

「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がるようにしていく。

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、プラグング計の実際のプラントでのデータを評価し、プラグング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。

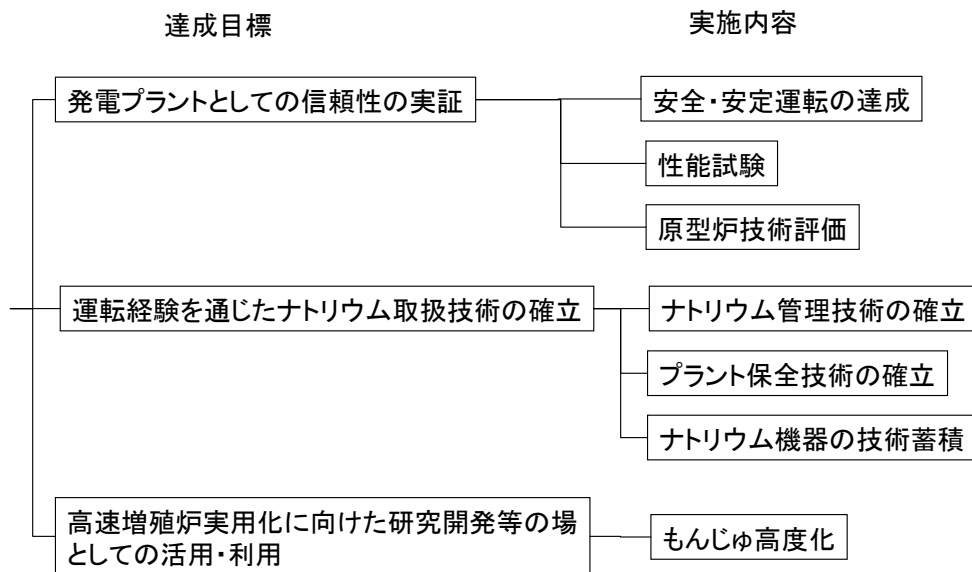


図1 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関するWBS

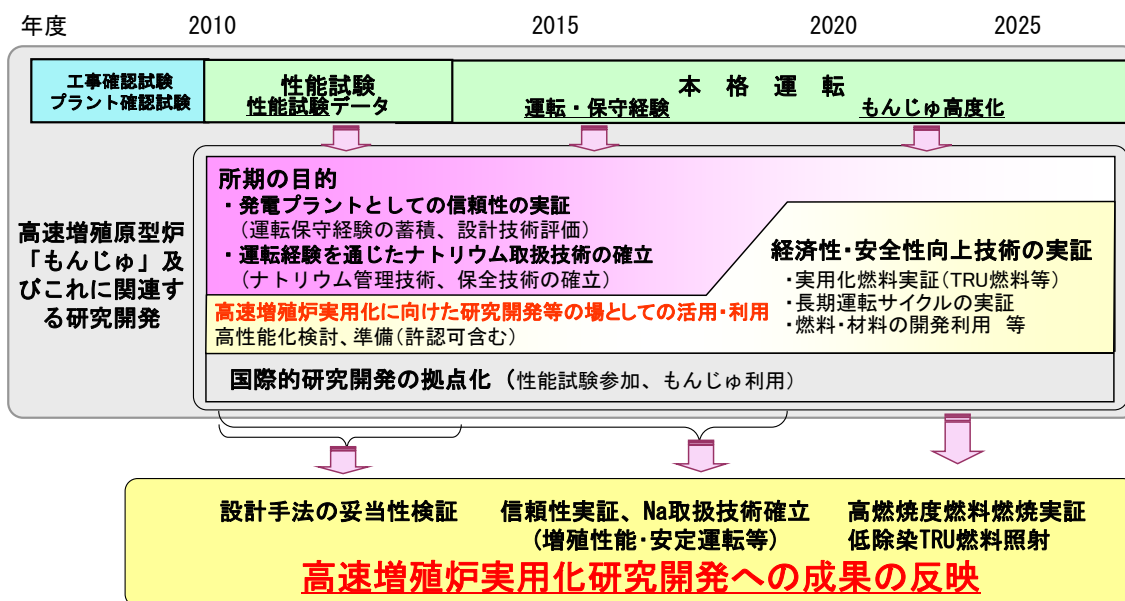


図2 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関する研究開発計画

細目	2010			2015			2015以降	実施内容
	改造工事	臨界	性能試験	運開	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
もんじゅマスター工程								
(1) 運転管理に係る規則・基準等の体系化	規則・基準の整備		性能試験の反映	サイクル運転実績の反映				<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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		保全データベースの作成	↓ 保全プログラムの改善				<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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
	改造工事	臨界	性能試験	運開	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
もんじゅマスター工程								
1. 性能試験	性能試験準備		性能試験実施	データ整理、試験評価				<p>概要</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
(1) 炉心・遮へい試験	性能試験準備		性能試験実施	データ整理、試験評価				<p>(1) 炉心・遮へい試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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	性能試験準備		性能試験実施	データ整理、試験評価				<p>(2) プラント特性試験</p> <p>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。</p>
① 制御棒値測定試験								
② 反応度係数測定試験								
③ 中性子及びγ線測定試験 など								
① 系統運転試験								
② 異常模擬試験								
③ 検出器特性試験								
④ 化学測定試験								

図4 研究開発工程（性能試験）

細目	2010			2015			2015以降	実施内容
	改善工事	臨界	性能試験	運開	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
もんじゅマスター工程								
(1) データ、計算コードの精度、妥当性検証								<ul style="list-style-type: none"> ・前回性能試験、次回性能試験データによる炉心・遮へい解析データ、コード類の検証 ・連続的なサイクル運転による炉心・遮へい解析データ、コード類の検証
(2) 設計余裕の合理化検討								<ul style="list-style-type: none"> ・原型炉の実機データによる設計余裕の合理化検討 ・実証炉・実用炉へ反映できる知見の抽出

図5(a) 研究開発工程（原型炉技術評価（炉心・遮へい特性））

細目	2010			2015			2015以降	実施内容
	改善工事	臨界	性能試験	運開	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
もんじゅマスター工程								
(1) 原型炉技術評価の実施計画の作成								(2)①プラント特性データの集積、整理 性能試験で得られたデータを集積し整理する。
(2) 原型炉技術評価の実施								(2)②主要機器内部熱流動挙動評価 定格運転時及び過渡変化時における主要機器の内部熱流動特性を詳細解析し、伝熱流動挙動を把握する。得られた伝熱流動特性を性能試験結果により検証する。
①プラント特性データの集積、整理								(2)③動特性モデル構築・プラント全系動特性評価 詳細解析結果に基づき、主要機器の動特性解析モデルを構築するとともに、プラント全系の動特性解析を実施し、性能試験結果により検証する。
②主要機器内部熱流動挙動評価								(2)④設計余裕・安全余裕の最適化 もんじゅ設計手法の妥当性を確認するとともに、「丸め」及び「折れ線化」を合理化化する。
③動特性モデル構築・プラント全系動特性評価								(2)⑤自然循環特性評価 FaCTで検討されている自然循環評価手法を検証する。
④設計余裕・安全余裕の最適化								
⑤自然循環特性評価								

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
	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		
もんじゅマスター工程					サイクル運転			
(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					<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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、高性能セラミックス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					<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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					<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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
			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			

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
	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		
もんじゅマスター工程					サイクル運転			
(1) 供用期間中検査技術の開発	開発整備							<ul style="list-style-type: none"> ◆ 「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						<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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
			手法検討、要素技術開発					
							「もんじゅ」での検証	

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	
	改造工事	臨界	性能試験	運開	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
もんじゅマスター工程								<p>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。</p> <p>(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</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
(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			
(2) 高速炉機器信頼性データベース(CORDS)の整備、データ蓄積		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				
(3) 設計情報データベース		省令施行	データ拡充/システム化 (MONDE)へのデータ蓄積					

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
	改造工事	臨界	性能試験	運開	現行炉心	次期炉心・高度化炉心		
もんじゅマスター工程								<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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み立て、照射後確認機能の検討と施設の設計建設
(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	
(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）

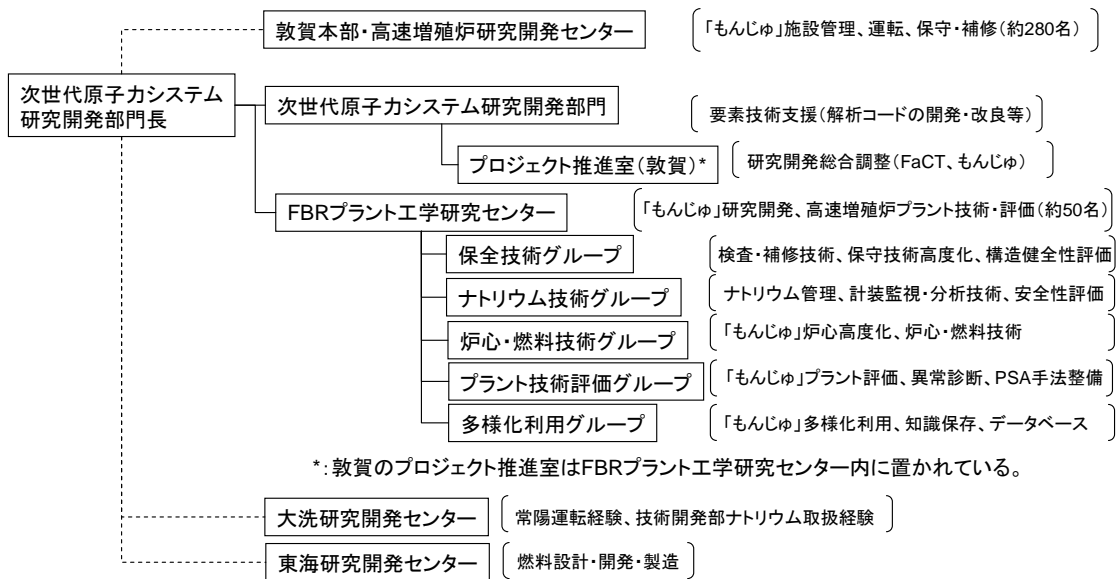


図10 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」の実施体制