

柏崎刈羽原子力発電所3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(案)
(機器レベルの点検・評価報告)

概要版

平成22年11月12日



東京電力

1. はじめに

はじめに

- 新潟県中越沖地震後の特別な保全計画として、「新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価計画書」を定め、点検・評価を実施してきた。
- 現在まで、燃料装荷前およびタービン復旧前に実施する基本点検を完了したことから、設備点検、地震応答解析および総合評価の結果についてご報告する。
- 地震発生時におけるプラントの運転状況および観測波（最大加速度）を以下に示す。

●地震発生時におけるプラントの運転状況

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
運転状況	停止中	起動中	運転中	運転中	停止中	停止中	運転中

●原子炉建屋基礎版上で観測された最大加速度

		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
中越沖地震 (観測波)	南北	311	304	308	310	277	271	267
	東西	680	606	384	492	442	322	356
	上下	408	282	311	337	205	488	355

機器レベルの点検・評価の進捗状況について

■基本点検の進捗状況

H22.11.10 現在

		進捗状況	
		点検済機器数／点検対象機器数	進捗率
基本点検 機器	目視点検	約 1,580 / 1,580*	完了
	作動試験 機能確認試験	約 1,100 / 1,160*	約95%
	漏えい試験	約 530 / 700	約76%
	基本点検完了	約 1,390 / 1,580	約88%
うち 原子炉安全上 重要な機器	目視点検	約 730 / 730	完了
	作動試験 機能確認試験	約 520 / 530	約98%
	漏えい試験	約 250 / 330	約76%
	基本点検完了	約 640 / 730	約88%

※点検・評価計画書の改訂に併せ、点検対象機器の分類を再度整理した結果、これまでの報告から、点検対象機器数を以下のとおり変更した。

目視点検 約1540 → 約1580 作動試験 約1100 → 約1160

■地震応答解析の進捗状況

	解析済機器数／解析対象機器数	進捗率
構造強度評価	85 / 111	約77%
動的機能維持評価	35 / 41	約85%

機器レベルの点検・評価結果の概要

■設備点検の結果

- 点検対象の約1580機器中105機器に不適合事象が確認された。

■地震応答解析の結果

- 構造強度評価対象の111設備中85設備、動的機能維持評価対象の41設備中35設備の地震応答解析を実施し、評価を実施した全ての設備について、地震応答解析の算出値が評価基準値以下であることを確認した。

■総合評価の結果

- 不適合が確認された105機器のうち、地震に起因すると考えられる事象は39機器で確認され、その中で機能に影響を及ぼすと評価したものは10機器であった。
- 地震に起因しないと評価した事象は60機器であった。また、残り6機器は原因等について評価中である。
- 機能に影響を及ぼすと評価した10機器は、主タービンの接触事象や原子炉建屋クレーンケーブルベアの脱輪等、先行号機と同様の傾向が見られている。
- 先行号機で確認されていない事象として、高圧および低圧タービンの車室のずれ、所内変圧器の火災による損傷が確認された。
- なお、これまでに確認された不適合事象は、いずれも原子炉安全を阻害する事象ではなかった。

2. 設備点検の結果

設備点検の結果

■設備点検の内容

- 設備点検は、先行号機と同様に、設備の特性に応じて地震による設備の損傷形態を考慮したうえで、基本点検と追加点検を計画し、実施した。
- 予め計画する追加点検については、「知見の拡充」および「プラント停止中に基本点検が困難な設備における、停止中の設備健全性の確認」を目的とし、現在までに計画している149機器中140機器について完了した。
- なお、配管については、今後、地震応答解析の結果を踏まえ、詳細評価を実施する余裕度※が小さい箇所に対して、予め計画する追加点検を実施する。

※地震応答解析における「評価基準値／算出値」

■設備点検の結果

- 基本点検を実施した結果、約1580機器中87機器に異常が確認された。そのうち62機器については異常の発生原因が明らかな事象であり、追加点検が不要と判断した。それ以外の25機器については原因究明および取替等の要否判断を行うため、追加点検を実施した。
- 予め計画する追加点検を実施した結果、18機器に異常が確認された。

3. 地震応答解析の結果

地震応答解析の概要

地震応答解析の概要

■地震応答解析の目的

- 新潟県中越沖地震が設備に及ぼした影響を数値的に確認するとともに、その影響が比較的大きい設備を特定し、追加点検等の対象設備として選定すること。

■解析対象設備

- 重要度分類クラス1の設備および重要度分類クラス2の設備であって、耐震安全上重要度が高い設備（耐震クラスがA s、Aの設備およびその他動的地震動による耐震評価の対象としている設備）を解析対象設備とする。
- 下記の観点から解析対象設備を選定する。
 - ◆ 同一の設備が複数存在する場合は、据付床の床応答等を考慮して解析対象設備を選定する。
 - ◆ 配管系のように類似設備が多数存在する場合は、設計時の余裕度（算出値と許容値の余裕度等）、仕様、使用条件等を考慮して解析対象設備を選定する。

地震応答解析の概要

■地震応答解析の基本方針

- 地震応答解析は、新潟県中越沖地震が設備に及ぼした影響を把握することを目的とする。
- 設計時と同等の評価を実施することを基本に、
- 設計当時の耐震性評価結果に裕度のある設備については、その影響が小さいと考えられることから簡易的な解析を行うものとし、
- 裕度の少ない設備に対して、詳細な解析を行う。
- 詳細な解析を実施する場合は、実現象を極力模擬するようモデル、材料物性値等の解析条件を設定するものとし、
- 過去の試験データ、有限要素法等を活用した解析評価を行う。
- これらの解析評価によって得られる算出値と評価基準値とを比較する。

地震応答解析の概要

■地震応答解析の方法

[構造強度評価]

- 評価基準値に対する設計値の余裕度が大きい設備は、応答倍率法等による簡易評価を実施する。
- それ以外の設備については設計時と同等の評価を実施する。
(設計時と同等とは)
 - ✓ プラントの設計時に用いられる規格基準に準拠した評価方法の採用
 - 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005
 - 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601
(減衰定数については、JEAG4601策定以降に妥当性が確認された値を採用する。)
 - 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-
 - 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法- 等
- 設計時と同等の評価の結果、余裕度が小さい設備は、JEAG等の規格で定める範囲内で詳細評価を実施する。
 - 解析モデルへの有限要素法の適用、減衰定数の見直し 等
- 地震時の状態（温度、荷重条件、機器配置等）を必要に応じて評価に反映する。等

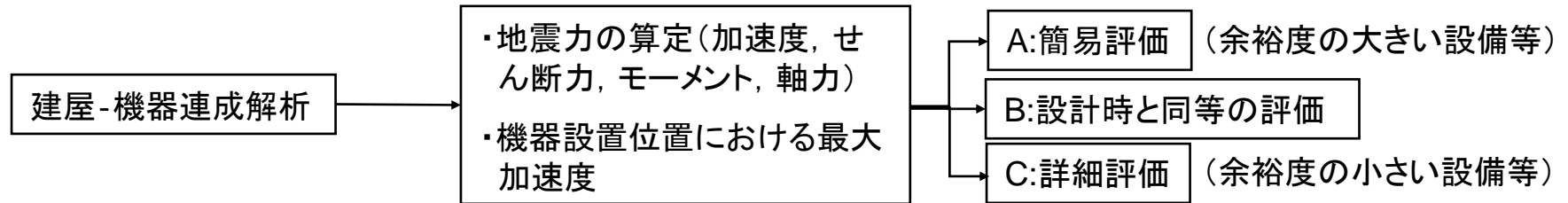
[動的機能維持評価]

- 評価対象設備の応答加速度を評価基準値と比較する。

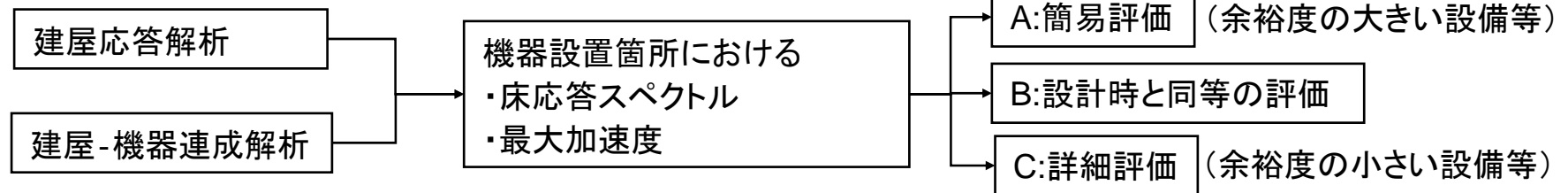
地震応答解析の概要

■ 構造強度評価

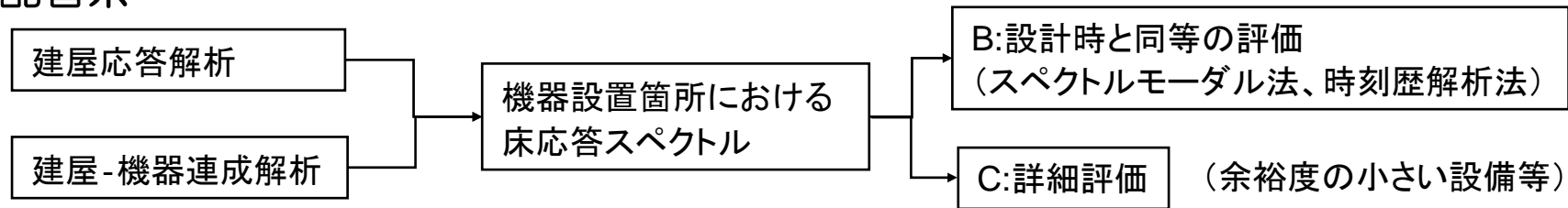
● 大型機器（格納容器，圧力容器，炉内構造物）



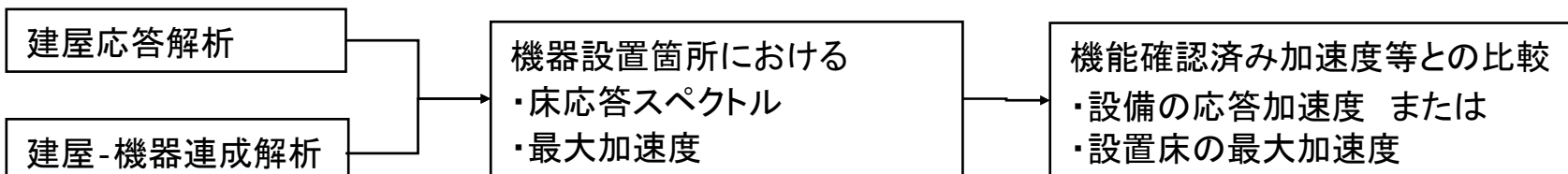
● 床置機器（ポンプ，熱交換器，換気空調設備等）



● 配管系



■ 動的機能維持（ポンプ，ファン，弁等）



構造強度評価の方法（A. 簡易評価）

■ A. 簡易評価（応答倍率法による評価）

- 大型機器（格納容器，圧力容器，炉内構造物）
 - ✓ 建屋－機器連成応答解析で地震力（加速度，せん断力，モーメント，軸力）を算出
 - ✓ 上記地震力と設計時の地震力との比を設計時の応力に乗じて評価基準値と比較
- 床置機器
 - ✓ 本地震と設計時のそれぞれの床応答スペクトル（剛な設備は最大床加速度）の比を、設計時の応力に乗じて評価基準値と比較

構造強度評価の方法（応答倍率法）

応答倍率法は、設計時の応力が地震による応力とそれ以外の応力に分けられる場合、分けられない場合で算出式が異なる。

- ① 設計時の応力が地震による応力とそれ以外に分けられない場合

$$\text{算出値} = \text{設計時の応力} (\times 1) \times \text{応答比} (\times 2)$$

（地震および地震以外による応力）

- ② 設計時の応力が地震による応力とそれ以外に分けられる場合

$$\text{算出値} = \text{設計時の応力} + \text{設計時の応力} (\times 1) \times \text{応答比} (\times 2)$$

（地震以外による応力） （地震による応力）

※1 設計時の応力は、設計震度（動的震度及び静的震度のいずれか大きい震度）を用いて算定された応力

※2 応答比は、設計地震力（動的地震力及び静的地震力のいずれか大きい地震力）と観測記録にもとづく地震力との比、具体的には機器によって算出方法が異なる。

- a. 原子炉圧力容器等、算出値を求めるにあたり、加速度、せん断力、モーメント、軸力を用いる機器

応答比1：地震観測記録にもとづく地震力と設計時の地震力との比（加速度、せん断力、モーメント、軸力ごとに応答比を算定）

- b. ポンプの基礎ボルト等、算出値を求めるにあたり、水平震度、上下震度を用いる機器（詳細次ページ）

応答比2：水平方向及び上下方向のそれぞれについて算定した地震観測記録にもとづく応答加速度（剛な設備は最大床加速度）と設計時の応答加速度（剛な設備は最大床加速度）との比のうち、大きい方の比

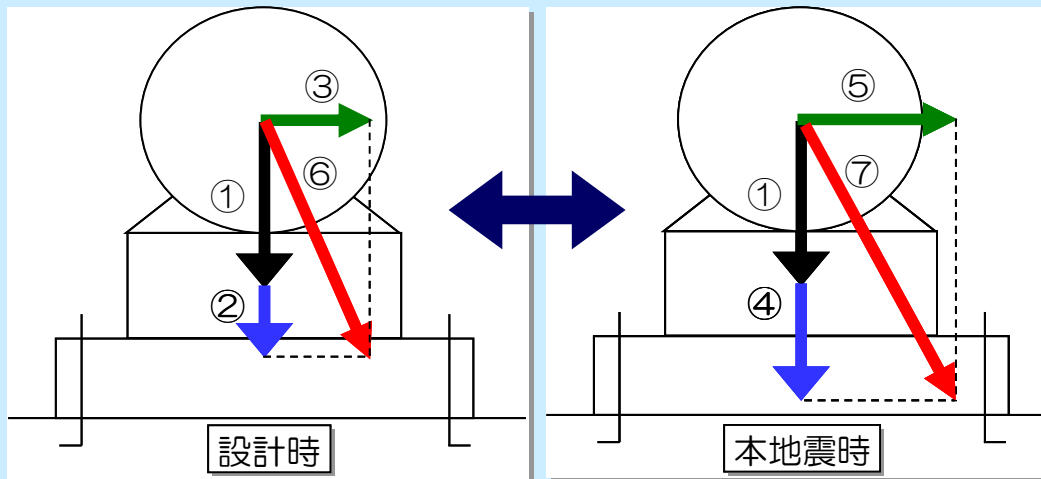
構造強度評価の方法（応答倍率法）

■ 3号機の健全性評価で用いる応答比2

3号機の健全性評価では、簡易評価が必ず安全側の評価となるよう、次の通り応答比2を算定する。（重力加速度の効果を加味しない）

応答比2 (α)

$$\alpha = \text{Max} \left(\frac{\textcircled{5}}{\textcircled{3}}, \frac{\textcircled{4}}{\textcircled{2}} \right) = \text{Max} \left(\frac{C'_H}{C_H}, \frac{C'_V}{C_V} \right)$$



- ① 重力加速度：1 (G)
- ② 上下方向の設計震度： C_V (G)
- ③ 水平方向の設計震度： C_H (G)
- ④ 本地震の上下方向震度： C'_V (G)
- ⑤ 本地震の水平方向震度： C'_H (G)
- ⑥ 設計時の合成震度
- ⑦ 本地震時の合成震度

参考：先行号機で用いた応答比2

$$\alpha = \frac{\textcircled{7}}{\textcircled{6}} = \frac{\sqrt{C'^2_H + (1 + C'_V)^2}}{\sqrt{C^2_H + (1 + C_V)^2}}$$

構造強度評価の方法（B. 設計時と同等の評価）

■ B. 設計時と同等の評価

- 設計時と同等の評価を実施することを基本とする。簡易評価で評価基準値を満足しない設備は、設計時と同等の評価を行う。
- 大型機器，床置機器
 - ✓ 設計に用いられる手法による解析を行い，算出値を評価基準値と比較
- 配管系
 - ✓ スペクトルモーダル解析，時刻歴応答解析による解析を行い，算出値を評価基準値と比較

なお，必要に応じて下記の条件を考慮する。

- ・ 燃料装荷の有無等，運転状態を考慮した条件の適用
- ・ これまでの試験，研究等により妥当性が確認された評価手法，評価パラメータの適用
- ・ 床応答加速度の方向成分(NS/EW)
- ・ 解析モデルの精緻化

構造強度評価の方法（C. 詳細評価）

■ C. 詳細評価

- 設計時と同等な評価の結果，さらなる詳細評価が必要と判断された設備は，減衰定数の見直し（試験等で確認された値を採用），有限要素法の適用，時刻歴応答解析（設計等で時刻歴応答解析を実施している設備および配管系を除く。）の実施等，規格基準の範囲内で詳細評価を行う。

地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■ 地震応答解析に用いる建屋の地震応答

● 原子炉建屋

- ・新潟県中越沖地震時に原子炉建屋基礎版上で得られた観測記録を、床の柔軟性を考慮した原子炉建屋の多軸モデルに入力して得られる建屋応答を用いる。
- ・原子炉建屋の解析モデルは多軸であることから、同じフロアの多数の応答解析結果を包絡したものを用いる。
- ・新潟県中越沖地震が観測された階については、建屋応答解析結果と観測記録とを包絡したものを用いる。

● タービン建屋

- ・タービン建屋基礎版上で得られた観測記録をタービン建屋の解析モデルに入力して得られる建屋応答を用いる。
- ・タービン建屋の解析モデルは多軸であることから、同じフロアの多数の応答解析結果を包絡したものを用いる。

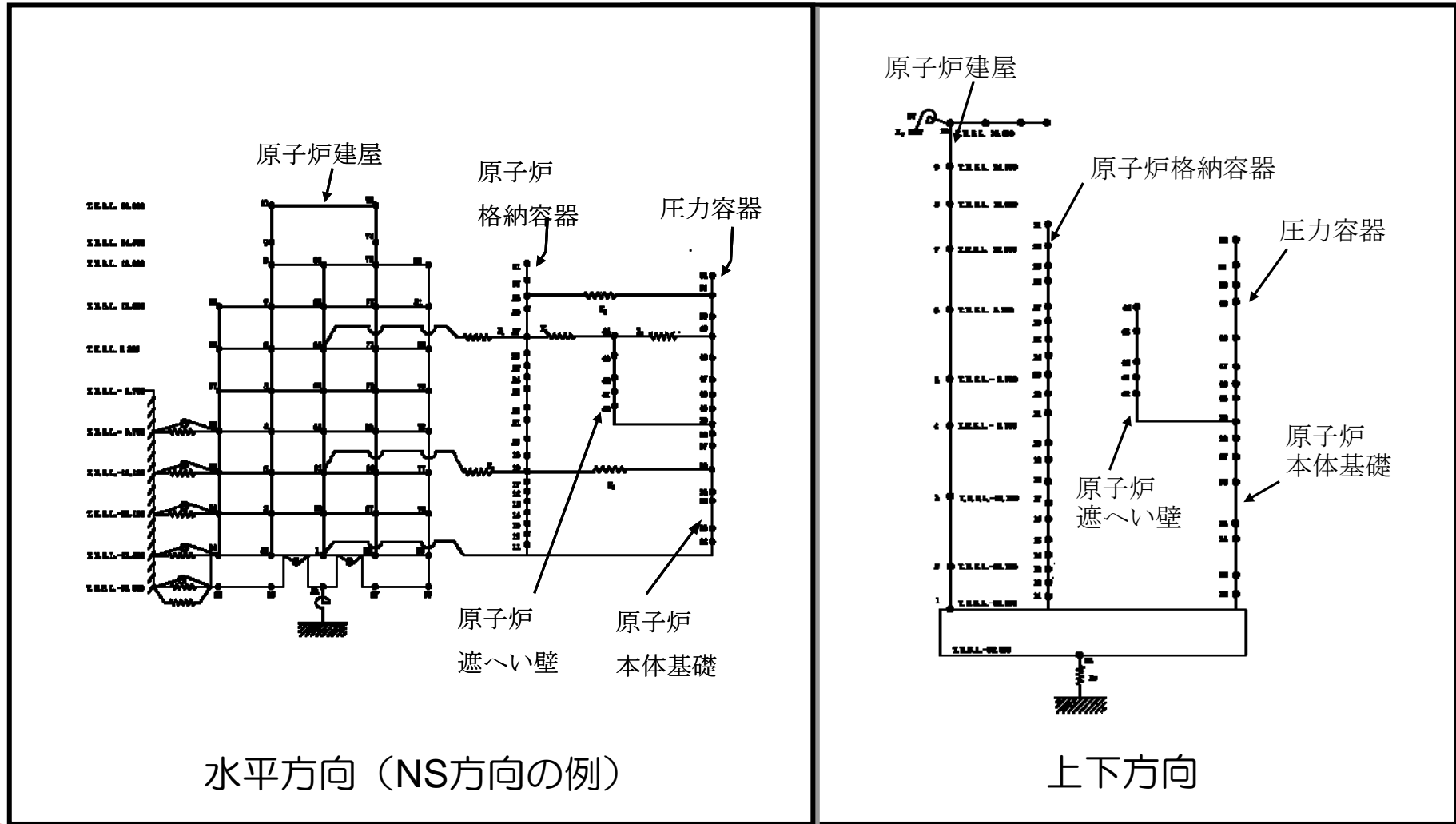
● 海水熱交換器建屋

- ・原子炉建屋基礎版上で得られた観測記録を地盤を介して海水熱交換器建屋の基礎版上にあらためて定義したものを、海水熱交換器建屋の解析モデルに入力して得られる建屋応答を用いる。

地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■ 建屋・機器連成応答解析モデル

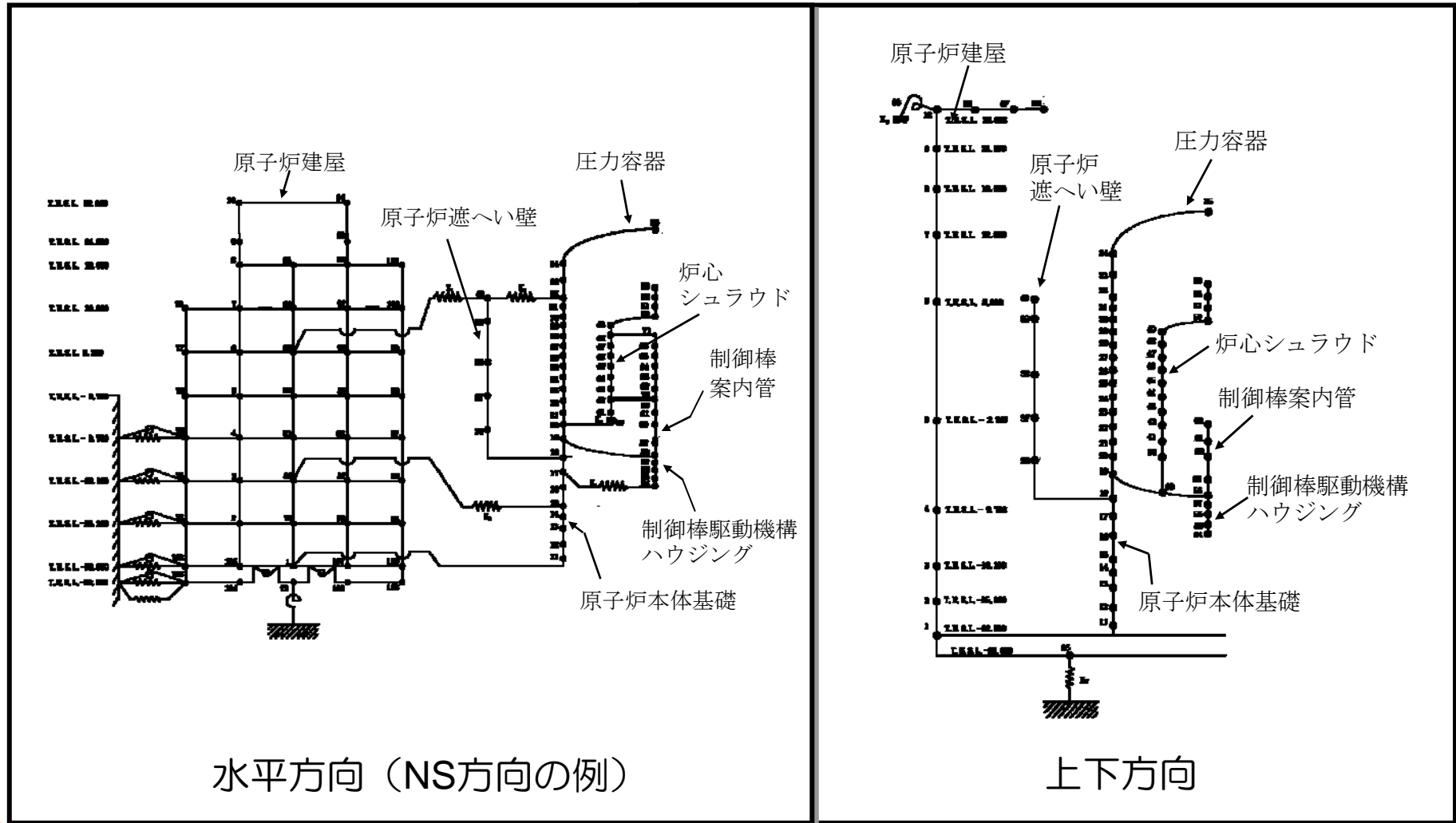
● 原子炉格納容器—原子炉圧力容器解析モデル



地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■ 建屋・機器連成応答解析モデル

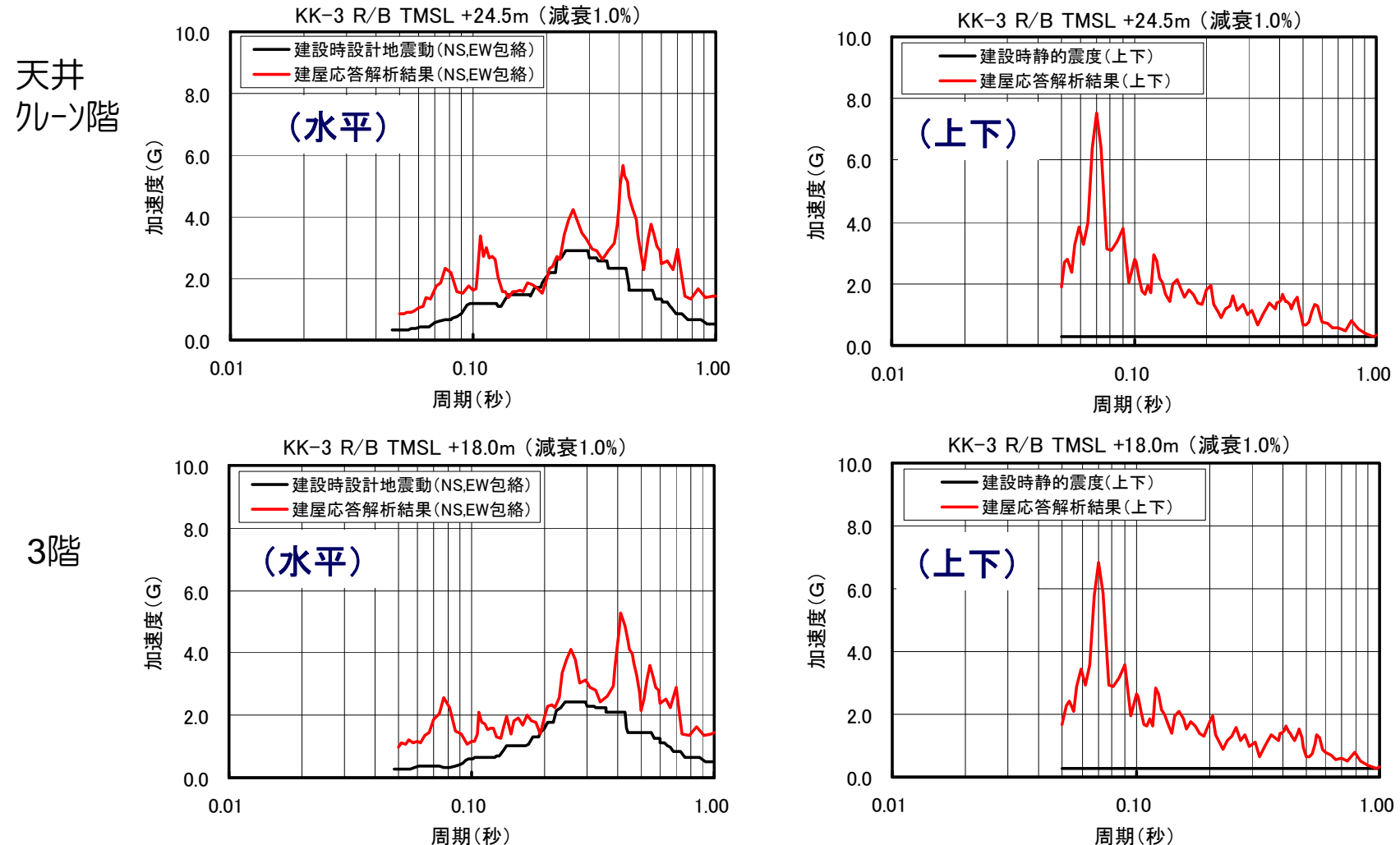
● 炉内構造物解析モデル



地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■評価に用いる床応答スペクトル

●原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

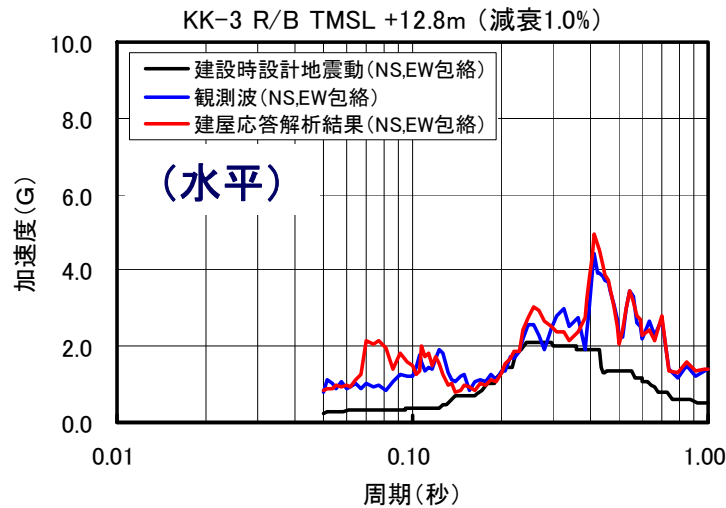


地震応答解析に用いる建屋の地震応答

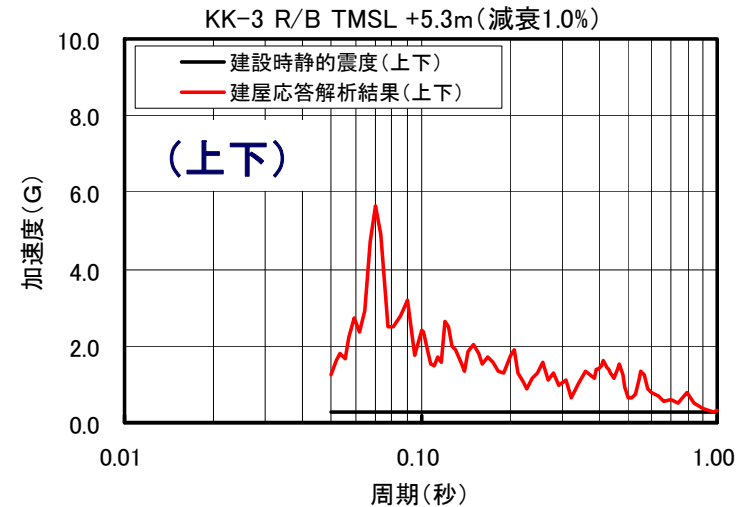
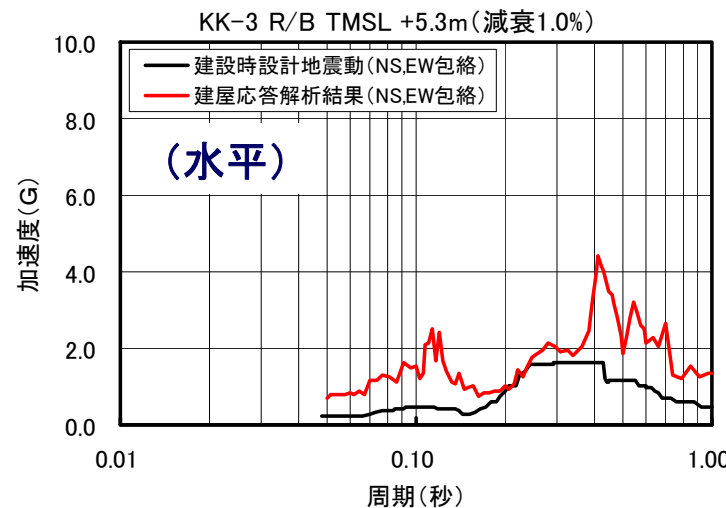
■評価に用いる床応答スペクトル

- 原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

2階



1階

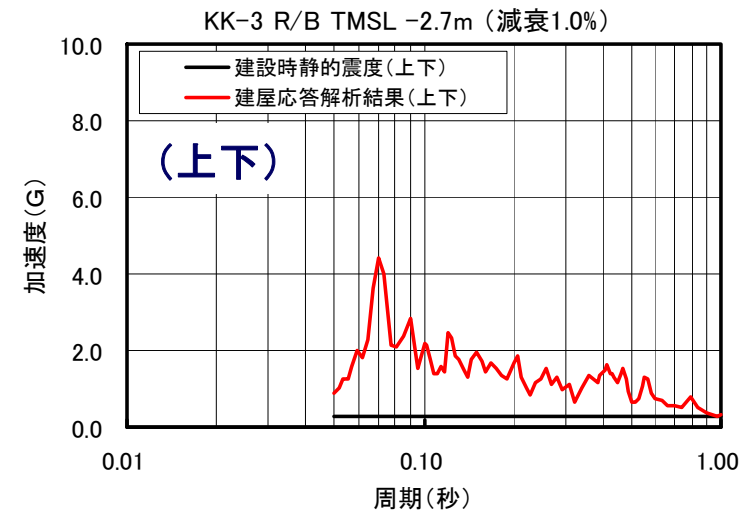
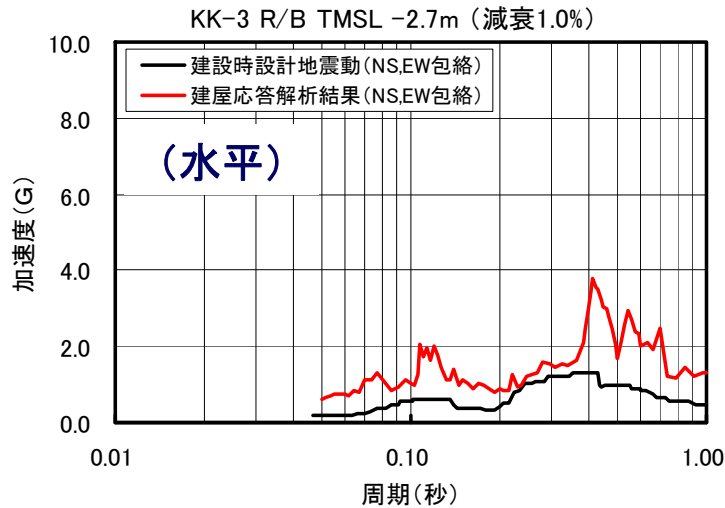


地震応答解析に用いる建屋の地震応答

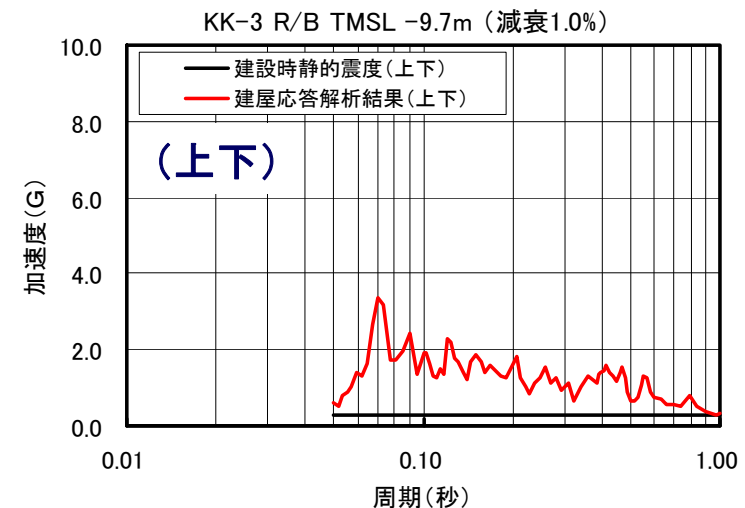
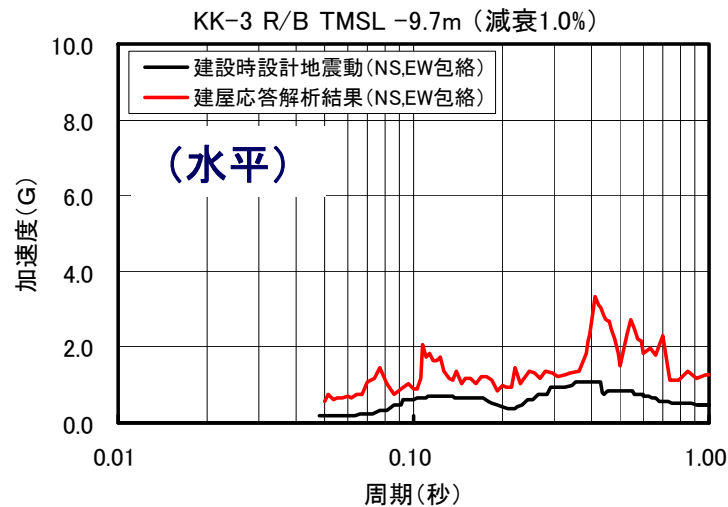
■評価に用いる床応答スペクトル

●原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

地下
1階



地下
2階

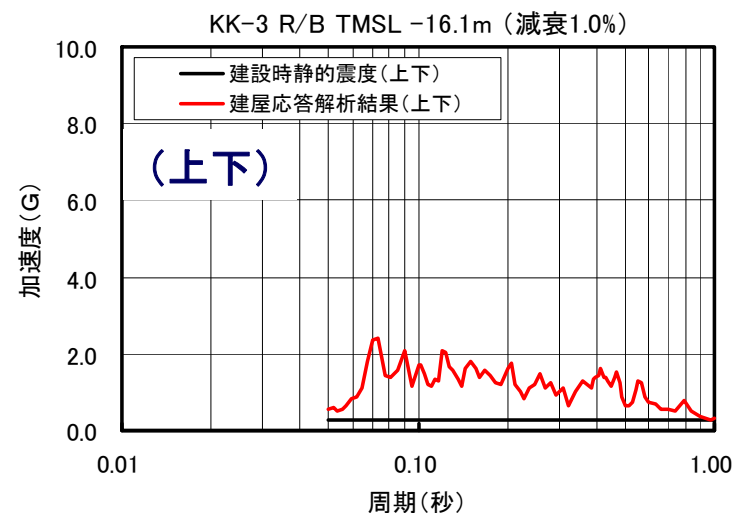
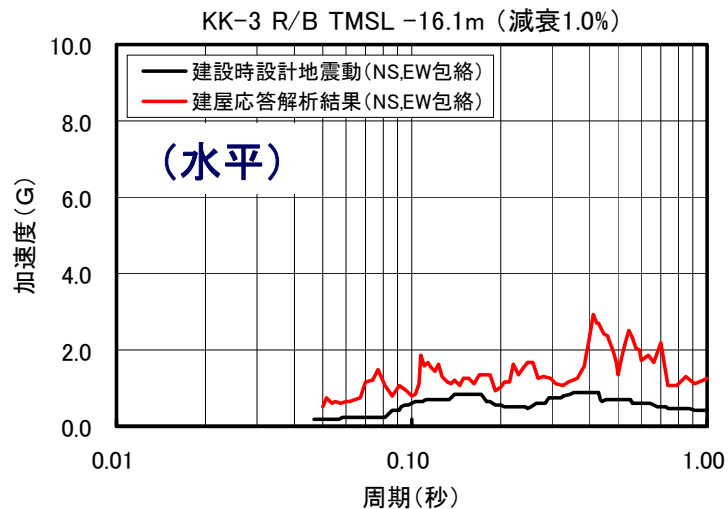


地震応答解析に用いる建屋の地震応答

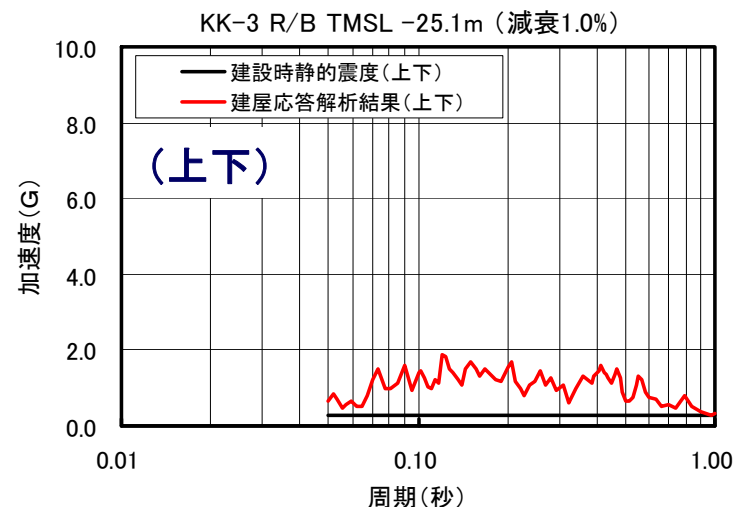
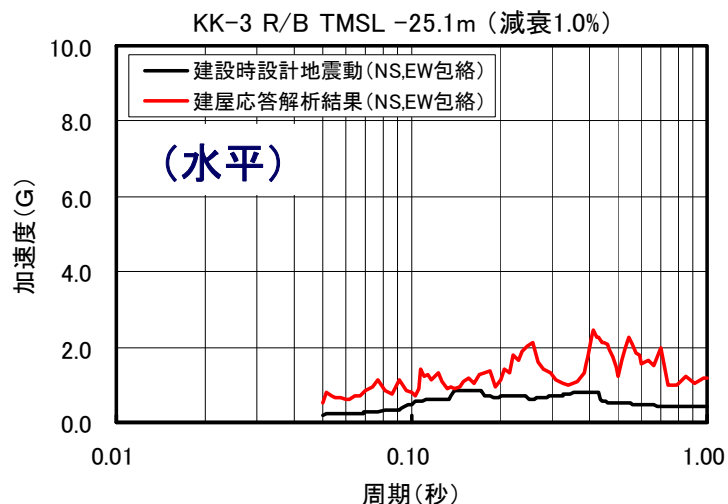
■評価に用いる床応答スペクトル

●原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

地下
3階



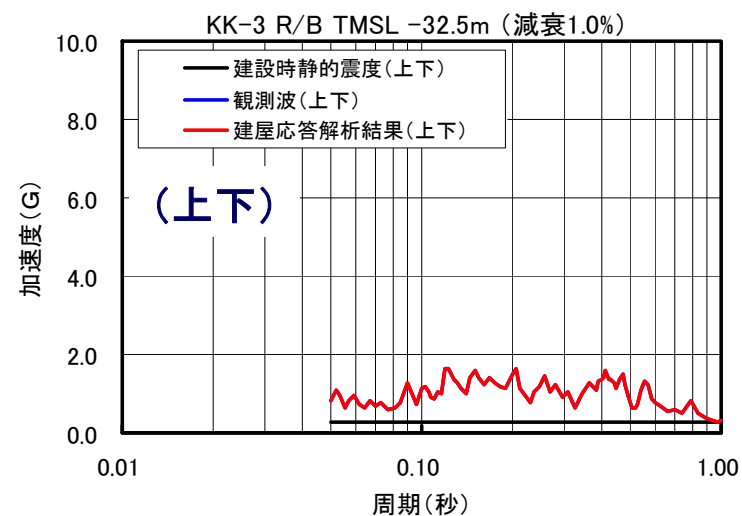
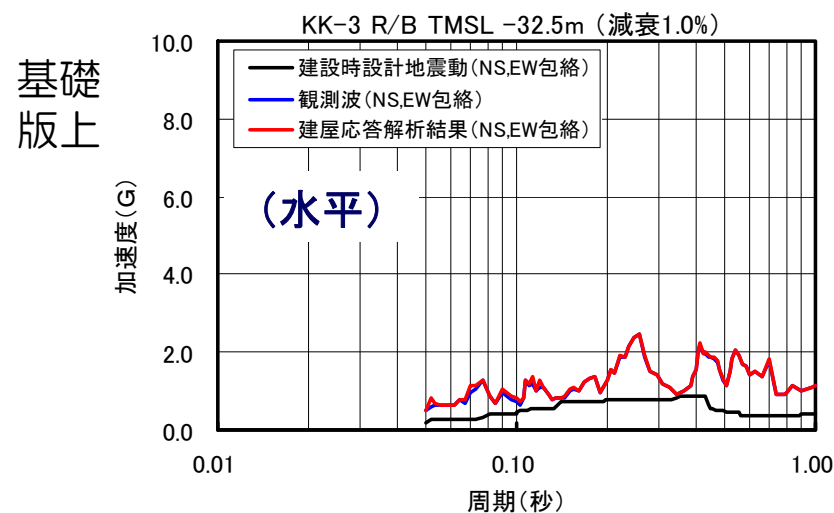
地下
4階



地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■評価に用いる床応答スペクトル

- 原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

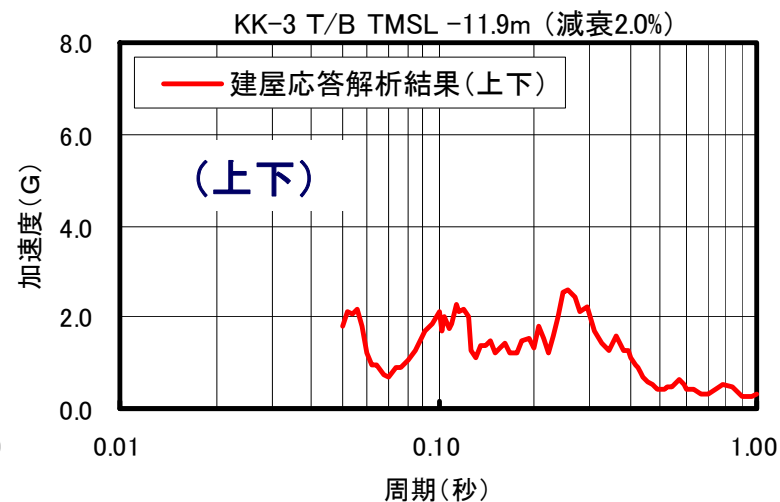
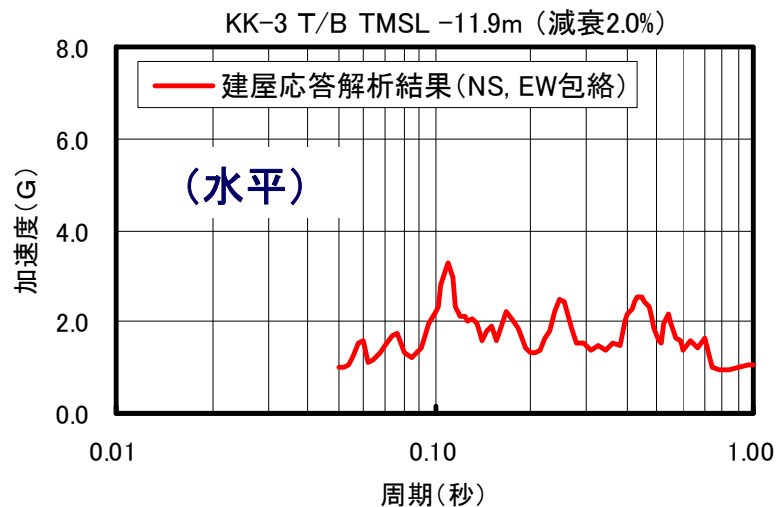


地震応答解析に用いる建屋の地震応答

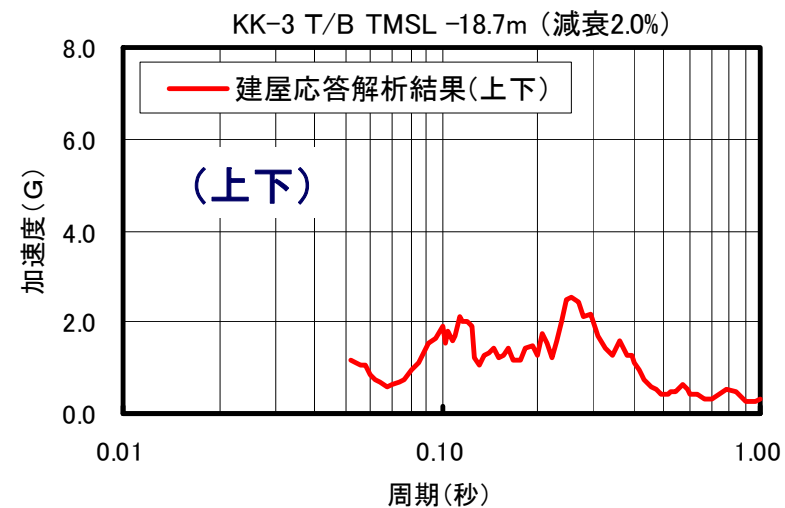
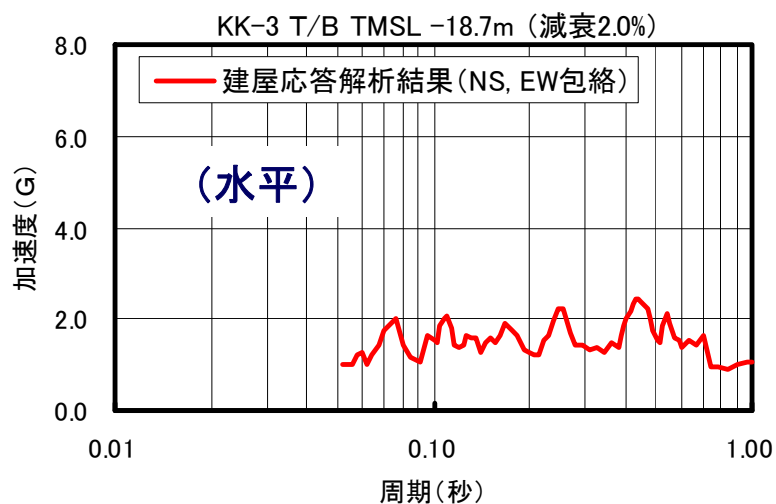
■評価に用いる床応答スペクトル

●タービン建屋床応答スペクトル（減衰2%の例）

地下2階



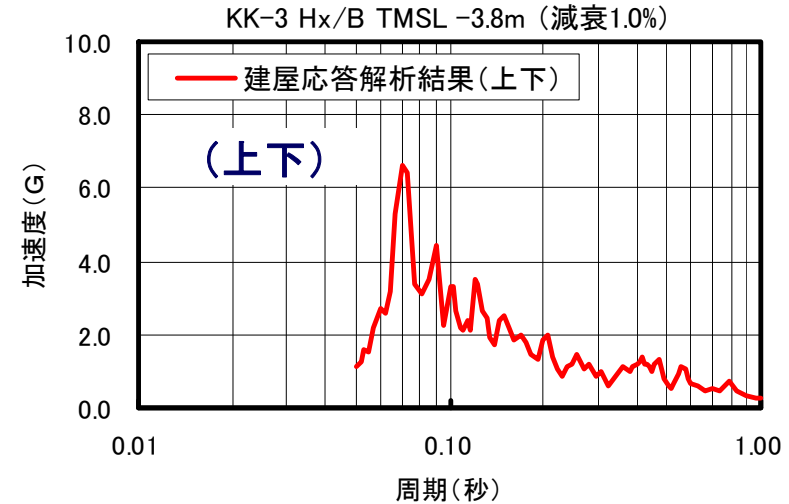
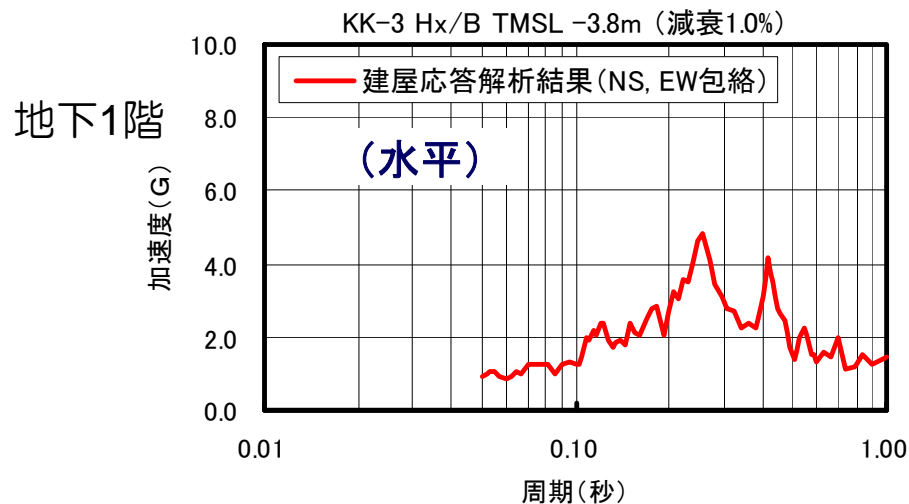
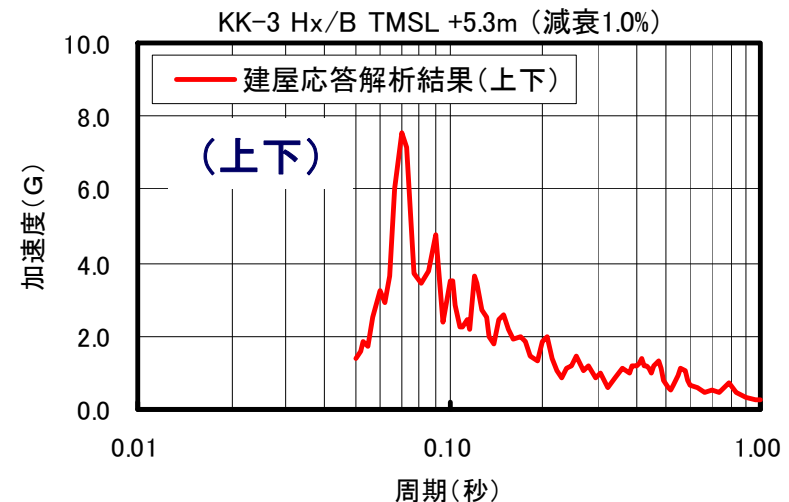
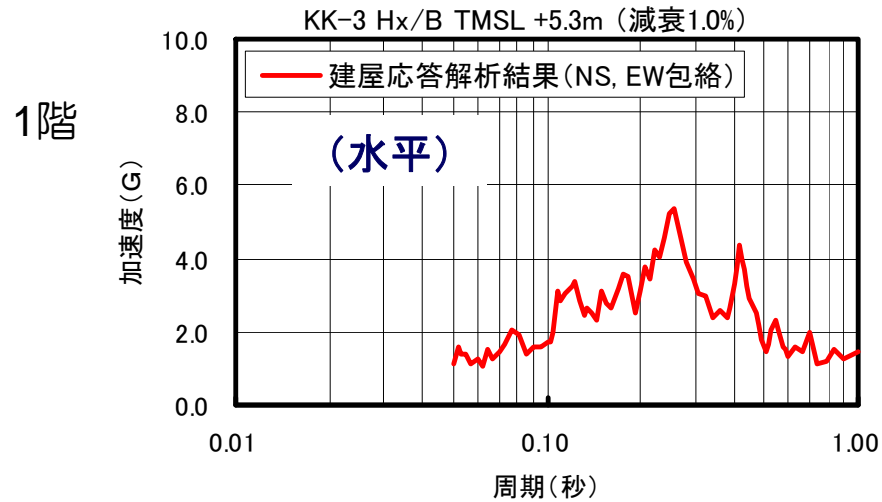
地下3階



地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■評価に用いる床応答スペクトル

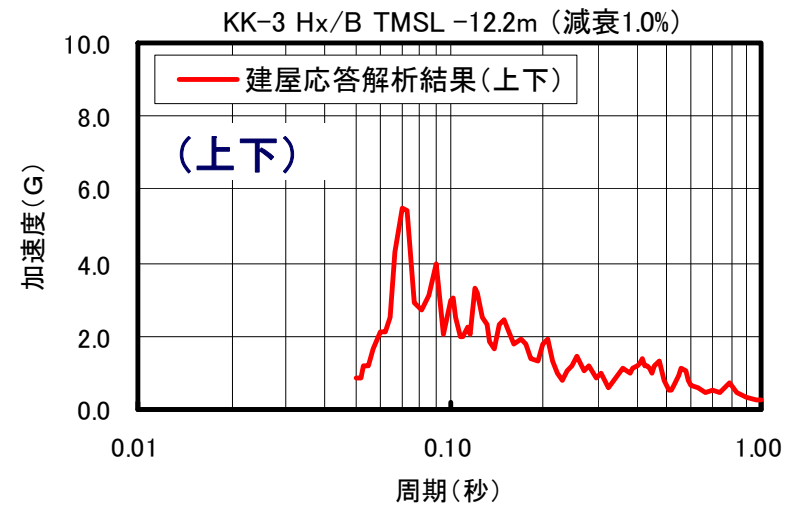
- 海水熱交換器建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）



地震応答解析に用いる建屋の地震応答

■評価に用いる床応答スペクトル

- 海水熱交換器建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）



地震応答解析に用いる減衰定数

- 地震応答解析では、試験・研究等にて妥当性が確認された下記の減衰定数を適用する。

機器の減衰定数

対象設備	減衰定数(%)		対象設備	減衰定数(%)	
	水平方向	上下方向		水平方向	上下方向
溶接構造物	1.0	1.0	燃料集合体	7.0	1.0
ボルトおよびリベット構造物	2.0	2.0	制御棒駆動装置	3.5	1.0
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	1.0	燃料取替機	2.0	1.5 - 2.0
電気盤	4.0	1.0	天井クレーン	2.0	2.0

配管系の減衰定数

配管区分		減衰定数(%)	
		保温材有	保温材無
I	スナッパおよび架構レストレイント支持主体の配管系で、その支持具（スナッパまたは架構レストレイント）の数が4個以上のもの	3.0	2.0
II	スナッパ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系で、アンカおよびUボルトを除いた支持具の数が4個以上であり、配管区分Iに属さないもの	2.0	1.0
III	Uボルトを有する配管系で、架構で水平配管の自重を受けるUボルトの数が4個以上のもの	3.0	2.0
IV	配管区分I、IIおよびIIIに属さないもの	1.5	0.5

地震応答解析で考慮した条件

地震応答解析では、設計時と同じ条件を適用することを基本的としているが、点検・評価計画書にて必要に応じて考慮するとした条件のうち、3号機の地震応答解析に適用した条件を次に示す。

■原子炉自動停止時の機械的荷重

- ・制御棒挿入による機械的荷重あり
 - 制御棒駆動系配管の解析に制御棒挿入による機械的荷重を考慮する
- ・主蒸気逃がし安全弁の吹出しによる機械的荷重なし
 - 主蒸気系配管の解析に主蒸気逃がし安全弁の吹出しによる機械的荷重を考慮しない

■本地震時の機器配置

- ・原子炉建屋クレーン
 - 本地震時の機器配置および吊り荷がない状態を解析に反映する
- ・燃料取替機
 - 本地震時の機器配置を解析に反映する

■時刻歴解析を実施する配管系の評価温度

- 地震時の状態に応じた温度を本評価に反映する

地震応答解析結果 (構造強度評価)

構造強度評価結果：大型機器（1 / 4）

原子炉圧力容器

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 III _A S (MPa)	評価方法※1	追加点検 (○：実施)	
原子炉圧力容器円筒胴	胴板	膜	174	303	A		
制御棒駆動機構ハブツグ貫通孔	スタブチューブ	膜+曲げ	182	285	A		
再循環水出口ノズル (N1)		評価中					
主蒸気ノズル (N3)							
給水ノズル (N4)							
上蓋スプレイノズル(N7)							
ブラケット類							
原子炉圧力容器スタビライザ	ブラケット	曲げ	110	228	B		
原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト	引張	38	207	B	○	
制御棒駆動機構ハブツグ支持金具	スプラインプレート	曲げ	95	192	A		
原子炉圧力容器スカート	スカート	座屈	0.21※2	1※2	B		
原子炉格納容器スタビライザ		評価中					

※1 A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価, C: 詳細評価

※2 座屈に対する評価式により、算出値は評価基準値に対する比率で示す。

構造強度評価結果：大型機器（2/4）

原子炉本体の基礎

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価方法※1	追加点検 (○：実施)
アンカボルト						
ベアリングプレート						
評価中						

炉内構造物

蒸気乾燥器	耐震用ブロック溶接部	せん断	31	34	B	
シュラウドヘッド	シュラウドヘッド	膜+曲げ	131	214	B	
気水分離器	気水分離器下端	膜+曲げ	51	85	A	
給水スパーチャ	ヘッド	膜+曲げ	19	139	A	
高圧及び低圧炉心スプレイスパーチャ	ヘッド	膜+曲げ	26	139	A	
ジェットポンプ	ライザブレース	膜+曲げ	196	241	A	
残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部)	リング	膜	17	57	A	
高圧及び低圧炉心スプレイ系配管 (原子炉圧力容器内部)	パイプ	膜+曲げ	74	214	A	
差圧検出・ほう酸水注入系配管	パイプ	膜+曲げ	23	85	A	
中性子束計測案内管						
評価中						

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

※2 座屈に対する評価式により、算出値は評価基準値に対する比率で示す。

構造強度評価結果：大型機器（3／4）

炉心支持構造物

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価 方法※1	追加点検 (○：実施)
炉心シュラウド	下部胴	膜	78	128	B	
シュラウドサポート	レグ	軸圧縮	101	217	A	
上部格子板	グリッドプレート	膜＋曲げ	52	214	B	
炉心支持板	支持板	膜＋曲げ	60	268	B	
制御棒案内管	長手中央部	膜	13	143	B	
燃料支持金具	燃料支持金具	膜	13	173	B	

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：大型機器（4 / 4）

格納施設

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 III_AS (MPa)	評価 方法※1	追加点検 (○：実施)
原子炉格納容器胴						
上部シヤラグ						
下部シヤラグ						
サプレッションチェンバ						
原子炉格納容器 配管貫通部						
原子炉格納容器 電気配線貫通部	管台	膜	29	211	B	
ダイヤフラムフロア						
ベント管						
サプレッションチェンバ スプレイ管						

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：床置機器（1 / 7）

制御棒駆動系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 $\text{III}_A S$ (MPa)	評価方法※1	追加点検 (○：実施)
水圧制御ユニット	ボルト	引張	173	475	A	○

残留熱除去系

残留熱除去系熱交換器	胴板	膜	160	248	A	○
残留熱除去系ポンプ	原動機 取付ボルト	せん断	10	350	A	
残留熱除去系ストレナ	アウターリム	膜+曲げ	139	169	A	

原子炉隔離時冷却系

原子炉隔離時冷却系ポンプ	基礎ボルト	引張	49	169	A	○
原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用蒸気タービン	基礎ボルト	引張	38	169	A	○

高圧炉心スプレイ系

高圧炉心スプレイ系ポンプ	原動機 取付ボルト	せん断	18	350	A	
高圧炉心スプレイ系 ストレナ	アウターリム	膜+曲げ	123	169	A	

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：床置機器（2／7）

低圧炉心スプレイ系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 $\text{III}_A S$ (MPa)	評価方法※1	追加点検 (○：実施)
低圧炉心スプレイ系ポンプ	原動機 取付ボルト	せん断	10	350	A	○
低圧炉心スプレイ系 ストレーナ	アウターリム	膜+曲げ	123	169	A	

主蒸気系

主蒸気逃がし安全弁逃がし弁 機能用アキュムレータ	ボルト	せん断	14	117	A	
主蒸気逃がし安全弁自動減圧 機能用アキュムレータ	ボルト	せん断	46	117	A	

原子炉補機冷却水系

原子炉補機冷却水系熱交換器	胴板	膜+曲げ	229	415	B	
原子炉補機冷却水ポンプ	原動機 取付ボルト	せん断	9	122	A	○

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：床置機器（3／7）

原子炉補機冷却海水系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 $\text{III}_A S$ (MPa)	評価 方法※1	追加点検 (○：実施)
原子炉補機冷却海水ポンプ	原動機 取付ボルト	せん断	15	366	A	○
原子炉補機冷却海水系 ストレーナ	基礎ボルト	せん断	6	133	A	○

ほう酸水注入系

ほう酸水注入系ポンプ	ポンプ 取付ボルト	せん断	18	118	A	○
ほう酸水注入系貯蔵タンク	基礎ボルト	せん断	48	133	A	○

非常用ガス処理系

非常用ガス処理系排風機	基礎ボルト	せん断	29	130	A	○
非常用ガス処理系乾燥装置	スライドボルト	せん断	68	342	A	
非常用ガス処理系 フィルタ装置	スライドボルト	せん断	214	342	A	

放射線管理用計測設備

燃料取替エリア排気放射線 モニタ	取付ボルト	せん断	3	139	A	
---------------------	-------	-----	---	-----	---	--

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：床置機器（4／7）

中央制御室換気空調系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価方法※1	追加点検 (○：実施)
MCR送風機	基礎ボルト	引張	63	173	A	
MCR再循環送風機	基礎ボルト	引張	17	173	A	
MCR排風機	原動機 取付ボルト	引張	12	180	A	
MCR再循環フィルタ装置	基礎ボルト	せん断	48	133	A	○

計測制御系統設備

局部出力領域計測装置検出器 集合体	ガ - チューブ	膜 + 曲げ	88	168	B	
中性子源領域計測装置 / 中間 領域計測装置ドライチューブ	ドライチューブ	膜 + 曲げ	91	268	B	
ベンチ形制御盤	取付ボルト	せん断	3	133	A	
直立形制御盤	取付ボルト	引張	8	173	A	
現場盤	取付ボルト	せん断	3	133	A	

※1 A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価, C: 詳細評価

構造強度評価結果：床置機器（5／7）

可燃性ガス濃度制御系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価方法※1	追加点検 (○：実施)
可燃性ガス濃度制御系可搬式再結合装置ブロー	ベース取付溶接部	せん断	21	52	A	
可燃性ガス濃度制御系可搬式再結合装置	基礎ボルト	せん断	65	350	A	

非常用ディーゼル発電設備

ディーゼル機関	基礎ボルト	せん断	23	195	A	
空気だめ	胴板	膜	91	241	A	
燃料ディタンク	スカート	座屈	0.27※2	1※2	A	
発電機	軸受台下部 ベース取付ボルト	せん断	10	139	A	○

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備

ディーゼル機関	基礎ボルト	せん断	28	195	A	○
空気だめ	胴板	膜	91	241	A	
燃料ディタンク	スカート	座屈	0.11※2	1※2	A	
発電機	機関側軸受台 下部ベース取付ボルト	せん断	10	139	A	

※1 A：簡易評価，B：設計時と同等の評価，C：詳細評価

※2 座屈に対する評価式により、算出値は評価基準値に対する比率で示す。

構造強度評価結果：床置機器（6／7）

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 $\text{III}_A S$ (MPa)	評価 方法※1	追加点検 (○：実施)
高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水系熱交換器	胴板	膜	149	277	A	
高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ	ポンプ 取付ボルト	せん断	6	129	A	

高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系

高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水ポンプ	基礎ボルト	せん断	12	118	A	
高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却海水系ストレナ	基礎ボルト	せん断	20	366	A	

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：床置機器（7／7）

燃料設備

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価 方法※1	追加点検 (○：実施)
燃料取替機	構造物 フレーム	組合せ	152	231	B	
原子炉建屋クレーン	クレーン ガーダ	曲げ	95	309	B	
使用済燃料貯蔵ラック	ラック本体	組合せ	132	205	A	
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック本体	組合せ	80	205	A	
使用済燃料貯蔵プール・ キャスクピット	評価中					

その他の発電設備

125V蓄電池	取付ボルト	せん断	7	133	A	
125V充電器	取付ボルト	せん断	5	133	A	
バイタル交流電源設備	取付ボルト	せん断	5	133	A	

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：配管（1 / 3）

配管系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価 方法※1	備考	追加点検 (○：実施)	
主蒸気系	配管	一次	164	198	B			
	支持構造物	スナバ反力	63kN	110kN	B			
原子炉冷却材 再循環系	配管	評価中						
	支持構造物							
原子炉冷却材 浄化系	配管							
	支持構造物							
残留熱除去系	配管	一次	165	209	B			
	支持構造物	スナバ反力	48kN	88kN	B		○	
原子炉隔離時 冷却系	配管	評価中						
	支持構造物							
高圧炉心 スプレイ系	配管	一次	97	201	B			
	支持構造物	組合せ	83	245	B			

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：配管（2／3）

配管系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 III_AS (MPa)	評価方法※1	備考	追加点検 (○：実施)
低圧炉心 スプレイ系	配管	一次	132	274	B		
	支持構造物	スナバ反力	52kN	88kN	B		○
給水系	配管	評価中					
	支持構造物						
放射性ドレン 移送系	配管						
	支持構造物						
原子炉補機 冷却水系	配管	一次	187	233	B		
	支持構造物	組合せ	171	245	B		
原子炉補機 冷却海水系	配管	一次	86	241	B	時刻歴応答解析	
	支持構造物	組合せ	210	245	B	時刻歴応答解析	
制御棒駆動系	配管	評価中					
	支持構造物						
ほう酸水注入系	配管	一次	76	112	B	時刻歴応答解析	
	支持構造物	スナバ反力	0.4kN	2.3kN	B	時刻歴応答解析	

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

構造強度評価結果：配管（3／3）

配管系

確認対象	評価部位	応力分類	算出値 (MPa)	評価基準値 σ_{AS} (MPa)	評価 方法※1	備考	追加点検 (○：実施)	
非常用ガス 処理系	配管	一次	65	220	B			
	支持構造物	評価中						
可燃性ガス濃度 制御系	配管	一次	123	211	B			
	支持構造物	組合せ	117	245	B			
不活性ガス系	配管	評価中						
	支持構造物							
燃料プール 冷却浄化系	配管							
	支持構造物							
高圧炉心スプレ イディーゼル補 機冷却水系	配管	一次	108	229	B			
	支持構造物	組合せ	61	135	B			
高圧炉心スプレ イディーゼル補 機冷却海水系	配管	一次	64	239	B	時刻歴応答解析		
	支持構造物	評価中						

※1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

地震応答解析結果 (動的機能維持評価)

動的機能維持評価結果（床置設備：1 / 2）

評価対象設備	水平加速度 (G※1)		鉛直加速度 (G※1)	
	応答加速度	評価基準値 ※2	応答加速度	評価基準値 ※2
ほう酸水注入系ポンプ	0.7	1.6	0.6	1.0
残留熱除去系ポンプ	0.4	10.0	0.4	1.0
原子炉隔離時冷却系ポンプ	0.5	1.4	0.4	1.0
原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用蒸気タービン	0.5	2.4	0.4	1.0
高圧炉心スプレイ系ポンプ	0.4	10.0	0.4	1.0
低圧炉心スプレイ系ポンプ	0.4	10.0	0.4	1.0
可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置ブロワ	0.7	2.6	0.6	1.0
非常用ガス処理系排風機	0.8	2.3	0.6	1.0
非常用ディーゼル機関	0.6	1.1	0.5	1.0
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル機関	0.6	1.1	0.5	1.0

※1 $G = 9.80665(m/s^2)$

※2 適用する加速度

- JEAG4601-1991 追補版に定められる機能確認済加速度
- 試験あるいは評価により動的機能維持を確認した加速度

動的機能維持評価結果（床置設備：2/2）

評価対象設備	水平加速度 (G※1)		鉛直加速度 (G※1)	
	応答加速度	評価基準値 ※2	応答加速度	評価基準値 ※2
原子炉補機冷却水ポンプ	0.8	1.4	0.7	1.0
原子炉補機冷却海水ポンプ	1.6	10.0	0.8	1.0
MCR送風機	0.8	2.6	0.6	1.0
MCR排風機	0.8	2.6	0.6	1.0
MCR再循環送風機	0.8	2.6	0.6	1.0
高圧炉心スプレイディーゼル補機 冷却水ポンプ	0.7	1.4	0.7	1.0
高圧炉心スプレイディーゼル補機 冷却海水ポンプ	1.6	10.0	0.8	1.0

※1 $G = 9.80665(m/s^2)$

※2 適用する加速度

- JEAG4601-1991 追補版に定められる機能確認済加速度
- 試験あるいは評価により動的機能維持を確認した加速度

動的機能維持評価結果（弁：1 / 2）

評価対象設備	水平加速度 (G ※1)		鉛直加速度 (G ※1)	
	応答加速度	評価基準値 ※2	応答加速度	評価基準値 ※2
主蒸気系 (主蒸気内側隔離弁)	1.5	10.0	2.0	6.2
主蒸気系 (主蒸気逃がし安全弁)	2.0	9.6	1.7	6.1
給水系 ()	評価中			
残留熱除去系 (RHR熱交換器バイパス弁)	3.1	6.0	1.5	6.0
原子炉隔離時冷却系 ()	評価中			

※1 $G = 9.80665(m/s^2)$

※2 適用する加速度

- JEAG4601-1991 追補版に定められる機能確認済加速度
- 試験あるいは評価により動的機能維持を確認した加速度

動的機能維持評価結果（弁：2 / 2）

評価対象設備	水平加速度 (G ※1)		鉛直加速度 (G ※1)	
	応答加速度	評価基準値 ※2	応答加速度	評価基準値 ※2
原子炉冷却材浄化系 ()	評価中			
原子炉冷却材再循環系 ()				
不活性ガス系 ()				
低压炉心スプレイ系 (LPCS系試験可能逆止弁)	1.5	6.0	1.7	6.0
高压炉心スプレイ系 (HPCS系S/C側吸込隔離弁)	2.1	6.0	0.5	6.0
可燃性ガス濃度制御系 (FCS出口第二隔離弁)	2.6	6.0	1.6	6.0
放射性ドレン移送系 ()	評価中			

※1 $G = 9.80665(m/s^2)$

※2 適用する加速度

- JEAG4601-1991 追補版に定められる機能確認済加速度
- 試験あるいは評価により動的機能維持を確認した加速度

動的機能維持評価結果（計測制御系統・電気設備）

評価対象設備	水平加速度 (G ※1)		鉛直加速度 (G ※1)	
	応答 加速度	評価基準値 ※2	応答 加速度	評価基準値 ※2
モニタ計器 (中性子源領域モニタ用)	0.75	4.0	0.59	2.0
温度監視計器 (各所蒸気漏えい温度用)	0.75	3.0	0.59	2.0
温度検出器 (主蒸気管区域漏えい検出(換気出口温度)用)	0.52	10	0.43	10
加速度検出器 (水平方向地震加速度検出器(T.M.S.L 12.8m)用)	0.75	3.0	0.59	1.5
水位変換器 (スクラム排出容器水位(差圧検出器)用)	0.57	3.0	0.49	3.0
警報設定器 (スクラム排出容器水位(差圧検出器)用)	0.75	3.0	0.59	3.0
レベルスイッチ (スクラム排出容器水位(レベルスイッチ)用)	0.57	3.0	0.49	2.0
位置スイッチ (主蒸気止め弁(MSV-1~4)原子炉保護用-1用)	0.98	4.9	0.63	4.9
圧力スイッチ (蒸気加減弁(CV-1~4)急閉用)	1.27	3.0	0.68	3.0
継電器 (過電流継電器用)	0.57	1.5	0.49	1.2
真空遮断器 (6.9kV外クラッドスイッチヤ3C,3D,3H用)	0.57	2.0	0.49	1.2

※1 $G = 9.80665(m/s^2)$

※2 既往の試験等をもとに定めた機能確認済加速度

動的機能維持評価結果（制御棒挿入性）

評価対象設備	燃料集合体の地震時相対変位 (mm)	評価基準値 (mm)
制御棒 (地震時の挿入性)	12.3	40.0※

※ 加振時の挿入性試験により、目安時間内に制御棒が挿入されることが確認された燃料変位

疲労評価結果

対象設備	地震荷重による 1次+2次応力 (MPa)		疲労評価					
			運転状態 I, II	新潟県中越沖地震時			U+UF	評価基準値
	算出値	許容値 3Sm	疲れ累積 係数:U	繰返し σ - σ 応 力強さ(MPa)	等価繰返し 回数	疲れ累積 係数:UF		
給水系配管			評価中					
給水ノズル(N4)								
原子炉補機冷却水系 配管								

地震応答解析結果（まとめ）

- 解析対象設備のうち、以下の設備に対する解析を完了した。

構造強度評価 : 85設備

動的機能維持評価 : 35設備

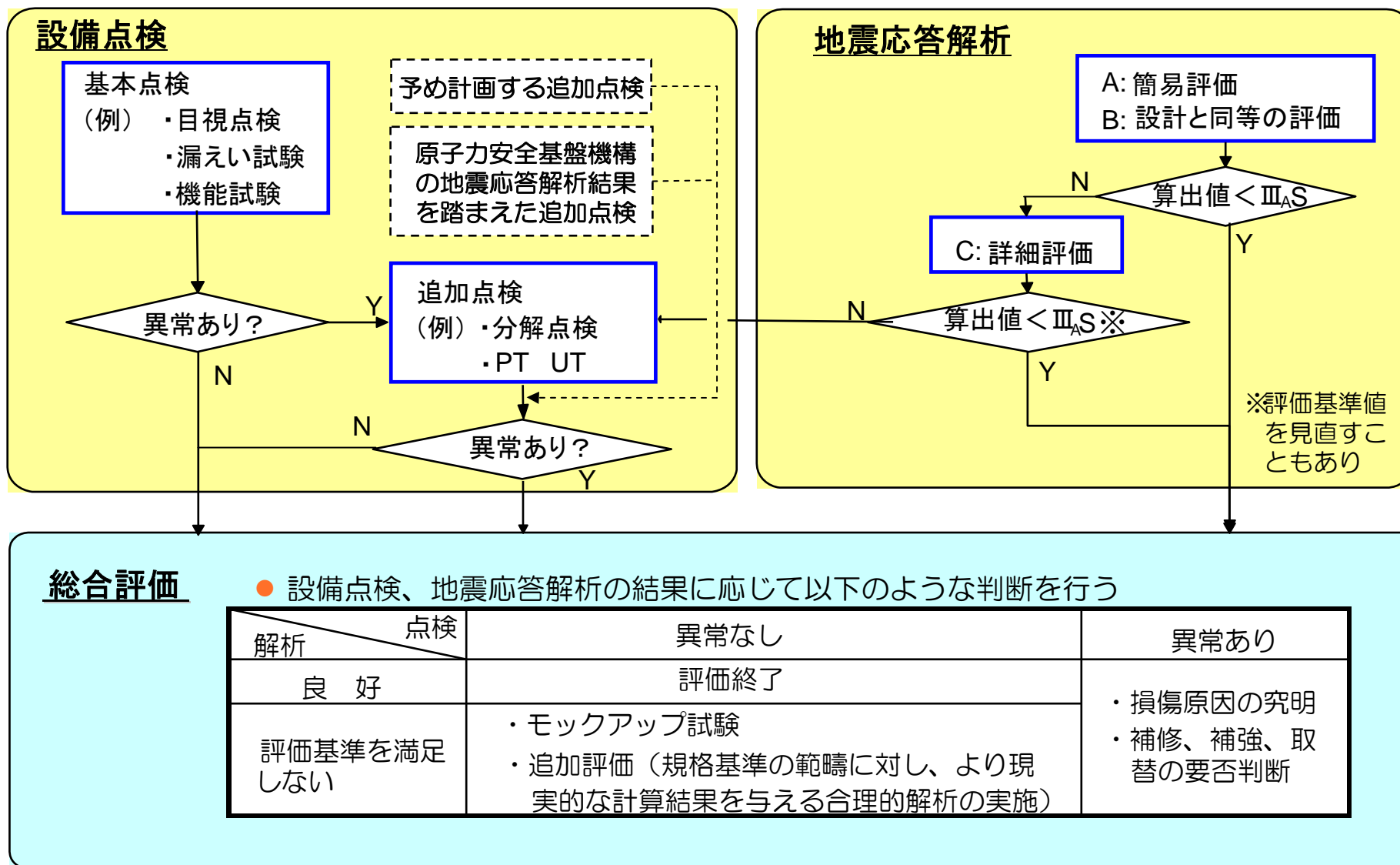
- ✓ 構造強度評価の結果、機器・配管系の算出値はいずれも評価基準値以下であることを確認した。
- ✓ 動的機器の応答加速度は、いずれも評価基準値以下であることを確認した。

■ 今後の予定

- ✓ 解析対象設備のうち、解析が完了していない設備の解析を実施する。
- ✓ 疲労による影響が比較的大きい設備について、疲労評価を実施する。
- ✓ 比較的余裕の少ない設備については、建屋応答解析結果と観測記録との相違による影響について検討する。

4. 設備健全性の総合評価

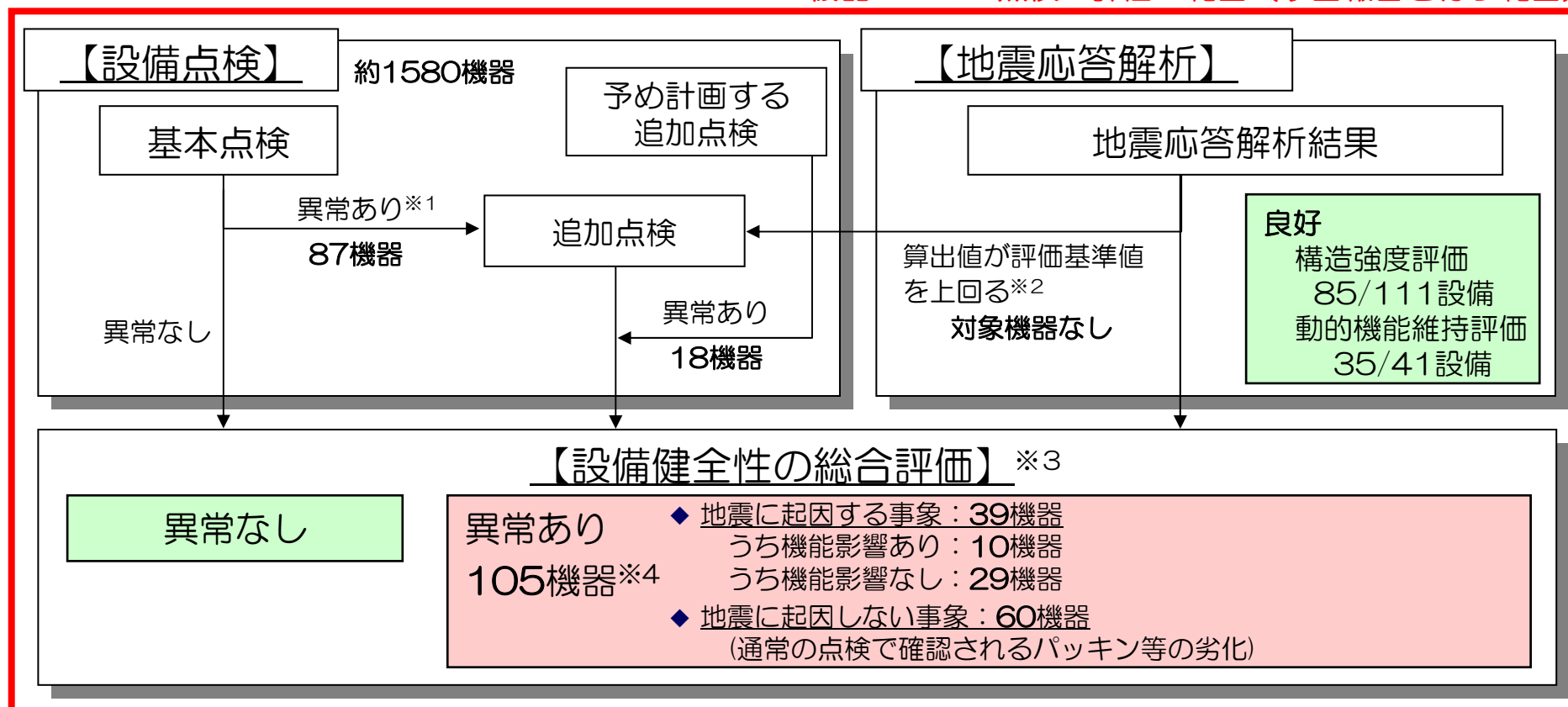
総合評価の内容



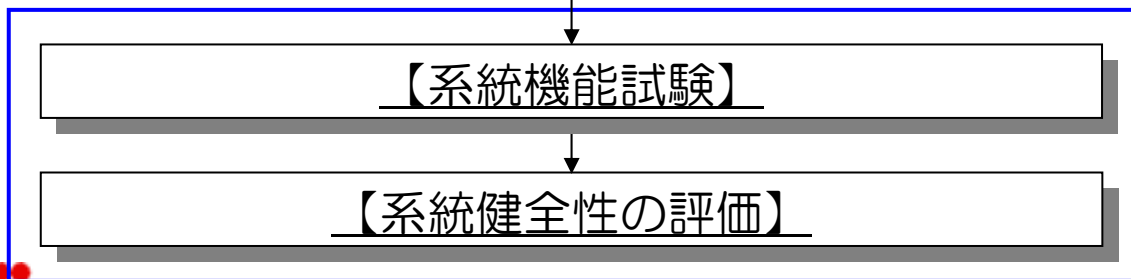
点検・評価の流れ（構造強度評価の例）

総合評価結果の概要

機器レベルの点検・評価の範囲（今回報告を行う範囲）



系統レベルの点検・評価の範囲



※1：設備点検の結果「異常あり（不適合）」と判断したすべてを定義しており、経年劣化等、構造強度・機能に影響の無かったものも含めて「異常」としている。

※2：算出値が評価基準値を下回る場合においても、詳細評価を実施した箇所等、地震応答解析の結果、地震の影響が比較的大きい箇所については、予め計画する追加点検を実施した。

※3：機器レベルにおいて、設備点検及び地震応答解析の結果を基に総合的に評価を実施した。

※4：6機器については評価中

確認された事象の分類

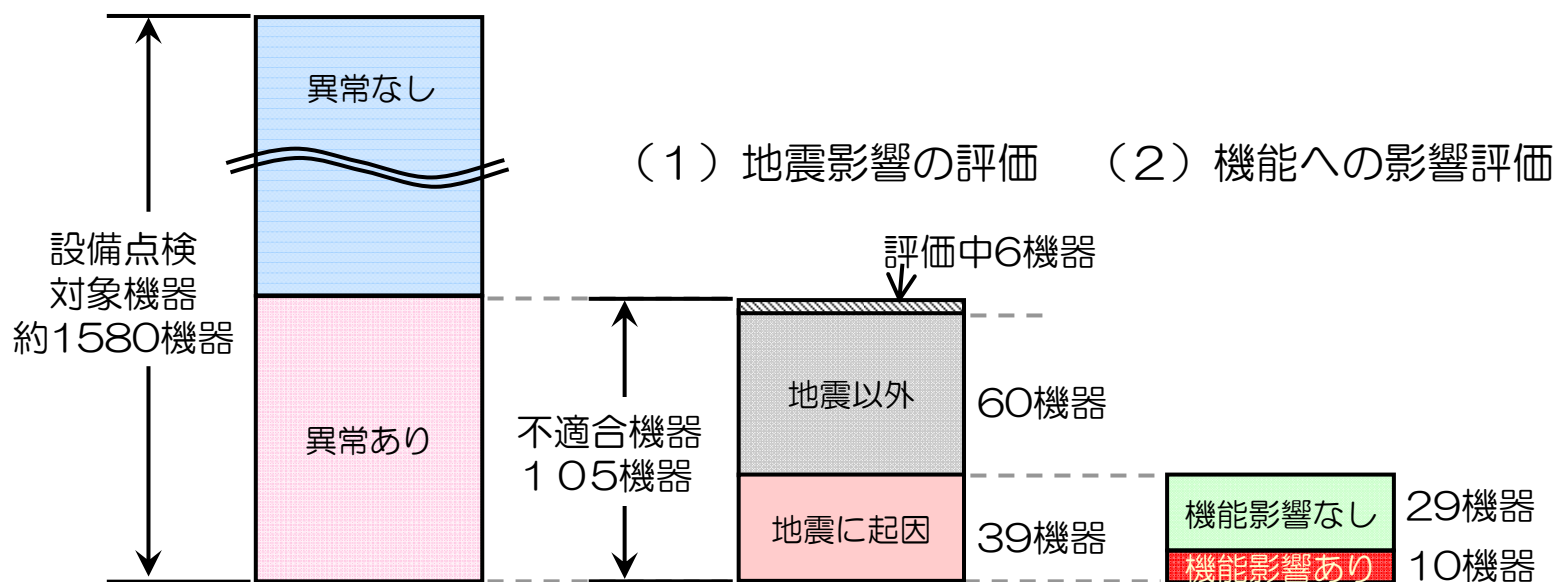
- 現時点の地震応答解析の結果では、算出値が評価基準値を満足していることから、設備点検において異常が確認された設備について、総合評価を実施した。

(1) 地震影響の評価

現時点の設備点検において異常が確認された105機器について、「地震に起因する事象」と「地震に起因しない事象」に分類を行った。

(2) 機能への影響評価

「地震に起因する事象」については、機能への影響評価を行った。



(1) 地震影響の評価結果

- 確認された不適合事象について、地震によって生じた事象かを評価した。また、確認された事象は以下のとおり分類できた。
 - 地震に起因すると考えられる事象（39機器）
 - ① 地震に起因する部品等のずれ、こすれ事象（29機器）
 - ② 地盤沈下による変形事象（1機器）
 - ③ グラウトの微細なひび割れ（6機器）
 - ④ 仮置き機器の接触事象（1機器）
 - ⑤ 変圧器の火災による損傷事象（2機器）
 - 地震に起因しないと考えられる事象※（60機器）
 - ⑥ 通常の保全活動にて確認される劣化事象（47機器）
 - ⑦ 異物の噛み込み等偶発的な事象（5機器）
 - ⑧ 固着等一時的に発生した事象（3機器）
 - ⑨ 施工不良等に起因する事象（5機器）

※：参考資料-1参照

(2) 機能への影響評価結果

- 地震に起因すると考えられる事象が確認された39機器について、機能に与える影響を評価した。
- その結果、機能に影響があると評価した機器は10機器であり、残りの29機器については、機能に影響がないと評価した。
- 具体的な評価結果について、次頁以降にてご報告する。

評価結果（機能に影響があると評価した機器）（1/2）

- 地震に起因すると考えられる事象39機器を評価した結果、機能に影響があると評価した機器は、以下の10機器であった。

No.	機 器	確認された不適合事象	評価及び復旧状況
1	高圧タービン	軸受の油切りの損傷、中間軸受台キーの変形、オイルシールリングの割れ、高圧車室のずれ等を確認した。	<p>車室のずれ以外の事象については、地震の揺れにより、軸受の揺れがロータに伝わり、ロータの移動により各部が接触したことによるものと評価した。各部の交換及び手入れ等を実施中。</p> <p>（類似事象発生号機：1、5～7号機※）</p> <p>車室のずれについては、地震の揺れにより高圧車室、低圧車室が移動したものと評価した。車室の位置修正を実施した。</p> <p>（先行号機で確認されていない事象）</p>
2	低圧タービン(A)	軸受の油切りにロータとの接触による損傷、動翼と静翼に接触による摩耗、低圧車室のずれ等を確認した。	
3	低圧タービン(B)		
4	低圧タービン(C)		
5	原子炉建屋クレーン	トロリ部ケーブルベアの脱輪を確認した。	<p>地震の揺れによりケーブルベアがレールから脱輪したものと判断した。ケーブルベアを復旧後、健全であることを確認した。</p> <p>（類似事象発生号機：1、7号機※）</p>
6	主変圧器	内部部品のずれ、鉄心の摺れ痕、基礎ボルトの折損を確認した。	<p>地震の揺れにより各損傷が発生したと判断した。変圧器の修理を実施し、異常がないことを確認した。</p> <p>（類似事象発生号機：1、5～7号機※）</p>

※参考資料-2、3参照

評価結果（機能に影響があると評価した機器）（2/2）

No.	機器	確認された不適合事象	評価及び復旧状況
7	サイリスタ 整流器盤	サイリスタトレイの位置ずれを確認した。	地震の揺れにより位置ずれが発生した。ずれを戻し異常がないことを確認した。 （類似事象発生号機：1号機※）
8	所内変圧器（B）	二次ブッシングの破損、基礎ボルトの変形を確認した。	地震の揺れにより各損傷が発生したと判断した。変圧器の新製交換を実施し、異常がないことを確認した。 （先行号機で確認されていない事象）
9	所内変圧器（B） 温度高継電器	所内変圧器（B）に付属の両機器について、信号ケーブル端子箱の焼損を確認した。	所内変圧器（B）の火災に伴い、端子箱が焼損した。変圧器の新製交換にあわせ、計器の新製交換を実施した。 （8. 所内変圧器（B）の火災に伴い発生した事象）
10	所内変圧器（B） 衝撃油圧継電器		

※参考資料-2、3参照

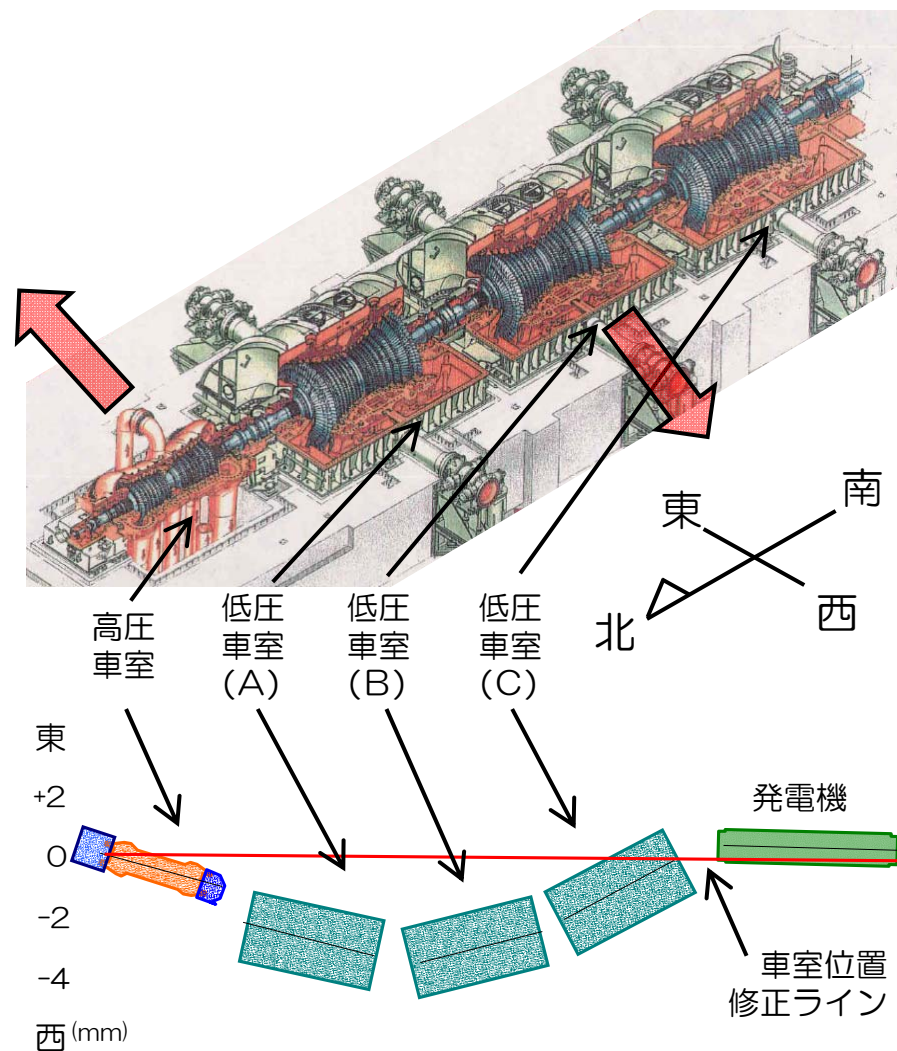
- 先行号機で確認されていない事象である、「高圧および低圧タービンの車室のずれ」、「所内変圧器（B）の火災による損傷」に対する評価結果を、次頁以降に示す。

高圧および低圧タービンの車室のずれ

事象：高圧車室および低圧車室（A）～（C）が東西方向に移動していることを確認した。

評価：地震動により高圧車室および低圧車室が移動したものと考えられる。車室が移動した状態では、タービン軸のアライメント※調整ができず、タービン起動中に異常な軸振動が発生する要因となりうることから機能への影響があるものと評価した。

対策：車室本体に変形等の損傷は確認されていないことから、タービン軸のアライメント調整ができるよう、車室の位置修正（最大修正量は低圧車室（A）発電機側で3.6mm）を実施した。



車室の位置修正図

※アライメント：タービンの軸を一直線上に配置すること

【参考】先行号機との比較（損傷部位）

- 高圧及び低圧タービンにおいて確認された主な損傷について先行号機（1、5、6、7号機）との比較を行った。
- 車室のずれ以外の損傷については5、6、7号機に同様に確認されており、地震の影響により発生したものと判断した。なお、タービン翼の摩耗は動翼が回転しながら静翼に接触したもので、地震時に運転中であった7号機にも確認されている（参考資料-2 参照）。

号機（地震時 運転状態） 主な損傷部位	3号機 （運転中）	5、6号機 （停止中）	7号機 （運転中）	1号機※ （点検中）
動翼と静翼	摩耗・接触痕	接触痕のみ	摩耗・接触痕	接触痕のみ （低圧タービン（B）のみ）
オイルシールリング	オイルシールリング折損	オイルシールリング折損	オイルシールリング折損	損傷なし （分解点検中）
中間軸受台	固定キー変形	固定キー変形	固定キー変形	損傷無し （分解点検中）
軸受	接触痕	接触痕	接触痕	接触痕・変形 （低圧タービン（B）のみ）
軸受油切り	歯先変形	歯先変形	歯先変形	歯先変形 （低圧タービン（B）のみ）
高圧・低圧車室	車室のずれ	異常なし	異常なし	車室のずれ （低圧タービン（B）のみ）

※ 高圧タービン、低圧タービン（A）、（C）は分解点検のため車室開放中

所内変圧器（B）の火災による損傷（1/2）

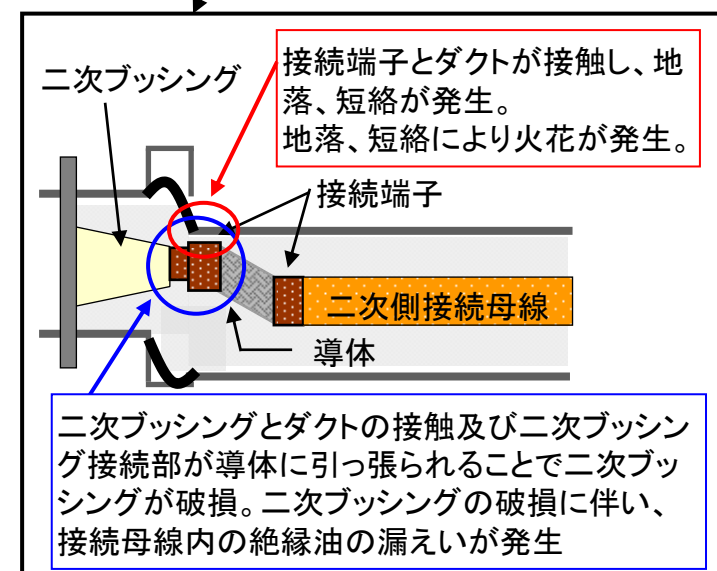
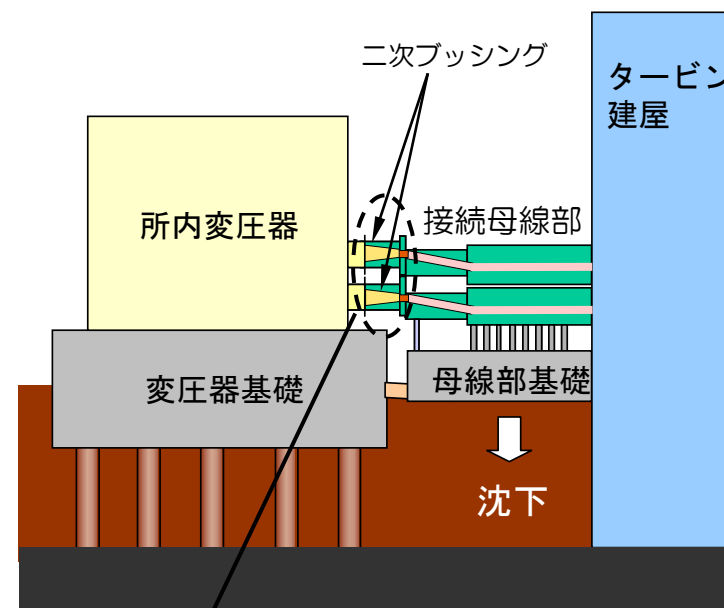
事象：地震時に接続母線ダクト部から火災が発生し、変圧器が焼損した。追加点検（分解点検）の結果、二次ブッシングの破損を確認した。

評価：変圧器基礎と母線部基礎の不等沈下により、

- ・二次ブッシングとダクトの接触等による二次ブッシング部の破損、漏油
- ・接続端子とダクトの接触に伴う地絡、短絡が発生し、地絡等の火花が漏油に引火して火災が発生したものと評価した。

対策：変圧器の取替を実施した。

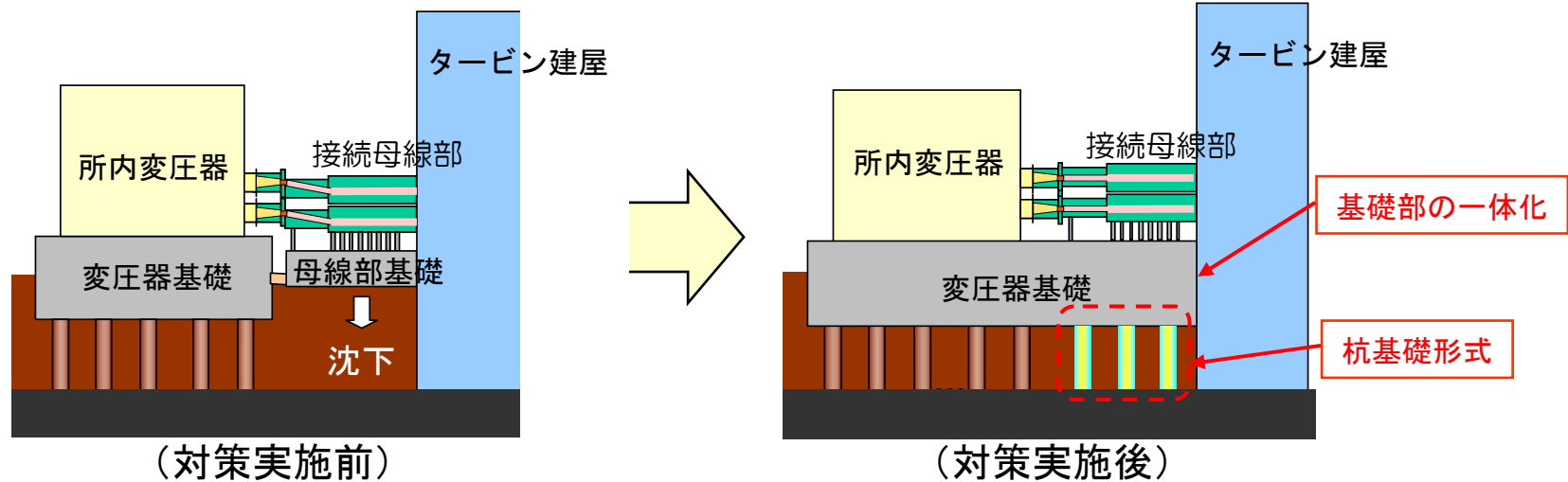
火災対策として、母線部基礎の杭基礎化と変圧器基礎と母線部基礎の一体化を実施した。また、ダクト接続部の位置変更等を実施した（詳細は次頁参照）。



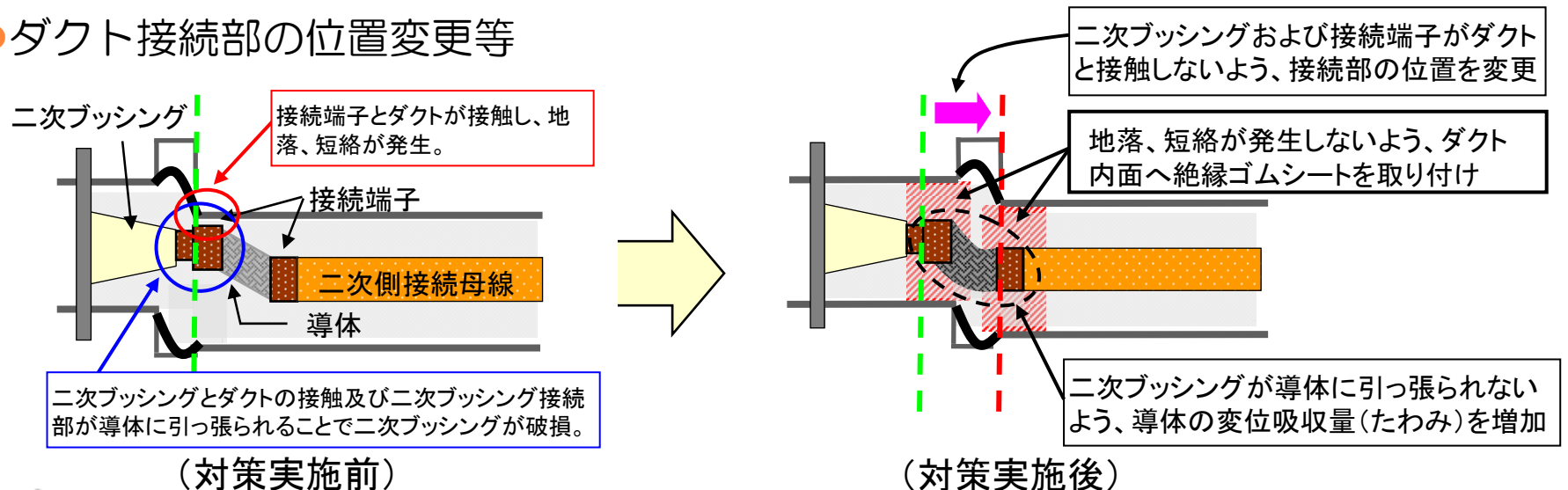
所内変圧器（B）の火災による損傷（2/2）

■ 所内変圧器（B）の火災に対する対策

● 母線部基礎の杭基礎化と変圧器基礎との一体化



● ダクト接続部の位置変更等



評価結果（機能に影響がないと評価した機器）

■地震に起因すると考えられる事象39機器を評価した結果、機能に影響がないと評価した機器は以下の29機器であった。

①地震動による部品のずれ、こすれ事象（22機器）

- (1) 発電機本体の内部構造物等に確認された接触痕
- (2) 所内変圧器（A）、低起動変圧器（A）（B）内部構造物のずれ
- (3) 給水加熱器摺動脚のボルト変形等
- (4) 復水器（A）（B）（C）の整流板のずれ及び変形
- (5) 高電導度・低電導度廃液系サンプル槽、シャワードレン系収集槽のパッキンのはみ出し等
- (6) 補給水配管のUボルトの変形

②地盤沈下による変形、損傷事象（0機器）

③グラウト部の微細なひび割れ（6機器）

- (7) 原子炉補機冷却海水ポンプ 等

④仮置き材による機器の変形（1機器）

- (8) ほう酸水注入系配管の保温材の変形

■この内、④の事象については、仮置き機材の移動が原子炉安全上重要な機器に影響を及ぼす懸念があったことから、詳細について次頁以降に示す。

ほう酸水注入系配管保温材の損傷事象（1/2）

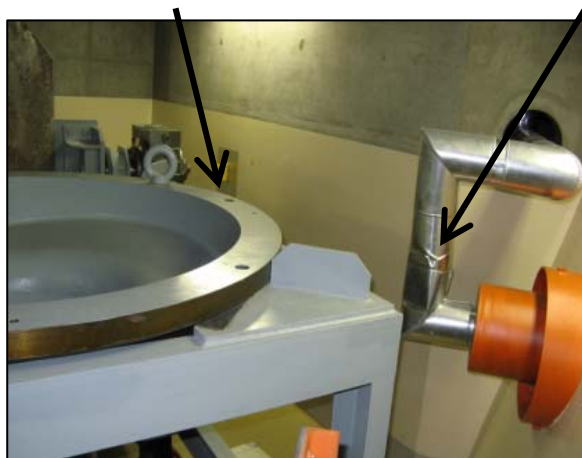
事象：原子炉建屋地下2階の供用期間中検査室内において、ほう酸水注入系配管の保温材が変形していることを確認した。

評価：当該配管近傍に設置されていた仮置き機材（供用期間中検査装置校正用試験片）が地震により移動し、当該配管に接触したものと判断した。配管については、保温材を取外し後目視点検を行い、変形等の損傷が無いことを確認した。

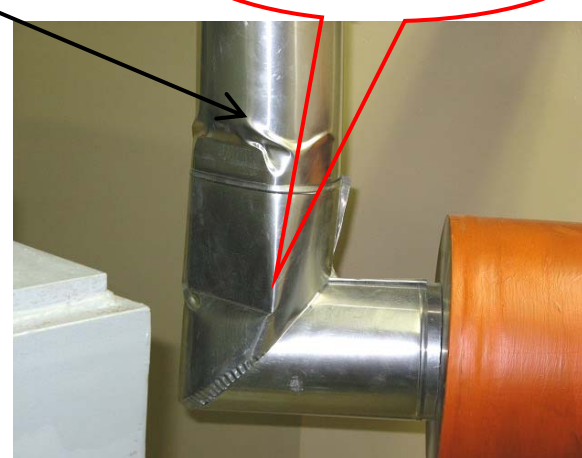
供用期間中検査装置校正用
試験片（キャスター付）

ほう酸水
注入系配管

機材が地震の影響で
移動し接触



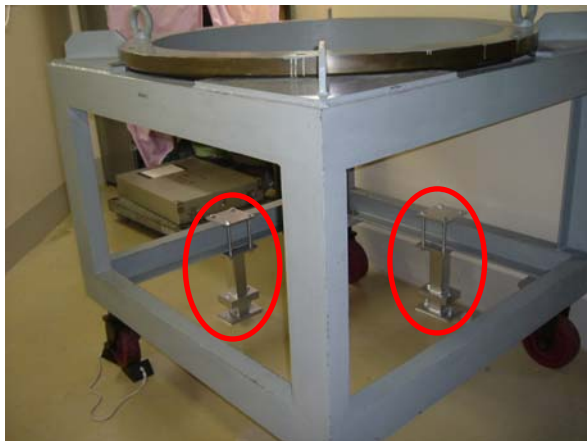
被災時の状況



配管保温材変形状況

ほう酸水注入系配管保温材の損傷事象（2/2）

対策：仮置き機材が地震時に移動しないように、固定を行った。
また、配管については、配管保護柵を設置した。



機材の固定



配管保護柵の設置

本事象は、仮置き機材の移動が原子炉安全上重要な機器に影響を及ぼす懸念があったことから、他プラントにおいても、水平展開として、下記の対策を実施した。

- 仮置き機材の状況調査を行い、機器の動作状況に影響を及ぼさず、地震発生時に転倒防止及び人身安全の確保が出来るように固定・固縛を実施した。
- 仮置き機材等設置する際には、固定・固縛等を確実に実施するように、社内マニュアルに上記実施事項を明確化した。

5. 今後の予定

今後の予定について

■機器レベルの点検・評価

- 今回の報告までに実施していない設備点検（燃料装荷後およびタービン復旧後に実施する点検等）や地震応答解析について実施していく。

■系統レベルの点検・評価

- 系統レベルの点検・評価は、機器レベルの健全性が確認された系統から、順次実施していく。

参考資料

参考資料-1 地震に起因しないと考えられる事象

参考資料-2 地震により機能に影響を及ぼした不適合事象

参考資料-3 主タービンの損傷状況の比較

＜参考資料-1＞地震に起因しない不適合事象（1/5）

■地震に起因しないと考えられる事象について、原因を以下のように分類した。

①通常の保全活動にて確認される劣化事象

従来の定期検査等で確認される不具合事象であり、主に時間の経過に伴い発生する劣化事象（パッキンの劣化、計器類の性能低下等）

②異物の噛み込み等偶発的な事象

機器を使用する環境や外乱等により、まれに発生する事象のうち、事象の再現性があるもの、または異常が長く継続するもの。
（温度表示の微変動、シール面の異物噛み等）

③固着等一時的に発生した事象

機器を使用する環境や外乱等により、まれに発生する事象のうち、事象の再現性が乏しいもの、または異常が一時的なもの。
（計器の一過性の動作等）

④施工不良等に起因する事象

保全作業等に伴い発生した不具合事象であり、通常の機器の使用等により発生しない事象（据付不良、弁締付け不良等）

■次頁以降に、各分類ごとに代表事象を示す。

<参考資料-1>地震に起因しない不適合事象 (2/5)

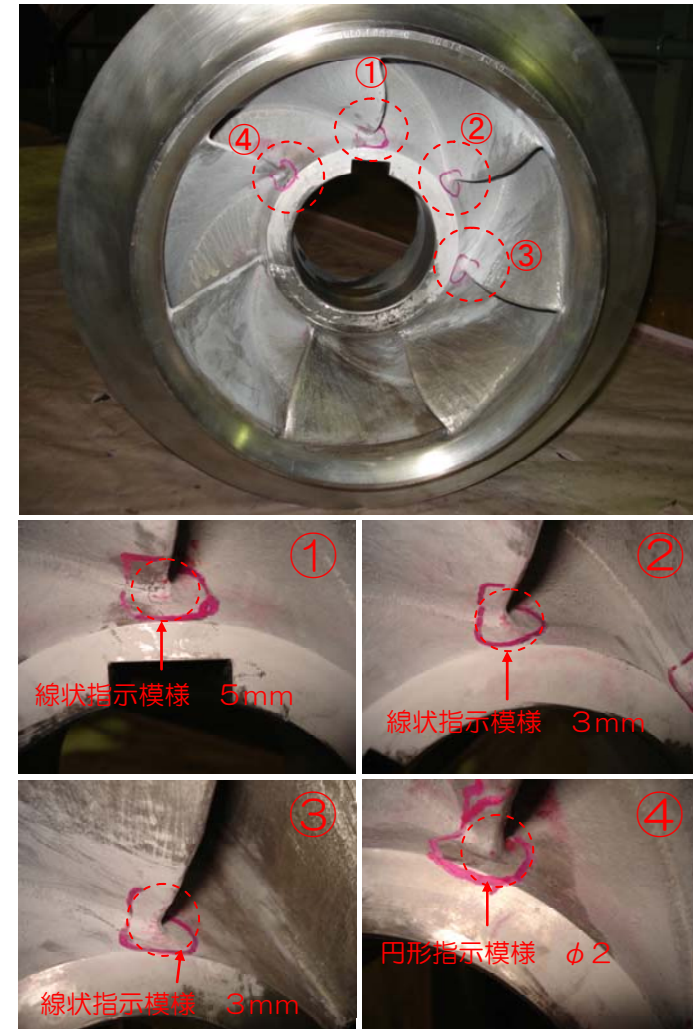
■①通常の保全活動にて確認される劣化事象

● 原子炉補機冷却水ポンプ (C) インペラの浸食について

事象：分解点検の結果、インペラに浸透指示模様を確認された。(インペラの付け根部・端部に円形及び線状指示模様が点在)

評価：指示模様はいずれも比較的軽微で深さも浅く、各部に変形等の損傷もないことから、経年的な運転による流体の影響と手入れによる内在欠陥の顕在化によるものであり、地震の影響ではないと判断した。

対策：浸透指示模様を確認されたインペラの付け根部・端部の手入れ並びに溶接補修を実施し、試運転において異常のないことを確認した。



インペラ浸透探傷試験結果

<参考資料-1>地震に起因しない不適合事象 (3/5)

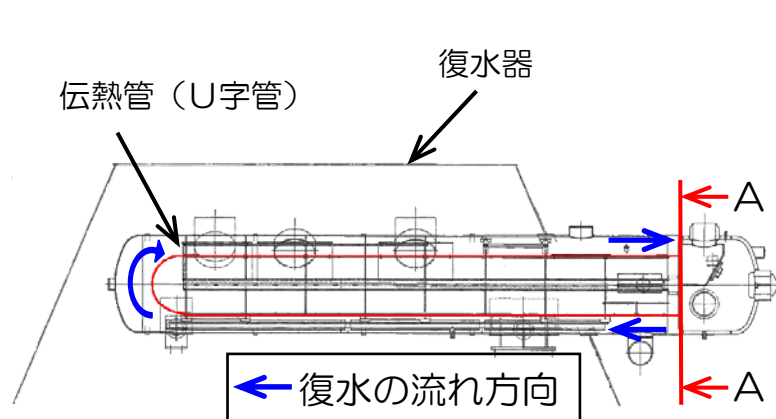
■②異物の噛み込み等偶発的な事象

●第6給水加熱器 (C) 伝熱管のつまりについて

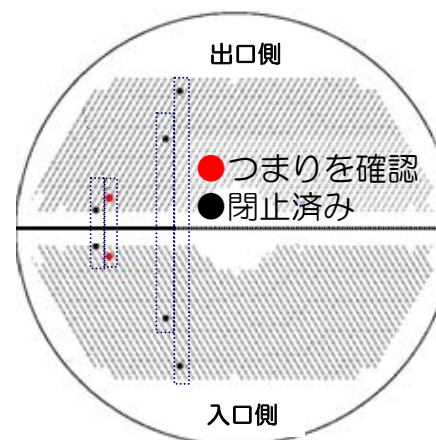
事象：過流探傷試験の結果、第6給水加熱器 (C) の伝熱管 (1088本) のうち、1本につまりを確認した。

評価：スケール (配管材の酸化物と推定される) の付着によるつまりであり、過去にも同じ事象が当該機器に確認されていることから、地震の影響ではないと判断した。なお、今回を含めスケールのつまり等により4本の伝熱管に閉止処置を行っているが、機器の伝熱性能上13本まで閉止可能であることから、機能への影響は無い。

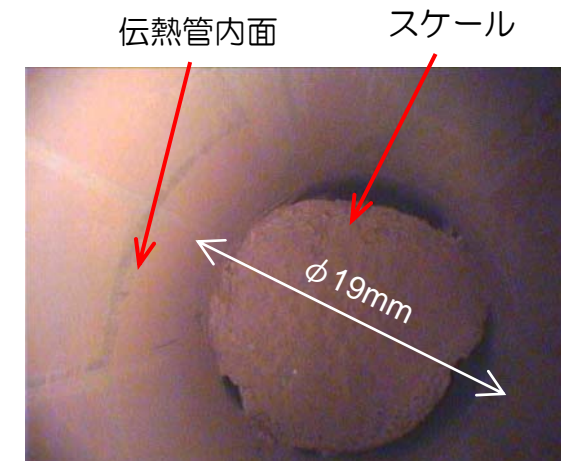
対策：つまりが確認された伝熱管に閉止栓処置を行った。



第6給水加熱器 構造図



伝熱管配置図
(A-A断面)



伝熱管内面の状況

<参考資料-1>地震に起因しない不適合事象 (4/5)

■③固着等一時的に発生した事象

●平均出力領域モニタ(E)流量ユニットの流量比較器異常警報発生事象について

事象：中央制御室において、以下の警報発生及び異常ランプの点灯を確認した。

- ・「APRM※1流量ユニット異常」警報の発生
- ・「FLOW(A)比較器異常」ランプの点灯
- ・「流量比較器異常」ランプの点灯

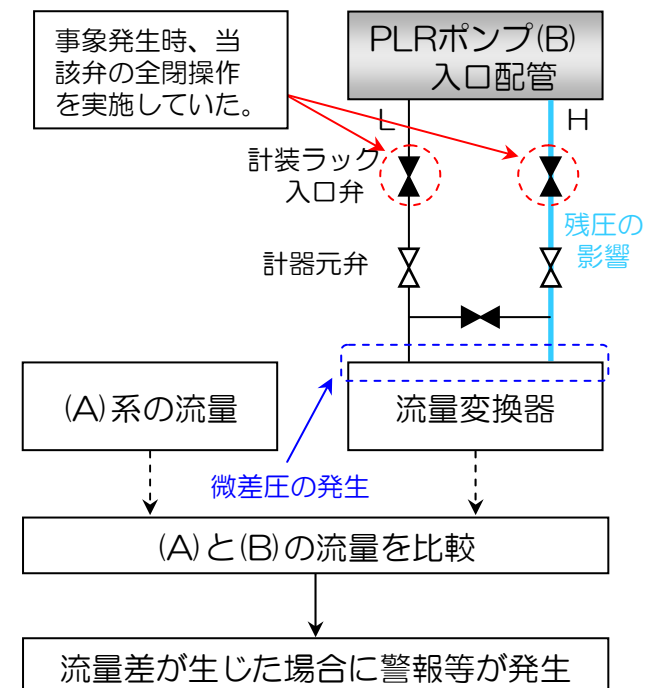
PLR ※2ポンプ (A) (B)
の流量差を検知する目的

評価：事象発生時、PLRポンプは停止中であり、計装ラック入口弁は計器隔離のため、全閉操作中であった。本事象は、

- ・流量変換器およびAPRMの機能に異常は確認されていないこと
- ・計装ラック入口弁を開操作したところ、警報類が復旧したこと

から、計装ラック入口弁全閉操作時のラック内の残圧の影響によるものと判断した。

対策：一過性の事象であり、対策不要と判断した。



※1：平均出力領域モニタ、※2：原子炉冷却材再循環系

<参考資料-1>地震に起因しない不適合事象 (5/5)

■④施工不良等に起因する事象

- 主蒸気逃がし安全弁用アキュムレータ Uバンド固定用ナット未取付について

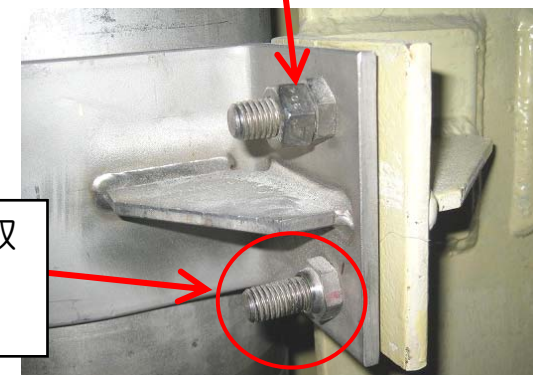
事象：目視点検の結果、主蒸気逃がし安全弁用アキュムレータUバンド固定用のダブルナットのうち、1個が未取付であることを確認した。

評価：本事象については、

- ・アキュムレータ1台につき8箇所あるダブルナットのうち、7箇所には緩みが確認されず、未取付であったナットの下側のナットにも緩みは確認されなかったこと
- ・当該のアキュムレータ本体に変形等の損傷は確認されなかったこと

から、地震の影響ではなく、ナットの取付忘れであると判断した。

対策：ナットの取付を実施した。



ナットが1個未取付けであることを確認した。

<参考資料-2>地震により機能に影響を及ぼした不適合事象（1/3）

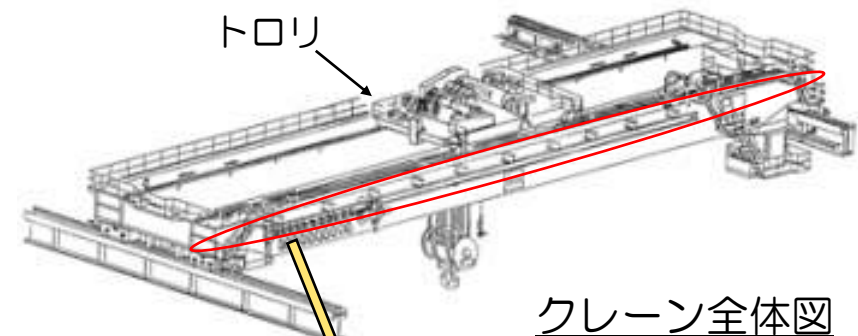
■ 5. 原子炉建屋クレーン

事象：原子炉建屋天井クレーントロリ部
ケーブルベア※の車輪がレールから
脱輪していることを確認した。

評価：地震によりケーブルベアが揺れて、
レールから脱輪したものと判断し
た。走行レールおよびケーブルベ
ア自体に変形等の損傷はなかつた
が、脱線した状態でクレーンの移
動はできないため、機能維持に影
響があると判断した。

対策：車輪をレール上に復旧した。

※ケーブルベアは、トロリ部給電用可動ケーブルの
整線及び断線防止用に設置されているもの。



ケーブルベア脱輪状態

<参考資料-2>地震により機能に影響を及ぼした不適合事象 (2/3)

■ 6. 主変圧器

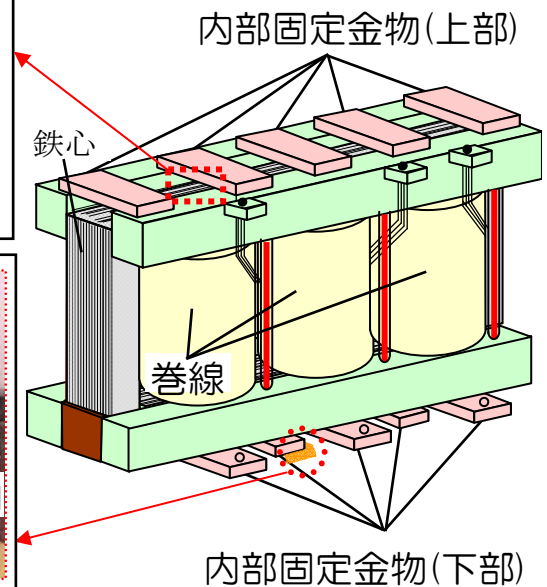
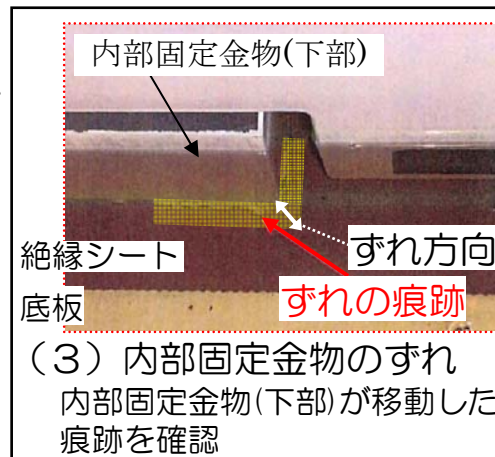
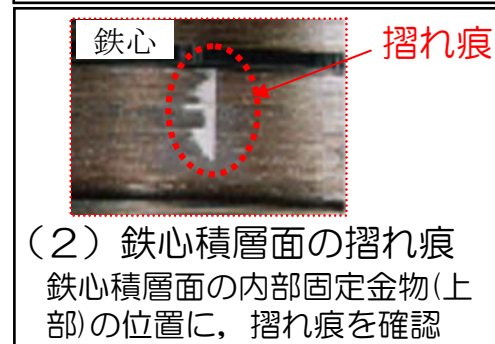
事象：主変圧器の点検の結果、以下の機能に影響を及ぼす事象を確認した。

- (1) 基礎ボルトの折損
- (2) 鉄心積層面の摺れ痕
- (3) 内部固定金物のずれ

評価：地震時の過大な応力により基礎ボルトが折損した。変圧器の支持機能を満足しないため、機能への影響有りとは判断した。

地震の影響により内部部品がずれたと判断した。鉄心積層面の摺れ痕は絶縁性能に、固定金物のずれは機械性能に、それぞれ影響を及ぼすと判断した。

対策：基礎固定部を、ボルト構造から溶接構造に変更した。
内部部品のずれを修復し、損傷した鉄心の交換を行った。



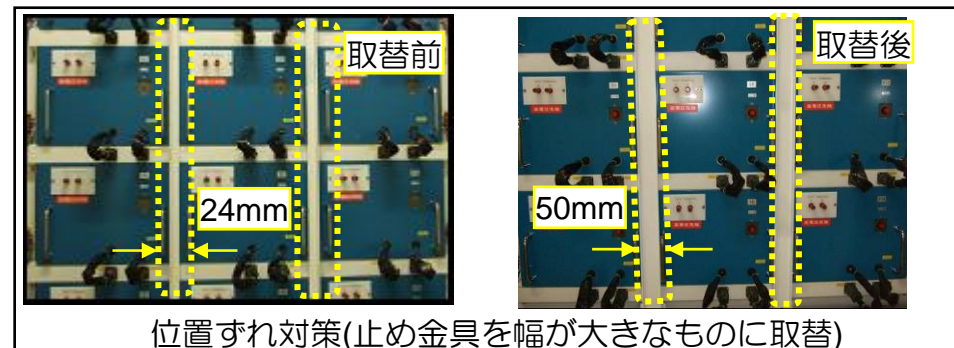
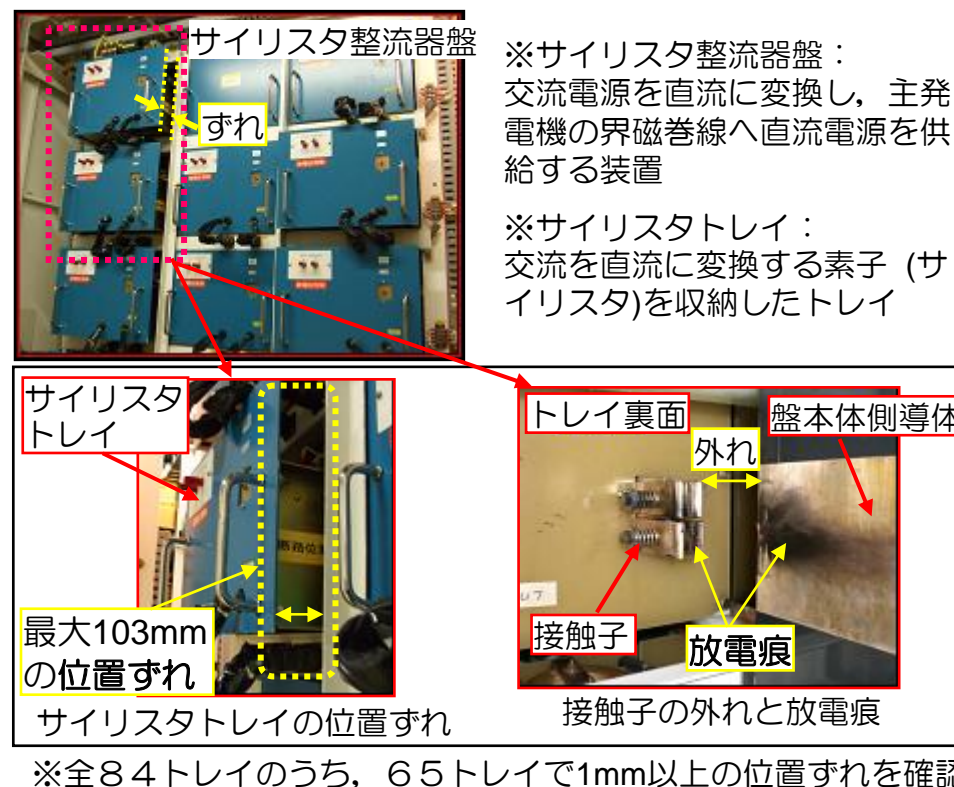
<参考資料-2>地震により機能に影響を及ぼした不適合事象 (3/3)

■7. サイリスタ整流器盤

事象：サイリスタ整流器盤内にあるサイリスタトレイの位置がずれていることを確認した。また、トレイ接触子および導体に放電痕を確認した。

評価：地震によりサイリスタトレイの位置がずれ、トレイ裏面の接触子が導体から外れたと判断した。これにより、接触子及び盤導体に放電が発生した。当該トレイから主発電機界磁巻線へ電源供給ができないことから、励磁装置の機能に影響があると判断した。

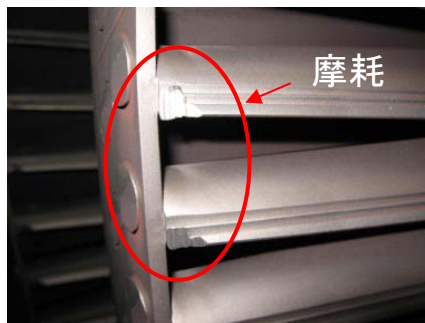
対策：接触子および導体を交換するとともに、トレイを正常位置に復旧した。また、トレイの位置ずれを防止するため、止め金具の幅を大きくした。



<参考資料-3>主タービンの損傷状況の比較（動翼と静翼の接触）

- 地震の影響により静翼と動翼が接触した事象。
- タービンが運転中であった3号機、7号機には動翼が回転しながら静翼と接触したことによる摩耗が確認された。

3号機



低圧タービン(A)動翼の摩耗

5号機



低圧タービン(A)静翼の接触痕

6号機

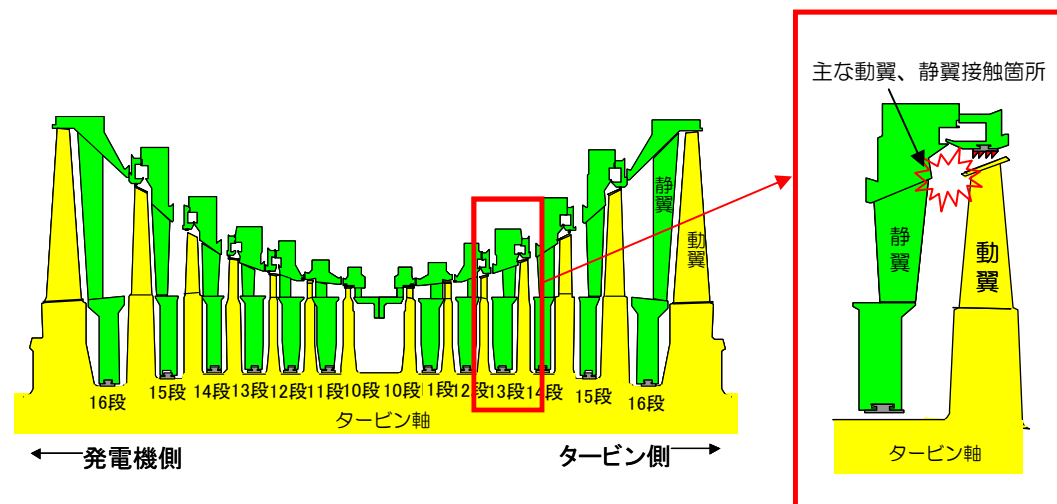


低圧タービン(C)静翼の接触痕

7号機

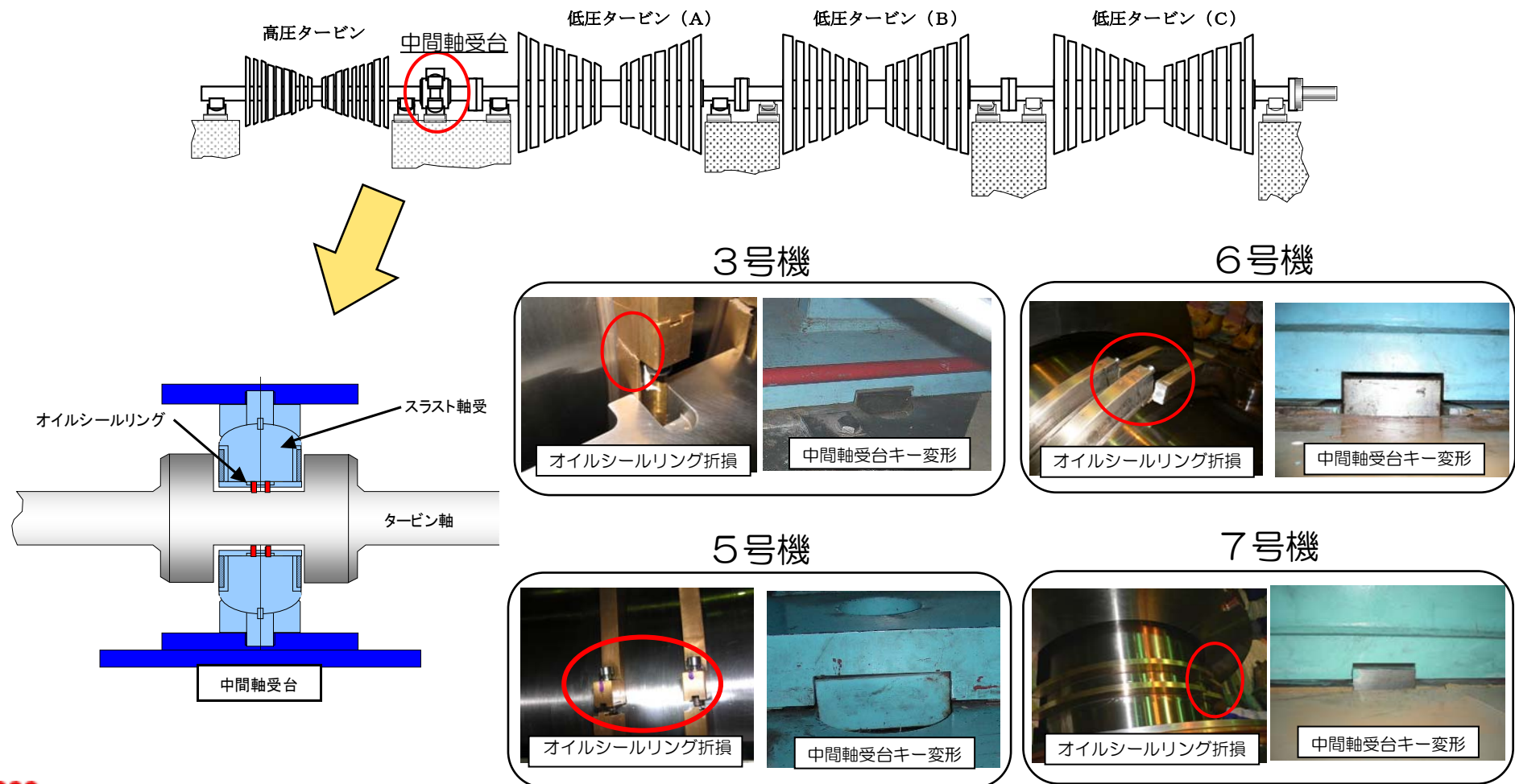


低圧タービン(A)動翼の摩耗



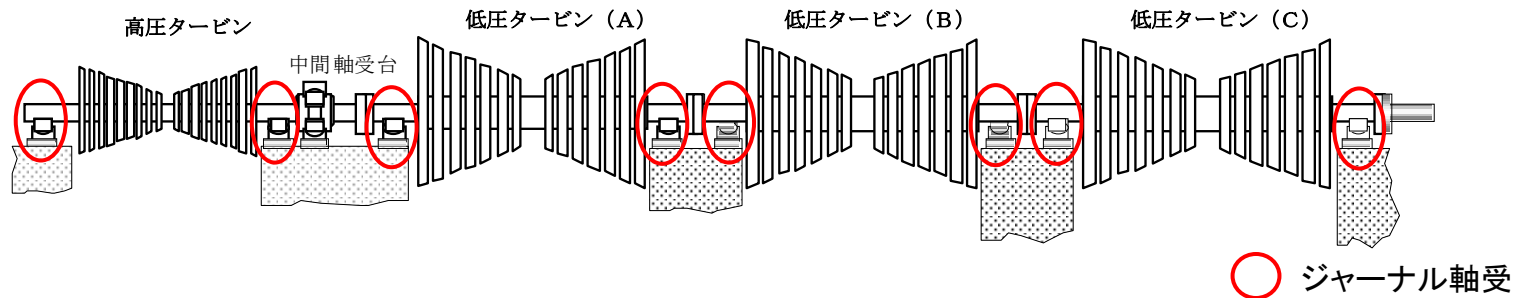
＜参考資料-3＞主タービンの損傷状況の比較（中間軸受け台損傷）

- 地震によりタービンが軸方向に揺すられたため、軸方向の移動を規制するスラスト軸受に過大な力がかかりオイルシールリングが折損した。また、スラスト軸受を支える中間軸受け台のキーに変形が生じた。



<参考資料-3>主タービンの損傷状況の比較（軸受・軸受油切りの損傷）

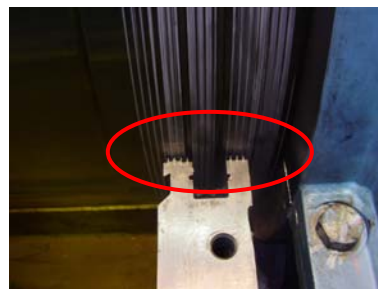
- 各号機のジャーナル軸受及び軸受油切りに接触痕が確認された。
- 地震の影響によりタービンローターと接触し損傷したものである。



3号機

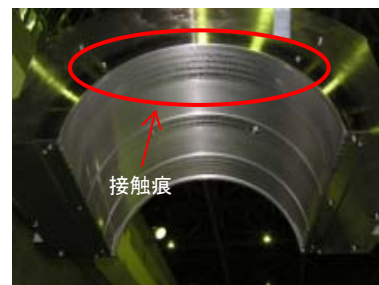


ジャーナル軸受の軽微な接触痕

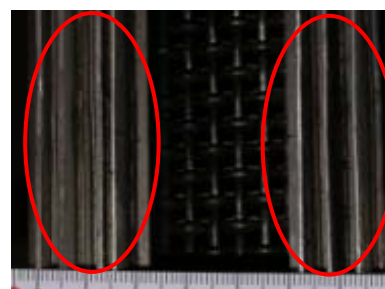


軸受油切りの軽微な接触痕

5号機



ジャーナル軸受の軽微な接触痕



軸受油切りの軽微な接触痕

6号機



ジャーナル軸受の軽微な接触痕

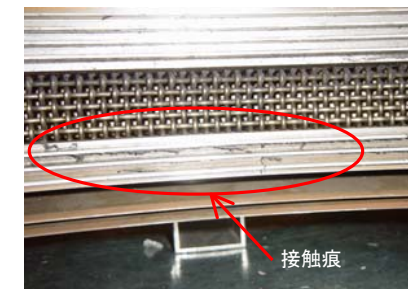


軸受油切りの軽微な接触痕

7号機



ジャーナル軸受の軽微な接触痕



軸受油切りの軽微な接触痕