

駿河湾の地震を踏まえた 浜岡原子力発電所5号機の 耐震安全性への影響確認等について

平成23年1月
原子力安全・保安院

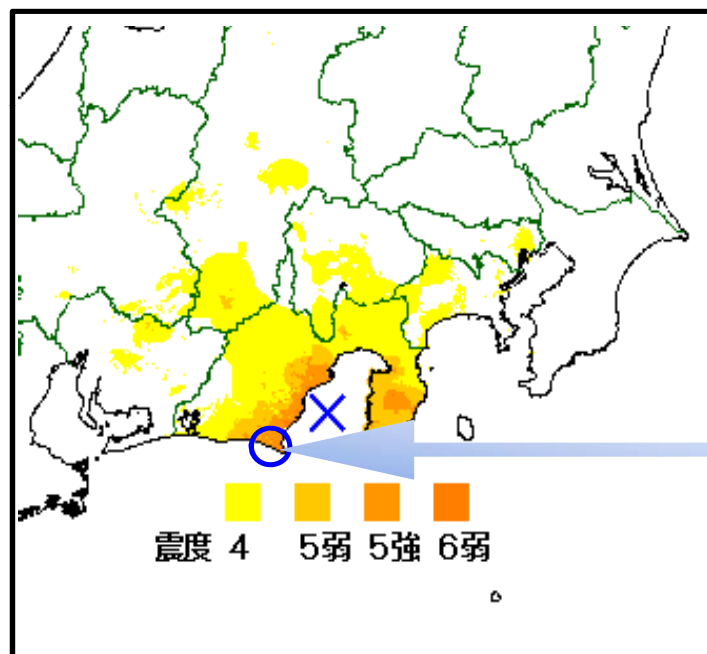
目 次

1. 5号機設備健全性及び耐震安全性に係る保安院の取り組み
2. 5号機の観測記録の増幅要因の分析に係る審議状況
3. 駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認に係る保安院としての現時点での見解

1. 5号機設備健全性及び耐震安全性に係る保安院の取り組み

地震の概要及び浜岡原子力発電所の状況

- 発生日時:平成21年8月11日(火)5:07頃
- 震源及び規模:駿河湾、深さ23km、マグニチュード6.5
- 最大震度:6弱 静岡県伊豆市、焼津市、牧之原市、御前崎市 (気象庁発表による)
- 発電所の状況:安全上重要な施設は地震時及び地震後に所定の機能を確保
地震発生に伴う外部への放射性物質による影響はなし
- 観測記録:5号機の観測記録が他号機に比して顕著に大



震源及び規模(気象庁HPから引用、加筆)

×:震源 ○:発電所

地震時の浜岡原子力発電所の状況



(写真は地震後の発電所全景。中部電力HPより引用)

号機	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機
運転状況	停止中(運転終了)		停止中 (定期検査)	調整運転中 自動停止	営業運転中 自動停止
観測した加速度※ (水平方向)	109ガル		147ガル	163ガル	426ガル
スクラム設定値 (最下階)	—		120ガル		

※地震時に中央制御室で表示された各号機原子炉建屋の地下2階における加速度値

5号機設備健全性及び耐震安全性に係る保安院の取り組み①

地震直後の対応

- 保安院(以下「当院」という。)は中部電力へ指示。(平成21年8月11日)

地震の観測データの分析・報告を指示。

- 中部電力から報告。(平成21年8月21日)

一部の周期帯において基準地震動 S_1 による設計値をわずかに超過。

- 当院は中部電力へ指示。(平成21年8月21日)

- 耐震設計上重要な設備の地震応答解析による健全性評価結果及び設備の点検・評価結果の報告を追加指示。

- 5号機の観測記録が他号機に比して大きかったことの要因分析を行い、その結果得られる知見を耐震バックチェックに適切に反映するよう指示。

5号機設備健全性及び耐震安全性に係る保安院の取り組み②

設備の健全性の確認

- 当院は中部電力へ指示。(平成21年8月21日)

● 耐震設計上重要な設備の地震応答解析による健全性評価結果及び設備の点検・評価結果の報告を追加指示。

- 中部電力から報告。(平成21年10月2日)

地震応答解析による健全性評価の結果、耐震設計上重要な設備は弾性範囲内。

- 中部電力から報告。(平成22年3月23日)

設備の点検・評価の結果、5号機の設備・機器及び系統の健全性は確保。

- 当院は専門家の意見を踏まえ立入検査等により中部電力の報告を確認。
(平成22年6月24日)

耐震設計上重要な設備は弾性状態にあること、(耐震設計上重要な設備以外の)設備の補修や停止中に必要な点検がすべて適切に行われていることから、5号機の設備の健全性は維持されているものと判断。

→ 当院は、5号機の原子炉を起動して行う試験の実施について安全上の問題はないと判断。

5号機設備健全性及び耐震安全性に係る保安院の取り組み③

耐震安全性への影響確認

- 当院は中部電力へ指示。(平成21年8月21日)

5号機の観測記録が他号機に比して大きかったことの要因分析を行い、その結果得られる知見を耐震バックチェックに適切に反映するよう指示。

- 中部電力は5号機の増幅要因の分析結果について耐震バックチェックに係る合同WGの審議において報告。(平成21年10月～平成22年8月)

5号機の増幅要因は、5号機の地下浅部に分布するS波低速度帯と推定。

- 中部電力は駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認の自主的な検討結果について、耐震バックチェックとは別に、合同WG及び構造WGに報告。(平成22年7月～平成22年12月)

駿河湾の地震を踏まえても東海地震に対する5号機の耐震安全性に支障なし。

- 当院は合同WGの専門家の意見を踏まえ、5号機の増幅要因の分析についての審議状況を整理。

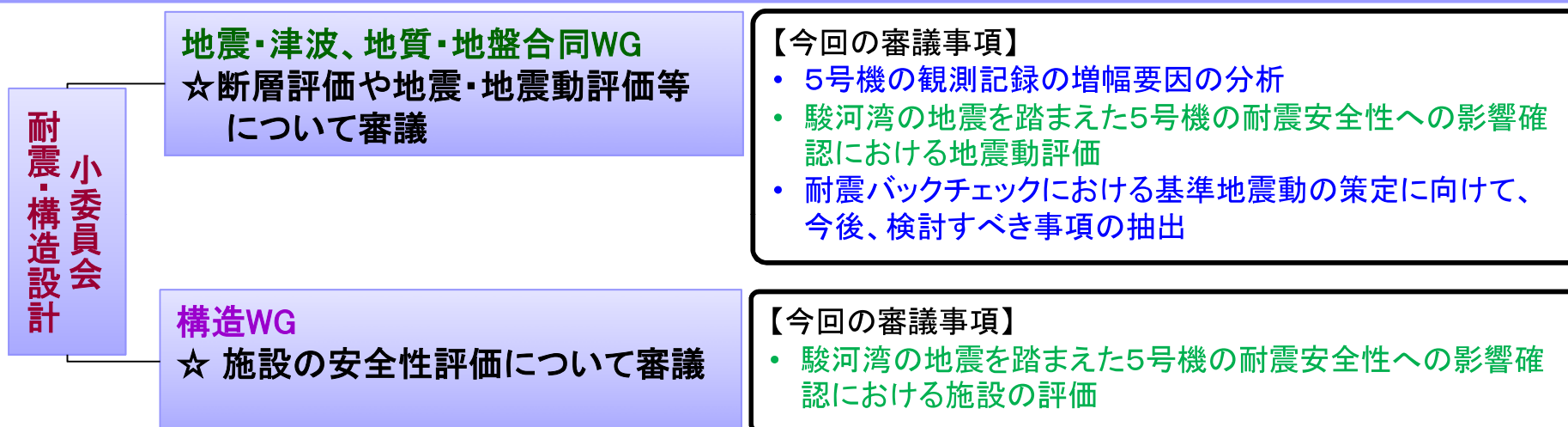
また、今後、浅部地下構造の調査(現在、追加調査中)後に実施する5号機の耐震バックチェックにおいて検討すべき内容として、駿河湾の地震により得られる知見を反映した基準地震動の策定等について明示。(平成22年12月15日)

- 合同WG及び構造WGの専門家の意見を踏まえ、駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認について、現時点での見解をとりまとめ。(平成22年12月15日)

耐震安全性に関する検討の審議体制及び審議実績について

審議体制

- 当院は、事業者が実施した耐震バックチェック結果等の耐震安全性に関する検討について、耐震・構造設計小委員会の下に設置した各ワーキンググループ等において、関連する分野の専門家による審議を経て、**厳正に確認**することとしている。



審議実績

- 地震発生以降、合同WG会合及び構造WG会合において合計17回(いずれも公開)審議。
- 地震発生前までの耐震バックチェックに係る検討に用いたデータに加え、以下の調査の結果を審議において確認。
 - 中越沖地震を踏まえた地下構造調査(平成20年～平成21年)
 - 駿河湾の地震を踏まえた追加調査(平成21年～平成22年)

2. 5号機の観測記録の増幅要因の分析 に係る審議状況

審議上の論点及び論点ごとの審議状況①

◎ 審議上の論点及び論点ごとの審議状況

(1) 敷地内の観測記録の分析

- 本震及び余震の観測記録の特徴と傾向の違いが把握できているか。
→ 当該論点に係る内容は概ね把握できた。
なお、今後の耐震バックチェックに資する検討として、観測点の地下100m以浅の増幅特性等について、より詳細な分析が必要。

(2) 主要因の推定

- 主要因の絞り込み及び推定が適切に行われているか。
→ 本震の観測記録の主な特徴を踏まえて主要因を考察し、その結果を踏まえて深さ方向に地下構造を分類した上で、深部から浅部へと検討して主要因の絞り込み及び推定を適切に実施。
その結果としてS波低速度帯を主要因と推定。

審議上の論点及び論点ごとの審議状況②

◎ 審議上の論点及び論点ごとの審議状況(前ページの続き)

(3) 主要因と考えられるS波低速度帯の分布領域の推定

- S波低速度帯の分布領域が高い信頼性で推定できているか。
→ オフセットVSP調査を実施した5号機付近の東西方向では、S波低速度帯の分布領域を高い信頼性で推定できた。3次元の分布領域(南北方向等の拡がり)については、追加調査中のオフセットVSP調査※等に基づく推定が必要。
- S波低速度帯の分布領域から3次元の分布形状を推定する際に、地質学的な特徴を加味した上で総合的に説明できているか。
→ 現状では地質学的な特徴が十分に把握されていないことから、追加調査中のボーリング調査※等によりS波低速度帯の物性的、地質的な性状を直接確認した上で検討が必要。

※ 現在、中部電力により実施されている追加調査の全体概要については、P12を参照

審議上の論点及び論点ごとの審議状況③

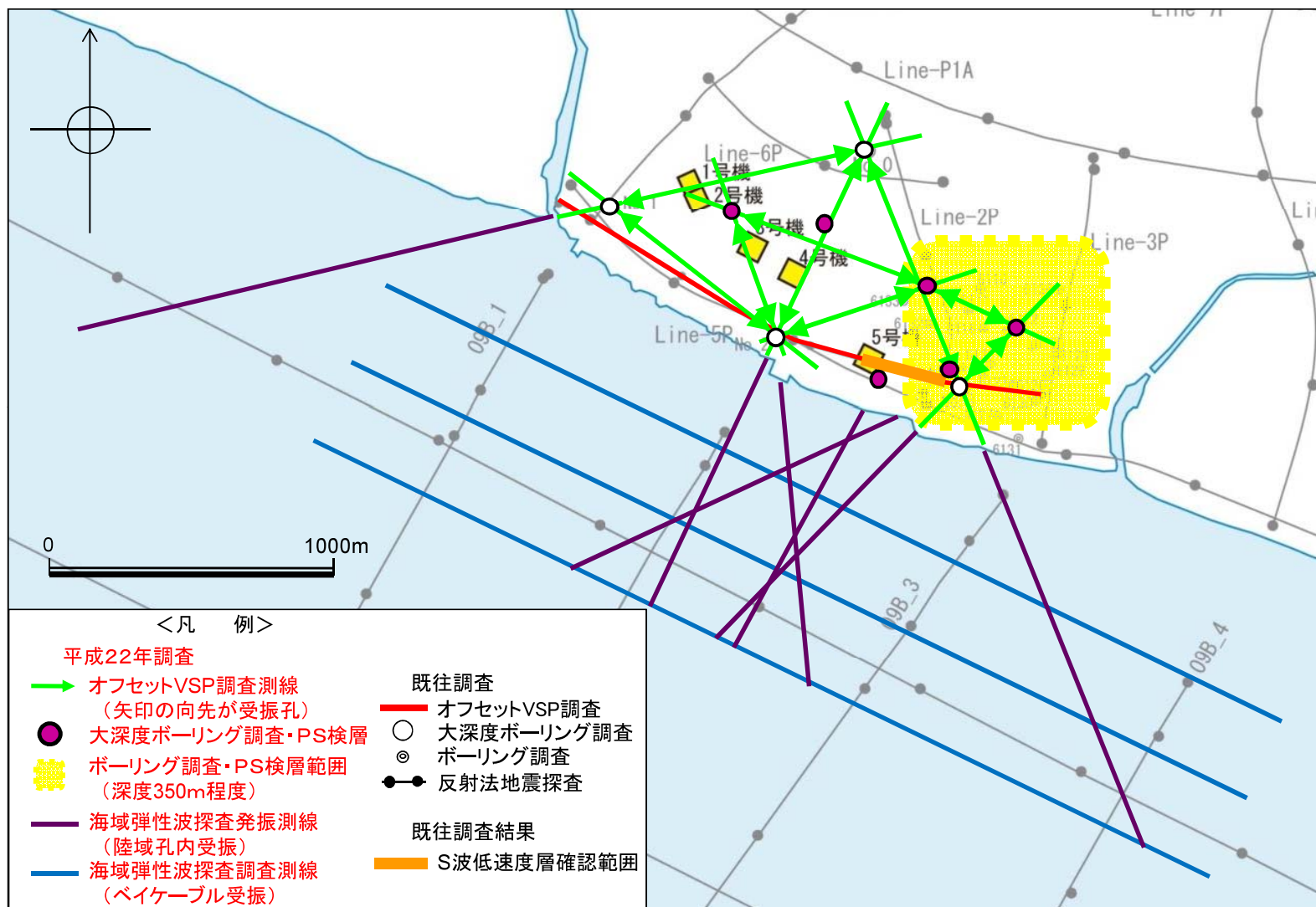
◎ 審議上の論点及び論点ごとの審議状況(前ページの続き)

(4) 主要因の検証(観測記録の再現性検討)

- S波低速度帯の分布領域の推定を基にした解析条件の設定が妥当か。
→ 追加調査※等の結果を踏まえて再確認が必要。
- 本震、余震及びその他の主な地震の観測記録の傾向が解析により再現できているか。
→ 本震に関しては、5号機の位置において顕著に増幅する傾向をほぼ再現。
余震及びその他の主な地震に関しては、追加調査※等の結果を踏まえての再検討が必要。
- 増幅メカニズムの推定と検証ができているか。
→ 追加調査※等の結果を踏まえて増幅メカニズムを推定するとともに、観測波形の特徴を含む観測記録の再現性検討による増幅メカニズムの推定結果の検証が必要。

※ 現在、中部電力により実施されている追加調査の全体概要については、P12を参照

(参考) 現在、中部電力により実施されている追加調査の全体概要

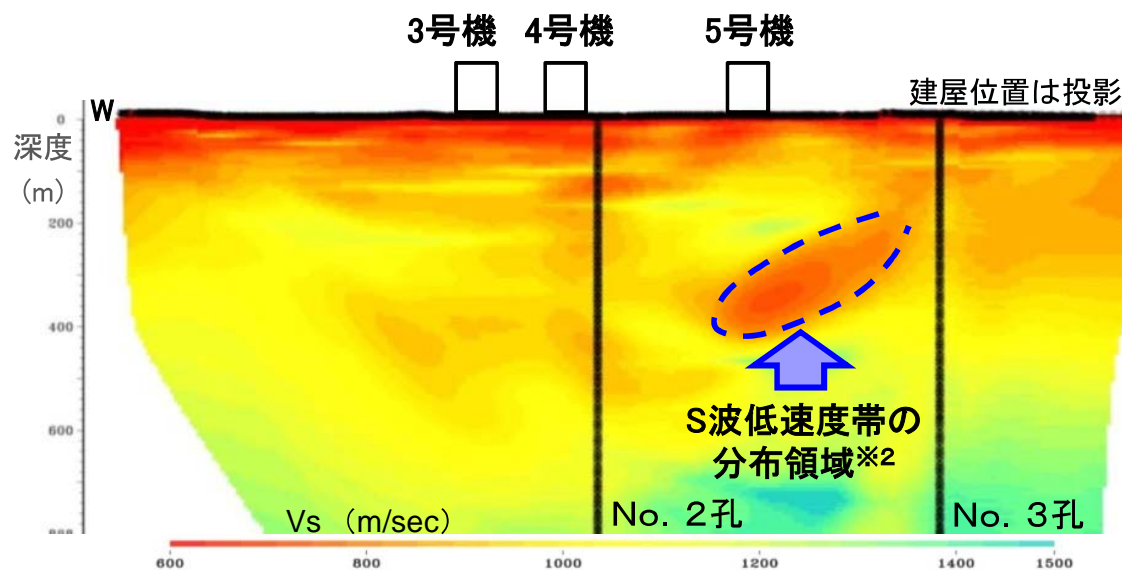


※ 平成22年12月3日に開催された構造WG第60回会合における中部電力資料(参考資料2(合同W56-3改)より抜粋)

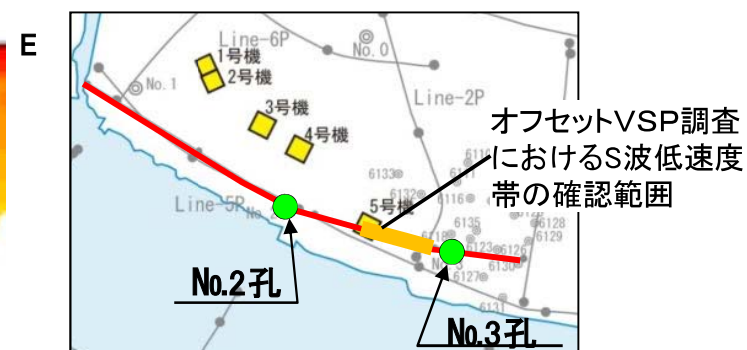
5号機の観測記録の増幅要因の分析に係る審議状況のまとめ①

当院は、駿河湾の地震において5号機の観測記録が他号機に比して大きかったことの要因分析等に係る合同WGにおける審議状況について、以下のとおり整理。

◎ 駿河湾の地震(本震及び余震)における敷地内の地震観測記録の分析を実施した上で、深部から浅部の地下構造調査結果を基に5号機の増幅の主要因の分析を実施した結果、5号機の下方からやや東方の地下200~400m程度の深さに、S波速度が700~800m/sec程度と周囲の岩盤に比べ3割程度低下している「S波低速度帯」が局所的に存在し、その領域の断面形状として下に凸の形状であり、かつ東に向かってやや分布深度が浅くなっていることを確認。



<オフセットVSP調査結果(S波速度構造)> ※1

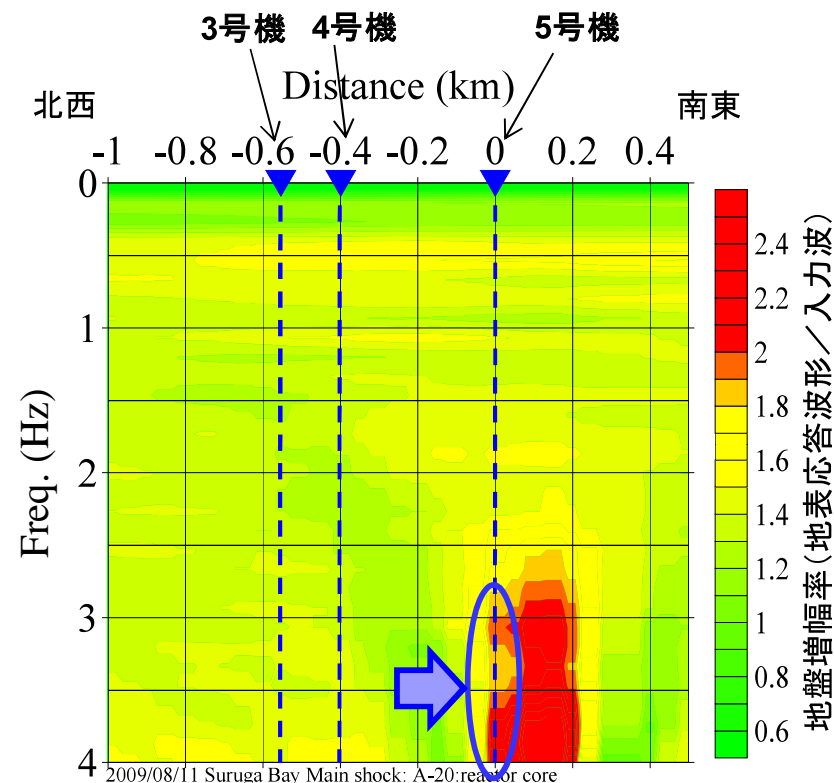


※1 平成22年12月3日に開催された構造WG第60回会合における中部電力資料(参考資料2(合同W56-3改)より抜粋し加筆。

※2 S波低速度帯の詳細な形状については、現在実施中の追加調査の結果を踏まえて検討する必要がある。

5号機の観測記録の増幅要因の分析に係る審議状況のまとめ②

- ◎ 東西断面におけるS波低速度帯の分布領域及びその形状等と5号機との位置関係を暫定的にモデル化し、主要因の検証を実施した結果、本震方向の解析結果として5号機の位置において3~4 Hzの周波数帯で顕著に増幅する傾向を概ね再現できていることを確認。
- ◎ 当院は、敷地内外の地震観測記録の分析、S波低速度帯の3次元の分布領域の推定及び増幅メカニズムの推定と検証等に関して、今後、より詳細に確認すべき事項があるものの、5号機の増幅の主要因に係る中部電力の現時点での推定は、今後の耐震バックチェックにおける基準地震動Ssの検討内容(次ページ参照)を踏まえても支障が無いと考える。



＜3~5号機を通る断面の解析結果＞※
（駿河湾の地震(本震)）

※ 平成22年12月3日に開催された構造WG第60回会合における中部電力資料(参考資料2(合同W56-3改)より抜粋し加筆。5号機の位置において顕著に増幅する傾向は概ね再現できているが、現在実施中の追加調査の結果を踏まえて、より詳細な検証を行う必要がある。

【参考】今後の基準地震動 S_s の策定に向けての検討内容とその論点等

駿河湾の地震において得られた知見の明確化

- 駿河湾の地震において得られた知見とは。
 - 揺れが増幅する特徴と増幅のしくみ。
 - 本震以外の方向から揺れが伝わった場合の増幅の程度(有無)とその影響範囲等。
- 知見を反映する対象と程度は。
 - 号機ごとに各方向から揺れが伝わった場合の増幅の程度(有無)。

駿河湾の地震において得られた知見を反映した基準地震動 S_s の策定

- 敷地の解放基盤表面(基準地震動を定める面)の設定に係る考え方の整理。
 - 増幅要因が地下に存在する場合にどの位置(深さ)で基準地震動を定めるか。
- 増幅の特徴を揺れの評価へ反映する方法。
 - 安全側の評価となるように配慮しつつ、揺れが増幅する特徴や増幅のしくみを反映した、より実状に近づけた方法を用いる。
- 基準地震動 S_s 策定のための揺れの評価。
 - プレート間地震、活断層による地震等による揺れについて、方向ごとに揺れが増幅する程度を反映して計算する。

その他、課題等

- 敷地内に揺れが増幅するような速度構造の不均質性が他にあるか。

3. 駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認に係る保安院としての現時点での見解

審議上の論点及び論点ごとの審議状況①

◎ 審議上の論点及び論点ごとの審議状況

(1) 影響確認に用いた地震動

- 駿河湾の地震に関して現時点で得られている知見を反映した地震動評価方法（増幅特性の設定、増幅特性の地震動評価への反映方法）となっているか。
 - 増幅を考慮する程度として、本震及び余震の解放基盤表面における観測記録を詳細に分析した結果を踏まえ、本震の最大地動加速度(PGA)及び周期別スペクトル強度(SI)値から安全側に水平動2.3倍、鉛直動1.7倍と設定。一部の余震の観測記録（鉛直方向）において上記の値（1.7倍）を超えるが、顕著な増幅が認められた周期帯（0.2～0.5秒）と異なるものであり、S波低速度帯よりも上部の地盤の増幅特性による影響と考えられることから、今後、より詳細な分析が必要。
 - 増幅を考慮する地震波到来方向として、これまでに3～5号機で得られた観測記録を到来方向ごとに分析した結果やS波低速度帯の東西方向断面における位置を踏まえ、顕著な増幅が認められた北東方向のみならず、観測記録が少ない、西寄り以外の方向についても増幅を考慮し、安全側に設定。
 - 地震動評価への反映方法として、顕著な増幅が短周期の特定の周期帯で生じたものの、増幅する周期帯に関して安全側の評価となるように、統計的グリーン関数法による地震動評価結果の4秒以下を全ての時間について係数倍。

審議上の論点及び論点ごとの審議状況②

◎ 審議上の論点及び論点ごとの審議状況(前ページの続き)

(2) 施設の評価

- 審議が一通り実施されている3, 4号機の耐震バックチェックにおける評価と比べて、異なる評価方法(解析条件、解析方法、評価基準値)を採用しているか。
 - 解析条件として、解析モデル、解析定数等について耐震バックチェックと同じもの。
 - 解析方法として、以下のように耐震バックチェックと同じ考え方により選定。
 - 建物・構築物については、工事計画認可において実績のある詳細な解析方法を採用。
 - 機器・配管系については、設備の応力評価方法として、設備の応答が設計時の基準地震動 S_2 による応答を超える場合は、応答倍率法※を採用。また、応答倍率法による応力が評価基準値を超える場合は、工事計画認可において実績のある、より詳細な方法を採用。
 - 評価基準値として、建物・構築物については、建屋のせん断ひずみ(2.0×10^{-3})等を採用。機器・配管系については、制御棒挿入性として試験により確認されている燃料集合体変位(40mm)、許容応力として過度に塑性変形しない値(許容状態 $IV_A S$)を採用。いずれも耐震バックチェックと同じもの。
- なお、これらの解析条件、解析方法を用いることにより実際よりも大きめの発生値を算定。また、評価基準値は実際の破損限界にさらに余裕を見込んだもの。

※ せん断力、曲げモーメント等について基準地震動 S_2 に対する比率の最大値を応答比とし、地震と地震以外の荷重による合算後の発生値に乘じる。

審議上の論点及び論点ごとの審議状況③

◎ 審議上の論点及び論点ごとの審議状況(前ページの続き)

(3) 耐震安全性への影響確認及び耐震余裕の検討の位置付け

● 耐震安全性への影響確認の位置付け

→ 5号機の設計時では、旧耐震指針による基準地震動 S_2 に対し耐震設計上重要な施設の機能保持を確認。基準地震動 S_2 の策定において南海トラフ沿いの地震が支配的な震源。今回の影響確認では、施設の固有周期を有する短周期の地震動に対して支配的な想定東海地震について、駿河湾の地震に関して現時点で得られている知見(増幅の影響等)を反映した地震動を算定し、それに対し耐震設計上重要な施設(対象施設はSクラス全施設であり耐震バックチェックと同じ。)の機能保持を確認。

● 耐震余裕の検討の位置付け

→ これまでの耐震バックチェックでは、新耐震指針による基準地震動 S_s の策定において敷地下方にアスペリティを配置した「仮想的東海地震」が支配的な震源であることを把握。耐震安全性への影響確認は耐震バックチェックと別に実施されているが、耐震バックチェックの審議状況も踏まえて説明性をより一層向上させるために、「仮想的東海地震」にする耐震余裕を検討。耐震余裕の具体的例示として、耐震安全性への影響確認と同様の方法で増幅の影響等を反映した地震動を仮に算定して、それに対して耐震設計上重要な主な施設(対象施設は主要8施設、対象部位は耐震バックチェックにおいて地震力に対する余裕が小さい部位。)の機能保持を確認。

当院としての現時点での見解①

耐震バックチェックとは別に、中部電力が報告した検討結果について、合同WG及び構造WGにおける審議を踏まえた当院としての現時点での見解は以下のとおり。

駿河湾の地震を踏まえた浜岡原子力発電所5号機の耐震安全性への影響確認

- ◎ 駿河湾の地震において5号機の顕著な増幅が認められたが、駿河湾の地震における観測記録に係る現状の分析結果を踏まえ、顕著な増幅の影響を想定東海地震に対して暫定的に反映した場合においても、5号機の耐震設計上重要な施設の機能保持に支障がないことを確認。
(中部電力の報告内容については、P23～P25を参照)
- ◎ 新耐震設計審査指針に照らした基準地震動 S_s の検討を実施中である状況に鑑み、5号機の耐震安全性に対する説明性のより一層の向上の観点から、これまでの耐震バックチェックに係る検討において浜岡サイトに最も影響を及ぼす「仮想的東海地震」に対して耐震余裕を検討。その結果として「仮想的東海地震」に対して増幅を仮に考慮したとしても耐震設計上重要な主な施設の機能保持に支障がないことを確認。
(中部電力の報告内容については、P26～P28を参照)
- ◎ なお、駿河湾の地震の観測記録に係る現状の分析結果を踏まえた増幅特性の設定、増幅特性の考慮方法等の地震動評価方法については、現状を踏まえた方法として、安全上支障がないと考える。また、施設の解析条件、解析方法及び評価基準値については、耐震バックチェックと同様のものを用いており、現状における検討として安全上支障がないと考える。
- ◎ 以上のことから、当院の現時点での見解としては、駿河湾の地震を踏まえた浜岡原子力発電所5号機の耐震安全性への影響について、安全上支障がないと考える。

当院としての現時点での見解②

耐震バックチェックとは別に、中部電力が報告した検討結果について、合同WG及び構造WGにおける審議を踏まえた当院としての現時点での見解は以下のとおり。

浜岡原子力発電所5号機の今後の耐震バックチェック

- ◎ 5号機の耐震バックチェックについては、今後、浅部地下構造に係る追加調査の結果や地震観測記録の更なる分析の結果を踏まえ、地震動の増幅メカニズムの検証等を実施するとともに地盤増幅特性を詳細に検討した上で、それらを考慮した基準地震動S_sを策定し、基準地震動S_sに対する耐震設計上重要な施設の機能保持を確認することにより耐震安全性評価を実施。
- ◎ 今回の耐震余裕の検討においては、「仮想的東海地震」に対する耐震余裕の具体的例示として、「仮想的東海地震」の震源モデルに基づき、駿河湾の地震における顕著な増幅を反映した地震動を仮に算定し、バックチェックと同様の手法により5号機の耐震設計上重要な主な施設の評価を実施。その際に評価した地震動については、浅部の地下構造調査を実施中であること、増幅メカニズムの検証等を今後実施すること等を勘案し、評価として十分安全側となるように地震動を設定。
今後の耐震バックチェックにおいては、基準地震動S_sを策定する過程で詳細な調査、分析の結果を踏まえて地震動レベルを明確にすることにより、より安全性が確保されていることを説明できると考える。

補足 駿河湾の地震を踏まえた5号機の耐震安全性への影響確認に係る中部電力の検討内容※

- ※ 平成22年12月3日に開催された構造WG第60回会合における中部電力資料(構造W60-3(構造W56-4改) 駿河湾の地震を踏まえた浜岡原子力発電所5号機の耐震安全性への影響確認のうち施設の評価について)より抜粋

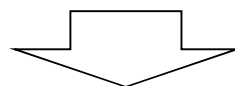
(補足) 5号機の耐震安全性への影響確認に関する検討内容

～ 観測記録の分析結果を安全側に反映したケースの設定 ～

■ 観測記録の分析結果(駿河湾の地震(本震)の増幅特性の比率および地震波到来方向毎の増幅特性の整理)

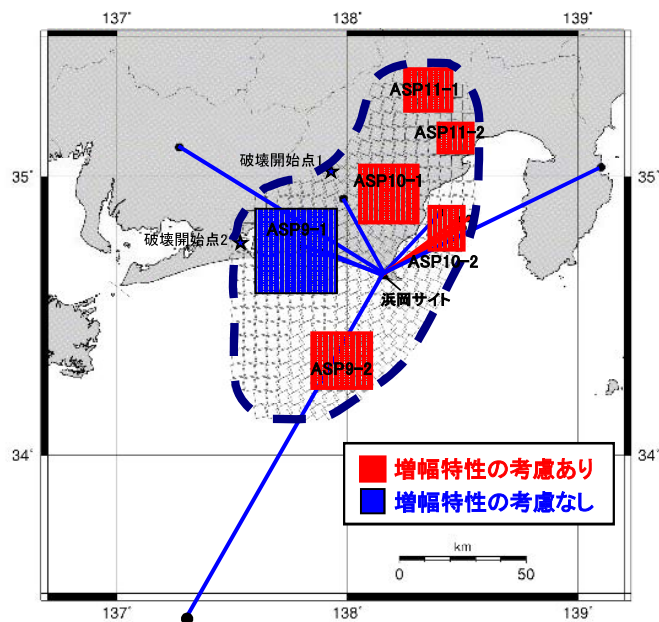
駿河湾の地震の方向から到来する地震波 → 3号機に対する5号機の増幅特性の比率(本震)は、水平方向ではPNS方向で1.4～1.6倍程度、PEW方向(振動卓越方向)で2.2～2.3倍程度、鉛直方向では1.6～1.7倍程度

その他の方向から到来する地震波 → 5号機の揺れは他号機に比べ同程度



観測記録の分析結果(駿河湾の地震(本震)の増幅特性の比率および地震波到来方向毎の増幅特性の整理)を安全側に反映

観測記録の分析結果を安全側に反映したケース



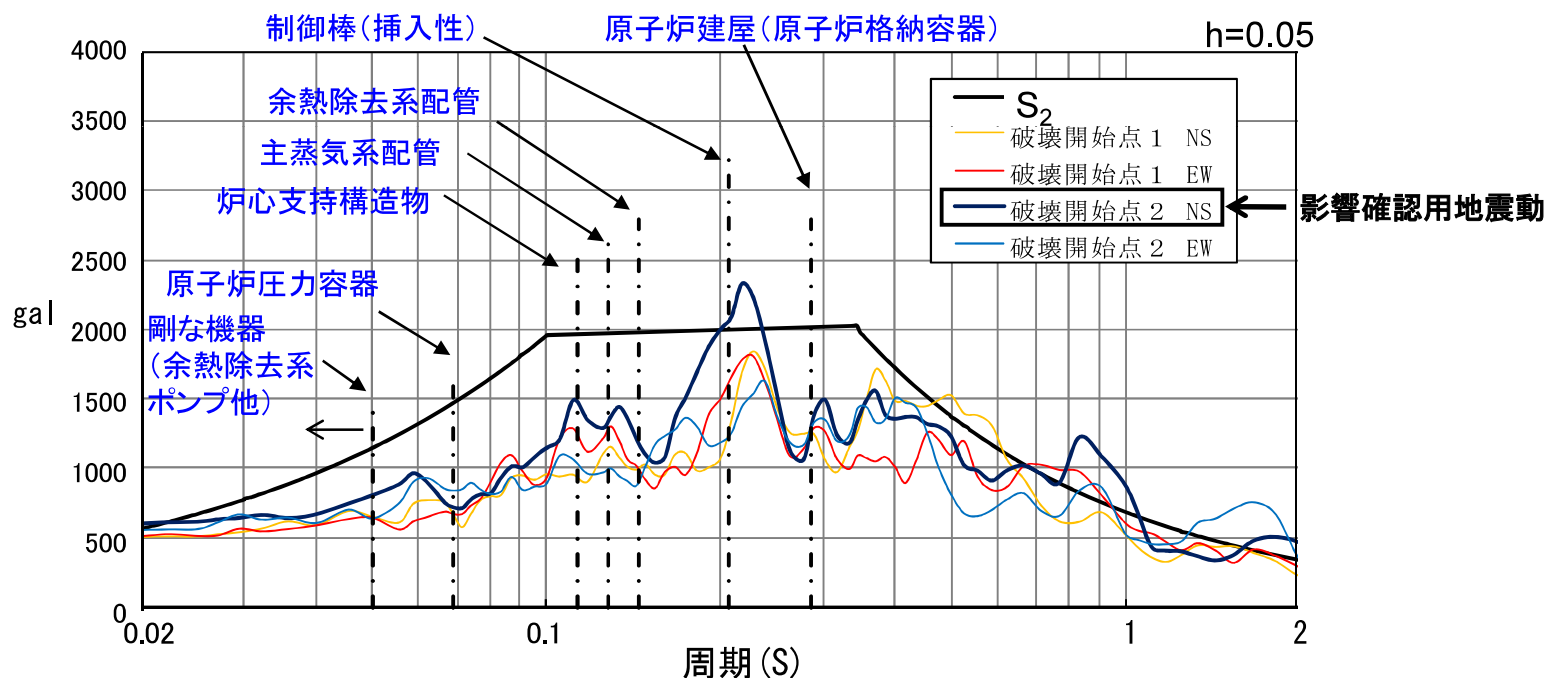
■ 増幅特性を考慮する到来方向として、想定東海地震の震源モデルと観測記録の分析結果との関係を踏まえ、5つのアスペリティに増幅特性を考慮。

■ 増幅特性を考慮する程度として、水平動の振動卓越方向を踏まえ、水平動の振幅を2.3倍、鉛直動の振幅を1.7倍とした。

(補足) 5号機の耐震安全性への影響確認に関する検討内容

～ 耐震安全性への影響確認を行うための地震動の設定 ～

- 浜岡原子力発電所5号機の耐震安全性は、旧指針に基づく基準地震動 S_2 に対する耐震設計上重要な施設の機能維持を確認することで確保されている。
- 観測記録の分析結果を安全側に反映したケースの地震動評価結果のうち、耐震設計上重要な施設の固有周期帯(約0.3秒以下)において、基準地震動 S_2 を上回っている「破壊開始点2 NS」を影響確認用地震動とし、5号機の耐震設計上重要な主な施設の耐震安全性への影響確認を実施した。



観測記録の分析結果を安全側に反映したケースの地震動評価結果と耐震設計上重要な主な施設の固有周期の関係

(補足) 5号機の耐震安全性への影響確認に関する検討内容 ～ 耐震設計上重要な施設の影響確認結果 ～

■耐震設計上重要な主な施設について、影響確認用地震動を用いた地震応答解析結果に基づき評価した結果、発生値が許容値以下であることを確認した。

耐震設計上重要な主な施設の評価結果

機能	施設	評価部位	応力分類(単位)	発生値 ^{※1}	許容値 ^{※2}	判定
止める	炉心支持構造物	シュラウドサポート	軸圧縮応力 (MPa)	75以下 ^{※3}	260	○
		炉心支持板	膜応力+曲げ応力 (MPa)	113以下 ^{※3}	427	○
	制御棒	挿入性	燃料集合体変位 (mm)	24	40	○
冷やす	余熱除去ポンプ	原動機取付ボルト	せん断応力 (MPa)	8以下 ^{※3}	350	○
	余熱除去系配管	配管	一次応力 (MPa)	158	366	○
閉じ 込める	原子炉圧力容器	胴板	膜応力 (MPa)	177以下 ^{※3}	320	○
		基礎ボルト	引張応力 (MPa)	169以下 ^{※3}	499	○
	主蒸気系配管	配管	一次応力 (MPa)	261	375	○
	原子炉格納容器	コンクリート部	面外せん断力 (kN/mm)	1.91以下 ^{※3}	3.89	○
		ライナ部	圧縮ひずみ (-)	0.20×10^{-3} 以下 ^{※3}	5.0×10^{-3}	○
原子炉建屋	耐震壁	せん断ひずみ (-)	0.18×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○	

※1 発生値は応答倍率法等により算出した。(制御棒挿入性および原子炉建屋は詳細評価)

※2 機器・配管系の許容値は、許容応力状態IV_ASの値

※3 地震動による応答がS₂による応答以下であるため、S₂設計時の値を表記し、「その値以下」と記載

(補足) 5号機の耐震余裕に関する検討内容

～増幅特性を「仮想的東海地震」に対して仮に考慮した場合の地震動評価への反映方法～

■観測記録の分析結果(駿河湾の地震(本震))の増幅特性の比率および地震波到来方向毎の増幅特性の整理)

駿河湾の地震の方向から到来する地震波 → 3号機に対する5号機の増幅特性の比率(本震)は、水平方向ではPNS方向で1.4～1.6倍程度、PEW方向(振動卓越方向)で2.2～2.3倍程度、鉛直方向では1.6～1.7倍程度

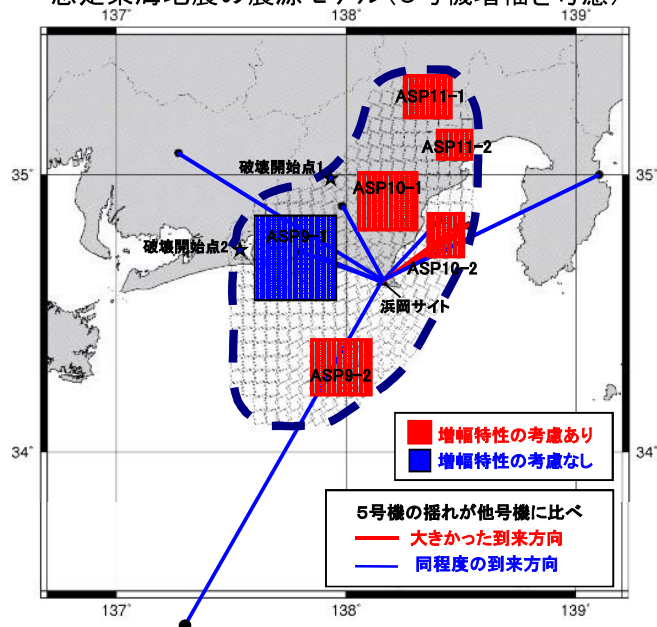
その他の方向から到来する地震波 → 5号機の揺れは他号機に比べ同程度



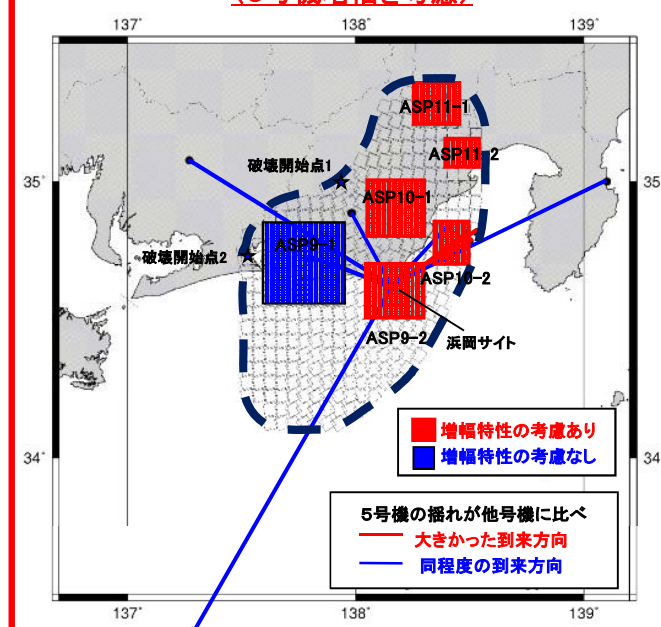
■増幅特性を考慮する到来方向およびその程度(「5号機の耐震安全性への影響確認」と同様)

・観測記録の分析結果を踏まえ、増幅特性を考慮する到来方向として、5つのアスペリティに増幅特性を考慮し、増幅特性を考慮する程度として、水平動の振幅を2.3倍、鉛直動の振幅を1.7倍とした。

(参考)「5号機の耐震安全性への影響確認」における
想定東海地震の震源モデル(5号機増幅を考慮)



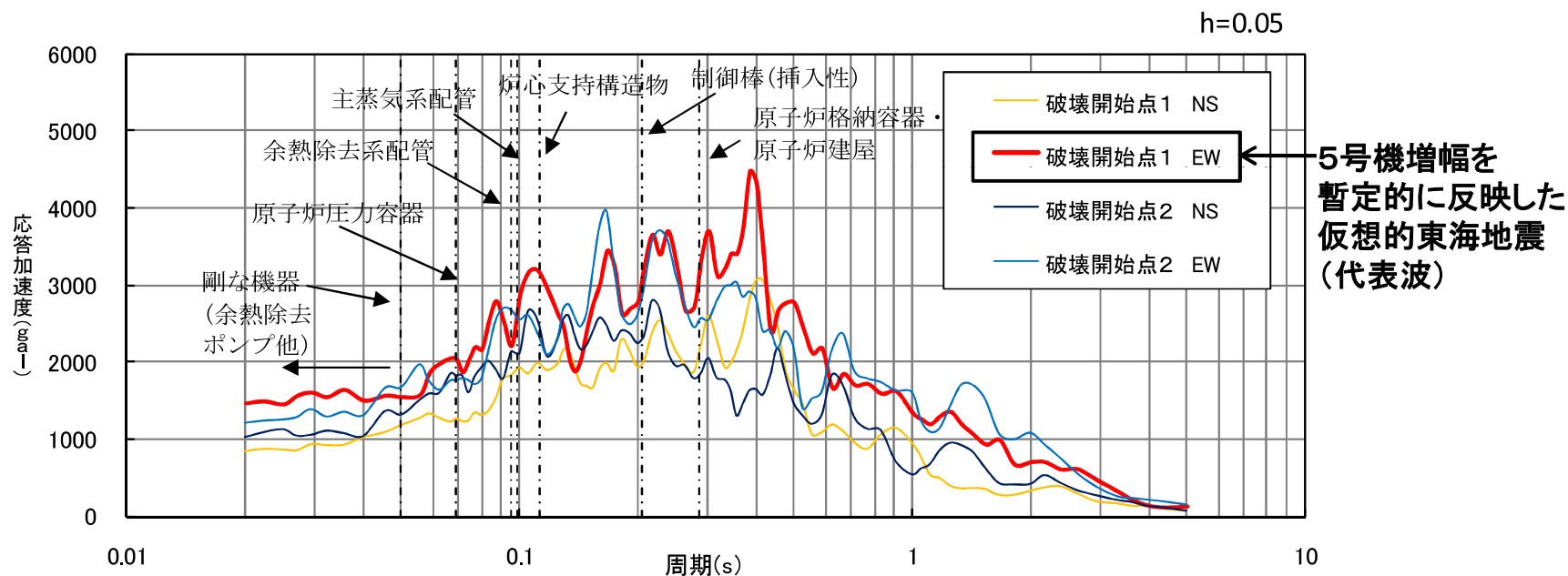
仮想的東海地震の震源モデル
(5号機増幅を考慮)



(補足) 5号機の耐震余裕に関する検討内容

～増幅特性を「仮想的東海地震」に対して仮に考慮した場合の施設評価に用いる代表波～

■ 5号機増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震の地震動評価結果のうち、耐震設計上重要な施設の固有周期 (約0.3秒以下)において、最も応答加速度が大きい「破壊開始点1 EW」を代表波として、施設評価を行った。



5号機増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震の地震動評価結果と耐震設計上重要な主な施設の固有周期の関係

(補足) 5号機の耐震余裕に関する検討内容 ～ 増幅特性を「仮想的東海地震」に対して仮に考慮した場合の 耐震設計上重要な主な施設の評価結果 ～

■5号機増幅を暫定的に反映した仮想的東海地震(代表波)を用いて、当社の耐震バックチェックと同様の手法により、5号機の「止める」「冷やす」「閉じ込める」に関する耐震設計上重要な主な施設の評価を実施した結果、発生値は評価基準値以下であり、これらの施設の機能維持に支障がないことを確認した。

5号機の耐震設計上重要な主な施設の評価結果※1

機能	施設	評価部位	応力分類(単位)	発生値	評価基準値※2	評価方法※3
止める	炉心支持構造物	シュラウドサポート	軸圧縮応力 (MPa)	76	260	A1
		炉心支持板	膜応力+曲げ応力 (MPa)	110	427	A1
	制御棒	挿入性	燃料集合体変位 (mm)	23.8	43	B
冷やす	余熱除去ポンプ	原動機取付ボルト	せん断応力 (MPa)	9	350	A2
	余熱除去系配管	配管	一次応力 (MPa)	354	363	B
閉じ 込める	原子炉圧力容器	胴板	膜応力 (MPa)	177	320	A1
		基礎ボルト	引張応力 (MPa)	149	499	B
	主蒸気系配管	配管	一次応力 (MPa)	274	375	B
	原子炉格納容器	コンクリート部	面外せん断力 (kN/mm)	3.72	5.41	B
		ライナ部	圧縮ひずみ (-)	0.37×10^{-3}	5.0×10^{-3}	A1
原子炉建屋	耐震壁	せん断ひずみ (-)	0.56×10^{-3}	2.0×10^{-3}	B	

※1 各評価部位について、「評価基準値/発生値」が最小となる評価結果を示す。

※2 機器・配管系の評価基準値は、許容応力状態IV_sの値。ただし制御棒挿入性の評価基準値は、試験により確認された値を適用。

※3 「評価方法」の欄に記載されている[A1][A2][B]の凡例は、以下のとおり。(詳細は5号機耐震バックチェック中間報告書参照)

A1: 応答倍率法において、基準地震動S_sによる地震力と設計時の地震力との比を用いた評価方法。

A2: 応答倍率法において、基準地震動S_sによる水平加速度と鉛直加速度の二乗和平方根と設計時の水平加速度と鉛直加速度の二乗和平方根との比を用いた評価方法。

B: 詳細評価(スペクトルモーダル解析法等による評価)

～ おわり ～

【用語解説】 1 / 2

「基準地震動 S_s 」

基準地震動 S_s とは、新耐震設計審査指針に定義する地震動であり、施設の耐震設計において基準とする地震動で、敷地周辺の地質・地質構造（地層の立体的な分布や相互関係）ならびに地震活動性等の地震学および地震工学的見地から、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与える恐れがあると想定することが適切な地震動をいう。

なお、地震動とは地震波がある地点に到達することによって生じる地盤の揺れをいう。地震の発生によって放出されたエネルギーは、地震波として震源から地殻内のあらゆる方向に伝わっていき、これがある地点に到達すると、その地盤を揺らす。地震動は、加速度時刻歴、応答スペクトル等によって表される。

「基準地震動 S_1 」

基準地震動 S_1 とは、旧耐震設計審査指針に定義する地震動であり、歴史的資料から過去において敷地又はその近傍に影響を与えたと考えられる地震が再び起こり、敷地及びその周辺に同様の影響を与えるおそれのある地震及び近い将来敷地に影響を与えるおそれのある活動度の高い活断層による地震のうちから最も影響の大きいもの（設計用最強地震）を想定し、策定する地震動をいう。

「ボーリング調査」

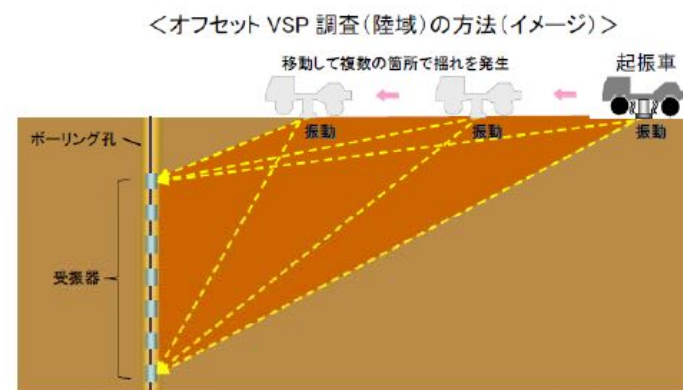
ボーリング調査とは、地盤に孔をあけ（ボーリング）、地盤を構成する岩石などを観察して地質の状況を調査することです。

「海域弾性波探査」

調査船に取り付けた発信器（エアガン）から音波を発生させ、海底の地中から陸地に伝播した弾性波を陸上（ボーリング孔内）で観測します。また、海底の地中で反射・屈折した弾性波を海底に設置した受振器（バイケーブル）で観測します。

「オフセットVSP調査」

オフセットVSP (Vertical Seismic Profiling) 調査とは、起振車等により地表で弾性波（振動）を発生させ、ボーリング孔内の受振器で受振することにより、地下構造を探查する手法のひとつです。起振車を移動させながら、複数の地点で弾性波を発生させることにより、ボーリング孔から離れた地点の地下構造を知ることができます。



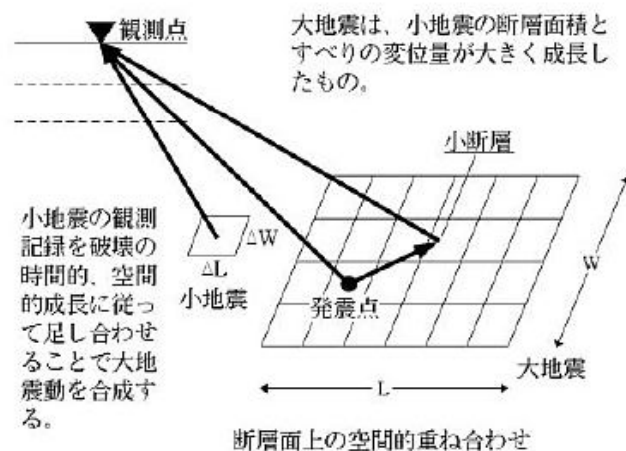
「PS検層」

PS検層とは、地盤の弾性波に関する速度測定方法のことで、ボーリング孔内に振動を検知する受信器を設置し、地上において起振装置等により弾性波（P波・S波）を発生させ、孔内の受信器で測定します。これにより、地盤内を伝播する弾性波の深さ方向の速度分布を確認します。

【用語解説】 2 / 2

「断層モデルを用いた地震動評価」

断層モデルとは、震源の断層面を地震動を求める計算手法として用いるためにモデル化したものをいう。従来は、震源を点として考え、その震源までの距離およびマグニチュードによって地震動の計算を行っていた。しかし、震源が近く、その震源断層面の広がりや形状を考慮することがより適切であると考えられる場合には、その断層の形状および破壊形式を考慮して地震動を計算する方がより合理的である。このため、地震の原因となる断層をモデル化して地震動を計算する手法がいくつか提案されている。



断層モデルを用いた地震動評価の概念図

「アスペリティ」

断層面におけるすべりの大きい部分、つまりアスペリティ以外の部分に比べ放出されるエネルギーが大きい部分のこと。