

補足資料 2.

津波防護対策の設備の位置づけについて

高浜発電所については、津波防護施設、浸水防止設備、津波影響軽減施設といった津波防護対策を実施している（図-1, 2 参照）。

ここでは、これらの津波防護対策が、どの分類に位置づけられるかについて、各分類の定義や目的を踏まえて整理した（表-1, 2 参照）。

高浜発電所は、襲来の虞のある津波に対し、敷地が比較的低い特徴を有する。よって、取水路からの津波の影響に対する外郭防護については、防潮堤・貯水堰などのハード対策の場合、安全上重要な施設である海水ポンプの停止を長期間要するなど、プラントへの影響が大きい。このため、取水路の防潮ゲートを活用した津波防護を設計方針の基本に据えている。

具体的には、防潮ゲートの運用を前提に、以下の2とおりの防護設計を検討する。

- ① 外郭防護内に津波を浸入させないことでドライサイトを達成する。
- ② 外郭防護内に津波が浸入するが、敷地・取水性への影響を及ぼさないことを担保（必要に応じゲート閉止により担保）する。

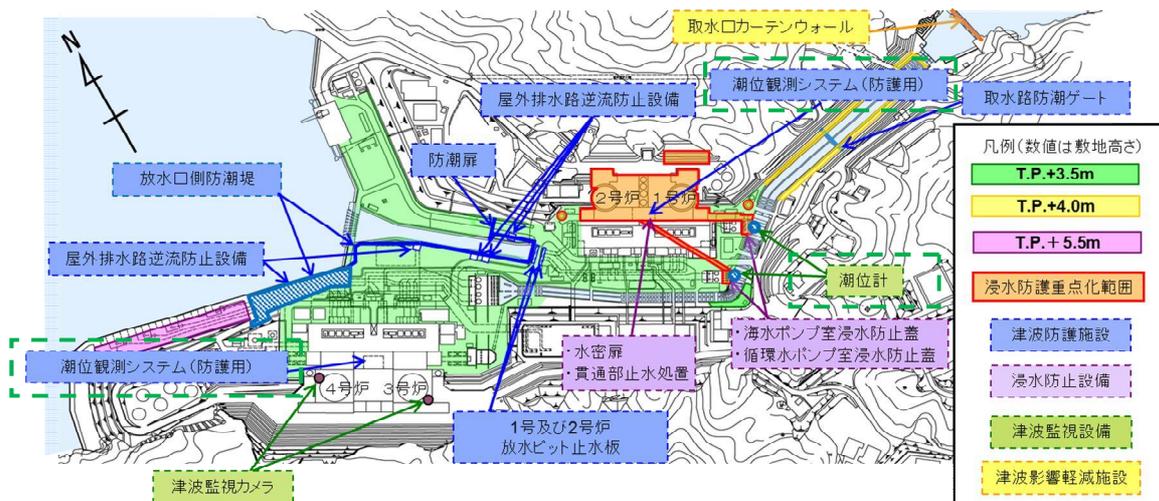


図-1 高浜発電所1号炉及び2号炉における津波防護対策の概要

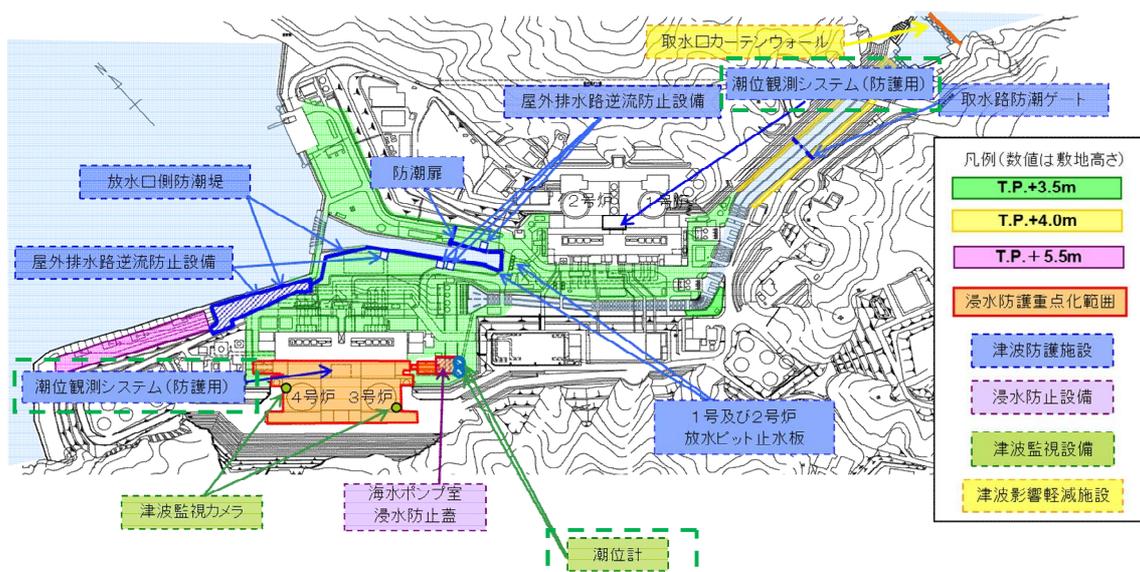


図-2 高浜発電所3号炉及び4号炉における津波防護対策の概要

表-1 各津波防護対策の分類整理（高浜発電所1号炉及び2号炉）

分類	定義	施設・設備	目的	取水路防潮ゲート		防潮堤 防潮扉	屋外排水路 逆流防止設備	1号及び 2号炉 放水ピット 止水板	海水ポンプ室 浸水防止蓋	循環水 ポンプ室 浸水防止蓋	水密扉	貫通部 止水処置	取水口 カーテン ウォール
				潮位観測システ ム（防護用）									
津波防護施設	外郭防護、内郭防護及び水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止を行う土木、建築構造物※1	・防潮堤（既存地山による自然堤防を含む）※1 ・防潮壁※1	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）※1	○ 敷地内に津波を浸水させない、海水ポンプの取水性への影響を防止する土木構造物（外郭防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない、海水ポンプの取水性への影響を防止する土木構造物の機能を保持するための機器（外殻防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の内壁や床（建屋間境界壁を含む）※1	・浸水防護重点化範囲内に、地下水や内部溢水を浸水させない（内郭防護）※1	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備※1	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備※1	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）※1	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 海水ポンプエリア床面に設置された機器（外郭防護）	○ 循環水ポンプ室床面に設置された機器（外郭防護）	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備※1	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内部溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護）※1	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 循環水管損傷による津波や溢水からの浸水を防護するために建屋壁に設置された扉（内郭防護）	○ 循環水管損傷による津波や溢水からの浸水を防護するために建屋壁に設置されたその他浸水防止に係る設備（内郭防護）	× 該当しない
津波影響軽減施設	津波防護施設、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施設・設備※2	・敷地前面の港湾内又は港湾外の海中に設置しているもの（防波堤、離岸堤、潜堤、人工リーフ等）※3	・基準津波に対して津波による影響を軽減する※3	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 取水路防潮ゲート前面の取水口に設置された施設
		・敷地前面の陸上（津波防護施設、浸水防止設備の外側に設置しているもの（消波工、根固工）※3		× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない

※1 耐津波設計に係る工認審査ガイド P26「3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類」より抜粋

※2 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド P21「耐津波設計に係る審査において、対象となる施設・設備の意味及び例」より抜粋

※3 耐津波設計に係る工認審査ガイド P24「3.7.2 津波影響軽減施設・設備の扱い」より抜粋

※4 耐津波設計に係る工認審査ガイド P22「3.7.1 漂流物による波及的影響の検討」を参考

表-2 各津波防護対策の分類整理（高浜発電所3号炉及び4号炉）

分類	定義	施設・設備	目的	取水路防潮ゲート		防潮堤、防潮扉	屋外排水路 逆流防止設備	1号及び2号炉放水ピ ット止水板	海水ポンプ室 浸水防止蓋	取水口 カーテンウォール
					潮位観測システム (防護用)					
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物※1	・防潮堤（既存地山による自然堤防を含む）※1 ・防潮壁※1	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）※1	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物の機能を保持するための機器（外殻防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物（外郭防護1）	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の内壁や床（建屋間境界壁を含む）※1	・浸水防護重点化範囲内に、地下水や内部溢水を浸水させない（内郭防護）※1	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備※1	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備※1	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）※1	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 海水ポンプ床面に設置された機器（外郭防護2）	× 該当しない
		・建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備※1	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内部溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護）※1	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 海水ポンプ床面に設置された機器（内郭防護）	× 該当しない
津波影響軽減施設	津波防護施設、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施設・設備※2	・敷地前面の港湾内又は港湾外の海中に設置しているもの（防波堤、離岸堤、潜堤、人工リーフ等）※3	・基準津波に対して津波による影響を軽減する※3	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 取水口防潮ゲート前面の取水口に設置された施設
		・敷地前面の陸上（津波防護施設、浸水防止設備の外側）に設置しているもの（消波工、根固工）※3		× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない

※1 耐津波設計に係る工認審査ガイド P26「3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類」より抜粋

※2 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド P21「耐津波設計に係る審査において、対象となる施設・設備の意味及び例」より抜粋

※3 耐津波設計に係る工認審査ガイド P24「3.7.2 津波影響軽減施設・設備の扱い」より抜粋

※4 耐津波設計に係る工認審査ガイド P22「3.7.1 漂流物による波及的影響の検討」を参考

補足資料 3.

海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

1号炉及び2号炉

1. 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

海水ポンプからの取水時に、海水中に含まれる浮遊砂が軸受潤滑水として混入する可能性があるが、図-1に示すとおり、異物逃がし溝（上部及び中間、下部軸受：4.0mm、吸込みベル部軸受：約5.0mm）での連続排出により、海水ポンプの取水機能は維持できる設計となっている。これまでの運転実績においても、浮遊砂混入による軸受損傷トラブルは発生していないが、発電所周辺の細かな砂粒径約0.3mm程度のものが軸受に混入した場合の軸受耐性について評価する。

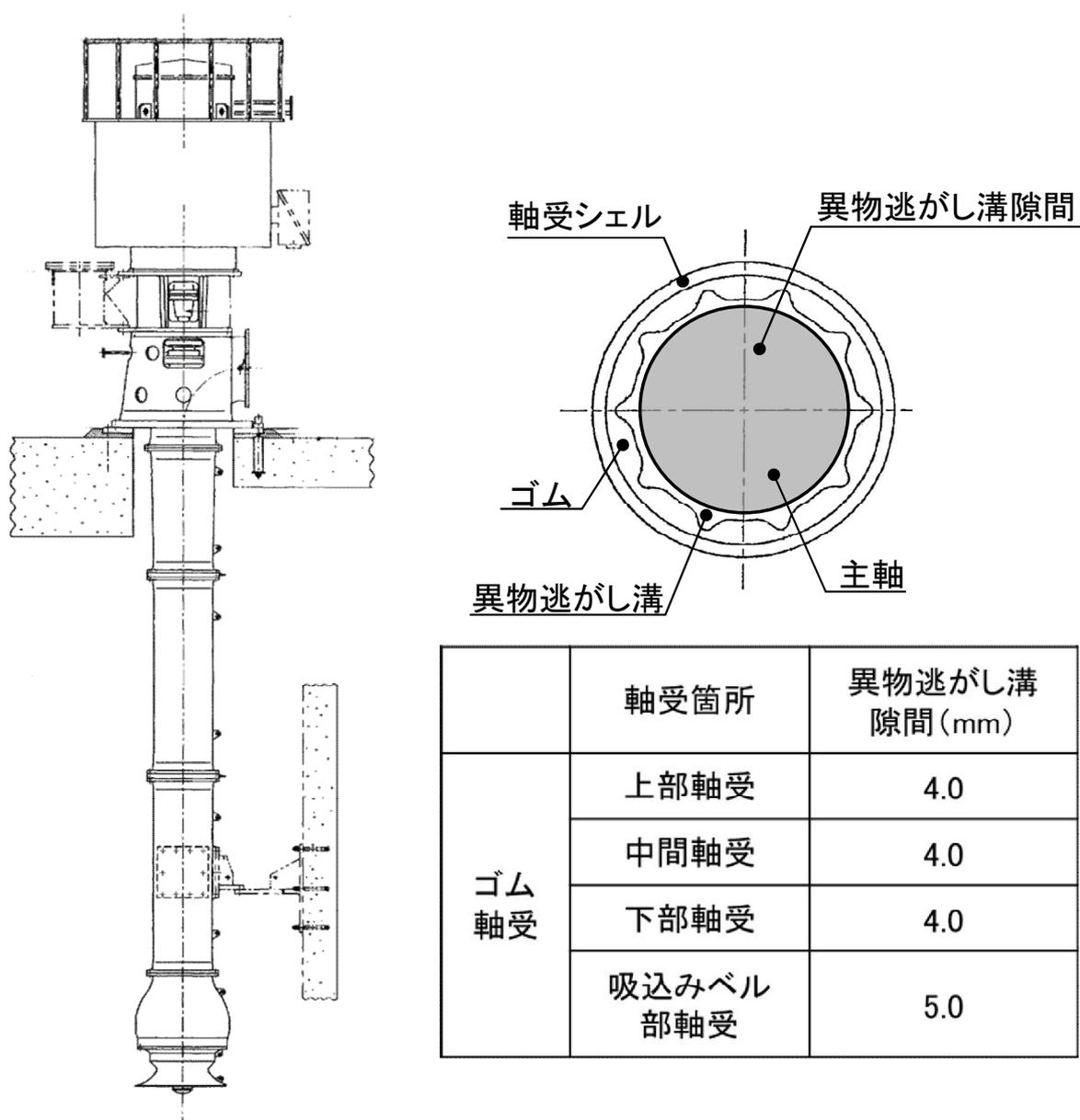


図-1 海水ポンプ軸受構造図

(1) メーカーにおける軸受摩耗試験結果

実機海水ポンプを模擬し、浮遊砂濃度 (4×10^{-3} , 2×10^{-2} wt%) 連続注入時における運転試験を実施して、軸受の摩耗量を測定した。表-1 に試験条件、図-2 に海水ポンプ軸受摩耗試験装置を示す。

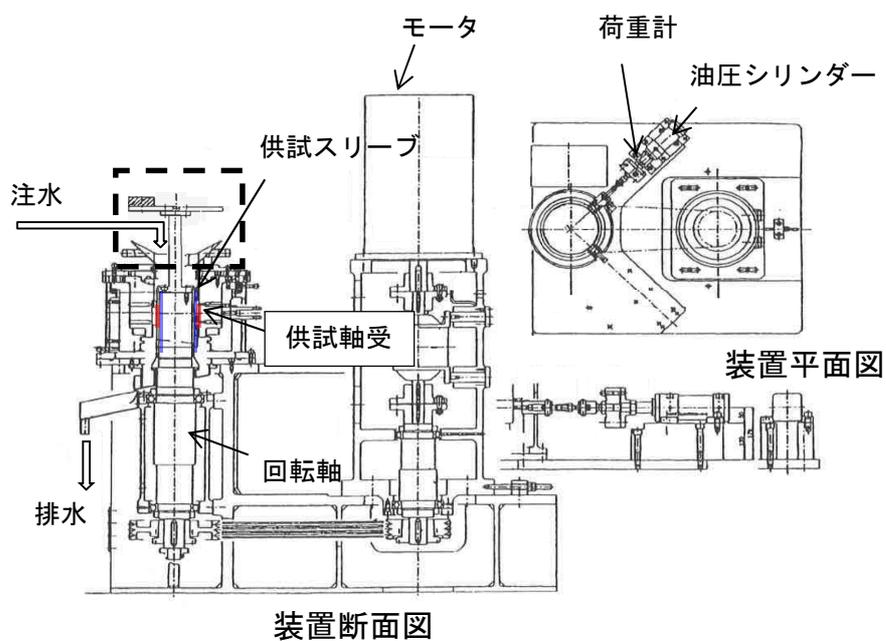


図-2 海水ポンプ軸受摩耗試験装置

この摩耗量の測定結果を用いて比摩耗量 K_1 を評価し、①の寿命評価式を用いて評価した結果、浮遊砂濃度 2×10^{-2} wt% の場合のゴム軸受の寿命時間は約 6200 時間となる。計算条件を表-2 に示す。

軸受寿命評価式（機械工学便覧参照）

$$T_1 = \frac{\sigma}{PVK_1}$$

K_1 : 浮遊砂濃度 2×10^{-2} % 時の比摩耗量 [mm²/kgf]
 σ : 許容摩耗量 [mm]
 P : 軸受面圧 [kgf/mm²]
 V : 周速 [mm/s]
 T_1 : 浮遊砂濃度 2×10^{-2} % 時の寿命時間 [s]

表-1 海水ポンプ軸受摩耗試験条件 [浮遊砂濃度 4×10^{-3} , 2×10^{-2} wt%]

項目	試験条件
回転数 [rpm]	716
面圧 [MPa]	0.05
砂粒径 [mm]	0.3
軸受材料	ゴム軸受

表-2 海水ポンプ軸受寿命評価条件 [浮遊砂濃度 2×10^{-2} wt%]

--

一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

(2) 基準津波時の砂移動評価結果からの寿命評価

基準津波時における砂移動評価結果から海水ポンプ室前の浮遊砂濃度は、 $2.5 \times 10^{-1} \text{wt}\%$ となる（別紙）。前項のメーカー試験の比摩耗量とこの結果を用いて津波時の浮遊砂濃度 $2.5 \times 10^{-1} \text{wt}\%$ における比摩耗量を評価する。

比摩耗量の②式は、公開文献「立軸ポンプ用セラミックス軸受に関する研究」から引用している。この公開文献では、200～3000ppmのスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており、比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており、この知見を参考とした。

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{C_\omega}{C_0} \right)^{0.9} \dots \textcircled{2}$$

$\omega_0 (K_1)$: 200ppmにおける比摩耗量

$\omega (K_2)$: 種々のスラリー濃度における比摩耗量

C_0, C_ω : スラリー濃度

比摩耗量を計算した結果を図-3に示す。この結果から寿命評価をした結果、運転可能時間はゴム軸受：約580時間となる。計算条件を表-3に示す。

以上より、海水ポンプ軸受は津波時の浮遊砂に対して十分な耐性がある。

表-3 海水ポンプ軸受寿命計算条件[浮遊砂濃度 $2.5 \times 10^{-1} \text{wt}\%$]



一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



図-3 海水ポンプ軸受比摩耗量評価結果

出典：立軸ポンプ用セラミックス軸受に関する研究、湧川ほか
(日本機械学会論文集 (B 編) 53 巻 491 号 (昭 62-7)、pp. 2094-2098 に追記

(3) 評価結果

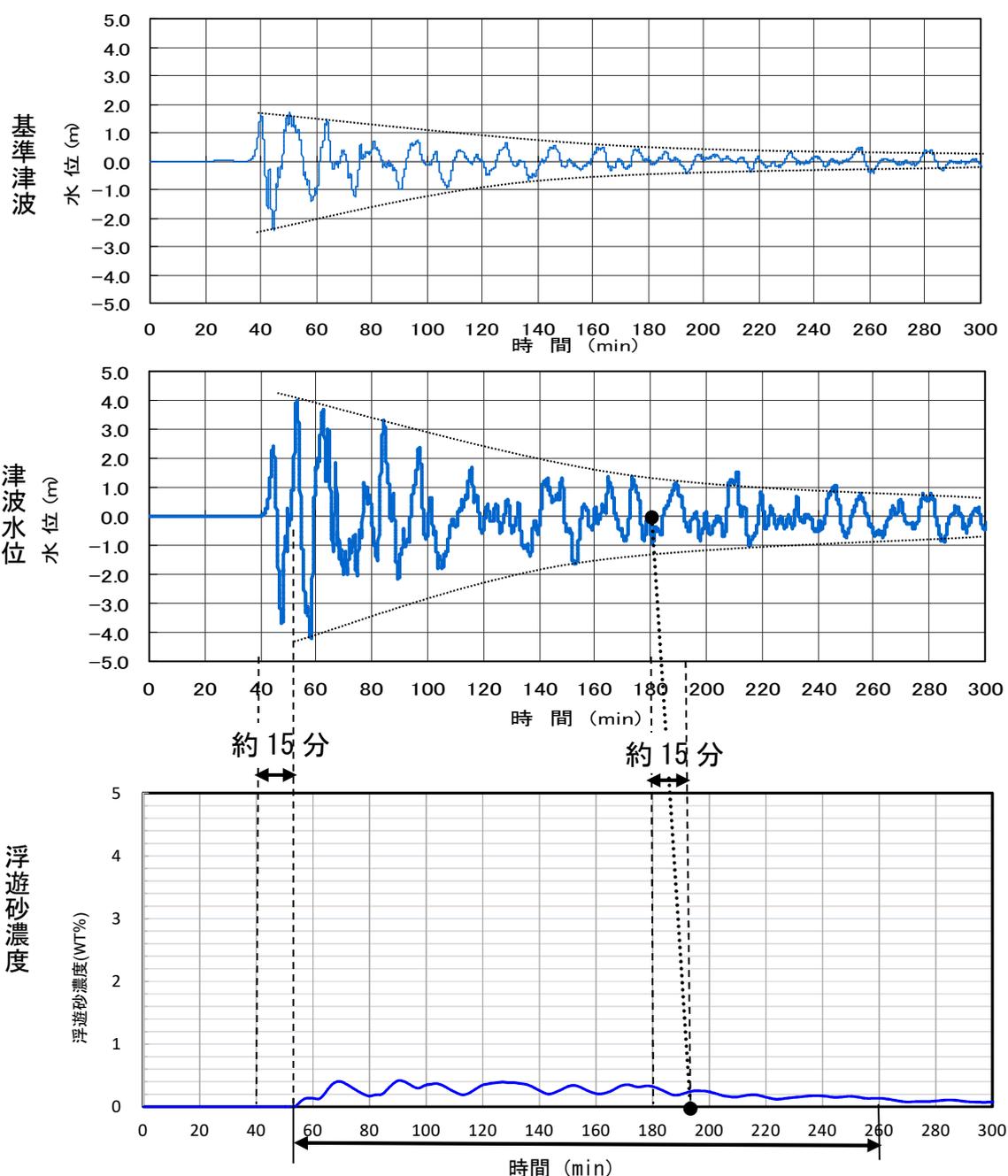
津波襲来時に海水ポンプ軸受部に細かな砂が混入したとしても海水ポンプ軸受耐性は十分にあり、取水性に問題がないと評価する。また、万一、運転中の海水ポンプ軸受に問題が生じたとしても、待機ポンプを保有していることから、待機ポンプを起動し、機能を継続することが出来る。

一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

海水ポンプ室砂濃度について

基準津波の水位波形および津波評価での取水口における津波水位波形並びに浮遊砂濃度評価での海水ポンプ室における浮遊砂濃度を以下に示す。

津波水位の変化が現れる時間と、砂移動に伴い海水ポンプ室の浮遊砂濃度に変化が現れる時間では約 15 分の時間差がある。基準津波および取水口における津波水位変化は、ほぼ 180 分で津波が収束傾向を示していることから、砂移動評価においては津波水位評価 180 分にこの時間差約 15 分を加え、更に砂濃度の減少傾向を加味し、55 分から 260 分までの砂平均濃度を用いることとする。



「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））
高橋ほか（1999）の手法による海水ポンプ室評価結果」

3号炉及び4号炉

1. 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

海水ポンプからの取水時に、海水中に含まれる浮遊砂が軸受潤滑水として混入する可能性があるが、図-1 に示すとおり、異物逃がし溝（ゴム軸受:約 5.5mm、テフロン軸受:約 4.2mm）での連続排出により、海水ポンプの取水機能は維持できる設計となっている。これまでの運転実績においても、浮遊砂混入による軸受損傷トラブルは発生していないが、発電所周辺の細かな砂粒径約 0.3mm 程度のものが軸受に混入した場合の軸受耐性について評価する。

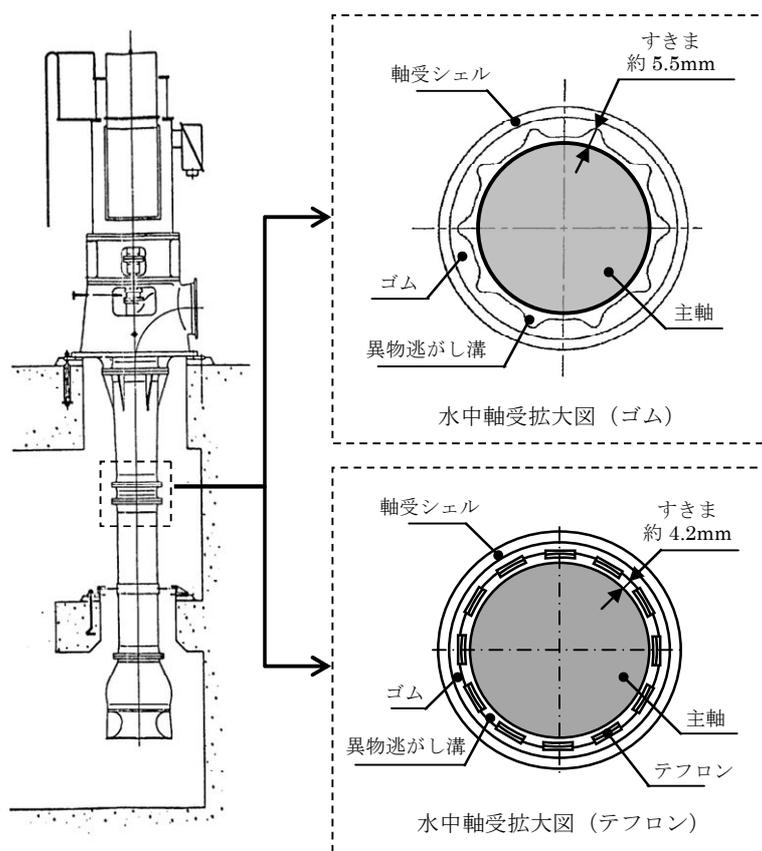


図-1 海水ポンプ軸受構造図

(1) メーカーにおける軸受摩耗試験結果

実機海水ポンプを模擬し、浮遊砂濃度 (4×10^{-3} , 2×10^{-2} wt%) 連続注入時における運転試験を実施して、軸受の摩耗量を測定した。表-1 に試験条件、図-2 に海水ポンプ軸受摩耗試験装置を示す。

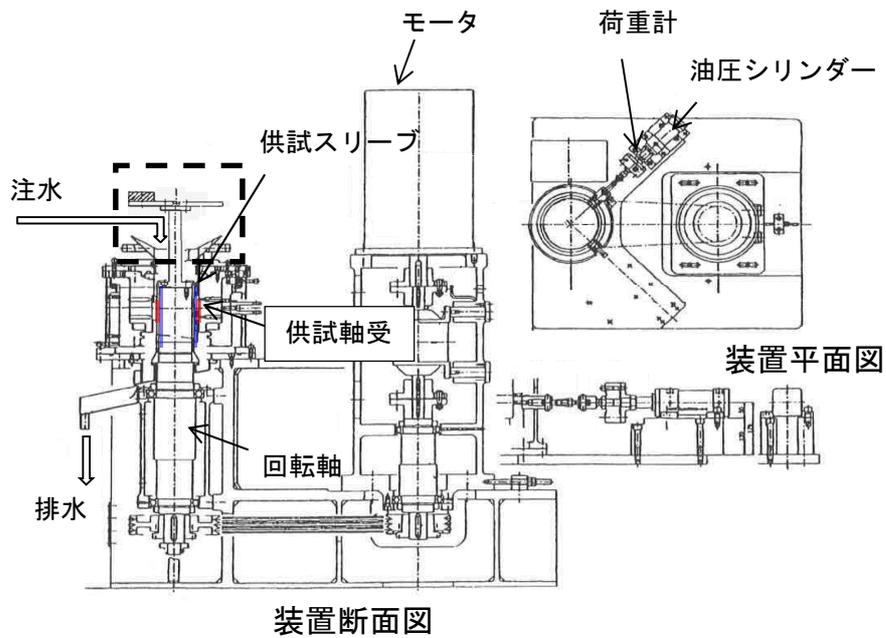


図-2 海水ポンプ軸受摩耗試験装置

この摩耗量の測定結果を用いて比摩耗量 K_1 を評価し、①の寿命評価式を用いて評価した結果、浮遊砂濃度 2×10^{-2} wt% の場合のゴム軸受の寿命時間は約 6200 時間、テフロン軸受の寿命時間は約 3000 時間となる。計算条件を表-2 に示す。

軸受寿命評価式（機械工学便覧参照）

$$T_1 = \frac{\sigma}{PVK_1} \quad \dots \textcircled{1}$$

K_1 : 浮遊砂濃度 2×10^{-2} % 時の比摩耗量 [mm²/kgf]
 σ : 許容摩耗量 [mm]
 P : 軸受面圧 [kgf/mm²]
 V : 周速 [mm/s]
 T_1 : 浮遊砂濃度 2×10^{-2} % 時の寿命時間 [s]

表-1 海水ポンプ軸受摩耗試験条件 [浮遊砂濃度 4×10^{-3} , 2×10^{-2} wt%]

項目	試験条件
回転数 [rpm]	716
面圧 [MPa]	0.05
砂粒径 [mm]	0.3
軸受材料	ゴム軸受 テフロン軸受

表-2 海水ポンプ軸受寿命評価条件 [浮遊砂濃度 2×10^{-2} wt%]

--

一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

(2) 基準津波時の砂移動評価結果からの寿命評価

基準津波時における砂移動評価結果から海水ポンプ室前の浮遊砂濃度は、 1.3×10^{-1} wt%となる（別紙）。前項のメーカー試験の比摩耗量とこの結果を用いて津波時の浮遊砂濃度 1.3×10^{-1} wt%における比摩耗量を評価する。

比摩耗量の②式は、公開文献「立軸ポンプ用セラミックス軸受に関する研究」から引用している。この公開文献では、200～3000ppmのスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており、比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており、この知見を参考とした。

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{C_w}{C_0} \right)^{0.9} \dots \textcircled{2}$$

ω_0 (K_1) : 200ppmにおける比摩耗量

ω (K_2) : 種々のスラリー濃度における比摩耗量

C_0 、 C_w : スラリー濃度

比摩耗量を計算した結果を図-3 に示す。この結果から寿命評価をした結果、運転可能時間はゴム軸受:約 1150 時間、テフロン軸受:約 560 時間となる。計算条件を表-3 に示す。

以上より、海水ポンプ軸受は津波時の浮遊砂に対して十分な耐性がある。

表-3 海水ポンプ軸受寿命計算条件[浮遊砂濃度 1.3×10^{-1} wt%]



一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。



図-3 海水ポンプ軸受比摩耗量評価結果

出典：立軸ポンプ用セラミックス軸受に関する研究、湧川ほか
(日本機械学会論文集 (B 編) 53 巻 491 号 (昭 62-7)、pp. 2094-2098 に追記

(3) 評価結果

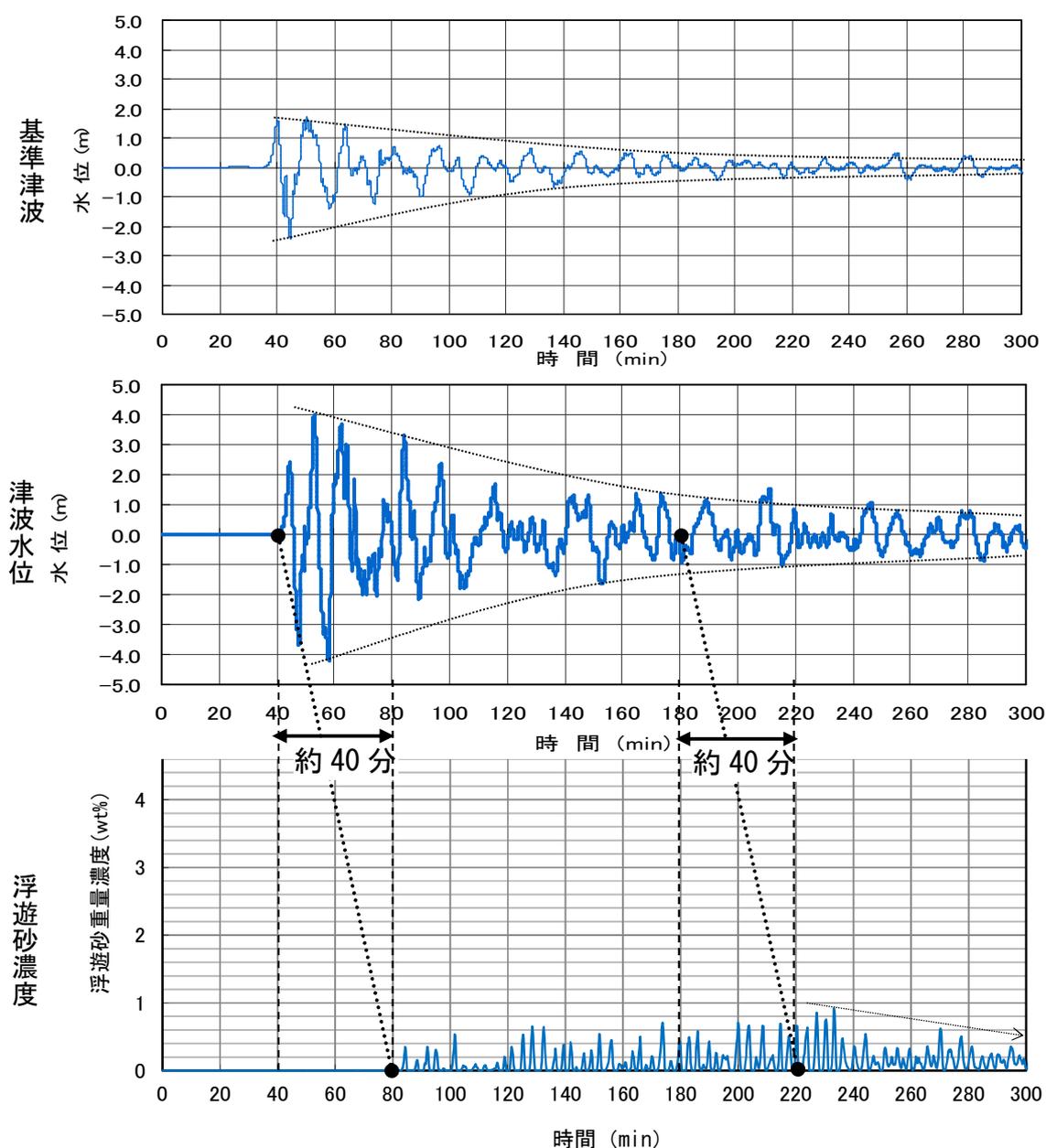
津波襲来時に海水ポンプ軸受部に細かな砂が混入したとしても海水ポンプ軸受耐性は十分にあり、取水性に問題がないと評価する。また、万一、運転中の海水ポンプ軸受に問題が生じたとしても、待機 2 台 (定格流量 100%×2 台) を保有していることから、待機ポンプを起動し、機能を継続することが出来る。

一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

海水ポンプ室砂濃度について

基準津波の水位波形および津波評価での取水口における津波水位波形並びに浮遊砂濃度評価での海水ポンプ室における浮遊砂濃度を以下に示す。

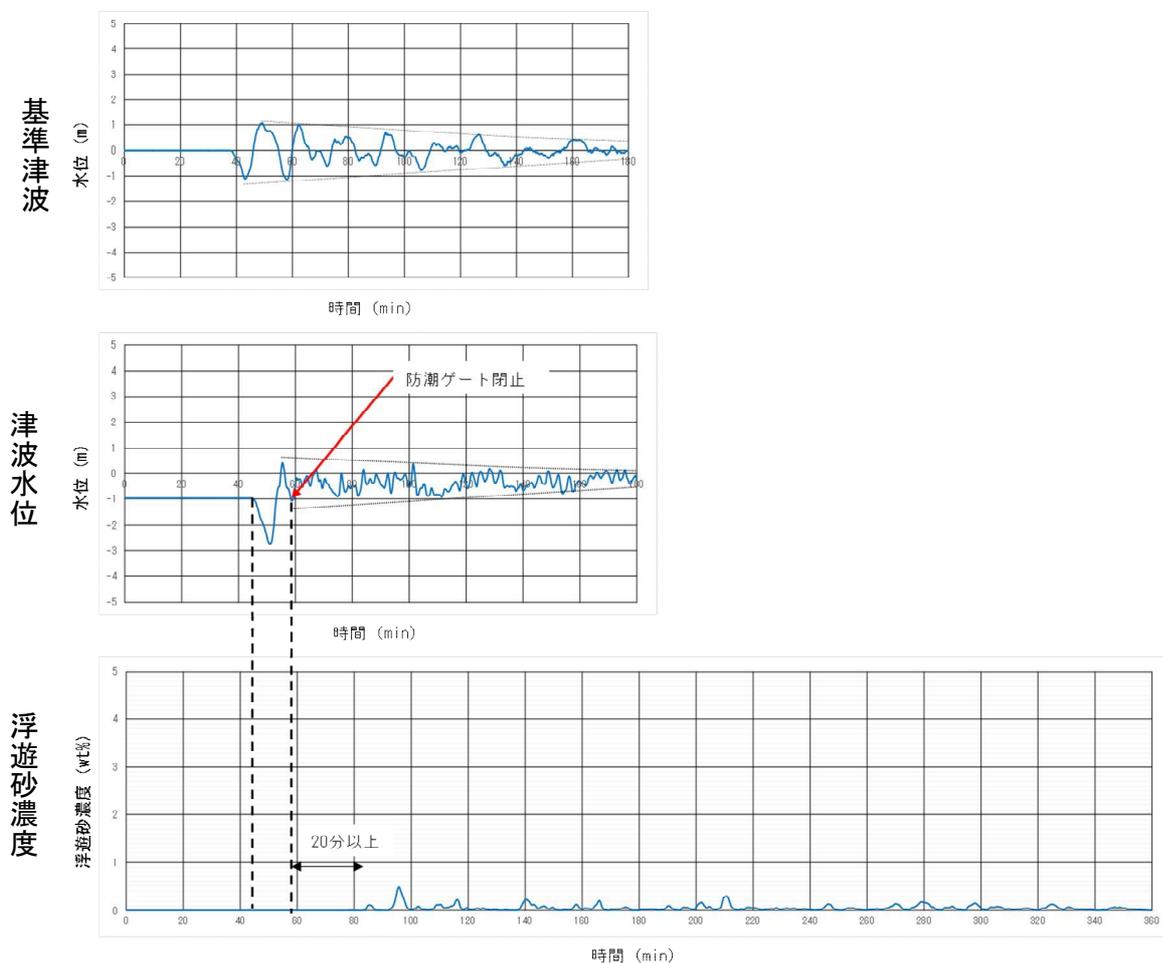
津波水位の変化が現れる時間と、砂移動に伴い海水ポンプ室の浮遊砂濃度に変化が現れる時間では約 40 分の時間差がある。基準津波および取水口における津波水位変化は、ほぼ 180 分で津波が収束傾向を示していることから、砂移動評価においては津波水位評価 180 分にこの時間差約 40 分を加え、更に 220 分以降の砂濃度の減少傾向を加味し、80 分から 260 分までの砂平均濃度を用いることとする。



「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))
高橋ほか (1999) の手法による海水ポンプ室評価結果」

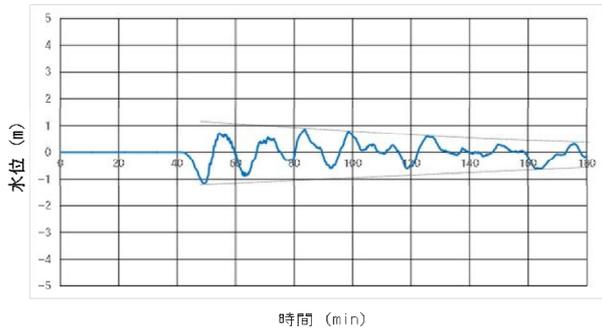
(参考) 基準津波 3 及び基準津波 4 による浮遊砂濃度について

基準津波 3 及び基準津波 4 について津波水位の変化が現れる時間と、砂移動に伴い海水ポンプ室の浮遊砂濃度に変化が現れる時間を比較したところ、浮遊砂濃度の変化は取水路防潮ゲートが閉止してから 20 分以上時間が経過している。また、浮遊砂の濃度についても基準津波 1 の半分程度となっていることから、浮遊砂濃度の評価について基準津波 1 による値を用いることは妥当であると判断できる。

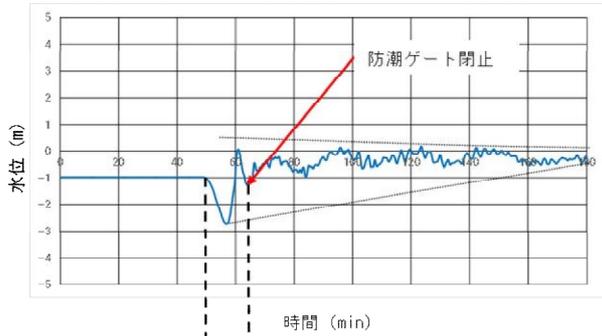


参考図 1 基準津波 3 (隠岐トラフ海底地すべり (エリア B))
高橋ほか (1999) の手法による海水ポンプ室評価結果

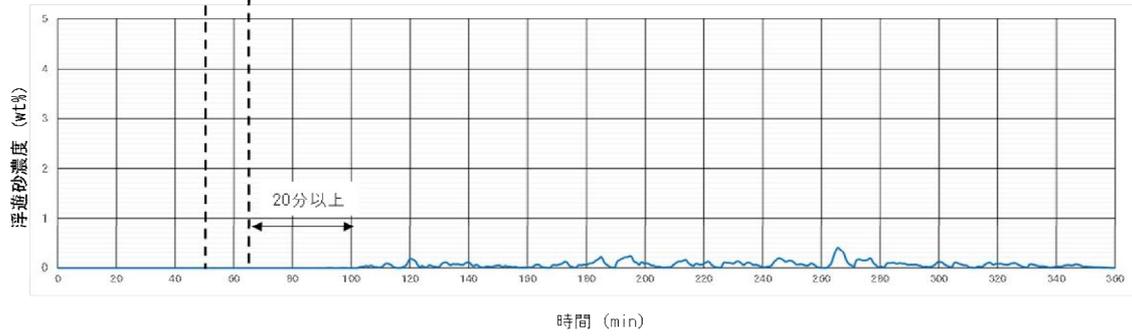
基準津波



津波水位



浮遊砂濃度



参考図2 基準津波4（隠岐トラフ海底地すべり（エリアC））
高橋ほか（1999）の手法による海水ポンプ室評価結果

燃料等輸送船の係留索の耐力について
(高浜発電所 津波警報等が発表されない
可能性がある津波に対する評価)

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、輸送船が荷役中の場合は退避準備に 20 分間を要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施している。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は 1 号及び 2 号炉中央制御室並びに 3 号及び 4 号炉中央制御室の当直課長からの周知（ページング）を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位の欠測時には退避しない運用としていた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輸送船への影響評価を行い、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海底地すべり単独による津波の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. 海底地すべり津波の評価

（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）
	ビット数、位置	（図 1 参照）
	係留状態	（図 1 参照）
	強度	50[t]

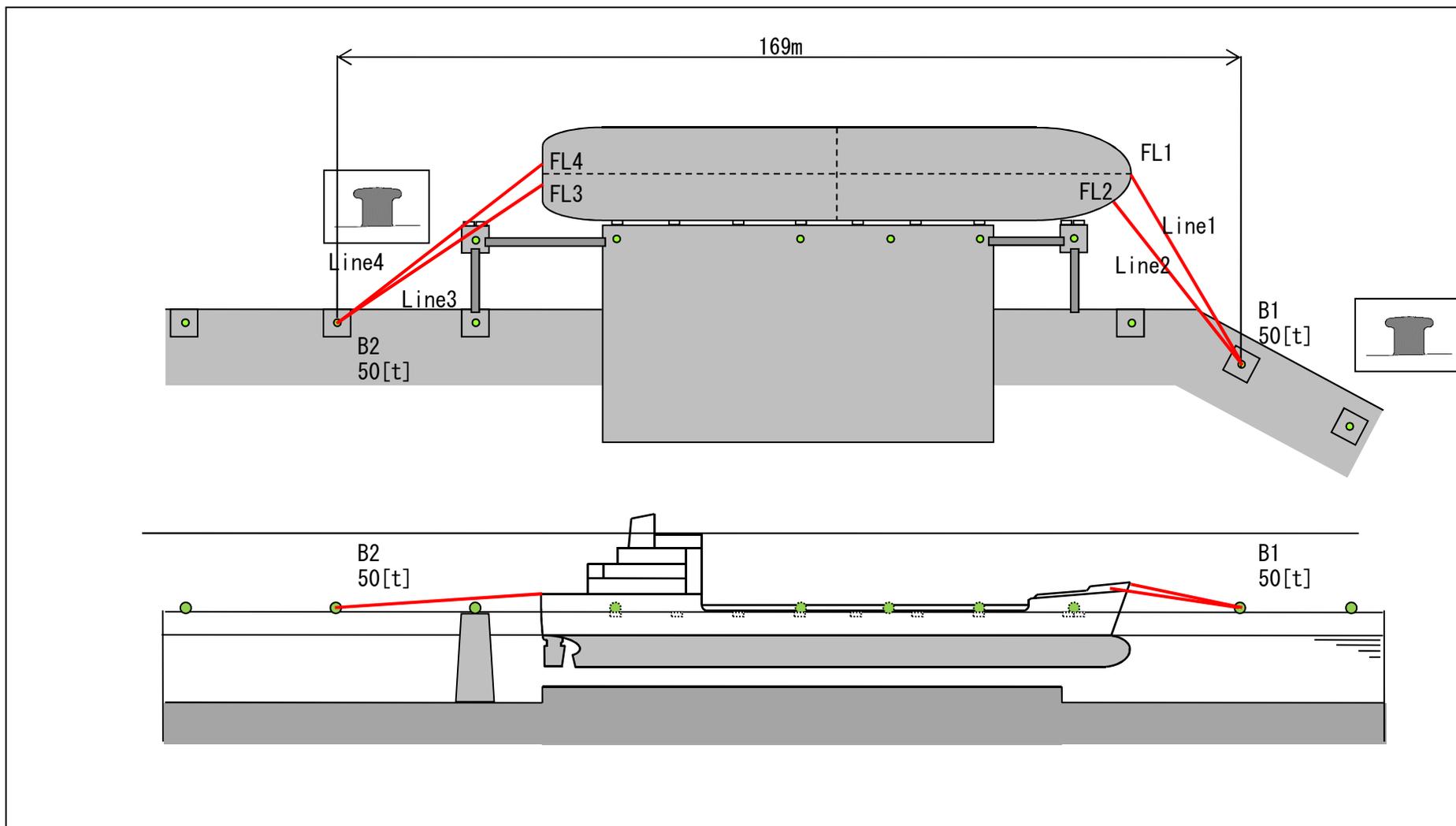


図-1 輸送船、係留索、係船柱の配置※イメージ

※接岸時は通常、6本程度以上で係留する。この評価においては、保守的に行うことを目的に鋼船規則上の最低本数（4本）を仮定。

(2) 各波源モデルによる津波流速

表-2に各波源モデルによる最大流速を示す。この中から、最大流速となる波源モデルを選定し、その最大流速により評価を実施する。

【選定結果】

① 最大流速（水位上昇側）：1.1[m/s]

評価に使用する最大流速（水位上昇側）は表-2のとおり、①エリアB Kinematicモデルの水位上昇側から、流速1.1[m/s]を選定する。

なお、1.1[m/s]は、計算値1.05[m/s]を保守的に切上げた値である。

(参考)

エリアB Kinematicモデルの水位下降側においても最大流速1.1[m/s]となっているが、詳細は1.01[m/s]を保守的に切上げた値である。

表-2 各波源モデルによる最大流速

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	
地震 以外に 起因する 津波	海底地すべり	エリアA	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	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C	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	

(3) 最大流速の波源モデルによる波形

図-2に最大流速の波源モデルによる津波の流速を示す。

また、図-3に津波流向（イメージ）を示す。

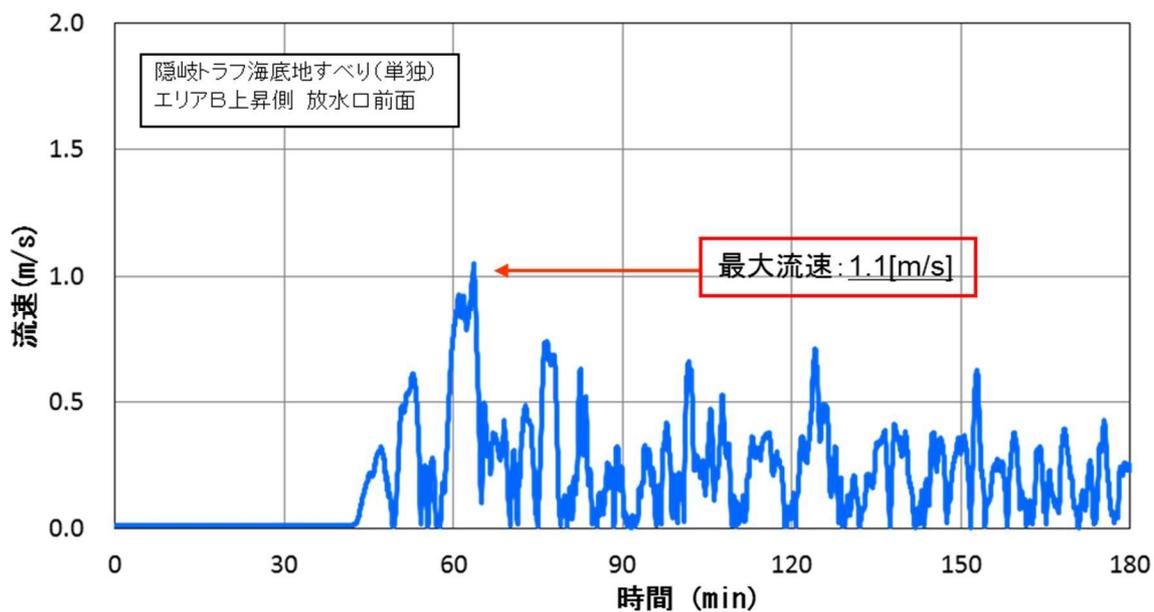


図-2 ①エリアB Kinematic モデル上昇側の流速—放水口前面—

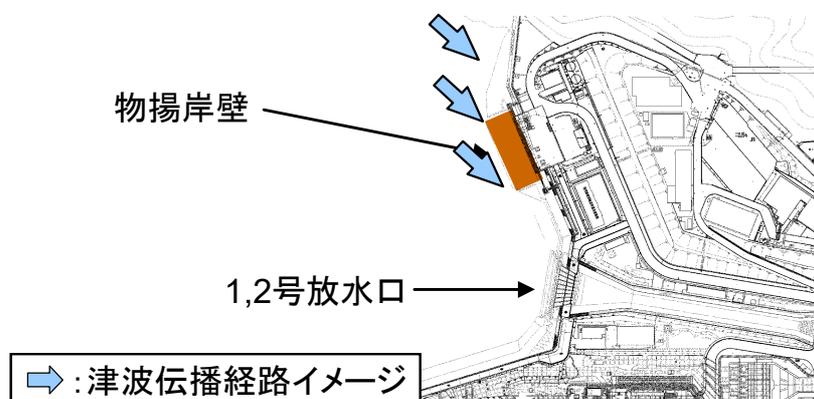
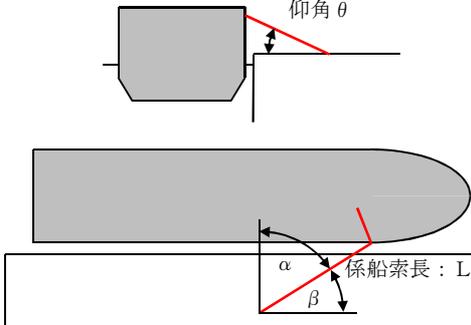


図-3 津波流向（イメージ）

(4) 係留力

係留力の計算方法を表-3に、計算結果を表-4、図-4、5に示す。

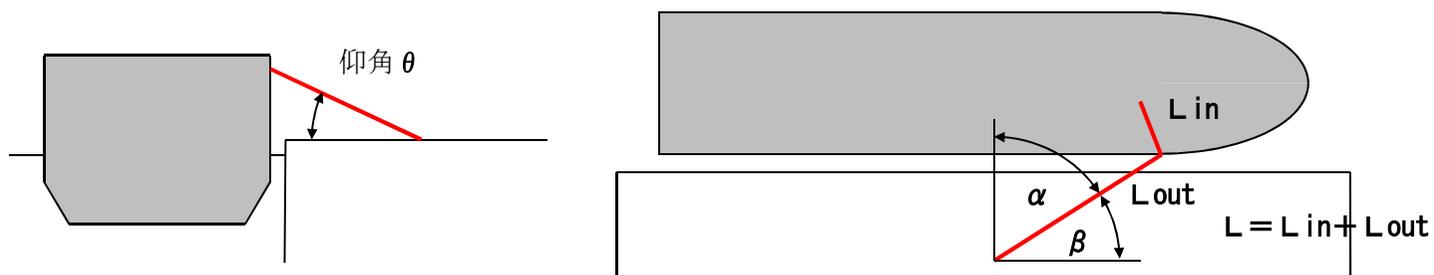
表-3 係留力の計算方法

<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left(\frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left(\frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$	
<p> R_x : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f、後方は添字 a) 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) </p>	

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

表-4 係留力 (図-1) の計算結果

フェアリーダ	索種類		ビット	係船索長さ[m]		係留角[deg]		索張力 T [tonf]	係留力 前後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]		
				船外		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	Σ 36.92	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	Σ 39.60	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			



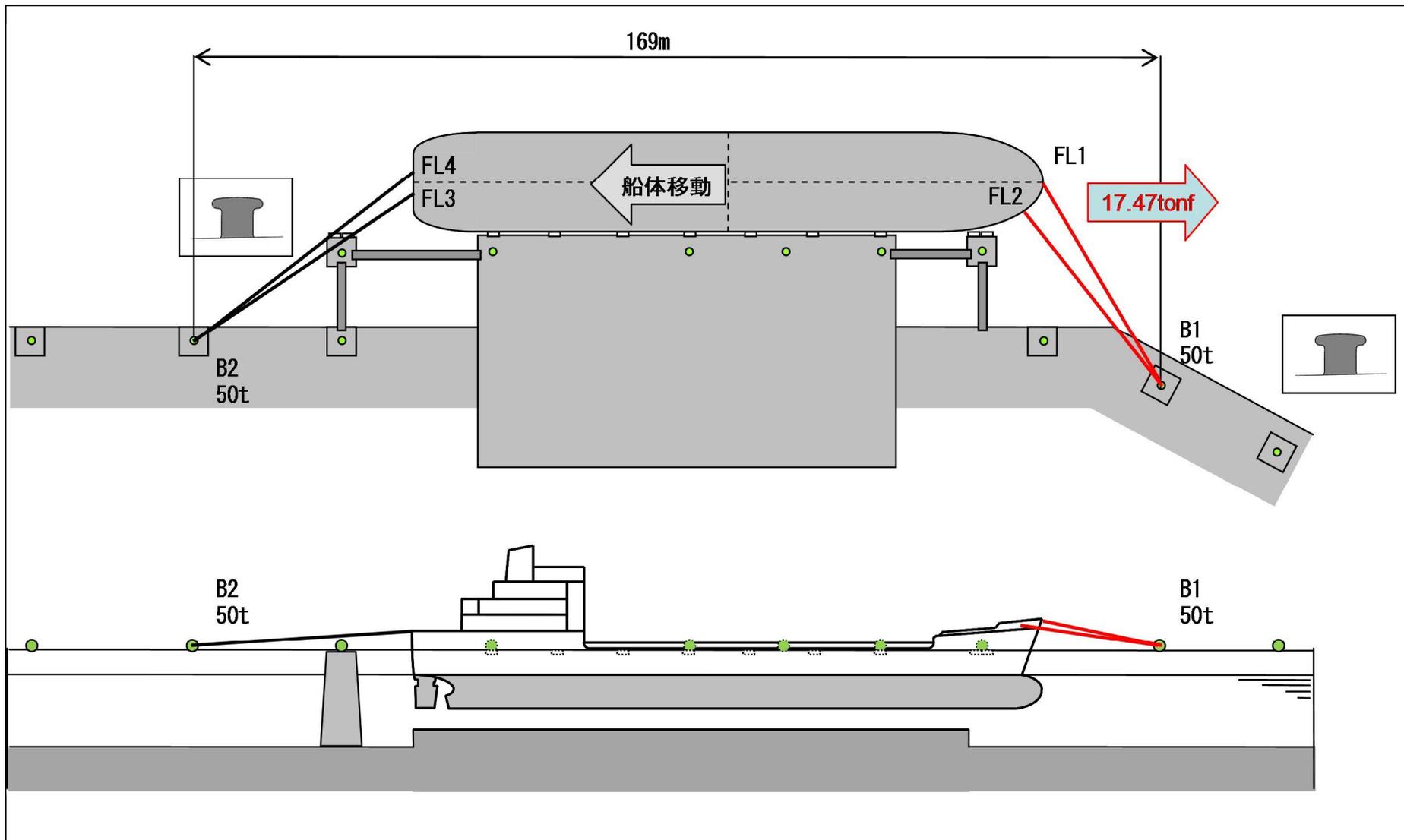


図-4 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

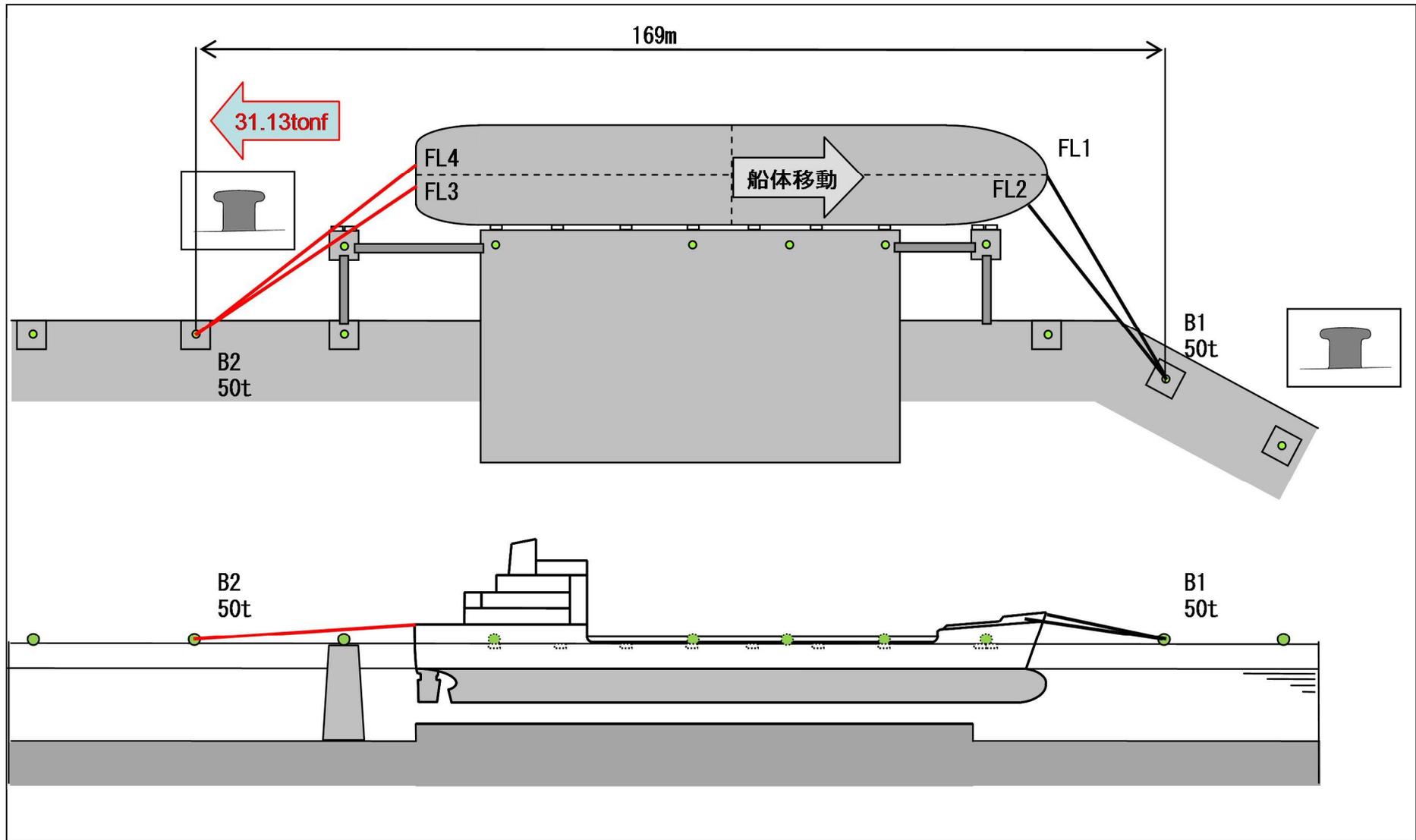


図-5 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

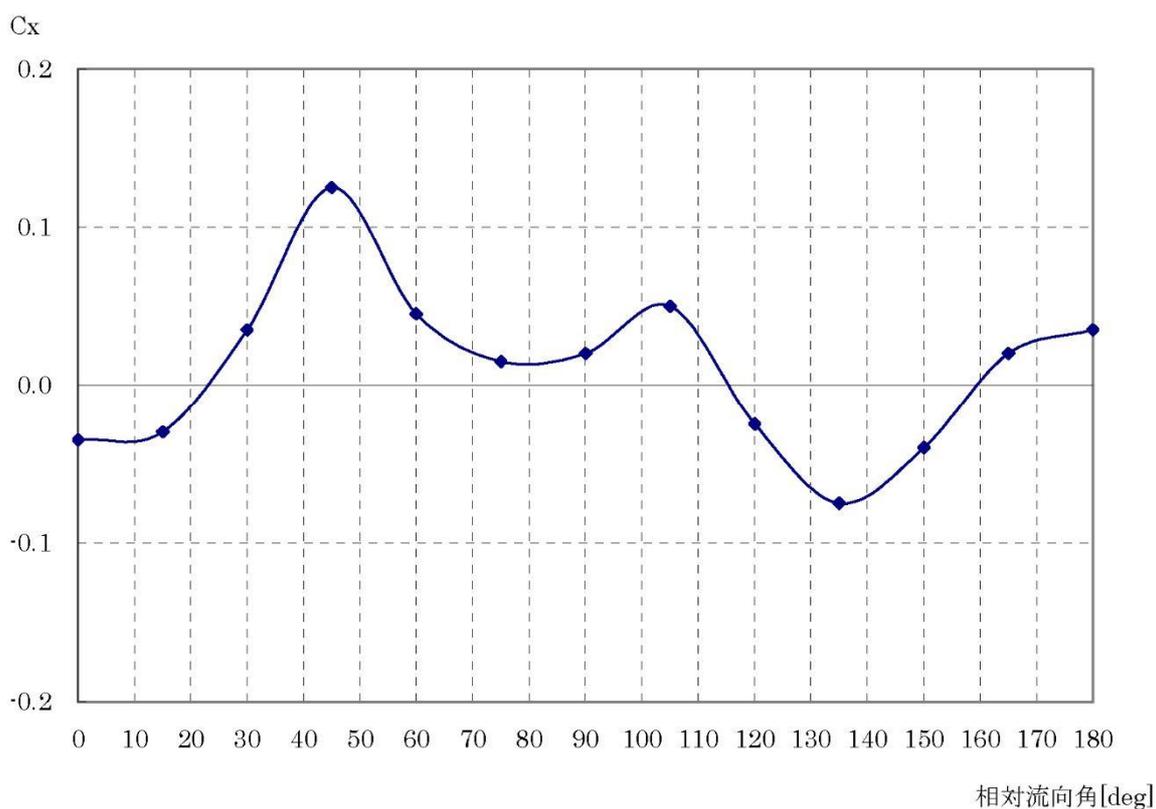
(5) 流圧力

流圧力の計算方法を表-5に示す。計算結果について、前項で求めた係留力との比較結果を図-6に示す。

表-5 流圧力の計算方法

<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Xc} = \frac{1}{2} \times C_{Xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	<p>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・sec²/m⁴] (=104.5kg・sec²/m⁴)</p>
--	---

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)



(出典：VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

縦方向流圧力係数[C_x]

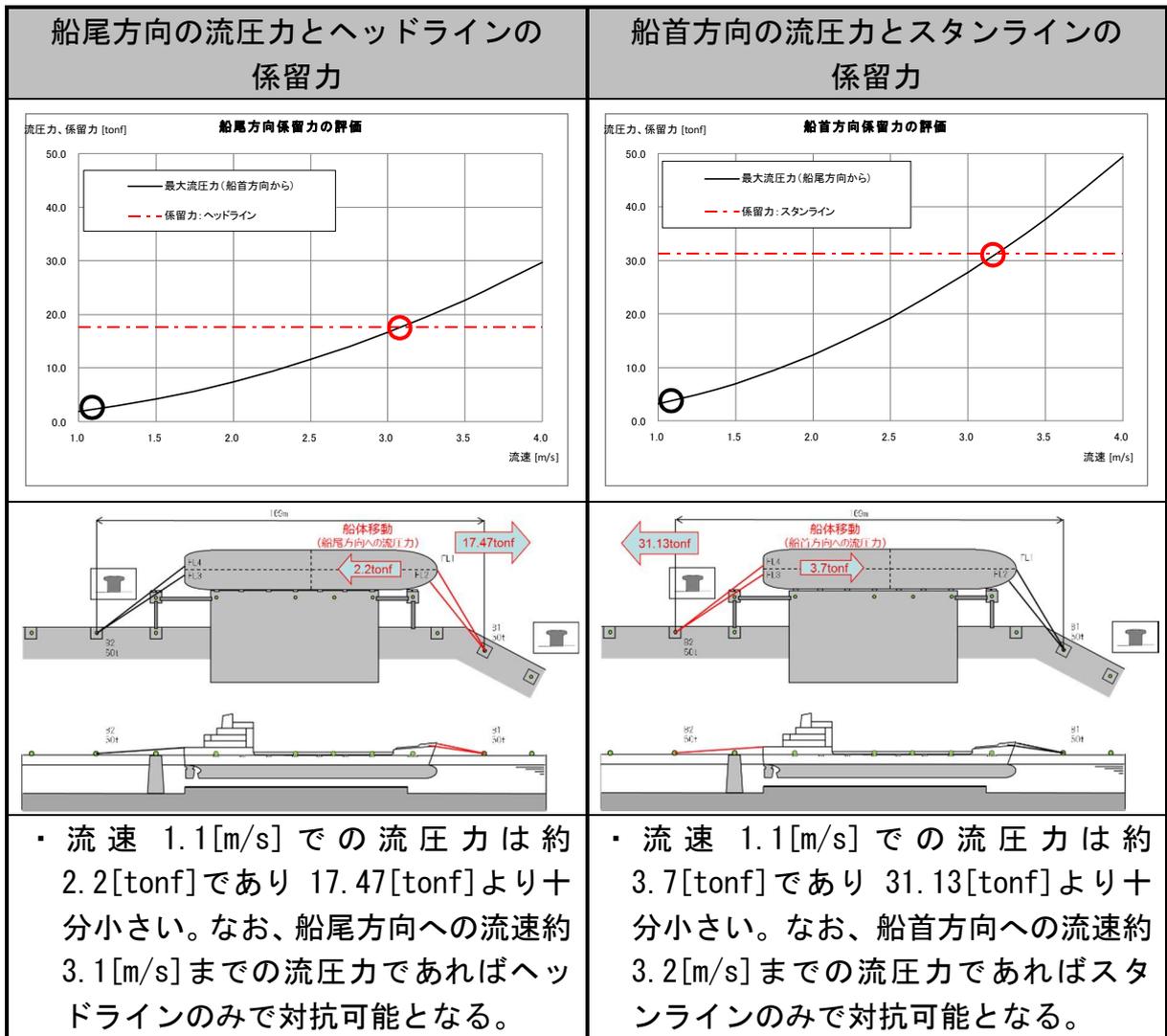


図-6 流圧力と係留力の比較

3. まとめ

海底地すべり津波の最大流速（流速 1.1[m/s]：図-2 参照）による流圧力（約 2.2～3.7[tonf]：図-6 参照）に対し、係留力（約 17～31[tonf]：表-4 参照）が上回ることを確認した。

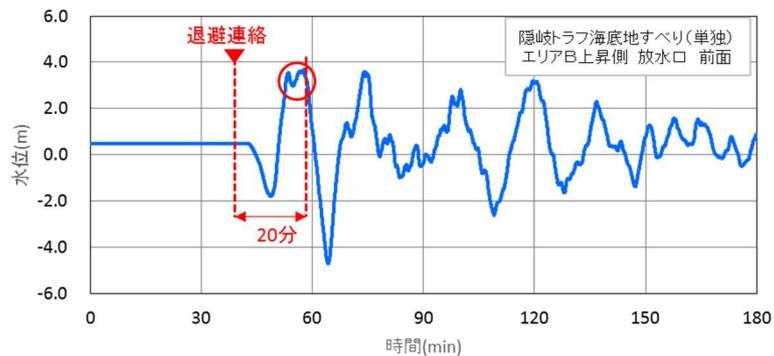
したがって、輸送船係留時に海底地すべり津波が襲来した場合でも、係留状態を維持することは可能である。

以上

荷役中に海底地すべり津波が襲来した場合に輸送船が退避できない理由

参考図 1-1 のとおり、海底地すべり津波は退避連絡後 20 分未満で最高水位に到達することがある。荷役中であった場合、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。

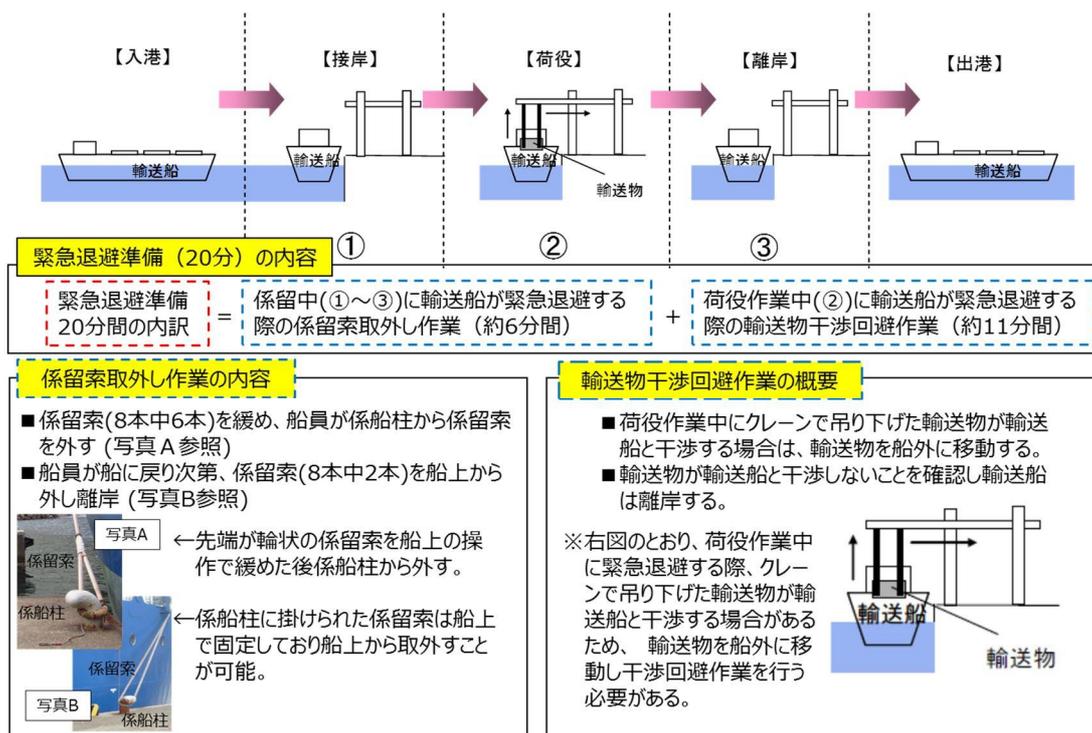
参考として、表 1-1 に既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較を示す。また、参考図 1-2 に緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要を示す。



参考図 1-1 基準津波 3 の時刻歴波形

表 1-1 既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較

	早期襲来津波	海底地すべり津波
対象津波	①陸上地すべり (No. 1, 2, 3) 津波 ②基準津波 2 (津波警報発表後、基準津波 1 より早く到達)	基準津波 3 (退避連絡後、基準津波 4 より早く到達)
第一波最高水位	①T. P. +2. 20m ②T. P. +2. 15m	T. P. +3. 85m
岸壁遡上時間	①約 2 分後 (津波発生後) ②約 1 1 分後 (地震発生後)	約 16 分後 (退避連絡後)
輸送船対応	(荷役中および荷役中以外) ・津波高さは物揚岸壁 (T. P. +2. 0m) を僅かに超える程度の高さでかつ岸壁を超えるのは短時間 (1 分間未満) であり、水位低下後、船員が岸壁に降りて係留索取外し作業 (最大約 6 分間) を行うことは可能であり、既許可の早期襲来津波については、荷役中であっても、 輸送船は緊急退避可能 ・なお、津波流速は最大でも 1. 0m/s 未満であり、輸送船の性能は、津波の最大流速を上回っているため、適切な操船で退避可能であり、退避後に漂流物になることはない	(荷役中) ・津波高さは物揚岸壁 (T. P. +2. 0m) を大きく上回り、岸壁高さを超える退避連絡後約 16 分以降は岸壁で作業ができないため、20 分以内に 緊急退避できない (荷役中以外) ・退避連絡後、速やかに係留索を取外して、第一波到達前に 輸送船は緊急退避可能 ・なお、津波流速は最大でも 1. 1m/s 未満であり、輸送船の性能は、津波の最大流速を上回っているため、適切な操船で退避可能であり、退避後に漂流物になることはない
波形	<p>陸上地すべり (No. 1, 2, 3) 上昇側 放水口 前面 津波高さ: 2. 20m 津波流速: 1. 0m/s</p> <p>基準津波 2 津波高さ: 2. 15m 津波流速: 0. 9m/s</p>	<p>基準津波 3 津波高さ: 3. 85m 津波流速: 1. 1m/s</p>



なお、係船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

参考図 1-2 : 緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要

燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
（高浜発電所 津波警報等が発表されない
可能性がある津波に対する評価）

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、輸送船が荷役中の場合は退避準備に 20 分間を要するため、その間は緊急退避できない可能性がある。このため、この 20 分間に襲来する早期襲来津波に対して輸送船への影響評価を実施している。また、津波警報等が発表されない可能性がある津波（海底地すべり津波）が発生した場合は、より安全性を高めるため、輸送船は緊急退避する運用としており、発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、1号及び2号炉中央制御室並びに3号及び4号炉中央制御室の当直課長からの周知（ページング）を受け緊急退避を行うが、前述と同様に輸送船が荷役中の場合は緊急退避できない可能性があることや発電所構外の観測潮位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輸送船への影響評価を行い、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。

2. 海底地すべり津波の評価

(1) 各波源モデルによる最高水位および最低水位

表-1に各波源モデルによる津波の最高水位および最低水位を示す。この中から、最高水位および最低水位となる波源モデルを選定し、その最高水位および最低水位により評価を実施する。

表-1 各波源モデルによる最高水位および最低水位

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
地震以外に起因する津波	エリアA	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	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	1.1	-5.4 ^②	1.1
	エリアC	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

【選定結果】

①最高水位 : T. P. +3.85[m]

最高水位は、表-1①の T. P. +3.7[m]（朔望平均満潮位 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。

（参考）

エリアC Kinematic モデルの水位上昇側においても最高水位 T. P. +3.7[m]となっているが、詳細はエリアB Kinematic モデルは T. P. +3.69[m]、エリアC Kinematic モデルは T. P. +3.65[m] を保守的に切上げた値である。

②最低水位 : T. P. -5.57[m]

評価用の最底水位は、表-1②の T. P. -5.4[m]（朔望平均干潮位 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。

(2) 選定した波源モデルの波形

図-1～3に波源モデルによる最高水位、最低水位および最大流速を示す。

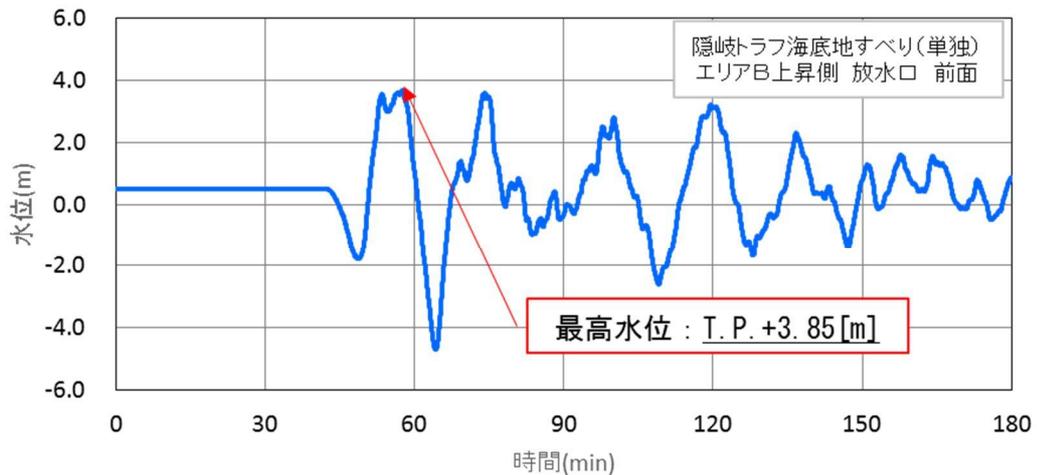


図-1 ①エリアB Kinematic モデル上昇側の津波水位—放水口前面—

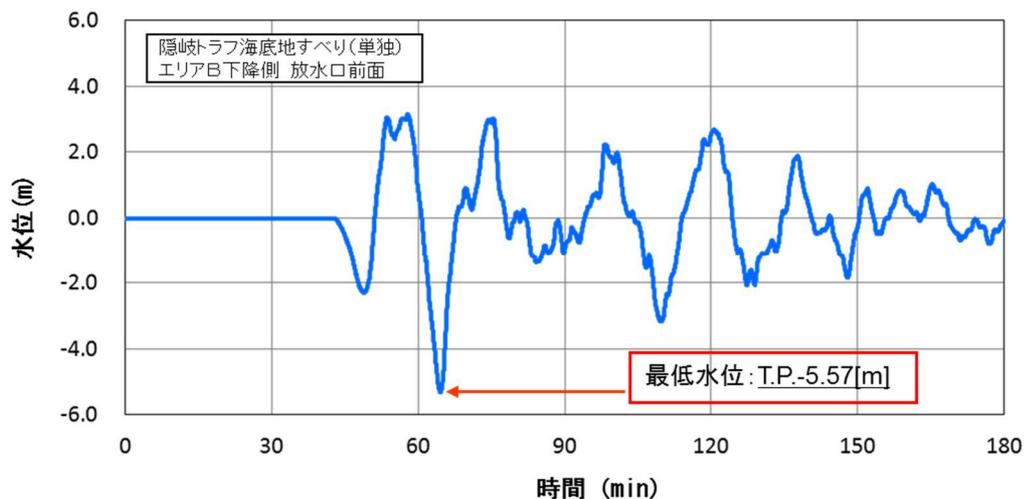


図-2 ②エリアB Kinematic モデル下降側の津波水位—放水口前面—

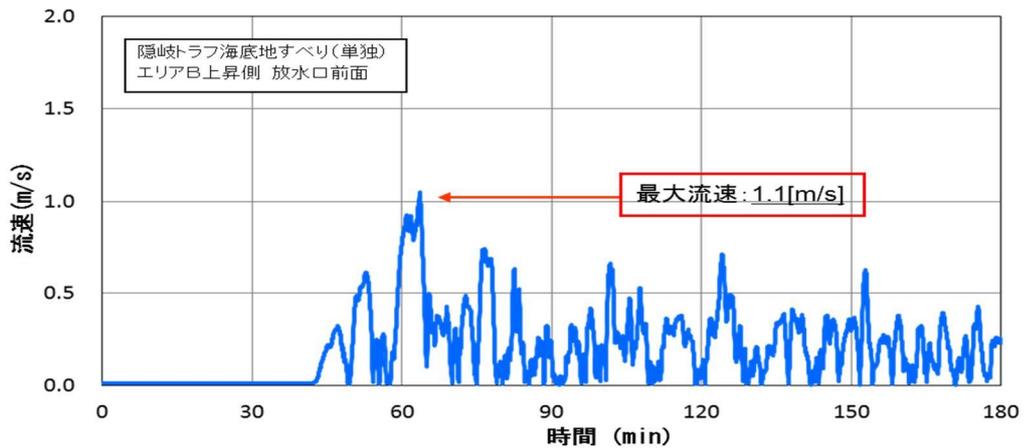


図-3 エリアB Kinematic モデル上昇側の流速（絶対値）－放水口前面－

(3) 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の関係を図-4に示す。

評価は、岸壁係留中に津波が最高水位 T.P. +3.85[m]（図-1 参照）となった状態を前提とする。

- ・ 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

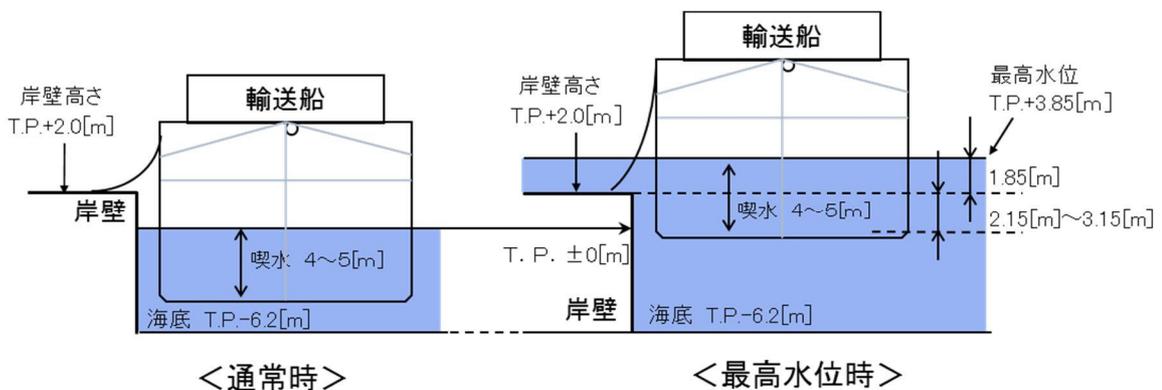


図-4 係留時における最高水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

図-1 のとおり、最初の引き波で水位は下降するが、その後最高水位 T.P. +3.85[m] まで上昇する。この時の輸送船の船底は、岸壁高さより 2.15[m] ~ 3.15[m] 下側にあるため、輸送船が岸壁に乗り上がり航行不能になることはない（図-4 参照）。

また、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（図-3 参照）を上回っているため、緊急退避においても適切な操船で退避可能であることから漂流物になることはない。

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の関係を図-5に示す。

評価は、岸壁係留中に津波が最低水位 T.P. -5.57[m]（図-2 参照）なった状態を前提とする。

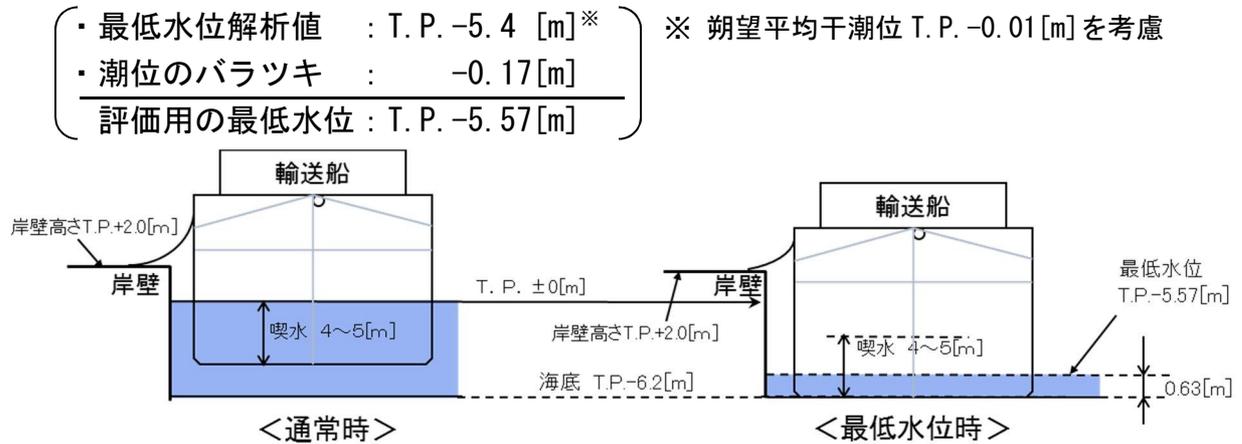


図-5 係留時における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

図-2のとおり、最低水位は T.P. -5.57[m]であり、輸送船は海底に着底する可能性がある（図-5 参照）。着底による輸送船への影響としては、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。

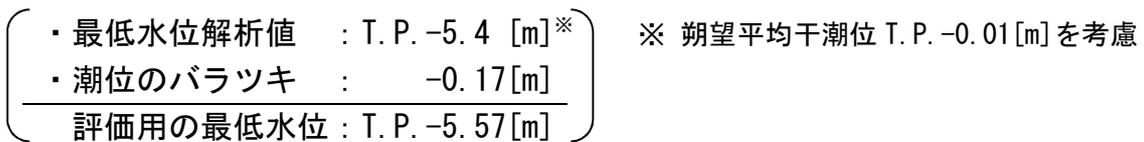
なお、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（図-3 参照）を上回っているため、緊急退避する場合においても適切な操船で退避可能であることから、漂流物になることはない。

(4) 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-6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]（図-2 参照）を前提とする。



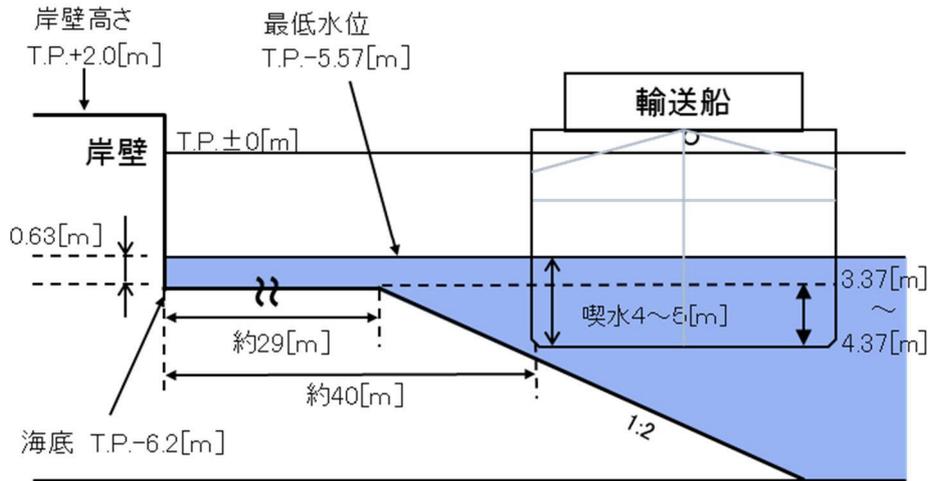


図-6 係留時以外における最低水位と輸送船の喫水高さ

【評価】

図-6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、最低水位において輸送船が海底に接触する範囲は、岸壁から約 40[m]の範囲となる。

この範囲を含めた岸壁付近での輸送船の移動速度は、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。この時、引き波で最低水位となった場合、船底が一時的に着底する可能性があるが、船速が非常に遅く、水位の低下速度もゆっくりであることから、輸送船の船底が損傷し航行不能になることはない。また、水位は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。なお、輸送船の性能は、津波の最大流速 1.1[m/s]（図-3 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ることから、漂流物になることはない。

更に、海底の傾斜部分（1:2 勾配で傾斜角度は約 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、仮に輸送船が傾斜部分に着底したとしても、輸送船が横転することはない。

3. まとめ

海底地すべり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]（図-3 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。

以上

燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

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]

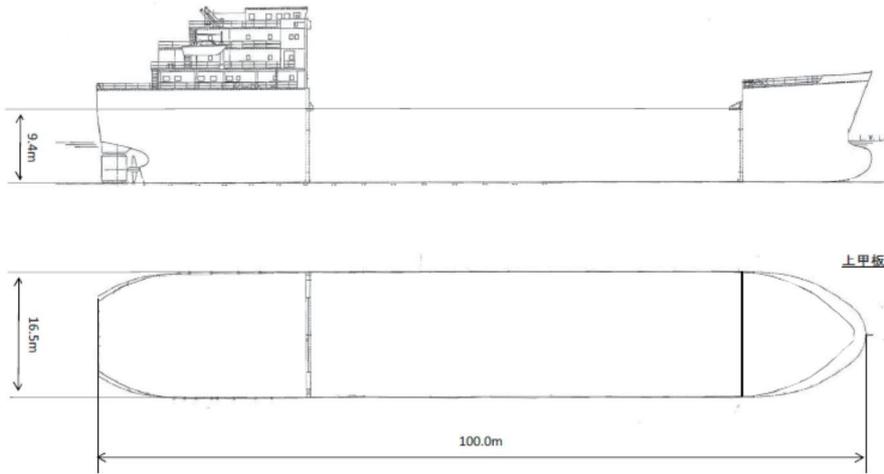


図-1 輸送船外形図（側面・上面）

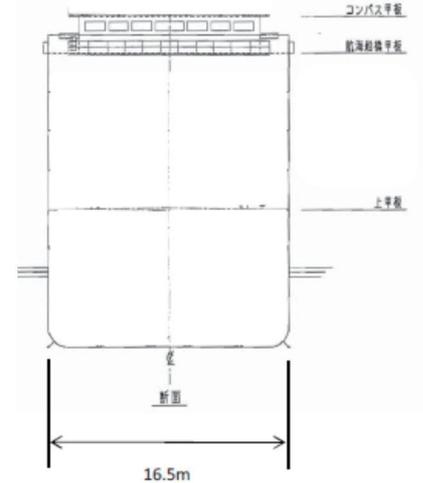


図-2 輸送船外形図（正面）

(2) 転覆モード

一般の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがあるが、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に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ものとする。

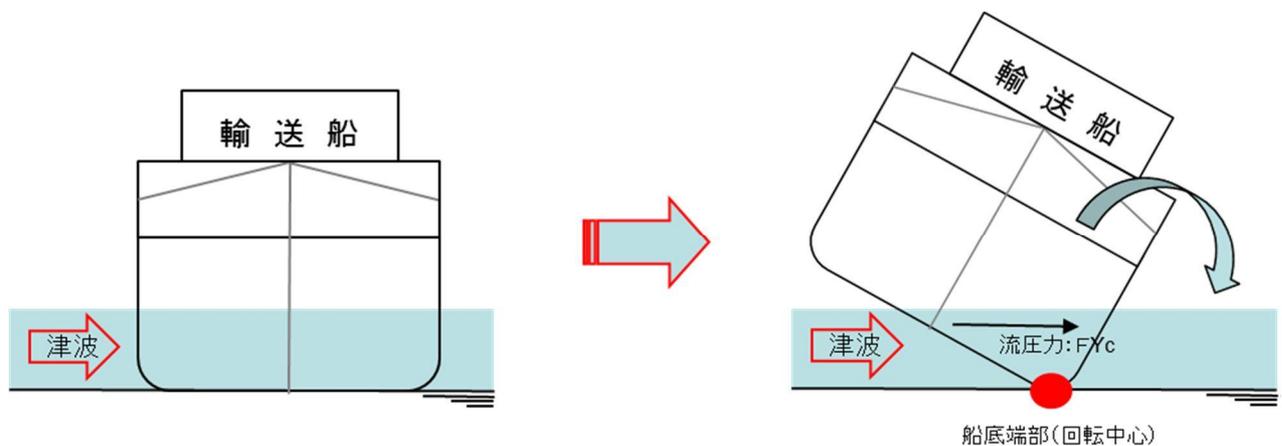


図-3 想定転覆モード

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。

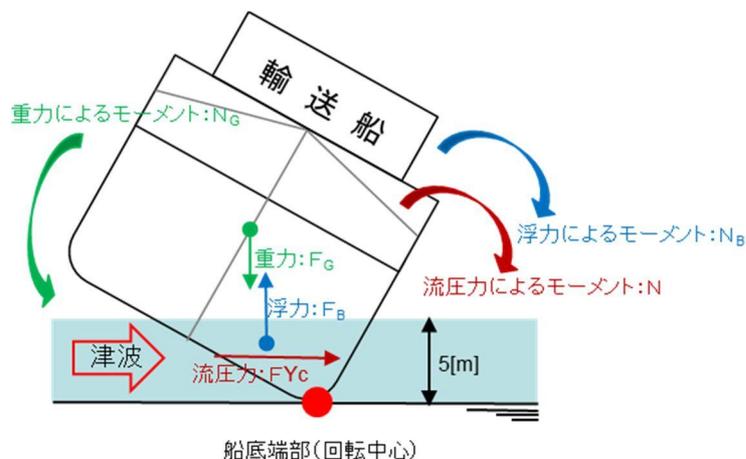


図-4 輸送船に働く力とモーメント

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上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上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] ($\doteq 4,000$)

$X \text{ (GR)}$: 重心と回転中心の水平方向距離 [m] ($\doteq 4.5$)

次に流圧力によるモーメントNは次式にて計算できる。

$$N = F_{Yc} \times W \div 2$$

$$= F_{Yc} \times d \div 2$$

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際に最も大きくなり、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際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。

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 [kg・sec²/m⁴] (=104.5kg・sec²/m⁴)</p>
--	---

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

このとき、流速は図-5に示す最低水位となる津波の最大流速 1.1[m/s]を適用し、横方向流圧力係数を図-6により 10 と仮定する。

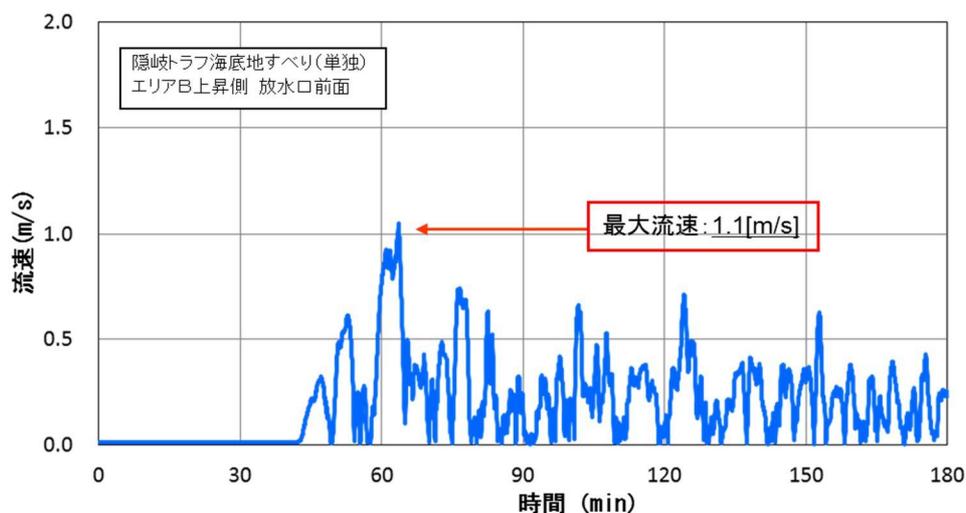


図-5 最大流速

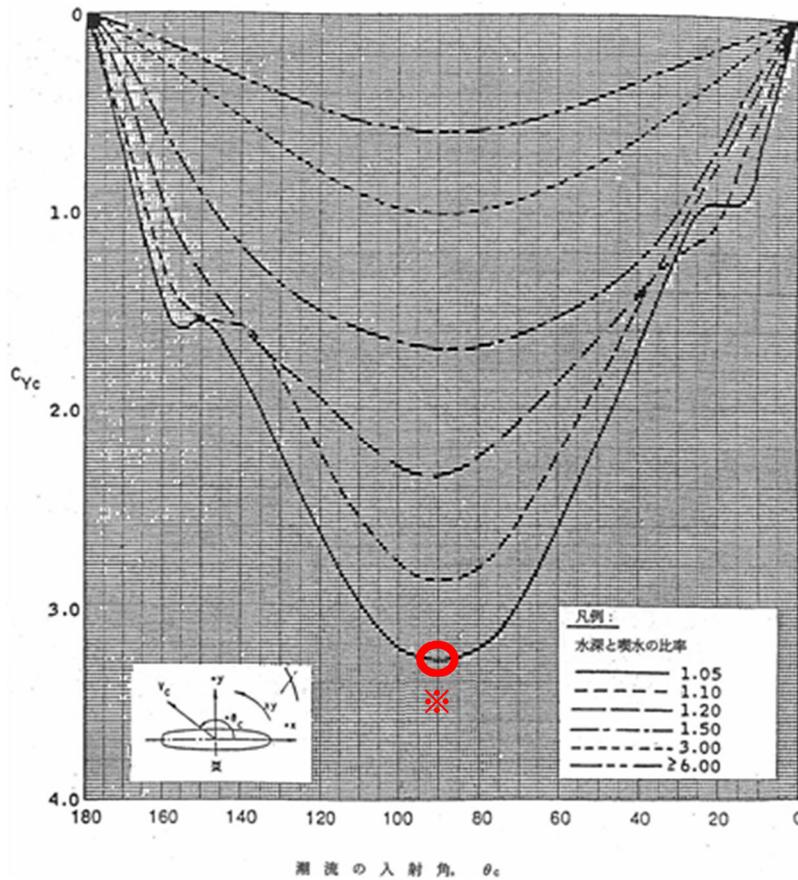


図-6 横方向流圧力係数（出典：VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行）

表-2により F_{YC} は以下のとおりとなる。

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

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。

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

N_B : 浮力によるモーメント [tonf·m]

F_B : 傾いた際の輸送船の浮力 [tonf] ($\doteq 1,700$)

$X \text{ (BR)}$: 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] ($\doteq 3.0$)

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. まとめ

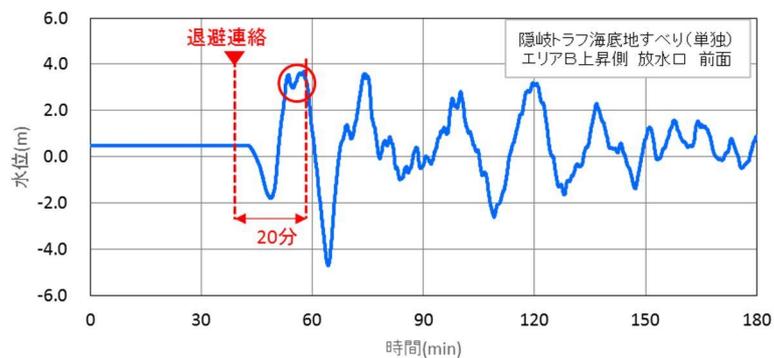
輸送船の着底後に海底地すべり津波による流圧を受けても船底と海底の形状から転覆することはない、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。

以上

荷役中に海底地すべり津波が襲来した場合に輸送船が退避できない理由

参考図 1-1 のとおり、海底地すべり津波は退避連絡後 20 分未満で最高水位に到達することがある。荷役中であった場合、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。

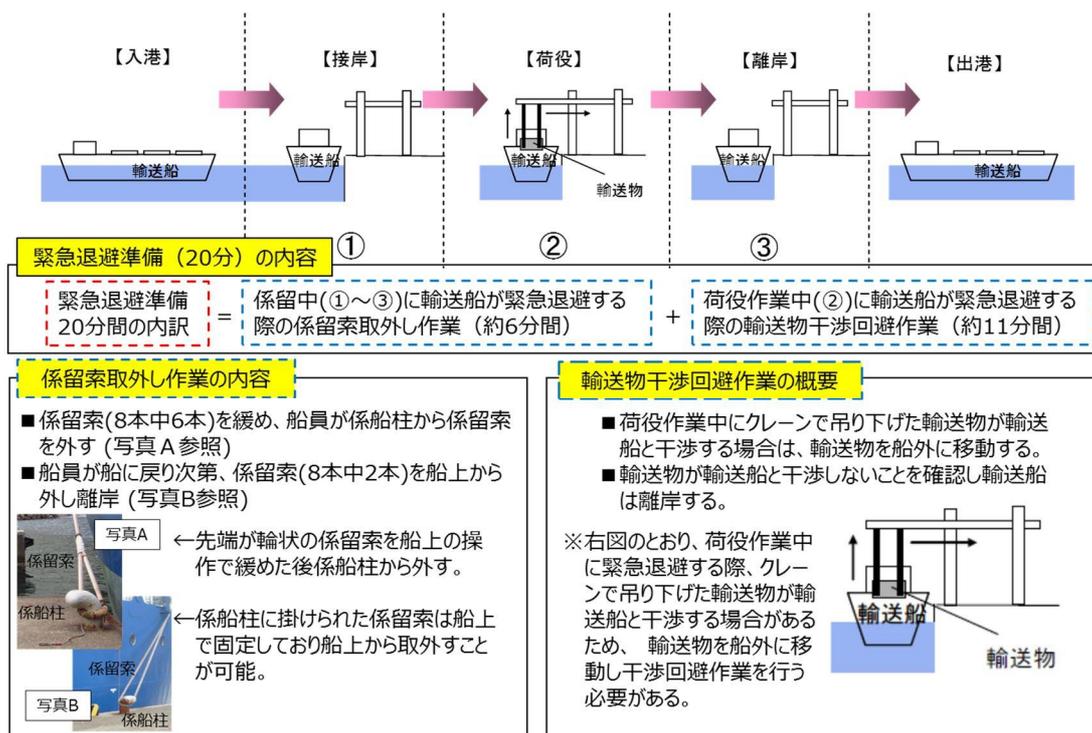
参考として、表 1-1 に既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較を示す。また、参考図 1-2 に緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要を示す。



参考図 1-1 基準津波 3 の時刻歴波形

表 1-1 既許可の早期襲来津波と海底地すべり津波との比較

	早期襲来津波	海底地すべり津波
対象津波	①陸上地すべり (No. 1, 2, 3) 津波 ②基準津波 2 (津波警報発表後、基準津波 1 より早く到達)	基準津波 3 (退避連絡後、基準津波 4 より早く到達)
第一波最高水位	①T. P. +2. 20m ②T. P. +2. 15m	T. P. +3. 85m
岸壁遡上時間	①約 2 分後 (津波発生後) ②約 1 1 分後 (地震発生後)	約 16 分後 (退避連絡後)
輸送船対応	(荷役中および荷役中以外) ・津波高さは物揚岸壁 (T. P. +2. 0m) を僅かに超える程度の高さでかつ岸壁を超えるのは短時間 (1 分間未満) であり、水位低下後、船員が岸壁に降りて係留索取外し作業 (最大約 6 分間) を行うことは可能であり、既許可の早期襲来津波については、荷役中であっても、 輸送船は緊急退避可能 ・なお、津波流速は最大でも 1. 0m/s 未満であり、輸送船の性能は、津波の最大流速を上回っているため、適切な操船で退避可能であり、退避後に漂流物になることはない	(荷役中) ・津波高さは物揚岸壁 (T. P. +2. 0m) を大きく上回り、岸壁高さを超える退避連絡後約 16 分以降は岸壁で作業ができないため、20 分以内に 緊急退避できない (荷役中以外) ・退避連絡後、速やかに係留索を取外して、第一波到達前に 輸送船は緊急退避可能 ・なお、津波流速は最大でも 1. 1m/s 未満であり、輸送船の性能は、津波の最大流速を上回っているため、適切な操船で退避可能であり、退避後に漂流物になることはない
波形	<p>陸上地すべり (No. 1, 2, 3) 上昇側 放水口 前面 津波高さ : 2. 20m 津波流速 : 1. 0m/s</p> <p>基準津波 2 津波高さ : 2. 15m 津波流速 : 0. 9m/s</p>	<p>基準津波 3 津波高さ : 3. 85m 津波流速 : 1. 1m/s</p>



なお、係船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

参考図 1-2 : 緊急退避準備 20 分の内容と各作業の概要

津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて

津波伝播計算手法及び計算条件

基準津波の選定において、津波に伴う水位変動の評価は、非線形長波理論に基づき、差分スキームとして Staggered Leap-frog 法を採用した平面二次元モデルによる津波シミュレーションプログラムを用いて実施した。

津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについては、各海水ポンプ室までの水理特性を考慮した詳細格子分割の数値計算モデル（以下「詳細数値計算モデル」という。）を基本とし、パラメータスタディや津波ハザード評価の計算には、取水口及び放水口の前面で完全反射条件とした概略数値計算モデルを用いた。

計算上考慮している水深分布図を図-1に、概略数値計算モデルの計算条件及び計算モデルを表-1と図-2に、詳細数値計算モデルの計算条件及び計算モデルを表-2と図-3に示す。また、津波シミュレーションによる津波水位評価点の位置を図-4に示す。

また、取水路内に設置した取水路防潮ゲート及び放水路付近の敷地を囲むように設置した防潮堤を計算モデルに反映したほか、取水口及び放水口付近の陸側境界条件について陸上遡上を考慮し、取水口及び放水口のカーテンウォールについては、本間公式及び土木研究所（1996）による計算式から、越流量及び開口部通過流量を計算した（図-5、6）。

さらに取水路防潮ゲートについては、遠隔操作によるゲート閉止に必要な時間を考慮して、閉止時間前に第1波のピークが到達する津波に対しては、1号、2号、3号及び4号炉共用の取水路防潮ゲートA系列及びB系列開放（以下「取水路防潮ゲート「開」」という。）の条件を設定した。また、構内の2台の潮位観測システム（防護用）による観測潮位がいずれも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以上上昇すること、又は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以上下降した場合には、取水路防潮ゲート「開→閉」とする条件を設定した。なお、取水路防潮ゲート「開」時の開口部より上部については、計算上カーテンウォールとして取り扱った。

1号炉及び2号炉海水ポンプ室の取水経路の一部である非常用海水路並びに3、4号炉海水ポンプ室の取水経路の一部である海水路及び海水取水トンネルについては、平面二次元モデルによる津波シミュレーションに仮想スロットモデルによる一次元不定流計算を接続して検討を行った（図-7）。

表-1 津波シミュレーションの概略計算手法および計算条件

設定項目		設定値	
津波計算	基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式（後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾ ）	
	変数配置および 差分スキーム	Staggered Leap-frog法	
計算条件等	計算領域	対馬海峡から間宮海峡に至る東西方向約1,500km, 南北方向約2,000km	
	空間格子間隔	1,350m→450m→150m→50m→25m→12.5m	
	時間格子間隔	0.3秒 安定条件（CFL条件）を十分満足するように設定	
	初期条件	断層モデルを用いて、Mansinha and Smylie(1971) ⁽¹⁰⁾ の方法により計算される海底面の鉛直変位分布を初期条件とする	
	境界 条件	沖側 境界	特性曲線法をもとに誘導される自由透過の条件 （後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾ ）
		陸域 境界	完全反射条件
	海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n=0.030$ （土木学会(2016) ⁽⁸⁾ ）	
	水平渦動粘性係数	0m ² /s	
	計算時間	3.0時間（日本海東縁部のケースは6.0時間）	
	計算潮位	T.P.0.00m	
津波水位評価	cmを切り上げ、10cm単位で評価		

表-2 津波シミュレーションの詳細計算手法および計算条件

設定項目		設定値	
津波計算	基礎方程式	非線形長波理論式及び連続式（後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾ ）	
	変数配置および差分スキーム	Staggered Leap-frog 法	
計算条件等	計算領域	対馬海峡から間宮海峡に至る東西方向約 1,500km, 南北方向約 2,000km	
	空間格子間隔	1,350m→450m→150m→50m→25m→12.5m→6.25m→3.125m	
	時間格子間隔※	地震	0.05 秒（取水路防潮ゲート開時は 0.025 秒）
		海底地すべり	0.05 秒（取水路防潮ゲート開時は 0.025 秒）
		陸上地すべり	0.025 秒
	初期条件	地震	断層モデルを用いて、Mansinha and Smylie(1971) ⁽⁴⁰⁾ の方法により計算される海底面の鉛直変位分布を初期条件とする
		海底地すべり	(Watts 他 の 予 測 式) Grilli and Watts(2005) ⁽³⁷⁾ 及び Watts et al.(2005) ⁽³⁸⁾ の 予 測 式 により 計算 される 初期 水位 分布 を 初期 条件 とす る。 (Kinematic モデルによる方法) Kinematic モデルによる方法を用いて算出される時間刻みあたりの地形変化量が、海面水位と海底地形にそのまま反映されるものとする。
		陸上地すべり	(Watts 他による方法) Fritz et al.(2009) ⁽⁴¹⁾ による波源振幅予測式を用いた Grilli and Watts(2005) ⁽³⁷⁾ 及び Watts et al.(2005) ⁽³⁸⁾ による予測式により計算される初期水位分布を初期条件とする。 (運動学的手法) 土砂崩壊シミュレーションによる時間刻みあたりの地形変化量が、海面水位と海底地形にそのまま反映されるものとする。
	境界条件	沖側境界	特性曲線法をもとに誘導される自由透過の条件（後藤・小川(1982) ⁽⁹⁾ ）
		陸域境界	完全反射条件（発電所敷地については遡上境界）
	海底摩擦	マニングの粗度係数 $n=0.030$ （土木学会(2016) ⁽⁸⁾ ）	
	水平渦動粘性係数	$0\text{m}^2/\text{s}$	
	計算時間	3.0 時間（日本海東縁部のケースは 6.0 時間）	
	計算潮位	水位上昇側 T.P.+0.49m、水位下降側 T.P.0.00m	
評価潮位	水位上昇側 T.P.+0.49m、水位下降側 T.P.-0.01m 気象庁・舞鶴検潮所のデータによる(2007年1月～2011年12月の5箇年)		
津波水位評価	cm を切り上げ、10cm 単位で評価		

※安定条件(CFL 条件)を十分満足するように設定

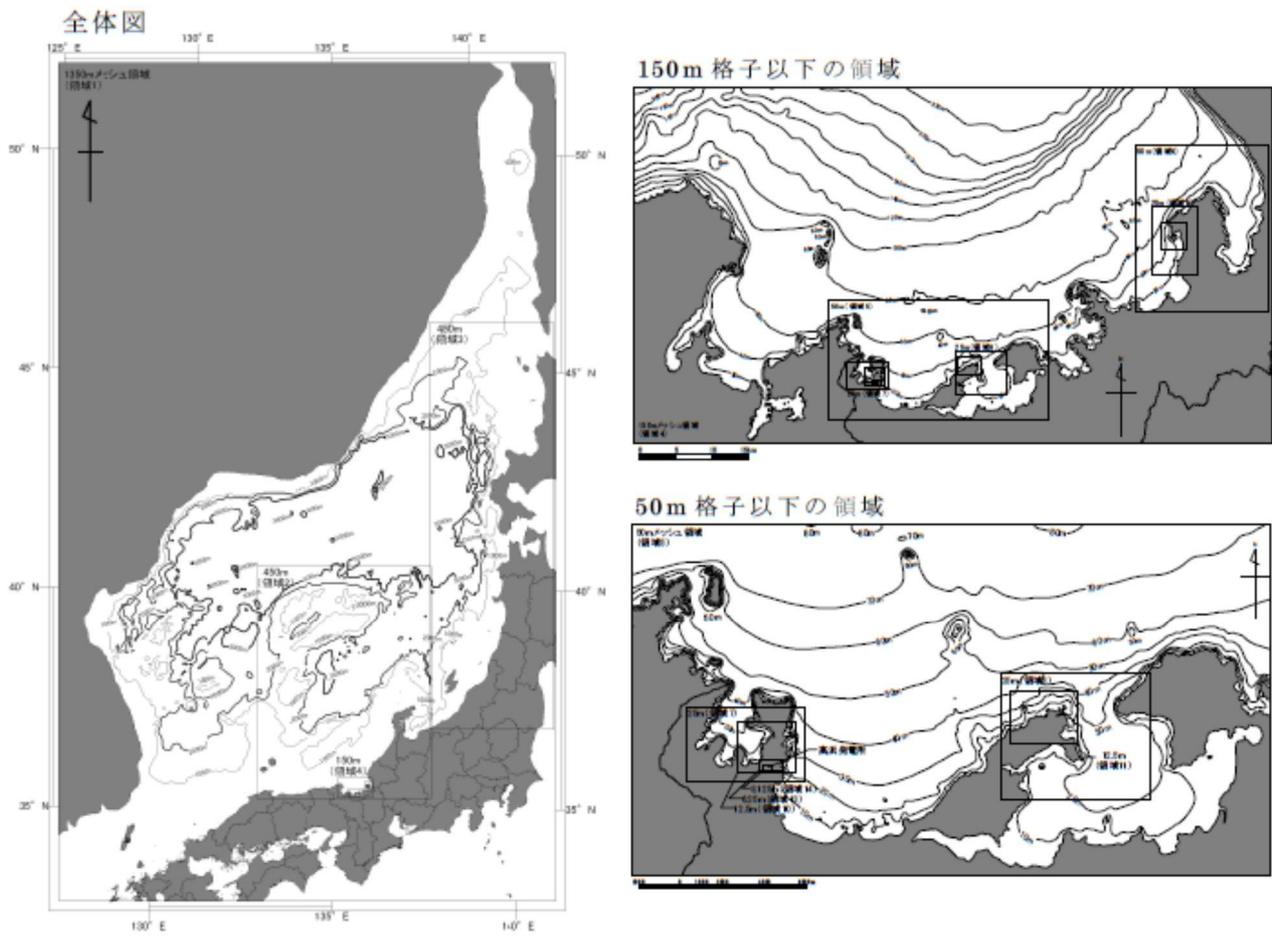


図-1 水深分布図



領域番号	空間格子間隔 Δx (m)	最大水深 h_{max} (m)	CFL条件を満たす Δt (sec) ※1
1	1350	3800	4.95
2,3	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7,8,9	25	80	0.63
10,11,12	12.5	60	0.36

※1)

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

ここに、
 Δx : 空間格子間隔
 Δt : 時間格子間隔
 h_{max} : 最大水深
 g : 重力加速度

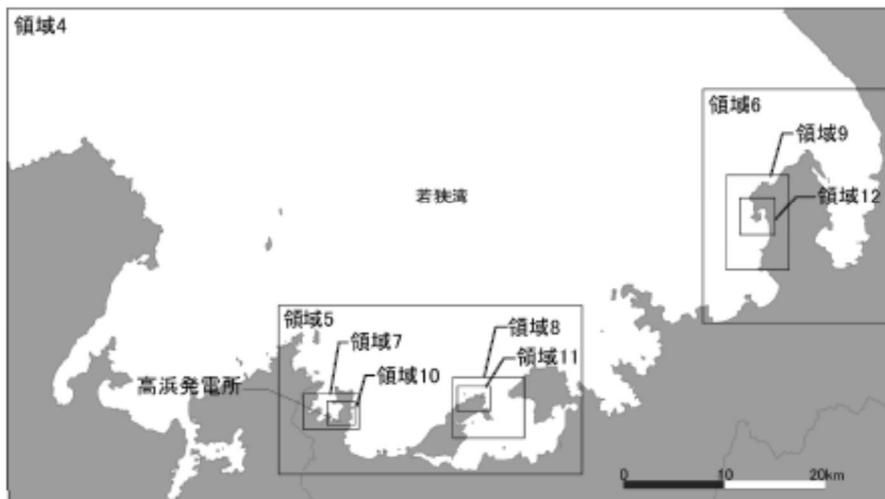


図-2 概略津波計算モデル（津波伝播計算領域及び空間格子間隔）



領域番号	空間格子 間隔 Δx (m)	最大 水深 h_{max} (m)	CFL条件 を満たす Δt (sec) ※1
1	1350	3800	4.95
2,3	450	3700	1.67
4	150	240	2.19
5,6	50	90	1.19
7or7' ※2,8,9	25	80	0.63
10or10' ※2,11,12	12.5	60	0.36
13	6.25	10	0.44
14	3.125	10	0.22

※1)

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

ここに、
 Δx : 空間格子間隔
 Δt : 時間格子間隔
 h_{max} : 最大水深
 g : 重力加速度

※2) PO-A~PO-B断層~箱川断層、陸上地すべりの計算時には7'及び10' (領域パターン2) を用いている。

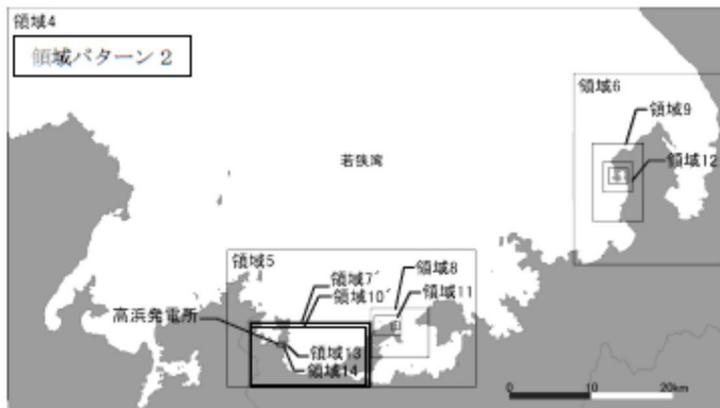
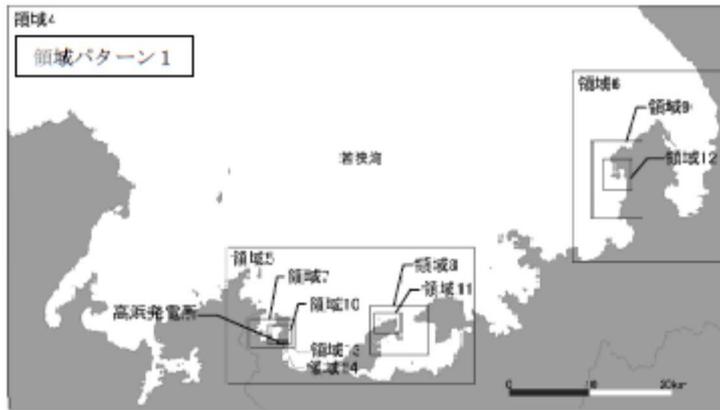
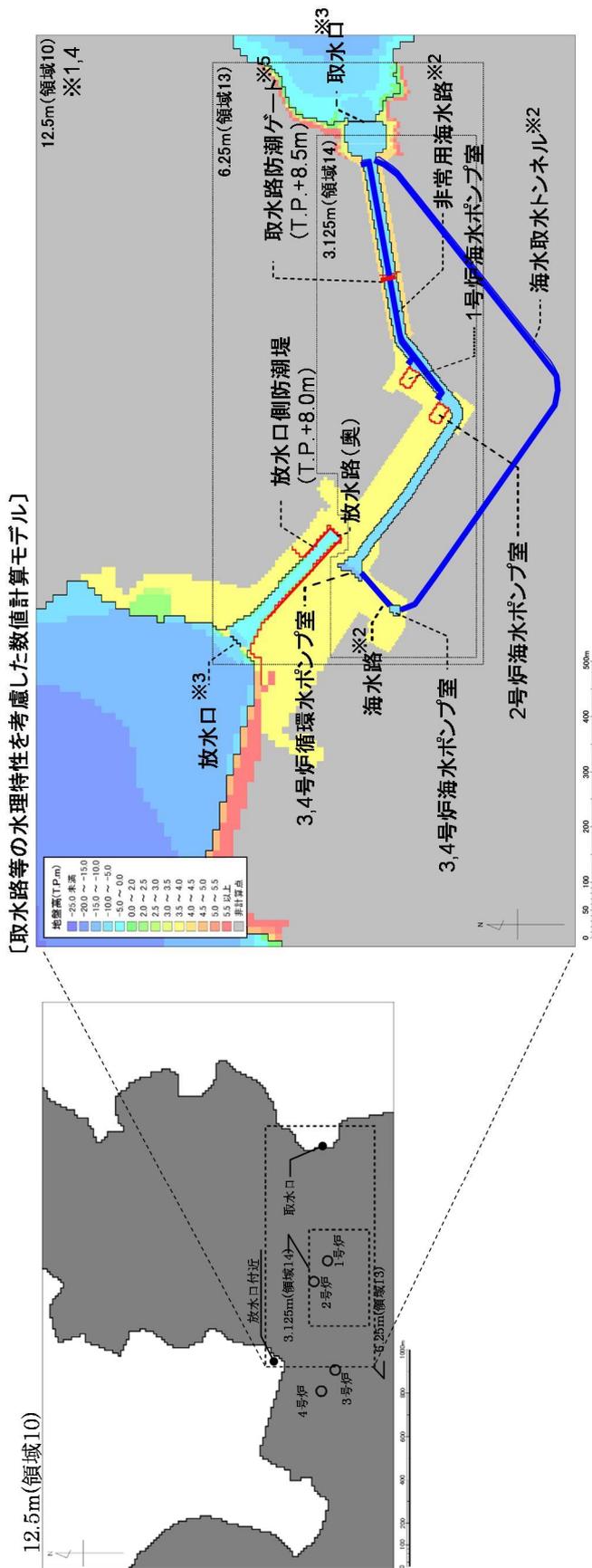


図-3 詳細津波計算モデル（津波伝播計算領域及び空間格子間隔）

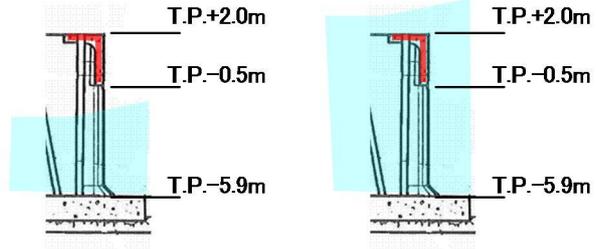


- 1 本計算範囲は12.5m、6.25m及び3.125m格子であり、非線形長波理論式及び連続式で計算。
- 2 海水路、海水取水トンネル(管路)、非常用海水路は、仮想スロットモデルにより一次元不定流の連続式及び運動方程式で計算。
- 3 取水口のカーテンウォール及び取水路防潮ゲートは、本間公式および土木研究所(1996)による計算式から、越流量および開口部通過流量を計算。
- 1 灰色の着色部を除くメッシュで遡上計算が可能。
- 5 取水路防潮ゲートは津波到達時間により「閉」「開」の条件を設定。警報が発表されない場合は、取水路防潮ゲートは「開」の条件を設定。
- 3 警報が発表されない場合に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

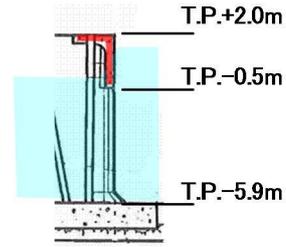
図-4 詳細津波計算モデル (敷地内)

取水口の計算条件

越流量の計算方法
(本間公式)



カーテンウォールの通過流量の計算方法
(土木研究所(1996)の計算式)



越流量の計算方法(本間公式)

- 高浜発電所の構造物(カーテンウォール、隔壁、角落し)については、水位がその天端を超える場合に本間公式を用いて越流量を計算する。
- 天端高を基準とした防波堤前後の水深を H_1 、 H_2 ($H_1 > H_2$) としたとき、線流量 Q は次式に示すとおりである。

$$Q = 0.35 H_1 \sqrt{2gH_1} \quad ; \quad H_2 \leq 2H_1/3 \quad (\text{完全越流})$$

$$Q = 0.91 H_1 \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad ; \quad H_2 > 2H_1/3 \quad (\text{もぐり越流})$$

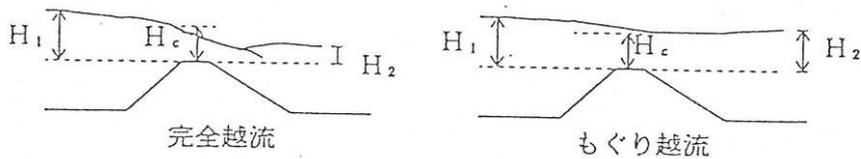
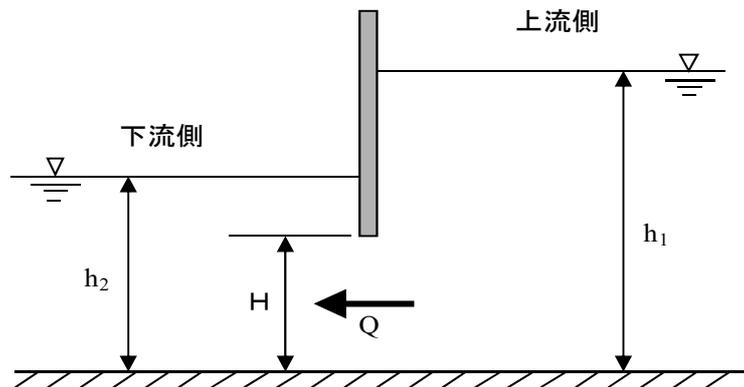


図-5 取水口及び放水口のカーテンウォール(1/2)

カーテンウォールの通過流量の計算方法(土木研究所(1996)の計算式)

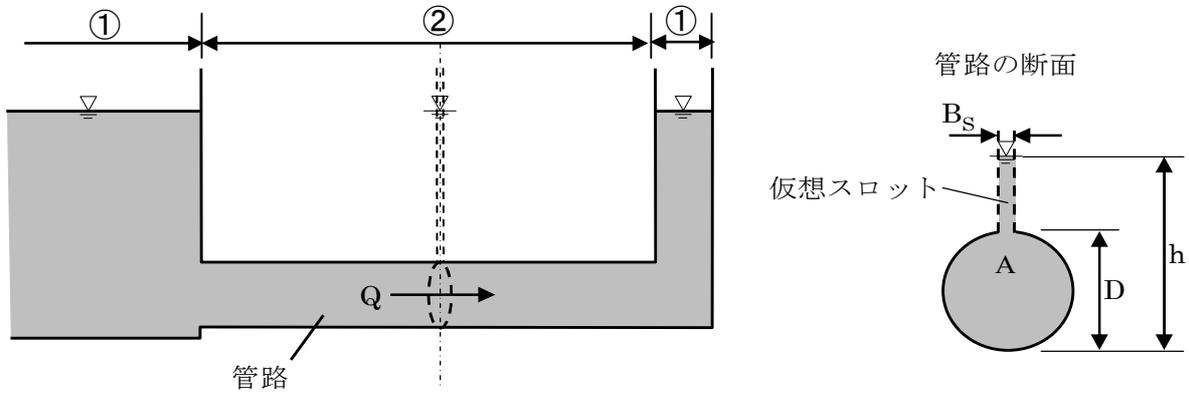
- 高浜発電所のカーテンウォールを通過する流量は、ゲートからの流出量算定式として、一般によく用いられる土木研究所(1996)の計算式により求めるものとする。
- なお、津波がカーテンウォールの天端を超える場合には、本間公式から求まる越流量を加算する。

	水位の関係		計算式	流量 係数 C
①	$h_2 \geq H$	$h_1 < \frac{3}{2}H$	自由流出： $Q = CBh_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ ただし、 $\frac{h_1}{h_2} \geq \frac{3}{2}$ の場合は $h_2 = \frac{2}{3}h_1$ とする	0.79
②		$h_1 \geq \frac{3}{2}H$	中間流出： $Q = CBH \sqrt{2gh_1}$	0.51
③	$h_2 < H$		潜り流出： $Q = CBH \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$	0.75



h_1 、 h_2 : 施設前後の水位 (m) H : 開口部高さ (m) Q : 流量 (m^3/s)
 B : 開口幅 (m) C : 流量係数 g : 重力加速度 (m/s^2)

図-6 取水口及び放水口のカーテンウォール(2/2)



管路部の計算条件

計算条件	条件設定
スクリーン損失	・海水ポンプ室内のスクリーン損失については考慮しない
貝付着	・貝の付着を考慮した粗度係数を採用 (粗度係数: $n=0.02$)
海水ポンプの 運転条件	・水位上昇側: 海水ポンプの取水なし ・水位下降側: 海水ポンプの取水あり

図-7 仮想スロットモデルによる一次元不定流計算手法 (1/2)

①開水路の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + f_c \frac{MQ}{D^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + f_c \frac{NQ}{D^2} = 0$$

ここに、 η : 水面の鉛直変位量,
 $D = \eta + h$, h : 静水深,
 $M = uD$, $N = vD$, (u, v) : (x, y) 方向の流速,
 $Q = \sqrt{M^2 + N^2}$, g : 重力加速度,
 $f_c = gn^2 D^{-1/3}$, n : マニングの粗度係数

②管路の連続式及び運動方程式

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + g \frac{\partial M}{\partial x} = gA(s_0 - s_f)$$

ここに、 $A = A_0 + B_s(h - D)$, $B_s = \frac{gA_0}{a^2}$, $M = \frac{Q^2}{gA} + h_G A \cos \theta$, $S_0 = -\sin \theta = -dz/dx$, $S_f = \frac{n^2 Q |Q|}{R^{4/3} A^2}$,

A : 流水断面積, M : 比力,
 Q : 流量, S_0 : 水路底勾配,
 D : 管径 (円形の場合), S_f : 摩擦勾配,
 B_s : 仮想スロット幅, n : マニングの粗度係数,
 h : 水深 (圧力水頭), R : 径深,
 A_0 : 管断面積 (円形の場合 $\pi D^2 / 4$), h_G : 水面から図心までの距離,
 g : 重力加速度,
 a : 圧力伝播速度,

図-7 仮想スロットモデルによる一次元不定流計算手法 (2/2)

補足資料 7.

発電所周辺の湾内の局所的な海面の励起について

入力津波の設定に当たって、評価地点における局所的な海面の励起が生じているかどうかを確認するため、基準津波 1、2、3 及び 4 による最大水位上昇量分布を図 1～4 に、取水口側及び放水口側での時刻歴波形の地点別比較を図 5～13 に示す。

図 1～4 より発電所周辺での最大水位上昇量や水位の分布傾向に大きな差異はなく、取・放水口近傍の局所的な励起は生じていない。

次に、図 5～14 は津波の伝播経路を考慮し、基準津波 1、3 及び 4 については①取水口前面→②取水路防潮ゲート前面、及び①'放水口前面→②'放水路（奥）の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせている。また、基準津波 2 については①取水口前面→②3, 4号炉循環水ポンプ室前面、及び①'放水口前面→②'放水路（奥）の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせている。

基準津波 1、2、3 及び 4 とともに、外海に面した①、①' と開水路最奥部となる②、②' の時刻歴波形を比較した結果、①、①' に比べて全振幅が若干大きくなる程度で、周期特性や時間の経過に伴う津波の減衰傾向に大差はなく、湾内の固有周期との共振による特異な増幅は生じていない。

また、1号炉及び2号炉海水ポンプ室前面については、管路（非常用海水路）を通じて、3, 4号炉海水ポンプ室前面については、管路（海水取水トンネル及び海水路）を通じて取水経路とつながっていることから他の評価点と水理特性が異なるが、基準津波 2 の時刻歴波形について、3, 4号炉循環水ポンプ室前面とほぼ同様の傾向を示すことを確認している。

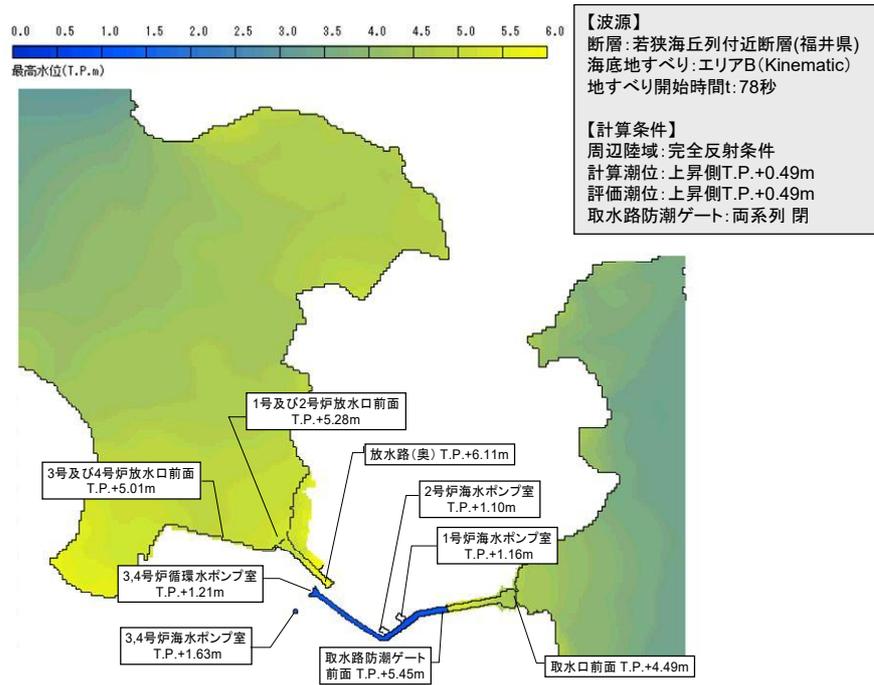


図1 最大水位上昇量分布図 (基準津波1)

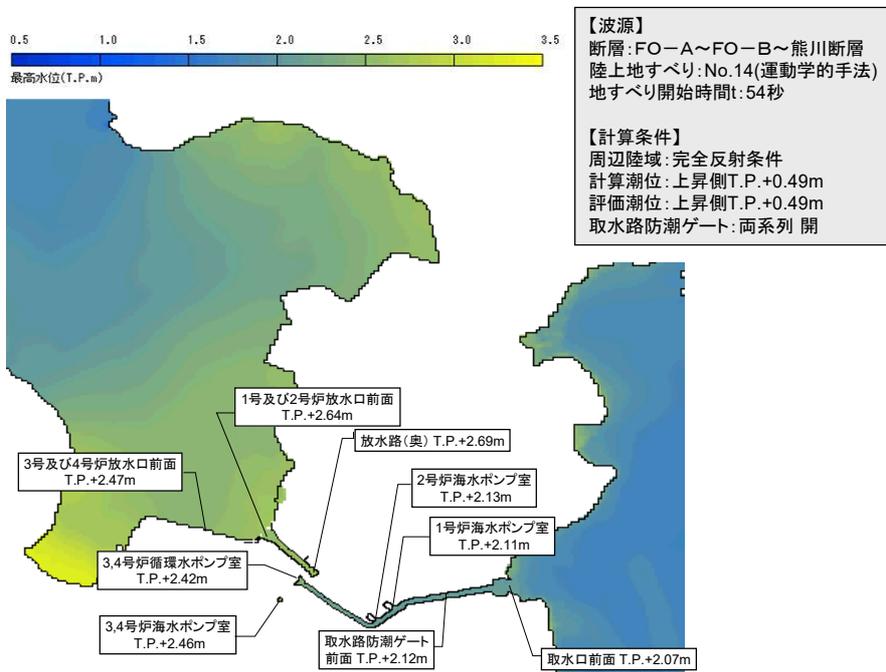


図2 最大水位上昇量分布図 (基準津波2)

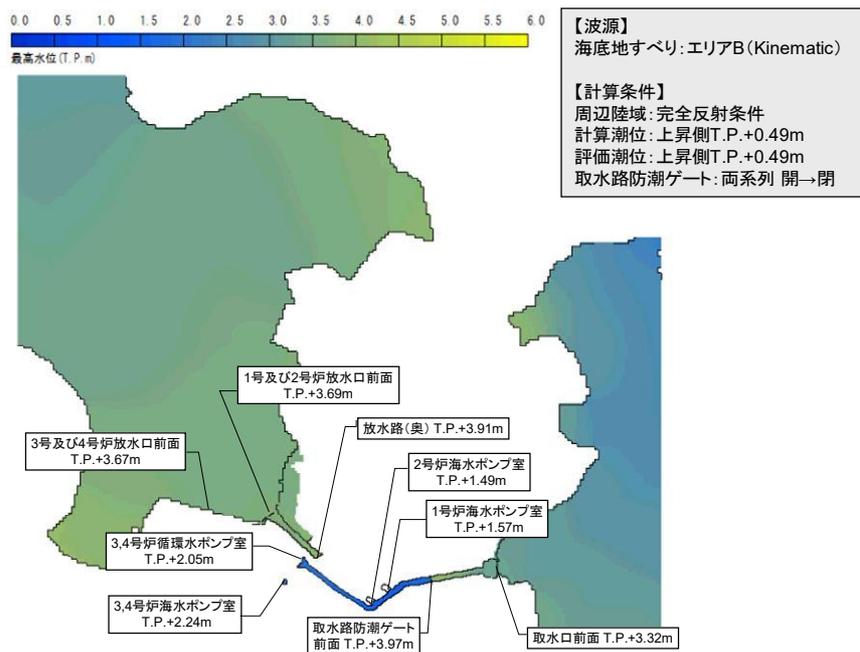


図3 最大水位上昇量分布図 (基準津波3)

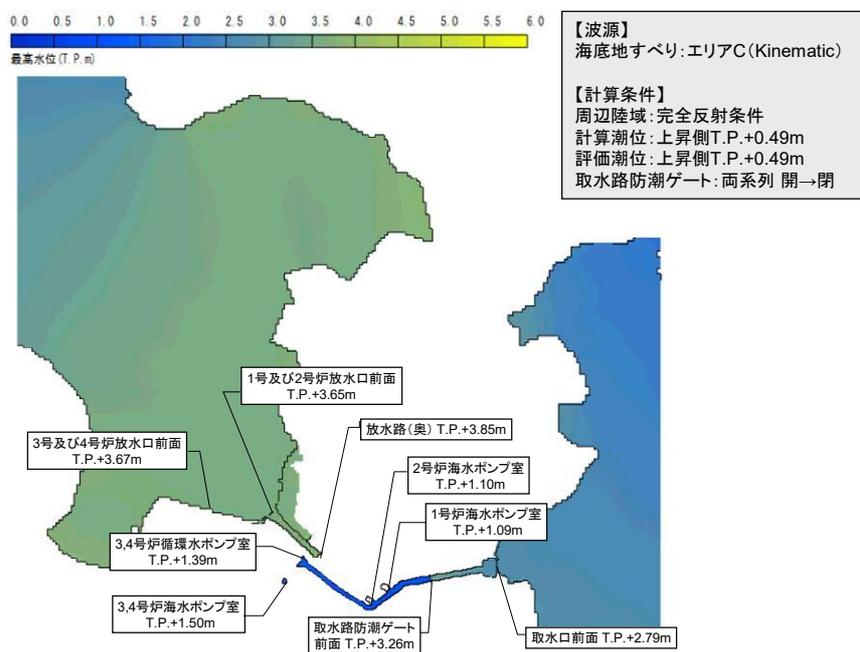


図4 最大水位上昇量分布図 (基準津波4)

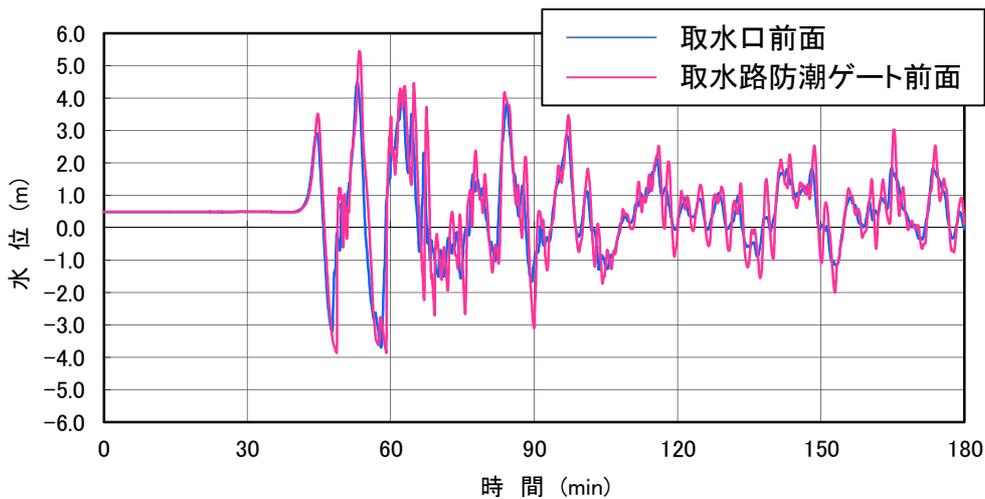


図5 基準津波1における取水口前面及び取水路防潮ゲート前面の時刻歴波形

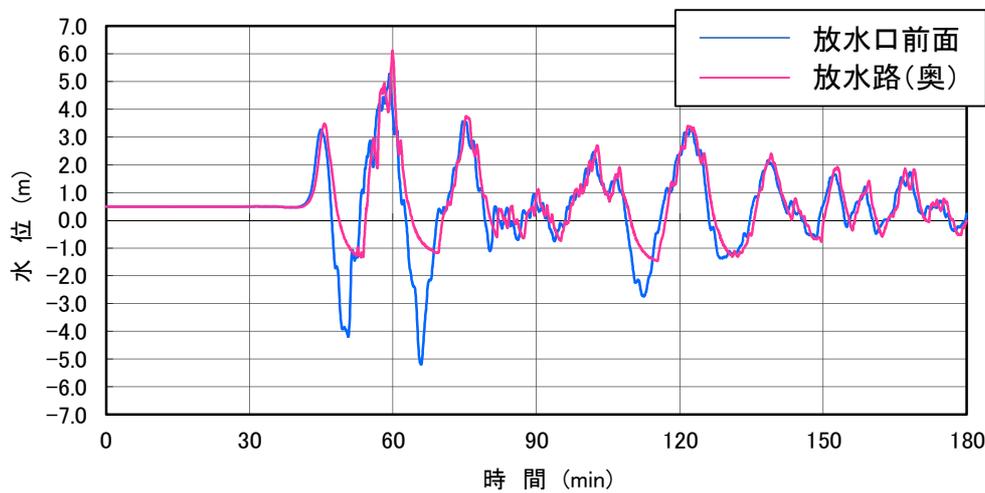


図6 基準津波1における放水口前面と放水路（奥）の時刻歴波形

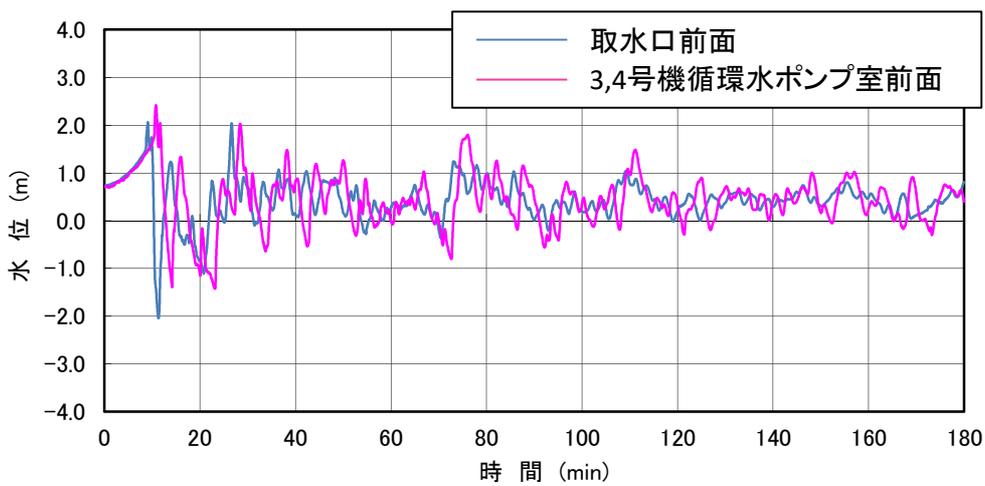


図7 基準津波2における取水口前面及び3,4号炉循環水ポンプ室前面の時刻歴波形

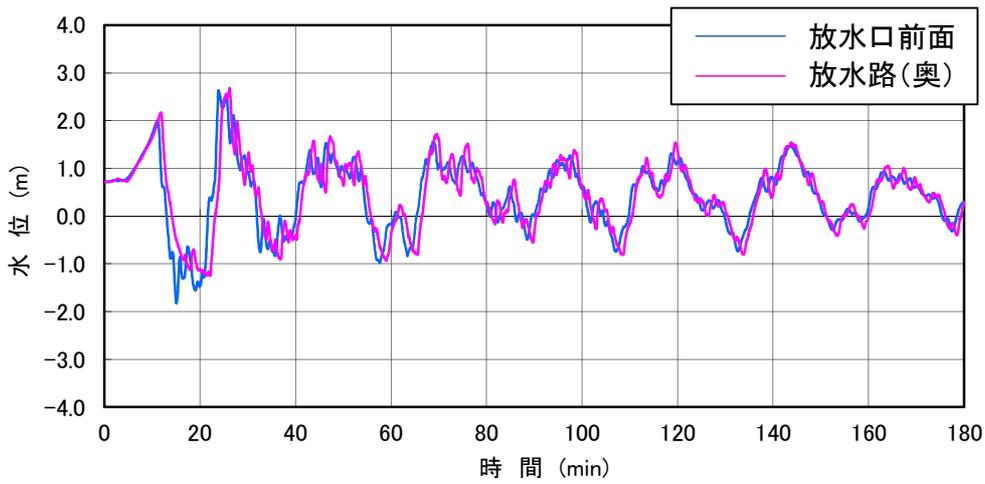


図8 基準津波2における放水口前面と放水路奥の時刻歴波形

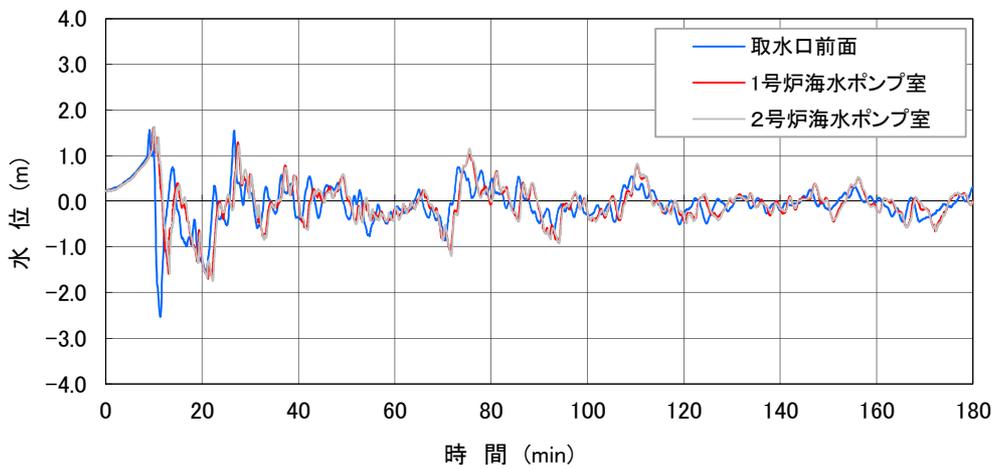


図9 基準津波2における取水口前面、
1号炉及び2号炉海水ポンプ室前面の時刻歴波形

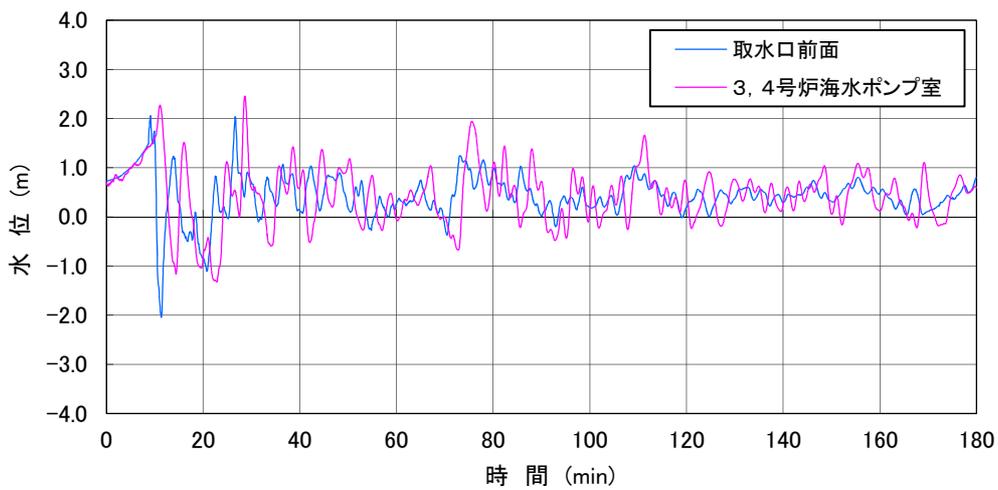


図10 基準津波2における取水口前面及び3, 4号機海水ポンプ室前の時刻歴波形

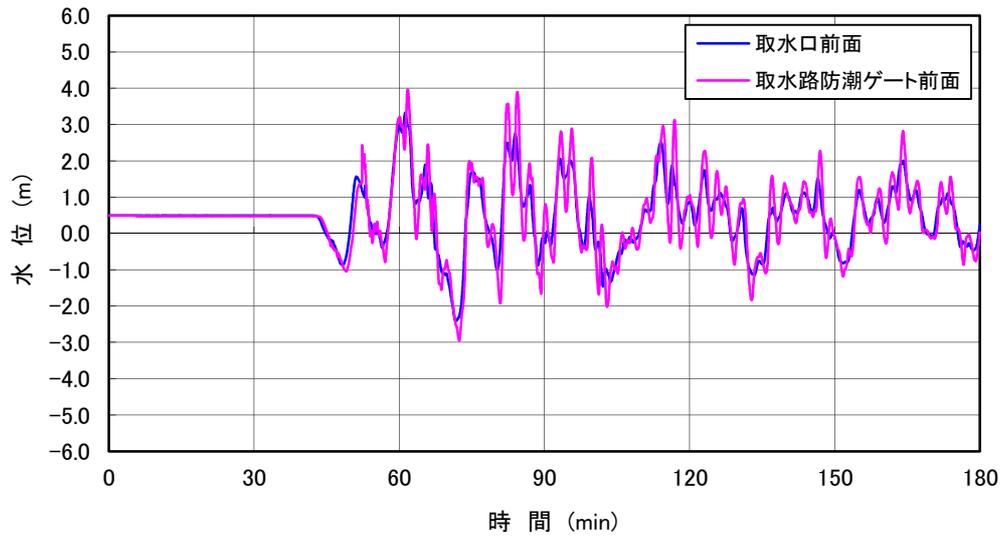


図 11 基準津波 3 における取水口前面及び取水路防潮ゲート前面の時刻歴波形

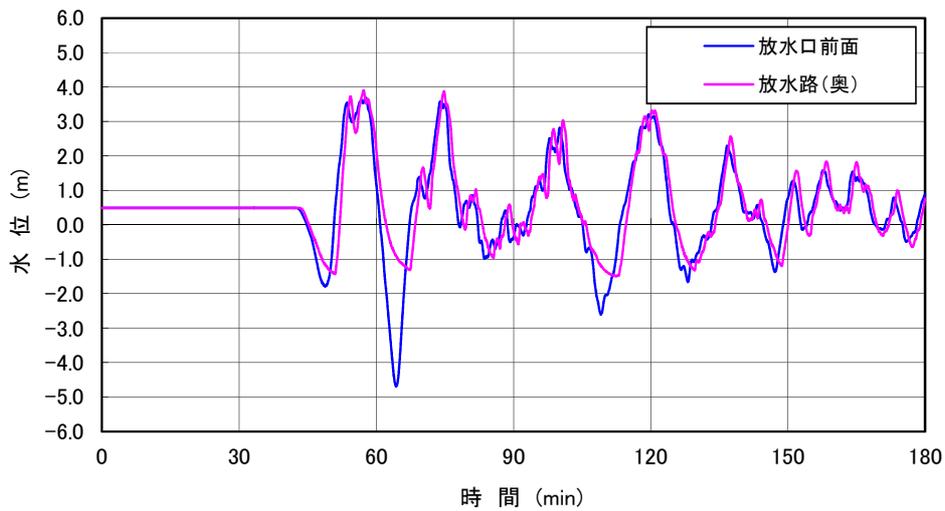


図 12 基準津波 3 における放水口前面と放水路（奥）の時刻歴波形

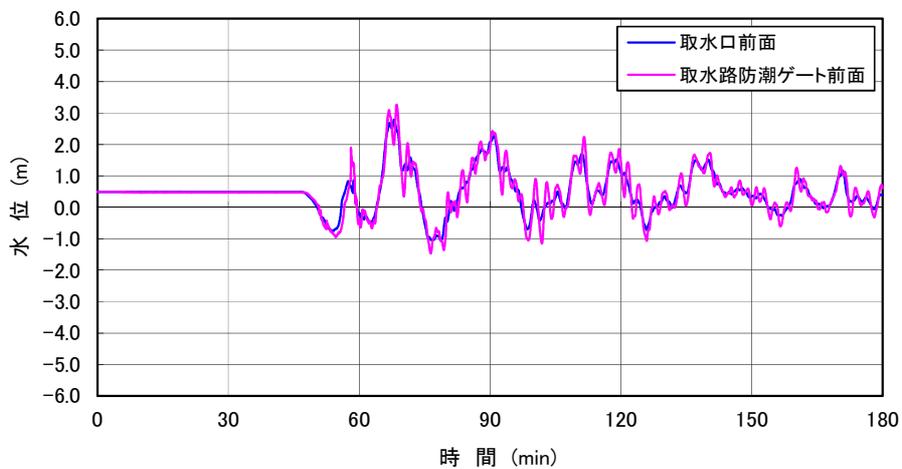


図 13 基準津波 4 における取水口前面及び取水路防潮ゲート前面の時刻歴波形

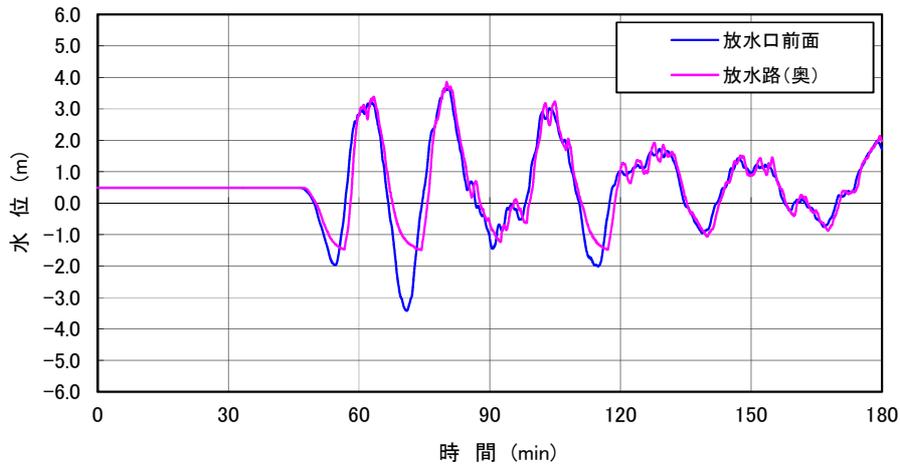


図 14 基準津波 4 における放水口前面と放水路（奥）の時刻歴波形

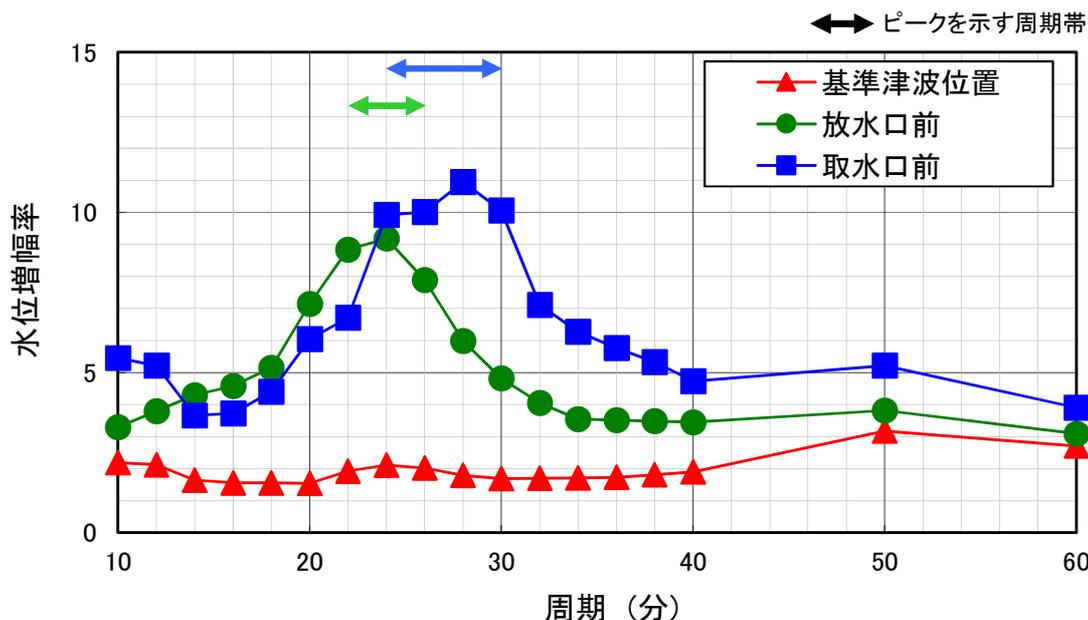
なお、津波周期の違いが基準津波定義位置、取水口前、放水口前の水位に及ぼす影響を確認するために、若狭湾沖合から正弦波（3 波長）を入力させた概略計算を実施した。その際、正弦波の振幅は 1m で固定し、周期は 10 分から 40 分まで 2 分ピッチ、50 分、60 分のケースで検討した。また、計算領域及び空間格子間隔は下図のとおりとした。



図 15 正弦波入力による検討概要（計算領域及び空間格子間隔）

この結果、入力波に対する水位増幅率を見ると、基準津波定義位置では明瞭なピークが確認できなかったが、取水口前・放水口前ではそれぞれ 24-30 分、20-26 分程度の周期に水位増幅するピークが確認された。

地形を単純化したメリアンの式による固有周期とは、ピークを示す周期帯が完全には一致しないが、取水口側の方が放水口側よりも卓越する周期が長くなる傾向は一致している。



	正弦波（3波長）を入力させた検討においてピークを示す周期帯	(参考) メリアンの式による固有周期
基準津波定義位置	明瞭なピークは確認できない	36-71分（若狭湾）
取水口前	24-30分	23-36分（高浜湾）
放水口前	22-26分	14分（内浦湾）

図 16 正弦波入力による検討結果（固有周期）

また、入力波に対する水位増幅率が比較的小さい周期 14 分と、増幅率が高い周期 24 分について、時刻歴波形を比較したところ、周期 14 分としたケースでは、各評価点ともに入力波数と同じ第 3 波目まではほぼ均等な水位振幅が見られ、その後は大きく減衰する様子が見られた。

一方、周期 24 分としたケースでは、基準津波定義位置では顕著な増幅傾向は見られなかったが、取水口・放水口前においては、入力波数と同じ第 3 波目まで徐々に振幅が大きくなり、その後も波が繰り返して減衰しにくい様子が見られた。

以上より、取水口側・放水口側において、正弦波による入力波の周期が湾の固有周期と一致し、共振により増幅する影響をきちんとシミュレーションできていることが確認された。

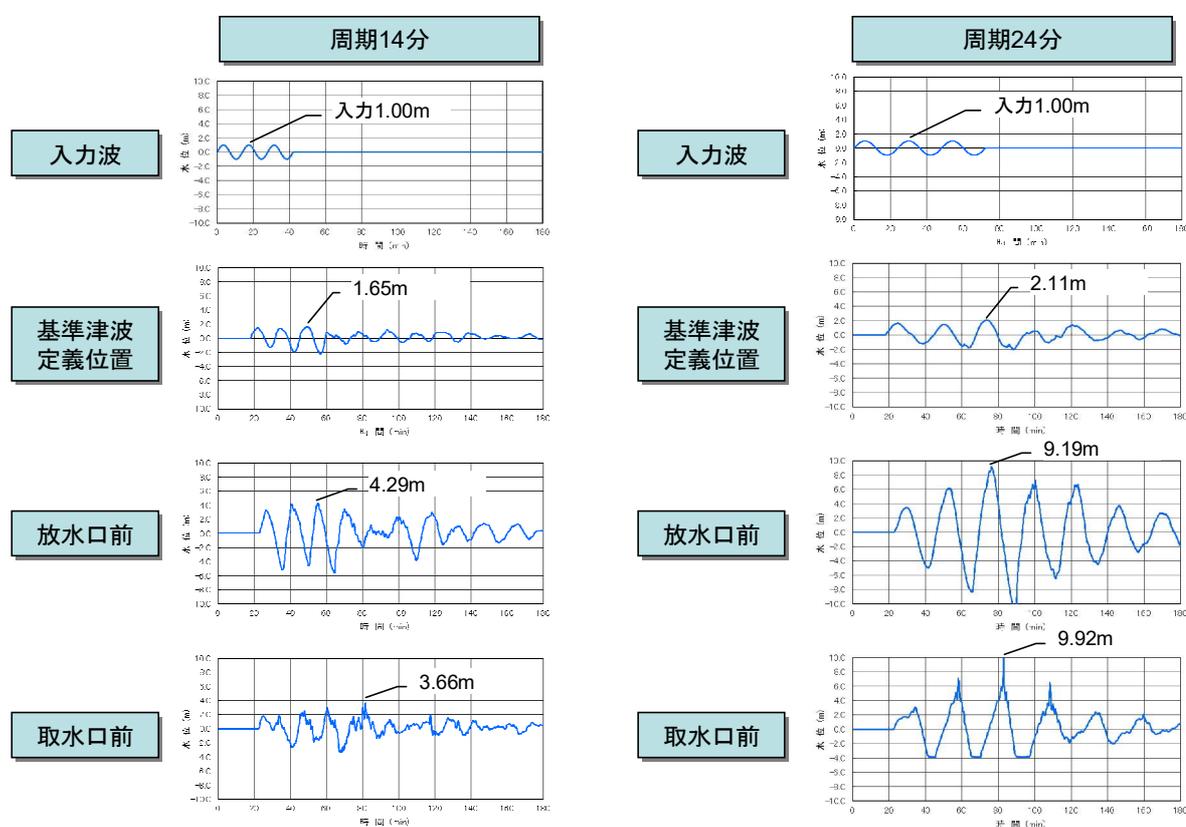


図 17 正弦波入力による水位増幅率の確認

補足資料 8.

漂流物影響評価における津波の流向等の確認について

1. はじめに

高浜発電所敷地は取水路側及び放水路側の 2 方向が海に面していることから、津波による漂流物はそれぞれにおいて検討している。具体的には発電所に対する漂流物となるものについて、取水路側は取水路防潮ゲートにて、放水路側は放水口側防潮堤及び防潮扉によって取水性への影響がないような設計としている。本資料では、これらの漂流物の検討事項のうち漂流物の動向に影響を与える津波の流況・流向について詳細を説明するものである。

2. 各基準津波の流向・流速についての確認

漂流物の影響については、押し波で最も大きな津波高さとなり、遡上域が大きくなる基準津波 1（若狭海丘列付近断層+隠岐トラフ海底地すべり（エリア B）、Kinematic）を代表として評価している。しかしながら、今回新たに追加した基準津波 3（隠岐トラフ海底地すべり（エリア B）、Kinematic）及び基準津波 4（隠岐トラフ海底地すべり（エリア C）、Kinematic）については、津波警報等の発表がない条件で襲来する可能性があることから、基準津波 1 の傾向と比較することで漂流物の評価において基準津波 1 を用いることの妥当性を確認した。

確認した結果を図 1～図 5 に示す。基準津波 3 については津波の襲来開始時に差があるものの、70 分以降の津波周期に大きな違いはない。基準津波 4 については基準津波 1 に比べて水位の変動周期が大きいが基準津波 1 と傾向は変わらないことを確認している。

以上より、基準津波 3 及び基準津波 4 は基準津波 1 と発電所近傍の流速及び流向について内容にほぼ相違がないことから、漂流物の評価において基準津波 1 を用いることとする。

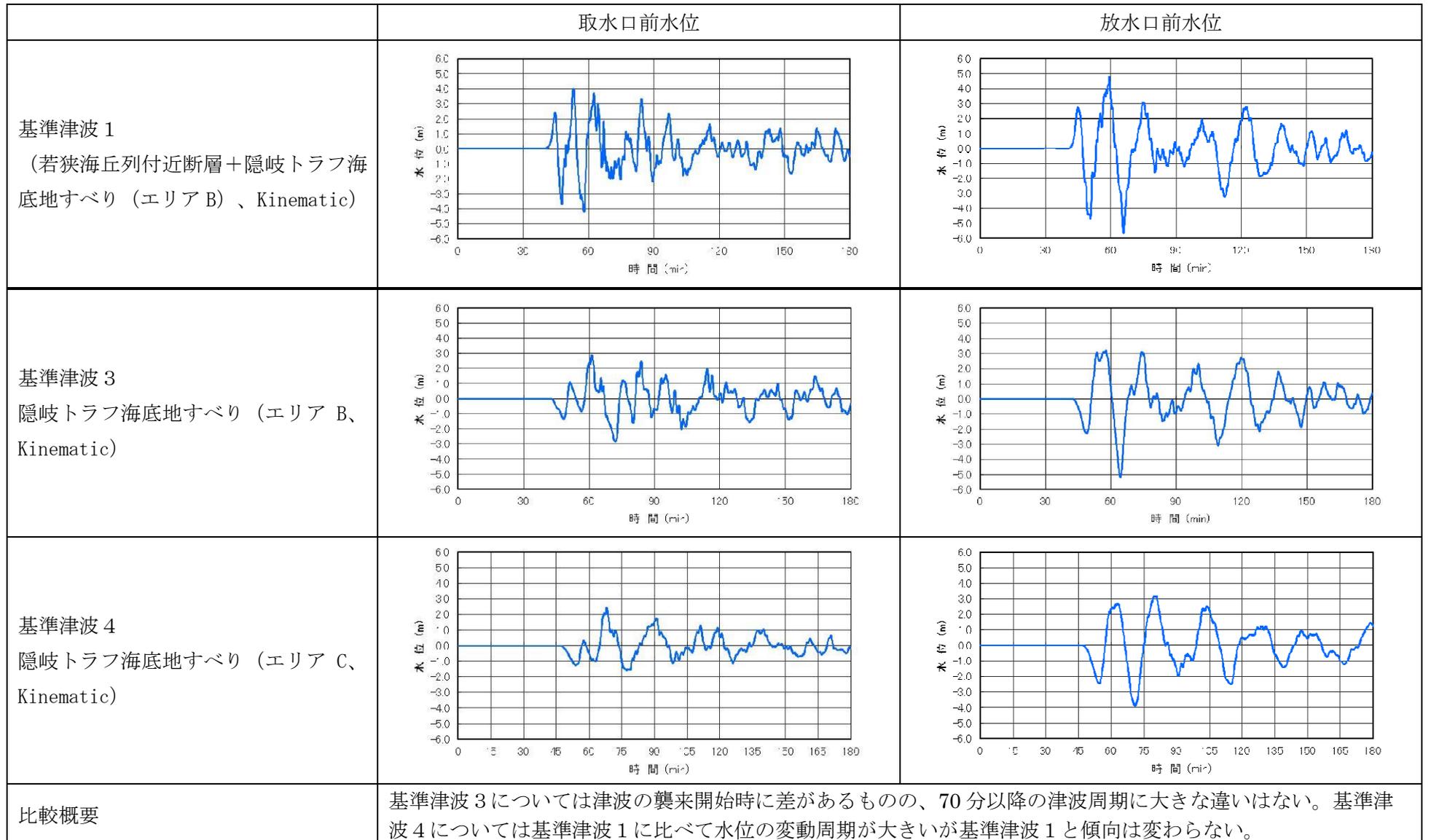


図 1 基準津波の波形の比較

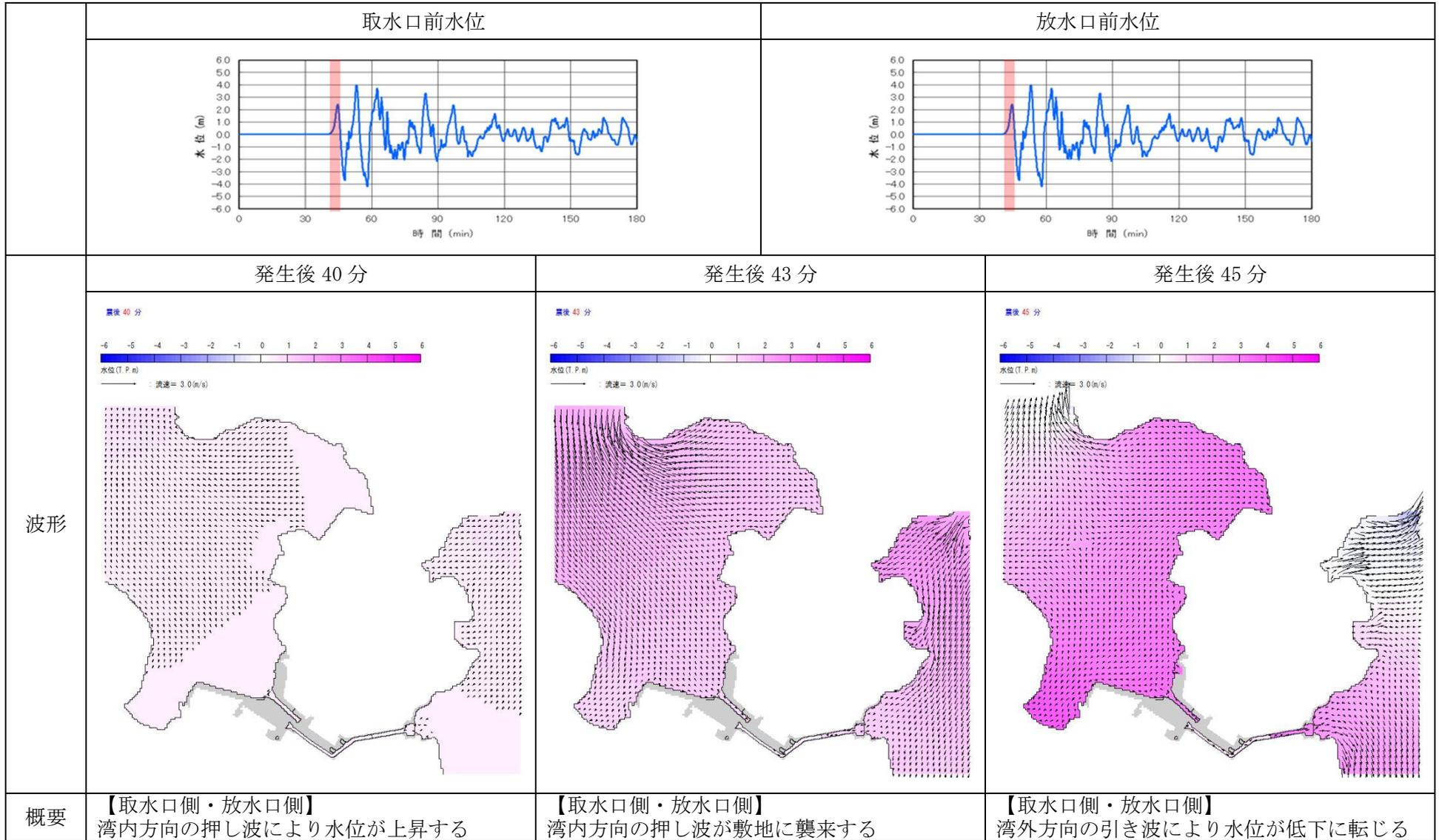


図 2 (1/3) 基準津波 1 の流向・流速の概要

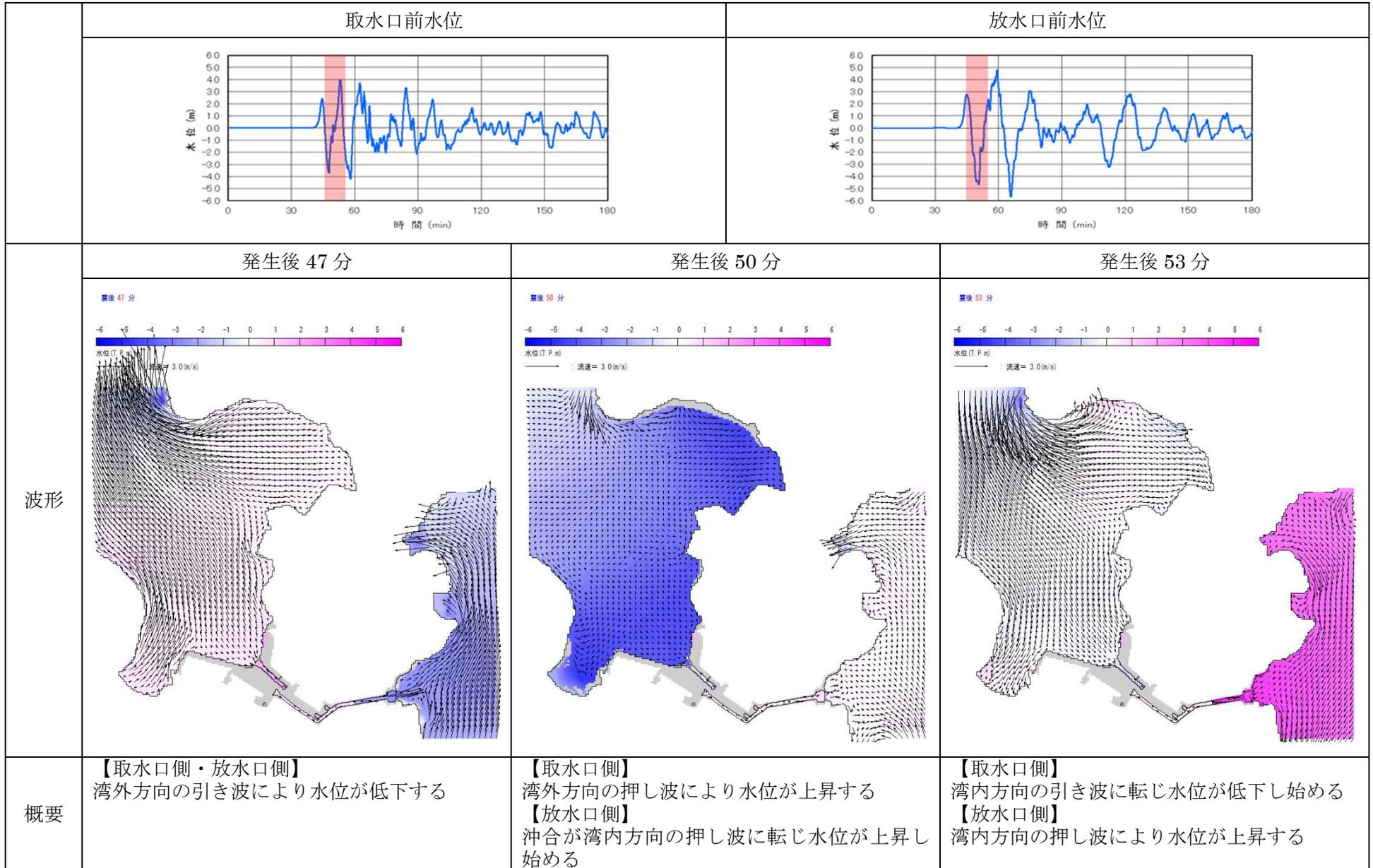


図 2 (2/3) 基準津波 1 の流向・流速の概要

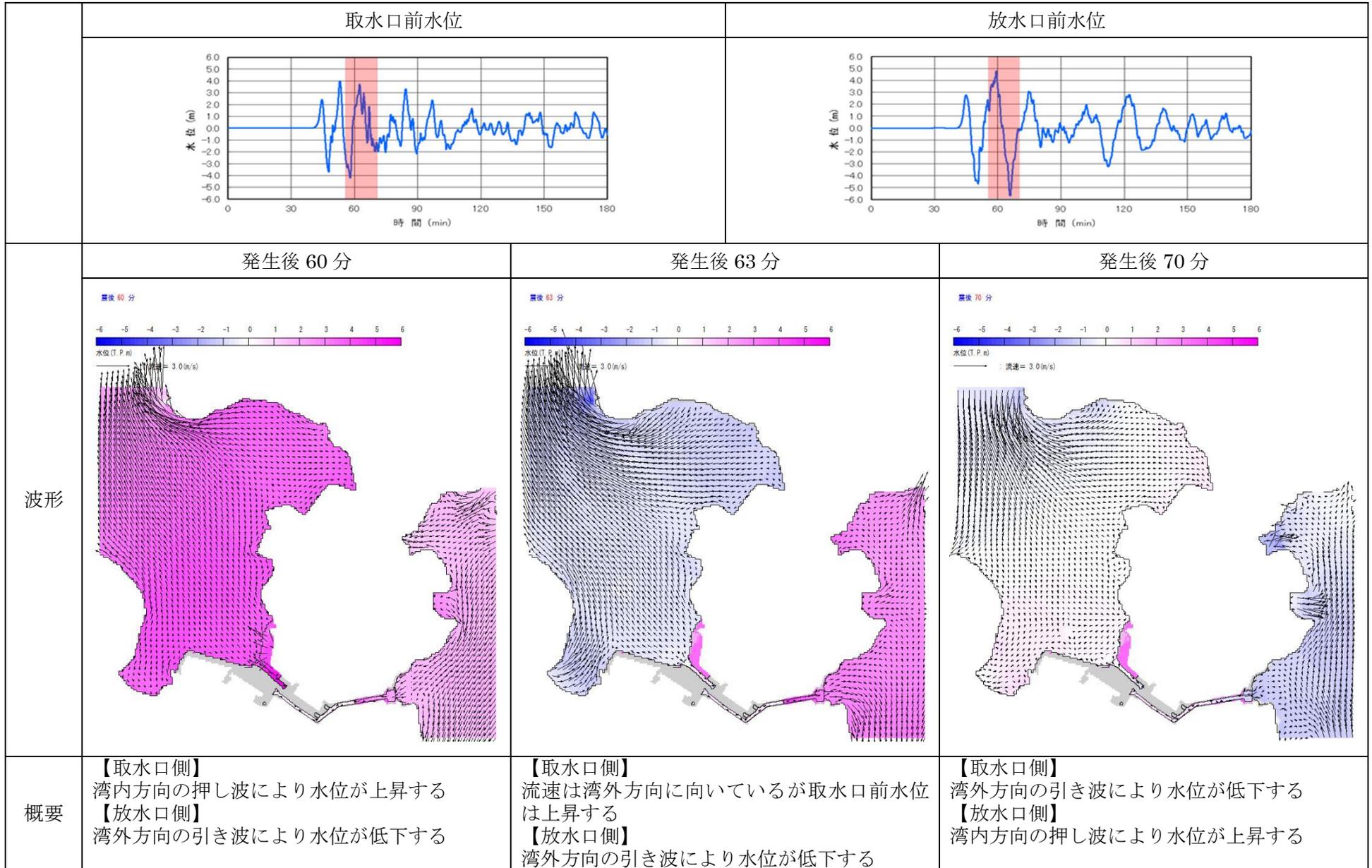


図 2 (3/3) 基準津波 1 の流向・流速の概要

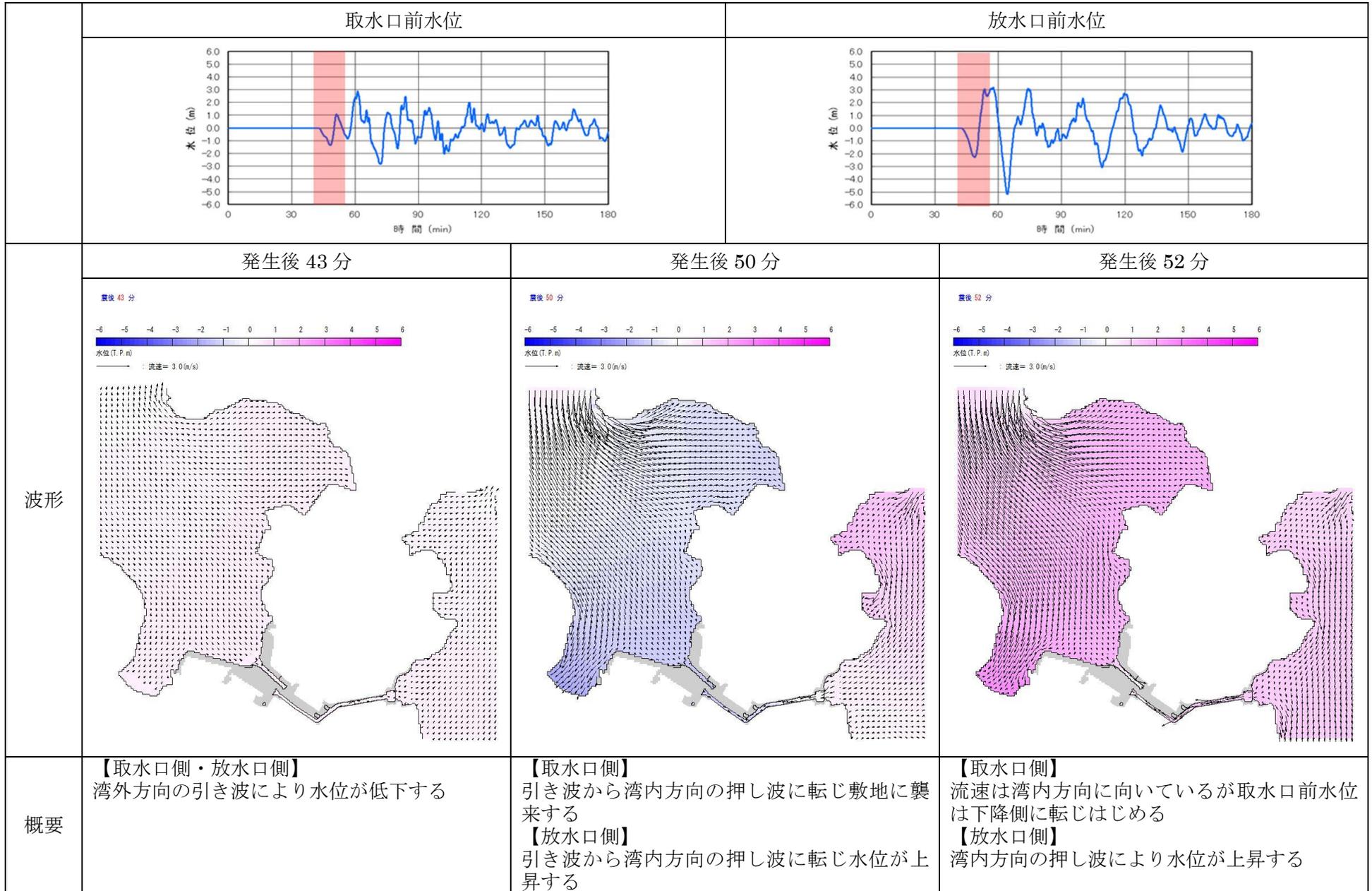


図3 (1/3) 基準津波3の流向・流速の概要

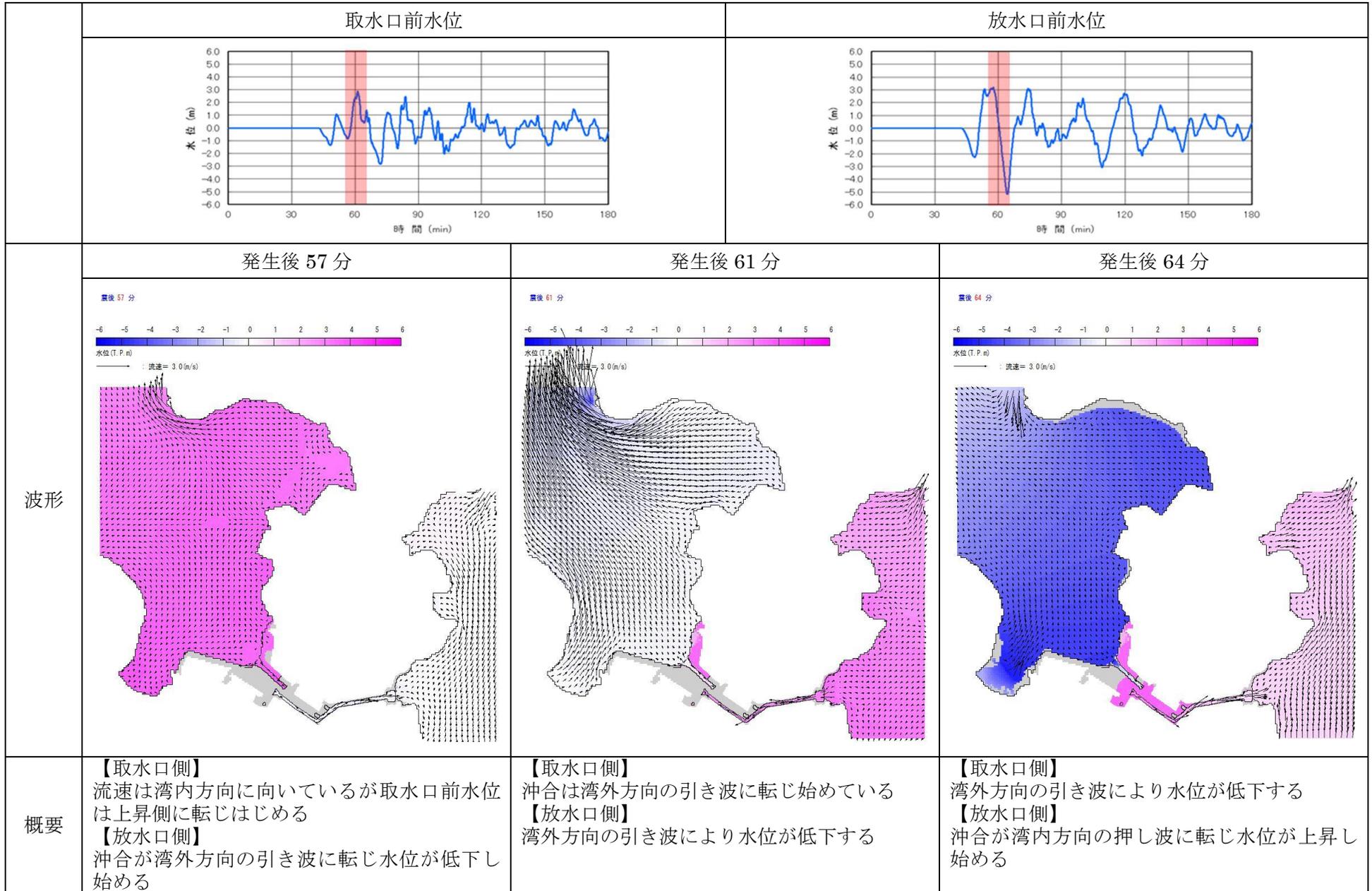


図3 (2/3) 基準津波3の流向・流速の概要

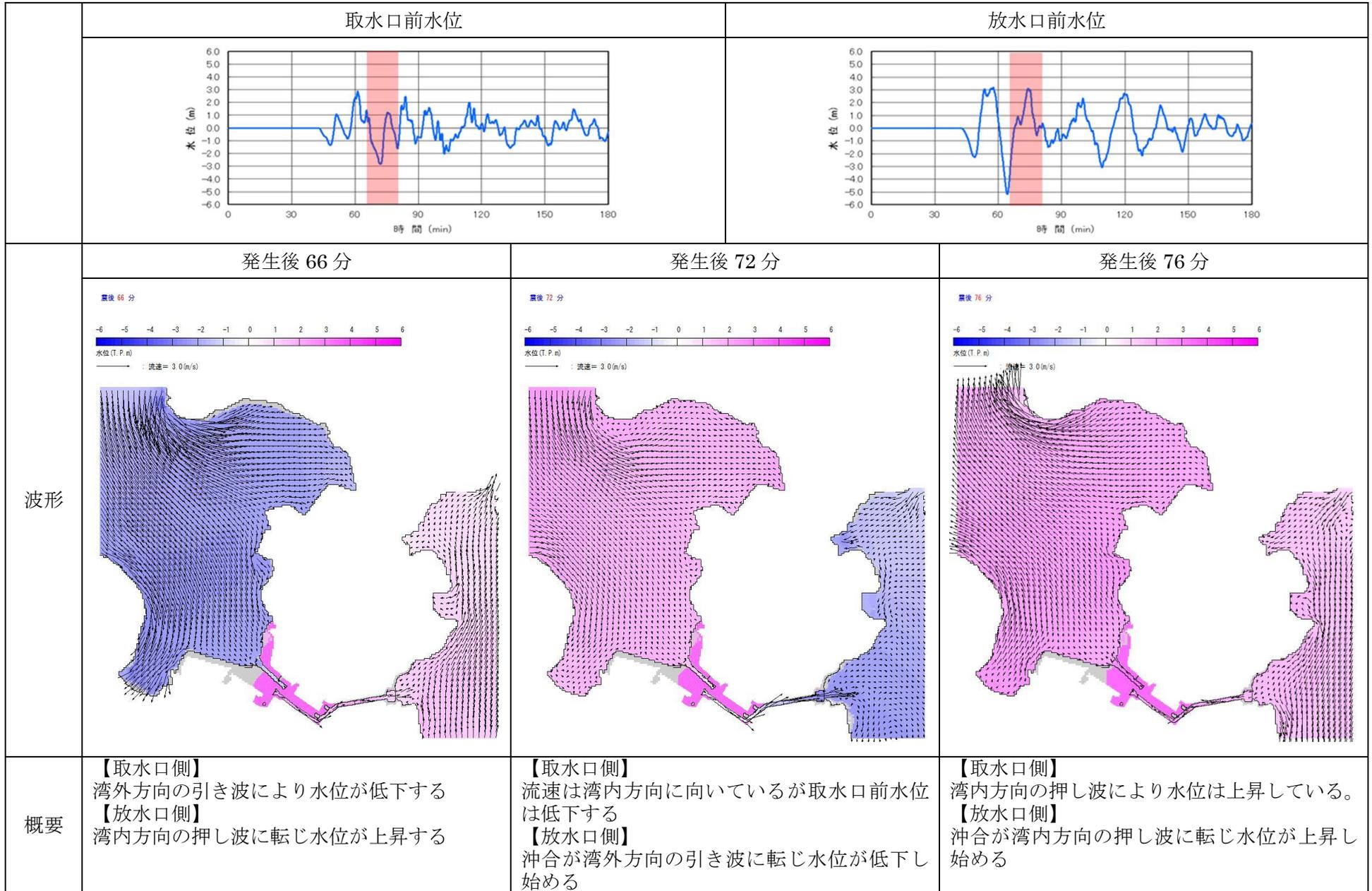


図 3 (3/3) 基準津波 3 の流向・流速の概要

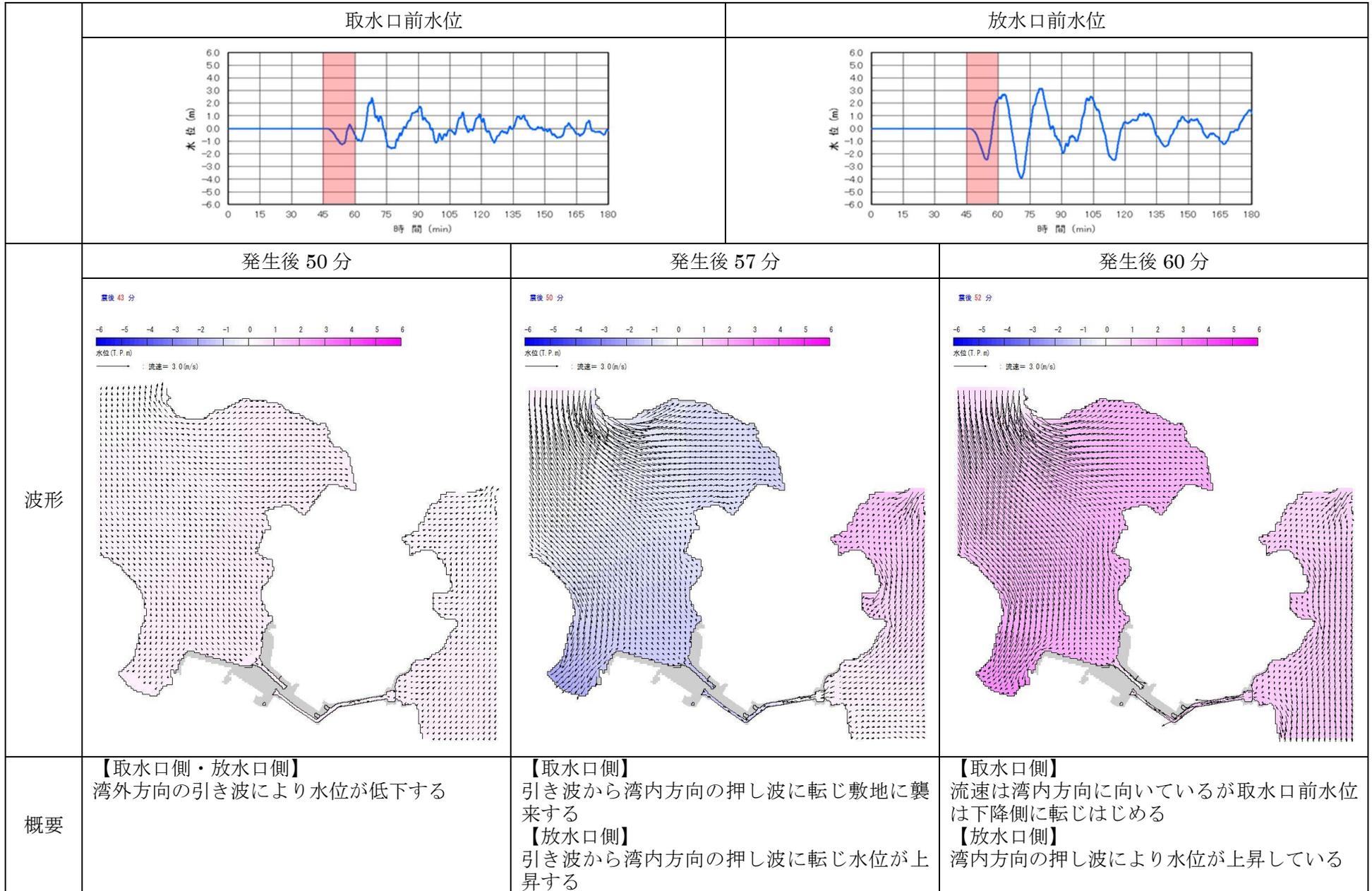


図 4 (1/2) 基準津波 4 の流向・流速の概要

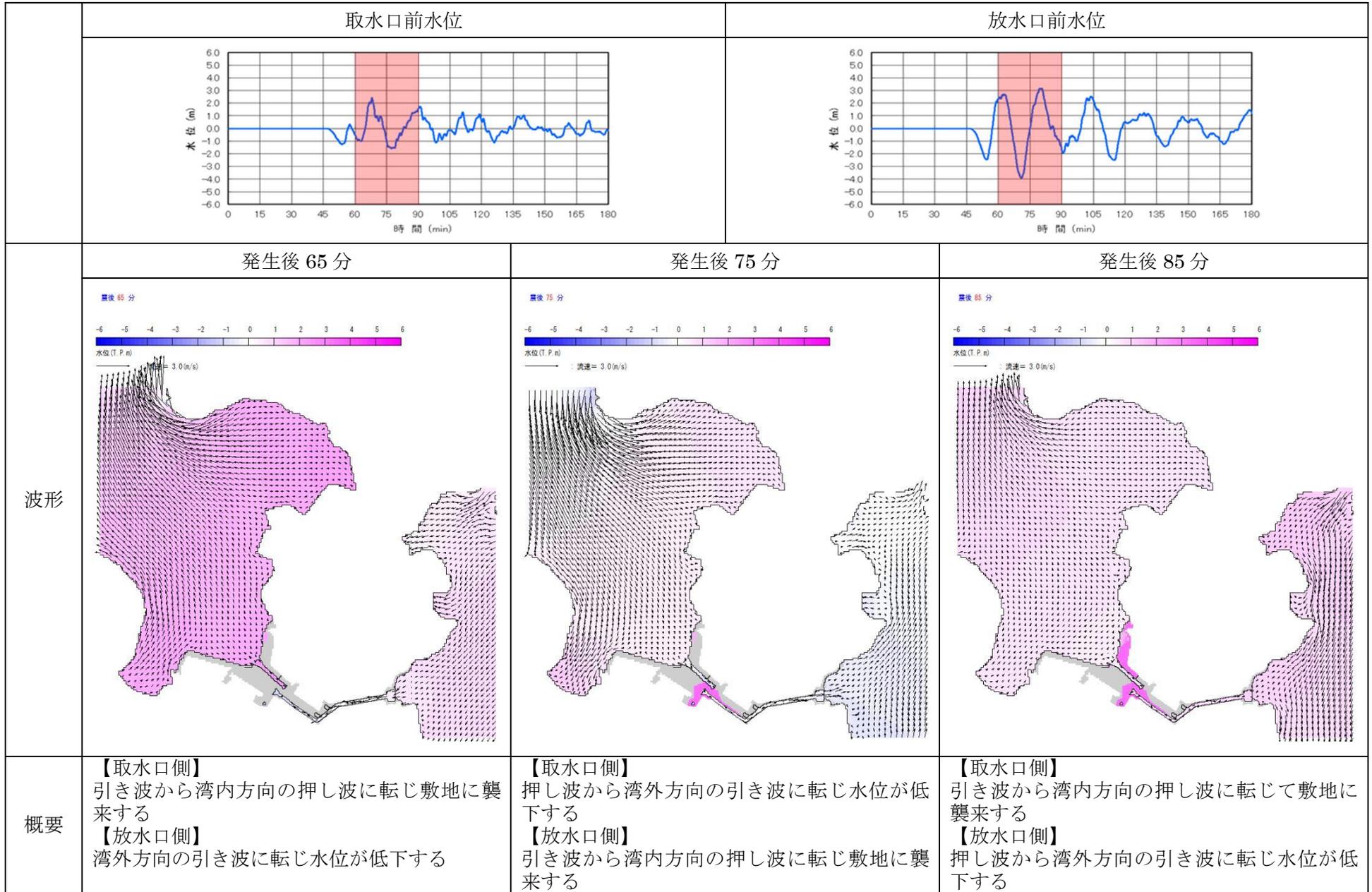
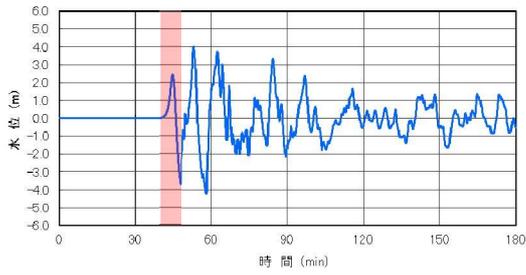


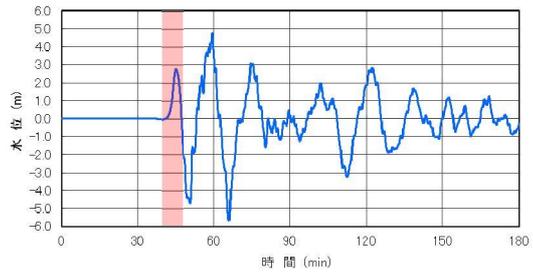
図 4 (2/2) 基準津波 4 の流向・流速の概要

3. 基準津波の流速および流向の詳細確認

水位上昇側である基準津波 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 の一体計算）は、地震発生後約 40 分後に敷地前面に到達し、地形に沿って少しずつ向きを変えながら、約 43 分後に湾内に真直ぐ侵入する向きを主流として敷地に襲来する。基準津波 1 の流速及び流向について詳細に確認したものを図 5 に示す。



基準津波 1 (取水口前面)



基準津波 1 (1号及び2号炉放水口前面)

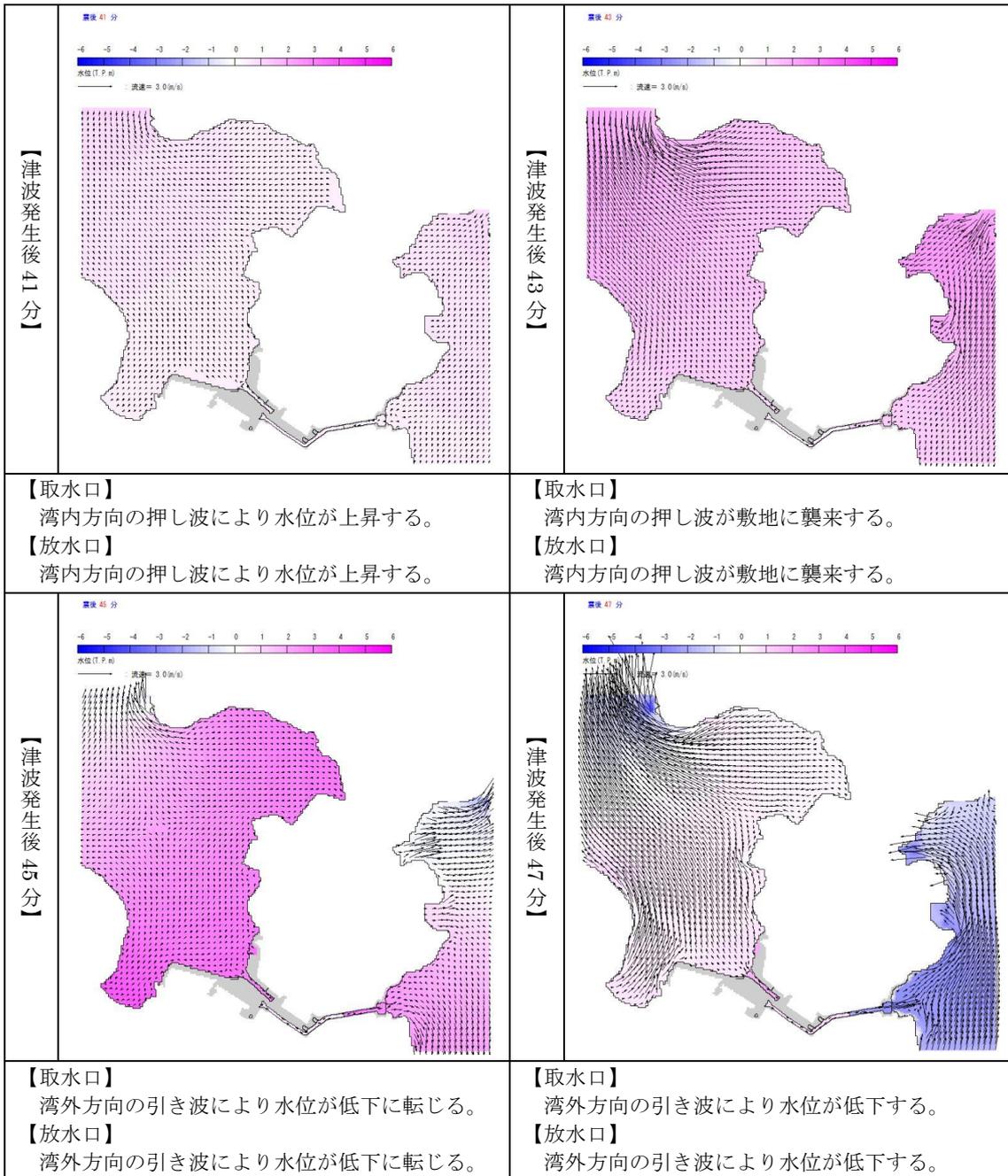
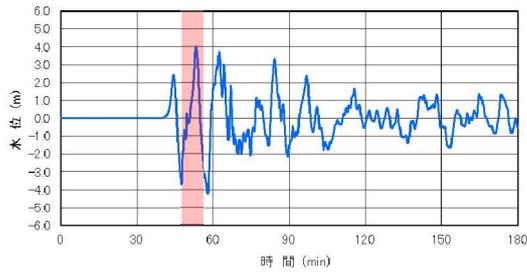
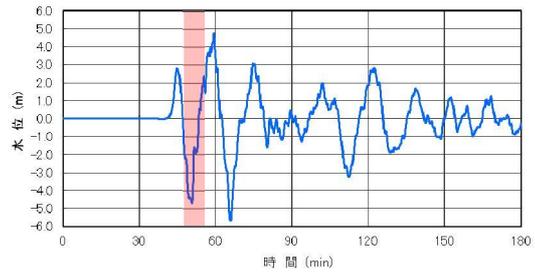


図 5 (1/6) 基準津波 1 の流速及び流向



基準津波 1 (取水口前面)



基準津波 1 (1号及び2号炉放水口前面)

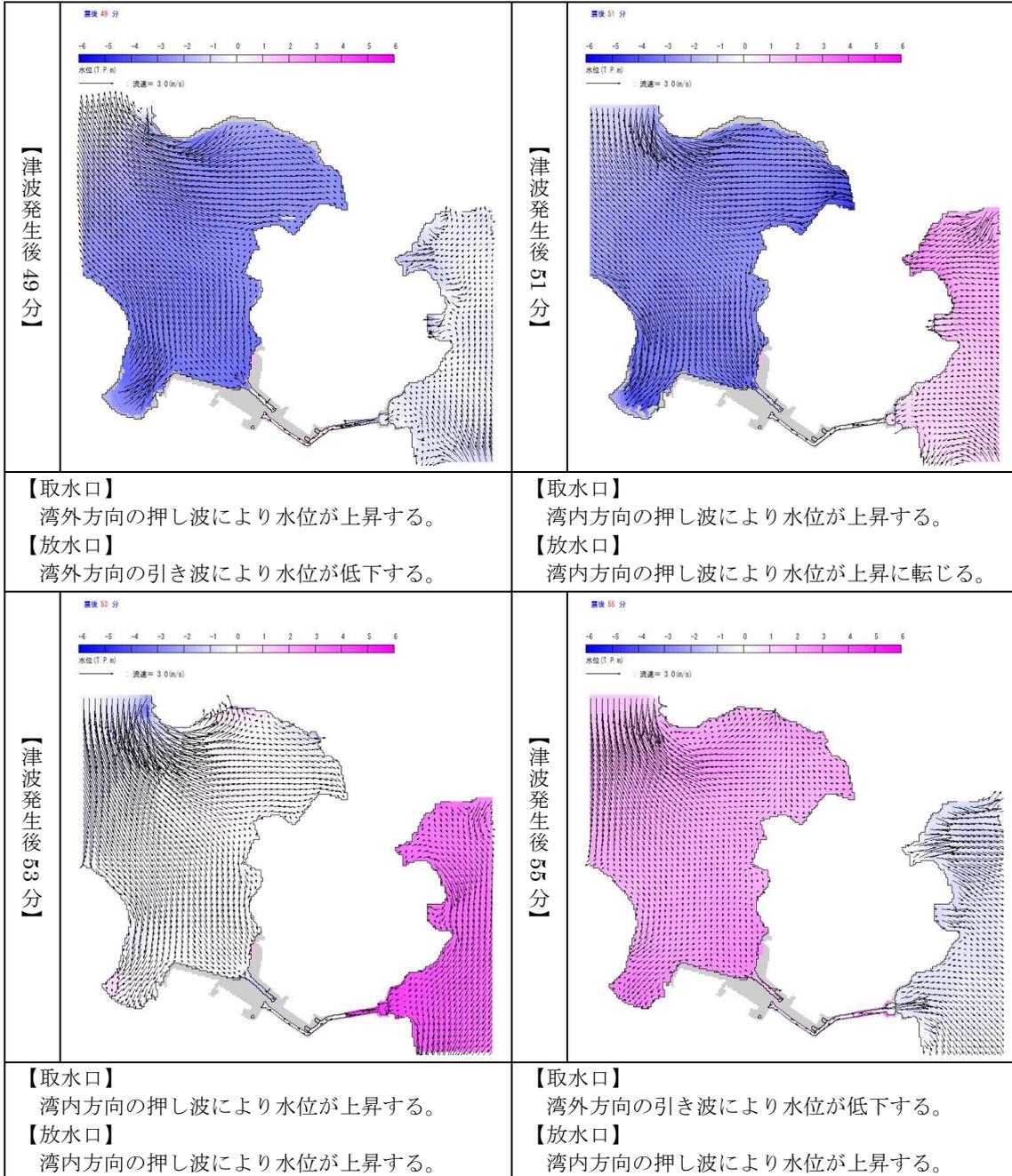
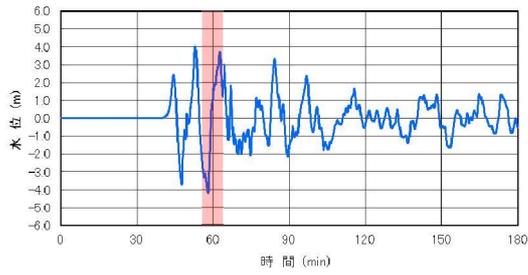
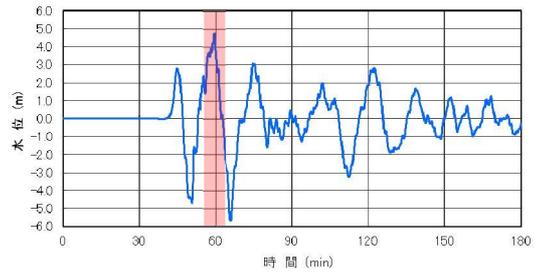


図 5 (2/6) 基準津波 1 の流速及び流向



基準津波 1 (取水口前面)



基準津波 1 (1号及び2号炉放水口前面)

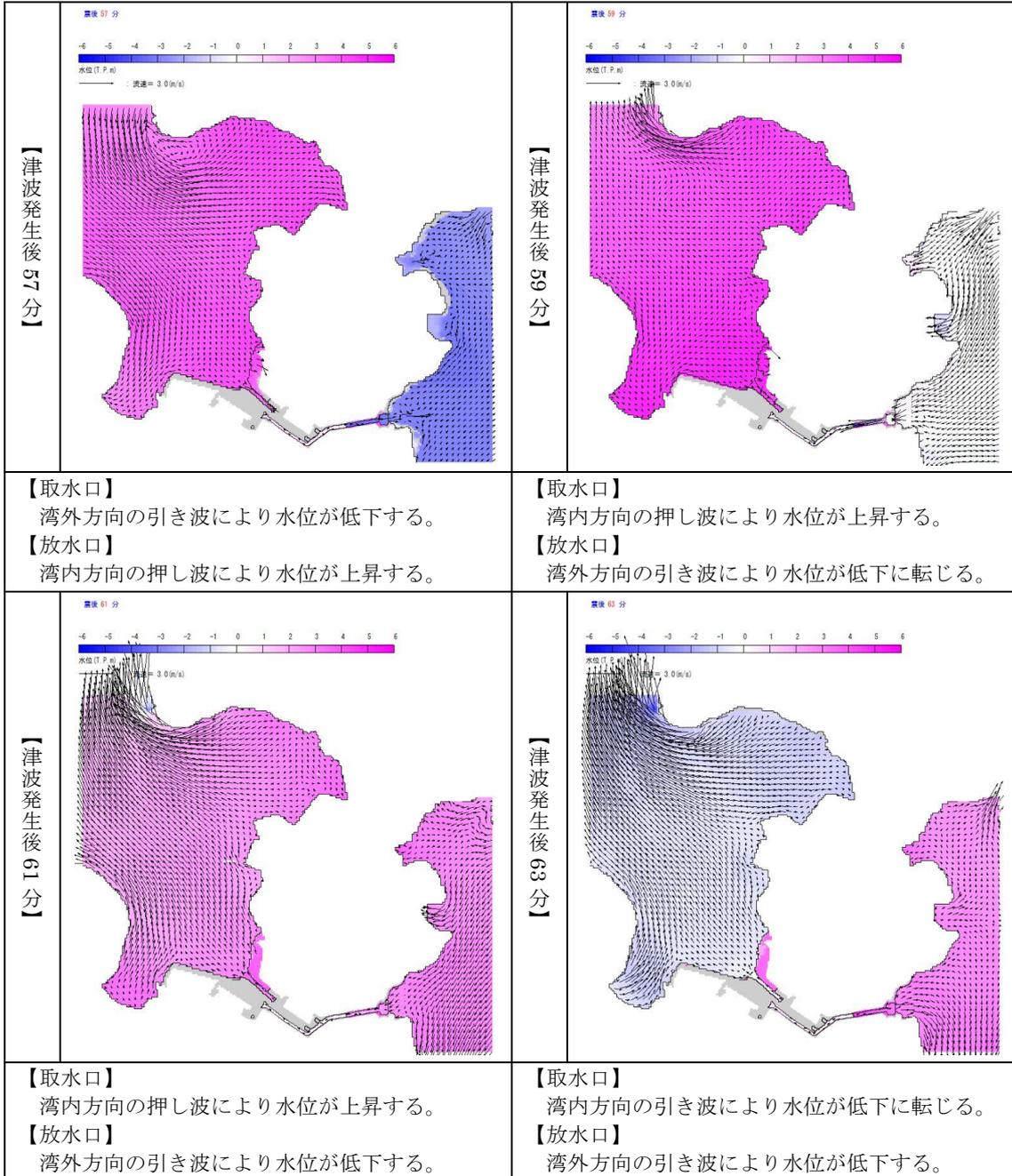
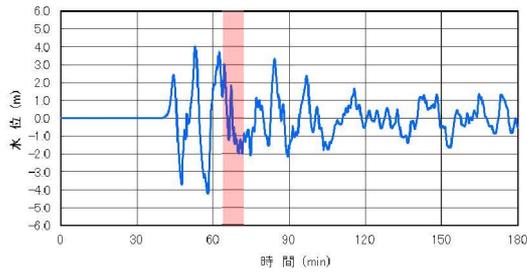
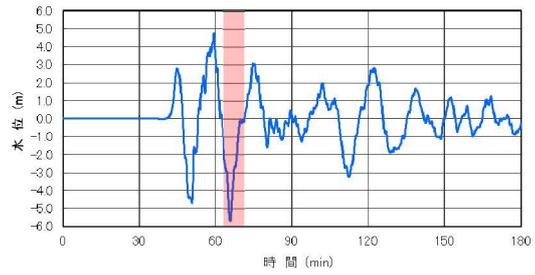


図 5 (3/6) 基準津波 1 の流速及び流向



基準津波 1 (取水口前面)



基準津波 1 (1号及び2号炉放水口前面)

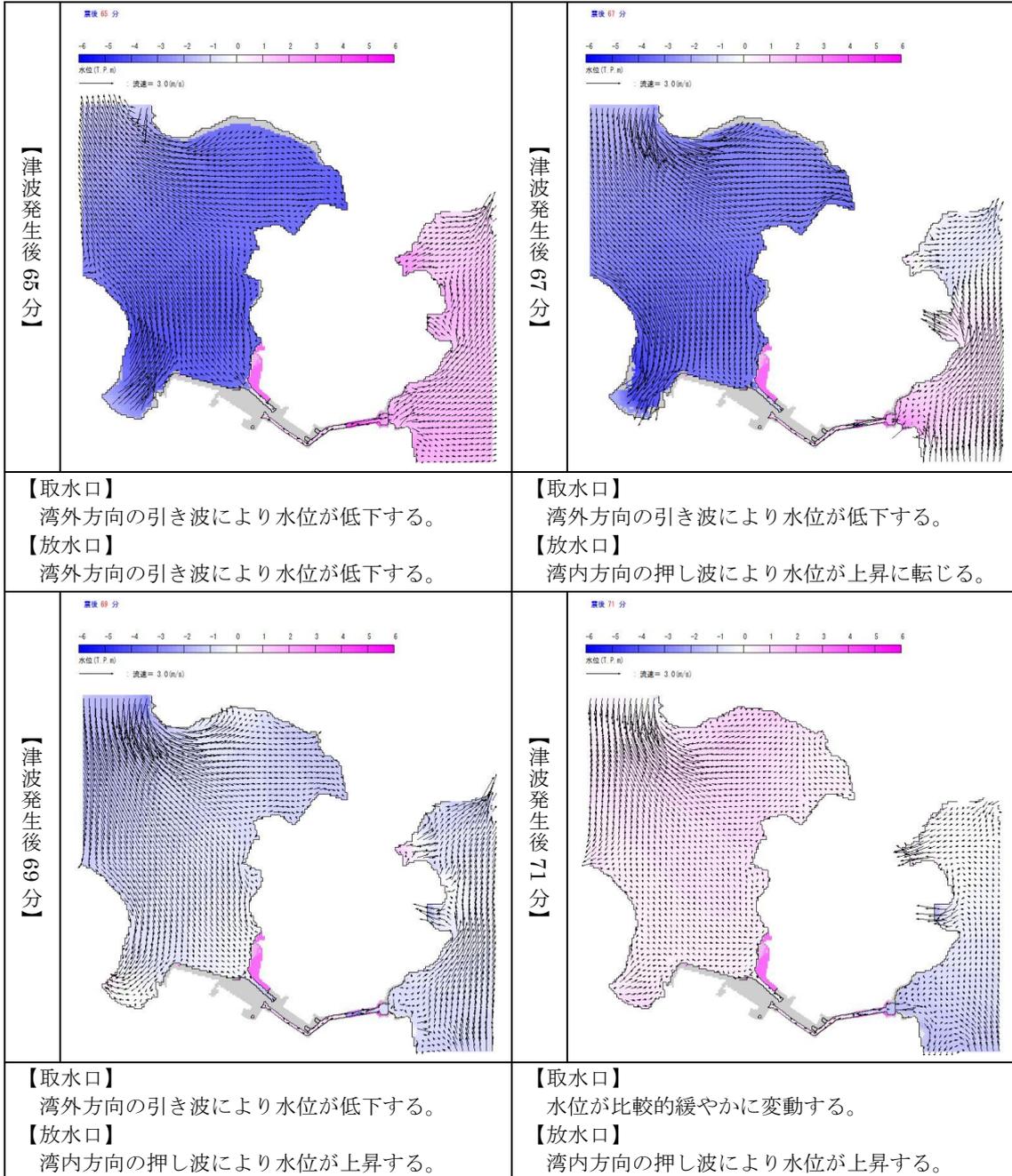
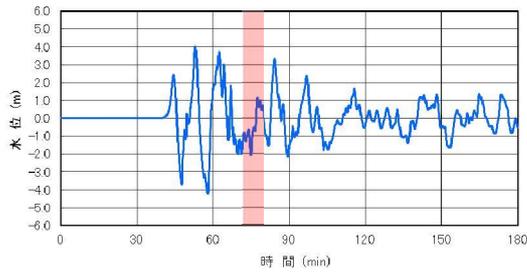
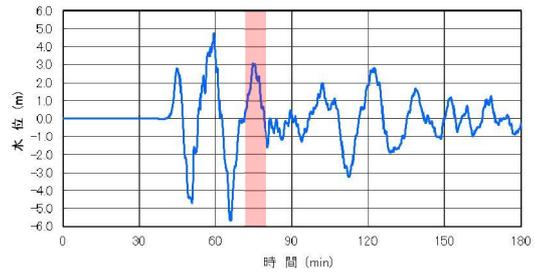


図 5 (4/6) 基準津波 1 の流速及び流向



基準津波 1 (取水口前面)



基準津波 1 (1号及び2号炉放水口前面)

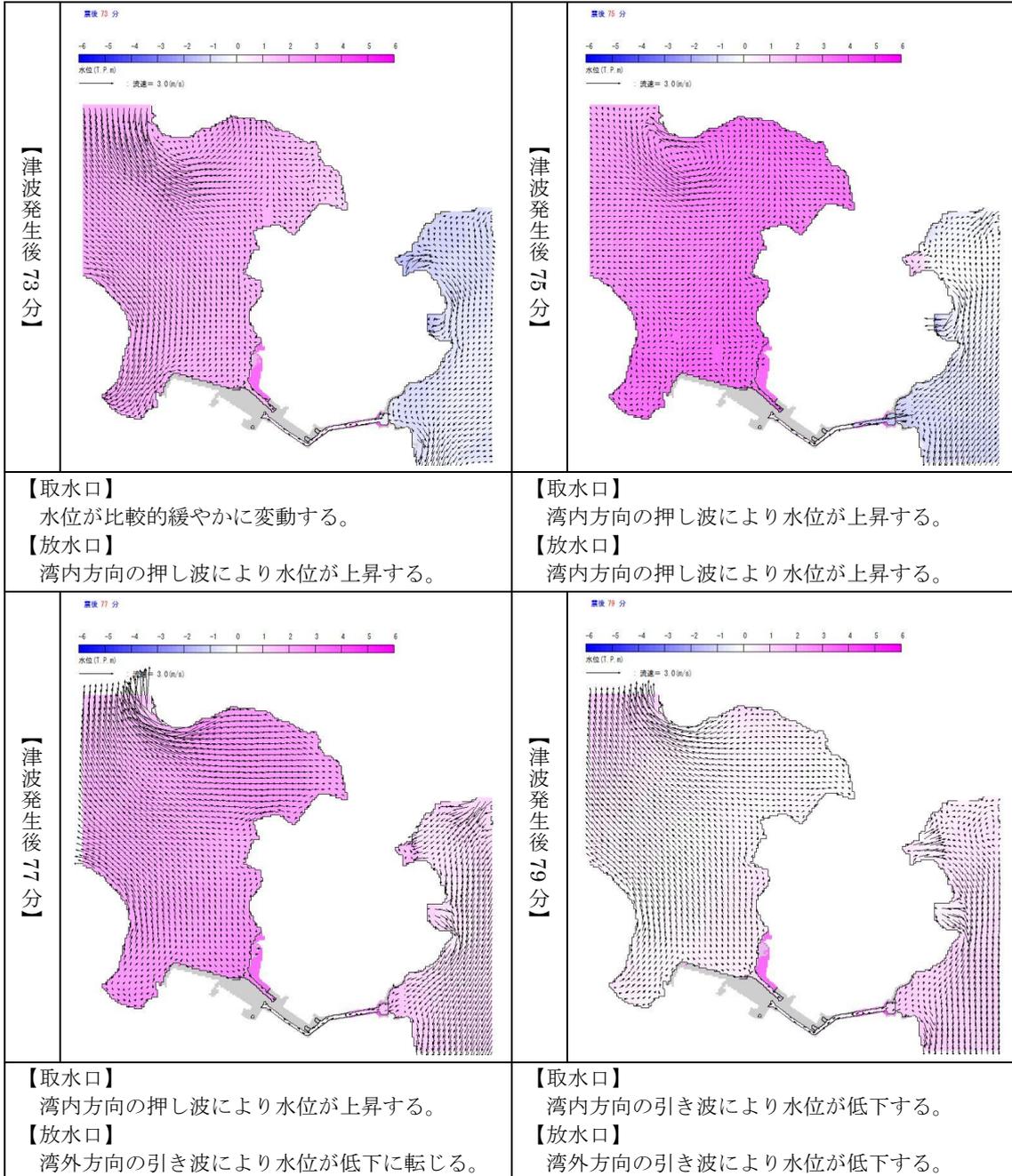
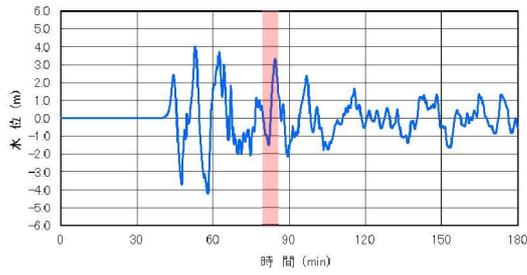
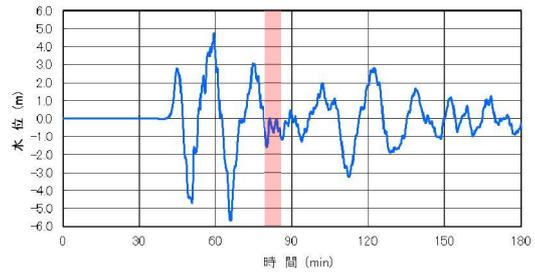


図 5 (5/6) 基準津波 1 の流速及び流向



基準津波 1 (取水口前面)



基準津波 1 (1号及び2号炉放水口前面)

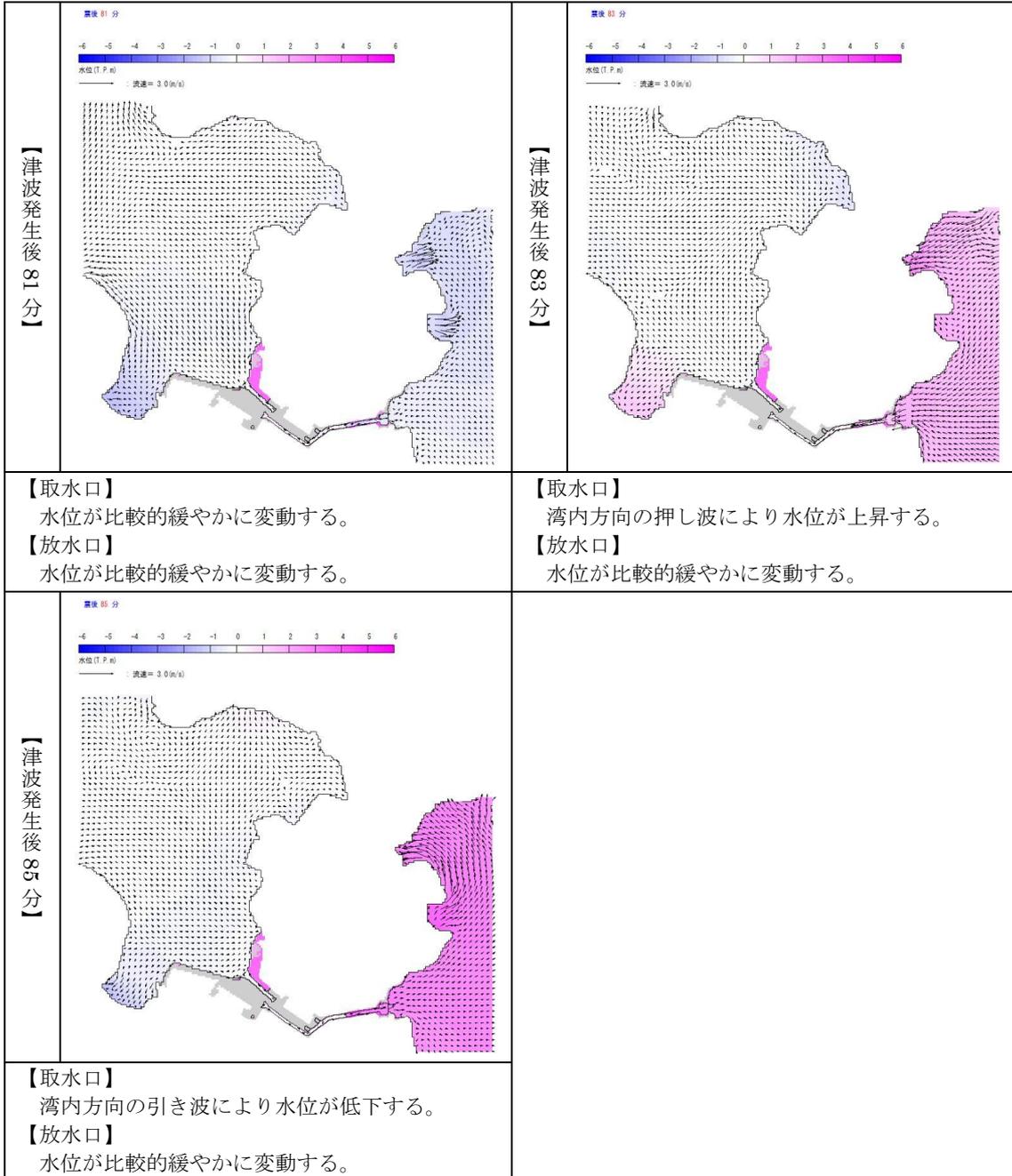


図 5 (6/6) 基準津波 1 の流速及び流向

取水路防潮ゲートの保守作業時の対応について

1. 概要

取水路防潮ゲートについては、ゲート落下機構への遠隔閉止信号によりゲートが落下できること（以下「遠隔閉止機能」という。）を運転上の制限としている。取水路防潮ゲートの一部の保守作業においては、遠隔閉止機能が停止する期間が生じることから、当該期間中において津波警報等が発表されない津波が襲来した場合及び大津波警報が発表された場合の対応について説明するものである。

2. 対象となる保守作業の概要

遠隔閉止機能が停止する期間が生じる作業は、取水路防潮ゲートの直下清掃及び取水路防潮ゲートの取替えである。

取水路防潮ゲートの直下清掃は、潜水作業員により水路内の海生生物等を除去する作業である。潜水作業員の安全確保の観点で、図-1 のとおり、清掃作業中は休止ピンとストッパーを挿入することでゲートが落下しない処置を講じるため、遠隔閉止機能が停止する。一方、取水路防潮ゲートの取替えについては、図-2 のとおり、ゲート落下機構を取り外して、クレーンによりゲートを取替える作業であるため、遠隔閉止機能が停止する。

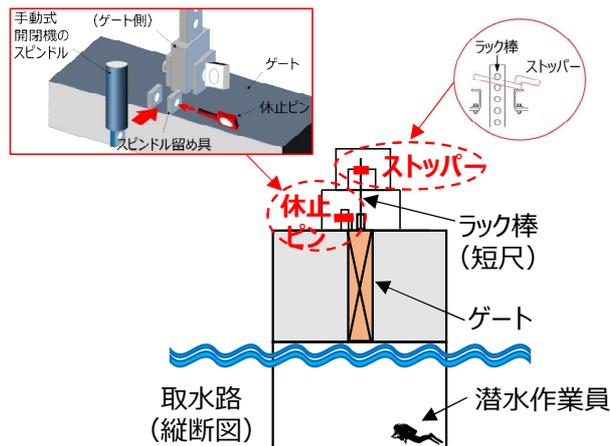


図-1 取水路防潮ゲート直下清掃時の概要図

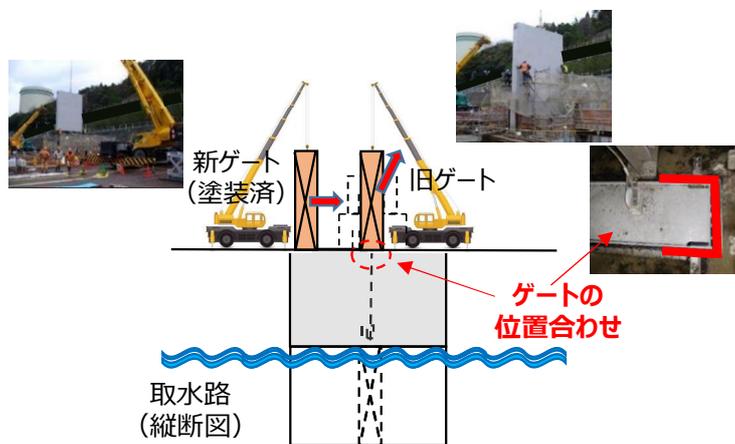


図-2 取水路防潮ゲート取替え時の概要図

3. 津波警報等が発表されない津波襲来時の対応について

3.1 対応方針について

上記の保守作業時において、津波警報等が発表されない津波が襲来した場合は以下のとおり対応する。

- (i) 作業は、天候や波浪状況が安定していること、及び発電所構外の観測潮位に欠測等がなく、発電所構外の観測潮位の確認が出来る状態で実施する。万が一、作業中に発電所構外の観測潮位の確認が出来ない状態となった場合には、直ちに作業を中断し、作業前の状態に復旧する。
- (ii) 発電所構外の観測潮位にて情報発信された場合は、1号及び2号炉中央制御室又は3号及び4号炉中央制御室から現場作業員へ連絡し、作業中断の上、津波襲来までに作業前のゲート開閉状態に復旧する。

これらの対応を図ることにより発電所の安全性に影響はない。また、津波襲来前に作業員が退避可能であるため、作業安全性の確保が可能である。

本運用は、保安規定に反映することとし、内容としては、予防保全を目的とした点検・保守を実施する設備に取水路防潮ゲートを追加、および添付2の津波の項に作業実施時には、体制を確保し、維持すること等を規定する。

3.2 対応手順及び所要時間について

取水路防潮ゲートの直下清掃時及び取水路防潮ゲートの取替え時における対応手順及び所要時間を図-3、図-4に示す。発電所構外の観測潮位にて情報発信された後、同図に示す手順で対応することにより、高浜発電所に津波が到達する前に、作業前のゲート開閉状態に復旧することが可能である。

具体的には、取水路防潮ゲートの直下清掃時については、発電所構外の観測潮位にて情報発信された後、1号及び2号炉中央制御室又は3号及び4号炉中央制御室から現場作業員に連絡し、休止ピンとストッパーを解除することにより、作業前のゲート開閉状態に復旧可能である。

また、取水路防潮ゲートの取替え時については、発電所構外の観測潮位にて情報発信された後、1号及び2号炉中央制御室又は3号及び4号炉中央制御室から現場作業員に連絡したタイミングが、「ゲートが位置合わせにはめ込んでいる状態（ケース①）」であれば、そのままゲートを閉止し、「旧ゲートを取り外した後（ケース②）」であれば、新ゲートを位置合わせにはめ込んだ後に新ゲートを閉止することで、作業前のゲート開閉状態に復旧可能である。なお、リスク回避の観点から旧ゲートを引き抜く前には、発電所構外の観測潮位を確認し、異常がないことを判断して作業を行う。

また、欠測等により、発電所構外の観測潮位の確認が出来ない状態となった場合の対応手順及び所要時間を図-5に示す。同図より、欠測等が発生した場合においても、発電所の安全性に影響はない。また、津波襲来前に作業員が退避可能であるため、作業安全性の確保が可能である。

		「隠岐トラフ海底地すべり」による 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	
		時間		説明	
中央制御室	潮位観測システム（防護用）にて警報発信	30	44	0分	通常潮汐から0.5m変動を検知すれば、中央制御室にて警報発信
	潮位変動の判断 運転員の指示等	44	49	5分	-
	循環水ポンプ停止	49	54	5分	-
	ユニットトリップ	49	50	1分	-
	ゲート閉止（遠隔閉止）	49	50	1分	-
発電所構外の観測潮位にて情報発信	30	35	5分	通常潮汐から10分以内に0.5m変動を検知すれば、中央制御室にて情報発信	
現地	潜水作業員退避	30	31	1分	-
	ゲート落下防止処置 （休止ピン、ストッパー）の解除	30	31	1分	-

図-3 取水路防潮ゲートの直下清掃時の対応手順及び所要時間

		「隠岐トラフ海底地すべり」による 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	
		時間		説明	
中央制御室	潮位観測システム（防護用）にて警報発信	30	44	0分	通常潮汐から0.5m変動を検知すれば、中央制御室にて警報発信
	潮位変動の判断 運転員の指示等	44	49	5分	-
	循環水ポンプ停止	49	54	5分	-
	ユニットトリップ	49	50	1分	-
	ゲート閉止（遠隔閉止）	49	50	1分	-
発電所構外の観測潮位にて情報発信	30	35	5分	通常潮汐から10分以内に0.5m変動を検知すれば、中央制御室にて情報発信	
現地	ケース① クレーンによるゲート閉止	30	31	1分	ゲート降下距離6m、クレーン巻上フック速度約10m/分より1分と評価
	ケース② クレーンによるゲート据付け・閉止	30	41	11分	ゲート設置時の実績から10分以内で据付け可能 ゲート降下距離12m、クレーン巻上フック速度約10m/分より2分と評価

図-4 取水路防潮ゲートの取替え時の対応手順及び所要時間

		「隠岐トラフ海底地すべり」による 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	
		時間	説明	
中央制御室		30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60		
		潮位観測システム（防護用）にて警報発信	0分 通常潮汐から0.5m変動を検知すれば、中央制御室にて警報発信	
		潮位変動の判断 運転員の指示等	5分	-
		循環水ポンプ停止 ユニットトリップ	5分	-
		ゲート閉止（遠隔閉止）	1分	-
		発電所構外の観測潮位の 確認が出来ない状態（欠測等）	0分	欠測等を確認した時点で、保守的に津波が襲来するという想定
		現地作業員への周知	1分	-
現地	直下清掃	潜水作業員退避	1分	-
		ゲート落下防止処置 （休止ピン、ストッパー）の解除	1分	-
	ゲート交換	ケース① クレーンによるゲート閉止	1分	ゲート降下距離6m、クレーン巻上フック速度約10m/分より1分と評価
		ケース② クレーンによるゲート据付け・閉止	11分	ゲート設置時の実績から10分以内で据付け可能 ゲート降下距離12m、クレーン巻上フック速度約10m/分より2分と評価

図-5 欠測等が発生した場合の対応手順及び所要時間

4. 大津波警報発表時の対応について

4.1 対応方針について

大津波警報が発表された場合は、1号及び2号炉中央制御室又は3号及び4号炉中央制御室から現場作業員へ連絡し、作業中断の上、津波襲来までに取水路防潮ゲートを閉止することにより、発電所の安全性に影響はない。また、津波襲来前に作業員が退避可能であるため、作業安全性の確保が可能である。

なお、本運用についても、津波警報等が発表されない津波襲来時と同様に、保安規定に反映することとし、内容としては、予防保全を目的とした点検・保守を実施する設備に取水路防潮ゲートを追加、および添付2の津波の項に作業実施時には、体制を確保し、維持すること等を規定する。

4.2 対応手順及び所要時間について

対応手順と所要時間を図-6に示す。同図に示す手順で対応することにより、高浜発電所に津波が到達するまでに取水路防潮ゲートの閉止が可能である。

		地震・津波発生からの経過時間（分）												青旗作業中の対応		
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	時間	説明	
中央制御室	中央制御室にて地震・津波情報入手	←												3分	-	
	連絡体制に基づき作業関係者への連絡	→												2分	-	
	循環水ポンプ停止	←												5分	-	
	ユニットリップ操作	←													-	
	ゲート閉止（遠隔閉止）	←												1分	-	
現地	直下清掃時	潜水作業員退避	←												1分	清掃作業中もゲートから遠く離れた場所に行くことはなく、ゲート直近に設置する仮設昇降設備から退避する。
		ゲート落下防止処置（休止ピン、ストッパー）の解除	←												1分	-
		ゲート閉止（遠隔閉止）	←												1分	-
	ゲート交換	クレーンによるゲート据付け・閉止	←												11分	ゲート設置時の実績から10分以内で据付け可能 ゲート降下距離12m、クレーン巻上フック速度約10m/分より2分と評価

※既許可の基準津波評価において、取水路防潮ゲート閉条件の場合、「大陸棚外縁～B～野坂断層」を波源とする津波が高浜発電所に最も早く津波が到達するため、その到達時間である24分を指標としている。

図-6 取水路防潮ゲート保守作業に係る対応手順及び所要時間
(大津波警報発表時)

輸送物及び輸送車両の漂流物評価について

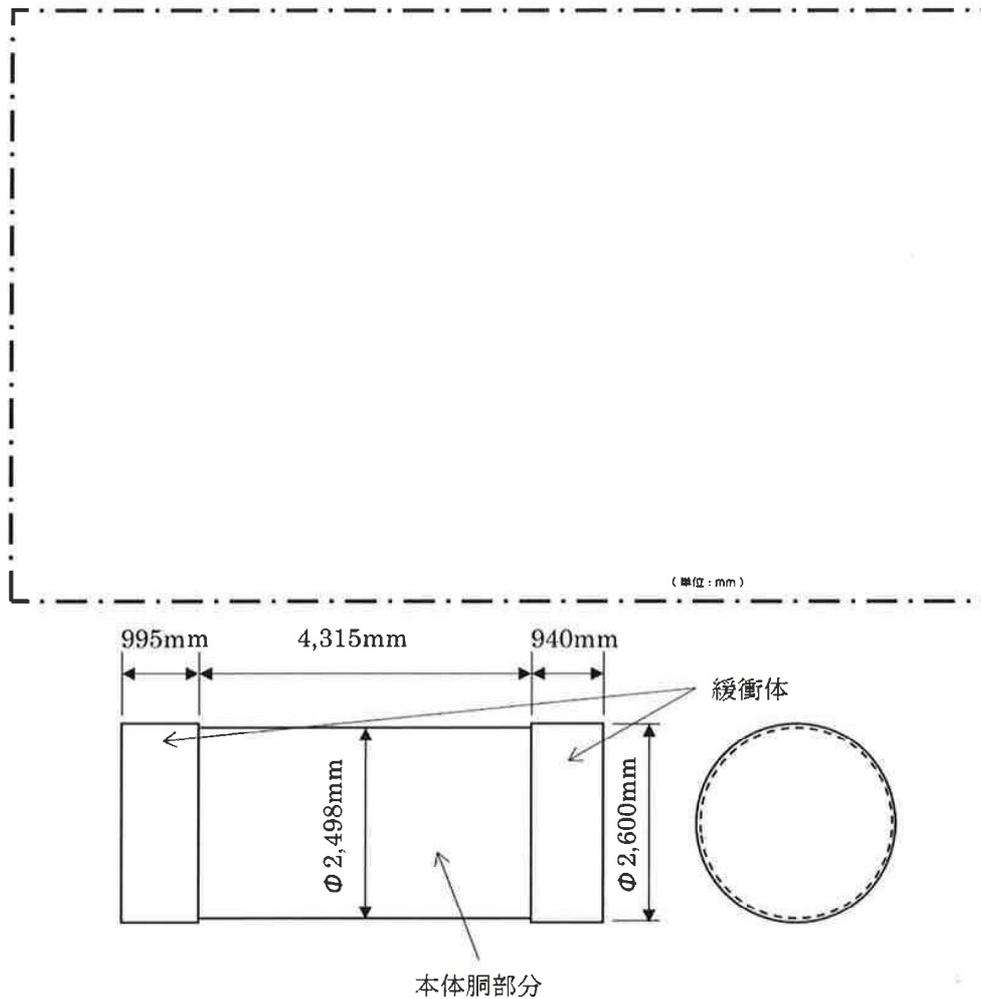
燃料等輸送船による輸送時の、陸側にある輸送物及び輸送車両の漂流物評価について以下の通り示す。

1. 浮力に対する評価

(1) 燃料輸送

①使用済燃料輸送容器

高浜発電所において使用する使用済燃料輸送容器であるNFT-14P型を評価対象とし、図1のように寸法を設定した。表1に輸送容器総重量を示す。



- ・ 本体胴部分の外径については、保守的にフィンの外径値を使用している
- ・ 緩衝体については中央に穴が開いた形状をしているが、保守的に円柱とする
- ・ 架台 (10.0t 以下) については、構造上空間が無く単体で比重が海水より高いことから保守的に体積に含めない

図1 体積計算に用いた使用済燃料輸送容器の模式図

一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

表 1 輸送容器総重量

輸送容器各部名称	重 量 (tf)
A. 本 体	82.2 以下
B. 蓋	5.3 以下
C. バスケット	6.7 以下
D. 緩 衝 体	
① 上部緩衝体 (近接防止金網を含む)	3.5 以下
② 下部緩衝体 (近接防止金網を含む)	3.5 以下
輸送容器総重量 A + B + C + D	101.2 以下

a. 評価結果

(a) 重量

表 1 輸送容器総重量 (101.2 tf) より、保守的に 100 tf と設定。

(b) 体積

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h \\
 &= \frac{\pi}{4} \cdot (2.600)^2 \cdot (0.995) + \frac{\pi}{4} \cdot (2.498)^2 \cdot (4.315) + \frac{\pi}{4} \cdot (2.600)^2 \cdot (0.940) \\
 &= 31.421 \text{ [m}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

(c) 浮力

$$\rho \cdot V = 1.03^{**} \times 31.421 = 32.4 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※ : 海水の比重を 1.03 t/m³ とした

(a) 重量 > (c) 浮力より、使用済燃料輸送容器は、漂流物とはならない。

②使用済燃料輸送車両

使用済燃料輸送容器の輸送に使用する多軸自走車(150t積載)を評価対象とする。体積については、図2のように使用済燃料輸送車両を構成する部位を9つに分割して体積を求め、これらの積算により算出した。

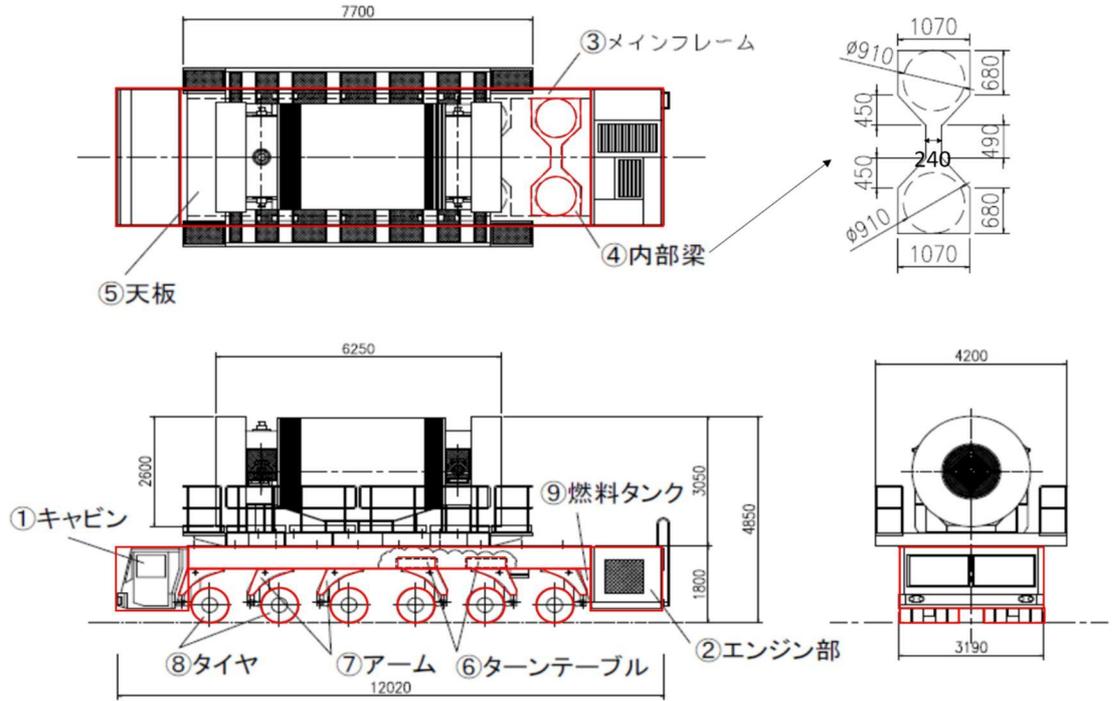


図2 体積計算に用いた使用済燃料輸送車両の模式図

a. 評価結果

(a) 重量

車両重量：33.8 tf（使用する車両の諸元値を使用）より保守的に 33 tf と設定。

(b) 体積

No.	部位名	L[m]	W[m]	H[m]	数量	体積[m ³] [※]	備 考
①	キャビン	1.530	3.190	1.440	1	7.028	
②	エンジン部	1.510	3.190	1.440	1	6.936	
③	メインフレーム	8.905	0.220	0.525	2	2.057	
④	内部梁（シャーシ）	1.070	2.750	0.310	6	1.602	左記のL,Wの寸法は最大寸法を記載。 体積は、内部梁の詳細図から、以下の計算式により求めた。 $((1.07 \times 0.68 + (1.07 + 0.24) \times 0.45 \times 0.5 - 0.455^2 \times \pi)) \times 2 + 0.49 \times 0.24) \times 0.31 \times 6$
⑤	天板（シャーシ）	8.905	3.190	0.010	1	0.284	
⑥	ターンテーブル	φ 0.9		0.210	12	1.603	円柱
⑦	アーム	1.020	0.870	0.240	12	2.556	
⑧	タイヤ		0.240	φ 0.825	48	6.158	
⑨	燃料タンク			300 ℓ		0.300	
	合計					28.526	

※小数点第 4 位切り上げ

(c) 浮力

$$\rho \cdot V = 1.03^{※} \times 28.526 = 29.4 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m³ とした

(a) 重量 > (c) 浮力より、使用済燃料輸送車両は、漂流物とはならない。

(2) LLW 輸送

①LLW 輸送容器

LLW 輸送に使用する LLW-2 型輸送容器を評価対象とし、図 3 のように上部隅金具、下部隅金具を含めた最大寸法にて寸法を設定した。表 2 に輸送容器重量を示す。

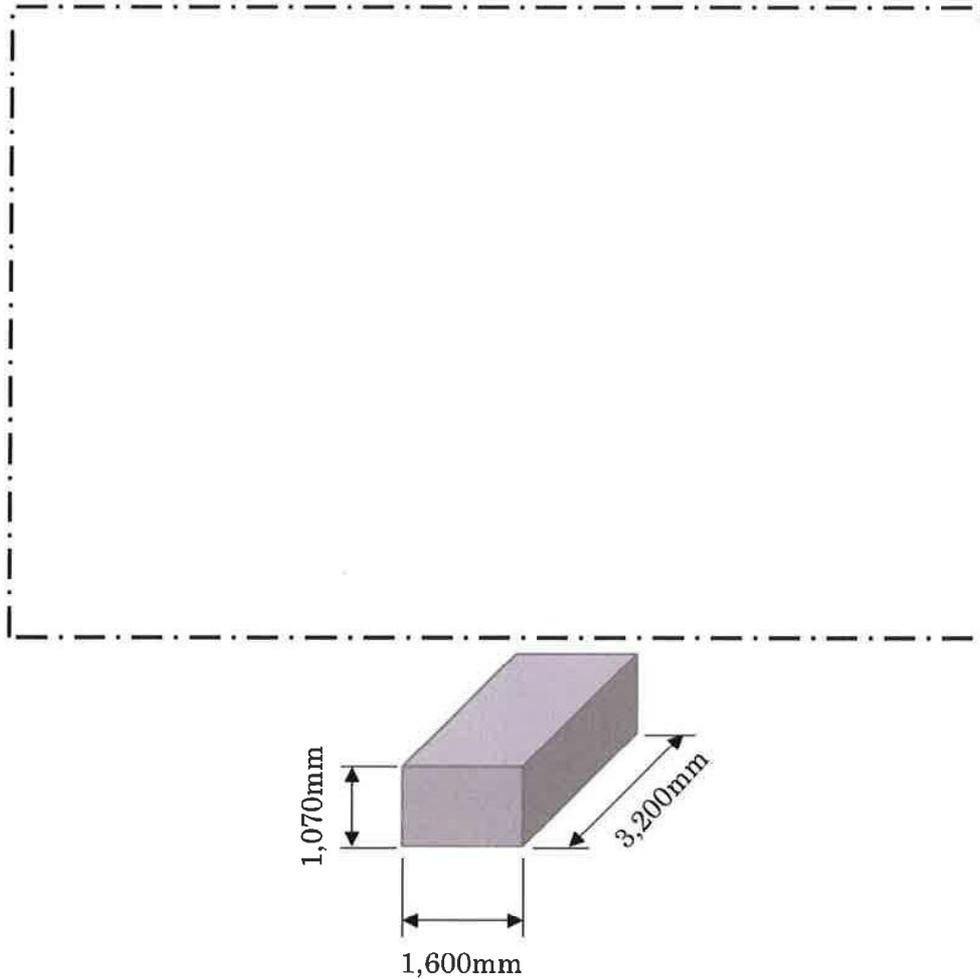


図 3 体積計算に用いた LLW 輸送容器の模式図

表 2 LLW 輸送容器質量及び寸法

主要寸法	(長さ) 約 3.2m
	(幅) 約 1.6m
	(高さ) 約 1.1m
輸送容器重量	約 1.2tf (空重量)

一点鎖線の範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません。

a. 評価結果

(a) 重量

表 2 より、1.2 tf と設定。

(b) 体積

$$\begin{aligned} V &= 3.2 \times 1.6 \times 1.1 \\ &= 5.632 \text{ [m}^3\text{]} \end{aligned}$$

(c) 浮力

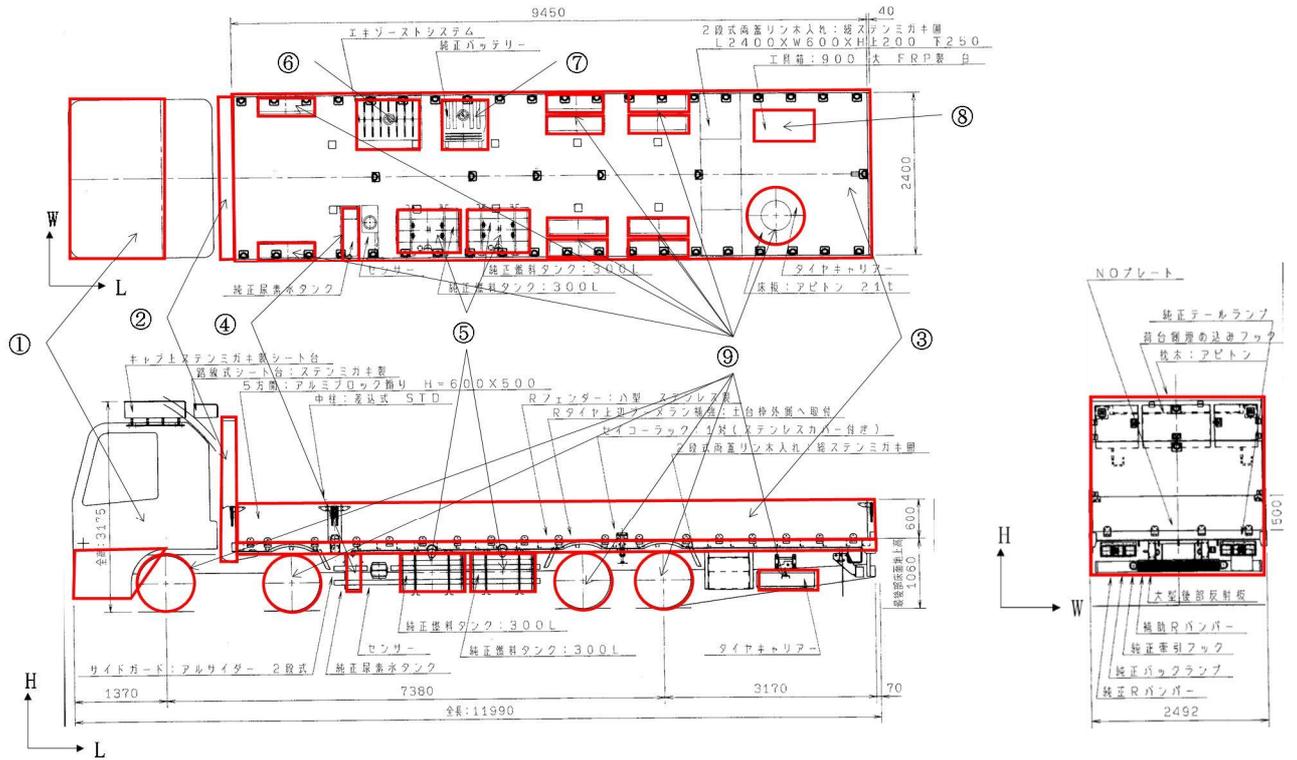
$$\rho \cdot V = 1.03^{**} \times 5.632 = 5.9 \text{ [tf]} \text{ (小数点第 2 位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m³ とした

LLW 輸送容器単体では (a) 重量 < (c) 浮力となるが、LLW 輸送容器を単体で物揚岸壁に置くことはなく、LLW 輸送車両に固縛等するため、漂流物とはならない。

②LLW 輸送車両

LLW 輸送容器の輸送に使用するトラックを評価対象とする。体積については、図 4 のように LLW 輸送車両を構成する部位を 9 つに分割して体積を求め、これらの積算により算出した。なお、キャビンについては、窓を開ける運用とし、気密性がないため体積には加えない。



- ①車体、②シャーシ（連結部）、③シャーシ（上部・下部）、④タンク 1、⑤タンク 2、⑥排気システム、⑦バッテリー、⑧工具箱、⑨タイヤ

図 4 体積計算に用いた LLW 輸送車両の模式図

a. 評価結果

(a) 重量

車両重量：10.8 tf（使用する車両の諸元値を使用）

(b) 体積

No.	L[m]	W[m]	H[m]	個数	体積[m ³]*	備考
①	(上底)0.875	2.400	0.759	1	2.019	
	(下底)1.341					
②	0.221	2.493	0.034	1	0.019	
③	9.450	2.400	0.100	1	2.859	
	9.450	0.047	0.600	2		
	0.040	2.400	0.600	1		
④	0.234	0.587	0.528	1	0.073	
⑤	0.933	0.700	0.584	2	0.763	
⑥	0.996	0.820	0.615	1	0.503	
⑦	0.671	0.700	0.198	1	0.093	
⑧	0.984	0.493	0.001	2	0.003	
	0.984	0.447	0.001	2		
	0.493	0.447	0.001	2		
⑨	φ 0.861	0.293	φ 0.861	13	2.217	
合計					8.549	

※小数点第4位切り上げ

(c) 浮力

$$\rho \cdot V = 1.03^{**} \times 8.549 = 8.9[\text{tf}] \text{ (小数点第2位切り上げ)}$$

※：海水の比重を 1.03 t/m³とした

(a) 重量 > (c) 浮力より、LLW 輸送車両は、漂流物とはならない。

(3) LLW 輸送容器を積載した状態での LLW 輸送車両に関する影響評価について

LLW 輸送車両は漂流物とはならないが、最も浮力が大きくなる LLW 輸送容器の空容器を 2 個積載した場合、LLW 輸送車両総重量 (約 13.2tf) に対し、浮力 (約 20.7tf) の方が大きい。また、廃棄体を収納した LLW 輸送容器を LLW 輸送車両へ積載した場合においても、車両総重量に対し浮力のほうが大きくなることが否定できない。

このため、LLW 輸送容器を LLW 輸送車両に固縛し、浮力を上回るようウェイトを積載する対策^{※1}を実施することで、漂流物とはしない方針とする。

なお、LLW 輸送車両への LLW 輸送容器の固縛については、LLW 輸送容器を LLW 輸送車両の固縛装置により行う (図 5 参照)。また、固縛装置については、固縛装置は車両固縛部等により LLW 輸送車両に固縛し、LLW 輸送容器は固縛装置のツイストロックで固縛装置に固縛する。

また、固縛装置は車両固縛部等により LLW 輸送車両に固縛し、LLW 輸送容器は固縛装置のツイストロックで固縛装置に固縛する。

※1: あらかじめ浮力を上回るようウェイトを積載した LLW 輸送車両を使用する。

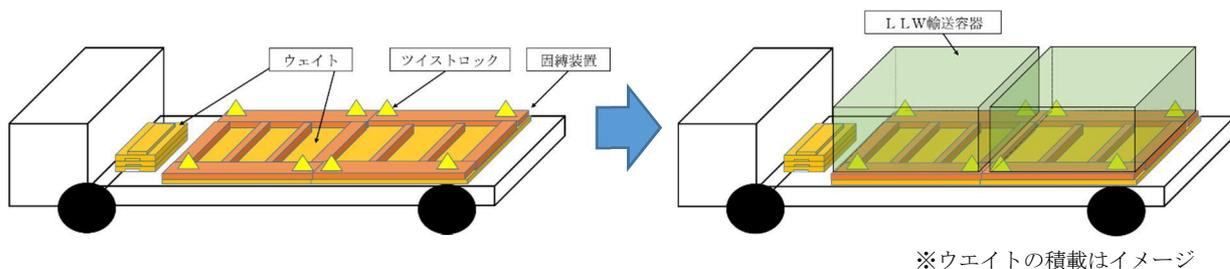


図 5 LLW 輸送容器等の積載・固縛方法

2. 滑動に対する評価

(1) 評価内容

燃料等輸送容器及び車両については、「基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」の漂流物評価フロー結果が「A」（重量物であり漂流物とはならない）となるが、発電所敷地内の設備であることから、滑動影響の検討を行った。

津波による滑動は、津波襲来直後の波力（衝撃力）による滑動と、その後の定常的な流速に対する滑動を評価する。波力による滑動は、ある程度発生する可能性はあるが、津波防護施設との離隔や高低差が十分あるため、津波防護施設への衝突に至ることはない。

また、定常な流速による滑動を評価した。滑動する可能性を検討する上で用いる流速は、物揚岸壁が放水口側に位置することから放水口前面の最大流速（1.1m/s）とする。また、評価にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成19年7月）」に準じて、イスバッシュ式を用いた。この式は米国の海岸工学研究センターが潮流による洗堀を防止するための捨て石質量として示したものであり、水に対する被覆材の安定質量を求めるものであることから、津波襲来時における対象物の滑動可能性評価に適用可能であると考えられる。イスバッシュ式の定数はマウンド被覆材が露出した状態に相当する0.86とする。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会、平成19年7月）」のイスバッシュ式

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos\theta - \sin\theta)^3}$$

M_d 捨て石等の安定質量(t)

ρ_r 捨て石等の密度(t/m³)

U_d 捨て石等の上面における水の流れの速度(m/s)

g 重力加速度(m/s²)

y_d イスバッシュ(Isbash)の定数

(埋め込まれた石は1.2、露出した石は0.86)

S_r 捨て石等の水に対する比重

θ 水路床の軸方向の斜面の勾配(°)

イスバッシュ式をもとに、対象物が水の流れによって動かない最大流速（以下、「安定流速」という。）を算出し、津波シミュレーションによる流速が安定流速以下であることを確認する。津波シミュレーションによる流速が安定流速を上回る場合には、上回る継続時間を確認し滑動の移動距離を評価することを検討した。安定流速は以下の式により算出される。

$$U_{ds} = \sqrt[6]{\frac{48Mg^3(y_d)^6(S_r - 1)^3(\cos\theta - \sin\theta)^3}{\pi\rho_r}}$$

M 輸送車両等の質量(t)

U_{ds} 安定流速(m/s)

イスバッシュ式に対して以下のパラメータを考慮して評価を実施した。評価結果は以下の表の通り、安定流速が津波流速を上回る結果となった。

	単位	燃料 輸送容器	燃料 輸送車両	LLW 輸送車両*	備考
M	t	67.6	3.6	1.9	
ρ_r	t/m ³	7.8	7.8	7.8	車両(炭素鋼)の密度：7.8t/m ³
g	m/s ²	9.80665	9.80665	9.80665	機械工学便覧参照
y_d	—	0.86	0.86	0.86	露出した石のパラメータを使用
S_r	—	7.57	7.57	7.57	車両(炭素鋼)の密度：7.8t/m ³ 海水の密度：1.013t/m ³
θ	°	0	0	0	平坦若しくはのぼり勾配であることから保守的に0°とする。
U_{ds}	m/s	10.8	2.6	2.8	

※LLW 輸送容器は輸送車両に固縛するため、滑動しない。イスバッシュ式より、重量が小さいほど安定流速は小さくなるため、輸送容器積載時の評価は包含されている。

(2) 結論

輸送物及び輸送車両の滑動による影響は以下の通りとなる。

- ・津波波力による滑動距離は、物揚岸壁から津波防護施設までの距離を考慮すると十分小さいと考えられる。(物揚岸壁～津波防護施設：約 300m (図 6))
- ・物揚岸壁の高さ(T.P.+2.0m)は敷地高さ(T.P.+3.5m)と比べて低いことから、滑動によって、敷地高さに至ることは考え難い。
- ・物揚岸壁から湾内に落下した場合は沈降すると考えられる。
- ・定常な流速条件での滑動性は、イスバッシュ式を用いて、対象物が水の流れによって動かない最大流速(安定流速)と放水口前面の最大流速を比較した結果、燃料輸送容器及び車両並びにLLW輸送容器及び車両は滑動しない。

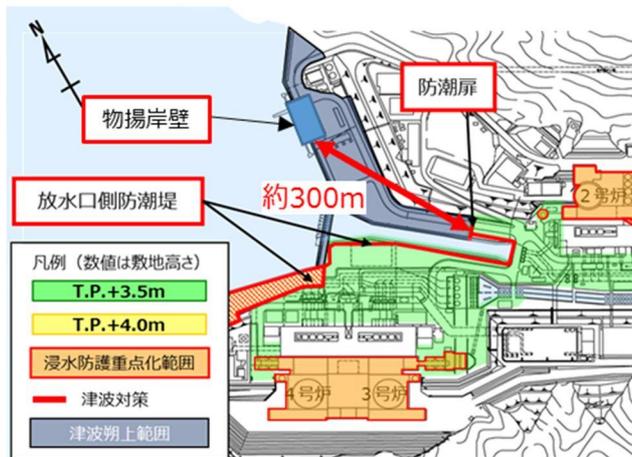


図6 物揚岸壁から津波防護施設までの距離

3. 輸送物及び輸送車両の退避に対する評価

燃料等輸送船による輸送時においては、陸側にある輸送物及び輸送車両は原則として、当社敷地内の津波が到達しない場所へ退避する。図 7 に津波警報等が発表されない津波襲来時の陸側にある輸送物の退避の考え方を、図 8 に燃料輸送車両等の退避時間を示す。

1 号及び 2 号炉中央制御室の当直課長又は 3 号及び 4 号炉中央制御室の当直課長が発電所構外（津居山）の観測潮位変化に係る警報を確認した場合、当該当直課長は、発電所員に対してその旨を周知（ページング）する。原子燃料課長（燃料輸送の場合）又は放射線管理課長（LLW 輸送の場合）は、直ちに陸側作業員へ退避連絡を行う。

なお、高浜発電所への津波の到達は、基準津波 4 よりも基準津波 3 が早く、津居山への津波到達後約 12 分である。

燃料輸送車両は、津居山に津波が到達してから退避まで 12 分以上の時間が必要となるため、作業員のみ退避する。なお、燃料の輸送容器（約 100tf：空状態）及び輸送車両（約 33tf）は重量物であり、津波を受けても漂流物とはならない（輸送容器の浮力は 32.4tf、輸送車両の浮力は 29.4tf）。

LLW 輸送車両は、輸送物の吊り上げ作業中でも津居山に津波が到達してから約 11 分以内に退避が完了することから、津波到達よりも早く退避が可能である。なお、LLW の輸送容器（約 1.2tf：空状態）は LLW 輸送車両に固縛されており、LLW 輸送容器が固縛された輸送車両（約 13.2tf）は浮力を上回るようウェイトを積載する対策により、津波を受けても漂流物とはならない。

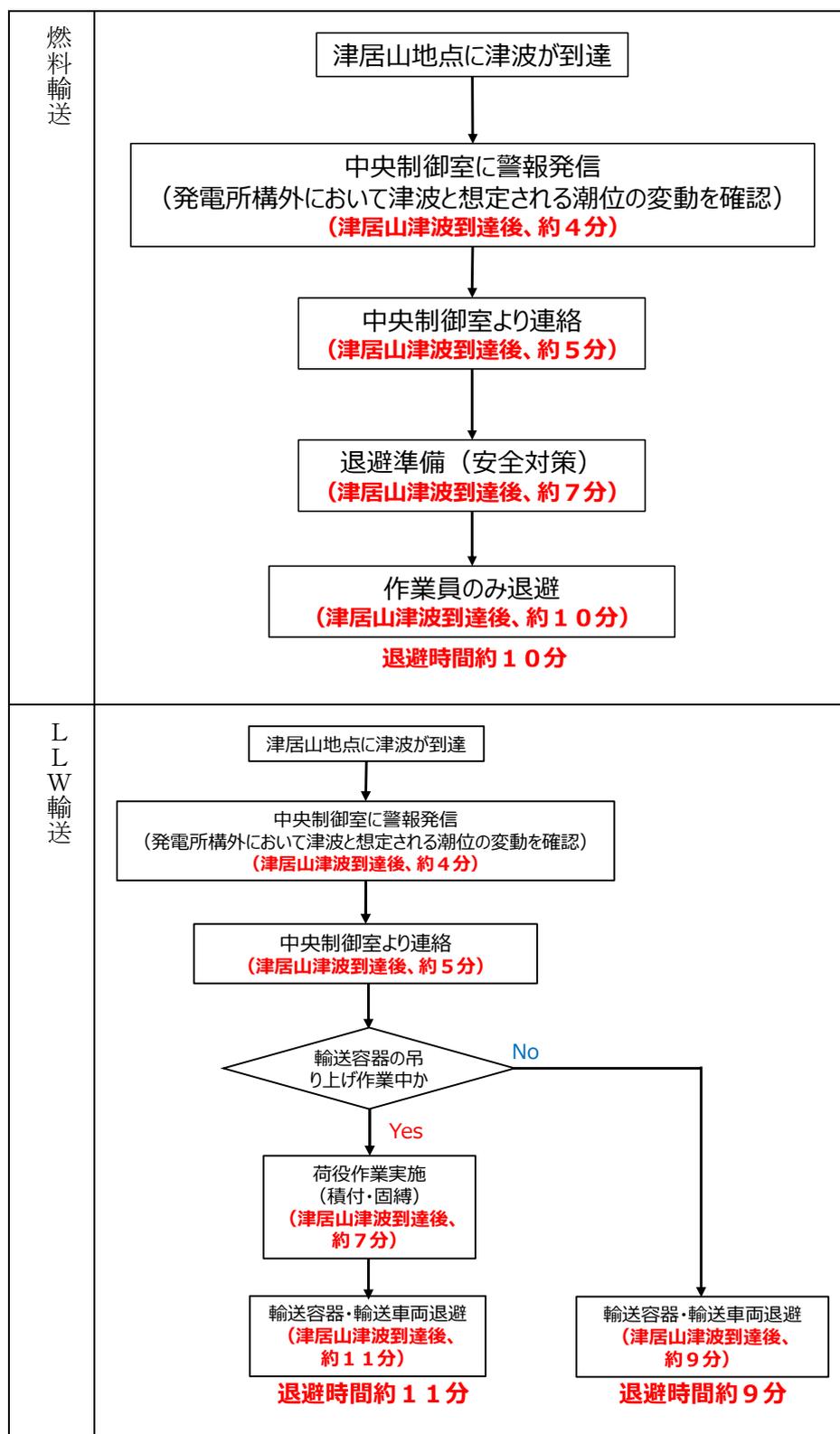
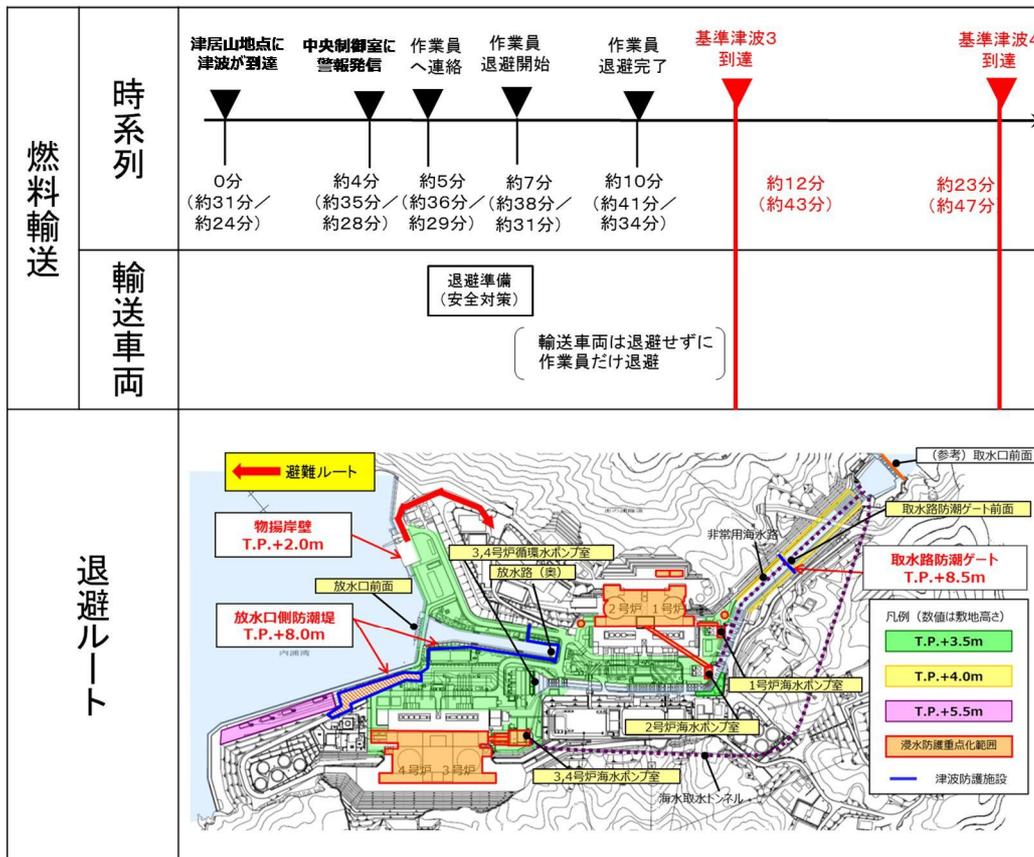
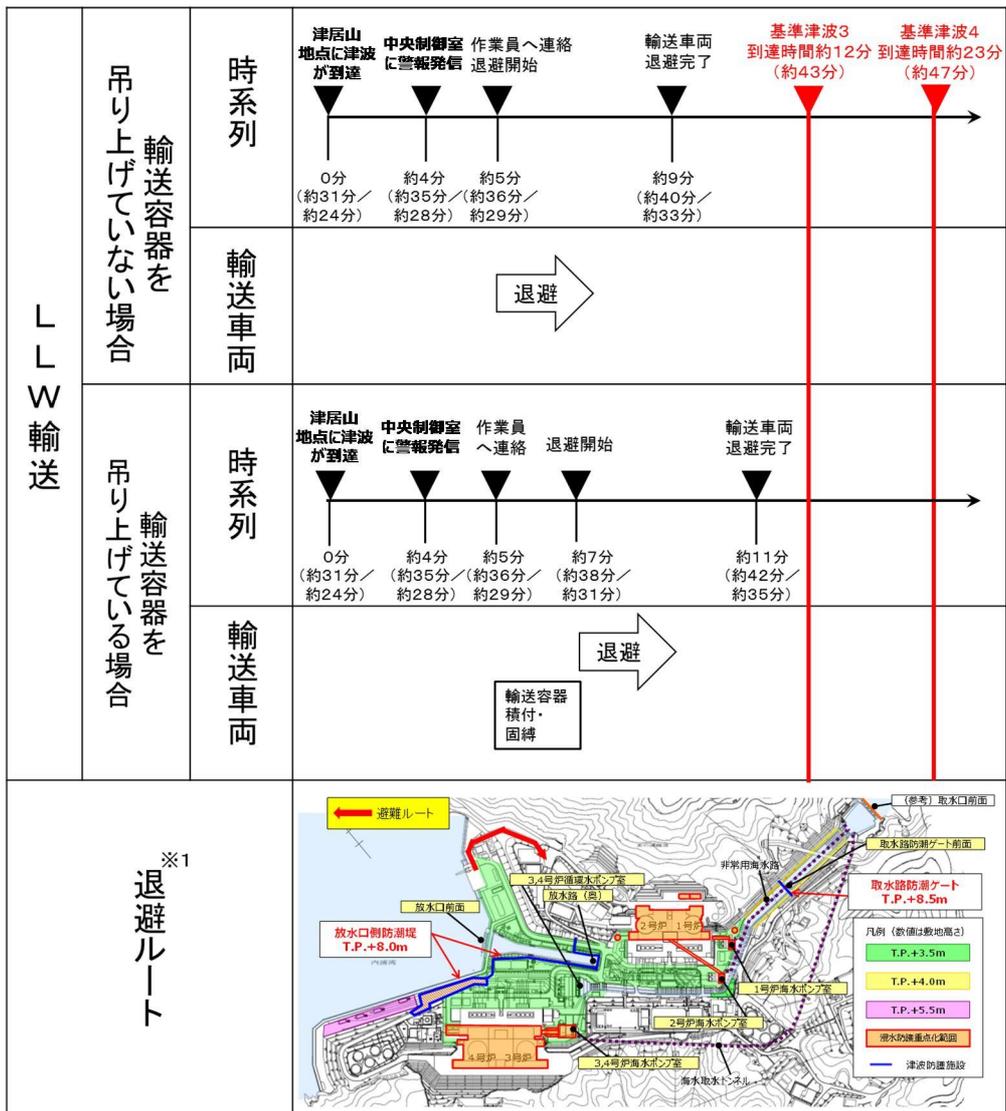


図7 陸側にある輸送物の退避の考え方



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) / 海底地すべり発生後の経過時間(基準津波4)

図 8(1/2) 津波襲来と退避時間 (輸送車両等)



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。

図 8(2/2) 津波襲来と退避時間 (輸送車両等)

(参考)

基準津波 1 及び 2 に対する輸送物及び輸送車両の退避

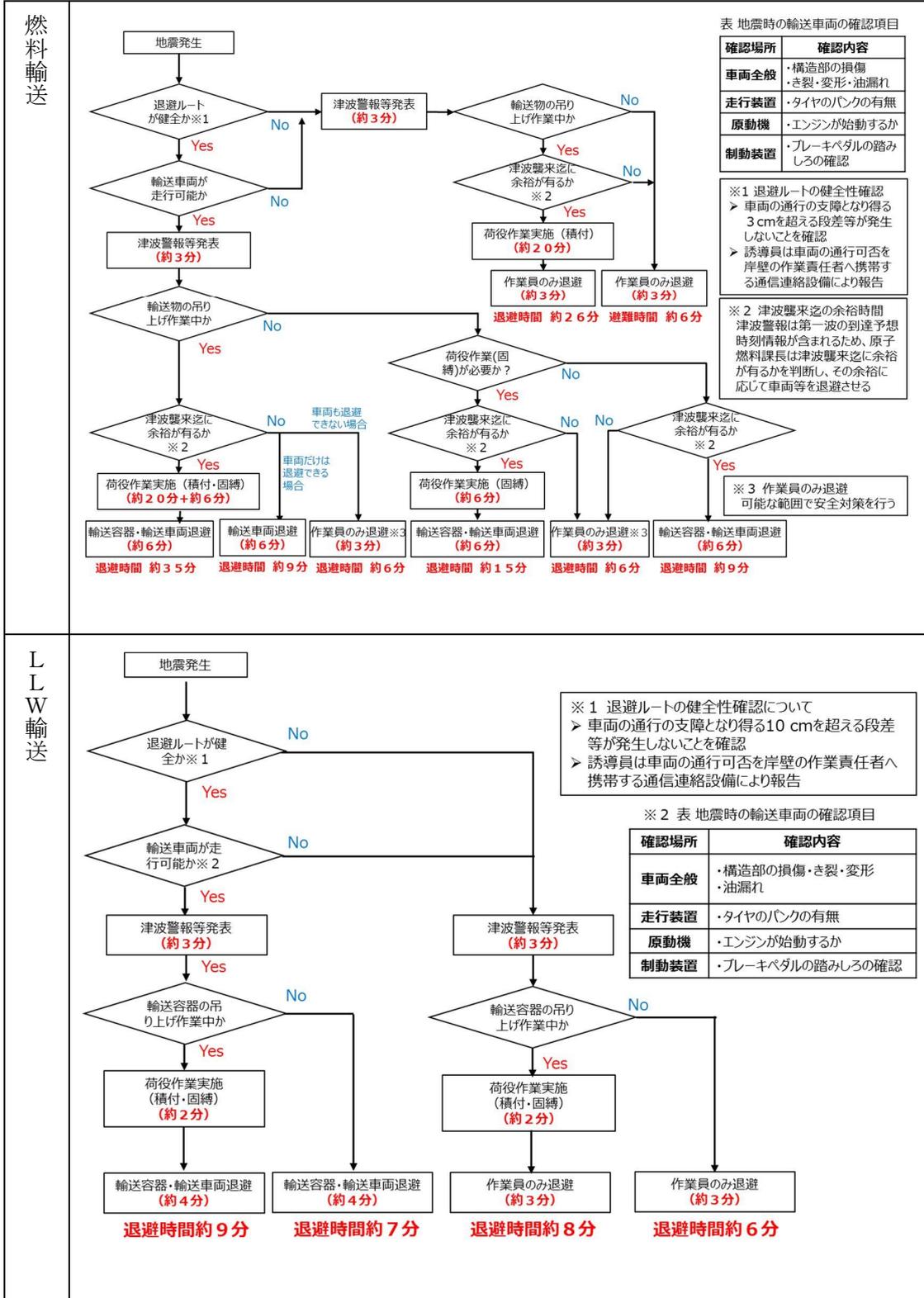
参考図 1 に津波警報等が発表される場合（既許可（2016.4.20 許可）の基準津波 1、2）の陸側にある輸送物の退避の考え方を、参考図 2 に輸送車両等の退避時間を示す。

地震発生後、津波警報等が発表されると 1 号及び 2 号炉中央制御室の当直課長又は 3 号及び 4 号炉中央制御室の当直課長は、発電所員に対してその旨を周知（ページング）する。原子燃料課長（燃料輸送の場合）又は放射線管理課長（LLW 輸送の場合）は、直ちに陸側作業員へ退避連絡を行う。

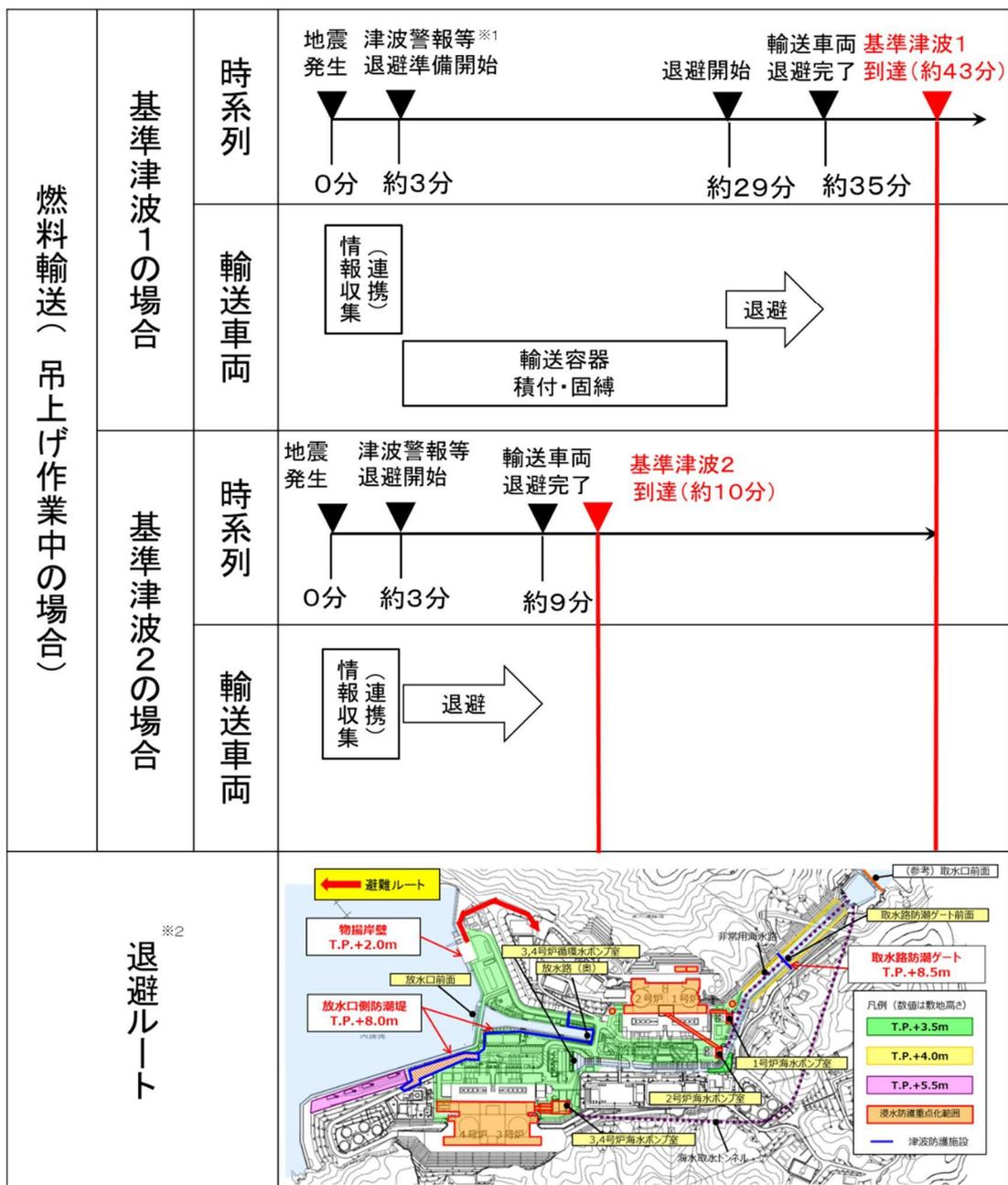
なお、高浜発電所への津波の到達は、基準津波 1 よりも基準津波 2 が早く、地震発生後約 10 分である。

燃料輸送車両は、輸送物の吊り上げ作業中でも地震発生後約 9 分以内に輸送車両のみと作業員を含めて退避することから、退避ルートが健全であり、かつ輸送車両が走行可能であれば、津波到達よりも早く退避が可能である。退避ルートが健全ではない、又は輸送車両が走行不可の場合は、輸送物の吊り上げ作業中でも地震発生後約 6 分以内に作業員のみ退避することから、津波到達よりも早く退避が可能である。なお、輸送車両および輸送容器は重量物であり、退避不可の場合でも漂流物とはならない。

LLW 輸送車両は、輸送物の吊り上げ作業中でも地震発生後約 9 分以内に輸送容器と輸送車両を含めて退避することから、退避ルートが健全であり、かつ輸送車両が走行可能であれば、津波到達よりも早く退避が可能である。退避ルートが健全ではない、又は輸送車両が走行不可の場合は、輸送物の吊り上げ作業中でも輸送容器を輸送車両に固縛した後、地震発生後約 8 分以内に作業員のみ退避することから、津波到達よりも早く退避が可能である。なお、輸送容器を輸送車両に固縛し、浮力を上回るようウェイトを積載する対策を実施することにより、退避不可の場合でも漂流物とはならない。



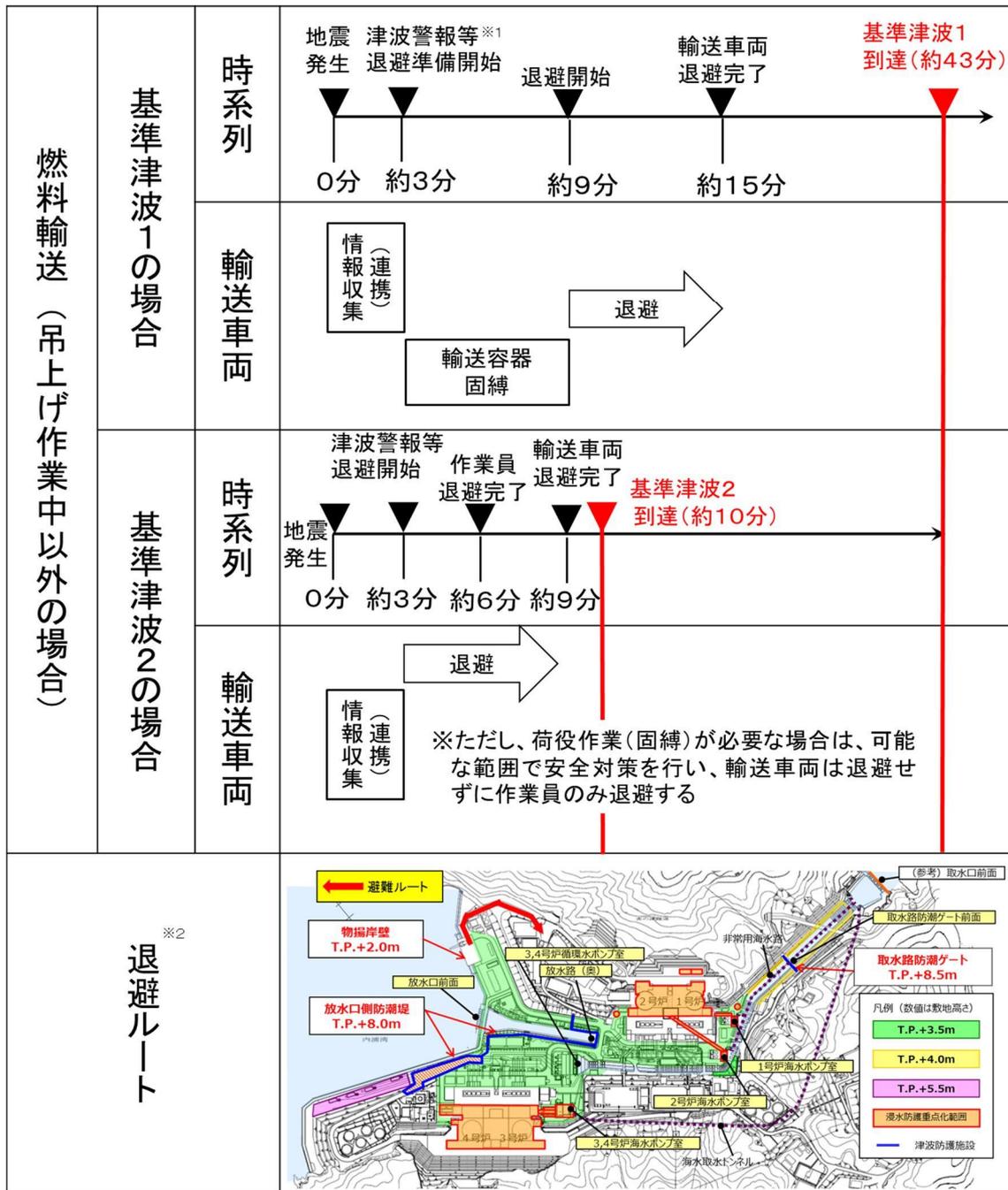
参考図 1 陸側にある輸送物の退避の考え方 (基準津波 1,2)



※1 地震発生後の3分後（気象庁HPに記載の発表目標時間）に津波警報等が発表

※2 退避ルートの距離は約300mであり、車両走行速度3km/h（50m/min）としても、約6分間で車両の退避は十分可能である。

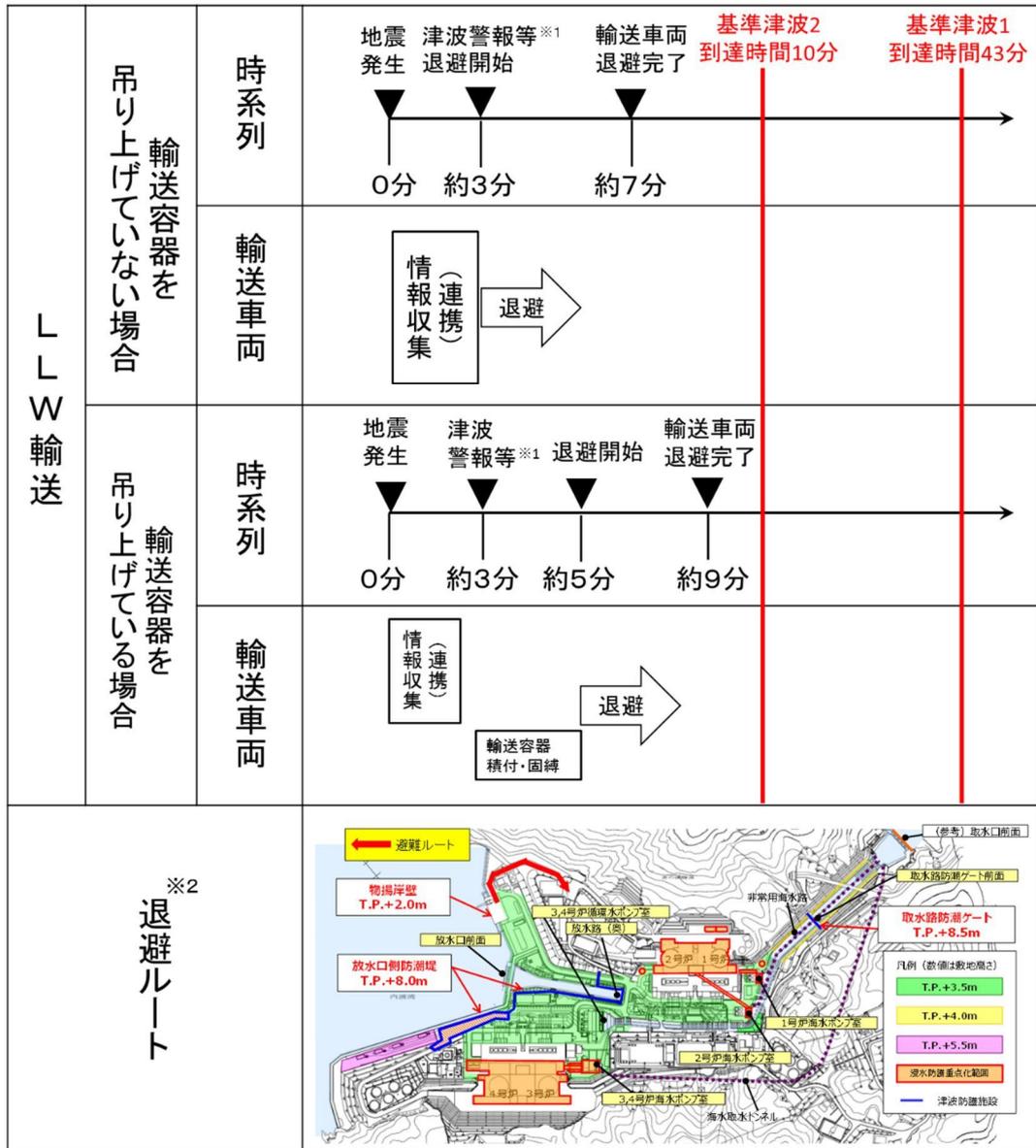
参考図 2(1/3) 津波襲来と退避時間（輸送車両等）（基準津波1,2）



※1 地震発生の3分後(気象庁HPに記載の発表目標時間)に津波警報等が発表

※2 退避ルートの距離は約300mであり、車両走行速度3km/h(50m/min)としても、約6分間で車両の退避は十分可能である。

参考図 2(2/3) 津波襲来と退避時間(輸送車両等)(基準津波1,2)



※1 地震発生後の3分後（気象庁HPに記載の発表目標時間）に津波警報等が発表

※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。

参考図 2(3/3) 津波襲来と退避時間（輸送車両等）（基準津波1,2）

一般車両の退避運用の検討状況について

放水口側防潮堤より外側の物揚岸壁においては、燃料等輸送作業時において、燃料輸送車両及びLLW輸送車両が存在するため、これに対して、漂流物となりえるかを評価し、漂流物とならないこと、また津波波力及び滑動により、津波防護施設へ衝突しないことを確認している。また、さらなる安全性確保のため、津居山の観測潮位にてプラント影響の可能性のある津波を**確認**した場合は、可能な範囲で退避する運用としている。

これに倣い、放水口側に駐停車されている一般車両についても、そのモバイル性を活用することで、津波時における漂流物を可能な限り低減することの検討を行った。図1に、津波警報等が発表されない津波襲来時の一般車両の退避の考え方を示す。

なお、放水口側の一般車両については、津波の流況及び地形並びに車両位置と津波防護施設との位置関係を踏まえ、津波防護施設への影響を確認し、必要に応じ、当社敷地内の津波が到達しない場所へ退避する運用を定めることにより、津波防護施設に影響を及ぼさない方針とすることから、以下に記載する退避運用の必要性及び成立性については、後段規制において、詳細を確認することとする。

津居山の潮位変化を検知すると1号及び2号炉中央制御室並びに3号及び4号炉中央制御室に情報が伝達され、その後運転手に伝達される。高浜発電所への津波の到達は、津居山への津波到達後約12分である。

一般車両は、津居山に津波が到達してから約9分で退避が完了することから、津波到達よりも早く退避が可能である。なお、基準津波3については津波の第1波到達後から、物揚岸壁の敷地高さT.P.+2.0mに津波が遡上するまで、さらに約9分あることを確認している。

なお、津居山の観測潮位が欠測した場合は、潮位変化検知時と同様に車両は退避することで構外検知との同等性を担保できると考える。

図2に一般車両の退避時間を示す。

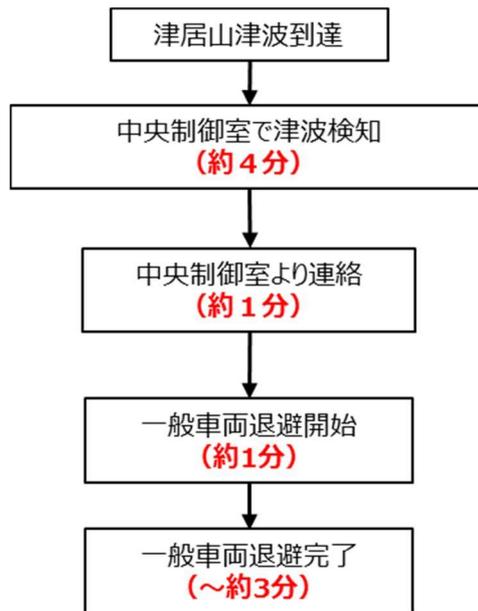
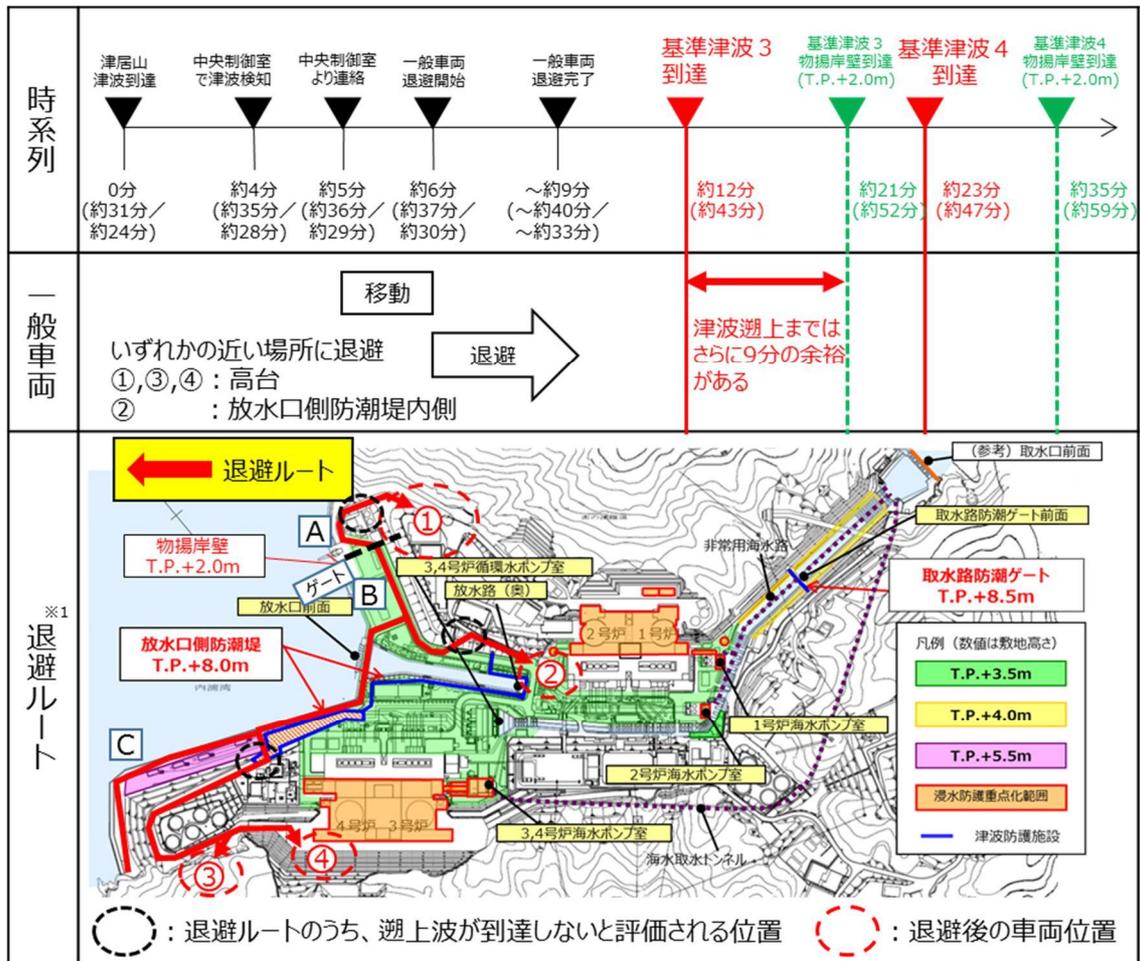


図1 一般車両の退避の考え方



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・車両は主にA, B, Cのエリアに駐車しており、エリアAの車両は①に、エリアBの車両は②に、エリアCの車両は③or④に退避する。
- ・駐車台数が最も多いエリアBでは、車両台数を駐車スペース最大の約30台と想定。退避開始後、3秒毎に各車両が出発したとすると約2分で全車両の出発が完了する。さらに最後に出発した車両もゲートから②のエリアまでの距離が約300mであり、車両走行速度30km/h(500m/min)を考慮すると、約1分で到達できるため3分以内での車両の退避は十分可能である。なお、実測を行い、3分弱で退避可能であることを確認している。

図2 津波襲来と退避時間(基準津波3, 4)

(参考)

基準津波 1 及び基準津波 2 に対する退避検討

基準津波 1 及び基準津波 2 に対しても同様に退避の可否について以下の通り検討を行った。参考図 1 に、津波襲来時の一般車両の退避の考え方を示す。

(1) 基準津波 1 への対応

基準津波 1 は若狭海丘列付近断層を震源とした地震と隠岐トラフ海底地すべりの組合せにより生じる津波であり、地震発生後、約 3 分後に津波警報等が 1 号及び 2 号炉中央制御室並びに 3 号及び 4 号炉中央制御室に FAX 等で伝達され、その後、1 号及び 2 号炉中央制御室又は 3 号及び 4 号炉中央制御室から運転手に伝達される。地震発生から津波の襲来までは約 43 分間ある。

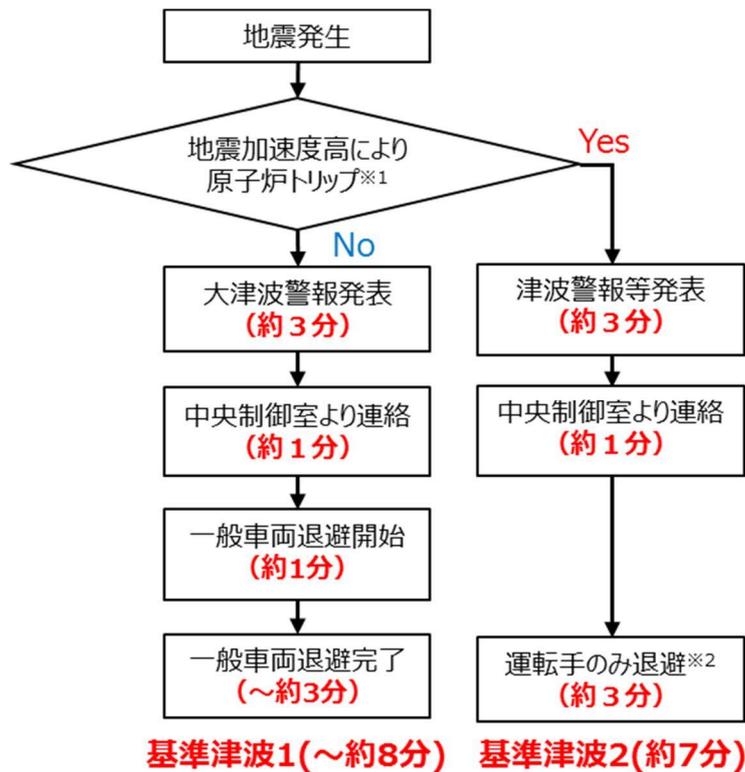
一般車両は、地震発生から約 8 分で退避が完了することから、津波到達よりも早く退避が可能である。なお、基準津波 1 の波源（若狭海丘列付近断層）による地震については、作用する地震力が小さいことから、退避ルートへの影響はない。

(2) 基準津波 2 への対応

基準津波 2 は、F0-A~F0-B~熊川断層を震源とした地震と陸上地すべりの組合せにより生じる津波であり、地震発生から津波の襲来までは約 10 分ある。F0-A~F0-B~熊川断層を震源とした地震が作用した場合、放水口付近は液状化に伴い地盤沈下する可能性があることから、車両の退避は実施せずに、運転手のみ退避を実施する。

なお、津波防護施設前面は、地盤沈下後の敷地高さが T. P. +3.0m 以上あり、放水口前面津波高さ (T. P. +2.8m) に対して敷地高さが大きいことから、一般車両は津波防護施設に対する漂流物とならない (参考図 2)。

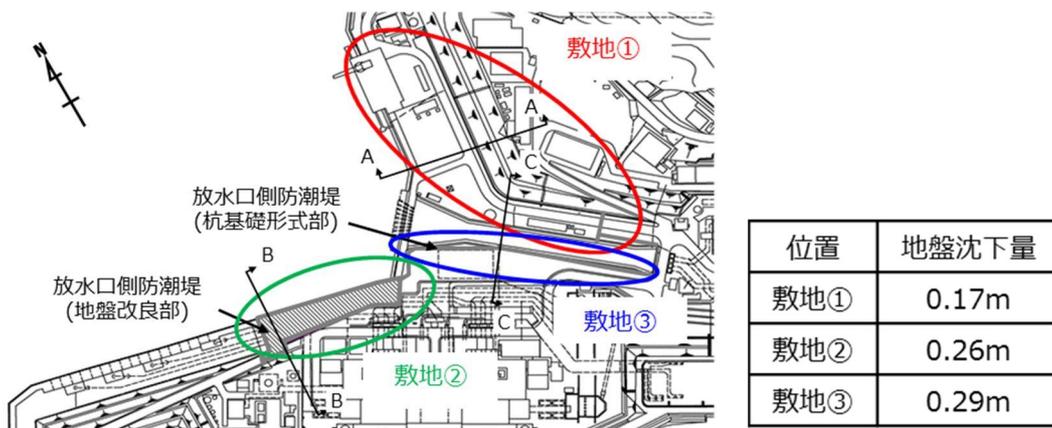
参考図 3 に一般車両及び運転手の退避時間を示す。



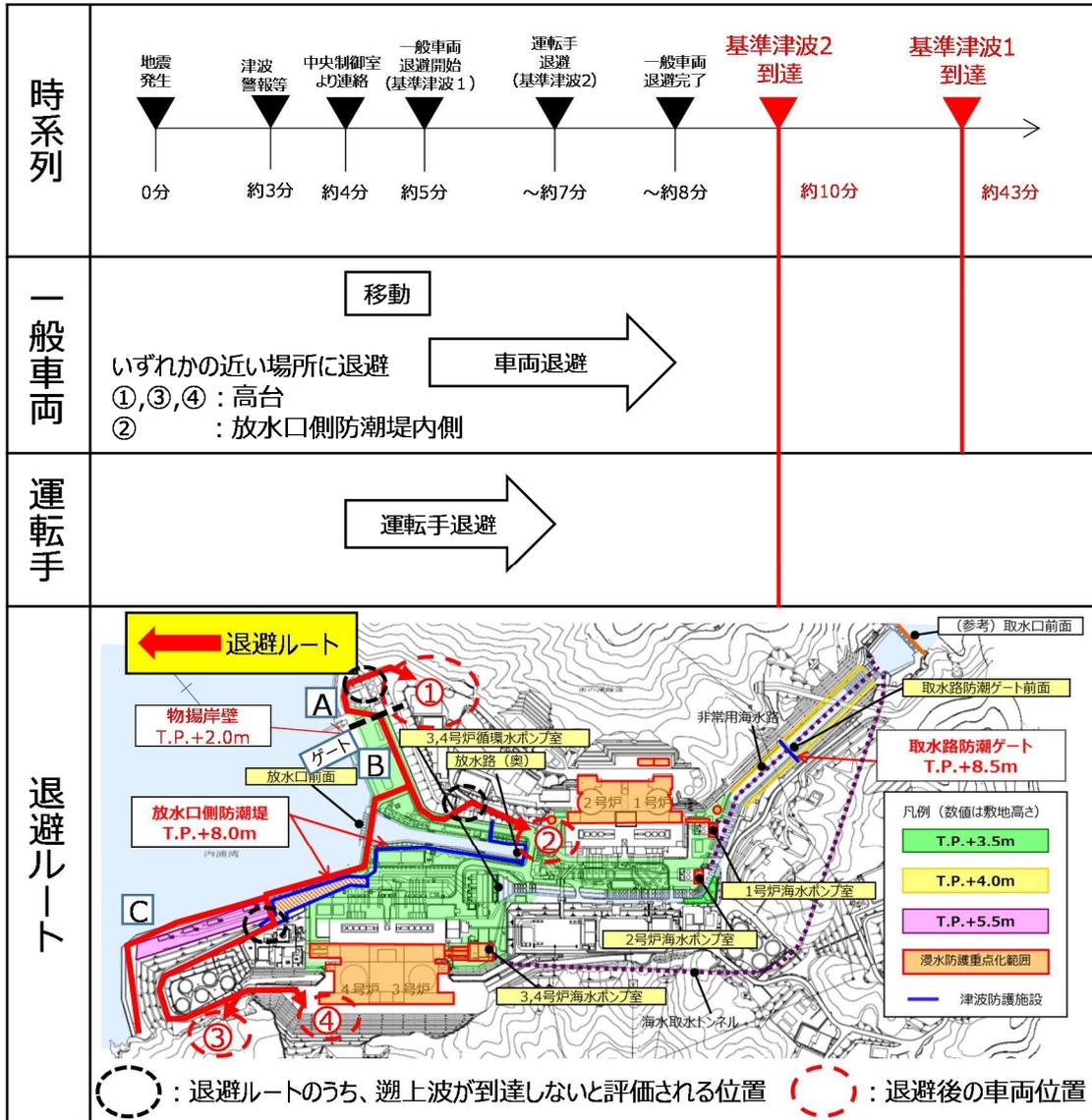
※1：1号及び2号炉中央制御室又は3号及び4号炉中央制御室に「水平地震大トリップ」or「鉛直地震大トリップ」警報発信。

※2：基準津波2発生時は退避ルートが健全でない可能性があるため、運転手のみ退避。

参考図1 一般車両の退避の考え方



参考図2 放水口側の地盤沈下量 (F0-A~F0-B~熊川断層)

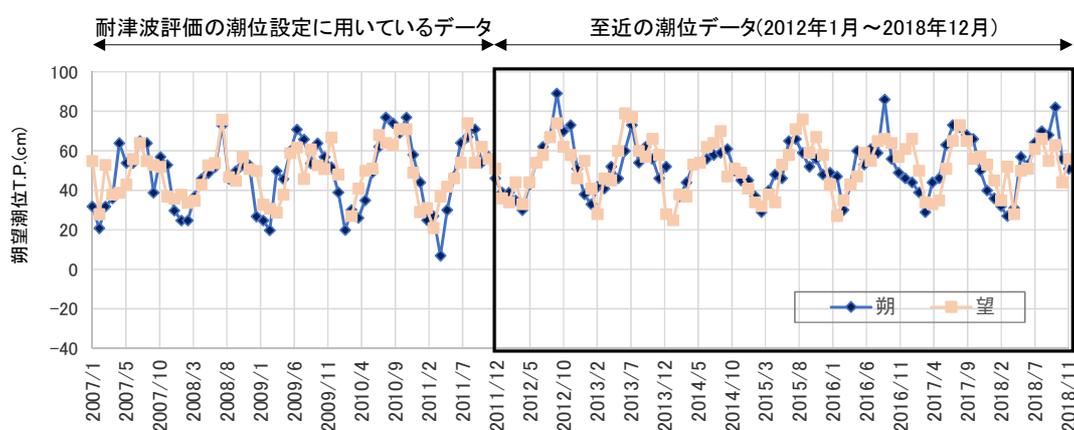


参考図3 津波襲来と退避時間 (基準津波1, 2)

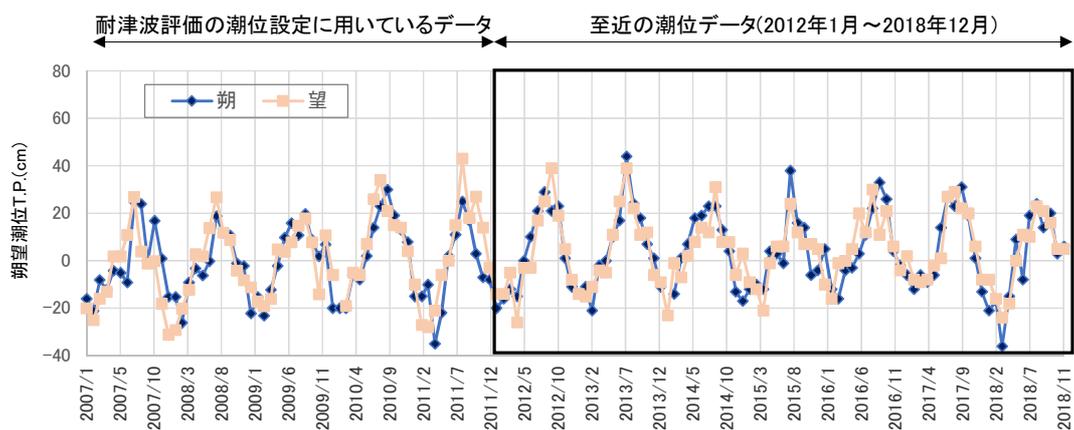
舞鶴検潮所における至近の潮位観測記録について

1. 潮位観測記録の整理

基準津波の策定における評価期間（2007年1月～2011年12月）に加えて、至近の2018年までの過去12ヵ年（2007年1月～2018年12月）のデータを分析した結果、朔望平均満潮位の平均値はT.P.+0.51m、朔望平均干潮位の平均値はT.P.+0.03m、標準偏差は満潮位で0.15m、干潮位で0.17mとなった。過去5ヵ年（2007年1月～2011年12月）のデータ分析結果と比較した結果を図-1及び表-1に示す。表-1より、至近の2018年までのデータを追加した場合でも、潮位のばらつき（標準偏差）はほぼ同等であることを確認した。



(a) 満潮位



(b) 干潮位

図-1 各月の朔望平均満干潮位の推移

（観測地点「舞鶴」、気象庁ホームページ（対象期間：2007年1月～2018年12月））

表-1 データ分析結果の比較（朔望平均満干潮位）

	満潮位		干潮位	
	過去5カ年 (2007年1月 ～2011年12 月)	過去12カ年 (2007年1月 ～2018年12 月)	過去5カ年 (2007年1月 ～2011年12 月)	過去12カ年 (2007年1月 ～2018年12 月)
最大値	T. P. +0.77m	T. P. +0.89m	T. P. +0.43m	T. P. +0.44m
平均値	T. P. +0.49m	T. P. +0.51m	T. P. -0.01m	T. P. +0.03m
最小値	T. P. +0.07m	T. P. +0.07m	T. P. -0.36m	T. P. -0.37m
標準偏差	0.15m	0.15m	0.17m	0.17m

高浜 1 号炉、 2 号炉、 3 号炉及び 4 号炉

技術的能力説明資料 津波による損傷の防止

第5条 津波防護（1号炉及び2号炉）

 : 設計に関する事項
 : 運用に関する事項

入力津波高さ		
水位 上昇側	海水ポンプ室	T.P.+2.4m (T.P.+2.6m) ※1
	放水路奥	T.P.+6.5m (T.P.+6.7m) ※1
水位 下降側	海水ポンプ室	T.P.-2.2m (T.P.-2.3m) ※2

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あるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して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。

重要な安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（基準津波）に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

新たな防護対策が必要な建屋及び区画
 ・原子炉格納施設
 ・原子炉補助建屋（補助建屋、燃料取扱建屋、制御建屋、中間建屋及びディーゼル建屋）
 ・海水ポンプエリア
 ・復水タンク

- ※1：（ ）内は「バラツキを考慮した入力津波」であり、バラツキとして、①潮位のバラツキ（0.15m）、②入力津波の数値計算上のバラツキ、を考慮し安全側に数値を切り上げた値である。
- ※2：（ ）内は「バラツキを考慮した入力津波」であり、バラツキとして、①潮位のバラツキ（0.17m）、②入力津波の数値計算上のバラツキ、を考慮し安全側に数値を切り下げた値である。
- ※3：潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降（または上昇）し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇（または下降）すること
- ※4：津居山で10分以内に1.0m上昇（下降）を確認した場合
- ※5：津居山で10分以内に0.5m上昇（下降）を確認した場合
- ※6：構内の一般車両の退避運用は、車両の位置関係を踏まえ、津波防護施設への影響を勘案し、必要に応じ定める。

耐震Sクラス設備、重要度分類クラス1, 2

敷地の地形・施設の配置等の把握
 敷地周辺の遡上・浸水域の確認
 入力津波の設定

入力津波の決定

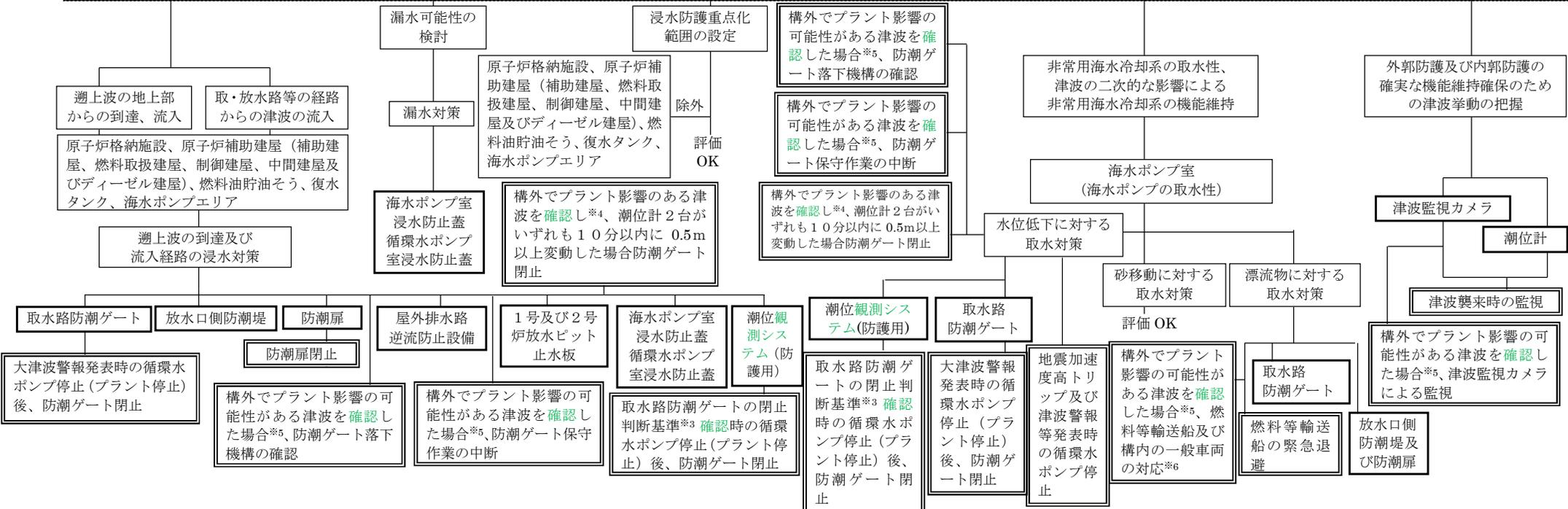
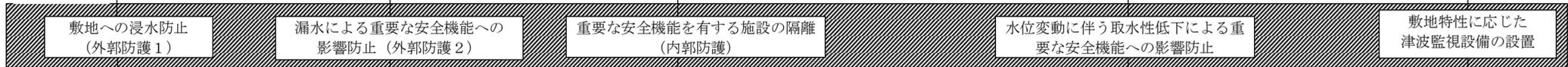
継続的に（系統・機器）及び建屋・構造物の追設、改造、移設時の津波防護対策の実施

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び区画のうち新たな防護対策が必要な建屋及び区画の設定

新たな防護対策が不要な建屋及び区画

入力津波に対し、設置高さが高い設備及び区画
 ・燃料油貯油そう

ガイド評価



設計基準運用対策

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第5条 津波による損傷の防止	取水路防潮ゲート	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	放水口側防潮堤	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	防潮扉	運用	<ul style="list-style-type: none"> ・発電室による中央制御室における閉止状態監視 (手順整備含む)
		体制	(防潮扉の開閉を行う者、土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	屋外排水路逆流防止設備	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	1号及び2号炉放水ピット止水板	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第5条 津波による損傷の防止	循環水ポンプ停止 (プラント停止)、 取水路防潮ゲート 閉止	運用	・発電室による中央制御室における閉止状態監視（手順整備含む）
		体制	（発電室の操作を行う者）
		保守・点検	—
		教育・訓練	・循環水ポンプ停止（プラント停止）、取水路防潮ゲート閉止操作に係る教育、訓練
	燃料等輸送船の緊急退避	運用	・津波警報等発表時における荷役作業中断、陸側作業員・輸送物の退避、船側と原子燃料課、放射線管理課との情報連絡
		体制	（津波警報等発表時における、当社原子燃料課、放射線管理課—船社間の情報連絡体制）
		保守・点検	（船社による保守・点検）
		教育・訓練	・輸送前の津波警報等発表時における対応に係る教育、訓練
	海水ポンプ室浸水防止蓋 循環水ポンプ室浸水防止蓋	運用	—
		体制	（保守課の補修を行う者）
		保守・点検	・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・補修に係る教育
	津波監視カメラ 潮位計	運用	・発電室による津波襲来時の中央制御室における監視（手順整備含む）
		体制	（発電室の監視、保守課の補修を行う者）
		保守・点検	・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・中央制御室の監視に係る教育、訓練 ・補修に係る教育
	潮位観測システム (防護用)	運用	・発電室による津波襲来時の中央制御室における監視（手順整備含む）
		体制	（発電室の監視、保守課の補修を行う者）
		保守・点検	・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・中央制御室の監視に係る教育、訓練 ・補修に係る教育

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第5条 津波による損傷の防止	発電所構外において津波を観測した場合の対応	運用	<ul style="list-style-type: none"> ・「発電所構外において、敷地への遡上又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の変動を観測し、その後、潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降すること、又は10分以内に0.5m以上上昇すること」を1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）を用いた連携により確認した場合は、可能な限り早期に津波に対応するため、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）並びに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の実施（手順整備含む） ・発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、可能な限り早期に津波に対応するため、ゲート落下機構の確認等の実施（手順整備含む）
		体制	（発電室の操作を行う者）
		保守・点検	—
		教育・訓練	・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、ゲート落下機構の確認に係る教育、訓練
	発電所構外において津波を観測した場合の対応（燃料等輸送船の退避）	運用	<ul style="list-style-type: none"> ・津波警報等が発表されず、かつ、荷役中に発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合、荷役作業の中断、陸側作業員の退避、輸送物の可能な範囲での退避とともに、係留強化する船側との情報連絡の実施（手順整備含む） ・荷役中以外に発電所構外にて、津波と想定される潮位の変動を観測した場合、緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡の実施（手順整備含む）
		体制	（津波警報等発表時における、当社原子燃料課、放射線管理課－船社間の情報連絡体制）
		保守・点検	（船社による保守・点検）
		教育・訓練	・発電所構外にて、津波と想定される潮位を観測した場合における対応に係る教育、訓練

設計基準運用対策

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第5条 津波による損傷の防止	取水路防潮ゲート	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	放水口側防潮堤	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	防潮扉	運用	<ul style="list-style-type: none"> ・発電室による中央制御室における閉止状態監視 (手順整備含む)
		体制	(防潮扉の開閉を行う者、土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
	屋外排水路逆流防止設備	運用	—
		体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育
1号及び2号炉放水ピット止水板	運用	—	
	体制	(土木建築課及び保修課の補修を行う者)	
	保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ・点検 ・故障時の補修 	
	教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・補修に係る教育 	

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第5条 津波による損傷の防止	循環水ポンプ停止 (プラント停止)、 取水路防潮ゲート 閉止	運用	・発電室による中央制御室における閉止状態監視 (手順整備含む)
		体制	(発電室の操作を行う者)
		保守・点検	—
		教育・訓練	・循環水ポンプ停止 (プラント停止)、取水路防潮ゲート閉止操作に係る教育、訓練
	燃料等輸送船の緊急退避	運用	・津波警報等発表時における荷役作業中断、陸側作業員・輸送物の退避、船側と原子燃料課、放射線管理課との情報連絡
		体制	(津波警報等発表時における、当社原子燃料課、放射線管理課—船社間の情報連絡体制)
		保守・点検	(船社による保守・点検)
		教育・訓練	・輸送前の津波警報等発表時における対応に係る教育、訓練
	海水ポンプ室浸水防止蓋	運用	—
		体制	(保守課の補修を行う者)
		保守・点検	・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・補修に係る教育
	津波監視カメラ 潮位計	運用	・発電室による津波襲来時の中央制御室における監視 (手順整備含む)
		体制	(発電室の監視、保守課の補修を行う者)
		保守・点検	・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・中央制御室の監視に係る教育、訓練 ・補修に係る教育
	潮位観測システム (防護用)	運用	・発電室による津波襲来時の中央制御室における監視 (手順整備含む)
		体制	(発電室の監視、保守課の補修を行う者)
		保守・点検	・点検 ・故障時の補修
		教育・訓練	・中央制御室の監視に係る教育、訓練 ・補修に係る教育

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
<p style="text-align: center;">第5条 津波による損傷の防止</p>	<p style="text-align: center;">発電所構外において津波を観測した場合の対応</p>	運用	<ul style="list-style-type: none"> ・「発電所構外において、敷地への遡上又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の変動を観測し、その後、潮位観測システム（防護用）のうち、2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降すること、又は10分以内に0.5m以上上昇すること」を1号及び2号炉当直課長と3号及び4号炉当直課長の潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）を用いた連携により確認した場合は、可能な限り早期に津波に対応するため、1～4号炉循環水ポンプ停止操作（プラント停止）並びに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の実施（手順整備含む） ・発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合は、可能な限り早期に津波に対応するため、ゲート落下機構の確認等の実施（手順整備含む）
		体制	（発電室の操作を行う者）
		保守・点検	—
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・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、ゲート落下機構の確認に係る教育、訓練
	<p style="text-align: center;">発電所構外において津波を観測した場合の対応（燃料等輸送船の退避）</p>	運用	<ul style="list-style-type: none"> ・津波警報等が発表されず、かつ、荷役中に発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した場合、荷役作業の中断、陸側作業員の退避、輸送物の可能な範囲での退避とともに、係留強化する船側との情報連絡の実施（手順整備含む） ・荷役中以外に発電所構外にて、津波と想定される潮位の変動を観測した場合、緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡の実施（手順整備含む）
		体制	（津波警報等発表時における、当社原子燃料課、放射線管理課—船社間の情報連絡体制）
		保守・点検	（船社による保守・点検）
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所構外にて、津波と想定される潮位を観測した場合における対応に係る教育、訓練

高浜発電所 1 号炉及び 2 号炉 (3 号炉及び 4 号炉)

耐津波設計における現場確認
プロセスについて

1. はじめに

耐津波設計を行うに当たって必要となる現場確認について、遡上解析に必要な敷地モデル作成に関する現場確認プロセスと、耐津波設計の入力条件等（配置、寸法等）の現場確認プロセスの2つに分けて以下に示す。

2. 津波遡上計算に関する敷地モデルの作成プロセスについて

2. 1 基準要求

【第5条】 設置許可基準第5条（津波による損傷の防止）においては、設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを要求されている。また、解釈の別記3により、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などを考慮して、敷地への遡上の可能性を検討することが規定されている。

当該基準要求を満足するにあたっては、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において、遡上解析上、影響を及ぼすものの考慮が要求されており、具体的には、敷地及び敷地周辺の地形とその標高、伝搬経路上の人工構造物を考慮した遡上解析を実施することとしている。

2. 2 敷地モデル作成プロセス

上記要求事項を満足するために、図-1に示すフローに従って敷地モデルを作成した。次の(1)～(4)にプロセスの具体的内容を示す。

(1) 敷地及び敷地周辺の地形とその標高のモデル化

敷地及び敷地周辺の地形とその標高について、QMS図書として維持管理されている図面等を確認し、遡上域のメッシュサイズを踏まえて、

適切な形状にモデル化を行った。

(2) 津波伝搬経路上の人工建造物の調査

敷地において津波伝搬経路上に存在する人工建造物として抽出すべき対象物をあらかじめ定義し調査を実施した。

具体的な対象物は、耐震性や耐津波性を有する恒設の人工建造物、及び津波の遡上経路に影響する恒設の人工建造物である。その他の津波伝搬経路上の人工建造物については、建造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ、遡上範囲を過小に評価する可能性があることから、遡上解析上、保守的な評価となるよう対象外とした。

a. 図面等による調査

上記で定義した対象物となる既設の人工建造物については、高さ、面積について、QMS図書として維持管理されている図面等の確認を実施した。また、将来設置される計画がある人工建造物のうち、上記で定義した対象物に該当するものについては、計画図面等により調査を実施した。

b. 現場調査

図面等による調査において確認した既設の人工建造物については、社員による現場ウォークダウンにより図面等と相違ないことを確認した。また、図面に反映されていない人工建造物について、遡上解析に影響する変更がないことを確認した。

(3) 敷地モデルの作成

(2) で実施した調査結果を踏まえ、敷地モデルの作成を実施した。

(4) 敷地モデルの管理

遡上解析に係る地形の改変や、人工構造物の新設等の変更が生じれば必要に応じ(1)(2)に戻り再度モデルを構築する。

2. 3 現場調査の品質保証上の取り扱い

現場確認手順及び確認結果の記録について、品証記録として管理する。

2. 4 今後の対応

今後、改造工事等により、津波伝搬経路上の敷地の状況(地形の改変、人工構造物の新設等)が変更となる場合は、その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し、必要に応じて遡上解析を再度実施する。

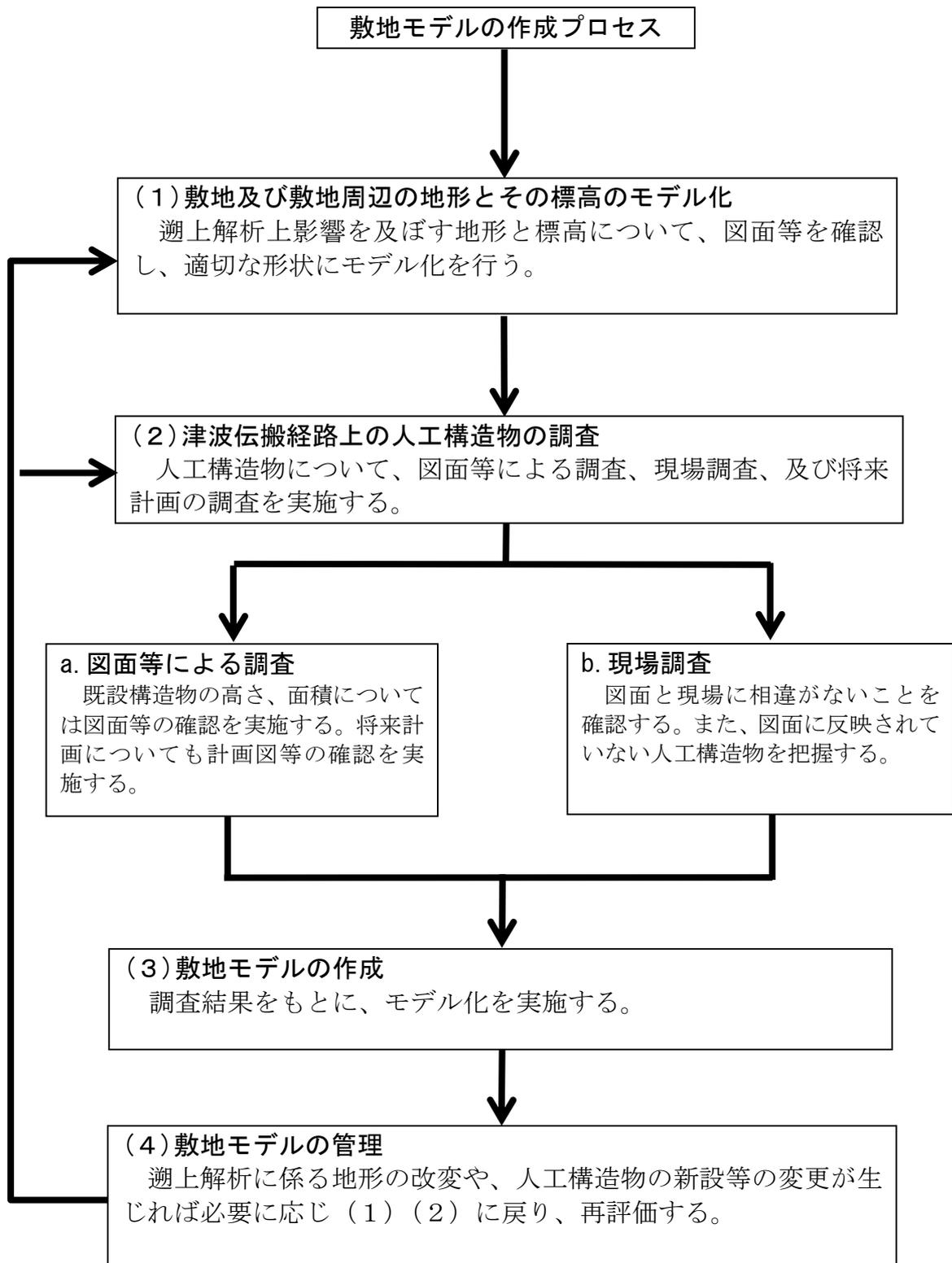


図-1 敷地モデル作成に関する現場確認プロセスフロー図

3. 耐津波設計に関する入力条件等現場確認プロセス

3. 1 基準要求

【第5条】設置許可基準規則第5条（津波による損傷の防止）においては、設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを要求されている。また、解釈の別記3及び「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において、敷地への浸水の可能性のある経路の特定、バイパス経路からの流入経路の特定、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性の検討及び浸水想定範囲の境界における浸水の可能性のある経路の特定、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路の特定及び漂流物の可能性の検討を行うこととしている。

【第40条】設置許可基準規則第40条（津波による損傷の防止）においては、重大事故等対処施設は、基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを要求しており、解釈は第5条に準じるとしている。

3. 2 入力条件等現場確認プロセス

上記要求事項を満足するために、図-2に示すフローに従って耐津波設計において必要となる入力条件等の確認を行った。次の（1）～（8）にプロセスの具体的内容を示す。なお、本資料において、設計基準対象施設の津波防護対象設備と重大事故等対処施設の津波防護対象設備を併せて、「津波防護対象設備」とする。

（1）津波防護対象設備について

設置許可基準規則第5条及び第40条においては、設計基準対象施設の安全機能及び重大事故等対処施設の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことが要求されている。そのため、津波防護対象設備を設定し、津波防護対象設備を内包する建屋及び区画以外に、津波防護対象設備が設置されていないことを確認する。

(2) 外郭防護1（地上部からの流入）について

津波防護対象設備を内包する建屋及び区画は、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、または、津波防護施設、浸水防止設備を設置することで流入を防止することが要求されている。そのため、各施設・設備が設置されている敷地高さ及び必要な浸水対策の現場状況を確認する。

(3) 外郭防護1（取水路・放水路等からの流入）について

取水路・放水路等の経路から津波が流入する可能性の検討、特定及び必要に応じて浸水対策を行うことが要求されている。そのため、海水が流入する可能性のある経路を網羅的に調査し、必要な浸水対策の現場状況を確認する。

(4) 外郭防護2について

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性の検討及び浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定することが要求されている。そのため、漏水の可能性のある経路及び浸水想定範囲内の津波防護対象設備の安全機能若しくは重大事故等に対処するために必要な機能に影響を与える閾値（機能喪失高さ）並びに必要な浸水対策の現場状況を確認する。

(5) 内郭防護について

浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことが要求されている。そのため、可能性のある経路を特定し、必要な浸水対策の現場状況を確認する。

(6) 漂流物について

基準津波に伴う取水口付近の漂流物については、遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向、速度の変化を分析した上で、漂流物の可能性を検討することが要求されている。そのため、遡上解析を踏まえた上で漂流物調査を網羅的に行い、取水性に影響を与えないことを確認する。

a. 図面等による調査

上記の調査対象となる施設・設備等については図面等を用いて確認を実施する。

b. 現場調査

aで実施した図面等による調査において確認した施設・設備等については、現場ウォークダウンにより図面等と相違ないことを確認する。

(7) 耐津波設計の成立性の確認

(1)～(6)で実施した調査結果を踏まえ、耐津波設計の成立性を確認する。
また、新たに必要となる浸水対策がある場合は、実施する。

(8) 入力条件等の管理

設備改造等により耐津波設計の入力条件等が変更となる可能性がある場合は、必要に応じ(1)～(6)に戻り、再評価する。

3. 3 品質保証上の取り扱い

現場確認手順及び確認結果の記録について、品証記録として管理する。

3. 4 今後の対応

今後、改造工事等により、耐津波設計に用いる入力条件等の変更が生じた場合、その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し、必要に応じて入力条件等の再調査を実施する。

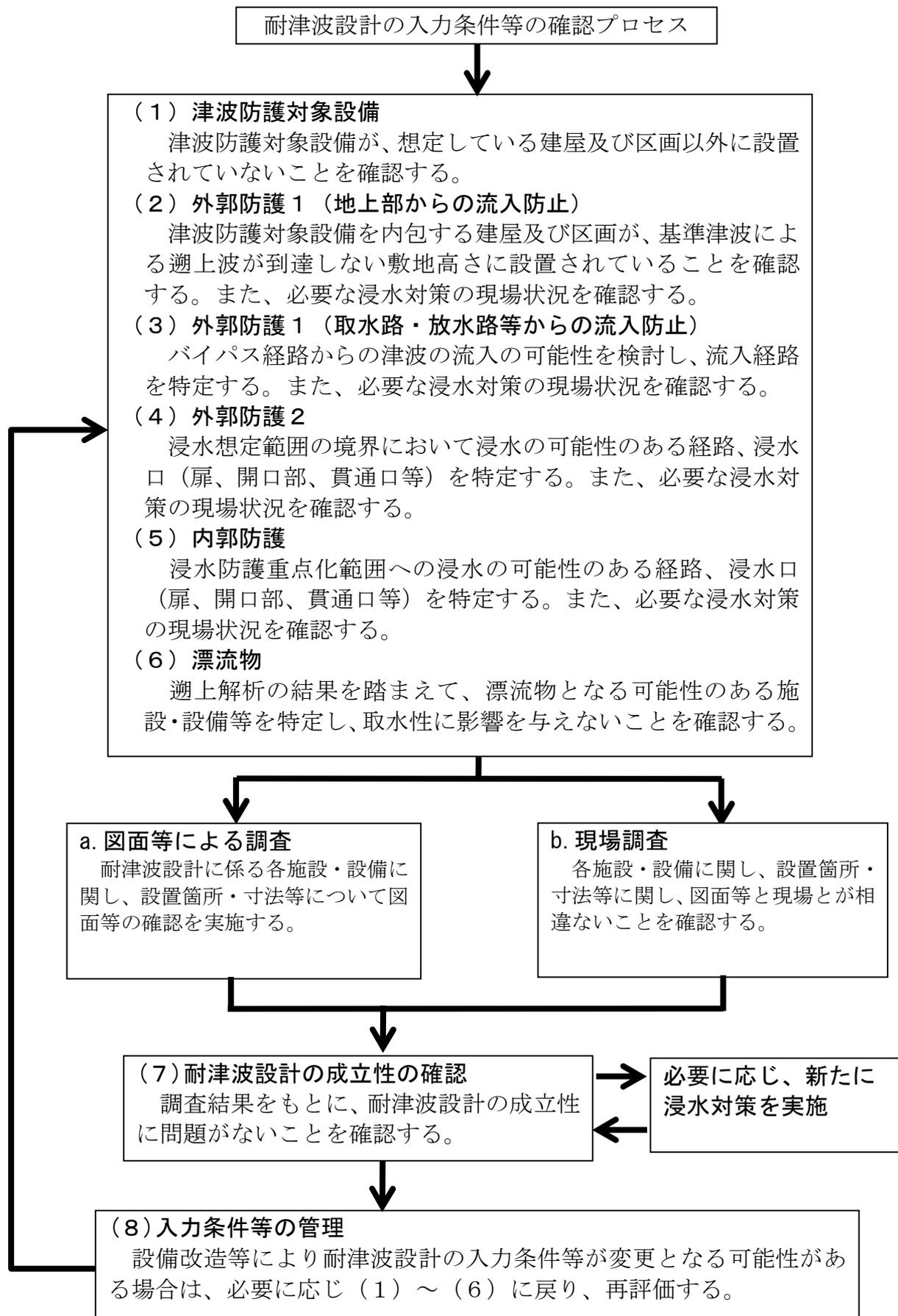


図-2 耐津波設計の入力条件等の現場確認プロセスフロー図

