

柏崎刈羽原子力発電所 5号機 点検評価状況について

平成21年10月6日



東京電力

本日の報告内容について

1 . 設備点検について

- ✓点検進捗状況
- ✓設備健全性の総合評価の状況について
- ✓設備点検で確認した主な不適合

2 . 地震応答解析について

- ✓地震応答解析の基本方針
- ✓構造強度評価
- ✓動的機能維持評価

3 . まとめ

1 . 設備点検について

点検進捗状況

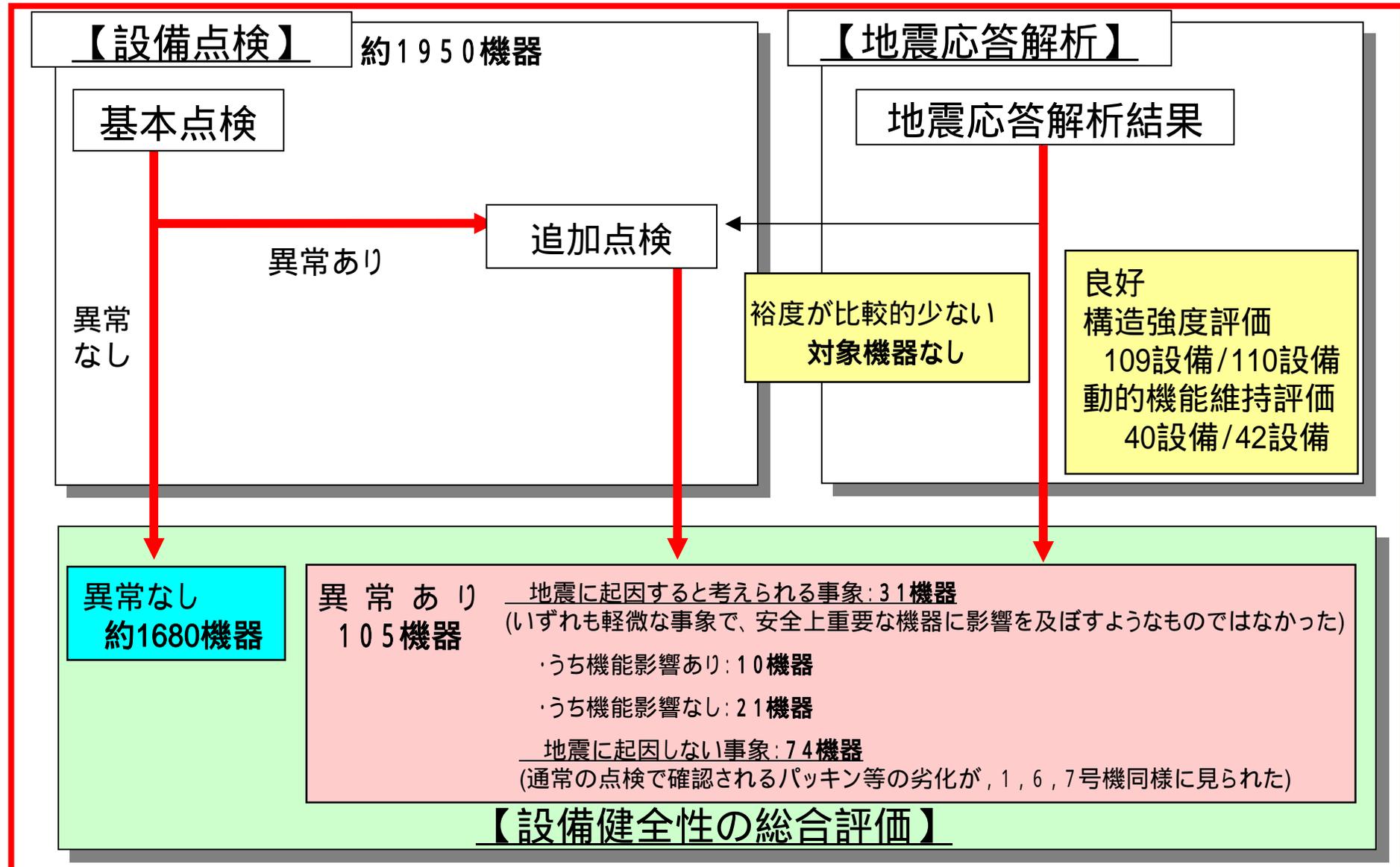
点検・評価計画書に基づき実施している設備点検の進捗状況は、以下の通り。

H 2 1 . 1 0 . 5 現在

		進捗状況	
		点検実施済機器数 / 点検対象機器数	進捗率
基本点検 機器	目視点検	約 1940 / 1950	約 99%
	作動試験 機能確認試験	約 1420 / 1490	約 95%
	漏えい試験	約 590 / 820	約 72%
	基本点検完了	約 1700 / 1950	約 87%
うち 安全上 重要な機器	目視点検	約 790 / 800	約 99%
	作動試験 機能確認試験	約 590 / 610	約 97%
	漏えい確認	約 210 / 330	約 64%
	基本点検完了	約 670 / 800	約 84%

設備健全性の総合評価の状況について

H21.10.5現在



設備健全性の総合評価の状況について

異常あり：約 105 機器

結果

・地震に起因しない事象 74 機器

・・・P - 11参照

・地震に起因する事象 31 機器
(地震による影響が否定できない事象を含む)

そのうち

機能に影響のない事象 21 機器

機能に影響のある事象 10 機器

⇒ P - 6参照

- 現在までに約 1700 機器 (87%) の設備点検が完了。
- 構造強度や機能に影響があった 10 機器に安全上重要な設備は含まれていない。

設備点検で確認した主な不適合

(地震により機能に影響を及ぼした不適合事象)

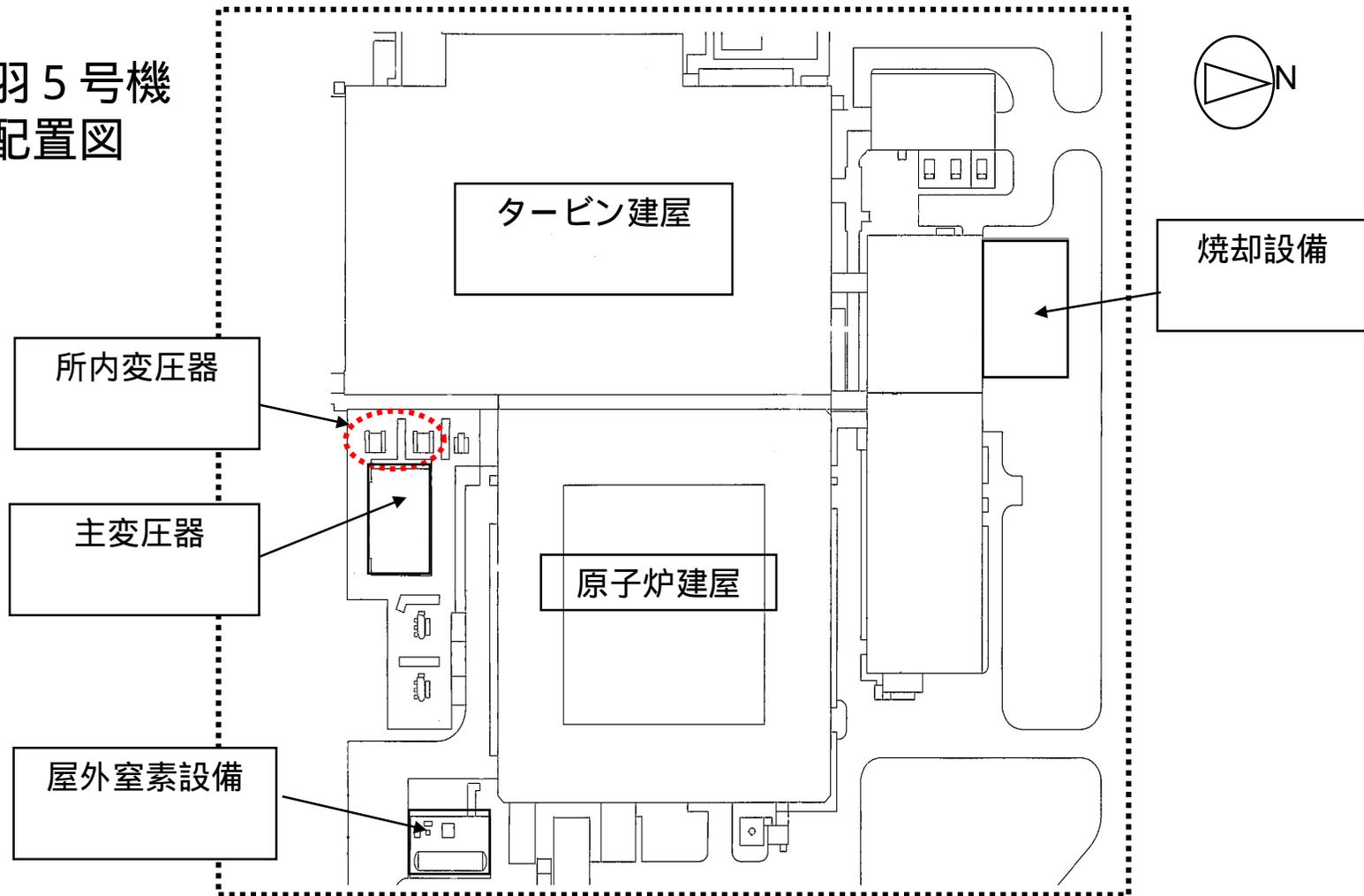
地震により機能に影響を及ぼした不適合事象

地震により機能に影響を及ぼした不適合事象を確認した機器（10機器）一覧表

No	機器	確認された不適合事象	評価及び復旧状況
	焼却炉	耐火レンガの転倒，本体外カバーの脱落を確認した。	地震の揺れにより、各部が転倒及び脱落したものと判断した。耐火レンガの積み直しおよび本体外カバーの交換を実施した。（9頁参照）
	主変圧器	内部構造物全体の移動および巻き線ずれ，鉄心端部の絶縁物固定ボルトの折損を確認した。	地震の揺れにより内部構造物がズレたものと評価した。変圧器の新製交換を実施中。（10頁参照）
	不活性ガス系 主配管ライン （窒素供給ライン）	屋外液化窒素設備土台と取合い トレンチの地盤沈下による配管， 支持構造物の変形を確認した。	地盤沈下の相対変位による損傷と評価した。取替を実施し、異常の無いことを確認した。 （H20.11.4に報告済）
	同系主配管 （窒素補給用ライン）		
	所内変圧器 5 A	鉄心のずれを確認した。	地震の揺れにより内部部品がズレたものと評価した。鉄心の新製交換を実施し復旧中。
	所内変圧器 5 B		
	高圧タービン	軸受の油切りの損傷，中間軸受台キ-の変形，オイルシ-ルリングの割れ等を確認した。	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と接触したものと評価した。交換及び手入れ等を実施中。 （11頁参照）
	低圧タービン(A)	軸受の油切りにロ-タとの接触による損傷および接触の痕等動翼に接触の痕を確認した。	
	低圧タービン(B)		
	低圧タービン(C)		

(参考) 地震により機能に影響を及ぼした不適合事象を確認した機器の設置箇所

柏崎刈羽 5 号機
周辺配置図



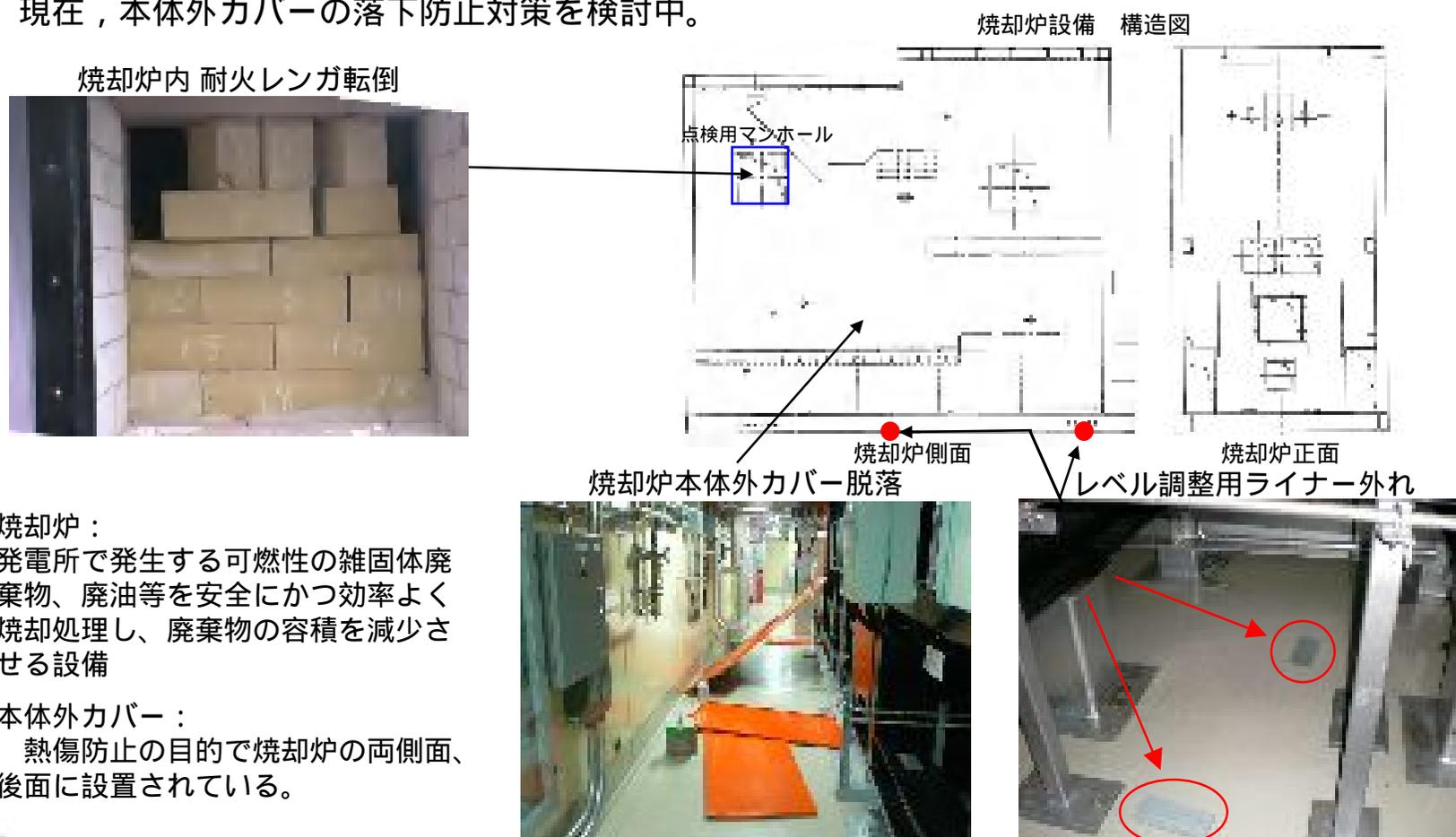
地震により機能に影響を及ぼした不適合事象（その1）

焼却炉 1

事象：目視点検の結果、二次焼却炉内の耐火レンガの転倒や本体カバー²の脱落、レベル調整用ライナーの外れを確認した。

原因：地震の揺れにより、固定されていない部位（平積みされたレンガやマグネットで貼りついているカバー等）がずれたり、脱落したと判断した。

対策：耐火レンガの積みなおし、本体外カバーとレベル調整用ライナーの交換を実施した。
現在、本体外カバーの落下防止対策を検討中。



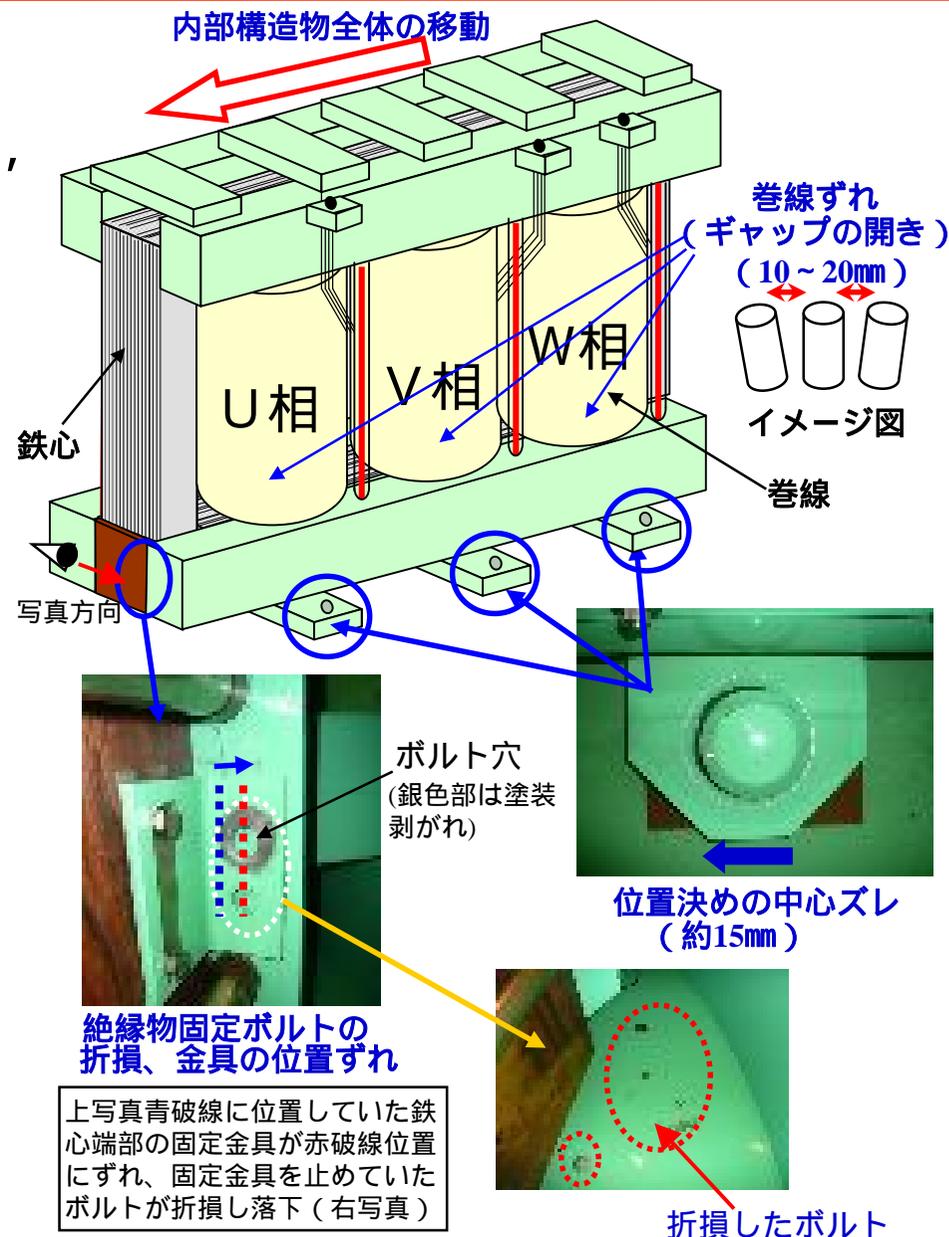
地震により機能に影響を及ぼした不適合事象（その2）

主変圧器内部構造物

事象：目視および各部寸法測定の結果、内部構造物全体の移動および巻線ずれ（巻線間ギャップの開き）、鉄心端部の絶縁物固定ボルトの折損を確認した。

原因：巻線ずれや固定ボルト折損については、地震時の揺れにより内部構造物全体が移動し、その際の衝撃により発生したものと推定される。また、鉄心端部の固定金具に位置ずれが生じていることから、鉄心にもずれが生じていることが推定され、巻線ずれも生じていることから絶縁性能への影響ありと判断した。

対策：変圧器の新製交換を実施中。



地震により機能に影響を及ぼした不適合事象（その3）

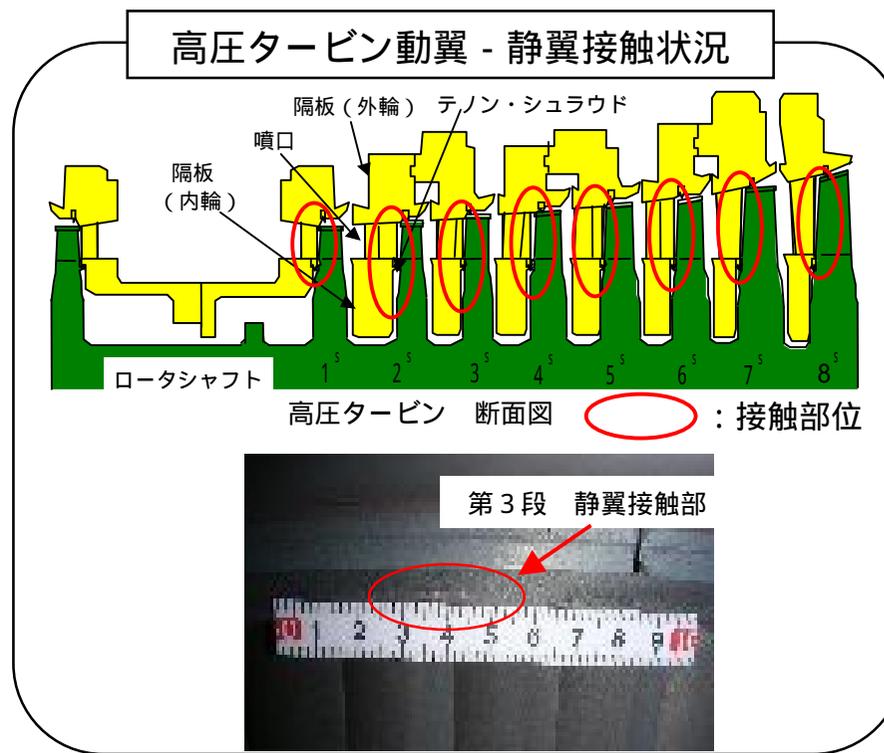
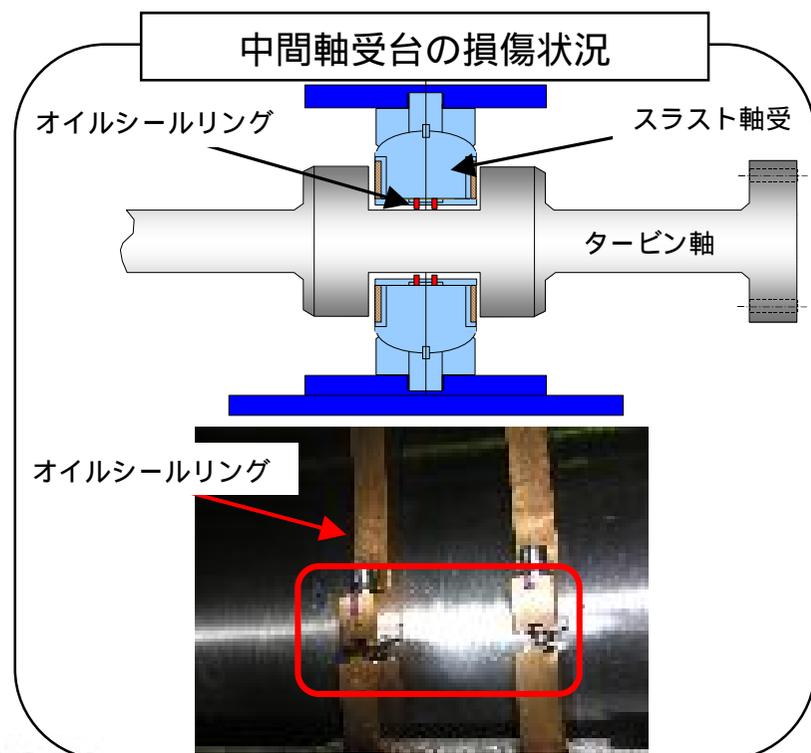
高圧及び低圧タービン（A）（B）（C）

事象：目視点検及び分解点検の結果、以下の部位に損傷や接触を確認した。

- ・オイルシールリングの破損
- ・軸受油切りの損傷
- ・中間軸受台キー変形
- ・高圧・低圧タービンの動翼 - 静翼の接触
- ・軸受 - タービンロータの接触

原因：地震により軸受けの揺れがロータに伝わり、ロータが揺れたことにより各部位で損傷や接触が発生したと考えられる。プラント停止時に地震を受けた6号機においても同様の事象を確認している。

対策：オイルシールリング及び軸受油切りは交換、中間軸受台キーは修理を行う。また、高圧・低圧タービンの動翼 - 静翼の接触等は軽微であり機能に影響がないため通常の点検・手入れを実施中。



設備点検で確認した主な不適合 (主要な機器で確認した不適合事象)

制御棒駆動機構のカップリング不良事象

燃料集合体の燃料支持金具からの外れ

ジェットポンプウェッジのズレ (H20.11.4報告済)

主要な機器で確認された不適合事象（その1）

制御棒駆動機構（CRD）のカップリング不良事象

事象：炉内点検に伴う燃料取出時の引き抜き操作においては問題なかった。その後炉内点検のためCRDの取外、長期保管、取付を実施し、設備点検として大気圧状態での作動試験においてカップリング確認を行った。その結果、カップリング不良事象を2体確認した。

制御棒

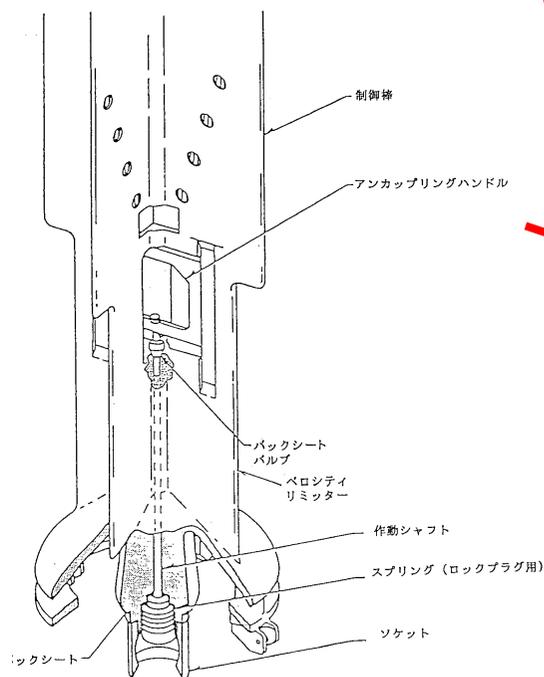
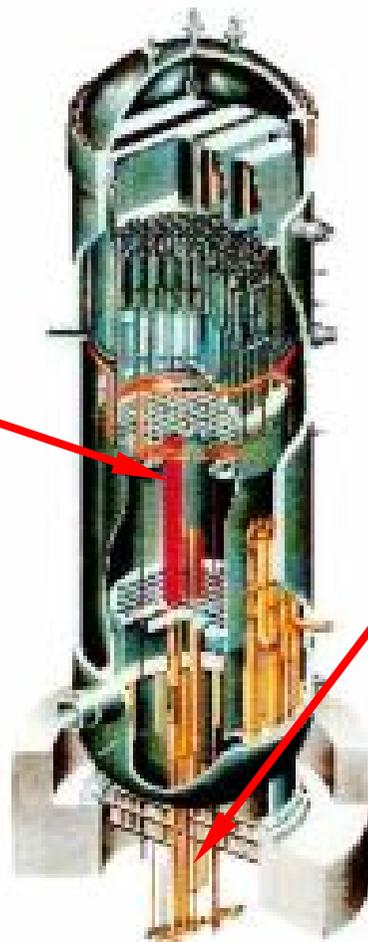
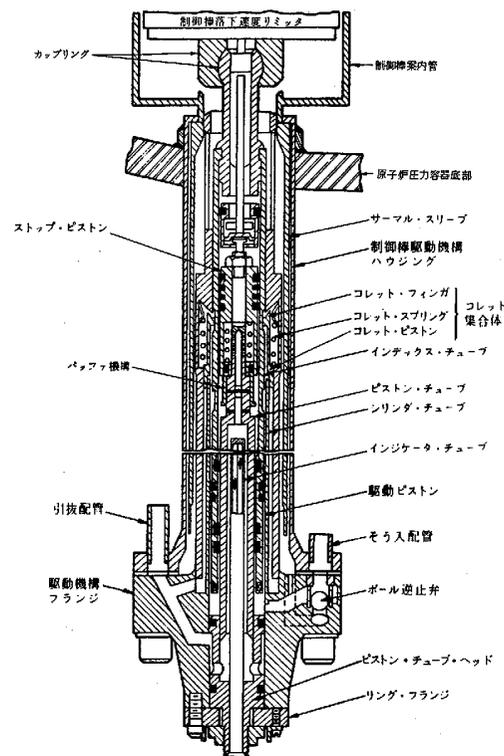


図5-4 CRDと制御棒結合



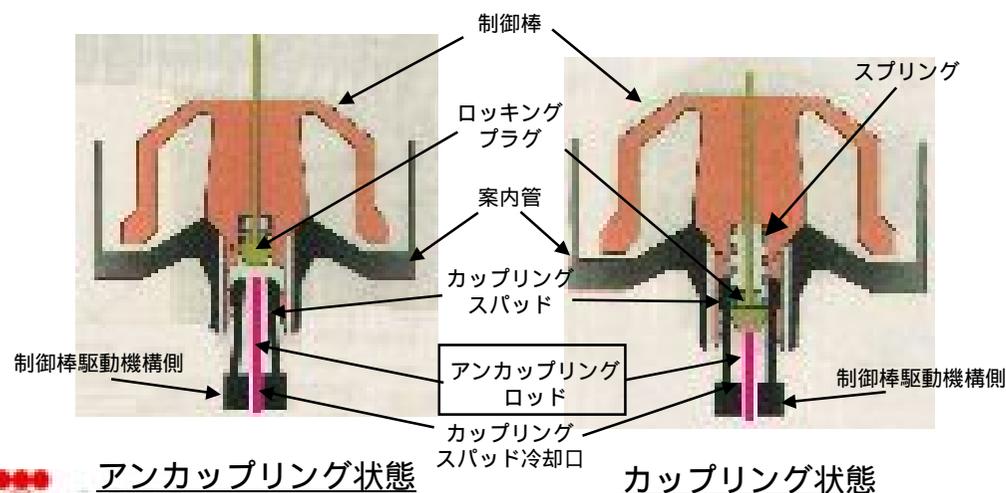
制御棒駆動機構



主要な機器で確認された不適合事象（その1）

原因：分解点検の結果、各部に変形、損傷等確認されていないが、アンカップリングロッドに僅かな摺動痕が確認されたことから、アンカップリングロッドとカップリングスパッド冷却口部の一時的な摩擦抵抗増加により、アンカップリングロッドが上部に固定され、結果してカップリング操作において制御棒側のロッキングプラグを押しつけた状態が保持されたことによりカップリングできなかったものと推測する。（取外後の長期保管時にクラッド等付着したことによる摩擦抵抗増加と推定）

対策：当該CRDについて、分解手入れを実施し、微細なクラッド等の除去を行ったうえで組み込みを行った。再発防止対策として、長期保管後の取付前には、アンカップリングロッドの洗浄を行うこととともに、取付前に動作がスムーズであることを確認する。なお、他プラントにおいても長期停止中に水槽保管されたCRDを据え付けているものがあることから、万一同様にカップリングしない事象が発生した場合には、5回程度のカップリング操作を行い、カップリングしないようであれば、分解点検を実施し、原因調査を行うものとする。（点検要領書に反映する。）



主要な機器で確認された不適合事象（その2）

燃料集合体の燃料支持金具からの外れ事象

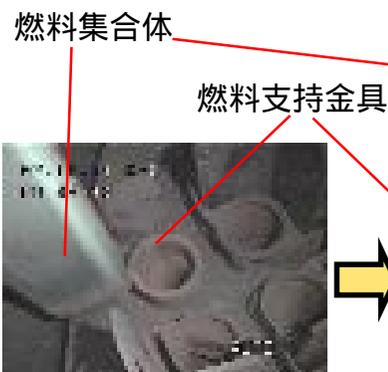
事象

平成19年11月、5号機において燃料移動作業を行っていたところ、燃料集合体が正しい装荷位置である燃料支持金具から外れていることを確認した（下図左）。

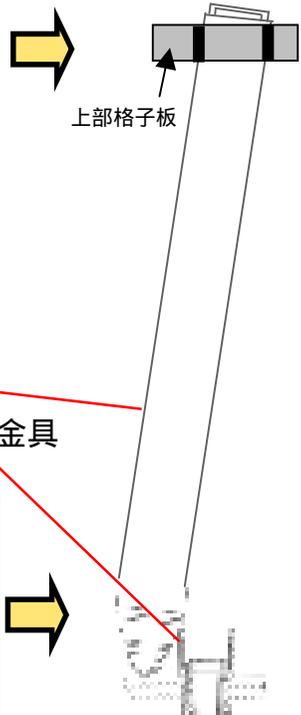
【今回の事象】



上部格子板上端



燃料集合体下部



当該燃料位置

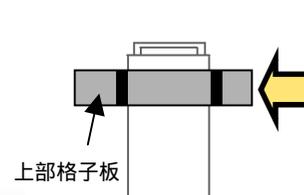
機器仮置きプール側

使用済燃料プール側

燃料集合体装荷位置図

【本来の装荷位置】

チャンネルファスナ



上部格子板上端



燃料集合体下部

主要な機器で確認された不適合（その2）

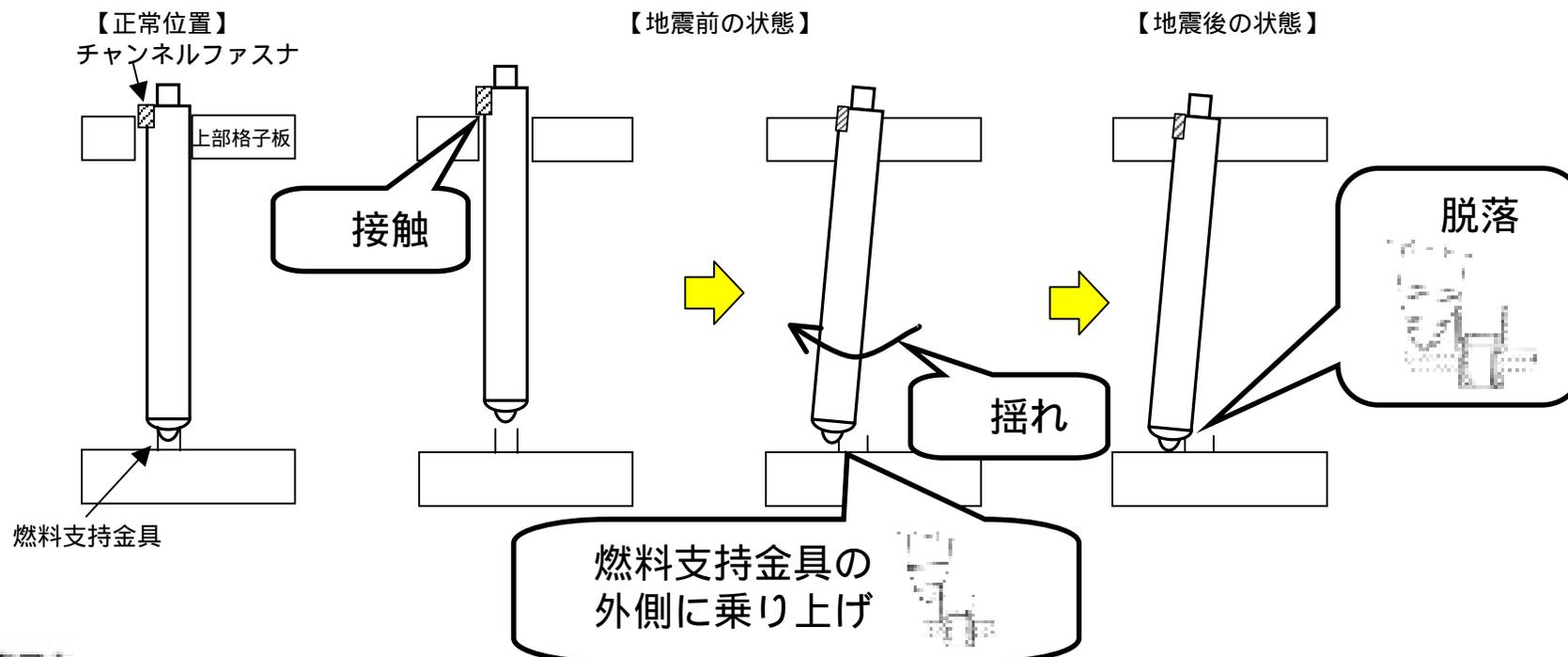
原因

模擬燃料による装荷試験から、以下のメカニズムにより燃料集合体が燃料支持金具から脱落したと推定した。

燃料交換機の座標設定が適切でなかったため、燃料を装荷する際にチャンネルファスナと上部格子板が接触した。

接触時に燃料集合体の下降速度が十分減速されていなかったことから、接触により燃料が大きく揺れ、燃料集合体の下部先端部が燃料支持金具の外側に乗り上げた。

新潟県中越沖地震の震動により、当該先端部が燃料支持金具から脱落した。

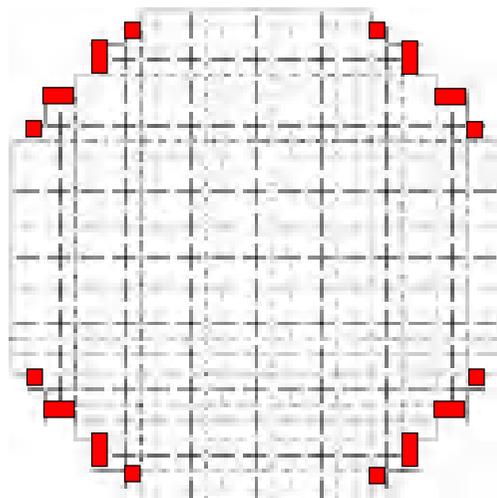


主要な機器で確認された不適合事象（その2）

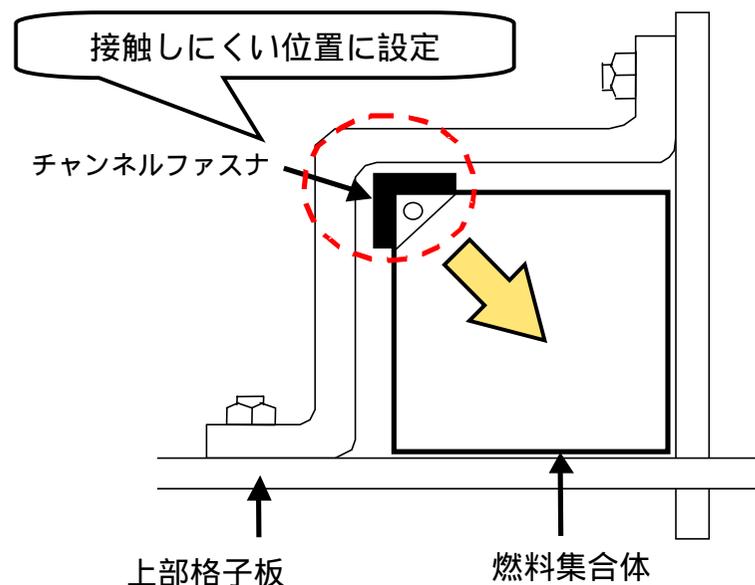
■ 対策

燃料装荷時に燃料集合体の着座高さを確認することにより、燃料集合体の着座状態を確認する。また、燃料集合体が燃料支持金具から外れることを防止するため、以下の対策を実施する。

- ・ チャンネルファスナと上部格子板が接触する可能性のある位置においては（下左図参照）チャンネルファスナと上部格子板が接触しにくいよう、燃料交換機の設定座標を反チャンネルファスナ側へ設定する。（下右図参照）
- ・ 最外周へ燃料集合体を装荷するにあたっては、チャンネルファスナ下端と上部格子板上面接触しても燃料集合体の揺れが大きくなるように、接触する高さにおける燃料集合体の下降速度を最低速度とする。また、チャンネルファスナと上部格子板の接触を確認するため、燃料交換機に加わる燃料集合体の荷重を確認する。



チャンネルファスナと上部格子板が接触する可能性のある位置（御棒が隣接しない位置）



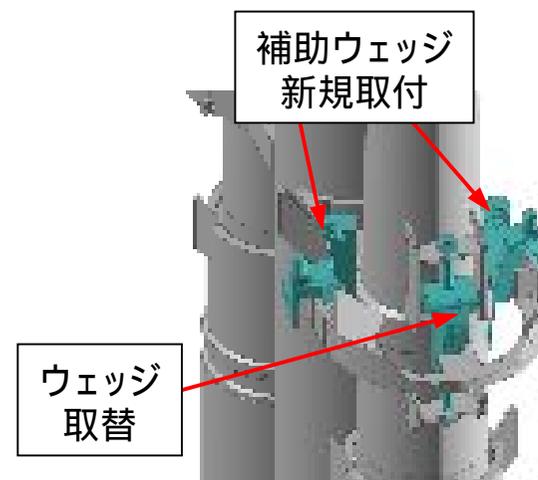
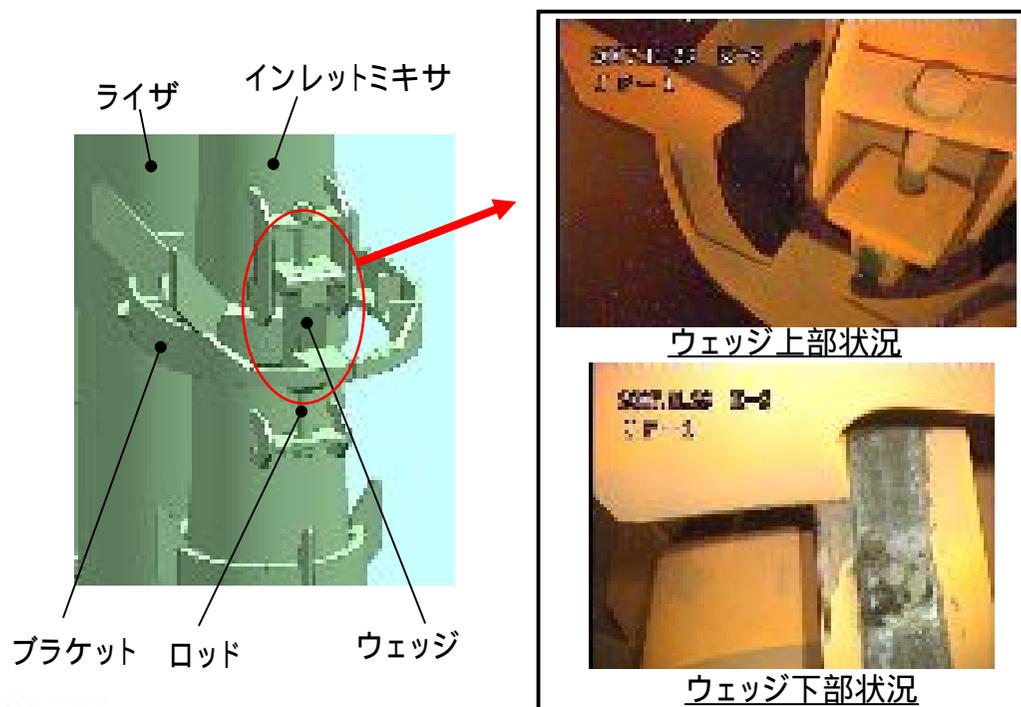
(参考) 主要な機器で確認された不適合事象 (その3)

ジェットポンプウェッジのズレの事象

事象：炉内構造物について、水中カメラによる目視点検を実施した際、ジェットポンプ20台中の1台 (No.1) にウェッジのズレ及びインレットミキサーの傾き等を確認した。

原因：本事象は、地震により発生したものでなく、平成7年に実施したビーム取替時に、インレットミキサが持ち上がり、隙間がある状態でビームが締めこまれたことが主原因であり、その後、運転時の流体振動により、ウェッジがズレて、インレットミキサーが傾いたと推定される。

対策：ウェッジの取替を行うとともに、補助ウェッジ取付及び各部の手入を実施する。また、再発防止策として、ビーム取替等インレットミキサ関連作業時には、復旧にあたって、インレットミキサの座り確認を追加確認事項とする。(補助ウェッジは、既に実績有)



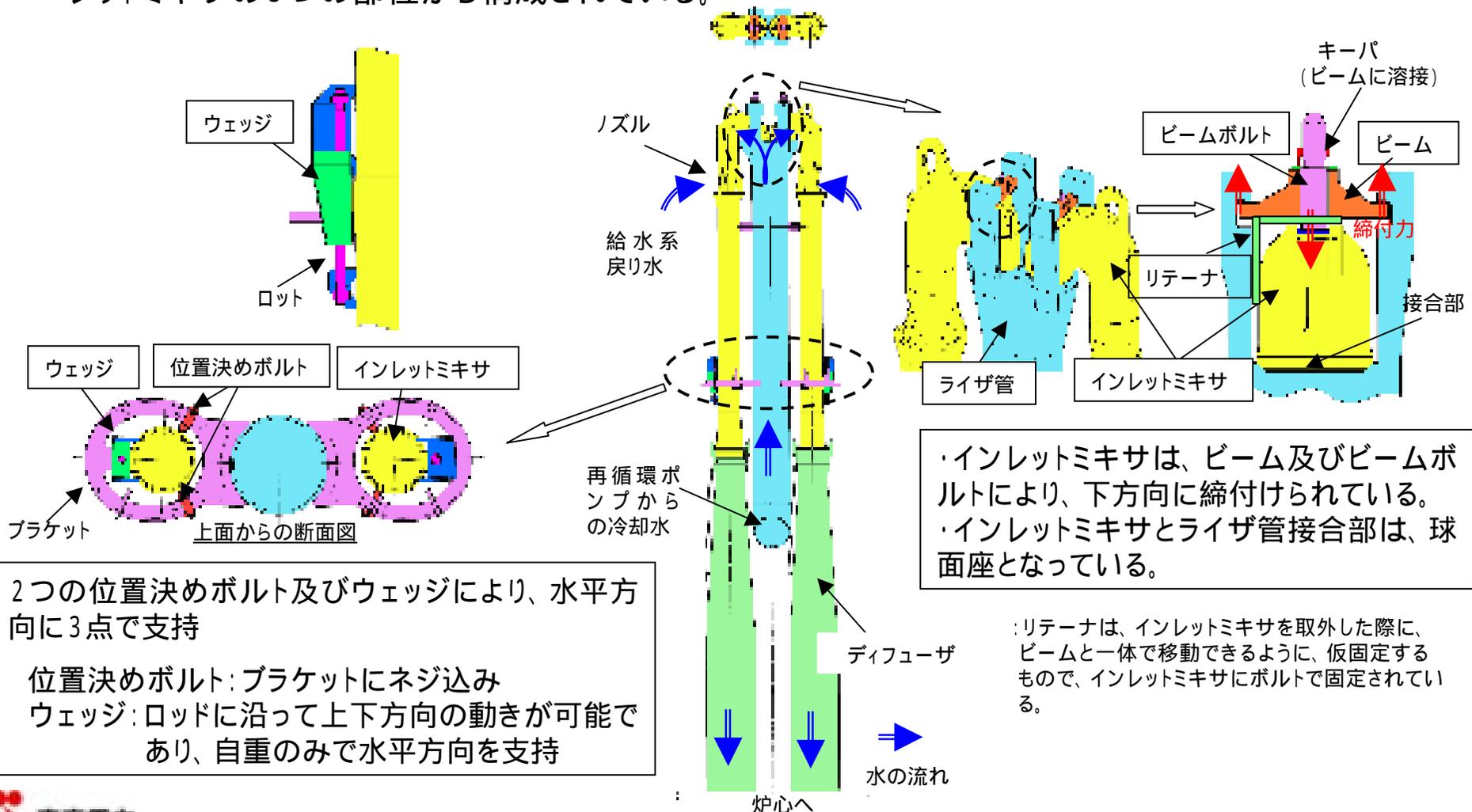
対策

平成20年11月4日 SWG 報告済

(参考) ジェットポンプ機能

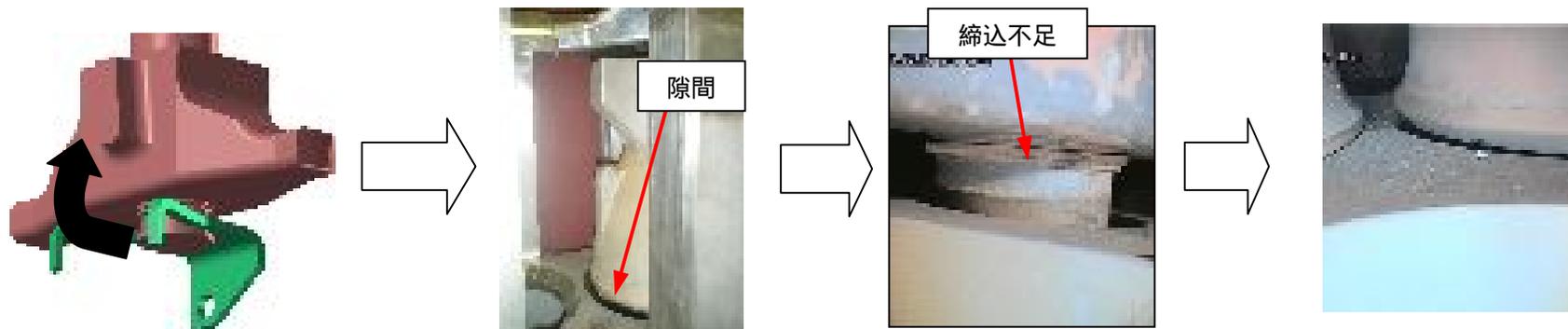
ジェットポンプは、原子炉再循環系ポンプにより加圧された冷却水を利用して、給水系戻り水を吸込、再び炉心へ送り込むものである。

ジェットポンプは、原子炉圧力容器等に固定されたライザー管・ディフューザと取外し可能なインレットミキサの3つの部位から構成されている。



(参考) 推定原因

■今回のジェットポンプのウエッジのズレが発生したメカニズムは、以下の通りと推定される。

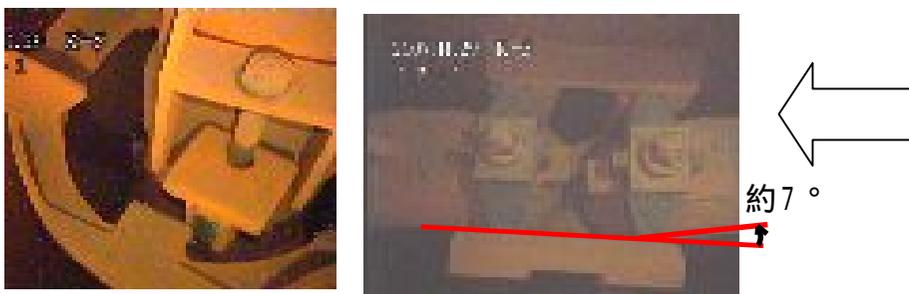


ビームボルトにリテーナが引かかる。

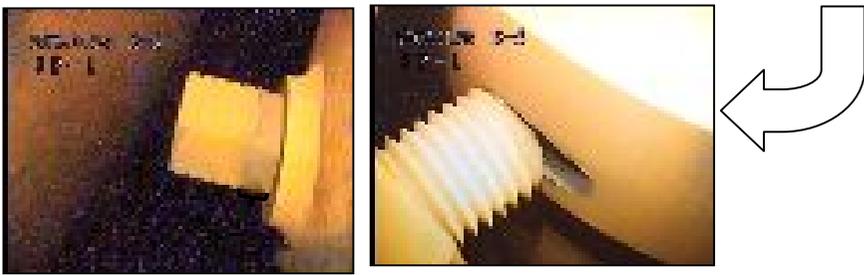
インレットミキサが浮き上がり、隙間が発生した。

異物が噛み込んだ状態で新ビームを取り付けたために、ビームボルトの締込が不足。

運転中の流体振動等でインレットミキサが正規位置なり、ビームは緩んだ状態となった。



位置決めボルトは徐々に磨耗し、それに相当する分だけインレットミキサが回転。これに伴い、ウエッジのずれ等が発生。また、ロッドについても、ウエッジのズレに伴い変形があったと推定。



流体振動により、インレットミキサは振動し、繰返し荷重により位置決めボルトが磨耗。

2 . 地震応答解析について

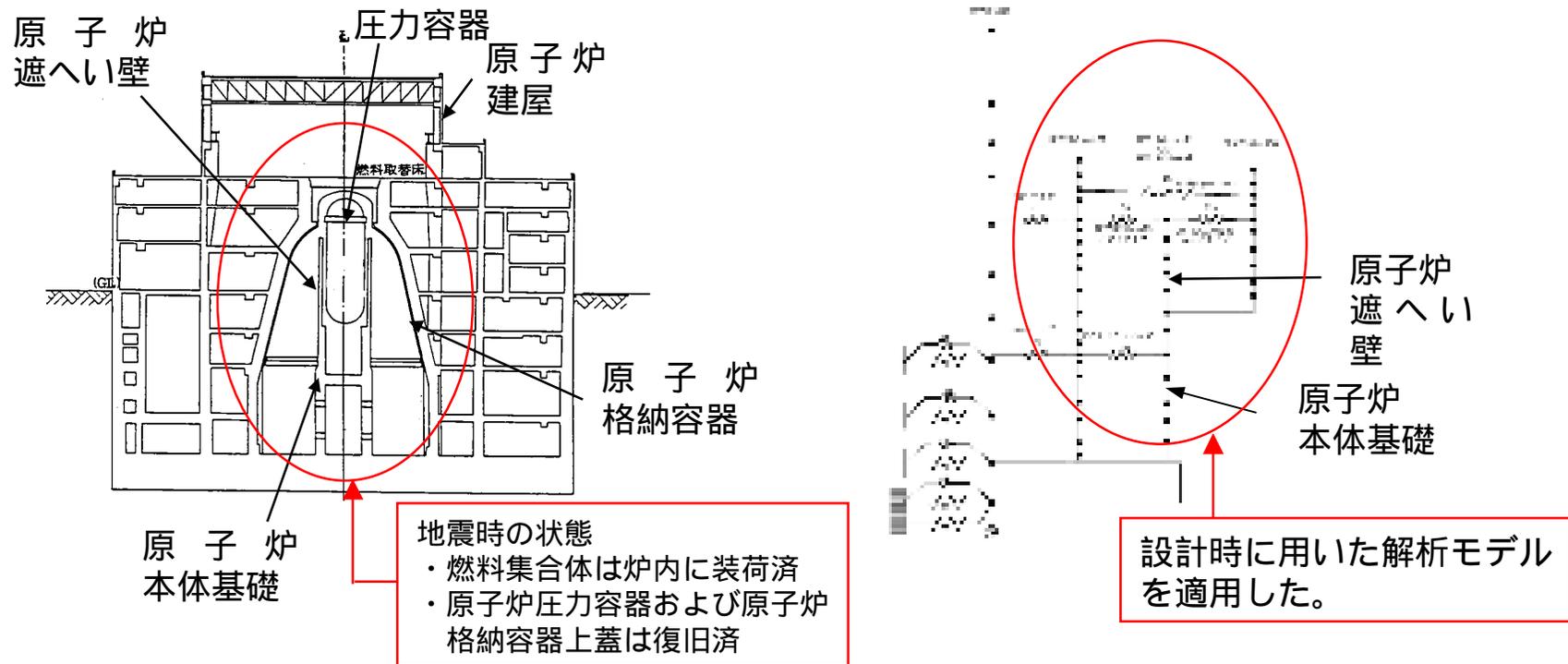
はじめに

■今回報告する解析結果

- ✓構造強度評価 : 109設備
- ✓動的機能維持評価 : 40設備

5号機地震応答解析の基本方針

- 中越沖地震発生時に5号機は定期検査中で停止していたが、設備は概ね復旧されていたことから設計時と同等の条件での解析評価を行った。



本評価に用いた原子炉格納容器 - 原子炉圧力容器地震応答解析モデルの例

- 5号機は地震時に定期検査中で停止していたため、下記の設備については地震時の状態（停止時温度等）を反映した評価を実施した。

✓ 原子炉格納容器スタビライザ

5号機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観測された記録に基づいた地震応答解析。ただし、新潟県中越沖地震が観測された階については観測記録を用いる。

● 海水熱交換器建屋

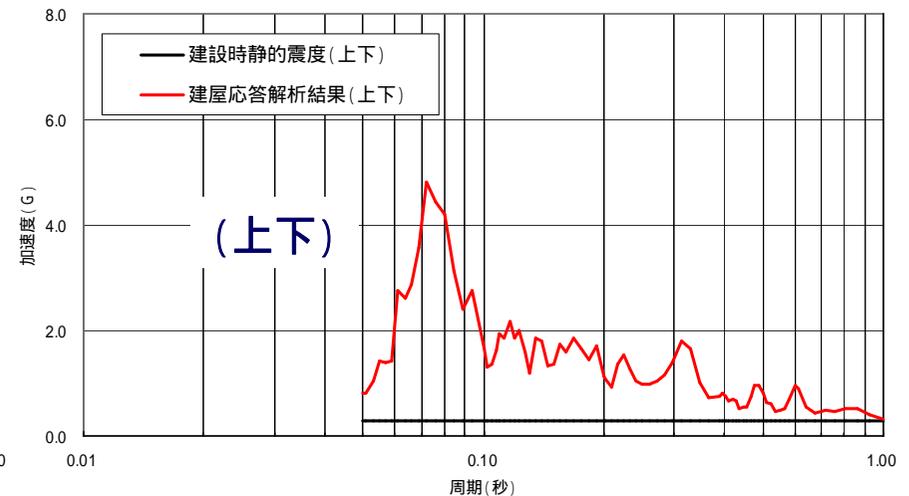
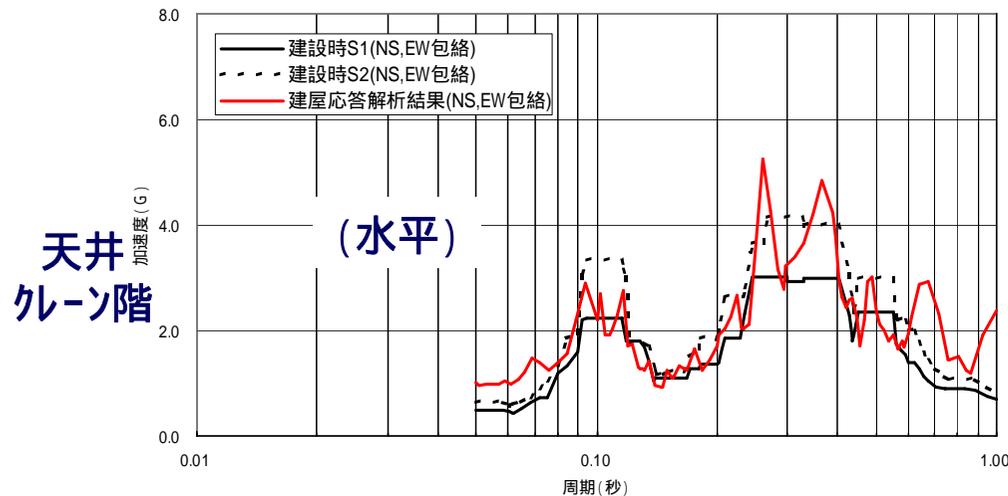
原子炉建屋基礎版上で得られた観測記録を地盤を介して海水熱交換器建屋の基礎版上にあらためて定義したもの。

5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

● 5号機原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

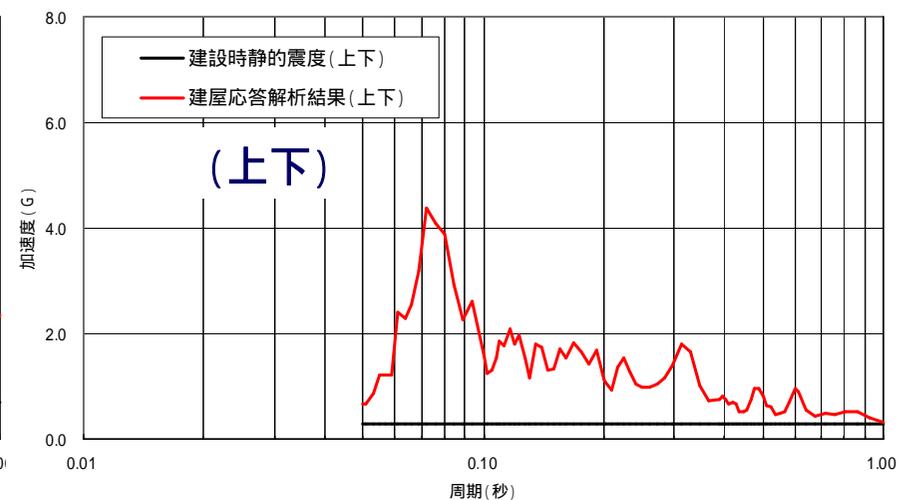
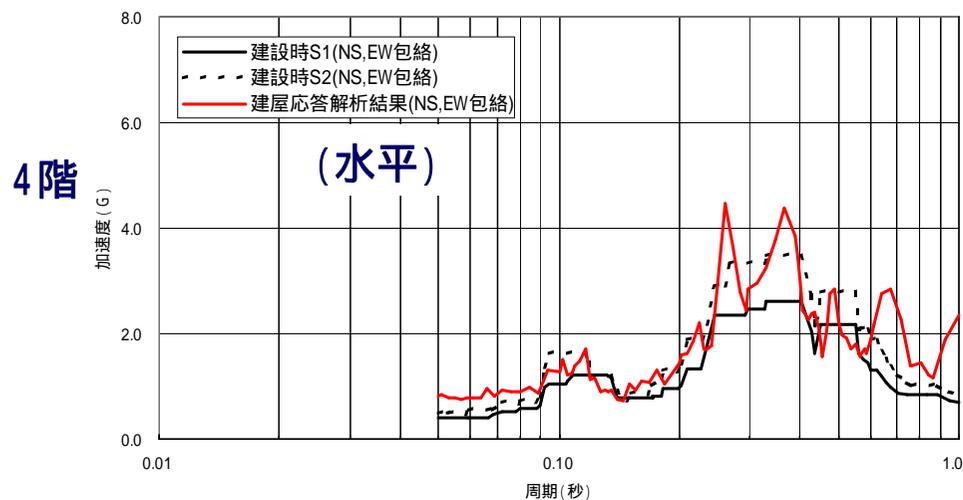
KK-5 R/B TP +39.5m

KK-5 R/B TP +39.5m



KK-5 R/B TP +33.0m

KK-5 R/B TP +33.0m

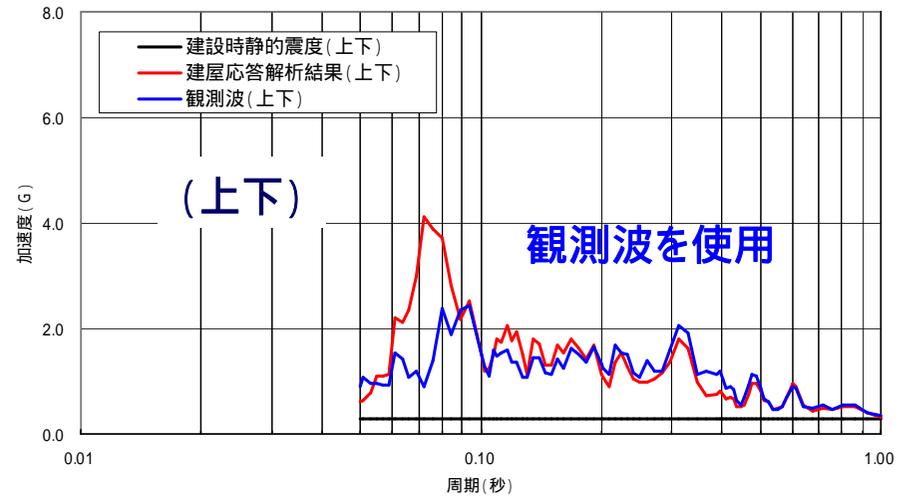
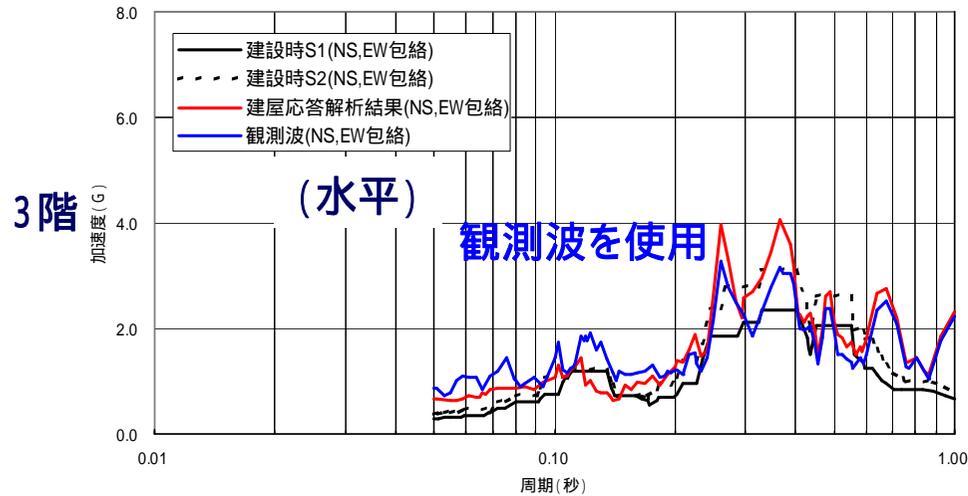


5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

● 5号機原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

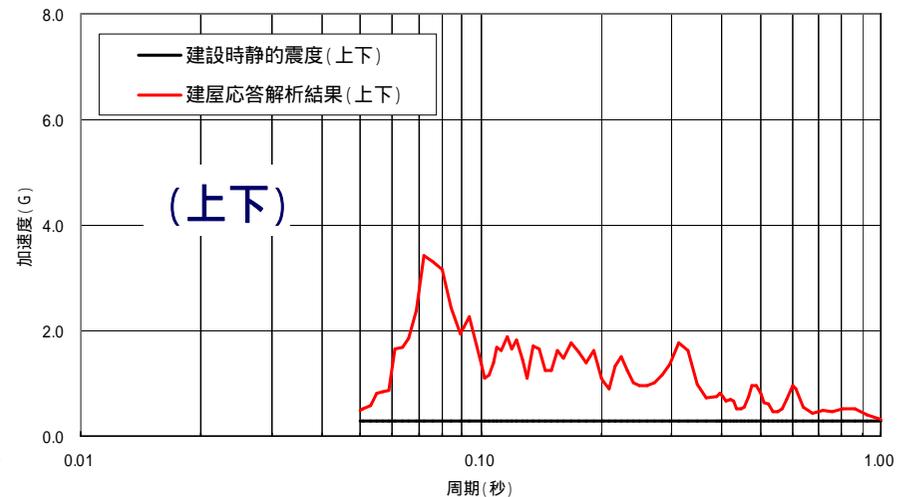
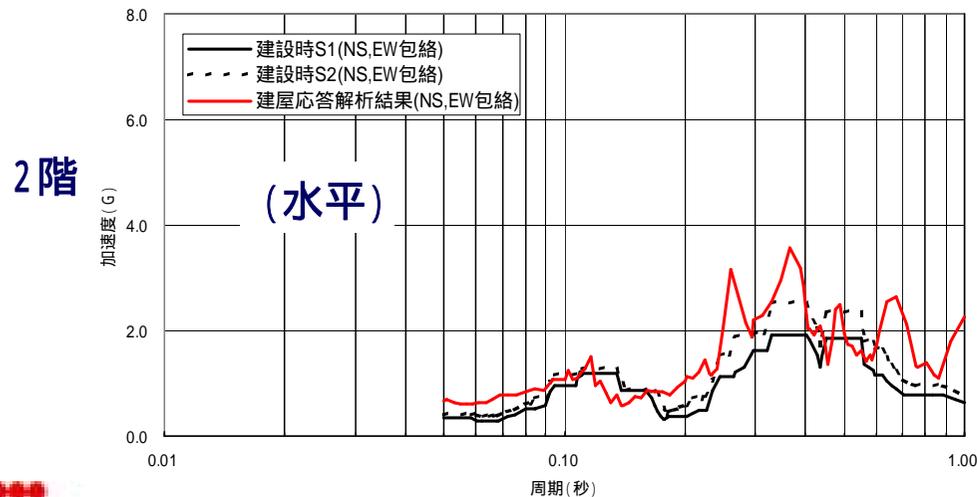
KK-5 R/B TP +27.8m

KK-5 R/B TP +27.8m



KK-5 R/B TP +20.3m

KK-5 R/B TP +20.3m

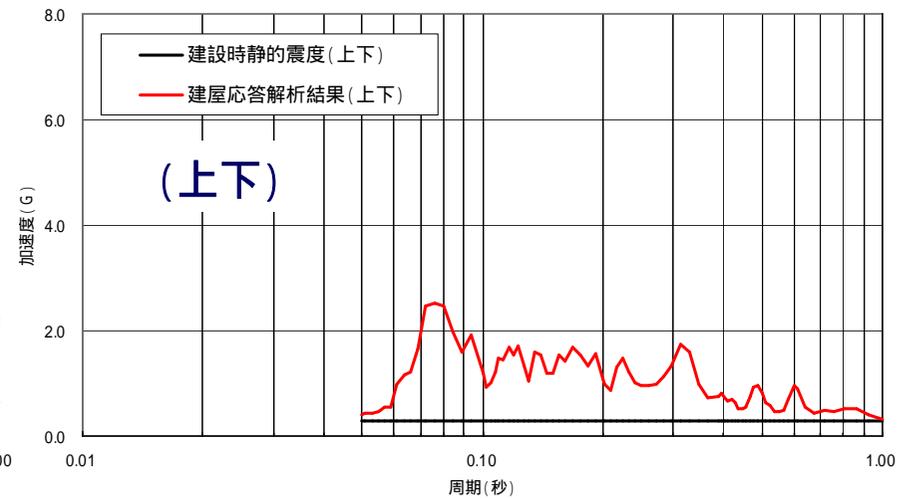
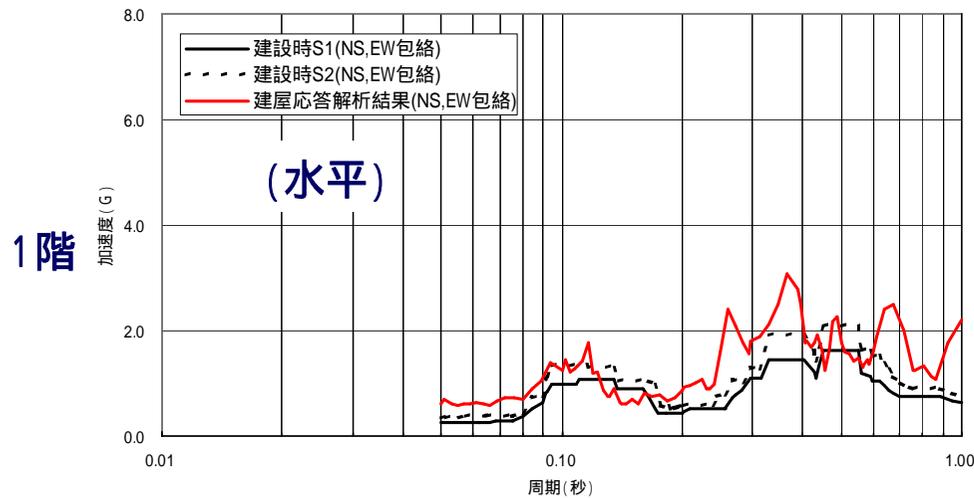


5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

● 5号機原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

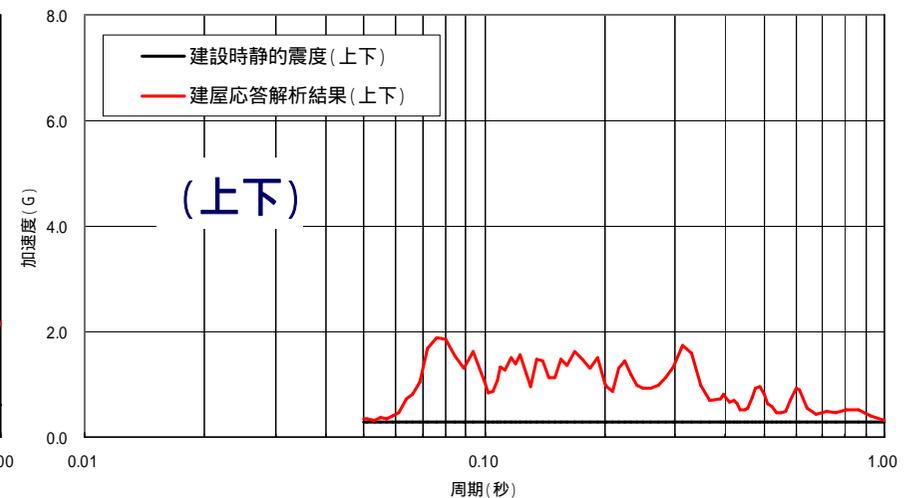
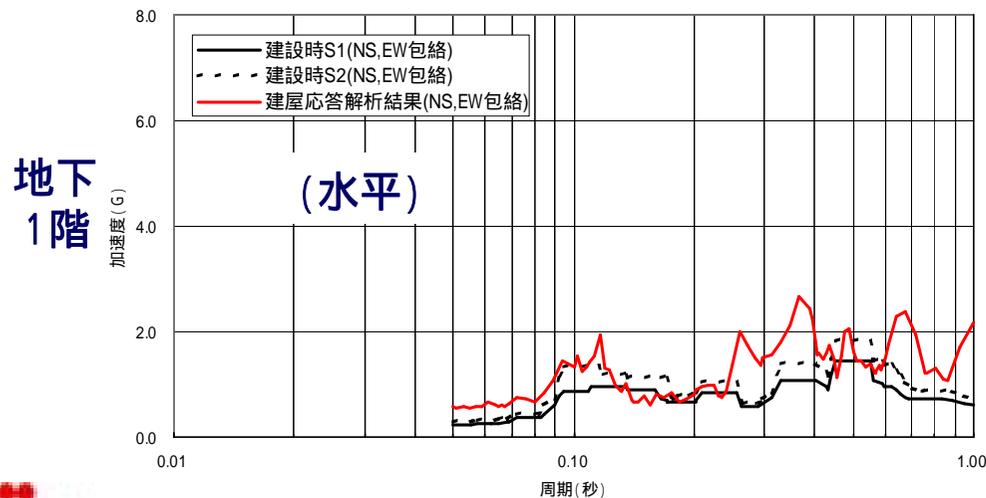
KK-5 R/B TP +12.3m

KK-5 R/B TP +12.3m



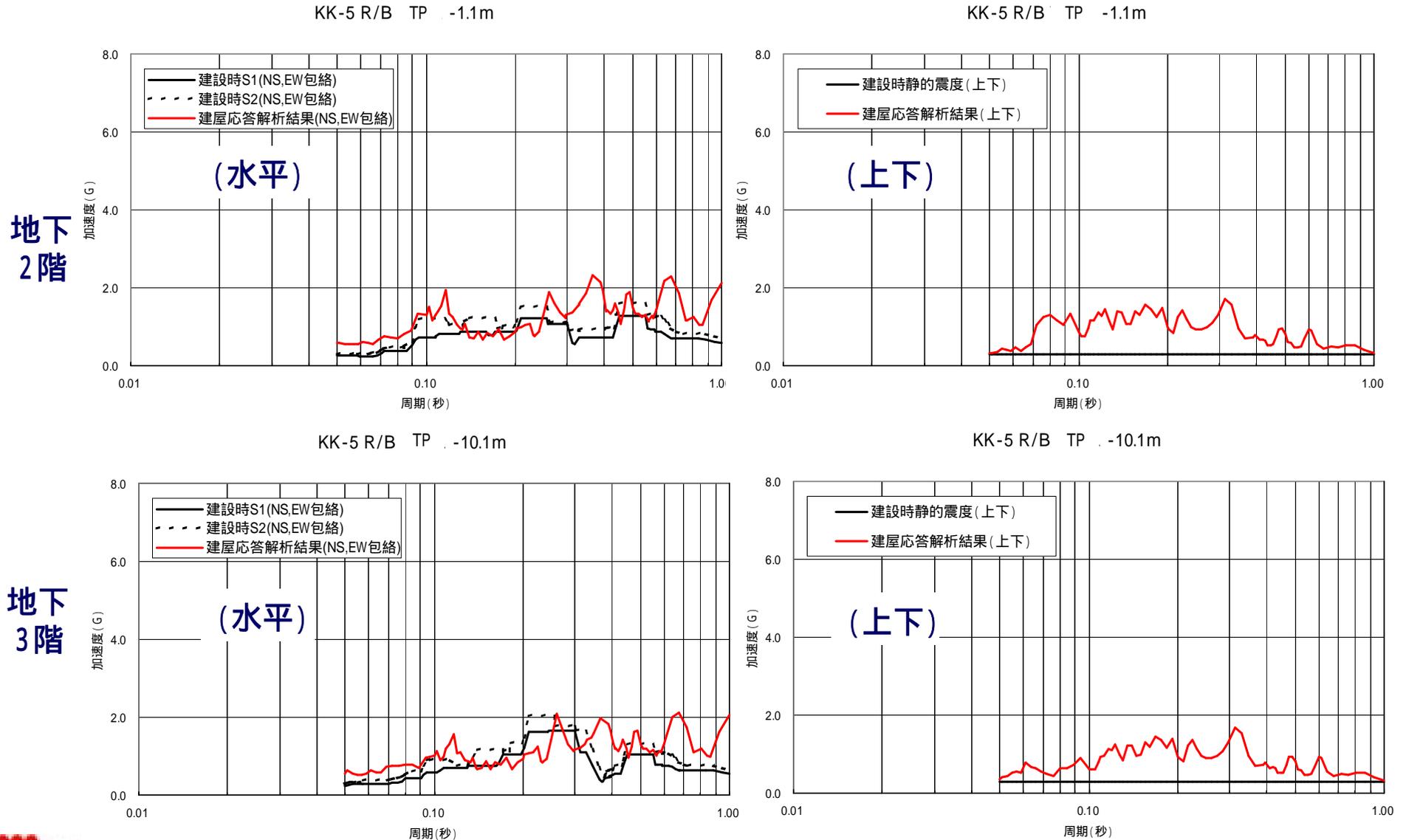
KK-5 R/B TP +5.3m

KK-5 R/B TP +5.3m



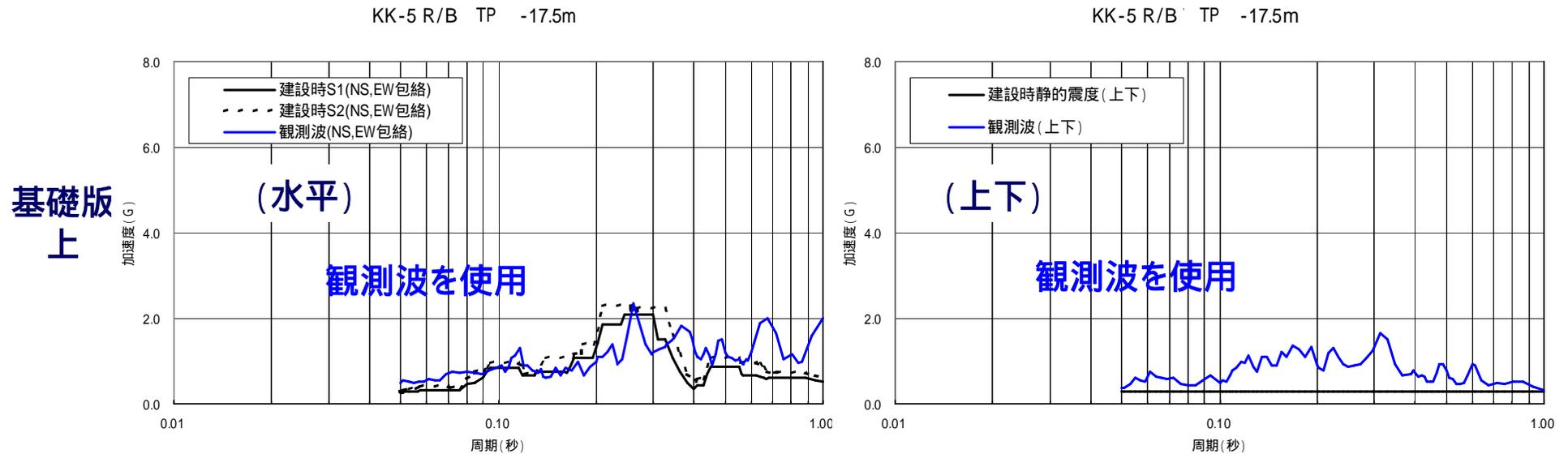
5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

● 5号機原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）



5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

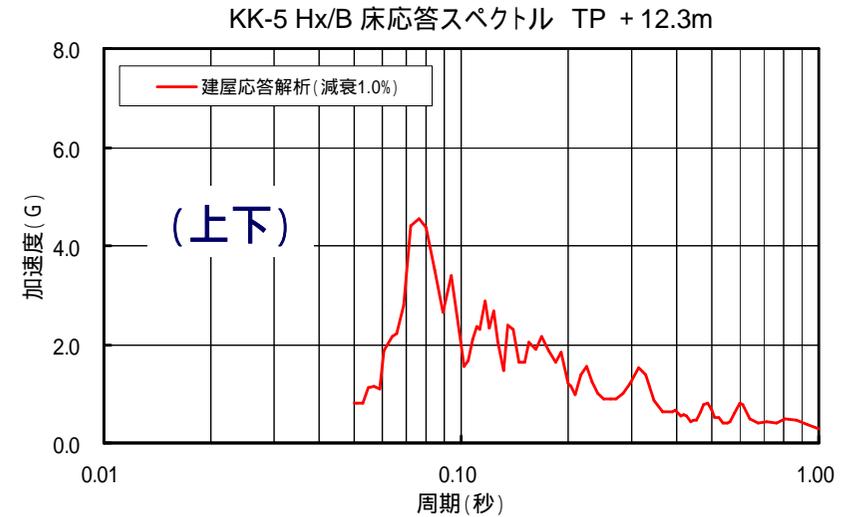
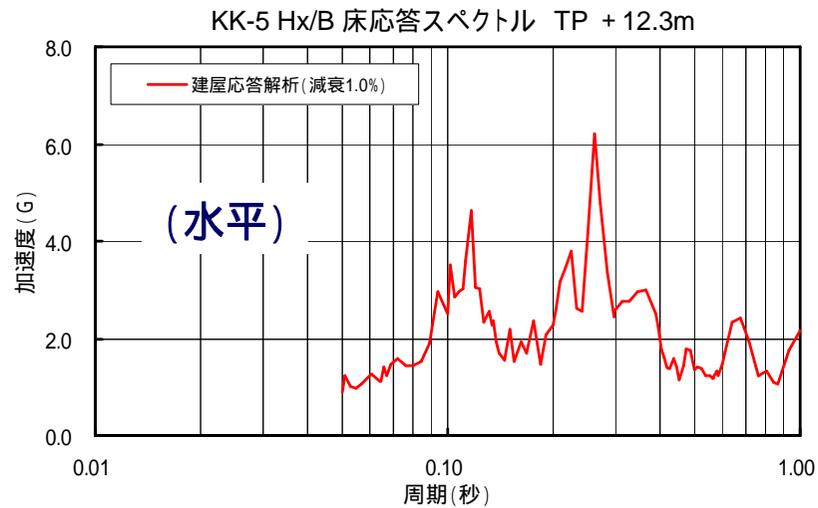
- 5号機原子炉建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）



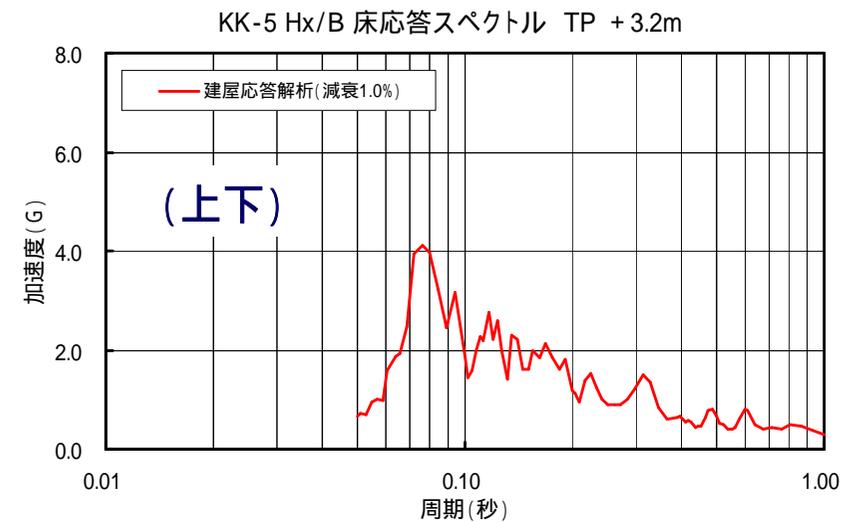
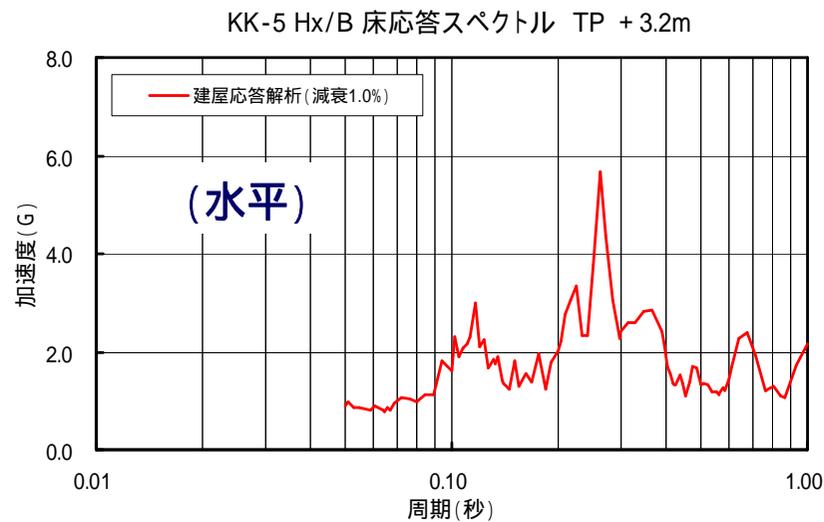
5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

- 5号機海水熱交換器建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

1階

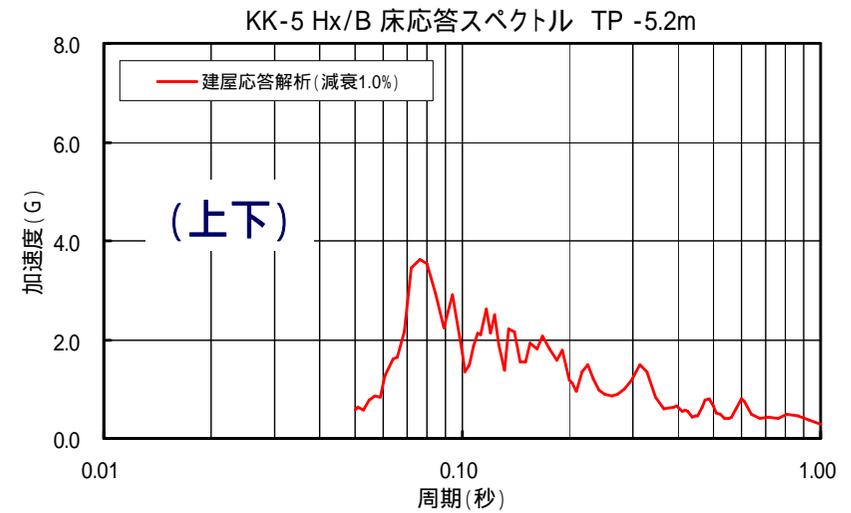
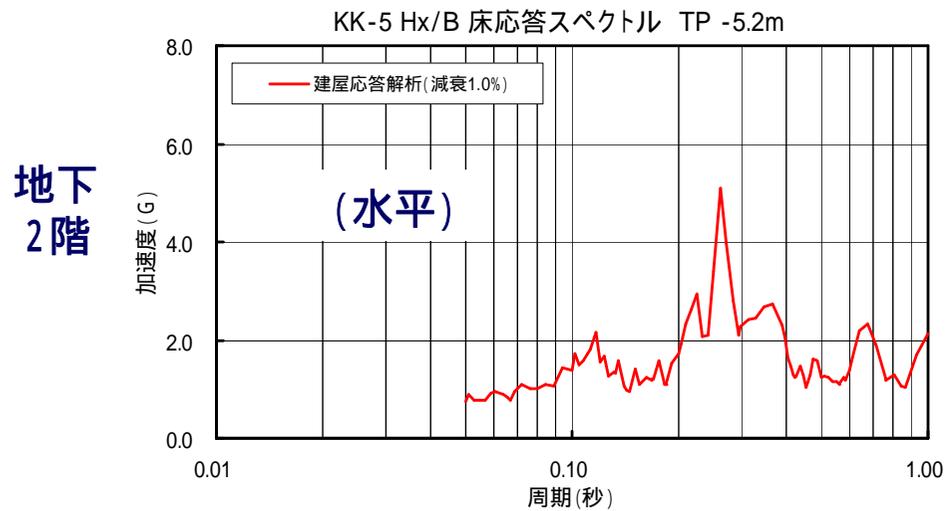


地下1階



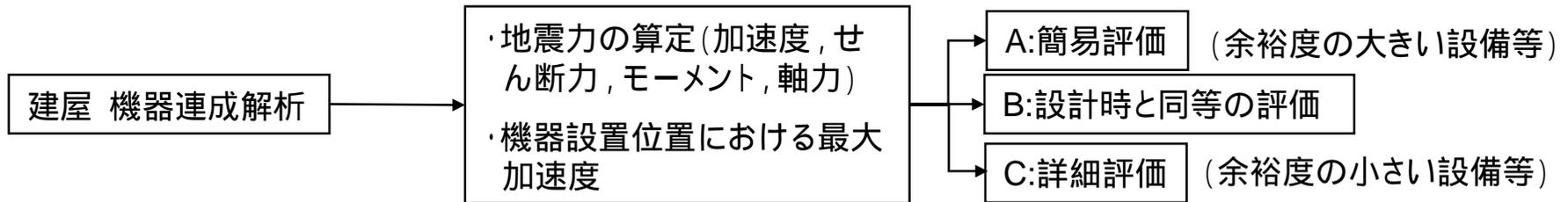
5号機地震応答解析に用いる床応答スペクトル例

- 5号機海水熱交換器建屋床応答スペクトル（減衰1%の例）

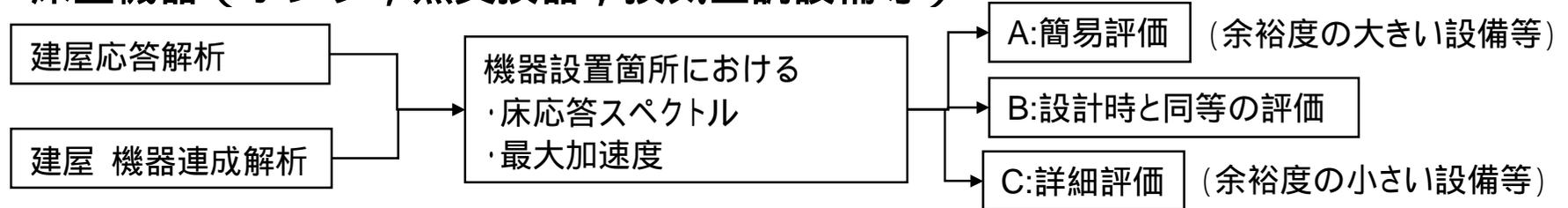


5号機地震応答解析評価の概要

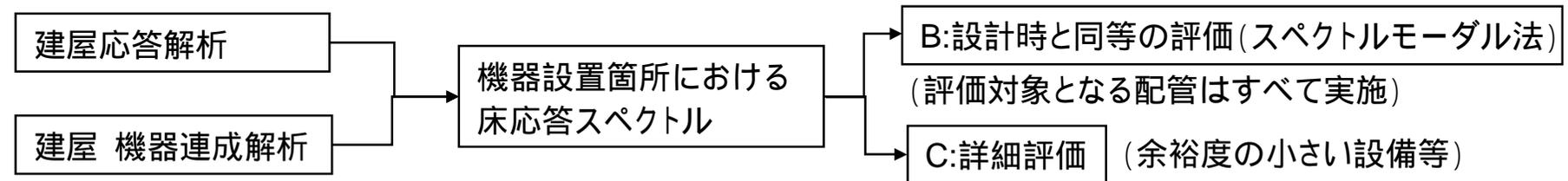
■ 大型機器（格納容器，圧力容器，炉内構造物）



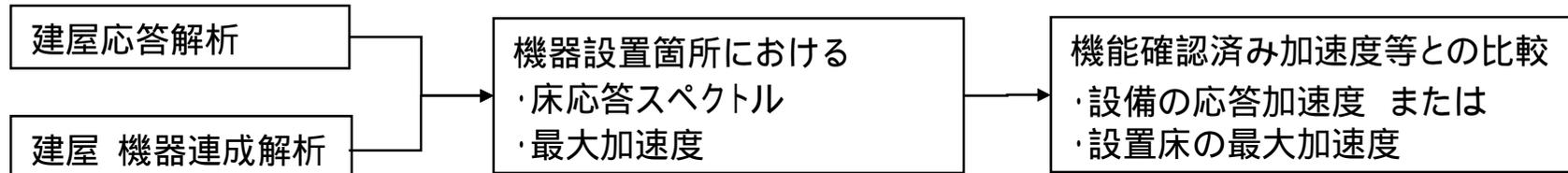
■ 床置機器（ポンプ，熱交換器，換気空調設備等）



■ 配管系



■ 動的機能維持（ポンプ，ファン，弁等）



5号機構造強度評価の方法

■ A . 簡易評価 (応答倍率法等による評価)

- 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の比を設計時の応力に乗じて評価基準値と比較

■ B . 設計時と同等な評価

- 大型機器 , 床置機器
 - ✓ 簡易評価の結果 , 詳細評価が必要と判断された設備は , 設計時と同等の評価を行う
- 配管系
 - ✓ スペクトルモーダル法による解析を行い , 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

■ 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 , 有限要素法の適用 , 時刻歴応答解析の実施 , 減衰定数の見直し等 , 規格基準の範囲内で詳細評価を行う。

5号機地震応答解析結果 (構造強度評価)

構造強度評価結果：大型機器（1 / 5）

原子炉压力容器

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法
RPV円筒胴	胴板	膜	171	303	B
下部鏡板	下部鏡板と胴板の接 合部	膜	175	303	B
制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	スタブチューブ	膜+曲げ	183	271	B
再循環水出口ノズル(N1)	ノズルセーフエンド	膜	64	143	B
主蒸気ノズル(N3)	ノズルセーフエンド	膜	87	188	B
給水ノズル(N4)	ノズルセーフエンド	膜	79	188	B
低圧炉心スプレイノズル(N5)	ノズルセーフエンド	膜+曲げ	163	252	B
ブラケット類	炉心スプレイブラケッ ト	膜+曲げ	187	214	B
原子炉压力容器スタビライザ	ブラケット	曲げ	142	172	A
原子炉压力容器基礎ボルト	基礎ボルト	引張	68	499	B
制御棒駆動機構ハウジング支持金具	一般部	曲げ	57	201	B

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（2 / 5）

原子炉压力容器

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法 ¹
支持スカート	支持スカート	軸圧縮	0.2 ²	1 ²	B
原子炉格納容器スタビライザ	パイプ	圧縮	239	258 ³	B

原子炉本体の基礎

アンカボルト	アンカボルト	引抜力	2592 (kN/6.7°)	4113 (kN/6.7°)	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, 発生値は評価基準値に対する比率で示す。
- 3 評価基準値を常温で算定

構造強度評価結果：大型機器（3 / 5）

炉内構造物

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法
蒸気乾燥器	耐震用ブロック	平均せん断 応力	29	34	B
シュラウドヘッド	シュラウドヘッド	膜	7	92	B
気水分離器	スタンドパイプ	膜+曲げ	45	85	B
給水スパージャ	ティ	膜	5	92	A
高圧及び低圧炉心スプレイ スパージャ	ヘッダ	膜+曲げ	21	139	A
ジェットポンプ	ライザブレース	膜+曲げ	76	174	A
残留熱除去系配管（原子炉 圧力容器内部）	スリーブ/リング	膜	4	143	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）	低圧炉心スプレイ系 配管	膜+曲げ	45	192	A
差圧検出 / ほう酸水注入系 配管	差圧検出管	膜	56	114	A
中性子束計測案内管	中性子束計測案内管	膜+曲げ	50	139	A

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 / 5）

炉心支持構造物

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法
炉心シュラウド	中間胴	膜	37	92	B
シュラウドサポート	レグ	軸圧縮	63	231	B
上部格子板	グリッドプレート	膜+曲げ	93	214	A
炉心支持板	補強ビーム	膜+曲げ	69	174	B
制御棒案内管	ボディ	膜	28	143	A
燃料支持金具	周辺燃料支持金具	膜	6	57	B

格納施設

格納容器胴	円筒部	膜+曲げ	88	505	A
上部シャラグ	シャプレート	組合せ	147	229	B
下部シャラグ	シャプレート	組合せ	92	237	B

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（5 / 5）

格納施設

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法 ¹
サプレッションチェンバ 底部ライナ	ベアリングプレー ト	曲げ	149	273	B
原子炉格納容器配管貫通部	貫通部スリーブ	膜+曲げ	61	271	A
原子炉格納容器電気配線貫通部	貫通部	膜	16	180	A
ダイヤフラムフロア	スラブ	-	1.138	3.870	A
ベント管	ベント管と上部ブ レーシングの接合 部	一次	65	270	A
サプレッションチェンバ スプレイ管	スプレイ管	一次	121	186	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（1 / 7）

制御棒駆動水系

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	評価基準値 S_A (MPa)	評価 方法
水圧制御ユニット	フレーム	組合せ	98	205	B

残留熱除去系

残留熱除去系熱交換器	胴板	一次	102	342	B
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	せん断	5	350	A
残留熱除去系ストレーナ	フランジ	曲げ	51	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	せん断	14	350	A
原子炉隔離時冷却系蒸気駆動 タービン	タービン 取付ボルト	引張	18	443	A

高圧炉心スプレイ系

高圧炉心スプレイ系ポンプ	基礎ボルト	せん断	6	350	A
高圧炉心スプレイ系ストレーナ	フランジ	曲げ	66	169	A

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 S _A (MPa)	評価 方法
低圧炉心スプレイ系ポンプ	基礎ボルト	せん断	8	350	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	胴板	膜	27	150	A
主蒸気逃がし安全弁自動減圧 機能用アキュムレータ	胴板	膜	31	150	A

原子炉補機冷却水系

原子炉補機冷却水系熱交換器	基礎ボルト	せん断	55	121	A
原子炉補機冷却水ポンプ	ポンプ取付ボルト	せん断	13	347	A

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法
原子炉補機冷却海水ポンプ	原動機取付ボルト	引張	47	153	A
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	基礎ボルト	せん断	3	366	A

ほう酸水注入系

ほう酸水注入系ポンプ	基礎ボルト	せん断	9	133	A
ほう酸水注入系貯蔵タンク	基礎ボルト	せん断	25	133	A

非常用ガス処理系

非常用ガス処理系排風機	排風機取付ボルト	引張	38	156	A
非常用ガス処理系 前置ガス処理装置	据付ボルト	せん断	161	341	A
非常用ガス処理系 後置ガス処理装置	据付ボルト	せん断	121	341	A

放射線管理用計測装置

燃料取替エリア排気放射線モニタ	検出器取付ボルト	せん断	2	141	A
-----------------	----------	-----	---	-----	---

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 S _A (MPa)	評価 方法
MCR送風機	ケーシング取付 ボルト	引張	17	173	A
MCR再循環送風機	ケーシング取付 ボルト	引張	19	180	A
MCR排風機	ケーシング取付 ボルト	引張	6	180	A
MCR再循環フィルタ	基礎ボルト	せん断	17	133	A

計測制御系統設備

局部出力領域モニタ検出器集合体	LPRM検出器集合 体カバーチューブ	膜+曲げ	126	142	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	パイプ	膜+曲げ	169	214	B
ベンチ形制御盤	取付ボルト	せん断	2	133	A
直立形制御盤	取付ボルト	引張	4	173	A
現場盤 原子炉系 A計装ラック	取付ボルト	せん断	2	133	A

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法 ¹
再結合装置ブロワ	ベース取付溶接部	せん断	12	52	A
再結合装置	基礎ボルト	せん断	35	341	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	引張	18	254	A
空気だめ	胴板	膜	105	241	A
燃料ディタンク	スカート	座屈	0.12 ²	1.0 ²	A
発電機	軸受台取付ボルト	せん断	12	117	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	15	195	A
空気だめ	胴板	膜	101	241	A
燃料ディタンク	スカート	座屈	0.12 ²	1.0 ²	A
発電機	軸受台取付ボルト	せん断	8	117	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, 発生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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法
高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水系熱交換器	基礎ボルト	引張	67	123	B
高圧炉心スプレイディーゼル 補機冷却水ポンプ	原動機取付ボルト	せん断	4	122	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	原動機取付ボルト	せん断	11	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	12	366	A

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法
燃料取替機	走行レール	組合せ	309	483	B
原子炉建屋クレーン	ガーダ	引張	133	231	B
使用済燃料貯蔵ラック	70体ラック基礎ボルト	引張	101	153	B
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	サポート部基礎ボルト	引張	55	153	A
使用済燃料プール・ キャスクピット	プールライニング	ひずみ	0.000638	0.003	B

その他の発電設備

125V系蓄電池	取付ボルト	せん断	5	133	A
125V系充電器	取付ボルト	せん断	4	133	A
バイタル交流電源設備	取付ボルト	せん断	5	133	A

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法 ¹	備考
主蒸気系	配管	一次	202	281	B	
	支持構造物	組合せ	49	114	B	
原子炉冷却材浄化系	配管	一次	72	182	B	
	支持構造物	組合せ	0.26	1.0 ²	B	
残留熱除去系	配管	一次	100	231	B	
	支持構造物	組合せ	105	110	B	
原子炉隔離時冷却系	配管	一次	76	274	B	
	支持構造物	スナバ反力	18kN	45kN	B	評価基準値は 設計荷重 (定格荷重 × 1.5)
高圧炉心スプレイ系	配管	一次	157	221	B	
	支持構造物	組合せ	80	132	B	
低圧炉心スプレイ系	配管	一次	85	221	B	
	支持構造物	組合せ	0.81	1.0 ²	B	

1 A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価, C: 詳細評価

2 圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の組合せ応力は次式を満足しなければならない
 $(\text{圧縮応力} / \text{許容圧縮応力}) + (\text{曲げ応力} / \text{許容曲げ応力}) \leq 1$

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法 ¹	備考
給水系	配管	一次	80	209	B	
	支持構造物	組合せ	141	198	B	
放射性ドレン移送系	配管	一次	80	150	B	
	支持構造物	組合せ	88	235	B	
原子炉補機冷却水系	配管	一次	209	233	B	
	支持構造物	組合せ	0.84	1.0 ²	B	
原子炉補機冷却海水系	配管	一次	231	241	B	
	支持構造物	組合せ	0.92	1.0 ²	B	
制御棒駆動系	配管	一次	122	159	B	
	支持構造物	組合せ	38	276	B	
ほう酸水注入系	配管	一次	96	112	B	
	支持構造物	組合せ	0.23	1.0 ²	B	
非常用ガス処理系	配管	一次	48	215	B	
	支持構造物	組合せ	59kN	69kN	B	

1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価, C:詳細評価

2 圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の組合せ応力は次式を満足しなければならない

$$(\text{圧縮応力} / \text{許容圧縮応力}) + (\text{曲げ応力} / \text{許容曲げ応力}) \leq 1$$

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	発生応力 (MPa)	評価基準値 A S (MPa)	評価 方法 ¹	備考
可燃性ガス濃度制御系	配管	一次	45	211	B	
	支持構造物	組合せ	111	235	B	
不活性ガス系	配管	一次	144	201	B	
	支持構造物	レストレイ ント反力	41kN	45kN	B	評価基準値は 設計荷重 (定格荷重×1.5)
燃料プール冷却浄化系	配管	一次	45	188	B	
	支持構造物	組合せ	88	205	B	
高圧炉心スプレイディー ゼル補機冷却水系	配管	一次	72	229	B	
	支持構造物	組合せ	97	141	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	57	239	B	

1 A:簡易評価, B:設計時と同等の評価

5号機地震応答解析結果 (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	0.6	1.6	0.3	1.0
残留熱除去系ポンプ	0.5	10.0	0.3	1.0
原子炉隔離時冷却系ポンプ	0.5	1.4	0.3	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	0.3	1.0
高圧炉心スプレイ系ポンプ	0.5	10.0	0.3	1.0
低圧炉心スプレイ系ポンプ	0.5	10.0	0.3	1.0
可燃性ガス濃度制御系可搬式再結合装置プロア	0.6	2.6	0.4	1.0
非常用ガス処理系排風機	0.8	2.6	0.4	1.0
非常用ディーゼル発電設備	0.6	1.1	0.3	1.0
高圧炉心スプレイ系非常用ディーゼル発電設備	0.6	1.1	0.3	1.0

1 G = 9.80665(m/s²)

2 適用する機能確認済加速度

JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行

JEAGは水平方向のみ規定）

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	0.5	1.0
原子炉補機冷却海水ポンプ	0.8	10.0	0.5	1.0
MCR送風機	0.8	2.3	0.4	1.0
MCR排風機	0.8	2.6	0.4	1.0
MCR再循環送風機	0.8	2.3	0.4	1.0
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ	0.8	1.4	0.5	1.0
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ	0.9	10.0	0.5	1.0

1 G = 9.80665(m/s²)

2 適用する機能確認済加速度

JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行JEAGは水平方向のみ規定）

動的機能維持評価結果（弁：1 / 3）

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 （主蒸気外側隔離弁）	2.8	10.0	2.6	6.2
主蒸気系 （主蒸気逃がし安全弁）	5.0	9.6	1.6	6.1
給水系 （FDW原子炉給水ライン外側隔離弁）	0.7	6.0	1.6	6.0
原子炉補機冷却水系 （RCW常用冷却水供給側分離弁）	2.5	6.0	0.4	6.0
残留熱除去系 （RHR熱交換器バイパス弁）	1.3	6.0	1.9	6.0
原子炉隔離時冷却系 （RCIC内側試験可能逆止弁）	1.1	6.0	0.8	6.0

1 G = 9.80665(m/s²)

2 適用する機能確認済加速度
JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行JEAGは水平方向のみ規定）

動的機能維持評価結果（弁：2 / 3）

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 (CUW吸込ライン外側隔離弁)	1.1	6.0	0.7	6.0
原子炉再循環系 (RHR停止時冷却試験可能逆止弁)	2.2	6.0	1.9	6.0
不活性ガス系 (AC格納容器負圧防止用隔離弁)	1.1	6.0	0.3	6.0
低圧炉心スプレイ系 (LPCSポンプ吸込隔離弁)	0.9	6.0	0.5	6.0
高圧炉心スプレイ系 (HPCS S/C側吸込隔離弁)	0.9	6.0	0.8	6.0
可燃性ガス濃度制御系 (FCS入口隔離弁)	1.1	6.0	0.8	6.0
原子炉補機冷却海水系 (RSW RCW熱交換器 RSW出口弁)	2.1	6.0	0.9	6.0

1 G = 9.80665(m/s²)

2 適用する機能確認済加速度

JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行

JEAGは水平方向のみ規定）

動的機能維持評価結果（弁：3 / 3）

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
非常用ガス処理系 （SGTSトレイン出口隔離弁）	1.1	6.0	0.5	6.0
高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 （HPSW HPCW熱交換器HPSW出口弁）	0.9	6.0	0.5	6.0

1 G = 9.80665(m/s²)

2 適用する機能確認済加速度

JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行JEAGは水平方向のみ規定）

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	0.57	3.0	0.34	2.0
温度検出器	0.53	10	0.25	10
加速度検出器	0.71	3.0	0.34	1.5
水位変換器	0.55	3.0	0.28	3.0
警報設定器	0.57	4.0	0.34	2.0
レベルスイッチ	0.55	3.0	0.28	1.5
継電器	0.55	3.0	0.28	1.2
真空遮断器	0.55	1.5	0.28	1.5

1 G = 9.80665(m/s²)

2 既往の試験等をもとに定めた機能確認済加速度

地震応答解析結果（まとめ）

■ 現時点で以下の解析対象設備の評価を実施

構造強度評価	: 109設備
動的機能維持評価	: 40設備

- ✓ 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した。
- ✓ 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した。

■ 今後の予定

- ✓ 現在評価中の設備の継続評価
（原子炉再循環系配管，動的機能維持評価（位置スイッチ，圧力スイッチ））
- ✓ 疲労評価の実施
- ✓ 比較的余裕の少ない設備については，観測記録と建屋応答解析結果の相違の影響について検討する（参考）。

(参考)

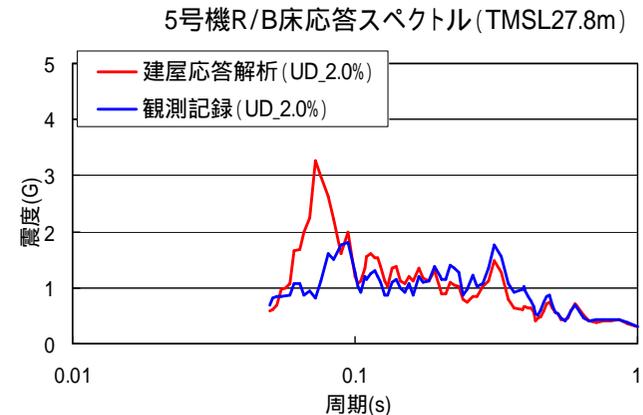
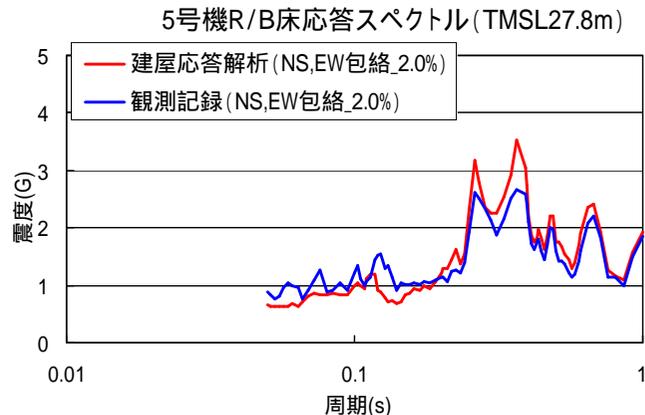
相違の影響に関する検討方針

■ 検討方針

- 耐震小委構造WGにて審議された建屋応答結果を用いた設備の地震応答解析結果を報告値として扱う。
- 比較的余裕の少ない設備については、観測記録と建屋応答解析結果の相違の影響について以下のように検討する。
 - ✓ 観測記録と建屋応答解析結果について、両者の比率A（次頁）を算定。
 - ✓ 建屋応答解析結果をもとに解析した設備の算出値に上記の比率Aを乗じて評価基準値と比較する。

相違の影響に関する検討方針

■ 観測記録と建屋応答解析の相違について



- ✓ 主要モードの固有周期で、観測記録と建屋応答解析結果の加速度応答スペクトルから比率Aを計算
比率A = 観測記録による床応答加速度 / 建屋応答解析による床応答加速度
- ✓ 報告値に比率Aを乗じて観測記録との相違を考慮した算定値を算出し、評価基準値と比較
(観測記録との相違を考慮した算定値) = (報告値) × (比率A) : 評価基準値と比較

3 . ま と め

まとめ

- 設備点検において、現時点で地震に起因した事象で機能に影響を及ぼした不適合が10機器（全体で105機器）確認されているが、原子炉安全上重要な機器には確認されていない。
確認された105機器については、手入れによる原型復旧や交換を実施し、健全性を確認している。
- 地震応答解析において、現時点で構造強度評価（109/110設備）及び動的機能維持評価（40/42設備）が終了しているが、すべて評価基準値以下であることを確認している。
- 今後、設備健全性が確認された系統について、順次、系統機能試験による系統健全性の確認を実施していく。