

# 柏崎刈羽原子力発電所の6, 7号機の 安全確認の状況について

平成21年9月2日  
原子力安全・保安院

---

# **7号機の漏えい燃料発生に係る報告 (中間報告) に対する評価について**

# 1. 経緯

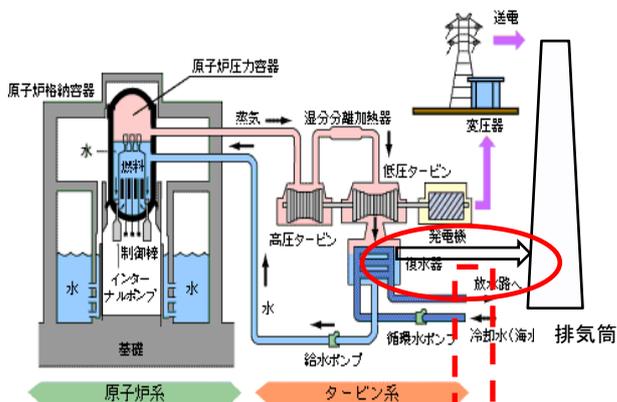
- ・平成21年7月23日 放射性排ガス処理設備内の放射性濃度にわずかな上昇が確認される。東京電力から保安院に対し定期検査延長の要請
- ・平成21年7月30日 保安院は東京電力より漏えい燃料発生の原因と対策に係る報告書を受理
- ・平成21年7月31日 保安院は東京電力の報告書に対する評価結果をとりまとめ
- ・平成21年7月31日～8月5日  
東京電力は、出力抑制法を採用し、出力上昇操作を実施
- ・平成21年8月19日 保安院は東京電力より漏えい燃料発生の原因及び当面の対応に係る報告書(中間報告書)を受理  
同日、保安院は東京電力の報告書(中間報告書)に対する評価結果をとりまとめ、原子力安全委員会へ報告

## 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。】



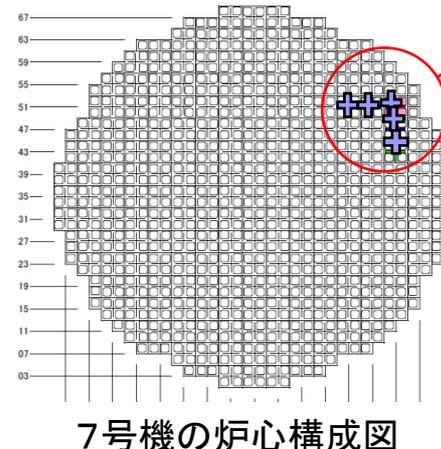
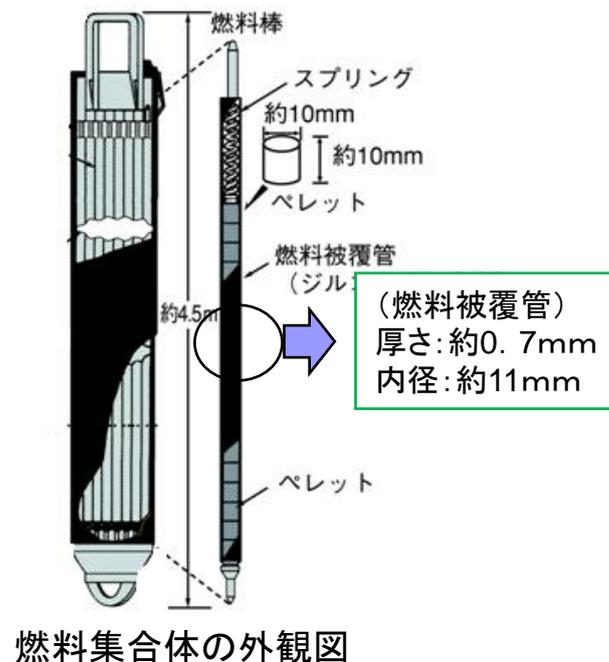
保安院検査官は現場の指示値の状況について確認を行いました。

## 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)

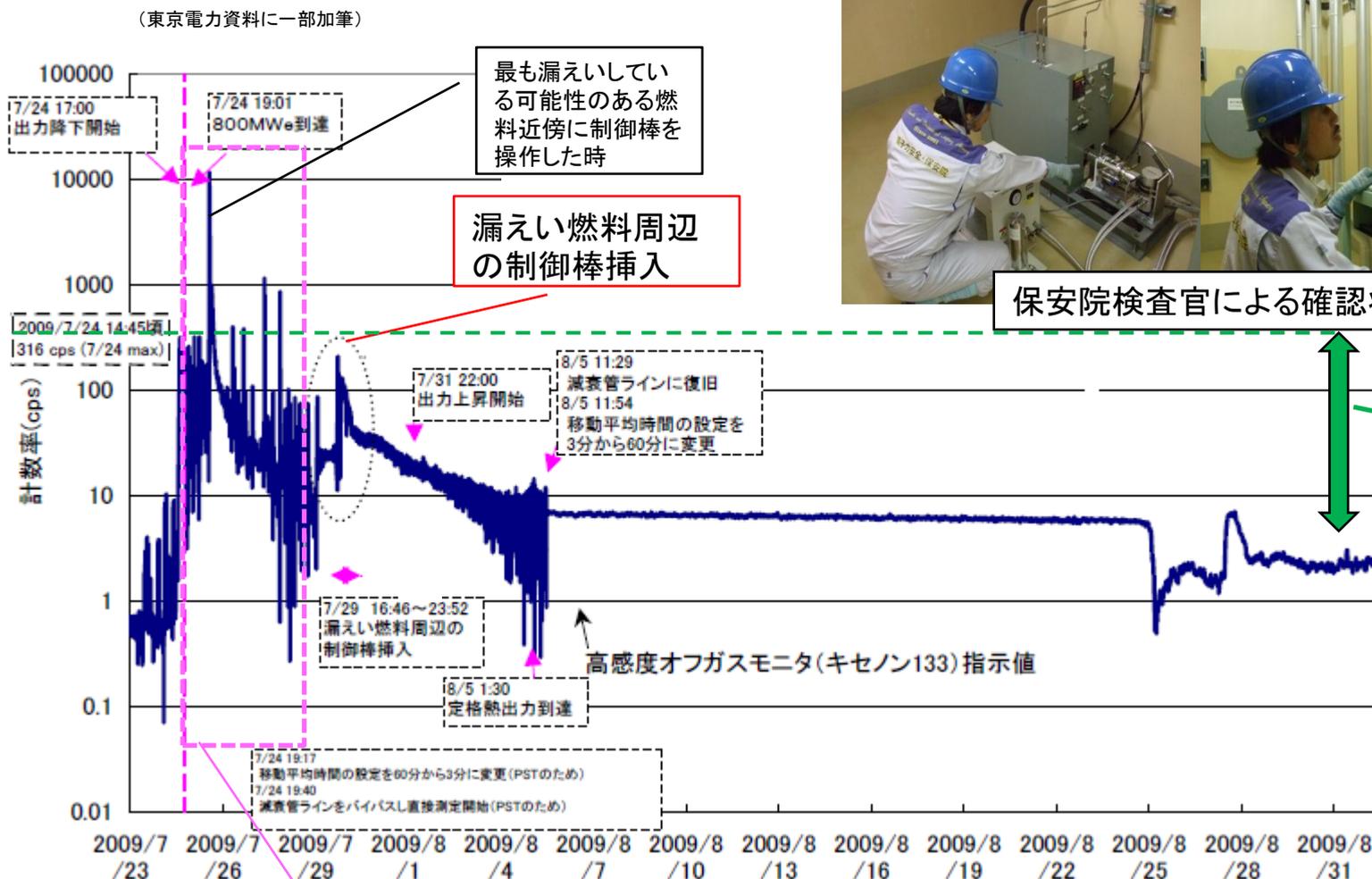
事業者	プラント	サイクル	サイクル開始時期	オフガス指示値上昇時期	サイクル開始からオフガス指示値上昇までの期間	停止時期	指示値上昇後から停止までの期間	漏えい体数	炉水I-131濃度(Bq/g)上昇前	炉水I-131濃度(Bq/g)上昇後	備考
東京電力	柏崎刈羽2号	5	H7.11.6	H8.4.18	約5ヶ月	H8.12.15	約8ヶ月 (PST適用後の運転期間は約2ヶ月)	1	$3\sim 5 \times 10^{-2}$	$3\sim 5 \times 10^{-2}$	定検まで
	柏崎刈羽6号	3	H11.4.25	H11.8.16 H12.5.28	約4ヶ月 約13ヶ月	H12.5.29	約9ヶ月 約24時間	1 1	$6.0 \times 10^{-2}$ $5\sim 7 \times 10^{-2}$	$8.3 \times 10^{-2}$ $1.6 \times 10^1$	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	$3\sim 5 \times 10^{-2}$	$1.4 \times 10^{-1}$	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	$7.2 \times 10^{-2}$ $2.8 \times 10^{-2}$	$2.6 \times 10^{-1}$ $2.8 \times 10^{-2}$	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	$2.0 \times 10^{-2}$	$4.2 \times 10^{-1}$	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	$2.8 \times 10^{-2}$	$7.5 \times 10^{-1}$	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	$3.6 \times 10^{-2}$	$6.9 \times 10^{-2}$	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	$1.8 \times 10^{-2}$ (平均: $1.5 \times 10^{-2}$ )	$2.8 \times 10^{-2}$	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	$1.52 \times 10^{-2}$	$2.79 \times 10^{-2}$	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

# 高感度オフガスモニタの状況



保安院検査官による確認状況

出力抑制法による漏えい燃料の特定調査の実施期間に伴う変動(7/24 22:33~7/29 6:00)

注) 8月19日の中間報告書のデータに現時点までのデータを追記したもの

### 3. 東京電力の報告書(中間報告)に対する保安院の評価

#### ～東京電力からの報告～

平成21年8月19日、東京電力より漏えい燃料近傍の制御棒を挿入後のプラント運転状況に係る報告書が提出されました。

#### ○東京電力の報告書(中間報告)の概要

- ・漏えい燃料近傍の制御棒5本の挿入により、漏えい燃料の出力低下時に典型的に起こるキセノン133の一時的な放出量の増加・減少が確認され、その後挙動が安定して推移したことから、漏えい燃料の出力抑制が確実に行われたと考える。
- ・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のうち、一部のモニタは、本事象発生に伴い測定値が上昇したものの安定して推移しており、これら以外の測定値については、事象発生前後で有意な差は認められない。また、保安規定に定める原子炉水中のよう素濃度や放射性物質の放出管理目標値より十分低いレベルで推移している。
- ・よって、このまま運転継続することに伴う発電所周辺への影響は十分低いものと判断される。

## ～保安院の評価～

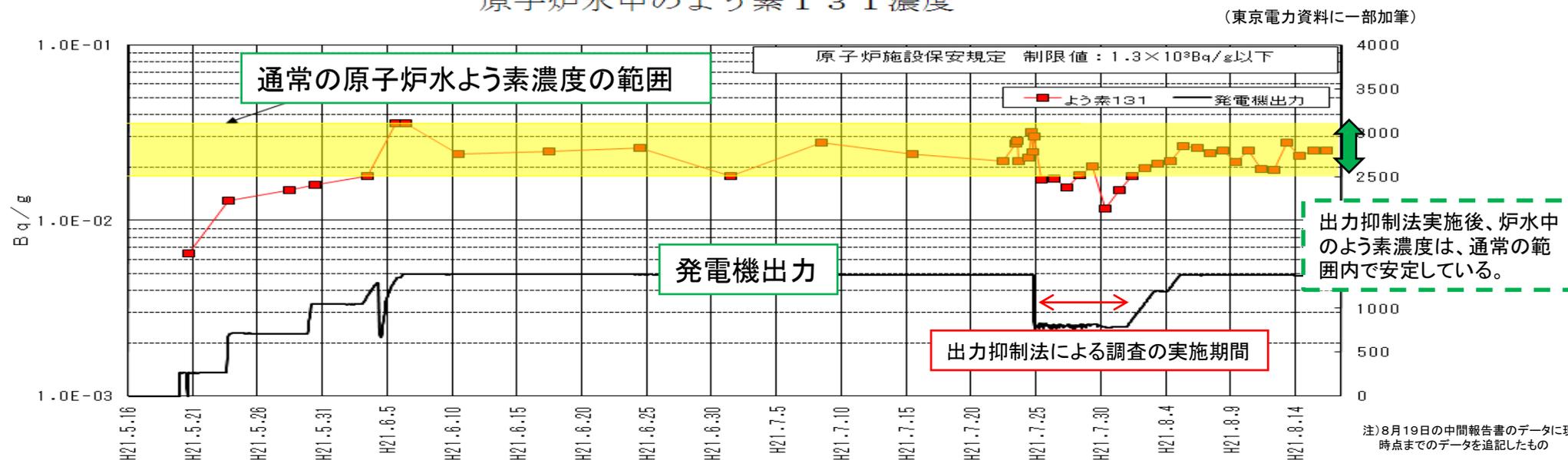
平成21年8月19日、保安院は、定格熱出力状態における漏えい燃料に関する安全性について確認を行うとともに、燃料からの漏えいを抑制した状態を維持して運転できるかどうかについて、評価を行いました。

### (1) 現時点での燃料漏えいに関する安全性について

#### ① 原子炉水中のよう素131濃度

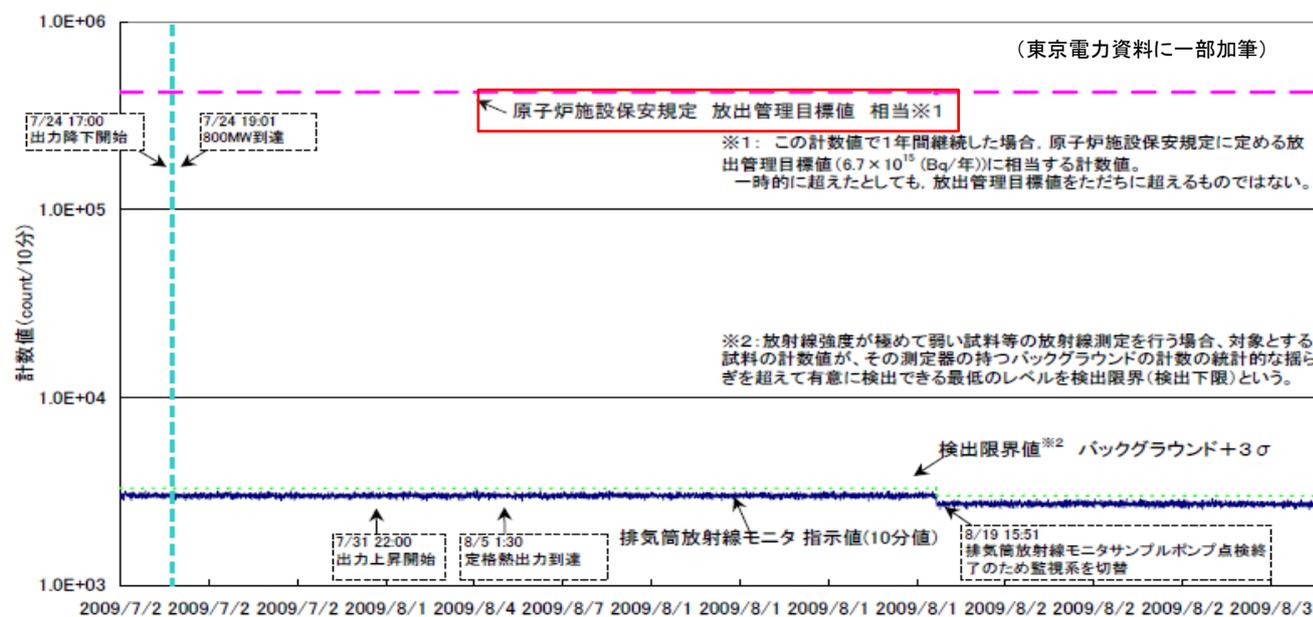
→ 保安規定での制限値 ( $1.3 \times 10^3$  ベクレル/グラム) に対し、現時点では、 $2.6 \times 10^{-2}$  ベクレル/グラム (制限値の1万分の1未満)

原子炉水中のよう素131濃度



## ②放射性物質の放出管理

→保安規定でのよう素131の放出管理目標値( $2.3 \times 10^{11}$ ベクレル/年)に対し、現時点では、**排気筒において検出限界値以下**。また、希ガスについて、放出管理目標値( $6.7 \times 10^{11}$ ベクレル/年)に対しても、**排気筒において放射線モニタの指示値は検出限界値以下**。



検出限界  
値以下

注)8月19日の中間報告書のデータに現時点までのデータを追記したものと

(保安院の評価)

保安規定の制限値に抵触するものではなく、周辺公衆の受ける放射線量は十分に低く保たれており、安全上の問題はない。

## (2) 燃料漏えいの特定及び漏えいの抑制対策について

### (東京電力)

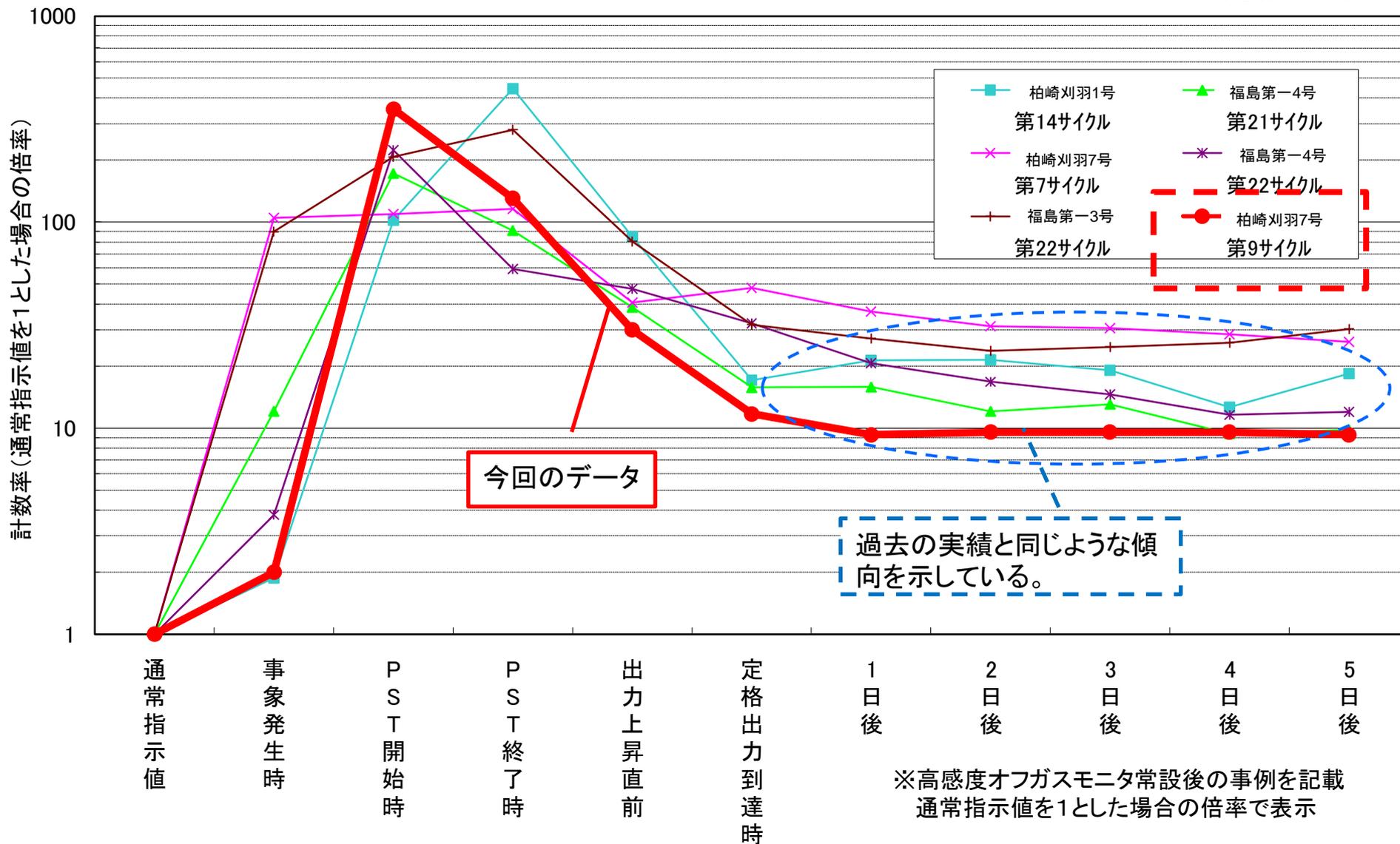
- ・出力抑制法を実施した結果、漏えい燃料は制御棒(58-51)近傍に存在すると特定されたことから、近傍の制御棒5本の全挿入操作を実施。
- ・その結果、漏えい燃料からの放射性物質の漏えいの進展が抑制され、原子炉水中のヨウ素やオフガス中の放射性希ガスの濃度が十分低く抑えられていることを確認した。

### (保安院の評価)

- ・当院としては、出力抑制法は技術的に確立しており、これまで延べ12プラントで実施された実績のある手法であると評価しています。
- ・東京電力においては、出力抑制法を的確に実施し、その結果、漏えい燃料の特定と漏えいの抑制が適切に実施され、定格熱出力状態においても安定した状態にあると評価します。

# 出力抑制法による漏えい抑制実施前後の高感度オフガスモニタ 指示値の推移（キセノン133）（過去の実績との比較）

（東京電力資料に一部加筆）



PST(パワーサプレッションテスト:出力抑制法)

### (3) 漏えいの原因について

#### (東京電力)

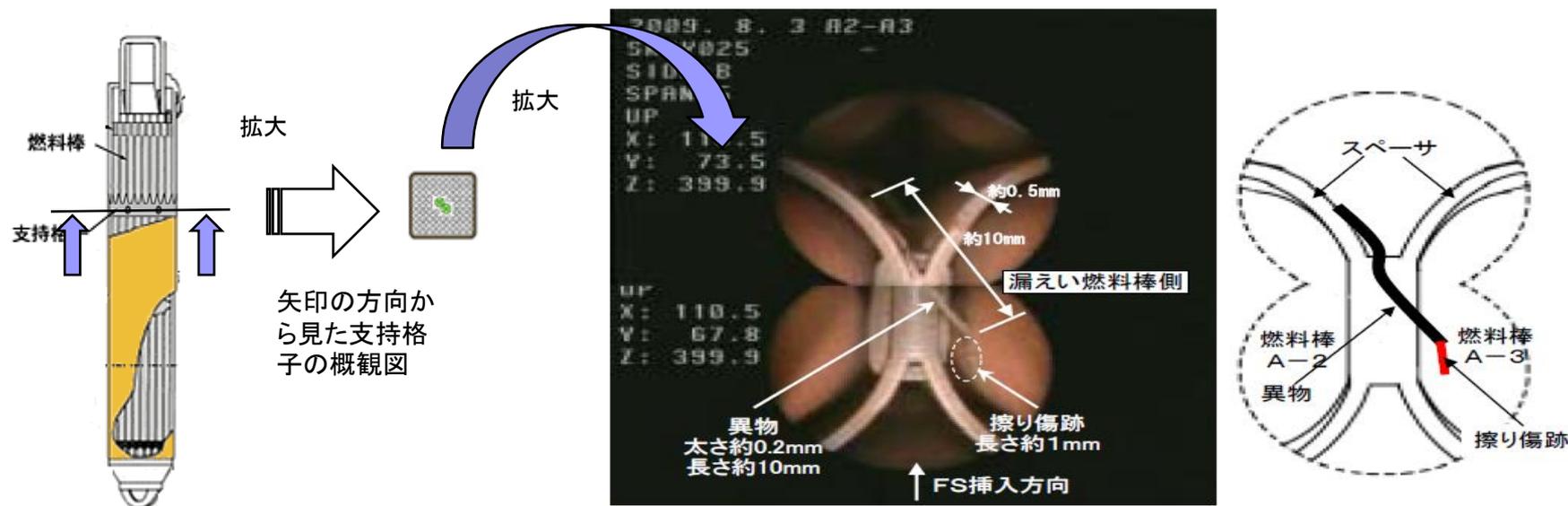
- ・燃料からの漏えいが発生した原因は、設計・製造・運転等に起因した要因及び中越沖地震による影響ではなく、異物等を原因とする偶発的事象と推定。

#### (保安院の評価)

- ・製造時の燃料体検査の記録やプラント試験における健全性評価等の結果から、**設計・製造・運転等に起因したものでない**と評価。
- ・また、中越沖地震による設備健全性の確認における、地震力による応答解析の結果、水中カメラによる外観目視点検による確認等から、**中越沖地震による影響によるものではない**と考える。
- ・当院としては、これらのこと及び過去の燃料からの漏えいの原因等から、東京電力が**異物等により燃料被覆管に損傷が生じたもの**と推定することは、**妥当である**と考える。

(参考: 燃料漏えいの調査結果: 北陸電力プレス発表資料より)

志賀2号機において、本年8月12日、漏えいが確認された燃料集合体に対するファイバースコープによる検査で、漏えいの確認された燃料棒に微細な異物(太さ約0.2mm、長さ約10mm)の付着が確認されるとともに、燃料棒の微小な膨らみが確認された。漏えいに至った原因として、当該燃料棒に異物が確認されたことから、この異物が燃料棒と繰り返し接触して擦れたことによる偶発的なものと推定された。



第5スペーサ下端を観察した映像

## (4) 定格熱出力状態における監視の強化について

### (東京電力)

- ・監視を強化するために、毎1時間に1回、高感度オフガスモニタの採取等を行うとともに、原子炉水中のよう素濃度の測定及び監視、気体廃棄物の手分析についても、通常より頻度を高めて行うこととしている。

(例:監視項目)	通常の測定頻度	強化後の測定頻度
高感度オフガスモニタ	不定期	1回/時
よう素131濃度	1回/週	2回/週
放射性希ガス分析	1回/月	1回/週

### (保安院の評価)

- ・当院としては、漏えいの状態を適切に監視するものと評価します。
- ・また、東京電力が漏えい燃料の監視に関連するパラメータの指示値が有意な上昇を示した場合などにおいてプラント停止を含めた対応を予定していることは、適切なものと評価します。

## (5) 定格熱出力時における運転状態について (東京電力)

- ・定格熱出力状態においても、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いとしています。また、炉心流量・原子炉熱出力のパラメータから原子炉の状態は安定しており、漏えい燃料近傍の制御棒を挿入した状態での運転は可能としています。
- ・しかしながら、7号機は新潟県中越沖地震後初めて起動したプラントでもあり、出力抑制が適切に行われていることを確認するとともに、知見の拡充を行うために、しばらくの間、更に慎重に関連データを採取することとしています。

### (保安院の評価)

- ・漏えい燃料の出力抑制による定格熱出力での運転状態においても、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いと評価します。
- ・また、東京電力が引き続き、出力抑制が適切に行われていること等を確認するために、しばらくの間、関連データを採取することは、適切であると評価します。

## 5. 原子力安全委員長の見解

保安院は、8月19日、原子力安全委員会に対し、当院の評価について報告し、了承されました。鈴木原子力安全委員会委員長の見解は以下のとおりです。

- ・リーク燃料発生要因については、新潟県中越沖地震との関連はなく、異物等によって燃料被覆管に偶発的に生じたキズによるものという、東京電力および原子力安全・保安院の見解は科学的にみて妥当
- ・現状のリーク量は公衆への影響の観点からは問題のないレベルと判断
- ・今回のようなごく微量のリークは、現実的には、高感度オフガスモニタによって始めて検出可能なレベルであり、今後の推移を慎重かつ正確に観察する上からは、リーク燃料の出力を落としたまま、一定期間、調整運転を継続し監視し続けることが望ましい。
- ・原子力安全・保安院は、東京電力に対し適切な指示を実施し現場での確認状況を地元の皆様に報告すること、一方、東京電力は、原子炉水中のヨウ素-131の濃度、通常の排ガス放射線モニタ、および高感度オフガスモニタによる観測データ値を、出来るだけ詳しく地元の皆様に報告することが、地元の皆様の安心・安全を最優先する上から適切と考える。

## 6. 保安院の対応

現在の定格熱出力運転時における運転状態について、保安院の検査官は、現場の状況を確認するとともに、中央制御室の指示値に異常がないことを確認しています。



現場監視盤



中央制御室

## 7. 今後の予定

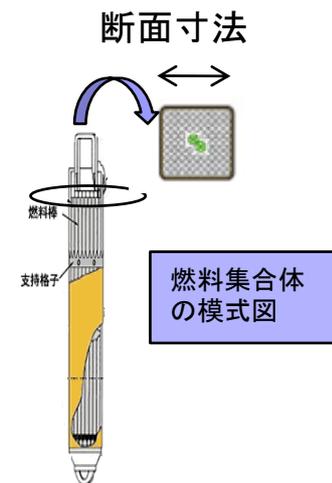
- ・保安院は、引き続き漏えい燃料に関する安全性及びプラントの運転状況を確認していくとともに、東京電力からの報告に対して評価を行うこととします。

(参考: 前回の地域の会でのご質問)

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。
- ・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。

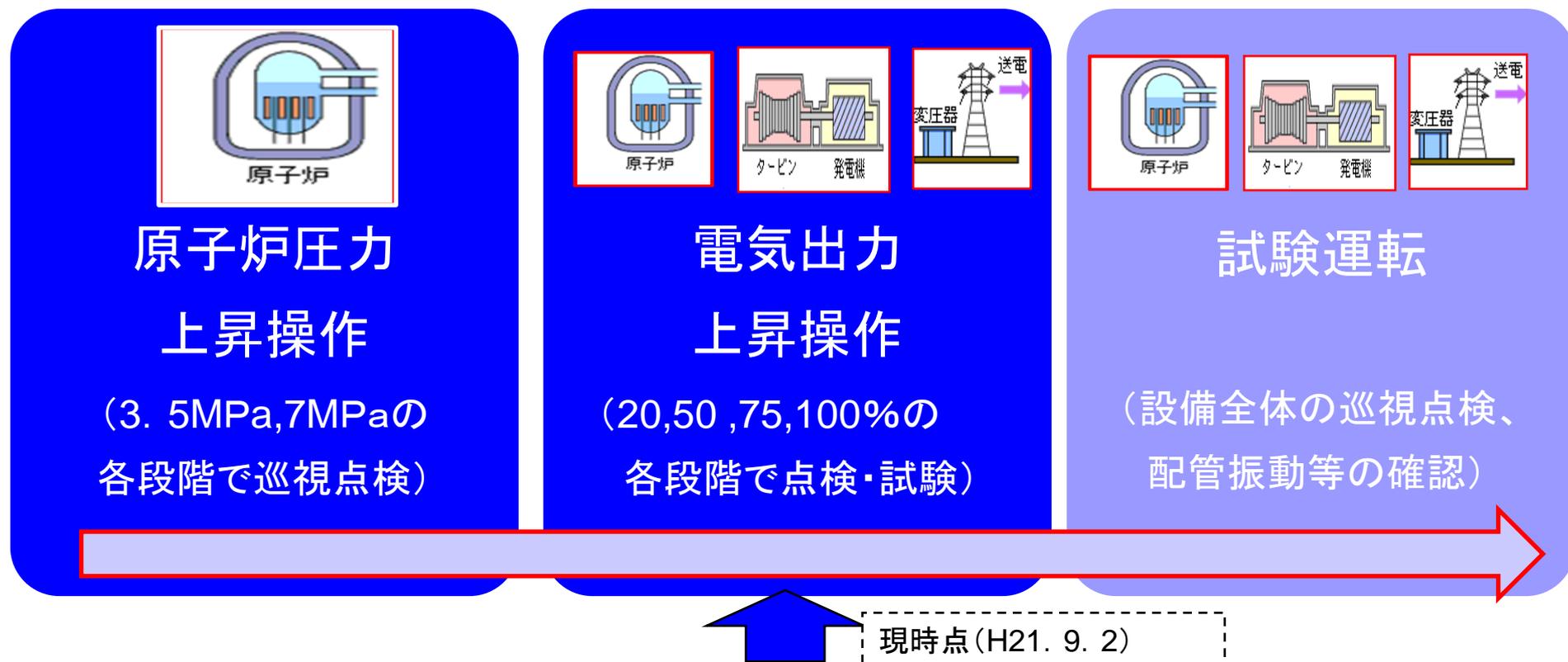
(プラントの例)	炉心内の燃料集合体数	燃料集合体の断面寸法	制御棒(クスタ)の数
(BWR)柏崎刈羽7号機 (139万kW)	872体	約133mm (9×9型)	205本
(PWR)大飯4号機 (118万kW)	193体	約214mm (17×17型)	53本



# 6号機のプラント全体の機能試験 の確認状況について

# 1. プラント全体の機能試験とは

- プラントを起動して、通気・通水・通電、入熱状態にして、プラント全体としての性能・機能や各設備の異常の有無等の確認などを内容とする試験です。(機器単位、系統単位の試験は実施済みです)
- 具体的には、以下の各段階で点検、試験が行われています。



## 2. プラント全体の機能試験に対する保安院の評価の視点

### プラント起動時の機器単位の点検項目の確認

- これまでに実施できていない点検対象に対して、計画された点検対象は十分か。
- 点検の実施時期について、適切に計画されているか。

### プラント起動時の系統機能試験項目の確認

- これまでに確認できていない技術基準上の要求事項に対して、計画された系統機能試験は十分か。
- 系統機能試験の実施時期について、適切に計画されているか。

### プラント運転状態の確認

- 確認する運転パラメータは、プラントの性能を評価する上で十分か。
- 運転パラメータの採取時期、評価の実施時期は適切か。
- 現場の巡視・点検等の実施対象、実施時期は適切か。

### 共通事項

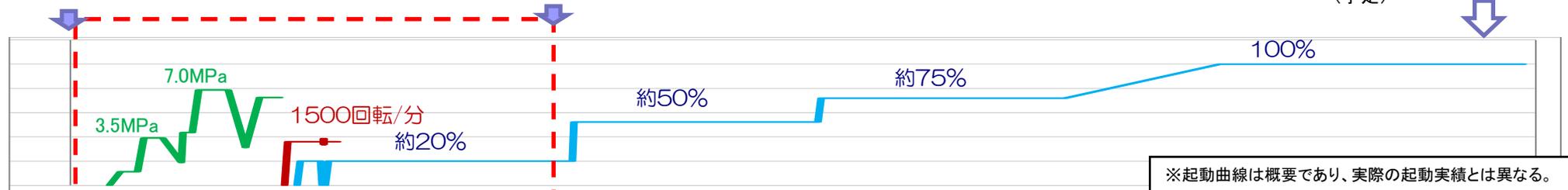
- プラント全体の点検・試験項目及び現場での巡視・点検箇所は、地震の影響を評価する上で十分か。
- 各種確認事項について、不適合事象の発生及び対応状況並びに長期間プラントを停止していたことに対して十分留意がされているか。
- 起動に当たっての安全上の確認事項等について、適切に計画されているか。
- 点検、試験等に係る品質マネジメント上の対応は万全か。

保安院は、上記の視点をもって、厳格に安全確認を行っています。

### 3. 保安院が実施した、または実施中の主な確認(その1)

H21.8.26起動

H21.9.2現在

約1ヶ月半後総合負荷性能検査  
(予定)

#### 監視体制の強化(8月25日～実施中)

- 中央制御室に専用ブースを設置し、24時間監視
- 東京及び全国の検査官事務所から職員を派遣し、通常よりも強化した体制で確認に当たっている。



#### 原子炉起動にあたっての安全性の確認(～8月25日)

- これまで発見された不適合事象(3678件)を始めとして処理が終了していること、保安院が明らかにした「教訓と課題(10項目)」について、適切に対応が行われていることを確認。(事業者の評価会議に出席)



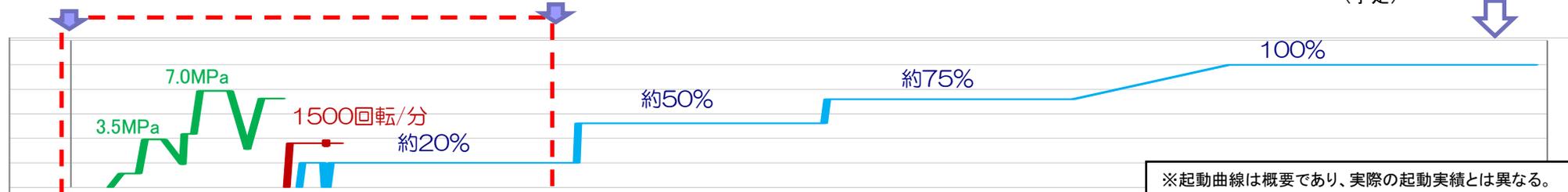
#### 事業者が自主的に実施する検査への立会い(8月26日～実施中)

- プラント全体の試験時に実施する蒸気等を使用する機器の検査(例:蒸気タービン性能検査等)に立会い、異常の有無を確認中。

### 3. 保安院が実施した、または実施中の主な確認(その2)

H21.8.26起動

H21.9.2現在

約1ヶ月半後総合負荷性能検査  
(予定)

#### 振動診断測定への立ち会い(8月28日)

- ・原子炉隔離時冷却系ポンプ、タービン駆動原子炉給水ポンプの振動診断測定に立ち会い、異常な振動が発生していないことを確認。



#### 格納容器内の点検への立会い(8月28日、29日)

- ・3.5MPa、7.0MPaの段階で実施される配管等に熱及び圧力をかけた状態で実施された格納容器内点検に立ち会い、異常がないことを確認。



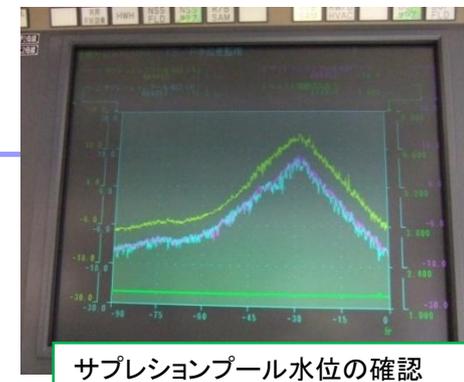
#### 発電機の仮並列、本並列への立会い(8月30日、31日)

- ・発電機を試験的に接続する仮並列、その後の本並列に立ち会い、発電機や変圧器等の電気設備に異常が発生していないことを確認。

## 4. 関係審議会委員、地元の皆様等のご意見を参考に、重点的に安全確認を実施(その1)

### 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

### 主蒸気系配管の確認(クロスチェック解析評価上最も厳しかった部位)

- 格納容器内点検時に主蒸気系配管(主蒸気逃がし安全弁付近)の外観目視点検を実施。
- 漏えい等の異常がないことを確認。



主蒸気逃がし安全弁付近の確認状況

### 熱の影響をうける部位の変位の確認

- 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ついて、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

## 4. 関係審議会委員、地元の皆様等のご意見を参考に、重点的に安全確認を実施(その2)

### 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、軸受け部の振動数が基準値以内に十分収まっていることを確認。



蒸気タービンの運転状況の確認



軸振動データの確認状況

## 5. 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(8月26日～実施中)



(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(8月26日～実施中)



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

## 今後の予定

- 引き続き、プラント全体の機能試験を監視、東京電力が実施する点検等に立ち会い、試験が適切に行われているか、結果に問題はないか厳格に確認。
- 今後、定格熱出力一定運転までの各段階での試験結果、得られたデータ等を基に、6号機のプラント全体の機能についての保安院としての評価をとりまとめ。