

3. 敷地に遡上する津波に対する対策(1/9)



□ : 敷地に遡上する津波に対する防護対象施設

□ : 地下部からの津波の流入経路

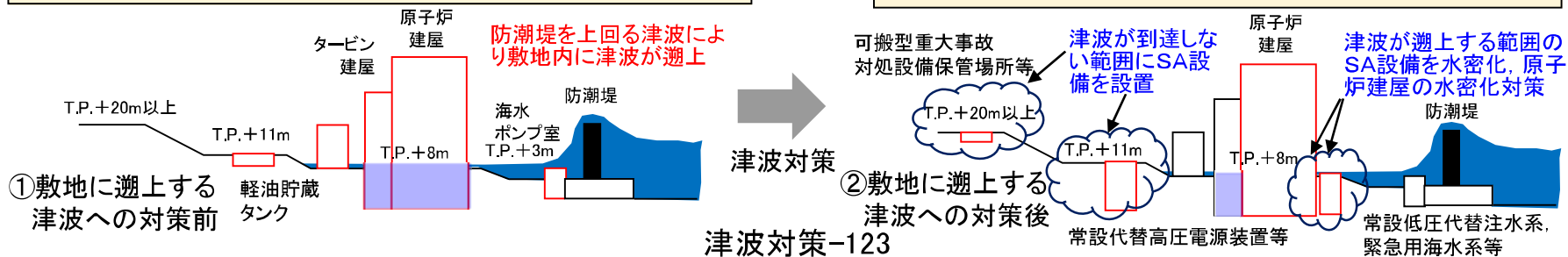
東海第二発電所 敷地に遡上する津波に対する防護対象施設と津波流入箇所

① 防潮堤を超え敷地に遡上する津波が襲来した場合
(対策実施前)

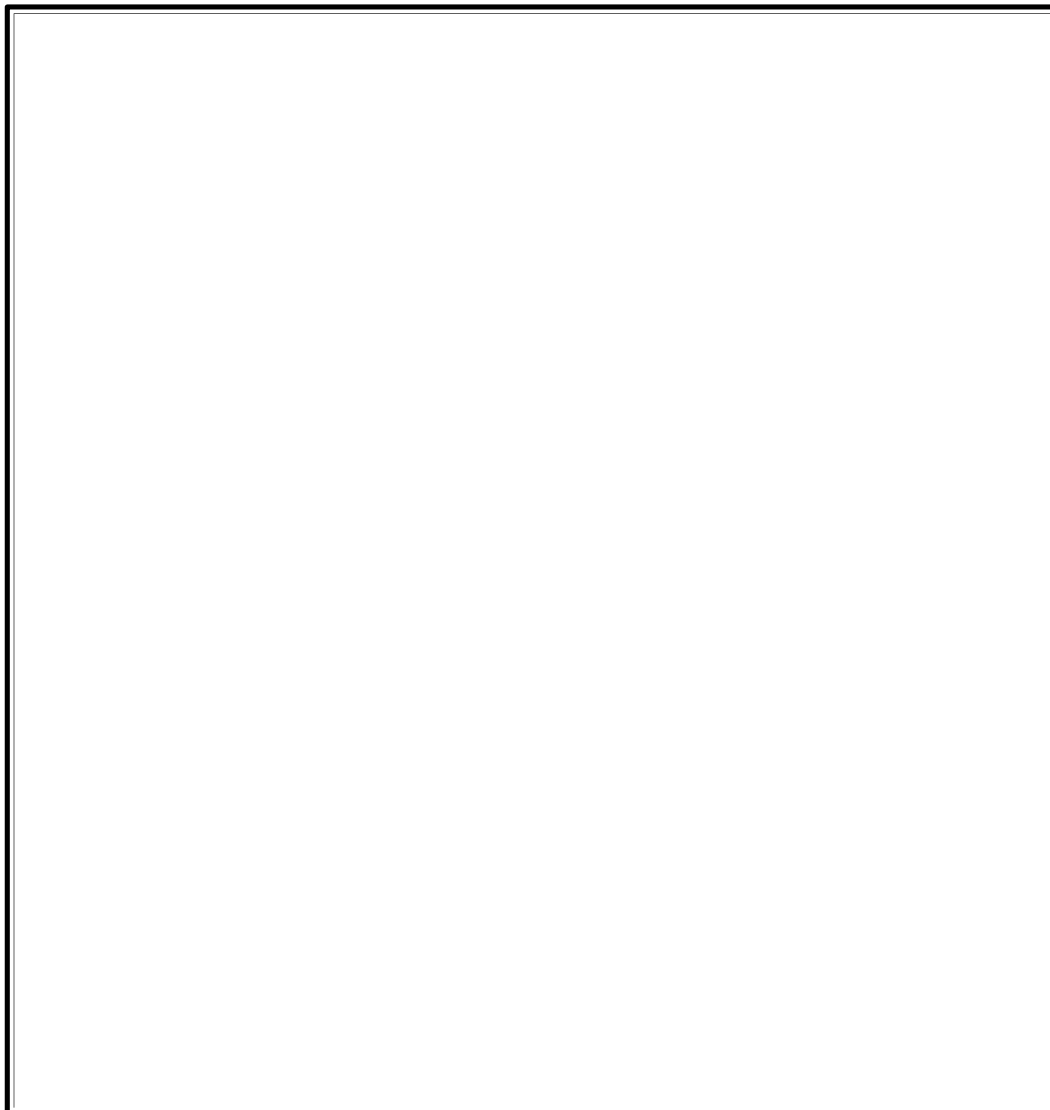
⇒非常用海水ポンプの冠水による機能喪失, 原子炉建屋内への浸水による複数機器の機能喪失等が発生し, 炉心損傷等の発生の恐れがある。

② 防潮堤を超え敷地に遡上する津波が襲来した場合
(重大事故対策及びそれらへの津波対策(水密化対策)実施後)

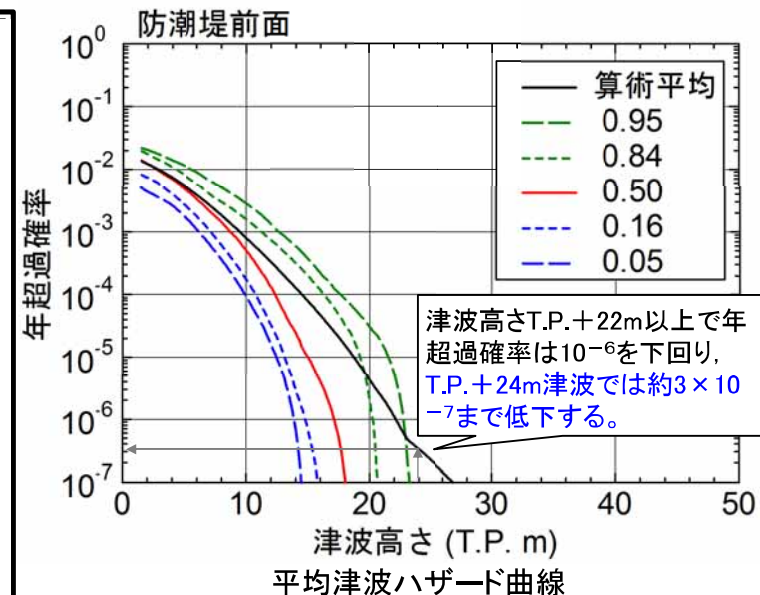
⇒代替の電源, 注水ポンプ, 海水系, 電源車, ポンプ車等が活用可能となり, 原子炉の冷却等の機能が確保できる。



3. 敷地に遡上する津波に対する対策(2/9)

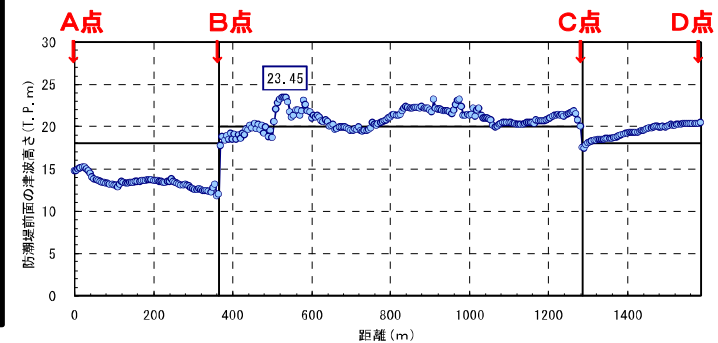


敷地に遡上する津波による敷地の最大浸水深分布



基準津波を超え敷地に遡上する津波の高さとしては、年超過確率が十分小さくなるT.P.+24m(防潮堤前面)までの津波高さを想定し、津波遡上解析を実施した。

※想定する津波高さをT.P.+24mまでとした設定根拠については、補足説明資料参照



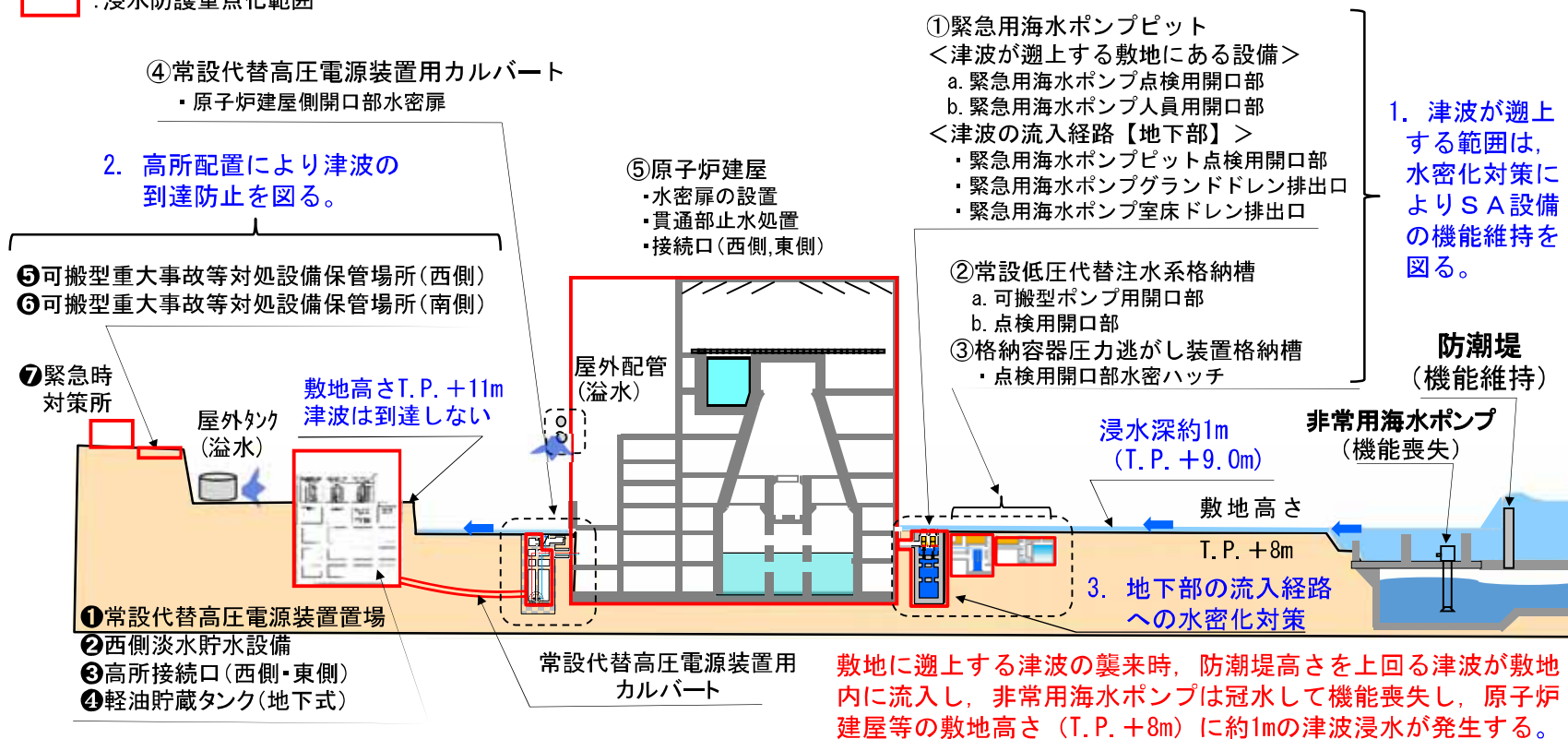
防潮堤前面における敷地遡上津波の高さ

※津波高さ(T.P.+24m)は、仮想的に防潮堤位置に無限鉛直壁を設定した場合の防潮堤前面の最高水位(駆け上がり高さ)を示す

3. 敷地に遡上する津波に対する対策(3/9)



□ : 浸水防護重点化範囲



敷地に遡上する津波に対する防護対象施設の配置図(断面図)

【敷地に遡上する津波の到達範囲に応じて防護対象施設の防護方策を策定】

配置区分	高さ	対策方針	対象設備
1. 津波が遡上する敷地にある設備	T.P.+8m	浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉の設置等	図の①～⑤
2. 遡上する津波より高所にある設備	T.P.+11m～	高所配置による津波の到達防止	図の①～⑦
3. 津波の流入経路【地下部】	T.P.+8m以下	浸水防止蓋, 逆止弁の設置等	図の①【地下部】

敷地に遡上する津波に対する対応方針

➤ 敷地に遡上する津波の襲来時は、敷地内への浸水により屋外作業が制限されることを踏まえ、重大事故等対処設備の対応方針について以下のとおりとする。

✓ ①津波防護を考慮した常設設備による対応を基本とする。

屋外作業を要せずに最終ヒートシンクへ熱を輸送するための常設設備として、緊急用海水系を設置し、これらの設備を敷地に遡上する津波に対して防護する。

✓ ②可搬型重大事故等対処設備による対応も可能とする。

不測の事態により、上記の常設設備が一定期間は使用できない場合も想定し、可搬型設備による対応を確実にするため、津波の影響がない高所に注水用の接続口及び水源を設置する。

* 漂流物の考慮: 敷地に遡上する津波では、敷地内に津波が流入することから(原子炉建屋付近の浸水深さ1m)、敷地内の漂流物として、車両(1.5t)を遡上範囲の重大事故等対処施設に対する衝突荷重において考慮する。

3. 敷地に遡上する津波に対する対策(5/9)



①津波防護を考慮した常設設備による対応

緊急用海水系の配置による対応



<配置場所>

原子炉建屋東側

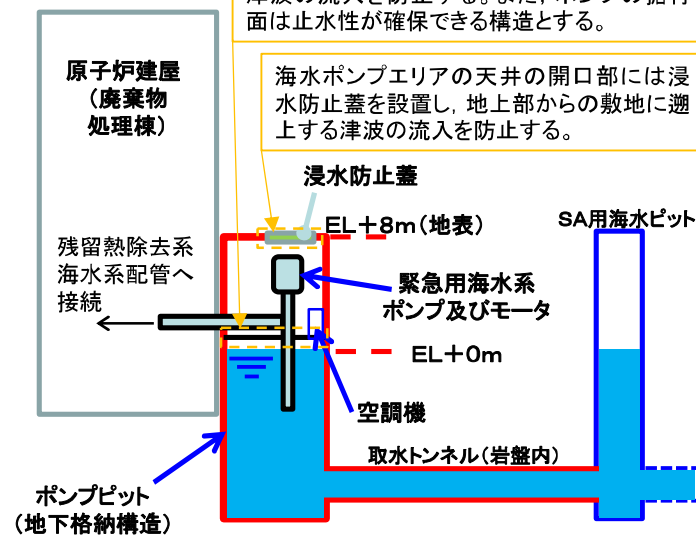
- ・ポンプピット(緊急用海水系ポンプを含む)を建屋近傍に設置
- ・ポンプピットは, SA用海水ピットと取水トンネル(岩盤内設置)により接続し, 海水を供給

<ポンプピット構造>

- ・地下格納槽構造とし, 敷地に遡上する津波漂流物等から防護
- ・ポンプ排熱のため, 海水ポンプエリアに空調機を設置
- ・海水ポンプ室への津波の流入を防止するため, 流入経路に対して浸水防護対策を実施

海水ポンプエリアの床の開口部には, 浸水防止蓋及び逆止弁を設置し, ポンプピットからの津波の流入を防止する。また, ポンプの据付面は止水性が確保できる構造とする。

海水ポンプエリアの天井の開口部には浸水防止蓋を設置し, 地上部からの敷地に遡上する津波の流入を防止する。



3. 敷地に遡上する津波に対する対策(6/9)



① 津波防護を考慮した常設設備による対応

緊急用海水系の系統概略図

【緊急用海水系の機能】

<系統構成>

① 残留熱除去系海水系機能喪失時の代替海水供給機能

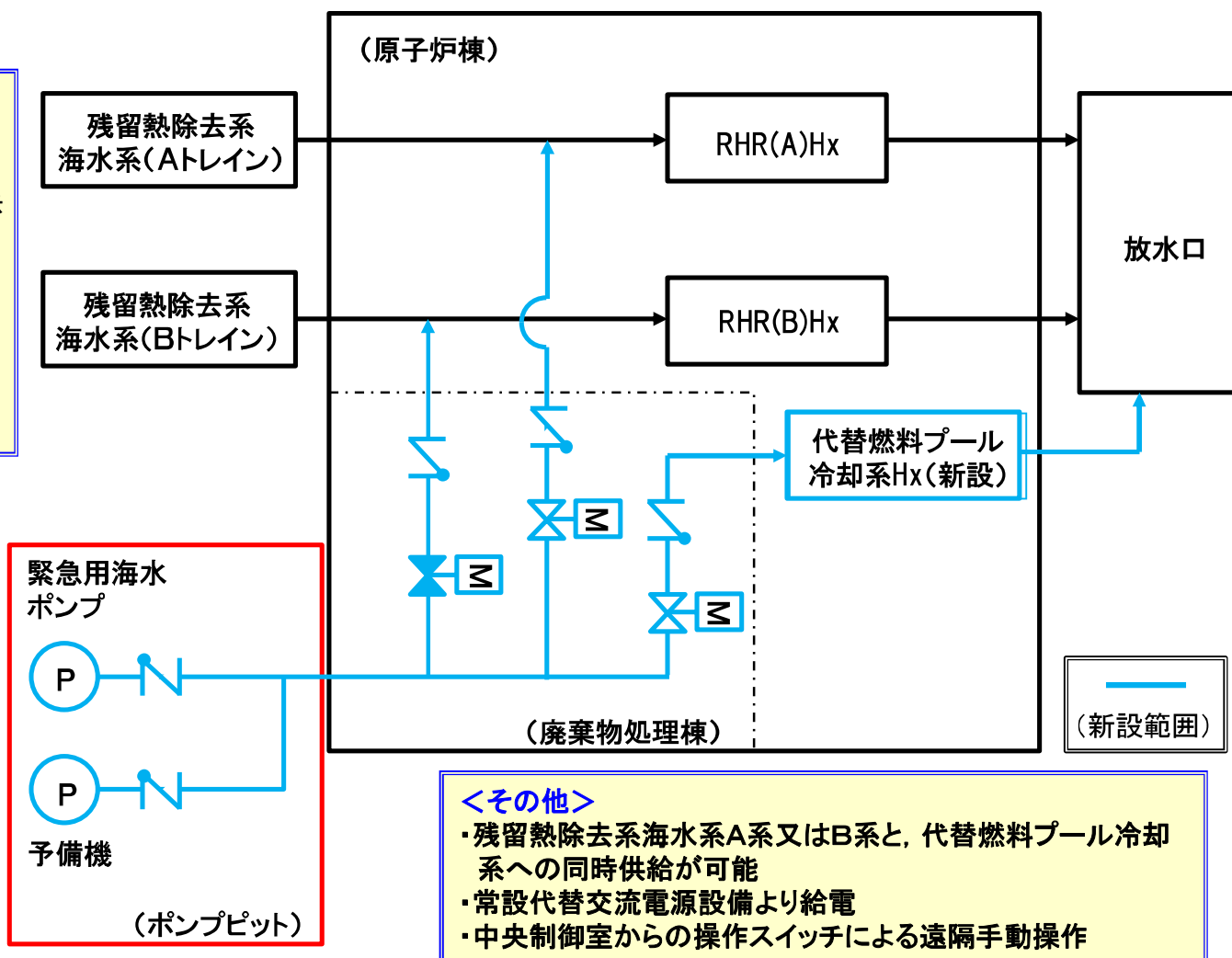
可搬型設備と同様に、残留熱除去系海水系機能喪失時に崩壊熱等を最終ヒートシンクへ移送する機能

② 代替燃料プール冷却系(熱交換器)への海水供給機能

新設する代替燃料プール冷却系への冷却海水供給機能

<容量>

- ・敷地に遡上する津波の発生時に格納容器ベントを行わず、除熱可能な容量を確保
- ・既設燃料プール冷却浄化系と同等の除熱容量を確保



<その他>

- ・残留熱除去系海水系A系又はB系と、代替燃料プール冷却系への同時供給が可能
- ・常設代替交流電源設備より給電
- ・中央制御室からの操作スイッチによる遠隔手動操作

3. 敷地に遡上する津波に対する対策(7/9)

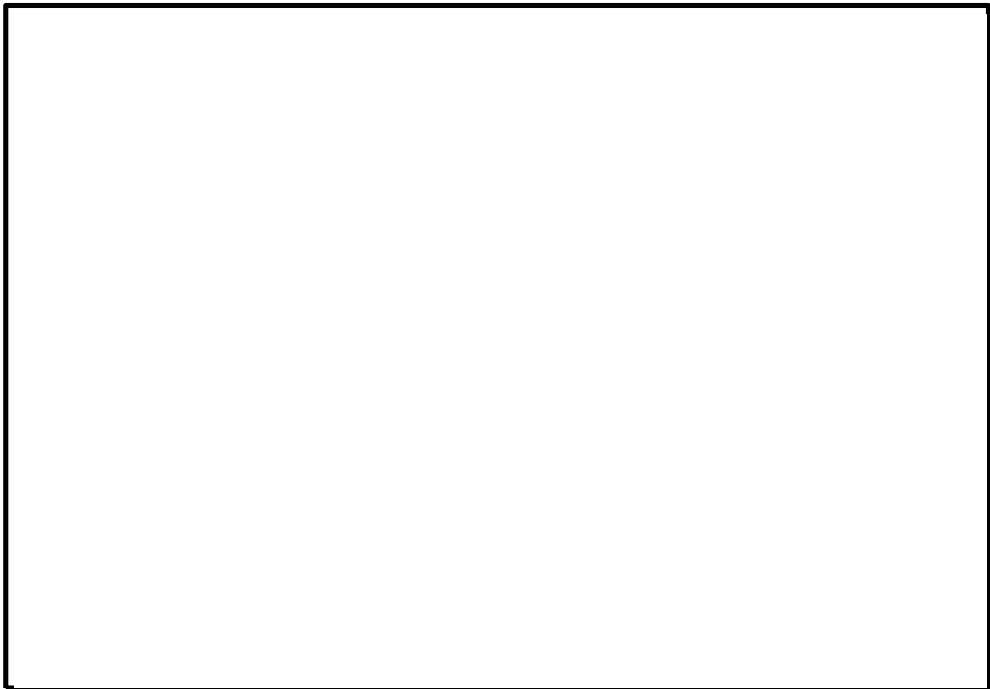


②可搬型重大事故等対処設備による対応

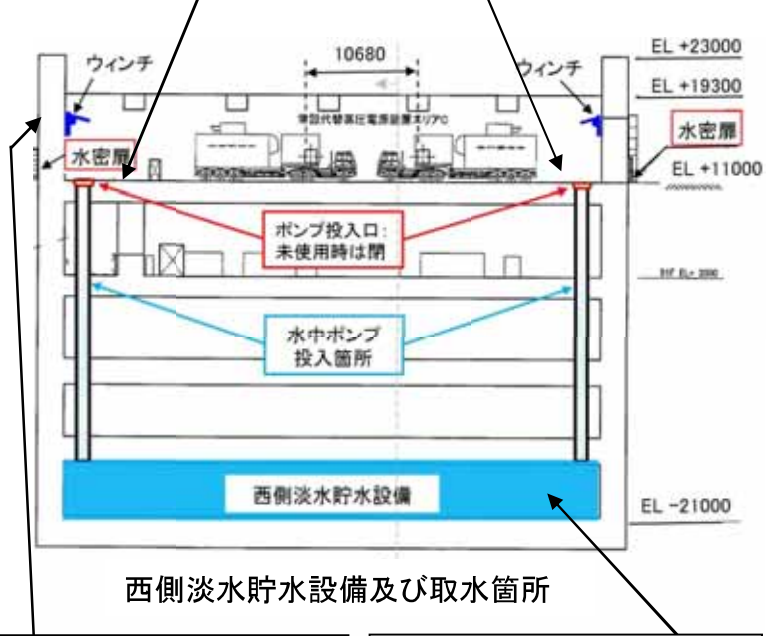
- 敷地に遡上する津波の影響を受けない常設代替高圧電源装置置場(T.P.+11m)の地下に西側淡水貯水設備を設置し、またT.P.+11mの高さの高所接続口を東西に複数設置
- 可搬型重大事故等対処設備(可搬型代替注水中型ポンプ)を用いて、西側淡水貯水設備の水を汲み上げ高所接続口から地下トンネル内に敷設する注水配管を経由し原子炉等に注水することで、津波の影響を受けない高所にて対応作業が可能

【凡例】	
— アクセスルート	T.P.+3.0m～T.P.+8.0m
..... 自主整備ルート	T.P.+8.0m～T.P.+11.0m
	T.P.+11.0m 以上

敷地に遡上する津波が到達しない高所(T.P.+11m)にて、可搬型重大事故対処設備(ポンプ車)により水を汲み上げ、高所の接続口と地下トンネル内の注水配管を経由して原子炉等に注水可能



アクセスルートと高所の淡水源、接続口及び注水配管の設置



西側淡水貯水設備及び取水箇所

* 常設代替高圧電源装置置場の地上部は、壁面及び水密扉により囲まれているため、直ちに被水することはない。

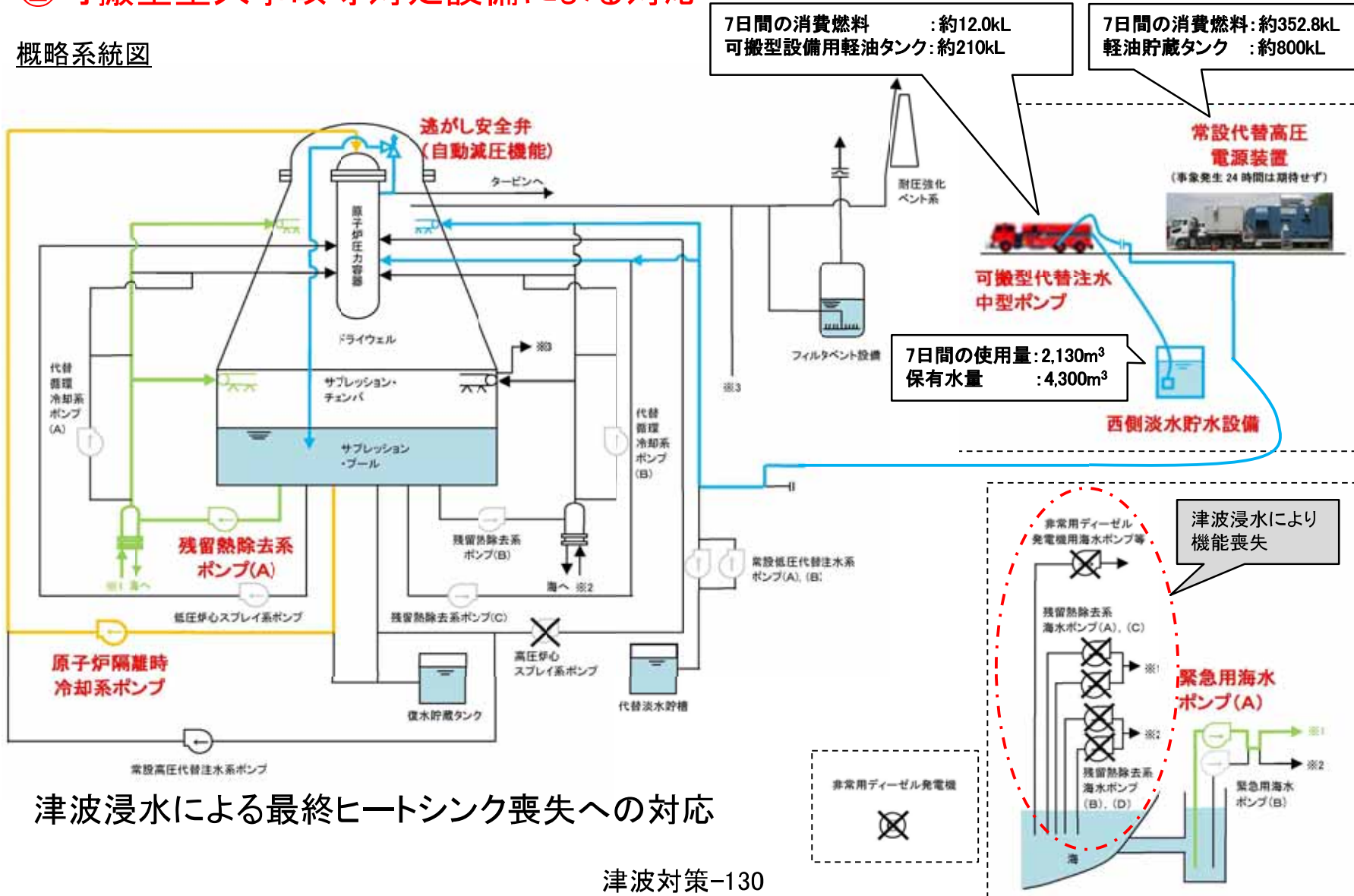
敷地に遡上する津波が到達しない高所(T.P.+11m)の地下に淡水源を設置

3. 敷地に遡上する津波に対する対策(8/9)



②可搬型重大事故等対処設備による対応

概略系統図



津波浸水による最終ヒートシンク喪失への対応

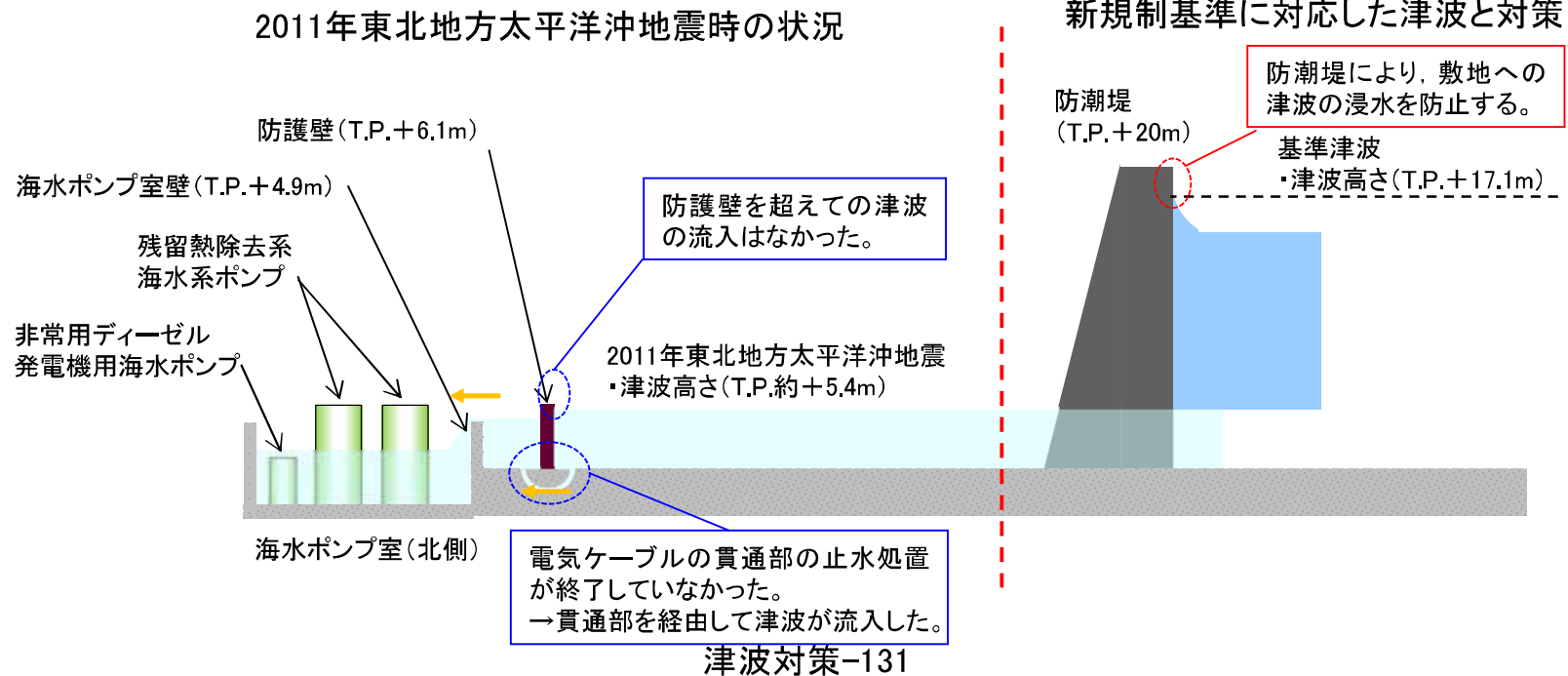
3. 敷地に遡上する津波に対する対策(9/9)

<参考>2011年東北地方太平洋沖地震での浸水状況と新規制対応の関係



●2011年東北地方太平洋沖地震での津波の浸水を上回るような基準津波を設定し、基準津波を超える高さで防潮堤を設置することで、東海第二発電所を津波から防護する。

- ・2011年東北地方太平洋沖地震時には、安全系の海水ポンプが設置される海水ポンプ室廻りでT.P.約+5.4mの津波の浸水があった。
 - ・このとき、海水ポンプ室の脇には、津波の浸水高さ(T.P.約+5.4m)を超える防護壁(T.P.+6.1m)が設置されていたため、防護壁を超えての津波の流入を防止できた。
 - ・しかし、海水ポンプ室(北側)は、電気ケーブルの貫通部の止水処置が終了していなかったため、この貫通部から津波が流入し、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの電動機が冠水して停止した。
-
- ・新規制基準への対応として、基準津波としてT.P.+17.1mの津波を設定し、T.P.+20mの防潮堤を設置して敷地への津波の流入を防止し、津波から防護する。



4. 耐津波設計 まとめ

○基準津波に対する対策

- ・決定論的手法に基づき、発電所の供用期間中に発電所の安全施設に大きな影響を及ぼす恐れがある津波(基準津波T.P.+17.1m)に対して、発電所の防護を行う。
- ・発電所に設置する防潮堤(高さT.P.+20m)や、すべての流入経路に対して浸水防止対策を図ることで、基準津波を敷地に流入させず、発電所の安全施設の機能を維持する。
- ・漏水による浸水を想定した場合でも、漏水量は限定され非常用海水ポンプの機能は維持できる。敷地内の溢水に対しても安全性は損なわれない。引き波による海水面の低下時においても、非常用海水ポンプの取水性は保持できる。また、津波の襲来状況を監視する監視カメラや水位計等を設置する。

○敷地に遡上する津波に対する対策

- ・確率論的評価を用いた津波PRA結果に基づき、基準津波を上回り、防潮堤高さ(T.P.+20m)を超える津波(T.P.+24m(無限鉛直壁))に対して発電所の防護を行う。
- ・防潮堤を超えて敷地に遡上する津波に対して、原子炉建屋の外壁や重大事故等対処設備等に水密対策を施すことで、重大事故対処設備を活用して原子炉等の冷却を可能とする。
- ・津波防護を考慮した常設の重大事故対処設備による対応として、屋外作業を要せずに最終ヒートシンクへ熱を輸送できる常設設備として、緊急用海水系を設置し、これらの設備を敷地に遡上する津波に対して防護する。
- ・さらに、不測の事態により、上記の常設設備が一定期間は使用できない場合も想定し、可搬型設備による対応を確実にするため、津波の影響がない高所に注水用の接続口及び水源を設置する。

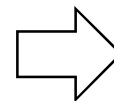
耐津波設計 補足説明資料

1. 防潮堤の設置ルート変更	135
2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響	150
3. 入力津波の設定	155
4. 港湾内の局所的な海面の励起	160
5. 基準津波に対する対策	161
6. 敷地に遡上する津波に対する対策	168
7. 貯留堰の概要	172
8. 構内排水路の概要	176
9. 漂流物の評価	180
10. 内郭防護及び溢水影響評価	209
11. 防潮堤等の具体的な構造や設計情報, 耐津波強度に係る評価及びその他の設計上の考慮	211
12. 津波襲来時の作業員の対応と避難との関係	233
13. 津波の襲来情報等を得るための潮位計及びその運用	237
14. 津波PRA	241
15. 多重防護の観点での津波対策	243
16. 電源設備の設置場所・位置的分散及び多様性	248
17. 敷地に遡上する大規模な津波等を考慮した可搬型重大事故等対処設備の位置的分散の考え方及び外部機関との連携	249
18. 敷地に遡上する津波や他の自然災害発生時におけるアクセスルートの確認方法	256
19. 防潮堤を越えて敷地に遡上する津波の敷地内滞留時間等及び敷地内作業の成立性	259

1. 防潮堤の設置ルート変更(ルート図)



防潮堤の設置ルートの見直しを実施した。変更前後を以下に示す。



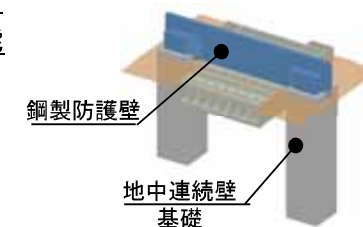
<防潮堤設置ルート変更前 全長 約2.2 km>

<防潮堤設置ルート変更後 全長 約1.7 km >

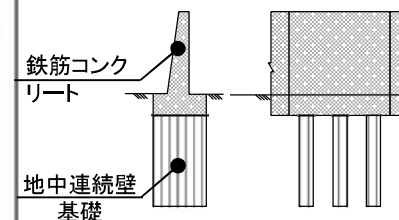
1. 防潮堤の設置ルート変更(防潮堤構造)

- 敷地北側の防潮堤ルートを下図のとおり変更した(全長 約2.2km → 約1.7km)。
 - 防潮堤は、地震時における地盤の変形や津波による洗堀などに対して、浸水防護をより確実なものとするため表層地盤改良を行う計画としていたが、表層地盤改良等の実施が敷地北側に設置する「低レベル放射性廃棄物埋設事業所廃棄物処理施設(L3 事業所)」及び他事業者施設の地下水流況に影響を及ぼす可能性等を考慮して、岩着支持杭形式への構造変更とあわせて、防潮堤のルートの一部変更した。
 - また、当初は岩着させない摩擦杭での構造成立性を確認していたが、豊浦標準砂による周辺地盤の強制的な液状化を考慮した評価を行うこととなったため、杭を岩着させ、より安全性を高める構造に変更した。
 - ルート変更に伴う津波防護への影響はない。

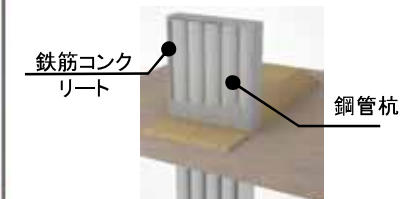
①鋼製防護壁



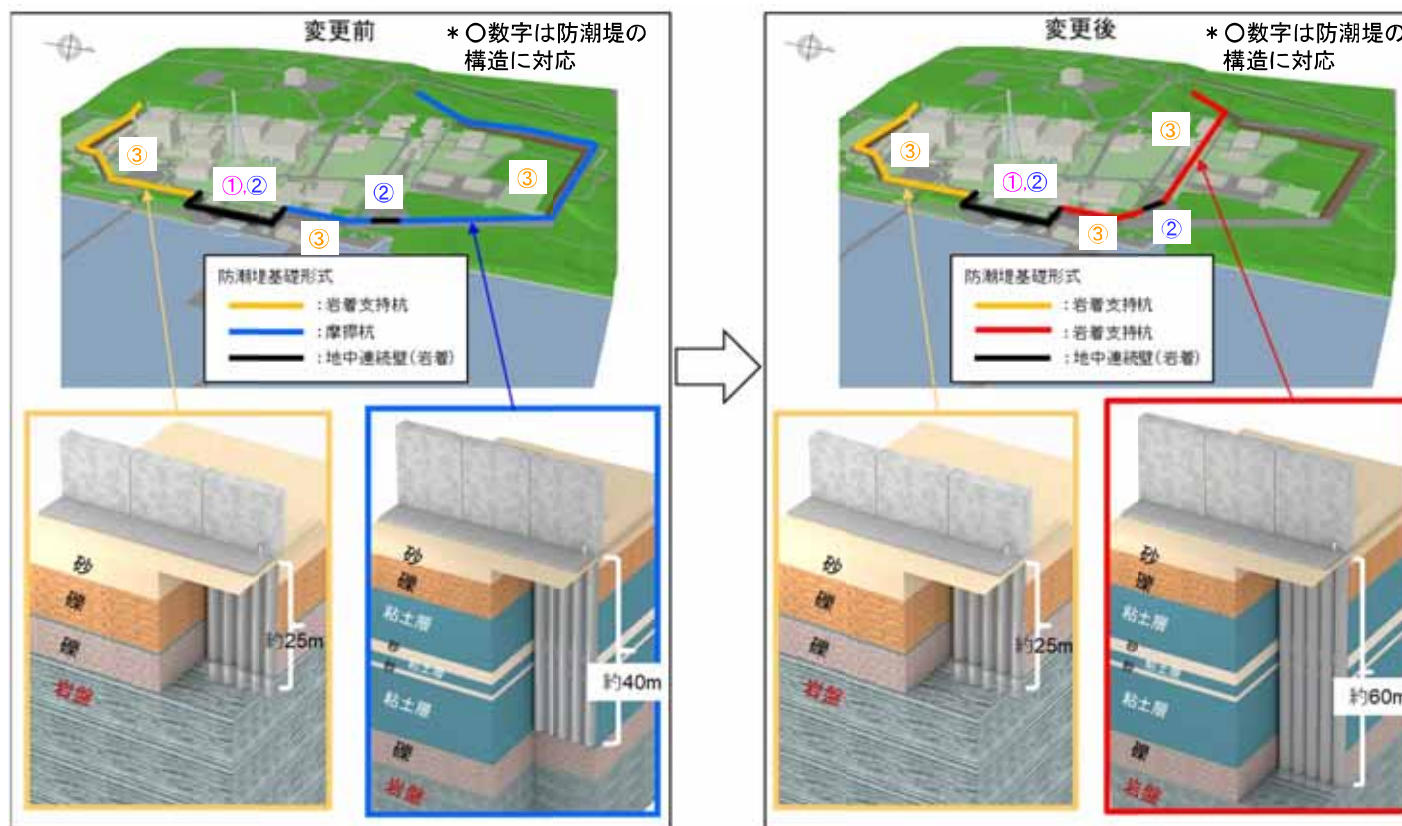
②鉄筋コンクリート防潮壁



③鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁



防潮堤の構造イメージ



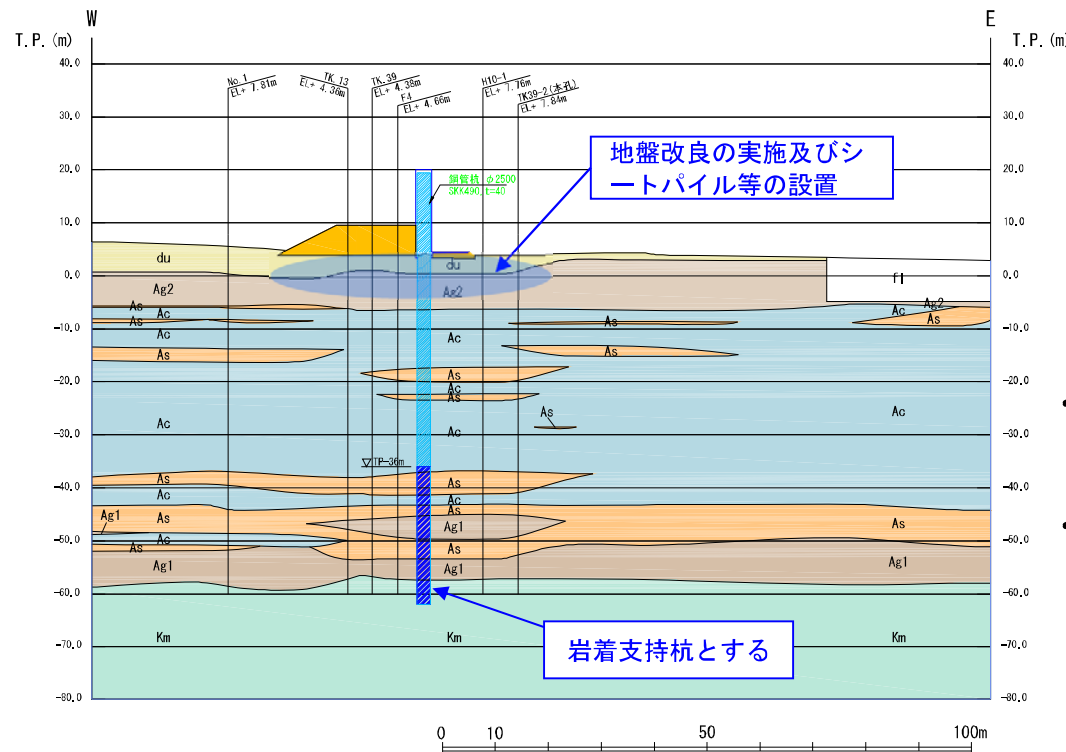
1. 防潮堤の設置ルート変更（杭構造形式の変更（摩擦杭から岩着支持杭への変更））

東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを岩着支持杭に変更する。

これにより鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置することとなる。

また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対し、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。

なお、地盤改良範囲等については、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに決定する。



地質時代	地質区分	記号	岩相	備考	
完新世	砂丘層	du	砂	敷地全体に広く分布する。	
		Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。	
	沖積低地堆積層	Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。	
		As	砂		
		Ag1	砂礫		
第四紀	低位段丘堆積層	D2a-3	シルト	敷地南側に埋没段丘として分布する。	
		D2b-3	砂		
		D2c-3	砂礫		
		D2d-3	シルト		
	中位段丘堆積層	Im	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる扇田段丘首を構成する。	
		D1c-1	シルト		
		D1g-1	砂礫		
第三紀	新新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

【変更理由】

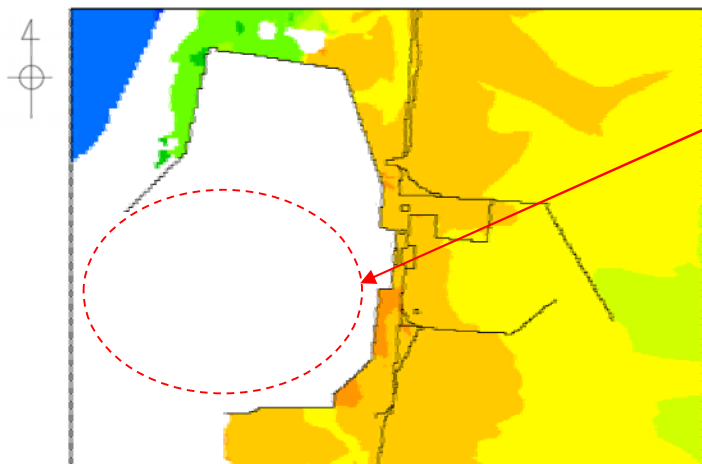
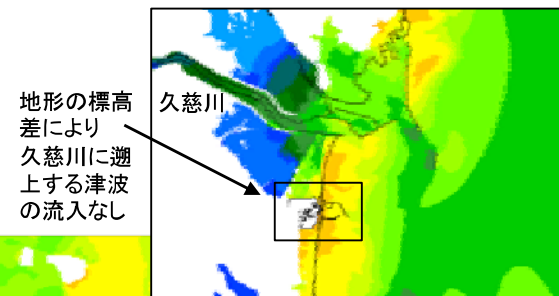
- 杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- 表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなるとともに、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

1. 防潮堤の設置ルート変更（津波の浸水域の比較）



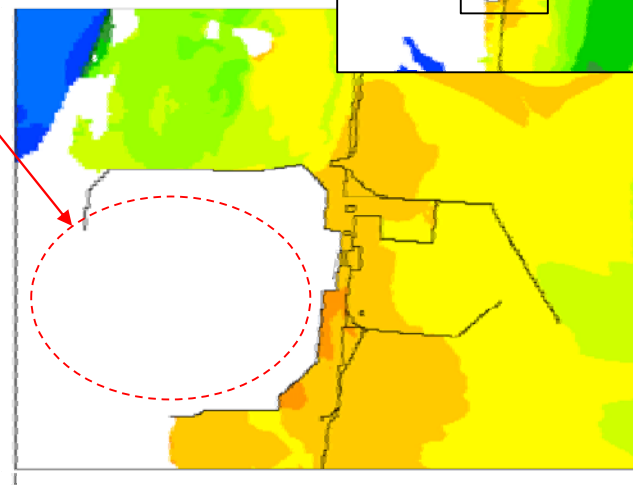
●防潮堤ルート変更に伴う津波高さへの影響はなく、防潮堤高さ及び津波防護対象施設への影響はない。

- ・防潮堤ルート変更後は、各区画とも津波高さが同じか低くなる傾向
- ・変更の前後とも、防潮堤高さは津波高さを上回り、防潮堤内側への浸水を防止
- ・変更の前後とも、津波防護対象施設が設置される箇所には、津波は到達せず



(防潮堤ルート変更前)

ルート変更に関わらず津波防護対象施設を設置する箇所は防潮堤により防護され、津波は到達しない。



(防潮堤ルート変更後)

津波遡上の解析結果



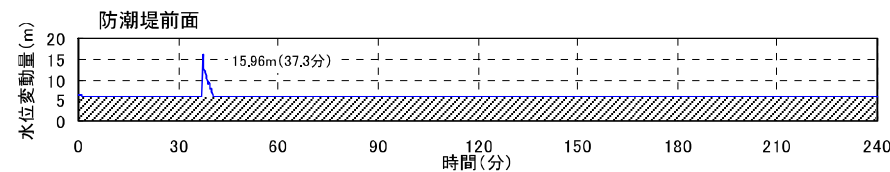
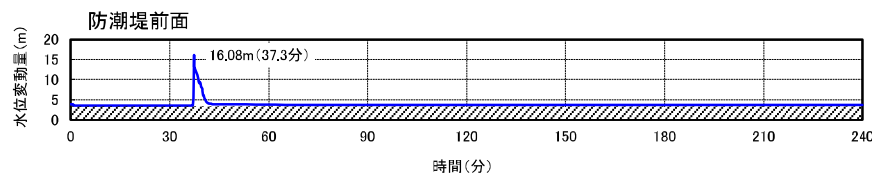
防潮堤の区画	各区画での最大津波高さ (防潮堤ルート変更前)	各区画での最大津波高さ (防潮堤ルート変更後)	入力津波高さ	防潮堤高さ
北側	T.P.+15.2m	T.P.+12.0m	T.P.+15.4m	T.P.+18m
東側	T.P.+17.7m	T.P.+17.7m	T.P.+17.9m	T.P.+20m
南側	T.P.+16.6m	T.P.+16.6m	T.P.+16.8m	T.P.+18m

1. 防潮堤の設置ルート変更(評価結果の比較 (水位上昇側))

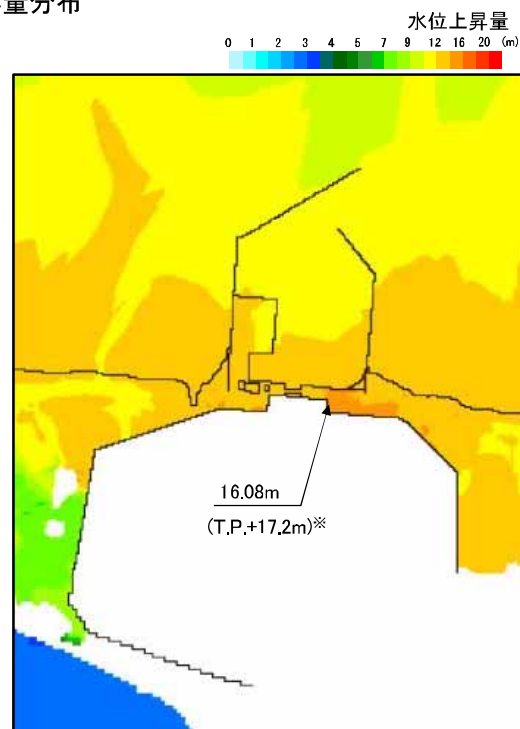


基準津波の水位への影響を評価した結果、最高水位位置が同じであり、上昇側の水位に有意な差がないことを確認した。

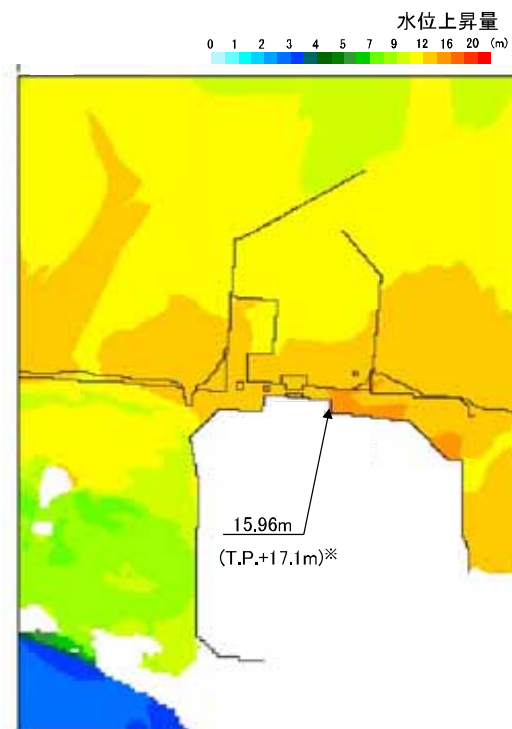
■ 時刻歴波形



■ 最大水位上昇量分布



防潮堤設置ルート変更前



防潮堤設置ルート変更後

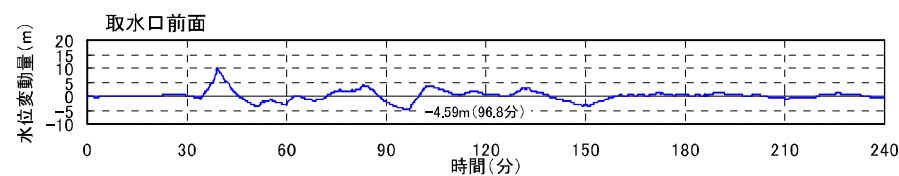
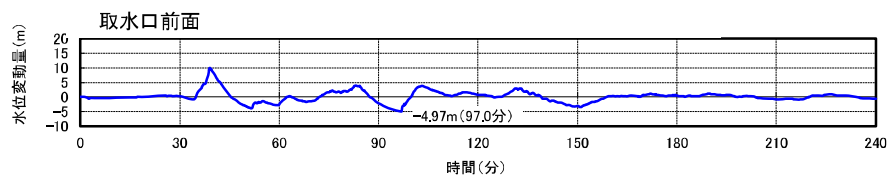
※ 潮位及び地殻変動量(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量も含む)を考慮

1. 防潮堤の設置ルート変更(評価結果の比較 (水位下降側))



基準津波の水位への影響を評価した結果、下降側の水位に有意な差がないことを確認した。

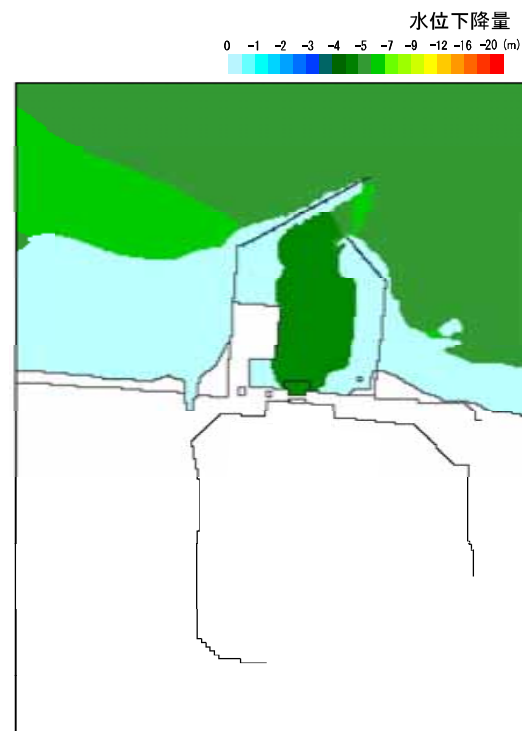
■ 時刻歴波形



■ 最大水位下降量分布



防潮堤設置ルート変更前

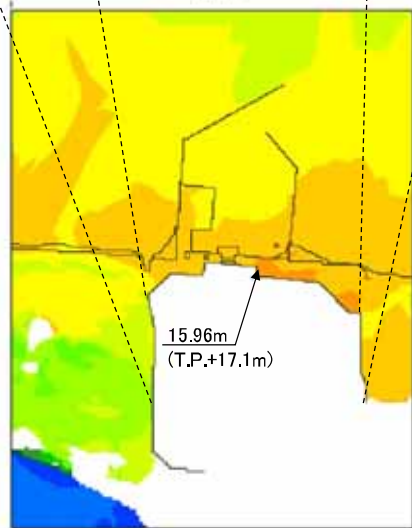
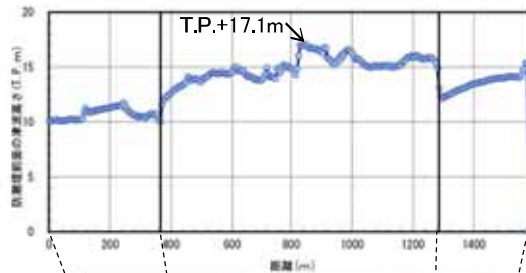


防潮堤設置ルート変更後

1. 防潮堤の設置ルート変更（防潮堤前面及び取水口前面）



基準津波の評価結果は以下の通り。



水位上昇量

最大水位上昇量分布

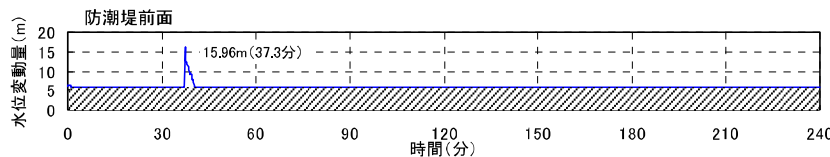
(A-3 : 南へ20km移動, 破壊開始点⑥, 破壊伝播速度3.0km/s, 立ち上がり時間30秒)



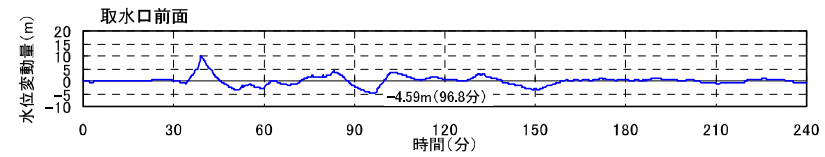
水位下降量

最大水位下降量分布

(A-5 : 南へ40km移動, 破壊開始点⑤, 破壊伝播速度1.0km/s, 立ち上がり時間30秒)



防潮堤前面における水位時刻歴波形

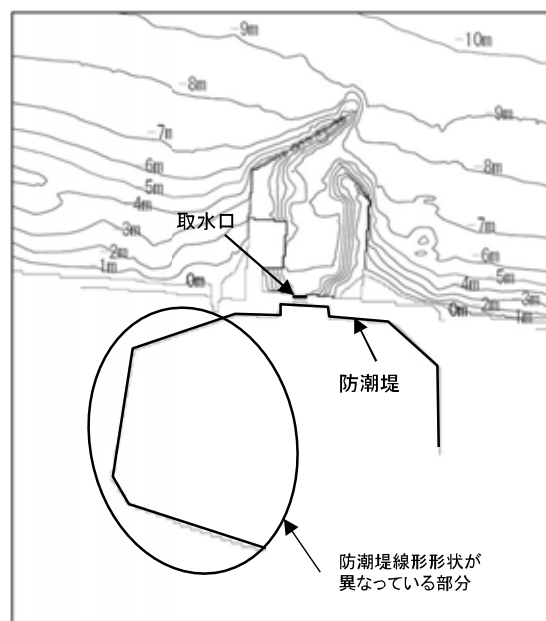


取水口前面における水位時刻歴波形

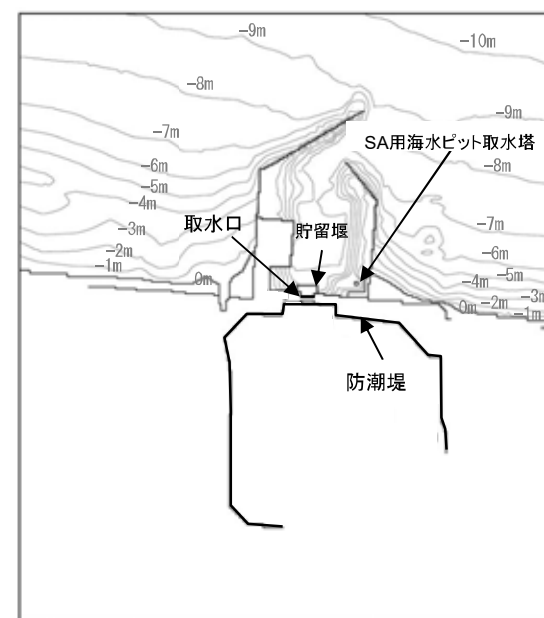
1. 防潮堤の設置ルート変更（評価結果）



名称	防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後
最高水位(防潮堤前面)	T.P.+17.2m	T.P.+17.1m
最低水位(取水口前面)	T.P.-5.3m	T.P.-4.9m



防潮堤設置ルート変更前



防潮堤設置ルート変更後

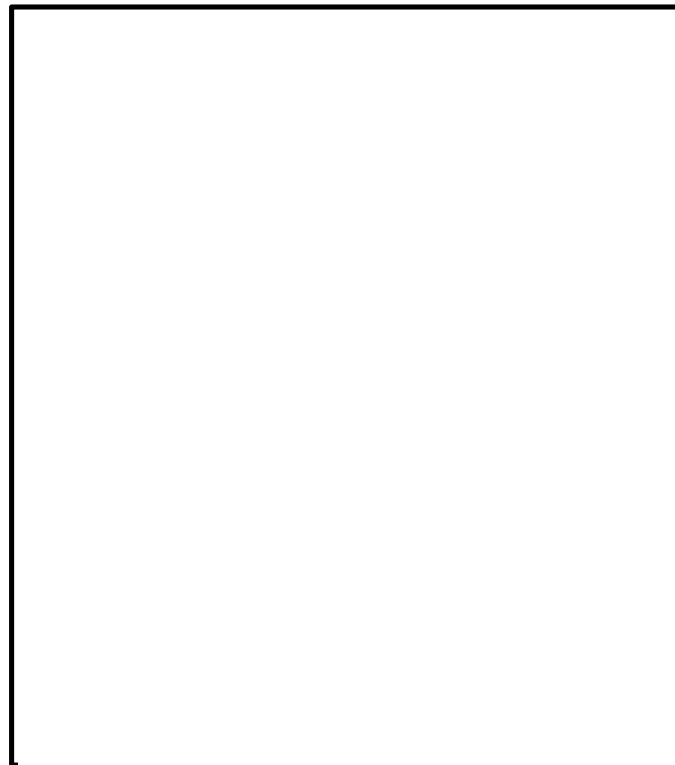
- 評価の結果、防潮堤設置ルート変更前後で、最大水位上昇量及び最大水位下降量が最大となる津波波源の位置及び最高水位位置が同じであり、水位にも有意な差は認められないことを確認した。
- 防潮堤前面の最高水位は、T.P.+17.2mからT.P.+17.1mとなった。

1. 防潮堤の設置ルート変更（津波防護対象施設等及び保管場所の配置への影響）

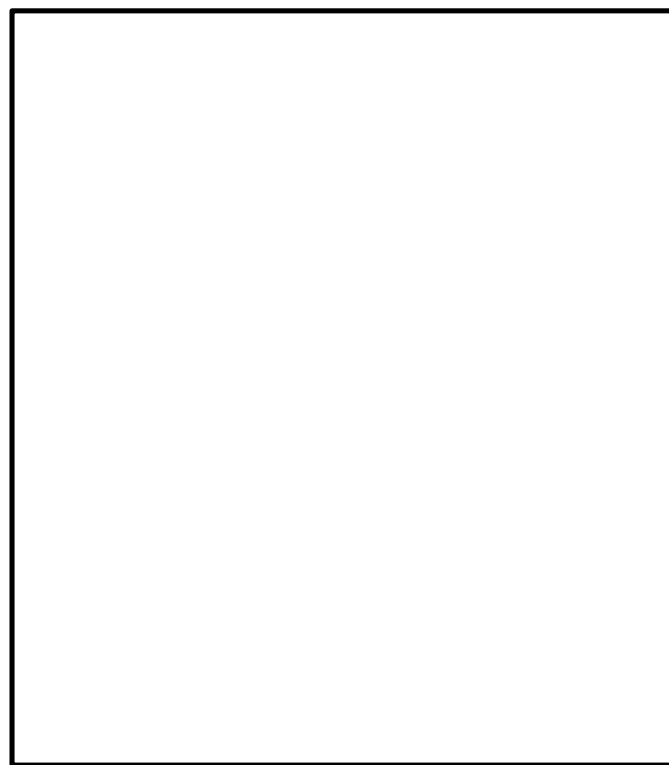


●防潮堤ルート変更に伴う津波防護対象施設及び敷地北側への影響はない。

- ・津波から防護する施設は、防潮堤ルート変更前後とも、防潮堤の内側又は高台に設置されるため、配置の変更はなく、防潮堤ルート変更の影響を受けない。
- ・防潮堤ルート変更後においても、防潮堤沿いに敷地北側へアクセスできる道路を設ける。
- ・重大事故等時に使用する可搬型設備の保管場所は、常設重大事故等対処設備及び設計基準対処設備から十分な離隔距離を確保して分散配置がされているが、防潮堤ルート変更前後とも配置に変更はなく、防潮堤ルート変更の影響を受けない。



（防潮堤ルート変更前）



（防潮堤ルート変更後）

（凡例）

- : 防潮堤ルート
- : 津波防護対象施設
- : 敷地北側及び港湾へのアクセスルート
- : 可搬型設備の保管場所

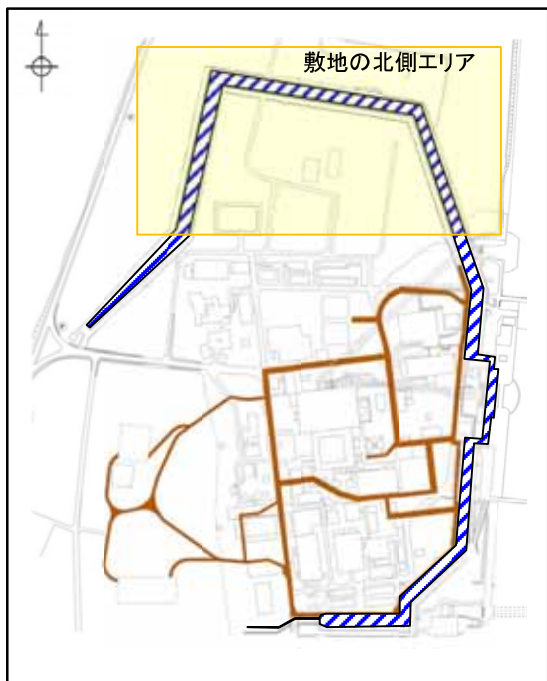
1. 防潮堤の設置ルート変更（アクセスルートへの対応の影響）



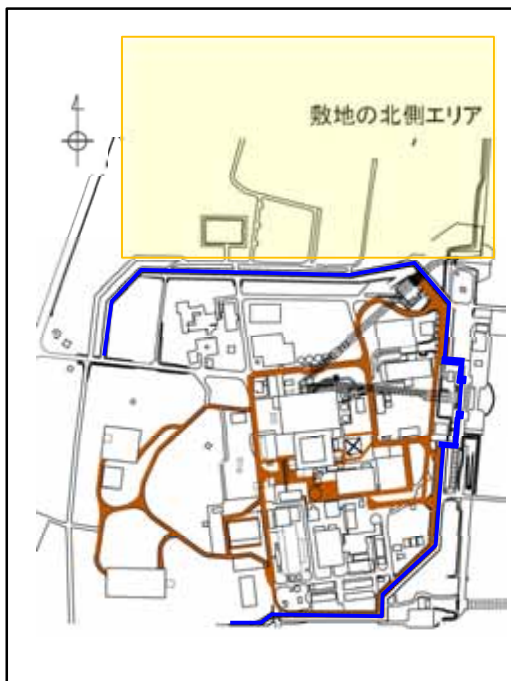
●防潮堤ルート変更に伴う重大事故等時のアクセスルートへの影響はない。

- ・重大事故等時において必要となるルートは、敷地の北側がないため、防潮堤ルート変更の影響を受けない。
- ・外部支援に係る発電所構内への進入ルートは、敷地の北側エリアを通行するルート以外にも複数確保するため、防潮堤ルート変更の影響を受けない。

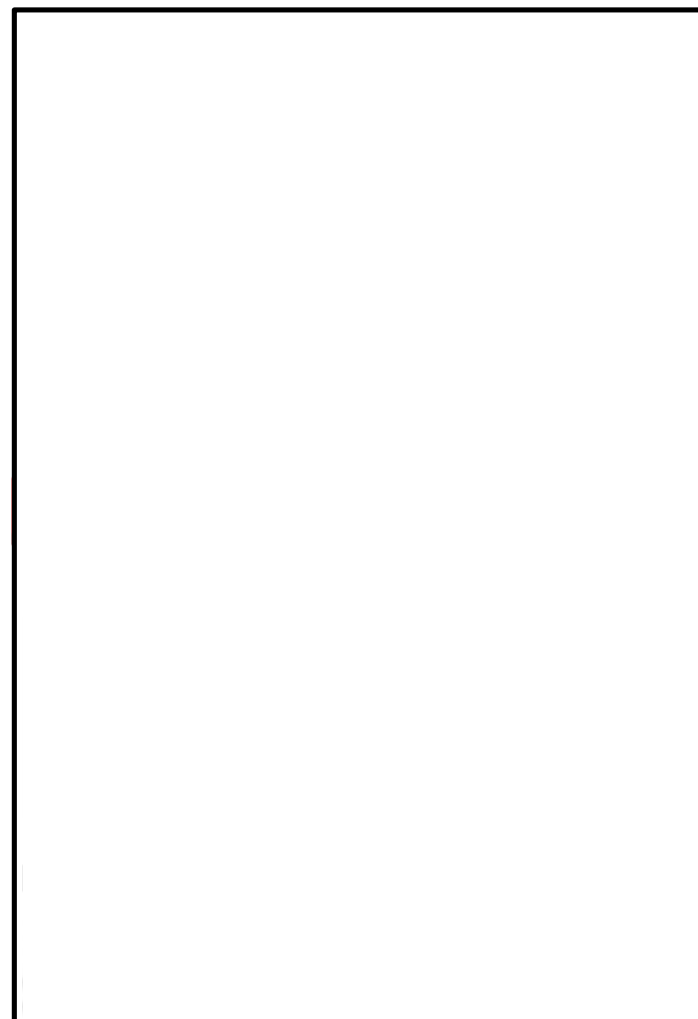
【凡例】
■ : 防潮堤 — : アクセスルート



アクセスルート図(防潮堤ルート変更前)



アクセスルート図(防潮堤ルート変更後)



発電所構内への参集ルート図

1. 防潮堤の設置ルート変更（防潮堤の外側に設置される施設への影響）

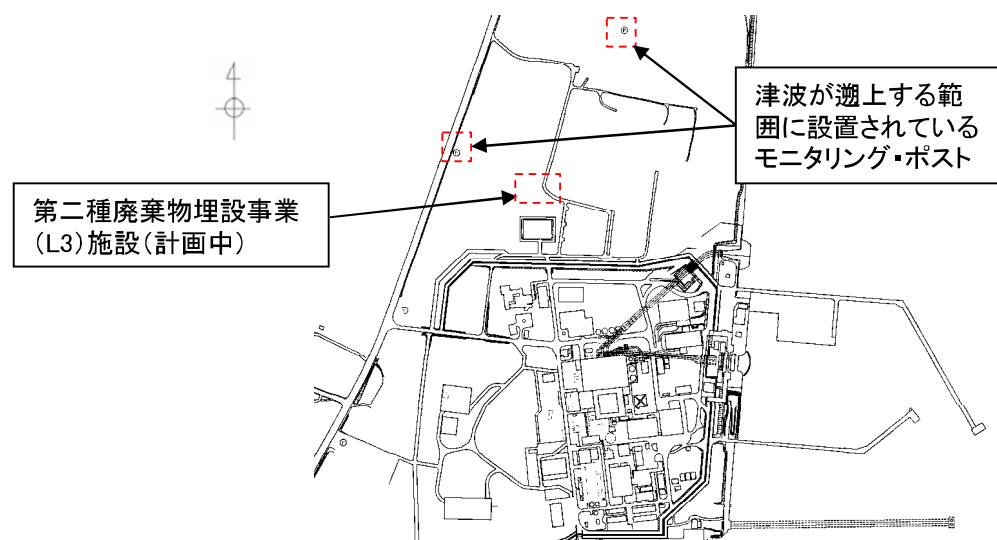


○モニタリング・ポスト

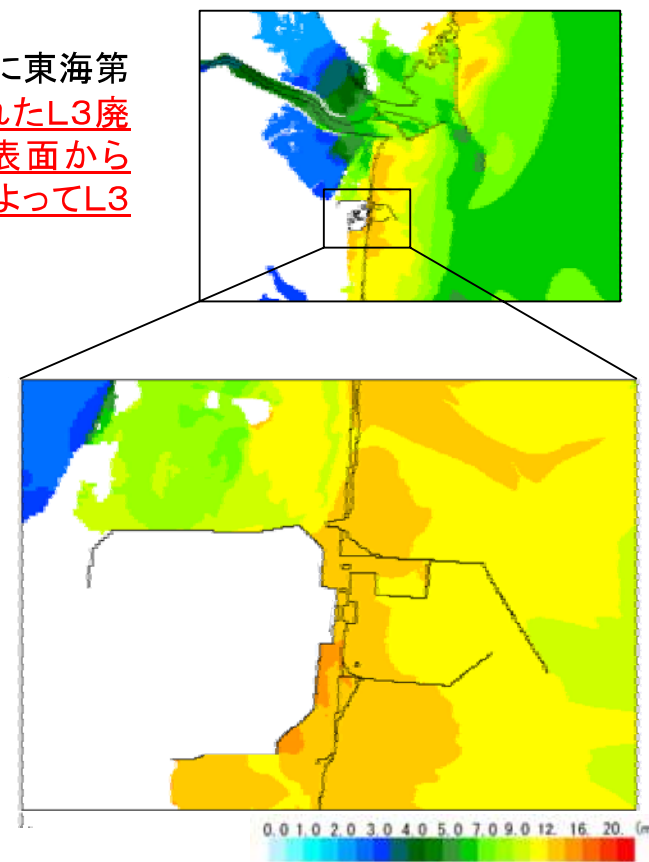
防潮堤の外側にはモニタリング・ポストが設置されており、基準津波が遡上する範囲に設置されているものについては、津波により機能喪失する可能性があるが、代替設備により機能を確保できるため、安全性への影響はない。

○第二種廃棄物埋設事業(L3)施設(設置を申請中)

設置を計画している第二種廃棄物処理埋設事業(L3)施設の埋設箇所に東海第二発電所の基準津波が遡上すると仮定した場合でも、L3施設に埋設されたL3廃棄物は上面に覆土がされていること、定置作業中のL3廃棄物は、地表面から約4m掘り下げたトレンチ内に定置され、海水に浮かないことから、津波によってL3廃棄物が流出することはないと考える。



防潮堤の外側に設置される施設

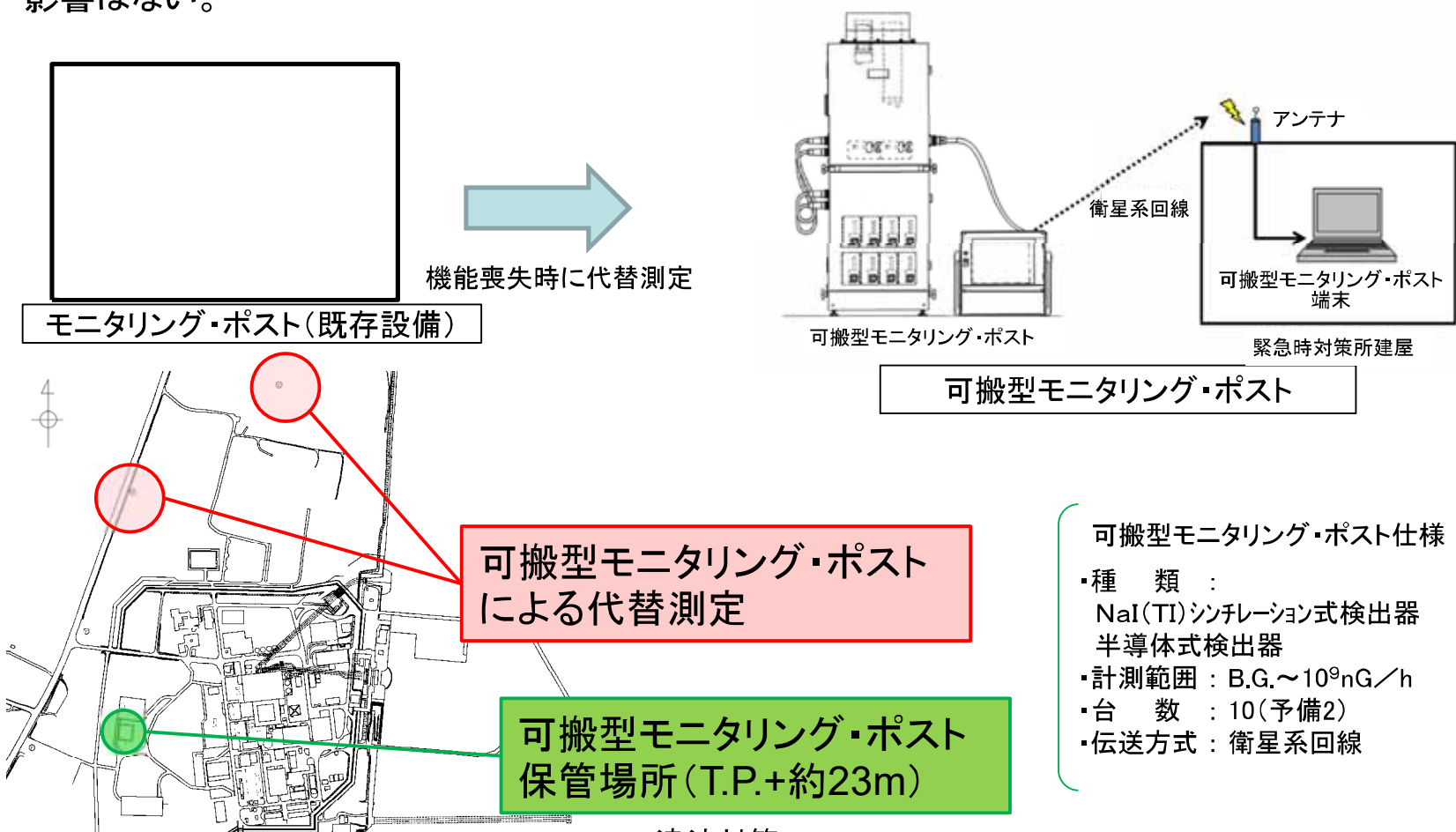


基準津波が遡上する範囲

1. 防潮堤の設置ルート変更（モニタリング・ポストへの影響）



- ✓ モニタリング・ポストは、発電所周辺の放射線量の監視を行う機能を有している。
- ✓ 防潮堤の外側にはモニタリング・ポストが設置されており、基準津波が遡上する範囲に設置されているものについては、津波により機能喪失する可能性があるが、**津波の影響を受けない場所に配置している放射能観測車又は可搬型モニタリング・ポストにより機能を代替**するため、安全性への影響はない。



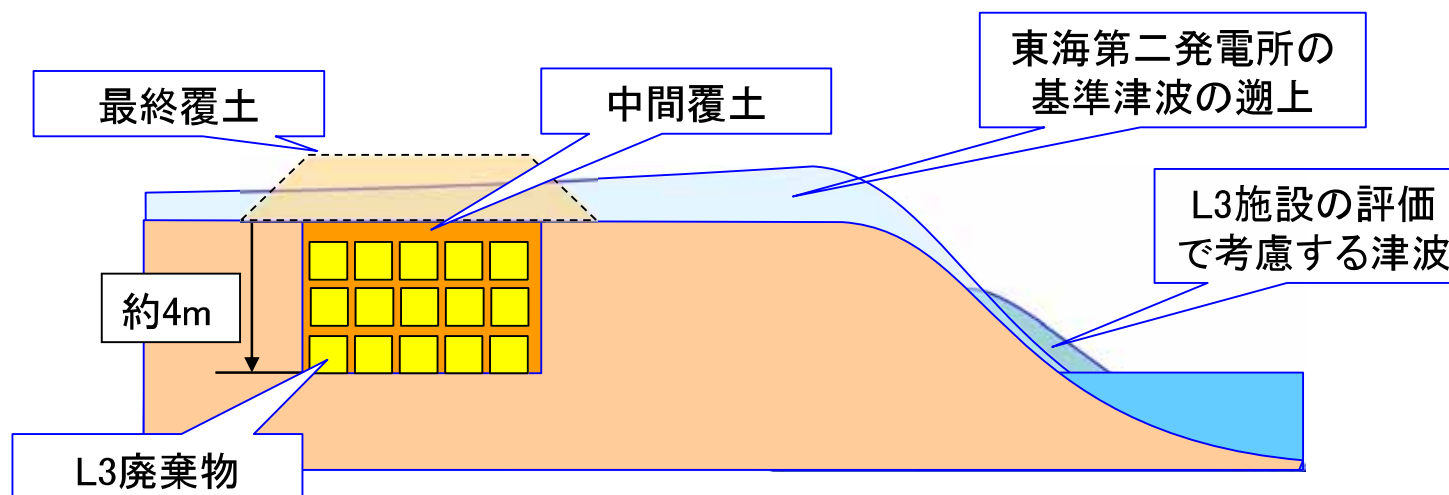
1. 防潮堤の設置ルート変更（第二種廃棄物埋設事業(L3)施設への影響）



○第二種廃棄物埋設事業(L3)施設(申請中*)

- ・設置を計画している東海L3施設は、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」により、安全機能を有する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ないことが要求されている。
- ・ここで、今後の設置を計画しているL3施設の埋設箇所に東海第二発電所の基準津波が遡上すると仮定した場合でも、L3施設に埋設されたL3廃棄物は上面に覆土がされていること、定置作業中のL3廃棄物は、地表面から約4m掘り下げたトレンチ内に定置され、海水に浮かないことから、津波によってL3廃棄物が流出することはないと考える。

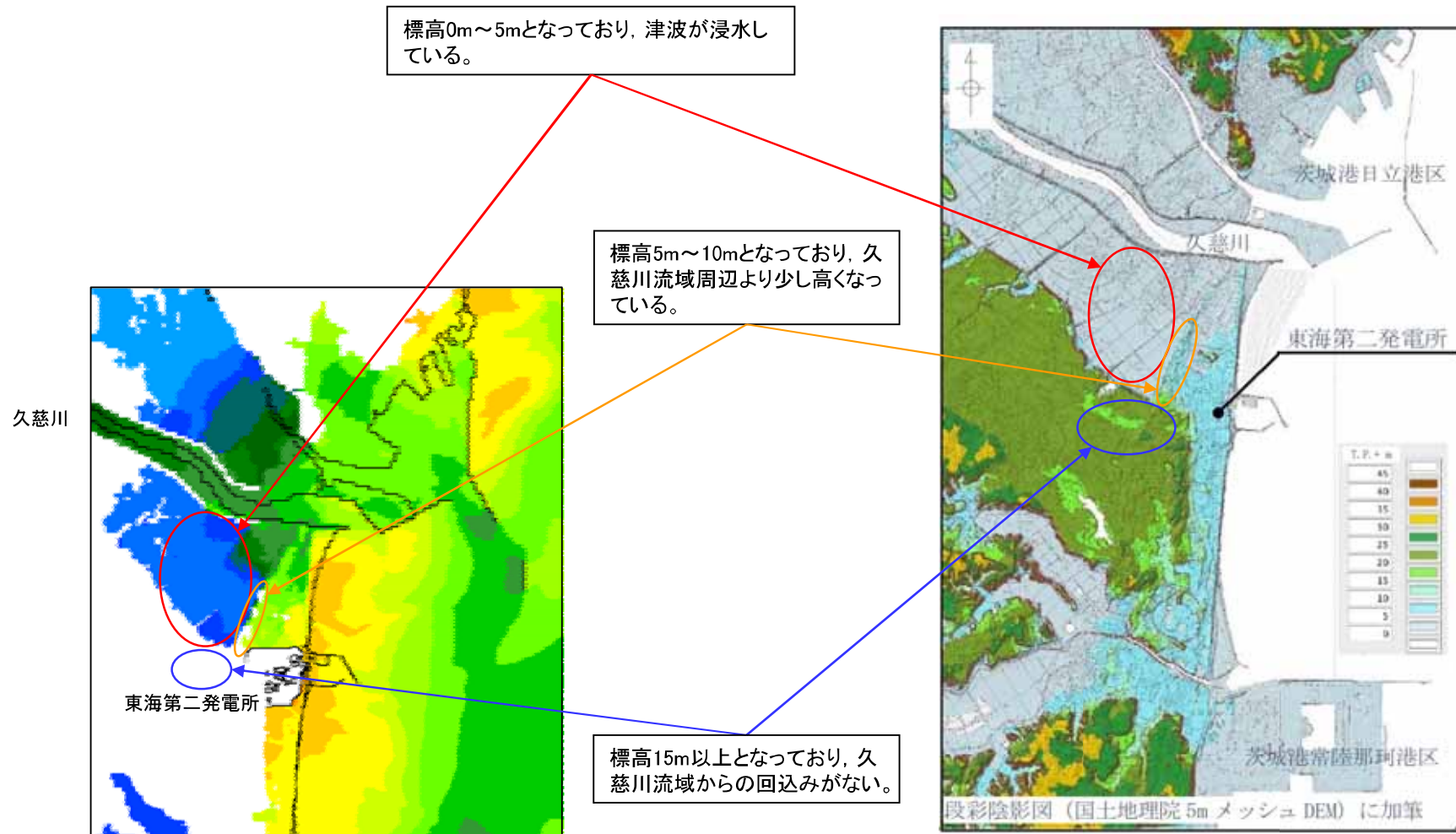
* 万が一、廃棄物が海洋に流出するようなことを想定した場合であっても、極めて放射能レベルの低い廃棄物のため、影響は小さい。



第二種廃棄物埋設事業(L3)施設概念図

* 第二種廃棄物埋設事業(L3)施設は、2015年7月に申請(2016年12月一部補正)し、現在は審査対応中となっている。

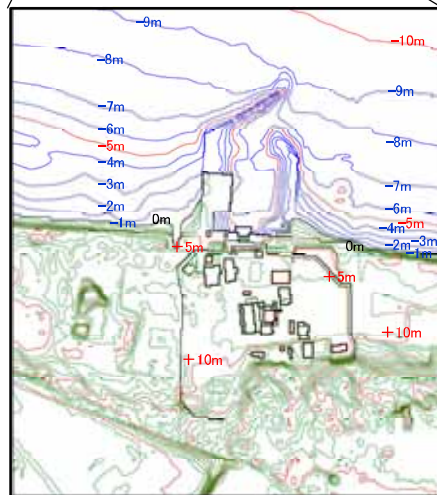
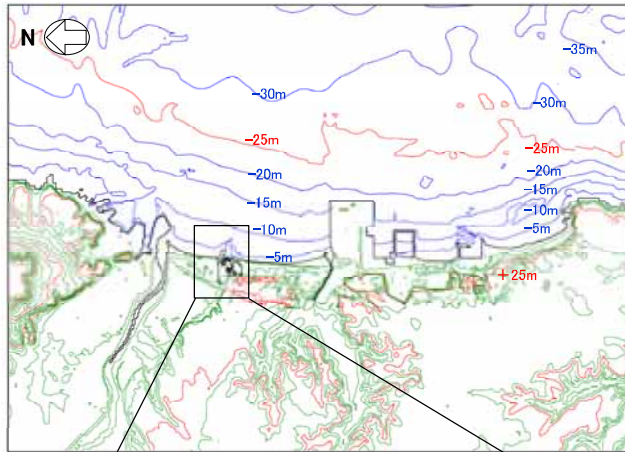
1. 防潮堤の設置ルート変更（発電所周辺の浸水域と標高の関係）



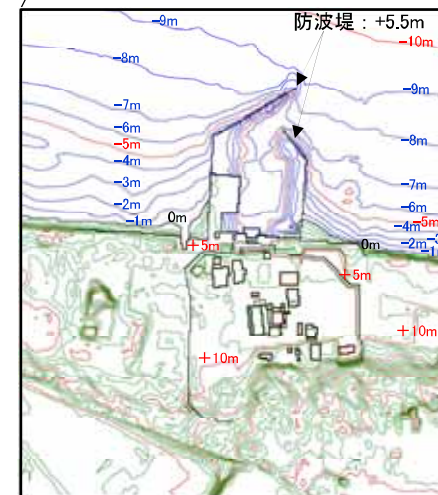
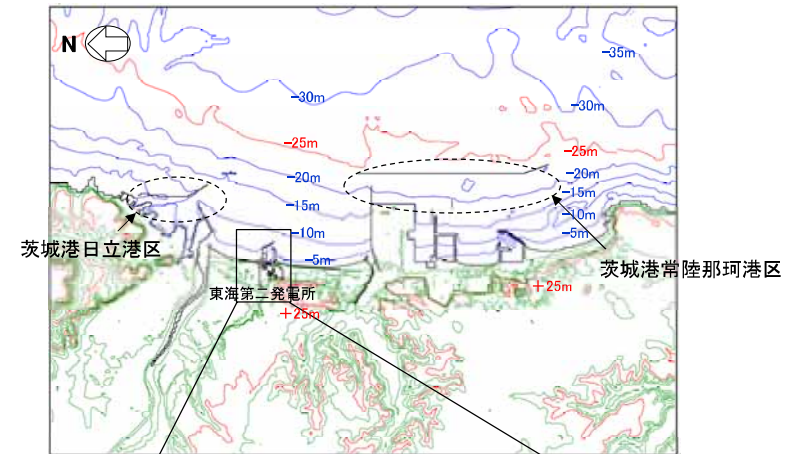
2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(検討内容)



- 防潮堤前面において水位上昇量が最大となるケース並びに取水口前面において水位下降量が最大となるケースについて、港湾部(茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区を含む)の防波堤の効果がない場合について検討を行う。
- 検討に用いた地形データを以下に示す。



港湾部の防波堤効果無し



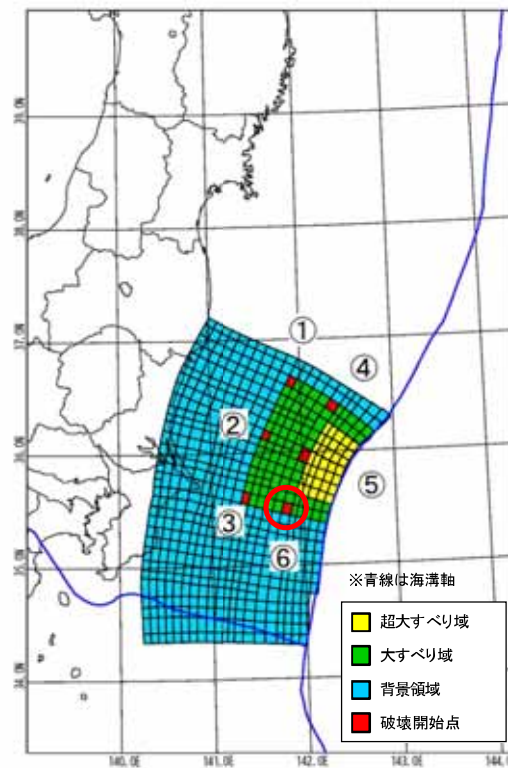
港湾部の防波堤効果有り

2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(検討波源)



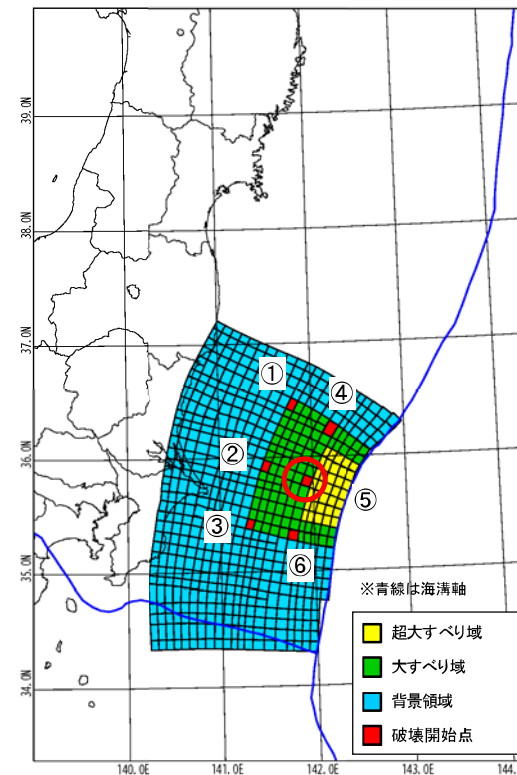
- 港湾部の防波堤の効果について、以下の通り検討を行う。
 - ✓ 防潮堤前面において水位上昇量が最大※となる波源モデル(左図)
 - ✓ 取水口前面において水位下降量が最大※となる波源モデル(右図)

※「①津波波源選定モデル」での評価結果



- 大すべりの位置: A-3
- 破壊開始点の位置: ⑥
- 破壊伝播速度: 3.0km/s
- 立ち上がり時間: 30秒

水位上昇量最大時の波源モデル



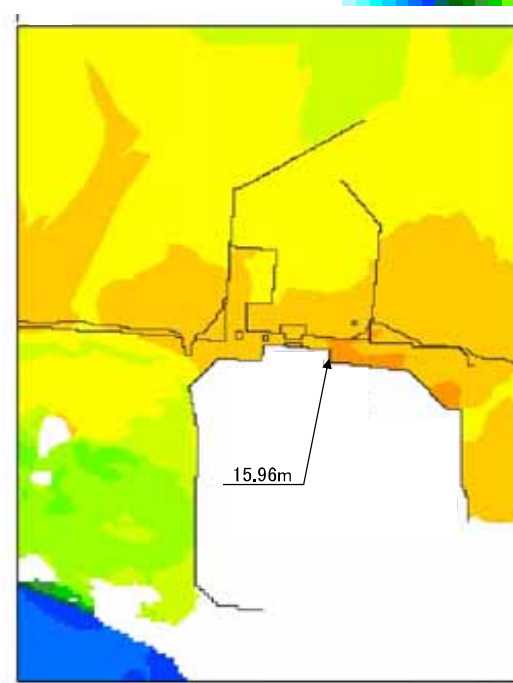
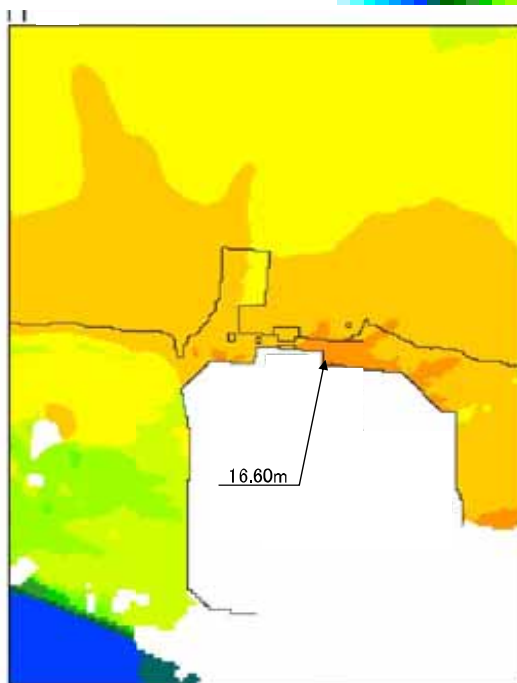
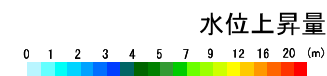
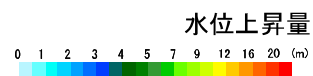
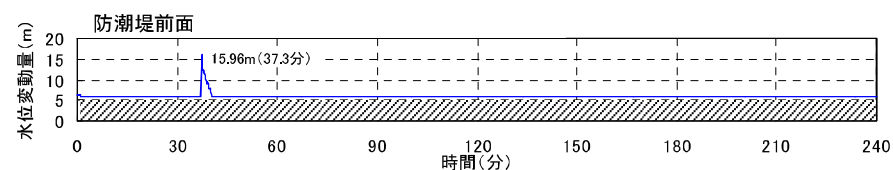
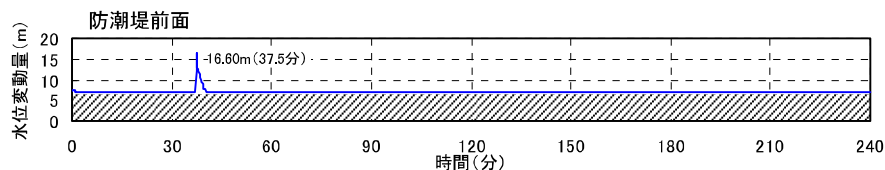
- 大すべりの位置: A-5
- 破壊開始点の位置: ⑤
- 破壊伝播速度: 1.0km/s
- 立ち上がり時間: 30秒

水位下降量最大時の波源モデル

2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(津波予測計算結果:最大水位上昇量分布)

港湾部の防波堤効果無し

港湾部の防波堤効果有り

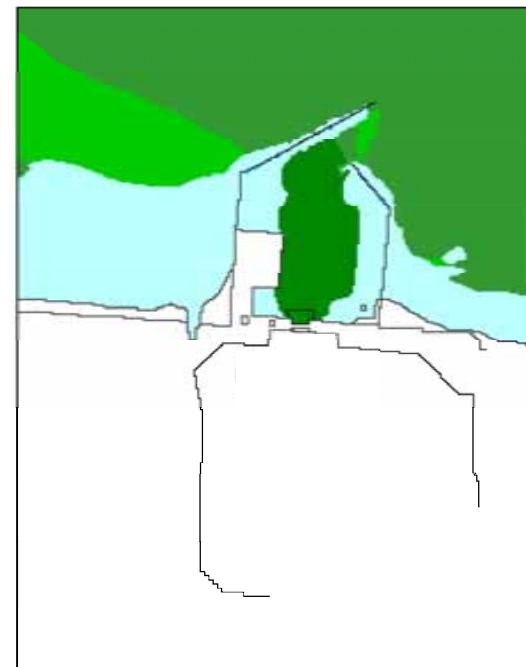
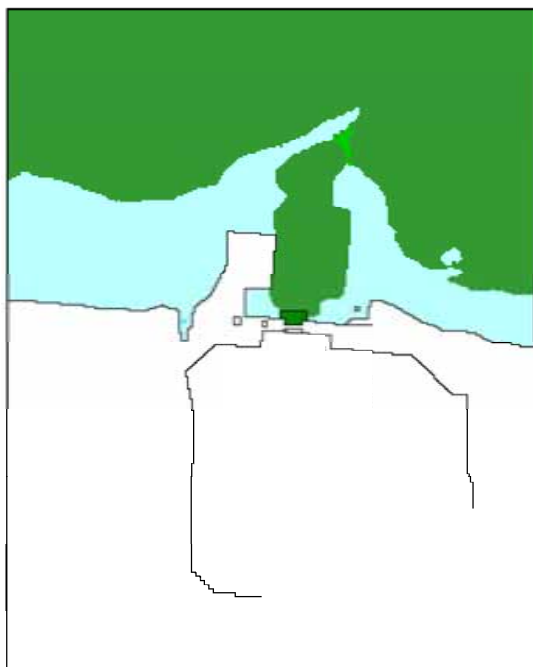
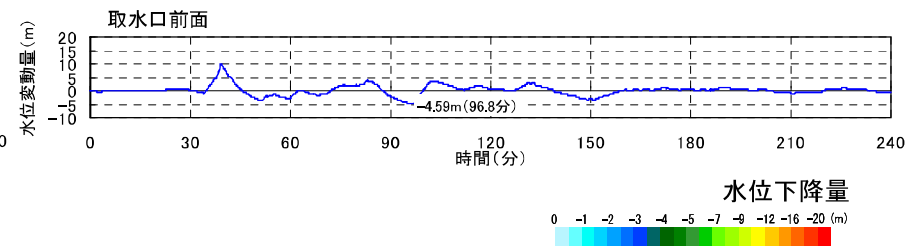
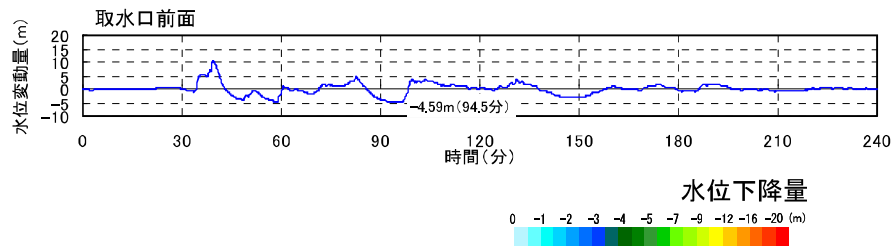


最大水位上昇量分布
(A-3 : 南へ20km移動, 破壊開始点⑥, 破壊伝播速度3.0km/s, 立ち上がり時間30秒)

2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(津波予測計算結果:最大水位下降量分布)

港湾部の防波堤効果無し

港湾部の防波堤効果有り



最大水位下降量分布
(A-5 : 南へ40km移動, 破壊開始点⑤, 破壊伝播速度1.0km/s, 立ち上がり時間30秒)

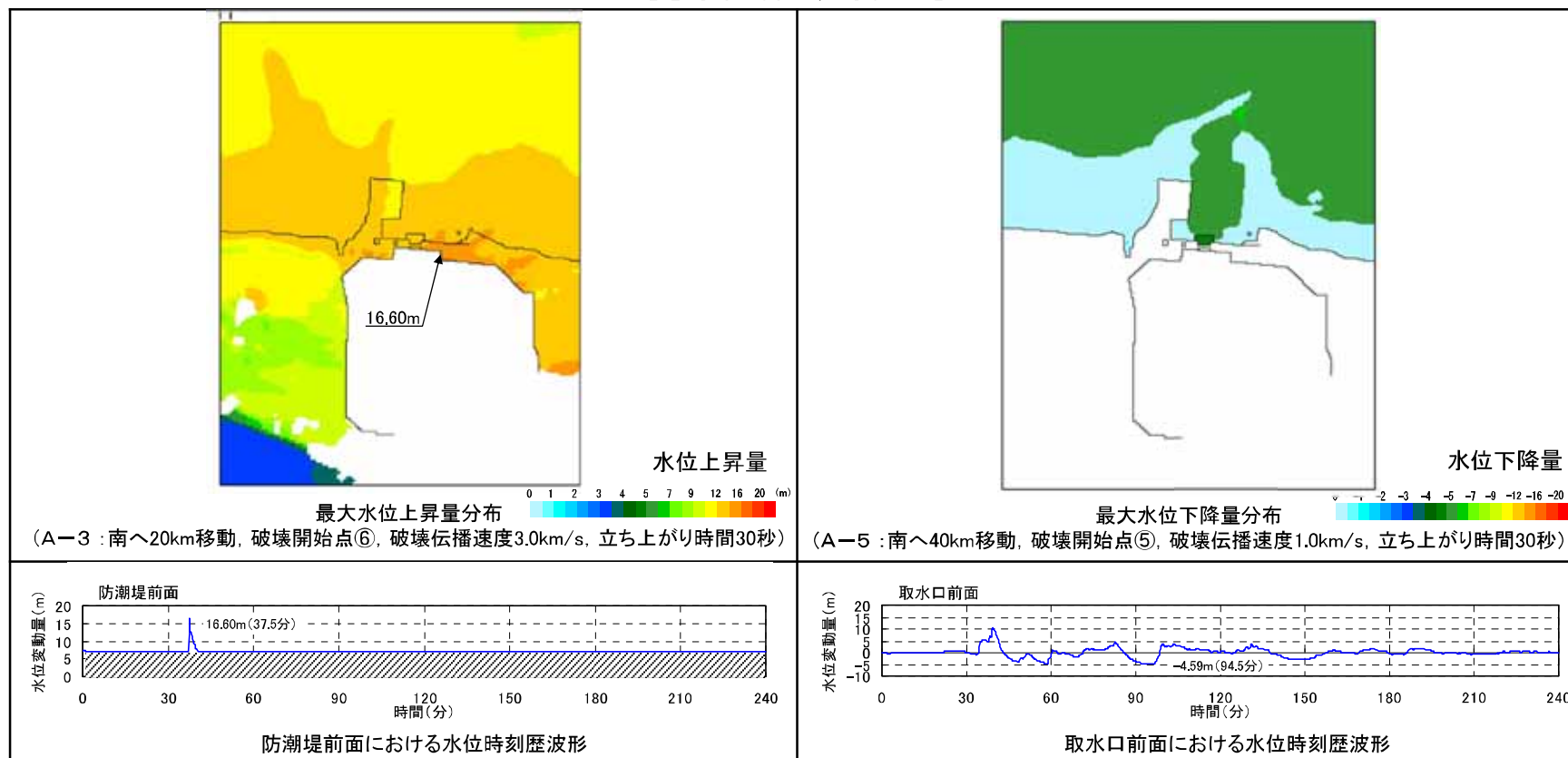
2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(津波予測計算結果)



- 港湾部の防波堤の効果の有無の影響を評価した結果、水位に有意な差がないことを確認した。

名称	港湾部の防波堤効果無し	港湾部の防波堤効果有り
最大水位上昇量(防潮堤前面)	16.60m	15.96m
最大水位下降量(取水口前面)	-4.59m	-4.59m

【港湾部の防波堤効果無し】

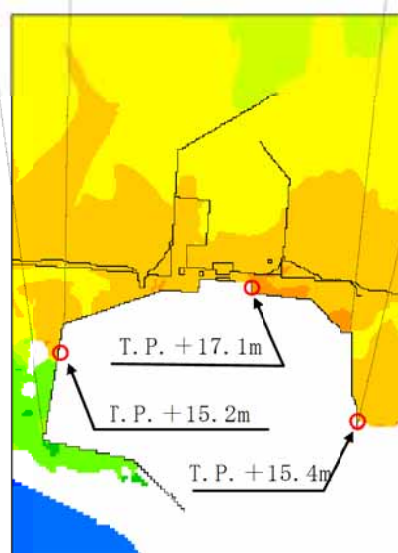
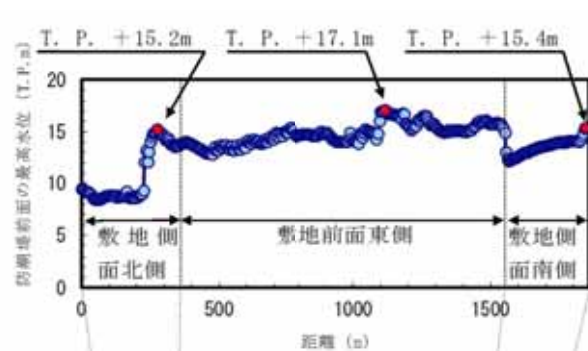


3. 入力津波の設定(地盤沈下の有無及び防波堤の有無の考慮(1/2))

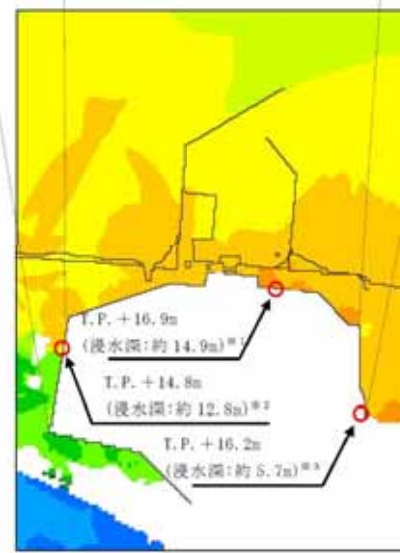
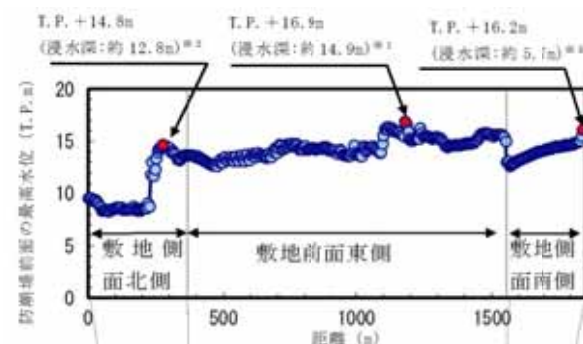
◆ 入力津波の設定にあたり、以下のケースについて津波高さの数値シミュレーション(遡上解析)を実施

- ・地震による砂層及び砂礫層の液状化を仮定し、地盤面沈下の可能性を考慮して、「地盤沈下あり」と「地盤沈下なし」の場合を評価
- ・地震による発電所の防波堤及び近隣港湾施設の防波堤の損傷の可能性を考慮して、「防波堤あり」と「防波堤なし」の場合を評価

* 防潮堤ルート変更の前後で上昇側水位に有意な違いがないことから(ルート変更前の方が最高水位はわずかに高い)、安全側に防潮堤ルート変更前の条件で入力津波を設定



①「地盤沈下なし」,「防波堤あり」のケース



②「地盤沈下あり」,「防波堤あり」のケース

※1: 敷地高さを T.P. +1.5m として算出 (沈下量 1.5m を考慮)

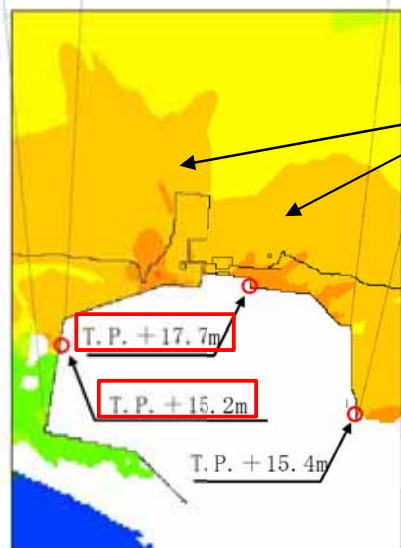
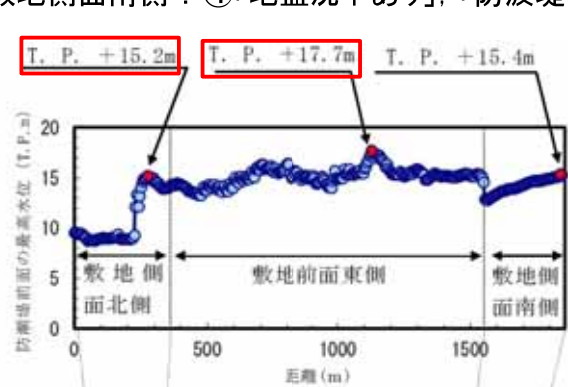
※2: 敷地高さを T.P. +2m として算出 (沈下量 1.0m を考慮)

※3: 敷地高さを T.P. +10.5m として算出 (沈下量 0.5m を考慮)

3. 入力津波の設定(地盤沈下の有無及び防波堤の有無の考慮(2/2))

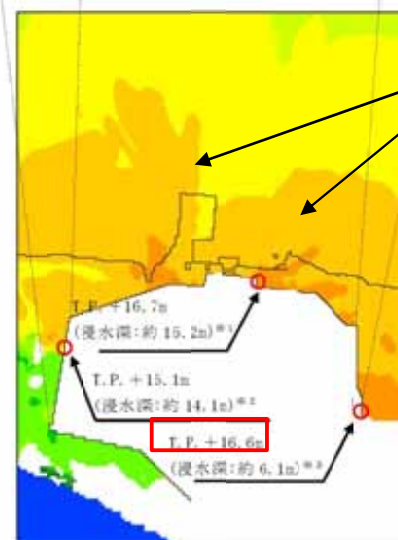
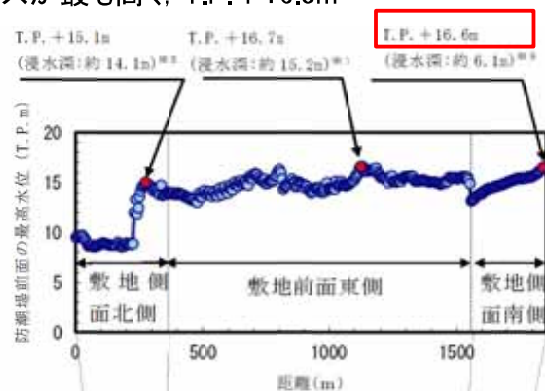
◆ 各ケースで最も津波高さが高くなる結果は以下のとおり。これらの結果から入力津波を設定する。

- ・敷地側面北側：③「地盤沈下なし」、「防波堤なし」のケースが最も高く、T.P.+15.2m
- ・敷地前面東側：③「地盤沈下なし」、「防波堤なし」のケースが最も高く、T.P.+17.7m
- ・敷地側面南側：④「地盤沈下あり」、「防波堤なし」のケースが最も高く、T.P.+16.6m



防波堤なし

③「地盤沈下なし」、「防波堤なし」のケース



防波堤なし

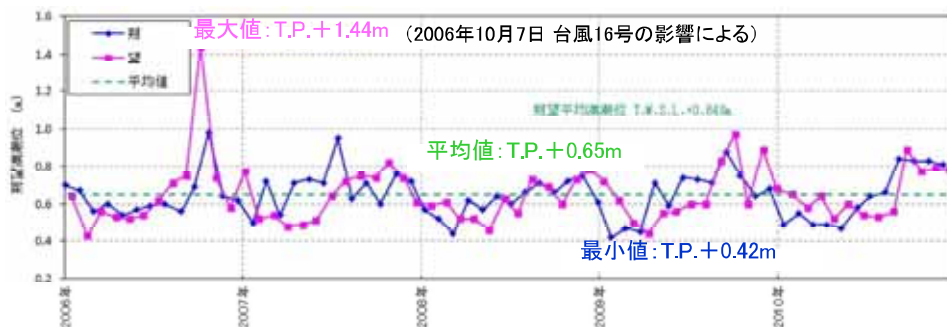
- ※1：敷地高さをT.P.+1.5mとして算出(沈下量1.5mを考慮)
- ※2：敷地高さをT.P.+2mとして算出(沈下量1.0mを考慮)
- ※3：敷地高さをT.P.+10.5mとして算出(沈下量0.5mを考慮)

④「地盤沈下あり」、「防波堤なし」のケース

3. 入力津波の設定(潮位のばらつきの考慮)

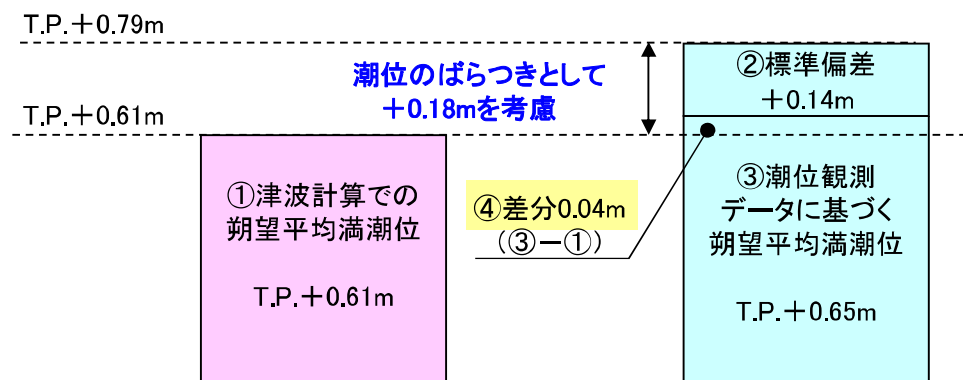
- ◆ 津波計算(基準津波による上昇側最高水位の評価)では, 茨城港日立港区の潮位表(2004年~2009年)を用いて, 朔望平均満潮位を T.P.+0.61mと設定(①)
- ◆ 最新の潮位観測記録データ(2006年~2010年)を用いて, 朔望平均満潮位のばらつき(標準偏差)を+0.14mと評価(②)
- ◆ 最新の潮位観測記録データによる朔望平均満潮位(T.P.+0.65m)(③)と津波計算での朔望平均満潮位(T.P.+0.61m)(①)を比較して, 最新の潮位観測記録データの方が0.04m高いため(④), この差分を上記のばらつき(標準偏差)(②)に加えて, 潮位のばらつきを0.18mに設定

潮位のばらつきの考慮方法



各月の朔望平均潮位の水位(満潮位)

朔望平均満潮位	津波計算による最高水位評価(2004年~2009年)	最新の潮位観測記録データに基づく評価(2006年~2010年)	差分(③-①)
最大値	—	T.P.+1.44m	—
平均値	①T.P.+0.61m	③T.P.+0.65m	④0.04m
最小値	—	T.P.+0.42m	—
標準偏差	—	②+0.14m	—



潮位のばらつきの考慮方法

潮位のばらつき: +0.18m
(②標準偏差0.14m+④差分0.04m)

3. 入力津波の設定(高潮の考慮)

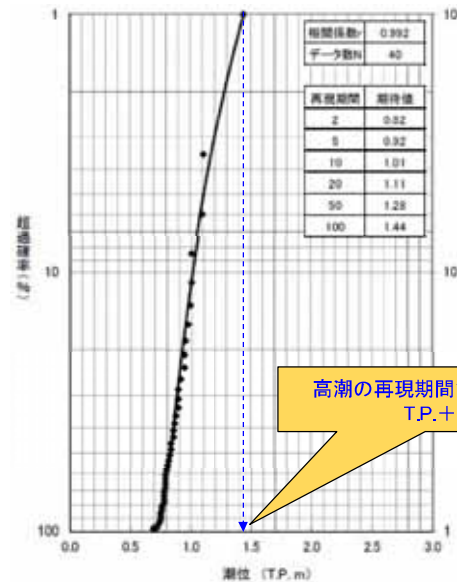
- ◆ 基準津波による最高水位の年超過確率は 10^{-4} 程度であり、独立事象としての津波と、台風等により発生する高潮が重畳する可能性は極めて低いが、評価では安全側に高潮の重畳を考慮する。
- ◆ プラント運転期間を超える再現期間100年に対する高潮の期待値T.P.+1.44m*¹に基づき、入力津波で考慮済みの水位分を差し引いた+0.65mを防潮堤高さの裕度評価で参照する。

*¹ 高潮の期待値T.P.+1.44mは、入力津波で考慮済みの朔望平均満潮位T.P.+0.61m及び潮位のばらつき+0.18mを含む。

年最高潮位の記録(茨城港日立港区)

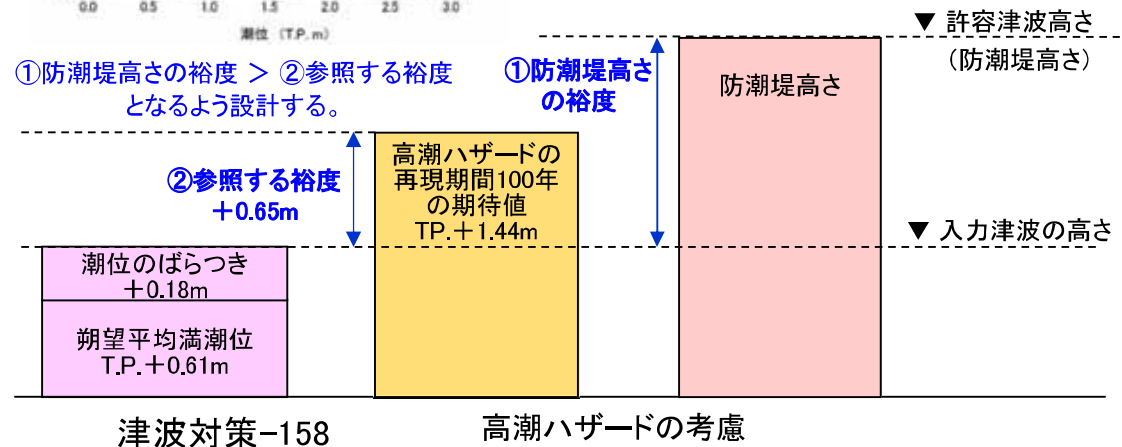
年	年最高潮位			順位	発生要因
	月	日	潮位(m)		
1971	9	1	0.89		
1972	11	21	0.80		
1973	10	28	0.73		
1974	1	10	0.85		
1975	9	8	0.76		
1976	9	28	0.83		
1977	9	19	0.86		
1978	9	17	0.79		
1979	10	7	1.00	4	台風18号から温帯低気圧へ
1980	12	24	1.11	2	二つ玉低気圧通過
1981	10	2	0.78		
1982	10	20	0.80		
1983	9	9	0.75		
1984	10	27	0.79		
1985	8	31	0.87		
1986	11	14	0.87		
1986	10	8	0.94	9	台風第18号通過
1987	9	17	0.74		
1987	2	4	0.74		
1988	9	16	0.94	9	台風第18号通過
1989	8	6	0.99	6	台風第13号通過
1990	10	8	0.89		
1991	10	13	1.00	4	台風第21号通過
1992	9	11	0.85		
1993	11	14	0.69		
1994	10	22	0.78		
1995	11	24	0.75		
1996	9	22	0.79		
1997	9	19	0.91		
1998	11	17	0.75		
1999	10	27	0.83		
2000	9	4	0.76		
2000	12	11	0.76		
2001	8	22	0.79		
2002	10	1	1.10	3	台風第21号通過
2003	10	26	0.81		
2004	9	30	0.78		
2005	12	5	0.82		
2006	10	7	1.44	1	台風16号から温帯低気圧へ
2007	7	16	0.95	8	台風4号から温帯低気圧へ
2008	12	14	0.78		
2009	10	8	0.97	7	台風第18号通過
2010	9	25	0.89		

茨城港日立港区における最高潮位の超過発生確率



- ・左のグラフは、茨城港日立港区における過去約40年(1971年~2010年)の年最高潮位データ*^{2, 3}に基づき、茨城港日立港区における最高潮位の超過発生確率を評価したものである。
- ・再現期間と期待値は、2年: T.P.+0.82m, 5年: T.P.+0.92m, 10年: T.P.+1.01m, 20年: T.P.+1.11m, 50年: T.P.+1.28m, 100年: T.P.+1.44mとなる。

*² 表「年最高潮位の記録(茨城港日立港区)」参照
 *³ 国土交通省関東地方整備局鹿島港湾・空港整備局より受領



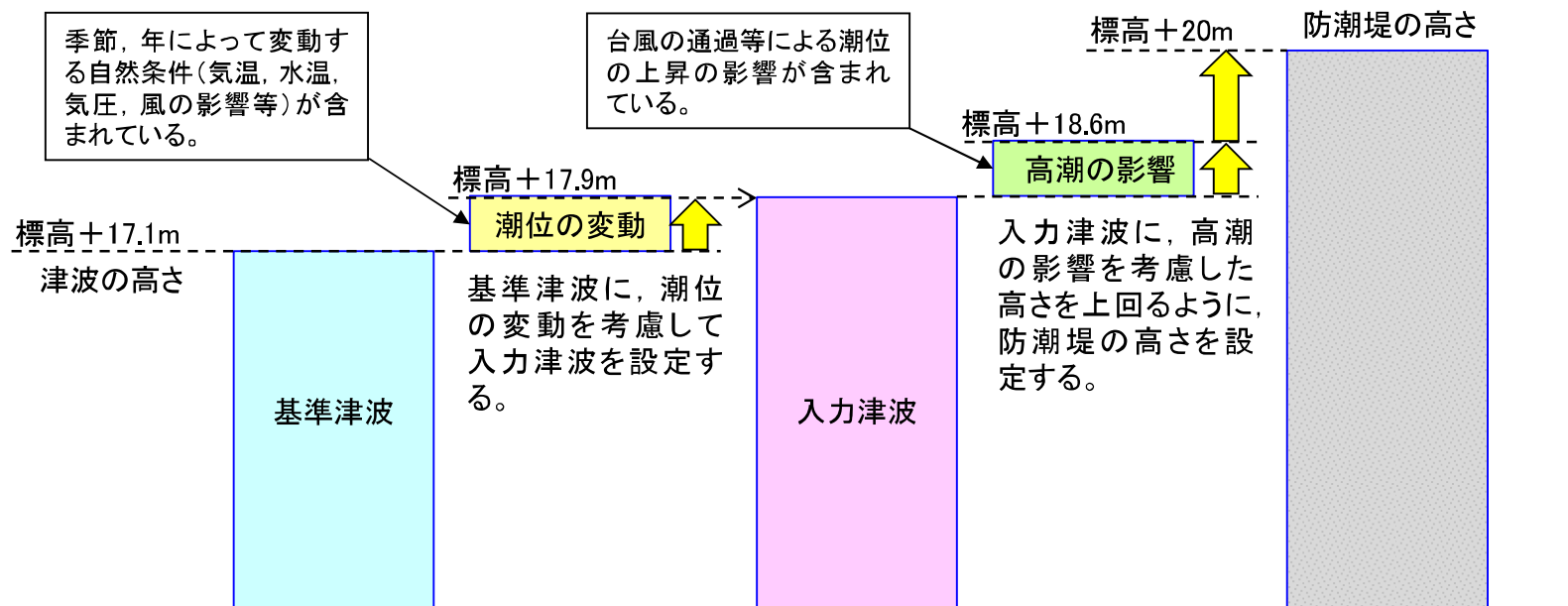
3. 入力津波の設定(自然現象に対する入力津波高さ及び防潮堤高さの保守性)



●防潮堤は、基準津波に潮位の変動と高潮の影響を考慮した高さを超えるような高さで設置する。

○基準津波に潮位の変動を考慮して、入力津波高さを設定している。さらに、入力津波高さに高潮の影響を考慮した高さを上回るように、防潮堤の高さを決めている。

- ・潮位の変動は、敷地周辺の港湾における過去の潮位記録を基に設定しているため、季節、年によって変動する自然条件(気温、水温、気圧、風の影響等)が含まれている。
- ・高潮の影響は、敷地周辺の港湾における過去の年最高潮位記録を基に設定しているため、台風の通過等による潮位の上昇の影響が含まれている。



基準津波の高さに対する防潮堤高さの設定の考え方

4. 港湾内の局所的な海面の励起



- 港湾の内外において、最大水位上昇量や傾向に大きな差異はなく、文献(水理公式集—昭和60年版—, 土木学会, p.563-564, 1985)より求めた港湾の固有周期(4分程度)と基準津波の周期(30分程度)が大きく異なることから、港湾内の局所的な海面の励起は生じていないと推測される。(図1)
- 津波の伝播経路を考え、港湾内の各地点(①港口, ②泊地中央, ③取水口, ④港奥北, ⑤港奥南)の水位の時刻歴波形を重ね合わせた結果、同様の波形を示していることから、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていないと考えられる。(図2)

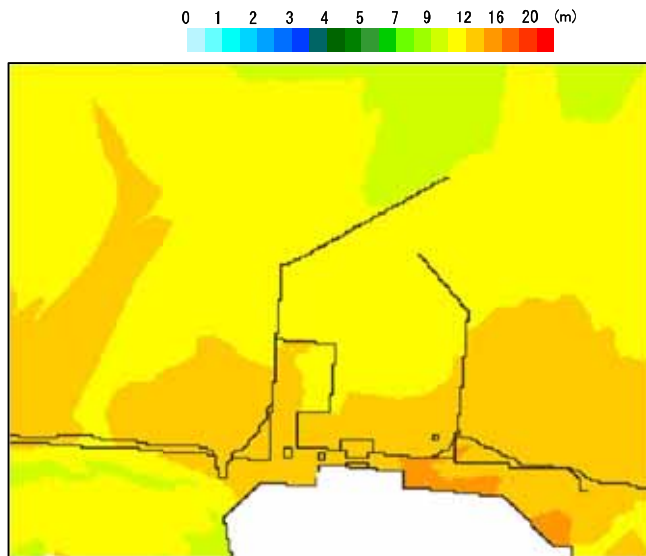
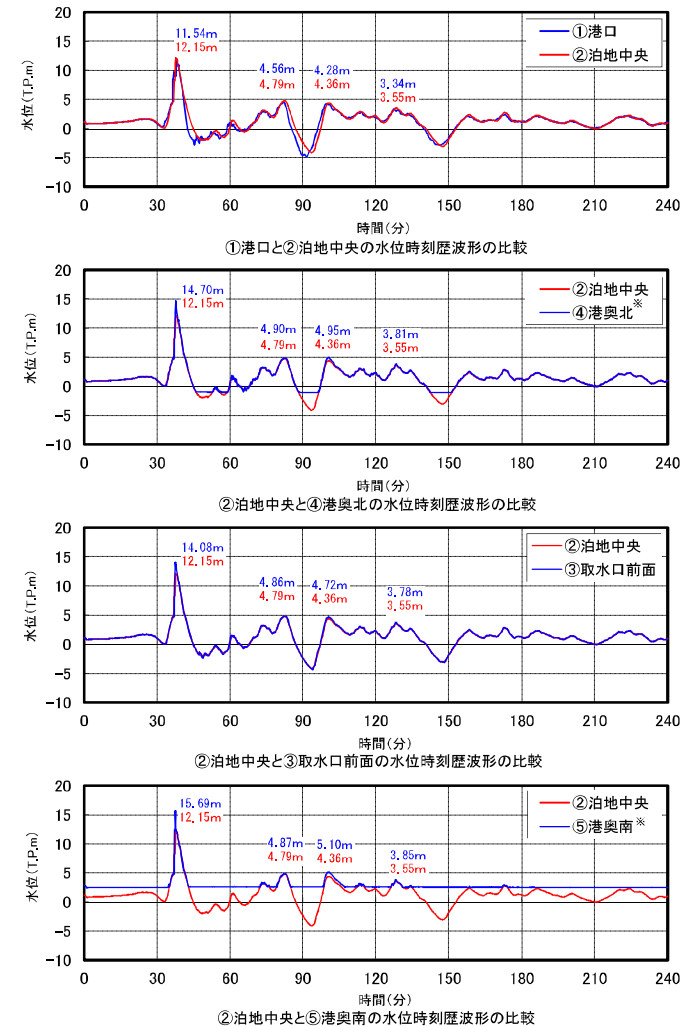


図1. 基準津波(水位上昇側)による敷地周辺における最大水位上昇量分布



図2.1 港湾内における時刻歴波形の地点



※水位は海底面を下限としているため、水位が直線となる時間帯がある。

図2.2 港湾内における時刻歴波形の地点別比較

5. 基準津波に対する対策(表層地盤改良及びシートパイル等の設置検討方針)



鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。

ボーリングは、津波時の防潮堤前面と背面の水位差によって、堤内側に上向きの水圧が生じ、この浸透圧が堤内側の有効重量を超えるようになると発生する。したがって、シートパイル等による対策を行うこととし、堤内側の土の重量とシートパイル等の先端位置に作用する水圧との比から必要根入れ深さを評価する。

□ 地盤改良工法の選定

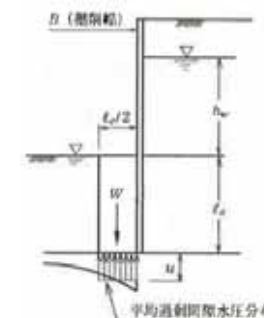
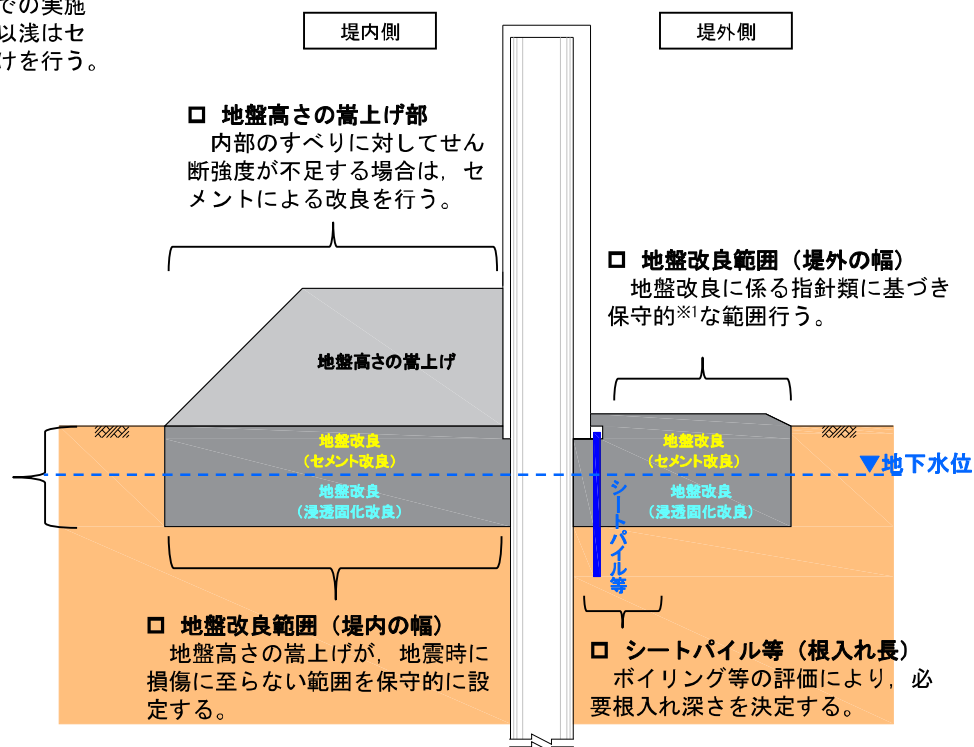
地盤改良は、剛性の急変部が生じないよう配慮し、浸透固化工法も選定対象とする。

浸透固化工法は、地下水位以深での実施が必要となることから、地下水位以浅はセメント固化改良とするなど使い分けを行う。

□ 地盤改良範囲(深さ方向)

液状化の可能性を考慮した有効応力解析結果に基づき、過剰間隙水圧比が高い範囲や杭体に生じる断面力を考慮し、深さ方向の改良範囲を保守的※2に設定する。

※2 豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに設定する。



ボーリングの検討

$$F_s = \frac{w}{u}$$

u : シートパイル等先端位置に作用する平均過剰間隙水圧
 w : 土の有効重量

※1 防潮堤外側からの浸透圧よりも十分に余裕を持たせた浸透流路長さ(2倍程度)とすることで、安全性を確保する。

5. 基準津波に対する対策

(有効応力解析による構造成立性確認(敷地内の地盤調査データに基づく杭の構造成立性確認))

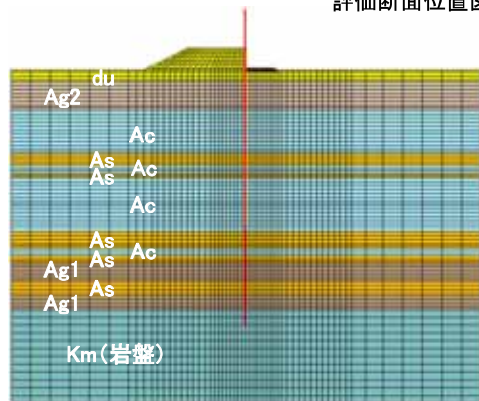


既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果を以下に示す(地盤改良無し)。

評価の結果、基準地震動 S_s (S_s-D1) に対して防潮堤周辺地盤の過剰間隙水圧比は95%を下回ることから、液状化の発生は認められない。また、岩着支持杭の地震時の構造成立性を確認した。

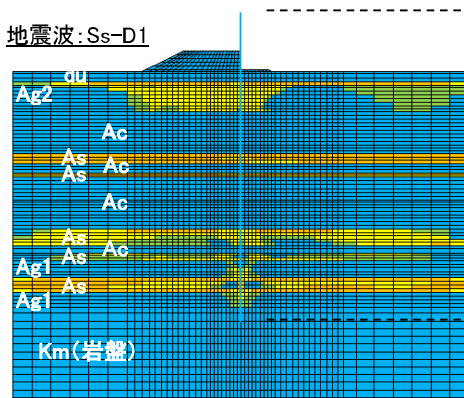


評価断面位置図



地層モデル図

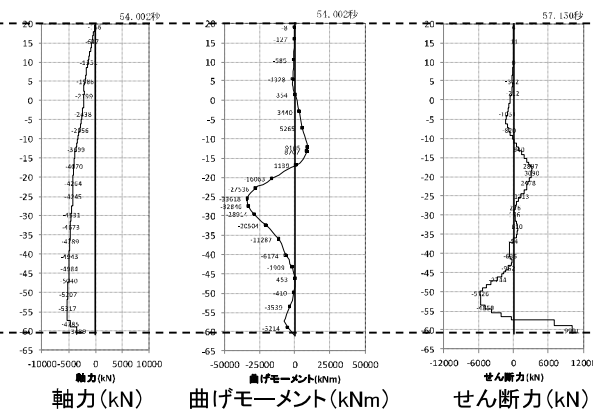
地震波: S_s-D1



過剰間隙水圧比コンター図

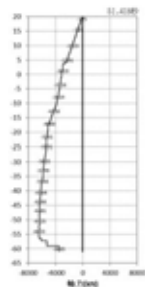
▽地下水位

過剰間隙水圧比



【杭の曲げ軸力が最小安全率となる時刻の杭の曲げモーメント図と軸力図】

【杭のせん断力が最小安全率となる時刻の杭のせん断力分布図】



軸力(kN)

【杭の軸力が最大となる時刻の軸力図】

評価項目	応答値	許容限界	判定
杭の曲げ軸力	199N/mm ²	278N/mm ²	OK
杭のせん断力	33N/mm ²	158N/mm ²	OK
杭の支持力 (地震時)	5,101kN	【岩盤のみの支持力】 28,936kN	OK
杭の座屈	6,423kN	83,326kN	OK

鋼管杭の仕様

- 材質: SKK490
- 杭径: φ2,500mm
- 肉厚: t=40mm

既往の地盤調査データに基づく有効応力解析結果より、岩着支持杭の基本的な成立性を確認した。

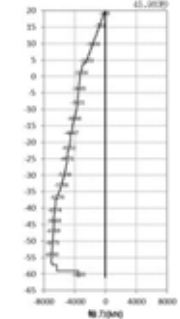
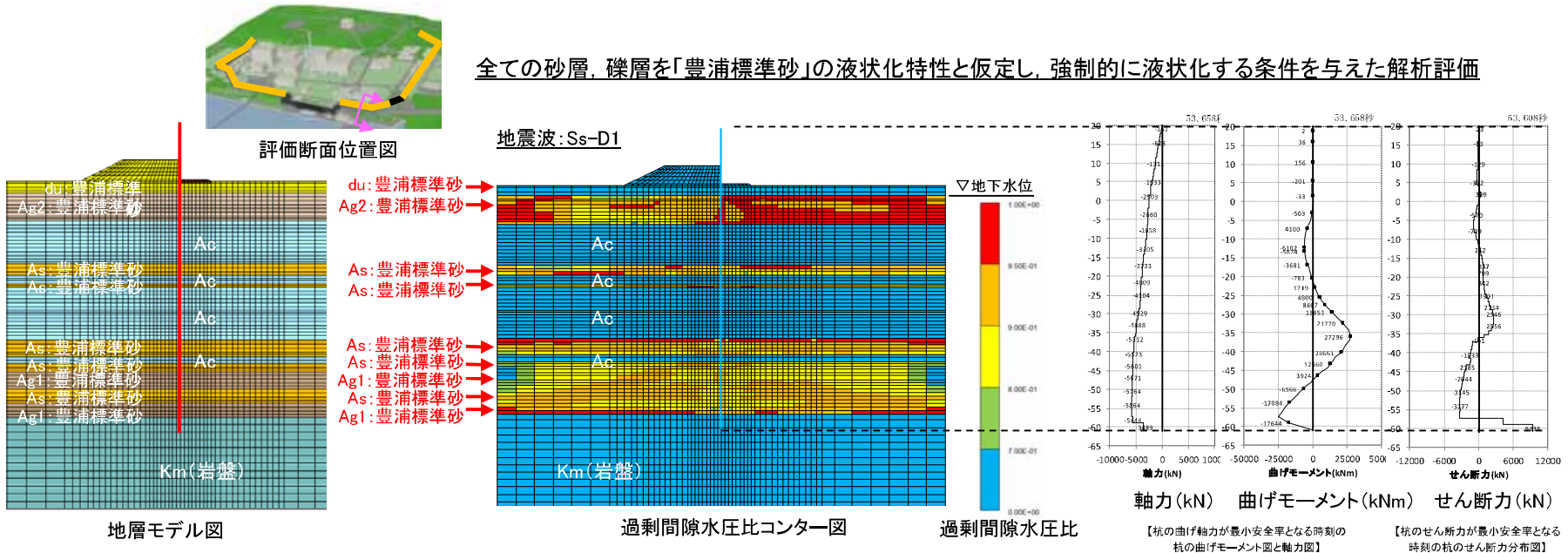
5. 基準津波に対する対策

(有効応力解析による構造成立性確認(「豊浦標準砂」の液状化強度特性を仮定した杭の構造成立性確認))



既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果では、液状化検討対象層の過剰間隙水圧比が95%以下であったことから液状化しないことを確認している。しかし、保守的に全ての砂層・礫層を「豊浦標準砂」の液状化強度特性と仮定することにより、強制的に液状化する条件を与え、その条件下でも岩着支持杭が成立することを確認した。

なお、豊浦標準砂とは、粒径が均一で細粒分含有率が小さく液状化し易い性質があり、土質実験等で多用されるものである。



軸力(kN)
【杭の軸力が最大となる時刻の軸力図】

評価項目	応答値	許容限界	判定
杭の曲げ軸力	167N/mm ²	278N/mm ²	OK
杭のせん断力	31N/mm ²	158N/mm ²	OK
杭の支持力(地震時)	5,660kN	【岩盤のみの支持力】 28,936kN	OK
杭の座屈	6,980kN	83,326kN	OK

鋼管杭の仕様
 ・材質：SKK490
 ・杭径：φ2,500mm
 ・肉厚：t=40mm

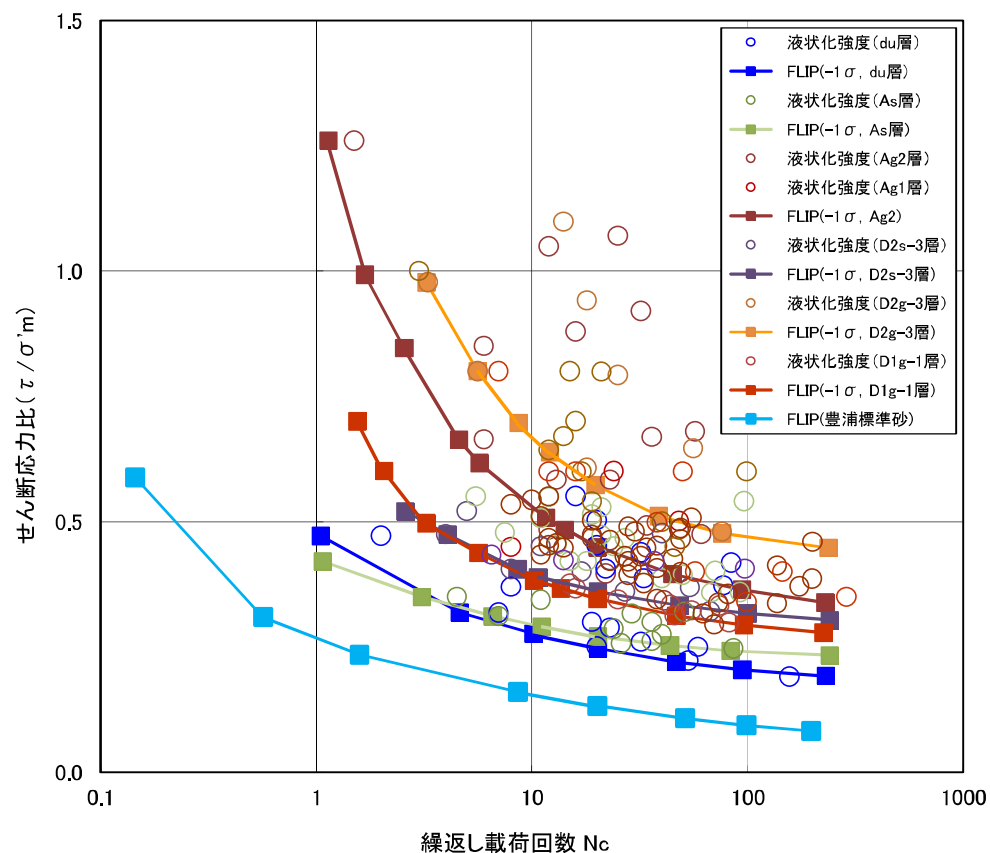
全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価においても、**岩着支持杭は成立することを確認した。**

5. 基準津波に対する対策

(設置変更許可段階で示したFLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性)



豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性と原地盤の液状化強度試験結果の比較



- 液状化強度試験箇所の道路橋示方書算定式で算定される平均液状化強度比 R_L が、敷地内調査孔の道路橋示方書算定式で算定される平均液状化強度比 R_L より小さいことから、液状化強度試験箇所の代表性・網羅性を確認した。
- du層, As層, D2s-3層及びD1g-1層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性(-1 σ)と同等、またはより大きいことを確認した。一方, Ag2層, Ag1層, D2s-3層及びD2g-3層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性(-1 σ)よりもわずかながら小さいものもあったが、その差は小さく、同様の傾向を呈していることから、各液状化検討対象層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性(-1 σ)は、代表性を有するものであることを確認した。
- 強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、敷地における全ての地層の液状化強度試験結果よりも、十分に小さいことを確認した。
- 以上より、FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性を確認した。

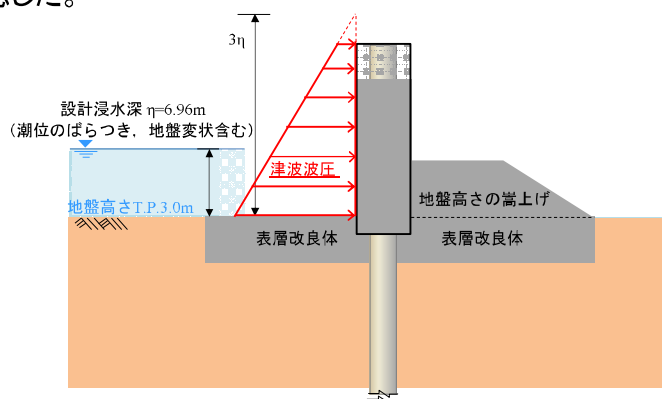
5. 基準津波に対する対策（津波波圧算定式適用に対する考え方 浸水深の設定）



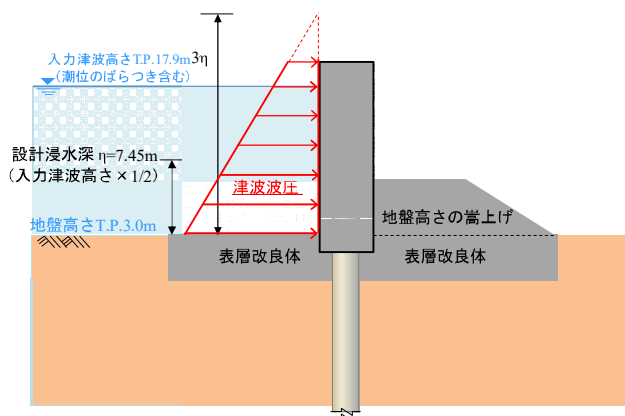
■ 浸水深の設定

設計用浸水深は、津波の最大遡上高さと設置地盤高さの差の1/2とし、朝倉式（浸水深の3倍の波圧に相当）により算定する。設定理由は以下のとおり。

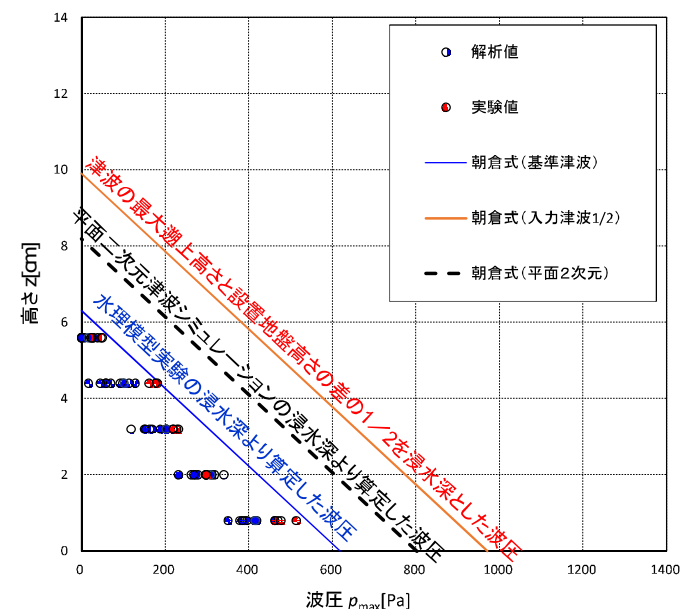
- 津波の最大遡上高さと設置地盤高さの差の1/2を浸水深とし朝倉式から算定した津波荷重は、平面二次元津波シミュレーション解析で得られた浸水深を用いて朝倉式により算定した津波荷重よりも大きい。
- 水理模型実験により確認した浸水深を用いて朝倉式から算定した津波荷重は、上記から算定した津波荷重よりも更に小さいことを確認した。



津波荷重の作用イメージ（平面二次元津波シミュレーション解析結果）



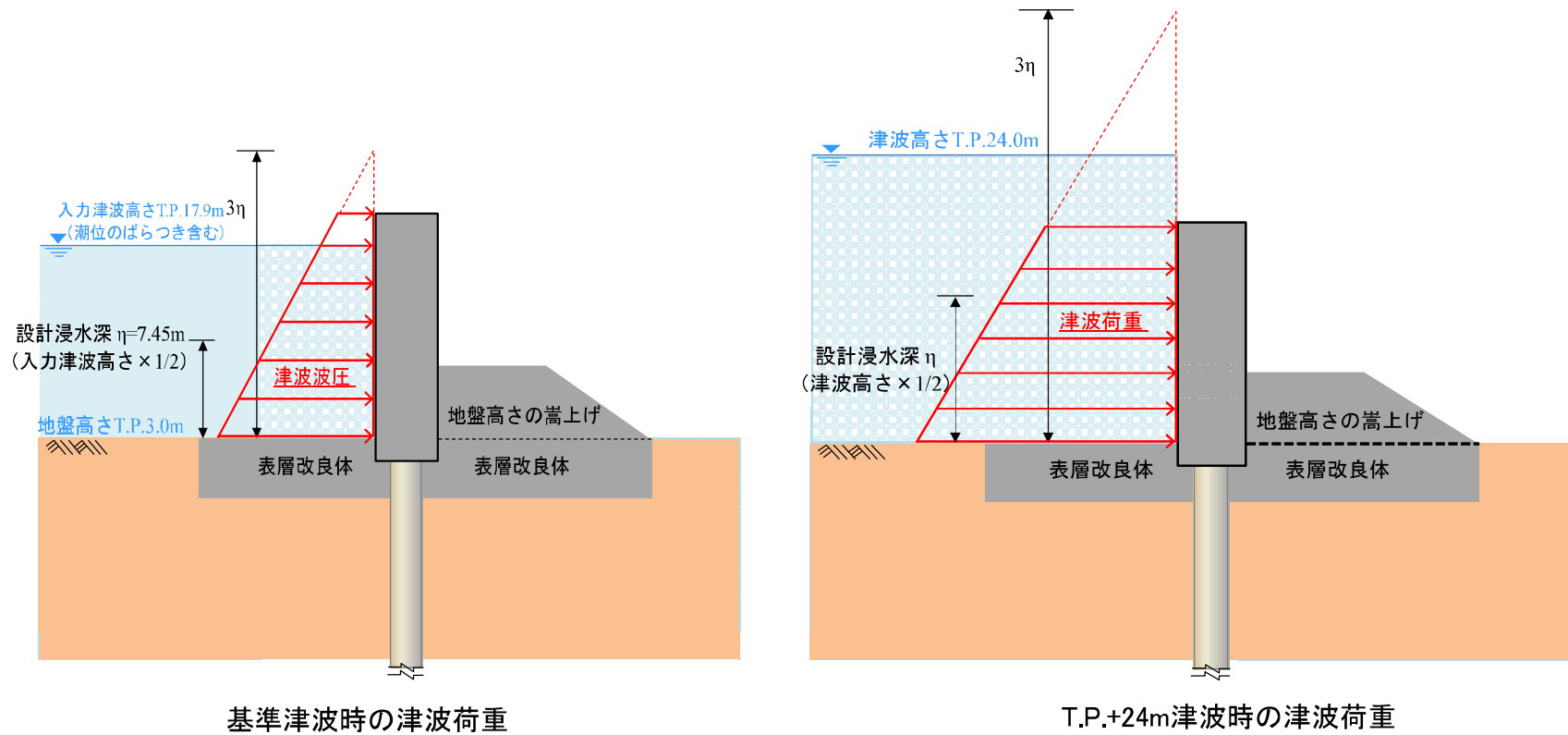
津波荷重の作用イメージ図（入力津波 × 1/2）



津波波圧の比較（縮尺1/200）

- 解析値：分散波理論に基づいた断面二次元津波シミュレーション解析で得られた波圧
- 実験値：水理模型実験で得られた波圧
- 朝倉式（基準津波）：分散波理論に基づいた断面二次元津波シミュレーション解析での浸水深を用いて朝倉式により算出した波圧
- 朝倉式（入力津波1/2）：浸水深を（入力津波高さ－地盤高さ）× 1/2として朝倉式により算出した波圧
- 朝倉式（平面二次元）：平面二次元津波シミュレーション解析で得られた浸水深を用いて朝倉式により算出した波圧

5. 基準津波に対する対策(津波波圧算定式適用に対する考え方 津波荷重の設定)



5. 基準津波に対する対策(防潮堤のうち鋼製防護壁の止水機構)



■ 設計方針

止水機構は、基準津波による遡上波が鋼製防護壁と取水路の隙間からの浸水を防止することを目的に鋼製防護壁の下部に設置する。止水機構は止水板に水密ゴムを設置することで浸水を防ぐ構造としている。水密ゴムはダム、水門等において十分に実績のあるものを採用しているが、基準津波を考慮し漏水試験にて性能を確認している。

■ 止水機構の設計条件

- ◆津波荷重：基準津波 ◆地震荷重：基準地震動 S_s
- ◆許容可動範囲：海側へ700mm, 陸側へ500mm, 上下±50mm
- ◆適用規格：道路橋示方書・同解説 II 鉄鋼編, 水門鉄管技術基準, ダム・堰施設技術基準(案)

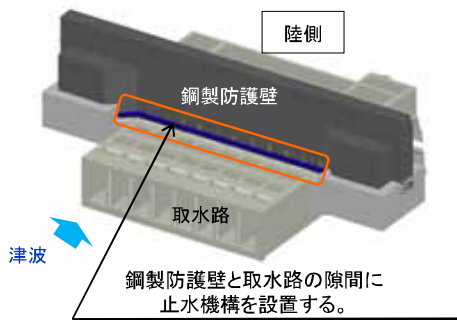
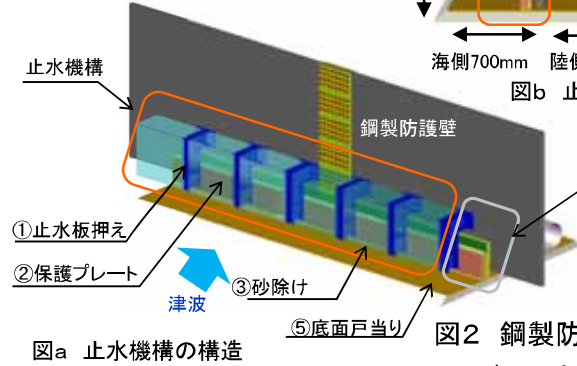
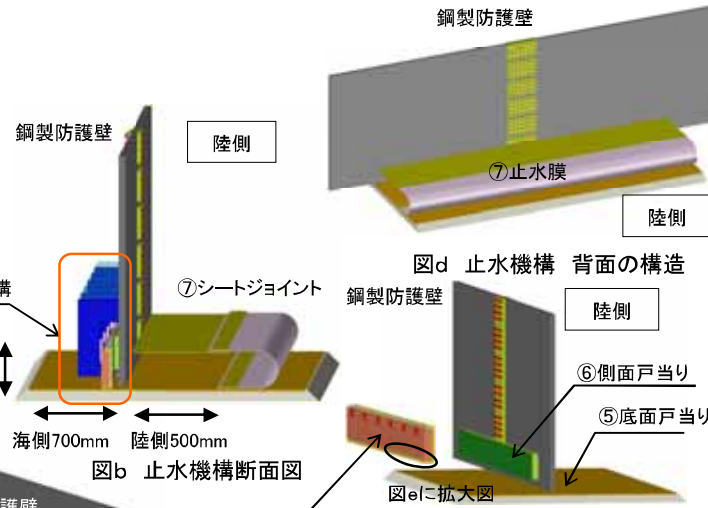


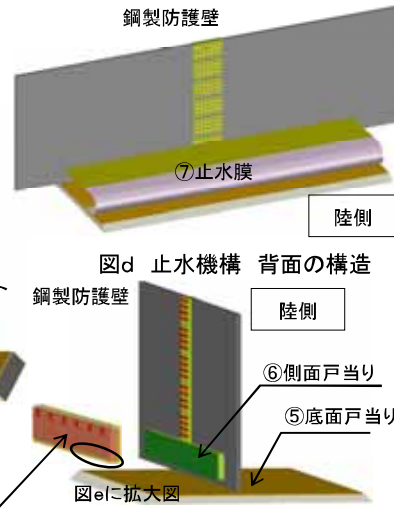
図1 鋼製防潮壁の構造



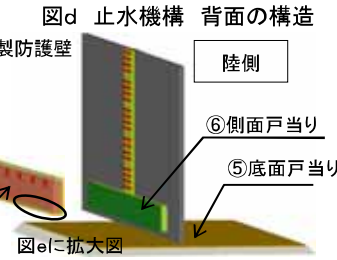
図a 止水機構の構造



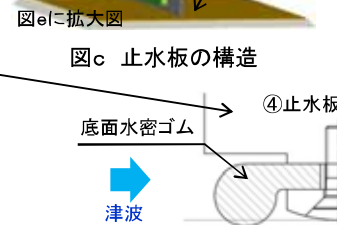
図b 止水機構断面図



図c 止水板の構造



図d 止水機構 背面の構造



図e 底面水密ゴムの構造(断面図) 側面も同様に水密ゴムを設置

表1 止水機構の用途

	名称	用途	材料
止水機構	①止水板押え	・止水板を支持する。 ・漂流物等から止水板を防護する。	鋼製
	②保護プレート	・漂流物等から止水板を防護する。 ・止水板への異物混入を防止する。	鋼製
	③砂除け	・底面戸当り面への砂等の異物混入を防止する。	ナイロン
	④止水板	・止水機構の扉体の機能。 ・底面及び側面の戸当りに面する部位に水密ゴムを設置し浸水を防止する。	鋼製+合成ゴム
	⑤底面戸当り	・止水板の底面水密ゴムとのシール性を確保する。 ・床部より100mm嵩上げし異物混入を防止する。	ステンレス
	⑥側面戸当り	・止水板の側面水密ゴムとのシール性を確保する。	ステンレス
	⑦シートジョイント	・水密ゴムからの微少な漏えいを保持する。 ・陸側からの異物混入を防止する。	ホリエステル

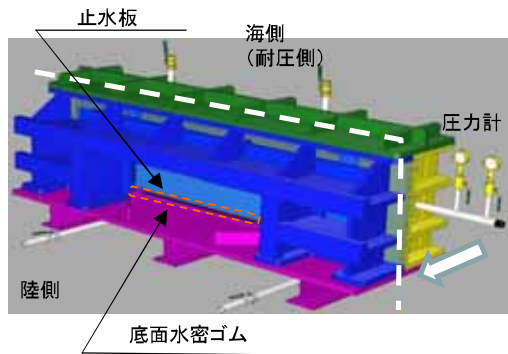


図3 水密ゴムの漏水試験装置概要

6. 敷地に遡上する津波に対する対策 (津波ハザード見直しを踏まえた重大事故等対処設備の津波防護設計)



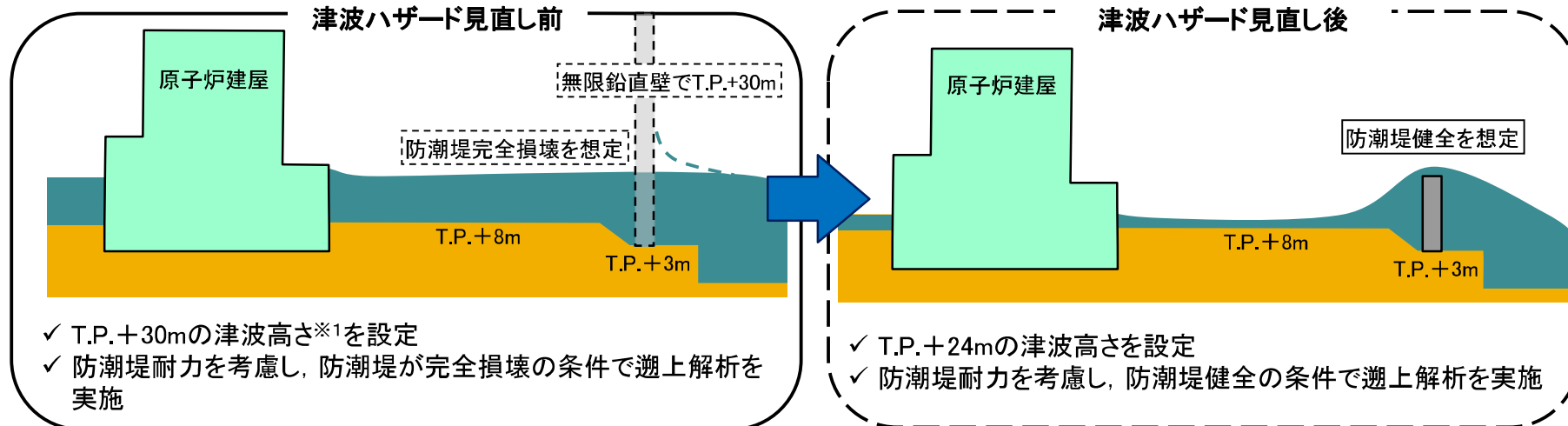
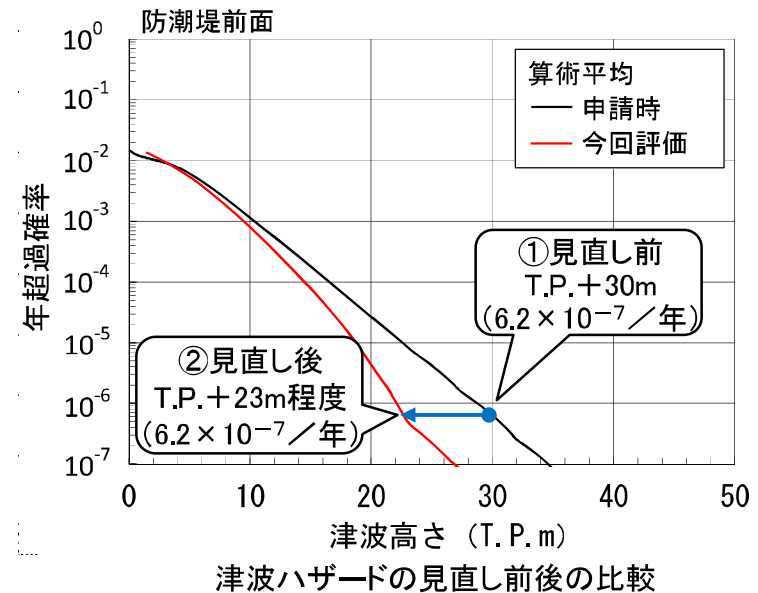
重大事故等対処設備の津波防護設計を行う津波高さの見直し

①津波ハザード見直し前 (第4回, 第5回ワーキングチームでご説明)

- 敷地に遡上する津波を起因とする事故シーケンスの発生頻度が高いことを踏まえて、「津波浸水による最終ヒートシンク喪失」を事故シーケンスグループとして新たに抽出した。
- 重大事故等対処設備への津波防護により、津波による炉心損傷頻度を有意に低減させるため、防護設計で想定する津波高さとして防潮堤高さの1.5倍にあたるT.P.+30m^{*1}(年超過確率 6.2×10^{-7} /年)を設定した。

②津波ハザード見直し後 (今回ご説明)

- 津波ハザードの見直し(最新知見の反映, 保守的評価の見直し等)により、同じ年超過確率に相当する津波高さが低減した。
(①T.P.+30m ⇒ ②T.P.+23m程度に低減)
- これを踏まえて、防護設計で想定する津波高さは、防潮堤の耐力が確認されている津波高さ(T.P.+24m)と見直した。



^{*1} ここで示す津波高さ(T.P.+30m)は、仮想的に防潮堤位置に無限鉛直壁を設定した場合の最高水位(駆け上がり高さ)であり、防潮堤がない状態の津波高さはT.P.+20m程度である。津波対策-168

6. 敷地に遡上する津波に対する対策（津波高さの区分と炉心損傷頻度の関係(1/2)）

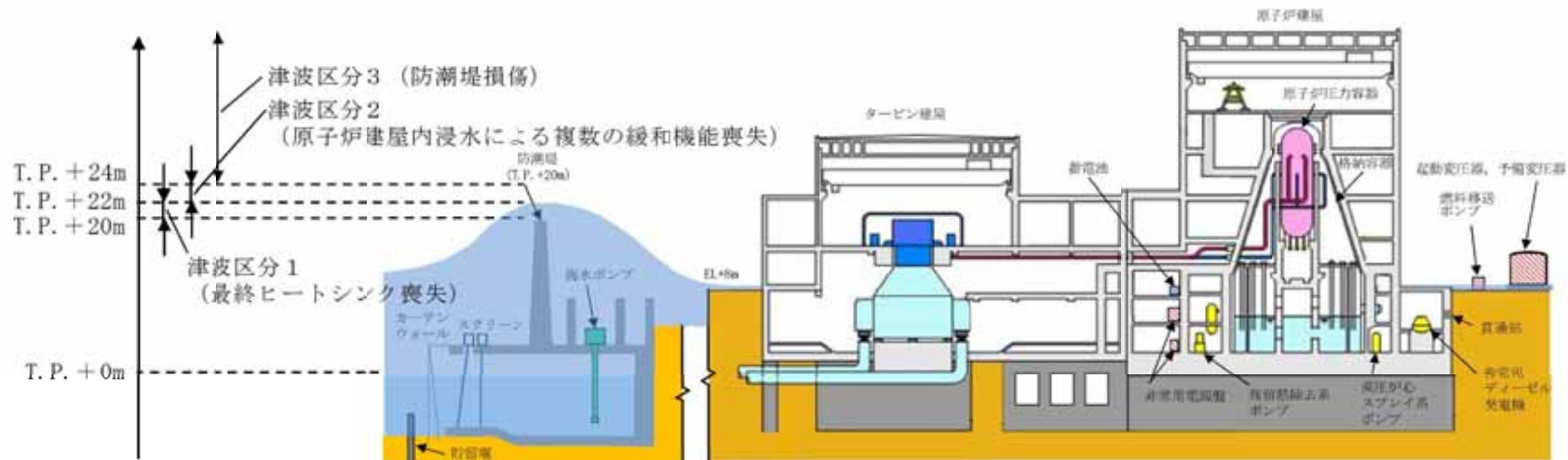


▶津波PRAでは、防潮堤高さを超える領域の津波を想定して炉心損傷頻度を評価

⇒炉心損傷頻度への寄与が大きいT.P.+24mまでの津波高さを重大事故等対策に係る津波防護対象とする。

⇒防潮堤損傷の可能性があるT.P.+24m以上の津波(津波区分3)は大規模損壊として対応する。(次ページ)

津波区分	津波高さ	津波による影響を受ける建屋・機器	起因事象	
津波区分1	T. P. +20m~T. P. +22m	・ 非常用海水ポンプ機能喪失	・ 最終ヒートシンク喪失	炉心損傷頻度 約 4×10^{-6} /年 (全炉心損傷頻度 の約5.3%)
津波区分2	T. P. +22m~T. P. +24m	・ 非常用海水ポンプ機能喪失 ・ 起動変圧器, 予備変圧器機能喪失 ・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失	・ 原子炉建屋内浸水による 複数の緩和機能喪失	
津波区分3	T. P. +24m~	・ 非常用海水ポンプ機能喪失 ・ 起動変圧器, 予備変圧器機能喪失 ・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失 ・ 防潮堤損傷	・ 防潮堤損傷	炉心損傷頻度 約 3×10^{-7} /年 (全炉心損傷頻度 の約0.4%)



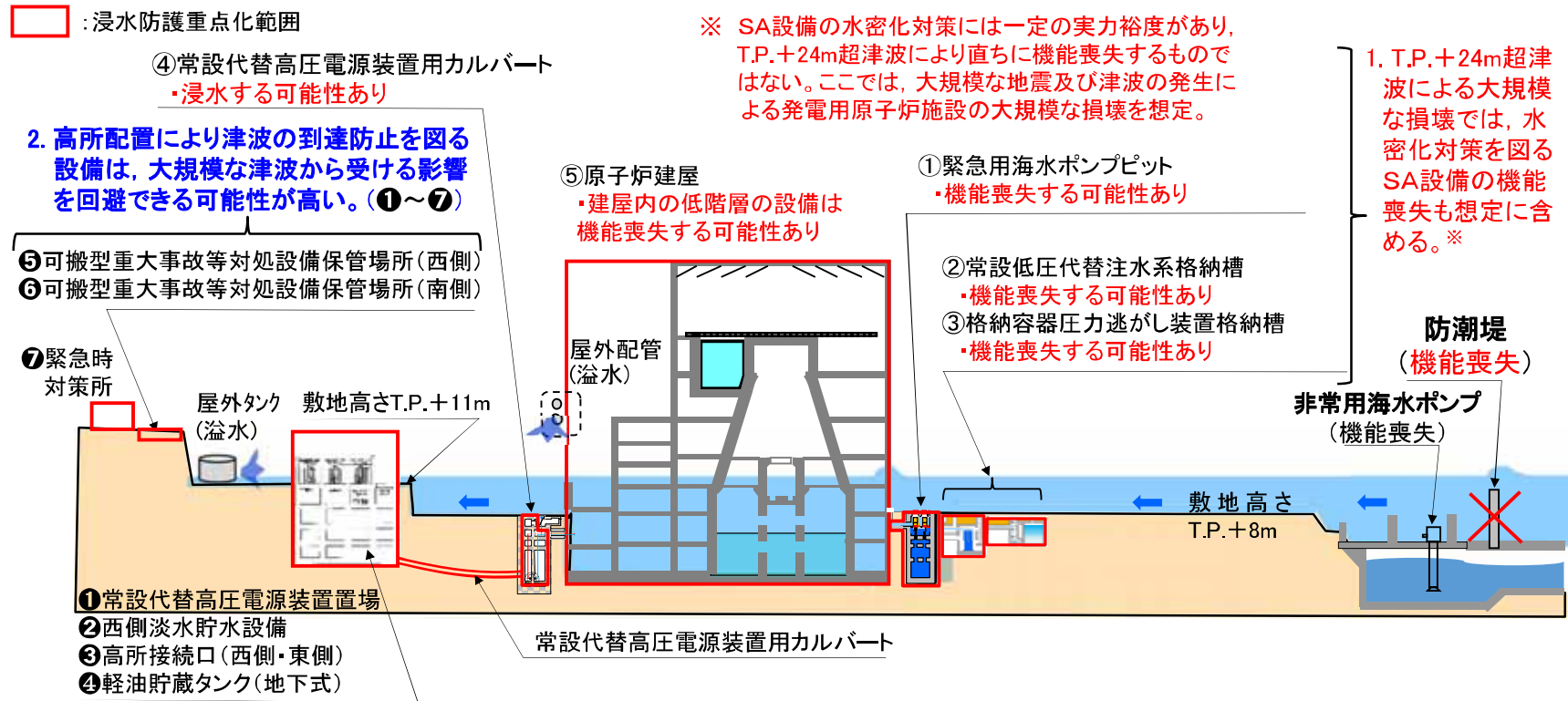
プラントの設備配置の概略図(津波浸水イメージ)

*本評価では重大事故等対処設備がない前提で評価している。

6. 敷地に遡上する津波に対する対策（津波高さの区分と炉心損傷頻度の関係（2/2））

▶ 津波区分3のT.P.+24m超津波による発電用原子炉施設の大規模な損壊に対しても、対応のために必要な手順や体制等を整備

- ✓ 放水砲を用いた原子炉建屋への放水及び原子炉建屋外側ブローアウトパネル開口部から使用済燃料プールへの注水並びに可搬型計測器を用いた現場でのパラメータ監視等、可搬型重大事故等対処設備を用いた多様性・柔軟性を有する手順書を整備
- ✓ 初動の事故対応を行う39名の要員は、発電所構内に分散して待機させ、同時に全ての要員が被災することがない体制を整備。また、要員の中に被災者が発生した場合でも、代替りの要員が到着するまでの間、継続して事故対応が行えるよう体制を整備
- ✓ 可搬型重大事故等対処設備は、T.P.+24m超津波による浸水の被害を受けない高台に保管



津波区分3のT.P.+24m超津波による発電用原子炉施設の大規模な損壊に対する対応例

6. 敷地に遡上する津波に対する対策(津波高さの設定の考え方)

●敷地に遡上する津波は、潮位の変動及び高潮の影響等の**自然現象の有無に関わらず**、確率論的リスク評価において全炉心損傷頻度に対して津波のリスクが有意となる事象として、**防潮堤内側に流入した津波によって設備の機能が喪失するような津波高さとして設定している。**

- ①防潮堤を越えて流入した津波が防潮堤内側に浸水することによって、設備の機能が喪失し、**全炉心損傷頻度への影響を評価する。**
- ②評価の結果、**標高+20m～+24mの津波については**、津波PRAで確認したとおり、**非常用海水ポンプ等の機能喪失が生じることにより、津波のリスクが有意となる。**
- ③この評価に基づき、**非常用海水ポンプ等の機能喪失が生じるような高さの津波になるように**、防潮堤前面において**標高+24mの津波を敷地に遡上する津波として設定した。**
- ④このため、敷地に遡上する津波は、潮位の変動や高潮の影響等の自然現象の考慮の有無に関わらず、津波のリスクが有意になる事象として、**非常用海水ポンプ等の設備の機能を喪失させるような津波高さとして設定している。**

➡ この敷地に遡上する津波(津波区分1, 津波区分2)に対しては、**重大事故等対処設備等**を活用して、**炉心の損傷を防止する等の対策**を図っていく。

津波区分	津波高さ	津波による影響を受ける建屋・機器	起回事象	
津波区分1	T. P. +20m～T. P. +22m	・ 非常用海水ポンプ機能喪失	・ 最終ヒートシンク喪失	炉心損傷頻度 約4×10^{-6}/年 (全炉心損傷頻度の約5.3%)
津波区分2	T. P. +22m～T. P. +24m	・ 非常用海水ポンプ機能喪失 ・ 起動変圧器、予備変圧器機能喪失 ・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失	・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失	
津波区分3	T. P. +24m～	・ 非常用海水ポンプ機能喪失 ・ 起動変圧器、予備変圧器機能喪失 ・ 原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失 ・ 防潮堤損傷	・ 防潮堤損傷	炉心損傷頻度 約3×10^{-7}/年 (全炉心損傷頻度の約0.4%)

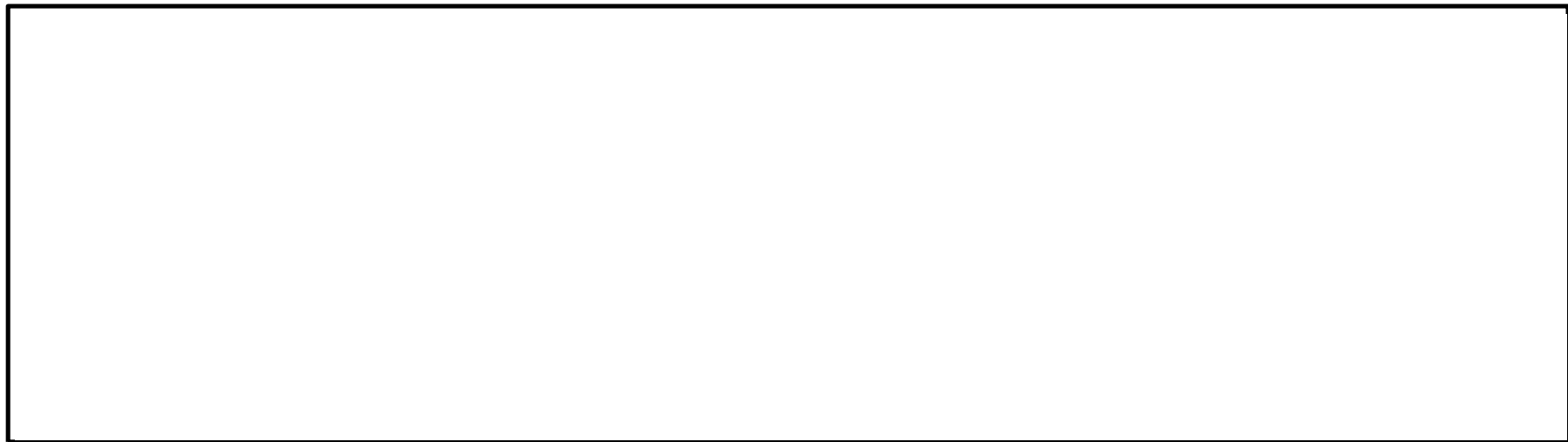
7. 貯留堰の概要(砂が堆積した場合の容量への影響(1/2))



●津波により貯留堰内、取水路内に砂が堆積する場合であっても、非常用海水ポンプの取水性は保持される。

- ・引き波による水位低下に対して、貯留堰の天端高さT.P.−4.9mと非常用海水ポンプの取水可能水位T.P. −5.66mとの間の水量を有効貯留容量として、非常用海水ポンプの取水性を保持するために必要な水量を確保している。
- ・基準津波による砂の堆積の影響として、取水口前面(貯留堰内)に砂が堆積する厚さは最大で0.47m、取水ピット内に砂が堆積する厚さは最大で0.03mと評価している。(基準津波による砂の移動・堆積のシミュレーション結果による)
 - 取水口前面(貯留堰内)の海底面の高さはT.P.−6.89mであり、T.P.−6.42mの高さまで砂が堆積する可能性がある。
 - 取水路の底面高さは最も高い箇所T.P.−6.04mであり、T.P.−6.01mの高さまで砂が堆積する可能性がある。
- ・取水口前面(貯留堰内)及び取水路内に砂が堆積した場合でも、非常用海水ポンプの取水可能水位T.P.−5.66mより低い位置となることから、有効水量に影響はなく、非常用海水ポンプの取水性を保持するために必要な水量を確保することができる。

* 敷地に遡上する津波では、防潮堤を越えた津波により非常用海水ポンプが機能喪失することを前提としているため、貯留堰の機能は必要としない。



貯留堰の有効貯留容量(非常用海水ポンプ全7台が約30分間以上運転継続可能な容量)には影響ない。



取水口前面、取水路とも砂が堆積したときの高さは、非常用海水ポンプの取水可能水位以下の高さとなっている。

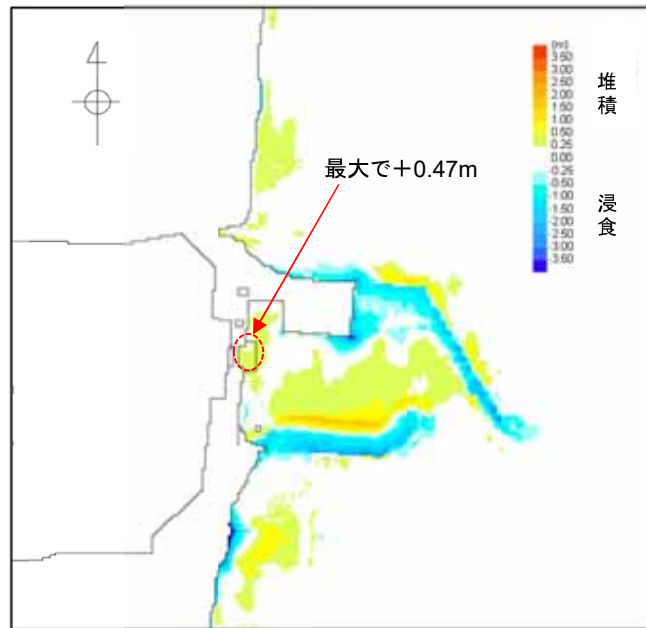
貯留堰の有効貯留容量と砂が堆積した場合の高さの関係

7. 貯留堰の概要(砂が堆積した場合の容量への影響(2/2))

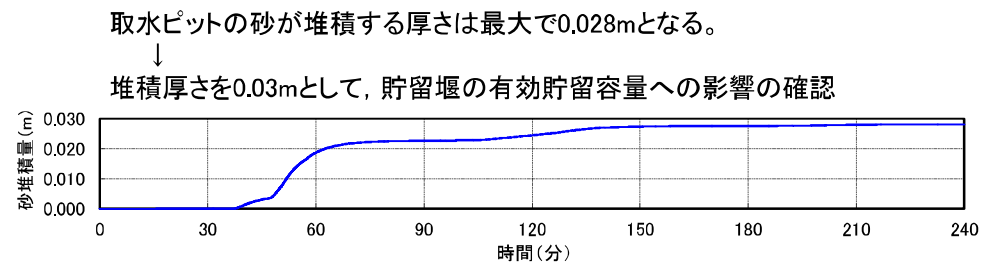


●基準津波による砂の移動・堆積のシミュレーション結果

- ・基準津波による砂の堆積の解析の結果, 取水口前面(貯留堰内)に砂が堆積する厚さは最大で0.47mとなった。
- ・基準津波による取水路内の砂の堆積の解析の結果, 取水ピット内に砂が堆積する厚さは最大で0.028mとなった。
このため, 切り上げて0.03mとして砂堆積の影響を評価した。



基準津波による砂の堆積・浸食分布



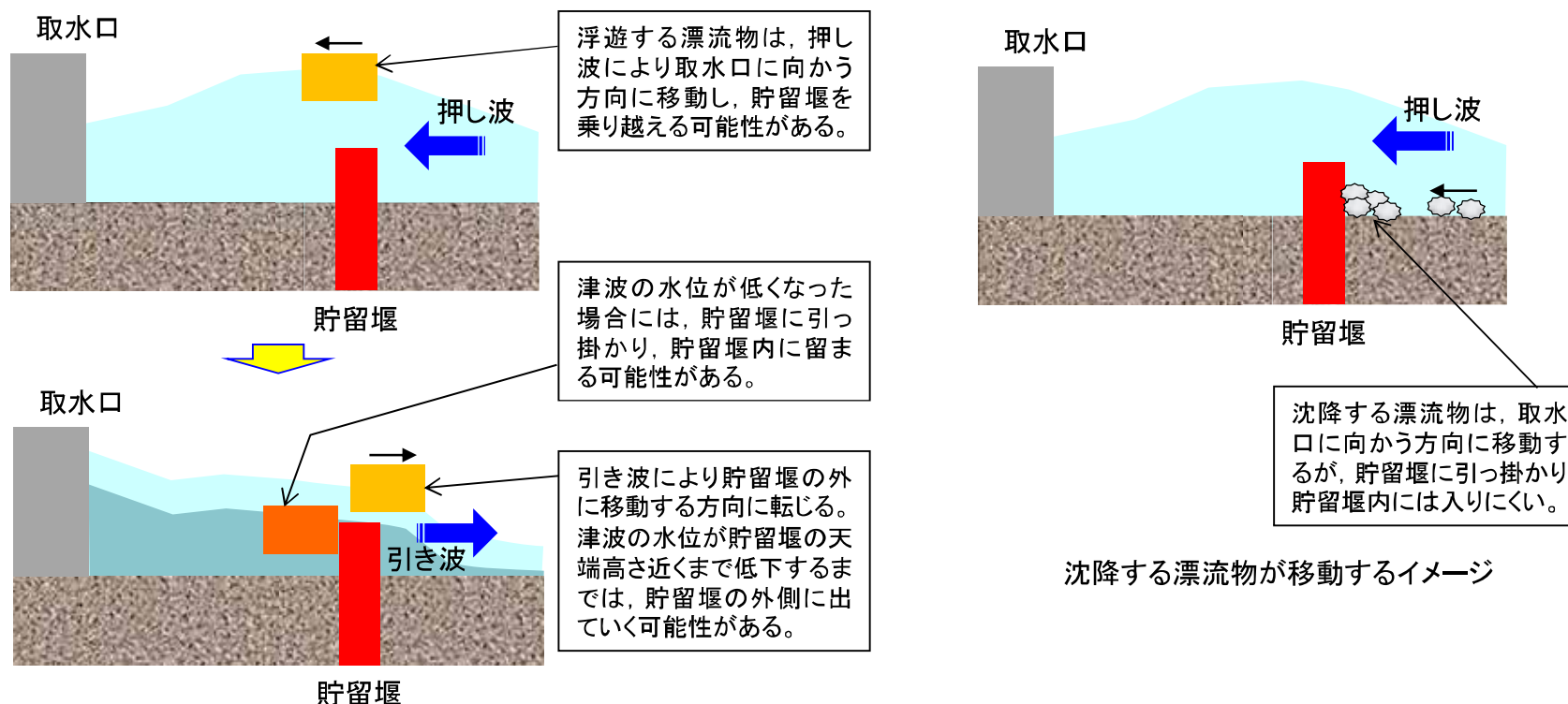
基準津波による取水ピットの砂堆積の時刻歴

7. 貯留堰の概要（漂流物による容量への影響（1／2））

●津波漂流物による貯留堰内への堆積影響

多量の漂流物が、貯留堰内に堆積することは考え難いが、貯留堰～スクリーン間を埋め尽くすように堆積することを仮定して、貯留堰の有効貯留容量への影響を確認し、非常用海水ポンプの取水性を評価する。

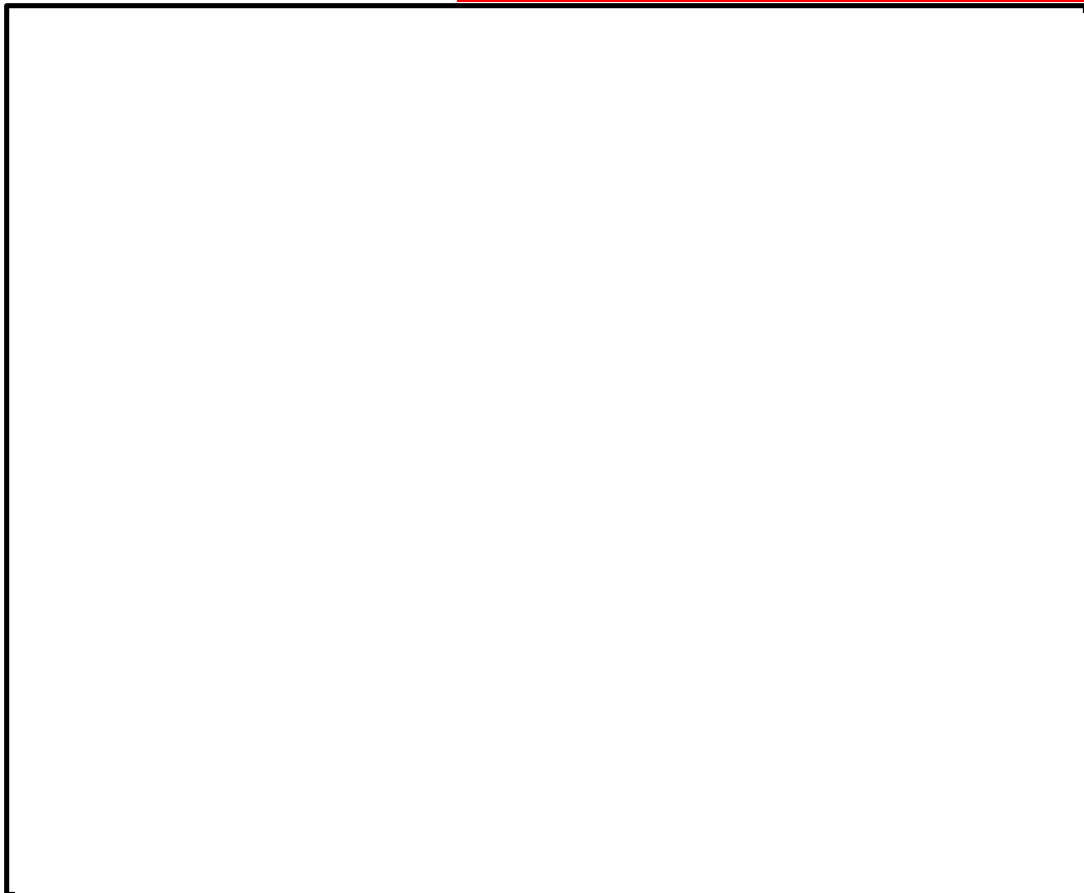
- ・「9. 漂流物の評価」に示すとおり、津波の流況から発電所の北側及び南側からの漂流物は到達し難い。
- ・さらに、以下の状況から、貯留堰内には、多量の漂流物が堆積することは考え難い。
 - 浮遊する漂流物については、押し波によって取水口に向かう方向に移動して貯留堰内に到達する可能性があるが、引き波により貯留堰の外に移動する方向に転じることから、多量の漂流物が貯留堰内に残留することは考え難い。
 - 沈降する漂流物のうち、比較的質量が小さいものについては、押し波によって取水口に向かう方向に移動するが、貯留堰自体がある程度、障壁となることを考慮すると、多量の漂流物が貯留堰内に入り込むことは考え難い。



沈降する漂流物が移動するイメージ

7. 貯留堰の概要（漂流物による容量への影響（2／2））

- 多量の漂流物が貯留堰内に堆積することは考え難いが、貯留堰～スクリーン間を埋め尽くすように堆積することを仮定した場合にあっても、非常用海水ポンプの取水性を保持するために必要な水量は確保される。
 - ・津波の流況や漂流物の挙動より、多量の漂流物が貯留堰内に堆積することは考え難い。
 - ・「貯留堰」と「スクリーン*」の間のスペースが漂流物で埋め尽くされ、この箇所の有効貯留容量が無効になると仮定して評価する。
 - *スクリーンは取水ピットへの異物の侵入を防止するために設置されており、漂流物の堆積はこままでに留まると考えられる。
 - ・評価の結果、基準津波による引き波が貯留堰の天端高さを下回る時間は約3分間であるのに対し、非常用海水ポンプ全7台が約10分間運転することが可能な水量を確保していることを確認した。



非常用海水ポンプの運転可能時間の評価
(貯留堰内側を漂流物が埋め尽くした場合を仮定)

項目	評価内容
①有効貯留容量	2,370m ³
②漂流物により無効となる容量	1,603m ³
③取水可能な水量(①－②)	767m ³
④非常用海水ポンプ取水流量(全7台)	4,323m ³ /h
⑤運転可能時間(③／④)	約10分(>約3分)

8. 構内排水路の概要（構内排水路の設計）

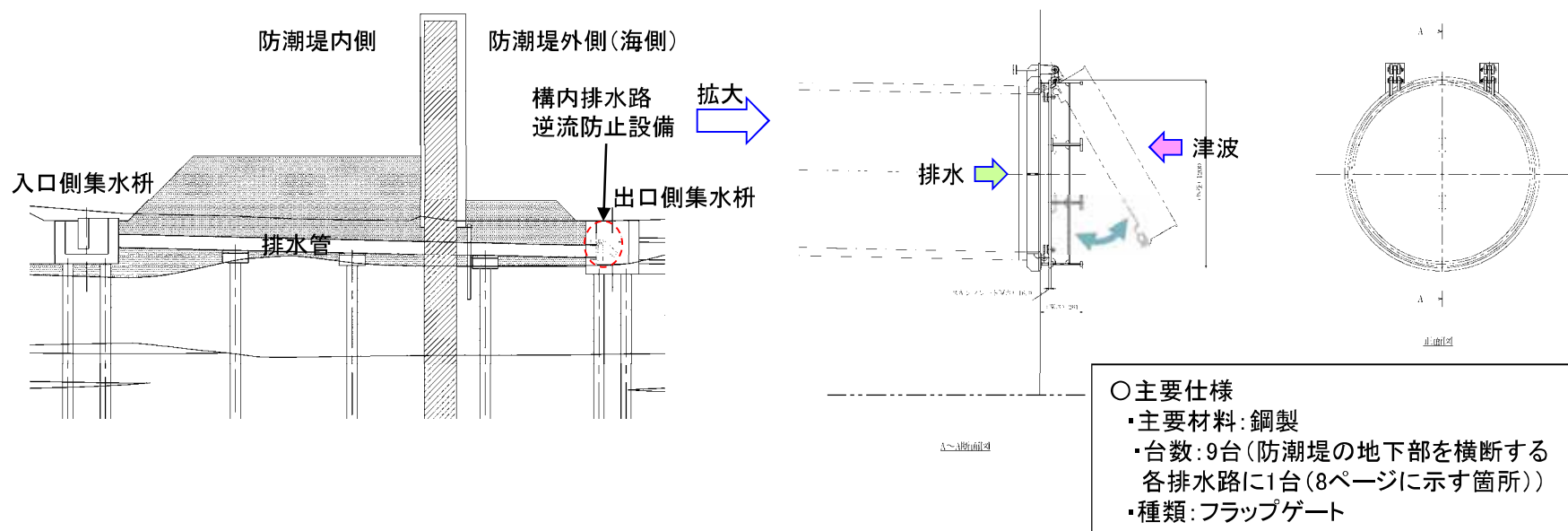


- ・防潮堤内側の雨水を排水するために、放水路に接続される場所(1箇所)及び防潮堤の地下部を横断する場所(9箇所)に、排水路を設置する。
- ・排水路は、水戸地方気象台の観測記録の日最大降水量81.7mm/hを上回るように、127.5mm/hの雨水を排水できる設備を設置する。
- ・排水路からの津波の流入を防止するために、放水路に接続される場所には放水路ゲート、防潮堤の地下部を横断する場所には構内排水路逆流防止設備を設置する。



8. 構内排水路の概要（構内排水路逆流防止設備の設計）

- 防潮堤内側の雨水は、入口側集水枡に集められ、防潮堤下部に埋設された排水管により防潮堤の外側に導かれ、出口側集水枡を経由して、海に排水される。
- 出口側集水枡には、防潮堤内側からの水圧で開、防潮堤外側からの水圧で閉となる構造の構内排水路逆流防止設備を設置し、排水路から津波が流入することを防止する。



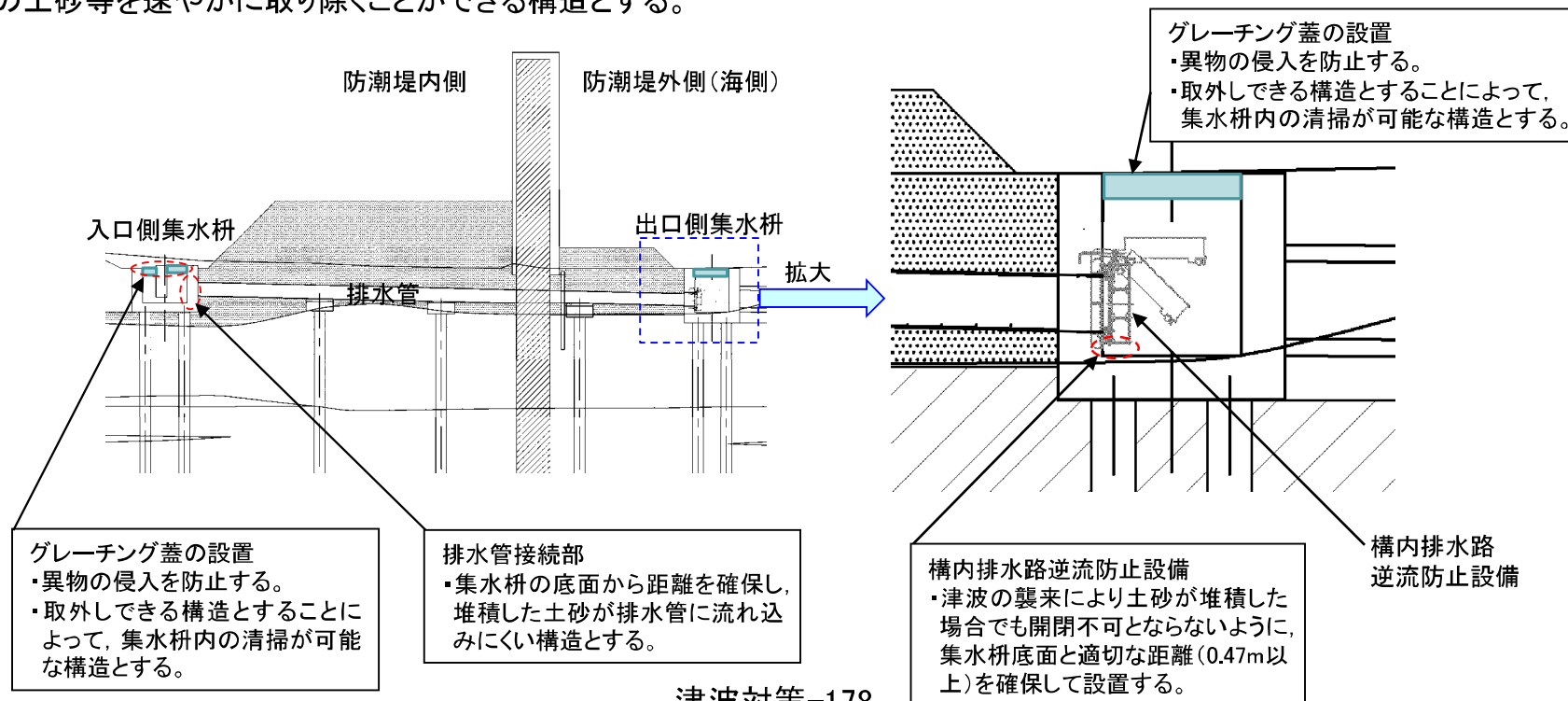
- 津波が襲来した場合には、構内排水路逆流防止設備が閉となり排水できない状況となるが、津波は押し波と引き波が繰り返されることから閉となるのは一時的な状況であり、且つ雨水排水設備は観測された最大1時間降水量(81.7mm/h[※])に対して降水量127.5mm/hを排水できるよう余裕を持った設計であるため、大雨の影響で敷地浸水深が上昇する恐れはない。

※: 最寄りの気象官署である水戸地方気象台における観測値

8. 構内排水路の概要（漂流物、土砂等に対する対策（1／2））

● 構内排水路及び構内排水路逆流防止設備は、異物や土砂の堆積に対して、排水性及び津波の止水性を損なわない構造とする。

- ・入口側集水枡及び出口側集水枡にはグレーチング蓋を設置し、漂流物等の異物の侵入を防止することによって、排水管の閉塞や構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性への悪影響を防止する。
- ・入口側集水枡の排水管接続部は、集水枡の底面からの距離を確保して設置し、枡内に堆積した土砂が排水管に流れ込みにくい構造とすることによって、排水管の閉塞や構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性への影響を防止する。
- ・構内排水路逆流防止設備は、集水枡の底面から適切な距離を確保して設置することにより、枡内に堆積した土砂が構内排水路逆流防止設備の動作を妨げない構造とすることによって、排水性及び津波の止水性への影響を防止する。
- ・日常点検において、構内排水路逆流防止設備を設置する出口側集水枡の土砂の堆積状況等を確認するとともに、集水枡の土砂等を速やかに取り除くことができる構造とする。

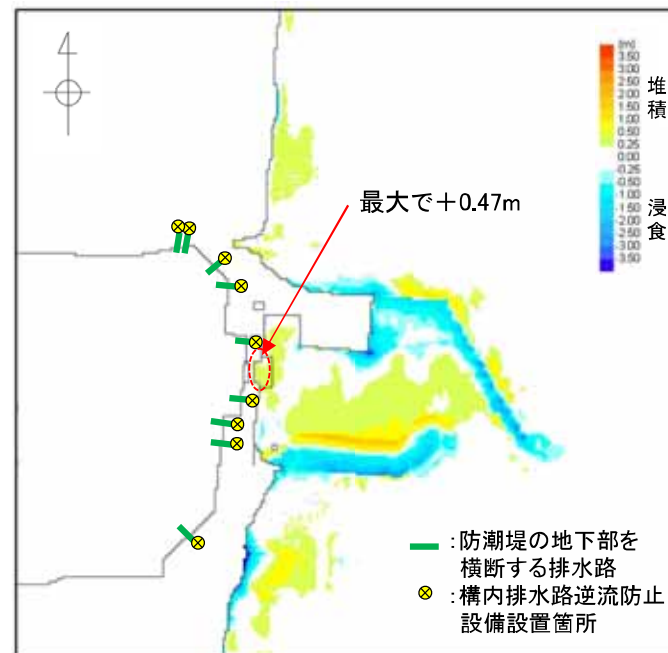


8. 構内排水路の概要（漂流物、土砂等に対する対策（2／2））



● 基準津波の襲来による海底の砂の移動により、砂が堆積する箇所があるが、高さは+0.47m程度であり、構内排水路及び構内排水路逆流防止設備への影響はない。

- 基準津波による砂移動については、海底の砂の移動による堆積と浸食を評価しているため、海域のデータのみとなる。このため、取水口前面における砂堆積のデータにより、構内排水路逆流防止設備（出口側集水枡）の影響を評価している。
- 基準津波の襲来により海底の砂が移動し堆積又は浸食する箇所が生じる。取水口前面の堆積高さは最大でも+0.47m
- 構内排水路逆流防止設備は、出口側集水枡に設置され、防潮堤沿い（外側）に位置する。このため、出口側集水枡にも津波の襲来により、取水口前面と同程度の砂が堆積する可能性がある。
- 土砂の堆積高さはわずかであり、2ページに示すように構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡の底面から適切な距離（0.47m以上）を確保して設置するため、構内排水路が閉塞したり、構内排水路逆流防止設備の開閉が阻害されることはないことから、構内排水路及び構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性へ影響を及ぼすことはない。



基準津波による砂の堆積・浸食分布と構内排水路逆流防止設備の位置
津波対策-179