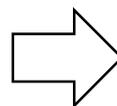


耐津波設計 補足説明資料

1. 防潮堤の設置ルート変更	127
2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響	142
3. 入力津波の設定	147
4. 港湾内の局所的な海面の励起	152
5. 基準津波に対する対策	153
6. 敷地に遡上する津波に対する対策	160
7. 貯留堰の概要	164
8. 構内排水路の概要	168
9. 漂流物の評価	172
10.内郭防護及び溢水影響評価	201

1. 防潮堤の設置ルート変更(ルート図)

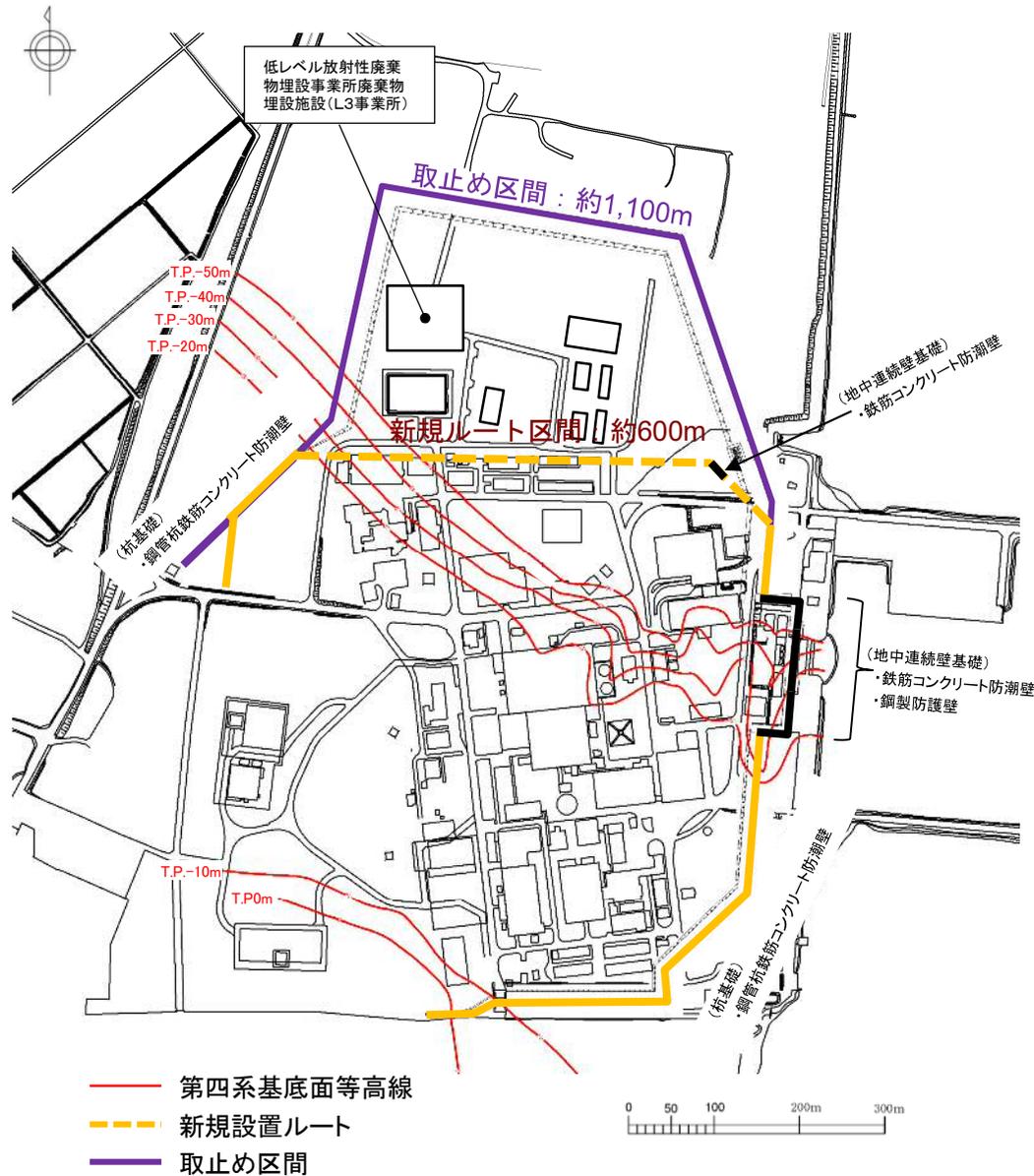
防潮堤の設置ルートの見直しを実施した。変更前後を以下に示す。



<防潮堤設置ルート変更前 全長 約2.2km>

<防潮堤設置ルート変更後 全長 約1.7km >

1. 防潮堤の設置ルート変更(変更理由)



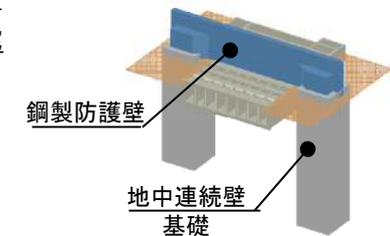
【変更理由】

- 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周辺の表層地盤については、地震時における地盤の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こととした。
- 地盤改良等の実施に当たっては、「低レベル放射性廃棄物埋設事業所廃棄物埋設施設（L3事業所）」及び他事業所施設の地下水流況に影響を及ぼす可能性を考慮し、防潮堤の設置ルートを変更する。

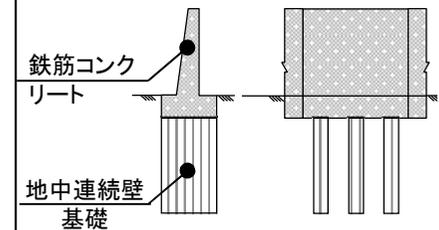
1. 防潮堤の設置ルート変更(防潮堤構造)

- 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。

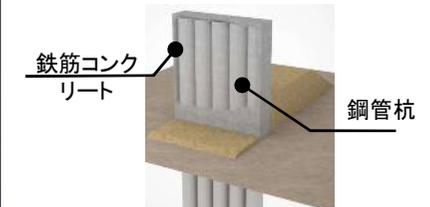
①鋼製防護壁



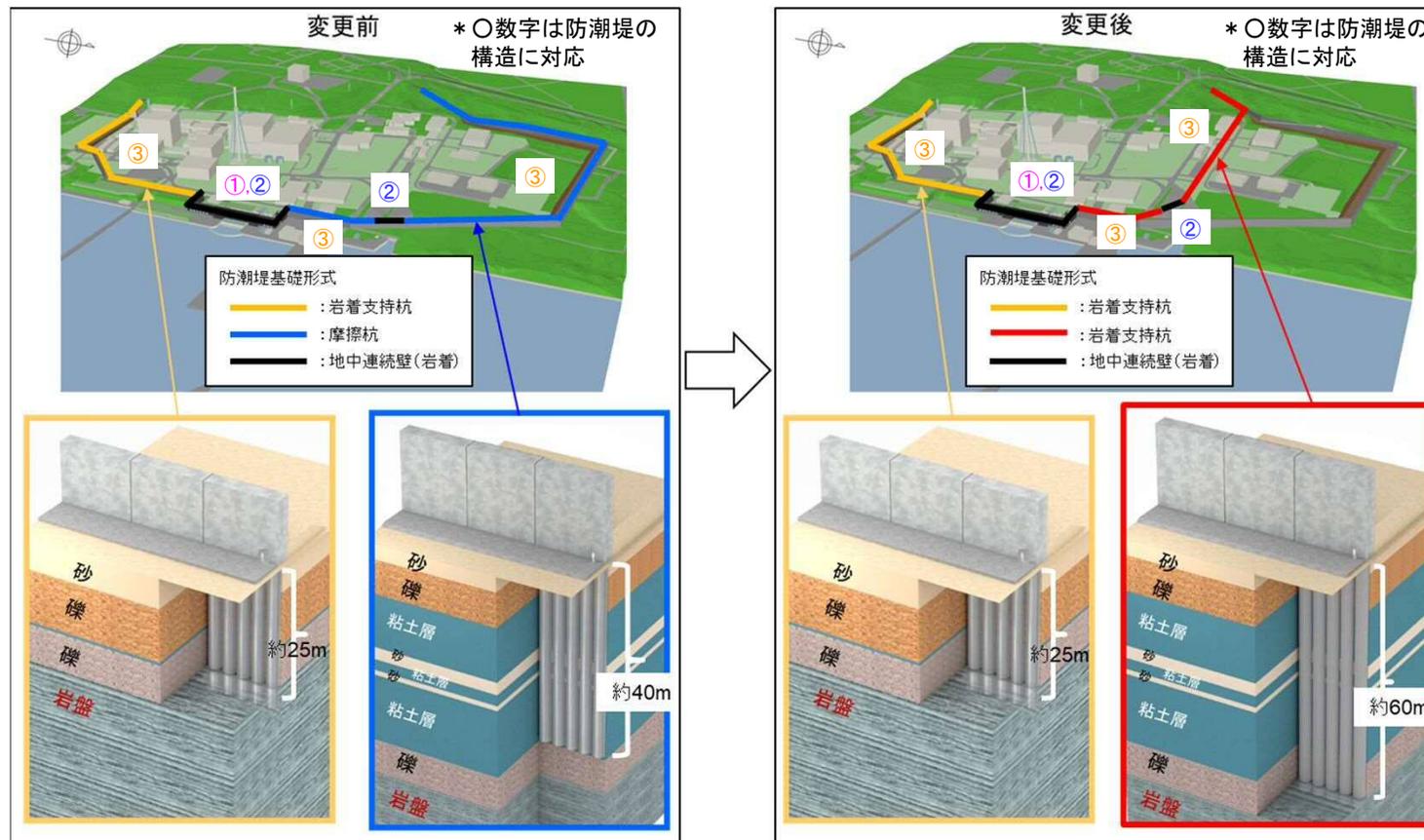
②鉄筋コンクリート防潮壁



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））

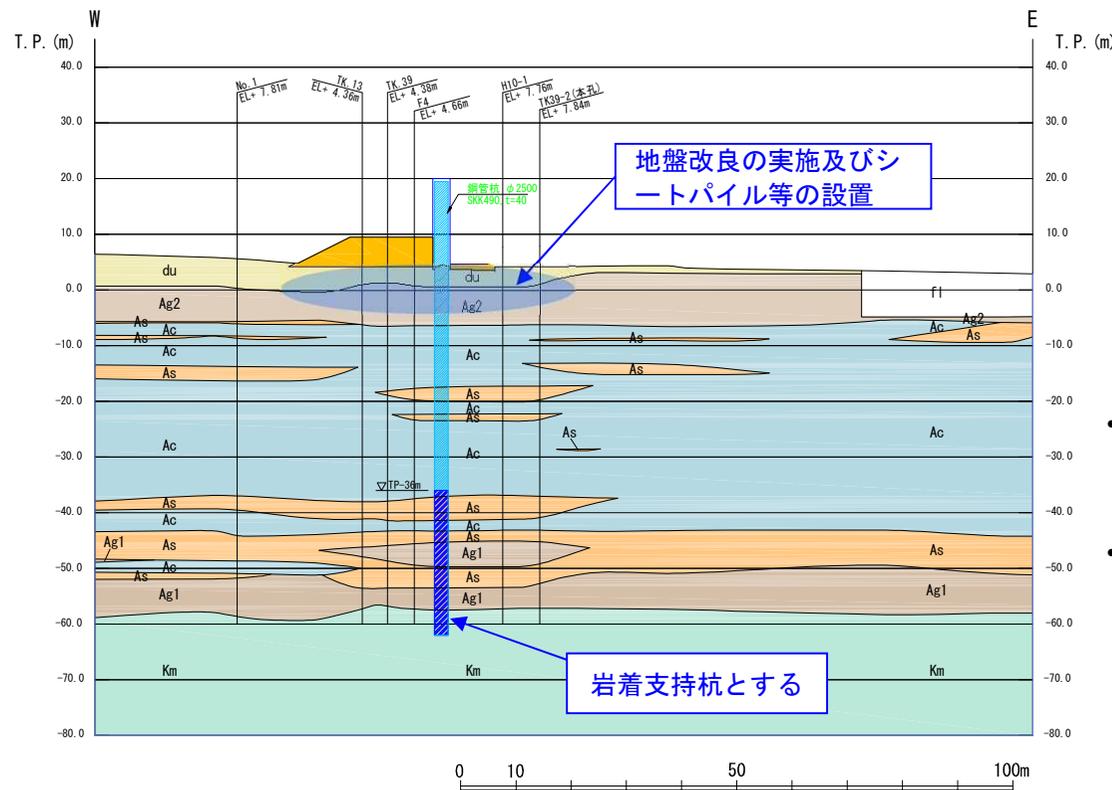


東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを岩着支持杭に変更する。

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。

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。



地質構成表

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
新 世	沖積低地 堆積層	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。
四 紀	低位段丘 堆積層	Ac	粘土	久慈川が侵食した段丘の 谷を埋めて分布する。
		As	砂	
		Ag1	砂礫	
		D2c-3	シルト	
新 世	段丘堆積層2	D2c-3	砂	敷地南側に埋没段丘として 分布する。
		D2c-2	砂礫	
		D2c-1	シルト	
	中位段丘 堆積層	Im	ローム	敷地の南西部に分布し、 いわゆる扇田段丘帯を 構成する。
		D1c-1	シルト	
		D1c-1	砂礫	
第三紀 漸新世	久米層	Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

【変更理由】

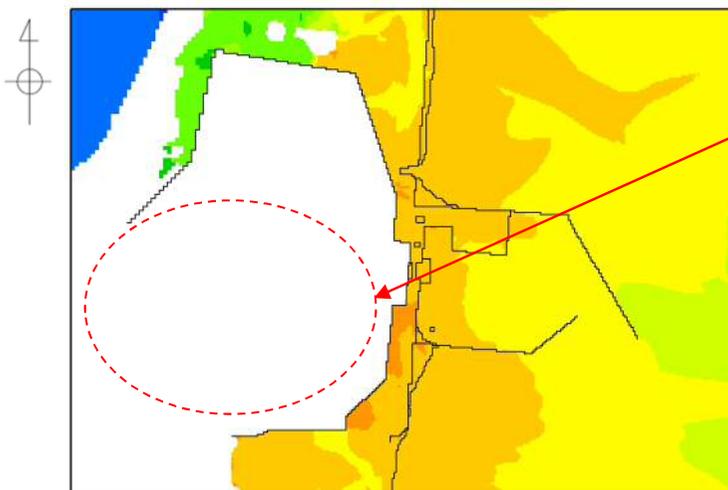
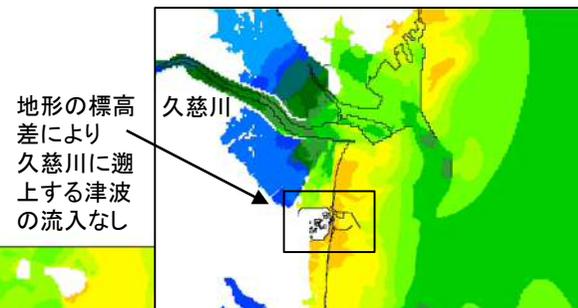
- 杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- 表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなるとともに、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

1. 防潮堤の設置ルート変更（津波の浸水域の比較）



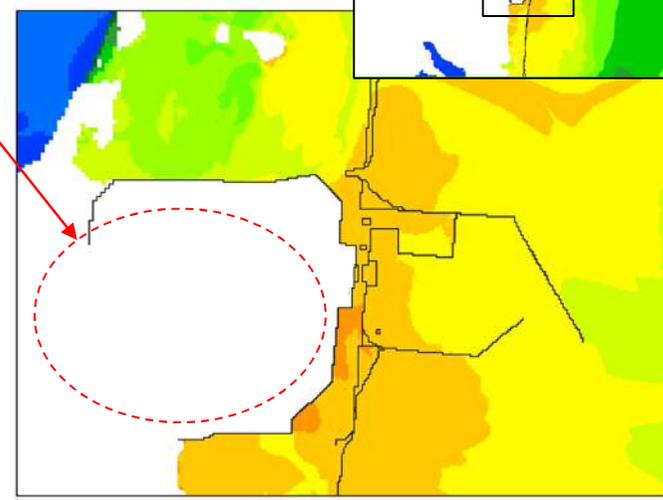
●防潮堤ルート変更に伴う津波高さへの影響はなく、防潮堤高さ及び津波防護対象施設への影響はない。

- ・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



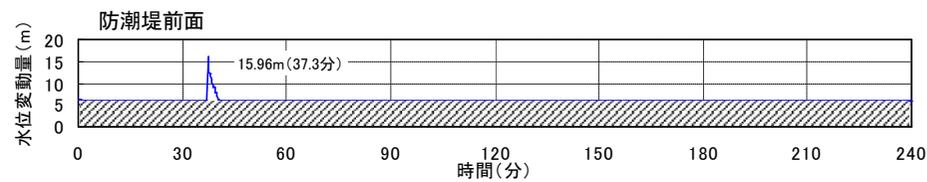
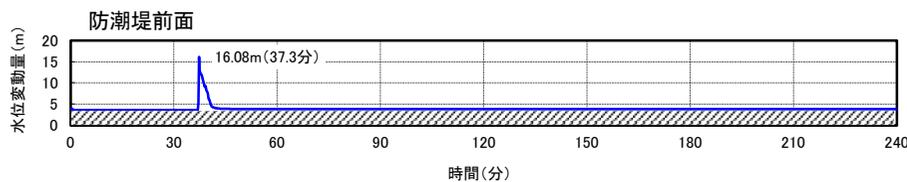
防潮堤の区画	各区画での最大津波高さ (防潮堤ルート変更前)	各区画での最大津波高さ (防潮堤ルート変更後)	入力津波高さ	防潮堤高さ
北側	T.P.+15.2m	T.P.+12.0m	T.P.+15.4m	T.P.+18m
東側	T.P.+17.7m	T.P.+17.7m	T.P.+17.9m	T.P.+20m
南側	T.P.+16.6m	T.P.+16.6m	T.P.+16.8m	T.P.+18m

1. 防潮堤の設置ルート変更(評価結果の比較 (水位上昇側))

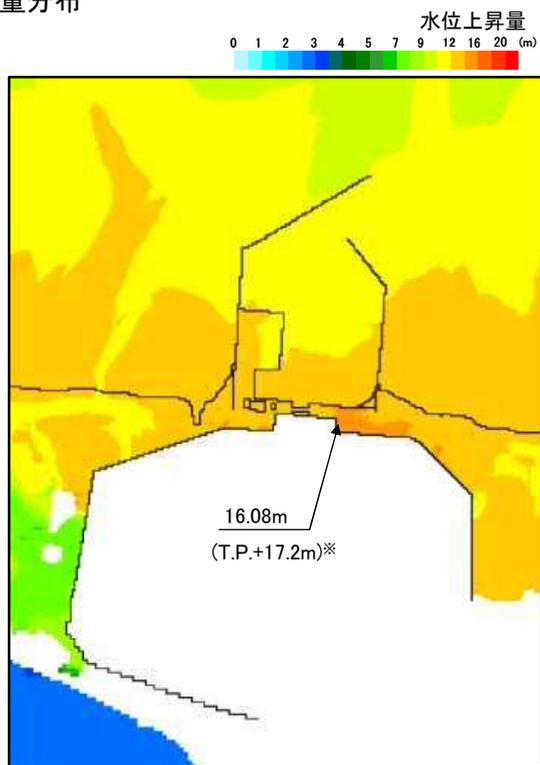


基準津波の水位への影響を評価した結果、最高水位位置が同じであり、上昇側の水位に有意な差がないことを確認した。

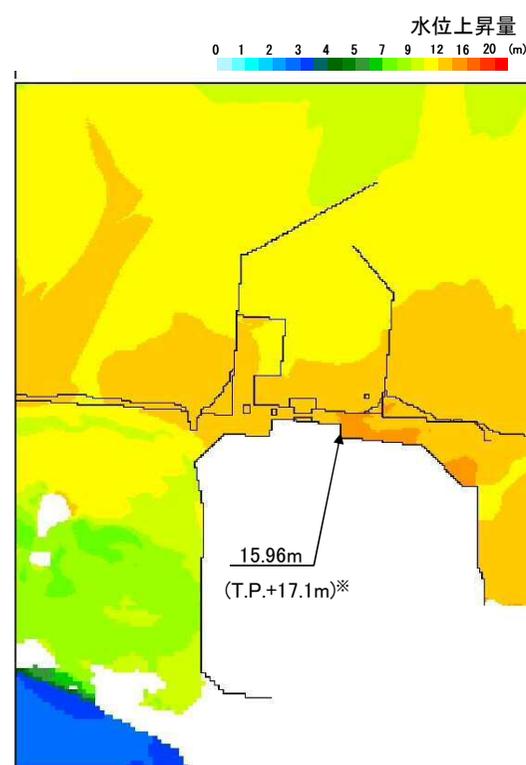
■ 時刻歴波形



■ 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

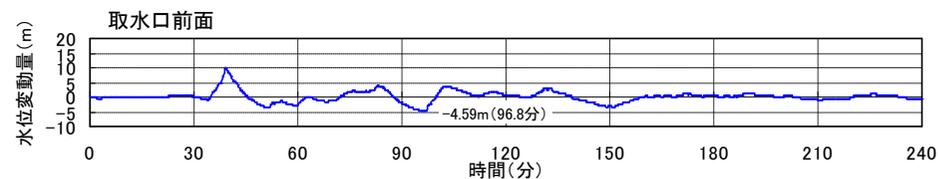
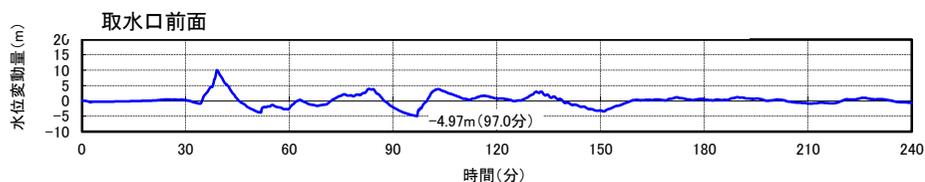
※ 潮位及び地殻変動量(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量も含む)を考慮

1. 防潮堤の設置ルート変更(評価結果の比較 (水位下降側))

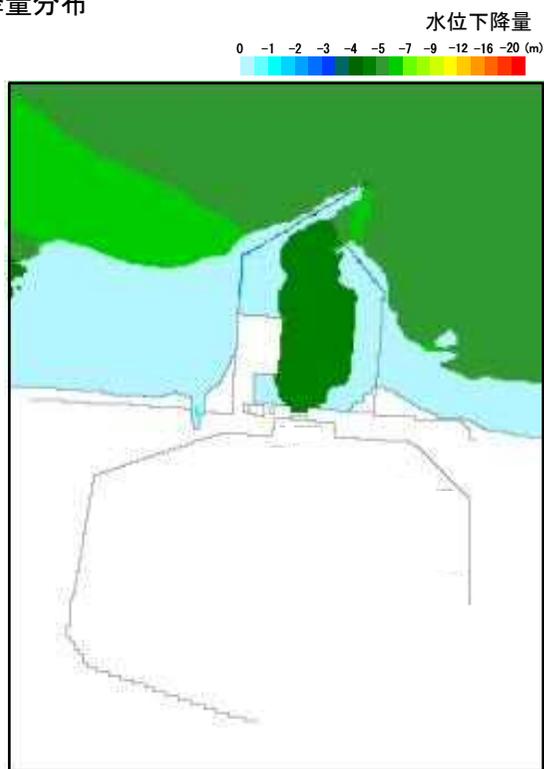


基準津波の水位への影響を評価した結果、下降側の水位に有意な差がないことを確認した。

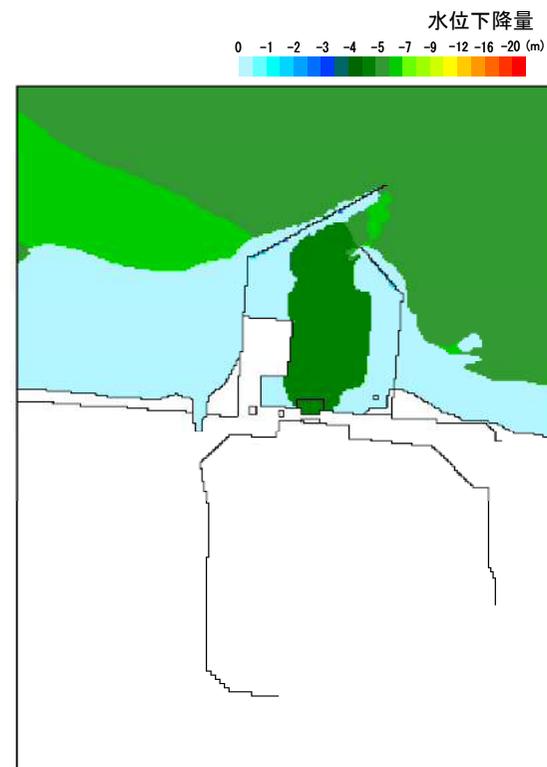
■ 時刻歴波形



■ 最大水位下降量分布



防潮堤設置ルート変更前

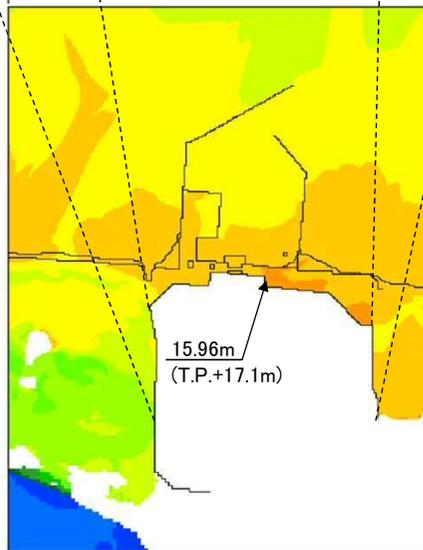
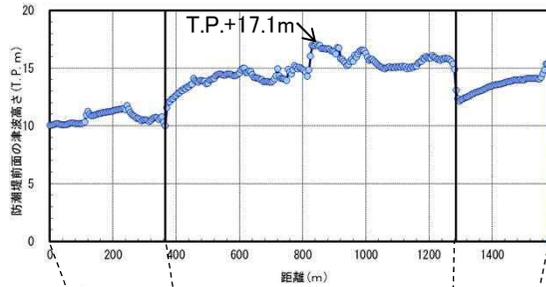


防潮堤設置ルート変更後

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。

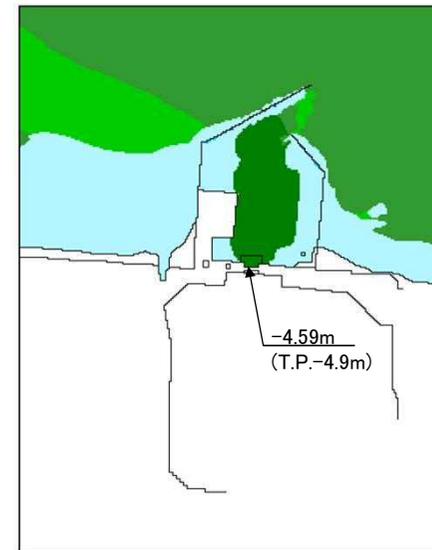


水位上昇量

0 1 2 3 4 5 7 9 12 16 20 (m)

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)

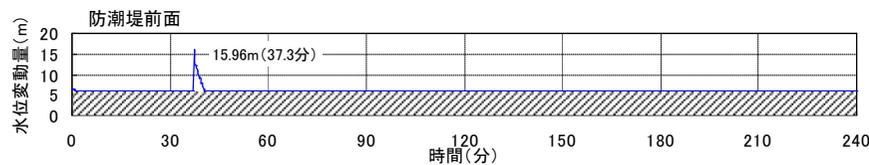


水位下降量

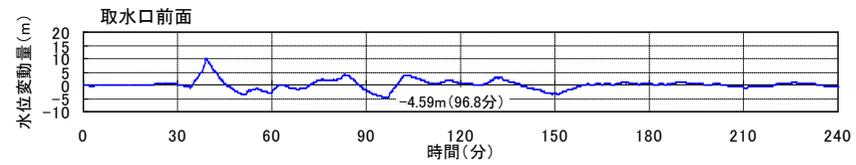
0 -1 -2 -3 -4 -5 -7 -9 -12 -16 -20 (m)

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)



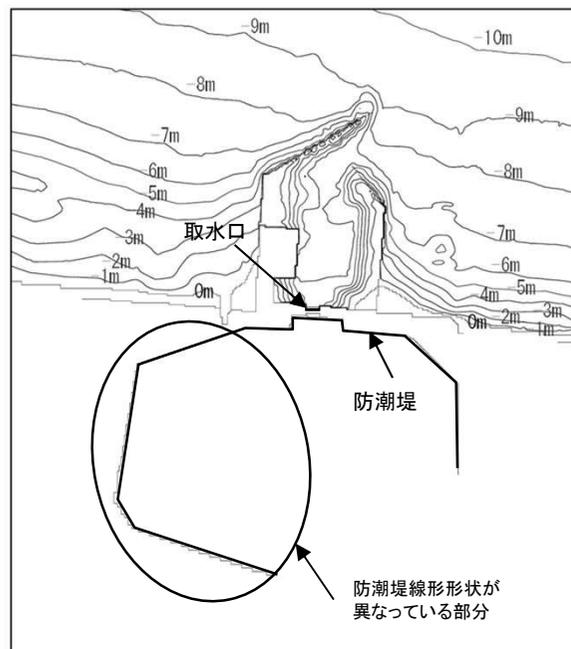
防潮堤前面における水位時刻歴波形



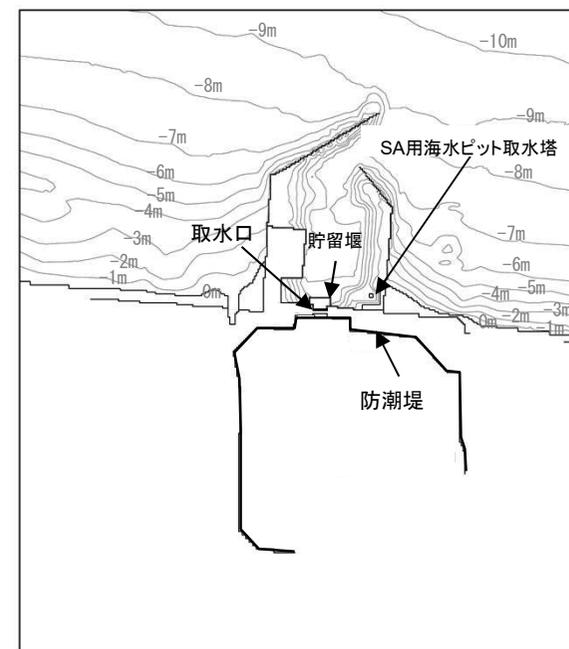
取水口前面における水位時刻歴波形

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

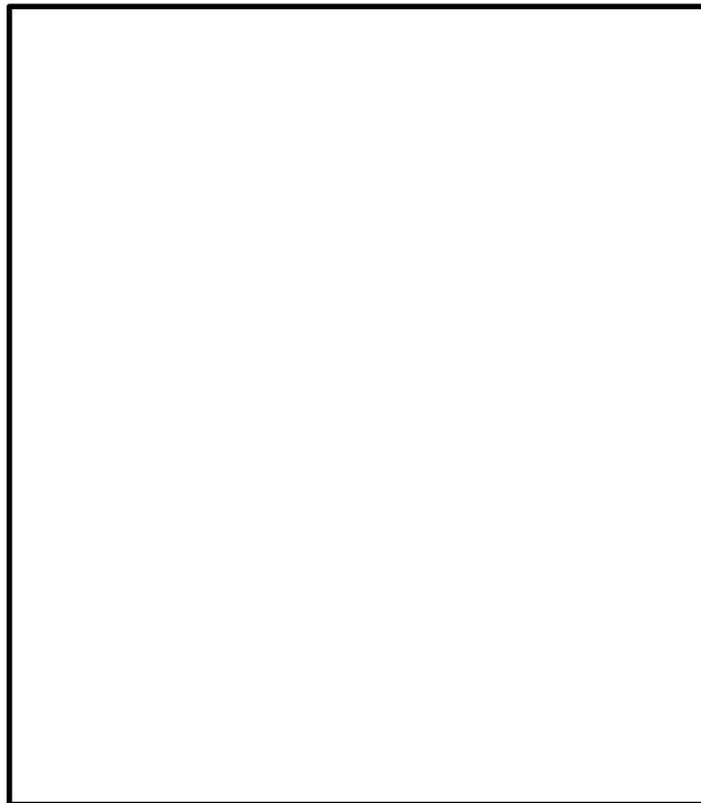
- 評価の結果、防潮堤設置ルート変更前後で、最大水位上昇量及び最大水位下降量が最大となる津波波源の位置及び最高水位位置が同じであり、水位にも有意な差は認められないことを確認した。
- 防潮堤前面の最高水位は、T.P.+17.2mからT.P.+17.1mとなった。

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）

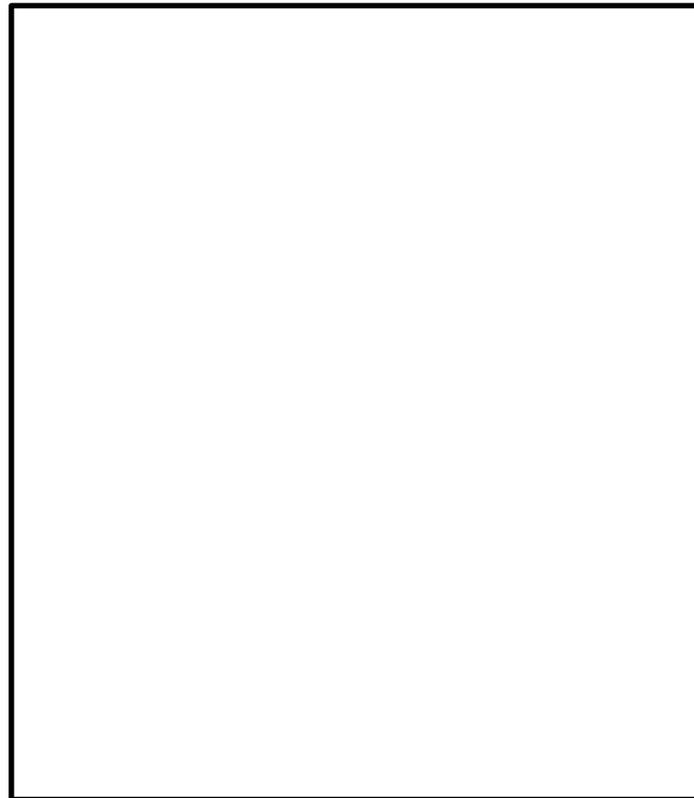


●防潮堤ルート変更に伴う津波防護対象施設及び敷地北側への影響はない。

- ・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）

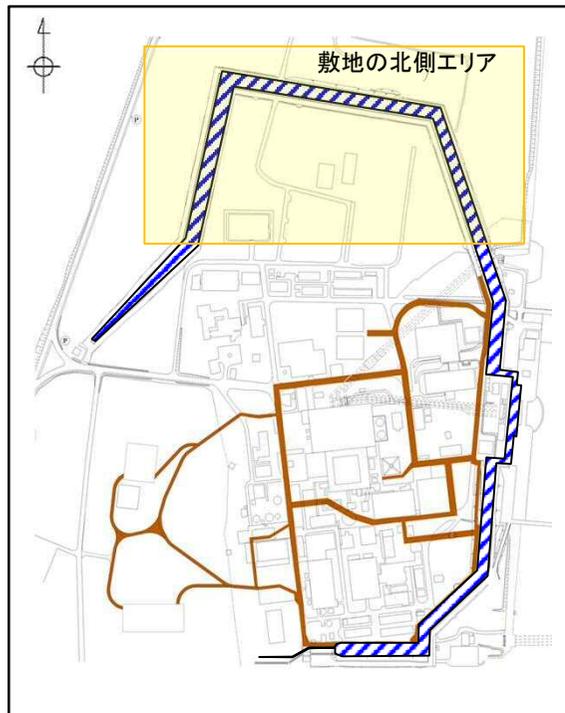
- : 防潮堤ルート
- : 津波防護対象施設
- : 敷地北側及び港湾へのアクセスルート
- : 可搬型設備の保管場所

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）

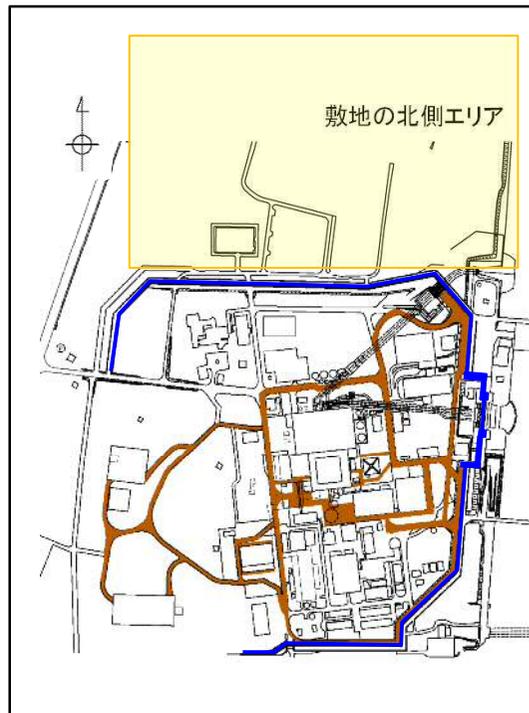
●防潮堤ルート変更に伴う重大事故等時のアクセスルートへの影響はない。

- ・重大事故等時において必要となるルートは、敷地の北側にないため、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。

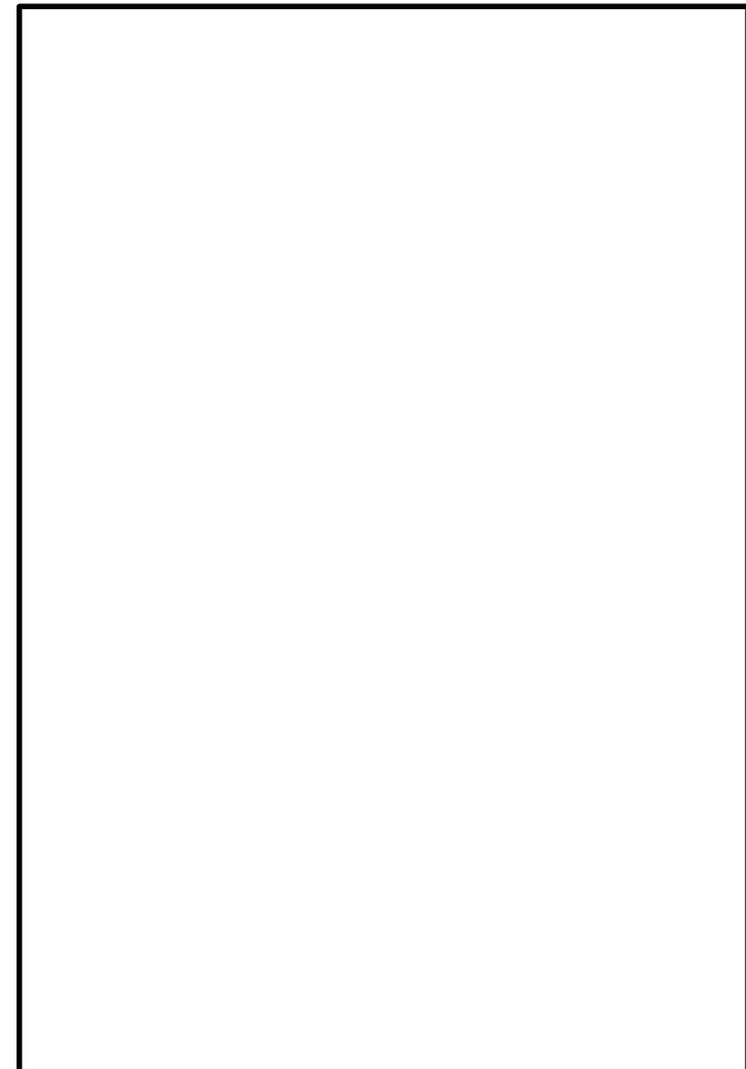
【凡例】
 : 防潮堤 : アクセスルート



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)



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）

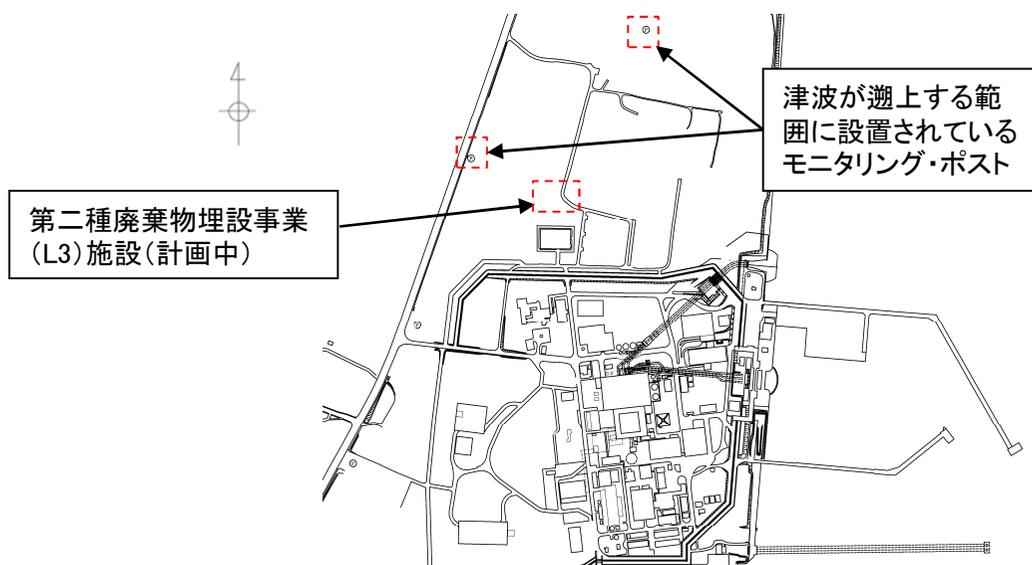


○モニタリング・ポスト

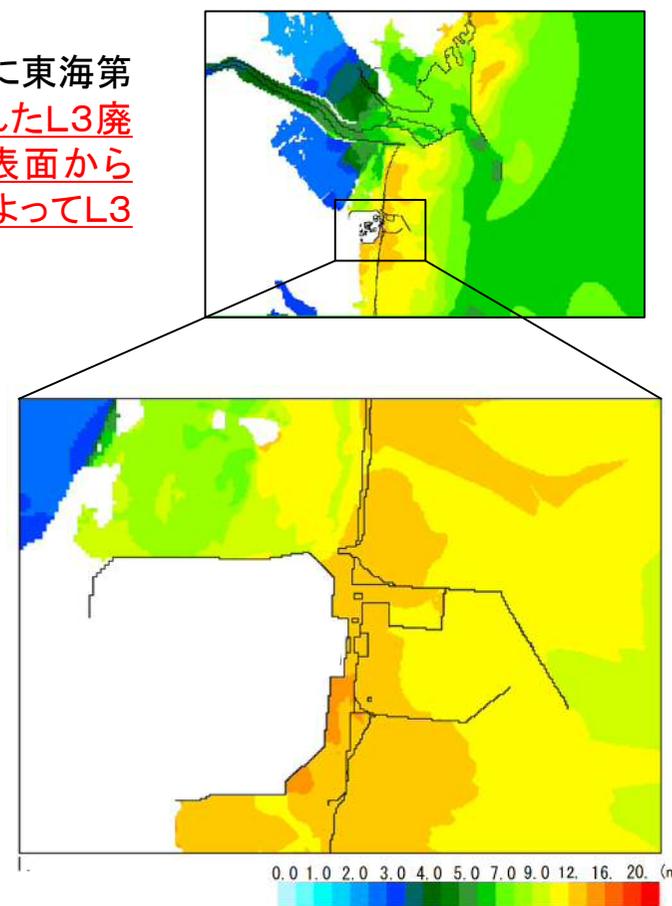
防潮堤の外側にはモニタリング・ポストが設置されており、基準津波が遡上する範囲に設置されているものについては、津波により機能喪失する可能性があるが、代替設備により機能を確保できるため、安全性への影響はない。

○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。



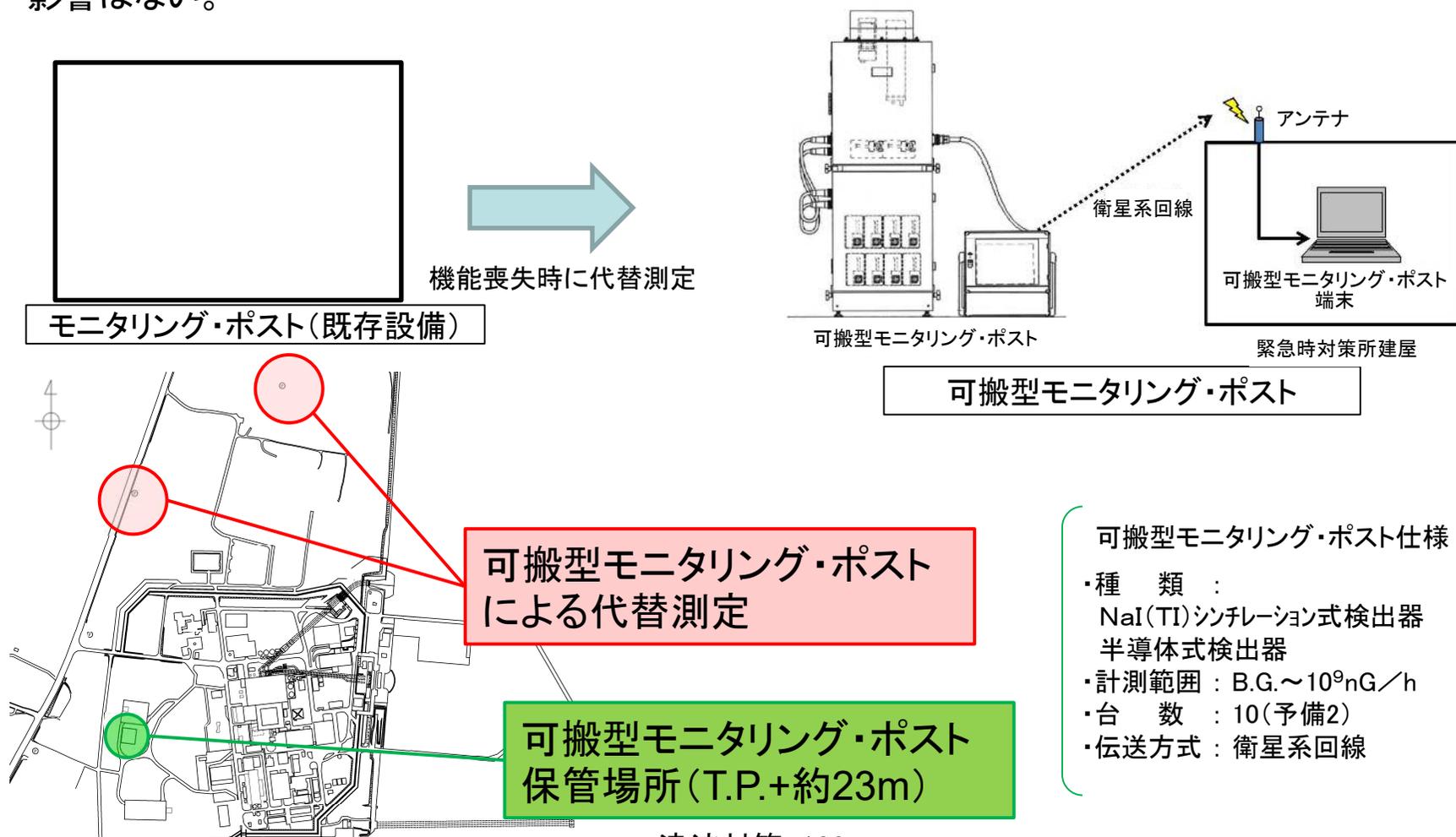
防潮堤の外側に設置される施設



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）

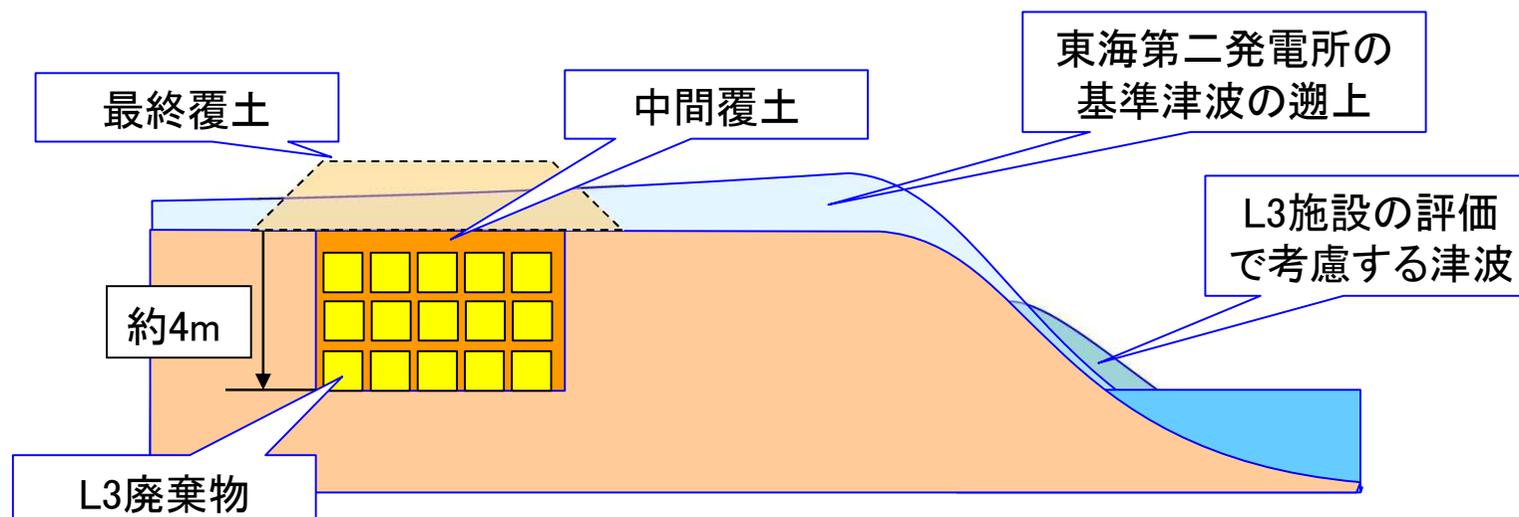
- ✓ モニタリング・ポストは、発電所周辺の放射線量の監視を行う機能を有している。
- ✓ 防潮堤の外側にはモニタリング・ポストが設置されており、基準津波が遡上する範囲に設置されているものについては、津波により機能喪失する可能性があるが、**津波の影響を受けない場所に配置している放射能観測車又は可搬型モニタリング・ポストにより機能を代替**するため、安全性への影響はない。



○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。

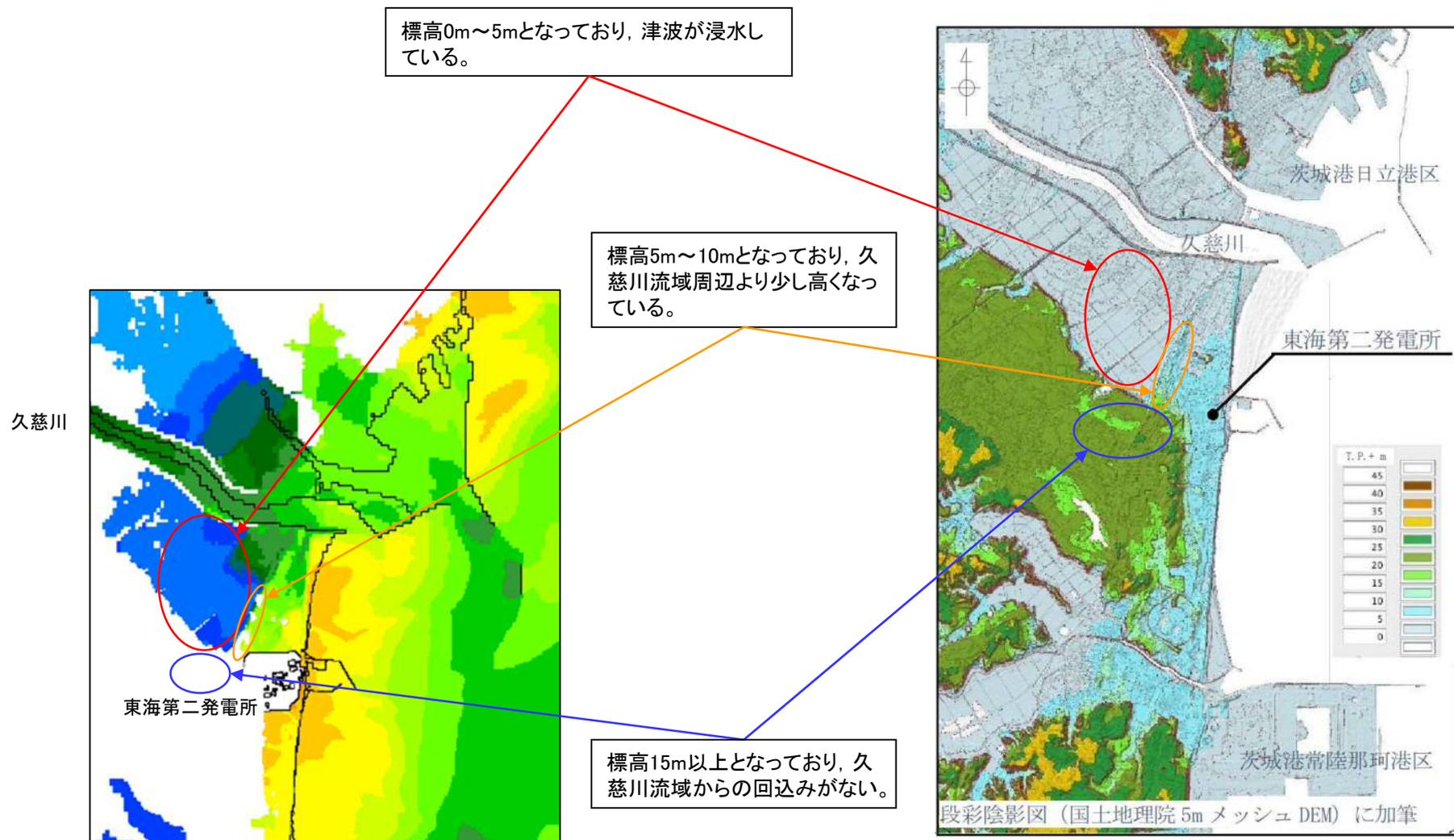
* 万が一，廃棄物が海洋に流出するようなことを想定した場合であっても，極めて放射能レベルの低い廃棄物のため，影響は小さい。



第二種廃棄物埋設事業(L3)施設概念図

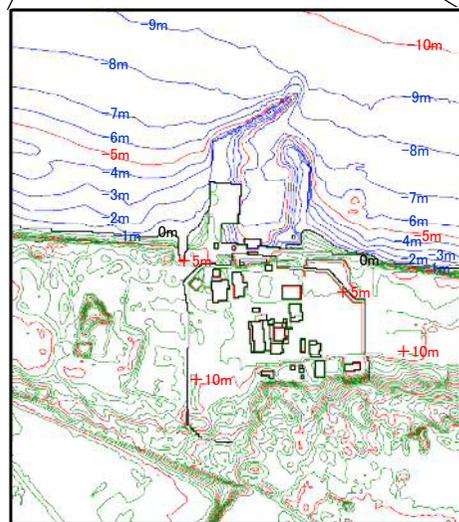
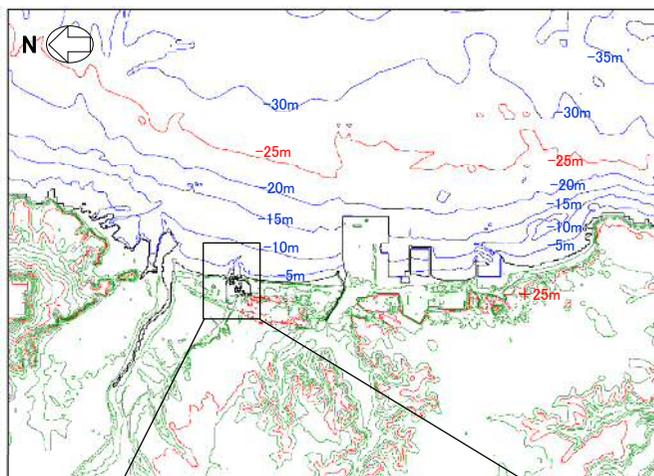
* 第二種廃棄物埋設事業(L3)施設は，2015年7月に申請（2016年12月一部補正）し，現在は審査対応中となっている。

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）

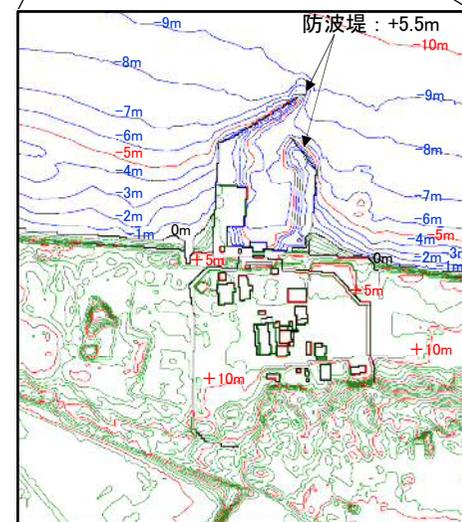
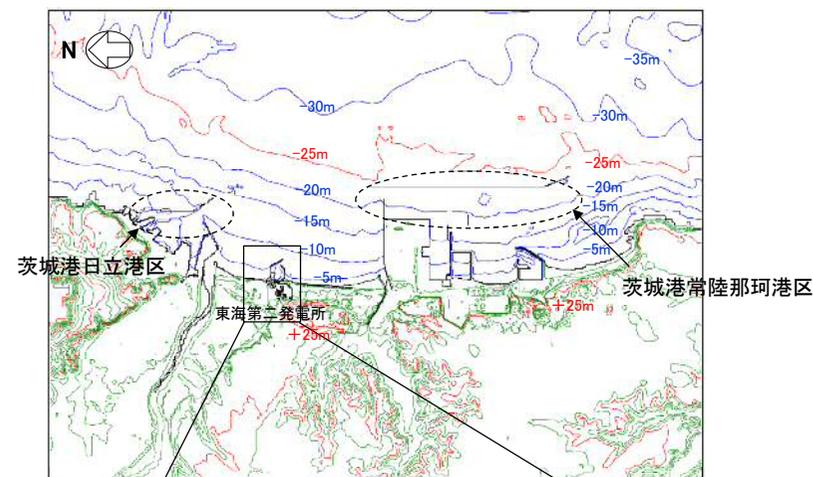


2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(検討内容)

- 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



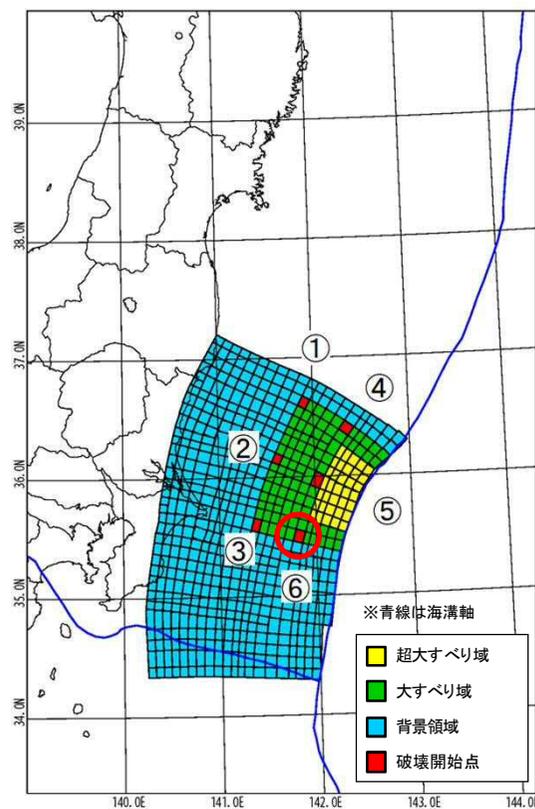
港湾部の防波堤効果有り

2. 防波堤の有無が基準津波に与える影響(検討波源)



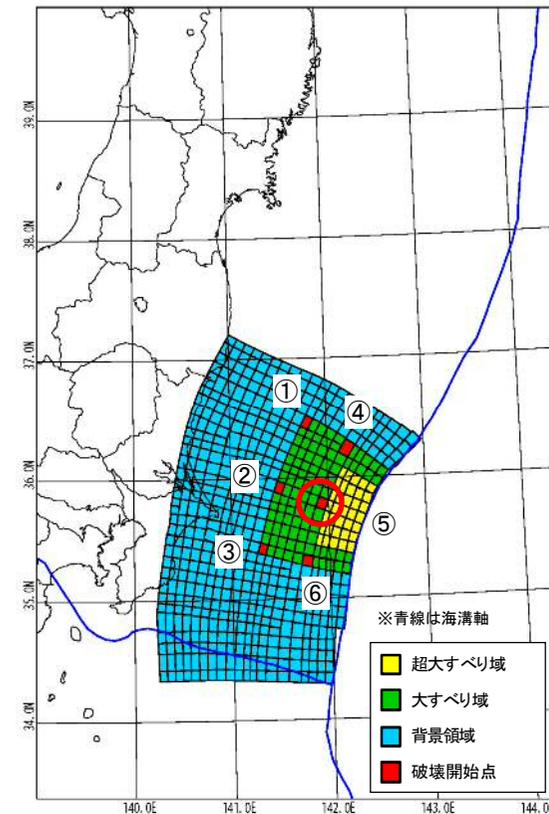
- 港湾部の防波堤の効果について、以下の通り検討を行う。
 - ✓ 防潮堤前面において水位上昇量が最大※となる波源モデル(左図)
 - ✓ 取水口前面において水位下降量が最大※となる波源モデル(右図)

※「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

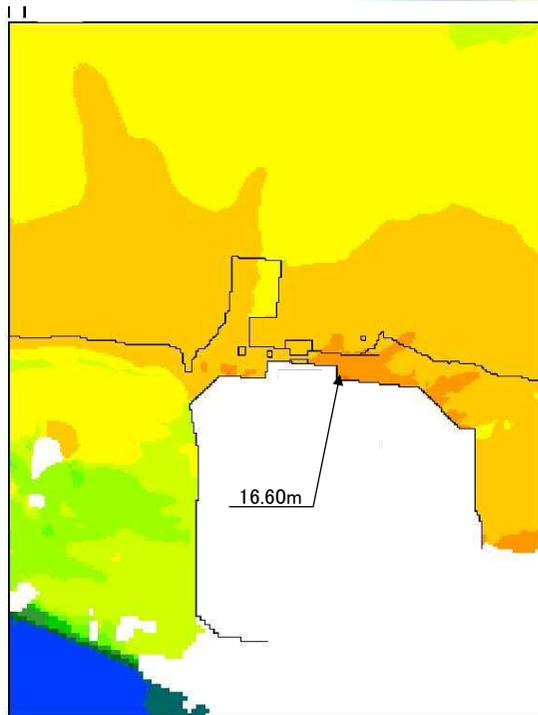
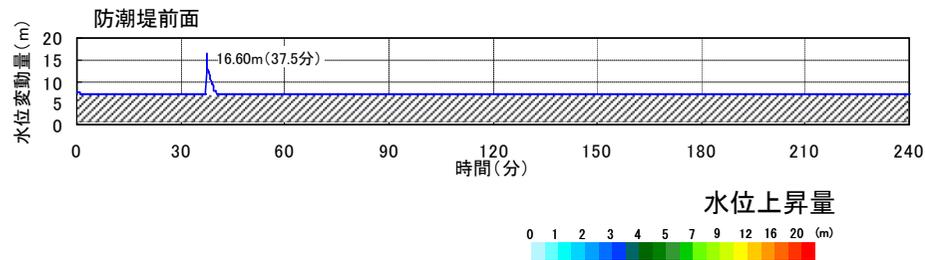


- 大すべりの位置: A-5
- 破壊開始点の位置: ⑤
- 破壊伝播速度: 1.0km/s
- 立ち上がり時間: 30秒

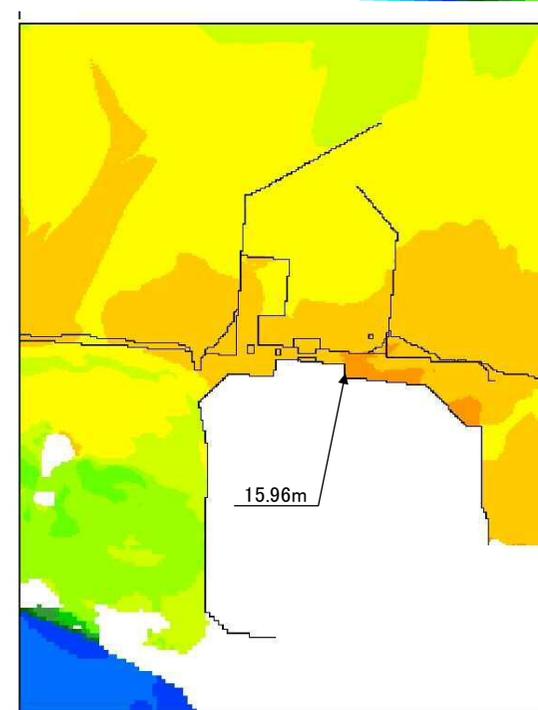
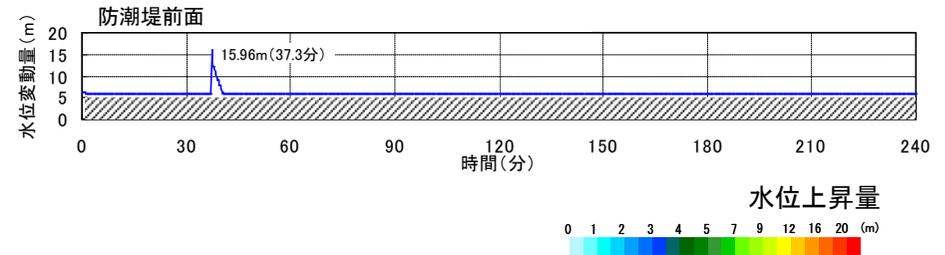
水位下降量最大時の波源モデル

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



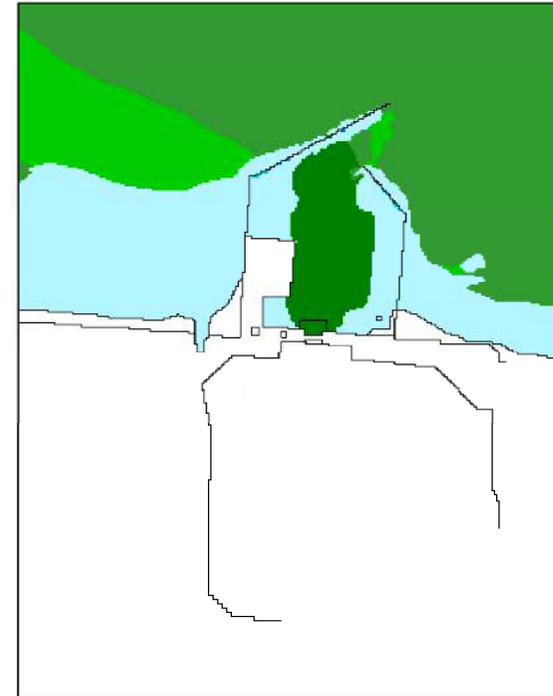
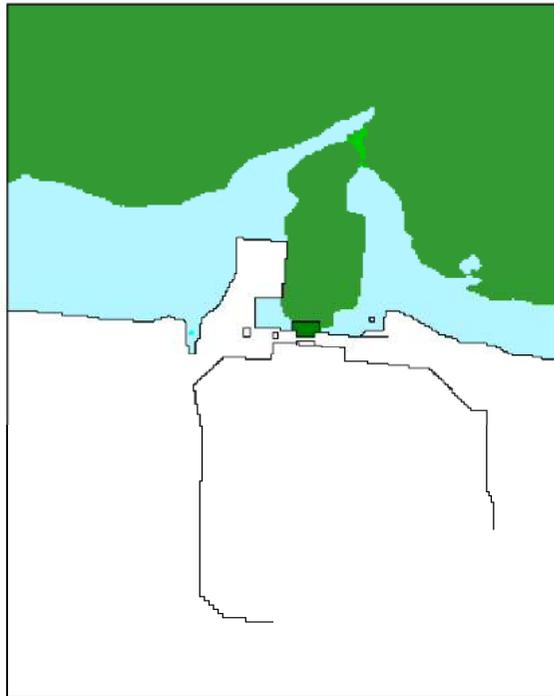
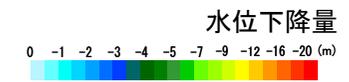
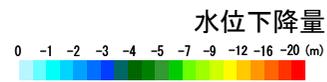
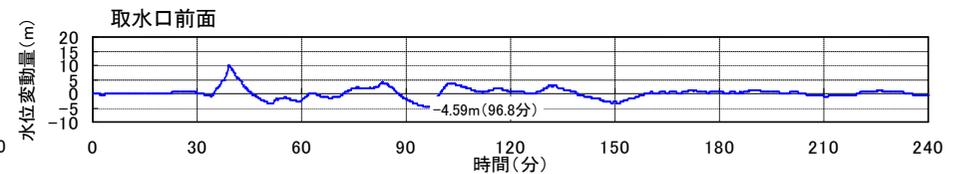
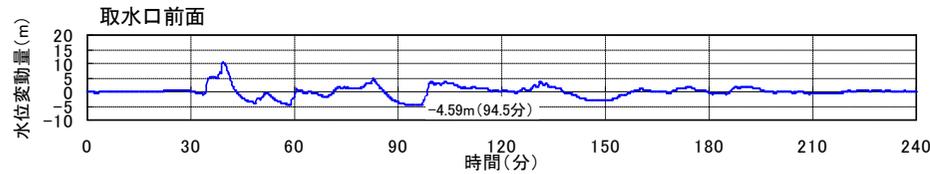
最大水位上昇量分布

(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

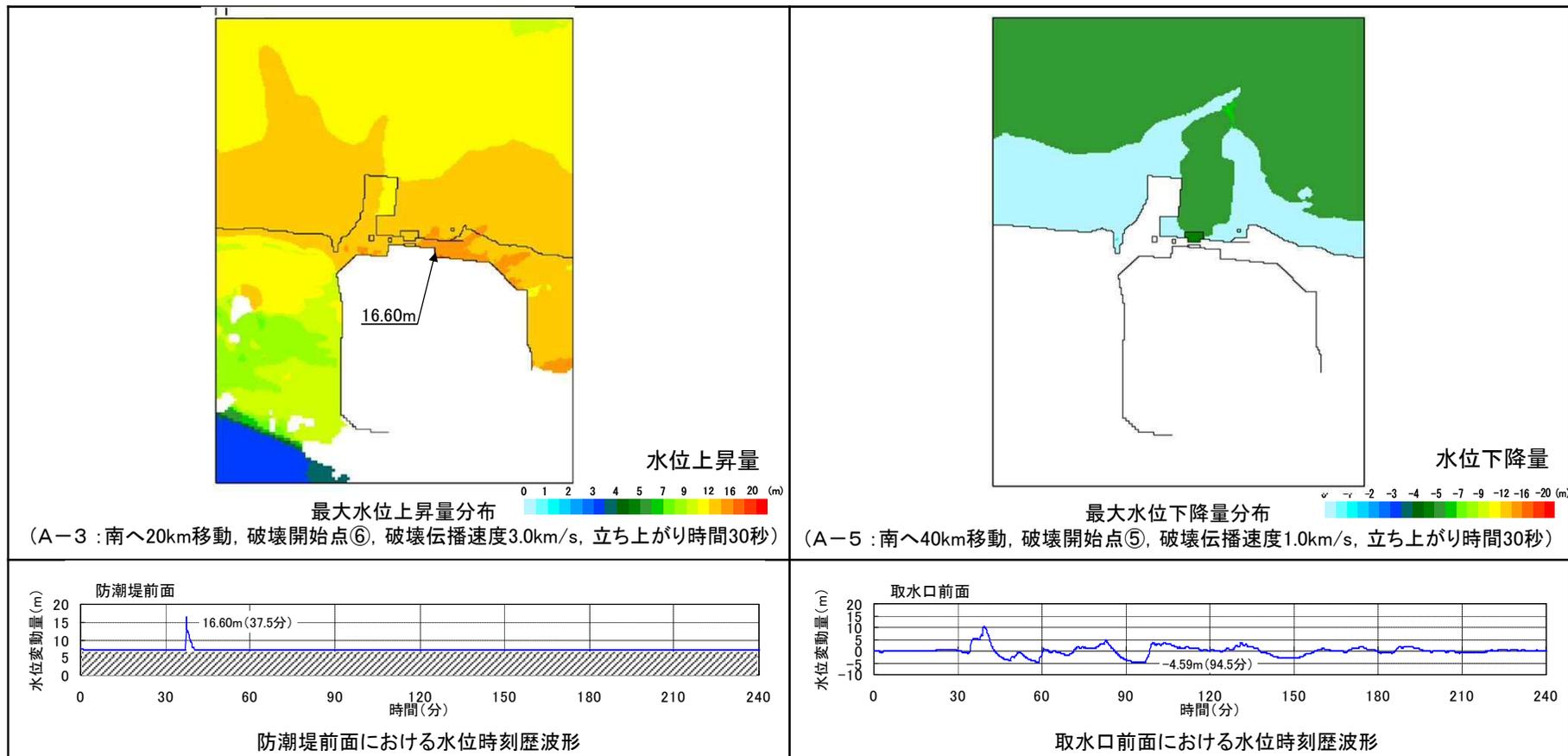
(A-5 : 南へ40km移動, 破壊開始点⑤, 破壊伝播速度1.0km/s, 立ち上がり時間30秒)

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。

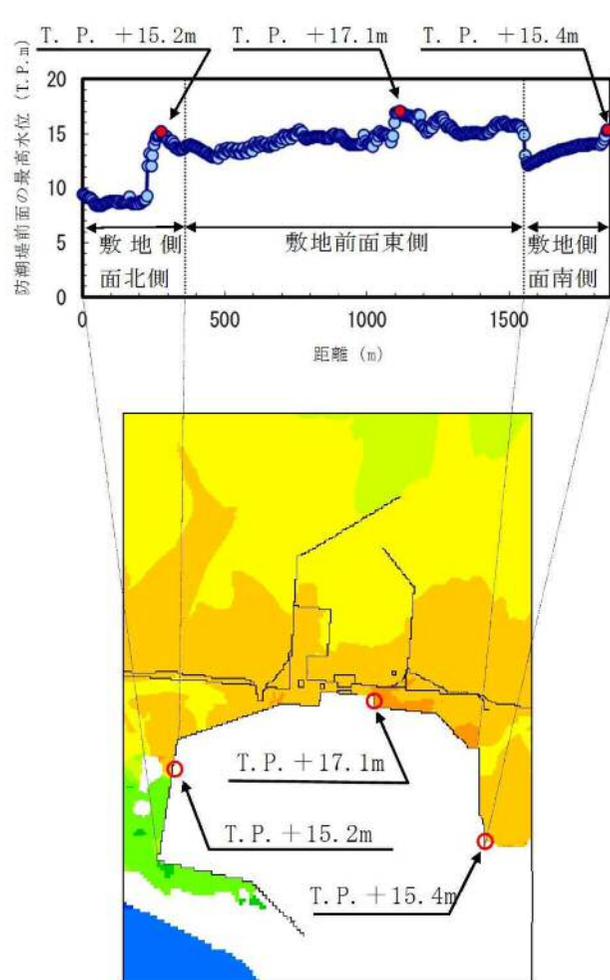
名称	港湾部の防波堤効果無し	港湾部の防波堤効果有り
最大水位上昇量(防潮堤前面)	16.60m	15.96m
最大水位下降量(取水口前面)	-4.59m	-4.59m

【港湾部の防波堤効果無し】

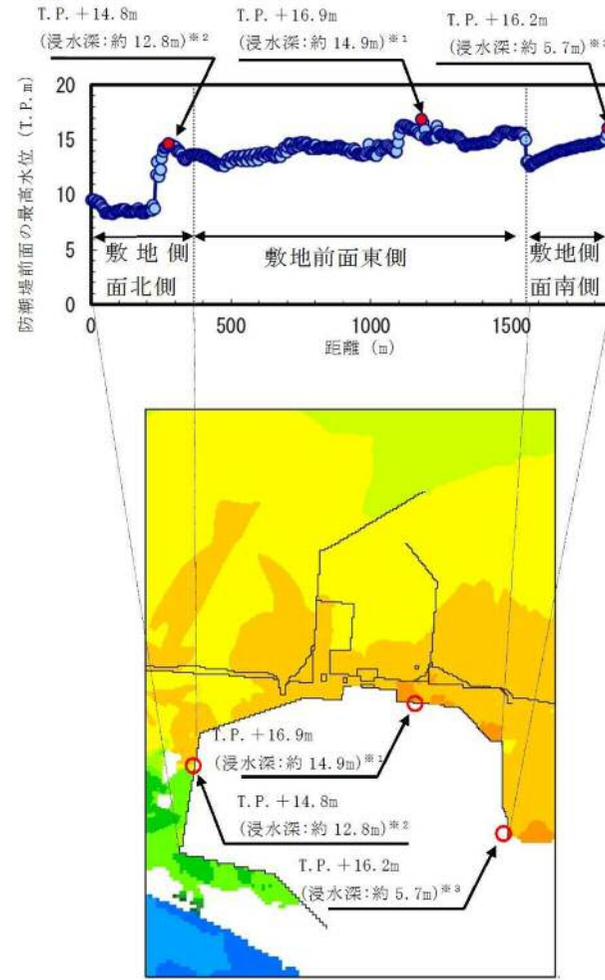


3. 入力津波の設定(地盤沈下の有無及び防波堤の有無の考慮(1/2))

- ◆ 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



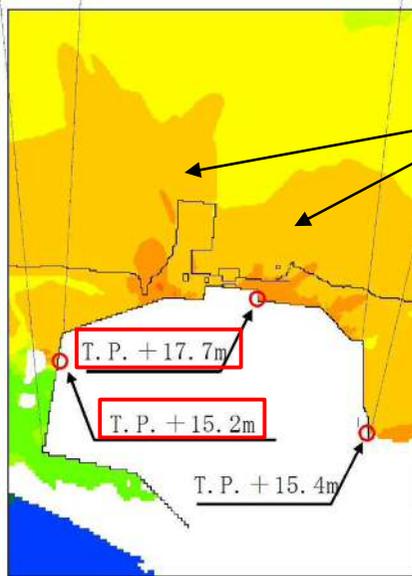
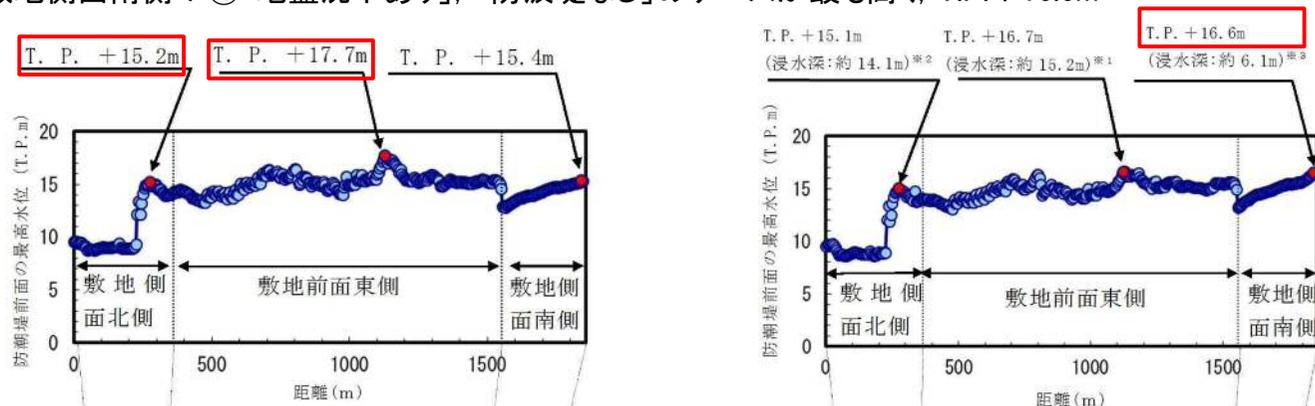
②「地盤沈下あり」, 「防波堤あり」のケース

- ※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))

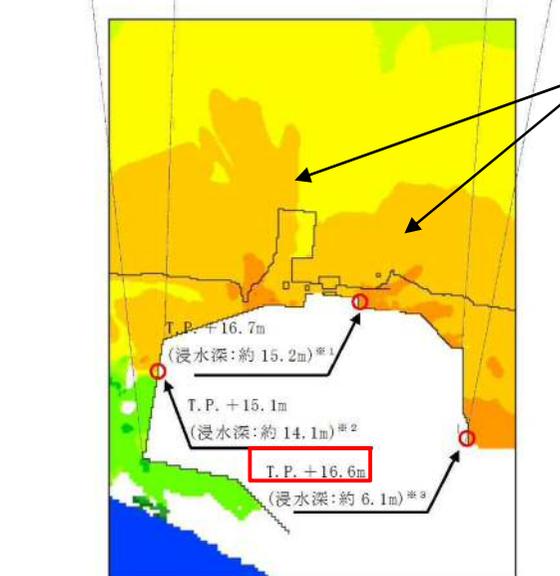
◆ 各ケースで最も津波高さが高くなる結果は以下のとおり。これらの結果から入力津波を設定する。

- ・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)

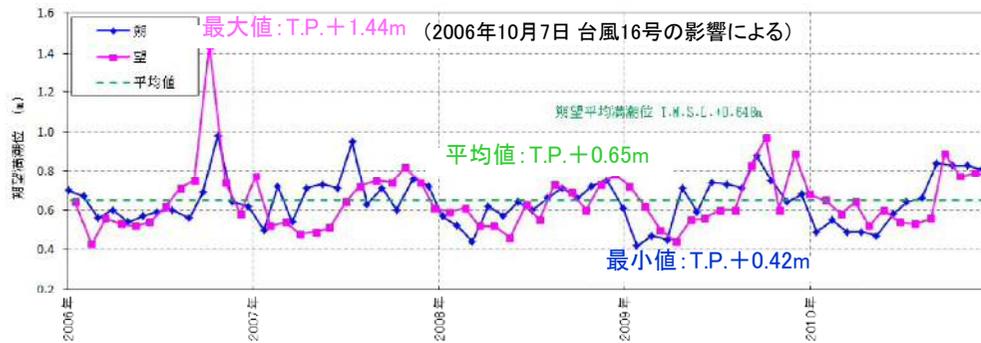
※3: 敷地高さをT.P.+10.5mとして算出(沈下量0.5mを考慮)

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)

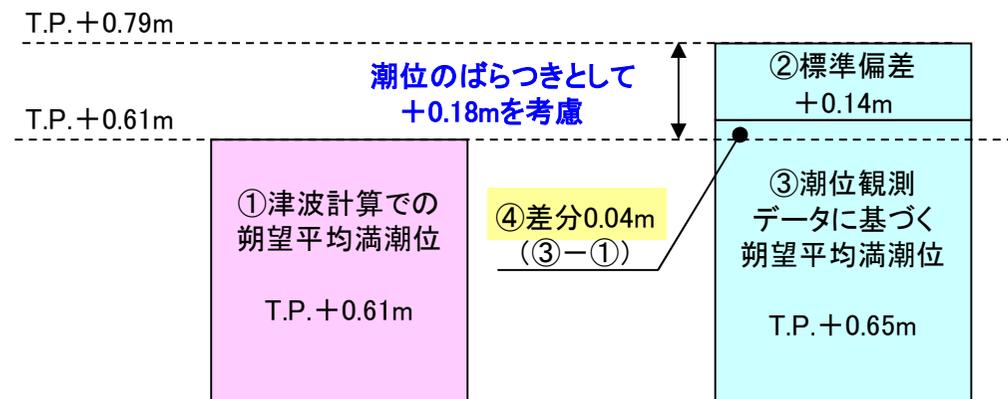
- ◆ 津波計算(基準津波による上昇側最高水位の評価)では、茨城港日立港区の潮位表(2004年~2009年)を用いて、朔望平均満潮位をT.P.+0.61mと設定(①)
- ◆ 最新の潮位観測記録データ(2006年~2010年)を用いて、朔望平均満潮位のばらつき(標準偏差)を+0.14mと評価(②)
- ◆ 最新の潮位観測記録データによる朔望平均満潮位(T.P.+0.65m)(③)と津波計算での朔望平均満潮位(T.P.+0.61m)(①)を比較して、最新の潮位観測記録データの方が0.04m高いため(④)、この差分を上記のばらつき(標準偏差)(②)に加えて、**潮位のばらつきを0.18mに設定**

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)

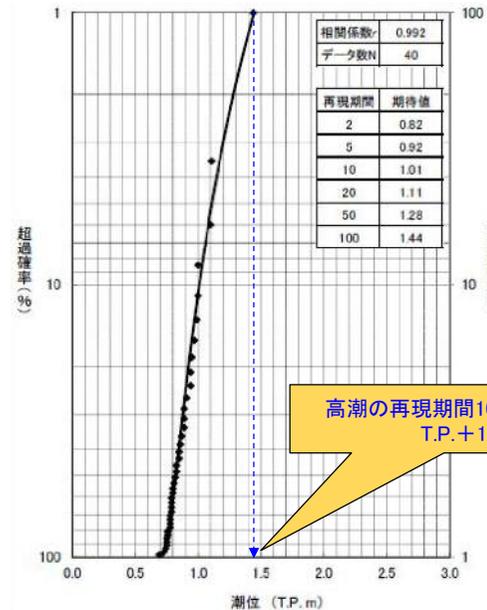
- ◆ 基準津波による最高水位の年超過確率は 10^{-4} 程度であり、独立事象としての津波と、台風等により発生する高潮が重畳する可能性は極めて低いが、評価では安全側に高潮の重畳を考慮する。
- ◆ プラント運転期間を超える再現期間100年に対する高潮の期待値T.P.+1.44m*1に基づき、入力津波で考慮済みの水位分を差し引いた+0.65mを防潮堤高さの裕度評価で参照する。

*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)

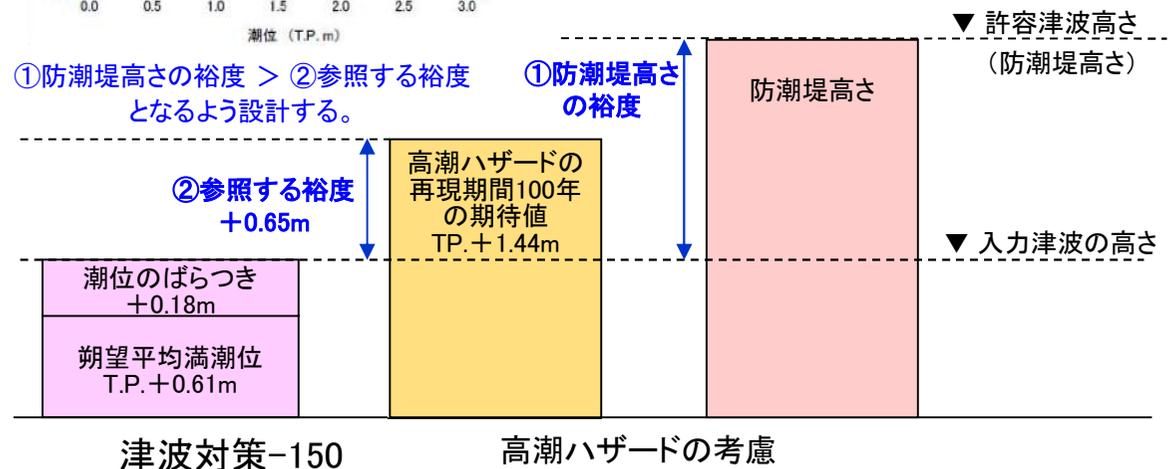
年	年最高潮位			順位	発生要因
	月	日	潮位(m)		
1971	9	1	0.89		
1972	11	21	0.80		
1973	10	28	0.73		
1974	1	10	0.85		
1975	9	8	0.76		
1976	9	28	0.83		
1977	9	19	0.86		
1978	9	17	0.79		
1979	10	7	1.00	1	台風18号から温帯低気圧へ
1980	12	24	1.11	2	二つ玉低気圧通過
1981	10	2	0.78		
1982	10	20	0.80		
1983	9	9	0.75		
1984	10	27	0.79		
	8	31	0.87		
1985	11	14	0.87		
1986	10	8	0.94	9	台風第18号通過
	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		
	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1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



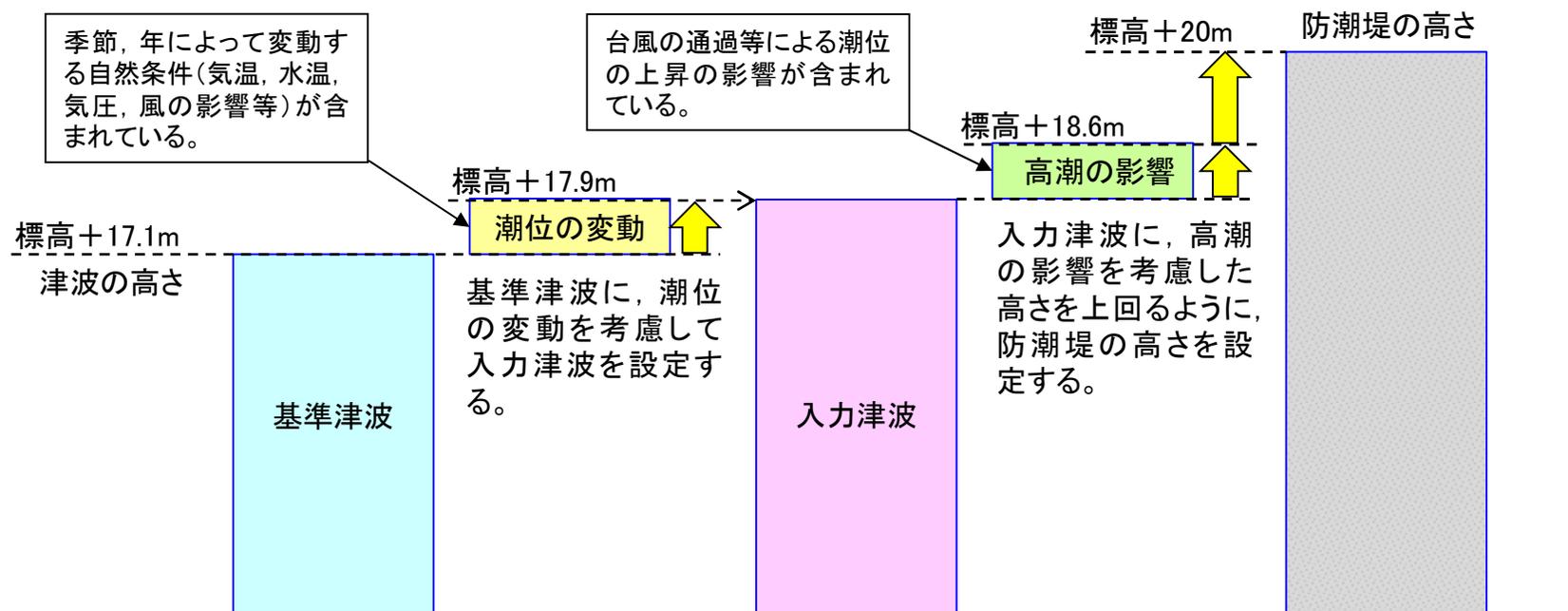
3. 入力津波の設定(自然現象に対する入力津波高さ及び防潮堤高さの保守性)



●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)

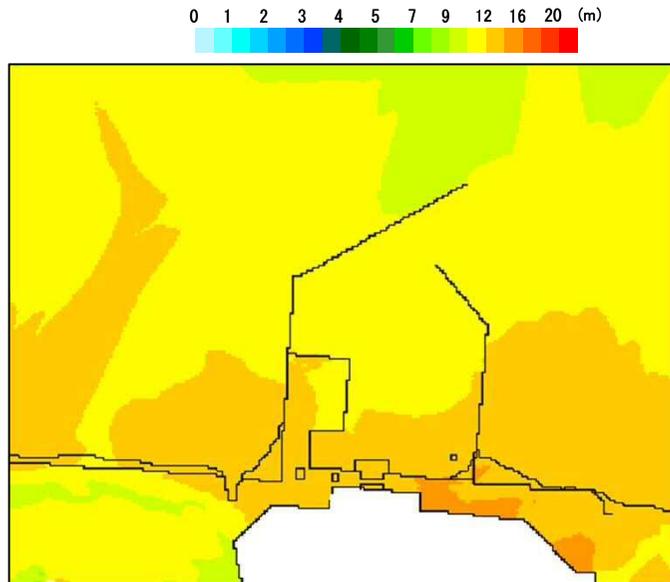
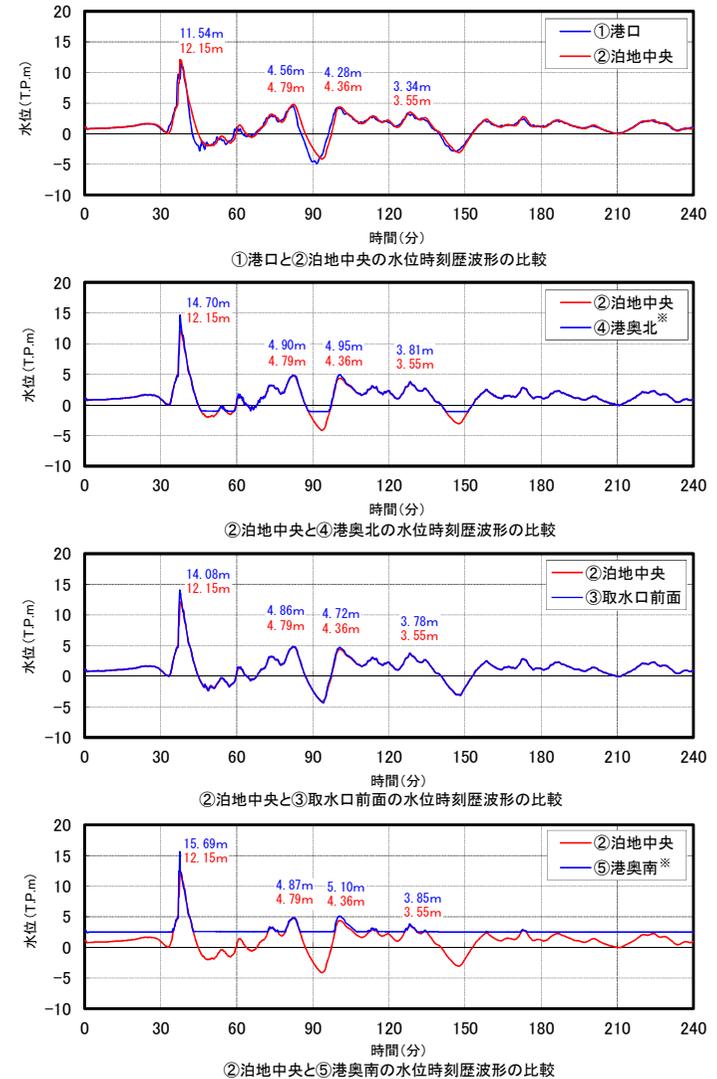


図1. 基準津波(水位上昇側)による敷地周辺における最大水位上昇量分布



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)



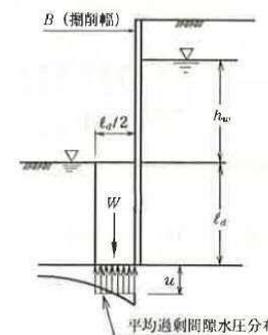
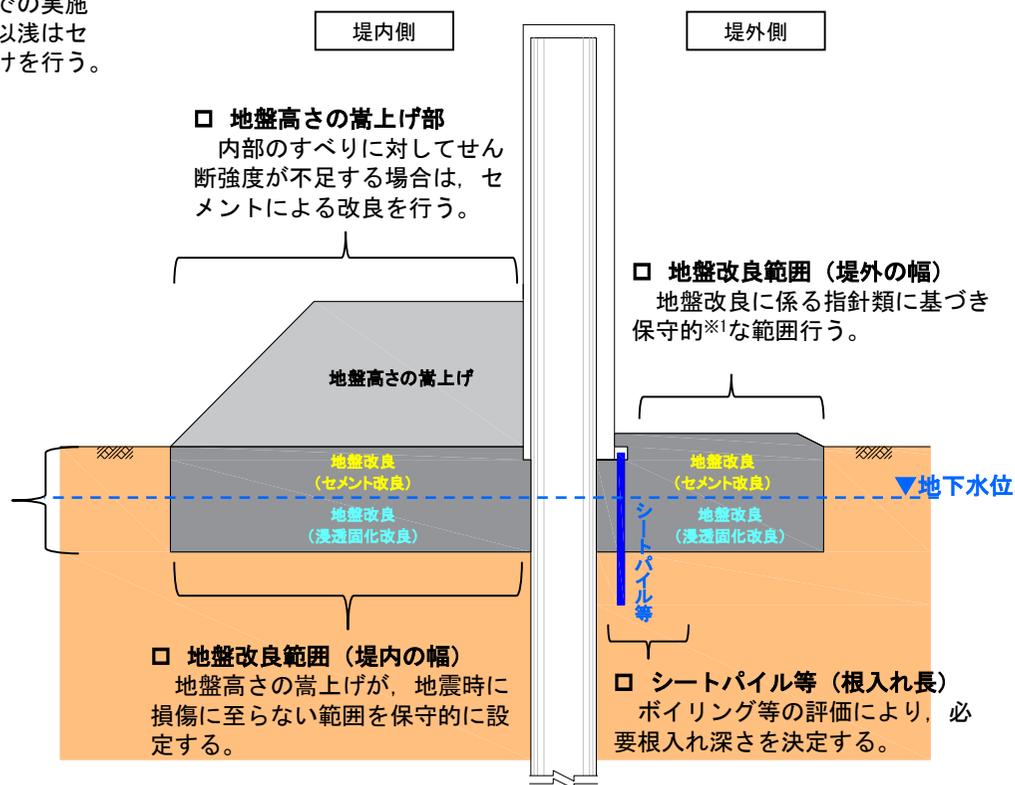
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。

ボイリングは、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、地下水位が深での実施が必要となることから、地下水位が浅はセメント固化改良とするなど使い分けを行う。



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。

□ 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。

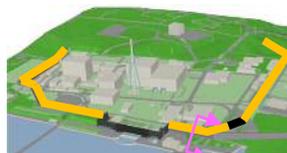
5. 基準津波に対する対策

(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))

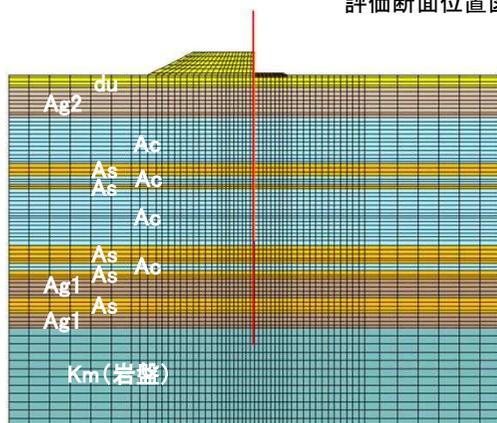


既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果を以下に示す(地盤改良無し)。

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。

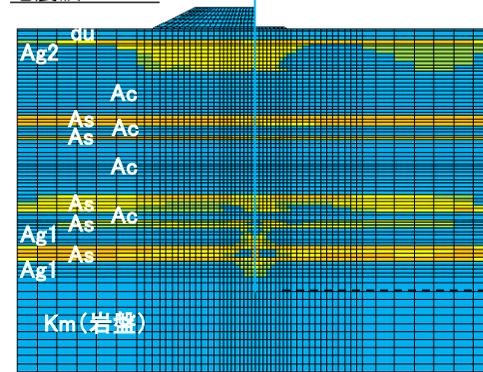


評価断面位置図



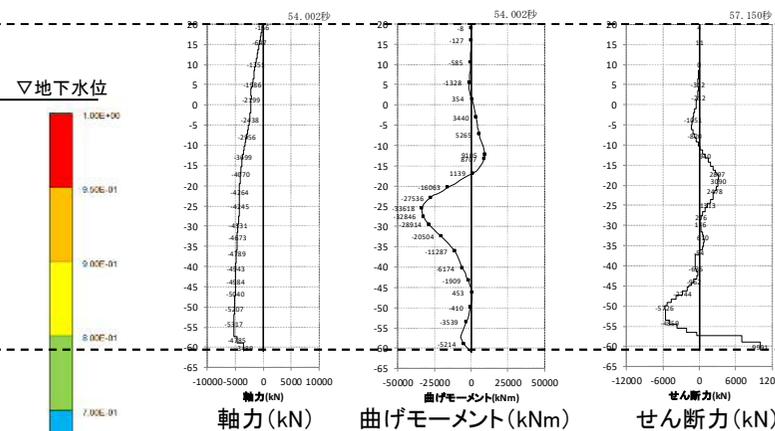
地層モデル図

地震波: S_s -D1



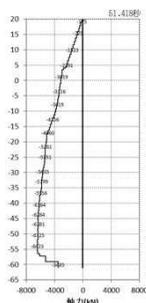
過剰間隙水圧比カウンター図

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: ϕ 2,500mm
- ・肉厚: $t=40$ mm

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。

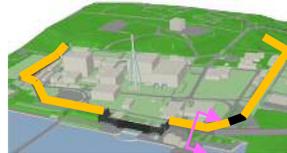
5. 基準津波に対する対策

(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))



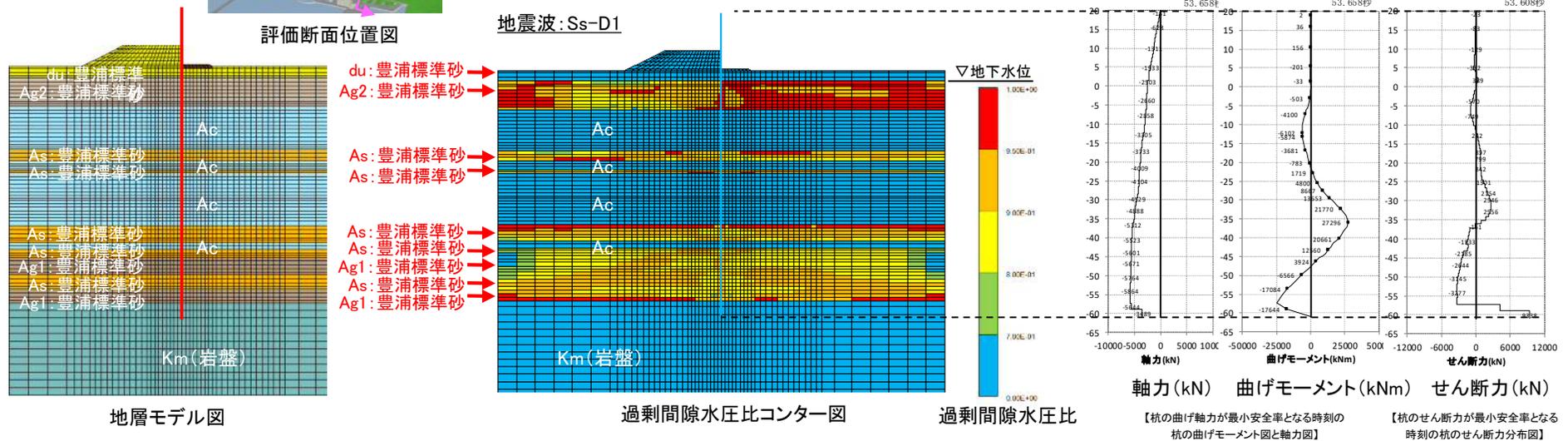
既往の地盤調査データに基づく有効応力解析の結果では、液状化検討対象層の過剰間隙水圧比が95%以下であったことから液状化しないことを確認している。しかし、保守的に全ての砂層・礫層を「豊浦標準砂」の液状化強度特性と仮定することにより、強制的に液状化する条件を与え、その条件下でも岩着支持杭が成立することを確認した。

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。



評価断面位置図

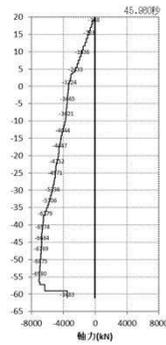
全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価



地層モデル図

過剰間隙水圧比カウンター図

過剰間隙水圧比



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

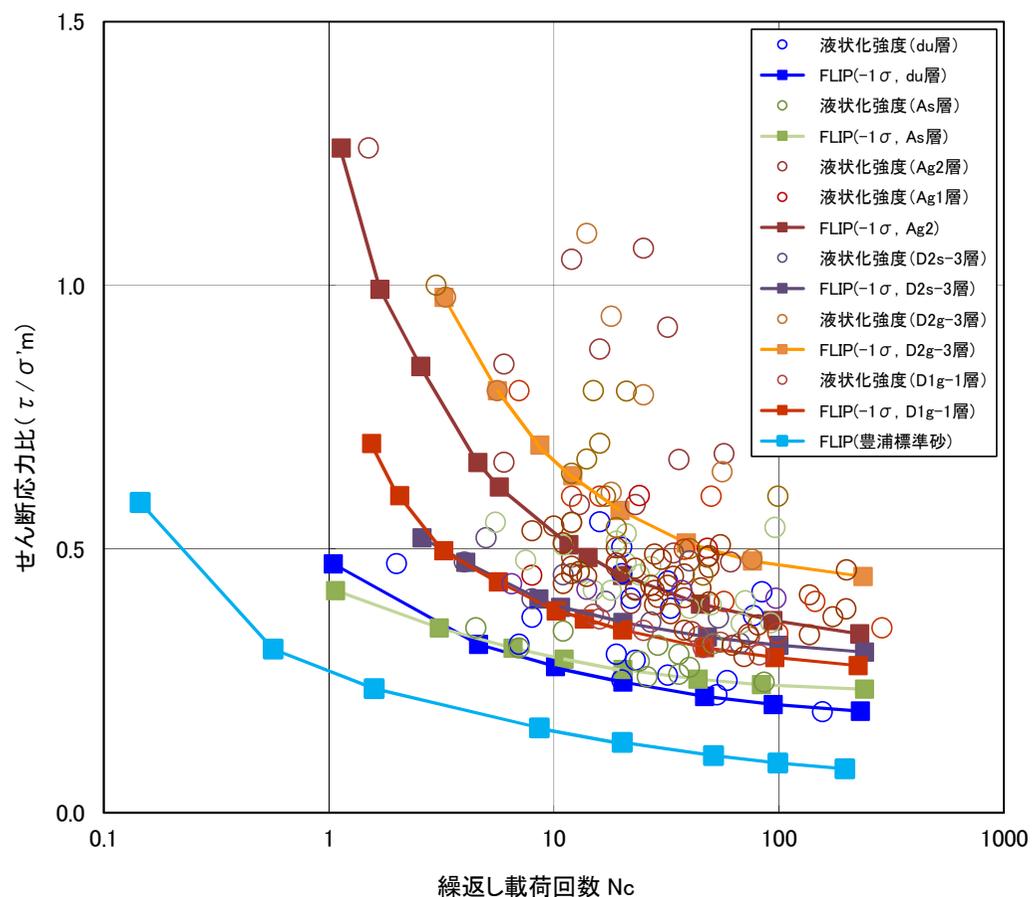
全ての砂層、礫層を「豊浦標準砂」の液状化特性と仮定し、強制的に液状化する条件を与えた解析評価においても、岩着支持杭は成立することを確認した。

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。

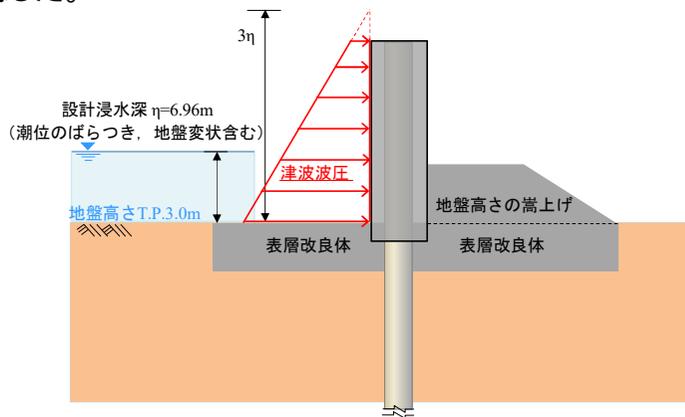
5. 基準津波に対する対策(津波波圧算定式適用に対する考え方 浸水深の設定)



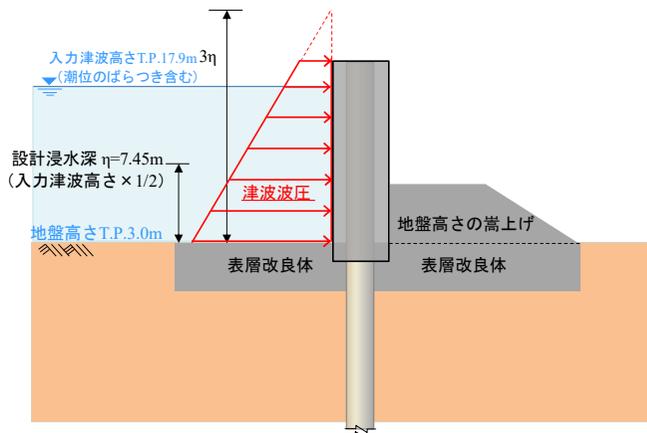
■ 浸水深の設定

設計用浸水深は、津波の最大遡上高さ η 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。

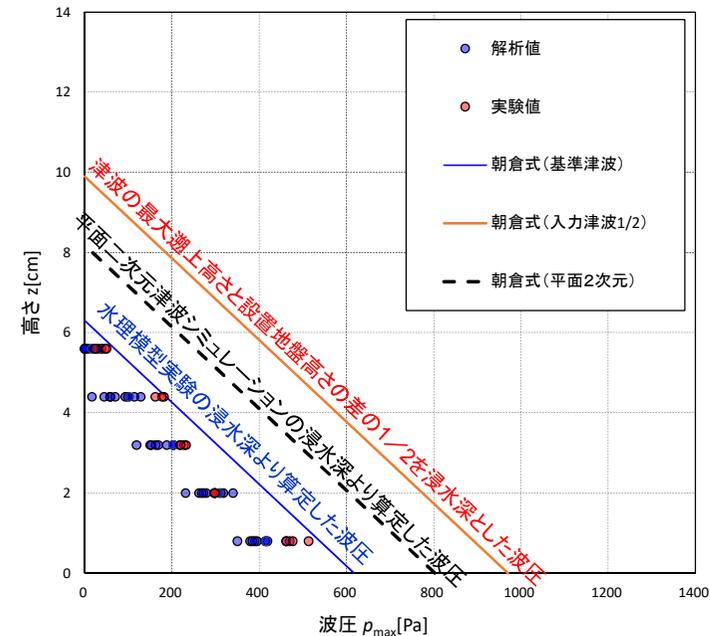
- 津波の最大遡上高さ η と設置地盤高さの差の $1/2$ を浸水深とし朝倉式から算定した津波荷重は、平面二次元津波シミュレーション解析で得られた浸水深を用いて朝倉式により算定した津波荷重よりも大きい。
- 水理模型実験により確認した浸水深を用いて朝倉式から算定した津波荷重は、上記から算定した津波荷重よりも更に小さいことを確認した。



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)



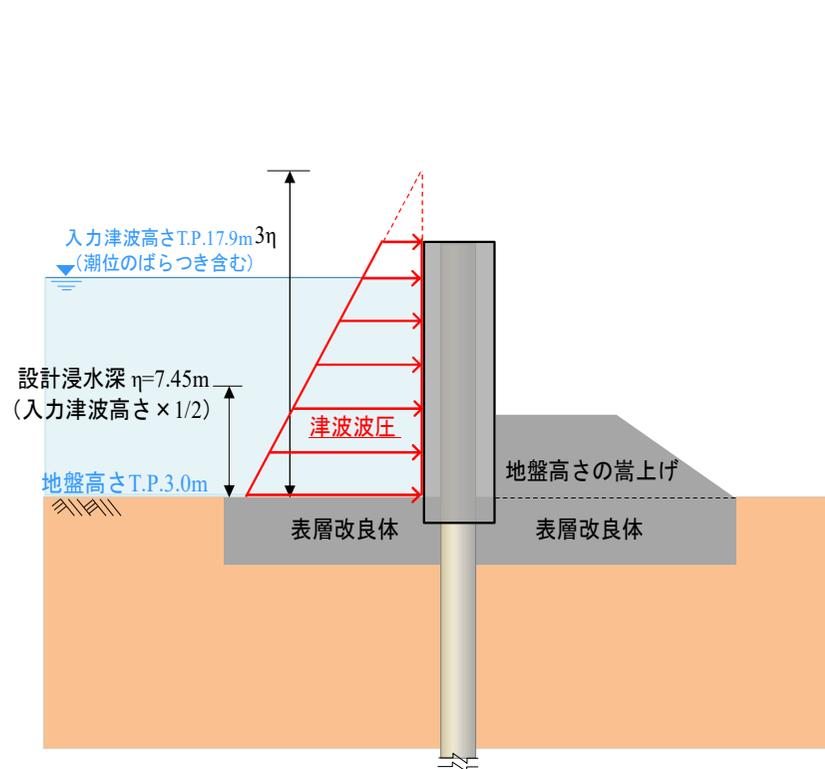
津波荷重の作用イメージ図(入力津波 $\times 1/2$)



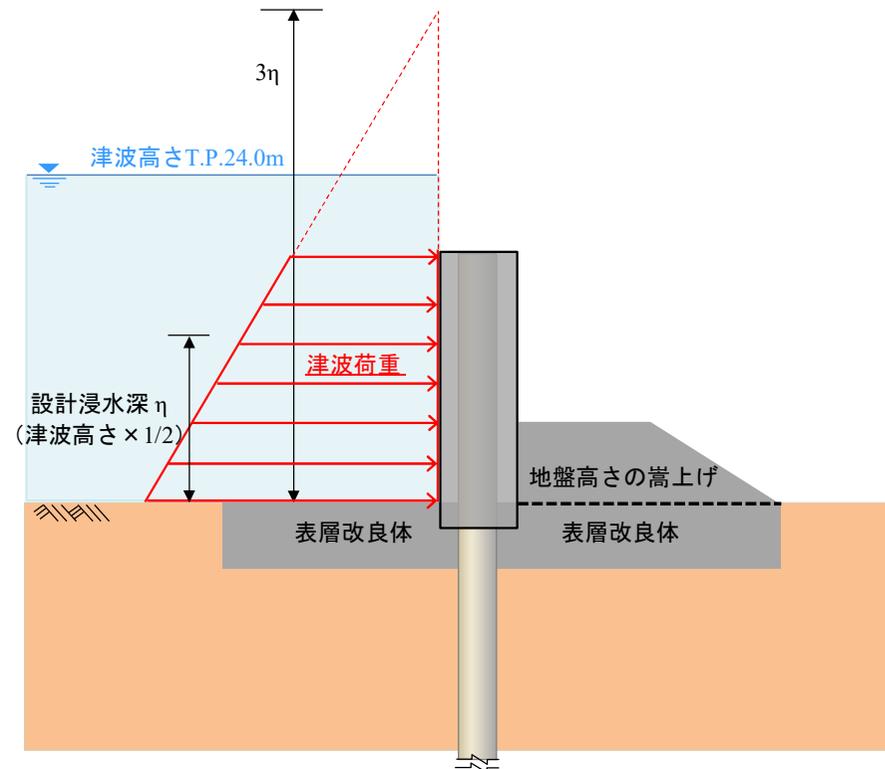
津波波圧の比較(縮尺 $1/200$)

- 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) $\times 1/2$ 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)



基準津波時の津波荷重



T.P.+24m津波時の津波荷重

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Ss
- ◆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)

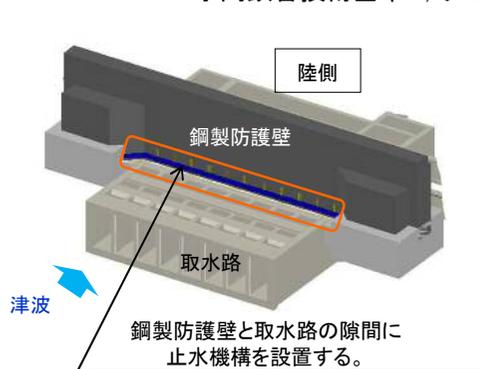


図1 鋼製防潮壁の構造

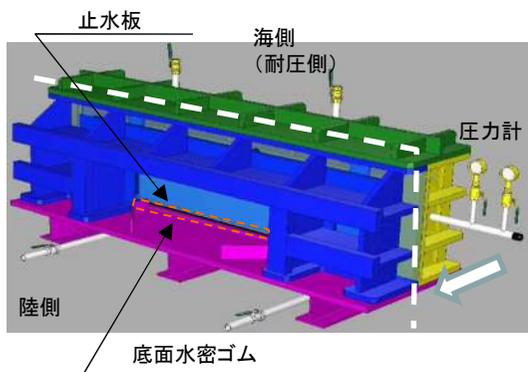
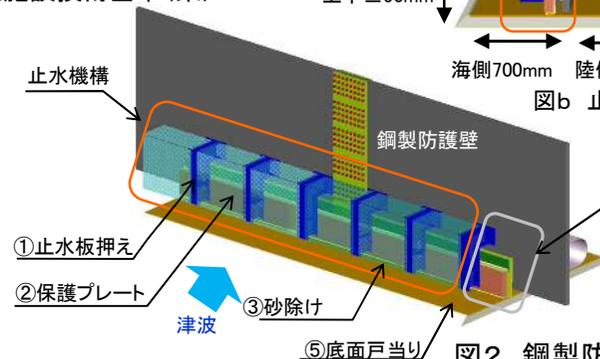
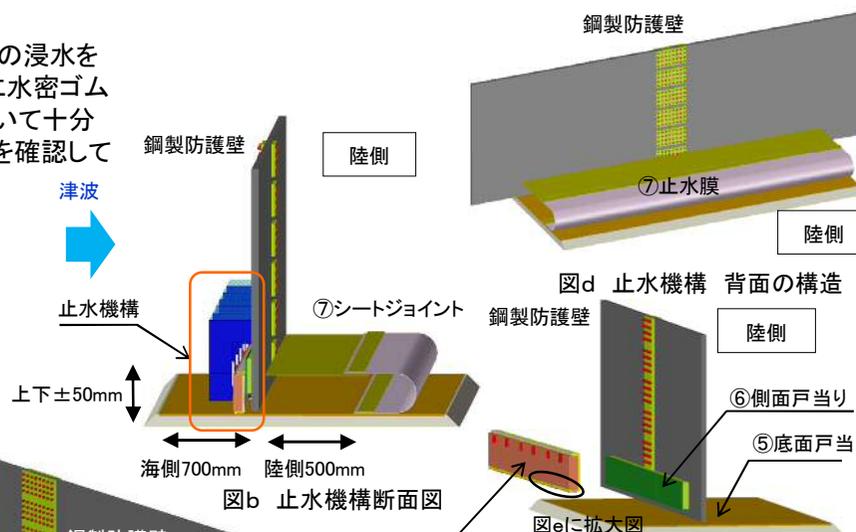


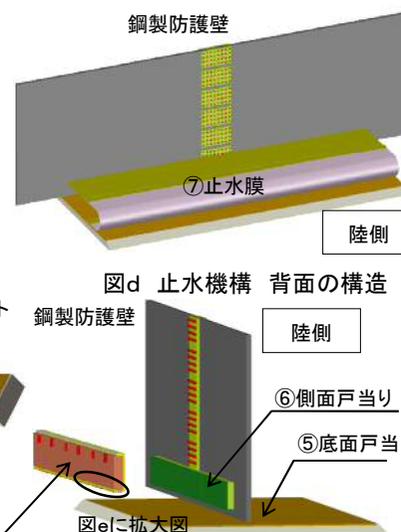
図3 水密ゴムの漏水試験装置概要



図a 止水機構の構造

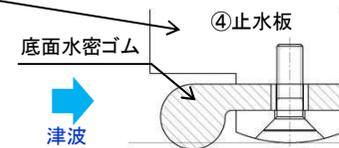


図b 止水機構断面図



図c 止水板の構造

図eに拡大図



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

図2 鋼製防護壁 止水機構の構造

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

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)



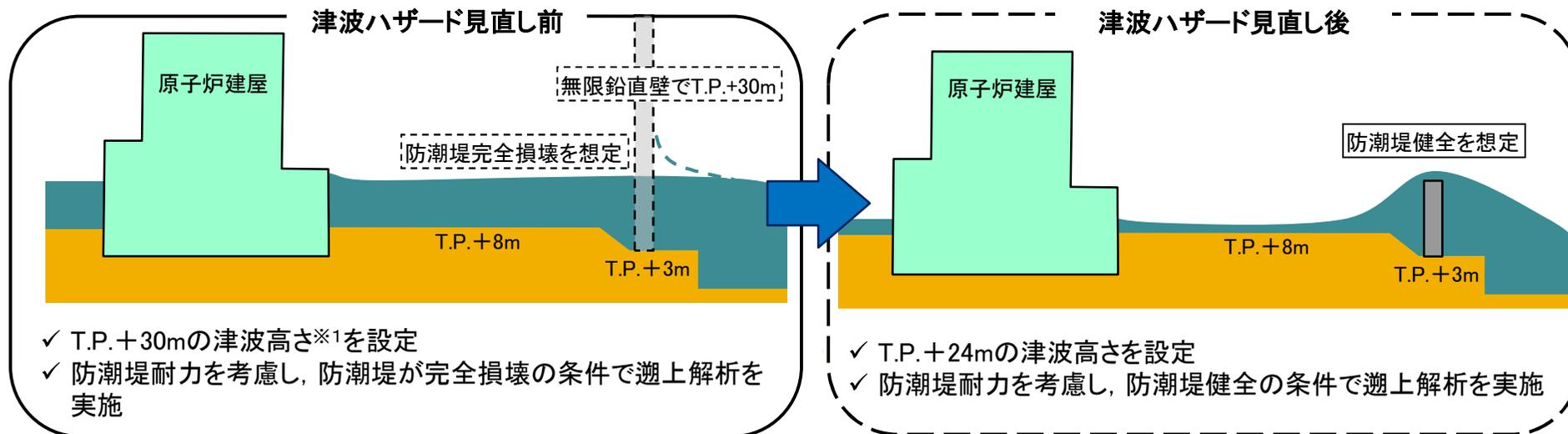
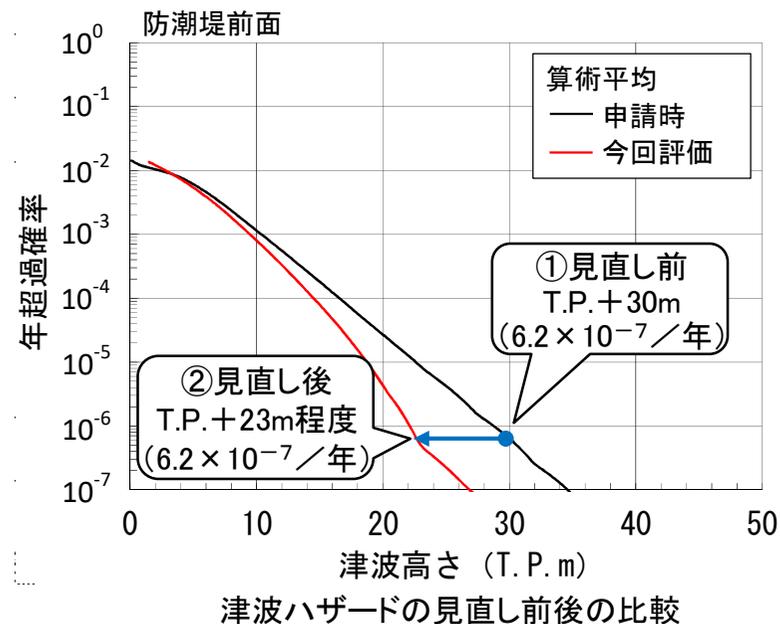
重大事故等対処設備の津波防護設計を行う津波高さの見直し

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。



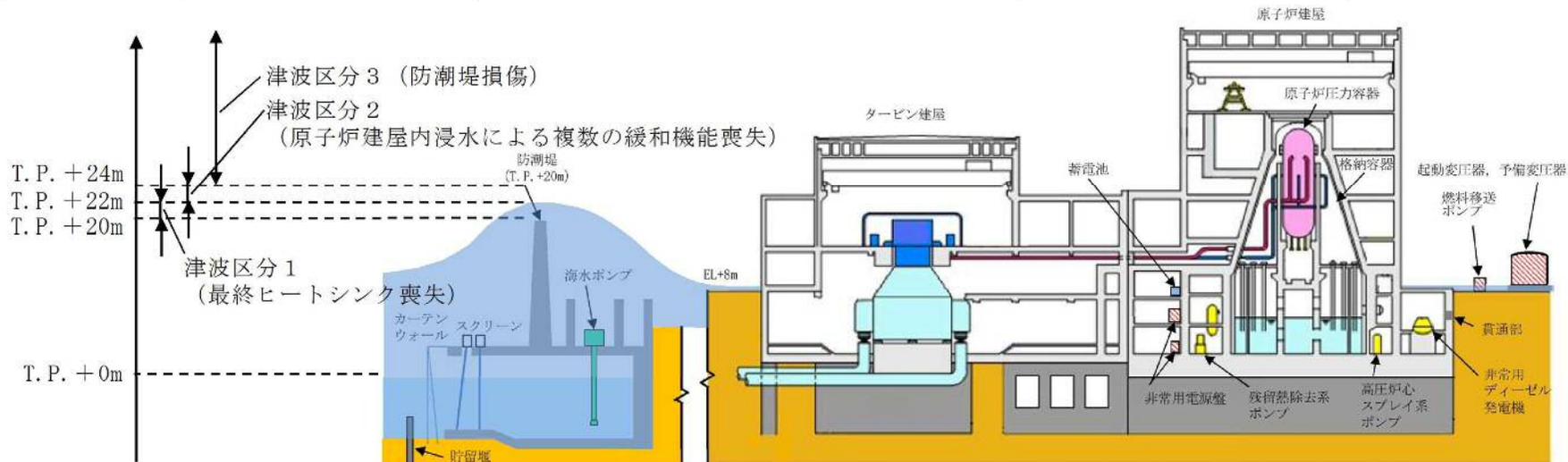
^{※1} ここで示す津波高さ(T.P.+30m)は、仮想的に防潮堤位置に無限鉛直壁を設定した場合の最高水位(駆け上がり高さ)であり、防潮堤がない状態の津波高さはT.P.+20m程度である。津波対策-160

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%)



プラントの設備配置の概略図(津波浸水イメージ)

津波対策-161

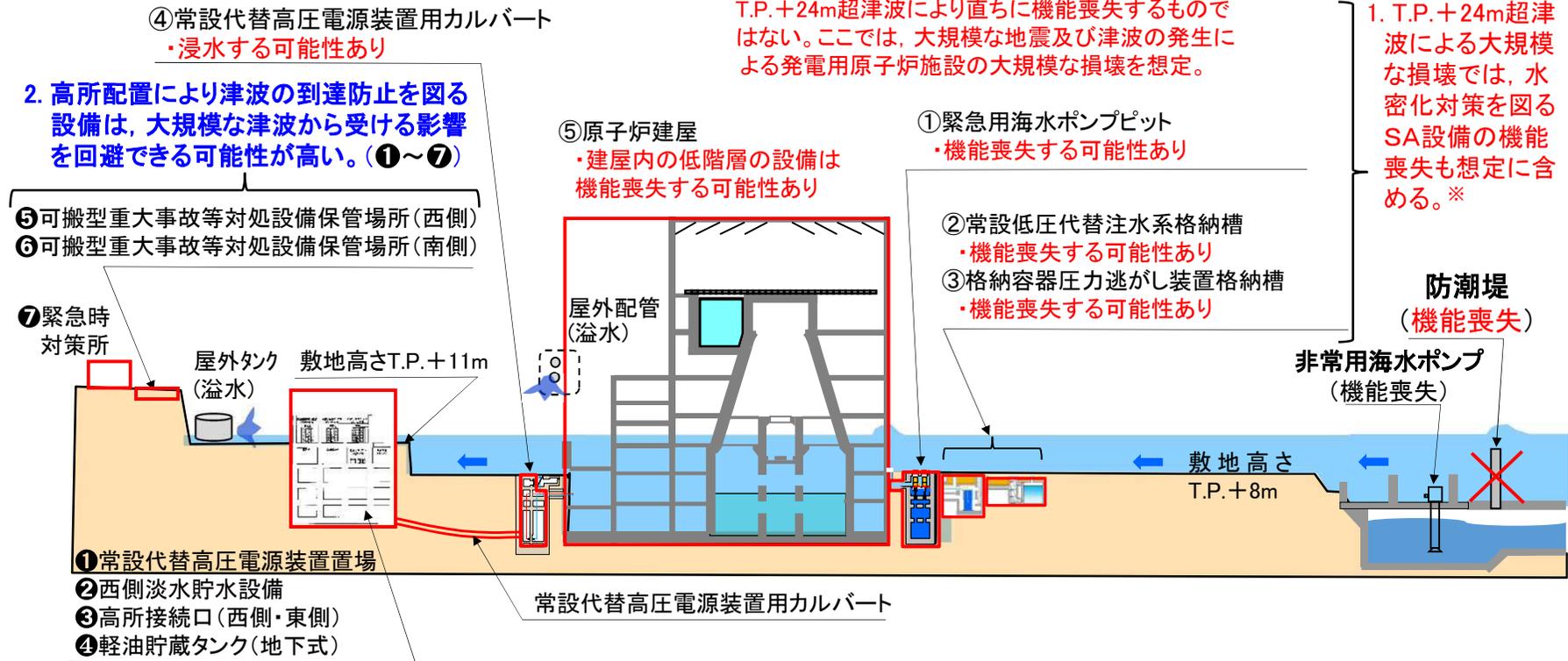
* 本評価では重大事故等対処設備がない前提で評価している。

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

: 浸水防護重点化範囲



※ SA設備の水密化対策には一定の実力裕度があり、T.P.+24m超津波により直ちに機能喪失するものではない。ここでは、大規模な地震及び津波の発生による発電用原子炉施設の大規模な損壊を想定。

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では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

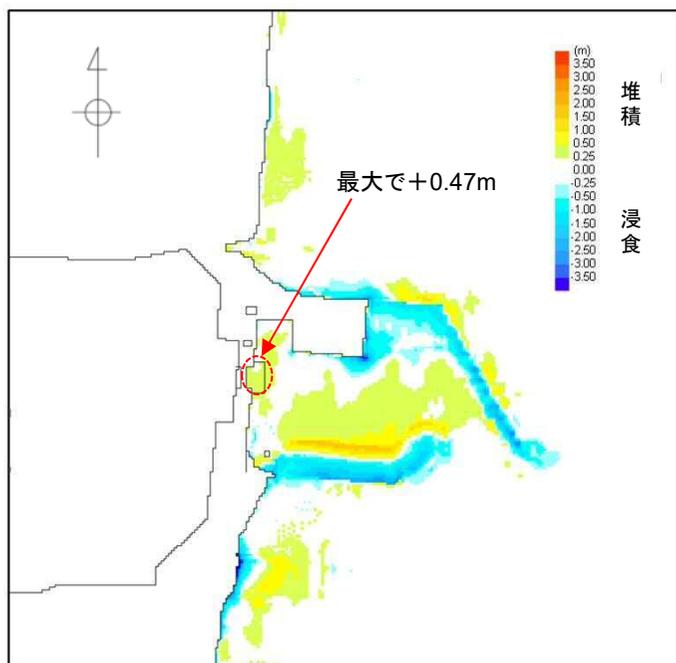
津波対策-164

7. 貯留堰の概要(砂が堆積した場合の容量への影響(2/2))

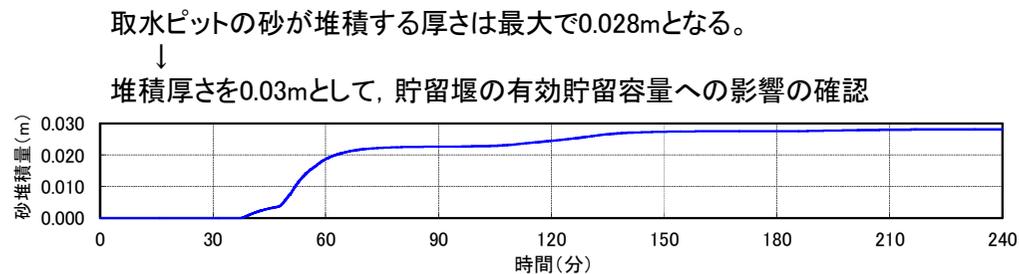


● 基準津波による砂の移動・堆積のシミュレーション結果

- ・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



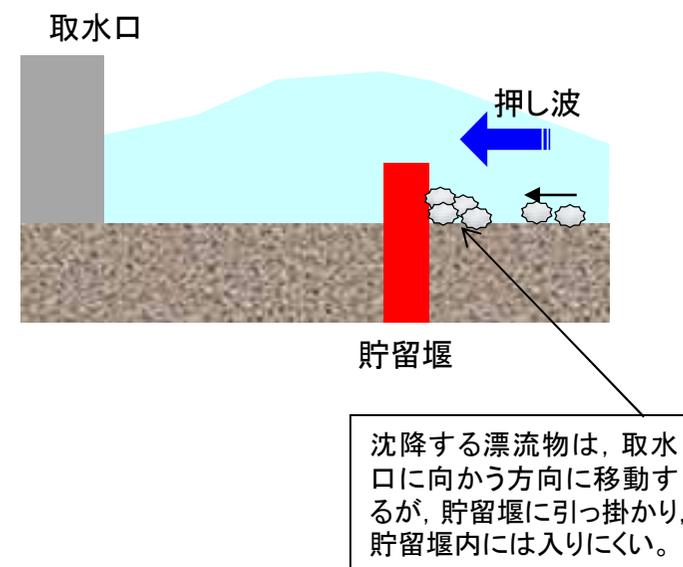
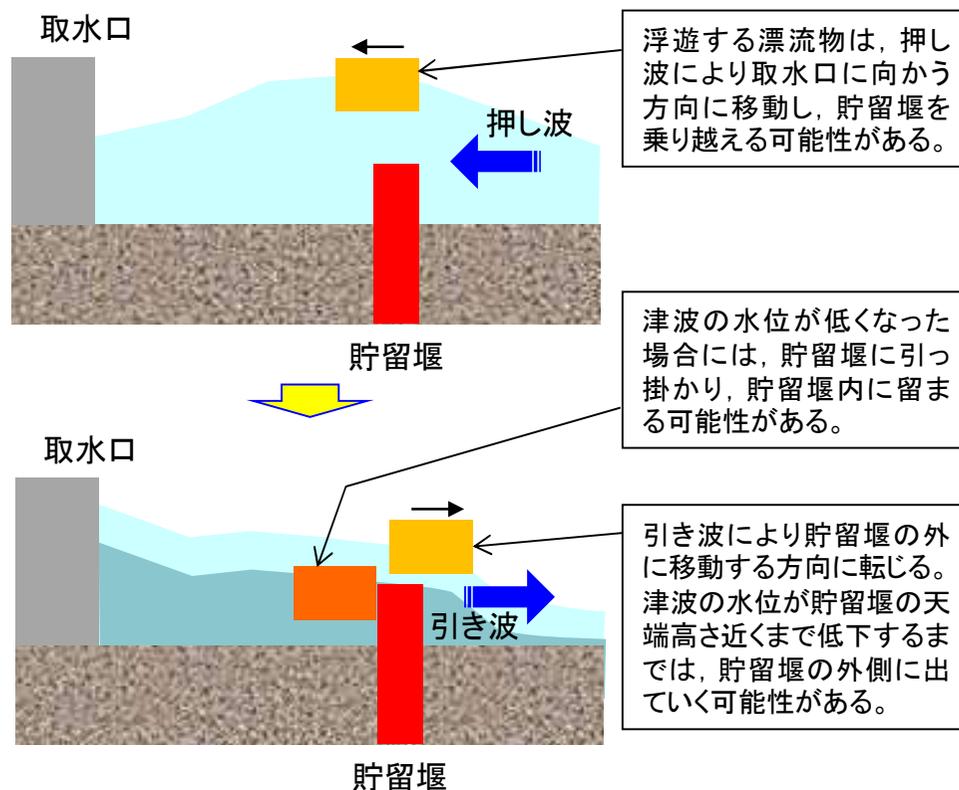
基準津波による取水ピットの砂堆積の時刻歴

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であっても、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、漂流物の堆積はここまで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)

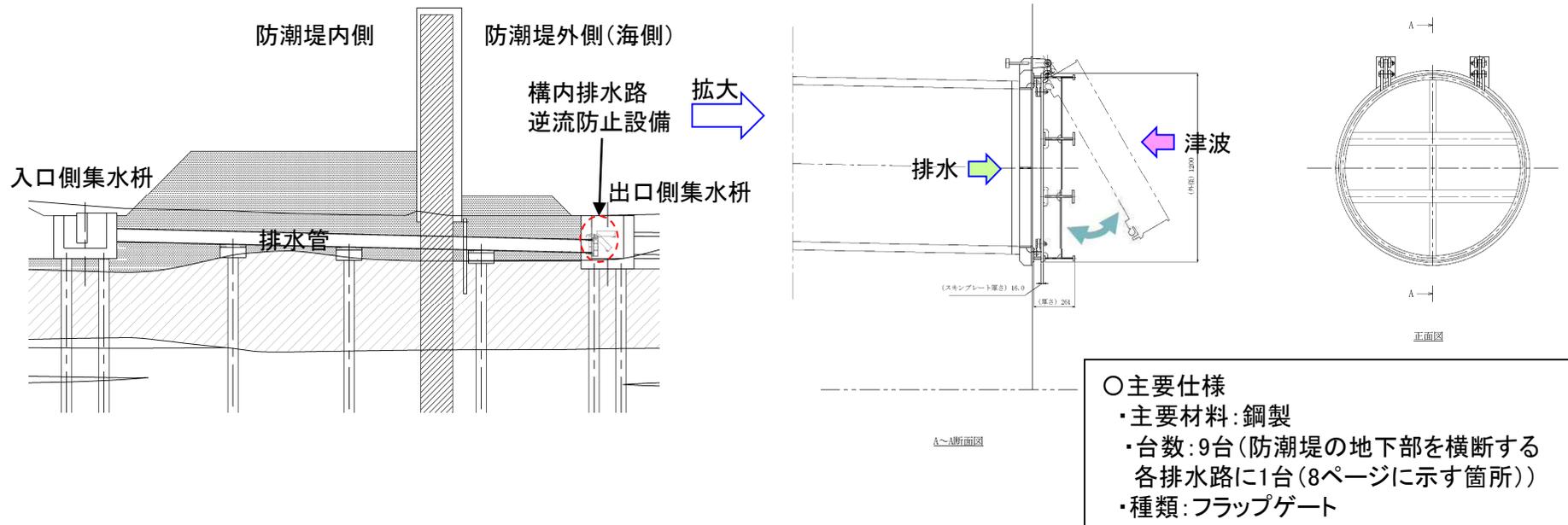
8. 構内排水路の概要(構内排水路の設計)

- ・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。



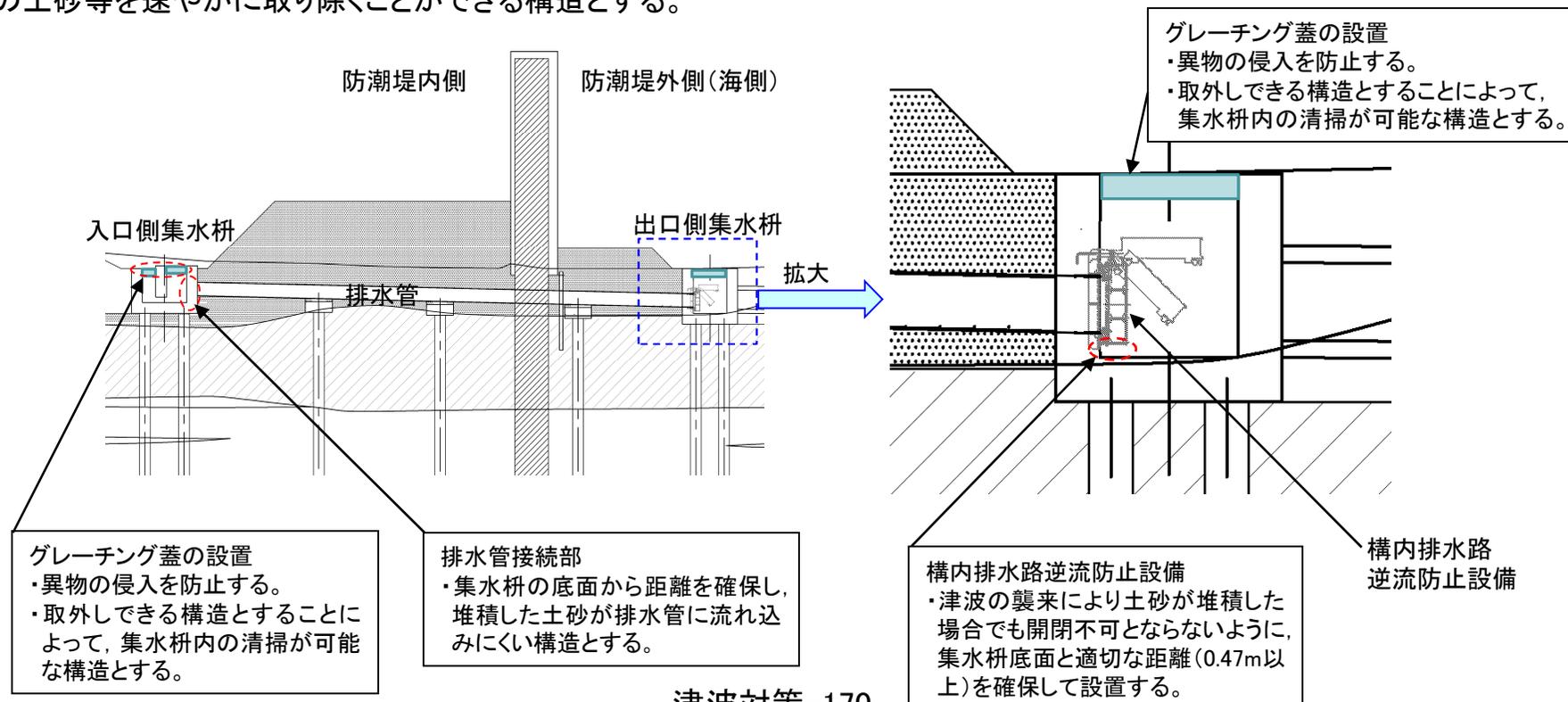
- 津波が襲来した場合には、構内排水路逆流防止設備が閉となり排水できない状況となるが、津波は押し波と引き波が繰り返されることから閉となるのは一時的な状況であり、且つ雨水排水設備は観測された最大1時間降水量(81.7mm/h[※])に対して降水量127.5mm/hを排水できるよう余裕を持った設計であるため、大雨の影響で敷地浸水深が上昇する恐れはない。

※: 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。

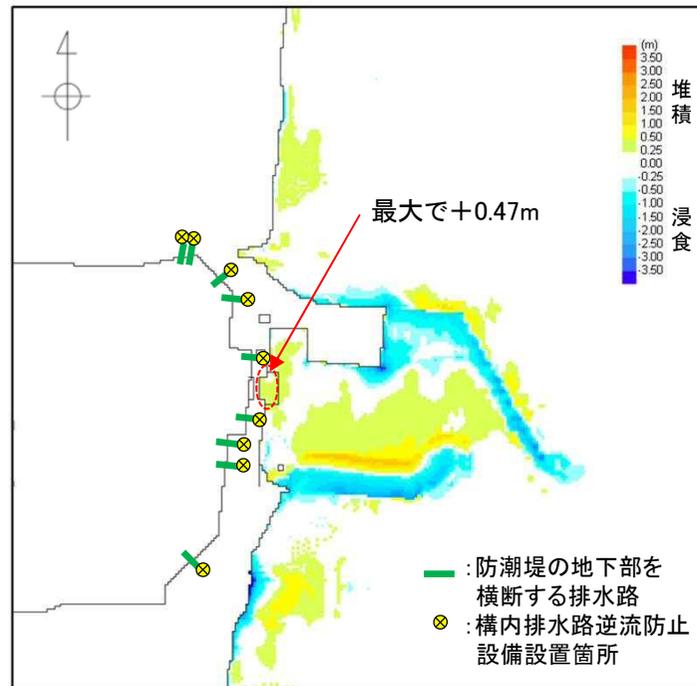
- ・ 入口側集水枡及び出口側集水枡にはグレーチング蓋を設置し、漂流物等の異物の侵入を防止することによって、排水管の閉塞や構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性への悪影響を防止する。
- ・ 入口側集水枡の排水管接続部は、集水枡の底面からの距離を確保して設置し、枡内に堆積した土砂が排水管に流れ込みにくい構造とすることによって、排水管の閉塞や構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性への影響を防止する。
- ・ 構内排水路逆流防止設備は、集水枡の底面から適切な距離を確保して設置することにより、枡内に堆積した土砂が構内排水路逆流防止設備の動作を妨げない構造とすることによって、排水性及び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(出口側集水柵)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、出口側集水柵に設置され、防潮堤沿い(外側)に位置する。このため、出口側集水柵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柵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-171

9. 漂流物の評価(評価の概要)

- 津波によって発生する漂流物に対して、発電所への影響を評価する。
 - ・漂流物となる可能性のあるものを抽出し、発電所への到達の可能性を考慮して、発電所への影響を評価する。
 - ・防潮堤は、到達する可能性がある漂流物(漁船, 流木, 車両)の衝突を考慮して設計している。
 - ・漂流物(建物のガレキ等)が冷却用海水系の取水性へ影響を及ぼさないことを確認している。

▶発電所と周辺地域を調査し、漂流物となる可能性、発電所への到達の可能性を考慮して、漂流物を抽出*④

抽出した漂流物: **漁船, 建物のガレキ等**(防潮堤外側)
足場板(防潮堤内側※)

※防潮堤内側の漂流物は、敷地に遡上する津波の評価において考慮する。

抽出した漂流物: **流木, 車両**(防潮堤外側)
流木, 車両(防潮堤内側※)

▶過去の被災事例を考慮して、防潮堤に到達する可能性のあるものを安全側に想定

○防潮堤や取水口に到達する可能性があるとした漂流物について、防潮堤等への衝突、冷却用海水系の取水性への影響を検討し、安全性が確保できることを確認した。

評価, 設計の内容

- 建物のガレキ等による冷却用海水系の取水性への影響(取水口の閉塞の可能性)を評価し、影響を及ぼさないことを確認
- 防潮堤外側については、漁船, 流木, 車両のうち、最大荷重となる車両が衝突することを想定した場合でも、防潮堤の健全性が確保できるように設計
- 防潮堤内側については、足場板, 流木, 車両のうち、最大荷重となる足場板が衝突することを想定した場合でも、健全性が確保できるように水密扉を設計

9. 漂流物の評価（漂流物となる可能性のあるものの抽出）

● 津波によって漂流物となる可能性のあるものを調査

- ・基準津波の流向・流速及び津波が陸域に遡上する範囲を考慮して、**東海第二発電所から半径5kmの範囲**を対象に漂流物となる可能性のあるものを調査し、漂流物となる可能性のあるものを抽出
- ・**発電所周辺の港湾（茨城港日立港区、茨城港常陸那珂港区）**、工場及び研究施設を含めて調査



調査範囲は、津波のシミュレーション結果を踏まえて、津波の流向・流速から、漂流物が発電所へ向かって移動する可能性のある距離を評価した結果が約3.6kmとなったことから、漂流物の移動距離より大きくなるように設定し、**発電所から半径5kmの範囲**とした。

【漂流物調査範囲図】

■ : 調査範囲(基準津波の遡上域を包絡した範囲)

調査の結果、漂流物となる可能性のあるものとして、船舶、建物、設備等を抽出。主な漂流物となる可能性のあるものは以下のとおり。

発電所敷地内

- 船舶
 - ・燃料等輸送船, 作業台船等
- 建物類
 - ・プラント設備の建物(鉄筋コンクリート造)
 - ・事務所等(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
- 設備類
 - ・プラント設備(配管, 弁, クレーン等), 資機材類
- その他
 - ・車両, 植生等

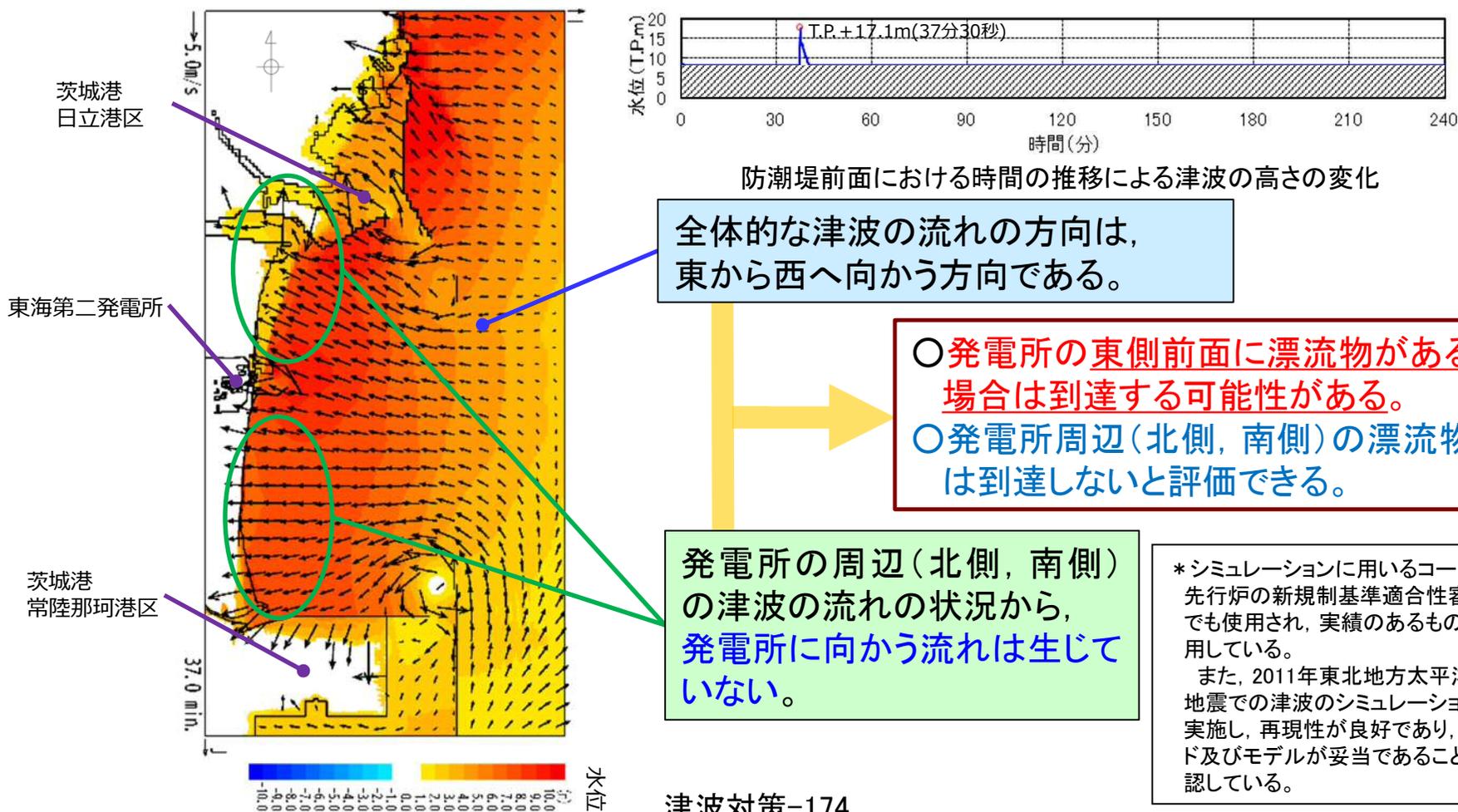
発電所敷地外

- 船舶
 - ・漁船, 大型船(貨物船等)
- 建物類
 - ・商業施設, 公共施設, 倉庫等(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
 - ・プラント・工場設備の建物(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)
 - ・家屋
- 設備類
 - ・プラント・工場設備(大型タンク, 配管, 弁, クレーン等)
 - ・資機材類
- その他
 - ・車両, 植生等

9. 漂流物の評価(津波の流況の確認)

● 津波の流況を確認し、漂流物の発電所への到達の可能性を評価する。

- ・漂流物は津波の流れに沿って漂流することを踏まえ、基準津波の流れの状況をシミュレーション*により解析し、発電所への到達の可能性を評価する。
- ・ここでは、基準津波が発電所に襲来する際の押し波の様子を示す。
- ・津波の流況から、発電所の東側前面に漂流物がある場合は到達する可能性があるが、北側及び南側からは到達しないと評価できる。

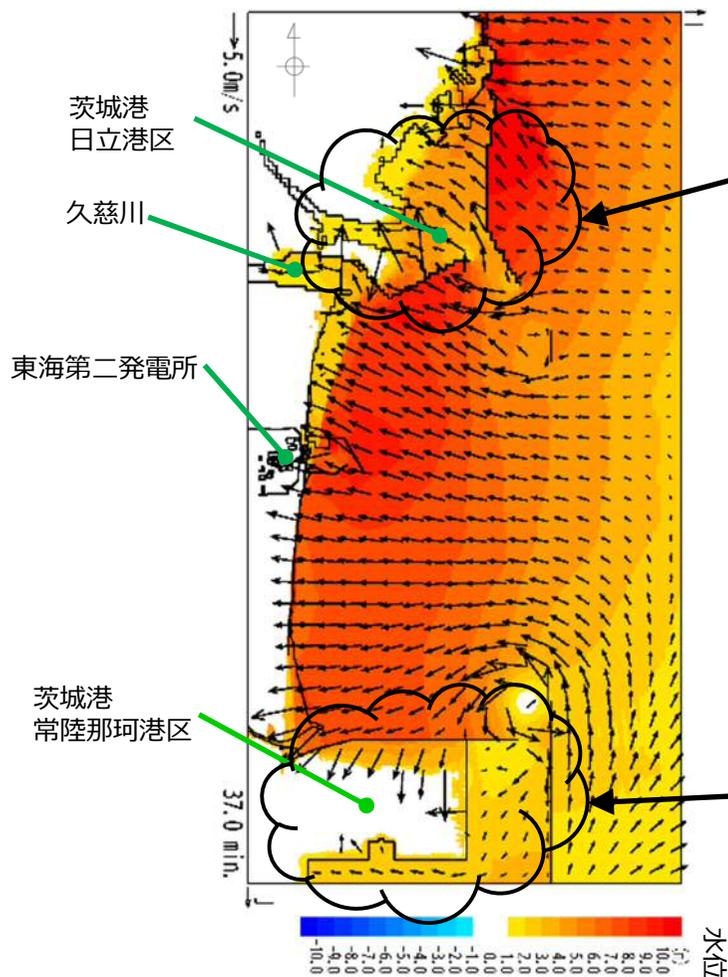


9. 漂流物の評価(発電所への到達の可能性の評価(1/2))



●津波によって発生する漂流物が発電所へ到達する可能性を評価する。

- ・漂流物となる可能性のあるものの調査結果及び津波の流況確認から、発電所へ到達する可能性のある漂流物を抽出する。
- ・敷地周辺の漂流物は、**発電所には到達しない**と評価した。



- ・茨城港日立港区の周辺には、**大型船が入港する他に、大型タンク等のプラント・工場の設備等**がある。
- ・津波の流れの方向は、岸壁や久慈川沿いに遡上する方向であることから、漂流物は岸壁や港の西側の陸域に乗り上げる、または、久慈川沿いに遡上していくと評価できる。このため、漂流物は**発電所には向かうことはなく、到達しない**。

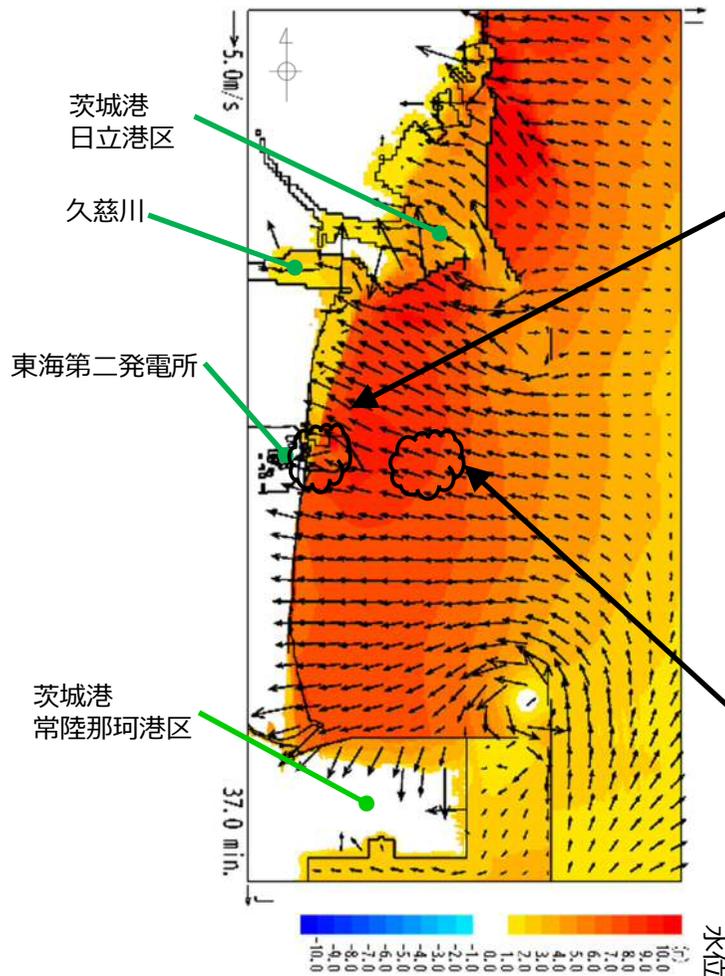
発電所の北側及び南側にある港湾からの漂流物(大型船、設備等)は、**発電所には到達しない**と評価した。

- ・茨城港常陸那珂港区の周辺には、**大型船が入港する他に、火力発電所等のプラントの設備等**がある。
- ・しかし、津波の流れの方向は、岸壁に遡上する方向であることから、漂流物は岸壁や港の西側の陸域に乗り上げると評価できる。このため、漂流物は**発電所には向かうことはなく、到達しない**。

9. 漂流物の評価(発電所への到達の可能性の評価(2/2))

●津波によって発生する漂流物が発電所へ到達する可能性を評価する。

- ・漂流物となる可能性のあるものの調査結果及び津波の流況確認から、発電所へ到達する可能性のある漂流物を抽出する。
- ・**漁船及び建屋のガレキ等が到達する可能性がある**と評価した。



- ・発電所の海沿いには、建屋等の構造物がある。
- ・建屋等の構造物は、取水口の近傍にもあり、津波の押し波・引き波によって、**建屋のガレキ等が取水口に到達する可能性がある**。

* 使用済燃料乾式貯蔵建屋評価では大型の作業台船(50t)が運用廃止する以前の評価をしており漂流物として保守的な想定のためそのまま採用したが、原則として緊急離岸する大型船等は評価対象から排除できる

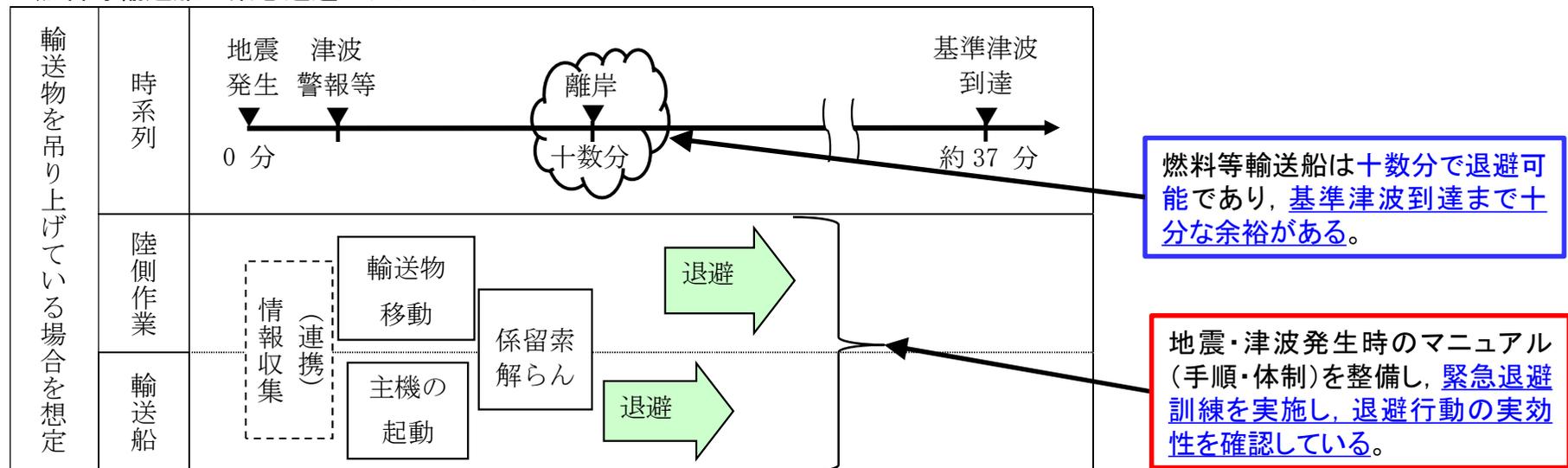
発電所に到達する可能性のある漂流物のうち、**最も質量が大きい漁船が防潮堤に衝突することを考慮する**。
(その他に、過去の被災事例から、流木・車両についても防潮堤への衝突を考慮する。)

- ・発電所の東側の比較的近い海域では、漁船が操業する可能性がある。
- ・津波の流れ方向は西向きであるため、**漁船が防潮堤に到達する可能性がある**。

9. 漂流物の評価(発電所の港湾に入港する船舶の評価)

- 東海第二発電所の港湾には、燃料等輸送船、浚渫(しゅんせつ)船、貨物船等が入港するが、**緊急退避又は係留避泊(けいりゅうひはく)等の措置により漂流物とはならないことから、取水口及び防潮堤へは到達しない。**
 - ・燃料等輸送船は、津波警報等の発表時には、緊急退避を行うこととしており、2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、**輸送に先立ち、マニュアルを整備している。**
 - ・当社は、当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波発生時のマニュアルを整備し、整備した手順・体制に沿った**緊急退避訓練を輸送船の船員及び荷役担当者が参加して実施し、退避行動の実効性を確認している。**
 - ・退避までに最も時間を要する燃料等輸送船が荷役中(輸送物吊り上げ中)に津波が発生した場合においても、これまでの緊急退避訓練の実績より、**緊急離岸が可能となる時間は地震発生後十数分であり、基準津波の到達時間である約37分後までに港外に退避することが可能である。**
 - ・浚渫(しゅんせつ)船、貨物船等は、**入港前に、緊急退避、係留避泊(けいりゅうひはく)又は陸上避難の手順及び体制が整備され、実効性のある措置であることを確認したうえで入港させるため、漂流物とはならない。**
 - ・港外では、港内で生じるような複雑な流れではなく、比較的長周期で波長が長くなっていることから、**比較的大型の船舶については適切な操船により津波を乗り越えることが可能な状況であり、漂流物とはならない。**
 - ・防潮堤の健全性に影響を与えないような比較的小型の船舶については、**係留強化又は陸上避難の措置をとる場合がある。**

<燃料等輸送船の緊急退避のタイムチャート>



9. 漂流物の評価(大型船舶に対する評価のまとめ)

○敷地内(東海港)

敷地内に入港する船舶は、漂流物とならないように以下のとおり運用・管理を確実に実施していく。(当社の管理)

- ▶燃料等輸送船は、津波警報等の発表時には、緊急退避を行うこととしており、2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、輸送に先立ち、マニュアルを整備している。
- ▶当社は、当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波発生時のマニュアルを整備し、緊急退避訓練を実施し、退避行動の実効性を確認している。
- ▶退避までに最も時間を要する燃料等輸送船が荷役中(輸送物吊り上げ中)に津波が発生した場合においても、これまでの緊急退避訓練の実績より、緊急離岸が可能となる時間は地震発生後十数分であり、基準津波の到達時間である約37分までに緊急退避が可能である。
- ▶浚渫(しゅんせつ)船、貨物船等については、入港前に、緊急退避、係留避泊(けいりゅうひはく)又は陸上避難の手順及び体制が整備され、津波が到達するまでに、当社がいずれかの措置について、実効性がある措置であることを確認したうえで入港させるため、漂流物とはならない。

○敷地外(茨城港日立港区, 茨城港常陸那珂港区)

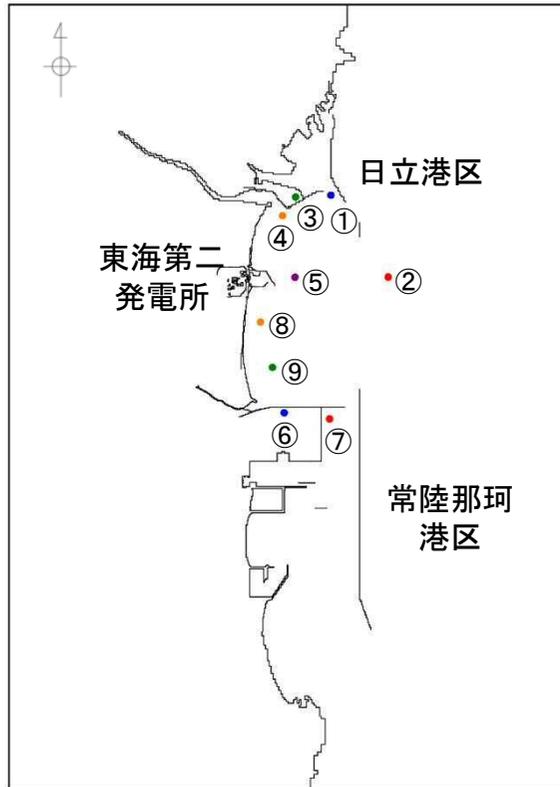
敷地外の港湾に入港する船舶は、安全性及び防災の観点から漂流物とならないような措置をする運用(他事業者の管理)となっているが、万が一、漂流した場合についても評価し、発電所への影響がないことを確認している。

- ▶茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区に入港している大型船舶は、緊急退避又は係留避泊(けいりゅうひはく)の措置を行うとされていることから、漂流物にはならないと評価できる。
- ▶万が一、大型船舶が津波により漂流することを想定した場合であっても、津波の流況(流向)から、停泊地近傍で漂流するか港湾近傍の陸域に座礁するため、発電所には到達しないと評価できる。
- ▶茨城港日立港区への入港・出港の際に発電所東側海域を通過するが、比較的大型の船舶は適切な操船により津波を乗り越えることが可能であり、漂流物とはならない。万が一、津波により漂流することを想定した場合であっても、津波の流況(流向)から、航行している場所の近傍で漂流するため、発電所には到達しないと評価できる。
- ▶船舶は荒天時は、安全性及び災害防止の観点から、係留避泊(けいりゅうひはく)・安全な海域に避難する等の措置を講じることから、漂流しない。万が一、係留避泊(けいりゅうひはく)又は海域に避難し停泊している時に、大型船舶が津波により漂流することを想定した場合であっても、津波の流況(流向)から、停泊地近傍で漂流するか港湾近傍の陸域に座礁するため、発電所には到達しないと評価できる。

9. 漂流物の評価(漂流物の軌跡の確認(1/2))

● 発電所の周辺地域に漂流物を想定して、基準津波を用いた漂流物の軌跡を解析し、**発電所への影響はないことを確認**している。(発電所及び周辺施設に防波堤がある場合)

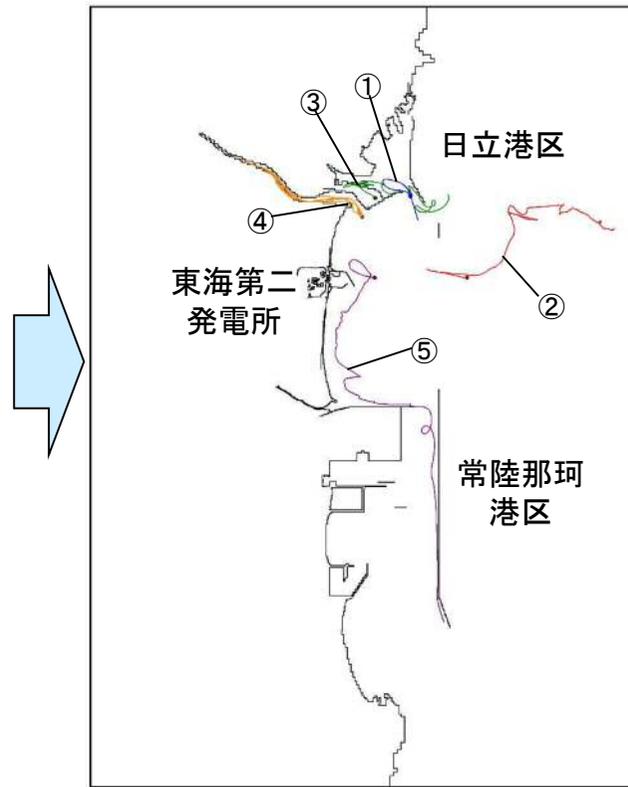
- ・津波の流況の分析による評価に加えて、水粒子の軌跡を解析した。
- ・漂流物の軌跡は、発電所には向かう傾向とはなっておらず、津波の流況の分析による評価と同じ傾向を示している。



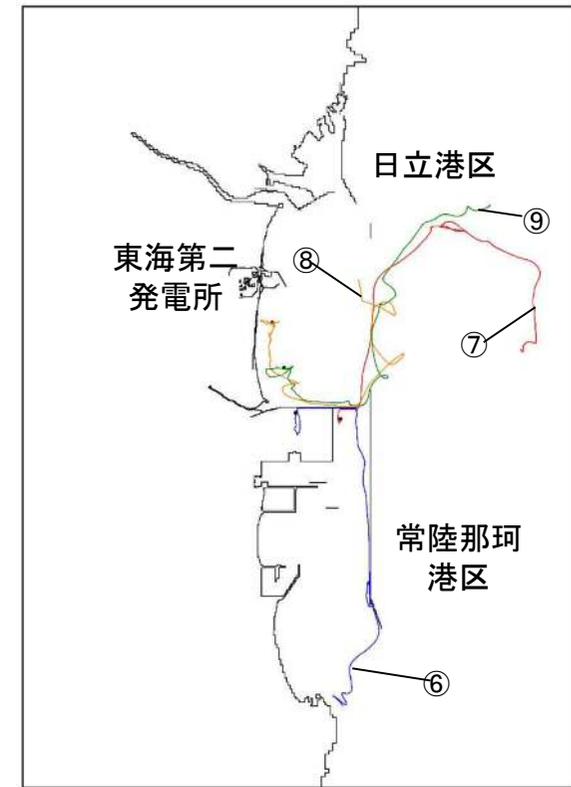
評価点(9地点)の初期配置図

海水の流れにより、それぞれの箇所に設定した漂流物がたどる軌跡を解析*する。

* 解析は、津波の流況等の模擬に用いた数値シミュレーションの解析データにより、体積及び質量を持たない水粒子の軌跡を描いたシミュレーションであり、津波を引き起こす地震の発生から、津波が収まる時間(240分後)までの間で実施する。実際の漂流物は、慣性力や抵抗を受ける影響により、津波の流速より緩慢な動きとなる。これに比べて、水粒子は、津波と同じ挙動で移動し、より鋭敏な動きとなる。



①～⑤の軌跡(防波堤あり)

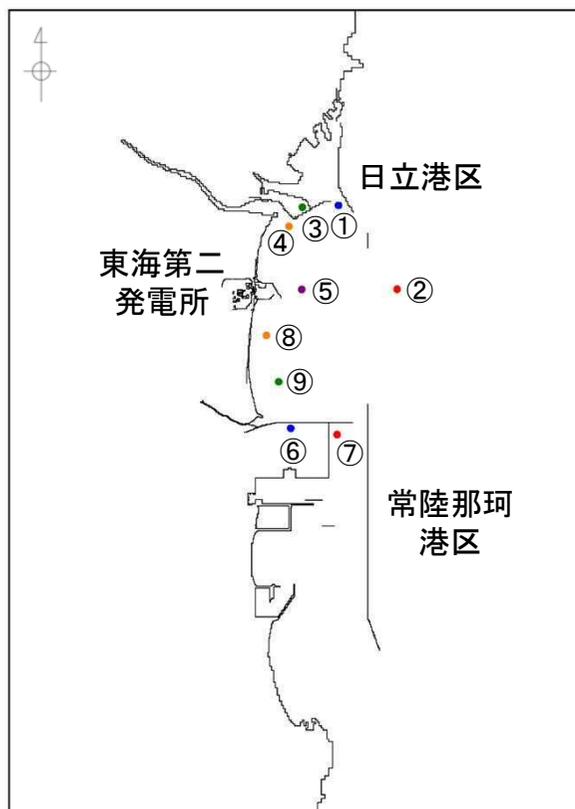


⑥～⑨の軌跡(防波堤あり)

- ・発電所周辺に漂流物があつたとしても、初期地点の近傍に留まるか、あるいは、発電所から離れていく傾向となった。
- ・軌跡の解析の結果からは、漁船が発電所の東側で操業する可能性を想定して設定した⑤についても、発電所に到達しない結果となったが、津波の流況を踏まえて評価した結果を考慮し、安全側に漁船が防潮堤に衝突することを想定して設計している。

9. 漂流物の評価(漂流物の軌跡の確認(2/2))

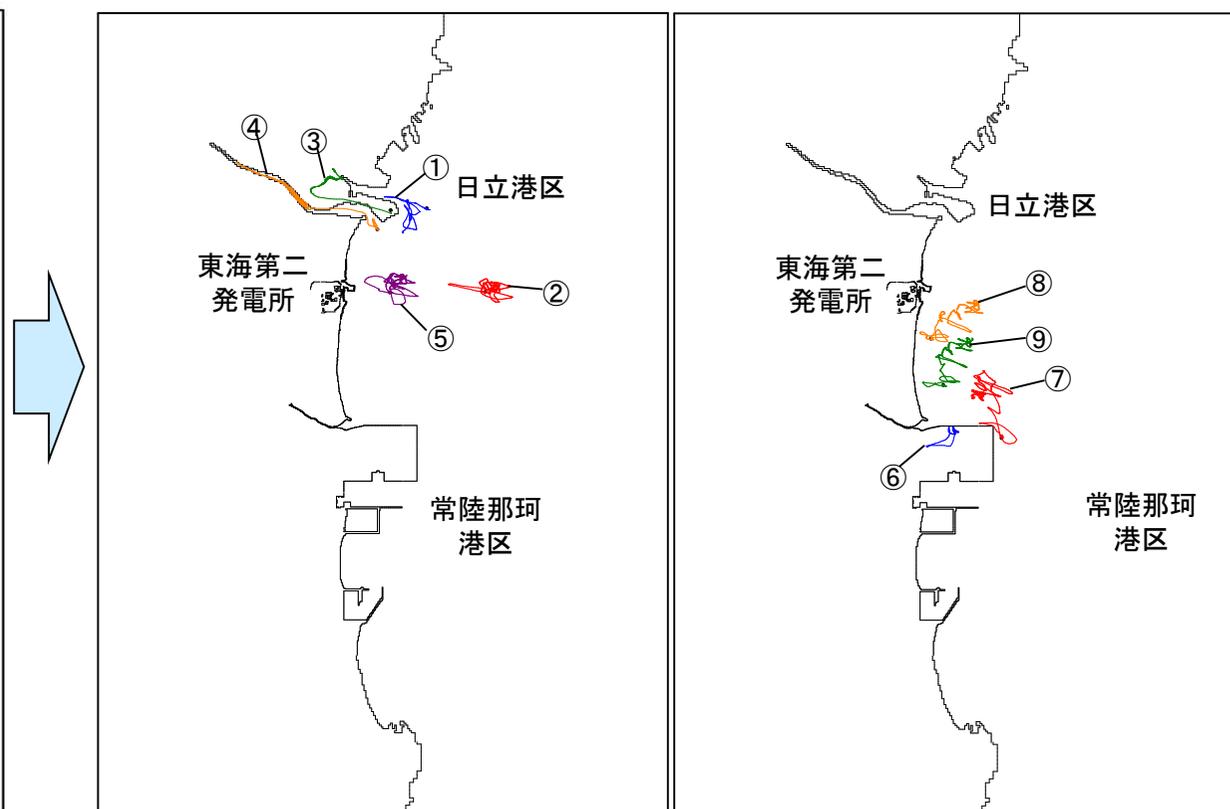
- 発電所の周辺地域に漂流物を想定して、基準津波を用いた漂流物の軌跡を解析し、**発電所への影響はないことを確認**している。(発電所及び周辺施設に防波堤がない場合)



評価点(9地点)の初期配置図

海水の流れにより、それぞれの箇所に設定した漂流物がたどる軌跡を解析*する。

* 解析は、津波の流況等の模擬に用いた数値シミュレーションの解析データにより、体積及び質量を持たない水粒子の軌跡を描いたシミュレーションであり、津波を引き起こす地震の発生から、津波が収まる時間(240分後)までの間で実施する。実際の漂流物は、慣性力や抵抗を受ける影響により、津波の流速より緩慢な動きとなる。これに比べて、水粒子は、津波と同じ挙動で移動し、より鋭敏な動きとなる。



①～⑤の軌跡(防波堤なし)

⑥～⑨の軌跡(防波堤なし)

- ・防波堤がない場合は津波の流況については、防波堤の影響を受けないので、防波堤近傍に乱れた流れが生じにくい状況となっている。
- ・このため、漂流物は、押し波と引き波の影響により、**初期地点の近傍を往復するような軌跡となる傾向が強まっている。**

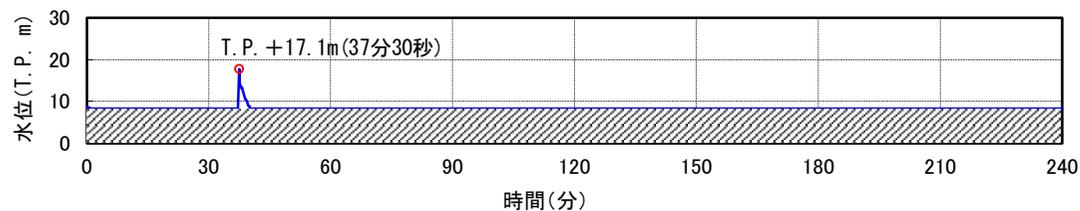
9. 漂流物の評価

(基準津波と敷地に遡上する津波の比較(時間の推移による津波高さ))

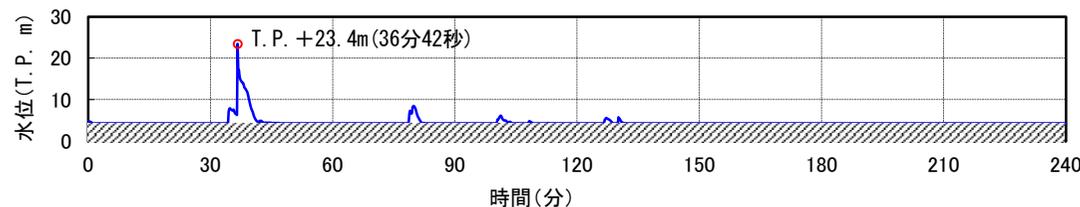


●基準津波と敷地に遡上する津波の時間の推移による津波の高さの変化を比較した。

- ・防潮堤前面における津波高さで時間の推移による変化を比較した。
- ・基準津波, 敷地に遡上する津波とも, 37分前後に最大の高さとなる津波が襲来し, 時間の経過とともに収まっている。
- ・基準津波, 敷地に遡上する津波とも, 時間の推移による津波高さの変化は同じ傾向となっている。



基準津波



敷地に遡上する津波

防潮堤前面における時間の推移による津波の高さの変化

9. 漂流物の評価(基準津波と敷地に遡上する津波の比較(流況の比較))



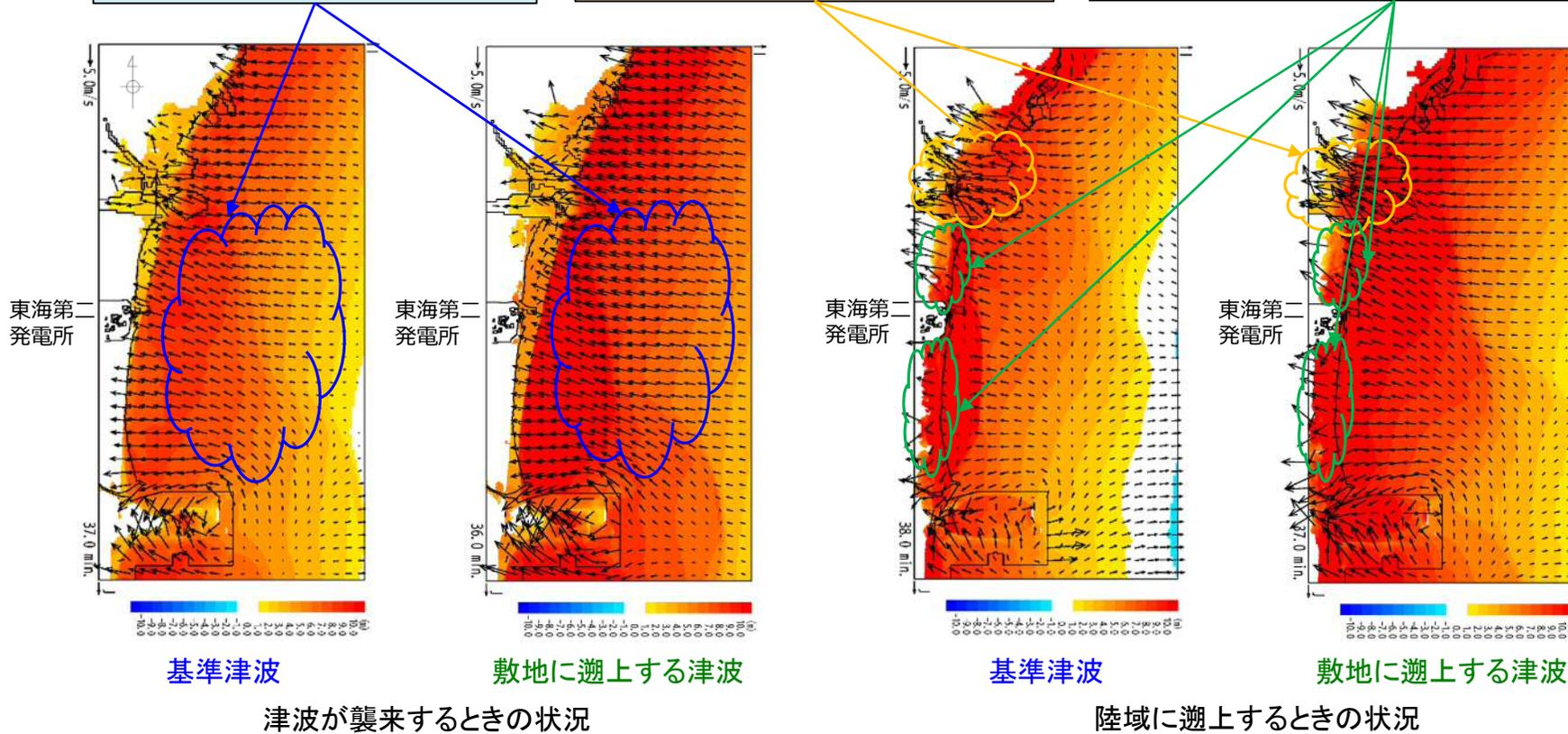
●基準津波と敷地に遡上する津波の流況を比較した。

- ・津波が発電所へ襲来する時は、基準津波、敷地に遡上する津波とも全体的に東から西へ向かう流れとなっている。
- ・発電所の周辺で陸域に遡上した津波は、基準津波、敷地に遡上する津波とも地形の高低の影響を受けながら進行するが、**発電所に向かうような流れにはなっていない。**
- ・茨城港日立港区周辺では、基準津波、敷地に遡上する津波とも**久慈川沿いに遡上していく流れ**となっている。
- ・**基準津波、敷地に遡上する津波とも同じ傾向の流況となっており、漂流物の挙動も同じ傾向になると評価できる。**

全体的な津波の流れの方向は、東から西へ向かう方向である。

茨城港日立港区周辺は、久慈川沿いに遡上していく流れとなっている。

発電所の周辺(北側, 南側)の津波の流れの状況から、**発電所に向かう流れは生じていない。**

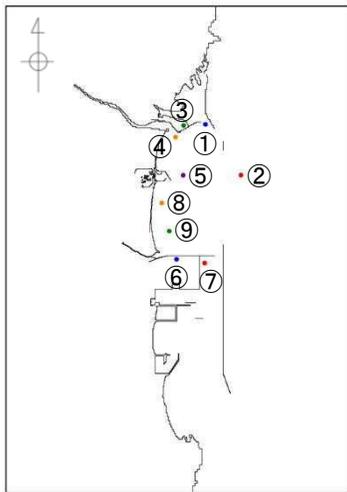


注: 敷地に遡上する津波は、防波堤がない状態で、防潮堤前面においてT.P.+24mになるように設定している。このため、防波堤がない場合のデータのみとなる。

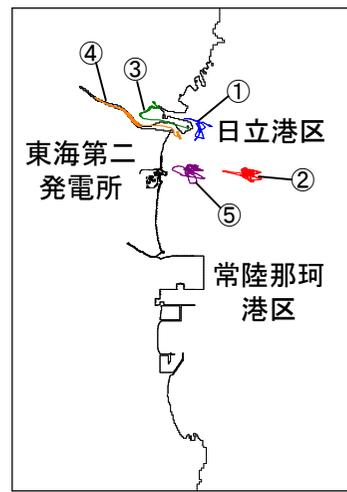
9. 漂流物の評価(基準津波と敷地に遡上する津波の比較(漂流物の軌跡))



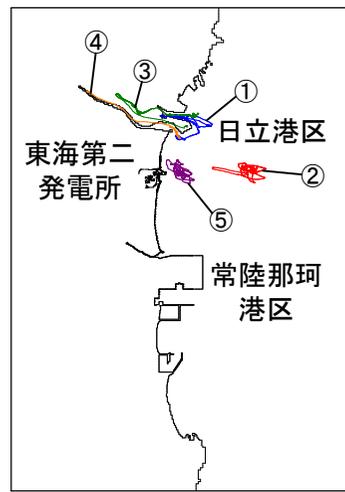
- 基準津波による漂流物の軌跡と敷地に遡上する津波による漂流物の軌跡を比較した。
 - ・敷地に遡上する津波による漂流物の軌跡は、押し波、引き波によって初期地点周辺を往復するような軌跡となっている。
 - ・基準津波による漂流物の軌跡と敷地に遡上する津波による漂流物の軌跡は、概ね同様の傾向となっている。
 - ・基準津波、敷地に遡上する津波とも、発電所へ到達する漂流物はない。
 - ・以上のとおり、基準津波と敷地に遡上する津波で漂流物の挙動の傾向に大きな差はなく、9地点の漂流物の軌跡の傾向から発電所への影響がないことを確認できる。
 - ・なお、漂流物の軌跡は、津波の流況の分析による評価と同じ傾向を示している。



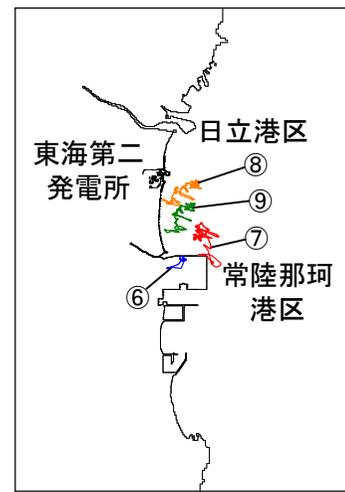
評価点(9地点)の初期配置図



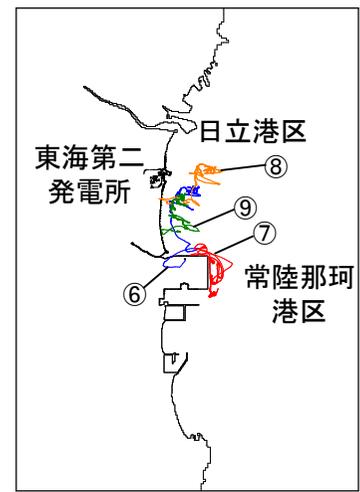
基準津波
(防波堤なし)
①～⑤の軌跡



敷地に遡上する津波
(防波堤なし)
①～⑤の軌跡



基準津波
(防波堤なし)
⑥～⑨の軌跡



敷地に遡上する津波
(防波堤なし)
⑥～⑨の軌跡

注:敷地に遡上する津波は、防波堤がない状態で、防潮堤前面においてT.P.+24mになるように設定している。このため、防波堤がない場合のデータのみとなる。

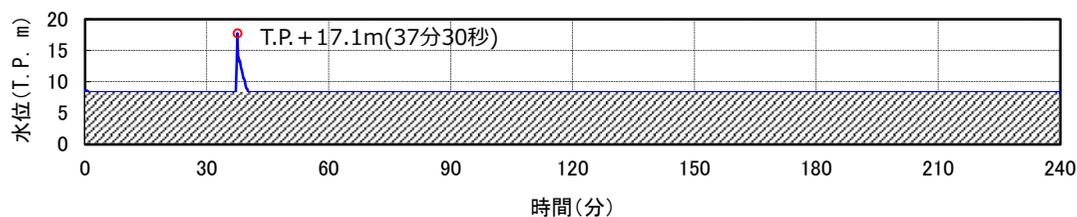
9. 漂流物の評価

(基準津波と北方から襲来する津波の比較(時間の推移による津波高さ))

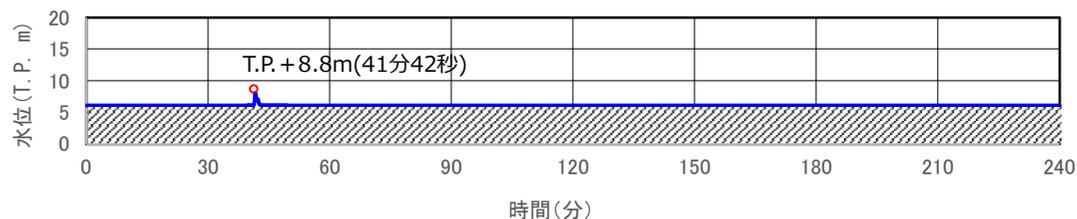


● 基準津波と北方から襲来する津波の時間の推移による津波の高さの変化を比較した。

- ・発電所よりも北方から襲来する津波として、2011年東北地方太平洋沖地震型の津波を想定し、防潮堤前面における津波高さについて時間の推移による変化を比較した。
- ・基準津波が約37分、北方から襲来する津波が約42分に最大の高さとなる津波が襲来し、時間の経過とともに収まっている。
- ・最大高さは、基準津波がT.P.+17.1mに対して、北方から襲来する津波はT.P.+8.8mと低くなっている。
- ・基準津波、北方から襲来する津波とも、時間の推移による津波高さの変化は同じ傾向となっている。



基準津波



北方から襲来する津波

防潮堤前面における時間の推移による津波の高さの変化

9. 漂流物の評価(基準津波と北方から襲来する津波の比較(流況の比較))

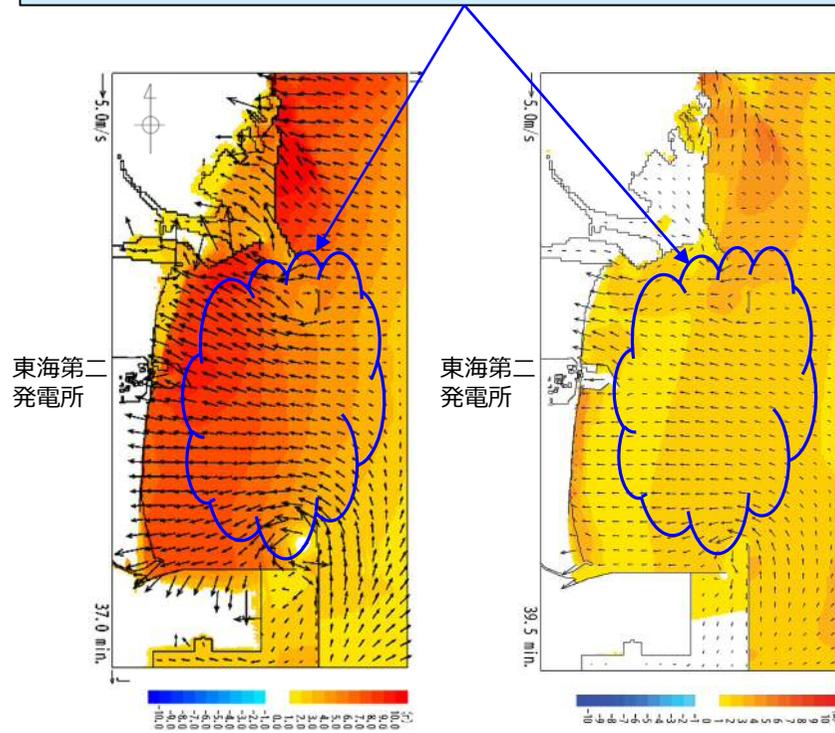


● 基準津波と北方から襲来する津波の流況を比較した。

- ・ 発電所よりも北方から襲来する津波として、2011年東北地方太平洋沖地震型の津波を想定し、津波の流況を比較した。
- ・ 津波が発電所へ襲来する時は、基準津波、北方から襲来する津波とも全体的に東から西へ向かう流れとなっている。
- ・ 発電所の周辺(北側、南側)では、基準津波は陸域に遡上するが、北方から襲来する津波は海岸線付近で反射するような状況であり、陸域への遡上が少なく、流速も小さくなる傾向である。
- ・ 北方から襲来する津波による漂流物の挙動は、基準津波による漂流物の挙動と同じ傾向か、緩慢になる傾向と評価できる。

全体的な津波の流れの方向は、東から西へ向かう方向である。

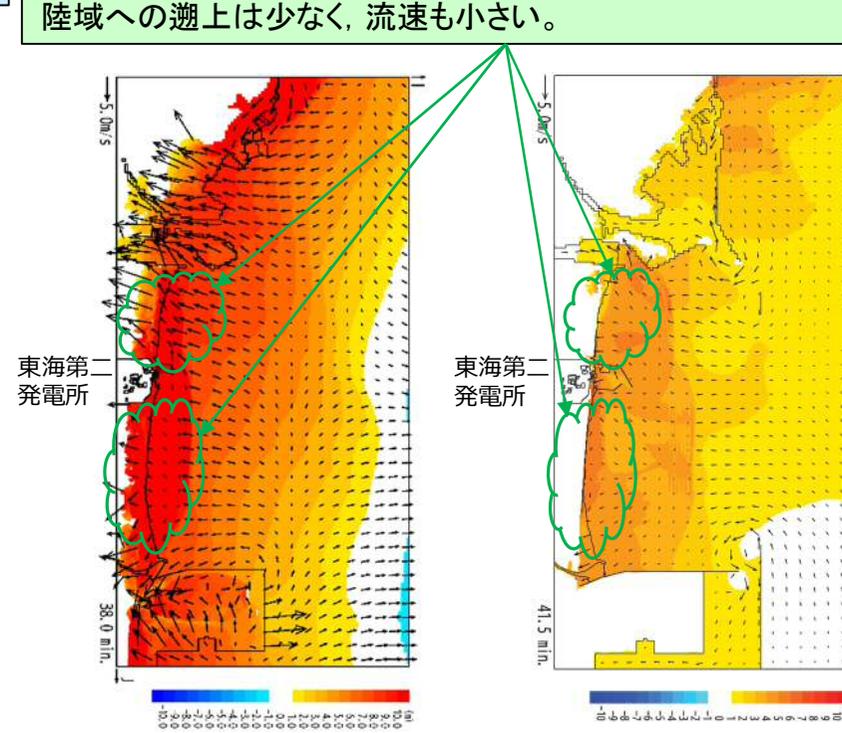
発電所の周辺(北側、南側)では、津波は海岸線付近で止まっており、陸域への遡上は少なく、流速も小さい。



基準津波

北方から襲来する津波

津波が襲来するときの状況



基準津波

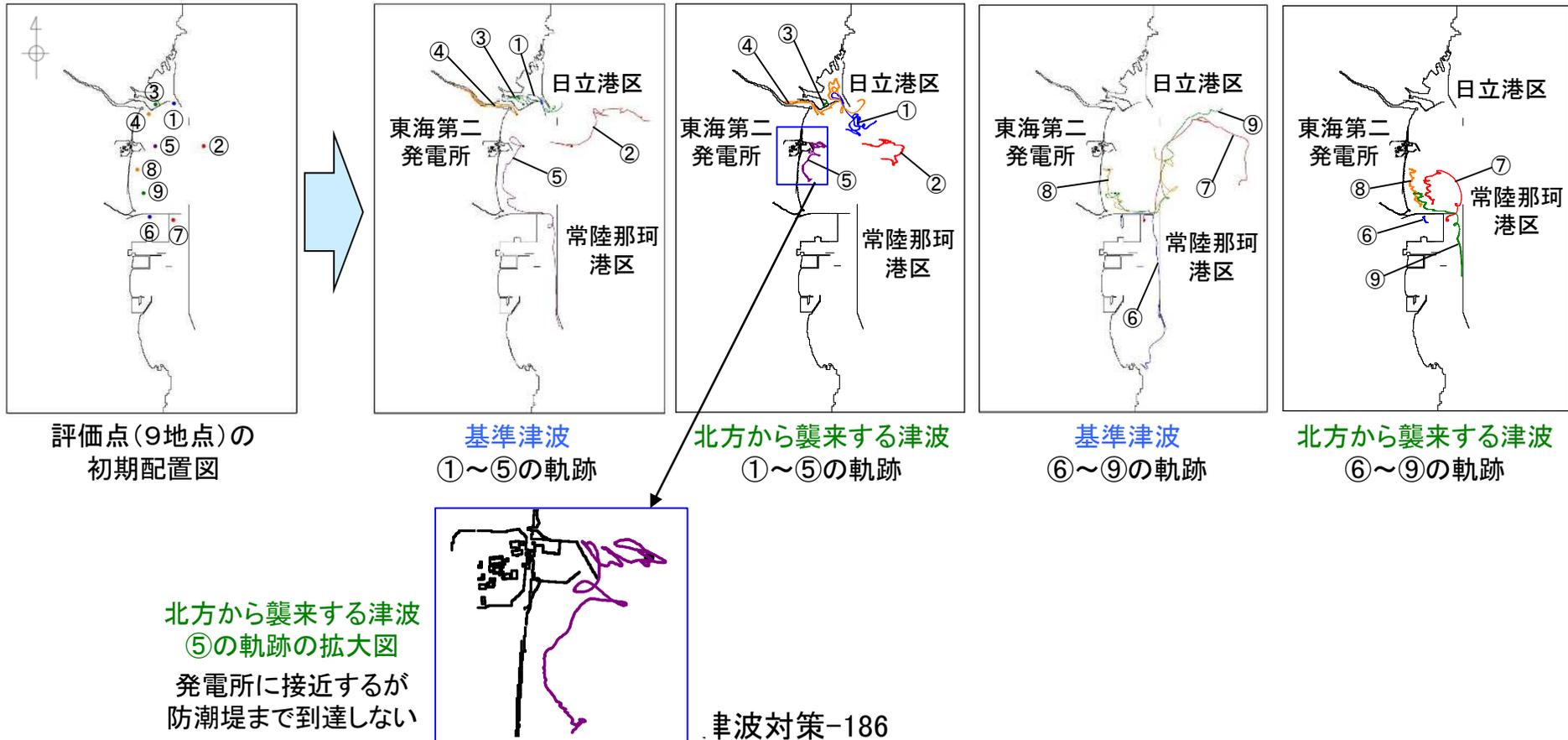
北方から襲来する津波

陸域に遡上するときの状況

9. 漂流物の評価(基準津波と北方から襲来する津波の比較(漂流物の軌跡)(1/2))

●基準津波による漂流物の軌跡と北方から襲来する津波による漂流物の軌跡を比較(防波堤あり)

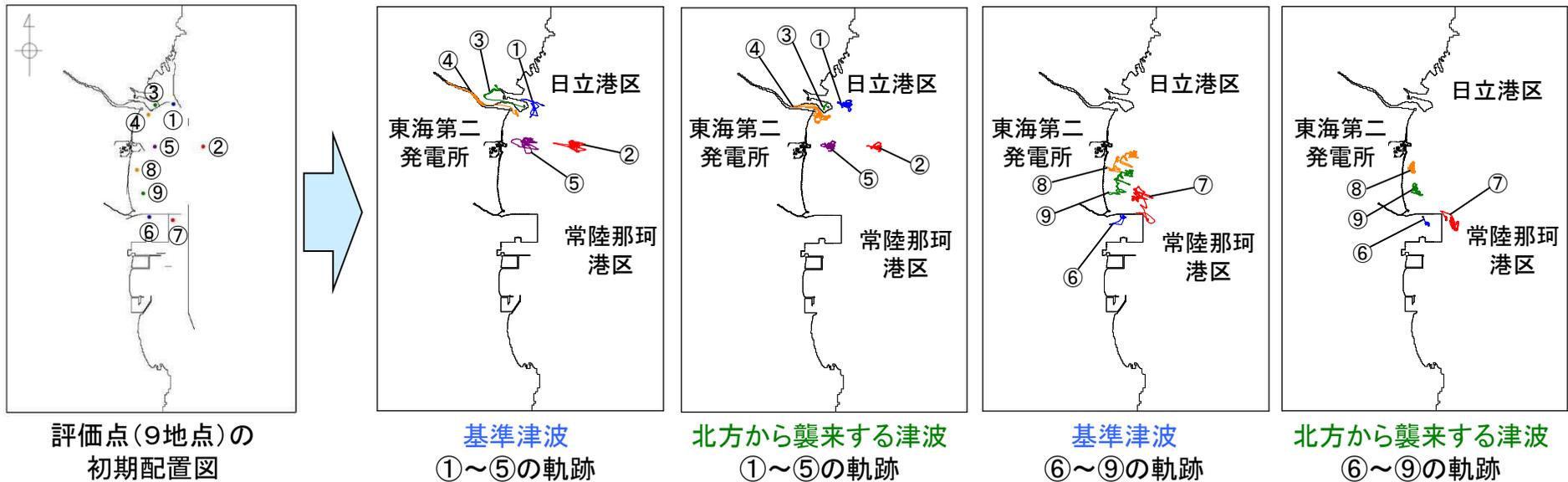
- ・発電所よりも北方から襲来する津波として、2011年東北地方太平洋沖地震型の津波を想定し、漂流物の軌跡を比較した。
- ・北方から襲来する津波による漂流物の軌跡は、基準津波による漂流物の軌跡よりもやや南側に移動する傾向があるが、押し波、引き波によって初期地点周辺を往復するような軌跡となっており、基準津波よりも緩慢な動きとなっている。
- ・基準津波、北方から襲来する津波とも、発電所へ到達する漂流物はない。
- ・基準津波と北方から襲来する津波で漂流物の挙動の傾向に大きな差はなく、発電所への影響がないことを確認できる。
- ・なお、漂流物の軌跡は、津波の流況の分析による評価と同じ傾向を示している。



9. 漂流物の評価(基準津波と北方から襲来する津波の比較(漂流物の軌跡)(2/2))

● 基準津波による漂流物の軌跡と北方から襲来する津波による漂流物の軌跡を比較(防波堤なし)

- ・防波堤なしの場合の漂流物の軌跡は、防波堤ありのときと同様に、押し波、引き波によって初期地点周辺を往復するような軌跡となっており、基準津波よりも緩慢な動きとなっている。
- ・防波堤ありのときと同様に、基準津波、北方から襲来する津波とも、発電所へ到達する漂流物はない。
- ・防波堤ありのときと同様に、基準津波と北方から襲来する津波で漂流物の挙動の傾向に大きな差はなく、発電所への影響がないことを確認できる。



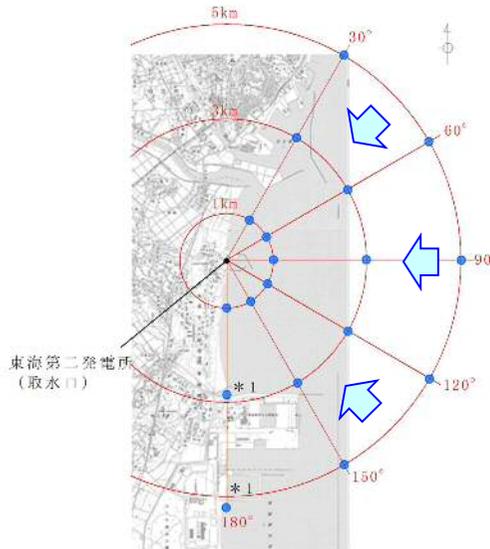
9. 漂流物の評価

<別紙1> 東海第二発電所周辺の津波漂流物調査エリア (1/4)



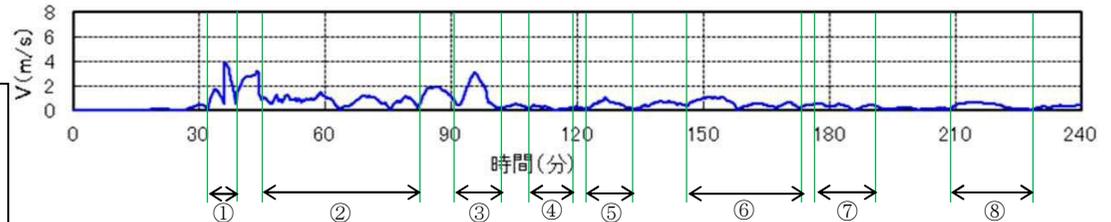
● 基準津波の流向・流速及び津波が陸域に遡上する範囲を考慮して、東海第二発電所から半径5kmの範囲を調査の対象とした。

・ 発電所周辺の海域18か所の流向、流速及び継続時間から、津波により漂流物が発電所に向かって移動する可能性のある距離を約3.6kmと算出し、安全側に丸めて半径5kmを調査範囲とした。



・ 漂流物調査の範囲を設定するために、以下のように保守的に漂流物が移動する可能性のある距離を算出する。

・ 津波は、押し波と引き波を繰り返すため、漂流物が最大流速の速度のまま移動することはないが、保守的に、発電所へ向かう流向となっている間は最大流速で進むことを仮定して、移動距離を算出する。



津波の流れが、発電所へ向かう流向となっている時の流速と継続時間から、水粒子の移動距離を算出した。

移動距離 = 継続時間 × 最大流速
抽出地点 (1km, 90°) (防波堤あり) の算出例を示す。

	継続時間	×	最大流速	=	移動距離
①	6.9分	×	4.0m/s	=	1.66km
②	37.2分	×	1.6m/s	=	3.57km
③	10.8分	×	3.1m/s	=	2.01km
④	10.9分	×	0.5m/s	=	0.33km
⑤	11.1分	×	1.1m/s	=	0.73km
⑥	26.9分	×	1.1m/s	=	1.78km
⑦	14.5分	×	0.6m/s	=	0.52km
⑧	19.1分	×	0.8m/s	=	0.92km

移動量算出結果(防波堤あり)

抽出地点	30°	60°	90°	120°	150°	180°
1km	0.21km	0.51km	3.57km	1.28km	2.10km	2.27km
3km	0.17km	1.13km	1.77km	0.02km	1.01km	1.51km
5km	0.43km	0.57km	1.58km	0.64km	0.61km	1.42km

移動量算出結果(防波堤なし)

抽出地点	30°	60°	90°	120°	150°	180°
1km	0.46km	0.79km	1.45km	1.27km	1.16km	1.71km
3km	0.45km	0.86km	1.77km	1.56km	3.09km	0.01km
5km	1.23km	1.06km	1.58km	1.58km	1.47km	1.62km

漂流物が発電所に向かって移動する可能性のある距離約3.6km ⇒ 調査範囲: 半径5km

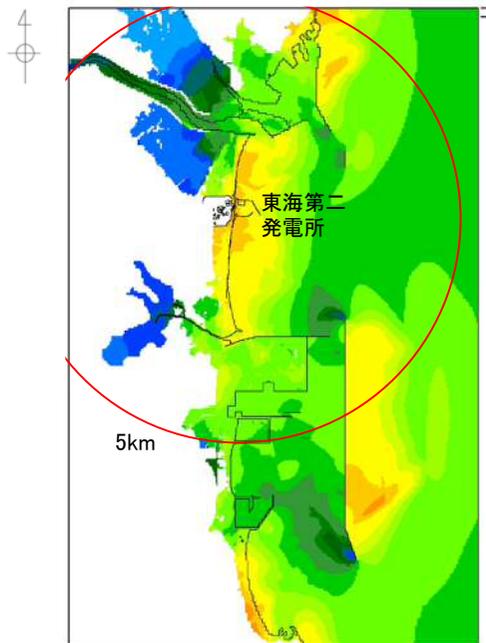
9. 漂流物の評価

<別紙1> 東海第二発電所周辺の津波漂流物調査エリア (2/4)

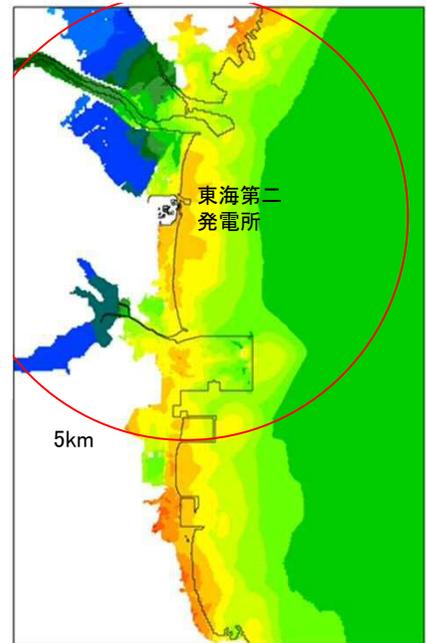


● 基準津波の流向・流速及び津波が陸域に遡上する範囲を考慮して、東海第二発電所から半径5kmの範囲を調査の対象とした。

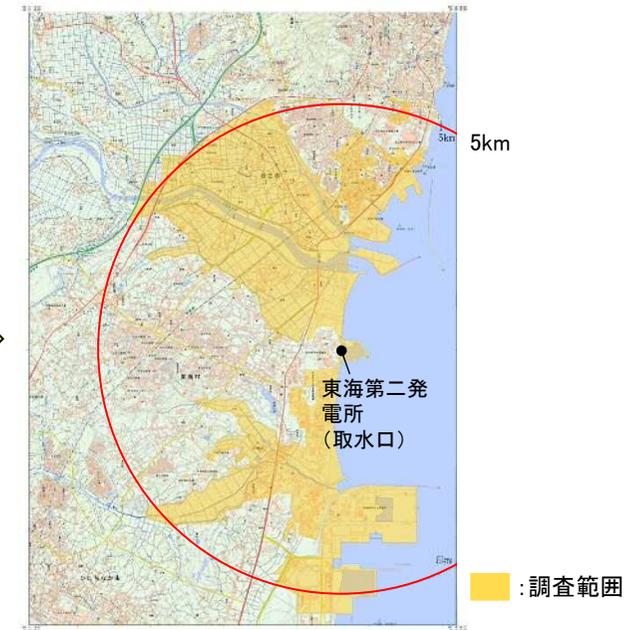
・半径5kmの範囲において、基準津波が遡上する範囲を包絡するように調査範囲を設定した。



遡上解析結果
(防波堤あり)



遡上解析結果
(防波堤なし)



漂流物調査範囲

9. 漂流物の評価

<別紙1>東海第二発電所周辺の津波漂流物調査エリア (3/4)



<発電所北側エリア>

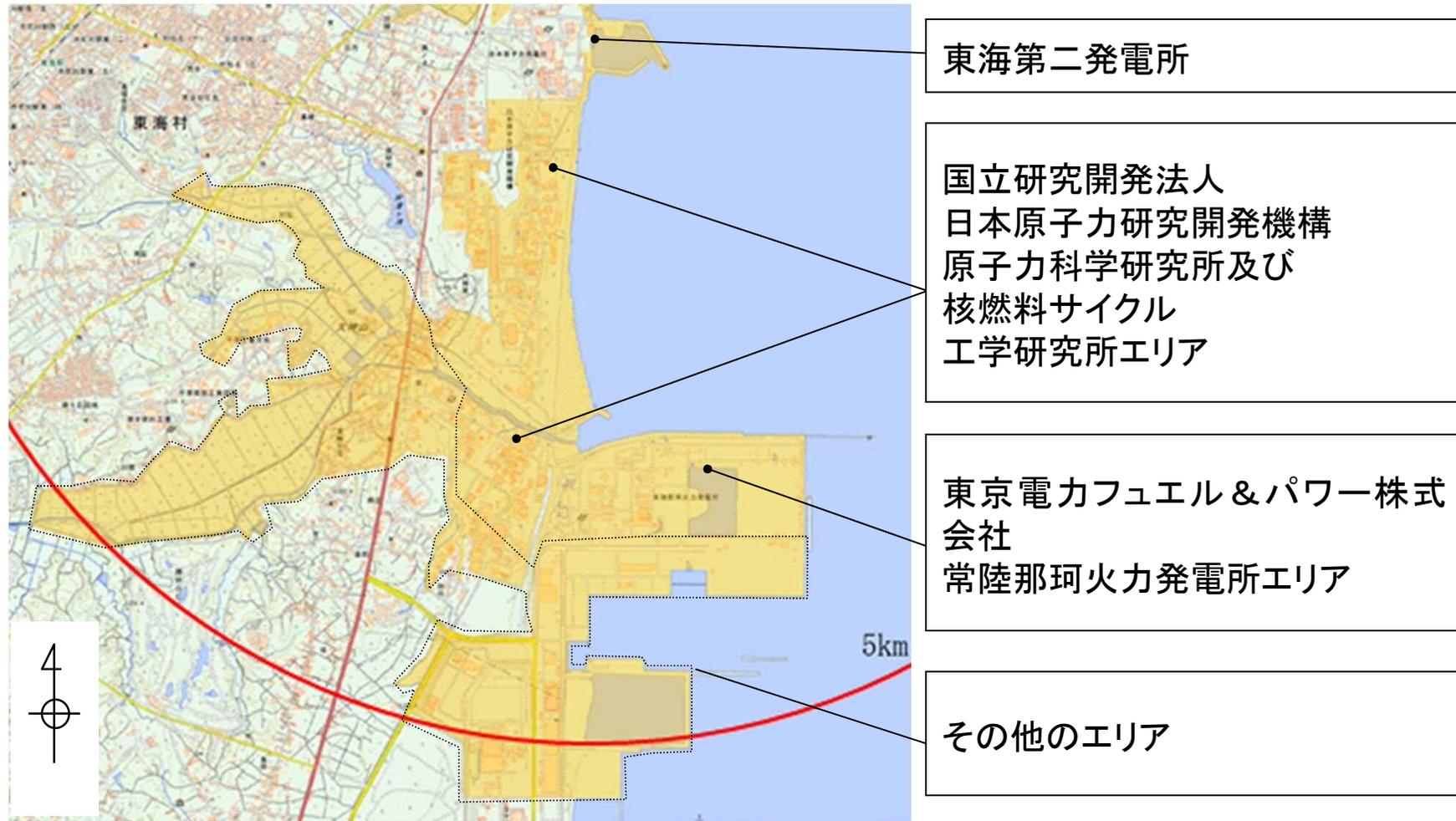


9. 漂流物の評価

<別紙1>東海第二発電所周辺の津波漂流物調査エリア (4/4)



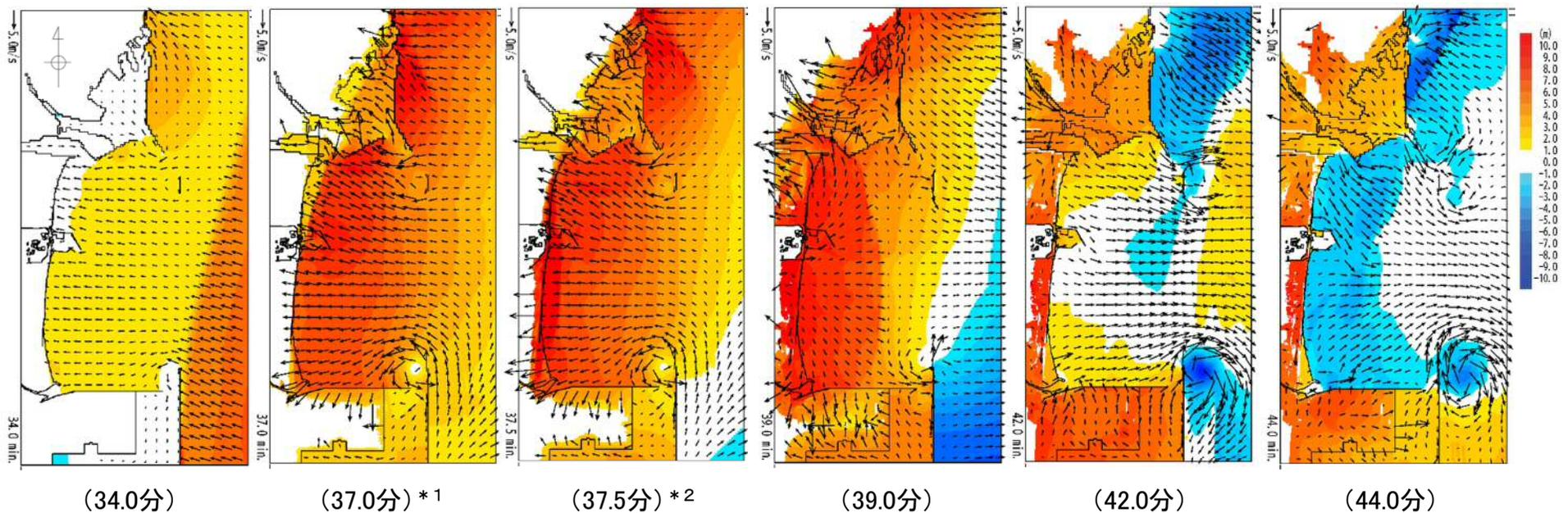
<発電所南側エリア>



9. 漂流物の評価 <別紙2> 基準津波の流況(防波堤あり)



- 基準津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、旋回流などが生じて、複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。
 - ・34分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、37分を過ぎたころから陸域への遡上が始まる。防潮堤前面(東側)においては、37.5分頃に最大水位となる。
 - ・39分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、押し波時と同様に、旋回流などが生じて、複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。



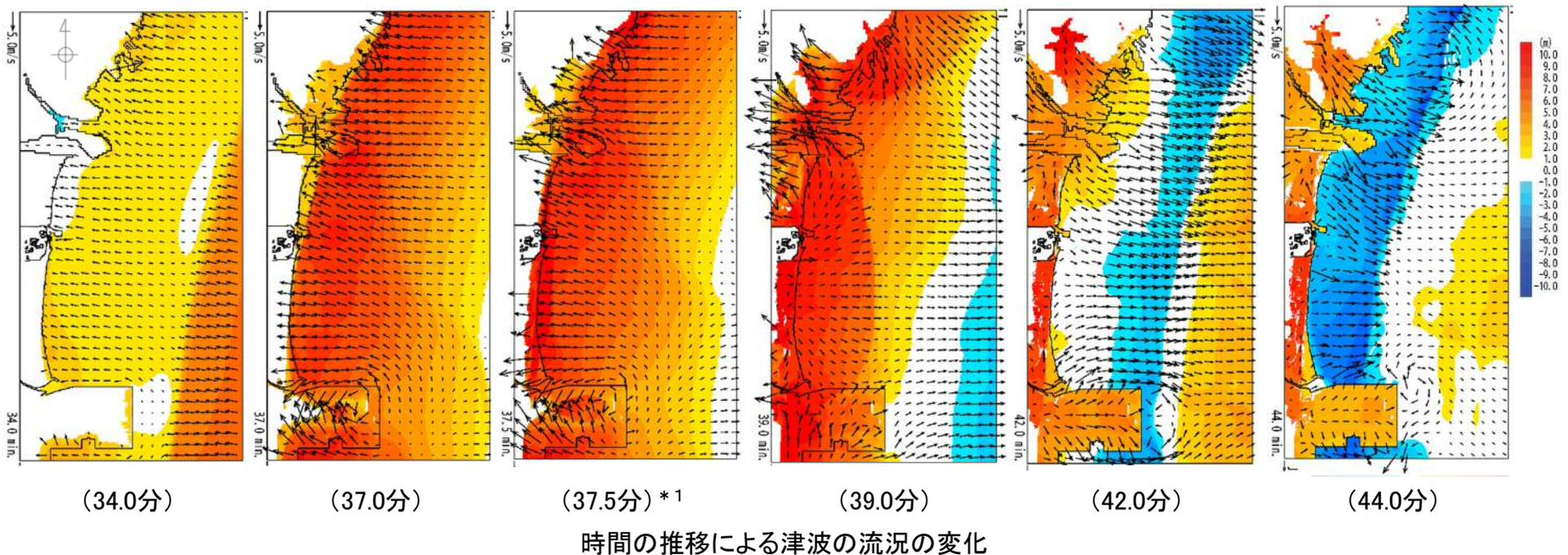
時間の推移による津波の流況の変化

- *1 津波の流況の説明に用いている図
- *2 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

9. 漂流物の評価 <別紙3> 基準津波の流況(防波堤なし)



- 基準津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、少し複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。
 - ・34分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、37分を過ぎたころから陸域への遡上が始まる。防潮堤前面(東側)においては、37.5分頃に最大水位となる。
 - ・39分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、少し複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。



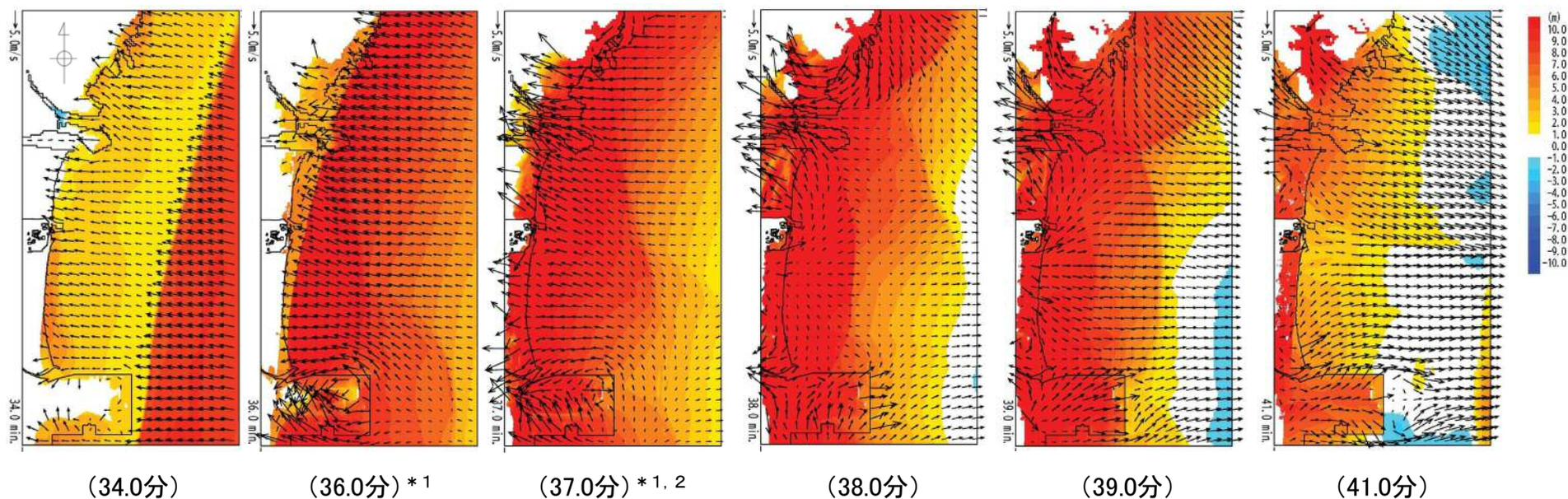
*1 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

9. 漂流物の評価 <別紙4>敷地に遡上する津波の流況(防波堤なし)



●敷地に遡上する津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。

- ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。
- ・34分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、その後から陸域への遡上が始まる。防潮堤前面(東側)においては、36.7分頃に最大水位となる。
- ・38分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
- ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、複雑な流れとなっているが、発電所へ向かう流れとはなっていない。



時間の推移による津波の流況の変化

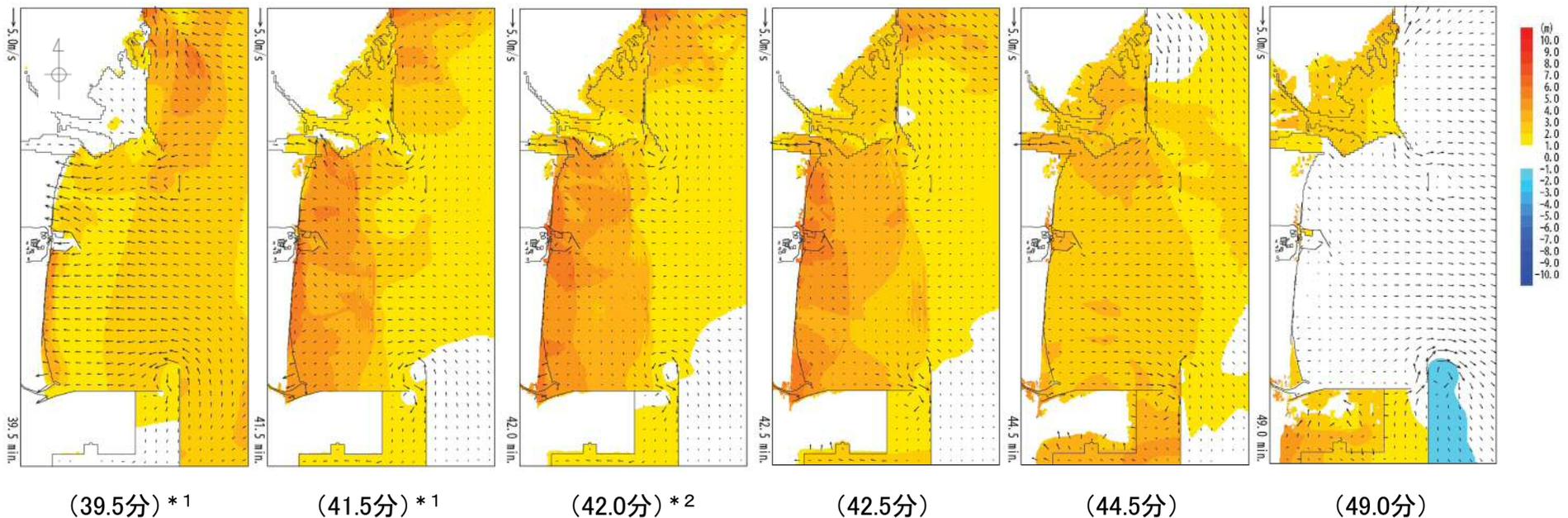
*1 津波の流況の説明に用いている図

*2 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

9. 漂流物の評価 <別紙5> 北方から襲来する津波の流況(防波堤あり)



- 北方から襲来する津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。
 - ・39.5分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、その後、遡上するが、陸域への遡上は少なく、流速も小さい。防潮堤前面(東側)においては、41.7分頃に最大水位となる。
 - ・42.5分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、防波堤の近傍では、押し波時と同様に、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。



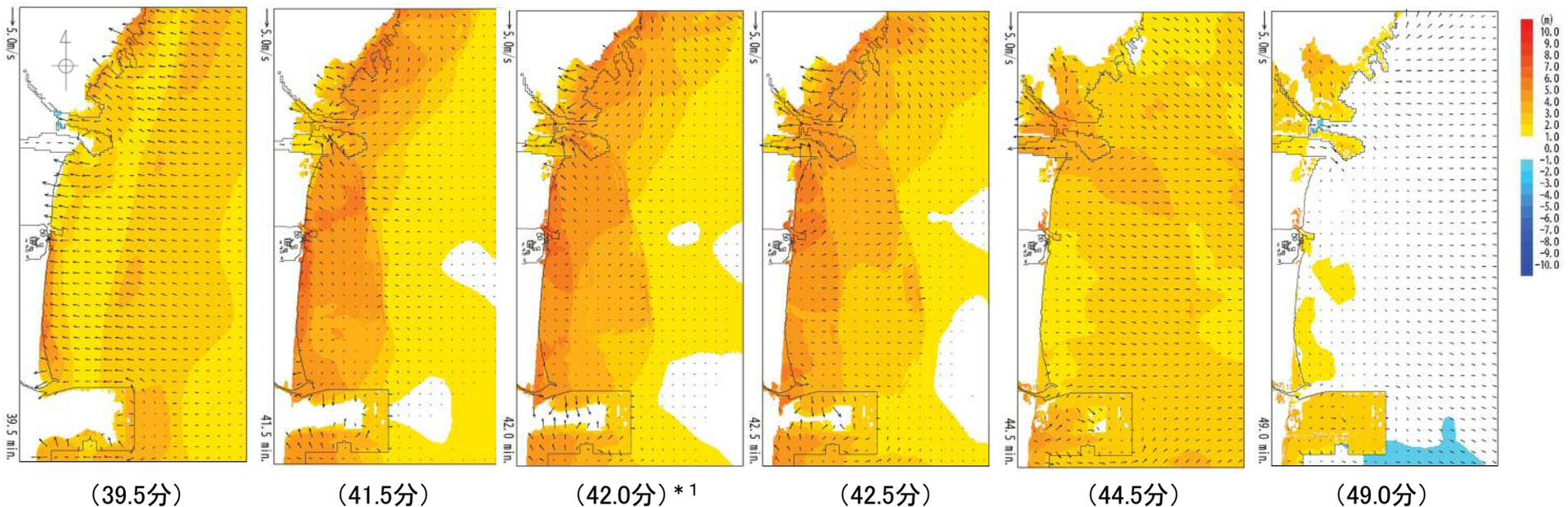
時間の推移による津波の流況の変化

- *1 津波の流況の説明に用いている図
- *2 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

9. 漂流物の評価 <別紙6> 北方から襲来する津波の流況(防波堤なし)



- 北方から襲来する津波の流況は、押し波時には東から西へ向かう流れとなり、引き波時には反転して西から東に向かう流れとなる。
 - ・津波が襲来するとき(押し波)の全体的な流れは、東から西に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。
 - ・39.5分頃に発電所近傍の水位の上昇が始まり、その後、遡上するが、陸域への遡上は少なく、流速も小さい。防潮堤前面(東側)においては、41.7分頃に最大水位となる。
 - ・42.5分頃に海域の流れの方向が変わり始め、その後、引き波に転じる。
 - ・引き波時の全体的な流れは、西から東に向かう方向となっている。また、茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の岸壁の近傍で、押し波時と同様に、少し複雑な流れとなっているが、発電所に向かう流れとはなっていない。



時間の推移による津波の流況の変化

*1 防潮堤前面(東側)で、最大水位となる頃の図

● 東北地方太平洋沖地震時の津波被害状況の特徴

・鉄筋コンクリート造の建築物:

浸水深が15mを超えるような規模の津波襲来を受けた建築物も存在し、壁面や窓等の損傷が確認されたが、**建築物全体が滑動し、漂流するような事例は確認されていない。**

・鉄骨造建築物:

外装板が波力により破損し漂流した事例を確認。津波襲来により早期に外装板が破損し大きな波力を受けなかったと推測される建築物は残存し、**外装板が破損する前に大きな波力を受けたと推測されるものは崩壊、転倒したのも確認**

・木造建築物:

最大浸水深が2m程度以下の規模の地域ではほぼ残存していたが、**最大浸水深が4mを超える規模の地域では流失する可能性が高い。**

漂流物評価及び発電所施設への影響評価でこれらの知見を考慮



構造: 鉄筋コンクリート造
津波浸水深: 15.4m

【被害状況】
構造的な被害は発生していない。※1



構造: 鉄筋コンクリート造
規模: 3階建て
(詳細寸法記載なし)

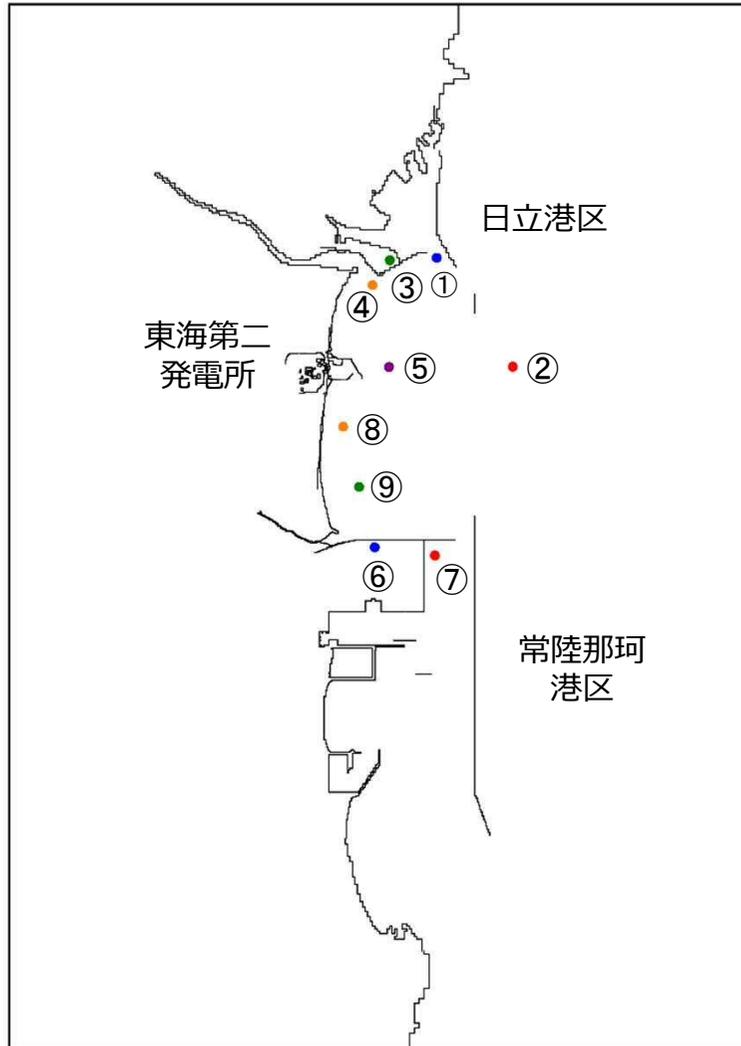
【被害状況】
柱、梁の損壊が確認された。※2



構造: 鉄骨造
規模: 3階建て 縦11.4m × 横8.8m × 高さ10.9m

【被害状況】
外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。※3

※1 復興への技術支援に関する活動記録
※2 東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報
※3 東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について



【漂流物の軌跡解析の評価点の初期配置】

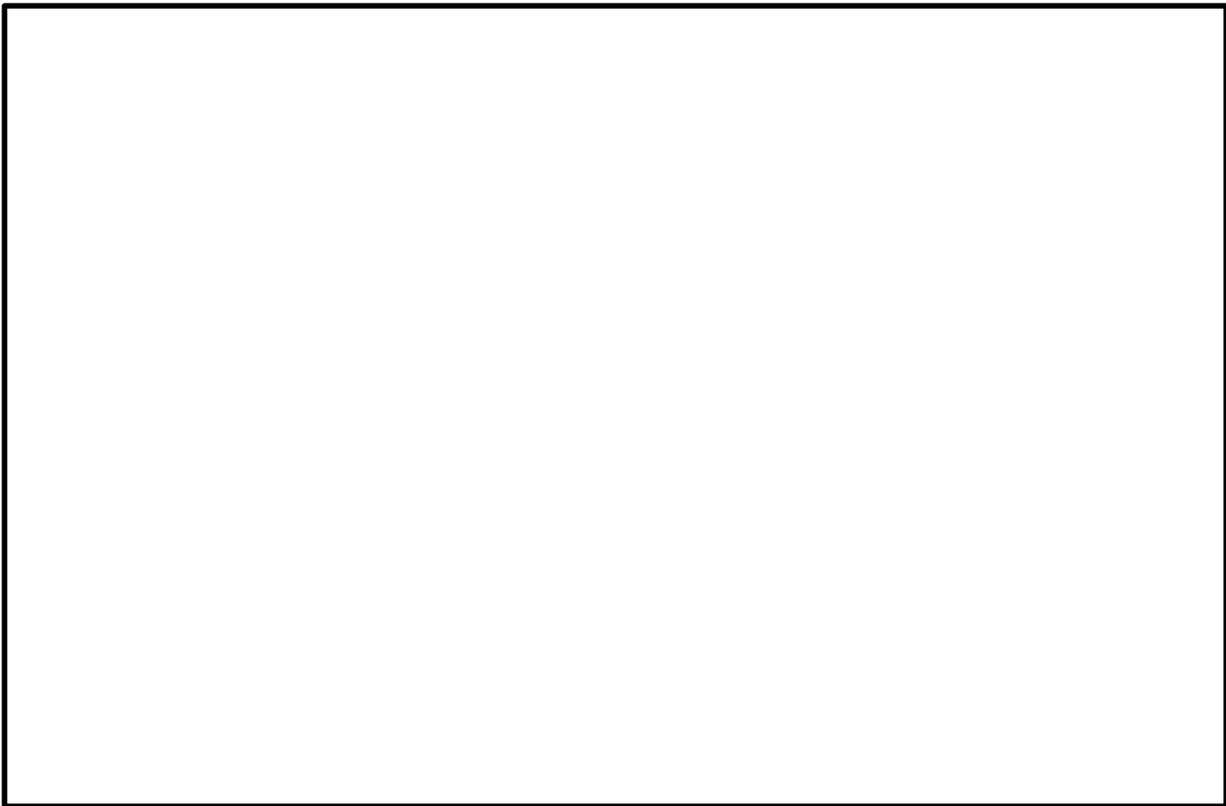
初期配置の考え方

評価点の初期配置については、発電所への影響の可能性を考慮し、周辺海域に以下のとおり設定する。

- ① 茨城港日立港区に入港・出港する大型船(貨物船等)を考慮し、設定した。
- ② 茨城港日立港区へ入港・出港する際に、大型船が発電所東側を航行する経路を考慮し、設定した。
- ③ 茨城港日立港区にはLNG基地があるため、大型タンク等の設備を考慮し、設定した。
- ④ 茨城港日立港区にはLNG基地があるため、LNG基地に隣接して大型船(LNGタンカー)が停泊することを考慮し、設定した。
- ⑤ 漁船が発電所東側の近傍で操業する可能性を考慮し、設定した。
- ⑥ 茨城港常陸那珂港区の岸壁には火力発電所があるため、大型の発電設備を考慮し、設定した。
- ⑦ 茨城港常陸那珂港へ入港・停泊する大型船(石炭運搬船, 貨物船等)を考慮し、設定した。
- ⑧ 発電所南側には、研究施設があるため、万が一、漂流物が生じた場合を仮定し、設定した。
- ⑨ ⑧と同じ。

9. 漂流物の評価 <別紙9> 漂流物に対する冷却用海水系の取水性の評価

- 建物のガレキ等が取水口に到達した場合でも、取水口を完全に閉塞させることはなく、冷却用海水系の取水性は確保される。
 - ・ 津波の流況から、多量の漂流物が取水口前面に到達することは考え難いため、冷却用海水系の取水性への影響はないと評価できる。
 - ・ 建物等については、地震・津波により損傷してガレキ化することによって漂流物となることから、取水口前面に到達した場合でも、隙間なく整列し取水口に密着することは考え難く、取水口を完全に閉塞させることはないため、冷却用海水系の取水性への影響はないと評価できる。
 - ・ 保守的に、取水口近傍の建屋（メンテナンスセンター）の壁一面分の外装板が取水口に貼りつくような状況を想定した場合でも、取水口を完全に閉塞させることはないため、冷却用海水系の取水性への影響はないと評価できる。



建屋（メンテナンスセンター）の壁一面分の外装板がそのままの形状を保って取水口に到達した場合であっても、左図に示すように、取水口を閉塞させるような形状・大きさとはなっていないため、冷却用海水系の取水性は確保できる。

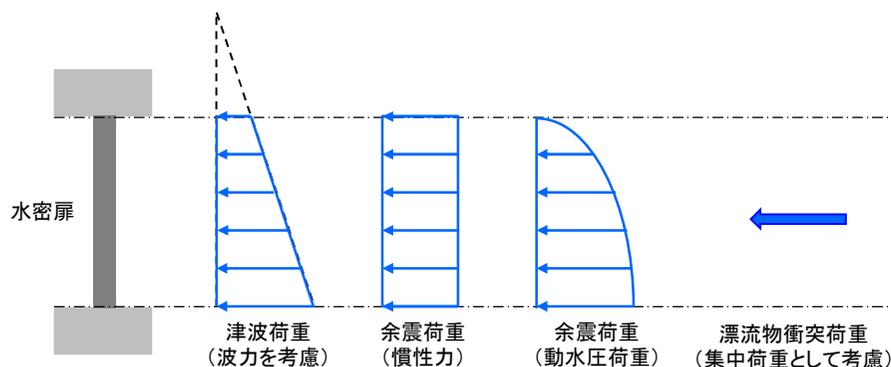
9. 漂流物の評価 <別紙10>水密扉の津波に対する強度評価



●防潮堤内側の水密扉については、漂流物が衝突することを想定した場合であっても、健全性が確保できるように設計している。

- ・原子炉建屋の敷地に遡上する津波から防護するために設置する水密扉のうち、漂流物が衝突する可能性がある水密扉については、津波に対する強度評価を実施する際には、漂流物衝突荷重も考慮したうえで、健全性が確保できるように設計する。
- ・防潮堤内側の漂流物として抽出した足場板、流木、車両のうち、荷重として最大となる足場板の衝突を考慮する。
- ・津波荷重は、波力を考慮した荷重とする。

水密扉の津波に対する評価では、保守的な評価となるように、津波荷重、余震荷重(慣性力及び動水圧荷重)、漂流物衝突荷重の組合せを考慮して評価する。



水密扉の津波に対する強度評価時の荷重の作用図

* 1 「Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012」に示される算定式

* 2 「道路橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)((社)日本道路協会,平成14年3月)」に示される算定式

足場板(0.01ton), 流木(0.08ton), 車両(1.5ton)が水密扉に衝突することを想定

防潮堤内側の津波の流況から2m/sで衝突することを考慮

漂流物の種類・位置や津波の流況を考慮して、荷重の算定式を選定

- ・足場材: FEMAの式*1
- ・流木: 道路橋示方書の式*2
- ・車両: 道路橋示方書の式*2

算出結果

- ・足場材: 12.7kN
- ・流木: 0.2kN
- ・車両: 3.0kN

最大荷重となる足場板の衝突を考慮
12.7kN

漂流物衝突荷重の算出フロー図

10. 内郭防護及び溢水影響評価

(屋外タンク等の損傷に伴う敷地溢水の評価(屋外タンク移設前評価))

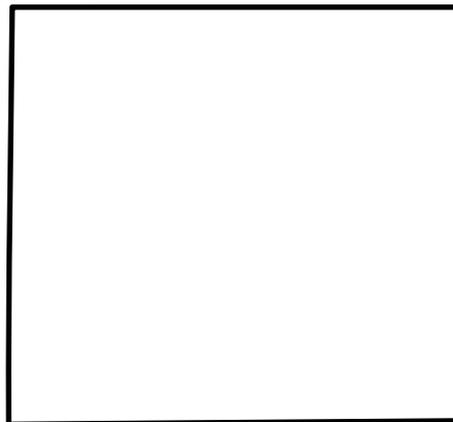


屋外で敷地に浸水する溢水

①屋外タンク等の損傷に伴う敷地浸水

◆溢水量評価 その1(溢水浸水深評価)

- ・屋外タンクの損傷により保有水が流出し、滞留する範囲を考慮して評価した結果、浸水深は約0.1mとなった。
- ・T.P.+8mにおける原子炉建屋の床面高さは0.2m、使用済燃料乾式貯蔵建屋の床面高さは0.3mであり、
本評価では屋外タンクの損傷に伴う溢水は流入しない。



溢水源からの距離・面積に応じた浸水深

範囲	溢水源からの距離	評価浸水深
①	50m	1.61m
②	100m	0.41m
③	200m	0.11m



滞留する範囲を考慮して評価した結果

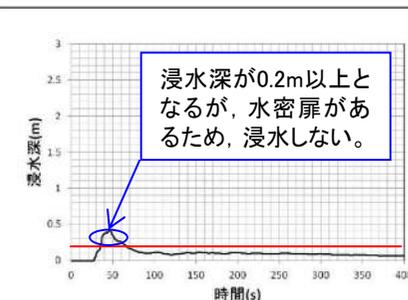
建屋	許容浸水深(床面の高さ)	敷地浸水深	評価結果
原子炉建屋	0.2m	約0.1m	影響なし
使用済燃料乾式貯蔵建屋	0.3m	約0.1m	影響なし

◆溢水量評価その2(溢水伝搬挙動解析)

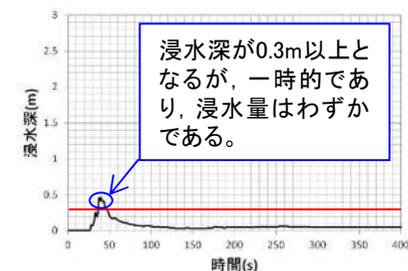
- ・屋外タンクが損傷して保有水が流出した時の溢水伝搬挙動解析を実施し、原子炉建屋の機器搬入口及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の機器搬入口の浸水水位を評価
- ・原子炉建屋の機器搬入口の浸水水位は、床面高さ0.2mを超えるものの、一時的であり、搬入口には水密扉があるため、**防護対象区画への浸水影響はなし**
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋の機器搬入口の浸水水位は、床面高さ0.3mを超えるものの、一時的であり、**浸水量はわずかであり、防護対象施設への影響はなし**



評価箇所



①原子炉建屋 (機器搬入口前)



②使用済燃料乾式貯蔵建屋 (機器搬入口前)

⇒原子炉建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋等について、
防護対象設備への溢水影響がないことを確認

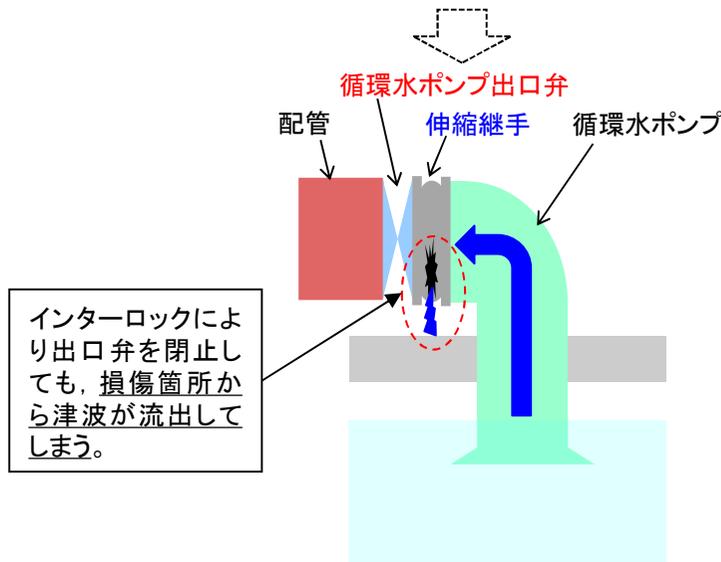
評価箇所における
浸水深

10. 内郭防護及び溢水影響評価(出口弁と伸縮継手の配置変更による対策)



○循環水ポンプ出口弁と伸縮継手の位置を入替え、循環水ポンプ側からの津波の流入を防止する。

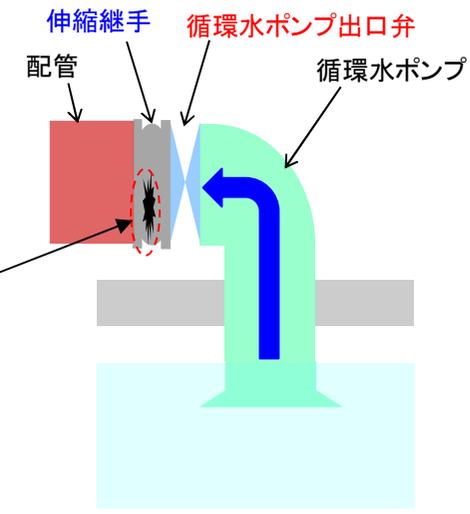
- ・現状は、「循環水ポンプ－伸縮継手－循環水ポンプ出口弁－配管」といった配置となっているため、インターロックにより循環水ポンプ出口弁を閉止しても、循環水ポンプ側から津波が回込み、伸縮継手の損傷箇所から流出してしまうので、循環水ポンプ側から津波が流入してしまう構造となっている。
- ・「循環水ポンプ－循環水ポンプ出口弁－伸縮継手－配管」といった配置に変更し、インターロックにより循環水ポンプ出口弁を閉止することにより、循環水ポンプ側から津波が流入することを防止できる構造とする。



変更前(現状)

インターロックにより出口弁を閉止することにより、損傷箇所から津波が流出することを防止できる。

構造変更



変更後