

「もんじゅ」廃止措置の進捗状況について

2022年5月26日

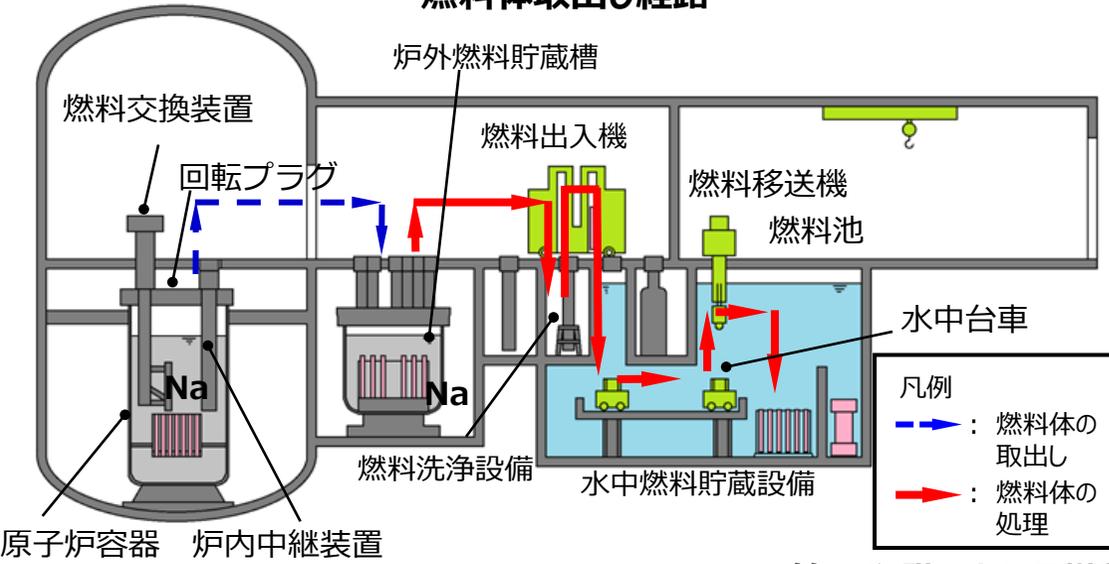
日本原子力研究開発機構（JAEA）

1. 燃料体取出しの進捗状況 1
2. ナトリウム及び使用済燃料の搬出に向けた
計画策定に係る検討状況 5
3. 前回会合における御意見に対する回答 7

参考資料

1. 燃料体取出しの進捗状況（燃料体取出し工程と実績）

燃料体取出し経路

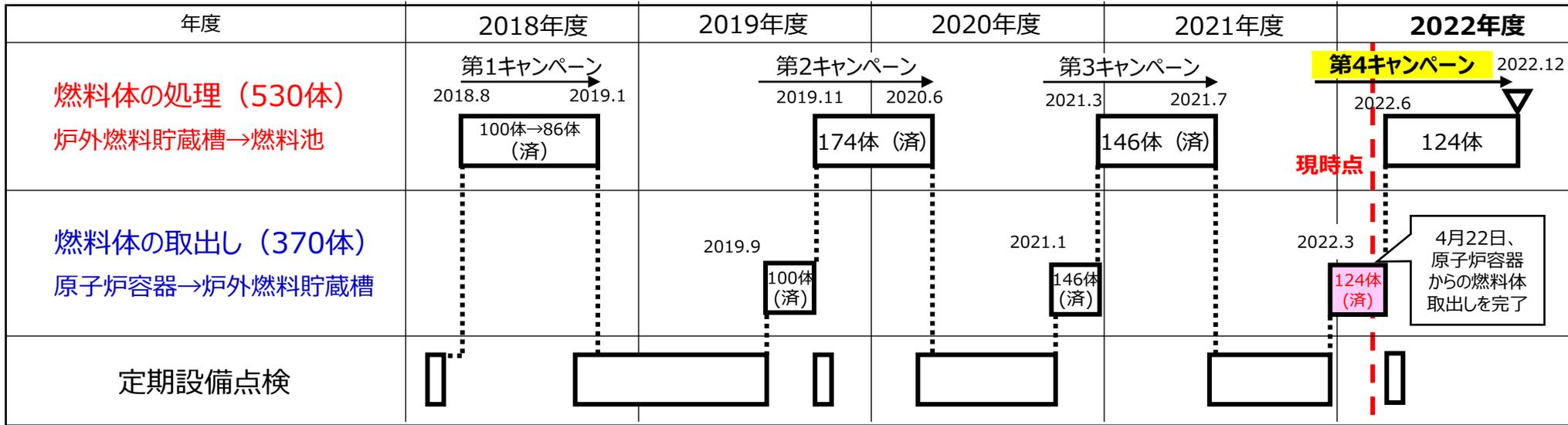


廃止措置開始以降の燃料体の装荷及び貯蔵状況

	廃止措置開始時	燃料体の取出し開始時 (2022.3.30)	現時点	2022年度の燃料体の処理終了時点 (計画)
原子炉容器	370	124	0	0
炉外燃料貯蔵槽	160	0	124	0
燃料池	0	406	406	530

燃料池には上記表のほか、過去に取出した2体を貯蔵している

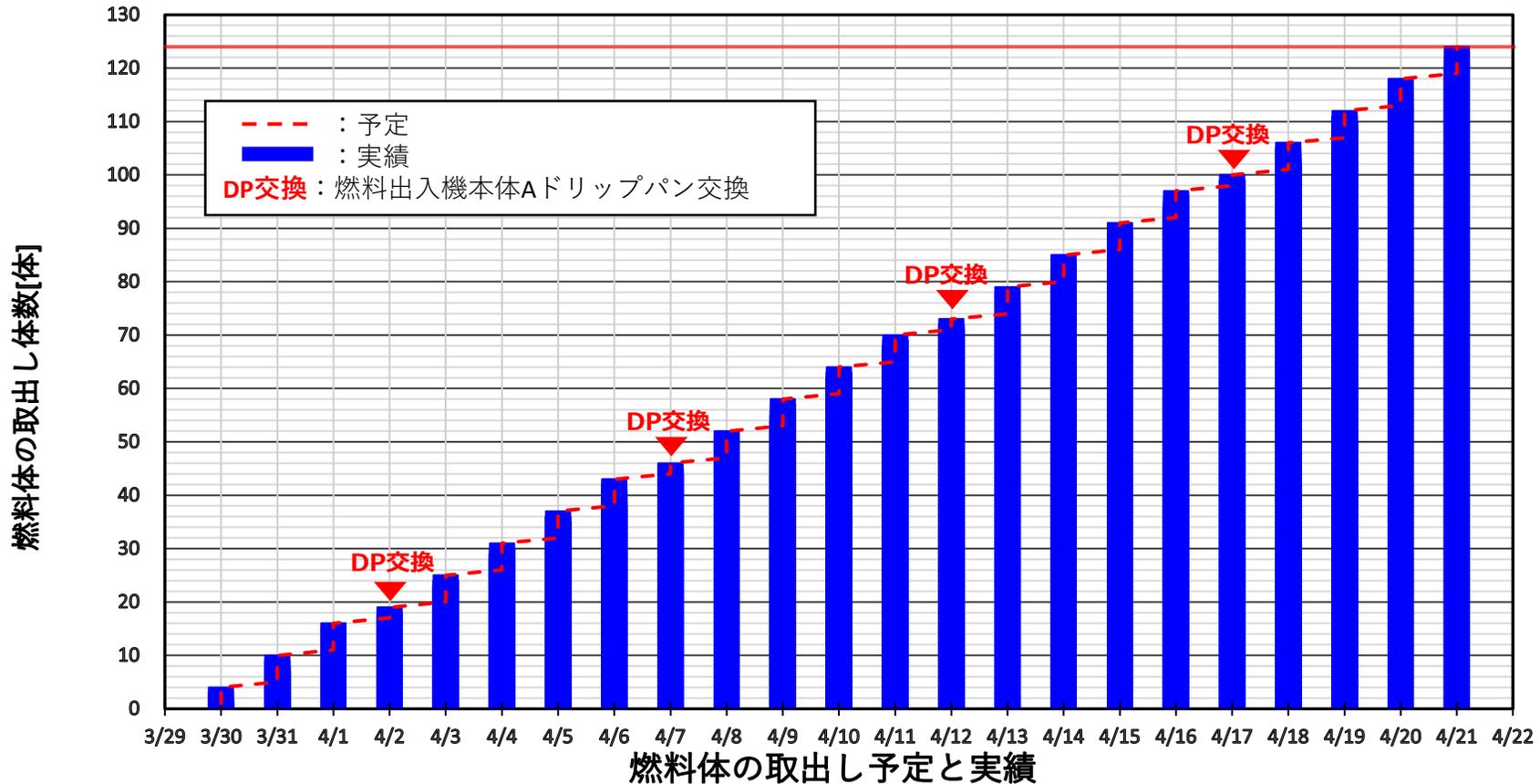
第1段階における燃料体取出し工程



注記：点線は、燃料体取出し作業の流れを示す
 なお、燃料体取出し作業に影響を与えない設備の点検については並行して実施

1. 燃料体取出しの進捗状況（第3回燃料体の取出し実績）

2022年3月30日～4月22日の期間において、原子炉容器から燃料体（124体）を取り出し、炉外燃料貯蔵槽へ移送する作業を計画通り終了し、原子炉容器内の全ての燃料体の取出しを完了。



- 定期的実施する燃料交換装置内に溜まるガス抜き操作後、自動化運転を再開したところ、ガス抜き操作が完了していないことを制御システムにより検知し、自動化運転開始条件が不成立となる事象（32体目）は発生したが、不具合の発生を事前に制御システムによって検知したものであり、機器の故障に起因するものではなく、安全性への影響はないことから、自動化運転への復帰が可能な事象であった。この他に不具合事象の発生はなかった。
- 部分装荷による炉心圧損低下で1次主冷却系流量は増加したが、事前に評価したとおりであり、ポニーモータによる循環運転への影響はなかった。

1. 燃料体取出しの進捗状況（2022年度の燃料体取出し工程）

- 原子炉容器からの燃料体の取出しが完了したことから、ナトリウム漏えいリスクを低減するため、1次系全ループのナトリウムを既設タンクにドレン完了。事前確認試験*後に固化する予定。
- 燃料体の処理の前に、燃料出入機の点検を6月から7月に実施予定。
- 燃料出入機点検終了後、定期事業者検査のうち、検査②（燃料体の処理に必要となる機能の検査）が完了する予定の8月より燃料体の処理を開始予定。
- 引き続き、安全第一で燃料体取出し作業を行い、廃止措置第1段階作業の完遂を目指す。

項目	スケジュール									
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
燃料体の取出し (原子炉容器⇒炉外燃料貯蔵槽)		燃料体の取出し								
1次系全ループドレン・事前確認試験 (SsL)			1次系全ループドレン・事前確認試験 (SsL)							
燃料体の取出し機器の後片づけ作業 (機器洗浄等)				後片づけ						
燃料出入機点検					燃料出入機点検					
燃料体の処理 (炉外燃料貯蔵槽⇒燃料池)							廃止措置計画による燃料体の処理期間	燃料体の処理		
定期事業者検査 (9/14開始)										
検査① (燃料体の取出しに必要となる機能の検査) 燃料交換装置、燃料出入機、ナトリウム系等	検査①									
検査② (燃料体の処理に必要となる機能の検査) 燃料出入機、燃料洗浄設備等		検査②								
検査③ (その他の性能維持施設に係る検査) 水消火設備等	検査③									

*:原子炉容器内Na液位低状態(SsL)において、燃料交換装置を用いてしゃへい体等の取出し(第2段階作業)を実施するための事前確認試験

1. 燃料体取出しの進捗状況（燃料体の取出しの総括）

廃止措置計画第1段階における原子炉内から炉外燃料貯蔵槽への「燃料体の取出し」は、2019年度から2022年度にわたり、計3回の作業を実施。本年4月、計370体の燃料体の取出しを計画通り完了したところ。これまでの燃料体の取出しに関する主な点は以下のとおり。

▶ 燃料体取出し計画の策定

- 当初計画において、確実に燃料体の取出しを完了させるため、設備点検、約130体毎の燃料体の取出し、燃料体の処理のサイクルを組み込んだ上で、各工程に適切な予備期間を設定。

▶ 燃料体取出し計画の実行

- 燃料交換設備は、軽微な不具合事象はあったものの、安全に影響を及ぼす事象ではなく、順調に稼働。
- 不具合事象については、事前の対処を可能とするため、対応経験の蓄積を基に、その想定と、それら事象への対応計画を策定。
- 操作チーム（5名4チーム）及び設備チームについては、適切な人員配置、事前の模擬訓練を含む教育により、持続可能な体制を整備。
- 新型コロナウイルス感染症対応を所員各自が適切に認識することにより、操作チーム及び設備チームにおいて感染リスクを抑制。

▶ 燃料体取出し計画の評価

- 概ね当初計画通りの実績から、計画策定は妥当であると評価。
- 燃料体の取出し作業自体に加え、設備点検（定期検査）の確実な実施等も含め、もんじゅにおける総合的なマネジメントが結実し、今回の成果が得られたものと認識。

▶ 燃料体取出し計画の改善

- 燃料体から滴下するNa量を考慮した燃料出入機本体Aのドリップパン交換頻度の決定、操作の習熟度に応じた日毎の燃料体の取出し体数の変更等により、より精度の高い計画策定が可能。
- 計画策定から改善の知見については、第2段階におけるしゃへい体等取出し計画策定時に反映予定。

(1) ナトリウムに関する検討状況

- 1次系、2次系及び炉外燃料貯蔵槽系で搬出可能なすべてのナトリウムについて、英国事業者*に有価物として引き渡すことを合意し、昨年(2021年)12月21日に原子力機構と英国事業者の間で覚書(MOU)を締結。
*: CAVENDISH NUCLEAR LIMITED(キャベンディッシュ社)、JACOBS CLEAN ENERGY LIMITED(ジェイコブス社)
- 搬出開始時期は令和10年度(2028年度)と決定。**搬出完了時期については、廃止措置計画の検討を踏まえ、令和13年度(2031年度)と決定。**
- 今後、英国事業者と原子力機構との間で、英国におけるナトリウム処理に係る実契約に向けた調整を行うとともに、ナトリウムの搬出に向けた準備を実施予定。

「もんじゅ」の廃止措置の全体行程におけるナトリウムの搬出計画

区分	第1段階 燃料体取出し期間	第2段階 解体準備期間	第3段階 廃止措置期間 I	第4段階 廃止措置期間 II
年度	2018 (平成30) ~ 2022 (令和4)	2023 (令和5) ~ 2031 (令和13)		2047 (令和29)
主な実施事項	燃料体取出し作業			
		ナトリウム機器の解体準備 ナトリウム搬出		
		2028 (令和10)	ナトリウム機器の解体撤去	
	汚染の分布に関する評価			
		水・蒸気系等発電設備の解体撤去		
				建物等解体撤去
		放射性固体廃棄物の処理・処分		

(2) 使用済燃料に関する検討状況

- 基本的に技術的成立性が確認されている仏国での再処理を基本としつつ、その他の選択肢についても排除せずに検討中。
- 仏国での再処理のための搬出計画について、仏国事業者が作成した実施計画案を踏まえ、今般、今後の検討のために、**搬出開始見込時期を令和16年度(2034年度)、搬出完了見込時期を令和19年度(2037年度)と決定。**
- 仏国での再処理については、今後これらの見込時期を基にした実施計画の改定案及び費用見積を作成する予定。
仏国事業者から提示される費用見積、仏国における特殊燃料の再処理を行うために追加する施設(TCP施設※)の建設計画の進捗状況や、その他の選択肢に関する検討も踏まえ、最終的な搬出計画について意思決定する予定。

※ Traitement des Combustibles Particuliers : 特殊燃料処理施設

◆ 前回 (2022年3月4日) の廃止措置評価専門家会合における御意見を踏まえた回答は以下のとおり

【燃料体取出しに係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ コロナ禍にもかかわらず第3キャンペーンの燃料体の処理作業 (2021年5月19日～同年7月25日) が計画通り完了したことについては、これまでのトラブルも含めた経験が活かされたものでもあり、高く評価したい。</p>	<p>○ 燃料体の処理は、第1キャンペーン (2019年度) における燃料取出設備の不具合対応での経験や、第2キャンペーン (2020年度)、第3キャンペーン (2021年度) の対応における経験の積み重ねにより、不具合事象の想定と、それら事象への対応計画を策定し、事前に対処可能になったことにより、燃料体の処理を計画通り実施した。</p> <p>○ また、第2及び第3キャンペーンでは、新型コロナウイルス感染症対応を所員各自が十分に認識することによって、感染リスクを排除した。</p> <p>○ 引き続き、第4キャンペーン (2022年6月～) においても、これまでの設備不具合対応の知見の再確認、及び新型コロナウイルス感染症対応を十分に行うことによって、燃料体取出しを安全かつ確実に進めて参りたい。</p>
<p>○ 第4キャンペーンでは部分装荷 (取り出した使用済燃料の炉心位置に模擬燃料体を装荷しない) とし、炉心管理の計算機上では仮想の模擬燃料体が入ったことにすること。</p> <p>第2段階でしゃへい体等を全て取り出した状態でも計算機上は仮想の模擬燃料体が入った状態となるため、そのデータの消去を含め、漏れなく対応を行っていただきたい。</p>	<p>○ 第2段階でしゃへい体等を全て取り出した後の炉心の状態は、計算機上、炉内全位置に仮想の模擬燃料体が入った状態となる。このデータは、計算機上で実際は空であることを示しており、燃取計算機上のみ登録されているものであり、中央計算機等の他の計算システムに影響を及ぼさない。</p> <p>なお、燃取計算機上の仮想の模擬燃料体のデータ消去に関しては、当該計算機の機能を停止する際に行う予定としているが、その際は、他の機能への影響が無いことを多面的に十分な確認を行うなど、慎重に対応して参りたい。</p>

【廃止措置第2段階計画に係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 廃止措置第2段階の主な作業となるナトリウムの抜き取り及び英国への搬出については、ISOタンクへの移送、港までの陸上輸送や船での海上輸送等、多岐にわたる作業がある。関係省庁としては国土交通省や、有価物として引き渡す上では経済産業省も係ることとなる。全体のプロセス及び各プロセスでの課題を整理し、調整を進めて頂きたい。</p> <p>もんじゅ内ナトリウム抽出設備、英国での処理等、検討の結果最適と考えられる方策で決められたようだが、ナトリウム搬出期間の決定も含めて、各方面からの意見を十分に踏まえた上で検討し、決定してほしい。</p>	<p>○ ナトリウムは、有価物として英国に引き渡し予定。選定に係る経緯、プロセスについては、需要の有無、技術的成立性、先方の事業による規制への適合性、経済的成立性、もんじゅからの搬出時期との整合性等の様々なパラメータを設定し、仏国、米国、国内などの選択肢で比較、検討した。その上で、特に搬出時期との整合性と経済性の観点から最終的に英国を選定したところ。</p> <p>○ ナトリウムの搬出に際しては、サイト内でのタンクへの詰替、輸送、移動先での貯留及び処理と種々のプロセスがあることから、各プロセスで今後調整すべき課題を洗い出しているところ。</p> <p>ご指摘のとおり、英国への引き渡しに際しては、関係省庁とも相談、調整の上で実施していく必要があるものと考えており、今年度にとりまとめる予定の検討実施計画において、具体的なマイルストーン、スケジュールを固めていくこととしている。今後、とりまとめた段階で御報告させていただきたい。</p>
<p>○ 第2段階でしゃへい体を取り出す際は、1次冷却系統3ループのナトリウムを抜き取って行うとのこと。耐震設計の観点で、原子炉容器にナトリウムがあり、1次冷却系にはナトリウムが無い状態の評価等、気になる点を徹底的に洗い出す必要がある。</p>	<p>○ しゃへい体等取出し時においても原子炉容器の閉じ込め性を担保する必要があることから、原子炉容器内Na通常液位(NsL)で評価し、閉じ込め機能の健全性を確認している。1次冷却系統のNaを抜き取った後の原子炉容器内Na低液位(SsL)の場合、原子炉容器に加わる重量が減少し、原子炉容器の耐震裕度は向上する方向となる。</p> <p>○ 燃料取扱設備に対する安全要求は、転倒防止、原子炉カバーガス等のバウンダリの確保、燃料体の落下防止であり、運転段階においても地震発生時に燃料を取扱う動的機能の維持要求はない。よって大きな地震発生時に燃料体（しゃへい体等含む）の取出しを継続して実施することはできない。地震が収束した後、要領に従って、設備を点検し、健全性が確認された後に、しゃへい体等の取出しを再開することとなる。</p> <p>○ その他、耐震性以外にも1次冷却系統3ループドレン、原子炉容器液位SsL運用に伴うリスクを抽出し、リスクレベルに応じたマネジメントを実施することとしている。</p>

【廃止措置第2段階計画に係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 今後、どのような廃棄物が発生し、それをどのように処理するのかを考えなければならない。眼前の作業以外にも廃棄物の処理等、長期間を要する作業が存在する。プロジェクトの管理としては、長期間を要する作業も踏まえた全体像を作り、管理していくことが大事である。また、廃棄物に関しては、定量的な話を早めに出して検討していただきたい。</p>	<p>○ 廃止措置第1段階の廃棄物処理は、運転中の廃棄物処理（気体・液体・固体）とプロセスは変わらない。また、第2段階においても放射性ナトリウム関連機器の解体を行わないことから処理プロセスに変更は生じない。</p> <p>○ 一方、第3段階に入り、機器設備の解体開始後は様々な廃棄物が発生するため、処理プロセスの見直しを検討しているところ。 特にナトリウム機器を解体すると、前後の処理の過程でナトリウムの洗浄廃液が発生する。機器解体作業のためにナトリウムを安定化し、金属ナトリウムではない状態で洗浄する場合は、廃液の性状や量に影響が発生。 このため、現在はセメント固化設備を整備し、セメント固化廃棄体で固体廃棄物管理を検討しているが、解体方法を含め、どのような廃棄物がどの程度発生するかを評価したうえで、最適な処理システムを構築すべく検討を行っている。</p> <p>○ また、廃棄物については、敷地外への搬出に向けて、解体後、どの程度の物量が何時発生するか、その仮置き場所や、移動方法等の物流計画の立案が必要。 物流計画を立案するため、基本的な考え方の整理を開始したところである。今後、とりまとめた段階で御報告させていただきたい。</p> <p>○ ご指摘のとおり、バックエンド全体を含めたプロジェクト管理の必要性・重要性については認識しており、機構のバックエンド部門と連携し、機構全体のバックエンド戦略の中に、もんじゅ・ふげんの廃棄物処理・処分を組み入れていくことについて検討を開始したところ。</p>
<p>○ 第1段階、第2段階で行うとしている「汚染分布評価」について、この評価により汚染レベルとそれぞれの物量が把握されていくとのこと。電力会社からは、クリアランス物の確認作業等、いざやってみると大変な作業と聞く。もんじゅに関しても然るべきタイミングでその対応状況を聞かせて頂きたい。</p>	<p>○ 汚染分布の評価結果については、廃棄物の量、廃棄物処理設備の仕様、解体の方法に反映していくこととしている。現在、放射化汚染については試算を進めており、今後サンプリングを行い、計算結果の妥当性確認等を行っていく。今後、結果については、成果をとりまとめた段階で廃棄物処理・処分のストラテジー等と併せて御報告させていただきたい。</p>

【マネジメント等に係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 資料のタイトルにある通り、機構は「作業」に起因するリスクを論じているところに違和感を覚えた。作業をしていなくても地震等のリスクは存在する。作業の延長線上にリスクが存在するとの機構の考え方が、現状の機構のリスク管理の実力だと受け止めた。作業方法を変えていないところに新たなリスクは発生しないという考えは改めて頂きたい。状況は常に変化するものであり、それを踏まえてその都度、リスク評価は見直されるべきものであるとの理解の下、長期にわたる廃止措置としてのリスクマネジメントが必要である。</p>	<p>○ 第1段階の燃料体処理は既知の設備を用い、その操作の中で不具合の発生と対応の蓄積してきたものであるが、これらの予防策として何をすればよいかを考え、対策を実施してきた。また、地震等の作業以外の要因による燃料体の衝突・噛みこみ破損やアクセス困難機器の故障・破損など、安全に影響するリスクに対しリカバリープランを検討、準備した。一方、部分装荷に際しては、計算機操作に伴い新たに追加するリスク、模擬体移送のプロセスが無くなることによる新たなリスクの発生の有無、これまでのキャンペーンと変わらないが使用実績・点検実績から本当にリスクの発生可能性が変わらないのかという観点で分析を行った。</p> <p>○ 第2段階以降のナトリウム搬出や機器解体は、プラントがダイナミックに変化するため、考慮すべきリスクは運転中や第1段階と全く異なることから、廃止措置の進捗に合わせてリスクを考慮する必要があるものと認識しているところ。さらにサイバーセキュリティ等のリスクも考慮する必要があるものと考えており、様々な社会の情勢等を見ながら、世の中の技術の変化などを踏まえつつ、リスク評価を進めていきたい。</p>
<p>○ 本日の機構の意見は現場目線の内容が中心であった。もちろんそれも大切な視点であるが、少し離れて全体を見るとより良く見えてくるものもある。</p> <p>第1、第2キャンペーンの苦労と経験が活き第3キャンペーンは上手くいったが、第4キャンペーンは確立されていない作業が多々入ってくる。第3キャンペーンが上手くいったから第4キャンペーンも上手く行くと言うことにはならないため、再度の検討、確認を行ってリスクを低下させるとともに、短期長期の作業を俯瞰的に見ながら進めて頂きたい。</p>	<p>○ これまでのキャンペーンと第4キャンペーンの設備・操作上の違いから新たに取り上げられるリスクのみならず、機構実証本部が主体となって過去のキャンペーン運転・点検実績を含め、設計面からの振り返り評価を行って継続的に注意すべきリスクを抽出し、燃料体取出し作業のリスク評価を行っている。また、現場では実際の作業における不測の事態の発生も念頭に、前キャンペーンのトルク値トレンドとの比較を行う等、慎重に作業を進めているところ。</p> <p>ご指摘のあった、俯瞰的に見ながら進めるべきとの点に関しては、機構実証本部の役割と考えているところ。今後、実証本部として、もんじゅと連携し、事業全体のマネージメント、現場作業のマネージメントとの調和を図って参りたい。</p>

参 考 資 料

廃止措置計画の全体像と第2段階に係るロードマップ

参考資料：
文部科学省もんじゅ廃止措置評価
専門家会合（第13回）資料抜粋

