資料１－１

第563回審査会合
（H30.4.6）
資料からの抜粋

島根原子力発電所　２号炉

基準津波の策定について
（コメント回答）

平成30年４月６日
中国電力株式会社

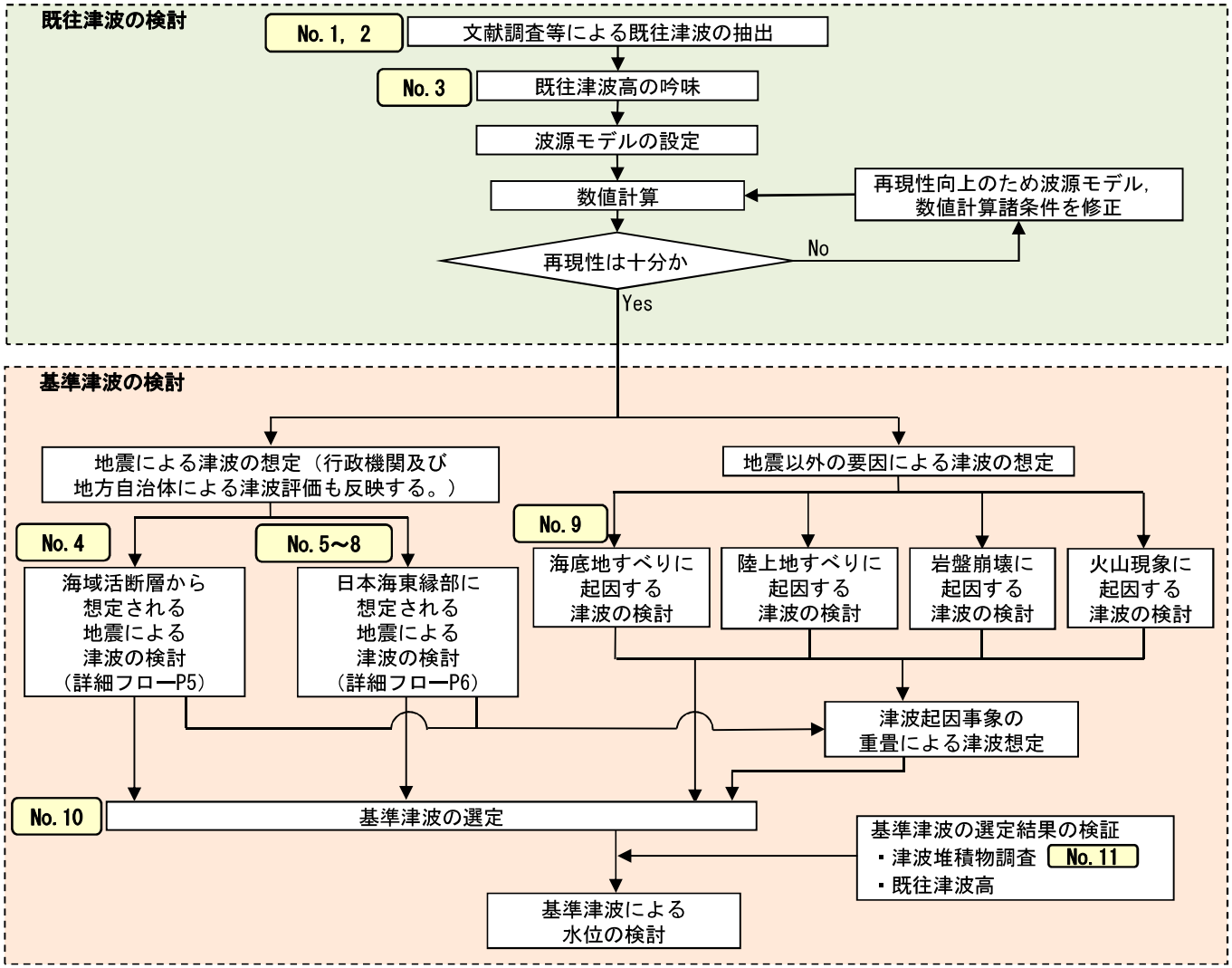
本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

Energia

全体概要

津波水位評価の検討方針

第423回審査会合　資料2-1
P4　加筆・修正



審査会合（H28.12.16）以降のコメントを踏まえた検討結果概要

【コメントNo. 1】
文献調査に関する記載を充実させた。

【コメントNo. 2】
万寿津波について，文献調査の結果から敷地に大きい影響を及ぼさないことを確認した。

【コメントNo. 3】
文献を参考に信頼度について確認を行った。

コメントNo. 4～8はP5, 6参照

【コメントNo. 9】
海底地すべりについて，複数手法により追加で検討を行った結果，これまでの検討結果と同様の地すべりが最大となった。

【コメントNo. 10】
追加検討を含めた各種検討結果を一覧表に整理し，基準津波を選定した。

【コメントNo. 11】
最新の知見について整理するとともに，基準津波が津波堆積物調査から推定される津波痕跡高を上回ることを確認した。

審査会合等における主なコメント（No.2）

No.	コメント要旨	審査会合等
2	万寿津波を引き起こした可能性のある海底地すべりについて敷地への影響を検討すること。	平成29年4月19日 第71回ヒアリング

万寿津波に関する文献

万寿津波について記載された主な文献を以下に引用し整理した。

文献名	歴史記録等の信頼性に関する記載	津波発生原因に関する記載	津波影響範囲・津波高さに関する記載
歴史地震の研究(2) 万寿3年5月23日（1026年6月16日）の地震および津波の災害について 飯田(1985)	・日本の地震史や津波史ないしは災害史にもその記事は見当らない。	・高津川・益田川の沖合に震源があったと考えられる。震央を求めれば海岸から約10kmくらい沖合で東経131.8度，北緯34.8度くらいになる。	・影響範囲の西は山口県阿武郡の須佐付近から東は島根県那賀郡江津付近までの約120kmに及んでいる。 ・津波の高さはその被害および浸入の範囲や現地の陸地高距などから考えて大きなところが6~10mと考えられる。
堆積物にみる万寿地震津波の痕跡 箕浦(1994)(33)	・当時の主だった歴史記録に津波に関する明らかな記述はなく，この災害が文献にあらわれたのはずっと後世になってからである。	-	・平野を構成する堆積物の分布からは，万寿の津波は海岸からせいぜい数キロさかのぼったにすぎなかったと推定され，その規模はこれまでの推定よりずっと小さかったと考えられる。
万寿石見津波の浸水高の現地調査 都司・加藤(1995)(34)	・地点の指定された伝承にかぎれば，それらが記録化されたのは，古くて江戸時代の中期であることに注意したい。 ・残念ながら，万寿津波の場合には信頼性のおける確実な史料というものがない。	・万寿津波という益田平野で高さ20mを越えるような大きな津波を伴う地震が山陰沖で起きていたとしても別に不思議ではないといえるであろう。ただ，ではその地震の振動がどうして韓国側，高麗王朝の記録に記載されていないのかという疑問が残る。 ・このとき京都では「小右記」の日記が書き続けられており，毎日の天候とともに有感地震も記録されていた。そこには，万寿3年5月23日はただ天気「晴れ」とかかれているだけで，有感地震についてはなにも書かれていない。	・益田市益田川，高津川下流の平野部で，万寿津波の浸水先の伝承のある地点の津波の高さを測ってみると，すべて，およそ20m以上と25m以下の値が得られた。
日本被害地震総覧 宇佐美ほか(2013)	・口碑および信憑性の低い史料による。	・口碑・史料に「地震」という語は見出せない。	・波は川沿いに16km上流に達したという。 ・被害は50km以上東の黒松（現江津市黒松町）にまで及んだ。
海溝型地震の予後：津波痕跡による変動の評価 箕浦ほか(2014)	-	・大規模な斜面崩壊による海洋変動が津波発生の原因 ・北北西約135kmの遥か沖に残された800m近い落差を有する海底地滑り	・岩見（現在の島根県益田市）の海岸に巨大な津波が襲来した。

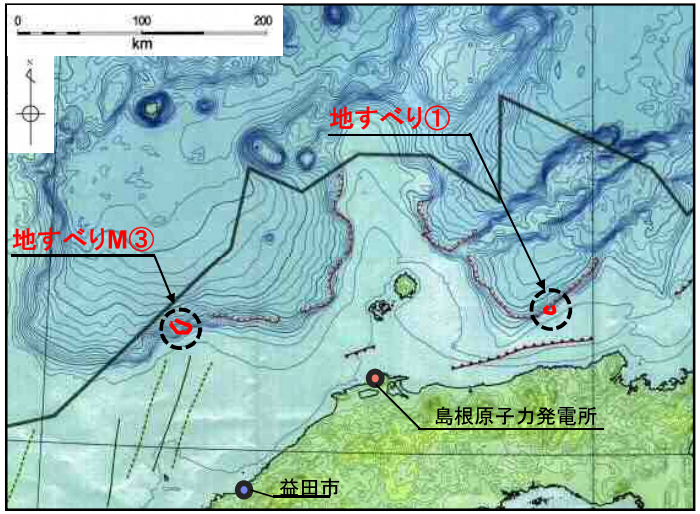
・万寿津波については，津波影響範囲や津波高さについて記載はあるものの，ほとんどが信頼性の低い歴史記録によるものであり，信憑性に乏しいと考えられる。また，津波の襲来範囲は島根県の江津（ごうつ）までとされており，敷地への影響はなかったと考えられる。

※万寿津波の数値シミュレーションによる敷地への影響検討は，海底地すべりに起因する津波の検討により実施する。（P218～227参照）

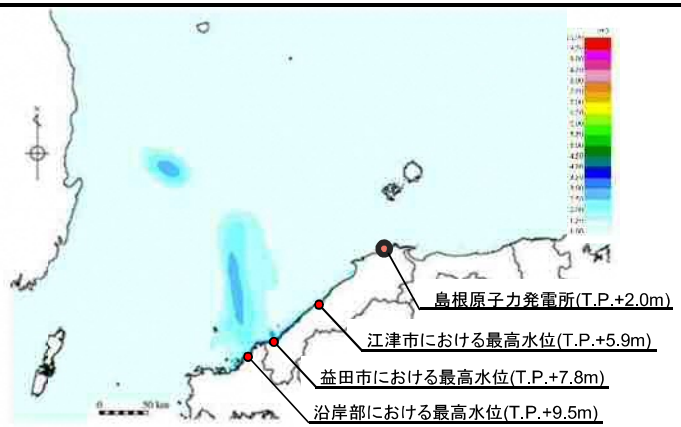
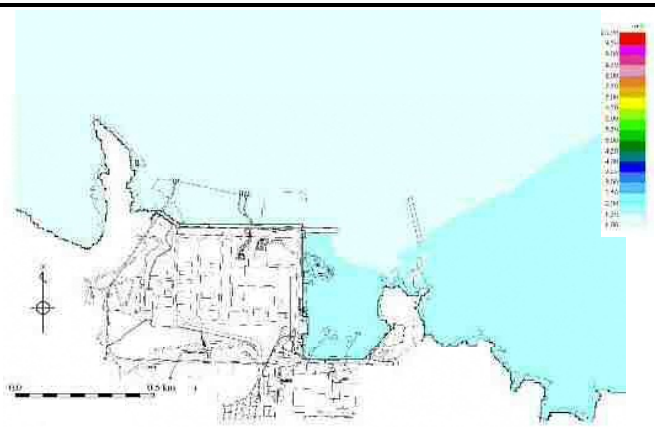
（参考）万寿津波の検討　Watts et al.（2005）の方法による検討結果

・Watts et al.（2005）の方法を用いた数値シミュレーションにより，敷地における津波高さを検討した。

地すべり	評価水位(T.P.　m)		
	上昇側	下降側	
	施設護岸	2号炉取水口（東）	2号炉取水口（西）
地すべりM③	+2.0	−1.3	−1.3
（参考）海底地すべりに起因する津波（地すべり①）（Watts et al.(2005)の方法）	+2.7	−2.6	−2.6



地すべりM③の数値シミュレーション結果

最大水位上昇量分布（広域）	最大水位上昇量分布（敷地）
	

・地すべりM③による津波の敷地への影響は，海底地すべりに起因する津波の検討（地すべり①）と比較して小さいことを確認した。また，益田市以西で津波水位が比較的大きくなっており，文献の記載内容と整合することを確認した。

審査会合等における主なコメント（No.4）

No.	コメント要旨	審査会合等
4	海域活断層のうちF-Ⅲ～F-Ⅴ断層については，地震動評価の審査結果を反映すること。	平成28年12月16日 第423回審査会合

検討方針

・海域活断層から想定される地震による津波の検討は，土木学会に基づき，パラメータスタディを実施している。
・主要なパラメータ「傾斜角」，「すべり角」及び「地震発生層（断層上縁深さ・断層下限深さ）」について，津波評価と地震動評価の基本震源モデルのパラメータ設定値を比較した。

パラメータ		パラメータ設定値		比較結果
		津波評価	地震動評価	
傾斜角		・45～90°（P28～30参照）	・70°（P34参照）	・津波評価では，地震動評価のパラメータ設定値を網羅している。
すべり角		・F-Ⅲ断層：115～180° ・F-Ⅳ～F-Ⅴ断層：180°（P28,29,31,32参照）	・180°（P35参照）	・津波評価では，地震動評価のパラメータ設定値を網羅している。
地震発生層	断層上縁深さ	・0～5km（P33参照）	・2km（P36参照）	・津波評価では，地震動評価のパラメータ設定値を網羅している。
地震発生層	断層下限深さ	・断層上縁深さによって15～20km（P33参照）	・20km（P36参照）	・津波評価と地震動評価でパラメータ設定値が異なる。

・上記より，地震発生層については，地震動評価と津波評価で設定値が異なることから，地震動評価を踏まえた検討を実施する。

津波解析結果（断層下限深さ20kmとした検討）

・土木学会に基づく検討の評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースを対象に，地震動評価を踏まえて，断層下限深さを20kmに変更した検討を実施した。なお，本検討では土木学会に基づく検討と同様に，断層上縁深さを0kmと設定した。

評価水位最高ケース（水位上昇側）

※1 すべり量の算定についてはP37参照

断層	断層長さ（km）	モーメントマグニチュードMw	傾斜角（°）	すべり量（m）※1	主応力軸（°）	すべり角（°）	上縁深さ（km）	下限深さ（km）	評価水位（T.P.　m）※2 施設護岸
評価水位最高ケース（断層下限深さ20km）	48.0	7.27	90	3.01	110	130, 180	0	20	+2.9 (+0.27)
（参考）評価水位最高ケース（断層下限深さ15km）			90	4.01	110	130, 180	0	15	+3.6 (+0.32)

※2 括弧内の数値は地盤変動量（m）

評価水位最低ケース（水位下降側）

断層	断層長さ（km）	モーメントマグニチュードMw	傾斜角（°）	すべり量（m）※	主応力軸（°）	すべり角（°）	上縁深さ（km）	下限深さ（km）	評価水位（T.P.　m）※3 ２号炉取水口（東）	２号炉取水口（西）
評価水位最高ケース（断層下限深さ20km）	48.0	7.27	90	3.01	120	115, 180	0	20	−3.0 (+0.29)	−3.0 (+0.30)
（参考）評価水位最低ケース（断層下限深さ15km）			90	4.01	120	115, 180	0	15	−3.9 (+0.34)	−3.9 (+0.34)

※3 括弧内の数値は地盤変動量（m）

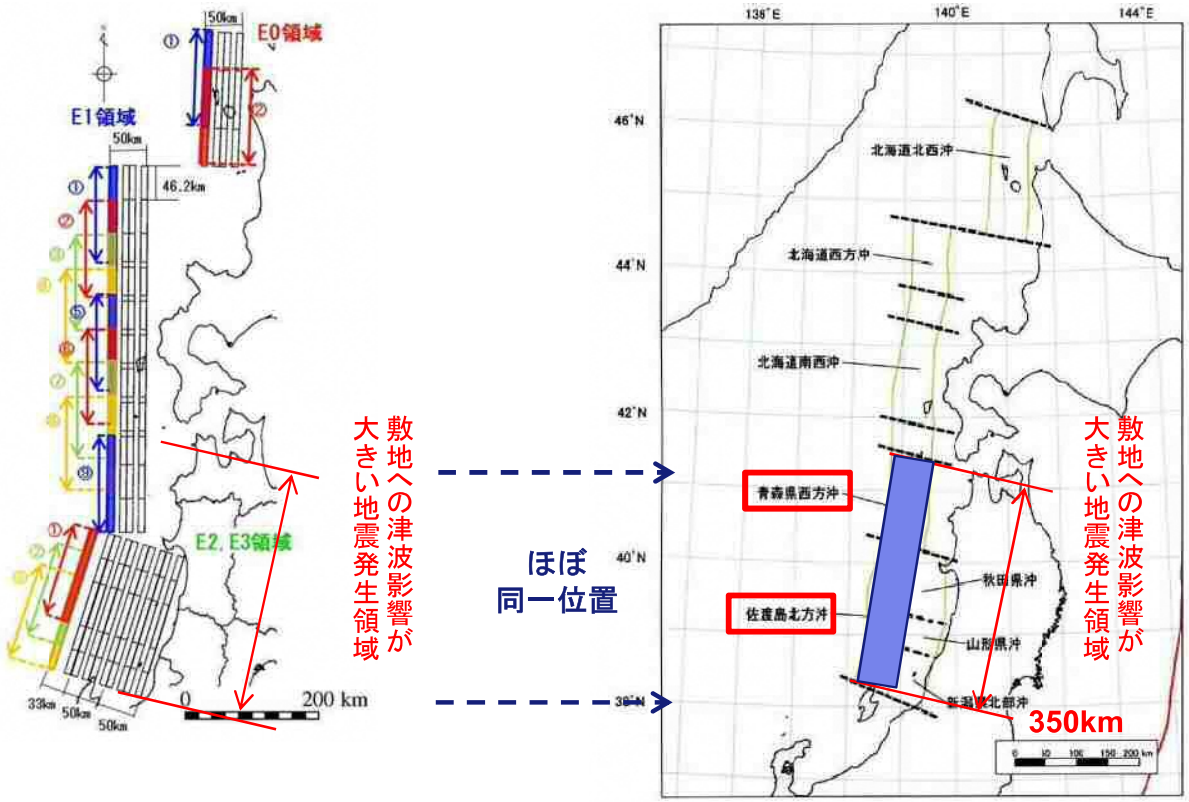
・断層下限深さを15kmから20kmとすると，津波の敷地への影響は小さくなることを確認した。

審査会合等における主なコメント（No.6）

No.	コメント要旨	審査会合等
6-1	日本海東縁部に想定される地震による津波については，津波伝播経路を考慮したうえで科学的想像力を発揮し，想定する地震規模・波源位置等について検討すること。	平成28年12月16日 第423回審査会合
6-2	地震発生領域の連動を考慮した検討においては，不確かさとして考慮する大すべり域の分割方法について再検討すること。	平成29年3月13日 第67回ヒアリング
6-3	地震発生領域の連動を考慮した検討においては，断層上縁深さ1km，走向の不確かさ及び大すべり域が離れたケースについて検討すること。また，波源モデル位置の不確かさについても検討すること。	平成29年4月19日 第71回ヒアリング 平成29年6月7日 第75回ヒアリング

（2）波源モデルの設定

・津波の敷地への影響が大きくなる波源領域の検討に基づき，E1領域⑨とE2，E3領域に波源を設定した場合，津波の敷地への影響が大きいと想定される。
・それらの波源領域は地震調査研究推進本部（2003)の「青森県西方沖」及び「佐渡島北方沖」とほぼ同一位置である。
・地震調査研究推進本部(2003)が示す地震発生領域の連動の可能性は低いと考えるが，更なる不確かさとして，敷地への影響が大きな波源領域である「青森県西方沖」及び「佐渡島北方沖」とが連動する波源モデル（350km）を設定する。



土木学会に基づく検討

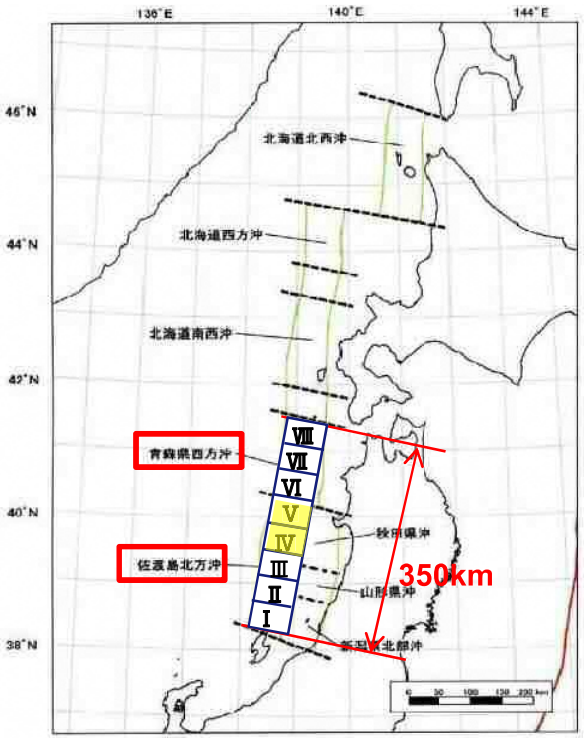
地震調査研究推進本部(2003)より引用・加筆

（2）波源モデルの設定

【基準波源モデルの設定】

・本検討で考慮する波源モデルは以下の通りとする。

項目	諸元			主な設定根拠
長さ L（km）	350km			地震調査研究推進本部（2003）に示される「青森県西方沖」の領域から「佐渡島北方沖」の領域
走向 θ（°）	東傾斜8.9°，西傾斜188.9°			地震調査研究推進本部(2003)の領域を踏まえ設定
傾斜角 δ（°）	60°	45°	30°	土木学会に示される変動範囲30～60°
幅 W（km）	23.1	28.3	40.0	地震発生層厚さ20km（固定），傾斜角より設定
すべり角 λ（°）	90°			土木学会に基づき安全側となる90° 固定とする，
すべり量 D（m）	大すべり域：12m 背景領域：4m 平均：6m			国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)，根本ほか(2009)[48]等に基づき設定
剛性率 μ（N/m²）	3.5×10^{10}			土木学会に基づき設定
地震モーメントMo（N・m）	1.70×10^{21}	2.08×10^{21}	2.94×10^{21}	$M_0=\mu LWD$
モーメントマグニチュードMw	8.09	8.15	8.25	$Mw=(\log M_0-9.1)/1.5$
大すべり域の設定	8セグメントに等分割し，全断層面積25%が大すべり域となるよう，2セグメントを大すべり域として設定			根本ほか（2009）に基づき設定



□：セグメント　■：大すべり域（例）

（3）パラメータスタディ

【パラメータスタディ】

・地震発生領域の連動を考慮し設定した波源モデルについて，概略・詳細パラメータスタディを実施する。

【概略パラメータスタディ】

津波の敷地への影響は伝播経路によるものが大きいと想定されることから，波源位置を概略的に検討するため，「位置」に関するパラメータスタディを実施する。

①大すべり域位置
②波源モデル位置（東西位置・傾斜方向）
③傾斜角

【詳細パラメータスタディ】

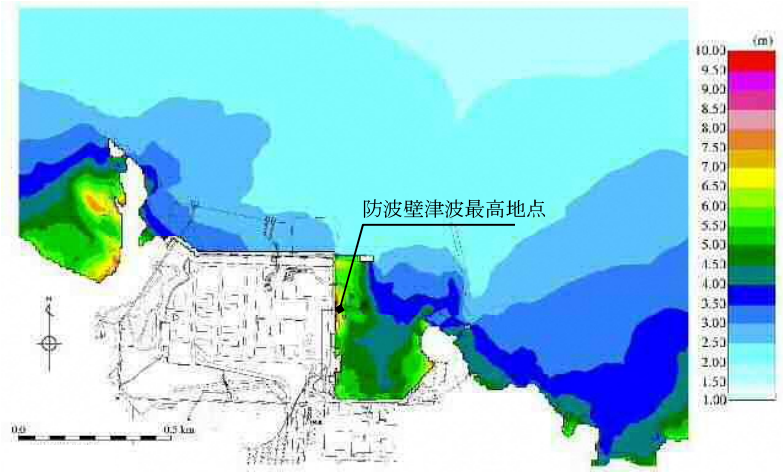
概略パラメータスタディの評価水位最高ケース及び評価水位最低ケースを基準に，各々の影響因子による影響を確認するために，断層上縁深さ等の詳細パラメータスタディを実施する。

（詳細-1）断層上縁深さ
（詳細-2）走向
（詳細-3）大すべり域位置（隣接しない場合）
（詳細-4）波源モデル位置（東西位置を補間するように設定）

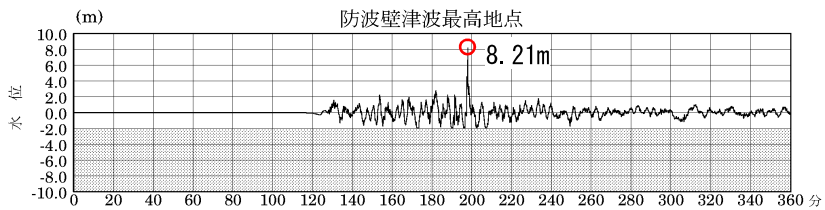
評価水位最高ケース

検討ケース		評価水位（T.P.　m）						
		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
地震発生領域の連動を考慮した検討（評価水位最高ケース）	運転時	+8.7	—	+6.9	+6.1	—	+6.1	+4.4
	停止時		+7.1	+9.0	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9

最大水位上昇量分布



防波壁津波最高地点での水位の時刻歴波形※



灰色の網掛けは海底面

最大水位上昇量8.21m＋朔望平均満潮位T.P.+0.46m≒**T.P.+8.7m**

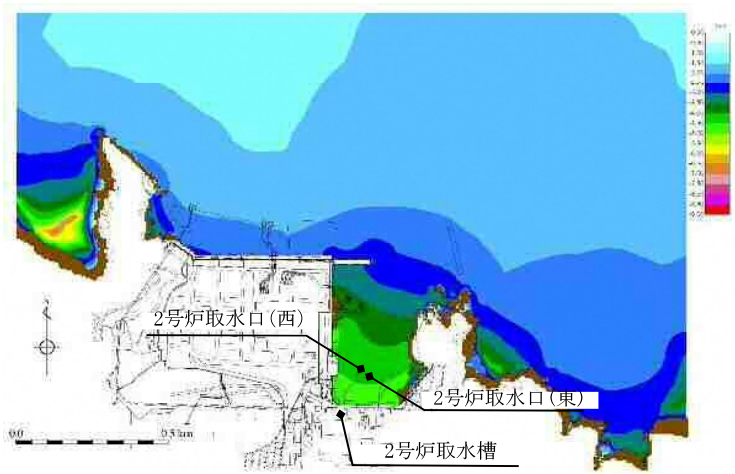
※　1～3号炉取・放水槽での水位の時刻歴波形をP84に示す。

評価水位最低ケース

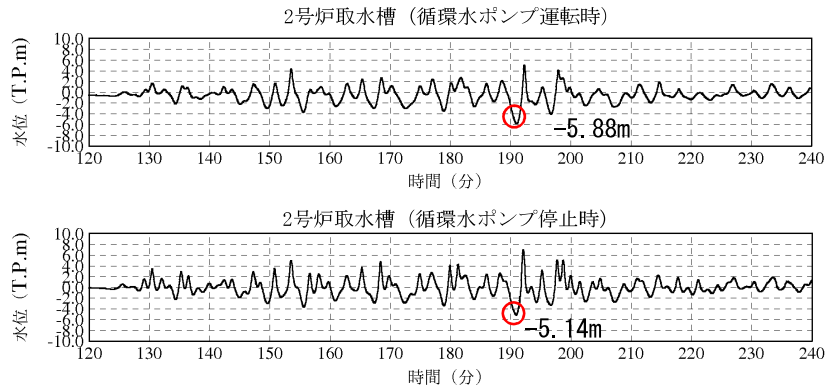
検討ケース	評価水位(T.P.　m)			
	2号炉取水口（東）	2号炉取水口（西）	2号炉取水槽	
			循環水ポンプ運転時	循環水ポンプ停止時
地震発生領域の連動を考慮した検討（評価水位最低ケース）	−4.5	−4.5	−5.9	−5.2

2号炉取水口(東)：最大水位下降量−4.44m＋朔望平均干潮位T.P.−0.02m≒**T.P.−4.5m**
2号炉取水口(西)：最大水位下降量−4.39m＋朔望平均干潮位T.P.−0.02m≒**T.P.−4.5m**

最大水位下降量分布



2号炉取水槽での水位の時刻歴波形※



朔望平均干潮位T.P.−0.02mを考慮した水位

※　2号炉取水口での水位の時刻歴波形をP85に示す。

審査会合等における主なコメント（No.９）

No.	コメント要旨	審査会合等
９	海底地すべりの検討について，複数手法で実施していることを説明すること。 また，検討に当たっては，同じ地すべり規模で実施すること。	平成29年3月13日 第67回ヒアリング 平成29年6月7日 第75回ヒアリング

検討フロー

1. 評価対象地すべり地形の選定

（1）文献調査[50]～[57]，当社の海上音波探査記録等に基づき作成した海底地形図を用いて地すべり地形を抽出する。
（2）抽出した地すべり地形の概略体積を算定し，地すべりの位置及び崩落方向を考慮して区分したエリア毎に，体積が最大となる地すべり地形を評価対象地すべり地形として選定する。

2. 評価対象地すべりによる敷地への影響の検討

（1）評価対象地すべり地形を対象に，海底地形図に基づき地すべりブロックを想定し，敷地への影響検討に必要な地すべり地形の概略形状の設定を行う。
（2）Watts et al.（2005）[58]の方法を用いた数値シミュレーションにより，敷地における津波高さを算定し，敷地への影響検討を行う。

3. 数値シミュレーションの実施

（1）安全側の評価を実施する観点から，敷地への影響検討において想定した地すべりブロックを含むよう解析上考慮する土塊範囲を想定し，数値シミュレーションに必要な地すべり地形の形状の設定を行う。
（2）二層流モデル及びWatts et al.(2005)の方法を用いた数値シミュレーションにより，敷地における津波高さを検討する。

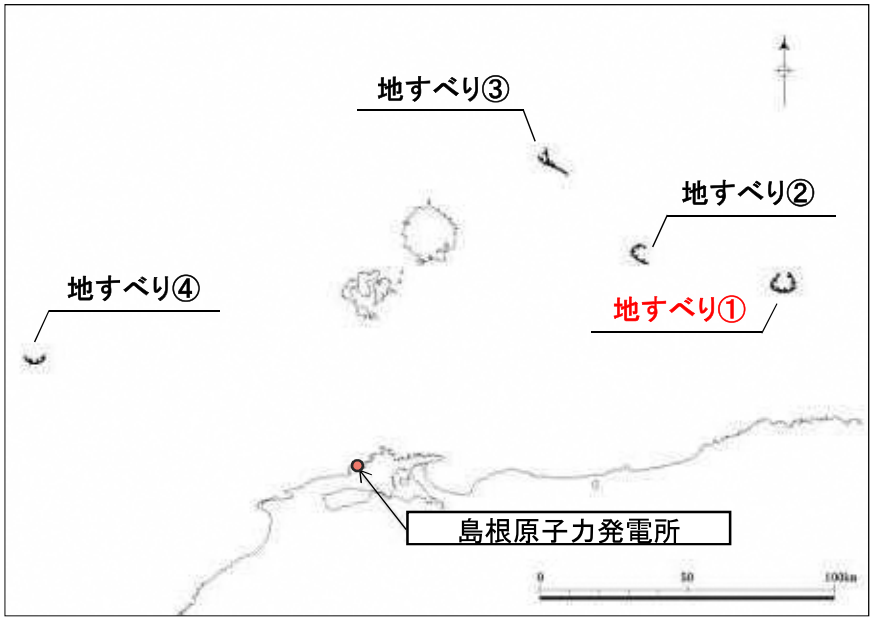
津波解析結果

・海底地すべり①～④について二層流モデルおよびWatts et al.(2005)の方法で検討を実施した結果，二層流モデルによる数値シミュレーションで実施した地すべり①の評価水位が最も大きい結果となった。※1
・二層流モデルによる数値シミュレーションで実施した地すべり①について管路計算を実施する。

※1　津波の伝播状況をP208～216に示す。

検討ケース		評価水位(T.P.　m)		
		上昇側	下降側	
		施設護岸	２号炉取水口（東）	２号炉取水口（西）
二層流モデル	地すべり①	+4.1	−2.8	−2.7
	地すべり②	+1.7	−0.8	−0.7
	地すべり③	+3.3	−0.8	−0.7
	地すべり④	+0.9	−0.6	−0.6
Watts et al.(2005)の方法	地すべり①	+2.7	−2.6	−2.6
	地すべり②	+1.2	−0.5	−0.5
	地すべり③	+1.6	−1.1	−1.1
	地すべり④	+1.3	−0.6	−0.6

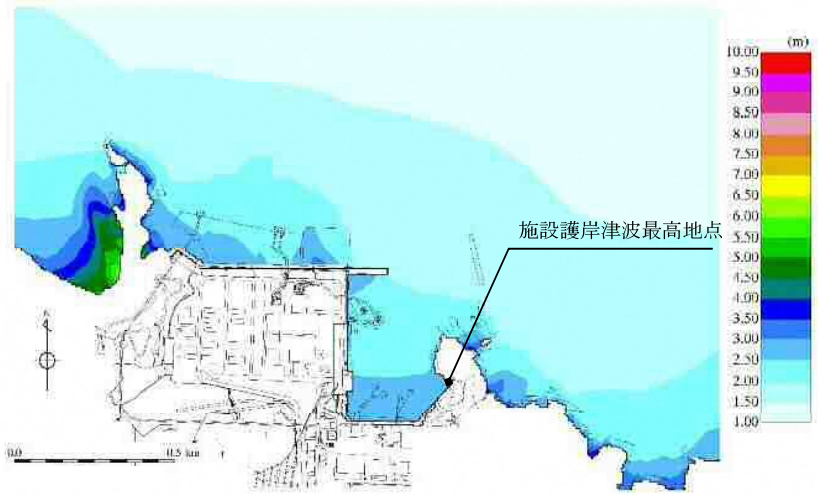
海底地すべり位置図



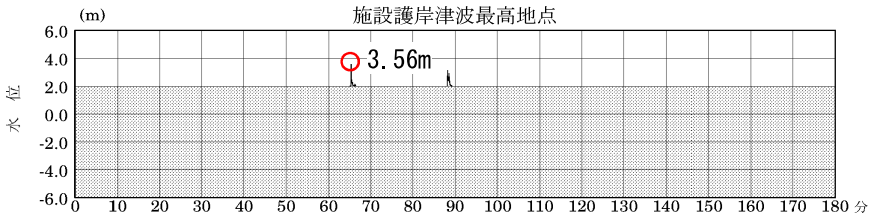
評価水位最高ケース

検討ケース		評価水位(T.P.　m)						
		施設護岸	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①(評価水位最高ケース)	運転時	+4.1	+3.5	+3.2	+2.3	+3.4	+4.3	+4.0
	停止時		+4.0	+4.5	+4.0	+2.1	+3.8	+4.2

最大水位上昇量分布



施設護岸津波最高地点での水位の時刻歴波形※2



灰色の網掛け部上端は当該地点の標高

最大水位上昇量3.56m＋朔望平均満潮位T.P.+0.46m≒**T.P.+4.1m**

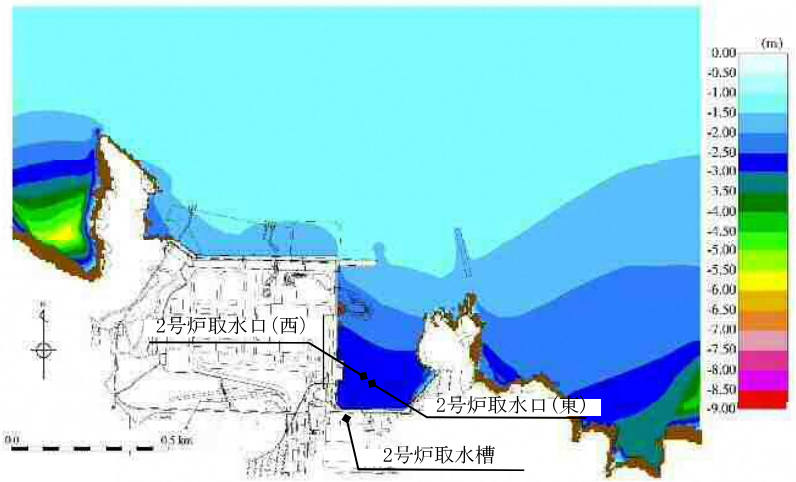
※2　1～3号炉取・放水槽での水位の時刻歴波形をP154に示す。

評価水位最低ケース

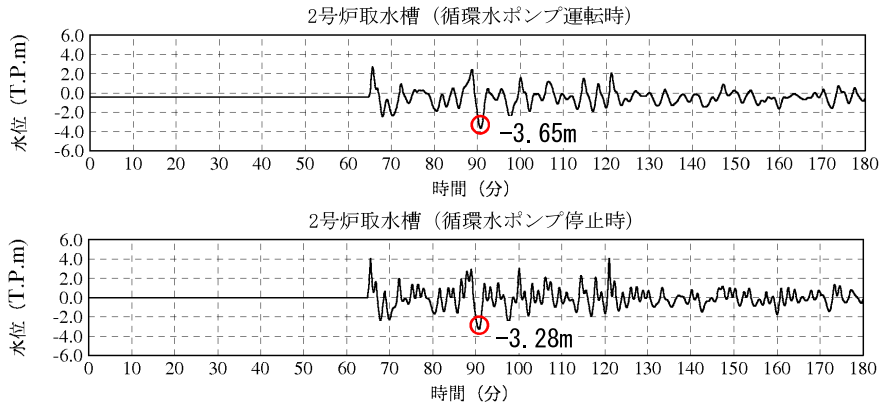
検討ケース	評価水位(T.P.　m)			
	2号炉取水口（東）	2号炉取水口（西）	2号炉取水槽	
			循環水ポンプ運転時	循環水ポンプ停止時
海底地すべり①（評価水位最低ケース）	-2.8	-2.7	-3.7	-3.3

2号炉取水口(東)：最大水位下降量-2.70m＋朔望平均干潮位T.P.-0.02m≒T.P.-2.8m
2号炉取水口(西)：最大水位下降量-2.68m＋朔望平均干潮位T.P.-0.02m≒T.P.-2.7m

最大水位下降量分布



2号炉取水槽での水位の時刻歴波形※



朔望平均干潮位T.P.-0.02mを考慮した水位

※　2号炉取水口での水位の時刻歴波形をP155に示す。