

「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）

文部科学省 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
もんじゅ研究計画作業部会

平成24年12月

目次

はじめに	2
I. 「もんじゅ」の研究計画策定における基本的考え方	2
II. 高速増殖炉の成果のとりまとめを目指した研究開発について	3
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	4
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	6
V. 研究開発実施に向けた準備について	8
VI. 実施機関	8
VII. 引き続き検討が必要な事項	8
添付資料1 「もんじゅ」で行う研究開発の重要度・優先度分類について	9
添付資料2 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	11
添付資料3 高速増殖炉/高速炉の安全性強化を目指した研究開発	12
添付資料4 「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	13
参考資料1 もんじゅ研究計画作業部会 構成員	14
参考資料2 もんじゅ研究計画作業部会 検討の経緯	15
参考資料3 これまでの審議における主な意見及び論点	16
参考資料4 用語解説	22

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5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安全性を含む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・成果が伝わるよう明確な目標をもって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ナトリウム冷却高速増殖炉であり、国内における高速増殖炉に関する研究開発を行い、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、照射試験用燃料の製造・分析等に関する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及びその分析を実施する必要があるため、照射試験用燃料の製造・分析等に関する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・再処理・回収技術や長寿命核分裂性生成物の短寿命化に関する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、「もんじゅ」等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(独)日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」という。)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/高速炉の安全性の確保は、研究開発を行う際の大前提となる課題であり、安全性強化を目指した研究開発は、最優先に継続的かつ確実に取り組む必要がある。
- 我が国では、これまでも「もんじゅ」の設計・許認可等を通じて、設計基準事象のみならず、設計基準を超える事象の一部にも対応し得る高速増殖炉/高速炉の安全性確保のための技術体系を構築してきた。
- 一方、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ことから、高速増殖炉/高速炉に関わる深層防護のあり方を吟味する研究開発が必要である。特にシビアアクシデント発生後の緩和対応方策と緊急対応方策を検討することにより、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

- 「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を幅広く行い、それらの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とともに、シビアアクシデントの発生防止と緩和対応に関する安全性向上策を抽出する。
- PSA等の手法により抽出された安全性向上策に基づき、「もんじゅ」におけるアクシデントマネジメントを整備するとともに、実際の訓練を行い、更なる改善を図る。
- 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、人材育成の観点や、国際的な開発状況の観点、さらに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するという事実を考慮した費用対効果の観点を踏まえると、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」の設置者である原子力機構をはじめ、国内の大学や民間企業等における研究や海外との研究協力等、総合的に研究開発を実施することが望ましい。

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、さらに機動性を持った研究体制・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
 - 国民への研究成果の説明のあり方

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)

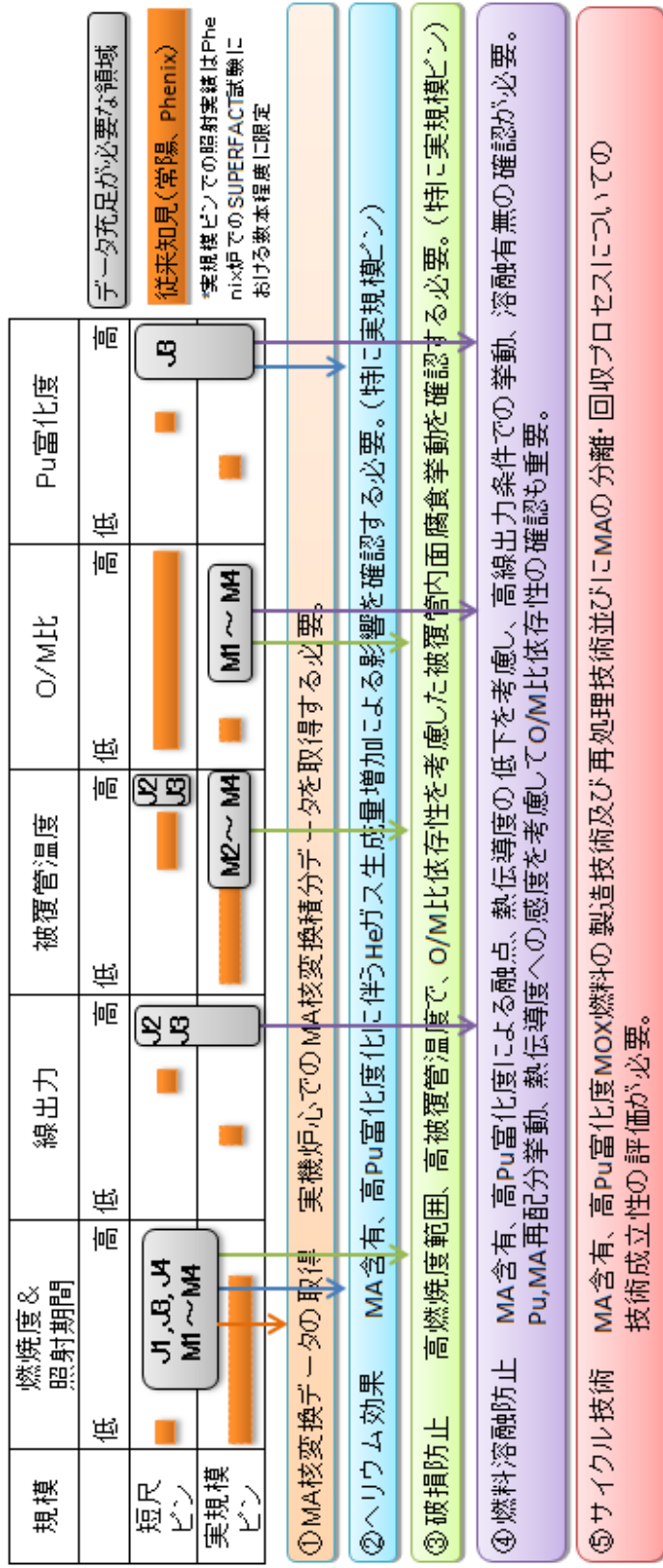
高速増殖炉プラントとしての技術成立性の確認等の高速増殖炉の成果のとりまとめに必要な技術を特定するため、「もんじゅ」の技術体系を整理。その上で、これらを「高速増殖炉開発における技術の重要度」と「もんじゅを利用することの優先度」の2つの軸で表を整理。

		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	<p>【炉心・燃料技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>【ナトリウム取扱技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉容器／1次主配管用ISI技術 <p>【プラント運転・保守技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>【安全機能確認・評価技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 	<p>A 2</p> <p>【炉心・燃料技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実用規模燃料等の設計技術 <p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>【ナトリウム取扱技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) <p>【プラント運転・保守技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高速増殖炉発電プラントの運転管理技術 ・高速増殖炉の保守管理技術(2次系機器等) ・燃料取扱系機器の保守管理技術 	<p>A 3</p> <p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) <p>【プラント運転・保守技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃炉関連技術*(先行炉、海外炉) * : 廃炉時に確認 <p>【安全機能確認・評価技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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	<p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 	<p>B 2</p> <p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水・蒸気系設備設計技術の内、蒸気発生器等設計・評価技術 	<p>B 3</p> <p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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	<p>【機器・システム設計技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 	<p>C 2</p>	<p>C 3</p>

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等で実施すべき試験項目候補を検討。



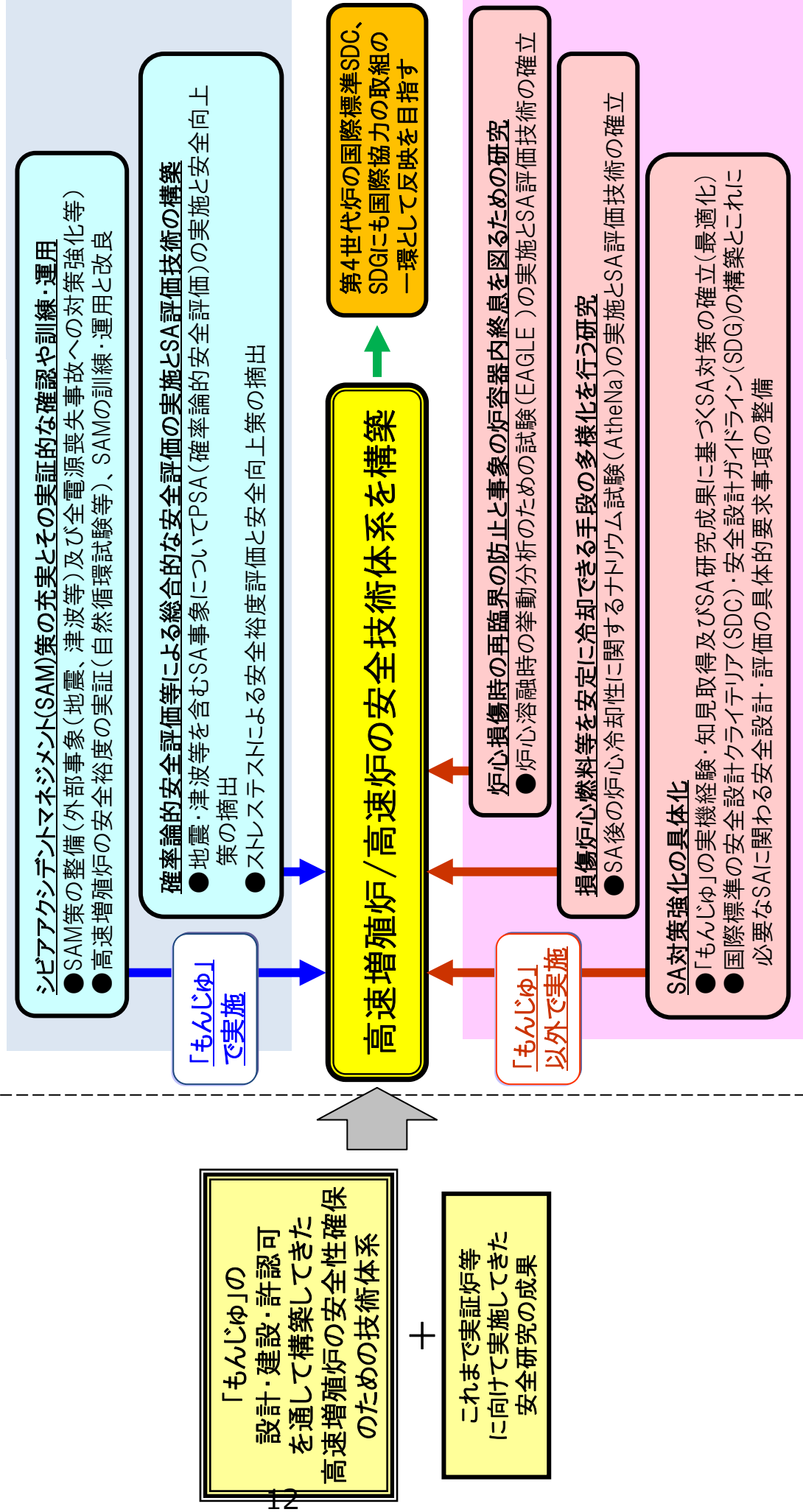
	「もんじゅ」照射試験候補	目的	「常陽」照射試験候補	目的
M1	MOX燃料集合体の照射試験	もんじゅ燃料設計妥当性確認、Am含有MOXの定常照射での挙動、He効果の確認	J1 長期照射試験	MA含有MOX燃料の被覆管内面腐食等の燃焼依存挙動データ取得
M2	高次化Pu-MOX燃料の照射試験	高次化Pu-MOX燃料の照射挙動確認、He効果の確認	J2 Am-1短期高出力試験	MA含有MOX燃料の燃焼初期における元素再分布、組織変化等の挙動データ取得
M3	GACID-1先行照射試験	MA含有MOX実規模燃料ピンの照射挙動確認	J3 MA含有高Pu-MOX燃料の系統的試験	高Pu富化度条件で燃料組成、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。

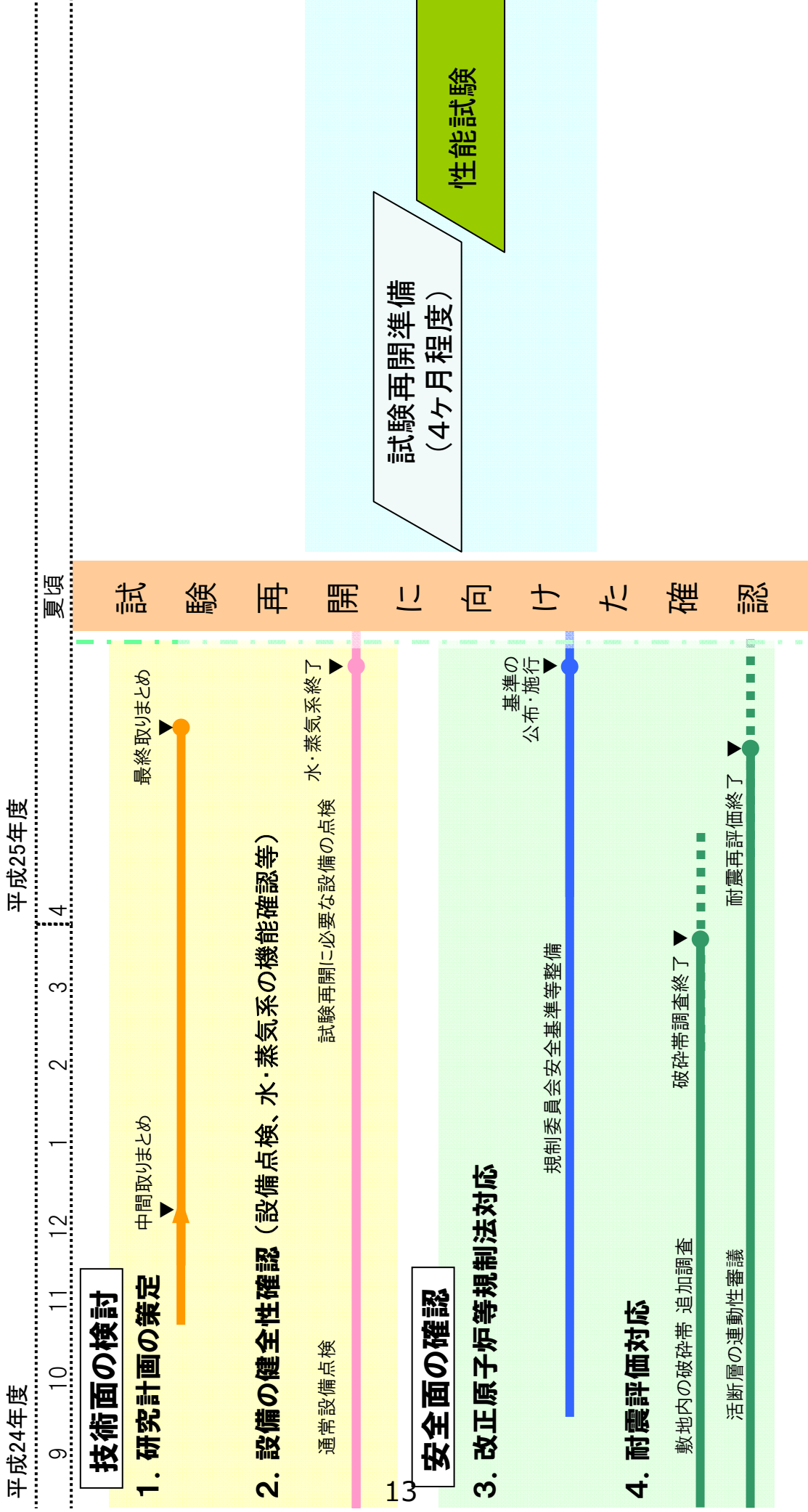
東電福島事故を踏まえ実施する安全性強化のための研究開発



+

「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。

(参考資料1)

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
もんじゅ研究計画作業部会委員 構成員

主 査	山名 元	京都大学原子炉実験所教授
主査代理	稲田 文夫	一般財団法人電力中央研究所 原子力技術研究所副所長
	大島 まり	東京大学大学院情報学環・生産技術研究所教授
	笠原 直人	東京大学大学院工学系研究科教授
	北田 孝典	大阪大学工学研究科准教授
	黒崎 健	大阪大学工学研究科准教授
	永井 康介	東北大学金属材料研究所教授
	村上 朋子	財団法人日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット原子力グループマネージャー
	山口 彰	大阪大学大学院工学研究科教授

(参考資料2)

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
もんじゅ研究計画作業部会 検討の経緯

第1回 平成24年10月29日(月)

- (1) もんじゅ研究計画作業部会について
- (2) 革新的エネルギー・環境戦略について
- (3) 研究計画策定に向けた検討事項について
- (4) 高速増殖炉サイクルの研究開発の従来の計画及びこれまでの成果について

第2回 平成24年11月8日(木)

- (1)「もんじゅ」等の研究計画について

第3回 平成24年11月21日(水)

- (1)「もんじゅ」等の研究計画について

第4回 平成24年11月30日(金)

- (1)「もんじゅ」等の研究計画について

第5回 平成24年12月11日(火)

- (1)「もんじゅ」等の研究計画について

これまでの審議における主な意見及び論点

1. 研究計画策定の検討の前提について

- 「もんじゅ」を、いかに有効に活用して、国民に成果を還元するかが問われている。国民目線で検討すべき。
- 明確な達成目標を示さないと、国民は納得しない。「もんじゅ」を動かして、成果を多く輩出していくことが大切。
- これまでの反省は反省として踏まえた上で、国民に新たな計画の魅力が伝わるような計画にすべきではないか。
- 安全な原子炉の実現をしていくということも大切な視点。作業部会の中で、安全研究・安全対策についてもきちんと議論すべき。
- とりまとめを目的化せず、原子力研究開発の大きな流れの中で、「もんじゅ」で何をどこまでやるべきか、を議論すべき。
- 我が国から世界への貢献や次世代への継承も考えた計画にすべき。
- 現時点において今回定めた研究計画の後に次を続けるかどうかを決めることはできない。今は、「もんじゅ」でできるだけ成果を上げるために何をすべきかを考えるべき。
- これまで「もんじゅ」は、いずれ高速増殖炉を実用化するという目的で研究開発を行ってきた。原型炉という目標に対して、「もんじゅ」は何ができるかということを問われている。今後、高速増殖炉をどうするかを政府が判断するために必要なデータをそろえるということではないか。
- 今まで、高速増殖炉開発では経済性が注目されていたが、東電福島事故を経験し、安全に対する見方が変わった今、ループ型のような分散型炉は、炉のマネージ性の観点で注目されていると思う。例えば、安全系が分散配置でき、かつ多様性・独立性の高い点や、コンポーネントのリプレースのし易さ、メンテナンス時の被ばくを押さえる点において優位性があるのではないか。

2. 高速増殖炉サイクルの意義について

- 原点に帰ることが重要。核燃料サイクルは、将来の不透明さに備えるということ。将来のエネルギー確保にきちんと対応できるということを、実績として示すということが大切。プルトニウムという自前の燃料を生み出すことができるというのは、如何に画期的でメリットがあることを示すことが大切。

- 高速増殖炉プラントは、まずは発電を目指しているが、高速炉技術を持っていれば、軽水炉では終わり切れないものを背負っていけることになっている。そういう期待を高速炉は持っている。高速中性子しかできないこと。高速炉体系で技術を持つべき意義が問われている。
- 使用済燃料を直接処分してごみにしようという考え方と、再処理を行い使用済燃料の有効利用を目指す核燃料サイクルという考え方がある。後者には、高速炉をもつことが大切であり、その観点において、「もんじゅ」で研究する意義が出てくる。「もんじゅ」から、このサイクル確立のために、必要な技術を獲得するために何をすべきかを考え、計画をつくらなければならない。
- 脱原発に関係なく、高速増殖炉の技術は、プルトニウムや高レベル放射性廃棄物の減容等の観点から有用な技術ではないか。

3. 高速増殖炉開発の成果のとりまとめの内容について

(発電機能について)

- 「もんじゅ」は、今後も発電炉としていくのか。それとも巨大な材料試験炉となるのか。まずは、発電するかどうかを決める必要がある。
- しっかりと運転して、技術成立性の確認を行うべき。発電がうまくいくかを確認していくことが重要。
- 「常陽」で確認できなかったのは、発電。「もんじゅ」は、蒸気発生器をはじめとする、ナトリウム・水関連の設備が全体システムの中で調和するかを確認するという点で価値がある。フルパワーで発電し続ける必要はないが、発電機能の実証は、高速増殖炉プラントシステムとして成立し得るかどうかの重要な要素の一つ。

(コストについて)

- 将来のコストを評価するために、「もんじゅ」はどのくらい貢献できるのか明らかにすることも重要な視点。
- コストは、オプションとして保持するか判断するために大切な観点。技術の成立性だけでなく、これらについても検討をすべき。
- コストを決めるのは稼働率。軽水炉のように導入初期のように経験しないとわからないことを、経験するということが大切である。バグ出しや初期故障の経験は、非常に大切である。

(安全性について)

- 安全性をどこまで確保できるかは、高速増殖炉をオプションとして考える際の切り札。これを念頭にした上で、開発成果をまとめるべき。

- 自然循環の確認は大切。データをきちんととって検証すべき領域。
- 「もんじゅ」を母体とした安全性強化の取組の可能性を、世界が求めるデータとは何かの観点を踏まえて検討すべき。
- もんじゅを運転する際には、どういうリスクがあるのか、整理をした方がよいのではないか。実際に、シビアアクシデントが起きた時、収束させるためにどのような検討を行うのか。具体性を持って示した方がよいのではないか。

(トラブルについて)

- トラブルであれば、トラブルで終わらせるというシステムの改善を継続的に行うことが大切。
- トラブル等について第三者として検証できる仕組みが必要ではないか。どう対策をとっていかについてきちんと検証していく仕組みが必要。
- 「もんじゅ」は試運転や定格運転を通じて、バグ出しを行い、今後の安全性につなげていくことが大切。また、これらを知見として集積し、体系化することが重要。データベース化するシステムを構築してほしい。
- トラブル等の知見の集約をする仕組みには、人材育成等、今後に活かすためにフィードバックする仕組みも重要。データベースを作ることを目的とするのではなく、技術に役立てるために作るもの。次にどう活かしていくのかを念頭に仕組みを構築すべき。
- 絵に描いた餅とならないようにすることが大切。平時の安全確保のために、何をすべきか。
- トラブル等の知見を反映する際は、表面的な対応をするのではなく、そのトラブルの根本を分析し、高速増殖炉として効果ある対策を検討することが重要。

(技術の重要度分類について)

- 「もんじゅ」を動かせばループ型炉の成果が出てくることは当然ではあるが、前提は、高速増殖炉プラントのとりまとめ。ループ型炉特有ではない、Na取扱技術等も、高速増殖炉開発のとりまとめには大切な技術のはず。ループ型炉としての価値と、高速増殖炉のとりまとめとしての価値と2つの観点で検討すべき。
- 原子炉の安全性は、コスト以上に大切な話。安全性の向上が強く求められている中で、トラブル対応から得られる知見の集積が重要度Bというのはいかがかと思う。非常に重要な観点であるので、再考すべき。
- 将来の可能性として残っているものについて、原型炉としてしっかりデータを取ることを、海外ではなく「日本」でやるということの視点も必要。

- 「もんじゅ」特有の機能を実証することは、確かに重要であるが、そもそも重要度の分類を付けるときに、まずは果たして今後必要とされる技術かということがないのではないか。今後、お呼びではない技術であれば、技術分類は変わる。
- ナトリウム冷却高速炉の今後の活用に資するための技術を抽出すべきではないか。
- 原型炉を再び建設しなくてもよいように「もんじゅ」でここまで行うべきという観点も重要ではないか。

(その他)

- 安全基準の策定は大切であるが、国民から信頼されることも大切。自主的にルールを設定することは大切であるが、そのルールを守る、監視するという体制をちゃんと組み、マネジメントができているというところを見せていかないと、国民として安心を感じることはできない。そういう観点も考えているということを示す必要がある。

4. 放射性廃棄物低減・有害度低減について

(研究の全体像)

- 核データ、材料データ等の基礎データ関係をそろえて、次の段階がある。全体像がきちんとわかる説明をしてほしい。
- 燃料挙動をみるだけの試験計画になっている。有害度低減の有効性評価に本当につながるのか。照射試験もこの試験範囲で本当によいのか更なる検討が必要。
- 高速炉用の再処理施設の必要性が、無視されている。「もんじゅ」だけでは廃棄物低減の研究は完結しない。全体像がないと「もんじゅ」の照射試験の位置づけがはっきりしない。
- 「もんじゅ」だけではなく、「常陽」も重要な役割を果たすので、全体の研究計画で、「常陽」がどう貢献するか明確にすべき。

(照射試験について)

- シミュレーションである程度わかる部分もあるが、実際に燃料を製造し、照射してはじめて、原子炉の中で何が起こるかわかるので、「もんじゅ」等を用いた照射試験を行う意義は大きい。
- 照射試験は、産業利用の分野でも期待高い。非常に貴重な役割を果たすべきであるし、もしそういう役割を果たすのであれば、コンソーシアムを世界的に構築して活動していくのはどうか。

(その他)

- マイナーアクチニド燃焼等による廃棄物の低減という観点のみならず、プルトニウムの燃焼の観点からも高速炉は重要。
- 長寿命放射性核種の対策は魅力的な話である。こういう研究に、「もんじゅ」がどう貢献できるのかという話ができればよいのではないか。
- 放射性廃棄物の減容は、研究成果が確認されるまで時間がかかるが、将来的には、世界共通の課題となることが想定されるため、我が国として大きな国際貢献ができる可能性がある。

5. 高速増殖炉の安全強化に関する取組について

(研究の全体像)

- 安全研究・シビアアクシデント研究は大切であるが、設計ベースで対応できることと、運転を通じてしか対応できないことがある。全体戦略をどうするのか。そこが整理できれば、「もんじゅ」を動かす意味も見えてくるのではないか。
- 東電福島事故を踏まえると、従来の安全対策ではシビアアクシデント対策について不十分なところがあった。高速炉システムとして東電福島事故を踏まえた本質的安全論という研究と、「もんじゅ」を用いてこれらにどう貢献するかという研究が安全強化研究の軸ではないか。
- 安全性向上に向けた取組は、「継続的」に行っていくことが大切。「継続的」ということが、どこかに見えないと行けないのではないか。PSAと実機への適用のPDCAを回して確認していくことが大切。
- 「安全研究に「継続」的に取り組むことが大切」と言うのは簡単であるが、実際は大変。必要となる技術開発に継続的に取り組むことが重要。安全評価やその実証実験に携わる人材が、一定のレベルで維持されることが大切。これは、東電福島事故の教訓そのものではないか。

(シビアアクシデント対策について)

- シビアアクシデント対策として今後、原子炉の安全をどう強化していくか。事象が起きにくいとはいえ、改善していく仕組みをいれて、継続的に改善していくことが重要。想定では到底起こりえないが、発生すると重大になるようなことは、きちんと対応していくことが大切。
- PSA(確率論的安全評価)を行うとシビアアクシデントの発生確率は非常に低くなるが、低いからといって無視をするのではなく、この結果を安全強化に有効利用するかを考えていくべき。

- ストレストテストやPSAは、安全裕度や安全性の確認ではなく、クリフエッジやウィークリンクの確認のために行うものである。
- 実験も大切であるが、評価コードを同時にきちんと揃えることも大切。
- 長い時間スケールを踏まえた検討(炉心規模や設計の相違)が必要ではないか。

(アクシデントマネジメントについて)

- 東電事故を踏まえると、今後は事故が起こったときに、どう収束させるのかというアクシデントマネジメントが大切になっていく。安全研究は、シミュレーションだけでなく、実際にやってみる必要がある。「もんじゅ」で実際に事故時を想定したアクシデントマネジメントのシミュレーションを行う等の視点での利用も大切。
- シビアアクシデントマネジメントは、人が介在する。命令系統等のマネジメントの観点で、どう評価するのか。人のマネジメントや情報伝達等の観点を、シビアアクシデントを議論するときには含めるべき。
- ストレストテストは、アクシデントマネジメントに対して様々な知見が得られる。アクシデントマネジメントを現場でどう反映をするのか、組織全体にどう反映するのは、「もんじゅ」という実機がなければできない話。ストレストテストをして、「もんじゅ」の特性を現場の人が把握するというのも重要。

(その他)

- ロバスト性と信頼性を有し、事故発生後も計測可能な計装系の開発も重要。

6. 今後の検討事項について

(国際協力について)

- 形式的な協力だけではなく、中身のある協力にしていくことが重要。
- 国際協力を行うことに異論はないが、取組の優先度は戦略的に考えるべき。
- 日本で獲得した知見を、どのようにデータとして取りまとめ、何を海外に提供・販売し、何を日本として囲い込んで有効活用するのか、整理が必要ではないか。

(成果の取りまとめの方法について)

- 「knowledge management」が鍵。日本では知見を取りまとめるということがうまくいってない。どのような観点からデータをまとめて知見を整備するのかを検討することが重要。

用語解説

AM(Accident Management)

アクシデントマネジメントの項を参照

CP(Corrosion product)

放射性腐食生成物

ステンレス鋼などの原子炉を構成する材料から化学的な作用によって生成された腐食物が冷却材(ナトリウムなど)とともに循環している間に、炉心の中性子によって放射化された物質のこと。コバルト60、コバルト58、マンガン54など。

EAGLE (Experimental Acquisition of Generalized Logic to Eliminate recriticalities)プロジェクト

カザフスタン共和国の研究炉(IGR 炉;黒鉛減速パルス出力炉)を用いた日本とカザフスタンとの共同試験研究プロジェクト(今後、仏国も参加予定)。炉心損傷事故時に熔融燃料を速やかに炉心外に排出する仕組みにより再臨界が生じないとの見通しを実験的に得ることを目的としている。

FBR(Fast Breeder Reactor)

高速増殖炉の項を参照

FFD(Failed Fuel Detection)

破損燃料検出

炉心に装荷している燃料の破損を検出すること。

GACID(Global Actinide Cycle International Demonstration)

包括的アクチノイドサイクル国際実証

高速実験炉「常陽」及び高速増殖原型炉「もんじゅ」を用いて、マイナーアクチノイド(MA)を含んだ燃料の照射試験を実施し、MAのリサイクルが可能であることを実証する国際共同計画。参加国(機関)は、日本(JAEA)、仏国(CEA)、米国(DOE)の3国。

GIF(Generation IV International Forum)

第4世代原子炉システム国際フォーラム

第4世代炉の開発プログラムを国際的に推進するための枠組み。米、日、英、韓、南ア、仏、カナダ、ブラジル、アルゼンチン、スイスの10カ国と1機関(EU)が2001年7月に結成。6つの原子炉概念に絞って研究開発を進めている。その後、中国、ロシアが加わり、現在は12カ国と1機関が参加。

ISI(In-Service Inspection)

供用期間中検査

原子力発電所などの原子炉施設において、運転休止期間中に非破壊検査により構成機器の検査を行い、機器に要求される安全機能の確認をする検査のこと。

MA(Minor Actinide)

マイナーアクチノイドの項を参照。

MOX(Mixed Oxide)燃料

混合酸化物燃料の項を参照

O/M比

原子炉で使用される核燃料に含まれるウランやプルトニウムなどの重金属元素(Metal)と酸素(Oxygen)との原子数の比率のこと。酸化物燃料の特性を評価する指標の一つ。

Phenix

フランス原子力庁(CEA)マルクール研究所にある高速増殖原型炉。1973年初臨界、2010年運転終了。

PSA(Probabilistic Safety Assessment)

確率論的安全評価の項を参照

Pu 富化度

プルトニウム富化度

ウランとプルトニウムの混合酸化物燃料に含まれるプルトニウムの濃度のこと。

SA(Severe Accident)

シビアアクシデントの項を参照

VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)

可変電圧・可変周波数制御

交流電動機をその特性に合わせて任意の速度、回転数で動作させる制御方式。

アクシデントマネジメント

設計基準上では想定していないような事態発生に備えてあらかじめ設置した機器や、設計上使用できる保証がなくても実際には使用可能な機器などを活用することによって、事故のシビアアクシデントへの発展を防止するために採られる措置。若しくは、万一シビアアクシデントに至った場合でも被害を最小限にとどめるために採られる措置。

(出典：原子力規制委員会ホームページ(旧保安院の用語集)から
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/word/1/0024.html>)

確率論的安全評価

原子力施設の異常をもたらす事象の組み合わせ(事故シーケンス)とその発生確率、事故シーケンスがもたらす影響及びリスクを体系的に評価する方法。

(出典：原子力規制委員会ホームページ(旧保安院の用語集)から
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/word/6/0150.html>)

高次化プルトニウム

プルトニウムの同位体のうち、核分裂性同位体であるプルトニウム239よりも質量数の大きい同位体(プルトニウム240、241など)の割合が相対的に高いプルトニウムのこと。

高速増殖炉

プルトニウムとウランの混合酸化物(MOX 燃料)などを燃料として使用し、プルトニウムなどの核分裂により発生する高速中性子を、核分裂反応の維持だけではなく、ウラン238の中性子捕獲反応による新たな核分裂性プルトニウムの生成などにも利用することで、最終的には、使用した燃料よりもさらに多くの燃料を新たに生み出すこと(増殖)を目的とした原子炉。

コールドトラップ

ナトリウム中の不純物の溶解度が温度の低下とともに減少することを利用し、ナトリウム中の不純物を取り除く装置のこと。

混合酸化物燃料

原子炉で使用される核燃料のうち、ウランとプルトニウムの酸化物を混合して製造される燃料のこと。

再臨界

炉心損傷事故において、溶融した炉心燃料が大規模に集中して予期せぬ臨界に至った場合のこと。

シビアアクシデント

原子炉において、炉心が損傷し大量の放射性物質が放出される可能性があるような苛酷な事故(たとえば格納容器の損傷など)。苛酷事故とも呼ばれる。

線出力

燃料棒(燃料要素、燃料ピンともいう。)の単位長さあたりの出力(発熱量)のこと。kW/m、W/cmなどの単位で表す。

長寿命核分裂性生成物

核分裂反応により生成される核分裂生成物の中で、非常に半減期が長い放射性核種のこと。テクネチウム99(半減期約21万年)、よう素129(半減期約1570万年)などがある。

燃焼度

核燃料の燃焼程度を示す量のこと。核燃料の重量あたりの累積発熱量(MWd/t)や核分裂を起こした重金属元素(ウラン、プルトニウム等)の原子数比率(at%)で表す。

被覆管

燃料棒(燃料要素、燃料ピンともいう)から核分裂生成物などが外部に漏れることを防ぐため核燃料を密封する金属製のさや管のこと。核燃料を装填後、両端部を溶接密封する。軽水炉ではジルコニウム合金製、高速増殖炉では、ステンレス鋼製等を使用。

放射性廃棄物

原子力施設から発生する放射性物質を含む廃棄物の総称。高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物と2つに大別される。

ホットベッセル

原子炉容器のコンパクト化を図るため、原子炉容器の炉壁に冷却流路を設けずに簡素な炉容器構造としたもの。

マイナーアクチノイド

原子番号89のアクチニウムから同103のローレンシウムの15種類のアクチノイド元素のうち、超ウラン元素(原子番号92のウランよりも大きな原子番号の元素の総称)からプルトニウムを除いた元素(ネプツニウム(Np)、アメリシウム(Am)など)のこと。全て放射性元素であり、長半減期であるものが多いことが特徴。

ループ型炉

高速増殖炉の代表的な形式の1つ。ループ型炉は、原子炉容器内に炉心を収容し、原子炉容器外に配置した1次冷却系循環ポンプや中間熱交換器を配管で結合している。ループ型は機器の独立性が高く、保守・補修時の接近性に優れている。また、タンク型と比較して耐震性に優れているといわれている。

炉心損傷

シビアアクシデントとして想定する事象。燃料集合体の形状が崩れる等、著しく炉心が損傷した状態をいう。

