

中国電力資料

【説明順】

・論点項目<11>

2000年鳥取県西部地震、2004年北海道留萌支庁南部地震を基準地震動とした理由は何か

・論点項目<22>

基準津波はどのような想定か

・論点項目<25>

地震以外の要因による津波の影響は考慮されているか

・論点項目<23>

日本海東縁部を波源とする津波において、222kmの断層の方が350kmの断層より高い津波となるのはなぜか

・論点項目<24>

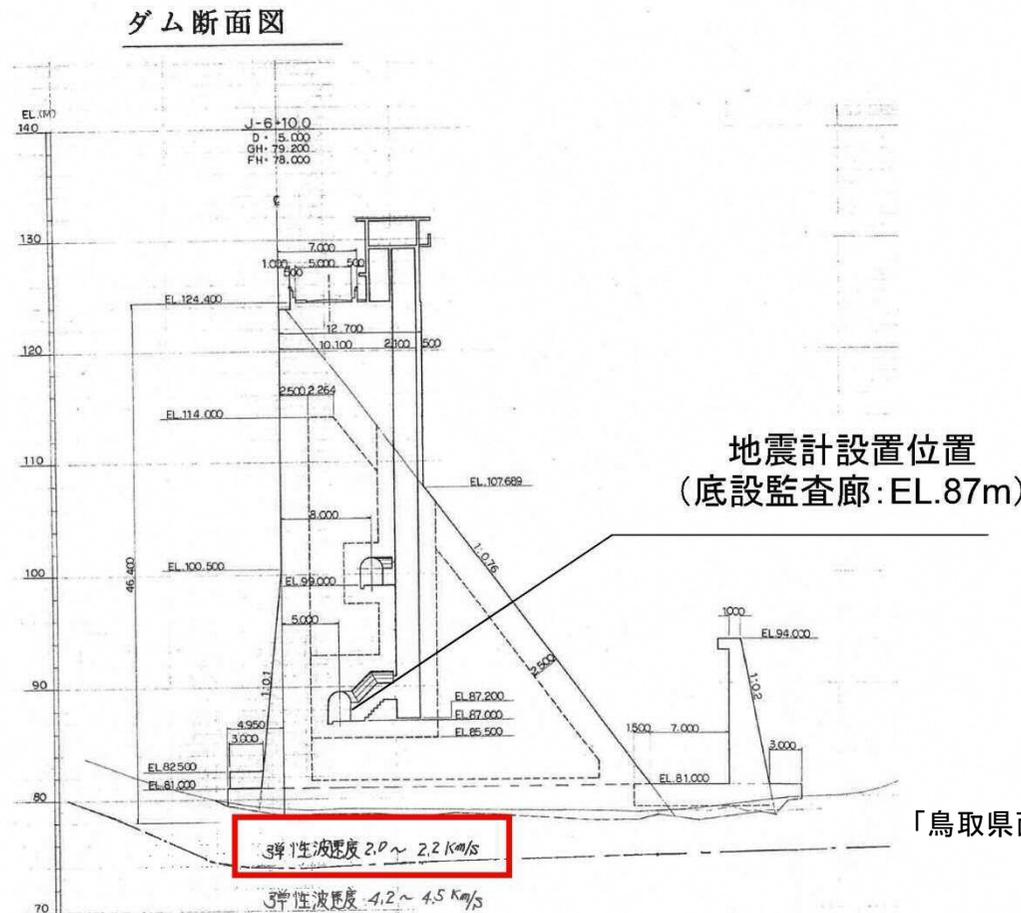
日本海東縁部を波源とする津波において、防波堤の損傷が考慮されている理由は何か

▪ 論点項目<11>

2000年鳥取県西部地震, 2004年北海道留萌支庁南部地震を基準地震動とした理由は何か。

2000年鳥取県西部地震(観測記録の収集:賀祥ダム)

- 賀祥ダム堤体は、基礎岩盤として $V_p=2.0\sim 2.2\text{km/s}$ のCM級岩盤に設置されているため、監査廊における観測記録は、ダム構造物の影響が全くないとはいえないものの、島根原子力発電所の解放基盤表面($V_s=1.5\text{km/s}$)に比べれば、速度の遅い岩盤上($V_s=1.2\sim 1.3\text{km/s}$ 程度)の記録であると判断されることから、観測記録をそのまま検討対象にすることは問題ないと考えられる。



ダム堤体底部はCM級岩盤に設置
 $V_p=2.0\sim 2.2\text{km/s}$

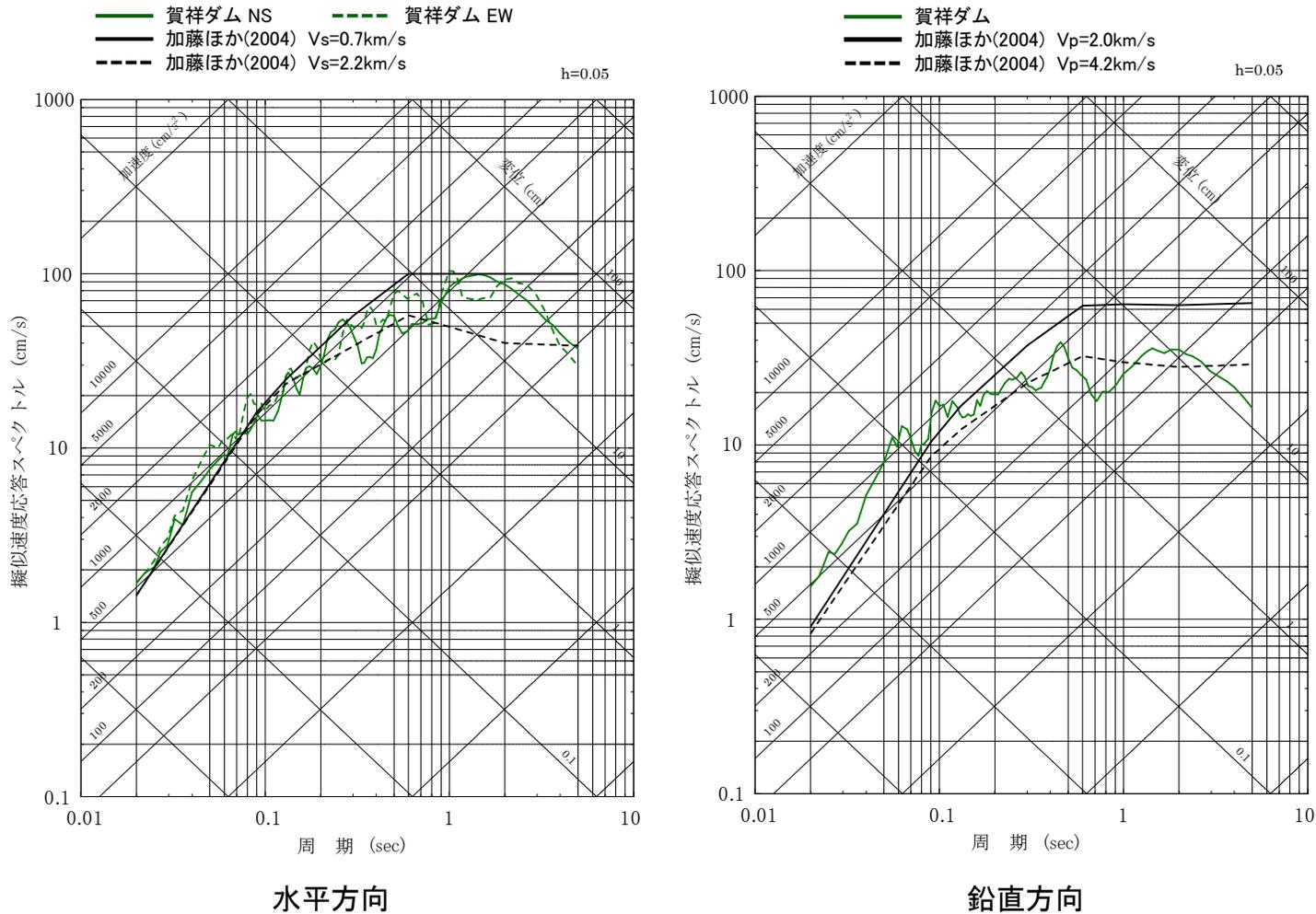
↓ V_p と V_s の一般的な関係式
 $(V_p=1.73 \times V_s)$ を適用

$V_s=1.2\sim 1.3\text{km/s}$

弾性波探査結果

2000年鳥取県西部地震(観測記録の収集:賀祥ダム)

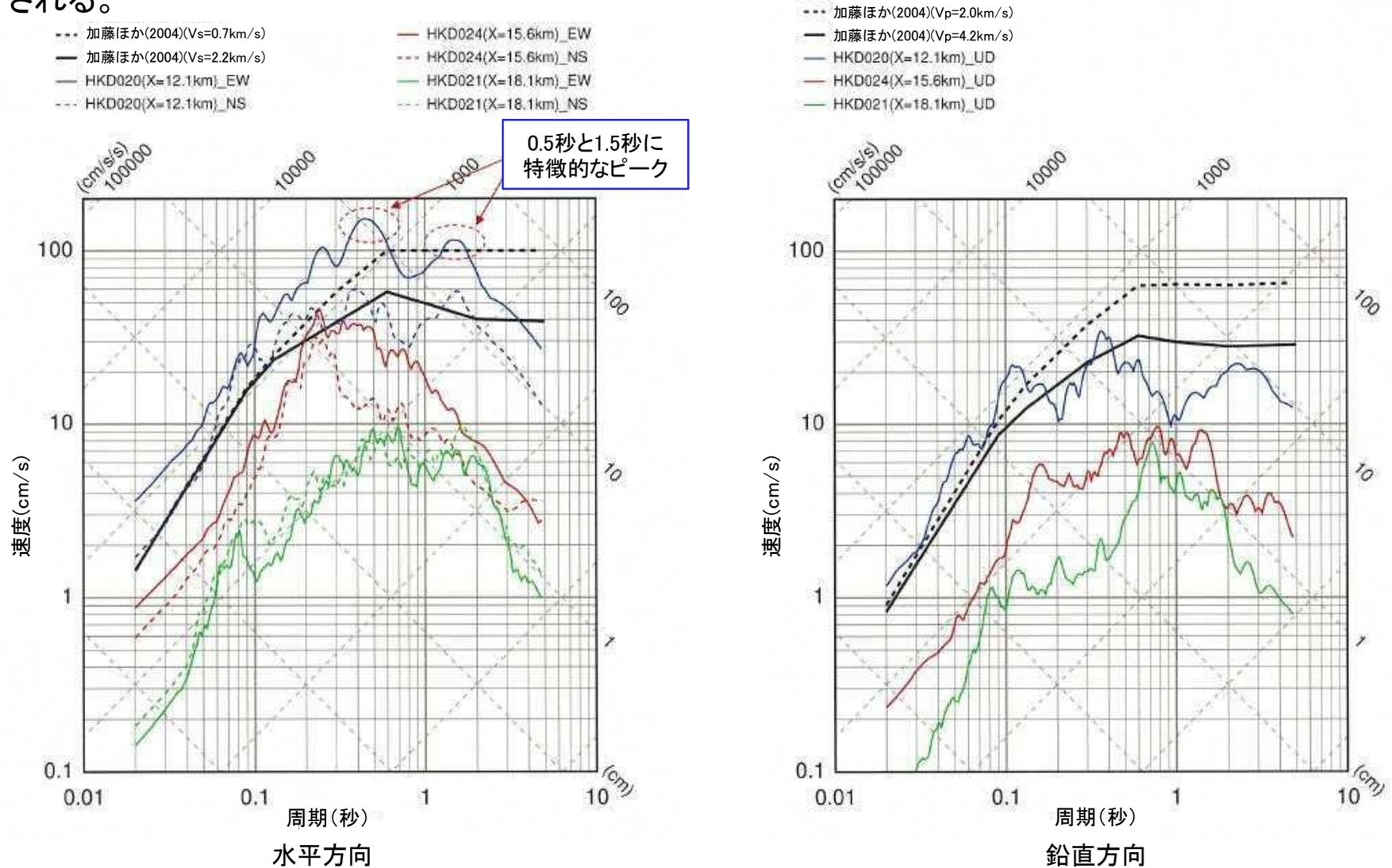
■ 賀祥ダム(監査廊)の観測記録は、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る。



賀祥ダム(監査廊)の観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較

2004年北海道留萌支庁南部地震(観測記録の収集:K-NET観測点)

■ K-NET観測点の観測記録のうち, HKD020(港町)の観測記録は, 加藤ほか(2004)の応答スペクトルを大きく上回る。また, HKD024(達布)の観測記録は, HKD020(港町)のEW成分の観測記録に包絡される。

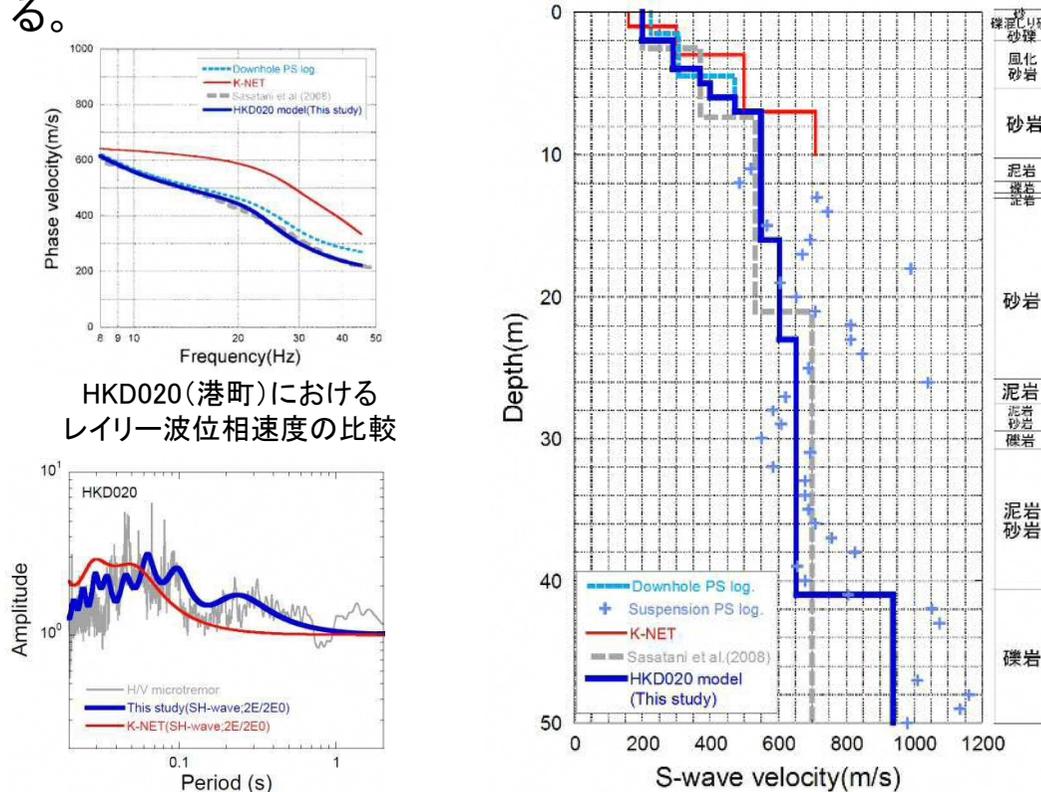


K-NET各観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトルの比較

2004年北海道留萌支庁南部地震(HKD020(港町)に関する検討(佐藤(2013))

■ 佐藤ほか(2013): GL-6mまで非線形性考慮

- ダウンホール法によるPS検層結果のVsが500m/s以下のGL-6mまでのS波速度を, 笹谷ほか(2008)による位相速度を説明できるように若干修正し, HKD020(港町)の地盤モデルを作成している。
- HKD020(港町)の地盤モデルによるSH波の理論増幅特性の卓越周期は, 微動H/Vスペクトルの卓越周期と周期0.02秒程度のごく短周期までよく対応している。K-NET地盤情報によるSH波の理論増幅特性は, 微動H/Vスペクトルの卓越を説明できない。
- 以上から, 本研究によるHKD020(港町)の地盤モデルは, より妥当なモデルであると結論付けている。



HKD020(港町)における
レイリー波位相速度の比較

HKD020(港町)における微動H/Vスペクトルと
地盤モデルに基づくSH波の理論増幅特性の比較

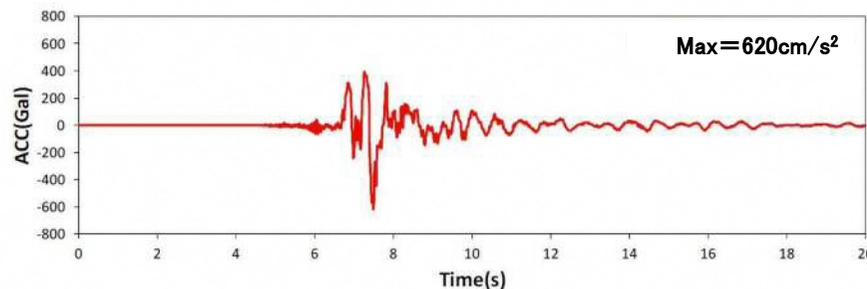
HKD020(港町)における地盤速度構造
(S波速度構造)の比較

HKD020(港町)における地震動評価モデル

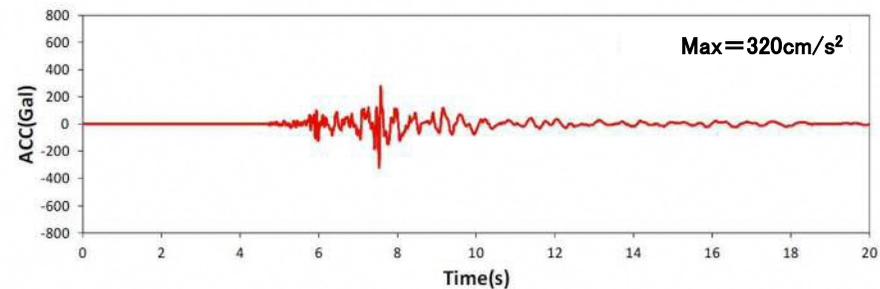
上面深度 (m)	P波速度 Vp(m/s)	S波速度 Vs(m/s)	密度 ρ (10 ³ kg/m ³)	層厚 H(m)	減衰定数 h	非線形特性
0	457	200	1.90	0.5	0.02	砂
0.5		200	2.00	0.5	0.03	礫混じり砂
1	952	200	2.00	1.0	0.02	礫1
1.5		290	2.00	1.0	0.01	礫2
2			2.00	1.0	0.01	風化砂岩1
3			2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
4		370	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
5	400	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2	
6	1722	473	2.00	1.0	0.01	—
7		549	2.00	9.0	0.01	—
16		604	2.06	7.0	0.01	—
23		653	2.06	18.0	0.01	—
38	—					
41	2215	938	2.13	—	0.01	—

2004年北海道留萌支庁南部地震(HKD020(港町)に関する検討(追加検討))

- 佐藤ほか(2013)による2004年北海道留萌支庁南部地震におけるHKD020(港町)の基盤地震動評価について、以下の追加検討を行った。
 - ①GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価(水平方向)
 - ②GL-6mからGL-41mまで減衰定数を3%とした基盤地震動評価(水平方向)
 - ③再測定されたPS検層結果を踏まえた基盤地震動評価(鉛直方向)
 - ④地下水位の状況を踏まえGL-6mまでポアソン比一定とした基盤地震動評価(鉛直方向)
- 以上の検討結果より、基盤地震動の最大加速度は、水平方向についてはケース②(609cm/s^2)、鉛直方向についてはケース③(306cm/s^2)が最も大きくなった。
- 上記の基盤地震動について、原子力発電所の耐震性に求められる保守性を勘案して、加速度時刻歴波形を水平方向 620cm/s^2 、鉛直方向 320cm/s^2 に基準化(位相特性を変えずに振幅特性のみ変更)し、その地震動を震源を特定せず策定する地震動として考慮する。



水平方向

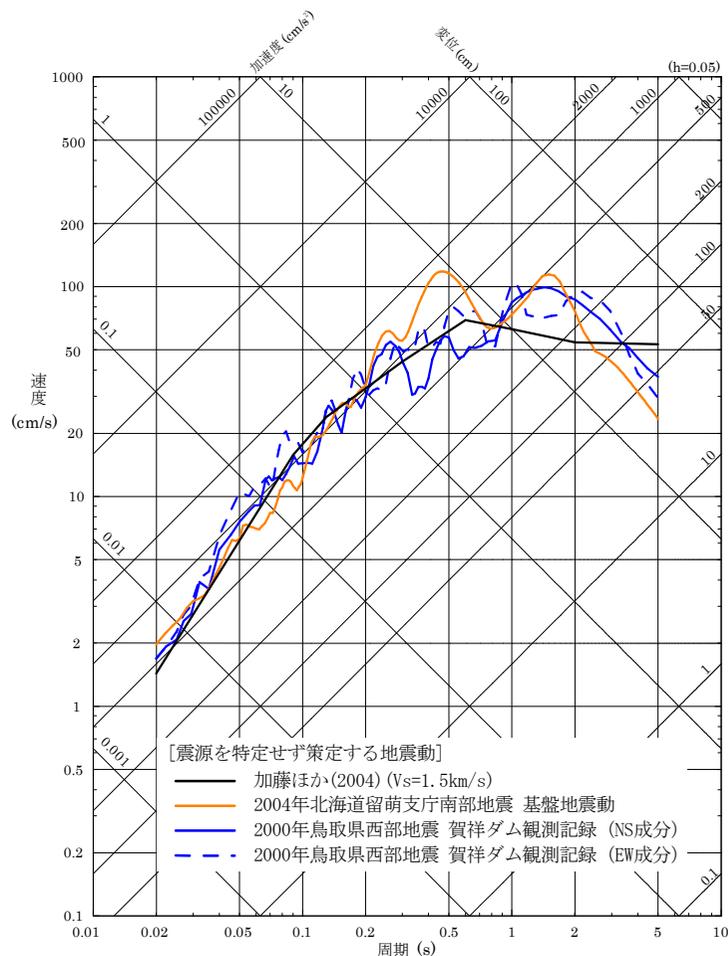


鉛直方向

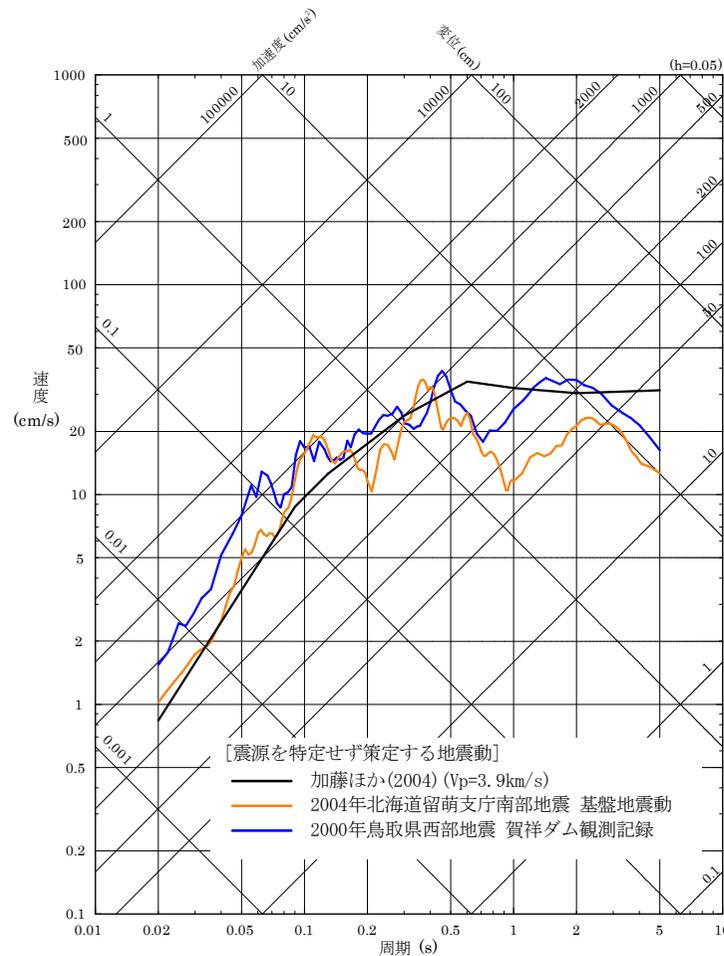
加速度時刻歴波形

「震源を特定せず策定する地震動」の策定

- 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」に示されている16地震の各観測記録の分析結果に基づき、震源を特定せず策定する地震動として、2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録及び2004年北海道留萌支庁南部地震のHKD020(港町)の基盤地震動を考慮するとともに、加藤ほか(2004)による応答スペクトルを考慮する。



水平方向



鉛直方向

震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル

「震源を特定せず策定する地震動」による基準地震動

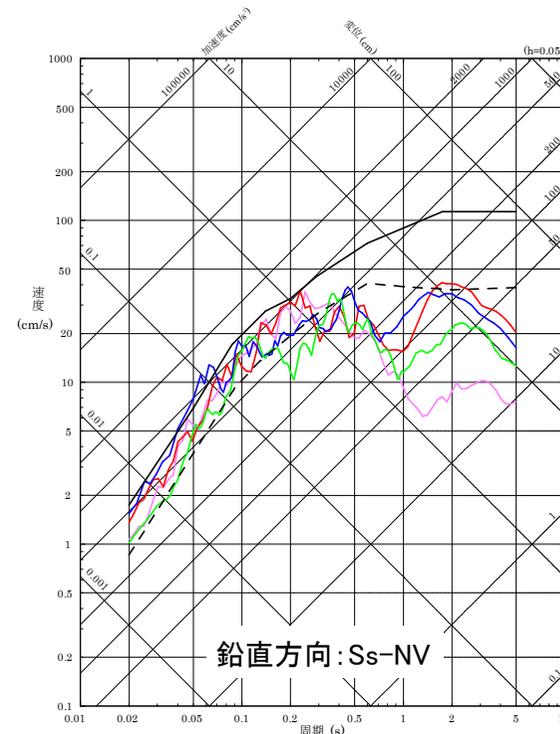
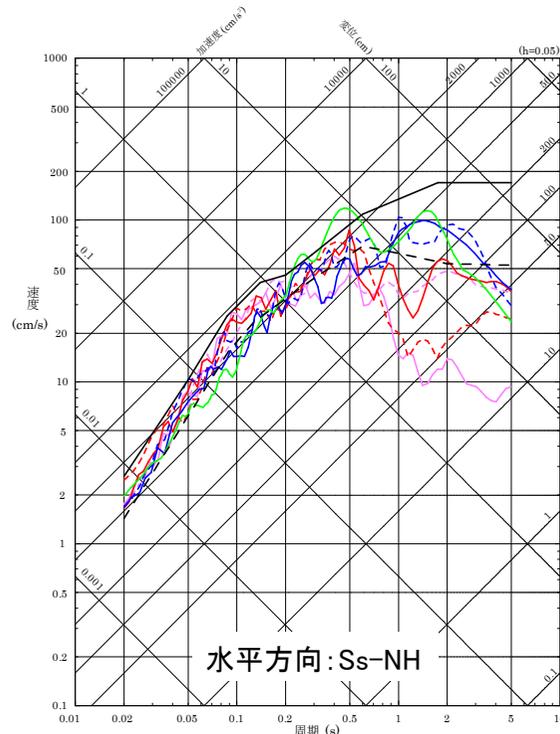
■ 震源を特定せず策定する地震動と、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価結果に基づき設定した基準地震動 S_s を比較する。



■ 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動及び2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価結果に基づき設定した基準地震動 S_s の応答スペクトルを一部の周期帯で上回ることから、基準地震動 S_s-N1 及び S_s-N2 として設定する。加藤ほか(2004)による応答スペクトルについては、基準地震動 S_s の応答スペクトルを全周期帯において下回ることから、基準地震動に選定しない。

- 基準地震動 S_s-DH
- 基準地震動 S_s-F1H (NS成分)
- 基準地震動 S_s-F1H (EW成分)
- 基準地震動 S_s-F2H (NS成分)
- 基準地震動 S_s-F2H (EW成分)
- 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)保守性考慮した地震動【基準地震動 S_s-N1H 】
- 2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム観測記録: NS成分)【基準地震動 S_s-N2H (NS成分)】
- 2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム観測記録: EW成分)【基準地震動 S_s-N2H (EW成分)】
- - 加藤ほか(2004)による応答スペクトル

- 基準地震動 S_s-DV
- 基準地震動 S_s-F1V
- 基準地震動 S_s-F2V
- 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)保守性考慮した地震動【基準地震動 S_s-N1V 】
- 2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム観測記録)【基準地震動 S_s-N2V 】
- - 加藤ほか(2004)による応答スペクトル



基準地震動 S_s-D , 基準地震動 S_s-F 及び基準地震動 S_s-N1 ・ S_s-N2 の比較

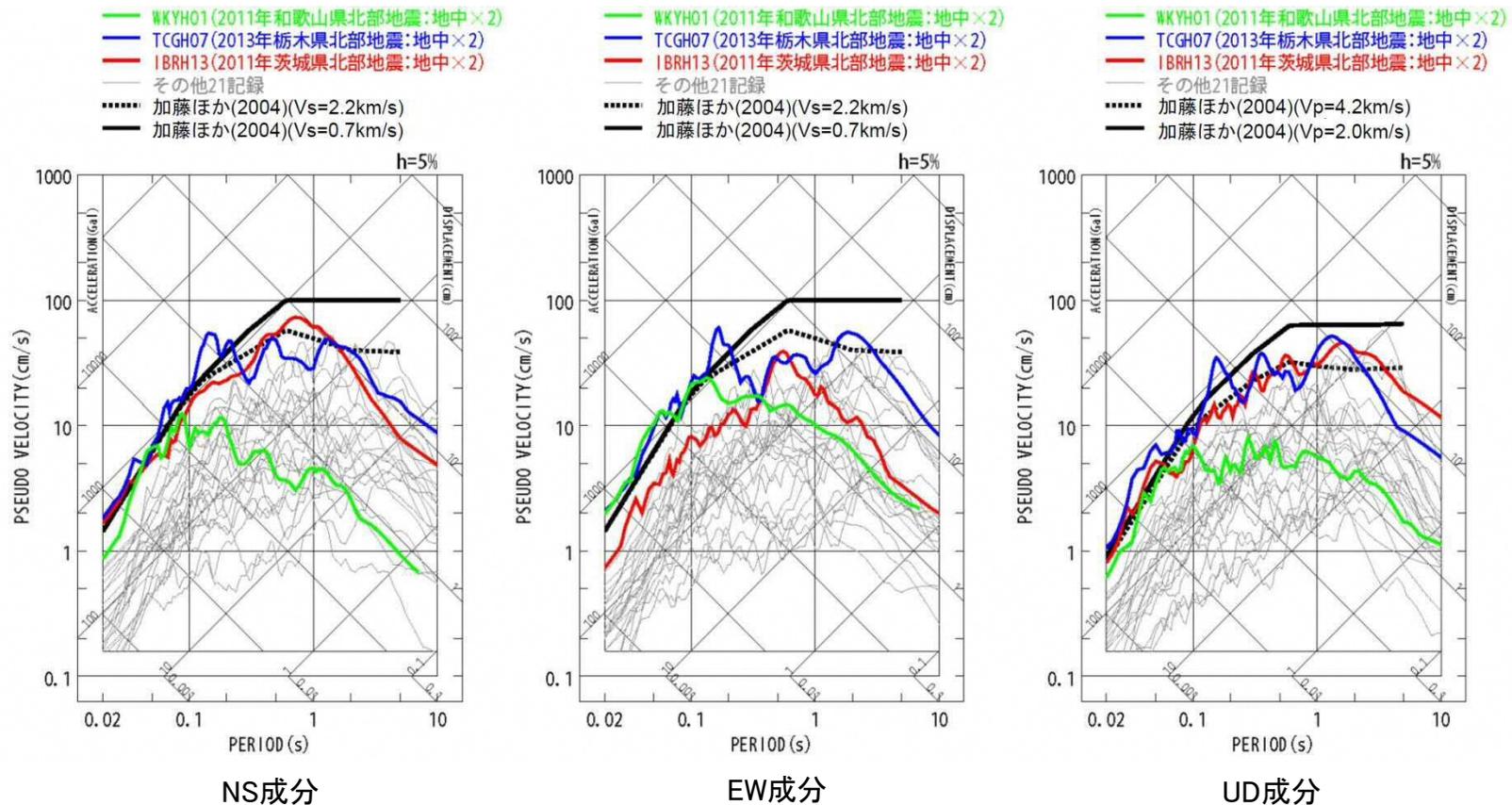
その他の地震に関する検討(Mw6.5以上:2008年岩手・宮城内陸地震)

- 2008年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺及び島根原子力発電所周辺における地質・地質構造等を整理した結果、両地域の地質・地質構造等の特徴が異なっていることから、2008年岩手・宮城内陸地震については観測記録の収集対象外とする。

項目	2008年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺	島根原子力発電所周辺
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> ・新第三紀以降の火山岩, 堆積岩が厚く分布 ・現在の応力場に調和的に褶曲・撓曲構造が発達 	<ul style="list-style-type: none"> ・主に新第三紀の堅固な堆積岩が厚く分布 ・現在の応力場に調和しない褶曲・撓曲構造が認められる
断層センス	逆断層が卓越	横ずれ断層が卓越
ひずみ集中帯	ひずみ集中帯に位置	ひずみ集中帯ではない
地震地体構造区分	東北日本弧外帯と内帯の境界	隠岐・対馬海域
日本列島の変動タイプ	褶曲断層山脈に位置	曲隆山地に位置

【補足】その他の地震に関する検討(Mw6.5未満)

- 収集した観測記録のうち、敷地に与える影響が大きいと考えられる観測記録を用いて基盤地震動を検討する。
- KiK-net観測点の地中記録の2倍が基盤地震動に相当すると仮定し、加藤ほか(2004)の応答スペクトルと比較すると、2011年和歌山県北部地震・WKYH01(広川), 2013年栃木県北部地震・TCGH07(栗山西), 2011年茨城県北部地震・IBRH13(高萩)の観測記録が、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る。



14地震の観測記録(地中×2)の応答スペクトルと加藤ほか(2004)の応答スペクトル

【補足】その他の地震に関する検討(Mw6.5未満)

■ Mw6.5未満の地震のうち、影響の大きい5地震について整理した結果を以下に示す。

		2004年 北海道留萌支庁南部地震	2013年 栃木県北部地震	2011年 和歌山県北部地震	2011年 茨城県北部地震	2011年 長野県北部地震
地盤モデル	使用モデル	・佐藤ほか(2013)のボーリング結果に基づく地盤モデル	・KiK-net観測記録に基づく地盤同定モデル	・KiK-net観測記録に基づく地盤同定モデル	・KiK-net観測記録に基づく地盤同定モデル	・地盤情報が少なく、地盤モデルを構築できない
	既往の知見との整合性	・微動探査による地盤データと整合 ・知見で指摘されている非線形性を考慮	・KiK-net地盤データと整合しない ・知見で指摘されている減衰、方位依存性の影響が不明	・KiK-net地盤データと整合しない ・知見で指摘されている減衰の影響が不明	・観測記録の伝達関数及びKiK-net地盤データと整合しない ・知見で指摘されている減衰の影響が不明	・地盤モデルに関する既往の知見がない
	更なる知見収集・検討事項	—	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地盤モデルの改良 ・知見で指摘されている特性に係るデータの取得と影響度合いの評価	・地質調査、微動探査等による地盤情報の取得
はざとり解析	解析手法	・非線形性を考慮した等価線形解析	・線形解析	・線形解析	・線形解析	・地盤モデルが構築できないため、解析できない
	精度	・観測記録と整合	・はざとり解析の適用性が不明	・はざとり解析の適用性が不明	・はざとり解析の適用性が不明	・はざとり解析の適用性が不明
	更なる知見収集・検討事項	—	・地表及び地中観測記録の再現解析	・地表及び地中観測記録の再現解析	・地表及び地中観測記録の再現解析	・地表観測記録の再現解析
結果の信頼性		○	×	×	×	×

- ・論点項目<22>

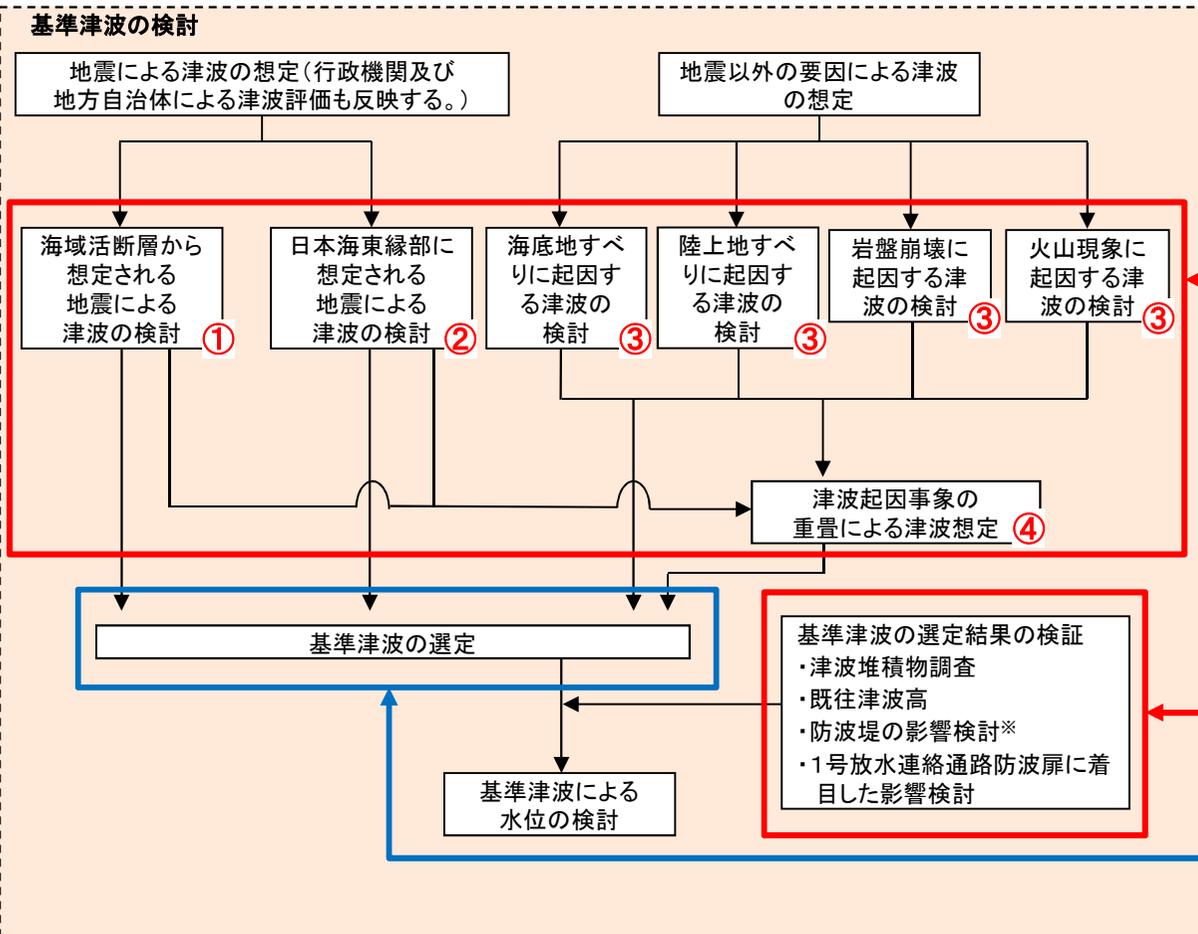
基準津波はどのような想定か。

- ・論点項目<25>

地震以外の要因による津波の影響は考慮されているか。

論点項目<22> 基準津波の想定 各検討における評価地点の考え方

・基準津波の策定に当たっては、以下の検討フローに基づき検討を実施した。評価結果は次頁以降に示す。



(津波評価における各検討の評価地点の考え方)

- ・各検討における水位上昇側の評価地点は「施設護岸又は防波壁」(「1号放水口護岸又は1号放水連絡通路防波扉」を含む)、水位下降側の評価地点は「2号炉取水口」とする。
- ・評価地点は上記を基本とするが、日本海東縁部に想定される地震による津波の検討のうち、地震発生領域の連動を考慮した検討の水位下降側については、2号炉取水口において比較的水位変動が大きくなり、基準津波に選定される可能性が考えられることから、管路計算による応答のばらつきを考慮し「2号炉取水槽」を評価地点とする。

(基準津波の選定の評価地点の考え方)

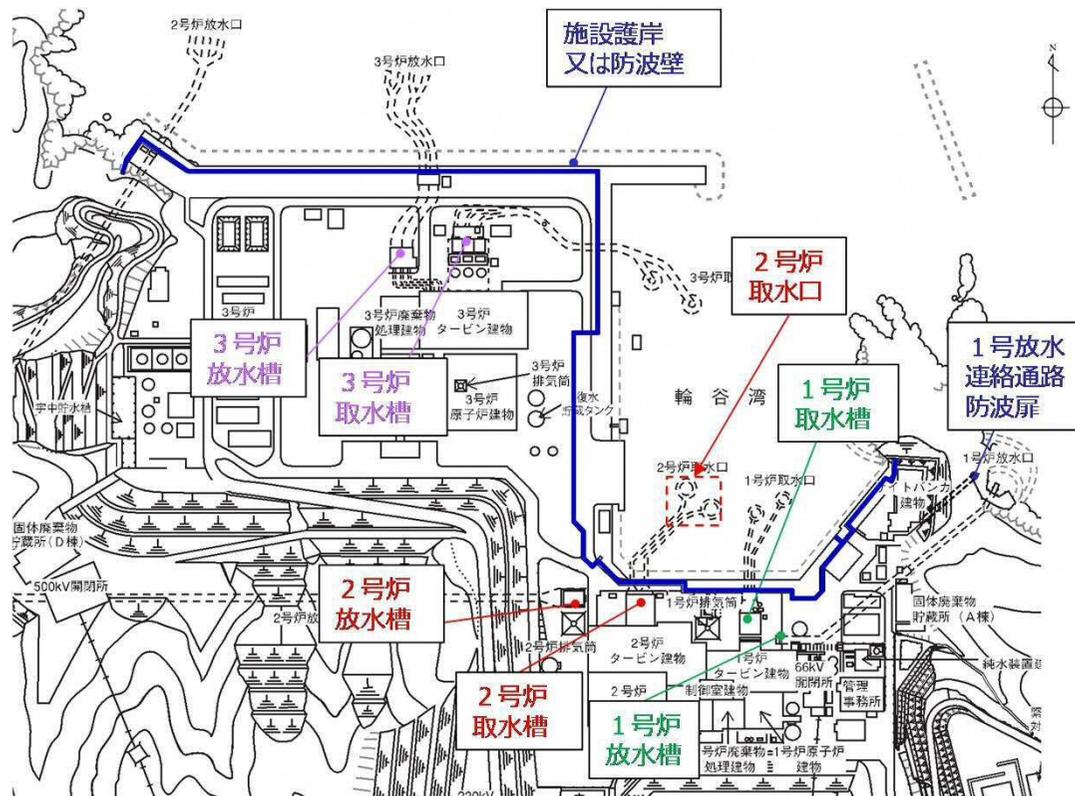
- ・津波の評価における各検討より抽出されたケースから、水位上昇側は「施設護岸又は防波壁」(「1号放水口護岸又は1号放水連絡通路防波扉」を含む)の評価水位が最高となる波源及び水位下降側は「2号炉取水口」の評価水位が最低となる波源を基準津波として選定する。また、上記で選定された波源の1～3号炉取・放水槽の評価水位を上回る、または、ほぼ同値となる波源についても安全側の評価を行う観点から基準津波として選定する。

※ 選定された基準津波に対して、防波堤の有無が基準津波の選定に与える影響を確認するため、防波堤有りケースと同様の手順で防波堤無しケースのパラメータスタディを実施する。

論点項目<22> 基準津波の想定 津波評価における評価地点(1/2)

2

- ・津波防護対象施設等はT.P.+8.5m以上の敷地に設置されており，敷地高さT.P.+8.5mを越える津波に対しては防波壁（天端高さT.P.+15.0m）等により津波を防護する。

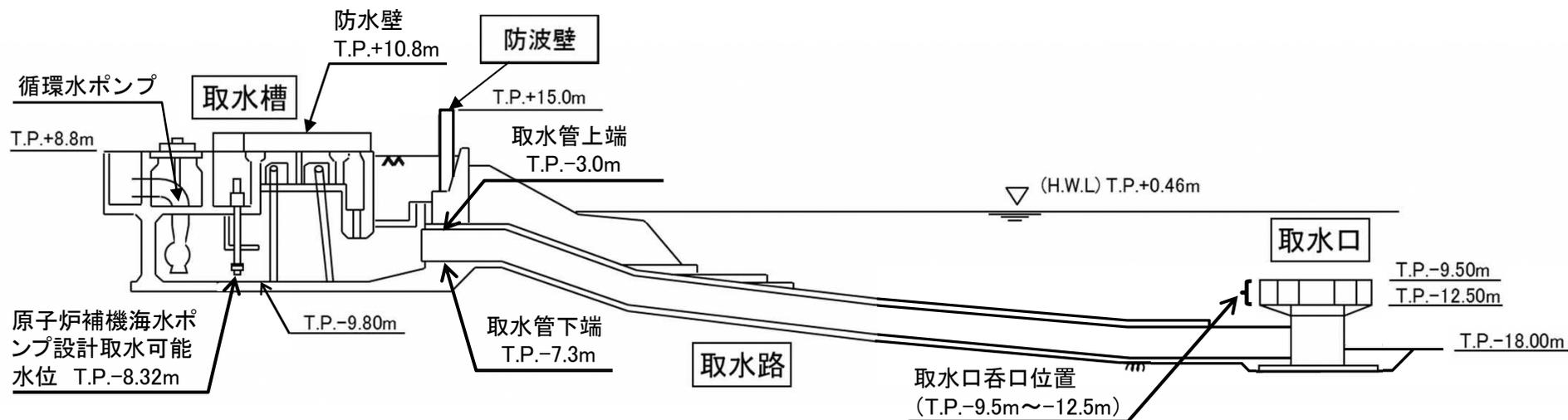


津波評価における評価位置

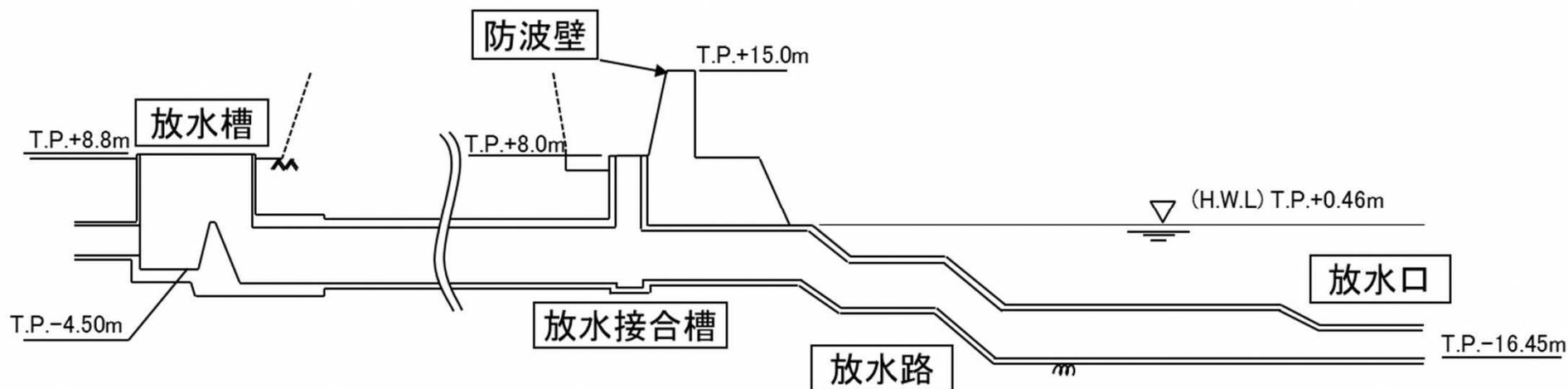
- ・基準津波の波源の選定においては，津波防護対象施設等への津波の影響を確認するため，津波水位の上昇側の評価地点は施設護岸とする。なお，施設護岸を越えた津波は防波壁に到達することから防波壁も対象とする。また，1号放水連絡通路防波扉については，「施設護岸又は防波壁」に含めて一連の評価地点として設定する。
- ・引き津波に対する影響を確認するため，津波水位の下降側の評価地点は2号炉取水口とする。
- ・また，ドライサイト及び海水ポンプの取水性を確認する観点から，上昇側については1～3号炉の取・放水槽，下降側については2号取水槽の評価水位についても確認する。

論点項目<22> 基準津波の想定 津波評価における評価地点(2/2)

2号炉取水施設



2号炉放水施設



論点項目<22> 基準津波の想定

① 海域活断層から想定される地震による津波の評価結果

4

・地震による津波の検討(海域活断層から想定される地震による津波の検討)の評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースは以下のとおり。

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。
[]内の数値は評価水位の小数点第二位まで記載。

評価水位最高ケース(水位上昇側)

+3.6 : 施設護岸又は防波壁において評価水位最高

検討ケース	波源モデル						ポンプ 運転 状況	評価水位(T.P. m) [※]						
	断層 長さ (km)	モーメント マグニ チュード Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深 さ(km)	大 すべり 域		施設護岸 又は防波壁	1号炉 取水槽	2号炉 取水槽	3号炉 取水槽	1号炉 放水槽	2号炉 放水槽	3号炉 放水槽
土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)	48.0	7.27	90	130, 180	0	-	運転 停止	+3.6[+3.59]	+1.9 +2.2	+1.4 +2.0	+1.3 +2.9	+2.7 +1.3	+2.8 +2.7	+2.1 +2.4
国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)に 基づく検討(F56断層)	49.0	7.2	60	143, 215	1	中央	運転 停止	+1.9	+1.9 +2.1	+1.6 +2.2	+1.1 +1.8	+2.8 +1.3	+3.1 +1.5	+2.4 +1.5
国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)の横ずれ断層 に対するすべり角の知見を踏まえた検討	48.0	7.27	90	130, 215	0	-	運転 停止	+3.6[+3.56]	+2.0 +2.3	+1.5 +2.1	+1.4 +3.1	+2.7 +1.4	+2.9 +2.5	+2.1 +2.4
地方自治体独自の波源モデルを対象とした検討	-							断層長さ及び敷地からの距離を考慮すると、地方自治体独自の波源モデルから想定される地震による津波の敷地への影響は、当社が評価している海域活断層から想定される地震による津波の敷地への影響と同程度以下と考えられる。						

評価水位最低ケース(水位下降側)

-3.9 : 2号炉取水口において評価水位最低

検討ケース	波源モデル						ポンプ 運転 状況	評価水位(T.P. m) [※]		
	断層 長さ (km)	モーメント マグニ チュード Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深 さ(km)	大 すべり 域		2号炉 取水口(東)	2号炉 取水口(西)	2号炉 取水槽
土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)	48.0	7.27	90	115, 180	0	-	運転 停止	-3.9	-3.9	-5.9[-5.84] -4.8
国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)に 基づく検討(F56断層)	49.0	7.2	60	143, 215	1	隣接LR	運転 停止	-1.0	-1.0	-1.5 -1.1
国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)の横ずれ断層 に対するすべり角の知見を踏まえた検討	48.0	7.27	90	115, 215	0	-	運転 停止	-3.8	-3.8	-5.8 -4.8
地方自治体独自の波源モデルを対象とした検討	-							断層長さ及び敷地からの距離を考慮すると、地方自治体独自の波源モデルから想定される地震による津波の敷地への影響は、当社が評価している海域活断層から想定される地震による津波の敷地への影響と同程度以下と考えられる。		

・海域活断層から想定される地震による津波の検討においては、「施設護岸又は防波壁」の評価水位が最高となること及び、2号炉取水口の評価水位が最低となることから、上昇側・下降側ともに「土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)」を基準津波の選定に反映する。

論点項目<22> 基準津波の想定

②日本海東縁部に想定される地震による津波の評価結果

・地震による津波の検討(日本海東縁部に想定される地震による津波の検討)の評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースは以下のとおり。

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。
[]内の数値は評価水位の小数点第二位まで記載。

評価水位最高ケース(水位上昇側)

 : 施設護岸又は防波壁において評価水位最高

検討ケース	断層モデル							ポンプ 運転 状況	評価水位(T.P. m)※						
	断層 長さ (km)	モーメントマグ ニチュード Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁 深さ (km)	大 すべり 域	施設護岸 又は 防波壁		1号炉 取水槽	2号炉 取水槽	3号炉 取水槽	1号炉 放水槽	2号炉 放水槽	3号炉 放水槽	
土木学会に基づく検討	E2,E3領域	131.1	7.85	60	90	0	-	運転	+7.6	-	+3.3	+2.5	-	+3.5	+4.1
								停止	+4.9	+4.6	+4.4	+3.0	+3.9	+4.4	
	E1領域	131.1	7.85	60	90	0	-	運転	+7.2	-	+6.4	+4.9	-	+5.3	+4.4
								停止	+6.9	+8.1	+6.3	+2.3	+4.3	+5.5	
地震発生領域の運動を 考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV V	運転	+7.2	-	+6.5	+5.0	-	+5.3	+4.4	
							停止	+6.9	+8.2	+6.3	+2.3	+4.4	+5.4		
国土交通省・内閣府・文部 科学省(2014)に基づく検討	F24断層	132	7.9	30	74, 80	1	隣接 LLLR	運転	+8.7	-	+6.9	+6.1	-	+6.1	+4.4
								停止	+7.1	+9.0[8.91]	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9	
地方自治体独自の波源モデルに 基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	運転	+3.8	-	+3.8	+2.6	-	+3.5	+3.5	
							停止	+5.0	+5.0	+4.2	+2.1	+3.8	+3.4		
地方自治体独自の波源モデルに 基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	運転	+10.5	-	+7.0	+5.9	-	+6.8	+6.6	
							停止	+7.6	+9.0[9.00]	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4		

評価水位最低ケース(水位下降側)

 : 2号炉取水口において評価水位最低

検討ケース	断層モデル							ポンプ 運転 状況	評価水位(T.P. m)※		
	断層 長さ (km)	モーメントマグ ニチュード Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁 深さ (km)	大 すべり 域	2号炉 取水口(東)		2号炉 取水口(西)	2号炉 取水槽	
土木学会に基づく検討	E2, E3領域	131.1	7.85	60	90	1	-	運転	-4.2	-4.1	-5.4
								停止	-4.2	-4.1	-5.1
地震発生領域の運動を 考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV VI	運転	-4.5	-4.5	-5.9[-5.88]	
							停止	-4.5	-4.5	-5.2	
国土交通省・内閣府・ 文部科学省(2014)に 基づく検討	F24断層	132	7.9	30	74, 80	1	中央	運転	-2.4	-2.4	-3.4
								停止	-2.4	-2.4	-3.3
地方自治体独自の波源モデルに 基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	運転	-5.0	-5.0	-5.9[-5.81]	
							停止	-5.0	-5.0	-5.4	

・日本海東縁部に想定される地震による津波の検討においては、「施設護岸又は防波壁」の評価水位が最高となること及び、2号炉取水口の評価水位が最低となることから、上昇側・下降側ともに「地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))」を基準津波の選定に反映する。
・また、上記波源の2号炉取水槽及び3号炉取水槽の評価水位を上回る又はほぼ同値となること及び2号炉取水槽のポンプ運転時の評価水位が最低となることから「地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)」についても基準津波の選定に反映する。(該当箇所を表中に として示す。)

論点項目<22> 基準津波の想定

③地震以外の要因による津波の評価結果

6

・地震以外の要因による津波の検討の評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースは以下のとおり。

※ 評価水位は潮位を考慮している。

評価水位最高ケース(水位上昇側)

 : 施設護岸又は防波壁において評価水位最高

検討ケース	ポンプ 運転状況	評価水位(T.P. m)**						
		施設護岸 又は防波壁	1号炉 取水槽	2号炉 取水槽	3号炉 取水槽	1号炉 放水槽	2号炉 放水槽	3号炉 放水槽
海底地すべりに 起因する津波(地すべり①)	運転	+4.7	+3.5	+3.2	+2.3	+3.4	+4.3	+4.0
	停止		+4.0	+4.5	+4.0	+2.1	+3.8	+4.2
陸上地すべりに 起因する津波(Ls26)	運転	+2.5	+1.0	+0.7	+0.5	+2.6	+2.4	+1.8
	停止		+1.1	+1.1	+1.0	+1.1	+1.0	+0.8
岩盤崩壊に起因する津波	-	Huber and Hager(1997)の予測式による津波高さ(全振幅)が陸上地すべりの津波高(全振幅)を下回ることから、敷地への影響は小さいと考えられる。						
火山現象に起因する津波	-	<ul style="list-style-type: none"> ・鬱陵島: 山体崩壊を伴うような爆発的噴火の可能性は低いことから、敷地に与える影響が大きい津波は発生することはないと考えられる。 ・隠岐島後: 山体崩壊を伴うような爆発的噴火の可能性は低いことから、敷地に与える影響が大きい津波は発生することはないと考えられる。 ・渡島大島: 観測津波水位は、日本海東縁部に想定した地震による津波水位を下回ると考えられる。 						

評価水位最低ケース(水位下降側)

 : 2号炉取水口において評価水位最低

検討ケース	ポンプ 運転状況	評価水位(T.P. m)**		
		2号炉 取水口(東)	2号炉 取水口(西)	2号炉 取水槽
海底地すべりに 起因する津波(地すべり①)	運転	-2.8	-2.7	-3.7
	停止			-3.3
陸上地すべりに 起因する津波(Ls26)	運転	-0.5	-0.5	-1.1
	停止			-0.7
岩盤崩壊に起因する津波	-	Huber and Hager(1997)の予測式による津波高さ(全振幅)が陸上地すべりの津波高(全振幅)を下回ることから、敷地への影響は小さいと考えられる。		
火山現象に起因する津波	-	<ul style="list-style-type: none"> ・鬱陵島: 山体崩壊を伴うような爆発的噴火の可能性は低いことから、敷地に与える影響が大きい津波は発生することはないと考えられる。 ・隠岐島後: 山体崩壊を伴うような爆発的噴火の可能性は低いことから、敷地に与える影響が大きい津波は発生することはないと考えられる。 ・渡島大島: 上昇側の評価より、敷地に与える影響は小さいと考えられる。 		

・地震以外の要因による津波の検討においては、「施設護岸又は防波壁」の評価水位が最高となること及び、2号炉取水口の評価水位が最低となることから、上昇側・下降側ともに「海底地すべりに起因する津波(地すべり①)」を基準津波の選定に反映する。

論点項目<22> 基準津波の想定

④津波起因事象の重畳による津波の評価結果

7

・津波起因事象の重畳による津波の検討の評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースは以下のとおり。

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。
 []内の数値は評価水位の小数点第二位まで記載。

評価水位最高ケース(水位上昇側)

 : 施設護岸又は防波壁において評価水位最高

検討ケース			ポンプ 運転 状況	評価水位(T.P. m) [※]							
地震による 津波	地震以外の要因による 津波	検討方法		施設護岸 又は防波壁	1号炉 取水槽	2号炉 取水槽	3号炉 取水槽	1号炉 放水槽	2号炉 放水槽	3号炉 放水槽	
F-Ⅲ～F-V 断層	陸上地すべり Ls26	水位の 足し合わせ	運転	+3.8[+3.71]	—	—	—	—	—	—	
		一体 シミュレーション	停止	+3.8[+3.74]	+1.5	+1.1	+1.0	+2.7	+2.8	+1.9	
	その他の地すべり (陸上地すべりLs7・ 海底地すべり①～④)	水位の 足し合わせ	-	運転	 	+1.8	+1.7	+2.7	+1.2	+2.6	+2.4
				停止							
日本海東縁部 に想定される 津波	陸上地すべり・ 海底地すべり	水位の 足し合わせ	-	F-Ⅲ～F-V断層と海底地すべり①～③との位置関係から、これらの重畳は考慮しない。また、F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波の最大水位上昇量の発生時に、陸上地すべりLs7及び海底地すべり④に起因する津波は到達しないため、重畳を考慮しても評価水位に影響はない。							
日本海東縁部 に想定される 津波	陸上地すべり・ 海底地すべり	水位の 足し合わせ	-	日本海東縁部に想定される地震の波源は、陸上地すべりLs7・Ls26及び海底地すべり①～④と十分に離れていることから、それらの重畳を考慮しない。							

評価水位最低ケース(水位下降側)

 : 2号炉取水口において評価水位最低

検討ケース			ポンプ 運転 状況	評価水位(T.P. m) [※]			
地震による 津波	地震以外の要因による 津波	検討方法		2号炉 取水口(東)	2号炉 取水口(西)	2号炉 取水槽	
F-Ⅲ～F-V 断層	陸上地すべり Ls26	水位の 足し合わせ	運転	-3.7[-3.62]	-3.6	—	
		一体 シミュレーション	停止	-3.7[-3.69]	-3.7	-5.7	
	その他の地すべり (陸上地すべりLs7・ 海底地すべり①～④)	水位の 足し合わせ	-	運転	 	-	-4.7
				停止			
日本海東縁部 に想定される 津波	陸上地すべり・ 海底地すべり	水位の 足し合わせ	-	F-Ⅲ～F-V断層と海底地すべり①～③との位置関係から、これらの重畳は考慮しない。また、F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波の最大水位下降量の発生時に、陸上地すべりLs7及び海底地すべり④に起因する津波は到達しないため、重畳を考慮しても評価水位に影響はない。			
日本海東縁部 に想定される 津波	陸上地すべり・ 海底地すべり	水位の 足し合わせ	-	日本海東縁部に想定される地震の波源は、陸上地すべりLs7・Ls26及び海底地すべり①～④と十分に離れていることから、それらの重畳を考慮しない。			

・津波起因事象の重畳による津波の検討においては、「施設護岸又は防波壁」の評価水位が最高となること及び、2号炉取水口の評価水位が最低となることから、上昇側・下降側ともに「F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波」と「陸上地すべりに起因する津波(Ls26)」の重畳ケースを基準津波の選定に反映する。

論点項目<22> 基準津波の想定 津波評価結果のまとめ

・各検討結果より選定した評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースは以下のとおり。

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。
[]内の数値は評価水位の小数点第二位まで記載。

水位上昇側

■ : 施設護岸又は防波壁において評価水位最高 □ : 左記波源の1~3号炉取・放水槽の評価水位を上回る、またはほぼ同値となる水位

波源	検討ケース	断層長さ (km)	モーメントマグニチュード Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり域	ポンプ運転状況	評価水位(T.P. m)※							
									施設護岸又は防波壁	1号炉取水槽	2号炉取水槽	3号炉取水槽	1号炉放水槽	2号炉放水槽	3号炉放水槽	
海域活断層	土木学会に基づく検討 (F-Ⅲ~F-V断層)	48.0	7.27	90	130,180	0	-	運転 停止	+3.6	+1.9	+1.4	+1.3	+2.7	+2.8	+2.1	
										+2.2	+2.0	+2.9	+1.3	+2.7	+2.4	
日本海東縁部	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	運転 停止	+10.5	-	+7.0	+5.9	-	+6.8	+6.6	
										+7.6	+9.0[9.00]	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4	
日本海東縁部	(追加)地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV V	運転 停止	+8.7	-	+6.9	+6.1	-	+6.1	+4.4	
										+7.1	+9.0[8.91]	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9	
海底地すべり	海底地すべりに起因する津波(地すべり①)	-						-	運転 停止	+4.7	+3.5	+3.2	+2.3	+3.4	+4.3	+4.0
											+4.0	+4.5	+4.0	+2.1	+3.8	+4.2
津波起因事象の重畳	F-Ⅲ~F-V断層 + 陸上地すべりLs26	一体シミュレーション						-	運転 停止	+3.8	+1.5	+1.1	+1.0	+2.7	+2.8	+1.9
											+1.8	+1.7	+2.7	+1.2	+2.6	+2.4

水位下降側

■ : 2号炉取水口において評価水位最低 □ : 左記波源の2号炉取水槽を上回る水位

波源	検討ケース	断層長さ (km)	モーメントマグニチュード Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり域	ポンプ運転状況	評価水位(T.P. m)※			
									2号炉取水口(東)	2号炉取水口(西)	2号炉取水槽	
海域活断層	土木学会に基づく検討 (F-Ⅲ~F-V断層)	48.0	7.27	90	115,180	0	-	運転 停止	-3.9	-3.9	-5.9[-5.84]	
											-4.8	
日本海東縁部	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	運転 停止	-5.0	-5.0	-5.9[-5.81]	
											-5.4	
日本海東縁部	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV VI	運転 停止	-4.5	-4.5	-5.9[-5.88]	
											-5.2	
海底地すべり	海底地すべりに起因する津波(地すべり①)	-						-	運転 停止	-2.8	-2.7	-3.7
												-3.3
津波起因事象の重畳	F-Ⅲ~F-V断層 + 陸上地すべりLs26	一体シミュレーション						-	運転 停止	-3.7	-3.7	-5.7
												-4.7

・各検討結果より選定した評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースから、「施設護岸又は防波壁」の評価水位が最高となる波源及び2号炉取水口の評価水位が最低となる波源を基準津波として選定する。また、上記波源の1~3号炉取・放水槽の評価水位を上回る、または、ほぼ同値となる波源についても安全側の評価を行う観点から基準津波として選定する。

論点項目<22> 基準津波の想定 基準津波の選定

・地震による津波の検討，地震以外の要因による津波の検討及び津波起因事象の重畳による津波の検討の結果，鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した地震による津波を基準津波1，日本海東縁部に想定される地震発生領域の運動を考慮した検討の評価水位最高ケースを基準津波2，評価水位最低ケースを基準津波3として選定する。また，敷地近傍に位置する海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)から想定される地震による津波を基準津波4として選定する。

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。
[]内の数値は評価水位の小数点第二位まで記載。

水位上昇側 : 施設護岸又は防波壁において評価水位最高 : 左記波源の1～3号炉取・放水槽の評価水位を上回る，またはほぼ同値となる水位

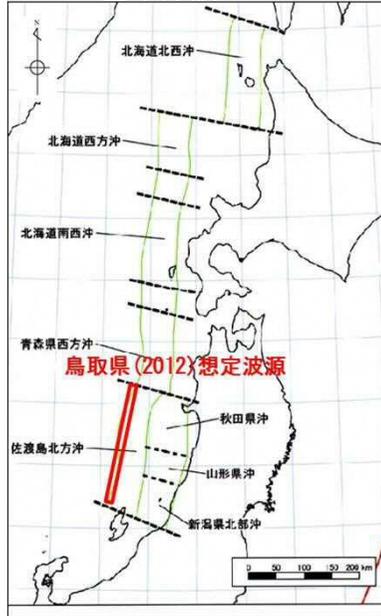
基準津波	波源域	検討ケース	断層長さ(km)	モーメントマグニチュード Mw	傾斜角(°)	すべり角(°)	上縁深さ(km)	大すべり域	走向	東西位置	防波堤有無	ポンプ運転状況	評価水位(T.P. m)※						
													施設護岸又は防波壁	1号炉取水槽	2号炉取水槽	3号炉取水槽	1号炉放水槽	2号炉放水槽	3号炉放水槽
基準津波1	日本海東縁部	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	-	-	有	運転	+10.5	-	+7.0	+5.9	-	+6.8	+6.6
												停止	+7.6	+9.0[9.00]	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4	
基準津波2	日本海東縁部	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV V	走向一定	(3)	有	運転	+8.7	-	+6.9	+6.1	-	+6.1	+4.4
												停止	+7.1	+9.0[8.91]	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9	

水位下降側 : 2号炉取水口において評価水位最低 : 左記波源の2号炉取水槽を上回る水位

基準津波	波源域	検討ケース	断層長さ(km)	モーメントマグニチュード Mw	傾斜角(°)	すべり角(°)	上縁深さ(km)	大すべり域	走向	東西位置	防波堤有無	ポンプ運転状況	評価水位(T.P. m)※		
													2号炉取水口(東)	2号炉取水口(西)	2号炉取水槽
基準津波1	日本海東縁部	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	-	-	有	運転	-5.0	-5.0	-5.9[-5.81]
												停止	-5.0	-5.0	-5.4
基準津波3	日本海東縁部	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV VI	走向一定	(3)	有	運転	-4.5	-4.5	-5.9[-5.88]
												停止	-4.5	-4.5	-5.2
基準津波4	海域活断層	土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)	48.0	7.27	90	115,180	0	-	-	-	有	運転	-3.9	-3.9	-5.9[-5.84]
												停止	-3.9	-3.9	-4.8

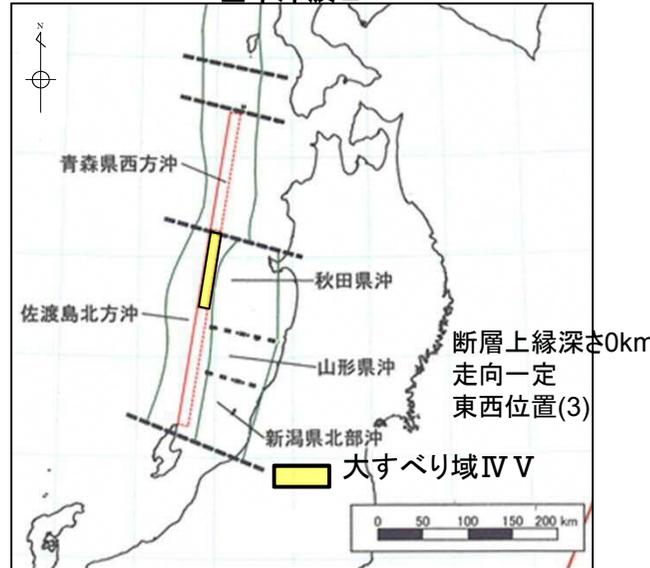
論点項目<22> 基準津波の想定 基準津波の波源

基準津波1



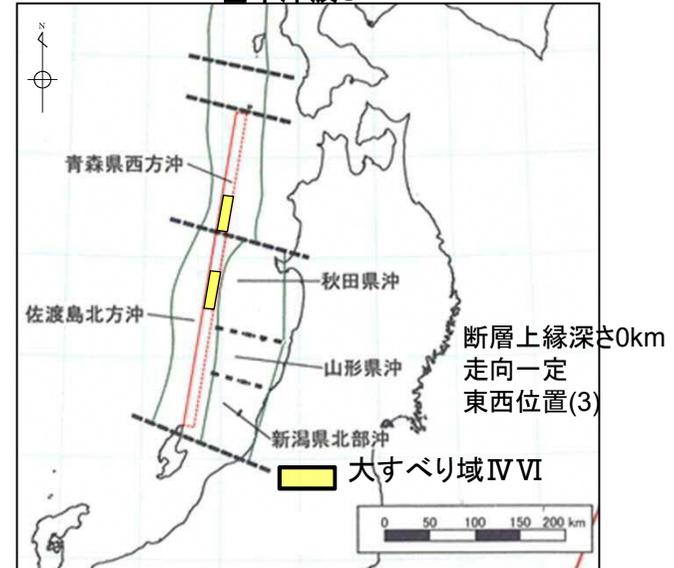
地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))

基準津波2

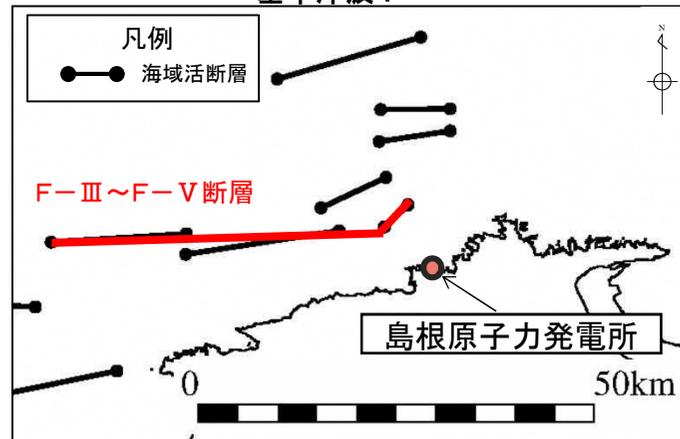


地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)

基準津波3



基準津波4



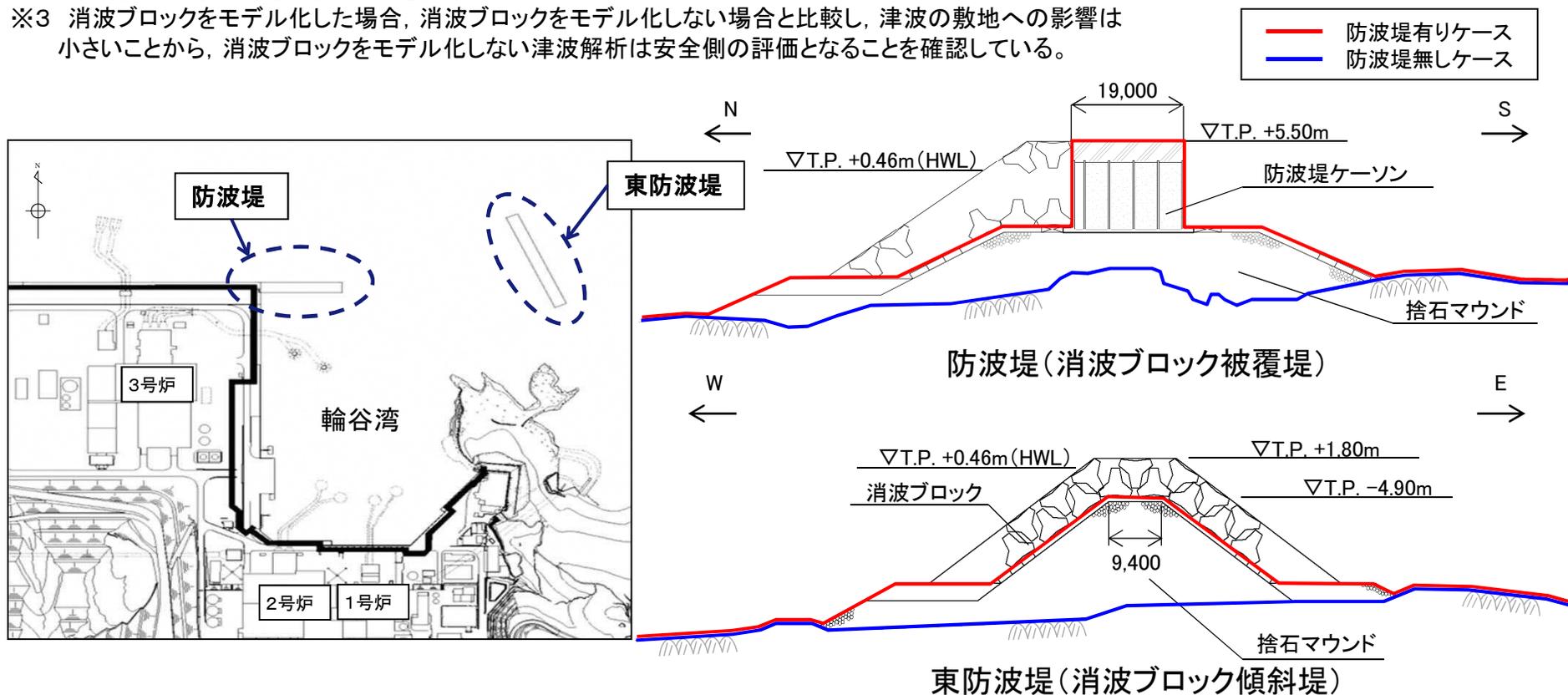
土木学会に基づく検討(F-III ~ F-V断層)

論点項目<22> 基準津波の想定

基準津波の選定結果の検証 防波堤の影響検討(1/4)

- ・島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤(捨石マウンド+防波堤ケーソン)及び東防波堤(捨石マウンド+消波ブロック)を設置※1している。
- ・防波堤の有無によるモデル化については、防波堤有りのケースでは、防波堤ケーソン、捨石マウンドをモデル化しており、防波堤無しケースでは、防波堤ケーソン、捨石マウンドを全て取り除いた状態で実施している。
- ・なお、消波ブロック※2は、透過性を有するため、防波堤有りケースにおいては、安全側の評価となるよう消波ブロックをモデル化しないもの※3としている。

※1 防波堤は、敷地周辺の地震、津波により損傷する可能性は否定できないことから、津波影響軽減施設とせず、自主設備とする。
 ※2 一般に消波ブロックは短周期の波浪に対する軽減効果を持つとされており、土木学会(2016)においても構造物(消波ブロック)が無いものとして取り扱うことが多いと記載されている。
 ※3 消波ブロックをモデル化した場合、消波ブロックをモデル化しない場合と比較し、津波の敷地への影響は小さいことから、消波ブロックをモデル化しない津波解析は安全側の評価となることを確認している。



論点項目<22> 基準津波の想定

基準津波の選定結果の検証 防波堤の影響検討(2/4)

防波堤の有無に関する影響検討の結果は以下のとおり。

- ・基準津波1(鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した地震による津波)は, 防波堤無しケースで最大を示す波源は防波堤有りケースと同様であったため, 基準津波の選定に与える影響はないことを確認した。
- ・基準津波2, 3(日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討による津波)は, 防波堤無しケースで最大を示す波源は防波堤有りケースと異なったため, 基準津波の選定に与える影響があることを確認した。このため, 水位上昇側の最大を示す波源を基準津波5, 水位下降側の最大を示す波源を基準津波6として選定する。
- ・基準津波4(海域活断層(F-Ⅲ~F-V断層)から想定される地震による津波)は, 防波堤無しケースで最大を示す波源は防波堤有りケースと同様であったため, 基準津波の選定に与える影響はないことを確認した。

水位上昇側

☐ : 防波堤の有無に関する影響検討より追加した波源 ※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。

波源域	検討ケース	断層長さ(km)	モーメントマグニチュードMw	傾斜角(°)	すべり角(°)	上縁深さ(km)	大すべり域	走向	東西位置	防波堤有無	ポンプ運転状況	評価水位(T.P. m)*						備考	
												施設護岸又は防波壁	1号炉取水槽	2号炉取水槽	3号炉取水槽	1号炉放水槽	2号炉放水槽		3号炉放水槽
日本海東縁部	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	-	-	有	運転	+10.5	-	+7.0	+5.9	-	+6.8	+6.6	基準津波1
											停止	+7.6	+9.0 [9.00]	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4		
										無	運転	+11.6	-	+9.0	+6.4	-	+6.1	+6.4	
											停止	+9.0	+10.4	+7.7	+4.1	+7.2	+6.3		
	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV V	走向一定	(3)	有	運転	+8.7	-	+6.9	+6.1	-	+6.1	+4.4	基準津波2
											停止	+7.1	+9.0 [8.91]	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9		
☐	☐	350	8.09	60	90	0	VI VII 南30km	走向一定-10° 東 15.9km 変化	(3)から東 15.9km	無	運転	+11.2	-	+8.3	+5.8	-	+5.5	+6.8	基準津波5
											停止	+8.0	+10.2	+7.5	+2.6	+5.4	+7.3		

論点項目<22> 基準津波の想定 基準津波の選定結果の検証

防波堤の影響検討(3/4)

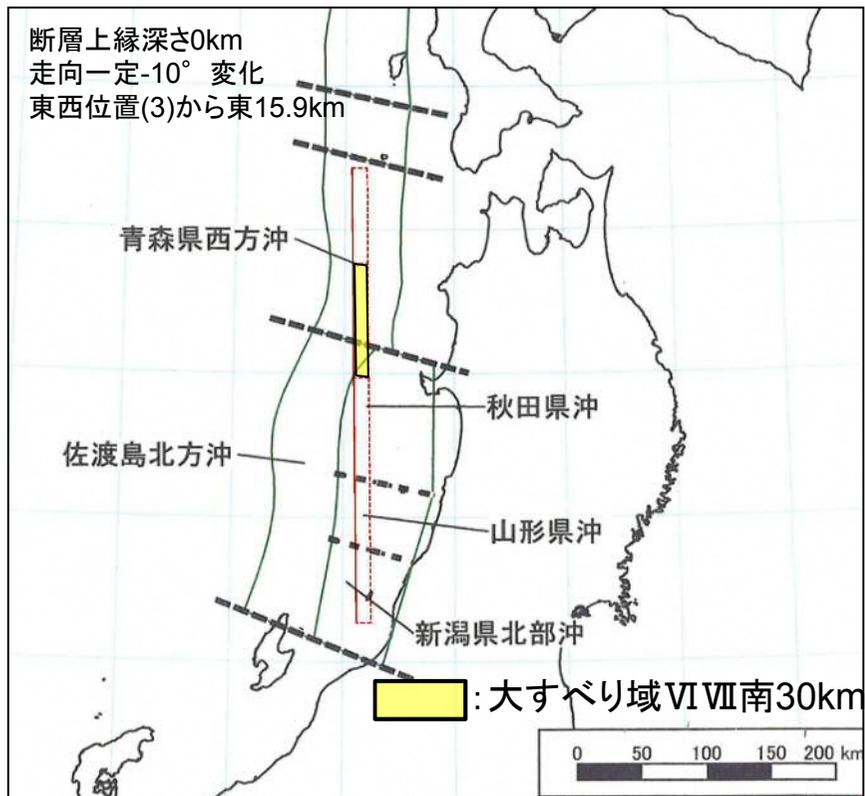
水位下降側

☐: 防波堤の有無に関する影響検討より追加した波源 ※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。 []内の数値は評価水位の小数点第二位まで記載。

波源域	検討ケース	断層長さ(km)	モーメントマグニチュードMw	傾斜角(°)	すべり角(°)	上縁深さ(km)	大すべり域	走向	東西位置	防波堤有無	ポンプ運転状況	評価水位(T.P. m)※			備考	
												2号炉取水口(東)	2号炉取水口(西)	2号炉取水槽		
日本海東縁部	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	222.2	8.16	60	90	0	-	-	-	有	運転	-5.0	-5.0	-5.9[-5.81]	基準津波 1	
											停止			-5.4		
	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	0	IV VI	走向一定	(3)	有	運転	-4.5	-4.5	-5.9[-5.88]		
											停止			-5.2		
海域活断層	土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)	48.0	7.27	90	115,180	0	-	-	-	有	運転	-3.9	-3.9	-5.9[-5.84]	基準津波 4	
											停止			-4.8		
日本海東縁部	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	350	8.09	60	90	1	VI VII 南20km	走向一定-10° 変化	(3)	無	運転	-6.0	-5.9	-7.8		基準津波 6
											停止			-5.7		
海域活断層	土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)	48.0	7.27	90	115,180	0	-	-	-	無	運転	-4.1	-4.1	-6.3		
											停止			-5.0		

論点項目<22> 基準津波の想定
 基準津波の選定結果の検証 防波堤の影響検討(4/4)

基準津波5 (水位上昇側, 防波堤無し)



基準津波6 (水位下降側, 防波堤無し)



地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)

論点項目<25> 地震以外の要因による津波 海底地すべりに起因する津波

・地すべり地形の概略体積の算定結果を踏まえ、評価対象地すべりとして、地すべり①～④を選定した。

地すべり番号	投影面積 (km ²)	厚さ (m)	概略体積 (km ³)	(参考)平均厚さ (m)	(参考)平均概略体積 (km ³)
地すべり①	37.85	150	5.68	110	4.16
地すべり②	21.95	140	3.07	120	2.63
地すべり③	12.31	180	2.22	68	0.84
地すべり④	13.17	40	0.53	40	0.53

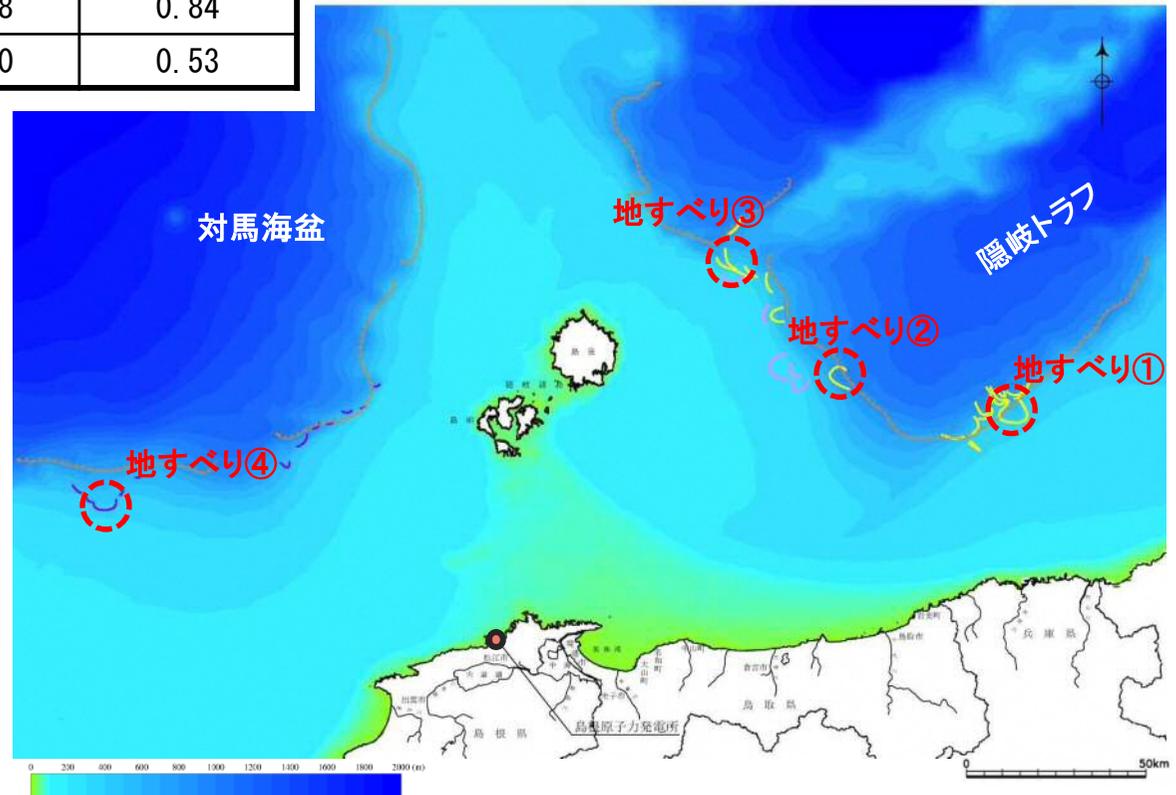
凡例

崩落崖

- 山本ほか(1989)「鳥取沖海底地質図」1/20万による崩落崖
- 池原(2007)「日御碕沖表層堆積図」1/20万による崩落崖
- 山本ほか(1989)「鳥取沖海底地質図」1/20万による埋没崩落崖

地すべり

- 徳山ほか(2001)付図「日本周辺海域の第四紀地質構造図」1/200万による地すべり

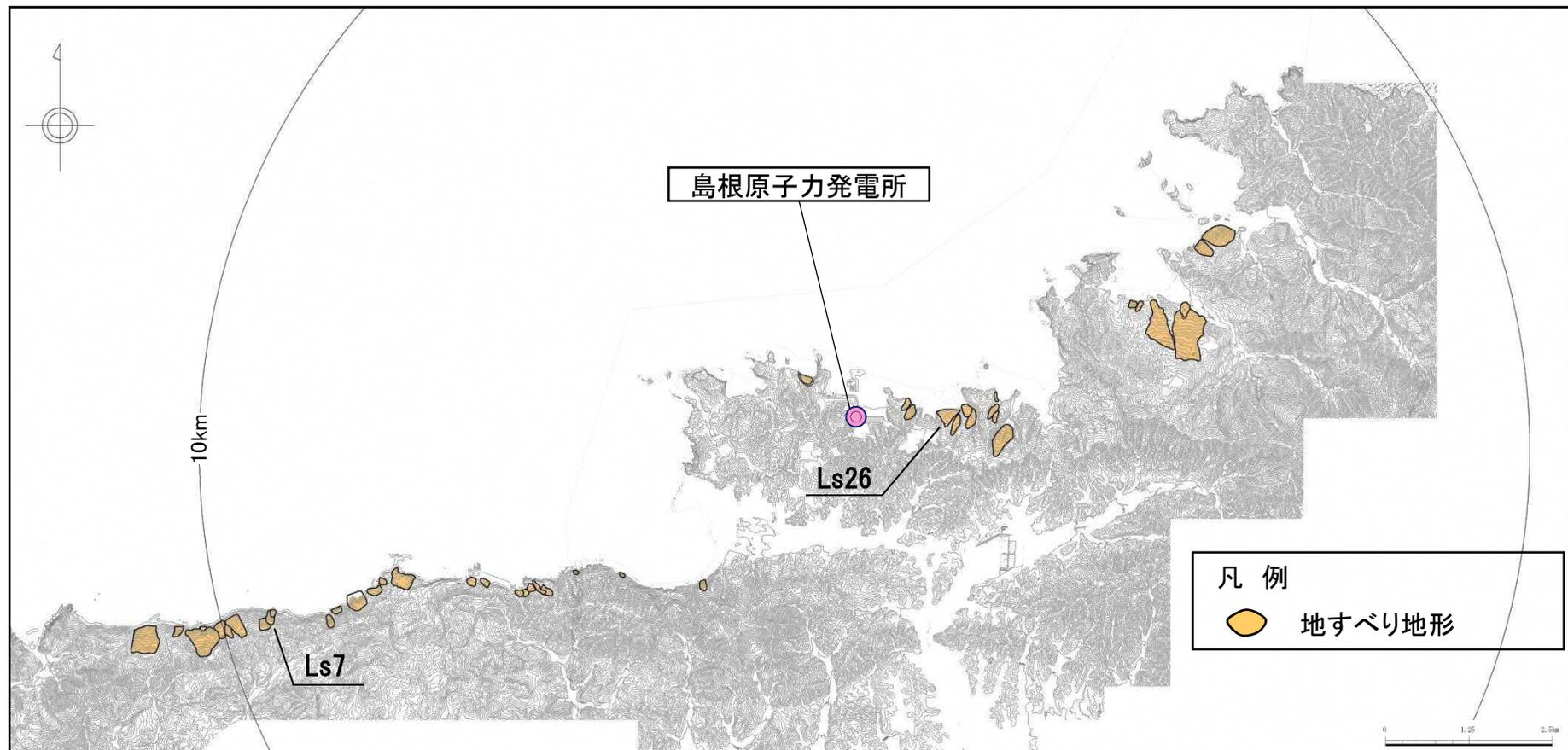


抽出された地すべり地形

論点項目<25> 地震以外の要因による津波 陸上地すべりに起因する津波

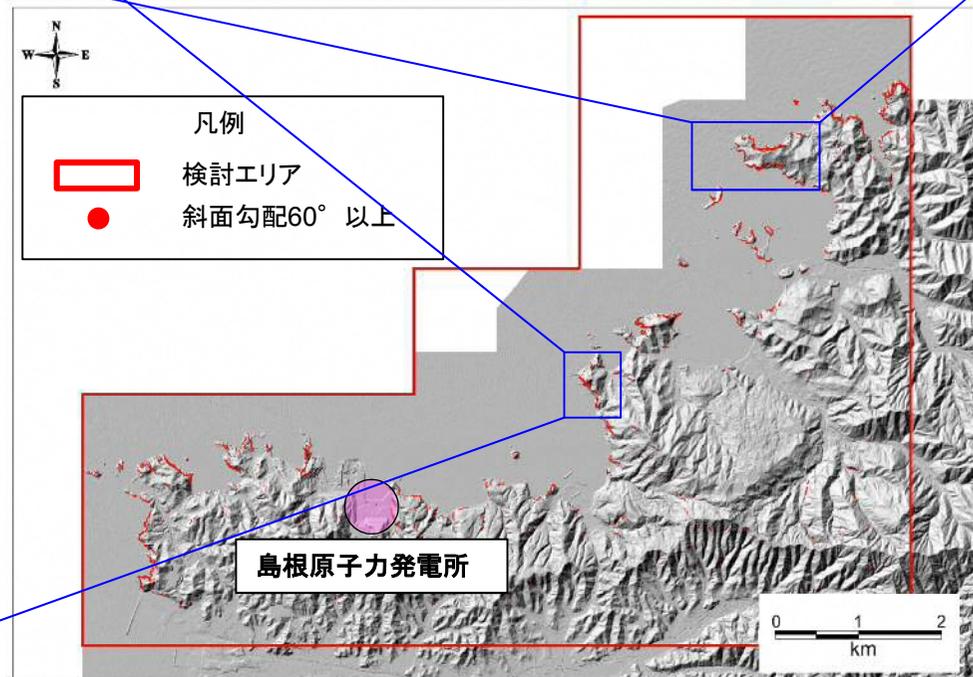
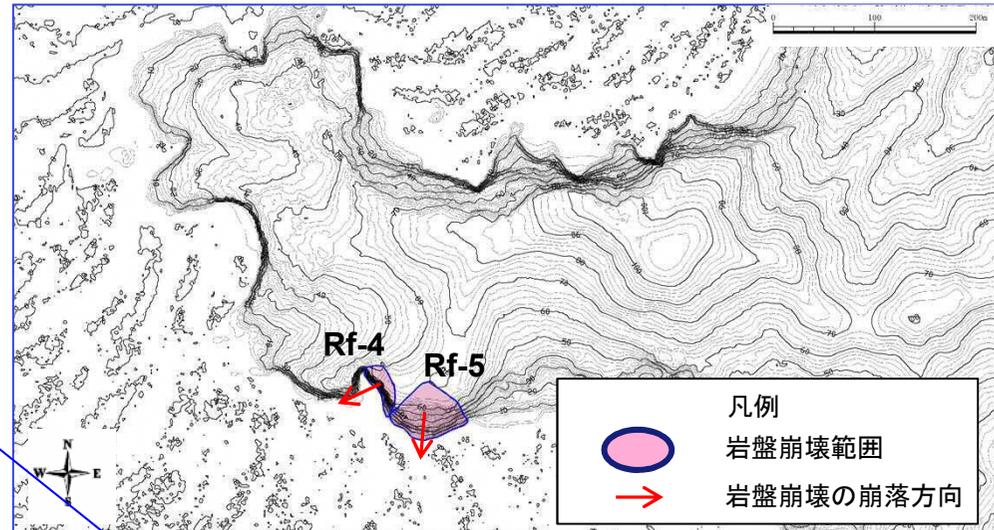
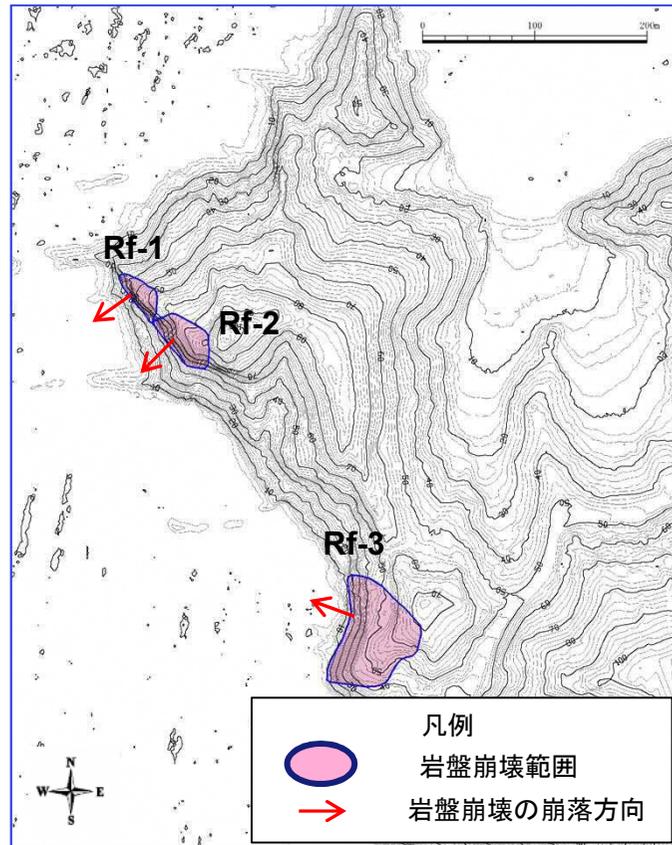
16

- ・Huber and Hager(1997)の予測式による敷地における津波高さ(全振幅)が相対的に大きな地すべりLs7及びLs26について、二層流モデルによる数値シミュレーションを実施する。
- ・数値シミュレーションの実施に当たっては、地表地質踏査を実施し、必要となるすべり面等を作成する。



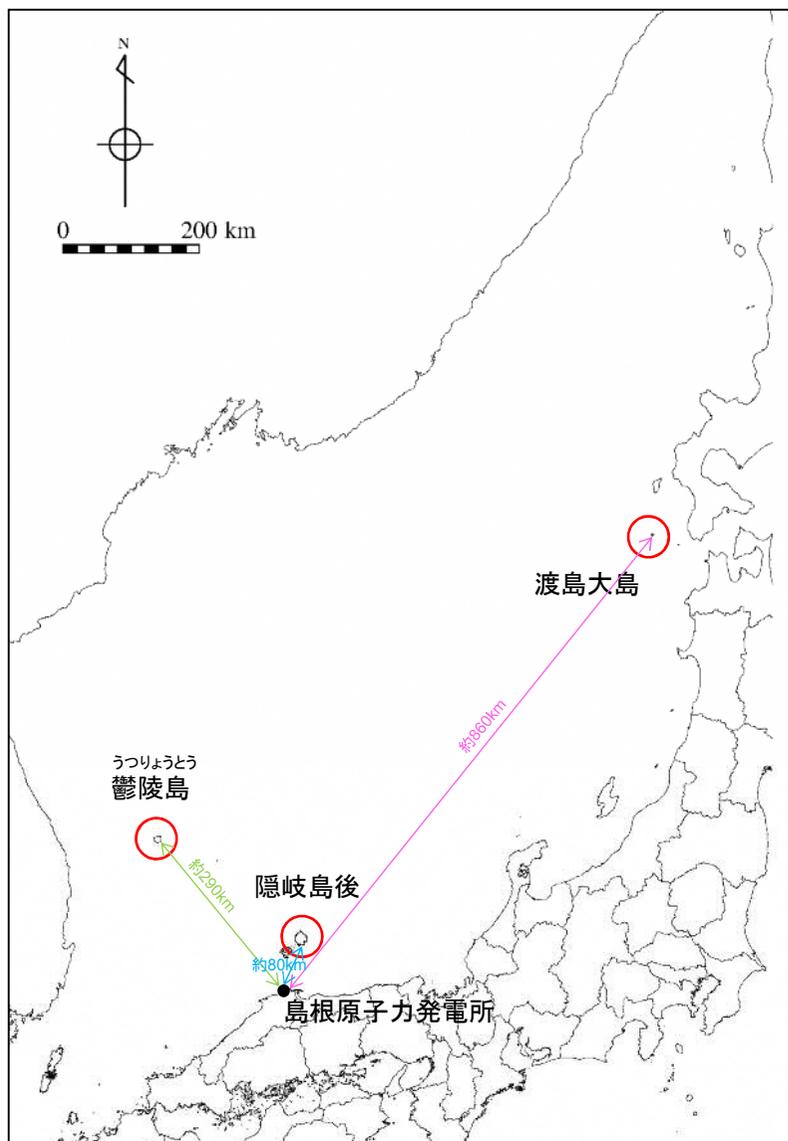
論点項目<25> 地震以外の要因による津波 岩盤崩壊に起因する津波

- ・以下の観点から敷地に与える影響が大きい岩盤崩壊の可能性がある地点を選定した。
 - ①60°以上の傾斜が連続する。
 - ②海岸からの比高差が概ね20m以上ある。
 - ③敷地に正対する。
- ・選定した地点について、空中写真等により岩盤崩壊の範囲を設定した。



論点項目<25> 地震以外の要因による津波 火山現象に起因する津波

18



- ・火山事象に起因する津波の敷地への影響が想定される第四紀火山として、鬱陵島及び隠岐島後を対象とし、火山事象に起因する津波の検討を行う。
- ・渡島大島は、1741年に山体崩壊を起こし、日本海沿岸に津波を引き起こしたとされることから、渡島大島についても、火山事象に起因する津波の検討を行う。

論点項目<25> 地震以外の要因による津波 津波起因事象の重畳による津波

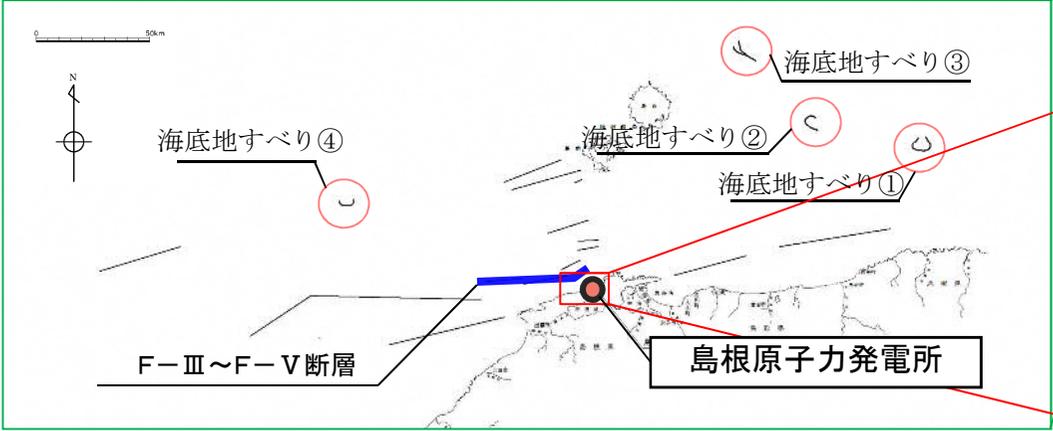
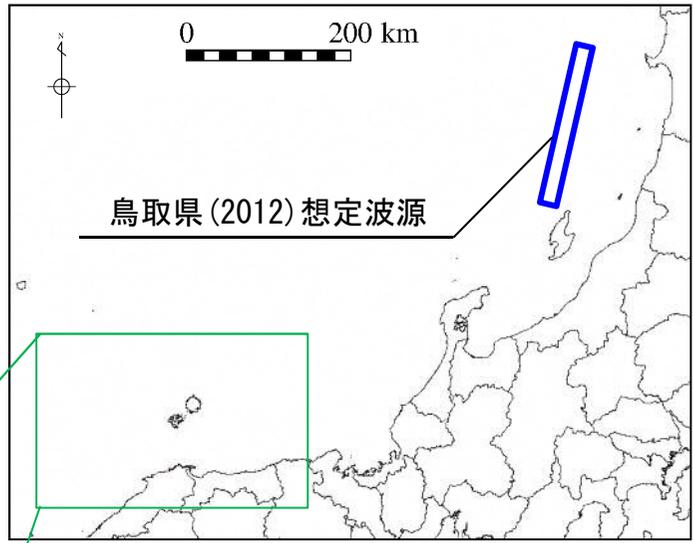
・地震による津波, 及び地震以外の要因による津波の検討結果を踏まえ, 因果関係があると考えられる津波発生要因の組合せを抽出する。

地震による主な津波

- ・敷地周辺の海域活断層から想定される地震による津波
- ・鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した地震による津波

地震以外の要因による主な津波

- ・海底地すべり①～④に起因する津波
- ・陸上地すべりLs7, Ls26に起因する津波



・海域活断層と地すべりの位置関係から, 海域活断層から想定される地震により地すべりが励起される可能性を考慮し, 津波起因事象の重畳を考慮するケースを以下のとおり3ケース選定した。

- ・「F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波」と「海底地すべり④に起因する津波」
- ・「F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波」と「陸上地すべりLs7に起因する津波」
- ・「F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波」と「陸上地すべりLs26に起因する津波」

・なお, 鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した地震の波源は, 海底地すべり①～④及び陸上地すべりLs7・Ls26と十分に離れていることから, それらの重畳を考慮しない。

・論点項目<23>

日本海東縁部を波源とする津波において、222kmの断層の方が350kmの断層より高い津波となるのはなぜか。

論点項目<23>

日本海東縁部の波源モデルに関する最大すべり量の比較

2

・日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討において設定した最大すべり量と以下に示す長大断層に関するその他のスケーリング則を用いて算出される最大すべり量及び鳥取県(2012)のすべり量とを比較した。

- 1)地震調査研究推進本部(2016)の方法
- 2)土木学会(2016)の方法

	近年の長大断層に対するスケーリング則を用いて算出される最大すべり量			鳥取県(2012)のすべり量 (武村(1998))
	日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討において設定した最大すべり量 (国土交通省・内閣府・文部科学省(2014))	他の地震規模に係るスケーリング則を用いて算出される最大すべり量		
		地震調査研究推進本部(2016)	土木学会(2016)	
大すべり域のすべり量	12m	5.72m	9.0m	16m
参考資料	資料1	資料2	資料3	資料4

- ・日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討に用いる最大すべり量は、長大断層に関するその他のスケーリング則を用いて算出される最大すべり量を上回っていることを確認した。
- ・鳥取県(2012)において採用している断層長さが約220kmの長大断層のすべり量16mは、以下に示す理由により地震発生領域の連動を考慮した検討には採用しない。
 - 地震調査研究推進本部(2016)及び土木学会(2016)に示される近年の長大断層に対するスケーリング則を用いて算出される最大すべり量を大幅に上回る設定であること
 - 鳥取県(2012)が採用している武村(1998)のスケーリング則が準拠している内陸地殻内地震のデータの最大長さが85kmであり、それ以上の断層長さは外挿領域となっていること

論点項目<23>

3

(資料1)国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)のスケーリング則・すべり量の設定

・国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)は、日本海東縁部で発生した地震についての既存の解析結果をもとに、入倉・三宅(2001)をベースとしたスケーリング則を提案し、Mw7.7以上で平均すべり量は4.5mで飽和するとしている。さらに、上記スケーリング則について、既往断層モデルのすべり量のばらつき($\sigma = 1.5\text{m}$)を考慮したスケーリング則についても提案しており、Mw7.7以上で平均すべり量は6mで飽和するとしている。

・また、国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)は、各セグメントに大すべり域を設定しており、そのすべり量は平均すべり量の2倍としている。

【国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)のスケーリング式】

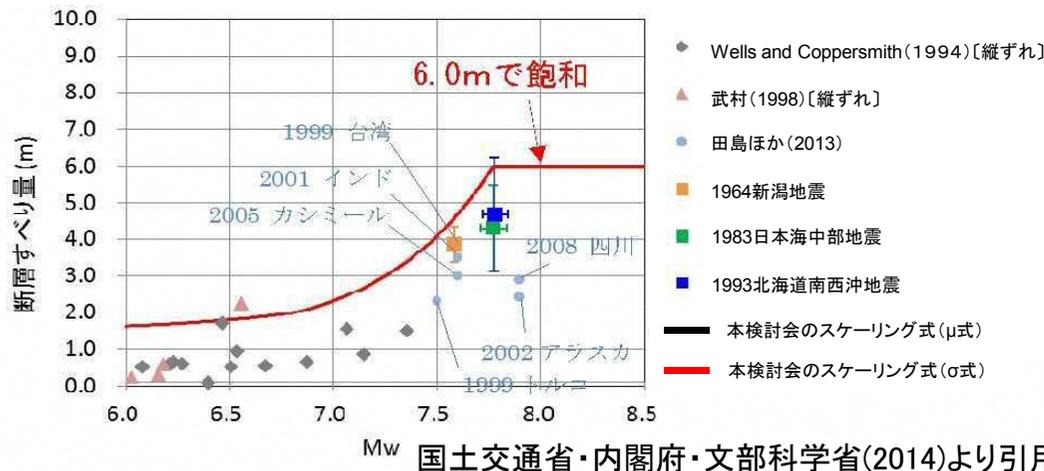
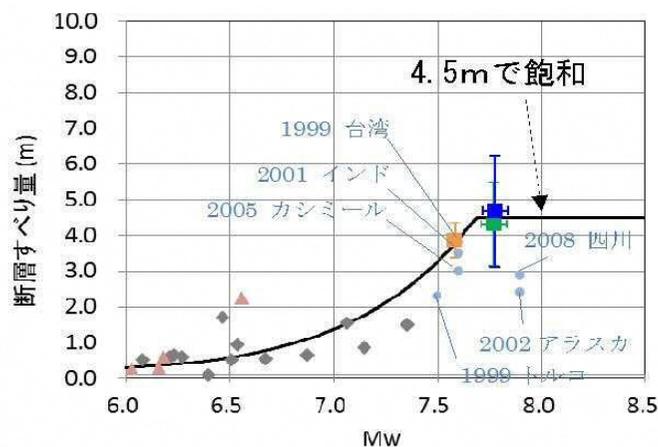
$$M_0 = (S/2.23 \times 10^9)^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_w < 6.5)$$

$$M_0 = (S/4.24 \times 10^5)^2 \times 10^{-7} \quad (6.5 \leq M_w < 7.7)$$

$$M_0 = 1.54 \times S \times 10^{11} \quad (7.7 \leq M_w)$$

M_0 : 地震モーメント(Nm) S: 断層面積(m^2)

Mw: マグニチュード



国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)より引用

・波源モデル(350km)に適用した場合、マグニチュードはMw7.7以上であるため、国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)を踏まえると、すべりの不均質性を考慮し、平均すべり量は6m(飽和値)、最大すべり量は12mとなる。

(資料2)地震調査研究推進本部(2016)のスケーリング則・すべり量の設定

・地震調査研究推進本部(2016)では、活断層で発生する地震の地震規模(地震モーメント M_0 (N・m))を震源断層の面積 S (km^2)との経験的關係より算出するとし、地震の規模に応じて3段階で S - M_0 關係式を使い分けることとしている。

【地震調査研究推進本部(2016)の S - M_0 關係式】

$$M_0 = (S / 2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7} \quad Mw < 6.5 \quad \text{Somerville et al. (1999) の式}$$

$$M_0 = (S / 4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7} \quad 6.5 \leq Mw \leq 7.4 \quad \text{入倉・三宅 (2001) の式}$$

$$M_0 = S \times 10^{17} \quad 7.4 < Mw \quad \text{Murotani et al. (2015) の式}$$

M_w : モーメントマグニチュード M_0 : 地震モーメント(N・m) S : 断層面積(km^2)

$$\text{平均すべり量 } D(\text{m}) = M_0 / \mu S \quad \mu = 3.5 \times 10^{10}(\text{N}/\text{m}^2)$$

・波源モデル(350km)は M_w 7.4以上であるため、上式より算定される平均すべり量は2.86mとなり、最大すべり量は5.72mとなる。

(資料3) 土木学会(2016)のスケーリング則・すべり量の設定

・土木学会(2016)では、国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)を参照して、日本海東縁部の地震規模(地震モーメント M_0 (N・m))を断層面積 S (m^2)との経験的關係式より算出するとし、地震の規模に応じて3段階で S - M_0 關係式を使い分ける検討例を示している。

【土木学会(2016)の S - M_0 關係式】

$M_0 = (S / 2.23 \times 10^9)^{3/2} \times 10^{-7}$ $M_w < 6.5$ Somerville et al.(1999)の式

$M_0 = (S / 4.24 \times 10^5)^2 \times 10^{-7}$ $6.5 \leq M_w < 7.7$ 入倉・三宅(2001)の式

$M_0 = 1.575 \times S \times 10^{11}$ $7.7 \leq M_w$ 日本海東縁部の既往地震の平均すべり量4.5mで頭打ちとなる關係式(剛性率 $\mu : 3.5 \times 10^{10}$ (N/ m^2))

M_w : モーメントマグニチュード M_0 : 地震モーメント(N・m) S : 断層面積(m^2)

平均すべり量 D (m) = $M_0 / \mu S$ $\mu = 3.5 \times 10^{10}$ (N/ m^2)

※世界の地殻内地震の地震規模と地殻厚さを検討した結果、地殻厚さが40km未満の領域では M_w 8.0を超える地震が発生していないことを踏まえ、 M_w の上限は8.0とされている。

・日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討の波源モデルは M_w 7.7以上であるため、上式より算定される平均すべり量は4.5mとなり、最大すべり量は9.0mとなる。

(資料3)武村(1998)のスケーリング則・すべり量の設定

・武村(1998)では、以下のスケーリング則・すべり量が示されている。

【武村(1998)のスケーリング則・すべり量】

$$\log L = 0.75M_w - 3.77$$

$$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$$

$$D = M_0 / \mu LW$$

L : 断層長さ (km) W : 断層幅 (km)
 D : すべり量 (m) μ : 剛性率 (N/m²)
 Mw : モーメントマグニチュード
 M₀ : 地震モーメント (N・m)

・上式より算定される鳥取県(2012)の波源モデルのすべり量は16mとなる。

・論点項目<24>

日本海東縁部を波源とする津波において、防波堤の損傷が考慮されている理由は何か。

論点項目<24>防波堤の損傷 防波堤の位置及び構造

1

- ・島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤(捨石マウンド+防波堤ケーソン)及び東防波堤(捨石マウンド+消波ブロック)を設置※1している。
- ・防波堤の有無によるモデル化については、防波堤有りのケースでは、防波堤ケーソン、捨石マウンドをモデル化しており、防波堤無しケースでは、防波堤ケーソン、捨石マウンドを全て取り除いた状態で実施している。
- ・なお、消波ブロック※2は、透過性を有するため、防波堤有りケースにおいては、安全側の評価となるよう消波ブロックをモデル化しないものとしている。

※1 防波堤は、敷地周辺の地震、津波により損傷する可能性は否定できないことから、津波影響軽減施設とせず、自主設備とする。

※2 一般に消波ブロックは短周期の波浪に対する軽減効果を持つとされており、土木学会(2016)においても構造物(消波ブロック)が無いものとして取り扱うことが多いと記載されている。

— 防波堤有りケース
— 防波堤無しケース

