

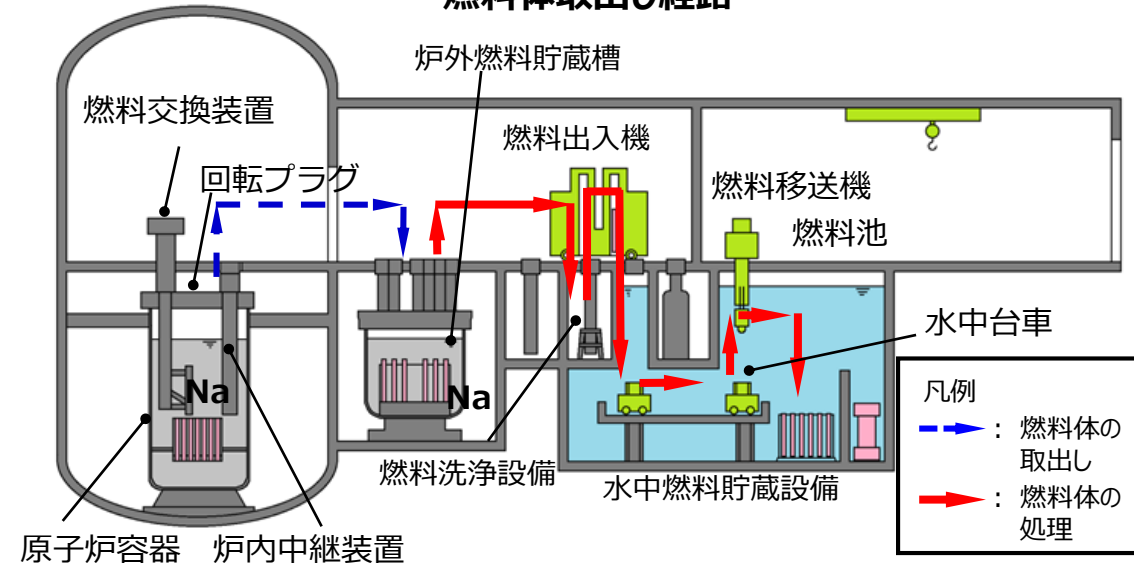
「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況について

2022年7月14日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

燃料体取出し作業の進捗状況 (1/4)

燃料体取出し経路

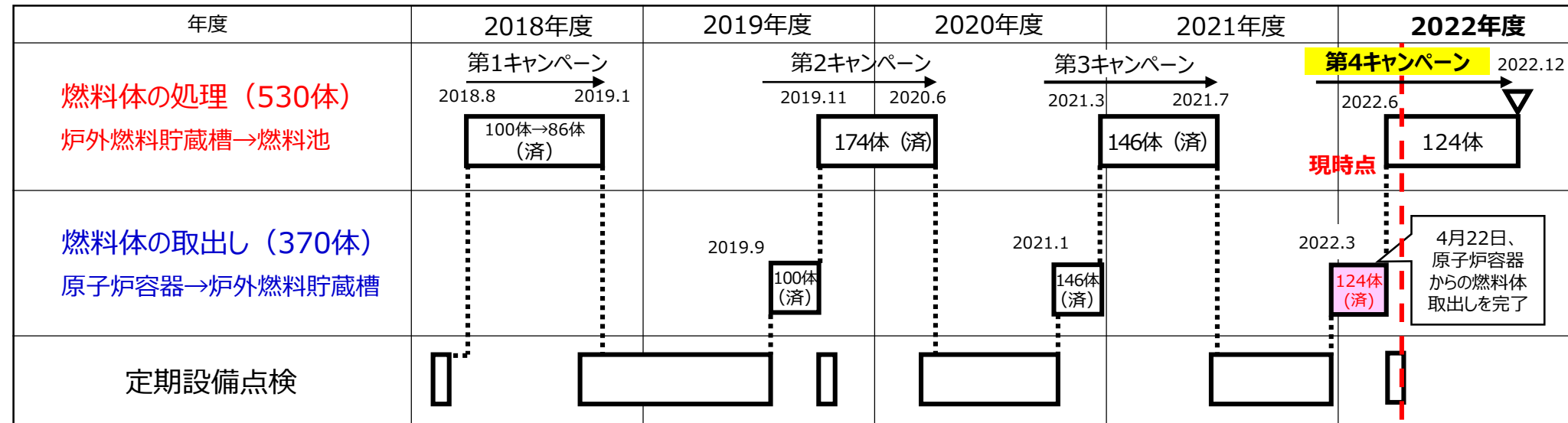


廃止措置開始以降の燃料体の装荷及び貯蔵状況

	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



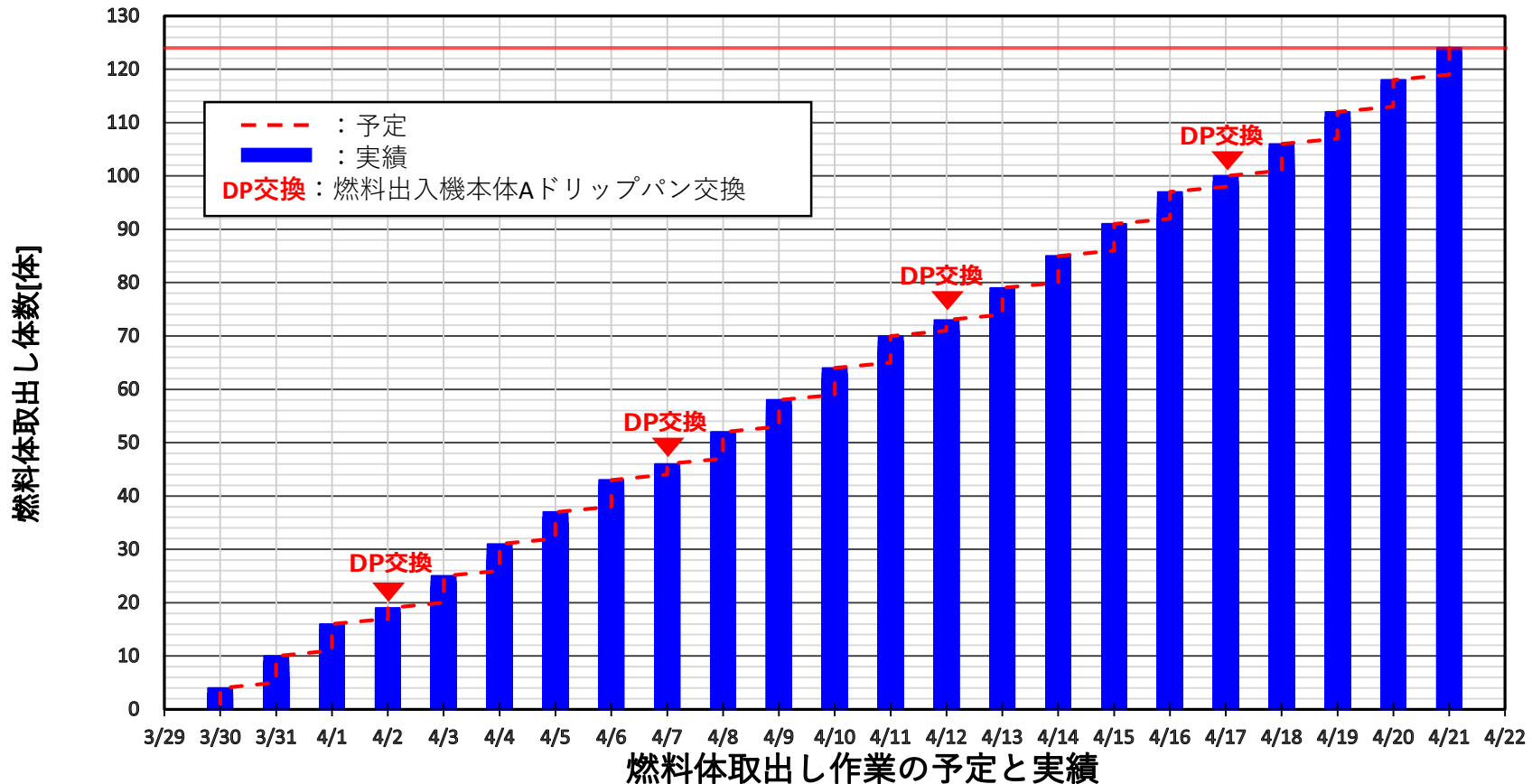
注記：点線は、燃料体取出し作業の流れを示す

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

- ◆ 2022年3月30日に開始した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（燃料体の取出し）は計画通り終了し、原子炉容器内の全ての燃料体の取出しを完了（4月22日）。⇒3頁参照
- ◆ 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低減のため、1次主冷却系全ループのナトリウムを既設タンクにドレンし、原子炉容器内ナトリウムを低液位（SsL）とした（5月1日）。⇒4頁参照
- ◆ 燃料体の取出し機器の片付け作業（機器洗浄等）が終了（6月23日）。燃料出入機の点検を開始し、燃料体の処理のフェーズに移行した（6月24日）。⇒4頁参照
- ◆ 定期事業者検査のうち、燃料体の処理に必要となる機能の検査は8月中に完了する予定。前回と同様、燃料体の処理前にホールドポイントを設けて点検・検査、体制等の所長確認をした上で、燃料体の処理を開始する予定。⇒4頁参照
- ◆ 第2段階のしゃへい体等取出し作業の準備として、原子炉容器内ナトリウム低液位（SsL）における燃料交換装置の熱収縮、浮力低下の影響を確認する事前確認試験を実施し、想定された影響の範囲内であることを確認した。（5月12日～21日）
⇒5頁参照
- ◆ 第2段階のしゃへい体等取出し作業の準備として、新燃料取扱室に保管している模擬燃料集合体（1体）を炉外燃料貯蔵槽に移送のうえ、燃料体の処理開始前に模擬燃料集合体の処理を実施し、模擬燃料集合体の洗浄性を確認する予定。
⇒参考1参照
- ◆ 第2段階で実施するバルクナトリウムの搬出に向け、英国にて1次系のナトリウム分析を行うため、サンプルを英国に輸送する予定。⇒6,7頁参照

燃料体取出し作業の進捗状況 (3/4)

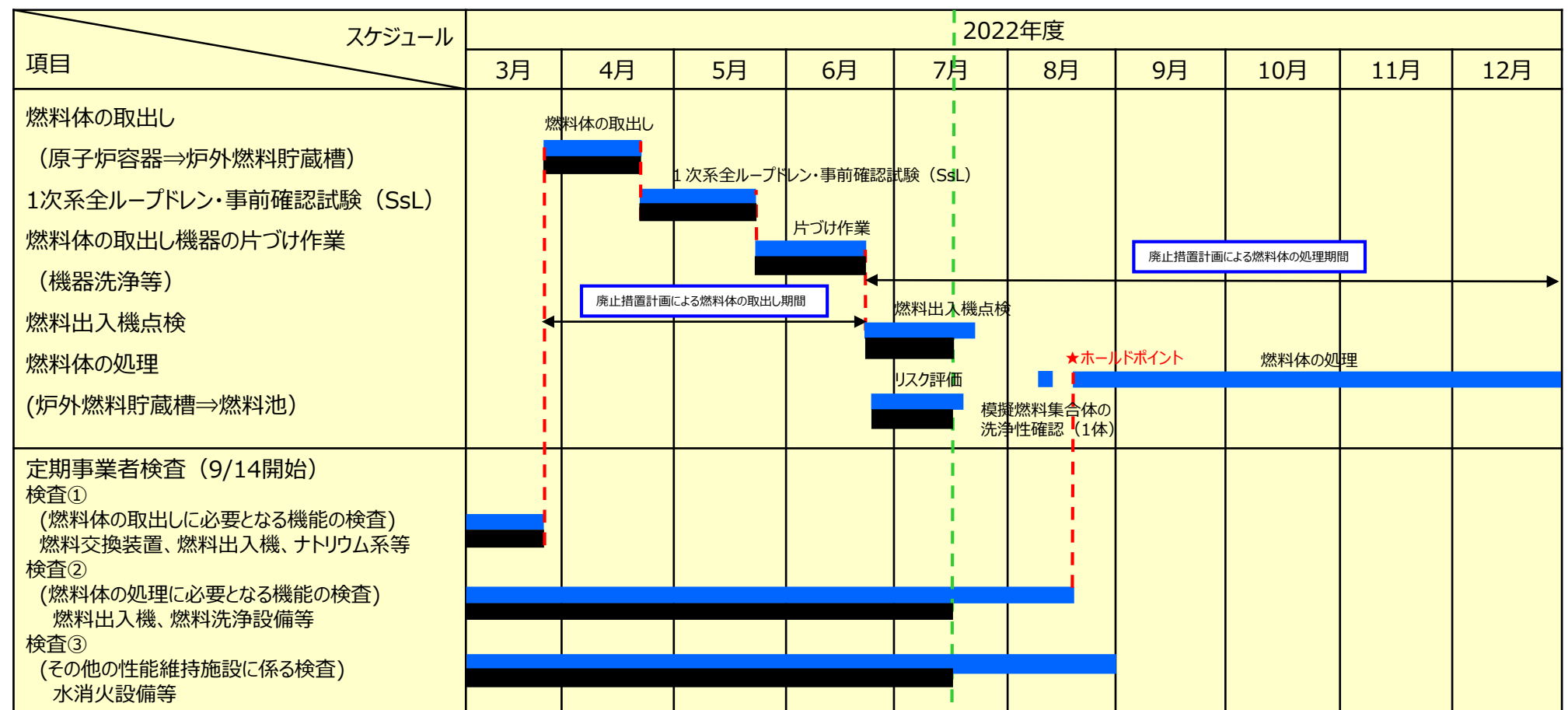
2022年3月30日～4月22日の期間において、原子炉容器から燃料体（124体）を取り出し、炉外燃料貯蔵槽へ移送する作業は計画通り終了し、原子炉容器内の全ての燃料体の取出しを完了。



- 定期的を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次主冷却系流量が上昇したものの、その後は安定しており、事前に評価したとおりポニーモータによる循環運転への影響はなかった。

燃料体取出し作業の進捗状況 (4/4)

- 2022年3月30日に開始した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（燃料体の取出し）は計画通り終了し、原子炉容器内の全ての燃料体の取出しを完了。
- 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次主冷却系全ループのナトリウムを既設タンクにドレンし、原子炉容器内ナトリウムを低液位（SsL）とした。
- 燃料体の取出し機器の片づけ作業（機器洗浄等）が終了。燃料出入機の点検を開始し、燃料体の処理のフェーズに移行した。
- 定期事業者検査のうち、燃料体の処理に必要な機能の検査は8月中に完了する予定。前回と同様、燃料体の処理前にホールドポイントを設けて点検・検査、体制等の所長確認をした上で、燃料体の処理を開始する予定。
- 燃料体の取出し作業の基本工程は以下のとおり。



目的

- 事前確認試験は、原子炉容器内ナトリウム低液位（SsL）における燃料交換装置の熱収縮、浮力低下の影響を確認することを目的として、パンタグラフ開閉及びグリッパによるしゃへい体等のつかみはなし等を行い、荷重、動作トルク等への影響を確認した。

結果

- SsLにおいて①燃料交換装置パンタグラフ開閉動作②同本体昇降荷重確認③同本体昇降ストローク確認④アドレス確認を実施し、燃料交換装置のそれぞれ部位の熱収縮・浮力低下の影響を確認した。結果、影響は想定した範囲内であり、しゃへい体の吊り不吊り判定値を見直すことでSsLにおけるしゃへい体等の取出しが可能であることを確認した。

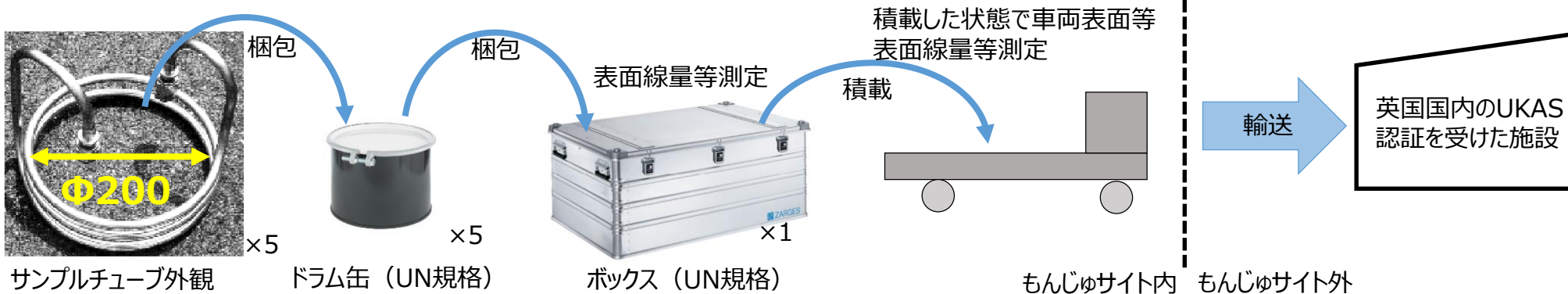
試験項目	想定した影響	試験内容	試験結果
①燃料交換装置パンタグラフ開閉動作確認	パンタグラフの熱収縮により約1mm短くなり、パンタグラフ動作に影響する可能性がある。R&Dや1992年にもんじゅで実施した試験ではNsLの場合と大差なく正常に動作した実績がある。	燃料交換装置をパンタグラフ開閉位置まで移動させ、パンタグラフ開閉動作を実施。ストローク、リミットスイッチ動作、トルク値を測定し、動作性を確認する。	ストローク、リミットスイッチ動作、トルク値は、想定した範囲内。パンタグラフ開閉動作に異常なし。
②燃料交換装置本体昇降荷重確認	燃料交換装置の浮力が低下し、重量は計算上約60kg（計算値）増加する。1992年にもんじゅで実施した試験では浮力影響を考慮し、吊り不吊り判定荷重の設定値を見直すことで正常に動作している。	燃料交換装置でしゃへい体等を引き抜き、吊り不吊り判定荷重、警報設定値を検討する。	しゃへい体等の引き抜き時、昇降動作に異常なし。グリッパ昇降荷重が想定されたズレ（60kg = 588N）と同程度増加した。
③燃料交換装置本体昇降ストローク確認	本体胴熱収縮により、グリッパの炉心頂部着床位置が約3mm上方にずれるが、第1段階と同様に据付時に着床位置を再設定することで対応可能。1992年にもんじゅで実施した試験では、NsLと昇降位置の差は上限で比較して3mmのズレ。	燃料交換装置を「下限位置」、「旋回点」、「パンタグラフ開閉点」、「上限位置」の各位置に移動させ、その位置を測定。NsLの各位置と比較し、熱収縮量を確認する。	各位置に移動させた結果、位置ずれは想定範囲内であり、昇降動作に異常なし。昇降ストロークが想定されたズレ（3mm）と同程度増加した。
④アドレス確認	熱収縮によりホールダウンアームが約1mm短くなり、中心位置から偏心するが、許容偏心量20mm範囲内で問題ない。試験で検証する計画。1992年にもんじゅで実施した試験では、偏心量は15mm以内に収まっていることを確認。	NsLの基準アドレス（各炉心構成要素頂部の中心位置）を用いて、燃料交換装置グリッパをしゃへい体等ハンドリングヘッドに挿入させ、挿入可能であることを確認する。	炉心構成要素頂部（代表9箇所）にグリッパを挿入可。

輸送の目的

もんじゅ1次系ナトリウム処理は、JAEAで化学分析したデータを基に英国での処理方法を検討してきたが、今後の英国での処理施設許認可時の説明の容易性を考慮し英国の認証（UKAS認証）を受けた施設で再度分析しデータを取得しておくため、英国にナトリウムサンプルを輸送する。

もんじゅ1次系ナトリウムサンプル※1

- 採取時期 : 2022年2月～2022年3月（もんじゅ現場で保管中）
- 数量 : 専用サンプリングチューブ 5個（1個につき約100gのNaがチューブ内に充填固化）
- 放射能量(5個の合計) : 約0.02MBq(H3) 約0.002MBq(Na22)
- L型輸送物（危険性が極めて少ない核燃料物質等）※2



- 1つのドラム缶に1つのサンプルを梱包し、それらを1つのボックスに梱包（梱包材で保護）
- 容器にUN規格品を使用※3

※1 本サンプルはもんじゅ原子炉の冷却材である1次系ナトリウムのサンプルであり、もんじゅ原子炉の運転に伴い発生したものであるため、炉規制法に則り取り扱うものであり、RI規制法の対象ではない。また、分析のため輸出するため本サンプルは炉規法上「放射性廃棄物」に該当しない。

※2 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則より輸送区分を判別している。

※3 UN規格は国連危険物輸送勧告に定めている危険物の国際間輸送に使用する容器の技術要件であり、容器がそれに適合していることを表している。UNマークは容器製造者が自国の認証機関にて検査を受け合格した容器に表示される。

主な関係法令

サンプルの輸送は、炉規法だけでなく多くの法や規則等が関係するためそれら全てを遵守して遂行する。以下に主な関係法令を示す。

主な関係法令	内容
消防法	ナトリウムは消防法で危険物第三類に定められるものであるため、消防法を遵守する。
毒劇物取締法	ナトリウムは毒劇物取締法で劇物に定められるものであるため、毒劇物取締法を遵守する。
外為法	外国への輸出であるため、リスト規制やキャッチオール規制に該当しないことを確認する。
核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則	サンプルはこの規則によりL型輸送物（危険性が極めて少ない核燃料物質等）に分類されるため、それに適合した輸送を行う。
核燃料物質等車両運搬規則	自動車により日本国内の運搬を行うため、標識、積載方法等を遵守する。
航空機による放射性物質等の輸送を定める告示	放射性輸送物に関する技術上の基準を遵守する。

行程

- もんじゅ
 - ↓ 陸上輸送
- 日本国国内空港
 - ↓ 航空輸送
- 英国国内空港
 - ↓ 陸上輸送
- 英国国内のUKAS認証を受けた施設

以下、参考

(課題と対応)
 廃止措置第2段階のしゃへい体等取出し作業で洗浄する模擬燃料体の一部（炉心領域用）は、右図に示すとおり構造上、他の炉心構成要素とは異なり、ピン間の狭い流路(294箇所)に残留するナトリウムが多くなり、燃料洗浄設備の持込み上限500g/体*を超える恐れがあった。
 このため、残留ナトリウム量を定量的に把握するため、要素試験及び集合体試験を2021年度に実施し、模擬燃料体に残留するナトリウムが燃料洗浄設備の持込み上限を超えない見通しを得た。8月に実機にて模擬燃料体の洗浄性を確認予定。

* 洗浄時の燃料洗浄設備内水素濃度高警報設定値（4%）

(1)要素試験
 模擬燃料体の要素を短尺にした試験体（1ピンと7ピン）を作成し、液体ナトリウム（200℃）に浸漬後に引き上げ、ナトリウムの付着状況を確認した。
 試験体の部位毎のナトリウム付着状況は以下のとおりであった。

試験体のナトリウム付着状況

- 試験体上部：流路から排出
- 側面：表面に部分的に付着、ピン隙間に縦線状に付着
- 下部：流路に残留（高さ約3cm）
- 底部：部分的に付着

(2)集合体試験
 ラッパ管を模擬した部材に短尺にした模擬燃料体1体分の要素169ピンを挿入した試験体を作成し、液体ナトリウム（200℃）に浸漬後に引き上げ、ナトリウム付着状況とナトリウム残留量を確認のうえ模擬燃料集合体に残留するナトリウム量を評価した結果、以下のとおりであった。

試験体のナトリウム付着状況

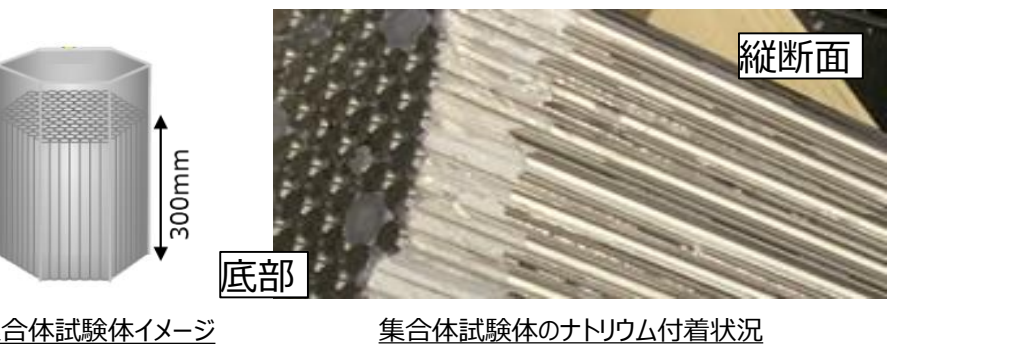
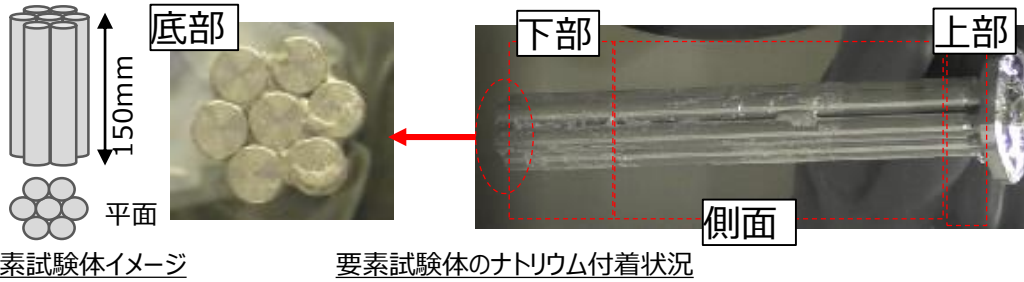
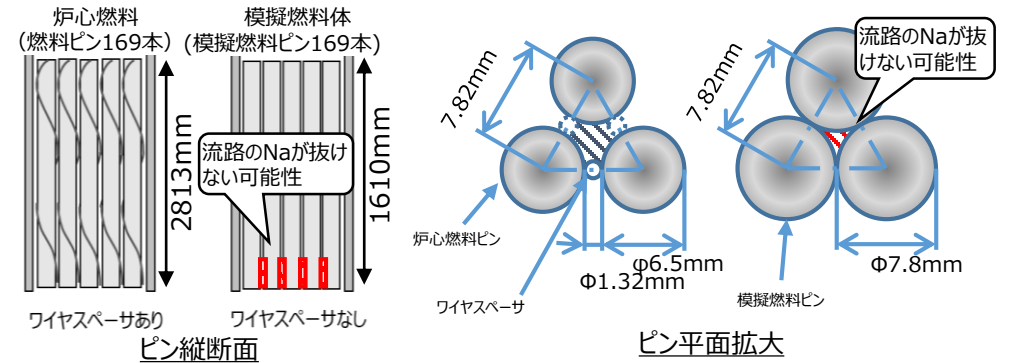
- 要素試験と同様に各部位にナトリウムが付着。
- 下部流路の残留も高さ約3cmで要素試験と同様。

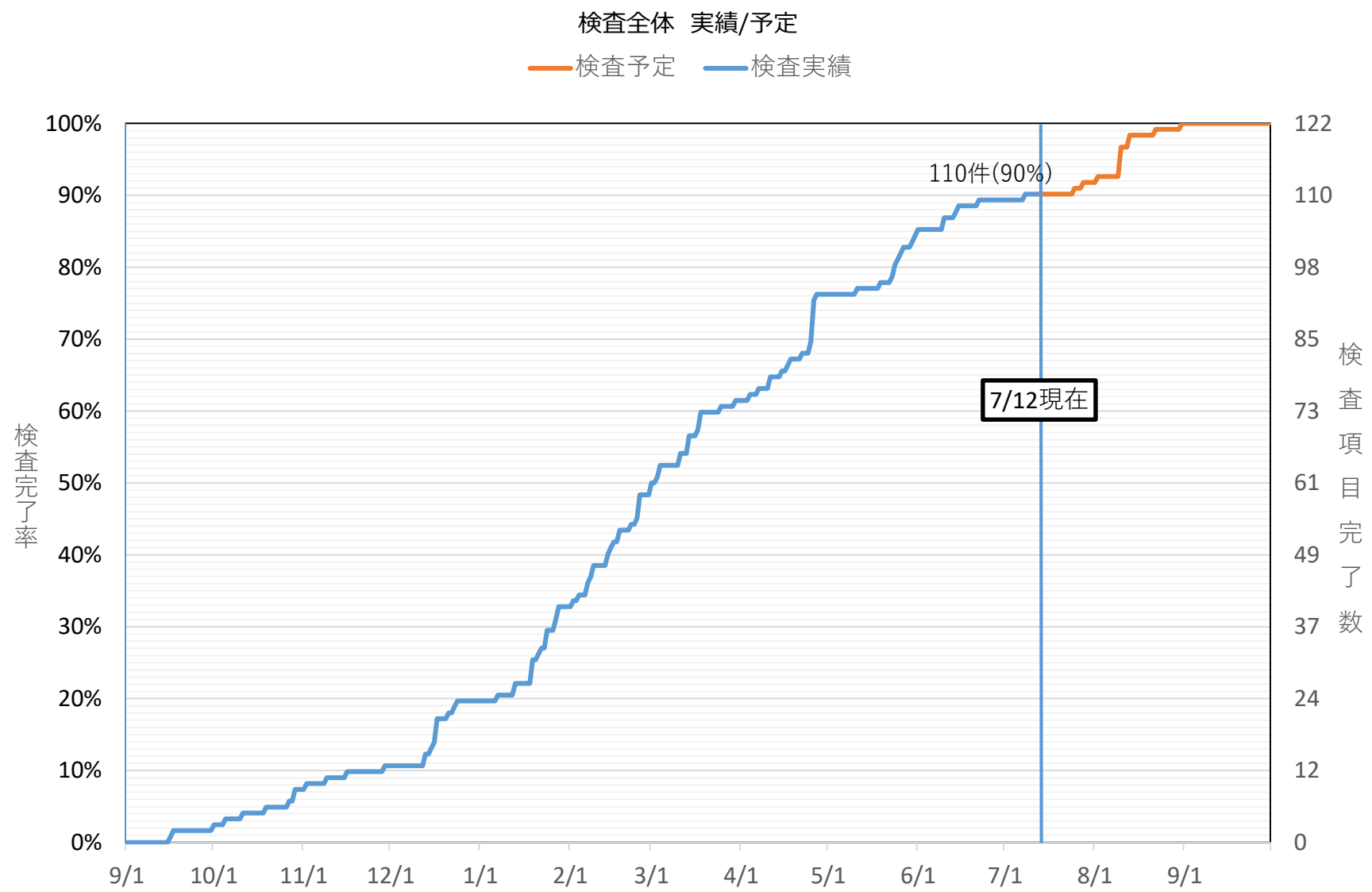
模擬燃料集合体のナトリウム残留量

試験体(長さ300mm)のナトリウム残留量は22g～31gであり、これを実機のピン長さ(1610mm)に等倍してピン部分のナトリウム残留量を117～165gと試算した。
 ピン部分以外のナトリウム残留量を構造が同様な燃料体と同じと仮定して、燃料体の洗浄実績最大の250g/体(ピン部分も含む)にピン部分の上記試算の最大165gを加算して模擬燃料集合体全体を試算すると415g/体であり、500g/体を超えないと評価した。

(3)実機による模擬燃料集合体の洗浄性確認

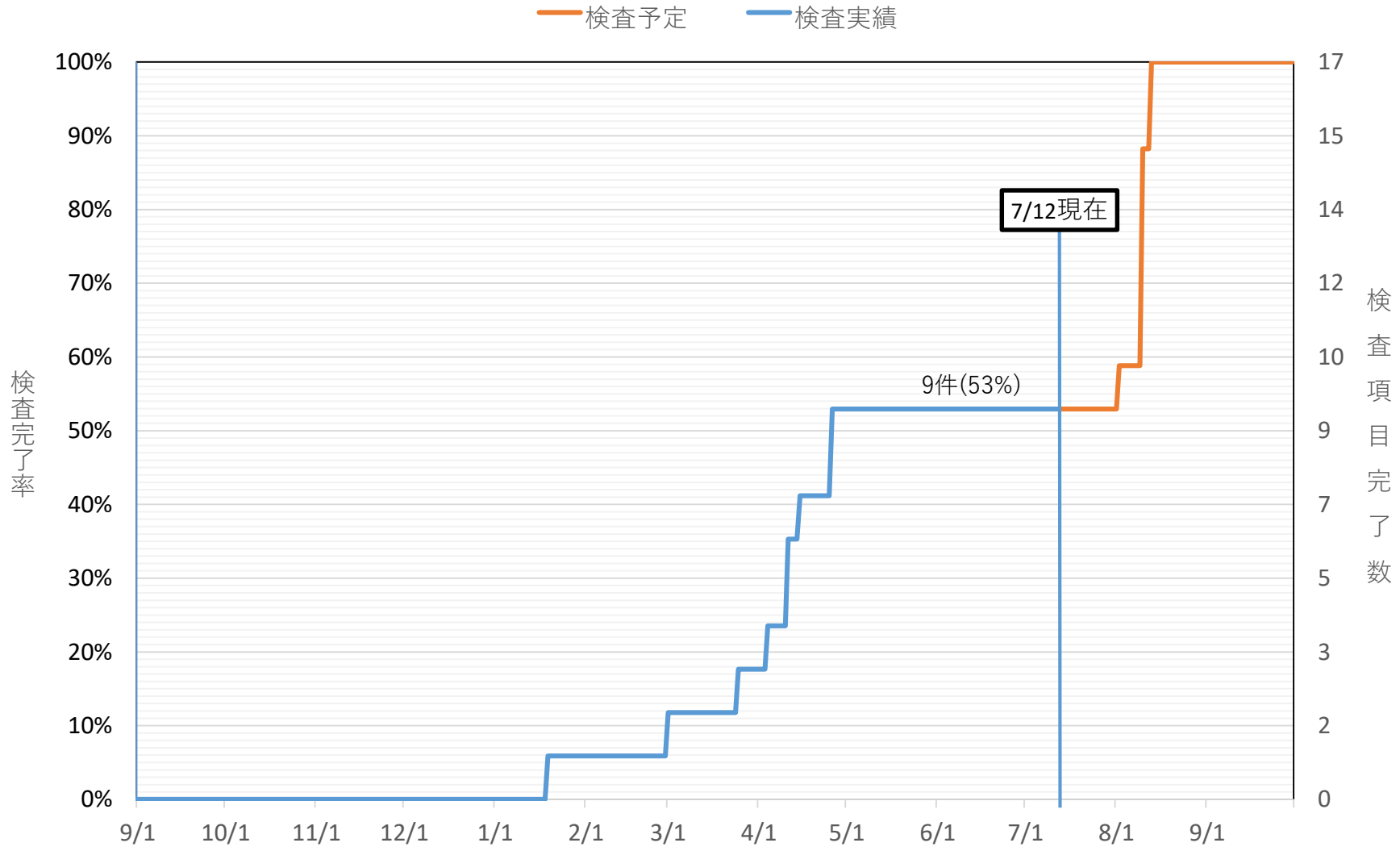
新燃料取扱室に保管している模擬燃料集合体（1体）をEVSTに移送のうえ、燃料体の処理開始前の8月に模擬燃料集合体の処理を実施し、模擬燃料集合体の洗浄性を確認する予定。





◆ 第2回定期事業者検査は、2021年9月14日～2022年8月下旬の予定で実施中。
 ◆ 2022年7月12日時点で全122件中110件（90％）を終了、計画通りに進捗中。

検査区分②：「燃料体の処理」までに必要な検査 実績/予定



◆ 2022年7月12日時点で17件中9件 (53%) を終了、計画通りに進捗中。

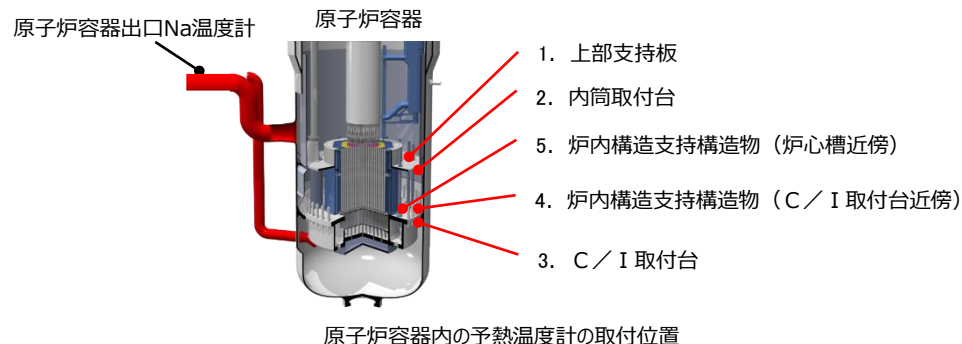
- 燃料体の取出し終了後、燃料交換装置を取外す前に1次主冷却系ナトリウムの全ドレン及び原子炉容器液位をNsLに変更し、液位変更で想定される熱収縮、浮力低下に対する影響を確認することを目的とした事前確認試験を実施する。具体的には、燃料交換装置を動作させ、パンタグラフ開閉及びグリッパによるしゃへい体等のつかみはなし等を行い、荷重、動作トルク等への影響を確認する。
- 試験開始にあたっては、液位低下による原子炉容器内の温度分布（低下）が一定となった後に開始すること、燃料交換装置の熱収縮（機器温度の不均一）の影響も過去のR&D結果から1日程度経過すると解消されることがわかっており、機器温度の不均一を解消した後に実施することで、試験によって機器が損傷する恐れはないと評価済み。また、炉心に燃料体がなく、燃料体を損傷することはない。既設設備を用いており、放射性物質のバウンダリも確保されている。
- 保安規定上、燃料体の取出しは、原子炉の状態「燃料交換」において第71条（炉心構成要素等取替作業）に基づき実施する。原子炉の状態「燃料交換」では、第38条（原子炉容器のナトリウム液位及び温度）に基づき、液位「通常液位（NsL）-100mm以上」、温度「180℃以上250℃以下」が要求されている。事前確認試験は、炉心構成要素等取替作業に該当せず、原子炉の状態は「低温停止」となる。「低温停止」では、第38条に基づき、原子炉容器に燃料が貯蔵されている期間において、液位「エマーゼンシレベル（EsL）以上（NsL-4280mm）」、温度「180℃以上250℃以下」が要求されているものの、原子炉容器から燃料がすべて取り出されており、適用されない。
- 保安規定第13条（構成及び定義）に原子炉の状態「低温停止」は「1次冷却材温度が180℃以上250℃以下」と定められており、温度の測定は必要。
- 原子炉容器のナトリウム温度「180℃以上250℃以下」を確認するため、これまでは原子炉容器出口温度計で測定・監視してきたが、1次主冷却系ナトリウムの全ドレンに伴い使用できないため、原子炉容器内の予熱温度計を使用して測定・監視を行う。よって当該予熱温度計はプロセス計装に区分し、プラント状態の測定・監視機能を定期事業者検査にて確認する。

＜6-1表 性能維持施設（抜粋）＞
（原子炉容器のナトリウム温度に関連する維持機能）

＜事前確認試験の試験項目＞

- | |
|---|
| 「燃料交換装置本体昇降荷重確認」（←参考5の①）
燃料交換装置でしゃへい体等を引き抜き、吊り不吊り判定荷重、警報設定値を検討する。 |
| 「燃料交換装置パンタグラフ開閉動作確認」（←参考5の②）
燃料交換装置パンタグラフ開閉位置まで移動させ、開閉動作を実施。ストローク、リミットスイッチ動作、トルク値を測定し、動作性を確認する。 |
| 「燃料交換装置本体昇降ストローク確認」（←参考5の③）
燃料交換装置を「下限位置」、「旋回点」、「パンタグラフ開閉点」、「上限位置」の各位置に移動させ、その位置を測定。NsLの各位置と比較し、熱収縮量を確認する。 |
| 「アドレス確認」（←参考5の④）
NsLの基準アドレスを用いて、燃料交換装置グリッパをしゃへい体等ハンドリングヘッドに挿入させ、挿入可能であることを確認する。 |

施設区分	設備等の区分	設備（建物）名称	位置、構造及び設備	維持機能	維持機能（詳細）	性能	維持期間
原子炉冷却システム施設	原子炉容器	原子炉容器	既許認可どおり	予熱・保温機能	予熱・保温機能	既許認可どおり	ナトリウムをタンク等に固化するまで
計測制御システム施設	プロセス計装	原子炉容器計装	既許認可どおり	プラント状態の測定・監視機能	ナトリウムの温度等の測定・監視機能	既許認可どおり	ナトリウムをタンク等に固化するまで



目的

- 原子炉容器内ナトリウムを低液位 (SsL) で想定される熱収縮、浮力低下に対する影響を確認することを目的とした事前確認試験を実施予定。具体的には、燃料交換装置を動作させ、パンタグラフ開閉及びグリッパによるしゃへい体等のつかみはなし等を行い、荷重、動作トルク等への影響を確認予定。

試験項目	想定される影響	試験内容
①燃料交換装置パンタグラフ開閉動作確認	パンタグラフが熱収縮により約1mm短くなり、パンタグラフ動作に影響する可能性がある。R&Dや1992年にもんじゅで実施した試験ではNsLの場合と大差なく正常に動作した実績あり。	燃料交換装置をパンタグラフ開閉位置まで移動させ、開閉動作を実施。ストローク、リミットスイッチ動作、トルク値を測定し、動作性を確認する。
②燃料交換装置本体昇降荷重確認	燃料交換装置の浮力が低下し、重量は計算上約60kg (計算値) 増加する。1992年にもんじゅで実施した試験では浮力影響を考慮し、吊り不吊り判定荷重の設定値を見直すことで正常に動作している。	燃料交換装置でしゃへい体等を引き抜き、吊り不吊り判定荷重、警報設定値を検討する。
③燃料交換装置本体昇降ストローク確認	本体胴が熱収縮し、グリッパの炉心頂部着床位置が約3mm上方にずれるが、第1段階と同様に据付時に着床位置を再設定することで対応可能。1992年にもんじゅで実施した試験では、NsLと昇降位置の差は上限で比較して3mmのズレ。	燃料交換装置を「下限位置」、「旋回点」、「パンタグラフ開閉点」、「上限位置」の各位置に移動させ、その位置を測定。NsLの各位置と比較し、熱収縮量を確認する。
④アドレス確認	熱収縮によりホールドダウンアームが約1mm短くなり、中心位置から偏心するが、許容偏心量20mm範囲内で問題ない。試験で検証する計画。1992年にもんじゅで実施した試験では、偏心量は15mm以内に収まっていることを確認。	NsLの基準アドレス (各炉心構成要素頂部の中心位置) を用いて、燃料交換装置グリッパをしゃへい体等ハンドリングヘッドに挿入させ、挿入可能であることを確認する。

