

柏崎刈羽原子力発電所 6, 7号機の 施設健全性に関する確認状況について

平成21年10月7日
原子力安全・保安院

もくじ

1. 6号機のプラント全体の機能試験の確認状況(P2～)
2. 7号機の燃料漏えいに係る確認状況(P16～)
3. 前回地域の会におけるご質問回答(P25～)

1. 6号機のプラント全体の機能試験の 確認状況

機能試験の実績工程と保安院の確認実績

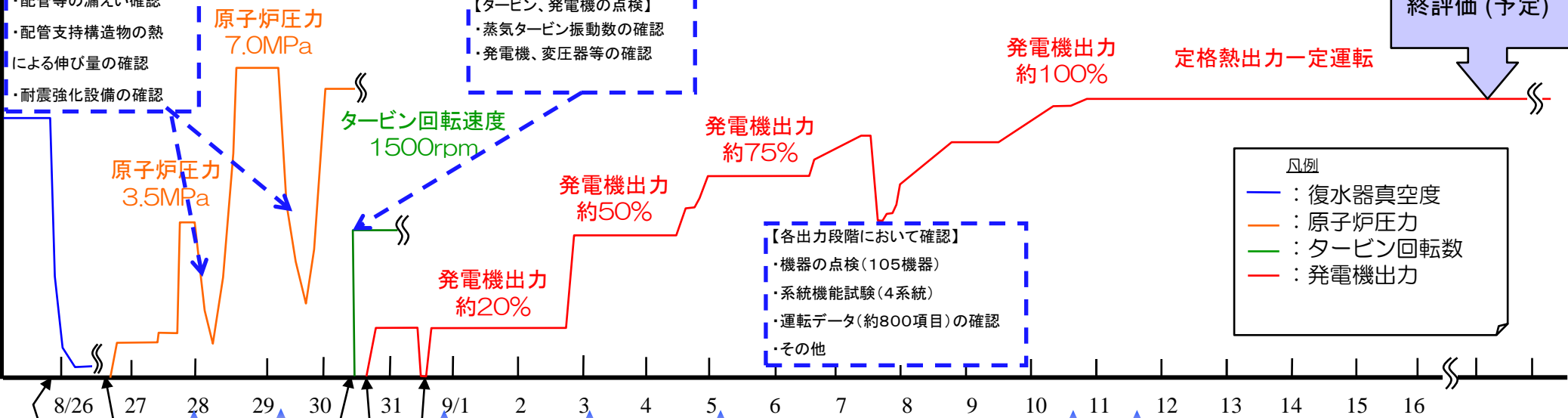
【格納容器内(ドライウエル内)の点検】

- ・配管等の漏えい確認
- ・配管支持構造物の熱による伸び量の確認
- ・耐震強化設備の確認

【タービン、発電機の点検】

- ・蒸気タービン振動数の確認
- ・発電機、変圧器等の確認

保安院による最終評価(予定)



8/26 復水器真空度上昇開始

8/27 制御棒引抜開始

8/28 ドライウエル内点検3.5MPa

8/29 ドライウエル内点検7.0MPa

8/30 主タービン起動

8/31 発電機仮並列

9/1 発電機本並列

9/3 発電機出力20%到達

9/5 発電機出力50%到達

9/7 発電機出力75%到達

9/10 発電機出力100%到達

9/12 定格熱出力到達



8月25日～9月14日、中央制御室に24時間検査官を常駐させて安全確認を実施。(述べ42人日)

保安院として確認したこと

①プラント試験計画書の妥当性

②保安規定の遵守状況

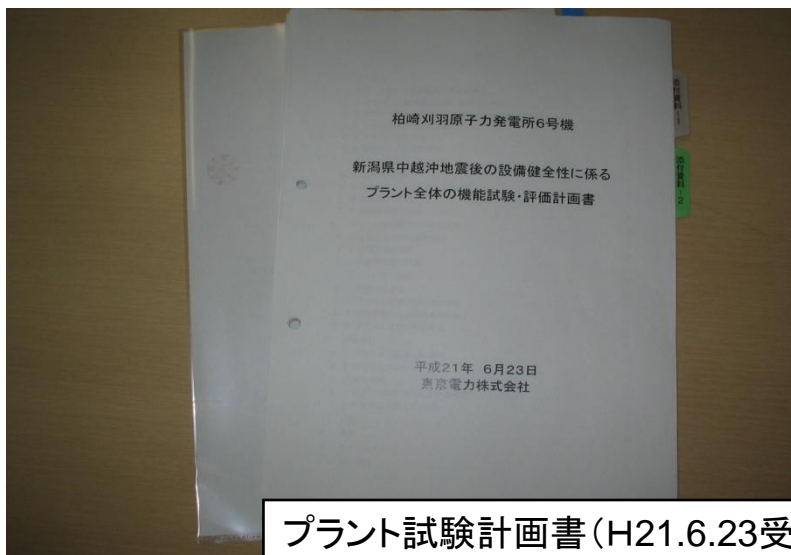
③プラント試験の状況

④プラント試験中に発生した不適合事象への対応状況



上記の項目について、保安検査、立入検査等により、通常の検査に比べ体制を強化して確認を行いました。

①プラント試験計画書の妥当性



プラント試験計画書(H21.6.23受理)



設備健全性評価サブWGで審議

○保安院は、地震の影響を評価する上で適切な点検・試験項目等が計画されているものと評価しました。

(例)ポンプ、電動機、弁等について、地震による機能への影響について、あらかじめ損傷形態の想定を踏まえ、それらが検知できる点検方法として目視点検や作動試験を選択。

目視点検では、地震によって加わった力の影響を比較的受けやすい部位として、基礎ボルト、支持構造物、軸受、軸継手等に特に着目して点検。

作動試験では、損傷があった場合の現象として現れる異常な振動、異音、異常な温度上昇、漏えいの有無等について試験。

②保安規定の遵守状況



評価会議に出席し、不適合対応等が適切に行われていることを確認



不適合の処理状況に係るヒアリング

- 保安院は、
- ・原子炉起動時・出力上昇時の運転操作が適切に行われていること。
 - ・プラント試験中に発生した不適合事象に対して原因究明と対策が適切に実施されていること 等
- を確認しました。

③プラント試験の状況

(その1～プラント起動時の設備点検～)

→保安院は、原子炉からの蒸気を供給できるようになって初めて実施する105機器の作動確認及び漏えい確認等の実施結果について、技術基準に適合し、問題がないことを確認しました。



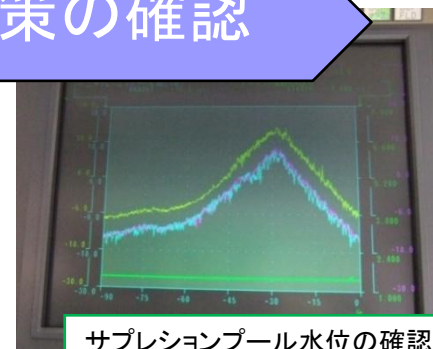
原子炉隔離時冷却系蒸気タービン主蒸気止め弁の確認

地震によって加わった力の影響を比較的受けやすい部位(管の継手部や弁のフランジ部)に特に着目した点検が行われ、その結果に異常がないことを、実際に点検に立ち会う等により確認しました。

③プラント試験の状況 (その2～専門家等のご意見を参考に重点的に安全確認を実施～)

7号機で発生した不適合事象の6号機での発生防止対策の確認

○7号機のプラント確認試験において、原子炉隔離時冷却系の機能検査の際にサプレッションプールの水位が一時的に制限値を超えたが、6号機においては、適切な監視のもと操作が行われていることを確認



サプレッションプール水位の確認

熱の影響をうける部位の変位等の確認

○蒸気や高温水が通る配管等やそれを支持しているサポート、サポートの付根部に対し、外観目視点検を実施。
○異常な変位や配管等の干渉が生じていないことを確認。



配管サポートの確認状況

蒸気タービンの振動等の確認

○低圧タービンについて、東京電力は、地震後の点検において損傷が確認されたタービン翼の交換を実施。
○低圧タービン翼に加わる応力低減対策として、起動時の復水器の真空度を前回起動時よりも高く設定した運用(7.0kPaに対し5.1kPa)が行われていることを、振動データにおいて確認。
○また、軸受け部の振動が基準値以内に十分収まっていることを確認。



軸振動データの確認状況

③プラント試験の状況

(その3～プラント起動時の系統機能試験～)

→保安院は、原子炉からの蒸気を供給できるようになって初めて実施する4項目※の系統機能試験について、試験結果が技術基準に適合し、所要の機能を有していることを確認しました。

※①原子炉隔離時冷却系機能試験、②気体廃棄物処理系機能試験、③蒸気タービン性能試験(その1)及び④蒸気タービン性能試験(その2)

(例)原子炉隔離時冷却系機能検査



当該検査においては、原子炉隔離時冷却系が自動起動し、所定流量までの到達時間や弁動作時間が**判定基準を満足することを確認**しました。

確認項目	測定値	基準値
流量到達時間	8.3 秒	28秒
弁動作時間	8.64秒	15秒

③プラント試験の状況

(その4～プラント運転データに対する確認～)

→通常の起動時の確認項目の約2倍の約800項目の運転データについて、判定基準値等に照らし妥当であることを確認しました。

また、ドライウエル点検において機器の健全性や耐震強化工事を行った配管等の健全性を確認しました。



パラメータ採取確認への立ち会い



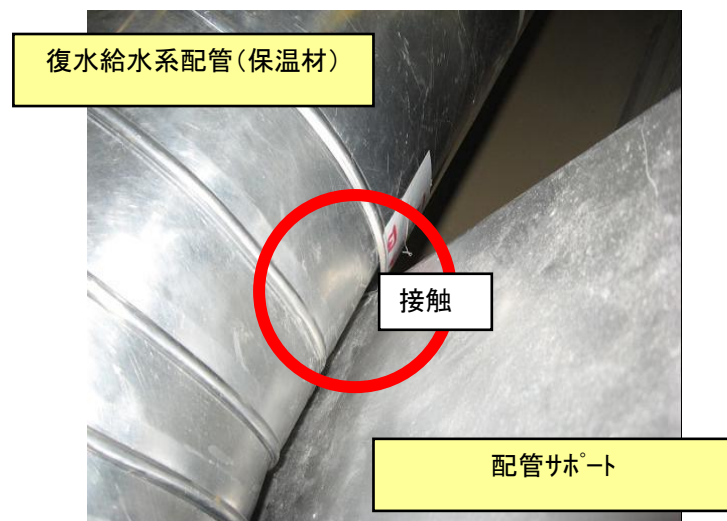
ドライウエル点検への立ち会い

④プラント試験中に発生した不適合事象への対応状況

これまでの点検では軽微な不適合事象(※41件)が確認されているが、地震の影響が直接原因となるものは確認されませんでした。

(例)入熱に起因する配管保温材と支持構造物との接触が確認されたが、以下のとおり適切に処置が実施されました。

対策前



対策後



※不適合事象41件の内訳:一過性(5件)、偶発事象(6件)、施工不良(2件)、経年影響(24件)、入熱影響(2件)、品質保証(4件)(注:2件は2つの原因に重複して分類されている)

関係審議会における意見

(設備健全性評価サブワーキンググループにおける主な意見)

- ・今回、保安院が独自に点検項目を策定し確認した項目については、事業者の試験結果の妥当性を評価する上で非常に重要な判断材料となるので、確認結果の内容も報告書に記載しておくこと。
- ・6号機のプラント試験で発生した不適合事象の分類について、事業者の報告書の記載の明確化を図ること。



10月6日 設備健全性評価サブWGの状況

(参考) プラント運転データの例

電気出力	原子炉 	タービン発電機 	排気筒モニタ 	結果
20%	主蒸気流量 : 1672t/h (過去データ: 最小1529t/h, 最大1817t/h)	発電機出力 : 275MW (過去データ: 最小269MW, 最大275MW)	測定値 : 5.0cps ^{※1} (過去データ: 最小5.5cps, 最大7.0cps)	異常なし
50%	主蒸気流量 : 3913t/h (過去データ: 最小3759t/h, 最大4126t/h)	発電機出力 : 680MW (過去データ: 最小680MW, 最大712MW)	測定値 : 5.0cps ^{※1} (過去データ: 最小5.5cps, 最大7.0cps)	
75%	主蒸気流量 : 5575t/h (過去データ: 最小5344t/h, 最大5836t/h)	発電機出力 : 1023MW (過去データ: 最小1060MW, 最大1097MW)	測定値 : 5.0cps ^{※1} (過去データ: 最小5.5cps, 最大7.0cps)	
100%	主蒸気流量 : 7444t/h (過去データ: 最小7369t/h, 最大5550t/h)	発電機出力 : 1356MW (過去データ: 最小1356MW, 最大1356MW)	測定値 : 5.8cps ^{※1} (過去データ: 最小6.0cps, 最大7.0cps)	
定格熱出力一定運転	主蒸気流量 : 7659t/h (過去データ: 最小7684t/h, 最大7666t/h)	発電機出力 : 1396MW (過去データ: 最小1397MW, 最大1404MW)	測定値 : 6.0cps (過去データ: 最小5.0cps, 最大6.0cps)	

※1 過去値との差異が小さいことから通常値に見られる変動であると評価。

保安院の活動状況のお知らせ

①保安院の確認結果について定期的に記者発表しました。(述べ10回)



(8月26日記者会見の様相(柏崎))

②記者発表の内容については、当日、原子力安全・保安院のホームページに掲載しました。



(URL: <http://www.nisa.meti.go.jp/>)

今後の予定

- 東京電力より、10月1日付けで、定格熱出力一定運転までの各段階での試験結果、得られたデータ等に係る評価報告書の提出があったことから、関係審議会の意見を踏まえ、6号機のプラント全体の機能試験についての保安院としての評価をとりまとめます。

2. 7号機の燃料漏えいに係る確認状況

1. 経緯

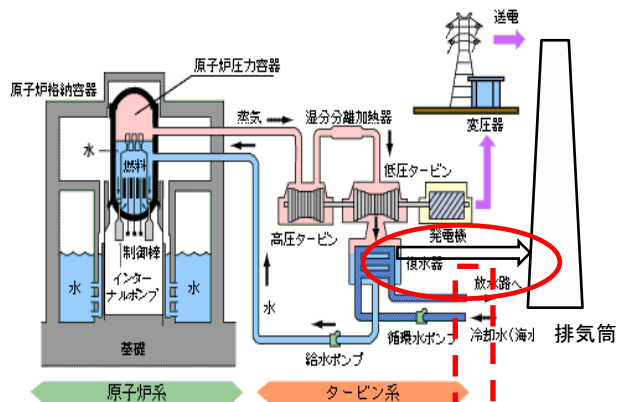
- ・平成21年7月23日 放射性排ガス処理設備内の放射性濃度にわずかな上昇が確認される。
- ・平成21年7月30日 保安院は東京電力より漏えい燃料発生の原因と対策に係る報告書を受理
- ・平成21年7月31日 保安院は東京電力の報告書に対する評価結果をとりまとめ
- ・平成21年7月31日～8月5日
東京電力は、出力抑制法を採用し、出力上昇操作を実施
- ・平成21年8月19日 保安院は東京電力より漏えい燃料発生の原因等に係る報告書(中間報告書)を受理、その後出力抑制法による運転を継続
- ・平成21年9月26日 7号機の原子炉を手動停止
- ・平成21年9月29日 保安院は東京電力より漏えい燃料発生後の運転状況および得られた知見等に係る報告書を受理
- ・平成21年10月6日 設備健全性評価サブWGで審議

2. 事象の概要(その1)

7月23日から24日にかけて、7号機において気体廃棄物処理系の**高感度オフガスモニタ**※の指示値の上昇が確認されました。

※高感度オフガスモニタとは

- ・漏えい燃料の発生を早期に発見する目的で補助的に設置されたモニタ。
- ・排ガス放射線モニタよりも約500倍高い感度を有している。



(日立製作所HPより)

拡大

排気筒モニタ
→変化なし
(異常なし)

排ガス放射線モニタ
→変化なし
(異常なし)

高感度オフガス
モニタ

活性炭式希
ガスホールド
アップ塔

排気筒

高感度オフガスモニタ指示値(キセノン133)
(通常値)0.7cps

(7月24日:最大)316cpsが検出される。

【保安規定で定める制限値は満足されている。】



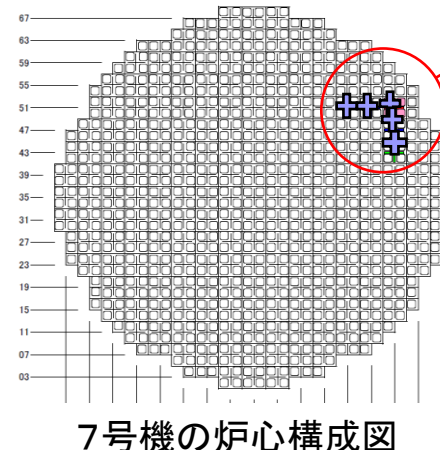
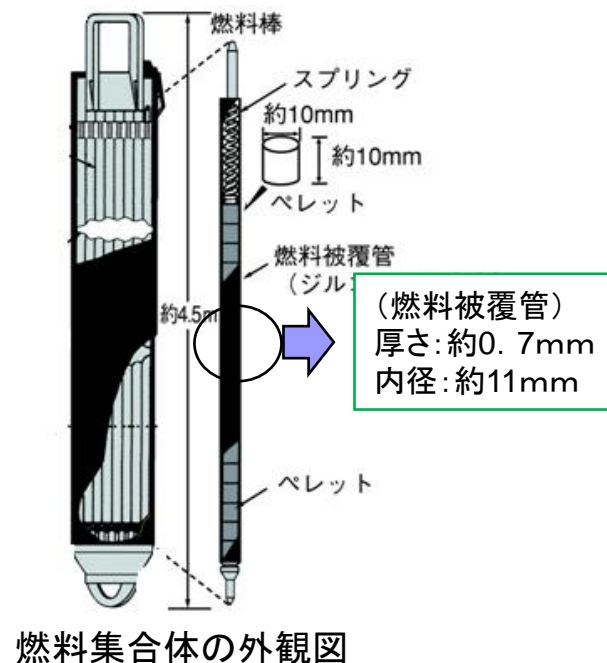
保安院検査官は現場の指示値の状況について確認を行いました。

2. 事象の概要(その2)

- 排ガス放射線モニタの指示値に変動は確認されていないものの、**高感度オフガスモニタ**の指示値が上昇し続けていたことから、東京電力は今回の事象は**漏えい燃料の発生が原因**であると判断。
- 出力抑制法**※により、漏えいのある箇所を特定し、さらにこの状態を維持して定格熱出力時の状態においても漏えいを抑制し、安定した運転状態であることが確認されました。

※出力抑制法とは

- 制御棒の挿入・引き抜きにより漏えい燃料の装荷範囲を特定し、その位置に制御棒を挿入して漏えい燃料の出力を抑制することで、漏えい拡大を抑制する手法
- これまでに国内で12例の採用実績がある。(柏崎刈羽では、過去5例の採用実績がある)



調査の結果、漏えいが特定された燃料集合体の位置

→制御棒5本を挿入して出力を抑制する。

⊕ : 制御棒

(参考)燃料漏えいにおける出力抑制法を適用した過去の運転実績(BWR、12プラント)

事業者	プラント	サイクル	サイクル開始時期	オフガス指示値上昇時期	サイクル開始からオフガス指示値上昇までの期間	停止時期	指示値上昇後から停止までの期間	漏えい体数	炉水I-131濃度(Bq/g)上昇前	炉水I-131濃度(Bq/g)上昇後	備考
東京電力	柏崎刈羽2号	5	H7.11.6	H8.4.18	約5ヶ月	H8.12.15	約8ヶ月 (PST適用後の運転期間は約2ヶ月)	1	$3\sim 5 \times 10^{-2}$	$3\sim 5 \times 10^{-2}$	定検まで
	柏崎刈羽6号	3	H11.4.25	H11.8.16 H12.5.28	約4ヶ月 約13ヶ月	H12.5.29	約9ヶ月 約24時間	1 1	6.0×10^{-2} $5\sim 7 \times 10^{-2}$	8.3×10^{-2} 1.6×10^1	2体目燃料漏えいまで
	福島第一6号(注1)	17	H13.2.9	H13.2.26	約0.5ヶ月	H13.5.16	約3ヶ月	1	$3\sim 5 \times 10^{-2}$	1.4×10^{-1}	中間停止まで(注1)総合負荷性能検査前の定期検査中に漏えいが発生し、総合負荷性能検査を受検、約3ヶ月運転した事例
	柏崎刈羽7号	4	H13.2.11	H13.7.21	約5ヶ月	H14.4.9	約9ヶ月	2	7.2×10^{-2} 2.8×10^{-2}	2.6×10^{-1} 2.8×10^{-2}	定検まで
	柏崎刈羽1号	14	H16.4.8	H17.4.26※	約13ヶ月	H17.6.13	約2ヶ月	1	(注2)	(注2)	定検まで
	福島第一4号	21	H18.3.3 (中間停止後の再起動)	H18.5.21※	約2.5ヶ月	H18.10.2	約4ヶ月	1	2.0×10^{-2}	4.2×10^{-1}	中間停止まで
	柏崎刈羽7号	7	H17.6.23	H18.7.17※	約12ヶ月	H18.8.23	約1ヶ月	1	2.8×10^{-2}	7.5×10^{-1}	定検まで
	福島第一4号	22	H19.5.2	H19.6.14※	約1.5ヶ月	H20.3.28	約9.5ヶ月	1	3.6×10^{-2}	6.9×10^{-2}	定検まで
東北電力	女川3号	3	H16.9.10	H17.7.2	約10ヶ月	H17.8.16	約1ヶ月 (PST適用後の運転期間)	1	1.8×10^{-2} (平均: 1.5×10^{-2})	2.8×10^{-2}	地震加速度大による自動停止
	女川3号	4	H18.3.23	H19.4.10	約12.5ヶ月	H19.5.10	約1ヶ月 (PST適用後の運転期間)	1	1.52×10^{-2}	2.79×10^{-2}	定検まで
北陸電力	志賀2号	2	H20.5.16	H21.4.12	約11ヶ月	H21.7.10	約3ヶ月 (PST適用後の運転期間は約2.5ヶ月)	1	$約 3 \times 10^{-2}$	$約 3 \times 10^{-2}$	定検まで

※高感度オフガスモニタのみ

(注2)よう素濃度の上昇はなかったことから平均値記載

青色掛けは出力抑制法を採用して長期間運転(6ヶ月以上)を実施した例

3. 東京電力の報告書に対する保安院の評価

～東京電力からの報告～

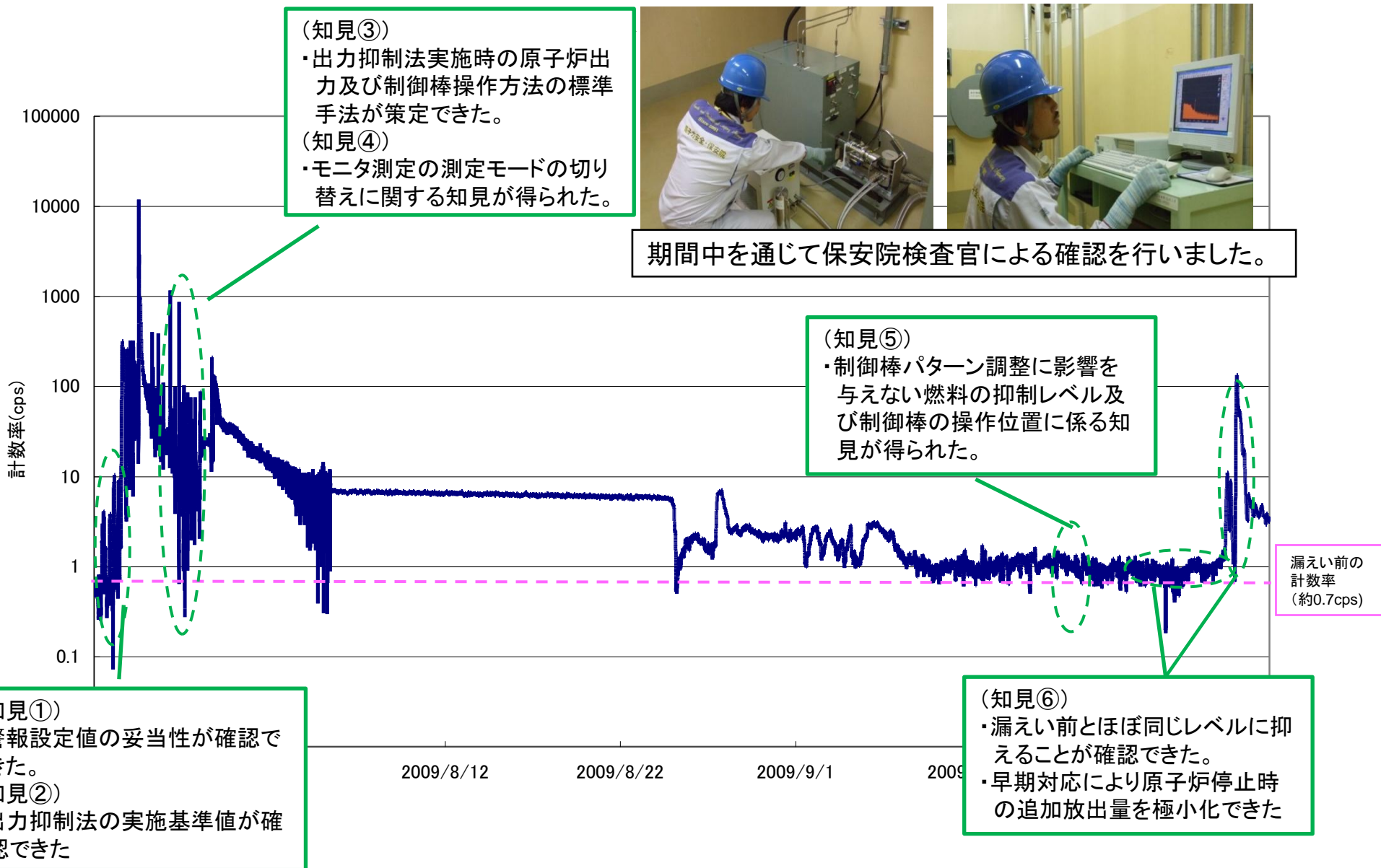
平成21年9月29日、東京電力より漏えい燃料発生事象に伴う運転状況及び得られた知見に係る報告書が提出されました。

○東京電力の報告書の概要

- ・漏えいが拡大していないことを監視するための各種測定値に事象発生の前後で有意な差は認められず、過去の出力抑制による運転実績や原子炉の熱的制限値を遵守する観点においても特に問題は認められなかった。
- ・定格熱出力状態においての関連データを採取することによって、以下の知見が得られた。
 - ①高感度オフガスモニタの適切な警報設定値
 - ②出力抑制法実施のための高感度オフガスモニタにおける判断基準値
 - ③出力抑制法実施時の原子炉出力及び制御棒操作方法
 - ④高感度オフガスモニタの測定方法
 - ⑤出力抑制法実施後の制御棒パターン調整の留意点
 - ⑥出力抑制法実施後の運転パラメータの挙動
- ・原子炉停止後、 SHIPPING 検査により漏えい燃料集合体を特定した後、各種調査により漏えいの原因を特定する。

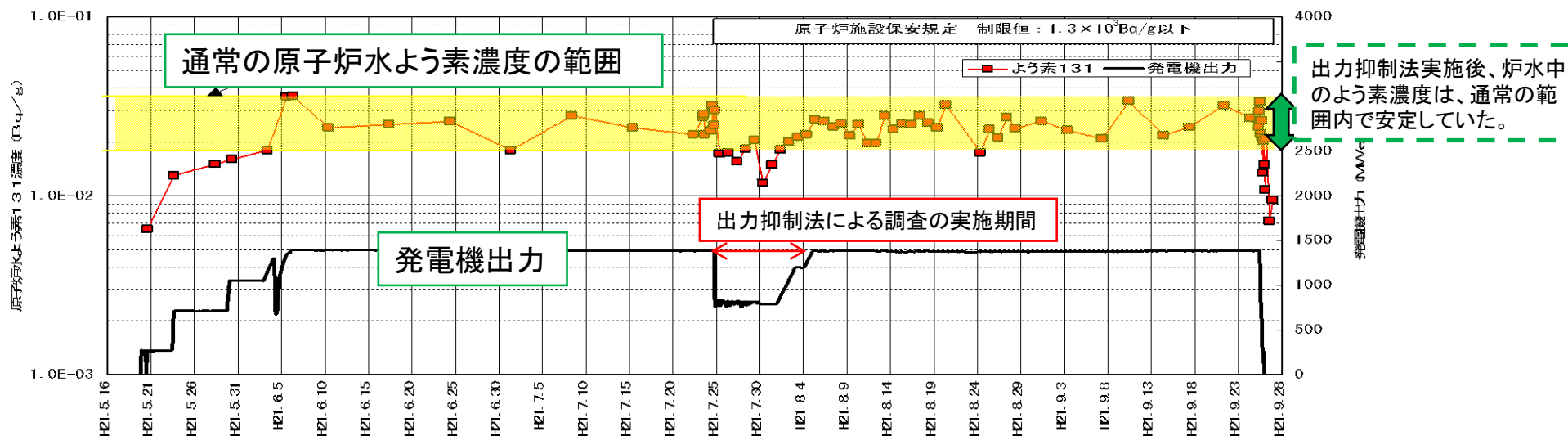
4. 高感度オフガスモニタの監視により得られた知見

(東京電力資料に一部加筆)



～保安院の評価(案)～

- ・定格熱出力状態において漏えい燃料の出力抑制を行うことについて、各種測定値から原子炉の状態は安定しており、安全上の観点からの問題はなかったと評価する。
- ・監視データに基づいて、漏えい燃料対策としての出力抑制法の有効性に関する知見が得られたことから、これらの知見を踏まえて全BWR事業者において、出力抑制法の標準化を行い、その成果をガイドラインとして整備することとしていることは適切なものと評価する。



5. 今後の予定

- ・保安院は、漏えいの原因の調査結果について東京電力から報告を求め厳格に確認することとします。
- ・また、燃料取替の作業に際しては、保安検査でその実施状況を確認することとします。

(参考)東京電力が今後実施する点検調査項目

調査対象	確認箇所	確認内容	調査方法	調査のポイント	判断基準	備考
燃料棒	燃料棒 外観・形状	異物の影響	TVカメラ ファイバースコープ	擦れ痕の確認	●異物によるフレッチング痕があること	
		系統的影響	TVカメラ ファイバースコープ	異常腐食等の確認	●複数の燃料棒に同様の問題(異常腐食等)が見られること	
		地震の影響	TVカメラ ファイバースコープ	変形・損傷の確認	●変形・損傷(ゆがみ・つぶれ等)が見られること	
	燃料棒間隙	地震の影響	TVカメラ	間隙の変化の確認	●燃料棒間隙に異常があること	透過光による確認を含む
スベーサ	スベーサバンド 外観・形状	地震の影響	TVカメラ ファイバースコープ	変形・損傷の確認	●変形・損傷が見られること	
	スベーサセル 外観・形状	地震の影響	ファイバースコープ (外部照明による確認を含む)	変形・損傷の確認	●変形・損傷が見られること ●セル管溶接部が外れるなどの異常があること	
タイプレート	タイプレート 外観・形状	地震の影響	TVカメラ	変形・損傷の確認	●変形・損傷が見られること	
その他部材	その他部材 外観・形状	地震の影響	TVカメラ	変形・損傷の確認	●変形・損傷が見られること ●部品の脱落等の異常があること	膨張スプリング ロックナット 固定ワッシャ
その他	燃料体表面 及び燃料体内	異物の影響	TVカメラ ファイバースコープ	異物の確認	●異物が燃料棒に触れていること ●異物によるフレッチング痕周辺に異物があること	スベーサ上下及び 燃料棒とスベーサ セルの隙間など
	漏えい燃料体 ・漏えい燃料棒	系統的影響	シッピング検査 超音波検査 ファイバースコープ	漏えい燃料体・漏えい燃料棒の特定	●複数の燃料体、あるいは複数の燃料棒に漏えいがあること	

※ いずれの点検においても、燃料の構造上及び点検装置の特性(性能)上、確認できない部位がある。
(例:スベーサセルの内側、燃料チャンネル着脱機フィクスチャ部の陰など)

東京電力資料より

(前回の地域の会でのご質問回答(その1))

志賀発電所2号機の燃料漏えいに関し、運転開始後約何年で発生したのか？

北陸電力 志賀原子力発電所2号機の概要

運転開始 平成18年3月

定格電気出力 135万8千kW (現在タービンに整流板を設置して運転されており120万6千kW)

原子炉型式 改良型沸騰水型軽水炉(ABWR)



志賀2号機(北陸電力HPより)

(経緯)

- ・平成21年4月12日 高感度オフガスモニタの指示値の上昇が確認される。
- ・平成21年4月14日 出力抑制法による漏えい燃料の特定作業開始
- ・平成21年4月19日 近傍の制御棒5本を挿入
- ・平成21年7月10日 定期検査開始

※運転開始後、約3年で燃料漏えいが発生した。

(再掲: 前回の地域の会資料)

PWRプラントで燃料漏えいが発生した場合、どのように対応しているのか？

- ・PWRプラントの制御棒(クラスタ)の数は、同じ規模のBWRプラントの約1/4と少なく、BWRプラントのように局所的な制御を行うことは難しいことから、出力抑制法は実施されていない。

(プラントの例)	炉心内の燃料集合体数	制御棒(クラスタ)の数
(BWR)柏崎刈羽7号機 (139万kW)	872体	205本
(PWR)大飯4号機 (118万kW)	193体	53本

- ・なお、燃料漏えいが発生した場合には、保安規定に定める原子炉水中のよう素131濃度、放射性物質の放出管理目標値を超過するおそれがないことを確認し、監視の強化を行いつつ、運転を継続することとしている。

(前回の地域の会でのご質問回答(その2))

オフサイトセンターの一般的な耐震強度の考え方について

○オフサイトセンターの設置に際しては、平成14年に東通のオフサイトセンターの設置に際して事前に提示した中では、「建屋に対する要求事項として、(1)耐震性を有する構造であること。・鉄筋コンクリート構造であること。・建築基準法に準拠すること。さらに、耐震、耐雪等に関する各都道府県の条例等がある場合は、これらにも準拠すること。」と示している。

○JCO直後に設置に取りかかったその他のオフサイトセンターについても**建築基準法で求める耐震基準の1.25倍ないし1.5倍相当の耐震強度(必要保有水平耐力)**を有している。

なお、柏崎のオフサイトセンターの耐震強度(必要保有水平耐力)は、建築基準法の1.5倍を確保している。