の状況について現場のヒアリングを行う。これにより研究開発の課題がプロジェクトの進捗に及ぼす影響を把握し、事前に対応を取ることが可能となる。

WBS* : Work Break-down Structure プロジェクトを完遂させるために必要な全の作業を、分割可能な単位に細分化し、ツリー構造で示す手法。
この手法により、個々の作業のプロジェクト内での位置づけや有機的な関係を明確にし、また抜けや重なりが無いようにできる。

(3) 要員確保(計画)と人材育成・技術継承

評価の視点: 日常の研究開発以外に、人材育成・技術継承に有効な方策を計画しているか。

[資料2-5:18ページ参照]

[背景/課題] 高速炉の開発は長期にわたり、またその建設も頻繁に行われるわけではない。研究開発を継続していくために、世代を超えた人材の育成と技術の継承の方法を用意することが必要不可欠である。

[取組方針] 日常の研究開発業務を通して人材育成・技術継承を行うことが基本であるが、上記の現状を踏まえた上で、「もんじゅ」の設計の根幹に関わる機会を積極的に活用し、研究開発だけではなくプラント設計も理解できる研究者・技術者を育成する。

[具体的方策] 日常業務では高速増殖炉研究開発センターとFBRプラント工学研究センターとを兼務させ人的な協力が円滑に進む体制とし、また大洗等の専門家との研究協力を行う。この他の人材育成・技術継承ための手段として「もんじゅ」の原子炉設置変更許可申請を行うことはプラントを理解する上で大変有効である。プラントの設計・建設という経験に代わることはできないものの、若い研究者・技術者が設計の考え方に立ち戻った検討を行う機会となる。また、設計に携わったOBを技術コンサルタントとし、若手の研究者・技術者を支援する。なお、現場で実際に業務を担っている機構職員を大学に客員教授として派遣し、学生の教育を担当させることにより、当人の表現能力の向上だけではなく、将来、原子力研究を行う人材の育成を図ることができる。

(4) 国際協力、情報管理

評価の視点：情報管理を適切に行う仕組みができているか。[資料2-5:24ページ参照]

[背景/課題] 「もんじゅ」で得られる情報は国民の知的財産であり、知りたいと望む国民に当該情報を開示することが原則である。また、国際協力を推進し効率的な開発を行うためにも、関係国との情報交換は必要である。原子力政策大綱にも国際的な研究開発協力の拠点として整備し、国内外に開かれた研究開発を行うことが指摘されている。

しかしその一方で、社会がグローバル化し開示された情報が外国にそのまま流れていく時代でもあり、国民の知的財産を守り、また高速増殖炉開発における国際的な優位性を確保するという観点から、諸外国に対して一定の情報管理を行うことも必要である。

[取組方針] 開示請求のある情報について、複数の観点でチェックを行い、上記の相反する要求の解となる情報管理を行う。

[具体的方策] 情報管理においては FBRプラント工学研究センターだけではなく、敦賀本部の国際協力グループ、高速増殖炉研究開発センター所長及び運営管理室長と協力して、相手国との関係、情報の等価性、輸出管理規定、核不拡散性及びメーカーノウハウについて、それぞれの観点での判断者を指定し、責任を持って情報管理を行う。

この仕組みの中で最も難しい点は、FBRプラント工学研究センター長が行う「等価性」の判断である（関係国との対等な情報レベルの交換）。どこまでを等価と考えるかにより、FBRプラント工学研究センターの責任範囲を越えることもあり、この場合には次世代部門長がこの等価性を判断する。

(5) 品質保証

評価の視点：研究開発における品質保証の考え方は適切か。[資料2-5:27ページ参照]

[背景/課題] 国際的な分業も見据えて、原子炉に関する国際協力を進めるために、研究開発成果に対する品質保証が求められている。しかし、研究開発における品質保証のあり方は、必ずしも一般産業界における工場での製品等で行われている品質保証の方法が適切とは言えず、また研究開発での実施例についても限られている。

[取組方針] 機構では研究開発において重要な「トライアンドエラー」という方法を品質保証の中に取り込むことを考え、その仕組みを運用する。この考え方は、研究開発の段階（基礎、応用、開発）に応じて、品質保証として管理すべき事項を変えるものである。

[具体的方策] 基礎研究や応用研究では、文書管理までは要求するが、その計画の明確化やトレーサビリティ等については厳密な適用は要求しない。これは「トライアンドエラー」が主要な研究方法となる基礎及び応用研究の段階では、何を実施したかということが文書として残っていれば、当該研究者が研究の進め方を振り返るには十分との考え方である。

一方、開発業務では、ある程度研究方法も決まっていることから、研究計画の明確化や当該研究者以外の研究者が追認できるトレーサビリティを持たせること等により、研究方法の信頼性を確保するとの考え方である。

このように、研究開発に対して一律に同じ要求をするのではなく、それぞれの研究の段階に応じて管理すべき事項を変えることで、研究の効率を維持しつつかつ品質の確保も同時に行うという考え方で品質保証を運用する。

自律的な品質保証体制確立に向けて 行動計画の実施状況・達成状況について

2009年7月30日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

目 次

項 目	関連行動計画No.
1. 自律的な品質保証体制の確立に向けた改善状況	
1.a 経営の積極的関与 -----	No.1,2,3,6,7,13
1.b 強化されたFBRセンター体制での業務運営 -----	No.5,10,11,12,34
1.c 品質保証体制の強化 -----	No.9,14,16,17,20,21,22,23,40
1.d 安全文化醸成活動の継続的取組み -----	No.26,27,28,29,30,31
1.e コンプライアンス活動の推進 -----	No.32,33,35
1.f 通報連絡改善活動 -----	No.8,24,36,37,38
1.g 行動計画の実施とフォロー -----	No.4,41,42
2. 長期停止設備健全性確認の確実な実施 -----	No.15
3. ナトリウム漏えい対策の確実な実施 -----	No.18,19,25,39
4. 保全プログラムに基づく保守管理の確実な実施 -----	No.15

【従来の問題点】・経営の積極的な関与が十分でなく、経営と現場のコミュニケーションも不足していた。
・その結果現場任せとなり、「もんじゅ」に関わるプロジェクト管理が不十分であった。

【主な改善内容】

- ・「もんじゅ」運営の3つの基本戦略に基づく経営指示
 - ①FBR発電プラントとしての運営管理の徹底
 - ②一步一步着実かつ確実な業務の実施
 - ③トラブル発生時の確実な対応
- ・現場の意見聴取と経営判断に資する仕組みの設置

理事長：もんじゅ特別推進本部(H20年11月)、敦賀本部長：もんじゅ特別チーム(H20年7月)



現場パトロールする理事長

【具体的な経営判断】

- ①経営が平成21年2月に「もんじゅ」の組織体制の見直し強化
 - 3部2室体制とし、FBR発電プラントとしての運営体制を構築
- ②経営が機構内他拠点から「もんじゅ」へ要員配置(H20年4月よりH21年4月にかけて39名)
 - 保守管理部門、技術横断調整機能、品質保証活動の推進機能などを強化
- ③経営が機構全体から「もんじゅ」へ予算の重点配分(約14.9億円の追加措置)
- ④プロジェクト管理の強化
 - ・経営は、『工程は常に「もんじゅ」として考えうる最適かつ合理的な工程であるべき』との考えで、現場の見通しを十分に反映した工程の検討・作成を指示
 - 「もんじゅ」では、所長の指示で、考えられるリスクを勘案しつつ現場作業を計画的かつ確実に達成可能な全体作業基本工程を策定し、それに従って業務を進めるとともに、日々の現場状況等を反映するため必要の都度改訂を実施(H21年4、5、6月)。

【主な成果】

- ・経営と現場との徹底的な議論などにより、「もんじゅ」プロジェクト管理に必要な全体の情報を把握し、経営として迅速な対応・指示を出すことができるようになった。
- ・常に現場の状況を反映した精度の高い工程を維持し、それを現場と経営とが共有することができるようになった。
- ・現場視察や意見交換など経営の積極的な取り組みにより、経営の意思・期待が現場で共有され、風通しの良い職場環境の構築が進んでいる。
- ・改善活動の浸透具合を確認するため機構本部組織が行った「『もんじゅ』における改善活動に関するアンケート(H21/5/29～6/3)」において、経営トップの意思が伝わっているかについて、管理職で8割以上、一般職で約7割の肯定的回答が得られた。

【今後の取組】

- ・「もんじゅ」業務運営に関して、臨時にマネジメントレビューを実施するとともに、経営による現場への関与を継続し、工程の明確化などプロジェクト管理に係る迅速な経営判断・指示や「もんじゅ」の運営管理に必要な資源の確保を実施する。

1. 自律的な品質保証体制の確立に向けた改善状況

(b. 強化されたFBRセンター体制での業務運営 1/2)

【従来の問題点 ①】・保安に関する業務をもんじゅ開発部長が行うことから、所長のリーダーシップが十分に発揮されなかった。

【主な改善内容】

・所長のリーダーシップの発揮

- ①「もんじゅ」の運営を統括する者として、所長の職責及び職責を果たすための役割を明確化
- ②業務実施状況の迅速かつ確実な確認のため、新たに「運営会議」を設置
- ③管理職朝会、運営会議等における課題に対するタイムリーな意思決定と所長決定事項の指示、命令



【具体的な所長指示・命令】

- ①設備健全性確認の妥当性評価作業における要員不足に対する他部門からの増援対応指示
→健全性確認妥当性評価が確実にかつ作業完了目標内で完了した。
- ②現場状況を反映した全体作業基本工程の策定と作業進捗管理徹底の指示
→精度の高い作業工程管理ができ、着実な現場作業が進められている。(屋外排気ダクト補修工事完了(H21.5)、燃料交換作業の完了(H21.7))
- ③作業工程に影響を与える可能性のある不具合発生時の迅速な対応指示
→体制の確立や原因調査の早期実施などの指示の下、運営管理室を通じて早期の対応がなされ、工程を安全に計画通り進めることができている。
- ④所長からの積極的な意思表明の実施
→毎朝の管理職朝連絡会での作業方針の指示、安全大会にて業務を実施する上での基本姿勢を所長の期待として表明(計画の立案、報連相の励行、業務改善の推進や経年劣化の把握など品質保証活動など、H21.5)

【主な成果】

・所長自らの意思決定の下、組織的な対応を統括し、トラブルや工程に係わる課題の処理への対応、運転再開に向けた準備への対応、プロジェクト管理の推進に係わる改善などが、「もんじゅ」の運営管理に対する所長の指示として出されており、的確なリーダーシップによる組織的かつ迅速な課題解決が行われるようになった。

・『『もんじゅ』における改善活動に関するアンケート(H21/5/29～6/3)』において、「所長の意思決定・指示」に関して管理職で約9割の肯定的な回答が得られた。自由記述では「管理職朝連絡会で所長が冒頭その意思を示すメッセージを出している」「運営会議での議論を経て所長が明確に指示を出している」などの回答。

1. 自律的な品質保証体制の確立に向けた改善状況

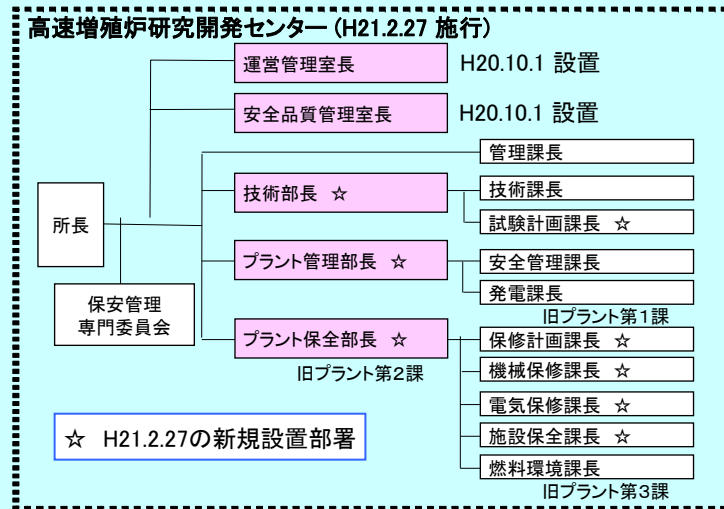
(b. 強化されたFBRセンター体制での業務運営 2/2)

【従来の問題点 ②】・もんじゅ開発部長に業務が集中し、保守管理、課題解決、外部対応に十分な対応ができなかった。

【主な改善内容】

- ・ FBR発電プラントとして運営する組織機能として3部2室体制による適切なマネジメント範囲の見直しとマネジメント機能の強化

- ①「保全部門」の強化により、保全プログラムの策定と運用、屋外排気ダクト補修工事、ナトリウム漏えい検出器の点検報告と交換、長期停止設備健全性の妥当性確認など主要な課題を計画通り対応した。
- ②「運転管理部門」でNa漏えい監視に係る対応措置の考えを保安規定に明確にするなど懸案課題の解決が進んでいる。
- ③「技術部門」で性能試験計画や試験管理要領を作成するなど十分な試験準備対応が実施可能となった。
- ④「運営管理室」による技術的事項の横断的調整機能の強化
 - 関係部署の意見を踏まえ最適化による工程管理、業務進捗をチェックしながらのプロジェクト管理、3部間の技術的調整、重要事項の対外説明を実施した。
- ⑤「安全品質管理室」による問題・改善意識の向上
 - 平成20年度下期以降、多くの不適合情報、些細な不適合情報についても不適合管理委員会に報告され、不適合処置を行う改善活動が積極的に各課室で行われるようになり、所内での品質保証活動の推進が図られた。さらに、日常の業務において、実際業務とルール間の適切さをプロセスの流れの中でチェックし、潜在する不適合の改善という目的で“QA診断”を開始した。
- ⑥電気事業者からの協力による人事交流や情報交換の活性化
 - 副所長1名、次長2名の配置、定期的な情報交換、電力軽水炉発電所へのもんじゅ職員2名派遣を実施中。



【主な成果】

- ・3部において発電プラントが必要とする機能を発揮できるようになった。この中では、電気事業者との協力強化により、電力の知見を取り入れたプラント運営方法の改善も図られてきている。
- ・運営管理室の課題対応や工程進捗管理の組織的な対応により、所として着実な計画遂行を行えるようになった。
- ・安全品質管理室の不適合管理に係る積極的な取り組みにより、不適合処置が進むこと、及びQA診断により、「もんじゅ」内での自律的かつ積極的な改善活動が組織的にできるようになった。
- ・『もんじゅ』における改善活動に関するアンケート(H21/5/29～6/3)において、「所内の役割分担、責任の所在」に関して管理職で約9割の肯定的な回答が得られた。自由記述では「運営管理室、安全品質管理室が組織間の調整(責任部署の明確化)を行っている」「担当者任せからラインでの管理が意識されつつある」などの回答があった。

【今後の取組】

- ・ 発電プラントとしての運営管理の徹底に向け、より一層の所長のリーダーシップにより、課題に対し継続して取り組む。
 - ①運転再開に向けた安全確認の完遂、②性能試験工程の詳細策定、③性能試験実施に向けた体制整備 など
- ・ 不適合処理の確実な実施とその監視・指導を進めるとともにQA診断を継続して取り組む。

【従来の問題点】・品質保証上の課題が不断に点検され、継続的に改善されなければならないが、改善を行うPDCAサイクルを回すシステムが十分に機能していなかった。

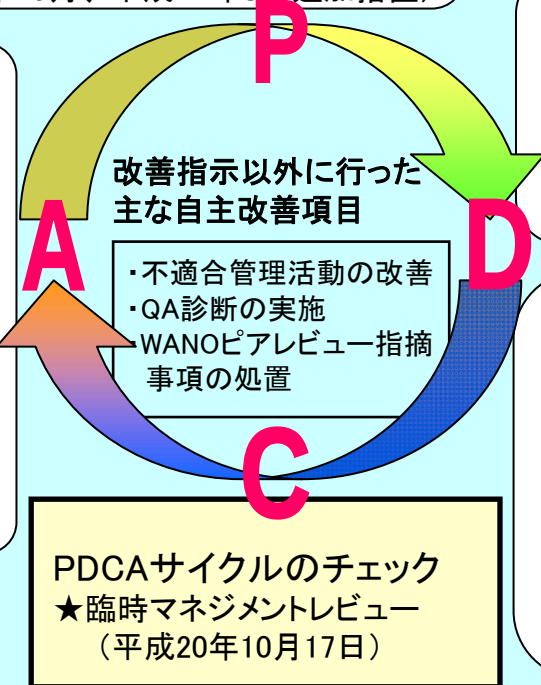
【主な改善内容】

必要な資源の投入

- ・要員配置(平成20年11月)
(平成21年2月、4月)
- ・予算の重点配分
(平成20年10月、平成21年3月追加措置)

品質方針の変更

- ・「法令・ルールを遵守する。」
- ↓
- 「法令・ルール(社会との約束を含む)を守る。」
(平成20年11月)



設備保全業務に係る仕組みの見直し

- ・「予防保全」を基本とした点検計画に基づく保守管理の実施(平成21年1月)

「もんじゅ」保安管理体制の見直し

- ・「もんじゅ」組織を3部2室体制に変更(平成21年2月)
- ・もんじゅ総括調整グループのもんじゅ保安管理組織への組み入れ(平成21年2月)

品質保証活動の充実、改善のためのQMS見直し(QMS見直し計画策定)

- 短期的対応(顕在化した問題の改善):
 - ①保安規定とQMS文書の関係整理
 - ②不適合管理の敦賀本部一本化(平成21年2月)
- 長期的対応(継続して実施する改善):
 - 業務プロセスのフロー化→QMS改善

【主な成果】

- ・理事長は、臨時マネジメントレビューにおいて、以下の改善指示を示した。

- ①品質方針の変更
- ②保安活動に係る品質マネジメントシステムの改善
- ③もんじゅに必要な資源の投入

上記の改善指示を受け、品質方針を変更するとともに、具体的改善について、品質目標に反映(反映例:「センター組織見直しの中での品質保証体制の見直し」)し、改善を実施した。

- ・「もんじゅ」に安全品質管理室を設置し、自律的なPDCA体制の推進機能とチェック機能が強化された。
- ・理事長の改善指示を受け、敦賀本部安全品質推進部ともんじゅ安全品質管理室が一体となり、敦賀本部を中心とした不適合管理の1本化を実施した。

【今後の取組】

- ・理事長の改善指示により、策定したQMS見直し計画に従い、引き続き取り組んでいく。さらに、改善の基点となる「C(チェック)」機能の更なる充実として、①QMSのPDCAサイクルに対しては、理事長によるマネジメントレビュー、監査室による内部監査等の継続的实施を、②業務プロセスのPDCAサイクルに対しては、不適合管理とQA診断による自主チェックの強化を図る。

【従来の問題点】・安全文化醸成活動が限定的であり、計画の内容、取組みともに十分ではなかった。

・根本原因分析結果及びアンケート調査(H20年11月)において、安全文化に関わる課題が明らかとなった。

【主な改善内容】

根本原因分析結果、外部調査機関による職場安全風土に係るアンケート(H20年11月)から、経営、幹部から所員への意思伝達や課長と課員とのコミュニケーションにおける課題が抽出された。この結果を受け、安全文化醸成に係る平成21年度活動計画において以下の強化を図った。

「トップマネジメントのコミットメント」

・経営層からの安全第1の姿勢を基本としたメッセージの発信(H21年4月～6月の間に、理事長メッセージ:1回、本部長訓示:1回)及び、原子力エネルギー安全月間における理事長によるもんじゅでの安全巡視と全従業員への訓示(H21年5月20日)(従来より継続実施。頻度の増加)

「上級管理者の明確な方針と実行」

・所長による「業務を実施する上での基本姿勢」の所員への説明(H21年4月2日新たに実施)
・所長による所の業務計画の所員への説明(H21年5月15日、従来は資料配付)

「内部コミュニケーションの充実」

・経営層、所幹部と従業員との意見交換の継続実施と結果のイントラネットへの掲載(H21年4月からは、フィードバックの迅速化を図り、1ヶ月毎に対応状況を更新)
・経営層及び所幹部の中央制御室訪問による運転員との対話活動(H21年4月～6月:経営層15回、所幹部週1回)
・管理職の在席コアタイムの設定(H21年5月1日～)

「マイプラント意識の醸成」

・排気ダクトの根本原因分析結果の説明会開催(H21年4月28日)
・マイプラントクリーン作戦での見学者通路の塗装の実施(H21年3月23日～4月30日)
・模範となる活動や改善活動について所長表彰を実施(H21年7月1日、合計16件)



原子力エネルギー安全月間理事長訓示
(H21. 5. 20)

【主な成果】

・年度活動計画の充実と実践により、特にトップマネジメントのコミットメントの強化、上級管理者の明確な方針と実行、職場内のコミュニケーションの充実、マイプラント意識の醸成に関わる取組みが強化され、組織風土・安全文化の継続的な改善が行われるようになった。

・「『もんじゅ』における改善活動に関するアンケート(H21/5/29～6/3)」において、「組織風土・安全文化上の課題が速やかに対応されてきている」とした回答が全職員で約2/3であり、暫定的であるが、平成20年度における活動の効果が芽生えてきたと評価できる。

【今後の取組】

・運転再開を控え、従業員の安全意識を高めるための活動に強力に取り組む。
・外部調査機関による職場安全風土に係るアンケートを継続実施し(次回平成21年8月)、昨年度との比較分析・評価を行い、その結果を年度活動計画に反映して継続的な改善を図る。

1. 自律的な品質保証体制の確立に向けた改善状況

(e. コンプライアンス活動の推進)

【従来の問題点】・ナトリウム漏えい警報発報時の通報連絡遅れ(H20年3月)や、根本原因分析の結果から、コンプライアンス(法令・内部規定類の遵守、企業倫理の遵守)意識の更なる向上・徹底の必要性の認識が十分ではなかった。
・機構全体におけるコンプライアンス推進体制が十分でなかった。

【主な改善内容】

「関係法令及び規定の遵守に係る年度活動計画」に沿って、以下の活動に取り組んだ。

- ・身近な事例を題材にした階層別教育(H20年10月24日～H21年4月3日:13回実施)、コンプライアンス通信による意識啓発(通年、H21年4月～6月で11回発行)、マニュアル遵守の重要性に関する教育、通報連絡責任者のスキルアップ等平成20年度に充実した活動の実施
- ・「コンプライアンス推進規程」(H21年4月制定・施行)を制定し、理事長をトップとする機構体のコンプライアンス推進体制を明確化した。



コンプライアンス階層別教育
(事例研修)(H20年11月)

【主な成果】

- ・「もんじゅ」における改善活動に関するアンケート(H21年5月29日～6月3日実施)からも受講者のコンプライアンス意識が確認できた。
- ・理事長をトップとする機構全体におけるコンプライアンス推進体制が明確になり、コンプライアンスを機構全体で組織的に取り組むことができるようになった。

【今後の取組】

- ・外部調査機関による職場安全風土に係るアンケートを継続して実施し、コンプライアンス意識の高まりを継続的に確認する。
- ・年度活動計画に沿って、継続してコンプライアンス活動に確実に取り組んでいく。

【行動計画の実施】

- ・ 理事長をトップに、敦賀本部長が総括責任者、その下に本部、敦賀本部、高速増殖炉研究開発センターからなる体制で、自律的な品質保証体制確立に向けて、行動計画として改善活動を実施してきた。

【有効性の評価】

- ・ 次の評価ステップで実施。
 - ①各行動計画実施責任者が評価を実施、②より客観的となるよう「機構内第三者による確認・チェック」、③行動計画フォロー委員会において評価結果の審議、④敦賀本部長が評価を確定。
- ・ 「機構内第三者チェック」及び「フォロー委員会の審議」において、例えば2月時点での自己評価では、行動計画No.5のもんじゅ組織体制強化(3部2室体制)によるマネジメント強化において、新組織設置から十分な時間も経ておらず良好実績が確認されないことから「A評価」から「B評価」とするなど、評価の見直しが行われた。

【実施結果(評価結果)＜H21年6月末＞】 全42項目

改善措置を実施し、所期の目的を達成したと判断(A評価) 31項目

今後継続して実施していくことにより改善措置を実施し、
所期目的を達成すると見込まれると判断(B評価) 11項目

【行動計画のフォロー】

- ・ 副理事長を委員長とする経営層からなる「もんじゅ行動計画フォロー委員会」(平成20年8月8日設置、H21年6月までに14回開催)にて、行動計画の実施状況の確認、課題解決に必要な事項の審議・検討、実施箇所へのフィードバックを継続して実施してきた。
- ・ フォロー委員会での結果はトップ及び経営に報告され、特に人員配置、予算措置など機構全体で対応が必要な事項についてトップの判断に資するものとなり、理事長の指示のもと適切な措置が講じられている。

前回評価結果(H21年2月)との比較

B評価⇒A評価(14項目のうち7項目)

- ①FBRセンター組織の見直し(3項目)
- ②法令遵守徹底(2項目)
- ③金ロウタイプ加速試験(1項目)
- ④即応支援機能強化(1項目)

一評価⇒B評価(4項目)

- ①QMS体系の見直し
- ②長期停止設備健全性確認
- ③LCO(運転制限)逸脱の判断基準見直し
- ④職場風土に関するアンケートの実施

【今後の取組】

上記のとおり、約1年に亘り行動計画として改善活動を実施してきたことから、自律的なPDCA活動が回り始めた。引き続き改善活動を推し進め、自律的なPDCA活動の確立に向けて取り組んでいく。

特に、品質保証体制の強化と安全文化醸成活動の継続的活動に取り組むとともに、理事長は「もんじゅ」業務運営に関する臨時のマネジメントレビューにて自律的なPDCA活動が確立しているかについて確認を行う。

【従来の問題点】・アニュラス屋外排気ダクトの腐食孔の発生及び2次系接触型ナトリウム漏えい検出器(以下「CLD」)の誤警報の発生等、長期停止設備健全性確認の実施段階における点検方法、点検結果の評価、保守経験の反映が不適切であった。

【主な改善内容】

これまでに実施した全ての点検について、妥当性評価を行い、点検方法、点検結果、対応処置、水平展開等の実施における仕組みの妥当性を確認した。妥当性を確認した仕組みを今後実施する点検に活用する。

(1)設備健全性確認の妥当性評価

1)点検対象及び範囲について、最新の設備図書に基づき確認し、制御系・電気計装系等の付属設備についても抜けがなく、使用前検査対象設備及び安全上重要な設備を含めすべての設備が点検対象となっていること及び点検実施結果を基に点検範囲を計装線図(P&ID)又は計器リストを塗りつぶすことによりすべての点検対象設備の点検を実施していることを確認した。

2)高速実験炉「常陽」(高経年化評価に基づく照射効果やナトリウム環境で減肉がないこと)、海外高速炉、軽水炉(非常用発電機のトラブル等)に加え、ナトリウム系等の「もんじゅ」特有の設備に関する建設終了後の平成3年からのポンプや漏えい検出設備等の保守経験など、過去の不具合事例を踏まえ、設備健全性確認における点検が、劣化事象をもれなく把握できること、点検結果の評価が適切になされていること及び劣化があった場合の対応処置が適切になされていることを健全性確認の「妥当性評価」として点検担当者以外による評価により確認した。

(2)設備健全性の維持

健全性を確認した設備の健全性維持のため、実施してきた点検内容や劣化の状況を基に、今後実施すべき点検頻度や内容を評価し、保全計画に反映した。また、保全活動の標準化を図るため「もんじゅ」における保守経験やトラブル事例を基に「ナトリウム漏えい検出設備取扱の手引き」等のマニュアルを作成し、今後の点検や補修の品質の向上を図った。

【主な成果】

・設備健全性確認計画に基づき7月24日現在で炉心確認試験に必要な使用前検査対象設備207項目中195項目の点検及び妥当性評価を終了した。

・これまでに実施した全ての点検について点検方法、点検結果、対応処置の妥当性評価を行い、追加点検、補修等が必要な設備の摘出とそれ以外の設備が判定基準を満足し、健全であることを確認した。



燃料出し入れ機の点検

【主な改善内容】

(3)設備健全性確認の実施状況

炉心確認試験に必要な使用前検査対象設備207項目中点検の終了した195項目の妥当性評価により、排気筒など一部追加点検や補修が必要な設備を明確にすることができ、その対応計画が立案され、対応に長時間を要する不具合がないこと、設備の健全性を維持するための点検内容や頻度が適切に設定されていることを確認した。

(4)保守管理の標準化(マニュアルの策定)

①外面劣化機器・設備の肉厚測定マニュアル

屋外設備・機器の状態を適切に把握するため、肉厚測定や外観点検(塗装の状況)手順を標準化。排気筒(筒身)の外観点検に適用

② 電気・計測設備の絶縁抵抗管理マニュアル

電気・計測設備の絶縁抵抗の劣化傾向管理を行うため、管理基準を制定。点検基準(判定基準)を包絡する保守計画基準値を設定し、より安全側の保守管理を実現

③ ナトリウム漏えい検出設備取扱の手引き

ナトリウム漏えい検出設備の取扱に関し、過去の不具合事例を故障モード別保全計画にまとめ、同設備の機能維持及び誤警報防止の保全活動を標準化

【主な成果】

- ・ 今後実施する点検や補修の品質の向上を図るため、設備健全性確認における点検の妥当性を確認する仕組みを構築するとともに保守管理の標準化のためにマニュアルを整備した。



排気筒外面外観点検

【今後の取組】

- ・ これまでの点検において劣化が確認された設備、設備健全性確認結果の妥当性評価において追加点検が必要な設備、残された炉心確認試験に必要な設備の点検及び補修は、炉心確認試験までに確実に実施し、設備の健全性を確認する。
- ・ 保全計画に基づき、設備の健全性を維持する。

3. ナトリウム漏えい対策の確実な実施(1/3)

(ナトリウム漏えい検出器不具合への対応)

【従来の問題点】ナトリウム漏えい検出設備の保守管理が適切でなく、平成20年に1次系接触型ナトリウム漏えい検出器(以下CLD)及び2次系CLDの不具合が発生した。

【主な改善内容】

- ・ 1次系CLDの誤警報発報に関しては、施工不良が原因であり、実績のある施工法を、通常と異なる方法で使用する場合に十分な確認を行わなかったことである。対策として、通常(一般産業)と異なる方法で使用する場合、その情報を的確に捉え、施工方法の妥当性を確認するため、「物品等調達管理要領」、「設計審査要領」、「検査及び試験の管理要領」等を改訂し保守管理上の標準化を図った。
- ・ 2次系CLD誤警報発報の原因は、これまでの不具合経験の反映不足によるものである。過去の不具合事例の調査・点検を行い、健全性を維持していく観点から設備ごとの点検頻度、点検内容等を「ナトリウム漏えい検出設備取扱の手引き」にまとめた。
- ・ 従来は不定期であったナトリウム漏えい検出設備に係る保全方法について、点検頻度の設定・見直し、計画的な部品交換、劣化傾向の監視項目の追加を保全計画に反映した。

2次系タンクCLD交換作業



【主な成果】

- ・ 1次系CLD及び2次系CLDの不具合については、それぞれの原因を明確にし、ハード及びソフトの両面についての必要な再発防止対策を実施した。
- ・ 2次系CLDの不具合対応である耐イオンマイグレーション性に優れた密閉型2次系CLDの交換に関し、窒素雰囲気であり、空気置換を実施する時期に交換予定の1本を除き平成21年5月に全て完了した。
- ・ 過去の不具合事例の調査・点検に基づき、ナトリウム漏えい検出設備に係る保全方法の標準化を行い、保全計画に反映した。

【今後の取組】

- ・ 密閉型2次系CLDの交換(残り1本)を完了するとともに、保全計画に基づきナトリウム漏えい検出設備の点検を計画的に行う。

【従来の問題点 ①】

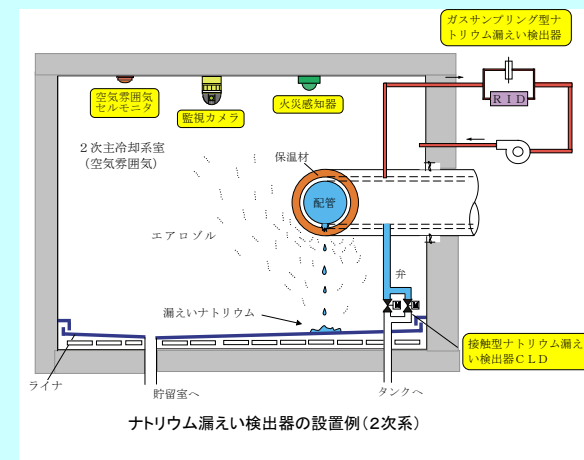
- ・ナトリウム漏えい警報が発報した場合の、誤警報か否かの判断手順が不明確であったことから、当直長が行う運転上の制限(LCO)の逸脱宣言に遅れが生じた。

【主な改善内容】

- ・「警報処置手順書」を見直し、すべてのナトリウム漏えい検出器の種類、系統別に誤警報要因、確認項目及び誤警報判断内容を追加し、速やかに誤警報か否かの確認ができる手順とした。
- ・「ナトリウム漏えい検出器警報発報時の対応措置要領」を見直し、漏えい警報発報時におけるLCO逸脱判断基準及び対応フローを明確化し、その中で運転員の確認作業により当直長が誤警報と判断できない場合は、より安全側の対応をとるため、速やかにLCO逸脱を宣言することとした。その結果、CLDの漏えい警報発報時のLCO逸脱判断時間を大幅に短縮できる見通しを得た。(H20年3月の事象について約1時間40分かかったものが、今後は約20~30分で対応可能)
- ・「異常時運転手順書」では、複数(2個以上の異なるタイプの漏えい検出器)の漏えい警報が発報した場合やITV・現場確認等で、ナトリウム漏えいと判断することとしているが、それに加え、漏えいにより同一機器や配管の隣接するCLDの複数発報も考えられることから、安全側の対応をとるためCLD漏えい警報の複数発報時はナトリウム漏えいと判断するように手順書を見直す。
- ・保安規定第34条「ナトリウムの漏えい監視」の条文を見直し、漏えい警報発報時に当直長が定められた手順(警報処置手順書)により誤警報の判断を行うことを明記、低温停止及び燃料交換における漏えい警報発報時の措置を追記することで、原子炉運転及び停止中のすべて状態で、当直長が速やかにLCO逸脱判断ができるようにした。

【主な成果】

- ・ナトリウム漏えい検出器の種類、系統別に、警報発報時の誤警報か否かの判断手順を明確化し、誤警報か否か判断できない場合、または漏えいが確認された場合、当直長は速やかにLCO逸脱宣言を行い、その後の対応操作を的確に行う手順を策定することができた。



【今後の取組】

- ・改正申請した保安規定の認可までに、改正内容にあわせてナトリウム漏えい警報に関する文書の再見直しを行う。

【従来の問題点】 ②

- ・ナトリウム漏えい警報が発報した場合の通報連絡手順が不明確であったことから、外部への連絡が遅れた。
- ・事故・トラブル等に関する公表基準がなかったことから、公表に対する機構内部の認識の共有が十分でなかった。
- ・連絡責任者のスキルアップの仕組みがなく、通報連絡の継続的な改善が不十分であった。

【主な改善内容】

- ・「事故・トラブル通報・連絡要領」をQMS文書として制定し、保安規定との関係の明確化、LCO逸脱時の通報連絡対応を連絡責任者の職務としてより明記するなどを実施した。
- ・公表基準を策定し、公表時期やプレス発表、ホームページ掲載の基準を明確化した。
- ・公表基準の策定にあたって、ナトリウム漏えい警報については公表することを明確にした。ただし、あらかじめ警報発報が予想される作業等に伴って発生した警報については「ナトリウム漏えい警報」としては扱わないこととし公表の対象外とすること等のルールを明確にした。
- ・通報連絡訓練の結果を評価し連絡責任者へフィードバックするとともに、定期的に連絡責任者会議を開催し、課題や認識の共有化を図ってきた。

【主な成果】

- ・要領の整備により、全てのナトリウム漏えい検出器についての警報発報時を含む事故・トラブル発生時の対応方法が明確になり、当直長及び連絡責任者は迅速、確実な通報連絡ができるようになった。
- ・公表基準を策定し、内部の認識の共有化がより一層図られた。
- ・公表基準を運用することにより、より一層、業務の透明性、公表の迅速性、的確性の向上が図られる。
- ・連絡責任者のスキル向上の結果として、通報連絡時間の短縮化、通報連絡判断の妥当性の向上が図られた。

【今後の取組】

- ・見直した要領に従い、通報連絡のより確実な実施を継続していく。
- ・策定した公表基準を運用することにより、的確かつ迅速な公表を継続して実施する。
- ・通報連絡訓練及び実際に通報連絡事象が発生した場合の検証結果を踏まえた改善活動を継続していく。

【従来の問題点】従来は、必ずしも定期的な点検が行われてきておらず、また、点検結果の評価が十分に行われずその結果を次の点検に反映する仕組みも無かった。このため、屋外排気ダクトの腐食孔やナトリウム漏えい検出器の誤警報が発生した。

【主な改善内容】

1) 保全プログラムの策定

「常陽」の運転・保守経験、海外高速炉・国内軽水炉の運転経験及びトラブル事例等の知見、2次主循環ポンプメカシール分解点検頻度に関する「もんじゅ」の運転・保守実績等を考慮し、予防保全を基本とした建設段階における保全プログラムを策定した。

2) 「もんじゅ」の特徴の反映

保全プログラムの策定において、設備の保全重要度については安全上の重要度及びリスク重要度に加え、「もんじゅ」特有の系統機能(ナトリウム系、カバーガス系等は重要度を上げ、予防保全とすることを明確にした)を考慮した重要度設定を行い、重要度に応じた実効的な保全活動を実施している。

3) 最新知見の反映による保全プログラムの改善

国内の原子力発電プラントの最新の事故・故障等の情報(NUCIA等)や「常陽」及び海外高速炉の最新知見を収集し検討結果を保全プログラムに反映する仕組みを整備し、運用中。

4) 保全の実施と継続的改善

炉心確認試験終了までの保全計画に基づく点検・補修の実施結果、「もんじゅ」のトラブル事例、設備健全性確認結果とその妥当性評価を踏まえ、点検方法、頻度を評価し、保全計画に反映し、より実効性のある保全計画とする取組みを継続して実施している。

また、保守活動の改善に向け、機器等のデータベース化に取り組んでいる。

【主な成果】

・屋外排気ダクトの腐食孔やナトリウム漏えい検出器の誤警報と同様なトラブルが生じないように確実な保守管理を行うため、予防保全を基本とした建設段階における保全プログラム(第1段階として炉心確認試験終了までを1つの保全サイクルとした保全プログラム)を策定した。

・「もんじゅ」のトラブル事例、設備健全性確認結果とその妥当性評価結果を策定した保全プログラムに反映するとともに、保守管理に関する要領を整備した。保守管理を継続的に改善する仕組みが構築でき、保全プログラムに基づく保守管理の運用を開始した。

また、保守活動の改善に向け、機器等のデータベース化に取り組んでいる。

【主な改善内容】

保全計画の策定と改正

① 炉心確認試験までの保全計画の作成(平成21年1月)

点検実績の反映例 ⇒ 2次主循環ポンプメカシール分解点検頻度を1年毎から2年毎に変更

不具合事例の反映例 ⇒ 原子炉補機冷却海水系配管の5年毎の全面塗装追加

② もんじゅの不具合事例及び組織変更等を反映し、標記保全計画を改正(平成21年2月)

不具合事例の反映例

⇒アニュラス屋外排気ダクト等の屋外設置設備の巡視点検(1回/月)を追加

⇒CLDに関する絶縁抵抗の定期的測定による劣化傾向の把握

③ 長期停止設備健全性確認の妥当性評価結果や「ナトリウム漏えい検出設備取扱の手引き」を反映し、標記保全計画を改正(平成21年7月)

・ナトリウム漏えい検出設備取扱の手引きの反映例 ⇒ DPD検出器出力信号確認(1回/月)、DPD定期交換(1回/2年)、RID検出器導通確認(1回/2年)、RID検出器定期交換(1回/10年)等

・設備健全性確認の妥当性評価 ⇒ 2次系機器、炉外燃料貯蔵設備等の外観点検頻度の統一(2年毎)

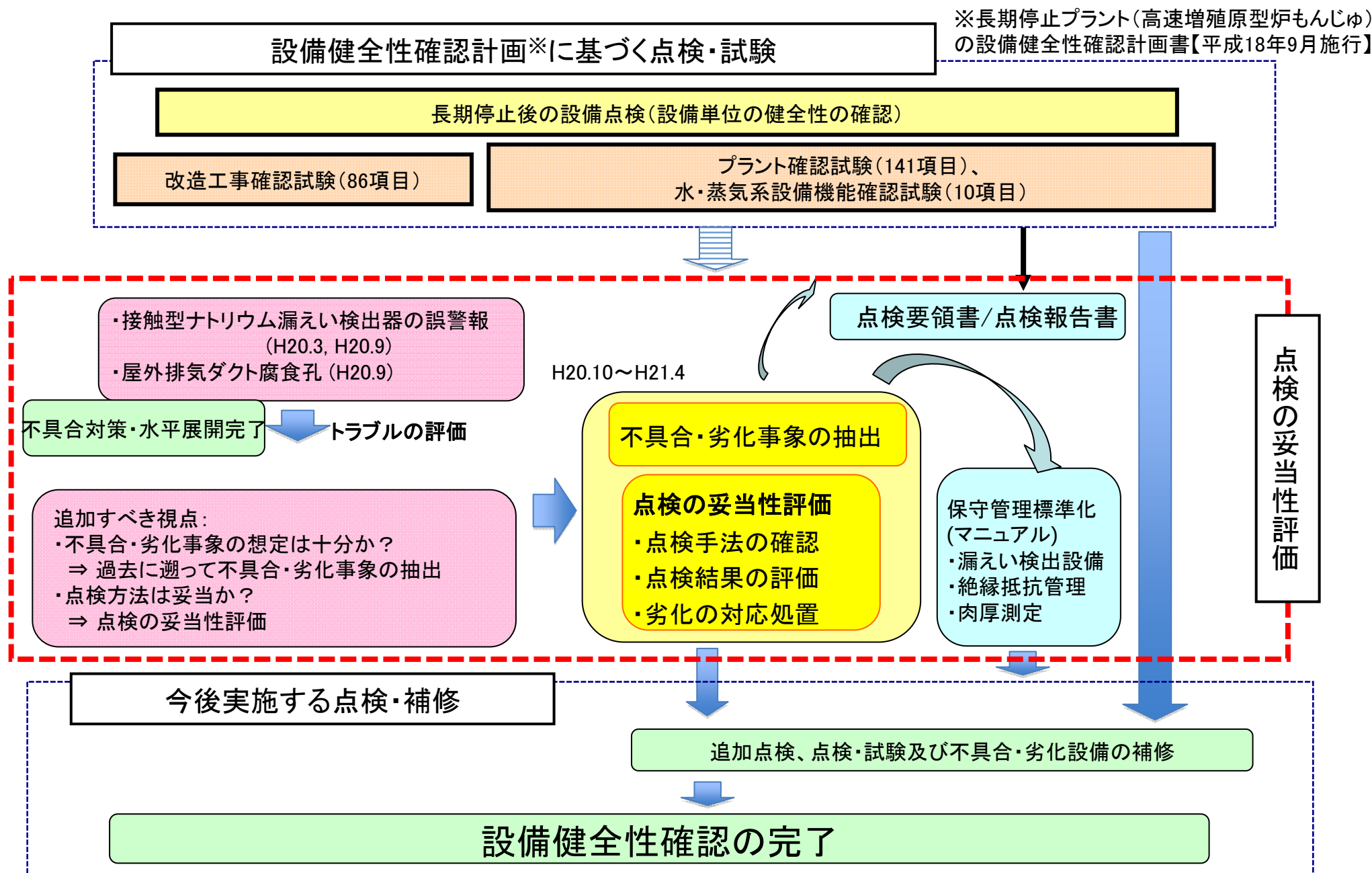
・「常陽」の反映例 ⇒ 1次主循環ポンプのメカニカルシールの分解点検頻度を1回/4定検

【今後の取組】

・今後とも保全計画に基づき計画的に点検を行い、点検・補修等の確認・評価、定期的な保全の有効性評価により継続的に保全計画を改善していく。また、運転再開までに、設備健全性確認における点検・補修及び保全計画に基づく点検・補修の評価を実施し、保全計画に反映する。

・着実なデータベース化の取り組みの一つとして、水・蒸気系設備の温度計データベース化を平成21年10月までに完了し、その他の機器について、平成22年度中に完了させる。

参 考 資 料



実績←

→今後の予定

【試運転工程】

炉心確認試験
(ゼロ出力試験)

40%出力
プラント確認試験

<試験> 改造工事確認試験

プラント確認試験

水・蒸気系設備機能確認試験

- ・燃料取扱設備運転試験
- ・原子炉格納容器全体漏えい率試験等

- ・燃料外観確認
- ・燃料交換後炉心流量確認 等

- ・蒸気発生器廻り水・蒸気系運転試験
- ・冷却系総合運転試験 等

<設備の点検(補修を含む)>

▽設備健全性確認報告

設備の点検

- ・燃料取扱・貯蔵設備点検
- ・制御棒駆動機構点検
- ・水・蒸気系設備の点検 等

設備健全性確認 の妥当性評価

追加点検

- ・格納容器貫通部点検 (H21.3完了)
- ・1次アルゴンガス系配管 (H21.6完了)
- ・機器冷却系計装配管 (H21.6完了)

- ・原子炉格納容器
全体漏えい率試験

- ・水・蒸気系設備の点検(水・蒸気系設備
機能確認試験に併せて実施する項目)

- ・排気筒支持構造物点検
- ・1次ナトリウム純化系窒素ガス冷却配管
- ・ナトリウム・水反応生成物収納設備

補修

- ・RID交換 (H19.9完了)
- ・原子炉補機冷却海水系配管の取替
(H21.4 完了)
- ・液体廃棄物処理設備配管 の交換
(H21.7完了)
- ・屋外排気ダクトの補修 (H21.5完了)

- ・原子炉補機冷却海水系配管の取替
- ・精度外計器の校正
- ・CLD交換

- ・屋外水・蒸気系配管の取替
(H21.3一部完了)
- ・屋外排気ダクトの取替

○長期停止後の設備点検(全239項目)(使用前検査対象設備)

平成21年7月24日実績

炉心確認試験前までに実施すべき設備の点検(全207項目)	40%出力プラント確認試験前までに実施予定の設備の点検(全32項目)
○213項目終了	
195項目終了	18項目終了

試験区分	終了項目数 ／全項目数	終了した主な点検	今後実施する主な点検
1. 原子炉本体	9／12	・炉心上部機構外観点検 ・しゃへいプラグ性能・機能確認	・ブランケット燃料集合体外観確認※1
2. 燃料取扱貯蔵設備	43／43	・燃料交換装置点検 ・燃料貯蔵容器点検	—
3. 1次冷却系設備	22／24	・1次主冷却系中間熱交換器点検 ・1次主冷却系循環ポンプ点検	・1次アルゴンガス系設備点検等※1
4. 2次冷却系設備	26／26	・蒸発器・過熱器点検 ・2次主冷却系循環ポンプ点検	—
5. 水・蒸気系設備	16／25	・蒸気タービン分解点検	・水・蒸気系主配管肉厚測定※2
6. 原子炉補助設備	13／15	・機器冷却系設備点検	・原子炉補機冷却海水系性能機能確認※1
7. 計測制御設備	17／19	・原子炉容器内計装点検 ・プロセス計装点検	・制御棒駆動機構作動確認※1
8. 廃棄物処理設備	16／18	・気体廃棄物処理系設備点検 ・液体廃棄物処理系設備点検	・固体廃棄物処理設備点検※2
9. 放射線管理用設備	4／4	・エリアモニタリング設備点検 ・プロセスモニタリング設備点検	—
10. 原子炉格納容器等	8／9	・原子炉格納容器附帯設備点検	・原子炉格納容器全体漏えい率検査※1
11. ディーゼル発電設備等	39／44	・ディーゼル発電機設備分解・開放点検	・アニュラス循環排気装置性能・機能等※1 ・発電機点検※2

※1: 炉心確認試験開始前までに実施予定

※2: 40%出力プラント確認試験前までに実施予定(一部、当該設備の運転開始前までに実施予定のものを含む)

事故トラブル等に関する公表基準

区分	事象の概要	事象の例	公表時期 注1)	方法
トラブル 情報	研究開発段階にある発電の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規則第43条の14及び電気関係報告規則第3条に基づき報告する情報	・計画外で原子炉を停止したとき。 ・管理区域内で漏えいした放射性物質が管理区域外に広がったとき。 ・管理区域内で放射性物質が漏えいし、人の立入制限・鍵の管理の措置を講じたとき。	夜間・休日を問わず、速やかに	・プレス発表 ・ホームページへの掲載(プレス発表文)
保全品質 情報	軽微な事象であるが、保安活動の向上の観点から公表する情報。	・安全上重要な機器等に、変形、欠陥、ひび割れ、減肉、摩耗、ピンホール等による損傷又はその徴候を確認した場合で、評価等により健全性を確保した上で運転継続するとき。 ・プラント運転に影響を及ぼす可能性がある機器に異常が発生した場合(増し締め等の簡易な点検、補修で対応可能な場合は除く)。 ・管理区域内において、設備、機器に影響を及ぼす、放射性物質を含まない水、油等の漏えいがあったとき。	週報のプレス発表時 (速やかに公表する場合あり)	・プレス発表 ・ホームページへの掲載(週報)
その他 情報	上記には至らないが、事業の透明性向上の観点から公表する情報。	・計画外で、1日につき1ミリシーベルトを超えて作業したとき。 ・軽微な負傷が発生し、休業する場合。 ・設備、機器に軽微な影響を及ぼす薬品等が漏えいしたとき。 ・ナトリウム漏えい警報が発報し、誤報であったとき。注2)	週報のプレス発表時	・プレス発表 ・ホームページへの掲載(週報)

注1) 公表時期は、原則的な時期を示す。

注2) ナトリウム漏えい警報の発報については公表する。詳しくは主な公表事象の内容の「その他情報」の解説欄に記載する。

注3) 高速増殖原型炉もんじゅ周辺環境の安全確保等に関する協定に基づき地元自治体へ報告する情報も本公表基準に基づき公表する。

【事故トラブル等に関する主な公表事象の内容(その他情報)からの抜粋】

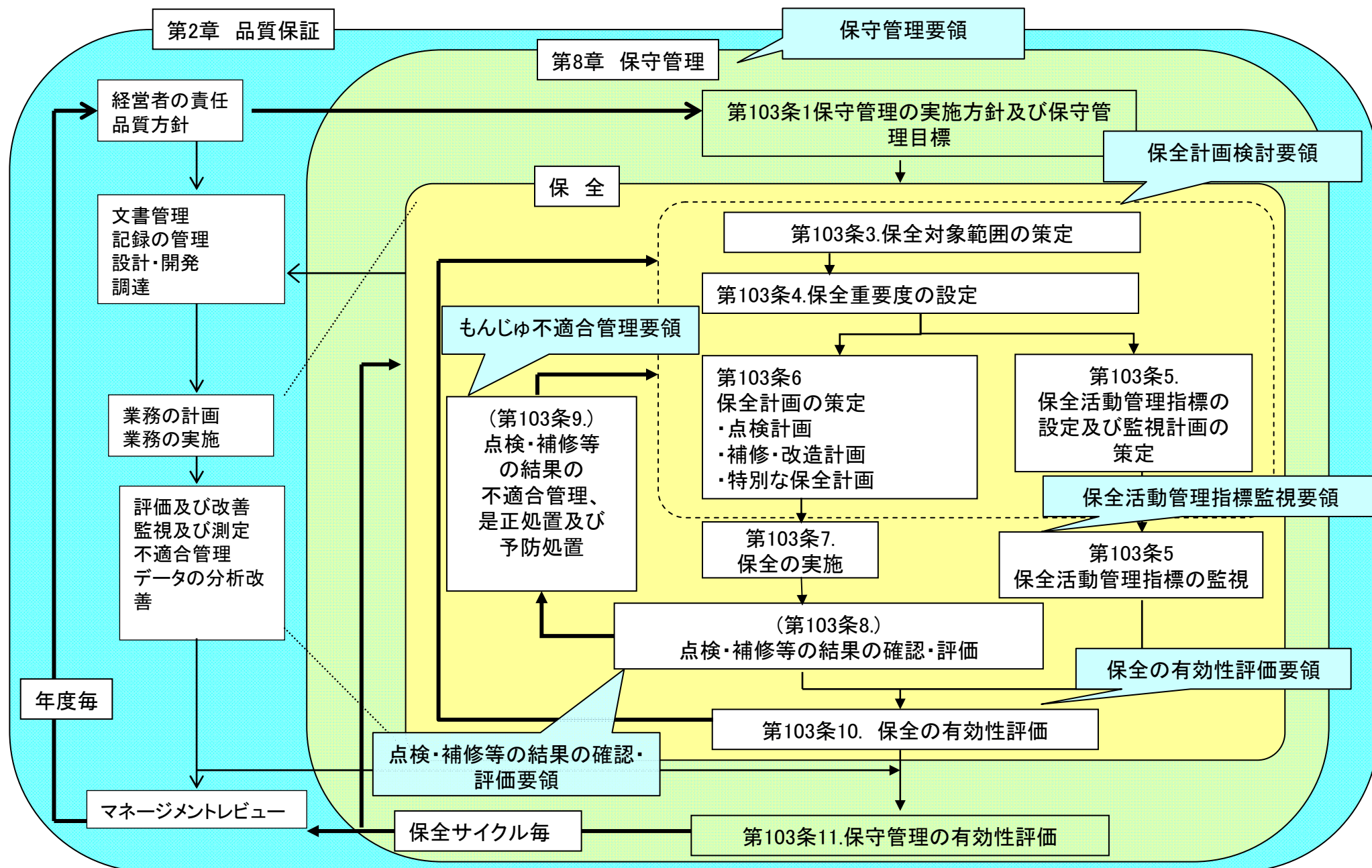
事象の例	解 説
ナトリウム漏えい警報が発報し、誤報であったとき。	ナトリウム漏えい警報の発報については公表する。 調査によって、漏えいがなければ誤報であり「その他情報」として公表する。 なお、漏えいが確認された場合は、「トラブル情報」として、漏えいの無いことの確認ができず「運転上の制限の逸脱」を宣言した場合には、「保全品質情報」として公表する。 ただし、あらかじめ警報の発報の可能性がある作業等に伴って発生した警報については、「ナトリウム漏えい警報」としては扱わない。

事故トラブル等に関する公表基準

主な公表事象の内容
(トラブル情報)

(保全品質情報)

(その他情報)



使用前検査合格▽

点検	炉心確認試験	点検	40%出力プラント確認試験	点検	出力上昇試験	供用開始
保全計画(平成21年1月)		策定中		今後策定		

保全プログラムの導入

・基本的考え方: 点検計画・補修、取替及び改造計画・特別な保全計画に対し、もんじゅ運転フェーズ(点検と炉心確認試験、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験)に合わせた保全計画

- ①点検計画: 原子炉停止中及び運転中に実施する点検の計画。あらかじめ保全方式(予防保全(時間基準保全、状態基準保全)、事後保全)を選定し、点検の方法並びにそれらの実施頻度及び時期を定めた点検計画を策定
- ②補修、取替及び改造計画: 補修、取替え及び改造を実施する場合、あらかじめその方法及び実施時期を定めた計画を策定
- ③特別な保全計画: 地震、事故等により長期停止を伴った保全を実施する場合等は、特別な措置として、あらかじめその方法及び実施時期を定めた計画を策定(長期停止設備の健全性確認)

安全確保への更なる取り組み

2009年7月30日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

「もんじゅ」は、平成20年3月のナトリウム漏えい検出器の誤警報に端を発し、改善活動として行動計画を策定し、品質保証に基づく保守管理の強化、もんじゅプロジェクトへの経営の関与の強化に取り組んできた。

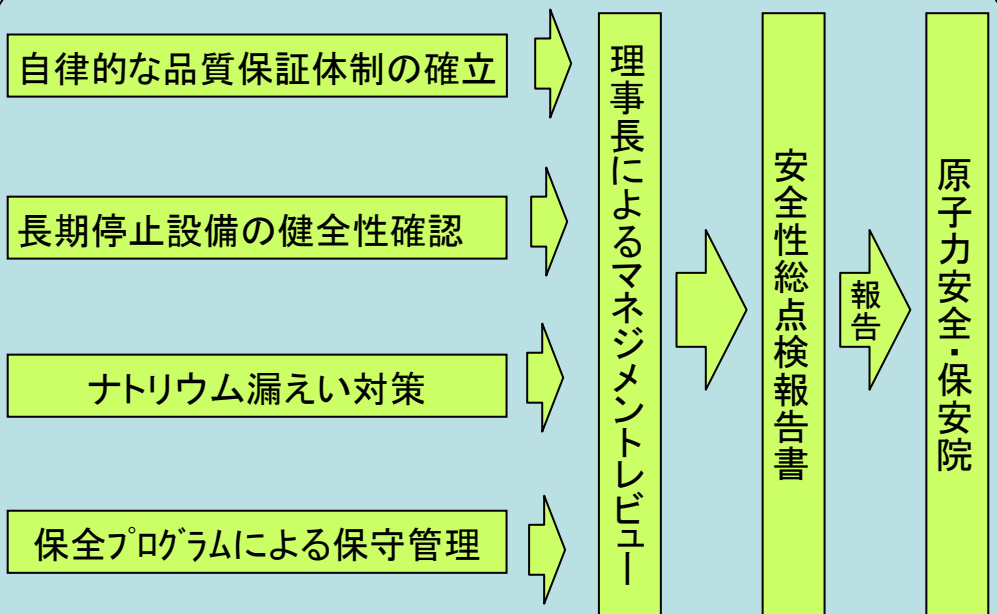
今後、「もんじゅ」は、13年を越す停止状態からの運転再開という機構最大、最優先のミッションの達成に向けて、プラント設備を確実に立ち上げていかねばならない。このため、経営を先頭として、安全確保への更なる取り組みに最大限の努力を傾注していく。

前回(第19回)検討会で保安院より示された「高速増殖原型炉もんじゅ試運転再開に当たっての安全確認の考え方」に従い、今後の対応を示す。また、併せて、運転再開に向け「性能試験計画策定・要員体制強化」及び「広聴・広報活動、一層の安心と理解を得ていく活動」を進める。

1. 自律的な品質保証体制の確立
自律的な品質保証体制を確立し、実効的な活動を進める。
2. 長期停止設備の健全性確認の確実な実施
運転再開に必要な長期停止設備の健全性確認を完遂する。また、劣化が顕在化した原子炉補機冷却海水系配管の交換を完了する。
3. ナトリウム漏えい対策の確実な実施
ナトリウム漏えい検出器の不具合への設備面の対応を完了するとともに、不具合発生を踏まえた保安全管理手法を保全計画に反映し、ナトリウム漏えい警報発報時及びLCO逸脱時の手順を保安規定等に反映する。
4. 保全プログラムに基づく保守管理の確実な実施
保全プログラムに基づき点検を行い、その結果を反映して保全計画を見直す。

上記の安全管理面の取り組み及び設備面の取り組み状況については、理事長のマネジメントレビューにより確認し、追加の安全性総点検報告としてとりまとめ、保安院へ報告する。

5. 性能試験計画策定・要員体制強化
6. 広聴・広報活動、一層の安心と理解を得ていく活動



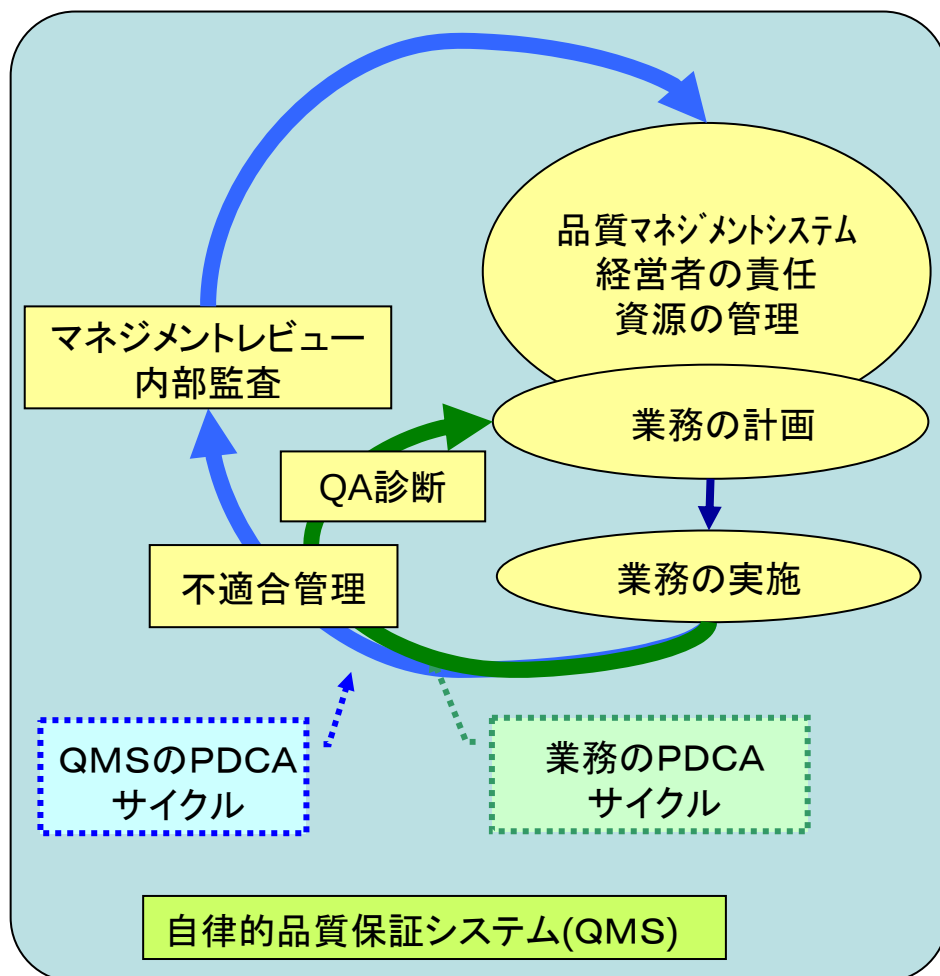
性能試験計画策定・要員体制強化

広聴・広報活動、一層の安心と理解を得ていく活動

運転再開に向けた安全確保への更なる取り組み

「もんじゅ」の自律的品質保証システム(QMS)を、より実効的なQMSとするためには、以下に示す更なる活動が必要であり、今後、計画的実施していく。

- | | |
|---|----------------|
| (1) PDCAのうち、改善の基点となる”C”機能の更なる充実 | ⇒ チェック機能の更なる充実 |
| (2) 現場にとって、より判りやすく、もっと使いやすく、日々の保安活動に密着したQMSの再構築 | ⇒ QMS見直し |



- (1) チェック機能の更なる充実
- ◇ QMSのPDCAサイクルの中の“C”としては、理事長によるマネージメントレビュー、監査室による内部監査等があるが、昨年、臨時マネージメントレビューを開催し、それらに続くA→P→D→Cが回り始めており、今後も継続的に運用していく。
 - ◇ さらに、業務プロセスのPDCAサイクルの中の“C”については、①不適合に対するさらなる感度アップ(些細な不適合を不適合と気づく感度)と②QA診断の対象範囲の拡大による自主チェックの強化を図る。

- (2) QMS見直し
- ◇ 平成20年11月より、①業務項目の洗い出し、②保安活動のプロセスフローチャート化、③作成したプロセスフローチャートをもとにした目的に沿ったルールを作成・再構成を行っている。
 - ◇ 現在、①により、業務項目が洗い出され、引き続き、②のプロセスフローチャートを作成を行っているところである。
 - ◇ QMS文書の見直し作業のアウトプットとして、炉心確認試験を開始するまでに、業務プロセスの中でまず、運転管理に関するものを運用開始し、以後順次見直しが終了したものから運用を開始し、40%出力試験までにはQMS全体の見直しを完了させる。

安全文化醸成活動の継続的取組み

- 今後「もんじゅ」の運転再開に向けFBR発電プラントとしての安全文化確立のため、トップの強い意思の下、従業員が共通の価値観を持ち活動に取り組むよう下記の安全文化醸成活動を強力に取り組んでいく。
- 21年度活動計画策定にあたっては、根本原因分析結果及び外部調査機関によるアンケート調査(H20年11月)結果、意見交換会の意見や日常の業務での反省等踏まえ、特に良好なコミュニケーション確立の点から内容の強化・充実を図ることとした。
- 21年度活動としては、①トップマネジメントによる意思表示、②所幹部による所員への業務方針等の説明会、③経営層及び所幹部の中央制御室への訪問、④課室長の在席コアタイムの運用、⑤所長表彰の実施等の諸活動に取り組んでいる。
- 本年8月には外部調査機関による職場安全風土に係るアンケートを実施する予定であり、昨年度との比較分析・評価を行い、21年度上期活動の評価と合わせ、21年度下期活動計画への反映・見直し(H21年10月)を行う。

— 運転再開までに取り組む改善活動 —

- ◇ ヒヤリハット体験の募集およびトラブル事例教育の実施(報告する文化、学習する組織)
運転再開を控えた自らのプラントの安全に係るヒヤリハット事例収集、ナトリウム機器・設備特有のトラブル事例を中心に事例教育を行い、安全意識の醸成を図る。
- ◇ グループ討議の実施(良好なコミュニケーション)
これまでも、通報連絡等をテーマとした討議を行ってきたが、特に今年度は、運転再開にあたり、安全を確保する上で留意すべきことをテーマにしたグループ討議を実施し、安全意識の高揚を図る。
- ◇ コミュニケーションスキルアップ教育の実施(良好なコミュニケーション)
管理職(課・室長)を対象に、コミュニケーションスキルアップ教育を実施し、管理職自らの職場における内部コミュニケーションの一層の充実を図る
- ◇ eラーニングの受講(学習する組織)
日本原子力技術協会(JANTI)のeラーニング(ヒューマンファクター)を全員が受講する。

危機対応機能の充実

- ◇ もんじゅは、事故・災害対策運用要領、事故・トラブル通報・連絡要領、ナトリウム漏えい検出器警報発報時の対応措置要領等の危機対応のための要領類の整備を進めてきた。また、危機管理専門職の配置、休日夜間連絡責任者の2名配置といった体制の強化も実施した。通報連絡については、毎日訓練を行うなど、迅速かつ確実な通報連絡が実施できるよう取り組んでいるところである。
- ◇ 運転再開に向けては、整備した要領、体制のもと、「もんじゅ」だけでなく敦賀本部とも連携し、より実践的で広範囲な訓練を行い、危機対応機能を一層充実させる。
 - ・ 「もんじゅ」と敦賀本部が連携したトラブル対応訓練（1回/月）
 - ・ 経営層も参加した総合的な防災訓練を実施する。

- FBR発電プラントとして、「もんじゅ」の安全性と信頼性を揺るぎないものとして確保するため、「もんじゅ」のみならず高速炉プラントや軽水炉プラントの知見も用い、長期停止していたプラントに保守を施し、安全に運転再開ができるプラント状態を確立する。
- 実施した保全活動の評価を踏まえ、継続して保全活動の改善を行う。

【長期停止設備健全性確認】

運転再開までに、以下の点検・補修を実施し、設備の健全性を確認する。

- (1) これまでの点検において劣化が確認された設備の補修
 - ・ 原子炉補機冷却海水系配管の取替 ・精度が外れた計器の校正
- (2) 設備健全性確認の妥当性評価結果において追加点検が必要な設備の点検
 - ・ 排気筒支持構造物点検 ・ 1次ナトリウム純化系窒素ガス冷却配管 ・ ナトリウム・水反応生成物収納設備
- (3) 炉心確認試験に必要な設備で残された点検
 - ・ 1次アルゴンガス系設備点検 ・ 原子炉補機冷却海水系性能機能確認 ・ 制御棒駆動機構作動確認
 - ・ 原子炉格納容器全体漏えい率試験 等

【ナトリウム漏えい対策】

- ◇ CLDのイオンマイグレーション対策品への交換(残り1本)
- ◇ 不具合発生を踏まえた保全管理手法を保全計画に反映し、ナトリウム漏えい警報発報時及びLCO逸脱時の手順を保全規定等に反映する。

【保全プログラムによる保守管理】

- 設備健全性確認の点検・補修の分析と評価結果を保全計画へ反映する(10月末予定)。
- 保全プログラムに基づく保全活動を継続するとともに、点検実績から得られた情報等に基づく保全の分析と評価を行い、その結果を保全計画に反映し(10月末予定)、継続的な改善につなげる。

行動計画による改善活動の達成状況・定着状況を確認し、運転再開にあたって十分な改善が行われ、自律的な品質保証体制が確立しているかどうかを確認するため、「もんじゅ」の業務運営に特化した理事長による臨時のマネジメントレビューを行う。

- レビューは、① 設備健全性確認による点検及び補修が終了し(除く格納容器漏えい率検査)、点検結果に基づく保全の有効性評価及び保全計画への反映が実施されるなどPDCAが実施済み或いは見通せる時期、② 次回の「職場安全風土に係るアンケート」結果を安全文化醸成に係る年度活動計画に反映するなど安全文化醸成活動におけるPDCAが実施される時期などを考慮して行う。
- レビュー範囲は、「もんじゅ」の保安活動、「もんじゅ」に対する経営の関与、安全文化醸成活動、コンプライアンス推進活動まで含めた「もんじゅ」に係る業務について全般にわたって行う。
- レビュー結果も含め行動計画における改善活動結果等を安全総点検報告書に追加し、原子力安全・保安院に報告し、確認を受けていく。

性能試験計画策定・要員体制強化

- ◇「もんじゅ」においては性能試験計画、性能試験実施に向けた要員強化計画を策定する。
- ◇性能試験の推進を支援するために、広報、危機管理、技術評価、共同研究、OB活用などの視点を入れ、機構が一丸となった体制を整備する。

広聴・広報活動、一層の安心と理解を得ていく活動

□ ナトリウム漏えい時の対応説明パンフレットの配布・活用

ナトリウム漏えい事故の教訓を踏まえ、「ナトリウム漏れは起こりうる。漏れないように対策をしたが、万一漏れたらどう対応するか」説明するパンフレット作成し、説明会等で配布・活用する。

□ 安全確保への取組み説明

運転再開に向けて、地元の方々の理解を得るため、さいくるミーティング、地元説明会等において「もんじゅ」の安全確保、役割等について説明活動を行う。

□ 管理職による外部説明

社会の視点を肌で感じ、安全・安心の確保に一層の取組みを行うため、「もんじゅ」の管理職（課長級）を、さいくるミーティング（職員が地域の皆様のもとへ出向き、「もんじゅ」の仕組みなど技術的な話題をわかりやすく説明する出前対話）に参加させる。

□ トラブル事例集を活用した報道関係者への説明会実施

炉心確認試験において想定される事故・トラブル等の対応事例集を整備し、定期的（1回/2ヶ月）なプレス説明会を実施する。