

平成22年 7月22日
独立行政法人
日本原子力研究開発機構
敦賀本部

高速増殖原型炉もんじゅ炉心確認試験の終了について

高速増殖原型炉もんじゅ（定格出力28.0万kW）は、平成22年5月6日に性能試験を再開し、原子力安全・保安院の立入検査による確認のもと、計画に基づき、7月22日まで炉心確認試験を実施してまいりました。

本日、機構における「もんじゅ」の炉心確認試験に係る評価会議において、高速増殖炉研究開発センター所長は、計画した20項目の炉心確認試験の全てが安全に実施され、判定基準を定めた試験については満足する結果が得られ、試験が終了していることを確認しました。

これをもって、性能試験の第一段階である炉心確認試験は終了しました。

今後、炉心確認試験結果の評価、燃料交換、長期停止設備である水・蒸気系設備の健全性確認等を行い、性能試験の次の段階である、40%出力プラント確認試験にむけた準備を計画的に実施してまいります。

引き続き、「もんじゅ」の安全確保を最優先に、より一層透明性を高めた業務運営に取り組んでまいります。

（添付資料）

- ・高速増殖原型炉もんじゅ 炉心確認試験終了にあたって（理事長談話）
- ・高速増殖原型炉もんじゅ 性能試験（炉心確認試験）の評価について
（試験の評価7の結果と炉心確認試験のまとめ）

以上

平成22年7月22日
独立行政法人
日本原子力研究開発機構
理事長 岡崎 俊雄

高速増殖原型炉もんじゅ 炉心確認試験終了にあたって

高速増殖原型炉もんじゅは、5月6日に14年5ヶ月振りの性能試験を再開し、計画された第1段階の全ての試験を終えて、本日、7月22日、78日間の「炉心確認試験」を無事、終了しました。

この間、多大のご支援を頂きました国、福井県、敦賀市を始めとする地域の皆さま、国内外の関係機関の皆さまに深く感謝申し上げます。

同試験では、長期停止により蓄積したアメリシウムを含む燃料を用いた炉心の臨界性に関するデータや、炉心の温度変化に対する特性等の貴重な試験データを取得することができました。

これらの試験データは、現在、分析・評価を行っており、今後、取りまとめ次第、報告会や学会等の場で広く皆さまに報告してまいります。また、その結果は、「もんじゅ」の設計検証、実用化のための炉心設計、燃料設計等に反映してまいります。

さらに、今後、性能試験の第2段階である「40%出力プラント確認試験」に向けて、所要の燃料交換、長期停止設備である水・蒸気系設備の健全性確認等、万全の準備を進めるとともに、炉心確認試験を通して得られた貴重な経験を、今後のプラント運用に適切に反映してまいります。

原子力機構は、引き続き、「もんじゅ」の安全確保を最優先に、より一層透明性を高めた業務運営に取り組んでまいります。また、国内関係機関は元より海外の研究機関とも協力して「もんじゅ」を国際協力の場として活用し、高速増殖炉の実用化を目指し世界を先導する研究開発を着実に進めてまいります。

皆さまの一層のご指導、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

以上

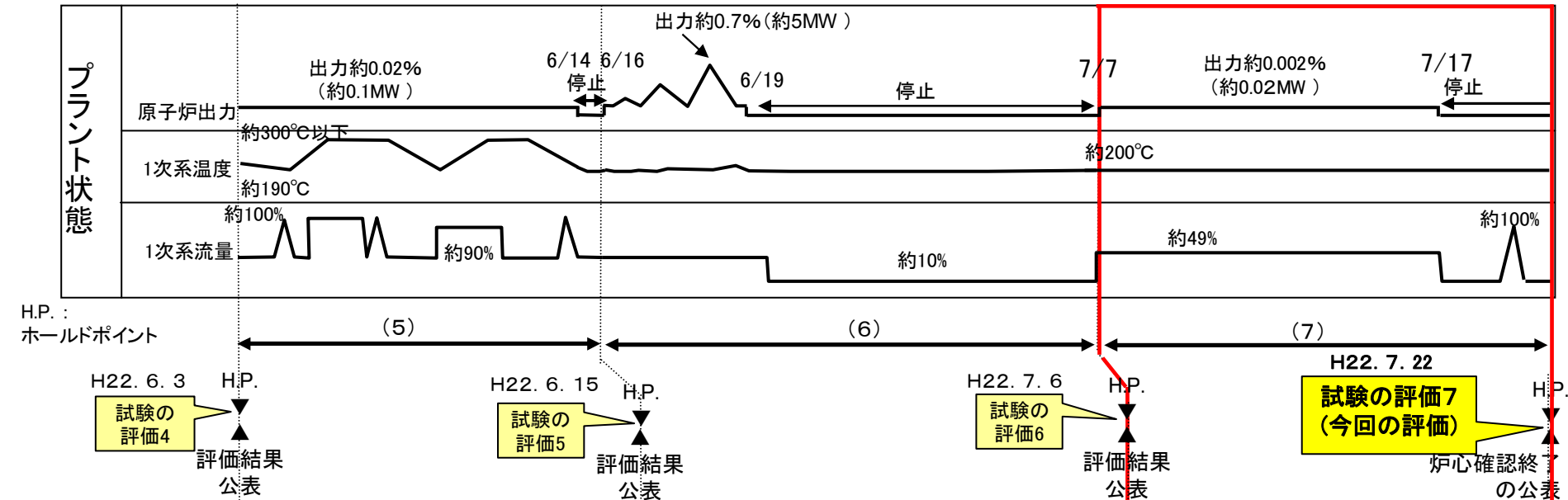
もんじゅの性能試験
(炉心確認試験)の評価について
(評価7の結果と炉心確認試験のまとめ)

目 次

I. 評価7の結果	
I-1. 炉心確認試験の進捗状況(試験の評価)	3頁
I-2. 炉心確認試験の実施状況	4頁
I-3. 試験結果	5頁
I-4. 評価7の結果	13頁
II. 炉心確認試験(評価1～7)のまとめ	
II-1. 炉心確認試験の実施結果	18頁
II-2. 炉心確認試験の結果について	19頁
II-3. 炉心確認試験結果一覧	23頁
II-4. 炉心確認試験における運転管理実績	26頁
II-5. 炉心確認試験期間中における不具合の状況と保守管理への反映	27頁
II-6. 警報の適正化に係る対応について	28頁
II-7. 炉心確認試験期間中の不適合管理のまとめ	29頁
II-8. 炉心確認試験工程等のレビュー	30頁
II-9. 通報・公表プロセスの改善	32頁
II-10. 炉心確認試験期間中の公表の改善に向けた取組み経緯と実績	33頁
II-11. 炉心確認試験期間中のトラブル等の公表について	34頁
II-12. まとめ	35頁
III. 40%出力プラント確認試験に向けて	36頁
参考資料	39頁

I . 評価7の結果

炉心確認試験は、20項目終了(前回までに12項目、今回で8項目終了)



試験項目	確認及び試験期間の主な目的と内容	次に進む判定基準
<ul style="list-style-type: none"> ●流量係数評価(終了) ●温度係数評価(終了) ●新型ナトリウム温度計特性評価(終了) ●崩壊熱評価(終了) ○放出放射性物質挙動評価(継続) ○ナトリウム純度確認(継続) ○ナトリウム放射化量評価(継続) ○アルゴンガス純度確認(継続) ○圧力損失変化評価(継続) ○燃焼係数評価(継続) ●: 終了した試験 	冷却材の温度及び流量の変化の影響で反応度がどの程度変わるかを測定することにより、炉心に係る研究開発データを採取する。	・試験が安全に完了していること。
<ul style="list-style-type: none"> ●フィードバック反応度評価(終了) ●放出放射性物質挙動評価(終了) ○1次主冷却系循環ポンプポストダウン特性確認(継続) ○ナトリウム純度確認(継続) ○ナトリウム放射化量評価(継続) ○アルゴンガス純度確認(継続) ○圧力損失変化評価(継続) ○燃焼係数評価(継続) 	出力を上昇させ、その変動を減衰させる原子炉固有の反応度フィードバック効果を測定し、炉心に係る研究開発データを採取する。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。
<ul style="list-style-type: none"> ●1次主冷却系循環ポンプポストダウン特性確認(終了) ●ナトリウム純度確認(終了) ●ナトリウム放射化量評価(終了) ●アルゴンガス純度確認(終了) ●圧力損失変化評価(終了) ●燃焼係数評価(終了) ●未臨界度測定法適用性評価(終了) ●炉内中性子源効果評価(終了) 	原子炉を未臨界状態にしながらか制御棒の挿入パターンを変化させて、高速炉における未臨界度測定法の研究開発データを採取する。また、ナトリウム純度の確認を行う。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。

7月

6日(火)	7日(水)	8日(木)	9日(金)	10日(土)	11日(日)	12日(月)	13日(火)	14日(水)	15日(木)	16日(金)	17日(土)	18日(日)	19日(月)	20日(火)	21日(水)	22日(木)
評価 会議(6) ●	制御棒 引抜開始 ▼										原子炉 停止 ▼					評価 会議(7) ●
1次主冷却系循環ポンプコーストダウン特性確認																
未臨界度測定法適用性評価														(終了)		
ナトリウム純度確認														(終了)		
ナトリウム放射化量評価														(終了)		
アルゴンガス純度確認														(終了)		
圧力損失変化評価														(終了)		
燃焼係数評価														(終了)		
炉内中性子源効果評価														(終了)		

- プラント操作を伴う試験
- プラント操作を伴わない試験

未臨界度測定法適用性評価(1)

1. 【目的】 未臨界度測定法の高速炉実機への適用性を評価するため、基礎的なデータを測定する。

未臨界度 : 臨界未満の状態において、原子炉が臨界状態からどれだけ離れているかを示す尺度*

* : 発生する中性子と吸収される中性子の比率を実効増倍率(k_{eff})と呼び、1.0(臨界状態の実効増倍率)との差を実効増倍率で割った比率を反応度(ρ)と呼ぶ。
 $\rho < 0$ (または $k_{\text{eff}} < 1$)の時の ρ を未臨界度という。 $\rho = (k_{\text{eff}} - 1) / k_{\text{eff}}$

2. 【試験方法】 ① 炉雑音解析法、② ロッド・ドロップなど

3. 【応用例】

- 未臨界度が測定できれば、現在、燃料交換毎に臨界状態で行う制御棒価値などの測定が、臨界前の未臨界状態で容易に実施できる可能性がある。
 ⇒ 測定時間の短縮
- 未臨界時に反応度を測定しながら臨界近接ができれば、臨界点が容易に推定できる。
 ⇒ 臨界近接操作の効率化と測定時間の短縮

未臨界度測定法適用性評価(2)

未臨界度測定法の高速炉実機への適用性を評価するため、次のデータを測定。当該試験を安全に実施した。予定されていた測定データが取得され、今後はデータ解析により適用性の検討を進める。

【炉雑音解析法】

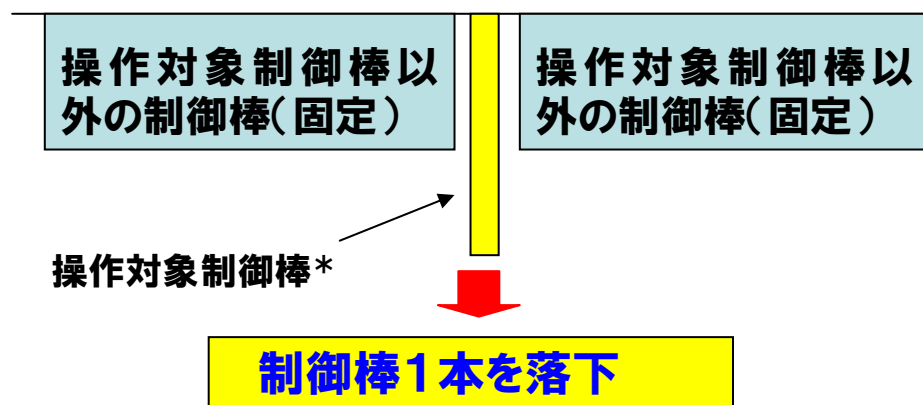
臨界状態から、制御棒を挿入し、未臨界度が、 $-20\text{ } \rho$ ~ 臨界の間で中性子計装 (SRM 2ch、仮設NIS 2ch) のデータから、中性子計装の測定値のゆらぎを測定。

【逆動特性法】

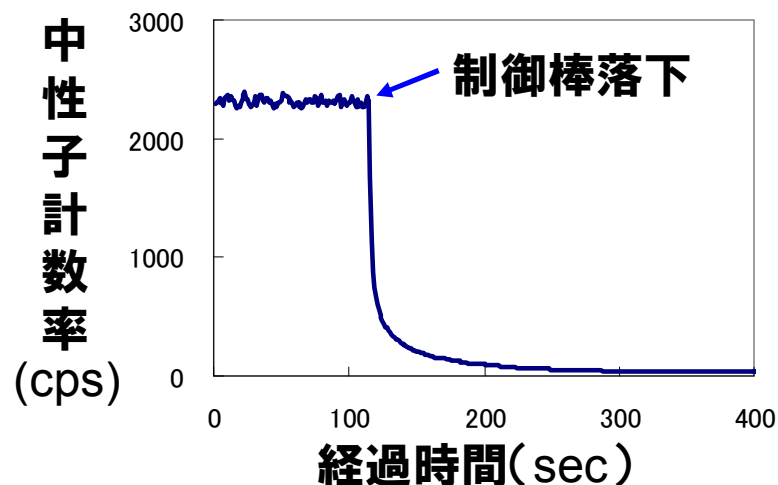
臨界状態から、制御棒を挿入、引抜きし、未臨界度が約 $-100\text{ } \rho$ ~ 約 $-2\text{ } \rho$ の間で、中性子計装 (SRM 2ch、仮設NIS 2ch) のデータを測定。

【ロッド・ドロップ】

浅い未臨界 ($-2\text{ } \rho$) から、制御棒1本を落下させ、計数率の変化データを測定。



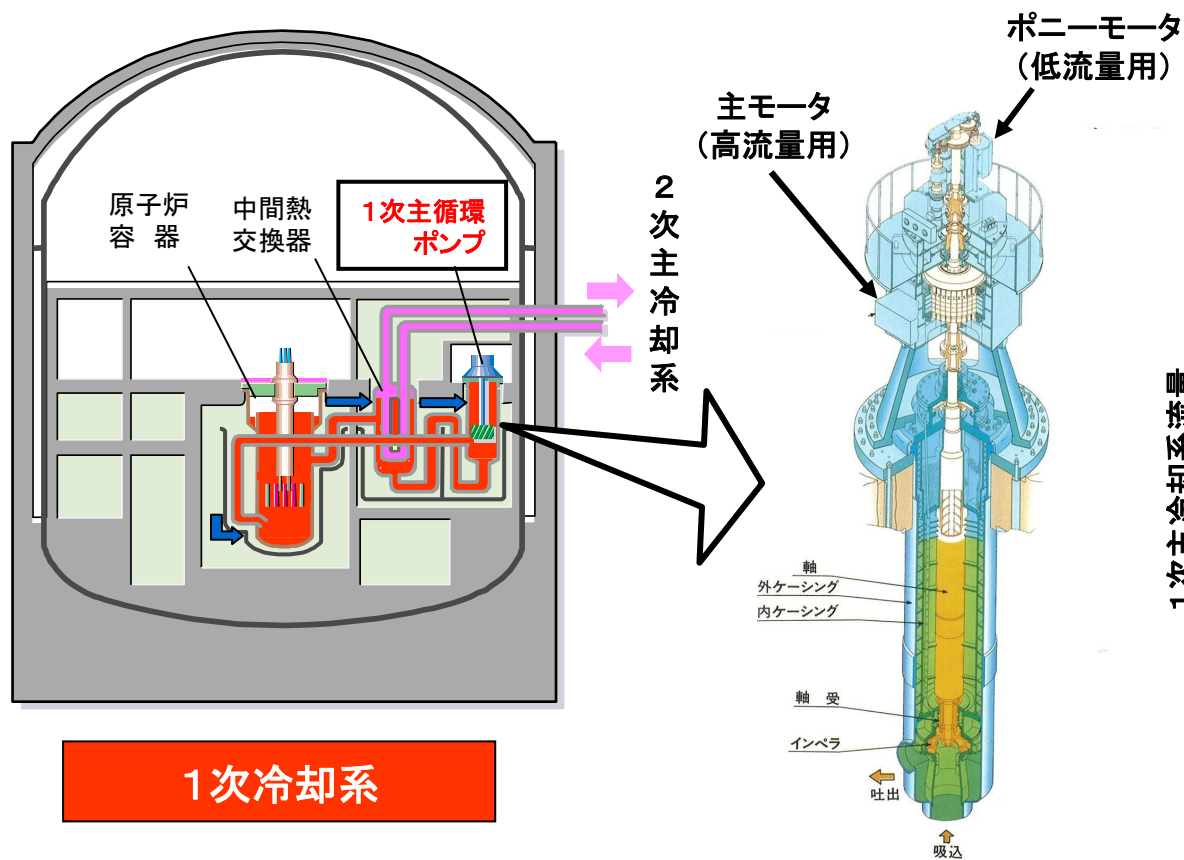
* : 3本の制御棒について測定する。



1次主冷却系循環ポンプコーストダウン特性確認

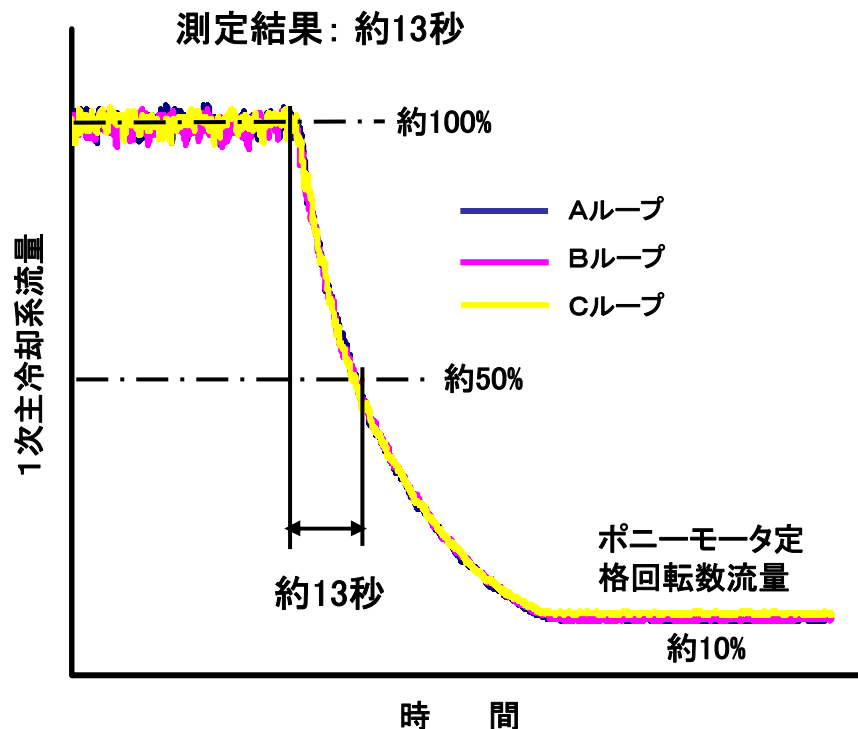
100%流量から1次主冷却系循環ポンプを3台同時にトリップさせ、M-Gセット*の回転慣性を付加した条件でフローコーストダウン特性を確認する。

* : 駆動用モータ、流体継手、発電機から構成され、要求される流量に応じて主モータの回転速度を制御する設備。



1次冷却系

【フローコーストダウン試験結果】



炉内中性子源効果評価

中性子源強度の予測や中性子源集合体撤去の検討に資するため、原子炉停止状態で線源領域系中性子計装の計数率を測定した。性能試験期間中(炉心確認試験～出力上昇試験)の測定のうち、予定された炉心確認試験段階での測定データを取得した。今後、出力運転期間の測定により、外部中性子源(中性子源集合体のカリフォルニウム252)と内部中性子源(燃焼により生成される核種)の計数率への寄与を評価する。

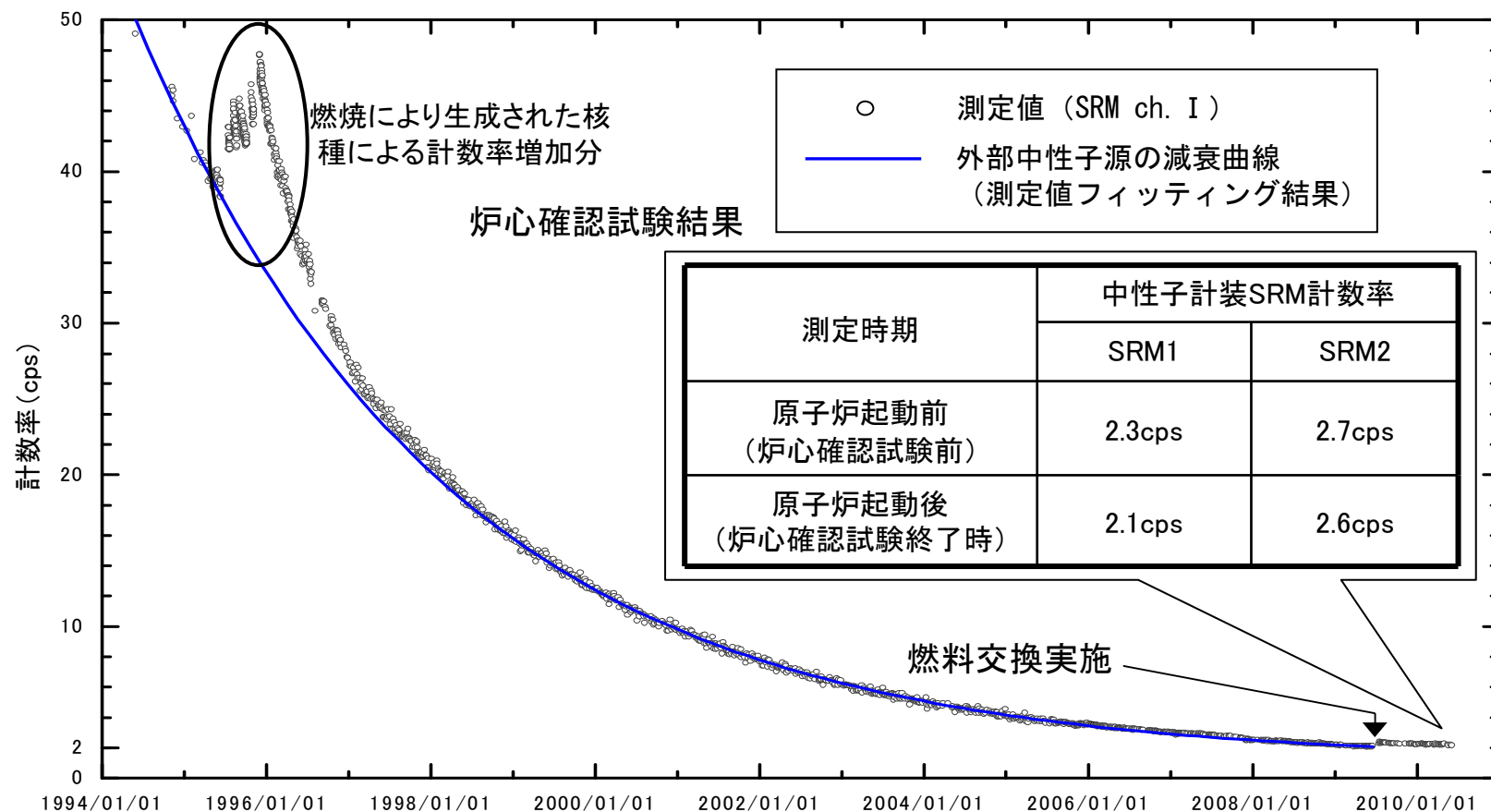
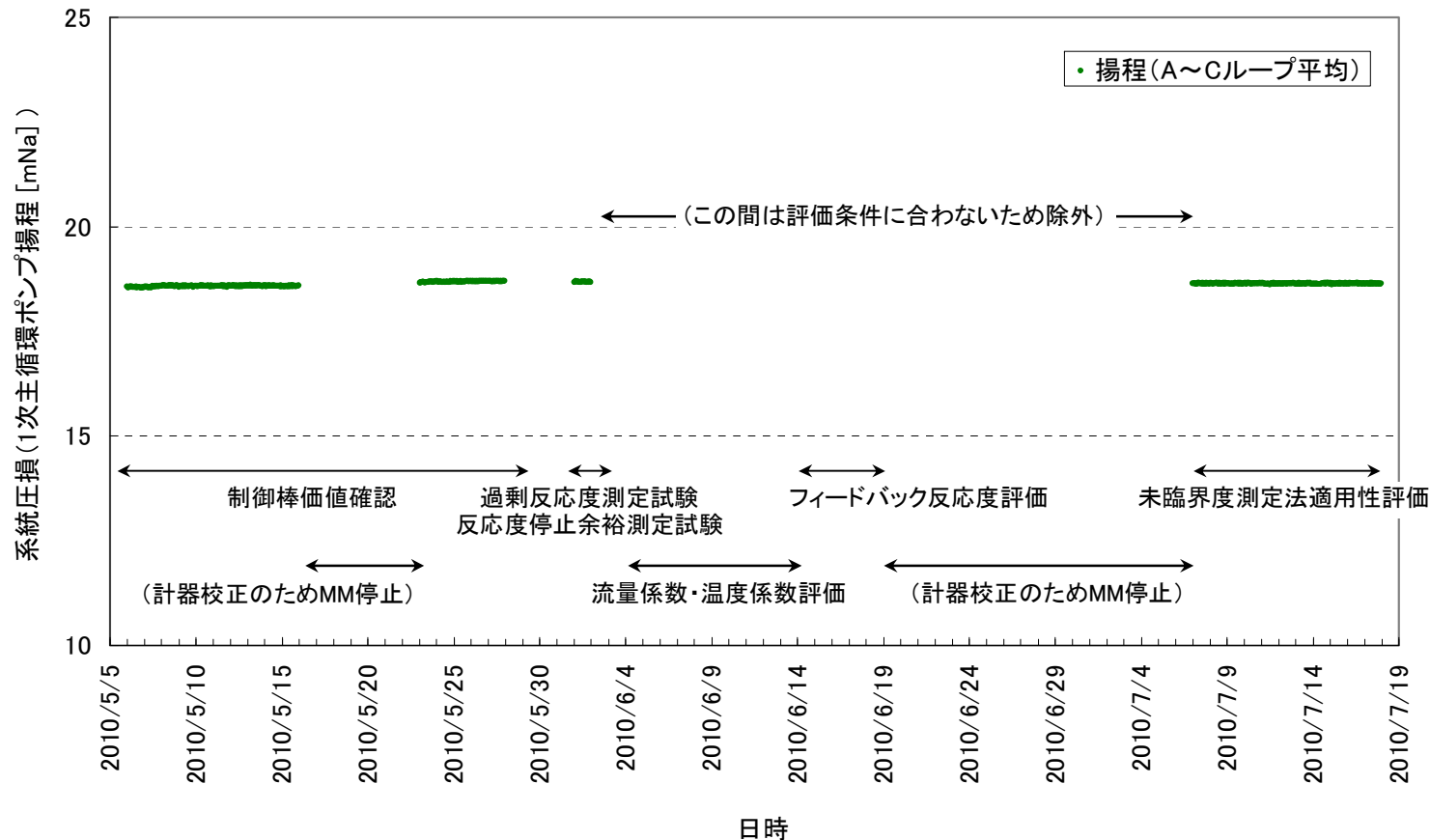


図1 計数率推移と減衰曲線

圧力損失変化評価

1次主冷却系の圧力損失の経時変化に関するデータを取得することを目的に、1次主冷却系のポンプの回転数や、流量、温度などを測定し圧力損失の変化(1次主循環ポンプ揚程変化)を評価した。その結果、炉心確認試験期間中、1次主冷却系の圧力損失の変化はほとんど見られなかった。



各試験実施時の1次主冷却系流量約49%、ナトリウム温度約200°Cにおけるデータを採取し評価

図 炉心確認試験期間における1次主冷却系の圧力損失(1次主循環ポンプ揚程)変化

燃焼係数評価

- 燃焼係数は、出力運転による燃料の燃焼によって生ずる反応度変化。
⇒ 「もんじゅ」の設計評価や、高速炉核設計の研究開発に有用なデータ
- 出力運転による反応度変化には、燃焼による効果(燃焼係数)以外に、プルトニウム241の自然崩壊^{※1}の効果等が含まれるため、プルトニウム241崩壊効果を測定することは重要。

※1 プルトニウム241: 核分裂性核種で、半減期約14年でアメリシウム241に崩壊する。

燃料に含まれるプルトニウム241の自然崩壊によって時間とともに低下する炉心の反応度を、炉心確認試験期間中の臨界となる制御棒位置の変化から求めた^{※2}。

※2 炉心確認試験では、ほぼ零出力状態なので、当該試験期間中の時間経過による反応度変化はプルトニウム241崩壊効果と見なせる。

その結果、プルトニウム崩壊によるアメリシウムを多く含む炉心の基本特性に係る貴重な測定データを取得することができた。

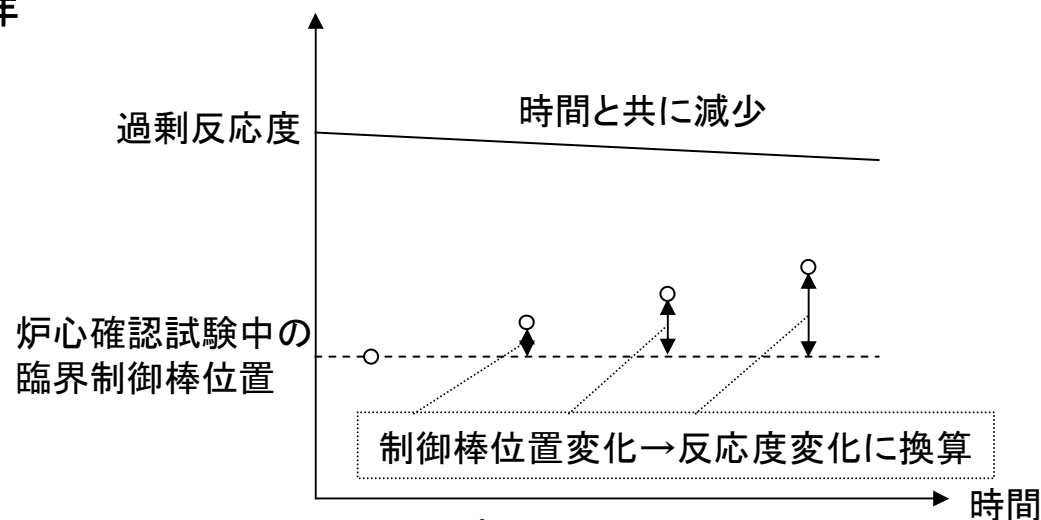


図1 プルトニウム241崩壊効果

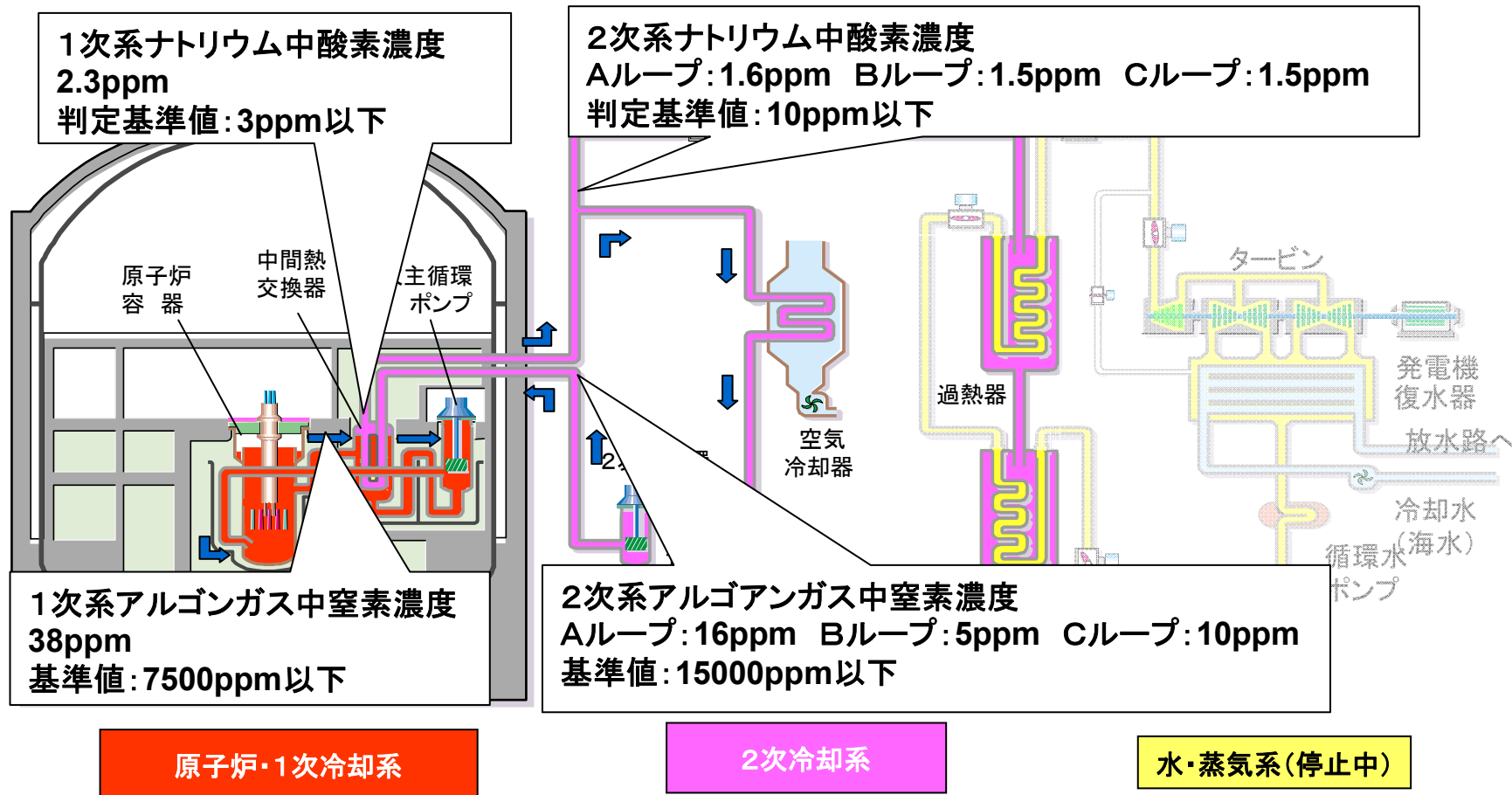
プルトニウム241崩壊効果:
約 $-0.01\% \Delta k/k$
(炉心確認試験期間中)

ナトリウム純度確認

1次系ナトリウム及び2次系ナトリウム中に含まれる酸素等の成分を分析した。その結果、酸素濃度が判定基準値以下であることを確認した。

アルゴンガス純度確認

1次系アルゴンガス及び2次系アルゴアンガス中に含まれる窒素等の成分を分析した。その結果、窒素濃度が社内基準値以下であることを確認した。

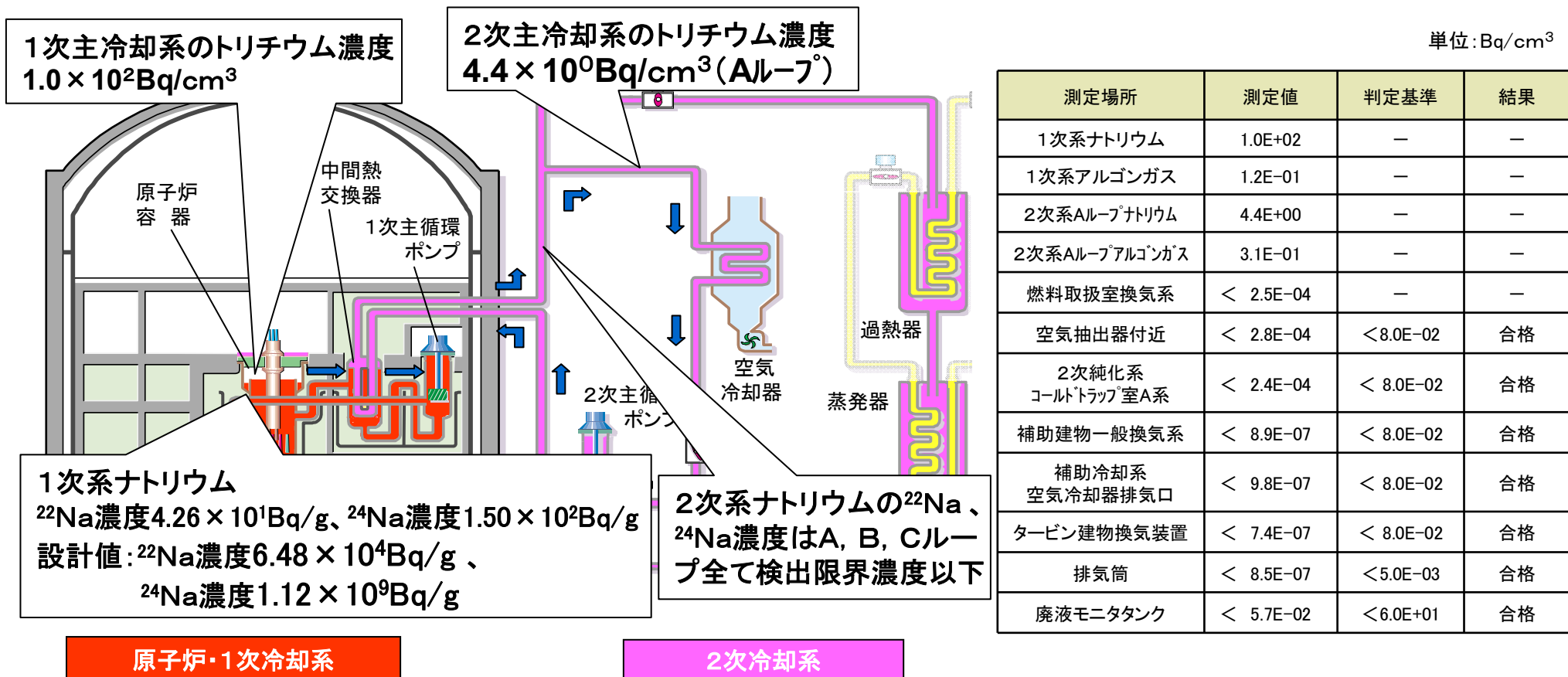


ナトリウム放射化量評価

放出放射性物質挙動評価

1次系ナトリウムの²²Na、²⁴Na濃度を測定した。その結果、²²Na、²⁴Na濃度は、設計値以内であることを確認した。なお、2次系ナトリウムも同様に²²Na、²⁴Na濃度を測定し、全て検出限界濃度以下であることを確認した。

1次主冷却系、2次主冷却系など各系統及び各部屋のトリチウム濃度を測定した結果、測定値が法令基準値未満であることを確認した。なお、本試験は、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験にも行う。



評価会議での審議事項

(1) 原子炉の停止後の点検結果の確認とまとめ

①原子炉施設についてパラメータ(原子炉起動に支障がないものは除く)を確認し、低温停止状態で運転上の制限を満足していることを確認した。

(2) 実施した試験結果が判定基準等に対して満足していると評価

①未臨界度測定法適用性評価、1次主冷却系循環ポンプコーストダウン特性確認、ナトリウム純度確認、ナトリウム放射化量評価、放出放射性物質挙動評価、アルゴンガス純度確認、圧力損失変化評価、燃焼係数評価、炉内中性子源効果評価

・試験要領書に基づいて試験が行われ、安全に試験が完了していることを確認した。

②ナトリウム純度確認

・1次系ナトリウム中酸素濃度:2.3ppm :判定基準値:3ppm以下

・2次系ナトリウム中酸素濃度:Aループ:1.6ppm Bループ:1.5ppm Cループ:1.5ppm 判定基準値:10ppm以下

③ナトリウム放射化量評価

・1次系ナトリウム: ^{22}Na 濃度 $4.26 \times 10^1 \text{Bq/g}$ 、 ^{24}Na 濃度 $1.50 \times 10^2 \text{Bq/g}$:設計値: ^{22}Na 濃度 $6.48 \times 10^4 \text{Bq/g}$ 、 ^{24}Na 濃度 $1.12 \times 10^9 \text{Bq/g}$

・2次系ナトリウムの ^{22}Na 、 ^{24}Na 濃度はA, B, Cループ全て検出限界濃度以下

④放出放射性物質挙動評価

1次主冷却系、2次主冷却系、など各系統及び各部屋のトリチウム濃度を測定した結果、測定値が法令基準値未満であることを確認した。

(3) 炉心確認試験中に発生した不適合の処理状況確認

- ①「プレシピテータ計数率高」の警報発報(5/6,7,9発生):工場調査により原因は、検出器内部に金属微粉末(SUS粒子等)の異物が混入したことにより、高電圧印加に伴う部分放電と電磁ノイズが発生したと推定。アルゴンガス供給系に金属微粉末の混入を防止するフィルタの設置を検討する。引き続き原因究明と対策を実施する。
- ②「中央計算機軽故障」(燃料取扱系計算機の伝送異常)警報の発報(5/11発生)
燃料取扱系計算機と中央計算機との間で伝送処理エラーが一過性で発生したものと推定。
処理エラーの分析と今後の状態を把握するため、伝送異常を感知する装置を設置し(5/30)、約1.5ヶ月間監視したが、再現性がないことから、事象は一過性のもので設備は健全なものと判断した。(7月16日完了)
- ③. 格納容器床下窒素雰囲気酸素濃度計の停止」(5/14発生)
 - ・ノイズによる自動停止回避のため、格納容器隔離信号等に対し、タイマー(0.5秒)を設置。(5/19)
 - ・ノイズの侵入箇所を特定するために、可能性のある箇所に記録計を接続し(5/19)、約2ヶ月間監視したが、再現性がないことから、事象は一過性のもので設備は健全なものと判断した。(7月16日完了)
- ④. 「275kV碍子洗浄装置故障」警報の発報(7/7発生):
 - ・定期的に行っている碍子洗浄を実施したところ、「275kV碍子洗浄装置故障」の警報が発報した。現場を確認したところ、汚損検出器に水を供給する原水タンクの「水位低下」の警報が発報していた。原水タンク元弁が閉になっていたため、元弁を開にし水を供給するとともに、元弁を鍵により施錠し「開ロック」表示を取付けた。(7月7日完了)
- ⑤. 炉外燃料貯蔵設備冷却系のナトリウム漏えい検出設備サンプリングポンプの切替え(7/9発生)
 - ・炉外燃料貯蔵設備冷却系の差圧式ナトリウム漏えい検出設備(DPD)のサンプリングポンプの振動測定作業において、Bループの炉外燃料貯蔵槽の出入口配管部の漏えい監視を行っているDPDサンプリングポンプについて運転音がやや大きいことを確認したため、念のためB号機からA号機(待機号機)に切り替えた。原子炉停止後に、B号機を予備品と交換した。(7月18日完了)

(3) 炉心確認試験中に発生した不適合の処理状況確認

⑥. 固体廃棄物貯蔵庫パッケージエアコンの故障(7/11発生)

- ・固体廃棄物貯蔵庫のパッケージエアコン(PAC)の故障の警報が発報。PAC-1-1が停止していた。待機しているパッケージエアコン(PAC-1-2)を起動し、除湿運転を継続した。
- ・原因は、室外機2台のうち1台(PAC-1-1-2)のファンコントロール基板の不具合。7月15日に基板を交換した。(7月15日完了)

⑦. 「照明雑動力主分電盤故障」警報の発報(2次地絡過電流)(7/12発生)

中央制御室に「照明雑動力主分電盤故障」警報が発報した。現場のA/B照明分岐盤を確認したところ「2次地絡過電流」警報が発報(2回)。照明及びコンセント電源に使用している分電盤の負荷側において、作業等による一時的な地絡があったものと推定。当該分電盤のブレーカ動作状況、コンセントの使用状況の確認を行い、異常のないことを確認した。また、負荷側における作業の再現確認により警報が再発報しないことを確認した(7/12)。雨水、結露等により地絡するおそれのある電線経路がないことを確認した(7/16)。(7月16日完了)

⑧. 制御用圧縮空気設備の警報の発報(7/13, 18発生)

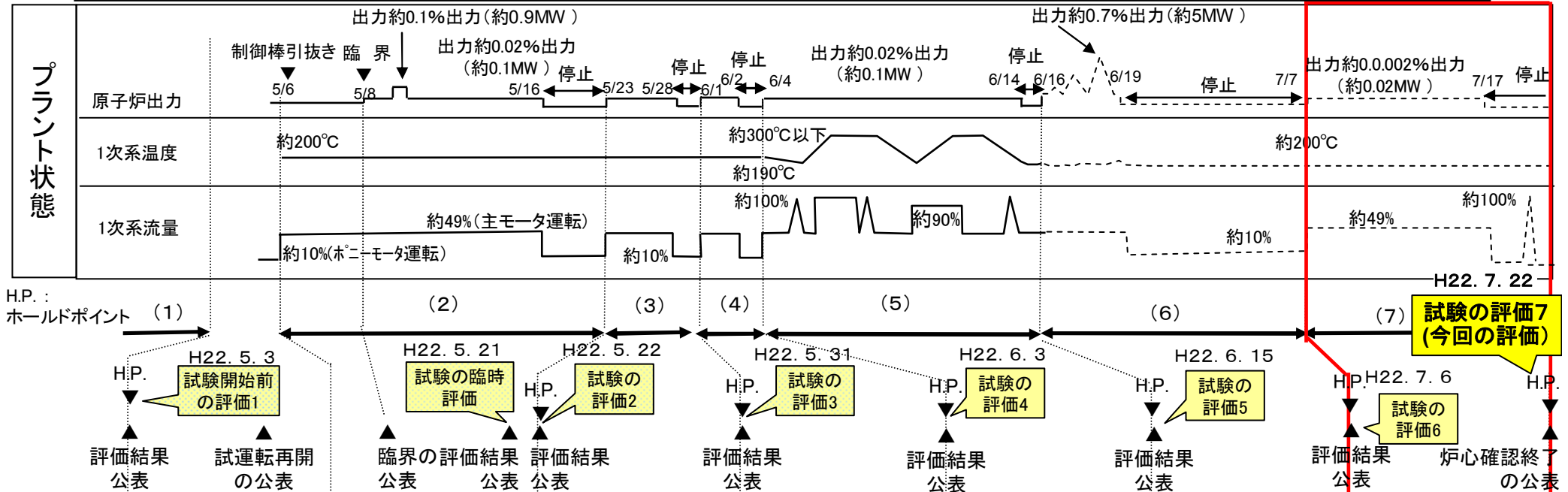
空気圧縮機設備の除湿装置、除湿塔Aが再生加熱を終了し、再生冷却に移行するタイミングで「塔切換不良」の警報が発報しており、切換え弁(四方弁)が切り替わる瞬間に一時的に警報が発生した。「塔切換不良」は、除湿装置における2つの除湿塔の圧縮空気の流れを切り換える四方弁の動作が円滑でなかったため、一時的に切り換えに時間を要したことによるもの。当該の四方弁を交換し、動作に問題ないことを確認(7/16)。7月13, 18日、除湿装置における「再生不良」の警報が発報しており、湿度が高い時期に待機から運転に切換えた直後の再生加熱不足や、夏場の外気温度と冷却水温度上昇により再生冷却不足及び温度計指示値と警報設定値の僅かなズレにより一時的に発報した。「再生不良」については、一時的なものであり、加熱再生時間又は冷却再生時間が自動的に延長されるもので問題は無い。なお、警報接点を温度計指示値70℃で動作するように調整し、「再生不良」(冷却不足)が発報しないことを確認した(7/22)。(7月22日完了)

(3) 炉心確認試験中に発生した不適合の処理状況確認

- ⑨. 「照明雑動力主分電盤故障」の警報の発報(MCCBトリップ)(7/17発生)
・原子炉格納容器内の照明が2個切れたため、「照明雑動力主分電盤故障」の警報が発報。原因は照明器具の単品故障。照明器具を交換。(7月20日完了)
- ⑩. 「プロセスモニタ故障」警報の発報について(7/17発生)
・固体廃棄物処理設備ベントガスモニタ(液体廃棄物処理設備や個体廃棄物処理設備のタンク類のガスの放射能をモニタ)のサンプリング配管用ヒータが故障し、「配管温度異常」の警報が5回発報。原因は温度指示スイッチの単品故障。8月に当該温度スイッチを交換する予定。
- ⑪. 燃料池水冷却浄化系装置循環ポンプの電磁接触器の動作不良について(7/19発生)
・燃料池水冷却浄化装置循環ポンプを定例切替(A⇒B)のため、B号機を起動したところ、電磁接触器の動作不良により、連続運転できない状態となった。当該電磁接触器を交換し、ポンプが起動することを確認した。(7月20日完了)
- ⑫. 原子炉補助建物内の床ドレン配管の詰まりについて(7/20発生)
・床ドレン配管の詰まりにより、原子炉補助建物内の換気空調設備の凝縮水が地下3階のファンネルから溢れ、床の配管貫通部より地下4階に滴下し、床漏えい検出器を作動させ警報が発報した。当該床ドレン配管を清掃し、水の排出を確認。(7月20日完了)

II. 炉心確認試験(評価1～7)のまとめ

炉心確認試験は、平成22年5月6日に開始し、平成22年7月22日に終了。



終了した確認項目・試験または、今後実施する主な試験項目	a. 設備に係る点検 b. 保安管理に係る点検	●中性子計装特性確認 ●核出力校正確認 ●空間線量当量率確認	●制御棒値確認	●過剰反応度測定試験 ●反応度停止余裕測定試験	●流量係数評価 ●温度係数評価 ●新型ナトリウム温度計特性評価 ●崩壊熱評価	●フィードバック反応度評価 ●放出放射性物質挙動評価	●1次主冷却系循環ポンプコストダウン特性確認(終了) ●ナトリウム純度確認(終了) ●ナトリウム放射化学評価(終了) ●アルゴンガス純度確認(終了) ●圧力損失変化評価(終了) ●燃焼係数評価(終了) ●未臨界度測定法適用性評価(終了) ●炉内中性子源効果評価(終了)
実施した確認項目と今後確認する試験目的と内容	(1) 試運転再開に向けた最終確認として安全確認を実施し、問題ないことを確認することによって、試運転再開の準備が整っていることを確認した。	(2) 制御棒の効き方の確認を行い、使用前検査に必要なデータを採取した。また、管理区域境界等の線量当量率等の測定を行った。	(3) (2)に引き続き制御棒の効き方の確認を行い、使用前検査に必要なデータを採取した。	(4) 炉心の安全確認(核的制限値の確認)を行い、使用前検査を受検した。過剰反応度や反応度停止余裕を確認し、十分な余裕をもって原子炉を停止し、未臨界状態を維持できることを確認した。	(5) 冷却材の温度及び流量の変化の影響で反応度がどの程度変わるかを測定することにより、炉心に係る研究開発データを採取する。	(6) 出力を上昇させ、その変動を減衰させる原子炉固有の反応度フィードバック効果を測定し、炉心に係る研究開発データを採取する。	(7) 原子炉を未臨界状態にしながら制御棒の挿入パターンを変化させて、高速炉における未臨界度測定法の研究開発データを採取する。また、ナトリウム純度の確認を行う。
次に進む判定基準	・試運転再開に当たって、原子炉の起動に必要な点検事項がすべて完了していること。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。	・試験が安全に完了していること。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。	・試験の結果が判定基準を満足していること。 ・試験が安全に完了していること。

1. 炉心の安全性確認(核的制限値の確認)

(1) 制御棒の価値確認

逆増倍曲線を作成して臨界点を推定し、臨界を達成。(炉心中心制御棒(1本)が793mm、その他の制御棒(12本)795mm)

全19体の制御棒(CCR1~10、FCR1~3、BCR1~6)に対し、ペリオド法(CCR1を対象)及び置換法(他の制御棒を対象)を用いて、各制御棒の制御棒価値及び制御棒校正曲線を測定。

(2) 中性子計装特性確認

検出器の特性が正常であることを確認。

(3) 核出力校正確認

測定範囲が1桁以上の範囲で重なって、炉心の連続監視が可能であることを確認。

(4) 過剰反応度測定検査

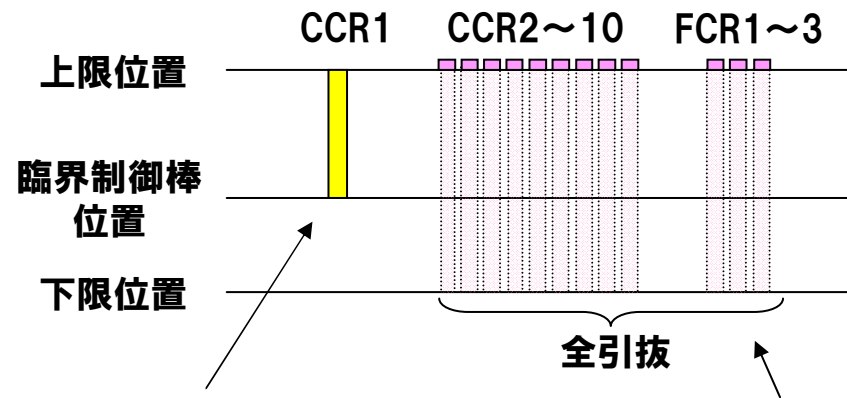
原子炉等規制法及び電気事業法に基づく使用前検査において、炉心が有している過剰反応度が安全上の技術基準を満足していることを確認。

(5) 反応度停止余裕測定検査

原子炉等規制法及び電気事業法に基づく使用前検査において、炉心が有している反応度停止余裕が安全上の技術基準を満足していることを確認。

過剰反応度測定検査、反応度停止余裕測定検査(自主検査)

CCR1のみを挿入して臨界達成



CCR1挿入部分の価値を制御棒校正曲線を用いて評価

CCR2~10、FCR1~3 下限までの価値を制御棒校正曲線を用いて評価

過剰反応度を差し引く

過剰反応度

反応度停止余裕

〔過剰反応度〕

臨界を達成する以上に炉心が有する反応度 ⇒ 臨界時に挿入されている制御棒の価値 測定結果: 0.006 Δk/k(自主検査の結果)

〔反応度停止余裕〕

原子炉を未臨界として停止するために利用可能な制御棒の反応度価値(最大価値の制御棒を除く)

⇒ 臨界から挿入できる制御棒の価値

測定結果: 0.067 Δk/k (主炉停止系: 自主検査の結果)

〔反応度添加率〕

制御棒校正曲線の傾きの最も大きな位置での単位時間当たりの投入反応度 測定結果: 最大値 $5.2 \times 10^{-5} \Delta k/k/s$ (FCR1: 自主検査の結果)

2. 研究開発のための炉心及びプラントデータの取得(プラント運転操作を伴う試験)

(1) 流量係数評価

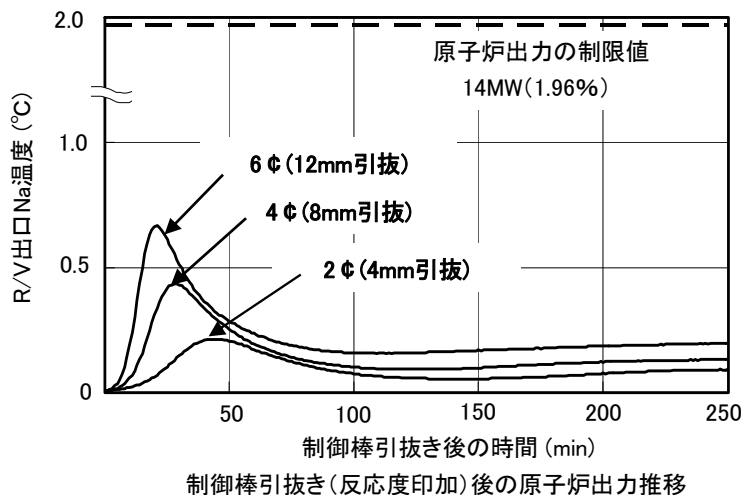
1次主冷却系循環ポンプの流量を10%ステップ毎に変化させ、この時の反応度変化から流量係数を約 $-6 \times 10^{-6} \Delta k/k/\%flow$ (49%~100%流量)と評価した。

(2) 温度係数評価

1次主冷却系循環ポンプ入熱により冷却材温度を変化させ、この時の反応度変化から温度係数を約 $-3 \times 10^{-5} \Delta k/k/^\circ C$ (190 °C ~ 300 °C)と評価した。

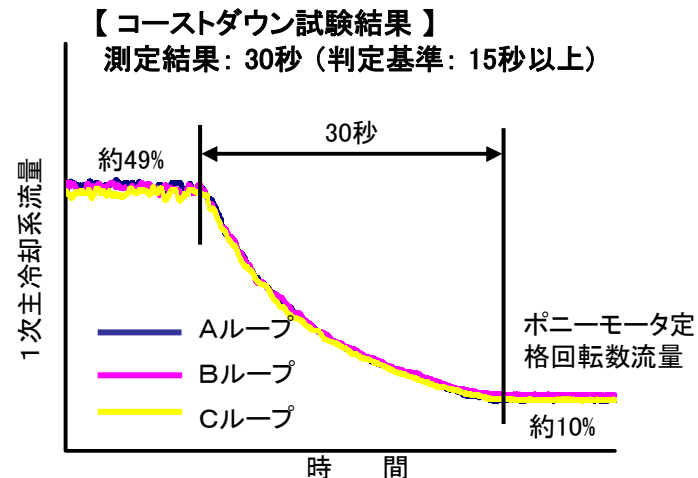
(3) フィードバック反応度評価

制御棒を一定量引抜いた(CCR1)後、そのまま操作を行わずにドップラー効果等の炉心固有の反応度フィードバックによってプラント状態が静定することを確認し、炉心特性の基礎データを採取した。



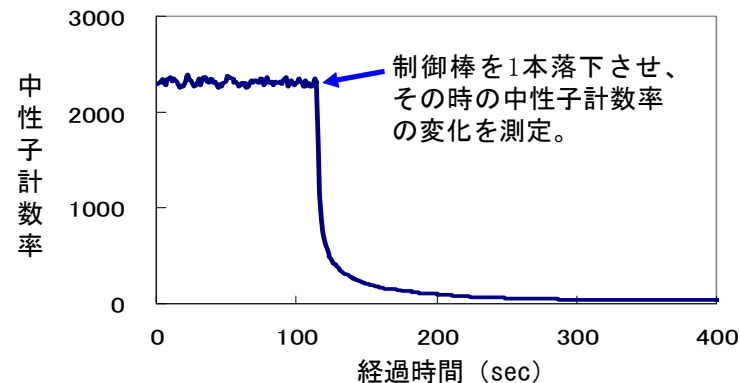
(4) 1次主冷却系循環ポンプコストダウン特性確認

1次主冷却系循環ポンプを3台同時にトリップさせ、ポンプのコストダウン特性を測定し、1次主冷却系循環ポンプの最低流量である49%流量からポニーモータ定格流量までの到達時間が判定基準を満足することを確認した。



(5) 未臨界度測定法適用性評価

未臨界度測定法の高速炉実機への適用性を評価するため、異なる方法で炉心の中性子計数率を測定した。



3. 研究開発のための炉心及びプラントデータの取得(プラント運転操作を伴わない試験)

(1) 空間線量当量率確認

管理区域、保全区域及び周辺監視区域の放射線状況確認(合計446箇所)した結果、測定値が遮へい設計基準値又は法令基準値*未満であることを確認。

*:管理区域内ではしゃへい区分に応じて、A区域:0.00625mSv/h以下、B区域:0.01mSv/h以下、管理区域境界では0.0026mSv/h以下など。

(2) ナトリウム純度確認

1次系ナトリウム及び2次系ナトリウム中に含まれる酸素等の成分を分析した。その結果、酸素濃度が判定基準値以下であることを確認した。

- ・1次系ナトリウム中酸素濃度: 2.3ppm (判定基準値:3ppm以下)
- ・2次系ナトリウム中酸素濃度: Aループ: 1.6ppm
Bループ: 1.5ppm
Cループ: 1.5ppm
(判定基準値: 10ppm以下)

(3) ナトリウム放射化量評価

1次系ナトリウムの²²Na、²⁴Na濃度を測定した。その結果、²²Na、²⁴Na濃度は、設計値以内であることを確認した。なお、2次系ナトリウムも同様に²²Na、²⁴Na濃度を測定し、全て検出限界濃度以下であることを確認した。

- ・1次系ナトリウム: ²²Na濃度 $4.26 \times 10^8 \text{Bq/g}$ (設計値: $6.48 \times 10^8 \text{Bq/g}$)
²⁴Na濃度 $1.50 \times 10^2 \text{Bq/g}$ (設計値: $1.12 \times 10^9 \text{Bq/g}$)
- ・2次系ナトリウム: ²²Na濃度、²⁴Na濃度 A, B, Cループで検出限界以下

(4) アルゴンガス純度確認

1次系アルゴンガス及び2次系アルゴンガス中に含まれる窒素等の成分を分析した。その結果、窒素濃度が社内基準値以下であることを確認した。

- ・1次系アルゴンガス中窒素濃度: 38ppm (社内基準値:7500ppm以下)
- ・2次系アルゴンガス中窒素濃度: Aループ: 16ppm
Bループ: 5ppm
Cループ: 10ppm
(社内基準値: 15000ppm以下)

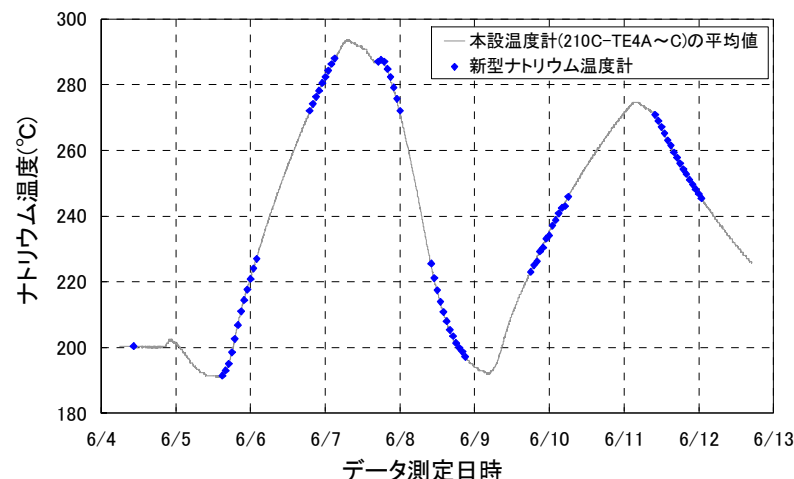
(5) 放出放射性物質挙動評価

1次主冷却系、2次主冷却系など各系統及び各部屋のトリチウム濃度を測定した結果、測定値が法令基準値未満であることを確認した。なお、本試験は、40%出力プラント確認試験、出力上昇試験にも行う。

- ・1次主冷却系トリチウム濃度 $1.01 \times 10^2 \text{Bq/cm}^3$
- ・2次主冷却系トリチウム濃度 4.41Bq/cm^3

(6) 新型ナトリウム温度計特性評価

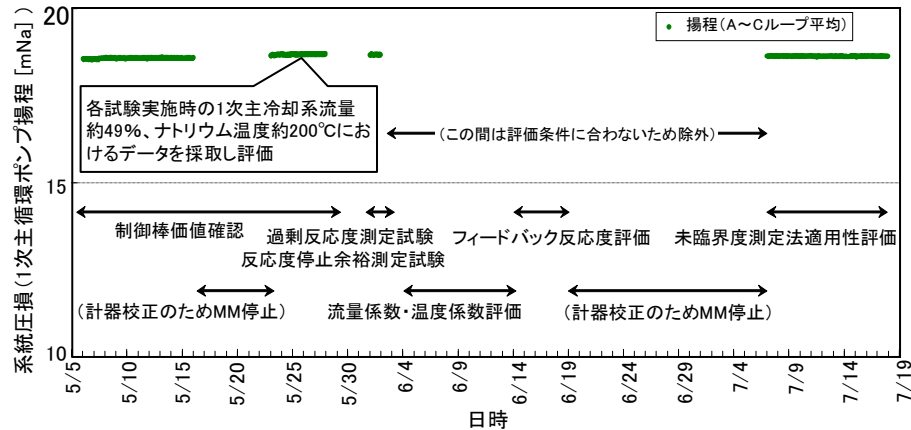
2次主冷却系配管にナトリウム温度を測定する配管非貫通型の超音波温度計を設置し、系統温度変化時の超音波温度計の指示値と従来の熱電対温度計(本設)とを比較した。その結果、今回のプラント条件においては、ほぼ同等の値を示すことを確認した。今後、温度・流量等の条件を変えてデータの蓄積を図る。



測定結果例(ナトリウム温度 約190°C→約290°C、流量約1%)

(7) 圧力損失変化評価

1次主冷却系の圧力損失の経時変化に関するデータを取得することを目的に、1次主冷却系のポンプの回転数や、流量、温度などを測定し圧力損失の変化(1次主循環ポンプ揚程変化)を評価した。その結果、炉心確認試験期間中、燃料集合体の圧力損失の経時的変化等に起因すると想定される圧力損失の変化はほとんど見られなかった。

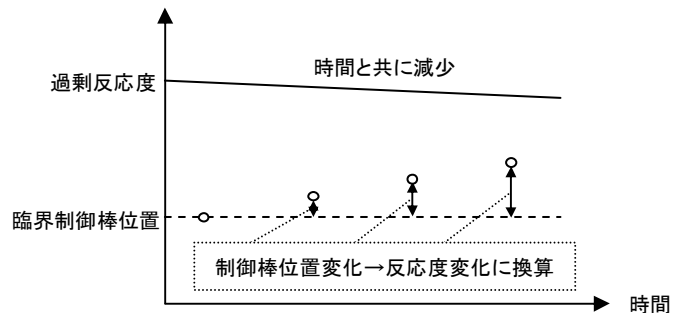


炉心確認試験期間における1次主冷却系の圧力損失(1次主循環ポンプ揚程)変化

(8) 燃焼係数評価

燃料に含まれるプルトニウム241の自然崩壊※によって時間とともに低下する炉心の反応度を、炉心確認試験期間中の臨界となる制御棒位置の変化から求めた。炉心確認試験期間中の反応度低下は、0.01%Δk/kであった。

※プルトニウム241：核分裂性核種で、半減期約14年でアメリシウム241に崩壊する。



$$\text{プルトニウム241崩壊効果} = \frac{\text{反応度変化}}{\text{時間経過}} (\Delta k/k/\text{day})$$

(9) 炉内中性子源効果評価

中性子源強度の予測や中性子源集合体撤去の検討に資するため、原子炉停止状態で線源領域系中性子計装の計数率を測定した。性能試験期間中(炉心確認試験～出力上昇試験)の測定のうち、予定された炉心確認試験段階での測定データを取得した。今後、出力運転期間の測定により、外部中性子源(中性子源集合体のカリフォルニウム252)と内部中性子源(燃焼により生成される核種)の計数率への寄与を評価する。

測定時期	中性子計装SRM計数率	
	SRM1	SRM2
原子炉起動前 (炉心確認試験前)	2.3cps	2.7cps
原子炉起動後 (炉心確認試験終了時)	2.1cps	2.6cps

(10) 崩壊熱評価

1次主冷却系温度変化率の異なる2度の昇温で、温度変化率、1次主ポンプからの入熱量、空気冷却器からの放熱量などから、1次及び2次主冷却系の熱容量を測定し、出力上昇試験における崩壊熱評価で使用する基礎データを得た。

(1) プラント運転操作を伴う試験

(a) 炉心の安全性確認に係る試験(核的制限値の確認)

No.	試験名	概要	試験結果
①	制御棒価値確認	制御棒を引抜き、出力の変化を確認することなどにより、各制御棒の効き方を確認する。	全19体の制御棒(CCR1~10、FCR1~3、BCR1~6)に対し、ペリオド法(CCR1を対象)及び置換法(他の制御棒を対象)を用いて、各制御棒の制御棒価値及び制御棒校正曲線を測定した。
②	中性子計装特性確認	広域系中性子計装の検出器感度の特性としてプラトー長(判定基準100V以上)、プラトー傾斜(判定基準0.1%/V以内)を確認する。	原子炉の出力を測定している広域領域中性子検出器の電圧調整し、検出器特性としてプラトー長(判定基準100V以上)、プラトー傾斜(判定基準0.1%/V以内)の判定基準を満足し、正常であること確認した。
③	核出力校正確認	線源領域系中性子計装と広域系中性子計装により、中性子が連続監視されていることなどを確認する。	線源領域系中性子計装と広域系中性子計装の測定範囲が1桁以上の範囲で重なり、炉心の連続監視が可能であることを確認した。
④	過剰反応度測定試験	過剰反応度が制限値(0.057 $\Delta k/k$ 以下)を満足することを確認する。	過剰反応度は、約 0.006 $\Delta k/k$ (自主検査の値)で制限値を満足することを確認した。
⑤	反応度停止余裕測定試験	反応度停止余裕が以下の制限値を満足することを確認する。 (1) 反応度抑制効果 ・ 主炉停止系 0.067 $\Delta k/k$ 以上 ・ 後備炉停止系 0.029 $\Delta k/k$ 以上 (2) 反応度停止余裕 ・ 主炉停止系 0.01 $\Delta k/k$ 以上 ・ 後備炉停止系 臨界未満にできること。 (3) 反応度添加率測定検査 ・ 8×10^{-5} $\Delta k/k/s$ 以下	反応度停止余裕を測定し、以下のとおり制限値を満足することを確認した。 (1) 反応度抑制効果 ・ 主炉停止系 測定結果:約0.074 $\Delta k/k$ (自主検査の値) ・ 後備炉停止系 測定結果:約0.069 $\Delta k/k$ (自主検査の値) (2) 反応度停止余裕 ・ 主炉停止系 測定結果:約0.067 $\Delta k/k$ (自主検査の値) ・ 後備炉停止系 測定結果:臨界未満を確認した。 (3) 反応度添加率測定検査 測定結果:最大値 約 5.2×10^{-5} $\Delta k/k/s$ (FCR1)(自主検査の値)

(b) 研究開発目的で炉心及びプラントのデータを取得する試験

No.	試験名	概 要	試験結果
⑥	流量係数評価	1次冷却材の流量変化の影響で反応度がどの程度変わるかを測定することにより、炉心に係る研究開発データを取得する。	1次冷却材の流量変化の影響で反応度がどの程度変わるかを測定した。その結果、流量係数は約 -6×10^{-6} ($\Delta k/k/\%flow$)であることが分かった。
⑦	温度係数評価	1次冷却材の温度変化の影響で反応度がどの程度変わるかを測定することにより、炉心に係る研究開発データを取得する。	1次冷却材の温度変化の影響で反応度がどの程度変わるかを測定した結果、温度係数は約 -3×10^{-5} ($\Delta k/k/^\circ C$)であることが分かった。
⑧	フィードバック 反応度評価	出力を上昇させ、その変動を減衰させる固有の反応度フィードバックによって、プラントの自己安定化特性などに係る研究開発データを取得する。	制御棒を一定量引き抜いた後、そのまま操作を行わずにドップラー効果等の炉心固有の反応度フィードバックによってプラント状態が静定することを確認し、炉心特性の基礎データを取得した。
⑨	1次主冷却系循環 ポンプコスト ダウン特性確認	原子炉停止時、1次主冷却系循環ポンプをトリップさせ、流量減少の時間推移を確認する。	1次主冷却系循環ポンプの最低流量である49%流量からポニーモータ定格流量までの到達時間30秒であり、判定基準15秒以上を満足していることを確認した。また、100%流量から1次主冷却系循環ポンプを3台同時にトリップさせ、M-Gセットの回転慣性を付加した条件でフローコストダウン特性を測定した。
⑩	未臨界度測定法 適用性評価	高速炉における未臨界度測定手法(未臨界状態で反応度を測定する方法)の開発のためのデータを取得する。	未臨界度測定法の高速炉実機への適用性を評価するため、次のデータを取得した。予定されていた測定データが取得され、今後はデータ解析により適用性の検討を進める。 【炉雑音測定】 臨界状態から、制御棒を挿入し、未臨界度が、 -20ϕ ～臨界の間で中性子計装(SRM 2ch、仮設NIS 2ch)のデータから、中性子計装の測定値のゆらぎを測定した。 【逆動特性測定】 臨界状態から制御棒を挿入、引抜きし、未臨界度が約 -100ϕ ～約 -2ϕ の間で、中性子計装(SRM 2ch、仮設NIS 2ch)のデータを測定した。 【ロッド・ドロップ】 浅い未臨界(-2ϕ)から制御棒1本を落下させ、計数率の変化データを測定した。

(2) プラント運転操作を伴わない試験

No.	試験名	概要	試験結果
⑪	空間線量当量率確認	原子炉が臨界に到達した後、零出力で運転されている状態で、プラント内各所の線量当量率等を測定する。	プラント内各所(エリアモニタ等放射線監視設備114ch、線量当量率サーベイ334点、粒子上放射性物質濃度等測定49点)の放射線状況を確認した結果、法令に定める管理区域設定基準又はしゃへい設計基準以下であること等を確認した。
⑫	ナトリウム純度確認	ナトリウムのサンプリング・分析により、ナトリウムの純度を確認する。	1次系ナトリウムの酸素濃度及び2次ナトリウム酸素濃度は、2.3ppm、1.6ppm程度であり、管理目標値である1次系:3ppm以下、2次系:10ppm以下であることを確認した。
⑬	ナトリウム放射化量評価	ナトリウムのサンプリング・分析により、ナトリウムの放射化量を確認する。	1次系ナトリウム中のNa-22、Na-24の濃度はそれぞれ50Bq/g、150Bq/g程度であることを確認した。なお、100%出力運転時におけるNa-22、Na-24の濃度の計算値はそれぞれ 6.48×10^4 Bq/g、 1.12×10^9 Bq/gである。
⑭	アルゴンガス純度確認	アルゴンガスのサンプリング・分析により、アルゴンガスの純度を確認する。	1次系、2次系等のアルゴアンガス中に含まれる窒素等の濃度を測定した。アルゴアンガス中の窒素濃度が1次系40ppm、2次系20ppm程度であり、それぞれ管理要領にある基準値7500ppm、15000ppm以内であることを確認した。
⑮	放出放射性物質挙動評価	1次主冷却系、2次主冷却系など各系統及び各部屋のトリチウム濃度を測定する。	1次主冷却系、2次主冷却系など各系統及び各部屋のトリチウム濃度を測定した結果、測定値が法令基準値以下であることを確認した。
⑯	新型ナトリウム温度計特性評価	2次主冷却系Cループ蒸発器出口配管部に外付け設置した超音波温度計の基本特性を確認し、実機適用性を評価するためのデータを取得する。	系統温度変化時において超音波温度計の指示値と従来の熱電対温度計とを比較した。その結果、今回の試験条件においては、同等の値を示すことを確認した。
⑰	圧力損失変化評価	炉心を含んだ1次主冷却系の圧力損失の経時変化について、基礎データを取得する。	1次主冷却系のポンプの回転数や出口圧力、流量、などを測定し1次主冷却系の圧力損失の変化を評価した。その結果、炉心確認試験期間中、圧力損失の変化は見られなかった。
⑱	燃焼係数評価	Pu-241崩壊による反応度の減少傾向を評価する。	炉心確認試験期間中の反応度の減少は約0.01% $\Delta k/k$ であった。
⑲	炉内中性子源効果評価	外部中性子源(炉心に装荷している中性子源集合体)と燃焼により燃料から生成された内部中性子源の寄与を評価する。	性能試験期間中(炉心確認試験～出力上昇試験)の測定のうち、予定された炉心確認試験段階での測定を取得した。今後、出力運転期間の測定により、外部中性子源(中性子源集合体のカリフォルニウム252)と内部中性子源(燃焼により生成される核種)の計数率への寄与を評価する。
⑳	崩壊熱評価	出力上昇試験で行われる崩壊熱評価に向けて、冷却系の熱容量を評価する。	1次主冷却系温度変化率の異なる昇温条件で、温度変化率、1次主ポンプからの入熱量、空気冷却器からの放熱量などから、1次及び2次主冷却系の熱容量を評価し、出力上昇試験における崩壊熱評価で使用する基礎データを得た。

原子炉起動前・停止後点検の実施 → 計6回実施し、点検手順を確立
 従来から、起動前点検として現場点検と机上点検を実施。机上点検としては、定期的な検査等の通知、起動前試験、プラント起動曲線の作成のみであったが、新たに
 保修票完了確認、作業票未完了確認、ジャンパ・リフト確認を追加。

炉心確認試験時の運転体制

- (1)各当直班は、8名以上で構成
 当直長、当直長補佐、上級運転員、中級運転員、初級運転員、(訓練運転員)
- (2)発電課試験班がプラント操作を応援
- (3)制御棒操作は、中級及び上級運転員に限定して実施



制御棒操作状況

プラント操作を伴う炉心確認試験

炉心確認試験における運転管理実績とその反映

- ①当直班の中級及び上級運転員全員が制御棒操作を経験(制御棒操作を伴う試験時間:延べ640時間以上)
 ⇒ 3種類の制御棒(BCR、CCR、FCR)の引抜き及び挿入特性を体感し、それぞれの引抜き及び挿入速度を把握できたことから、運転操作を習熟し制御棒操作精度が大きく改善
- ②微調整棒(FCR)挿入操作の一時中断を経験
 ⇒ 試験操作手順書を直ちに改善するとともに、他の制御棒操作を伴う運転手順書へも水平展開して改善を実施。さらに、運転員の研修資料も改善を実施
- ③炉心確認試験前に整備した原子炉起動前及び停止後点検手順を用いた点検を実施
 ⇒ 原子炉起動前及び停止後点検手順を確立。今後、40%出力プラント確認試験に向けてさらなる改善を進める
- ④様々な警報発報への対応を経験
 ⇒ 通報連絡のさらなる改善、公表に係るコンセンサス醸成に反映

試験期間中に経験した不具合について

- ・ 炉心確認試験中に発生した不具合32件について、何れも原子炉施設の安全確保の観点から問題となる事象ではなかった。
- ・ これら不具合のうち、26件については水平展開を含め全て完了、3件は直接的な処置まで完了、2件は原因究明まで完了している。FFD-CG法破損燃料検出装置(プレシピテータ)の不具合については、引き続き、原因究明、対策検討を行う。
- ・ 試験期間中に発生した不具合については、運転再開までに実施した点検や試運転、機能確認など、設備健全性確認では把握できなかったものがある。

これら試験期間中に健在化した不具合については、以下のとおり、今後の保守管理へ反映する。

○ 運転再開前の点検または、点検後の短期間の試運転、機能確認では発見できなかった不具合

- ・ 「FFD CG法プレシピテータ計数率高」警報
- ・ 「1次主循環ポンプC-MGセット制御盤異常」警報
- ・ 1次アルゴンガス系冷凍機(A)の潤滑油漏れ など

○ 経年劣化による故障

- ・ 1次系MGセット制御盤故障
(ポテンシオメータの接触不良)
- ・ 非常用ディーゼル発電機(A) (AVR基盤不良) など

○ 運転状態等を考慮した機能確認を実施

1. 原子炉、ナトリウム系については、5月から7月に実施した炉心確認試験での不具合について、水平展開を含め対応
⇒ 経年劣化への対応、同種設備への水平展開、原因究明を踏まえた設備更新など。
2. 水・蒸気系、タービン系の機能確認に反映
⇒ 当該設備の点検後、各系統を順次運転し、点検や短期間の試運転では確認できないトラブルに対して、数ヶ月の機能確認試験の過程で不具合を洗い出し、必要な措置を実施。

○ 計画的に取替計画等を作成し、保全計画へ反映

- ・ 設備・機器に対する経年劣化の観点から、取替計画の妥当性を再確認し、必要に応じて、保全プログラムに反映していく。

【経緯】

- ・ 試運転再開後、天候の変化や運転操作等の一時的な外乱による多くの警報発報を経験した。
- ・ これまでは、警報発報の原因が明確であり、かつ、安全に影響を及ぼすことなく、プラント操作上も問題ないと考えられる警報については、一時的なものとして、リセット措置を行うことで、特段の対策、対応は行わないものがあった。
- ・ 今回、炉心確認試験時に発報した天候による外乱等の警報に対して、適正化の対応措置を行った。

【改善策の事例】

・「炉外燃料貯蔵槽(EVST)共通配管室圧力(狭域)高/低」

低警報： 窒素雰囲気の微正圧を維持することにより空気(酸素)のインリーク防止する機能に対して、機能喪失した場合に検知する目的の警報。

⇒ 当該機能は、既設の酸素濃度計で監視可能であるため、低警報に対してインリーク防止対策として警報の適正化処置を講じた(5/28)。

対策効果： 運転期間中、当該警報の発報件数： 変更前約330件(5/8～31) ⇒適正化後 0件(6/1～)

【今後の対応】

・天候の変化や運転操作等の一時的な外乱等により日常的に発報が見受けられる警報※について、対策内容・発生頻度等の技術的評価を踏まえた上で、引き続き警報の適正化を図っていく。

※: 40%出力プラント確認試験開始までについては、次の警報について改善効果も含めて検討し、適正化を図る予定である。

- ・ 補助冷却設備補助盤故障 (機器冷油ポンプ定例運転による「潤滑油圧力低」)
- ・ 2次ナトリウム純化系 純化流量低 (電圧の変動による流量低下)
- ・ 原子炉容器(R/V)室圧力(狭域)高/低、 主冷室(A~C)(狭域)高/低、 炉外燃料貯蔵槽(EVST)室圧力(狭域)高/低 (天候の変化による発報について頻度低減を図る)

○ 試験期間中の不適合(保修票を含む)の管理

(1) 不適合管理委員会: 毎朝開催

発生した不適合事象、保修票の内容を確認し、試験へ影響する案件、至急対応が必要な案件を抽出した。

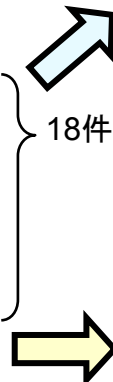
(2) 評価会議: 原子炉起動前に開催

各評価会議では、原子炉起動までに処置「要」となった案件について、対応が完了していることを確認した。

- (1) 表1に不適合の区分とそれに対する処理方法、帳票(品質記録)を示す。
- (2) 不適合発生時、設備の故障に関するものは保修票を発行し、それ以外の不適合(誤記、ヒューマンエラー等)では不適合報告書を発行する。
- (3) 保修票のうち、区分A, B, Cに相当する処理(是正処置)が必要な場合は、新たに不適合報告書を発行し、その中で是正処置を行う。(【例】機器が故障し、法令報告事象の場合は、保修票と不適合報告書が発行され、処理、管理される。)

【表1 不適合の区分】

区分	定義	処理方法		帳票(品質記録)	
		不適合の除去	是正処置	設備以外の不適合 (誤記、ヒューマンエラー等)	設備の不適合 (故障、調査等)
A	法令報告事象	○	○	不適合報告書	設備の不適合 (故障、調査等)
B	区分Aに準じた不適合事象	○	○		
C	是正処置あるいは予防処置が必要と判断した不適合事象	○	○		
D	区分A~Cに該当しない不適合事象	○	---	不適合報告書発行 不適合の除去がなされる	不適合報告書(A,B,C) 保修票(A,B,C,D)



【表2 不適合事象(区分C以上)の処理状況】(7月22日現在)

是正処置期限	発生件数	是正処置			備考
		計画検討中	実施中	完了	
①各評価会議までに処置「要」	3			3	5月21日までに3件すべて是正処置完了
1) 第2回評価会議(5月22日)	(3)			(3)	
2) 第3回評価会議(5月31日)	(0)				
3) 第4回評価会議(6月3日)	(0)				
4) 第5回評価会議(6月15日)	(0)				
5) 第6回評価会議(7月6日)	(0)				
②燃料交換前までに処置「要」	2			2	
③40%出力フラント確認試験前までに処置「要」	3		1	2	
④確認試験・燃料交換に影響しない	10	6	3	1	
合計	18	6	4	8	

【表3 保修票(設備の故障)の処理状況】(7月22日現在)

保修完了期限	発生件数	処理中	保修完了	備考
①各評価会議までに処置「要」	6		6	
1) 第2回評価会議(5月22日)	(0)			
2) 第3回評価会議(5月31日)	(0)			
3) 第4回評価会議(6月3日)	(0)			
4) 第5回評価会議(6月15日)	(0)			
5) 第6回評価会議(7月6日)	(6)		(6)	7月6日までに6件すべて保修完了
②燃料交換前までに処置「要」	4	1	3	
③40%出力フラント確認試験前までに処置「要」	43	22	21	
④確認試験・燃料交換に影響しない	14	10	4	
合計	67	33	34	

まとめ

- ① 試験期間中、原子炉停止を必要とする不適合事象の発生はなし。(発生事象は、区分C、Dの事象)
- ② 発生した不適合事象は不適合管理委員会、評価会議で処理状況を確認し、計画通り原子炉を起動することが出来た。
- ③ 発生した不適合については、処理状況をフォロー：月間不適合管理委員会にて処理状況を確認した。(不適合、保修票)

評価会議に際して、試験実施体制と実施方法並びに、試験中に発生した一連の不具合等に対する取組みについて、敦賀本部として、第3者的な観点からのレビュー(計5回)を実施。

<レビュー結果>

(1) 炉心確認試験の実施体制と実施方法の見直し

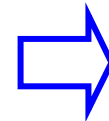
- ・試験体制(3班3交替への変更等)と試験実施方法(臨界近接方法)の見直し
- ・試験を行う班と、測定データを整理・評価するチームを分けて編成



ほぼ計画どおりに
試験が実施された

(2) 試験に関する情報共有の改善

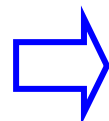
- ・3交替時等の試験班から試験班へ、試験日報を使用した引継ぎの実施
- ・所内での毎朝のデイリーミーティングの開催と資料のメール配信による周知
- ・夜間の試験進捗状況の所内での情報共有をルール化



情報共有が確実に
行われた

(3) プラント起動曲線の策定と試験実績

- ・「プラント起動曲線」に記載する操作の時間余裕の適正化
- ・プラント起動曲線の記載方法の見直し



各プロセス量はプ
ラント起動曲線の
記載の範囲内で
推移した

(4) 一連の不具合等に対する取組み

- ・「運転管理向上検討チーム」(運転管理担当副所長ヘッド)を設置(5月15日)し、全所的に対応
- ・炉心確認試験期間中に発生した不具合等の検討だけでなく、今後の40%出力プラント確認試験、出力上昇試験に向けた中・長期的項目についても検討

<40%出力プラント確認試験に向けた留意事項>

(1) 試験の実施体制及び実施方法

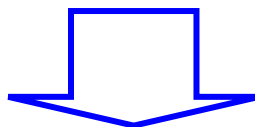
- ・試験計画の策定に当たっては、炉心確認試験の実績及び前回の性能試験を踏まえ、臨界操作や試験時間についてより現実的な計画となるよう留意すること。
- ・試験班員の編成に当たっては、夜間の体制も含めて、余裕を見越した人員編成とすること。また、試験を実施する班と、測定データを整理・評価する班を分けて組織し、全体として効率的に試験が進められるようにすること。
- ・炉心確認試験の経験者と新たな試験員を組み合わせるなど、人材の育成に配慮した構成とすること。

(2) 情報共有

- ・試験班から試験班の引継ぎ、試験の状況に関する所内の情報共有については、今回と同様、積極的に進めること。
- ・試験に当たっては、機構内(もんじゅ、敦賀本部、東京事務所等)及び関係機関との情報共有が重要であり、機構内の情報共有について関係先等を検討し、積極的に進めること。

(3) 保守管理

- ・「運転管理向上検討チーム」の活動は、中・長期的に検討する項目を明確にして、今後とも継続していくことが有効である。
- ・CG法プレシプタータの原因究明を確実に行うとともに、今後の改造等も含めた運用の考え方を早急に確定すること。
- ・警報に関する考え方の再整理と分類について、引き続き、検討を進めること。



本レビュー活動は自主的活動であり、炉心確認試験の実施に対し有効に機能したものと判断

○不具合発生時、関係機関への迅速な連絡と重要度に応じた公表を行うことによって、充実した提供情報と透明性を確保しながら、炉心確認試験を実施した。

試運転再開後の通報・公表の変遷

- (1) 14年ぶりの試運転再開に際し、いろいろな警報や不具合事象の発生を想定し、透明性を確保しつつ炉心確認試験を実施する観点から、警報発報情報や不具合事象についても速やかに通報・公表を行う方針とした。
- (2) その後、警報発報情報や保修票発行事象のうち、原子炉施設の安全確保、プラント運用に影響しない設備・機器の不具合については、定例プレス(日報)で公表することとした。(5月19日より運用)
- (3) 通報並びに公表に係る運用の経験を踏まえ、警報発報情報及び保修票発行事象について、重要度に応じた公表の目安を再整理し、運用を行うこととした。(5月23日より運用)

外部連絡における改善

- ・迅速かつ丁寧な情報提供のため試験情報専任者を設置した。(途中から4名→6名へ増員)
- ・トラブル発生時、緊急対策室での各役割の責任者を明確化し、保安院始め関係機関へタイムリーに情報提供した。

情報集約における改善

- ・現場の原因究明作業に加え、情報提供作業体制の強化を行った。
- ・集約すべき情報を整理(プレス文、想定QAのひな形の活用)し、提供情報を充実することにより、分かりやすいプレス文案の作成と情報発信の迅速化を図った。

公表における改善

- ・透明性を確保しつつ重要度に応じた公表を行うため、今後も「透明性」に関する社会のニーズ、関係者の意見を踏まえ、適切に情報公開を進め、一層の信頼の醸成を図る。

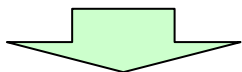
安全を最優先に透明性を確保し取り組むという基本方針の下、以下の通り適宜改善を図りながら公表に取り組んできた。

【速やかに公表】

- トラブル情報(法令報告事象)
- 保全品質情報(軽微な事象であるが保安活動の向上の観点から公表する情報)の一部
- プラント状況、試験操作等に問題ないものの、炉心確認試験工程に影響を及ぼす可能性のある場合又は及ぼす場合

【定例プレス時に公表】

- 原子炉施設の安全確保、プラント運用に影響しない自主保安設備、機器の軽微な不具合が発生し、復旧を行う場合



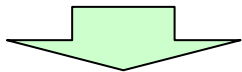
H22.5.6 プレシテータ警報が発生し、直ちにリセットした事象の反映→警報発報事象
H22.5.7 上記のプレシテータが2度目の警報を発報し、保修票を発行したことの反映→保修票発行事象

【速やかに公表】

- トラブル情報(法令報告事象)
- 保全品質情報(軽微な事象であるが保安活動の向上の観点から公表する情報)の一部
- プラント状況、試験操作等に問題ないものの、炉心確認試験工程に影響を及ぼす可能性のある場合又は及ぼす場合

【定例プレス時に公表】

- 警報発報事象
- 保修票発行事象



警報にはプラントの状態を示すもの、試験や運転操作により発報するものがあることを反映
→ 運転管理情報(設備操作(運転/作業)、系統状態(停止含む)の一時的変動、天候等自然現象及び試験に伴う警報)の除外
保修票発行案件には、通常の点検で保修票が発行されるものがあることを反映
→ 軽微な保守案件(点検等による計画的補修等及び日常の手入れ・修理等)の除外

H22年5月23日 炉心確認試験中のトラブルの公表の目安として定めた。

【速やかに公表】

- トラブル情報(法令報告事象)
- 保全品質情報(軽微な事象であるが保安活動の向上の観点から公表する情報)の一部

【定例プレス時に公表】

- 警報発報事象(運転管理情報を除く)
- 保修票発行事象(軽微な保守案件を除く)
- プラント状況、試験操作等に問題ないものの、炉心確認試験工程に影響を及ぼす可能性のある場合又は及ぼす場合

区分	公表の考え方	事 例
区分Ⅰ 速やかに公表	①トラブル情報 (法令報告事象)	(1) 計画外に原子炉を停止(全制御棒の挿入)した場合 (2) 原子炉施設の故障により運転上の制限を逸脱した場合 等
	②保全品質情報 (軽微な事象であるが、保安活動の向上の観点から公表する情報)	(1) 運転上の制限の逸脱 (2) 原子炉施設の安全確保(止める、冷やす、閉じ込める)に係る事象 等 例) 制御棒挿入の一時中断(H22.5.10)
区分Ⅱ 定例プレス	③警報発報情報 (運転管理情報を除く) ④保修票発行事象 (軽微な保守案件を除く) ⑤炉心確認試験工程に影響を及ぼす可能性のある場合又は及ぼす場合	例) プレシピテータ計数率高の警報発報(H22. 5. 6) 中央計算機軽故障警報の発報(H22.5.11) 例) 格納容器床下窒素雰囲気酸素濃度計の停止(H22.5.14)

注)

- ・上記の具体的事例については、今後の運用状況も踏まえ、適宜見直しを行う。
- ・トラブル等により公表した事例については、その後の原因や対策などについても公表していく。
- ・情報の発信にあたっては、その事象による環境への影響などについても、よりきめ細やかに発信する。
- ・今後も透明性の確保に向けて取り組むとともに、迷うような事例については、上位の区分で公表するよう取り組む。

《区分Ⅰ、区分Ⅱに該当しないもの》

【運転管理情報】

- (1) 試験に伴う警報発報
- (2) 設備操作(運転/作業)による警報発報
- (3) 系統状態(停止含む)の一時的変動による警報発報
- (4) 天候等自然現象による警報発報

- 例) 「常用エアロック開」警報の発報
 例) 「予熱温度高」警報の発報(H22.5.8)
 「ベーパートラップ出口温度低」警報の発報(H22.5.9)
 例) 「EVST共通配管室圧力(狭域)高/低」警報の発報

【軽微な保守案件】

- (1) 点検等による計画的補修等
- (2) 日常的手入れ・修理等


- 例) 停止中設備(水・蒸気系設備等)の計器点検における計器校正、計器交換・補修等
 例) 電源盤鍵の修理、手すりの腐食の修理等

1. 安全最優先のもと、透明性の確保に努め、性能試験(炉心確認試験)を順調に進め、20項目の試験を全て終了した。その結果、長期停止プラントを安全に起動させるとともに、アメリシウムを多く含む炉心の安全性確認や炉物理データの取得など着実に成果を得た。
2. 発生した不具合事象、並びに想定していない警報発報等について公表し、透明性の確保に努めた。発生した不具合事象については、原因究明、対策、水平展開など必要な取り組みを実施してきている。
3. 今後は、40%出力プラント確認試験に向けて、炉心確認試験の経験を反映した運転管理・保守管理を実施していくとともに、燃料交換、水・蒸気系設備の機能確認試験等を実施し、準備を進めていく。
4. 炉心確認試験で得られた試験結果を評価し、高速増殖炉の実用化に反映していく。
5. 引き続き、「もんじゅ」の安全確保を最優先とし、透明性を高めた計画的な業務運営に機構をあげて取り組む。

1. 試運転開始前、試験期間中の評価のポイントを設定した試験前準備状況等の確認


① 評価のポイント(ホールドポイント)を段階毎に設け、プラントの安全性を確認しながら慎重に実施した。

- ◇ 必要な機器の作動試験の結果を確認し、安全上重要な設備の動作等が良好であること、また、原子炉が起動できるプラントの系統構成になっていることを確認
- ◇ 作業票、保修票、不適合処理などの管理状況を確認し、原子炉の起動に問題ないことを確認

 40%出力プラント確認試験においても、ホールドポイント毎に安全確認を実施していく。

② 炉心確認試験工程等の社内レビューを実施した。


- ◇ 炉心確認試験の計画と実績との相違を分析し、試験実施方法、体制の必要な見直しを行っている。
- ◇ トラブル対応時の工程管理についても、工程調整会議において必要な工程変更が調整され、階層的に管理する体制となっている。保守管理を前提とした工程管理を行うことを基本方針としている。

 ・40%出力プラント確認試験計画の策定に当たっては、炉心確認試験の経験を踏まえ、試験の内容、計画、体制の検討を行い、一層の安全の確保を図る。
 ・40%出力プラント確認試験においても、同様のレビューを実施し、必要に応じて試験実施方法、体制の見直しを行いながら実施していく。
 ・工程管理についても、引き続き保守管理を前提とすることを基本方針として実施していく。

2. 運転管理の改善


① 原子炉起動前、停止後点検手順の改善

- ◇ 原子炉起動前、停止後点検手順について、炉心確認試験前に改訂を行い、原子炉起動前及び停止後毎に点検を実施した。

 プラントの起動、停止等の運転経験を、40%出力プラント確認試験(水・蒸気設備も含めた試運転)の工程策定、体制構築、試験要領策定等へ反映する。

② 多発警報の改善


- ◇ 炉心確認試験期間中に、警報が多数発報したが、その中にはプラントの異常を示すよりもプラント状態を示すものが多かった。

 運転管理情報としての警報設定に係る設計の考え方の整理と改善策の検討を継続して実施する。

3. 保守管理の改善

① 不具合事象に対する水平展開と保全計画等への反映

- ◇ 炉心確認試験期間中、原子炉施設の安全性に影響を及ぼす不具合事象の発生は無かったが、多数の警報発報事象が発生し、その不適合措置として保修票を発行した。

 ・安全かつ安定に40%出力試験を実施するため、今後、同様の不具合の発生をできる限り少なくするための対策を実施していく。
 ・試運転中に発生した不具合を踏まえ、電気・計装品、回転機器などは、経年劣化や、振動による不具合の観点から評価を行い、必要な点検見直しについては保全計画に反映する。


【つづき】

- ・破損燃料検出装置プレシピテータについては、検出器内部への異物混入が判明したが、引き続き原因究明と対策の検討を実施し、40%プラント確認試験までに対策を完了する。
- ・「もんじゅ」特有の設備(プレシピテータ、ナトリウム漏えい検出器、水漏えい検出設備等の研究開発要素があり「もんじゅ」で実証すべき設備)の位置付けの明確化など、信頼性向上に向けた取組みを継続する。

4. 不具合事象等の公表について


① 原子炉の安全に影響を及ぼさない軽微な事象の公表

- ◇ 炉心確認試験期間中は、原子炉運転に伴い、透明性を確保し、社会の安心を得るため、原子炉の安全に影響を及ぼさない軽微な事象についても、積極的に公表した。一方で、受け手を考慮した発信情報の整理の必要性を認識した。

 社会のニーズや関係者の意見を踏まえ、適切に情報公開を進め、一層の信頼性の醸成を図る。

② 公表の目安の策定とそれに従った公表

- ◇ 炉心確認試験期間中の公表については、運転操作に伴い発生する警報、日常の手入れ・修理に該当する軽微な保守案件などは除外するなどの公表の目安を策定し、それに従い公表を行った。

 重要度・社会のニーズに応じた公表という観点から、プラントの異常を示す警報、プラント状態を示す警報など、炉心確認試験中の経験を踏まえ、公表の目安の再整理を行う。

参考資料

- 参考① 炉心確認試験中に発生した不具合事象について 39頁
- 参考② プレシピテータ計数率高の原因と対策 51頁

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
1	平成22年 5月6日 5月7日 5月9日	「FFD CG法プレシ ピテータ計数率高」 警報の発報 (調査中) 保修票発行③※	<ul style="list-style-type: none"> カバーガス法破損燃料検出装置の検出器(プレシピテータ)3台のうち、A号機で計数率が高くなり警報が発報した。このためA号機での測定を停止。 5月9日C号機でも同様な兆候が見られたため、C号機も測定停止。 	<ul style="list-style-type: none"> 制御装置を作動した状態で、高圧/低圧電源の印加状態にてノイズが重畳することが判明。 原因は、プレシピテータの検出器内部に金属微粉末(SUS粒子等)の異物が混入したことにより、高電圧印加に伴い、部分放電と電磁ノイズが発生したと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 試験中における破損燃料の検出は、FFD-CG法ガンマ線計測装置及び1次アルゴンガスモニタにより監視を行う。 アルゴンガス供給系に金属微粉末混入を防止するフィルタの設置を検討する。 引き続き原因究明と対策を実施。
2	平成22年 5月8日	「予熱温度高」警報 の発報 (完了) 保修票発行④※	<ul style="list-style-type: none"> 1次メンテナンス冷却系ベントラインの配管部(ナトリウム配管)をヒータにより加温している箇所において、監視温度が高くなったことを示す警報(予熱温度高)が発報した。 	<ul style="list-style-type: none"> 配管回りのヒータはON、OFF制御しているが、周辺の監視温度のピークが一時的に警報設定(250℃)以上となった。 	<ul style="list-style-type: none"> 設備への影響がないことを評価したうえで、警報設定値を250℃から260℃に変更した(5/8)。 変更した部位に隣接する配管回りの制御が正常で予熱温度に問題がないことを確認した(5/8)。 40%出力試験において温度設定を検討・調整する予定。
3	平成22年 5月9日	「2次主冷却系A ループタンクベーパ トラップ出口温度 低」警報の発報 (完了)	<ul style="list-style-type: none"> 2次系Aループにあるナトリウムタンク用のベーパトラップ(アルゴンガス中にあるナトリウムを除去する装置)は、ベーパトラップ出口のアルゴンガス温度を一定となるよう制御しているが、アルゴンガスを排気する時にベーパトラップ出口温度が低くなったため、警報が発報した。 	<ul style="list-style-type: none"> 2次アルゴンガスの排気時における一時的な出口温度の変動低下によるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該ベーパトラップ冷却用送風機の風量調整を実施した(5/20)。 40%出力試験において温度設定を検討・調整する予定。

※不適合 : ①; 評価会議までに処置要、②; 燃料交換前までに処置が必要なもの、③; 40%出力プラント確認試験前までに処置が必要なもの、④試験、燃料交換に影響しないもの
 保修票発行: ②; 燃料交換前までに処置が必要なもの、③; 40%出力プラント確認試験前までに処置が必要なもの、④; 試験、燃料交換に影響しないもの

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
4	平成22年 5月9日	「処理水pH 低」警報の発報 (完了)	・停止中の一般排水の処理設備において、pHを測定する測定ポット内のpHが低くなったため、警報が発報した。	・検出器ポット内の溜まり水に空気中の炭酸ガス等が溶け込み、pHが低下したものと推定(現在、水蒸気系設備が停止中であるため、本処理設備の定期的な放流は停止中であるが、水蒸気系設備の運転開始後は定期的に溜まり水のバッチ処理が行われpH濃度が低くなることはない)	・設備上の問題はない。 ・警報機能が要求されない設備停止中においては、常時検出ポットに少量の水が流れるようにすることにより、警報発報しないように対策した(6/21)。
5	平成22年 5月10日	制御棒挿入操作時の一時中断について (完了) 不適合①※	・原子炉を未臨界とするため、微調整用制御棒(1本)の挿入操作として、全挿入位置の6mm手前から間欠挿入操作を実施していたところ、残り3mm付近で挿入位置の変化がなかったことから、試験運転員はより慎重な操作を図るため、挿入操作を一時中断した。	・原子炉起動状態(原子炉起動モード選択)では、微調整用制御棒は、全挿入位置の残り3mm付近から挿入速度が遅くなることについて、全運転員への教育・周知が不十分で、反応度測定検査制御棒操作手順書にもそのことの記載がなかった。	・全運転員と試験員等合計65名に対し、制御棒操作に係る再教育を実施。(5/11~19) ・反応度測定検査制御棒操作手順書に、挿入速度が遅くなることを記載(5/10)。 ・制御棒操作を伴う他の運転手順書についても改訂を実施した(5/26)。
6	平成22年 5月11日	「中央計算機軽故障」(燃料取扱系計算機の伝送異常)警報の発報 (完了) 保修票発行③※	・燃料取扱設備の情報を燃料取扱系計算機から中央計算機に伝送しているが、その伝送が一時的に不調となり、警報が発報した。	・燃料取扱系計算機と中央計算機との間で伝送処理エラーが一過性で発生したものと推定。	・処理エラーの分析と今後の状態を把握するため、伝送異常を感知する装置を設置し(5/30)、調査を実施。再現性がなかったことから、事象は一過性のもので設備は健全なものと判断した(7/16)。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
7	平成22年 5月14日	格納容器床下窒素雰 囲気酸素濃度計の停 止 (完了) 保守票発行③※	・格納容器床下の窒素雰囲気室内 での酸素濃度を測定している装 置が停止していることを確認。	・装置停止の警報が発信して いないことから、何らかの要 因(ノイズ)でポンプが停止 したと推定。	・ノイズによる自動停止回避のた め、格納容器隔離信号等に対し、 タイマー(0.5秒)を設置。(5/19) ・ノイズの侵入箇所を特定するた めに、可能性のある箇所に記録 計を接続し(5/19)、調査を実施。 再現性がなかったことから、事象 は一過性のもので設備は健全な ものと判断した。(7/16)
8	平成22年 5月17日	「プロセスモニタ故 障」(放射線管理室排 気モニタラック異常) 警報の発報 (完了) 不適合①※ 保守票発行③※	・放射線管理室の換気系(排気)で 放射能を監視しているモニタ装 置において、サンプル流量異常によ りサンプルポンプが停止し、故障 警報が発報した。	・モニタ内にある「ろ紙送り装 置」において、ロール状のろ 紙が正しく取付けられてい なかったため、ろ紙がローラ から徐々にズレ、サンプル 流量が増加したもの。	・ろ紙計測器入口部とろ紙フィルタ が接触しないようにろ紙送り装 置へのろ紙フィルタの設置方法を変 更した。(5/17) ・ろ紙交換時の確実な取り付けに ついて、保守員・協力会社員に再 教育を実施。(5/20~21)
9	平成22年 5月19日 5月23日 5月24日	「ナトリウム・水反応 生成物収納設備異 常」(酸素濃度高)警 報の発報 (完了) 保守票発行③※	・A、B、Cループの各ナトリウム・水 反応収納設備は8時間毎にサンプ リングラインを自動切替により酸 素濃度を計測していた。 ・CからAのサンプリングライン切替 時にナトリウム・水反応生成物収 納設備内の窒素ガス中の酸素濃 度が高くなったことを示す警報が 発報した。このときの指示値は、 警報設定より十分低い値で変化 なかった。	・仮設計器で確認した結果、 A、B、Cループの各ナトリウ ム・水反応収納設備は、8時 間毎にサンプリングラインが 自動で切替るが、その切替時 において、酸素濃度の指示 値が一時的に上昇することを 確認。	・サンプリング流量を調整したこと により、切替時のピークを低減で きた。 ・巡視点検時にサンプリング流量 確認及び調整を徹底するよう運 転員に周知した。(6/21) ・安全性に問題がないことを確認し た後、警報発報を適正化するた め、切替時のピークで発報しない ように警報をブロックするタイマ ーを設定した。(6/30)

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
10	平成22年 5月22日	「1次主循環ポンプC MGセット制御盤異常」警報の発報 (完了) (水平展開予定) 保修票発行③※	・プラント起動のために1次主循環ポンプMGセット一括起動操作を行ったところ、「C-MGセット制御盤異常」警報が一時的に発報し、即リセットした。	・MGセット起動過渡時に自動電圧調整装置の常用系と待機系の信号処理回路間に応答差が発生し、偏差大警報が発報したものと推定。 ・模擬信号による調査(5/29～30)の結果、待機系の制御回路の可変抵抗器(V/Hz設定器ポテンシオメータ)が一時的に接触不良になったことにより、偏差大の警報発報に至ったものと推定。	・C-MGセットの「待機系」制御回路の可変抵抗器の接触不良の原因と考えられる皮膜除去を実施。(5/30) ・5月31日の起動以降に過渡変化における偏差特性及び応答特性を確認した結果、偏差がないことを確認。(5/31～6/3) ・不具合が発生したV/Hz設定器ポテンシオメータは、部品を手配し交換する予定。 ・水平展開として、重要な機能を有する系統で7年以上使用したのものについて、40%出力試験開始までに可変抵抗器の取替え又は皮膜除去を行う。
11	平成22年 5月22日	反応度計(仮設計器)の不調 (完了) 不適合(D)	・反応度計(臨界状態を迅速に確認できる仮設計器)を使用する前に模擬信号で確認したところ、通常WRM(I～Ⅲ)を入力しているチャンネルが不調であることが分かった。このため、健全な予備のチャンネルを使用することとした。	・仮設計器の信号変換器部(アイソレータ部)が故障。	・原子炉停止中に基板交換を実施し復旧した(6/1)。
12	平成22年 5月23日	運転床上雰囲気止弁用のグラフィックパネル用のリミットスイッチの位置不良 (完了) 保修票発行③※	・格納容器床上空気雰囲気止弁のため、運転床上雰囲気止弁を「全開」から「全閉」としたが、中央制御室制御盤のグラフィックパネル表示が「開」(ランプ点灯)のままであり、「閉」(ランプ消灯)表示とならなかった。	・グラフィックパネルのリミットスイッチ動作不良。	・同弁のグラフィックパネル用のリミットスイッチの位置調整(5/29)を実施し、正常に作動することを確認。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
13	平成22年 5月22日 5月25日	「新燃料移送機 連動運転渋滞」 の警報発報に ついて (完了) (水平展開予 定) 不適合②※ 保修票発行②※	<ul style="list-style-type: none"> ・新燃料(33体)を新燃料貯蔵ラックから炉外燃料貯蔵槽に移送するため、新燃料移送機から地下台車へ吊り下ろす際、燃料集合体の方位角度に異常を示す警報が発報し、自動運転が停止した。(11体目取扱中に発生) ・同様な事象が5月25日に発生(14体目取扱中に発生。5月25日までに13体移送終了) 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料集合体の方位調整が適切にできなかったため、一時的に制御渋滞が発生。 ・自動制御盤を更新したことにより、測定した数値の変わり目をエラーとみなして誤読み込みする場合があったため、燃料集合体の方位調整が終了しなかった。このため、一時的に制御渋滞が発生し、警報が発報。 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料集合体の方位角度測定をグリッパ回転停止直後の瞬時測定から3秒間測定に変更し(5/23)、24日に再開。 ・自動制御盤ソフトウェアに誤読み込み防止回路の追加等を行った(6/7)。 ・模擬燃料集合体を使用して確認試験を実施し、連動運転渋滞警報が発報することなく、方位調整ができることを確認した。(6/7~10) ・燃料移送機自動制御盤更新と同時期に更新した制御盤に対して、水平展開を実施中。今後は燃料缶詰設備自動制御盤に対して誤読み込み防止回路の追加を行う。
14	平成22年 5月24日	高圧第2給水加熱器水位調節弁のシートリング補修 (完了) 保修票発行③※	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧第2給水加熱器水位調節弁の分解点検終了後に、弁箱にシートリングを取り付けるためインパクトレンチでシートリングを締め込んだ際、シートリングの凸状の2個の爪(長さ約19mm×幅約6mm×高さ約6mm)が折損した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シートリングの締付工具(インパクトレンチ)の締付力が大きく爪部が折損したものと推定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シートリングを新品に交換した。(6/26) ・シートリング爪部の強度に応じた、適正な工具を使用する。 ・配管内へ落下した損傷部品は、ファイバースコープと吸引機により回収した。(5/25) ・異物混入防止については、所内規則を改正し、部品の組込み作業等を行なう場合は開口部養生を行うこととした。(7/5)

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
15	平成22年 5月26日	メンテナスクレーンからの発煙 (完了) 不適合②※ 保修票発行②※	・メンテナンス・廃棄物処理建物の上部に設置されているメンテナスクレーン(主巻定格荷重:200トン、補巻定格荷重:30トン)の補巻を使用し、作業中にクレーンから発煙を確認した。	・ブレーキ隙間調整を行った際、ブレーキライニングの当たりが出ていないことを十分に考慮しなかったこと及びインテグレーション操作によるドラムの熱膨張が相まって、運転中にブレーキライニングとブレーキドラムが接触、過熱し発煙に至ったものと推定。	・ライニングを交換した(6/25)。製品誤差と荷重試験を踏まえた隙間調整値を今後の要領書に用いていく。 ・ブレーキライニング交換実績のあるクレーン(2台)について隙間測定・調整を実施した(6/30)。 ・消防への連絡については、所内規則を改正し、発煙を確認したときには消防へ通報することとした(5/27)。また、協力会社含む関係者に周知した(6/1)。
16	平成22年 5月27日	「補給水タンク水位高」警報の発報 (完了) 不適合③※	・補給水タンクの水位調節弁の点検を行うにあたり、前後弁を閉める前に水位調節弁の電源を切としたことから、当該弁が開となり、水が供給され補給水タンク内の水位が上昇し、警報が発報	・水位調節弁点検作業前の隔離作業に対して、認識不足による電源切操作を行ったことによるヒューマンエラー。 ・ヒューマンエラーは、①アイソレ作業でのコミュニケーション不足、②アイソレに関する確認行為が十分行われなかったことを主な要因とした。	・アイソレ実施・キャンセル依頼票において作業の順番を明記すること、及び担当課実施のアイソレ実施・キャンセルを実施する場合には、当直に連絡することをルール化し関連する手順書を改訂した(6/2)。 ・発生事象ならびに手順書改訂部の周知・教育を実施した(5/31～6/2)。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
17	平成22年 5月27日	「ドレン排出用窒素ガス圧力低」警報の発生 (完了) 保修票発行③※	・「気体廃棄物処理系異常」の警報が発報し、現場を確認したところ、ドレン排出用の窒素ガス圧力が低下し、「ドレン排出用窒素ガス圧力低」の警報(設定値:29kPa)が発生した。	・仕切り弁のグランド部及びフランジ部等について、漏えい確認を行い系統外への窒素ガスの漏えいがないことを確認。 ・配管内に密封された排出用窒素ガスの圧力低下の原因は、仕切り弁のシートリークと推定される。	・気体廃棄物処理系の運転には影響なし。 ・仕切り弁(7台)の分解点検を実施し、漏えい量が約1/10に改善した。(6/29) ・設備に影響がないことを評価したうえで、シートリークでは警報発報しないよう定期的に加圧するタイマーを設置した。(7/4)
18	平成22年 5月31日	中央制御盤のCRT(ディスプレイ画面)画面選択ボタンの補修について (対策準備中(部品待ち)) 保修票発行③※	・中央制御室の中央制御盤に設置しているCRT(No.7)において、中央監視盤に設置しているCRT(No.6)で提供するための画面選択ボタンが不調となり、選択ができなくなっていることを確認した。	・選択ボタンの不調。	・プラントの運転および監視に対して影響なし。 ・8月に選択ボタンを補修予定。
19	平成22年 6月4日	「1次補助系予熱制御盤故障」警報について (完了)	・「B 1次補助系予熱制御盤故障」の警報が発報し、現場を確認したところ、1次アルゴンガス系に設置されている原子炉容器ベーパトラップ(A)の容器表面温度が高くなったことを示す「予熱温度高」の警報(設定値:262℃)が発生した。	・試験準備のため、炉容器カバーガスの圧力設定を変更(約40→約55kPa)したことから、原子炉容器ベーパトラップに流れるアルゴンガスの循環流量が一時的に増加したため、ベーパトラップの容器表面の温度が高くなり警報が発報したものと推定。	・ベーパトラップに流れるアルゴンガスの温度を低下させるため、ベーパトラップの入口に設置してあるプロセス用ヒータの設定を400℃から300℃に変更し、警報をリセット。(6/4) その後、まわりの予熱温度に問題が無いことを確認。(6/5) ・40%出力試験において温度設定を検討・調整する予定。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
20	平成22年 6月11日	1次アルゴンガス系冷凍機(A)の潤滑油漏れについて (完了) (水平展開予定) 不適合③※ 保修票発行③※	<ul style="list-style-type: none"> ・現場確認において、1次アルゴンガス系冷凍機(A)潤滑油配管(銅パイプ直径約6.3mm)が破損して潤滑油が漏れていることを確認した。 ・冷凍機をAからBに切替を実施し、油の漏えいは停止。 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍機の振動により銅パイプが疲労破損したものと推定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・銅パイプを新品と交換し、銅パイプ回りに仮のサポートを追設し、A、B号機とも振動低減処置を実施した。(6/13) ・サポートの追設、配管バンドのボルト固定によりA、B号機とも恒久対策を実施した。(6/25) ・振動の高い他設備の冷凍機の銅パイプについて、振動低減処置を実施した。(7/6) なお、現在運転していない空調用冷媒冷凍機Aについては、平成22年度の設備点検時に振動測定し、必要な処置を行う。
21	平成22年 6月25日	ディーゼル発電機(A)の故障警報の発報について 保修票発行①※ (完了)	<ul style="list-style-type: none"> ・定期試験のためディーゼル発電機(A)を起動したところ「1A-D/G発電機故障」の警報が発報した。現場を確認したところ、「AVR*故障」の警報が発報しており、AVRの制御系は常用系から待機系(予備)に自動で切替っていることを確認した。 <p>*:自動電圧調整装置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・常用系AVRの自動パルス移相器の故障。(熱サイクル及び通電等の消耗による基板内ICの単品故障) 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動パルス移相器を交換し、定期試験を実施し、問題のないことを確認した。(7/1) ・B、C号機については、平成22年度の設備点検でAVRの点検を行う。また、計画的にAVRの更新を行う。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
22	平成22年 6月25日	空調用冷媒冷凍機(C)の潤滑油 滲みについて (完了) 保守票発行①※	<ul style="list-style-type: none"> 現場確認において、空調用冷媒冷凍機(C)*1の排ガス排出容器*2に取付けられている銅パイプ(直径約6mm)の継手部に、潤滑油の滲みを確認した。 *1: 原子炉格納容器の雰囲気調節設備に設置されている冷却コイルに供給する冷媒(代替フロン)を冷却する冷凍機。 *2: 冷凍機に混入した不凝縮ガス(空気)を凝縮器より抽出し取り出す装置。 	<ul style="list-style-type: none"> 冷凍機の振動により銅パイプの継手部が疲労し、亀裂が進展したものと推定。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該銅パイプを交換し、滲みがないことを確認した。(6/25) 銅パイプの振動の高い箇所について、サポートの追設、配管バンドのボルト固定により振動低減処置を実施した。(7/3)
23	平成22年 7月1日	排水モニタ故障 警報の発報について (完了)	<ul style="list-style-type: none"> 放水口における排水中の放射能を監視している排水モニタにおいて、ストレーナレベル高により2系統のモニタのうちB系統のサンプルポンプが停止し、故障警報が発報した。 	<ul style="list-style-type: none"> ストレーナ出口配管の空気抜き孔が異物(海草類)により一時的に閉塞し、配管内に空気だまりが生じたため、ストレーナからの排水の流れが悪くなり水位が上昇したものと推定。 	<ul style="list-style-type: none"> サンプルポンプを再起動し、排水モニタBの監視機能は復帰した。(7/1) なお、排水モニタは2系統を常時運転しているため、1系統が停止しても監視機能は維持される。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
24	平成22年 7月7日	「275kV碍子洗 浄装置故障」警 報の発報につい て (完了) 不適合④※	<ul style="list-style-type: none"> 定期的実施している碍子洗浄を実施したところ、「275kV碍子洗浄装置*1故障」の警報が発報した。現場を確認したところ、汚損検出器*2に水を供給する原水タンクの「水位低下」の警報が発報していた。 *1: 外部との受送電を行う「275kV特高開閉所」に設置されている絶縁用碍子を洗浄する装置。 *2: 測定用碍子を洗浄し、碍子への塩分等の付着程度を洗浄水の電導度によって測定する装置。 	<ul style="list-style-type: none"> 汚損検出器に水が供給された際に、原水タンクに水を補給するラインの元弁が閉まっていたため、タンクに水が補給されなかったことによるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> 水を補給するラインの元弁を開いて水を供給することにより、警報をリセットした。また、元弁をチェーン及び鍵により施錠し、「開ロック」表示を取り付けた。(7/7)
25	平成22年 7月9日	炉外燃料貯蔵設 備冷却系のナト リウム漏えい検 出設備サンプリ ングポンプの切 替えについて (完了) 不適合④※ 保修票発行②※	<ul style="list-style-type: none"> Bループの炉外燃料貯蔵槽の出入口配管部の漏えい監視を行っている差圧式ナトリウム漏えい検出設備(DPD)のサンプリングポンプについて運転音がやや大きいことを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> B号機については予備品と交換し、交換したB号機のサンプリングポンプについては、メーカーの工場において原因を調査し報告を受ける予定。 	<ul style="list-style-type: none"> 念のためサンプリングポンプをB号機からA号機に切替えた。(7/9) 予防保全の観点から予備品に交換し、運転状態に異常のないことを確認した。(7/18)
26	平成22年 7月11日	固体廃棄物貯蔵 庫パッケージエ アコンの故障に ついて (完了) 保修票発行④※	<ul style="list-style-type: none"> 固体廃棄物貯蔵庫内の除湿に使用しているパッケージエアコンが停止したため、故障警報が発報した。 	<ul style="list-style-type: none"> パッケージエアコン室外機のファンコントロール基板の単品故障。 	<ul style="list-style-type: none"> 待機しているパッケージエアコンを起動し、除湿運転を継続した。(7/12) 故障したパッケージエアコン室外機のファンコントロール基板を交換し、運転状態に異常のないことを確認した。(7/15)

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
27	平成22年 7月12日	「照明雑動力 主分電盤故障」警報の発 報について (完了) 保修票発行 ④*	<ul style="list-style-type: none"> ・「照明雑動力主分電盤故障」警報が発報し、現場の当該分電盤を確認したところ、「2次地絡過電流」警報が発報していた。警報は2回発報し、リセットした。 	<ul style="list-style-type: none"> ・照明及びコンセント電源に使用している分電盤の負荷側において、作業等により一時的な地絡があったものと推定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・当該分電盤のNFB動作状況、コンセント使用状態の確認を行い、異常のないことを確認した。また、負荷側における作業の再現確認により警報が再発報しないことを確認した。(7/12) ・雨水、結露等により地絡するおそれのある電線経路がないことを確認した。(7/16) ・引き続き状態観察を行う。
28	平成22年 7月13日 7月18日	制御用圧縮 空気設備の 警報の発報に ついて (完了) 保修票発行 ③*	<ul style="list-style-type: none"> ・制御用圧縮空気設備*1において、「制御用圧縮空気設備B異常」の警報が発報した。現場を確認したところ、「除湿装置*2 B異常」、「塔切換不良」の警報が発報していた。警報は直ぐリセットした。 ・上記不具合を踏まえ、制御用圧縮空気設備をBからA系統に手動で切替えたところ、「再生不良」(加熱不足)の警報が2回発報した。 ・また、四方弁交換後の制御用圧縮空気設備Bの試運転において、「再生不良」(冷却不足)の警報が発報した。 <p>*1: 空気作動弁等に清浄で乾燥した圧縮空気を供給する設備で、空気圧縮機と除湿装置、A、Bの2系統で構成される。</p> <p>*2: 除湿装置はA、Bの2系統あり、それぞれ2つの除湿塔が設置されている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・「塔切換不良」は、除湿装置における2つの除湿塔の圧縮空気の流れを切り換える四方弁の動作が円滑でなかったため、一時的に切り換えに時間を要したことによるものと推定。 ・「再生不良」(加熱不足)は湿度が高い時期に待機から運転に切替えた直後には、加熱再生に時間がかかる傾向があり、2つの除湿塔それぞれについて一時的に警報が発報したものと推定。 ・「再生不良」(冷却不足)は、夏場の外気温度と冷却水温度の上昇により再生冷却に時間を要したため、一時的に警報が発報したものと推定。また、温度計指示値と警報接点の僅かなズレによって警報が発生したものと推定 	<ul style="list-style-type: none"> ・「塔切換不良」については、当該四方弁を交換し、動作に問題のないことを確認した。(7/16) ・「再生不良」については、一時的なものであり、加熱再生時間が自動的に延長されることから問題は無い。 ・警報接点を温度計指示値70℃で動作するように調整した(7/22)。

No.	発生日	発生事象	発生概要	発生原因	対策
29	平成22年 7月17日	「照明雑動力主分電盤故障」警報の発報について (完了) 保修票発行④※	・「照明雑動力主分電盤故障」警報が発報し、現場の当該分電盤を確認したところ、「R/B照明・雑動力主分電盤故障」「MCCBトリップ」警報が発報し、原子炉格納容器内の照明2個が消灯した。	・照明器具(ハロゲン灯)の単品故障。	・当該分電盤のトリップしたMCCBを「切」として警報をリセットした。(7/17) ・当該照明器具を交換した。(7/20)
30	平成22年 7月17日	「プロセスモニタ故障」警報の発報 (対策準備中(部品待ち)) 保修票発行④※	・固体廃棄物処理系及び液体廃棄物処理系の各種タンクより排出されるガスの放射能を監視しているモニタ装置において、「固体廃棄物処理設備ベントガスモニタラック異常」「配管温度異常*1」警報(温度低)が5回発報した。 *1:放射性ヨウ素捕集効率の向上、安定のために配管を加熱し43°Cに制御している。	・温度指示スイッチの単品故障。	・当該モニタのサンプリング配管用ヒータを切り、警報をリセットした。(7/17) ・8月(見込み)に当該温度指示スイッチを交換する。
31	平成22年 7月19日	燃料池水冷却浄化装置循環ポンプの電磁接触器の動作不良について (完了) 保修票発行④※	・定期切換えのため、燃料池水冷却浄化装置循環ポンプB号機を起動したところ、一旦起動後停止し、連続運転できなかった。	・ポンプに電源を供給する接点を開閉する電磁接触器の動作不良によるもの。	・当該電磁接触器を交換し、ポンプが起動することを確認した。(7/20)
32	平成22年 7月20日	原子炉補助建物内の床ドレン配管の詰まりについて (完了) 保修票発行③※	・原子炉補助建物内の換気空調系設備の凝縮水が、地下3階のファンネルから溢れ、床の配管貫通部より地下4階に滴下し、床漏えい検出器を作動させ、「A/B建物内補機海水系異常」警報が発報した。	・地下3階から地下4階への途中で、錆、ほこり等により、床ドレン配管が詰まったことによるもの。	・当該床ドレン配管を清掃し、水が排出されることを確認した。(7/20)

1. 概要

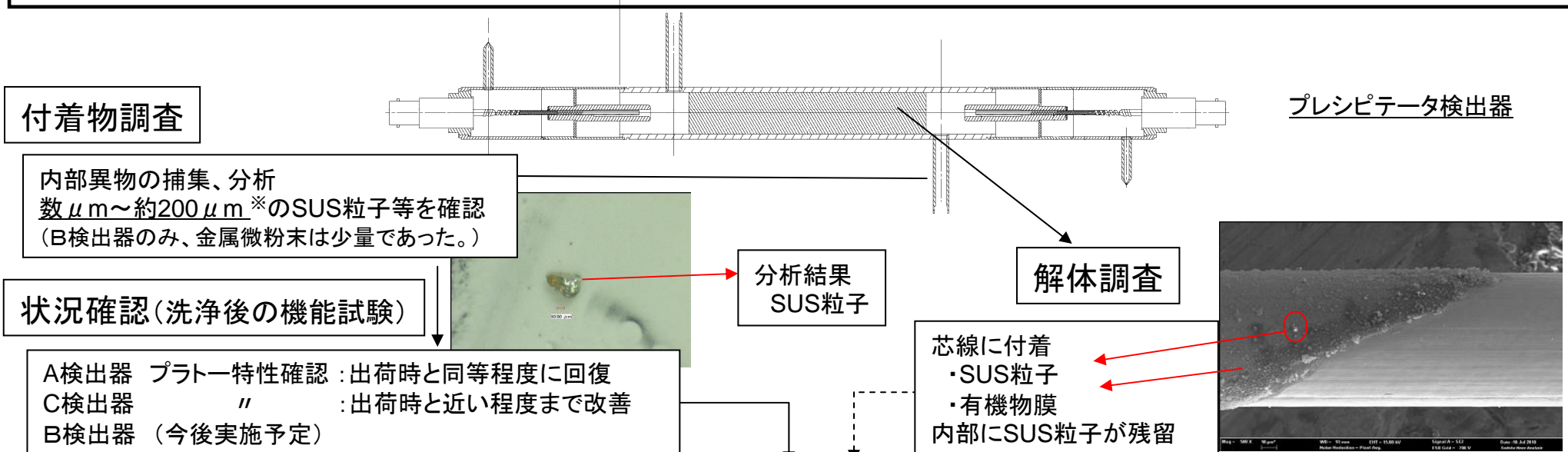
- ①平成22年5月6日、破損燃料検出設備におけるカバーガス法破損燃料検出装置のプレシピテータについて、A号機の計測中に、「FFD CG法プレシピテータ計数率高」警報が発報。
- ②翌7日、A号機停止、5月9日C号機についても指示値の上昇傾向がみられたことから、予防保全の観点からC号機も停止。

2. 現地での調査

- ・A/C検出器をダミー検出器に取替えることにより、波形が健全なB号機の波形に近づいた(但し警報レベルを上回っている)ことから、検出器自体に異常があることが判明(検出器内部の物理的特性(微弱放電、汚れ)の変化)。
- ・ケーブル類を極力排除した新型高圧電源及びダミー検出器を併用することによって、警報がでないレベルまで改善。

3. 工場での調査

- ・状況確認(洗浄前後での機能確認): X線検査、絶縁抵抗測定、プラトー特性確認、高圧/低圧切替時のアンプ出力確認
- ・付着物調査: 常温及び高温ガスブロー、液体(純水)洗浄、有機溶剤(アセトン)洗浄による異物捕集を行い、捕集物を分析
- ・解体調査: 解体して、芯線、管内面、異物の状況を確認(検出器C)



ノイズ発生の原因及びメカニズム

- ・プレシピテータ検出器の内部への金属微粉末(SUS粒子等)の異物混入がノイズ発生の直接原因であると推察した。
- ⇒ 金属微粉末が検出器内で浮遊した状態で、高圧印加に伴う芯線近傍の高電界領域での部分放電による電磁ノイズの発生。
- ⇒ 芯線表面有機物膜への金属突起物(SUS粒子)の付着による電界集中による部分放電による電磁ノイズの発生。

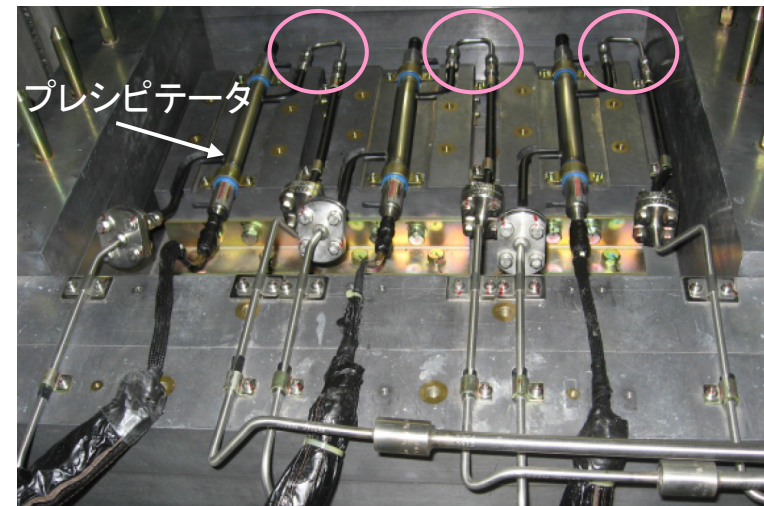
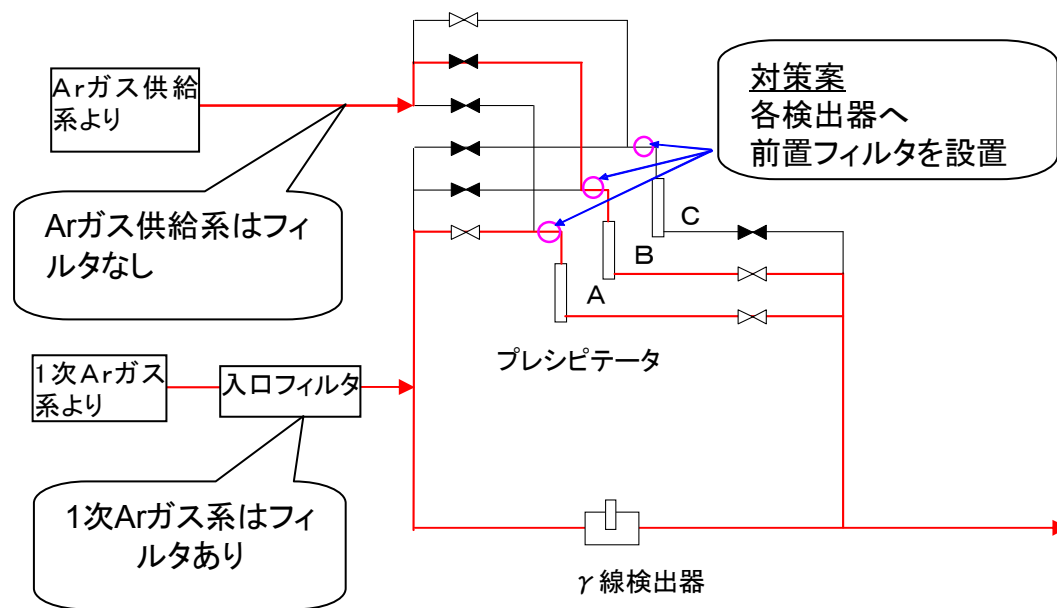
※ 単位に誤記がありましたので、修正いたしました。(7/23)

検出器内への金属微粉末(SUS粒子)等、異物混入ルート

・「1次アルゴンガス系」は、FFD-CG法破損燃料検出装置の入口部にフィルタ(メッシュサイズ $0.3\mu\text{m}$)を設置しているのに対して、「アルゴンガス供給系」にはフィルタが無い。したがって、「アルゴンガス供給系」からの混入の可能性が高い。

対策案

・原因の確定後、対策として検出器前置フィルタを設置する。



フィルタの設置箇所候補

今後の予定

1.原因の特定と対策検討

- (1) 計数率上昇メカニズムの確認
- (2) 不純物(SUS材、有機物)流入ルートの調査(アルゴンガス供給系のガスの不純物分析)
- (3) 異物混入防止対策(検出器前置フィルタの設置など)の実施

2. FFD-CG法破損燃料検出装置の信頼性向上

信頼性向上のためのシステム改善の検討