



高浜発電所 1～4号炉 津波警報が発表されない可能性のある津波への対応に係る 基準津波評価について

2020年6月11日

関西電力株式会社

高浜発電所 1～4号炉の基準津波評価について、警報が発表されない可能性のある津波を考慮した上で、基準津波の選定を行う。
具体的には、既許可時の基準津波評価のうち、地震以外に起因する津波について警報が発表されない場合の評価を追加し、結果を基準津波の選定に考慮する。

既許可時の評価

1. 敷地周辺に影響を及ぼした過去の津波
文献調査・津波堆積物調査より、発電所の安全性に影響を与えるような過去の津波がないことを確認

2. 地震に起因する津波
・大陸棚外縁～B～野坂断層
・FO-A～FO-B～熊川断層 の2波源を抽出。

3. 地震に起因する津波
(行政機関の波源モデル)
・福井県モデル(若狭海丘列付近断層)
・秋田県モデル(日本海東縁部の波源)
・検討会モデル(若狭海丘列付近断層) の3波源を抽出。

4. 地震以外に起因する津波
・海底地すべり: エリアA (Es-G3)、エリアB (Es-K5)、エリアC (Es-T2)
・陸上地すべり: No.1,2,3, No.10, No.14 を抽出。

5. 津波の組み合わせ
・福井県モデル(若狭海丘列付近断層)と海底地すべりエリアB (Kinematicモデル)の組み合わせ
・FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo.14 (運動学的手法)の組み合わせを抽出。

6. 基準津波の選定
基準津波1: 福井県モデル(若狭海丘列付近断層)と海底地すべりエリアB (Kinematicモデル)の組み合わせ(78秒ずれ)
基準津波2: FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべりNo.14 (運動学的手法)の組み合わせ(54秒ずれ)の2波源を基準津波として選定。

7. 年超過確率の参照

8. 砂移動評価

今回評価

(警報が発表されない場合を考慮した評価)

<基準津波の選定>

(選定方針は次ページ参照)

1. 地震以外に起因する津波

海底地すべりについて、警報が発表されない場合の津波評価を追加。

2. 基準津波の選定

警報が発表されない場合の津波評価結果も考慮して基準津波を選定。

3. 年超過確率の参照

2の結果を受けて追加検討。

4. 砂移動評価

2の結果を受けて追加検討。

〈基準津波の選定〉

【選定方針】

- ① 敷地遡上の防止及び海水ポンプの取水性確保の観点から、各評価点において発電所への影響が大きい波源を選定する。
- ② 上記①の観点から、各評価点において最高水位・最低水位となる波源を基準津波として選定するが、敷地高さを上回る波源及び海水ポンプの取水可能水位を下回る波源がある場合にはそれらを全て基準津波として選定する。
- ③ 警報が発表されない場合には警報に基づく取水路防潮ゲート閉止ができないため、ゲート内への津波の浸入によって施設の安全性に影響が生じるおそれがある。このため、警報に基づくゲート閉止を前提とした基準津波に加え、警報が発表されない場合についても上記①②の観点で基準津波を選定する。

【基準津波の選定】

(1) 既許可時の評価

- ・ 警報に基づいて取水路防潮ゲートを閉止する。
- ・ 敷地高さを上回る波源及び海水ポンプの取水可能水位を下回る波源はない。(津波到達に対して防潮ゲート閉止が間に合わない波源もあるが、その場合でも敷地高さ及び取水可能水位を超えない。)
- ・ 防潮ゲート前面、放水口前面、放水路(奥)で最高水位となる波源は「福井県モデル(若狭海丘列付近断層)と海底地すべりエリアBの組み合わせ」。⇒ **基準津波 1**として選定。
- ・ 各海水ポンプ室及び3,4号炉循環水ポンプ室で最高水位・最低水位となる波源は「FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべり(No.14)の組み合わせ」。⇒ **基準津波 2**として選定。

(2) 警報が発表されない場合(今回評価)

- ・ 警報に基づく取水路防潮ゲート閉止ができない。
- ・ 敷地高さを上回る波源及び海水ポンプの取水可能水位を下回る波源は、「海底地すべりエリアB(Kinematicモデル)」及び「海底地すべりエリアC(Kinematicモデル)」。
- ⇒ **基準津波 3**、**基準津波 4**として選定。
- ・ なお、基準津波 3 及び基準津波 4 では施設影響が生じることから、耐津波設計において、警報が発表されない津波への対策として、第 1 波到達以降に防潮ゲートを閉止する運用を設計し、施設影響を回避する。この対策は、施設影響が生じる基準津波 3 及び基準津波 4 の波源を用いて検討する。

1. 地震以外に起因する津波
 - 1 - 1. 海底地すべりに起因する津波評価
 - 1 - 2. 海底地すべりのうち施設影響が生じる波源の確認
2. 基準津波の選定
3. 基準津波の年超過確率の参照
4. 津波に対する安全性（砂移動評価）

地震以外に起因する津波のうち、警報が発表されない可能性がある「隠岐トラフ海底地すべり」による津波について、警報が発表されない場合の計算条件を設定し、津波水位計算を実施する。

評価対象とする
海底地すべり波源の選定

既許可時と同様に、文献等を踏まえて海底地すべりを抽出し、規模評価によって津波評価対象とする海底地すべりを選定。

計算モデル・計算条件

既許可時と同様の計算モデル※とし、警報が発表されない前提であることから、計算条件は取水路防潮ゲート「開」、循環水ポンプ取水あり（水位下降側のみ）とする。

※：申請時は施設形状を考慮したモデルとしていたが、津波評価の保守性及び評価全体でのモデル統一の観点から、既許可時のモデルに変更。

津波水位計算

津波水位計算を実施する。

【評価対象とする海底地すべりの選定 (1 / 4)】

海底地すべりの選定フロー

第314回審査会合
資料1-4-2、p.63抜粋

①文献調査

- ・文献の整理・検討を行い、海底地すべりの分布を確認。



②地すべり地形の確認

- ・M7000シリーズ※¹等を用いて海底地形図を作成し、海底地すべりの可能性のある地形を判読。
- ・音波探査記録を用いて、池原他(1990)※²を参考に層相の区分・追記及び海底地すべりの有無を確認。

※1：（一財）日本水路協会発行の海底地形デジタルデータ

※2：池原研・佐藤幹夫・山本博文(1990)：高分解能音波探査記録からみた隠岐トラフの堆積作用，地質学雑誌，96巻，pp.37-49.





③規模評価

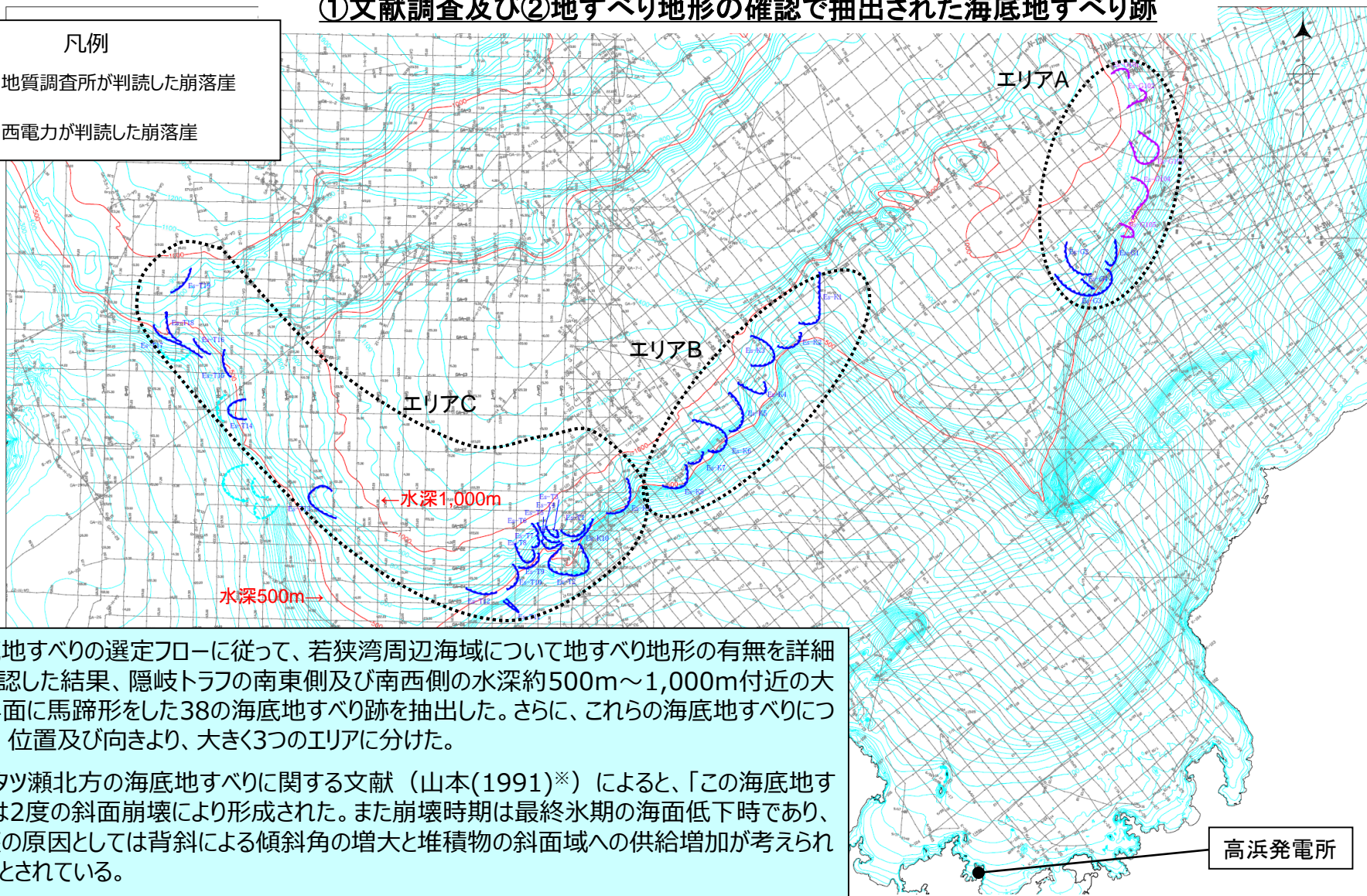
- ・抽出された海底地すべりについて、位置及び向きよりエリア区分を実施し、断面積等による概略評価を実施。
- ・各エリアで最大規模となった地すべりに対し、当該海域の音波探査記録の再解析により崩壊部・堆積部を判読し、詳細な地形変化を算出。

【評価対象とする海底地すべりの選定 (2 / 4)】

①文献調査及び②地すべり地形の確認で抽出された海底地すべり跡

凡例

-  旧地質調査所が判読した崩落崖
-  関西電力が判読した崩落崖



- 海底地すべりの選定フローに従って、若狭湾周辺海域について地すべり地形の有無を詳細に確認した結果、隠岐トラフの南東側及び南西側の水深約500m～1,000m付近の大陸斜面に馬蹄形をした38の海底地すべり跡を抽出した。さらに、これらの海底地すべりについて、位置及び向きより、大きく3つのエリアに分けた。
- ゲンタツ瀬北方の海底地すべりに関する文献（山本(1991)*）によると、「この海底地すべりは2度の斜面崩壊により形成された。また崩壊時期は最終氷期の海面低下時であり、崩壊の原因としては背斜による傾斜角の増大と堆積物の斜面域への供給増加が考えられる。」とされている。
- 現在の環境を踏まえると、この地域で将来発生する海底地すべりの想定は困難であることから、上記の海底地すべり跡のうち、最大規模を考慮することとした。

*：山本博文(1991):「福井沖大陸斜面の海底地すべり」, 地質調査所月報, 第42巻第5号, pp.221-232.

高浜発電所

【評価対象とする海底地すべりの選定 (3 / 4)】

③海底地すべりの規模の評価

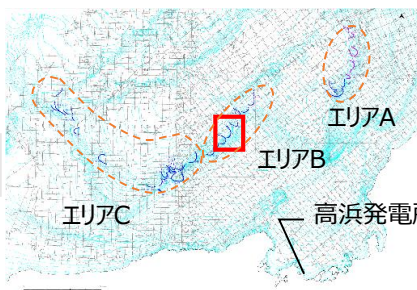
【断面積による海底地すべりの規模評価】

〔検討方法〕

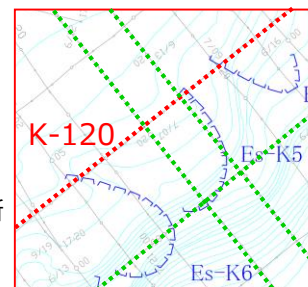
津波水位評価においては、鉛直方向の水位変動による影響が大きいと考え、海底地すべりを横断する海上音波探査記録より、崩壊部の鉛直断面積（概算）を算出し、各エリアごとに最も断面積が大きい海底地すべりを抽出。

〔評価指標①〕

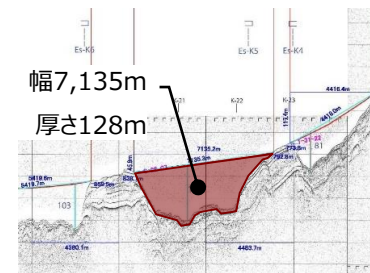
崩壊部の鉛直断面積（概算） = 幅 × 厚さ



全体平面図



地すべり一例 (Es-K5)



測線一例 (K-120)



断面積による規模評価の妥当性の確認

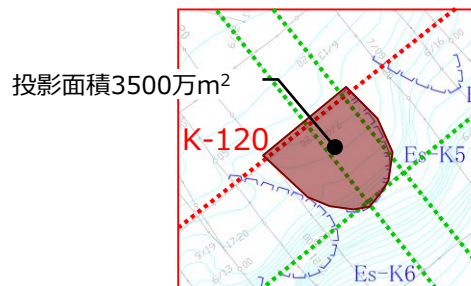
【体積による海底地すべりの規模評価】

〔検討方法〕

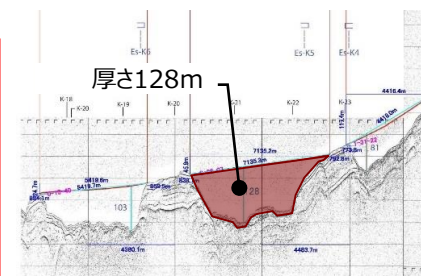
旧地質調査所等の海底地質図に示されている崩落崖から投影面積を算出し、厚さについては海上音波探査記録より最大の厚さを設定し、崩壊部の体積（概算）を算出し、各エリアごとに最も体積の大きい海底地すべりを抽出。

〔評価指標②〕

崩壊部の体積（概算） = 投影面積 × 最大厚さ



地すべり一例 (Es-K5)



測線一例 (K-120)

【評価対象とする海底地すべりの選定 (4 / 4)】

③海底地すべりの規模の評価

●地すべり地形の規模の算出結果 (断面積上位20個)

第314回審査会合
資料1-4-2, p.77抜粋

規模の順位	地すべり地形	エリア	測線	地すべり長さ(m)	地すべり厚さ(m)	地すべり長さ×厚さ(m ²)
1	Es-K5	B	K-120	7,135	128	913,324
2	Es-T2	C	GA-23	8,592	97	833,402
3	Es-T8	C	GA-22	4,374	150	656,141
4	Es-K7	B	K-119	3,618	160	578,850
5	Es-T13	C	GA-20	4,966	116	576,038
6	Es-K6	B	K-120	5,420	103	558,225
7	Es-T14	C	GA-15	8,970	61	547,200
8	Es-K8	B	K-119	6,557	76	498,312
9	Es-K4	B	K-120	4,418	81	357,855
10	Es-K3	B	K-121	7,596	45	341,839
11	Es-T6	C	GA-21	5,343	62	331,267
12	Es-T17	C	GA-11	1,979	158	312,678
13	Es-K2	B	K-120	4,462	67	298,932
14	Es-T15	C	GA-13	8,326	33	274,765
15	Es-K1	B	K-121	5,198	52	270,276
16	Es-G3	A	K-115	6,856	29	198,822
17	Es-G103	A	K-118	6,172	30	185,161
18	Es-T12	C	GA-T	6,284	29	182,237
19	Es-G104	A	K-51	3,584	46	164,876
20	Es-G102	A	K-119	4,413	36	158,864

●地すべり地形の規模の算出結果 (体積上位20個)

第314回審査会合
資料1-4-2, p.79抜粋

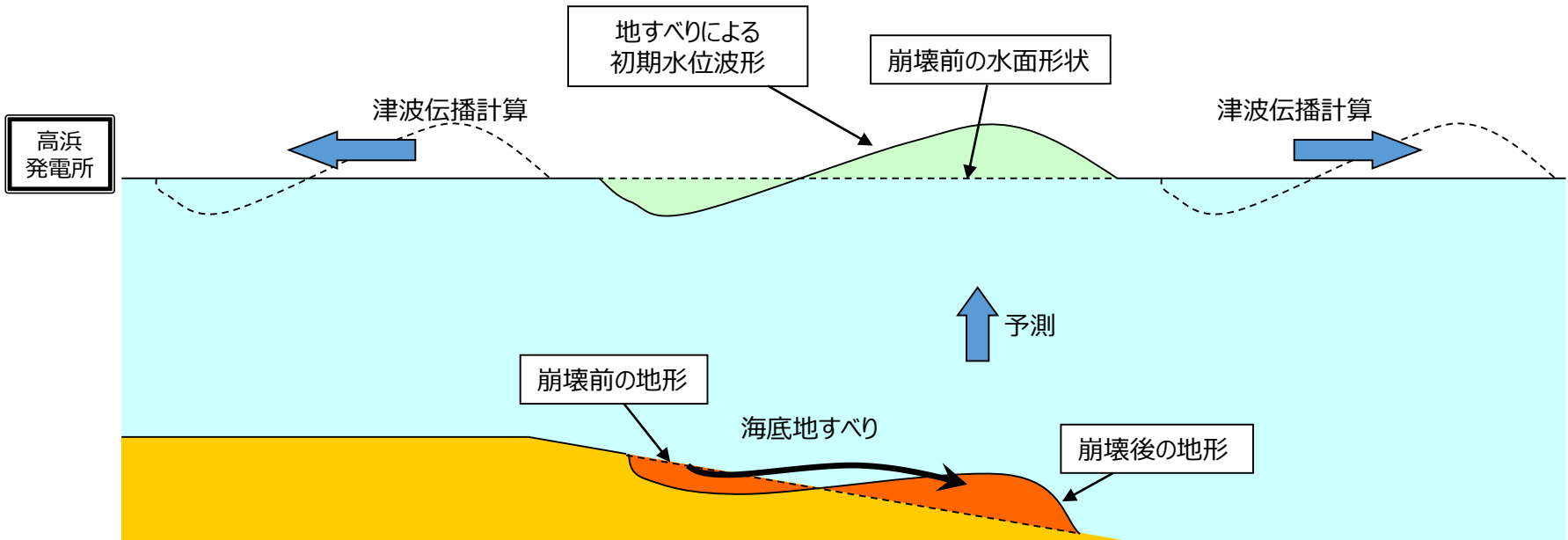
規模の順位	地すべり地形	エリア	投影面積(m ²)	最大地すべり厚さ(m)	崩壊体積(概算)(km ³)
1	Es-T2	C	37,846,065	137	5.2
2	Es-K5	B	35,126,230	128	4.5
3	Es-K1	B	55,734,810	77	4.3
4	Es-T13	C	28,114,842	140	3.9
5	Es-K6	B	34,300,190	103	3.5
6	Es-T8	C	11,942,137	150	1.8
7	Es-K9	B	28,374,261	62	1.8
8	Es-G3	A	56,722,517	29	1.6
9	Es-K4	B	16,133,016	81	1.3
10	Es-K3	B	24,732,714	51	1.3
11	Es-G104	A	23,284,618	46	1.1
12	Es-T17	C	6,150,309	158	1.0
13	Es-K8	B	12,425,060	76	0.9
14	Es-T14	C	10,979,949	79	0.9
15	Es-G103	A	24,234,201	30	0.7
16	Es-T18	C	4,228,490	138	0.6
17	Es-T4	C	5,293,731	107	0.6
18	Es-T1	C	6,484,158	84	0.5
19	Es-K7	B	3,130,450	160	0.5
20	Es-K2	B	6,632,408	67	0.4

- 崩壊断面積(概算)より、エリア毎に最大規模となる海底地すべり地形として、エリアAのEs-G3、エリアBのEs-K5、エリアCのEs-T2を抽出した。
- なお、崩壊体積(概算)を算出した結果、各エリア毎の最大規模の海底地すべり(エリアA: Es-G3、エリアB: Es-K5、エリアC: Es-T2)は、崩壊部の鉛直断面積より選定した結果と同じであることを確認した。
- 抽出した各エリア毎の最大規模の海底地すべりに対し、音波探査記録の再解析により崩壊部・堆積部を判読し、詳細な地形変化を算出する。

【計算モデル・計算条件（1 / 6）】

海底地すべりによる津波評価の方法

- 海底地すべりによる津波の評価では、崩壊前後の海底地すべり地形を元に初期水位波形を設定し、伝播計算を行う。
- 既許可と同様に、初期水位波形の設定には以下の2つの手法を用いる。



- ① 実験や海底地すべりの数値解析モデルの再現性を確認しているGrilli and Watts (2005) ※1及びWatts et al. (2005) ※2による予測式 (Watts他の予測式)
- ② 佐竹・加藤 (2002) ※3が用いた運動学的海底地すべりモデルによる予測方法 (Kinematicモデルによる方法)

※1 : Grilli, S.T., and P. Watts (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. I : Modeling, Experimental Validation, and Sensitivity Analysis, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.283-297.

※2 : Watts, P., S.T. Grilli, D.R. Tappin, and G.J. Fryer (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II: Predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.298-310.

※3 : 佐竹健治・加藤幸弘(2002) : 「1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた」, 月刊海洋/号外, No.28, pp.150-160.

【計算モデル・計算条件（2 / 6）】

計算手法及び計算条件

計算手法及び計算条件については、既許可と同様とする。

設定項目		設定値	
津波計算	基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式(後藤他(1982)※1)	
	変数配置および差分スキーム	Staggered Leap-frog法	
計算条件等	計算領域	対馬海峡から間宮海峡に至る東西方向約1,500km、南北方向約2,000km	
	空間格子間隔	1,350m→450m→150m→50m→25m→12.5m→6.25m→3.125m	
	時間格子間隔※2	0.025秒（安定条件(CFL条件)を満足するように設定）	
	初期条件	（Watts他の予測式）Watts他の予測式により計算される初期水位分布を初期条件とする。 （Kinematicモデルによる方法）Kinematicモデルによる方法を用いて算出される時間刻みあたりの地形変化量が、海面水位と海底地形にそのまま反映されるものとする。	
	境界条件	沖側境界	特性曲線法をもとに誘導される自由透過の条件(後藤他(1982)※1)
		陸域境界	完全反射条件（発電所敷地については遡上境界とする）
	海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n=0.030$ (土木学会(2016)※3)	
	水平渦動粘性係数	0m ² /s	
	計算時間	3.0時間	
	計算潮位※4	水位上昇側T.P.+0.49m、水位下降側T.P.0.00m	
評価潮位※4	水位上昇側T.P.+0.49m、水位下降側T.P.-0.01m 〔 国土交通省・舞鶴検潮所のデータによる (2007年1月～2011年12月の5箇年) 〕		
津波水位評価		cmを切り上げ、10cm単位で評価する。	

※1 : 後藤智明・小川由信(1982) : Leap-frog法を用いた津波の数値計算法, 東北大学土木工学科資料, 1982

※2 : 既許可においては、取水路防潮ゲート閉時は0.05秒で、取水路防潮ゲート開時は0.025秒で設定。今回は取水路防潮ゲート開なので0.025秒とする。

※3 : 土木学会(2016) : 原子力発電所の津波評価技術2016.

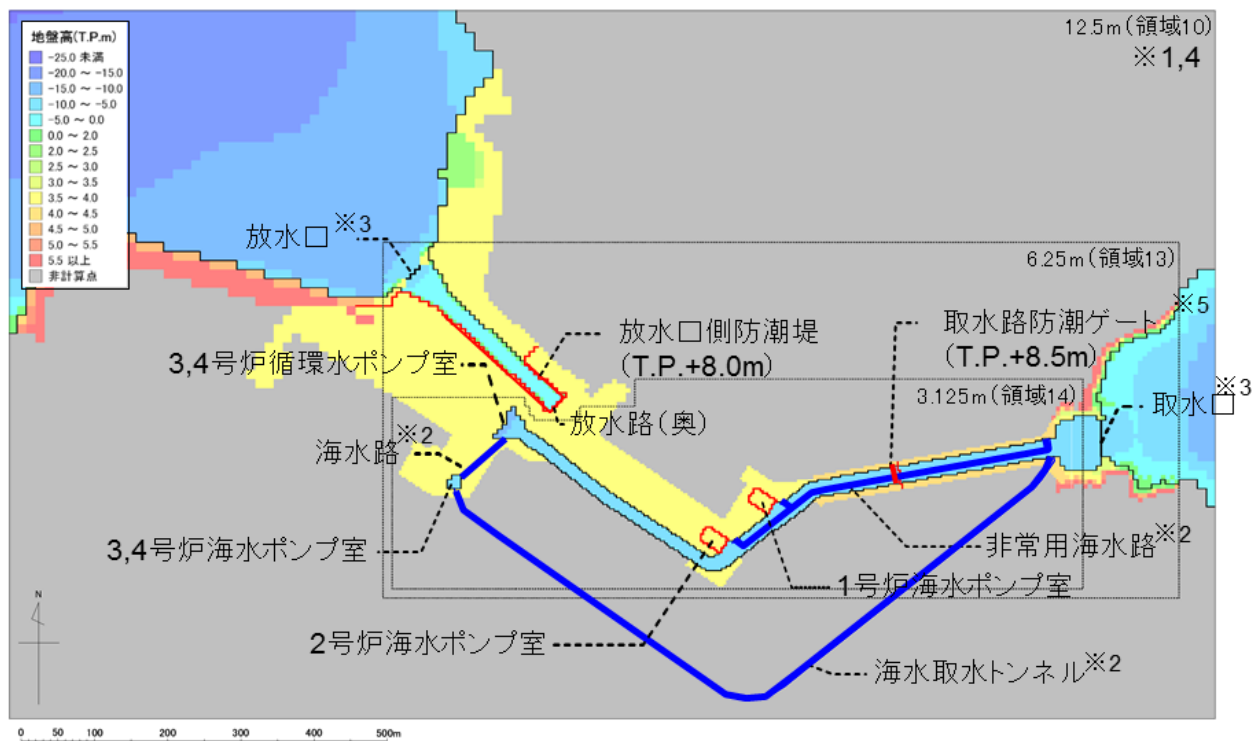
※4 : 計算潮位とは津波シミュレーションを実施する際の潮位設定を意味し、評価潮位とは水位計算結果を評価する際に考慮する潮位を意味する。水位上昇側では、浸水範囲を適切に評価する観点から津波シミュレーション実施時に朔望平均満潮位で潮位設定しているため、計算潮位・評価潮位ともにT.P.+0.49mとなる。水位下降側では、T.P.0.00mで潮位設定した津波シミュレーションによる計算水位に朔望平均干潮位T.P.-0.01mを加算して評価水位としているため、計算潮位と評価潮位が異なる。

【計算モデル・計算条件（3／6）】

計算モデル

- 警報が発表されない場合の津波評価に用いる計算モデルは、既許可時と同様のモデルとする。（申請時には施設形状を考慮したモデルとしていたが、津波評価の保守性及び評価全体でのモデル統一の観点から、既許可時のモデルに変更する。）
- 警報が発表されない前提であることから、計算条件は、取水路防潮ゲート「開」、循環水ポンプ「取水あり（水位下降側のみ）」とする。

〔取水路等の水理特性を考慮した数値計算モデル〕

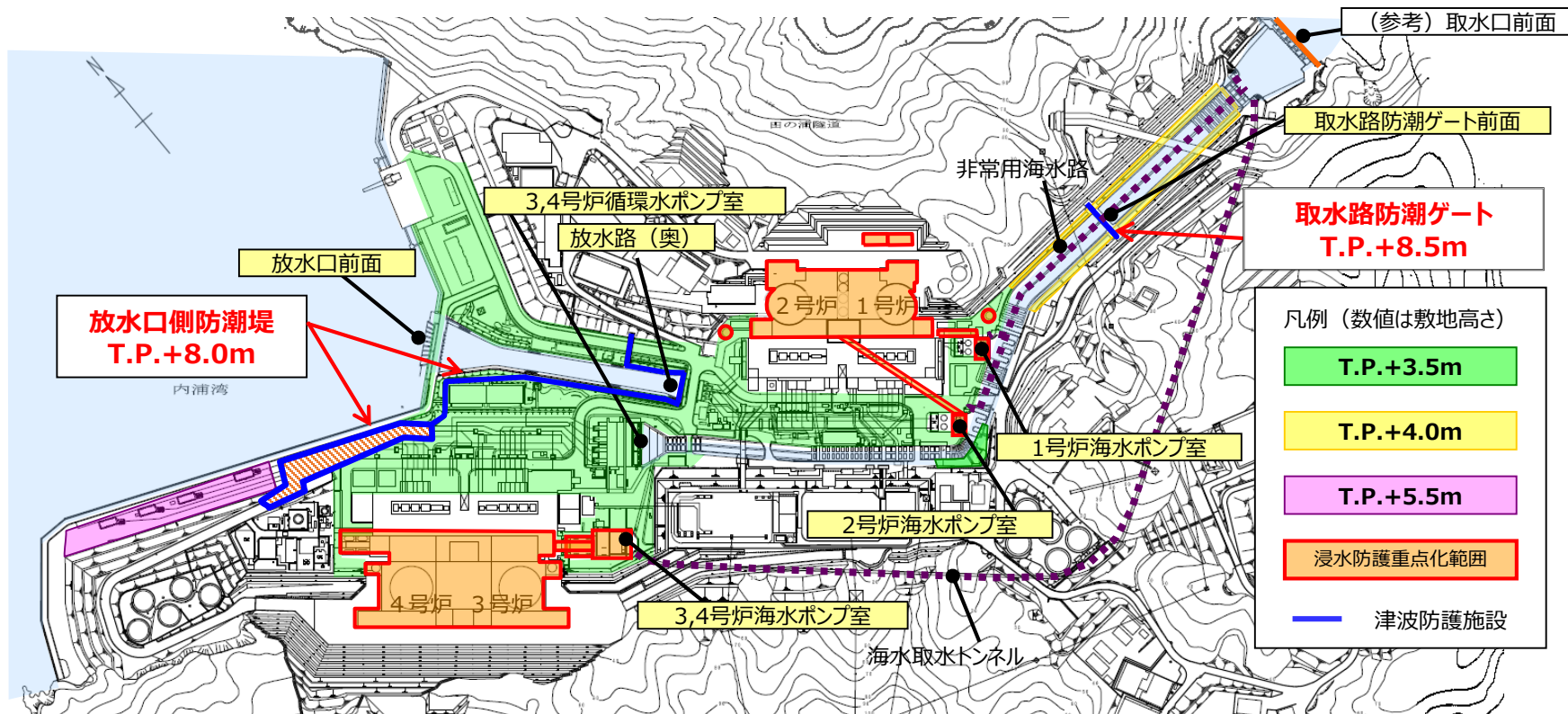


- ※1 本計算範囲は12.5m、6.25m及び3.125m格子であり、非線形長波理論式及び連続式で計算。
- ※2 海水路、海水取水トンネル（管路）、非常用海水路は、仮想スロットモデルにより一次元不定流の連続式及び運動方程式で計算。
- ※3 取放水口のカーテンウォール及び取水路防潮ゲートは、中間公式および土木研究所(1996)による計算式から、越流量および開口部通過流量を計算。
- ※4 灰色の着色部を除くメッシュで遡上計算が可能。
- ※5 取水路防潮ゲートは「開（4門開）」の条件を設定。
- ※6 循環水ポンプ・海水ポンプによる取水を考慮する。ただし、循環水ポンプは、運用上の設定水位（T.P.-2.50m）に達した場合には取水を停止する。

【計算モデル・計算条件（4 / 6）】

津波水位評価点

- ▶ 水位上昇側の津波水位評価点については、津波防護対象への津波の影響を確認するため、取水路防潮ゲート前面、海水ポンプ室（1号炉、2号炉及び3,4号炉）、3,4号炉循環水ポンプ室、放水口前面及び放水路（奥）を選定する。
- ▶ 水位下降側の津波水位評価点については、引き津波に対する海水ポンプの取水性を確認するため、海水ポンプ室（1号炉、2号炉及び3,4号炉）を選定する。



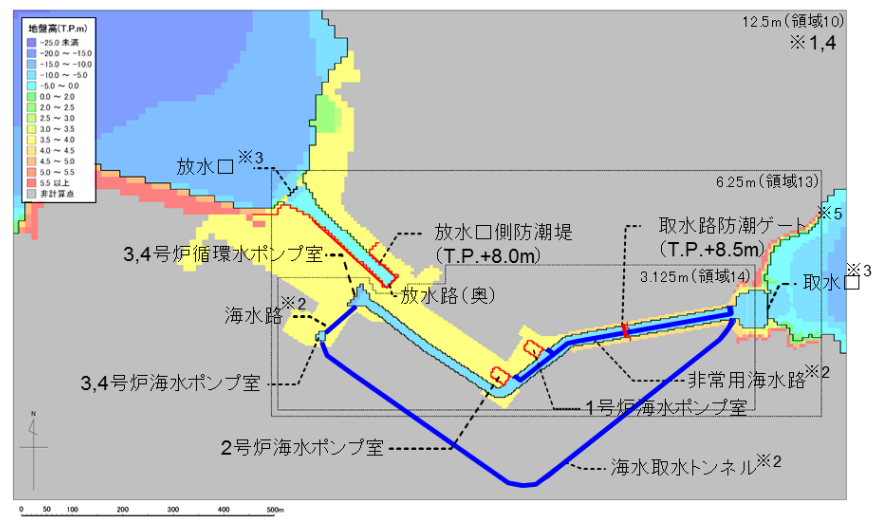
津波防護対象

- 重要な安全機能を有する設備（浸水防護重点化範囲）：原子炉格納施設、原子補助建屋、制御建屋、中間建屋、燃料油貯油そう、海水ポンプ室、復水タンク
- 重大事故等対処施設：緊急時対策所、空冷式非常用発電装置 他

【計算モデル・計算条件（5 / 6）】

取水路防潮ゲート開閉による各評価点（取水路側）の位置づけ

- 取水路側の各評価点（取水路防潮ゲート、各ポンプ室）については、いずれも評価点として必要であるが、安全機能を持つ施設への影響（敷地への遡上、海水取水ポンプの取水性）の観点では、防潮ゲートの開閉によって評価点として重視すべき度合が異なる。
- 防潮ゲート閉（close）の場合は、防潮ゲート前については越流による津波浸入有無の観点から評価点として重視が必要だが、各ポンプ室については取水路からの津波浸入がなく水位変動が小さいので評価点として重視する必要はない。
- 防潮ゲート開（open）の場合は、防潮ゲート前については水位によらず津波が浸入するので評価点として重視する必要はないが、各ポンプ室については取水路からの津波浸入によって水位変動が大きくなるので評価点として重視が必要である。



評価点 (取水路側)	評価点として重視の要否 (安全機能を持つ施設への影響の観点)	
	取水路防潮ゲート 閉 (close)	取水路防潮ゲート 開 (open)
取水路防潮ゲート前面	重視要 ゲート閉止によって内側への津波の浸入を防止していることから、ゲート前水位がゲート高さを超えないことを確認するために、評価点として重視が必要。	重視不要 ゲート開状態では津波水位に関わらず内側に津波が浸入するため、評価点として重視する必要はない。
各ポンプ室 ・3,4号炉循環水ポンプ室 ・1号炉海水ポンプ室 ・2号炉海水ポンプ室 ・3,4号炉海水ポンプ室	重視不要 ゲート閉状態では非常用海水路、海水取水トンネル、海水路を通じて各ポンプ室に津波が浸入するため、津波水位が敷地高さを超えないこと及び海水ポンプの取水可能水位を下回らないことの確認が必要。 ただし、ゲート閉止によって取水路を通じた津波浸入が防止されることから、津波による水位変動は小さくなるため、評価点として重視する必要はない。	重視要 ゲート開状態では取水路、非常用海水路、海水取水トンネル、海水路を通じて各ポンプ室に津波が浸入するため、津波水位が敷地高さを超えないこと及び海水ポンプの取水可能水位を下回らないことの確認が必要。 ただし、ゲート開状態では取水路を通じて津波が浸入することから、津波による水位変動は大きくなるため、評価点として重視が必要。

【計算モデル・計算条件（6 / 6）】

取水路防潮ゲートの開閉条件及び循環水ポンプ・海水ポンプの取水条件

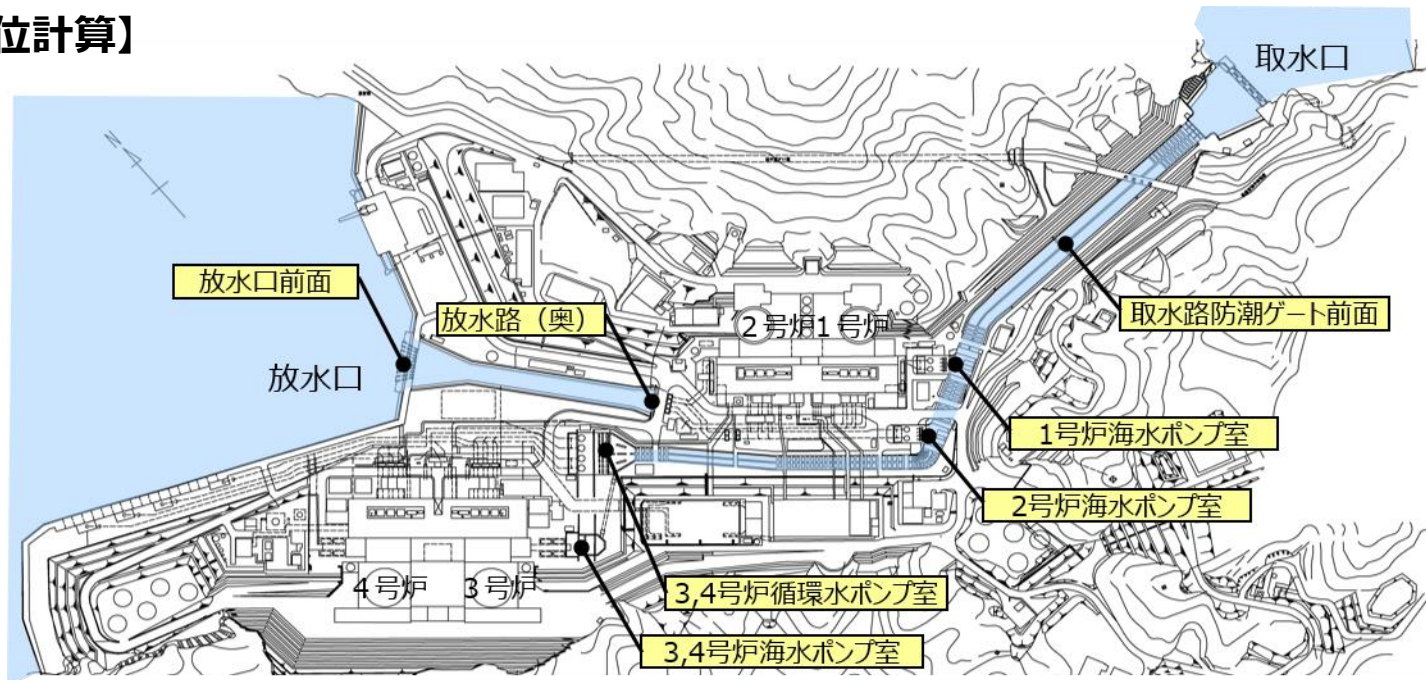
- 警報が発表されないケースでは、後述の対策により取水路防潮ゲートは閉止されるが、第1波到達までに閉止することはできないことから、基準津波評価における計算条件として取水路防潮ゲートは「開（4門開）」条件とする。
- 警報が発表されない前提に基づき、水位下降側については、循環水ポンプは「取水あり」とする。水位上昇側については、保守的に、循環水ポンプは「取水なし」とする。
- 海水ポンプの稼働状況は津波警報の有無によって変わらないため、海水ポンプの取水条件は既許可時と同様とする。

検討ケース	津波警報	取水路防潮ゲート		循環水ポンプ取水量※1 ※2		海水ポンプ取水量※1	
		第1波到達までの閉止	計算モデルでの開閉条件	水位上昇側	水位下降側	水位上昇側	水位下降側
警報が発表されないケース	なし	不可	開	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号運転時</u> 1号：91,500m ³ /h×2 2号：91,500m ³ /h×2 3号：116,000m ³ /h×2 4号：116,000m ³ /h×2	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号運転時</u> 1号：3,200m ³ /h×3 2号：3,200m ³ /h×3 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1
既許可時の検討ケース	あり	可	閉	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号運転時</u> 1号：3,200m ³ /h×3 2号：3,200m ³ /h×3 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1
		不可	開	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号停止時</u> 1号：取水なし 2号：取水なし 3号：取水なし 4号：取水なし	<u>1～4号運転時</u> 1号：3,200m ³ /h×3 2号：3,200m ³ /h×3 3号：5,100m ³ /h×1 4号：5,100m ³ /h×1

※1：循環水ポンプ・海水ポンプによる取水は水位を低下させるため、水位上昇側の評価では取水量が少ないほうが、水位下降側の評価では取水量が多いほうが、それぞれ保守的な条件設定となる。

※2：循環水ポンプは、水位がT.P.-2.50mまで低下した場合に取水を停止することから、これを計算条件として設定する。なお、水位検知からポンプ取水が完全に停止するまでの時間を考慮し、水位がT.P.-2.50mまで低下してから5分後に取水停止するものとする。

【津波水位計算】



数字は、T.P.(m)

		取水路 防潮 ゲート	水位上昇						水位下降			
			取水路 防潮ゲート 前面	3,4号炉 循環水 ポンプ室	1号炉 海水 ポンプ室	2号炉 海水 ポンプ室	3,4号炉 海水 ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水 ポンプ室	2号炉 海水 ポンプ室	3,4号炉 海水 ポンプ室
エリアA (Es-G3)	Watts他の予測式	開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.5	-0.6	-1.1
	Kinematicモデルによる方法	開	2.0	2.3	2.1	2.2	2.6	1.6	1.8	-1.2	-1.4	-2.2
エリアB (Es-K5)	Watts他の予測式	開	2.2	2.5	2.3	2.4	2.5	1.9	2.1	-1.4	-1.5	-2.1
	Kinematicモデルによる方法	開	3.6	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	4.0	-3.6	-3.7	-3.7
エリアC (Es-T2)	Watts他の予測式	開	1.4	1.8	1.4	1.6	1.8	1.1	1.4	-1.3	-1.4	-2.2
	Kinematicモデルによる方法	開	3.2	3.7	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	-2.4	-2.5	-2.8

➤ 津波水位計算の結果、各評価点における水位変動は、海底地すべりエリアB（Kinematicモデル）による津波が最も大きい結果となった。

➤ エリアB（Kinematicモデル）では、各ポンプ室位置で、敷地高さ（T.P.+3.5m）を上回る水位、及び、海水ポンプの取水可能水位（1,2号炉海水ポンプ：T.P.-3.21m、3,4号炉海水ポンプ：T.P.-3.52m）を下回る水位となった。また、エリアC（Kinematicモデル）では、3,4号炉海水ポンプ室で敷地高さ（T.P.+3.5m）を上回る水位となった。

⇒各エリアの最大規模の波源として抽出した海底地すべりによる津波で施設影響が生じる結果となったことから、警報が発表されないケースにおいて、他にも施設へ影響する波源がないかを確認する。

1. 地震以外に起因する津波
 - 1 - 1. 海底地すべりに起因する津波評価
 - 1 - 2. 海底地すべりのうち施設影響が生じる波源の確認
2. 基準津波の選定
3. 基準津波の年超過確率の参照
4. 津波に対する安全性（砂移動評価）

【検討方法】

各エリアの最大規模の波源として抽出した海底地すべりによる津波で施設影響が生じる結果となったことから、警報が発表されないケースにおいて、他にも施設へ影響する波源がないかを確認する。

＜施設に影響する波源の確認方法＞

- (1) 隠岐トラフ海底地すべりを位置・向きによりエリアA～Cに分類し、各エリアで規模が1位～3位のものを選定する。
- (2) 隠岐トラフ海底地すべりのうち、エリアに関わらず、発電所方向に崩壊するものを選定する。
- (3) これらの波源による津波の計算結果から、施設影響が生じるケース※を確認する。

※施設への影響については、耐津波設計で設定される潮位のばらつき（水位上昇側：+0.15m、水位下降側：-0.17m）と高潮の裕度（水位上昇側：+0.49m）を津波水位計算結果に加味した値を、敷地高さ及び取水可能水位と比較することで確認する。

(1) 各エリアで規模が1位～3位の地すべりの選定

●地すべり地形の規模の算出結果（断面積上位20個）

第314回審査会合
資料1-4-2、p.77抜粋

規模の順位	地すべり地形	エリア	測線	地すべり長さ(m)	地すべり厚さ(m)	地すべり長さ×厚さ(m ²)
1	Es-K5	B	K-120	7,135	128	913,324
2	Es-T2	C	GA-23	8,592	97	833,402
3	Es-T8	C	GA-22	4,374	150	656,141
4	Es-K7	B	K-119	3,618	160	578,850
5	Es-T13	C	GA-20	4,966	116	576,038
6	Es-K6	B	K-120	5,420	103	558,225
7	Es-T14	C	GA-15	8,970	61	547,200
8	Es-K8	B	K-119	6,557	76	498,312
9	Es-K4	B	K-120	4,418	81	357,855
10	Es-K3	B	K-121	7,596	45	341,839
11	Es-T6	C	GA-21	5,343	62	331,267
12	Es-T17	C	GA-11	1,979	158	312,678
13	Es-K2	B	K-120	4,462	67	298,932
14	Es-T15	C	GA-13	8,326	33	274,765
15	Es-K1	B	K-121	5,198	52	270,276
16	Es-G3	A	K-115	6,856	29	198,822
17	Es-G103	A	K-118	6,172	30	185,161
18	Es-T12	C	GA-T	6,284	29	182,237
19	Es-G104	A	K-51	3,584	46	164,876
20	Es-G102	A	K-119	4,413	36	158,864

←エリアBの1位（評価済み：施設影響あり）

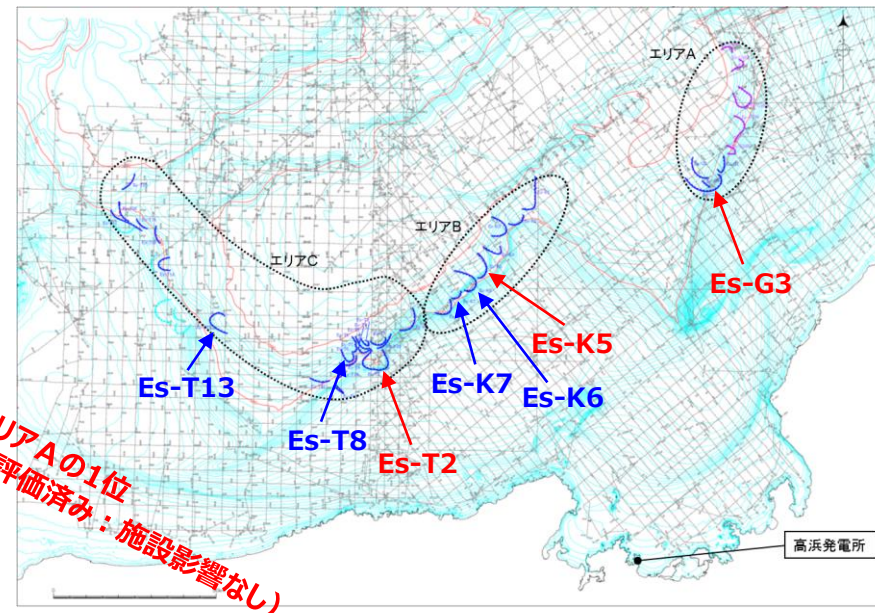
←エリアCの1位（評価済み：施設影響あり）

←エリアCの2位（追加評価：施設影響の有無を確認する）

←エリアBの2位（追加評価：施設影響の有無を確認する）

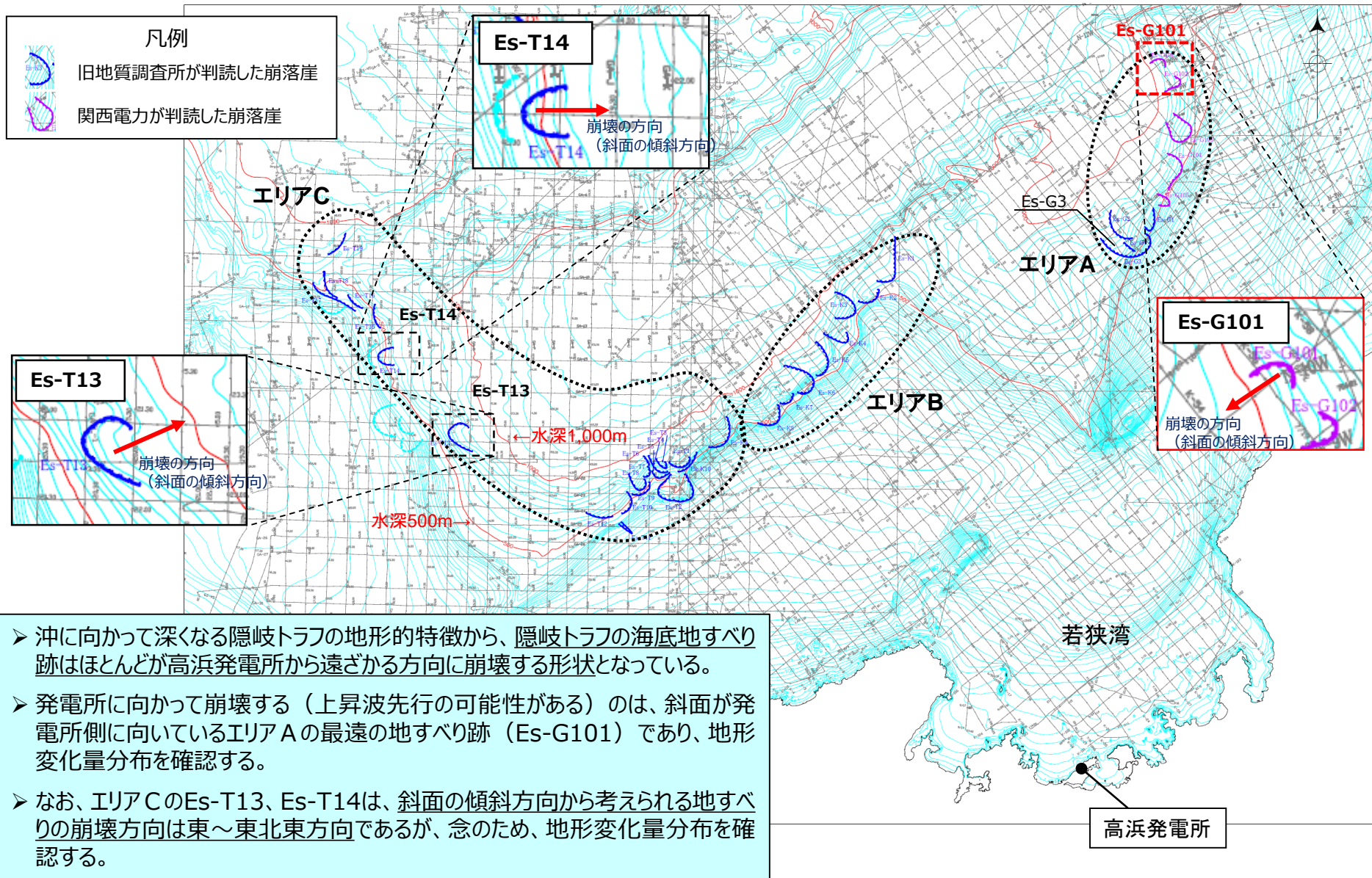
←エリアCの3位（追加評価：施設影響の有無を確認する）

←エリアBの3位（追加評価：施設影響の有無を確認する）



- エリアA～Cの最大規模である**Es-G3**、**Es-K5**、**Es-T2**については評価済みであり、Es-K5及びEs-T2で施設影響が生じることを確認している。
- エリアBの規模2位・3位の**Es-K7**及び**Es-K6**、エリアCの規模の2位・3位の**Es-T8**及び**Es-T13**を選定し、施設影響の有無を確認する。
- エリアAは最大規模のEs-G3でも施設影響が生じないことから、規模の2位・3位の地すべりの評価は行わない。

(2) 発電所方向に崩壊する地すべりの選定

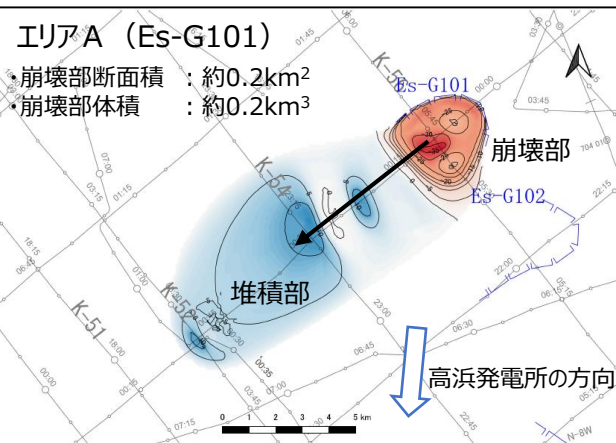


- 沖に向かって深くなる隠岐トラフの地形的特徴から、隠岐トラフの海底地すべり跡はほとんどが高浜発電所から遠ざかる方向に崩壊する形状となっている。
- 発電所に向かって崩壊する（上昇波先行の可能性のある）のは、斜面が発電所側に向いているエリアAの最遠の地すべり跡（Es-G101）であり、地形変化量分布を確認する。
- なお、エリアCのEs-T13、Es-T14は、斜面の傾斜方向から考えられる地すべりの崩壊方向は東～東北東方向であるが、念のため、地形変化量分布を確認する。

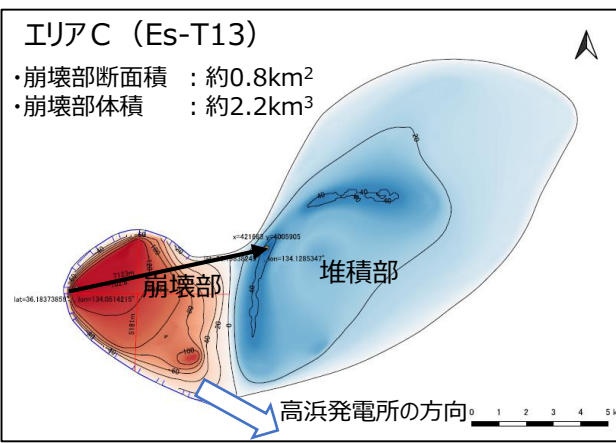
(2) 発電所方向に崩壊する地すべりの選定

● 隠岐トラフ海底地すべりの向き・位置

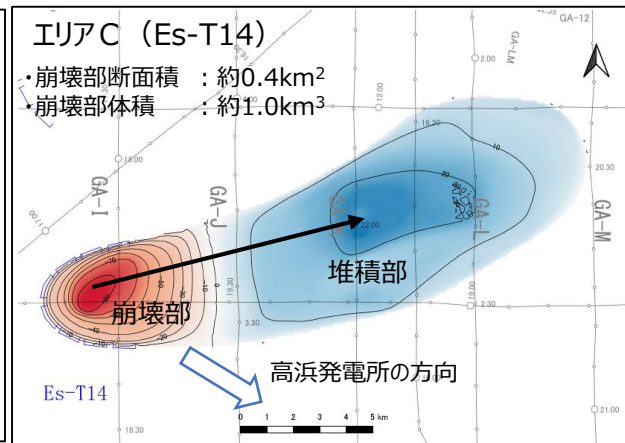
- 前頁で高浜発電所に向かって崩壊する地すべりとして確認したエリアAのEs-G101について、海上音波探査記録に基づく詳細な地形判読を行い、崩壊部・堆積部の地形変化量分布を確認する。
- また、東向きに崩壊と考えられるエリアCのEs-T13及びEs-T14についても同様に崩壊部・堆積部の地形変化量分布を確認する。



エリアAのEs-G101では、堆積部と崩壊部の位置関係から、南西向きに崩壊となっている。したがって、高浜発電所に向かって崩壊していることになるが、前述のとおり、規模が小さく最遠に位置することから施設影響はないと考えられる。



エリアCのEs-T13では、堆積部と崩壊部の位置関係から、東北東向きに崩壊となっている。したがって、高浜発電所に向かった崩壊にはなっていない。



エリアCのEs-T14では、堆積部と崩壊部の位置関係から、東北東向きに崩壊となっている。したがって、高浜発電所に向かった崩壊にはなっていない。

地形変化量分布の確認結果から、発電所方向に崩壊する地すべりはEs-G101のみと考えられる。ただし、隠岐トラフ海底地すべりの網羅性を確認する観点から、今回着目した**Es-G101**、**Es-T13**、**Es-T14**の3か所について、施設影響の有無を確認する。

(3) 津波水位計算結果

エリアA～Cの各エリアの規模1位～3位の地すべり及びエリアに関わらず発電所方向に崩壊する地すべりによる津波水位計算結果を示す。
(崩壊規模及び破壊伝播速度は最大値で設定している。)

数字は、T.P.(m)

海底地すべり（警報なし）			取水路 防潮 ゲート	水位上昇							水位下降		
				取水路 防潮ゲート 前面	3,4号炉 循環水 ポンプ室	1号炉 海水 ポンプ室	2号炉 海水 ポンプ室	3,4号炉 海水 ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水 ポンプ室	2号炉 海水 ポンプ室	3,4号炉 海水 ポンプ室
エリアA	Es-G3 (規模1位)	Watts他の予測式	開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.5	-0.6	-1.1
		Kinematicモデルによる方法	開	2.0	2.3	2.1	2.2	2.6	1.6	1.8	-1.2	-1.4	-2.2
	Es-G101 (発電所方向)	Watts他の予測式	開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.4	-0.5	-1.1
		Kinematicモデルによる方法	開	0.9	1.0	0.9	0.9	1.1	0.8	0.9	-0.6	-0.7	-1.3
エリアB	Es-K5 (規模1位)	Watts他の予測式	開	2.2	2.5	2.3	2.4	2.5	1.9	2.1	-1.4	-1.5	-2.1
		Kinematicモデルによる方法	開	3.6	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	4.0	-3.6	-3.7	-3.7
	Es-K7 (規模2位)	Watts他の予測式	開	1.4	1.7	1.5	1.5	1.7	1.1	1.2	-0.9	-1.0	-1.6
		Kinematicモデルによる方法	開	2.1	2.3	2.1	2.2	2.6	2.2	2.4	-1.5	-1.6	-2.4
	Es-K6 (規模3位)	Watts他の予測式	開	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	-0.7	-0.8	-1.3
		Kinematicモデルによる方法	開	2.0	2.3	2.1	2.1	2.3	1.7	1.9	-1.4	-1.5	-2.2
エリアC	Es-T2 (規模1位)	Watts他の予測式	開	1.4	1.8	1.4	1.6	1.8	1.1	1.4	-1.3	-1.4	-2.2
		Kinematicモデルによる方法	開	3.2	3.7	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	-2.4	-2.5	-2.8
	Es-T8 (規模2位)	Watts他の予測式	開	1.3	1.7	1.2	1.3	1.6	0.9	1.1	-1.0	-1.0	-1.7
		Kinematicモデルによる方法	開	1.8	2.1	1.9	2.0	2.1	2.4	2.5	-1.7	-1.9	-2.6
	Es-T13 (規模3位、発 電所方向)	Watts他の予測式	開	0.9	1.2	0.9	1.0	1.3	0.9	0.9	-0.6	-0.7	-1.3
		Kinematicモデルによる方法	開	1.8	2.0	1.8	1.8	2.1	2.3	2.4	-1.5	-1.6	-2.3
	Es-T14 (発電所方向)	Watts他の予測式	開	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	-0.6	-0.7	-1.2
		Kinematicモデルによる方法	開	2.0	2.4	2.1	2.2	2.4	1.9	2.0	-1.5	-1.6	-2.1

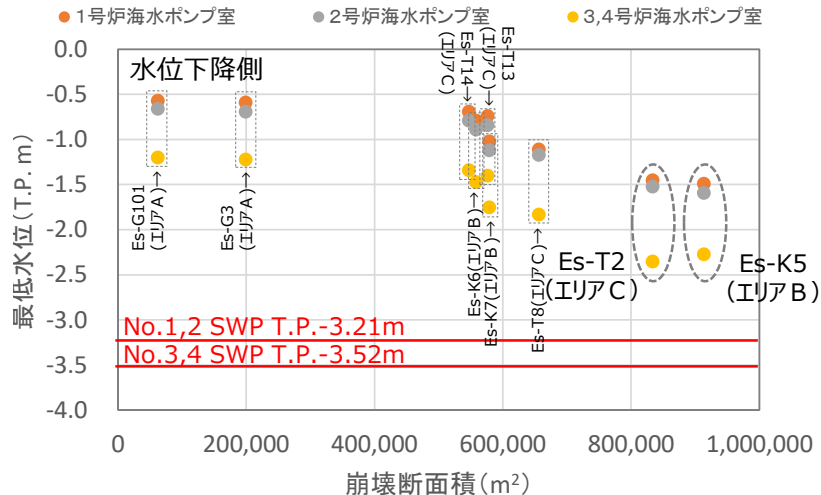
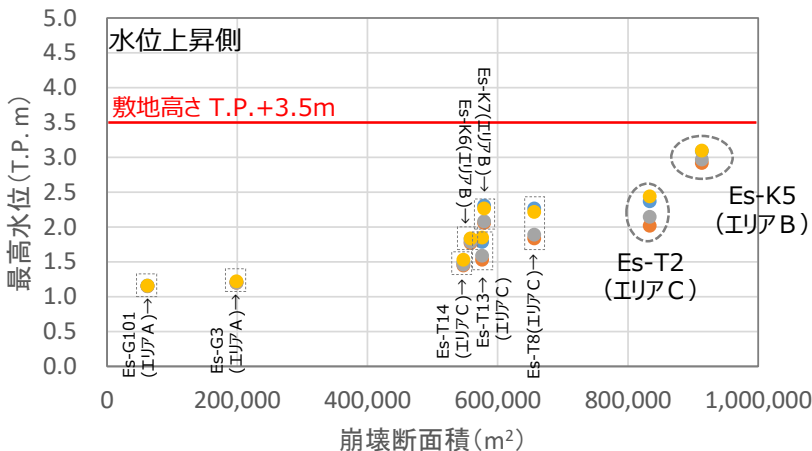
津波水位計算の結果、各評価点における水位変動は、エリアBのEs-K5（Kinematicモデル）が最も大きく、規模2位・3位の地すべりや発電所方向に崩壊する地すべりではこれを上回る水位変動は生じない。

(3) 津波水位計算結果（施設影響が生じるケースの確認）

施設影響を確認するため、崩壊断面積と水位（上昇側：ばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49m考慮、下降側：ばらつき-0.17m考慮）の関係を整理した。

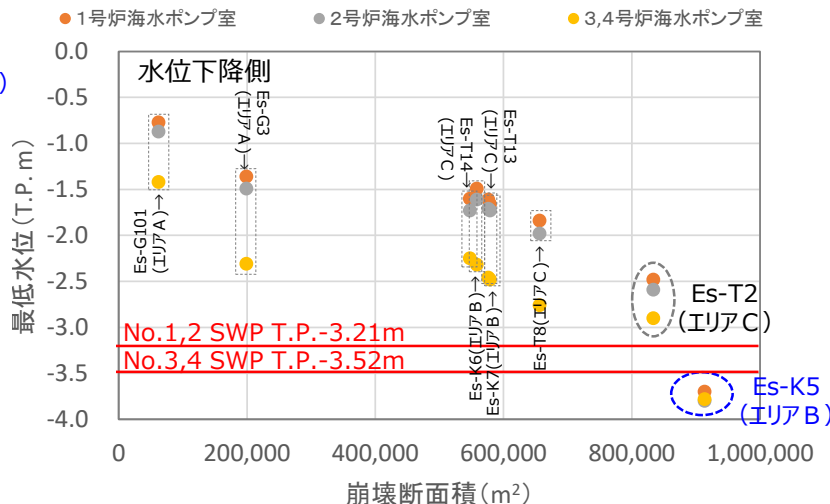
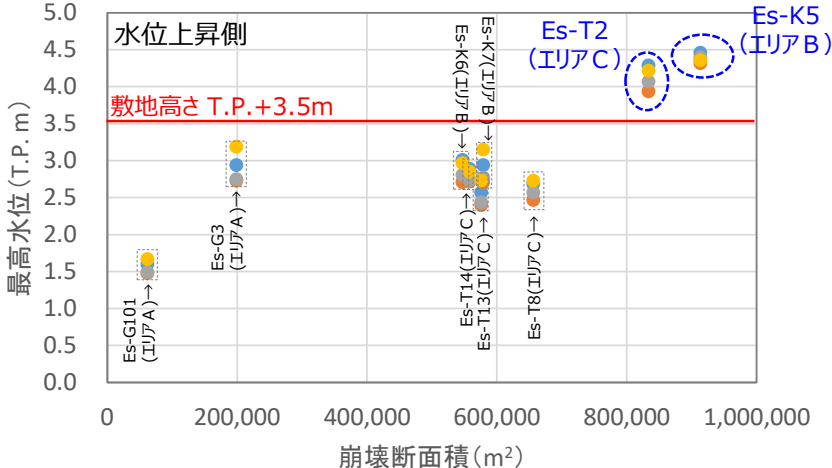
● Watts他の予測式

● 3,4号炉循環水ポンプ室 ● 1号炉海水ポンプ室 ● 2号炉海水ポンプ室 ● 3,4号炉海水ポンプ室



● Kinematicモデルによる方法

● 3,4号炉循環水ポンプ室 ● 1号炉海水ポンプ室 ● 2号炉海水ポンプ室 ● 3,4号炉海水ポンプ室



- エリアの違いや崩壊の向きによる傾向の差異は見られず、崩壊断面積が大きいほど最高水位は高く、最低水位は低くなっている。
- 施設影響が生じるのは、水位上昇側では**Es-K5（Kinematicモデル）**と**Es-T2（Kinematicモデル）**、水位下降側では**Es-K5（Kinematicモデル）**である。

1. 地震以外に起因する津波
 - 1 - 1. 海底地すべりに起因する津波評価
 - 1 - 2. 海底地すべりのうち施設影響が生じる波源の確認
2. 基準津波の選定
3. 基準津波の年超過確率の参照
4. 津波に対する安全性（砂移動評価）

(1) 既許可時の評価

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値

取水路防潮 ゲート※2	波源モデル		水位上昇						水位下降					
			取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室		
閉 (Close)	地震に 起因する津波	大陸棚外縁～B～野坂断層		5.3	0.9	0.9	0.9	1.3	2.1	2.1	—	—	—	
		日本海東縁部の波源		—	—	—	—	—	—	—	-0.8	-0.7	-1.0	
	地震以外に 起因する津波	海底 地すべり	エリアA (Es-G3)	Watts他の予測式	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.3	-0.3	-0.3
				Kinematicモデルによる方法	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	1.8	-0.8	-0.8	-0.8
			エリアB (Es-K5)	Watts他の予測式	2.0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.9	2.1	-0.7	-0.7	-0.8
				Kinematicモデルによる方法	4.1	1.2	1.1	1.1	1.3	3.7	4.0	-1.1	-1.0	-1.1
			エリアC (Es-T2)	Watts他の予測式	2.4	0.8	0.7	0.7	1.1	1.1	1.3	-0.5	-0.5	-0.8
				Kinematicモデルによる方法	3.3	1.1	1.1	1.1	1.2	3.7	3.9	-0.9	-0.9	-1.2
	行政機関の 波源モデルを 用いた津波	福井県モデル (若狭海丘列付近断層)		4.5	1.1	1.1	1.1	1.4	3.6	3.8	-0.8	-0.8	-1.0	
		秋田県モデル (日本海東縁部の断層)		4.4	1.7	1.7	1.7	1.7	2.9	3.0	-1.4	-1.4	-1.6	
		若狭海丘列付近断層	大すべり中央	3.6	0.7	0.7	0.7	1.2	2.1	2.1	—	—	—	
			大すべり隣接LRR	3.6	0.7	0.7	0.7	1.2	1.9	1.9	—	—	—	
津波の 組み合わせ (一体計算)	福井県モデル (若狭海丘列付近断層) と隠岐トラフ海底地すべりエリアB (Es-K5)		21秒ずれ	4.9	1.3	1.3	1.2	1.7	5.0	5.8	—	—	—	
			63秒ずれ	5.1	1.3	1.3	1.2	1.8	5.3	6.1	—	—	—	
			78秒ずれ	5.5	1.3	1.2	1.1	1.7	5.3	6.2	—	—	—	
開 (Open)	地震に 起因する津波	FO-A～FO-B～熊川断層		2.0	2.1	1.9	1.9	2.5	2.7	2.8	-1.9 ^{※3}	-1.8 ^{※3}	-2.0 ^{※3}	
		地震以外に 起因する津波	陸上 地すべり	No.1,2,3	Watts他による方法	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	-0.1	-0.1
	運動学的手法				0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	2.1	2.1	-0.3	-0.3	-0.4
	No.10			Watts他による方法	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	-0.1	-0.1	-0.1
				運動学的手法	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.5	1.4	-0.1	-0.1	-0.1
	No.14			Watts他による方法	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0	0.6	0.6	-0.3	-0.4	-0.4
				運動学的手法	1.1	1.2	1.0	1.0	1.0	0.6	0.7	-0.3	-0.4	-0.4
	津波の 組み合わせ (一体計算)	FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべり(No.14)		30秒ずれ	—	—	—	—	—	—	-1.9 ^{※3}	-1.8 ^{※3}	-1.9 ^{※3}	
				45秒ずれ	2.1	2.4	2.1	2.1	2.5	2.7	2.7	—	—	—
				51秒ずれ	—	—	—	—	—	—	—	-1.8 ^{※3}	-1.8 ^{※3}	-2.0 ^{※3}
				54秒ずれ	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.7	2.7	-1.8 ^{※3}	-1.8 ^{※3}	-2.0 ^{※3}

基準津波 1

基準津波 2

(2) 警報が発表されない場合 (今回評価)

取水路防潮 ゲート※2	波源モデル		水位上昇						水位下降					
			取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室		
開 (Open)	地震以外に 起因する津波	海底 地すべり	エリアA (Es-G3)	Watts他の予測式	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.5	-0.6	-1.1
				Kinematicモデルによる方法	2.0	2.3	2.1	2.2	2.6	1.6	1.8	-1.2	-1.4	-2.2
			エリアB (Es-K5)	Watts他の予測式	2.2	2.5	2.3	2.4	2.5	1.9	2.1	-1.4	-1.5	-2.1
				Kinematicモデルによる方法	3.6	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	4.0	-3.6	-3.7	-3.7
			エリアC (Es-T2)	Watts他の予測式	1.4	1.8	1.4	1.6	1.8	1.1	1.4	-1.3	-1.4	-2.2
				Kinematicモデルによる方法	3.2	3.7	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	-2.4	-2.5	-2.8

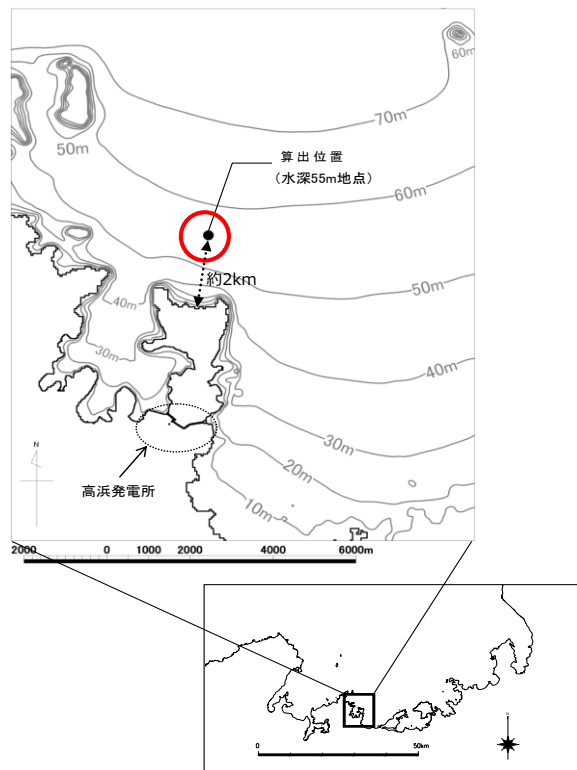
基準津波 3

基準津波 4

※1: 警報が発表されない前提の計算条件による評価 ※2: 閉: 取水路防潮ゲート天端TP+8.5mで全閉、開: 両系列のゲートが開いた状態 (TP±0～+8.5mはカーテンウォールあり) ※3: 地盤変動量0.23m隆起

- 警報が発表されない場合において施設影響が生じる波源は「海底地すべりエリアB (Kinematicモデル)」及び「海底地すべりエリアC (Kinematicモデル)」であった。このため、既許可時に選定した基準津波 1・基準津波 2に加え、これらを基準津波 3 及び基準津波 4として選定する。
- 基準津波 3 及び基準津波 4 では施設影響が生じることから、耐津波設計において、警報が発表されない津波への対策として、第 1 波到達以降に防潮ゲートを閉止する運用を設計し、施設影響を回避する。この対策は、施設影響が生じる基準津波 3 及び基準津波 4 の波源を用いて検討する。

【定義位置における時刻歴波形】

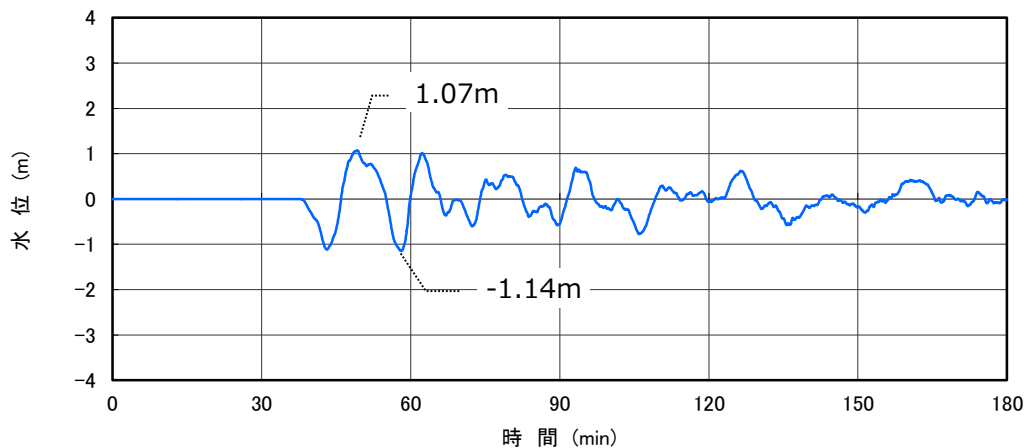


時刻歴波形の算出位置

基準津波は、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微小となるよう、音海半島から約2 km離れた海域で定義した。

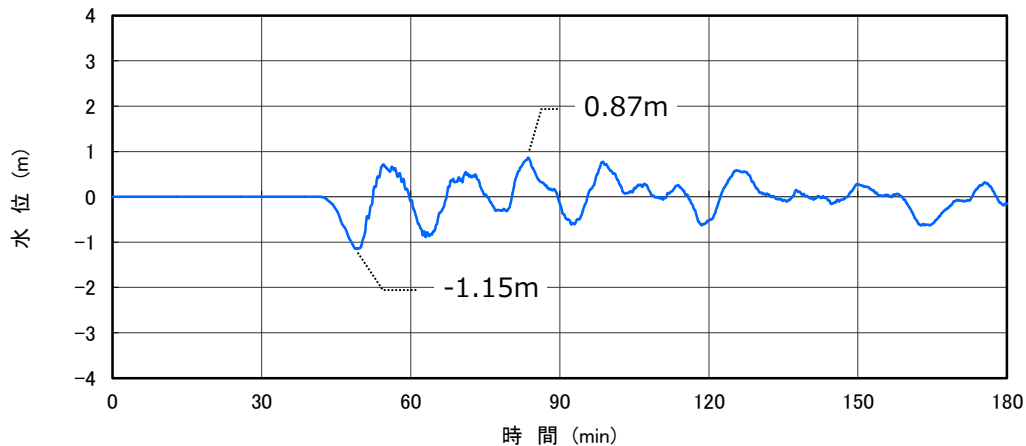
【基準津波 3】

隠岐トラフ海底地すべり (エリアB)



【基準津波 4】

隠岐トラフ海底地すべり (エリアC)

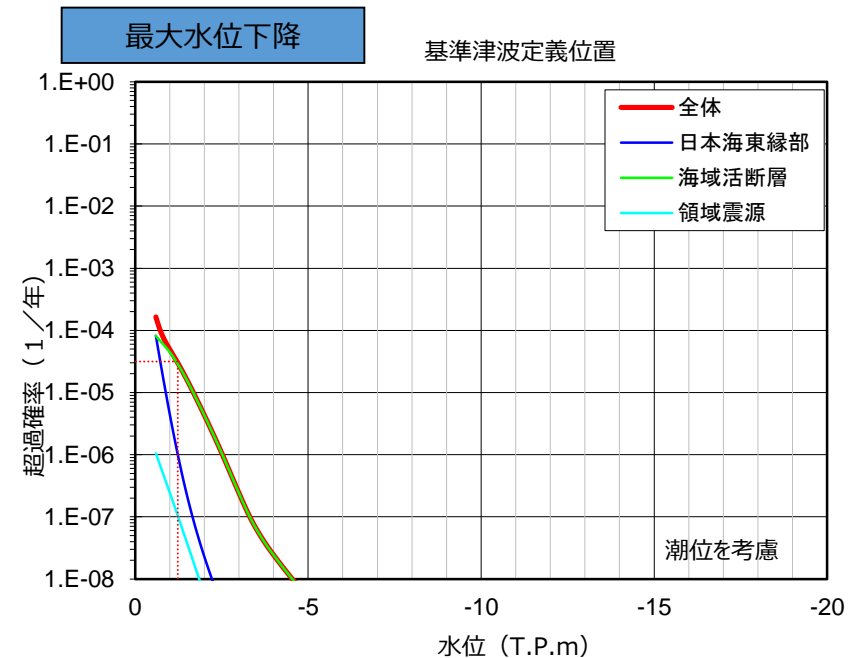
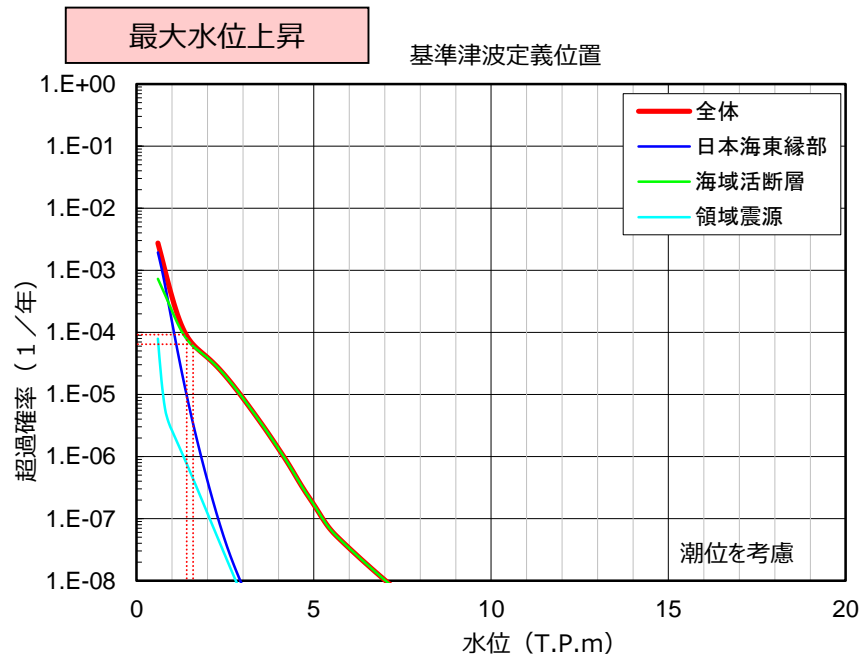


1. 地震以外に起因する津波
 - 1 - 1. 海底地すべりに起因する津波評価
 - 1 - 2. 海底地すべりのうち施設影響が生じる波源の確認
2. 基準津波の選定
3. 基準津波の年超過確率の参照
4. 津波に対する安全性（砂移動評価）

【年超過確率に関する検討】

- 高浜発電所の確率論的津波ハザード評価は高浜発電所 1～4号炉の基準津波評価において審査済みであるが、海底地すべりについては発生頻度を設定することが難しいことから評価に含めないこととしている。
- 今回新たに追加された基準津波 3 及び基準津波 4 は海底地すべりによる津波であることから水位の年超過確率を求めることはできないが、既許可時に評価済みのハザード曲線にあてはめた場合にこれらの水位がどの程度の年超過確率に相当するのか、確認を行う。

● 高浜発電所 津波ハザード評価結果（波源毎の平均ハザード曲線）



評価点 (基準津波定義位置：水深55m)		基準津波 による水位	年超過確率 (1/年) (平均ハザード曲線)
最大水位 上昇側	基準津波 3	T.P.+1.6m	6.3×10^{-5}
	基準津波 4	T.P.+1.4m	9.1×10^{-5}

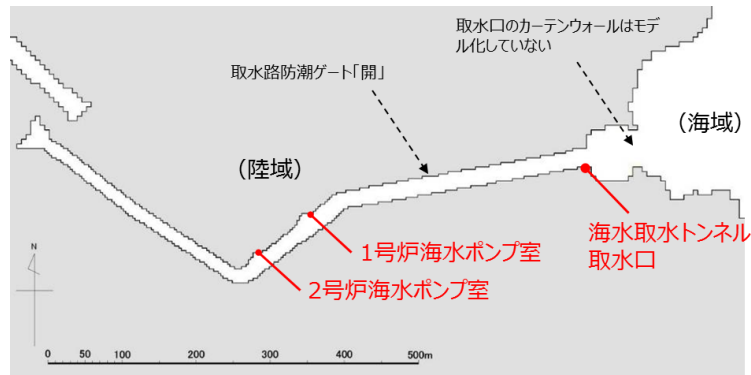
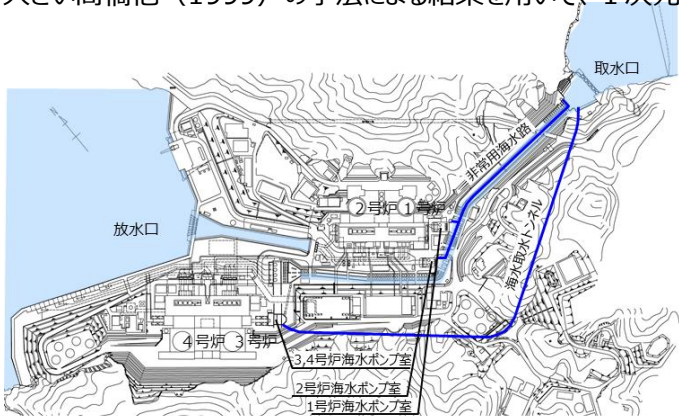
評価点 (基準津波定義位置：水深55m)		基準津波 による水位	年超過確率 (1/年) (平均ハザード曲線)
最大水位 下降側	基準津波 3	T.P.-1.2m	3.2×10^{-5}
	基準津波 4	T.P.-1.2m	3.2×10^{-5}

今回追加した基準津波 3・基準津波 4 による水位は、ハザード曲線上では水位上昇側・水位下降側ともに年超過確率 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度に相当する。

1. 地震以外に起因する津波
 - 1 - 1. 海底地すべりに起因する津波評価
 - 1 - 2. 海底地すべりのうち施設影響が生じる波源の確認
2. 基準津波の選定
3. 基準津波の年超過確率の参照
4. 津波に対する安全性（砂移動評価）

【津波に対する安全性（砂移動評価）】

- 新たに追加した基準津波 3 及び基準津波 4 について、砂移動評価を行った。
- 基準津波 3 及び基準津波 4 の来襲時には取水路防潮ゲートを閉塞できないため、取水路内をモデル化し、全ての陸域境界で完全反射条件とした。
- 1号炉及び2号炉海水ポンプ室ならびに海水取水トンネル取水口を評価点とし、3,4号炉海水ポンプ室における堆積量は、海水取水トンネル取水口において堆積厚の大きい高橋他（1999）の手法による結果を用いて、1次元モデルによる計算で堆積厚を別途算出した。



周辺のモデル化

対象津波波源	取水路 防潮 ゲート	砂移動モデル	浮遊砂体積 濃度上限値	各評価点における最大堆積厚				
				非常用海水路 取水口	海水取水トンネル 取水口	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3,4号炉 海水ポンプ室
<基準津波 1> 若狭海丘列付近断層と 隠岐トラフ海底地すべり (エリアB)	閉	藤井他 (1998)	1%	0.01m	0.01m	-	-	-
			5%	0.01m	0.01m	-	-	-
<基準津波 2> FO-A~FO-B~熊川断層と 陸上地すべり (No.14)	開	藤井他 (1998)	1%	-	0.01m	0.00m	0.00m	-
			5%	-	0.01m	0.01m	0.00m	-
<基準津波 3> 隠岐トラフ海底地すべり (エリアB)	開	藤井他 (1998)	1%	-	0.01m	0.02m	0.02m	-
			5%	-	0.01m	0.02m	0.02m	-
<基準津波 4> 隠岐トラフ海底地すべり (エリアC)	開	藤井他 (1998)	1%	-	0.01m	0.01m	0.01m	-
			5%	-	0.01m	0.01m	0.01m	-
<基準津波 3> 隠岐トラフ海底地すべり (エリアB)	開	高橋他 (1999)	1%	-	0.02m	0.04m	0.01m	0.07m
			5%	-	0.02m	0.01m	0.01m	-
<基準津波 4> 隠岐トラフ海底地すべり (エリアC)	開	高橋他 (1999)	1%	-	0.03m	0.02m	0.01m	0.04m
			5%	-	0.03m	0.02m	0.01m	0.04m

- 海水取水トンネル取水口は底版から1.0m高い位置に設置され、開口部は2.5mであり、最大で0.03m程度の砂の堆積があっても通水に影響はない。
- 基準津波 3, 4 による各海水ポンプ室の砂の堆積厚は、既許可で評価済みの基準津波 1 による堆積厚を大きく下回っている。