

「もんじゅ」等の研究計画について (中間的な論点のとりまとめ案)

はじめに

- 「もんじゅ」は、「革新的エネルギー・環境戦略」(平成24年9月14日エネルギー・環境会議決定)(以下、「戦略」という。)において、「国際的な協力の下で、高速増殖炉の成果の取りまとめ、廃棄物の減容及び有害度の低減等を目指した研究を行うこととし、このための年限を区切った研究計画を策定、実行し、成果を確認の上、研究を終了する。」とされている。
- 文部科学省は、同戦略を受けて、「もんじゅ」等の具体的な研究計画を策定するために、科学技術・学術審議会 研究計画評価分科会 原子力科学技術委員会の下に、もんじゅ研究計画作業部会を10月10日に設置し、これまで○回の検討を行ってきた。
- 本中間的な論点のとりまとめは、今後の計画の策定に向け、これまでの検討を通して明らかになった論点・課題に基づく研究計画の方向性を示すとともに、当面の研究の進め方や今後検討すべき課題について整理したものである。
- 今後、詳細な計画の策定に向け、更なる検討を行う。

I. 「もんじゅ」の研究計画策定における基本的考え方

- 「もんじゅ」については、国内における高速増殖炉に関する技術の確立・継承が行えるよう高速増殖炉開発の成果を取りまとめる。
- これに加え、重要な視点の一つとして取り組むこととしてきた放射性廃棄物の減容及び有害度の低減に関する研究について、従来より重点を置く。
- このような観点より、今回の研究計画における「もんじゅ」の役割を以下の2点とし、研究計画の策定をする。
 - 高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認等の高速増殖炉の成果の取りまとめに向けた中核的な研究開発の場
 - 廃棄物の減容及び有害度の低減等を目指した中核的な研究開発の場
- なお、研究計画については、これまでの開発経緯を踏まえ、効果的・効率的に、かつ国民にその過程・成果が伝わるよう研究を推進していくという観点から年限を区切ることとし、国際的な協力の下で研究を行うことを重視する。

Ⅱ. 高速増殖炉開発の成果のとりまとめを目指した研究開発について

1. 検討の基本方針

- 「もんじゅ」は、国内唯一の発電設備を有する高速増殖炉であり、国内における高速増殖炉に関する研究開発を行うとともに、そこで確立された技術の継承が行えるよう開発成果をとりまとめていく観点において重要な施設である。
- 「高速増殖炉開発の成果の取りまとめ」という目標を達成するために、まず、世界の高速増殖炉/高速炉研究開発における「もんじゅ」の位置づけを技術的観点から整理する。
- その上で、「もんじゅ」において開発する技術について、高速増殖炉開発における技術の重要度及び「もんじゅ」を利用することの優先度の2つの観点により分類し、成果のとりまとめに必要な技術項目をこれら重要度・優先度を軸に抽出する。
- その後、各技術について、必要となる成果の程度及びその達成するために必要となる研究期間を検討し、上記重要度・優先度を踏まえて成果のとりまとめに必要な研究期間を特定、これに基づく研究計画を策定する。

2. これまでの検討経過

- 高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認に必要な技術を特定するため、「もんじゅ」の技術体系を整理し、以下の5種類に大別した。
 - 炉心・燃料技術（例）炉心管理技術、燃料照射挙動確認等
 - 機器・システム設計技術（例）プラント系統設計技術・評価技術、計測設備設計技術・評価技術等
 - ナトリウム取扱技術（例）ナトリウム管理技術、検査技術等
 - プラント運転・保守技術（例）保守管理技術、運転管理技術等
 - 東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下、東電福島原発事故という）を踏まえたシビアアクシデントに関する安全機能確認・評価技術（例）シビアアクシデント対策技術・安全解析評価技術
- その上で、「もんじゅ」独自の技術と「海外炉」と「もんじゅ」共通の技術、「海外炉」独自の技術に区別した技術マップを作成し、世界の高速増殖炉/高速炉開発における「もんじゅ」で開発可能な技術の位置づけを整理した。
- さらに、高速増殖炉開発における技術の重要度及び「もんじゅ」を利用することの優先度の分類基準に基づき、研究開発項目の分類を行い、技術項目ごとに個別技術の重要度・優先度の整理を行った。（添付資料1参照）

- なお、東電福島原発事故を受けた高速増殖炉の安全性強化の検討の一環として「もんじゅ」が行うべきことについては、IV. で後述する。

3. 当面の研究の進め方

- まずは、「もんじゅ」が設計された通りの性能を有しているか確認を行うため、安全確保に万全を期しつつ性能試験実施に向けた準備を行う。【研究開発実施に向けた準備については、V. で後述】
- そのため、これらを実施するために必要な試験計画を、現在検討されている重要度・優先度分類の整理を踏まえ、検討・策定を行う。
- また、事故・故障等に関する知見を集積し、「もんじゅ」を含む高速増殖炉の技術体系へ反映する仕組みを継続的に運用・改善する。その際、「もんじゅ」は、実存するプラントとしての運転等を通じたリスクアセスメント・マネジメント研究の実践の場として活用する。
- 研究に当たっては、国際協力を積極的に活用する。

4. 引き続き検討が必要な課題

- 上記研究開発項目の分類結果に基づき、それぞれの技術項目の達成形態や達成時期についてさらに詳細検討し、高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認に必要なデータ等の洗い出しを行い、そこから研究計画に必要な期間及び計画の内容を検討する。
- 研究を国際協力の下で行うための具体的な検討を行う。

Ⅲ. 廃棄物の減容及び有害度の低減を目指した研究開発について

1. 検討の基本方針

- 「もんじゅ」をはじめとする高速増殖炉/高速炉は、軽水炉では燃やすことが難しい「高次化プルトニウム」や「マイナーアクチニド」を燃料として燃焼することが可能である。このため、高レベル放射性廃棄物の減容及び有害度の低減等の環境負荷低減に貢献すると考えられている。
- 一方で、「常陽」等を用いてこれまでもマイナーアクチニド含有燃料等に関する基礎的な研究は行われてきたが、実際の燃料規模で環境負荷低減の有効性を確認するための核的性能や燃料性能に関する知見が十分ではない。「もんじゅ」は、これらの知見を得るために重要な施設である。
- 以上を踏まえ、まずは「高速増殖炉/高速炉による環境負荷低減の有効性を確認すること」を目標とし、「もんじゅ」において燃料照射試験と分析を行

いデータの収集を実施するとともに、「もんじゅ」のデータを補強・補完する観点から、「常陽」でも照射試験等を実施する。

- 加えて、燃料の製造・照射・処理の各段階で必要な研究を実施する。

2. これまでの検討経過

- 国内及び海外の高速中性子照射場の性能や照射実績等を整理した上で、環境負荷低減の有効性を確認するために追加的に実施すべき試験項目を選定し、「もんじゅ」及び「常陽」を用いた照射試験の内容の検討を実施した。（添付資料2参照）
- また、照射試験以外にも有効性の確認に貢献する研究の検討のため、再処理等の基礎的な研究について検討を実施した。

3. 当面の研究の進め方

(1) 「もんじゅ」で行うべき研究開発

- 「もんじゅ」において、長期停止中にプルトニウム 241 の崩壊により蓄積したアメリシウム 241 を多く含むMOX燃料集合体の全炉心照射試験を性能試験と同時に開始する。
- 「もんじゅ」による高次化プルトニウム含有のMOX燃料の照射試験やマイナーアクチニド含有のMOX燃料の照射試験及びそれらの分析を行うため、燃料製造等の先行的な研究を実施する。

(2) 「もんじゅ」以外で行うべき研究開発

- 「もんじゅ」における照射試験のデータを補強・補完する観点から、「常陽」において、特殊な照射条件・燃料条件での照射試験を実施する必要があるため、燃料製造等の先行的な研究を実施するとともに、「常陽」の平成27年度の運転再開を目指し、燃料交換機能の復旧作業に着実に取り組む。
- マイナーアクチニド含有燃料等の製造・処理・回収技術等の基礎的な研究を行う。
- 照射試験の実施に当たっては、国際協力を積極的に活用する。

4. 引き続き検討が必要な課題

- 放射性廃棄物の減容及び有害度の低減に係る全体システムの有効性を確認するためには、「もんじゅ」による照射試験及びその分析のみならず、再処理等を含む全体システムの技術成立性についても検討を行う。
- 研究計画については、高速増殖炉開発のとりまとめのために必要な研究計

画と深く関係することから、その年限を踏まえ、有効性の確認に必要な研究計画をこれまで原子力機構から提案された実施内容をもとに検討する。

- 照射試験を国際協力の下で行うため、GACIDの枠組みの有効活用等も視野に入れつつ、具体的な検討を行う。

IV. 高速増殖炉/高速炉の安全性強化を目指した研究開発について

1. 検討の基本方針

- 高速増殖炉/高速炉の安全性強化に向けた研究開発は、研究開発を行う際の大前提となる課題であり、特に継続的に確実に取り組む必要がある。
- 特に、東電福島原発事故は、シビアアクシデントの発生防止及びシビアアクシデント発生時の緩和対応策の重要性を改めて提起した。
- 我が国では、「もんじゅ」の設計・許認可等を通して、高速増殖炉/高速炉の安全性確保のための技術体系を構築してきたが、東電福島原発事故を踏まえ、高速増殖炉/高速炉プラントシステムのシビアアクシデントに対する更なる安全性強化策を検討し、高速増殖炉/高速炉の安全技術体系の強化を図ることが重要である。
- 「もんじゅ」は実存するプラントとして運転やアクシデントマネジメントの検討・訓練等を通じて高速増殖炉/高速炉全体の安全技術体系を構築するための研究開発の場を提供することができる重要な施設である。
- 一方で、炉心溶融時の基礎データ取得等の「もんじゅ」で行うことが困難な実験条件について、他の試験施設において実施したり、プラントシミュレーションによる原子炉の挙動解析等で行ったりすることも安全技術体系を構築するためには必要な研究開発である。
- これらを総合的に実施することにより、高速増殖炉/高速炉の安全技術体系の構築の実現を図ることが可能となる。このため、「もんじゅ」で実施する研究開発項目と「もんじゅ」以外で実施する研究開発項目に整理し、高速増殖炉/高速炉の安全性強化を目指した研究開発を実施する。

2. これまでの検討経過

- 高速増殖炉/高速炉の安全技術体系を構築するために、これまで行ってきた研究開発や今後必要となる研究開発について整理し、研究開発の全体像を検討した。
- その上で、今後必要となる各研究開発項目について、今後実施すべきことを検討した。(添付資料3参照)

3. 当面の研究の進め方

(1)「もんじゅ」で行うべき研究開発

- 安全性向上の活動に活かすため、「もんじゅ」において、地震等の外部事象を含む事故に至るシナリオの検討と、シナリオ毎の発生頻度をPSA(確率論的安全性評価)等の手法を用いて解析し、シビアアクシデント評価技術の構築を図る。
- 「もんじゅ」におけるアクシデントマネジメントを整備し、実際の訓練に基づく安全性向上を図る。
- 実存プラントである「もんじゅ」を利用した自然循環試験について、全交流電源喪失時の種々の状況を考慮した試験条件やプラント条件を検討する。

(2)「もんじゅ」以外で行うべき研究開発

- フランスやカザフスタンとの共同研究が予定されているEAGLE3プロジェクト等を実施し、炉心溶融発生時におけるデブリ形成過程等、炉心損傷時の炉内状況について基礎データを取得し評価する。
- また、一次冷却系や炉内冷却系の機能喪失を念頭とした新たな炉心冷却システム開発のために、概念検討やその性能評価に必要な試験研究等を行う。
- シビアアクシデント対策強化の研究開発の実施に当たっては、国際協力を積極的に活用する。

4. 引き続き検討が必要な課題

- 原子力規制委員会が今後策定する予定の新安全基準の動向を踏まえつつ、安全性を高めるために自ら取り組むべきことについて検討を行う。
- シビアアクシデント対策強化の研究開発を国際協力の下で行うため、GIFの枠組みの有効活用等も視野に入れつつ、具体的な検討を行う。

V. 研究開発実施に向けた準備について

- 高速増殖炉開発の成果のとりまとめや、放射性廃棄物の減容及び有害度の低減を目指した研究開発を行うために、先ずは「もんじゅ」の試験再開に向けた準備を行う必要がある。
- 原子力機構によると速やかに試験再開に必要な「もんじゅ」の設備点検を開始すれば、技術的には平成25年度中の試験再開が可能となるとの見通し(スケジュール)を示している。(添付資料4参照)

- 特に「もんじゅ」については、安全確保に万全を期すことが大前提であるが、停止中であっても維持管理費のために多額のコストを要していることを考慮すると、費用対効果の面から考えて、速やかに試験再開に向けた準備を行い、研究計画を実行することが望ましい。
- 試験再開に際しては、原子力規制委員会が策定する新安全基準への適合状況や破砕帯をはじめとする耐震評価等の原子力規制委員会の確認を経た上で、試験再開に向け安全確保と国民からの信頼に応える運転体制に万全を期すことが重要である。

VI. 実施機関

- 「もんじゅ」の設置者である日本原子力研究開発機構をはじめ、研究開発を効率的・効果的に行うために国内の大学や民間企業、海外との研究協力を活用して研究開発を実施する。

VII. 引き続き検討が必要な事項

- 上記各項目で示した課題に加えて、以下の事項については、引き続き検討が必要である。
 - 研究成果のとりまとめ方法（「Knowledge Management」の観点からの検討が必要）
 - 国際協力の具体的なあり方
 - 策定した研究計画を実行するための研究開発体制のあり方（柔軟かつより実効的な研究体制・マネジメントの構築）
 - 研究計画の評価（評価軸・時期等）のあり方

以上

「もんじゅ」で行う研究開発の重要度・優先度分類について(1/2)

添付資料1

高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認等の高速増殖炉の成果のとりまとめに必要な技術を特定するため、「もんじゅ」の技術体系を整理。その上で、これらを「高速増殖炉開発における技術の重要度」と「もんじゅを利用することの優先度」の2つの軸で表を整理。

「もんじゅ」において研究開発可能な技術

1) 炉心・燃料技術	高次化Pu/Am含有組成燃料で構成された炉心の設計技術 実用規模燃料等の設計技術 等
2) 機器・システム設計技術	ループ型炉プラント系統設計技術・評価技術 ループ型炉の大型機器設計技術・評価技術 等
3) ナトリウム取扱技術	原子炉容器・1次主配管用IS技術 蒸気発生器伝熱管用IS技術 等
4) プラント運転・保守技術	トラブル等から得られる知見の集積による運転技術・保守技術の向上 燃料取扱系機器の保守管理技術 等
5) 安全機能確認・評価技術	大規模系統での自然循環除熱設計技術・評価技術 シビアアクシデント発生防止・影響緩和に係る設計対応技術 等



以下の観点で技術をそれぞれ再整理



高速増殖炉開発における技術の重要度の分類基準

A: 高速増殖炉開発において鍵となる技術

- ・高速増殖炉の安全性、信頼性、経済性あるいは資源有効利用性の実現に係る技術成立性の確認において不可欠な技術
- ・国際的に高い評価を得る技術(世界初、有償入手依頼、対等な対価の国際協力の対象となるもの)

B: 高速増殖炉開発において重要又は補強となる技術

- ・高速増殖炉の技術成立性の確認に係る技術であるが、Aに該当しないもの(例えば、上記Aの技術を補強・支援するもの、国際協力のテーマになり得るもの)

C: 高速増殖炉の成果のとりまとめには入らない技術

- ・高速増殖炉特有の技術ではないもの(例えば、タービン設備、発電機設備等の軽水炉や一般産業でも活用されているもの)

もんじゅを利用することの優先度の分類基準

1: 「もんじゅ」でなければ開発できない技術

- 「もんじゅ」以外では、等価な技術が開発できないもの
(「もんじゅ」固有の特徴に依存する技術)

2: 「もんじゅ」で開発することが合理的な技術

- 等価な技術を「もんじゅ」以外でも開発できる可能性はあるが、「もんじゅ」で開発することが時間的、経済的、技術的な観点で適切な技術

3: 「もんじゅ」以外で開発することが可能な技術

- 等価な技術を「もんじゅ」以外でも開発することが可能で、かつ、時間的、技術的な観点で適切と考えられる技術

「もんじゅ」で行う研究開発の重要度・優先度分類について(2/2)

高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認等の高速増殖炉の成果のとりまとめに必要な技術を特定するため、「もんじゅ」の技術体系を整理。その上で、これらを「高速増殖炉開発における技術の重要度」と「もんじゅを利用することの優先度」の2つの軸で表を整理。

		もんじゅを利用することの優先度		
		1 「もんじゅ」でなければ開発できない技術	2 「もんじゅ」で開発することが合理的な技術	3 「もんじゅ」以外で開発することが可能な技術
A 高速増殖炉開発において鍵となる技術(成果のとりまとめに必要なもの)	A 1 【炉心・燃料技術】 ・高次化Pu/A m含有組成燃料で構成された炉心の設計技術・管理技術 【機器・システム設計技術】 ・ループ型炉プラント系統設計技術・評価技術 ・ホットベッセル原子炉容器の設計・評価技術 ・計測設備設計技術の内、炉外核計装、FFDの設計技術 ・燃料取扱システム設計技術 【ナトリウム取扱技術】 ・原子炉容器／1次主配管用ISI技術 【プラント運転・保守技術】 ・1次系配管・炉容器外配置1次系機器の保守管理技術 ・トラブル対応から得られる知見の集積による運転技術・保守技術の向上 【安全機能確認・評価技術】 ・もんじゅのシビアアクシデント防止／緩和対策・評価技術 ・大規模系統での自然循環除熱設計技術・評価技術 ・安全保護系統(計装、保護動作)の設計技術・評価技術 ・ナトリウム-水反応防止／緩和設備の設計技術・評価技術	A 2 【炉心・燃料技術】 ・実用規模燃料等の設計技術 【機器・システム設計技術】 ・ループ型炉の大型機器設計技術・評価技術 ・計測設備設計技術の内、ナトリウム漏えい検出技術、水漏えい検出技術、タグガス式燃料破損位置検出技術 【ナトリウム取扱技術】 ・蒸気発生器伝熱管用ISI技術 ・ナトリウム管理技術(ナトリウム純度管理、放射化物(CP挙動、トリチウム挙動)、ナトリウム蒸気管理、洗浄等)	A 3 【機器・システム設計技術】 ・高温構造設計・評価技術(コールド試験、常陽照射等) ・検出機器類の性能向上技術(コールド試験) 【プラント運転・保守技術】 ・廃炉関連技術*(先行炉、海外炉) * : 廃炉時に確認 【安全機能確認・評価技術】 ・シビアアクシデント発生防止・影響緩和に係る設計対応技術(コールド試験、IGR炉) ・自然循環時の詳細温度分布等による解析技術(コールド試験)	
	B 高速増殖炉開発において重要又は補強となる技術(成果の取りまとめに有用なもの)	B 1 【機器・システム設計技術】 ・水・蒸気系設備設計技術の内、制御特性・過渡特性に関する設計技術・評価技術	B 2 【機器・システム設計技術】 ・水・蒸気系設備設計技術の内、蒸気発生器等設計・評価技術	B 3 【機器・システム設計技術】 ・2次系ポンプ設計・評価技術(コールド試験、海外炉) ・主循環ポンプ調速用VVVFの設計技術(コールド試験) ・浸漬型純化系コールドトラップ設計技術(海外炉)
	C 高速増殖炉の成果のとりまとめには入らない技術	C 1 【機器・システム設計技術】 ・発電所補助システム設計技術(ユーティリティ消費量、制御用圧縮空気圧力、等) ・タービン/発電機設計技術	C 2	C 3

高速増殖炉開発における技術の重要度

放射性廃棄物の減容及び有害度の低減を目指した研究開発

添付資料2

「高速増殖炉による環境負荷低減の有効性を確認する」ため、従来知見を整理し、「もんじゅ」等における燃料の照射試験で実施すべき試験項目候補を検討。

規模	燃焼度&照射期間	線出力	被覆管温度	O/M比	Pu富化度
短尺ピン	低	高低	高低	高低	高
実規模ピン	高	高低	高低	高低	高
	J1, J3, J4 M1~M4	J2 J3	J2 J3	M1~M4	J3

データ充足が必要な領域

従来知見(常陽, Phenix)

*実規模ピンでの照射実験はPhenix炉でのSUPERFACT試験における数本程度に限定

- ① MA核変換データの取得 実機炉心でのMA核変換積分データを取得する必要。
- ② ヘリウム効果 MA含有、高Pu富化度に伴うHeガス生成量増加による影響を確認する必要。(特に実規模ピン)
- ③ 破損防止 高燃焼度範囲、高被覆管温度で、O/M比依存性を考慮した被覆管内面腐食挙動を確認する必要。(特に実規模ピン)
- ④ 燃料溶融防止 MA含有、高Pu富化度による融点、熱伝導度の低下を考慮し、高線出力条件での挙動、溶解有無の確認が必要。Pu, MA再配分挙動、熱伝導度への感度を考慮してO/M比依存性の確認も重要。
- ⑤ 硝酸溶解性 MA含有、高Pu富化度による硝酸への溶解性への影響評価が必要。

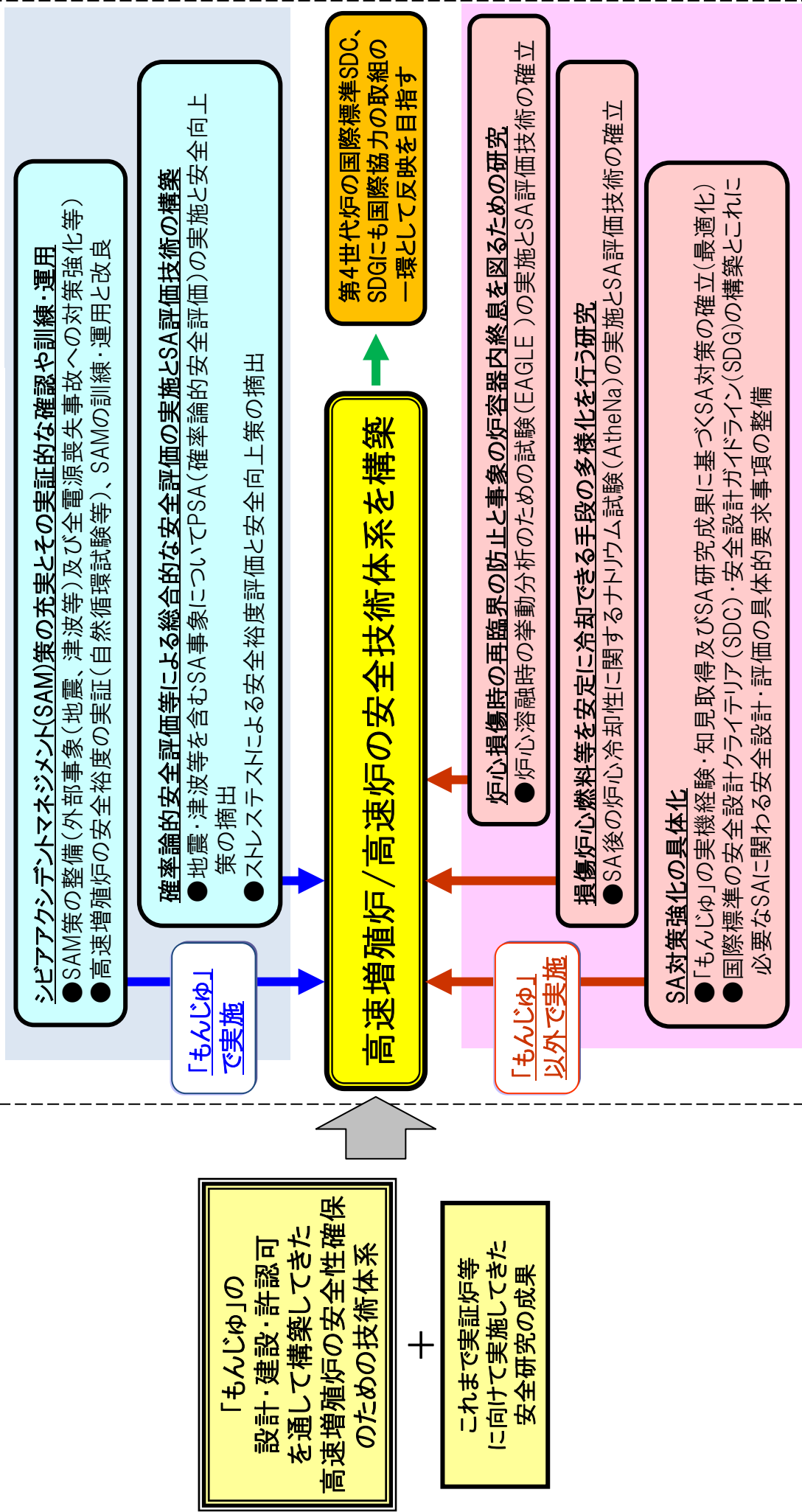
「もんじゅ」照射試験候補	目的	「常陽」照射試験候補	目的
M1 MOX燃料集合体の照射試験	もんじゅ燃料設計妥当性確認、Am含有MOXの定常照射での挙動、He効果の確認	J1 Am-1長期照射試験	MA含有MOX燃料の被覆管内面腐食等の燃焼依存挙動データ取得
M2 高次化Pu-MOX燃料の照射試験	高次化Pu-MOX燃料の照射挙動確認、He効果の確認	J2 Am-1短期高出力試験	MA含有MOX燃料の燃焼初期における元素再分布、組織変化等の挙動データ取得
M3 GACID-1先行照射試験	MA含有MOX実規模燃料ピンの照射挙動確認	J3 MA含有高Pu-MOX燃料の系統的試験	高Pu富化度条件で燃料組成、燃料仕様パラメタの照射挙動への影響についてのデータを系統的に取得
M4 GACID-1照射試験	MA含有MOX実規模燃料ピンの照射挙動確認(MA濃度、燃料仕様、燃料製造方法がM3と異なる)	J4 GACID-1先行照射試験	ペレット密度の影響についてのデータ取得とM3試験との比較によりスケール効果を評価

高速増殖炉/高速炉の安全性強化を目指した研究開発

添付資料3

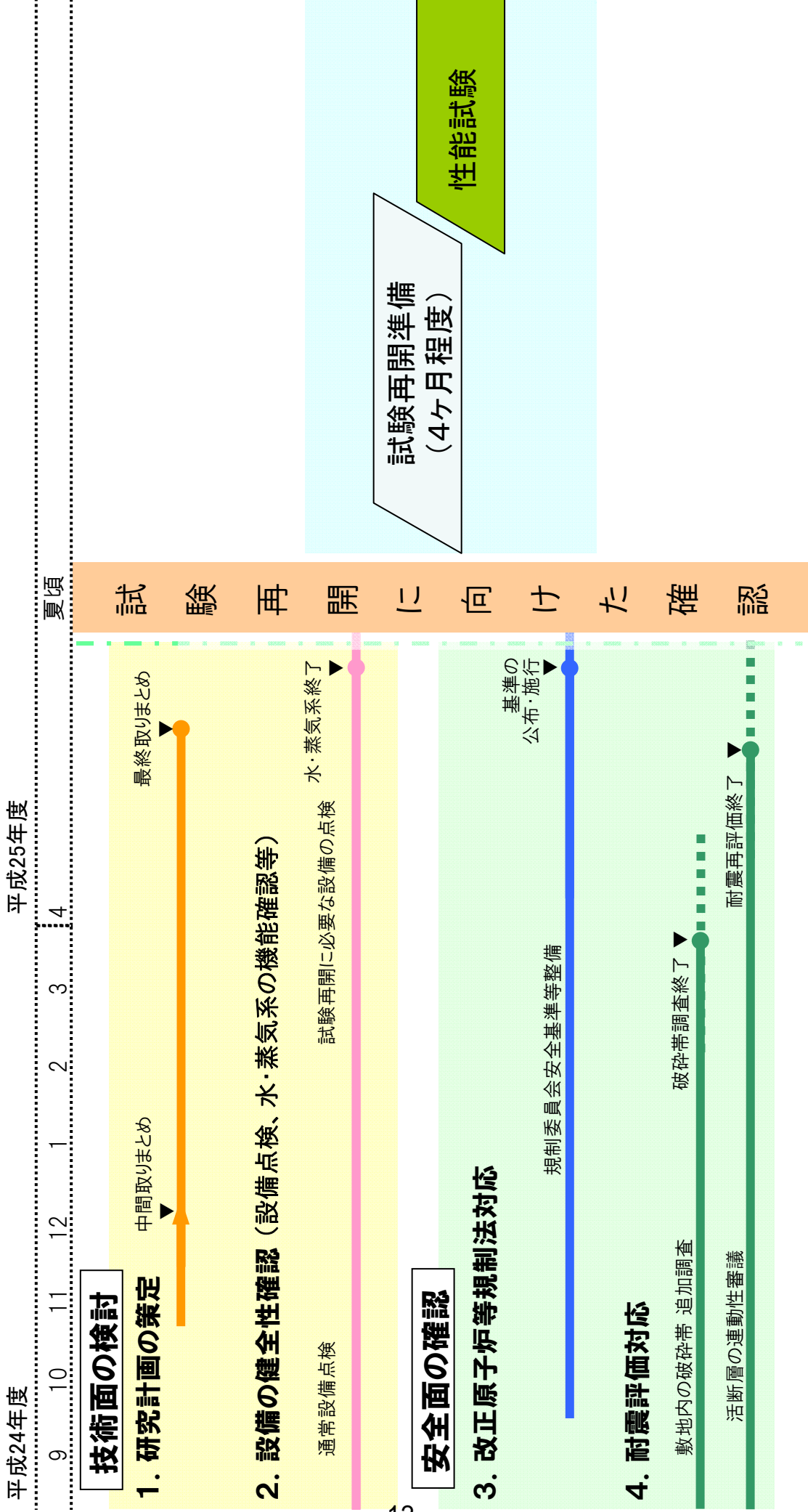
東電福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえた高速増殖炉/高速炉の安全技術体系を構築するため、「もんじゅ」でシビアアクシデント(SA)対策に関する実践的な研究開発を実施するとともに、SAを模擬した試験やシミュレーションコードを含むSA評価技術の開発を実施することを検討。

東電福島事故を踏まえ実施する安全性強化のための研究開発



「もんじゅ」の試験再開に向けて検討・確認すべき事項について

添付資料4



但し、規制委員会が新たに定める安全基準への対応等の状況によって、確認の時期の変更はあり得る。