

# 東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所7号機の 設備健全性評価に係る報告(機器単位の設備健全性) 説明資料

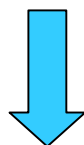
平成20年10月21日  
原子力安全・保安院

## 目 次

1. 経緯
2. 点検・評価計画について
3. 点検・評価の実施状況について
  - (1) 設備点検
  - (2) 地震応答解析
  - (3) 追加指示に係る評価
  - (4) 発見された不適合に係る評価
  - (5) その他
4. 評価のまとめ
5. 今後の対応
  - (1) 系統試験
  - (2) 追加指示

## 1. 経緯

平成19年 7月16日 新潟県中越沖地震発生



東京電力による地震後のプラント状況把握のための点検  
(保安院の検査官が立会い)

平成19年11月 9日

東京電力に号機毎の詳細点検計画の作成を指示

平成19年11月27日

東京電力から7号機の詳細点検計画の提出

平成20年 1月22日

7号機の詳細点検に対する保安院の立入検査を開始

平成20年 4月10日

東京電力から7号機の健全性評価に係る中間報告の提出

平成20年 4月17日

7号機の健全性評価に係る保安院の中間報告を原子力安全委員会  
に報告、東京電力に追加作業指示

## 1. 経緯 ( 続 き )

平成20年5月16日

原子力安全委員会より当院の中間報告に対する意見提示

平成20年 5月20日

東京電力に対して、原子力安全委員会からの意見を踏まえて追加指示

平成20年 9月19日

東京電力より、7号機の設備健全性評価(機器レベルの点検・評価報告)の提出

平成20年10月 3日

原子力安全・保安院は、7号機の設備健全性評価に係る報告(機器単位の設備健全性)を原子力安全委員会へ報告、東京電力へ追加検討の指示

## 2. 点検・評価計画について

### (1) 基本的な方針

- ①安全上重要な設備(重要度分類クラス1の設備、耐震クラスA, Asで設計されている設備、及びこれらに影響のある(波及的影響を考慮すべき)設備)

点検と地震応答解析を実施し、両者を合わせて総合的に健全性を評価する。

	点検の結果、技術基準上要求される構造、機能に影響を及ぼす損傷が認められな	点検の結果、技術基準上要求される構造、機能に影響を及ぼす損傷が認められた場合
今回の地震における床応答を元に、現在用いられている手法により解析した結果、弾性状態の場合	設備は健全	損傷の発生原因に関する調査検討を実施した上で適切な補修・取替等が必要
今回の地震における床応答を元に、現在用いられている手法により解析した結果、弾性状態を超える場合	現実的な条件を加味した解析手法による解析や追加的な点検を実施して詳細に検討(※)	

※に該当する設備については、サブWG等において詳細な検討が必要。

### ②その他の設備

適切な点検を行い、健全性を評価する。

## 2. 点検・評価計画について

### (2) 点検評価計画書策定の指示(概要) 平成19年11月 9日指示

#### ①点検評価の対象

- ・工事計画本文に記載のあるすべての設備が対象
- ・工事計画本文に記載がない場合でも、耐震評価にあたって考慮している支持構造物等は対象とする

#### ②点検・評価の手法

- ・各設備の種類、設置方法等から地震時に想定される損傷の形態を分析し、点検手法や解析方法に反映させること
- ・安全上重要な機能を有する動的設備、計装系、安全保護系等については、機能確認試験を実施すること
- ・解析によって裕度が比較的少ない結果が出た部位については、外観上特に異常が認められない場合であっても、その想定される損傷の形態に照らして適切な追加的な点検を実施すること
- ・代表設備を選定することで一部の点検事項や解析対象等を絞り込むことは妨げないが、その場合は代表設備の選定の考え方について明確にすること

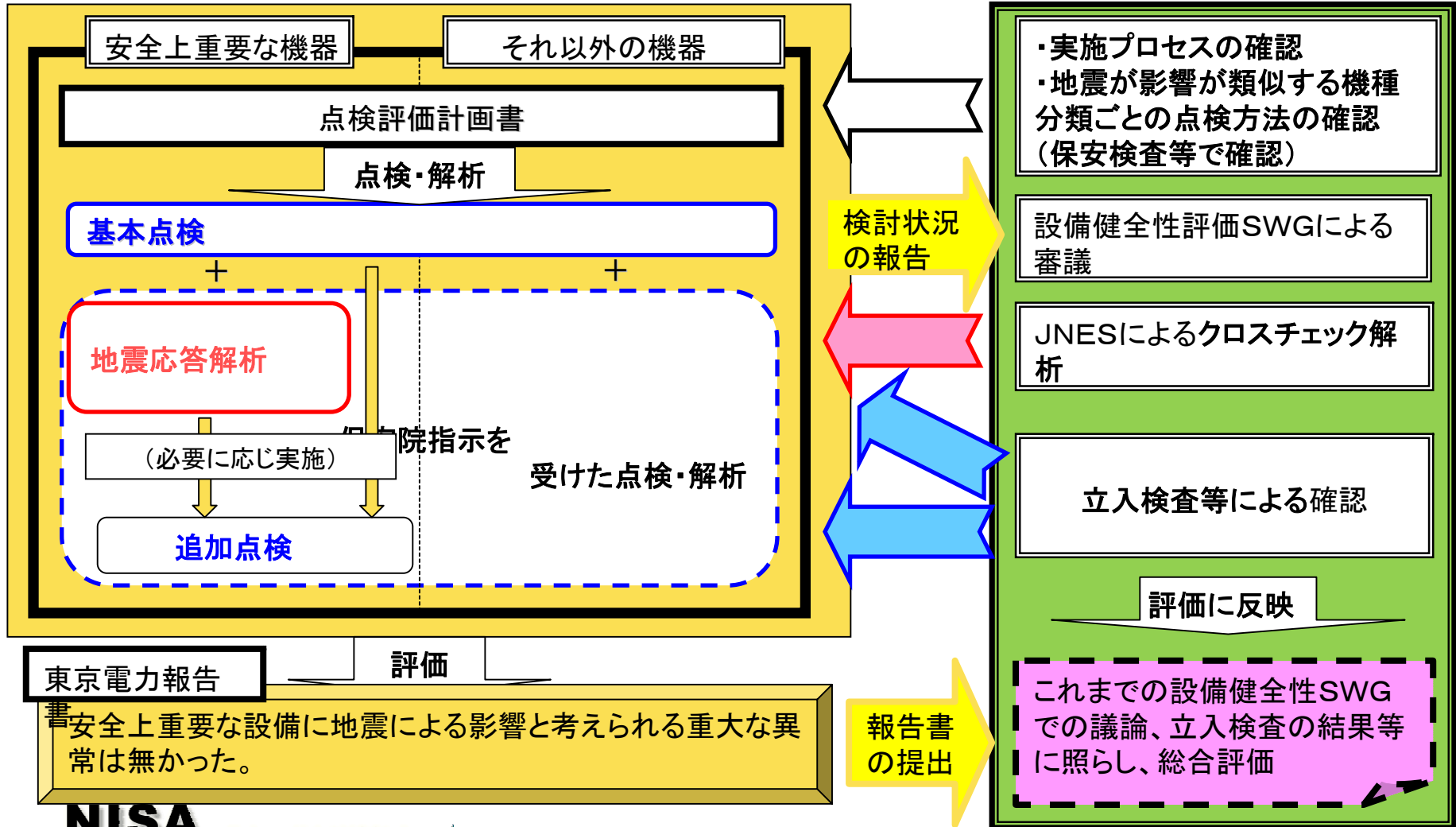
#### ③点検・評価の体制

- ・点検の実施者については、適切な力量を持った者を選任すること
- ・点検・評価の実施にあたっては、客観性、透明性の確保に留意すること

### 3. 点検・評価の実施状況について

#### (1) 設備点検に関する保安院の確認方針

(東京電力の対応)



### 3. 点検・評価の実施状況について

#### (1) 設備点検に関する保安院の確認結果

東京電力

原子力安全・保安院

##### 管理面

- ・発電所長を主査とするプロジェクト推進会議の下で、設備保守担当GMが中心となって管理。
- ・実際の点検作業は協力企業等が実施、東京電力が監督。

##### 保安検査(平成19年度第4回、平成20年度第1回)等

- ・適切な品質保証体系の下で設備点検の進捗管理等が実施されていることを確認。
- ・協力企業等に対して、設備点検の方法を含めた適切な発注がなされていることを確認。また、現場で使用される施工要領書まで適切に要求事項が反映されていることを確認。

##### 点検方法等

- ・設備を地震によって受けると想定される影響が類似している機種に分類。(40機種)
- ・想定される損傷形態を検知できるように点検方法を設定。

##### ヒアリング等

- ・損傷形態の分析や点検方法の設定の適切性を確認。
- ・損傷形態に照らして検知に不適当な点検方法の修正や既知の損傷事例を考慮した修正等を指導。(対応済)
- ・実際の点検結果を踏まえ、適宜点検方法の改善を図っていることを確認

##### 個別の点検

- ・各設備について点検を実施。
- 燃料装荷後や主タービン復旧後において確認する点検を除き終了

##### 立入検査等

- ・保安院による確認対象となる37機種に対して、安全上重要な設備のうち地震による影響が出やすい設備を中心として、代表的な設備を選定。(安全上重要な設備の約半数、全設備の約3割相当)

	安全上重要な設備	設備全体
目視点検	約640/640機器	約1,360/1,360機器
作動試験・機能試験	約430/450機器	約940/1,000機器
漏えい試験	約240/350機器	約460/610機器
基本点検全体※1	約530/640機器	約1,190/1,360機器

	検査実施済数	検査対象数
機種分類数	37 (うち、立会37)	37※1
機器数	約380 (うち、立会69)	約380※2

※1 冷凍機、ダンパ、空調ダクトの3機種は工事計画上の記載がないため検査対象外。  
 ※2 確認対象設備選定の方針に従って選定した機器数。

- ・立入検査等によって東京電力による設備点検の実施状況を確認。確認した範囲において、技術基準の適合性に係る異常は認められなかった。



### 3. 点検・評価の実施状況について

#### (2) 地震応答解析に関する保安院の確認方針

- ・地震時の現実に関わった現象を捉える観点から、入力する床応答スペクトルは観測された地震波及びその波から模擬する。
- ・独立行政法人原子力安全基盤機構によるクロスチェックを実施。
- ・健全性評価の判断基準は、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)に基づく許容応力状態 III<sub>A</sub>Sによる許容応力を用いた。
- ・確認の着眼点
  - 解析の対象範囲は適切か
  - 解析対象、解析部位は適切か
  - 設計時と異なる条件を使う場合はその条件は適切か
  - 入力の3次元性の考慮がされているか
  - 等
- ・解析に基づく追加点検箇所を選定
  - 比較的裕度が小さい設備・部位を的確に把握するため、曲げ応力を受ける部位等については 降伏応力(S<sub>y</sub>) を目安とする。

### 3. 点検・評価の実施状況について

#### (2) 地震応答解析に関する保安院の確認結果

東京電力

##### 解析方法等

- ・解析対象である約700設備のうち、代表設備として約130設備を選定。(構造強度関係98設備、動的機能維持関係36設備)
- ・工事計画認可申請書における解析結果から比較的厳しい設備、部位を選定。
- ・一部に設計時と異なる解析条件を適用。

原子力安全・保安院

##### ヒアリング等

- ・代表設備・部位の選定は適切になされている。配管等の支持構造物についても解析を実施。
- ・使用した設計時と異なる条件は、最新の技術的知見の適用や現実の状態の考慮によるものであるため適当。
- ・7号機については、入力の三次元性を考慮しても問題ないことを確認。また、床の柔性を踏まえた解析でも、7号機の解析結果では、問題が無いことを確認。
- ・床応答スペクトルと観測波のスペクトルの差については解析結果の余裕度を考慮すれば評価基準(許容応力)を満足していることを、JNES解析から確認。

##### 個別の解析

- ・代表として、約130設備に関する解析を実施。
- ・JNES指摘に対応した調査の結果、配管の解析に誤りがあったため訂正。
- ・中間報告時に保安院より指摘した、原子炉圧力容器計装ノズル等の比較的裕度の小さい部位についても解析を実施。

##### JNESクロスチェック解析等

- ・JNESにおいて、独自の地震応答解析を実施し、東京電力の解析結果を検証。(クロスチェック)

	工認調査等で確認した設備	解析を実施した設備	計
構造強度 (機器系)	102設備	24設備	126設備
構造強度 (配管系)	3系統	13系統	16系統
動的機能維持	11設備	26設備	37設備
計	116設備	63設備	179設備

- ・JNESの解析結果と東京電力の解析結果に不整合があったため、東京電力に対して詳細な調査を求めた。(中間評価書にて対応)
- ・JNESの解析結果では、判定基準Ⅲ<sub>A</sub>Sを超えているものは無い。
- ・残留熱除去系配管のメカニカルスナバの一つにメーカー保証値を超える結果が得られた。

### 3. 点検・評価の実施状況について

#### (3) 追加指示に係る評価

##### 東京電力

###### 実施体制

- ・点検・評価の実施体制について、継続的な改善に努める。

###### 追加点検等

- ・解析結果から比較的裕度が小さかった低圧注水ノズル(N6)、PCVの電気配管貫通部等でVT-1相当の詳細目視点検を実施。一部は非破壊検査(PT)を実施。
- ・外観目視が困難な埋設配管の漏えい試験を実施。
- ・動的機器の状態監視として、地震前後の振動診断データを評価。
- ・相対変位を受ける異なる建屋間の貫通配管について詳細目視点検を実施。
- ・ほう酸水注入系、非常用ガス処理系配管について、硬さ測定によるひずみ評価を実施。有意な差が見られなかった。

###### 解析上の留意事項

- ・当初解析対象でなかった原子炉圧力容器計装ノズル等について追加解析による健全性を確認。
- ・残留熱除去系配管について時刻歴解析を実施。保守性を評価。
- ・設備等の固有周期の不確かさについて評価。

###### 劣化事象の考慮

- ・FACに着目した配管減肉計測を実施。
- ・7号機では粒界型応力腐食割れは確認されていない。
- ・残留熱除去系配管、低圧注水ノズル、給水系配管の疲れ累積係数による疲労評価を実施。

##### 原子力安全・保安院

###### 保安検査(平成20年度第1回)

- ・追加点検の実施プロセス等について、実際の追加点検項目から主蒸気系配管等を選定し確認。問題点はなかった。

###### 立入検査等

- ・立入検査等により、電力により適切に点検されていることを確認。
- ・技術基準の適合性に係る異常は認められない。
- ・状態監視技術については、今後参考扱いとする。
- ・硬さ測定は設備健全性評価の定量的な判定に利用することは難しく、目視点検等と併せて補完的に活用していく。

###### ヒアリング等

- ・計装ノズル及び配管貫通部の設備健全性は十分確保されていると判断。
- ・時刻歴解析結果による3次元性の影響評価、固有周期の不確かさについてスペクトル10%拡幅のケースを評価し、電力の解析が保守性を有するものであることを確認。

###### ヒアリング等

- ・7号機では、配管減肉を考慮しない応力解析を行うことや、疲れ累積係数への影響は軽微であると判断。

### 3. 点検・評価の実施状況について

#### (4) 発見された不適合に係る評価

東京電力

##### 不適合対応

・地震の影響による29機器、その他の原因42機器、合計71機器について、品質保証活動のもとで、原因調査を究明し、対策を実施。

原子力安全・保安院

##### ヒアリング、保安調査

・直ちに安全上問題となる不適合事象はなかった。不適合処理も適切と判断。  
 ・蒸気タービン・発電機に接触痕等の影響、基礎ボルトのトルク値低下が見られた。  
 ・低圧蒸気タービンの動翼植え込み部の折損等は地震影響ではないと判断。

#### (5) その他の評価

東京電力

##### 原子力安全委員会の指示を踏まえた対応

・東京電力において、指示された事項すべてに対して対応を実施。

原子力安全・保安院

##### ヒアリング、保安調査

・点検体制の妥当性を確認し、劣化事象に対する点検評価等を確認。  
 ・地震応答解析で考慮すべき事項については、JNESクロスチェック解析結果を踏まえて、事業者の解析結果の妥当性を確認。

##### 耐震強化工事

・設備健全性が確認された設備から耐震強化工事を実施。

##### 立入検査、保安検査

・設備の健全性への悪影響がないようなプロセスとなっていることを、平成20年第2回保安検査で確認。  
 ・現場で設備健全性確認のためのアクセス性や検査性への影響がないことを立入検査にて確認。

## 4. 評価のまとめ

- (1) 東京電力は、保安院の基本的な方針を踏まえて策定された点検・評価計画書に沿って作業を実施している。
- (2) 追加点検や原子力安全委員会からの指示を受けた留意事項を含め、設備の点検については、これまでの立入検査等の結果から、適切に実施されている。現在、対象1,360機器のうち、1,190機器について、技術基準に適合し安全上重要な問題がないことを確認。
- (3) 地震応答解析については、JNESの解析の結果、メカニカルスナバ1本を除いて判定基準を満足している。本メカニカルスナバについても走行試験等で健全性は確認された。報告書における解析結果は適切と判断。
- (4) これまでに保安院及びサブWG等において指摘された事項や不適合処理は、順次適切に対応してきている



- 東京電力が実施した点検及び解析については、適切に実施されており、その結果も妥当なものと評価される。
- 今般の点検・評価の対象とした範囲内において、柏崎刈羽原子力発電所7号機の機器単位の設備の健全性は維持されているものと判断する。

## 5. 今後の対応

### (1) 系統試験について

- ・燃料装荷後や蒸気タービン発電機復旧後に作動試験等を行う約170機器については、引き続き点検が実施される際に、立入検査等により健全性確認を行う。
- ・系統健全性を確認する系統試験に関する点検・評価計画書の報告を受けているが、計画内容については当院の指示内容を踏まえた妥当なものと判断。
- ・系統試験の状況については、定期検査、立入り検査、保安調査等により確認を行う。

### (2) 東京電力に対する追加指示

- ・地震応答解析の結果の一部について、評価を確実なものとするため、念のため追加的な評価・分析を行うことが望ましい。
  - ☆観測波と解析用の床応答スペクトルの差異の影響について、余裕の少ない支持構造物への影響について考察すること。
  - ☆床の柔性を考慮した解析の影響について検討すること。
  - ☆JNES解析で評価基準を超えたメカニカルスナバについて、応力解析結果に基づく追加的な評価を実施すること。