

# 東京電力柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震発生時の運営管理に係る評価結果

---

平成19年12月19日

経済産業省

原子力安全・保安院



# 本資料の目的

---

本資料は、地震発生時における東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所の運営管理状況について、「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」の安全機能等の確保状況を検証・評価し、原子力発電所のより一層の安全確保に有益と考えられる運営管理上の課題と対応を取りまとめたものである。

取りまとめに際しては、「中越沖地震における原子炉施設に関する調査・対策委員会」に設けられた「運営管理・設備健全性評価ワーキンググループ」において、専門家による評価を受けた。



# 地震発生時の運営管理に係る評価内容

---

- ・地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価
- ・地震発生に伴い発生した不適合事象の評価
- ・放射性物質放出に係る根本原因分析の評価
- ・今後の対応

# 地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価

## (目的、評価手順、評価の体制及び実績)

### < 目的 >

地震発生当時、「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」の安全機能並びにこれらの機能確保に不可欠な「電源」が確保されていたかどうかを確認するため、各号機毎に地震発生から冷温停止に至るまでのプロセスを時系列で評価する。

### < 評価手順 >

- ・各種運転パラメータ及び当直長引き継ぎ日誌等(エビデンス)の精査  
例: 出力領域モニタチャート、原子炉圧力チャート、アラームタイパー、放射線モニタチャート
- ・当直長等の運転員及びその他関係者からインタビュー(35名)
- ・上記の結果を踏まえ、2号機と4号機を対象として、地震発生時の運転管理の状況をモデル化し、BWR運転訓練センター(BTC)においてシミュレーションを行うことにより操作の適切性を検証

### < 評価の体制及び実績 >

- ・原子力安全・保安院 検査官 12名、原子力安全基盤機構 検査員 12名
- ・平成19年8月から9月に柏崎刈羽原子力発電所において延べ12日

# 地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価 (「止める」安全機能の評価結果)

## < 「止める」安全機能 >

運転中の原子炉施設(3号機、4号機及び7号機)及び起動中の原子炉施設(2号機)においては、「地震加速度大」によるスクラム信号の発生により、速やかに全ての制御棒が全挿入され、未臨界確認に至るまでの運転操作が適切に実施された

停止中の原子炉施設(5号機、6号機)については、全ての制御棒が全挿入であり、中性子源領域モニタ(SRM)等に有意な変動がないこと等、安全が確保されていた

## 「止める」機能については、確保されていたと評価

\* 1号機については、燃料が装荷されていなかったことから「止める」機能に関して評価する必要はない。

# 地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価 (「冷やす」安全機能の評価結果)

## < 「冷やす」安全機能 >

運転中の原子炉施設(3号機、4号機及び7号機)及び起動中の原子炉施設(2号機)においては、除熱のための各系統が正常に動作しており、原子炉スクラムから冷温停止に至るまでの原子炉の減圧等の運転操作が適切に行われた。

停止中で燃料が装荷されていた5号機及び6号機についても、除熱のための各系統が正常に動作していた。

また、各号機の使用済燃料プールの除熱も、正常に動作していた。

「冷やす」機能については、確保されていたと評価

# 地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価 (「閉じこめる」安全機能の評価結果)

## <「閉じこめる」安全機能>

各号機において、地震発生前後の原子炉水及び使用済燃料プール水のヨウ素濃度の測定結果から、地震による燃料破損がないこと

原子炉圧力バウンダリ及び原子炉格納容器内の漏えいがないこと

原子炉建屋オペレーションフロアを除く各エリアにおいて有意な放射線モニタの上昇がないこと

原子炉建屋の負圧が維持されていること

モニタリングポスト等の指示に有意な変動がないこと

「閉じこめる」機能については、確保されていたと評価

## 地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価 (「電源」の評価結果)

### < 「電源」機能 >

外部電源を供給する設備の耐震クラスは、一般産業と同レベルのCクラスであるが、今回のような設計基準地震動を超える地震が発生したにもかかわらず、地震直後に3系列(後に2系列)の外部電源が確保されていた。

地震後のパトロール及びその後行われた詳細点検において、耐震クラス「As」である非常用DGに損傷は確認されておらず、地震後の作動確認試験において当該DGが健全に起動したことから、仮に外部電源が喪失していたとしても、非常用DGによる電源が確保されていたものと判断される。

外部電源及び非常用DGによる電源機能は、確保されていたと評価



# 地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価 (BWR運転訓練センター(BTC)における4号機シミュレーション)



## ・地震発生時の各安全機能等の確保状況の評価 (教訓と課題)

---

「止める」、「冷やす」、「閉じこめる」及び「電源」の機能は確保されていたが、安全確保を更に万全なものとする観点から、以下の点を教訓として認識し、対応していくことが必要

### < 教訓と課題 >

運転員の訓練について、地震時の多重事象を想定し、シミュレータ訓練方法等を見直す必要がある。

非常時に運転操作と現場確認等を同時に実施できるよう非常参集を含めて体制の整備・強化を行う必要がある。

非常用DGの作動確認試験等について電源の確保の観点から通常の定例試験の頻度によらず準備が整い次第速やかに行う必要がある。

# 地震発生に伴い発生した不適合事象の評価 (目的、対象範囲及び作業手順)

## < 目的 >

地震による不適合事象のうち、東京電力により既に公表され他の原子力発電所においても予防処置の要否の検討が必要な安全上考慮すべき不適合事象に加えて、軽微な事象の中から他の原子力発電所においても予防処置を行うことが有益な事象を抽出する。

## < 対象範囲 >

地震が発生した平成19年7月16日から平成19年11月30日までの不適合事象(3100件)を対象

## < 作業手順 >

全ての不適合事象について、不適合区分にかかわらず、一件ごとに内容の確認を行うとともに、「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」の各安全機能等の観点から有益な事象(3事象)を抽出

# 地震発生に伴い発生した不適合事象の評価 (選定された事象)

## ホウ酸水注入系配管保温材の損傷について

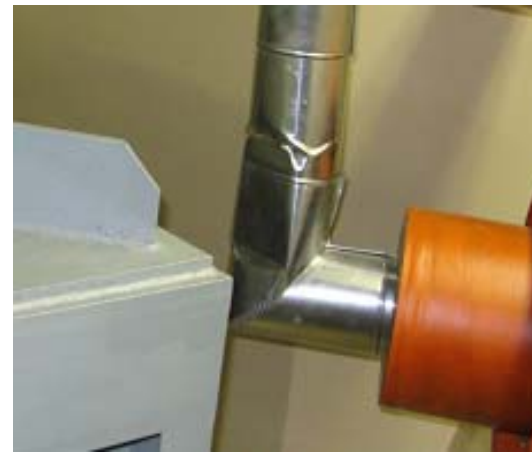
重量物(原子炉压力容器(RPV)模擬ノズル)が地震により移動し、その部屋に敷設されていたホウ酸水注入系の配管に接触し、配管を覆っていた保温材に損傷を与えたことが確認された。

ホウ酸水注入系の配管には損傷はなかったものの、重量物が安全重要度の高い配管に損傷を与える可能性があった。

(地震発生後)



(拡大写真)



(写真提供:東京電力)

# 地震発生に伴い発生した不適合事象の評価 (選定された事象)

## 中越沖地震発生時の作業員の管理区域からの退域について

地震発生に伴い、1・2号機共用の出口において、作業員が管理区域から退出する際に身体汚染の有無を確認するための退出モニタが7台中、6台故障した。地震発生時、1号機は定期検査中であり、約400名の作業員が管理区域内で作業中であった。作業員に対し、管理区域からの退避指示が出され、約400名の作業員が使用可能な1台の退出モニタに集中した。そのため放射線管理員は、身体汚染の有無を確認する退出モニタを通さず、人身安全の観点から作業員を退出させた。

汚染が法令に定める限度以下に保たれている区域からの退域であり、結果的には、作業員の身体汚染は法令に定める表面汚染密度限度を超えていないと推定されるが、安全な場所に退避した後の汚染確認作業がなされなかった。



地震発生前



地震発生後

# 地震発生に伴い発生した不適合事象の評価 (選定された事象)

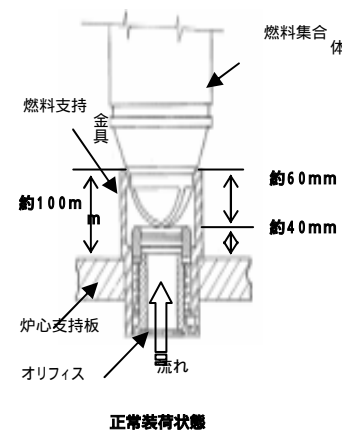
## 原子炉への燃料集合体装荷時における着座について

5号機(地震当時停止中)において、原子炉内から使用済燃料プールへの燃料取り出し作業中、燃料下部が燃料支持金具から外れていることが確認された。

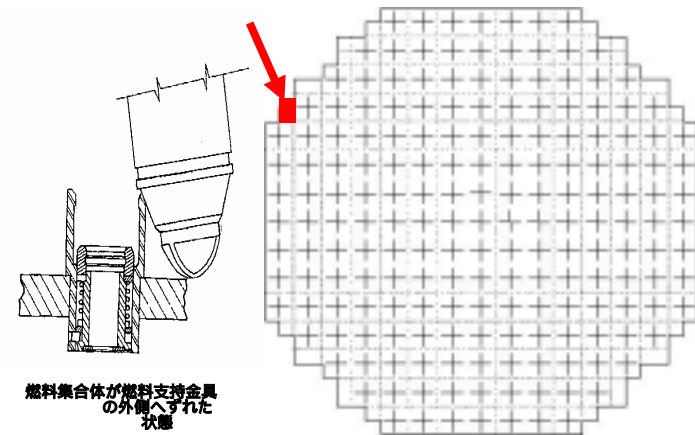
原子炉へ燃料を装荷した際の記録の確認を行った結果、燃料の着座位置(鉛直方向)が他の燃料に比べ約25mm程度高いことが判明した。また、東京電力においては、各燃料の着座位置を記録しているが、その値が一定の範囲内に収まっていることの確認は、実施していなかった。



状況写真



正常装荷状態



燃料集合体装荷位置図

# 地震発生に伴い発生した不適合事象の評価 (教訓と課題)

他の原子力発電所においては、東京電力により公表された安全上考慮が必要と考えられる81件の不適合事象から得られる教訓に加え、以下の点を教訓として認識し、対応していくことが必要である。

(なお、安全上考慮すべき不適合事象(81件)が含まれているが、これらの不適合事象については、東京電力及び他の電力会社において、品質マネジメントシステムの一環として必要な是正処置、予防処置等を行うことが必要である。当院は、その処置について保安検査等で確認を行う。)

## < 教訓と課題 >

定期検査の際に使用する仮置き物品等については、地震により、安全重要度の高い機器等に損傷を与えないよう適切に固縛を行う等の対策を行う必要がある。

地震発生時に管理区域から作業員を退出させる場合の避難場所、避難後の作業員に対する表面汚染密度の測定等の緊急時の対応について検討し整備する必要がある。

原子炉内への燃料装荷に当たっては、燃料の着座位置(鉛直方向)を管理し、燃料が適切に着座していることを確認する必要がある。

# 放射性物質放出に係る根本原因分析の評価 (事象の概要 6号機)

安全上考慮が必要と考えられる事象(81件)のうち、特に放射性物質の環境への放出事象(以下の2件)について、再発防止の徹底を図る観点から根本原因分析を東京電力に指示した。

## < 6号機原子炉建屋内管理区域外への放射性物質を含む水の漏えい >

平成19年7月16日、地震発生後の巡視点検において、原子炉建屋3階及び中3階の管理区域外に水たまりが確認された。

試料を採取の上、放射能の測定を行ったところ、漏えい水中に放射性物質が含まれていることが確認された。

さらに、当該漏えい水が放水口を經由して海に放出されていることが確認された。

なお、放出された放射エネルギーから計算した一般公衆の受ける線量は、自然界から1年間に受ける放射線量の約10億分の1程度であり、環境への影響はなかった。



# 放射性物質放出に係る根本原因分析の評価 (事象の概要 7号機)

---

## < 7号機主排気筒からの放射性気体廃棄物(ヨウ素等)の放出 >

平成19年7月17日、主排気筒のフィルタ測定において、ヨウ素等が検出された。その後の調査により、原子炉の自動停止後の操作過程において、タービンランド蒸気排風機の停止操作が遅れたため、復水器内に滞留していたヨウ素等が、タービンランド蒸気排風機により吸引され、排気筒を経て放出に至ったものと推定された。

なお、主排気筒より放出された放射エネルギーについて評価した結果、放出された放射エネルギーから計算した一般公衆の受ける線量は、自然界から1年間に受ける放射線量の約1000万分の1程度であり、環境への影響はなかった。

# 放射線物質放出に係る根本原因分析の評価 (東京電力の分析結果に対する評価方法及び評価結果)

## < 東京電力の分析結果に対する評価方法 >

原子力安全基盤機構作成の「事業者の根本原因分析実施内容を規制当局が評価するガイドライン」のうち、抽出された問題点の要因分析の手法に関する考え方を参考に評価

## < 東京電力の分析結果に対する評価結果 >

事象の発生に至った個々の問題点を抽出し、その抽出された問題点から組織要因が導き出されていることから、抽出された問題点に対する分析が概ね妥当に実施されたものと評価した。

# 放射性物質放出に係る根本原因分析の評価 (教訓と課題)

## < 教訓と課題 >

建設時の設計プロセスにおいて、地震時に燃料プールのスロッシングによる漏水の影響について考慮するプロセスが設定されていなかった。

今後、新規プラントだけでなく運転中プラントに対しても、想定される地震等に関する新たな知見が得られた都度、プラントの安全性を評価又は再評価するプロセスを構築する必要がある。

その際、想定される事象により副次的に原子力安全に影響を及ぼす事象についても評価又は再評価するようにプロセスを構築する必要がある。

通常使用する設備、機能(自動操作機能等)が地震災害等により使用できない状況を想定した運転員の訓練カリキュラムが作成されるように訓練カリキュラム作成プロセスを改善する必要がある。

使用頻度の少ない非常時等に使用するマニュアルの周知プロセスは、通常時に使用されるマニュアルとは別に周知プロセスを構築する等、マニュアル周知プロセスを見直す必要がある。

管理区域に隣接する非管理区域における放射性物質を含む漏水のサンプリング手法を定める等、非常時におけるこうした区域の放射線管理プロセスを構築する必要がある。

## 今後の対応

---

東京電力柏崎刈羽原子力発電所においては、これらの教訓と課題について、速やかに対策を実施することが必要である。

他の原子力発電所においては、各評価で明確にした教訓と課題について速やかに予防処置の要否の検討を行い、必要な対策を講ずることが必要である。

これら対策の実施状況については、平成19年度第4回保安検査等で確認を行うこととする。

# 運営管理・設備健全性WGの開催実績と その審議内容について (運営管理に係る内容について抜粋)

## 第1回 平成19年 9月 4日 於:経済産業省

- ・地震発生後の運営管理に係わる検討課題
- ・地震発生時の運転員、作業員等からのインタビューの実施について

## 第2回 平成19年10月 2日 於:新潟県

- ・BWR運転訓練センターにおける模擬(2号機及び4号機)
- ・東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の状況調査
- ・地震発生時の安全確保の評価結果(震災直後の運転管理)  
「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」各安全機能について

## 第3回 平成19年11月 1日 於:経済産業省

- ・地震発生時の安全確保の評価結果(震災直後の運転管理)  
「電源」の確保の状況
- ・地震発生に伴い発生した不適合事象の評価結果
- ・6号機及び7号機における放射性物質の放出に係る根本分析結果について

## 第4回 平成19年12月11日 於:経済産業省

- ・東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震発生時の  
運営管理に係る評価結果(案)

別添

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所における  
新潟県中越沖地震発生時の運営管理に係る評価結果

平成19年12月19日

原子力安全・保安院

# 目 次

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| I. はじめに                         | 3  |
| II. 地震発生時の各安全機能等の確保             | 3  |
| 1. 目的                           | 3  |
| 2. 検証方法及び実績                     | 3  |
| 3. 評価結果                         | 4  |
| (1) 「止める」安全機能                   | 4  |
| (2) 「冷やす」安全機能                   | 5  |
| (3) 「閉じこめる」安全機能                 | 6  |
| (4) 電源の確保                       | 7  |
| (5) その他                         | 8  |
| 4. 教訓と課題                        | 9  |
| III. 地震発生に伴い発生した不適合事象           | 10 |
| 1. 目的                           | 10 |
| 2. 調査方法                         | 10 |
| 3. 評価結果                         | 10 |
| 4. 教訓と課題                        | 11 |
| IV. 放射性物質の放出に係る根本原因分析           | 13 |
| 1. 目的                           | 13 |
| 2. 評価方法                         | 13 |
| 3. 評価結果                         | 13 |
| 4. 教訓と課題                        | 14 |
| V. 今後の対応                        | 15 |
| VI. むすび                         | 15 |
| 添付1 柏崎刈羽原子力発電所各号機における「運用管理」調査結果 | 17 |
| 添付2 不適合情報の抽出結果                  | 34 |
| 添付3 各評価において得られた教訓と課題            | 38 |
| 参考資料1 BWR運転訓練センターにおける模擬について     | 39 |

## I. はじめに

平成19年7月16日10時13分、新潟県中越沖を震源とするマグニチュード6.8の地震が発生した。原子力安全・保安院（以下「当院」という。）は、地震発生時における東京電力株式会社（以下「東京電力」という。）柏崎刈羽原子力発電所の原子炉の運営管理状況について保安検査等により、その適切性を評価した。

本報告書は、地震発生時の原子炉の運営管理状況として「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」各安全機能等の確保について検証するとともに、運営管理上の課題を抽出し、専門家の意見を踏まえて、今後の原子力発電所の更なる安全確保に向けての対応を評価し取りまとめたものである。

## II. 地震発生時の各安全機能等の確保

### 1. 目的

柏崎刈羽原子力発電所の各号機の原子炉について、基本的な安全機能である「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」並びにこれらの機能確保に不可欠な「電源」が、平成19年新潟県中越沖地震直後に、どのように確保されたかについて、客観的な事実に基づいて検証した。

併せて、今回の地震による一連の経験から、地震時の対応として基本的な安全機能及び電源の確保を確実にを行うための教訓と課題を抽出し、柏崎刈羽原子力発電所のみならず、他の原子力発電所においても有益となる予防処置を明確にした。

### 2. 方法及び実績

当直長等の運転員やその他関係者等に直接インタビューを行うとともに、運転日誌、運転パラメータ記録、巡視点検記録等（以下「エビデンス」という。）を確認し、各号機毎に地震発生から冷温停止に至るまでのプロセスについて時系列で検証を行った。

検証に当たっては、当院検査官12名、原子力安全基盤機構検査員12名の体制の下、当直長等の運転員やその他関係者等35名に対し、延べ8日間、直接にインタビューを行った。また、エビデンスの確認については、延べ4日間をかけて実施した。

さらに、インタビュー及びエビデンスから得られた情報をもとに地震発生後の状況を再構成し、株式会社BWR運転訓練センターの協力を得て、地震発生当時の2号機及び4号機の中央制御室の状況を模擬し、「止める」確認がどのようになされたか、「冷やす」操作がどのように行われたか等について、検証した。

調査実績等は以下のとおりである。

#### (1) 関係者からのインタビュー調査日時等

##### ①第1回インタビュー

日 時：平成19年8月22日から24日

場 所：東京電力柏崎刈羽原子力発電所

対象者：柏崎刈羽原子力発電所 東京電力職員（当直員等）及び協力会社職員（作業員）



②第2回インタビュー

日 時：平成19年9月11日から13日

場 所：東京電力柏崎刈羽原子力発電所

対象者：柏崎刈羽原子力発電所 幹部所員

③第3回インタビュー

日 時：平成19年9月18日、20日

場 所：東京電力柏崎刈羽原子力発電所

対象者：柏崎刈羽原子力発電所 2号機、3号機、4号機及び7号機の当直長、  
他

(2) 柏崎刈羽原子力発電所のエビデンスの調査日時等

①調査日時等

日 時：平成19年9月18日から21日

場 所：東京電力柏崎刈羽原子力発電所

(3) 地震発生当時の2号機及び4号機の中央制御室の状況の模擬

①模擬日時等

日 時：平成19年10月2日

場 所：株式会社BWR運転訓練センター

3. 評価結果

(1) 「止める」安全機能

①各号機共通事項

運転中の原子炉施設（3号機、4号機及び7号機）及び起動中の原子炉施設（2号機）においては、地震に伴うスクラム信号（地震加速度大（鉛直））の発生により、速やかに全ての制御棒が全挿入され、未臨界確認に至るまでの運転操作について問題ないことを確認した。

停止中の原子炉施設（5号機、6号機）については、全ての制御棒が全挿入であったこと、中性子源領域モニタ（SRM）及び起動領域モニタ（SRNM）に有意な変動がないことを確認した。（詳細については添付1参照）

以上のことから、「止める」機能については、確保されていたと評価する。

なお、1号機については、全燃料が原子炉から取り出され、燃料プール中に保管中であったことから、原子炉の「止める」機能についての検証は行っていない。

②号機別事項

原子炉スクラム時の制御棒の挿入時間については、保安規定に基づき、定期検査時にその挿入時間の基準を満たし、機能することを確認している。

今回の地震による制御棒挿入時間については、2号機及び7号機については、スクラムタイミングレコーダーによる測定値から、保安規定で定検停止時に要求されている基準の時間内で挿入されたことを確認した。

3号機及び4号機については、スクラムタイミングレコーダーの故障により、挿入時間は直接計測できなかったが、過渡現象記録装置の平均領域出力モニタ（APRM）の記録等から、保安規定で要求されている基準の時間内に挿入されたことを確認した。

## （2）「冷やす」安全機能

### ①各号機共通事項

運転中の原子炉施設（3号機、4号機及び7号機）及び起動中の原子炉施設（2号機）においては、除熱のための各系統が正常に動作していること、原子炉スクラムから冷温停止に至るまでの原子炉の減圧等の運転操作が適切であることを確認した。

停止中で燃料が装荷されていた5号機及び6号機については、除熱のための各系統が正常に動作していることを確認した。（詳細については添付1参照）

また、全燃料が使用済燃料プールに取り出し中であつた1号機を始めとした各号機の使用済燃料プールの除熱が正常になされたことも確認した。

以上のことから「冷やす」機能については、確保されていたと評価する。

### ②号機別事項

#### a) 2号機について

起動中であつた2号機<sup>A</sup>は、地震により原子炉がスクラムした際、原子炉冷却材浄化系（CUW）Aポンプが地震により自動停止したため、低出力時における原子炉水位調整のための原子炉水ブローダウン（原子炉水位が上昇した場合、原子炉水を液体廃棄物処理系へ移送させること）ができなくなり、原子炉水位が徐々に上昇している状況であつた。原子炉冷却操作のため当直チームがタービンバイパス弁を開操作したところ、原子炉水の減圧沸騰現象により原子炉水位が急上昇した。このため、原子炉水が主蒸気管へ流入するのを防止する観点から当直チームは主蒸気隔離弁（MSIV）を全閉操作した。

同操作に伴い、復水器による原子炉冷却操作ができなくなったことから、主蒸気逃し安全弁（SRV）による減圧操作により原子炉の冷却を行いつつ、原子炉水位の調整のため低圧炉心スプレイ系（LPCS）ポンプを起動し、適時、原子炉へ注水を行った。

主蒸気隔離弁（MSIV）の全閉操作は、一次冷却材の不要な拡散防止の観点から問題のないものと評価される。しかしながら、同操作を招いたタービンバイパス弁の開操作については、原子炉の減圧沸騰現象により急激な水位の上昇に至る可能性のあることから慎重に行うべきと評価する。

また、原子炉水位の調整のため低圧炉心スプレイ系（LPCS）ポンプを起

<sup>A</sup> 2号機は、定期検査の最終段階にあり、一度原子炉を臨界にし、冷却材の温度・圧力を定格値に持って行った後、原子炉格納容器内ドライウェル部に異常がないか作業員が原子炉格納容器内に入って点検するため制御棒を全挿入し原子炉を未臨界にしていた。同点検を終え再度原子炉を臨界にしようとしていたときに地震に見舞われたものである。このため、炉内は高温高圧状態にあつたが、炉出力は崩壊熱によるものだけの低出力状態であつた。

動し、原子炉に注水を行ったが、これについても手順書に基づいた対応であり、問題ないものと評価される。

b) 3号機及び4号機について

1号機から4号機共用の所内ボイラは、4台が設置されており、地震発生前はそのうち2台が運転中であった。地震発生により、運転中であった2台のうち1台が停止し、所内ボイラが1台しか使えない状況となった。

原子炉を冷却するための通常的手段としては、蒸気タービンが停止した後に、復水器に原子炉で発生した蒸気を誘導し復水器で水に凝縮させ冷却を行う。そのためには、復水器の真空度を高く保つ必要があり、所内ボイラには、復水器の真空度を維持する機器を動作させるための蒸気を供給する役割がある。

地震発生後、所内ボイラは1台しか使用できず、運転中であった3号機及び4号機の炉内で発生した蒸気を復水器に導いて、同時に原子炉を冷却するために必要な復水器の真空度を維持するには、1台の所内ボイラから供給される蒸気量は不足であった。

その状況下で、非常災害対策本部は、原子炉建屋のブローアウトパネルが開放され原子炉建屋の機能が健全ではない懸念があった3号機を優先して冷温停止へ移行させる旨の指示を行っている。

両号機同時に冷温停止に移行させられない状況下で、3号機を優先して冷温停止に移行させ、その後、4号機を冷温停止に移行させたことについては、適切な判断であったと評価する。

また、3号機の冷温停止が達成されるまでの間、4号機については、原子炉圧力、原子炉冷却材温度及び原子炉水位が適切に調整され、同号機は安定した高温待機状態に保たれており、適切な運転操作が行われていたものと評価できる。

なお、高温待機状態であった4号機については、必要な場合には、主蒸気逃し安全弁を用いて系統の冷却方法も実施しうる状態であったことから、十分に余裕のある対応であったと評価できる。

(3) 「閉じこめる」安全機能

①各号機共通事項

各号機において、地震発生前後の原子炉水及び使用済燃料プール水のヨウ素濃度の測定結果から、地震による燃料破損がないことを確認した。

また、原子炉格納容器内サンプ流量、原子炉格納容器露点温度、原子炉格納容器圧力についてのエビデンスから、原子炉圧力バウンダリ及び原子炉格納容器内の漏えいがないと確認した。

さらに、原子炉建屋オペレーションフロアを除く各エリアにおいて有意な放射線モニタの上昇がないこと、原子炉建屋の負圧が維持されていること、モニタリングポスト、主排気筒モニタ及び排水モニタの指示に有意な変動がないことを、各種エビデンスから確認した。(詳細については添付1参照)

以上のことから「閉じこめる」機能については、確保されていたと評価する。

## ②号機別事項

### a) 3号機について

3号機の原子炉建屋の負圧維持については、保安規定では、原子炉建屋原子炉棟の運転上の制限は、「(負圧を保つ)機能が健全であること」が要求されており、これが満足出来ない場合は、4時間以内に原子炉建屋原子炉棟を負圧に保つための措置を講じること、これが達成出来ない場合は、36時間以内に冷温停止にすることと規定されている。

今回のケースでは、地震発生後約13時間で3号機は冷温停止状態になったことから、保安規定の要求は満足されていたと判断する。

なお、東京電力の解析によると原子炉建屋の差圧はほぼゼロではあるが負圧が維持されていたと評価している。

### b) 6号機及び7号機について

6号機においては、地震発生により、燃料プール水が原子炉建屋オペレーションフロアに溢水し、最終的に液体放射性物質が海水中へ放出されており、また、7号機においては、地震発生後、主排気筒からの放射性ヨウ素及び粒子状放射性物質の放出が確認されている。

6号機にて放出された放射線量から計算した一般公衆の受ける線量は、人が自然界から1年間に受ける放射線量の約10億分の1、7号機については、約1000万分の1程度であり、環境への影響はなかった。

東京電力においては、当該事象についての根本原因分析及び同分析を踏まえた再発防止策を策定しており、同分析の妥当性については、「IV. 放射性物質の放出に係る根本原因分析」において評価を行った。

## (4) 電源の確保

### ①外部電源

通常、外部電源は南新潟幹線2回線(1L、2L)、新新潟幹線2回線(1L、2L)の4系列であるが地震発生と同時に新新潟幹線の2Lについては、地絡により受電が停止した(この時点で外部電源3系列健全)。

運転中の原子炉施設(3号機、4号機及び7号機)は、原子炉スクラム後、所内変圧器からの受電から起動用変圧器側からの受電に自動で正常に切り替わったことを確認した。

その後、現場巡視により南新潟幹線の2L系統の送電設備から油漏れが発見されたため、7月16日19時20分に手動により同幹線の2Lの受電を停止した。

(この時点で外部電源2系列健全)

### ②非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機(以下「非常用DG」という。)は、外部電源が喪失した際に自動で起動するが、地震後も外部電源が3系列(後に2系列)確保されていたため、自動起動はしなかった。

柏崎刈羽原子力発電所では、震度5弱以上の地震が発生したため、保安規定に基づき原子炉施設の損傷の有無を確認するため、パトロールを直ちに行った。

今回、原子炉設置許可申請書に記載された設計用限界地震動を上回る地震が発生したため、これに加えて、作動確認試験を通常の定例試験の頻度（1ヶ月1回）に留まらず、機械・電気・計装系関連機器の点検が必要と判断し、各点検手順書の作成後、分解点検中の1台を除き、点検、作動確認試験を実施し、非常用DGが健全であることを確認した。

今回、非常用DGの点検のため新たに手順書を作成したこと、非常用DGに対して消防法に基づく使用停止命令が発出（平成19年7月18日付け）されたが、使用許可を取得した後、速やかに分解点検中の1台を除く全ての非常用DGの作動確認試験を完了したことは、今回の状況下において適切であったと評価できる。

### ③地震発生時の電源確保

外部電源の設備は、一般産業と同レベルの耐震クラス「C」であるが、今回は原子炉設置許可申請書に記載された設計用限界地震動を超える地震が発生したにもかかわらず地震直後に外部電源として3系列（後に2系列）が確保されていた。

また、地震後のパトロール及びその後行われた点検において、耐震クラス「As」である非常用DGに損傷は確認されていないこと、及び地震後に当該DGの作動確認試験を行い健全性が確認されたことから、仮に外部電源が喪失していたとしても、非常用DGによる電源が確保されていたものと判断される。

以上のことから、外部電源及び非常用DGにより「電源」の機能は、確保されていたと評価する。

## （5）その他

### ①教育訓練

地震時の対応に関する運転シミュレータを使用した実施訓練に着目し、改善事項を抽出すべく関係者に対しインタビューを行った。その結果、柏崎刈羽発電所の当直スタッフに対する教育訓練について、以下の点が確認された。

a) 地震を起因事象とした原子炉スクラムの訓練及び地震時の機器故障を想定した訓練は実施されている。

具体的には、地震を起因とした機器の単一故障を想定した訓練（例：地震により、制御棒が1本抜けた場合）及び地震時の機器故障を想定した訓練（例：地震により、制御用空気が喪失し、原子炉スクラム及び主蒸気隔離弁閉に至る場合）は、実施されている。

しかしながら、今回の地震により発生した、原子炉スクラム発生後、複数の機器故障や機器操作判断が発生する事象（地震発生、原子炉スクラム及び所内ボイラトリップ）についての多重故障訓練は実施されていなかった。

b) 当直長の判断能力を高める訓練として、年4回、(株)BWR運転訓練センター及び東京電力のサイトシミュレータでチーム特性評価訓練として訓練チームにシナリオを教えずブラインド訓練が実施されている。

しかしながら、今回の地震の対応で必要とされた代替冷却方法、水位確保の方法などの当直長の判断に係る訓練は実施されていない。

## ②非常用炉心冷却系等

地震発生後、運転中及び起動中の号機が冷温停止に移行した後、各号機の原子炉の状態（冷温停止、燃料取替）において、保安規定で要求される原子炉停止時冷却系及び非常用炉心冷却系（以下「非常用炉心冷却系等」という。）が、動作可能であることについて、運転中及び起動中であつた原子炉においては、冷温停止操作過程における運転操作の一環として残留熱除去ポンプ等を起動することにより、一部の系統について直接的に作動を確認していた。

また、それ以外の系統については、保安規定に基づき、「機能に影響を及ぼす警報が発生していないこと」等により間接的に確認していたが、作動確認を完了するまで時間を要していた。

今回は、原子炉設置許可申請書に記載された設計用限界地震動を上回る地震が発生したものであり、安全機能を確保する観点から、保安規定で動作可能であることが要求されている非常用炉心冷却系等については、速やかに作動確認試験を完了させる必要があるものと評価する。

## 4. 教訓と課題

地震時の対応として、更なる安全な運転管理をめざし、各安全機能（「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」）及び電源の確保を確実にを行うために、今回の地震の経験から得られた教訓及び課題は次のとおり。

### （1）運転員の訓練

今回の地震発生対応は適切であつたものの、従来のシミュレータ訓練では、地震発生後のスクラム対応として、単発のトラブルが発生し、それを保全グループに電話で対応依頼をすれば終了という単純な訓練であつた。これに対し、今回の地震時には、様々なトラブルが発生し、短時間の間にどれを優先するのかの判断に迫られている。今後、こうした訓練とのギャップを埋める工夫として、今回の地震により発生した多重故障（地震発生、原子炉スクラム、所内ボイラトリップ）を分析し、地震を起因とする多重故障への対応をシミュレータ訓練だけでなく机上訓練も踏まえ、具体化する必要がある。

さらに、今後、このような事象が発生した場合の中央制御室における対応について分析を行い、知見を蓄積していくことが必要である。

### （2）体制の整備・強化

今回のような地震を想定した場合、中央制御室における冷温停止に向けた操作と現場確認を併行して行うのは、関係者からのインタビューから通常の当直体制の人員では対応が厳しい面もある。今後は、火災の対応体制等も含め、総合的な評価をもとに緊急対策要員も含めた体制の整備・強化を行う必要がある。

### (3) 非常用DG等の作動確認試験について

原子力施設の「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」という安全機能確保の観点から安全上重要な機器を動作させるためには、電源の確保が最重要である。原子炉設置許可申請書に記載された設計用限界地震動を上回る地震が発生した場合には、電源の確保の観点から非常用DGの作動確認試験を通常の定例試験の頻度によらず速やかに行う必要がある。

また、原子炉の状態により保安規定で動作可能であることが要求されている非常用炉心冷却系等についても作動確認試験を速やかに行う必要がある。

## Ⅲ. 地震発生に伴い発生した不適合事象

### 1. 目的

地震に伴い発生した東京電力柏崎刈羽原子力発電所における不適合事象について、原子力発電所の更なる安全確保に向けて有益な事象を抽出し、柏崎刈羽原子力発電所のみならず、他の原子力発電所においても予防処置が必要な事象を明確にした。

### 2. 調査方法

まず、東京電力の不適合の管理状況を把握するため、東京電力における不適合の管理の仕組みについて調査を行う。

次に地震に係る不適合事象のうち、「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」の各安全機能の確保の観点から有益な事象の抽出を行う。

### 3. 評価結果

#### (1) 東京電力における不適合の管理の仕組み

東京電力における不適合の管理を定めた「不適合管理及び是正処置・予防処置基本マニュアル NQ-11改12」（以下「不適合管理マニュアル」という。）の「原子力発電所における安全のための品質保証規程」<sup>B</sup>（以下「JEA C 4 1 1 1-2 0 0 3」という。）への適合性については、これまでの保安検査の中で確認されている。

その内容として、不適合管理マニュアルは、不適合の定義を始め、「JEA C 4 1 1 1-2 0 0 3」に準拠していること、発生した不適合は、5段階のグレード分け（As、A、B、C、D）がなされ、是正処置、予防処置に至るまで一連の仕組みが適切に構築されていることを確認している。

また、東京電力においては、情報公開及び透明性確保の観点から、平成15年11月10日から、すべての不適合事象を速やかに公表することとしており、地震発生に伴う一連の不適合についても東京電力のホームページにて公開されていることを確認した。

<sup>B</sup> 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号）第7条の3から第7条の3の7に規定する原子力施設の品質保証に関し、規制要求事項を満足する規格として、原子力安全・保安院が、平成15年12月18日（平成15・12・17原院第11号）に批准した。

## (2) 地震に係る不適合事象の抽出について

地震に係る不適合事象から有益な事象を抽出するに当たり、当院は、地震に伴う不適合事象を網羅する観点から、地震が発生した平成19年7月16日から平成19年11月30日までの不適合事象(3100件)を対象として確認作業を行った。

この中には、安全上考慮すべき不適合事象(不適合区分A<sub>s</sub>:10件、A:35、B:36件 合計81件)が含まれているが、これらの不適合事象については、東京電力及び他の電力会社において品質マネジメントシステムの一環として必要な是正処置、予防処置等を行うことが必要である。当院は、その処置について保安検査等で確認を行っている。

今回の抽出に際しては、安全上考慮すべき不適合事象(81件)に加え、軽微な不適合事象をも対象とし、「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」の各安全機能等の確保の観点から有益な事象について精査をおこなった。

この結果、11件の不適合事象を抽出した。(添付2参照)

この中には、「閉じこめる」安全機能の確保の観点から、「6号機 液体放射性物質の海中への放出」(不適合区分A<sub>s</sub>)及び「7号機 主排気筒からのヨウ素及び粒子状放射性物質の放出」(不適合区分A)が抽出されているが、この2件については、「IV. 放射性物質の放出に係る根本原因分析」にて評価を行う。

次に、これら抽出した11件について、柏崎刈羽原子力発電所のみならず、他の原子力発電所への予防処置を行うことが有益な事象として、以下の4件を選定した。

- ①【中越沖地震】R/B B2F(管)ISI UT室内SLC-2ライン(注入ライン) ペネX-22近傍保温材変形有り  
(原子炉建屋地下2階(管理区域) 供用期間中検査 超音波探傷試験装置の校正を行う室内 ホウ酸水注入系配管No.2ライン(注入ライン) 原子炉格納容器貫通部X-22近傍保温材変形あり)
- ②【中越沖地震】各S/B退域モニタ故障(各S/B数台)  
(各サービス建屋退域モニタ故障(各サービス建屋数台))
- ③【中越沖地震】R/W中操入退域装置故障・使用不可  
(廃棄物処理 中央制御室入退域装置故障・使用不可)
- ④【中越沖地震】5号機 燃料取替機荷重異常発生に伴う自動除外

## 4. 教訓と課題

今回、安全上考慮すべき不適合事象(81件)に加えて、原子力発電所の更なる安全確保に向けて有益な事象として抽出した上記の4件の不適合事象から得られた教訓及び課題は次のとおり。

- (1) ホウ酸水注入系配管保温材の損傷について(3.(2)①ホウ酸水注入系配管保温材の変形)

地震の際、供用期間中検査の超音波探傷試験装置の校正を行う部屋において、超音波探傷試験装置の校正用の装置である重量物(原子炉圧力容器(RPV)模擬ノズル)が地震により移動し、その部屋に敷設されていたホウ酸水注入系の配管に接



触し、配管を覆っていた保温材に損傷を与えたことが確認された。

ホウ酸水注入系の配管には損傷はなかったものの、重量物である校正用の装置が安全重要度の高い配管に損傷を与える可能性があったと評価できる。

このことから、安全重要度の高い機器、配管等が設置された場所に供用期間中検査の超音波探傷試験装置の校正を行う部屋等を設けることがないよう、設計の際に配慮を行うことが必要である。

また、定期検査の際に使用する仮置き物品等については、地震により、安全重要度の高い機器等に損傷を与えないよう適切に固縛を行う等、対策を行う必要がある。

(2) 中越沖地震発生時の作業員の管理区域からの退域について (3. (2) ②及び③ 退域モニタ故障)

放射線管理員が人身安全の観点から、身体汚染を計測する退出モニタを使用せず、管理区域から1号機で作業していた約400名の作業員を退出させたことは、東京電力における社内要領にも準拠しており適切な判断であったと評価できる。

避難した約400名の作業員は、B区域(4 Bq/cm<sup>2</sup>未満)からの退域であり、法令に定める表面汚染密度限度の10分の1(4 Bq/cm<sup>2</sup>)<sup>6</sup>を超えていないと考えられるが、緊急のためC区域(4 Bq/cm<sup>2</sup>以上40 Bq/cm<sup>2</sup>未満)からC防護衣のまま、退避することも考えられる。

このことから、地震発生等により、作業員を管理区域から退避させる場合の避難場所、避難後の作業員に対する表面汚染密度の測定及び避難訓練等の緊急時の対応について検討し整備する必要がある。

(3) 燃料集合体の原子炉内装荷時における着座について (3. (2) ④燃料取替機荷重異常発生に伴う自動除外)

5号機において原子炉内から使用済燃料プールへ燃料を取り出す作業を実施していた際、原子炉内燃料座標03-06の燃料下部が燃料支持金具から外れていることが確認された。

なお、燃料移動前後において原子炉水のヨウ素濃度に有意な変動がないことから燃料破損はないと評価できる。

今回の事象は、燃料装荷の際に、燃料下部が燃料支持金具内に着座せず、浮いた状態又は燃料支持金具から外れた状態であったため地震により正規の着座位置から外れたものと推定される。

<sup>6</sup> 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則

第8条第1号

管理区域には次の措置を講ずること

二 管理区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合には、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品の表面の放射性物質の密度がハの表面密度限度の十分の一を超えないようにすること。

実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示

第5条 実用炉規則第8条第1号ハの経済産業大臣の定める表面密度限度は、別表第1のとおりとする。

別表第1 アルファ線を放出する放射性物質 4 Bq/cm<sup>2</sup>  
アルファ線を放出しない放射性物質 40 Bq/cm<sup>2</sup>

このことから、原子炉内への燃料装荷に当たっては、燃料の着座位置（鉛直方向）を管理し、燃料が適切に着座していることを確認する必要がある。

#### IV. 放射性物質の放出に係る根本原因分析

##### 1. 目的

中越沖地震の経験を更なる原子力施設の安全確保に活かすため、東京電力に対し中越沖地震により発生した柏崎刈羽原子力発電所の下記2件の不適合事象について根本原因分析（以下「RCA」という。）を行い、有益となる要因を抽出するよう指示し、その結果について評価を行った。

- (1) 6号機 原子炉建屋内非管理区域への放射性物質を含む水の漏えい
- (2) 7号機 主排気筒からの放射性気体廃棄物（ヨウ素等）の放出

##### 2. 評価方法

平成19年12月14日施行の実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の一部変更を受けたRCAの実施に関しては、事業者として実施手順を準備中である。このため、その基準となる（社）日本電気協会作成の「原子力発電所における安全のための品質保証規程 JEAC4111-2003）の適用指針 JEAG4121-2005 [2007年追補版2]（根本原因分析に関わる内容の充実）」を全て適用した根本原因分析手法を本評価時点では正式に採用していない。

従って、独立行政法人原子力安全基盤機構作成の「事業者の根本原因分析実施内容を規制当局が評価するガイドライン」（以下「ガイドライン」という。）を全てに適用した評価はできないが、今回の事象から今後へ反映すべき要因の抽出を目的にガイドラインの考え方に則って評価を行うこととした。

##### 3. 評価結果

平成19年11月1日に開催された「第3回 運営管理・設備健全性評価WG」において東京電力から提出された2件のRCA結果報告について評価を行ったところ、抽出された問題点とその要因について、追加的な分析が必要と判断し、東京電力に対し、再度、提出を求めた。

再提出された2件の事象について、再評価を行った結果、時系列の整理と関係者へのインタビューから事象の事実を把握し、その事実に基づき要因分析を行うことで事象の問題点を抽出しており、その抽出された問題点から下記の組織要因が導き出されていることから、その分析が概ね妥当に実施されたものと評価した。

具体的な問題点は、以下のとおり。

- (1) 地震時の漏水などに対する副次的事象に対する検討がされない設計管理プロセスの問題
- (2) 運転操作において通常使用可能な設備が地震により使用できない状況が訓練計画で考慮されない訓練計画プロセスの問題
- (3) 使用頻度が少ない非常災害対策マニュアルと日常で使用するマニュアルとの特性を考慮しない周知プロセスの問題
- (4) 管理区域に隣接する非管理区域への放射性物質の漏えいのリスクを考慮しない放射線管理プロセスの問題

なお、組織要因として抽出されたプロセスを改善、再構築することが是正処置とされているが、今後、是正処置に対する具体的行動計画を策定し、適切に、かつ確実に実施することが必要である。

また、是正処置により予想される効果の実施前の評価と実施後の評価を比較し、分析で抽出された組織要因に対し効果があったか否かを検証する必要がある。

#### 4. 教訓と課題

今回実施した分析から教訓として次の事項が得られた。

##### (1) 設計プロセスにおける根本原因

建設時の設計プロセスにおいて、地震時に燃料プールのスロッシングによる漏水の影響について考慮するプロセスが設定されていなかった。

今後、新規プラントだけでなく運転中プラントに対しても、想定される地震等に関する新たな知見が得られた都度、プラントの安全性を評価又は再評価するプロセスを構築する必要がある。

その際、想定される事象により副次的に原子力安全に影響を及ぼす事象についても評価又は再評価するようにプロセスを構築する必要がある。

##### (2) 運転員の訓練カリキュラム作成プロセスにおける根本原因

通常使用出来るグラウンド蒸気排風機の自動化機能が使用出来なかったため手動操作で対応していたが、グラウンド蒸気排風機の停止操作に関する手動操作の訓練が実施されていなかったため、グラウンド蒸気排風機停止の認識が薄く停止操作が適切に実施されなかった。

今後、通常使用する設備、機能が地震災害等により使用できない状況を想定した運転員の訓練カリキュラムが作成されるように訓練カリキュラム作成プロセスを改善する必要がある。

##### (3) 使用頻度の少ない非常時等対応マニュアルの周知プロセスにおける根本原因

使用頻度の少ない非常時等に使用するマニュアルの周知が不十分であったため、組織内に適切な情報が伝達されず判断が適切に行われなかった。

今後、使用頻度の少ない非常時等に使用するマニュアルの周知プロセスは通常時に使用されるマニュアルとは別に周知プロセスを構築することなどマニュアル周知の実効性の観点からプロセスについて検討する必要がある。また、防災訓練等においてもマニュアルの周知を徹底する観点から訓練計画プロセスを見直し、防災訓練等を実施する必要がある。

##### (4) 管理区域に隣接する非管理区域への放射性物質を含む漏えいのリスクを考慮しない放射線管理プロセスの問題

管理区域に隣接する非管理区域における放射性物質を含む漏水のサンプリング手法が定められていなかったため、漏水の分析が遅れ放射性物質を含む水を系外に放出した。

今後、管理区域に隣接する非管理区域の管理のプロセスを構築し、通常時の管理及び地震等災害時の管理について明確にしておく必要がある。

## V. 今後の対応

中越沖地震発生直後の東京電力柏崎刈羽原子力発電所における運営管理面として、基本的安全機能である「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」並びに電源が維持されていたかについて検証・評価を行った。

また、中越沖地震発生に伴う不適合事象については、原子力発電所の更なる安全確保に向けて有益な事象を抽出するとともに東京電力における2件の根本原因分析の結果について評価を行った。

各評価においては、柏崎刈羽原子力発電所のみならず、今後の原子力発電所の更なる安全確保に向けて教訓と課題を明確にした。(添付3に一覧を示す。) 柏崎刈羽原子力発電所においては、これらの教訓と課題について、速やかに対策を実施することが必要と考える。また、他の原子力発電所においては、新たに得られた知見として速やかに予防処置の要否の検討を行い、対策を講ずることが必要と考える。

こうした点を踏まえて、当院は、これら対策の実施状況について、保安検査等で確認を行うこととする。

## VI. むすび

中越沖地震により柏崎刈羽原子力発電所においては、基準地震動を超える地震動が観測されたにもかかわらず「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」並びに電源の安全機能は確保され、それに伴う運転操作についても、概ね適切に操作されていたことは評価できる。

中越沖地震により得られた経験を各原子力発電所が、今後の更なる原子力の安全確保の向上に向け活かすことが重要と考える。

柏崎刈羽原子力発電所1号機における「運用管理」調査結果（原子炉の状態：定期検査により停止中（全燃料取り出し中））

| 機能    | 調査結果  | 調査において確認した記録   |
|-------|---|--|
| 止める   | 定期検査 (H19. 5. 4 解列) のため、原子炉内の全燃料が使用済燃料プールに取り出されており、「止める」機能の調査は実施していない。並列予定日は、H19. 9. 18 であった。   |  |
| 冷やす   | <p>定期検査のため、原子炉内の全燃料が使用済燃料プールに取り出されており、使用済燃料プールの除熱機能等について調査を行った。</p> <p>①使用済燃料プールの除熱機能について<br/>地震直前まで使用済燃料プールの崩壊熱除去系統として、燃料プール冷却浄化系ポンプ2台が動作していたが、地震によるスキマサージタンク水位低によるインターロックが作動し2台とも停止した。7月16日18:50に燃料プール冷却浄化系ポンプ2台を再起動させるまで、燃料の崩壊熱によりプール水温度が、30.3℃(7月16日6:00)から最高38.4℃(7月17日12:00)まで上昇し、その後は、31.9℃(7月17日24:00)まで低下した。なお、保安規定上は、使用済燃料プールの水温は65℃以下であることが運転上の制限とされており、燃料プール冷却浄化系ポンプが停止していた期間においても問題ないことを確認した。</p> <p>②使用済燃料プールの水位確保について<br/>7月16日15:37に発生した余震に伴い、「FPC(燃料プール冷却浄化系)プール水位低」警報が発報した。警報を受け、当直長は運転上の制限の逸脱を宣言(15:47)し、燃料プール水位の確保として燃料プール補給水系(FPMUW)から給水を開始した。16:15に当該警報がクリアしたことに伴い、当直長は、運転上の制限への復帰を宣言しており、使用済燃料プールの水位は、確保されていたことを確認した。</p> <p>③電源系について<br/>外部電源、直流電源及び所内電源については、記録を調査した結果、特に問題がないことを確認した。また、非常用ディーゼル発電機(3台中1台は点検中)については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について<br/>原子炉施設機器の冷却系統としてRH I W系及びRH S W系は適切に機能していたことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・FPC系温度チャート</li> <li>・RHR系温度チャート</li> <li>・CUW系温度チャート</li> <li>・サプレッションプール水位及び温度チャート</li> <li>・運転日誌(1)</li> <li>・原子炉建屋(非管理区域)設備パトロールチェックシート</li> <li>・定例試験記録</li> <li>「柏崎刈羽原子力発電所1号機 定例試験記録(非常用ディーゼル発電機手動起動試験)」</li> <li>・系統図</li> </ul>  |
| 閉じこめる | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>定期検査のため、原子炉内の全燃料が使用済燃料プールに取り出されており、よう素濃度の測定は実施されていない。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>定期検査のため、復水器のオフガスの測定は実施されていない。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>原子炉冷却水が循環する配管のある部屋を含め原子炉建屋の管理区域にあるエリアモニタについては、有意な変動がなく問題ないことを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>定期検査中のため、原子炉格納容器が開放されており、隔離機能は要求されていないが、記録により問題ないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>保安規定上、原子炉の状態が冷温停止中は、原子炉建屋原子炉棟の機能としての負圧維持は運転上の制限から除外されるが、地震前後において、原子炉棟の開口部(二重扉2箇所、大物機器搬入口1箇所)が閉鎖されていること、地震に伴い「燃取エリア排気放射能高」警報が発報(オペレーションフロアにおけるプール水飛散による)したことにより、原子炉建屋換気空調系が自動停止し、非常用ガス処理系が自動起動していることから、原子炉建屋原子炉棟の負圧は維持されていたと評価される。<br/>なお、原子炉建屋3階のオペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタ(CH3、CH4、CH5)の上昇が確認された。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>・モニタリングポスト、主排気筒及び排水の各記録により問題ないことを確認した。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・エリア放射線モニタ(CH1からCH24)</li> <li>・運転中高線量区域(PCV内)設備パトロールシート</li> <li>・原子炉建屋(管理区域)設備パトロールチェックシート</li> <li>・非常用ガス処理系排気ガス放射線モニタA、B(IC及びSCIN)</li> <li>・屋外放射線監視盤低レンジチャート</li> <li>・排気筒モニタA、B(IC、SCIN)</li> <li>・海水放射線モニタ日報(南放水口)(1号機)</li> </ul> |

| 機能  | 調査結果   | 調査において確認した記録   | 2号機当直員インタビュー結果   |
|-----|--|--|--|
| 止める | <p>①スクラム信号について<br/>スクラム信号は、7月16日10:13（本震）における「地震加速度大（鉛直）」によるもので正常に動作していることを確認した。</p> <p>②制御棒全挿入について<br/>原子炉スクラム時の制御棒の挿入時間については、定期検査時にその機能を国が立会う定期検査として実施している。保安規定では、運転上の制限として「動作可能であること」が要求されており、スクラムタイミングレコーダーにより全制御棒の挿入を確認したことから問題なかった。</p> <p>2号機については、地震発生時、原子炉起動中であり、制御棒は、37本が引き抜かれた状態で、148本については全挿入位置であった。なお、制御棒全挿入については、アラームタイパーの欠測により確認することが出来なかった。制御棒挿入時間については、スクラムタイミングレコーダーにより時間の計測がなされていた。2号機の保安規定で定検停止時に要求されているスクラム時間の判断基準は、75%挿入で1.62秒以下、となっており、測定結果は、75%挿入が平均0.924秒であり、基準を満足していることを確認した。なお、制御棒の有効データ数は、引き抜かれた制御棒37本中、全引き抜位置となっていた22本のデータであることを確認した。</p> <p>③中性子束について<br/>中性子源領域モニタ（SRM）チャートには有意な変動は見られなかったが、中間領域モニタ（IRM）のチャートには、スパイク状の変動が確認された。これについては、地震によるセンサーの振動ノイズとの見解が示された。なお、同時刻に中性子源領域モニタ（SRM）には変動は生じていない。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アラームタイパー</li> <li>・地震センサー配置図</li> <li>・柏崎刈羽原子力発電所2号機H<br/>19.7.16中越沖地震発生時CRパターン</li> <li>・IRMチャート</li> <li>・SRMチャート</li> </ul> | <p>○当直員AとBは、非常に激しい揺れだったので、制御棒の引き抜き操作を実施していた主盤にしがみついて揺れに耐えた。</p> <p>○当直長は、大きい地震だったので、制御棒が全挿入したことを確認し、ほっとするとともに落ち着きを取り戻した。</p> <p>○定検終了後の起動応援でほぼ1直分のメンバーがいたのでの確にスクラム対応ができ助かった。</p> <p>○原子炉が止まったことを、自動スクラム警報点灯、全制御棒全挿入ランプ点灯で確認した。なお、スクラム前も起動中のドライウエル（D/W）点検後の起動のため原子炉未臨界であったがCRTトレンド画面で中性子束を監視した。</p> |

| 機能  | 調査結果  | 調査において確認した記録   | 2号機当直員インタビュー結果   |
|-----|---|--|--|
| 冷やす | <p>地震当時、2号機は原子炉起動中であり、原子炉スクラム後、原子炉冷却材浄化系（CUW）A系ポンプが、F/D出口ストレーナ（A）差圧高によりインターロックが働きF/D（A）出口弁が閉となり、「CUWポンプ吐出流量低」によりトリップした。その後、原子炉減圧のため、タービンバイパス弁（BPV）を10%開したところ、減圧沸騰により、原子炉水位が急上昇した。そのため、主蒸気隔離弁（MSIV）を閉操作し、主蒸気逃し安全弁（SRV）により原子炉の減圧等を行い、原子炉水位の調整として低圧炉心スプレイ系（LPCS）を起動し原子炉へ注水を行った。</p> <p>その後、制御棒駆動系（CRD）からの注水により、原子炉水位が上昇し主蒸気配管が冠水したが、原子炉水温は徐々に低下した。主蒸気配管が冠水したとしても、主蒸気逃し安全弁による減圧は可能であること、また、主蒸気逃し安全弁から排出された原子炉水は二相流となり、サプレッションプールに流入したとしても問題ないことを確認した。</p> <p>①崩壊熱除去機能について</p> <p>冷温停止に至るまでの原子炉冷却材の温度及び原子炉圧力については低下しているものの、原子炉水位の調整に難儀していることが確認された。原子炉の状態が冷温停止に移行する寸前に残留熱除去系（RHR）A系により、崩壊熱を除去していることを確認した。また、代替機能として、残留熱除去系（RHR）B系及び低圧炉心スプレイ系等が待機状態であったことを確認した。さらに原子炉冷却材温度変化率（53℃/h）についても保安規定上（55℃/h以下）問題ないことを確認した。なお、所内電源1SB-1及び2B-1が電源喪失したことに伴い、復水ポンプ（B）が停止したことを確認した。</p> <p>②サプレッションプールの状況について</p> <p>2号機においては、原子炉減圧のため逃し安全弁（SRV）を作動させており、サプレッションプールの水温（32℃→44℃）及び水位（基準値から最高+160mm）が変動していることを確認した。</p> <p>③電源系について</p> <p>外部電源及び直流電源については、問題がないことを確認した。所内電源については、1SB-1及び2B-1がトリップしたことを確認した。また、非常用ディーゼル発電機（3台）については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について</p> <p>原子炉施設機器の冷却系統として原子炉補機冷却海水系（RSW）及び原子炉補機冷却系（RCW）は適切に機能していたことを確認した。なお、復水器を冷却するための循環水系（CWP）については、M/C2B-1喪失により、停止していた（B）系以外は機能していたことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アラームタイパー</li> <li>・メッセージタイパー</li> <li>・チャート（原子炉水位、原子炉圧力、原子炉温度）</li> <li>・当直長引継日誌</li> <li>・運転員引継日誌</li> <li>・定例試験（残留熱除去系等）</li> <li>・サプレッションプール水位/水温チャート</li> <li>・定例試験（非常用ディーゼル発電機手動起動試験）</li> <li>・日常巡視記録</li> <li>・RCW熱交換器出口温度計チャート</li> <li>・BOPタイパー</li> <li>・運転日誌</li> <li>・運転手順書、事故時手順書等</li> </ul> | <p>○スクラム後、原子炉冷却材浄化系ポンプ（CUW）がトリップしたため炉水をブローダウンできなくなり、制御棒駆動機構（CRD）系統からの冷却水の流入により原子炉水位が上昇し、停止時水位計で2500mmとなり、主蒸気配管（MSライン）に冠水する懸念があったため、主蒸気隔離弁（MSIV）全閉操作を実施した。通常、主蒸気隔離弁（MSIV）にドレンが行くということはやらないし、MSVは閉まっているのでタービンにはドレンは行かないが、クラッドの持ち込みとか、弁や機器の損傷防止という意味からも、主蒸気隔離弁（MSIV）を閉めようと判断した。原子炉冷却材浄化系ポンプ（A）ポンプがトリップしていたので、基本的には水位は上がる一方だ、という考えがあり、いずれは主蒸気隔離弁（MSIV）を閉めないといけないと考えていた。</p> <p>なお、原子炉冷却材浄化系（CUW）（A）ポンプトリップの原因は、現場の警報を見たら「ストレーナ差圧高」だった。13:08に原子炉冷却材浄化系（CUW）ポンプを再起動したが、差流量トリップが働いて起動できなかった。F/D(B)は保持ポンプがトリップしたため使用できなかった。</p> <p>○主蒸気隔離弁（MSIV）を全閉して、逃し安全弁（S/R）弁で減圧操作したため、炉水の全体量が減少するため、原子炉水位が下がるのを防止する観点から低圧炉心スプレイ（LPCS）ポンプを起動し注入弁を開閉して炉水位を調整した。なお、原子炉水位がL8まで上がってしまい、原子炉隔離時冷却系（RCIC）が起動できない状態だった。</p> <p>○1号の1SB1（6.9kV母線）が落ちたため、そこからもらっていた常用の2B1（6.9kV母線）が停電になった。それで外部電源は大丈夫かなと思った。この停電によって、例えば復水ポンプ（CP）は（B）・（C）運転していたが（B）が2B1から電源供給されていたので停止し、（A）が自動起動して（A）・（C）運転に変わった。最悪の場合は非常用ディーゼル発電機（DG）で全ての負荷を持つのかなと思った。復水ポンプ（CP）だけで給水は何とかなると思っていたが、低圧炉心スプレイ系（LPCS）を起動しておいた。</p> <p>○制御棒駆動機構（CRD）系統から原子炉への水の注入を絞ったのは、13時か14時頃であった。流量調節弁（FCV）を絞ると、充填水の手動弁を現場で絞らせた。通常250ℓ/minのものを、100ℓ/minぐらいまで閉操作した。</p> |



| 機能      | 調査結果   | 調査において確認した記録   | 2号機当直員インタビュー結果  |
|---------|--|--|---|
| 閉じこめる   | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>原子炉冷却材中のよう素濃度の測定結果は、地震発生後の測定値は、<math>2.6 \times 10^{-2}</math>Bq/g であり、保安規定で要求されている値 (<math>4.6 \times 10^3</math>Bq/g) に比べ十分低い値であることを確認した。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>原子炉スクラムによる制御棒挿入に伴う変化は確認できるが、それ以外は安定していることを確認した。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>ドライウエル内サンプ出口流量に大きな変化がないことから、原子炉圧力バウンダリからの漏えいはないことを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>原子炉格納容器温度及び酸素濃度に有意な変動がないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>原子炉建屋オペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタの上昇が確認されたため、非常用ガス処理系 (SGTS) A系を手動起動していることを確認した。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>・モニタリングポスト、主排気筒モニタ、非常用ガス処理系 (SGTS) モニタ及び排水モニタの各記録により有意な変動がないことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よう素分析結果</li> <li>・排ガス放射線モニタ (除湿冷却器出口)</li> <li>・排ガス線形放射線モニタ</li> <li>・排ガスH/U塔放射線モニタ</li> <li>・サンプポンプの運転時間記録</li> <li>・ドライウエル内サンプ出口流量チャート</li> <li>・原子炉格納容器露点計チャート</li> <li>・エリア放射線モニタチャート</li> <li>・非常用ガス処理系モニタチャート</li> <li>・排気筒モニタA, B (IC, SCIN) チャート</li> <li>・海水放射能モニタ日報</li> </ul> | <p>○原子炉建屋 (R/B) のオペフロ (オペレーションフロア) のエリアモニタが上昇したので非常用ガス処理系 (SGTS) を起動した。工業用テレビ (ITV) でオペフロを見たら、すごく波立っていたのと、オペフロの2箇所のエリアモニタ値が通常の倍くらいになっていることから、また余震もあるかもしれないということもあり、先手を打って非常用ガス処理系 (SGTS) を手動で起動し、原子炉建屋 (R/B) 給排気隔離弁を手動で閉めた。また、ラドウェストゾーンの給排気系統がトリップしたために、給排気がラドウェストを通らなくなった分原子炉建屋 (R/B) から排気しやすくなってしまい、原子炉建屋 (R/B) の差圧が良過ぎて差圧高/低という警報が出た。その解消も含めて、非常用ガス処理系 (SGTS) を回した。</p>              |
| 手順書との整合 |  |  | <p>○微候ベースの手順書及びイベントベースのスクラム後の事故時手順書に基づき、主蒸気隔離弁 (MSIV) 全閉後はイベントベースの主蒸気隔離弁 (MSIV) 全閉後の事故時手順書に基づいた。</p> <p>○今回のように原子炉水位が上がったら主蒸気隔離弁 (MSIV) を閉めるための手順書はあるのかとの質問に対し、手順書はないとのこと。原子炉水位がL2になったらインターロックで閉まる、というものはあるのと、事故時に主蒸気隔離弁 (MSIV) 閉対応に関するイベントベースの手順書はあるとのこと。</p>  |
| 運転訓練    |  |  | <p>○地震発生対応でシミュレータ訓練と現実の対応とでかなりのギャップがあり、今後訓練に生かすべきではないかとのこと。具体的には、今回の地震発生時には、様々なトラブルが発生し、短時間の間にどれを優先するのかの判断に迫られた。トラブルの例として、原子炉補機冷却系 (RCW) 常用系喪失、取水洗浄装置故障、変圧器油漏れ、燃料プール水位低等があり、トラブルの他設備への影響検討や外部への連絡が必要であった。BTC訓練では地震スクラム対応では、単発のトラブルが発生し、保全グループに電話で対応依頼すれば終了するという単純な訓練である。</p> <p>○BTC訓練に比べて、実際の地震時には点灯する警報の数が多い。原子炉系・タービン系でたくさんの警報が発生した。また、火災報知器の警報も発生し、対応が大変だった。火災報知器は、埃による誤報と判明した。</p> |

| 機能  | 調査結果   | 調査において確認した記録   | 3号機当直員インタビュー結果   |
|-----|--|--|--|
| 止める | <p>①スクラム信号について<br/>スクラム信号は、7月16日10:13（本震）における「地震加速度大（鉛直）」によるもので正常に動作していることを確認した。</p> <p>②制御棒全挿入について<br/>原子炉スクラム時の制御棒の挿入時間については、定期検査時にその機能を国が立会う定期検査として実施している。保安規定では、運転上の制限として「動作可能であること」が要求されており、アラームタイパーにより全制御棒の挿入を確認したことから問題なかった。</p> <p>なお、制御棒挿入時間については、地震前からの故障により、スクラムタイミングレコーダーに基づくスクラム時間の計測は得られていない。3号機の保安規定で定検停止時に要求されているスクラム時間の判断基準は、全制御棒のスクラム時間の平均値（75%挿入）が1.62秒以下であり4号機と同様である。4号機において、アラームタイパーではスクラム信号発生から制御棒全挿入までの時間は約2秒と推定されること、4号機の過渡現象記録装置の平均出力領域モニタ（APRM）の変化と、3号機における過渡現象記録装置の平均出力領域モニタ（APRM）の変化に有意な差のないことを確認した。</p> <p>③中性子束について<br/>地震発生後急激に、中性子束が低下していること、中間領域モニタ（IRM）、中性子源領域モニタ（SRM）の指示が低い値で安定していることに基づき原子炉が未臨界と判断されていることを確認した。また、その後も、未臨界状態が維持されていたことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転日誌</li> <li>・ 当直長引継日誌</li> <li>・ アラームタイパー</li> <li>・ 中越沖地震におけるスクラム信号等発生状況</li> <li>・ 3号機及び4号機過渡現象記録装置のAPRMの時間変化図</li> <li>・ APRMチャート</li> <li>・ IRMチャート</li> <li>・ SRMチャート</li> </ul> | <p>○当時のメンバーは応援者1名を含め総勢7名で、地震発生時は、5名が中操、1名が管理区域巡視、1名が非管理区域巡視をしていた。</p> <p>○当直長は、自席にいたが、体感で地震と判断した。数十秒間は動けない状態で、机にしがみついていた。赤の警報がでているのが見えた。スクラムが成功したことの確認を行った。</p> <p>○当直員Aは、机で調べものをしていて、横揺れが激しく、身を隠すことができなかった。スクラムしたことを確認したので「スクラム」とコールした。</p> <p>○当直員Bは、原子炉が止まったことを、自動スクラム警報の点灯、パネルの「全制御棒全挿入」ランプ点灯、LEDの表示灯で個々の制御棒が挿入されていること、平均出力モニタ（APRM）の記録計の指示が0になったことから確認した。未臨界確認は、中間領域モニタ（IRM）と中性子源領域モニタ（SRM）を挿入してから、指示値を見て確認した。3号機としてはスクラムの約10分後に確認している。</p> |

| 機能  | 調査結果  | 調査において確認した記録  | 3号機当直員インタビュー結果  |
|-----|---|---|---|
| 冷やす | <p>通常、運転中の原子炉がスクラムした場合、復水器を使用しながら原子炉の圧力及び原子炉冷却材の温度の低下を行い、ある程度低下した段階で残留熱除去系（RHR）に切り替えて冷却を行う。原子炉の圧力及び原子炉冷却材の温度を低下させるためには、復水器真空度を維持する必要がある、これを蒸気式空気抽出系（SJA E）が担っている。蒸気式空気抽出系（SJA E）は蒸気により駆動させるが、原子炉圧力が高いときは、原子炉で発生した蒸気を使用し駆動させるが、原子炉圧力が低下し原子炉で発生した蒸気を使用できなくなると所内ボイラからの蒸気により駆動させる必要がある。所内ボイラは、1号機から4号機までの共用の所内ボイラとして、荒浜側に4台（1A（重油ボイラ25t）、2A（重油ボイラ12t）、2B（重油ボイラ12t）、3A（電気ボイラ25t））設置されている。地震発生前においては、4台中、1台（1A（重油ボイラ25t））は検査中、1台（2A（重油ボイラ12t））は停止保管中、2台（2B（重油ボイラ12t）、3A（電気ボイラ25t））が運転中であったが、1台（2B（重油ボイラ12t））が地震により停止したため、1台（3A（電気ボイラ25t））しか運転されていなかった。地震当時、1号機は停止中、2号機は原子炉起動中で、原子炉スクラム後、原子炉水位上昇に伴い主蒸気隔離弁を閉としたため、復水器による原子炉の圧力及び原子炉冷却材の温度を低下は出来なくなっていた。3号機及び4号機は運転中であったが、3号機で必要な所内ボイラの蒸気は13t、4号機で必要な蒸気は15tであり、この二つの号機を並行して原子炉冷温停止にするには、蒸気の容量が足りないため、非常災害対策本部の指示により、原子炉建屋ブローアウトパネルの開放が確認された3号機を優先に原子炉冷温停止操作を実施し、その後、4号機の原子炉冷温停止操作を実施した。</p> <p>①崩壊熱除去機能について</p> <p>冷温停止に至るまでの原子炉冷却材の温度及び原子炉圧力については、緩やかに低下し、原子炉の状態が冷温停止に移行する寸前に残留熱除去系（RHR）A系により、崩壊熱を除去していることを確認した。また、代替機能として、残留熱除去系（RHR）B系及び低圧炉心スプレイ系等が待機状態であったことを確認した。さらに原子炉冷却材温度変化率（35℃/h）についても保安規定上（55℃/h以下）問題ないことを確認した。</p> <p>②サブレーションプールの状況について</p> <p>3号機においては、原子炉減圧のための主蒸気逃し安全弁（SRV）の動作がないことから、サブレーションプールの水温に変化がないことを確認した。なお、原子炉トリップ後、原子炉圧力の低下により非常用炉心冷却系（ECCS）の注入隔離弁バランスホールから原子炉内への水の移動のため、徐々に水位が下がる傾向が見られた。</p> <p>③電源系について</p> <p>外部電源、直流電源及び所内電源については、問題がないことを確認した。また、非常用ディーゼル発電機（3台）については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について</p> <p>原子炉施設機器の冷却系統として原子炉補機冷却海水系（RSW）及び原子炉補機冷却系（RCW）は適切に機能していたことを確認した。なお、復水器を冷却するための循環水系（CWP）についても機能していたことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アラームタイパー</li> <li>・チャート（原子炉水位、原子炉圧力、原子炉温度）</li> <li>・チャート（RHR）（A）系統流量）</li> <li>・巡視点検報告書</li> <li>・サブレーションプール水位/水温チャート</li> <li>・定例試験（残留熱除去系等）</li> <li>・日常巡視記録</li> <li>・地震後の巡視記録</li> <li>・RCW熱交換器出口温度計チャート</li> <li>・BOPタイパー</li> <li>・運転日誌</li> <li>・運転手順書、事故時手順書等</li> <li>・定例試験（非常用ディーゼル発電機手動起動試験）</li> </ul> | <p>○3号機はブローアウトパネルが開放され許容取り外し時間（AOT）内での冷温停止が必要となっていたので、冷温停止操作に入っていた4号機を一時現状維持として、3号機を優先することを非常災害対策本部内で審議し、本部（所長含む）として決定し、3、4号機中操に指示した。</p> <p>○1～4号機共通の所内ボイラは2台運転中だったが、蒸気量25tの電気ボイラ1台を残して重油ボイラがトリップした旨、ラドウェスト中操から連絡があった。ボイラ1台ではプラント2基を同時に通常の復水器を使った減圧操作では停止出来ないことが分かり、非常災害対策本部からの指示で3号機を先に冷温停止に移行した。</p> |

| 機能      | 調査結果  | 調査において確認した記録   | 3号機当直員インタビュー結果  |
|---------|---|--|---|
| 閉じこめる   | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>地震発生前後の原子炉冷却材中のよう素濃度の測定結果は、ほぼ同様であり、地震発生後の測定値は、<math>1.0 \times 10^{-2}</math>Bq/gであり、保安規定で要求されている値 (<math>1.5 \times 10^3</math>Bq/g) に比べ十分低い値であることを確認した。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>原子炉スクラムによる停止過程において安定していることを確認した。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>ドライウエル内サンプル出口流量に大きな変化がないことから、原子炉圧力バウンダリからの漏えいはないことを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>原子炉格納容器温度及び酸素濃度に有意な変動がないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>「原子炉水位低 (L3)」警報は発報に伴い、原子炉建屋の換気空調系 (HVAC) が隔離し、非常用ガス処理系 (SGTS) 2台が自動起動していることを確認した。また、原子炉建屋ブローアウトパネル開放が確認されたことに伴い、原子炉建屋原子炉棟の負圧が維持されていないと当直長が判断し、保安規定に基づく運転上の制限の逸脱を宣言し、その後、原子炉建屋原子炉棟の負圧維持が求められない原子炉の状態が冷温停止になった段階で、運転上の制限への復帰を宣言したことを確認した。なお、保安規定では、原子炉建屋原子炉棟の運転上の制限は、「機能が健全であること」が要求されており、これが満足出来ない場合は、4時間以内に原子炉建屋原子炉棟を負圧に保つための措置を講じること、これが達成出来ない場合は、36時間以内に冷温停止にすることとなっており、実際には、約13時間で冷温停止状態になったことから、保安規定の要求は満足していたことを確認した。<br/>一方、3号機におけるブローアウトパネルの開放については、東京電力の解析によると原子炉建屋の差圧はほぼゼロではあるが負圧を維持されていたと評価していることを確認した。<br/>なお、原子炉建屋オペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタの上昇が確認された。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>モニタリングポスト、主排気筒モニタ、非常用ガス処理系 (SGTS) モニタ及び排水モニタの各記録により有意な変動がないことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よう素分析結果</li> <li>・排ガス放射線モニタ (除湿冷却器出口) チャート</li> <li>・排ガス線形放射線モニタチャート</li> <li>・排ガスH/U塔放射線モニタチャート</li> <li>・ドライウエル内サンプル出口流量チャート</li> <li>・DWC冷却器凝縮水流量チャート</li> <li>・原子炉格納容器圧力チャート</li> <li>・原子炉格納容器酸素濃度チャート</li> <li>・非常用ガス処理系チャート</li> <li>・排気筒モニタA、B (IC、SCIN) チャート</li> <li>・海水放射能モニタ日報</li> <li>・エリア放射線モニタ</li> </ul> | <p>○地震後原子炉建屋 (R/B) の差圧を維持するのが苦しくなっていた。2回目の余震前は差圧がマイナス0.01～マイナス0.02KPaで推移していたが、2回目の余震以後はほぼゼロになった。そのため、ブローアウトパネルだろうと当たりをつけていた。オペフロの工業用テレビ (ITV) でも角度を変えて見た所、ブローアウトパネルが脱落しているのが分かった。</p> |
| 手順書との整合 |   |  | <p>○当直長は当直員からスクラム成功、未臨界確認を手順通り報告を受けた。徴候ベースの手順書を用いて対応した。これは訓練通りである。手順書は主任機の脇にあり、いつもここにおいてある。スクラム初期の対応は手順書を用いずに、訓練に基づいた経験でやっている。手順書は再確認のために使う。</p>                                      |
| 運転訓練    |   |  | <p>○各自が訓練で養われた初期対応を行い、プラント状況を把握するなかで落ち着きを取り戻したようである。</p> <p>○訓練との違いは、単一事象ではなく、今回はスクラム及び火災があり、また電話がかかりづらく消防署、休日当番への報告・連絡が容易に出来なかった。</p>  |

| 機能  | 調査結果  | 調査において確認した記録   | 4号機当直員インタビュー結果  |
|-----|---|--|---|
| 止める | <p>①スクラム信号について<br/>スクラム信号は、7月16日10:13（本震）及び7月16日15:37（余震）の2回発生している。本震においては、「地震加速度大（鉛直）」によるもので、余震においては、「地震加速度大（水平）」でいずれも正常に動作していることを確認した。</p> <p>②制御棒全挿入について<br/>原子炉スクラム時の制御棒の挿入時間については、定期検査時にその機能を国が立会う定期検査として実施している。保安規定では、運転上の制限として「動作可能であること」が要求されており、アラームタイパーにより全制御棒の挿入を確認したことから問題なかった。</p> <p>なお、制御棒挿入時間については、地震時の一時的な不具合と思われる原因（9月18日現在、原因究明中）により、スクラムタイミングレコーダーに基づくスクラム時間の計測は得られていない。4号機の保安規定で定検停止時に要求されているスクラム時間の判断基準は、全制御棒のスクラム時間の平均値（75%挿入）が1.62秒以下であり、アラームタイパーに基づくスクラム信号発生から制御棒全挿入までの時間は2秒と推定されること、過渡現象記録装置の平均出力領域モニタ（APRM）の変化によれば、1.62秒後のAPRMの指示値は十分低いことから、判断基準と大幅な相違がないと評価される。</p> <p>③中性子束について<br/>地震発生後急激に、中性子束が低下していること、中間領域モニタ（IRM）、中性子源領域モニタ（SRM）の指示が低い値で安定していることに基づき原子炉が未臨界と判断されていることを確認した。また、その後も、未臨界状態が維持されていたことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・運転日誌</li> <li>・当直長引継日誌</li> <li>・アラームタイパー</li> <li>・メッセージタイパー</li> <li>・CONTOROL ROD NOTCH POSITIONS PERIODIC</li> <li>・過渡現象記録装置のAPRMの時間変化図</li> <li>・スクラム時間測定結果について</li> <li>・APRMチャート</li> <li>・IRMチャート</li> <li>・SRMチャート</li> </ul> | <p>○通常6名体制であるが、勤務の関係で応援者が2名おり、8名で勤務していた。地震発生時は、6名が中操、1名が管理区域巡視、1名が屋外巡視をしていた。</p> <p>○地震発生時は、それぞれ自席にしがみついたり、その場でしゃがみ込んだりして揺れが収まるのを待っていた。</p> <p>○揺れが収まってきた時点で、当直員がスクラム成功、制御棒（CR）全挿入確認、水位異常なし等のコールをすることで、中操内の雰囲気落ち着いた。</p> <p>○原子炉が止まったことを、自動スクラム警報点灯、全制御棒全挿入ランプ点灯、平均出力モニタ（APRM）記録計指示の降下で確認し、未臨界は中間領域モニタ（IRM）と中性子源領域モニタ（SRM）を挿入してから、指示値を見て確認した。4号機としてはスクラムの13分後に確認している。</p> |

| 機能  | 調査結果   | 調査において確認した記録  | 4号機当直員インタビュー結果   |
|-----|--|---|--|
| 冷やす | <p>通常、運転中の原子炉がスクラムした場合、復水器を使用しながら原子炉の圧力及び原子炉冷却材の温度の低下を行い、ある程度低下した段階で残留熱除去系（RHR）に切り替えて冷却を行う。原子炉の圧力及び原子炉冷却材の温度を低下させるためには、復水器真空度を維持する必要がある、これを蒸気式空気抽出器（SJA E）が担っている。蒸気式空気抽出器（SJA E）は蒸気により駆動させるが、原子炉圧力が高いときには、原子炉で発生した蒸気を利用し駆動させるが、原子炉圧力が低下し原子炉で発生した蒸気が利用できなくなると所内ボイラからの蒸気により駆動させる必要がある。所内ボイラは、1号機から4号機までの共用のボイラとして、荒浜側に4台（1A（重油ボイラ25t）、2A（重油ボイラ12t）、2B（重油ボイラ12t）、3A（電気ボイラ25t））設置されている。地震発生前においては、4台中、1台（1A（重油ボイラ25t））は検査中、1台（2A（重油ボイラ12t））は停止保管中、2台（2B（重油ボイラ12t）、3A（電気ボイラ25t））が運転中であつたが、1台（2B（重油ボイラ12t））が地震により停止したため、1台（3A（電気ボイラ25t））しか運転されていなかった。地震当時、1号機は停止中、2号機は原子炉起動中で、原子炉スクラム後、原子炉水位上昇に伴い主蒸気隔離弁を閉としたため、復水器による原子炉の圧力及び原子炉冷却材の温度低下が出来なくなっていた。3号機及び4号機は運転中であつたが、3号機で必要な所内ボイラの蒸気は13t、4号機で必要な蒸気は15tであり、この二つの号機を並行して原子炉冷温停止にするには、蒸気の容量が足りないため、非常災害対策本部の指示により、原子炉建屋ブローアウトパネルの開放が確認された3号機を優先に原子炉冷温停止操作を実施し、その後、4号機の原子炉冷温停止操作を実施した。</p> <p>①崩壊熱除去機能について</p> <p>冷温停止に至るまでの原子炉冷却材の温度及び原子炉圧力については、ある程度までは低下したが、所内ボイラの都合上、3号機を優先的に冷温停止に移行させることに伴い一時期一定状態となった。一方原子炉水位については、適切に調整されていたことを確認した。原子炉の状態が冷温停止に移行した後に残留熱除去系（RHR）A系により、崩壊熱を除去していることを確認した。また、代替機能として、残留熱除去系（RHR）B系及び復水補給系（MUW）が待機状態であったことを確認した。さらに原子炉冷却材温度変化率（53℃/h）についても保安規定上（55℃/h以下）問題ないことを確認した。</p> <p>②サブレーションプールの状況について</p> <p>4号機においては、原子炉格納容器内での原子炉冷却材の漏えい及び原子炉減圧のための主蒸気逃がし安全弁（SRV）の動作がないことから、サブレーションプールの水温に変化がないことを確認した。なお、地震に伴い水位に揺れが確認された。</p> <p>③電源系について</p> <p>外部電源及び直流電源及び所内電源については、問題がないことを確認した。なお、所内電源については、地震発生に伴う低起動変圧器3SBの油漏えいにより、3SB-2から3SA-2に切り替えを実施していることを確認した。また、非常用ディーゼル発電機（3台）については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について</p> <p>原子炉施設機器の冷却系統として原子炉補機冷却海水系（RSW）及び原子炉補機冷却系（RCW）は適切に機能していたことを確認した。復水器を冷却するための循環水系（CWP）については、地震後のパトロールにより、海水漏えいが確認されていることから、循環水系（CWP）B系を停止したことを確認した。なお、地震直後の循環水系（CWP）の機能については問題ないことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アラームタイパー</li> <li>・メッセージタイパー</li> <li>・チャート（原子炉水位、原子炉圧力、原子炉温度）</li> <li>・サブレーションプール水位／水温チャート</li> <li>・定例試験（残留熱除去系）</li> <li>・運転日誌</li> <li>・定例試験（非常用ディーゼル発電機手動起動試験）</li> <li>・当直長引継日誌</li> <li>・運転員引継日誌</li> <li>・運転手順書、事故時手順書等</li> </ul> | <p>○水位維持が一番大切なので、そこは確認した。L3には到達したので、隔離は確認した。タービン駆動原子炉給水ポンプ（TD-RFP）がトリップしたので、モータ駆動原子炉給水ポンプ（MD-RFP）2台で炉心注水を行っていた。</p> <p>○4号機の減圧操作は早くできていた。所内ボイラーを使って良いとの連絡を受け、1号ラドウェスト中操に連絡し、原子炉の減圧操作を開始した。非常災害対策本部から3号機を早く停止したいという連絡があり、皆で相談の上、OKと回答した。この時にブローアウトパネルの話は知らなかった。</p> |

| 機能      | 調査結果   | 調査において確認した記録  | 4号機当直員インタビュー結果   |
|---------|--|---|--|
| 閉じこめる   | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>地震発生前後の原子炉冷却材中のよう素濃度の測定結果は、ほぼ同様であり、地震発生後の測定値は、<math>1.2 \times 10^{-2}</math>Bq/gであり、保安規定で要求されている値 (<math>1.5 \times 10^3</math>Bq/g) に比べ十分低い値であることを確認した。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>原子炉スクラムにより計測値は低下し、安定していることを確認した。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>原子炉建屋オペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタの上昇が確認された。それ以外のエリアモニタについては、有意な変動がなく問題ないことを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>原子炉格納容器圧力、温度、酸素濃度に有意な変動がないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>「原子炉水位低 (L3)」警報の発報に伴い、原子炉建屋の換気空調系 (HVAC) が隔離し、非常用ガス処理系 (SGTS) 2台が自動起動しており、原子炉建屋原子炉棟の負圧は維持されていることを確認した。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>モニタリングポスト、主排気筒及び排水モニタの各記録により有意な変動がないことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よう素分析結果</li> <li>・排ガス放射線モニタ (除湿冷却器出口)</li> <li>・排ガス線形放射線モニタ</li> <li>・エリア放射線モニタ</li> <li>・原子炉格納容器圧力チャート</li> <li>・原子炉格納容器酸素濃度チャート</li> <li>・原子炉格納容器温度チャート</li> <li>・換気空調系チャート</li> <li>・非常用ガス処理系チャート</li> <li>・排気筒モニタ A, B (IC、SCIN)</li> <li>・排水モニタ</li> </ul> | <p>○スキマサージタンク水位低で燃料貯蔵プール冷却浄化系 (FPC) ポンプがトリップした。燃料プール温度が上がっていなかったため、対応を後回しにした。その後も温度を監視させていて、一段落してから燃料貯蔵プール冷却浄化系 (FPC) を再起動した。</p>                                |
| 手順書との整合 |  |   | <p>○徴候ベースの手順書のチェックシートを使ってチェックした。今回初めて新しいフローチャートを使ったが、使いやすかった。</p> <p>○スクラム初期対応は手順書を用いずに訓練に基づいた経験でやっている。</p> <p>○事故時操作手順書では足りない部分はユニット操作手順で、副長に手伝ってもらいながら行った。</p> |
| 運転訓練    |  |   | <p>○スクラム初期対応、当直員の情報の共有化等は訓練通り実施出来た。</p> <p>○スクラム対応と地震の影響調査を同時に行わなければならないところが、訓練と異なっていた。</p>  |

柏崎刈羽原子力発電所5号機における「運用管理」調査結果（原子炉の状態：定期検査により停止中（冷温停止中））

| 機能    | 調査結果  | 調査において確認した記録   |
|-------|---|--|
| 止める   | <p>地震当時、5号機は定期検査中（H18.11.24解列）であり、原子炉の状態は、冷温停止モードで、燃料はすべて装荷されており、原子炉圧力容器上蓋は、閉められていた。並列予定日はH19.7.24であり、その約1週間前に地震が発生した。</p> <p>①スクラム信号について<br/>スクラム信号は、7月16日10:13（本震）及び7月16日15:37（余震）の2回発生している。いずれも「地震加速度大」によるもので、正常に動作していることを確認した。</p> <p>②制御棒全挿入について<br/>原子炉内に燃料が装荷され、全ての制御棒は全挿入状態であったことを確認した。</p> <p>③中性子束について<br/>地震前後において、中性子束を計測する中性子源領域モニタ（SRM）に有意な変動はなく、未臨界状態が維持されていたことを確認した。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・運転日誌</li> <li>・当直長引継日誌</li> <li>・アラームタイパー</li> <li>・SRM A、C及びB、Dチャート</li> </ul>  |
| 冷やす   | <p>①崩壊熱除去機能について<br/>5号機は、1週間後に原子炉起動を予定していた。地震当時は、残留熱除去系（RHR）は停止中（待機状態）で、原子炉の除熱及び水位調整は、原子炉冷却材浄化系（CUW）で実施していた。地震発生後も、原子炉冷却材浄化系（CUW）が適切に稼働していること、原子炉の水温水位に有意な変動のないことから、問題ないことを確認した。また、停止中であった残留熱除去系（RHR）（A）、（B）については、地震後の定例試験において健全性が確認されており、また、原子炉冷却材補給の代替機能として復水補給水系（MUWC）も健全であったことを確認した。</p> <p>②サプレッションプールの状況について<br/>原子炉の状態が冷温停止中であり、保安規定上も運転上の制限から除外されるが、地震前後においてサプレッションプールの水位及び水温については、問題のないこと確認した。なお、地震に伴い水位に揺れが確認された。</p> <p>③電源系について<br/>外部電源、直流電源及び所内電源については、記録を調査した結果、特に問題がないことを確認した。また、非常用ディーゼル発電機（3台）については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について<br/>原子炉施設機器の冷却系統としてRSW系及びRCW系は適切に機能していたことを確認した。なお、復水器を冷却するための循環水系（CWP）については、地震時は起動準備のため試運転中であったが、地震後は運転を停止していることを確認した。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・運転日誌</li> <li>・原子炉水位チャート</li> <li>・CUW系温度チャート</li> <li>・サプレッションプール水位／水温チャート</li> <li>・残留熱除去ポンプ手動起動試験</li> <li>・補機冷却系温度チャート</li> <li>・定例試験記録</li> </ul> <p>「柏崎刈羽原子力発電所2号機 定例試験記録（非常用ディーゼル発電機手動起動試験）」</p>  |
| 閉じこめる | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>地震発生後に測定した原子炉冷却材中のよう素濃度の測定結果は、検出限界以下であり、地震前後において原子炉冷却材中のよう素濃度の上昇はないことを確認した。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>定期検査のため、復水器のオフガス系は停止していたが、モニタは動作しており、有意な変動がなく問題ないことを確認した。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>原子炉冷却水が循環する配管のある部屋を含め原子炉建屋の管理区域にあるエリアモニタについては、有意な変動がなく問題ないことを確認した。また、サンプポンプの運転状態から機器ドレン及び床ドレンに収集される水の量が地震発生前後において有意な変動がないことから、原子炉冷却材圧力バウンダリにおける漏えいがないことを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>定期検査中のため、原子炉格納容器のエアロックが開放されており、保安規定上の隔離機能は要求されていないが、記録により問題ないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>保安規定上、原子炉の状態が冷温停止中は、原子炉建屋原子炉棟の機能としての負圧維持は運転上の制限から除外されるが、地震前後において、原子炉棟の開口部（二重扉2箇所、大物機器搬入口1箇所）が閉鎖されていること、地震に伴い、原子炉建屋オペレーションフロアの線量が上昇したため、当直長判断で非常用ガス処理系を手動起動し、原子炉建屋換気空調系を手動停止していることから、原子炉建屋原子炉棟の負圧は維持されていたと評価される。なお、原子炉建屋3階のオペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタの上昇が確認された。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>・モニタリングポスト、主排気筒モニタ及び排水モニタの各記録により問題ないことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よう素分析結果</li> <li>・排ガス放射線モニタ（除湿冷却器出口）</li> <li>・オフガス線形ラドモニタ</li> <li>・エリア放射線モニタ（CH1からCH14）</li> <li>・R/Aサンプポンプ運転記録</li> <li>・運転中高線量区域（PCV内）設備パトロールシート</li> <li>・PCV内酸素濃度</li> <li>・ドライウエル／サプレッションチェンバ圧力</li> <li>・HVAC排気流量</li> <li>・非常用ガス処理系（A）（B）排気流量</li> <li>・原子炉建屋（管理区域）設備パトロールチェックシート</li> <li>・非常用ガス処理系排気ガス放射線モニタA、B（IC及びSCIN）</li> <li>・屋外放射線監視盤低レンジチャート</li> <li>・排気筒モニタA、B（IC、SCIN）</li> <li>・海水放射線モニタ日報（北放水口）</li> <li>・平成19年度アクションレベル管理表</li> </ul> |



柏崎刈羽原子力発電所6号機における「運用管理」調査結果（原子炉の状態：定期検査により停止中（冷温停止中））

| 機能  | 調査結果   | 調査において確認した記録   | 6号機当直員インタビュー結果（非管理区域への放射能を含む水の漏えいに関する件） |
|-----|--|--|---|
| 止める | <p>地震当時、6号機は定期検査中（H19.5.24 解列）であり、原子炉の状態は、冷温停止モードで、燃料はすべて装荷されており、原子炉圧力容器上蓋は、閉められていた。並列予定日はH19.7.30であり、その約2週間前に地震が発生した。</p> <p>①スクラム信号について<br/>スクラム信号は、7月16日10:13（本震）及び7月16日15:37（余震）の2回発生している。いずれも「地震加速度大」によるもので、正常に動作していることを確認した。</p> <p>②制御棒全挿入について<br/>原子炉内に燃料が装荷され、全ての制御棒は全挿入状態であったことを確認した。</p> <p>③中性子束について<br/>地震前後において、中性子束を計測する起動領域モニタ（SRNM）に有意な変動はなく、未臨界状態が維持されていたことを確認した。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転日誌</li> <li>・ 当直長引継日誌</li> <li>・ アラームタイパー</li> <li>・ Ach SRNMA / SPRMA SRNMA<br/>MAペリオド / MRBM (A+C)</li> <li>・ Jch SRNMJ / SPRMJ SRNMJ<br/>MJペリオド / MRBM (A+C)</li> </ul>  |   |
| 冷やす | <p>①崩壊熱除去機能について<br/>6号機は、2週間後に原子炉起動を予定していた。地震当時は、残留熱除去系（RHR）（B）により、崩壊熱の除去を実施していた。地震発生前後において、原子炉の水温水位に有意な変動のないことを確認した。なお、制御棒駆動機構（CRD）からの給水及び原子炉冷却材浄化系（CUW）による抽水は、原子炉圧力容器漏えい検査準備のため、隔離中であることを確認した。また、代替機能として、RHR（A）（C）系の2系統が確保されていることを確認した。</p> <p>②サプレッションプールの状況について<br/>原子炉の状態が冷温停止中であり、保安規定上も運転上の制限から除外されるが、地震前後においてサプレッションプールの水位及び水温については、問題のないこと確認した。なお、地震に伴い水位に揺れが確認された。</p> <p>③電源系について<br/>外部電源及び直流電源及び所内電源については、特に問題がないことを確認した。なお、所内電源については、地震発生後のパトロールにおいて、共用変圧器6SBから油漏れが確認されたことから、13:48に6SAに切り替えを実施していることを確認した。また、非常用ディーゼル発電機（3台）については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について<br/>原子炉施設機器の冷却系統として原子炉補機冷却海水系（RSW）及び原子炉補機冷却系（RCW）は適切に機能していたことを確認した。なお、復水器を冷却するための循環水系（CWP）については、地震時は起動準備のため試運転中であったが、共用変圧器6SBから油漏れが確認されたことから、6SAに切り替えの際に、運転を停止していることを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転日誌</li> <li>・ 原子炉水位（広帯域・燃料域） / 圧力チャート</li> <li>・ RHR系温度チャート</li> <li>・ CUW系温度チャート</li> <li>・ FPC系温度チャート</li> <li>・ RCW系温度チャート</li> <li>・ サプレッションプール水位 / 水温チャート</li> <li>・ 残留熱除去ポンプ手動起動試験</li> <li>・ 原子炉建屋（非管理区域）パトロールチェックシート</li> <li>・ 定例試験（非常用ディーゼル発電機手動起動試験）</li> <li>・ 補機冷却系温度チャート</li> </ul> |   |

| 機能    | 調査結果   | 調査において確認した記録  | 6号機当直員インタビュー結果（非管理区域への放射能を含む水の漏えいに関する件）   |
|-------|--|---|---|
| 閉じこめる | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>地震発生後に測定した原子炉冷却材中のよう素濃度の測定結果は、検出限界以下であり、地震前後において原子炉冷却材中のよう素濃度の上昇はないことを確認した。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>定期検査のため、復水器のオフガス系は停止していたが、モニタは動作しており、有意な変動がなく問題ないことを確認した。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>原子炉冷却水が循環する配管のある部屋を含め原子炉建屋の管理区域にあるエリアモニタについては、有意な変動がなく問題ないことを確認した。また、床ドレンサンプポンプの運転状態から地震直後に燃料プール水のオーバーフローにより、サンプポンプが長時間運転されていることを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>定期検査中のため、原子炉格納容器のエアロックが開放されており、保安規定上の隔離機能は要求されていないが、記録により問題ないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>保安規定上、原子炉の状態が冷温停止中は、原子炉建屋原子炉棟の機能としての負圧維持は運転上の制限から除外されるが、地震前後において、原子炉棟の開口部（二重扉2箇所、大物機器搬入口1箇所）が閉鎖されていること、地震に伴い原子炉建屋オペレーションフロアにプール水が飛散しエリアモニタの上昇が確認されたことから、非常用ガス処理系（SGTS）を手動起動していること等を確認した。なお、原子炉建屋原子炉棟の負圧は維持されており、問題ないことを確認した。<br/>なお、原子炉建屋オペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタの上昇が確認された。また、燃料プール水の非管理区域への漏えいに伴い、非放射性ストーム・ドレン（系）（NSD）サンプポンプが4回起動していることを確認した。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>・モニタリングポスト及び主排気筒の各記録により問題ないことを確認した。なお、排水モニタについては、燃料プール水の非管理区域への漏えいに伴い海水中への放射性液体廃棄物の放出されたものの、若干の上昇は確認されたが、有意な変動は確認されなかった。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よう素分析結果</li> <li>・排ガス放射線モニタ（除湿冷却器出口）</li> <li>・排ガスモニタ（活性炭式希ガスホールドアップ塔出口A、B）</li> <li>・排ガス線形放射線モニタ</li> <li>・エリア放射線モニタ（CH1、CH4、CH6、CH5からCH28）</li> <li>・R/Bサンプポンプ運転記録</li> <li>・アラームタイパー</li> <li>・運転中高線量区域（PCV内）設備パトロールシート</li> <li>・HVAC排気流量</li> <li>・非常用ガス処理系（A）（B）排気流量</li> <li>・原子炉建屋（管理区域）設備パトロールチェックシート</li> <li>・非常用ガス処理系排気ガス放射線モニタA、B（IC及びSCIN）</li> <li>・排気筒モニタA、B（IC、SCIN）</li> <li>・海水放射線モニタ日報（北放水口）</li> <li>・平成19年度アクションレベル管理表</li> </ul> | <p>○通常だと、水溜りがあった場合、運転員が簡易サーベイ（試料を採取し分析する）すると同時に放射線管理課に作業を依頼する。今回は、運転員は試料を採取したが分析は分析室にいる作業員に依頼した。分析の結果、非管理区域の水溜りから放射性物質が検出されたため、簡易サーベイを3回繰り返し、結果として放射性物質が非管理区域を通過して、海へ放出された。</p> <p>○水漏れ場所の特定を現場作業員に指示したが、ボックスとかダクトとかがあり、ルートを追えない状態であった。</p> |

| 機能  | 調査結果   | 調査において確認した記録  | 7号機当直員インタビュー結果   |
|-----|--|---|--|
| 止める | <p>①スクラム信号について<br/>スクラム信号は、7月16日10:13（本震）においては、「地震加速度大（鉛直）」により発信しており、正常に動作していることを確認した。</p> <p>②制御棒全挿入について<br/>原子炉スクラム時の制御棒の挿入時間については、定期検査時にその機能を国が立会う定期検査として実施している。保安規定では、運転上の制限として「動作可能であること」が要求されており、アラームタイパーにより全制御棒の挿入を確認したことから問題なかった。<br/>なお、制御棒挿入時間については、スクラムタイミングレコーダーにより時間の計測がなされていた。7号機の保安規定で定検停止時に要求されているスクラム時間の判断基準は、全制御棒のスクラム時間の平均値は、100%挿入が2.8秒以下、60%挿入が1.44秒以下であり、測定結果は、100%挿入が平均1.178秒、60%挿入が平均0.760秒であり、いずれも定検停止時に要求されている基準を満足していることを確認した。</p> <p>③中性子束について<br/>地震発生後急激に中性子束が低下していること、起動領域モニタ（SRNM）の指示が低い値で安定していることに基づき原子炉が未臨界と判断されていることを確認した。また、その後も、未臨界状態が維持されていたことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アラームタイパー</li> <li>・メッセージタイパー</li> <li>・CONTOROL ROD NOTCH POSITIONS PERIODIC</li> <li>・スクラムタイミングレコーダーリスト</li> <li>・APRMチャート</li> <li>・SRNMチャート</li> </ul> | <p>○通常は6, 7号機で10名体制であるが、定検グループの人間（運転員）が試験準備で10名いたので中操には20名いた。</p> <p>○当直員Aは、地震発生時トイレにいたが、激しい揺れの中、中操の盤に向かった。大型表示盤で制御棒全挿入ランプが点灯しているのをまず確認した。主任が原子炉系の盤の前で対応操作していたので、本人は、タービン発電機関係の対応操作を実施した。</p> <p>○当直員Bは、いすに座っていたが、地震時下からの激しい突き上げがあった。原子炉スクラムしたことを警報で確認し、制御棒全挿入をランプで確認し、スクラム弁が開いていることを確認した後、原子炉モードスイッチを停止にした。平均出力モニタ（APRM）指示降下は大型表示盤で確認した。原子炉水位、非常用炉心冷却系（ECCS）の状態を確認した。蛍光灯が天井から落ちてきて、主任の頭と肩に当たって床に落ちたが、本人は気がついてないくらい、対応に集中していた。運転開始領域中性子束モニタ（SRNM）のレンジ0で値が安定していることで未臨界を確認した。</p> <p>○当直員Cは、席にいて、地震発生後スクラムの赤警報が点灯したのを確認した。その後、操作員から、原子炉スクラムのコールがあった。状態確認に対し、あわてることが無いよう注意を払った。天井の蛍光灯がバタバタと落ちてきて、人身の安全が気になった。</p> <p>○当直長は自席付近で立ち話をしている最中に地震が発生し、思わず席の後ろにある書棚につかまった。地震が収まるまで机の下に避難するよう指示を出した。スクラム成功の報告がありほっとした。</p> <p>○当直長は、すぐにテレビをつけ、震度6強であることがわかった。クルー全員の家族のことが心配であったが、電話がつながりにくいことも想定されるため、家族の安否確認をしばらく待ってもらってプラントのスクラム対応を優先するよう指示した。平常心を保って、淡々と対応してくれた。6号機の定検で10名程度の多めにいたひとが応援してくれたので、警報チェック、プラント状態確認で大いに役立った。</p> |

| 機能  | 調査結果  | 調査において確認した記録   | 7号機当直員インタビュー結果   |
|-----|---|--|--|
| 冷やす | <p>7号機用の所内ボイラは、5号機から7号機までの共用のボイラとして、大湊側に3台（4A（電気ボイラ25t）、4B（電気ボイラ25t）、4C（電気ボイラ25t））設置されている。地震発生前においては、3台中、1台（4B（電気ボイラ25t））は検査中、1台（4A（電気ボイラ25t））は停止保管中、1台（4C（電気ボイラ25t））が運転中であったが、地震により停止した。そのため、原子炉圧力が低くなった段階で、復水器による原子炉圧力及び原子炉冷却材温度を低下することが出来なくなり、主蒸気隔離弁（MSIV）を閉とし、その後、主蒸気逃し安全弁（SRV）による原子炉の減圧を実施するとともに、残留熱除去系（RHR）により原子炉冷却材の温度を低下させる操作を実施した。</p> <p>①崩壊熱除去機能について</p> <p>冷温停止に至るまでの原子炉冷却材の温度及び原子炉圧力については、低下していること、原子炉水位についても、適切に調整していることを確認した。なお、所内ボイラが使用できないため残留熱除去系（RHR）B系→C系→A系の順に起動し、原子炉を冷温停止に移行させた。代替機能として、復水補給系（MUWC）が地震前後において待機状態であったことを確認した。さらに原子炉冷却材温度変化率（29℃/h）についても保安規定上（55℃/h以下）問題ないことを確認した。また、使用済み燃料プールにおいて、一時的に燃料貯蔵プール冷却浄化系（FPC）ポンプがトリップしたが、14:32に再起動したことを確認した。</p> <p>②サプレッションプールの状況について</p> <p>7号機においては、原子炉減圧のため主蒸気逃し安全弁（SRV）を作動させており、サプレッションプールの水温及び水位、サプレッションチェンバ圧力が変動していることを確認した。</p> <p>③電源系について</p> <p>外部電源及び直流電源及び所内電源については、問題がないことを確認した。なお、所内電源については、地震発生に伴う低起動変圧器6SBの油漏えいにより、メタクラ（M/C）7Dの受電切り替えを実施するとともに、低起動変圧器6SBを停止したことを確認した。また、非常用ディーゼル発電機（3台）については、地震前後の定例試験記録を調査した結果、問題ないことを確認した。</p> <p>④補機冷却系について</p> <p>原子炉施設機器の冷却系統としてRSW系及びRCW系等は適切に機能していたことを確認した。なお、復水器を冷却するための循環水系（CWP）については、地震発生前後において機能については問題ないことを確認した。</p> <p>⑤その他について</p> <p>主蒸気隔離弁（MSIV）の閉操作については、所内ボイラが使用できないことが事前に分かっていたため、実施したことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・各系統吐出圧力、流量チャート</li> <li>・過渡現象記録計</li> <li>・チャート（原子炉水位、原子炉圧力、原子炉温度）</li> <li>・定例試験（残留熱除去系）</li> <li>・サプレッションプール水位／水温／圧力チャート</li> <li>・RSW温度チャート</li> <li>・RCW温度チャート</li> <li>・自主保安検査結果（HPCW）</li> <li>・運転日誌</li> <li>・定例試験（非常用ディーゼル発電機手動起動試験）</li> <li>・アラームタイパー</li> <li>・メッセージタイパー</li> <li>・当直長引継日誌</li> <li>・運転員引継日誌</li> <li>・運転手順書、事故時手順書等</li> </ul> | <p>○原子炉スクラム後に所内ボイラがトリップした旨、ラドウェスト中操から連絡があった。これにより、原子炉を冷温停止に移行する減圧過程で蒸気式空気抽出器（SJAE）が1.4MPaで使えなくなるし、タービン・グランド蒸気系（TGS）は0.7MPaでタービン蒸気のシールが切れてしまう。タービン蒸気のシールが切れると主復水器の真空度が急激に悪化することになる。よって、タービン・グランド蒸気系（TGS）が使えなくなる前の原子炉圧力1.4MPaで主蒸気隔離弁（MSIV）を全閉し、原子炉を隔離した。この後の減圧は逃し安全弁の開閉により実施した。</p> <p>○スクラム時、訓練班の当直長がいて、第3者的な広い視野で意見をもらい自分としては助かった。というのは、この当直長と主蒸気隔離弁（MSIV）を閉めるタイミングについて議論した。自分としては、原子炉の減圧はできるだけ通常使用する主復水器を使うことを優先し、主蒸気隔離弁（MSIV）を閉める時期を遅らせる考えだった。これに対し、訓練班の当直長は、主復水器に溜まるヨウ素等の放射性物質をできるだけ少なくするため、「ゼロリリース」の観点からできるだけ早く主蒸気隔離弁（MSIV）を閉めることを主張した。結局、訓練班の当直長の意見を採用し、炉圧約1.4MPaで主蒸気隔離弁（MSIV）全閉した。</p> <p>○低起動変圧器（LSTR）（B）が停止した。そのため、電源の供給元をB系からA系に切り替えた。停止した低起動変圧器（LSTR）（B）の負荷には循環水ポンプ（CWP）（B）・（C）、高圧復水ポンプ（HPCP）（B）・（C）、モータ駆動原子炉給水ポンプ（M/D-RFP）（B）、原子炉内蔵型冷却材再循環ポンプ（RIP）—MGセット（B）等があり、これらをA系に切り替えた。この切り替えに13:00頃までかかった。停止の原因はコンサベーター（油の温度変化や揺れを吸収するために油を溜めておくためのもの）の油面が低下したためである。</p> |

| 機能      | 調査結果   | 調査において確認した記録  | 7号機当直員インタビュー結果  |
|---------|--|---|---|
| 閉じこめる   | <p>①原子炉冷却材中のよう素濃度について<br/>地震発生前後の原子炉冷却材中のよう素濃度の測定結果は、ほぼ同様であり、地震直後の測定値は<math>3.8 \times 10^{-2}</math>Bq/gであり、保安規定で要求されている値 (<math>1.3 \times 10^3</math>Bq/g) に比べ十分低い値であることを確認した。</p> <p>②オフガスモニタについて<br/>原子炉スクラムにより計測値は低下し、安定していることを確認した。</p> <p>③原子炉冷却材圧力バウンダリについて<br/>原子炉建屋オペレーションフロアにおいて、地震発生に伴いプール水が飛散し、エリアモニタの上昇が確認された。それ以外のエリアモニタについては、有意な変動がなく問題ないことを確認した。</p> <p>④原子炉格納容器について<br/>原子炉格納容器圧力、温度の変化は、主蒸気逃がし安全弁 (SRV) の開放及び残留熱除去系 (RHR) の除熱に伴う妥当な挙動を示していることを確認した。酸素濃度については、地震発生前後において有意な変動がないことを確認した。</p> <p>⑤原子炉建屋について<br/>「原子炉水位低 (L3)」警報の発報に伴い、原子炉建屋の換気空調系 (HVAC) が隔離し、非常用ガス処理系 (SGTS) 2台が自動起動しており、原子炉建屋原子炉棟の負圧は維持されていることを確認した。なお、「燃取替エリア排気放射能高高」警報により、中央制御室の常用空調が隔離され循環モードに切り変わったことを確認した。</p> <p>⑥敷地境界について<br/>・モニタリングポスト、主排気筒及び排水モニタの各記録により有意は変動がないことを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よう素分析結果</li> <li>・排ガス放射線モニタ (除湿冷却器出口)</li> <li>・排ガス線形放射線モニタ</li> <li>・エリア放射線モニタ</li> <li>・原子炉格納容器圧力チャート</li> <li>・原子炉格納容器酸素濃度チャート</li> <li>・原子炉格納容器温度チャート</li> <li>・アラームタイパー</li> <li>・非常用ガス処理系チャート</li> <li>・排気筒モニタ (IC、SCIN)</li> <li>・排水モニタ</li> </ul> | <p>○グラコンファン (グラウンド蒸気排風機) の停止が遅れたのは、最初は操作忘れであった。手順書によれば、主復水器の真空破壊の30分後にグラコンファン停止とある。しかし、この手順書の主復水器の真空破壊のプラント状態は冷温停止状態であり、今回の真空破壊時は炉圧約1MPaであり、MSIV全閉のため逃し安全弁で減圧中であった。このため、炉水温度低下率とかサブプレッションチェンバ (S/C) 水温にも注意を払う必要があり、そちらに気をとられグラコンファン停止を失念した。</p> <p>○7月17日1直で、日勤直員が「停止後点検表」の点検結果を当直員に報告した。「D/W パージファン停止状態」と「グラコンファン運転状態」が通常と違う状態として報告された。</p> <p>○7月17日1直と2直の引継ぎで「D/W パージファン停止」と「グラコンファン運転」は、非常災害対策本部からの指示である旨の説明があった。</p> <p>○グラコンファンの停止操作は運転操作手順に記載されており、停止直後にファンも停止することは明確なため、本部から指示するものではなく、また当日は7号機中操に指示をしていない。(本部関係者の一致した見解)</p> <p>○スキマサージタンク水位低で燃料貯蔵プール冷却浄化系 (FPC) ポンプがトリップしているのを確認した時は水位がゆっくり上がっていた (6・7号機は自動補給される)。屋前の時点で、プール水位はオーバーフローレベルにあるということを確認した。</p> <p>○燃料取替エリアの排気放射能高高の警報が出て非常用ガス処理系 (SGTS) の自動起動と中操の換気空調系が循環モードに切り替わっていることを確認した。ただ非常用ガス処理系 (SGTS) は原子炉水位L3で先に自動起動していた。循環モードは夜勤で通常モードに戻した。</p> |
| 手順書との整合 |  |   | <p>○スクラム後は、徴候ベースの手順書 (EOP) のフローチャートに基づいて原子炉水位、原子炉圧力等を確認した。その後、一部の対応操作においては事象ベースの手順書 (AOP) に基づいて対応した。</p> <p>○今回の事象に相当する対応手順書がないため、抜けがないか心配だった。運転操作対応が、徴候ベース手順書、スクラム後の事故時操作手順書、MSIV全閉後の対応手順書、停止時のユニット操作手順書等、多くの手順書にまたがっていた。</p>  |
| 運転訓練    |  |   | <p>○地震時、中操の照明とカルーバが落下した。中操にヘルメットを常備する必要があるのでは。BTC訓練では、1事象にせいぜい数時間しかかけない。地震時には、落ち着くまで長時間かかるので、有効性と兼ね合いだが、訓練時間を長くする必要があるのかもしれない。</p>  |

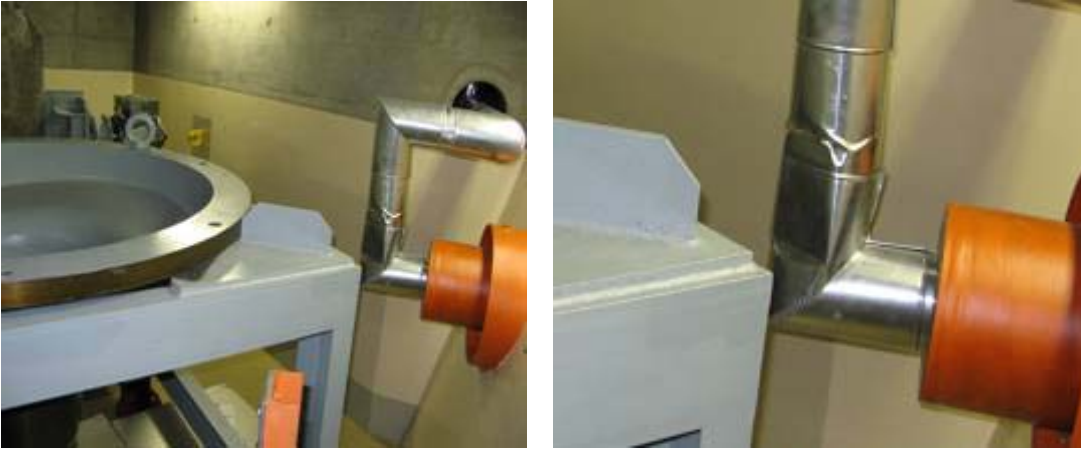
柏崎刈羽原子力発電所の電源等の状況における「運用管理」調査結果

| 機能 | 調査結果   | 調査において確認した記録   |
|----|--|--|
| 電源 | <p>柏崎刈羽原子力発電所における外部電源は、南新潟幹線（1L、2Lともに500KV）及び新新潟幹線（1L、2Lともに500KV）の4系列で構成されており、これとは別に、東北電力からの荒浜線（154KV）がある。東北電力からの荒浜線（154KV）は、外部電源として設置許可及び保安規定上含まれておらず、地震発生前後においても遮断器が開放されており、受電はされてなかった。</p> <p>外部電源及び非常用DGに係る主な時系列は以下のとおり。</p> <p>7月16日 10:13 中越沖地震発生</p> <p>10:13 新新潟幹線2L停止地絡により送電線保護継電器動作のため自動開放、その後再閉路失敗（外部電源3系列）</p> <p>10:13 運転中の原子炉施設（3、4、7号機）及び起動中の原子炉施設（2号機） 「地震加速度大」により原子炉スクラム</p> <p>10:15 3号機所内変圧器B火災発生確認</p> <p>地震発生後の原子炉施設の損傷の有無をパトロールにて確認（非常用DG含む）</p> <p>19:20 南新潟幹線2L停止 黒相ブッシングからの油漏れのため遮断器手動開放（外部電源2系列）</p> <p>19:40 2号機 原子炉冷温停止</p> <p>23:07 3号機 原子炉冷温停止</p> <p>7月17日 1:15 7号機 原子炉冷温停止</p> <p>6:54 4号機 原子炉冷温停止</p> <p>7月18日 柏崎市より製造所等使用停止命令</p> <p>7月19日から24日 非常用DGに係る地震後の非常用DG点検・サーベイランス計画の策定、機械・電気品・計装品点検及び空調点検実施</p> <p>7月23日 東京電力から柏崎市へ危険物施設の使用申請（非常用ディーゼル発電関連設備、補助ボイラー関連設備）</p> <p>7月24日 柏崎市より、危険物施設の使用許可</p> <p>7月25日から27日 1号機の点検中の1台を除く20台の非常用DGについて作動確認試験を実施（保安検査官立会）</p> <p>7月29日から8月31日までの間に新新潟幹線及び南新潟幹線点検を実施（外部電源2系列又は3系列確保）</p> <p>8月31日 外部電源4系列確保</p> <p>地震発生と同時に新新潟幹線2Lが地絡により遮断器が自動開放され外部電源としては3系列が確保された状態となった。</p> <p>同時に運転中の原子炉施設（3、4、7号機）及び起動中の原子炉施設（2号機）は「地震加速度大」により原子炉スクラムとなり、起動中の2号機を除き、発電機トリップにより所内電源は、所内変圧器から起動用変圧器側からの受電に自動で切り替わり確保されていた。なお、2号機は、起動中のため、所内電源は、起動用変圧器から受電されていた。</p> <p>その後、19:20に巡視点検により南新潟幹線2Lの黒相ブッシングからの油漏れが確認されたため、遮断器手動開放し、外部電源としては、2系列確保された状態となり、この状態で運転中であった原子炉施設（3、4、7号機）及び起動中であった原子炉施設（2号機）が順次、原子炉冷温停止に移行となった。</p> <p>非常用DGは、外部電源が喪失した際に自動で起動し、発電所の安全確保に必要な機器類への電力の供給を行うが、地震後も外部電源3系列（後に2系列）が確保されていたので、自動起動はしなかった。</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所では、地震発生後、保安規定に従い速やかにパトロールを行い非常用DGの損傷の有無を確認したが今回の中越沖地震は、設計の想定を超える地震であったことから、従来のパトロールによる健全性確認に加えて機械・電気品・計装品・空調点検を行った後、非常用DGの作動確認試験を現地保安検査官立会のもと順次実施し、分解点検中の1台を除き全非常用DGが健全であることを確認した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 柏崎刈羽原子力発電所2号機電機操作カード（2）</li> <li>・ D/Gサーベイランス及び点検実績（案）</li> <li>・ 外部電源及びD/Gに係る時系列（案）</li> <li>・ K1～7DGサーベイランス前点検結果について</li> <li>・ 非常用DG計器点検結果について</li> <li>・ K1～7非常用ディーゼル発電機及びHPCSディーゼル発電機サーベイランス時点検結果</li> </ul> |

## 不適合情報の抽出結果

添付 2 ( 1 / 4 )


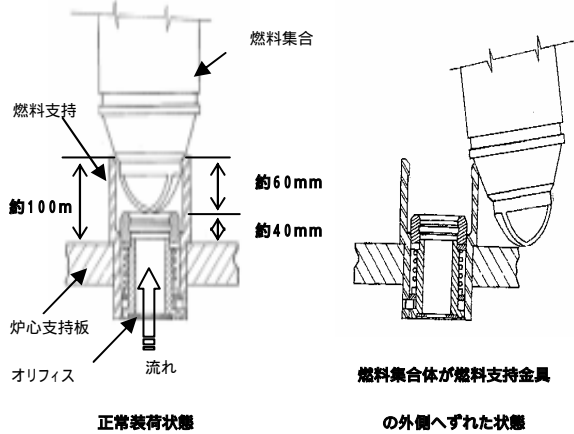
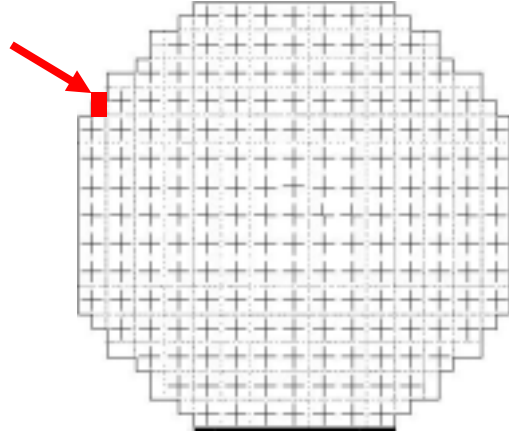
| 東京電力不適合管理番号 | 件名  | 号機 | 不適合区分 | 内容  | 当院の確認結果  |
|-------------|---|----|-------|---|--|
| 40664       | 【中越沖地震】R/B3階、中3階の非管理区域への放射能含む水の漏えい・海への放射能放出<br><br>R / B : 原子炉建屋                              | 6  | A S   | 【内容】<br>原子炉建屋内3階、中3階の非管理区域に水溜まりを確認。微量の放射能を確認。漏洩水が放水口経由で海に放出されていた。   | 東京電力における根本原因分析の妥当性について評価   |
| 41705       | 【中越沖地震】6号機R / Bより海に放出された放射線量の評価・通報連絡の遅延<br><br>R / B : 原子炉建屋                                  | 6  | A     | 【内容】<br>K 6海に放出された放射線量の評価・通報連絡の遅延   |  |
| 41412       | 【中越沖地震】主排気筒の定期測定(1回/週)においてヨウ素及び粒子状放射性物質(クロム 51、コバルト 60)の検出について                                | 7  | A     | 【内容】<br>7号機 主排気筒の定期測定(1回/週)においてヨウ素及び粒子状放射性物質(クロム 51、コバルト 60)を検出。(検出された放射線量は約 $3 \times 10^8$ ベクレル)  |  |
| 40638       | 【中越沖地震】R / Bブローアウトパネル破損<br><br>R / B : 原子炉建屋<br>オペフロ: 原子炉建屋オペレーションフロア                         | 3  | B     | 【内容】<br>地震の影響によりR / B オペフロ南側外壁に設定されているブローアウトパネル2カ所のうち、1箇所(海側)のブローアウトパネルの止め金具(止め板)が変形し、パネルが開放した。<br><br>【発生原因】<br>地震によりブローアウトパネルと建屋外壁を固定している止め金具が変形し、パネルが外れた。          | <p>3号機における「閉じこめる」安全機能において、「原子炉水位低(L3)」警報の発報に伴い、原子炉建屋の換気空調系(HVAC)が隔離され、非常用ガス処理系(SGTS)2台が自動起動していることをアラームタイパー等により確認した。</p> <p>また、原子炉建屋ブローアウトパネル開放が確認されたことに伴い、原子炉建屋原子炉棟の負圧が維持されていないと当直長が判断し、保安規定に基づく運転上の制限の逸脱を宣言し、その後、原子炉建屋原子炉棟の負圧維持が求められない原子炉の状態が冷温停止になった段階で、運転上の制限への復帰を宣言したことを確認した。</p> <p>なお、保安規定では、原子炉建屋原子炉棟の運転上の制限は、「機能が健全であること」が要求されており、これが満足出来ない場合は、4時間以内に原子炉建屋原子炉棟を負圧に保つための措置を講じること、これが達成出来ない場合は、36時間以内に冷温停止にすることとなっており、実際には、約13時間で冷温停止状態になったことから、保安規定の要求は満足していたことを確認した。</p> |
| 42894       | 【中越沖地震】R/B 3F(管) R / B オペフロ北側ブローアウトパネル脱落の恐れについて<br><br>R / B : 原子炉建屋<br>オペフロ: 原子炉建屋オペレーションフロア | 3  | C     | 【内容】<br>地震の影響によりR / B オペフロ北側外壁2箇所(海側・山側2箇所共)及び南側外壁に設置されている2箇所のうち、1箇所(山側)のブローアウトパネルの止め金具が変形し、パネルと建屋外壁の間に間隙が生じた。<br><br>【発生原因】<br>地震によりブローアウトパネルと建屋とを固定している止め金具が変形したため。 |  |

| 東京電力不適合管理番号 | 件名   | 号機 | 不適合区分 | 内容  | 当院の確認結果  |
|-------------|--|----|-------|---|--|
| 42578       | 【中越沖地震】4号中操スクラム時間採取不能<br><br>中操:中央制御室  | 4  | C     | 【内容】<br>スクラム時間採取不能<br>【対策処置】<br>スクラムタイミングレコーダ健全性確認(印字機能確認・測定機能確認)を行う。<br>【対策結果】<br>スクラムタイミングレコーダの点検を行ったが、正常に機能する(測定/印字できる)ことを確認した。機器の異常を示す表示灯は全て消灯していたことから、スクラム発生時においても、測定可能状態であったが、地震の揺れにより、データ採取できなかったものと推測される。従って、本事象は一過性のものと判断する。   | 点検の結果、再現性のないことから、地震による一過性のものであることを確認した。  |
| 43285       | 【中越沖地震】中操プロセス計算機CPU停止およびバックアップ運転に伴うアラームタイパ-欠測について  | 2  | C     | 【内容】<br>中操プロセス計算機はCPU No.1~7で構成されており、中操の監視に用いられるCPU No.1と中操で発生した重要警報のデータ処理に用いられるCPU No.5が別々に停止した。<br>CPU No.1停止に伴いNo.2がバックアップ運転したことにより監視機能には影響がなかった。<br>一方、CPU No.5停止に伴いNo.6がバックアップ運転したが、地震以降2分間アラームタイパ-欠測かつデータリカバリー不可(バックアップ運転に移行の間)が発生した。点検した結果問題なく再現性も見られなかったため、本事象は一過性のものと判断する。 | 地震による一過性のものであることを確認した。   |
| 42429       | 【中越沖地震】R/B B2F(管)ISI UT室内 SLC-2ライン(注入ライン)ペネX-22近傍保温材変形有り<br><br>R/B:原子炉建屋<br>ISI UT室:供用期間中検査超音波探傷試験室<br>ペネ:ペネトレーション<br>SLC:ホウ酸水注入系 | 3  | D     | 【内容】<br>R/B B2F管 ISI UT室内 SLC-2ライン(注入ライン)ペネX-22近傍保温材変形有り(室内点検機材が移動してぶつかった模様)<br>【原因】当該配管近傍に置いてある、ISI用RPV模擬ノズルが地震により移動し、当該配管に接触したと思われる。<br>【不適合処置】当該配管の保温交換を行い、配管表面及びサポート取付部分等に損傷の無い事を確認した。<br><br>RPV:原子炉圧力容器   | ホウ酸水注入系(SLC)は、制御棒駆動系とは独立した設計となっており、原子炉を常温(20 )においても未臨界にし、制御棒が挿入不能等の場合、原子炉を未臨界にする重要な設備である。<br>供用期間中検査(ISI)の超音波探傷試験装置の校正を行う部屋において、超音波探傷試験装置の校正用の装置である重量物(RPV模擬ノズル)が、地震により移動し、その部屋に敷設されていた、ホウ酸水注入系の配管に接触し、配管を覆っていた保温材に損傷を与えたことが確認された。<br>ホウ酸水注入系の配管には、損傷はなかったものの、重量物である校正用の装置が重要度の高い配管に損傷を与える可能性があったことが確認された。<br><br>地震発生後<br><br>拡大写真<br><br> |

(写真提供:東京電力)



| 東京電力不適合管理番号 | 件名  | 号機                  | 不適合区分 | 内容  | 当院の確認結果   |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |
|-------------|---|---------------------|-------|---|---|--------|---------|-----|-----|----------|-------|-----|------------------------|---------------------|-----|---|----------|-----|-------------------------|
| 42154       | 【中越沖地震】各 S/B 退域モニタ故障 (各 S/B 数台)<br><br>* S / B : サービス建屋 | その他                 | D     | <p>【内容】各 S/B 退域モニタ故障 (各 S/B 数台)</p> <p>【原因】H19.7.16の地震により、各 S / B 退域モニタで検出器のズレ (検出器の飛び出し)、駆動部故障が発生した。(1・2号 S / B 7台中6台で検出器ズレ等発生。3・4号 S / B 8台全て検出器ズレ発生。5号 S / B 6台中5台で検出器ズレ発生。6・7号 S / B 8台中7台で検出器ズレ発生)</p> <p>【対策】検出器のズレ補正、駆動部故障箇所の補修を行う。</p> <p>【結果】H19.7.16から8.6にかけて、地震前から故障により運用を停止していた1台 (K3退域モニタNo.1)を除く全数について、検出器のズレ手直し、出口扉補修等を実施し、補修後に動作確認、BG値確認、チェック線源による警報発生確認を行い異常のないことを確認した。</p>  | <p>地震発生当時、1号機は定期検査中で約400名の作業員が管理区域で作業中であった。地震に伴い、管理区域からの退避指示が出たが、1・2号機のサービス建屋の退域モニタ7台中、6台が故障したため、1台の退域モニタに作業員が集中した。放射線管理員は、人身安全の観点から、身体汚染を計測する退域モニタを使用せず、管理区域から作業員を退出させた。退出したほとんどの作業員は、防護衣 (B装備)の下に着用する管理区域用の下着姿であり、B装備の作業員も数名確認されたが、C装備の作業員は確認されなかった。</p> <p>結果的には、約400名の作業員は、B区域 (4Bq/cm<sup>2</sup>未満)からの退域であり、作業員が退避した非管理区域側の退避経路をサーベイしたところ汚染が検出されなかったことにより、法令に定める表面汚染密度限度の10分の1 (4Bq/cm<sup>2</sup>)を超えていないと推定されるが、約400名の表面汚染密度の測定がなされなかった。</p>  |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |
| 41529       | 【中越沖地震】R / W中操入退域装置故障・使用不可<br><br>R / W: ラドウエスト (廃棄物)   | 2                   | D     | <p>【内容】R / W中操入退域装置故障しており使用不可</p> <p>【原因・事象】H19年7月16日の地震により、退域モニタの検出器が飛出し (検出器の位置ズレ) 機器異常が発生した。また、可搬型携行品モニタにあっては専用台から落下しモニタが損傷した。入退域管理装置にあっては7月17日2時03分にシステムB系でセンタースイッチ異常が発生し、2号RW中操からの入退域ができなくなった。(関連不適合41501、41519)</p> <p>【対策】退域モニタ: 検出器のズレを補正し動作、健全確認を実施する。可搬型携行品モニタ: 代替器を配備する。入退域管理装置: センタースイッチ異常箇所を修理する。</p> <p>【結果】H19年7月17日、センタースイッチ異常の原因箇所であったHUB (電気部品)を代替品と交換し、入退域管理装置伝送系を復旧させた。7月20日、退域モニタの検出器ズレを補正した。補正後の動作確認、BG値及びチェック線源による汚染警報確認を行い、異常なしを確認した。8月22日、代替の可搬型携行品モニタを配備し、退域モニタと同様に動作確認、警報確認等を実施し、異常なしを確認した。8月22日より2号RW中操から入退域ができる旨をRW当直員へ連絡した。</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>地震発生前</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>地震発生後</p>  </div> </div> <p style="text-align: right;">(写真提供: 東京電力)</p> <p>(参考)</p> <p>管理区域での作業に当たっては、作業員の放射線の被ばくを管理するため電子式線量計を携帯し、身体汚染を防ぐため防護具 (手袋、防護服、防護靴等)を着用する。なお、身体汚染を防ぐための防護具は、管理区域区分 (A区域からD区域)に応じ定められている。具体的には、以下のとおり。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>管理区域区分</th> <th>表面汚染レベル</th> <th>保護衣</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A区域</td> <td>汚染のおそれなし</td> <td>一般作業服</td> </tr> <tr> <td>B区域</td> <td>4Bq/cm<sup>2</sup>未満</td> <td>B装備 (青服)<br/>又は一般作業服</td> </tr> <tr> <td>C区域</td> <td>4Bq/cm<sup>2</sup>以上<br/>40Bq/cm<sup>2</sup>未満</td> <td rowspan="2">C装備 (赤服)</td> </tr> <tr> <td>D区域</td> <td>40Bq/cm<sup>2</sup>以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>作業終了後、作業員は、管理区域からの退出の際に防護衣 (B装備)を脱いだ後、退域モニタにて身体の表面汚染密度が法令に定める表面汚染密度限度の10分の1 (4Bq/cm<sup>2</sup>)を超えていないことを確認するため計測する。なお、作業員の被ばく線量の計測は電子式線量計にて計測する。</p> | 管理区域区分 | 表面汚染レベル | 保護衣 | A区域 | 汚染のおそれなし | 一般作業服 | B区域 | 4Bq/cm <sup>2</sup> 未満 | B装備 (青服)<br>又は一般作業服 | C区域 | 4Bq/cm <sup>2</sup> 以上<br>40Bq/cm <sup>2</sup> 未満 | C装備 (赤服) | D区域 | 40Bq/cm <sup>2</sup> 以上 |
| 管理区域区分      | 表面汚染レベル   | 保護衣                 |       |   |   |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |
| A区域         | 汚染のおそれなし  | 一般作業服               |       |   |   |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |
| B区域         | 4Bq/cm <sup>2</sup> 未満                                  | B装備 (青服)<br>又は一般作業服 |       |   |   |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |
| C区域         | 4Bq/cm <sup>2</sup> 以上<br>40Bq/cm <sup>2</sup> 未満       | C装備 (赤服)            |       |   |   |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |
| D区域         | 40Bq/cm <sup>2</sup> 以上                                 |                     |       |   |   |        |         |     |     |          |       |     |                        |                     |     |   |          |     |                         |

| 東京電力不適合管理番号 | 件名  | 号機 | 不適合区分 | 内容   | 当院の確認結果  |
|-------------|---|----|-------|--|--|
| 47367       | <p>【中越沖地震】5号機 燃料取替機荷重異常発生に伴う自動除外</p> <p>R/W:ラドウエスト(廃棄物)</p> | 5  | B     | <p>【内容】</p> <p>5号機燃料移動作業中、19:09 FHM自動除外発生した。STEP1015(03 - 46)炉心にてつかみ時発生。</p> <p>着座時、通常より30mm深い位置(Z:16937mm)にてつかみ、その後自動巻き上げ中に着座位置より+59mmにて「加重異常」(フルスケール500kg以上:通常260kg)にて自動除外。</p> <p>【対策】遠隔手動モードにて、リセットPBを押しながら下降操作を行い、下降可能であることを確認した。引き続き、機上手動モードにて、リセットPBを押しながら下降操作を行い(警報リセット)、着座(Z=16935)、はなしを行い、「無荷重(炉心)」位置まで上昇した。再度、下降操作を行い、着座(Z=16935)、つかみを行い、FHMが正常に動作することを確認した。FHMの対応としては、燃料取り出し再開前に、使用済み燃料プールにおいて、ダミー燃料を吊り上げ、荷重検出が正常であることを確認する。</p> | <p>5号機(地震当時停止中)において原子炉内から使用済燃料プールへ燃料取り出し作業中、原子炉内燃料座標03-06の燃料を吊り上げ時に燃料取替機荷重異常を示す警報が発生し、燃料取替機が自動停止した。水中カメラによる燃料の外観点検を実施したところ、燃料下部が燃料支持金具から外れていることが確認された。そのため、燃料を正規の位置である支持金具へ戻し、その後、当該燃料を使用済燃料プールに移動した。なお、燃料移動の前後において、原子炉水のヨウ素濃度に有意な変動はないことを確認した。</p> <p>今回、燃料が正規の位置から外れていたことから、当該燃料を含めた5号機の燃料について、原子炉への燃料の装荷記録の確認を行った結果、燃料の着座位置(鉛直方向)が他の燃料に比べ約25mm程度高いことが判明した。また、東京電力においては、各燃料の着座位置を記録しているが、着座位置の管理値を定め範囲内であることの確認は実施していなかった。</p> <p>なお、燃料の装荷記録から当該燃料は、地震発生前から正規の位置に着座せず、燃料の先端が炉心支持板までは接触しないものの支持金具から外側に外れた状態又は燃料支持金具内に浮いた状態であったと思われる。地震発生により、燃料装荷座標が原子炉の最外周であり、他の燃料の位置に比べ外れやすい位置であったことも相まって、地震により燃料が以下の写真等の状態になったと考える。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="text-align: center;">  <p>燃料集合体装荷位置図</p> </div> <p style="text-align: right;">(写真及び図面提供：東京電力)</p> |

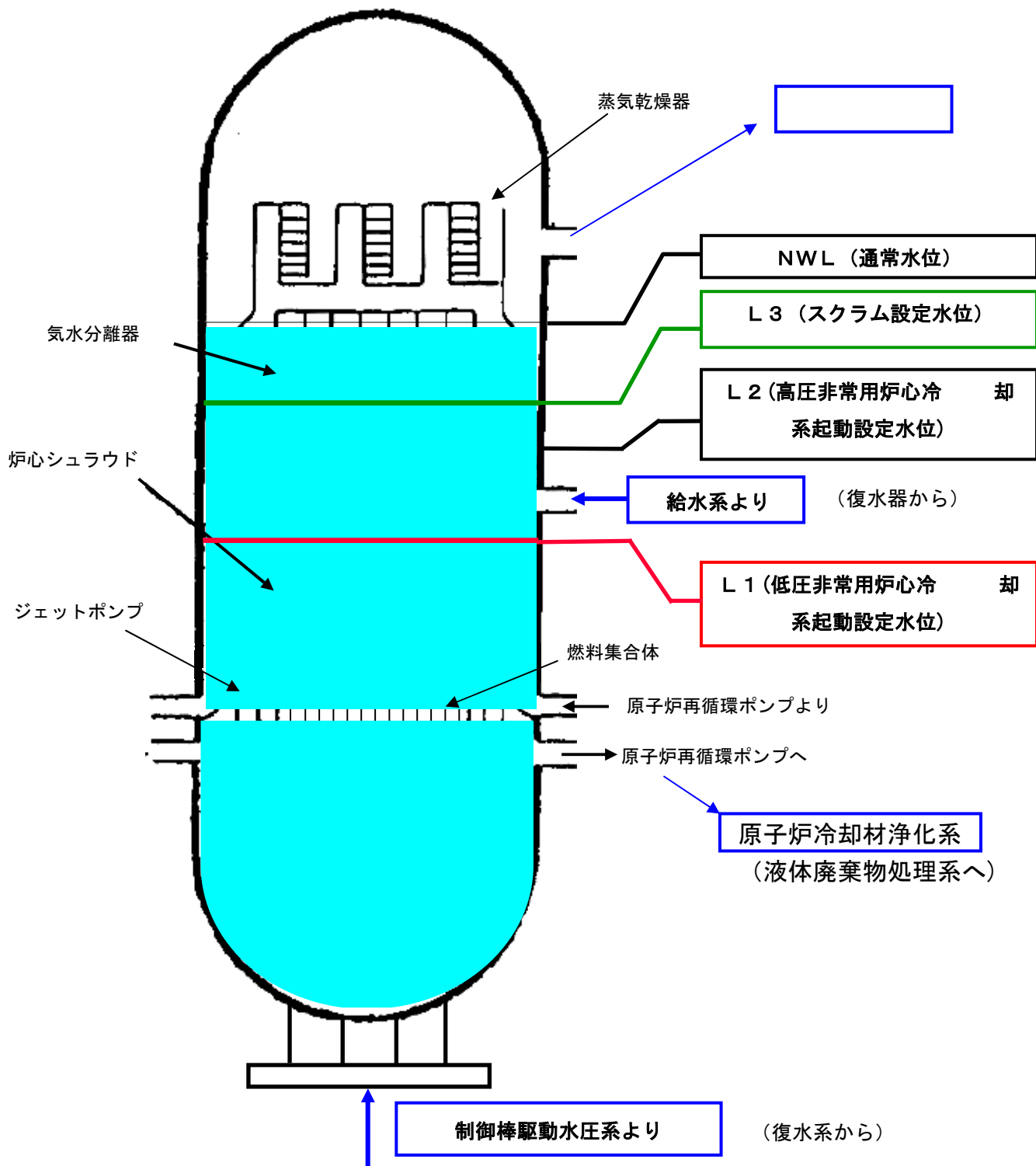
## 各評価において得られた教訓と課題

| 評価項目                  | 教訓と課題  |
|-----------------------|--|
| II. 地震発生時の各安全機能等の確保   | <p>(1) 運転員の訓練<br/>       今回の地震発生対応は適切であったものの、従来のシミュレータ訓練では、地震発生後のスクラム対応として、単発のトラブルが発生し、それを保全グループに電話で対応依頼をすれば終了という単純な訓練であった。これに対し、今回の地震時には、様々なトラブルが発生し、短時間の間にどれを優先するのかの判断に迫られている。今後、こうした訓練とのギャップを埋める工夫として、今回の地震により発生した多重故障（地震発生、原子炉スクラム、所内ボイラトリップ）を分析し、地震を起因とする多重故障への対応をシミュレータ訓練だけでなく机上訓練も踏まえ、具体化する必要がある。<br/>       さらに、今後、このような事象が発生した場合の中央制御室における対応について分析を行い、知見を蓄積していくことが必要である。</p> <p>(2) 体制の整備・強化<br/>       今回のような地震を想定した場合、中央制御室における冷温停止に向けた操作と現場確認を併行して行うのは、関係者からのインタビューから通常の当直体制の人員では対応が厳しい面もある。今後は、火災の対応体制等も含め、総合的な評価をもとに緊急対策要員も含めた体制の整備・強化を行う必要がある。</p> <p>(3) 非常用DG等の作動確認試験について<br/>       原子力施設の「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」という安全機能確保の観点から安全上重要な機器を動作させるためには、電源の確保が最重要である。原子炉設置許可申請書に記載された設計用限界地震動を上回る地震が発生した場合には、電源の確保の観点から非常用DGの作動確認試験を通常の定例試験の頻度によらず速やかに行う必要がある。<br/>       また、原子炉の状態により保安規定で動作可能であることが要求されている非常用炉心冷却系等についても作動確認試験を速やかに行う必要がある。</p> |
| III. 地震発生に伴い発生した不適合事象 | <p>(1) ホウ酸水注入系配管保温材の損傷について<br/>       安全重要度の高い機器、配管等が設置された場所に供用期間中検査の超音波探傷試験装置の校正を行う部屋等を設けることがないよう、設計の際に配慮を行うことが必要である。また、定期検査の際に使用する仮置き物品等については、地震により、安全重要度の高い機器等に損傷を与えないよう適切に固縛を行う等、対策を行う必要がある。</p> <p>(2) 中越沖地震発生時の作業員の管理区域からの退域について<br/>       地震発生等により、作業員を管理区域から退避させる場合の避難場所、避難後の作業員に対する表面汚染密度の測定及び避難訓練等の緊急時の対応について検討し整備する必要がある。</p> <p>(3) 燃料集合体の原子炉内装荷時における着座について<br/>       原子炉内への燃料装荷に当たっては、燃料の着座位置（鉛直方向）を管理し、燃料が適切に着座していることを確認する必要がある。</p>   |
| IV. 放射性物質の放出に係る根本原因分析 | <p>(1) 設計プロセスにおける根本原因<br/>       建設時の設計プロセスにおいて、地震時に燃料プールのスロッシングによる漏水の影響について考慮するプロセスが設定されていなかった。<br/>       今後、新規プラントだけでなく運転中プラントに対しても、想定される地震等に関する新たな知見が得られた都度、プラントの安全性を評価又は再評価するプロセスを構築する必要がある。その際、想定される事象により副次的に原子力安全に影響を及ぼす事象についても評価又は再評価するようにプロセスを構築する必要がある。</p> <p>(2) 運転員の訓練カリキュラム作成プロセスにおける根本原因<br/>       通常使用する設備、機能が地震災害等により使用できない状況を想定した運転員の訓練カリキュラムが作成されるように訓練カリキュラム作成プロセスを改善する必要がある。</p> <p>(3) 使用頻度の少ない非常時等対応マニュアルの周知プロセスにおける根本原因<br/>       使用頻度の少ない非常時等に使用するマニュアルの周知プロセスは、通常時に使用されるマニュアルとは別に周知プロセスを構築することなどマニュアル周知の実効性の観点から検討する必要がある。また、防災訓練等においてもマニュアルの周知を徹底する観点から訓練計画プロセスを見直し、防災訓練等を実施する必要がある。</p> <p>(4) 管理区域に隣接する非管理区域への放射性物質を含む漏えいのリスクを考慮しない放射線管理プロセスの問題<br/>       管理区域に隣接する非管理区域（放射性物質を含む機器に隣接する）の管理のプロセスを構築し、通常時の管理及び地震等災害時の管理について明確にしておく必要がある。</p>   |

BWR 運転訓練センターにおける  
模擬について

平成 19 年 10 月 2 日  
原子力安全・保安院

# 一次冷却材の出入り



定格出力運転時、給水系が約 6400T/H、制御棒駆動機構の冷却水が 10T/H 程度原子炉へ注水している。この合計分が主蒸気として原子炉から流出している。りがバランスしており、原子炉水位は一定に保たれ

## 定格出力運転時

流入：給水系、制御棒駆動水圧系

流出：主蒸気系

## 低出力運転時 (今回の K2 起動時)

流入：給水系、制御棒駆動水圧系

流出：原子炉冷却材浄化系

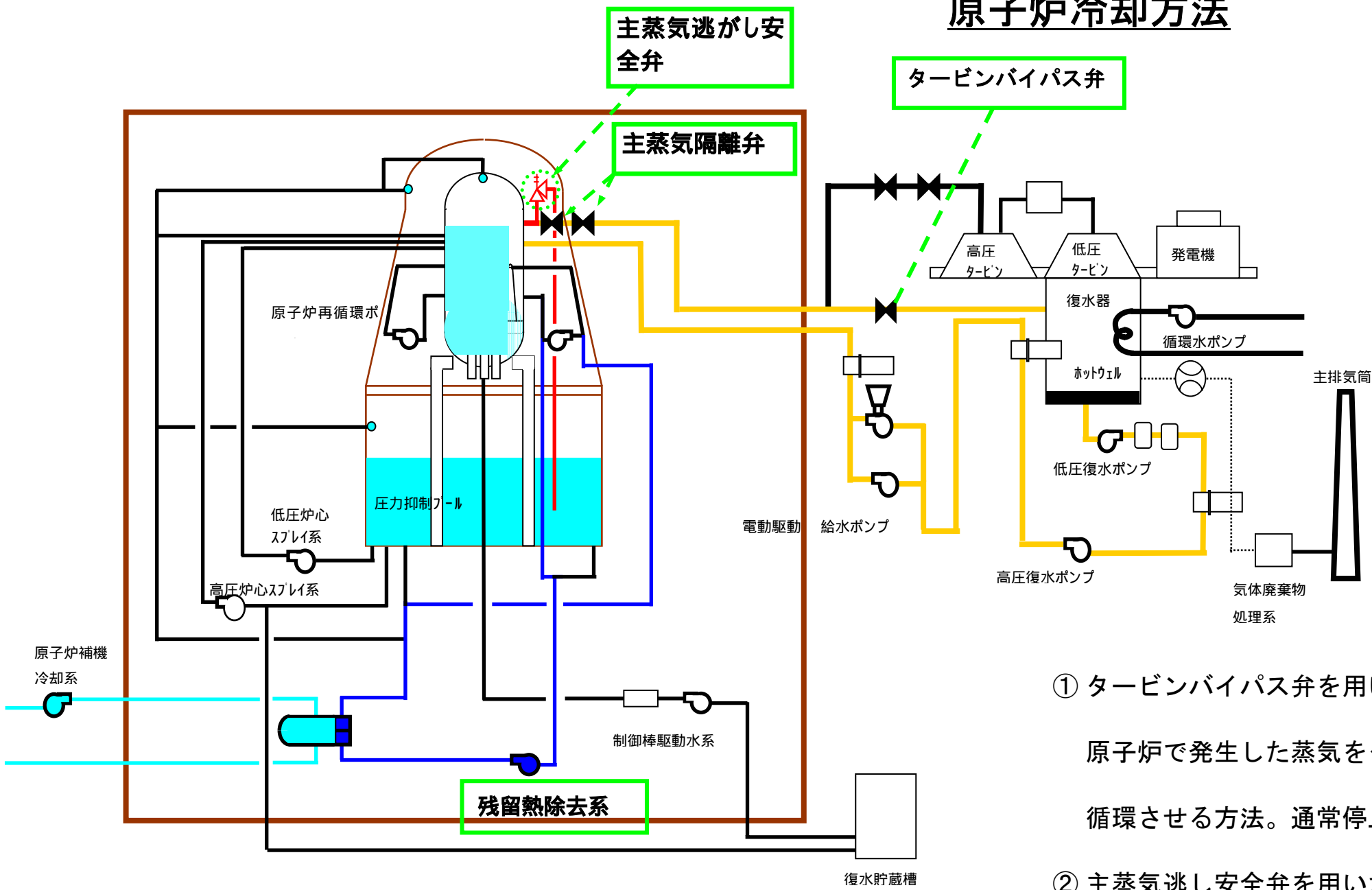
この時点では、原子炉は未臨界状態であり、タービンバイパス弁は閉であることから、主蒸気流量はゼロである。よって、原子炉水位を一定に保つための設備 (給水制御系) により給水流量もほぼゼロである。

原子炉へは、制御棒駆動機構の冷却水が流入するため、給水制御系により、原子炉冷却材浄化系から原子炉水を液体廃棄物処理系へ移送 (ブローダウン) することで、原子炉水位を一定に保っている。

今回 2 号機では、原子炉スクラム後に原子炉冷却材浄化系ポンプが自動停止したため、原子炉水を液体廃棄物処理系へ移送させることができなくなり、原子炉水位が上昇した。

(図面提供：東京電力)

# 原子炉冷却方法



(図面提供：東京電力)

## ① タービンバイパス弁を用いた冷却

原子炉で発生した蒸気をタービンバイパス弁を通じて復水器で冷却し、原子炉に循環させる方法。通常停止の冷却方法。

## ② 主蒸気逃し安全弁を用いた冷却

主蒸気隔離弁を全閉とした場合、原子炉で発生した蒸気を主蒸気逃し安全弁を通じて、圧力抑制プールで冷却する方法。

## ③ 残留熱除去系を用いた冷却

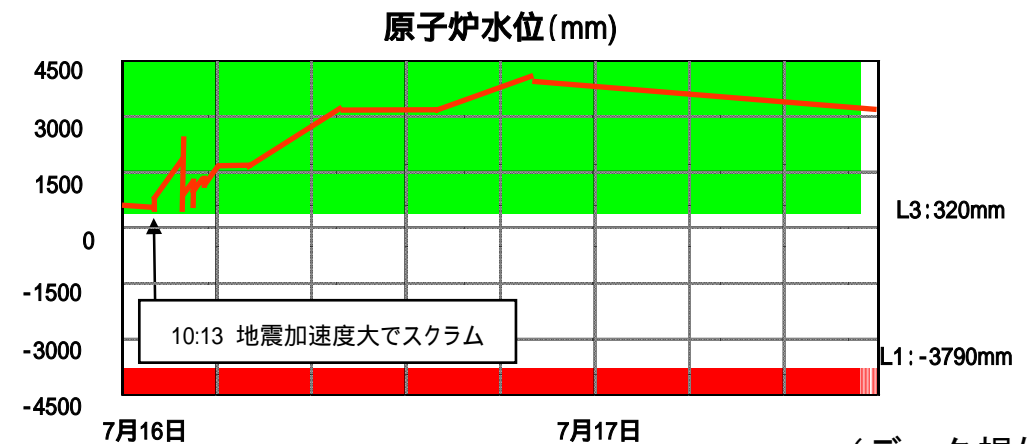
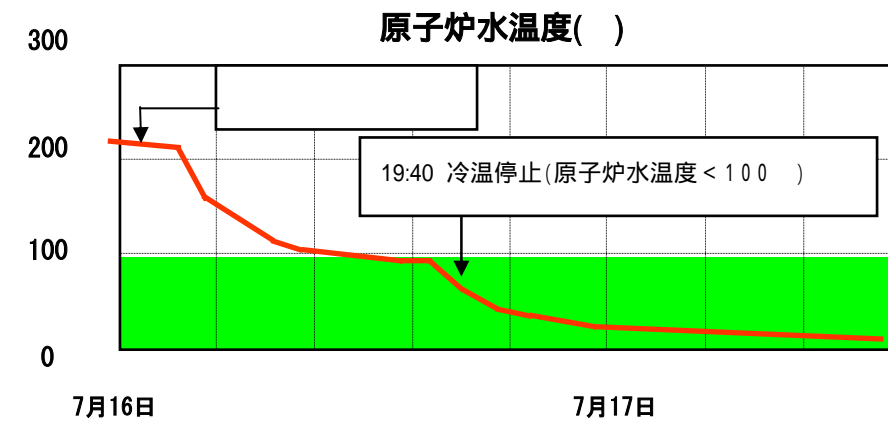
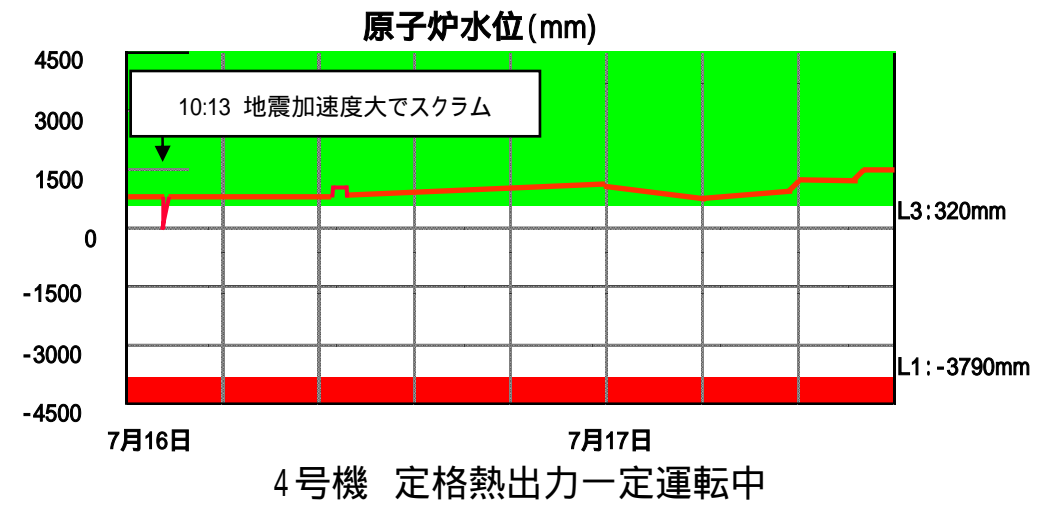
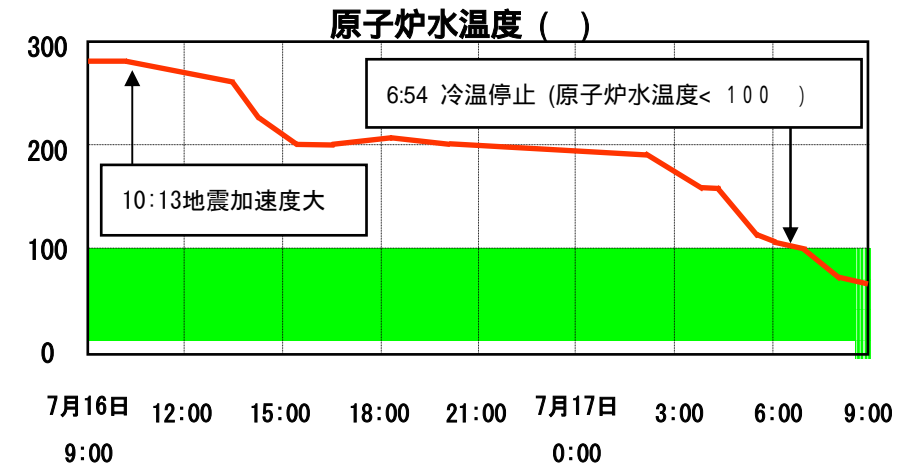
原子炉水温度が100℃付近で残留熱除去系停止時冷却モードを使用しさらに冷却する方法。

# 時系列と主要パラメータの推移

- K-4  
7/16 10:13 原子炉自動スクラム 警報発生 (全制御棒全挿入確認、APRM指示減少)  
10:13 SGTS 自動起動 (原子炉水位低による自動起動)  
10:21 FPCポンプ (A) 自動停止 (スキマーサージタンク水位低により自動停止)  
10:26 原子炉未臨界確認 (SRM、IRM 挿入・指示確認)
- 7/17 6:54 原子炉冷温停止確認
- K-2  
7/16 10:13 原子炉自動スクラム 警報発生 (全制御棒全挿入確認)  
10:18 CP(B)自動停止 (6.9kv 母線 2B-1 の喪失により自動停止)  
10:19 CUWポンプ(A)自動停止 (ポンプ吐出流量低で自動停止)  
10:38 SGTS 手動起動 (原子炉建屋オペフロエリアモニタの指示が上昇したため)  
10:58 タービンバイパス弁による手動減圧操作  
11:06 MSIV 手動閉操作 (主蒸気管への炉水流入防止)  
11:17~ SRVによる手動減圧操作  
11:43  
11:34 LPCS 手動起動
- 7/17 19:40 原子炉冷温停止確認

略語

- nd-by Gas Treatment System 非常用ガス処理系
- FPC:Fuel Pool Cooling System 燃料プール浄化系
- CP:Condensate Pump 復水ポンプ
- SRV:Safety Relief Valve 主蒸気逃し安全弁
- SRM:Source Range Monitor 中性子源領域モニタ
- IRM:Intermediate Range Monitor 中間領域モニタ
- MSIV:Main Steam Isolation Valve 主蒸気隔離弁
- LPCS:Low Pressure Core Spray System 低圧炉心スプレイ系



(データ提供：東京電力)