

柏崎刈羽原子力発電所7号機  
新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る  
点検・評価に関する報告書（概要版）  
（機器レベルの点検・評価報告）

平成20年8月27日



東京電力

---

# 1. はじめに

- 地震後の保全活動全般については、保安規定第107条に定める「特別な保全計画」を策定し実施
- このうち、工事計画書対象設備については、原子力安全・保安院からの指示※に基づき、「点検・評価計画書」を策定

※原子力安全・保安院指示文書：「新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所の設備の健全性に係る点検・評価計画について」（平成19年11月9日付）

- この計画に基づき、機器レベルの点検・評価が概ね終了した。
  - 平成20年4月10日には、原子炉安全上重要な設備を中心に設備点検ならびに地震応答解析について取りまとめた「柏崎刈羽原子力発電所7号機 新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する中間とりまとめ（報告書）」を提出済

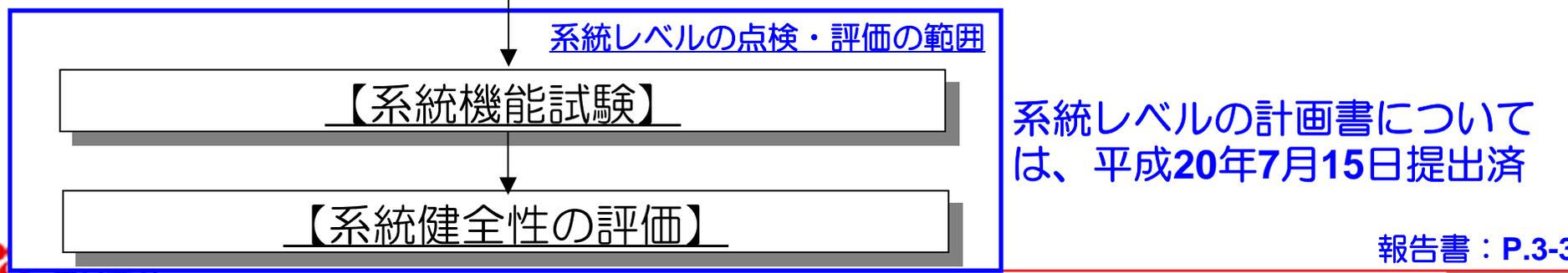
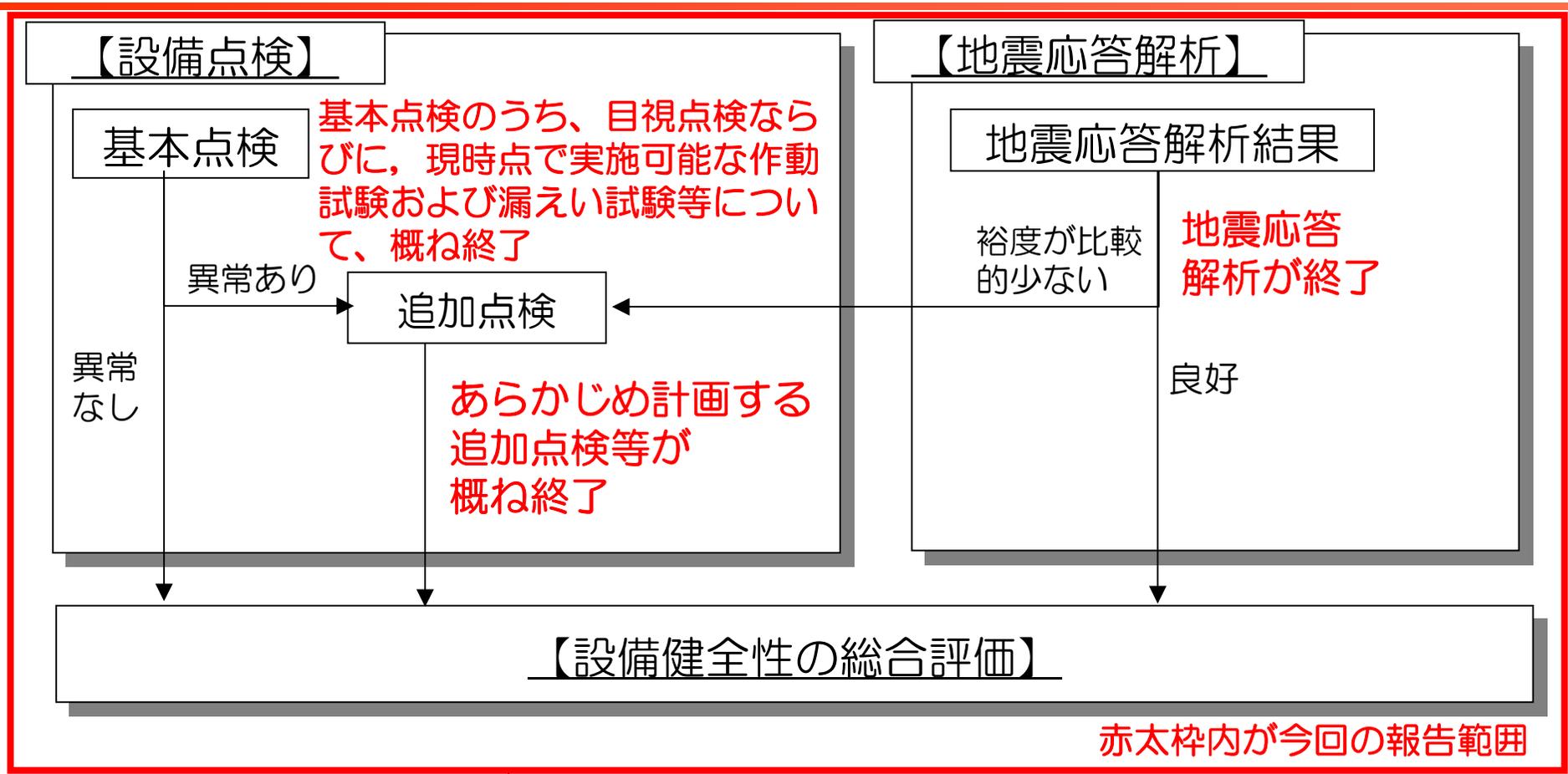
# 本報告書の位置づけ

---

- 「点検・評価計画書」対象設備の基本点検のうち，目視点検ならびに，現時点で実施可能な作動試験および漏えい試験等について，概ね終了したこと
- あらかじめ計画する追加点検等が概ね終了したこと
- 地震応答解析がすべて終了したこと

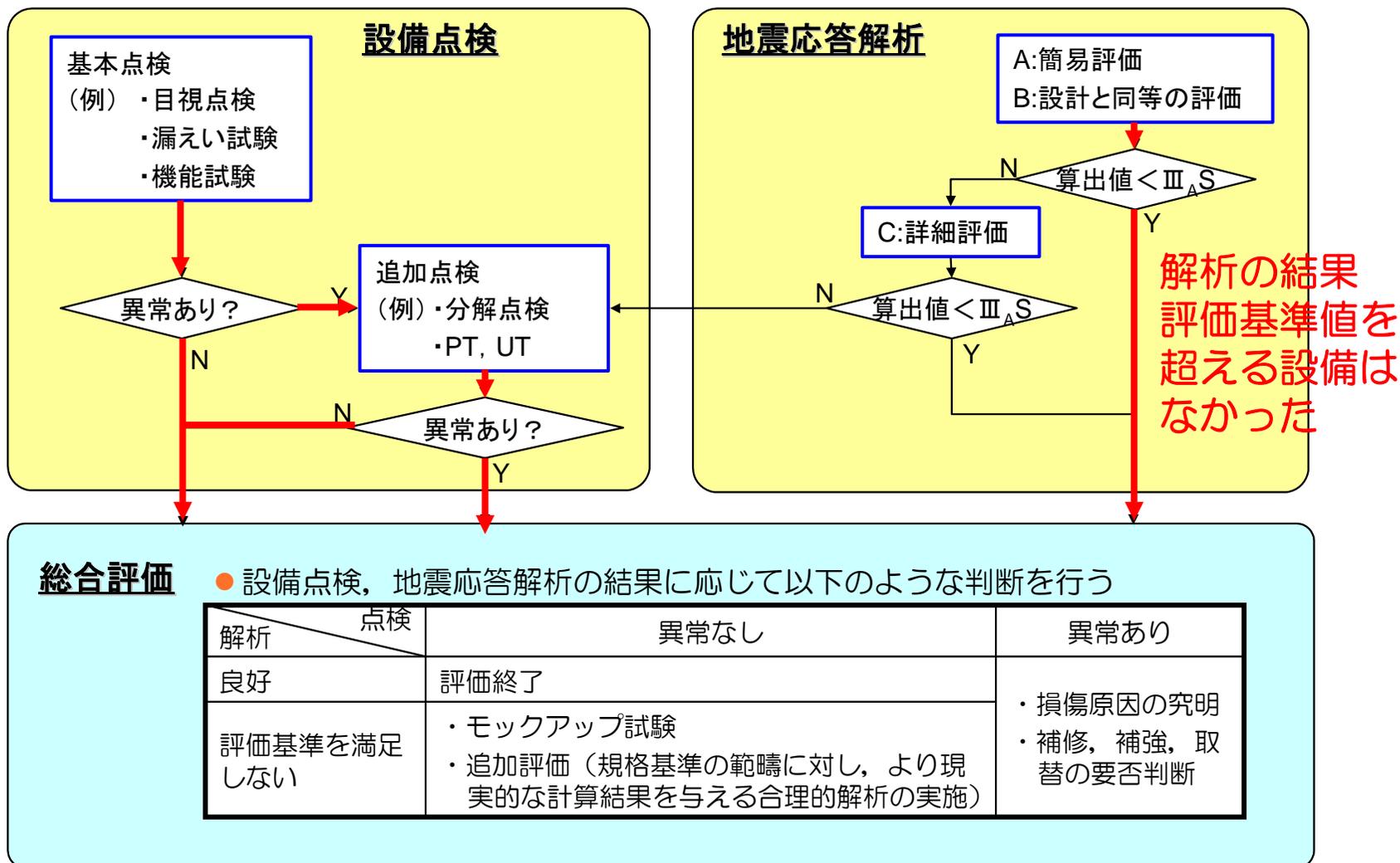
から，設備の健全性について機器レベルの評価を行うもの

### 3. 本報告書の報告範囲



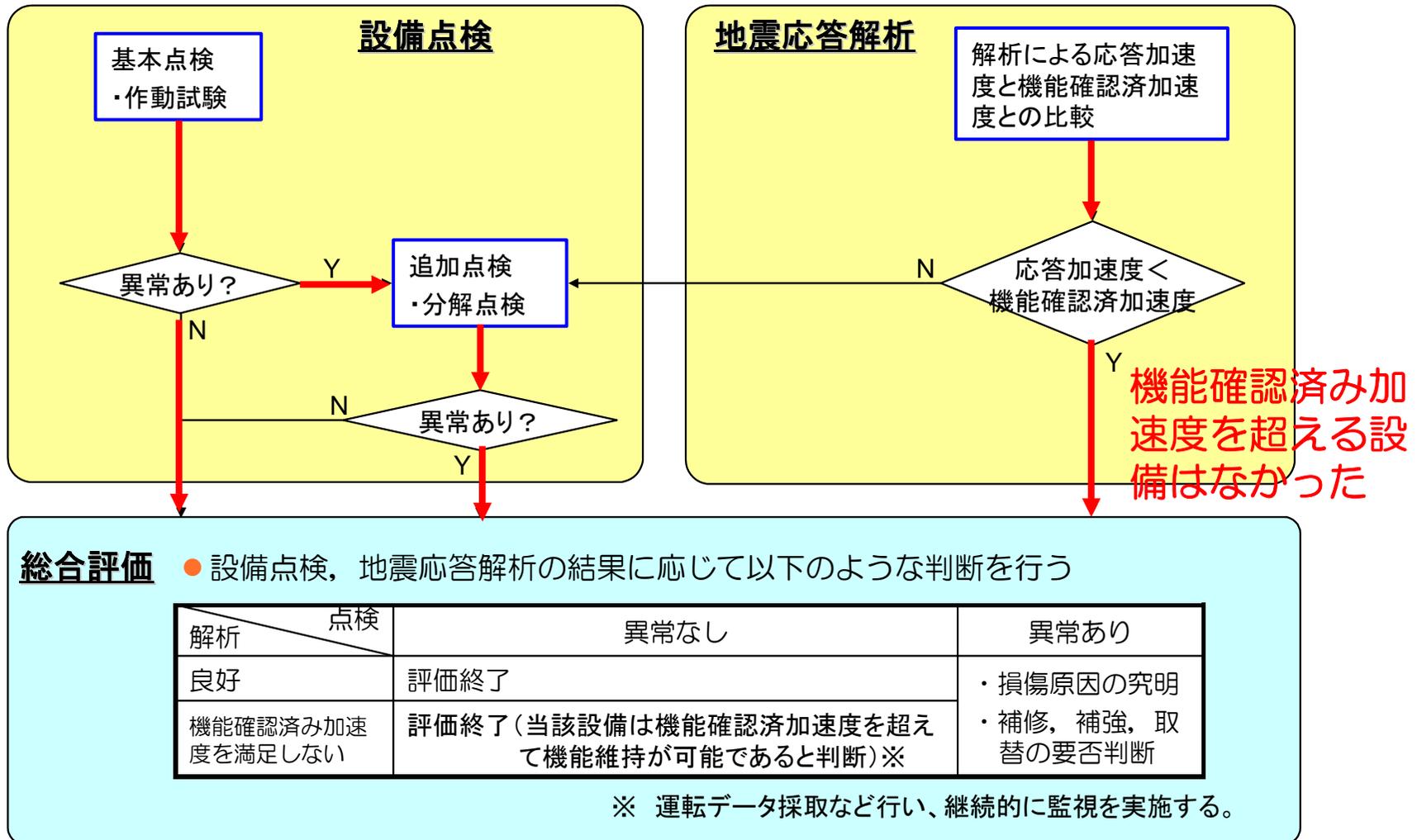
# 静的機器の点検・解析評価の流れ

本評価における7号機のフロー

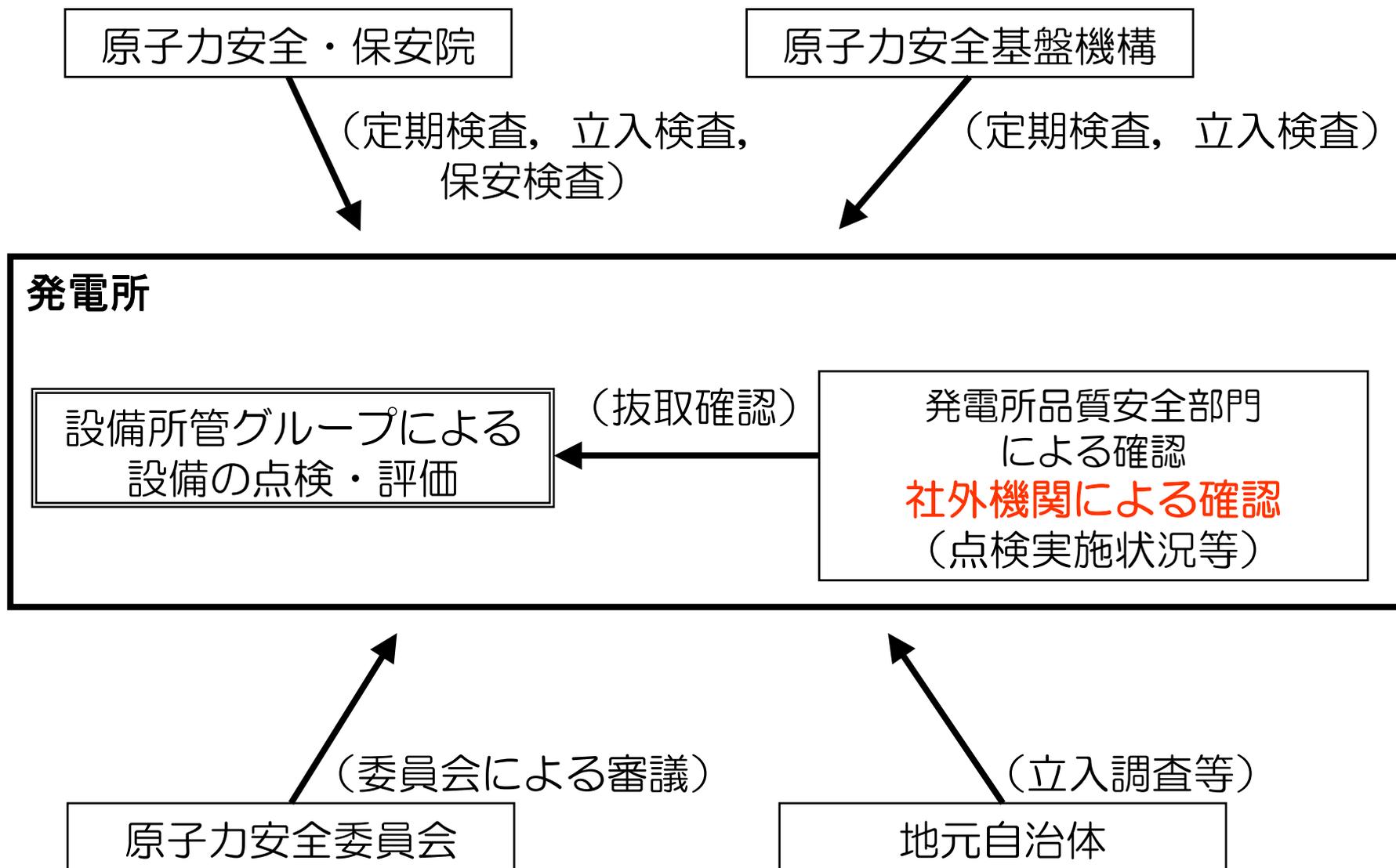


# 動的機器の点検・解析評価の流れ

本評価における7号機のフロー



# 点検の体制および第三者による確認



# 基本点検の状況

基本点検 機器	目 視	約 1,360/1,360	(100%)
	作動試験・機能試験	約 940/1,000	(94%) *1
	漏えい試験	約 460/610	(75%) *1
	基本点検完了	約 1,200/1,360	(88%) *1
うち 原子炉安全上 重要な機器	目 視	約 640/640	(100%)
	作動試験・機能試験	約 430/450	(96%) *1
	漏えい確認	約 240/350	(69%) *1 *2
	基本点検完了	約 530/640	(83%) *1
追加点検	—	約 240/240	(100%)

\*1：作動試験および漏えい試験等終了していない機器があるが、これらは原子炉圧力容器漏えい試験、主タービン復旧後のタービン設備の作動試験、核計装設備の機能確認試験等である。

\*2：原子炉圧力容器漏えい試験は、別途実施する規定圧力（運転時圧力）による漏えい確認に先立ち、地震の影響による不適合の早期発見の観点から、規定圧力の半分の圧力にて漏えい確認を実施し、異常のないことを確認した。

# 設備点検の結果

■設備点検（基本点検及び追加点検）の結果から、「異常あり（不適合）」と判定された事象について整理（報告書 表-4.4参照）

■「異常あり（不適合）」と判定された機器は78機器であるが、原子炉安全上重要な機器については、構造強度や機能を阻害するような重大な損傷は確認されていない。（次頁以降に数例を示す）

■回転機器の振動診断評価について

地震前後の振動診断において、地震影響と見られる異常兆候も含めて、現状異常はみられていない。また、定期的に振動測定をしている結果からも、本地震後において振動値が上昇傾向を示す等の異常兆候もみられていない。

※1 ポンプ、ファン等の回転機器については、作動試験時の振動データ（ポンプ、ファンの軸受等の温度がほぼ安定した状態で採取した振動値）の状態変化を確実に検出するため、地震前過去5回程度の測定値の履歴を確認し、バラツキを考慮しつつ異常の有無の確認を行った結果、異常は見られていない。（添付資料2、4参照）

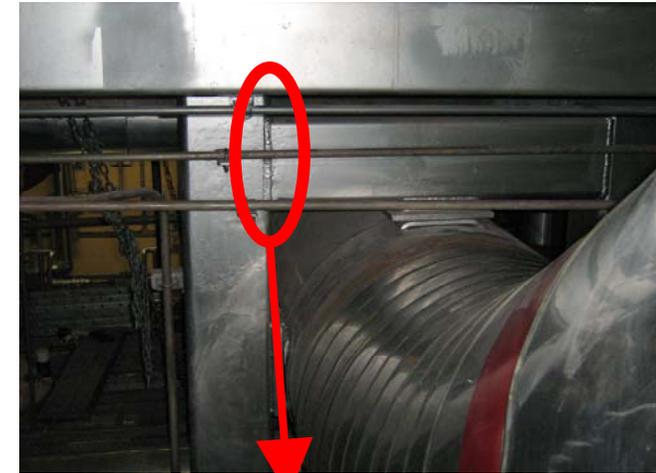
# 不適合事象の事例紹介

## ●主蒸気配管系架構レストレイントのひび

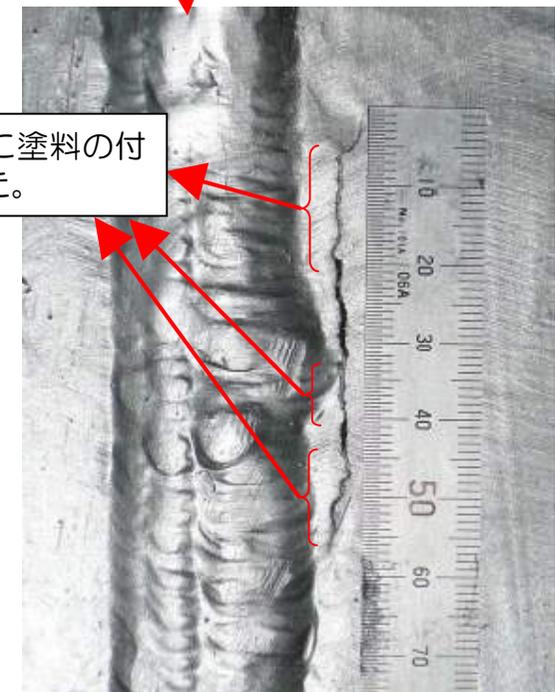
- ・ 事象：主蒸気配管系の架構レストレイントにひび割れを確認
- ・ 評価：ひび開口部に塗料が付着していること、配管反力による荷重方向と、ひびの発生位置が一致していないことから、地震影響ではなく溶接割れであると推定

なお、ひびの先端には進展した形跡がないことから、構造強度に問題が生じる状況ではなかったものと考えられる

- ・ 対策：今後サポートの補修を実施



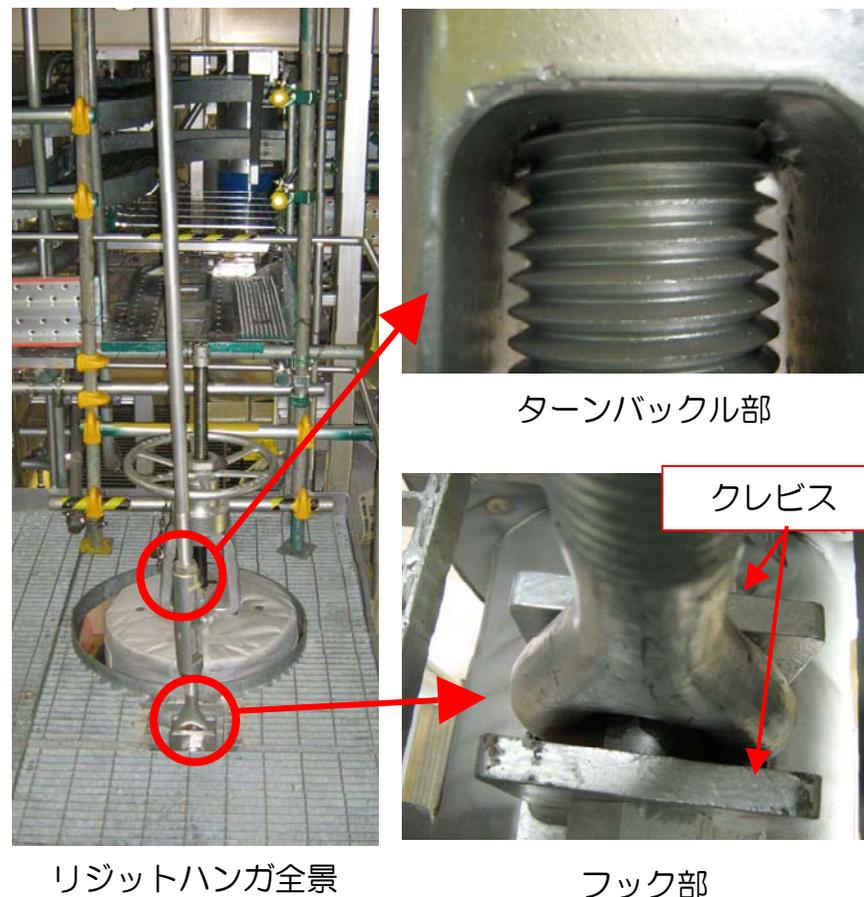
ひびの開口部に塗料の付着が確認された。



# 不適合事象の事例紹介（1 / 2）

## ● リジットハンガロットのロッドの緩み （残留熱除去系配管）

- ・ 事象：リジットハンガロットのロッドに緩みを確認
- ・ 評価：ターンバックル、リジットハンガロッドの曲がり、フック部の変形、各溶接部に割れなど、リジットハンガ自体に異常が認められていないこと、近傍の支持構造物等に不適合が見られないことから、地震影響ではないと考えられる
- ・ 対策：通常の保全対策と同様、ターンバックルの調整を行うことで対応



リジットハンガ全景

フック部

A系（RH-RHR-R034）

# 不適合事象の事例紹介

## ● スプリングハンガーのインジケータ指示値が設計値と相違（給水系配管）

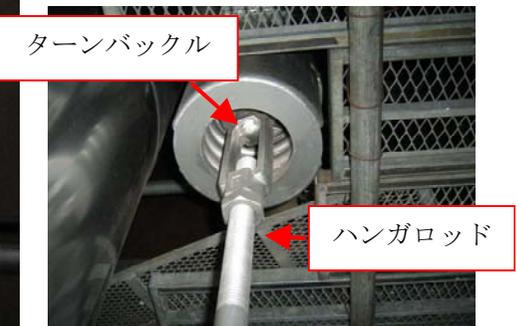
- ・ 事象：スプリングハンガーのインディケータ指示値が設計値と相違していることを確認
- ・ 評価：インディケータ指示値の変化は通常運転中にも見られること、構成部品に曲がり・損傷は認められず、ターンバックル、ナットに緩みがないこと、配管の外観点検でも変形が認められないこと、当該配管系の地震応答解析の結果も良好であることから、地震の影響ではないと判断
- ・ 対策：通常の保全対策と同様、スプリングハンガの位置をターンバックルで調整することで対応



ラグとスプリングハンガの接続部品



インディケータ指示値



スプリングハンガ全景



# 原子炉圧力容器基礎ボルトの点検結果

## ■基本点検

- 目視点検：機器のずれやナットの回転なし
- 打診試験：ナットのガタつきなし

## ■追加点検（機器に設置される基礎ボルトの10%）

- 施工目標値のトルクによる締付確認：一部の基礎ボルトにトルク低下を確認
- 施工目標値の1%以上のトルクによる緩め確認：締結力が喪失したボルトなし
- トルクの低下が確認されたすべてのボルトに対し超音波探傷試験を実施し、異常は確認されていない
- 地震応答解析の結果、許容値に対し十分に裕度があることを確認

## ■評価

- 機器の健全性として問題ないものと評価

## ■対策

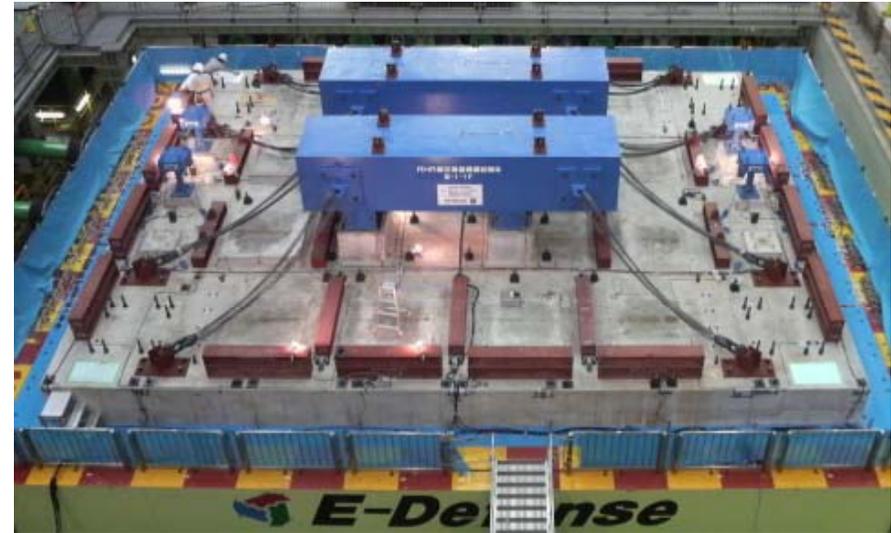
- 締め付けトルク低下が確認された基礎ボルトについては、施工目標値までの再締め付けを複数回周回で実施



原子炉圧力容器の目視点検状況（参考）

# 防災科研E-Defenseによる試験体加震試験結果との比較

- 実機のRHR熱交換器では，施工目標値のトルクによる締付確認により確認した2本の基礎ボルトにトルク低下を確認
  - 一方，防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター（E-Defense）加震台により，機器を模擬した試験体の中越沖地震等の加速度で加震しても，試験体基礎ボルトのトルク低下は確認されず
- 実機では経年的な影響などに起因してボルト・ナット締結部がなじみ、締め付けトルクが低下したものと推測

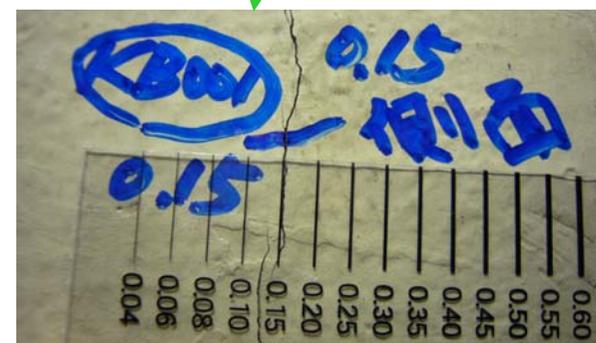
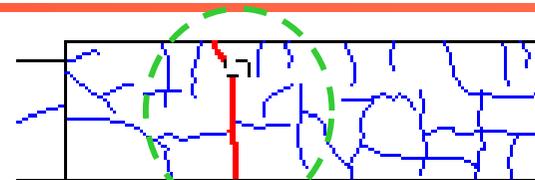


RHR熱交換器模擬試験体

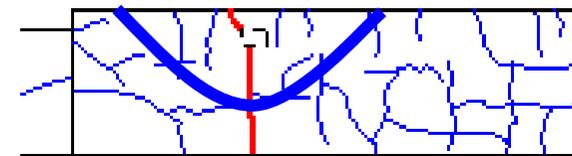
# 不適合事象の事例紹介

## ■非常用ディーゼル発電機基礎部 コンクリートに軽微なひび割れを確認

- ・ 事象：基礎部コンクリートに軽微なひび割れを確認。
- ・ 評価：地震時に想定されるコンクリート部の損傷パターンとは大きく異なること、解析結果は評価基準値に対して十分に余裕があること、コンクリートに対して基礎ボルトが先行して破壊するよう設計されているのに対しボルトは健全であることから、コンクリートの乾燥収縮に起因したひび割れであり、地震による影響ではないと判断
- ・ 対策：確認されたひびは構造強度上の影響は無いものと考えられるが、有意なひびについてはエポキシによる補修を実施する



非常用ディーゼル発電機(B)基礎部ひび割れ状況



地震時の基礎ボルトから応力による損傷パターン  
(コーン形破壊の場合：青太線)

# 地震応答解析結果（まとめ）

- 地震応答解析について、評価対象設備の算出値は評価基準値を満足することを確認
  - 構造強度の評価結果より、機器・配管系の算出値はいずれも評価基準値以下であることを確認
  - 地震による建屋間相対変位を含む1次+2次応力が厳しくなる設備を選出し疲労評価を実施した結果、本地震による疲れ累積係数と通常運転（40年）による疲れ累積係数の和は、評価基準値を十分下回っていることを確認
  - 動的機器の応答加速度は、いずれも機能確認済加速度以下であることを確認
- より現実に近い応答を再現するための検討解析を行い、本評価における地震応答解析に十分な保守性があることを確認

# 総合評価結果（概要）

- 地震応答解析の結果：全対象設備が評価基準を満足  
⇒設備点検において異常が確認された設備について、総合評価を実施
- 設備点検で異常が確認された機器について
  - 健全性評価の結果、原子炉安全上重要な設備に重要な損傷は確認されず
  - 簡易な補修、手入れにより健全性を確保できることを確認。
  - 健全性を損なった可能性のある設備は、取替・補修・手入れ等により設備を原形復旧
- 設備の状況や地震応答解析結果等を踏まえて損傷原因を検討し、以下のとおり分類
  - 地震を起因としない事象（含：地震による影響が否定できない事象）  
例：通常の保全活動にて確認される劣化事象（パッキンの劣化等）
  - 地震を起因とすると考えられる事象  
例：動的機器内部構造物の接触事象（主タービン等）

## 地震を起因とすると考えられる事象 (含：地震による影響が否定できない事象)

### ■ 動的機器内部構造物の接触事象

- 主タービン，発電機，スラスト軸受磨耗検出装置，原子炉冷却材再循環系MGセット油切り等

### ■ 地震力による部品等のずれ，こすれ，損傷

- 復水器，変圧器，原子炉生体遮へい扉

### ■ 基礎ボルト建設時施工目標値からのトルクの低下

- 気体廃棄物処理系の排ガス再結合器

### ■ グラウトの微細なひび

# 地震を起因としないと考えられる事象

---

- 通常の保全活動にて確認される劣化事象
  - パッキンの劣化，継電器等の絶縁抵抗の劣化等
- 異物の噛み込みなど，偶発的な事象
- 施工不良に起因する事象
- 今回の点検前から同一の事象が確認されているもの
- コンクリートの微細なひび
- 基礎ボルト建設時施工目標値からのトルクの低下
  - 原子炉压力容器，残留熱除去系熱交換器，原子炉冷却材浄化系の非再生熱交換器等
- 支持構造物の軽微な異常

## 地震の影響による事象で健全性に影響を与えると考えられる事象

- 以下を機器の機能に影響を及ぼすものと判断
  - 主タービンの内部構造物の損傷等，動的機器内部構造物の接触事象
  - 原子炉建屋クレーン及び燃料取替機における，地震力による部品等のずれ，こすれ，損傷
- 以下については軽微な事象であると判断
  - 原子炉建屋クレーンおよび燃料取替機の事象（脱落したケーブルベアの復帰や折損したボルトの交換等により，容易に原形復旧実施）
  - 主タービンの翼（動翼と静翼）および車軸の接触の痕・傷ならびに部品の変形，割れ等（翼，部品を交換することで原形復旧）
  - なお，低圧タービンのフォーク部において高サイクル疲労によるものと考えられる折損と磁粉指示模様が確認されているが，地震の影響ではないと考えられるため，別途，対策を検討

# 地震の影響による事象で健全性が確認できたもの

■以下はいずれも軽微な事象であり，機器の構造強度や機能に影響を与えるものではないものの，一部を除いて念のため手入れ，補修，取替を実施することで，原形に復旧

- 主発電機本体の内部構造物等に確認された接触痕
- 原子炉再循環系MGセットシャフトの接触痕等の，動的機器内部構造物の接触事象
- 主変圧器の絶縁体のずれ
- 復水器器内配管のサポートとの干渉痕及び生体遮へい壁扉閉防止ストッパーの損傷等の地震力による部品等のずれ，こすれ
- 気体廃棄物処理系排ガス再結合器等の基礎ボルトのトルク低下
- グラウト部の微小なひび

など

## 評価のまとめ

- 点検・評価を通じて、原子炉安全上重要な設備に地震による影響と考えられる重大な異常は確認されなかった
  - 本地震後において、機器レベルの安全機能（「止める」「冷やす」「閉じこめる」）が維持されたことを示すもの
- モックアップ試験や追加評価，取替・補修・手入れ等の要否判断の実施等の対応を伴わず設備の健全性が確認できた
- 原子炉安全上重要な設備に地震の影響が少なかったのは，設備設計における裕度の考え方など基本的設計方針が有効であったことや，適切な保全活動の成果によるもの
- 得られた知見等については，必要に応じて通常の保全プログラムへの反映等の措置をとっていく

## 8. 今後の予定について

---

- 機器レベルの設備点検（設備点検の着実な実施）
  - 今回の報告までに実施していない点検項目については、準備ができ次第、点検を実施
  - また、得られた知見等については他号機の点検にも反映
- 損傷原因の究明（高・低圧タービンの翼損傷等における解析評価）
  - 高・低圧タービンの動翼－静翼の接触事象について、地震に対する損傷のメカニズムについて解析等を行い原因を究明
- 系統レベルの点検・評価
  - 機器レベルでの点検・評価が終了し、健全性が確認された系統から系統健全性を確認