

# 女川原子力発電所2号機 地震後の設備健全性確認の状況

平成26年11月11日  
東北電力株式会社

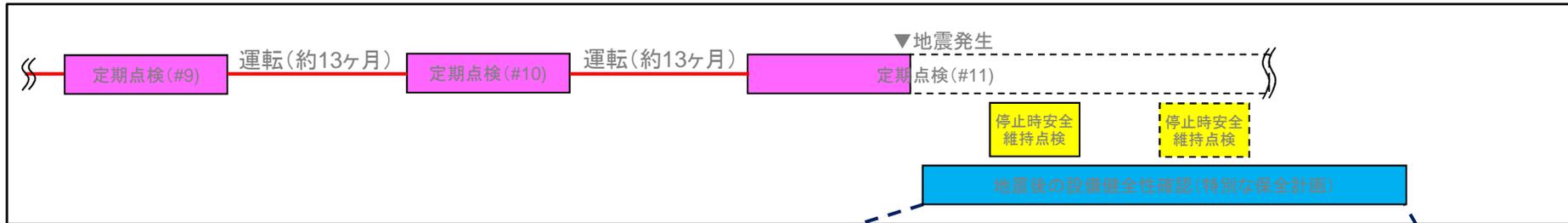


# 目次

1. 地震後の設備点検の全体像
2. 機器・系統に関する健全性評価の概要
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要
4. 設備健全性確認の今後の取組み

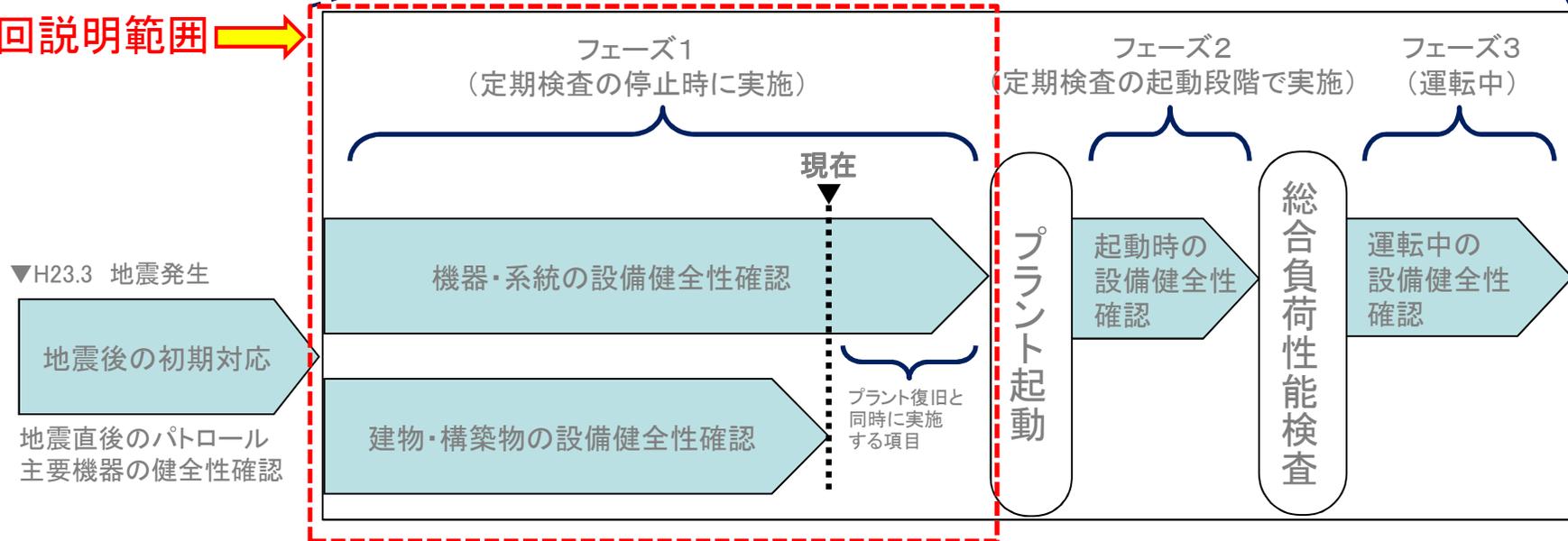


# 1.1 地震後の設備点検の全体像



H23.8 保全計画書(特別な保全計画)届出

今回説明範囲



注記 フェーズ1：定期検査の停止期間中における機器・系統レベルの点検・評価  
 フェーズ2：定期検査の起動段階におけるプラント全体の健全性確認  
 フェーズ3：運転期間中における地震影響の継続監視(データ採取)



## 1.2 地震後点検の初期対応

- 地震後の初期対応として以下の点検を実施し、地震・津波による設備への影響を早期に把握した。
- 停止時の安全確保に必要な機器の運転状態に異常はなく、健全性を確認した。

### 1. 地震直後のパトロール

#### 【実施内容】

対 象： 1, 2, 3号機本館建屋, 屋外設備(開閉所, 港湾等)

パトロールの視点: 外観目視による損傷の有無確認, 運転機器の異常の有無確認

実施者: 運転員, 設備担当グループ員

### 2. 地震直後の主要機器の健全性確認

停止時の安全確保に必要な主要設備健全性を確認

主要機器の動作確認を実施

対 象: 安全確保に必要な機器

(非常用炉心冷却系ポンプ手動起動試験,  
非常用ディーゼル発電機手動起動試験など)  
その他機器など

### 3. 結果

地震・津波の影響による法令トラブル等の事象5件および主要設備の軽微な被害61件(付録1)を確認した。(H26.10末時点:60件対応済)



## 1. 3 設備健全性確認に関する法令要求

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(以下、「実用炉規則」という)第81条第1項第7号(3.11地震, 4.7地震発生当時は同規則第11条第1項第7号)に基づき,

- ①原子炉の運転を相当期間停止する場合,
- ②その他発電用原子炉施設がその保守管理を行う観点から特別な状態<sup>※1</sup>にある場合

においては, 当該原子炉施設の状態に応じて特別な措置を講じる必要がある。

※1:「特別な状態」とは, 比較的広範な機器に対し追加的な点検等を実施する必要がある場合。

現行の基準地震動 $S_s$  (580ガル)を  
一部周期帯で上回る地震動を観測

特別な状態に  
あると判断



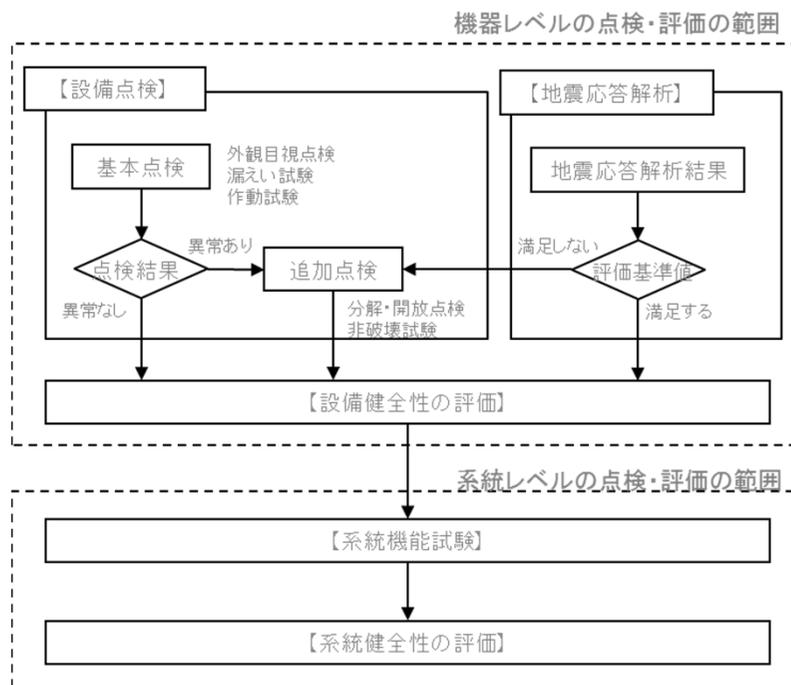
設備健全性確認の計画<sup>※2</sup>  
(特別な保全計画)を策定  
(H23.8保安規程届出)

※2 設備健全性確認の結果は, 定期検査・保安検査等で確認を適宜受けていく。

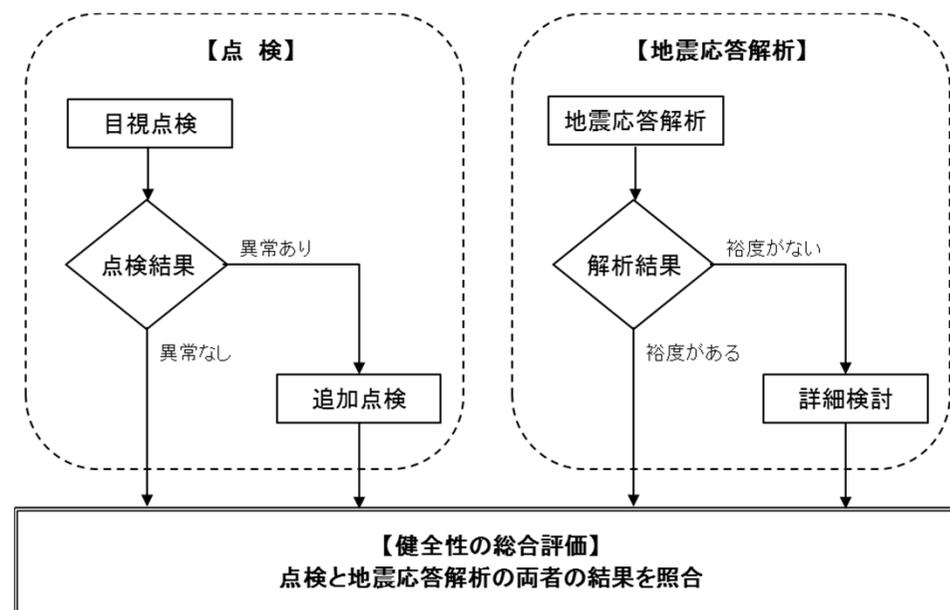


# 1.4 地震後の設備健全性確認の全体像－1

## 機器・系統



## 建物・構築物



## 1.4 地震後の設備健全性確認の全体像－2

### ○機器・系統の設備健全性確認

#### 【対象】

- 全設備(事務所, 点検工具等除く)

#### 【内容】

- 各設備が受けた地震による影響を外観目視点検, 漏えい試験, 作動試験等により確認。
- 本地震の観測波に基づく設備の解析的な評価を実施。
- 系統試験を実施し, 系統全体の機能が正常に発揮されることを評価。

### ○建物・構築物の設備健全性確認

#### 【対象】

- 発電所の施設として, 建設時の工事計画書本文に記載のある建物・構築物  
(例: 原子炉建屋, 制御建屋)
- 重要度の高い建物・構築物  
(例: 海水ポンプ室, 原子炉補機冷却海水系取水路)

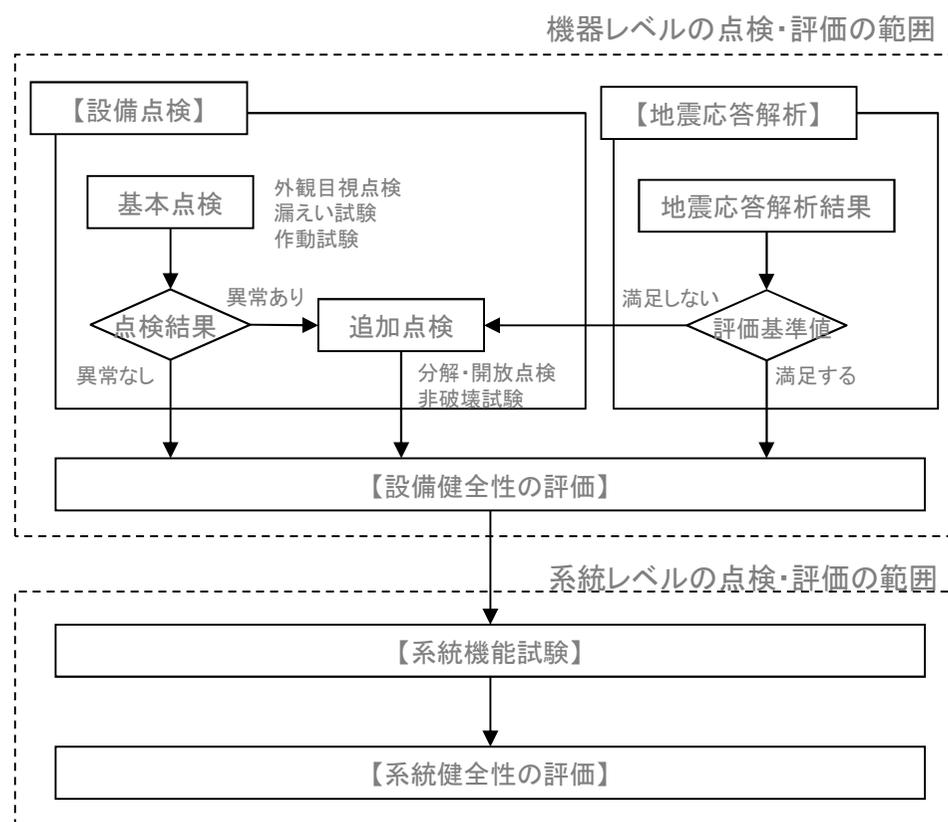
#### 【内容】

- 建物・構築物が受けた地震による影響を目視点検により確認。
- 本地震による地震応答解析を実施



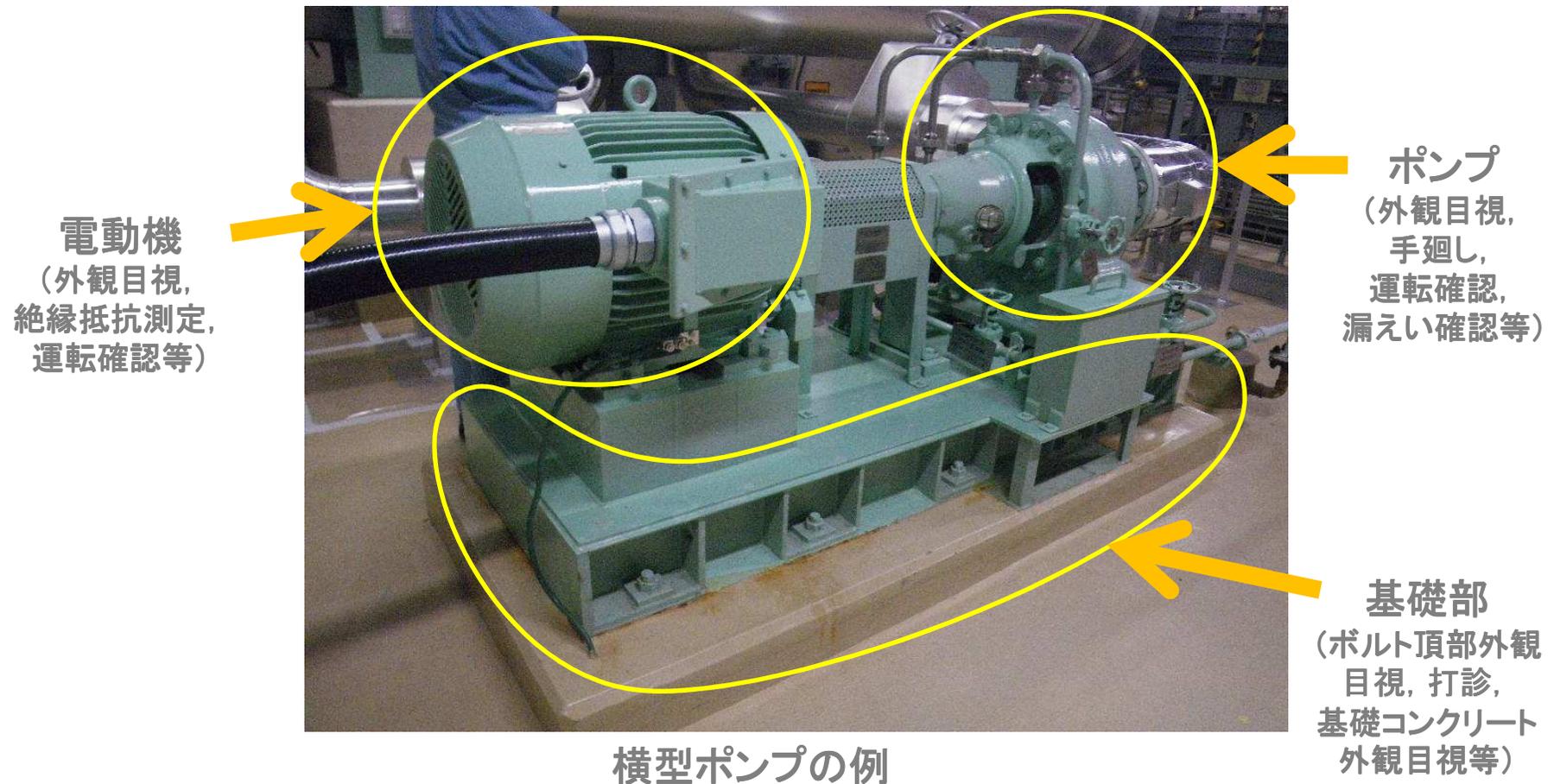
## 2.1 機器・システムに関する設備健全性評価の概要

- 安全上重要な機器については、設備点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合して健全性の評価を行う。
- 基本点検で異常が確認された場合、あるいは地震応答解析で評価基準値を満足しない場合は追加点検を行う。
- 設備の健全性評価後、系統単位による機能試験を実施し、系統の健全性の評価を行う。



## 2.2 設備点検(基本点検)

基本点検においては、各設備の種類や設置方法等によって、地震時に想定される損傷の形態が異なることから、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」を参考に、地震による機能・構造への影響が類似していると考えられる機種(54機種:付録2)に分類し、機器単位の地震の損傷要因モードに対応した点検を実施。



## 2.3 基本点検(損傷形態に応じた点検手法)

横形ポンプにおける損傷要因モードと点検手法(例)

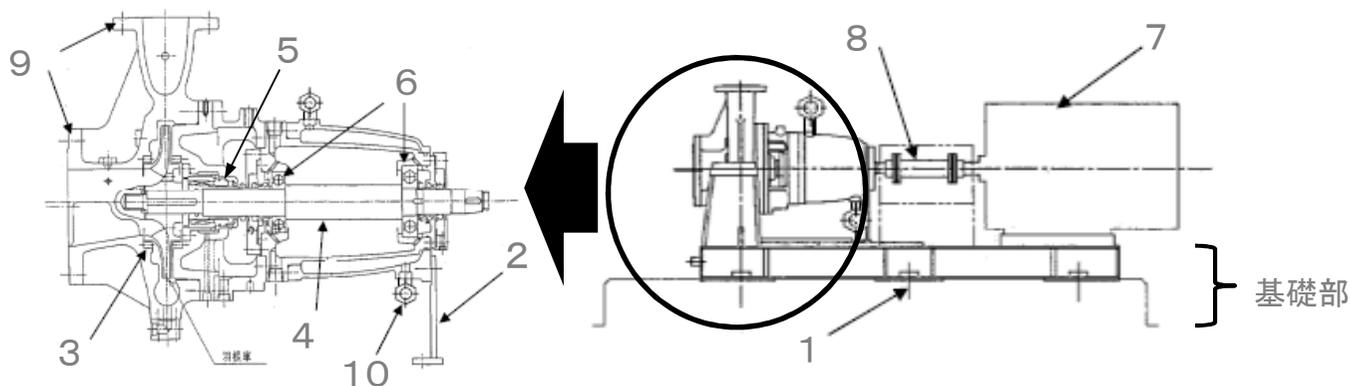
地震による損傷要因	現象	点検手法
ポンプ本体応答過大	ケーシング転倒モーメント過大	①⑦⑧⑨
ケーシング応答過大	ケーシング応力過大	①
	ケーシング変形過大	②⑤⑥
	ケーシングとロータの接触	②⑤⑥
ロータ応答過大	軸応力過大	②⑤⑥
	軸変形過大	①⑥
	軸受荷重過大	⑥
電動機応答過大	電動機機能喪失	③⑤⑥
	電動機変形過大	①⑤⑥
配管応答過大	配管反力過大	①⑥
	冷却水配管反力過大	①④⑥
冷却水配管応答過大	冷却水配管損傷	①④⑥
	基礎ボルト応力過大	基礎ボルト損傷
	支持脚応力過大	支持脚損傷
	軸継手相対変位過大	軸継手損傷
	ケーシングノズル部損傷	ケーシングノズル部損傷
	冷却水配管損傷	軸受冷却不能
	摺動部(ライナーリング)部損傷	摺動部(ライナーリング)部損傷
	軸損傷	軸損傷
	メカニカルシール損傷	メカニカルシール損傷
	軸受損傷	軸受損傷

ポンプ本体・電動機	点検手法
	①外観目視
	②センタリング, 手廻し
	③絶縁抵抗測定
	④起動前確認(冷却水, 油, フランジ)
	⑤回転方向, 寸動確認
	⑥運転確認, 漏えい確認

ポンプ基礎部	点検手法
	⑦ボルト頂部外観確認
	⑧グラウト, 基礎コンクリート外観目視
	⑨打診



部位名	
1	基礎ボルト
2	支持脚
3	ライナーリング
4	軸
5	メカニカルシール
6	軸受
7	電動機
8	軸継手
9	ケーシングノズル
10	冷却水配管

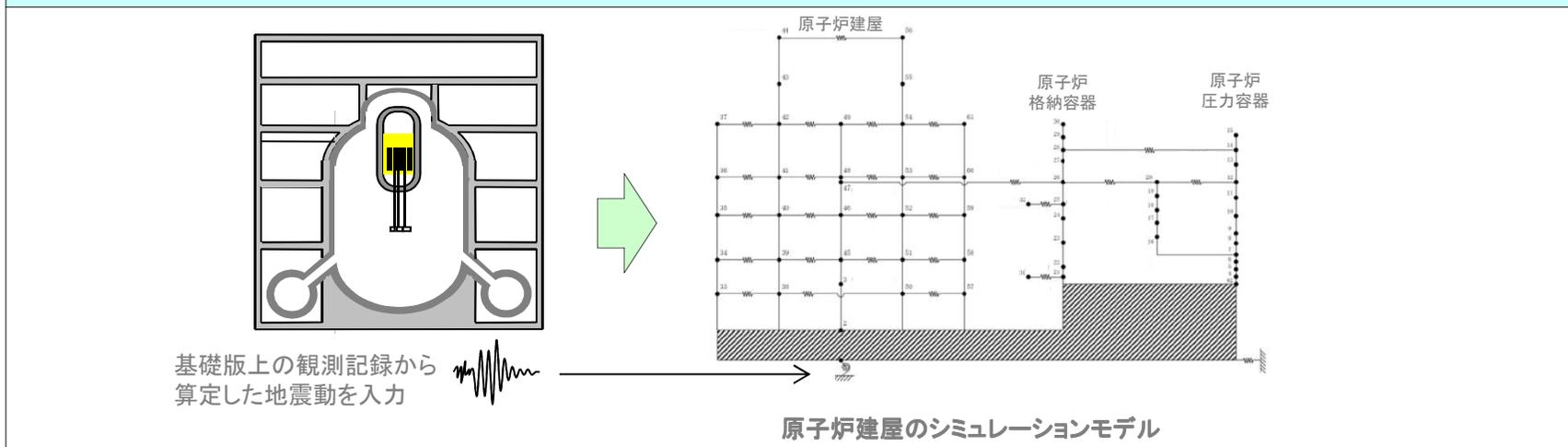


## 2.4 地震応答解析の概要

3.11地震および4.7地震における地震観測記録

地震時の建屋応答の再現解析(シミュレーションモデルの作成)

原子炉建屋・大型機器(原子炉圧力容器, 原子炉格納容器等)の地震応答解析



### 設備への影響評価

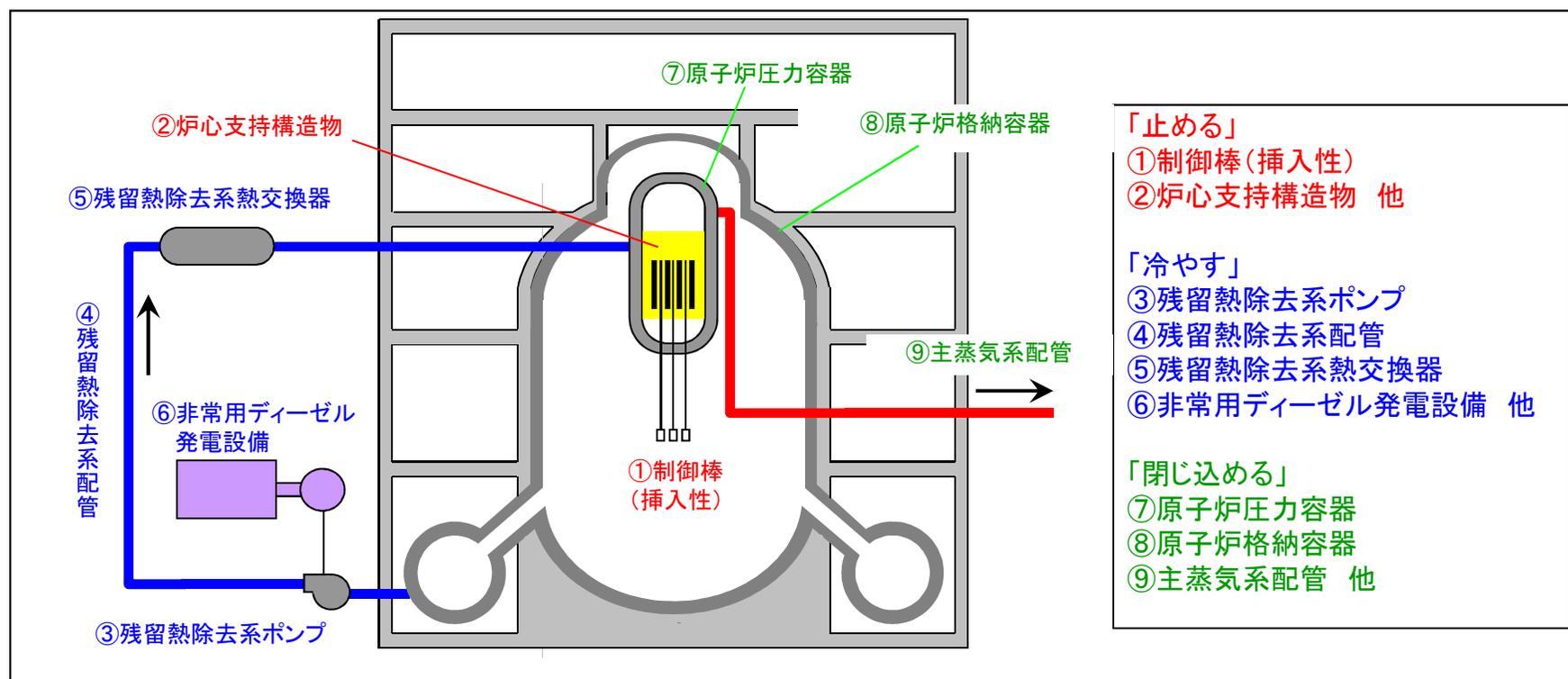
- 構造強度評価 (疲労評価含む)  
地震により作用する力によって設備が損傷しないことを確認する。
- 動的機能維持評価  
地震時, 地震後に作動しなければならない設備が動作可能であったことを確認する。



## 2.5 評価対象設備

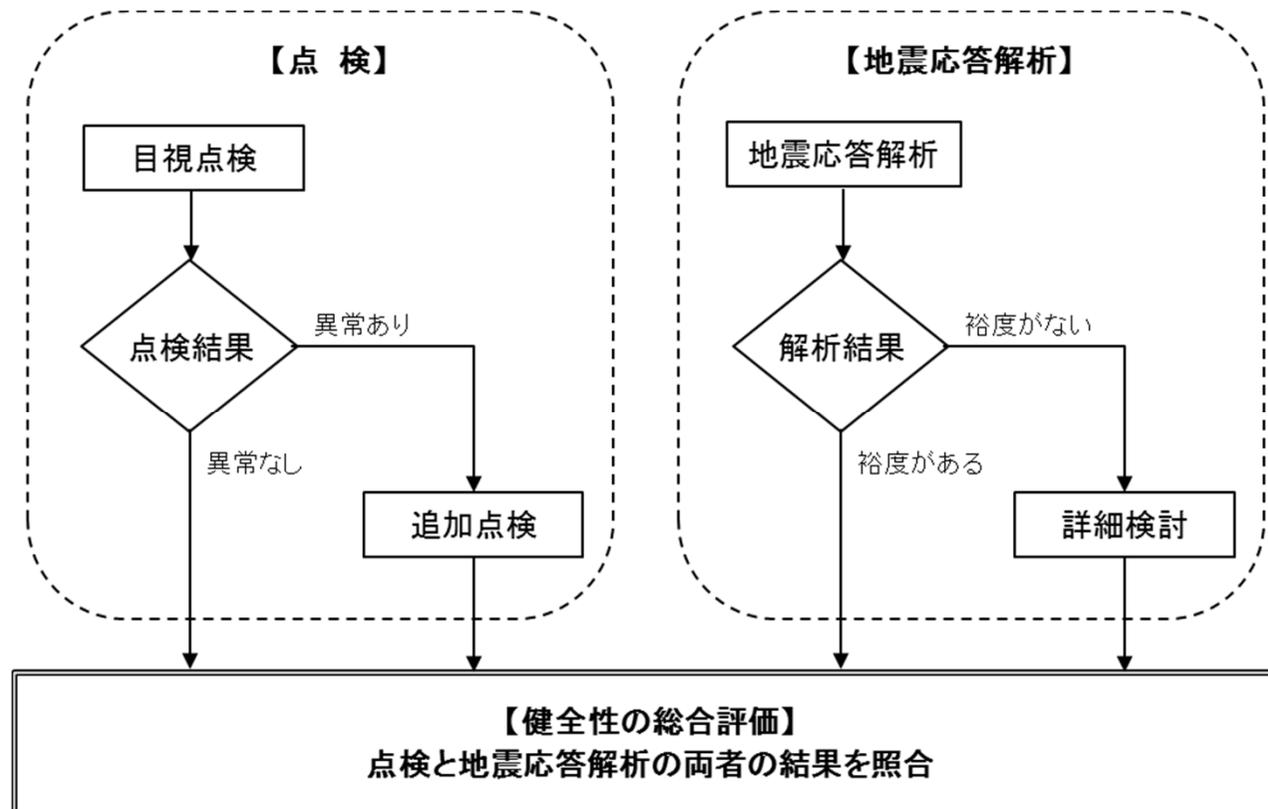
耐震安全上重要な設備および耐震安全上重要な設備に波及的破損を生じさせるおそれのある設備を対象とし、構造強度評価(125設備)、動的機能維持評価(35設備)を実施。

(評価対象設備の例)



## 3.1 建物・構築物に関する健全性評価の概要

- 安全上重要な建物・構築物については、点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合して健全性の総合評価を行う。
- 目視点検で異常が確認された場合には、追加点検を行う。
- 地震応答解析結果において裕度がない場合は、詳細検討を行う。



点検計画および点検結果等の妥当性について、第三者機関で確認を実施



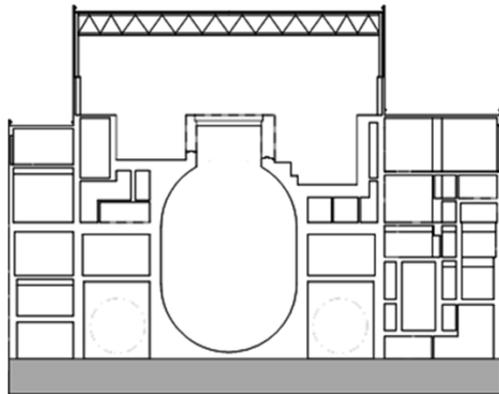
## 3.2 点検対象および判定基準

### ➤ 点検対象

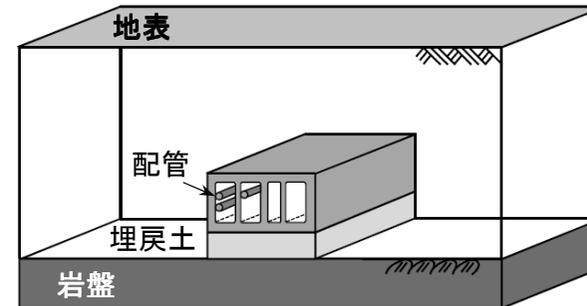
建 物	構 築 物
<ul style="list-style-type: none"> <li>・生体遮へい装置 (原子炉建屋, タービン建屋, 制御建屋)</li> <li>・原子炉格納施設(原子炉建屋)</li> <li>・堰その他の設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排気筒(基礎を含む)</li> <li>・非常用ガス処理系配管ダクト</li> <li>・原子炉補機冷却海水系配管ダクト</li> <li>・海水ポンプ室</li> <li>・原子炉補機冷却海水系取水路</li> </ul>

### ➤ 判定基準

構造形式	判定基準
鉄筋コンクリート構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遮へい性能に影響を与える断面欠損がないこと</li> <li>・構造上問題となるひび割れ, 剥離, 剥落がないこと</li> <li>・耐漏えい性能に影響を与えるひび割れがないこと</li> </ul>
鉄骨構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造上問題となる変状(変形・座屈等)がないこと</li> </ul>



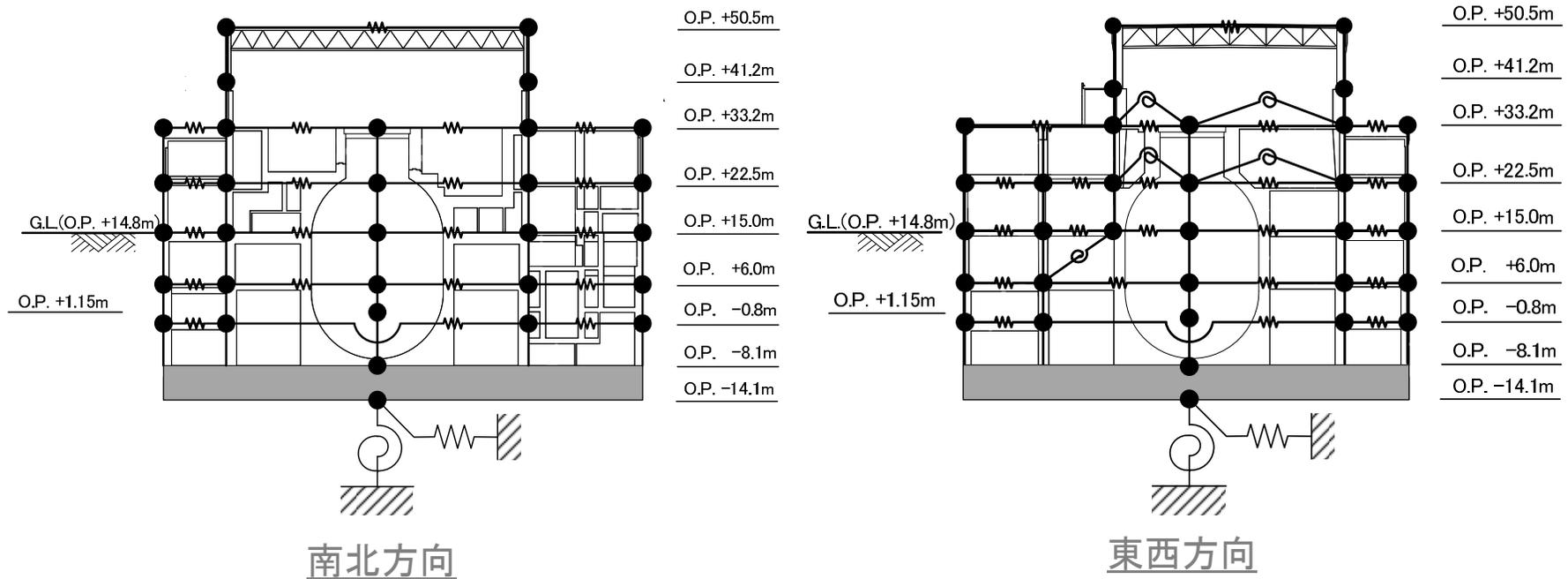
原子炉建屋



配管ダクト



# 3.3 2号機原子炉建屋のシミュレーションモデル概念図



2号機原子炉建屋 シミュレーションモデル概要図

- 建屋の地震観測記録との適合性を踏まえ、各種係数を再設定
- 観測記録を入力した地震応答解析



## 3.4 健全性の総合評価に関する考え方

- 安全上重要な建物・構築物については地震応答解析を実施。
- 地震後の健全性は、点検による評価および地震応答解析の結果に基づく構造評価の双方から行う。

### 点検と地震応答解析による総合評価

		点検による評価	
		異常なし	異常あり
地震応答解析の結果に基づく構造評価	裕度がある	評価終了 (異常なし)	・損傷の原因究明 ・損傷の健全性への影響を評価
	裕度がない	下記検討を実施 ・より詳細な追加解析 ・モックアップ試験等	



## 4. 設備健全性確認の今後の取組み

項目		H23.3.11地震	保全計画届出 H23.8	現在	プラント 起動	総合負荷 性能検査
地震後の初期対応 (地震後のパトロール, 主要機器の機能確認)		[黒塗り]				
地震後の 設備健全性確認	機器・系統の 設備健全性確認		機器・系統レベルの点検※ (フェーズ1)	[黒塗り]	機器・系統レベルの点検 (フェーズ1, 系統復旧後実施項目)	[黒塗り]
	建物・構築物の 設備健全性確認		点検	[黒塗り]	プラント全体の健全性確認(フェーズ2)	[黒塗り]
			地震応答解析	[黒塗り]	地震影響の継続監視(フェーズ3)	[黒塗り]
				完了▲		
				完了▲		

※：今後のプラント復旧と同時に実施する必要のある項目および運用上の制約から計画的に点検を行っている項目を除く。



# 付録1 主要設備への軽微な被害状況リスト(1/2)

No.	号機	建屋	管理区域	件名	対応状況
1	1号機	原子炉建屋	内	燃料交換機入出力装置の破損	対応済(H24. 2)
2	1号機	原子炉建屋	内	ほう酸水貯蔵タンク水位指示回路不良	対応済(H23. 12)
3	1号機	原子炉建屋	内	主蒸気逃がし安全弁(C) 位置検出スイッチの接点不良	対応済(H23. 12)
4	1号機	原子炉建屋	内	制御棒駆動系ハウジング支持金具サポートバーのずれ	対応済(H24. 6)
5	1号機	原子炉建屋	内	原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の外れ	対応済(H24. 3)
6	1号機	原子炉建屋	内	天井クレーン運転席鋼材等の損傷	対応済(H23. 9)
7,8	1号機	制御建屋	外	125V直流電源系の地絡(計2件発見)	対応済(H24. 2)
9	1号機	制御建屋	外	モニタリングポスト(チャンネル6) 信号変換器の故障に伴う指示不良	対応済(H23. 10)
10	1号機	タービン建屋	内	高圧電源盤しゃ断器の投入不可	対応済(H23. 6)
11	1号機	タービン建屋	内	母連しゃ断器の制御電源喪失	対応済(H23. 6)
12~15	1号機	屋外	外	変圧器避圧弁の油面変動に伴う動作(計4件)	対応済(H23. 6)
16	1号機	屋外	外	1号機放水口モニターの津波による浸水および破損	対応済(H24. 10)
17	1号機	屋外	外	1号機放水口モニター(試験運用機)の津波による浸水および破損	対応済(H24. 10)
18,19	2号機	原子炉建屋	内	地下1階電動ステップバック遮へい扉の施錠装置の破損(計2件発見)	対応済(H23. 10)
20	2号機	原子炉建屋	内	原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の変形	対応済(H24. 2)
21	2号機	原子炉建屋	内	制御棒駆動系ハウジング支持金具サポートバーのずれ	対応済(H24. 6)
22	2号機	原子炉建屋	内	天井クレーン運転席鋼材等の損傷	対応済(H23. 6)
23,24	2号機	制御建屋	外	125V直流主母線盤の地絡(計2件発見)	対応済(H24. 3)
25	2号機	タービン建屋	内	蒸気タービン中間軸受箱の基礎の損傷	対応済(H24. 12)
26~32	2号機	屋外	外	変圧器避圧弁の油面変動に伴う動作(計7件発見)	対応済(H23. 11)
33	2号機	屋外	外	2号機放水口モニターの津波による浸水および破損	対応済(H24. 10)
34	2号機	屋外	外	起動用変圧器放熱器油漏れ	対応済(H24. 1)



# 付録1 主要設備への軽微な被害状況リスト(2/2)

No.	号機	建屋	管理区域	件名	対応状況
35	3号機	原子炉建屋	内	燃料交換機の配線ケーブルの脱線	対応済(H23. 4)
36	3号機	原子炉建屋	内	燃料交換機制御室内の地上操作装置落下	対応済(H23. 6)
37	3号機	原子炉建屋	内	燃料取替エリア放射線モニタ(A)記録計の指示不良	対応済(H23. 8)
38	3号機	原子炉建屋	内	原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の変形	対応済(H24. 2)
39	3号機	原子炉建屋	内	使用済燃料プールにおけるゲート押さえ金具の脱落	対応済(H23. 4)
40	3号機	原子炉建屋	内	使用済燃料キャスクピットにおけるゲート押さえ金具の脱落	対応済(H23. 4)
41	3号機	原子炉建屋	内	高圧炉心スプレイ系圧力抑制室吸込弁 自動での全開動作不能	対応済(H23. 6)
42	3号機	原子炉建屋	内	制御棒駆動系ハウジング支持金具サポートバーのずれ	対応済(H24. 6)
43	3号機	原子炉建屋	内	天井クレーン走行部等のすり傷	対応済(H23. 6)
44～ 47	3号機	原子炉建屋	外	125V直流主母線盤の地絡 (計4件発見)	対応済(H24. 2)
48	3号機	タービン建屋	内	蒸気タービン中間軸受箱の浮き上がりについて	対応済(H24. 4)
49～ 51	3号機	屋外	外	変圧器避圧弁の油面変動に伴う動作(計3件)	対応済(H23. 8)
52	3号機	屋外	外	3号機放水口モニターの津波による浸水および破損	対応済(H24. 8)
53	共用	屋外	外	牡鹿幹線1号線避雷器の損傷	対応済(H23. 6)
54	共用	屋外	外	当社モニタリングステーション(4局)の停電および伝送回線停止に伴う欠測	対応済(H23. 10)
55	共用	屋外	外	海水温度モニタリング装置の津波による破損に伴う全局欠測	対応済(H24. 6)
56	3号機	タービン建屋	内	3号機蒸気タービン動翼の損傷	対応済(H26. 9)
57	2号機	タービン建屋	内	2号機蒸気タービン動翼の損傷	対応済(H25. 4)
58	共用	屋外	外	牡鹿幹線2号線避雷器の損傷	対応済(H23. 8)
59	2号機	タービン建屋	外	2号機タービン建屋外壁のひび割れ	対応中
60	共用	固体廃棄物 貯蔵所	内	固体廃棄物貯蔵所コンクリート壁の剥離	対応済(H25. 8)
61	2号機	タービン建屋	内	2号機蒸気タービン中間軸受箱の基礎ボルト曲がり	対応済(H24. 12)



## 付録2 基本点検における機種分類

動的機器	静的機器	
1) 非常用ディーゼル発電機	19)アキュムレータ(主蒸気隔離弁, 逃し安全弁等)	37)ケーブル, 電路およびサポート
2) 制御棒駆動機構/制御棒駆動 水圧系水圧制御ユニット	20)ろ過脱塩器	38)制御盤
3) 燃料取替機	21)フィルタ/ストレーナ	39)電源盤
4) クレーン	22)蒸気式空気抽出器	40)計装ラック
5) 立形ポンプ	23)再結合装置	41)計装配管, サポート
6) 横形ポンプ	24)特殊フィルタ(非常用ガス処理系, 中央制御室空調)	42)原子炉格納容器および付属機器
7) 往復動式ポンプ	25)変圧器	43)プールライニング機器
8) 制御用空気圧縮機	26)蓄電池, 充電器	44)使用済み燃料ラック
9) 主タービン	27)遮断器	45)使用済み燃料ラック類機器
10)電動機	28)継電器	46)配管, サポート
11)発電機	29)調整器	47)ダクト, ダクトサポート
12)ポンプ駆動用タービン	30)電気ヒータ	48)復水器, 給水加熱器, 湿分分離加熱器
13)ファン	31)原子炉冷却材再循環ポンプ 可変周波数電源装置	49)原子炉圧力容器および付属機器
14)ターボ冷凍機	32)計器, 変換器, 検出器	50)炉内構造物
15)一般弁	33)核計装設備・モニタ設備	51)電気ボイラ
16)手動弁	34)相分離母線, 相非分離母線	52)燃料集合体
17)空調用ダンパ	35)タンク	53)絶縁ケーブル
18)再循環ポンプ	36)熱交換器	54)プロセス計算機



# 参考 設備健全性確認における記録管理の不備について—1

## 1. 事象概要

- 平成26年度第2回保安検査において、地震後の設備健全性確認における点検記録の管理に不適切な点があるとの指摘（11機器，15件）

事案①：記録の訂正が事業者の社内マニュアルに従って行われていないもの（10件）

＜例＞ 機器名称の訂正 など

事案②：記録に抜けや誤りがあるもの（4件）

＜例＞ 構造的に存在しない部位が記録上実施されている など

事案③：点検結果が「否」にも係らず，不適合処理を行わずに次の点検工程に進めたもの（1件）

- 計画に基づく点検は実施されていることから，原子力安全に及ぼした影響の程度は小さいとして，保安規定違反「監視」と判定

【事案②の一例「構造的に存在しない部位が記録上実施されている例」】

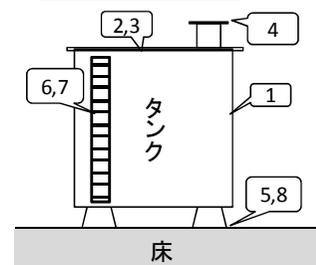
「タンクと槽とで共通の様式を使用」

点検項目	点検結果	
	タンク	槽
1. 本体・溶接部の損傷等	良	良
2. 本体・管台のフランジの漏洩等	良	良
3. 締結部(本体フランジ部)のボルト緩み	良	良
4. 締結部(管台フランジ部)のボルト緩み	良	良
5. 支持脚の損傷等	良	良
6. 手摺・梯子の損傷等	良	良
7. 手摺・梯子のボルト緩み	良	良
8. 基礎架台部の損傷等	良	良

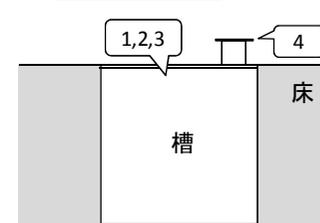
転記の際に存在しない部位まで「良」と記載

ギャップ

「タンク」の点検部位



「槽」の点検部位



# 参考 設備健全性確認における記録管理の不備についてー2

## 2. 当社の対応

- 点検が確実に行われていることを確認するうえで記録は重要なものであり、今回の保安検査での指摘を真摯に受け止めている。
- 現在、専門の調査対応チームを立ち上げ、地震後の設備健全性確認記録の再確認、原因分析および再発防止対策の検討を進めているところ。
- 再発防止対策に着実に取り組み、今後の記録管理に、より一層万全を期していく。

### 《参考》

#### 保安検査とは

- 原子力規制委員会（現地原子力規制事務所）が、事業者の原子炉施設保安規定の遵守状況を確認する検査。

#### 保安規定違反「監視」とは

- 保安規定違反は、重要度に応じて「違反1」、「違反2」、「違反3」および「監視」の4つに区分。
- このうち「監視」は、原子力安全性に影響を及ぼさないが、保安規定の不履行があった場合に該当し、今後の保安検査の中で継続的に改善状況の確認が行なわれる。

