

島根原子力発電所 2 号炉

津波による損傷の防止

令和 2 年 7 月
中国電力株式会社

第5条：津波による損傷の防止

<目 次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置, 構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等 (手順等含む)
2. 津波による損傷の防止
(別添資料1)
島根原子力発電所2号炉 耐津波設計方針について
3. 運用, 手順説明
(別添資料2)
津波による損傷の防止
4. 現場確認を要するプロセス
(別添資料3)
島根原子力発電所2号炉 耐津波設計における現場確認を要するプロセスについて

下線は, 今回の提出資料を示す。

島根原子力発電所 2 号炉 耐津波設計方針について

目 次

I. はじめに

II. 耐津波設計方針

1. 基本事項

- 1.1 津波防護対象の選定
- 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
- 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
- 1.4 入力津波の設定
- 1.5 水位変動，地殻変動の考慮
- 1.6 設計または評価に用いる入力津波

2. 設計基準対象施設の津波防護方針

- 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）
- 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）
- 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
- 2.6 津波監視

3. 重大事故等対処施設の津波防護方針

- 3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 3.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）
- 3.3 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止（外郭防護2）
- 3.4 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 3.5 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止
- 3.6 津波監視

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

- 4.1 津波防護施設の設計
- 4.2 浸水防止設備の設計
- 4.3 津波監視設備の設計
- 4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

(添付資料)

1. 基準津波に対して機能を維持すべき設備とその配置
2. 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
3. 地震時の地形等の変化による津波遡上経路への影響について
4. 日本海東縁部に想定される地震による発電所敷地への影響について
5. 港湾内の局所的な海面の励起について
6. 管路計算の詳細について
7. 入力津波に用いる潮位条件について
8. 入力津波に対する水位分布について
9. 津波防護対策の設備の位置付けについて
10. 内郭防護において考慮する溢水の浸水範囲、浸水量について
11. 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策の設置位置、実施範囲及び施工例
12. 基準津波に伴う砂移動評価について
13. 島根原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
14. 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
15. 津波漂流物の調査要領について
16. 燃料等輸送船の係留索の耐力について
17. 燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係について
18. 漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について
19. 津波監視設備の監視に関する考え方
20. 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
21. 基準類における衝突荷重算定式について
22. 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
23. 防波壁通路防波扉、1号放水連絡通路防波扉及び水密扉の設計及び運用管理について
24. 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
25. 防波壁の設計方針及び構造成立性評価結果について
26. 防波壁及び防波扉の津波荷重の設定方針について
27. 津波流入防止対策について
28. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備に対する浸水影響について
29. 1号炉取水槽流路縮小工について
30. 取水槽除じん機エリア防水壁及び取水槽除じん機エリア水密扉の設計方針及び構造成立性の見通しについて
31. 施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速
32. 海水ポンプの実機性能試験について
33. 海水ポンプの吸込流速が砂の沈降速度を上回る範囲について
34. 水位変動・流向ベクトルについて
35. 荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価について

- 36. 津波の流況を踏まえた漂流物の取水口への到達可能性について
- 37. 津波時の運用対応について
- 38. 地震後の荷揚場の津波による影響評価について

(補足資料)

- ・津波防護上の地山範囲における地質調査 ルートマップ, 柱状図及びコア写真集

(参考資料)

- － 1 島根原子力発電所における津波評価について
- － 2 島根原子力発電所 2 号炉内部溢水の影響評価について(別添資料 1 第 9 章)
- － 3 島根原子力発電所 2 号炉内部溢水の影響評価について(別添資料 1 第 10 章)
- － 4 島根原子力発電所 2 号炉内部溢水の影響評価について (別添資料 1 補足説明資料 30)

下線は, 今回の提出資料を示す。

1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

(1) 敷地周辺の遡上・浸水域の評価

【規制基準における要求事項等】

遡上・浸水域の評価に当たっては、次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること。

- ・敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- ・敷地沿岸域の海底地形
- ・津波の敷地への浸入角度
- ・敷地及び敷地周辺の河川、水路の存在
- ・陸上の遡上・伝播の効果
- ・伝播経路上の人工構造物

【検討方針】

基準津波による次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。

- ・敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- ・敷地沿岸域の海底地形
- ・津波の敷地への浸入角度
- ・敷地及び敷地周辺の河川、水路の存在
- ・陸上の遡上・伝播の効果
- ・伝播経路上の人工構造物

【検討結果】

a. 遡上解析の手法、データ及び条件

上記の検討方針について、遡上解析の手法、データ及び条件を以下のとおりとした。詳細は添付資料2に示す。

- ・基準津波による遡上解析に当たっては、基準津波の評価において妥当性を確認した数値シミュレーションプログラムを用いて、地殻変動を地形に反映して津波数値シミュレーションを実施する。なお、潮位は数値シミュレーションにより得られた水位変動量に考慮する。
- ・計算格子間隔については、土木学会(2016)を参考に、敷地に近づくにしたがって最大800mから最小6.25mまで徐々に細かい格子サイズを用い、津波の挙動が精度よく計算できるよう適切に設定する。なお、敷地近傍及び敷地については、海底・海岸地形、敷地の構造物等の規模や形状を考慮し、格子サイズ6.25mでモデル化する。
- ・地形のモデル化に当たっては、最新の地形データを用いることとし、海域では一般財団法人日本水路協会(2011)、一般財団法人日本水路協会(2008～2011)、深淺測量等による地形データを用い、陸域では、国土地理院(2014)等による地形データを用いる。また、取水路・放水路等の諸元については、

発電所の竣工図等を用いる。

- ・モデル化の対象とする構造物は、耐震性や耐津波性を有する恒設の人工構造物、及び津波の遡上経路に影響する恒設の人工構造物とする。その他の津波伝播経路上の人工構造物については、構造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ、遡上範囲を過小に評価する可能性があることから、遡上解析上、保守的な評価となるよう対象外とする。

なお、遡上経路に影響し得る、あるいは津波伝播経路上の人工構造物である防波堤は、耐震性が確認された構造物ではないが、その存在が遡上解析に与える影響が必ずしも明確でないことから、ここではモデル化の対象とし、損傷等が遡上経路に及ぼす影響を次項「(2)地震・津波による地形等の変化に係る評価」で検討する。

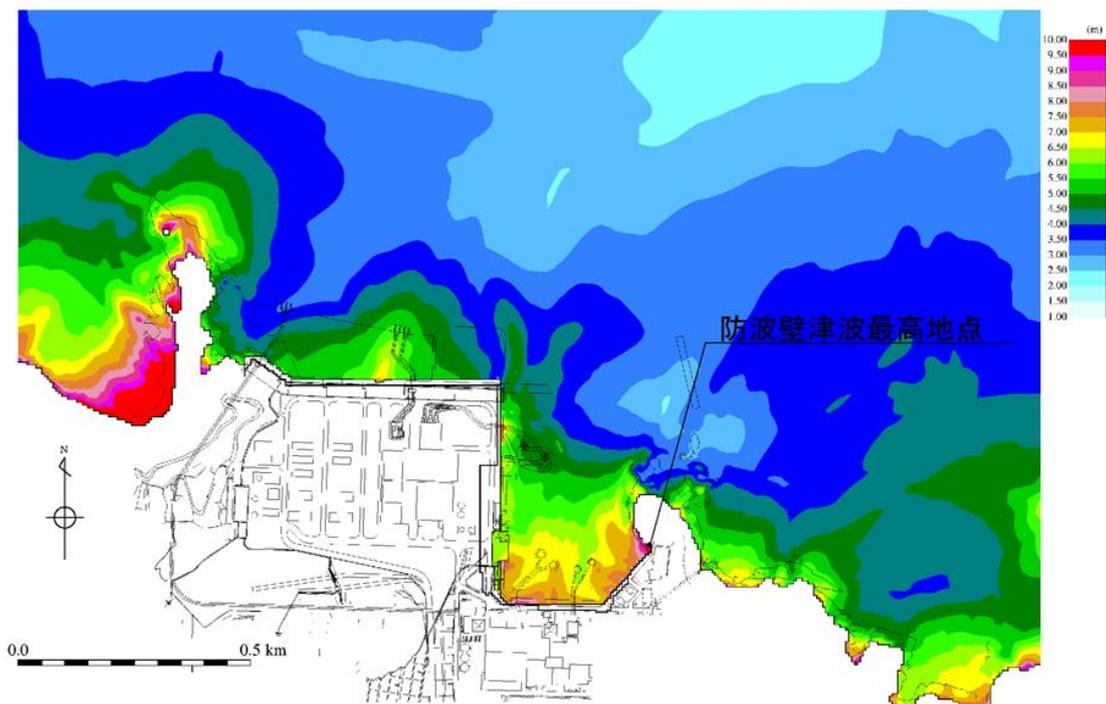
b. 敷地周辺の遡上・浸水域の把握

敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たって以下のとおりとした。

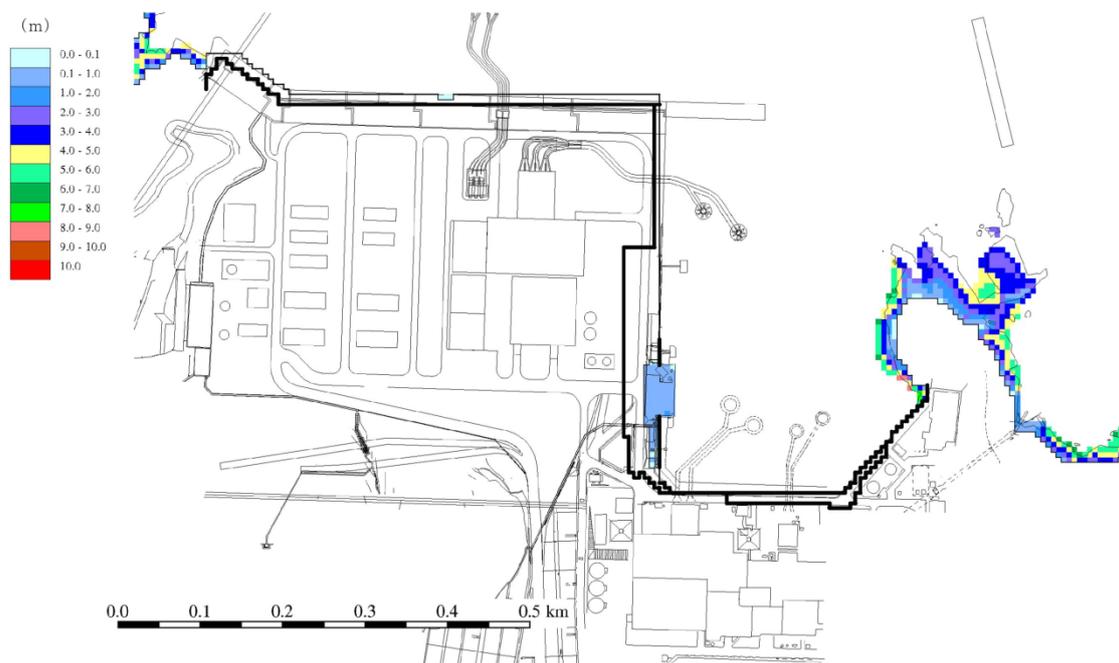
- ・敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たっては、敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の浸入角度及び速度並びにそれらの経時変化を把握する。
- ・敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意し、敷地の地形、標高の局所的な変化等による遡上波の敷地への回り込みを考慮する。

遡上解析により得られた基準津波の遡上波による最高水位分布及び最大浸水深分布を第 1.3-1 図及び第 1.3-2 図に示す。なお、第 1.3-1 図及び第 1.3-2 図は、数値シミュレーション結果を示している。

これより、岩着（一部、地盤改良）した防波壁前面の荷揚場付近については、津波が遡上し浸水する可能性があるが、発電所敷地は、防波壁及び端部の自然地山により取り囲まれていることから、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画の設置された敷地に津波が遡上する可能性はない。



第 1.3-1 図 基準津波による遡上波の最高水位分布（基準津波 1：防波堤無し）



第 1.3-2 図 基準津波による遡上波の最大浸水深分布（基準津波 1：防波堤無し）

(2) 地震・津波による地形等の変化に係る評価

【規制基準における要求事項等】

次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。

- ・地震に起因する変状による地形，河川流路の変化
- ・繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積による地形，河川流路の変化

【検討方針】

次に示す可能性があるかについて検討し，可能性がある場合は，敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

- ・地震に起因する変状による地形，河川流路の変化
- ・繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積による地形，河川流路の変化

【検討結果】

地震による地形等の変化については，遡上経路へ影響を及ぼす可能性のある地盤変状及び構造物損傷として，以下を考慮した津波遡上解析を実施し，遡上経路に及ぼす影響を検討した。検討の具体的な内容は添付資料3に示す。

- ・基準地震動 S_s による健全性が確認された構造物ではない防波堤について，それらの損傷を想定し，それらがいない状態を反映した地形
- ・防波壁前面の埋戻土部について，基準地震動 S_s による沈下を想定し，保守的に設定した沈下量を反映した地形

なお，津波による地形等の変化については，遡上域が岩盤もしくはアスファルトあるいはコンクリートで舗装されており洗掘は生じないこと，及び防波壁両端部の地山のせん断抵抗力は津波波力と比較して十分に大きく，津波による地山の健全性確保の見通しを確認していることから考慮しない。

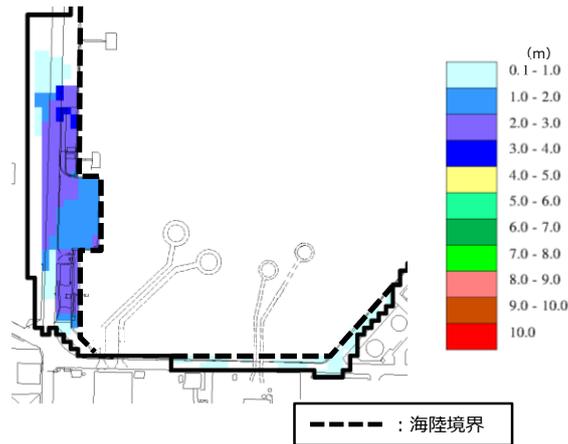
津波評価の結果，前項で示した津波防護対象設備を内包する建物及び区画が設置された敷地への遡上はなく，以上の地形変化については敷地の遡上経路に影響を及ぼすものではないことを確認した。

なお，入力津波の設定における地形変化の考慮については，「1.4 入力津波の設定」に示す。

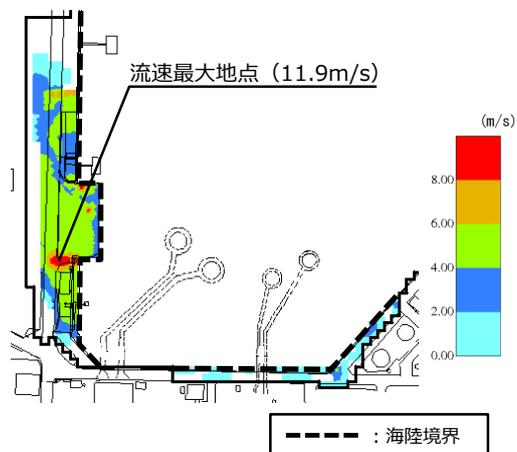
遡上域となる荷揚場はアスファルトまたはコンクリートで地表面を舗装されている。文献⁽¹⁾によるとアスファルト部で 8m/s の流速に対して洗掘の耐性があるとされている。遡上域の範囲（最大浸水深分布）を評価するため，地震による荷揚場周辺の沈下及び初期潮位を考慮した津波解析を実施した。検討に当たっては，荷揚場付近の浸水範囲が広い基準津波1（防波堤無し）を対象とした。第1.3-4図に荷揚場における最大浸水深分布図，第1.3-5図に最大流速分布図，第1.3-6図に流速が最大（ 11.9m/s ）となった地点における浸水深・流速時刻歴波形を示す。第1.3-6図より，アスファルト部で耐性があるとされる 8m/s の流速を越える時間は限定的であるが，第1.3-5図に示す 8m/s の流速を越える地点付近につ

いてはコンクリート舗装等の対策工を行うことから入力津波の設定における影響要因として考慮しない。

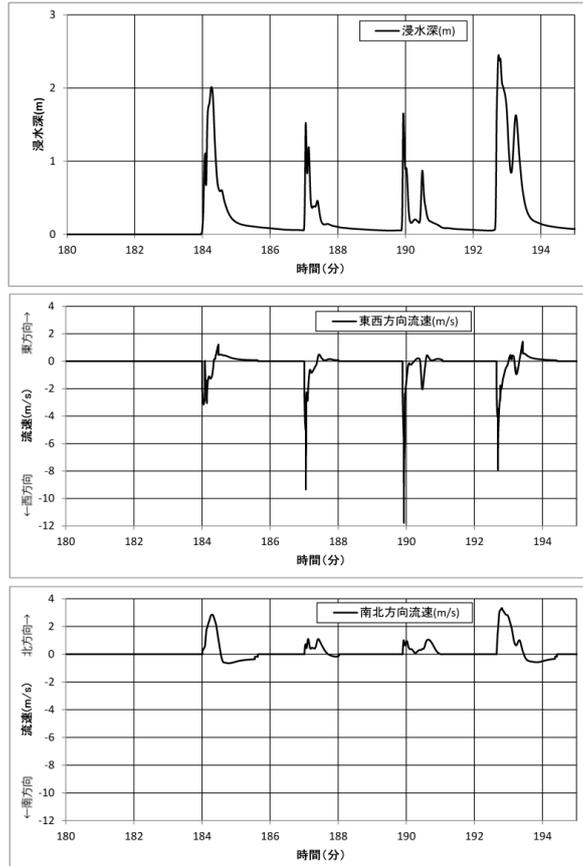
(1) 津波防災地域づくりに係る技術検討報告書, 津波防災地域づくりに係る技術検討会, p. 33, 2012



第 1.3-4 図 最大浸水深分布図 (基準津波 1 (防波堤無し))



第 1.3-5 図 最大流速分布図 (基準津波 1 (防波堤無し))



第 1.3-6 図 流速最大地点における浸水深・流速時刻歴波形

1.4 入力津波の設定

【規制基準における要求事項等】

基準津波は、波源域から沿岸域までの海底地形等を考慮した、津波伝播及び遡上解析により時刻歴波形として設定していること。

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定していること。

基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること。

【検討方針】

基準津波については、「島根原子力発電所における津波評価について」（参考資料1）において説明する。

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定する。具体的に入力津波の設定に当たっては、以下のとおりとする。

- ・入力津波は、海水面の基準レベルからの水位変動量を表示することとし、潮位変動等については、入力津波を設計または評価に用いる場合に考慮する。
- ・入力津波が各施設・設備の設計・評価に用いるものであることを念頭に、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、着目する荷重因子を選定した上で、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果を安全側に評価する。
- ・施設が海岸線の方向において広がりをもっている場合は、複数の位置において荷重因子の値の大小関係を比較し、施設に最も大きな影響を与える波形を入力津波とする。

基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮する。

【検討結果】

(1) 入力津波設定の考え方

基準津波は、地震による津波、海底地すべり等の地震以外の要因による津波の検討及びこれらの組合せの検討結果より、施設に最も大きな影響を及ぼすおそれのある津波として、第1.4-1表に示す6種類の津波を設定している。これらの基準津波の設定に関わる具体的な内容は、「島根原子力発電所における津波評価について」（参考資料1）で説明する。

第1.4-1表 島根原子力発電所の基準津波とその位置付け

水位上昇側

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。

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	施設残存又は防波壁	評価水位 (I.P. m)※								
														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	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4	
															無	運転	-	+9.0	+6.4	-	+6.1	+6.4
																停止	+11.6	+9.0	+10.4	+7.7	+4.1	+7.2
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)	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	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9															
基準津波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	VII 南30km	走向一定 -10°変化	(3)から東 15.9km	無	運転	+11.2	-	+8.3	+5.8	-	+5.5	+6.8				
停止													+8.0	+10.2	+7.5	+2.6	+5.4	+7.3				

水位下降側

※ 評価水位は地盤変動量及び潮位を考慮している。

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 (I.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					
																	停止	-5.4			
																	無	運転	-5.9	-5.9	-7.5
																		停止	-5.5		
基準津波3	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							
停止		-5.2																			
基準津波6	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	1	VII 南20km	走向一定 -10°変化	(3)	無	運転	-6.0	-5.9	-7.8							
停止															-5.7						
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					
																	停止	-4.8			
																	無	運転	-4.1	-4.1	-6.3
																		停止	-5.0		

入力津波は、以上の基準津波を踏まえ、津波の地上部からの到達・流入、取水路・放水路等の経路からの流入、及び非常用海水冷却系の取水性に関する設計・評価を行うことを目的に、主として施設護岸及び防波壁、取水口・取水槽位置、放水槽位置に着目して設定した。具体的には取水口前面については基準津波の波源から発電所敷地までの津波伝播・遡上解析を行い、海水面の基準レベルからの水位変動量に朔望平均潮位及び潮位のばらつきを加え、設定した。なお、解析には、基準津波の評価において妥当性を確認した数値シミュレーションプログラムを用いた（添付資料2）。

また、取水口及び放水口位置における朔望平均潮位及び潮位のばらつきを考慮した津波条件に基づき、水路部について水理特性を考慮した管路計算を行い、各位置における水位変動量として設定した。

設定する主要な入力津波の種類と、その設定位置を第 1.4-2 表、第 1.4-1 図に示す。

第 1.4-2 表(1) 設定する入力津波

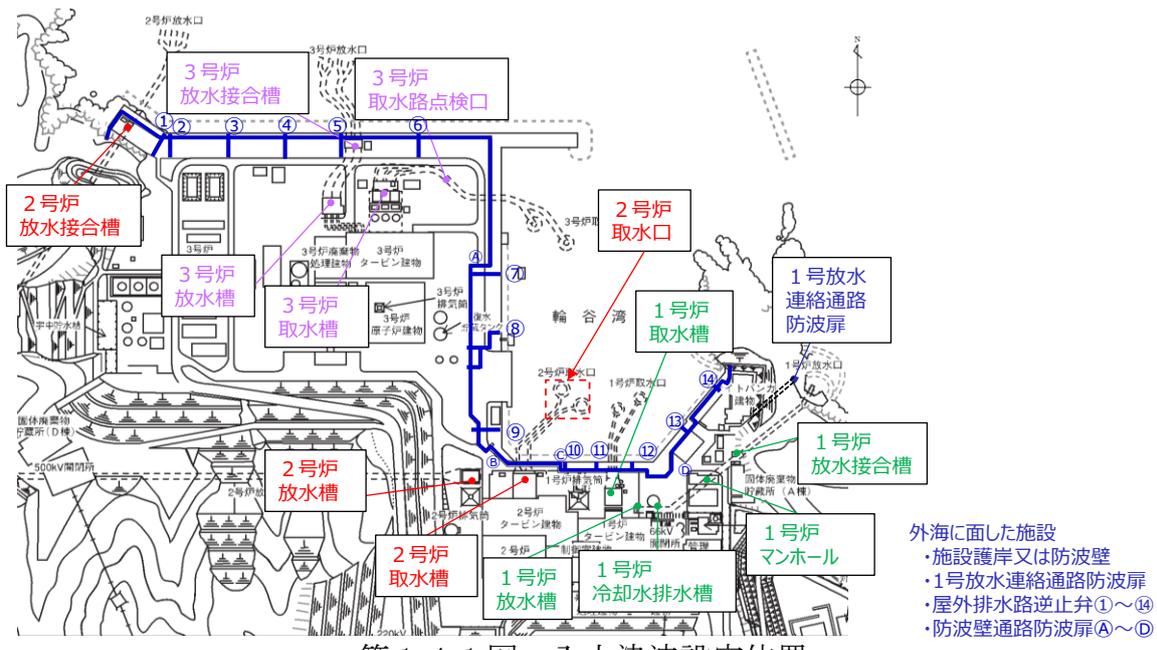
設計・評価項目	設計・評価方針	設定すべき入力津波	
		因子(評価荷重)	設定位置
敷地への浸水防止 (外郭防護 1)			
遡上波の敷地への地上部からの到達・流入防止	基準津波による遡上波を地上部から敷地に到達又は流入させないことを確認。 基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、津波防護施設及び浸水防止設備を設置すること。	遡上波最高水位	施設護岸又は防波壁
取水路・放水路等の経路からの津波の流入の防止	取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路(扉、開口部、貫通部等)を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止することを確認。	水路内最高水位	取水槽 (1～3号炉)
			取水路点検口 (3号炉)
			放水槽、冷却水排水槽、マンホール、放水接合槽 (1号炉)
			放水槽、放水接合槽 (2号炉)
放水槽、放水接合槽 (3号炉)			
漏水による重要な安全機能への影響防止 (外郭防護 2)			
安全機能への影響確認	浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は、防水区画化すること。必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認。	水路内最高水位	取水槽 (2号炉)
水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止			
非常用海水冷却系の取水性	基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保できる設計であることを確認。	取水口最低水位	取水口 (2号炉)
		水路内最低水位	取水槽 (2号炉)
砂の移動・堆積に対する通水性確保	基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積、陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であることを確認。	砂堆積高さ	取水口 (2号炉) 取水槽 (2号炉)
混入した浮遊砂に対する機能保持	浮遊砂等の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であることを確認。	砂濃度	取水槽 (2号炉)
基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保	漂流物となる可能性のある施設・設備等が、2号炉取水口に到達し閉塞させないことを確認。	流況 (流向・流速)	港湾内、発電所沖合
津波監視	津波監視設備として設置する取水ピット水位計の測定範囲が基準津波の水位変動の範囲内であることを確認。	水路内最高水位、最低水位	取水槽 (2号炉)

津波高さ
津波高さ以外

第 1.4-2 表(2) 設定する入力津波

設計・評価項目		設計・評価方針	設定すべき入力津波	
			因子(評価荷重)	設定位置
施設・設備の設計・評価の方針及び条件				
津波防護施設の設計	防波壁	<ul style="list-style-type: none"> ・波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価する。 ・越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して、津波防護機能が十分に保持できるよう設計する。 	津波荷重(波力)	施設護岸又は防波壁
	防波壁通路防波扉		漂流物衝突力(流速)	
	1号放水連絡通路防波扉		津波荷重(最高水位)	取水槽(1号炉)
	1号炉取水槽流路縮小工		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
浸水防止設備の設計	屋外排水路逆止弁	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。 ・浸水時の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。 	津波荷重(最高水位)	施設護岸又は防波壁
	除じん機エリア防水壁		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
	取水管立入ピット閉止板		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
	除じん機エリア水密扉		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
	海水ポンプエリア水密扉		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
	原子炉建物境界水密扉		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
	取水槽床ドレン逆止弁及び貫通部止水処置		津波荷重(最高水位)	取水槽(2号炉)
津波監視設備の設計	取水槽水位計	<ul style="list-style-type: none"> ・津波の影響(波力、漂流物の衝突等)に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計する。 	津波荷重(流速)	取水槽(2号炉)

津波高さ
津波高さ以外



第 1.4-1 図 入力津波設定位置

入力津波を設計または評価に用いるに当たっては、入力津波に影響を与え得る要因を考慮した。すなわち、入力津波が各施設・設備の設計・評価に用いるものであることを踏まえ、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、各施設・設備の設計・評価において着目すべき荷重因子を選定した上で、算出される数値の切り上げ等の処理も含め、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果を安全側に評価するように、各影響要因を取り扱った。

入力津波に対する影響要因としては、津波伝播・遡上解析に関わるものとして次の項目が挙げられる。

- ・潮位変動
- ・地震による地殻変動
- ・地震による地形変化
- ・津波による地形変化

また、管路解析に関わるものとして、さらに次の項目が挙げられる。

- ・管路状態・通水状態

これらの各要因の詳細及び具体的な取り扱いについては次項「(2)入力津波に対する影響要因の取り扱い」において示す。

また、湾口と港湾内（湾奥部及び2号炉取水口）で数値シミュレーションによる基準津波の最高水位分布及び時刻歴波形を比較した結果、水位分布や水位変動の傾向に大きな差異はないことから、局所的な海面の固有振動による励起は生じていない。確認の詳細を添付資料5に示す。

以上の考え方にに基づき設定した設計または評価に用いる入力津波を「1.6 設計または評価に用いる入力津波」において示す。

(2)入力津波に対する影響要因の取り扱い

入力津波に影響を与える可能性がある要因の取り扱いとしては、各施設・設備の設計・評価において着目すべき荷重因子ごとに、その効果が保守的となるケースを想定することを原則とする。

この原則に基づく各要因の具体的な取り扱いを入力津波の種類ごと（津波高さ、津波高さ以外）に以下に示す。また、影響要因のうち潮位変動、地震による地殻変動については、規制基準の要求事項等とともに詳細を「1.5 水位変動、地殻変動の考慮」に示す。

a. 津波高さ

(a)潮位変動

入力津波の設定に当たり津波高さが保守的となるケース*を想定する。潮位変動の取り扱いに関わる詳細は1.5節に示す。

※水位上昇側の設計・評価に用いる場合は朔望平均満潮位及び潮位のばらつき、水位下降側の設計・評価に用いる場合は朔望平均干潮位及び潮位のばらつき

(b)地震による地殻変動

入力津波の設定に当たり津波高さが保守的となるケース*を想定する。地震による地殻変動の取り扱いに関わる詳細は1.5節に示す。

※水位上昇側の設計・評価に用いる場合は沈降，水位下降側の設計・評価に用いる場合は隆起

(c)地震による地形変化

地震による地形変化としては，前節「1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域」の「(2)地震・津波による地形等の変化に係る評価」で示したとおり，次の事象が考えられる。

- ・斜面崩壊
- ・地盤変状
- ・防波堤損傷

入力津波の設定に当たっては，これらの事象について，遡上域の地震による地形変化として，保守的な地形条件も含めて想定し得る複数の条件（地盤の沈下量や施設の損傷状態）に対して，遡上解析を実施することにより津波高さに与える影響を確認する。その上で，保守的な津波高さを与える条件を入力津波の評価条件として選定するとともに，その津波高さを入力津波高さとする。

各事象が津波高さに与える影響の確認結果を添付資料3に，また，この結果を踏まえた各事象の具体的な取り扱いを以下に示す。

・斜面崩壊

津波評価に影響を与える可能性のある敷地周辺斜面として，防波壁端部の自然地山が挙げられるが，これらについては「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点2「津波防護の障壁となる地山の扱い」(R2.5.26審議済)において，基準地震動及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認したことから，当該地山の斜面崩壊は入力津波を設定する際の影響要因として設定しない。また，防波壁端部の自然地山以外に，敷地周辺斜面として地すべり地形が判読されている地山の斜面崩壊についても検討し，入力津波高さに与える影響がないことが確認されたことから，入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

・地盤変状

津波評価に影響を与える可能性のある地形変化として，防波壁前面に存在する埋戻土の沈下が挙げられるが，これらの範囲は限定されており，これらの沈下を考慮した遡上解析を行った結果，最大水位上昇量に変化が認められるが，その差異は小さいことから，入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

・防波堤損傷

防波堤の状態は，施設護岸及び防波壁等の最高水位及び2号炉取水口の最低水位に対しても有意な影響を与え得るものと考えられるため，本要因については，本要因（及び他の要因）をパラメータとした遡上解析により得られる最も保守的な水位（最高，最低）を入力津波高さとする。

(d)津波による地形変化

津波による地形変化としては，前節「1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域」の「(2)地震・津波による地形等の変化に係る評価」で示したとおり，

津波による地形変化が発生しないよう対策工を実施するため、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

(e) 管路状態・通水状態

管路内における津波の挙動に関わる管路状態・通水状態としては以下の項目が挙げられる。なお、島根2号炉のスクリーンは耐震性、耐津波性を有するため、スクリーンの有無について、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。詳細を「2.5.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認」に示す。

- ・貝付着状態
- ・ポンプ稼働状態

入力津波の設定に当たり、これらをパラメータとした管路計算を行い、得られた結果のうち最も保守的な水位（最高、最低）を入力津波高さとする。

保守的な値の選定に関わる管路計算の詳細を添付資料6に示す。

b. 津波高さ以外

(a) 潮位変動

津波高さ以外の、流向・流速（流況）や砂堆積高さ等の津波条件（荷重因子）には有意な影響を与えないと考えられるため、入力津波の設定に当たり、標準条件*を想定する。

※水位上昇側の評価のために策定した基準津波では満潮位側、下降側の評価のために策定した基準津波では干潮位側を考慮し、潮位のばらつきは考慮しない

(b) 地震による地殻変動

津波高さ以外の、流向・流速（流況）や砂堆積高さ等の津波条件（荷重因子）には有意な影響を与えないと考えられるため、入力津波の設定に当たり、標準条件*を想定する。

※各基準津波の原因となる地震に伴う地殻変動

(c) 地震による地形変化

地震による地形変化としては、上述のとおり、次の事象が考えられる。

- ・斜面崩壊
- ・地盤変状
- ・防波堤損傷

入力津波の設定に当たっては、これらの事象について、保守的な地形条件も含めて想定し得る複数の条件（地盤の沈下量や施設の損傷状態）に対して、遡上解析を実施することにより、着目すべき各々の津波条件（荷重因子）に与える影響を確認する。その上で、保守的な結果を与える条件を入力津波の評価条件として選定するとともに、その結果を入力津波とする。

各事象が各々の津波条件（荷重因子）に与える影響の確認結果を添付資料3に、また、この結果を踏まえた各事象の具体的な取り扱いを以下に示す。

- ・斜面崩壊

津波評価に影響を与える可能性のある敷地周辺斜面として、防波壁端部の自然地山が挙げられるが、これらについては「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点2「津波防護の障壁となる地山の扱い」(R2.5.26 審議済)において、基準地震動及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認したことから、当該地山の斜面崩壊は入力津波を設定する際の影響要因として設定しない。また、防波壁端部の自然地山以外に、敷地周辺斜面として地すべり地形が判読されている地山の斜面崩壊についても検討し、入力津波高さに与える影響がないことが確認されたことから、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

- ・地盤変状

津波評価に影響を与える可能性のある地形変化として、防波壁前面に存在する埋戻土の沈下が挙げられるが、これらの範囲は限定されており、港湾内・発電所沖合の流況に有意な影響を与えないものと考えられる。このため入力津波のうち流況の設定に当たっては、現地形を代表条件とし、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

- ・防波堤損傷

防波堤の状態は、発電所沖合の流況には有意な影響を与えないものと考えられる。このため入力津波のうち発電所沖合の流況の設定に当たっては、現地形(防波堤が健全な状態)を代表条件とし、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

一方、発電所沖合の流況を除く、港湾内の流向や流速、砂堆積高さ等に対しては有意な影響を与えるものと考えられるため、これらについては、本要因(及び他の要因)をパラメータとした遡上解析により得られるすべての結果を入力津波として取り扱い、設計・評価を行うものとする。

(d) 津波による地形変化

津波による地形変化としては、前節「1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域」の「(2)地震・津波による地形等の変化に係る評価」で示したとおり、津波による地形変化が発生しないよう対策工を実施するため、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

1.5 水位変動，地殻変動の考慮

【規制基準における要求事項等】

入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位（注）を考慮して安全側の評価を実施すること。

注：朔（新月）及び望（満月）の日から5日以内に観測された，各月の最高満潮面及び最低干潮面を1年以上にわたって平均した高さの水位をそれぞれ，朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位という

潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。

地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合，地殻変動による敷地の隆起または沈降及び，強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。

【検討方針】

入力津波を設計または評価に用いるに当たり，入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施する。潮汐以外の要因による潮位変動として，高潮についても適切に評価を行い考慮する。また，地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合は，地殻変動による敷地の隆起または沈降及び強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施する。

具体的には以下のとおり実施する。

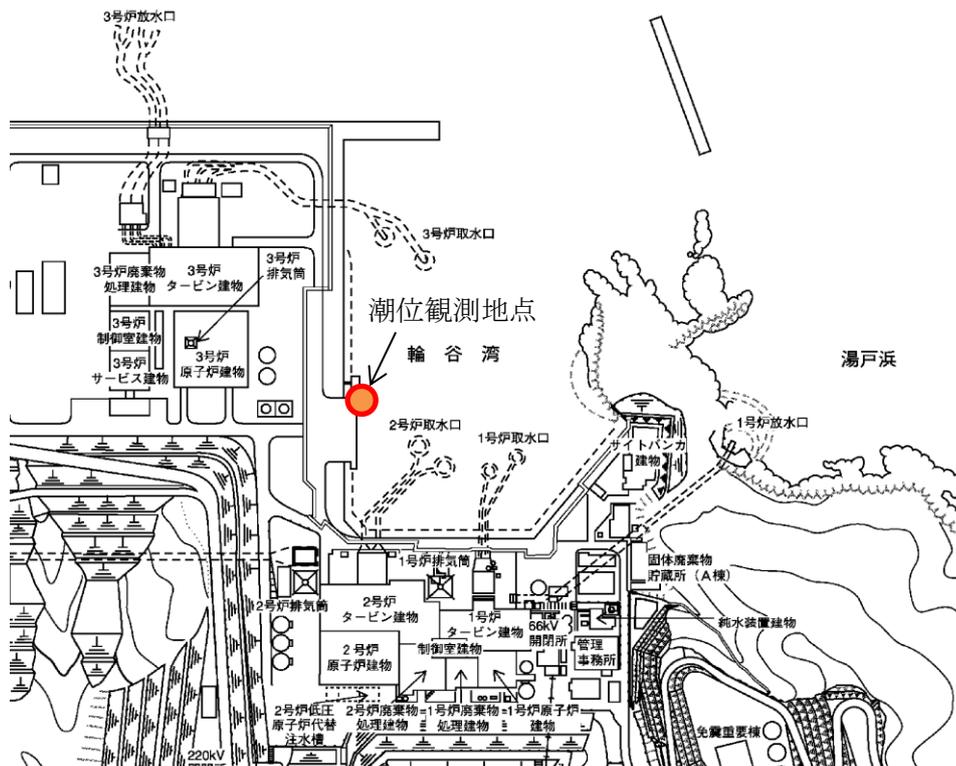
- ・朔望平均潮位については，発電所構内（輪谷湾）における潮位観測記録に基づき，観測設備の仕様に留意の上，評価を実施する。
- ・上昇側の水位変動に対しては，朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを考慮して上昇側評価水位を設定し，下降側の水位変動に対しては，朔望平均干潮位及び潮位のばらつきを考慮して下降側評価水位を設定する。
- ・潮汐以外の要因による潮位変動について，潮位観測記録に基づき，観測期間等に留意の上，高潮発生状況（程度，台風等の高潮要因）について把握する。また，高潮の発生履歴を考慮して，高潮の可能性とその程度（ハザード）について検討し，津波ハザード評価結果を踏まえた上で，独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した上で，考慮の要否，津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。
- ・地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合，以下のとおり考慮する。
- ・地殻変動が隆起の場合，下降側の水位変動に対する安全評価の際には，下降側評価水位から隆起量を差引いた水位と対象物の高さを比較する。また，上昇側の水位変動に対する安全評価の際には，隆起を考慮しないものと仮定して，対象物の高さとは上昇側評価水位を直接比較する。
- ・地殻変動が沈降の場合，上昇側の水位変動に対する安全評価の際には，上昇側水位に沈降量を加算して，対象物の高さとは比較する。また，下降側の水位変動に対する安全評価の際には，沈降しないものと仮定して，対象物の高さとは下降側評価水位を直接比較する。

【検討結果】

(1) 朔望平均潮位

島根原子力発電所の構内の観測地点「発電所構内（輪谷湾）」（第1.5-1図）の朔望平均潮位は第1.5-1表のとおりである。なお、朔望平均潮位は、規制基準における要求の期間に比べて長い期間の朔（新月）及び望（満月）の日の前2日後5日の期間における最高満潮面及び最低干潮面を一定期間で平均した高さの水位とする。

耐津波設計においては施設への影響を確認するため、上昇側の水位変動に対しては2015年1月から2019年12月の潮位観測記録に基づく朔望平均満潮位を考慮して上昇側水位を設定し、また、下降側の水位変動に対しては1995年9月から1996年8月の潮位観測記録に基づく朔望平均干潮位を考慮して下降側水位を設定する。



第 1.5-1 図 島根原子力発電所における潮位観測地点の位置

第 1.5-1 表 津波計算で考慮する水位変動

朔望平均満潮位	EL+0.58m
朔望平均干潮位	EL-0.02m

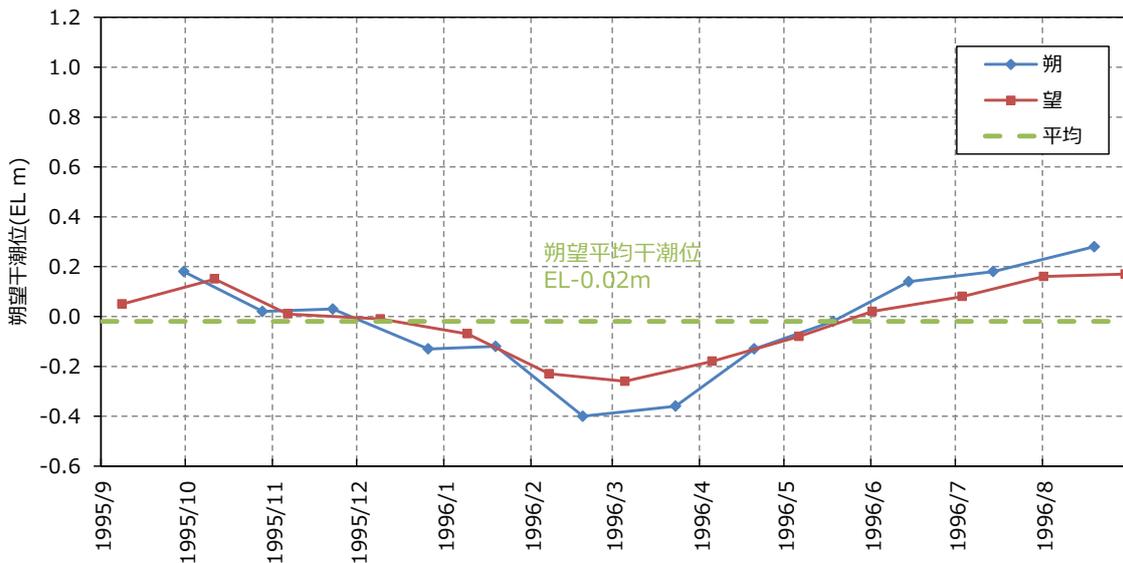
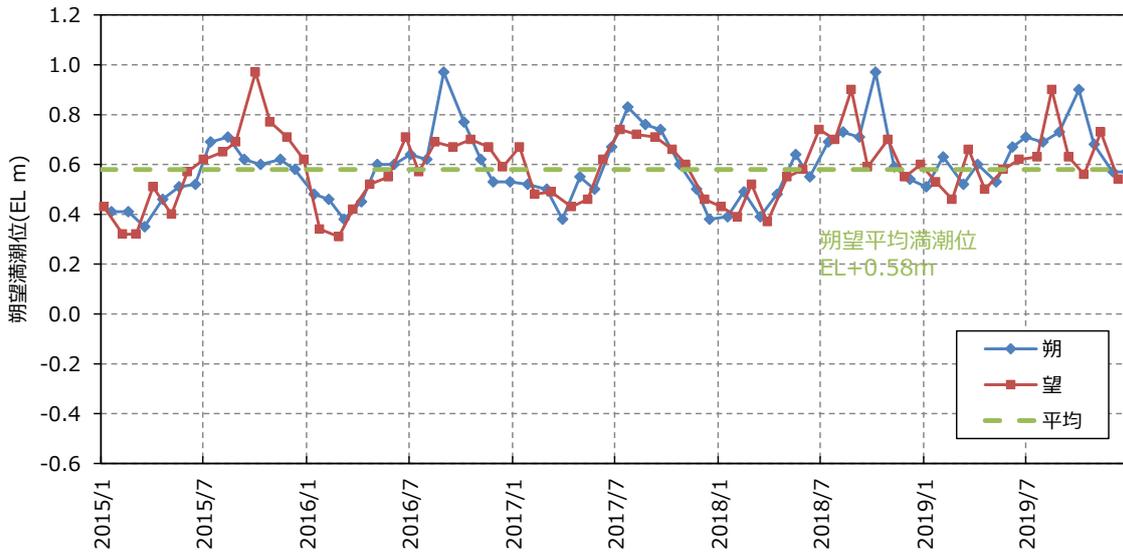
(2) 潮位のばらつき

朔望平均潮位のばらつきを把握するため、観測地点における潮位観測記録を用いてばらつきの程度を確認した。データ分析の結果を第 1.5-2 表に、各月の朔望満干潮位の推移を第 1.5-2 図に示す。標準偏差は満潮位で 0.14m、干潮位で 0.17m であった。また、観測記録の抽出期間及び観測地点の妥当性を確認するため、潮位観測記録について分析を行った。(添付資料 7)

満潮位の標準偏差 (0.14m) は、耐津波設計における上昇側水位の設定の際に考慮し、干潮位の標準偏差 (0.17m) は下降側水位の設定の際に考慮する。

第 1.5-2 表 朔望平均潮位に関するデータ分析

	満潮位	干潮位
最大値	EL+0.97m	EL+0.28m
平均値	EL+0.58m	EL-0.02m
最小値	EL+0.31m	EL-0.40m
標準偏差	0.14m	0.17m



第 1.5-2 図 各月の朔望満干潮位

(3) 高潮

a. 高潮の評価

観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における約 15 年（1995 年～2009 年）の年最高潮位を第 1.5-3 表に示す。また、表から算定した観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における最高潮位の超過発生確率を第 1.5-3 図に示す。これより、再現期間と期待値は次のとおりとなる。

2 年	EL+0.77m
5 年	EL+0.91m
10 年	EL+1.01m
20 年	EL+1.12m
50 年	EL+1.25m
100 年	EL+1.36m

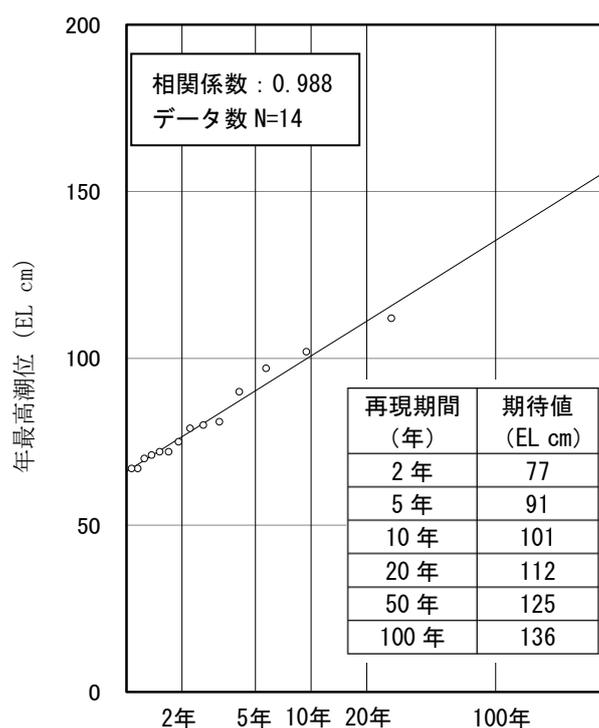
第 1.5-3 表 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL m)	(参考) 年最高潮位上位 10 位
1995	9 月 3 日	0.72	9
1996	6 月 18 日	0.81	5
1997	8 月 10 日	0.79	7
1999	10 月 29 日	0.80	6
2000	9 月 17 日	0.90	4
2001	8 月 22 日	0.71	
2002	9 月 1 日	0.97	3
2003	9 月 13 日	1.12	1
2004	8 月 19 日	1.02	2
2005	7 月 4 日	0.67	
2006	8 月 12 日	0.67	
2007	8 月 14 日	0.72	9
2008	8 月 15 日	0.75	8
2009	12 月 6 日	0.70	

※1998 年はデータが 1 月～3 月までしか計測されていないため考慮しない。

(参考) 年最高潮位上位 10 位と発生要因

順位	発生年月日	高潮潮位 (EL m)	発生要因
1	2003 年 9 月 13 日	1.12	台風 14 号
2	2004 年 8 月 19 日	1.02	台風 15 号
3	2002 年 9 月 1 日	0.97	台風 15 号
4	2000 年 9 月 17 日	0.90	
5	1996 年 6 月 18 日	0.81	
6	1999 年 10 月 29 日	0.80	
7	1997 年 8 月 10 日	0.79	
8	2008 年 8 月 15 日	0.75	
9	1995 年 9 月 3 日	0.72	
9	2007 年 8 月 14 日	0.72	

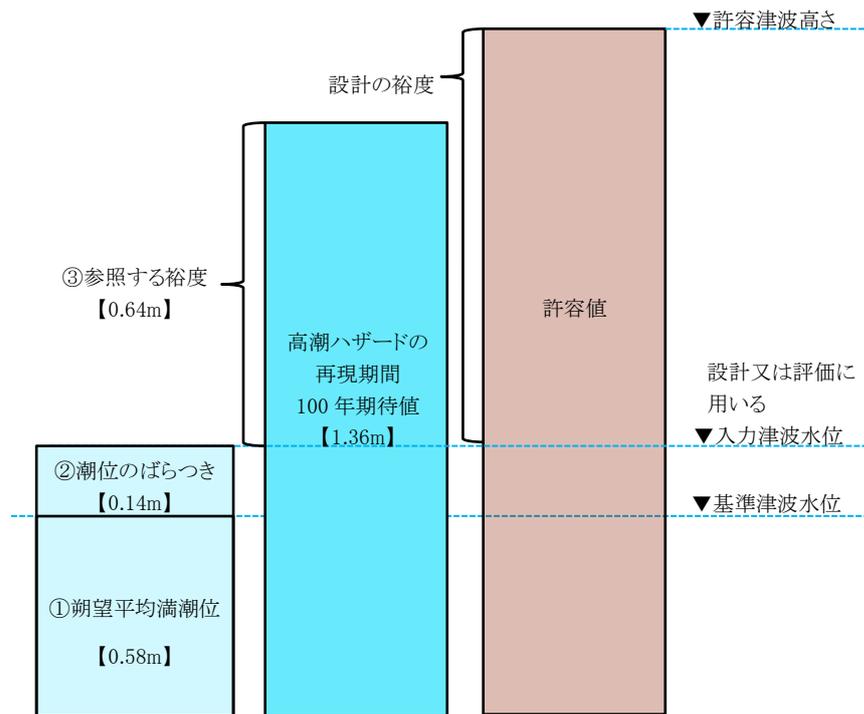


第 1.5-3 図 発電所構内 (輪谷湾) における最高潮位の超過発生確率

b. 高潮の考慮

基準津波による水位の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度^{*}であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性が極めて低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値 (EL+1.36m) と、入力津波で考慮する朔望平均満潮位 (EL+0.58m) 及び潮位のばらつき (0.14m) の合計の差である 0.64m を外郭防護の裕度評価において参照する。(第 1.5-4 図) また、最寄りの気象庁潮位観測地点「境」(敷地から東約 23km 地点) における 45 年 (1967 年～2012 年) の高潮ハザード及び「発電所構内 (輪谷湾)」における約 25 年 (1995 年～2019 年) の高潮ハザードを算定し、「発電所構内 (輪谷湾)」における約 15 年 (1995 年～2009 年) の期待値と比べて、小さい値であることを確認した。なお、再現期間 100 年に対する期待値を検討した期間以降 (輪谷湾の 2010 年から 2019 年及び境の 2013 年から 2019 年)、既往の最高潮位を超える潮位は認められない。(添付資料 7)

※第 671 回審査会合資料 (平成 31 年 1 月 18 日)



第 1.5-4 図 高潮の考慮のイメージ

(4) 地殻変動

地震による地殻変動について、津波波源となる地震による影響を考慮するとともに、津波が起きる前に基準地震動 S_s の震源となる敷地周辺の活断層から想定される地震が発生した場合を想定した検討も行う。

津波波源としている地震による地殻変動としては、海域活断層及び日本海東縁部が挙げられ、それらの断層変位に伴う地殻変動量を第 1.5-4 表に示す。第 1.5-5 図に敷地に地殻変動が想定される海域活断層の波源を示す。なお、日本海東縁部に想定される地震による津波については、起因となる地震の波源が敷地から十分に離れており、敷地への地震の影響は十分に小さいため、入力津波を設定する際には、地震による地殻変動を考慮しない。

津波が起きる前に、基準地震動 S_s の震源となる敷地周辺の活断層の変位による地殻変動が発生することを想定する。それらの断層変位に伴う地殻変動量を第 1.5-5 表に示す。基準地震動 S_s の震源のうち敷地に大きな影響を与える宍道断層による地殻変動量は 0.02m 以下（沈降）であり、十分小さいことから、この地殻変動量は入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。また、宍道断層だけでなく、日本海東縁部に想定される地震による津波が起きる前の地殻変動量として、海域活断層による地殻変動量も考慮し、保守的に 0.34m の隆起を地殻変動量として考慮する。

地殻変動量の算出に当たっては、第 1.5-6 図に示すパラメータを用い、Mansinha and Smylie (1987) の方法を用いた。算定方法の詳細については添付資料 2 に示す。

耐津波設計においては施設への影響を確認するため、地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対して設計、評価を行う際には、沈降量を考慮して上昇側水位を設定する。また、下降側の水位変動に対して設計、評価を行う際は、沈降しないものと仮定する。

地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対して設計、評価を行う際には、隆起量を考慮して下降側水位を設定する。また、上昇側の水位変動に対して設計、評価を行う際は、隆起しないものと仮定する。

なお、「島根原子力発電所における津波評価について」における地震による津波の数値シミュレーションでは、地殻変動量を含む形で表現している。

基準津波 1～6 及び宍道断層による地殻変動量分布図を第 1.5-6 図に示す。

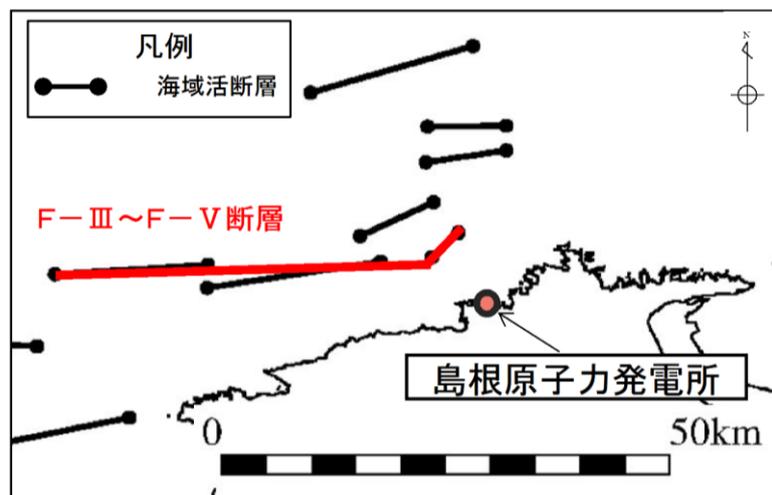
入力津波の設定において考慮する地殻変動量を第 1.5-6 表に示す。

基準地震動 S_s の評価における検討用地震の震源において最近地震は発生していないことから広域的な余効変動は生じていない。なお、文献^{*1, 2}によると、内陸地殻内地震の水平方向の余効変動は数 cm 程度と小さく、上下方向の余効変動は確認されていないことから、仮に地震が発生したとしても余効変動が津波に対する安全性評価に影響を及ぼすことは無い。

- ※1 小沢慎三郎・水藤尚(2007)：測地データを用いた地震後の余効変動に関する研究（第9年次），平成19年度調査研究報告，国土地理院
- ※2 松島健・河野裕希・中尾茂・高橋浩晃・一柳昌義（2006）：GPS観測から得られた福岡県西方沖地震発生後の地殻変動(序報)，地震予知連絡会会報，第75巻，p.553-554.

第1.5-4表 津波波源となる断層変位に伴う地殻変動量

津波波源となる断層	敷地の地殻変動量
日本海東縁部	波源が敷地から十分に離れていることから，考慮しない。
海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)	0.34mの隆起が生じる。



土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)

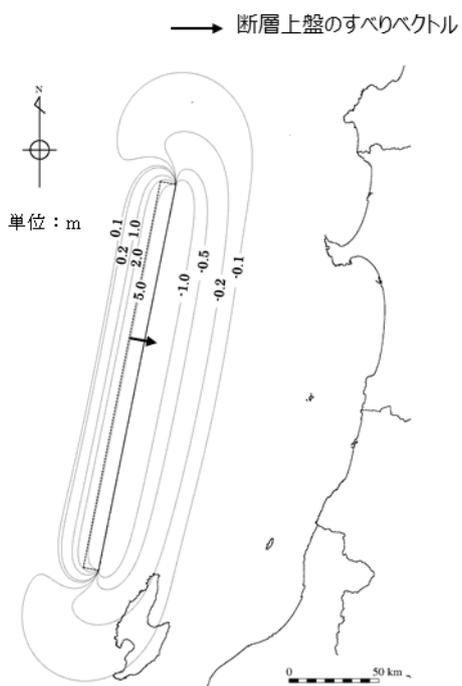
第1.5-5図 基準津波の想定波源図

第1.5-5表 基準地震動 S_s の震源となる敷地周辺の活断層の変位に伴う地殻変動量

津波波源以外の敷地周辺断層（基準地震動S _s ）	敷地の地殻変動量
宍道断層	0.02m以下の沈降が生じる。*
海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)	0.34mの隆起が生じる。

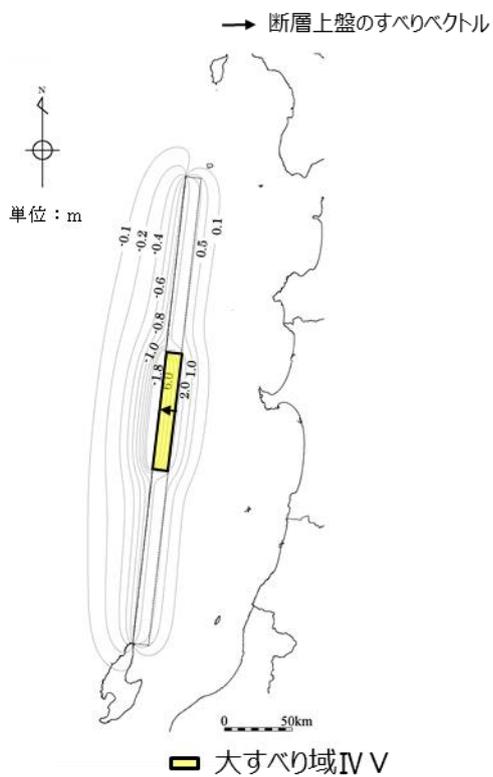
※ 0.02m以下の沈降は，外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価（0.64m）と比較し，十分小さいことから考慮しない。

断層長さ	222.2km
断層幅	17.3km
すべり量	16.0m
上縁深さ	0km
走向	193.3°
傾斜角	60°
すべり角	90°
Mw	8.16



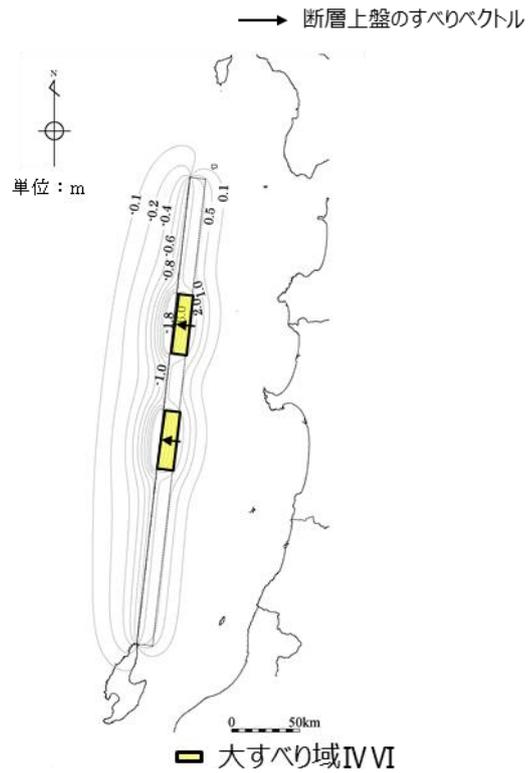
第 1.5-6 図 (1) 地殻変動量分布図：基準津波 1

断層長さ	350km
断層幅	23.1km
すべり量	最大 12m, 平均 6m
上縁深さ	0km
走向	8.9°
傾斜角	60°
すべり角	90°
Mw	8.09



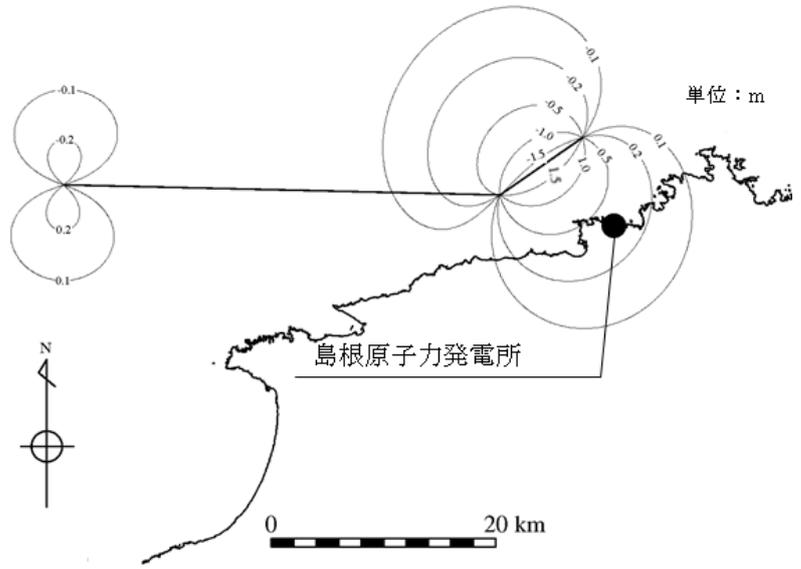
第 1.5-6 図 (2) 地殻変動量分布図：基準津波 2

断層長さ	350km
断層幅	23.1km
すべり量	最大 12m, 平均 6m
上縁深さ	0km
走向	8.9°
傾斜角	60°
すべり角	90°
Mw	8.09



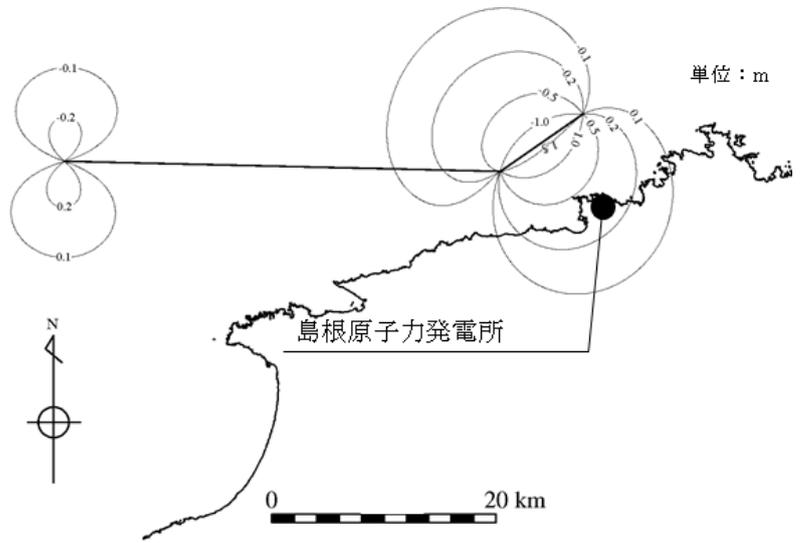
第 1.5-6 図 (3) 地殻変動量分布図：基準津波 3

断層長さ	48.0km
断層幅	15.0km
すべり量	4.01m
上縁深さ	0km
走向	54°, 90°
傾斜角	90°
すべり角	115°, 180°
Mw	7.27



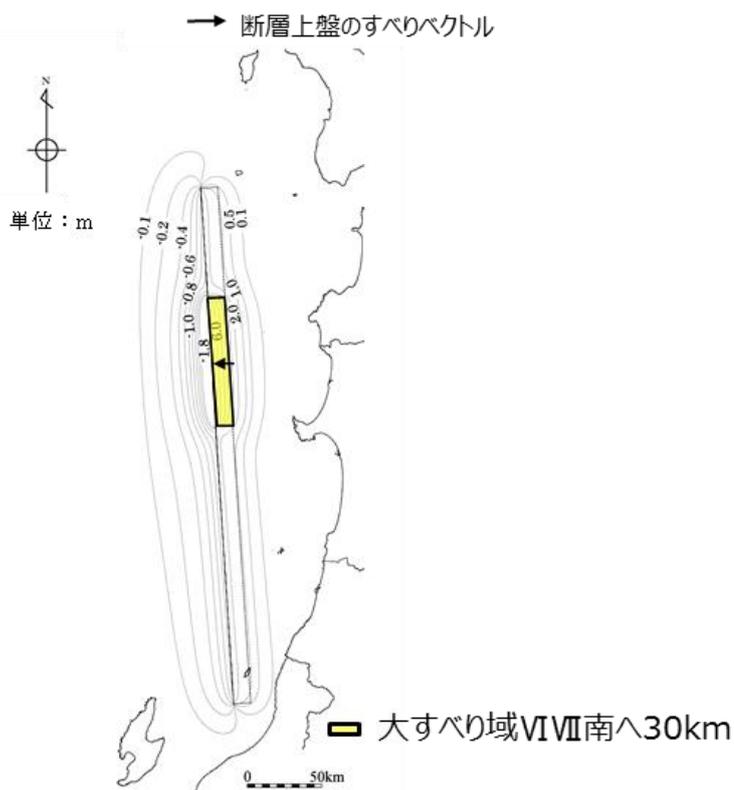
第 1.5-6 図 (4) 地殻変動量分布図：基準津波 4

断層長さ	48.0km
断層幅	15.0km
すべり量	4.01m
上縁深さ	0km
走向	54°, 90°
傾斜角	90°
すべり角	130°, 180°
Mw	7.27



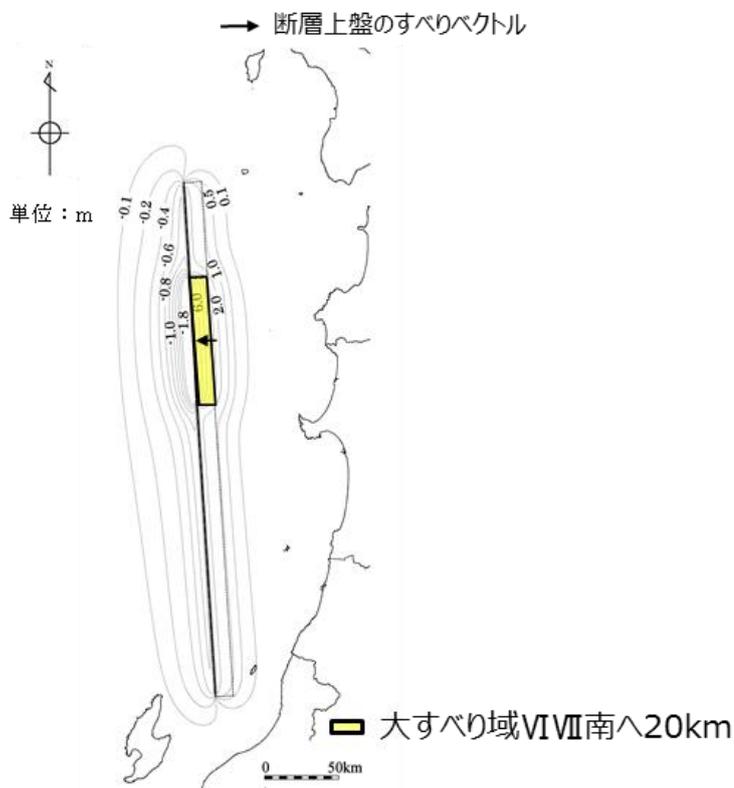
第 1.5-6 図 (5) (参考) 地殻変動量分布図：海域活断層上昇側最大ケース

断層長さ	350km
断層幅	23.1km
すべり量	最大 12m, 平均 6m
上縁深さ	0km
走向	358.9°
傾斜角	60°
すべり角	90°
Mw	8.09



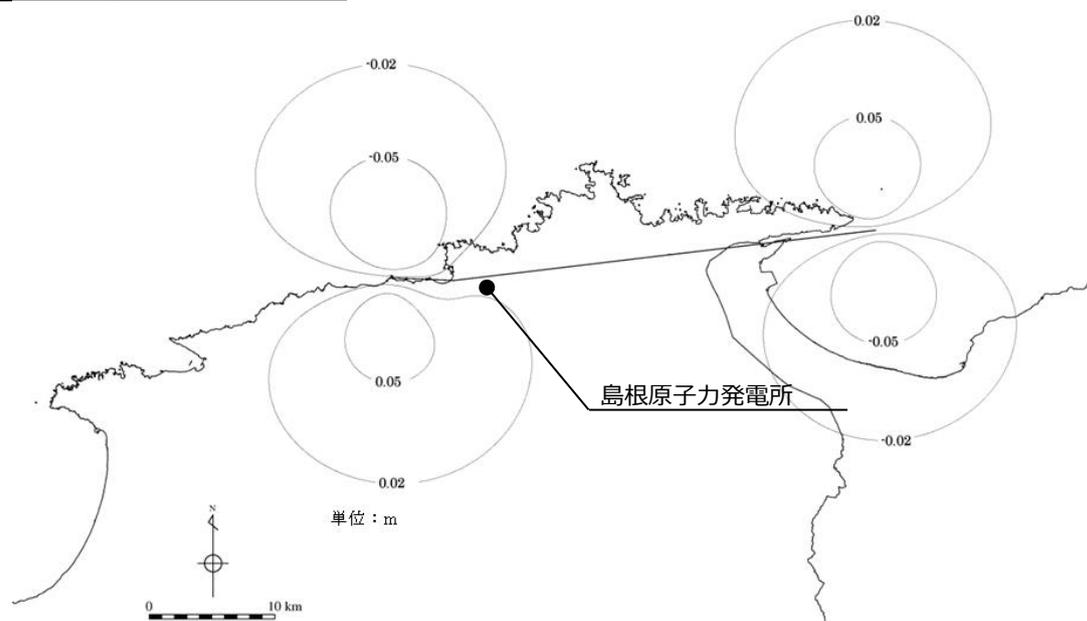
第 1.5-6 図 (6) 地殻変動量分布図：基準津波 5

断層長さ	350km
断層幅	23.1km
すべり量	最大 12m, 平均 6m
上縁深さ	1km
走向	358.9°
傾斜角	60°
すべり角	90°
Mw	8.09



第 1.5-6 図 (7) 地殻変動量分布図：基準津波 6

断層長さ	39.0km
断層幅	18.0km
すべり量	112.6cm
上縁深さ	2km
走向	91.2°, 82.0°
傾斜角	90°
すべり角	180°
Mw	6.9



第 1.5-6 図 (8) 地殻変動量分布図：突道断層

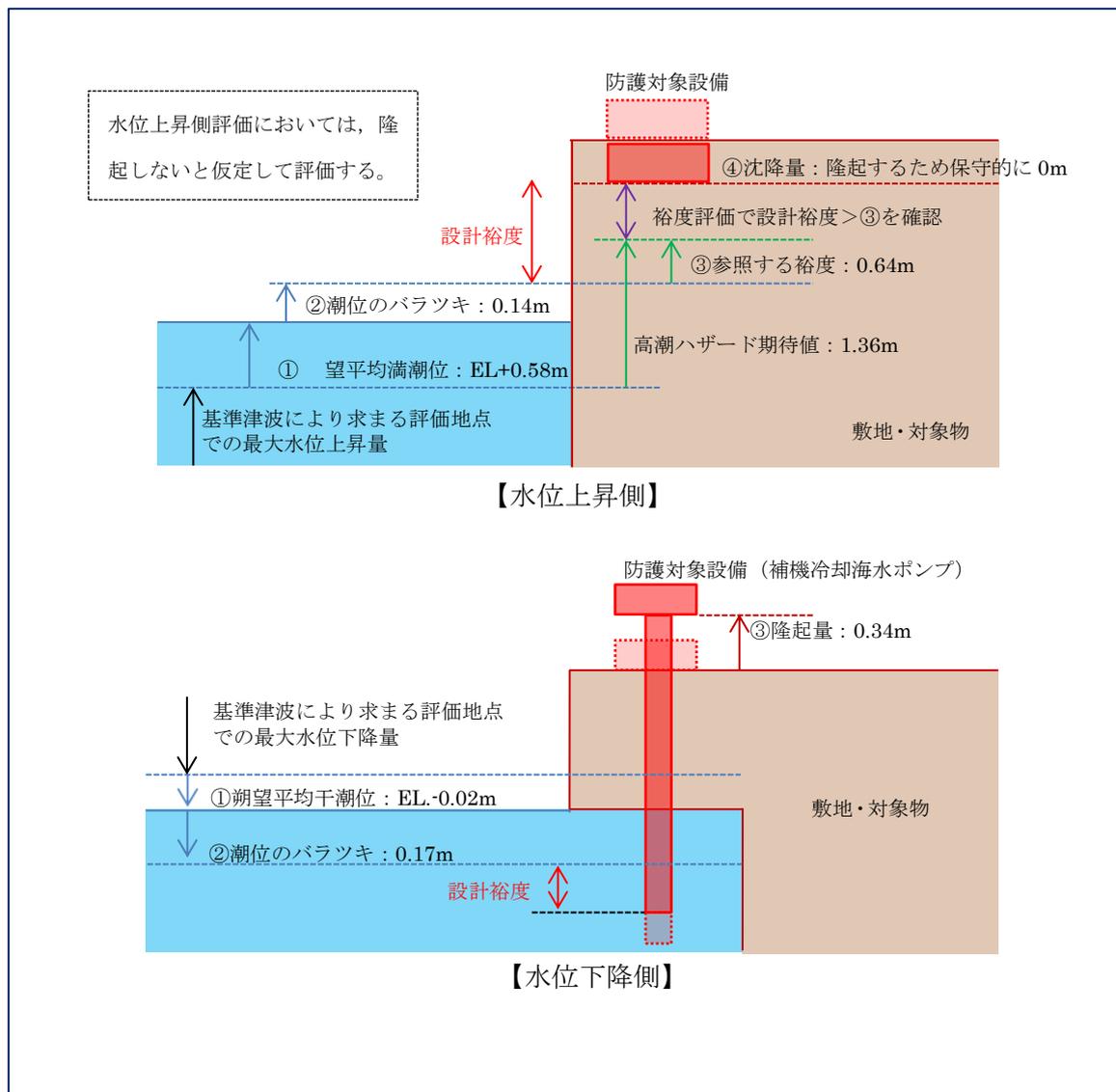
第 1.5-6 表 基準地震動 Ss による地殻変動量

	津波波源	津波発生前の基準地震動 Ss の震源となる地震による地殻変動量	津波波源となる地震による地殻変動量	設計・評価に考慮する変動量
水位上昇 (沈降) 側の影響	日本海東縁部	突道断層による0.02m以下の沈降	— (波源が敷地から十分に離れていることから、考慮しない)	外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価(0.64m)と比較し、十分小さいことから考慮しない
	海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	突道断層による0.02m以下の沈降	— (地殻変動が隆起のため、沈降は考慮しない)	外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価(0.64m)と比較し、十分小さいことから考慮しない
水位下降 (隆起) 側の影響	日本海東縁部	海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)による0.34mの隆起	— (波源が敷地から十分に離れていることから、考慮しない)	水位下降量の評価値に0.34mの隆起を考慮
	海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	—※	海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)による0.34mの隆起	水位下降量の評価値に0.34mの隆起を考慮

※ 同一震源による繰り返しの地震は考慮しない。

1.6 設計または評価に用いる入力津波

「1.5 水位変動，地殻変動の考慮」における考慮事項を踏まえた入力津波設定にあたっての潮位変動，地殻変動の取り扱いの考え方を示すと第 1.6-1 図のとおりとなる。



第 1.6-1 図 潮位変動，地殻変動の取り扱いの考え方（上昇側及び下降側）

「1.4 入力津波の設定」及び上記の「1.5 水位変動，地殻変動の考慮」に記した考え方に従い設定した施設・設備の設計または評価に用いる入力津波の津波高さを第1.6-1表に，各入力津波の時刻歴波形を第1.6-2図に示す。また，「1.4 入力津波の設定」に示した入力津波に影響を与え得る要因の取り扱いに関し，主な入力津波の評価条件の一覧を第1.6-2表に示す。なお，各入力津波により生じる水位分布を添付資料8に示す。

海域活断層上昇側最大ケース（第1.6-1-2表，第1.6-2-2図）の津波については，基準津波4は水位下降側の津波として策定したものであることを踏まえ，津波防護施設，浸水防止設備等の設計において，津波の到達有無を評価した上で，津波荷重と余震荷重の組合せの可否を判断するために設定したものである。

第 1.6-1-1 表 入力津波高さ一覧(日本海東縁部)

因子	設定位置	基準津波	地形変化(防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値(EL m)	(参考)許容津波高さ(EL m)
				朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態		
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	1	無し	EL+0.58	EL+0.14	無し	管路解析対象外		+11.9	+15.0
水路内最高水位	1号炉取水槽※1	1	無し				無し	停止	+7.0	+8.8
	2号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+10.6	+11.3
	3号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+7.8	+8.8
	3号炉取水路点検口	1	無し				無し	停止	+6.4	+9.5
	1号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.8
	1号炉冷却水排水槽	1	有り				無し	停止	+4.7	+8.5
	1号炉マンホール	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.5
	1号炉放水接合槽	1	有り				無し	停止	+3.5	+9.0
	2号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+7.9	+8.8
	2号炉放水接合槽	1	無し				無し	停止	+6.1	+8.0
	3号炉放水槽	5	無し				無し	停止	+7.3	+8.8
3号炉放水接合槽	5	無し	無し				停止	+6.5	+8.5	
取水口最低水位	2号炉取水口	6	無し				EL-0.02	EL-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外
水路内最低水位	2号炉取水槽	6	無し	有り	運転	-8.4				-8.3
							無し	停止	-6.1※2	[-8.32]

※1 管路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。

※2 2号炉取水槽における水路内最低水位は、循環水ポンプ運転状態のEL-8.4m(EL-8.31m)であるため、2.5.1「非常用海水冷却系の取水性」に示す循環水ポンプ停止運用を踏まえ、停止時を評価値とする。

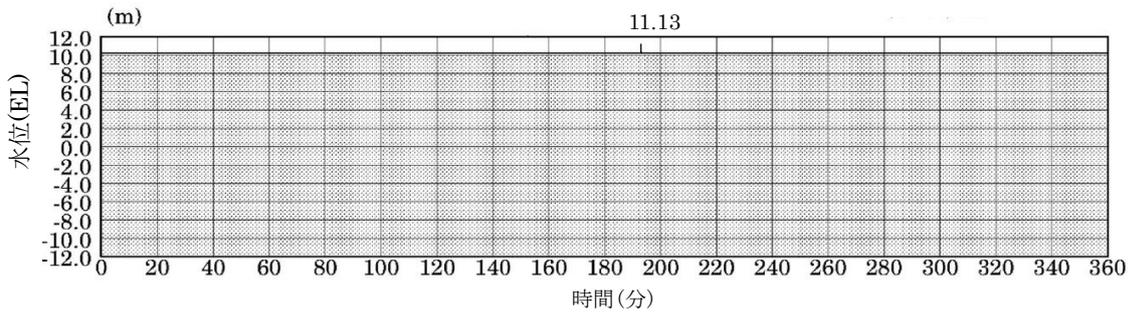
*入力津波設定位置は第 1.4-1 図を参照

第 1.6-1-2 表 入力津波高さ一覧(海域活断層)

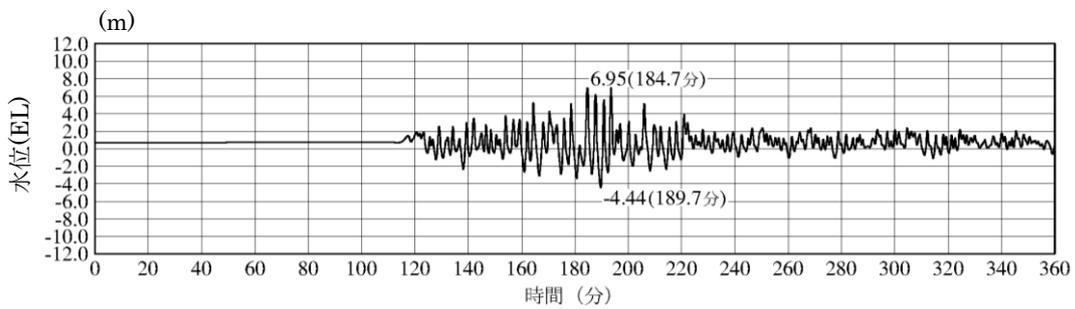
因子	設定位置	基準津波	地形変化(防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値(EL m)	(参考)許容津波高さ(EL m)
				朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態		
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	海域活断層上昇側最大ケース	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	管路解析対象外		+4.2	+15.0
水路内最高水位	1号炉取水槽※	4	有り				無し	停止	+2.7	+8.8
	2号炉取水槽	4	無し				無し	停止	+4.9	+11.3
	3号炉取水槽	4	有り				無し	停止	+3.7	+8.8
	3号炉取水路点検口	4	有り				無し	停止	+2.7	+9.5
	1号炉放水槽	4	無し				無し	停止	+2.1	+8.8
	1号炉冷却水排水槽	4	無し				無し	停止	+1.9	+8.5
	1号炉マンホール	4	無し				無し	停止	+1.8	+8.5
	1号炉放水接合槽	4	無し				無し	停止	+1.9	+9.0
	2号炉放水槽	4	無し				有り	運転	+4.2	+8.8
	2号炉放水接合槽	4	有り				有り	運転	+2.8	+8.0
	3号炉放水槽	4	有り				無し	停止	+3.3	+8.8
3号炉放水接合槽	4	有り	無し				停止	+3.5	+8.5	
取水口最低水位	2号炉取水口	4	無し				EL-0.02	EL-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外
水路内最低水位	2号炉取水槽	4	無し	無し	運転	-6.5				-8.3

※ 管路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。

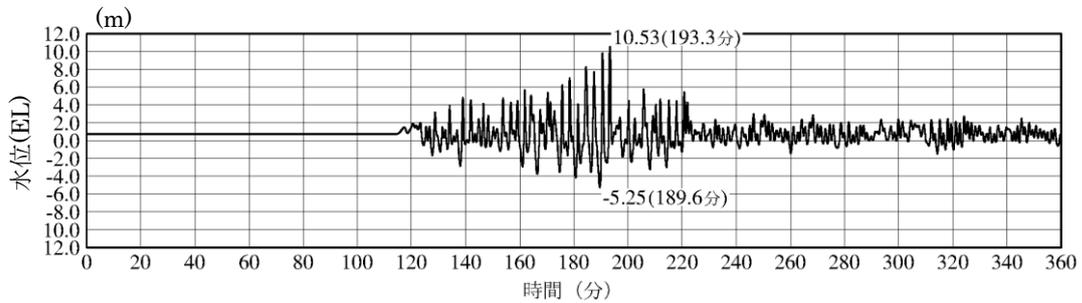
*入力津波設定位置は第 1.4-1 図を参照



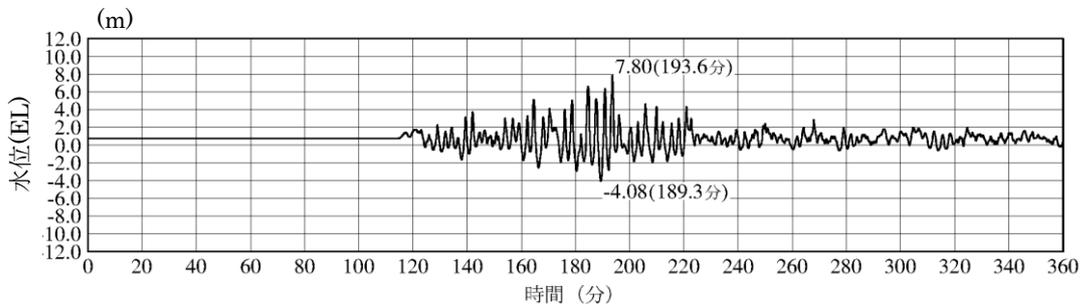
※最大水位上昇量 11.13m+朔望平均満潮位 0.58m+潮位のばらつき 0.14m \div EL+11.9m
 施設護岸又は防波壁（入力津波 1，防波堤無し）



1号炉取水槽（入力津波 1，防波堤無し）

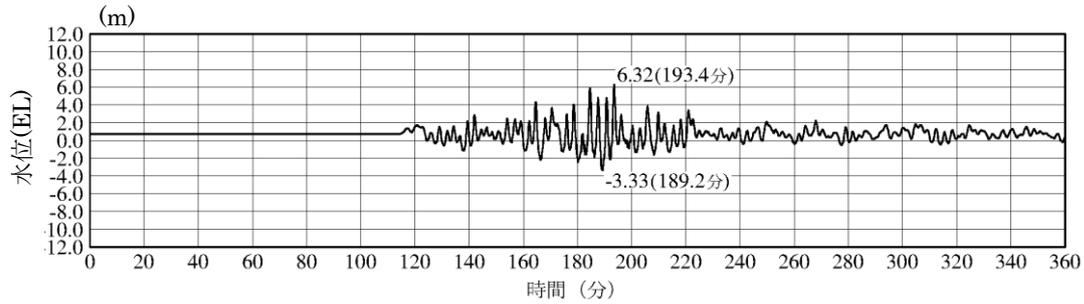


2号炉取水槽（入力津波 1，防波堤無し）

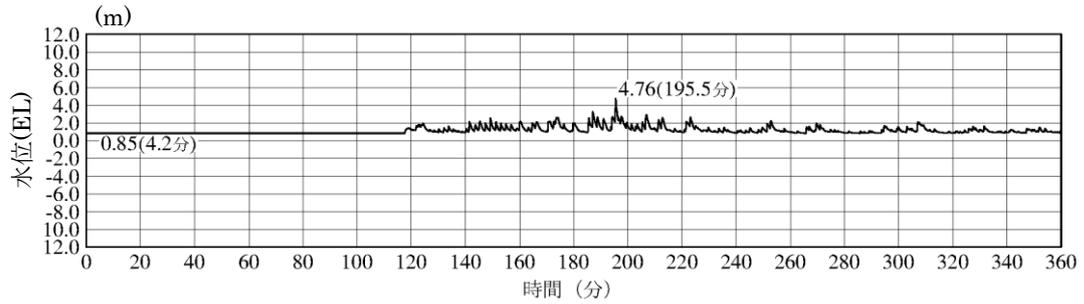


3号炉取水槽（入力津波 1，防波堤無し）

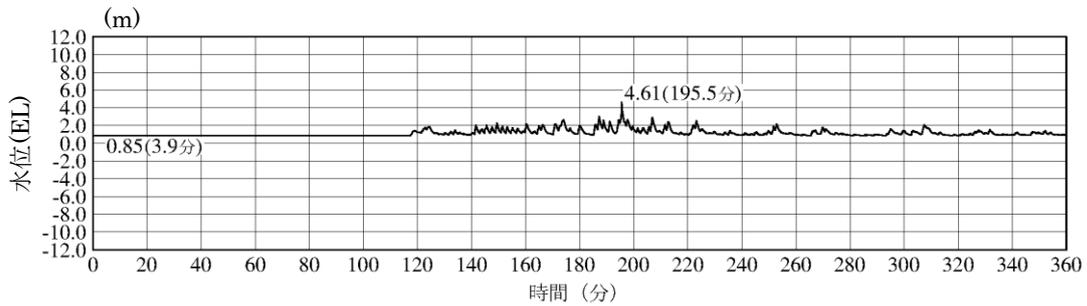
第 1.6-2-1 図 入力津波の時刻歴波形（日本海東縁部）（1 / 4）



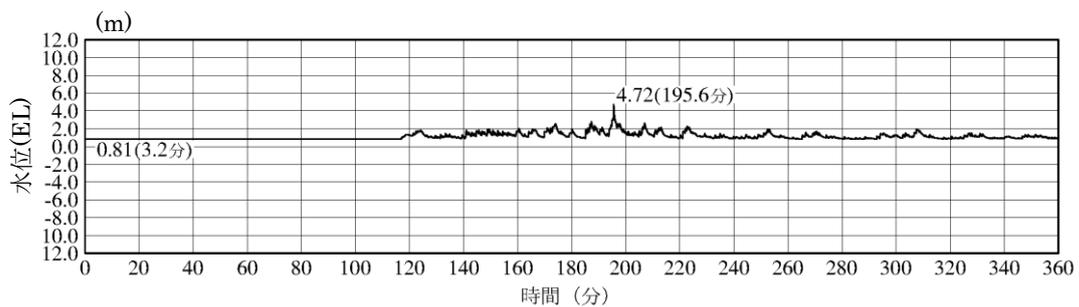
3号炉取水路点検口（入力津波1，防波堤無し）



1号炉放水槽（入力津波1，防波堤有り）

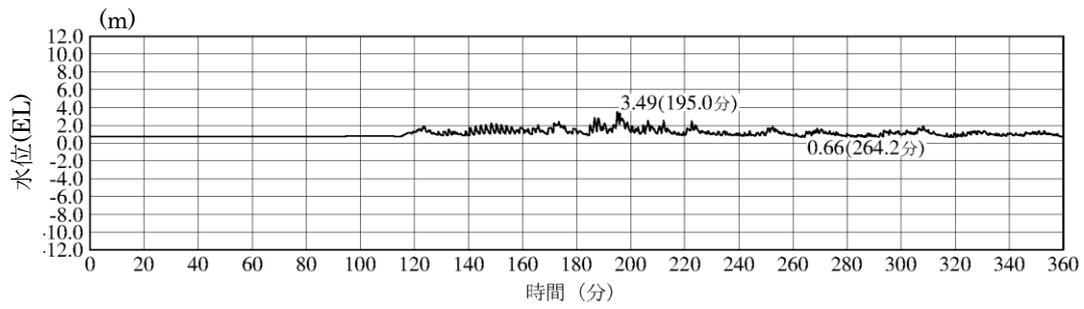


1号炉冷却水排水槽（入力津波1，防波堤有り）

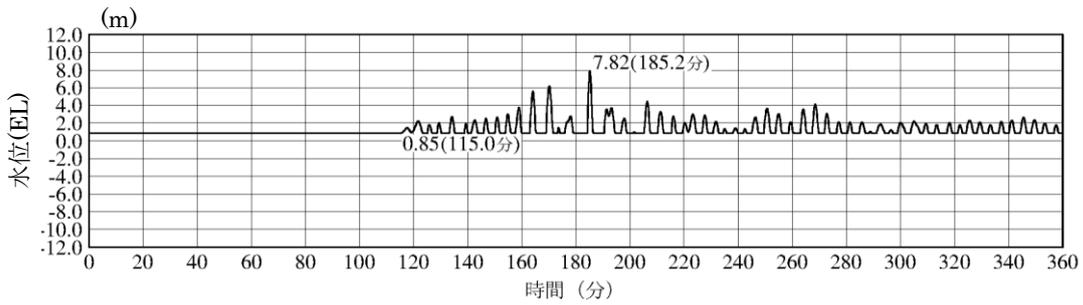


1号炉マンホール（入力津波1，防波堤有り）

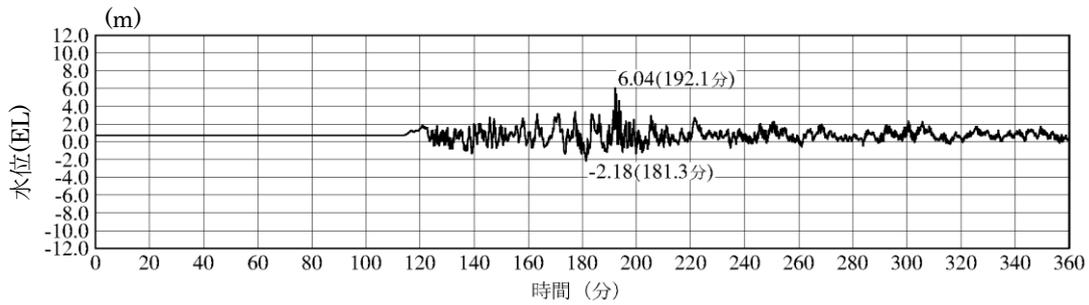
第 1.6-2-1 図 入力津波の時刻歴波形（日本海東縁部）（2 / 4）



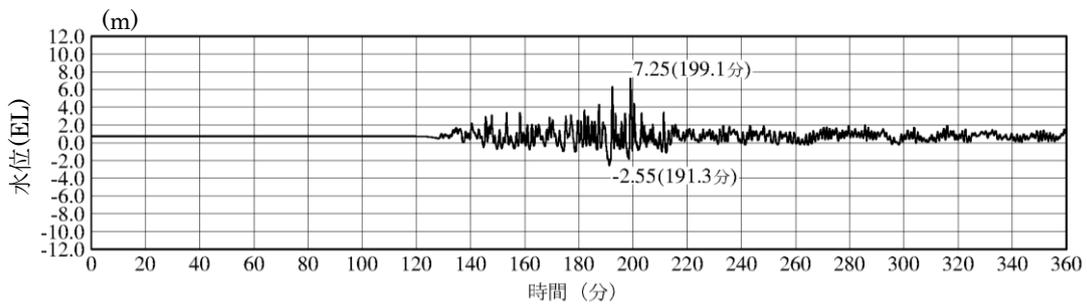
1号炉放水接合槽（入力津波1，防波堤有り）



2号炉放水槽（入力津波1，防波堤有り）

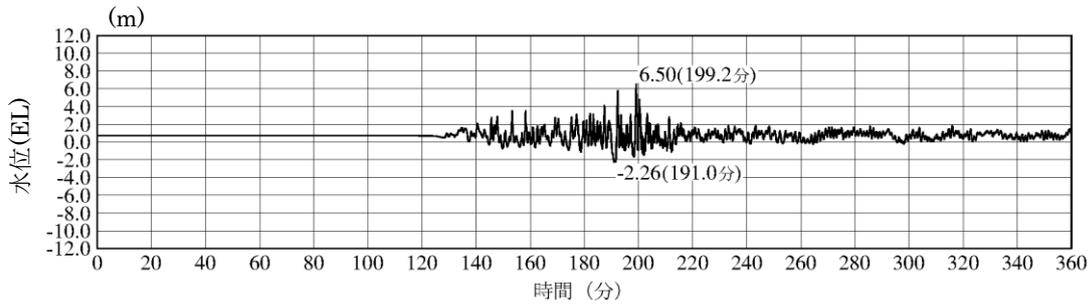


2号炉放水接合槽（入力津波1，防波堤無し）

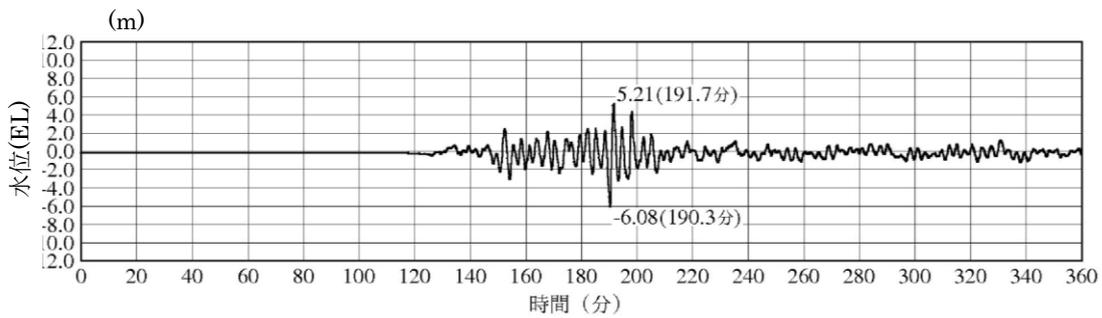


3号炉放水槽（入力津波5，防波堤無し）

第 1.6-2-1 図 入力津波の時刻歴波形（日本海東縁部）（3 / 4）

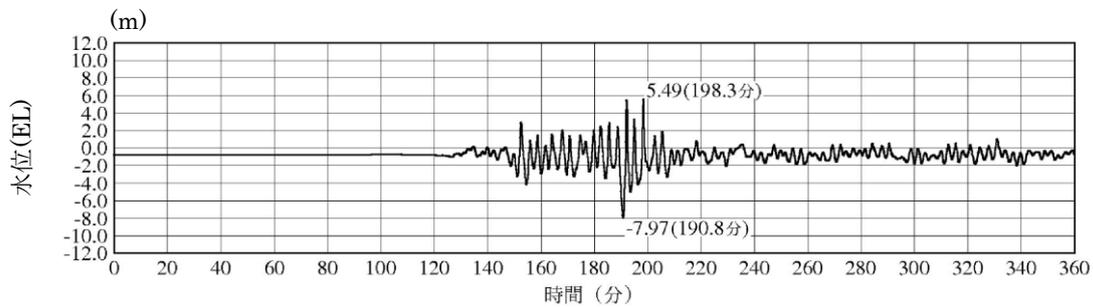


3号炉放水接合槽 (入力津波5, 防波堤無し)



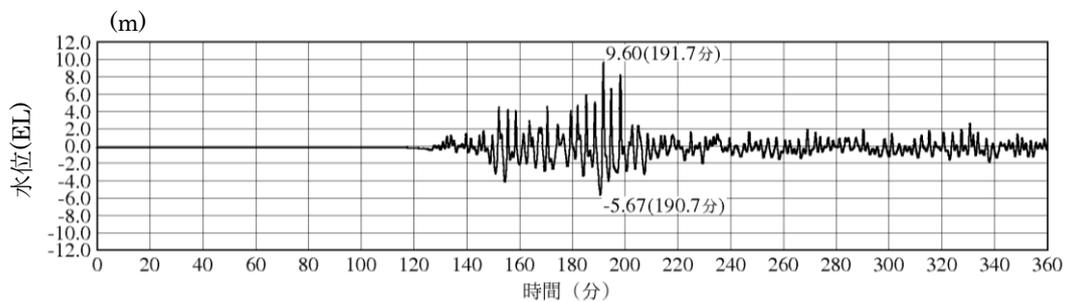
※最大水位下降量-6.08m-地殻変動量0.34m≒EL-6.5m

2号炉取水口 (入力津波6, 防波堤無し) ※下降側



※最大水位下降量-7.97m-地殻変動量0.34m≒EL-8.4m

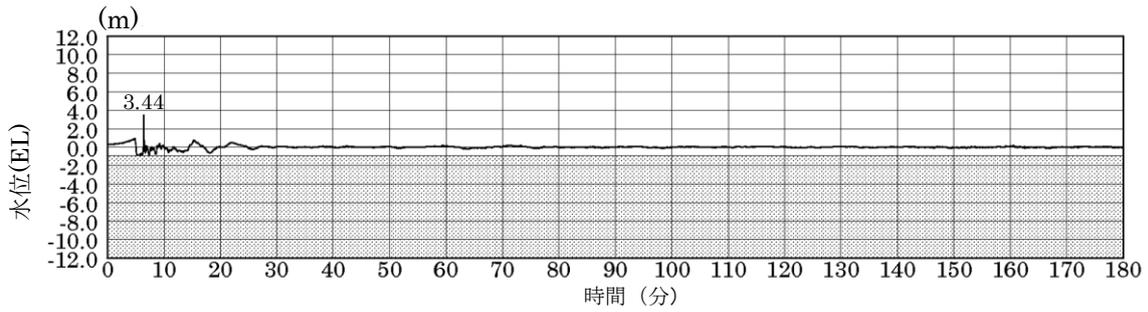
2号炉取水槽 (入力津波6, 防波堤無し) ※下降側 ポンプ運転時



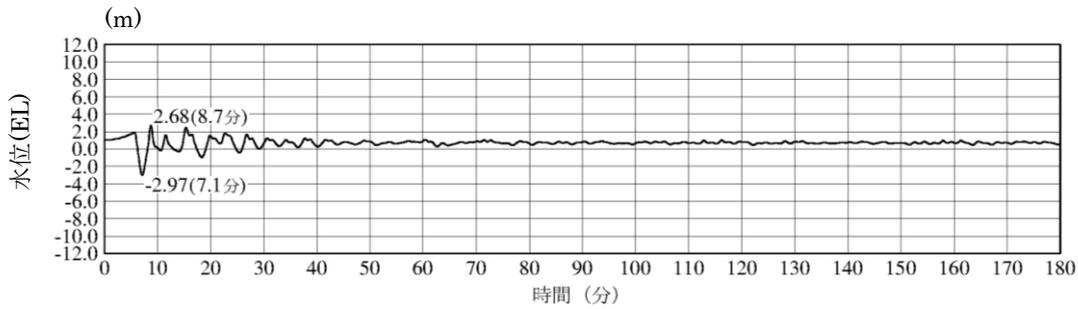
※最大水位下降量-5.67m-地殻変動量0.34m≒EL-6.1m

2号炉取水槽 (入力津波6, 防波堤無し) ※下降側 ポンプ停止時

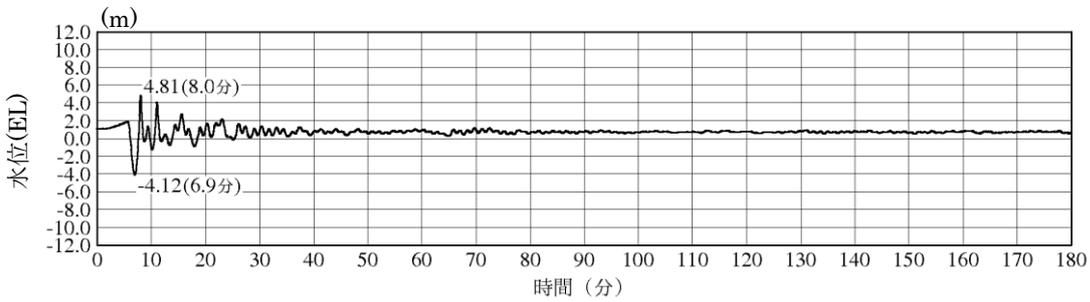
第 1.6-2-1 図 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (4 / 4)



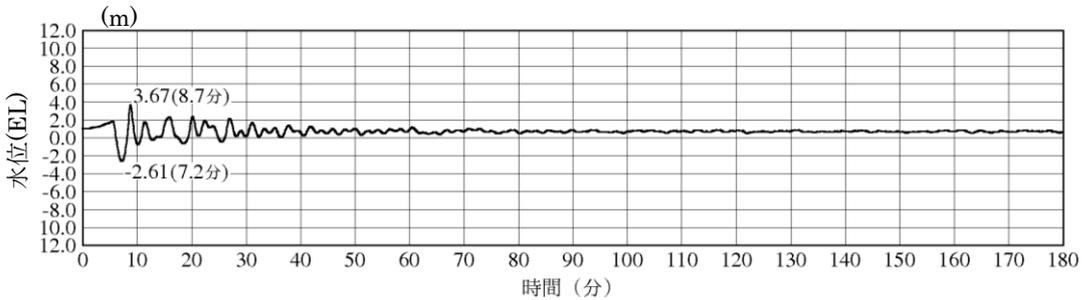
※最大水位上昇量 3.44m+朔望平均満潮位 0.58m+潮位のばらつき 0.14m≒EL+4.2m
 施設護岸又は防波壁（海域活断層上昇側最大ケース，防波堤有り）



1号炉取水槽（入力津波4，防波堤無し）

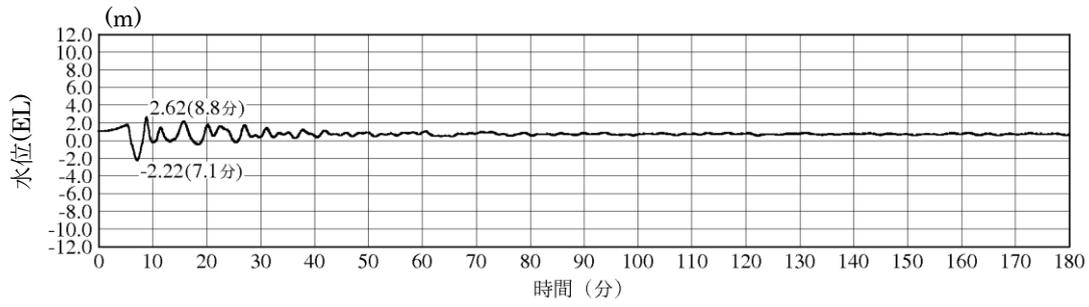


2号炉取水槽（入力津波4，防波堤無し）

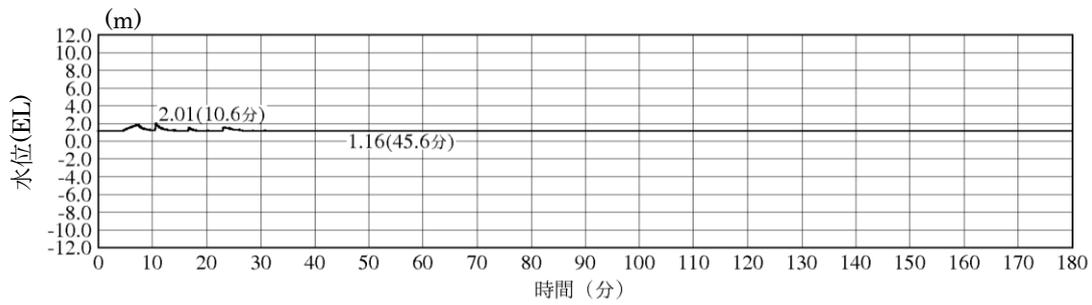


3号炉取水槽（入力津波4，防波堤有り）

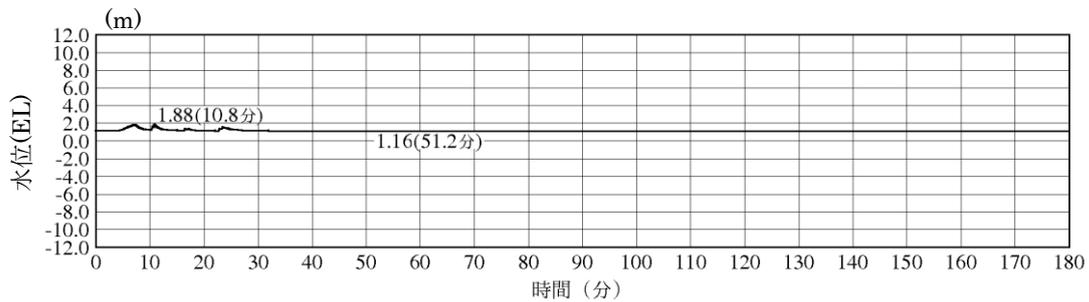
第 1.6-2-2 図 入力津波の時刻歴波形（海域活断層）（1 / 4）



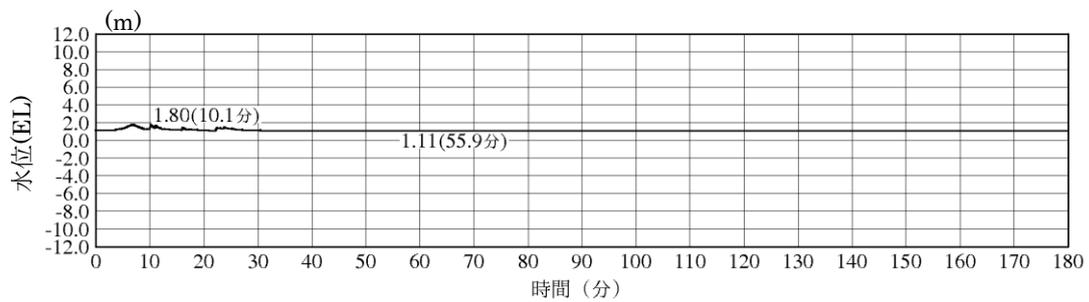
3号炉取水路点検口（入力津波4，防波堤有り）



1号炉放水槽（入力津波4，防波堤無し）

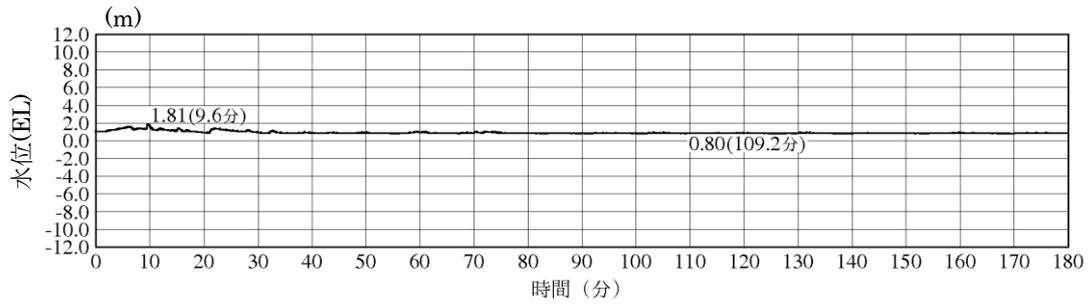


1号炉冷却水排水槽（入力津波4，防波堤無し）

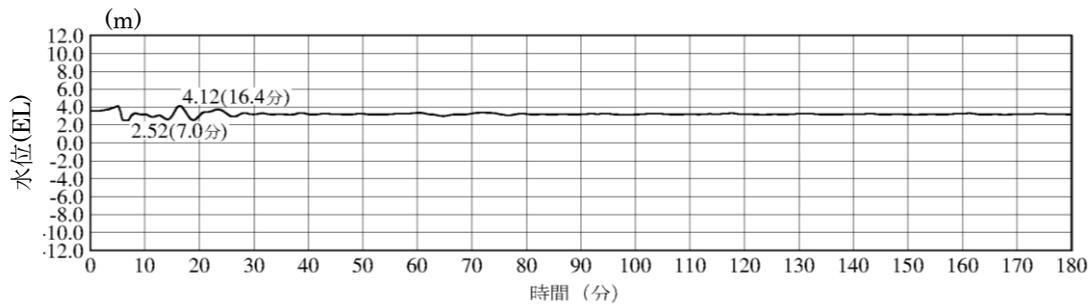


1号炉マンホール（入力津波4，防波堤無し）

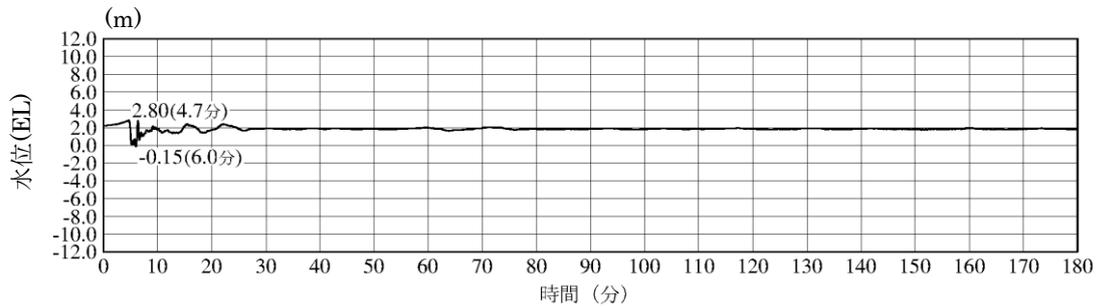
第 1.6-2-2 図 入力津波の時刻歴波形（海域活断層）（2 / 4）



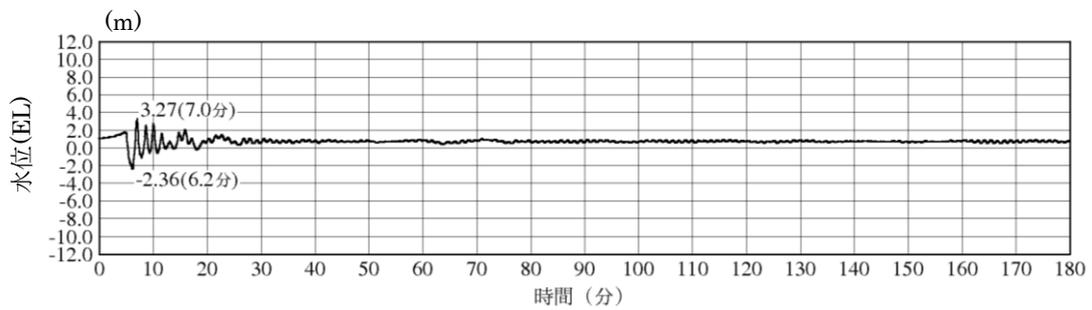
1号炉放水接合槽 (入力津波4, 防波堤無し)



2号炉放水槽 (入力津波4, 防波堤無し)

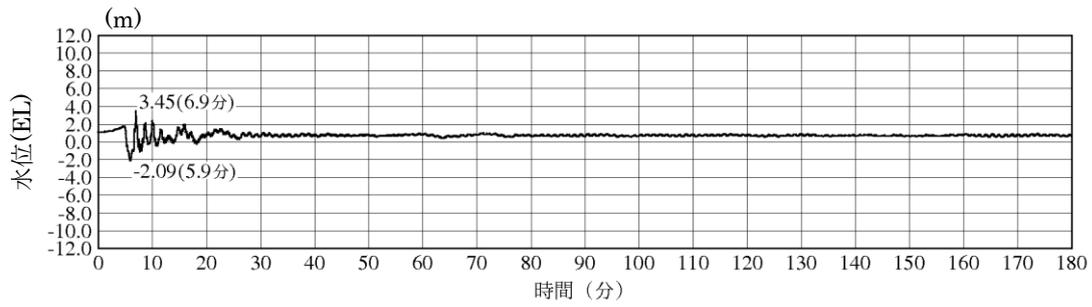


2号炉放水接合槽 (入力津波4, 防波堤有り)

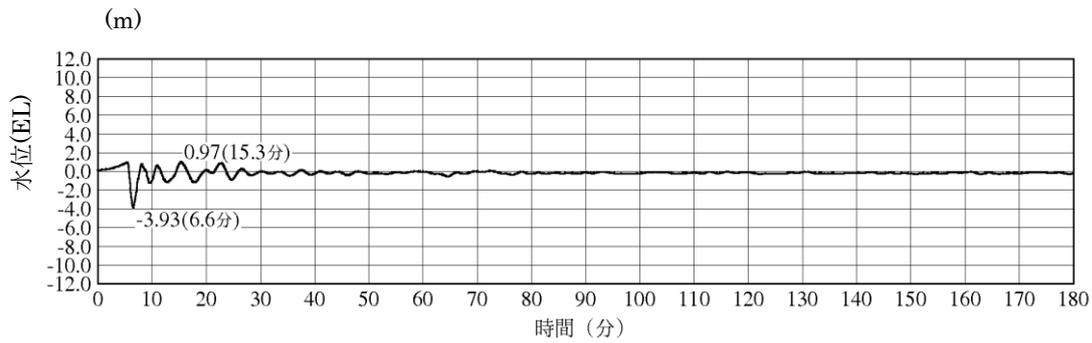


3号炉放水槽 (入力津波4, 防波堤無し)

第 1.6-2-2 図 入力津波の時刻歴波形 (海域活断層) (3 / 4)

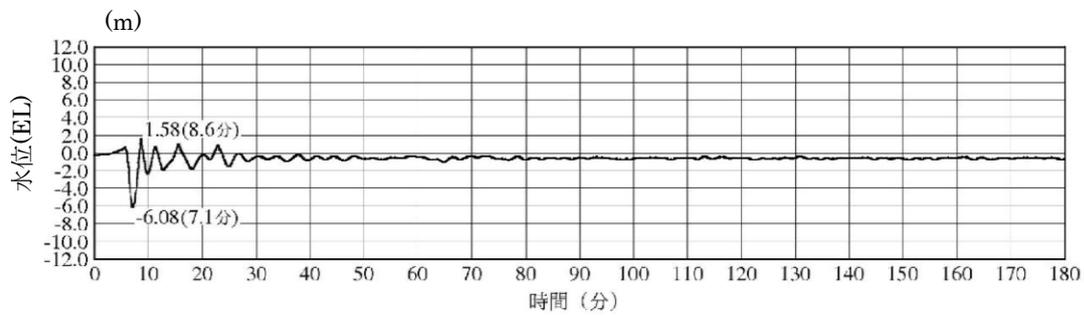


3号炉放水接合槽（入力津波4，防波堤有り）



※最大水位下降量-3.93m－地盤変動量 0.34m⇔EL-4.3m

2号炉取水口（入力津波4 防波堤無し）※下降側



※最大水位下降量-6.08m－地盤変動量 0.34m⇔EL-6.5m

2号炉取水槽（入力津波4 防波堤無し）※下降側

第 1.6-2-2 図 入力津波の時刻歴波形（海域活断層）（4 / 4）

第 1.6-2-1 表 入力津波の評価条件（津波高さに関わる荷重因子）（1 / 6）

因子	検討対象 基準津波	入力津波に対する影響要因					設定位置における水位 (EL m)	
		地形変化	潮位変動		地震による 地殻変動	管路状態		施設護岸又は防波壁
		防波堤	朔望平均 潮位(m)	潮位の ばらつき (m)		貝付着	ポンプ 状態	
遡上波 最高水位	日本 海東縁部	基準津波 1	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	管路解析 対象外	+10.7
			無し					+11.9
		基準津波 2	有り					+9.0
	基準津波 5	無し	+11.5					
	海域 活断層	基準津波 4	有り					+3.8
			無し					+3.4
海域活断層 上昇側 最大ケース		有り	+4.2					
無し	+2.9							

第 1.6-2-1 表 入力津波の評価条件（津波高さに関わる荷重因子）（2 / 6）

因子	検討対象 基準津波	入力津波に対する影響要因					設定位置における水位(EL m)						
		地形変化	潮位変動		地震による 地殻変動	管路状態		1号炉	2号炉	3号炉			
		防波堤	朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態	取水槽 ^{※1}	取水槽	点検口			
水路内 最高水位	日本 海東縁部	基準津波 1	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	—	+6.5	+5.1	+4.2	
								停止	+6.3	+8.8	+6.9	+6.0	
			無し				有り	運転	—	+7.2	+6.0	+4.7	
							停止	+6.4	+9.3	+7.1	+6.4[+6.31]		
			基準津波 2				有り	有り	運転	—	+8.0	+5.5	+4.2
								停止	+6.8	+10.1	+7.5	+6.2	
		無し					有り	運転	—	+9.1	+6.5	+4.9	
							停止	+7.0	+10.6	+7.8	+6.4[+6.32]		
		基準津波 5					有り	有り	運転	—	+6.4	+5.5	+4.5
								停止	+6.0	+8.4	+7.1	+6.1	
			無し				有り	運転	—	+7.0	+6.3	+4.8	
							停止	+6.1	+9.1	+7.3	+6.1		
	基準津波 4		有り	有り	運転	—	+7.1	+5.0	+3.9				
				停止	+6.4	+9.7	+7.1	+5.6					
		無し	有り	運転	—	+8.6	+6.0	+4.2					
			停止	+6.7	+10.4	+7.6	+6.0						
		海域 活断層	有り	有り	運転	—	+2.0	+1.7	+1.5				
				停止	+2.7[+2.61]	+2.8	+3.5	+2.6					
	無し		有り	運転	—	+2.4	+1.9	+1.6					
			停止	+2.7[+2.68]	+2.9	+3.7	+2.7						
	海域活断層 上昇側 最大ケース		有り	有り	運転	—	+2.1	+1.4	+1.3				
				停止	+2.5	+4.6	+3.4	+2.4					
		無し	有り	運転	—	+2.9	+1.8	+1.3					
			停止	+2.7[+2.67]	+4.9	+3.4	+2.5						
有り		有り	運転	—	+1.6	+1.5	+1.3						
		停止	+2.5	+2.4	+3.4	+2.4							
無し	有り	運転	—	+1.8	+1.7	+1.4							
	停止	+2.5	+2.4	+3.6	+2.5								
	有り	有り	運転	—	+1.9	+1.2	+1.1						
		停止	+2.5	+4.2	+3.3	+2.3							
	無し	有り	運転	—	+2.5	+1.6	+1.2						
		停止	+2.6	+4.5	+3.4	+2.4							

※1 1号炉取水槽は管路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。

第 1.6-2-1 表 入力津波の評価条件（津波高さに関わる荷重因子）（3 / 6）

因子	検討対象 基準津波	地形変化 防波堤	入力津波に対する影響要因			設定位置における水位 (EL m)										
			潮位変動		地震による 地殻変動	管路状態		1号炉								
			朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態	放水槽	排水槽	マンホール	接合槽					
水路内 最高水位	日本 海東 縁部	基準津波 1	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	—	—	—	—	—			
			有り				停止	+4.3	+4.5	+4.2	+3.4					
		無し	有り				運転	—	—	—	—	—				
		有り	停止				+4.8	+4.7	+4.8	+3.5						
		無し	有り				運転	—	—	—	—	—				
		有り	停止				+4.4	+4.2	+3.9	+3.4						
	海域 活断 層	基準津波 2	有り				EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	—	—	—	—	—
			有り							停止	+4.0	+3.9	+3.6	+3.4		
		無し	有り							運転	—	—	—	—	—	
		有り	停止							+3.3	+3.3	+3.2	+3.0			
		無し	有り							運転	—	—	—	—	—	
		有り	停止							+3.4	+3.4	+3.3	+3.2			
海域活断 層上昇側 最大ケース	基準津波 5	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	有り				運転	—	—	—	—	—	
		有り				停止				+2.7	+2.7	+2.5	+2.3			
	無し	有り				運転				—	—	—	—	—		
	有り	停止				+2.8				+2.8	+2.5	+2.4				
	無し	有り				運転				—	—	—	—	—		
	有り	停止				+1.9				+1.8	+1.8(+1.73)	+1.8				
海域活断 層	基準津波 4	有り				EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	—	—	—	—	—	
		有り							停止	+1.9	+1.9(+1.83)	+1.8(+1.76)	+1.8			
	無し	有り							運転	—	—	—	—	—		
	有り	停止							+2.0	+1.9(+1.82)	+1.8(+1.79)	+1.8				
	無し	有り							運転	—	—	—	—	—		
	有り	停止							+2.1	+1.9(+1.88)	+1.8(+1.80)	+1.9				
海域活断 層上昇側 最大ケース	基準津波 4	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し				有り	運転	—	—	—	—	—	
		有り							停止	+1.8	+1.7	+1.6	+1.6			
	無し	有り							運転	—	—	—	—	—		
	有り	停止							+1.8	+1.7	+1.7	+1.6				
	無し	有り							運転	—	—	—	—	—		
	有り	停止							+1.8	+1.7	+1.7	+1.7				
海域活断 層	基準津波 4	有り				EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	—	—	—	—	—	
		有り							停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.7			
	無し	有り							運転	—	—	—	—	—		
	有り	停止							+1.8	+1.7	+1.7	+1.7				
	無し	有り							運転	—	—	—	—	—		
	有り	停止							+1.8	+1.7	+1.7	+1.7				

第 1.6-2-1 表 入力津波の評価条件（津波高さに関わる荷重因子）（4 / 6）

因子	検討対象 基準津波	地形変化 防波堤	入力津波に対する影響要因			設定位置における水位 (EL m)									
			潮位変動		地震による 地殻変動	管路状態		2号炉		3号炉					
			朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態	放水槽	接合槽	放水槽	接合槽				
水路内 最高水位	日本 海東 縁部	基準津波 1	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	+7.0	+5.9	+6.9	+6.2			
			有り				停止	+7.2	+5.6	+6.5	+5.8				
		無し	有り				運転	+7.0	+5.9	+6.9	+6.2				
		有り	停止				+7.9	+5.7	+6.8	+6.2					
		無し	有り				運転	+6.4	+6.0	+6.5	+5.8				
		有り	停止				+7.1	+6.1(+6.04)	+6.4	+5.9					
	海域 活断 層	基準津波 2	有り				EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	+6.2	+5.9	+6.6	+6.3
			有り							停止	+7.8	+6.1(+6.04)	+6.8	+6.2	
		無し	有り							運転	+6.3	+4.2	+4.5	+4.4	
		有り	停止							+5.3	+3.7	+5.0	+4.7		
		無し	有り							運転	+6.3	+4.0	+4.5	+4.2	
		有り	停止							+5.5	+3.9	+5.0	+4.5		
海域活断 層上昇側 最大ケース	基準津波 5	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	有り				運転	+5.8	+4.5	+6.5	+5.9	
		有り				停止				+4.8	+5.1	+7.0	+6.3		
	無し	有り				運転				+5.9	+4.1	+6.8	+6.3		
	有り	停止				+5.5				+4.6	+7.3	+6.5			
	無し	有り				運転				+4.1	+2.8(+2.80)	+3.1	+2.9		
	有り	停止				+3.2				+2.5	+3.1	+3.2			
海域活断 層	基準津波 4	有り				EL+0.58	EL+0.14	無し	有り	運転	+3.5	+2.7	+2.8	+2.6	
		有り							停止	+3.7	+2.4	+3.3(+3.27)	+3.5		
	無し	有り							運転	+4.2	+2.8(+2.79)	+3.1	+2.9		
	有り	停止							+3.3	+1.8	+2.8	+2.5			
	無し	有り							運転	+3.5	+2.6	+2.8	+2.6		
	有り	停止							+3.7	+1.8	+3.3(+3.26)	+2.8			
海域活断 層上昇側 最大ケース	基準津波 4	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し				有り	運転	+4.0	+2.7	+3.0	+2.7	
		有り							停止	+2.7	+2.1	+2.6	+2.7		
	無し	有り							運転	+3.3	+2.5	+2.7	+2.5		
	有り	停止							+3.0	+2.1	+2.8	+2.9			
	無し	有り							運転	+4.0	+2.7	+3.0	+2.7		
	有り	停止							+2.9	+1.6	+2.8	+2.4			

第 1.6-2-1 表 入力津波の評価条件（津波高さに関わる荷重因子）（5 / 6）

因子	検討対象 基準津波	入力津波に対する影響要因					設定位置における水位(EL m)		
		地形変化 防波堤	潮位変動		地震による 地殻変動	管路状態		取水口	
			朔望平均 潮位 (m)	潮位の ばらつき (m)		貝付着	ポンプ 状態	東	西
取水口 最低水位	日本海東縁部	基準津波 1	有り	EL-0.02	EL-0.17	隆起0.34m を考慮	管路解析対象外	-5.5	-5.5
			無し					-6.4	-6.4
		基準津波 3	有り					-5.0	-5.0
		基準津波 6	無し					-6.5	-6.4
	海域活断層	基準津波 4	有り					-4.1	-4.0
			無し					-4.3[-4.25]	-4.3[-4.27]
		海域活断層 上昇側 最大ケース	有り					-3.4	-3.4
			無し					-3.6	-3.6

第 1.6-2-1 表 入力津波の評価条件（津波高さに関わる荷重因子）（6 / 6）

因子	検討対象 基準津波	入力津波に対する影響要因					設定位置における水位(EL m)			
		地形変化 防波堤	潮位変動		地震による 地殻変動(m)	管路状態		2号炉取水槽		
			朔望平均 潮位(m)	潮位の ばらつき(m)		貝付着	ポンプ 状態			
水路内 最低水位	日本海東縁部	基準津波 1	有り	EL-0.02	EL-0.17	隆起0.34m を考慮	有り	運転	-6.8	
							停止	-5.8		
			無し				運転	-6.5		
							停止	-5.8		
		基準津波 3	有り				運転	-8.2		
							停止	-5.9		
	基準津波 6	無し	有り				運転	-6.5		
							停止	-5.6		
		無し	運転				-6.5			
			停止				-5.7			
	海域活断層	基準津波 4	有り				有り	運転	-8.4[-8.31]	
								停止	-6.0	
			無し				有り	運転	-8.3	
								停止	-6.1	
		海域活断層 上昇側 最大ケース	有り				有り	運転	-6.1	
								停止	-4.8	
			無し				有り	運転	-6.1	
								停止	-5.0	
			有り				有り	運転	-6.4	
								停止	-5.0	
							無し	有り	運転	-6.5
									停止	-5.1
	無し		有り				運転	-5.1		
							停止	-4.4		
有り			有り	運転	-5.2					
				停止	-4.5					
	有り	有り	運転	-5.5						
			停止	-4.6						
	無し	有り	運転	-5.6						
			停止	-4.7						

第 1.6-2-2 表 入力津波の評価条件（津波高さ以外の荷重因子）

入力津波の種類	検討対象基準津波	評価位置	入力津波評価ケース					評価結果 (記載箇所・内容)	
			影響要因に関する評価条件						
			①潮位変動		②地殻変動	③地形変化 注3			
(1) 朔望平均潮位	(2) 潮位ばらつき	(1) 斜面崩壊、地盤変状 ○:健全(なし) ×:考慮(あり)	(2) 防波堤 ○:健全(あり) ×:損傷(なし)						
砂堆積高さ	基準津波1~6	港湾内	基準津波ごとの標準条件 注1	考慮なし	基準津波ごとの標準条件 注2	○	○ ×	資料2.5.2(1)項 (添付資料12) 堆積侵食分布図	
砂濃度		港湾内				○	○ ×	資料2.5.2(2)項 (添付資料14) 浮遊砂濃度時刻歴	
流向・流速 (流況)		港湾内				○	○	○ ×	資料2.5.2(3)項 軌跡シミュレーション 結果
		発電所沖合					○		
津波荷重 (波力)		港湾内, 港湾外				考慮あり	○	○ ×	資料4.1~4.3項 (添付資料26) 施設・設備の設計・評価 の方針及び条件
津波荷重 (水位)		港湾内, 港湾外					○	○ ×	
流向、流速、漂流物重量 (漂流物衝突力)	港湾内, 港湾外	考慮なし	○	○	○ ×	資料4.1.4.2項 (添付資料18, 21) 施設・設備の設計・評価 の方針及び条件			
				×					

注1: 水位上昇側の影響評価を目的として策定する基準津波の場合は、朔望平均満潮位を考慮
 水位下降側の影響評価を目的として策定する基準津波の場合は、朔望平均干潮位を考慮
 注2: 起因となる地震により生じる地殻変動を考慮
 注3: 影響がない場合は、現地形(○:健全)を代表条件とする

2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.5.1 非常用海水冷却系の取水性

【規制基準における要求事項等】

非常用海水冷却系の取水性については、次に示す方針を満足すること。

- ・基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。
- ・基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保できる設計であること。

【検討方針】

基準津波による水位の低下に対して、非常用海水冷却系の海水ポンプである原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプが機能保持できる設計であることを確認する。

また、基準津波による水位の低下に対して、非常用海水冷却系による冷却に必要な海水が確保できる設計であることを確認する。

具体的には、以下のとおり実施する。

- ・原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ位置の評価水位の算定を適切に行うため、取水路の特性に応じた手法を用いる。また、取水路の管路の形状や材質、表面の状況に応じた摩擦損失を設定する。
- ・原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの取水可能水位が下降側評価水位を下回る等、水位低下に対して同ポンプが機能保持できる設計となっていることを確認する。
- ・引き波時に水位が取水可能水位を下回る場合には、下回っている時間において、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの継続運転が可能な貯水量を十分確保できる設計となっていることを確認する。

なお、取水路または取水槽が循環水系と非常用海水冷却系で併用される場合においては、循環水系運転継続等による取水量の喪失を防止できる措置が施される方針であることを確認する。

【検討結果】

引き波による水位の低下に対して、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプが機能保持でき、かつ、同系による冷却に必要な海水が確保できる設計とする。

具体的には、引き波による水位低下時においても、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの取水可能水位を下回らないことを確認する。

ここで、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの位置における津波高さの算出にあたっては、基準津波による水位の低下に伴う取水路の

特性を考慮した原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ位置の評価水位（取水槽内の津波高さ）を適切に算定するため、開水路及び管路において非定常管路流の連続式及び運動方程式を用いて管路解析を実施する。また、その際、取水口から取水槽に至る系をモデル化し、管路の形状、材質及び表面の状況に応じた摩擦損失を考慮し、計算結果に潮位のばらつきの加算や安全側に評価した値を用いる（「1.4 入力津波の設定」参照）。

以上のことから、管路解析により得られた基準津波による取水槽内の水位下降側の入力津波高さは第 2.5-1-1 図に示すとおり、基準津波 6（循環水ポンプ運転時：EL-8.4m (EL-8.31m)）となる。これに対して、長尺化を実施した原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの取水可能水位は各々 EL-8.32m, EL-8.85m^{*}であり、水位低下に対して裕度がない。そのため、大津波警報が発令された場合は、プラントを停止し、復水器により崩壊熱を除去するが、気象庁より発表される第一波の到達予想時刻の 5 分前までに運転員による手動操作で循環水ポンプを停止し、サブプレッションチェンバを使用した崩壊熱除去に切り替える。循環水ポンプの停止操作については、手順の整備と運転員への教育訓練により確実に実施し、原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な海水の喪失を防止する。なお、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波 4）は、敷地までの津波の到達時間が短いことから、循環水ポンプ運転条件も考慮する。

以上の結果、基準津波による取水槽内の水位下降側の入力津波高さは第 2.5-1-2 図に示すとおり、基準津波 4（循環水ポンプ運転時：EL-6.5m）となり、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの取水可能水位は、取水槽内の水位下降側の入力津波高さに対し、約 1.8m の余裕がある。なお、実機海水ポンプを用いた試験により、海水ポンプのベルマウス下端(EL-9.3m)付近まで取水が可能であることを確認しており、その内容を参考として添付資料 32 に示す。

また、ポンプ長尺化に伴うベルマウス下端と取水槽下端のクリアランスについては、日本機械学会基準「ポンプの吸込水槽の模型試験法」(JSME S 004-1984) に示されるベルマウス径(750mm)の 1/2 以上のクリアランス(375mm 以上)を満足するよう、500mm としている。なお、長尺化前のクリアランスは 400mm であり、ポンプの取水性に関わる不具合は確認されていない。

ポンプ長尺化に伴うベルマウス下端への耐震サポート設置による影響については、実機性能試験等によりポンプ性能に影響を及ぼさないことを確認している（添付資料 32）。

※ 原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの取水可能水位
 原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの取水可能水位
 は， 日本機械学会基準「ポンプの吸込水槽の模型試験法」(JSME S 004-1984)
 に基づき， 以下の数式によって算出している（参考図参照）。

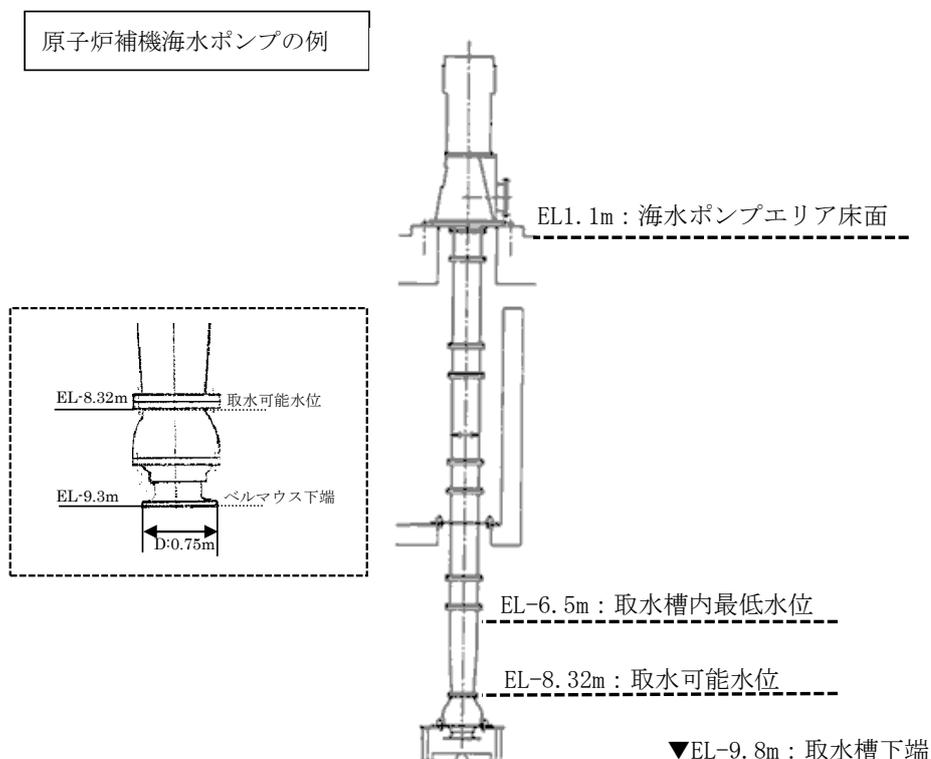
$$H = H_0 + 1.3 \times D_0$$

H : 取水可能水位

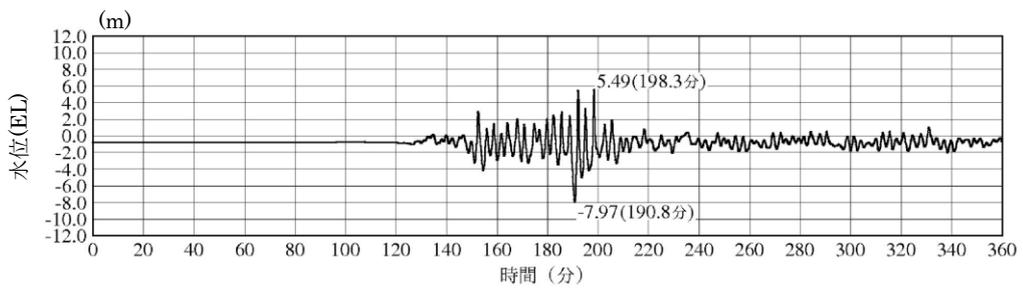
H₀ : ベルマウス下端高さ

D₀ : ポンプ吸込口径（ベルマウス径）

	ベルマウス 下端高さ H ₀	ポンプ吸込口径 (ベルマウス径) D ₀	取水可能水位 H
原子炉補機海水 ポンプ	EL-9.3m	0.75m	EL-8.32m
高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ	EL-9.3m	0.34m	EL-8.85m

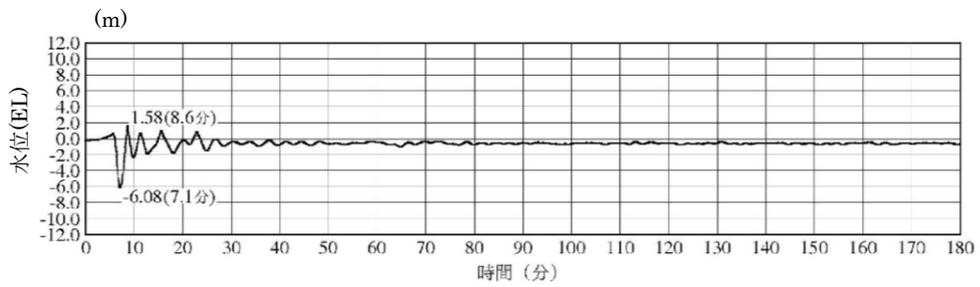


参考図 非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位



※最大水位下降量-7.97m-地殻変動量 0.34m \div EL-8.4m
 2号炉取水槽（入力津波 6，防波堤無し，循環水ポンプ運転）

第2.5-1-1図 取水槽内の水位変動



※最大水位下降量-6.08m-地盤変動量 0.34m \div EL-6.5m
 2号炉取水槽（入力津波 4，防波堤無し，循環水ポンプ運転）

第2.5-1-2図 取水槽内の水位変動

津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて

津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについては、平面二次元モデルを用いており、基礎方程式は非線形長波（浅水理論）に基づく。基礎方程式及び計算条件を図1及び表1に示す。なお、解析には基準津波の評価において妥当性を確認した数値シミュレーションプログラムを用いた。

計算領域については、対馬海峡付近から間宮海峡付近までの日本海全域である。東西方向約1,300km、南北方向約2,100kmを設定した。

計算格子間隔については、敷地に近づくにしたがって最大800mから最小6.25mまで徐々に細かい格子サイズを用い、津波の挙動が精度よく計算できるよう適切に設定した。敷地近傍及び敷地については、海底・海岸地形、敷地の構造物等の規模や形状を考慮し、格子サイズ6.25mでモデル化している。なお、文献1)、2)によると「最小計算格子間隔は10m程度より小さくすることを目安とする」との記載があることから、格子サイズ6.25mは妥当である。

地形のモデル化にあたっては、最新の地形データを用いることとし、海域では一般財団法人日本水路協会(2011)、一般財団法人日本水路協会(2008～2011)、深淺測量等による地形データを用い、陸域では、国土地理院(2013)等による地形データ等を用いた(表2)。また、取水路・放水路等の諸元及び敷地標高については、発電所の竣工図等を用いた。なお、敷地は防波壁に囲まれており、敷地への遡上域はほとんどない。

数値シミュレーションに用いた計算領域とその水深及び計算格子分割を図2に示し、津波水位評価地点の位置を図3に示す。防波堤については、水位がその天端を超える場合に本間公式(1940)を用いた。計算方法について、図4に示す。

数値シミュレーションの初期条件となる海底面の鉛直変位については、Mansinha and Smylie(1971)の方法によって計算した。(参考参照)

数値シミュレーションのフロー及び地盤変動量の考慮について図5に示す。図5に示すとおり、地殻変動も地形に反映して数値シミュレーションを実施している。なお、潮位は数値シミュレーションにより得られた水位変動量に考慮する。

上記を用いた数値シミュレーション手法及び数値解析プログラムについては、土木学会(2016)に基づき、既往津波である1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖地震津波の再現性を確認し、津波の痕跡高と数値シミュレーションによる津波高との比から求める幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ が、再現性の指標である $0.95 < K < 1.05$ 、 $\kappa < 1.45$ を満足していることから妥当なものと判断した(図6, 図7)。

1) 確率論的手法に基づく基準津波算定手引き, 独立行政法人原子力安全基盤機構, p. 84, 2014

2) 津波浸水想定の設定の手引き, 国土交通省水管理・国土保全局海岸室他, p. 31, 2012

$$\frac{\partial(\eta - \zeta)}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

t : 時間	x, y : 平面座標
η : 静水面から鉛直方向にとった水位変動量	
ζ : 海底の鉛直変位	
M : x 方向の線流量	N : y 方向の線流量
D : 全水深 (D=h+ η)	h : 静水深
n : マニングの粗度係数	g : 重力加速度

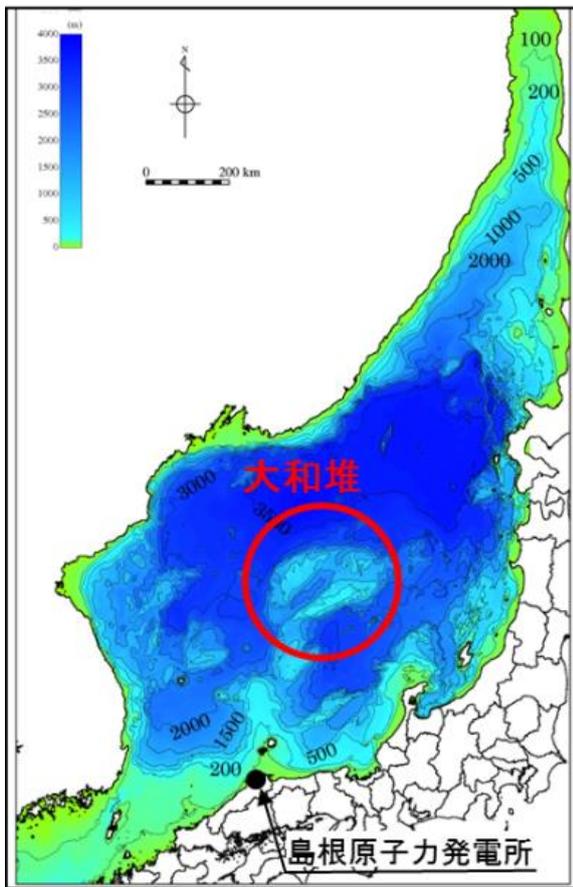
図 1 基礎方程式

表 1 計算条件

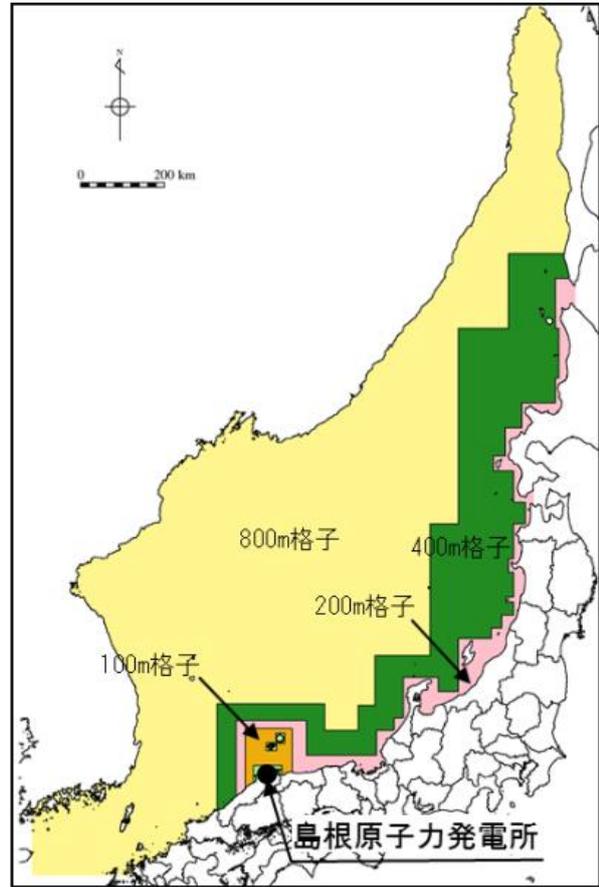
項目	計算条件
計算領域	日本海全体 (南北約 2,100km, 東西約 1,300km)
計算時間間隔	0.05 秒
基礎方程式	非線形長波
沖合境界条件	開境界部分は自由透過, 領域結合部は, 水位と流速を接続
陸岸境界条件	静水面より上昇する津波に対しては完全反射条件, または小谷ほか(1998)の遡上条件とする。静水面より下降する津波に対しては小谷ほか(1998)の移動境界条件を用いて海底露出を考慮する。
初期条件	地震断層モデルを用いて Mansinha and Smylie(1971)の方法により計算される海底地盤変位が瞬時に生じるように設定
海底摩擦	マニングの粗度係数 0.03 m ^{-1/3} s
水平渦動粘性係数	0m ² /s
計算潮位	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上昇側評価 : T.P.+0.46m ・ 下降側評価 : T.P.-0.02m
地盤変動条件	「初期条件」において設定した海底地盤変位による地盤変動量を考慮する。
計算時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本海東縁部 : 地震発生後 6 時間まで ・ 海域活断層 : 地震発生後 3 時間まで

表2 地形データ

区分	名称	名称	作成者	作成年	備考
海域	M7000シリーズ	M7009 北海道西部	日本水路協会	2008	日本近海の水深データ作成に使用
		M7010 秋田沖		2008	
		M7011 佐渡		2011	
		M7012 若狭湾		2008	
		M7013 隠岐		2008	
		M7014 対馬海峡		2009	
		M7015 北海道北部		2008	
		M7024 九州西岸海域		2009	
	数値地図50mメッシュ	数値地図50mメッシュ(標高)日本-I	国土地理院	1994	日本沿岸の海岸線地形の作成に使用
		数値地図50mメッシュ(標高)日本-II	国土地理院	1997	
		数値地図50mメッシュ(標高)日本-III	国土地理院	1997	
		数値地図25000(行政界・海岸線)	国土地理院	2006	
	その他	JTOPO30	日本水路協会	2011	日本近海の水深データ作成に使用
		J-EGGS500	日本海洋データセンター	2002	日本近海の水深データ作成に使用
		GEBCO30	IOC and IHO	2010	日本近海以外の水深データ作成に使用
深淺測量等		中国電力㈱	1998~2015	深淺測量(1998年)の水深データに、以下の工事を反映した。 ・防波堤工事(2007年) ・3号护護岸工事(2010年) ・3号炉取水口堰設置工事(2015年)	
陸域	5mメッシュ標高、10mメッシュ標高	国土地理院	2014	敷地周辺瀬上領域範囲の陸地標高作成に使用	

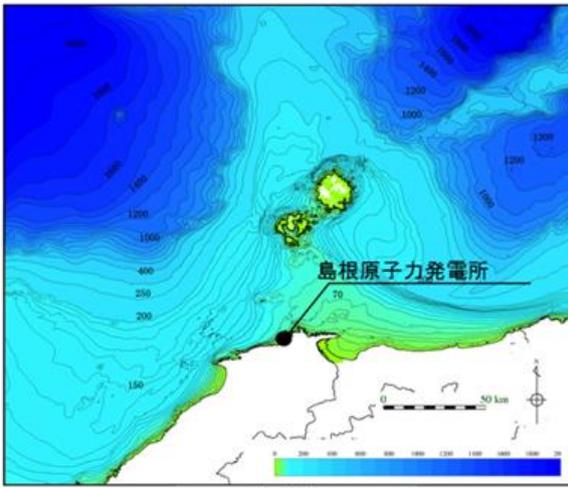


海底地形

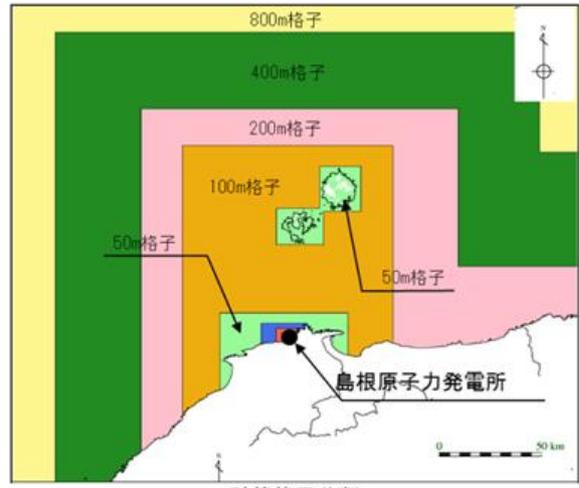


計算格子分割

図2(1) 水深と計算格子分割 (日本海全域)

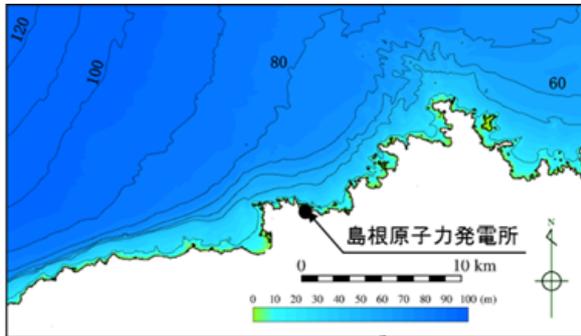


海底地形

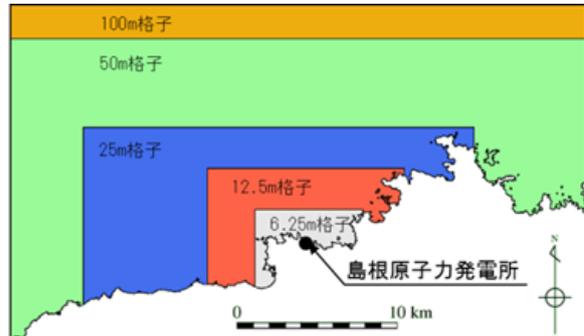


計算格子分割

図 2 (2) 水深と計算格子分割 (隠岐諸島～島根半島)



海底地形



計算格子分割

図 2 (3) 水深と計算格子分割 (島根原子力発電所周辺)

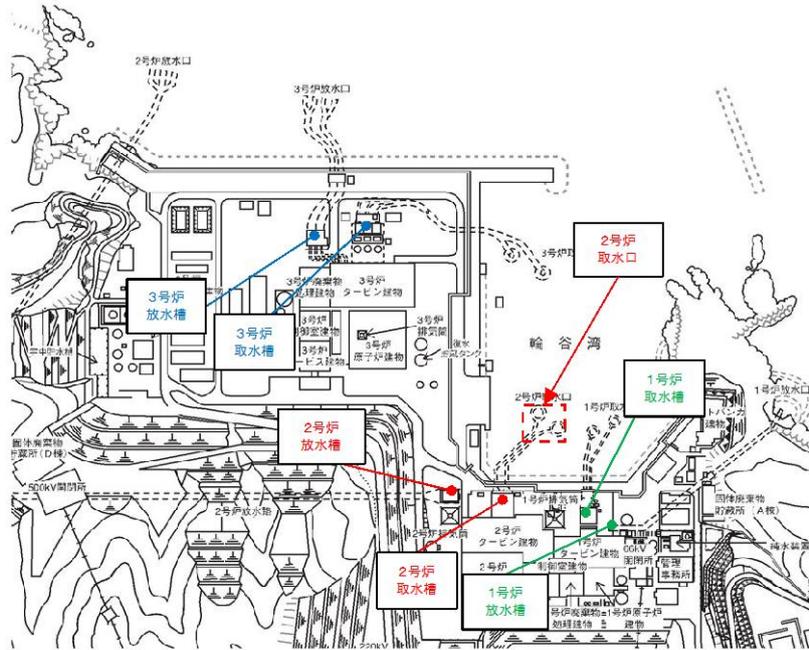


図3 津波水位評価地点

・本間公式 (本間 (1940))

防波堤については、水位がその天端を超える場合に本間公式を用いて越流量を計算する。天端高を基準とした堤前後の水深を h_1 , h_2 ($h_1 > h_2$) としたとき、越流量 q は下記のとおりである。

$q = \mu h_1 \sqrt{2gh_1}$ <p>(潜り越流)</p> $q = \mu' h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ <p>ここに、$\mu = 0.35$, $\mu' = 2.6\mu$, 重力加速度 g</p>	$h_2 \leq \frac{2}{3} h_1$ $h_2 > \frac{2}{3} h_1$	
---	---	--

図4 本間公式

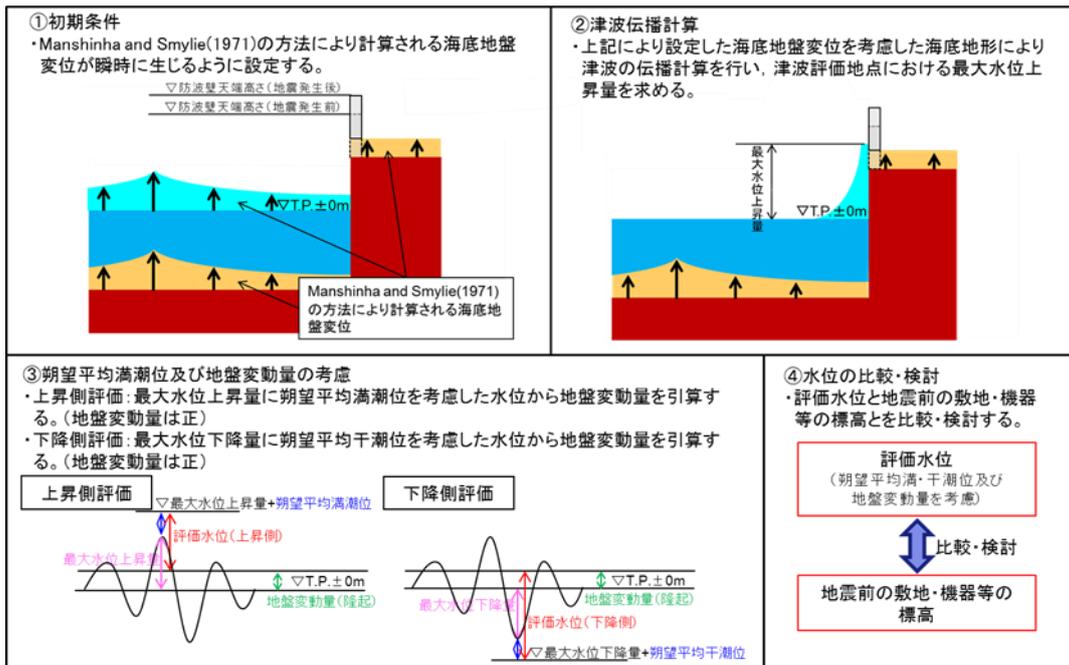


図5(1) 地盤変動量の概念図(水位上昇側)

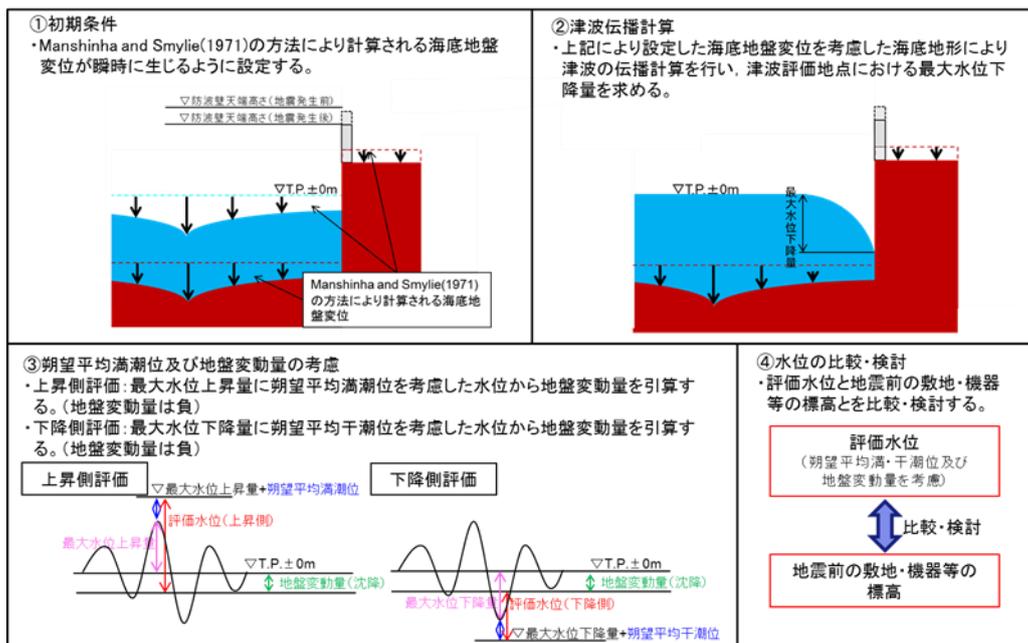


図5(2) 地盤変動量の概念図(水位下降側)

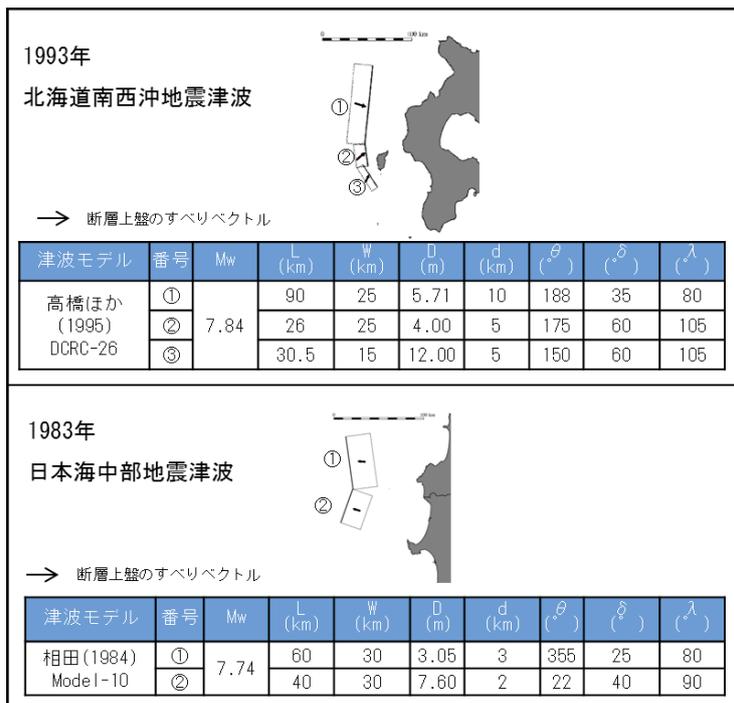


図6 既往津波の断層モデル

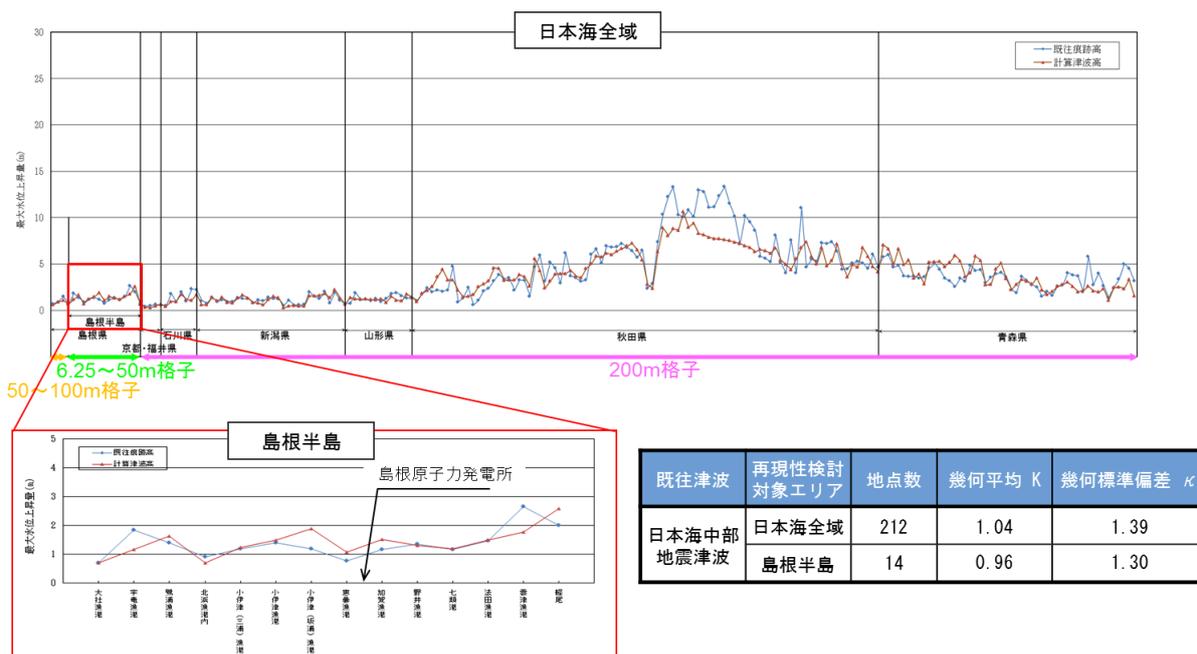


図7(1) 既往津波の再現性 (日本海中部地震津波)

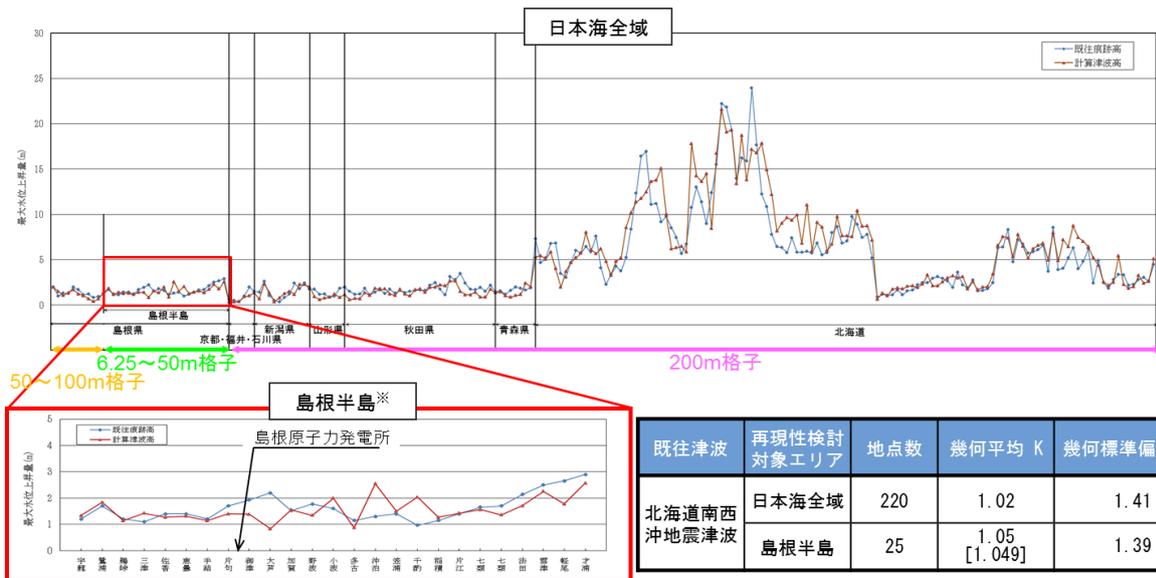


図 7 (2) 既往津波の再現性 (北海道南西沖地震津波)

【参考】Mansinha and Smylie(1971)の方法

津波伝播計算の初期条件として、海底面の鉛直変位分布を設定する必要がある。この鉛直変位分布については、地震発生地盤が等方で均質な弾性体であると仮定して地震断層運動に伴う周辺地盤の変位分布を計算するMansinha and Smylie(1971)の方法が用いられていることから、Mansinha and Smylie(1971)の方法について下記に示す。

Strike slip (すべり量 : D_s) による x_3 方向の変位量を U_{3s} , Dip slip (すべり量 : D_d) によるそれを U_{3d} として、任意の点 (x_1, x_2, x_3) における変位は次式の定積分で与えられる。ここで定積分の範囲は断層面 $\{(\xi_1, \xi) \mid -L \leq \xi_1 \leq L, h_1 \leq \xi \leq h_2\}$ である。

$$12\pi \frac{U_{3s}}{D_s} = \left[\begin{aligned} & \cos \delta \{ \ell n(R + r_3 - \xi) + (1 + 3 \tan^2 \delta) \ell n(Q + q_3 + \xi) \\ & - 3 \tan \delta \sec \delta \cdot \ell n(Q + x_3 + \xi_3) \} + \frac{2r_2 \sin \delta}{R} \\ & + 2 \sin \delta \frac{(q_2 + x_2 \sin \delta)}{Q} - \frac{2r_2^2 \cos \delta}{R(R + r_3 - \xi)} \\ & + \frac{4q_2 x_3 \sin^2 \delta - 2(q_2 + x_2 \sin \delta)(x_3 + q_3 \sin \delta)}{Q(Q + q_3 + \xi)} \\ & + 4q_2 x_3 \sin \delta \frac{\{(x_3 + \xi_3) - q_3 \sin \delta\}}{Q^3} - 4q_2^2 q_3 x_3 \cos \delta \sin \delta \frac{2Q + q_3 + \xi}{Q^3(Q + q_3 + \xi)^2} \end{aligned} \right] \Bigg|$$

$$12\pi \frac{U_{3d}}{D_d} = \left[\begin{aligned} & \sin \delta \left[(x_2 - \xi_2) \left\{ \frac{2(x_3 - \xi_3)}{R(R + x_1 - \xi_1)} + \frac{4(x_3 - \xi_3)}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} \right. \right. \\ & \left. \left. - 4\xi_3 x_3 (x_3 + \xi_3) \left(\frac{2Q + x_1 - \xi_1}{Q^3(Q + x_1 - \xi_1)^2} \right) \right\} - 6 \tan^{-1} \left\{ \frac{(x_1 - \xi_1)(x_2 - \xi_2)}{(\ell + x_3 + \xi_3)(Q + \ell)} \right\} \right. \\ & \left. + 3 \tan^{-1} \left\{ \frac{(x_1 - \xi_1)(r_3 - \xi)}{r_2 R} \right\} - 6 \tan^{-1} \left\{ \frac{(x_1 - \xi_1)(q_3 + \xi)}{q_2 Q} \right\} \right] \\ & + \cos \delta \left[\ell n(R + x_1 - \xi_1) - \ell n(Q + x_1 - \xi_1) - \frac{2(x_3 - \xi_3)^2}{R(R + x_1 - \xi_1)} \right. \\ & \left. - \frac{4\{(x_3 + \xi_3)^2 - \xi_3 x_3\}}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} - 4\xi_3 x_3 (x_3 + \xi_3)^2 \left(\frac{2Q + x_1 - \xi_1}{Q^3(Q + x_1 - \xi_1)^2} \right) \right] \\ & \left. + 6x_3 \left[\cos \delta \sin \delta \left\{ \frac{2(q_3 + \xi)}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} + \frac{x_1 - \xi_1}{Q(Q + q_3 + \xi)} \right\} - q_2 \frac{(\sin^2 \delta - \cos^2 \delta)}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} \right] \right] \Bigg| \Bigg| \end{aligned}$$

ここに、 x_3 方向の変位 u_3 は、

$$u_3 = U_{3s} + U_{3d}$$

である。

直交座標系 (x_1, x_2, x_3) として、図1のように断層面を延長し海底面と交わる直線（走向）に x_1 軸、断層面の長軸方向中央を通り x_1 軸と交わる点を原点(O)とし、水平面内に x_2 軸、鉛直下方に x_3 軸を取る。また、原点Oと断層面の中央を通る直線に ξ 軸を取り、 ξ 軸上の点を座標系 (x_1, x_2, x_3) で表わしたものを (ξ_1, ξ_2, ξ_3) とする (ξ 軸は $x_2 - x_3$ 平面内にある)。 ξ 軸と x_2 軸との成す角を δ とする。また、図2のようにすべりの方向と断層のなす角を λ 、すべりの大きさを D 、走向角を ϕ とする。

ここで、次のように変数を定めている。

$$\xi_2 = \xi \cos \delta$$

$$\xi_3 = \xi \sin \delta$$

$$R^2 = (x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 + (x_3 - \xi_3)^2$$

$$Q^2 = (x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 + (x_3 + \xi_3)^2$$

$$r_2 = x_2 \sin \delta - x_3 \cos \delta$$

$$r_3 = x_2 \cos \delta + x_3 \sin \delta$$

$$q_2 = x_2 \sin \delta + x_3 \cos \delta$$

$$q_3 = -x_2 \cos \delta + x_3 \sin \delta$$

$$h^2 = q_2^2 + (q_3 + \xi)^2$$

$$D_s = D \cdot \cos \lambda$$

$$D_d = D \cdot \sin \lambda$$

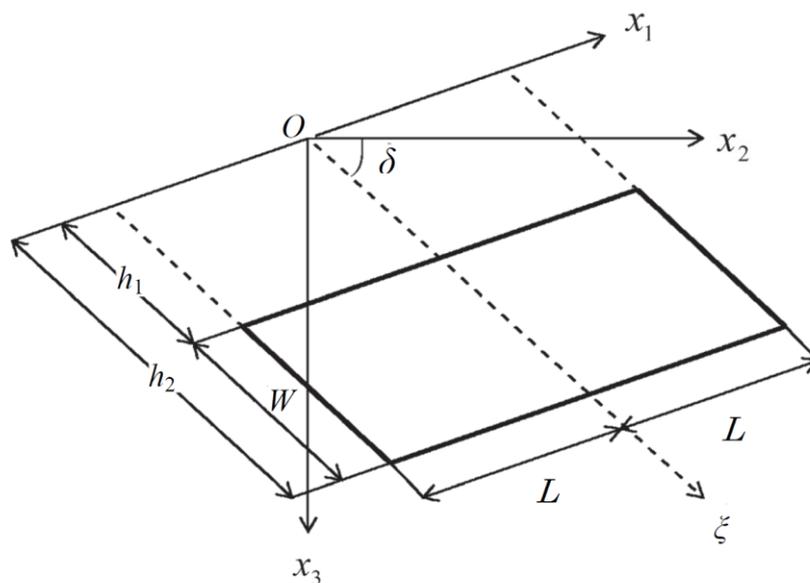


図1 断層モデルの座標系

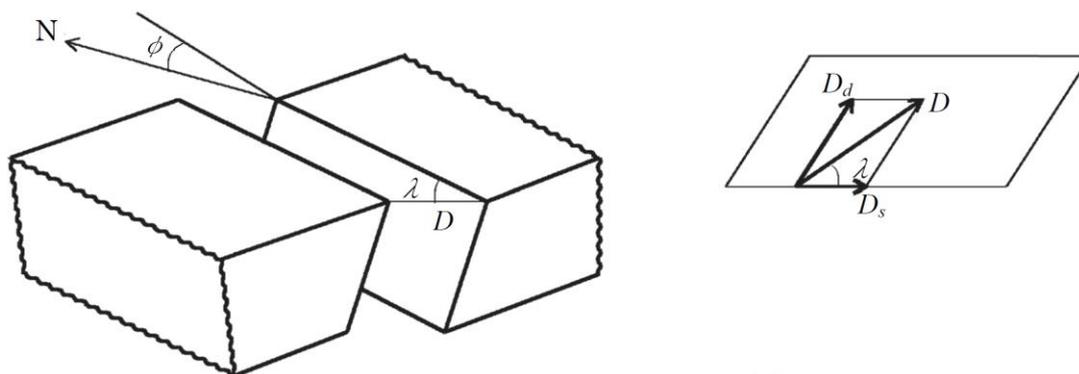


図2 断層パラメータの定義

地震時の地形等の変化による津波遡上経路への影響について

1. はじめに

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドの要求事項に基づき、以下の検討方針に従い、津波遡上経路に及ぼす影響について検討する。

【規制基準における要求事項等】

次に示す可能性があるかについて検討し、可能性がある場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

- 地震に起因する変状による地形、河川流路の変化
- 繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積による地形、河川流路の変化

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定する。具体的な入力津波の設定に当たっては、以下のとおりとする。

- 入力津波が各施設・設備の設計・評価に用いるものであることを念頭に、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、着目する荷重因子を選定した上で、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果を安全側に評価する。

【検討方針】

敷地への遡上及び流下経路上の地盤等について、地震・津波による地形、標高変化を考慮した津波評価を実施し、敷地への遡上経路に及ぼす影響及び入力津波の設定において考慮すべき地形変化について検討する。

- 基準地震動 S_s 及び基準津波による斜面崩壊の有無を検討し、崩壊が想定される場合には入力津波を設定する際の影響要因として設定する。
- 基準地震動 S_s による地盤変状を想定して入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。
- 基準地震動 S_s による損傷が想定される防波堤について入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。

2. 敷地周辺斜面の崩壊に関する検討

検討に当たっては、防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）は双方とも地山斜面（岩盤）に擦り付き、これらの地山が津波の敷地への地上部からの到達に対して障壁となっていることから、地山の耐震、耐津波設計上の位置付けも整理したうえで、基準地震動及び基準津波に対する健全性の確保について確認する。

（1）津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の地山範囲の特定について

敷地はEL+15.0mの防波壁に取り囲まれており、その両端部は地山に擦り付き、その地山は津波防護上の障壁となっている（図2-1）。

津波防護上の地山範囲は、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地EL+8.5m盤にあることを踏まえ、水位上昇側の基準津波の中で、防波壁（東端部）付近及び防波壁（西端部）付近において水位EL+8.5m以上が広範囲に分布する基準津波1（防波堤有り及び無し）の最大水位上昇量分布を基に検討する。水位上昇側の基準津波である基準津波1（防波堤有り及び無し）、基準津波2（防波堤有り）及び基準津波5（防波堤無し）の最大水位上昇量分布図を図2-2に示す。

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地EL+8.5m盤にあることを踏まえ、防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）における敷地への遡上の可能性のある水位EL+8.5m以上の最大水位上昇量分布を図2-3に示す。基準津波1（防波堤有り及び無し）の最大水位上昇量分布を踏まえ、津波防護上の地山範囲を図2-4に示すとおり特定した。

津波防護上の地山範囲における地形断面図を図2-5に示す。

防波壁（東端部）の地山は、南東側の標高が高く、幅が広がっている。A-A'断面（高さ：26m、幅：63m）は、B-B'断面（高さ：44m、幅：145m）及びC-C'断面（高さ：69m、幅：396m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象はA-A'断面付近の範囲とする。津波防護を担保する地山斜面の検討対象（A-A'断面付近）は、防波壁等に影響するおそれのある周辺斜面（赤枠）（「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）で審議済）に概ね対応する。

防波壁（西端部）の地山は、幅が広く、南西側の標高が高い。D-D'断面（高さ：27m、幅：139m）は、E-E'断面（高さ：56m、幅：208m）及びF-F'断面（高さ：77m、幅：185m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象はD-D'断面付近の範囲とする。津波防護を担保する地山斜面の検討対象（D-D'断面付近）は、防波壁等に影響するおそれのある斜面（赤枠）（「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）で審議済）に概ね対応する。なお、D-D'断面の西方の岬部分は、津波の敷地への到達に対して直接的な障壁となっていないことから、津波防護を担保する地

山斜面の検討対象外とし、岬の東側付根の入り江以東を検討対象とする。なお、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）の審査において、この断面は、表層の一部を厚さ約2m撤去する方針を示しているため、撤去する範囲を考慮し、以降の検討を実施する。

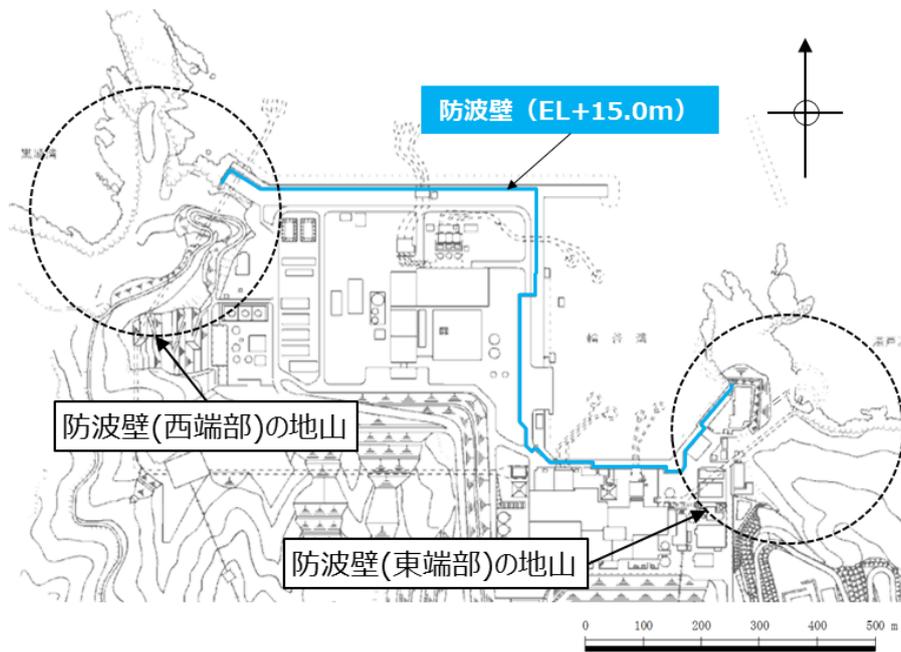


図 2 - 1 地山位置図

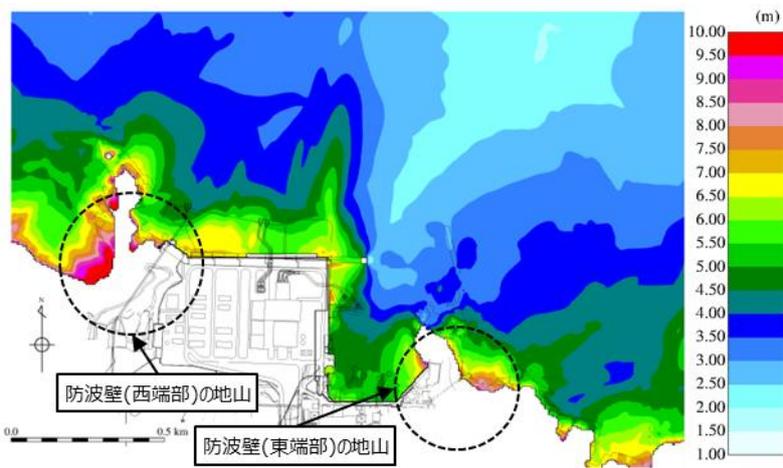


図 2 - 2 (1) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤有り)

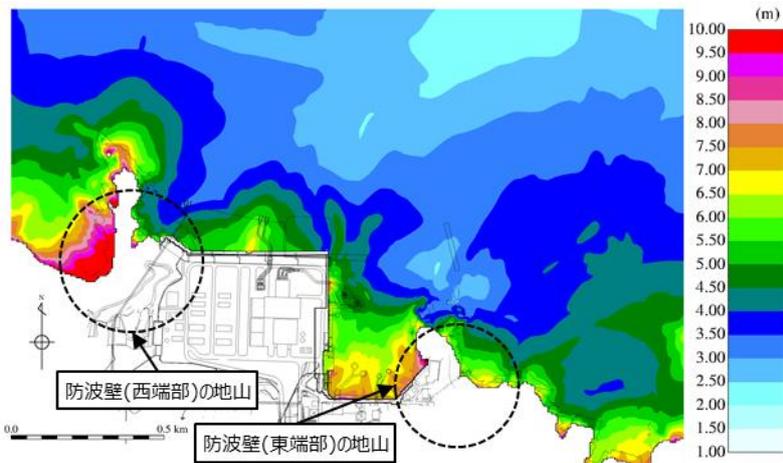


図 2 - 2 (2) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤無し)

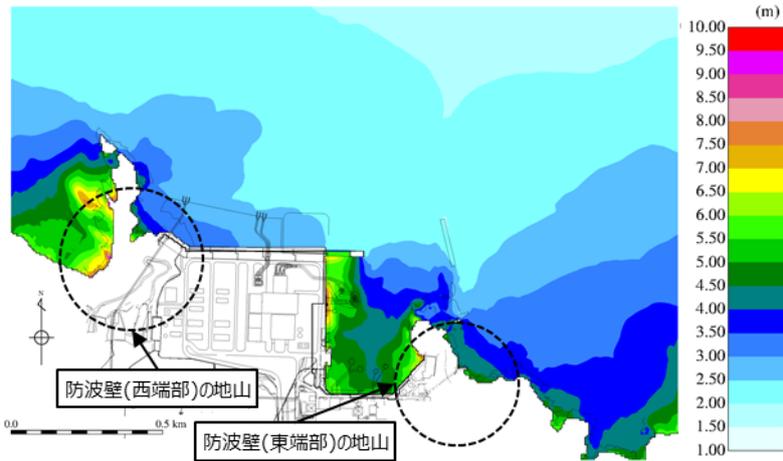


図 2 - 2 (3) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 2 : 防波堤有り)

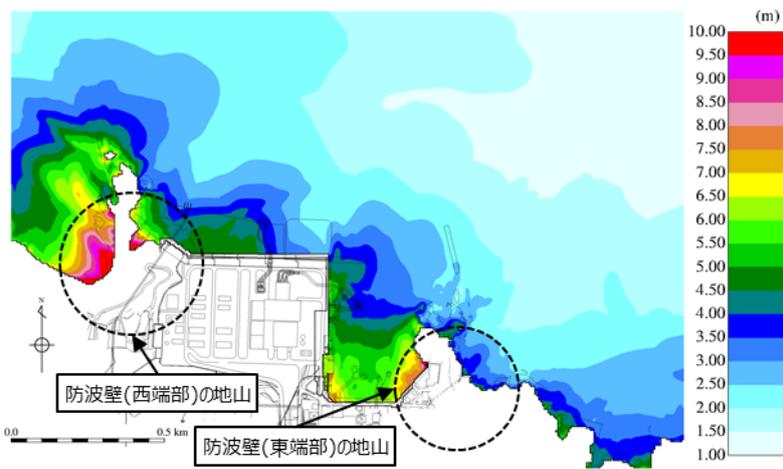


図 2 - 2 (4) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 5 : 防波堤無し)

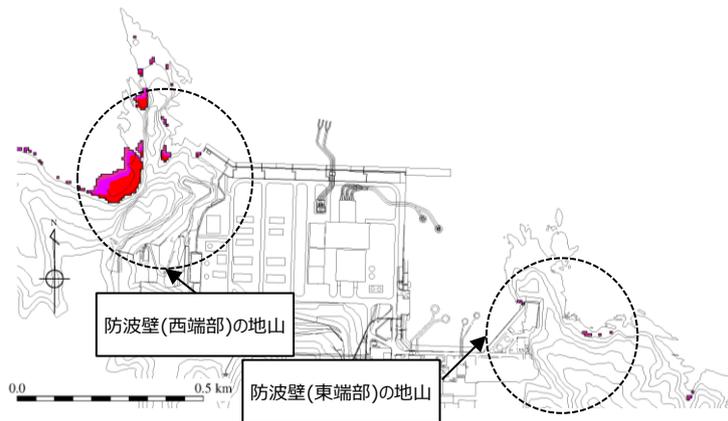


図 2 - 3 (1) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤有り)
(EL+8.5m以上表示)

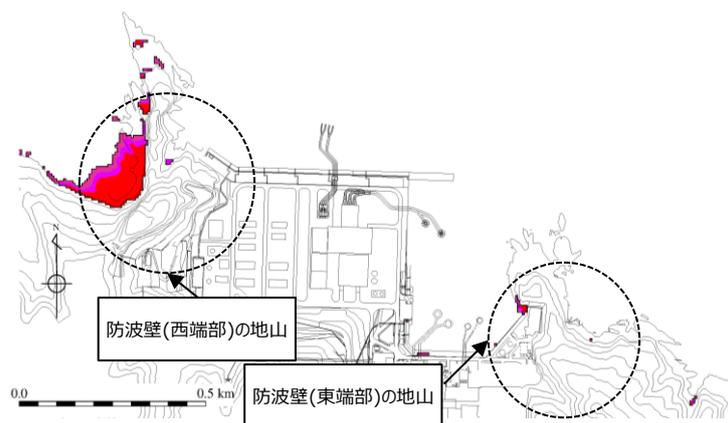


図 2 - 3 (2) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 1 : 防波堤無し)
(EL+8.5m以上表示)

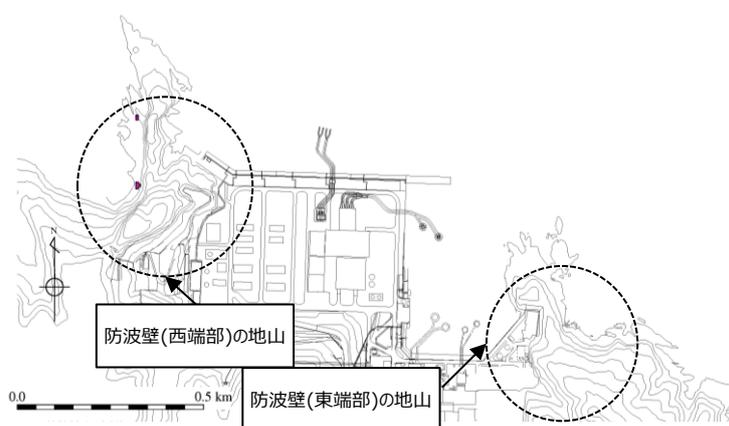


図 2 - 3 (3) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 2 : 防波堤有り)
(EL+8.5m以上表示)

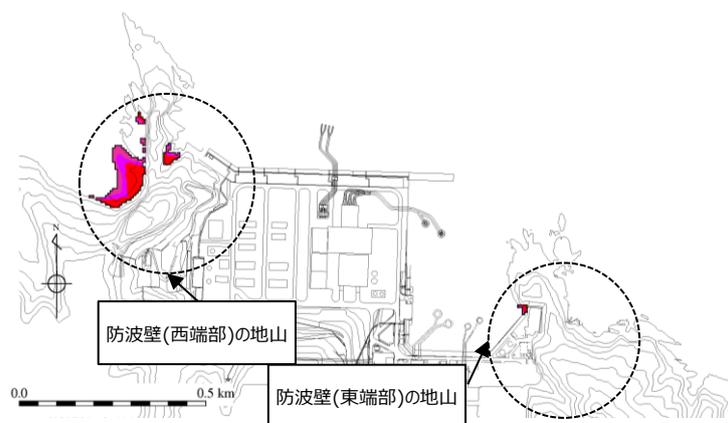
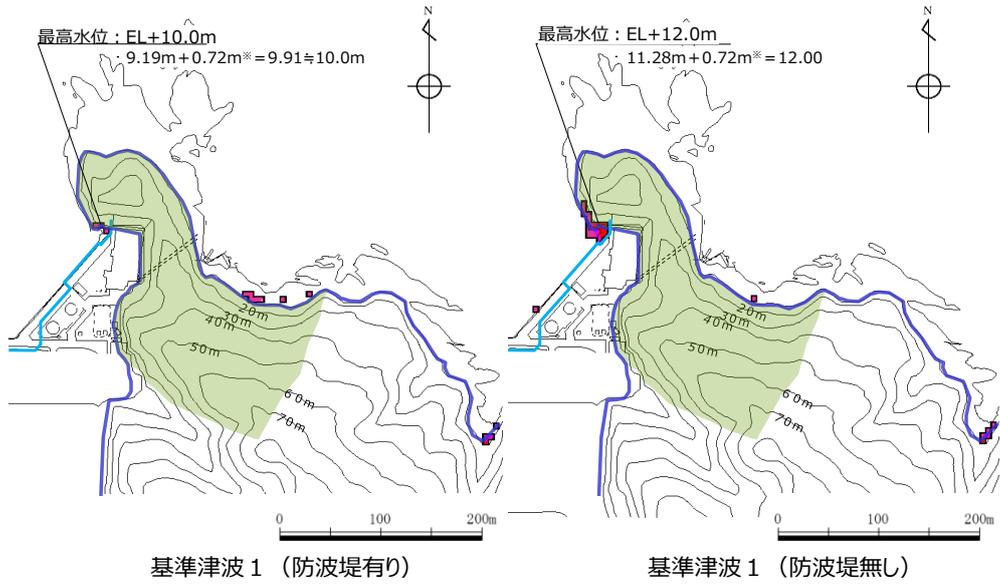
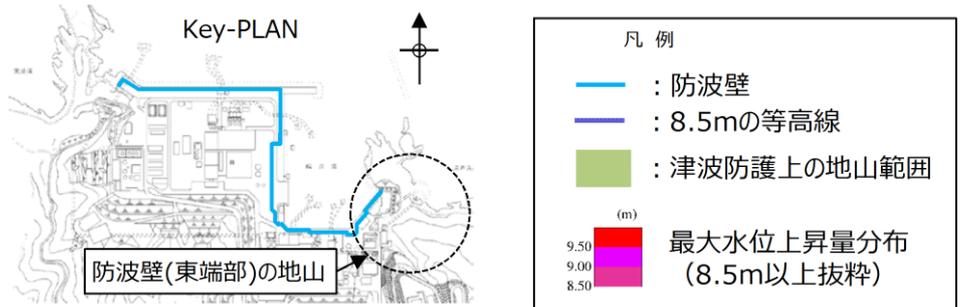
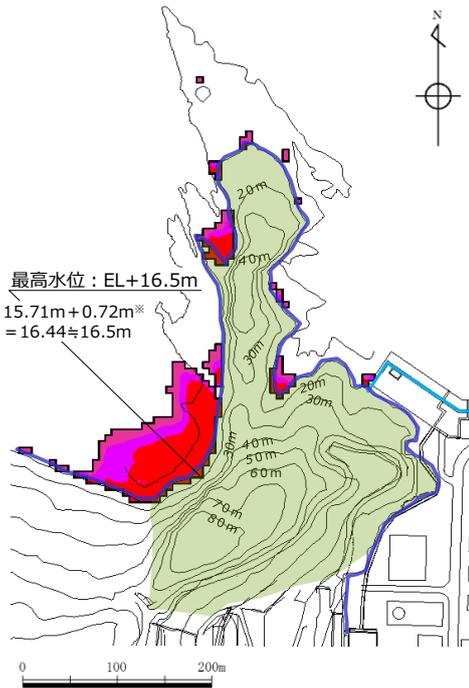
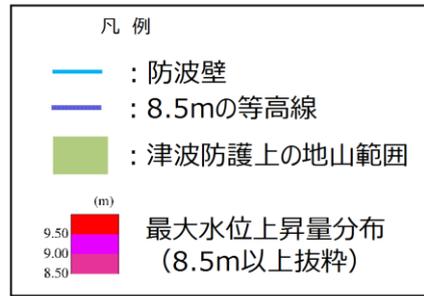
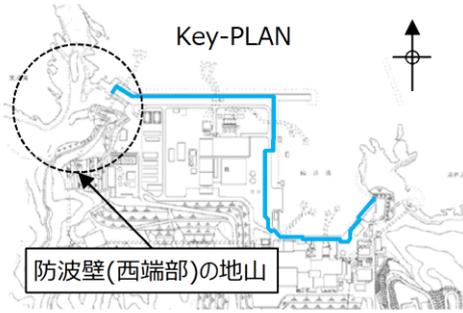


図 2 - 3 (4) 最大水位上昇量分布図 (基準津波 5 : 防波堤無し)
(EL+8.5m以上表示)

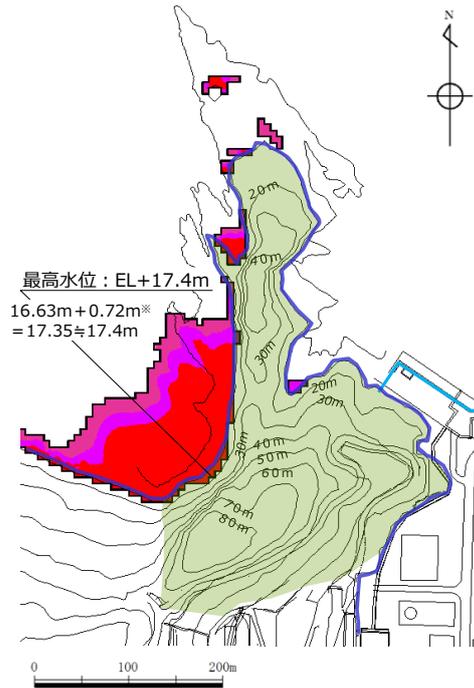


※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図2-4 (1) 防波壁 (東端部) の地山 : 基準津波1
 (左 防波堤有り, 右 防波堤無し)



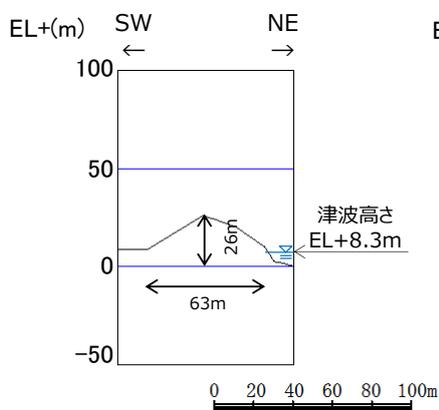
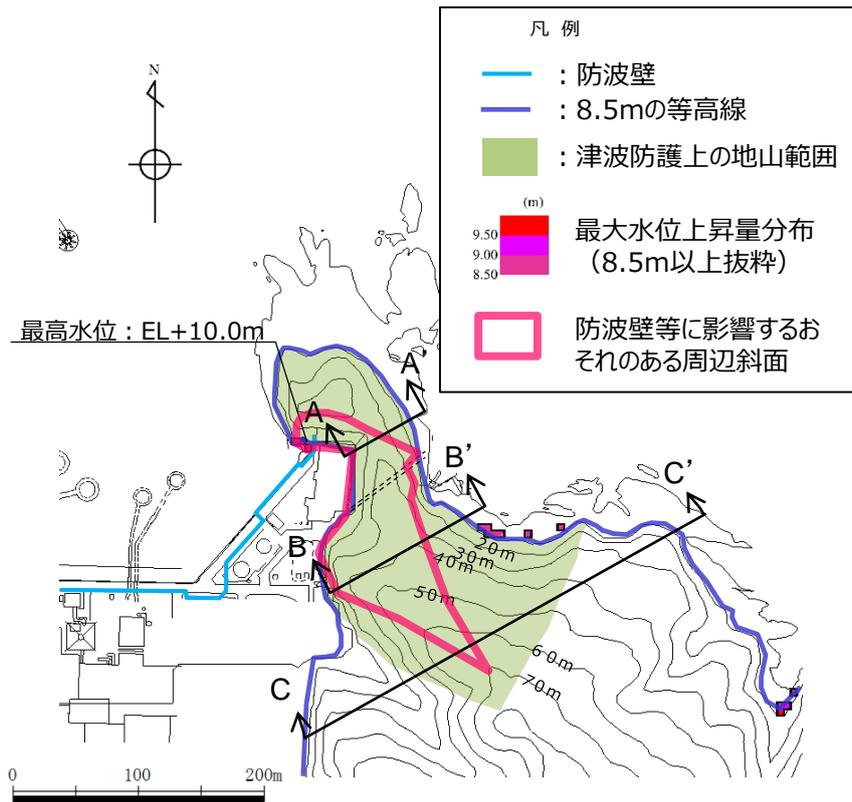
基準津波 1 (防波堤有り)



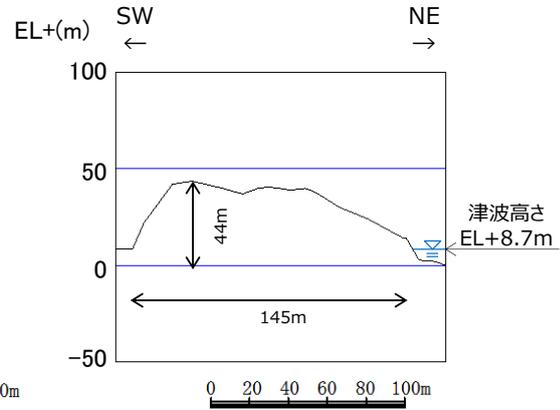
基準津波 1 (防波堤無し)

※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

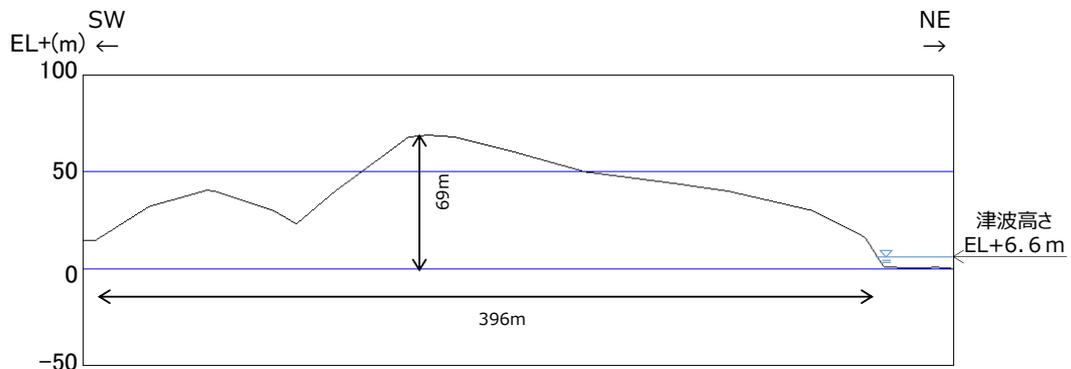
図 2 - 4 (2) 防波壁 (西端部) の地山 : 基準津波 1
 (左 防波堤有り, 右 防波堤無し)



A-A'断面

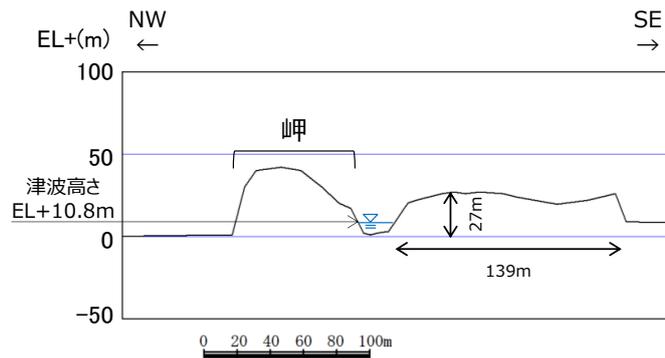
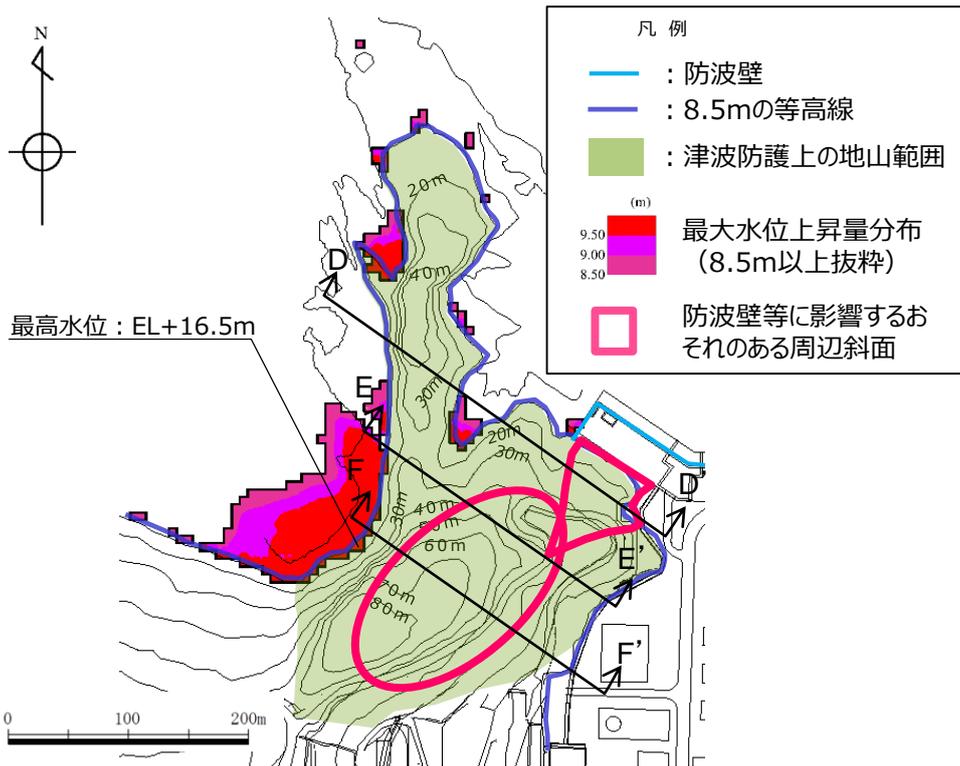


B-B'断面

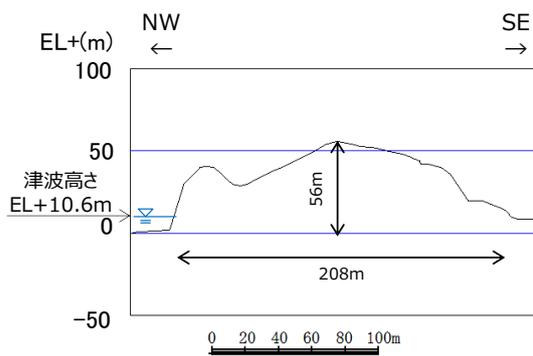


C-C'断面

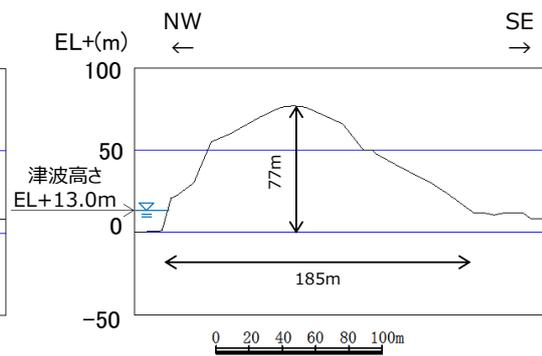
図2-5(1) 防波壁(東端部)の地形断面図



D-D'断面※



E-E'断面※



F-F'断面

※ 地形形状は、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)の礫質土・粘性土を切り取る前の形状。

図2-5(2) 防波壁(西端部)の地形断面図

(2) 地山の地質構造、防波壁擦り付け部の構造・仕様

津波防護上の地山の地質構造について述べるとともに、防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様について、以下に示す。

a. 敷地内の地質・地質構造

島根原子力発電所の敷地内の地質図を図2-6に示す。敷地内の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四系の崖錐堆積物等から構成される。敷地に分布する成相寺層は、下位より下部頁岩部層、火砕岩部層、上部頁岩部層の3つの部層に区分される。

防波壁（東端部）の地山においては、主として凝灰岩、凝灰角礫岩よりなる「火砕岩部層」及び黒色頁岩よりなる「上部頁岩部層」が分布し、安山岩の貫入が認められる。防波壁（西端部）の地山においては、「火砕岩部層」が分布する。

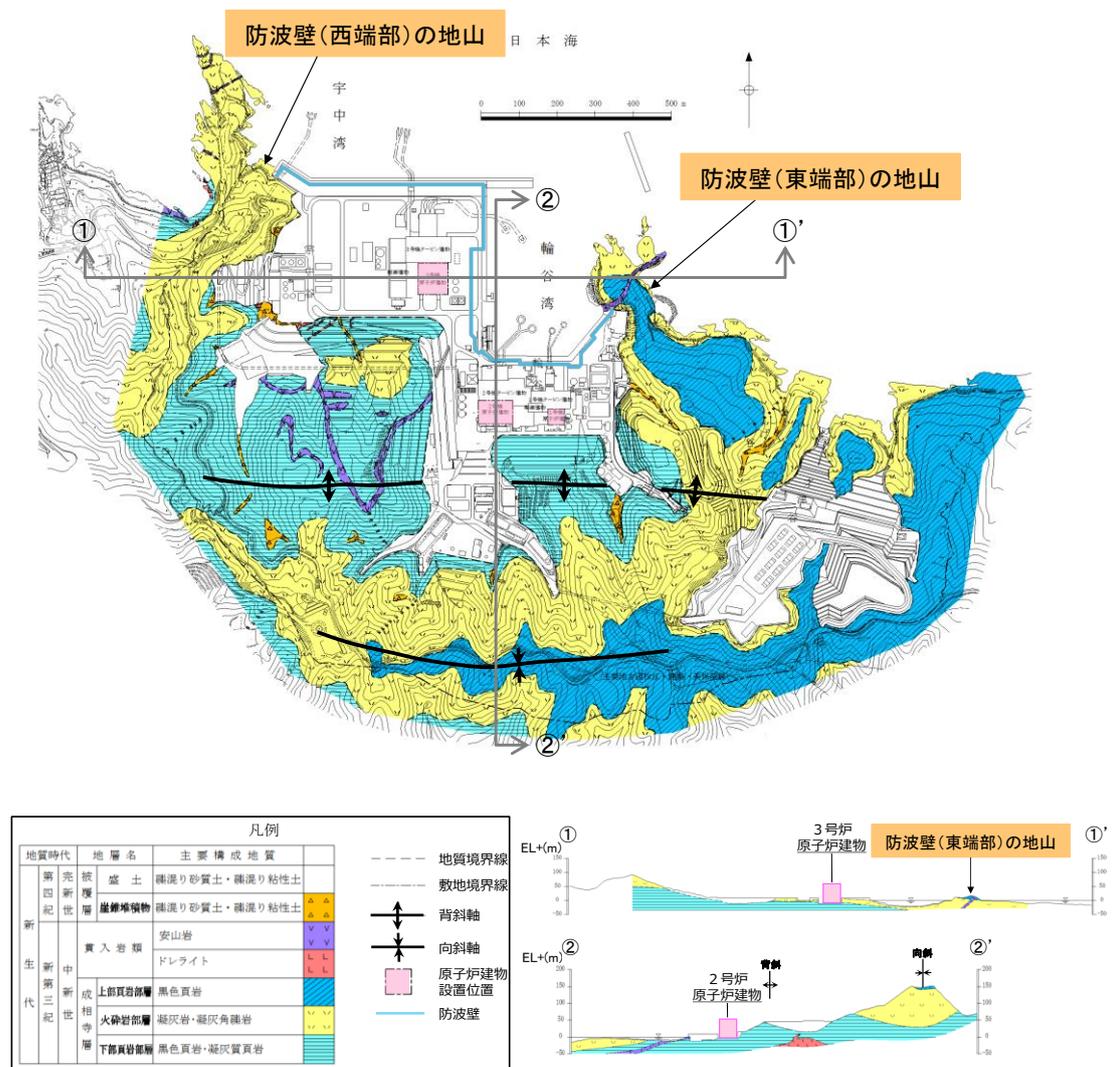


図2-6 島根原子力発電所敷地内地質図

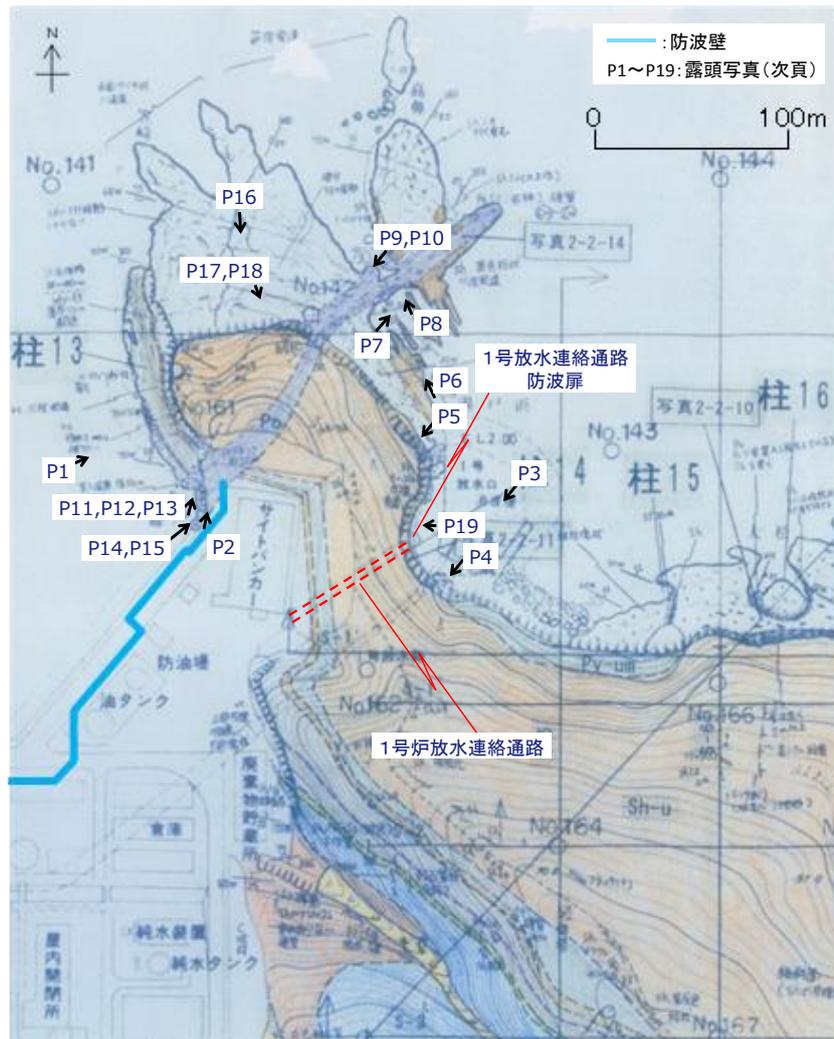
b. 防波壁（東端部）周辺の地質構造

防波壁（東端部）周辺のルートマップを図2-7に、露頭状況写真を図2-8に示す。なおルートマップは平成8年の調査で作成したものである。

防波壁（東端部）は、最高標高約35mの岬の一部を開削した法面に擦り付けている。この岬の海岸線沿いは全面露頭となっており、輪谷湾に面して高さ15m程度のほぼ垂直な崖が形成されている。地山は西北西走向、緩く北東に傾斜する火山礫凝灰岩及び黒色頁岩の互層からなり、北東走向の安山岩岩脈が認められ、露頭において断層構造や顕著な割れ目は認められない。岩盤表面は変質により褐色を呈する。岩質は堅硬であり、 $C_M \sim C_H$ 級である。

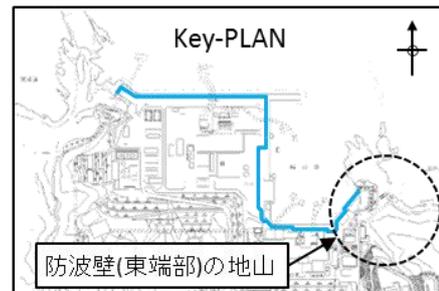
防波壁（東端部）周辺では、ボーリング調査を8本（No.142, 143, 161, 162, 164, 166, 602, 19E3）及び地表地質踏査を実施している。これらを踏まえて作成した防波壁（東端部）の全体的な地質・地質構造を示す地質断面図及び岩級断面図を図2-9に示す。

防波壁（東端部）の地山は、黒色頁岩及び凝灰岩が西北西走向、北東緩傾斜の互層をなす単斜構造からなり、ここに北西傾斜の安山岩が貫入する。尾根部では表層風化により $D \sim C_M$ 級を呈するが、地山のほとんどが C_H 級である。この斜面において、褶曲や断層といった地質構造は認められず、シームは認められない。また、地滑り地形も認められない。



地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号	凡例	
第四紀 完新世	盛土	bs	地質境界線	
	崖堆積物	tl		
新第三紀	真入岩類	ヒン岩	Po	層理面の走向・傾斜 ※(既往の調査)
		粗粒玄武岩	Bo	
	成層	上部黒色頁岩層	Sh-u	層理面の走向・傾斜
		最上部フローユニット	Py-um	真入面の走向・傾斜
		下部黒色頁岩層	Sh-l	断層面の走向・傾斜
		上部フローユニット	Py-u	写真位置 写真2-2-1
		緑色凝灰岩	Tfg	
		下部フローユニット	Py-l	柱1 露頭柱状図位置
		黒色頁岩ブロック	Shb	
		白垩紀	粗粒凝灰岩	Tfo
黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tf			
スランプ層	S&u		弾性波探査測線	
黒色頁岩・凝灰質頁岩互層	Sh/Tsh			
流紋岩質火砕岩	Ry		断面図作成位置	



ルートマップに用いた略号
 bk-Sh, Sh: 黒色頁岩
 c-ss: 粗粒砂岩
 msv: 塊状
 Po: 安山岩
 sdy-tf: 砂質凝灰岩
 ss-Cg: 砂質礫岩
 tf: 凝灰岩
 tf-Ss: 凝灰質砂岩
 vc: 火山礫凝灰岩

図2-7 防波壁(東端部)周辺のルートマップ



図 2 - 8 (1) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P1 防波壁 (東端部) 全景
 岩着部は尾根の先端を開削した法面に位置する。



図 2 - 8 (2) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P2 防波壁岩着部
 火山礫凝灰岩 (Lp) 及び安山岩 (An) , C_M ~ C_H 級岩盤からなる。



図 2 - 8 (3) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P3 防波壁 (東端部) 全景 (1 号炉放水口側)

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。



図 2 - 8 (4) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P4 斜面部

斜面部は黒色頁岩・凝灰岩の互層からなり、岩盤は直立し $C_M \sim C_H$ 級岩盤である。
凝灰岩の細粒部が選択的侵食を受け、凹凸組織を呈する。



図 2 - 8 (5) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P5 斜面端部

斜面端部は黒色頁岩・凝灰岩の互層， C_H 級である。



図 2 - 8 (6) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P6 安山岩岩脈 (An)

安山岩は黒色頁岩 (Sh)・凝灰岩 (Tf) に比べ侵食に対する強抵抗性を示し、海面から突出した地形をなす。

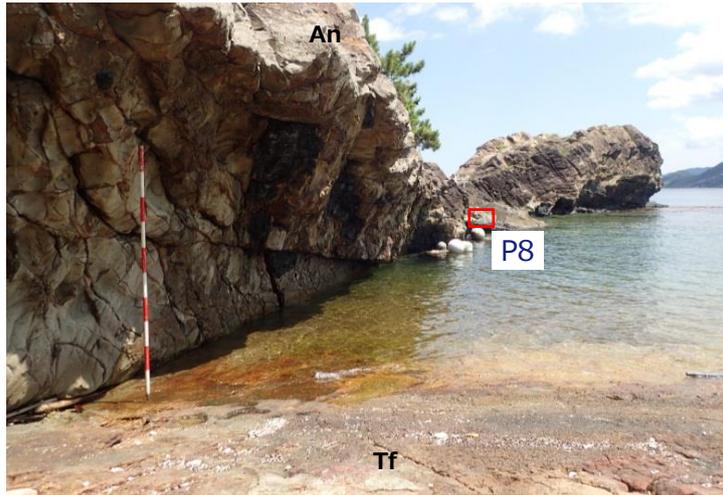


図 2 - 8 (7) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P7 安山岩岩脈下盤境界全景
 貫入境界下盤側の母岩 (黒色頁岩・凝灰岩) は侵食により削剥されている。

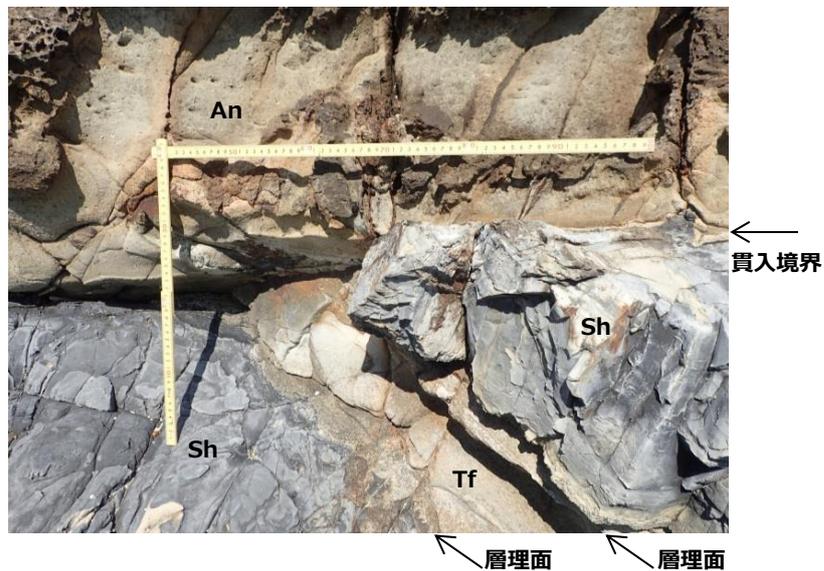


図 2 - 8 (8) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P8 安山岩岩脈下盤境界拡大
 貫入境界 (N40E 56N) は黒色頁岩・凝灰岩の層理面に斜交し，密着する。安山岩側
 に急冷縁あり。貫入境界付近に破碎構造は認められない。

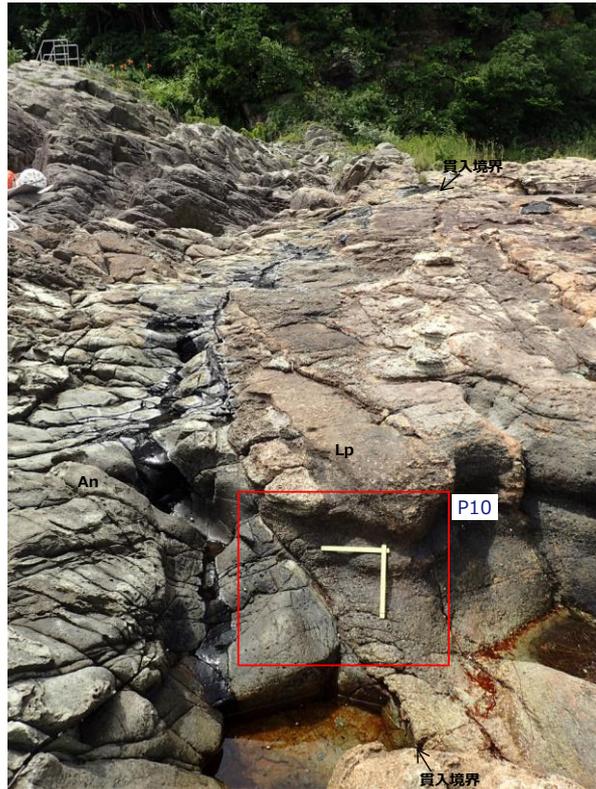


図 2 - 8 (9) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P9 安山岩岩脈 (An) 上盤境界
 貫入境界 (N48E 42N) は火山礫凝灰岩 (Lp) に密着する。

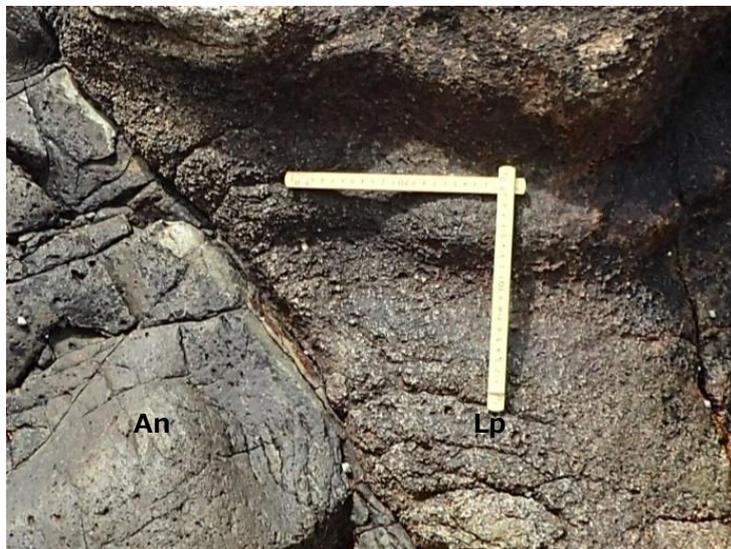


図 2 - 8 (1 0) 防波壁 (東端部) 露頭状況
 P10 貫入境界拡大 安山岩側に急冷縁あり。



図 2 - 8 (1 1) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P11 防波壁岩着部

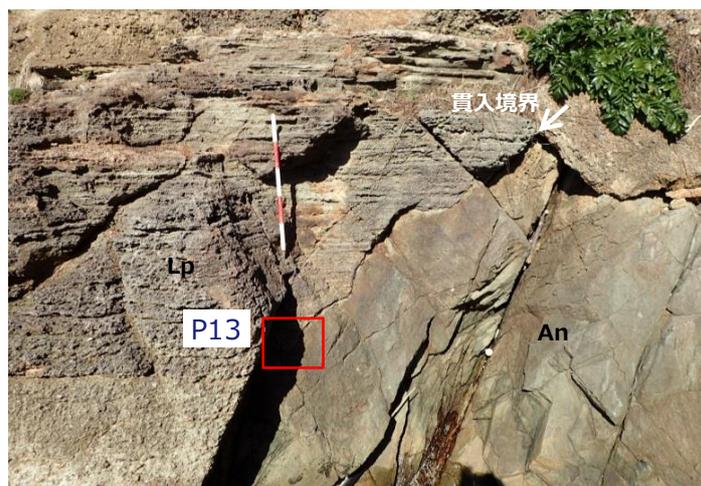


図 2 - 8 (1 2) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P12 安山岩岩脈 (An) 上盤境界

みかけ水平な層理の明瞭な火山礫凝灰岩 (Lp) に貫入境界が斜交する。火山礫凝灰岩の層理は整然としており、境界付近に破碎構造は認められない。

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。



図2-8 (13) 防波壁(東端部)露頭状況
 P13 安山岩岩脈上盤境界
 貫入境界は火山礫凝灰岩に密着し、安山岩側に急冷縁あり。



図2-8 (14) 防波壁(東端部)露頭状況
 P14 防波壁岩着部

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。



図2-8 (15) 防波壁(東端部)露頭状況
 P15 安山岩岩脈 (An)下盤境界
 貫入境界は火山礫凝灰岩 (Lp) に密着する。

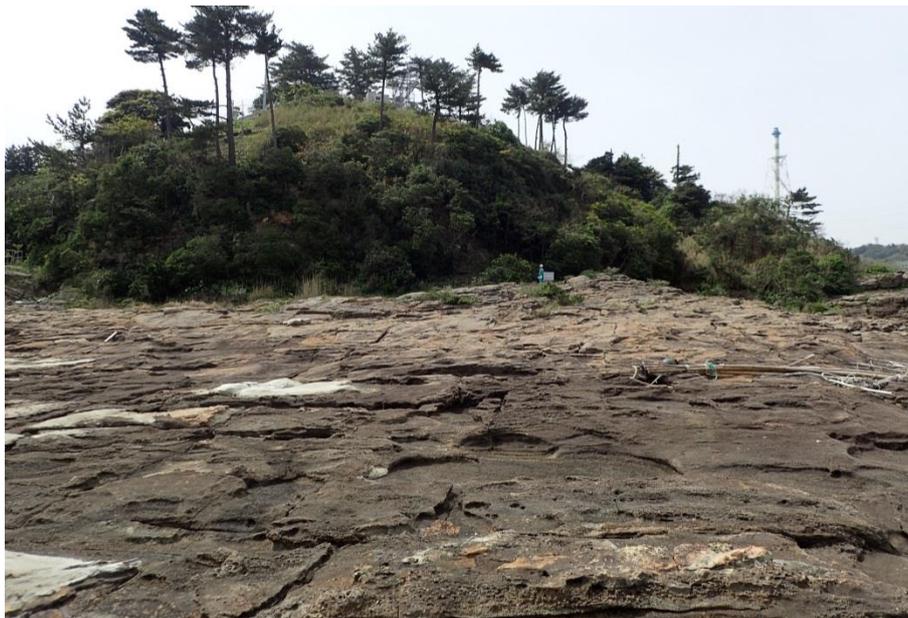


図2-8 (16) 防波壁(東端部)露頭状況
 P16 地山北端部
 堅硬な火山礫凝灰岩が広く露出する。



図 2 - 8 (1 7) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P17 地山北端部
火山礫凝灰岩 C_H級



図 2 - 8 (1 8) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P18 火山礫凝灰岩 C_H級



図 2 - 8 (1 9) 防波壁 (東端部) 露頭状況
P19 防波扉北側岩着部拡大
岩盤に崩壊するような緩みや高角度亀裂等の顕著な変状は認められない。

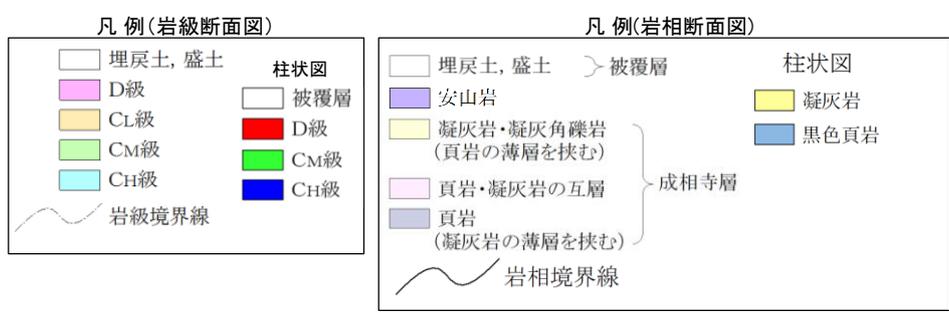
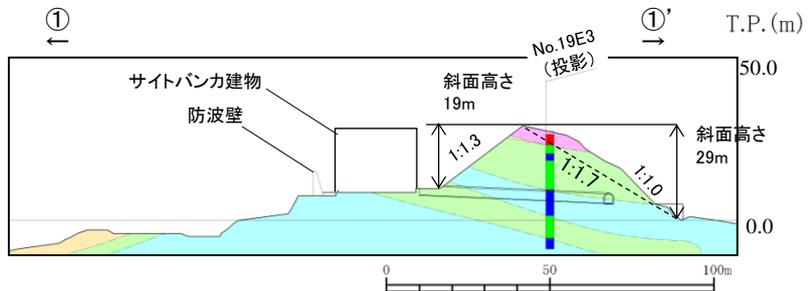
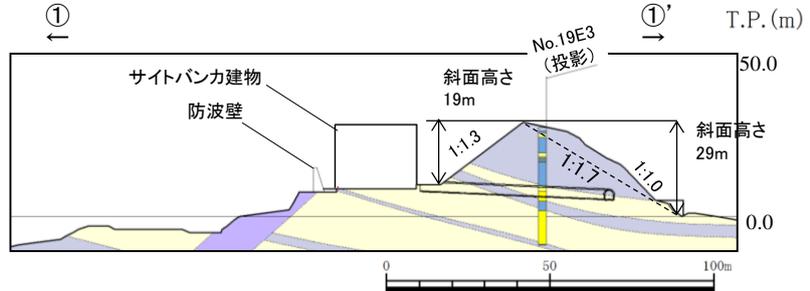
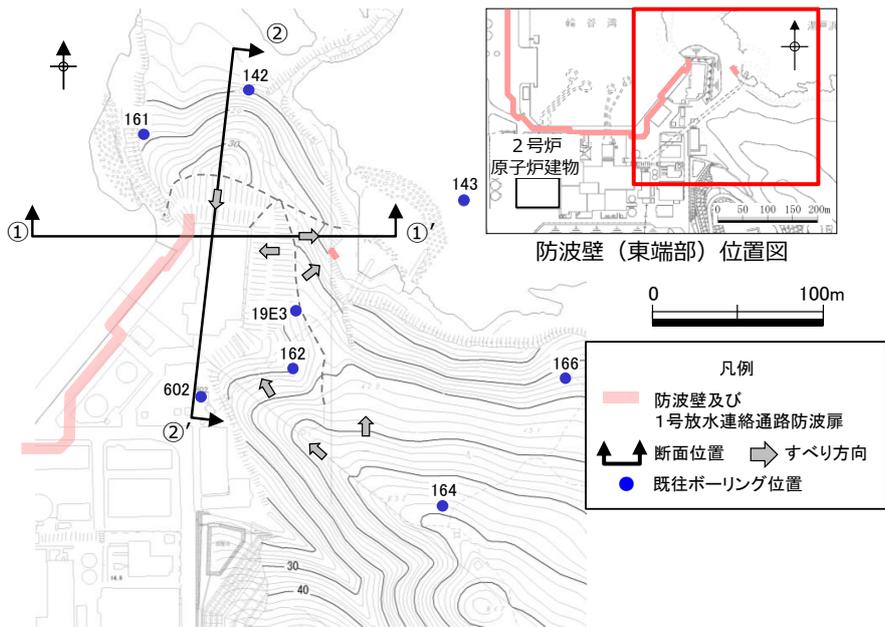


図2-9(1) 防波壁(東端部) 地質断面図・岩級断面図
①-①' 断面

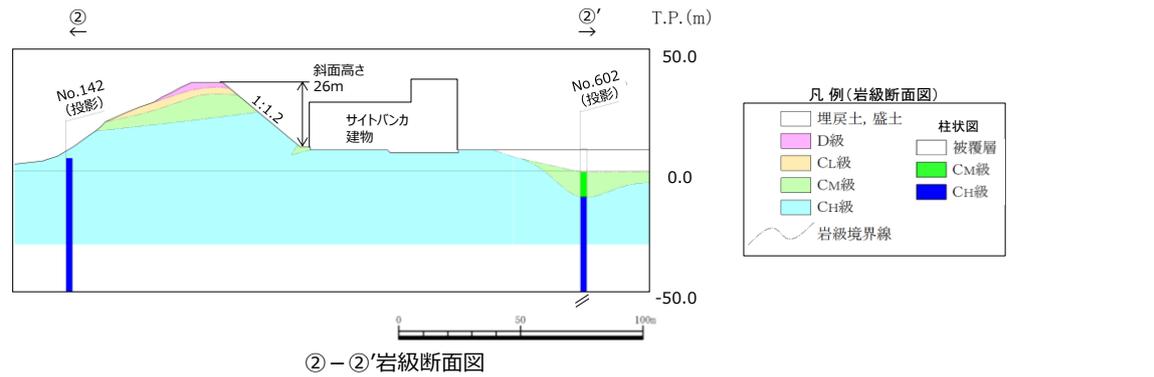
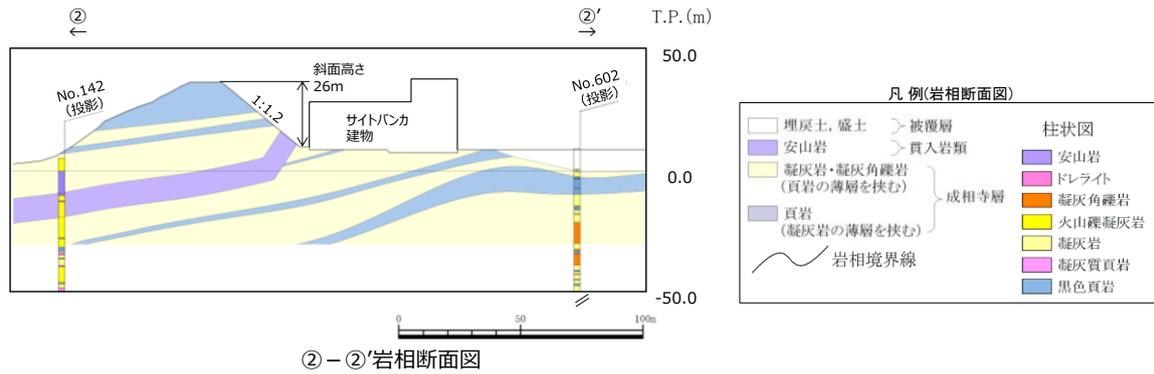


図 2 - 9 (2) 防波壁 (東端部) 地質断面図・岩級断面図
②-②' 断面

c. 防波壁（西端部）周辺の地質構造

防波壁（西端部）周辺のルートマップ（平成8年の調査により作成）を図2-10に示す。また、防波壁（西端部）周辺において、ボーリングコアや露頭の状況を整理し作成した詳細ルートマップ及び模式柱状図を図2-11に示す。

防波壁（西端部）周辺は、凝灰岩及び火山礫凝灰岩を主体とし、凝灰角礫岩や黒色頁岩、ドレライトを挟む。西北西～北西走向、北東緩傾斜であり、局所的なスランプ褶曲が認められる。詳細ルートマップでは、複数箇所を確認される特徴的な岩相として、火山礫凝灰岩からなるK1pと黒色頁岩を主体とするKshを鍵層として扱い標記した。露頭状況写真を図2-12に示す。

防波壁（西端部）は、緩く北東に傾斜する斜面の標高15m以下に擦り付けている。独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）が作成した地すべり地形分布図（平成17年）では、防波壁（西端部）周辺に位置する地滑り地形が示されている（以下、「防災科研調査結果」）。地形判読の結果、独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）の地滑り土塊とされる箇所に等高線の乱れが認められることから、表層すべりが想定される。

現地調査の結果、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側方崖末端部においては、おおむね新鮮堅硬な岩盤が認められ、そこに断層構造や顕著な割れ目は認められず、また地滑り末端部付近に生じる層理面の乱れや圧縮構造は確認されない。図2-13及び図2-14に示すとおり、周辺のボーリング調査結果（No. 201孔・No. 303孔）及び2号炉放水路トンネル切羽面観察結果においても滑り面は認められない。

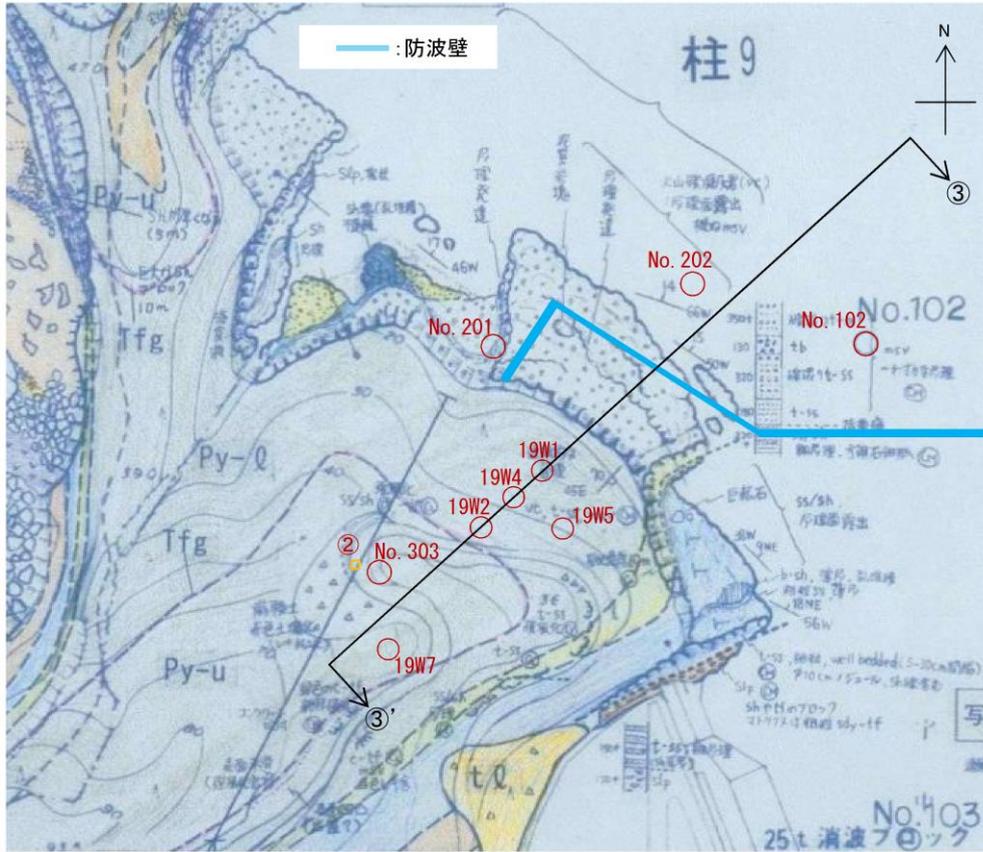
また、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側面である開削面露頭では、凝灰岩を主体とし、最下部及び上部に黒色頁岩薄層、ほぼ中央に火山礫凝灰岩層が認められる。これらの岩相境界は明瞭で、ほぼ平滑な境界を有する。露頭最上部には粘性土及び礫質土が分布する。層理面は北へ緩く傾斜し、これに直交する高角度割れ目が認められる。露頭全体が弱変質により淡褐色を呈するが、堅硬な岩盤が認められ、シームや断層、褶曲、深層崩壊に伴う地滑り面は認められなかったが、開削面露頭上部で認められた礫質土及び粘性土（層厚：約2m）については、空中写真判読で認められた表層すべりに相当する可能性が考えられる。

深層崩壊に伴う地滑り面は認められないことから、地滑り地形ではないと判断されるが、防災科研調査の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため撤去する。また、標高40mより上方斜面においても礫質土が認められたことから、ルートマップ（平成8年調査）に記載された「崩積土」の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。斜面对策工の概要について図2-15に示す。

防波壁（西端部）周辺では、ボーリング調査を14本（No. 101, 201, 202, 203, 204, 303, 304, 308, 19W1, 19W2, 19W3, 19W4, 19W5, 19W7）及び地表地質踏

査を実施している。これらを踏まえて作成した防波壁（西端部）の全体的な地質・地質構造を示す地質断面図及び岩級断面図を図2-16に示す。

防波壁（西端部）の地山は、黒色頁岩、凝灰質頁岩及び凝灰岩が西北西走向、北東緩傾斜の互層をなす単斜構造からなり、ここにシル状にドレライトと安山岩が貫入する。尾根部では表層風化によりD~C_{II}級を呈するが、地山のほとんどがC_{II}級である。この斜面において、褶曲や断層といった地質構造は認められず、シームは認められない。



地質区分及び凡例

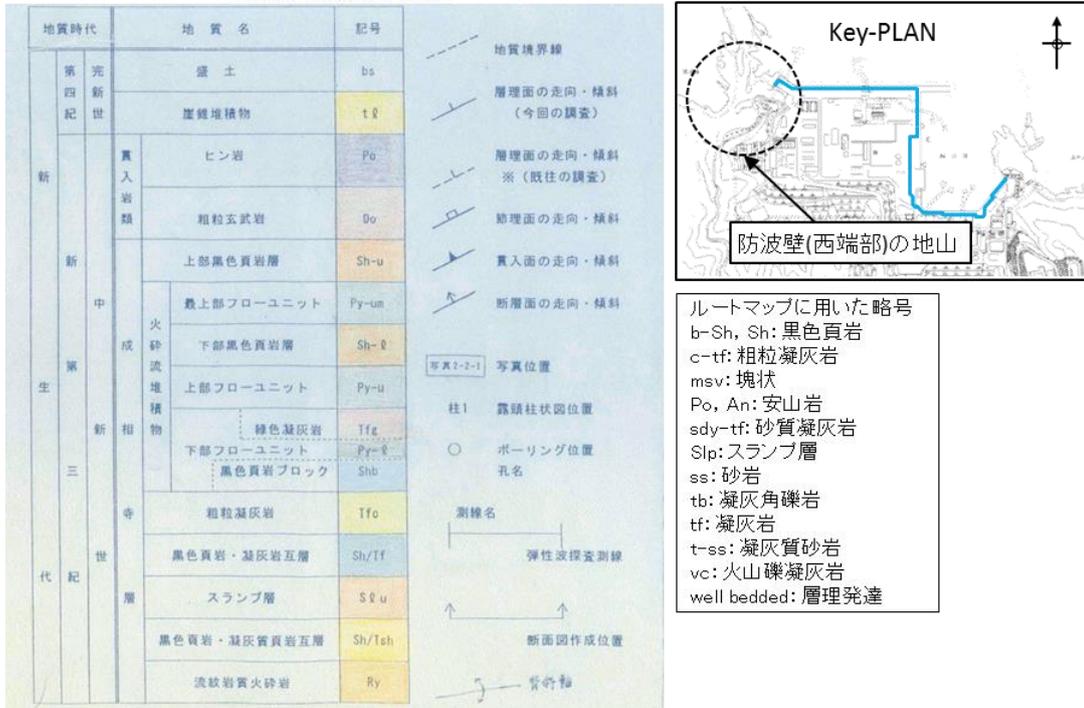


図2-10 防波壁(西端部)周辺のルートマップ

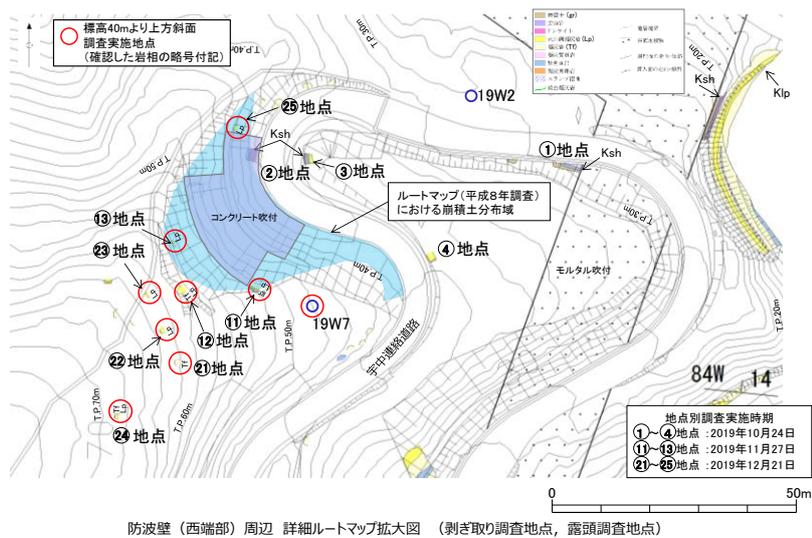
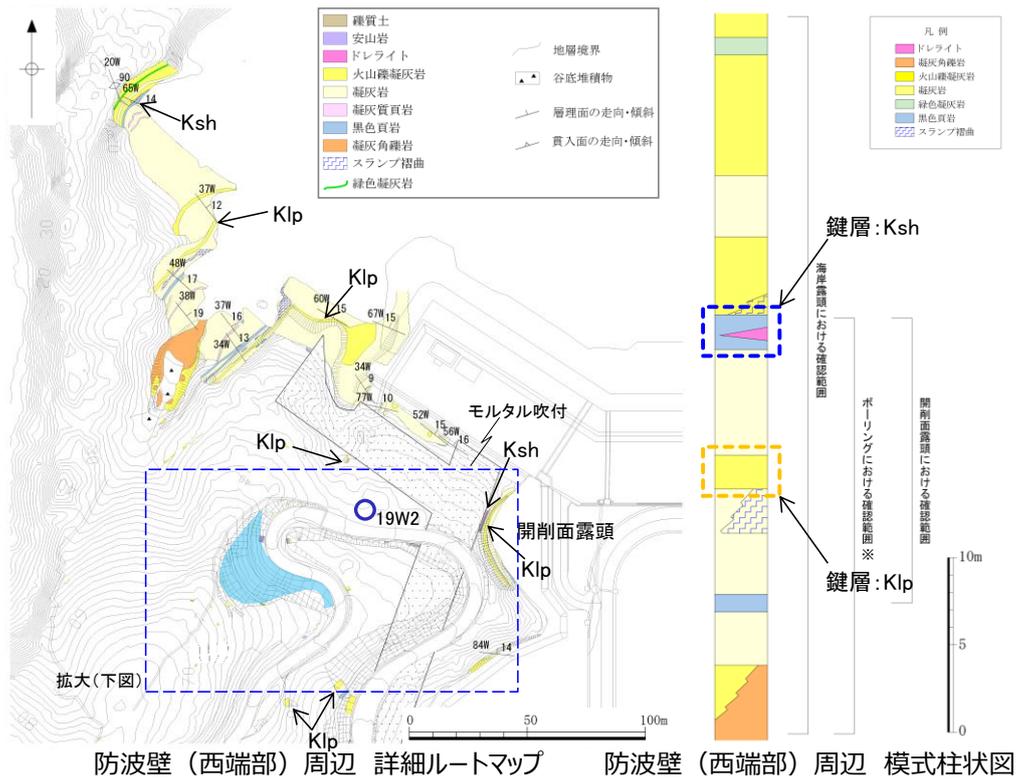
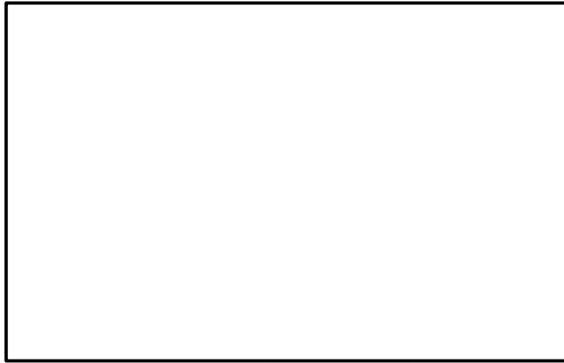
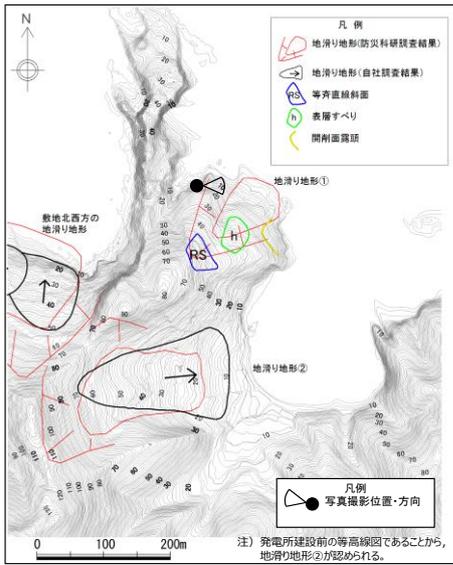
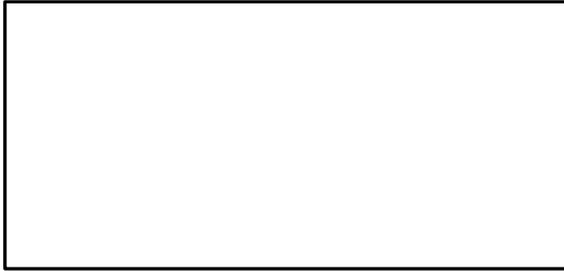


図2-11 防波壁（西端部）周辺の詳細ルートマップ及び模式柱状図

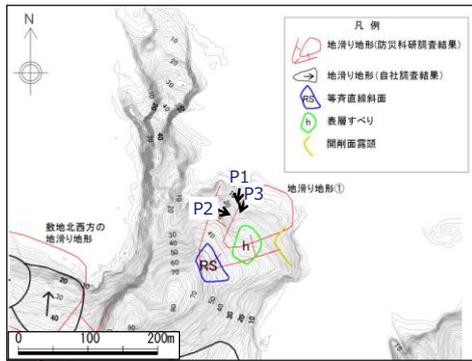


地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所



段差地形 拡大写真

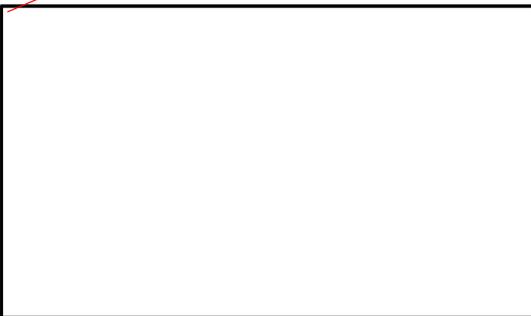
図 2-12 (1) 防波壁 (西端部) 露頭状況
地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所



P1 地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖
に相当する箇所 (2019年8月撮影)



P3 露頭拡大 (2019年8月撮影)



P2 露頭拡大 (2019年3月撮影)

図 2-12 (2) 防波壁 (西端部) 露頭状況
地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所

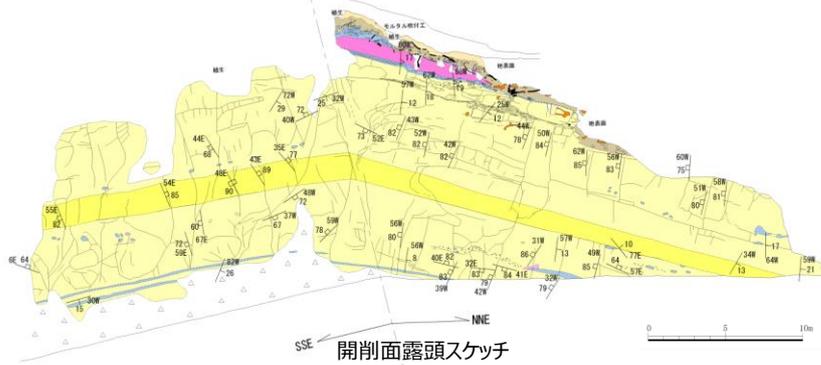
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



開削面露頭全景 (2019年11月6日撮影)

凡例

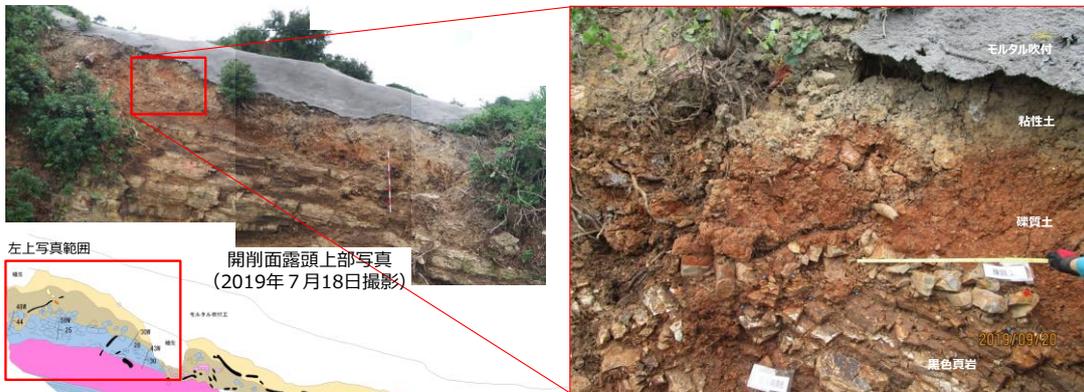
- △△ 土砂
- 粘性土
- 礫質土
- ドレライト
- 火山礫凝灰岩
- 凝灰岩
- 凝灰質頁岩
- 黒色頁岩



開削面露頭スケッチ

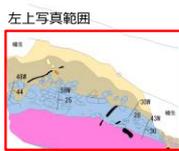
- 礫
- 〰 脱水分解途中の樹木・樹根
- 〰 生育中の樹木・樹根
- 〰 土質境界・岩相境界
- 〰 岩相境界(推定)
- 〰 割れ目
- 〰 層理面の走向・傾斜
- 〰 貫入面の走向・傾斜
- 〰 割れ目の走向・傾斜

図2-12(3) 防波壁(西端部)露頭状況
開削面露頭全景

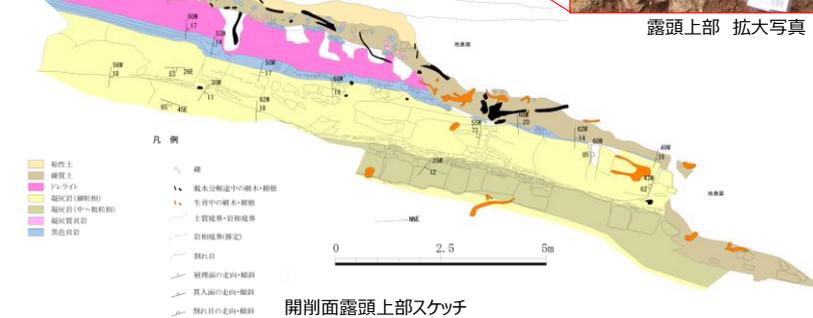


露頭上部 拡大写真 (2019年9月20日撮影)

開削面露頭上部写真
(2019年7月18日撮影)



左上写真範囲



開削面露頭上部スケッチ

- 凡例
- 粘性土
 - 礫質土
 - ドレライト
 - 凝灰岩(凝灰質)
 - 凝灰岩(中～粗粒部)
 - 凝灰質頁岩
 - 黒色頁岩
 - 礫
 - 〰 脱水分解途中の樹木・樹根
 - 〰 生育中の樹木・樹根
 - 〰 土質境界・岩相境界
 - 〰 岩相境界(推定)
 - 〰 割れ目
 - 〰 層理面の走向・傾斜
 - 〰 貫入面の走向・傾斜
 - 〰 割れ目の走向・傾斜

図2-12(4) 防波壁(西端部)露頭状況
開削面露頭上部

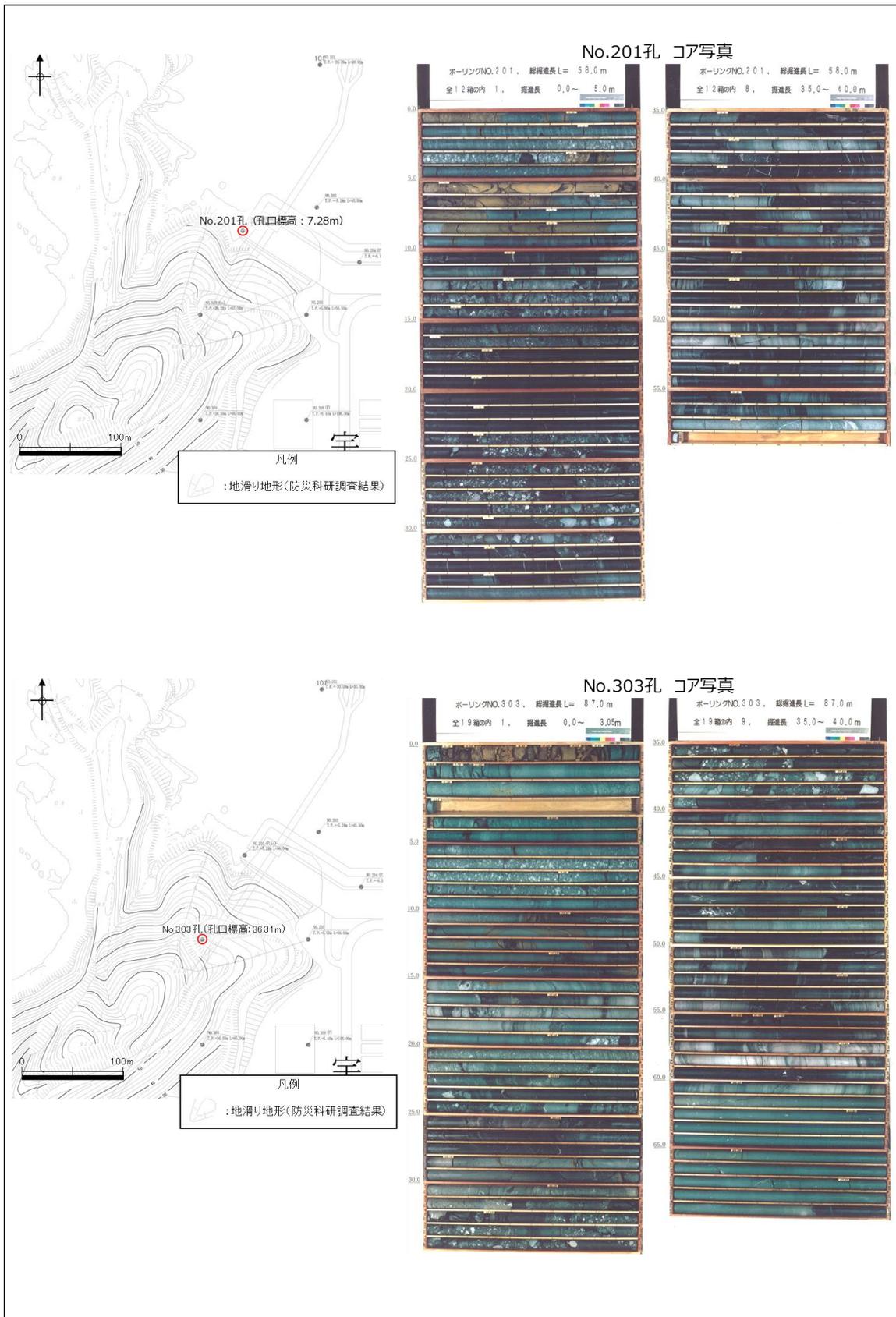


図2-13 地滑り地形①近傍で掘削されたボーリングコア写真

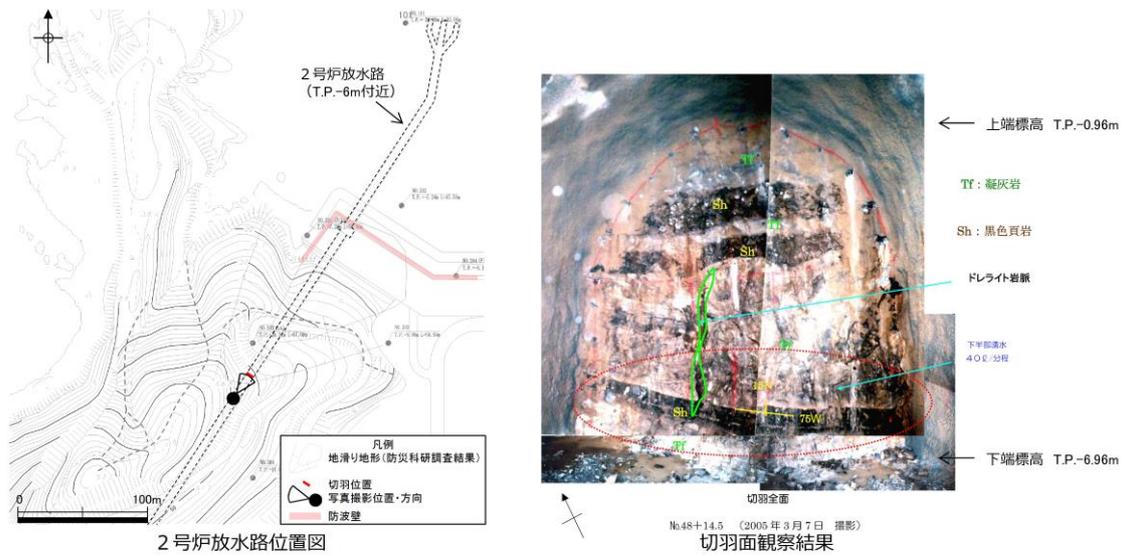


図 2-14 2号炉放水路 (直径約 6m) の切羽面観察結果

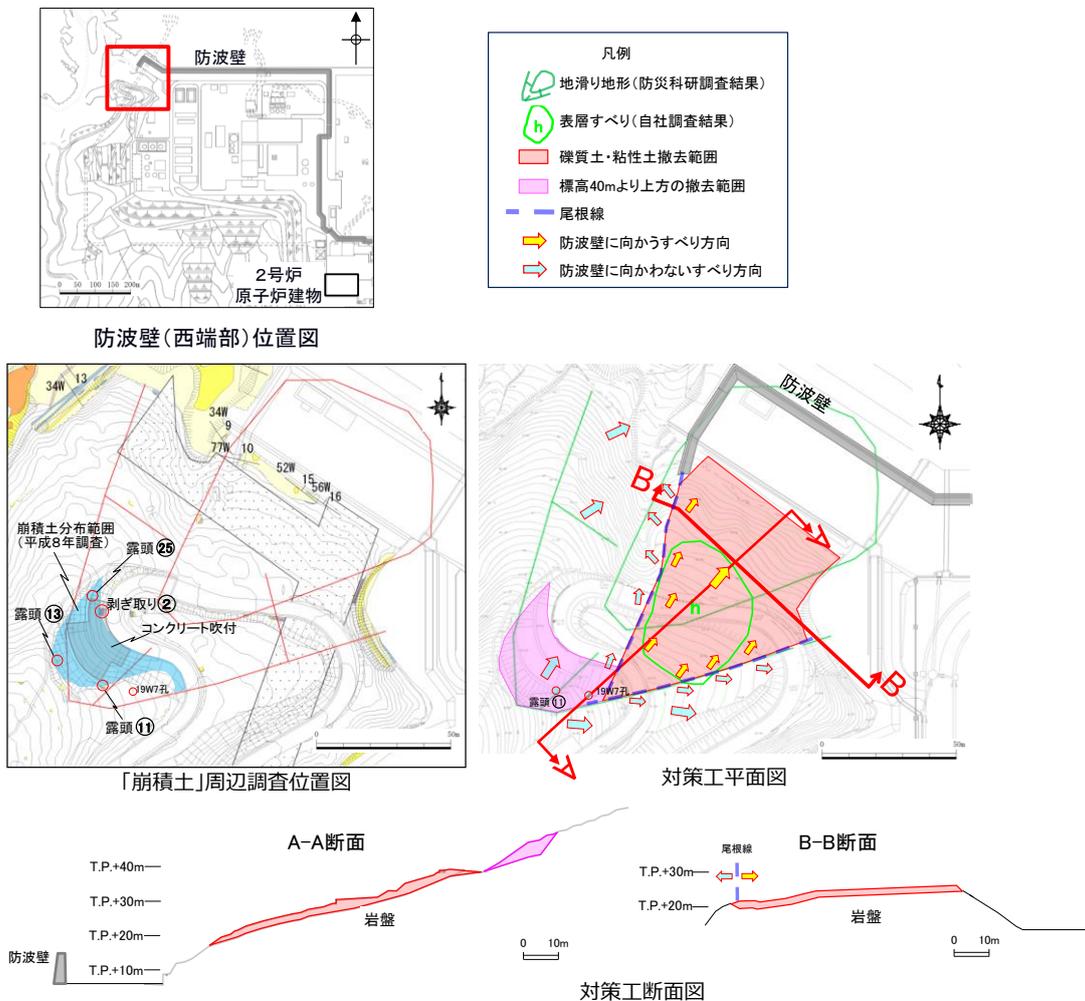


図 2-15 防波壁 (西端部) 斜面对策工

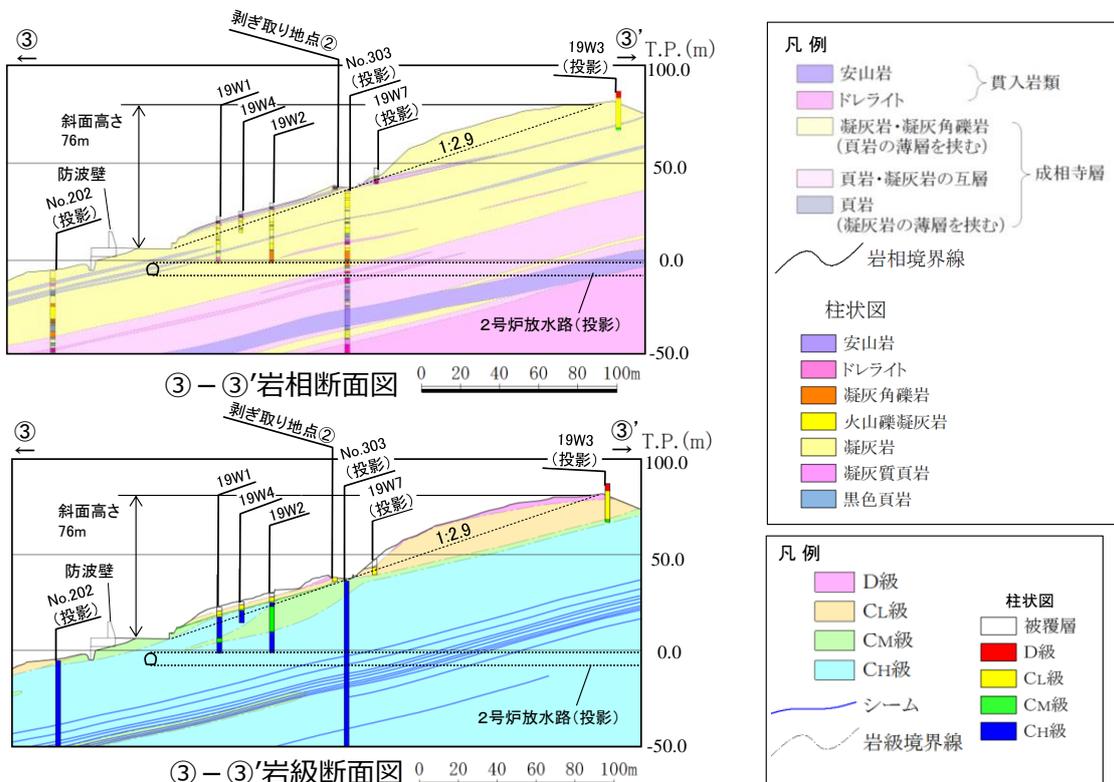
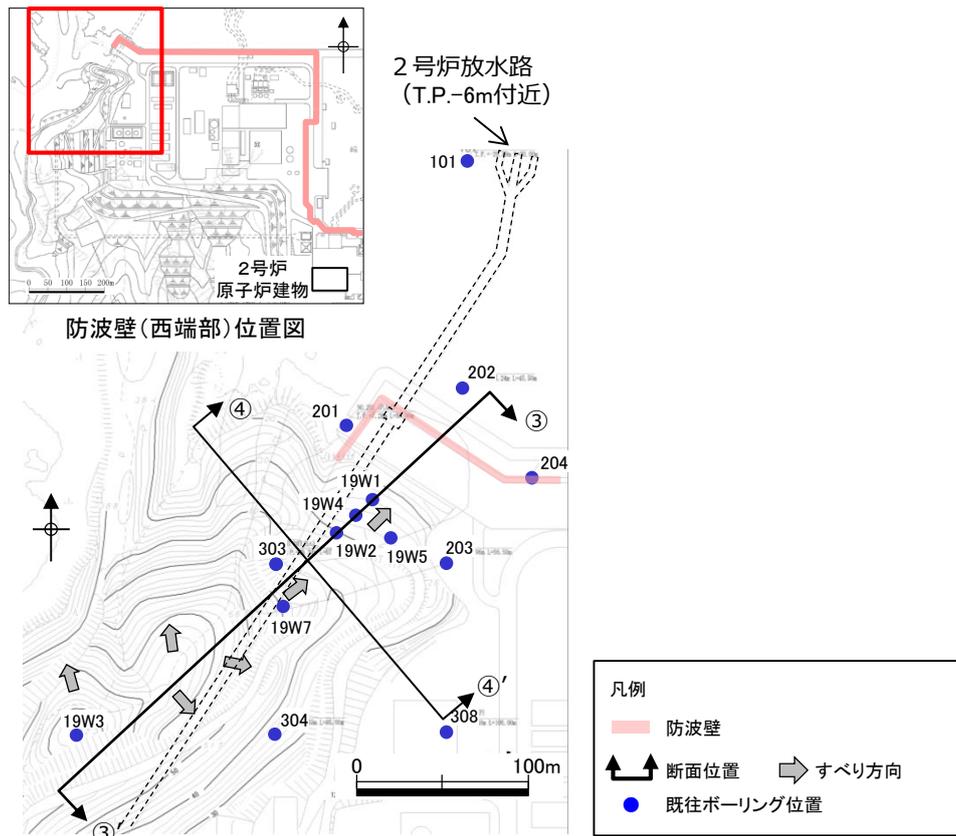
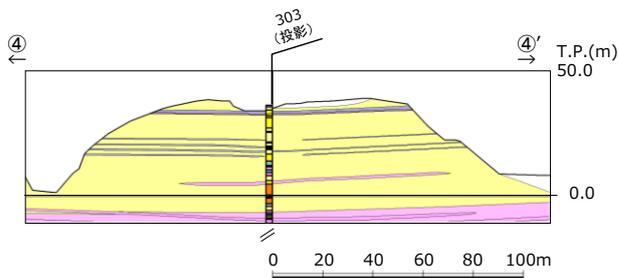
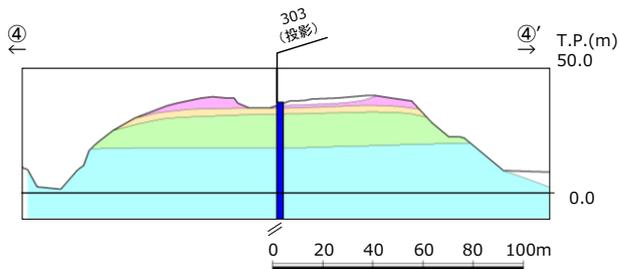
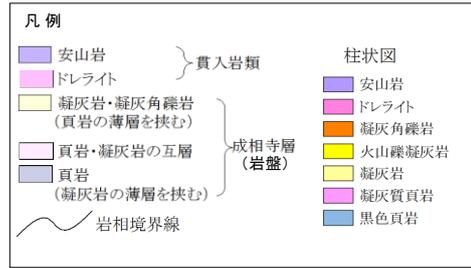


図2-16(1) 防波壁(西端部) 地質断面図・岩級断面図
③-③'断面



④-④'岩相断面



④-④'岩級断面

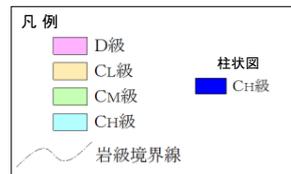


図 2-16 (2) 防波壁 (西端部) 地質断面図・岩級断面図
④-④' 断面

d. 防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様

防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）の擦り付け部の構造図及び状況写真を図 2-17～22 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）東端部（a-a 断面）については、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H 鋼（H-350×350×12×19）を 1m 間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また、防波壁の前面及び背面において、露出した岩盤を保護する目的でコンクリートで被覆した。

防波壁（波返重力擁壁）西端部（b-b 断面）については、東端部同様、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H 鋼（H-350×350×12×19）を 1m 間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また、防波壁の前面及び背面において、露出した岩盤を保護する目的でコンクリートで被覆した。

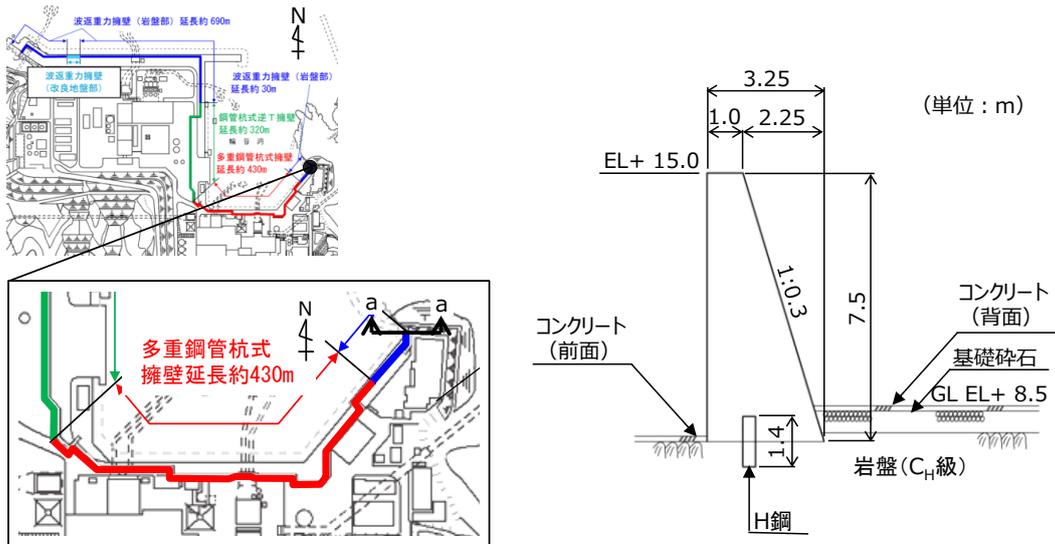


図 2-17 防波壁 (波返重力擁壁) 東端部 (a-a 断面) 断面図



図 2-18 防波壁東端部 状況写真



図 2-19 防波壁東端部 岩盤露出状況

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。

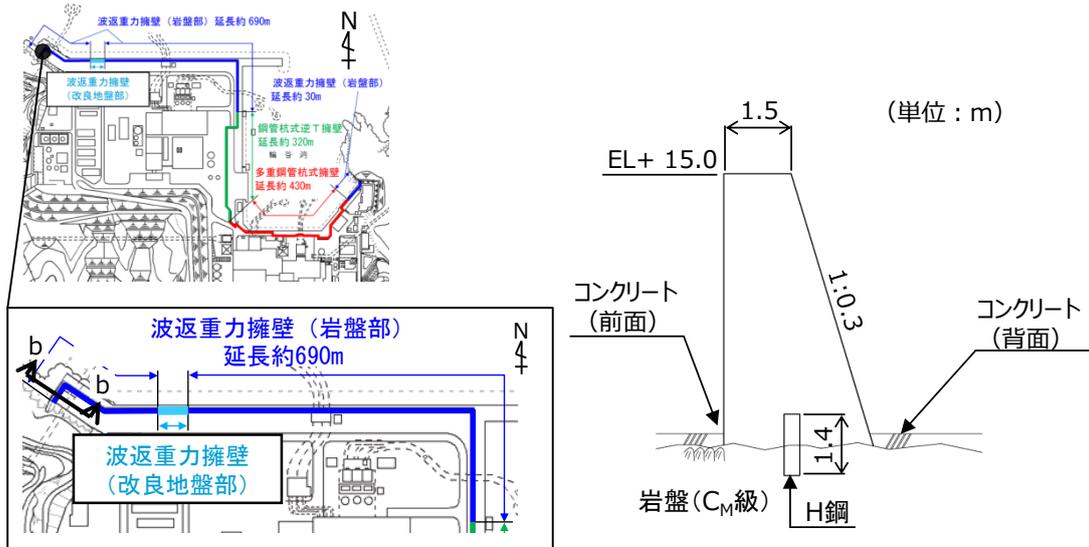


図 2 - 20 防波壁 (波返重力擁壁) 西端部 (b-b 断面) 断面図



図 2 - 21 防波壁西端部 状況写真

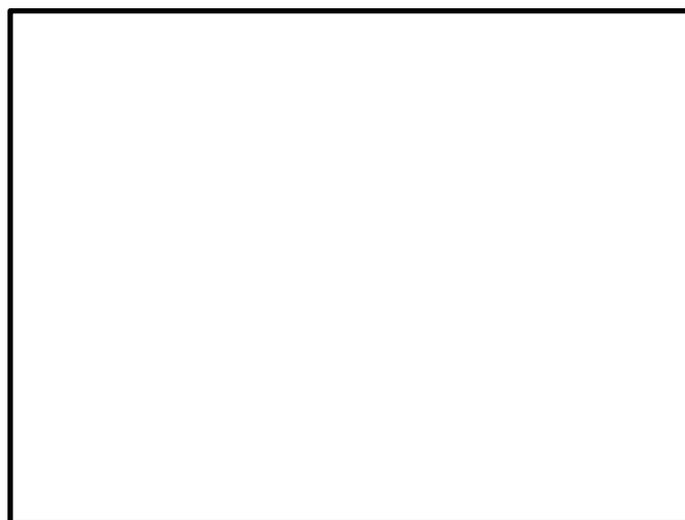


図 2 - 22 防波壁西端部 岩盤露出状況

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。

(3) 地山の耐震，耐津波設計上の位置付け

防波壁両端部の地山について，耐震，耐津波設計上の位置付けを表 2 - 1 に整理した。これを踏まえ，以下の検討を行う。

- 検討 1：津波防護施設と同等の機能を有する斜面において，基準地震動 S_s による地山のすべり安定性評価を行い，基準地震動に対する健全性を確保していることを説明する。
- 検討 2：津波防護施設同等の機能を有する斜面において，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認及び基準津波による地山の安定性評価を行い，基準津波に対する健全性を確保していることを説明する。

このほかに，当該地山については，防波壁の支持地盤としての地山及び防波壁及び 1 号放水連絡通路防波扉の周辺斜面としての役割もあるため，耐震，耐津波設計上の位置付けを整理した。

表 2 - 1 防波壁両端部の地山の耐震，耐津波設計上の位置付け

設計上の役割	耐震設計上の位置付け	耐津波設計上の位置付け
①津波防護を担保する地山斜面 (5 条)	<ul style="list-style-type: none"> 津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面は，基準地震動による地震力に対して，要求される津波防護機能を保持できるようにする。【検討 1】 	<ul style="list-style-type: none"> 津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面は，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し，入力津波に対する津波防護機能が保持できるようにする。【検討 2】
②防波壁の支持地盤としての地山 (3 条)	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁と地山との擦り付け部は，液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮しても，施設の安全機能が損なわれるおそれがないようにする。 ⇒「(2) d. 防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様」に示すとおり，堅硬な岩盤に支持されていることから，液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状は発生しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁と地山との擦り付け部は，構造不連続による相対変位，ずれ等が構造健全性，安定性，止水性や水密性に影響を及ぼさないようにする。 ⇒「(2) d. 防波壁端部の擦り付け部の構造及び防波壁の仕様」に示すとおり，岩盤を露出させ，H 鋼を打設し，重力擁壁を堅硬な岩盤に直接設置していることから，構造不連続による相対変位，ずれ等は発生しない。
③防波壁及び 1 号放水連絡通路防波扉の周辺斜面 (4 条)	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁及び 1 号放水連絡通路防波扉の周辺斜面（「(1) 津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の地山範囲の特定について」参照）は，想定される地震動の地震力により崩壊し，当該施設の安全機能が重大な影響を受けないようにする。 ⇒「防波壁及び 1 号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和 2 年 2 年 28 日審査会合）において説明。 	—

(4) 基準地震動に対する健全性確保の見通し

a. 評価方針

検討1の基準地震動に対する健全性確保として、津波防護を担保する地山の安定性評価を実施する。地山の地震による安定性評価については、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）の審査結果を踏まえ、基準地震動に対する健全性確保の見通しを説明する。

検討に当たっては、図2-23の検討フローに基づいて実施する。

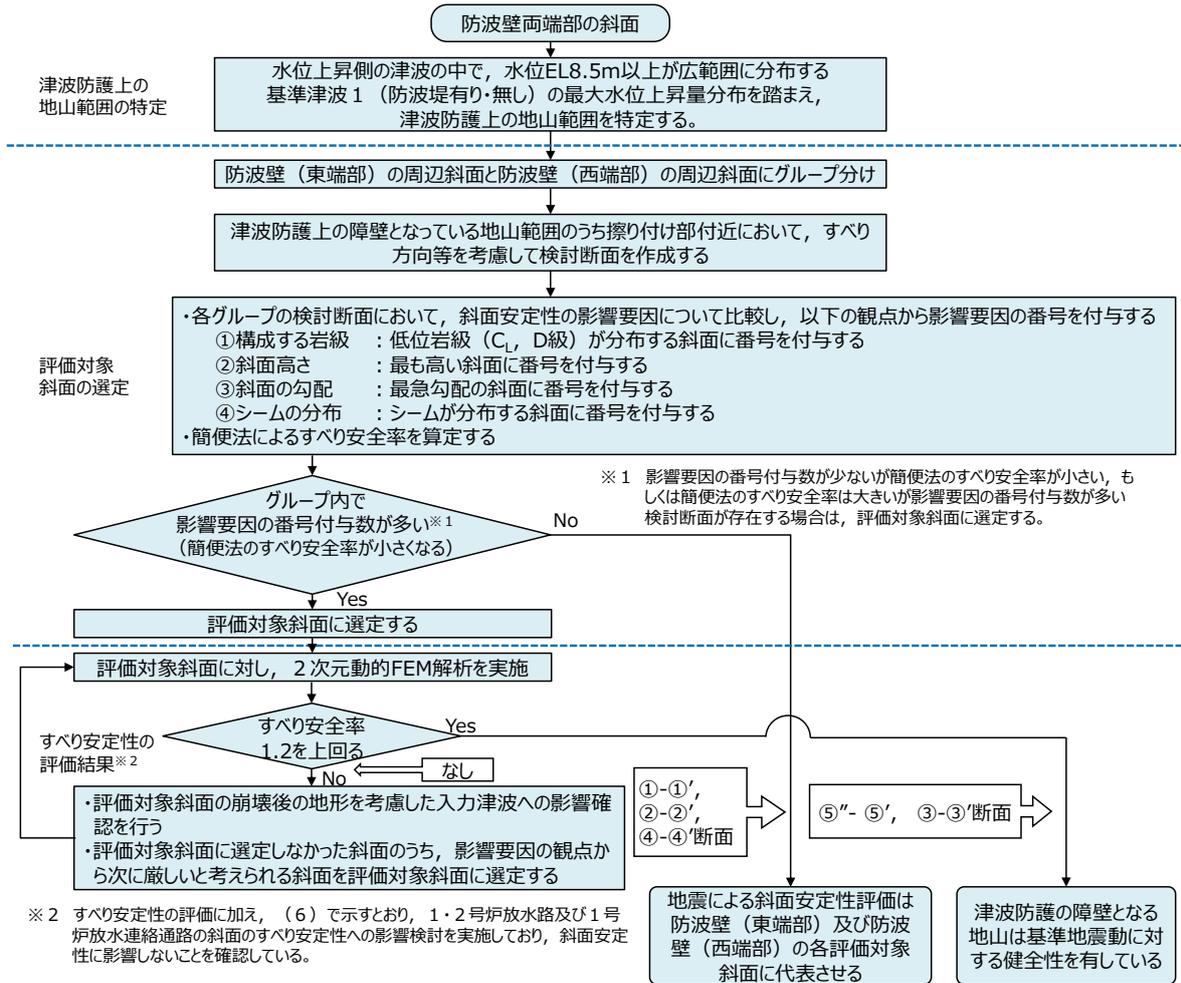


図2-23 検討フロー

b. 防波壁端部地山のグループ分け

津波防護上の地山範囲について、図2-24のとおり防波壁（東端部）と防波壁（西端部）にグループ分けし、それぞれで評価対象斜面を選定する。

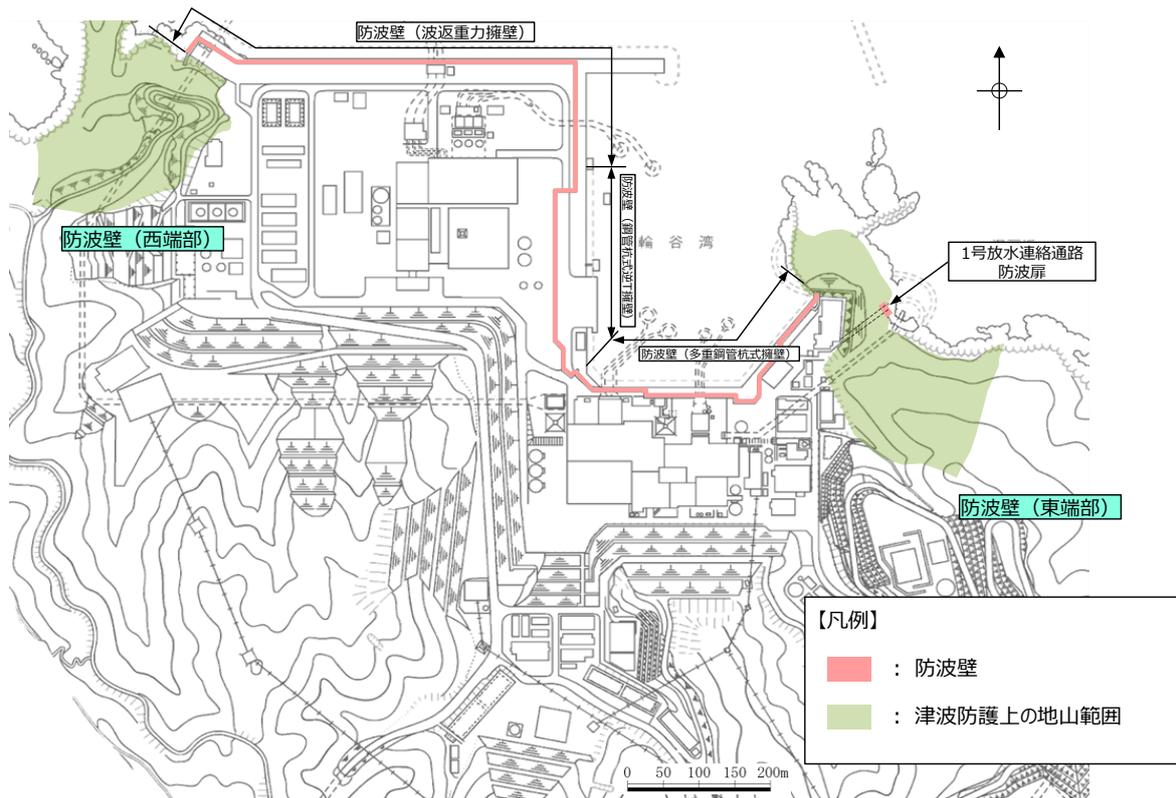


図 2-24 防波壁端部地山のグループ分け

c. 評価方法

評価対象斜面の選定は、図 2-25に示す影響要因及び簡便法のすべり安全率を踏まえて行う。

簡便法及び 2 次元動的 FEM 解析に用いる解析用物性値及び解析手法は、「島根原子力発電所 2 号炉 防波壁及び 1 号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和 2 年 2 月 28 日審査会合）で使用したものを採用する。

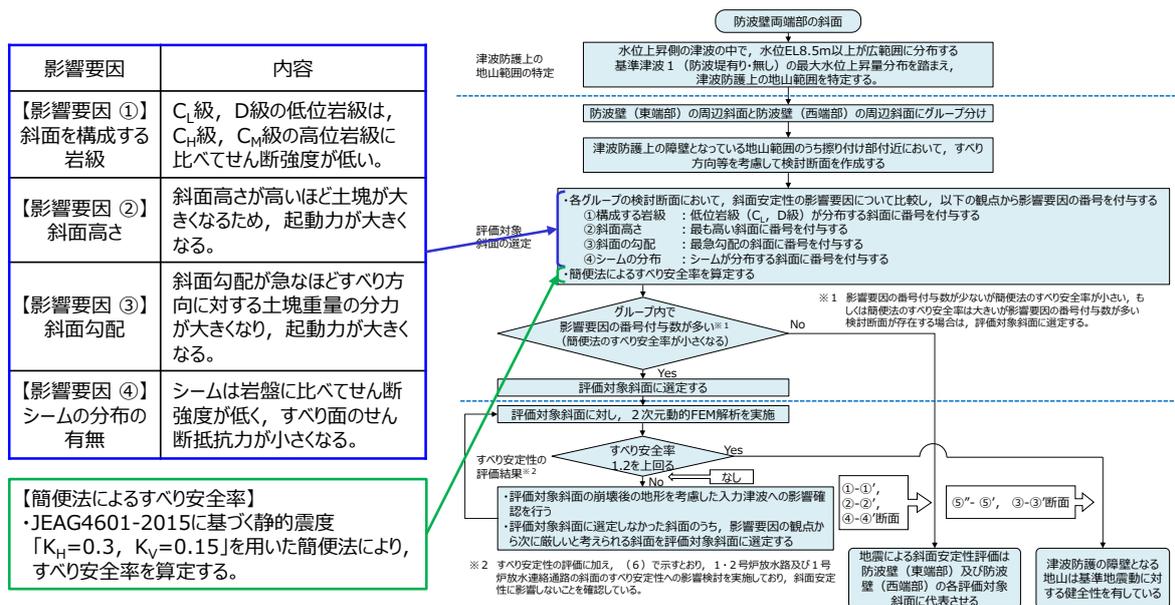


図 2-25 評価対象斜面の選定に用いる影響要因等

d. 評価対象斜面の選定

(a) 防波壁（東端部）の評価対象斜面の選定

防波壁（東端部）の津波防護上の地山範囲のうち擦り付け部付近において、すべり方向等を考慮して以下のとおり①-①' 断面、②-②' 断面及び⑤-⑤' 断面の検討断面を作成し、この中から評価対象斜面を選定する。

- ・①-①' 断面は、防波壁東側斜面の斜面幅が最も狭い箇所を通り、地形が急勾配となる方向に設定した。
- ・②-②' 断面は、防波壁北側斜面の頂部を通り、風化層が厚くなる尾根部を通るように設定した。
- ・⑤-⑤' 断面は、防波壁東側斜面の斜面幅が狭い箇所を通り、尾根を境に海側・陸側にそれぞれ地形が最急勾配となる方向に設定した。

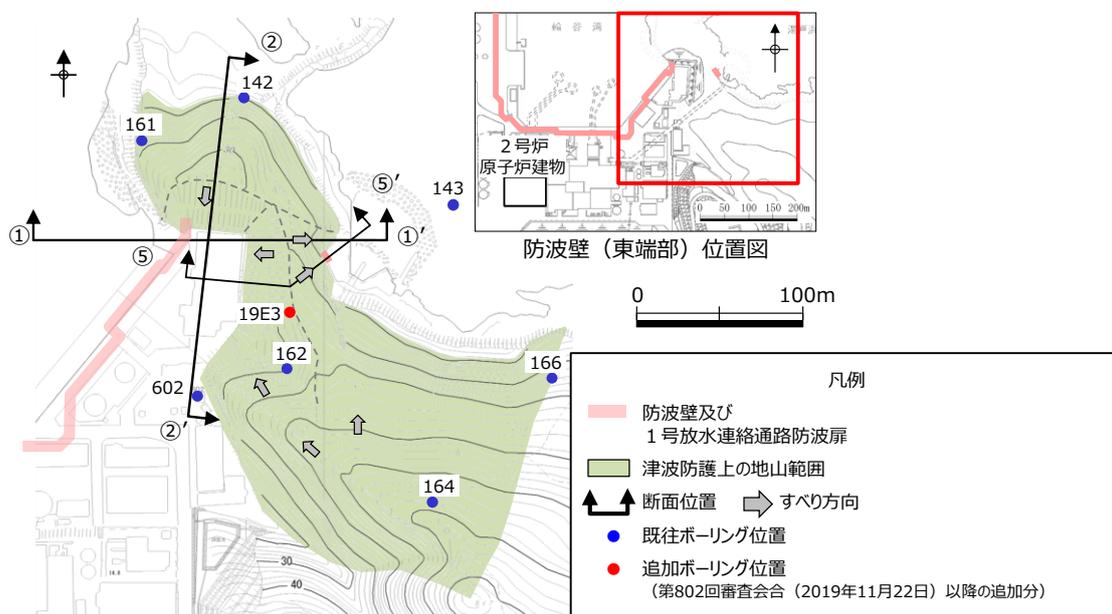


図 2 - 26 評価対象断面の選定 検討断面位置図

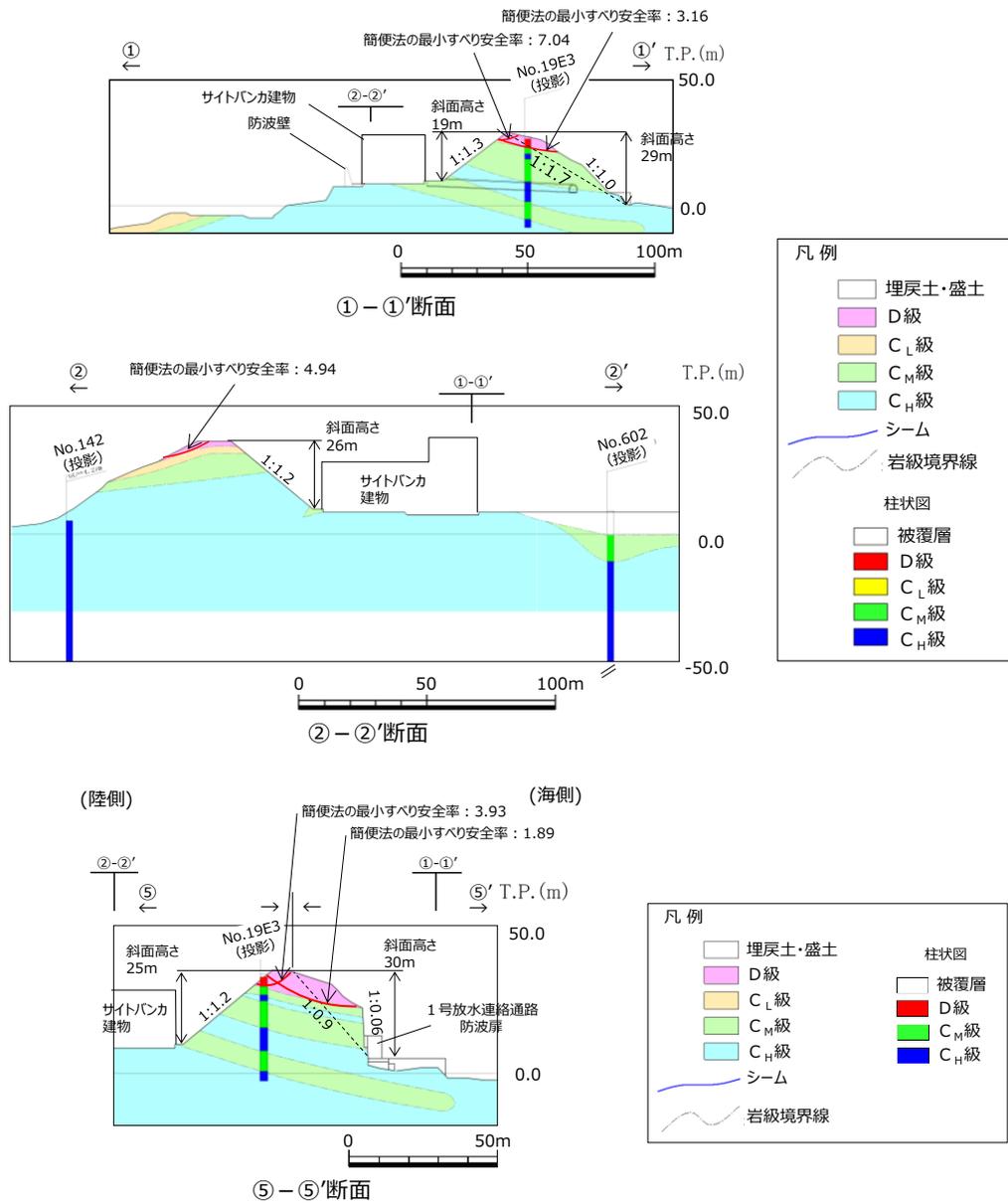


図 2-27 評価対象断面の選定 検討断面 地質鉛直断面図 (岩級, シーム)

①-①' 断面, ②-②' 断面及び⑤-⑤' 断面について表 2-2 のとおり比較を行った結果, ⑤-⑤' 断面のうち海側の斜面を 2次元動的 FEM解析の評価対象斜面に選定した。

表 2-2 防波壁(東端部) 評価対象斜面の選定結果

防波壁東端部斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率*	選定理由
	【影響要因①】構成する岩級	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因④】シームの分布の有無			
①-①'	陸側すべり	C _{Hr} , C _{Mr} , C _{Lr} , D級	19m	1:1.3	なし	①	⑤-⑤'断面(海側すべり)に比べ, 平均勾配は緩いこと, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ⑤-⑤'断面(海側すべり)の評価に代表させる。
	海側すべり	C _{Hr} , C _{Mr} , C _{Lr} , D級	29m	1:1.7 (一部, 1:1.0の急勾配部あり)	なし	①	
②-②'	C _{Hr} , C _{Mr} , C _{Lr} , D級	26m	1:1.2	なし	①	4.94	
⑤-⑤'	陸側すべり	C _{Hr} , C _{Mr} , D級	25m	1:1.2	なし	①	
	海側すべり	C _{Hr} , C _{Mr} , D級	30m	1:0.9 (一部, 1:0.06の急勾配部あり)	なし	①, ②, ③	1.89

: 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与が多い(簡便法のすべり安全率が小さい)
 : 選定した評価対象斜面

【①-①' 断面の比較結果】

⑤-⑤' 断面に比べ, 平均勾配は緩いこと, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが19m・29mと低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が3.16・7.04と大きいことから, ⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。

当該斜面には1号炉放水連絡通路が存在するが, (6)で示すとおり, 斜面安定性に影響がないことを確認している。

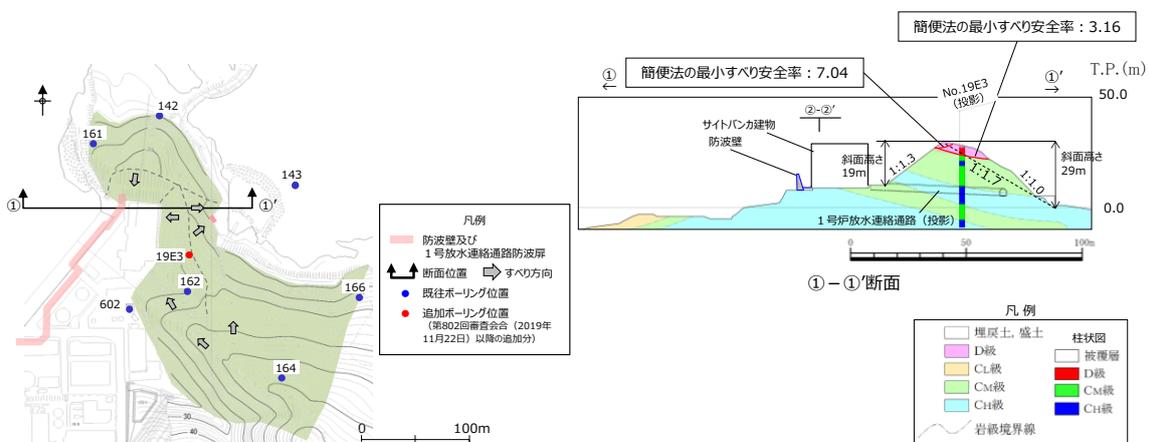


図 2-28 ①-①' 断面の比較結果

【②-②' 断面の比較結果】

⑤-⑤' 断面に比べ、平均勾配は緩いこと、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが26mと低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が4.94と大きいことから、⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。

②''-②' 断面については、海側斜面の勾配が②-②' 断面と同等であることから、②-②' 断面に代表させた。

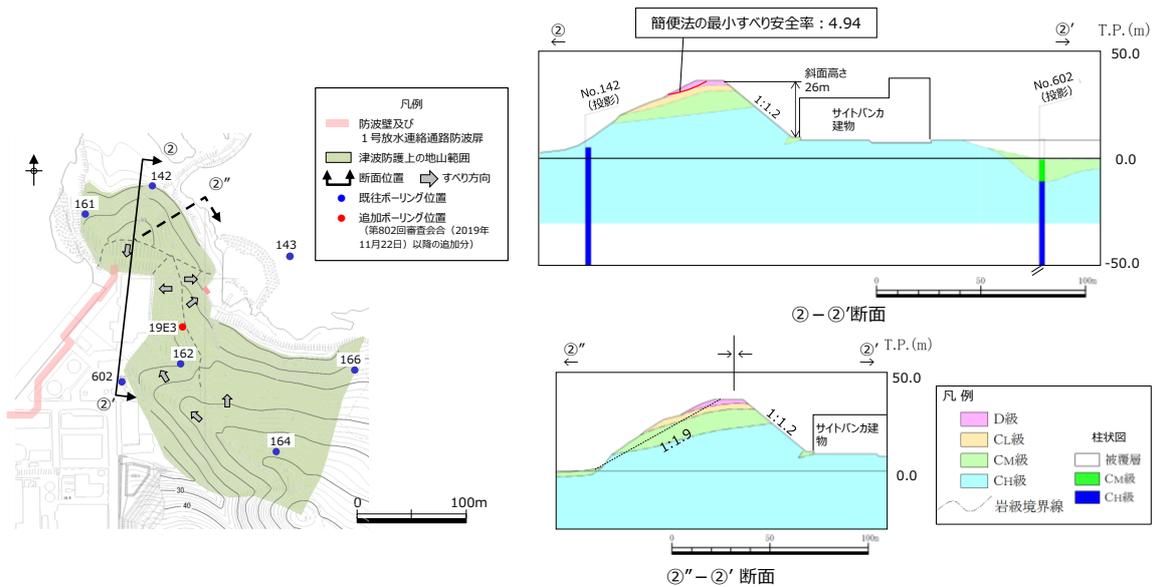


図 2-29 ②-②' 断面の比較結果

【⑤-⑤' 断面の比較結果】

陸側すべりの斜面は、当該断面の海側すべりに比べ、平均勾配は緩く、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが25mと低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が3.93と大きいことから、当該断面の海側すべりの評価に代表させる。

海側すべりの斜面は、斜面全体は $C_M \sim C_H$ 級主体の堅硬な岩盤で構成されるが、表層にD級が厚く分布すること、1号放水連絡通路防波扉付近で1:0.06の勾配のほぼ直立した斜面が存在すること、1号放水連絡通路防波扉の方向に流れ盤となっていること、及び簡便法の最小すべり安全率が1.89と小さいことから、評価対象斜面に選定する。

当該斜面には1号炉放水連絡通路が存在するが、(6)で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。

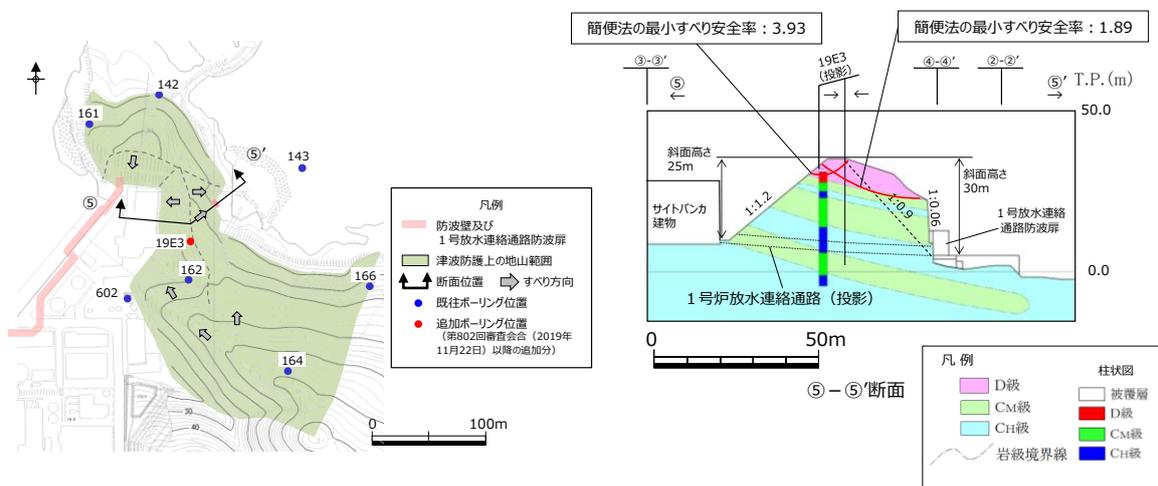


図 2 - 30 ⑤-⑤' 断面の比較結果

【⑤-⑤' 断面の解析断面位置】

動的FEM解析の実施に当たり、山体の地震時の挙動を適切に解析に反映するため、⑤-⑤' 断面について、直線状の断面となるように、北東-南西方向に⑤''-⑤' 断面の地質断面図及び解析モデルを作成し、安定性評価を行うこととした。

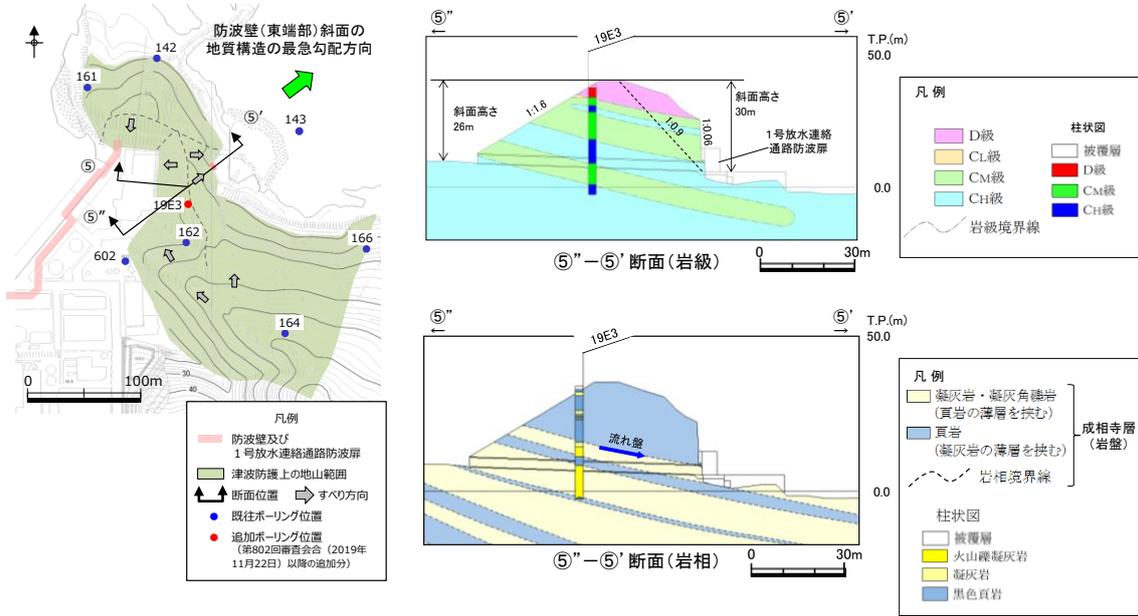


図 2-31 ⑤-⑤' 断面の解析断面位置

【⑤-⑤' 断面のモデル化】

防波壁（東端部）の⑤''-⑤' 断面の解析モデルについては、地質断面図を踏まえて作成する。

表層にはD級岩盤（頁岩）及びD級岩盤（凝灰岩）が分布するが、保守的にせん断強度の低いD級岩盤（凝灰岩）でモデル化する。

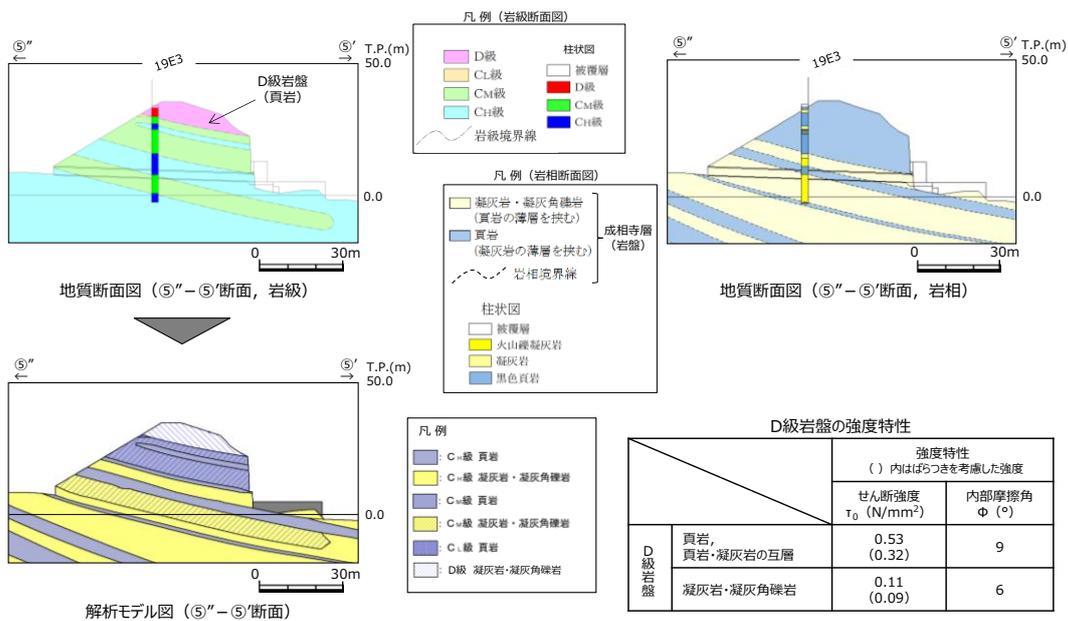


図 2-32 ⑤-⑤' 断面のモデル化

(b) 防波壁（西端部）の評価対象斜面の選定

防波壁（西端部）の津波防護上の地山範囲のうち擦り付け部付近において、すべり方向等を考慮し、以下のとおり③-③'断面及び④-④'断面の検討断面を作成し、この中から評価対象斜面を選定する。

- ・③-③'断面は、防波壁南側斜面の頂部付近を通り、地形及び地層の最急勾配方向に流れ盤になるように設定した。
- ・④-④'断面は、防波壁南側の斜面幅が最も狭い箇所を通り、地形が急勾配となる方向に設定した。

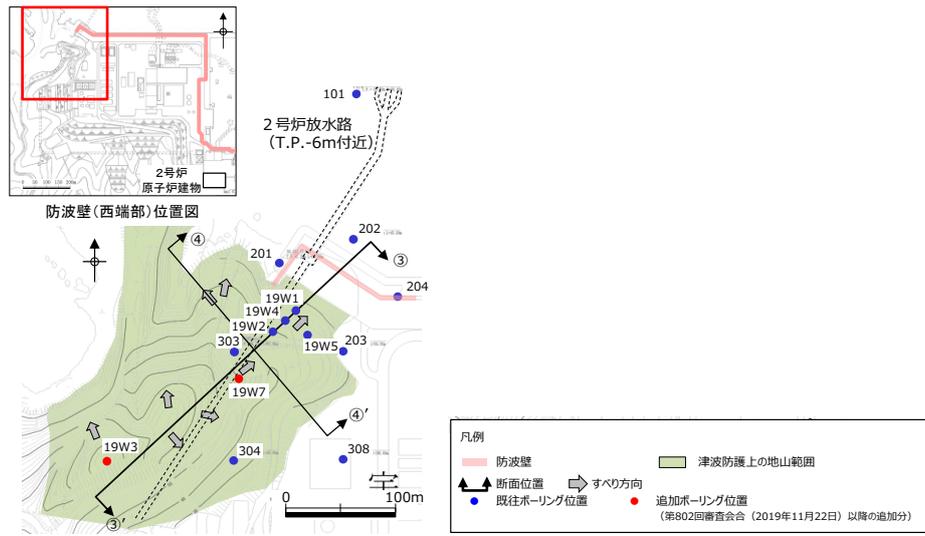
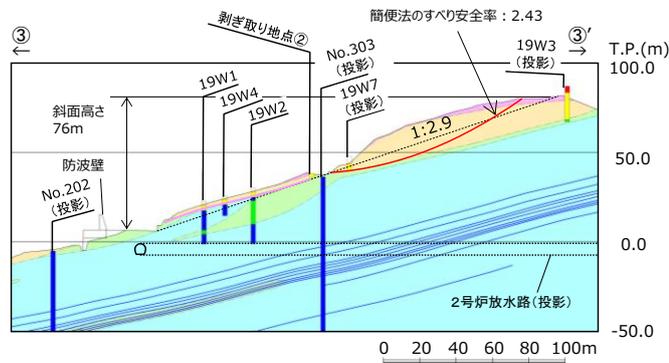
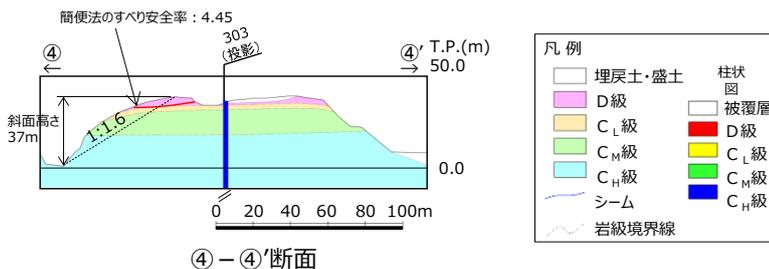


図 2-33 防波壁（西端部）の評価対象斜面の選定 検討断面位置図



③-③'断面（岩級断面図）※

※「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済



④-④'断面

図 2-34 評価対象断面の選定 検討断面 地質鉛直断面図（岩級，シーム）

③-③' 断面及び④-④' 断面について表 2-3 のとおり比較を行った結果、③-③' 断面を 2 次元動的 FEM 解析の評価対象斜面に選定した。

表 2-3 防波壁 (西端部) 評価対象斜面の選定結果

防波壁 東端部斜面	影響要因				該当する 影響要因	簡便法の 最小すべり 安全率*	選定理由
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布 の有無			
③-③'	C_{Hr} , C_{Mr} , C_{Lr} , D 級	76m	1:2.9	なし	①, ②	2.43	・表層に C_{Lr} , D 級が分布すること、斜面高さが高いこと、標高40m付近にD級岩盤の薄層が分布すること、流れ盤であること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。
④-④'	C_{Hr} , C_{Mr} , C_{Lr} , D 級	37m	1:1.6	なし	①, ③	4.45	・③-③'断面に比べ、平均勾配は急だが、 C_{Mr} ~ C_{Lr} 級岩盤が主体であり、斜面高さが低く、簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、③-③'断面の評価に代表させる。

□ : 番号を付与する影響要因 □ : 影響要因の番号付与が多い (簡便法のすべり安全率が小さい) □ : 選定した評価対象斜面

【③-③' 断面の比較結果】

当該斜面は、表層に C_{Lr} , D 級が分布すること、斜面高さが76mと高いこと、標高40m付近にD級岩盤の薄層が分布すること、流れ盤であること、及び簡便法の最小すべり安全率が2.43と小さいことから、評価対象斜面に選定する。

当該斜面には 2 号炉放水路が存在するが、(6) で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。

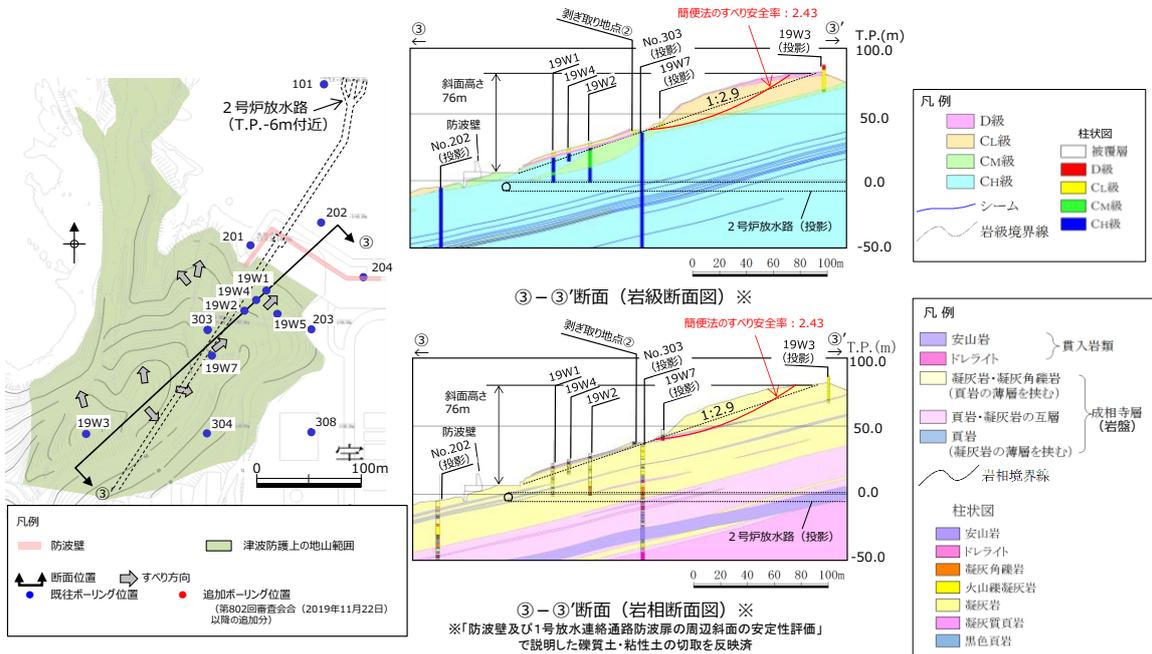


図 2-35 ③-③' 断面の比較結果

【③-③' 断面のモデル化】

防波壁（東端部）の③-③' 断面の解析モデルについては、地質断面図を踏まえて作成する。

凝灰岩の割れ目密集帯については、地質調査結果を踏まえ、層厚20cmの凝灰岩（D級）として解析モデルに反映する。

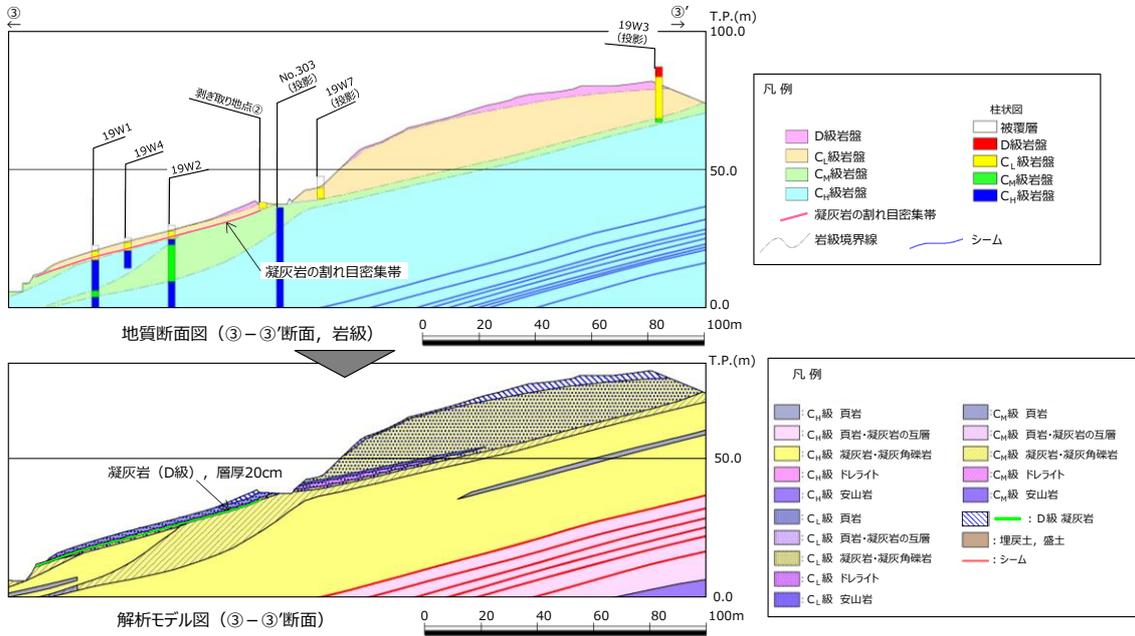


図 2 - 36 ③-③' 断面のモデル化

【④-④' 断面の比較結果】

当該斜面は、③-③' 断面に比べ、平均勾配は1:1.6と急だが、 $C_M \sim C_H$ 級岩盤が主体であり、斜面高さが37mと低く、簡便法の最小すべり安全率が4.45と大きいことから、③-③' 断面の評価に代表させる。

当該斜面には2号炉放水路が存在するが、(6)で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。

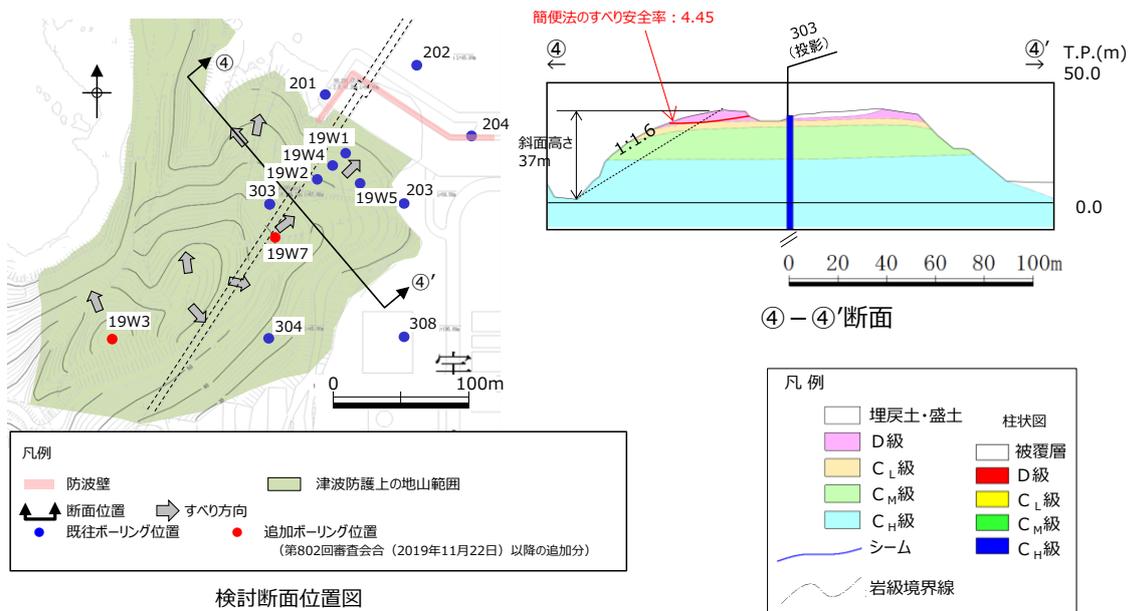
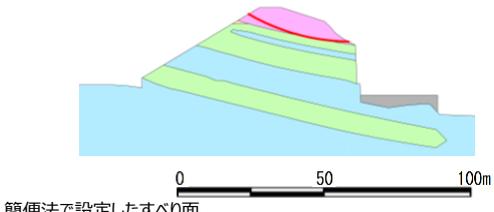


図 2-37 ④-④' 断面の比較結果

e. 評価結果

防波壁（東端部）の評価対象斜面である⑤”－⑤’断面を対象に，基準地震動に対する2次元動的FEM解析を実施した結果，すべり安全率は1.2を上回ることから，津波防護の障壁となる地山について，基準地震動に対する健全性確保の見通しを確認できた。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
1		Ss-D (+,-)	1.55 [13.24]	1.30 [13.24]

すべり面番号	すべり安全率											
	Ss-D				Ss-N1		Ss-N2				Ss-F1	Ss-F2
	(+,+)	(-,+)	(+,-)	(-,-)	(+,+)	(-,+)	水平NS		水平EW			
(+,+)	(-,+)	(+,-)	(-,-)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)			
1	1.59	1.60	1.55	1.70	1.56	1.93	2.11	1.61	1.84	1.59	1.84	1.99

※1 基準地震動(+,+)は反転なし，(-,+)は水平反転，(+,-)は鉛直反転，(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は，発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

■ : C_v級岩盤
 ■ : C_w級岩盤
 ■ : C_s級岩盤
 ■ : D級岩盤
■ : MMR
 — : すべり面

図2-38 防波壁（東端部）の基準地震動に対する2次元動的FEM解析結果

防波壁（西端部）の評価対象斜面である③－③’断面を対象に，基準地震動に対する2次元動的FEM解析を実施した結果，すべり安全率は1.2を上回ることから，津波防護の障壁となる地山について，基準地震動に対する健全性確保の見通しを確認できた。

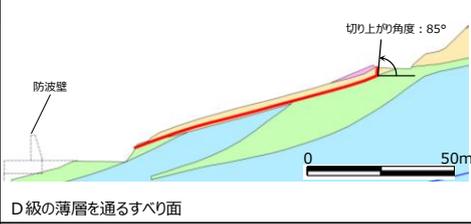
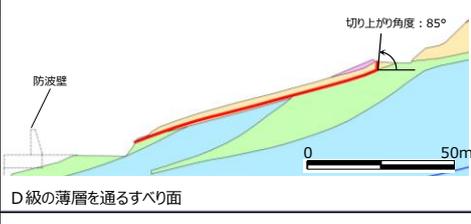
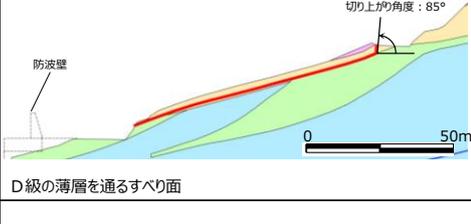
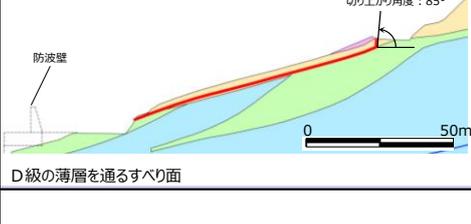
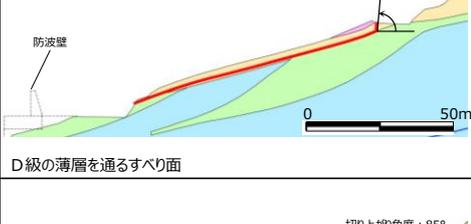
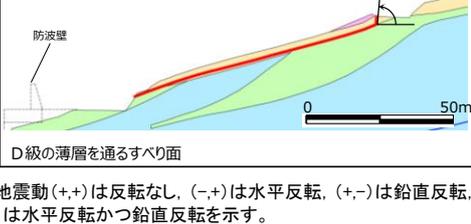
すべり面 番号	すべり面形状	基準※1 地震動	切り上がり角度毎の 最小すべり安全率※2 【平均強度】		最小 すべり安全率※2 【平均強度】	最小 すべり安全率※2 【ばらつきを考慮した強度】
			切り上がり 角度	すべり安全率		
1		Ss-D (+,+)	25°	3.06	2.43 (8.58)	—
			30°	2.90		
			35°	2.79		
			40°	2.72		
			45°	2.67		
			50°	2.63		
			55°	2.60		
			60°	2.57		
			65°	2.54		
			70°	2.51		
			75°	2.48		
80°	2.46					
85°	2.43					
1		Ss-D (-,+)	25°	3.32	2.58 (34.32)	—
			30°	3.15		
			35°	3.03		
			40°	2.95		
			45°	2.89		
			50°	2.84		
			55°	2.80		
			60°	2.76		
			65°	2.72		
			70°	2.69		
			75°	2.65		
80°	2.62					
85°	2.58					
すべり安全率の最小ケース						
1		Ss-D (+,-)	25°	2.97	2.31 (8.95)	1.97 (8.95)
			30°	2.82		
			35°	2.72		
			40°	2.65		
			45°	2.60		
			50°	2.55		
			55°	2.51		
			60°	2.48		
			65°	2.44		
			70°	2.41		
			75°	2.37		
80°	2.34					
85°	2.31					
1		Ss-D (-,-)	25°	3.45	2.62 (14.74)	—
			30°	3.27		
			35°	3.15		
			40°	3.06		
			45°	3.00		
			50°	2.94		
			55°	2.89		
			60°	2.84		
			65°	2.80		
			70°	2.75		
			75°	2.71		
80°	2.67					
85°	2.62					
1		Ss-N1 (+,+)	25°	4.05	2.97 (7.39)	—
			30°	3.83		
			35°	3.67		
			40°	3.57		
			45°	3.48		
			50°	3.41		
			55°	3.34		
			60°	3.27		
			65°	3.21		
			70°	3.14		
			75°	3.08		
80°	3.03					
85°	2.97					
1		Ss-N1 (-,+)	25°	3.54	2.67 (7.62)	—
			30°	3.35		
			35°	3.22		
			40°	3.13		
			45°	3.06		
			50°	3.00		
			55°	2.95		
			60°	2.90		
			65°	2.85		
			70°	2.81		
			75°	2.76		
80°	2.72					
85°	2.67					

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,
(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】	
	C ₁ 級岩壁
	C ₂ 級岩壁
	C ₃ 級岩壁
	D級岩壁
	シーム
	すべり面

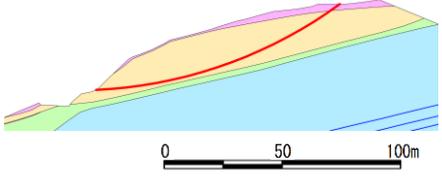
図2-39(1) 防波壁(西端部)の基準地震動に対する2次元動的FEM解析結果

すべり面 番号	すべり面形状	基準※1 地震動	切り上がり角度毎の 最小すべり安全率※2 【平均強度】		最小 すべり安全率※2 【平均強度】	最小 すべり安全率※2 【ばらつきを考慮した強度】
			切り上がり 角度	すべり安全率		
1		Ss-N2 水平NS (+,+)	25°	3.88	2.86 [24.39]	—
			30°	3.67		
			35°	3.52		
			40°	3.42		
			45°	3.34		
			50°	3.27		
			55°	3.20		
			60°	3.14		
			65°	3.08		
			70°	3.03		
			75°	2.97		
			80°	2.92		
			85°	2.86		
1		Ss-N2 水平NS (-,+)	25°	3.86	2.97 [24.99]	—
			30°	3.65		
			35°	3.51		
			40°	3.42		
			45°	3.35		
			50°	3.29		
			55°	3.23		
			60°	3.19		
			65°	3.14		
			70°	3.09		
			75°	3.05		
			80°	3.01		
			85°	2.97		
1		Ss-N2 水平EW (+,+)	25°	3.48	2.66 [24.43]	—
			30°	3.29		
			35°	3.16		
			40°	3.08		
			45°	3.02		
			50°	2.96		
			55°	2.91		
			60°	2.87		
			65°	2.82		
			70°	2.78		
			75°	2.74		
			80°	2.70		
			85°	2.66		
1		Ss-N2 水平EW (-,+)	25°	3.52	2.69 [26.07]	—
			30°	3.33		
			35°	3.20		
			40°	3.12		
			45°	3.05		
			50°	2.99		
			55°	2.94		
			60°	2.90		
			65°	2.85		
			70°	2.81		
			75°	2.77		
			80°	2.73		
			85°	2.69		
1		Ss-F1	25°	3.34	2.67 [8.10]	—
			30°	3.16		
			35°	3.04		
			40°	2.97		
			45°	2.91		
			50°	2.87		
			55°	2.83		
			60°	2.80		
			65°	2.77		
			70°	2.74		
			75°	2.72		
			80°	2.70		
			85°	2.67		
1		Ss-F2	25°	3.80	2.98 [16.52]	—
			30°	3.59		
			35°	3.45		
			40°	3.36		
			45°	3.30		
			50°	3.24		
			55°	3.20		
			60°	3.15		
			65°	3.11		
			70°	3.08		
			75°	3.04		
			80°	3.01		
			85°	2.98		

※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。



図2-39(2) 防波壁(西端部)の基準地震動に対する2次元動的FEM解析結果

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮した 強度】※2
2	 簡便法で設定したすべり面	Ss-D (+,-)	2.935 [8.61]	2.931 [8.61]

すべり面番号	すべり安全率											
	Ss-D				Ss-N1		Ss-N2				Ss-F1	Ss-F2
	(+,+)	(-,+)	(+,-)	(-,-)	(+,+)	(-,+)	水平NS		水平EW			
(+,+)							(-,+)	(+,+)	(-,+)			
2	2.97	3.18	2.93	3.21	3.99	3.37	3.64	3.42	3.49	3.68	4.17	3.93

※1 基準地震動 (+,-) は鉛直反転を示す。
 ※2 ()は, 発生時刻 (秒) を示す。

【凡例】

- : C-級岩盤
- : C+級岩盤
- : C-級岩盤
- : D-級岩盤
- : シーム
- : すべり面

図 2-39(3) 防波壁 (西端部) の基準地震動に対する 2次元動的 FEM 解析結果

(5) 基準津波に対する健全性確保の見通し

検討2の基準津波に対する健全性確保として、(1)波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認及び(2)基準津波による地山の安定性評価を行った。

a. 波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認

津波防護上の地山は、図2-40及び図2-41に示すとおり岩盤から構成され一部はコンクリートに覆われていることから、波力による侵食及び洗掘による地形変化は生じない。

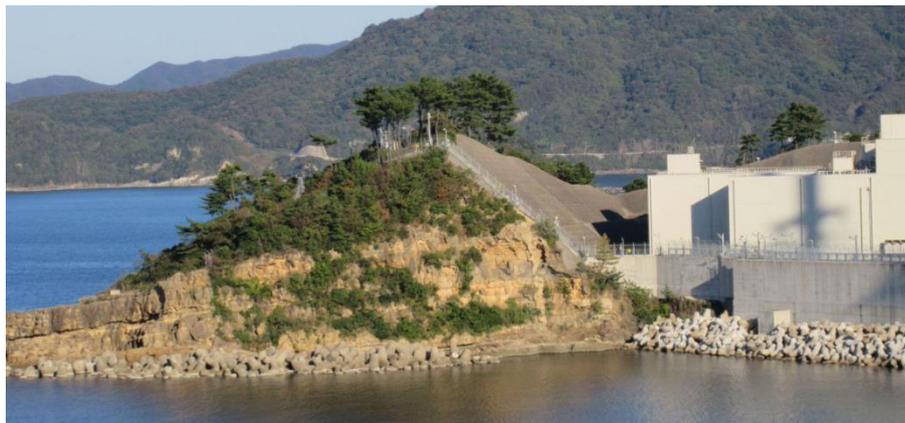


図2-40 防波壁（東端部）地山状況



図2-41 防波壁（西端部）地山状況

b. 基準津波に対する地山の安定性評価

基準津波に対する地山の安定性評価は、地山を津波防護施設と考え、直立の構造物に作用する力を保守的に津波波力として設定し、地山のせん断抵抗力と比較することで、基準津波に対する健全性確保の見通しを確認する。

津波波力を算出するにあたり、防波壁（東端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波 1（防波堤無し），防波壁（西端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波 1（防波堤有り）を対象とする。

津波高さは、防波壁（東端部）については図 2-42右に示すEL+12.0m，防波壁（西端部）については図 2-42左に示すEL+10.7mと設定した。

地山のせん断断面は、防波壁の擦り付け部から断面長さが最小となる位置を設定した。防波壁（東端部）については図 2-42右に示す地山のEL+8.5m位置における最小幅である約95m，防波壁（西端部）については図 2-42左に示す地山のEL+8.5m位置における最小幅である約80mと設定した。

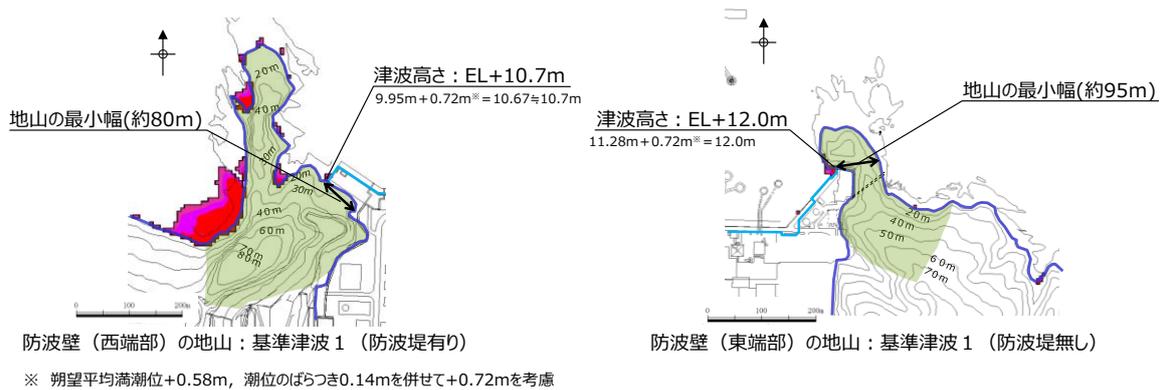


図 2-42 津波高さ及び地山のせん断断面検討位置

基準津波の波力は、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成27年12月一部改訂）」に示される谷本式に基づき、波力を算定する。

谷本式は式2-1，式2-2と示される。ここでは、地山に作用する波力を等変分布荷重とし、これを式2-3と表す。

$$\eta^* = 3.0a_I \quad \text{式2-1}$$

$$P_1 = 2.2\rho_0ga_I \quad \text{式2-2}$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) \quad \text{式2-3}$$

ここで、

- η^* : 静水面上の波圧作用高さ
- a_I : 入射津波の静水面上の高さ(振幅)
- ρ_0g : 海水の単位体積重量(10.1kN/m³)
- P_1 : 静水面における波圧強度
- P : 地山に作用する波力

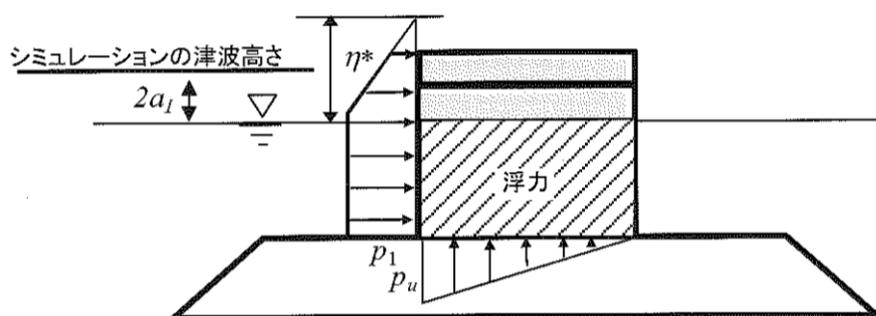


図2-43 地山に作用する波力等の分布図

基準津波による波力の計算を以下に示す。計算に用いた津波高さを表2-4に示す。

・防波壁

$$\eta^* = 3.0a_I = 3.0 \times 6.5\text{m} = 19.5\text{m}$$

$$P_1 = 2.2\rho_0ga_I = 2.2 \times 10.1\text{kN/m}^3 \times 6.5\text{m} = 144.43\text{kN/m}^2 \approx 145\text{kN/m}^2$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) = 145\text{kN/m}^2 \times 19.5\text{m} \times (1/2) = 1,501.5\text{kN/m} \approx 1,502\text{kN/m}$$

地山のせん断強度は、防波壁端部の地山の大部分を構成するC₁₀級岩盤を対象にブロックせん断試験より求めた値（地山のせん断強度：1,140kN/m²，詳細は「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）参照）を設定した。

地山のせん断抵抗力は下記計算で算出される。

- ・防波壁（東端部）の地山のせん断抵抗力
 $1,140\text{kN/m}^2$ （地山のせん断強度） \times 95m（地山の最小幅）=108,300kN/m
- ・防波壁（西端部）の地山のせん断抵抗力
 $1,140\text{kN/m}^2$ （地山のせん断強度） \times 80m（地山の最小幅）=91,200kN/m

算出した結果を表2-4に示す。地山に作用する波力は、防波壁で1,502kN/mとなった。また、地山のせん断抵抗力は防波壁（東端部）で108,300kN/m，防波壁（西端部）で91,200kN/mとなり，地山のせん断抵抗力は波力と比較して十分に大きい（図2-44），基準津波に対する健全性を確認した。

表2-4 地山に作用する波力及び地山のせん断抵抗力

	シミュレーションによる津波高さ※(2a ₁)	振幅 (a ₁)	地山に作用する波力	地山のせん断抵抗力
防波壁 (東端部)	13m[12.64m]	6.5m	1,502kN/m	108,300kN/m
防波壁 (西端部)				91,200kN/m

※防波壁擦り付け部の最高水位12.0mに，参照する裕度0.64mを考慮し，保守的に設定

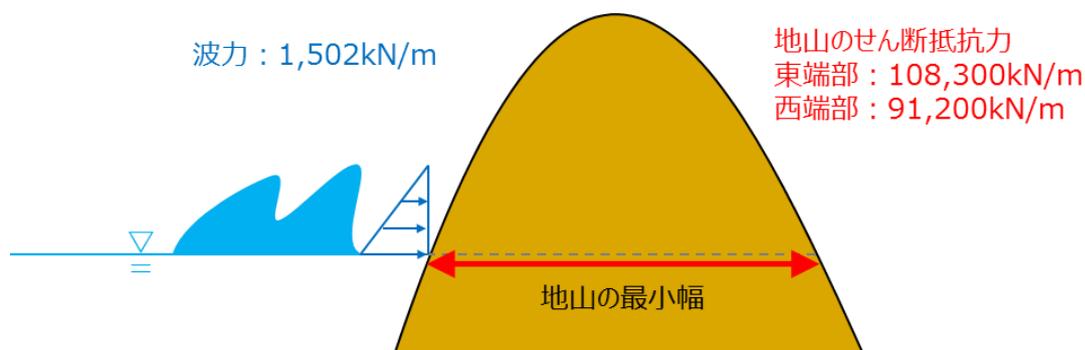


図2-44 波力と地山のせん断抵抗力の比較計算に関するイメージ

(6) 1号炉放水連絡通路の存在による影響

防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）には、1号炉放水連絡通路の他に、1・2号炉放水路も存在することから、両者の斜面のすべり安定性への影響について、下表の観点から確認した。

表2-5 トンネルの斜面すべり安定性への影響

項目	確認方法
1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の有無による想定すべり面への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）の斜面のすべり方向を考慮して選定した各断面に左記施設の断面を投影し、想定すべり面との位置関係を確認する。 ・掘削前後において、「簡便法によるトンネルを通るすべり面のすべり安全率」及び「掘削解析によるすべり面上のひずみ増分」を確認する。 ・静的震度については、JEG4601-2015に基づき、斜面位置における基準地震動S_sに対する一次元地震応答解析により設定する。なお、水平震度と鉛直震度については、保守的に全時刻を通しての最大値を組み合わせる。 ・想定すべり面及びトンネルを通るすべり面については、すべり面の形状を円弧と仮定し、中心と半径を変化させ、すべり安全率が最小となるすべり面を網羅的に探索している。

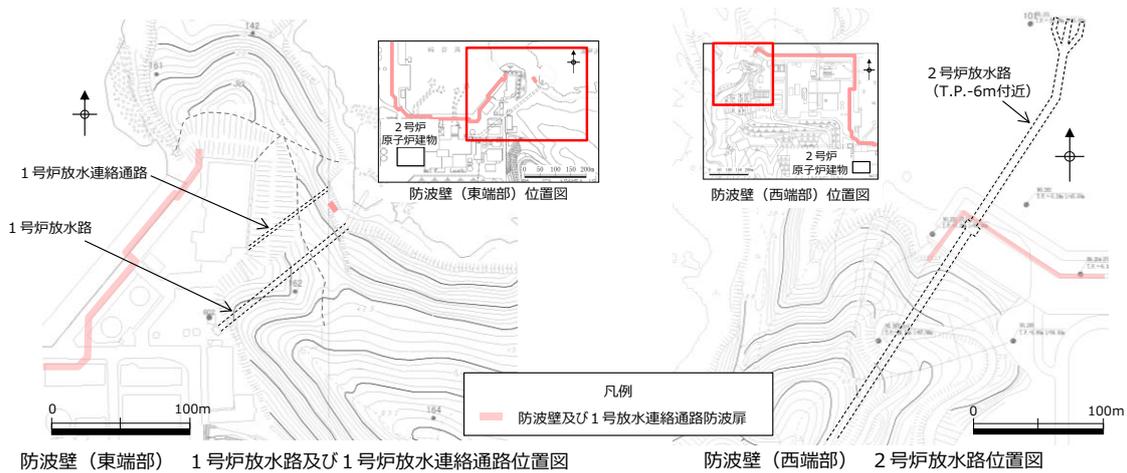


図2-45 トンネル平面位置図

a. 防波壁（東端部）

⑥-⑥' 断面に1号炉放水路を投影した結果、①-①' 断面に投影した1号炉放水連絡通路に比べ、斜面に占めるトンネル面積の割合が小さいこと、及び土被り厚が大きいことから、斜面のすべり安定性への影響は連絡通路より小さいと考えられるため、1号炉放水連絡通路の影響検討に代表させる。

①-①' 断面と⑤''-⑤' 断面は地形・地質が同様であるため、1号炉放水連絡通路の影響検討は①-①' 断面及び⑤''-⑤' 断面において実施する。

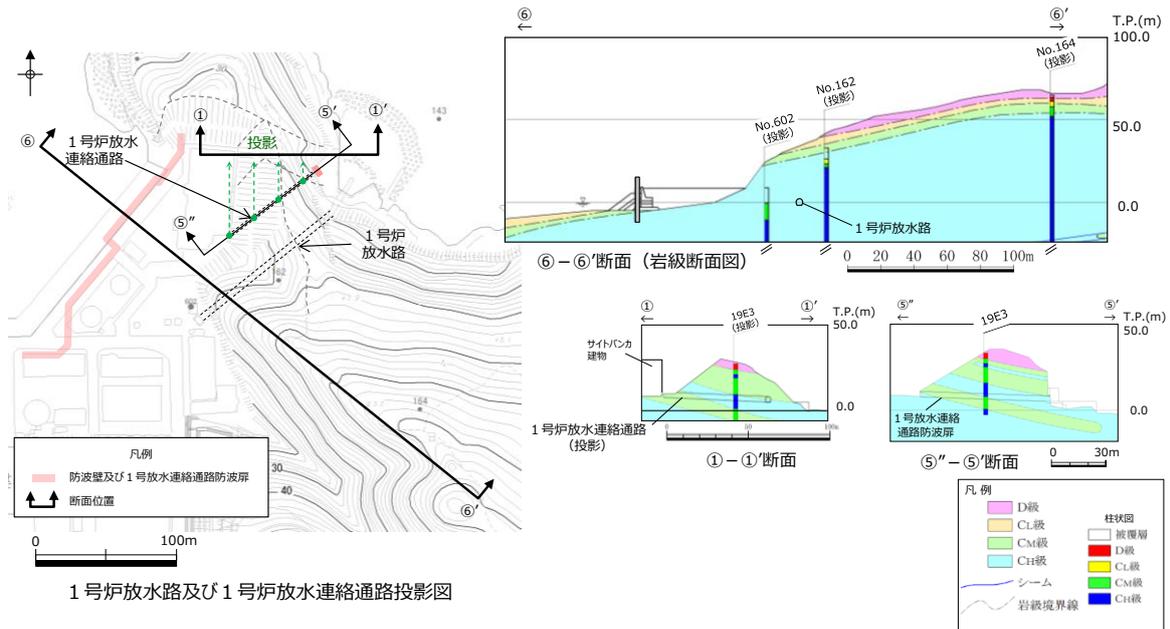


図 2-46 防波壁（東端部）のトンネルの代表性

(a) ①-①' 断面

①-①' 断面に1号炉放水連絡通路を投影した結果、想定すべり面（最小すべり安全率を示すすべり面）は、連絡通路に重ならないことを確認した。

連絡通路を通るすべり面を仮定し、連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は3.93であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は3.69（▲0.24）であり、影響は軽微であることを確認した。

掘削解析により、連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0046%であり、影響は軽微であることを確認した。

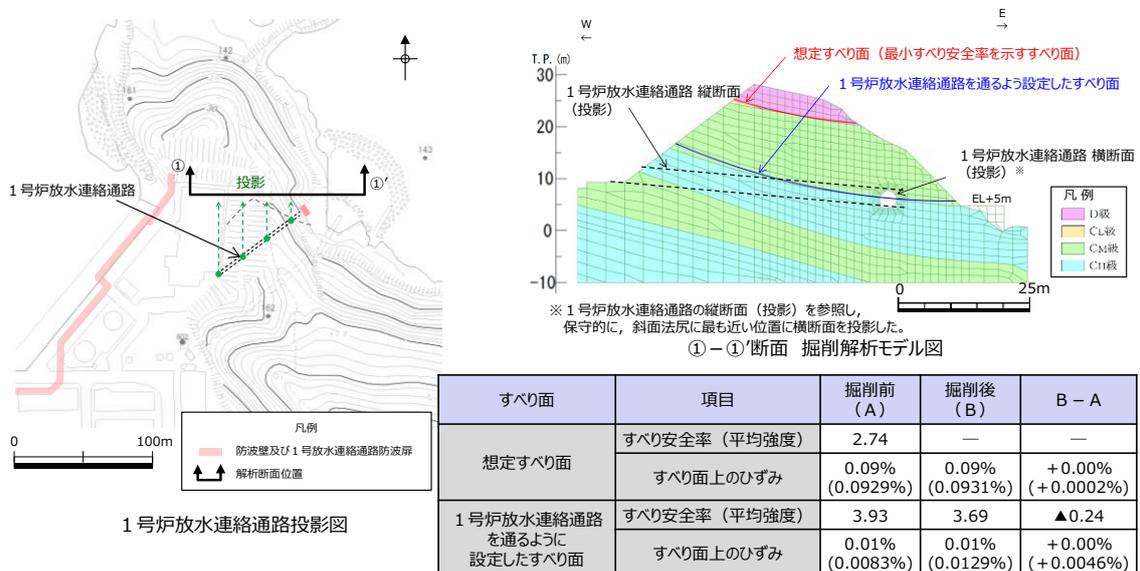


図 2-47 ①-①' 断面における1号炉放水連絡通路の影響検討結果

(b) ⑤”－⑤’ 断面（トンネル横断面）

⑤”－⑤’ 断面に1号炉放水連絡通路を投影した結果，想定すべり面（最小すべり安全率を示すすべり面）は，連絡通路に重ならないことを確認した。

連絡通路を通るすべり面を仮定し，連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果，掘削前の安全率は3.85であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果，掘削後のすべり安全率は3.53（▲0.32）であり，影響は軽微であることを確認した。

掘削解析により，連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果，最大で0.0042%であり，影響は軽微であることを確認した。

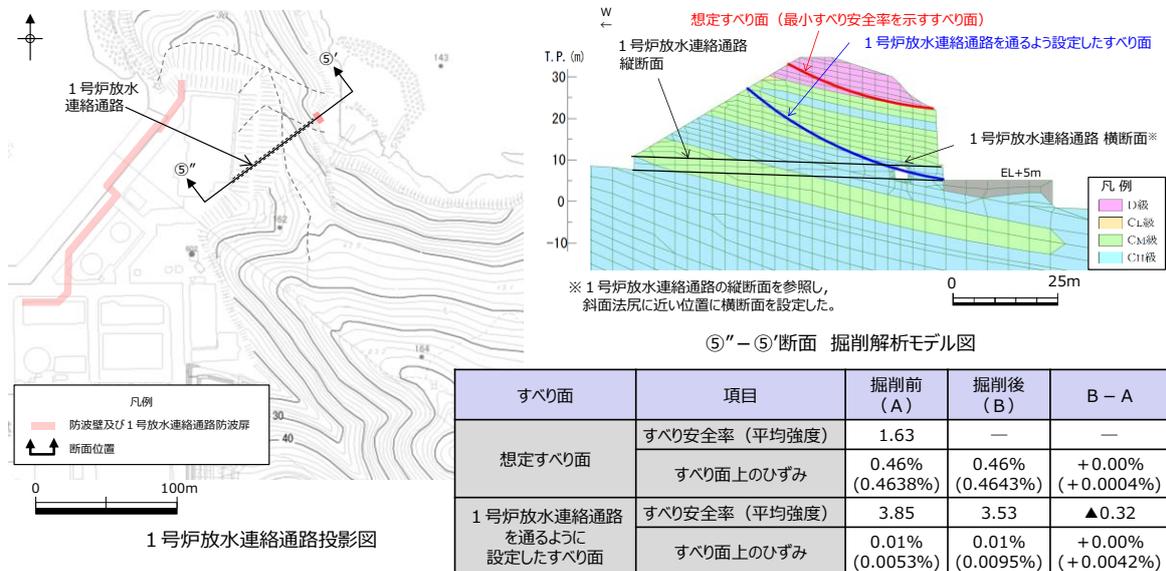


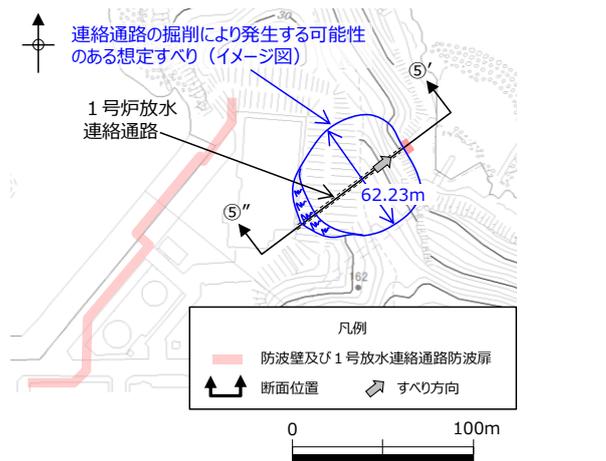
図 2 - 48 ⑤”－⑤’ 断面における1号炉放水連絡通路の影響検討結果

(c) ⑤”－⑤’ 断面（トンネル縦断面）

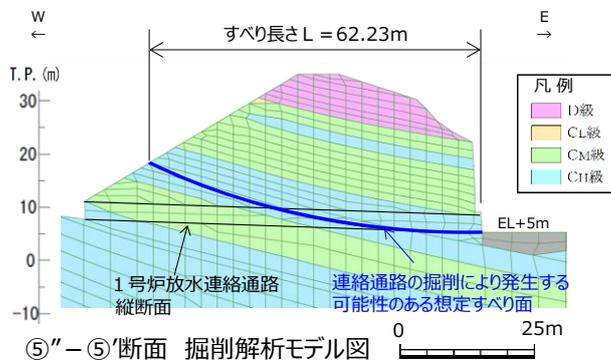
⑤”－⑤’ 断面は1号炉放水連絡通路を縦断方向に通過する断面であることから、連絡通路掘削後のFEM解析において、連絡通路の縦断面部のせん断強度等を低減してモデル化した検討も実施した。

⑤”－⑤’ 断面に1号炉放水連絡通路をモデル化する際は、断面奥行方向の斜面に対する連絡通路の占める割合を考慮し、岩盤の単位体積重量、せん断強度及び静弾性係数を低減することとした。モデル化の手順は以下のとおり。

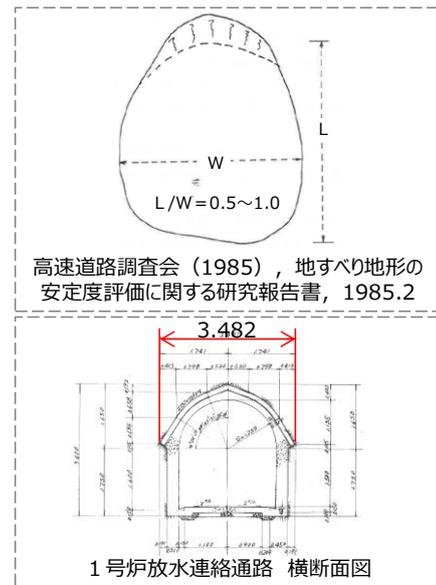
- (1) 連絡通路の掘削により発生する可能性のある想定すべりを検討する。
連絡通路を通過すべり安全率が最小となるすべり面を網羅的に探索する。
- (2) 上記により設定した連絡通路を通る想定すべり面からすべり長さを求め、高速道路調査会（1985）に基づき、すべり長さからすべり幅を求める。
- (3) すべり幅に対する連絡通路の外形幅の割合を求め、トンネル縦断面における岩盤の単位体積重量、せん断強度及び静弾性係数を低減する。



1号炉放水連絡通路投影図



⑤”－⑤’断面 掘削解析モデル図



1号炉放水連絡通路 横断面図

【せん断強度等の低減率の算定】

- ・高速道路調査会（1985）によると、すべり長さLとすべり幅Wには $L/W = 0.5 \sim 1.0$ の関係があるとされている。
- ・すべり幅Wが小さい方が、Wに占める連絡通路の外形幅の割合が大きくなることから、上記文献を踏まえて保守的に $L/W = 1.0$ とする。
すべり幅 $W =$ すべり長さ $L = 62.23\text{m}$
- ・すべり幅に対する連絡通路の外形幅の割合 = $3.48/62.23 \times 100 = 5.6\%$

保守的に岩盤の単位体積重量、せん断強度及び静弾性係数を10%低減する。

図 2-49 連絡通路の縦断面部のせん断強度等を低減するモデル化方法

連絡通路を通るすべり面を仮定し、連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は3.63であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は3.54（▲0.09）であり、影響は軽微であることを確認した。

掘削解析により、連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0010%であり、影響は軽微であることを確認した。

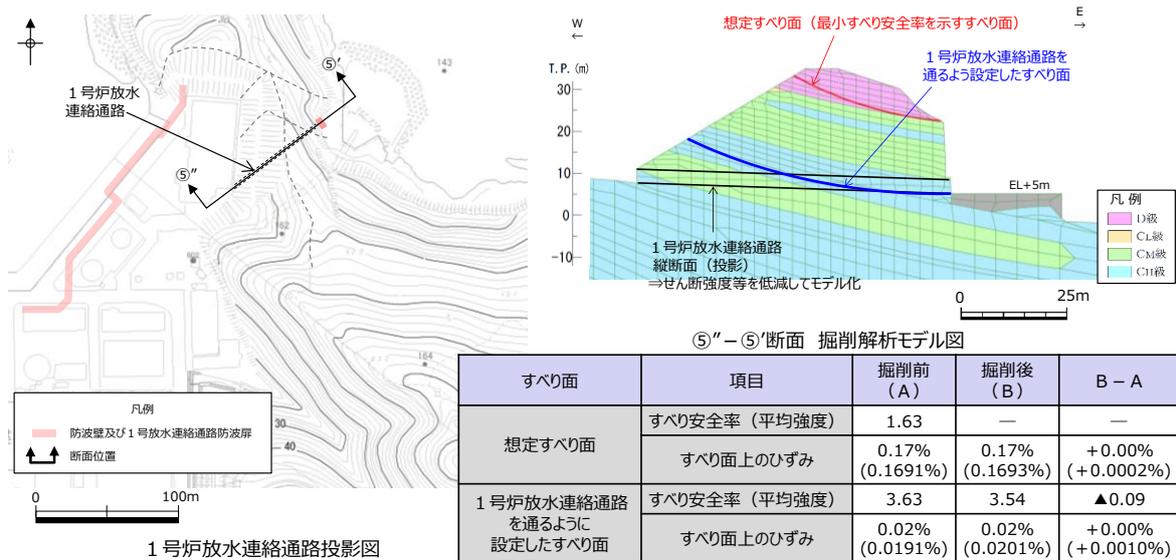


図 2 - 50 ⑤'' - ⑤' 断面における 1 号炉放水連絡通路の影響検討結果

b. 防波壁（西端部）

③-③' 断面に2号炉放水路を投影した結果、想定すべり面（最小すべり安全率を示すすべり面）は、放水路に重ならないことを確認した。

放水路を通るすべり面を仮定し、放水路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は2.44であった。放水路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は2.38（▲0.06）であり、影響は軽微であることを確認した。

掘削解析により、放水路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0054%であり、影響は軽微であることを確認した。

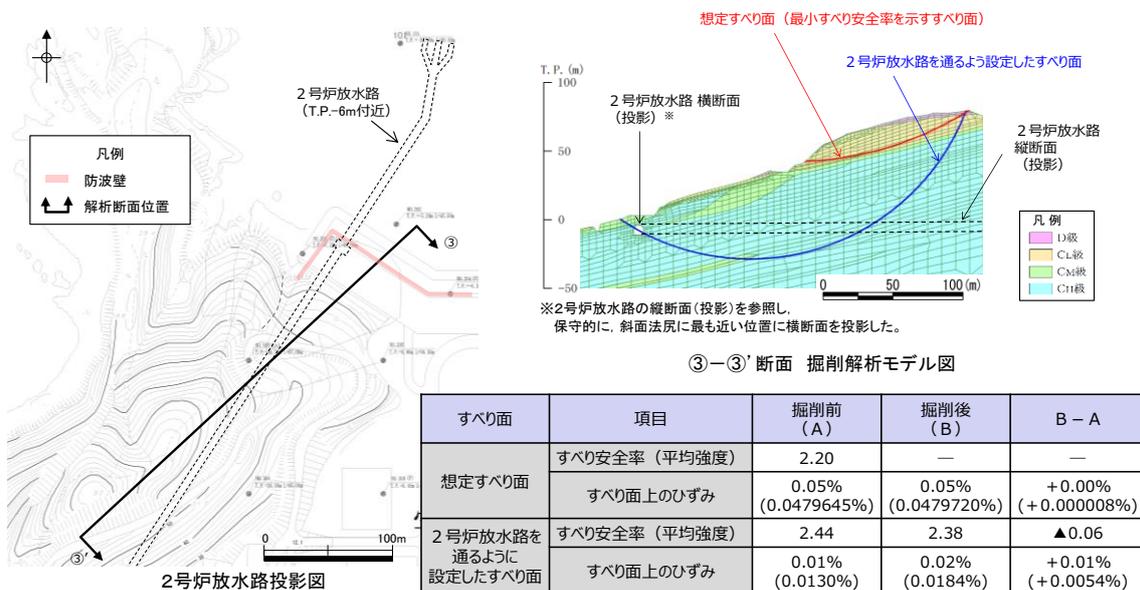


図 2-51 ③-③' 断面における2号炉放水路の影響検討結果

(7) まとめ

防波壁両端部の津波防護上の障壁となっている地山に対して、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）の審査結果を踏まえ、基準地震動及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認した。

以上のことから、防波壁両端部の地山斜面の崩壊は、入力津波を設定する際の影響要因として設定しない。

(8) 敷地周辺斜面の崩壊に関する検討

防波壁両端部の地山以外に、入力津波の設定に影響する地形変化を生じさせる敷地周辺斜面として、地すべり地形が判読されている地山の斜面崩壊についても検討する。（地すべり地形の評価については「第6条：外部からの衝撃による損傷の防止（外部事象の考慮について）」において審議済（R2.5.26））

検討に当たっては、地すべり土塊が海側に突入する可能性が考えられる「敷地北西方の地すべり地形(Ls23)」、 「⑤北西の地すべり地形(Ls24)」、 「地すべり地形⑤(Ls25)」の斜面を対象にする。（図2-52、図2-53参照）

敷地周辺の地形のうち、地すべりLs23、Ls24及びLs25の地すべり地形の概略の土塊量を表2-6に示す。（第575回審査会合資料「基準津波の策定」より抜粋）

地すべりの土塊量はLs25の地すべりが大きいことから、Ls25の地すべりを対象に検討する。検討にあたっては、Ls25の近くにLs24が位置することから、これらの地すべりが同時崩壊することを仮定し、保守的にLs24+25の地すべりが崩壊した後の地形を対象に津波評価を実施する。

地すべりが崩壊した後の地形については、津波評価の陸上地すべりの検討で実施した二層流モデルを用いて決定する。

地すべり発生前後の地形断面図を図2-54に示す。

検討ケースの評価水位を表2-7に、検討ケースの最大水位上昇量分布図又は最大水位下降量分布図を図2-55に示す。

津波解析の結果、斜面崩壊させた場合、水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は、どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が大きい。一方、水位下降側の2号炉取水口の水位については、一部、基準津波3で斜面崩壊有りの方が水位が低下しているが、この差は僅か（-0.03m）であり、大半は、基本ケースの方が斜面崩壊有りのケースに対して水位が低下している。

以上より、地震による地形変化（斜面崩壊）は入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

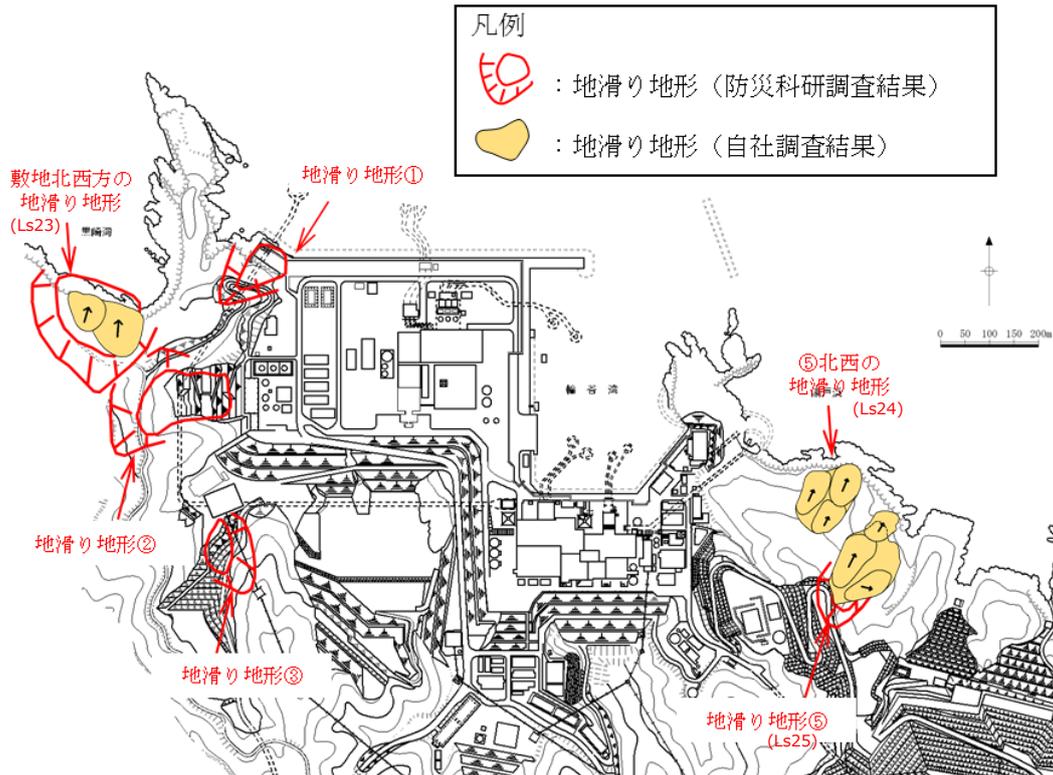


図 2 - 52 敷地周辺地すべり位置図

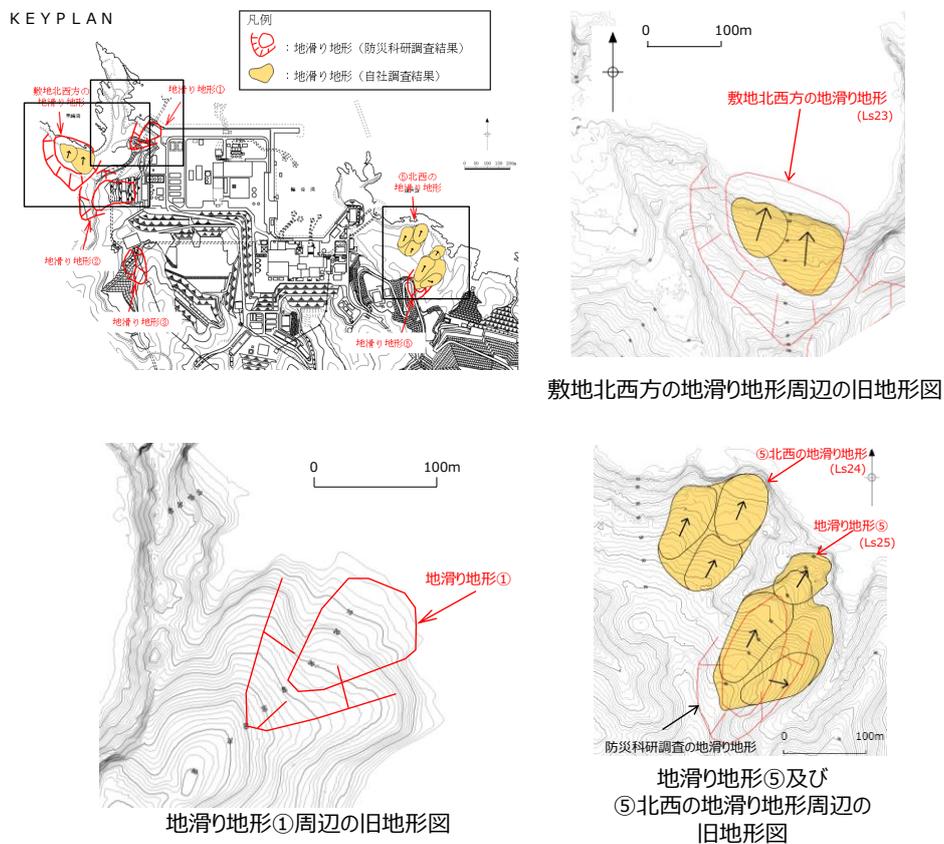


図 2 - 53 敷地周辺地すべり拡大図

表 2 - 6 敷地周辺地すべりの規模の比較

地すべり	長さ L(m)	幅 b(m)	厚さ t(m)	土塊量 Vs(m ³)
Ls23	125	170	25	531,250
Ls24	172	80	16	220,160
Ls25	265	140	20	742,000

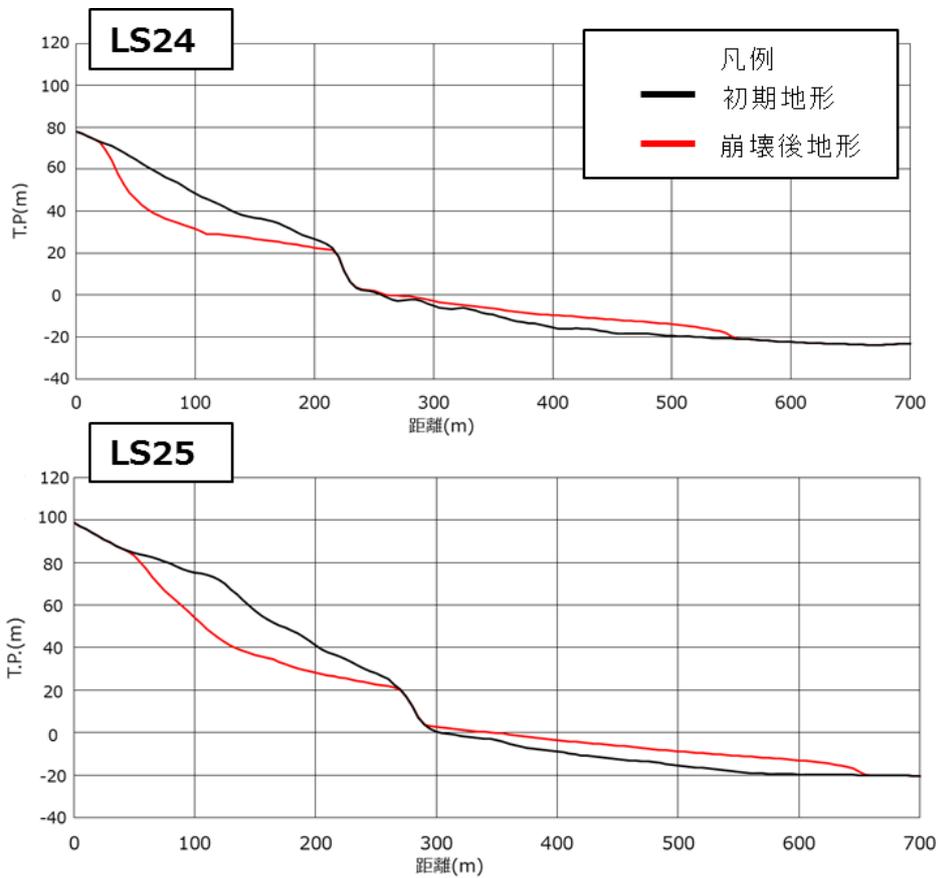
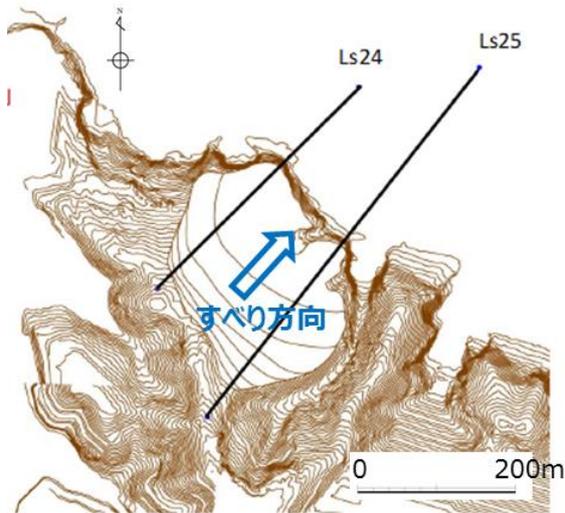
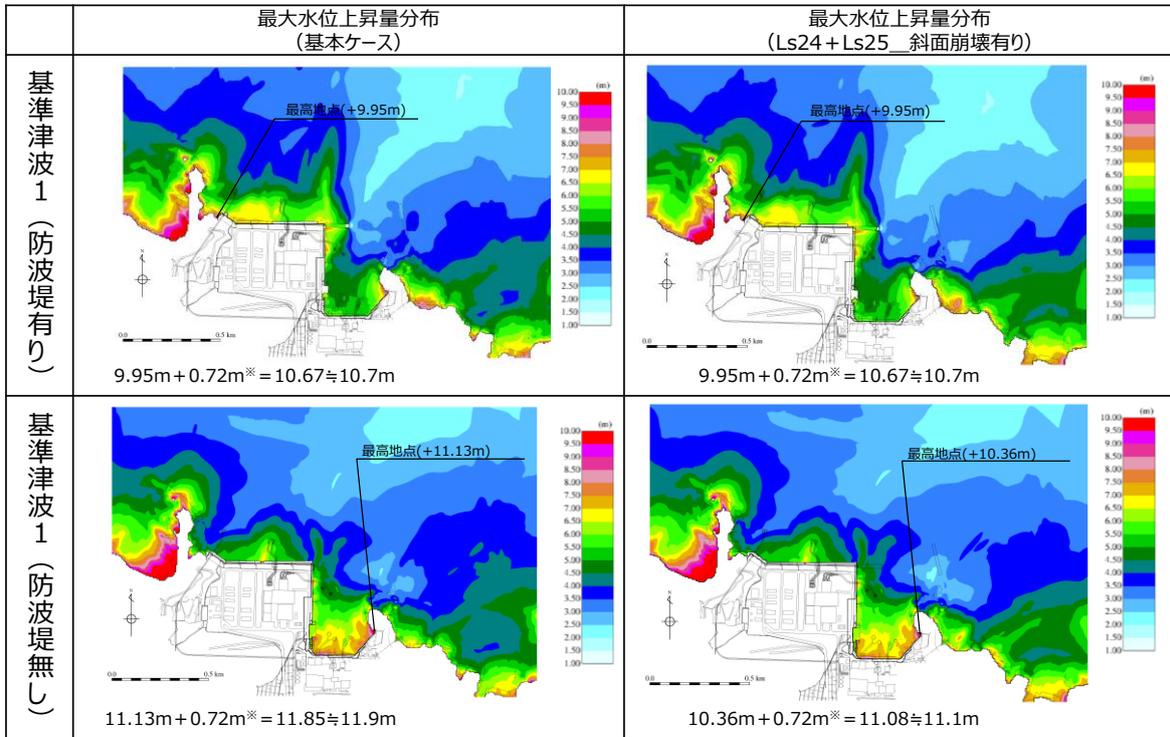


図 2 - 54 Ls24・Ls25の断面図

表 2-7 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による水位比較

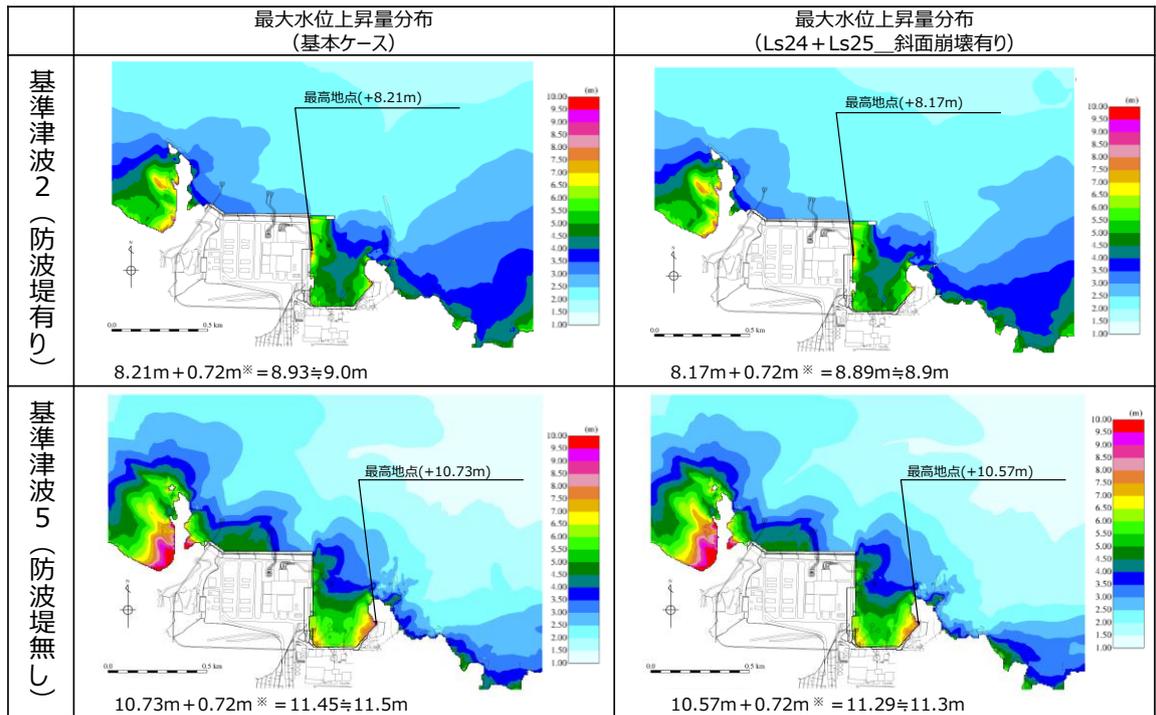
	【水位上昇側】施設護岸又は防波壁※1			【水位下降側】2号炉取水口 (東) ※2		
	基本ケース (A)	斜面崩壊有り (B)	差異 (B-A)	基本ケース (A)	斜面崩壊有り (B)	差異 (B-A)
基準津波 1 (防波堤有り)	+10.7m (+10.67m)	+10.7m (+10.67m)	0.0m (0.00m)	-5.2m (-5.13m)	-5.0m (-4.98m)	+0.2m (+0.15m)
基準津波 1 (防波堤無し)	+11.9m (+11.85m)	+11.1m (+11.08m)	-0.8m (-0.77m)	-6.1m (-6.01m)	-5.8m (-5.79m)	+0.3m (+0.22m)
基準津波 2 (防波堤有り)	+9.0m (+8.93m)	+8.9m (+8.89m)	-0.1m (-0.04m)			
基準津波 3 (防波堤有り)				-4.7m (-4.63m)	-4.7m (-4.66m)	0m (-0.03m)
基準津波 4 (防波堤有り)				-4.1m (-4.04m)	-4.1m (-4.04m)	0m (0.00m)
基準津波 4 (防波堤無し)				-4.3m (-4.25m)	-4.3m (-4.24m)	0m (+0.01m)
基準津波 5 (防波堤無し)	+11.5m (+11.45m)	+11.3m (+11.29m)	-0.2m (-0.16m)			
基準津波 6 (防波堤無し)				-6.1m (-6.08m)	-6.0m (-5.99m)	+0.1m (+0.09m)

※1 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮 ※2 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮



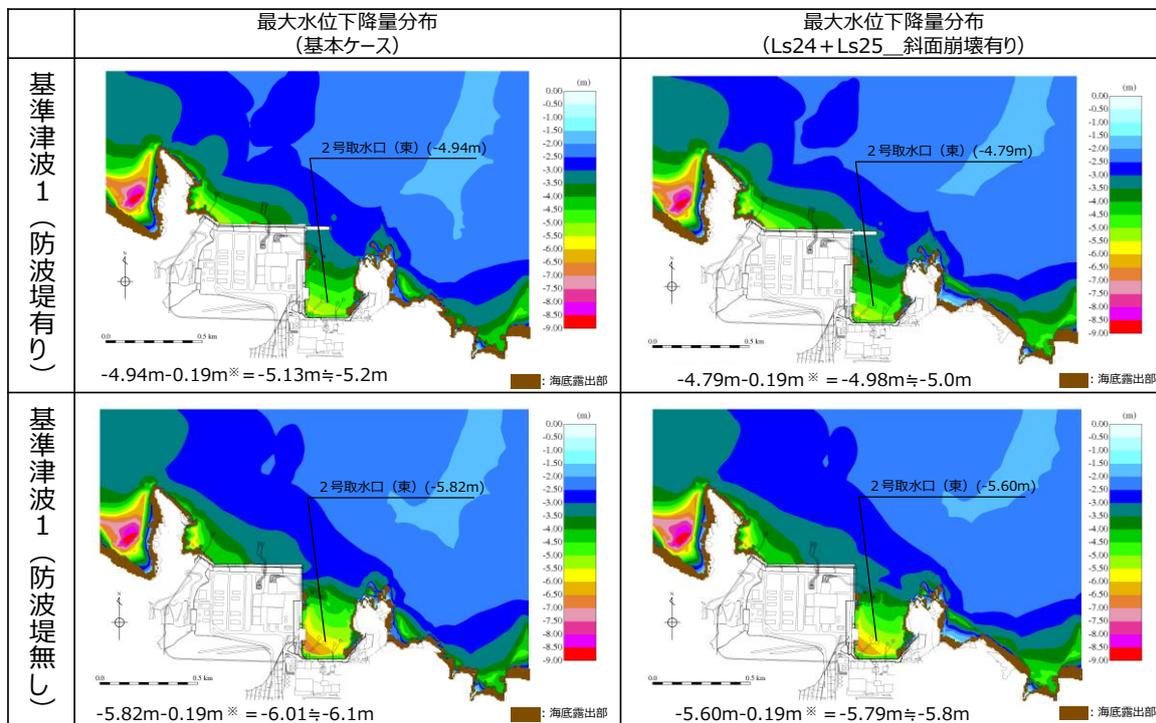
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図 2-55 (1) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位上昇量分布の比較 (基準津波 1 (防波堤有り) 及び基準津波 1 (防波堤無し))



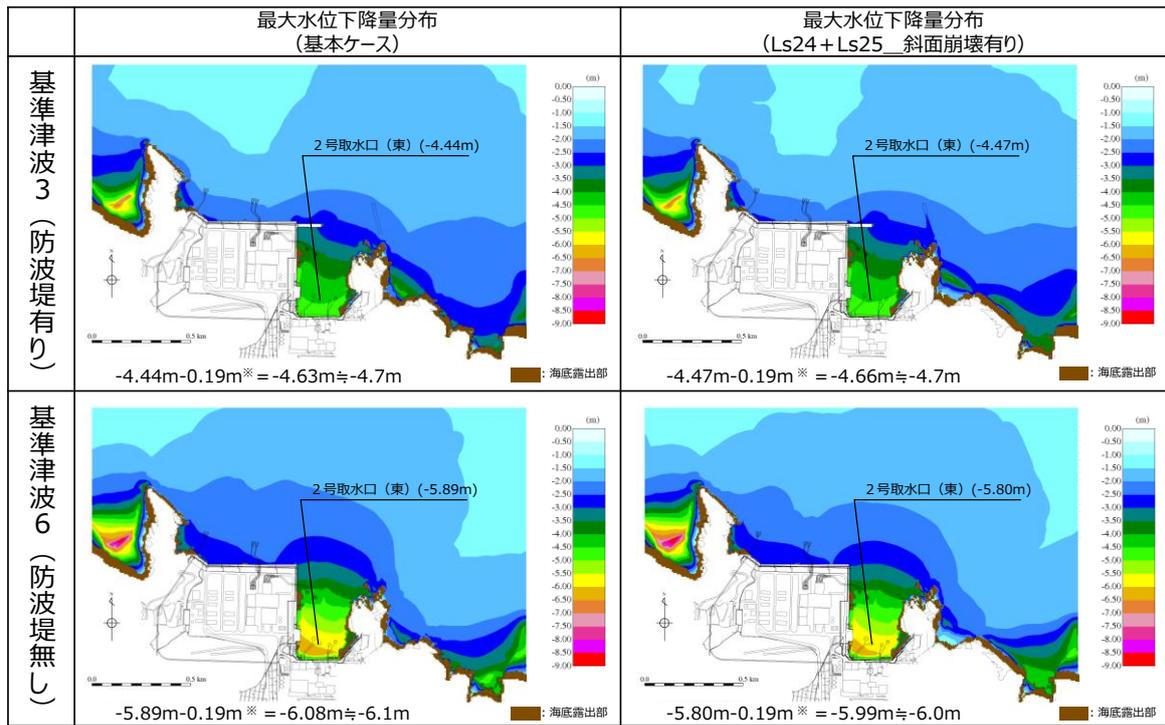
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図2-55 (2) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位上昇量分布の比較 (基準津波2 (防波堤有り) 及び基準津波5 (防波堤無し))



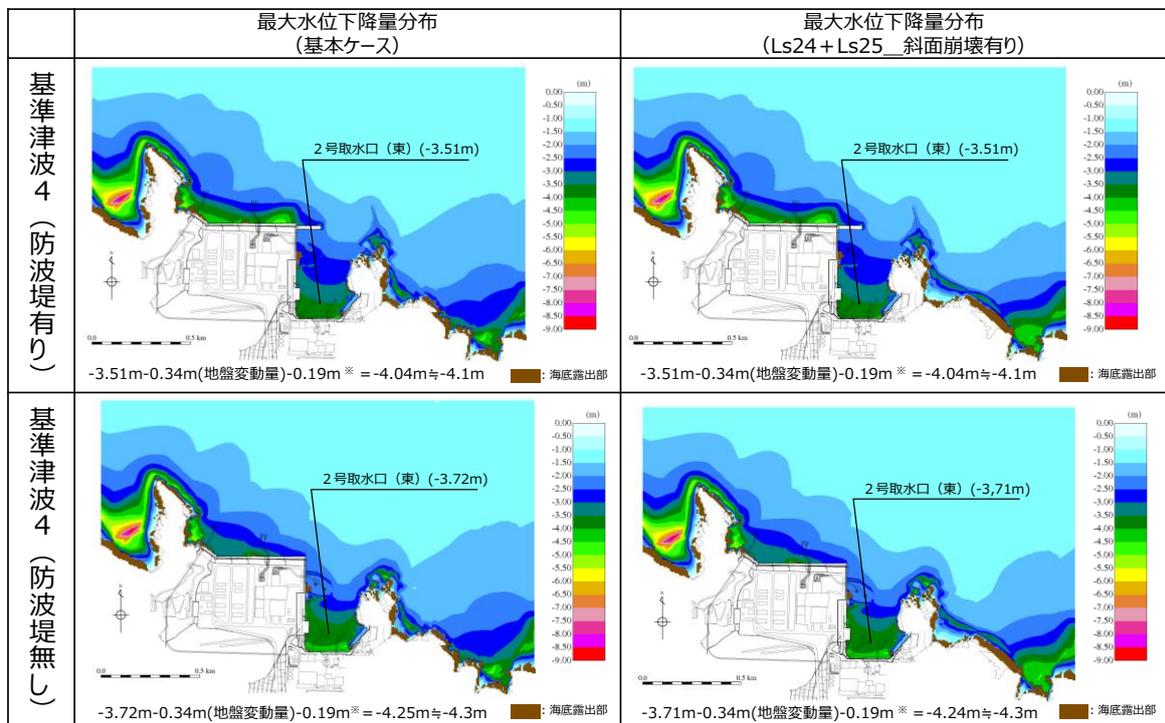
※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図2-55 (3) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位下降量分布の比較 (基準津波1 (防波堤有り) 及び基準津波1 (防波堤無し))



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図2-55 (4) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位下降量分布の比較 (基準津波3 (防波堤有り) 及び基準津波6 (防波堤無し))



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図2-55 (5) 斜面崩壊 (Ls24+Ls25) の有無による最大水位下降量分布の比較 (基準津波4 (防波堤有り) 及び基準津波4 (防波堤無し))

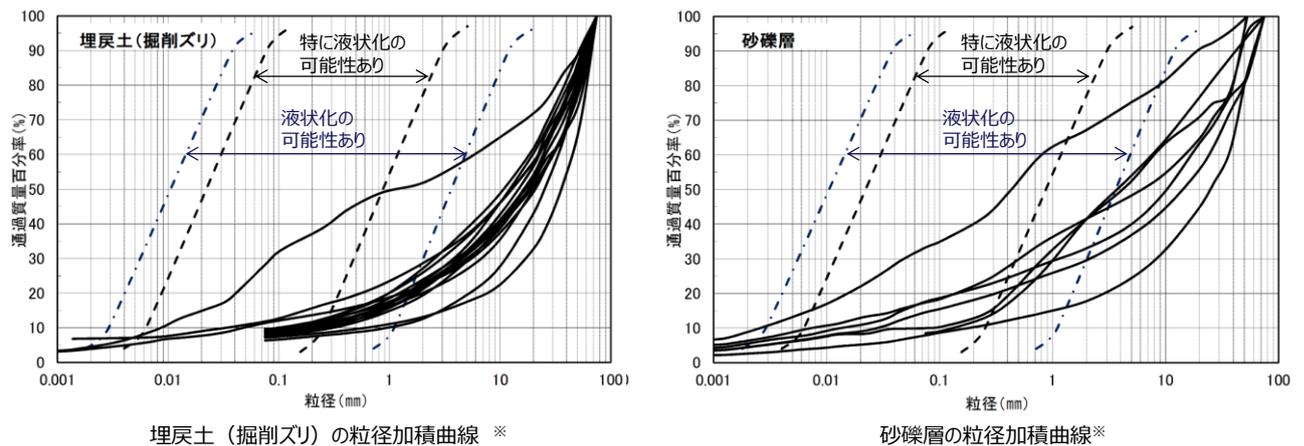
3. 敷地の地盤変状に関する検討

防波壁は、堅固な岩盤（一部、改良地盤）に支持されていることから、地震に伴う沈下は発生しない。一方、防波壁前面に存在する埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層は、地震時の液状化による沈下及び揺すり込みによる沈下が発生する可能性があるため、防波壁前面の沈下量算定の対象層とする。

埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の土質区分を図3-1に示す。埋戻土（掘削ズリ）は、粒径10mm以上の礫が主体であるが、粒径2mm未満の砂も含む土層である。砂礫層は、50%粒径が10mm以下、かつ10%粒径が1mm以下であり、細粒分含有率が35%以下の土層である。

また、護岸に使用している基礎捨石及び埋戻土（粘性土）については液状化評価対象層ではないが、入力津波の設定における影響要因の検討の際には保守的に沈下量算定の対象層とする。

津波解析にあたっては、沈下量を算定し、地形モデルに反映する。なお、沈下量は、液状化及び揺すり込みに伴う沈下並びに液状化に伴う側方流動による沈下に分けて算出し、これらを合わせて設定する。



※ 港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）（（社）日本港湾協会，H19）の「粒度による液状化判定」に粒径加積曲線を追記

地層名	50%粒径 (平均) (mm)	10%粒径 (平均) (mm)	細粒分含有率 (平均) (%)
埋戻土 (掘削ズリ)	16.5	-	-
砂礫層	9.1	0.0651	15.6

図3-1 埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の土質区分

(1) 液状化及び揺すり込みに伴う沈下

① 検討概要

敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層及び貫入岩類、並びにそれらを覆う被覆層から構成される。成相寺層は海成層で、下位より下部頁岩部層、火砕岩部層及び上部頁岩部層に区分される。被覆層は、崖錐・海底堆積物及び盛土からなる。崖錐・海底堆積物は主に礫混じり砂質土及び礫混じり粘性土からなる。敷地の被覆層である盛土は、埋戻土（掘削ズリ）と埋戻土（粘性土）に分類している。敷地の被覆層である崖錐・海底堆積物は、砂礫層として分類している。

液状化及び揺すり込みに伴う沈下量は、図3-2に示す流れに従って、地質断面図により算定した。相対密度は、図3-3のとおり、港湾基準に基づき、マイヤホフにより提案されたN値と相対密度の関係式を用いて算出する。

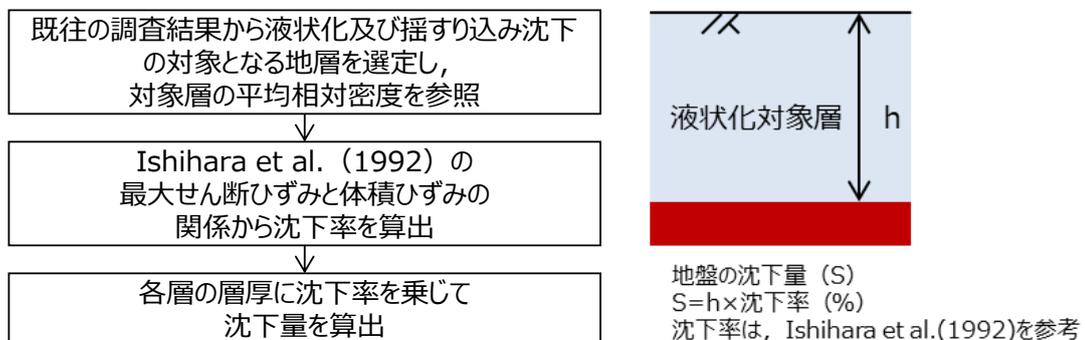


図3-2 液状化及び揺すり込みに伴う沈下量の算定フロー

$$Dr = 21 \cdot \left(\frac{100 \cdot N}{\sigma'_{v0} + 70} \right)^{0.5}$$

Dr : 相対密度 (%)
 N : 標準貫入試験値
 σ'_{v0} : 標準貫入試験値を測定した深度における有効土被り圧 (= $\gamma \times h$) (kN/m²)
 γ : 単位体積重量 (kN/m³)
 h : 標準貫入試験値を測定した深度

図3-3 マイヤホフにより提案されたN値と相対密度の関係式

②評価対象層の選定及び相対密度の設定

沈下量算定の対象層としては、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）及び砂礫層を選定した。なお、埋戻土（粘性土）は、粘性土のため液状化しないが、保守的に埋戻土（掘削ズリ）に置き換えて沈下量を算出する。砂礫層は、粒径加積曲線が埋戻土（掘削ズリ）と同様な傾向を示すことから、埋戻土（掘削ズリ）に置き換えて沈下量を算出する。埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）及び砂礫層の分布を図3-4に示す。沈下率は、Ishihara et al. (1992) の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみ（沈下率）の関係から設定した。相対密度は、図3-5に示す位置において調査を実施し、図3-6に示すとおり平均で71.3%となり、ばらつきを考慮すると54.1%となる。

Ishihara et al. (1992) の関係については、細粒分及び粗粒分が少なく粒径が比較的揃った液状化し易いきれいな砂による沈下率を示しており、埋戻土（掘削ズリ）と比較すると沈下率が大きくなると判断できるため、埋戻土（掘削ズリ）の沈下率をIshihara et al. の関係より算定することにより保守的な評価を実施する。

沈下率は図3-7に示すとおり、保守的に地震時の最大せん断ひずみを考慮せず、相対密度の平均値71.3%をもとに2.5%となるが、ばらつきを考慮し算出した相対密度54.1%をもとに、保守的に3.5%と評価する。

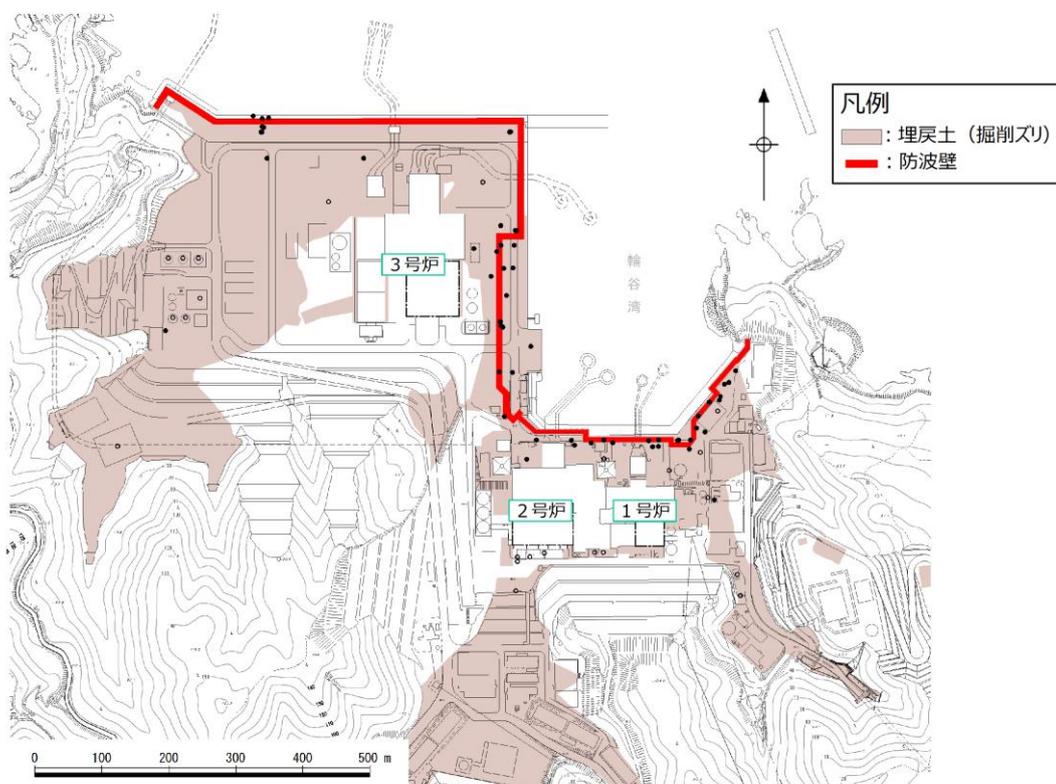


図3-4 (1) 埋戻土（掘削ズリ）分布図

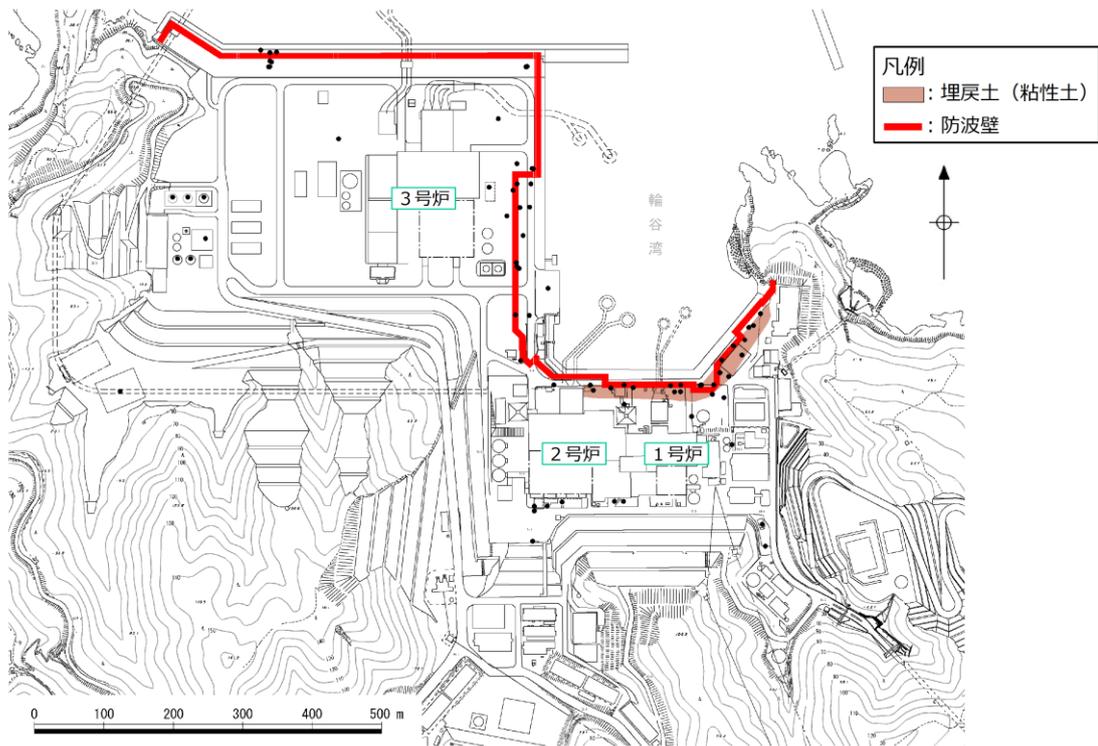


图 3-4 (2) 埋戻土（粘性土）分布图

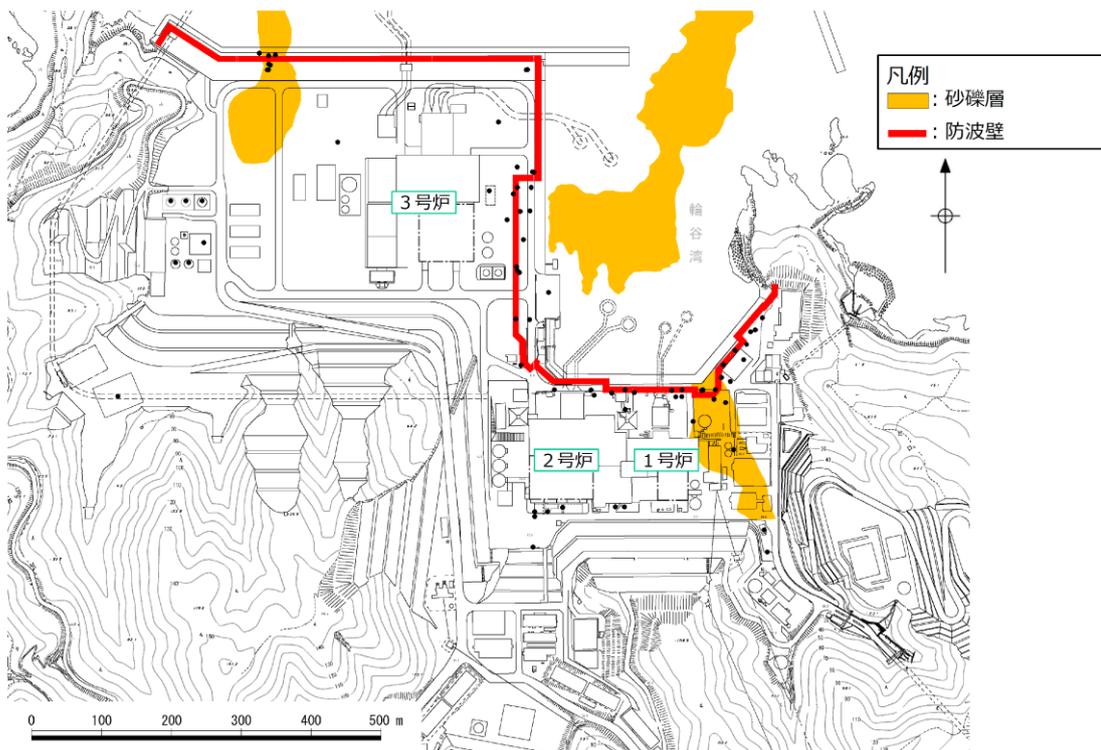


图 3-4 (3) 砂礫層分布图

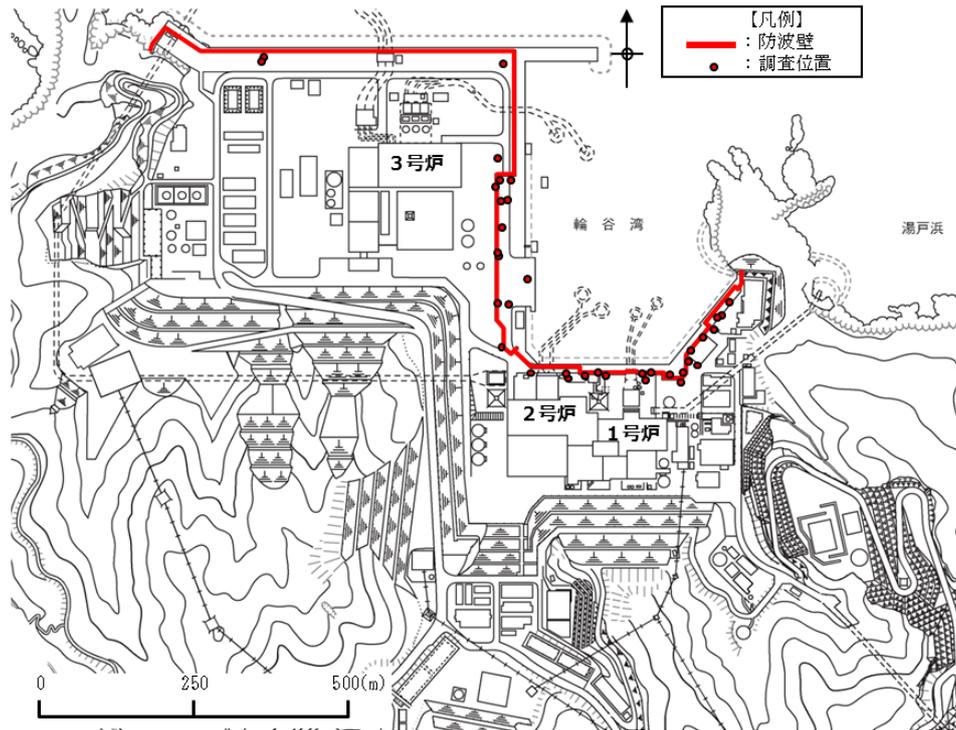
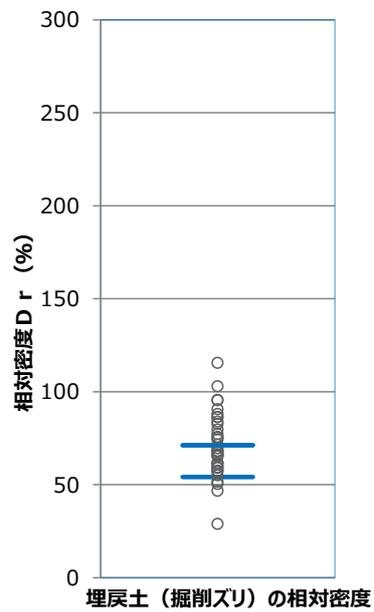


図3-5 相対密度の調査位置



	相対密度 D_r (%)	
	平均	平均- 1σ
埋戻土 (掘削ズリ)	71.3	54.1

図3-6 埋戻土（掘削ズリ）の相対密度

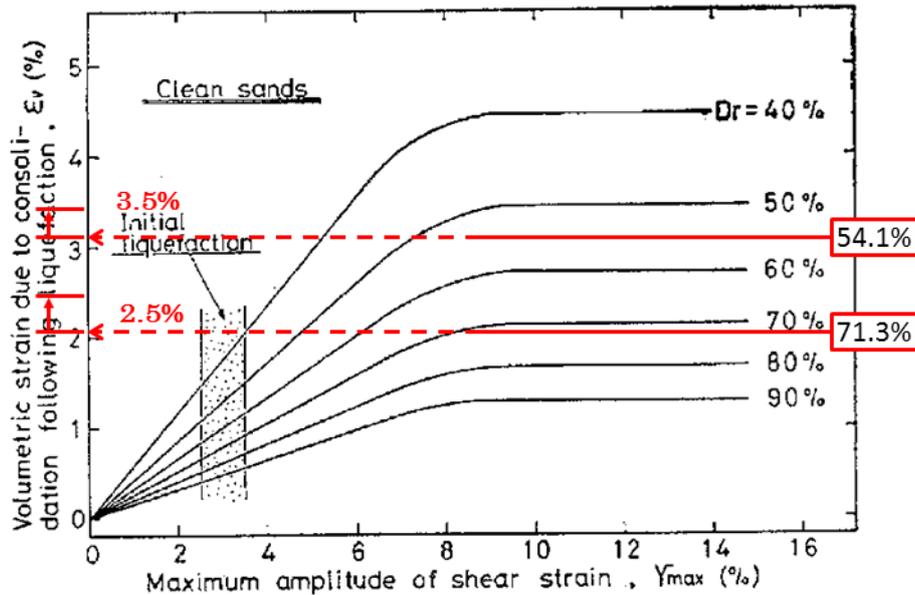


図3-7 Ishihara et al. (1992) の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した沈下率

③沈下量

防波壁前面の沈下量は、防波壁前面に沈下量算定の対象層が存在する3号炉東側エリア及び1, 2号炉北側エリアの地質断面図に基づき算定した。敷地平面図を図3-8に、沈下量算定の対象層が防波壁前面に分布する3号炉東側エリア及び1, 2号炉北側エリアの地質断面図を図3-9に示す。

図3-9に示すとおり、3号炉東側エリアには、沈下量算定の対象層である埋戻土（掘削ズリ）がEL+8.5mからEL-9.6mに存在する。1, 2号炉北側エリアには、沈下量算定の対象層がEL+8.5mからEL-14.1mに存在する。なお、1, 2号炉北側エリアの防波壁前面の砂礫層地盤改良範囲を考慮した液状化層厚は、地盤改良部において17.1m、施設護岸部において14.4mとなる。

1, 2号炉北側エリアの断面図を図3-10に示す。1, 2号炉北側エリアに存在する砂礫層は地盤改良（①地盤改良部）されているが、防波壁前面において一部地盤改良されていない範囲（②施設護岸部）があるため、沈下量を算定する層厚を算定した。その結果、1, 2号炉北側エリアにおける防波壁前面の沈下量を算定する層厚は地盤改良部において17.1m、施設護岸部において14.4mとなり、3号炉東側エリアにおける層厚18.1mを上回らないことを確認した。

以上より、層厚が最大となるようEL+8.5mからEL-9.6mを考慮し、沈下量を算定するための層厚は18.1mとした。

沈下量は、上記層厚及びIshihara et al. (1992) の関係を用いて相対密度の平均値にばらつきを考慮して保守的に設定した沈下率3.5%より0.65m^{*}を保守的に考慮する。

※ 層厚18.1m×沈下率3.5%≒沈下量0.65m

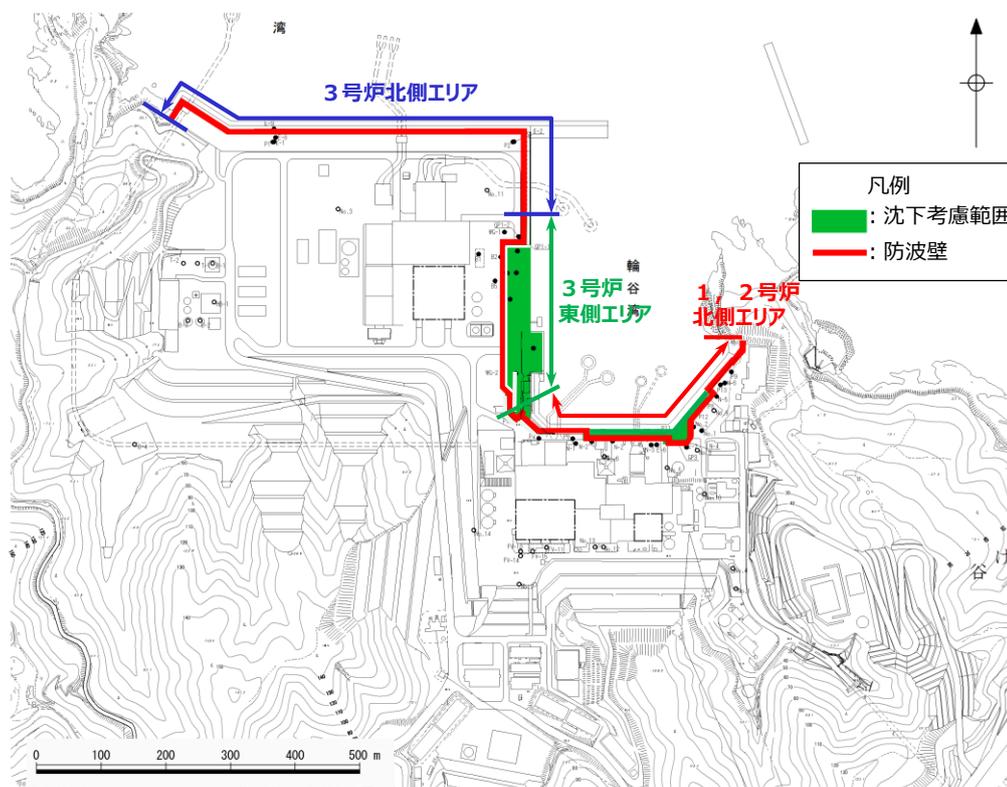


図3-8 敷地平面図

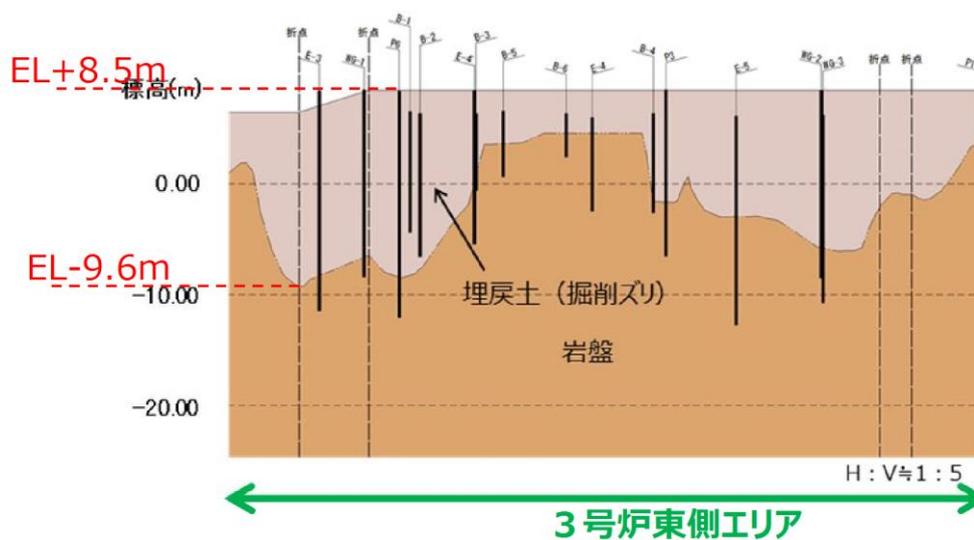


図3-9 (1) 地質断面図 (3号炉東側エリア)

(2) 液状化に伴う側方流動による沈下

①評価方針

地震時の地盤の液状化に伴う側方流動が想定されることから、二次元有効応力解析（解析コード「FLIP Ver. 7.1.9」）により側方流動による沈下量を算定する。評価を行う解析断面は、以下の観点から3号炉東側エリアの沈下による遡上の影響が大きいと判断し、3号炉東側エリアを対象として、有効応力解析を実施する。

- ・ 1, 2号炉北側エリアと比較して埋戻土（掘削ズリ）の分布が広範囲かつ層厚が厚いこと
 - ・ 1, 2号炉北側エリアと比較して基準津波遡上範囲が広いこと
- 3号炉東側の解析断面位置図を図3-11に示す。

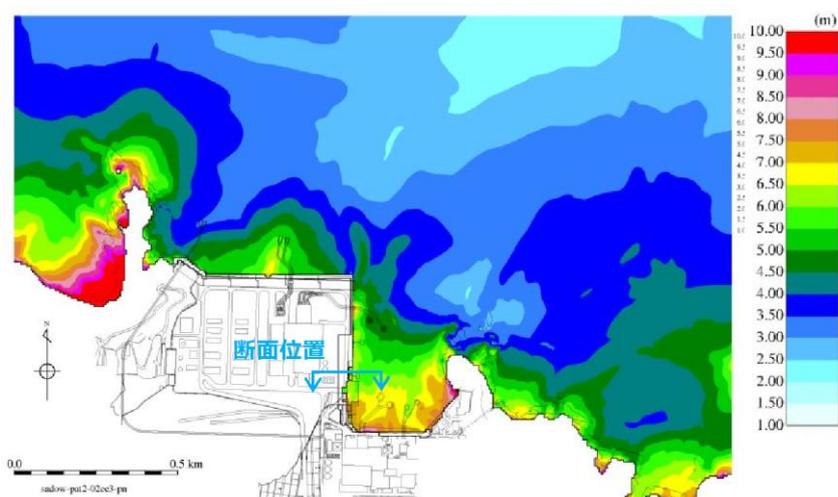


図3-11 解析断面位置図

②解析条件

3号炉東側断面の解析モデル図を図3-12に示す。地盤は、地質区分に基づき平面ひずみ要素でモデル化し、防波壁は、線形はり要素でモデル化した。

地下水位は、防波壁周辺の朔望平均満潮位（EL+0.46m）前後であることから、港湾基準に準じてEL+0.14m[※]とする。

入力地震動は、表3-1に示すとおり、基準地震動のうち、繰返し応力及び繰返し回数に着目し、水平加速度が大きく、継続時間が長い地震動が液状化評価において最も厳しいと考えられることから、S_s-Dを選定する。したがって、基準地震動S_s-Dを、一次元波動論によって解析モデル下端位置で評価した波形を用いた。

※ $L. W. L. EL-0.02m + 1/3 \times (H. W. L. EL+0.46m - L. W. L. EL-0.02m) = EL+0.14m$

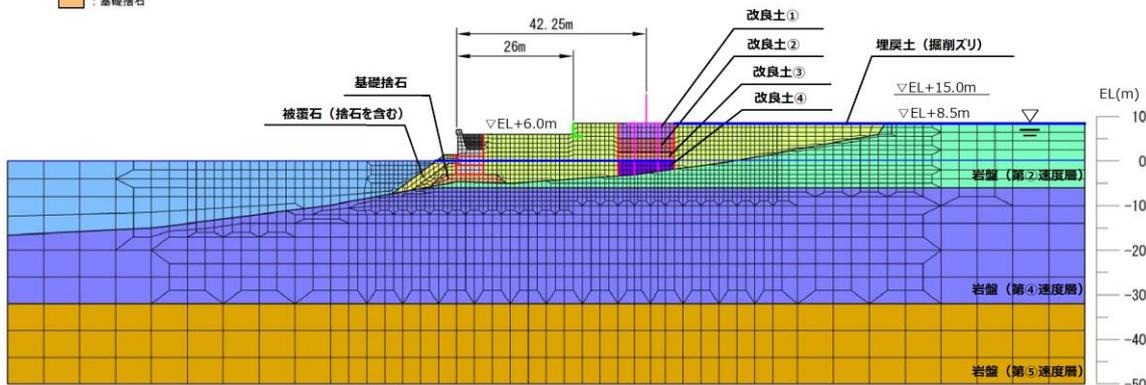


図 3 - 12 解析モデル図 (3号炉東側断面)

表 3 - 1 基準地震動の加速度時刻歴波形

基準地震動		水平方向 (NS成分)		水平方向 (EW成分)		鉛直方向	
S s - D	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 応答スペクトル手法による基準地震動						
S s - F 1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 穴道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点5						
S s - F 2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 穴道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点6						
S s - N 1	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 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						
S s - N 2	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 2000年鳥取県西部地震の質祥ダム (監査廊) の観測記録						

※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形 [縦軸: 加速度 (cm/s²), 横軸: 時間 (s)]

地盤の物性値は、「島根原子力発電所 2 号炉設計基準対象施設について 第 4 条: 地震による損傷の防止 別紙-11 液状化影響の検討方針について」の検討方針に基づき設定した。液状化の評価対象として取り扱う埋戻土 (掘削スリ) 及び砂礫層の有効応力解析に用いる液状化パラメータは、液状化試験結果 (繰返し非排水せん断試験結果) に基づき、地盤のばらつき等を考慮し、保守的に簡易設定法により設定した。

試験結果等から設定した解析上の液状化強度曲線を図 3 - 13 に示す。

解析用地盤物性値を表 3 - 2 に示す。

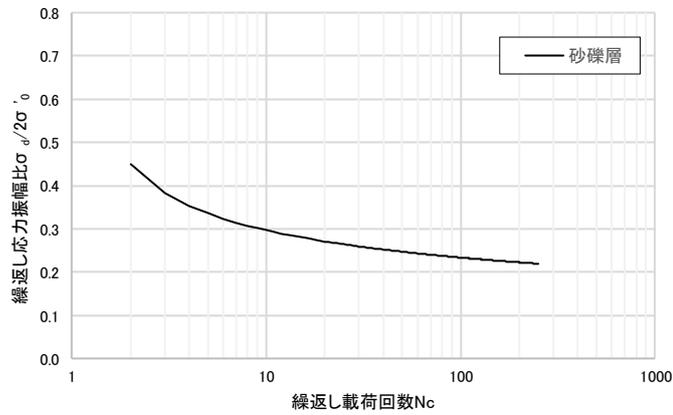
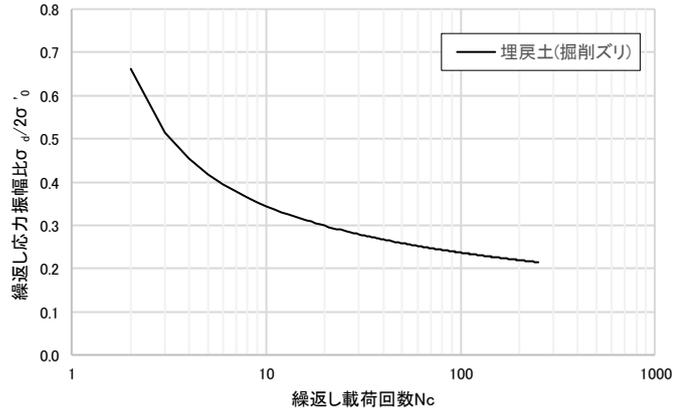


図 3-13 液状化強度曲線

表 3-2 解析用地盤物性値

材料種別	単位体積重量		英測N値 N (平均値)	せん断 波速度 Vs (m/s)	せん断 抵抗角 φ f (°)	粘着力 C (kN/m ²)	基準有効 拘束圧 ema (kN/m ²)	基準初期 せん断 弾性係数 Ema(kN/m ²)	emaの 指数定数 m ₀	ポアソン比 ν	基準体積 弾性係数 kma (kN/m ²)	kmaの 指数定数 m _k	間隙率 n	水の体積 弾性係数 kw (kN/m ²)	最大 減衰定数 hmax	細粒分 含有率 Fc (%)	液状化特性					
	飽和湿潤 γ sat, γ t (kN/m ³)	水中 γ' (kN/m ³)															液状化パラメータ					
	φ p (°)	s1															w1	p1	p2	c1		
岩盤(第②速度層)	23.3 (2.38)	13.2 (1.35)	-	620	-	-	-	E=2.601×10 ⁷	-	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
岩盤(第④速度層)	24.5 (2.50)	14.4 (1.47)	-	1520	-	-	-	E=1.569×10 ⁷	-	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
岩盤(第⑤速度層)	25.2 (2.57)	15.1 (1.54)	-	1900	-	-	-	E=2.486×10 ⁷	-	0.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
埋戻土 (気中)	19.6 (2.00)	-	15	-	39.35	0	98.0	76570	0.5	0.33	199700	0.5	0.45	2.2×10 ⁶	0.24	-	-	-	-	-	-	
埋戻土 (水中)	20.7 (2.11)	10.6 (1.08)	15	-	39.35	0	98.0	76570	0.5	0.33	199700	0.5	0.45	2.2×10 ⁶	0.24	15	28	0.005	6.270	0.500	0.925	2.960
改良土①-1(気中)	19.6 (2.00)	-	-	-	38.00	628	98.0	404600	0.5	0.33	1055200	0.5	0.45	2.2×10 ⁶	0.24	-	-	-	-	-	-	-
改良土①-2(気中)	19.6 (2.00)	-	-	-	40.54	490	98.0	327900	0.5	0.33	855000	0.5	0.45	2.2×10 ⁶	0.24	-	-	-	-	-	-	-
改良土①-3(気中)	19.6 (2.00)	-	-	-	40.54	1140	98.0	742900	0.5	0.33	1937500	0.5	0.45	2.2×10 ⁶	0.24	-	-	-	-	-	-	-
改良土②-1(水中)	20.7 (2.11)	10.6 (1.08)	-	-	38.71	1253	98.0	777300	0.5	0.33	2027000	0.5	0.45	2.2×10 ⁶	0.24	-	-	-	-	-	-	-

③評価結果

基準地震動Ss-Dによる3号炉東側の最終変形量を図3-14に示す。防波壁より海側では、L型擁壁までのEL+8.5m盤において、防波壁直下の改良地盤と埋戻土（掘削ズリ）の境界部を中心とした比較的大きな沈下が確認される。

これは、地震によるL型擁壁の海側への傾きに伴い、埋戻土（掘削ズリ）が自立する改良地盤から海側へ側方流動したことに起因するものである。

なお、解析条件については、以下のとおり保守的に設定する。

- ・敷地内の地下水位については、防波壁より海側の地下水位を海水位に、防波壁より陸側の地下水位を地表面に設定する。
- ・埋戻土（掘削ズリ）の液状化強度特性は敷地全体のN値に基づく簡易設定法※により設定する。

津波が浸水するEL+6.0m盤における沈下量は0.04m程度であるが、海岸線から離れたEL+8.5m盤では改良地盤近傍で局所的に1~2m程度の沈下が生じている。このため、側方流動によるEL+6.0m盤からEL+8.5m盤全体の沈下量としては、EL+6.0m盤からEL+8.5m盤の埋戻土（掘削ズリ）の各節点における沈下量を節点数で割った平均沈下量（0.33m程度）を考慮し、保守的に0.35mとする。

※簡易設定法による液状化強度特性は、埋戻土（掘削ズリ）の液状化試験結果（ロータリー式三重管サンプラー及び表層試料採取）による液状化強度特性よりも十分保守的である。

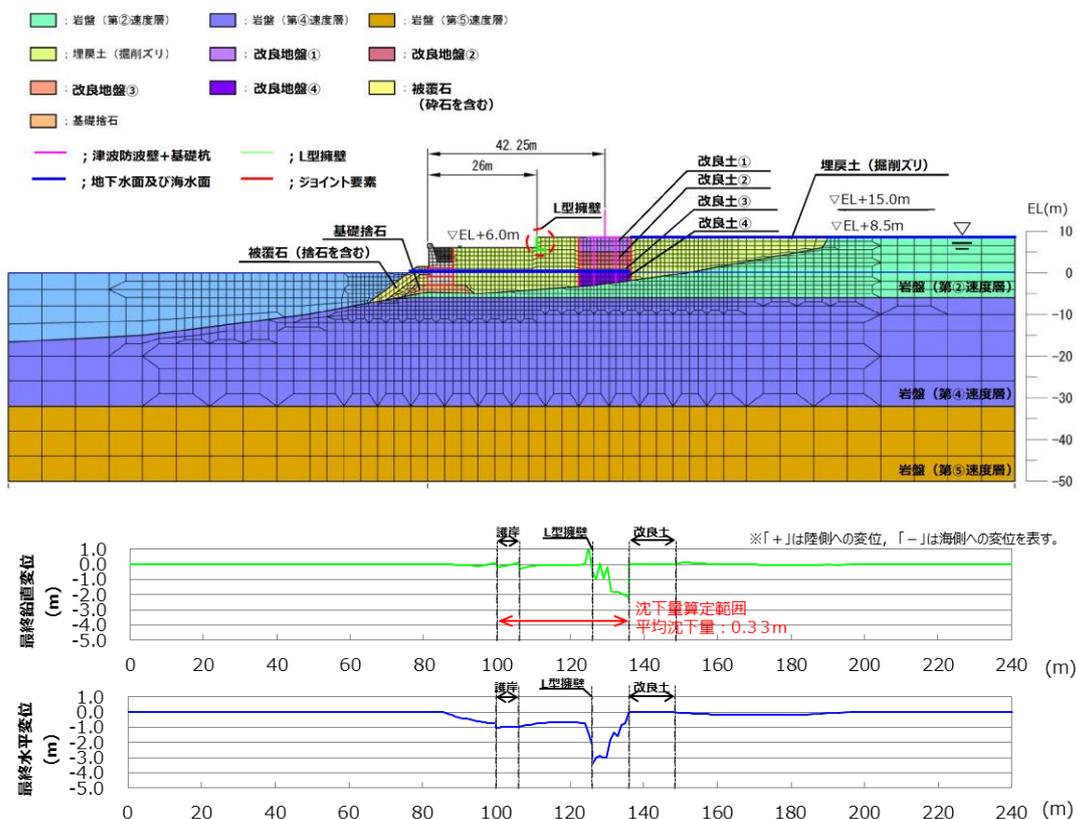


図3-14 基準地震動のSs-Dによる地表面最終変形量（3号炉東側断面）

(3) 津波解析における沈下量の設定

津波解析における沈下は、沈下考慮範囲を対象とする(図3-15)。また、荷揚場は一部岩着し、沈下しない範囲もあるが、本検討では、保守的に荷揚場全体が沈下する前提で検討を行い、護岸のパラペットについてもモデル化を行わないこととする。なお、防波壁周辺については、地盤改良を実施していることから、沈下しないこととする。

液状化及び揺すり込みに伴う沈下量を相対密度の平均値から求まる沈下率(2.5%)による0.5mとしていたが、保守的にばらつきを考慮した相対密度から求まる沈下率(3.5%)による0.65mを採用し、側方流動による沈下量0.35mを加え、1mとした。

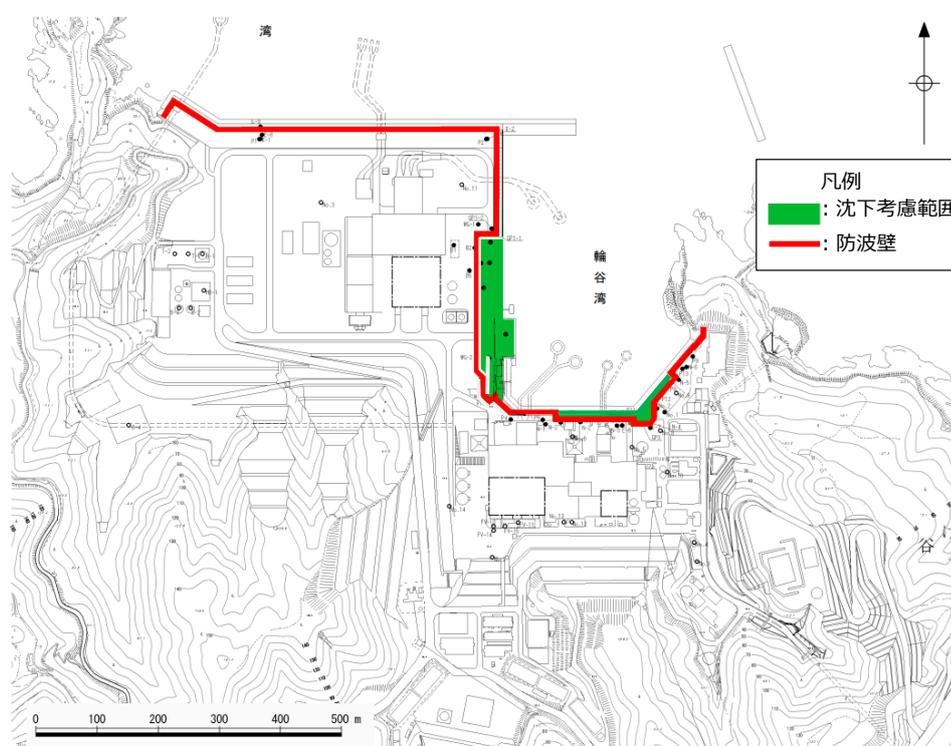


図3-15 津波評価において沈下を考慮する範囲

(4) 地盤変状を考慮した津波解析

(1)～(3)を踏まえ、沈下量を保守的に1mと設定し、津波解析を実施した。

基準津波1～6のケースを対象に基本ケース及び1m沈下させたケースを比較し、その差異を表3-3に示す。また、最大水位上昇量分布を図3-16に示す。

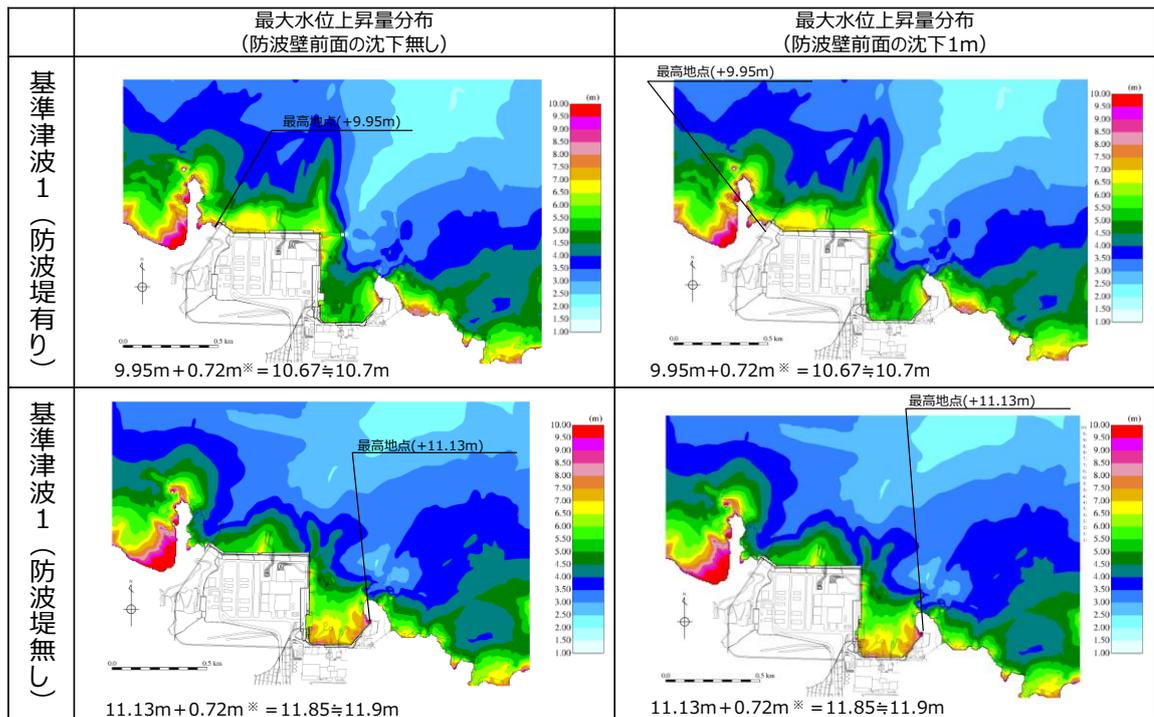
津波解析の結果、1m沈下させた場合、水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は、どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が大きい。また、水位下降側の2号炉取水口の水位については全ケースで同じ水位となった。

以上より、地震による地形変化（地盤変状）は、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

表 3-3 基本ケースと地盤変状を考慮したケースの水位比較

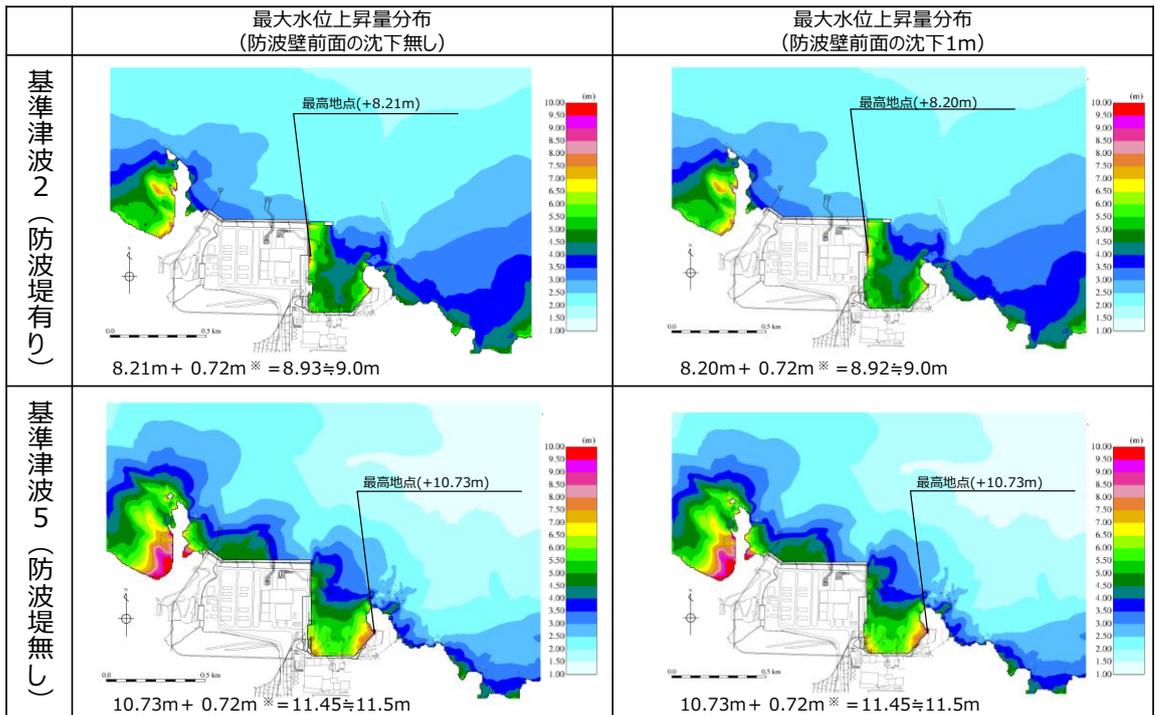
	【水位上昇側】施設護岸又は防波壁※1			【水位下降側】2号炉取水口（東）※2		
	基本ケース (沈下無し)(A)	沈下有り1m (B)	差異 (B-A)	基本ケース (沈下無し)(A)	沈下有り1m (B)	差異 (B-A)
基準津波 1 (防波堤有り)	+10.7m (+10.67m)	+10.7m (+10.67m)	0.0m (0.00m)	-5.2m (-5.13m)	-5.2m (-5.13m)	0.0m (0.00m)
基準津波 1 (防波堤無し)	+11.9m (+11.85m)	+11.9m (+11.85m)	0.0m (0.00m)	-6.1m (-6.01m)	-6.1m (-6.01m)	0.0m (0.00m)
基準津波 2 (防波堤有り)	+9.0m (+8.93m)	+9.0m (+8.92m)	0.0m (-0.01m)			
基準津波 3 (防波堤有り)				-4.7m (-4.63m)	-4.7m (-4.63m)	0.0m (0.00m)
基準津波 4 (防波堤有り)				-4.1m (-4.04m)	-4.1m (-4.04m)	0.0m (0.00m)
基準津波 4 (防波堤無し)				-4.3m (-4.25m)	-4.3m (-4.25m)	0.0m (0.00m)
基準津波 5 (防波堤無し)	11.5m (+11.45m)	11.5m (+11.45m)	0.0m (0.00m)			
基準津波 6 (防波堤無し)				-6.1m (-6.08m)	-6.1m (-6.08m)	0.0m (0.00m)

※1 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮 ※2 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮



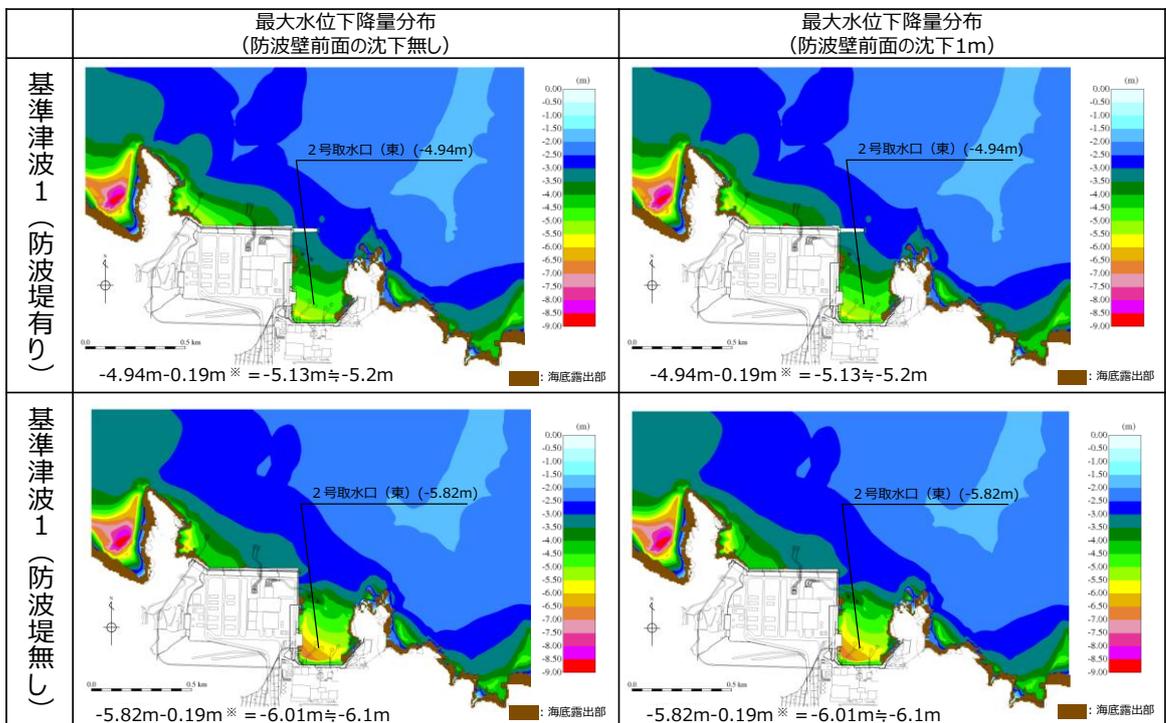
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図 3-16 (1) 地盤変状の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波 1 (防波堤有り) 及び基準津波 1 (防波堤無し))



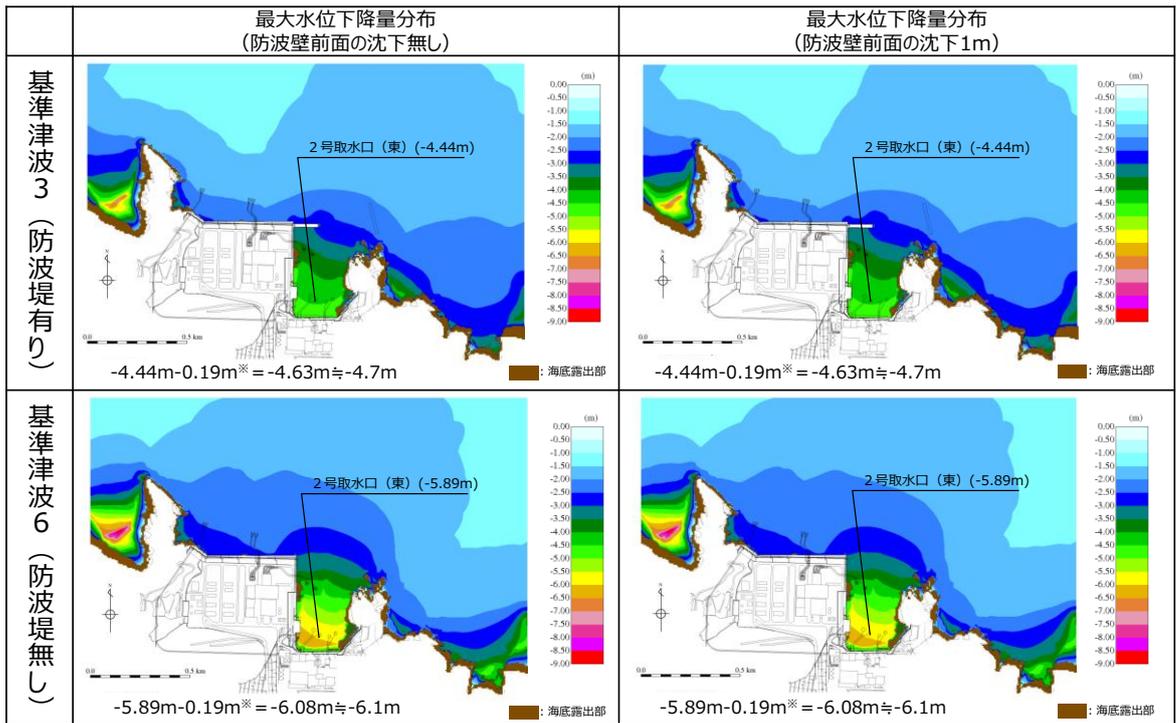
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

図3-16(2) 地盤変状の有無による最大水位上昇量分布の比較
(基準津波2(防波堤有り)及び基準津波5(防波堤無し))



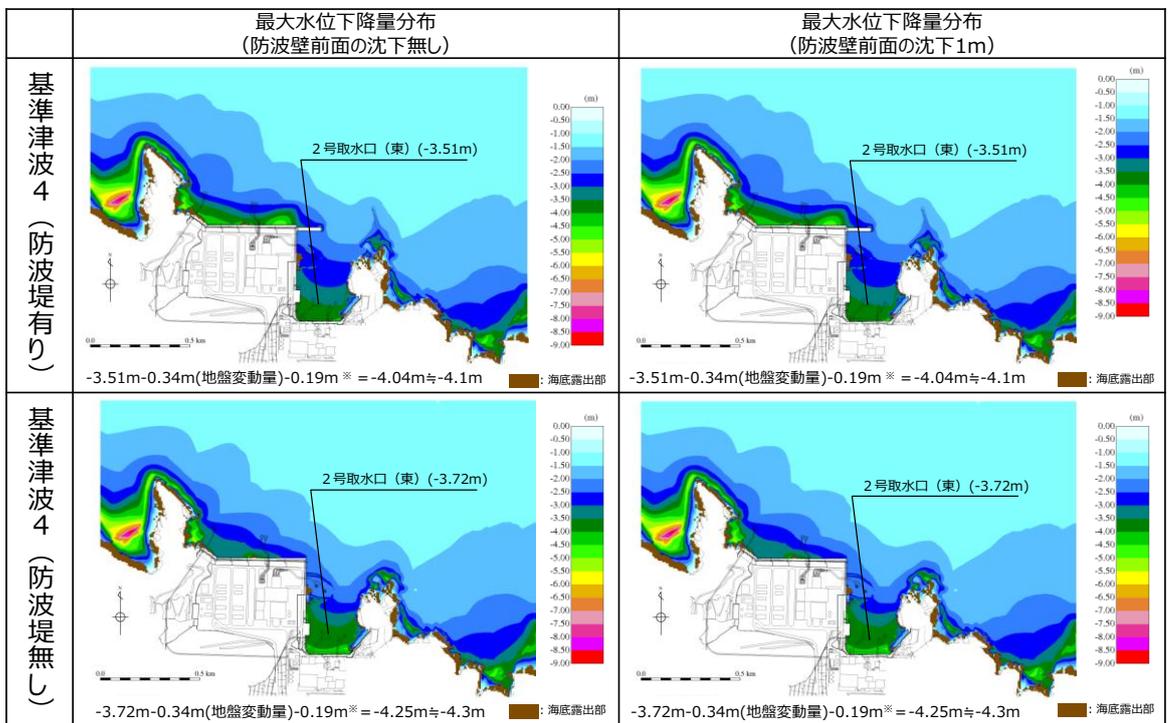
※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図3-16(3) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波1(防波堤有り)及び基準津波1(防波堤無し))



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図3-16(4) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波3(防波堤有り)及び基準津波6(防波堤無し))



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

図3-16(5) 地盤変状の有無による最大水位下降量分布の比較
(基準津波4(防波堤有り)及び基準津波4(防波堤無し))

4. 防波堤損傷に関する検討

島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤及び東防波堤を設置しており、これら防波堤は、敷地周辺の地震により損傷する可能性は否定できないことから、防波堤の状態による入力津波への影響の有無を検討する。検討にあたっては、津波高さと津波高さ以外に区分して、実施する。

(1) 検討結果

①津波高さ

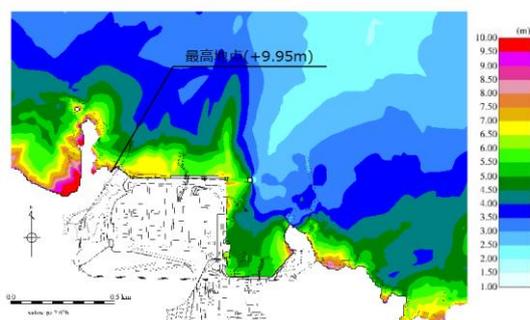
基準津波策定の際に、防波堤の有無により津波高さに有意な差を与えることを確認した（表4-1、図4-1）。

②津波高さ以外（流況等）

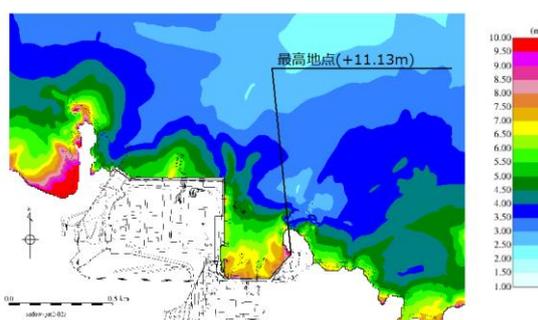
発電所沖合については、防波堤の有無により流況の変化が認められない（図4-2）。また、港湾内及び港湾外については、防波堤の有無により流況の変化が認められる。（図4-3）

表4-1 防波堤の有無による最大水位上昇量の比較

検討対象 基準津波	防波堤	最大水位上昇量(m)
		施設護岸又は防波壁
基準津波1	有り	+10.0
	無し	+11.2



最大水位上昇量分布図
(防波堤有り最大ケース:基準津波1)



最大水位上昇量分布図
(防波堤無し最大ケース)

図4-1 防波堤の有無による最大水位上昇量分布の比較

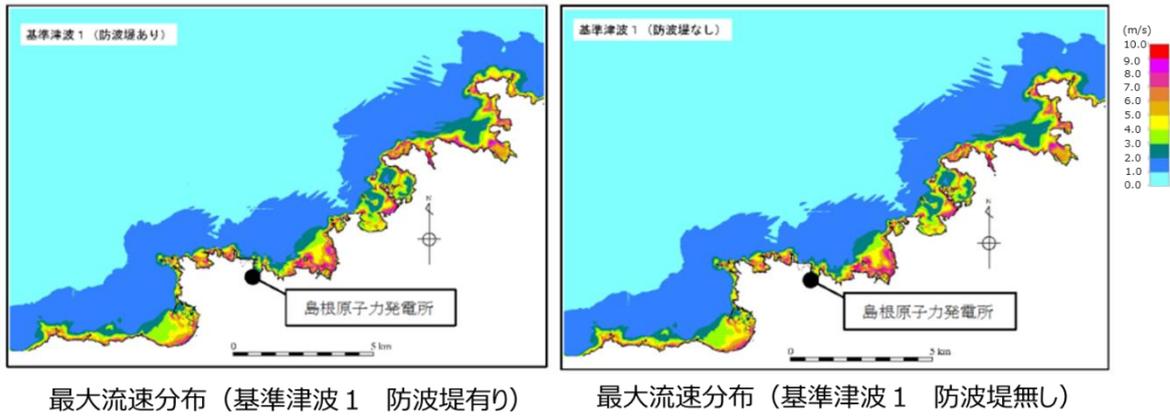


図4-2 発電所沖合の流況

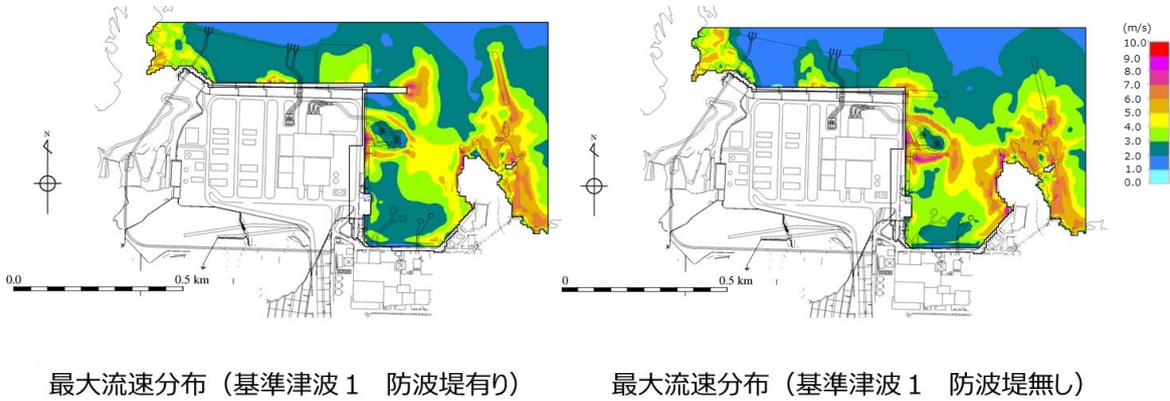


図4-3 港湾内及び港湾外の流況

5. 津波評価条件

地震による地形変化の影響の検討結果及びその結果を踏まえた入力津波設定における地形の条件は以下のとおり。

- 敷地周辺斜面の崩壊形状については、防波壁両端部の地山を対象に基準地震動 S_s により津波が敷地に遡上するような崩壊は起こらないことを確認した。また、地すべり地形が判読されている地山の斜面崩壊についても検討し、敷地に与える影響がほとんどないことから、斜面崩壊の影響要因として考慮せず評価を行う。
- 防波壁は、堅固な岩盤（一部、地盤改良）に支持されていることから、地震時の液状化に伴う沈下は発生しない。一方、防波壁前面に存在する埋戻土は、地震時の液状化により沈下する可能性があるため、基準地震動 S_s による防波壁前面の沈下を考慮した津波解析を実施した結果、入力津波高さが変わらないこと等を確認したことから、地盤変状を影響要因として考慮せず評価を行う。
- 防波堤損傷に関する検討の結果、津波高さについては、防波堤の有無による差異が認められることから、影響要因として考慮する。また、津波高さ以外については、発電所沖合は防波堤の有無による最大流速分布に差異が認められないことから影響要因として考慮しない。一方、港湾内及び港湾外は最大流速分布に差異が認められることから、影響要因として考慮する。

[参考]防波堤の位置付け・モデル化

(1) 防波堤の位置付け

島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤及び東防波堤を設置している（図5-1）。これら防波堤は、敷地周辺の地震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。基準津波5、6は自主設備である防波堤の有無が基準津波の選定に影響が有ることから選定した。

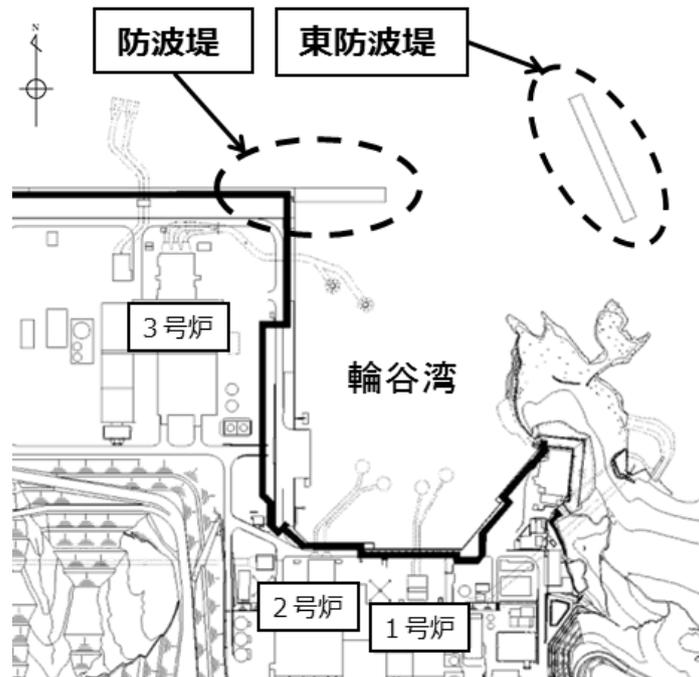


図5-1 防波堤位置

(2) 防波堤のモデル化

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（図5-2）。なお、消波ブロック[※]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。

また、消波ブロックをモデル化した場合の津波への影響を検討するため、東防波堤のEL-4.9m～EL+1.8m区間の消波ブロックをモデル化し、消波ブロックの透過率を施工実績より算出し50%と設定し、防波堤有りケースのうち、施設護岸又は防波壁で最大水位上昇量を示した基準津波1を対象に実施した。

その結果、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た。水位の影響については、表5-1及び図5-3に示す。また、流向・流速の影響については、図5-4に

示す。

※ 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。

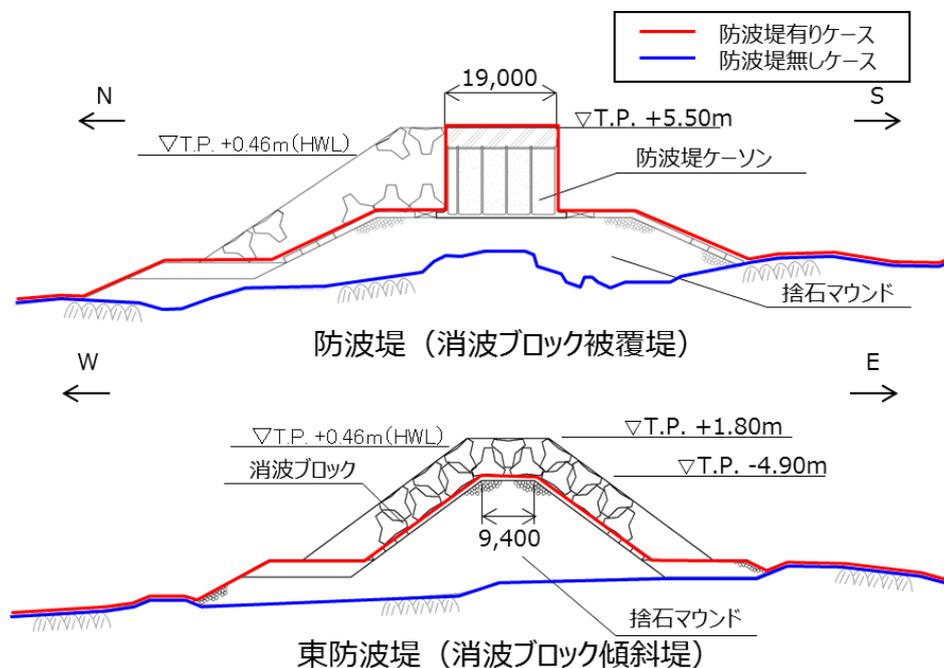
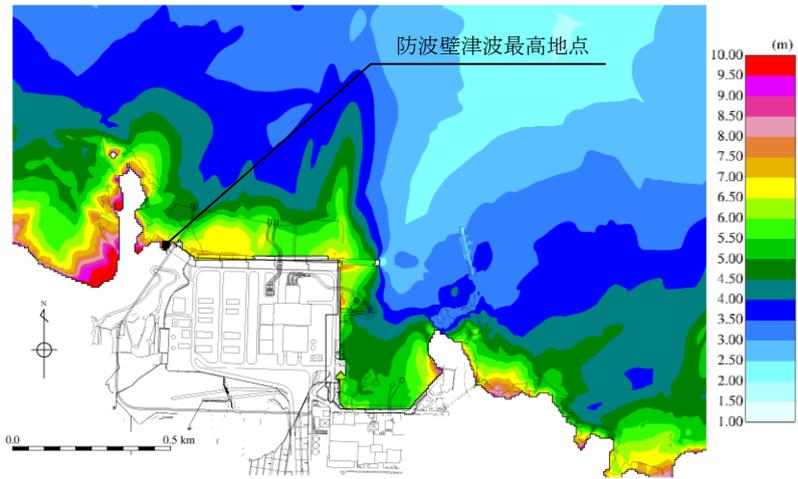


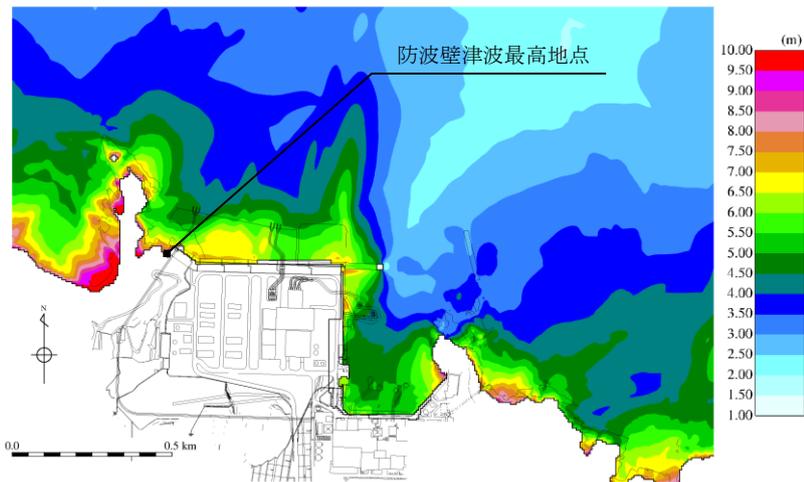
図 5 - 2 防波堤断面図

表 5 - 1 消波ブロックのモデル化検討結果

検討ケース	消波ブロックのモデル化	評価水位 (EL m)			備考
		上昇側 施設護岸又は 防波壁	下降側		
			2号炉 取水口 (東)	2号炉 取水口 (西)	
基準津波 1 (鳥取県(2012))	消波ブロックを モデル化	+10.4	-4.8	-4.8	
	消波ブロックを モデル化しない	+10.5	-5.0	-5.0	防波堤有りケース

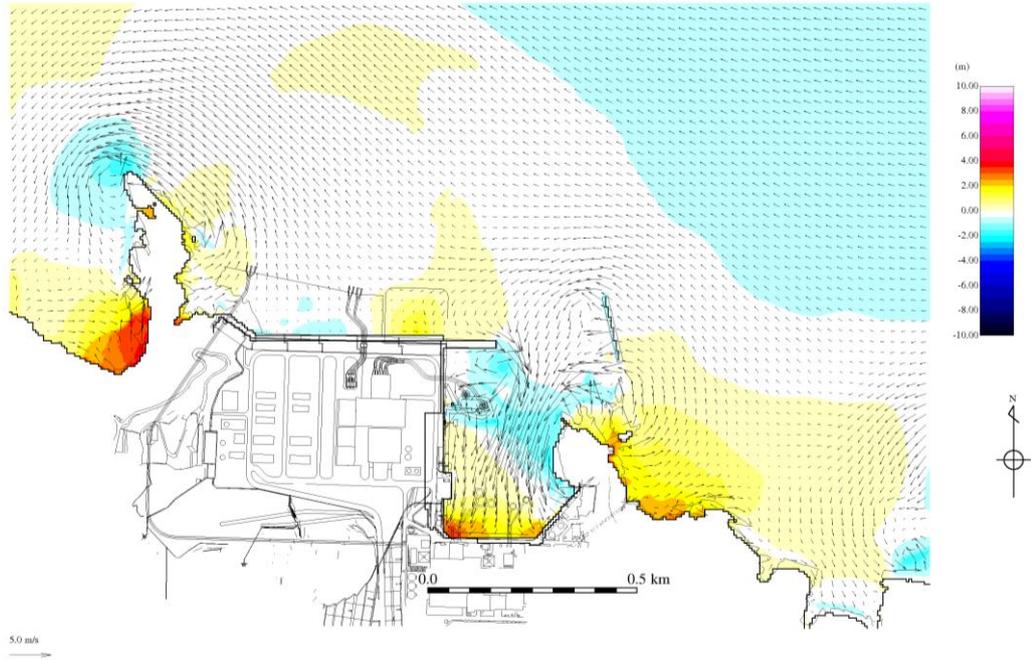


最大水位上昇量分布図
 (消波ブロックをモデル化)

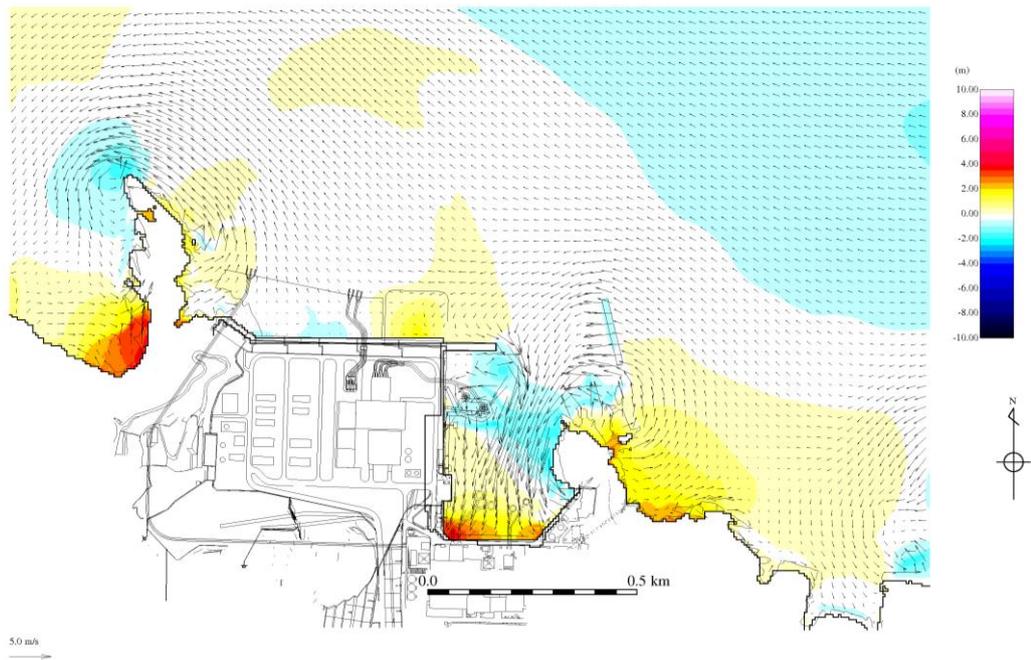


最大水位上昇量分布図
 (消波ブロックをモデル化しない: 基準津波1)

図5-3 最大水位上昇量分布図比較

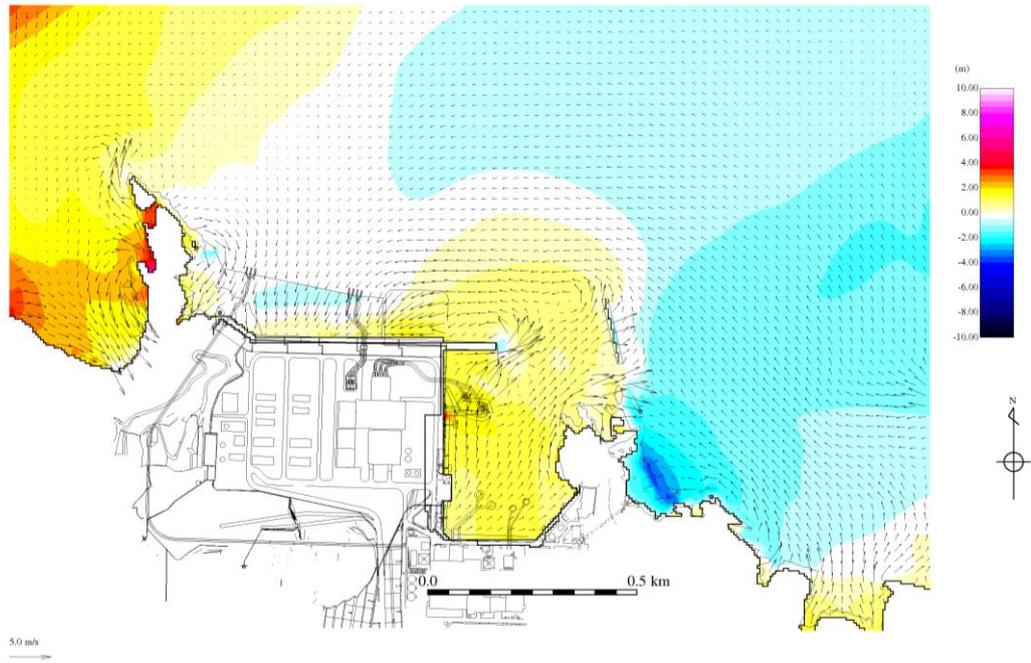


地震発生後190分（消波ブロックをモデル化）

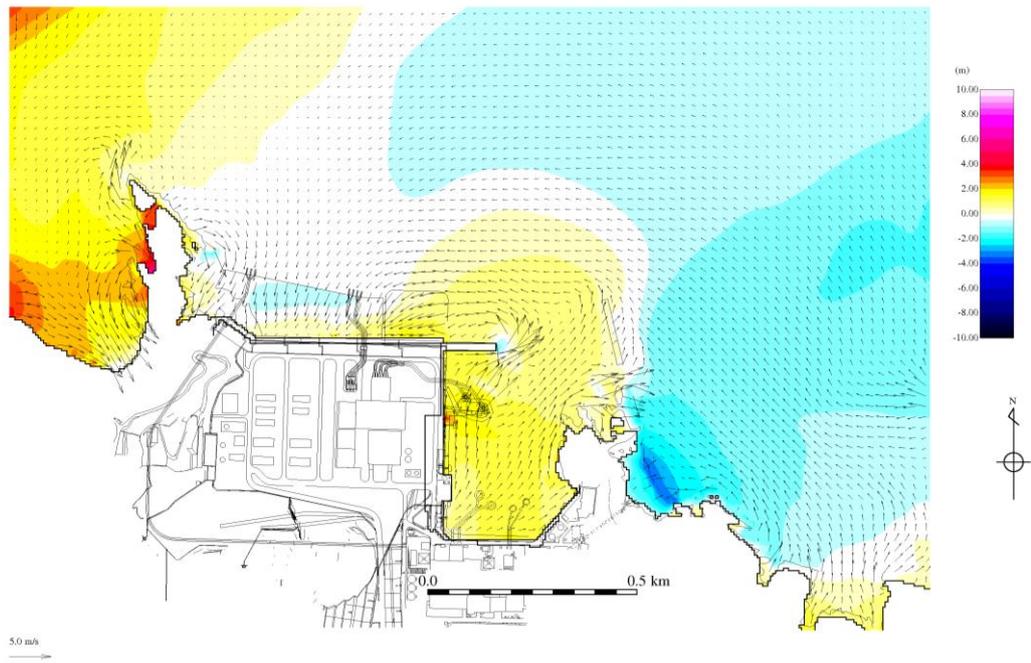


地震発生後190分（消波ブロックをモデル化しない）

図5-4(1) 流向・流速分布図比較

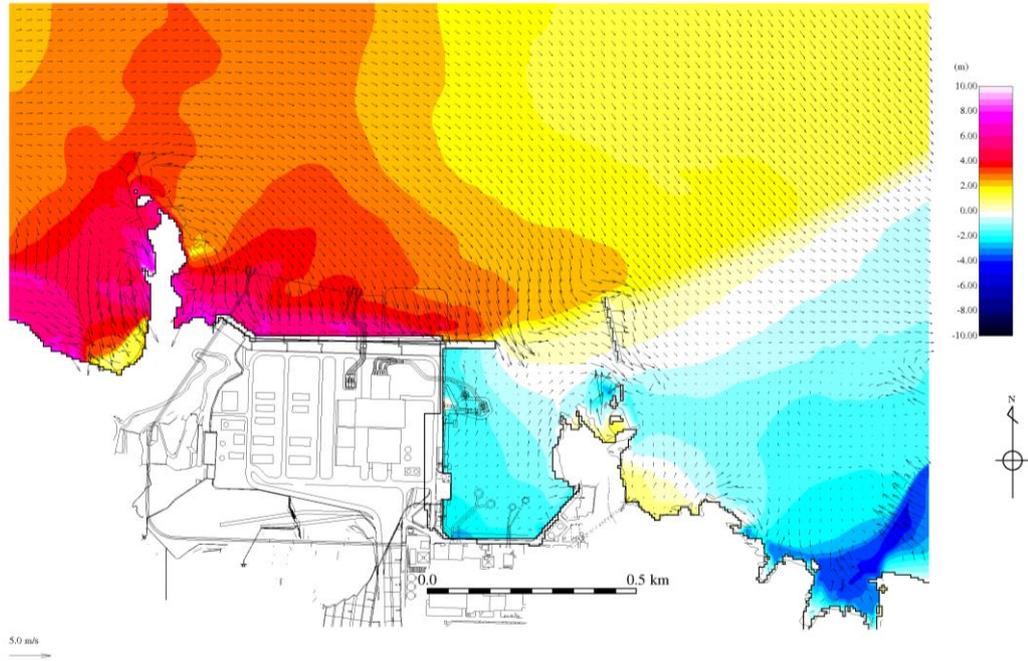


地震発生後191分（消波ブロックをモデル化）

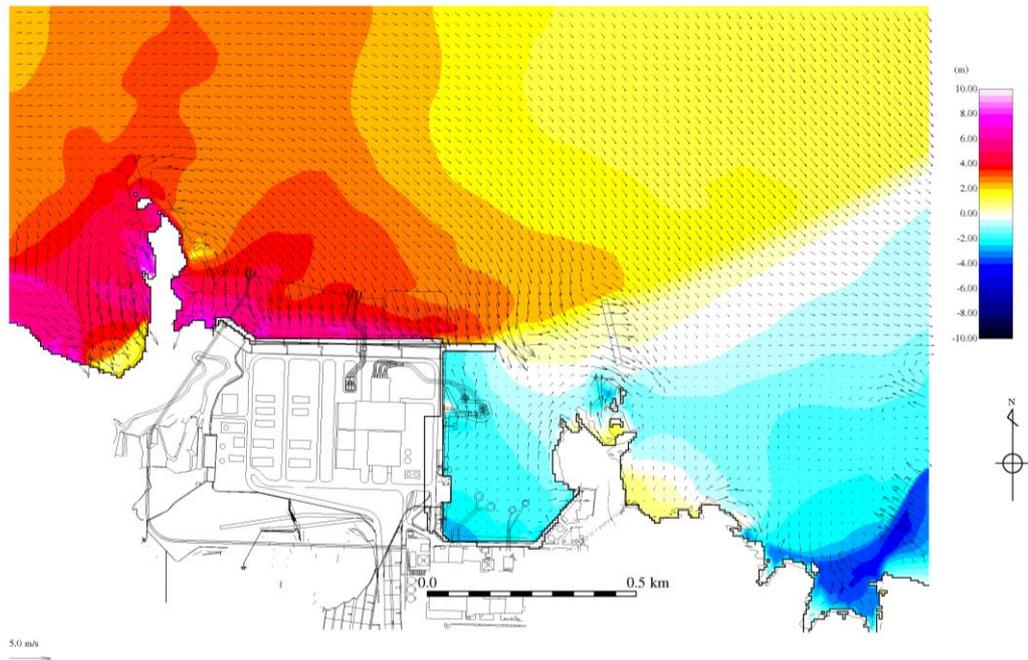


地震発生後191分（消波ブロックをモデル化しない）

図5-4(2) 流向・流速分布図比較

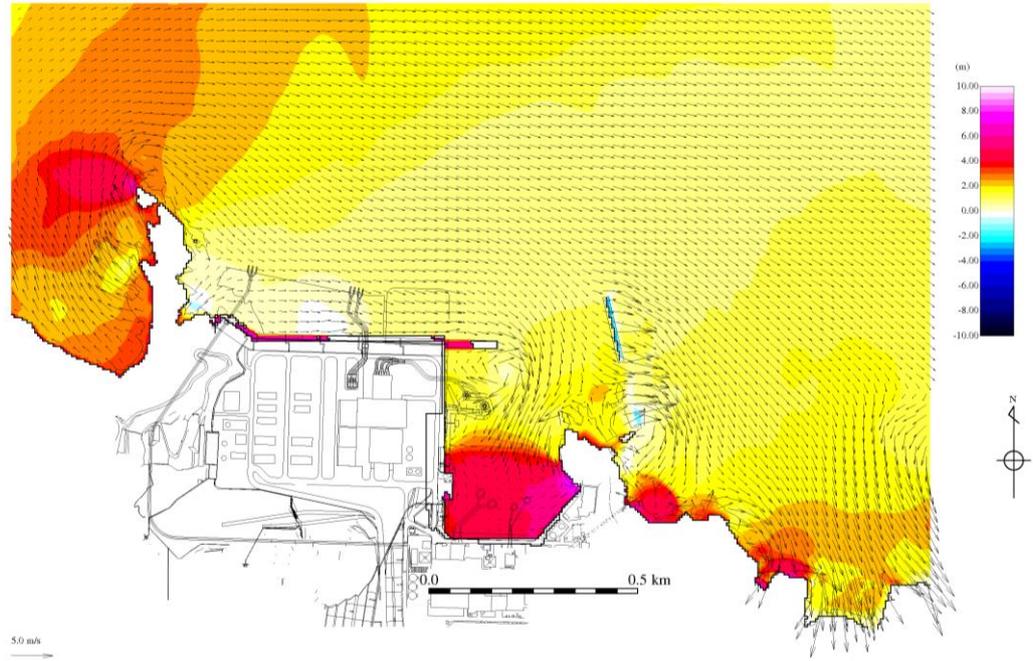


地震発生後192分（消波ブロックをモデル化）

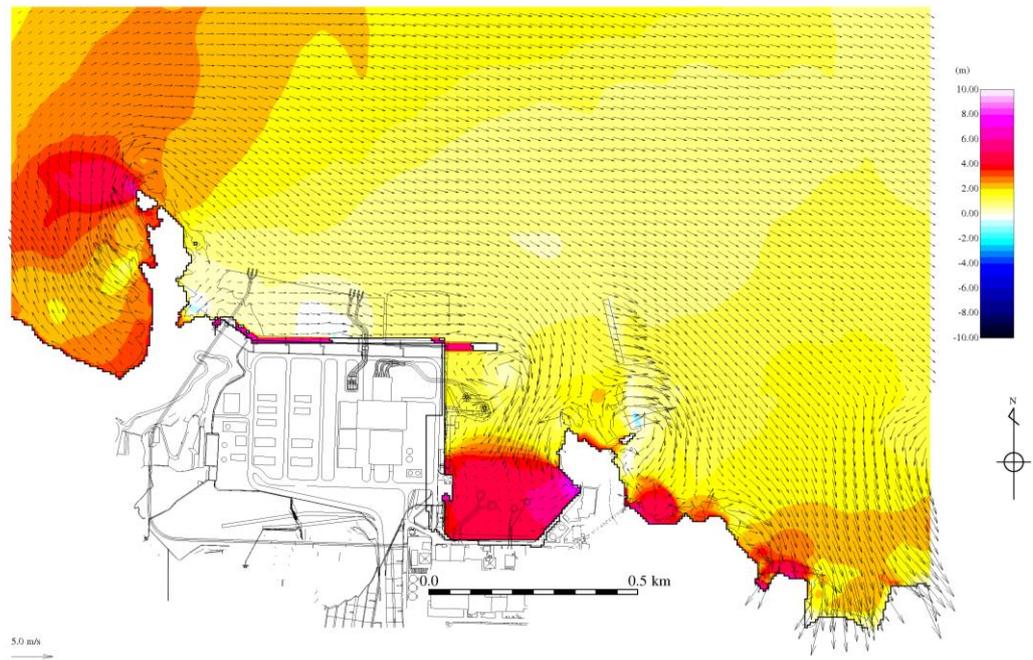


地震発生後192分（消波ブロックをモデル化しない）

図5-4(3) 流向・流速分布図比較



地震発生後193分（消波ブロックをモデル化）



地震発生後193分（消波ブロックをモデル化しない）

図5-4(4) 流向・流速分布図比較

日本海東縁部に想定される地震による発電所敷地への影響について

島根 2 号炉では、日本海東縁部に想定される地震による津波を基準津波として設定している。基準津波の波源である日本海東縁部、敷地周辺海域と島根原子力発電所の位置関係を図 1 に、マグニチュードと震央距離及び発電所敷地で推定される震度の関係を図 2 に示す。

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波 1， 2， 3， 5， 6）の波源は、発電所敷地から約 600km 以上離れており、発電所敷地への地震による影響は十分小さい（図 2）。

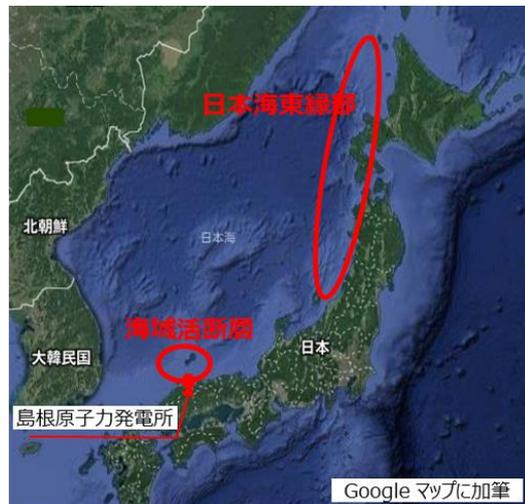


図 1 島根原子力発電所の基準津波の波源図

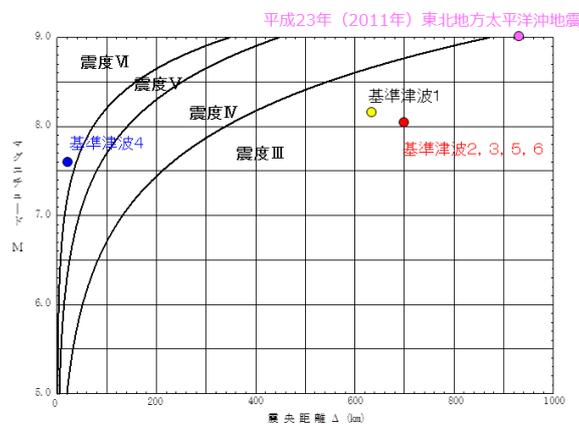


図 2 マグニチュード M と震央距離及び発電所敷地で推定される震度の関係図

港湾内の局所的な海面の励起について

基準津波による発電所周辺における最高水位分布を図1に、時刻歴波形の評価地点を図2に示す。また、津波の伝播経路を考慮し、①湾口と②湾中央、②湾中央と③湾奥西、②湾中央と④湾奥東及び②湾中央と⑤2号炉取水口における基準津波1の水位をそれぞれ重ね合わせた水位時刻歴波形を図3に示す。

図1より、湾の内外ともに水深が浅くなる沿岸部及び隅角部において、その付近での最高水位分布を示す傾向にあり、湾の内外で最高水位分布の傾向に大きな差異はない。港湾の固有周期が3分程度（図4参照）であり、時刻歴波形から読み取れる湾中央での基準津波の周期が3分程度であることから、港湾内の海面の固有振動による励起の発生の可能性も含め確認を行った。なお、図3に示すとおり、防波堤の有無による傾向に差がないことから、以降の考察は防波堤有り条件のケースに関して実施する。

図3（1）より、①港口→②湾中央の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大1.8m程度（②湾中央:3.61m-①港口:1.80m）、大きくなる傾向が確認できる。

②湾中央→③湾奥西の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大2.5m程度（③湾奥西:4.32m-②湾中央:1.82m）、大きくなる傾向が確認できる。

②湾中央→④湾奥東の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大4.9m程度（④湾奥東:6.92m-②湾中央:2.01m）、大きくなる傾向が確認できる。上昇が著しい時間帯としては、188分、191分、193分頃であり、いずれも上昇側のみピーク値の増加が顕著である。

次に取水口位置における確認を行う。②湾中央→⑤2号炉取水口（東及び西）の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大1.8m程度（⑤2号炉取水口:3.65m-②湾中央:1.82m）、大きくなる傾向が確認できる。この水位変動の傾向は、湾奥西（最大2.5m）、湾奥東（最大4.9m）に比較し小さい。

湾奥西及び取水口位置の水位変動については、水深が浅くなることによる増幅の影響及び湾の固有周期と湾中央での基準津波の周期が近いことから海面の固有振動による励起の影響と推察される。

湾奥東の水位変動については、上記の湾奥西及び取水口位置における影響に加えて、水位変動は上昇側のみピーク値の増加が顕著に認められることから、隅角部における反射の影響による水位変動が支配的であると推察される。

以上のことから、湾の伝播先で水位のピーク値が大きくなる傾向は、伝播先の水深が浅くなることによる増幅の影響及び海面の固有振動による励起の影響と推察される。また、一部地点（湾奥東）においては、上昇側のみピーク値の増加が顕著に認められることから、上記影響に加えて、隅角部における反射の影響が支配的であると考えられる。伝播先の水深が浅くなることによる水位の増幅、海面

の固有振動による励起及び隅角部における反射の影響は、津波数値シミュレーションにおいて適切に再現されている。

なお、湾奥東の地点のように、ピーク値の増加が顕著に認められる地点があることから、入力津波の設定にあたっては、保守的な評価となるよう当該地点における最大の水位を一律に評価地点（施設護岸又は防波壁）の入力津波高さとして設定している。

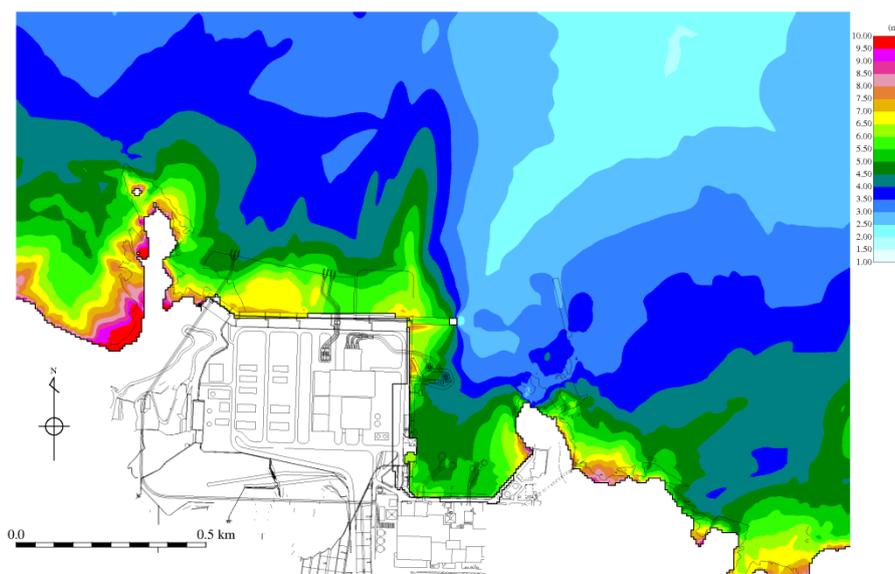


図1 (1) 最高水位分布（基準津波1（防波堤有り））

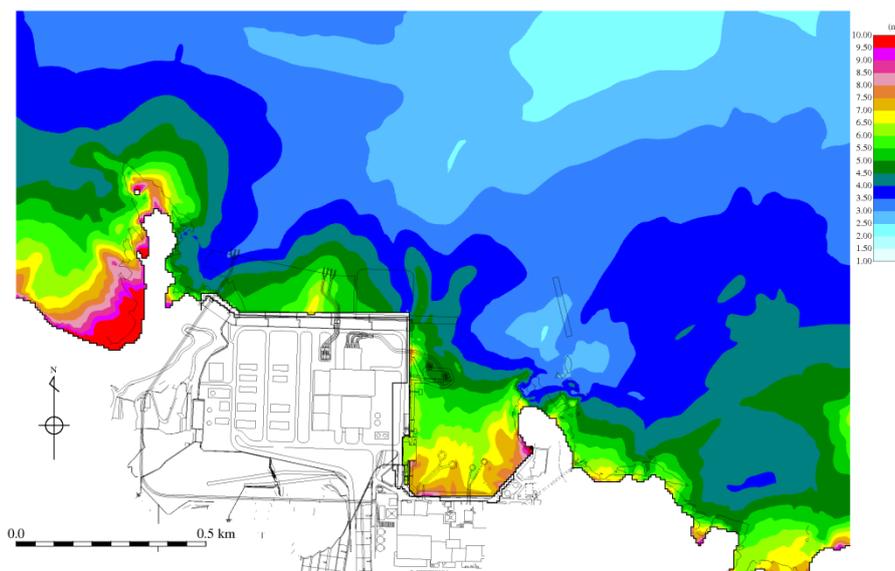


図1 (2) 最高水位分布（基準津波1（防波堤無し））

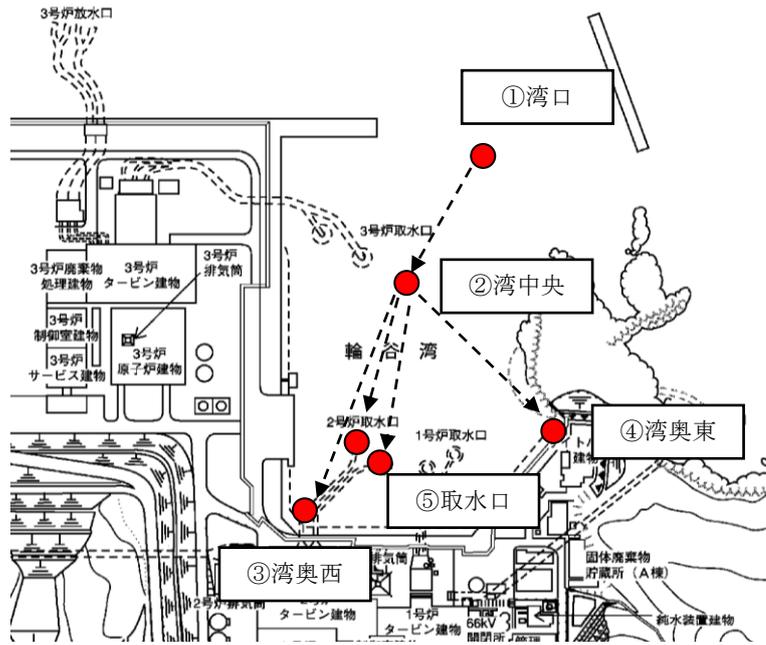


図2 評価地点

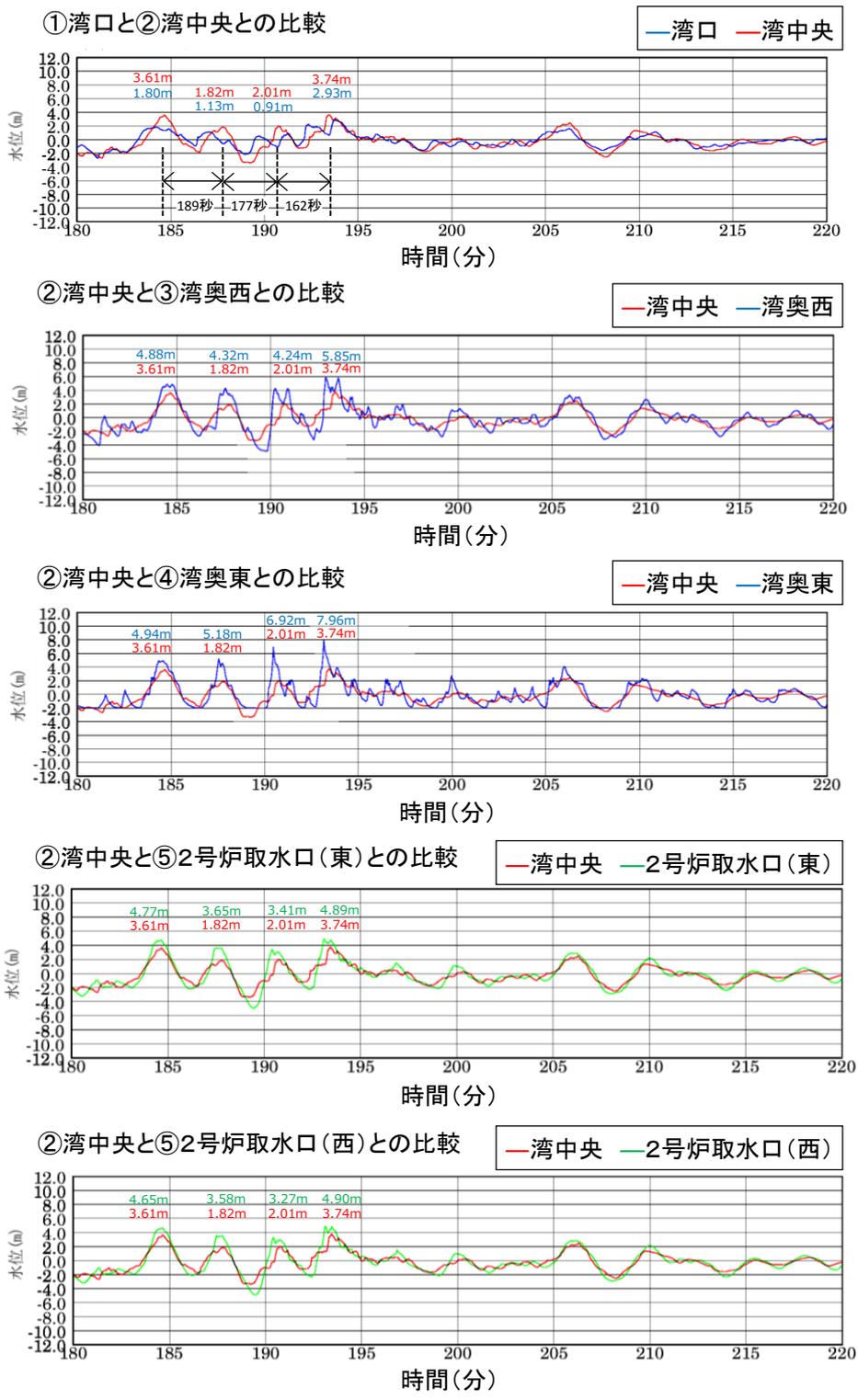


図3 (1) 基準津波1 (防波堤有り) の水位の時刻歴波形 (輪谷湾)

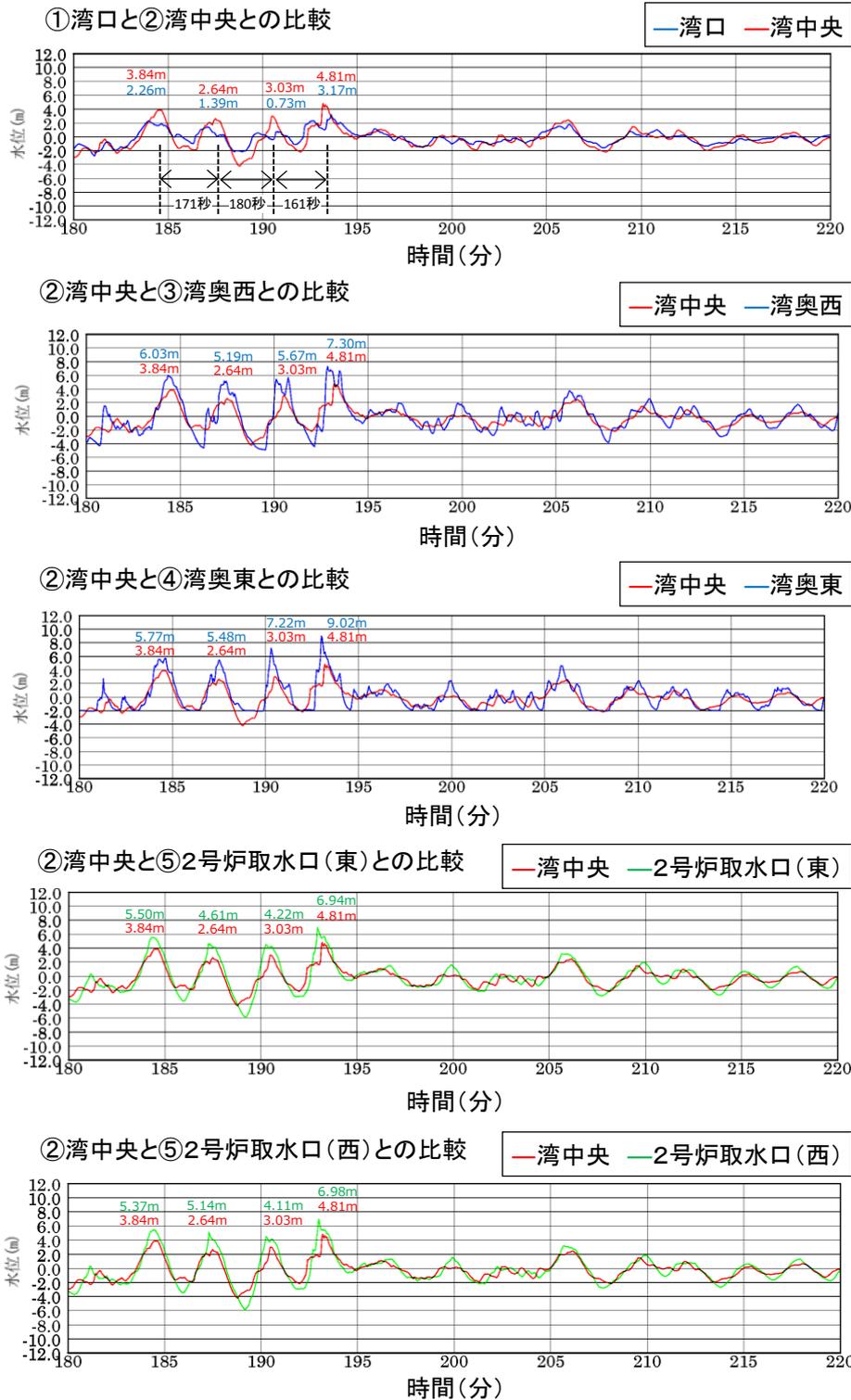


図3 (2) 基準津波1 (防波堤無し) の水位の時刻歴波形 (輪谷湾)

・「湾口～湾中央部」及び「湾奥」について、土木学会による計算格子サイズの目安を満足しており、輪谷湾内の計算格子サイズは妥当であると考えられる。

妥当性確認結果				妥当性確認に要するパラメータ一覧		
区分	土木学会による計算格子サイズの目安		輪谷湾内の計算格子サイズ	値	算定根拠	
	考え方	値				
湾口～湾中央部	Lvの1/40程度	55.9m	6.25m	湾の奥行 a(m)	456.25	解析上の輪谷湾の奥行きの長さ
湾奥	Loの1/100以下	15.8m	6.25m	湾内平均水深 h(m)	14	解析上の輪谷湾の平均水深
				固有周期* T(s)	156	$T = \frac{4a}{(2m-1)\sqrt{gh}}$
				湾口幅 b(m)	325.00	解析上の輪谷湾口の幅
				湾口補正係数 γ	1.297	$\gamma = \left(1 + \frac{2b}{\pi a} \left(0.9228 - \ln \frac{\pi b}{4a}\right)\right)^{1/2}$
				湾口補正した固有周期 T'(s)	202	T'=Tγ
				湾口水深 h'(m)	25	解析上の輪谷湾口付近の平均水深
				湾内平均波長 Lv(m)	2.236	$L_v = T' \left(\frac{gh'}{2}\right)^{1/2}$
				湾中央部より奥の平均波長 Lo(m)	1.581	$L_o = T' \left(\frac{gh'}{4}\right)^{1/2}$

※ 基本周期としm=1とする。

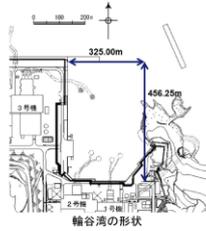


図4 港湾の固有周期 (第 771 回審査会合資料 1-3 P20 加筆修正)

管路計算の詳細について

1. はじめに

海洋から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の水理特性を考慮した管路計算を基準津波 1～6（水位上昇側：基準津波 1, 2, 4, 5, 水位下降側：基準津波 1, 3, 4, 6）を入力波形として計算を実施した。

2. 管路計算に基づく評価

管路計算を行う上での不確かさの考慮として、表 1 に示す各項目についてパラメータスタディを実施し、入力津波の選定及び津波水位への影響を確認した。

管路計算の計算条件を表 2 に、貝付着を考慮する範囲を図 1 に示す。取水路及び放水路の構造図を図 2 に示す。また、基礎方程式等の数値計算手法は、「原子力発電所の津波評価技術 2016（土木学会原子力土木委員会津波評価部会，2016）」に基づき次頁以降に示すとおりとする。

取・放水経路は開水路区間と管路区間が混在するため、微小区間に分割した水路の各部分が、開水路状態か管路状態かを逐次判定し、管路区間はその上下流端の開水路区間の水位（自由水面の水位）を境界条件として流量計算を行い、開水路区間は、開水路の次元不定流の式により流量・水位を計算する。また、水槽及び立坑部は、水面面積を鉛直方向に積算した水位－容積関係を用いて、水槽及び立坑部に接続する水路の流量合計値から水位を算定する。なお、解析には先行審査で実績のある解析コード「SURGE」を使用した。

管路については、管路延長・管路勾配・管径を考慮し、モデル化を行い、各管路モデルで摩擦による損失を考慮する。摩擦損失以外の損失は次頁以降の解析モデルに示す各節点において考慮する。また、水槽および立坑部は、水槽面積を考慮し、次頁以降の解析モデル図に示す池としてモデル化し、池モデル内においては、保守的に損失水頭は生じないこととする。管路解析モデルを図 3 に示す。

管路計算は、取・放水口における水位の時刻歴波形を入力条件、取・放水槽におけるポンプ取・放水量（号機毎にポンプ運転時・停止時の取・放水量を設定）を境界条件として実施する。

表 3, 4 及び図 4～10 に管路解析モデルに用いた各損失を示す。また、表 5 に各取放水施設の損失水頭表の整理結果を示す。

水位上昇側の評価結果を表 6 に、水位下降側の評価結果を表 7 に示す。また、日本海東縁部に想定される地震による津波の各評価地点の最大の時刻歴波形をそれぞれ図 11 及び図 12 に、海域活断層から想定される地震による津波の各評価地点の最大の時刻歴波形をそれぞれ図 13 及び図 14 に示す。

表1 条件設定

	計算条件
1	貝付着の有無
2	循環水ポンプ稼働の有無

表2 管路計算における計算条件

項目	計算条件
計算領域	【取水施設】 1, 2号炉 取水口 ~ 取水管 ~ 取水槽 3号炉 取水口 ~ 取水路 ~ 取水槽 【放水施設】 放水口 ~ 放水路 ~ 放水槽
計算時間間隔	0.01秒
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	1号炉 循環水ポンプ停止時: 1.0m ³ /s ^{※1} 2号炉 循環水ポンプ運転時: 59m ³ /s, 循環水ポンプ停止時: 2.3m ³ /s 3号炉 循環水ポンプ運転時: 95m ³ /s ^{※2} , 循環水ポンプ停止時: 3m ³ /s
摩擦損失係数 (マンニングの粗度係数)	【取水施設】 (貝付着なし) 1・2号炉取水口 ^{※3} , 1・2号炉取水管 ^{※3} : 0.014m ^{-1/3} ・s 3号炉取水口 ^{※4} , 3号炉取水路 ^{※4} , 1~3号炉取水槽 ^{※4} : 0.015m ^{-1/3} ・s (貝付着あり) 1・2号炉取水口 ^{※3} , 1・2号炉取水管 ^{※3} , 3号炉取水口 ^{※4} , 3号炉取水路 ^{※4} , 1~3号炉取水槽 ^{※4} : 0.02 m ^{-1/3} ・s 【放水施設】 (貝付着なし) 1~3号炉放水口 ^{※4} , 1~3号炉放水路 ^{※4} , 1~3号炉放水槽 ^{※4} : 0.015m ^{-1/3} ・s (貝付着あり) 1~3号炉放水口 ^{※4} , 1~3号炉放水路 ^{※4} , 1~3号炉放水槽 ^{※4} : 0.02 m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	点検結果を踏まえ5cmを考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版- 千秋信一(1967): 発電水力演習 土木学会(1999): 水理公式集[平成11年版]による
想定する潮位条件	水位上昇側: 朔望平均満潮位EL+0.58mに潮位のばらつき+0.14mを考慮 水位下降側: 朔望平均干潮位EL-0.02mに潮位のばらつき-0.17mを考慮
地盤変動条件	海域活断層から想定される地震による津波については, 0.34mの隆起を考慮 日本海東縁部に想定される地震による津波については, 津波が起きる前の海域活断層による地殻変動量として0.34mの隆起を考慮
計算時間	日本海東縁部に想定される地震による津波は地震発生後6時間まで 海域活断層から想定される地震による津波は地震発生後3時間まで

- ※1 1号炉取水槽に津波防護施設である流路縮小工を設置することにより, 循環水ポンプの運転に必要な通水量が確保できないことから, 循環水ポンプの運転は行わない。
- ※2 燃料装荷前であり, 原子炉を運転するものではないが, メンテナンス等により循環水ポンプを運転する可能性がある。
- ※3 鋼製
- ※4 コンクリート製

※基礎方程式

管路計算では、非定常の開水路及び管路流の連続式・運動方程式を用いた。

【開水路】

- ・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

- ・連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

【管路】

- ・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

- ・連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

t : 時間, Q : 流量, v : 流速, x : 管底に沿った座標, A : 流水断面積
 H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合), 位置水頭 (開水路の場合)
 z : 管底高, g : 重力加速度, n : マニングの粗度係数, R : 径深
 Δx : 水路の流れ方向の長さ, f : 局所損失係数

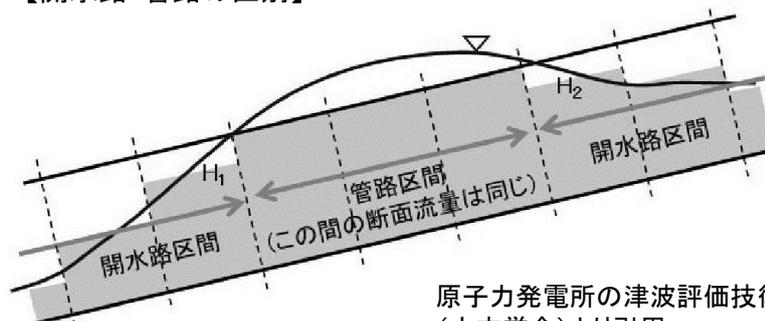
【水槽及び立坑部】

- ・連続式

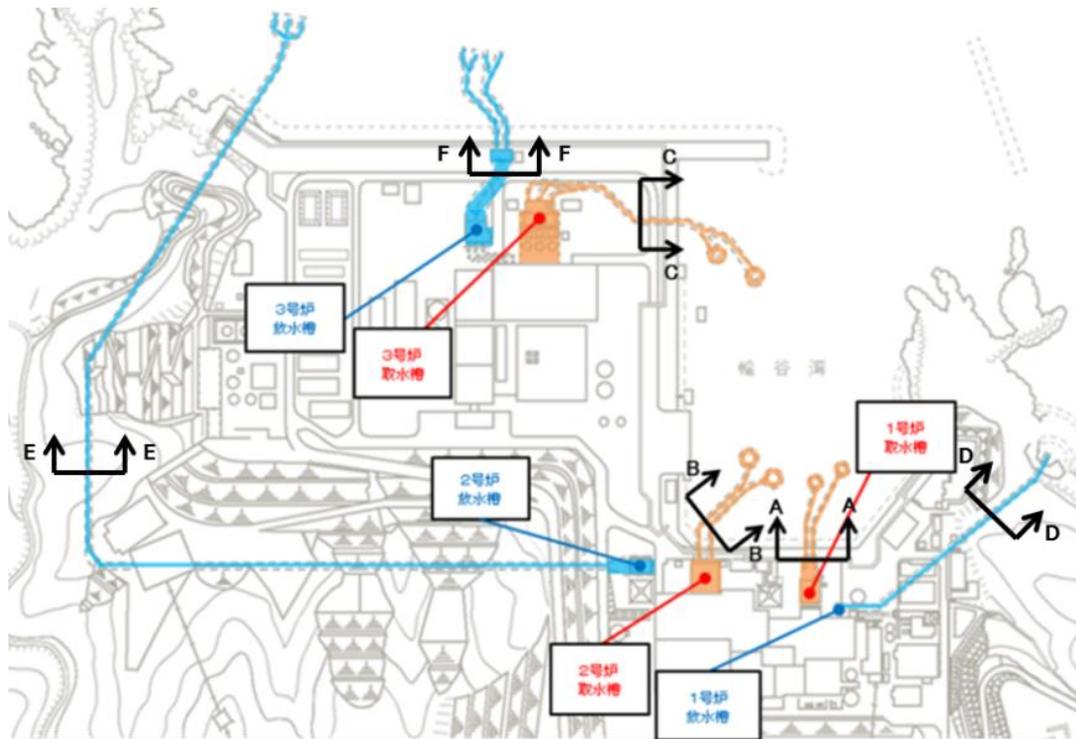
$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに A_p : 水槽の平面積 (水位 の関数となる) H_p : 水槽水位
 Q_s : 水槽へ流入する流量 の総和 t : 時間

【開水路・管路の区別】



原子力発電所の津波評価技術 2016
 (土木学会)より引用



	1号炉	2号炉	3号炉
取水設備	<p>A-A 断面</p>	<p>B-B 断面</p>	<p>C-C 断面</p>
放水設備	<p>D-D 断面</p>	<p>E-E 断面</p>	<p>F-F 断面</p>

— 貝付着考慮範囲

図1 貝付着考慮範囲

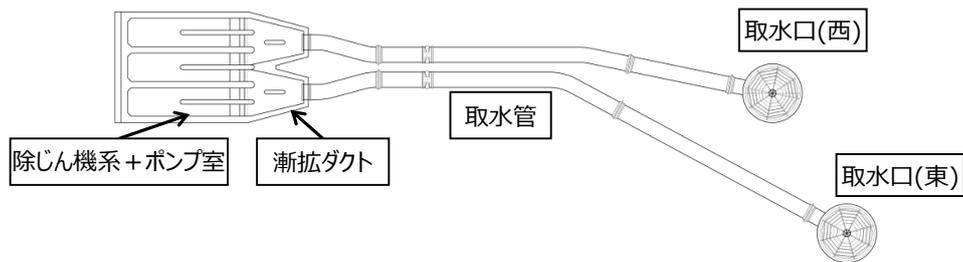


図 2 - 1 1号炉取水施設平面図

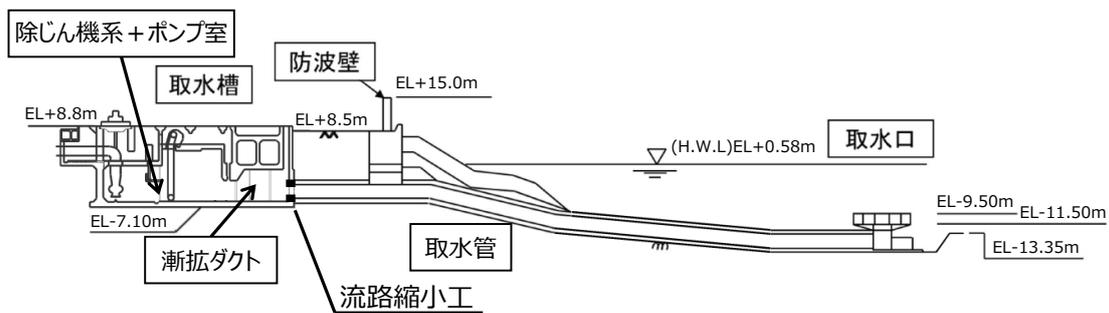


図 2 - 2 1号炉取水施設断面図

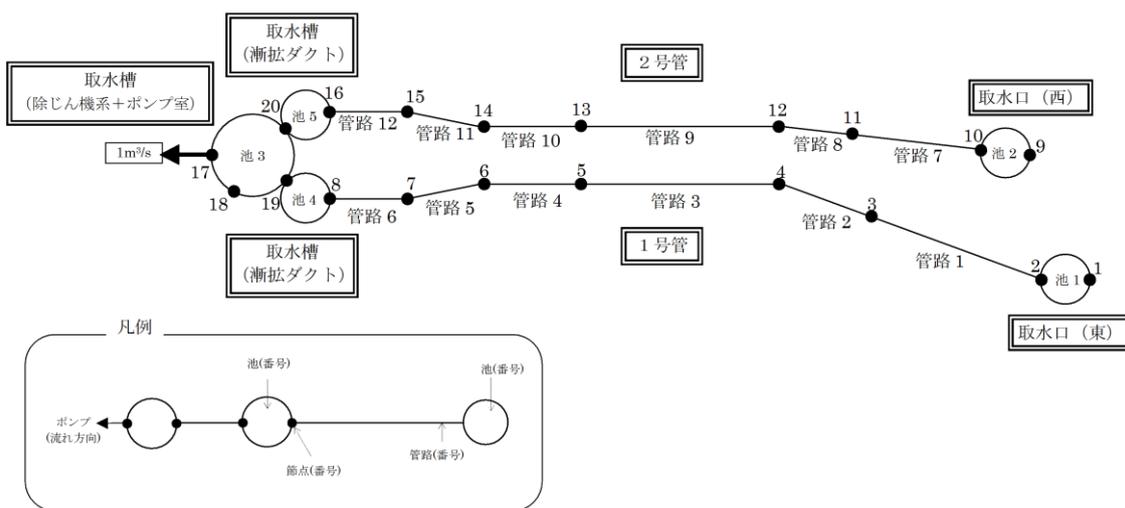


図 3 - 1 1号炉取水施設の管路計算モデル図

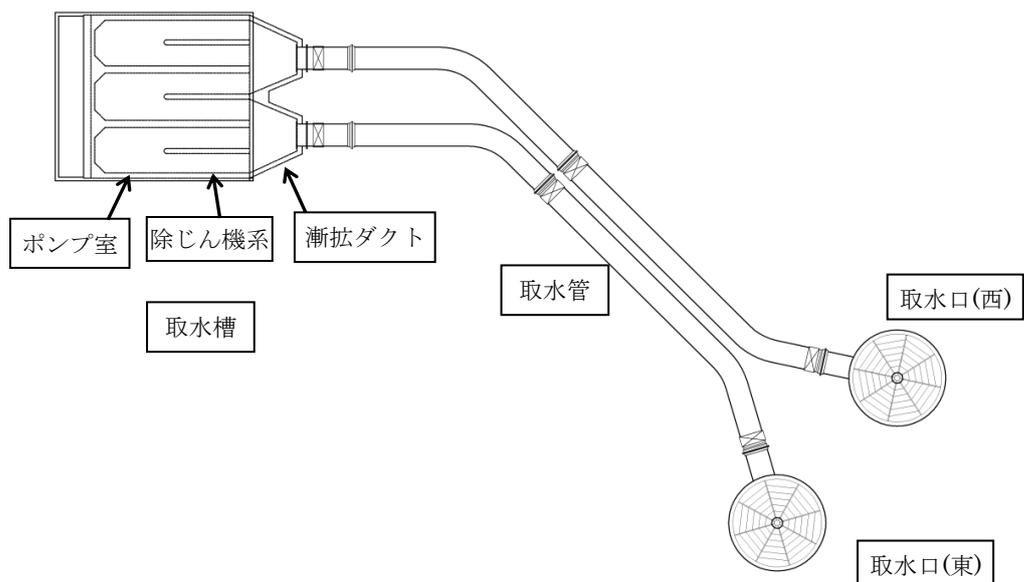


図 2 - 3 2号炉取水施設平面図

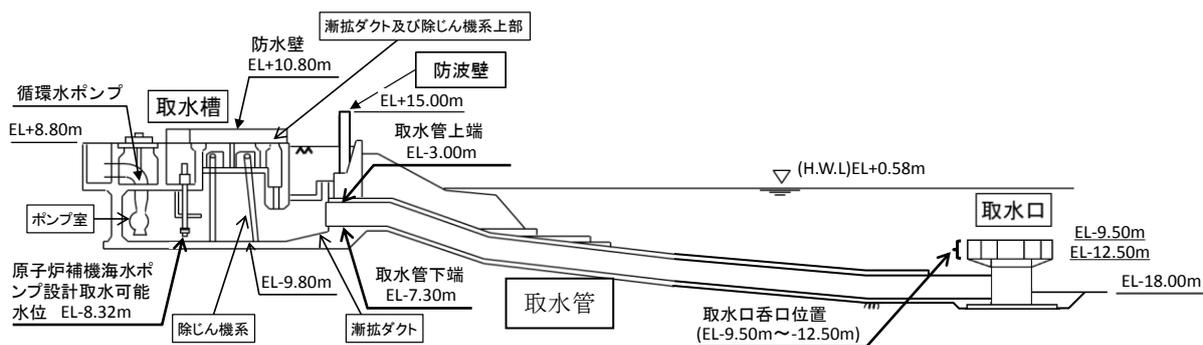


図 2 - 4 2号炉取水施設断面図

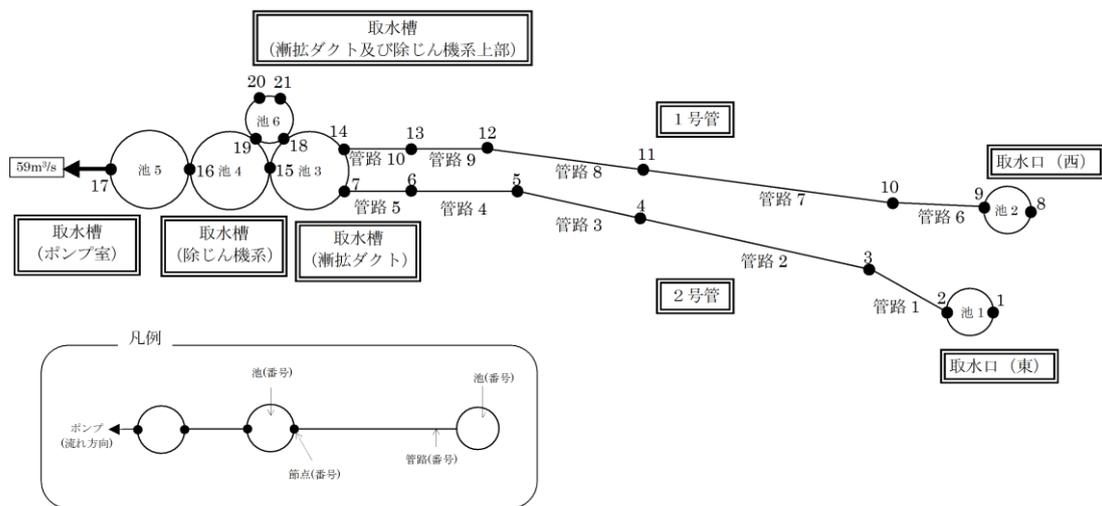


図 3 - 2 2号炉取水施設の管路計算モデル図

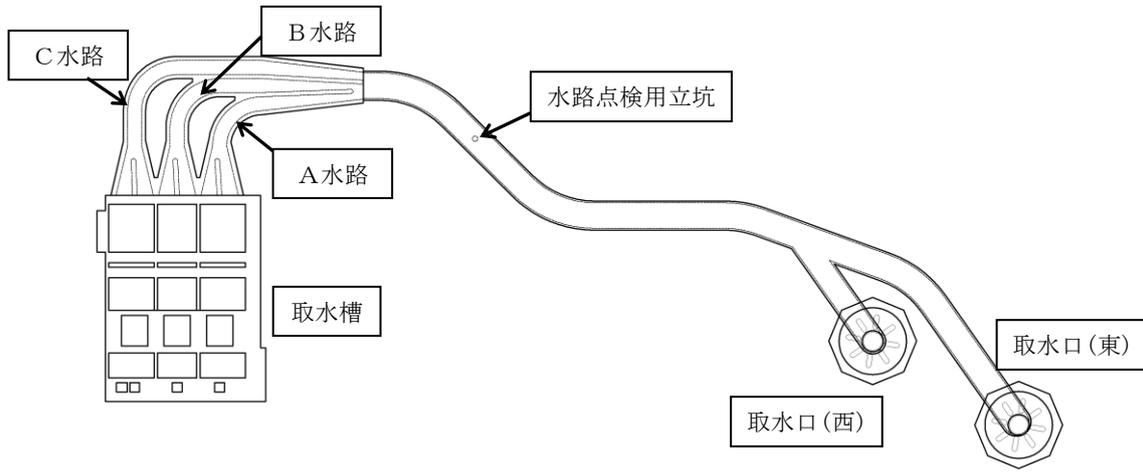


図 2 - 5 3号炉取水施設平面図

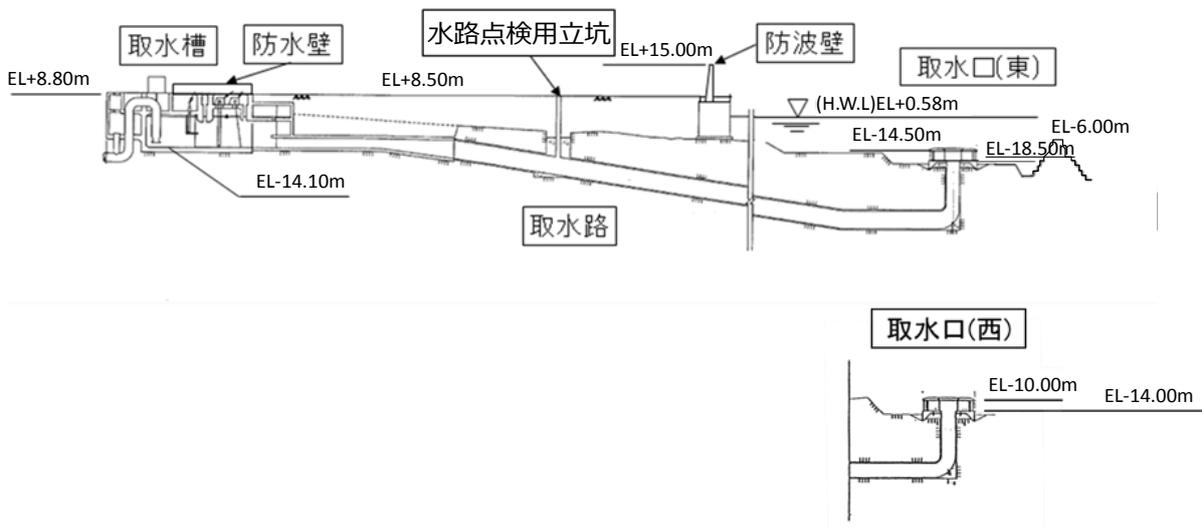


図 2 - 6 3号炉取水施設断面図

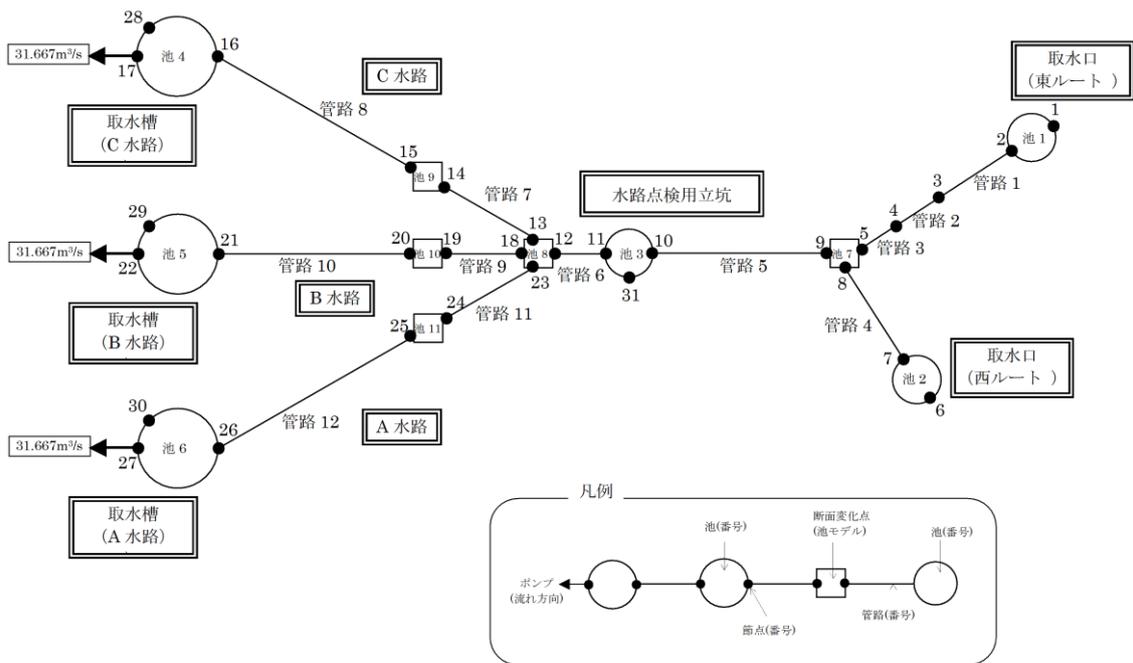


図 3 - 3 3号炉取水施設の管路計算モデル図

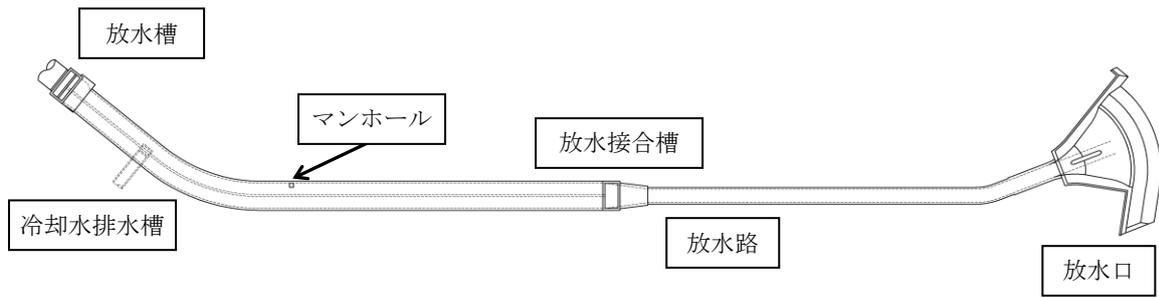


図 2 - 7 1号炉放水施設平面図

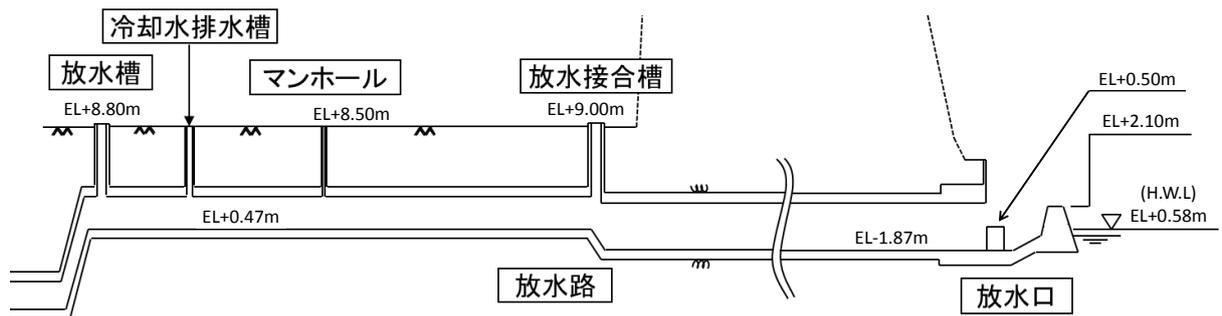


図 2 - 8 1号炉放水施設断面図

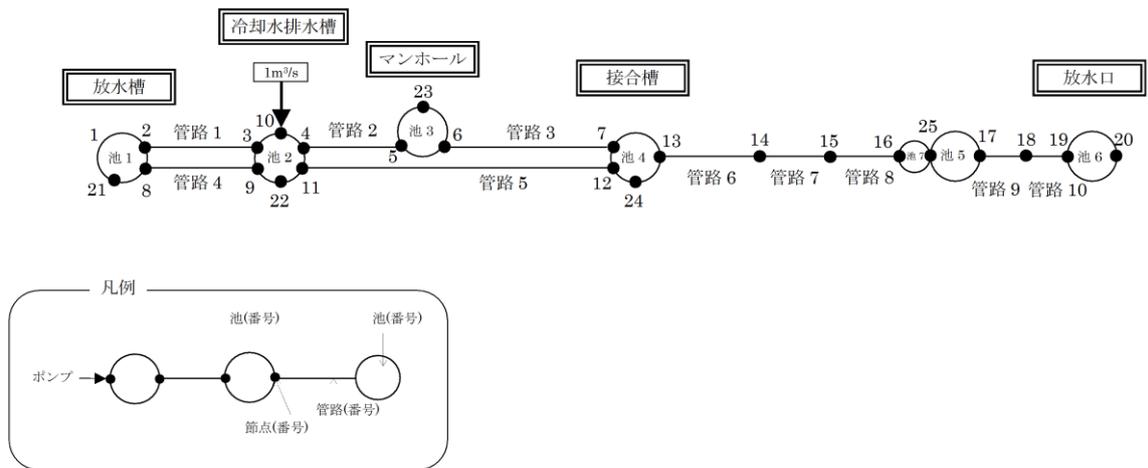


図 3 - 4 1号炉放水施設の管路計算モデル図

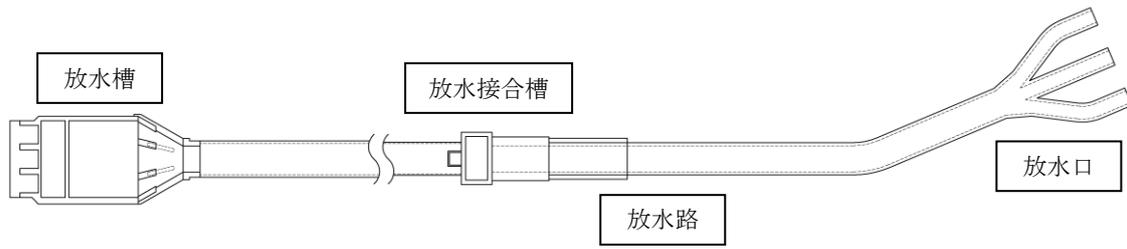


図 2 - 9 2号炉放水施設平面図

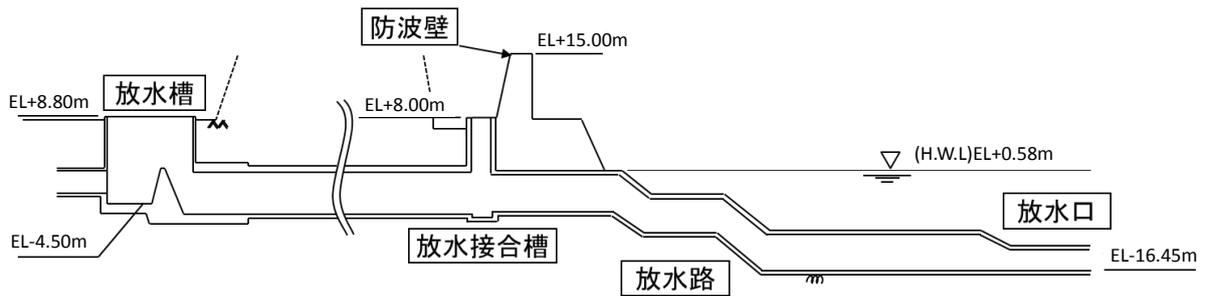


図 2 - 10 2号炉放水施設断面図

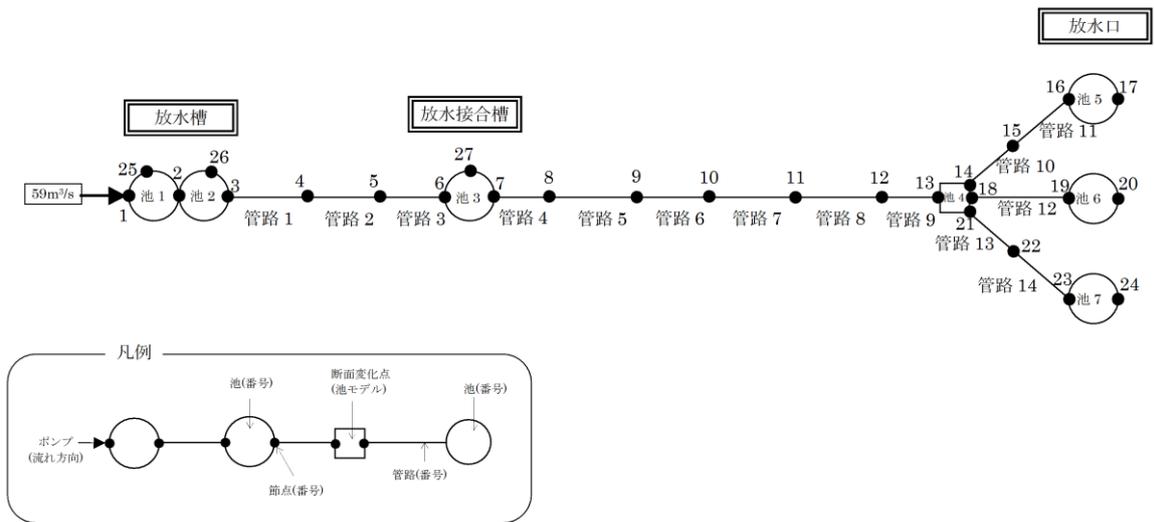


図 3 - 5 2号炉放水施設の管路計算モデル図

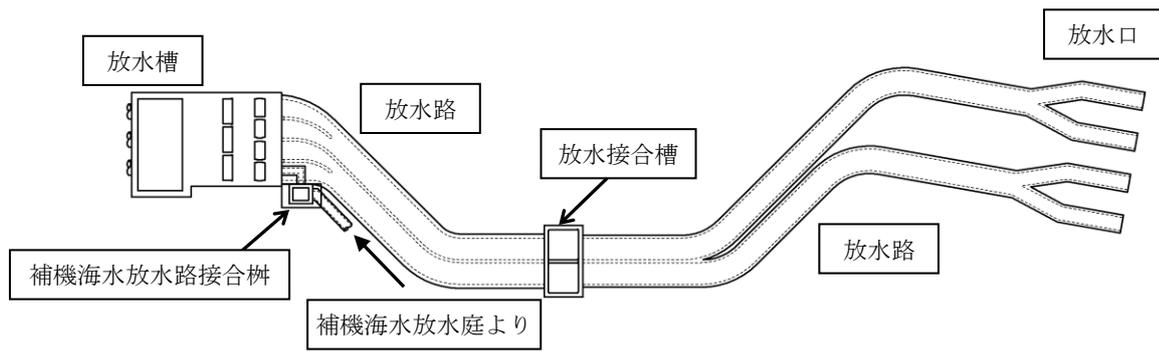


図 2-11 3号炉放水施設平面図

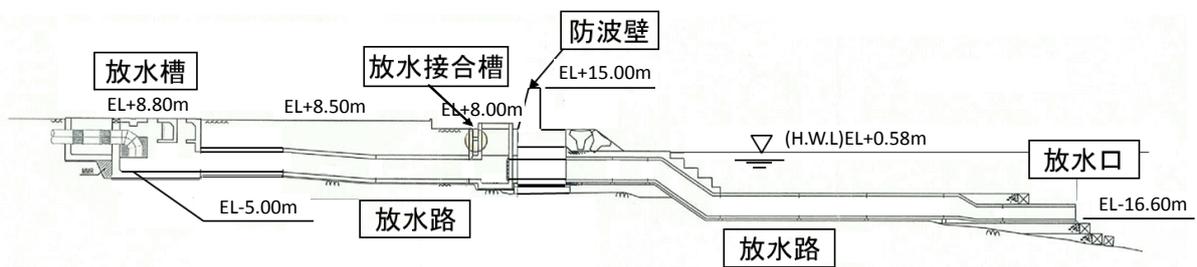


図 2-12 3号炉放水施設断面図

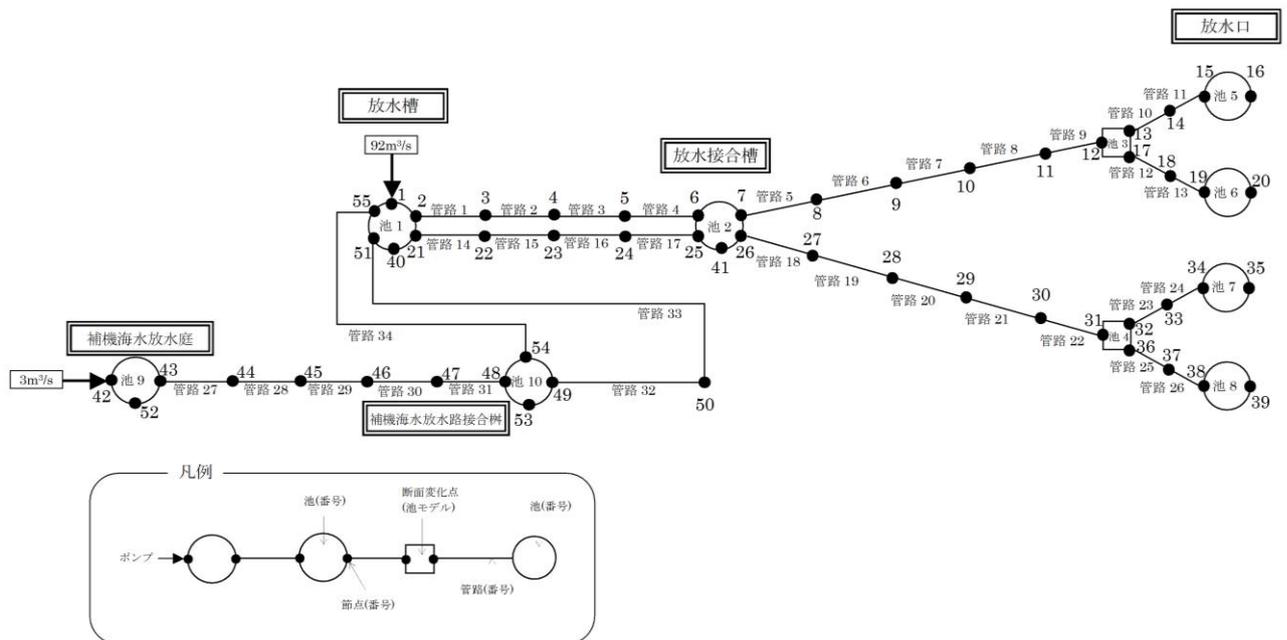


図 3-6 3号炉放水施設の管路計算モデル図

表 3 - 1 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	f_e : 流入損失係数 V : 管内流速(m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p.374-375【図 4 参照】
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	f_o : 流出損失係数 V : 管内流速(m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p.375
③摩擦損失	$h_f = n^2 V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	V : 平均流速(m/s) L : 水路の長さ(m) R : 水路の径深(m) n : 粗度係数($m^{-1/3} \cdot s$)	火力原子力発電所 土木構造物の設計 p.829
④急拡損失	$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left\{ 1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right\}^2$	f_{se} : 急拡損失係数 V_1 : 急拡前の平均流速(m/s) A_1 : 急拡前の管断面積(m^2) A_2 : 急拡後の管断面積(m^2)	火力原子力発電所 土木構造物の設計 p.829
⑤急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	f_{sc} : 急縮損失係数 V_2 : 急縮後の平均流速(m/s)	火力原子力発電所 土木構造物の設計 p.829-830【表 4 参照】
⑥漸拡損失	$h_{ge} = f_{ge} \cdot f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left\{ 1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right\}^2$	f_{ge} : 漸拡損失係数 V_1 : 漸拡前の平均流速(m/s) A_1 : 漸拡前の管断面積(m^2) A_2 : 漸拡後の管断面積(m^2)	火力原子力発電所 土木構造物の設計 p.830 【図 5 参照】
⑦漸縮損失	$h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2}{2g}$	f_{gc} : 漸縮損失係数 V_2 : 漸縮後の平均流速(m/s)	発電水力演習 p.84 【図 6 参照】
⑧屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ $+ 2.05 \sin^4 \frac{\alpha}{2}$	f_{be} : 屈折損失係数 V : 管内平均流速(m/s) α : 屈折角($^\circ$)	発電水力演習 p.88 【図 7 参照】

表 3 - 2 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
⑨ 曲がり 損失	$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}$ $f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \times (D/\rho)^{7/2}$ $f_{b2} = (\theta/90)^{1/2}$	<p>V :管内平均流速(m/s)</p> <p>f_{b1} : 曲がりの曲率半径 ρ と管径 D との比によって決まる損失係数</p> <p>f_{b2} : 任意の曲がり中心角 θ の場合の損失と中心角 90° の場合の損失との比</p>	<p>発電水力演習 p.86-87</p> <p>【図 8 参照】</p>
⑩ ピヤー による損 失	$\Delta h_p' = \left\{ \frac{1}{C^2} \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^2 - 1 \right\} \frac{V_1^2}{2g}$	<p>V_1 :ピヤー上流側の流速(m/s)</p> <p>C : ピヤーの水平断面形状による係数</p> <p>b_1 : ピヤー直前の水路幅(m)</p> <p>b_2 : 水路幅からピヤー幅の総計を控除した幅(m)</p>	<p>発電水力演習 p.92-93</p> <p>【図 9 参照】</p>
⑪ 分流に よる損失	$H_\alpha - H_\gamma = f_{d,\gamma} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}$ $H_\alpha - H_\beta = f_{d,\beta} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}$	<p>H_α, H_γ :分流前後の本管動水位 (位置水頭と圧力水頭の和) (m)</p> <p>H_β :支管動水位(m)</p> <p>V_α :分流前の本管内流速(m/s)</p> <p>$f_{d,\gamma}, f_{d,\beta}$: 分流損失係数</p>	<p>土木学会 水理 公式集 (平成 11 年版)</p> <p>p.376-377</p> <p>【図 10 参照】</p>
⑫ 合流に よる損失	$H_\alpha - H_\gamma = f_{c,\alpha} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}$ $H_\beta - H_\gamma = f_{c,\beta} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}$	<p>H_α, H_γ :合流前後の本管動水位(m)</p> <p>H_β :支管動水位(m)</p> <p>V_γ :合流後の本管内流速(m/s)</p> <p>$f_{c,\alpha}, f_{c,\beta}$: 合流損失係数</p>	<p>土木学会 水理 公式集 (平成 11 年版)</p> <p>p.377</p> <p>【図 10 参照】</p>
⑬ 分岐に よる損失	$h_B = f_B \times \frac{V_0^2}{2g}$	<p>V_0 :分流前の水圧管内の平均流速(m/s)</p> <p>f_B : 分岐による損失係数 (Y 分岐 : 0.75、三分岐 : 0.69)</p>	<p>発電水力演習 p.120-123</p>

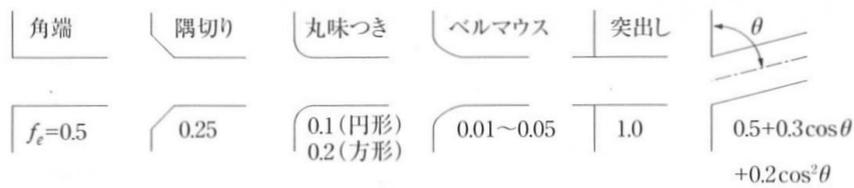


図4 入口形状と損失係数（土木学会水理公式集（平成11年版）p.375）

表4 急縮損失係数（火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830）

D_2/D_1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_{sc}	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0

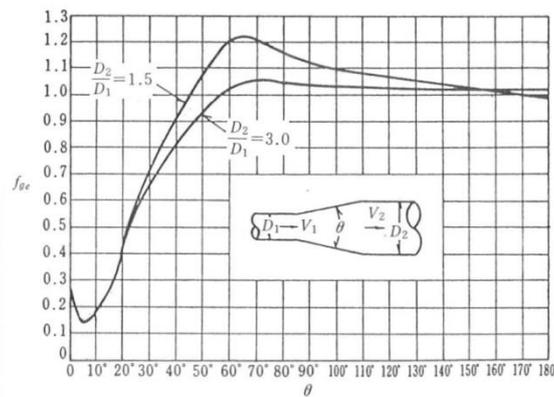


図5 漸拡損失係数（火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830）

D_1, D_2 : 漸拡前後の管径(m), V_1, V_2 : 漸拡前後の平均流速(m/s), θ : 漸拡部の開き (°)

(※本施設では、円形断面管と矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面管の場合、矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、管径 D_1, D_2 を算出した。)

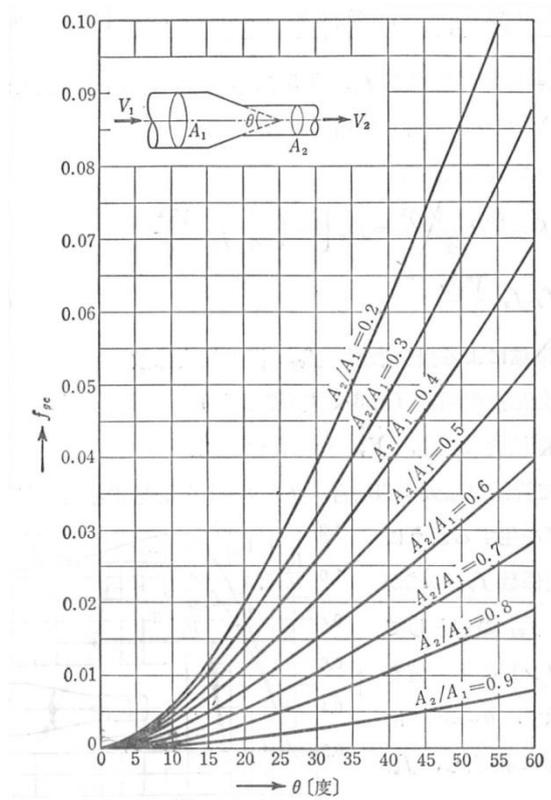


図6 漸縮損失係数 (発電水力演習 p.84)

A_1, A_2 : 漸縮前後の管断面積(m²), V_1, V_2 : 漸縮前後の平均流速(m/s), θ : 漸縮部の開き (°)

(※本施設では、円形断面管と矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。)

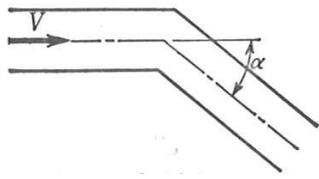


図7 屈折角 (発電水力演習p.88)

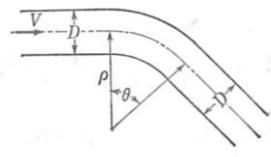


図8 曲がり, 曲率半径 (発電水力演習p.87)

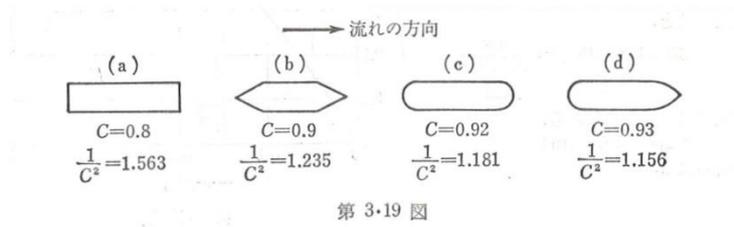


図9 ピヤの形状による係数Cの値（発電水力演習p.92）

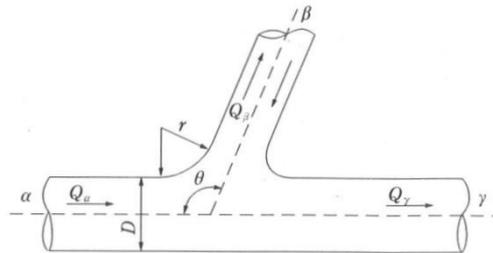


図10 分・合流管（土木学会水理公式集（平成11年版）p.377）

(a)分流による損失係数

$$f_{d,\gamma} = 0.58q_\beta^2 - 0.26q_\beta + 0.03$$

$$f_{d,\beta} = 0.95(1 - q_\beta)^2 + q_\beta^2 \left(1.3 \cot \frac{\theta}{2} - 0.3 + \frac{0.4 - 0.1\varphi}{\varphi^2} \right) \cdot \left(1 - 0.9 \sqrt{\frac{\rho}{\varphi}} \right) + 0.4q_\beta(1 - q_\beta) \left(1 + \frac{1}{\varphi} \right) \cot \frac{\theta}{2}$$

ここに、 $f_{d,\gamma}, f_{d,\beta}$ ：分流失損失係数、 θ ：本管と支管の交角、 φ ：本管断面積に対する支管断面積の比、 $\rho = r/D$ ：支管と本管の接続部面取り半径 r の本管直径に対する比、 $q_\beta = Q_\beta/Q_\alpha$ ：分流失前の本管流量 Q_α に対する支管流量 Q_β の比

(b)合流による損失係数

$$f_{c,\alpha} = -q_\beta^2 \left\{ 2.59 + (1.62 - \sqrt{\rho}) \left(\frac{\cos \theta}{\varphi} - 1 \right) - 0.62\varphi \right\} - q_\beta(1.94 - \varphi) + 0.03$$

$$f_{c,\beta} = -q_\beta^2 \left\{ (1.2 - \sqrt{\rho}) \left(\frac{\cos \theta}{\varphi} - 1 \right) + 0.8 \left(1 - \frac{1}{\varphi^2} \right) - (1 - \varphi) \frac{\cos \theta}{\varphi} \right\} - (1 + q_\beta) \{ 0.92 + q_\beta(2.92 - \varphi) \}$$

ここに、 $f_{c,\alpha}, f_{c,\beta}$ ：合流失損失係数、 θ ：本管と支管の交角、 φ ：本管断面積に対する支管断面積の比、 $\rho = r/D$ ：支管と本管の接続部面取り半径 r の本管直径に対する比、 $q_\beta = Q_\beta/Q_\gamma$ ：合流失後の本管流量 Q_γ に対する支管流量 Q_β の比

表5-1 1号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し、循環水ポンプ停止時)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)		損失水頭 (m)		モデル化		
			1号管	2号管	1号管	2号管	1号管	2号管			
取水口	0.500	流入	F	0.500	0.500	75.398	75.398	0.000	0.000	節点2,10	
		急縮	F	0.480	0.480	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2,10	
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2,10	
			長さ(m)	2.600	2.600						
			径深(m)	1.000	1.000						
		屈折	F	0.986	0.986	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2,10	
		急縮	F	0.140	0.140	8.814	8.814	0.000	0.000	節点2,10	
取水管	0.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	8.814	8.814	0.000	0.000	管路1~6 管路7~12	
			長さ(m)	127.075	102.915						
			径深(m)	0.838	0.838						
		曲がり	F _{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点3,11	
			F _{b2}	0.279	0.319						
		曲がり	F _{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点4,12	
			F _{b2}	0.571	0.366						
		曲がり	F _{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点5,13	
			F _{b2}	0.412	0.379						
		曲がり	F _{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点6,14	
			F _{b2}	0.413	0.413						
		曲がり	F _{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点7,15	
			F _{b2}	0.413	0.413						
		流路縮小工	0.500	急縮	F	0.282	0.282	4.407	4.407	0.000	0.000
急拡	F			0.754	0.754	4.407	4.407	0.000	0.000	節点8,16	
取水槽	0.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	41.667	41.667	0.000	0.000	節点8,16	
			長さ(m)	9.100	9.100						
			径深(m)	1.682	1.682						
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	50.000	50.000	0.000	0.000	節点8,16	
			長さ(m)	1.700	1.700						
			径深(m)	1.716	1.716						
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	31.250	31.250	0.000	0.000	節点8,16	
			長さ(m)	1.000	1.000						
			径深(m)	0.805	0.805						
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	33.333	33.333	0.000	0.000	節点8,16	
			長さ(m)	2.000	2.000						
			径深(m)	0.820	0.820						
		ピヤー	ピアの水平断面形状による係数		0.920	0.920	45.455	45.455	0.000	0.000	節点8,16
			ピア直前の水路幅(m)		6.859	6.859					
			水路幅からピア幅の総計を控除した幅(m)		6.059	6.059					
		漸拡	F _{ge}	0.280	0.280	33.500	33.500	0.000	0.000	節点8,16	
			F _{se}	0.204	0.204						
		漸縮	F	0.020	0.020	42.557	42.557	0.000	0.000	節点8,16	
		急縮	F	0.100	0.100	32.237	32.237	0.000	0.000	節点8,16	
		漸拡	F _{ge}	0.200	0.200	32.237	32.237	0.000	0.000	節点8,16	
F _{se}	0.003		0.003								
流出	F	1.000	1.000	34.185	34.185	0.000	0.000	節点8,16			
合計							0.000	0.000			

表5-2 2号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し、循環水ポンプ運転時)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)		損失水頭 (m)※		モデル化	
			1号管	2号管	1号管	2号管	1号管	2号管		
取水口	29.500	流入	F	0.500	0.500	160.221	160.221	0.001	0.001	節点2,9
		急縮	F	0.440	0.440	50.265	50.265	0.008	0.008	節点2,9
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	50.265	50.265	0.000	0.000	節点2,9
			長さ(m)	5.350	5.350					
			径深(m)	2.000	2.000					
		屈折	F	0.986	0.986	50.265	50.265	0.017	0.017	節点2,9
		急縮	F	0.410	0.410	14.522	14.522	0.086	0.086	節点2,9
取水管	29.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	14.522	14.522	0.100	0.096	管路1~5 管路6~10
			長さ(m)	136.358	130.657					
			径深(m)	1.075	1.075					
		曲がり	F _{b1}	0.134	0.134	14.522	14.522	0.017	0.016	節点3,10
			F _{b2}	0.603	0.565					
		曲がり	F _{b1}	0.133	0.133	14.522	14.522	0.004	0.004	節点3,10
			F _{b2}	0.156	0.156					
		曲がり	F _{b1}	0.133	0.133	14.522	14.522	0.006	0.006	節点4,11
			F _{b2}	0.228	0.228					
		曲がり	F _{b1}	0.134	0.134	14.522	14.522	0.020	0.020	節点5,12
			F _{b2}	0.707	0.707					
		曲がり	F _{b1}	0.133	0.133	14.522	14.522	0.010	0.010	節点5,12
			F _{b2}	0.367	0.359					
		曲がり	F _{b1}	0.133	0.133	14.522	14.522	0.013	0.013	節点6,13
			F _{b2}	0.460	0.453					
急拡	F	0.395	0.395	14.522	14.522	0.083	0.083	節点7,14		
取水槽	29.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	55.037	55.037	0.000	0.000	節点7,14
			長さ(m)	8.000	8.000					
			径深(m)	1.941	1.941					
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	81.044	81.044	0.000	0.000	節点7,14
			長さ(m)	1.000	1.000					
			径深(m)	2.093	2.093					
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	65.265	65.265	0.000	0.000	節点7,14
			長さ(m)	3.500	3.500					
			径深(m)	1.139	1.139					
		ピヤー	ピアの水平断面形状による係数	0.900	0.900	51.304	51.304	0.026	0.026	節点7,14
			ピア直前の水路幅(m)	7.933	7.933					
			水路幅からピア幅の総計を控除した幅(m)	5.533	5.533					
		漸拡	F _{se}	0.670	0.670	39.060	39.060	0.007	0.007	節点7,14
			F _{se}	0.338	0.338					
		急縮	F	0.040	0.040	82.991	82.991	0.000	0.000	節点7,14
		漸縮	F	0.001	0.001	79.170	79.170	0.000	0.000	節点7,14
		急縮	F	0.060	0.060	65.250	65.250	0.001	0.001	節点7,14
		流出	F	1.000	1.000	65.250	65.250	0.010	0.010	節点7,14
合計							0.409	0.404		

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

表5-3 3号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し、循環水ポンプ運転時)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数			断面積 (m ²)		損失水頭 (m)※		モデル化
			東ルート	西ルート	東ルート	西ルート	東ルート	西ルート		
取水口	47.500	流入	F	0.500	0.500	251.327	251.327	0.001	0.001	節点2,7
		急縮	F	0.490	0.490	23.758	23.758	0.100	0.100	節点2,7
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	23.758	23.758	0.015	0.014	節点2,7
			長さ(m)	25.65	23.106					
			径深(m)	1.375	1.375					
		曲がり	Fb1	0.294	0.294	23.758	23.758	0.060	0.060	節点2,7
			Fb2	1.000	1.000					
漸拡	Fge	1.200	1.200	23.758	23.758	0.062	0.029	節点2,7		
Fse	0.254	0.117								
取水トンネル	47.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	47.902	36.125	0.008	0.008	管路1~3 管路4
			長さ(m)	90.429	38.509					
			径深(m)	1.929	1.675					
		曲がり	Fb1	0.132	—	47.902	—	0.004	—	節点3
			Fb2	0.624	—					
		曲がり	Fb1	0.132	—	47.902	—	0.002	—	節点3
			Fb2	0.291	—					
曲がり	Fb1	0.132	—	47.902	—	0.001	—	節点4		
	Fb2	0.127	—							
合流点	95.000	合流	F	0.057	0.274	47.902	47.902	0.011	0.055	節点5,8
小計								0.264	0.267	
小計(東ルートと西ルートの平均値)										
合流点 ~ 水路点検 用立坑	95.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015		47.902		0.039	0.039	管路5
			長さ(m)	106.336						
			径深(m)	1.929						
		曲がり	Fb1	0.132		47.902		0.012		節点9
			Fb2	0.471						
曲がり	Fb1	0.132		47.902		0.019		節点10		
	Fb2	0.707								
水路点検 用立坑 ~ 接合水路	95.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015		47.902		0.014	0.014	管路6
			長さ(m)	38.954						
			径深(m)	1.929						
		曲がり	Fb1	0.132		47.902		0.019		節点12
			Fb2	0.707						
小計								0.103		

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数			断面積 (m ²)			損失水頭 (m)※			モデル化		
			C水路	B水路	A水路	C水路	B水路	A水路	C水路	B水路	A水路			
接合水路	31.667	急縮	F	0.005	0.005	0.005	47.902	47.902	47.902	0.001	0.001	0.001	節点13,18,23	
			摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	0.015	17.248	15.719	16.519	0.022	0.035	0.027	管路7,9,11
				長さ(m)	30.000	30.000	30.000							
		径深(m)	1.009	0.832	0.938									
		漸縮	F	0.000	—	—	17.140	—	—	0.000	—	—	節点13	
			Fge	—	0.190	0.180	—	16.998	16.998	—	0.000	0.000	節点18,23	
		Fse	—	0.003	0.003									
		急縮	F	—	0.110	0.110	—	13.336	13.336	—	0.032	0.032	節点18,23	
			Fge	—	0.200	0.200	—	12.292	14.421	—	0.006	0.001	節点18,23	
		Fse	—	0.081	0.025									
3連 ボックス 水路	31.667	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	0.015	17.140	17.140	17.140	0.038	0.026	0.013	管路8,10,12	
			長さ(m)	55.790	37.790	19.790								
			径深(m)	1.097	1.097	1.097								
		曲がり	Fb1	0.134	0.134	0.134	17.140	17.140	17.140	0.023	0.023	0.023	節点15,20,25	
			Fb2	1.000	1.000	1.000								
取水槽	31.667	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	0.015	18.454	18.454	18.454	0.001	0.001	0.001	節点16,21,26	
			長さ(m)	1.200	1.200	1.200								
			径深(m)	1.107	1.107	1.107								
		漸拡	Fge	0.350	0.350	0.350	17.140	17.140	17.140	0.001	0.001	0.001	節点16,21,26	
			Fse	0.020	0.020	0.020								
		急縮	F	0.396	0.396	0.396	19.988	19.988	19.988	0.051	0.051	0.051	節点16,21,26	
			粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	0.015	59.975	59.975	59.975	0.000	0.000	0.000	節点16,21,26	
		長さ(m)	2.580	2.580	2.580									
		径深(m)	1.815	1.815	1.815									
		漸拡	Fge	0.450	0.450	0.450	53.967	53.967	53.967	0.000	0.000	0.000	節点16,21,26	
			Fse	0.041	0.041	0.041								
		急縮	F	0.100	0.100	0.100	51.733	51.733	51.733	0.002	0.002	0.002	節点16,21,26	
			粗度係数(m ^{-1/3} ·s)	0.015	0.015	0.015	70.370	70.370	70.370	0.000	0.000	0.000	節点16,21,26	
		長さ(m)	11.020	11.020	11.020									
		径深(m)	1.324	1.324	1.324									
漸拡	Fge	0.400	0.400	0.400	51.733	51.733	51.733	0.002	0.002	0.002	節点16,21,26			
	Fse	0.281	0.281	0.281										
流出	F	1.000	1.000	1.000	109.998	109.998	109.998	0.004	0.004	0.004	節点16,21,26			
小計								0.145	0.184	0.158				
合計								0.514	0.553	0.527				

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

表5-4 1号炉放水施設の損失水頭表
(貝付着無し、循環水ポンプ停止時)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)		損失水頭 (m)※		モデル化				
			北ルート	南ルート	北ルート	南ルート	北ルート	南ルート					
放水槽	0.000	流入	F	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	節点2,8			
		漸縮	F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	節点2,8		
一般部(矩形)	0.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	管路1,4			
			長さ(m)	27.800	27.800								
			径深(m)	0.000	0.000								
冷却水排水槽	0.000	急拡	F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	節点3,9			
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	節点4,11			
			長さ(m)	2.800	2.800								
	0.500	急縮	F	0.049	0.049	0.696	0.696	0.001	0.001	節点4,11			
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	0.696	—	0.044	—	—	管路2		
0.500	摩擦	長さ(m)	43.833	—									
		径深(m)	0.197	—									
一般部(矩形)	0.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	—	0.015	—	0.696	—	0.143	管路5			
			長さ(m)	—	141.646								
			径深(m)	—	0.197								
		曲がり	F _{b1}	0.131	0.131	0.696	0.696	0.002	0.002	節点5,12			
			F _{b2}	0.658	0.658								
マンホール	0.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	0.696	—	0.001	—	節点6			
長さ(m)	1.200	—											
径深(m)	0.197	—											
一般部(矩形)	0.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	0.696	—	0.095	—	—	管路3		
			長さ(m)	93.823	—								
			径深(m)	0.197	—								
接合槽	0.500	急拡	F	0.032	0.032	0.696	0.696	0.001	0.001	節点7,12			
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	—	0.015	3.077	—	0.000	—		節点13		
	1.000	摩擦	長さ(m)	4.000	—								
			径深(m)	0.824	—								
	漸拡	F _{ge}	—	0.840	1.695	—	0.012	—	節点13				
		F _{se}	—	0.808									
	急縮	F	—	0.008	16.397	—	0.000	—	節点13				
		F	—	0.002						9.212	—	0.000	—
	1.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	11.765	—	0.000	—				
			長さ(m)	9.000	—								
径深(m)			1.294	—									
一般部(馬蹄管)	1.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	102.171	9.212	0.000	—	管路6			
			長さ(m)	—	1.168								
			径深(m)	—	1.168								
		曲がり	F _{b1}	—	0.131	9.212	—	0.000	—	—	節点14		
			F _{b2}	—	0.484								
		1.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	17.829	9.212	0.000	—	—	管路7	
				長さ(m)	—	1.168							
放水口	1.000	漸拡	F _{ge}	—	0.159	9.212	—	0.000	—	—	節点15		
			F _{se}	—	0.071								
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	—	10.526	—	0.000	—	—	—	管路8	
			長さ(m)	6.061	—								
			径深(m)	1.211	—								
		堰	上流水深(m)	—	0.461	1.812	—	0.019	—	—	—	節点25	
			下流水深(m)	—	0.442								
			堰幅(m)	—	4.100								
			流量係数	—	1.550								
		1.000	係数γ	—	2.600	20.000	—	0.000	—	—	—	—	
				粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015								—
		摩擦	長さ(m)	—	17.065	19.163	—	0.000	—	—	—	節点17	
			径深(m)	—	1.272								
			ピアの水平断面形状による係数	—	0.920								
		1.000	ピア	ピア直前の水路幅(m)	—	6.700	19.163	—	0.000	—	—	—	節点17
				水路幅からピア幅の総計を控除した幅(m)	—	5.500							
		急拡	F	—	0.647	3.754	—	0.002	—	—	—	—	節点17
F _{ge}	—		1.207										
F _{se}	—		0.153										
漸拡	—	—	—	19.163	—	0.000	—	—	—	—			
合計							0.177	0.180					

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

表5-5 2号炉放水施設の損失水頭表
(貝付着無し、循環水ポンプ運転時)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)※	モデル化	
放水路(漸縮部) 17.6m×6.0m →6.0m×6.0m	59.000	流入	F	0.500	103.850	0.008	節点3	
		漸縮	F	0.080	35.500	0.011	節点3	
		ピヤー	ピアの水平断面形状による係数		0.920	89.187	0.011	節点3
			ピア直前の水路幅(m)		15.097			
			水路幅からピア幅の総計を控除した幅(m)		13.497			
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)		0.015	52.915	0.001	節点3
長さ(m)			10.800					
径深(m)			1.926					
放水路(漸縮部) 6.0m×6.0m →馬蹄	59.000	漸縮	F	0.000	30.575	0.000	節点3	
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)		0.015	32.851	0.002	節点3
			長さ(m)		3.900			
			径深(m)		1.538			
放水路(一般部) 馬蹄	59.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)		0.015	30.575	0.567	管路1~3
			長さ(m)		1183.727			
			径深(m)		1.521			
		曲がり	F _{b1}		0.131	30.575	0.025	節点4
			F _{b2}		1.000			
		曲がり	F _{b1}		0.131	30.575	0.015	節点5
			F _{b2}		0.606			
放水路(一般部) 馬蹄	59.000	急縮	F		0.428	30.575	0.081	節点6
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)		0.015			
		摩擦	長さ(m)		5.000	88.400	0.000	節点6
			径深(m)		3.194			
放水路(一般部) 5.8m×5.8m	59.000	急縮	F		0.369	33.140	0.060	節点7
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)		0.015	33.140	0.050	管路4~9
			長さ(m)		121.807			
			径深(m)		1.504			
		屈折	F		0.067	33.140	0.011	節点8
		屈折	F		0.067	33.140	0.011	節点9
		屈折	F		0.067	33.140	0.011	節点10
		屈折	F		0.067	33.140	0.011	節点11
		曲がり	F _{b1}		0.136	33.140	0.011	節点12
			F _{b2}		0.506			
放水路(分岐部)	59.000	急縮	F		0.089	25.821	0.024	節点13
		分岐	F		0.690	33.140	0.112	節点13
小計						1.022		

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数			断面積(m ²)			損失水頭(m)※			モデル化			
			東側	中央	西側	東側	中央	西側	東側	中央	西側				
放水路(先端部) φ2.9m(円形)	19.667	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)			0.015	0.015	0.015	6.605	6.605	6.605	0.092	0.084	0.092	管路10,11 管路12 管路13,14
			長さ(m)			30.157	27.450	30.157							
			径深(m)			0.725	0.725	0.725							
		曲がり	F _{b1}			0.170	—	0.170	6.605	—	6.605	0.044	—	0.044	節点15,22
			F _{b2}			0.577	—	0.577							
流出	F			1.000	1.000	1.000	6.605	6.605	6.605	0.452	0.452	0.452	節点16,19,23		
小計										0.588	0.536	0.588			
小計(両側と中央の平均)												0.562			
合計												1.584			

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

表5-6 3号炉放水施設の損失水頭表
(貝付着無し、循環水ポンプ運転時)

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数			断面積 (m ²)		損失水頭 (m)※		モデル化
			西側	東側	西側	東側	西側	東側		
放水路(漸縮部) (西)8.439m×5.2m (東)8.5m×5.2m →5.2m×5.2m	47.500	流入	F	0.500	0.500	42.883	43.200	0.031	0.031	節点2,21
			漸縮	F	0.004	0.004	26.540	26.540	0.001	0.001
		曲がり	F _{b1}	0.138	0.169	32.781	32.872	0.010	0.012	節点2,21
			F _{b2}	0.657	0.677					
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	32.781	32.872	0.006	0.005	節点2,21
			長さ(m)	16.256	15.795					
			径深(m)	1.283	1.285					
		急拡	F	0.016	0.017	28.644	27.261	0.002	0.003	節点2,21
放水路(一般部) 5.2m×5.2m	47.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	26.540	26.540	0.029	0.028	管路1~4 管路14~17
			長さ(m)	59.430	58.073					
			径深(m)	1.352	1.352					
		屈折	F	0.001	0.001	26.540	26.540	0.000	0.000	節点3,22
			F	0.001	0.001	26.540	26.540	0.000	0.000	節点4,23
		曲がり	F _{b1}	0.155	0.136	26.540	26.540	0.018	0.016	節点5,24
			F _{b2}	0.707	0.707					
		急縮	F	0.348	0.348	26.540	26.540	0.057	0.057	節点6,25
放水路(一般部) 5.2m×5.2m	47.500	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	64.658	64.658	0.000	0.000	節点6,25
			長さ(m)	7.300	7.300					
			径深(m)	2.633	2.633					
		急縮	F	0.343	0.343	26.540	26.540	0.056	0.056	節点7,26
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	26.540	26.540	0.060	0.056	管路5~9 管路18~22
			長さ(m)	125.034	116.283					
			径深(m)	1.352	1.352					
		曲がり	F _{b1}	0.136	0.136	26.540	26.540	0.016	0.016	節点8,27
F _{b2}	0.707		0.707							
屈折	F	0.093	0.093	26.540	26.540	0.015	0.015	節点9,28		
	F	0.093	0.093	26.540	26.540	0.015	0.015	節点10,29		
曲がり	F _{b1}	0.136	0.136	26.540	26.540	0.017	0.017	節点11,30		
	F _{b2}	0.782	0.782							
放水路(分岐部)	47.500	急縮	F	0.091	0.091	20.612	20.612	0.025	0.025	節点12,31
		分岐	F	0.750	0.750	26.540	26.540	0.123	0.123	節点12,31
放水路(先端部) φ3.2m(円形)	23.750	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.015	8.042	8.042	0.082	0.082	管路10,11 管路12,13 管路23,24 管路25,26
			長さ(m)	31.103	31.103					
			径深(m)	0.800	0.800					
		曲がり	F _{b1}	0.134	0.134	8.042	8.042	0.027	0.027	節点14,18 節点33,37
			F _{b2}	0.453	0.453					
		流出	F	1.000	1.000	8.042	8.042	0.445	0.445	節点15,19 節点34,38
		合計						1.035	1.030	

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
補機海水放水路 連絡ダクト1 1.7m×1.7m	3.000	流入	F	0.500	5.190	0.009	節点43
			漸縮	F	0.001	2.810	0.000
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	3.645	0.003	節点43
			長さ(m)	7.000			
			径深(m)	0.506			
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	2.810	0.106	管路27~31
			長さ(m)	140.273			
			径深(m)	0.444			
		屈折	F	0.067	2.810	0.004	節点44
			F	0.380	2.810	0.022	節点45
屈折	F	0.183	2.810	0.011	節点46		
	F	0.183	2.810	0.011	節点47		
流出	F	1.000	2.810	0.058	節点48		
補機海水放水路 接合樹	3.000	摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	13.548	0.000	節点48
			長さ(m)	2.000			
			径深(m)	1.126			
		摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	18.064	0.000	節点48
			長さ(m)	1.500			
径深(m)	1.386						
屈折	F	0.986	15.464	0.002	節点48		
補機海水放水路 連絡ダクト2 φ800mm	3.000	流入	F	0.500	0.503	0.907	節点54
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.010	0.503	0.061	管路34
		長さ(m)	2.000				
		径深(m)	0.200				
		流出	F	1.000	0.503	1.815	節点55
合計						3.009	

場所	流量 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)※	モデル化
補機海水放水路 連絡ダクト3 1.0m×1.0m	3.000	流入	F	0.500	0.920	0.271	節点49
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.015	0.920	0.148	管路32,33
		長さ(m)	10.346				
		径深(m)	0.261				
		屈折	F	0.002	0.920	0.001	節点49
		屈折	F	0.002	0.920	0.001	節点50
		屈折	F	0.986	0.920	0.535	節点50
		屈折	F	0.002	0.920	0.001	節点50
屈折	F	0.002	0.920	0.001	節点51		
流出	F	1.000	0.920	0.543	節点51		
合計						1.501	

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

表6-1 水位上昇側の評価結果（取水施設）

波源	防波堤 有無	貝付着 有無	ポンプ 運転 状況	入力津波高さ EL (m) ※1				
				1号炉 取水槽※2	2号炉 取水槽	3号炉 取水槽	3号炉 取水路点検口	
日本海東縁部	基準津波 1	有り	有り	運転	—	+6.5	+5.1	+4.2
			停止	+6.3	+8.8	+6.9	+6.0	
		無し	有り	運転	—	+7.2	+6.0	+4.7
			停止	+6.4	+9.3	+7.1	+6.4[+6.31]	
		無し	有り	運転	—	+8.0	+5.5	+4.2
			停止	+6.8	+10.1	+7.5	+6.2	
	無し	有り	運転	—	+9.1	+6.5	+4.9	
		停止	+7.0	+10.6	+7.8	+6.4[+6.32]		
	基準津波 2	有り	有り	運転	—	+6.4	+5.5	+4.5
			停止	+6.0	+8.4	+7.1	+6.1	
		無し	有り	運転	—	+7.0	+6.3	+4.8
			停止	+6.1	+9.1	+7.3	+6.1	
基準津波 5	有り	有り	運転	—	+7.1	+5.0	+3.9	
		停止	+6.4	+9.7	+7.1	+5.6		
	無し	有り	運転	—	+8.6	+6.0	+4.2	
		停止	+6.7	+10.4	+7.6	+6.0		
海域活断層	基準津波 4	有り	有り	運転	—	+2.0	+1.7	+1.5
			停止	+2.7[+2.61]	+2.8	+3.5	+2.6	
		無し	有り	運転	—	+2.4	+1.9	+1.6
			停止	+2.7[+2.68]	+2.9	+3.7	+2.7	
		無し	有り	運転	—	+2.1	+1.4	+1.3
			停止	+2.5	+4.6	+3.4	+2.4	
	無し	有り	運転	—	+2.9	+1.8	+1.3	
		停止	+2.7[+2.67]	+4.9	+3.4	+2.5		
	海域活断層 上昇側最大 となるケー ス	有り	有り	運転	—	+1.6	+1.5	+1.3
			停止	+2.5	+2.4	+3.4	+2.4	
		無し	有り	運転	—	+1.8	+1.7	+1.4
			停止	+2.5	+2.4	+3.6	+2.5	
無し		有り	運転	—	+1.9	+1.2	+1.1	
		停止	+2.5	+4.2	+3.3	+2.3		
無し	有り	運転	—	+2.5	+1.6	+1.2		
停止	+2.6	+4.5	+3.4	+2.4				

※1 下線を引いた箇所が最大ケース。

※2 1号炉取水槽は流路縮小工を設置して評価している。

表6-2 水位上昇側の評価結果（放水施設）

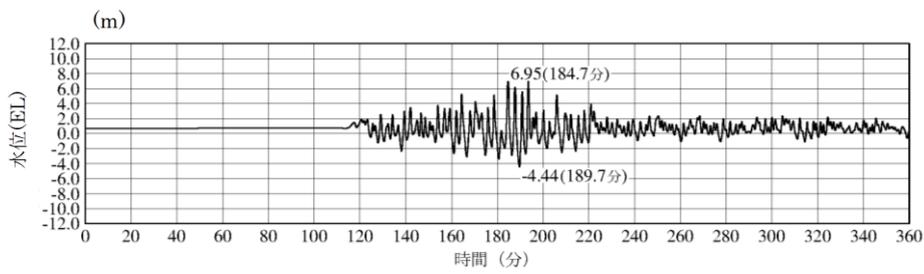
波源	防波堤有無	貝付着有無	ポンプ 運転 状況	入力津波高さ EL (m) ※								
				1号炉 放水槽	1号炉 冷却水 排水槽	1号炉 マンホ ール	1号炉 放水接 合槽	2号炉 放水槽	2号炉 放水接合 槽	3号炉 放水槽	3号炉 放水接 合槽	
日本海東縁部	基準津波1	有り	有り	運転	—	—	—	—	+7.0	+5.9	+6.9	+6.2
			停止	+4.3	+4.5	+4.2	+3.4	+7.2	+5.6	+6.5	+5.8	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	+7.0	+5.9	+6.9	+6.2
			停止	<u>+4.8</u>	<u>+4.7</u>	<u>+4.8</u>	<u>+3.5</u>	<u>+7.9</u>	+5.7	+6.8	+6.2	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	+6.4	+6.0	+6.5	+5.8
			停止	+4.4	+4.2	+3.9	+3.4	+7.1	+6.1 [+6.04]	+6.4	+5.9	
	基準津波2	有り	有り	運転	—	—	—	—	+6.3	+4.2	+4.5	+4.4
			停止	+3.3	+3.3	+3.2	+3.0	+5.3	+3.7	+5.0	+4.7	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	+6.3	+4.0	+4.5	+4.2
			停止	+3.4	+3.4	+3.3	+3.2	+5.5	+3.9	+5.0	+4.5	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	+5.8	+4.5	+6.5	+5.9
			停止	+2.7	+2.7	+2.5	+2.3	+4.8	+5.1	+7.0	+6.3	
海域活断層	基準津波4	有り	有り	運転	—	—	—	—	+4.1	+2.8 [+2.80]	+3.1	+2.9
			停止	+1.9	+1.8	+1.8 [+1.73]	+1.8	+3.2	+2.5	+3.1	+3.2	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	+3.5	+2.7	+2.8	+2.6
			停止	+1.9	+1.9 [+1.83]	+1.8 [+1.76]	+1.8	+3.7	+2.4	+3.3 [+3.27]	<u>+3.5</u>	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	<u>+4.2</u>	+2.8 [+2.79]	+3.1	+2.9
			停止	+2.0	+1.9 [+1.82]	+1.8 [+1.79]	+1.8	+3.3	+1.8	+2.8	+2.5	
	海域活断層上昇側最大ケース	有り	有り	運転	—	—	—	—	+3.5	+2.6	+2.8	+2.6
			停止	<u>+2.1</u>	+1.9 [+1.88]	+1.8 [+1.80]	<u>+1.9</u>	+3.7	+1.8	+3.3 [+3.26]	+2.8	
		有り	有り	運転	—	—	—	—	+4.0	+2.7	+3.0	+2.7
			停止	+1.8	+1.7	+1.6	+1.6	+2.7	+2.1	+2.6	+2.7	
		無し	有り	運転	—	—	—	—	+3.3	+2.5	+2.7	+2.5
			停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.6	+3.0	+2.1	+2.8	+2.9	
無し	有り	運転	—	—	—	—	+4.0	+2.7	+3.0	+2.7		
	停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.7	+2.9	+1.6	+2.8	+2.4			
無し	有り	運転	—	—	—	—	+3.4	+2.5	+2.7	+2.5		
	停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.7	+3.1	+1.6	+3.1	+2.5			

※下線を引いた箇所が最大ケース。

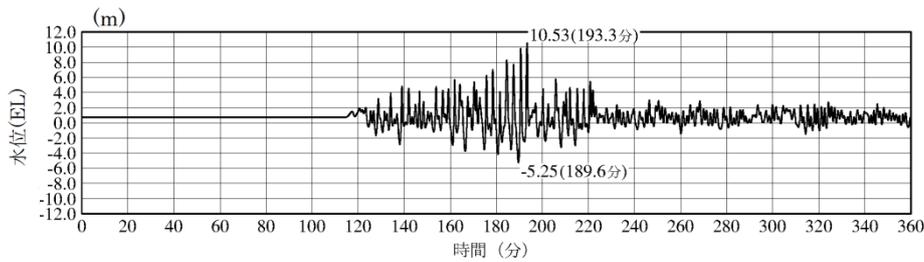
表7 水位下降側の評価結果（2号炉取水施設）

波源		防波堤 有無	貝付着 有無	ポンプ 運転 状況	入力津波高さ EL (m) ※
					2号炉 取水槽
日本海東縁部	基準津波1	有り	有り	運転	-6.8
				停止	-5.8
		無し	無し	運転	-6.5
				停止	-5.8
		無し	有り	運転	-8.2
				停止	-5.9
	無し	無し	運転	-8.0	
			停止	-5.9	
	基準津波3	有り	有り	運転	-6.5
				停止	-5.6
			無し	運転	-6.5
				停止	-5.7
基準津波6	無し	有り	運転	<u>-8.4</u>	
			停止	-6.0	
		無し	運転	-8.3	
			停止	-6.1	
海域活断層	基準津波4	有り	有り	運転	-6.1
				停止	-4.8
		無し	無し	運転	-6.1
				停止	-5.0
		無し	有り	運転	-6.4
				停止	-5.0
	無し	無し	運転	<u>-6.5</u>	
			停止	-5.1	
	海域活断層 上昇側で 最大となる ケース	有り	有り	運転	-5.1
				停止	-4.4
		無し	無し	運転	-5.2
				停止	-4.5
		無し	有り	運転	-5.5
				停止	-4.6
無し	無し	運転	-5.6		
		停止	-4.7		

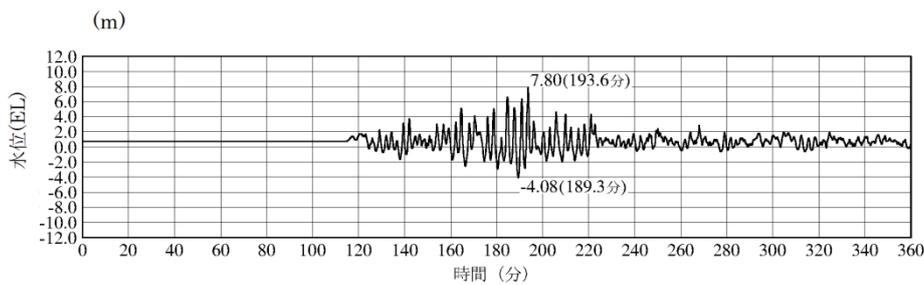
※下線を引いた箇所が最大ケース。



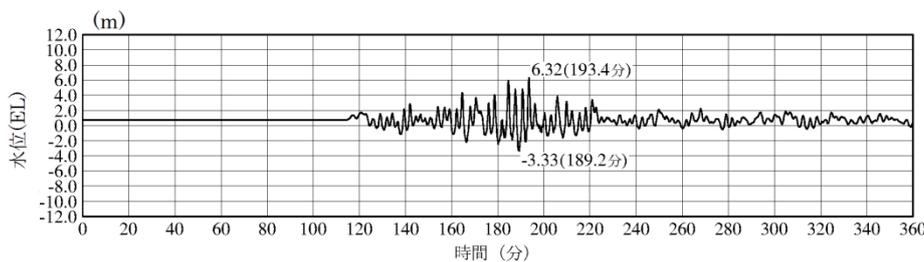
1号炉取水槽最大ケース



2号炉取水槽最大ケース

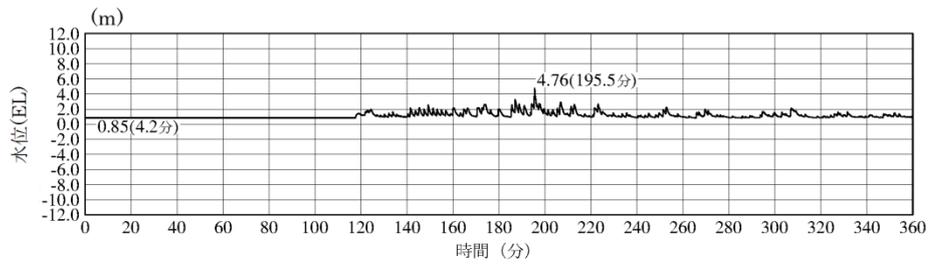


3号炉取水槽最大ケース

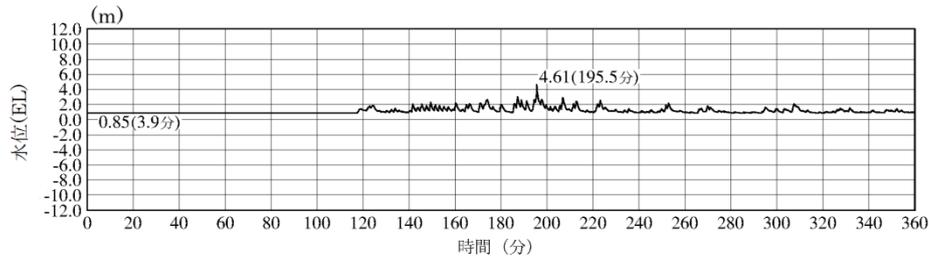


3号炉取水路点検口最大ケース

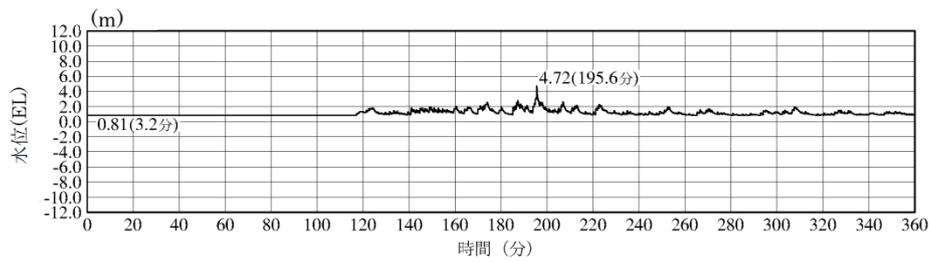
図11-1 水位上昇側の時刻歴波形 日本海東縁部 (1/3)



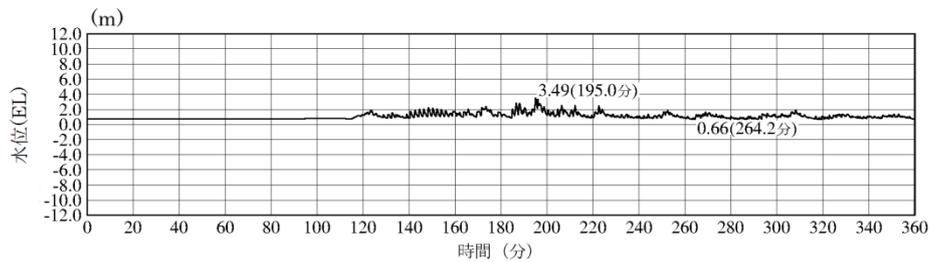
1号炉放水槽最大ケース



1号炉冷却水排水槽最大ケース

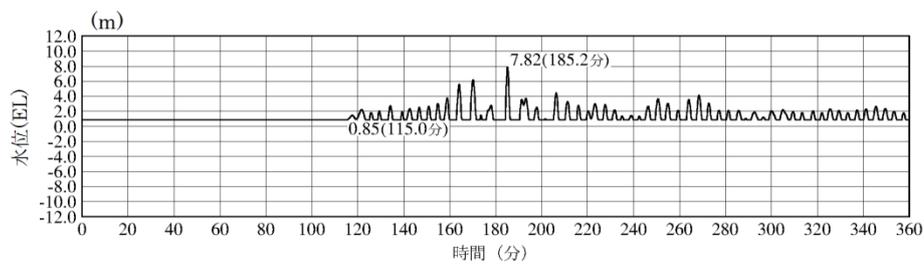


1号炉マンホール最大ケース

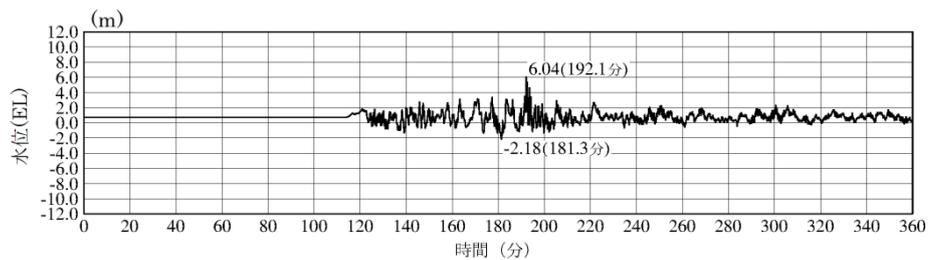


1号炉放水接合槽最大ケース

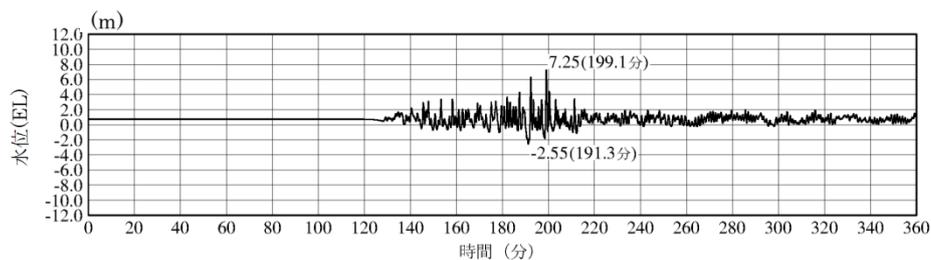
図11-2 水位上昇側の時刻歴波形 日本海東縁部 (2/3)



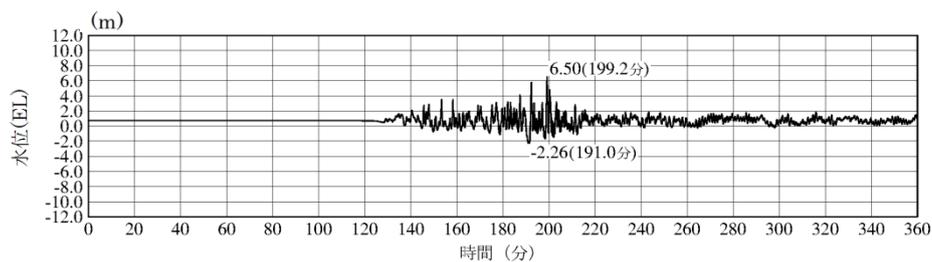
2号炉放水槽最大ケース



2号炉放水接合槽最大ケース

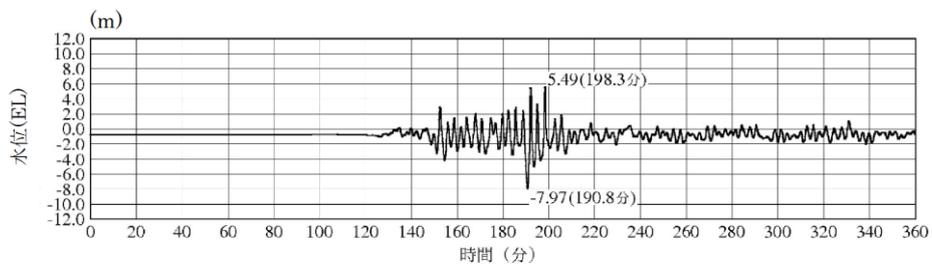


3号炉放水槽最大ケース



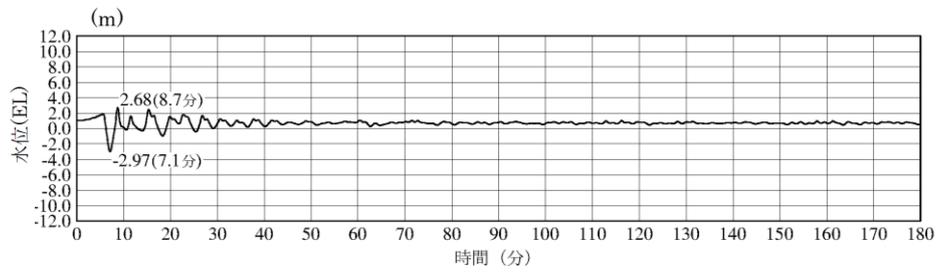
3号炉放水接合槽最大ケース

図11-3 水位上昇側の時刻歴波形 日本海東縁部 (3/3)

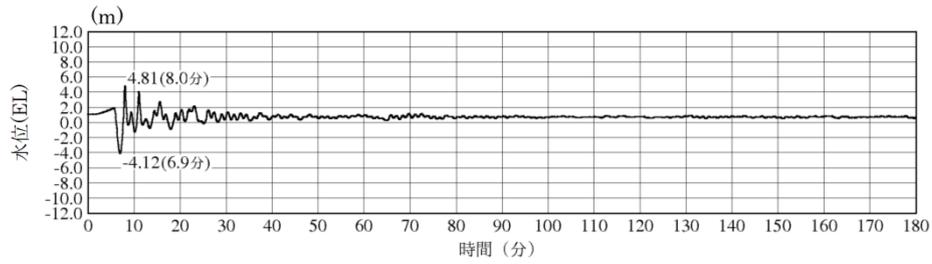


※最大水位下降量-7.97m—地盤変動量 0.34m⇔EL-8.4m
 2号炉取水槽（入力津波6 防波堤無し）※下降側
 2号炉取水槽最大ケース

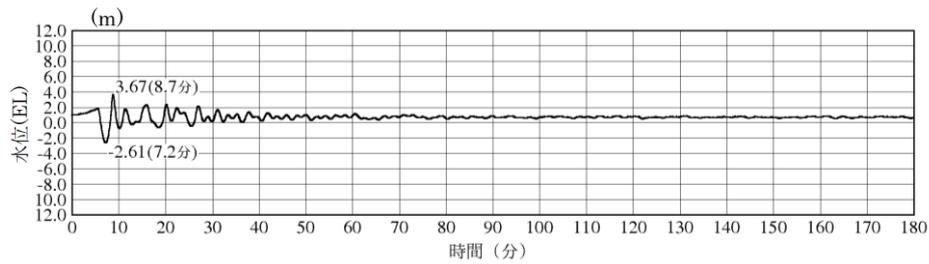
図12 水位下降側の時刻歴波形 日本海東縁部



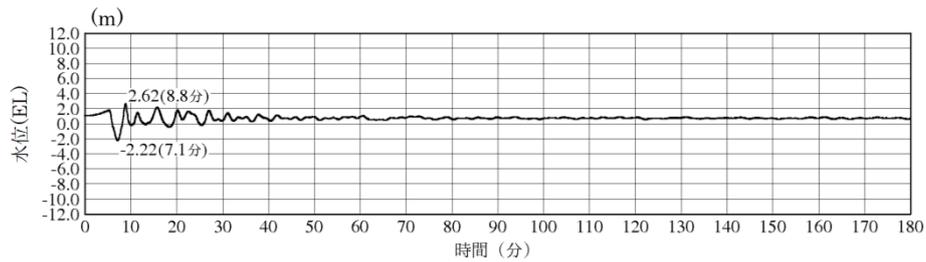
1号炉取水槽最大ケース



2号炉取水槽最大ケース

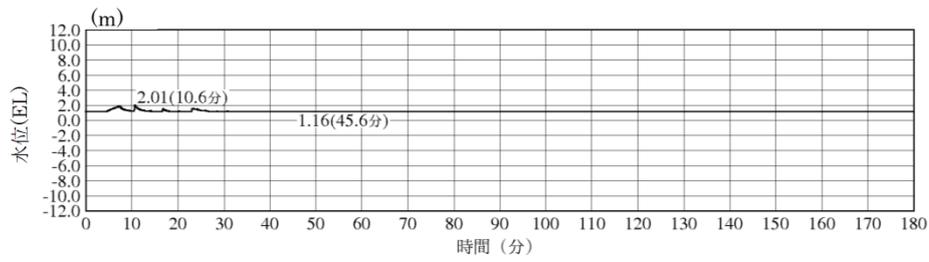


3号炉取水槽最大ケース

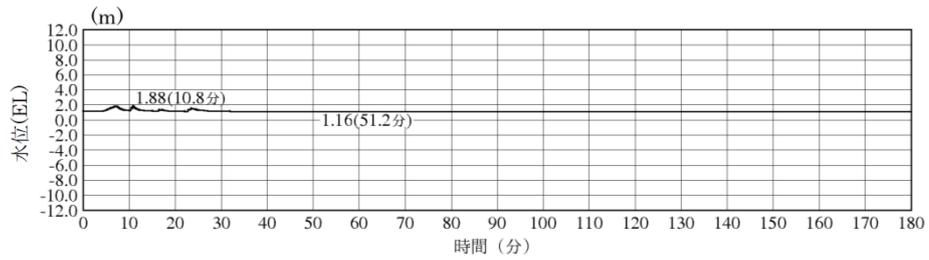


3号炉取水路点検口最大ケース

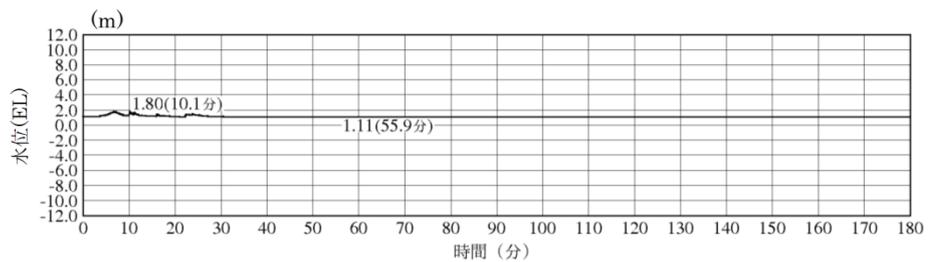
図13-1 水位上昇側の時刻歴波形 海域活断層 (1/3)



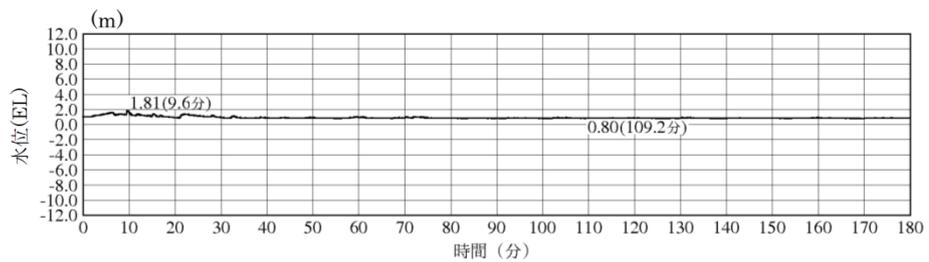
1号炉放水槽最大ケース



1号炉冷却水排水槽最大ケース

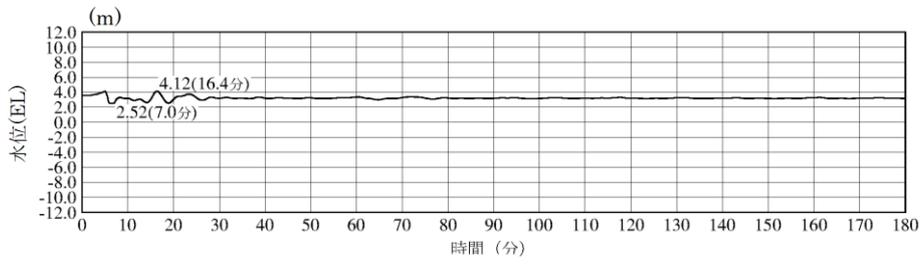


1号炉マンホール最大ケース

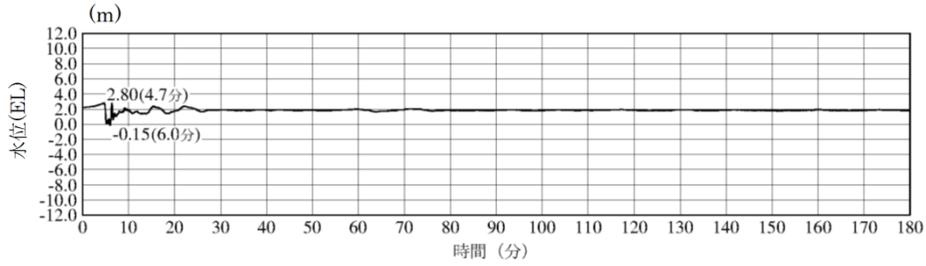


1号炉放水接合槽最大ケース

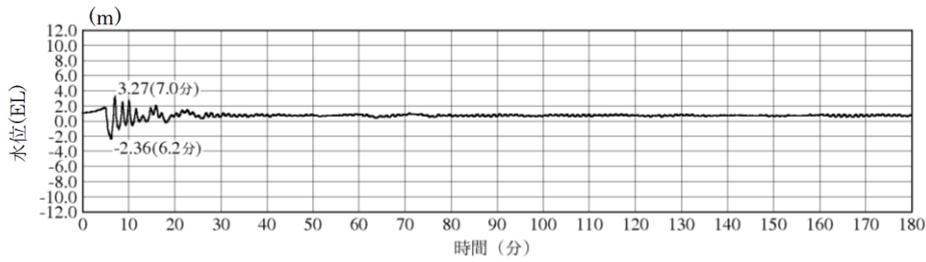
図13-2 水位上昇側の時刻歴波形 海域活断層 (2/3)



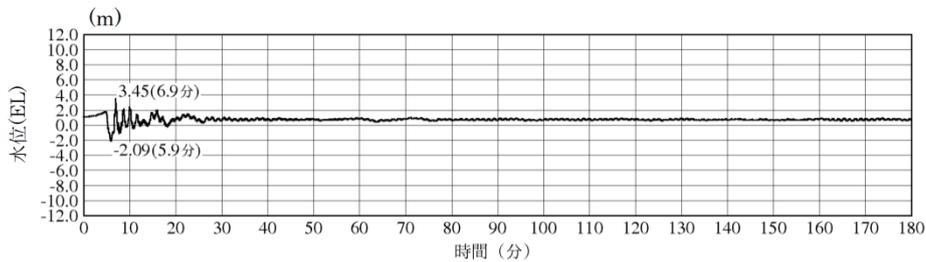
2号炉放水槽最大ケース



2号炉放水接合槽最大ケース

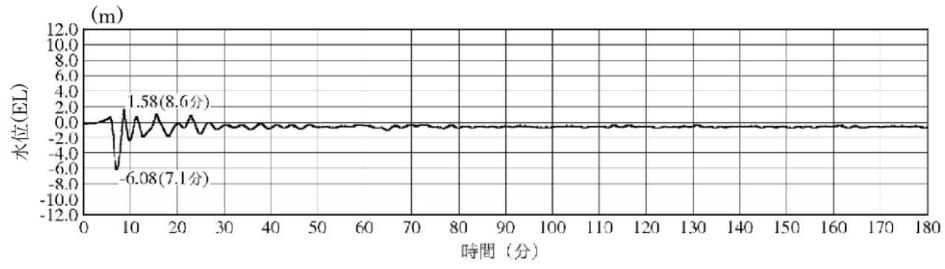


3号炉放水槽最大ケース



3号炉放水接合槽最大ケース

図13-3 水位上昇側の時刻歴波形 海域活断層 (3 / 3)



※最大水位下降量-6.08m—地盤変動量0.34m⇔EL-6.5m
 2号炉取水槽（入力津波4 防波堤無し）※下降側
 2号炉取水槽最大ケース

図14 水位下降側の時刻歴波形 海域活断層

3. 2号炉取水施設の評価位置における入力津波水位について

日本海東縁部を波源とする基準津波6による水路内最低水位(EL-8.31m)は、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位に対して余裕がないことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用に見直すが、参考としてポンプ運転状態での地殻変動による取水への影響を検討する。2号炉取水施設断面図を図15に示す。

入力津波の設定における水位下降側の水路内水位は、管路計算結果から地殻変動(隆起)分の水位を引き下げ、設定している。計算条件を表8に示す。この計算における取水槽及び取水管端部下端の水位は図16のとおり。

地殻変動量(隆起0.34m)分を考慮した場合、取水管端部下端における水位はEL-7.57mとなり、貝付着を考慮した取水管端部下端高さ(EL-7.25m)を下回る値となったが、取水槽における水位はEL-8.31mとなり、許容津波高さ(EL-8.32m)を下回らない。

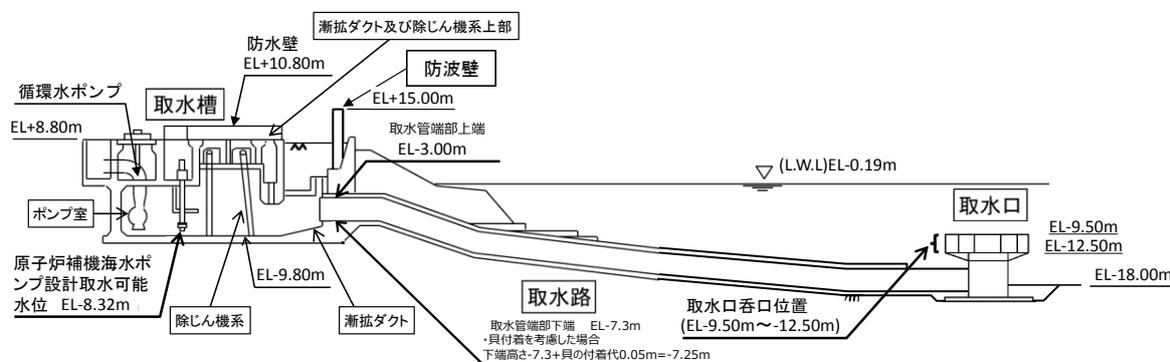
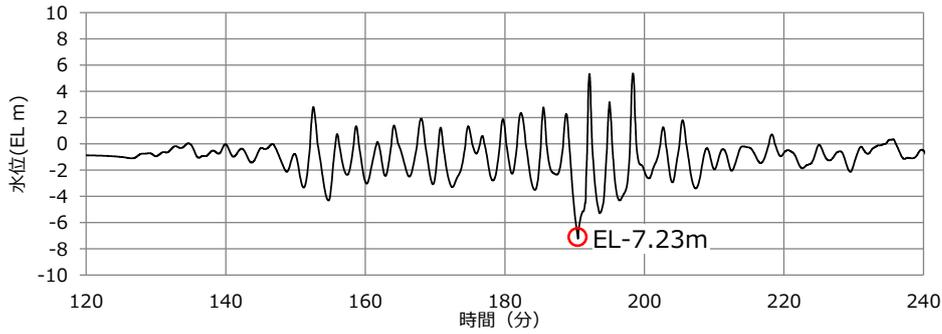


図15 2号炉取水施設断面図

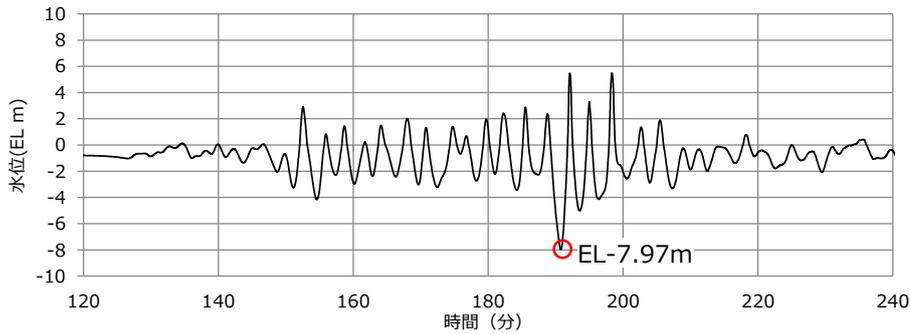
表8 管路計算結果から隆起分の水位を引き下げ、
入力津波を設定する際の計算条件

波源	基準津波6
地形変化	防波堤無し
潮位変動	-0.19m
地殻変動	隆起0.34m
貝付着	有り, 5cm
循環水ポンプ状態	運転



最大水位下降量EL-7.23m-地殻変動量0.34m=EL-7.57m<貝付着を考慮した取水管下端高さEL-7.25m

2号炉取水管端部（東）（循環水ポンプ運転時）



最大水位下降量EL-7.97m-地殻変動量0.34m=EL-8.31m>許容高さEL-8.32m

2号炉取水槽（循環水ポンプ運転時）

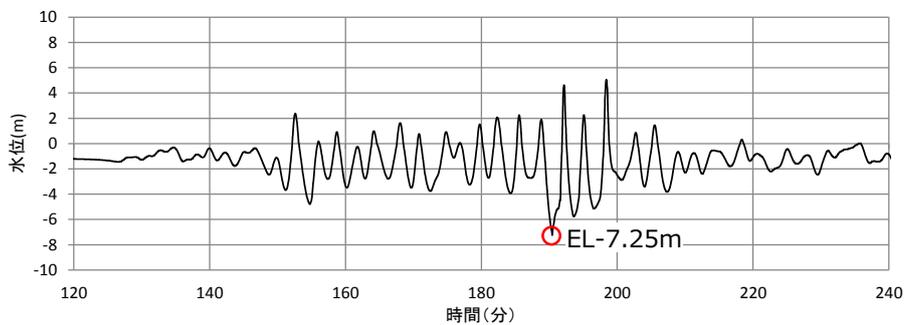
図16 管路計算結果から隆起分の水位を引き下げる場合の取水槽及び取水管端部における水位の時刻歴波形

取水管端部下端において、評価水位が取水管端部下端高さを下回ることから、地殻変動の影響を詳細に確認するため、初期条件として地殻変動量を考慮した管路計算を実施した。計算条件を表9に示す。この計算における取水槽及び取水管端部下端の水位は図17のとおり。

地殻変動量（隆起0.34m）を初期条件として考慮した場合、取水管端部における水位はEL-7.25mとなり、貝付着を考慮した取水管端部下端高さと同じ高さ（EL-7.25m）となった。また、取水槽における水位はEL-8.27mとなり、許容津波高さ（EL-8.32m）を下回らないことを確認した。

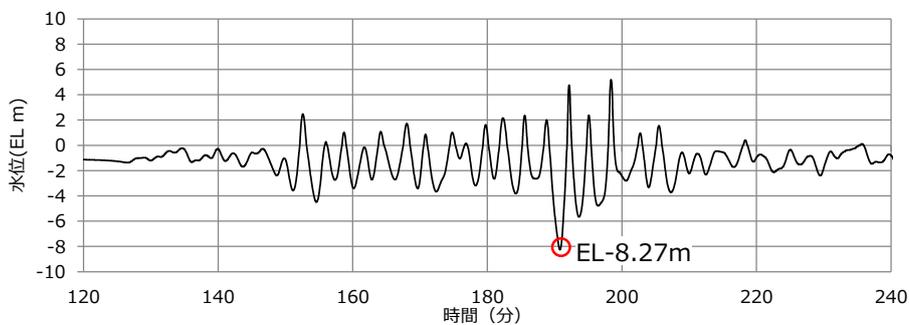
表9 初期条件として地殻変動量を考慮し、
入力津波を設定する際の計算条件

波源	基準津波 6
地形変化	防波堤無し
潮位変動	-0.19m
地殻変動	初期条件として 隆起0.34m考慮
貝付着	有り, 5cm
循環水ポンプ状態	運転



EL-7.25m=貝付着を考慮した取水管下端高さEL-7.25m

2号炉取水管端部(東)(循環水ポンプ運転時)



EL-8.27m(初期条件として地殻変動を考慮) > 許容高さEL-8.32m

2号炉取水槽(循環水ポンプ運転時)

図17 初期条件として地殻変動量を考慮した場合の
取水槽及び取水管端部における水位の時刻歴波形

入力津波に用いる潮位条件について

1. はじめに

入力津波による水位変動に用いる潮位条件には、図1に示す位置における潮位観測記録より求めた朔望平均潮位を使用している。朔望平均満潮位は、2015年1月から2019年12月の潮位観測記録に基づき設定し、朔望平均干潮位は、1995年9月から1996年8月の潮位観測記録に基づき設定している。ここでは、観測記録の抽出期間及び観測地点の妥当性を確認するため、潮位観測地点「輪谷湾」における約24カ年の潮位観測記録及び最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約23km地点）における5カ年の潮位観測記録について分析を行った。

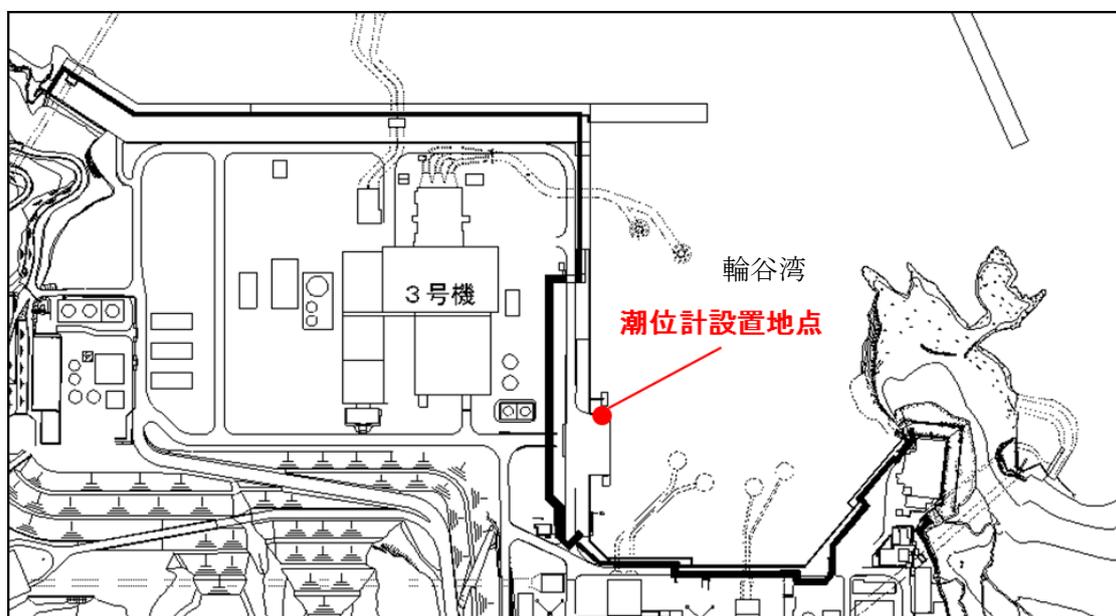
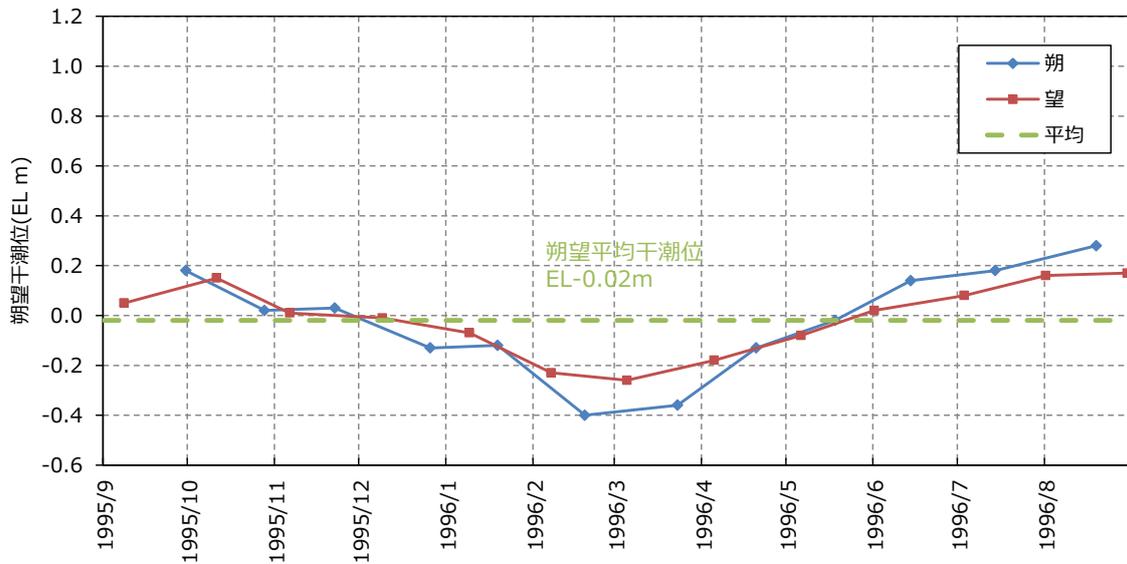


図1 潮位観測地点「輪谷湾」の潮位計設置地点



朔望満潮位 (期間 : 2015 年 1 月から 2019 年 12 月)



朔望干潮位 (期間 : 1995 年 9 月から 1996 年 8 月)

図 2 入力津波による水位変動に用いる潮位

2. 観測記録の抽出期間の影響について

入力津波による水位変動に用いる潮位観測記録に対して、1995年9月から2019年12月までの約24ヵ年の潮位観測記録のデータ分析を行った。分析結果を表1に示す。

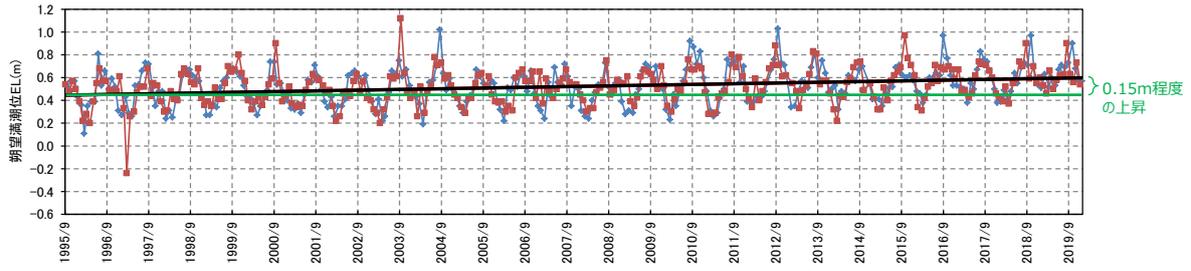
朔望平均満潮位及び潮位のばらつきは、当初「発電所構内（輪谷湾）」における1ヵ年（1995.9～1996.8）の潮位観測記録に基づき設定していたが、図3に示す約24ヵ年の潮位観測記録のとおり、潮位は近年緩やかな上昇傾向（0.15m程度）が認められることから、近年5ヵ年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき、朔望平均満潮位をEL+0.58m、満潮位のばらつきを0.14mと設定する。

朔望平均干潮位及び潮位のばらつきは、図3に示す「発電所構内（輪谷湾）」における約24ヵ年の潮位観測記録のとおり、潮位は近年緩やかな上昇傾向（0.15m程度）が認められるため、朔望平均満潮位と同様に近年5ヵ年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき設定していたが、保守的な評価となるよう朔望平均干潮位が最低となる1995年9月から1996年8月までの1ヵ年の潮位観測記録に基づき、当初のとおり朔望平均干潮位をEL-0.02m、干潮位のばらつきを0.17mと設定する。

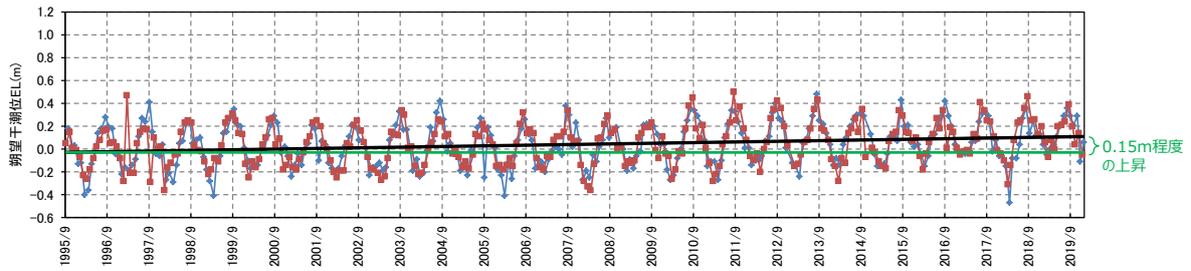
潮位観測記録を1995年9月から1996年8月の1ヵ年として朔望平均干潮位を設定することの妥当性を確認するため、潮位観測記録について分析を行った。図4に「発電所構内（輪谷湾）」における24ヵ年の朔望平均干潮位の年平均を示す。この図より、24ヵ年の朔望平均干潮位の最低水位は、1995年9月から1996年8月の1ヵ年における値のEL-0.02mである。また、2002年1月から2002年12月の1ヵ年及び2006年1月から2006年12月の1ヵ年においても、同様にEL-0.02mである。以上のことから、保守的な評価となるよう、既許可と同様に1995年9月から1996年8月までの1ヵ年の潮位観測記録に基づき、朔望平均干潮位をEL-0.02mと設定した。

表1 朔望平均潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)			朔望干潮位 (m)		
	5ヵ年	1ヵ年	約24ヵ年	5ヵ年	1ヵ年	約24ヵ年
平均値	EL+0.58	EL+0.46	EL+0.52	EL+0.09	EL-0.02	EL+0.04
標準偏差	0.14	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18



朔望満潮位



朔望干潮位

図3 約24ヵ年(1995年9月~2019年12月)の潮位変化

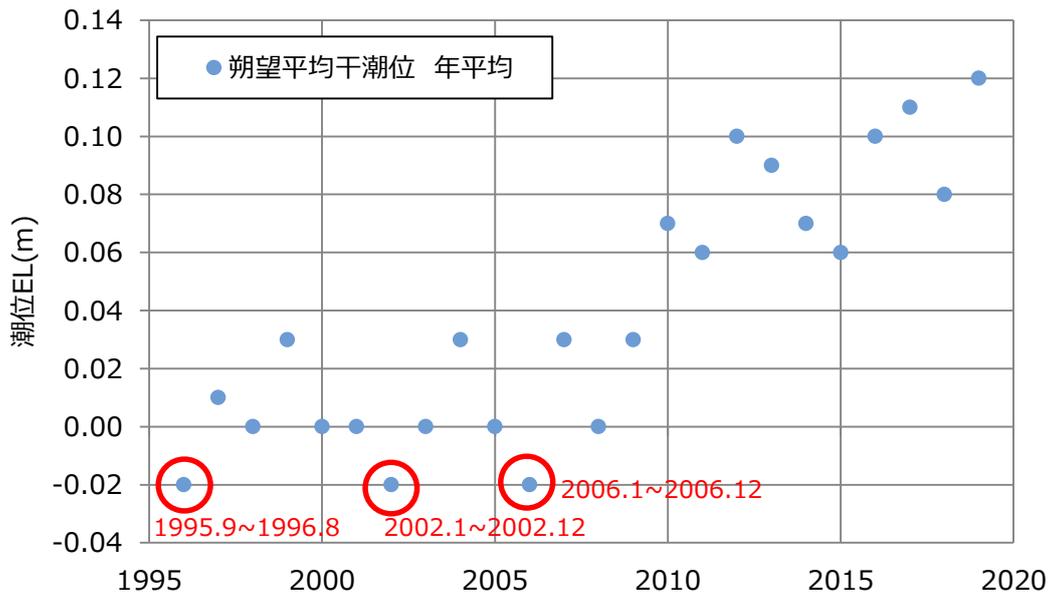


図4 約24ヵ年の朔望干潮位の年平均

3. 島根原子力発電所潮位観測記録と気象庁観測記録との比較について

島根原子力発電所の潮位観測に用いている潮位観測地点「輪谷湾」と最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約23km地点）の潮位観測記録を比較した。

潮位観測地点「境」の位置を図5に示す。

潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の記録を比較するため、両地点の潮位月報から、朔望平均満潮位・干潮位の値を整理した。潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の2015年1月から2019年12月までの5カ年の朔望満干潮位の推移を図6に、朔望平均満潮位・干潮位を表2に示す。

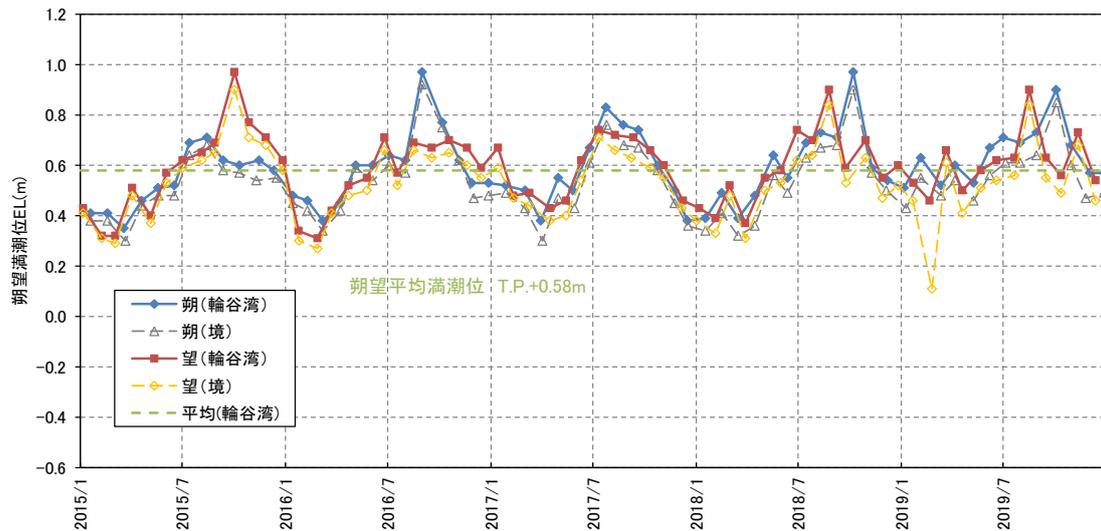
検討結果から、潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の波形には大きな差がなく、潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の朔望満潮位及び朔望干潮位の差は朔望平均満潮位で5cm程度、朔望平均干潮位で4cm程度であり、大きな差がないことを確認した。

気象庁によって潮位観測地点「境」検潮所の観測基準面標高が、1997年以降に4.4cm見直されている（「輪谷湾」の観測開始は1995年9月以降であるため、期間の近い1997年以降を参照した。）。この観測基準面の標高の見直しは、国土地理院による「2000年度平均成果」等の反映によるものであり、その見直し分4.4cmは、「輪谷湾」と「境」の朔望平均の標準偏差に比較し小さく、また、朔望平均の差とほぼ同程度（「輪谷湾」と「境」の差が小さくなる傾向）である。境検潮所における基準面の履歴を表3に示す。

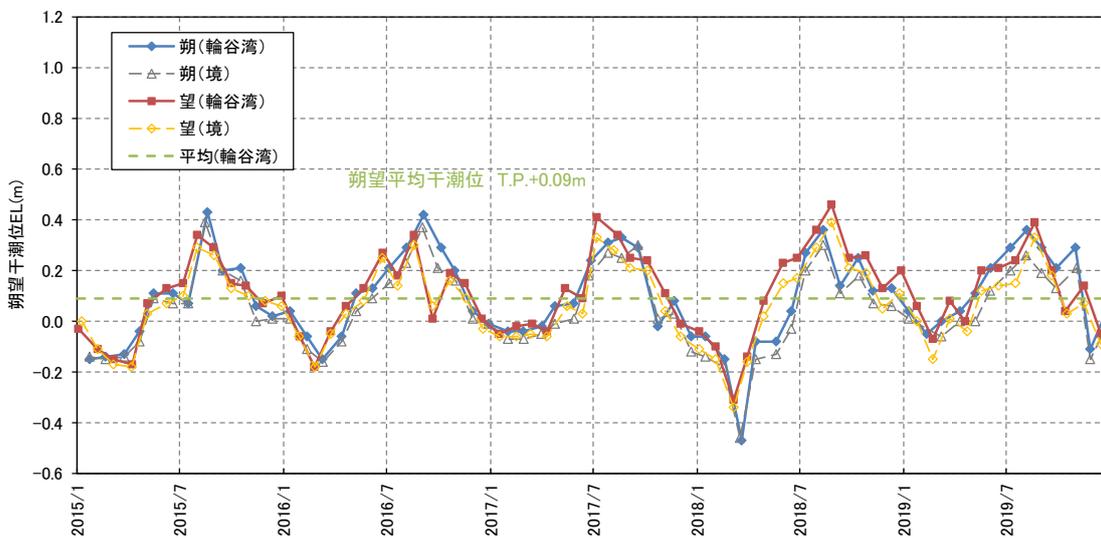
なお、島根原子力発電所で観測している「輪谷湾」の潮位は、発電所の運用管理上、敷地・施設に対する相対的な関係の確認を目的としたものであり、地殻変動による沈降は、運用管理上問題となる不等沈下を伴うものではないことから、境検潮所のような見直しは行っていない。



図5 潮位観測地点「境」の位置



朔望満潮位



朔望干潮位

図6 5ヵ年(2015年1月~2019年12月)の潮位比較

表2 朔望平均の比較

	地点	期間	平均値 (m)	標準偏差 (m)
朔望満潮位	輪谷湾	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL+0.58	0.14
	境	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL+0.53	0.14
朔望干潮位	輪谷湾	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL+0.09	0.17
	境	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL+0.05	0.15

表3 境検潮所における基準面の履歴（気象庁※）

期間	球分体の高さ（センチ）		観測基準面の標高（センチ）	備考
	観測基準面（DL）上	標高上		
1978.05.01-	329.9	214.2	-115.7	検潮所移設
1983-	329.9	210.7	-119.2	
1987-	329.9	212.0	-117.9	
1988-	329.9	212.3	-117.6	
1990-	329.9	209.2	-120.7	
1997-	329.9	209.9	-120.0	
2003-	329.9	214.0	-115.9	基本水準点成果の2000年度平均成果への改定
2004-	329.9	215.0	-114.9	
2008-	329.9	214.9	-115.0	
2012-	329.9	215.2	-114.7	
2015-	329.9	215.8	-114.1	
2016-	329.9	214.3	-115.6	

※気象庁ホームページで公開されている境検潮所の「基準面の履歴」に一部修正

4. 日本沿岸の海面水位の長期変化傾向について

検潮記録に緩やかな上昇傾向が認められるため、その要因を分析するため文献調査を行った。

日本沿岸の海面水位の長期傾向について、気象庁（2020a）⁽¹⁾は、図7を示し、以下の点をまとめている。

- ・気象庁（2020a）は「IPCC（2019）⁽²⁾の報告より、日本沿岸の海面水位は1906～2010年の期間では上昇傾向は見られないが、2006～2015年の期間では1年あたり4.1mmの割合で上昇していることを確認した」としている。
- ・気象庁（2020a）は「日本沿岸の海面水位は、地球温暖化のほか地盤変動や海洋の十年規模の変動など様々な要因で変動しているため、地球温暖化の影響がどの程度現れているのかは明らかではない」としている。

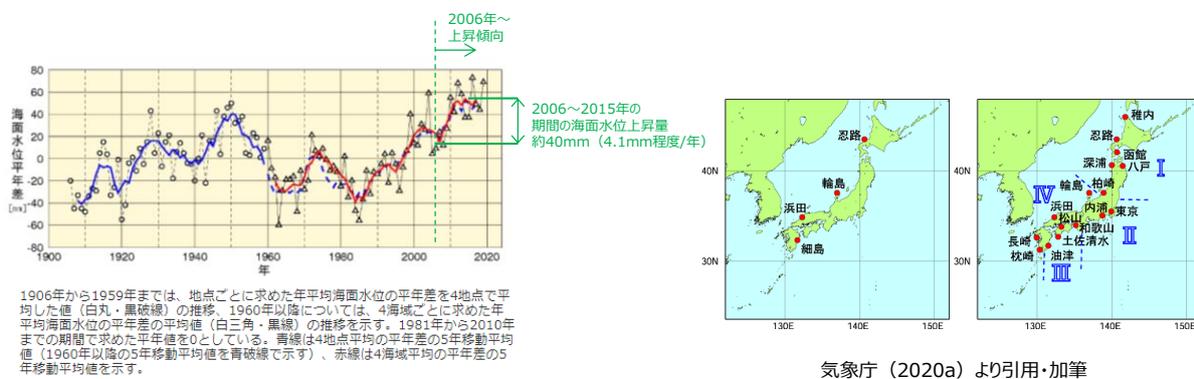


図7 日本沿岸の海面水位変化（1906～2019年）

上記より、日本沿岸の海面水位は、2006年以降、緩やかな上昇傾向があると考えられる（2006～2015年、4.1mm程度/年）。日本沿岸の海面水位は、地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模など様々な要因で変動しており、地球温暖化の影響の程度は明らかではない。各影響の要因（地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模）について考察する。

（1）地盤変動の影響について

日本沿岸の海面水位の長期傾向に関して、気象庁（2020b）⁽³⁾は、地盤変動の影響を考慮した、より正確な海面水位変動を見積もるため、2003年から全国13地点の検潮所に国土地理院が設置したGPS観測装置を用いて地盤変動の監視を行なっている。その結果として下に示す海面水位偏差の時系列グラフを公開している。発電所最寄りの観測地点「浜田」においては、図8のとおり。

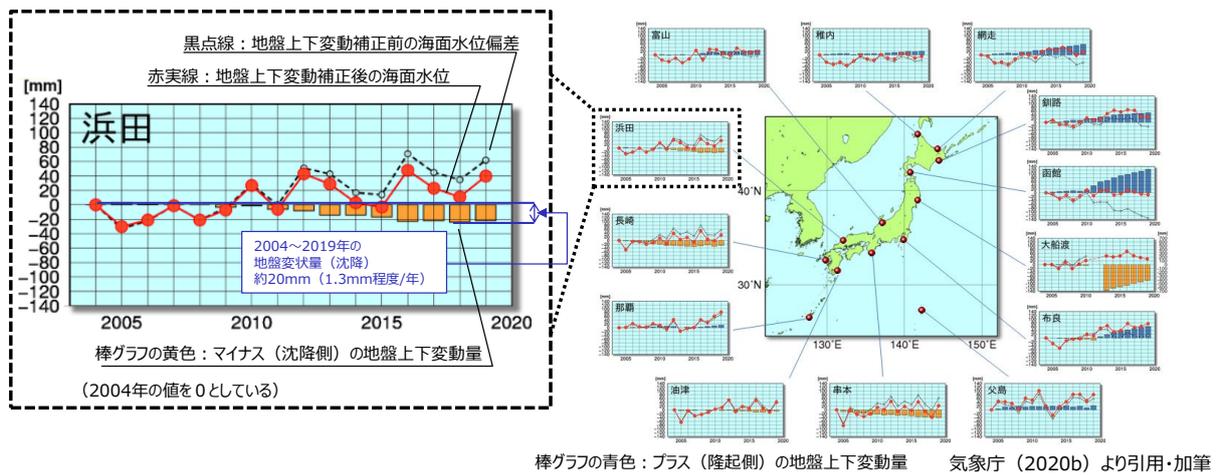


図8 GPS併設検潮所の海面水位偏差の時系列グラフ（2004～2019年）

GPS観測装置を用いた地盤変動の監視により，発電所最寄りの観測地点「浜田」における地盤変動は，2004年以降，沈降傾向が認められる。（2004～2019年で20mm程度沈降，1.3mm程度/年）。発電所最寄りの観測地点「浜田」において，地盤変動の沈降が認められることから，海面水位の上昇要因として，地盤変動の影響が考えられる。

(2) 海洋の十年規模の変動の影響について

日本沿岸海面水位の20年周期の変動について，気象庁（2020c）⁽⁴⁾は，主に北太平洋の冬季偏西風の強度変動が原因であることが明らかとなったとし，以下の点をまとめている。

- ・気象庁（2020c）は，「日本沿岸海面水位変動と，偏西風帯の風応力東西成分を比較すると，どちらも20年周期の変動が卓越しており，偏西風が強い年の約4年後は日本沿岸海面水位が高いことがわかる」としている。
- ・気象庁（2020c）では，「1980年代以降の冬季偏西風の変化による日本沿岸海面水位上昇率（年あたり1.0mm）は，1980年代半ば以降の実際の海面水位上昇より小さく，残りの上昇は地球温暖化に伴う世界平均海面水位上昇が寄与している」としている。

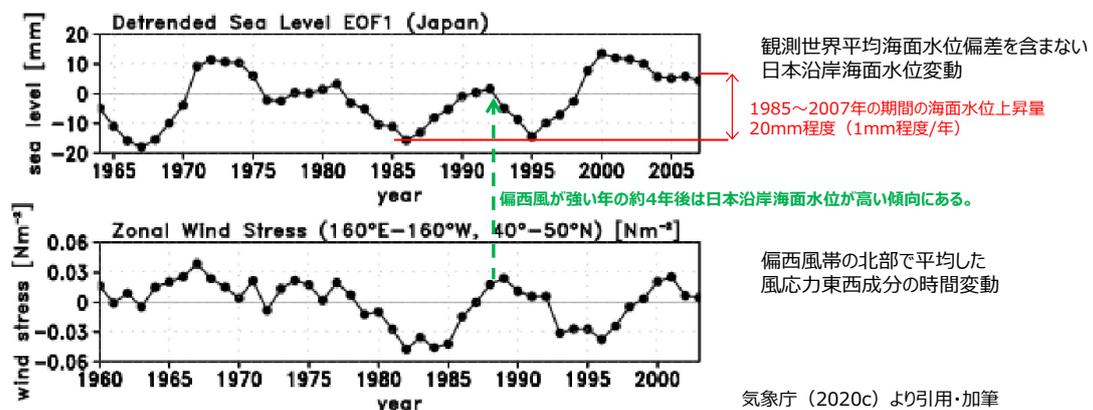


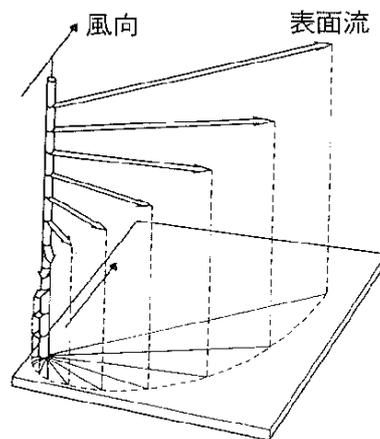
図9 北太平洋の冬季偏西風の強度変動

日本沿岸海面水位変動と偏西風帯の強度変動の比較から偏西風の影響により，日本沿岸の海面水位は，1985年以降，上昇傾向が認められる（1985～2007年で20mm程度上昇，1mm程度/年）。日本沿岸の海面水位の上昇要因として，偏西風の強度変動の影響が考えられる。

日本沿岸の海面水位における偏西風の影響について，気象庁（2020c）は，以下のように解説を行っている。

- ・気象庁（2020c）は「北半球では，偏西風下の海洋表面で南向きの流れ（エクマン流）が生じる。エクマン流の強さは海上風の強さに比例する。このため，偏西風の南側の海洋表面では海水が収束し，海面を押し上げる」としている。
- ・気象庁（2020c）は「このように上昇した海面水位偏差は，地球自転の影響を受けて西向きに伝播し，4～5年かけて日本沿岸に到達して海面水位を上昇させる」としている。

風によって引き起こされる海洋中のエクマン流のイメージ図を図10に示す。



小倉（1999）⁽⁵⁾より引用

図10 風によって引き起こされる海洋中のエクマン境界層内の流れの立体的説明図

（3）世界の海面水位における地球温暖化の影響について

海面水位における世界規模の地球温暖化の影響について，気象庁（2020d）⁽⁶⁾は，2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析し，以下の傾向が認められることをまとめている。

- ・気象庁（2020d）は「気象庁で2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析した結果，世界の平均海面水位の上昇率は2.99mm/年である」としている。
- ・気象庁（2020d）は「海面水位の変化率は海域によって異なり，西太平洋では低緯度を中心に大きく上昇している」としている。

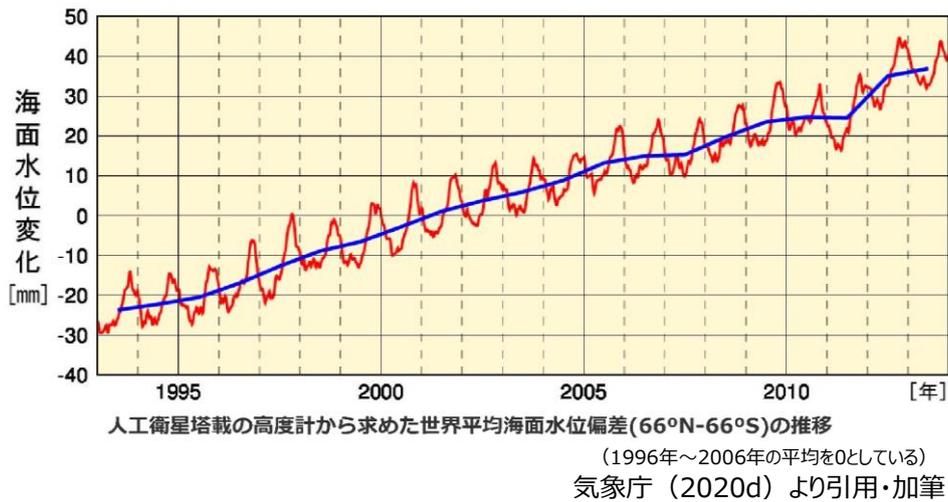
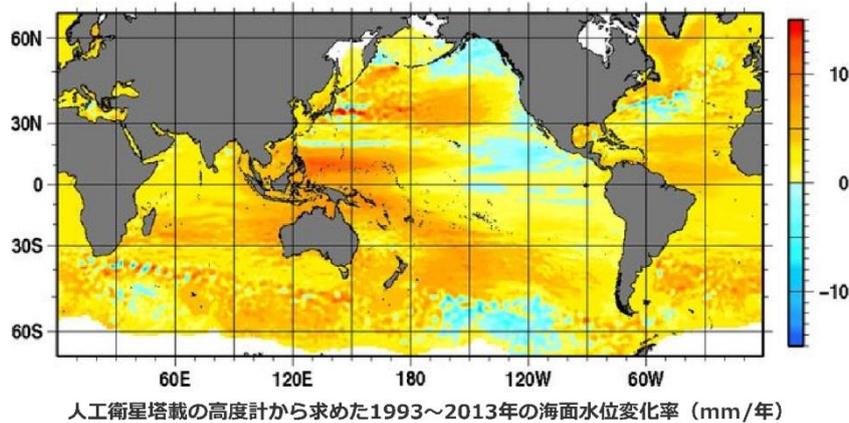


図11 人工衛星搭載の高度計から求めた世界平均海面水位偏差(北緯66度-南緯66度)の推移



気象庁 (2020d) より引用

図12 人工衛星搭載の高度計から求めた1993～2010年の海面水位変化率 (mm/年)

世界の平均海面水位は、2013年以降、上昇している(1993～2010年、2.99mm程度/年)。また、日本沿岸の海面水位についても、上昇傾向が認められる。

世界規模の海面水位の上昇に対する要因とそれぞれの寄与について、気象庁(2020e)⁽⁷⁾は、地球温暖化の影響を評価している、IPCC(2019)を引用し、以下のとおり確認した。

- ・気象庁は(2020e)は「海面水位上昇に大きな影響を与える要因としては、海洋の熱膨張、氷河の変化、グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化、南極の氷床と周囲の氷河の変化及び陸域の貯水量の変化が挙げられている」としている。
- ・気象庁は(2020e)は「観測された海面水位の上昇に対する寄与は、表のように見積もられている。」としている。

表4 世界平均海面水位の上昇率

上昇率 (mm/年)	
要因	2006年～2015年
海洋の熱膨張	1.40 [1.08～1.72]
氷河の変化(グリーンランドと南極の氷河を除く)	0.61 [0.53～0.69]
グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化	0.77 [0.72～0.82]
南極の氷床と周囲の氷河の変化	0.43 [0.34～0.52]
陸域の貯水量の変化	-0.21 [-0.36～0.06]
合計	3.00 [2.62～3.38]
観測	3.58 [3.10～4.06]

地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張、および氷河の融解により、海面水位が上昇している。(3mm程度/年, 2006～2015年)

気象庁 (2020e) より引用・加筆

地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張や氷河の融解により、世界の海面水位は、2006年以降、上昇傾向が認められる(2006～2015年, 3mm程度/年)。日本沿岸の海面水位の上昇要因として、地球温暖化の影響が考えられる。

(4) 日本沿岸の海面水位の長期変化傾向に関するまとめ

検潮記録に緩やかな上昇傾向が認められるため、地球温暖化を含めた要因について文献調査を行った。当社の考察結果を以下に示す。

- ・日本沿岸の海面水位は、2006年以降、緩やかな上昇傾向があると考えられる(2006～2015年, 4.1mm程度/年)。日本沿岸の海面水位は、地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模など様々な要因で変動しており、地球温暖化の影響の程度は明らかではない。
- ・GPS観測装置を用いた地盤変動の監視により、発電所最寄りの観測地点「浜田」における地盤変動は、2004年以降、沈降傾向が認められる(2004～2019年で20mm程度沈降, 1.3mm程度/年)。発電所最寄りの観測地点「浜田」において、地盤変動の沈降が認められることから、海面水位の上昇要因として、地盤変動の影響が考えられる。
- ・日本沿岸海面水位変動と偏西風帯の強度変動の比較から偏西風の影響により、日本沿岸の海面水位は、1985年以降、上昇傾向が認められる(1985～2007年で20mm程度上昇, 1mm程度/年)。日本沿岸の海面水位の上昇要因として、偏西風の強度変動の影響が考えられる。
- ・地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張や氷河の融解により、世界の海面水位は、2006年以降、上昇傾向が認められる(2006～2015年, 3mm程度/年)。日本沿岸の海面水位の上昇要因として、地球温暖化の影響が考えられる。

文献調査の結果、日本沿岸の海面水位の上昇傾向の要因として、地盤変動、偏西風、地球温暖化の影響が一定程度、認められるとされている。

上記要因のうち地球温暖化に関しては、気象庁により地球温暖化の影響の程度は明らかにはされていないことを踏まえ、その影響の程度は現在のところ明確になっていないと考える。

- (1) 気象庁地球環境・海洋部（2020a）：日本沿岸の海面水位の長期変化傾向,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html
- (2) IPCC, (2019) : Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, H.-O. Portner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.), . In press.
- (3) 気象庁（2020b）：地盤上下変動を補正した日本周辺の2004年以降の海面水位変化,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/sl_gcntrend/sl_gcntrend.html
- (4) 気象庁（2020c）：日本の海面水位の変動要因（偏西風との関係）,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_ref/sl_model.html
- (5) 小倉義光（1999）：一般気象学【第2版】，P. 150
- (6) 気象庁（2020d）：海面水位,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_stat.html
- (7) 気象庁（2020e）：海面水位の変動要因,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_content.html

5. 高潮発生状況について

潮汐以外の要因による潮位変動について、潮位観測記録に基づき、観測期間等に留意の上、高潮発生状況（程度、台風等の高潮要因）について把握する。また、高潮の発生履歴を考慮して、高潮の可能性とその程度（ハザード）について検討し、津波ハザード評価結果を踏まえた上で、独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した上で、考慮の要否、津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。

また、島根原子力発電所の潮位観測に用いている潮位観測地点「輪谷湾」と、最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約 23km 地点）の潮位観測データを比較し、妥当性を確認した。

さらに上記、再現期間を検討した期間（輪谷湾：1995年～2009年、境：1967年～2012年）以降の近年の潮位観測記録（2019年まで）についても確認し、既往の最高潮位との比較を行った。

（1）高潮の評価

観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における約 15 年（1995 年～2009 年）の年最高潮位を表 5 に示す。また、表から算定した観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における最高潮位の超過発生確率を図 13 に示す。これより、再現期間と期待値は次のとおりとなる。

2 年	EL+0.77m
5 年	EL+0.91m
10 年	EL+1.01m
20 年	EL+1.12m
50 年	EL+1.25m
100 年	EL+1.36m

表5 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL m)	(参考) 年最高潮位上位10位
1995	9月3日	0.72	9
1996	6月18日	0.81	5
1997	8月10日	0.79	7
1999	10月29日	0.80	6
2000	9月17日	0.90	4
2001	8月22日	0.71	
2002	9月1日	0.97	3
2003	9月13日	1.12	1
2004	8月19日	1.02	2
2005	7月4日	0.67	
2006	8月12日	0.67	
2007	8月14日	0.72	9
2008	8月15日	0.75	8
2009	12月6日	0.70	

※1998年はデータが1月～3月までしか計測されていないため考慮しない。

(参考) 年最高潮位上位10位と発生要因

順位	発生年月日	高潮潮位 (EL m)	発生要因
1	2003年9月13日	1.12	台風14号
2	2004年8月19日	1.02	台風15号
3	2002年9月1日	0.97	台風15号
4	2000年9月17日	0.90	
5	1996年6月18日	0.81	
6	1999年10月29日	0.80	
7	1997年8月10日	0.79	
8	2008年8月15日	0.75	
9	1995年9月3日	0.72	
9	2007年8月14日	0.72	

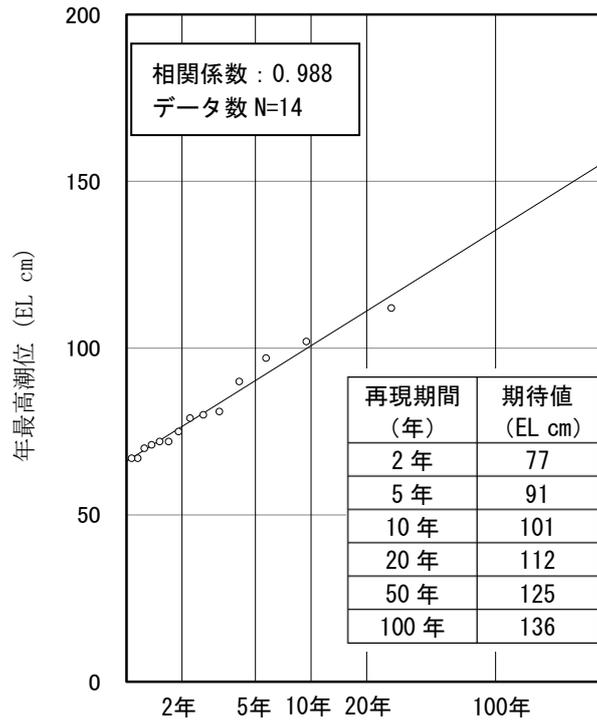


図 13 発電所構内（輪谷湾）における最高潮位の超過発生確率

(2) 高潮の考慮

基準津波による水位の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度*であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性が極めて低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値 (EL+1.36m) と、入力津波で考慮する朔望平均満潮位 (EL+0.58m) 及び潮位のばらつき (0.14m) の合計の差である 0.64m を外郭防護の裕度評価において参照する。(図 14)

*第 671 回審査会合資料 (平成 31 年 1 月 18 日)

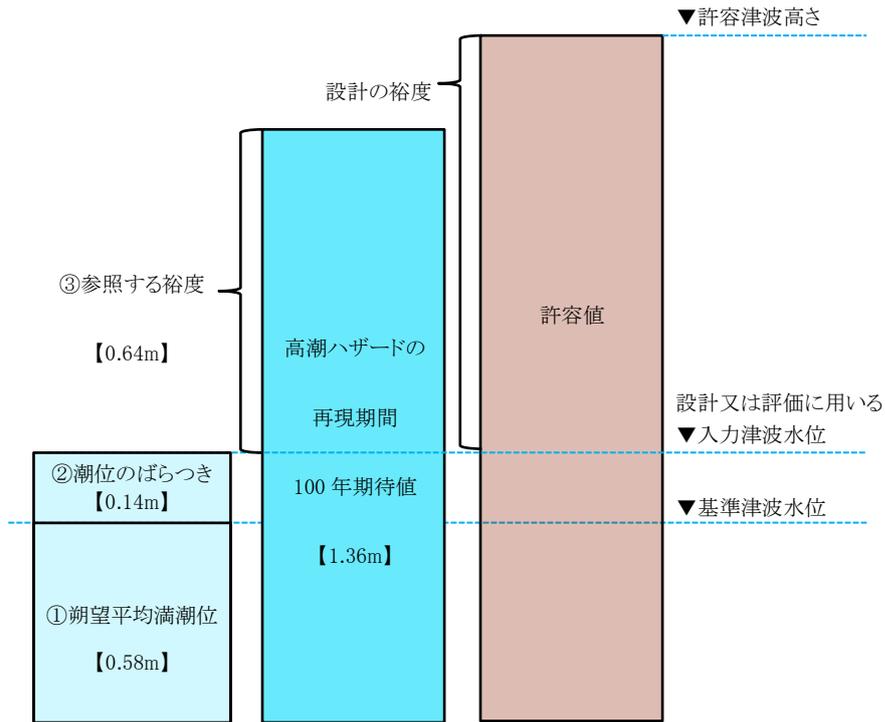


図 14 高潮の考慮のイメージ

(3) 高潮の評価（最寄地点）

発電所敷地の最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約 23km 地点）における約 45 年（1967 年～2012 年）の年最高潮位を表 6 に示す。また，表から算定した気象庁潮位観測地点「境」における最高潮位の超過発生確率を図 15 に示す。これより，再現期間と期待値は次のとおりとなる。

2 年	EL+0.73m
5 年	EL+0.84m
10 年	EL+0.90m
20 年	EL+0.95m
50 年	EL+1.01m
100 年	EL+1.06m

気象庁潮位観測地点「境」における，再現期間 100 年に対する期待値は EL+1.06m であり，「発電所構内（輪谷湾）」における期待値と比べて，小さい値であることを確認した。

表6 (1) 気象庁潮位観測地点「境」における年最高潮位

年	最高潮位 発生月日	年最高潮位 (EL m)	(参考) 年最高潮位上位 10 位
1967	7月3日	0.67	
1969	8月24日	0.76	
1970	12月3日	0.71	
1971	8月16日	0.68	
1972	8月10日	0.88	6
1973	8月18日	0.72	
1974	7月7日	0.59	
1975	8月23日	0.70	
1976	10月29日	0.63	
1977	7月2日	0.57	
1978	8月3日	0.64	
1979	8月18日	0.81	10
1980	10月26日	0.83	9
1981	9月4日	0.81	10
1982	8月28日	0.62	
1983	7月3日	0.63	
1984	8月22日	0.78	
1985	7月18日	0.67	
1986	8月29日	0.89	5
1987	8月31日	0.80	
1988	11月13日	0.53	
1989	11月1日	0.61	
1990	8月23日	0.70	
1991	7月30日	0.88	6
1992	9月25日	0.76	
1993	6月3日	0.73	
1994	10月13日	0.80	
1995	9月3日	0.66	
1996	6月18日	0.69	
1997	8月10日	0.73	
1998	7月20日	0.62	
1999	10月29日	0.70	
2000	9月17日	0.80	

表6 (2) 気象庁潮位観測地点「境」における年最高潮位

年	最高潮位 発生月日	年最高潮位 (EL m)	(参考) 年最高潮位上位 10 位
2001	8月22日	0.65	
2002	9月1日	0.90	4
2003	9月13日	1.03	1
2004	8月20日	0.97	3
2005	7月4日	0.67	
2006	8月12日	0.67	
2007	8月14日	0.70	
2008	8月15日	0.75	
2009	12月6日	0.72	
2010	8月12日	0.87	8
2011	7月4日	0.75	
2012	9月18日	1.00	2

(参考) 年最高潮位上位 10 位と発生要因

順位	発生年月日	高潮潮位 (EL m)	発生要因
1	2003年9月13日	1.03	台風14号
2	2012年9月18日	1.00	台風16号
3	2004年8月20日	0.97	台風15号
4	2002年9月1日	0.90	台風15号
5	1986年8月29日	0.89	台風13号
6	1972年8月10日	0.88	
6	1991年7月30日	0.88	台風19号
8	2010年8月12日	0.87	台風4号
9	1980年10月26日	0.83	
10	1979年8月18日	0.81	
10	1981年9月4日	0.81	

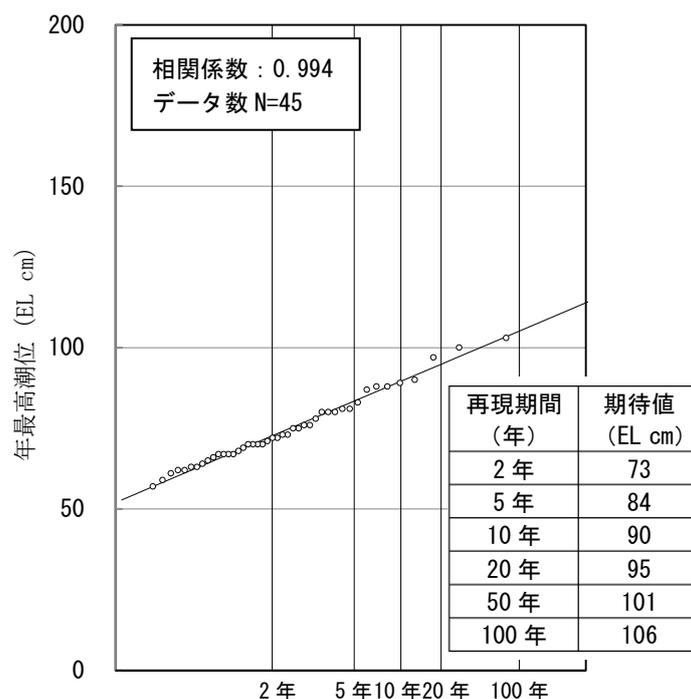


図 15 気象庁潮位観測地点「境」における最高潮位の超過発生確率

(4) 近年の潮位観測記録との比較

観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における再現期間を検討した期間（1995年～2009年）以降及び気象庁潮位観測地点「境」における再現期間を検討した期間（1967年～2012年）以降の近年の潮位観測記録の年最高潮位を表7，表8，図16，図17に示す。

これより，上記検討した期間の最高潮位を超える潮位はない。

表 7 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL m)
2010	8月12日	0.96
2011	8月12日	0.80
2012	9月18日	1.07
2013	8月30日	0.90
2014	9月9日	0.74
2015	10月2日	0.99
2016	8月31日	0.98
2017	9月12日	0.83
2018	10月6日	0.98
2019	10月3日	0.90
1995年～2009年 の最高潮位	2003年9月13日	1.12

表8 気象庁潮位観測地点「境」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL m)
2013	8月30日	0.86
2014	8月11日	0.70
2015	10月2日	0.90
2016	8月31日	0.92
2017	7月25日	0.76
2018	10月7日	0.90
2019	10月4日	0.85
1967年～2012年 の最高潮位	2003年9月13日	1.03

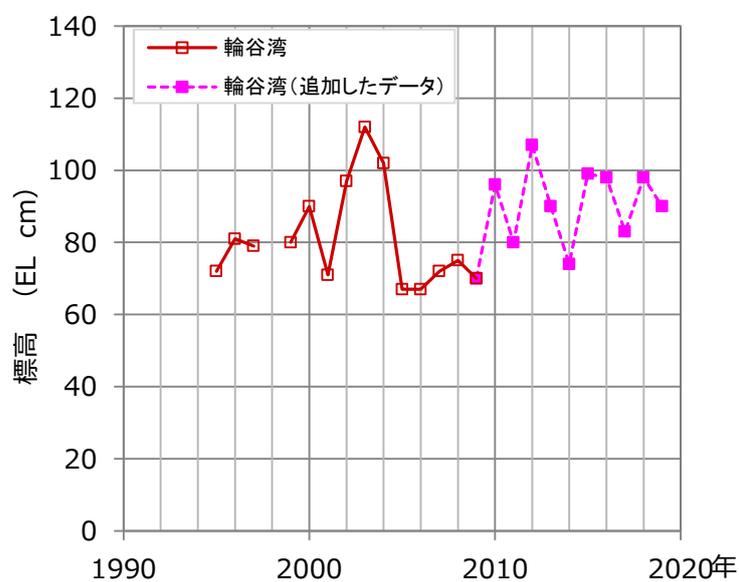


図16 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における最高潮位変化

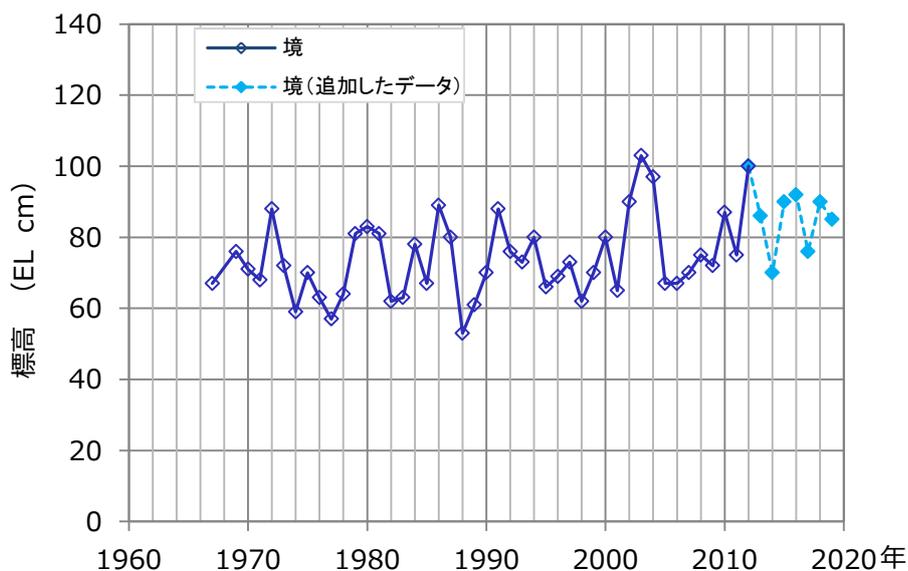


図 17 気象庁潮位観測地点「境」における最高潮位変化

(5) 近年の潮位観測記録による高潮評価について

高潮の評価について、近年のデータも含めたうえで、最高潮位の超過確率を算定するとともに、再現期間 100 年に対する期待値 (EL+1.36m) を用いることにした妥当性について説明する。

近年のデータを含む 24 ヶ年 (1995 年～2019 年) を対象に、輪谷湾におけるプラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値を算出した結果を図 18 に示す。この図より、100 年に対する期待値は EL+1.23m であり、従来から用いている期待値より小さくなっている。

以上のことから、保守的な評価となるよう、従来から用いている 1995 年～2009 年を対象に算出した再現期間 100 年に対する期待値 (EL+1.36m) を用いる。

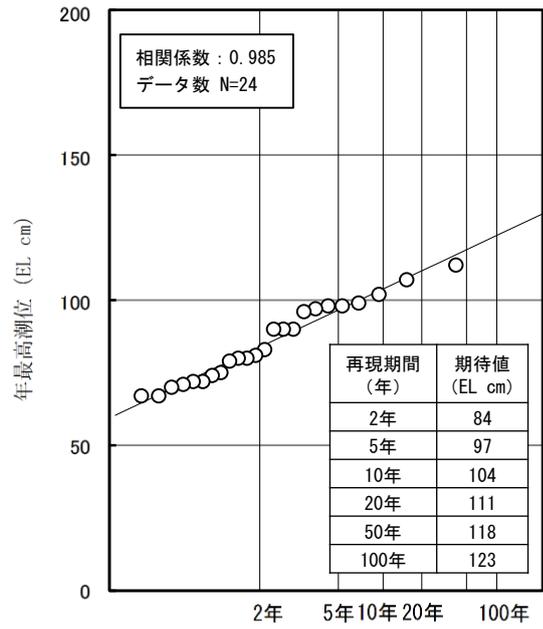


図 18 近年の観測記録による最高潮位の超過発生確率

入力津波に対する水位分布について

入力津波の決定ケースにおける津波水位の一覧を表 1 に、入力津波設定位置を図 1 に示す。入力津波の設定においては、外海に面した全ての施設は、「施設護岸又は防波壁」に「1号放水連絡通路防波扉」を含めて評価した最大の水位を一律に入力津波高さとして設定することとする。（評価結果の妥当性については、「島根原子力発電所 2 号炉 基準津波の策定について」で説明済）

また、日本海東縁部から想定される地震による津波の水位上昇側及び水位下降側のケースにおける水位分布を図 2 及び図 3 に、海域活断層から想定される地震による津波の水位上昇側及び水位下降側のケースにおける水位分布を図 4 及び図 5 に示す。

表1 (1) 入力津波高さ一覧 (日本海東縁部)

因子	設定位置	基準津波	地形変化 (防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値 (EL m)	(参考) 許容津波高さ (EL m)
				朔望平均潮位 (m)	潮位のばらつき (m)		貝付着	ポンプ状態		
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	1	無し	EL+0.58	EL+0.14	無し	管路解析対象外		+11.9	+15.0
水路内最高水位	1号炉取水槽※1	1	無し				無し	停止	+7.0	+8.8
	2号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+10.6	+11.3
	3号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+7.8	+8.8
	3号炉取水路点検口	1	無し				無し	停止	+6.4	+9.5
	1号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.8
	1号炉冷却水排水槽	1	有り				無し	停止	+4.7	+8.5
	1号炉マンホール	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.5
	1号炉放水接合槽	1	有り				無し	停止	+3.5	+9.0
	2号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+7.9	+8.8
	2号炉放水接合槽	1	無し				無し	停止	+6.1	+8.0
	3号炉放水槽	5	無し				無し	停止	+7.3	+8.8
	3号炉放水接合槽	5	無し				無し	無し	停止	+6.5
取水口最低水位	2号炉取水口	6	無し				EL-0.02	EL-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外
水路内最低水位	2号炉取水槽	6	無し	無し	停止	-6.1※2				-8.3 [-8.32]

※1 流路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。
 ※2 2号炉取水槽における水路内最低水位は、循環水ポンプ運転状態のEL-8.4m (EL-8.31m) であるため、2.5.1「非常用海水冷却系の取水性」に示す循環水ポンプ停止運用を踏まえ、停止時を評価値とする。

表1 (2) 入力津波高さ一覧 (海域活断層)

因子	設定位置	基準津波	地形変化 (防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値 (EL m)	(参考) 許容津波高さ (EL m)	
				朔望平均潮位 (m)	潮位のばらつき (m)		貝付着	ポンプ状態			
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	海域活断層 上昇側 最大 ケース	有り	EL+0.58	EL+0.14	無し	管路解析対象外		+4.2	+15.0	
水路内最高水位	1号炉取水槽※	4	有り				無し	停止	+2.7	+8.8	
	2号炉取水槽	4	無し				無し	停止	+4.9	+11.3	
	3号炉取水槽	4	有り				無し	停止	+3.7	+8.8	
	3号炉取水路点検口	4	有り				無し	停止	+2.7	+9.5	
	1号炉放水槽	4	無し				無し	停止	+2.1	+8.8	
	1号炉冷却水排水槽	4	無し				無し	停止	+1.9	+8.5	
	1号炉マンホール	4	無し				無し	停止	+1.8	+8.5	
	1号炉放水接合槽	4	無し				無し	停止	+1.9	+9.0	
	2号炉放水槽	4	無し				有り	有り	運転	+4.2	+8.8
	2号炉放水接合槽	4	有り				有り	有り	運転	+2.8	+8.0
	3号炉放水槽	4	有り				無し	停止	+3.3	+8.8	
	3号炉放水接合槽	4	有り				無し	停止	+3.5	+8.5	
取水口最低水位	2号炉取水口	4	無し				EL-0.02	EL-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外	
水路内最低水位	2号炉取水槽	4	無し	無し	運転	-6.5				-8.3	

※ 流路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。

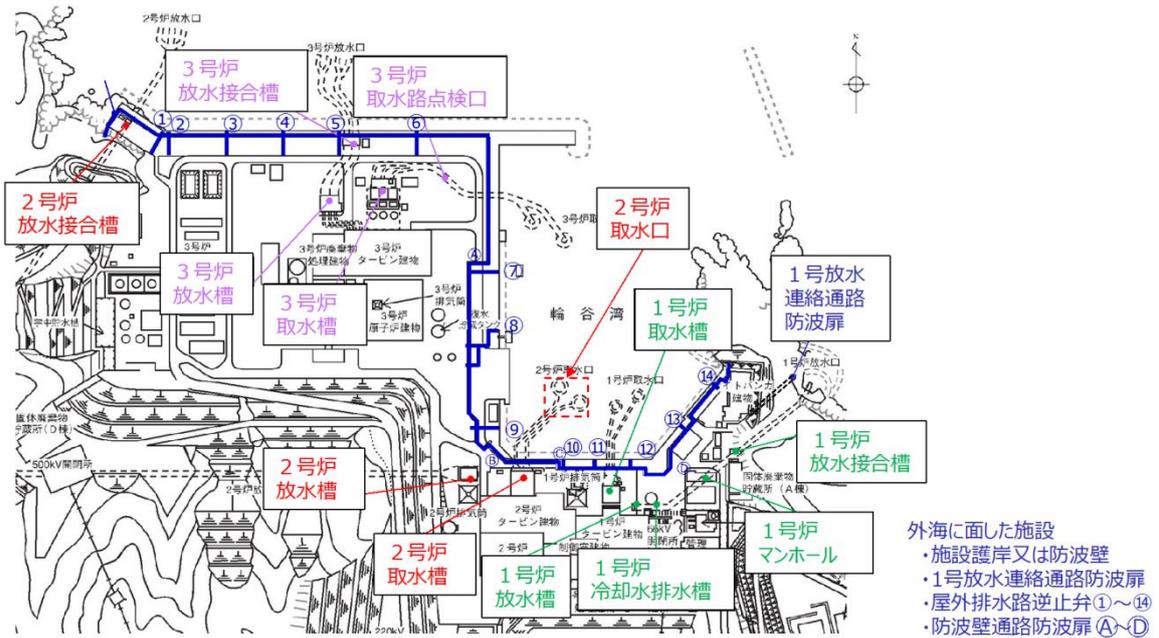


図1 入力津波設定位置

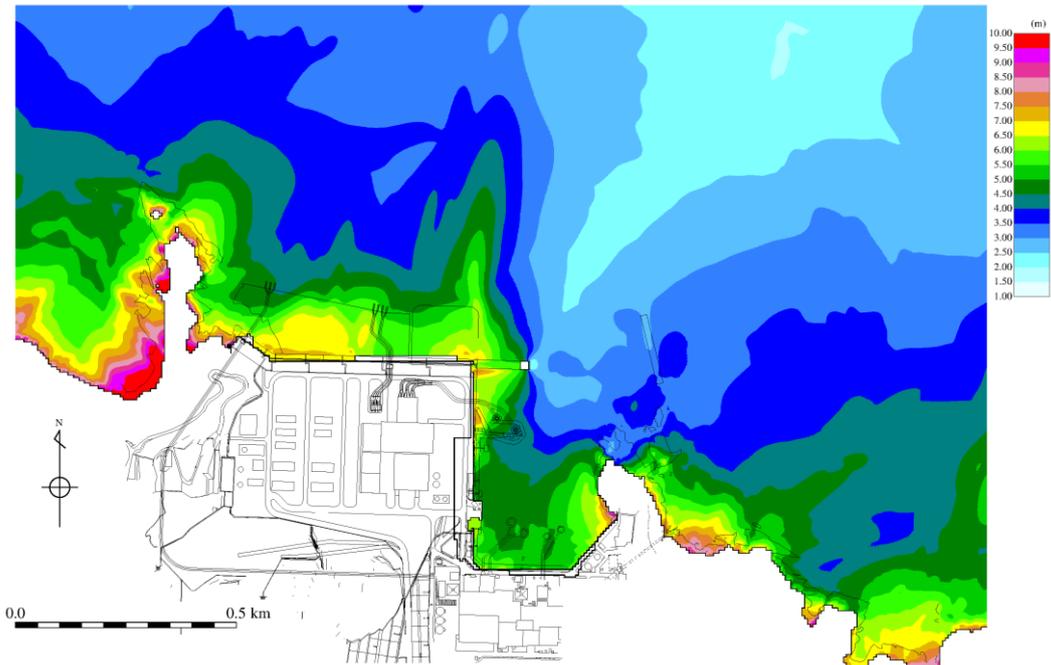


図2 (1) 入力津波1 (防波堤有り) 最高水位分布
(鳥取県 (2012) が日本海東縁部に想定した地震による津波)

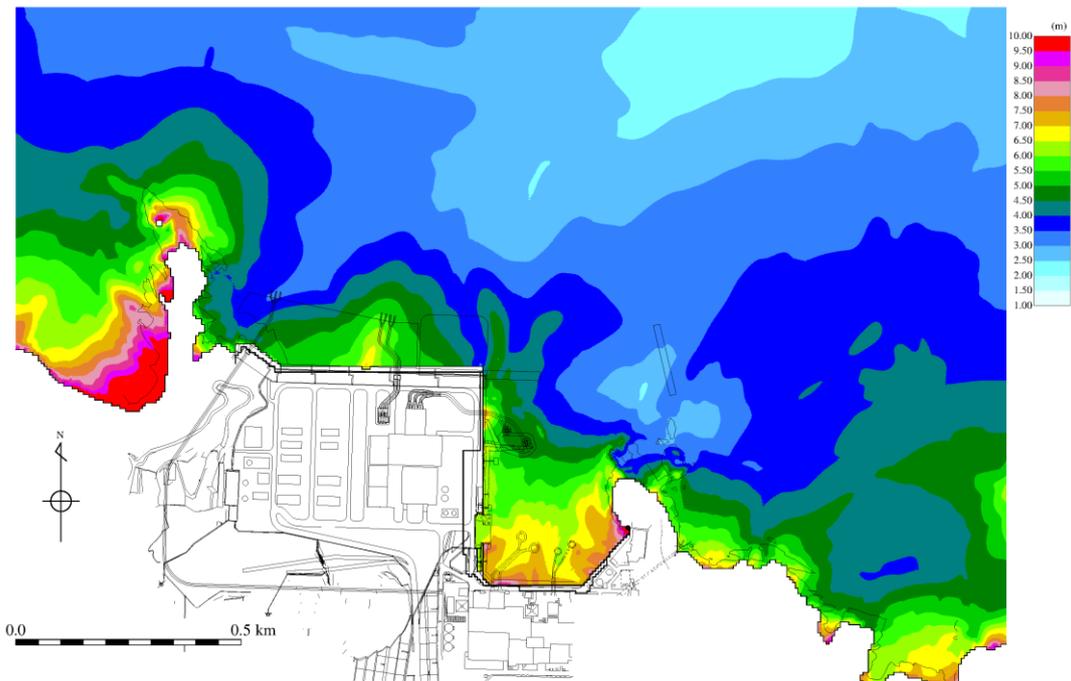


図2 (2) 入力津波1 (防波堤無し) 最高水位分布
(鳥取県 (2012) が日本海東縁部に想定した地震による津波)

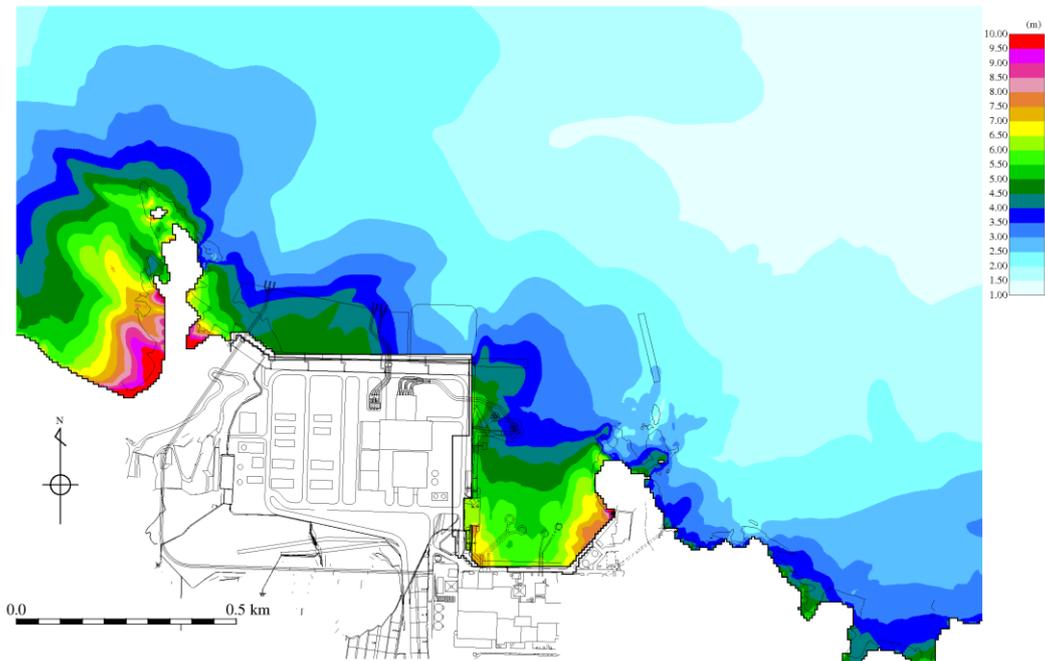


図2 (3) 入力津波5 (防波堤無し) 最高水位分布
 (地震発生領域の連動を考慮した検討による津波 (断層長さ350km))

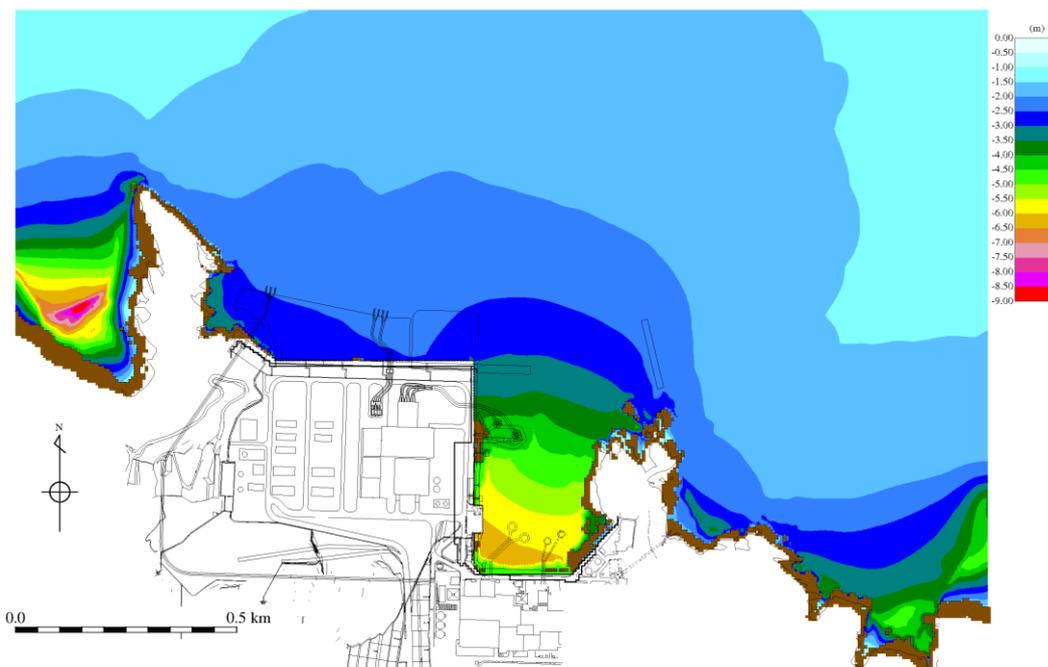


図3 入力津波6 (防波堤無し) 最低水位分布
 (地震発生領域の連動を考慮した検討による津波 (断層長さ350km))



図4 (1) 海域活断層上昇側最大ケース (防波堤有り) 最高水位分布 (F-Ⅲ～F-Ⅴ断層から想定される地震による津波)



図4 (2) 入力津波4 (防波堤有り) 最高水位分布 (F-Ⅲ～F-Ⅴ断層から想定される地震による津波)



図4 (3) 入力津波4 (防波堤無し) 最高水位分布
(F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波)

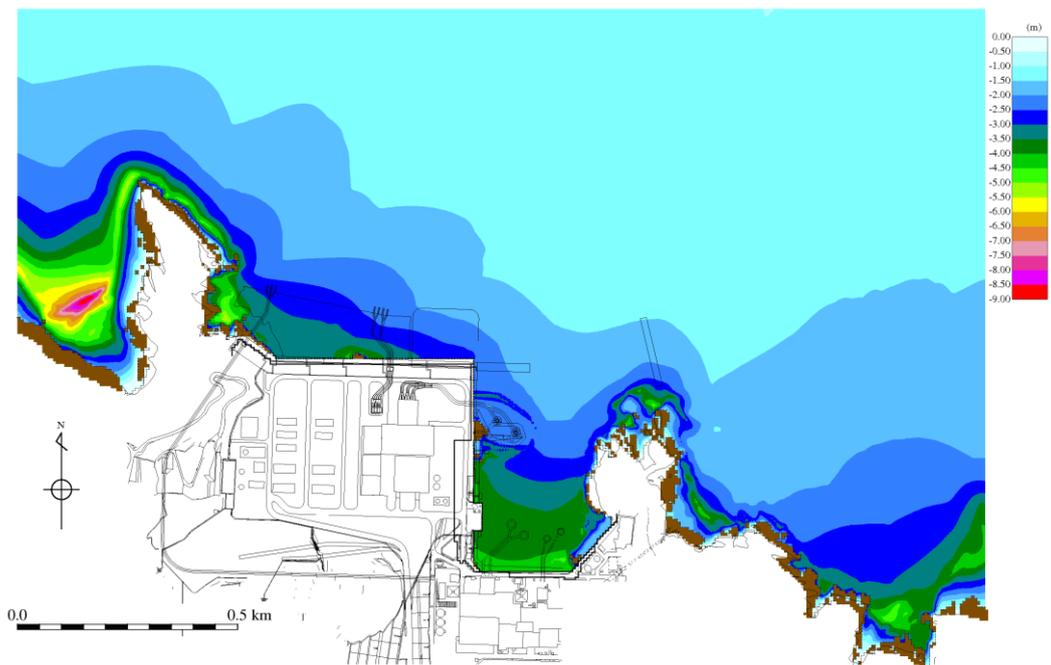


図5 入力津波4 (防波堤無し) 最低水位分布
(F-Ⅲ～F-V断層から想定される地震による津波)

海水ポンプの実機性能試験について

1. はじめに

ポンプ長尺化に伴うベルマウス下端への耐震サポート設置による影響については、実機性能試験によりポンプ性能に影響を及ぼさないことを確認した。以下にその内容を示す。

2. 耐震サポートについて

耐震サポートは海水ポンプ長尺化に伴う耐震性確保のために、ベルマウス部に取り付けるものである。耐震サポートの構造を図1に示す。



図1 耐震サポート構造図 (RSW ポンプの例)

3. 実機性能試験について

実機ポンプを、耐震サポートを設置した状態でピットに設置し、ポンプ性能（全揚程と吐出量，軸動力，ポンプ効率，振動）が，判定基準を満足していること及びポンプが安定した運転状態であることを確認した。試験装置の

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。

概略図と試験時における耐震サポート設置状況を図 2 に、確認結果を表 1 に示す。

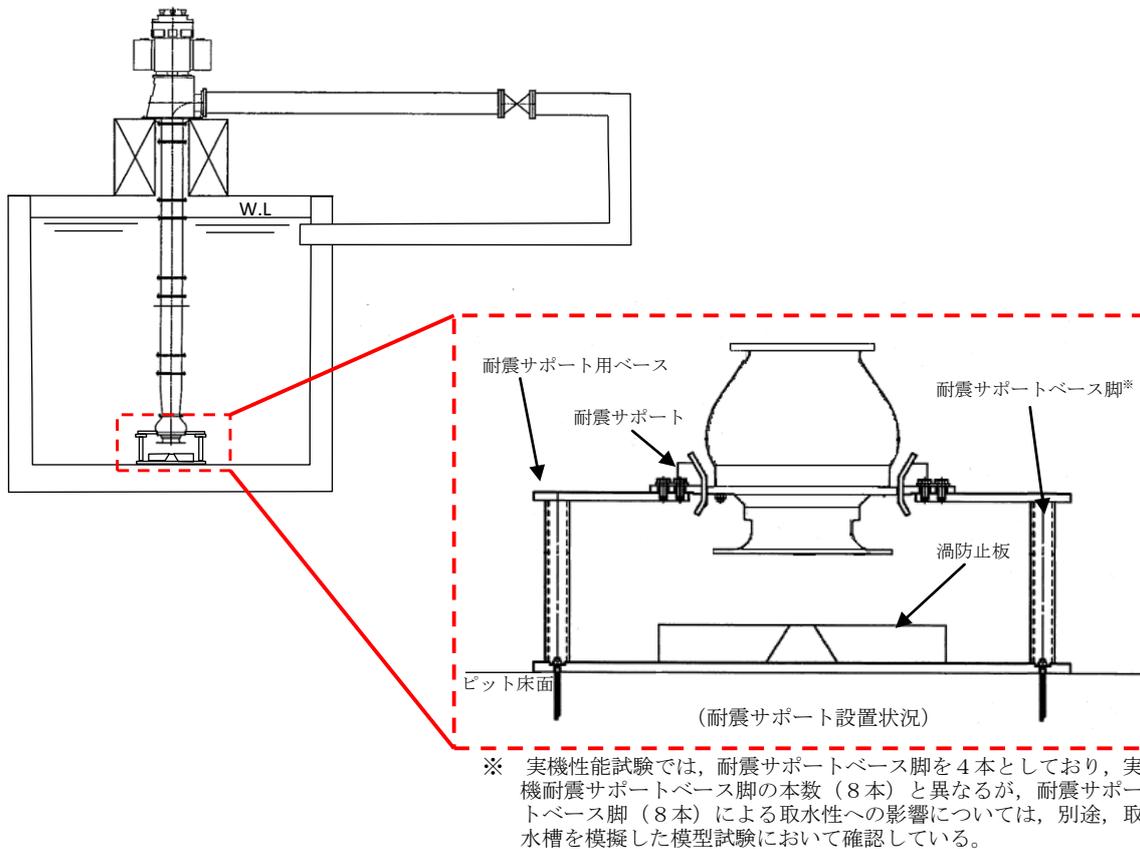


図 2 試験装置概略図

表 1 試験結果

試験項目	判定基準	試験結果	判定
全揚程と吐出量			合格
軸動力			合格
ポンプ効率			合格
振動			合格

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。

原子炉補機海水ポンプの取水性能試験

1. 概要

原子炉補機海水ポンプ（R S Wポンプ）の取水性能を確認するため、実機R S Wポンプを用いた試験を実施した。実機R S Wポンプ取水性能試験では、基準津波襲来による引き波を模擬した水位低下時の取水可能水位を確認した。

その結果、水位低下中においても連続渦は確認されず、R S Wポンプベルマウス下端(EL-9.3m)付近まで取水が可能であることを確認した。

ここでは、その試験内容を示す。

2. 原子炉補機海水ポンプ（R S Wポンプ）の取水試験について

a. 試験内容

基準津波襲来による引き波を模擬した取水槽における時系列を想定し、模擬試験水槽の水位を徐々に低下させ、R S Wポンプの運転パラメータ等を確認した。津波を模擬した試験水槽の水位変化とR S Wポンプの試験確認項目を表1に示す。

表1 津波を模擬した試験水槽の水位変化とR S Wポンプの試験確認項目

津波時の2号取水槽の想定時系列		津波模擬試験水槽	
取水槽水位	取水槽の状態	試験水槽の状態	試験確認項目
【引き波】 通常水位～ 取水槽取水管下端 水位(EL-7.3m)	・引き波による取水 槽水位低下	・RSWポンプと水位調整 ポンプにより試験水槽 水位低下	・RSWポンプ流量、電流等 ポンプ運転パラメータ
【引き波】 取水槽取水管下端 水位(EL-7.3m)～ RSWポンプ取水可能 水位	・RSWポンプによる 取水槽貯留構造部 の水位低下	・RSWポンプと水位調整 ポンプにより試験水槽 水位低下	・RSWポンプの取水可能水 位（取水停止水位） ・RSWポンプ流量、電流等 ポンプ運転パラメータ

b. 試験結果

図1に示す試験装置を用い、ポンプ取水性能試験を行った。試験時の状態を図2に、試験中のポンプ流量と水位の関係を図3に示す。RSWポンプは、RSWポンプベルマウス下端（EL-9.3m）付近まで定格流量を取水し、その後、再冠水しても、定格流量が取水可能であった。また、その他の運転パラメータについても、水位低下中に連続渦などは確認されず、運転試験後に実施したポンプ開放点検による外観点検でも部品に異常は確認されなかった。

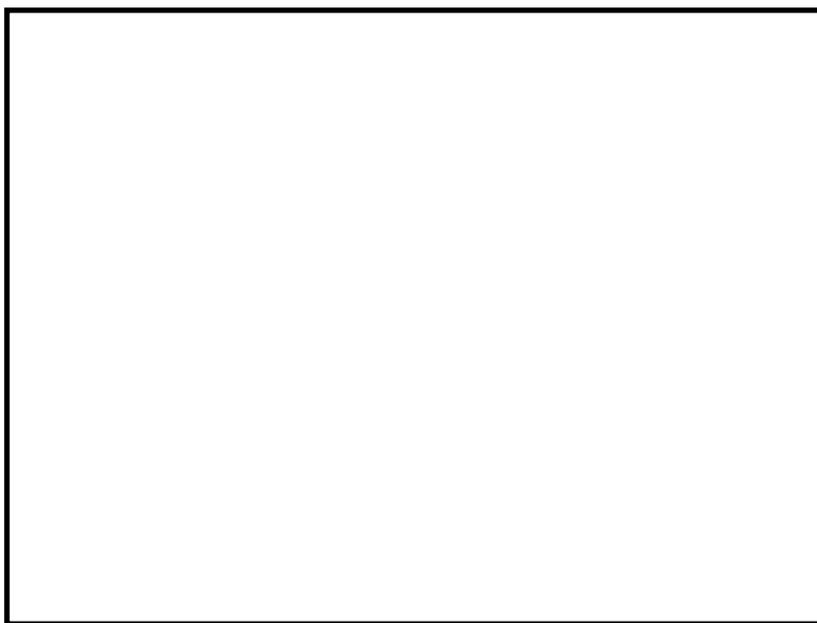


図1 ポンプ取水性能試験装置



図2 試験時の状態

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。

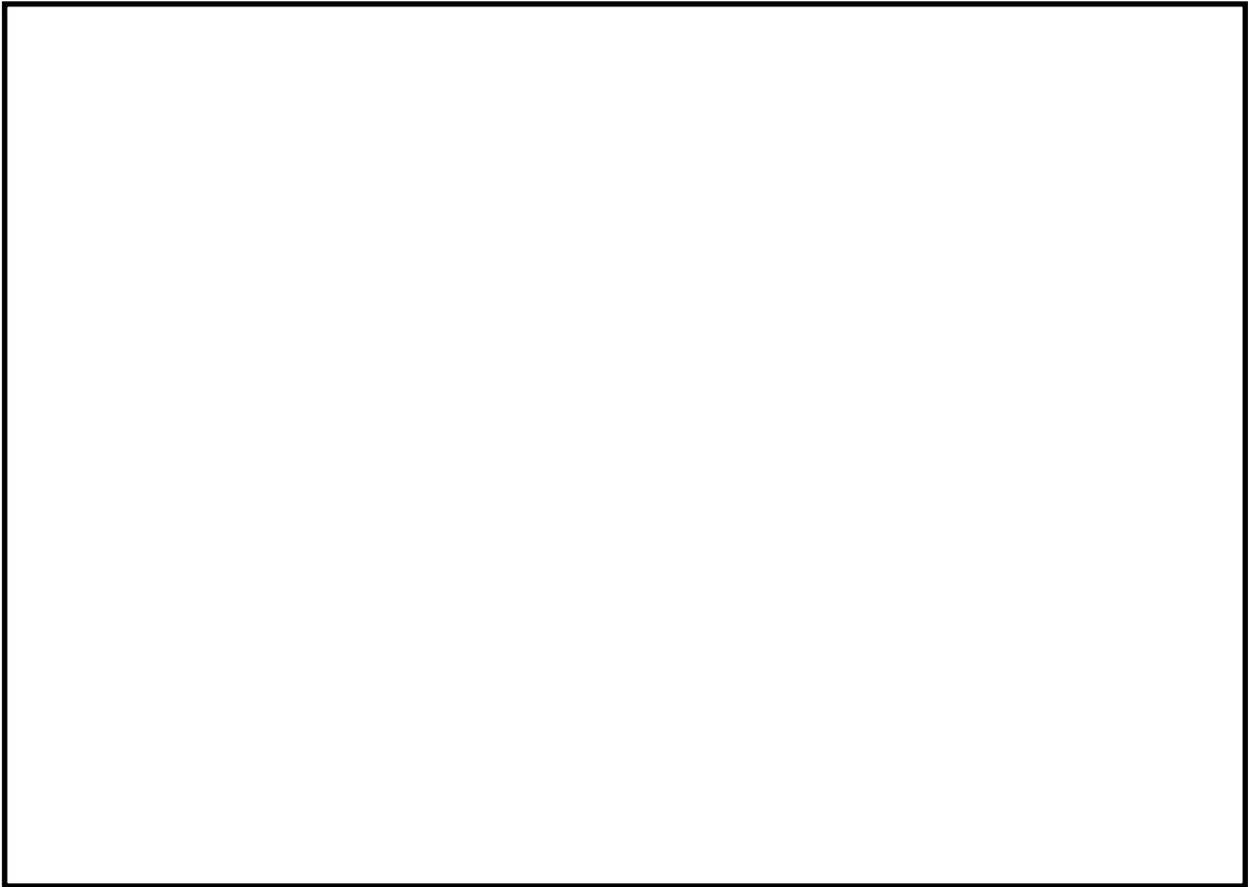


図3 試験中のポンプ流量と水位変化

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。

津波発生時の運用対応について

1. 概要

設置許可基準規則第5条「津波による損傷の防止」に基づき、敷地等への浸水防止として防波壁通路防波扉及び1号放水連絡通路防波扉（以下「防波扉」という。）の設置，襲来する津波を監視するため津波監視設備を設置している。ここでは，上記設備に係る運用に加え，大津波警報発令時の原子炉停止操作及び循環水ポンプの停止等の津波発生時のプラント操作に係る対応を示す。

2. 津波発生時の対応について

津波発生時の対応については，表1に示すとおり，気象庁が発令する「島根県 出雲・石見」区域の津波注意報，津波警報又は大津波警報に基づき実施することとし，以下に示す（1）～（3）に区分し，それぞれの対応について示す。また，地震・津波発生時のプラント対応フローを図1に示す。

- （1）津波注意報，津波警報又は大津波警報発令時（津波襲来前）
- （2）津波襲来時
- （3）津波襲来後

表1 気象庁から発令される津波警報・注意報の種類と津波高さの関係

種類	津波予想高さ	発令警報
大津波警報	津波高さ 10m 超	津波の高さ 10m 超
	津波高さ 5m 超～10m 以下	津波の高さ 10m
	津波高さ 3m 超～5m 以下	津波の高さ 5m
津波警報	津波高さ 1m 超～3m 以下	津波の高さ 3m
津波注意報	津波高さ 0.2m 以上～1m 以下	津波の高さ 1m

(1) 津波注意報, 津波警報又は大津波警報発令時 (津波襲来前)

地震発生後, 津波注意報, 津波警報又は大津波警報が発令された場合は, 速やかに湾岸及び取水槽廻りから待避するよう所内通信連絡設備(警報装置を含む。)により発電所内に周知し, 所員は高台 (EL11.9m 以上) に待避を行う運用としている。ただし, 漂流物発生防止に係る対応を実施する場合は, 対応実施後に退避を行う。また, 津波に関する情報 (津波到達予想時刻, 津波規模, 津波監視カメラによる津波の状況等) を確認し作業安全が確認されるまでは, 湾岸及び取水槽廻りでの作業は実施しないこととしている。さらに, 大津波警報の場合は, 緊急時警戒体制を発令し, 緊急時対策要員を非常招集することにより, 速やかに重大事故等に対処できる体制を整える。

これらの他, 発令される警報の種類 (津波注意報, 津波警報又は大津波警報) に応じ, 津波に対する対応を以下のとおり実施する。

a. 津波監視に係る対応

気象庁から発信される津波情報も含め, 津波に関する情報を収集するとともに, 津波監視カメラによる津波襲来状況の監視を強化する。

b. 原子炉の停止に係る対応

大津波警報が発令された場合は, 原子炉の停止操作及び冷却操作を開始する。ただし, 地震により原子炉が自動停止する場合を除く。

c. 海水ポンプの取水性に係る対応

大津波警報が発令された場合は, 原則として^{※1}, 気象庁より発表される第一波の到達予想時刻の5分前までに循環水ポンプを停止する。

※1 敷地近傍の地震による津波が発生した場合は, 津波が敷地に到達するまでの時間が短く, 循環水ポンプ停止操作前に襲来する可能性がある。なお, 海域活断層から想定される地震による津波に対して, 取水槽水位が非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位を下回らないことを確認している。

d. 防波扉の閉止操作及び漂流物発生防止に係る対応

防波扉は, 常時閉運用としており, 開放時には現場ブザー音により注意喚起されること及び中央制御室にて開閉状態が確認できる。作業等で開放する場合においても, 速やかに閉止できるよう, あらかじめ人員を確保することとしている (添付資料 39 参照)。

一方, 荷揚場 (防波壁外) で作業を実施している場合は, 作業を中断し,

原則として^{※2}、燃料等輸送船の緊急離岸及び陸側作業に係る車両等の緊急退避を実施し、防波扉の閉止操作を実施する。

※2 燃料等輸送船の緊急離岸や陸側作業に係る車両等の緊急退避については、作業完了までに津波が到達する可能性がある場合は実施しない。防波扉については、人員の安全を優先し、可能な範囲で扉の閉止操作を実施する。なお、海域活断層から想定される地震による津波は荷揚場に遡上することなく、陸側作業に係る車両等は漂流物になることはない。また、燃料等輸送船は荷揚場に係留されており漂流物となることはない。

(2) 津波襲来時

a. 津波の監視に係る対応

津波監視カメラによる津波襲来状況の監視を継続するとともに、取水槽水位計による取水槽水位の監視を強化する。

b. 原子炉の停止に係る対応

取水槽水位が「取水槽水位低」(EL-2.0m)まで低下した場合は、原子炉を手動停止し、原子炉の冷却操作を開始する。

c. 海水ポンプの取水性に係る対応

取水槽水位が「取水槽水位低低」(EL-3.0m)まで低下した場合は、循環水ポンプを停止する。

d. 大型送水ポンプ車の取水性に係る対応

重大事故時に海水を取水する大型送水ポンプ車は、基準津波により想定される引き波最大水位に対しても取水可能であることを確認している。

(3) 津波襲来後

津波注意報、津波警報又は大津波警報解除後、巡視点検等により取水口を設置する輪谷湾内に漂流物が確認される場合には、必要に応じて漂流物を撤去する。

