

「もんじゅ」性能試験と今後の展開

～エネルギー安定供給と地球温暖化対策の両立を目指して～



平成22年9月

日本原子力研究開発機構
敦賀本部 高速増殖炉研究開発センター
技術部長 弟子丸 剛英

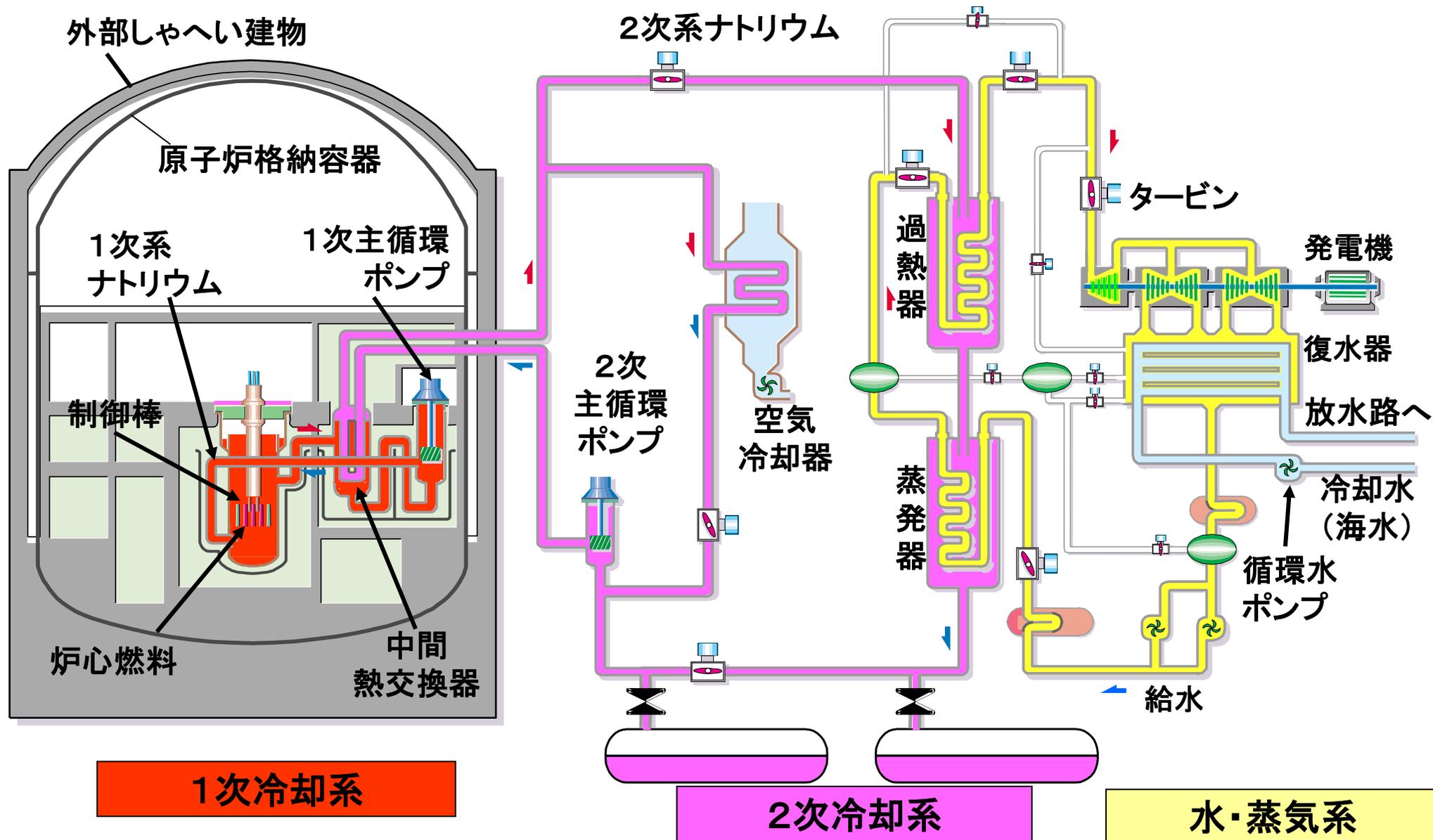


高速増殖原型炉もんじゅ
(高速増殖炉研究開発センター)

- 1983年 5月 原子炉設置許可
- 1985年10月 建設工事開始
- 1991年 5月 機器据付完了、試運転開始
- 1994年 4月 初臨界
- 1995年 8月 初送電
- 10月 40%出力到達
- 12月 ナトリウム漏えい事故
- 2005年 3月 改造工事(準備工事)着手
- 2007年 8月 改造工事(工事確認試験)完了
- 2010年 5月 性能試験再開



電気出力：28万kW（熱出力：71万4千kW）、ナトリウム冷却、MOX燃料炉心



1次冷却系

2次冷却系

水・蒸気系



2次系ナトリウム配管切断作業



総合漏えい監視システムの設置



(平成6年4月5日)



(平成22年5月6日)

平成22年 5月 性能試験再開

平成19年 8月 改造工事完了

平成17年 3月 改造工事着手

平成 7年12月 ナトリウム漏えい事故

平成 7年 8月 初送電

平成 6年 4月 初臨界

平成 4年12月 性能試験開始

平成 3年 5月 機器据付完了

昭和60年10月 建設工事開始

昭和58年 5月 原子炉設置許可



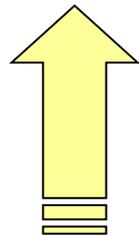
(平成3年4月30日)



(平成7年12月8日)



(昭和61年2月28日)



「もんじゅ」は安全か

- ・この14年間、ナトリウム漏えい事故の原因究明と対策、「もんじゅ」の安全性を再確認する安全性総点検などを踏まえ、「もんじゅ」の安全向上に取り組んできた。
- ・取組み結果については国等の関係機関により妥当であると確認された。

＜国による安全性確認＞ → 安全性総点検、実施状況の確認、設置変更許可
＜福井県による安全性確認＞ → 「もんじゅ安全性調査検討専門委員会」での確認

安全向上の取組項目と成果

安全性をより向上させるための取組

- ・ 改良型温度計への交換
- ・ ナトリウム漏えい対策工事及び機能確認
- ・ 「もんじゅ」の安全性を再確認する安全性総点検及び実施状況の確認
- ・ 試運転経験等から摘出された設備改善工事
- ・ 安全研究成果等の反映

地震に対する安全性の再確認

- ・ 国の新指針に基づく安全評価
- ・ 新潟中越沖地震を踏まえた安全評価及び地震対策

運転管理技術向上のための取組

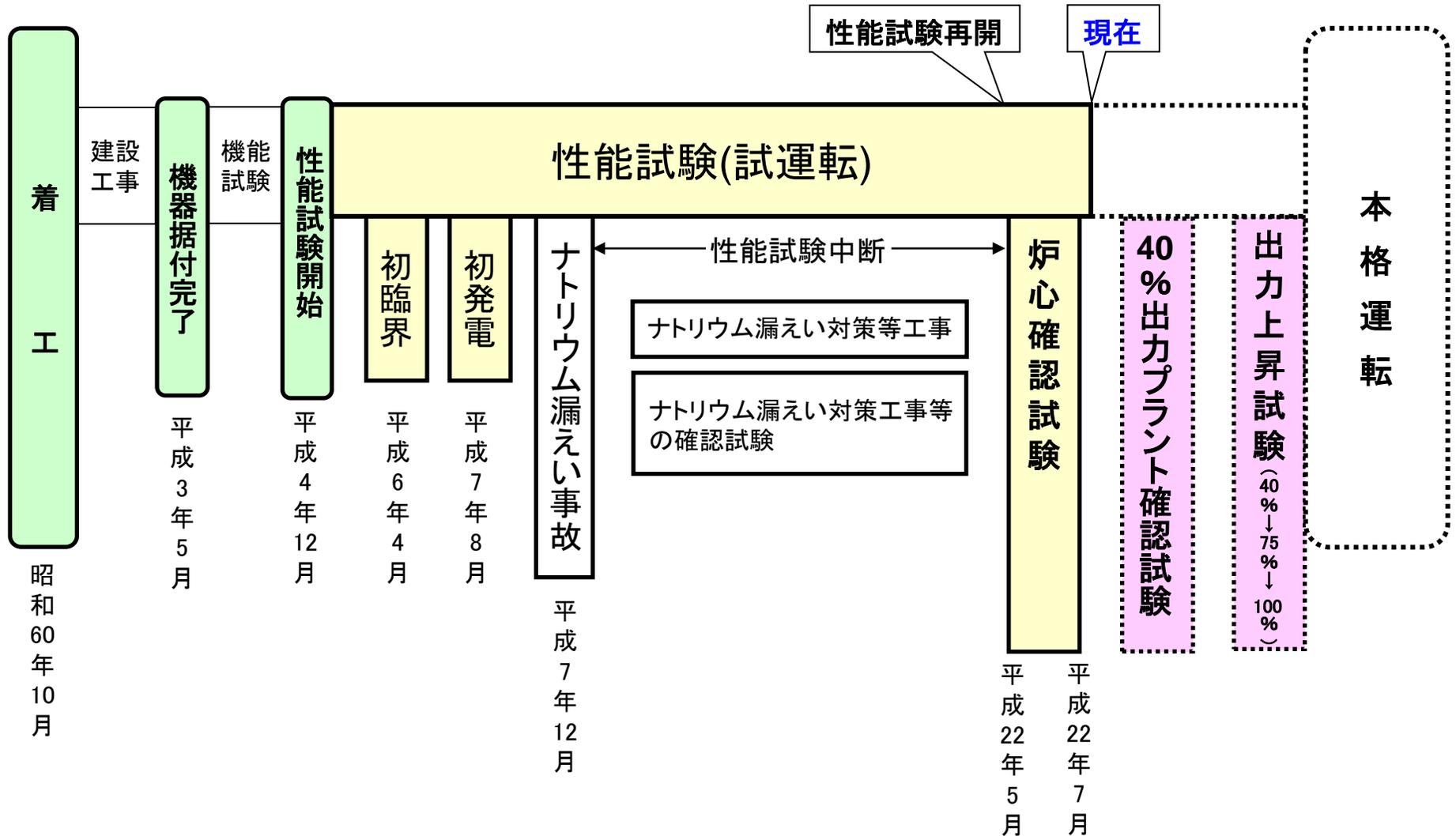
- ・ 異常時運転手順書などの充実整備

保守管理技術向上のための取組

- ・ 高速増殖炉の保全プログラムの策定
(保全活動の実施体制や実施計画等を具体的に記載したプログラム)
- ・ 他プラントトラブル事例の反映
- ・ 蒸気発生器伝熱管等の健全性を確認する検査技術の開発

性能試験とは、

○原子力発電所の建設工程の最終段階として、原子炉を起動して原子炉施設の安全性を確認するとともに、プラントの系統・設備に係る機能及び性能について国の検査を受け、出力100%での運転(本格運転)が出来ることを確認する。



性能試験は、三つの段階を踏んで慎重に確認して進めていく。

○「炉心確認試験」

- ・炉心の特性は設計通りか？
- ・1次系、2次系のナトリウムを循環する機器・設備は大丈夫か？

蒸気を発生させず、水・蒸気系、タービン・発電機は使用しない。



○「40%出力プラント確認試験」

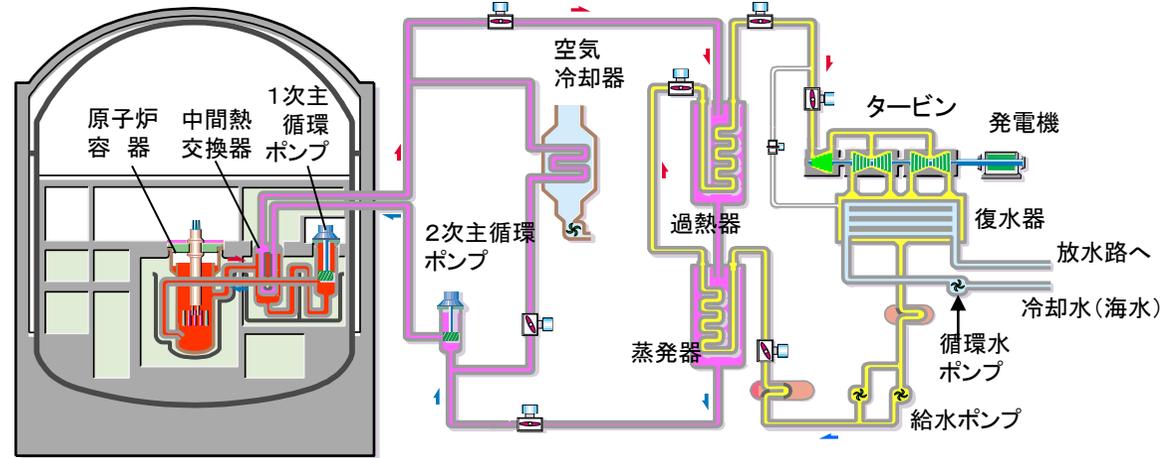
- ・水・蒸気系設備は大丈夫か？
- ・電気を起こすタービン設備は大丈夫か？

プラントの全ての設備を使用し、蒸気を発生させ、電気を起こす。



○「出力上昇試験」

- ・性能を100%フルに発揮出来るか？



原子炉・1次冷却系

2次冷却系

水・蒸気系、タービン・発電機

炉心確認試験（試験項目数：20*）

目的	概要	実用化技術への成果反映
<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期停止したプラントの炉心状態確認を行う。 ・ 燃料中のPuが壊変し生成したAmを比較的多く含有する実炉心での物理データを取得し、将来FBRの研究開発に活用する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉を臨界状態にして、Amを含有する炉心の制御棒価値、温度係数などの物理データを測定し、炉心の特性を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Amを含有する炉心データに基づく設計手法を検証し、実用化プラントの炉心設計への適用を図る。

40%出力プラント確認試験（試験項目数：約90*）

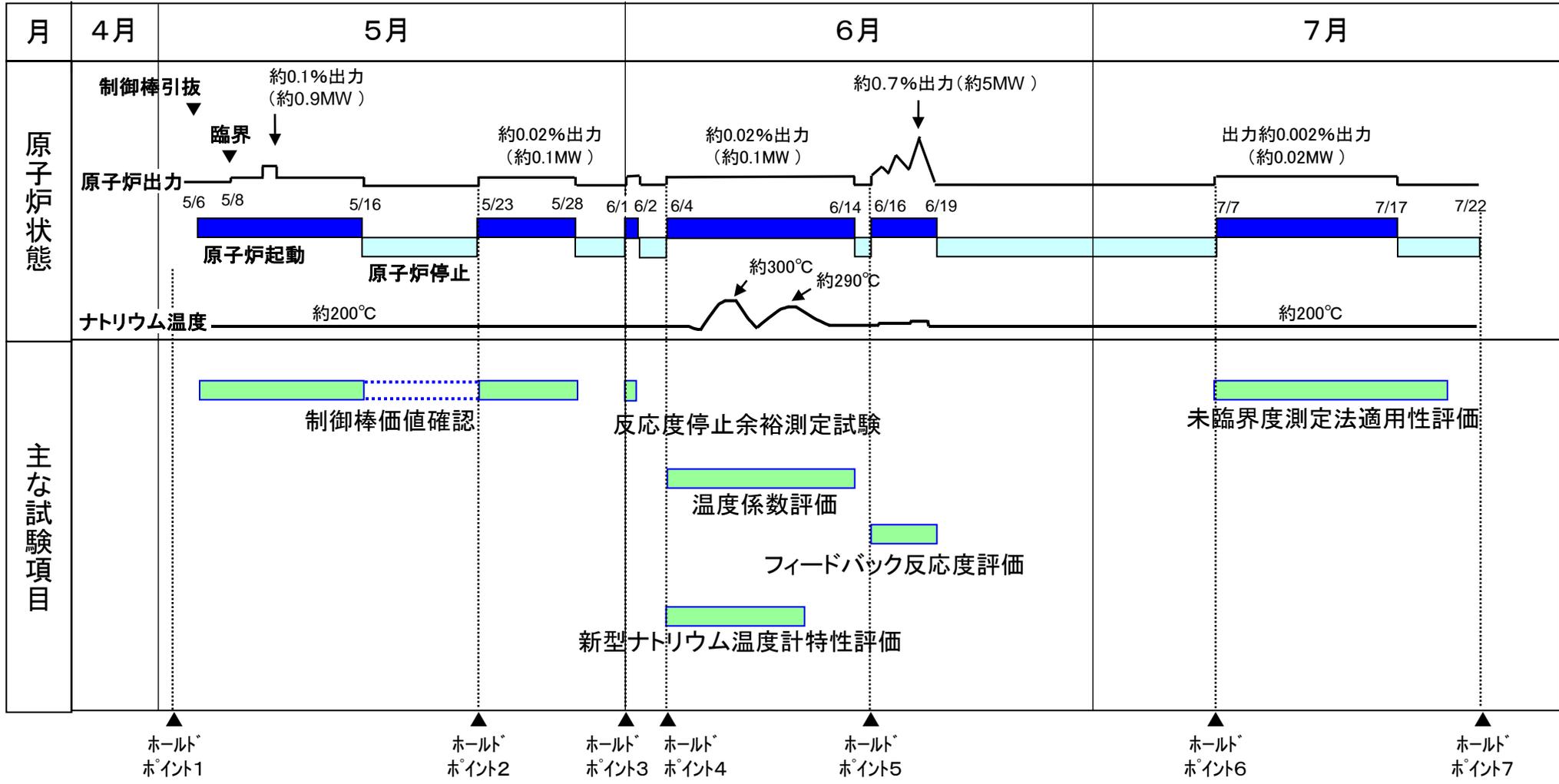
目的	概要	実用化技術への成果反映
<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期保管状態であり、かつ設備改造後である水・蒸気、タービン系統について、プラント全系統の機能確認・性能確認を、40%出力までの運転状態で実施する。 ・ 水・蒸気、タービン系を含めた全系統の起動を通じてプラント運転保守の習熟を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 40%出力運転のための炉心構成を行い、40%までの運転状態での試験を実施する。 ・ 核加熱による水・蒸気タービン系の動作試験を行いながらプラント出力を40%とし、プラント全系統の性能を確認する。 ・ 水・蒸気タービン系を含めた全系統の起動を通じてプラント運転保守技術の習熟を行う。 ・ Amを含有する炉心の燃焼特性などの物理データを測定し、炉心の特性を確認する。 ・ 確認試験に基づき、引き続いて行う出力上昇試験が実施できることを評価・確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Amを含有する炉心データに基づく設計手法を検証し、実用化プラントの炉心設計への適用を図る。 ・ FBR設計手法を検証し、実用化プラントの設計でのプラント運転制御性や安全評価等における最適化に反映。 ・ 得られた設計評価上の知見（余裕係数の考え方等）を実用炉設計手法高度化へ反映。

出力上昇試験（試験項目数：約110*）

目的	概要	実用化技術への成果反映
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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全系統の起動を通じてプラント運転保守の習熟を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 水・蒸気、タービン系を含めた全系統の起動を通じてプラント運転保守の習熟を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ FBR設計手法を検証し、実用化プラントの設計でのプラント運転制御性や安全評価等における最適化に反映。 ・ 得られた設計評価上の知見（余裕係数の考え方等）を実用炉設計手法高度化へ反映。

*：複数の試験段階で実施する試験項目がある。

炉心確認試験は、平成22年5月6日に開始し、平成22年7月22日に終了した。
20項目の試験を実施した。



ホールドポイントを設け、試験状況や発生した不具合への対応状況など一つ一つ状況を確認し、試験を行ってきた。

○14年間止まっていた原子炉の運転は大丈夫か

原子炉の安全な起動・運転を確認した。

5月6日午前10時36分
性能試験を再開



- ・原子炉及びナトリウム系統設備を安全に起動・運転することができた。
- ・14年前の燃料と新しく製造した燃料で、予測通り原子炉を臨界にした。

5月8日午前10時36分
臨界到達を確認

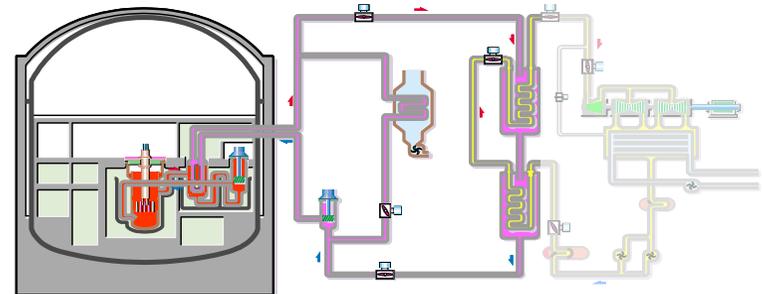
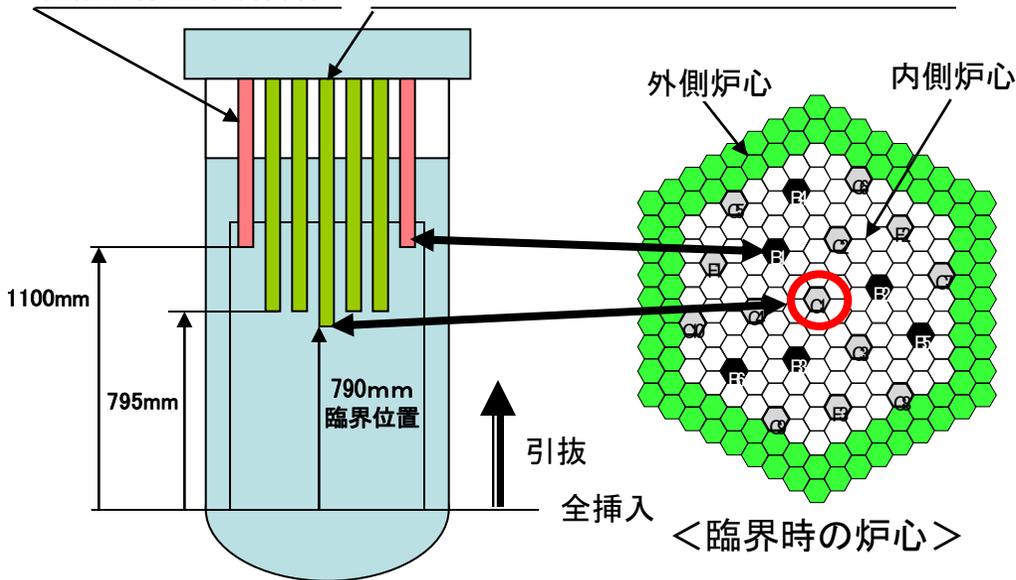


<臨界: 炉心内で核分裂連鎖反応が一定の割合で持続している状態>

原子炉を予測通り安全に起動

ナトリウム設備を安全・安定に運転

後備炉停止系制御棒 主炉停止系制御棒 (微調整棒、粗調整棒)



原子炉・1次冷却系

2次冷却系

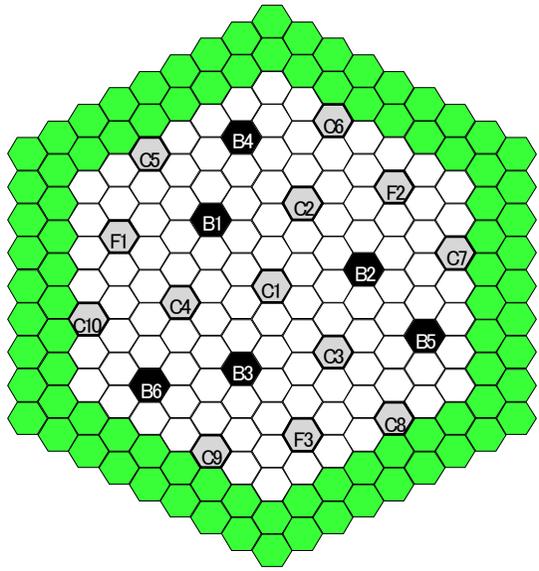
交換したナトリウム温度計やナトリウム漏えい検出器
ナトリウムを循環するポンプ などのナトリウム設備

○原子炉を安全に止める、制御することができるか

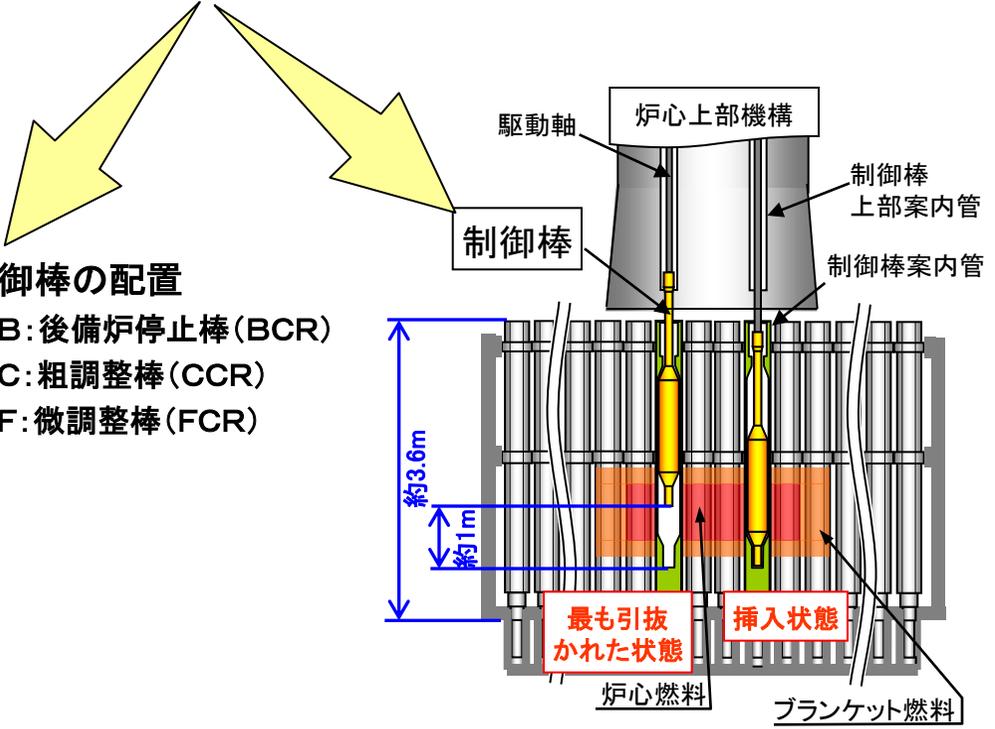


原子炉の安全性を確認した。

- ・制御棒19本すべての効き具合を確認した。(制御棒価値確認)
- ・制御棒により安全に原子炉を止められることを確認した。(反応度停止余裕測定試験)



制御棒の配置
B: 後備炉停止棒 (BCR)
C: 粗調整棒 (CCR)
F: 微調整棒 (FCR)

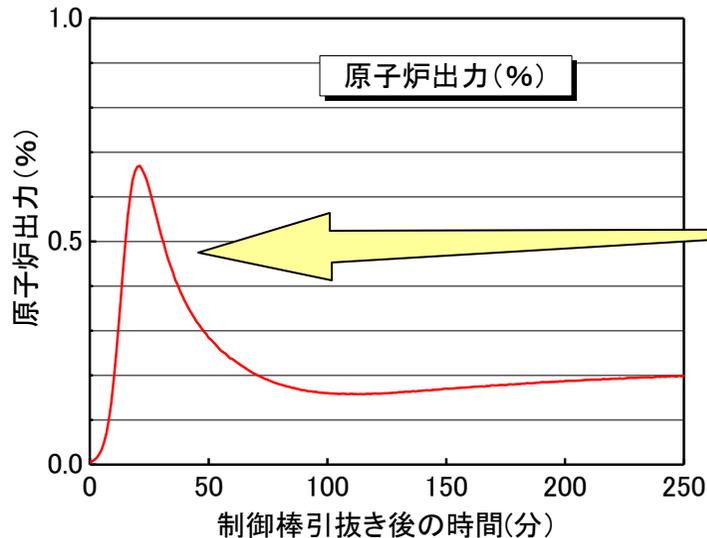


○原子炉の安定性は



自己安定性を確認した。

- ・ナトリウム温度を約300°Cまで上げ、温度変化による炉心の特性(反応度の低下)を確認した。
(温度係数測定試験)
- ・原子炉出力が制御棒の操作によらず自ら安定する特性(自己安定性)を有していることを確認した。
(フィードバック反応度評価)



＜フィードバック反応度評価結果＞

1本の制御棒を12mm引抜後、原子炉出力が約0.7%まで上昇し、その後、出力が徐々に低下(負のフィードバック)し、約0.2%で安定(自己安定性)することを確認した。

○試験は事前の予測通り
だったか



高精度の臨界予測技術が実証できた。

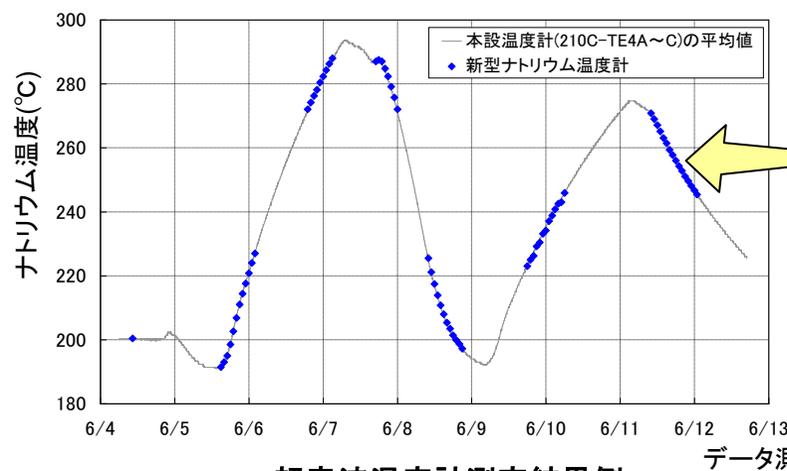
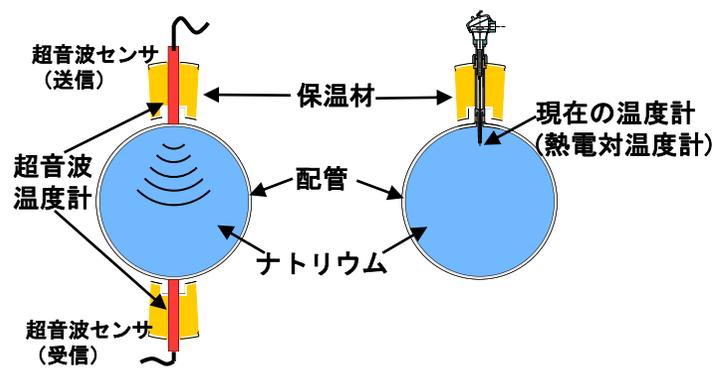
- ・3種類の燃料(14年前に使った燃料、14年前に製造し保管していた燃料、新たに製造した燃料)を使用した炉心でも、十分な精度で、臨界予測ができた。

○新たな技術へのチャレンジ

新たな技術のデータを取得した。

- ・福井大学、大阪大学等と連携して高速炉における未臨界状態における反応度を測定する方法のデータ取得を行った。(未臨界度測定法適用性評価)
- ・新型ナトリウム温度計(配管表面に設置した超音波温度計)の特性を確認した。(新型ナトリウム温度計特性評価)

大学の参画



超音波温度計と現在の温度計の指示値がほぼ一致することを確認した。

○貴重なデータが得られたか

高速増殖炉実用化のためのデータが得られた。

- ・高速炉の炉物理研究にとって世界的にも貴重な、アメリシウムを含んだ炉心(全ての燃料重量の約1.5%がアメリシウム)のデータを取得することができた。
- ⇒ アメリシウムをうまく燃やすための研究に貢献(放射性廃棄物発生量の低減)

炉心確認試験における運転管理実績とその反映

○運転員が起動操作を経験

(制御棒操作を伴う試験時間: 延べ640時間以上)

- ⇒ 制御棒操作等の運転操作を習熟
- ⇒ 運転操作経験に基づく手順書等の改善を実施

【改善例】微調整棒の挿入速度について

- ・試験操作手順書を直ちに改善
- ・他の運転操作手順書へも水平展開し改善を実施
- ・運転員の研修資料も改善を実施

○原子炉起動前点検及び原子炉停止後点検を実施

- ⇒ 手順書による安全な原子炉起動及び原子炉停止を確認

○様々な警報発報への対応を経験

- ⇒ 炉心確認試験時に発報した天候による外乱等の警報に対して、適正化の対応措置を実施
- ⇒ 警報発報に対する改善効果等の技術的評価を行い、警報の適正化に反映
- ⇒ 通報連絡のさらなる改善に反映

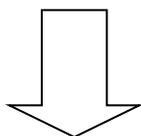


制御棒操作状況

炉心確認試験時の運転体制

- (1)各当直班は、8名以上で構成
- (2)発電課試験班がプラント操作を応援
- (3)制御棒操作は、中級及び上級運転員に限定して実施

- 炉心確認試験中に発生した不具合32件
 - ⇒ いずれも原子炉施設の安全確保の観点から問題となる事象ではなかった。
 - ⇒ 試験期間中に29件については処置完了。残りの処置或いは原因究明・対策検討を継続。



保守管理への反映

1. 原子炉、ナトリウム系設備への反映
 - ⇒ 同種設備への水平展開など、確実な対応を実施する。
2. 水・蒸気系、タービン系設備への反映
 - ⇒ 点検後実施する機能確認試験で設備を運転し、運転状態での不具合等を洗い出し、適切な処置を実施する。
3. 経年劣化による不具合の保全計画への反映
 - ⇒ 計画的な取替計画等を作成し、保全計画へ反映し、点検時に取替えを行う。

1. 40%まで出力を上げるための燃料交換を実施

- ・ 炉心燃料を33体交換する。(平成22年8月11日～8月17日に実施済)

2. 40%出力プラント確認試験で使用する設備の健全性を確認

- ・ 炉心確認試験で使用した1次系、2次系等設備を点検する。
- ・ 40%出力プラント確認試験から使用する水・蒸気系設備を点検し、点検後の機能確認試験により健全性を確認する。

3. 炉心確認試験での経験の反映

- ・ 炉心確認試験での運転・操作実績、操作手順等を試験要領等に反映し、一層の安全の確保を図る。
- ・ 不具合経験を踏まえ、同様の不具合の発生をできる限り少なくするための対策を実施していく。
また、必要な点検は保全計画に反映する。

「もんじゅ」の性能試験

炉心確認試験

原子炉の臨界状態で炉心の特性を確認する。
(原子炉出力 ~約0.7%)

40%出力プラント確認試験

水・蒸気、タービン系を含むプラント全体の機能と性能を確認する。
(0~40%電気出力)

出力上昇試験

出力を定格まで上昇し、プラント全系統の性能を確認する。
(0~100%電気出力)

原子炉出力
電気出力

~0%出力

45%

40%

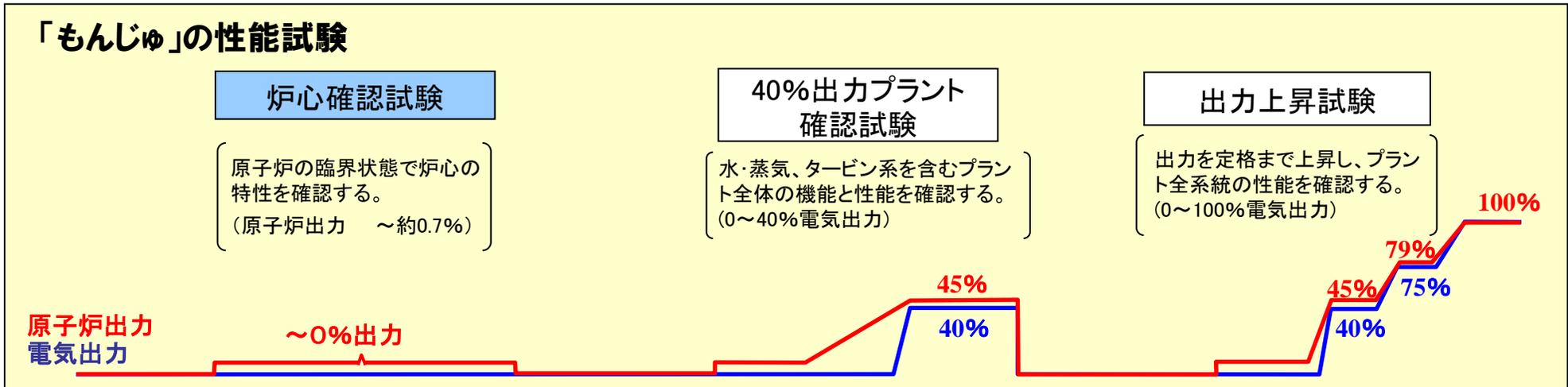
45%

40%

79%

75%

100%



(1) 高速増殖炉実用化に向けた原型炉としての役割

- 「もんじゅ」は実証炉・実用炉の設計、運転保守に不可欠
- 発電プラントとしての信頼性実証
 - 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立
 - 高速増殖炉実用化に向けた研究開発等の場としての活用・利用(炉心・燃料に係る高度化技術実証)

(2) 高速増殖炉の国際協力における役割

- 「もんじゅ」を用いた先導的国際プロジェクト
- 例:「もんじゅ」を利用した「包括的アクチノイドサイクル国際実証」プロジェクト※

※日仏米共同研究(実施中)

高速増殖炉発電所の国内技術の確立



運転・保守経験

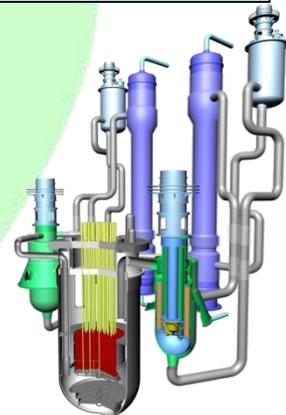
研究開発

商業炉(実用炉)
2050年より前の開発

高い経済性
安定運転

実証炉
2025年頃の実現

経済性を含む革新的技術の実証
高い稼働率の運転



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

(3) 高速増殖炉研究開発の中核としての役割(立地地域への貢献)

- 「もんじゅ」及び周辺地域を国際的な研究開発の中核として整備
- 海外・国内研究機関、地域企業等と連携して研究開発を推進

- 高速増殖炉の意義:
- ・ 発電しながら消費した以上の燃料を生産
⇒ エネルギー安定供給に大きく貢献
 - ・ 放射性廃棄物中のマイナーアクチノイドを燃料として再利用
⇒ 環境負荷を低減
 - ・ 長期かつ持続的に温室効果ガス排出が十分小さい発電が可能
⇒ 温暖化抑制

高速増殖炉は次世代発電炉の本命

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

1. 我が国の優れた高速増殖炉技術を国民や世界に示す。

「我が国の技術力の実証」「高速増殖炉に関する世界中核的研究開発拠点」

フランスはフェニックス（電気出力25万kW）で33年間、ロシアはBN-600（同60万kW）で29年間の原型炉の運転実績。我が国も、耐震性や保守性に優れた方式（ループ型）の「もんじゅ」を安全・安定に運転し、技術力を実績で証明していく。

2. 実験炉「常陽」の開発成果や研究開発データ等に基づく設計の妥当性を検証。

「設計の検証」

実験データの約5倍にスケールアップして設計・建設された「もんじゅ」が設計のとおり性能を発揮することの確認を通じ、設計の妥当性・裕度を検証する。（特に、蒸気発生器は、ナトリウム取扱技術の要）

	高速実験炉「常陽」	高速増殖原型炉「もんじゅ」
熱出力	7.5万kW（マークⅠ炉心）～ 14万kW（マークⅢ炉心） （「常陽」とは別に5万kWの蒸気発生器試験）	71.4万kW （約24万kW×3ループ）
電気出力	蒸気発生器やタービン発電機はない	28.0万kW



3. 性能試験（試運転）、運転・保守経験から得られる知見（特に改善点）の反映。

「経験に基づく着実な実用化技術の開発」

運転を継続すれば、やってみなければわからない・やった人しか気がつかない大小の改善点が現れる、

また、設計段階では確認できなかったデータ（材料の放射化等）が得られる。

運転経験を通じて実用化に向けた課題の発掘と改善を数多く蓄積し、実証炉の設計等に反映する。

高速増殖炉が「夢」ではないことを示し、設計方法が確立していることを確認してさらなるスケールアップと改善を行い、実証炉・実用炉を開発していく

その後も、経済性や環境負荷低減性等に優れた新型燃料の試験等に活用していく

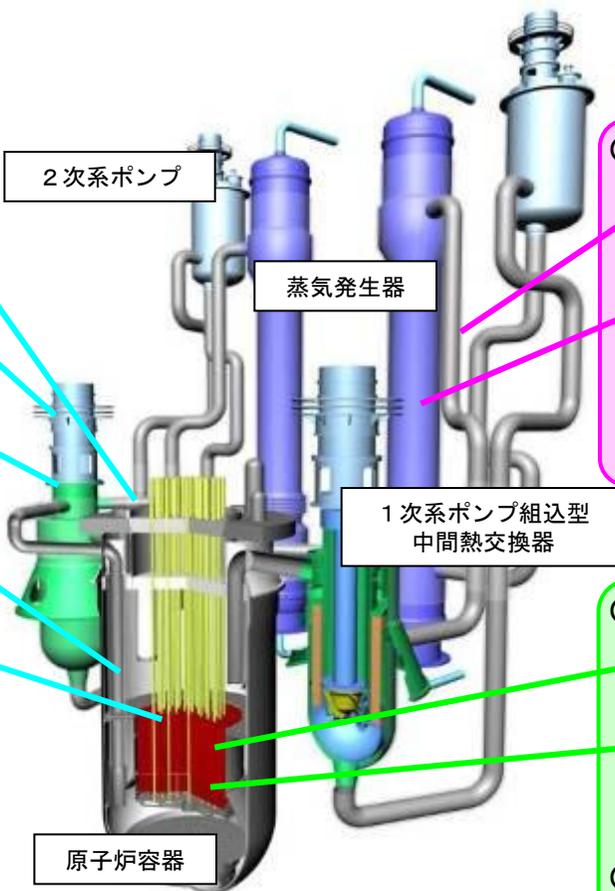
経済性に係る課題

○建屋容積・物量の削減

- ①配管短縮のための高クロム鋼の開発
→強い材料の適用
- ②システム簡素化のための冷却系2ループ化
→冷却システムの単純化
- ③1次冷却系簡素化のための
ポンプ組込型中間熱交換器開発
→大型の機器の合体
- ④原子炉容器のコンパクト化
→原子炉そのもののコンパクト化
- ⑤システム簡素化のための燃料取扱系の開発
→小さな原子炉容器に適用できるシステム
- ⑥物量削減と工期短縮のための
格納容器のSC造化
→機能・品質を維持しつつ現地工事を短縮

○高燃焼度化による長期運転サイクルの実現

- ⑦高燃焼度化に対応した炉心燃料の開発
→軽水炉の3倍長持ちする燃料



信頼性向上に係る課題

○ナトリウム取扱技術

- ⑧配管2重化によるナトリウム漏洩対策強化
→万が一漏えいしても外部に漏れない配管
- ⑨直管2重伝熱管蒸気発生器の開発
→水との接触を避けた管、簡素な蒸気発生器
- ⑩保守、補修性を考慮したプラント設計
→保守・補修しやすい設計

安全性向上に係る課題

○炉心安全性の向上

- ⑪受動的炉心停止と自然循環による炉心冷却
→人間が操作しなくても確実に止める・冷やす
- ⑫炉心損傷時の再臨界回避技術
→人間が操作しなくても確実に閉じ込める

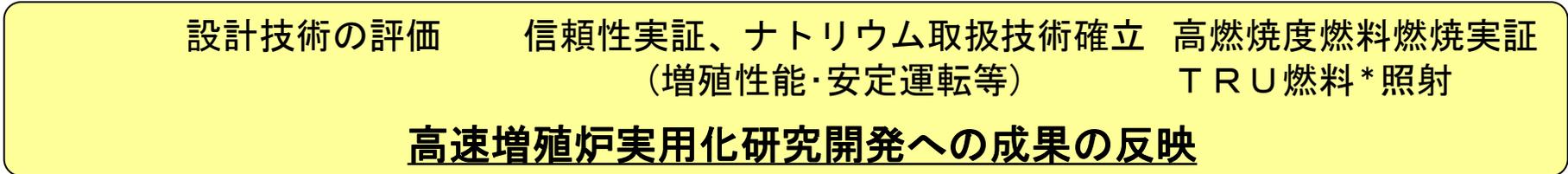
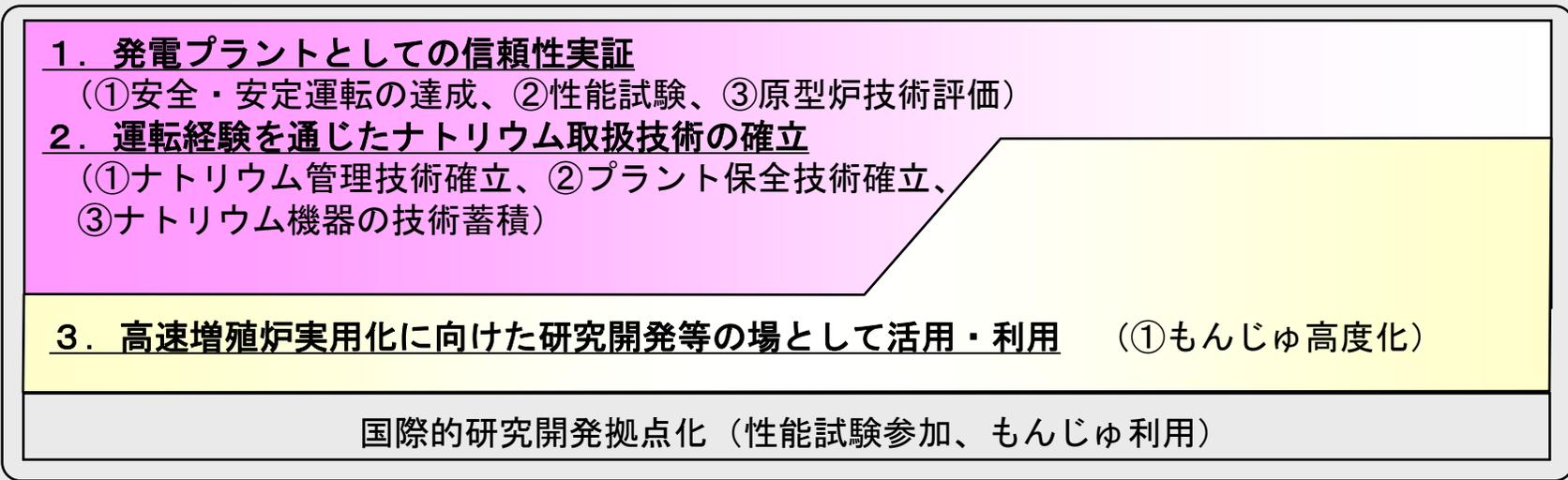
○耐震性の向上

- ⑬建屋の三次元免震技術
→大きな地震があっても安全性を確保

年度 2010 2015 ~2025



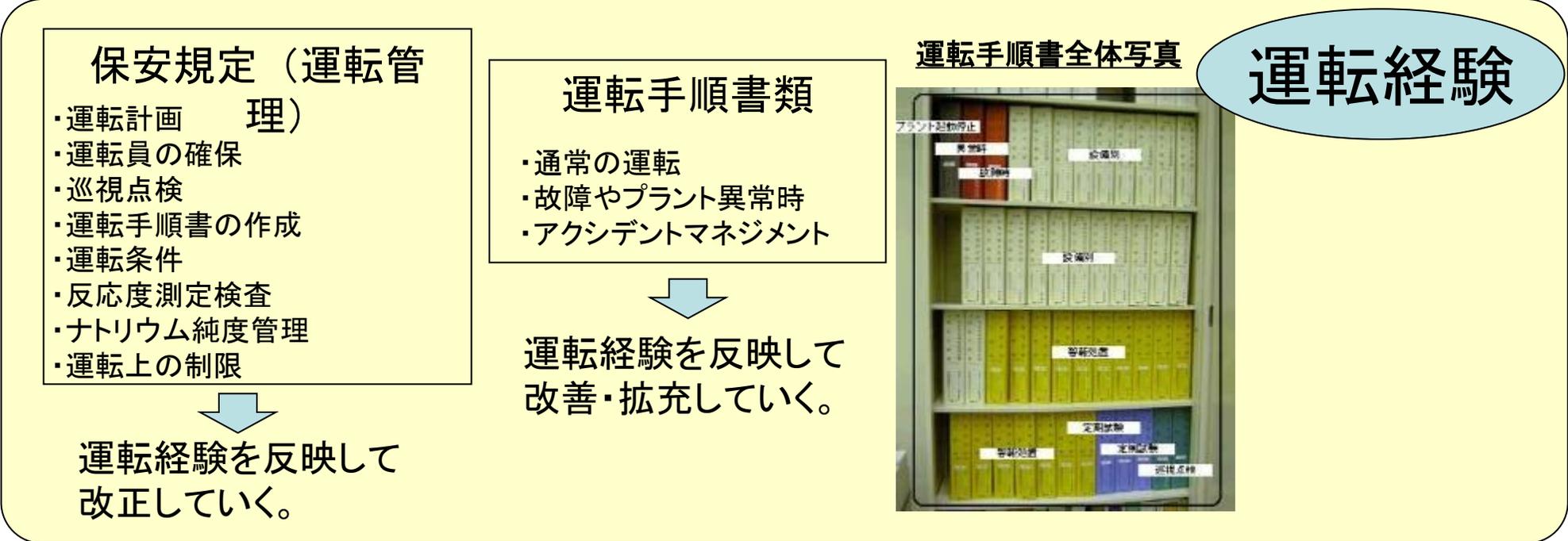
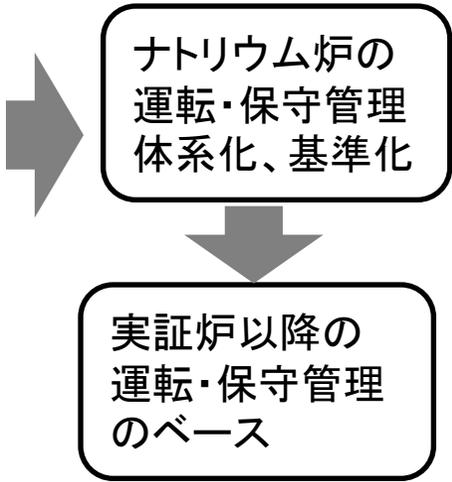
「もんじゅ」及び
これに関連する
研究開発



※原子番号がウラン（原子番号92）よりも大きい元素を超ウラン元素（TRU：transuranic elements）と呼ぶ。TRUにはプルトニウム（同94）のほか、ネプツニウム（同93）、アメリシウム（同95）、キュリウム（同96）といったマイナーアクチニド（MA）等が含まれる。そこで、MAを含有した燃料をTRU燃料と呼ぶ。

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、高速増殖炉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

運転手順書全体写真



運転経験

運転経験を反映して改正していく。

運転経験を反映して改善・拡充していく。

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。

性能試験実施内容

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。

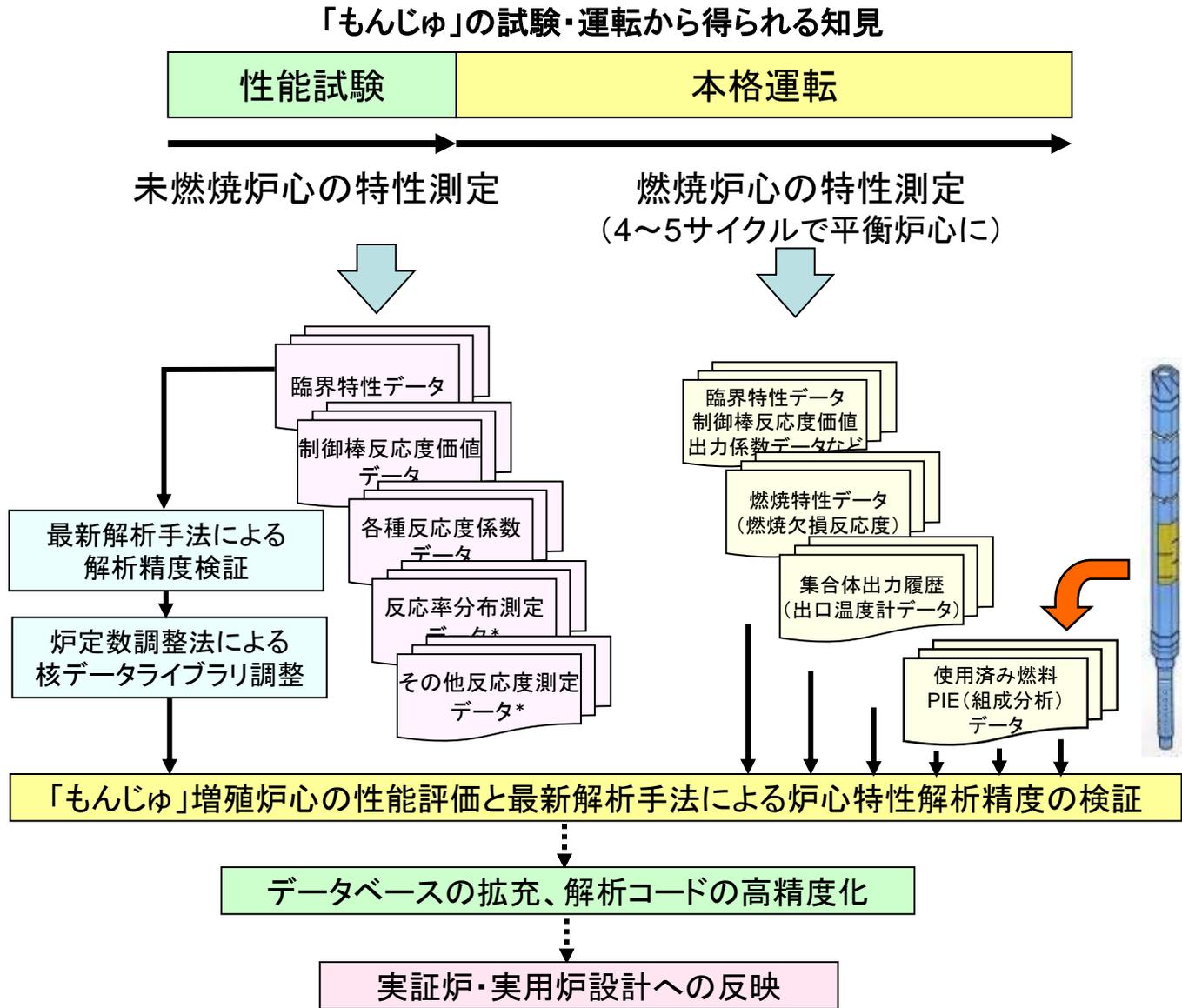
1. ③ 原型炉技術評価(炉心・しゃへい特性)

高速増殖原型炉の性能試験、本格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「今回の性能試験」
- ・「本格運転時」

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。

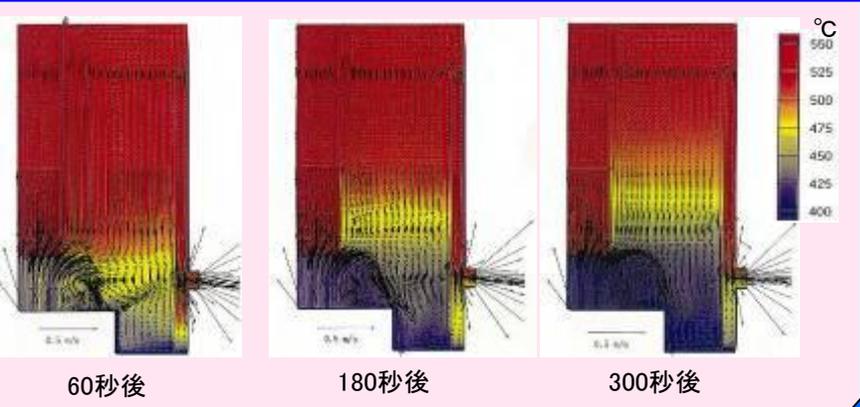


1. ③ 原型炉技術評価(プラント特性)

★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

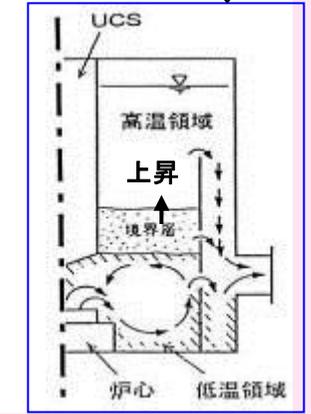
(1) 原子炉容器(RV)上部プレナム詳細熱流動解析

<< 上部プレナム熱流動解析結果 >>

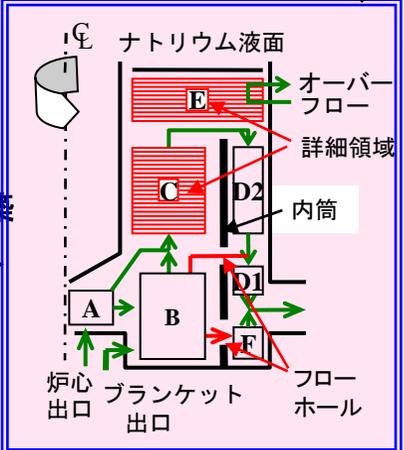


流速分布・温度分布把握

プラント全系動特性解析モデルに組み込み

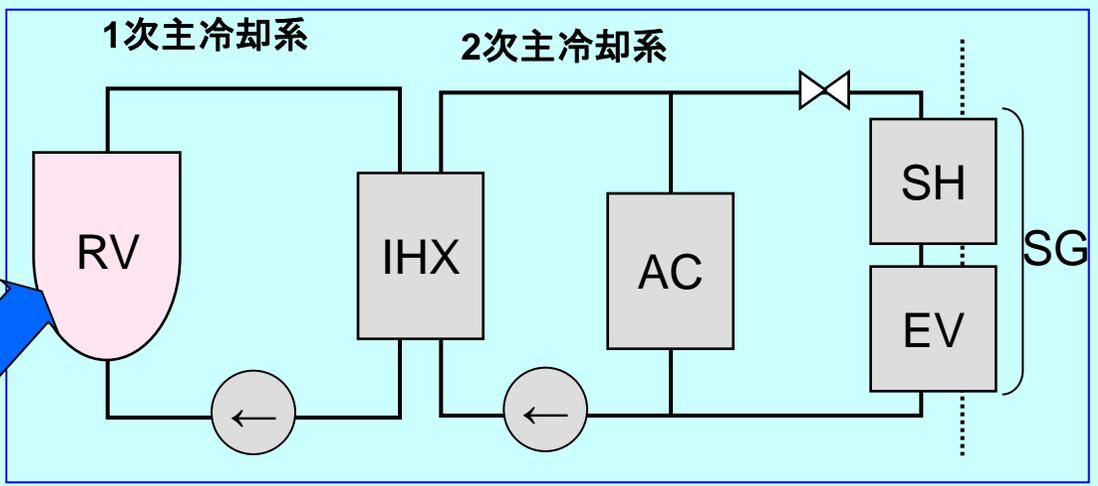


FNM構築



(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

<< 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

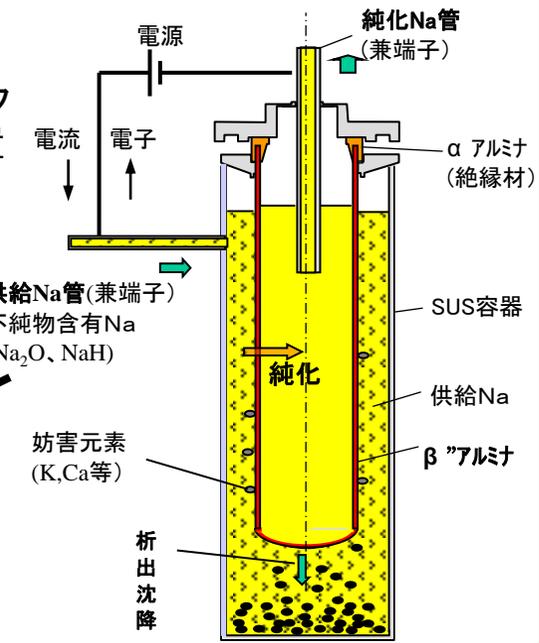
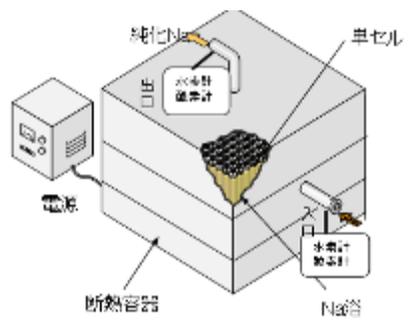
・構築したFNMを用いて、プラント全系の動特性解析を実施。
・「もんじゅ」性能試験により検証(主要機器の出入口温度変化・流量化)。

●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. ① ナトリウム管理技術の確立

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ング計によるプラグング温度(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に代わる高機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



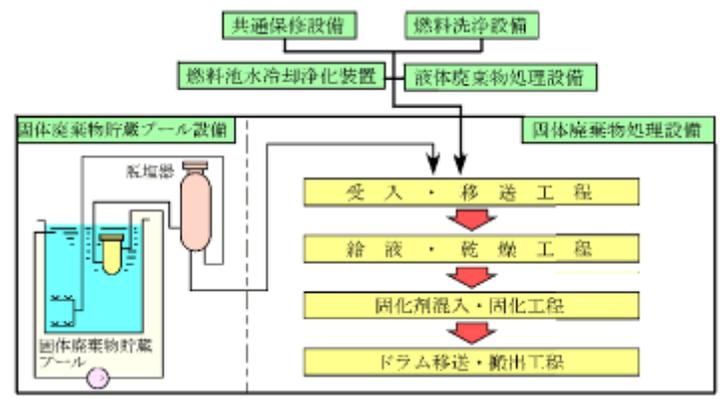
高機能セラミックスNa純化精製装置

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

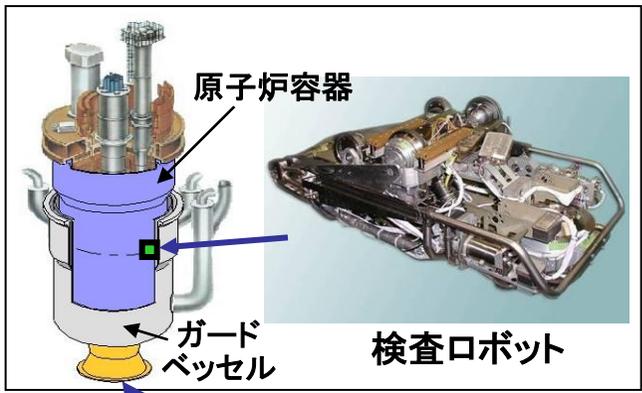


「もんじゅ」廃棄物処理系統

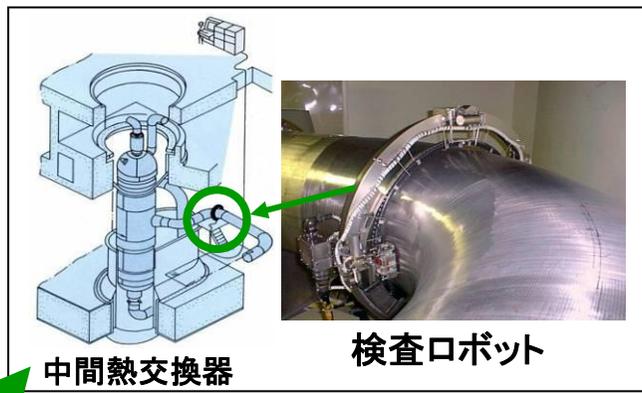
2. ② プラント保全技術の確立

「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。

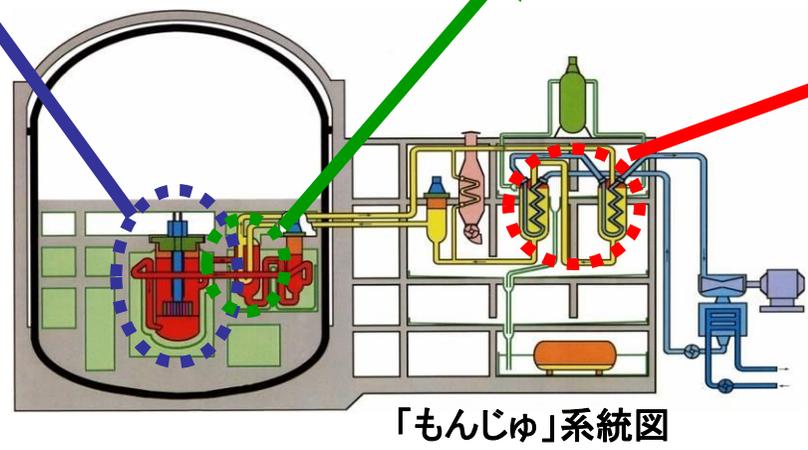
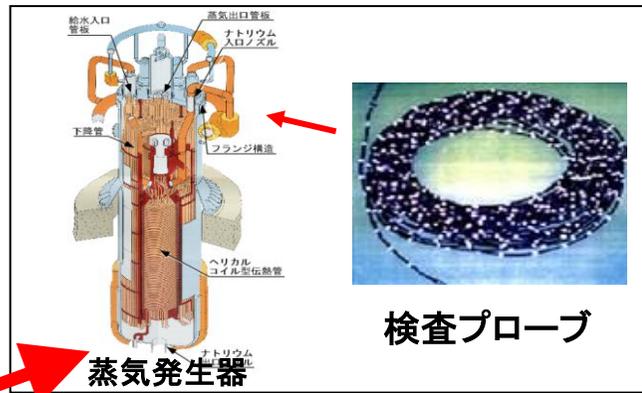
原子炉容器廻り検査装置



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. ③ ナトリウム機器の技術評価

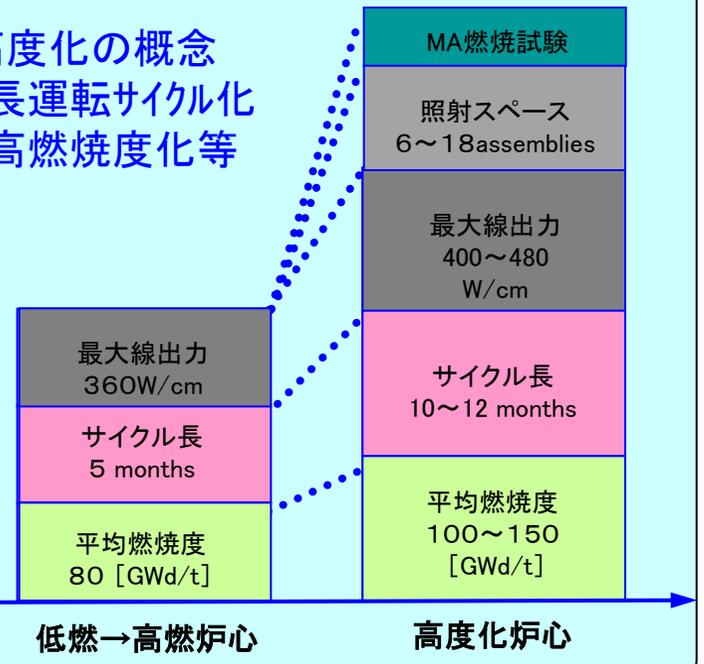
1. 安全・合理的なナトリウム機器の保全計画の作成、運用技術
 - プラントの機能維持、安全性確保のための重要度情報
 - 機器、システムの劣化現象の定量的データ
 - 保全計画のPDCAサイクルを通じた改善(合理化)の履歴
2. 設計に基づいてプラントの特性を評価する技術(許認可対応の安全性評価を含む)
炉心、プラントやシステムの想定条件下での挙動の、設計データと解析コードによる模擬
 - 機器故障率データ
 - 設計情報データ群(設計根拠書、設置許可申請書、各種技術検討書、等)
 - 解析コードライブラリ
 - 解析例データベース(入力データ、解析結果、検証結果)
3. プラント・機器の設計技術
過去の設計情報の新たな設計案への反映
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

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。

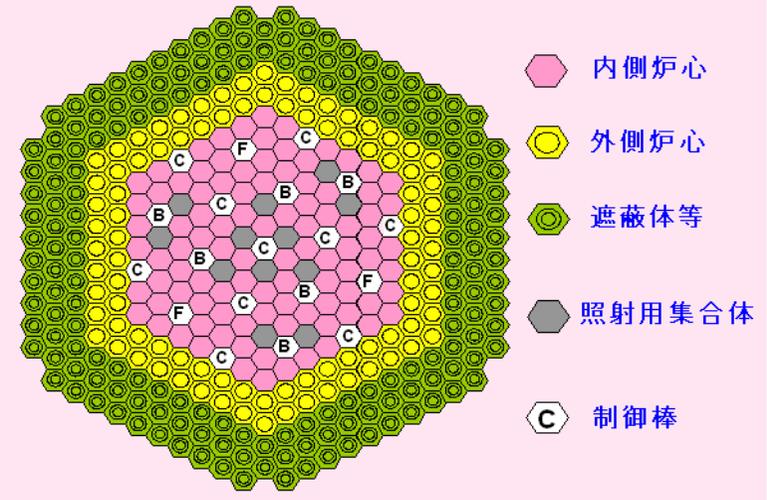
高度化の概念
 ・長運転サイクル化
 ・高燃焼度化等



○高速中性子場としての活用(照射能力を活かす研究開発) 【「もんじゅ」を利用した「包括的アクチノイドサイクル国際実証」プロジェクト】

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ノイド(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



「もんじゅ」高度化炉心配置図(例)

米国エネルギー省副長官のプレス会見 (2006年2月16日)

日本は、核燃料リサイクル技術において素晴らしい能力を有しており、まもなく、世界で最新の商業用再処理施設の運転を開始しようとしている。我々としては、日本は、新たな技術の試験及び実証を行うためのポテンシャルを有していると考えている。また、**日本は、自分の知る限り少なくとも2つの高速炉を有しており、これらは、近い将来の当該炉の有用性の実証を行うことが可能**である。したがって、日本の参加は、本構想への大きなチャンスであり、できる限り早く当該技術を開発するためには、日米お互いの能力とリソースのコミットが必要である。

【国際原子力エネルギー計画（GNEP）構想において、日本に対してどのような技術的・資金的貢献を期待しているか、との質問に対する、クレイ・セル副長官（当時）の回答。】

フランス原子力庁長官付特別顧問のインタビュー (2009年9月15日報道)

この先の10年を失われた10年にしないためにも、「もんじゅ」を**早期に再開することは極めて大事**だ。

【原型炉フェニックス（電気出力25万kW）の停止（2009年）とフランスが進めるナトリウム冷却高速原型炉「ASTRID」（電気出力25～60万kWを想定）の稼働予定まで約10年の空白期間が生じることについての、ジャック・ブシャール長官付特別顧問の発言（電気新聞のインタビュー）】

海外研究者の駐在



フランス
原子力庁



フランス
電力会社

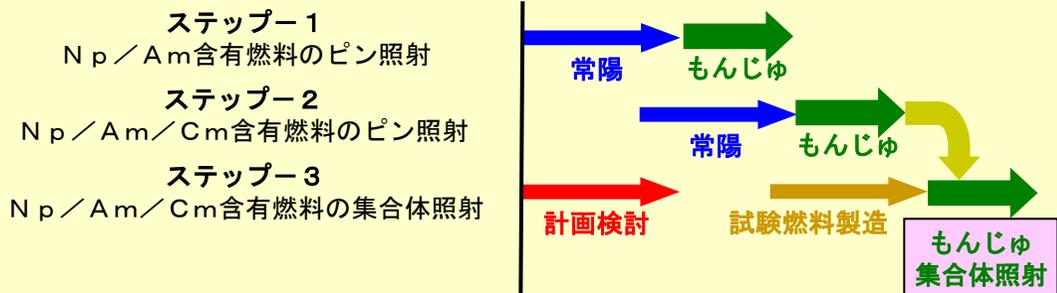


米国エネルギー省

日仏米共同の高速増殖炉燃料実証計画（GACID）

Global Actinide Cycle International Demonstration
核燃料の再処理によってできる廃棄物の一部であるマイナーアクチニド（MA）を回収して燃料として再利用することにより、放射性廃棄物の低減と核拡散への抵抗性を高めるための研究開発プロジェクト

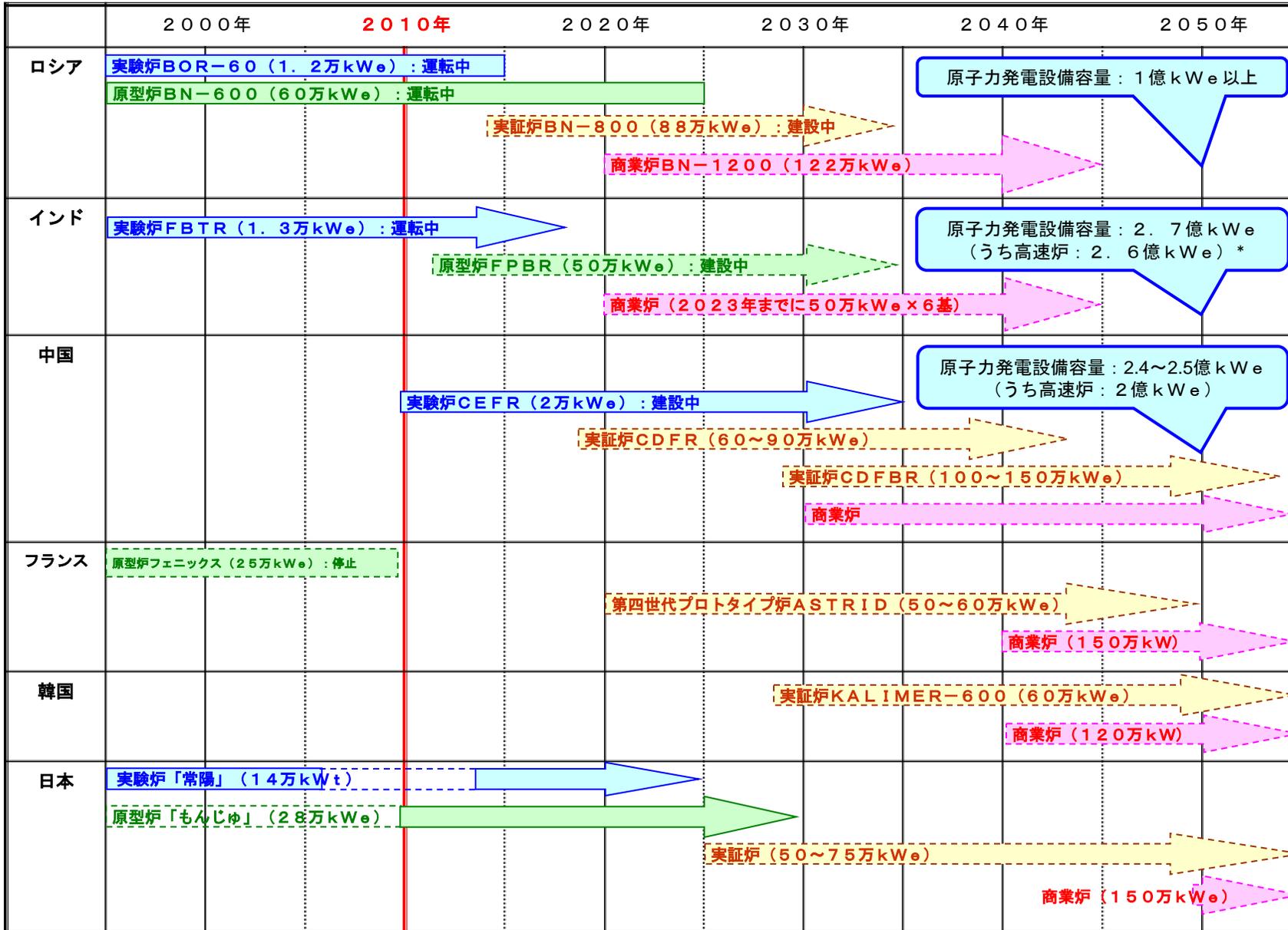
全体スケジュール



ステップー1と、ステップー2の一部における役割分担



「もんじゅ」は、世界でも限られた高速増殖炉の研究開発の拠点



* インド政府は、2012~2020年の海外からの4000万kWeの軽水炉導入を見込んで、数字を見直し中

出典：
各国の高速炉開発計画は、FR09(2009年12月7日~10日、京都)における各国の発表論文より引用
ロシアの2050年原子力発電設備容量は、P.G. Shchedrovitsky, et al., "The Program of Fast Reactor Development in Russia."(2009)
インドの2050年頃の原子力発電設備容量は、A. Kakodkar, "Nuclear Energy in India"(2004).
中国の2050年の原子力発電設備容量は、Xu. Mi, "Fast Reactor Development for a Sustainable Nuclear Energy Supply in China."(2009)

～平成21年11月15日 エネルギー研究開発拠点化計画推進方針より～

FBRプラント工学研究センター

「もんじゅ」から得られるプラントの運転信頼性や保全技術向上の課題解決およびナトリウム取扱技術の高度化等を目指す研究開発を行うため、敦賀市白木に組織を創設し、研究体制を強化。【平成21年4月】

必要な研究施設を整備

①プラント実環境研究施設 (仮称)

実際のプラントと同様な環境を模擬した条件下で、ナトリウム取扱い技術の高度化などの研究開発を実施

建設準備中

②新型燃料研究開発施設 (仮称)

日米仏の共同研究による新型燃料を研究開発する施設

構想検討中

プラント技術産学共同開発センター(仮称)

県内企業や広域の連携大学拠点等と一体となって地域産業の発展につながる研究開発を実施。

配置設計実施中

①レーザー共同研究所(平成21年9月設置)

平成24年度に「プラント技術産学共同開発センター(仮称)」に移転

福井大学附属
国際原子力
工学研究所
(平成21年4月設置)
敦賀駅西地区に、
平成22年度建設着工、
平成23年度移転予定。

地域産業の
発展

②プラントデータ解析共同研究所 (仮称)

「もんじゅ」および関連研究施設から得られるデータを利用し、広域連携大学拠点等と共同研究を実施

③産業連携技術開発プラザ (仮称)

県内企業と「もんじゅ」や「ふげん」等に関する技術の共同開発や成果の活用を促進

- 炉心確認試験では、
 - ・原子炉を安全に起動するとともに、原子炉の安全性を確認
 - ・ナトリウム設備、ナトリウム漏えい検出器の安定運転を確認
 - ・数々の貴重な運転データの取得
 などを行うことができた。

- 得られた成果は高速増殖炉の実用化研究に反映していく。また、学会等を通じ広く公表し、敦賀から世界に情報発信していく。

- 炉心確認試験を安全に終わることが出来たのは、温度計の取替、ナトリウム漏えい対策工事、設備の健全性確認等を通じ、事前の準備及び確認を実施してきた成果と考えている。

- 今後も、40%出力プラント確認試験に向け、設備の健全性確認も含め、徹底した事前の準備及び確認を行っていく。

- 皆様のご理解を得ながら、安全確保を最優先に、透明性を高め、性能試験を進めていく。

参考資料



1983年2月



1985年10月



1986年10月



1991年4月

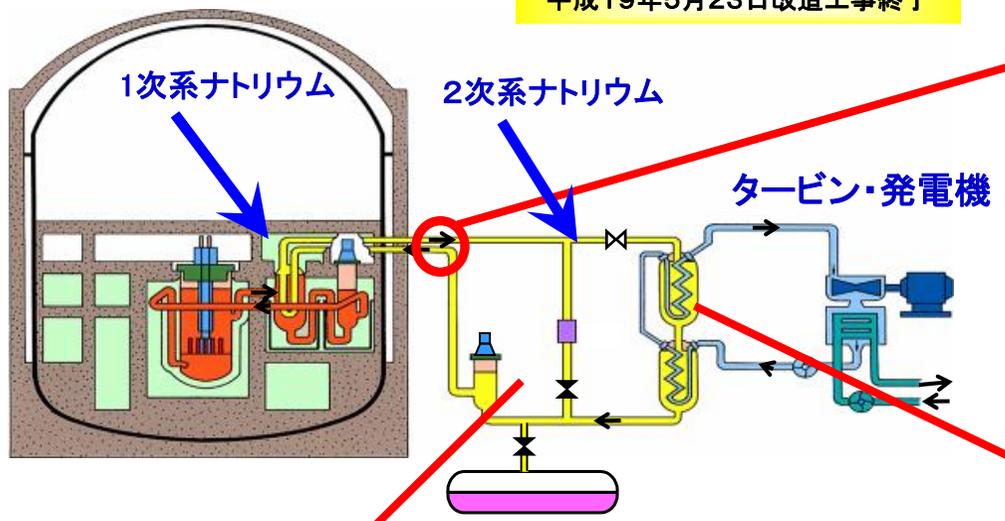
- 1983年 5月 原子炉設置許可
- 1985年10月 建設工事開始
- 1991年 5月 機器据付完了、試運転開始
- 1994年 4月 初臨界
- 1995年 8月 初送電
- 10月 40%出力到達
- 12月 ナトリウム漏えい事故
- 1996年 3月 原子力委が「原子力政策円卓会議」を設置
- 1997年 3月 旧動燃の東海再処理施設で火災爆発事故
- 1998年 3月 旧科技厅が「もんじゅ安全性総点検」の結果を公表
- 10月 核燃料サイクル開発機構が充足
- 1999年 9月 東海村のJCOで臨界事故
- 2000年11月 原子力委が原子力長期計画を決定
- 12月 地元自治体に工事計画の事前了解願ひ
- 2001年 1月 中央省庁再編
- 6月 地元自治体から工事計画の原子炉設置変更許可申請についての了承を受領
- 6月 改造工事に係る原子炉設置変更許可を申請
- 7月 福井県が「もんじゅ安全性調査検討専門委員会」を設置
- 2002年12月 改造工事に係る原子炉設置変更許可
- 12月 改造工事に係る設計及び工事の方法の認可を申請
- 2003年 1月 名古屋高裁が原子炉設置許可無効の判決
- 12月 福井県の「もんじゅ安全性調査検討専門委員会」がとりまとめた報告書についての県民説明会

- 2004年 1月 改造工事に係る設計及び工事の方法の認可
- 5月 もんじゅ関連協議会
- 12月 最高裁が国側の上告受理申立を受理
- 2005年 2月 地元自治体から改造工事事前了解を受領
- 3月 改造工事の準備工事を開始
- 5月 最高裁が名古屋高裁判決を破棄・自判し、国側勝訴の逆転判決
- 9月 改造工事を本格着手
- 2006年12月 工事確認試験開始
- 2007年 8月 改造工事の工事確認試験を完了
- 8月 プラント確認試験を開始
- 2008年 2月 初装荷燃料に係る原子炉設置変更許可
- 2009年 6月 燃料交換
- 8月 プラント確認試験を完了
- 8月 性能試験前準備・点検を開始
- 11月 「もんじゅ安全性総点検に係る対処及び報告について（第5回報告）」を提出
- 2010年 1月 性能試験前準備・点検を終了
- 2月 耐震安全性評価結果報告書（改訂版）を提出
- 2月 原子力安全委員会が安全性総点検報告を妥当と了承
- 2月 性能試験再開の協議願ひを地元自治体に提出
- 3月 原子力安全委員会が耐震安全性評価報告を妥当と認定
- 4月 地元自治体から性能試験再開の了承を受領
- 5月 性能試験を再開
- 7月 炉心確認試験（3段階の性能試験の第1段階）を完了

改造工事の主な内容(具体例)

- ・改良工事後の確認試験において機能を**確認済**
- ・ナトリウム系設備については炉心確認試験で正常に機能していることを**確認**

平成19年5月23日改造工事終了



温度計の交換・撤去

- 短く、段つき部のない形の温度計に交換し、流力振動を防止する
- 温度計本数: 48本→42本

[改良型温度計]

ナトリウム漏えい対策に係る改造

- ナトリウム漏えいを早期に検出して、速くナトリウムを抜き取り、漏えいを止める

[総合漏えい監視システム]

40%出力試験で機能を再度確認

蒸気発生器の信頼性向上に係る改造

- 水漏えいを確実に検出して、速く水を抜き取り、ナトリウムと水の反応を止める

[蒸気器放出弁の追加]

「もんじゅ」の耐震安全性について

当初設計(旧指針)の基準地震動(466ガル)



新指針(平成18年9月)に基づくバックチェック

平成20年3月 「もんじゅ」耐震安全性評価結果の報告
→基準地震動600ガルを提示

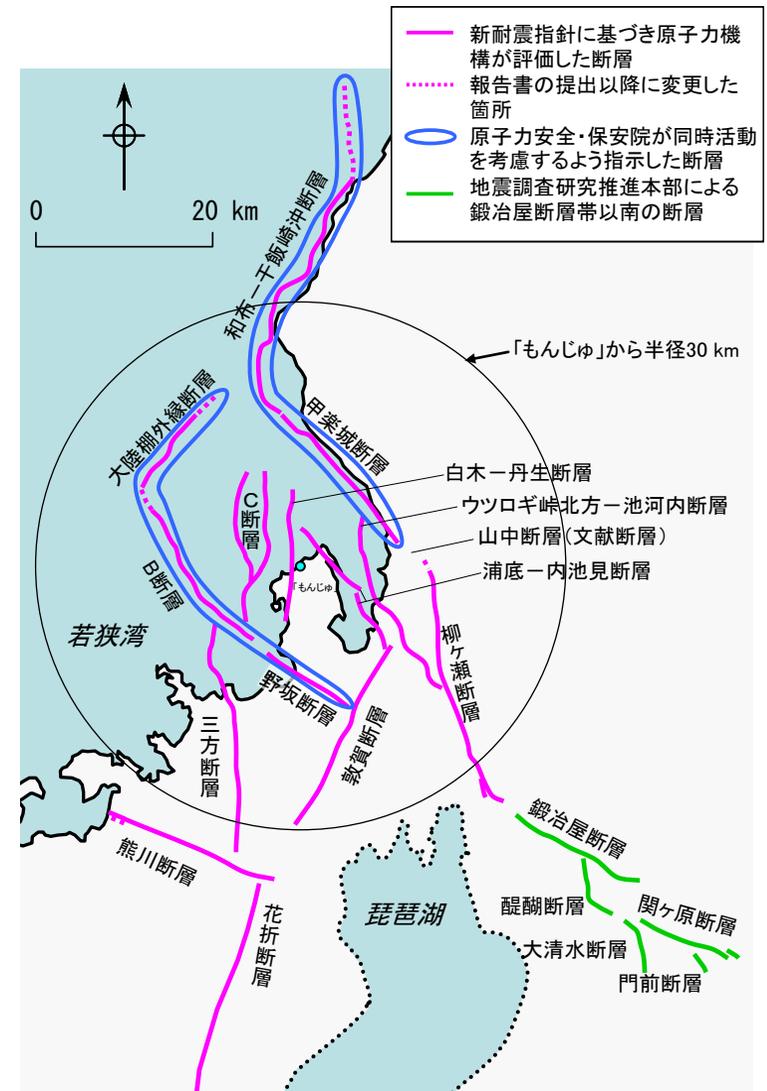


中越沖地震等の新知見の反映
活断層評価の審議状況及び新潟県中越沖地震の知見等を反映して基準地震動を見直し。

平成21年3月 再評価した基準地震動760ガルを提示



- ・安全上重要な主要施設の耐震安全性が確保されていることを確認した
(平成22年2月 「もんじゅ」耐震安全性評価結果改訂版を報告)
- ・国の委員会で評価結果の妥当性が確認・了承された
(平成22年3月15日 原子力安全・保安院確認)
(平成22年3月18日 原子力安全委員会了承)



発生日時 等	件名	対応状況
1 5月6日(木) 23:09頃	破損燃料検出設備におけるカバーガス法破損燃料検出装置の不具合【他2回】	調査中
2 5月8日(土) 16:45頃	1次メンテナンス冷却系ベント配管「予熱温度高」警報の発報	完了
3 5月9日(日) 7:49頃	「中央計算機警報（2次主冷却系Aループタンクベーパーラップ出口温度低）」の発報	完了
4 5月9日(日) 21:35頃	一般排水の処理設備における「処理水pH低」警報の発生	完了
5 5月10日(月) 20:50頃	制御棒挿入操作の一時中断	完了
6 5月11日(火) 8:19頃	「中央計算機軽故障（燃料取扱系計算機の伝送異常）」警報の発報	完了
7 5月14日(金) 12:20頃確認	格納容器床下雰囲気酸素濃度計の停止【11:02頃と推定】	完了
8 5月17日(月) 10:48頃	「プロセスモニタ故障（放射線管理室排気モニタラック異常）」警報の発報	完了
9 5月19日(水) 10:55頃	ナトリウム・水反応性生物収納設備系統内「酸素濃度高」警報【他2回】	完了
10 5月22日(土) 20:45頃	「1次主循環ポンプ-C M-Gセット制御盤異常」警報の発報	完了 水平展開予定
11 5月22日(土)	試験用機材（臨界の安定性を速やかに確認するための仮設計器）調整	完了
12 5月22日(土) 19:34	「新燃料移送機連動運転渋滞」警報の発報【他1回】	完了 水平展開予定
13 5月23日(日) 16:31	運転床上雰囲気止弁用のグラフィックパネル用のリミットスイッチの位置不良	完了
14 5月24日(月) 14:20頃	高圧第2給水加熱器水位調節弁のシートリングの補修	完了
15 5月26日(水) 15:30頃	メンテナンスクレーンからの発煙	完了
16 5月27日(木) 10:25頃	「補給水タンク水位高」警報の発報	完了

発生日時 等	件名	対応状況
17 5月27日(木) 22:55	気体廃棄物処理系の「ドレン排出用窒素ガス圧力低」警報の発報	完了
18 5月31日(月)	中央計算機のCRT（ディスプレイ画面）画面選択ボタンの補修	完了
19 6月4日(金) 13:27頃	「B 1次補助系予熱制御盤故障」警報の発報	完了
20 6月11日(金) 9:50頃	1次アルゴンガス系冷凍機（A）の潤滑油漏れ	完了 水平展開予定
21 6月25日(金) 14:55頃	ディーゼル発電機（A）の故障警報の発報	完了
22 6月25日(金) 14:00頃	空調用冷媒冷凍機（C）の潤滑油しみ	完了
23 7月1日(木) 2:25頃	排水モニタ故障警報の発報	完了
24 7月7日(水) 10:21頃	「275kV碍子洗浄装置故障」警報の発報	完了
25 7月9日(金) 15時頃	炉外燃料貯蔵設備冷却系のナトリウム漏えい検出設備 サンプリングポンプの切替え	完了
26 7月11日(日) 10時頃	固体廃棄物貯蔵庫パッケージエアコンの故障	完了
27 7月12日(月) 13:50頃	「照明雑動力主分電盤故障」警報の発報	完了
28 7月13日(火) 6:00	制御用圧縮空気設備の警報の発報【他3回】	完了
29 7月17日(土) 1:13	照明雑動力主分電盤故障の警報発報	完了
30 7月17日(土) 14:45	「プロセスモニタ故障」警報の発報	準備中 (部品待ち)
31 7月19日(月) 23:33	燃料池水浄化装置循環ポンプの電磁接触器の動作不良	完了
32 7月20日(火) 8:28	原子炉補助建物内の床ドレン配管の詰まり	完了

