

資料1-1



**高浜発電所 原子炉設置変更許可申請
【津波警報が発表されない可能性がある津波への対応に係る
指摘事項への回答について】**

2020年4月30日
関西電力株式会社



3/12審査会合におけるご指摘事項及び反映内容 (1/2)

○前回審査会合ご説明時からの資料変更点を緑字もしくは、□とし、資料追加頁を 新規追加 としております。

3/12審査会合のご指摘事項		反映内容	本資料頁
1	破壊伝播速度を0.5m/s～0.6m/sの間に設定する場合の津波シミュレーションについて、敷地影響の有無を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> Es-K5（水位上昇側）の破壊伝播速度0.55m/sのケースの計算結果を追加。また、同様の観点で、Es-T2（水位上昇側）の崩壊規模45%の計算結果を追加。 	3～35
2	津波シミュレーションについて、得られたパラメータスタディ結果を再整理し、判断基準の妥当性を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> 施設影響があり水位低下量0.7m未満となる津波がないことに関する説明を追加。 全てのパラスタ結果における1波目の水位変動量・水位低下時間に関するデータを記載し、施設に影響するケースは全て判断基準で検知できることを明示。 波源特性のパラメータスタディと伝播特性のパラメータスタディの関連性がわかるように、各ポンプ室の時刻歴波形での増幅比率に関する記載を充実化。 まとめページの記載を、判断基準の妥当性の観点での具体的な記載に修正。 朔望平均潮位、潮位ばらつき、高潮裕度を除いた図に修正。 高浜湾における固有振動に関する記載を追加。 	
3	防潮ゲート閉止の判断基準（水位変動量0.7m）に対する裕度の考え方について、整理して説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> 裕度の考え方に関する説明資料を追加するとともに、裕度を踏まえ変更となったものについて説明を追記。 平常時の潮位のゆらぎを考慮し、防潮ゲート閉止の判断基準値を0.60mとして設定。 潮位計、電源箱およびループ誤差を追記。 	36～39
耐津波設計を踏まえた基準津波選定へのフィードバック※		<ul style="list-style-type: none"> コメントNo.1～3を踏まえて設計した防潮ゲート閉止の判断基準について、耐津波設計を踏まえた基準津波選定へのフィードバック結果を追記。 	40～46

※：3/12審査会合のご指摘事項ではないが、No.1～3のご指摘事項を踏まえた基準津波の追加選定についてご説明するもの

3/12審査会合におけるご指摘事項及び反映内容 (2/2)

○前回審査会合ご説明時からの資料変更点を緑字もしくは、 とし、資料追加頁を 新規追加 としております。

3/12審査会合のご指摘事項		反映内容	本資料頁
4	若狭湾の伝播特性のパラメータスタディも踏まえて、構外検知（10分0.5m）の妥当性について説明すること。	構内の判断基準の網羅性の整理と同等の評価の実施および平常時の潮位のゆらぎを考慮して、敷地外における情報発信基準の設定を実施。	47～53
5	鉛直方向に防潮ゲートを落下させ、一定程度の流速で海水が常時流れている取水路を閉止する機構に関し、防潮ゲート閉止に要する時間の算定に谷本式を適用しないこと及びダム堰基準を適用することの妥当性について、説明すること。	防潮ゲートの閉止時間を検討する際に、ダム・堰技術基準(案)を参照することの妥当性を説明。	54～61
6	漂流物の影響評価に関し、既許可の申請内容からの変更内容の有無について説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> • 漂流物評価において、分類が変更となったものについて説明を追記。 • 燃料等輸送船の停泊時に存在する燃料輸送容器、燃料輸送車両、LLW輸送容器及びLLW輸送車両について、漂流物となるかどうか評価し、これらは漂流物とならないと整理。 • 燃料輸送船およびLLW輸送車両他の緊急退避対応を追記。 • 早期襲来津波に対する対応、係留柱の損傷時の対応、敷地外の潮位計が欠測した状態における対応を追記 	62～81
7	漂流物の影響評価に関し、物揚岸壁における燃料輸送車両等の有無及び漂流物となる可能性の評価結果について説明すること。		

【3/12審査会合のご指摘事項】

- 1.破壊伝播速度を0.5m/s～0.6m/sの間に設定する場合の津波シミュレーションについて、敷地影響の有無を説明すること。
- 2.津波シミュレーションについて、得られたパラメータスタディ結果を再整理し、判断基準の妥当性を説明すること。

【トリガー（判断基準）の設定の考え方】**Step 1****施設影響が生じるケースの津波波形の特徴の確認**

（確認対象…エリアA：Es-G3、エリアB：Es-K5、エリアC：Es-T2）

- i .水位下降が先行する波となる。
- ii .1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい。
- iii .1波目の水位変動では施設影響は生じない。
- iv .施設に影響するケースでは1波目の水位低下が0.7m以上。
- v .施設に影響するケースでは1波目の水位低下に要する時間が10分以内。

Step 2**通常（平常時、台風時）の潮位変動の確認**

- vi .通常（潮汐、台風時）は0.7m/10分の潮位変動はない。

Step 3**津波検知の判断基準の仮設定**

潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.7m以上下降（または上昇）し、その後、最低潮位から10分以内に0.7m以上上昇（または下降）。

Step 4**判断基準の網羅性の確認**

施設影響が生じるケースを様々に想定した上で、いずれの場合も検知できる判断基準であることを確認。

Step 5**津波検知の判断基準の設定**

実際には津波以外の潮位のゆらぎ等があることを考慮し、トリガーとする水位変動量に0.1mの余裕を織り込んで、津波検知の判断基準を以下のとおり設定する。

潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上下降（または上昇）し、その後、最低潮位から10分以内に0.6m以上上昇（または下降）。

【Step 4 : 判断基準の網羅性の確認】

判断基準の網羅性確認の考え方

海底地すべりによる津波のうち、施設影響が生じる様々なケースに対して、いずれの場合も検知できる判断基準となっていることを確認する。

① 海底地すべりの波源特性に関するパラメータスタディ

隠岐トラフ海底地すべりのうち、生じる津波が施設に影響する海底地すべりを全て抽出し、それらのパラメータスタディを実施することによって、生じる津波波形の不確かさを踏まえても、施設に影響するケースを網羅的に検知できる判断基準となっていることを確認する。

①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出

位置・向き・規模の特性を踏まえて複数の海底地すべりを選定し、発生する津波によって施設影響が生じるものを抽出する。

①-2 崩壊規模のパラメータスタディ

- 基本ケースでは確認された地すべり跡に基づいて崩壊規模を設定していることから、崩壊規模を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施する。
- 施設に影響するケースについて、設定した判断基準で検知できることを確認する。

①-3 破壊伝播速度のパラメータスタディ

- 基本ケースでは破壊伝播速度を最大値で設定していることから、破壊伝播速度を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施する。
- 施設に影響するケースについて、設定した判断基準で検知できることを確認する。

② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ

振幅・周期を様々に変えた正弦波を用いて津波水位計算を実施し、1波目と2波目以降の関係について以下を確認する。

- ・「1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい」という津波波形の特徴が津波波形の一般的な傾向であることを確認する。
- ・2波目以降の増幅の程度や影響する周期について、波源特性のパラメータスタディと異なる傾向がないか確認する。

【Step 4 ① : 海底地すべりの波源特性に関するパラメータスタディ】

検討方法（「基準津波評価」と「判断基準の網羅性の検討」の差異）

		海底地すべりの波源特性		
		位置・向き の特性 (38の海底地すべり)	崩壊特性	
			【静的】 崩壊の規模 (崩壊断面積)	【動的】 崩壊の進展速度 (破壊伝播速度)
基準津波評価 での設定	<目的> 最大規模の 津波波源の 選定。	エリア毎のチャンピオンを選定 ▶ 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、 <u>各エリアで最大規模のものを選定。</u>	最大値で設定 ▶ 複数回の斜面崩壊で形成されたとされるものも含め、 <u>一度に全て崩壊するものとして最大規模で評価。</u>	最大値で設定 ▶ Kinematicモデルにおける破壊伝播速度は最大値で評価。(Watts他の予測式による海底地すべりの速度の最大値)
	施設に影響するケースを網羅的に検知できることを確認するために検討を充実化			
判断基準の 網羅性の検討	<目的> 施設に影響する津波波源の網羅的な確認。	施設影響が生じるケースを抽出 (①-1) ▶ 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、 <u>各エリアで規模1位～3位のものを選定。</u> ▶ エリアに関わらず、 <u>発電所方向に崩壊するものを選定。</u> ⇒これらの津波計算結果から、施設影響が生じるケースを抽出。(各地すべりの崩壊規模・破壊伝播速度は最大値で設定)	パラメータスタディを実施 (①-2) ▶ 地すべりの進展が途中で止まる場合を考慮し、Kinematicモデルにおける崩壊規模を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施。	パラメータスタディを実施 (①-3) ▶ 地すべりの進展が比較的に遅い場合を考慮し、Kinematicモデルにおける破壊伝播速度を徐々に小さくしたパラメータスタディを実施。

本検討では、波源の「位置・向き」及び「崩壊特性」の観点から、施設に影響するケースを網羅的に抽出し、判断基準での検知可否を確認する。

【Step 4 : ①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出】

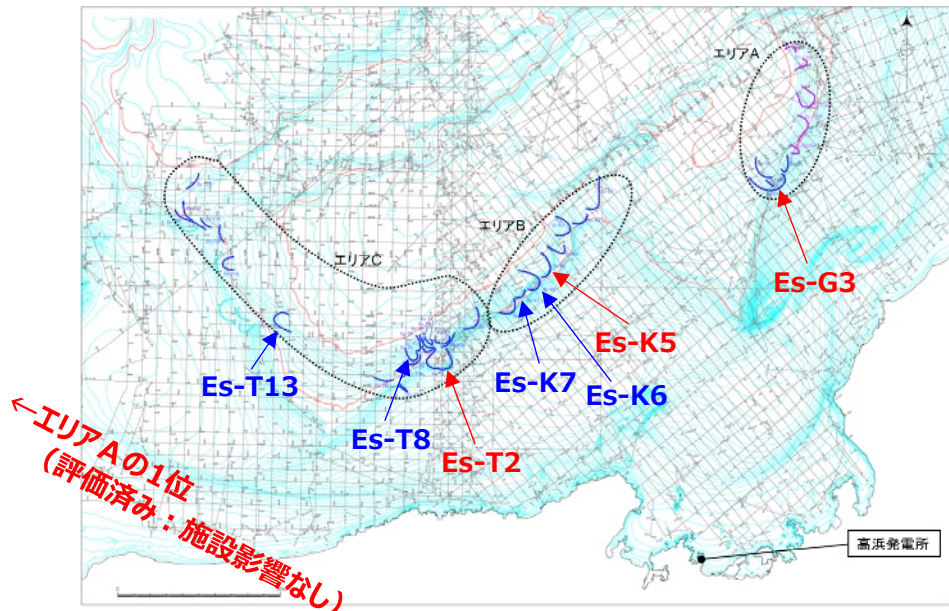
各エリアで規模が1位～3位の地すべりの選定

●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

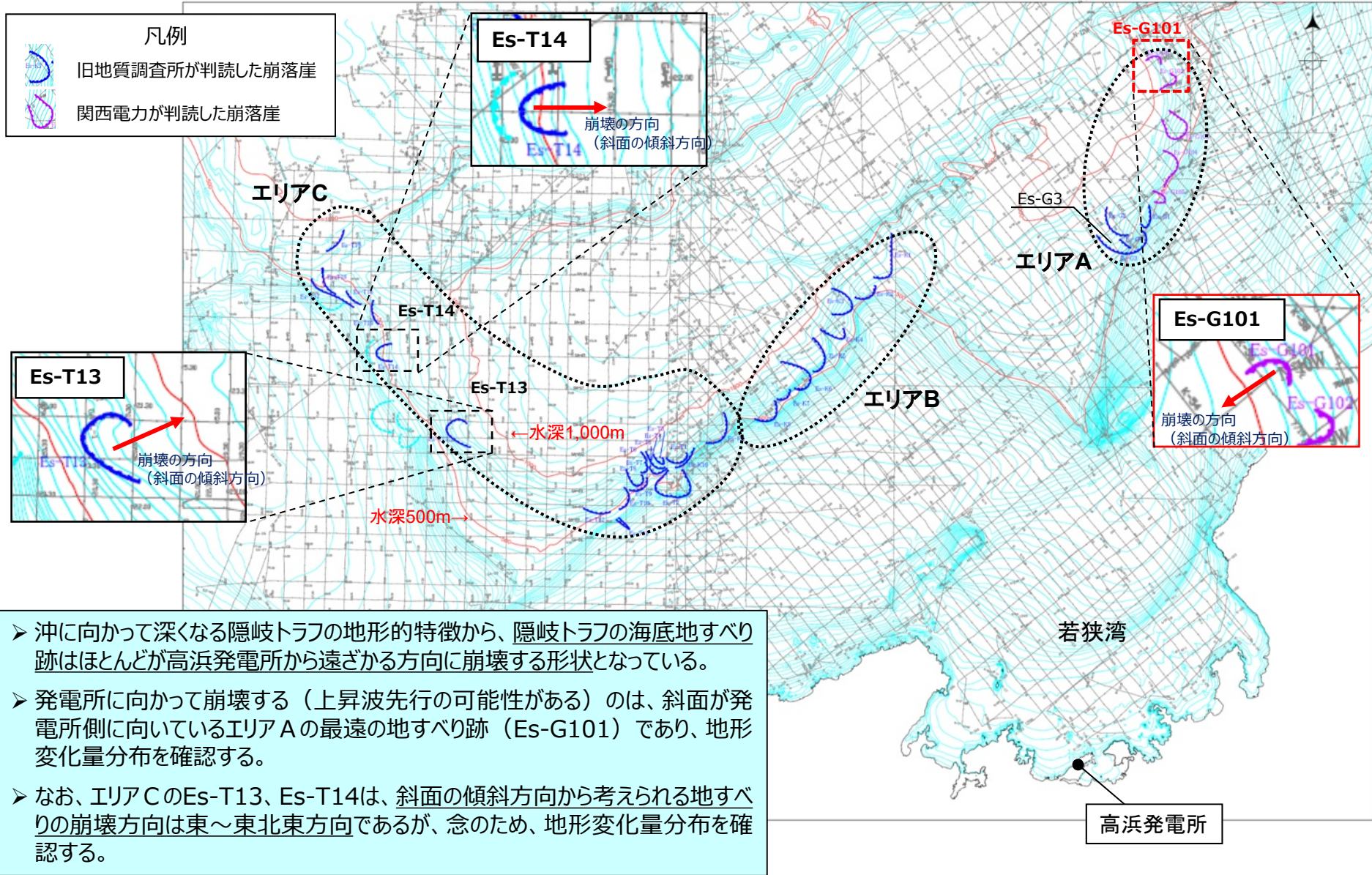
- ←エリアBの1位（評価済み：施設影響あり）
- ←エリアCの1位（評価済み：施設影響あり）
- ←エリアCの2位（追加評価：施設影響の有無を確認する）
- ←エリアBの2位（追加評価：施設影響の有無を確認する）
- ←エリアCの3位（追加評価：施設影響の有無を確認する）
- ←エリアBの3位（追加評価：施設影響の有無を確認する）



- 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。

【Step 4 : ①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出】

発電所方向に崩壊する地すべりの選定



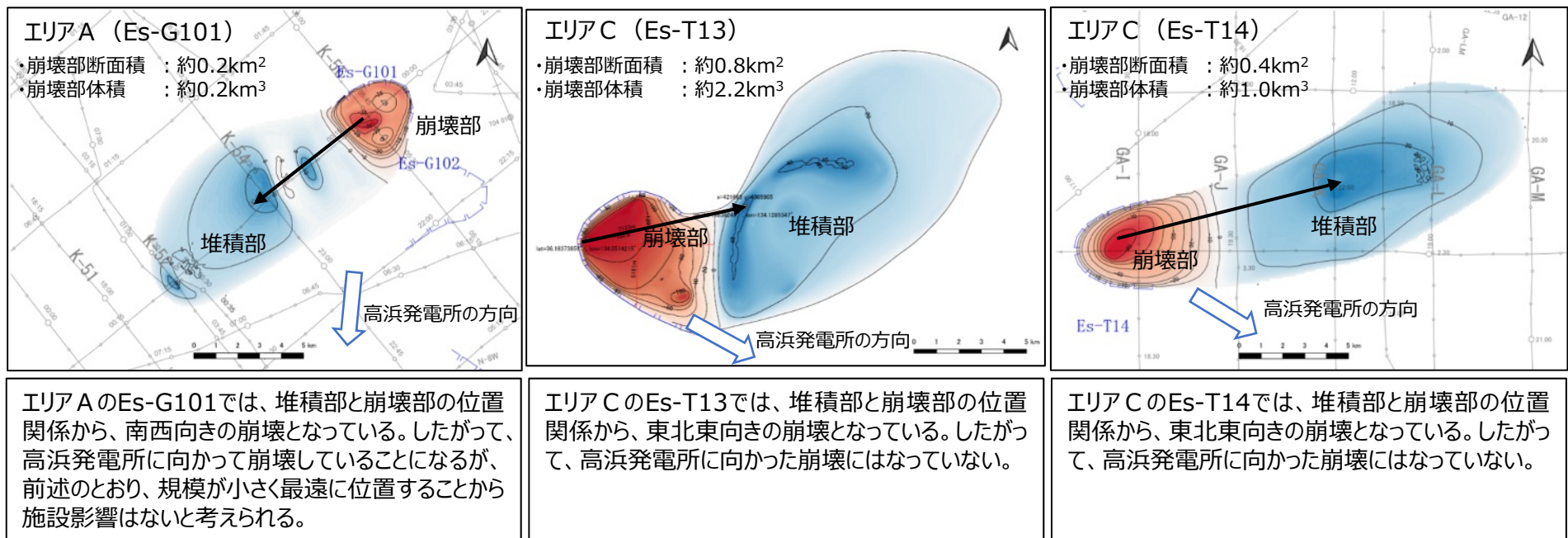
【Step 4 : ①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出】

第847回審査会合
資料1-1 P48再掲

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。



- 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。
- 隠岐トラフでは地形的にほとんどの地すべりが発電所とは逆方向に崩壊していることから、隠岐トラフ海底地すべりの波源特性を踏まえると、水位下降波先行という前提は妥当と考えられるが、発電所方向に崩壊する可能性のある地すべりとして、Es-G101、Es-T13、Es-T14の3か所については1波目の波形の形状を確認する。

【Step 4 : ①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出】

第847回審査会合
資料1-1 P49再掲

発電所方向に崩壊する地すべりの1波目の波形

上昇波が先行する可能性のある3つの波源（エリアAのEs-G101、エリアCのEs-T13、エリアCのEs-T14）について津波波形を確認した。基準津波定義位置及び取水口前面における水位変動量を以下に示す。（水位変動の確認の観点から、計算潮位面をグラフ上の0mとして表記）

		Es-G101 (エリアA)	Es-T13 (エリアC)	Es-T14 (エリアC)
基準津波定義位置	Watts他の予測式			
	Kinematicモデルによる方法			
取水口前面	Watts他の予測式			
	Kinematicモデルによる方法			

Watts他の予測式を用いた評価で上昇波先行の波形となっており、上昇波が先行する波源もあることを確認したものの、津波高さは小さく、「水位下降が先行する波となる」という前提を変更する必要はないと考える。

【Step 4 : ①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出】

第847回審査会合
資料1-1 P50再掲

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。

【Step 4 : ①-1 施設に影響する海底地すべりの抽出】

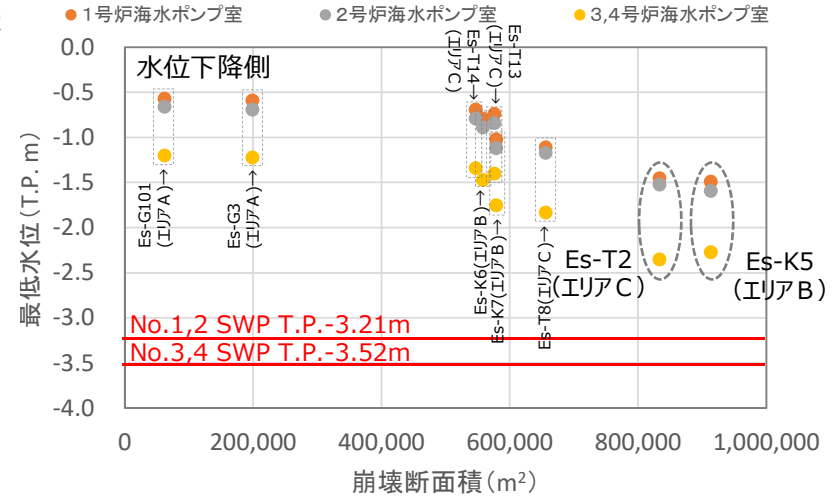
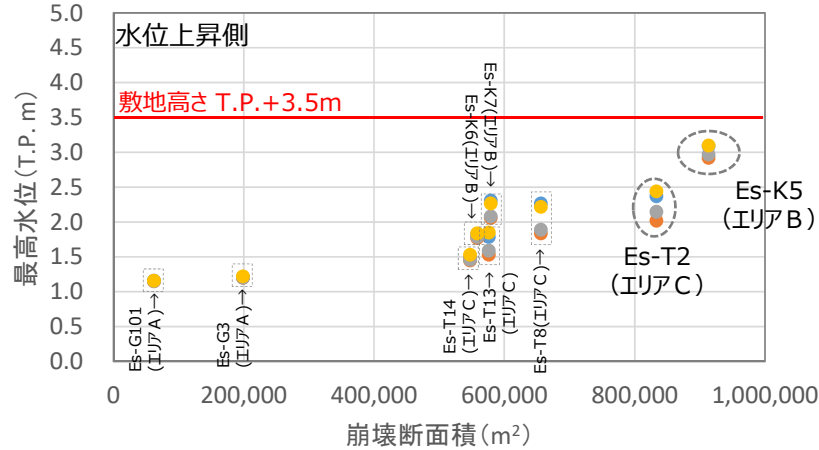
第847回審査会合
資料1-1 P51再掲

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。

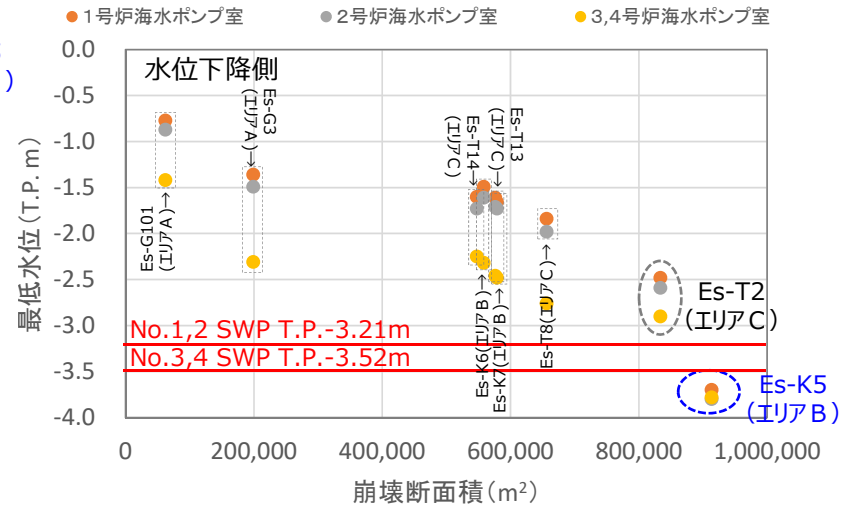
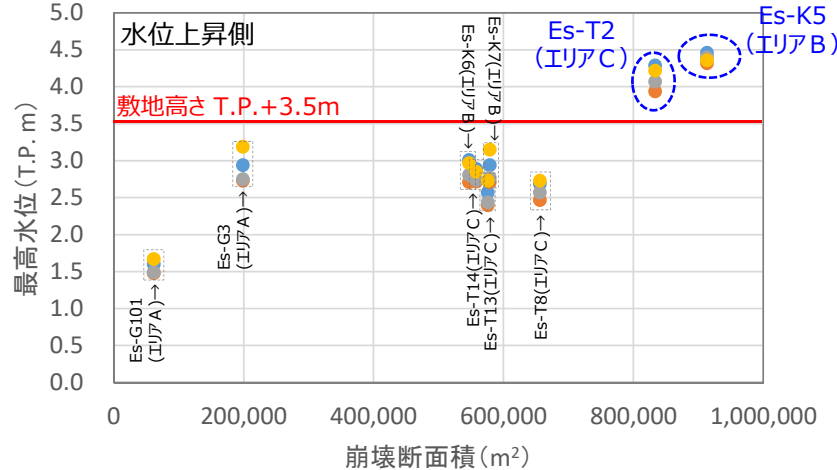
● Watts他の予測式

● 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。

【Step 4 : ①-2 崩壊規模のパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P52修正

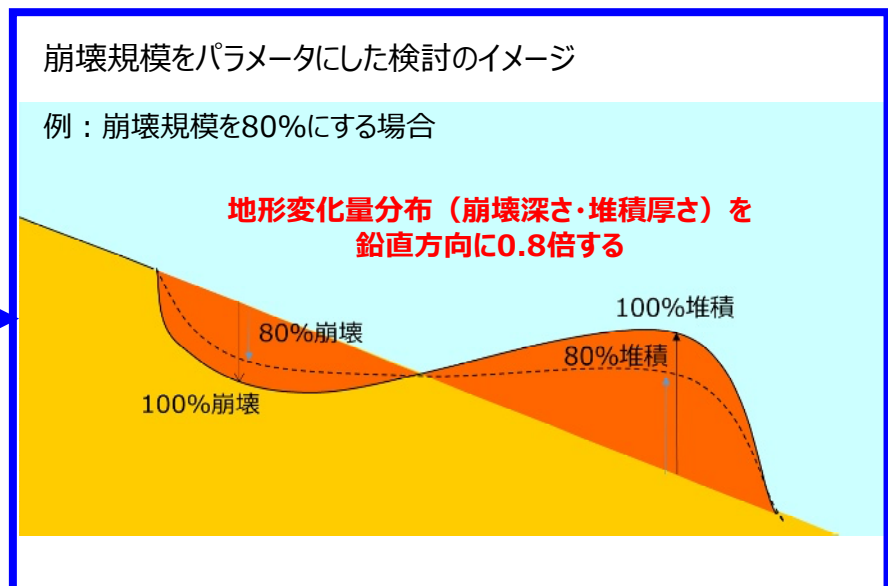
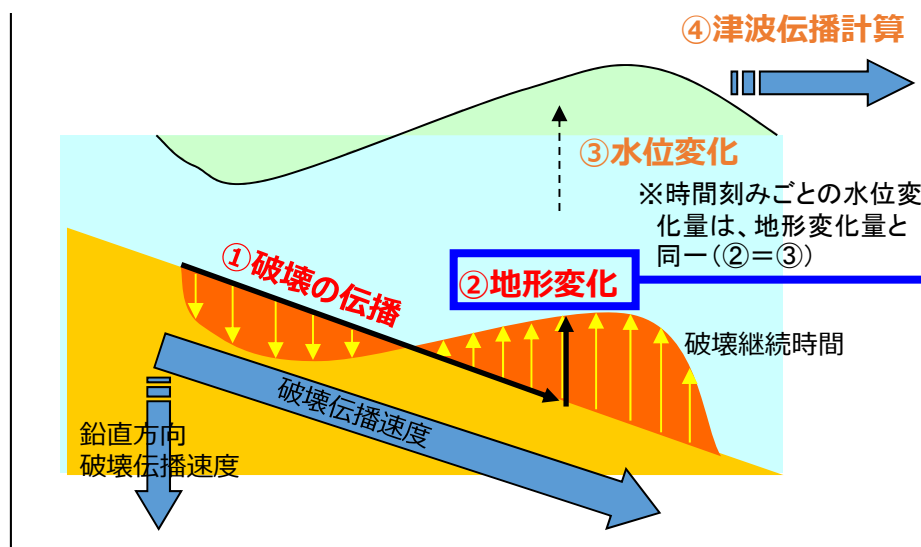
崩壊規模のパラメータスタディ方法

- 施設に影響する海底地すべりの抽出時には、複数回の斜面崩壊で形成されたとされるものも含め、一度に全て崩壊するものとして崩壊規模を最大値で設定している。
- 地すべりによって発生する津波の波形の不確かさを確認する観点から、Kinematicモデルにおいて地すべりの進展が途中で止まる場合を考慮し、崩壊規模を徐々に小さくしたパラメータスタディ（下表・下図参照）を実施する。
- パラメータスタディの対象は、施設に影響する海底地すべりとして抽出したEs-K5（水位上昇側、水位下降側）及びEs-T2（水位上昇側）とする。
- パラメータスタディ結果に基づき、施設影響が生じるケースを検知できる判断基準となっていることを確認する。

海底地すべり	崩壊規模のパラメータスタディケース	
	水位上昇側	水位下降側
Es-K5（エリアB）	100%（基本ケース）, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%	100%（基本ケース）, 80%
Es-T2（エリアC）	100%（基本ケース）, 80%, 60%, 50%, 45%*	

※第847回審査会合資料に、水位上昇側のEs-T2の崩壊規模45%のケースを追加。

Kinematicモデルによる海底地すべり計算の概念図



【Step 4 : ①-2 崩壊規模のパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P53修正

崩壊規模のパラメータスタディ結果（時刻歴波形）

（水位変動の確認の観点から、計算潮位面をグラフ上の0mとして表記）

●水位上昇側（Kinematicモデル） Es-K5（エリアB）

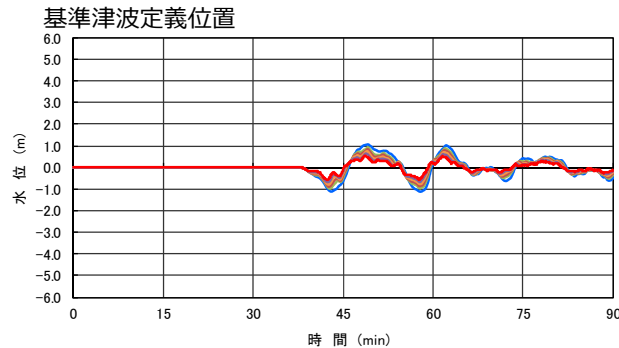
- 崩壊規模 = 100%
- 崩壊規模 = 80%
- 崩壊規模 = 70%
- 崩壊規模 = 60%
- 崩壊規模 = 50%
- 崩壊規模 = 40%

Es-T2（エリアC）

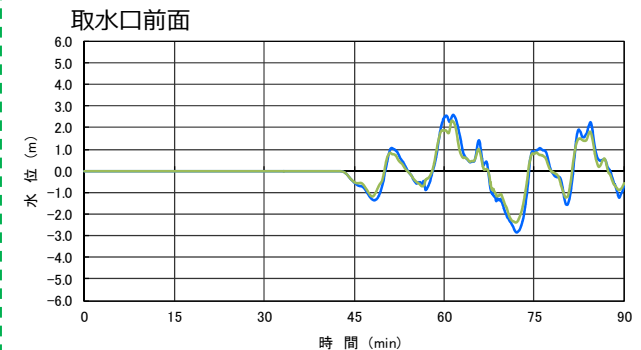
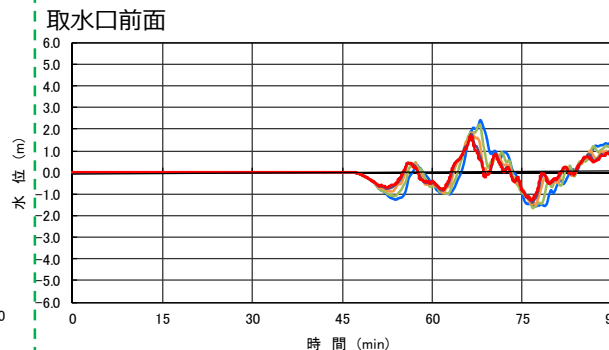
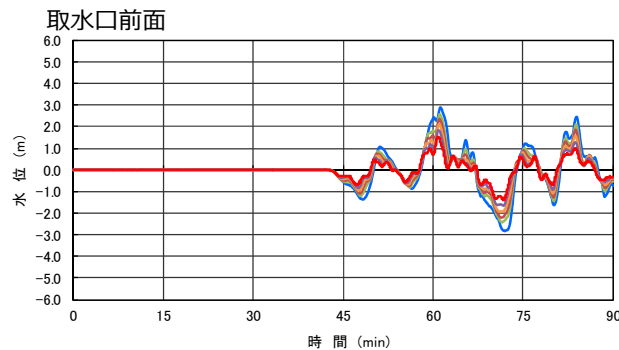
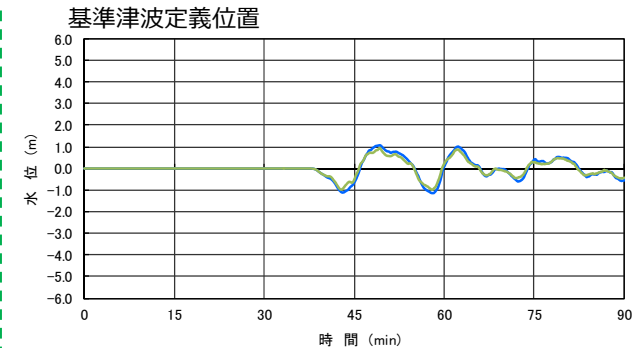
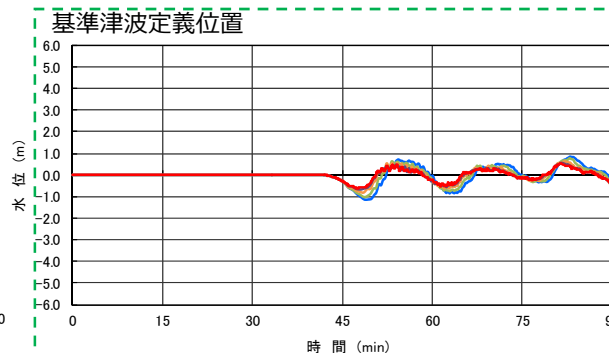
- 崩壊規模 = 100%
- 崩壊規模 = 80%
- 崩壊規模 = 60%
- 崩壊規模 = 50%
- 崩壊規模 = 45%*

●水位下降側（Kinematicモデル） Es-K5（エリアB）

- 崩壊規模 = 100%
- 崩壊規模 = 80%



※第847回審査会合資料に、水位上昇側のEs-T2の崩壊規模45%の計算結果を追加。



振幅：崩壊規模が小さくなるほど、振幅は小さくなる。

周期：崩壊規模が小さくなくても、周期に顕著な違いは見られない。

2波目以降の増幅：崩壊規模に関わらず、1波目の水位変動に対して2波目以降の水位変動が増幅する。

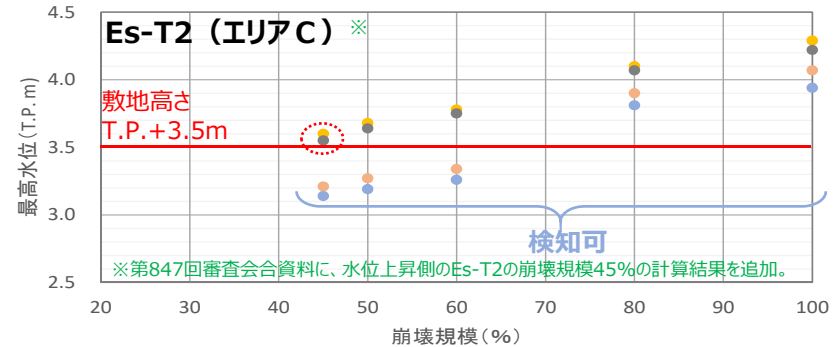
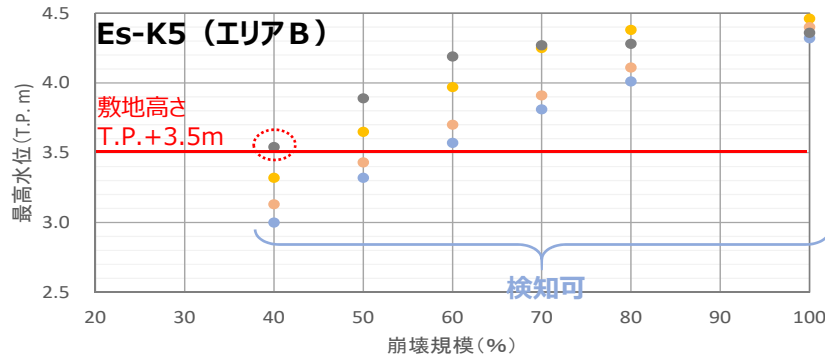
【Step 4 : ①-2 崩壊規模のパラメータスタディ】

崩壊規模のパラメータスタディ結果 (施設影響の確認)

第847回審査会合資料1-1 P54修正

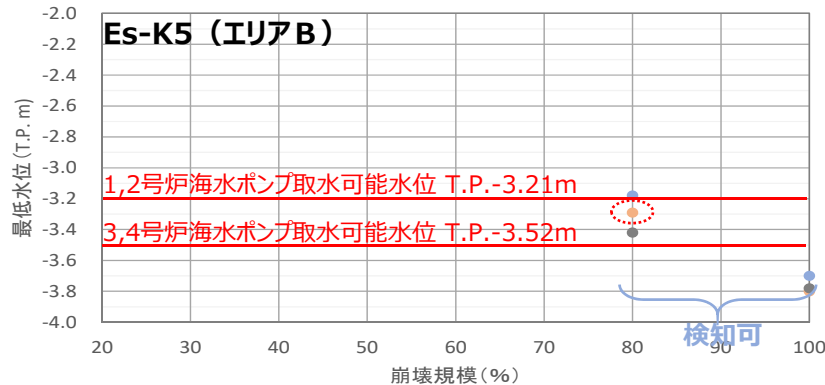
● 水位上昇側 (Kinematicモデル、最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮)

● 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



● 水位下降側 (Kinematicモデル、最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮)

● 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



◆ 判断基準 (0.7m/10分) による検知可否 (施設影響あり: 赤 検知可能: 青 検知不能: 緑)

水位上昇側: Es-K5 (エリアB) 最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮

崩壊規模		40%			50%			60%			70%			80%			100%		
最高水位 [T.P. m]		3.54			3.89			4.19			4.27			4.38			4.46		
1波目	ポンプ室	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号
	水位低下量[m]	0.74	0.73	0.89	1.01	1.01	1.15	1.17	1.21	1.41	1.25	1.23	1.50	1.38	1.38	1.63	1.57	1.64	1.88
	0.7m低下時間[分]	4.8	4.8	4.6	4.3	4.3	4.5	3.7	3.8	2.5	4.0	4.0	2.4	3.9	3.7	2.4	3.2	3.1	2.4
検知可否		○			○			○			○			○			○		

水位上昇側: Es-T2 (エリアC) 最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮

崩壊規模		45%			50%			60%			80%			100%		
最高水位 [T.P. m]		3.60			3.68			3.78			4.10			4.29		
1波目	ポンプ室	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号
	水位低下量[m]	0.75	0.80	0.88	0.85	0.89	0.98	1.07	1.11	1.19	1.32	1.36	1.50	1.50	1.53	1.73
	0.7m低下時間[分]	4.6	4.5	3.8	4.5	4.4	3.7	4.3	4.3	3.6	4.2	3.6	4.2	4.2	4.2	3.6
検知可否		○			○			○			○			○		

水位下降側: Es-K5 (エリアB) 最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮

崩壊規模		80%			100%		
最低水位 [T.P. m]	1,2号	-3.29			-3.80		
	3,4号	-3.42			-3.78		
1波目	ポンプ室	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号
	水位低下量[m]	1.27	1.27	1.45	1.48	1.50	1.77
	0.7m低下時間[分]	2.8	3.8	3.2	2.9	3.3	2.9
検知可否		○			○		

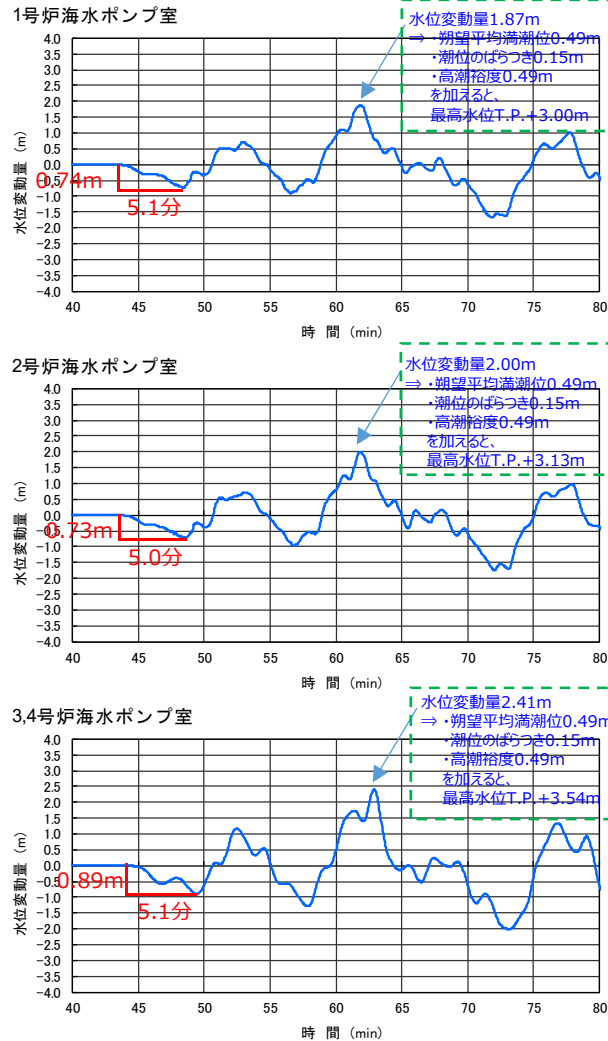
- 水位上昇側・下降側ともに、崩壊規模が小さくなるほど水位変動も小さくなることを確認した。
- 「施設影響あり」のケースの中で、各波源で最も水位変動が小さいものは、Es-K5 (上昇側、崩壊規模40%)、Es-T2 (上昇側、崩壊規模45%)、Es-K5 (下降側、崩壊規模80%)であった。その中で、1波目の水位低下量の最小値は0.73m、0.70mの水位低下に要する時間の最大値は4.8分であり、設定した判断基準 (0.70m/10分) によって施設影響が生じるケースを全て検知できることを確認した。
- 1波目の水位低下量が最小の0.73mのケースは最高水位に高潮裕度 (0.49m) を足すことによって「施設影響あり」になっている振幅の小さいケースであり、最高水位に高潮裕度を考慮しない場合 (0.49mを引いた場合) に「施設影響あり」となるケースの1波目の水位低下量の最小値は1.17mである。したがって、本検討における最高水位に対する高潮裕度の考慮は、本質的には1波目の水位低下量に対する裕度の考慮であり、裕度を含めても1波目の水位低下量は全て判断基準の0.70m以上となっている。

【Step 4 : ①-2 崩壊規模のパラメータスタディ】
崩壊規模のパラメータスタディ結果（判断基準による検知可否の確認）

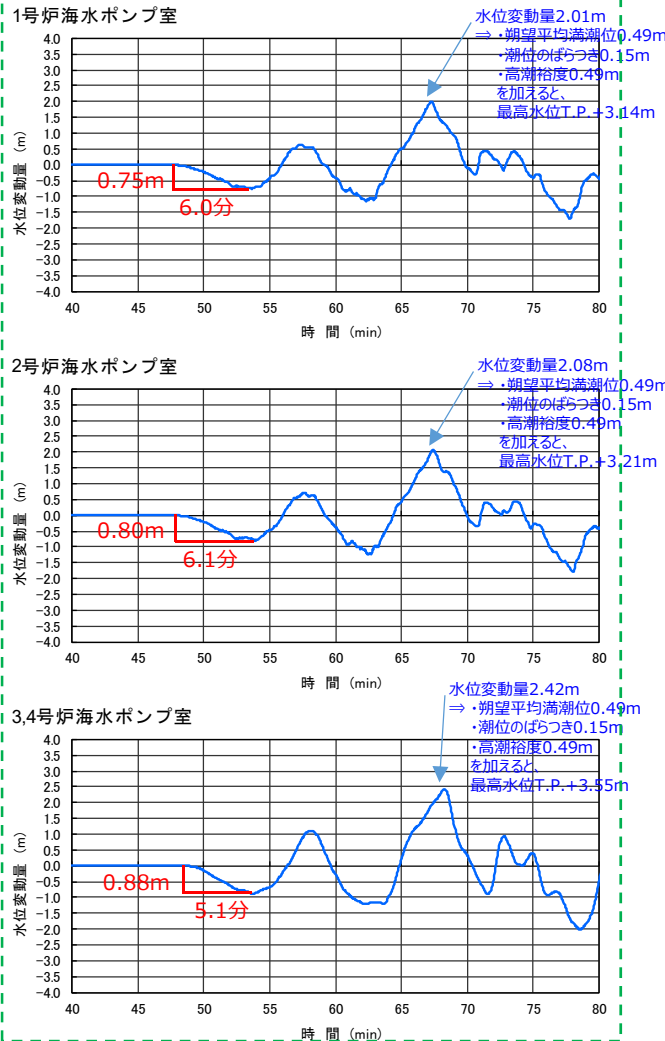
第847回審査会合
資料1-1 P55修正

※第847回審査会合資料から、水位上昇側のEs-T2は崩壊規模45%のケースに変更。

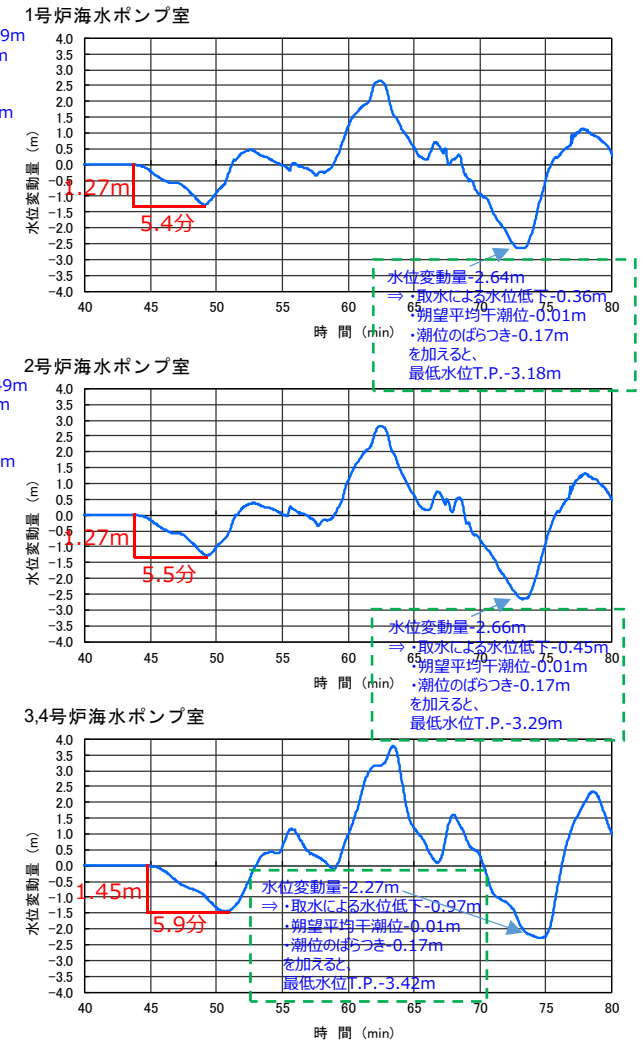
●水位上昇側：Es-K5（エリアB）崩壊規模40%



●水位上昇側：Es-T2（エリアC）崩壊規模45%*



●水位下降側：Es-K5（エリアB）崩壊規模80%



- パラメータスタディ結果のうち、施設影響があるケースの中で各波源で最も水位変動が小さい3ケースの時刻歴波形を確認した。
- いずれも i ~ v の条件を満たしており、設定した判断基準で津波検知が可能であることを確認した。（i. 水位下降が先行する波となる。 ii. 1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい。 iii. 1波目の水位変動では施設影響は生じない。 iv. 施設に影響するケースでは1波目の水位低下が0.70m以上。 v. 施設に影響するケースでは1波目の水位低下に要する時間が10分以内。）

【Step 4 : ①-3 破壊伝播速度のパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P56修正

破壊伝播速度のパラメータスタディ方法

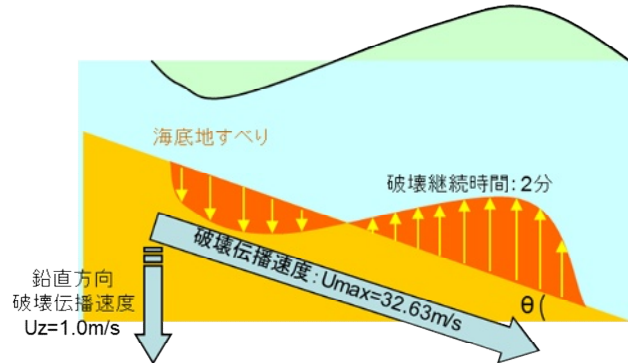
- 破壊伝播速度については、既許可時の検討より、破壊伝播速度が大きいほど振幅が大きくなり周期が短くなることを確認している。（下図参照）
- 施設に影響する海底地すべりの抽出時には、破壊伝播速度としてWatts他の予測式による海底地すべりの速度の最大値 U_{max} を採用している。
- 地すべりによって発生する津波の波形の不確かさを確認する観点から、Kinematicモデルにおいて地すべりの進展が比較的遅い場合を考慮し、破壊伝播速度を徐々に小さくしたパラメータスタディ（下表参照）を実施する。
- パラメータスタディの対象は、施設に影響する海底地すべりとして抽出したEs-K5（水位上昇側、水位下降側）及びEs-T2（水位上昇側）とする。
- パラメータスタディ結果に基づき、施設影響が生じるケースを検知できる判断基準となっていることを確認する。

海底地すべり	破壊伝播速度（鉛直方向）のパラメータスタディケース	
	水位上昇側	水位下降側
Es-K5 (エリアB)	1.0m/s（基本ケース）、0.8m/s、0.7m/s、0.6m/s、 0.55m/s* 、0.5m/s、0.4m/s	1.0m/s（基本ケース）、0.8m/s、0.7m/s、0.6m/s、0.5m/s、0.4m/s
Es-T2 (エリアC)	0.5m/s（基本ケース）、0.4m/s、0.3m/s、0.2m/s	

※第847回審査会合資料に、水位上昇側のEs-K5の破壊伝播速度0.55m/sのケースを追加。

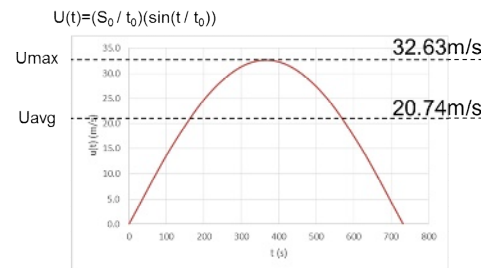
（参考）既許可時の検討

基本ケース（エリアBの場合）



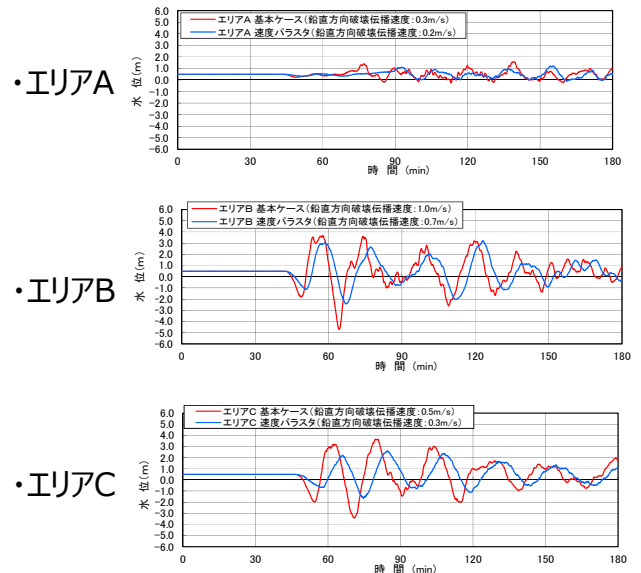
海底地すべり(エリアB、Es-K5)の場合、Watts他の予測式による $U_{max}=32.63\text{m/s}$ であることから、 $U_z=U_{max}\cdot\sin\theta=32.63\times\sin 1.7=0.97\text{m/s}$ となり、鉛直方向破壊伝播速度を1.0m/sと設定する。

Watts他の予測式による
海底地すべり速度Uの時間変化
(エリアBの場合)



検討ケース	伝播速度 U (m/s)	鉛直伝播速度 Uz (m/s)
U_{max} (基本ケース)	32.63	1.0
U_{avg} (パラスタケース)	20.74	0.7

基準津波定義位置の津波波形



【Step 4 : ①-3 破壊伝播速度のパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P57修正

破壊伝播速度のパラメータスタディ結果（時刻歴波形） （水位変動の確認の観点から、計算潮位面をグラフ上の0mとして表記）

●水位上昇側（Kinematicモデル） Es-K5（エリアB）

- 破壊伝播速度=1.0m/s
- 破壊伝播速度=0.8m/s
- 破壊伝播速度=0.7m/s
- 破壊伝播速度=0.6m/s
- 破壊伝播速度=0.55m/s*
- 破壊伝播速度=0.5m/s
- 破壊伝播速度=0.4m/s

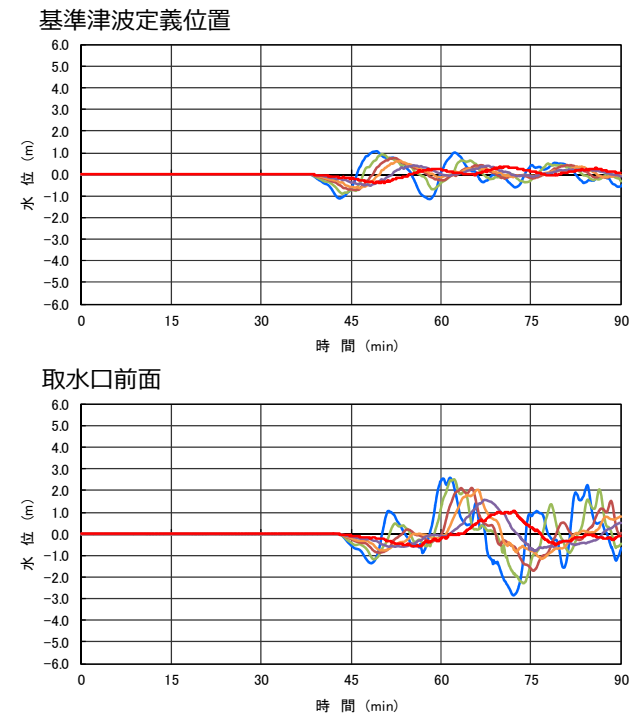
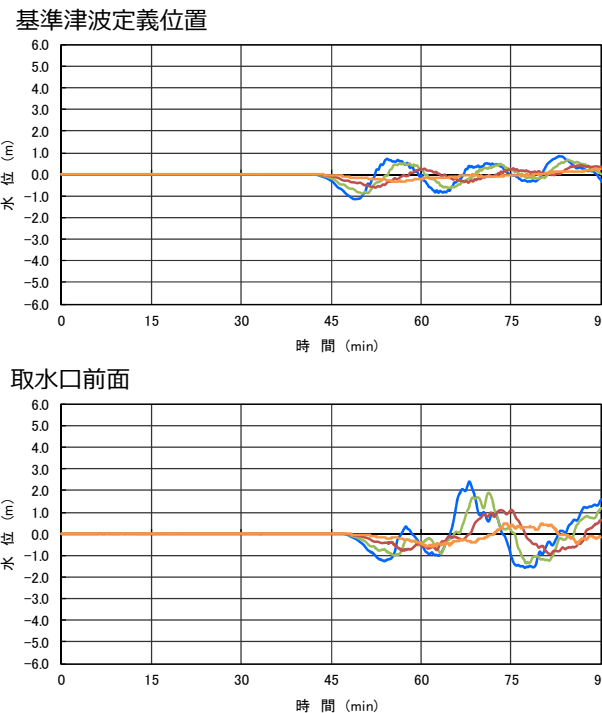
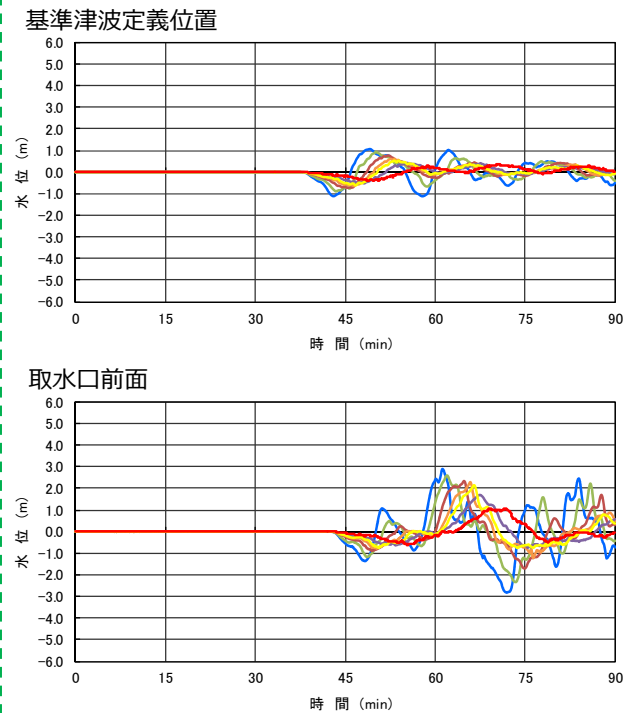
*第847回審査会合資料に、水位上昇側のEs-K5の破壊伝播速度0.55m/sの計算結果を追加。

Es-T2（エリアC）

- 破壊伝播速度=0.5m/s
- 破壊伝播速度=0.4m/s
- 破壊伝播速度=0.3m/s
- 破壊伝播速度=0.2m/s

●水位下降側（Kinematicモデル） Es-K5（エリアB）

- 破壊伝播速度=1.0m/s
- 破壊伝播速度=0.8m/s
- 破壊伝播速度=0.7m/s
- 破壊伝播速度=0.6m/s
- 破壊伝播速度=0.5m/s
- 破壊伝播速度=0.4m/s

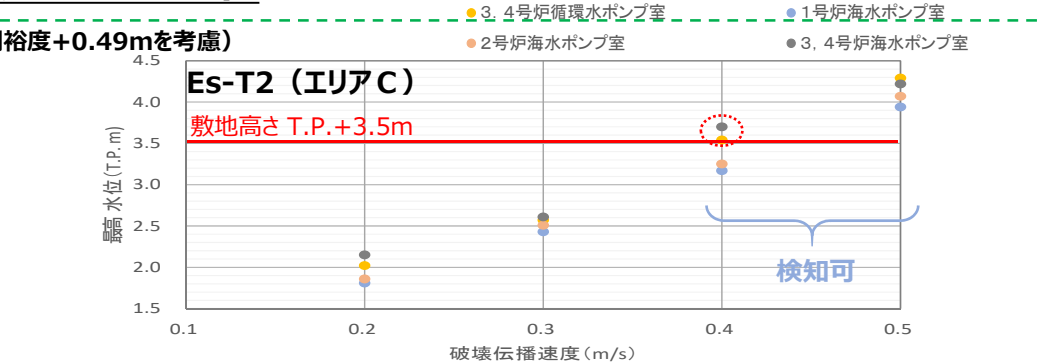
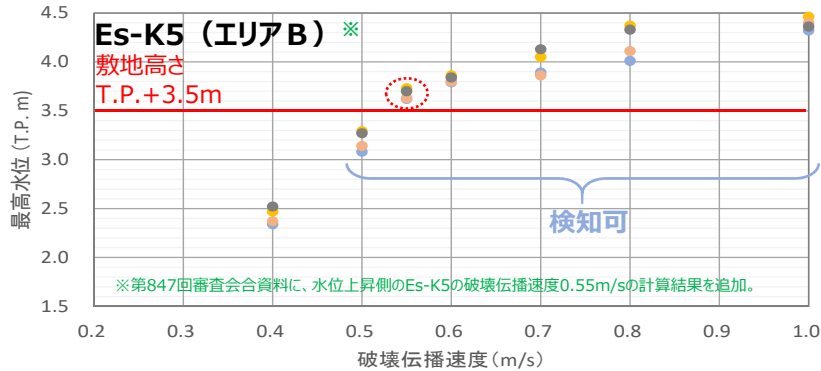


振幅：破壊伝播速度が小さくなるほど、振幅は小さくなる。
 周期：破壊伝播速度が小さくなるほど、周期は長くなる。
 2波目以降の増幅：破壊伝播速度に関わらず、1波目の水位変動に対して2波目以降の水位変動が増幅する。

【Step 4 : ①-3 破壊伝播速度のパラメータスタディ】
 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果（施設影響・検知可否の確認）

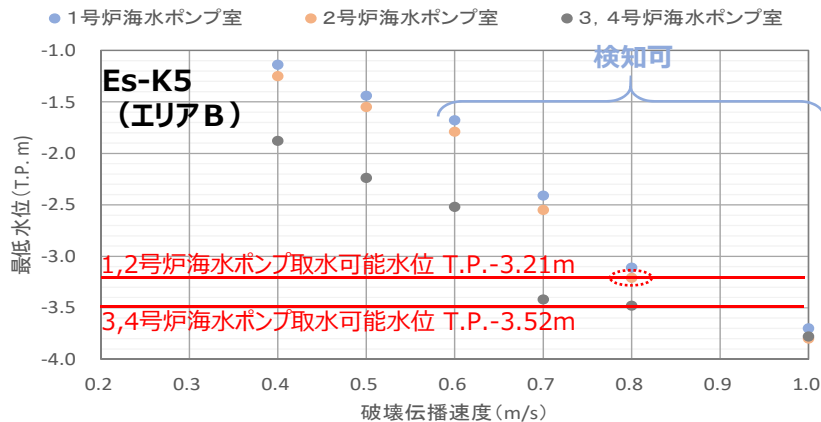
第847回審査会合
資料1-1 P58修正

● 水位上昇側（Kinematicモデル、最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮）



◆ 判断基準（0.70m/10分）による検知可否（施設影響あり：赤 検知可能：青 検知不能：緑）

● 水位下降側（Kinematicモデル、最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮）



水位上昇側：Es-K5（エリアB）最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮

破壊伝播速度	0.4m/s			0.5m/s			0.55m/s			0.6m/s			0.7m/s			0.8m/s			1.0m/s		
最高水位 [T.P. m]	2.52			3.29			3.73			3.86			4.13			4.37			4.46		
ポンプ室	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号
水位低下量[m]	0.67	0.69	0.81	0.79	0.81	0.90	0.71	0.71	0.89	0.72	0.76	0.93	0.92	0.96	1.12	1.25	1.28	1.58	1.57	1.64	1.88
0.7m低下時間[分]	-	-	11.1	9.2	8.5	8.1	9.1	9.0	7.5	7.5	7.2	6.7	5.4	5.3	5.7	4.5	4.3	2.7	3.2	3.1	2.4
検知可否	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

水位上昇側：Es-T2（エリアC）最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮

破壊伝播速度	0.2m/s			0.3m/s			0.4m/s			0.5m/s		
最高水位 [T.P. m]	2.15			2.61			3.70			4.29		
ポンプ室	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号
水位低下量[m]	0.60	0.64	0.70	0.64	0.68	0.81	1.05	1.14	1.27	1.50	1.53	1.73
0.7m低下時間[分]	-	-	13.6	-	-	9.6	6.0	5.9	4.5	4.2	4.2	3.6
検知可否	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o

水位下降側：Es-K5（エリアB）最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮

破壊伝播速度	0.4m/s			0.5m/s			0.6m/s			0.7m/s			0.8m/s			1.0m/s		
最低水位 [T.P. m]	-1.25			-1.55			-1.79			-2.55			-3.21			-3.80		
ポンプ室	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号	1号	2号	3,4号
水位低下量[m]	0.60	0.56	0.73	0.62	0.64	0.77	0.80	0.82	0.99	0.92	0.93	1.14	1.24	1.25	1.47	1.48	1.50	1.77
0.7m低下時間[分]	-	-	12.3	-	-	8.4	6.3	6.7	6.4	5.4	5.4	4.6	4.5	4.2	2.9	3.3	3.3	2.9
検知可否	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

- 水位上昇側・下降側ともに、破壊伝播速度が小さくなるほど水位変動も小さくなることを確認した。
- 「施設影響あり」のケースの中で、各波源で最も水位変動が小さいものは、Es-K5（上昇側、破壊伝播速度0.55m/s）、Es-T2（上昇側、破壊伝播速度0.4m/s）、Es-K5（下降側、破壊伝播速度0.8m/s）であった。その中で、1波目の水位低下量の最小値は0.71m、0.70mの水位低下に要する時間の最大値は9.1分であり、設定した判断基準（0.70m/10分）によって施設影響が生じるケースを全て検知できることを確認した。
- 1波目の水位低下量が最小の0.71mのケースは最高水位に高潮裕度（0.49m）を足すことによって「施設影響あり」になっている振幅の小さいケースであり、最高水位に高潮裕度を考慮しない場合（0.49mを引いた場合）に「施設影響あり」となるケースの1波目の水位低下量の最小値は0.92mである。したがって、本検討における最高水位に対する高潮裕度の考慮は、本質的には1波目の水位低下量に対する裕度の考慮であり、裕度を含めても1波目の水位低下量は全て判断基準の0.70m以上となっている。
- Es-K5（上昇側）の破壊伝播速度0.5m/s～0.6m/sでは、1波目の水位低下量の大小が破壊伝播速度の大小と整合していない。この間での1波目の水位低下量は概ね同程度で0.8m程度であるところ、取水路周辺の詳細地形の影響等で水位変動がやや増減しているものと考えられるが、施設影響が生じない破壊伝播速度0.5m/sのケースも含めていずれも水位低下量が0.70m以上であり、検知可能であることを確認している。

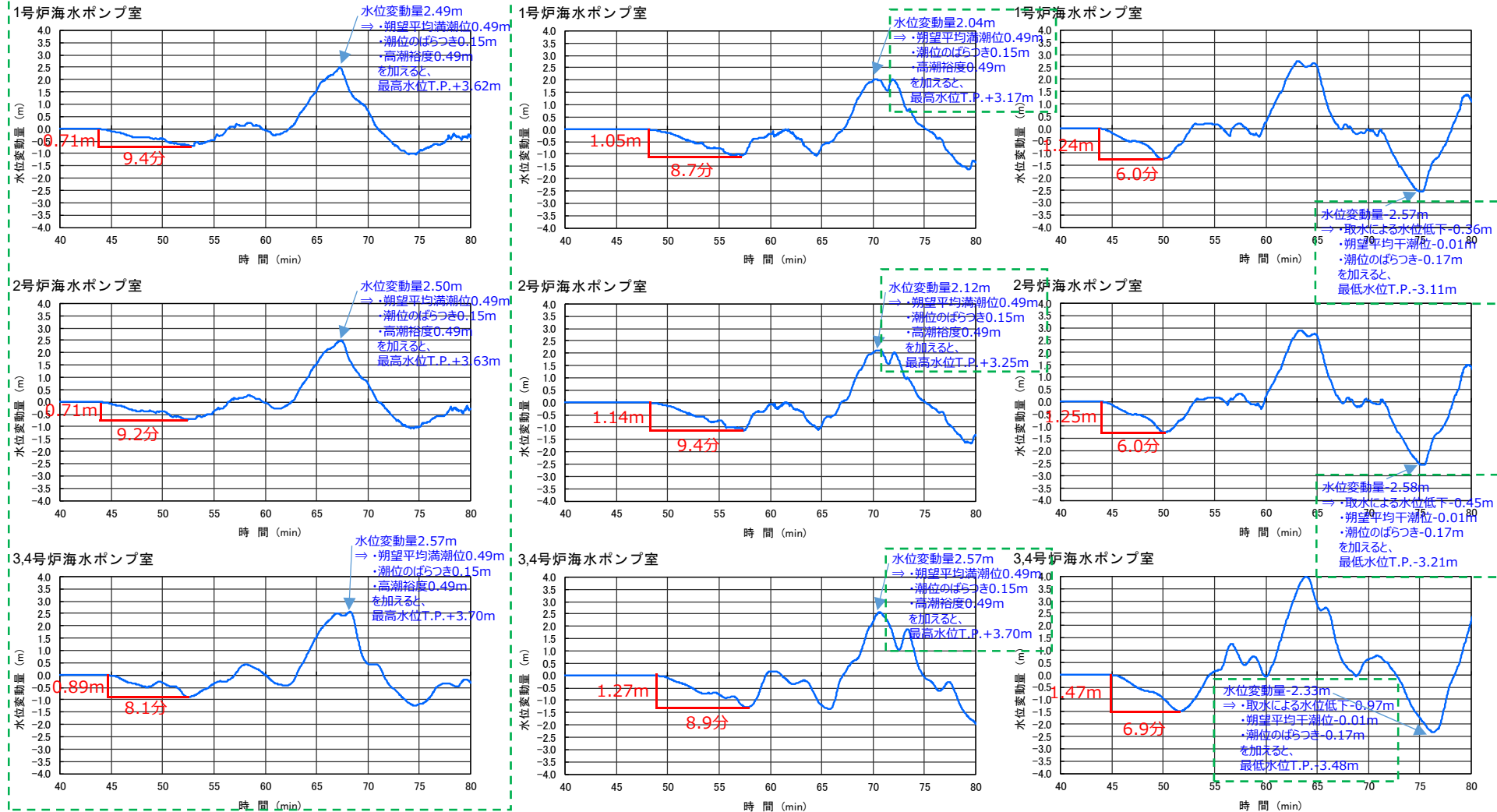
【Step 4 : ①-3 破壊伝播速度のパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P59修正

破壊伝播速度のパラメータスタディ結果（水位変動が小さいケースの検知可否の確認）

※第847回審査会合資料から、水位上昇側のEs-K5は破壊伝播速度0.55m/sのケースに変更。

●水位上昇側：Es-K5（エリアB）破壊伝播速度0.55m/s※ ●水位上昇側：Es-T2（エリアC）破壊伝播速度0.4m/s ●水位下降側：Es-K5（エリアB）破壊伝播速度0.8m/s



- パラメータスタディ結果のうち、施設影響があるケースの中で各波源で最も水位変動が小さい3ケースの時刻歴波形を確認した。
- いずれも i ~ v の条件を満たしており、設定した判断基準で津波検知が可能であることを確認した。（i. 水位下降が先行する波となる。 ii. 1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい。 iii. 1波目の水位変動では施設影響は生じない。 iv. 施設に影響するケースでは1波目の水位低下が0.70m以上。 v. 施設に影響するケースでは1波目の水位低下に要する時間が10分以内。）

【Step 4 : ① 海底地すべりの波源特性に関するパラメータスタディ】

波源特性に関する検討のまとめ

		波源特性			津波検知の判断基準 (0.7m/10分) の妥当性確認
		地すべりの位置・向き (38の海底地すべり) ⇒複数の地すべりを対象に津波水位計算を実施。	崩壊の規模 (崩壊断面積) ⇒崩壊の規模を様々に変えて津波水位計算を実施。	崩壊の進展速度 (破壊伝播速度) ⇒破壊伝播速度を様々に変えて津波水位計算を実施。	
津波の時刻歴波形の特徴	振幅	地すべりの位置・向きによる傾向の差異は見られない。 (位置・向きに関わらず、崩壊断面積が大きいほど、振幅は大きい。)	崩壊の規模が大きいほど、振幅は大きくなる。	崩壊の進展速度が速いほど、振幅は大きくなる。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 38の海底地すべりのうち、破壊伝播速度最大（振幅最大、周期最短）の場合に施設影響が生じるのは、崩壊の規模が特に大きいEs-K5（エリアB）とEs-T2（エリアC）。この2つによる津波を検知できることを確認した。 ➤ Es-K5及びEs-T2を対象に、崩壊の規模を徐々に小さくして、振幅を小さくした計算を行い、いずれの場合でも施設影響が生じるケースを検知できることを確認した。 ➤ Es-K5及びEs-T2を対象に、破壊伝播速度を徐々に小さくして、振幅を小さく且つ周期を長くした計算を行い、いずれの場合でも施設影響が生じるケースを検知できることを確認した。 ➤ なお、波源特性のパラメータスタディでは、高潮裕度を考慮して施設影響の有無を確認することで1波目の水位変動が比較的小さいケースまで「施設影響あり」として抽出していることから、判断基準の妥当性確認における1波目の水位低下量は保守的な評価となっている。
	周期	—	崩壊の規模が変わっても、周期に顕著な差は生じない。	崩壊の進展速度が速いほど、周期は短くなる。	

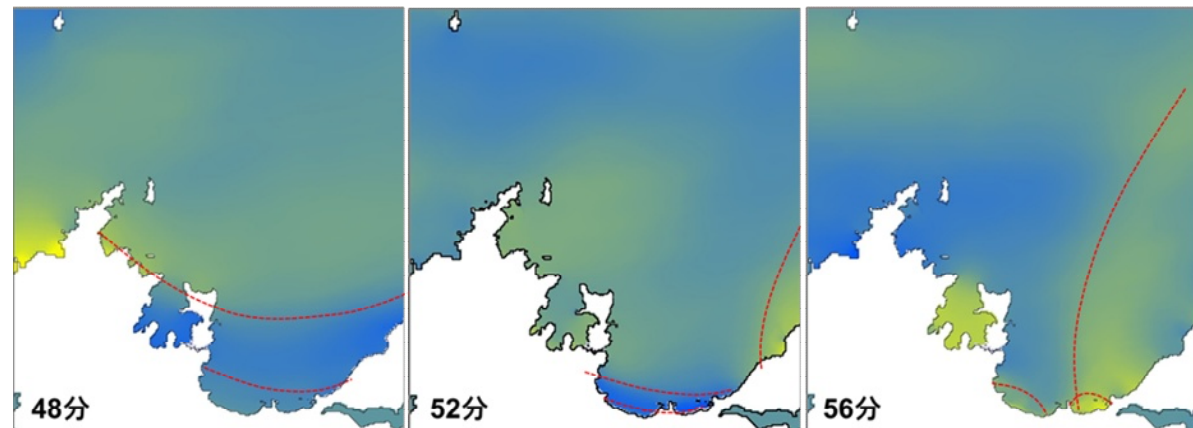
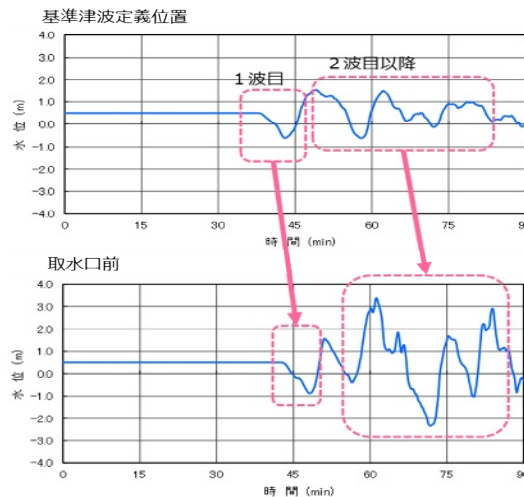
波源特性に関するパラメータスタディの結果、地すべりの位置・向き、崩壊の規模、崩壊の進展速度の違いによる津波波形の振幅・周期の特徴の違いがあっても、施設に影響するケースを網羅的に検知できる判断基準となっていることを確認した。

【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

2 波目以降の水位変動の増幅について

- 設定した判断基準では、「1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい」という前提に基づき、1波目の水位変動を検知することとしている。
- 海底地すべりによる津波の計算結果では、いずれのケースでも、基準津波定義位置の時刻歴波形では2波目以降の水位変動が1波目と同程度以下なのに対して、取水口前では2波目以降の水位変動の増幅が見られる。これは1波目では波源からの直達波のみが到達するのに対して、2波目以降では大島半島等からの反射波との重畳が生じているためと考えられる。（下図参照）
- 波源特性に関するパラメータスタディ（Step 4 ①）では、パラメータの変動に応じて生成される振幅・周期が異なる様々な津波波形においていずれの場合も取水口位置で2波目以降が増幅することが確認されており、2波目以降の増幅は若狭湾の伝播特性に起因する高浜発電所位置の津波波形の一般的な傾向であると考えられる。

○海底地すべりエリアB（Kinematic）による津波波形およびスナップショット



● 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ

目的：「1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい」という津波波形の特徴が津波波形の一般的な傾向であることを、より網羅的に確認する。

- ・波源のパラメータスタディ結果とは異なるような、特異的に大きな増幅傾向がないことを確認する。
- ・1波目の水位低下が10分を超えるような周期の長い波（周期40分以上）では大きな増幅はしないことを確認する。

確認方法：振幅・周期を様々に変えた正弦波を用いて津波水位計算を実施し、1波目と2波目以降の関係を確認する。

【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

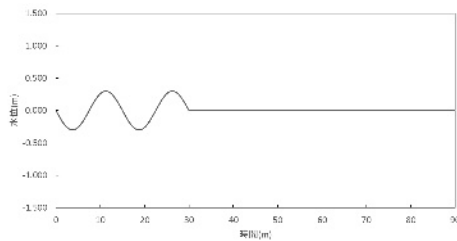
正弦波によるパラメータスタディの方法

- 若狭湾沖合（150m格子領域北端）から正弦波を入力し、津波計算を行う。
- 入力波の設定は以下のとおりとし、初動方向・振幅・周期・のパラメータスタディを行って、2波目以降の水位変動の増幅傾向を確認する。

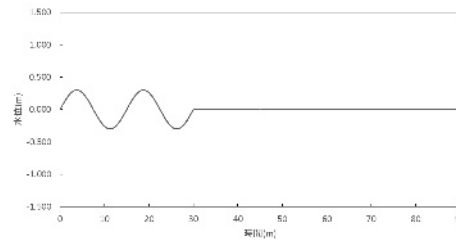
正弦波のパラメータ	設定	考え方
波数	2波	海底地すべりによる津波の基準津波定義位置の波形及びスナップショットから、入力波として明瞭な振幅が存在する波数として2波とする。
初動方向	・水位下降波先行 ・水位上昇波先行	隠岐トラフでは地形的にほとんどの地すべりが発電所とは逆方向に崩壊していることから水位下降波先行と考えられるが、発電所方向に崩壊する一部の地すべりではわずかに水位上昇波が先行する計算結果となることから、両パターンを設定する。
振幅	0.3~0.6m	・取水口位置での1波目の振幅が各周期で概ね0.7m程度となる振幅として0.3mとする。 ・周期10分・15分・40分については、施設影響が大きくなる場合の確認として0.3~0.6mのパラメータスタディを行う。
周期	5~50分	海底地すべりによる津波の周期を踏まえ、5~50分とする。

入力波形の例

◆波数2・水位下降波先行・周期15分・振幅0.3m

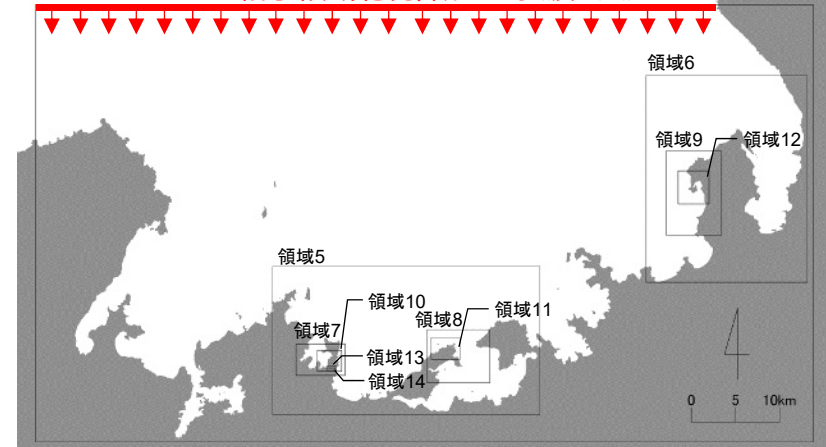


◆波数2・水位上昇波先行・周期15分・振幅0.3m



正弦波の入力位置

領域4 150m格子領域北境界から正弦波を入力

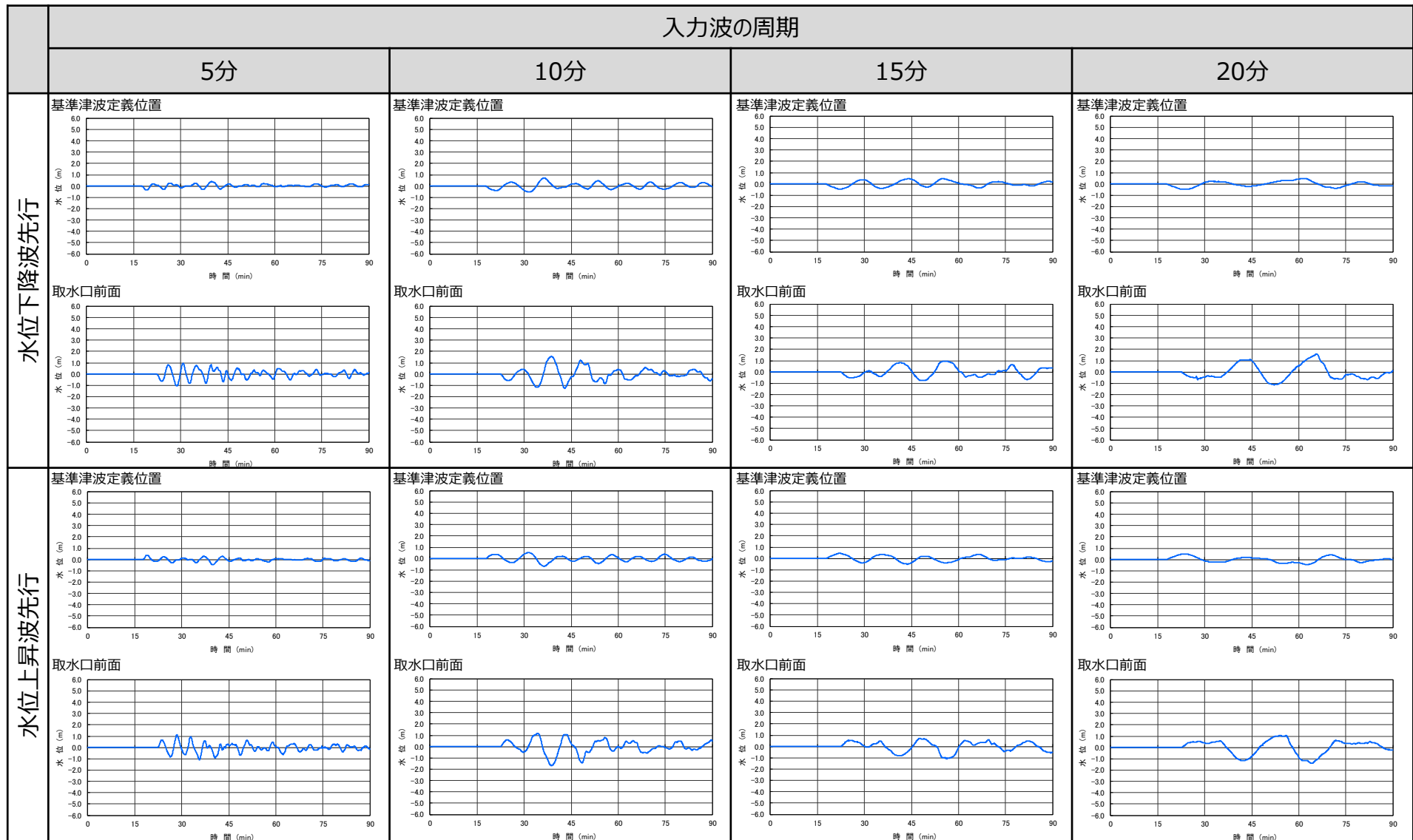


【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P64再掲

正弦波によるパラメータスタディ結果（周期のパラメータスタディ）

正弦波によるパラメータスタディによって得られた時刻歴波形を示す。

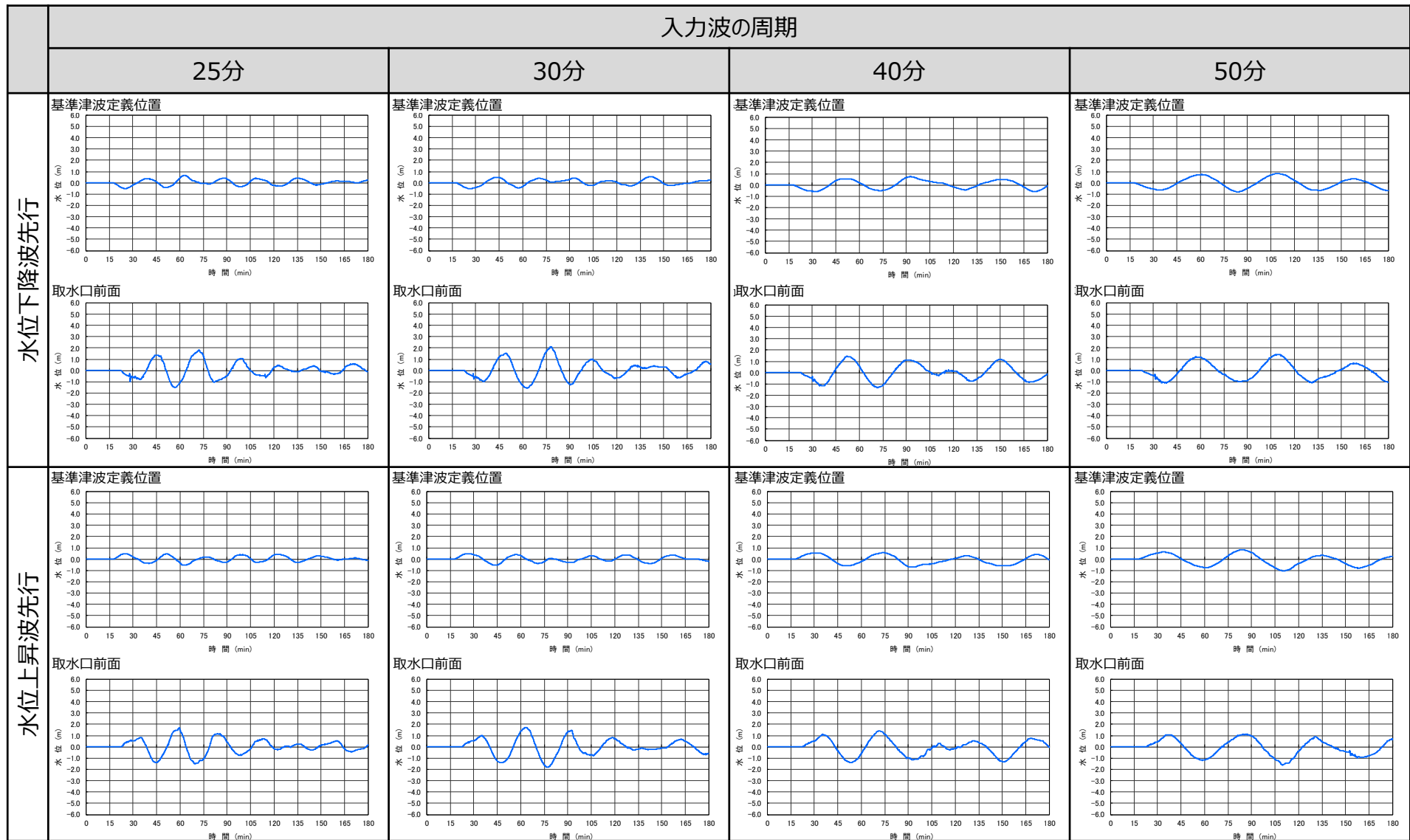


【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P65再掲

正弦波によるパラメータスタディ結果（周期のパラメータスタディ）

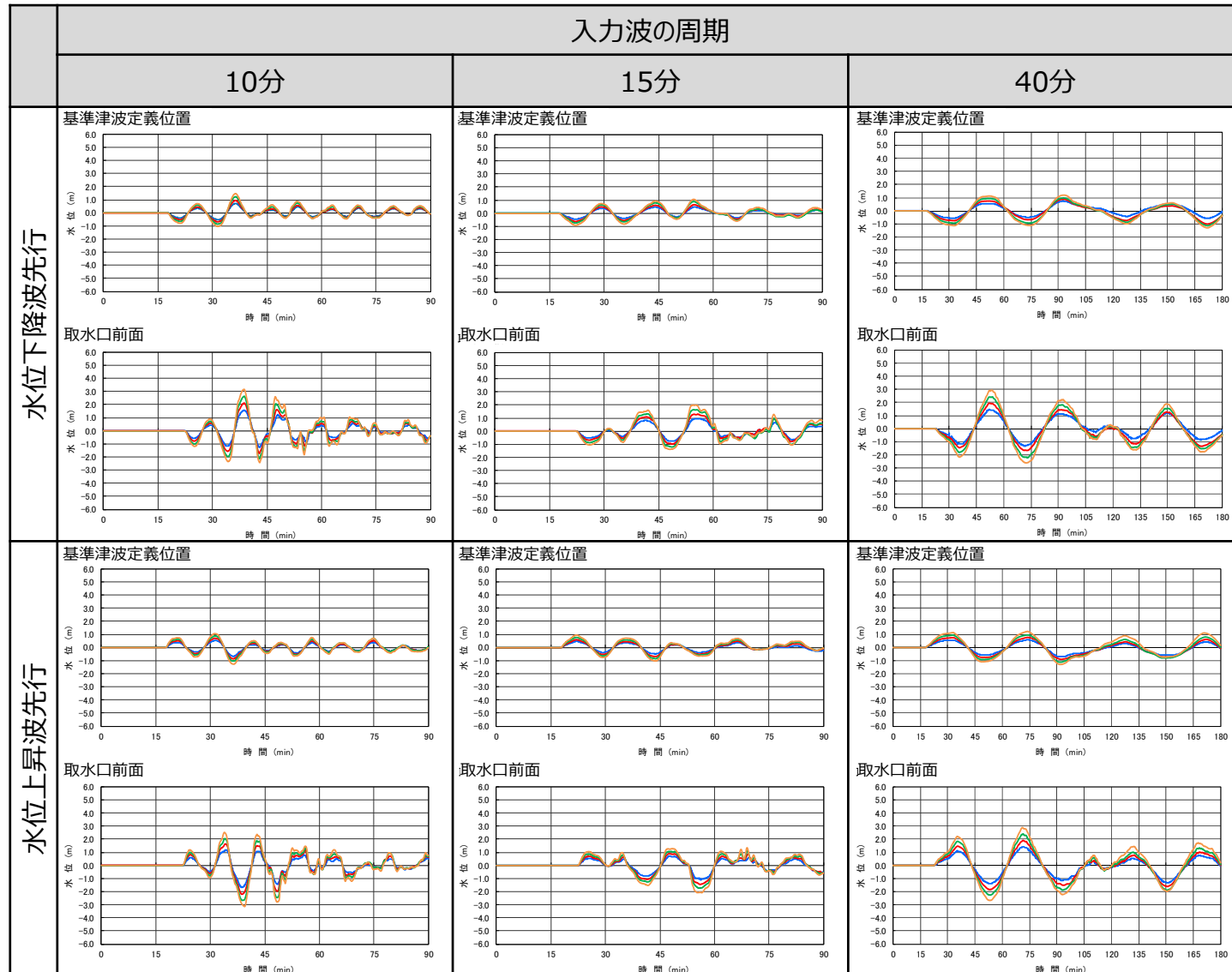
正弦波によるパラメータスタディによって得られた時刻歴波形を示す。



【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

正弦波によるパラメータスタディ結果（振幅のパラメータスタディ）

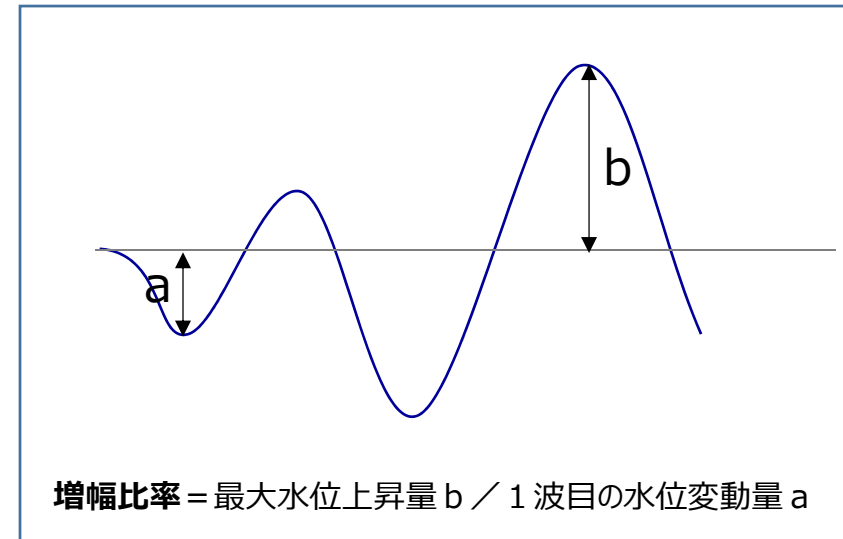
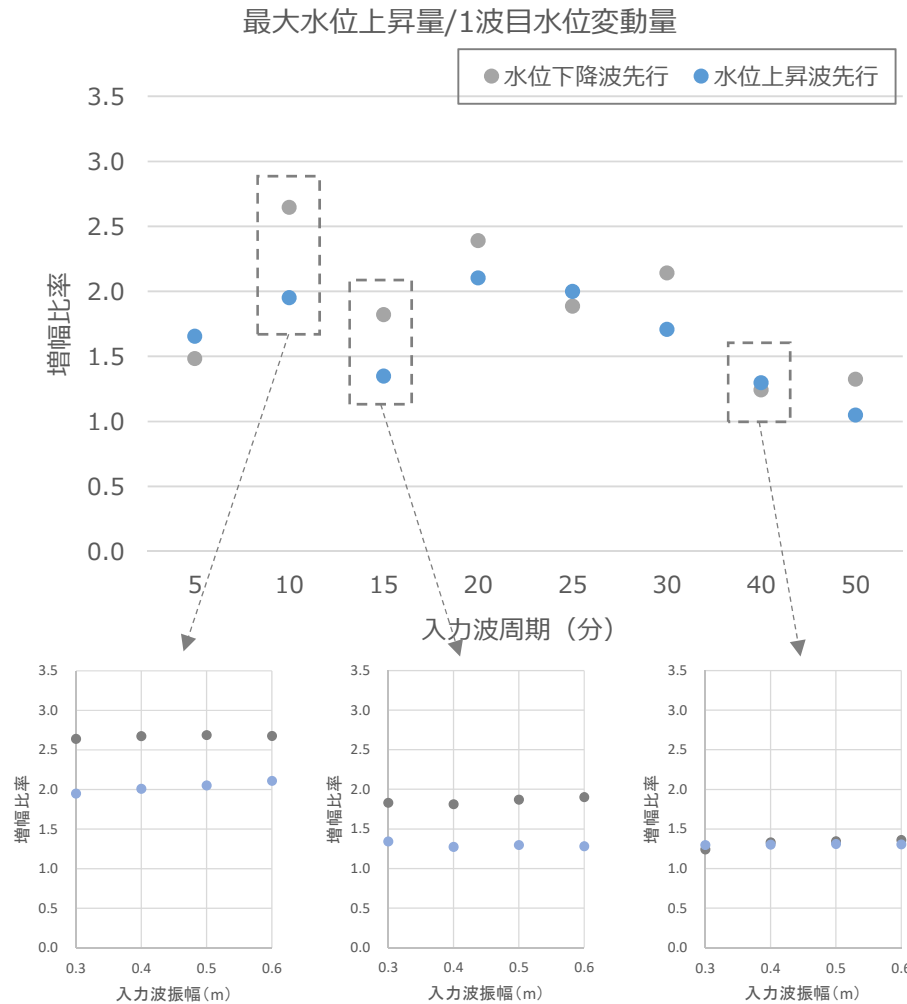
正弦波によるパラメータスタディによって得られた時刻歴波形を示す。



【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

正弦波によるパラメータスタディ結果（増幅比率）

正弦波による周期・振幅のパラメータスタディ結果の取水口前面の時刻歴波形から、1波目の水位変動量に対する最大水位上昇量の比率（増幅比率）を確認した。

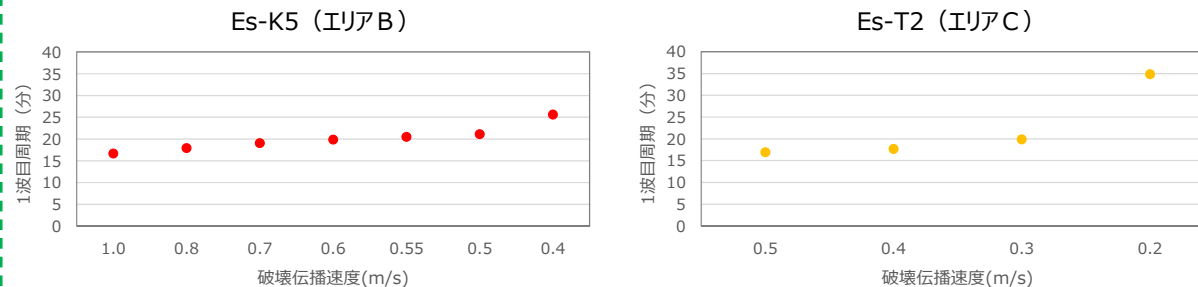


- 1波目に対する2波目以降の増幅比率は1～3程度になっており、いずれのケースでも2波目以降が増幅していること（増幅比率1以上）が確認された。
- 増幅比率は、入力波の周期が10分～20分程度の場合で特に大きい。一方、周期40分以上では、増幅比率は1に近づく（増幅は小さくなる）。
- 増幅比率は、入力波の振幅を変えてもほとんど変化しない。

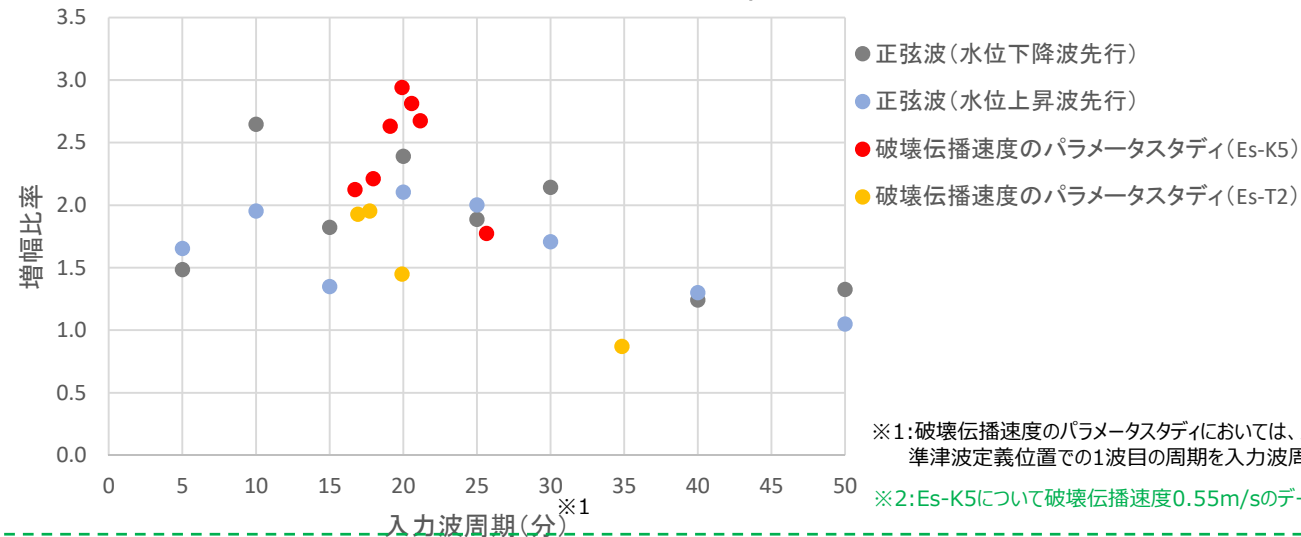
【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】 正弦波によるパラメータスタディ結果（海底地すべりによる津波の増幅比率との比較）

増幅比率は津波の周期によって変化することを踏まえ、周期に影響する破壊伝播速度のパラメータスタディ結果（Step 4 ①-3）における増幅比率（取水口前面）を確認する。

●破壊伝播速度と1波目の周期（基準津波定義位置）の関係※2



●正弦波及び破壊伝播速度のパラメータスタディによる増幅比率※2



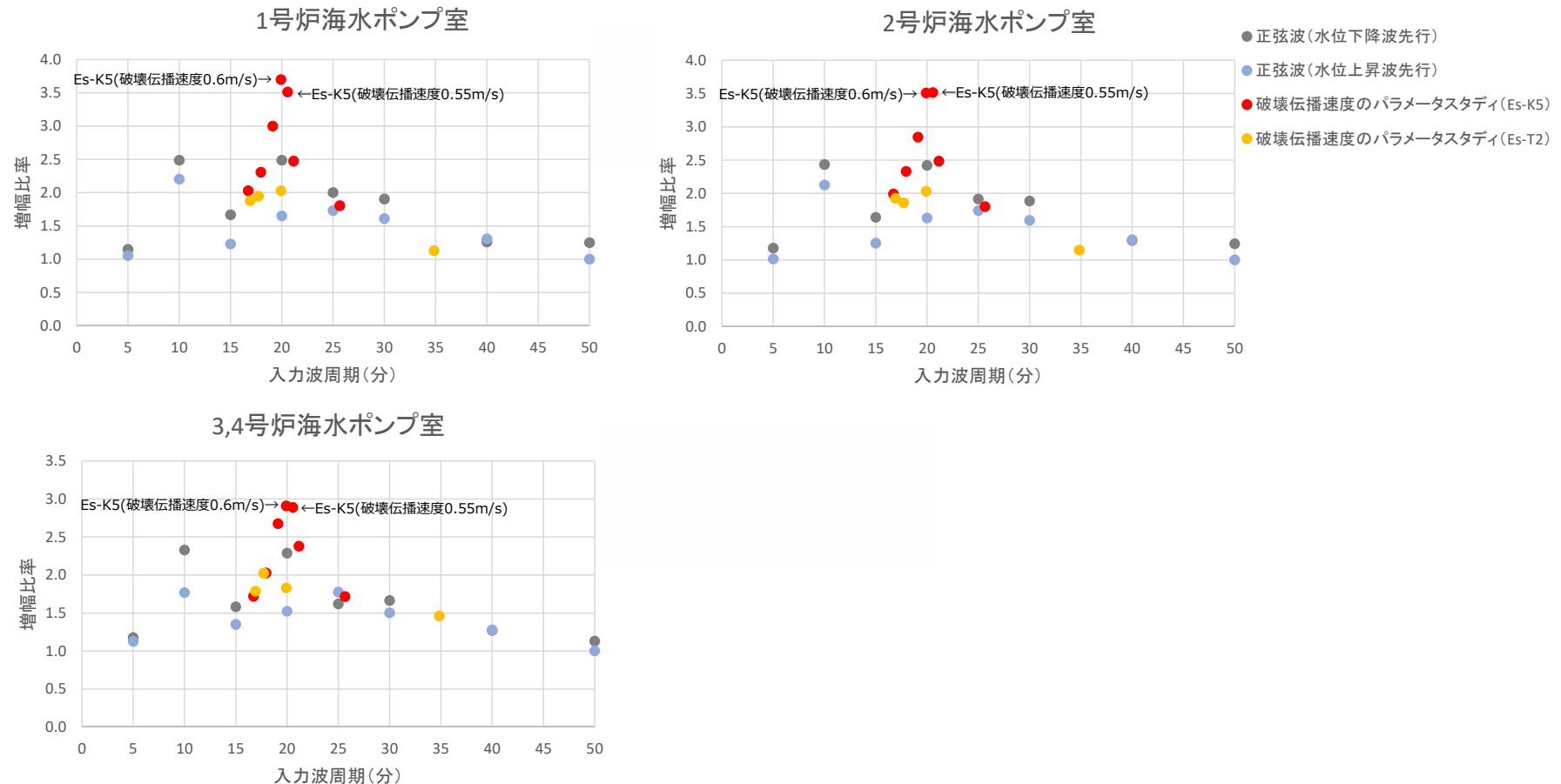
※1:破壊伝播速度のパラメータスタディにおいては、反射波の影響の小さい基準津波定義位置での1波目の周期を入力波周期相当とする。

※2:Es-K5について破壊伝播速度0.55m/sのデータを追加。

- 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果では、1波目に対する2波目以降の増幅比率が1～3程度。⇒正弦波での検討と同じ傾向。
- 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果では、周期20分付近に増幅比率のピークがある、⇒正弦波の検討と同じ傾向。
- 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果では、周期が長いケース（35分程度）では増幅比率が1に近づく。⇒正弦波の検討と同じ傾向。

【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】 正弦波によるパラメータスタディ結果（各ポンプ室での増幅比率）

各ポンプ室の時刻歴波形においても、前ページと同様に増幅比率の検討を行った。

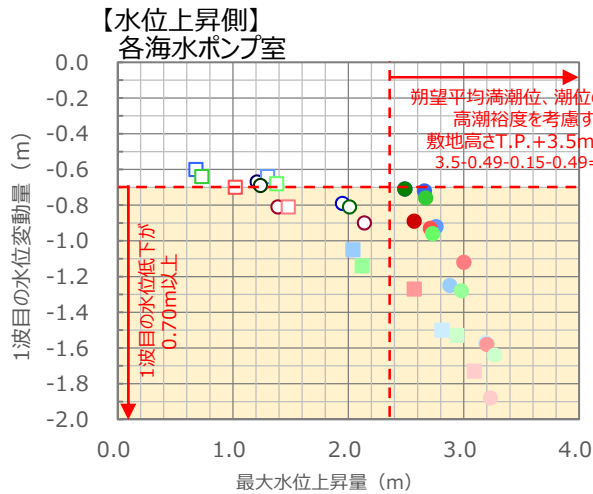


- 各ポンプ室においても、正弦波及び破壊伝播速度のパラメータスタディ結果の増幅比率は、周期10～20分程度にピークがあり、周期が長いケースでは1に近づくといい点で、取水口前面と同様の傾向が確認できた。
- 1号炉海水ポンプ室及び2号炉海水ポンプ室における周期20分付近の2ケース（Es-K5の破壊伝播速度0.6m/s及び0.55m/sのケース）で増幅比率が3.5～3.7程度と特に大きくなっている。なお、これらの増幅比率が特に大きいケースでも設定した判断基準で検知できることを確認していることから、正弦波によるパラメータスタディで確認した増幅比率がこれよりも小さいケースについても設定した判断基準で対応可能と考えられる。

【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

(参考) 破壊伝播速度のパラメータスタディ結果※1の水位変動量 ※1 : 参考としてEs-T2の水位下降側の結果も記載

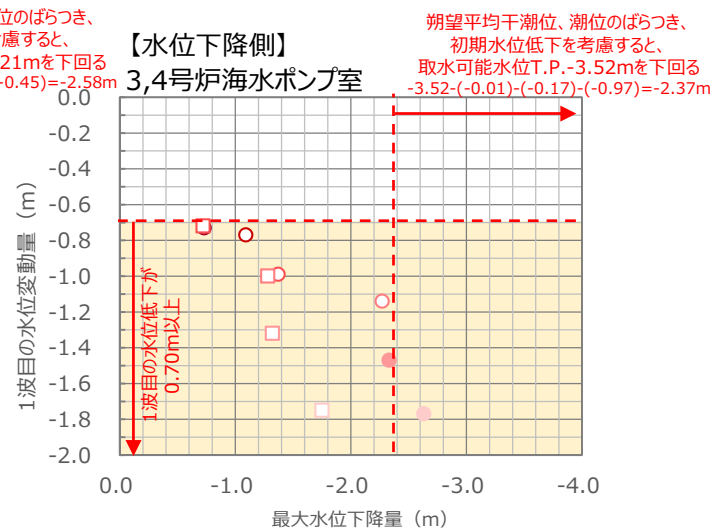
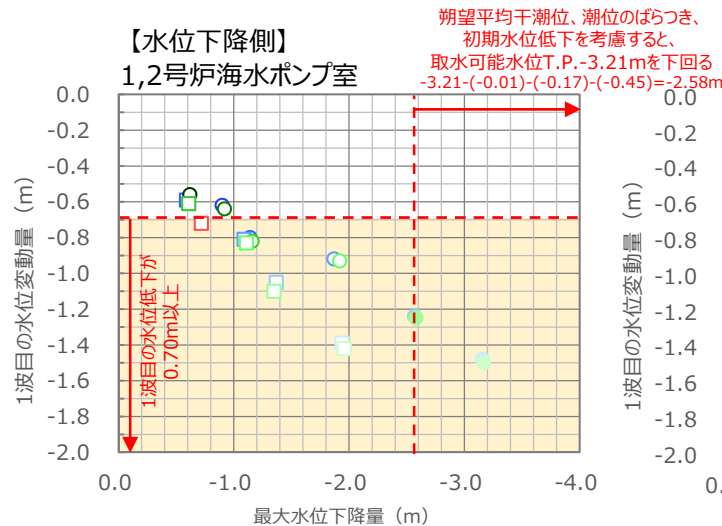
● 1波目の水位変動量と最大水位変動量の関係



【凡例 (塗りつぶし: 施設影響あり、白抜き: 施設影響なし)】

評価点	エリアB Es-K5 (Kinematic)					エリアC Es-T2※2 (Kinematic)						
	破壊伝播速度 [m/s]											
	1.0	0.8	0.7	0.6	0.55	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	
水位上昇側	No.1 SWP	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
	No.2 SWP	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
	No.3,4 SWP	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
水位下降側	No.1 SWP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	No.2 SWP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	No.3,4 SWP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※2 : エリアCの水位上昇側・0.2m/sのケースについては、1波目の水位低下のピークが多段になっており、第847回審査会合時には小規模なピークの値をグラフ上にプロットしていた。波形を再確認し、1波目の水位変動量を、1波目の最も大きなピークに基づいた値に変更する。



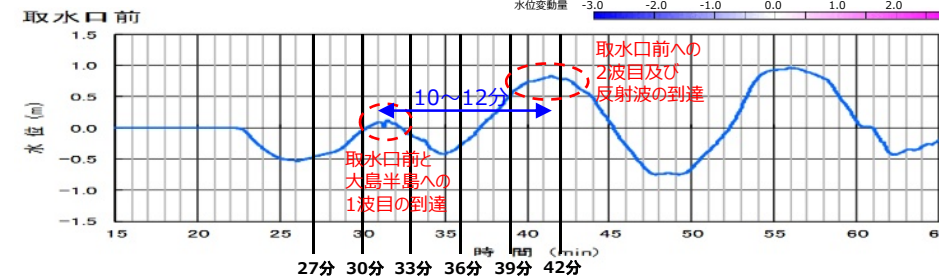
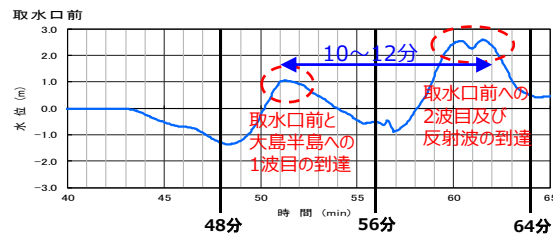
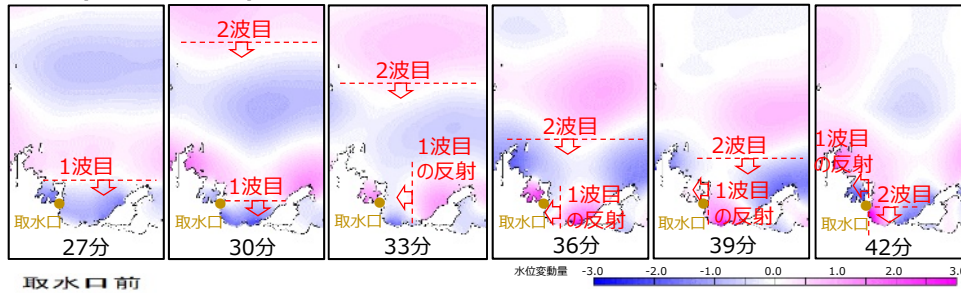
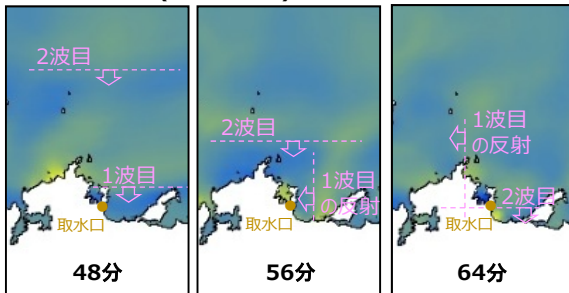
【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】 反射波の重畳に関する確認

海底地すべりによる津波及び正弦波のいずれにおいても2波目以降が増幅することや、周期によって増幅比率が異なることを踏まえ、取水口位置での2波目以降に対する大島半島からの反射波の重畳について確認を行った。

●大島半島からの反射波との重畳（海底地すべりによる津波、正弦波）

エリアB Es-K5(Kinematic)の津波伝播のスナップショット

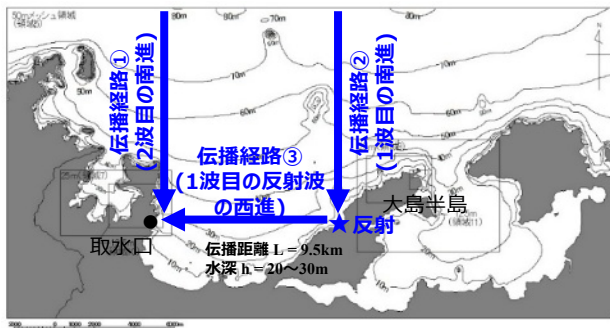
正弦波(入力波周期15分)の津波伝播のスナップショット



海底地すべりによる津波及び正弦波の伝播状況から以下を確認した。

- ▶ 取水口位置において大島半島からの反射波（1波目）が2波目と重畳する。
- ▶ 波源からの1波目及び2波目は南向きに、大島半島からの反射波（1波目）は西向きに進行する。
- ▶ 大島半島で反射した波（1波目）が取水口に到達するまでの時間は10～12分程度と考えられる。

●反射波の重畳と津波の周期の関係



左図において伝播経路①と伝播経路②が同じように津波を伝播させると仮定すると、伝播経路③の進行に要する伝播時間と津波の周期が一致する場合において、伝播経路②及び伝播経路③を通じて到達する1波目のピークと伝播経路①を通じて到達する2波目のピークが取水口前で重畳する。

伝播経路③の進行に要する伝播時間は、スナップショット及び時刻歴波形の確認結果から10～12分程度と考えられる。これは伝播距離及び波速に基づく試算とも概ね一致する。

$$\text{伝播時間} = \text{伝播距離 } L / \text{波速 } c = L / \sqrt{gh} = 9500 / \sqrt{9.8 \times 20 \text{ or } 30} \approx 554 \sim 678 [\text{sec}] \Rightarrow 9.2 \sim 11.3 [\text{min}]$$

したがって、周期10～15分程度の波において他の周期よりも2波目以降の増幅比率が高くなる傾向は、大島半島から10～12分程度で取水口前に到達する反射波との重畳が影響していると考えられる。

一方、周期が10～15分よりも大幅に長い場合に増幅比率が低くなるのは、伝播経路①を通じて2波目のピークが到達する前に大島半島からの反射波が到達してしまうことで、ピークどうしの重畳が生じないためと考えられる。

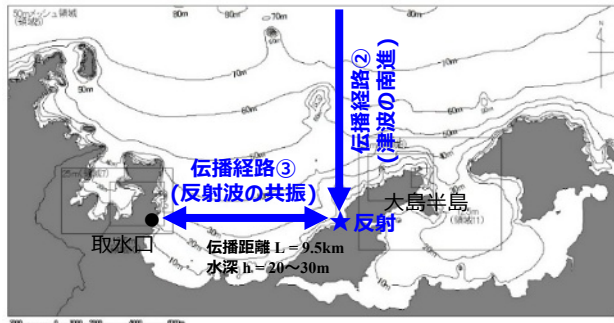
海底地すべりによる津波でも正弦波でも2波目以降での大島半島からの反射波が生じるが、ピークどうしの重畳が顕著になるのは周期が10～15分程度と考えられ、周期が大幅に長い場合にはピークどうしの重畳は生じにくいと考えられる。

【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

高浜湾における固有振動（セイシュ）に関する確認

海底地すべりによる津波及び正弦波のいずれにおいても2波目以降が増幅することや、周期によって増幅比率が異なることを踏まえ、大島半島からの反射波の固有振動（セイシュ）について確認を行った。

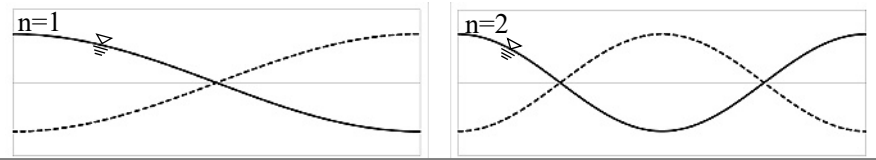
● 高浜湾におけるセイシュの周期



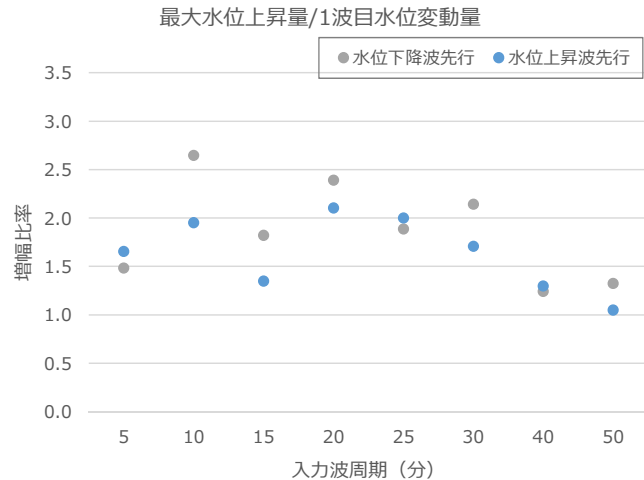
左図において伝播経路③を西進した1波目の反射波が取水口位置で反射する際に、波の周期が高浜湾の固有周期と一致する場合において、波の固有振動（セイシュ）によって振幅が励起される。

両端が岸（腹）となるセイシュが発生する固有周期 T_n は、伝播距離 L と水深 h から、 $T_n = 2L / n\sqrt{gh}$ の式で求められ、 $n=1$ の場合が1次の固有周期、 $n=2$ の場合が2次の固有周期となる。

高浜湾の伝播経路③の場合、 $L=9500m$ 、 $h=20\sim30m$ とすると、1次固有周期が18~23分程度、2次固有周期が9~11分程度となる。

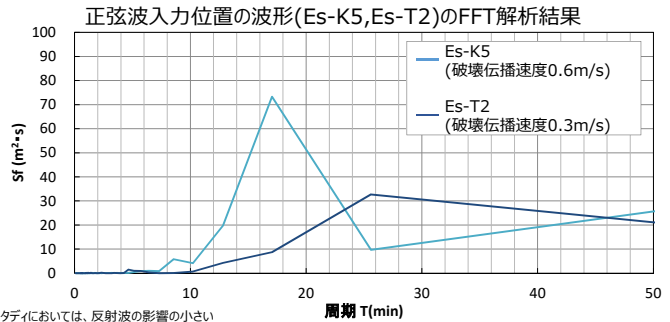
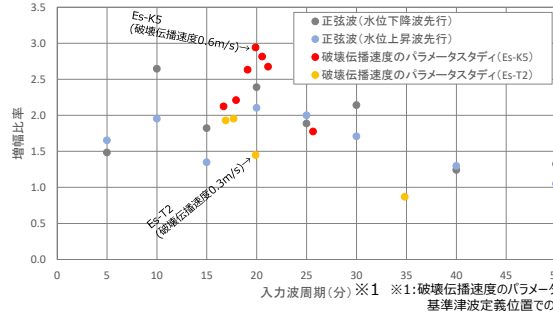


● 正弦波の増幅比率とセイシュの関係



正弦波による検討結果から、増幅比率は特に周期10分と周期20分において他の周期よりも大きい。これらは伝播経路③の1次・2次の固有周期に近いことから、大島半島から反射して到達する波にはセイシュによる振幅の励起が生じている可能性がある。

● 海底地すべりによる津波とセイシュの関係



Es-K5（破壊伝播速度0.6m/s）とEs-T2（破壊伝播速度0.3m/s）はともに、基準津波定義位置における1波目の周期が20分程度である。一方、正弦波の入力位置と同じ位置の時刻歴波形を用いてFFT解析を実施した結果、Es-K5は周期18分程度が卓越する波、Es-T2は周期26分程度が卓越する波であった。1波目のみかけの周期は同程度であっても、実際に含まれている波として湾の固有周期に近い周期18分の波が卓越するEs-K5では増幅比率が大きく、湾の固有周期から外れる周期26分程度の波が卓越するEs-T2では増幅比率が小さい結果となっている。

大島半島からの反射波の周期が10分程度または周期20分程度の場合には湾の固有周期との一致によって振幅が励起される可能性があるが、周期が湾の1次固有周期の20分程度より大幅に長い場合には固有振動は生じず、振幅の励起は生じにくいと考えられる。

【Step 4 : ② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ】

第847回審査会合
資料1-1 P70修正

若狭湾の伝播特性に関する検討のまとめ

		正弦波による検討 ⇒周期・振幅を変えた正弦波による津波水位計算を実施。	海底地すべり Es-K5, Es-T2の検討 (波源特性のパラメータスタディ)	津波検知の判断基準 (0.7m/10分) の妥当性確認
津波の時刻歴波形の特徴	2波目以降の水位変動の増幅	増幅比率は1～3。	増幅比率は1～3。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 正弦波による検討では、いずれのケースでも増幅比率は1以上であり、「1波目よりも2波目以降の水位変動が大きい」という判断基準の前提は津波波形の一般的な傾向であることを確認した。 ➤ 正弦波による検討では、2波目以降の増幅の傾向（増幅比率、増幅する周期）が波源特性のパラメータスタディと同じ傾向であることを確認した。したがって、0.7m/10分では検知できないような特異な増幅傾向はない。 ➤ 1波目の水位低下が10分を超えるような周期の長い波（周期40分以上）では、2波目以降の増幅が小さいことを確認した。 ➤ なお、破壊伝播速度のパラメータスタディにおける各ポンプ室での増幅比率の増幅率の最大値は3.7であったが、このケースでも設定した判断基準で検知できることを確認している。
	2波目以降の水位変動が増幅する周期	<ul style="list-style-type: none"> ● 周期10～20分程度で増幅比率が大きい。（増幅比率2～3） ● 周期40分以上では増幅比率が小さい。（1程度） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 周期20分程度で増幅比率が大きい。（増幅比率2～3） ● 周期35分程度では増幅比率が小さい。（1程度） 	

正弦波による検討でも2波目以降の増幅の程度や影響する周期の傾向は波源特性のパラメータスタディ結果と同じであり、0.7m/10分では検知できないような特異な増幅傾向はなく、1波目の水位低下が10分を超えるような周期の長い波では増幅が小さいことを確認した。

【Step 4 : 判断基準の網羅性の確認】

網羅性の確認結果

① 海底地すべりの波源特性に関するパラメータスタディ

隠岐トラフ海底地すべりのうち、生じる津波が施設に影響する海底地すべりを全て抽出し、それらの波源特性についてパラメータスタディを実施し、以下を確認した。

- 生じる津波波形の不確かさを踏まえても、施設に影響するケースにおける1波目の水位変動量の最小値は0.71m、1波目が0.70m低下するのに要する時間の最大値は9.1分であり、施設に影響するケースは0.70m/10分の判断基準で全て検知できる。
- なお、波源特性のパラメータスタディでは、高潮裕度を考慮して施設影響の有無を確認することで1波目の水位変動が比較的小さいケースまで抽出していることから、判断基準の妥当性確認における1波目の水位低下量は保守的な評価となっている。

		崩壊規模のパラメータスタディ結果	破壊伝播速度のパラメータスタディ結果
最高水位・最低水位が 施設に影響するケース	1波目の水位変動量の最小値	0.73m (Es-K5 崩壊規模40%) ←0.70m以上	0.71m (Es-K5 破壊伝播速度0.55m/s) ←0.70m以上
	1波目が0.70m低下するのに要する 時間の最大値	4.8分 (Es-K5 崩壊規模40%) ←10分以内	9.1分 (Es-K5 破壊伝播速度0.55m/s) ←10分以内

② 若狭湾の伝播特性に関するパラメータスタディ

振幅・周期を様々に変えた正弦波を用いて津波水位計算を実施し、1波目と2波目以降の関係について以下を確認した。

- 2波目以降の増幅の程度や影響する周期の傾向は、正弦波の検討でも波源特性のパラメータスタディでも同じ傾向である。
- 様々な振幅・周期を考慮しても、0.70m/10分の判断基準で検知できないような特異な増幅傾向はなく、1波目の水位低下が10分を超えるような周期の長い波では増幅が小さい。

波源特性に関するパラメータスタディ及び伝播特性に関するパラメータスタディの結果から、設定した判断基準は施設影響が生じる津波を網羅的に検知できるものになっていることを確認した。

【Step 5 : 津波検知の判断基準の設定】

- Step 4では、1波目の0.7m/10分の水位変動を判断基準にすることで、施設影響が生じる津波を網羅的に検知できることを確認した。
- ただし、Step 4はあくまで津波シミュレーション結果に基づく確認であり、実際には平常時に短時間の潮位のゆらぎがあるため、津波検知のトリガーとする1波目の水位変動量に0.1mの余裕を織り込むこととする。



津波検知の判断基準を以下のとおり設定する。

津波検知の判断基準

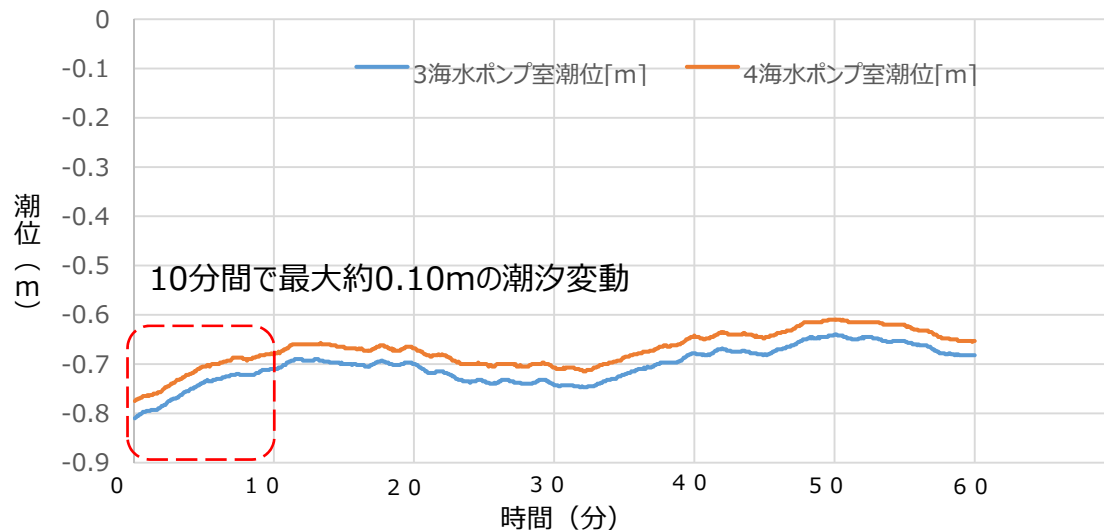
通常の潮汐とは異なる潮位変動（下記①または②）を把握した場合、津波襲来と判断し、循環水ポンプ停止・ユニット停止・取水路防潮ゲート閉止の操作を行う。

- ① 潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.6m以上上昇する。
- ② 潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.6m以上下降する。

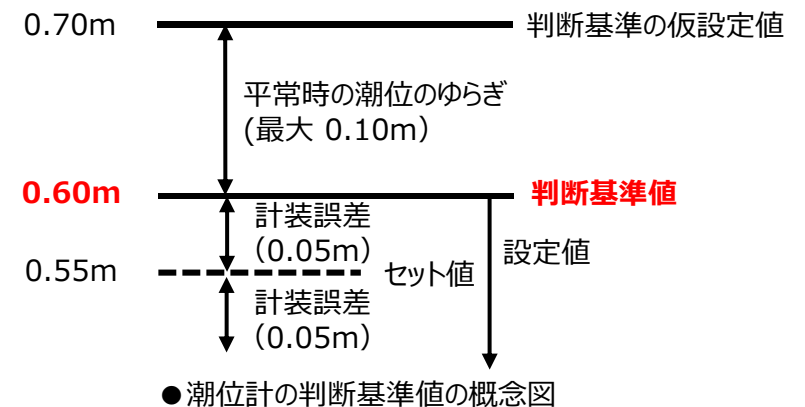
【3/12審査会合のご指摘事項】

3.防潮ゲート閉止の判断基準（水位変動量 0.7 m）に対する裕度の考え方について、整理して説明すること。

- 過去の潮位データを確認した結果、平常時において10分間で最大約0.10mの潮位変動あり。
- したがって、**津波検知の判断基準値は、施設影響が生じる津波を網羅的に検知できる1波目の10分以内の水位変動量0.70mに、平常時における短時間の潮位のゆらぎ10分間で0.10mを考慮し、10分以内に0.60mと設定する。**
- 判断基準値に対しては、計装誤差を考慮し、**実機のセット値は10分以内に0.55mとする。**

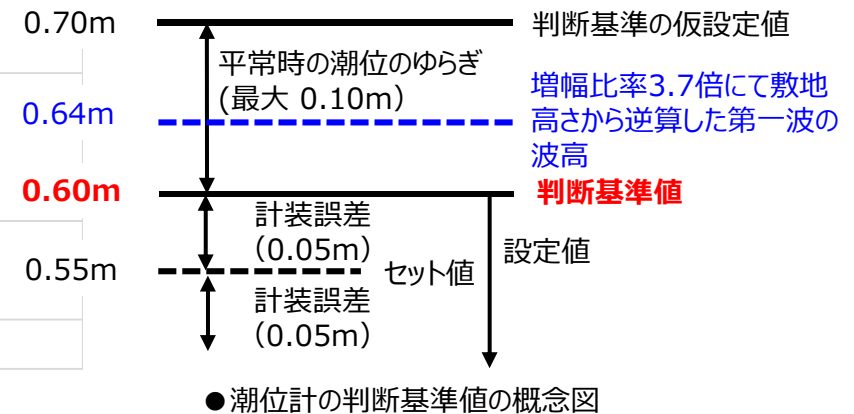
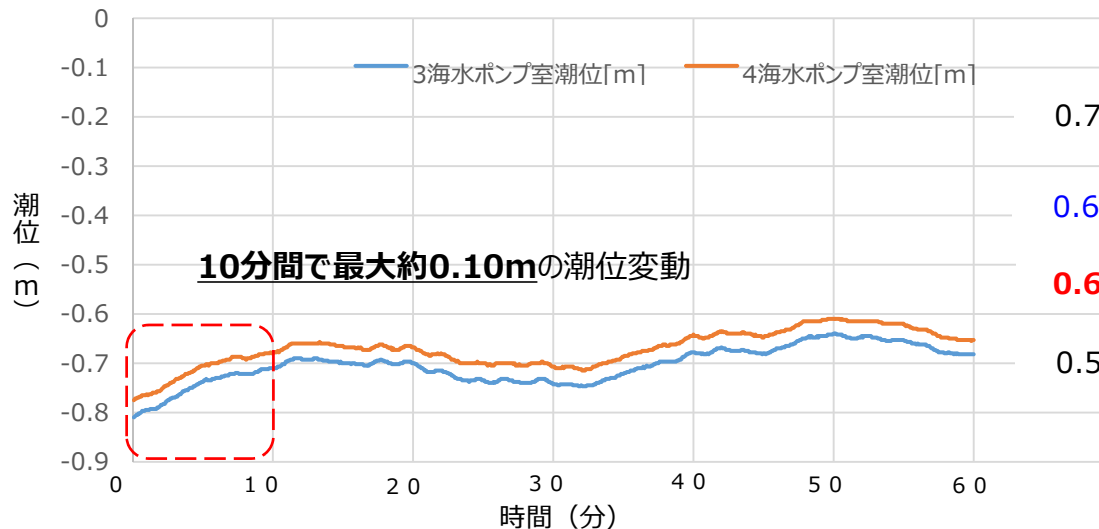


平常時の潮汐の変動
 ■ 2019年9月瞬時値（5秒）（3, 4号炉プラント稼働中）



判断基準の仮設定値：津波シミュレーションにおける防潮ゲート閉止トリガーの仮設定値
 判断基準値：平常時の潮位のゆらぎを考慮した防潮ゲート閉止の判断基準値
 設定値：防潮ゲート閉止判断のために必要な潮位変動値の許容範囲
 セット値：実機の計装設備にセットする作動値

- トリガーの妥当性、網羅性を確認するための津波解析から算出された最大の増幅比率3.7倍のケースにおける津波高さは3.8m程度であり、敷地高さ3.5mをわずかに超えるケースはなかったものの、**仮に敷地高さ3.5mをわずかに超えるケースにおいて、増幅比率3.7倍である津波を仮定すると、トリガーは、10分以内に0.64mとなる。**
- 今回トリガーを「10分以内に0.70m」から「10分以内に0.60m」へ変更したことで、**通常時の潮位変動**や、**敷地影響近傍の波を生ずる第一波の波高の不確かさ**を考慮しており、プラントに影響を及ぼす波源に対し一定の**網羅性を確保**した。



平常時の潮位の変動
 ■ 2019年9月瞬時値（5秒）（3，4号炉プラント稼働中）

判断基準の仮設定値：津波シミュレーションにおける防潮ゲート閉止トリガーの仮設定値
 判断基準値：平常時の潮位のゆらぎを考慮した防潮ゲート閉止の判断基準値
 設定値：防潮ゲート閉止判断のために必要な潮位変動値の許容範囲
 セット値：実機の計装設備にセットする作動値

【運用時間（5 / 6）】 ※第847回審査会合資料から変更。潮位変化の前後で最大誤差が発生するものとして、計装誤差及び潮位計の設計を変更。

（5）潮位計による津波検知に係るシステムの全体構成及び津波の検知方法について

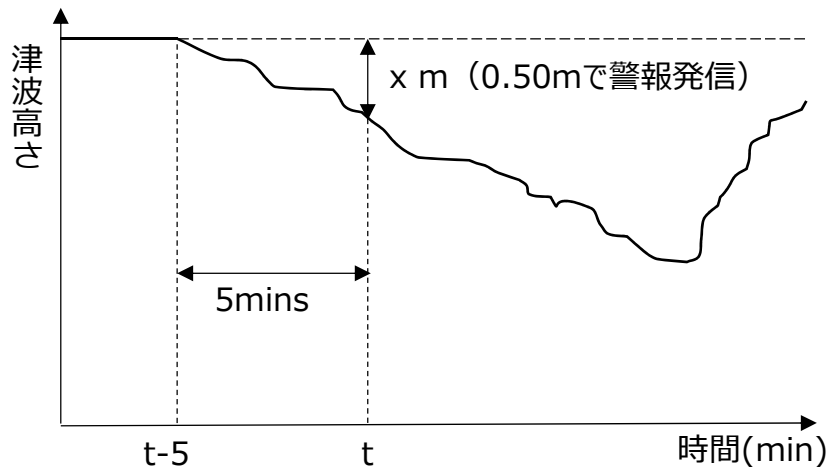
○潮位計については下記の通りのシステム構成をしており、潮位計のサンプリング周期は約3sである。潮位計の信号については演算器において計測時点（下図の「t」）の値と5分前の値（「t-5」）を比較し、潮位の変化率を監視モニタに表示する。なお、変化率が0.50mに達した時点で警報発信する。

○0.50mの水位差が発生した後、0.60mの水位差が発生する前に水位上昇することも考えられるが、警報発信した時点で潮位変動は**運転員が監視モニタ**で集中監視しており、津波襲来の検知が大幅に遅れることはない。

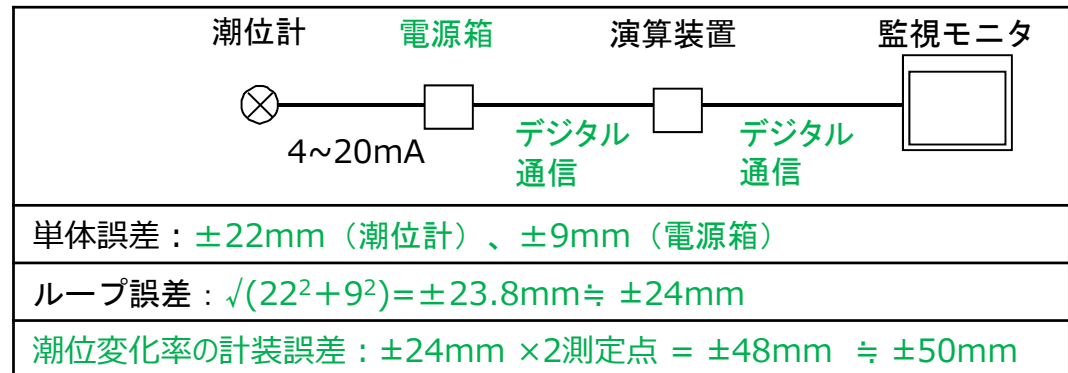
- 各敷地内潮位計の故障時の表示方法については以下の通り
 - ・1号炉海水ポンプ室前：レンジの下限値以下に振り切り
 - ・2号炉海水ポンプ室前：レンジの下限値以下に振り切り
 - ・3, 4号炉海水ポンプ室前：レンジの下限値以下に振り切り

○潮位計の計装誤差は最大で±約5cm^{注1}であり、計装誤差による検知の遅れ時間は最大約30秒であるが、津波襲来の判断基準に到達するまでに、最短でも約5分の対応時間を有しており、これに比べ時間遅れは十分に小さいことから計測誤差による影響はない。

注1：防潮ゲート閉止判断基準となる0.60mにパラメータの測定誤差及び計装誤差を考慮した0.55mをセット値とする。



●潮位変化率の算出方法



●潮位計の誤差の考え方

耐津波設計を踏まえた 基準津波選定へのフィードバック

【基準津波選定の考え方（1 / 2）】

【実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の 解釈 別記3】

第5条（津波による損傷の防止）

- 1 第5条第1項に規定する「基準津波」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを策定すること。また、津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組合せによるものを複数選定し、**不確かさを考慮して**数値解析を実施し、**策定すること**。
 - 3 第5条第1項の「**安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない**」を満たすために、**基準津波に対する設計基準対象施設の設計**に当たっては、以下の方針によること。
 - 五 津波防護施設及び浸水防止設備については、**入力津波に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できること**。そのため、以下の方針によること
- ②入力津波については、**基準津波の波源からの数値計算**により、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すること。

【審査ガイド要求事項】

I. 基準津波について、「2. 基本方針」及び「3.5.1 基準津波の選定方針」にて以下を要求

2. 基本方針

施設の安全設計に用いる基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものとして策定すること。

3.5.1 基準津波の選定方針

基準津波は、**発生要因を考慮した波源モデル**に基づき、**津波の伝播の影響等を踏まえた津波を複数作成して検討**した上で、安全側の評価となるよう、**想定される津波の中で施設に最も大きな影響を与えるもの**として策定されていることを確認する。

II. 耐津波設計方針について、「2.1 基本方針の概要」にて以下を要求

原子炉施設の耐津波設計の基本方針については、『**重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波（基準津波）に対して、その安全機能を損なわない設計であること**』である。



【基準津波選定の考え方 (2/2)】

- ①津波警報が発表されない可能性がある海底地すべりを想定した基準津波は、取水路防潮ゲートが「開」の条件で、施設に最も影響を与えるものとして、基準津波 1, 2 の各評価点の水位を超える津波波源のうち、水位が最高・最低となるエリアB,Cの各波源の崩壊規模・破壊伝播速度の最大のをそれぞれ基準津波 3, 4として選定。
- ②原子炉施設の安全機能を損なわない設計とするため、構内での潮位観測を踏まえた防潮ゲートの運用を耐津波設計方針に考慮することとし、防潮ゲートの閉止判断となるトリガーを「潮位計 2 台が10分以内0.6m以上の上下変動」と設計。トリガーの設計方針は以下のとおり。
 - 海底地すべり津波波源のうち、エリアB,Cの最大波源のみ(基準津波3,4)が施設影響が生じることを確認。
 - これらに対する海底地すべりの波源特性、若狭湾の伝播特性を踏まえたパラスタから、施設に影響を与える津波の見逃しが無いことを確認。
 - 発電所で過去に観測した通常の潮位記録から潮位のゆらぎ等を確認。
- ③「津波防護機能が保持できる設計がなされる」ため「施設に最も大きな影響を与えるもの」を選定するとのガイドの規定を踏まえ、トリガーの設計で実施したパラスタケースのうち、トリガーに最も近接する津波を基準津波に選定。
- ④②で検討した津波波源に対し、トリガー設計を踏まえた防潮ゲートの閉止運用を考慮した津波水位評価を実施し、各評価点において基準津波 1～4の水位を上回る津波波源があれば、施設に最も大きな影響を与えるものとして基準津波に選定。

I. 基準津波 (添付書類 六)

①津波警報を伴わない海底地すべり津波を基準津波として選定
(防潮ゲート開状態における最高・最低水位の津波：基準津波 3, 4)

基準津波選定へのフィードバック

③施設の安全設計の根拠に該当するトリガーに最近接する津波を基準津波に選定
④トリガー設計を踏まえた基準津波 1～4の施設影響を上回る津波波源があれば、基準津波に選定
・判断基準に到達し、ゲート閉止する波源の最高、最低水位
・判断基準に到達せず、ゲート開の波源の最高、最低水位

③にて基準津波5を選定、④より、基準津波6を選定

II. 耐津波設計方針 (添付書類 八)

②敷地遡上と海水ポンプ取水性への影響を防止するよう施設(防潮ゲート、潮位計)へ設計反映

防潮ゲート閉止トリガーの設計

『0.6m以上 10分以内の上下変動』

・崩壊規模
パラメータスタディ
・潮位のゆらぎ

破壊伝播速度
パラメータスタディ

基準津波3,4(崩壊規模・破壊伝播速度最大)のパラスタ

基準津波 1～6 の波源から入力津波の設定

施設的设计

(津波防護施設(防潮ゲート、潮位計等)、浸水防止設備、津波監視設備)

新規追加

【① 基準津波 1～4の選定】

「1. 基準津波の選定」では、既許可時の評価及び警報が発表されないケースの評価結果に基づき、基準津波 1～4を選定した。

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	-	-	-			
基準津波 1																
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	-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		
	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		
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	-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		
開 (Open)			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	-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
	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		
	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		

既許可時の評価

警報が発表されないケース

※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で全開、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

【③ 耐津波設計における検討からのフィードバック (1)】

新規追加

「3. 津波検知のトリガー (判断基準) の妥当性・網羅性」で検討した波源のうち、1波目で検知できるケース (水位上昇側、水位下降側) について、水位評価結果と1波目の10分以内の最大水位変動量を示す。

取水路 防潮 ゲート	波源モデル				水位評価結果 (水位上昇側) (T.P.m)								潮位変動に基づくゲート閉止対策				施設影響 の有無 (潮位の ばらつき、 高潮裕度 を考慮)			
					取水路 防潮ゲ- 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波目の10分内の 最大水位変動量 (m)			1波目での 検知可否					
												No.1 SWP	No.2 SWP	No.3,4 SWP						
開 (Open)	地震 以外に 起因 する津 波	海底 地す べり	エリアB (Es-K5)	Kinematicモデル による方法	崩壊 規模	100%	3.6	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	4.0	-1.57	-1.64	-1.89	可	あり	基準津波 3	
						80%	3.3	3.8	3.4	3.5	3.7	3.3	3.6	-1.37	-1.38	-1.63	可	あり		
						70%	3.1	3.7	3.2	3.3	3.7	3.1	3.4	-1.25	-1.23	-1.50	可	あり		
						60%	2.9	3.4	3.0	3.1	3.6	2.8	3.1	-1.17	-1.21	-1.41	可	あり		
						50%	2.6	3.1	2.7	2.8	3.3	2.4	2.7	-1.01	-1.00	-1.15	可	あり		
			40%	2.3	2.7	2.4	2.5	2.9	2.1	2.3	-0.74	-0.73	-0.89	可	あり					
			エリアC (Es-T2)	Kinematicモデル による方法	崩壊 規模	100%	3.2	3.7	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	-1.50	-1.53	-1.73	可	あり	基準津波 4	
						80%	3.0	3.5	3.2	3.3	3.5	3.4	3.6	-1.32	-1.36	-1.50	可	あり		
						60%	2.6	3.2	2.7	2.7	3.2	2.9	3.1	-1.07	-1.11	-1.20	可	あり		
						50%	2.5	3.1	2.6	2.7	3.0	2.6	2.8	-0.85	-0.88	-0.98	可	あり		
						45%	2.5	3.0	2.5	2.6	3.0	2.5	2.7	-0.75	-0.79	-0.88	可	あり		
			エリアB (Es-K5)	Kinematicモデル による方法	破壊 伝播 速度	1.0m/s	3.6	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	4.0	-1.57	-1.64	-1.89	可	あり	基準津波 3	
						0.8m/s	3.3	3.8	3.4	3.5	3.7	3.4	3.7	-1.25	-1.28	-1.58	可	あり		
						0.7m/s	3.2	3.5	3.3	3.3	3.5	3.1	3.2	-0.92	-0.96	-1.12	可	あり		
						0.6m/s	3.1	3.3	3.2	3.2	3.2	2.8	3.0	-0.72	-0.76	-0.92	可	あり		
						0.55m/s	2.9	3.1	3.0	3.0	3.1	2.7	2.7	-0.71	-0.71	-0.89	可	あり		基準津波 5
						0.5m/s	2.4	2.7	2.5	2.5	2.7	2.4	2.5	-0.79	-0.80	-0.90	可	なし		
			0.4m/s	1.8	1.9	1.7	1.8	1.9	1.8	2.0	-0.66	-0.67	-0.73	可	なし					
			エリアC (Es-T2)	Kinematicモデル による方法	破壊伝播 速度	0.5m/s	3.2	3.7	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	-1.50	-1.53	-1.73	可	あり	基準津波 4	
						0.4m/s	2.6	2.9	2.6	2.7	3.1	3.3	3.5	-1.07	-1.14	-1.27	可	あり		
取水路 防潮 ゲート	波源モデル				水位評価結果 (水位下降側) (T.P.m)						潮位変動に基づくゲート閉止対策				施設影響 の有無 (潮位の ばらつき、 高潮裕度 を考慮)					
					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	1波目の10分内の 最大水位変動量 (m)			1波目での 検知可否									
								No.1 SWP	No.2 SWP	No.3,4 SWP										
開 (Open)	地震 以外に 起因 する津 波	海底 地す べり	エリアB (Es-K5)	Kinematicモデル による方法	崩壊 規模	100%	-3.6	-3.7	-3.7	-1.49	-1.50	-1.77	可	あり	基準津波 3					
						80%	-3.1	-3.2	-3.3	-1.27	-1.27	-1.45	可	あり						
			エリアB (Es-K5)	Kinematicモデル による方法	破壊 伝播 速度	1.0m/s	-3.6	-3.7	-3.7	-1.49	-1.50	-1.77	可	あり	基準津波 3					
						0.8m/s	-3.0	-3.1	-3.4	-1.24	-1.25	-1.47	可	あり						
						0.7m/s	-2.3	-2.4	-3.3	-0.92	-0.93	-1.14	可	なし						
						0.6m/s	-1.6	-1.7	-2.4	-0.81	-0.82	-0.99	可	なし						
			0.5m/s	-1.3	-1.4	-2.1	-0.63	-0.64	-0.76	可	なし									
			エリアC (Es-T2)	Kinematicモデル による方法	破壊 伝播 速度	0.5m/s	-2.4	-2.5	-2.8	-1.39	-1.42	-1.75	可	あり	基準津波 4					
						0.4m/s	-1.8	-1.9	-2.3	-1.07	-1.09	-1.32	可	なし						
			0.3m/s	-1.5	-1.6	-2.3	-0.81	-0.82	-0.98	可	なし									

警報が発表されない津波への対策として潮位変動に基づいて防潮ゲートを閉止する設計としたことを踏まえ、第1波が9.1分間で0.71m変動するエリアB (Es-K5、破壊伝播速度0.55m/s、水位上昇側) の波源がゲート閉止の判断基準値 (10分以内0.70m) に最近接し、施設に最も大きな影響を与える波源となることから、基準津波5として選定。

新規追加

【④ 耐津波設計における検討からのフィードバック (2)】

海底地すべりエリアA (Es-G3)、エリアB (Es-K5)、エリアC (Es-T2)、及び「3. 津波検知のトリガー (判断基準) の妥当性・網羅性」で検討した波源について、潮位変動に基づくゲート閉止対策を考慮した場合の計算結果に基づき、基準津波 1～4 を上回るケースの有無を確認する。

(参考) 基準津波 1、基準津波 2

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値、青字は基準津波 1～4 を上回る値

波源モデル		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	
福井県モデル (若狭海丘列付近断層) とエリアB (Es-K5) 78秒ずれ		閉	5.5	1.3	1.2	1.1	1.7	5.3	6.2	—	—	—	基準津波 1 基準津波 2
FO-A～FO-B～熊川断層と陸上地すべり(No.14) 54秒ずれ		開	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.7	2.7	-1.8 ^{※3}	-1.8 ^{※3}	-2.0 ^{※3}	

● 海底地すべりエリアA (Es-G3)、エリアB (Es-K5)、エリアC (Es-T2)

波源モデル			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		
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	開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.5	-0.6	-1.1	基準津波 3 基準津波 4
			Kinematicモデルによる方法	開→閉	2.0	2.0	1.6	1.7	2.2	1.6	1.8	-0.7	-0.8	-1.4	
		エリアB (Es-K5)	Watts他の予測式	開→閉	2.0	1.3	1.0	1.0	1.4	1.9	2.1	-0.9	-1.0	-1.7	
			Kinematicモデルによる方法	開→閉	4.0	2.1	1.7	1.6	2.3	3.7	4.0	-1.9	-2.0	-2.8	
		エリアC (Es-T2)	Watts他の予測式	開→閉	2.3	1.4	1.0	1.0	1.5	1.1	1.4	-1.0	-1.0	-1.6	
			Kinematicモデルによる方法	開→閉	3.3	1.5	1.2	1.1	1.6	3.7	3.9	-1.8	-1.9	-2.8	

● トリガーの妥当性検討で確認した波源

波源モデル			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			
地震以外に起因する津波	海底地すべり	エリアA (Es-G101)	Kinematicモデルによる方法	開 ^{※1}	0.9	1.0	0.9	0.9	1.1	0.8	0.9	-0.6	-0.7	-1.3	基準津波 6	
			Watts他の予測式	開 ^{※1}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.4	-0.5	-1.1		
		エリアB (Es-K6)	Kinematicモデルによる方法	開 ^{※1}	2.0	2.3	2.1	2.1	2.3	1.7	1.9	-1.4	-1.5	-2.2		
			Watts他の予測式	開 ^{※1}	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	-0.7	-0.8	-1.3		
		エリアB (Es-K7)	Kinematicモデルによる方法	開 ^{※1}	2.1	2.3	2.1	2.2	2.6	2.2	2.4	-1.5	-1.6	-2.4		
			Watts他の予測式	開 ^{※1}	1.4	1.7	1.5	1.5	1.7	1.1	1.2	-0.9	-1.0	-1.6		
		エリアC (Es-T8)	Kinematicモデルによる方法	開 ^{※1}	1.8	2.1	1.9	2.0	2.1	2.4	2.5	-1.7	-1.9	-2.6		
			Watts他の予測式	開 ^{※1}	1.3	1.7	1.2	1.3	1.6	0.9	1.1	-1.0	-1.0	-1.7		
		エリアC (Es-T13)	Kinematicモデルによる方法	開 ^{※1}	1.8	2.0	1.8	1.8	2.1	2.3	2.4	-1.5	-1.6	-2.3		
			Watts他の予測式	開 ^{※1}	0.9	1.2	0.9	1.0	1.3	0.9	0.9	-0.6	-0.7	-1.3		
		エリアC (Es-T14)	Kinematicモデルによる方法	開 ^{※1}	2.0	2.4	2.1	2.2	2.4	1.9	2.0	-1.5	-1.6	-2.1		
			Watts他の予測式	開 ^{※1}	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	-0.6	-0.7	-1.2		
		エリアB (Es-K5)	Kinematicモデルによる方法	崩壊規模のパラスタ	開→閉	崩壊規模40～80%のケースは1波目で検知可能であり、基準津波 3を下回ると考えられるため、評価を省略。										
				破壊伝播速度のパラスタ	開→閉	破壊伝播速度0.5～0.8m/sのケースは1波目で検知可能であり、基準津波 3を下回ると考えられるため、評価を省略。										
破壊伝播速度0.4m/s	開 ^{※1}			1.8	1.9	1.7	1.8	1.9	1.8	2.0	-1.0	-1.1	-1.8			
エリアC (Es-T2)	Kinematicモデルによる方法	崩壊規模のパラスタ	開→閉	崩壊規模45～80%のケースは1波目で検知可能であり、基準津波 4を下回ると考えられるため、評価を省略。												
		破壊伝播速度0.4m/s	開→閉	1波目で検知可能であり、基準津波 4を下回ると考えられるため、評価を省略。												
		破壊伝播速度0.3m/s	開 ^{※1}	1.8	2.0	1.8	1.9	2.0	2.6	2.7	-1.5	-1.6	-2.3			
		破壊伝播速度0.2m/s	開 ^{※1}	1.2	1.4	1.2	1.3	1.6	1.3	1.3	-1.0	-1.1	-1.7			

※1: 1波目で検知ができないことから取水路防潮ゲート開での評価結果を示す。

警報が発表されない津波への対策として潮位変動に基づいて防潮ゲートを閉止する設計としたことから、トリガーによる津波検知を考慮した場合に基準津波 1～4 を上回る波源を確認した結果、エリアB (Es-K7、水位上昇側) を基準津波 6として選定する。

【基準津波の選定のまとめ】

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値、カッコ内は潮位変動に基づくゲート閉止対策を考慮した値

波源モデル	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	
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 (Es-K5)の組み合わせ (78秒ずれ)	閉	5.5	1.3	1.2	1.1	1.7	5.3	6.2	-	-	-	基準津波 1
FO-A～FO-B～熊川断層と 陸上地すべり(No.14)の組み合わせ (54秒ずれ)	開	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.7	2.7	-1.8※	-1.8※	-2.0※	基準津波 2
海底地すべりエリアB (Es-K5) (Kinematicモデルによる方法)	開 (開→閉)	3.6 (4.0)	3.9 (2.1)	3.7 (1.7)	3.8 (1.6)	3.8 (2.3)	3.7 (3.7)	4.0 (4.0)	-3.6 (-1.9)	-3.7 (-2.0)	-3.7 (-2.8)	基準津波 3
海底地すべりエリアC (Es-T2) (Kinematicモデルによる方法)	開 (開→閉)	3.2 (3.3)	3.7 (1.5)	3.3 (1.2)	3.5 (1.1)	3.6 (1.6)	3.7 (3.7)	3.9 (3.9)	-2.4 (-1.8)	-2.5 (-1.9)	-2.8 (-2.8)	基準津波 4
海底地すべりエリアB (Es-K5) (Kinematicモデルによる方法、 破壊伝播速度0.55m/s)	開 (開→閉)	2.9 (2.9)	3.1 (1.3)	3.0 (1.3)	3.0 (1.2)	3.1 (1.4)	2.7 (2.7)	2.7 (2.7)	-	-	-	基準津波 5
海底地すべりエリアB (Es-K7) (Kinematicモデルによる方法)	開	2.1	2.3	2.1	2.2	2.6	2.2	2.4	-	-	-	基準津波 6

※地盤変動量0.23m隆起

耐津波設計の検討からのフィードバックを踏まえて基準津波 5 及び基準津波 6 を追加して、上表の計6波源を基準津波として選定する。

【3/12審査会合のご指摘事項】

4. 若狭湾の伝播特性のパラメータスタディも踏まえて、構外検知（10分0.5m）の妥当性について説明すること。

構外地点（津居山）の情報発信基準の設定について

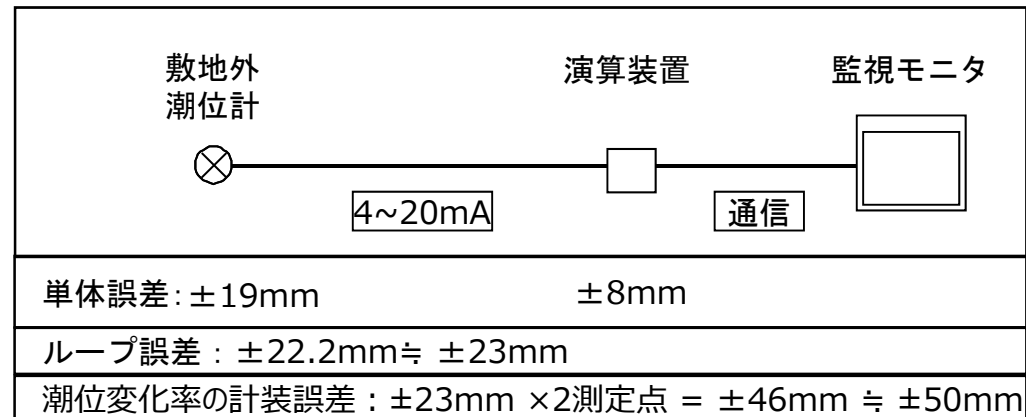
○構外地点（津居山）における情報発信基準の考え方

- 基準津波に加えて、発電所影響を及ぼす破壊伝播速度のパラスタケース及び崩壊規模のパラスタケースについて、構外地点（津居山）の津波シミュレーション結果における最初の下げ波の水位低下量を確認した。
- いずれのケースも**最初の下げ波の水位低下量は10分以内に0.60m以上**であることを踏まえ、**平常時における短時間の潮位のゆらぎ10分間で0.10mを考慮**して、**情報発信基準を10分以内に0.50mの水位が下降した場合**とする。
- なお、構内の潮位計における判断基準値の考え方を踏まえ、測定誤差等を考慮し、**セット値は10分以内に0.45m**とする。

情報発信基準の仮設定値：津波シミュレーションにおける情報発信トリガーの仮設定値
 情報発信基準値：平常時の潮位のゆらぎを考慮した構外地点（津居山）の基準値
 設定値：構外地点（津居山）の情報発信のために必要な潮位変動値の許容範囲
 セット値：実機の計装設備にセットする作動値



●潮位計の情報発信基準値の概念図



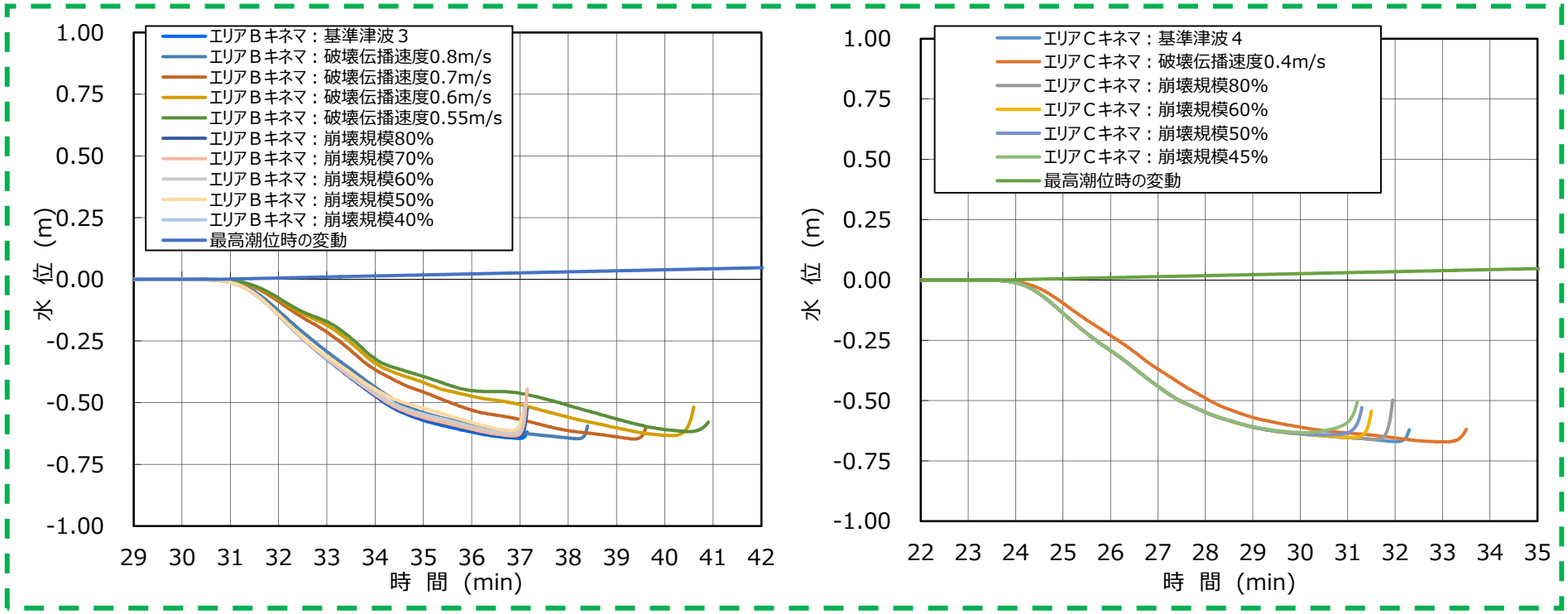
●潮位計の誤差の考え方

7. 津居山地点の潮位観測におけるプラント影響のある津波高さ(2/2)

第847回審査会合
資料1-1 P88修正

【誤検知回避の信頼性確保について】

- 津居山及び三国地点において、過去最高潮位がそれぞれT.P.+1.68m、T.P.+0.98mであることから、「1.0mの上げ」を判断基準とした場合に誤検知をする可能性がある。
- 過去最高潮位はいずれも台風や低気圧による高潮が原因であり、また高潮による潮位変動の周期（時間）は非常に長いため、誤検知防止の観点から、地すべり津波の周期に合わせて10分以内という時間軸を設定することで信頼性確保が可能。
- ただし、「プラント影響のある」津波が襲来する前の潮位が津居山地点でTP+1.1m以上、三国地点でTP+0.2m以上の場合は10分以内に1.0mの水位上昇をすべて把握することができないので、その際は、レンジオーバーとなったときに判断基準に達したものとする。



敷地外におけるプラント「影響のある」津波高さの判断基準を、「10分以内に1.0mの上げ又は下げ」とする。

8. 津居山地点の潮位観測におけるプラント影響の「可能性」ある津波高さ(1/4)

第847回審査会合
資料1-1 P89再掲

○津居山地点の観測実績

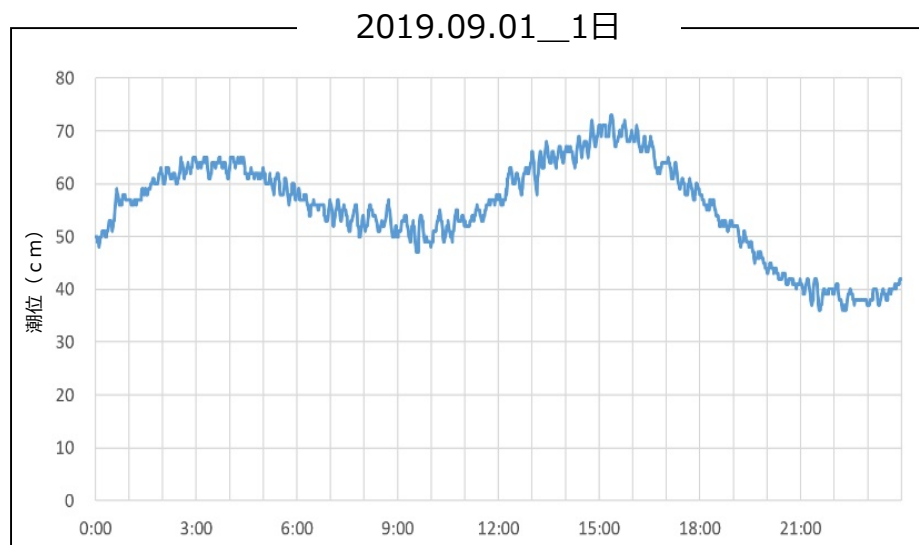
・通常の潮汐による潮位変動

兵庫県の津居山地点において、兵庫県が潮位を計測しているが、観測潮位の瞬時値としてデータ提供を受けた2018年1月から2019年10月までの値で、平常時の潮汐の変動は最大で10分間において約0.10m程度である。

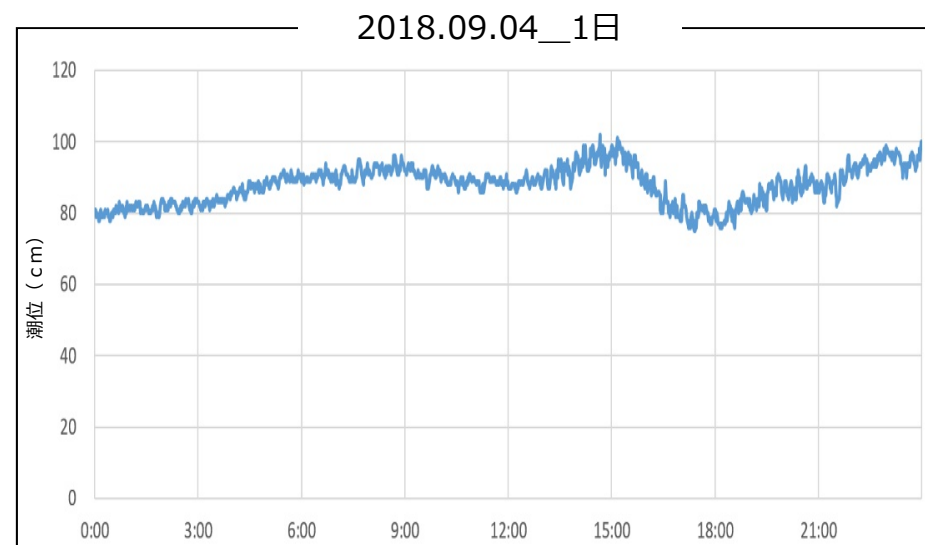
・台風などの異常時の潮位変動

台風などの異常時の潮汐変動について、代表として若狭湾周辺の潮汐の変動が大きいと想定される2018年の台風21号（中心気圧950hPa）の潮汐変動を確認した。潮汐の変動は大きいところで10分間で0.27m程度である。

●通常時の潮汐の変動 2019年9月 瞬時値（60秒）



●2018年の台風21号の潮位データ 瞬時値（60秒）



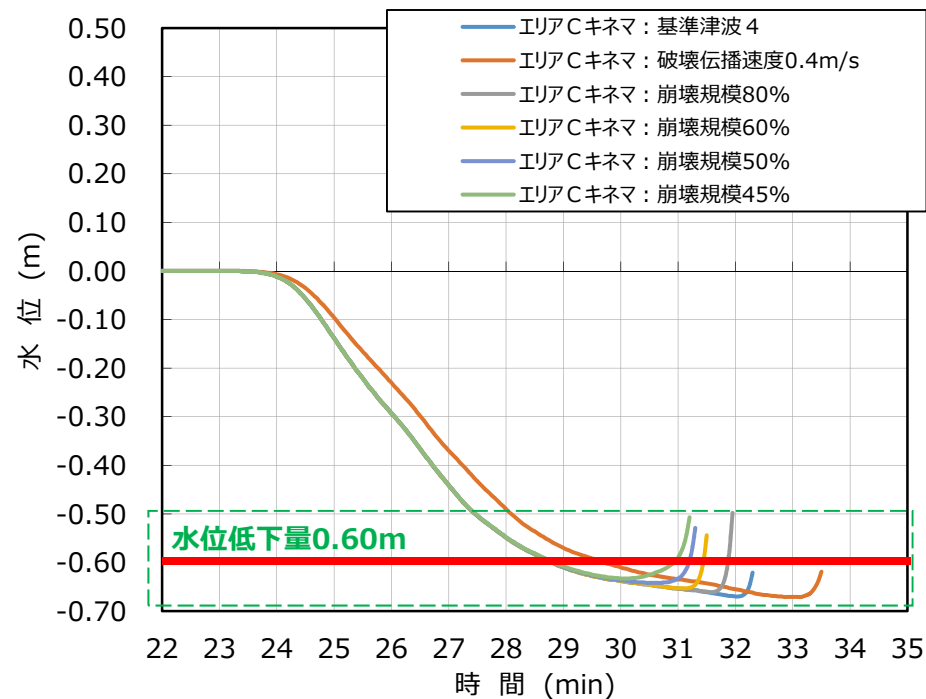
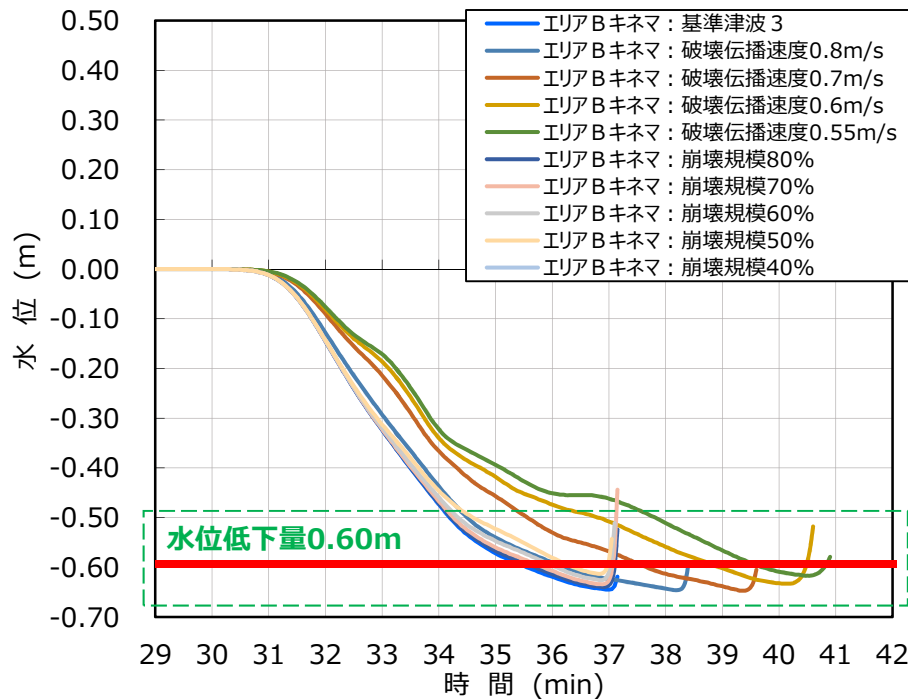
- 津居山地点における通常の潮位変動においては、10分間の変動量が0.10m程度である。
- 2018年1月～2019年10月における台風時の潮位データを考慮しても、潮汐の変動は大きいところで10分間で0.27m程度であった。

8. 津居山地点の潮位観測におけるプラント影響の「可能性」ある津波高さ(2/4)

○津居山地点における津波シミュレーション結果

発電所に影響を及ぼす津波の波源を用いて構外潮位計（津居山地点）における津波シミュレーションを実施。

- ・エリアB（Kinematicモデル）：基準津波3、破壊伝播速度0.8,0.7,0.6,0.55,崩壊規模80%,70%,60%,50%,40%
- ・エリアC（Kinematicモデル）：基準津波4、破壊伝播速度0.4m/s,崩壊規模80%,60%,50%,45%



➤ 基準津波に加えて、発電所に影響を及ぼす破壊伝播速度のパラスタケース及び崩壊規模のパラスタケースについて、津居山地点の津波シミュレーション結果における最初の下げ波の水位低下量を確認した。

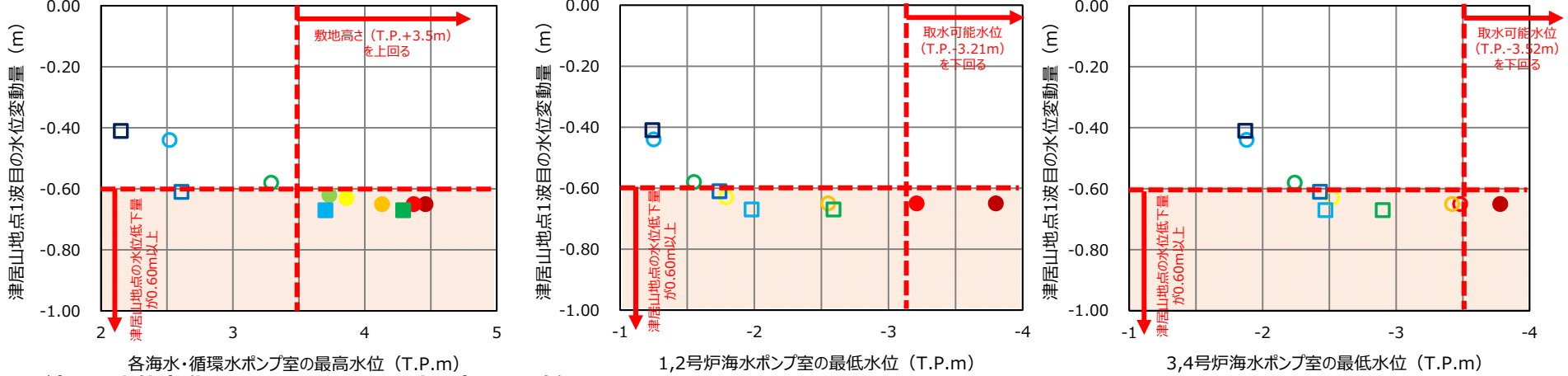
➤ いずれのケースも最初の下げ波の水位低下量は0.60m以上であることを踏まえ、平常時における短時間の潮位のゆらぎ0.10mを考慮し、敷地外（津居山地点）で0.50m水位が低下した場合、情報を発信することとする。

新規追加

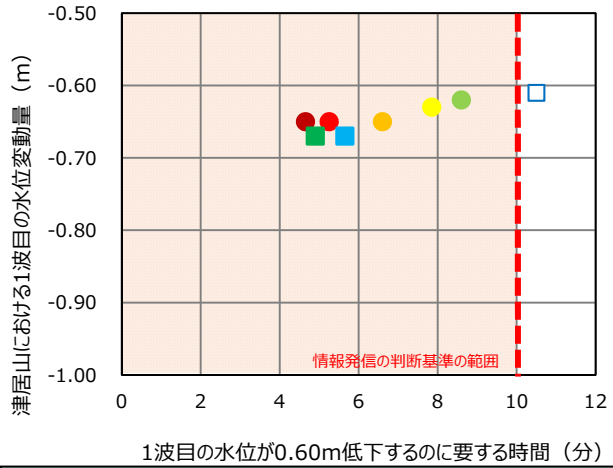
8. 津居山地点の潮位観測におけるプラント影響の「可能性」ある津波高さ(3/4)

破壊伝播速度のパラメータスタディ結果 (全ケース※1の検知可否の確認) ※1: 参考としてEs-T2の水位下降側の結果も記載

● 津居山地点1波目の水位変動量と発電所最高水位・最低水位の関係 (最高水位は潮位のばらつき及び高潮裕度を考慮した値、最低水位は潮位のばらつきを考慮した値)



● 1波目の水位変動量と0.60m低下に要する時間の関係 (1波目の水位低下が0.60m以上のケースのみをプロット)



◆ 判断基準 (0.60m/10分) による検知可否 (施設影響あり: 赤 検知可能: 青 検知不能: 緑) 水位上昇側: Es-K5 (エリアB) 最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮

1波目	破壊伝播速度	1.0m/s	0.8m/s	0.7m/s	0.6m/s	0.55m/s	0.5m/s	0.4m/s
		最高水位 [T.P. m]	4.46	4.37	4.13	3.86	3.73	3.29
水位低下量 [m]	0.65	0.65	0.65	0.63	0.62	0.58	0.44	
	0.60m低下時間 [分]	4.7	5.3	6.6	7.9	8.6	-	-
検知可否		○	○	○	○	○	×	×

水位上昇側: Es-T2 (エリアC) 最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮

1波目	破壊伝播速度	0.5m/s	0.4m/s	0.3m/s	0.2m/s
		最高水位 [T.P. m]	4.29	3.70	2.61
水位低下量 [m]	0.67	0.67	0.61	0.41	
	0.60m低下時間 [分]	4.9	5.7	10.5	-
検知可否		○	○	×	×

水位下降側: Es-K5 (エリアB) 最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮

1波目	破壊伝播速度	1.0m/s	0.8m/s	0.7m/s	0.6m/s	0.5m/s	0.4m/s
		最低水位 [T.P. m]	1,2号 -3.80	-3.21	-2.55	-1.79	-1.55
水位低下量 [m]	0.65	0.65	0.65	0.63	0.58	0.44	
	0.60m低下時間 [分]	4.7	5.3	6.6	7.9	-	-
検知可否		○	○	○	○	×	×

【凡例 (塗りつぶし: 施設影響あり、白抜き: 施設影響なし)】

		エリアB Es-K5 (Kinematic)							エリアC Es-T2 (Kinematic)					
		破壊伝播速度 [m/s]							破壊伝播速度 [m/s]					
		1.0	0.8	0.7	0.6	0.55	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2		
水位上昇側		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
水位下降側	No.1,2 SWP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	No.3,4 SWP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

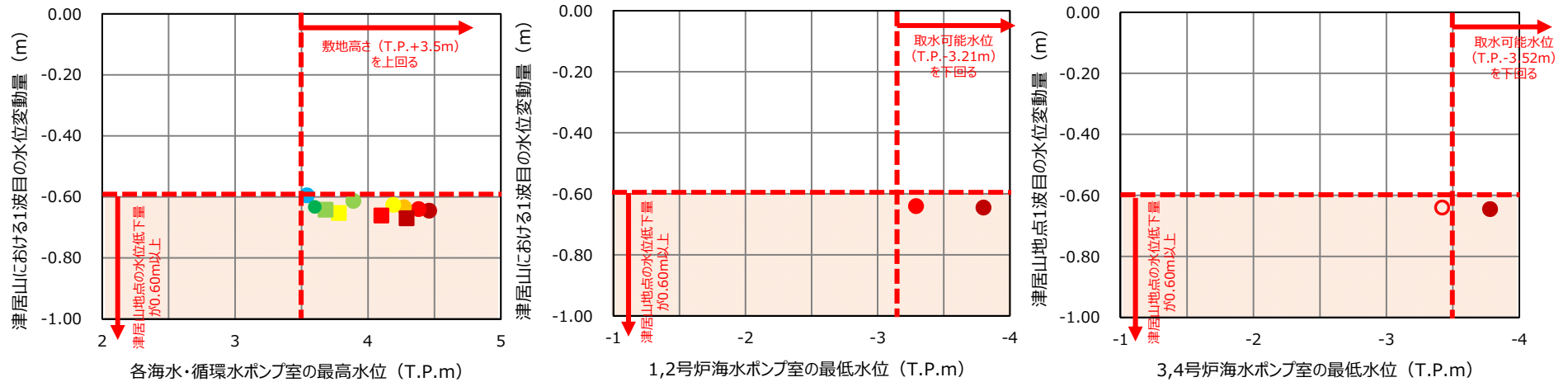
水位下降側: Es-T2 (エリアC) 最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮

1波目	破壊伝播速度	0.5m/s	0.4m/s	0.3m/s	0.2m/s
		最低水位 [T.P. m]	1,2号 -2.59	-1.98	-1.74
水位低下量 [m]	0.67	0.67	0.61	0.41	
	0.60m低下時間 [分]	4.9	5.7	10.5	-
検知可否		○	○	×	×

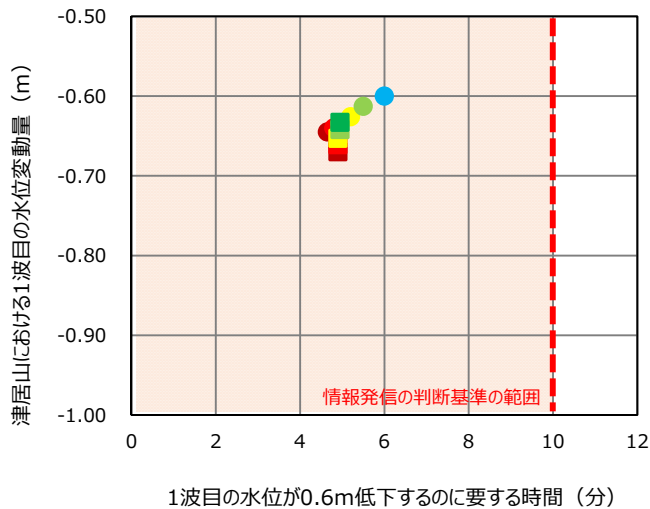
- 津居山地点における1波目の水位変動量と発電所敷地内の最高水位・最低水位の関係
 - 発電所敷地内に影響の大きい波源ほど、津居山地点における1波目の水位変動量が大きい。
 - 津居山地点における1波目の水位低下が0.60m未満のケースでは発電所の施設影響はない。
- 津居山地点における1波目の水位変動量と0.60m低下に要する時間の関係
 - 津居山地点における1波目の水位低下が大きいほど、0.60m水位低下に要する時間は短い。
 - 発電所の施設影響ある津波のうち、津居山地点における0.60m水位低下に要する時間が10分超のケースはない。

8. 津居山地点の潮位観測におけるプラント影響の「可能性」ある津波高さ(4/4) 崩壊規模のパラメータスタディ結果（全ケースの検知可否の確認）

●津居山地点1波目の水位変動量と発電所の最高水位・最低水位の関係（最高水位は潮位のばらつき及び高潮裕度を考慮した値、最低水位は潮位のばらつきを考慮した値）



●1波目の水位変動量と0.60m低下に要する時間の関係
(1波目の水位低下が0.60m以上のケースのみをプロット)



◆判断基準（0.60m/10分）による検知可否
(施設影響あり：赤 検知可能：青 検知不能：緑)

水位上昇側：Es-K5（エリアB）						
最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮						
崩壊規模	100%	80%	70%	60%	50%	40%
最高水位 [T.P. m]	4.46	4.38	4.27	4.19	3.89	3.54
水位低下量[m]	0.65	0.64	0.63	0.63	0.61	0.60
0.60m低下時間[分]	4.7	4.8	5.0	5.2	5.5	6.0
検知可否	○	○	○	○	○	○

水位上昇側：Es-T2（エリアC）					
最高水位には潮位のばらつき+0.15m及び高潮裕度+0.49mを考慮					
崩壊規模	100%	80%	60%	50%	45%
最高水位 [T.P. m]	4.29	4.10	3.78	3.68	3.60
水位低下量[m]	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
0.60m低下時間[分]	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0
検知可否	○	○	○	○	○

水位下降側：Es-K5（エリアB）		
最低水位には潮位のばらつき-0.17mを考慮		
崩壊規模	100%	80%
最低水位 [T.P. m]	1,2号 -3.80	-3.29
	3,4号 -3.78	-3.42
水位低下量[m]	0.65	0.64
0.60m低下時間[分]	4.7	4.8
検知可否	○	○

【凡例（塗りつぶし：施設影響あり、白抜き：施設影響なし）】

		エリアB Es-K5 (Kinematic)					エリアC Es-T2 (Kinematic)					
		崩壊規模 [%]					崩壊規模 [%]					
		100	80	70	60	50	40	100	80	60	50	45
水位上昇側		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
水位下降側	No.1,2 SWP	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No.3,4 SWP	●	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 崩壊規模のパラメータスタディ結果についても、破壊伝播速度のパラメータスタディ結果と傾向は同様である。
- 発電所の施設影響ある津波に関して、津居山地点における1波目の水位低下は0.60m以上であり、津居山地点における0.60m水位低下に要する時間が10分超のケースはない。

【3/12審査会合のご指摘事項】

- 5.鉛直方向に防潮ゲートを落下させ、一定程度の流速で海水が常時流れている取水路を閉止する機構に関し、防潮ゲート閉止に要する時間の算定に谷本式を適用しないこと及びダム堰基準を適用することの妥当性について、説明すること。

【運用時間 (6 / 6)】

(6) 運用時間のうち、取水路防潮ゲート閉止時間について

取水路防潮ゲートは防潮壁、ゲート扉体、ラック式開閉装置（以下「ゲート落下機構」という。）等で構成されており、ゲート扉体は短尺ラック棒（1m）によりゲート落下機構に固定されている。

(a) 既許可（大津波警報発令時）対応におけるゲート閉止時間

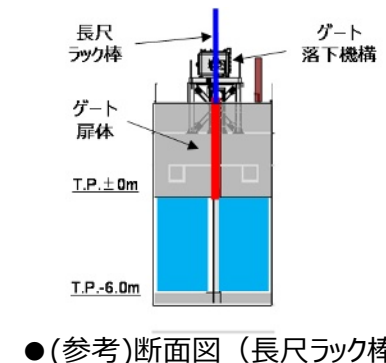
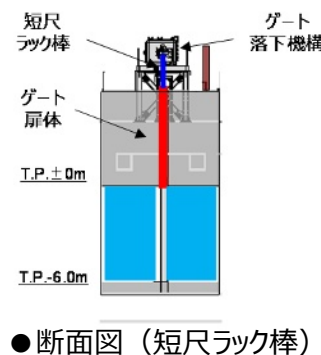
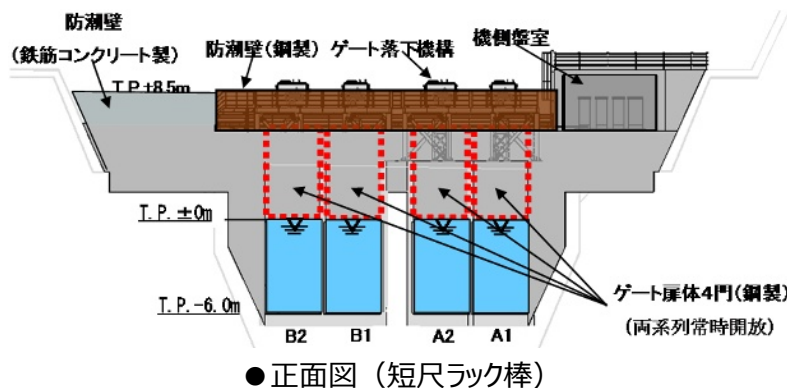
○当初、ゲート扉体は長尺ラック棒（6m）によりゲート落下機構に固定し、揚程6mの高さをゲート落下機構により閉止することとしていたため、長尺ラック棒（6m）がゲート落下機構を通過する時間は3m/分（検査等で確認済）であることを踏まえ、ゲート閉止時間は2分（ $6\text{m} / (3\text{m}/\text{分}) = 2\text{分}$ ）に余裕を考慮して3分と評価していた。

○審査の過程で、ラック棒を長尺ラック棒（6m）から短尺ラック棒（1m）に変更し、実際の運用は短尺ラック棒で行うことを審査の中で了解いただいた。ゲート扉体の落下距離6mのうち、短尺ラック棒がゲート落下機構を通過する1m区間では、ゲート扉体はゲート落下機構に落下速度を制限された状態で落下し、その後の5m区間については自由落下となる。

ただし、ゲート閉止時間については、保守的に長尺ラック棒（6m）がっていることを想定し、3分のままとしている。

(b) 通常の潮汐とは異なる潮位変動を検知した場合のゲート閉止時間

○実運用（短尺ラック棒による運用）を踏まえてゲート閉止時間を評価する。通常の潮汐と異なる潮位変動を検知した場合、すでに津波が到達していることを踏まえ、流速による抵抗力、ゲート前面と背面の水位差による抵抗力、浮力及び鉛直抵抗力を考慮する。これらを考慮したとしてもゲート閉止時間は20秒程度であることから、余裕を考慮して1分と評価する。

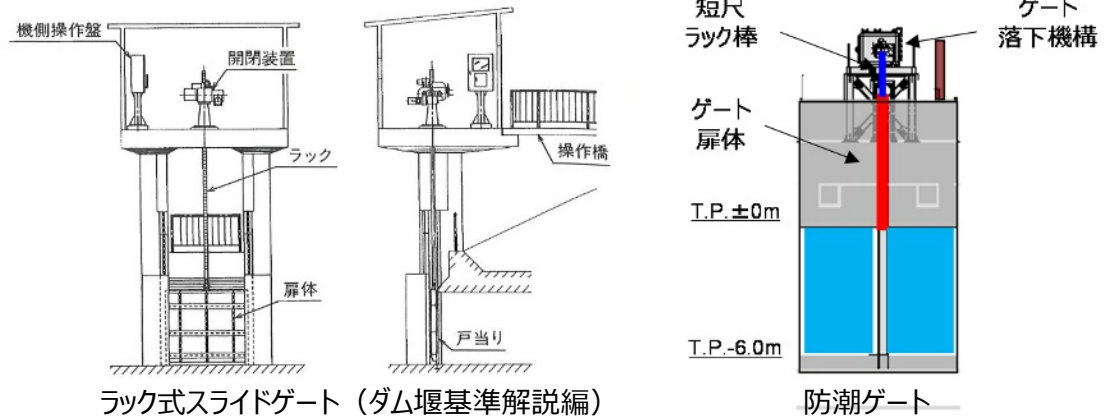


○ダム堰・堰施設技術基準（案）基準解説編の適用性について

今回の防潮ゲート閉操作は津波が襲来している状況下での操作となる。一般のゲートにおいても流水時にゲート閉操作を実施することがあるため、今回想定している状況と同じであると考える。

また、防潮ゲートの支承部は戸当たりと平面で摺動しながら開閉される形式であり、右図のようなスライドゲートの形式をとっている。

したがって、ダム・堰施設技術基準（案）基準解説編（ダム・堰施設技術協会，平成28年10月）（以下、「ダム堰基準解説編」という。）に記載されている開閉荷重を適切に考慮することで、津波襲来時の防潮ゲート閉操作にかかる荷重を設定することができるものと考える。



○開閉荷重について

ダム堰基準解説編では水門扉の扉体の開閉荷重として考慮する荷重は、扉体の自重、支承・水密ゴムおよび堆泥の摩擦力、浮力、越流水による上・下向力、下端放流水による上・下向力、その他の荷重とされている。

上記を踏まえ、開閉荷重の組み合わせは水門扉の形式ごとに例示されており、今回の防潮ゲートに類似した形式として、スライドゲートの閉操作時における開閉荷重の組み合わせを下表に示す。

【ダム堰基準解説編に示す開閉荷重の組合せ】 スライドゲート閉操作時 （ダム堰基準解説編 P.189）

開閉荷重 形式	扉体の自重	支承部 摩擦力	水密部 摩擦力	浮力	越流水による 上・下向力	下端放流水に よる上・下向力	波(風波浪)に よる荷重	開閉時の水の 抵抗力
スライドゲート	○	○	○	○	△	△	△	

【防潮ゲートに考慮する開閉荷重の組合せ】

防潮ゲート	○	○	—※1	○	—※2	—※3	—※4	○※5
-------	---	---	-----	---	-----	-----	-----	-----

※1 支承部に水密ゴムはないため考慮不要。 ※2 越流が発生しないため考慮不要。 ※3 下向きのダウンプルフォースが発生するが、保守的に考慮しない。 ※4 外海に面していない取水路内の流れ場であり、風波浪による影響は軽微と考えられるため考慮しない。 ※5 落下時にゲート底面に作用する水の抗力を考慮。

新規追加

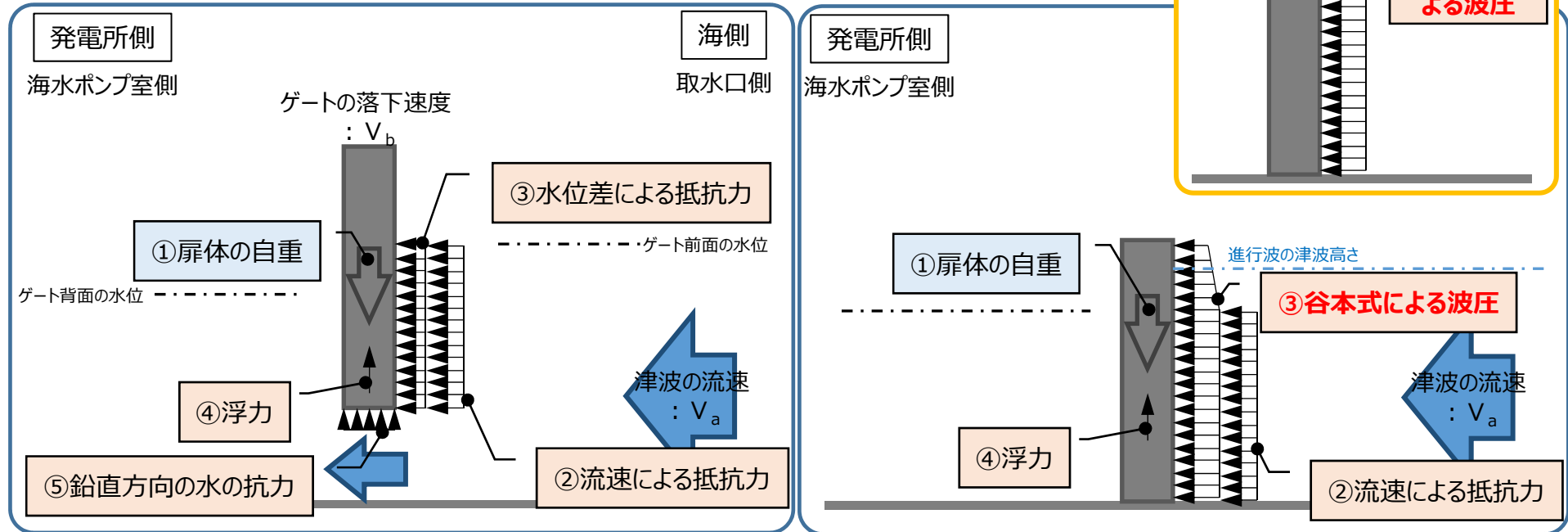
○開閉荷重について－これまでの検討との比較－

・ ダム・堰施設技術基準（案）を参照した開閉荷重

○今回、ダム堰基準解説編における水門扉（防潮ゲート）の開閉荷重は、ゲート閉操作時に係る抵抗力等を考慮することとしている。したがって、水門扉（防潮ゲート）の下端は水の流れている状況である。

・ 第823回会合時に想定した開閉荷重

既許可における防潮ゲートの健全性評価に考慮している津波起因の荷重

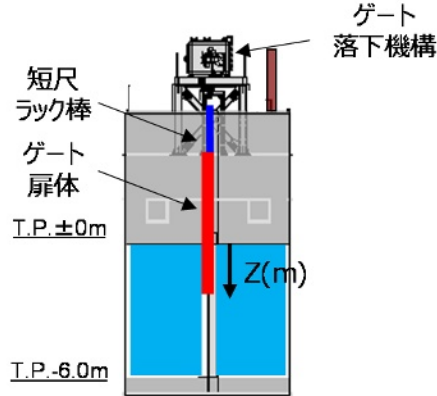


- 第823回会合時に想定していた開閉荷重は防潮ゲートが閉止した状態で水平方向の抵抗力として、流速による抵抗と谷本式による波圧を考慮していた。
- 谷本式は直立壁のような構造物の安定性・健全性評価において、構造物に働く最大波圧を算定する際に用いられるが、今回のように短時間での防潮ゲート開閉評価において、ゲート開口から水圧が逃げていく状況では、ゲート前面と背面の水圧差による力を考慮する必要があると考える。
- また、谷本式による波圧は津波の流速による影響を考慮したものであり、流速による抵抗力と重複して速度による影響を考慮していたものとする。
- なお、今回考慮する開閉荷重には防潮ゲート下端部に受ける、ゲートの落下速度に応じた鉛直方向の水の抗力を考慮する。

区間②の落下時間の算定について (1/4)

第847回審査会合
資料1-3 P51修正

- ゲート扉体に作用する荷重を考慮した運動方程式により落下加速度を求め、落下時間を算定する。



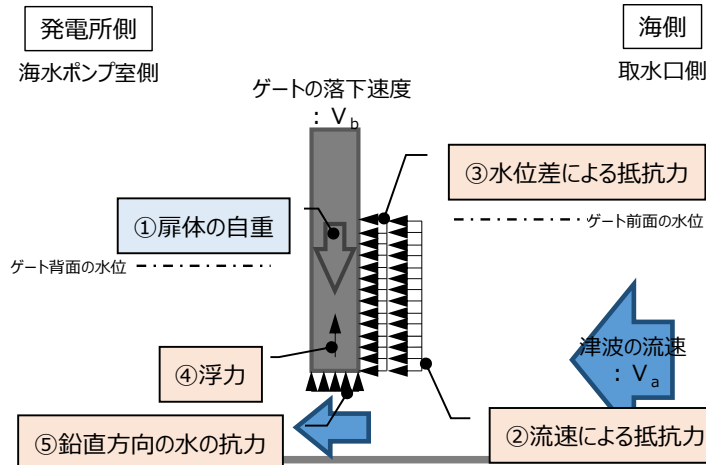
$$m \frac{d^2z}{dt^2} = F(\downarrow) - F(\uparrow)$$

ここで、 m : ゲート扉体質量 (t)
 z : ゲート扉体の落下距離 (m)
 $F(\downarrow)$: 下向きに作用する力 (kN)
 $F(\uparrow)$: 上向きに作用する力 (kN)

- ダム堰基準解説編を参照し、防潮ゲートの開閉時の検討に考慮する荷重として下表の荷重を考慮する。
(ダム堰基準解説編P.189参照)

	扉体の自重	支承部 摩擦力	水密部 摩擦力	浮力	越流水による 上・下向力	下端放流水に よる上・下向力	波(風波浪)に よる荷重	開閉時の水の 抵抗力
防潮ゲート	①	②、③	-	④	-	-	-	⑤

○開閉荷重の作用イメージ図



下向きの力	①扉体の自重
上向きの力	②流速による抵抗力※、③水位差による抵抗力※ ※②、③は水平方向の力となり、これによる摩擦力を上向きに考慮 ④浮力、⑤鉛直方向の水の抵抗力

区間②の落下時間の算定について (2/4)

- 前ページでの荷重の整理結果を踏まえた運動方程式は以下のとおりとなる。

$$m \frac{d^2z}{dt^2} = \underbrace{mg}_{①} - \underbrace{\mu Fa}_{②} - \underbrace{\mu Fb}_{③} - \underbrace{Fc}_{④} - \underbrace{Fd}_{⑤}$$

ここで、 m : ゲート扉体質量 (t)
 z : ゲート扉体の落下距離 (m)
 Fa : 流速による抵抗力 (kN)
 Fb : 水位差による抵抗力 (kN)
 Fc : 浮力 (kN)
 Fd : 鉛直方向の水の抗力 (kN)
 μ : 摩擦抵抗
 (=0.4 ※ダム堰基準解説編 P.182)

① 扉体の自重

ゲート扉体質量7.133tによる自重を考慮する。

② 流速による抵抗力

以下の式により流速による抵抗力を算定する。(ダム・堰施設技術基準(案)水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル(ダム・堰施設技術協会, 平成23年7月)(以下、「ダム堰マニュアル編」という。)P.597)

下図のとおり、ゲート閉止時の流速は0.1~0.7m/s程度であるが、抵抗力を保守的に評価するため、流速3.0m/sを考慮する。

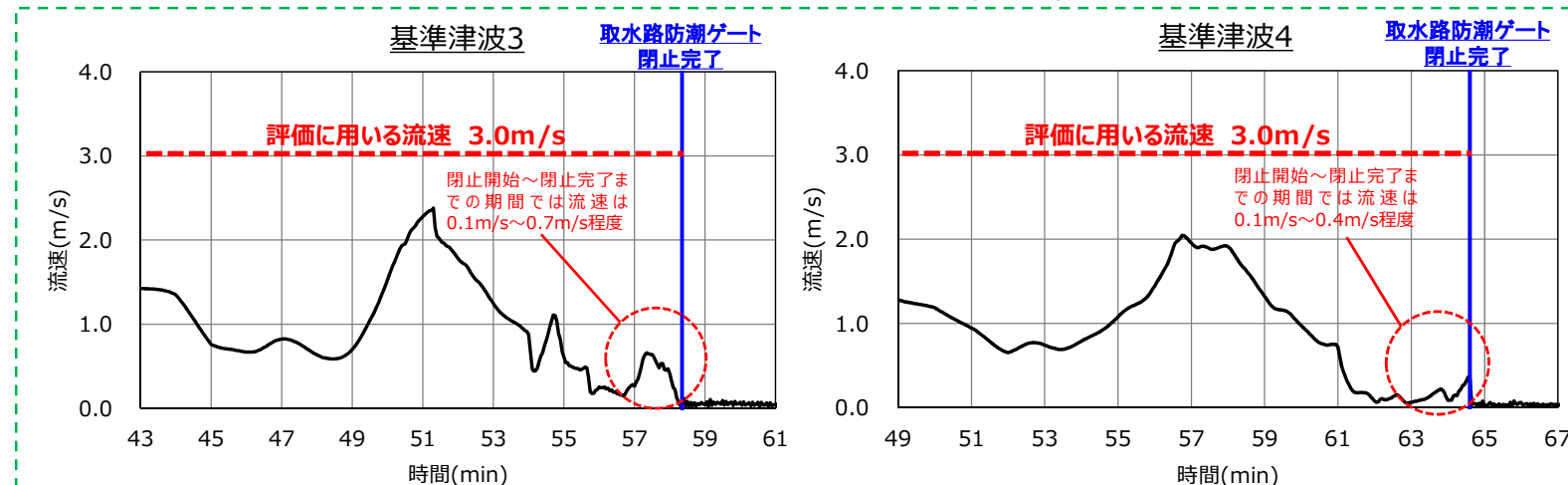
$$Fa = 1/2 \times \rho_0 \times v_a^2 \times C \times B \times z$$

$$= 1/2 \times 1.03 \times 3^2 \times 1.0 \times 3.9 \times z$$

$$= 18.077 \times z \text{ (kN)}$$

※ $z=6\text{m}$ では $Fa=108.5 \text{ (kN)}$

ここで、 v_a : 流速 (3.0m/s)
 C : 水に対する抵抗係数 (=1.0)
 ※ダム堰マニュアル編 P.597
 B : 作用幅 (3.9m)
 z : 落下距離 (m)



※ 津波シミュレーションでは、閉止完了時刻まではゲート開、閉止完了時刻以降はゲート全閉となる条件としている。全方向流速(絶対値)を示している。

区間②の落下時間の算定について (3/4)

第847回審査会合
資料1-3 P53修正

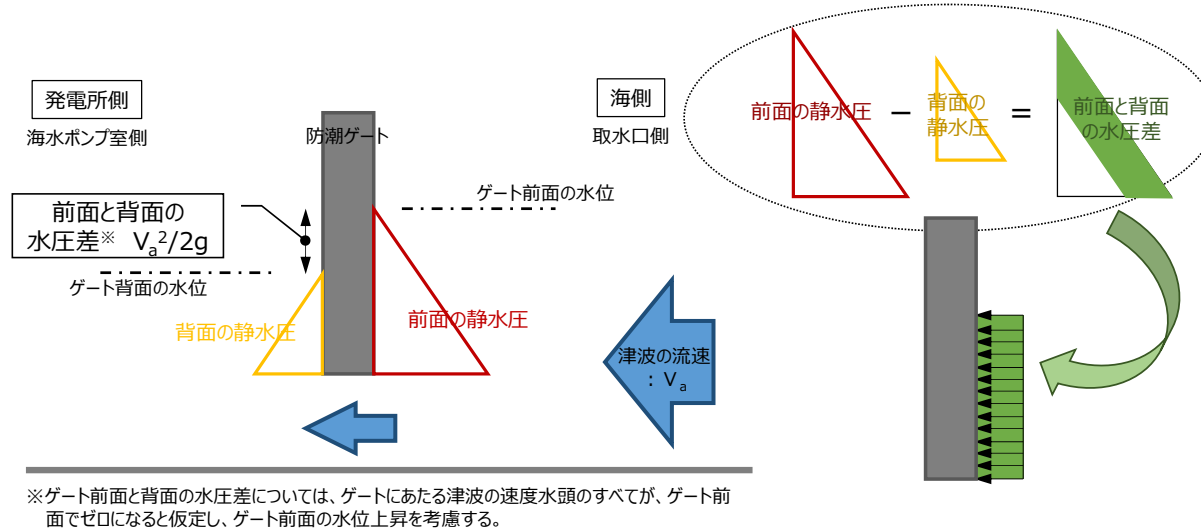
③ 水位差による抵抗力

以下の式により水位差による抵抗力を算定する。(ダム堰基準解説編 P.181)

$$\begin{aligned}
 F_b &= P \times B \times z \\
 &= 1.03 \times 9.80665 \times 0.459 \times 3.9 \times z \\
 &= \underline{18.082 \times z} \text{ (kN)} \\
 &\quad \text{※}z=6\text{mでは}F_b=108.5 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここで、P：水位差による水圧（評価に用いる流速3.0m/sが作用した場合の、ゲート前面の水位上昇による水位差を考慮する。 $h=v_a^2/2g=0.459\text{m}$ より、 $P=\rho_0gh$ (kN/m²) を扉体に作用させる。）
B：作用幅 (3.9m)
z：落下距離 (m)

○③水位差による抵抗力については、防潮ゲート前面と背面における静水圧の差分を考慮する。



④ 浮力

以下の式により浮力を算定する。(ダム堰基準解説編 P.181)

$$\begin{aligned}
 F_c &= \rho_0 \times g \times V \times z / 6 \\
 &= 1.03 \times 9.80665 \times 0.847 \times z / 6 \\
 &= \underline{1.426 \times z} \text{ (kN)} \\
 &\quad \text{※}z=6\text{mでは}F_c=8.56 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここで、V：扉体の体積 (0.847m³)
z：落下距離 (m)

※扉体はスキンプレート（片面）をH鋼等で補強している構造であり、落下時に鋼材間の空気は水と入れ替わることから、扉体に作用する浮力は鋼材体積から算定した浮力とする。



【取水路下流側から見たゲート扉体】

区間②の落下時間の算定について (4/4)

第847回審査会合
資料1-3 P53修正

⑤ 鉛直方向の水の抗力

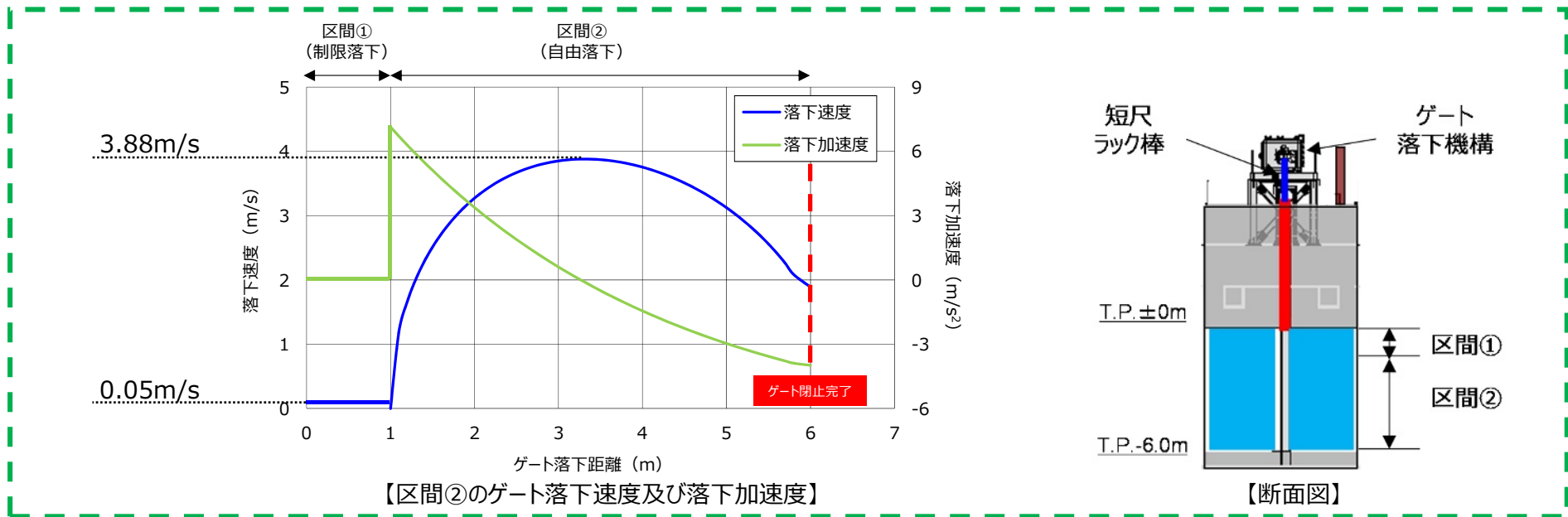
以下の式により鉛直方向の水の抗力を算定する。(ダム堰マニュアル編 P.597)

$$F_d = 1/2 \times \rho_0 \times v_b^2 \times C \times A$$

$$= 1/2 \times 1.03 \times v_b^2 \times 1.0 \times 2.125$$

$$= 1.0944 \times v_b(z)^2 \text{ (kN)}$$

ここで、 $v_b(z)$: z (m)地点の落下速度 (m/s) ※落下距離に応じた速度を考慮する
 C : 水に対する抵抗係数 (=1.0) ※ダム堰マニュアル編 P.597
 A : ゲート底面積 (2.125m²)
 z : 落下距離 (m)



①～⑤より、運動方程式は以下のとおりとなる。

$$m \frac{d^2z}{dt^2} = mg - \mu Fa - \mu Fb - Fc - Fd$$

$$7.133 \times \frac{d^2z}{dt^2} = 7.133 \times 9.80665 - 0.4 \times 18.077 \times z - 0.4 \times 18.082 \times z - 1.426 \times z - 1.0944 \times \left(\frac{dz}{dt}\right)^2$$

保守的な評価として、区間②における自由落下開始時の速度を0m/sとすると、**区間② (5m) の落下時間は約1.79秒**となる。

【3/12審査会合のご指摘事項】

6. 漂流物の影響評価に関し、既許可の申請内容からの変更内容の有無について説明すること。
7. 漂流物の影響評価に関し、物揚岸壁における燃料輸送車両等の有無及び漂流物となる可能性の評価結果について説明すること。

○既許可からの変更点及び重要な評価項目

項目	津波警報の発表されない津波の考慮による既許可からの変更点	変更点の具体的内容と評価への影響	重要な評価項目※1
入力津波の設定	<ul style="list-style-type: none"> 基準津波3～6の追加 設備形状による影響を考慮した解析モデル（修正モデル）の追加 	<ul style="list-style-type: none"> 3,4号炉海水ポンプ室前面の<input type="text" value="入力津波（下降側）の変更※2、"/>、 設定プロセスの妥当性確認が必要 	○
津波防護の基本方針	<ul style="list-style-type: none"> 基準津波3～6の追加による耐津波設計方針の変更 	<ul style="list-style-type: none"> 取水路防潮ゲートの運用等を変更 「指摘事項への回答」と同一であり、説明を省略 	—
外郭防護 1	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波の変更（基準津波3～6の追加、修正モデルの追加） 	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波（上昇側）に変更がなく、評価結果が変わらないことから、説明を省略 	—
外郭防護 2			
内郭防護			
海水ポンプの取水性		<ul style="list-style-type: none"> 入力津波（下降側）が海水ポンプの取水可能水位を上回るため、取水性に影響なし 入力津波と取水可能水位との比較のみであり、説明を省略 	—
二次的影響	基準津波3～6の追加により、以下の項目を評価・確認 <ul style="list-style-type: none"> 砂移動の評価 水位・流向・流速を踏まえ、漂流物評価への影響確認 津波警報が発表されない条件で襲来する津波に対する燃料等輸送船評価への影響 	<ul style="list-style-type: none"> 基準津波1～6について津波の傾向に大きな差が無いため、漂流物評価に影響ないことを確認 漂流物評価の分類※が変更となったものについて確認が必要 ※漂流の有無・安全機能への影響に係る分類 	○
		<ul style="list-style-type: none"> 砂移動の評価結果に変更なし 燃料等輸送船について、警報が発表されない津波が襲来した際に漂流物とならないことを確認 これらの評価プロセスの妥当性確認が必要 	○
津波監視	<ul style="list-style-type: none"> 基準津波3～6の追加により、津波監視設備を追加 	<ul style="list-style-type: none"> 潮位計を追加設置 「指摘事項への回答」と同一であり、説明を省略 	—
（その他） 保守点検	<ul style="list-style-type: none"> 構内潮位計の追加や構外潮位計の活用により、防潮ゲート閉止に関する設計を変更（基準津波3～6の追加） 	<ul style="list-style-type: none"> 設計変更を踏まえ、保守点検中の警報が発表されない津波の襲来に対する、防潮ゲート等の運用成立性を整理（保安規定以下の文書に規定） 	○

※1：考え方・評価結果等が既往評価から変更となる項目を説明する ※2：耐津波設計方針の変更を踏まえ評価を実施している

○高浜発電所の設置（変更）許可以降に許可となった他プラントの知見反映整理

項目	知見反映対象有無	知見反映要否	知見反映要否の理由
入力津波の設定	×	－	・プラントごとに地盤や形状の特徴を考慮して、網羅的にパラメータスタディを実施するため、他プラントの知見反映項目なし。
津波防護の基本方針	×	－	・プラントごとに津波防護の基本方針をまとめたものであり、他プラントの知見反映項目なし。
外郭防護 1	×	－	・入力津波（上昇側）を用いて、津波の敷地への遡上及び経路からの津波流入を評価しており、他プラントの知見反映項目なし。
外郭防護 2	○	×	・一部評価内容に差異のあるプラントもあるものの、実際の設備設計を考慮すると、追加対応が必要な項目はないことから、知見反映する必要なし。
内郭防護			
海水ポンプの取水性	×	－	・海水ポンプ前面における入力津波高さ（下降側）と取水可能水位を比較して取水性を確認しており、他プラントの知見反映項目なし。
二次的影響	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物の選定・評価を他プラントの考え方に合わせ見直した結果、軽量物であるクラゲ防止網等が津波防護施設で防護するものと整理された。クラゲ防止網は、設計に用いる漂流物（漁船）より軽量であり、施設評価への影響はないことを確認。（評価プロセスの知見反映） ・燃料等輸送船の評価については他プラントでは燃料輸送船の転倒評価を実施しており、今回同様の評価を改めて実施し影響がないことを確認。（評価項目の知見反映） ・燃料等輸送船の停泊時に存在する燃料輸送容器、燃料輸送車両、LLW輸送容器及びLLW輸送車両について、漂流物とならないものの可能な範囲で退避可能なことを確認。
		×	<ul style="list-style-type: none"> ・東海第二では、ソリトン分裂波に伴う砕波が発生するため、衝突力算定式としてFEMA式を適用している。 ・高浜では、発電所前面の海底地形からソリトン分裂波に伴う砕波は発生しないと評価しており、衝突力算定式は道路橋示方書式が適切であることから、既許可の検討から変更はない。
津波監視	×	－	・津波監視設備の考え方に差異なし。
（その他） 保守点検	×	－	・取水路防潮ゲートは発電所特有の設備であり、他プラントの知見反映項目なし。

漂流物評価の分類変更の検討

第847回審査会合
資料1-3 P84修正

○高浜発電所の設置（変更）許可以降に許可となった他プラントの知見反映を行い、**漂流物評価の分類の変更を検討したもの**について以下に示す。分類の変更後も**安全設備等の取水性に影響のないことを確認した。**

漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果（発電所構外）

施設設備等	種類	状況	フロー結果		差分の理由
			既許可評価	今回評価	
車両	車両	駐車・走行	B	B (Aから再度見直し)	<ul style="list-style-type: none"> 車両については、浮遊を考慮した場合においても津波の流向から、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。 (前回会合時には、車両は気密性がないため、海上漂流する間に沈降すると整理したが、車両と発電所の位置関係、および津波の流行を考慮すると発電所に対する漂流物とならないことから、評価を既許可と同様に再度「B」に見直した)
浮き筏	その他	設置	B,C	C	<ul style="list-style-type: none"> 浮き筏は数量や配置が時期によって変わることから、すべての浮き筏をまとめて発電所に対する漂流物となる可能性のある設備として再整理した。(既許可の評価内容に変更はない。) なお、襲来した場合においても放水口側防潮堤、防潮扉並びに取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。

漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果（発電所構内）

場所	施設・設備等		種類	フロー結果		差分の理由
				既許可評価	今回評価	
取水口側	クラゲ防止網	ブイ	定置網等	B	C	<ul style="list-style-type: none"> クラゲ防止網自体は重量物により固定された形状であることから、発電所に対する漂流物とはならないものの、切断等をされた場合の細かな破片が漂流物となる可能性が否定できないことから、発電所に対する漂流物となる可能性のある設備として整理した。 なお、漂流した場合においても防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。
		クラゲ防止網	定置網等			
		固定ブロック	定置網等			

フロー結果	評価
A	重量物であり漂流物とはならない。
B	津波防護施設、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない
C	発電所に対する漂流物となる可能性があるが、津波防護施設、取水機能を有する安全設備等の取水性に影響を与えない
D	漂流物となる可能性があり、津波防護施設、取水機能を有する安全設備の取水性に影響を与える。(漂流物対策を実施する。)

既許可の燃料等輸送船評価

新規追加

(基本方針)

津波警報等発令時、原則、緊急退避を実施

(輸送船緊急退避準備時間)

- ・**高浜 1, 2号機 (3, 4号機)** 新規制基準適合性審査時は**緊急退避準備時間を20分※**と設定。

(評価対象津波と評価内容)

基本方針のもと、**評価対象津波は輸送船緊急退避準備時間よりも第一波が早く到達するもののうち、それぞれ緊急退避する20分までの津波時刻歴波形から、津波高さが最も高い、最も低い、津波流速が最も大きい以下の津波を選定し、評価を実施。**

- ・「最大流速」は「陸上地すべり (No.1,2,3)」の最大値を用い、これに対し輸送船の係留状態が維持できること
- ・「最高水位」は「陸上地すべり (No.1,2,3)」の最高値を用い、これに対し輸送船が岸壁に乗り上がらないこと
- ・「最低水位」は「FO-A～FO-B～熊川断層」の最低値を用い、これに対し輸送船が着底や座礁等により航行不能にならないこと

(※緊急退避準備時間の違い (参考))

高浜 3、4号機新規制基準適合性審査時は、**緊急退避準備に5分程度 (輸送船とクレーンの干渉回避前から係留索を取り外すなど時間短縮した場合) としていたが、高浜 1, 2号機 (3, 4号機) 新規制基準適合性審査時からこれを20分程度 (設備維持の観点から実施した訓練実績より積み上げた場合) に見直した。**

燃料等輸送船の津波影響評価の考え方 (1/2)

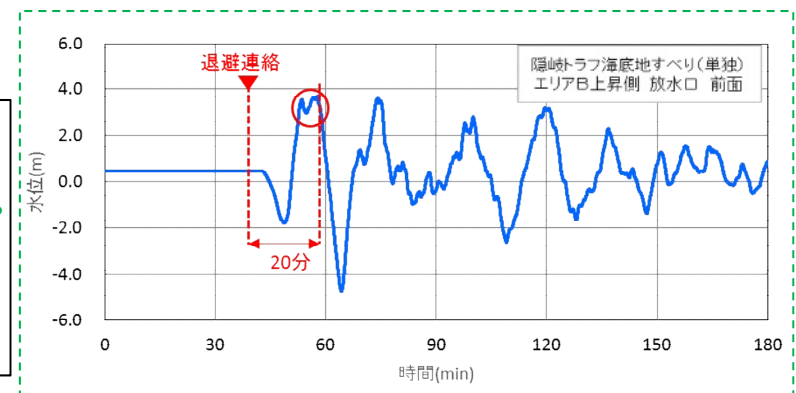
- 既認可では、津波警報等が発表された場合、燃料等輸送船は緊急退避を行う。
なお、輸送船は離岸準備に20分間を要するため、この間に襲来する津波（早期襲来津波）により輸送船が漂流物にならないことを評価。具体的には、以下の項目を確認。
 - ①「最大流速」から輸送船の係留状態が維持できること
 - ②「最高水位」から輸送船が岸壁に乗り上がらないこと
 - ③「最低水位」から輸送船が着底や座礁等により航行不能にならないこと
- 今回の**海底地すべり津波**については、荷役中に津波が襲来した場合は輸送船が緊急退避できない可能性がある*ことから、荷役中に構外潮位計にて「プラント影響の可能性ある津波」を検知した場合は**緊急退避しないことを基本方針に追加**。なお、荷役中以外は輸送船は短時間で離岸できるため、既許可と同様、緊急退避を行う。ただし、構外潮位計欠測時は、緊急退避しない。(P103参照)

○評価にあたっては、今回の海底地すべりでは輸送船が緊急退避できない可能性があることから、20分間以降に到達する津波も対象として評価している。なお、評価方法は既許可と同様であり、海底地すべり津波の流速及び津波水位計算結果から、最大流速、最高水位、最低水位の値を確認し、**いずれも既許可の値を上回ったため**、評価を行った結果、輸送船が漂流物にならないことを確認している。

	既許可	今回
最大流速 [m/s]	1.0	1.1
最高水位(T.P) [m]	+2.20	+3.85
最低水位(T.P) [m]	-3.42	-5.57

※荷役中に津波が襲来した場合は輸送船が緊急退避できない理由

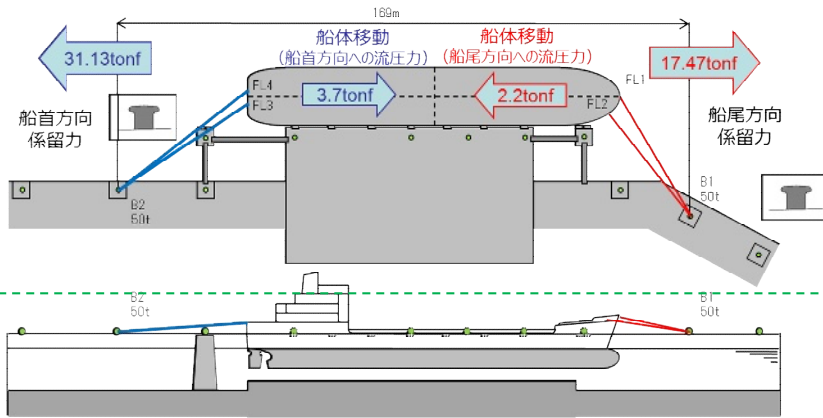
右図の海底地すべり津波においては、20分未滿で最高水位に到達する。荷役中であった場合、離岸前に輸送物の干渉回避後に係留索を取り外す必要があるが、津波水位が岸壁高さを大きく上回っている場合は、岸壁での係留索取り外しができないため、緊急退避できない可能性がある。



燃料等輸送船の津波影響評価の考え方 (2/2)

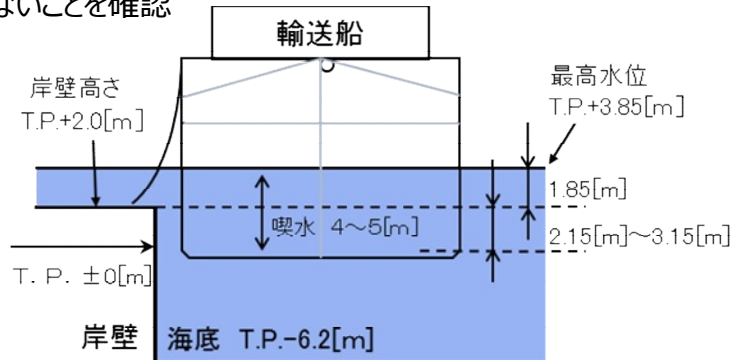
①輸送船の係留状態が維持できることの評価結果

下図のとおり最大流速 (1.1[m/s]) から求めた流圧力 (約2.2 ~ 3.7[tonf]) に対し、係留力 (約17~31[tonf]) が上回っているため、係留状態は維持可能であることを確認



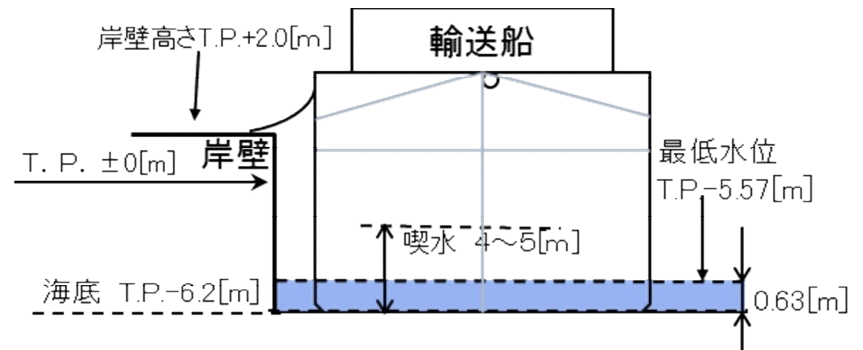
②輸送船が岸壁に乗り上がらないことの評価結果

下図のとおり最高水位 (T.P.+3.85[m]) において輸送船の船底は岸壁高さより2.15[m]~3.15[m]下であるため、輸送船は岸壁に乗り上がらないことを確認

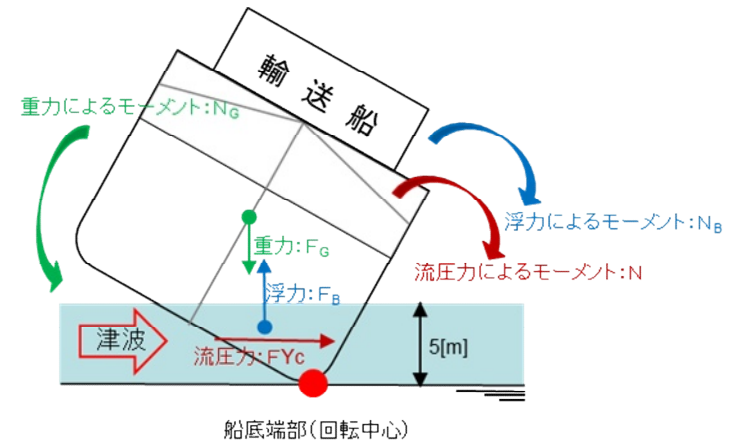


③輸送船が着底や座礁等により航行不能にならないことの評価結果

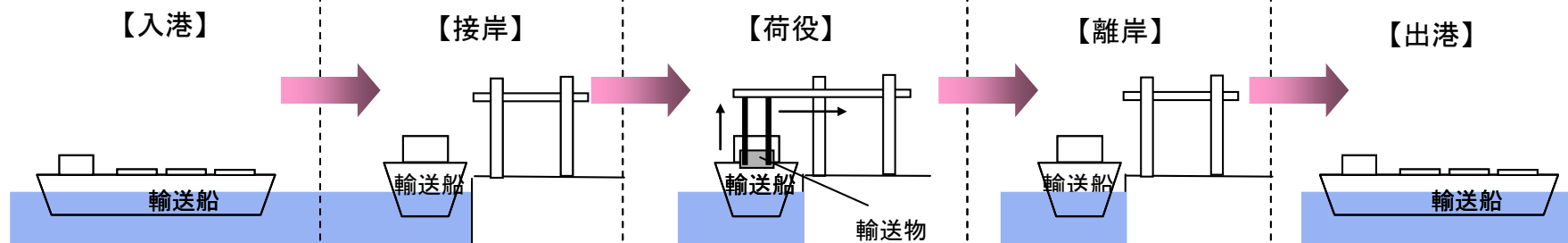
下図のとおり最低水位 (T.P.-5.57[m]) において輸送船は海底に着底する可能性があるが、輸送船は十分な船体強度を有していること等から損傷し航行不能になることはないことを確認。



下図のとおり輸送船の着底後に津波による流圧を受け、更に保守的に船底の一部が固定される状態を想定した場合でも転覆しないことを確認。



燃料等輸送船の退避



緊急退避準備 (20分) の内容

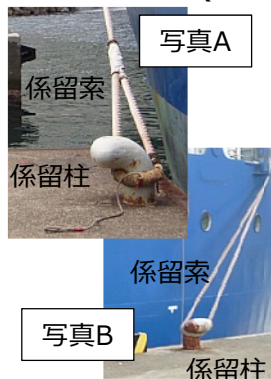
緊急退避準備
20分間の内訳

係留中(①～③)に輸送船が緊急退避する
際の係留索取外し作業 (約6分間)

荷役作業中(②)に輸送船が緊急退避する
際の輸送物干渉回避作業 (約11分間)

係留索取外し作業の内容

- 係留索(8本中6本)を緩め、船員が係留柱から係留索を外す (写真A参照)
- 船員が船に戻り次第、係留索(8本中2本)を船上から外し離岸 (写真B参照)



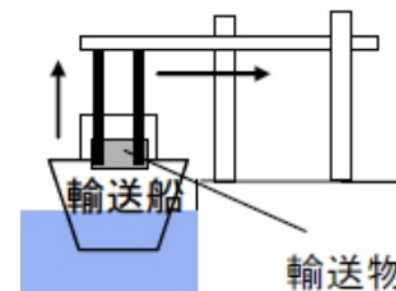
写真A ←先端が輪状の係留索を船上の操作で緩めた後係留柱から外す。

写真B ←係留柱に掛けられた係留索は船上で固定しており船上から取外すことが可能。

輸送物干渉回避作業の概要

- 荷役作業中にクレーンで吊り下げた輸送物が輸送船と干渉する場合は、輸送物を船外に移動する。
- 輸送物が輸送船と干渉しないことを確認し輸送船は離岸する。

※右図のとおり、荷役作業中に緊急退避する際、クレーンで吊り下げた輸送物が輸送船と干渉する可能性があるため、輸送物を船外に移動し干渉回避作業を行う必要がある。



なお、係留柱等の係留設備が損傷している場合は、輸送船は発電所港に入港しない

早期襲来津波および海底地すべり津波到達時の燃料等輸送船対応について

- 既許可の早期襲来津波については、水位を考慮すると、荷役作業への影響は軽微であり、輸送船は緊急退避することとした。
- 一方、海底地すべりによる津波では、水位の影響が無視できず、荷役中は、緊急退避に係る作業が継続困難であるため、緊急退避せず、波浪への影響を評価した。

	早期襲来津波 (第一波の水位が最も高い波)	海底地すべり津波 (第一波の水位が最も高い波)
津波波源	陸上地すべりNo.1,2,3	エリアB上昇側
最高水位	T.P.+2.20m	T.P.+3.85m
到達時間	2分後	12分後
輸送船対応	<p>(荷役中および荷役中以外)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・警報が発表されず、2分後に津波が来るため津波到達までの退避不可 ・津波高さは最大でもT.P.2.20mであり、物揚岸壁(T.P.+2.0m)を0.2m超える程度の高さでかつ岸壁を超えるのは短時間であり、その後の輸送船作業および荷役作業への影響はない ・そのため、輸送船は緊急退避可能 	<p>(荷役中)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・輸送物の干渉回避後に係留索を取り外す必要があるが、津波水位が岸壁高さを大きく上回り、退避準備開始後約11分以降は岸壁で作業できないことが想定され、20分以内に緊急退避できない ・最大流速、最高水位、最低水位の値を確認し、評価を行った結果、輸送船が漂流物にならないことを確認した <p>(荷役中以外)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・津波検知後、速やかに係留索を取外すため、第一波到達前に輸送船は緊急退避可能
波形	<p>陸上地すべり(No.1,2,3) 上昇側 放水口 前面</p>	<p>隠岐トラフ海底地すべり(単独) エリアB上昇側 放水口 前面</p>

燃料輸送車両等の評価について

- 他プラントでは、燃料等輸送船の停泊時に存在する燃料輸送容器、燃料輸送車両、L L W輸送容器、L L W輸送車両について、漂流物としての検討を実施している。
- 高浜発電所の物揚岸壁でも燃料等輸送船の停泊時に、同様の設備が存在し、津波襲来時に物揚岸壁が浸水するため、漂流物としての評価を実施した。

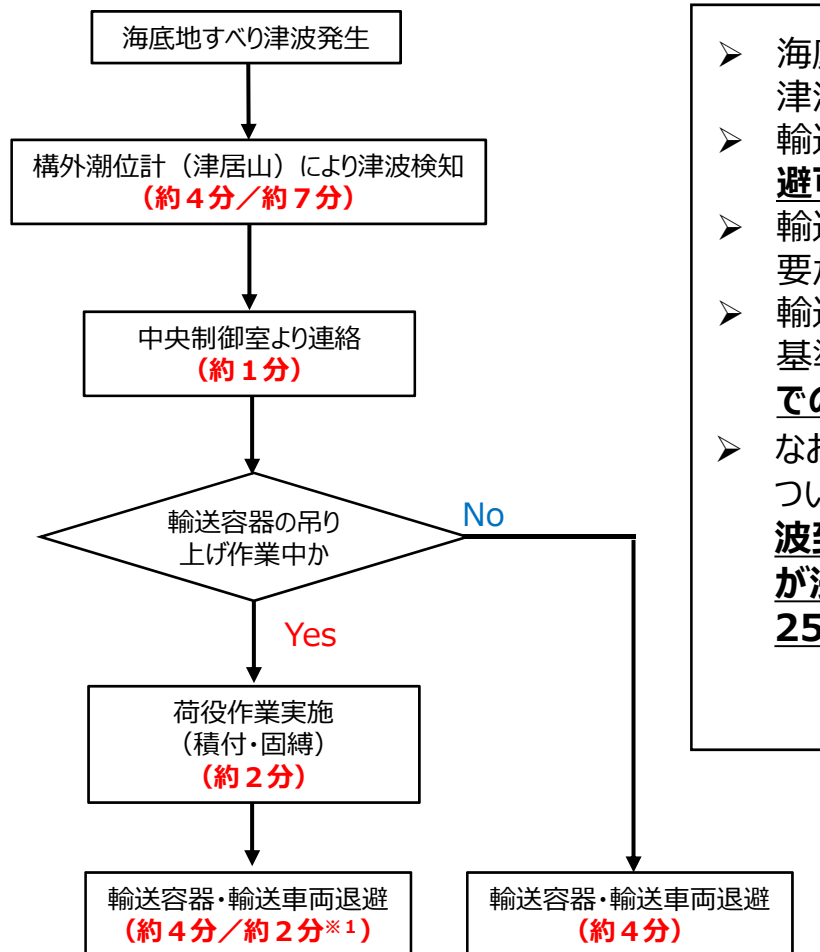
設備	重量 (tf)	浮力 (tf)	漂流の有無	漂流物として考慮する重量 (tf)	備考	フロー評価結果
燃料輸送容器	100	32.4	無	—		A
燃料輸送車両	33.0	29.4	無	—		A
L L W輸送容器	1.2	5.9	無	—	L L W輸送車両に固縛するため、漂流物とはならない	A
L L W輸送車両	10.8	8.9	無	—		A
L L W輸送車両 (輸送容器含む)	13.2 (+ウェイト)	20.7	無	—	L L W輸送車両にウェイトを積載する対策により、漂流物とはならない	A

燃料輸送容器及び車両、L L W輸送容器及び車両については漂流物とならないことから、津波防護施設の設計に影響を及ぼすことはない。

なお、上記は漂流物とならないものの、可能な範囲で、津波が到達しない場所へ退避する方針とし、次ページ以降にて検討を実施した。

LLW輸送に係る津波襲来時の退避判断フロー

○ LLW輸送容器および LLW輸送車両は漂流物とはならないものの、津波が到達しない場所へ退避する方針とし、退避時間等について検討した。



退避時間約 1 1分 / 約 1 2分※2

退避時間約 9分 / 約 1 2分※2

※ 1 : 津波の最高水位より高い地点に到達するまでの時間

※ 2 : 基準津波 3, 4 の場合 / 基準津波 5 の場合

退避時間等の検討結果

- 海底地すべり津波の高浜発電所への第一波到達時間は津居山地点への津波到達後、最短約 1 2 分である
- 輸送容器の吊り上げ作業中でない場合は、**輸送容器および輸送車両は退避可能**
- 輸送容器の吊り上げ作業中の場合は、輸送容器を輸送車両に固縛する必要があるが、固縛には約 2 分かかる。
- 輸送容器および輸送車両が退避地点に到達するには約 4 分必要であるが、基準津波 5 については、**退避開始後約 2 分で最高水位よりも高い地点までの退避が可能である**
- なお、基準津波 5 については、**津居山津波到達から物揚岸壁が浸水するまでに約 25 分の余裕がある**

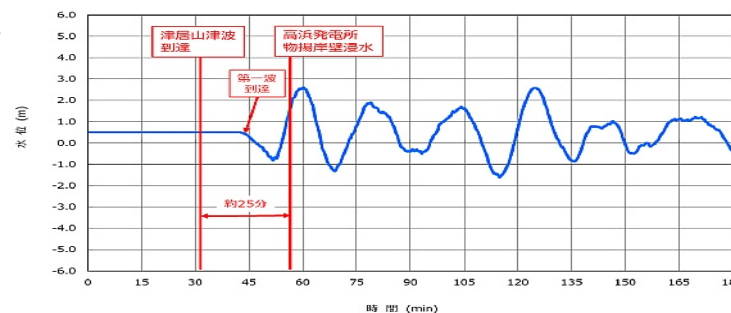


図 基準津波5の時刻歴波形(放水口前面)

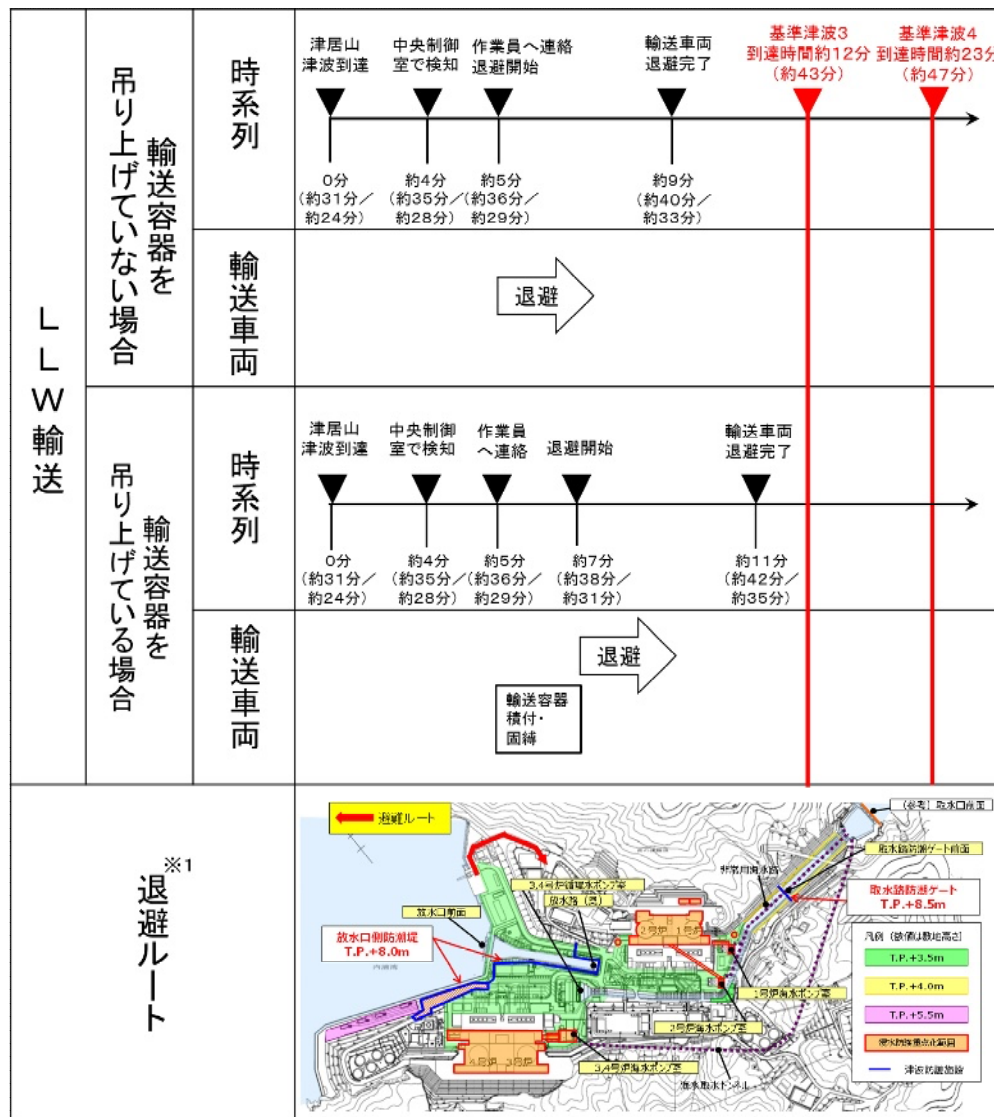
(基準津波 6 について)

基準津波 6 は構外潮位計による検知ができないため、第一波到達までに退避不可能であるが、以下の理由により**第一波到達までに退避する必要は無い**

- 津波高さは最大でも T.P. + 2.28m であり、物揚岸壁 (T.P. + 2.0m) をわずかに超える程度
- LLW輸送車両単体は漂流物とならない
- LLW輸送容器は輸送車両上に設置されており、津波よりも高い位置にあるため、LLW輸送容器は漂流物とはならない。

L L W輸送に係る津波襲来時の退避時系列および退避ルート

○ 基準津波 3, 4 の場合



基準津波 3, 4 における退避時間および退避ルートについては、左記のとおり。

- 津居山の潮位変化を検知すれば中央制御室に情報が伝達される。(約 4 分)
- 中央制御室から現場作業員に伝えられる (約 1 分)

(輸送容器を吊り上げていない場合)

- 退避開始し、輸送車両および輸送容器が退避地点に到達 (約 4 分)
- 以上より、**津波到達時間 (約 12 分) よりも早く退避可能**

(輸送容器を吊り上げている場合)

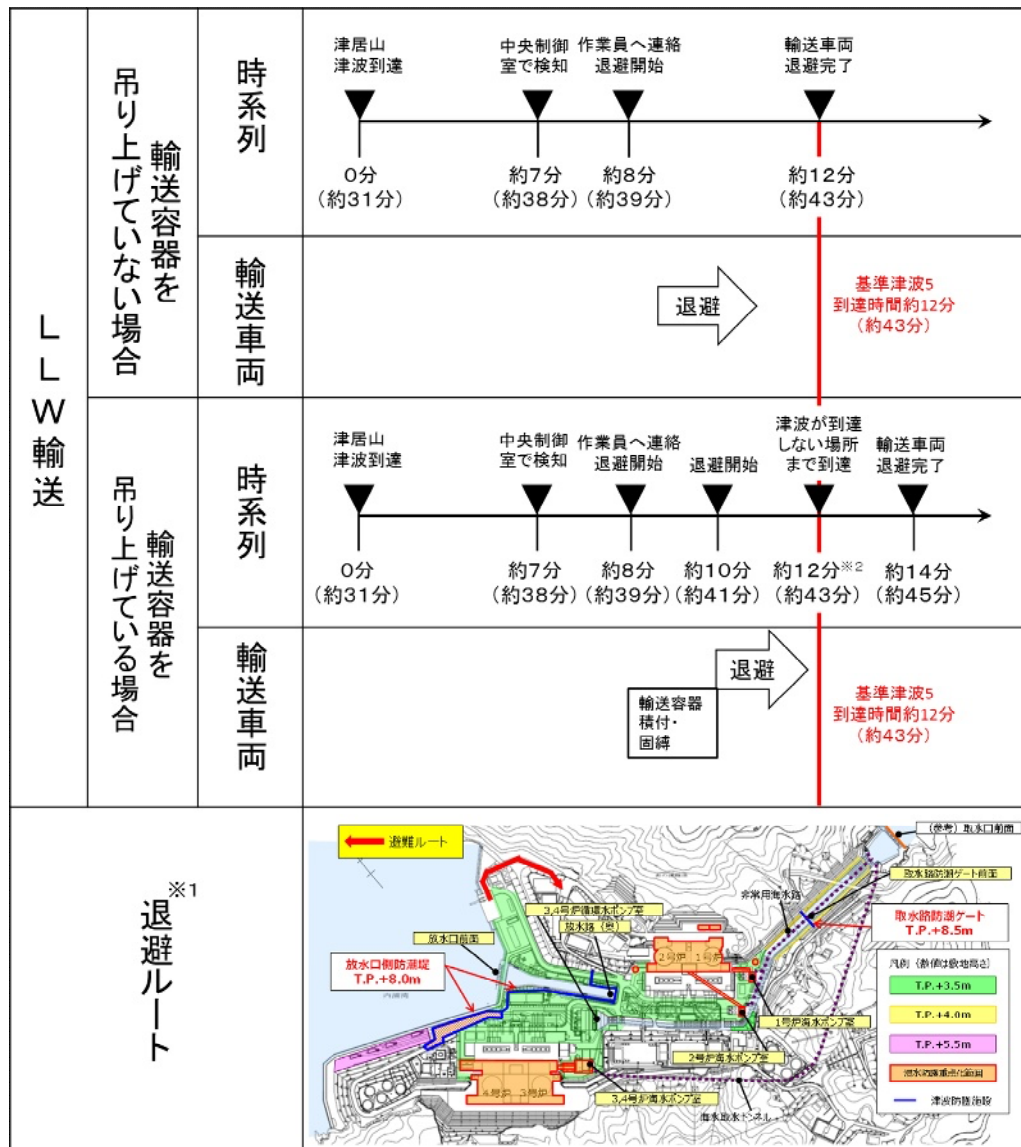
- 輸送容器の積付・固縛作業を実施 (約 2 分)
- 作業完了後、退避開始し、輸送車両および輸送容器が退避地点に到達 (約 4 分)
- 以上より、**津波到達時間 (約 12 分) よりも早く退避可能**

経過時間については、
 0分 : 津居山到達後の経過時間
 (約31分/約24分) : 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波3) / 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波4)

※ 1 退避ルートの距離は約300mであり、車両走行速度10km/h (167m/min) としても、約4分間で車両の退避は十分可能である。

LLW輸送に係る津波襲来時の退避時系列および退避ルート

○ 基準津波5の場合



基準津波5における退避時間および退避ルートについては、左記のとおり。

- 津居山の潮位変化を検知すれば中央制御室に情報が伝達される。(約7分)
- 中央制御室から現場作業員に伝えられる(約1分)

(輸送容器を吊り上げていない場合)

- 退避開始し、輸送車両および輸送容器が退避地点に到達(約4分)
- 以上より、**津波到達時間(約12分)以内※1に退避可能。**

(輸送容器を吊り上げている場合)

- 輸送容器を固縛した後、退避開始。(約2分)
- 輸送車両および輸送容器は津波の最高水位より高い地点に約2分※2で到達(退避地点到達は約4分)
- 以上より、退避完了前に津波が高浜発電所に到達するが、**津波の最高水位よりも高い地点まで津波到達時間(約12分)以内※2に退避可能**

※1: 退避ルートの距離は約300mであり、車両走行速度10km/h(167m/min)としても、約4分間で車両の退避は十分可能。

※2: 退避ルートの距離は約300mであり、車両走行速度10km/h(167m/min)としても、退避開始約2分以内に津波の最高水位より高い地点に到達しているため問題ない。なお、基準津波5については、津居山津波到達から物揚岸壁が浸水するまでに約25分の余裕がある

L L W輸送車両および輸送容器の固縛方法について



- ツイストロックピンを90度回転させるレバー有。
- 操作すると長手方向一直線上にある4個のピンが同時に回転。
- トラックの振動でレバーが誤作動しないように、誤作動防止ピンを抜き差し可能



- コンテナに対し、ロック解除状態。



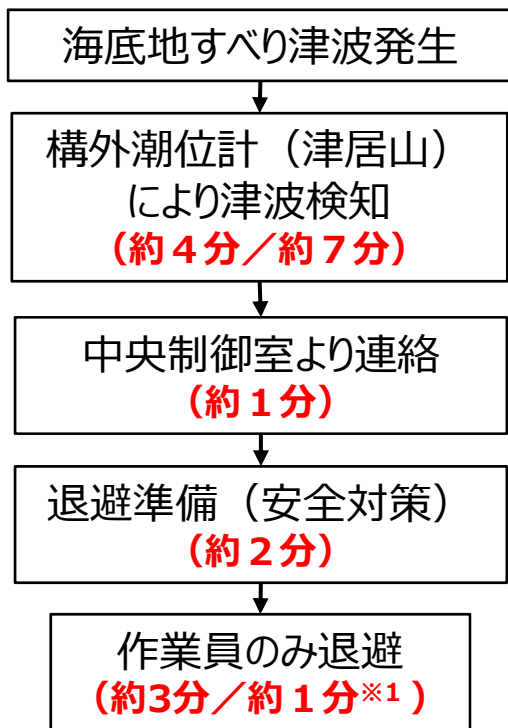
- コンテナに対し、ロック状態。

○ 輸送車両への固縛装置取付状況



使用済燃料輸送に係る津波襲来時の退避判断フロー

○使用済燃料の荷役中に海底地すべり津波が発生した場合、輸送車両および輸送容器は岸壁に残し、作業員は津波が到達しない場所へ退避する方針とし、退避時間等について検討した。



退避時間等の検討結果

- 海底地すべり津波の高浜発電所への第一波到達時間は津居山地点への津波到達後、最短約12分
- 輸送車両が退避するためには約6分かかるため、津波検知時間等を考慮し、車両は退避せず、作業員のみ退避することとする
- 作業員が退避地点に到達するには約3分必要であるが、基準津波5では、退避開始後約1分での最高水位よりも高い地点までの退避が可能
- なお、基準津波5については、津居山津波到達から物揚岸壁が浸水するまでに約25分の余裕がある

退避時間 約10分/約11分※2

※1：津波の最高水位より高い地点に到達するまでの時間
 ※2：基準津波3, 4の場合/基準津波5の場合

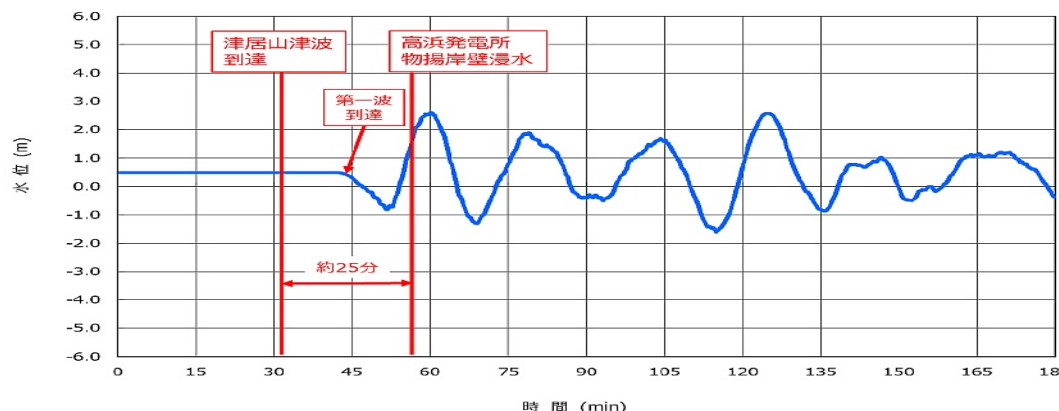


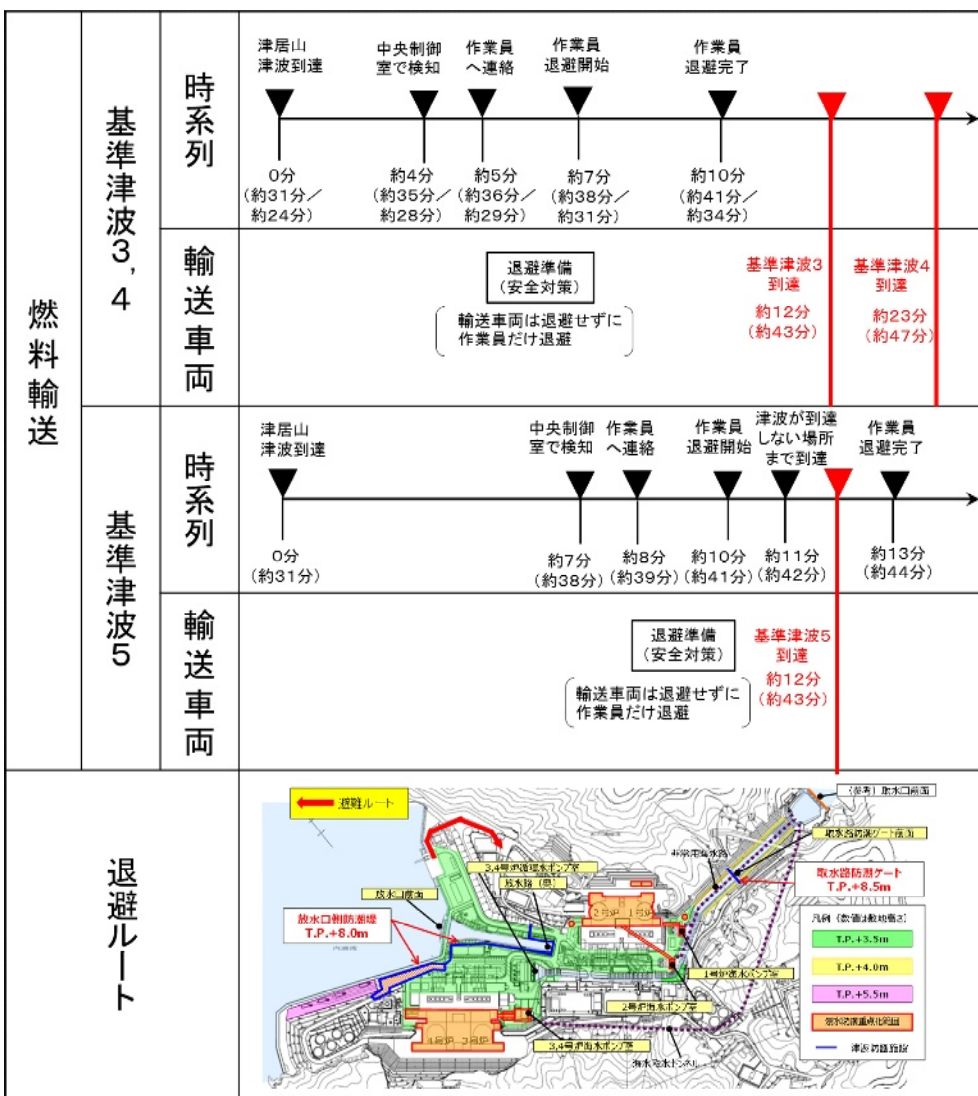
図 基準津波5の時刻歴波形(放水口前面)

基準津波6について

基準津波6は構外潮位計による検知ができないため、第一波到達までに退避するのは不可能であるが、津波高さは最大でも+2.28mであり、物揚岸壁をわずかに超える程度であること、輸送車両および輸送容器は漂流物とはならないことから、第一波到達までに退避する必要はない

新規追加

使用済燃料輸送に係る津波襲来時の退避時系列および退避ルート



基準津波3, 4については、
 0分 : 津波津居山到達後の経過時間
 (約31分 / 約24分) : 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波3)
 (約31分 / 約24分) : 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波4)

基準津波5については、
 0分 : 津波津居山到達後の経過時間
 (約31分) : 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波5)

津波襲来時の時系列および退避ルートについては、左記のとおり。

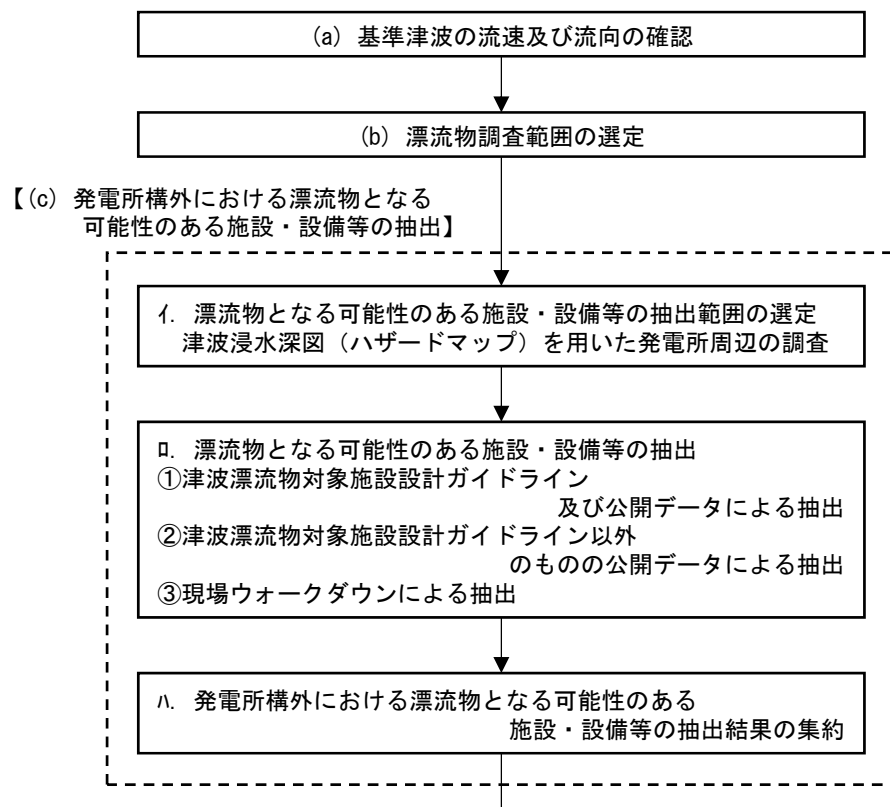
- (基準津波3, 4の場合)
- 津居山の潮位変化を検知すれば中央制御室に情報が伝達される。(約4分)
 - 中央制御室から現場作業員に伝えられる(約1分)
 - 退避準備し、作業員が退避開始(約2分)
 - 作業員が退避地点に到達(約3分)
 - 以上より、**津波到達時間(約12分)よりも早く退避可能。**
 - **輸送車両および輸送容器は退避不可の場合でも漂流物とはならない。**

- (基準津波5の場合)
- 津居山の潮位変化を検知すれば中央制御室に情報が伝達される。(約7分)
 - 中央制御室から現場作業員に伝えられる(約1分)
 - 退避準備し、作業員が退避開始(約2分)
 - 作業員が津波の最高水位より高い地点に到達(約1分)(退避地点到達は約3分)
 - 以上より、退避完了前に津波が高浜発電所に到達するが、**津波到達時間(約12分)よりも早く津波の最高水位より高い地点まで退避可能**
 - **輸送車両および輸送容器は退避不可の場合でも漂流物とはならない。**

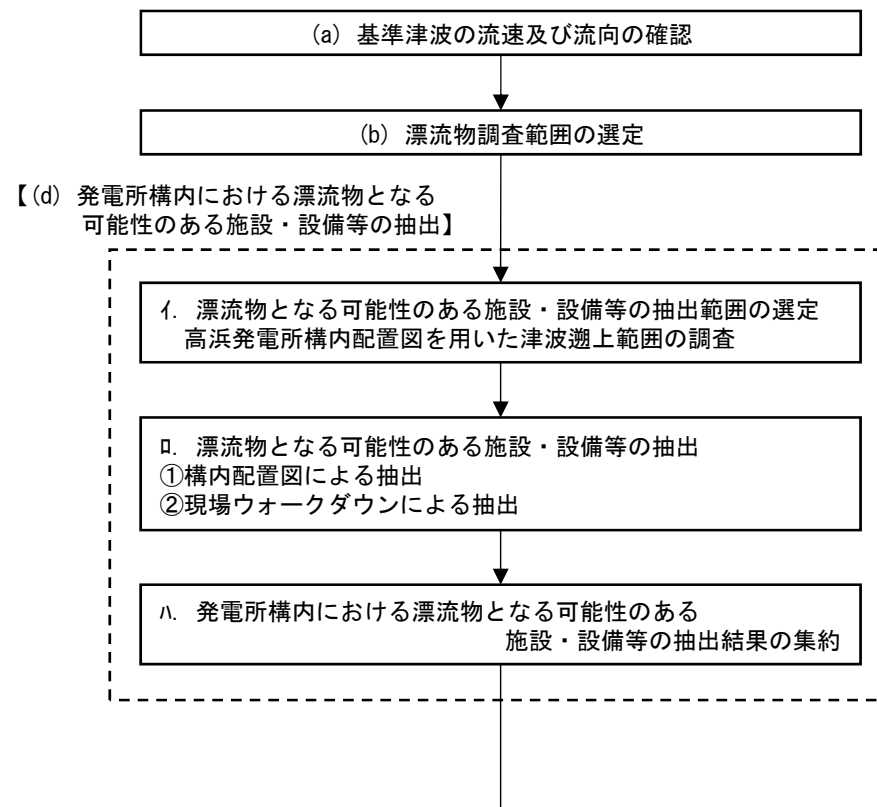
漂流物による取水性への影響についての評価

- 基準津波に伴った漂流物になりうる船舶等が取水性の確保または津波防護施設に影響を及ぼさないことを漂流物抽出フロー及び評価フローに基づき整理・確認を実施した。
- 評価のフローについては他サイト既許可プラントの評価方法を踏まえて改めて設定した。

発電所構外



発電所構内

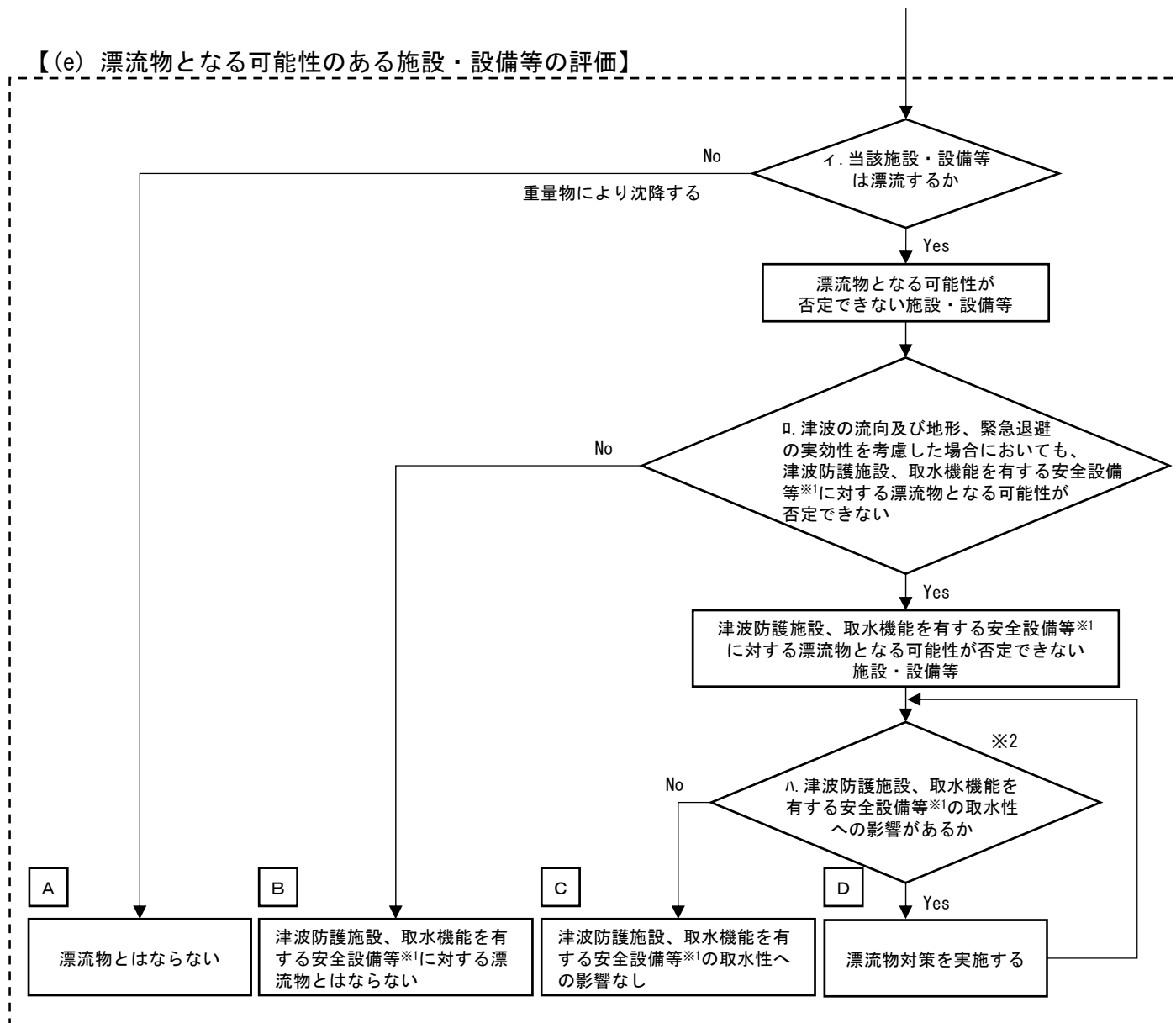


(e) 漂流物となる可能性のある施設・設備等への評価 発電所構外及び構内施設評価フローへ

漂流物による取水性への影響についての評価

発電所構外・構内漂流物評価フロー

【(e) 漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価】



※1：取水機能を有する安全設備等とは海水取水機能を有する海水ポンプ、海水管等を示す。
 ※2：取水性への影響は津波防護施設の設置を考慮した評価を行う。

漂流物による取水性への影響についての評価 (b) ~ (e)

(b) について：基準津波の流速及び流向について、発電所周辺5kmを調査範囲としている。（既往評価と変更なし）

(c) (d) について：(a) 及び (b) の評価結果より、漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出結果としては、新規規制基準時と同じ。なお、施設・設備等については、ウォークダウンを実施し漂流物の評価への影響がないことを確認している。（既往評価と変更なし）

(e) について：以下の表の通り。なお、既往の評価と一部分類が変更となるものはあるものの、津波防護施設・取水機能を有する安全設備の取水性に影響を与えるものはない。⇒ 83

漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果（発電所構外）

施設・設備等	種類	状況	場所	数量*	重量 (概数)	フロー 結果
漁船	船舶	停泊・航行	内浦港	1隻	10t	B
				約120隻	10t	C
			小黒飯地区	約15隻	10t	B
輸送船			内浦港	1隻	5000t未満	C
家屋（建物）	木造建屋	設置	音海地区	多数	—	B
家屋（建物）	鉄筋コンクリート造建屋		神野浦地区	多数	—	
防波堤	防波堤		日引地区	1	—	
車両	車両	駐車・走行	上瀬地区	多数	—	B
浮き筏	その他	設置	内浦港	約165床	約1t	C

※新規規制基準時のもの

フロー結果	評価
A	重量物であり漂流物とはならない。
B	津波の流向及び設置状況から、発電所に対する漂流物とはならない。
C	航行中の漁船は漂流検討対象となるが、高さT.P.+8.0mの放水口側防潮堤、防潮扉並びにT.P.+8.5mの取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。また、浮き筏は漂流検討対象となるが、高さT.P.+8.0mの放水口側防潮堤、防潮扉により防護されるため、取水性への影響はない。
D	漂流物となる可能性があり、津波防護施設、取水機能を有する安全設備の取水性に影響を与える。

No.6,7 漂流物評価に関するご指摘事項回答 (19/19)

漂流物による取水性への影響についての評価 (b) ~ (e)

第847回審査会合
資料1-3 P83修正

漂流物となる可能性のある施設・設備等の評価結果 (発電所構内)

場所	No	施設・設備等	種類	数量※	重量	フロー結果	
放水口側	1	燃料等輸送船	船舶	1隻	5000t未満	B	
	2	岸壁クレーン	鉄骨構造	1	約400t		
	3	気象鉄塔及び観測小屋	鉄骨構造	1	約7t		
	4	使用済燃料輸送容器保管建屋	鉄筋コンクリート造	1	約9000t		
	5	燃料輸送容器	その他	一式	約100t		A
	6	燃料輸送車両	車両	一式	約43t		
	7	LLW輸送車両	車両	一式	約10.8t		
	8	LLW輸送車両(輸送容器含む)	車両	一式	約13.2t (+ウェイト)		
	9	LLW輸送容器	その他	一式	約1.2t		
	10	協会社事務所等	協会社事務所	鉄骨造もしくは 軽量鉄骨構造	4	約650t	C
	11		温排水研究所		1	約3t	
	12		水槽上屋		1	約100t	
	13		温室、温排水研究所管理棟		1	約120t	
	14		詰所		1	約100t	
	15		監視室		1	約5t	
	16	環境モニタ監視建		1	約5t		
	17	その他構築物等	外灯	その他	多数	約1t	C
	18		ポール(消防ホース用)	その他	多数	約1t	
	19		PPフェンス	その他	多数	約1t	
	20		PPゲート	その他	多数	約1t	
	21		植林	その他	多数	約1t	
	22	車両等	一般車両	車両	多数	約1~2t	
	23		仮設資材	その他	多数	約1t	
3,4号炉放水口付近	1	3,4号放水口モニタ信号処理建屋	鉄筋コンクリート造	1	約26t	A	
	2	モニタポスト	鉄骨造	1	約7t	C	
	3	1,2号放水口モニタ収納ラック等	放水口モニタ収納ラック	設置	1		約5t
	4		収納盤	軽量鉄骨構造	1		約1t
取水口側	1	取水口門型クレーン	鉄骨構造	1	約70t	A	
	2	取水口ローターレーキ	鉄骨構造	9	約9t		
	3	クラゲ防止網	ブイ	定置網等	一式	約30t	C
	4		クラゲ防止網	定置網等	2		
	5		固定ブロック	定置網等	一式	約3.5t	

フロー結果	評価
A	重量物であり漂流物とはならない。
B	固縛されていることから発電所に対する漂流物とはならない。
C	漂流検討対象となるが、高さT.P.+8.0mの放水口側防潮堤、防潮扉並びにT.P.+8.0mの取水路防潮ゲートにより防護されるため、取水性への影響はない。
D	漂流物となる可能性があり、津波防護施設、取水機能を有する安全設備の取水性に影響を与える。

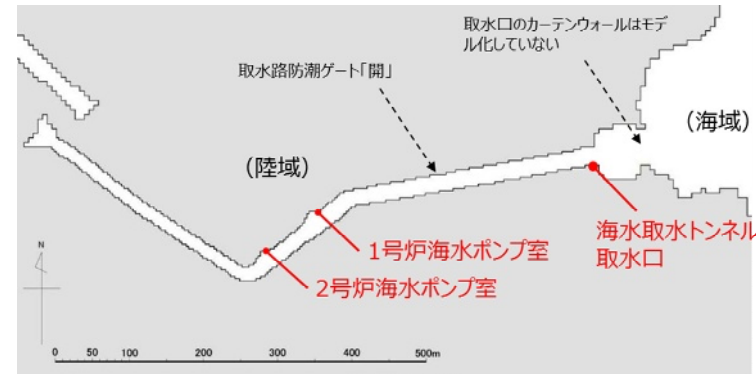
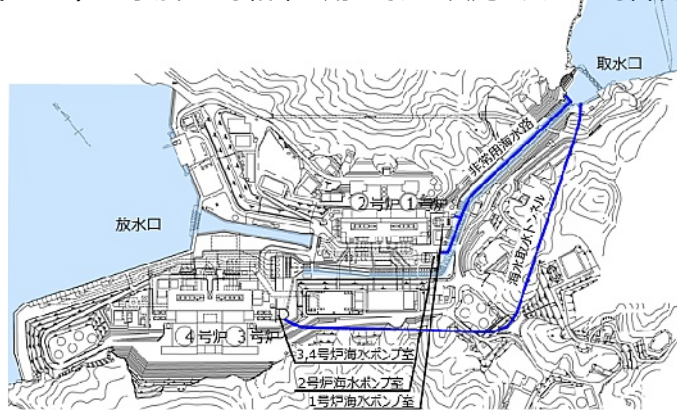
※新規制基準時のもの
(燃料輸送車両等除く)

参考資料

(第847回審査会合資料1-1,1-3について、
トリガー変更等に伴う修正を反映)

【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、4 について、砂移動評価を行った。基準津波 5、6 については、基準津波 3、4 に比べて影響が小さいと考えられることから検討を省略した。
- 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。



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	-	-	-
		高橋他 (1999)	1%	0.03m	0.02m	0.15m	0.15m	0.32m
			5%	-	0.01m	0.00m	0.00m	-
<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	0.01m	0.00m	-
			5%	-	0.01m	0.01m	0.00m	-
		高橋他 (1999)	1%	-	0.02m	0.01m	0.00m	0.00m
			5%	-	0.02m	0.01m	0.00m	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	-
		高橋他 (1999)	1%	-	0.02m	0.04m	0.01m	0.07m
			5%	-	0.01m	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	藤井他 (1998)	1%	-	0.01m	0.01m	0.01m	-
			5%	-	0.01m	0.01m	0.01m	-
		高橋他 (1999)	1%	-	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。

○潮位計における津波検知運用の運用成立性については、運用時間（潮位計での津波検知における運転員の対応時間）、余裕時間（取水路防潮ゲートが閉止される時刻から、施設に影響する水位の波が取水路防潮ゲート前面に到達するまでの時刻）それぞれについて整理する。

【運用時間（1／6）】

(1) 検討対象とする津波の選定

潮位計（1号炉海水ポンプ室：1台、2号炉海水ポンプ室：1台、3,4号炉海水ポンプ室：2台）のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.6m以上上昇すること、若しくは10分以内に0.6m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.6m以上下降した場合に津波襲来と判断し、以後に取水路防潮ゲート閉止に係る一連の操作を実施する。

したがって、運用時間の検討については、**最も津波襲来の判断基準の到達が早く運用上の対応が厳しくなるエリアBのKinematicモデルを選定**する。対象の津波は下表のとおり。

● **潮位計設置位置（1号炉海水ポンプ室前、2号炉海水ポンプ室前、3，4号炉海水ポンプ室前）において潮位変動開始から判断基準に到達するまでの所要時間**

		敷地内		
		1号炉海水ポンプ室前	2号炉海水ポンプ室前	3，4号炉海水ポンプ室前
下げ側	最初の0.5m※	2.55分 (43.35分～45.90分)	2.50分 (43.55分～46.05分)	1.95分 (44.25分～46.20分)
	最初の0.6m	2.90分 (43.35分～46.25分)	2.80分 (43.55分～46.35分)	2.15分 (44.25分～46.40分)
	全体	6.00分 (43.35分～49.35分)	6.10分 (43.55分～49.65分)	6.30分 (44.25分～50.55分)
上げ側	最初の0.6m	1.05分 (49.35分～50.40分)	0.85分 (49.65分～50.50分)	0.85分 (50.55分～51.40分)

※観測潮位が0.5m下降した時点、または0.5m上昇した時点で中央制御室に情報（警報）が発信

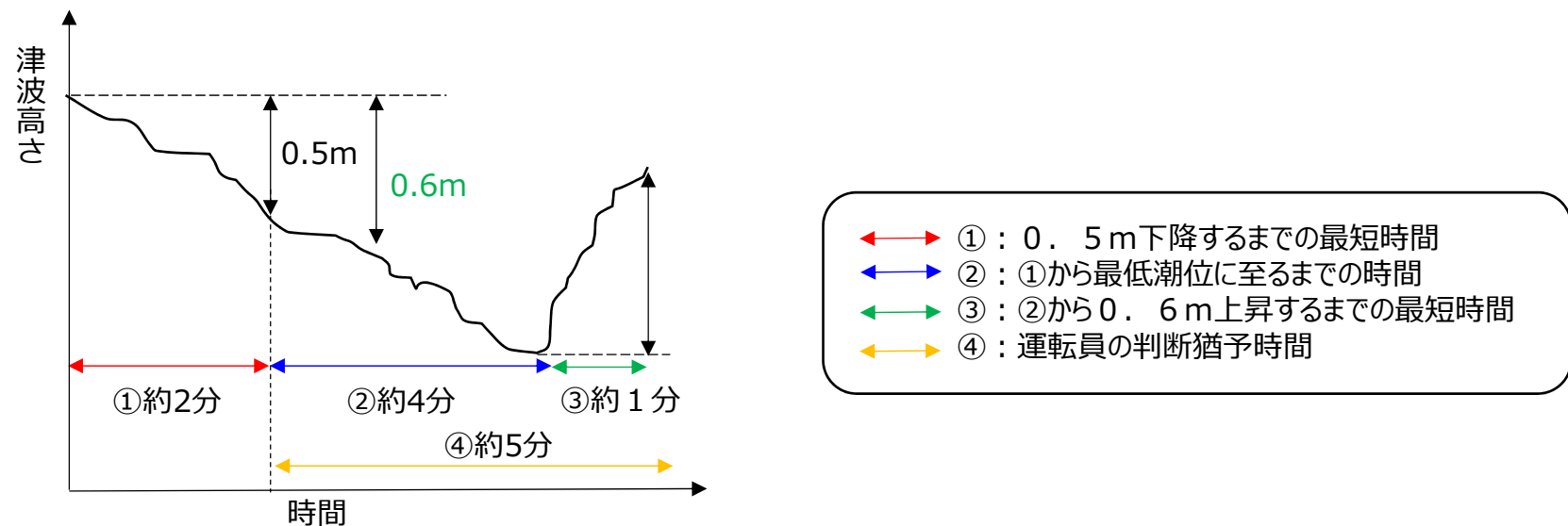
【運用時間（2／6）】

(2) 津波襲来の判断基準に到達するまでの対応

(1)で選定した津波襲来時の警報発信から判断基準に到達するまでの対応について説明する。まず、潮位計において、潮位が0.5m下降、若しくは上昇した時点で中央制御室に警報が発信する。この時点で、運転員は潮位の継続的な重点監視を行うとともに、**2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上下降し、最低潮位から0.6m上昇した時点、若しくは10分以内に0.6m以上上昇し、最高潮位から0.6m下降した時点で防潮ゲート閉止等の操作を行うことを当直課長が運転員へ指示する。**

潮位計における警報発信から防潮ゲート閉止の判断基準到達までに最短でも約5分の対応時間を有している。

潮位変動の観測および判断基準の確認について、上記の対応時間より運転員は十分対応できることを確認している。



● 潮位変動開始から判断基準に到達するまでの対応イメージ

【運用時間 (3 / 6)】

(3) 警報発信から取水路防潮ゲート閉止までの運用時間

(2) のとおり津波襲来の判断基準到達後に、まず循環水ポンプ停止操作を実施するとともにユニットトリップ操作を行う。

循環水ポンプ停止後、取水路防潮ゲートを遠隔にて閉止する。

各操作に要する時間等は下表のとおり、各操作時間の設定は、余裕を持たせた設定としている。

	経過時間 (分)							対応に係る各ステップに要する時間および説明	
	2	4	6	8	10	12	14	時間	説明
潮位変動を検知								0分	通常潮汐から0.5m変動を検知すれば、中央制御室に警報発信
潮位変動の判断 運転員の指示等								5分	警報発信後、運転員は潮位の継続的な重点監視を行うとともに、観測潮位が10分以内に0.6m以上下降し、最低潮位から0.6m上昇した時点でゲート閉止等の操作を行うことを当直課長が運転員へ指示する。
循環水ポンプ停止								5分	循環水ポンプ停止、出口弁の設計値（全開から全閉）の約3分に余裕を持たせ5分と評価している。
ユニットトリップ									原子炉トリップスイッチによるユニット停止
取水路防潮ゲート閉止 (遠隔操作)								1分	短尺のラック棒（長さ1m）であることから、ラック式開閉装置による落下時間は約20秒であり、その後、5mの高さをゲートが自由落下する時間は約2秒であることから余裕を考慮して、1分で閉止すると評価している。

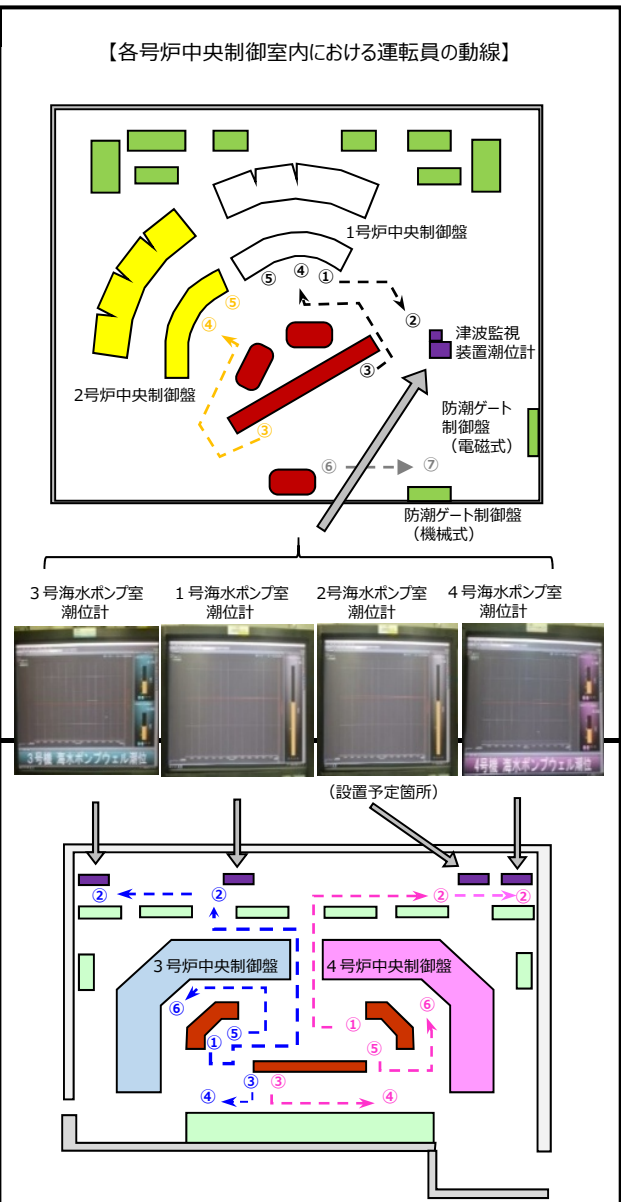
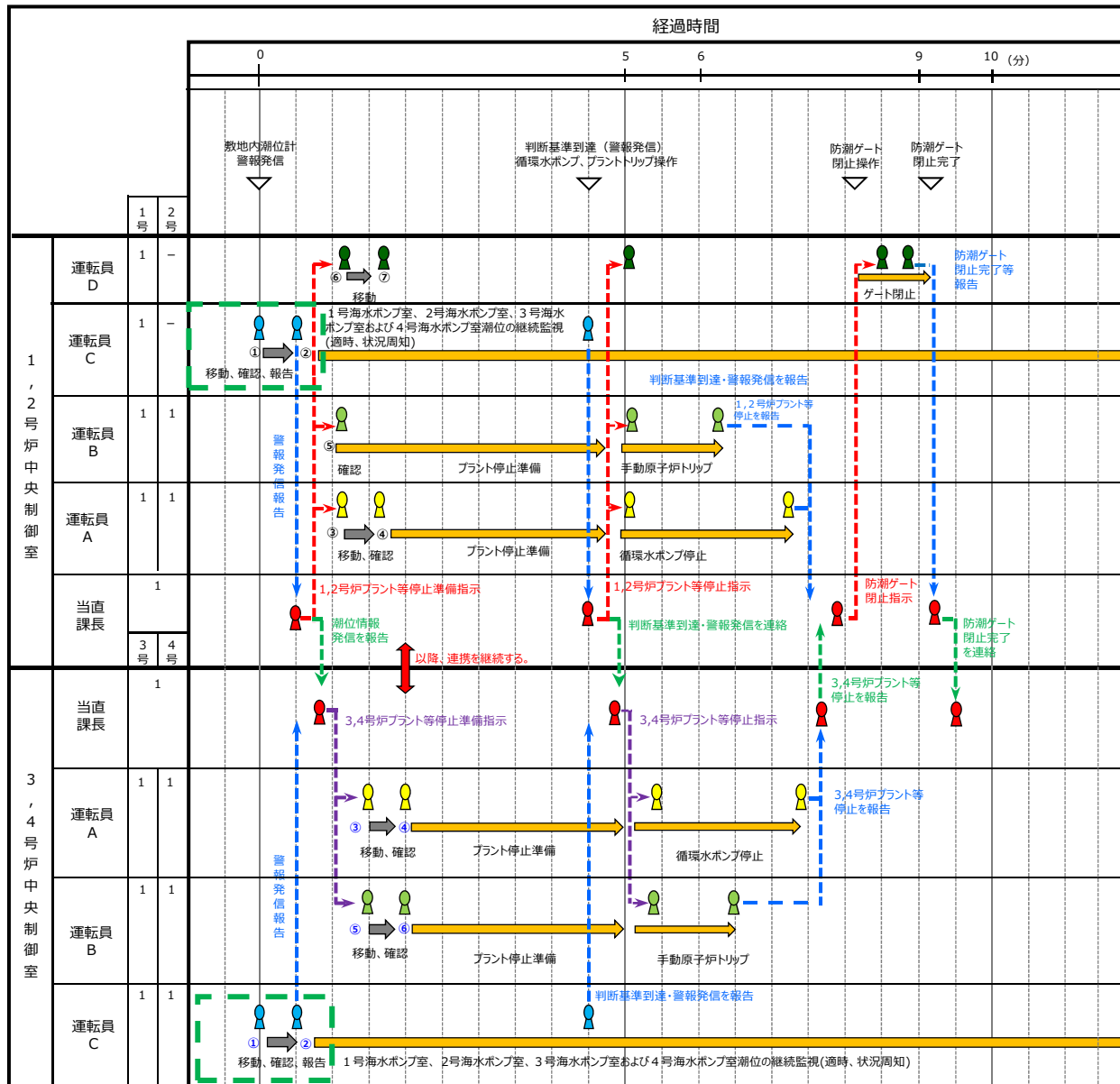
○既許可（大津波警報発令時）対応

	地震・津波発生からの経過時間 (分)							対応に係る各ステップに要する時間および説明	
	2	4	6	8	10	12	14	時間	説明
津波情報入手								3分	気象庁から津波情報入手。地震が発生してから約3分を目標に、大津波警報、津波警報または津波注意報を、津波予報区単位で発表（気象庁ホームページより）
防潮ゲート閉止判断 運転員への指示等								2分	ゲート閉止等の操作を行うことを当直課長が運転員へ指示する。
循環水ポンプ停止								5分	循環水ポンプ停止、出口弁の設計値（全開から全閉）の約3分に余裕を持たせ5分と評価している。
ユニットトリップ操作									原子炉トリップスイッチによるユニット停止操作
防潮ゲート閉止 (遠隔操作)								3分	保守的に長尺のラック棒（長さ6m）を用いて、揚程6mの高さをラック式開閉装置により閉止することとしており、その落下にかかる時間を約2分としていることから、余裕を考慮して、3分で閉止すると評価している。

【運用時間 (4 / 6)】

(4) 運転員タイムチャート (1～4号炉)

第847回審査会合
資料1-1 P76修正

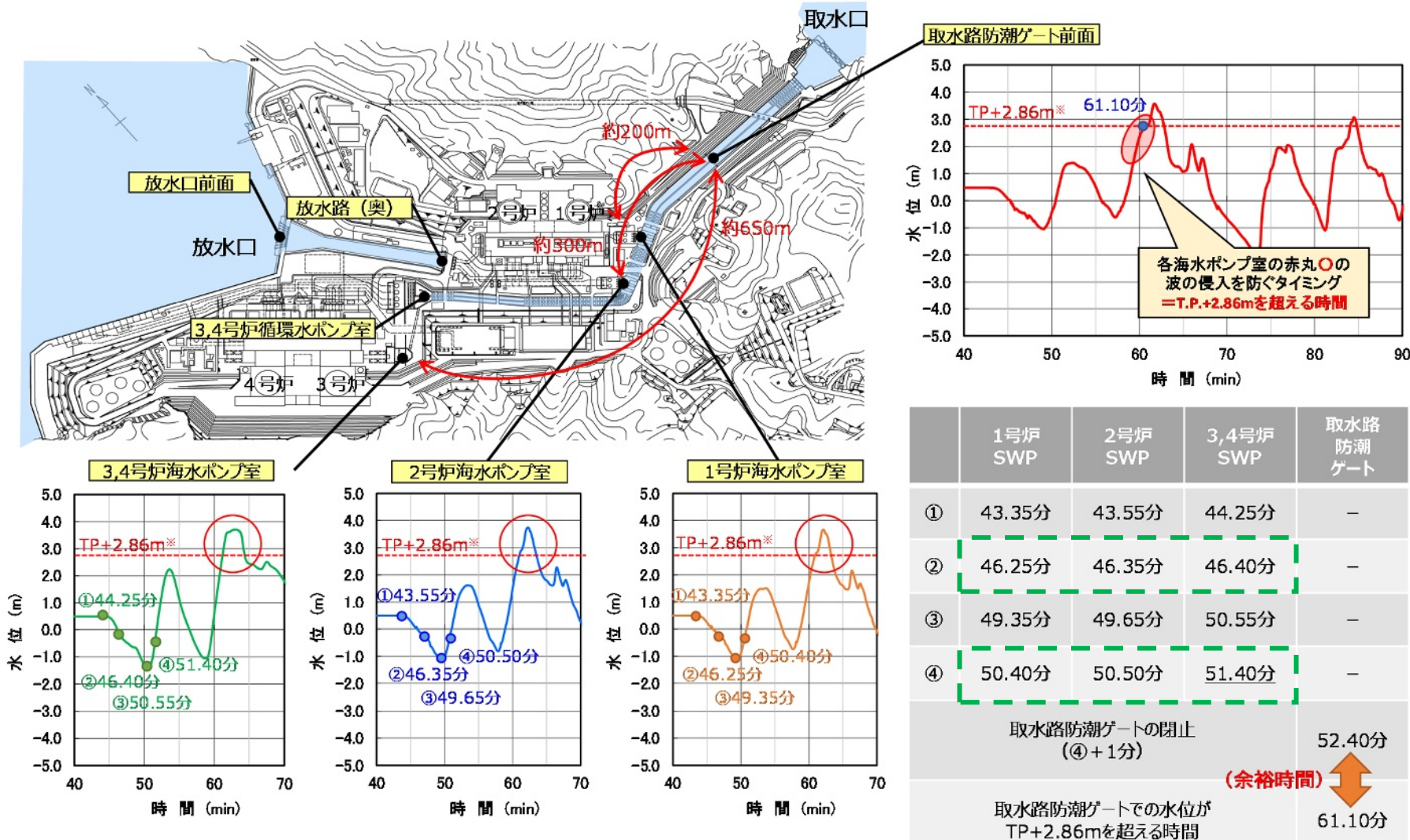


【余裕時間 (1 / 3)】

第847回審査会合
資料1-1 P79修正

海底地すべりに伴う津波のうち、取水路防潮ゲートを閉止しない場合に施設への影響が生じる可能性があるケースについて、取水路防潮ゲートが閉止される時刻から、施設に影響する水位の波が取水路防潮ゲート前面に到達するまでの時刻を算出し、取水路防潮ゲート閉止に対する余裕時間を確認する。

以下は、海底地すべりエリアB (Es-K5、Kinematicモデル、崩壊規模100%、破壊伝播速度1.0m/s) の水位上昇側の検討ケースにおける算出例を示す。



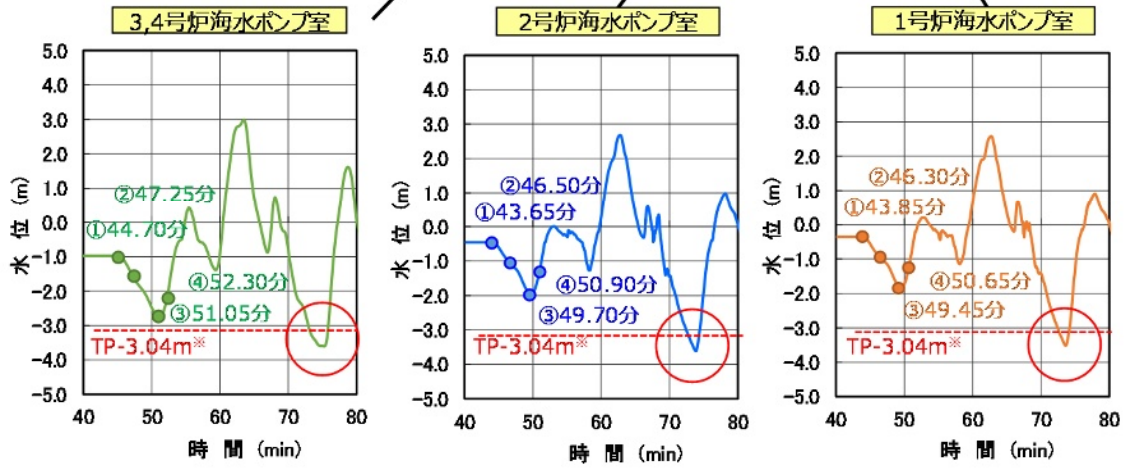
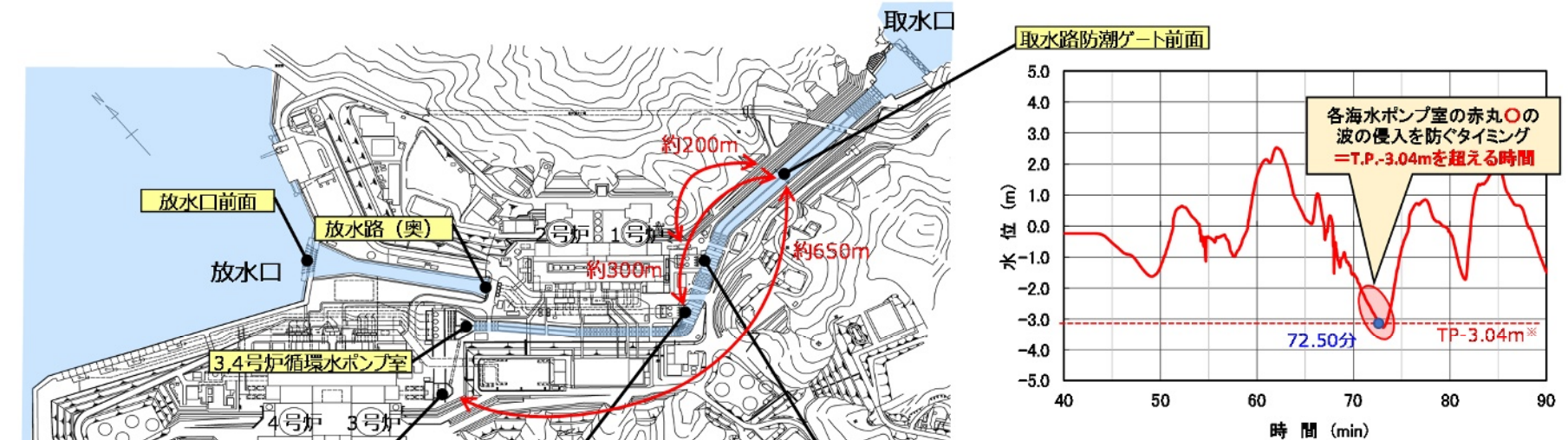
※：潮位のばらつきと高潮余裕度を考慮した場合に敷地高さを超える高さ
T.P.+2.86m = 敷地レベルT.P.+3.5m - 潮位のばらつき0.15m - 高潮余裕度0.49m

①：変動開始時間、②：-0.6m水位変動、③：第1波目最低水位
④：+0.6m水位変動

【余裕時間 (2 / 3)】

新規追加

水位下降側の算出例：海底地すべりエリアB (Kinematicモデル、崩壊規模100%、破壊伝播速度1.0m/s)



※：潮位のばらつきを考慮した場合に海水ポンプの取水性に影響を与える高さ
 T.P.-3.04m = 1号炉又は2号炉海水ポンプの取水制限水位T.P.-3.21m - 潮位のばらつき0.17m

	1号炉 SWP	2号炉 SWP	3,4号炉 SWP	取水路防潮ゲート
①	43.85分	43.65分	44.70分	-
②	46.30分	46.50分	47.25分	-
③	49.45分	49.70分	51.05分	-
④	50.65分	50.90分	52.30分	-
取水路防潮ゲートの閉止 (④+6分)				58.30分
取水路防潮ゲートでの水位が TP-3.04mを超える時間				72.50分
				(余裕時間) ↑↓

①：変動開始時間、②-0.6m水位変動、③：第1波目最低水位
 ④：+0.6m水位変動

(資料1-1) 4. 運用成立性(7/7)

【余裕時間 (3 / 3)】

第847回審査会合
資料1-1 P80修正

海底地すべりエリアA、B、Cにおいて2種類（Watts他の予測式、Kinematicモデル）の手法及び崩壊規模・破壊伝播速度のパラメータスタディで確認した波形のうち、取水路防潮ゲートを閉止しない場合に施設への影響が生じる可能性があるケースの余裕時間を以下に示す。

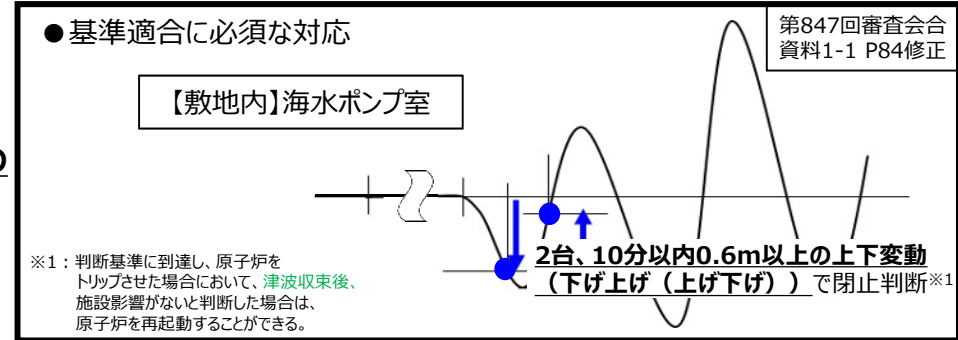
	波源		潮位変動の時刻			取水路防潮ゲート閉止時刻[分] ^{※1} (④+1分 or 6分)	取水路防潮ゲート前 面への到達時刻 ^{※2} [分]	余裕 時間 [分]		波源		潮位変動の時刻			取水路防潮ゲート閉止時刻[分] ^{※1} (④+1分 or 6分)	取水路防潮ゲート前 面への到達時刻 ^{※2} [分]	余裕 時間 [分]
	海底地すべり	崩壊規模	潮位計	0.60mの水位低下[分](②)	0.60mの水位上昇(判断基準) [分](④)					海底地すべり	破壊伝播速度	潮位計	0.60mの水位低下[分](②)	0.60mの水位上昇(判断基準) [分](④)			
水位上昇側	エリアB Es-K5	100%	1号炉海水ポンプ室	46.25	50.40	52.40	61.10	8.70	水位上昇側	エリアB Es-K5	1.0 m/s	1号炉海水ポンプ室	46.25	50.40	52.40	61.10	8.70
			2号炉海水ポンプ室	46.35	50.55							2号炉海水ポンプ室	46.35	50.50			
			3,4号炉海水ポンプ室	46.40	51.40							3,4号炉海水ポンプ室	46.40	51.40			
		80%	1号炉海水ポンプ室	46.60	50.05	52.00	61.30	9.30			0.8 m/s	1号炉海水ポンプ室	47.05	51.35	53.00	61.95	8.95
			2号炉海水ポンプ室	46.45	50.25							2号炉海水ポンプ室	46.80	51.55			
			3,4号炉海水ポンプ室	46.40	51.00							3,4号炉海水ポンプ室	46.65	52.00			
		70%	1号炉海水ポンプ室	47.05	49.85	51.80	61.35	9.55			0.7 m/s	1号炉海水ポンプ室	48.70	53.00	54.35	64.40	10.05
			2号炉海水ポンプ室	46.70	50.25							2号炉海水ポンプ室	48.60	52.95			
			3,4号炉海水ポンプ室	46.40	50.80							3,4号炉海水ポンプ室	47.90	53.35			
		60%	1号炉海水ポンプ室	47.10	49.65	51.60	61.50	9.90			0.6 m/s	1号炉海水ポンプ室	50.00	54.95	55.95	65.85	9.90
			2号炉海水ポンプ室	47.25	49.75							2号炉海水ポンプ室	50.30	54.85			
			3,4号炉海水ポンプ室	46.45	50.60							3,4号炉海水ポンプ室	50.70	53.55			
	50%	1号炉海水ポンプ室	47.35	49.85	51.45	61.40	9.95	0.55 m/s	1号炉海水ポンプ室	51.15	56.15	57.25	67.00	9.75			
		2号炉海水ポンプ室	47.50	49.50					2号炉海水ポンプ室	50.95	56.25						
		3,4号炉海水ポンプ室	46.50	50.45					3,4号炉海水ポンプ室	51.70	55.25						
	40%	1号炉海水ポンプ室	47.65	50.45	51.60	61.30	9.70	0.5 m/s	1号炉海水ポンプ室	51.60	56.65	58.15	68.15	10.00			
		2号炉海水ポンプ室	47.70	50.60					2号炉海水ポンプ室	51.65	56.80						
		3,4号炉海水ポンプ室	48.60	50.25					3,4号炉海水ポンプ室	51.85	57.15						
エリアC Es-T2	100%	1号炉海水ポンプ室	51.60	56.65	58.15	68.15	10.00	下 水 位	エリアB Es-K5	1.0 m/s	1号炉海水ポンプ室	46.30	50.65	58.30	72.50	14.20	
		2号炉海水ポンプ室	51.65	56.80							2号炉海水ポンプ室	46.50	50.90				
		3,4号炉海水ポンプ室	51.85	57.15							3,4号炉海水ポンプ室	47.25	52.30				
	80%	1号炉海水ポンプ室	51.70	56.15	57.75	68.10	10.35			0.8 m/s	1号炉海水ポンプ室	48.00	51.70	59.25	74.75	15.50	
		2号炉海水ポンプ室	51.75	56.25							2号炉海水ポンプ室	48.10	52.05				
		3,4号炉海水ポンプ室	51.85	56.75							3,4号炉海水ポンプ室	47.90	53.25				
	60%	1号炉海水ポンプ室	51.65	55.90	57.20	67.20	10.00			0.4 m/s	1号炉海水ポンプ室	53.50	58.20	59.95	71.50	11.55	
		2号炉海水ポンプ室	51.65	56.00							2号炉海水ポンプ室	53.60	58.25				
		3,4号炉海水ポンプ室	51.85	56.20							3,4号炉海水ポンプ室	52.75	58.95				
	50%	1号炉海水ポンプ室	51.70	55.80	56.95	67.05	10.10			1.0 m/s	1号炉海水ポンプ室	46.30	50.65	58.30	72.50	14.20	
		2号炉海水ポンプ室	51.80	55.85							2号炉海水ポンプ室	46.50	50.90				
		3,4号炉海水ポンプ室	51.85	55.95							3,4号炉海水ポンプ室	47.25	52.30				
45%	1号炉海水ポンプ室	51.95	55.75	56.90	66.95	10.05	0.8 m/s	1号炉海水ポンプ室	48.00	51.70	59.25	74.75	15.50				
	2号炉海水ポンプ室	52.05	55.75					2号炉海水ポンプ室	48.10	52.05							
	3,4号炉海水ポンプ室	51.90	55.90					3,4号炉海水ポンプ室	47.90	53.25							
下 水 位	エリアB Es-K5	100%	1号炉海水ポンプ室	46.30	50.65	58.30	72.50	14.20	下 水 位	エリアB Es-K5	1.0 m/s	1号炉海水ポンプ室	46.30	50.65	58.30	72.50	14.20
			2号炉海水ポンプ室	46.50	50.90							2号炉海水ポンプ室	46.50	50.90			
			3,4号炉海水ポンプ室	47.25	52.30							3,4号炉海水ポンプ室	47.25	52.30			
		80%	1号炉海水ポンプ室	47.25	50.50	58.05	72.85	14.80			0.8 m/s	1号炉海水ポンプ室	48.00	51.70	59.25	74.75	15.50
			2号炉海水ポンプ室	47.40	50.85							2号炉海水ポンプ室	48.10	52.05			
			3,4号炉海水ポンプ室	47.35	52.05							3,4号炉海水ポンプ室	47.90	53.25			

※1：水位上昇側は、循環水ポンプ全停条件としているため、判断基準到達から1分後に閉止。水位下降側は、循環水ポンプが取水している条件のため、判断基準到達から6分後に閉止。
 ※2：取水路防潮ゲート前面に施設に影響する水位の波が到達する時刻。

余裕時間について検討した結果、取水路防潮ゲートを閉止しない場合に施設影響が生じるケースについては、取水路防潮ゲート閉止時刻から施設に影響する波が到達するまでに約9～14分の余裕があることを確認した。（崩壊規模及び破壊伝播速度が最大のケースが最も余裕時間が短い。）
 なお、水位上昇側については、循環水ポンプ全停条件であることから判断基準到達の1分後に取水路防潮ゲートを閉止することとしているが、仮に循環水ポンプ稼働時と同様の6分後に取水路防潮ゲートを閉止することとしても、約4～5分の余裕があることを確認した。

1. 基準適合に必須な対応

「5.対策を反映した津波水位計算結果」から、**敷地内の海水ポンプ室の潮位計での判断基準を「10分以内0.6mの「上下変動」**として防潮ゲートの閉止を判断することで、**最も時間余裕が短い津波に対し約9分の余裕時間をもって施設影響のある津波を防護可能**であることを確認。基準適合に必要な「施設」として、敷地内潮位計を位置付け。



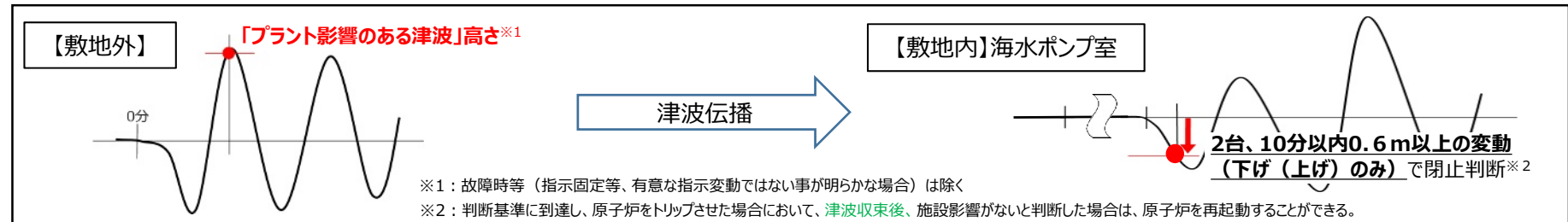
2. 警報が発表されない津波に可能な限り早期対応するための運用

(1)設置許可申請書に記載する運用

1. の対応に加え、発電所構外の潮位計を用い、可能な限り早期に津波に対応する「運用」を定め、設置許可申請書の添付書類八に記載し、運用の具体的な内容は、保安規定以下で定める（以下、①、②）。

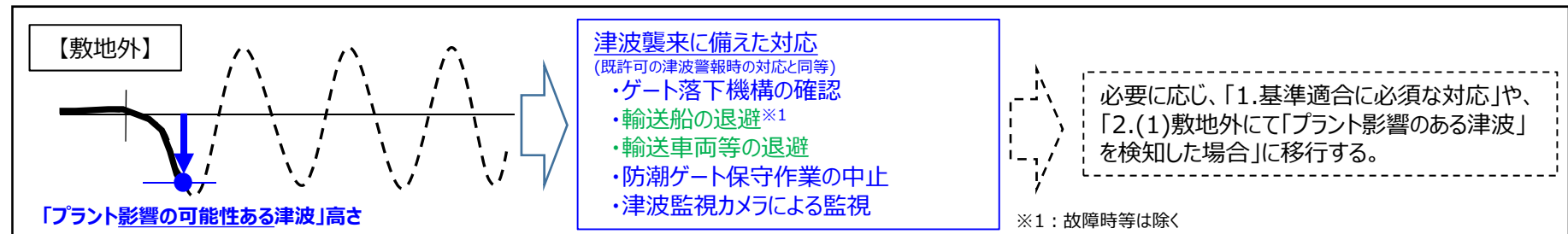
①敷地外にて「プラント影響のある津波」を検知した場合

・構内潮位計での判断基準を「10分以内0.6mの「変動」とし、防潮ゲート閉止判断を早期化。



②敷地外にて「プラント影響の可能性ある津波」を検知した場合

・構外潮位計で検知した段階で、**防潮ゲート操作機構の電源等の健全性確認など、津波関連施設の状況を確認し津波襲来に備える。**



(2)自主的な運用

早期の津波対応の更なる自主的な取り組みとして、敷地外にてプラント影響のある津波を検知し、津波監視カメラでの有意な津波の襲来を確認した場合、防潮ゲート閉止判断を早期化する運用とし、運用の具体的な内容は社内標準で定める。

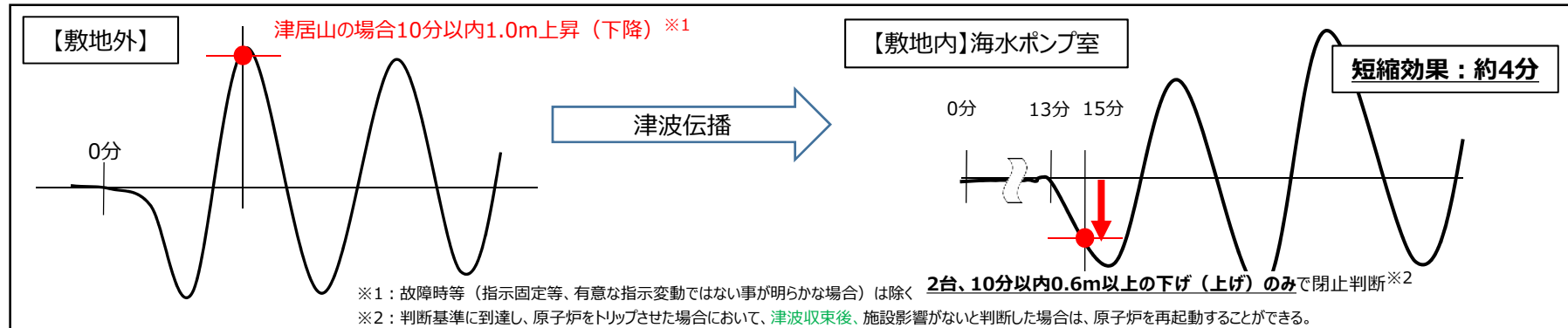
9. 津居山地点における観測潮位の活用

- 前ページまでの敷地外の観測潮位の活用方針に基づき、津居山地点でのプラント「影響のある」津波高さ、津居山地点でのプラント影響の「可能性」ある津波高さ、敷地外の観測潮位の活用による防潮ゲート閉止時間の短縮効果を以下に示す。
- 時間軸は最も周期が短い海底地すべりエリアBのKinematicモデルを想定。

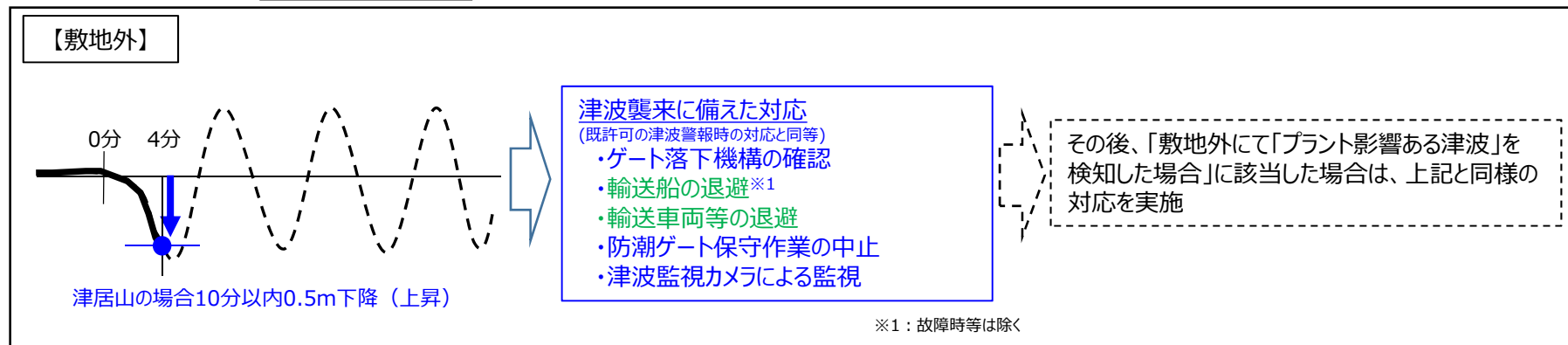
● 警報が発表されない津波に可能な限り早期対応するための運用

(1) 設置許可申請書に記載する運用

① 敷地外にて「プラント影響のある津波」を検知した場合



② 敷地外にて「プラント影響の可能性ある津波」を検知した場合



(2) 自主的な運用

早期の津波対応の更なる自主的な取り組みとして、敷地外にてプラント影響のある津波を検知し、津波監視カメラでの有意な津波の襲来を確認した場合、防潮ゲート閉止判断を早期化する運用とし、運用の具体的な内容は社内標準で定める。

短縮効果：約5分

【審査ガイド要求項目に対する基準適合性について（1 / 5）】

○津波検知の判断基準は以下の申請書の添付書類八において、**判断基準の記載が必要となる最初の文言**を「**潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.6m以上上昇すること、若しくは10分以内に0.6m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.6m以上下降すること。（以下「通常の潮汐とは異なる潮位変動」という。）**」と記載し、以降は「**通常の潮汐とは異なる潮位変動**」と記載する。

添付書類八（赤字：追加修正が必要な箇所）

1.5 耐津波設計

1.5.1 設計基準対象施設の耐津波設計方針

1.5.1.1 耐津波設計の基本方針

(3) 入力津波の設定

c. 取水路・放水路等の経路からの流入に伴う入力津波

耐津波設計に用いる入力津波高さを第1.5.1表に示す。なお、敷地への津波の流入**及び水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響**を防ぐため取水路防潮ゲートを設置し、発電所を含む地域に大津波警報が発令された場合、原則、循環水ポンプ停止後、取水路防潮ゲートを閉止する手順等を定めることから、大津波警報が発令された場合で、取水路防潮ゲート閉止後に敷地に到達する津波については、取水路防潮ゲート閉止を前提として評価する。また、潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に**0.6m**以上低下し、その後、最低潮位から10分以内に**0.6m**以上上昇すること、若しくは10分以内に**0.6m**以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に**0.6m**以上下降すること（以下「通常の潮汐とは異なる潮位変動」という。）を把握した場合、原則、循環水ポンプ停止後、取水路防潮ゲートを閉止する手順等を定めることから、通常の潮汐とは異なる潮位変動を把握してから、取水路防潮ゲート閉止に必要な時間が経過した後に、取水路防潮ゲートを閉止する条件で評価する。

○既許可と今回申請における取水路防潮ゲート閉止運用の比較（**朱記部が追加となった運用**）

取水路防潮ゲート閉止の起因となる情報	取水路防潮ゲート閉止に係る既許可の運用の申請書記載	取水路防潮ゲート閉止に係る今回申請における運用の申請書記載
大津波警報	大津波警報が発令された場合に敷地への津波の流入を防ぐため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。	【同左】
通常の潮汐とは異なる潮位変動を把握	—	通常の潮汐とは異なる潮位変動を把握した場合に敷地への津波の流入防止及び引き波時における海水ポンプの取水性確保のため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。

隠岐トラフ海底地すべり単独の津波における**取水路防潮ゲート開状態におけるプラントへの影響確認結果を踏まえて**、次頁以降にて、津波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単独の津波が発生した場合に「外郭防護1」、「外郭防護2」、「内郭防護」、「水位変動に伴う取水性低下」に対して、今回申請において**新たに追加した運用である「通常の潮汐とは異なる潮位変動を把握した場合に取水路防潮ゲートを閉止する。」**を期待しているか、並びに、**申請書の記載の修正が必要か**について整理した。

【審査ガイド要求項目に対する基準適合性について (2 / 5)】

第847回審査会合
資料1-1 P96修正

赤字：追加修正が必要な箇所

項目	既許可の内容 (大津波警報が発令された場合に取水路防潮ゲートを閉止)	今回申請内容 (通常の潮汐と異なる潮位変動を把握した場合に取水路防潮ゲートを閉止)	備考
基準要求事項	<p>【4.2.1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止】 重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。基準津波による遡上波が到達する高さがある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備を設置すること。</p> <p>【4.2.2 取水路・放水路等の経路からの津波の流入防止】 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）を特定すること。特定した経路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。</p>		
追加運用への期待要否	-	要	追加運用によって、取水路防潮ゲートが閉止することにより、 基準津波による遡上波が到達しない、また、経路からの津波の流入を防止している ことから期待している。
外郭防護 1	<p>【添付資料八】 10.6.1.1.3 主要設備 (1) 取水路防潮ゲート（1号、2号、3号及び4号炉共用、一部既設） 取水路側の敷地高さT.P.+4.0mの敷地を越える津波が襲来した場合に、津波が敷地へ到達・流入することを防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするため、取水路防潮ゲートを設置する（第10.6.1.1.1 図）。取水路防潮ゲートは、防潮壁、ゲート落下機構（電源系及び制御系を含む。）及びゲート扉体等で構成され、敷地への遡上のおそれのある津波襲来前に遠隔閉止することにより津波の遡上を防止する、津波防護施設かつ重要安全施設（MS-1）である。…</p> <p>10.6.1.1.6 手順等 (1) 取水路防潮ゲート閉止手順 大津波警報が発令された場合に敷地への津波の流入を防ぐため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。</p> <p>((3)記載なし)</p> <p>((4)記載なし)</p>	<p>【添付資料八】 10.6.1.1.3 主要設備 (1) 取水路防潮ゲート（1号、2号、3号及び4号炉共用、一部既設） 取水路側の敷地高さT.P.+4.0mの敷地を越える津波が襲来した場合に、津波が敷地へ到達・流入すること及び水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響を防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするため、取水路防潮ゲートを設置する（第10.6.1.1.1 図）。取水路防潮ゲートは、防潮壁、ゲート落下機構（電源系及び制御系を含む。）及びゲート扉体等で構成され、敷地への遡上若しくは水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響のおそれのある津波襲来潮位に至る前に遠隔閉止することにより津波の遡上及び水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響を防止する、津波防護施設かつ重要安全施設（MS-1）である。…</p> <p>10.6.1.1.6 手順等 (1)取水路防潮ゲート閉止手順（同左）</p> <p>(3)通常の潮汐とは異なる潮位変動を把握した場合に敷地への津波の流入防止及び引き波時における海水ポンプの取水性確保のため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。</p> <p>(4)発電所構外において、敷地への遡上若しくは水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響のおそれのある潮位を観測し、その後、潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上下降すること、若しくは10分以内に0.6m以上上昇することを把握した場合は、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。また、発電所構外において、津波と想定される潮位を観測した場合は、ゲート落下機構の確認等を行う手順を整備し、的確に実施する。</p>	<p>取水路防潮ゲート開を想定した場合の評価結果により、取水路側の敷地高さT.P.+4.0mを超えない津波水位の場合にも敷地遡上の可能性を否定できないことから赤字部分を修正する。</p> <p>また、基準津波3、4は津波襲来前ではなく、プラント安全性に影響のある潮位に至る前に遠隔閉止することから赤字部分を修正する。</p> <p>警報が発表されない津波に可能な限り早期対応するための運用について追記する。</p>
基準適合に必要な設備	<p>【津波防護施設】取水路防潮ゲート、放水口側防潮堤、防潮扉、屋外排水路逆流防止設備、1号炉及び2号炉放水ビット止水板</p> <p>【浸水防止設備】浸水防止蓋</p>	<p>【津波防護施設】取水路防潮ゲート、放水口側防潮堤、防潮扉、屋外排水路逆流防止設備、1号炉及び2号炉放水ビット止水板、潮位計</p> <p>【浸水防止設備】浸水防止蓋</p>	<p>潮位計を津波防護施設と兼用化</p>

【審査ガイド要求項目に対する基準適合性について (5 / 5)】

第847回審査会合
資料1-1 P99修正

赤字：追加修正が必要な箇所

項目	既許可 (大津波警報が発令された場合に取水路防潮ゲートを閉止)	今回申請 (通常の潮汐と異なる潮位変動を把握した場合に取水路防潮ゲートを閉止)	備考
海水ポンプ 取水性 及び 機能保持	<p>10.6.1.1.3 主要設備 (1) 取水路防潮ゲート (1号、2号、3号及び4号炉共用、一部既設) 取水路側の敷地高さT.P.+4.0mの敷地を越える津波が襲来した場合に、津波が敷地へ到達・流入することを防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするため、取水路防潮ゲートを設置する(第10.6.1.1.1 図)。取水路防潮ゲートは、防潮壁、ゲート落下機構(電源系及び制御系を含む。)及びゲート扉体等で構成され、敷地への遡上のおそれのある津波襲来前に遠隔閉止することにより津波の遡上を防止する、津波防護施設かつ重要安全施設(MS-1)である。...</p> <p>10.6.1.1.6 手順等 (1) 取水路防潮ゲート閉止手順 大津波警報が発令された場合に敷地への津波の流入を防ぐため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作(プラント停止)、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。</p> <p>((3)記載なし)</p> <p>((4)記載なし)</p>	<p>10.6.1.1.3 主要設備 (1) 取水路防潮ゲート (1号、2号、3号及び4号炉共用、一部既設) 取水路側の敷地高さT.P.+4.0mの敷地を越える津波が襲来した場合に、敷地への遡上若しくは水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響のおそれがある津波が襲来した場合に、津波が敷地へ到達・流入すること及び水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響を防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするため、取水路防潮ゲートを設置する(第10.6.1.1.1 図)。取水路防潮ゲートは、防潮壁、ゲート落下機構(電源系及び制御系を含む。)及びゲート扉体等で構成され、敷地への遡上若しくは水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響のおそれのある潮位に至る前に遠隔閉止することにより津波の遡上及び水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響を防止する、津波防護施設かつ重要安全施設(MS-1)である。...</p> <p>10.6.1.1.6 手順等 (1)取水路防潮ゲート閉止手順 大津波警報が発令された場合に敷地への津波の流入を防ぐため防止及び引き波時における海水ポンプの取水性確保のため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作(プラント停止)、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。</p> <p>(3) 通常の潮汐とは異なる潮位変動を把握した場合に敷地への津波の流入防止及び引き波時における海水ポンプの取水性確保のため、1号及び2号炉当直課長の取水路防潮ゲート閉止の判断に基づき、1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の連携により、1～4号炉循環水ポンプ停止操作(プラント停止)、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。</p> <p>(4) 発電所構外において、敷地への遡上若しくは水位変動に伴う取水性低下による海水ポンプへの影響のおそれのある潮位を観測し、その後、潮位計のうち、2台の観測潮位が10分以内に0.6m以上下降すること、若しくは10分以内に0.6m以上上昇することを把握した場合は、1～4号炉循環水ポンプ停止操作(プラント停止)、1号及び2号炉中央制御室からの取水路防潮ゲート閉止を実施する手順を整備し、的確に実施する。また、発電所構外において、津波と想定される潮位を観測した場合は、ゲート落下機構の確認等を行う手順を整備し、的確に実施する。</p>	<p>取水路防潮ゲート開時における隠岐トラフ海底地すべり単独による津波の津波水位より、海水ポンプの取水可能水位を下回ることから赤字部分を修正する。また、基準津波3,4は津波襲来前ではなく、プラント安全性に影響のある潮位に至る前に遠隔閉止することから赤字部分を修正する。基準津波1は若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりの組み合わせによる津波であり、基準津波3,4は隠岐トラフ海底地すべり単独の津波である。基準津波1は基準津波3,4と比べて明らかに規模が大きいことから、取水路防潮ゲート開条件において、基準津波1による取水路防潮ゲート開時の引き波時における津波水位は海水ポンプの取水可能水位を下回ると考えられることから赤字部分を修正する。</p> <p>警報が発表されない津波に可能な限り早期対応するための運用について追記する。</p>
基準適合に必要な設備	(設備なし)	(追加設備なし)	差分なし

判断基準に対する裕度の考え方は、前述のとおり、網羅性を確認した仮設定値10分以内0.70mに潮位のゆらぎの最大値10分以内0.10mを考慮し、10分以内0.60mとすることで、裕度を確保しているが、**仮に津波解析から算出された最大の増幅比率3.7倍と、潮位のゆらぎの重畳を考慮した場合の考え方を以下に示す。**

- 津波解析から算出された最大の増幅比率3.7倍のケースにおける津波高さは3.8m程度であり、敷地高さ3.5mわずかに超えるケースはなかったものの、仮に敷地高さ3.5mをわずかに超えるケースにおいて、増幅比率3.7倍である津波を仮定すると、トリガーは、10分以内0.64mとなる。
- これに平常時における短時間の潮位のゆらぎの**最大値10分0.10mを考慮することは過度に保守的**であるため、平常時における短時間の潮位のゆらぎについて、過去データ6ヶ月分を統計処理し、中央値に標準偏差を加えることで、以下のとおり平常時の10分間の潮位のゆらぎを算出した。

●「10分間の潮位のゆらぎ」=「10分間の潮位のゆらぎの中央値」+「10分間の潮位のゆらぎの標準偏差」=0.04m

	2019.8.1~10.31 (3か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.012	0.012	0.012
標準偏差	0.013	0.015	0.014
潮位のゆらぎ	0.025	0.027	0.026

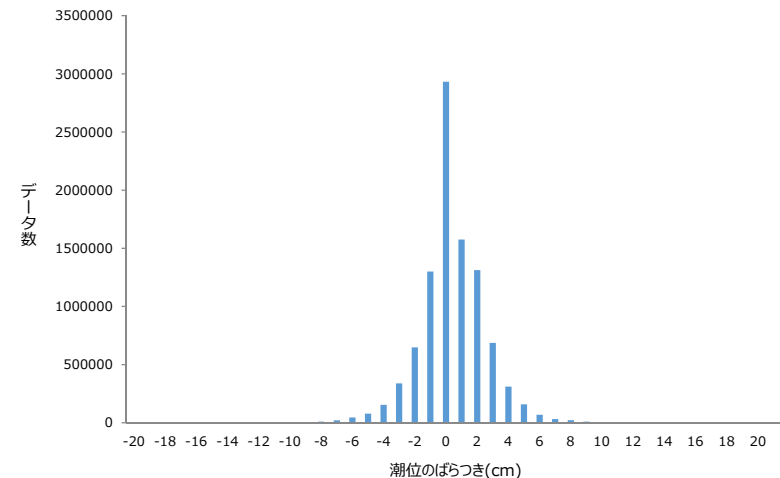
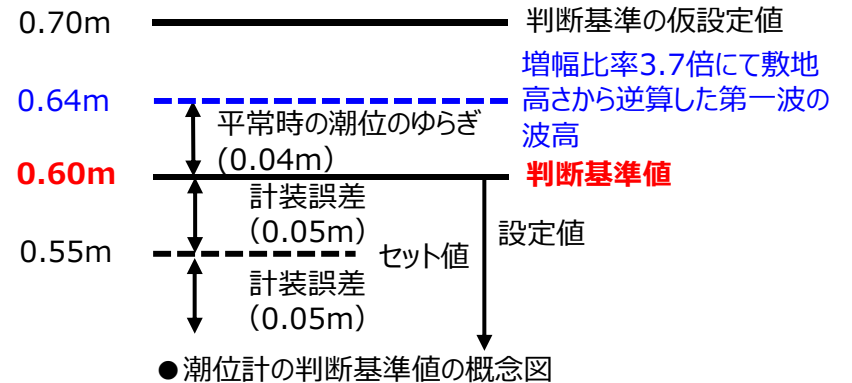
●夏期における10分間の潮位のゆらぎ(m)

	2020.1.1~3.31 (3か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.008	0.017	0.012
標準偏差	0.010	0.019	0.014
潮位のゆらぎ	0.018	0.036	0.026

●冬期における10分間の潮位のゆらぎ(m)

	2019.8.1~10.31及び2020.1.1~3.31(6か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.010	0.015	0.012
標準偏差	0.011	0.017	0.014
潮位のゆらぎ	0.021	0.032	0.026

●夏期と冬期の6ヶ月データによる10分間の潮位のゆらぎ(m)

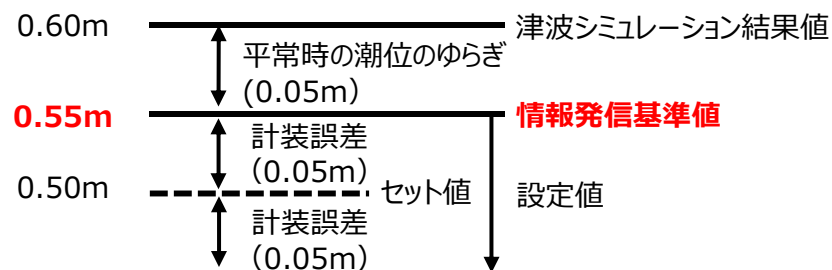


●10分間の潮位のゆらぎのばらつき (過去データ6ヶ月分)

前ページの構内潮位計と同様の考え方で、構外(津居山地点)潮位計に対し、**仮に10分間の潮位のゆらぎの最大値ではなく、夏季及び冬季の過去6ヶ月データを統計処理し、情報発信基準値を設定した場合の考え方**を以下に示す。

- 基準津波に加えて、発電所影響を及ぼす破壊伝播速度のパラスタケース及び崩壊規模のパラスタケースについて、構外地点(津居山)の津波シミュレーション結果における最初の下げ波の水位低下量を確認した結果、いずれのケースも最初の下げ波の水位低下量は0.60m以上であることを確認した。
- これに平常時における短時間の潮位のゆらぎの**最大値10分0.10mを考慮することは過度に保守的**であるため、平常時における短時間の潮位のゆらぎについて、過去データ6ヶ月分を統計処理し、中央値に標準偏差を加えることで、以下のとおり平常時の10分間の潮位のゆらぎを算出した。

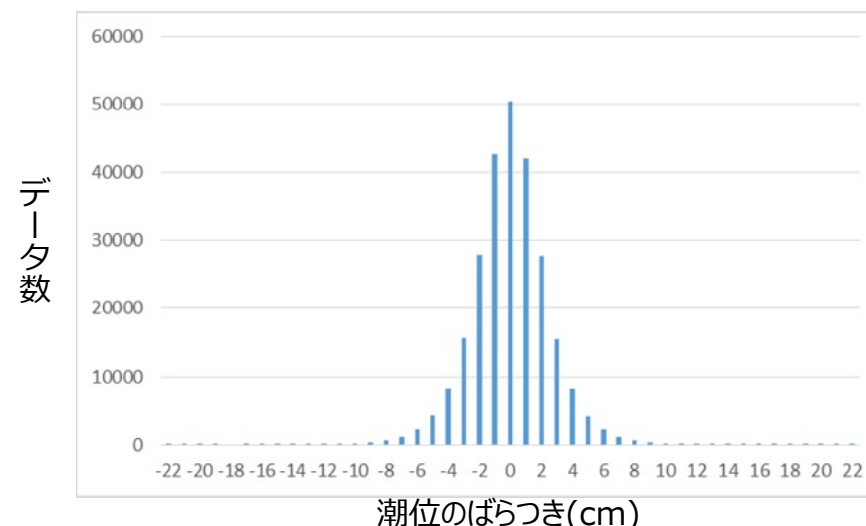
●「10分間の潮位のゆらぎ」=「10分間の潮位のゆらぎの中央値」+「10分間の潮位のゆらぎの標準偏差」=0.05m



●潮位計の情報発信基準値の概念図

	夏期 2019.8.1 ~10.31	冬期 2019.1.1 ~3.31	全体
中央値	0.010	0.020	0.010
標準偏差	0.015	0.019	0.017
潮位のゆらぎ	0.025	0.039	0.028

●夏期と冬期における10分間の潮位のゆらぎ(m)



●10分間の潮位のゆらぎのばらつき(過去データ6ヶ月分)

トリガー設定に用いたパラメータスタディからの基準津波選定

- トリガー設定に用いたパラメータスタディは、トリガーによる見落としがないことの根拠であり、津波評価ガイドにおける「施設に最も影響ある」ものとして解釈し、基準津波として選定する方針。
- トリガー設定では、第一波を見落とすことなく幅広く検知し、敷地影響のないものも含め、対応する設計。
- この上で、第二波が敷地近傍となる波の検知は、平常時の潮位の揺らぎ、第一波／第二波の増幅比率を考慮しても第一波をトリガー検知できるよう、パラスタでの第一波最小をクリアする0.70mに、0.10mの不確かさを考慮し、トリガーを設定した。
- なおパラメータスタディで、第二波以後が敷地影響に最近接する波は、いずれも、敷地影響あるパラスタの第一波の最小値より大きく、また、前述の通り、第一波での検知は、第二波の大小関わらず検知する方針のため、上記の不確かさの設定による検知安全性に包含される。
- 上記整理を踏まえ、トリガ設定にクリティカルとなる「第一波が最小」のもののうち、第二波以後が敷地に最も近接して超えるものを、基準津波に選定した。

トリガー波高の観点				敷地影響高さの観点※1			
波高 (m)		パラスタ条件		波高 (m)		パラスタ条件	
トリガー対象	敷地影響	崩壊規模(%)	破壊伝播速度 (m/s)	トリガー対象	敷地影響	崩壊規模(%)	破壊伝播速度 (m/s)
0.69※2	3.48※2	(Es-T2) 40	-	0.69※2	3.48※2	(Es-T2) 40	-
0.71	3.73	-	(Es-K5)0.55	0.73	3.54	(Es-K5) 40	-
0.72	3.76	-	(Es-K5)0.60	0.75	3.60	(Es-T2) 45	-
0.73	3.54	(Es-K5) 40	-	0.85	3.68	(Es-K5) 50	-
0.75	3.60	(Es-T2) 45	-	1.05	3.70	-	(Es-T2) 0.40

※1：水位下降側については、第1波の水位変動量が1.24mであり、トリガーに対し十分余裕があるため、記載省略

※2：参考値

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の 解釈 5条 別記3

(別記3)

第5条 (津波による被害の防止)

1 第5条に規定する「基準津波」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から選定することが適切なものを策定すること。また、津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の原因、及びこれらの組合せによるものを複選定し、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定すること。

また、基準津波の時刻選定形を示す際は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、時刻選定形に対して施設からの反射波の影響が微小となるよう、施設から離れた沿岸域における津波を用いること。

なお、基準津波の策定に当たっては、目的に応じた調査手法を選定するとともに、調査手法の適用条件及び精度等に配慮することによって、調査結果の信頼性と精度を確保すること。

2 上記1の「基準津波」の策定に当たっては、以下の方針によること。

一 津波を発生させる要因として、次に示す要因を考慮するものとし、敷地に大きな影響を与えると予想される要因を複選定すること。また、津波発生要因に係る敷地の地質的背景及び津波発生要因の関連性を踏まえ、プレート間地震及びその他の地震、又は地震及び地すべり若しくは斜面崩壊等の組合せについて考慮すること。

- ・プレート間地震
- ・海洋プレート内地震
- ・海域の活断層による地盤内地震
- ・陸上及び海意での地すべり及び斜面崩壊
- ・火山現象（噴火、山体崩壊又はカルデラ陥没等）

二 プレート形状、すべり欠陥分布、断層形状、地形・地質及び火山の位置等から考えられる適切な規模の津波源を考慮すること。この場合、国内のみならず世界で起きた大規模な津波事例を踏まえ、津波の発生機構及びテクトニクス的背景の類似性を考慮した上で検討を行うこと。また、遠州津波に対しても、国内のみならず世界での事例を踏まえ、検討を行うこと。

三 プレート間地震については、地震発生地の深さの下限から海溝軸までが震源域となる地震を考慮すること。

140

四 他の地域において発生した大規模な津波の沖合での水位変化が観測されている場合は、津波の発生機構、テクトニクス背景の類似性及び観測された海域における地形の影響を考慮した上で、必要に応じ基準津波への影響について検討すること。

五 基準津波による遡上津波は、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠及び歴史記録等から推定される津波高及び浸水域を上回っていること。また、行政機関により敷地又はその周辺の津波が評価されている場合には、液源設定の考え方及び解算条件等の相違点を着目して内容を精査した上で、安全側の評価を実施するとともに、必要かつ科学的・技術的知見を基準津波の策定に反映すること。

六 耐津波設計上の十分な裕度を確保するため、基準津波の策定の過程に伴う不確かさを考慮に当たっては、基準津波の策定に及ぼす影響が大きいかと考えられる液源特性の不確かさの原因（断層の位置、長さ、傾、走向、傾斜角、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点及び破壊速度等）及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさを十分踏まえた上で、適切な手法を用いること。

七 津波の調査においては、必要な調査範囲を地質調査評価における調査よりも十分に広く設定した上で、調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質調査及び地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を行うこと。また、津波の発生原因に係る調査及び液源モデルの設定に必要な調査、敷地周辺に近接した可能性のある津波に係る調査、津波の伝播経路に係る調査及び砂移動の評価に必要な調査を行うこと。

八 基準津波の策定に当たって行う調査及び評価は、最新の科学的・技術的知見を踏まえること。また、既往の資料等について、調査範囲の広さを踏まえた上で、それらの充足度及び精度に対する十分な考慮を行い、参照すること。なお、既往の資料と異なる見解を採用した場合には、その根拠を明示すること。

九 基準津波については、対応する超過確率を参照し、策定された津波がどの程度の超過確率に相当するかを把握すること。

3 第5条の「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならぬ」を満たすために、基準津波に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下の方針によること。

一 Sクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。下記第三号において同じ。）の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。そのため、以下の方針によること。

141

① Sクラスに属する設備（浸水防止設備及び津波監視設備を除く。以下下記第三号までにおいて同じ。）を内包する壁屋及びSクラスに属する設備（屋外に設置するものに限る。）は、基準津波による遡上波が到達しない十分な高さの壁に設置すること。なお、基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置すること。

② 上記①の遡上波の到達防止に当たっては、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、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。また、地盤による変状又は繰り返し発生する津波による沈降・堆積により地形又は河川流路の変化等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。

③ 取水路又は排水路等の経路から、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（岸、開口部及び貫通口等）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。

二 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止すること。そのため、以下の方針によること。

① 取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水範囲を選定（以下「浸水想定範囲」という。）するとともに、同範囲の境界において漏水の可能性のある経路及び浸水口（岸、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。

② 浸水想定範囲の周辺にSクラスに属する設備がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。

③ 浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置すること。

三 上記の二に規定するもの以外、Sクラスに属する施設については、浸水防護重点区域として津波による影響等から原状すること。そのため、Sクラスに属する設備を内包する壁屋及び区画については、浸水防護重点区域として明確化するとともに、津波による冠水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に選定した上で、浸水防護重点区域への浸水の可能性のある経路及び浸水口（岸、開口部及び貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

四 水圧変動に伴う取水・排水管下による重要な安全機能への影響を防止すること。そのため、非常用海水冷却系については、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、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計であること。また、基準津波による水位変

142

動に伴う砂の移動・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、かつ取水口からの砂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。

五 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波（仮設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。）に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できること。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できること。そのため、以下の方針によること。

① 上記の「津波防護施設」とは、防潮堤、遊土構造物及び防波壁等をいう。上記の「浸水防止設備」とは、水密扉及び開口部・貫通部の浸水対策設備等をいう。また、上記の「津波監視設備」とは、敷地の潮位計及び取水ピット水位計、並びに津波の発生状況を把握できる屋外監視カメラ等をいう。これら以外には、津波防護施設及び浸水防止設備への波力による影響を軽減する効果が期待される防波堤等の津波影響軽減施設・設備がある。

② 入力津波については、基準津波の液源からの数値計算により、各施設・設備等の設置位置において算定される時刻選定形とすること。数値計算に当たっては、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の液地への侵入角度、河川の有無、陸上の縦上・伝播の効果及び伝播経路上の人工構造物等を考慮すること。また、津波による港湾内の局所的な液源の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること。

③ 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び液源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、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。

④ 浸水防止設備については、浸水想定範囲等における浸水時及び冠水後の液圧等に対する耐性を評価し、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こと。

⑤ 津波監視設備については、津波の影響（波力及び漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置及び影響の防止策・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こと。

⑥ 津波防護施設の外側の発着所敷地内及び近傍において、建物・構築物及び設備等が破壊、倒壊及び浸水する可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設及び浸水防止設備への影響の防止措置を講ずること。

143

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド(1/2)

第847回審査会合
資料1-3 P39修正

1. 基準津波

1. 総則

1.1 目的

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の基準津波策定に係る審査において、審査官等が実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）並びに実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））の趣旨を十分踏まえ、基準津波策定の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とする。

1.2 適用範囲

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設に適用される。なお、本ガイドの基本的な考え方は、原子力関係施設及びその他の原子炉施設にも参考となるものである。

2. 基本方針

施設の安全設計に用いる基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものとして策定すること。

また、基準津波は、地震のほか、地すべり、斜面崩壊等地震以外の要因、及びこれらの組合せによるものを複数選定し、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定すること。

3. 基準津波の策定

3.1 津波の発生要因の選定

3.1.1 津波発生要因の検討

(1) 津波を発生させる要因として、以下の事象を検討していることを確認する。

- ・プレート間地震
- ・海洋プレート内地震
- ・海域の活断層による地殻内地震
- ・陸上及び海底での地すべり（以下「地すべり」という。）、斜面崩壊
- ・火山現象（噴火、山体崩壊、カルデラ陥没等）

(2) プレート間地震では、津波を発生させる要因として、以下の事象を

3.5 津波評価結果からの基準津波の選定

3.5.1 基準津波の選定方針

(1) 基準津波は、発生要因を考慮した波源モデルに基づき、津波の伝播の影響等を踏まえた津波を複数作成して検討した上で、安全側の評価となるよう、想定される津波の中で施設に最も大きな影響を与えるものとして策定されていることを確認する。

(2) 数値計算に当たっては、基準津波の断層モデルに係る不確定性を合理的な範囲で考慮したパラメータスタディを行い、これらの想定津波群による水位の中から敷地に最も影響を与える上昇水位及び下降水位を求め、これらの津波水位波形が選定されていることを確認する。

(3) 遠地津波は周期が長いことから、引き波の際の水位下降量のみならず、水位低下の継続時間を確認する。

3.5.2 基準津波の定義方法

(1) 基準津波は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微少となるよう、施設から離れた沿岸域で定義し、時刻歴波形として示されていることを確認する。

3.6 基準津波の選定結果の検証

3.6.1 地質学的証拠及び歴史記録等による確認

(1) 基準津波を選定する際には、その規模が、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠や歴史記録等から推定される津波の規模を超えていることを確認する。

(2) 歴史記録については、震源像が明らかにできない場合であっても規模が大きかったと考えられるものについて十分に考慮されていることを確認する。

(3) 歴史記録や伝承の信頼性については、複数の専門家による客観的な評価が参照されていることを確認する。

(4) 津波の観測記録、古文書等に記された歴史記録、伝承、考古学的調査の資料等の既存文献等の調査・分析により、敷地周辺において過去に未襲した可能性のある津波の発生時期、規模、要因等について、できるだけ過去に遡って把握できていることを確認する。

3.6.2 行政機関による既往評価との比較

(1) 行政機関において敷地又はその周辺の津波が評価されている場合には、波源設定の考え方、解析条件等の相違点に着目して内容を精査した上で、安全側の評価を実施するととの観点から必要な科学的・技術的知見を基準津波の策定に反映されていることを確認する。

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド(2/2)

2. 基本方針

2.1 基本方針の概要

原子炉施設の耐津波設計の基本方針については、『重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波(基準津波)に対して、その安全機能を損なわない設計であること』である。この基本方針に関して、設置許可に係る安全審査において、以下の要求事項を満たした設計方針であることを確認する。

(1)津波の敷地への流入防止

重要な安全機能を有する施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達、流入させない。また、取水路、放水路等の経路から流入させない。

(2)漏水による安全機能への影響防止

取水・放水施設、地下部において、漏水可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する。

(3)津波防護の多重化

上記2方針のほか、重要な安全機能を有する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。

(4)水位低下による安全機能への影響防止

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を防止する。

これらの要求事項のうち(1)及び(2)については、津波の敷地への浸水を基本的に防止するものである。(3)については、津波に対する防護を多重化するものであり、また、地震・津波の相乗的な影響や津波以外の溢水要因も考慮した上で安全機能への影響を防止するものである。なお、(3)は、設計を超える事象(津波が防潮堤を超え敷地に流入する事象等)に対して一定の耐性を付与するものでもある。

ここで、(1)においては、敷地への浸水を防止するための対策を施すことも求めており、(2)においては、敷地への浸水対策を施した上でもなお漏れる水、及び設備の構造上、津波による圧力上昇で漏れる水を合わせて「漏水」と位置付け、漏水による浸水範囲を限定し、安全機能への影響を防止することを求めている。

本ガイドの項目と設置許可基準規則及び同規則の解釈の関係を以下に示す。

津波検知のセット値に計装誤差を考慮した場合の誤検知有無について

新規追加

- 過去7年間の潮位変動を調査した結果、作業と判明しなかった件数は以下のとおり。

() は潮位変動の全件数

1 波目が下げ波の場合

判断基準	10分以内に0.5m以上下降	10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇
潮位計1台が変動	0件 (144件)	0件 (75件)
潮位計2台が変動	0件 (14件)	0件 (3件)

- ・ 潮位変化は、すべて作業によるものであった。
- ・ 作業による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.5m以上低下し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇するケースが最も少なかった。

1 波目が上げ波の場合

判断基準	10分以内に0.5m以上上昇	10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降
潮位計1台が変動	181件 (223件)	97件 (121件)
潮位計2台が変動	0件 (4件)	0件 (1件)

- ・ 潮位変化は、作業によるものに加え、クラゲ襲来時の取水路への排水により、4号海水ポンプ室潮位計のみ、影響を受けるケースがあった。
- ・ 作業要因及び排水要因による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降するケースはなかった。
- ・ 潮位計1台が10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降に該当するものが排水要因として97件あったが、潮位変化の特徴として、通常潮位から、一旦潮位上昇後、上昇前の潮位に戻る傾向であった。

過去の潮位変動の調査結果より、津波検知のセット値に計装誤差を考慮した0.5mの場合においても誤検知がないことを確認した。

構外潮位計欠測時の対応

- 構外潮位計が欠測した際の対応について、以下のとおり整理。
- 「一時的に構外検知を用いずとも津波対応上の問題がないと評価できる対応」は欠測時の運用を除外し、それ以外は、津波検知した際と同等の対応を実施する。

	構外で津波検知時の対応	欠測時の対応	評価	
プラント影響のある津波 (津居山で10分以内 1.0m上昇(下降) を検知した場合)	構内潮位計2台、10分以内 0.6m以上の「変動」でゲート閉 止判断	左記対応を除外し、構内潮位計2 台、10分以内0.6m以上の「上下 変動」でゲート閉止判断	構内潮位計2台、10分以内0.6m以上の 「上下変動」でのゲート閉止にて、 最も時間余 裕が厳しい津波 に対し、約9分の余裕時間をも って、 施設影響のある津波を防護可能	
プラント影響の可能性が ある津波 (津居山で10分以内 0.5m上昇(下降) を検知した場合)	ゲート落下機構の確認	同左	ゲート閉止の前提条件であるため、欠測時は 同等の対応を実施。	
	燃料 等 輸 送	(荷役中以外の場合) 輸送船の退避	除外として退避せず	海底地すべり津波の最大流速、最高・最低水 位に対し輸送船の 係留が維持できる こと、輸 送船が 岸壁に乗り上がらない こと、 着底や座 礁等により航行不能にならない ことを確認して おり、 漂流物とならない 。
		(荷役中の場合) 輸送車両等の退避	作業は年間数日程度であることから、作業時は構外潮位計設置箇 所へ人を配置し、仮に構外潮位計 の潮位伝送に異常が生じた場合に は、現地にて目視等にて潮位を確 認し、構外潮位の監視が途切れな いよう対応	左記の対応により、欠測を回避可能 同上
	ゲート保守作業の中断	同左	作業中のゲート閉止は一定の時間を要するた め、構外潮位計が欠測した際は、 直ちに作業 中断し、遠隔閉止可能な状態へ復旧 。 これにより、構内潮位での検知対応する。	
	津波監視カメラによる監視	同左	津波対応の前提条件であるため、欠測時は同 等の対応を実施。	

燃料等輸送船への影響に対する評価の概要

第847回審査会合
資料1-3 P85修正

津波警報が発表されない可能性がある津波が発生した場合の燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）への影響について以下のとおり、ご説明する。

なお、既許可において、輸送船が津波警報等発表後から退避するまでの20分間に襲来する早期襲来津波に対する評価（退避していない状態の評価）を行っているが、今回の津波警報が発表されない可能性がある津波については、荷役中に津波が襲来した場合は20分以内に緊急退避できない可能性があることおよび構外潮位計の欠測時には退避しない運用としていることから、津波連絡後20分以降に到達する津波も含む津波全体を対象として、既許可と同様の方法で評価を実施した。なお、荷役中でなければ、輸送船は短時間で離岸できるため、既許可同様緊急退避を行う。

1. 津波警報が発表されない可能性がある津波として「隠岐トラフ海底地すべり（単独）」による津波を想定し、各波源モデルの計算結果から「最大流速」、「最高水位」、「最低水位」を選定し、評価を実施した。

●選定結果：「最大流速」：1.1m/s、「最高水位」：T.P.+3.85m、「最低水位」：T.P.-5.57m（添付-1参照）

(1) 輸送船の係留索の耐力について（添付-2参照）

輸送船が岸壁係留中に津波警報が発表されない可能性がある津波が襲来しても係留状態が維持できることを確認した。

具体的には、最大流速から求めた流圧力に対し、輸送船、係留索、係船柱の仕様から求めた係留力が上回っていることを確認した。

(2) 輸送船の喫水と津波高さの関係について（添付-3、4参照）

輸送船が岸壁係留中または岸壁付近を航行中において、津波警報が発表されない可能性がある津波が襲来しても輸送船が岸壁に乗り上がらないことや海底に着底しても航行不能（漂流物）にならないことを確認した。

具体的には、最高水位で輸送船が岸壁に乗り上がらないこと、水位の低下により輸送船が海底に着底しても船体強度や水位変動の状態、海底の地形や船底の形状から、損傷や転覆に至らず、航行不能にならないことを確認した。また、輸送船の海底着底時の転覆の可能性として、保守的に輸送船があらかじめ傾いた状態を仮定し、転覆に至らないことを確認した。

さらに、津波の最大流速に対して輸送船の性能が上回っていることを確認し、輸送船が退避する際、漂流物にならないこと（適切な操船で退避可能であること）を確認した。

2. 結果

輸送船が岸壁に係留中または岸壁付近を航行中に津波警報が発表されない可能性がある津波が襲来しても、輸送船は漂流物にならないことを確認した。

1. 燃料等輸送船への影響に対する評価の前提条件

- 各波源モデルによる最大流速、最高水位、最低水位を表-1に示す。
 - 最大流速①（水位上昇側）： $1.1[m/s]$
 - 評価用の最高水位： $T.P.+3.85[m]$
最高水位は②の $T.P.+3.7[m]$ （期望平均満潮位 $T.P.+0.49[m]$ を考慮）に $+0.15[m]$ （潮位ばらつき）を加えた $T.P.+3.85[m]$ とする。
 - 評価用の最低水位： $T.P.-5.57[m]$
最低水位は③の $T.P.-5.4[m]$ （期望平均干潮位 $T.P.-0.01[m]$ を考慮）に $-0.17[m]$ （潮位ばらつき）を加えた $T.P.-5.57[m]$ とする。
- 各波源モデルによる最大流速、最高水位、最低水位の各波形を図-1～3に示す。また、図-4に津波流向（イメージ）を示す。

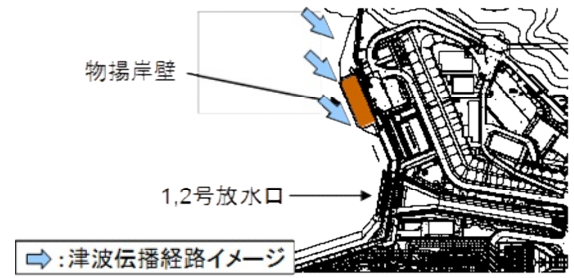
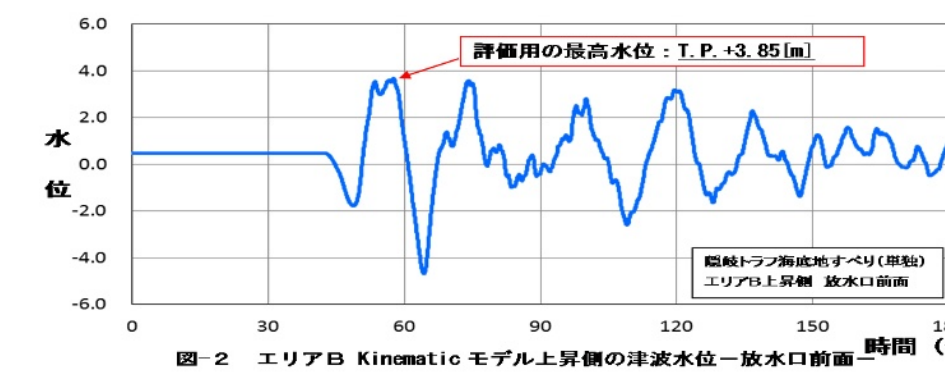
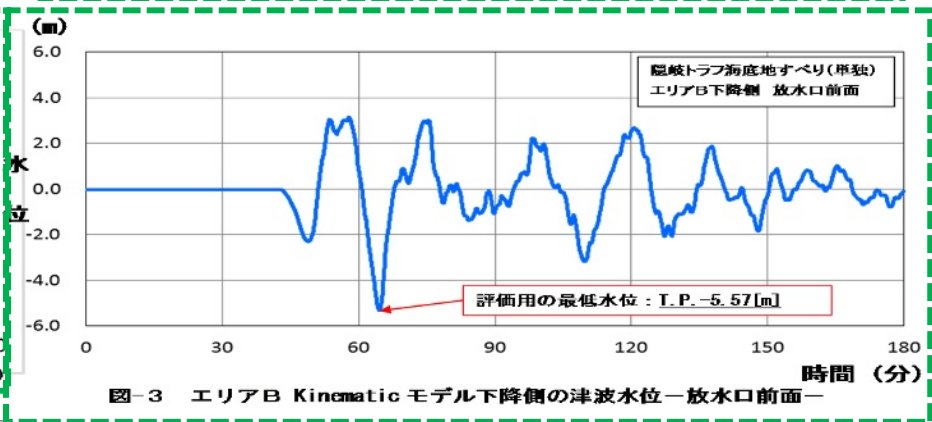
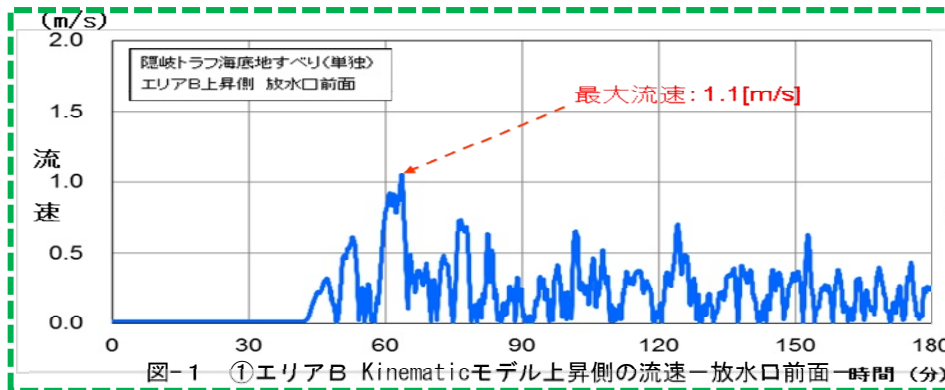
添付-1

表-1 各波源モデルによる最大流速、最高水位、最低水位

表中の水位単位はT.P.(m)、流速単位は(m/s)

波源モデル	水位上昇		水位下降		
	放水口前面		放水口前面		
	最高水位	最大流速	最低水位	最大流速	
エリアA (Es-G3)	Watts他の予測式	0.6	0.1	-0.1	0.1
	Kinematicモデルによる方法	1.6	0.4	-0.7	0.4
エリアB (Es-K5)	Watts他の予測式	1.9	0.4	-1.6	0.4
	Kinematicモデルによる方法	3.7	1.1	-5.4	1.1
エリアB (Es-K7)	Kinematicモデルによる方法	2.7	0.5	-	-
	Kinematicモデルによる方法	2.2	0.3	-	-
エリアC (Es-T2)	Watts他の予測式	1.1	0.4	-0.8	0.4
	Kinematicモデルによる方法	3.7	0.7	-4.0	0.7

基準津波3
基準津波5
基準津波6
基準津波4



1 (1) 輸送船の係留索の耐力について (1 / 4)

添付-2 (1 / 4)

1. 概要

燃料等輸送船 (以下、「輸送船」という。) は、津波警報等発表時、原則、緊急退避を行うが、津波警報が発表されない可能性がある津波が発生した場合は、緊急退避できないおそれがある。このため、津波警報が発表されない可能性がある津波として「隠岐トラフ海底地すべり (単独)」による津波を想定し、輸送船の岸壁係留中に津波が襲来しても係留状態が維持できることを確認する。

係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値 (艀装数) に応じた仕様 (強度、本数) を有するものを備えることが、日本海事協会 (NK) の鋼船規則において定められている。

今回、輸送船が備えている係留索の係留力および津波警報が発表されない可能性がある津波による流圧力について、石油会社国際海事評議会 OCIMF (Oil Companies International Maritime Forum) の手法を用いて算出し、係留索の耐力評価を行う。

2. 評価

(1) 輸送船、係留索、係船柱

輸送船、係留索、係船柱の仕様を表-1に、配置を図-1に示す。

表-1 輸送船、係留索、係船柱の仕様

項目		仕様
輸送船	総トン数	約5,000[トン]
	載貨重量トン	約3,000[トン]
	喫水	約5[m]
	全長	100.0[m] (垂線間長: 94.4[m])
	型幅	16.5[m]
	形状	(図-1参照)
係留索	直径	60[mm] (ノミナル値)
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279[kN (キロニュートン)] = 28.5[tonf]
	係船機ブレーキ力	28.5[tonf] × 0.7 ≒ 20.0[tonf]
係船柱	形状	(図-1参照)
	ピット数、位置	(図-1参照)
	係留状態	(図-1参照)
	強度	50[t]

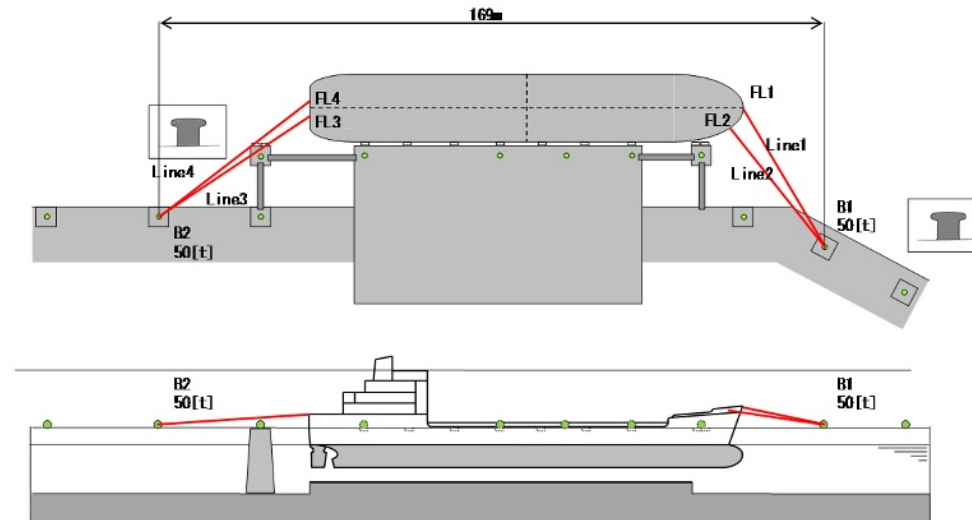


図-1 輸送船、係留索、係船柱の配置※イメージ

※接岸時は通常6本程度以上で係留する。この評価では保守的に鋼船規則上の最低本数 (4本) を前提とする。

1 (1) 輸送船の係留索の耐力について (2 / 4)

(2) 係留力の評価

表-1の仕様と以下の計算式により係留力を求める。計算結果を表-2、図-2,3に示す。

【各索の係留力計算式】

$$R_x = T \times \left(\frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left(\frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$$

R_x : 前後係留力 [tonf]

T : 係留索1本に掛けることができる最大張力 [tonf]

β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]

θ : 係留索の仰角 [deg]

L : 係留索の長さ (船外+船内) [m]

β_c : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]

θ_c : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の仰角 [deg]

L_c : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) [m]

*係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

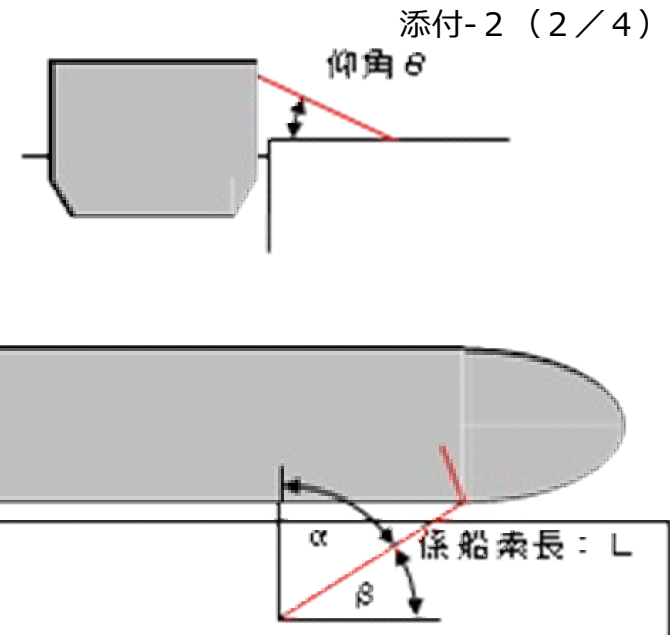


表-2 係留力 (図1) の計算結果

フェアリーダ	索種類		ビット	係留索長さ [m]		係留角 [deg]		索張力 T [tonf]	係留力 前後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]		
				船外	船内	θ	β			Bitt Load	合計	係船柱強度
FL1	Line1	ヘッドライン	B1	36.7		14.2	-61.7	20.0	-5.98	16.92	Σ36.92	50
FL2	Line2		B1	34.6		15.1	-53.5	20.0	-11.49	20.0		
									-17.47			
FL3	Line3	スタンライン	B2	41.9		11.2	31.3	20.0	16.76	20.0	Σ39.60	50
FL4	Line4		B2	44.4		10.6	36.4	20.0	14.37	19.60		
									31.13			
									前後(+)計	31.13		
									前後(-)計	-17.47		

1 (1) 輸送船の係留索の耐力について (3 / 4)

第847回審査会合
資料1-3 P89修正

添付-2 (3 / 4)

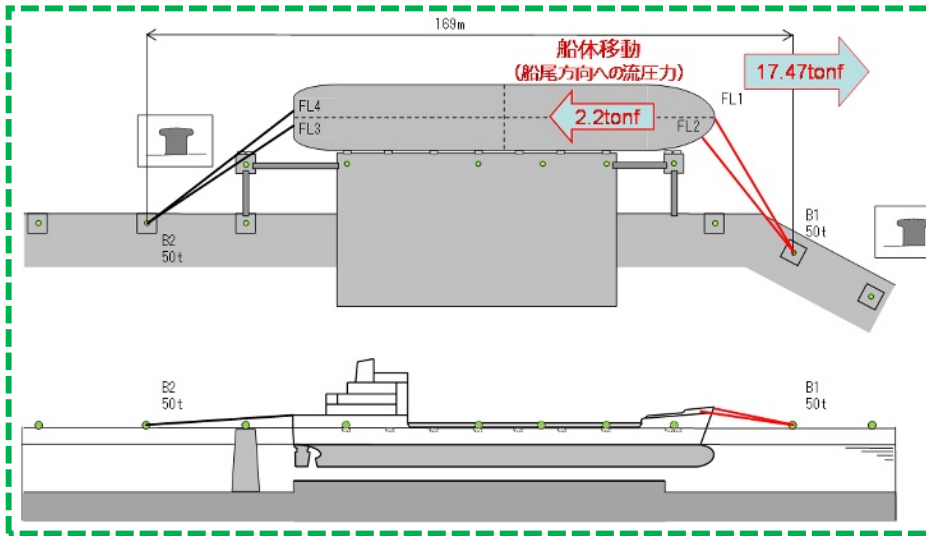


図-2 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

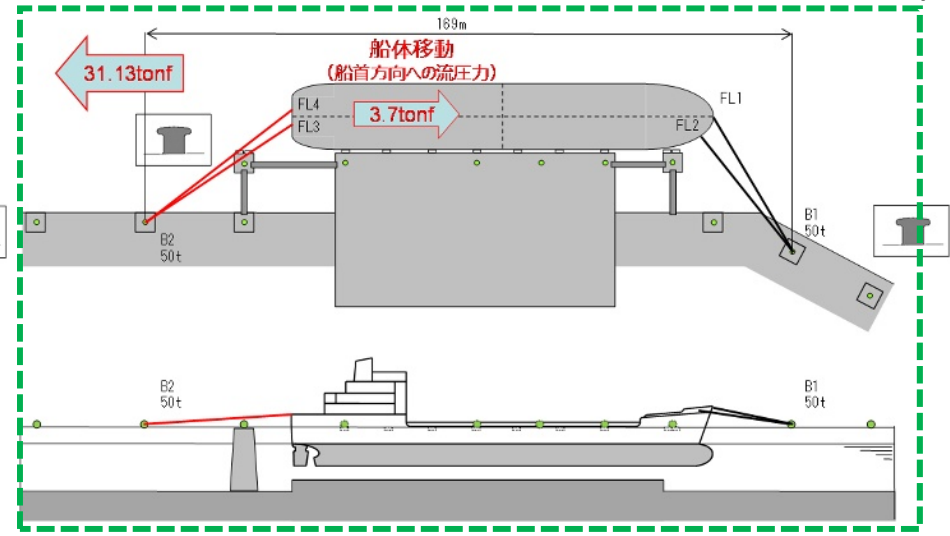


図-3 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

(3) 流圧力

添付-1の最大流速と以下の計算式により流圧力を求める。
計算結果と前項の係留力の比較結果を図-4, 5に示す。

【流圧力計算式】

$$F_{Xc} = \frac{1}{2} \times C_{Xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$$

F_{Xc} : 縦方向流圧力 [kgf]

C_{Xc} : 縦方向流圧力係数

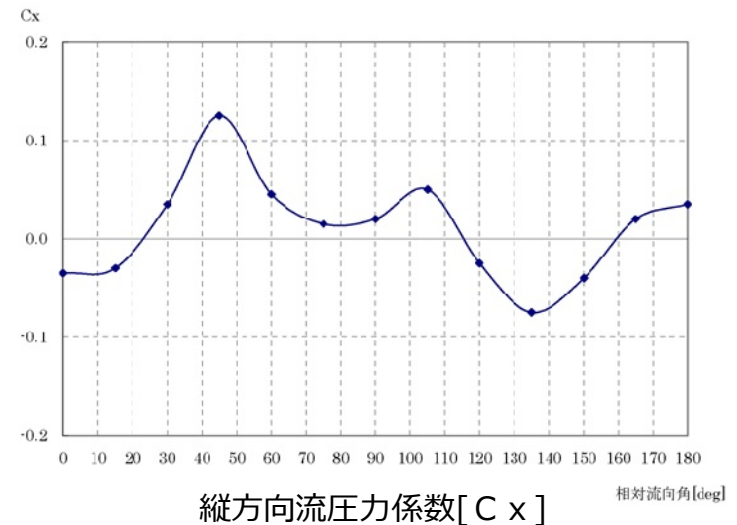
V_c : 流速 [m/s]

L_{PP} : 垂線間長 [m]

d : 喫水 [m]

ρ_c : 水密度 [$kg \cdot sec^2 / m^4$]
(=104.5 $kg \cdot sec^2 / m^4$)

(出典: 係留設備に関する指針 OCIMF刊行)



(出典: VLCCにおける風圧および流圧の予測 OCIMF刊行)

図-4 横方向流圧力係数

1 (1) 輸送船の係留索の耐力について (4 / 4)

添付-2 (4 / 4)

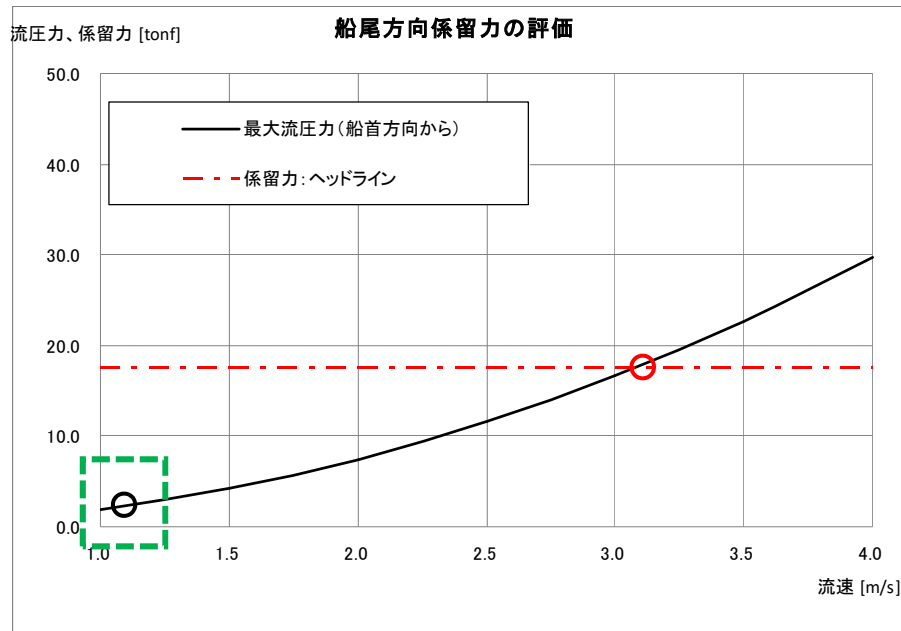


図-5 船尾方向の流圧力と係留力の比較

- 流速1.1[m/s]での流圧力は約2.2[tonf]であり、17.47[tonf]より十分小さい。なお、船尾方向への流速約3.1[m/s]までの流圧力であればヘッドラインのみで対抗可能となる。

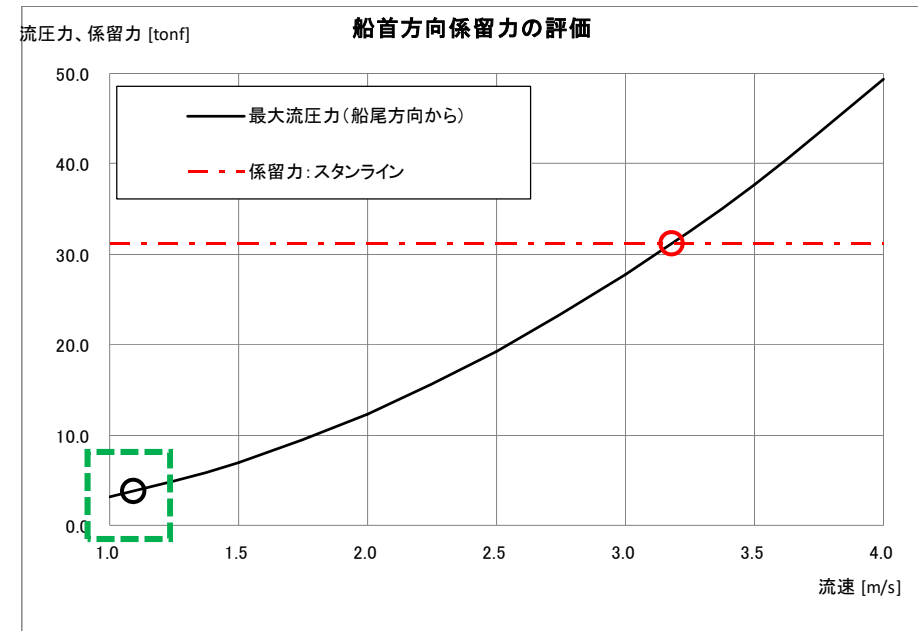


図-6 船首方向の流圧力と係留力の比較

- 流速1.1[m/s]での流圧力は約3.7[tonf]であり、31.13[tonf]より十分小さい。なお、船首方向への流速約3.2[m/s]までの流圧力であればスタンラインのみで対抗可能となる。

(4) 結果

最大流速となる波源モデル（流速 1.1[m/s]）による流圧力（約2.2～3.7[tonf]：図-5, 6 参照）に対し、係留力（約17～31[tonf]：表-2 参照）が上回っていることを確認した。

このことから、警報が発表されない可能性がある津波の襲来があっても、輸送船は岸壁への係留状態を維持することができる。

1 (2) 輸送船の喫水と津波高さの関係について (1 / 3)

添付-3 (1 / 3)

1. 概要

燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発表時、原則、緊急退避を行うが、津波警報が発表されない可能性がある津波が発生した場合は、緊急退避できないおそれがある。このため、津波警報が発表されない可能性がある津波として「隠岐トラフ海底地すべり（単独）」による津波を想定し、輸送船が岸壁に乗り上がらないことや航行不能となり漂流物にならないことを確認する。

(1) 係留時の輸送船評価

a. 最高水位における輸送船の評価（係留時）

最高水位と輸送船の喫水高さを図-1に示す。

輸送船の評価は、岸壁に係留した状態、津波水位は最高水位T.P.+3.85[m]（添付-1参照）を前提とする。

- ・最高水位解析値 : T.P.+3.70[m]※
 ・潮位のバラツキ : +0.15[m]
 評価用の最高水位 : T.P.+3.85[m]
- ※ 朔望平均満潮位 T.P.+0.49[m]を考慮

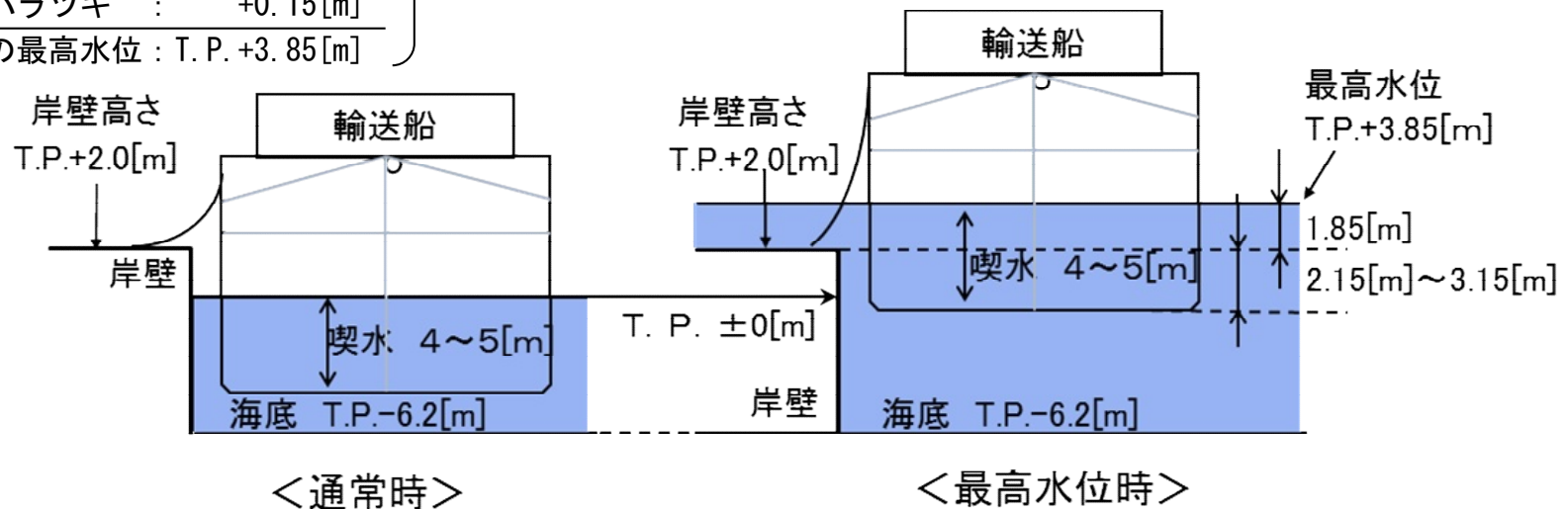


図-1 係留時における最高水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

図-1のとおり最高水位はT.P.+3.85[m]まで上昇するが、この時の輸送船の船底は岸壁高さより2.15[m]~3.15[m]下にあるため、輸送船が岸壁に乗り上がることはなく、航行不能になることはない。

また、輸送船の性能は、津波の最大流速（1.1[m/s]/添付-1参照）を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であり、漂流物になることはない。

1 (2) 輸送船の喫水と津波高さの関係について (2/3)

b. 最低水位における輸送船の評価 (係留時)

最低水位と輸送船の喫水高さを図-2に示す。

輸送船の評価は、岸壁に係留した状態、津波水位は最低水位T.P.-5.57[m] (添付-1参照)を前提とする。

・最低水位解析値 : T.P.-5.4 [m]※
 ・潮位のバラツキ : -0.17[m]
 評価用の最低水位 : T.P.-5.57[m]

※ 朔望平均干潮位T.P.-0.01[m]を考慮

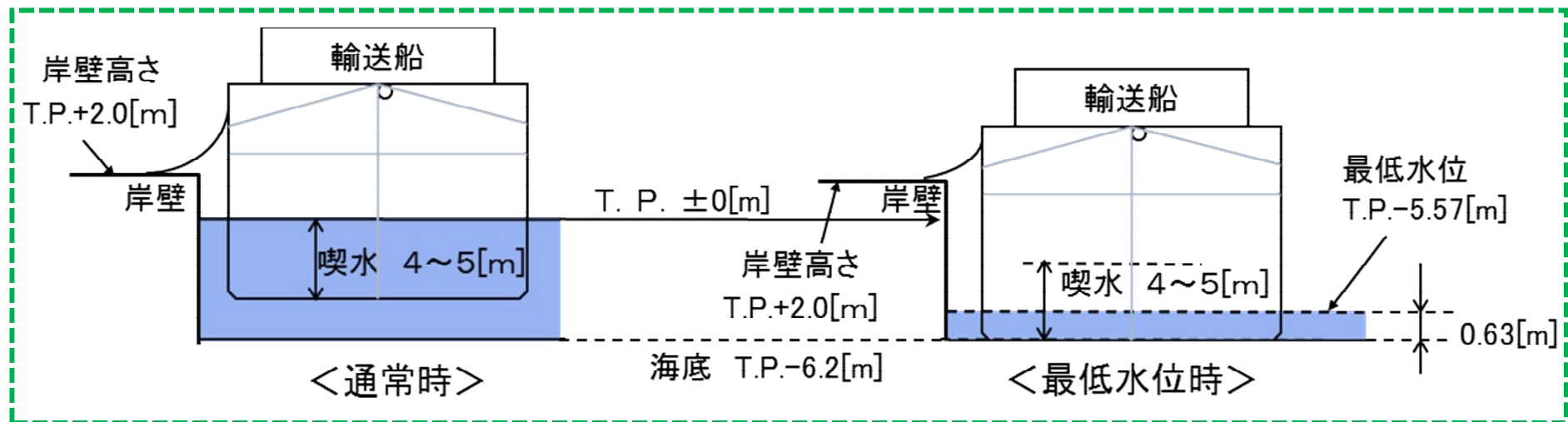


図-2 係留時における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

図-2のとおり最低水位はT.P.-5.57[m]まで下降する。この時、輸送船は海底に着底する可能性があるが、岸壁付近の海底が平坦であること、水位変動が緩やかであること、二重船殻構造で十分な船体強度を有していることから、輸送船が損傷し航行不能になることはない。また、水位は最低水位から数分で上昇するため、水位回復後輸送船は退避可能である。輸送船の性能は、津波の最大流速(1.1[m/s]/添付-1参照)を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であり、漂流物になることはない。

1 (2) 輸送船の喫水と津波高さの関係について (3 / 3)

添付-3 (3 / 3)

(2) 係留時以外の輸送船評価

a. 最低水位における輸送船の評価 (係留時以外)

最低水位と輸送船の喫水高さの関係を図-3に示す。

輸送船の評価は、岸壁に係留されていない状態（接岸直前や離岸直後を想定）、津波水位は最低水位T.P.-5.57[m]（添付-1参照）を前提とする。

・最低水位解析値 : T.P.-5.4 [m]※
 ・潮位のバラツキ : -0.17[m]
 評価用の最低水位 : T.P.-5.57[m]

※ 朔望平均干潮位T.P.-0.01[m]を考慮

【評価】

図-3のとおり、岸壁付近の海底は平坦な部分が約29[m]、その外側に傾斜部分（1:2勾配）があり、最低水位で輸送船が海底に接触する範囲は岸壁から約40[m]の範囲内である。この範囲を含めた岸壁付近の輸送船の速度は、接岸や離岸に伴い非常に慎重な速度（数cm/s～数十cm/s程度）で操船される。

この範囲内で引き波が襲来し最低水位となった場合は、船底が海底に着底する可能性があるが、輸送船の速度や水位の低下速度が緩やかであること、輸送船は二重船殻構造で十分な船体強度を有していることから、輸送船が損傷し航行不能になることはない。

なお、海底の傾斜部分（1:2勾配）に輸送船が着底しても、輸送船の船底が平坦であること、海底の傾斜角度（約27°）は輸送船の重心位置による横転角度（約48°）に比べて十分余裕があることから、輸送船が横転することはない。また、水位は最低水位から数分で上昇するため、輸送船は水位回復後退避可能である。輸送船の性能は、津波の最大流速（1.1[m/s]/添付-1参照）を上回っていることから、適切な操船で退避可能であり、漂流物になることはない。

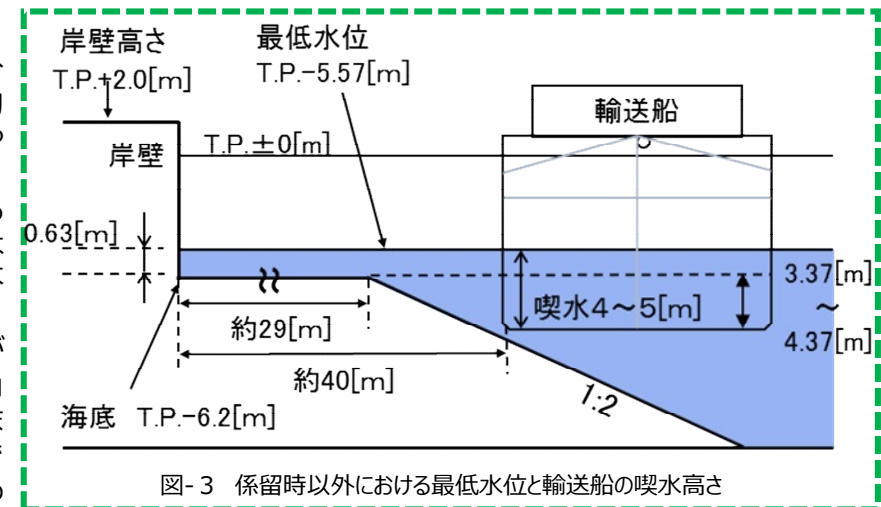


図-3 係留時以外における最低水位と輸送船の喫水高さ

2. 結果

警報が発表されない可能性がある津波が襲来した場合でも、津波高さと輸送船の喫水高さの関係から、岸壁に乗り上がることはなく、引き波により船底が海底に着底しても十分な船体強度を有していること等から航行不能となることはない。また、輸送船は水位回復後退避可能であること、輸送船の性能は、津波の最大流速（1.1[m/s]/添付-1参照）を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であり、漂流物となることはない。

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について (1 / 3)

1. 概要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）の物揚岸壁における停泊中および港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。

2. 評価条件

(1) 輸送船の仕様・形状

輸送船の仕様を表-1に、外形図を図-1、図-2に示す。

表-1 輸送船の仕様

項目	仕様
満載排水量	約7,000[t] (空荷状態：約4,000[t])
積貨重量トン	約3,000[t]
喫水	約5[m]
全長	100.0[m] (垂線間長：94.4[m])
型幅	16.5[m]

(2) 転覆モード

輸送船は図-2に示すとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合でも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、図-3に示すように輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行う。

添付-4 (1 / 3)

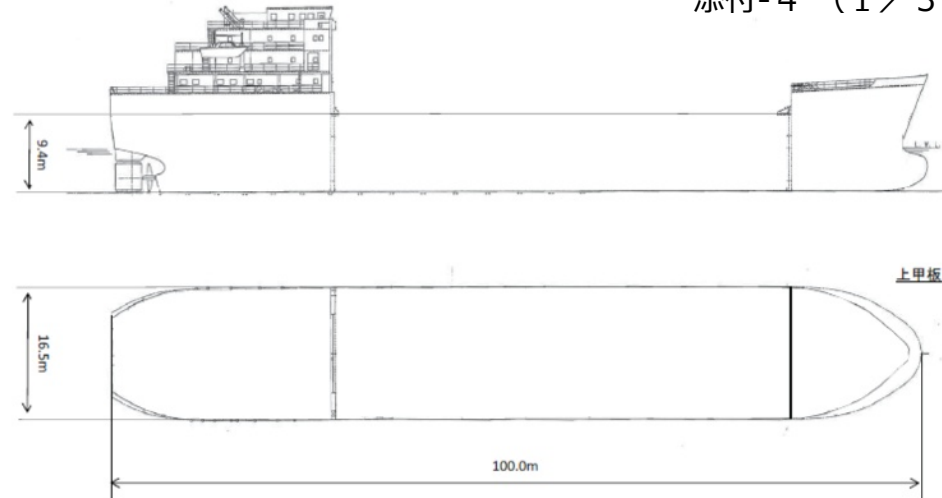


図-1 輸送船外形図

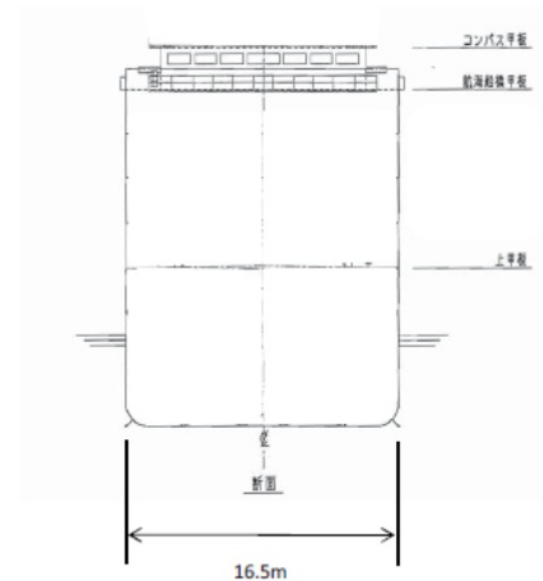


図-2 輸送船外形図

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について (2 / 3)

3. 転覆評価

図-3の想定転覆モードにおいて輸送船に働く力とモーメントを図-4に示す。

添付-4 (2 / 3)

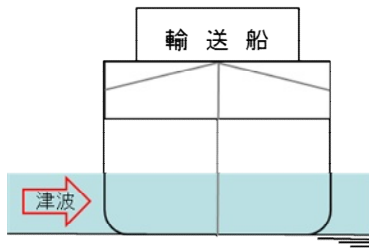


図-3 想定転覆モード

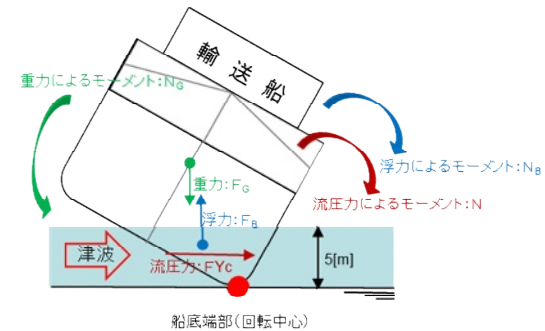
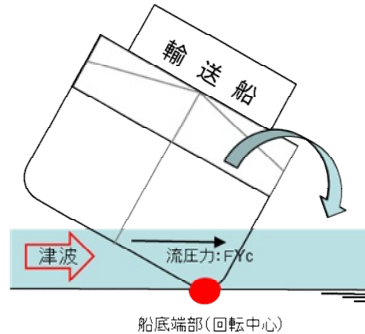


図-4 輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力 F_{Yc} によるモーメント N が発生し、船底端部を中心に輸送船を回転させる。また、浮力 F_B によるモーメント N_B も流圧力によるモーメント N と同じ方向に発生する。一方、重力 F_G によるモーメント N_G がこれらのモーメントと逆方向に発生し輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力および浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線にあるときの傾きは約 48° であるため、ここでは傾きを 24° と仮定し、流圧力によるモーメント N と浮力によるモーメント N_B の和と重力によるモーメント N_G とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント N_G は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N_G &= F_G \times X \text{ (GR)} \\ &= 4,000 \times 4.5 \\ &= 18,000 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

- N_G : 重力によるモーメント [tonf・m]
- F_G : 輸送船 (空荷状態) の重量 [tonf] ($\approx 4,000$)
- $X \text{ (GR)}$: 重心と回転中心の水平方向距離 [m] (≈ 4.5)

次に流圧力によるモーメント N は次式にて計算できる。

$$\begin{aligned} N &= F_{Yc} \times W \div 2 \\ &= F_{Yc} \times d \div 2 \end{aligned}$$

- N : 流圧力によるモーメント [tonf・m]
- F_{Yc} : 流圧力 [tonf]
- W : 水位 [m]
- d : 喫水 [m] ($= 5$)

ここで、流圧力は受圧面積が最大のときに最も大きくなり、且つ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大のときに最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。また、横方向の流圧力 F_{Yc} を表-2に示す方法で計算する。

このとき、流速は添付-1の最大流速 1.1 m/s を適用、横方向流圧力係数は図-5により 10^* と仮定する。

表-2 横方向流圧力の計算方法

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>F_{Yc} : 横方向流圧力 [kgf]</p> <p>C_{Yc} : 横方向流圧力係数</p> <p>V_c : 流速 [m/s]</p> <p>L_{PP} : 垂線間長 [m]</p> <p>d : 喫水 [m]</p> <p>ρ_c : 水密度 [$\text{kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$] ($= 104.5 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$)</p>
--	---

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について (3/3)

※ 図-5のとおり、水深と喫水の比率が1.05の場合の最大流圧力係数は約3.3であり、水深と喫水の比率が小さくなると流圧力係数は大きくなる傾向となっている。本評価上、水深(5m)と喫水(5m)の比率は1であることから、保守的に流圧力係数を10と仮定する。

表-2により F_{YC} は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} F_{YC} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.5 \times 1.1^2 \times 94.4 \times 5 \\ &= 298,410 [\text{kgf}] \\ &\approx 300 [\text{tonf}] \end{aligned}$$

したがって、流圧力によるモーメント N は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N &= Y_{FC} \times d \div 2 \\ &= 300 \times 5 \div 2 \\ &= 750 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント N_B は次式にて評価する。

$$\begin{aligned} N_B &= F_{Br} \times X(BR) \\ &= 1,700 \times 3.0 \\ &= 5,100 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

N_B : 浮力によるモーメント[tonf・m]

F_{Br} : 傾いた際の輸送船の浮力[tonf] ($\approx 1,700$)

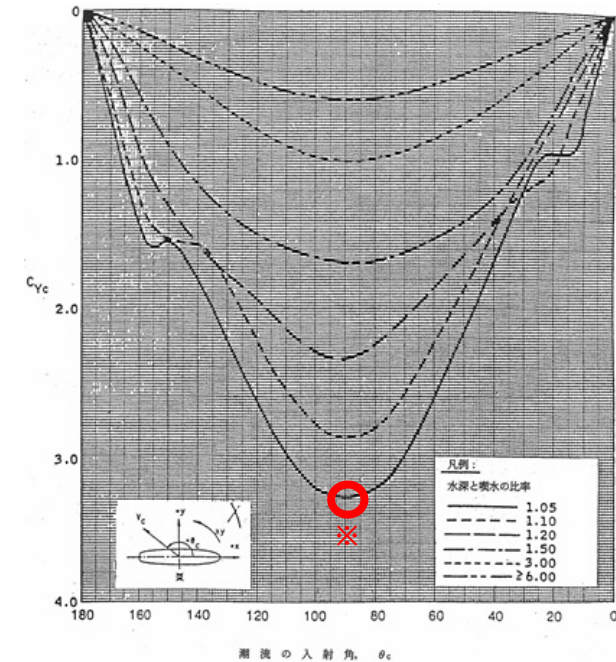
$X(BR)$: 浮心と回転中心の水平方向距離[m] (≈ 3.0)

以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント N_G は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、輸送船は転覆することはない。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 750 + 5,100 \\ &= 5,850 [\text{tonf} \cdot \text{m}] < N_G (= 18,000) [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

4. 結果

輸送船の着底後に津波による流圧を受けても、船底と海底の形状から転覆に至ることはなく、さらに、保守的に船底の一部が固定される状態を想定した場合でも転覆しないことを確認した。



(出典：VLCCにおける風圧および流圧の予測 OCIMF刊行)

図-5 横方向流圧力係数

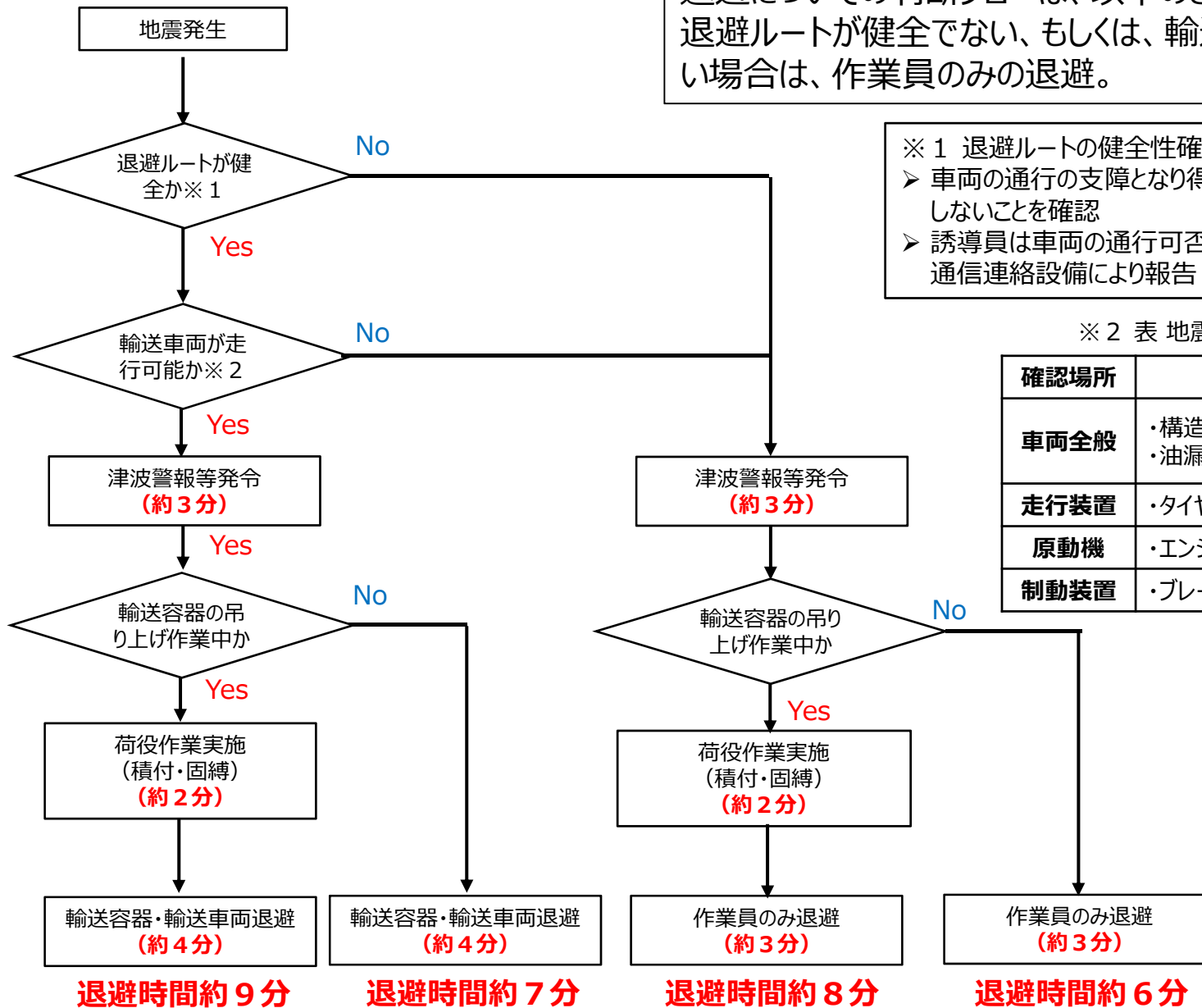
L L W輸送に係る津波襲来時の退避判断フロー

退避についての判断フローは、以下のとおり。
退避ルートが健全でない、もしくは、輸送車両が走行可能でない場合は、作業員のみ退避。

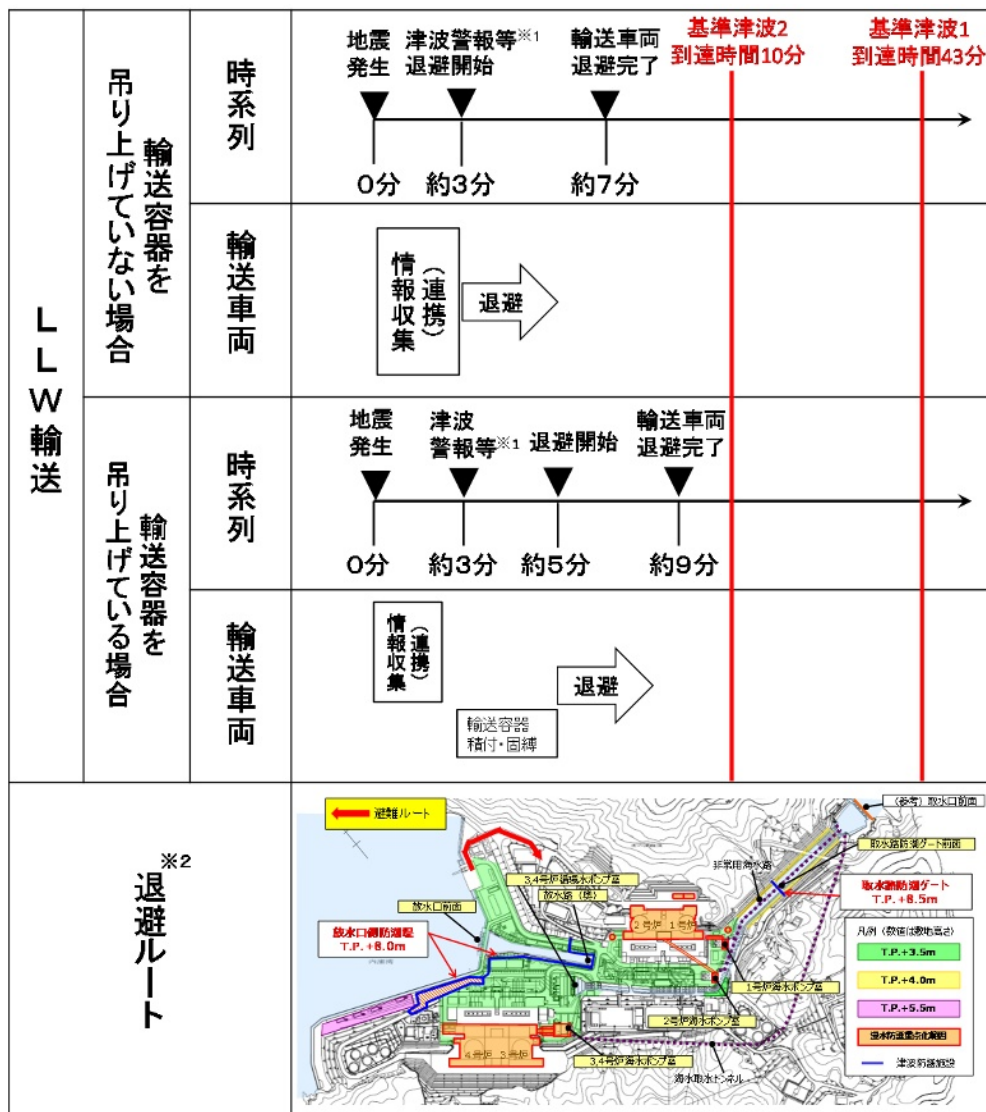
- ※ 1 退避ルートの健全性確認について
- 車両の通行の支障となり得る10 cmを超える段差等が発生しないことを確認
 - 誘導員は車両の通行可否を岸壁の作業責任者へ携帯する通信連絡設備により報告

※ 2 表 地震時の輸送車両の確認項目

確認場所	確認内容
車両全般	・構造部の損傷・き裂・変形 ・油漏れ
走行装置	・タイヤのパンクの有無
原動機	・エンジンが始動するか
制動装置	・ブレーキペダルの踏みしろの確認



LLW輸送に係る津波襲来時の退避時系列および退避ルート



地震随伴津波の場合の、退避時間および退避ルートについては、左記のとおり。

(退避ルートが健全な場合)

- 最大約9分程度で退避可能であり、津波到達までに退避可能

(退避ルートが健全でない場合)

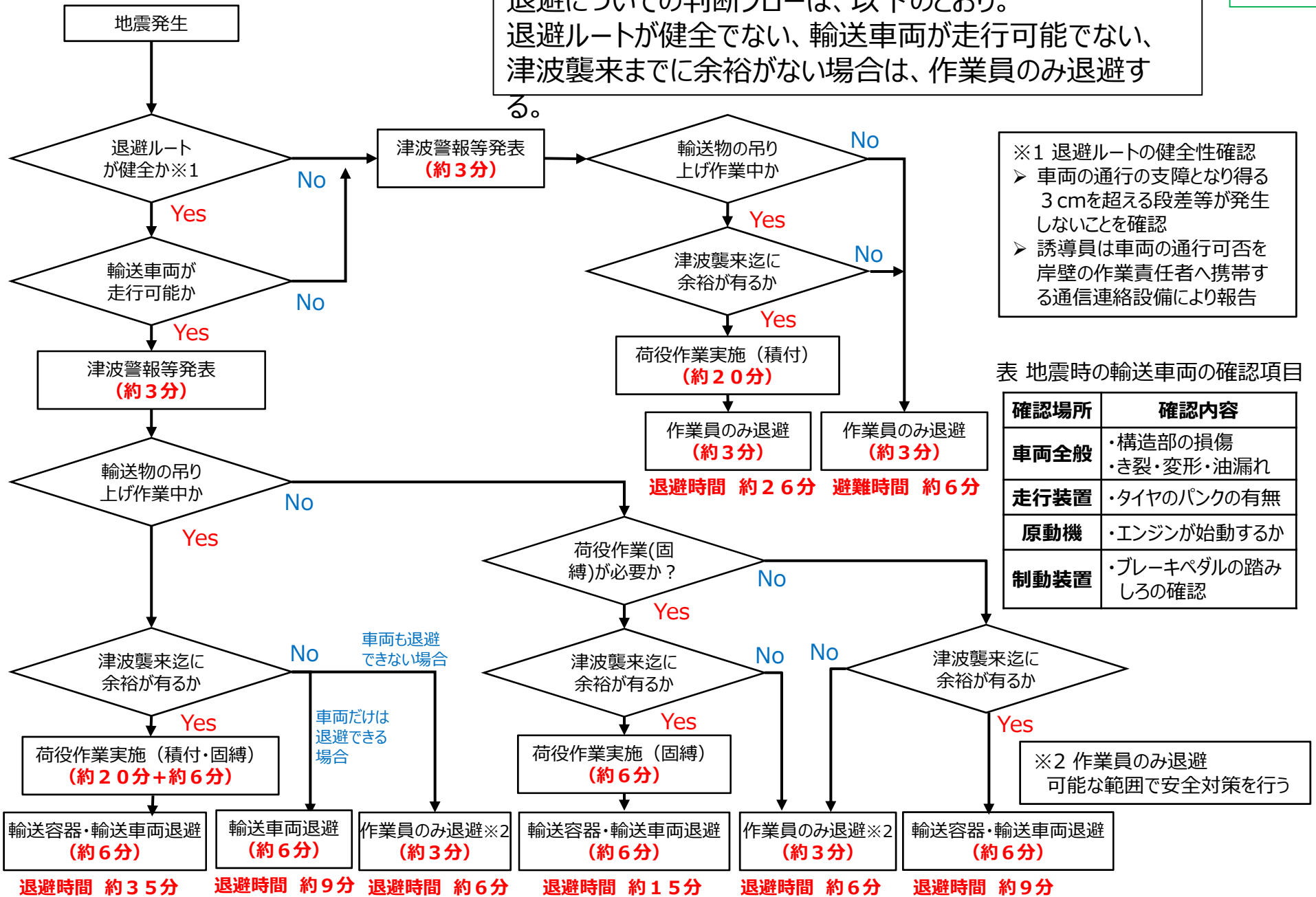
- 退避ルートは、アクセスルートではないため、退避できない可能性がある。
- 退避不可の場合は、作業員のみでの退避とする。

※1 地震発生後の3分後（気象庁HPに記載の発表目標時間）に津波警報が発令

※2 退避ルートの距離は約300mであり、車両走行速度10km/h（167m/min）としても、約4分間で車両の退避は十分可能である。

新規追加

退避についての判断フローは、以下のとおり。
退避ルートが健全でない、輸送車両が走行可能でない、津波襲来までに余裕がない場合は、作業員のみ退避する。



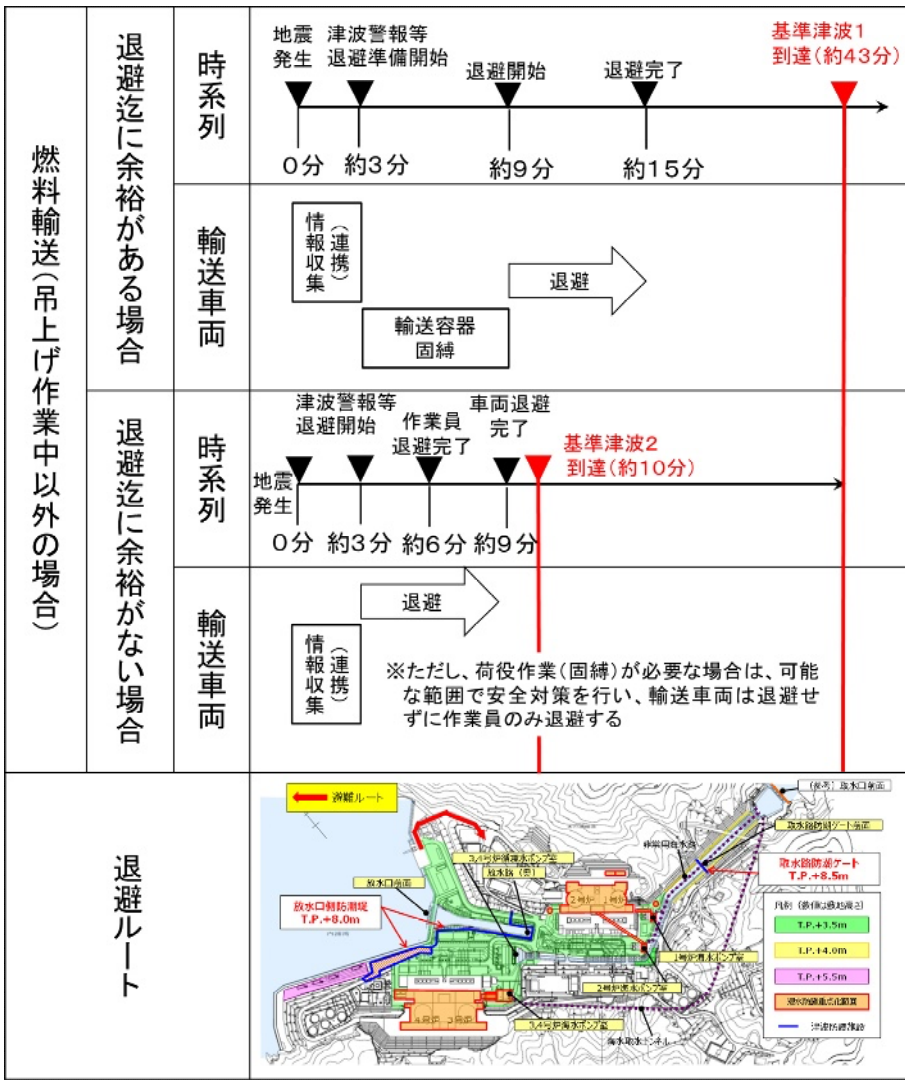
- ※1 退避ルートの健全性確認
- 車両の通行の支障となり得る3cmを超える段差等が発生しないことを確認
 - 誘導員は車両の通行可否を岸壁の作業責任者へ携帯する通信連絡設備により報告

表 地震時の輸送車両の確認項目

確認場所	確認内容
車両全般	・構造部の損傷 ・き裂・変形・油漏れ
走行装置	・タイヤのパンクの有無
原動機	・エンジンが始動するか
制動装置	・ブレーキペダルの踏みしるの確認

燃料輸送に係る津波襲来時の退避時系列および退避ルート (基準津波 1, 2 ; 吊上げ作業中以外)

新規追加



吊上げ作業中以外に基準津波 1, 2 が襲来した場合の、退避時間および退避ルートについては、左記のとおり。

- 津波襲来に時間余裕有り(基準津波 1 想定)
 - 最大約 15分で、固縛を行い車両退避する。基準津波 1 到達までに退避可能。
 - 退避ルートが健全でない、または輸送車両が走行可能でない場合は作業員のみ退避する。
 - 輸送車両および輸送容器は退避不可の場合でも漂流物とはならない。
- 津波襲来に時間余裕無し(基準津波 2 想定)
 - 基準津波 2 到達は地震発生から約 10分後であり、固縛が必要ない場合は最大約 9分で退避可能。基準津波 2 到達までに退避可能。但し、固縛が必要な場合は車両退避が間に合わないため、作業員のみ退避する。
 - 退避ルートが健全でない、または輸送車両が走行可能でない場合は、作業員のみ退避する。
 - 輸送車両および輸送容器は退避不可の場合でも漂流物とはならない。

使用済燃料輸送に係る津波襲来時の退避時系列および退避ルート (基準津波1, 2 ; 吊上げ作業中)

新規追加

燃料輸送(吊上げ作業中の場合)	退避迄に余裕がある場合	<p>時系列</p>
	退避迄に余裕がない場合	<p>時系列</p>
退避ルート		

吊上げ作業中に基準津波1, 2が襲来した場合の、退避時間および退避ルートについては、左記のとおり。

- 津波襲来に時間余裕有り(基準津波1 想定)
 - 最大約35分で、積付・固縛を行い車両退避する。基準津波1 到達までに退避可能。
 - 退避ルートが健全でない、または輸送車両が走行可能でない場合は、最大約26分で、積付を行った上で作業員のみ退避する。
 - 輸送車両および輸送容器は退避不可の場合でも漂流物とはならない。

- 津波襲来に時間余裕無し(基準津波2 想定)
 - 基準津波2 到達は地震発生から約10分後であり、車両退避が間に合わないため、作業員のみ退避する。基準津波2 到達までに退避可能。
 - 退避ルートが健全でない、または輸送車両が走行可能でない場合も同様。
 - 輸送車両および輸送容器は漂流物とはならない。