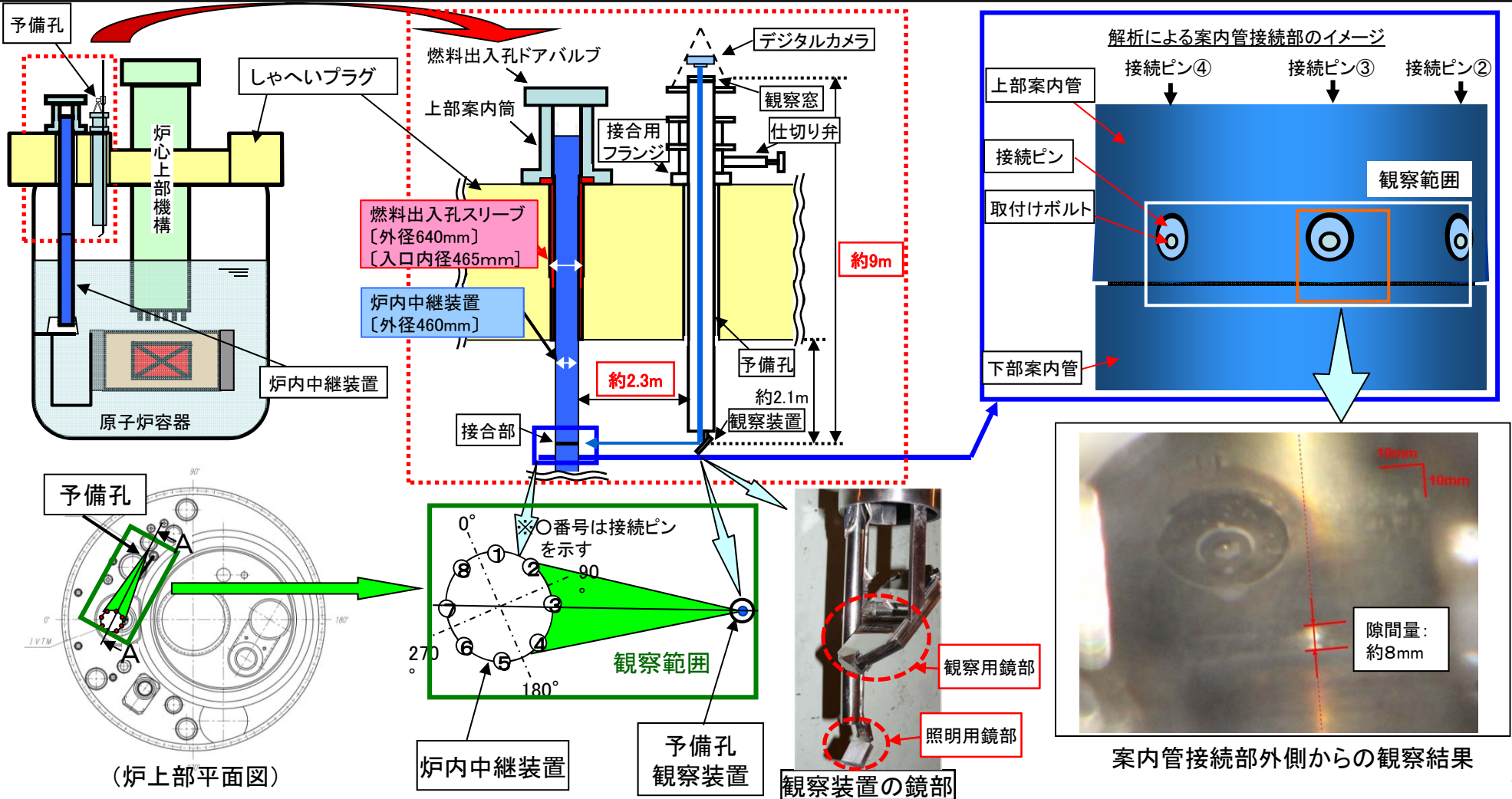


### 3. 炉内中継装置落下対応から得られた成果・知見

炉内中継装置落下に対する復旧工事においては、ナトリウム機器の保守管理技術の蓄積を行うことができた。

#### ①炉内の目視観察技術

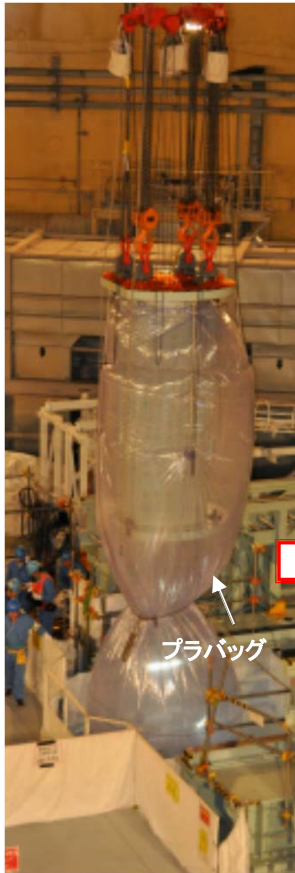
予め観察条件、取扱方法等の最適化のため炉内状態を模擬したモックアップ試験を実施し、観察用鏡部へナトリウムペーパー付着対策用ヒータの取付け、炉内での乱反射防止のため照明光は光束が細い光源を選定、映像ノイズ低減のためのカメラ設定の最適化等の工夫をし、炉内へ挿入、高温アルゴンガス、ナトリウムペーパー雰囲気下での目視観察を完遂した。



### 3. 炉内中継装置落下対応から得られた成果・知見

#### ②仮設制御装置による原子炉カバーガス圧力制御技術

簡易キャスクやプラバッグを使用することから、停止時の原子炉カバーガス圧力よりも更に低い圧力(微正圧)に保持する必要があるため、仮設制御装置を使用



プラバッグ

プラバッグ(塩ビシート)を使用し炉上部大型機器を取外した



簡易キャスク

引抜き作業前の状態



仮設治具によって作業中のカバーガスバウンダリを確保した

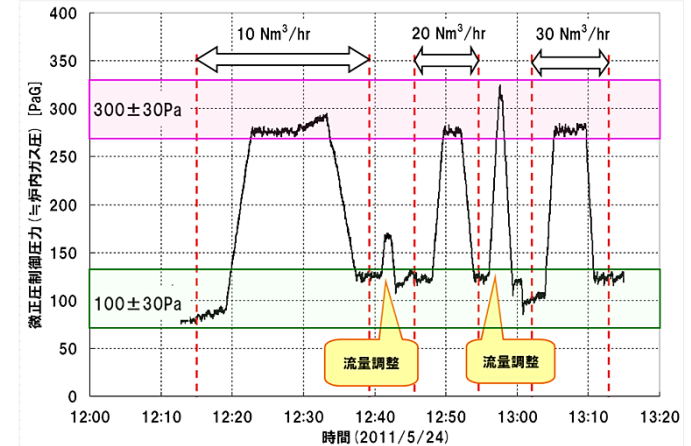


簡易キャスク  
(炉内中継装置本体とスリーブ一体引き)

簡易キャスク(耐熱性)を使用し落下した炉内中継装置本体と燃料出入孔スリーブを一体で引き抜いた

・原子炉カバーガス圧の変動幅は100-300Paとし、各流量 (10,20,30Nm<sup>3</sup>/h) に対し圧力制御によるオーバー/アンダーシュートがないことを確認した。

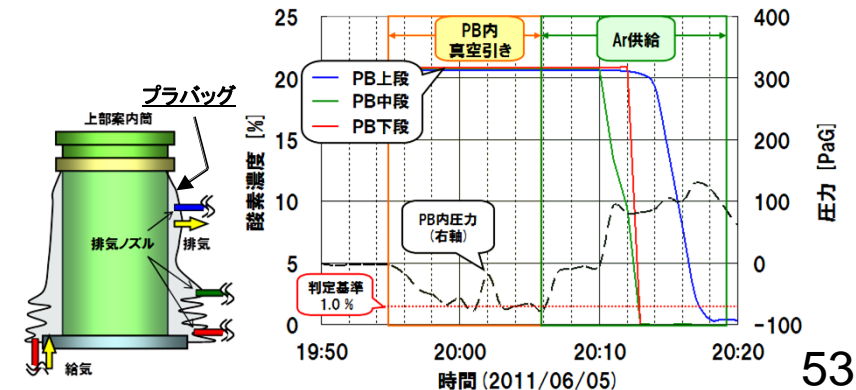
・以上より、微正圧制御装置による原子炉カバーガス圧の制御は十分可能であることがわかった。



#### ③大型プラバッグのアルゴンガス置換技術

作業時アルゴンガス雰囲気を持するためのプラバッグ内のガス置換方法の最適化、作業時間短縮方法等を構築

- ・プラバッグには上中下3段の排気ノズルが接続されており、それぞれに酸素濃度計を設置。
- ・プラバッグ下方から比重の高いアルゴンを送り、上方から空気を排気する方法で置換を実施。
- ・下段、中段はほぼ同じレベルにあり、同等の時間で酸素濃度1.0%程度まで低下。
- ・置換開始からおおよそ30分で上段の酸素濃度計が1.0%以下となり、アルゴンガス置換を終了。





## 4. 想定されるトラブルと、その未然防止への取組み(1/5)

### 他原子力施設のトラブルや最新知見への対応

#### 安全総点検時の調査

国内外のトラブル事例調査(約960件)

もんじゅの過渡・事故事象の再検証(34事象)

海外高速炉 「常陽」「ふげん」 国内軽水炉 海外軽水炉火災

事例抽出・分類、事例の整理(該当設備の有無、構造の相違等による整理)

安全解析全34事象に対して、最新の物理データ、評価モデル等に基づき保守性を確認

点検結果 (58項目の改善項目⇒平成19年度までに改善完了)

点検結果

○海外高速炉のトラブルにおいて設備の改善が必要な事例  
・配管合流部でのナトリウム温度差に起因する配管溶接部の損傷

○最新のデータ、評価モデルで改善を要する事例  
・蒸気発生器伝熱管破損事故における高温ラプチャ現象の詳細検討が必要

#### 安全総点検以降の最新技術情報の収集とその対応(システムを構築し、対応)

国内外の事故・故障情報(約1350件)

研究開発成果情報(約1840件)

海外原子力プラント 機構内事例 国内軽水炉

機構の技術報告書 データベース情報 ((独)科学技術振興機構等) 安全研究成果報告書

信頼性向上対策検討会

最新技術情報評価検討会

対応状況

○国内外の原子炉施設のトラブル事例及び最新技術情報を「もんじゅ」の安全性向上に反映する仕組みを確立し、継続して活動している。

### ① 安全総点検

- 海外FBRのトラブル事例や試運転経験及び軽水炉トラブル事例約960件から改善事項(58項目)を5分類した設備改善事項として摘出。  
その全てについて平成19年度までに、改善を完了。
  - プラント信頼性向上のための設備改善  
微調整棒駆動機構の荷重増加対応、純化系プラグング系戻り合流部温度差低減対策、主給水ポンプミニマムフロー弁の改善等
  - プラント機能の向上のための設備改善  
1次アルゴンガス系の圧力損失増加対策、炉外燃料貯蔵設備予熱制御システムの改善
  - 運転操作性向上のための設備改善  
気水分離器ドレン弁容量の裕度向上、過熱器蒸気出口水室凝縮水対策、蒸発器出口蒸気温度制御装置の改良等
  - 作業安全性向上のための設備改善  
メンテナンスクレーン操作の遠隔化等
  - 保守性向上のための設備改善  
1次ナトリウム純化系室局部しゃへい体の設置、小型監視点検装置の設置

### ② 信頼性向上対策委員会・最新技術情報評価検討会

- 安全総点検以降の最新技術情報の収集とその対応は、信頼性向上対策委員会・最新技術情報評価検討会にて情報収集し対応中。
- 信頼性向上対策委員会
  - 国内外の原子炉施設(国内外の軽水炉、国外FBR炉、機構内のもんじゅ以外の原子炉施設)のトラブル事例の調査・検討については、「もんじゅ」に設置した信頼性向上対策検討会にて実施している。
  - 安全性総点検後の海外FBRトラブル事例について、信頼性向上対策検討会にて調査・検討を行った結果、摘出された事例は既に安全総点検で同種事例が摘出されており、設備対応がなされていることを確認している。
- 最新技術情報評価検討会
  - 研究開発成果情報(機構発行の技術文書、(独)科学技術振興機構がデータベース化している技術情報、国の安全研究成果報告書)については、「もんじゅ」に設置した最新技術情報評価検討会の検討に先立ち、情報を「炉心・燃料」「安全」「機器・構造システム」の技術分野ごとに社内有識者のスクリーニングを行っている。
  - これまでの研究開発成果情報の反映の一例として、急加熱による円筒の内圧破断に関する構造健全性評価手法の研究から高温ラプチャに対する安全裕度拡大方策として設備改造(検出機能の信頼性向上、ブローダウン性能の強化等)を実施している。

### ③ 不適合管理による予防措置

#### ▶ 「もんじゅ」自身で発生するトラブルへの対応

- ナトリウム漏えい事故当時は、「もんじゅ」における不適合管理の適用基準が明確ではなかった。安全性総点検後、適用基準の明確化を行った。その後も継続的に基準の見直しを図り、平成17年度からは4つのグレードに分類している。
- 更に、不適合管理による是正処置(再発防止対策)、予防処置(水平展開対策)の取組みの強化として、平成20年6月から不適合管理委員会を設置、「要求事項を満足しないものは“不適合”」との考えにより、些細な不適合(“不適合“ではないかと思われるものを含む)も、不適合管理委員会に報告させ、改善を図っている。
- もんじゅで発生した不適合は全て不適合管理委員会に諮られる。不適合には設備の故障等によって発行された保修票についても、含まれている。保修票の内容により、是正処置が必要と判断された場合は、是正処置が行われ、他の設備・系統に水平展開が必要と判断された場合は、予防処置を行う仕組みを構築している。
- 不適合管理による予防処置の一例として、「もんじゅ」で発生した屋外排気ダクトの腐食孔(平成20年9月)について、是正処置としてアニュラス屋外排気ダクトの全体取り替えを実施したが、予防処置としては、屋外機器で炭素鋼を使用している設備(アルゴンガス供給系、窒素ガス供給系、ナトリウム・水反応生成物收容設備及び蒸気タービン附属設備)の点検項目及び点検周期をQMS文書に明確にし、保全プログラムに反映することで、適切な保守管理を実施することとし、他設備のトラブル未然防止を図っている。

### 4. 想定されるトラブルの事例検討

- 人は誤り、機械は故障することを前提に、「もんじゅ」の運転において発生するかもしれない事故・トラブルの事例、対応方法等を事例集としてとりまとめ
- 炉心確認試験実施時までには138件の事例を抽出
- 40%出力プラント確認試験に向けて、追加事例の検討を継続中

#### 【 過去の事故・トラブル等 】

- 過去の他プラントや先行炉での事故・トラブルの事例
  - 1) 海外高速増殖炉の事例 約400件
  - 2) 国内軽水炉等の事例 約400件
- 「常陽」で過去に起きた事例 約15件
- 「もんじゅ」で過去に起きた事例 約50件
- 「もんじゅ」の設備条件等から発生が考えられる事例 約30件
- 「もんじゅ」の安全審査で想定した事例 約30件

類似事象などを代表事例としてまとめるとともに、「もんじゅ」設備に該当しない事例を削除して122件を選定し、「もんじゅ」の運転において発生するかもしれない事故・トラブル事例とその対応」として発行(H20.2)。

「もんじゅ」の炉心確認試験実施時や燃料交換時に想定される事例、本編発行以降に発生したトラブル事例等を加え、16件を追補版として発行(H21.10)。



想定されるトラブルの事例集  
(炉心確認試験実施時まで:138件)



追加事例検討継続  
(水・蒸気系の試験他、確認試験実施中に想定されるトラブル)

## 添付資料 - 4 「もんじゅ」を用いた国際協力



もんじゅは、現在稼働が見込める数少ない原型炉であり、その特徴を活用した以下のような試験が可能。

- 原型炉スケールでの各種試験・運転経験データ(実証データ)取得
- 集合体規模での燃料照射
- ナトリウム冷却炉の運転・保守・技術実証関連
  - 性能試験データ等を用いた解析手法検証
    - 各種評価手法開発に利用可能な性能試験データを共同して分析(出力変動試験など)、国際ベンチマーク解析による手法検証・高度化、先方のニーズに合わせたデータ提供も想定
  - 運転・保守データ等蓄積による信頼性データベースの構築
    - 確率論的安全評価に不可欠な故障率データ、運転・保守を通して信頼性確保のために構築される保全プログラム、各種機器の設計・信頼性向上に寄与する運転データなどを提供し、共同して分析
  - 仏国、米国からの技術者派遣受け入れ
    - 運転再開協力、性能試験参画など

- シビアアクシデント関連
  - 自然循環による除熱能力の実証と評価手法の構築・検証
    - ナトリウム冷却炉の自然循環冷却能力を実証するデータ取得、プラント動特性解析手法等の構築と検証
- 放射性廃棄物低減の技術開発関連
  - MA添加MOX燃料の燃焼挙動確認照射を日米仏の共同プロジェクトGACIDとして実施
  - プルサーマル使用済燃料組成を模擬したMOX燃料の照射(高次化Pu燃焼実証)
- 仏国より、「もんじゅ」でのAstrid燃料の照射試験を実施したいとの意向表明。
- その他
  - 直接的な施設利用として、プラント運転／保守管理、ナトリウム管理といった技術を習得できる養成コースを提供して、国際的な技術者育成に貢献(原則有償もしくは等価交換を想定)



# (参考) 今後の国際協力での重点協力項目候補

- 国際協力の候補となる研究項目を以下の表に整理した。もんじゅを用いた協力、基盤・設計研究協力ともに、5年程度で成果が得られる項目、および5年～10年程度で成果が得られる項目を示している。

	協力項目	協力国、枠組	成果目安		備考
			5年程度	それ以上	
もんじゅを用いた協力	ナトリウム冷却炉の運転・保守、技術実証関連				
	性能試験データ等を用いた解析手法検証(出力変動試験解析など)	米、仏※1	○	○	
	運転・保守データ等蓄積による信頼性データベースの構築(故障率データ、保全プログラムなど)	米、仏		○	データ蓄積5年以上
	技術者受け入れ(運転再開協力、性能試験参画など)	米、仏	○	○	
	シビアアクシデント関連				
	自然循環による除熱能力の実証と評価手法の構築・検証	米、仏※1	○		
	放射性廃棄物低減関連				
	MA添加MOX燃料の燃焼挙動確認照射(GACIDプロジェクト)	米、仏(GIF)	○※2	○	
	プルサーマル使用済燃料組成を模擬したMOX燃料照射(高次化Pu燃焼実証)	米、仏	△※2	○	
	海外ニーズ				
ASTRID燃料集合体照射	仏		○		
基盤・設計研究	SFR技術関連				
	AtheNA-SA試験、シビアアクシデントシナリオの統一と関連試験・評価手法整備の共同実施	米、仏、GIF	○	○	
	安全設計クライテリアの国際標準化	GIF, IAEA	○		
	試験データ共有(核、熱流動、材料)、ベンチマーク解析・評価手法共同開発、試験施設共同利用	米、仏	○	○	
	機器・炉システム・燃料設計に関する協力(情報交換、共同開発)	米、仏	○	○	
	ASTRID設計協力、燃料仕様統一と燃料共同製造	仏	○	○	
	金属燃料サイクルの総合的開発(炉心特性、照射特性、安全性、燃料製造技術、乾式分離技術)	米	○	○	
	サイクル技術関連				
	先進湿式分離技術、海水ウラン回収技術開発等に関する協力(情報交換・共同開発)	米	○	○	期間は開発状況に依存

※1 IAEA or OECD/NEAプロジェクトとしての実施の可能性を検討中

※2 国内調達で実施する場合



## (参考)常陽を用いた協力

小型炉心ではあるが、実験炉ゆえに、幅広い許認可、Power to Melt (PTM)試験※1・Run to Cladding Breach(RTCB)試験※2の能力などを有し、様々な条件で燃料ペレットや材料照射、過渡試験などが可能

※1:PTM試験:燃料溶融限界線出力試験

※2:RTC B試験:燃料被覆管が破損に至るまで照射を継続する試験

以下のような協力項目の可能性を検討中

- LLFP※核変換や、MA均質・非均質燃料等(高MA含有、金属、炭化物、窒化物燃料)の放射性廃棄物低減技術開発への寄与  
※LLFP:長寿命核分裂生成物
- 仏国ASTRID燃料の先行照射試験
- 安全研究として、自己作動型炉停止機構(SASS)の実装による実証・運用データ蓄積、過出力型及び除熱低下型の過渡条件下でのフィードバック反応度特性試験などの実施
- 計装・検査技術開発として、燃料破損診断技術の実証試験、Na中可視化技術等の実証試験などの実施