

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0094 改03
提出年月日	平成28年8月15日

## 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

### 津波による損傷の防止について

平成28年8月

東京電力ホールディングス株式会社

## 第5条：津波による損傷の防止

### <目次>

1. 基本方針
  - 1.1 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合方針
  - 2.1 設計基準対象施設の耐津波設計
    - 2.1.1 耐津波設計の基本方針
      - 2.1.1.1 津波防護対象の選定
      - 2.1.1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
      - 2.1.1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
      - 2.1.1.4 入力津波の設定
      - 2.1.1.5 設計または評価に用いる入力津波
    - 2.1.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
    - 2.1.3 敷地への浸水防止（外郭防護1）
      - 2.1.3.1 遡上波の地上部からの到達，流入の防止
      - 2.1.3.2 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止
    - 2.1.4 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）
      - 2.1.4.1 漏水対策
      - 2.1.4.2 安全機能への影響評価
      - 2.1.4.3 排水設備設置の検討
    - 2.1.5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
      - 2.1.5.1 浸水防護重点化範囲の設定
      - 2.1.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策
    - 2.1.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
      - 2.1.6.1 非常用海水冷却系の取水性
      - 2.1.6.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認
    - 2.1.7 津波監視
  - 2.2 津波に対する防護設備
    - 2.2.1 概要
    - 2.2.2 設計方針
    - 2.2.3 主要設備
    - 2.2.4 主要仕様

2.2.5 試験検査

2.2.6 手順等

3. 別添

別添 1 柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 耐津波設計方針について

別添 1

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉  
耐津波設計方針について

平成 28 年 8 月

東京電力ホールディングス株式会社

# 目 次

## I. はじめに

## II. 耐津波設計方針

### 1. 基本事項

1.1 津波防護対象の選定

1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

1.4 入力津波の設定

1.5 設計または評価に用いる入力津波

### 2. 設計基準対象施設の津波防護方針

2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

2.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）

2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.6 津波監視

### 3. 重大事故等対処施設の津波防護方針

3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

3.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）

3.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）

3.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

3.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

3.6 津波監視

### 4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

4.1 津波防護施設の設計

4.2 浸水防止設備の設計

4.3 津波監視設備の設計

4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

本日のご説明範囲

(添付資料)

- 1 設計基準対象施設の津波防護対象設備とその配置について
- 2 地震時における地盤沈下量の評価方法
- 3 管路解析の詳細について
- 4 港湾内の局所的な海面の励起について
- 5 防護重点化範囲の境界における浸水対策の位置及び内容
- 6 水密扉の運用管理について
- 7 津波による水位低下時の常用系ポンプの停止に関わる運用
- 8 柏崎刈羽原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
- 9 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
- 10 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について
- 11 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
- 12 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
- 13 津波防護対策の設備の位置づけについて
- 14 耐津波設計における現場確認プロセス
- 15 津波漂流物の調査要領について
- 16 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 17 漂流物の評価に考慮する津波の流速・流向について
- 18 荒浜側防潮堤の耐震設計について
- 19 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
- 20 津波波力の算定に用いた規格・基準類の適用性について
- 21 漂流物の衝突荷重算定式について
- 22 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
- 23 入力津波に用いる潮位条件について
- 24 基準津波に伴う砂移動評価について

(参考資料)

- 1 柏崎刈羽原子力発電所における津波評価
- 2 柏崎刈羽原子力発電所 6号炉及び7号炉 内部溢水の影響評価について（別添資料 1 第 9 章）
- 3 柏崎刈羽原子力発電所 6号炉及び7号炉 内部溢水の影響評価について（別添資料 1 第 10 章）

本日のご説明範囲

## 1.5 設計または評価に用いる入力津波

### 【規制基準における要求事項等】

入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位（注）を考慮して安全側の評価を実施すること。

注）：朔（新月）及び望（満月）の日から 5 日以内に観測された、各月の最高満潮面及び最低干潮面を 1 年以上にわたって平均した高さの水位をそれぞれ、朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位という

潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。

地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合、地殻変動による敷地の隆起または沈降及び、強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。

### 【検討方針】

入力津波を設計または評価に用いるにあたり、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施する。潮汐以外の要因による潮位変動として、高潮についても適切に評価を行い考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合は、地殻変動による敷地の隆起又は沈降及び強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施する。

具体的には以下のとおり実施する。

- 朔望平均潮位については、敷地周辺の港における潮位観測記録に基づき、観測設備の仕様に留意の上、評価を実施する。
- 上昇側の水位変動に対しては、朔望平均満潮位及び潮位のバラつきを考慮して上昇側評価水位を設定し、下降側の水位変動に対しては、朔望平均干潮位及び潮位のバラつきを考慮して下降側評価水位を設定する。
- 潮汐以外の要因による潮位変動について、潮位観測記録に基づき、観測期間等に留意の上、高潮発生状況（程度、台風等の高潮要因）について把握する。また、高潮の発生履歴を考慮して、高潮の可能性とその程度（ハザード）について検討し、津波ハザード評価結果を踏まえた上で、独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した上で、考慮の可否、津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。
- 地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合、以下のとおり考慮する。
- 地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対する安全評価の際

には、下降側評価水位から隆起量を差引いた水位と対象物の高さを比較する。また、上昇側の水位変動に対する安全評価の際には、隆起を考慮しないものと仮定して、対象物の高さとは上昇側評価水位を直接比較する。

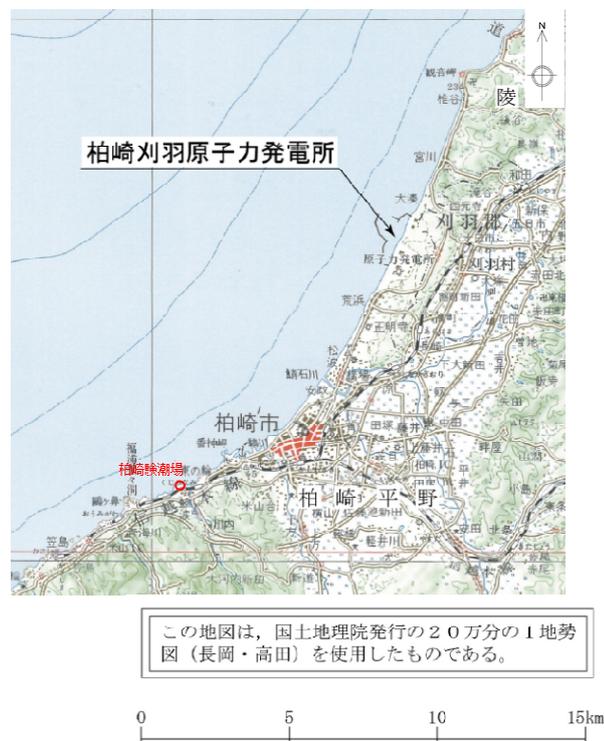
- 地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対する安全評価の際には、上昇側水位に沈降量を加算して、対象物の高さと比較する。また、下降側の水位変動に対する安全評価の際には、沈降しないものと仮定して、対象物の高さとは下降側評価水位を直接比較する。

## 【検討結果】

### (1) 朔望平均潮位

柏崎刈羽原子力発電所の南西約 11km の観測地点「柏崎」（国土交通省国土地理院柏崎験潮所）（第 1.5-1 図）の朔望平均潮位は第 1.5-1 表のとおりである。

耐津波設計においては施設への影響を確認するため、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位を考慮して上昇側水位を設定し、また、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位を考慮して下降側水位を設定する。



第 1.5-1 図 観測地点「柏崎」の位置

第 1.5-1 表 考慮すべき水位変動

朔望平均満潮位	T. M. S. L. + 0.49m
朔望平均干潮位	T. M. S. L. + 0.03m

## (2) 潮位のバラつき

設定した朔望平均潮位のバラつきを把握するため、潮位観測記録を用いてバラつきの程度を確認した。

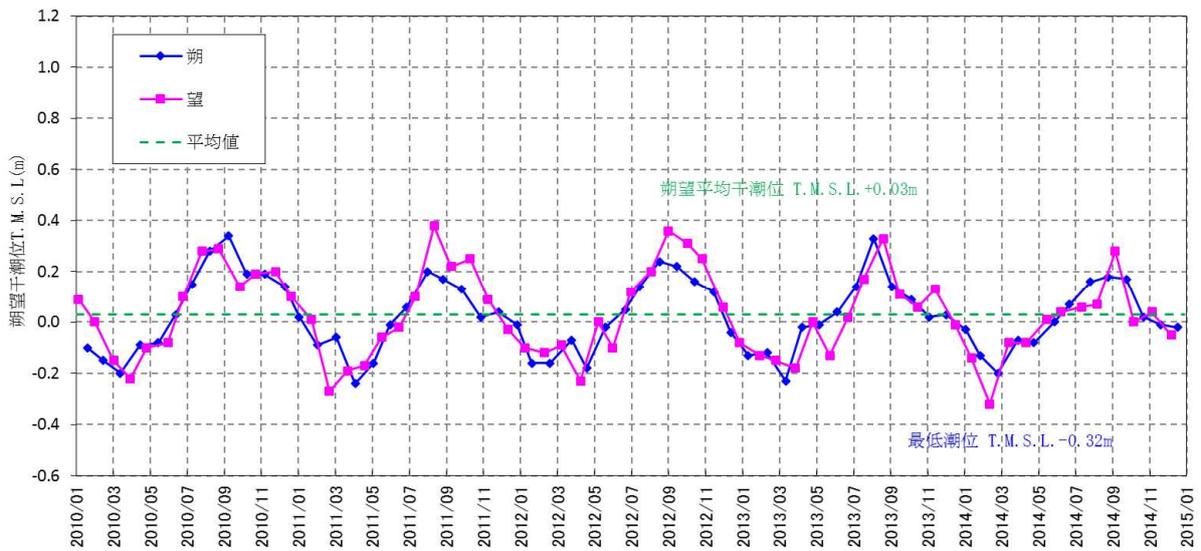
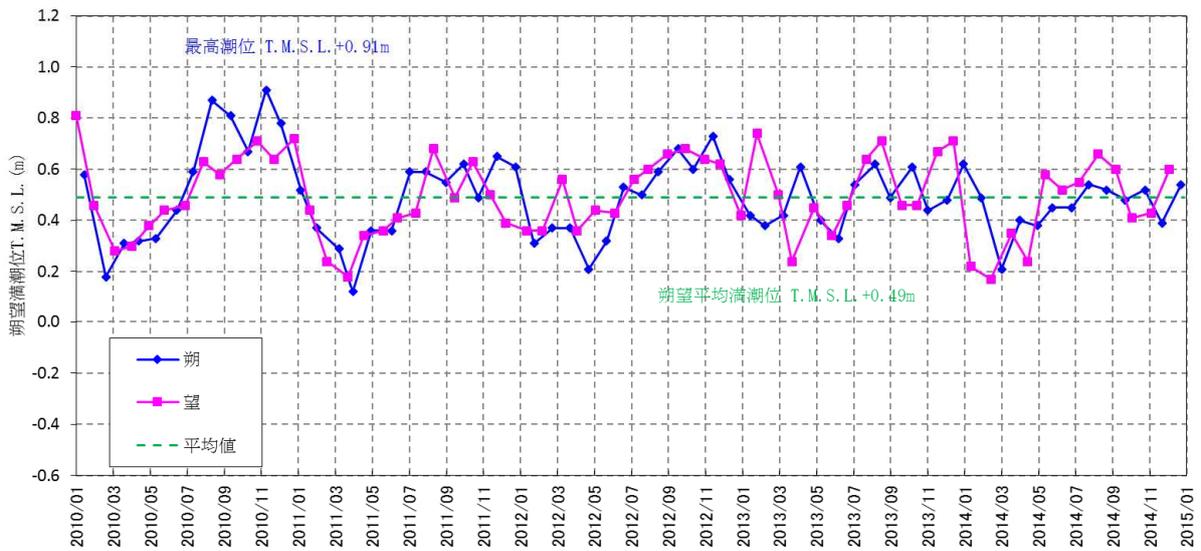
確認は平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 ヶ年のデータを用いて行った。用いたデータを第 1.5-1 図に示す。なお、観測期間を 10 ヶ年とした場合についても検証を行い、同程度の値を示すことを確認している。（添付資料 23）

データ分析の結果は第 1.5-2 表に示すとおりであり、標準偏差は満潮位で 0.16m，干潮位で 0.15m であった。

満潮位の標準偏差（0.16m）は、耐津波設計における上昇側水位の設定の際に考慮し、干潮位の標準偏差（0.15m）は下降側水位の設定の際に考慮する。

第 1.5-2 表 朔望潮位に関するデータ分析（柏崎）

	朔望満潮位（m）	朔望干潮位（m）
最大値	T. M. S. L. +0.91	T. M. S. L. +0.38
平均値	T. M. S. L. +0.49	T. M. S. L. +0.03
最小値	T. M. S. L. +0.12	T. M. S. L. -0.32
標準偏差	0.16	0.15



第 1.5-1 図 各月の朔望満干潮位の推移

### (3) 高潮

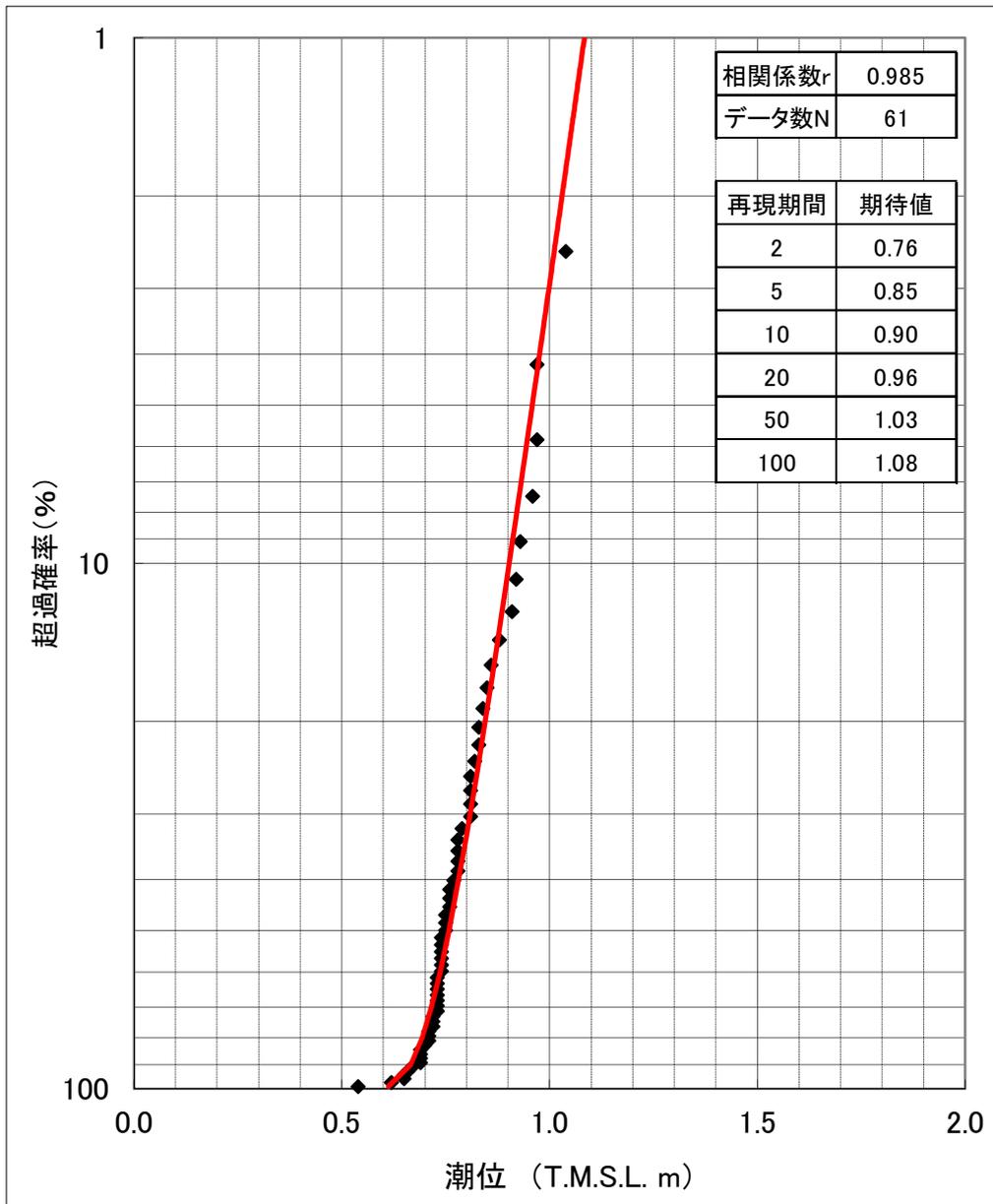
#### a. 高潮の評価

観測地点「柏崎」における過去 61 年（1955 年～2015 年）の年最高潮位を第 1-5-3 表に示す。また，表から算定した観測地点「柏崎」における最高潮位の超過発生確率を第 1.5-2 図に示す。これより，再現期間と期待値は次のとおりとなる。

- 2 年 : T.M.S.L. + 0.76 m
- 5 年 : T.M.S.L. + 0.85 m
- 10 年 : T.M.S.L. + 0.90 m
- 20 年 : T.M.S.L. + 0.96 m
- 50 年 : T.M.S.L. + 1.03 m
- 100 年 : T.M.S.L. + 1.08 m

第 1.5-3 表 観測地点「柏崎」における年最高潮位

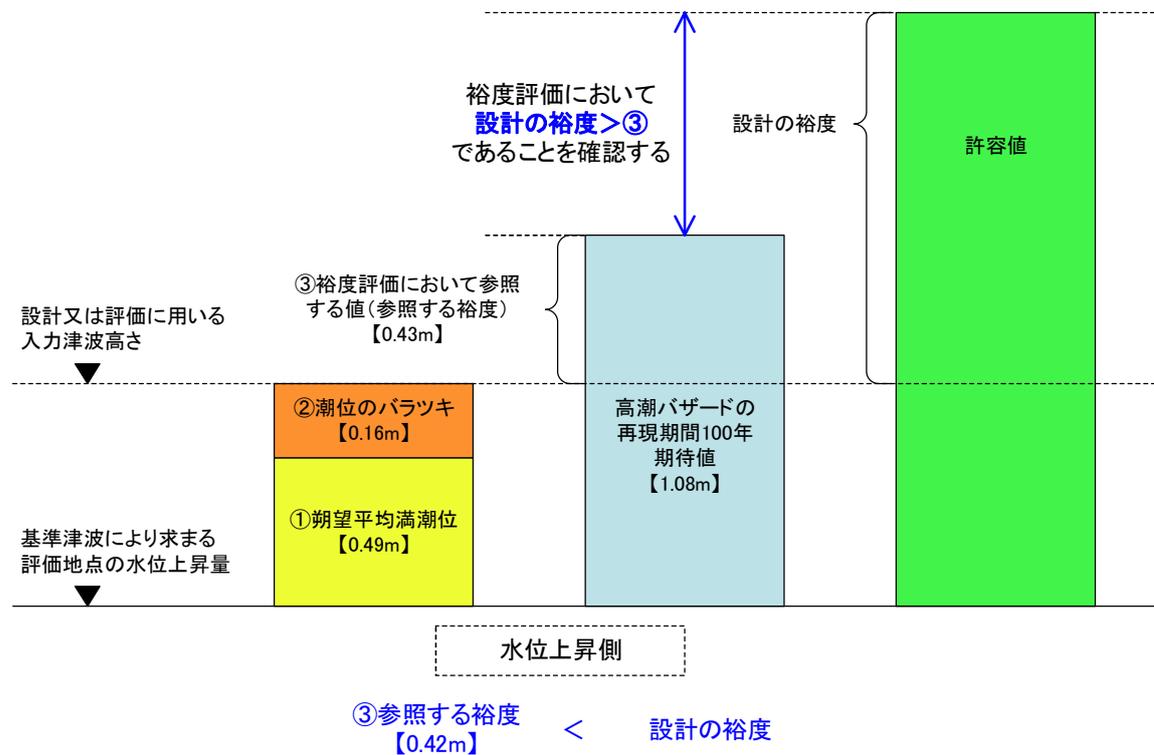
年	月	日	時	潮位(m)	順位	備考
1955	7	22	16	0.62		台風9号と台風11号の通過
1956	12	5	17	0.93	⑥	
1957	12	18	23	0.72		
1958	8	21	6	0.65		
1959	9	18	13	0.82		台風14号通過
1960	1	5	20	0.69		
1961	8	7	1	0.83		
1962	8	4	7	0.79		台風9号から温帯低気圧へ
1963	11	9	5	0.86	⑩	
1964	11	23	19	0.78		
1965	12	12	20	0.81		
1966	12	1	1	0.73		
1967	8	29	5	0.71		
1968	1	14	17	0.71		
1969	12	3	10	0.74		
1970	12	4	6	0.84		
1971	9	27	4	0.73		台風29号通過
1972	12	2	0	0.96	⑤	
1973	11	17	8	0.72		
1974	11	18	20	0.78		
1975	8	23	15	0.75		台風6号通過
1976	10	29	21	0.97	④	
1977	12	26	1	0.66		
1978	8	3	13	0.69		台風8号通過
1979	3	31	5	0.74		
1980	10	26	17	0.88	⑨	
1981	8	23	7	0.92	⑦	台風15号通過
1982	10	25	3	0.70		
1983	11	18	17	0.76		
1984	8	23	2	0.81		台風10号から温帯低気圧へ
1985	11	13	16	0.73		
1986	8	30	6	0.71		台風13号から温帯低気圧へ
1987	1	1	2	0.81		
1988	7	1	14	0.54		
1989	11	30	2	0.69		
1990	12	27	14	0.75		
1991	2	17	3	0.65		
1992	12	14	1	0.74		
1993	2	23	16	0.67		
1994	9	20	15	0.72		台風24号から温帯低気圧へ
1995	12	24	19	0.77		
1996	6	19	14	0.76		
1997	1	3	21	0.74		
1998	11	17	16	0.83		
1999	10	28	3	0.81		
2000	2	9	4	0.97	③	
2001	1	2	19	0.73		
2002	10	28	5	0.76		
2003	9	13	18	0.74		台風第14号通過
2004	8	20	5	1.05	①	台風第15号通過
2005	12	5	3	0.73		
2006	11	7	17	0.78		
2007	1	7	18	0.85		
2008	2	24	5	0.73		
2009	12	21	5	0.75		
2010	11	10	3	0.91	⑧	
2011	1	1	0	0.69		
2012	4	4	5	0.73		
2013	1	26	17	0.74		
2014	12	17	23	1.04	②	
2015	11	27	17	0.78		



第 1.5-2 図 観測地点「柏崎」における最高潮位の超過発生確率

## b. 高潮の考慮

基準津波による水位の年超過確率は  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性は低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値 (T.M.S.L. + 1.08m) と入力津波で考慮する朔望平均満潮位 (T.M.S.L. + 0.49m) 及び潮位のばらつき (0.16m) との差である 0.43m を外郭防護の裕度評価において参照する。(第 1.5-3 図)



第 1.5-3 図 高潮の考慮のイメージ

#### (4) 地殻変動

津波の波源としている地震による地殻変動としては、第 1.5-4 表に示す沈降及び隆起が想定される。なお、基準津波の波源については第 1.5-4 図に、また、地殻変動量の算定方法については添付資料 19 に示す。

耐津波設計においては施設への影響を確認するため、地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対しては設計、評価を行う際には、沈降量を考慮して上昇側水位を設定する。また、下降側の水位変動に対して設計、評価を行う際は、沈降しないものと仮定する。

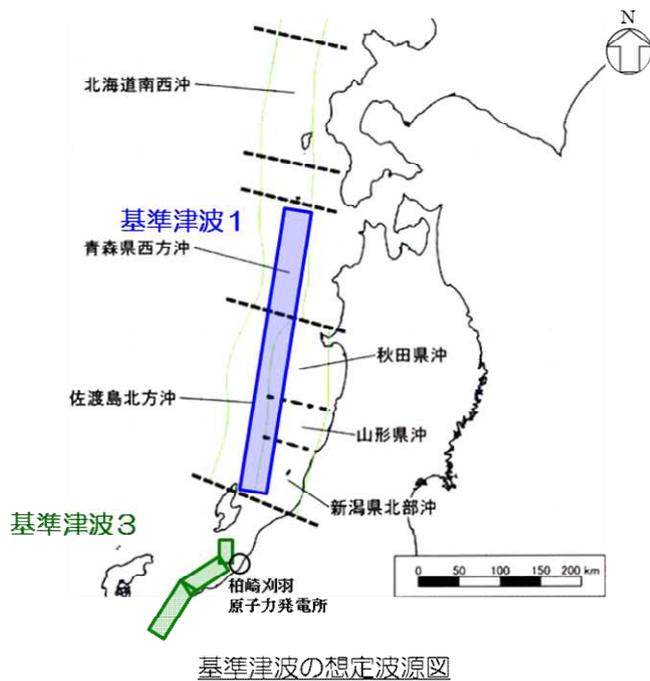
地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対して設計、評価を行う際には、隆起量を考慮して下降側水位を設定する。また、上昇側の水位変動に対して設計、評価を行う際は、隆起しないものと仮定する。

なお、「柏崎刈羽原子力発電所における津波評価」における地震による津波の数値シミュレーションでは、地殻変動量を含む形で表現している。

基準地震動評価における震源モデルから算定される広域的な地殻変動について、津波に対する安全性評価への影響はない。また、国土地理院発表の最新の地殻変動（第 1.5-5 図）を参照すると、2011 年東北地方太平洋沖地震後の余効変動は、福島県いわき地点及び相馬地点では、継続しているものの、柏崎地点では、2011 年東北地方太平洋沖地震前後でも変動は小さく、津波に対する安全性評価への影響はない。地殻変動の鉛直変位について経時変化を第 1.5-6 図に示す。

第 1.5-4 表 津波の波源としている地震による地殻変動量

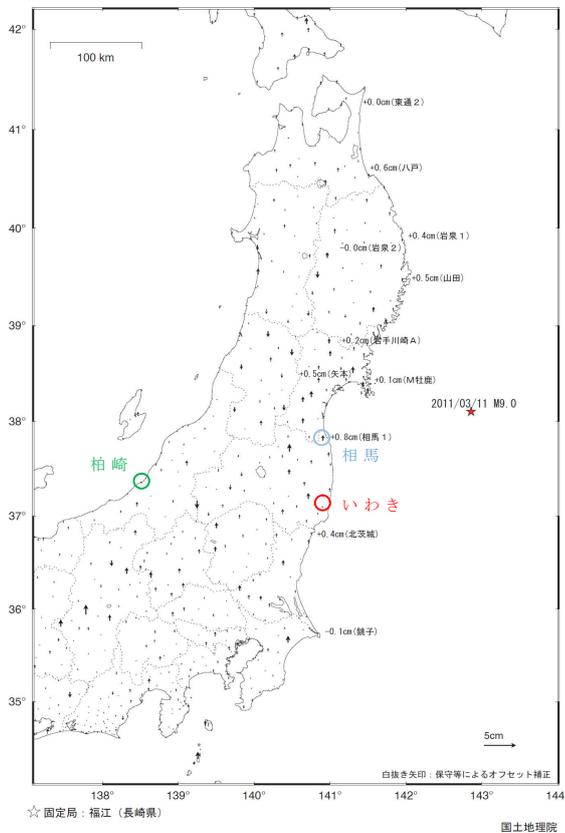
	津波	波源となる地震 (断層モデル)	地殻 変動量	設計・評価に 考慮する変動量
上昇側 評価時	基準津波 1	日本海東縁部 (2 領域モデル)	0.21m 沈降	0.21m の沈降を考慮
	基準津波 3	海域の活断層 (5 断層連動モデル)	0.20m 沈降	0.20m の沈降を考慮
下降側 評価時	基準津波 2	日本海東縁部 (2 領域モデル)	0.29m 沈降	沈降しないものと仮定



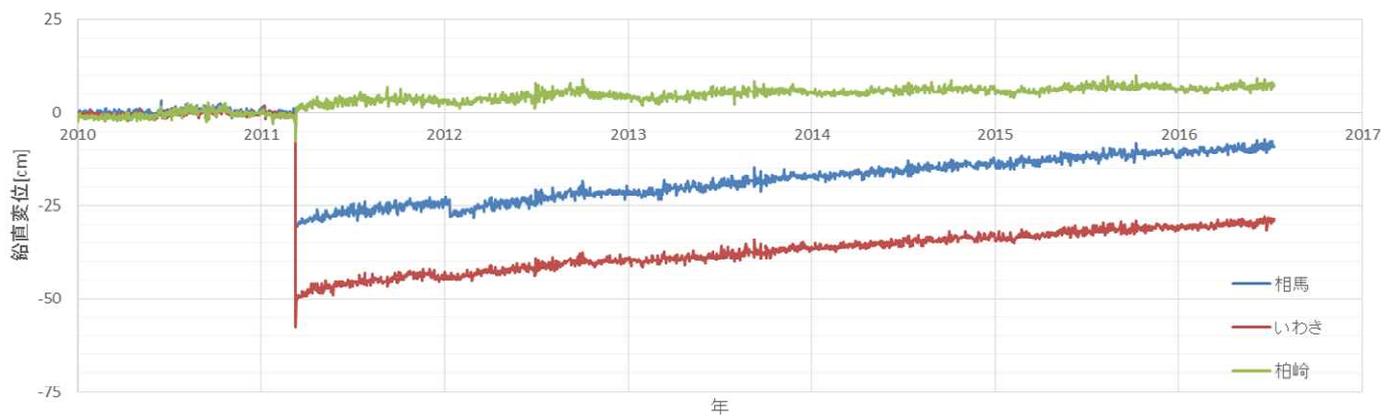
基準津波の想定波源図

第 1.5-4 図 基準津波の想定波源図

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) - 1ヶ月 -  
 基準期間 : 2015/11/17 -- 2015/11/23 [F3 : 最終解]  
 比較期間 : 2015/12/17 -- 2015/12/23 [R3 : 速報解]



第 1.5-5 図 東日本の地殻変動 (2015年12月)

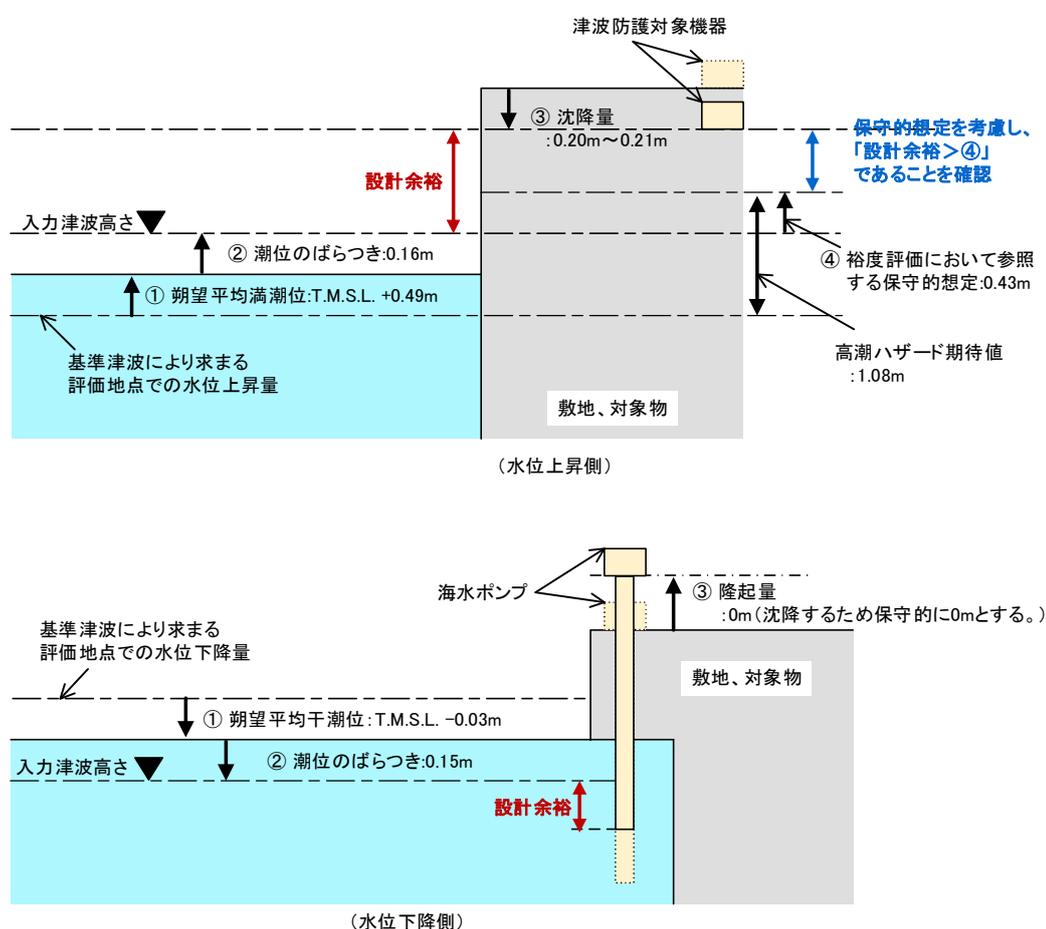


第 1.5-6 図 鉛直変位の経時変化

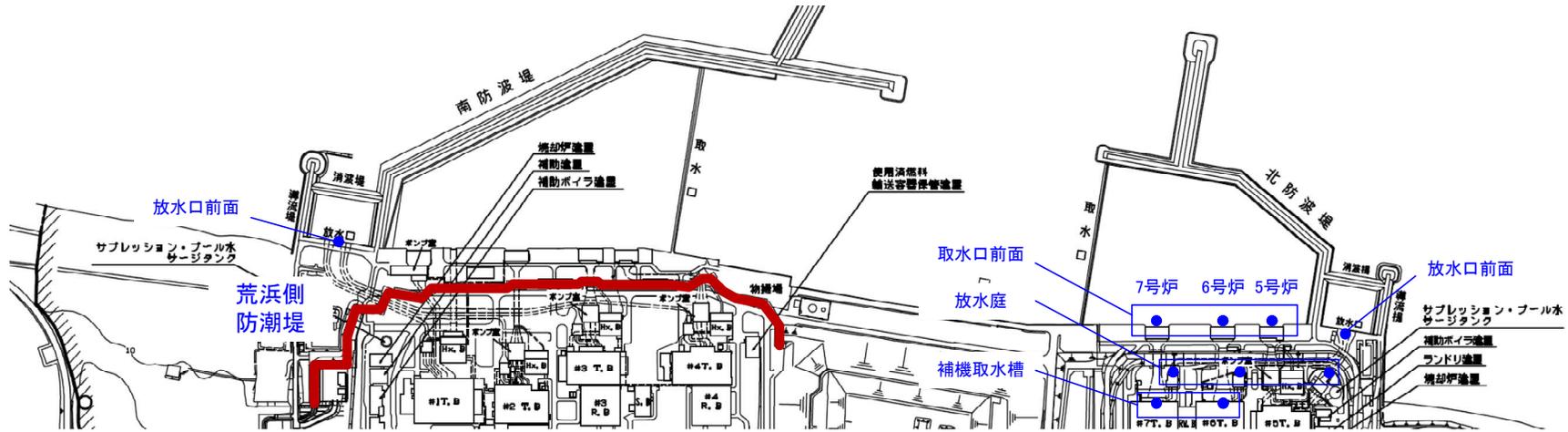
## (5) 設計または評価に用いる入力津波

「1.4 入力津波の設定」及び上記の(1)から(4)に記した考慮事項を踏まえた設計または評価に用いる入力津波設定の概念を第1.5-6図に示す。また、設定した各施設・設備の設計または評価に用いる入力津波の評価位置及び津波高さを第1.5-7図、第1.5-5表に、各入力津波の時刻歴波形を第1.5-8図に示す。ここで、水位下降側の入力津波高さは、海水ポンプの取水性を確保するため、海水貯留堰を設置することから、同堰の機能を考慮して評価する。

なお、基準津波による遡上波を入力津波として設計または評価を行う場合には、基準津波の遡上解析結果による最高水位を安全側に評価した値を入力津波高さとして考慮する。



第1.5-6図 設計または評価に用いる入力津波設定の概念

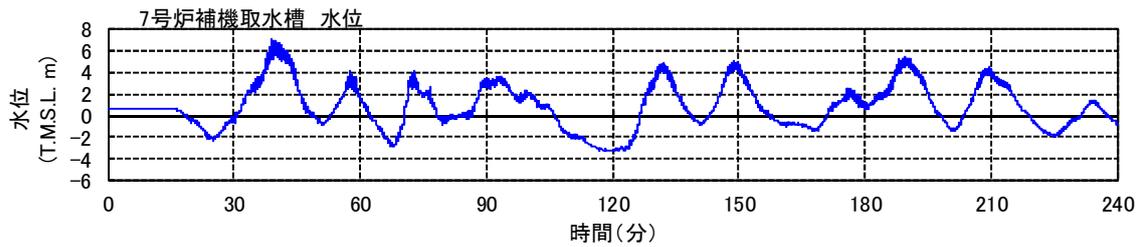
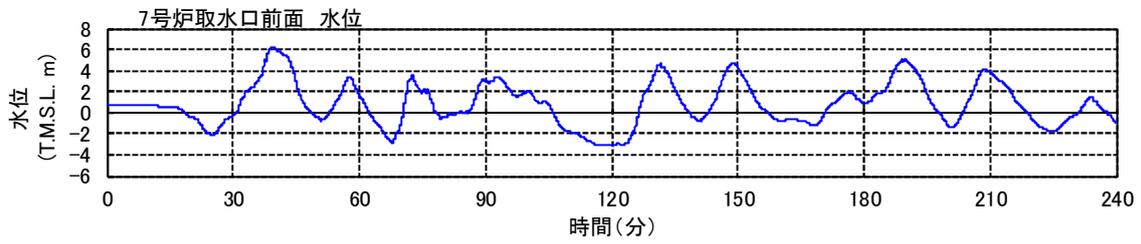
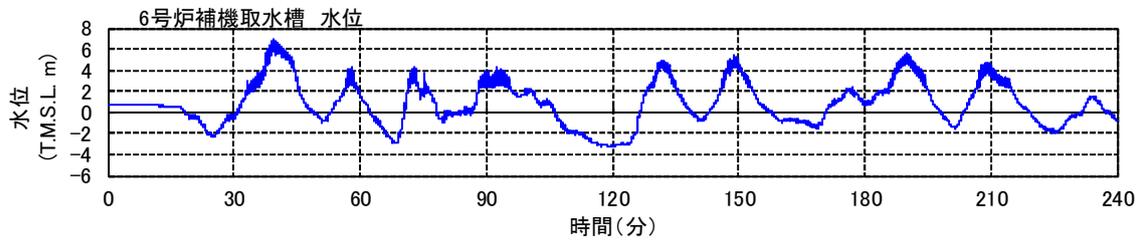
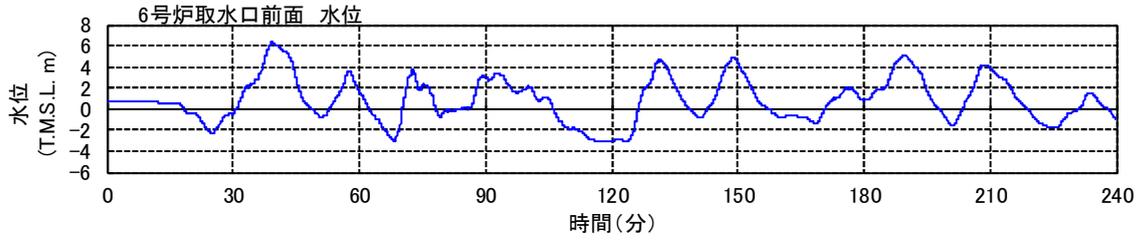
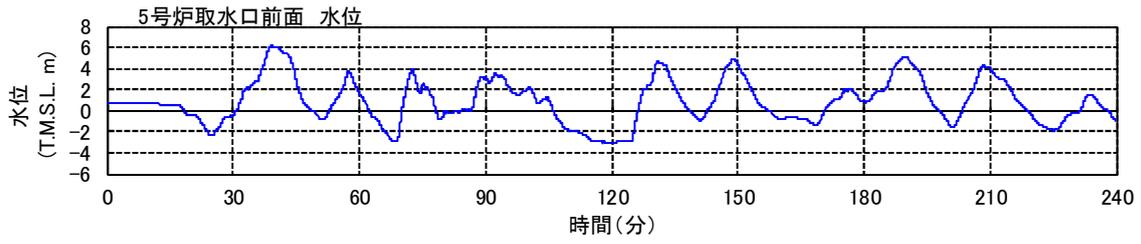


第 1.5-7 図 入力津波の評価位置

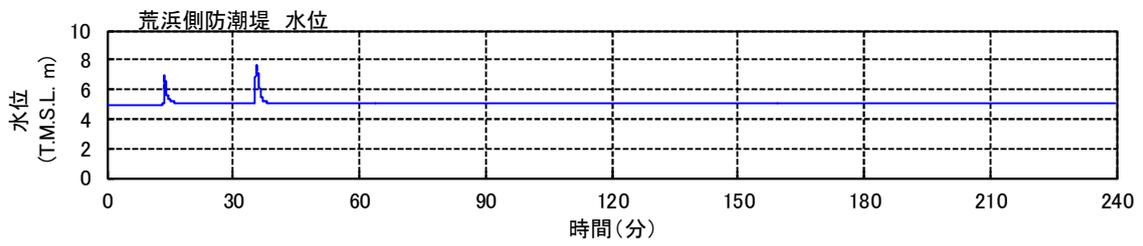
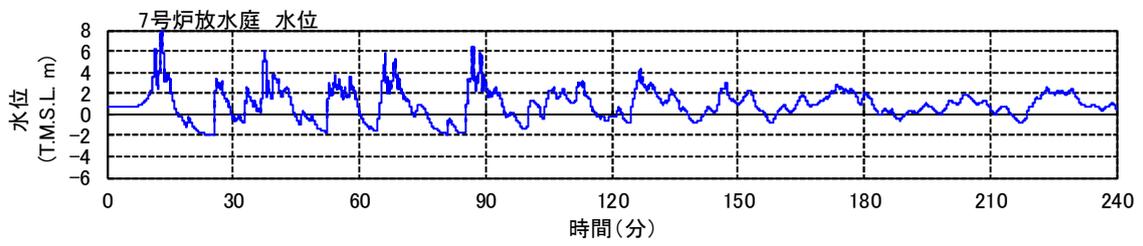
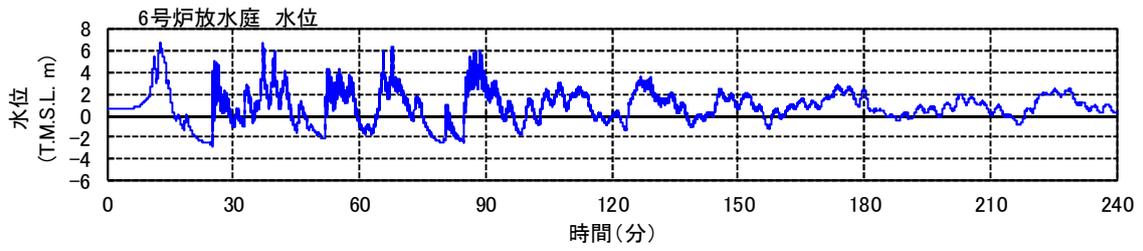
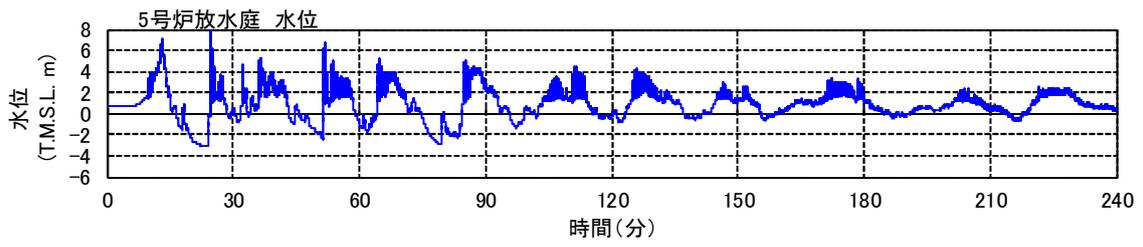
第 1.5-5 表 入力津波高さ一覧

基準津波 名称	策定対象とする 入力津波の種類	発生要因		入力津波高さ T.M.S.L. (m)										
		地震 (断層モデル)	地すべり	評価地点										
				取水路					放水路			荒浜側 防潮堤	遡上域 ※放水口前面 を含む	
				5号炉 取水口 前面	6号炉 取水口 前面	補機 取水槽	7号炉 取水口 前面	補機取 水槽	5号炉 放水庭	6号炉 放水庭	7号炉 放水庭		荒浜側	大湊側
基準津波 1	取水路 水位上昇量	日本海東縁部 (2領域モデル)	LS-2	+ 6.3	+ 6.4	+ 7.0	+ 6.3	+ 7.2	-	-	-	-	-	-
基準津波 2	取水路 水位下降量	日本海東縁部 (2領域モデル)	-	-	- 3.5	- 3.7	- 3.5	- 3.7	-	-	-	-	-	-
基準津波 3	防潮堤・遡上域 (放水路含む) 最高水位	海域の活断層 (5断層連動 モデル)	LS-2	-	-	-	-	-	+ 8.0	+ 6.8	+ 7.9	+ 7.8	+ 7.8	+ 7.8

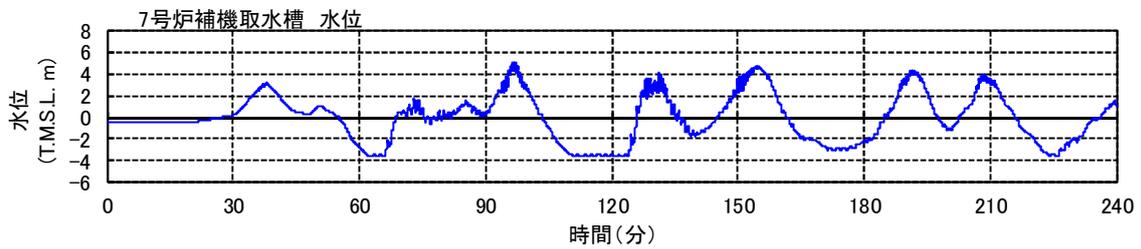
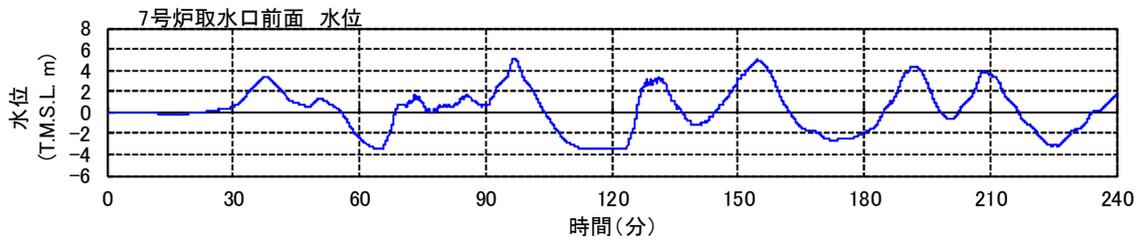
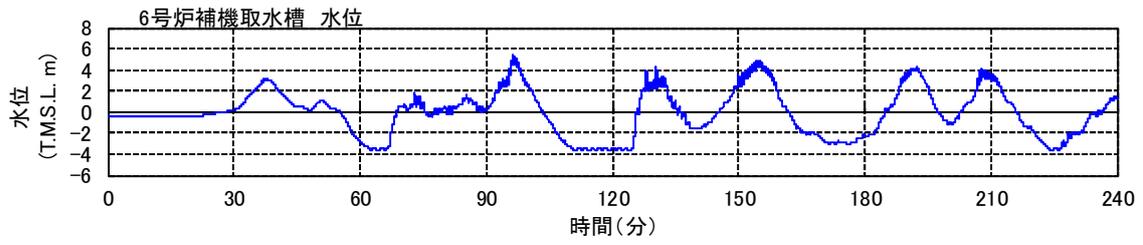
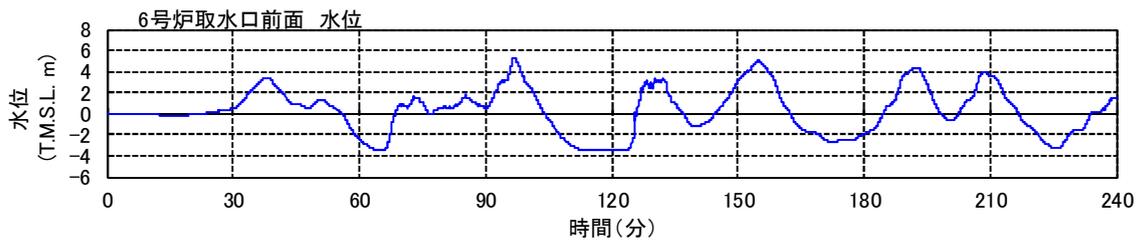
※速報値



第 1.5-8-1 図 入力津波の時刻歴波形（上昇側）



第 1.5-8-2 図 入力津波の時刻歴波形（上昇側）



第 1.5-8-3 図 入力津波の時刻歴波形（下降側）

## 添付資料 2

地震時における地盤沈下量及び  
斜面崩壊について

## 地震時における地盤沈下量及び斜面崩壊について

### 1. 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド

#### 【規制基準における要求事項等】

次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。

- 地震に起因する変状による地形、河川流路の変化

#### 【検討方針】

敷地への遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺地盤について、地震や津波による地形、標高変化を考慮した場合の津波評価を実施し、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

- 遡上域である護岸付近の地盤は、基準地震動  $S_s$  による震動で沈下が想定されるため、沈下量を算定し、津波評価を実施した。
- 敷地の中央に位置する中央土捨場は、基準地震動  $S_s$  による震動で斜面が崩壊する可能性があるため、土砂の堆積形状を検討し、津波評価を実施した。

### 2. 護岸付近の地盤沈下

遡上経路である護岸付近の地盤は、西山層、古安田層、埋戻土層等から構成されており、基準地震動  $S_s$  による震動で沈下が想定されるため、地質調査結果等を基に沈下量を算定した。沈下量の算定フローを図1に示す。また、沈下が想定される護岸の範囲を図2に示す。

沈下量の算定には、液状化による沈下を想定し、既往の地質断面図から基準地震動  $S_s$  により液状化の可能性がある砂層を選定した。地質断面図を図3に示す。

大湊側の液状化評価対象層として、砂層の分布状況等から、埋戻土層を選定した。荒浜側の液状化評価対象層として、主に1～2号炉海側に分布する古安田層中の砂層、新期砂層・沖積層及び埋戻土層を選定した。

各層の沈下率は、Ishiharaほか(1992)の相対密度に応じた最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から沈下率を設定した。調査位置を図4に、各層の相対密度を図5に示す。

各層の相対密度のばらつきを考慮して、保守的に図6に示す通り、埋戻土層及び古安田層中の砂層を60%、新期砂層を70%に設定した。

沈下率と砂層の層厚から算出した沈下量の分布を図7に示す。大湊側の平均沈下量は0.48m、最大沈下量は0.62m、荒浜側の平均沈下量は0.45m、最大沈下量は0.74mとなったため、津波評価における護岸付近の沈下量の設定は、保守的に1.0mとした。

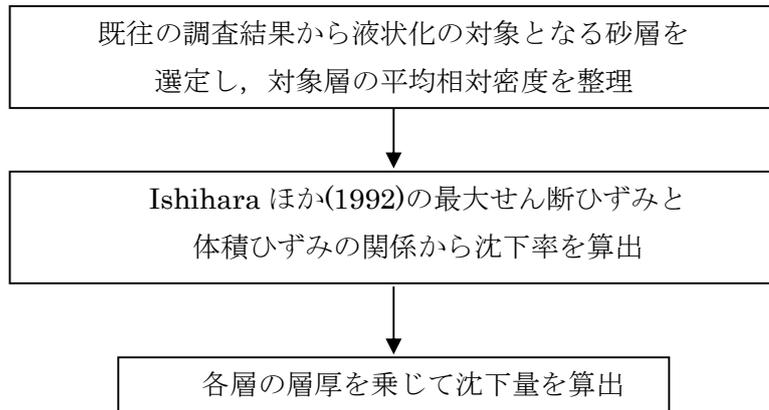


図1 地盤沈下量の算定フロー

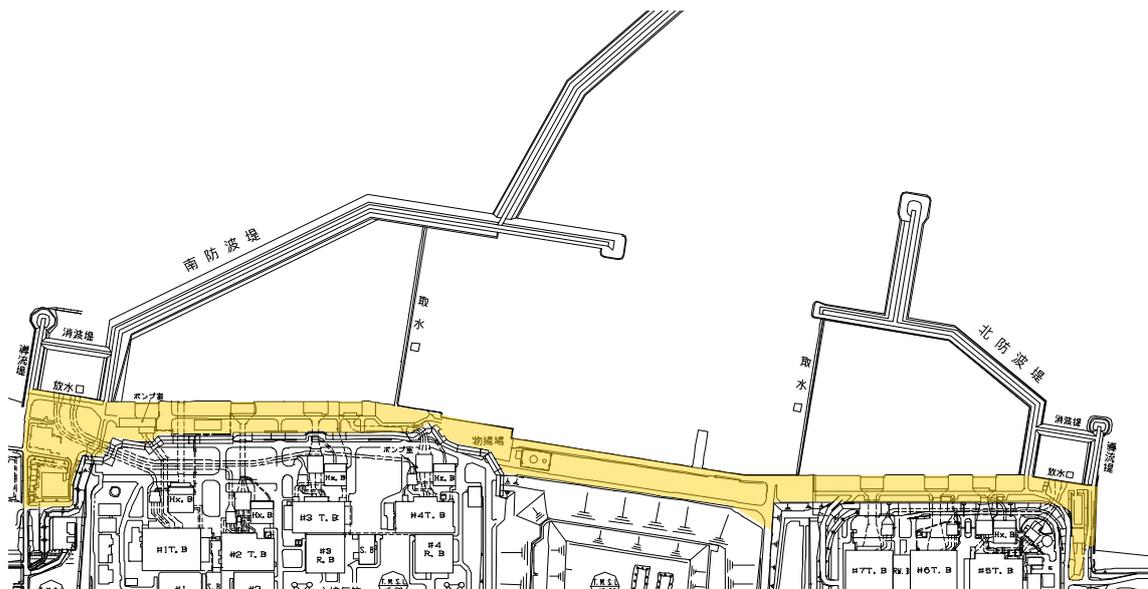


図2 護岸沈下範囲

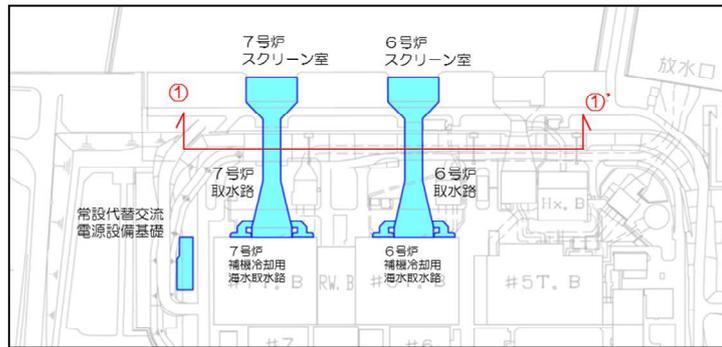
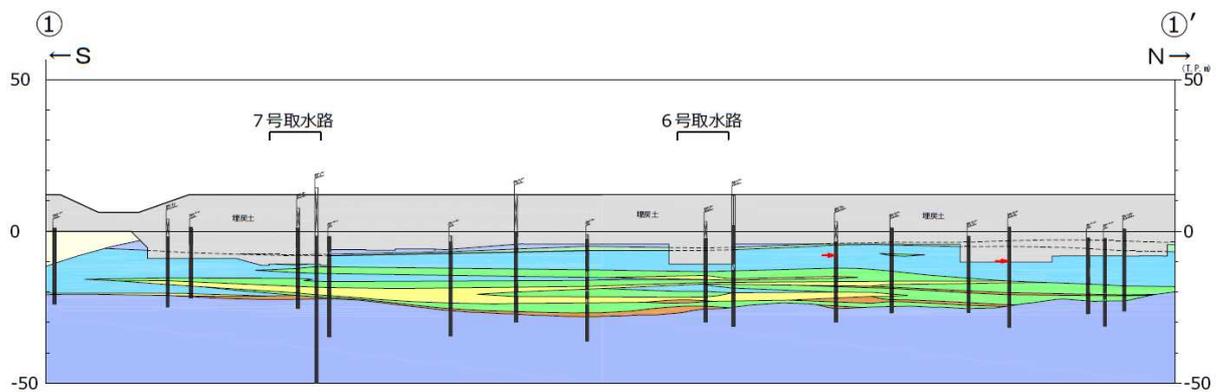


図3 (1) 平面図 (大湊側)



凡例

埋灰土	■		
新期砂層・沖積層	■		
番神砂層・大湊砂層	■		
A2~A3部層	粘性土	■	
	粘性土・砂質土互層	■	
	砂質土	■	
	粘性土	■	
古安田層	A2部層	粘性土・砂質土互層	■
		砂質土	■
		礫層	■
A1部層	粘性土	■	
	粘性土・砂質土互層	■	
古安田層 A2部層中の灰白色細粒ガラス質火山灰	→		
西山層	■		

図3 (2) 地質断面図 (①-①'断面)

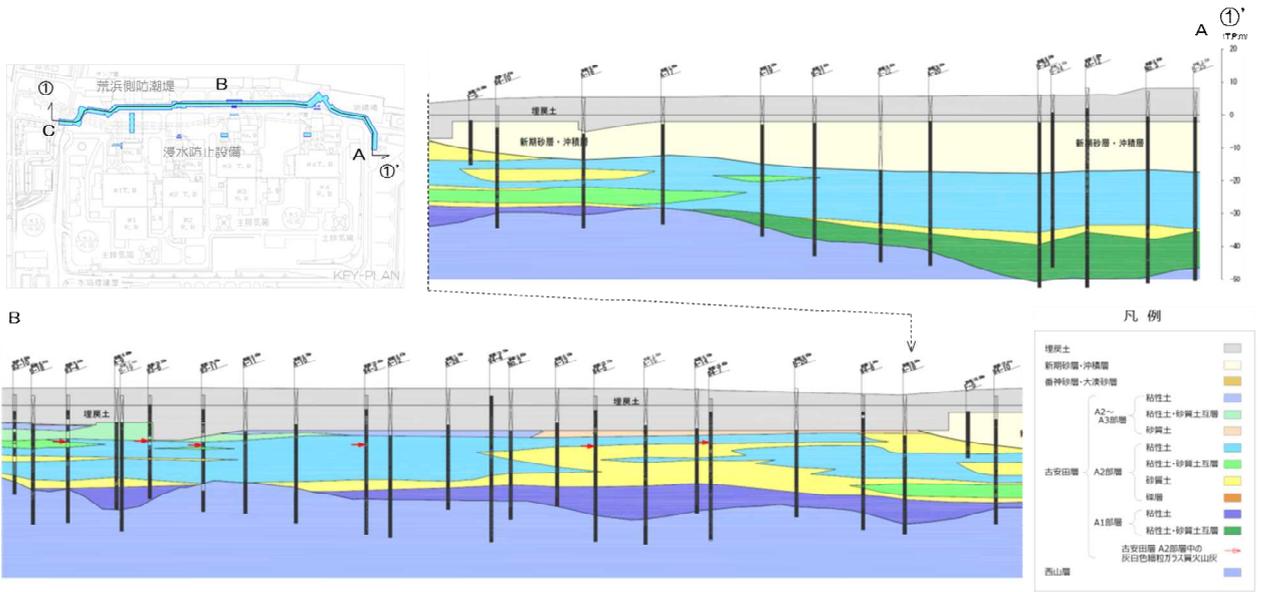


図3 (3) 地質断面図 (荒浜側 ①-①' (A-B) 断面)

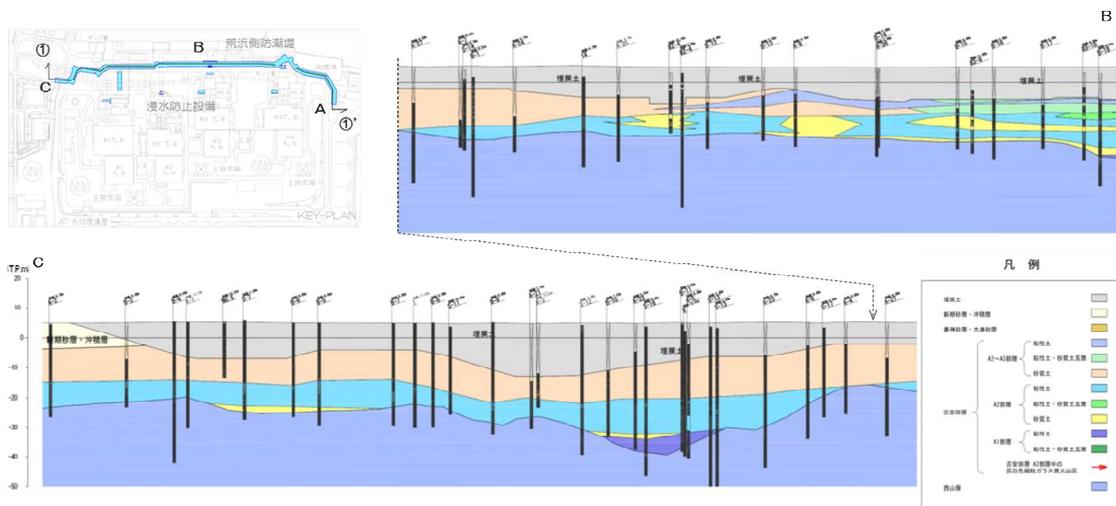
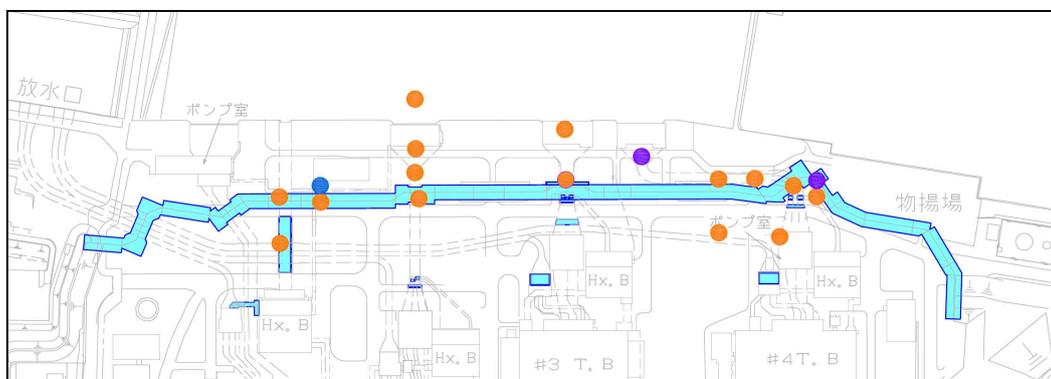
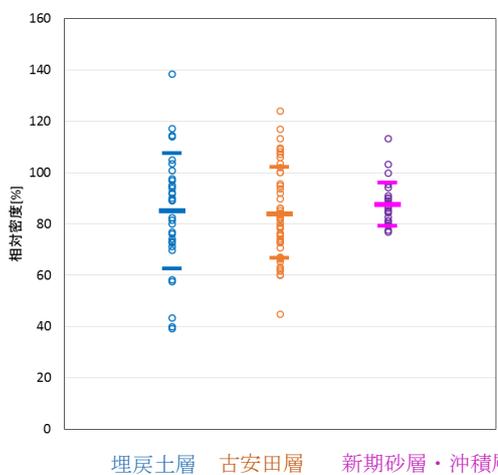


図3 (4) 地質断面図 (荒浜側 ①-①' (B-C) 断面)



凡例：調査位置  
 ●：埋戻土層 ●：古安田層 ●：新期砂層・沖積層

図4 既往の調査位置



	相対密度 $D_r$ (%)	
	平均	$-1\sigma$
埋戻土層	85.0	62.5
古安田層中の砂層	83.7	66.8
新期砂層・沖積層	87.5	79.1

凡例  
 ───  $+\sigma$   
 ─── 平均値  
 ───  $-\sigma$   
 ○：試験値

図5 対象とした砂層の平均相対密度

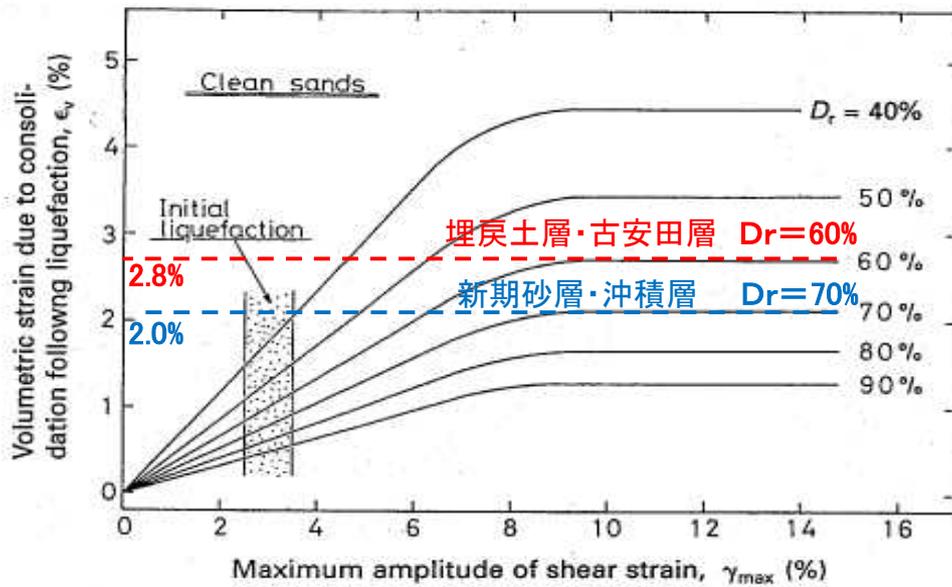


図6 Ishihara ほか(1992)の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係を参考にした沈下率

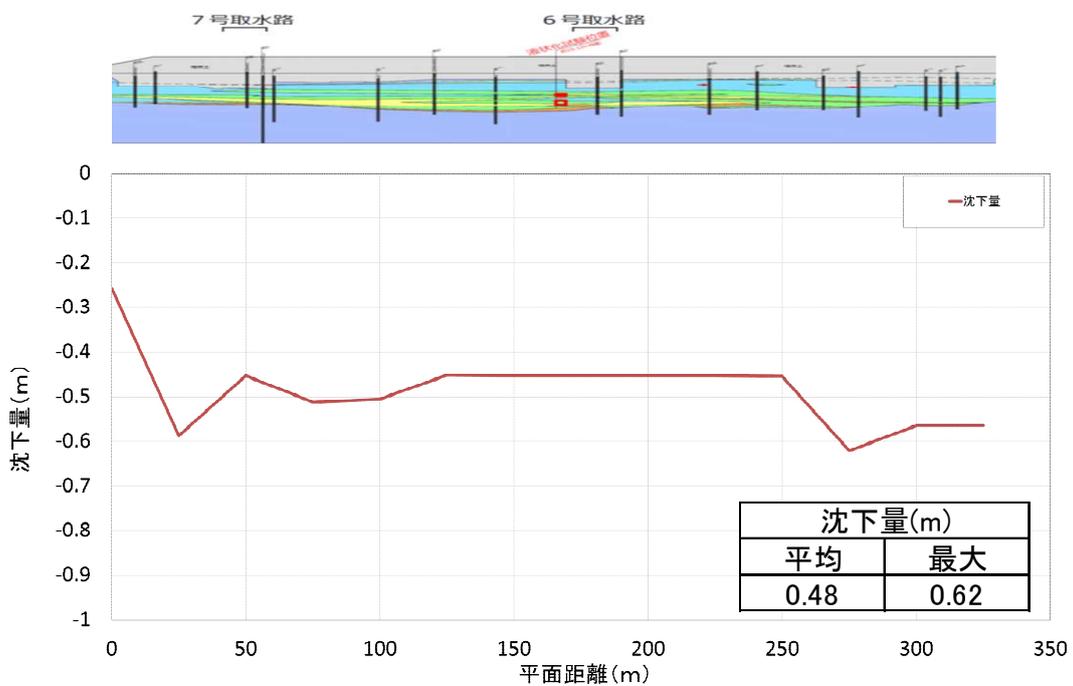


図7 (1) 沈下量 (大湊側)

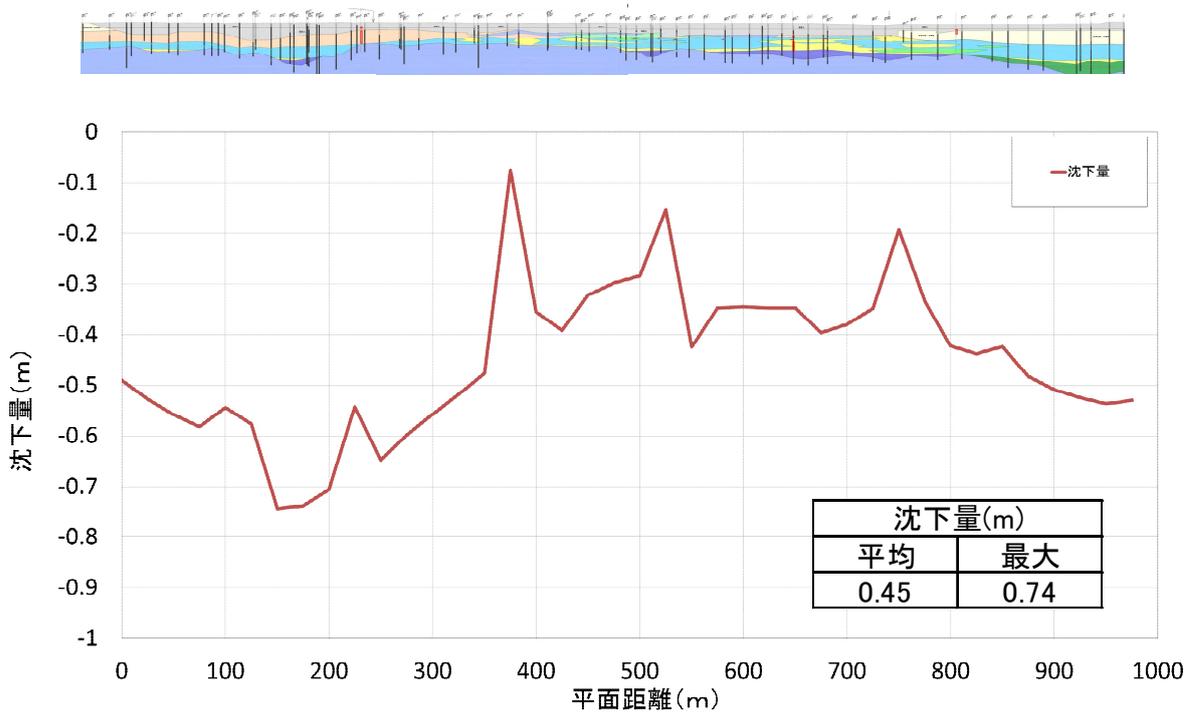


図 7 ( 2 ) 沈下量 ( 荒浜側 )

### 3. 中央土捨場の崩壊

敷地の中央に位置する中央土捨場は、基準地震動  $S_s$  による震動で斜面が崩壊する可能性があるため、保守的な設定として最も大きなすべり線を想定した。対象となる中央土捨場の位置図を図8に、崩壊土砂の堆積形状イメージを図9に示す。

なお、崩壊土砂の堆積角度として、内部摩擦角と安息角の関係及び土砂移動時の内部摩擦角の下限値を考慮して、保守的な設定となる  $15^\circ$  を設定した崩壊範囲よりも「宅地防災マニュアルの解説」を参考に法尻から法肩までの高さ (H) の2倍を設定した崩壊範囲の方が大きいため、中央土捨場の崩壊形状としては、法肩までの高さ (H) の2倍を設定した。(図10, 11参照)

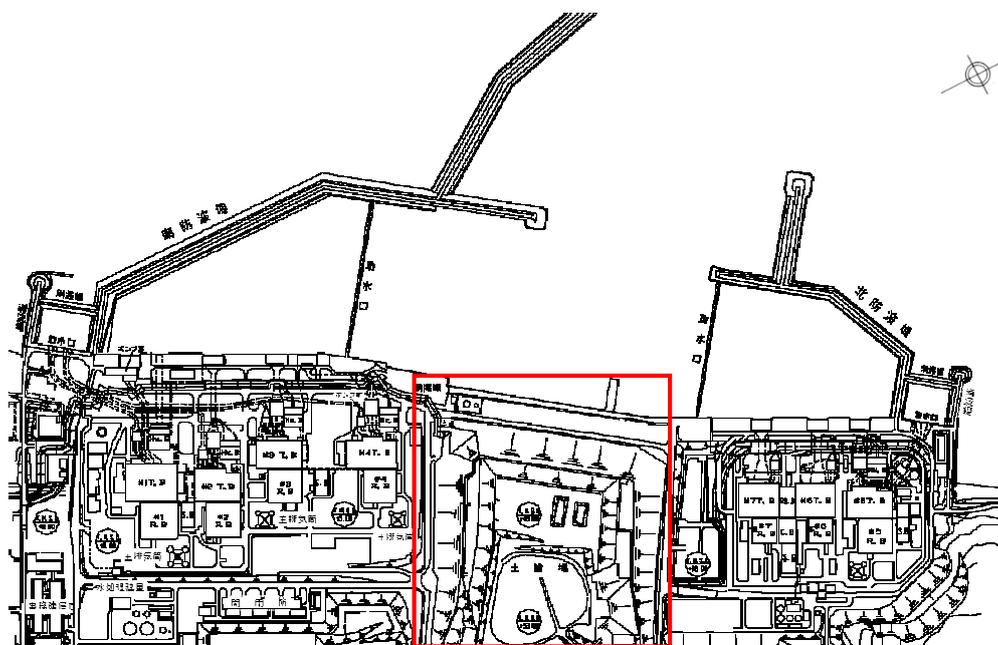


図8 敷地平面図

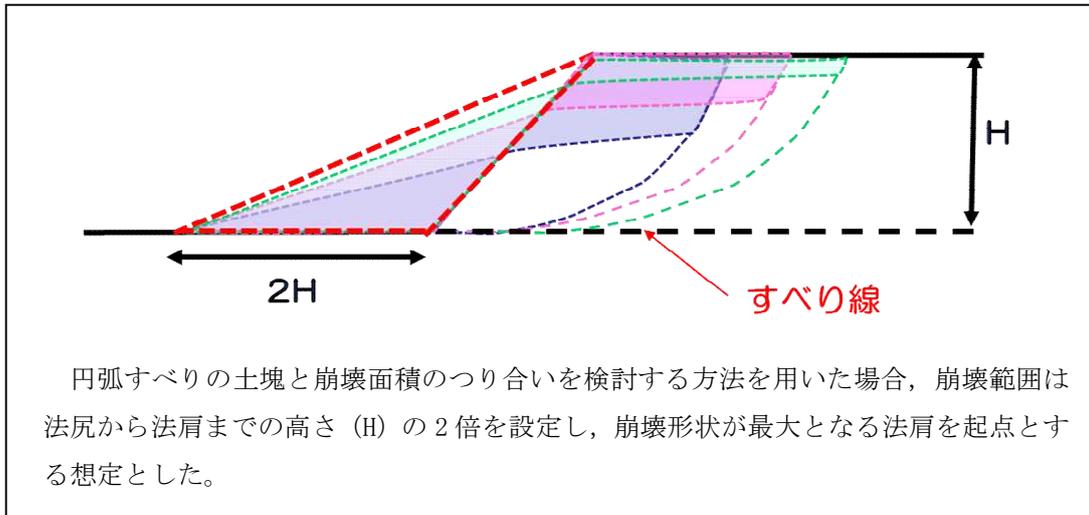


図 9 崩壊土砂の堆積形状イメージ

- 安息角とは、自然にとりうる土の最大傾斜角で、乾燥した粗粒土の場合は高さに関係しないが、粘性土の場合は高さに影響されるので、安息角は一定の値にならないと説明されている。(地盤工学会:土質工学用語集)

■ 砂の安息角と内部摩擦角  
 図の応力状態時の斜面が安定するには、すべり力Tと抵抗力Sの間に、 $T \leq S$ の条件が成り立つ必要がある。  
 これを展開すると、以下ようになる。

$$W \cdot \sin \beta \leq W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi$$

$$\tan \beta \leq \tan \phi$$

$$\phi \geq \beta$$

すなわち、内部摩擦角  $\phi$  は斜面勾配  $\beta$  以上の値であり、安全率1.0の極限状態では内部摩擦角  $\phi$  は斜面勾配  $\beta$  と等しくなる。

■ 土砂の移動時の内部摩擦角  
 【土砂災害防止に関する基礎調査の手引き:(財)砂防フロンティア整備推進機構、H13.6】  
 急傾斜値の崩壊に伴う土石等の内部摩擦角  $\phi$   
 > 15° ~ 40°  
 【砂防設計公式集(マニュアル):(社)全国治水砂防協会、S59.11】  
 土石流の力や高さの検討に用いる土砂の内部摩擦角  $\phi$   
 > 普通土(固いもの) : 25° ~ 35°  
 > 普通土(やや軟らかいもの) : 20° ~ 30°  
 > 普通土(軟らかいもの) : 15° ~ 25°

図 1 0 崩壊土砂の堆積角度について

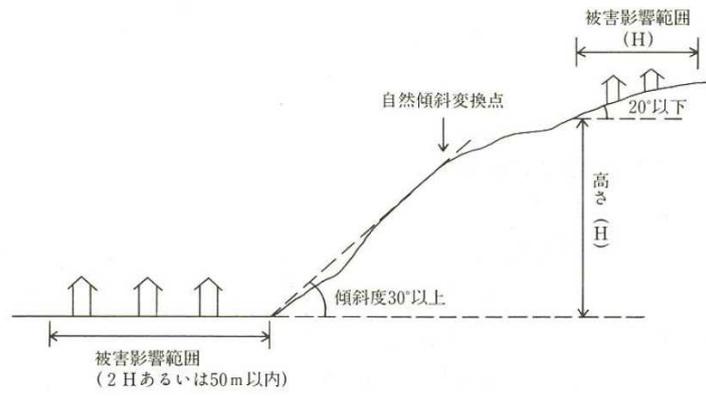


図 1 1 崩壊土砂の到達範囲について

#### 4. 津波評価結果

上記「2. 護岸付近の地盤沈下」及び「3. 中央土捨場の崩壊」の両者を考慮した地形モデルを作成し、津波評価への影響について確認した。地形更新後の平面図及び断面図をそれぞれ図12, 図13に示す。

各取水口前面及び遡上域における津波水位については表1に、地形モデルの更新前を横軸に、地形更新後を縦軸にして整理したグラフを図14に示す。

最高・最低水位分布図については、図15に示し、時刻歴波形を図16に示す。

評価地点によるバラつきがあるものの、護岸付近の地盤の沈下や中央土捨場の崩壊が津波水位へ大きな影響を及ぼすことはない。

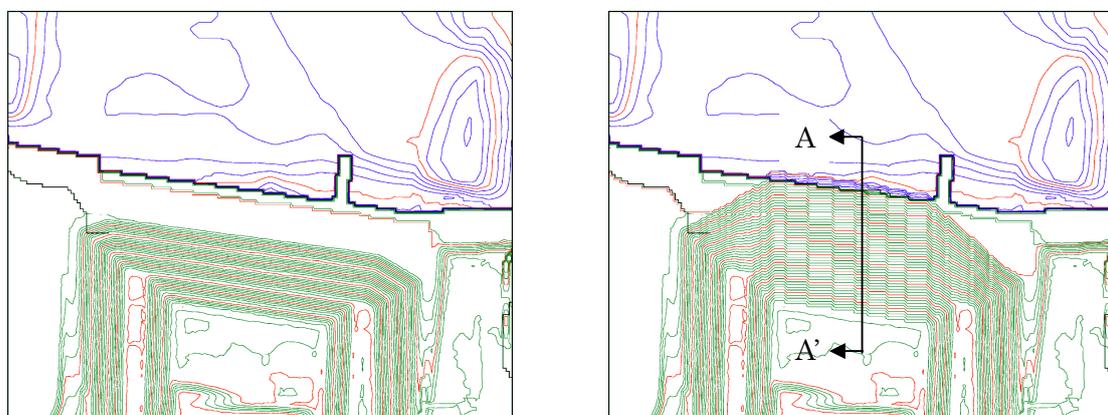


図12 土捨場崩壊後の地形モデル図（平面図）

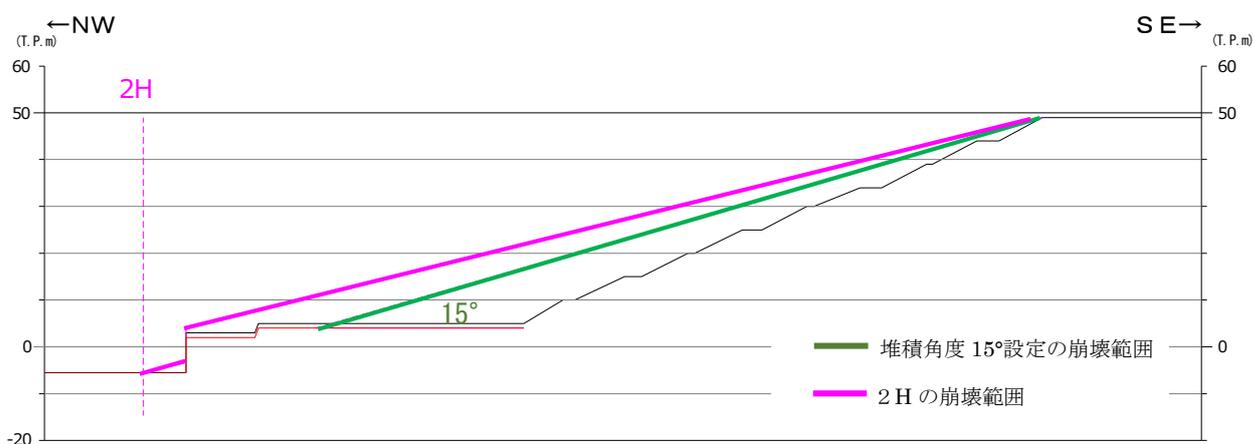


図13 土捨場崩壊後の地形モデル図（A—A' 断面図）

表 1 津波評価結果

	防波堤	地形	取水口前面水位 T.M.S.L. (m)							荒浜側 防潮堤	遡上域	
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
基準 津波 1	防波堤あり	現地形	6.9	6.8	6.7	6.6	6.3	6.4	6.3	7.3	7.7	7.2
		護岸沈下+土捨場崩壊 (2H)	7.0	6.9	6.8	6.7	6.3	6.3	6.3	7.1	7.7	7.2
	防波堤なし	現地形	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.5	7.2	7.1	7.1	7.9
		護岸沈下+土捨場崩壊 (2H)	6.5	6.3	6.2	6.2	7.4	7.6	7.4	7.4	7.4	8.0
基準 津波 2	防波堤あり	現地形	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	4.9	5.0	5.5
		護岸沈下+土捨場崩壊 (2H)	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	5.0	5.0	5.2
	防波堤なし	現地形	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5	5.1	5.4	4.9
		護岸沈下+土捨場崩壊 (2H)	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-3.0	-3.5	-3.5	5.6	5.6	4.9
基準 津波 3	防波堤あり	現地形	5.3	5.5	5.6	5.6	4.6	4.6	4.8	7.8	7.8	7.8
		護岸沈下+土捨場崩壊 (2H)	5.3	5.6	5.5	5.5	4.7	4.7	4.6	7.7	7.7	7.6
	防波堤なし	現地形	6.7	6.6	6.5	6.4	6.5	6.6	6.6	7.8	7.8	7.9
		護岸沈下+土捨場崩壊 (2H)	6.8	6.7	6.5	6.4	6.5	6.6	6.6	7.9	8.1	7.9

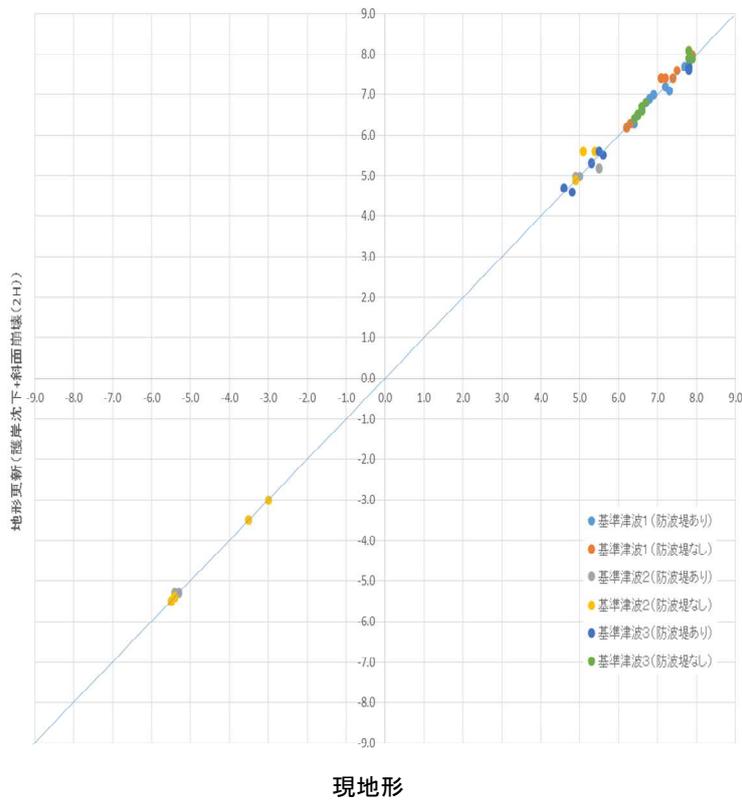


図 1 4 岸沈下・中央土捨場崩壊と津波水位の関係

現地形

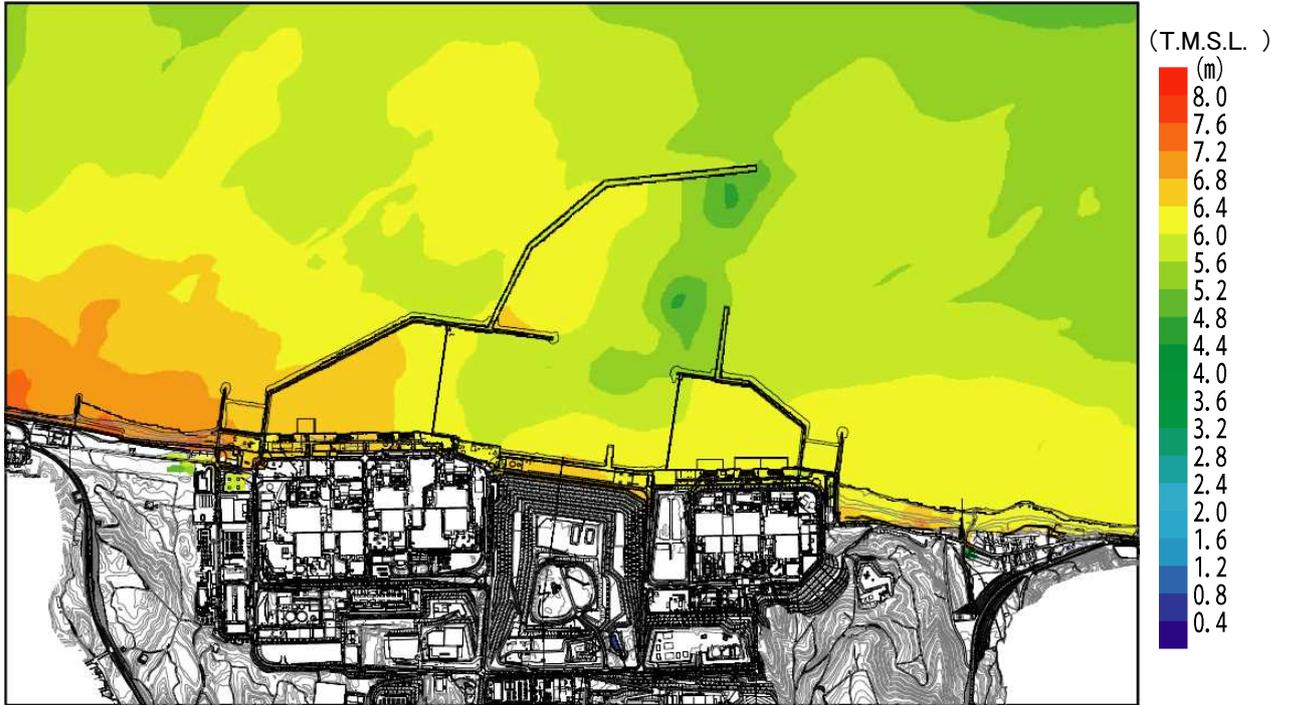


図15 (1) 最高水位分布 (水位上昇側・日本海東縁部, 防波堤あり)

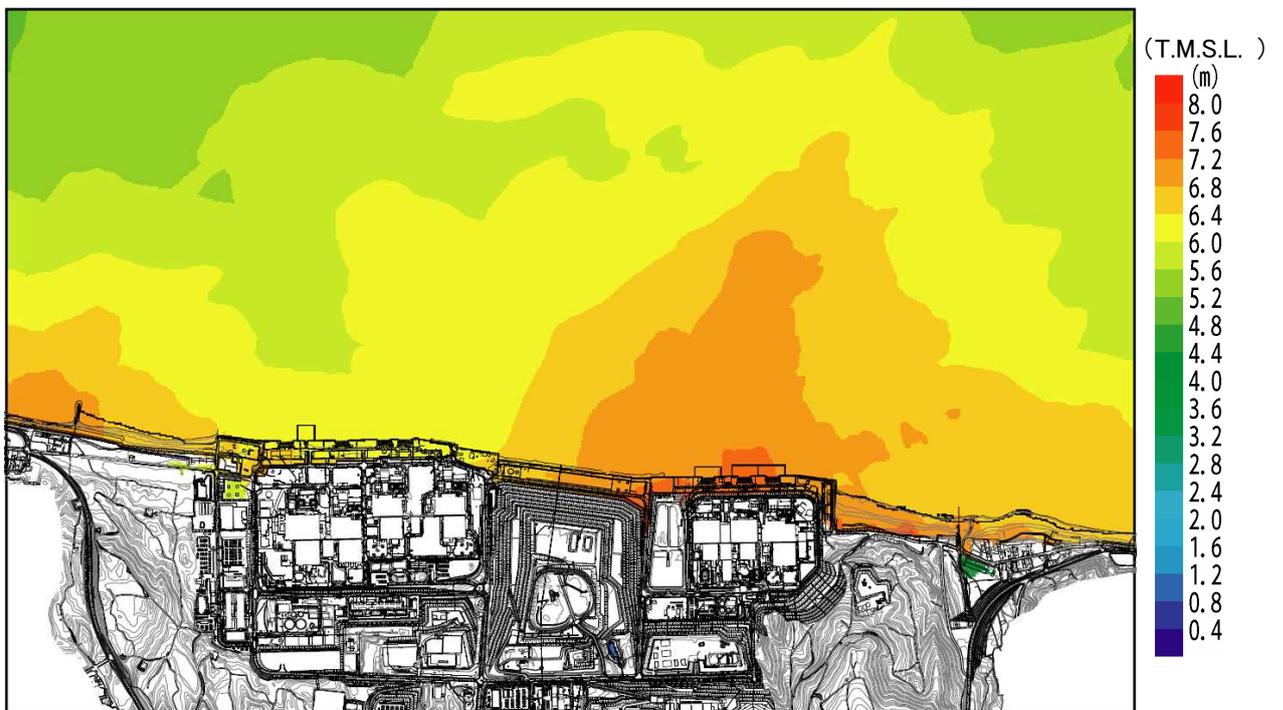


図15 (2) 最高水位分布 (水位上昇側・日本海東縁部, 防波堤なし)

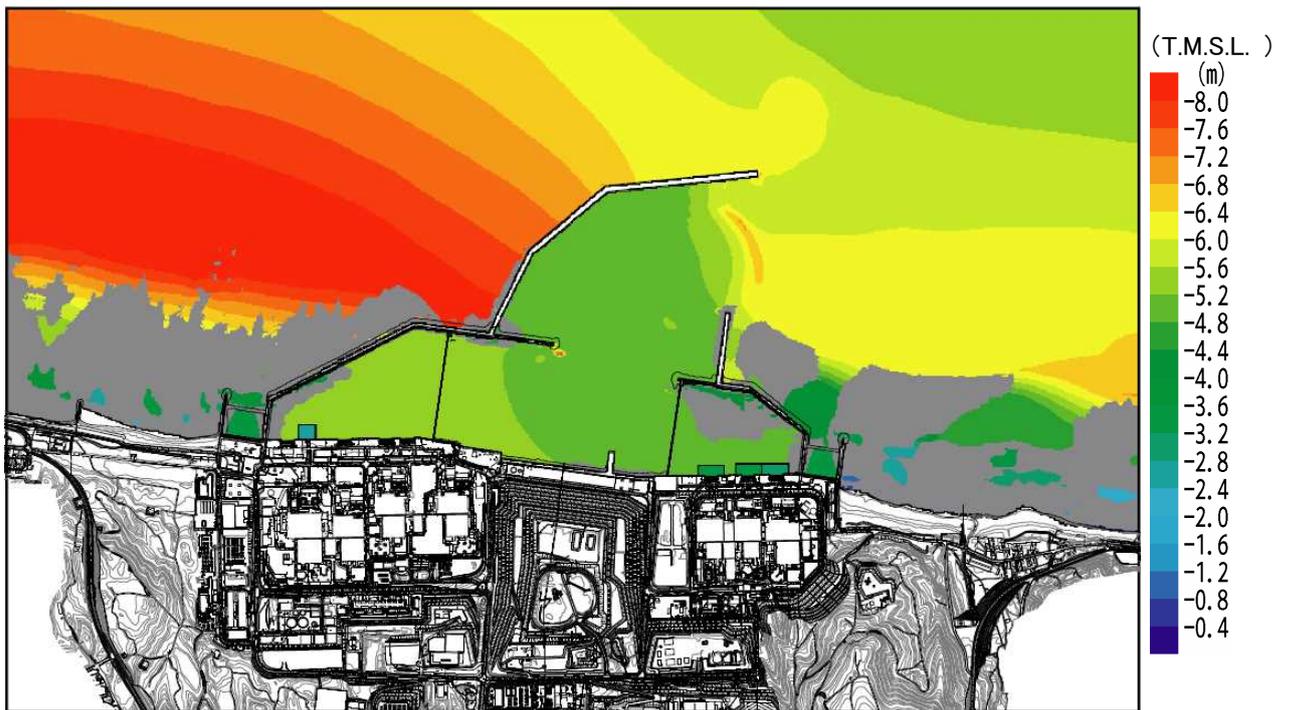


図 1 5 ( 3 ) 最低水位分布 (水位下降側・日本海東縁部, 防波堤あり)

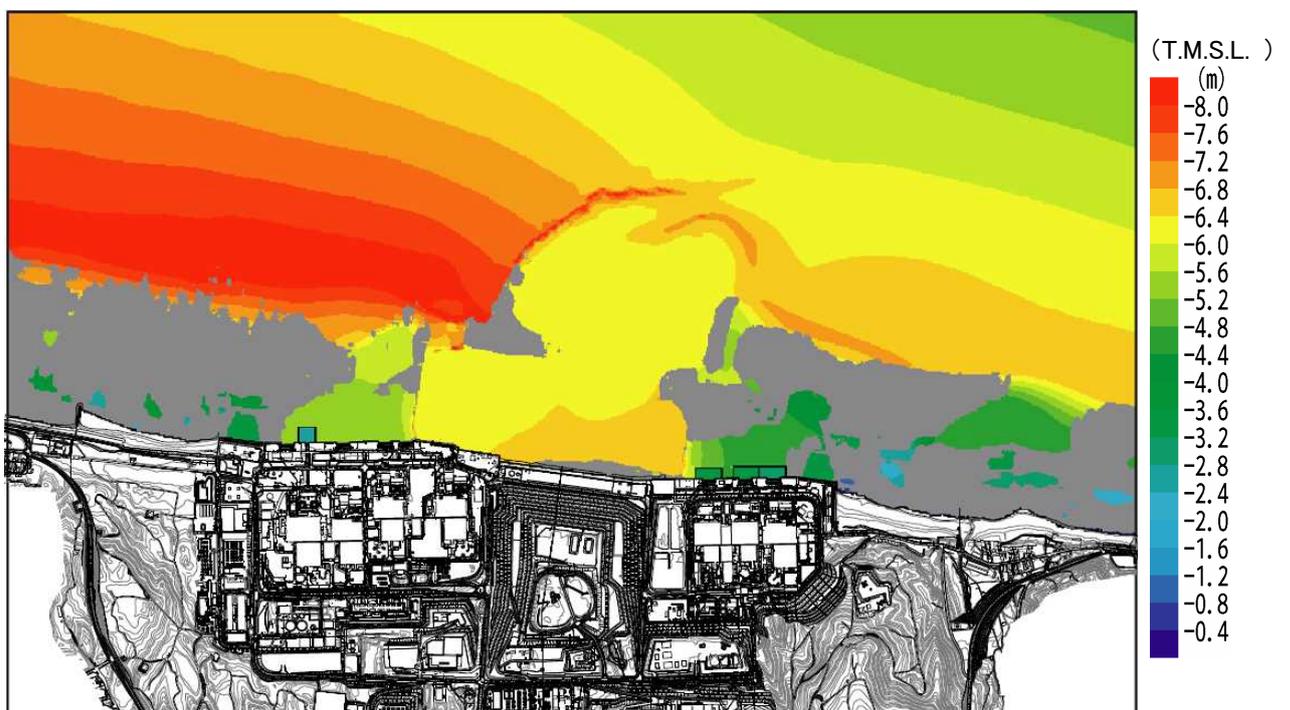


図 1 5 ( 4 ) 最低水位分布 (水位下降側・日本海東縁部, 防波堤なし)

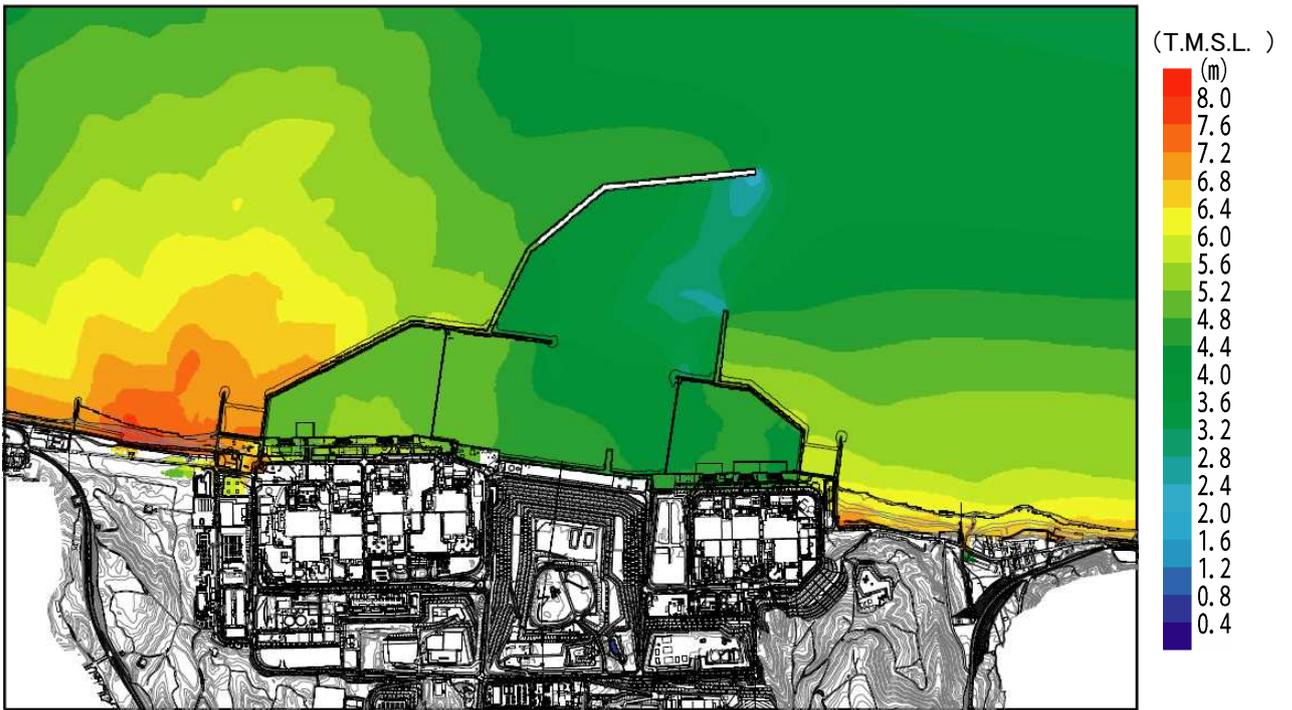


図 1 5 ( 5 ) 最高水位分布 (水位上昇側・海域の活断層, 防波堤あり)

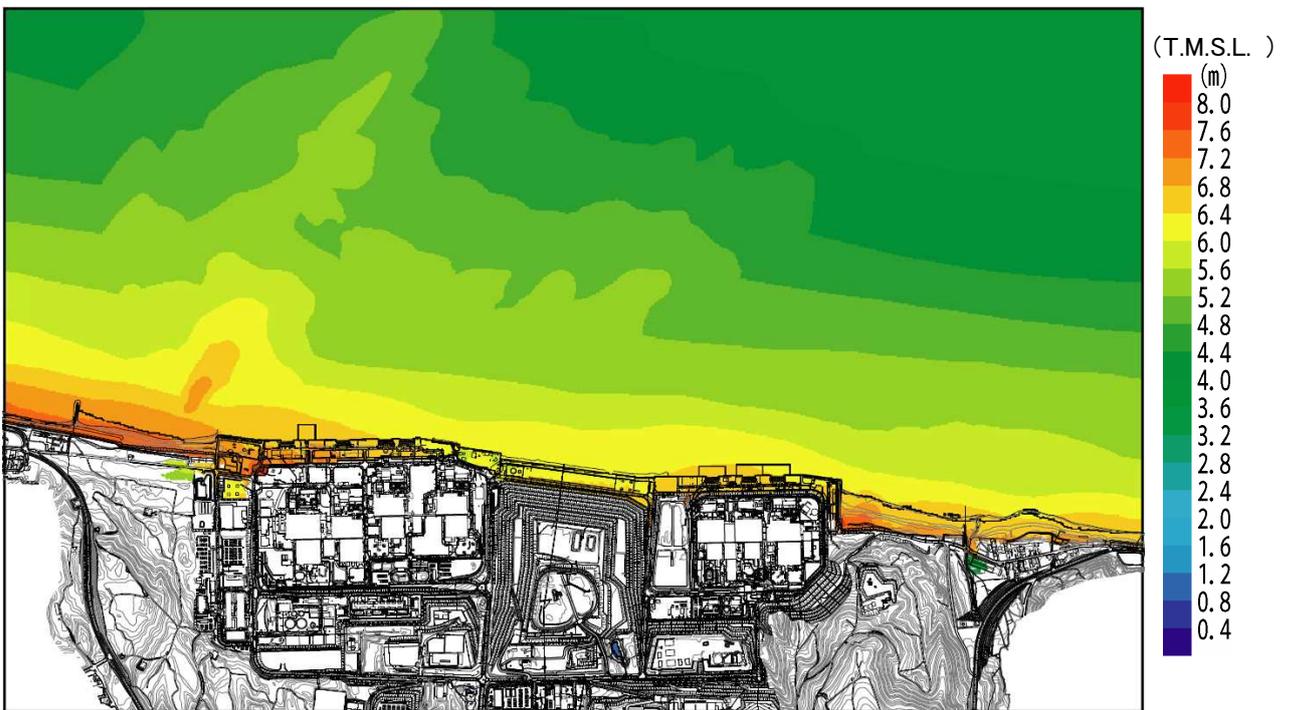


図 1 5 ( 6 ) 最高水位分布 (水位上昇側・海域の活断層, 防波堤なし)

護岸沈下，土捨場崩壊（2H）



図 1 5 ( 7 ) 最高水位分布 (水位上昇側・日本海東縁部, 防波堤あり)

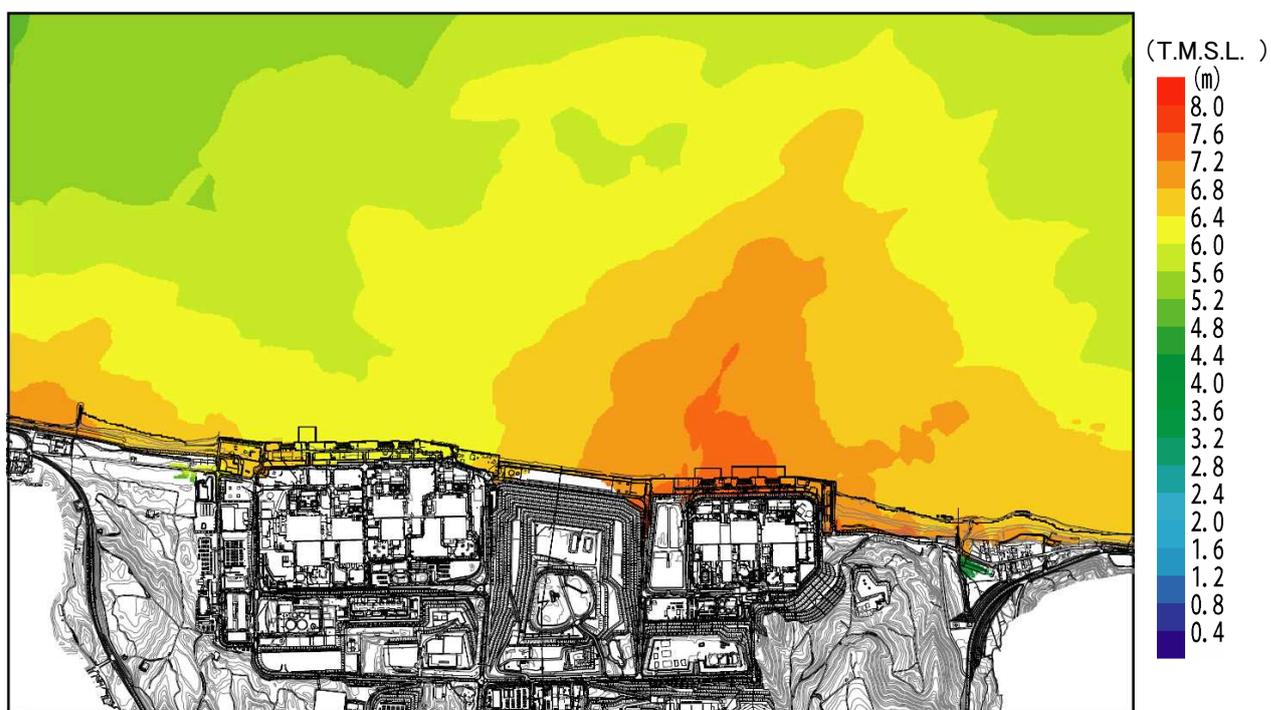


図 1 5 ( 8 ) 最高水位分布 (水位上昇側・日本海東縁部, 防波堤なし)

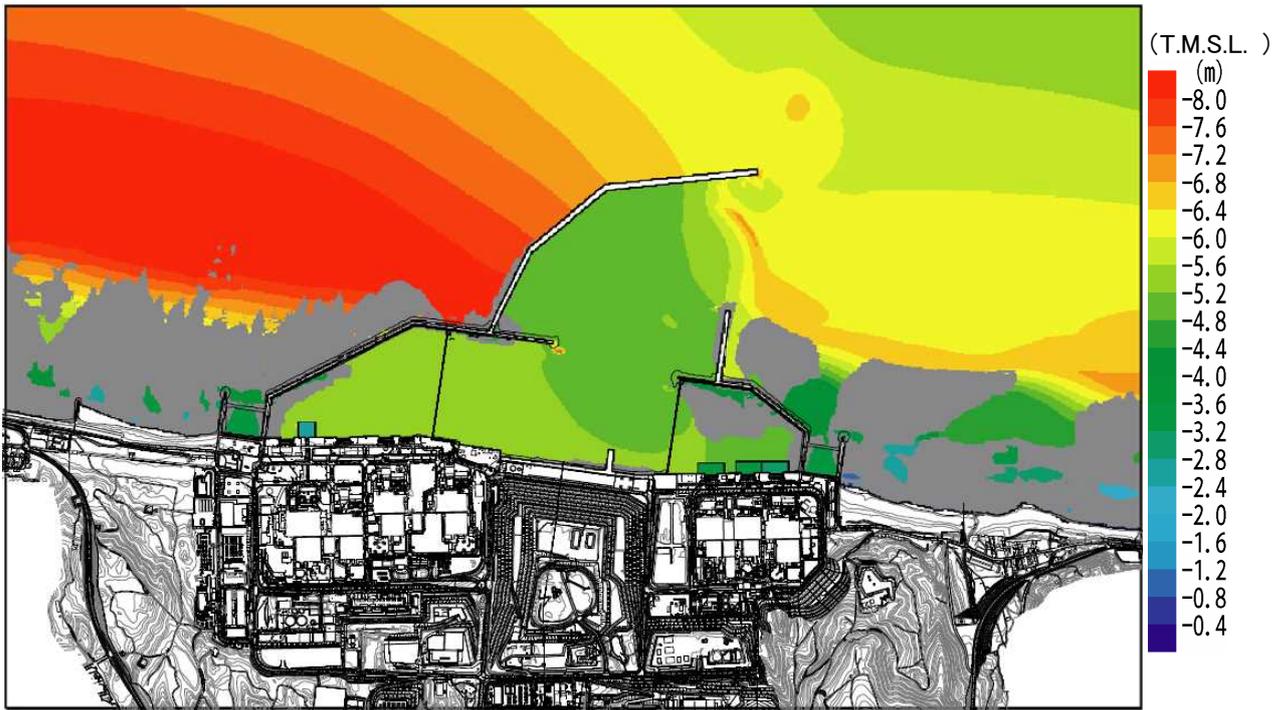


図15 (9) 最低水位分布 (水位下降側・日本海東縁部, 防波堤あり)

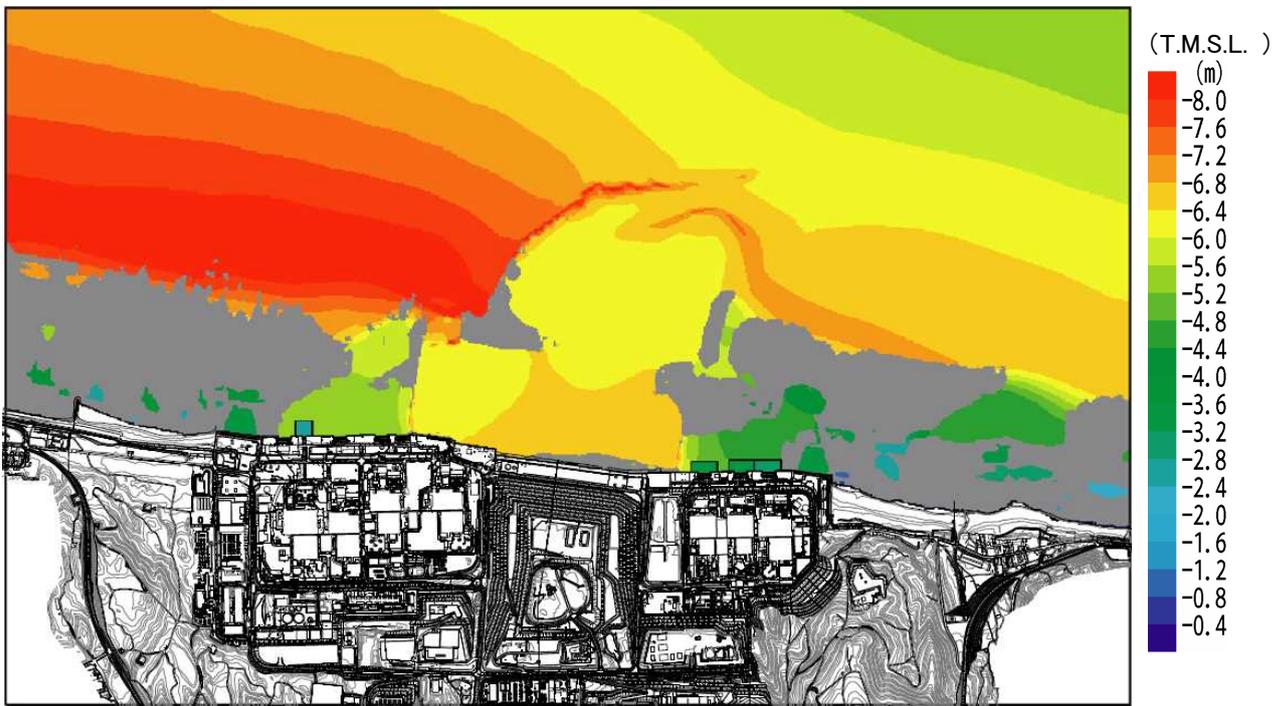


図15 (10) 最低水位分布 (水位下降側・日本海東縁部, 防波堤なし)

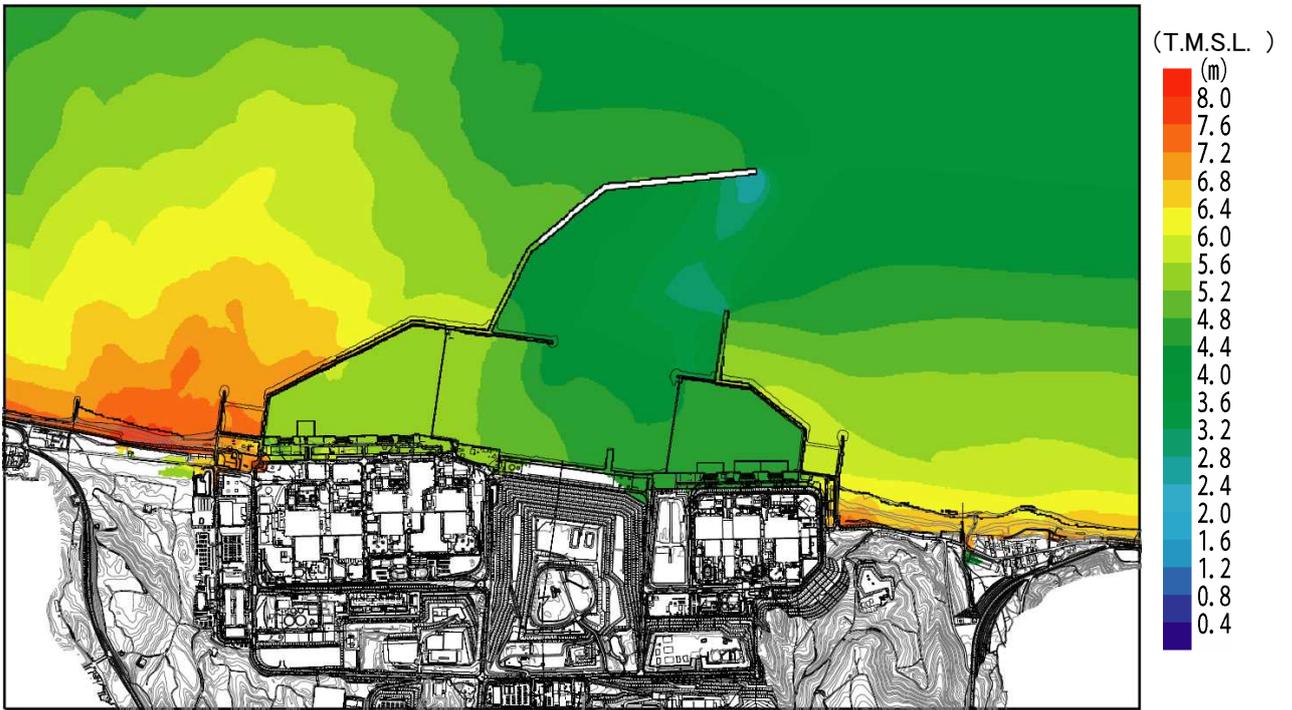


図15 (11) 最高水位分布 (水位上昇側・海域の活断層, 防波堤あり)

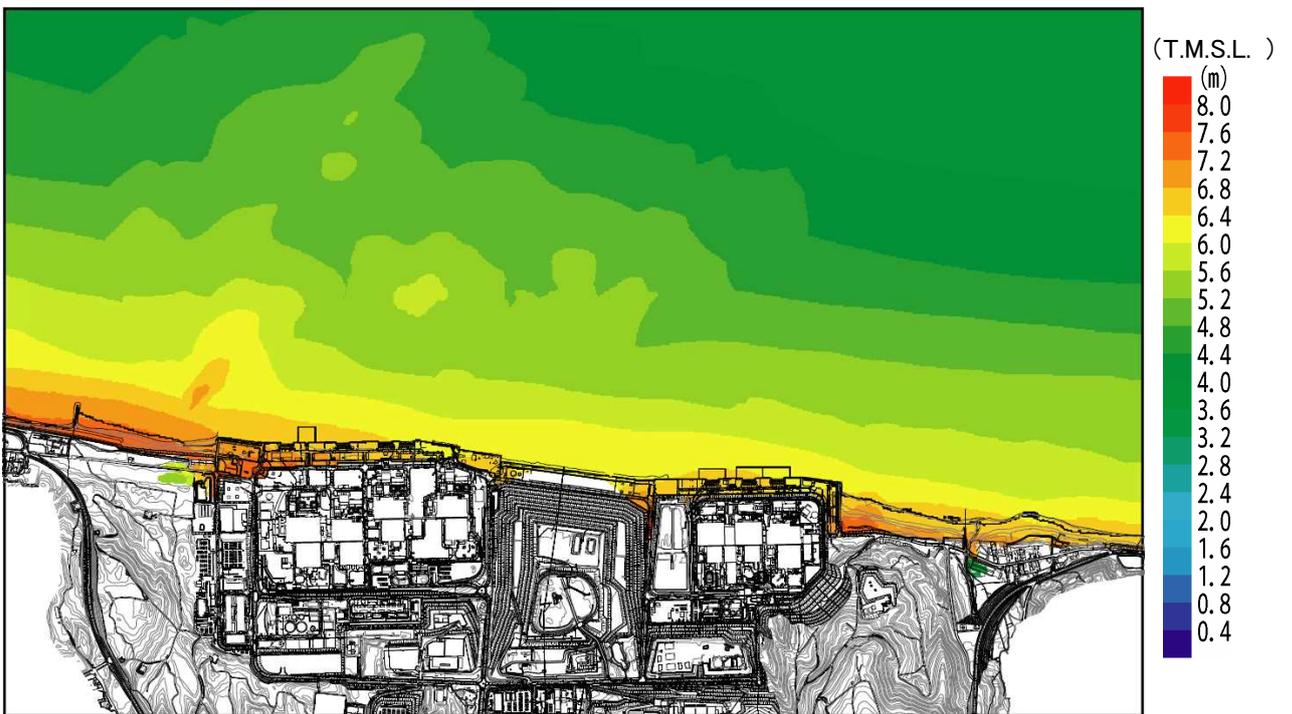


図15 (12) 最高水位分布 (水位上昇側・海域の活断層, 防波堤なし)

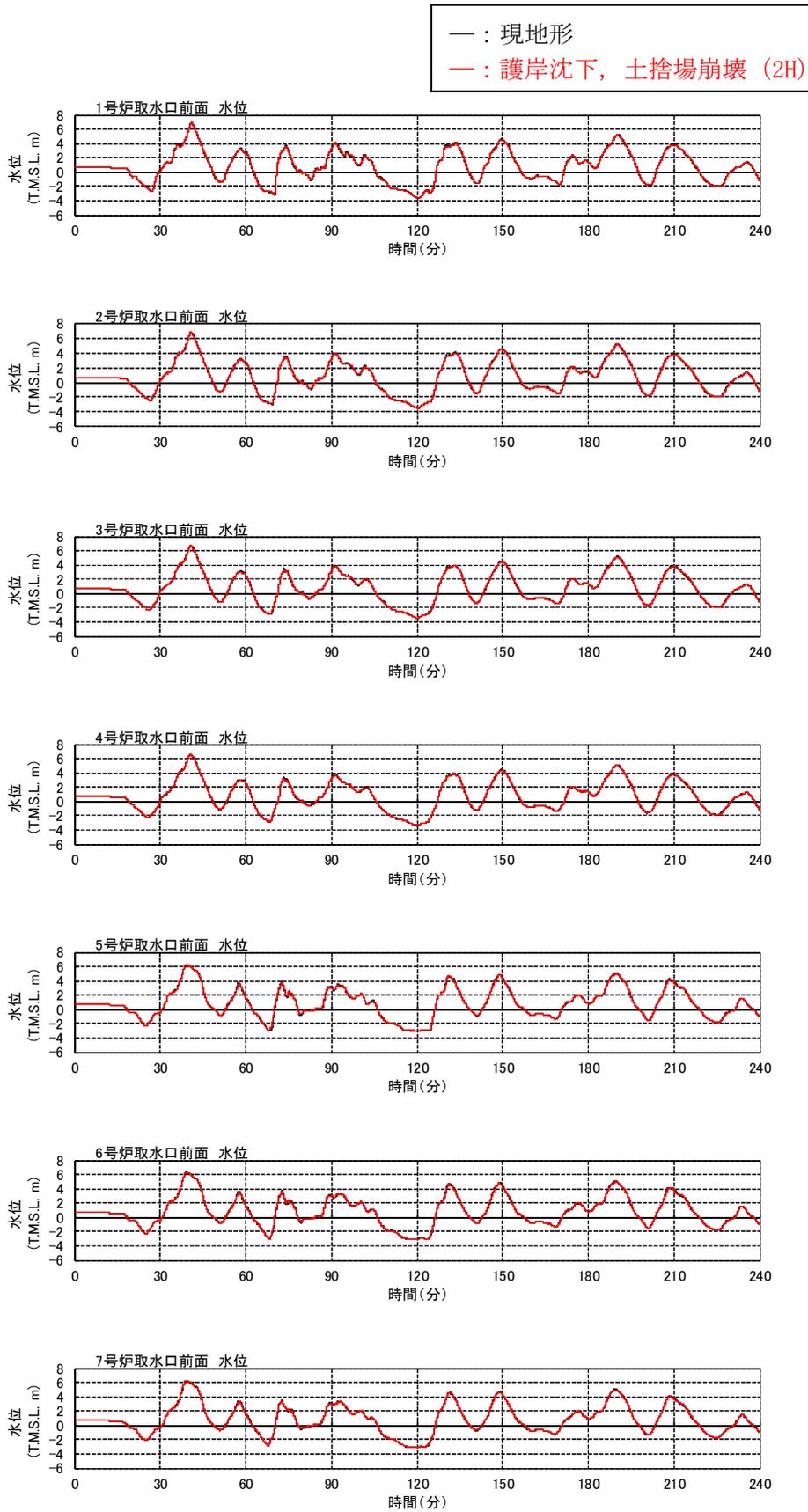


図 1 6 ( 1 ) 水位時刻歴 (水位上昇側・日本海東縁部，防波堤あり)

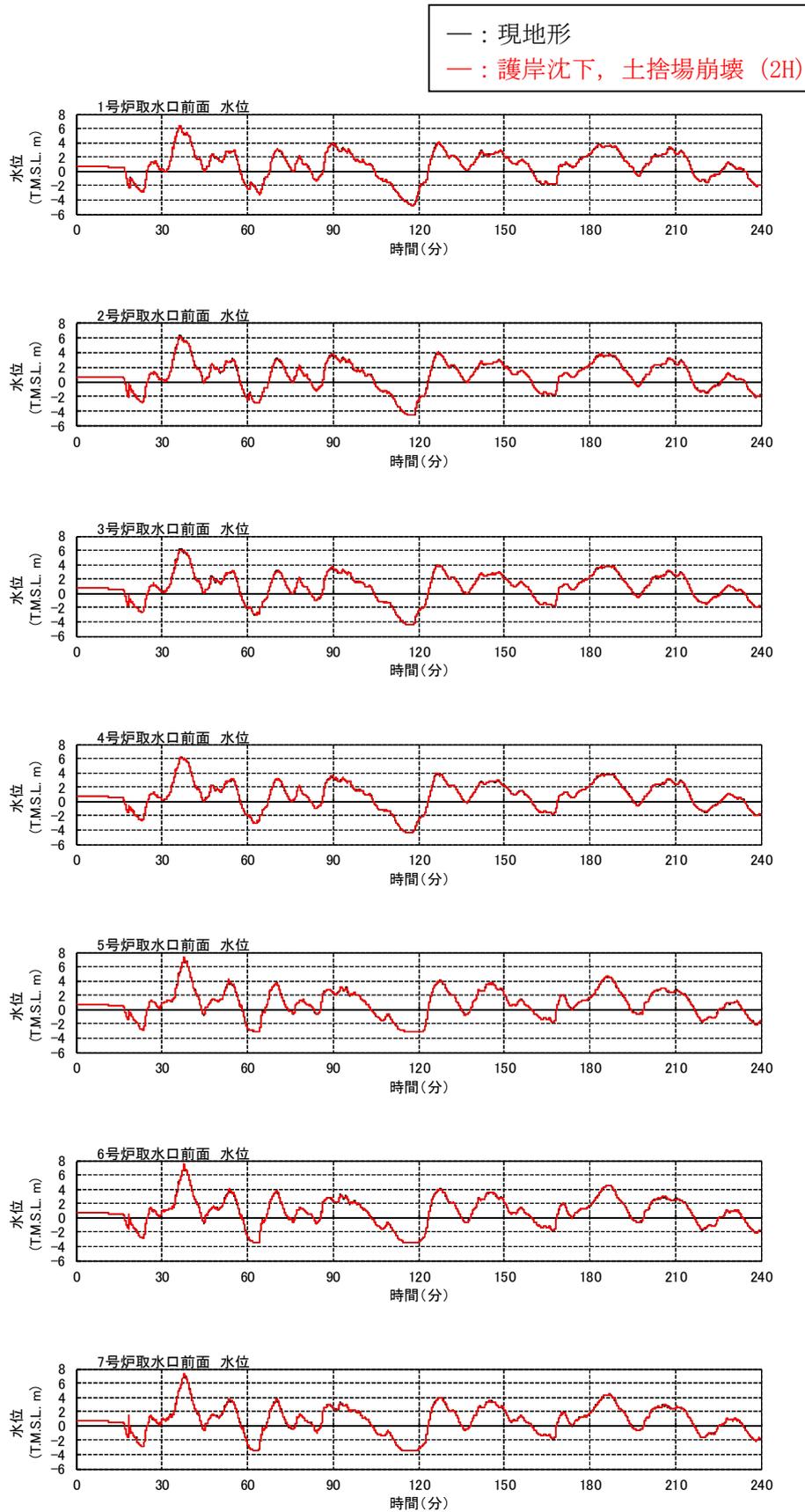


図 16 (2) 水位時刻歴 (水位上昇側・日本海東縁部, 防波堤なし)

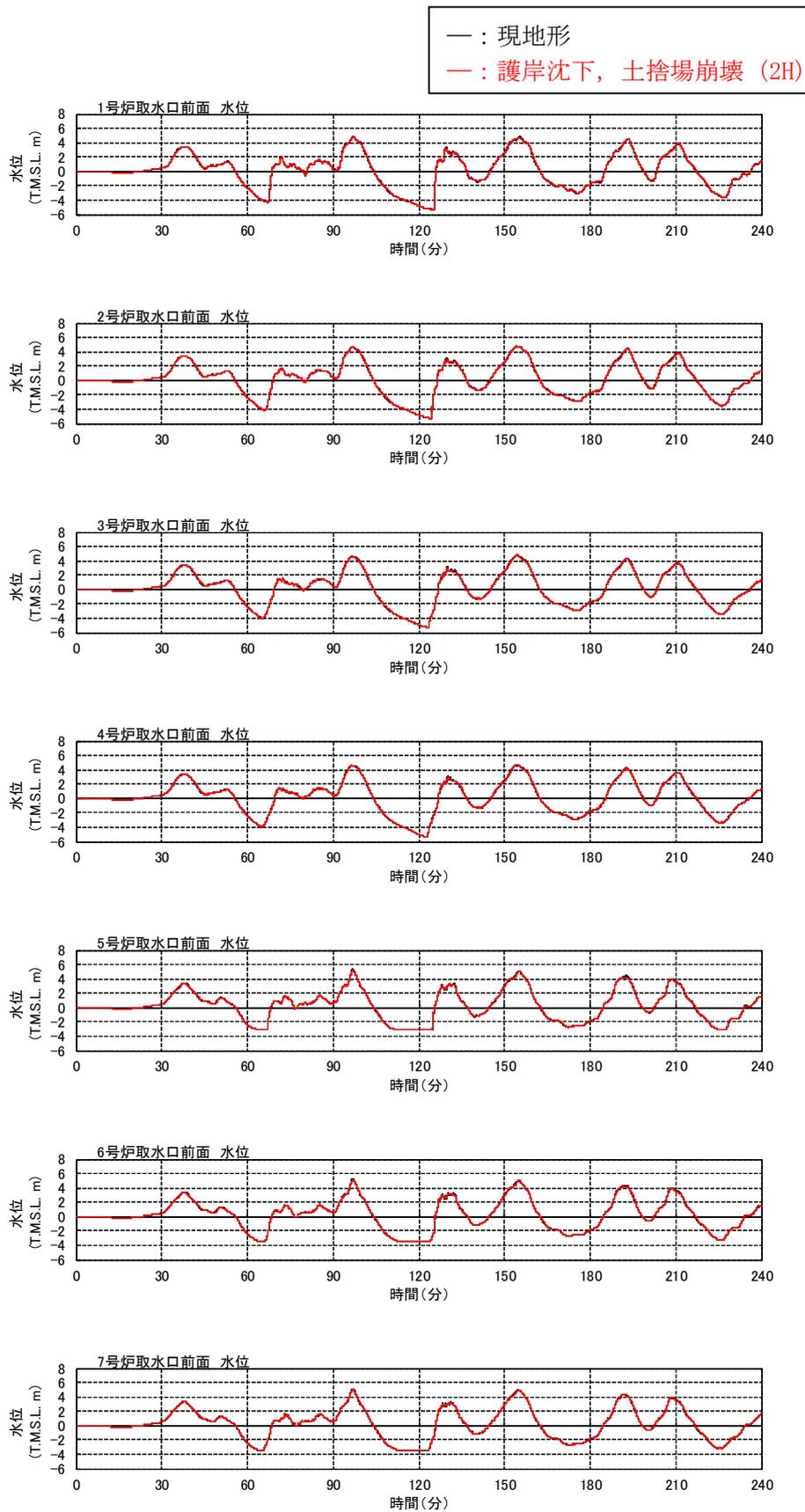


図 1 6 ( 2 ) 水位時刻歴 (水位下降側・日本海東縁部，防波堤あり)

—：現地形  
 —：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）

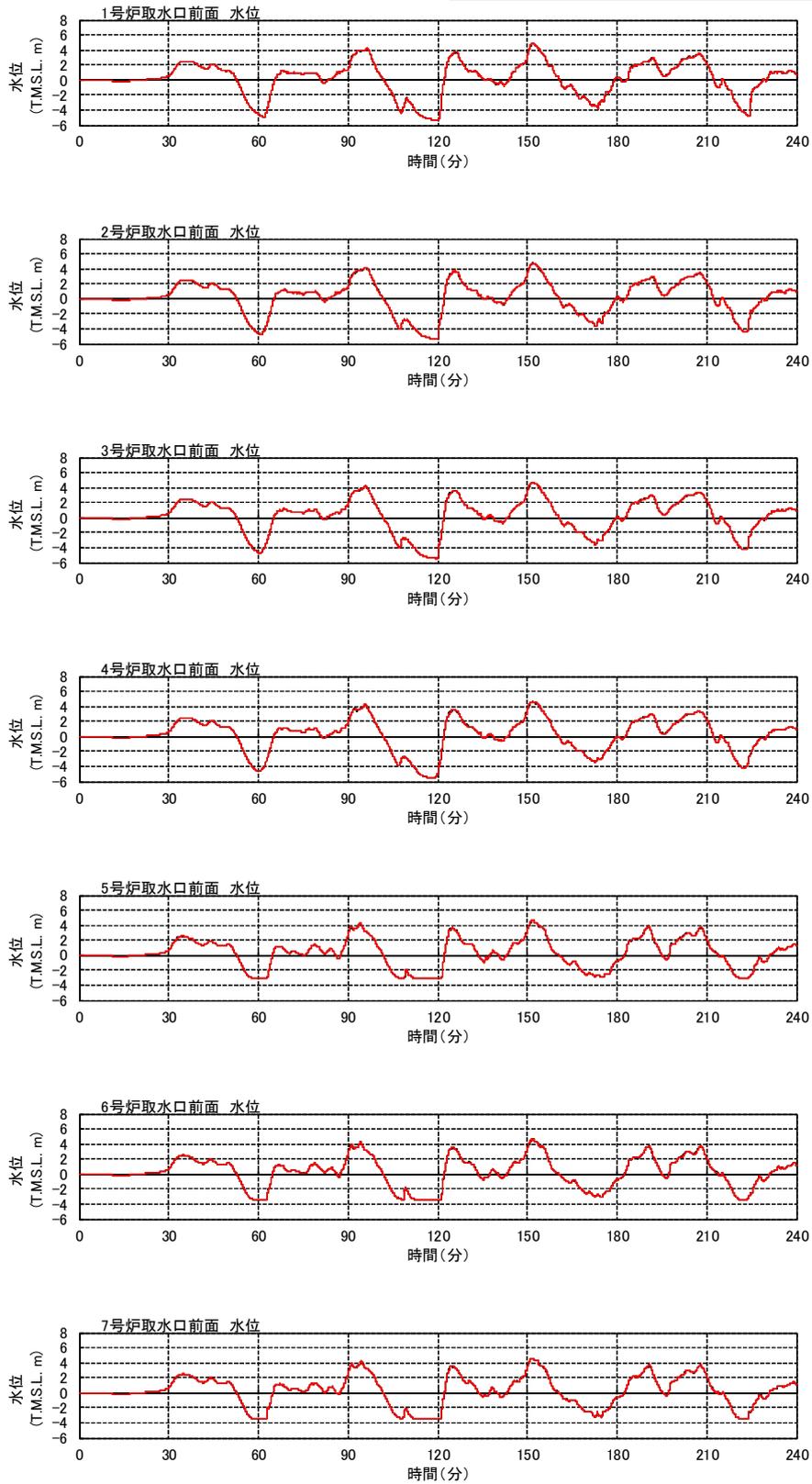


図 16 (3) 水位時刻歴 (水位下降側・日本海東縁部，防波堤なし)

—：現地形  
 —：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）

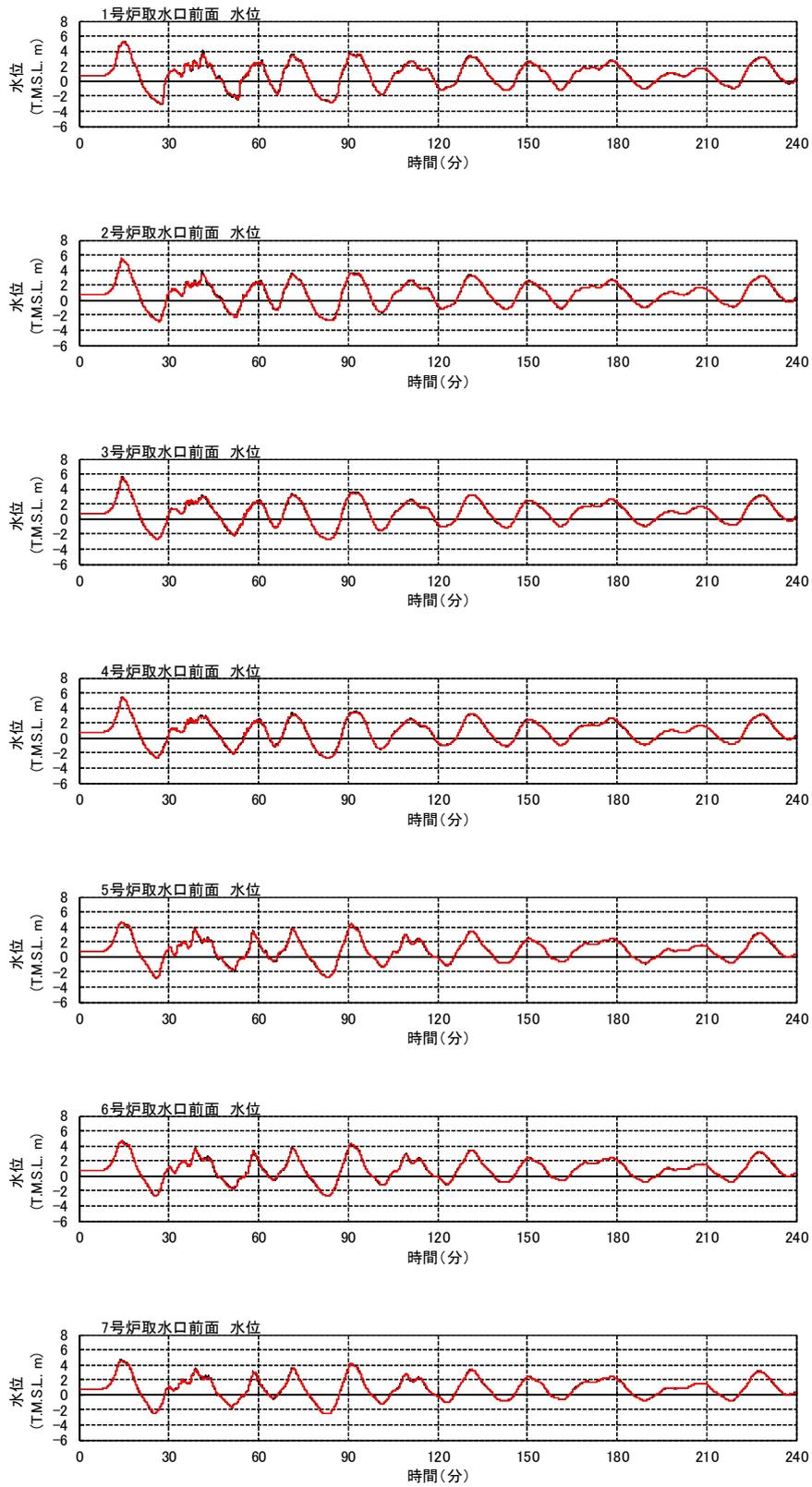


図 16 (4) 水位時刻歴（水位上昇側・海域の活断層，防波堤あり）

—：現地形

—：護岸沈下，土捨場崩壊（2H）

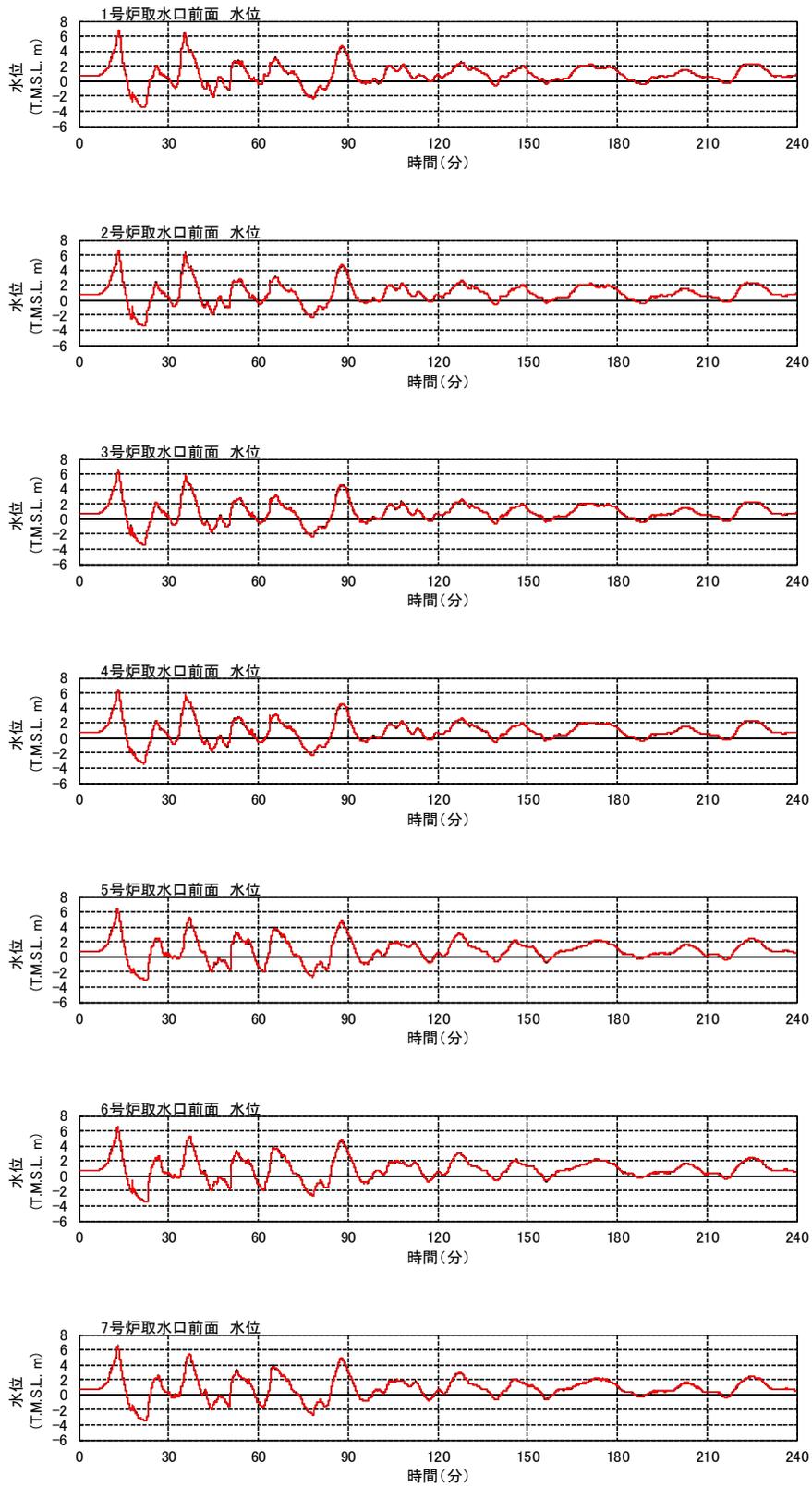


図 16 (5) 水位時刻歴 (水位上昇側・海域の活断層，防波堤なし)

## 添付資料 3

管路解析の詳細について

## 管路解析の詳細について

### 1. はじめに

海洋から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の水理特性を考慮した管路解析を実施した。取水路は、取水口前面における最大ケース（基準津波1）及び最小ケース（基準津波2）を入力波形とし、放水路は、遡上域における最大ケース（基準津波3）を入力波形として解析を実施した。なお、影響評価として、防波堤がないケースについても管路解析を実施した。

### 2. 入力津波の設定

管路解析を行う上での不確かさの考慮として、表1に示す各項目についてパラメータスタディを実施し、入力津波の選定及び津波水位への影響を確認した。

管路解析の解析条件を表2に、取水路及び放水路の構造図を図1、図2に示す。また基礎方程式を下記に示す。

取水路における取水路奥の各冷却海水ポンプ位置（補機取水槽）の最高水位をまとめた結果を表3に、詳細結果については表5に示す。また時刻歴波形を図3に示す。

放水路における放水庭の最高水位をまとめた結果を表4に、詳細結果を表6に示す。また時刻歴波形を図4に示した。

表1 条件設定

	計算条件
1	スクリーン損失の有無*
2	貝付着の有無
3	補機冷却海水ポンプ稼働の有無

※取水路のみ

表 2 管路解析における解析条件

計算領域	取水口～スクリーン室～取水路～取水槽～取水路分岐～補機取水路～補機取水槽		
計算時間間隔 $\Delta t$	0.005 秒 (取水路) 0.001 秒 (放水路)		
潮位のバラツキ	+0.16m (上昇側), -0.15m (下降側)		
地殻変動	-0.29m (下降側)		
取水条件		ポンプ種類	ポンプ稼働条件
	6 ・ 7 号 炉	CWP(循環水ポンプ)	0 (m <sup>3</sup> /h)
		RSW(原子炉補機冷却海水ポンプ)	1,800 (m <sup>3</sup> /h/台) x6 台 =10,800 (m <sup>3</sup> /h)
		TSW(タービン補機冷却海水ポンプ)	0 (m <sup>3</sup> /h)
	5 号 炉	CWP(循環水ポンプ)	0 (m <sup>3</sup> /h)
		RSW(原子炉補機冷却海水ポンプ)	2,500 (m <sup>3</sup> /h/台) x4 台 =10,000 (m <sup>3</sup> /h)
		TSW(タービン補機冷却海水ポンプ)	2,700 (m <sup>3</sup> /h/台) x3 台 =81,000 (m <sup>3</sup> /h)
		HPSW(高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポンプ)	400 (m <sup>3</sup> /h)
放水条件	取水条件で記載した取水量がそのまま放水されるものとして設定		
ポンプ停止条件	全ポンプ 0 (m <sup>3</sup> /h)		
摩擦損失係数 (マニングの粗度係数)	n=0.02m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着あり) n=0.015m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着なし)		
貝の付着代	貝代 10cm を考慮		

局所損失係数	電力土木技術協会(1995)： 火力・原子力発電所土木構造物の設計－増補改訂版－ 千秋信一(1967)：発電水力演習， 土木学会(1999)：水理公式集 [平成 11 年版] による
スクリーン有無	局所損失係数 16.8 (スクリーンあり) 局所損失係数 0.0 (スクリーンなし)
貯留堰	津波数値シミュレーションに反映
基準津波	基準津波 1：日本海東縁部 (2 領域モデル) + 地すべり (LS-2) 基準津波 2：日本海東縁部 (2 領域モデル) 基準津波 3：5 断層連動モデル + 地すべり (LS-2)
初期水位	上昇側：朔望平均満潮位 (T.M.S.L. +0.49m) 下降側：朔望平均干潮位 (T.M.S.L. +0.03m)
計算時間	地震発生から 4 時間

## ※基礎方程式

管路解析では、非定常の開水路及び管路流れの連続式・運動方程式を用いた。

### 【開水路】

- ・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

- ・連続式

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

### 【管路】

- ・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

- ・連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに、  $t$  : 時間     $Q$  : 流量     $v$  : 流速     $x$  : 管底に沿った座標  
 $A$  : 流水断面積  
 $H$  : 圧力水頭 + 位置水頭 (管路の場合), 位置水頭 (開水路の場合)  
 $z$  : 管底高     $g$  : 重力加速度  
 $n$  : マニングの粗度係数     $R$  : 径深  
 $\Delta x$  : 管路の流れ方向の長さ     $f$  : 局所損失係数

### 【水槽及び立坑部】

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに  $A_p$ : 水槽の平面積 (水位 の関数となる)     $H_p$ : 水槽水位  
 $Q_s$ : 水槽へ流入する流量 の総和     $t$ : 時間

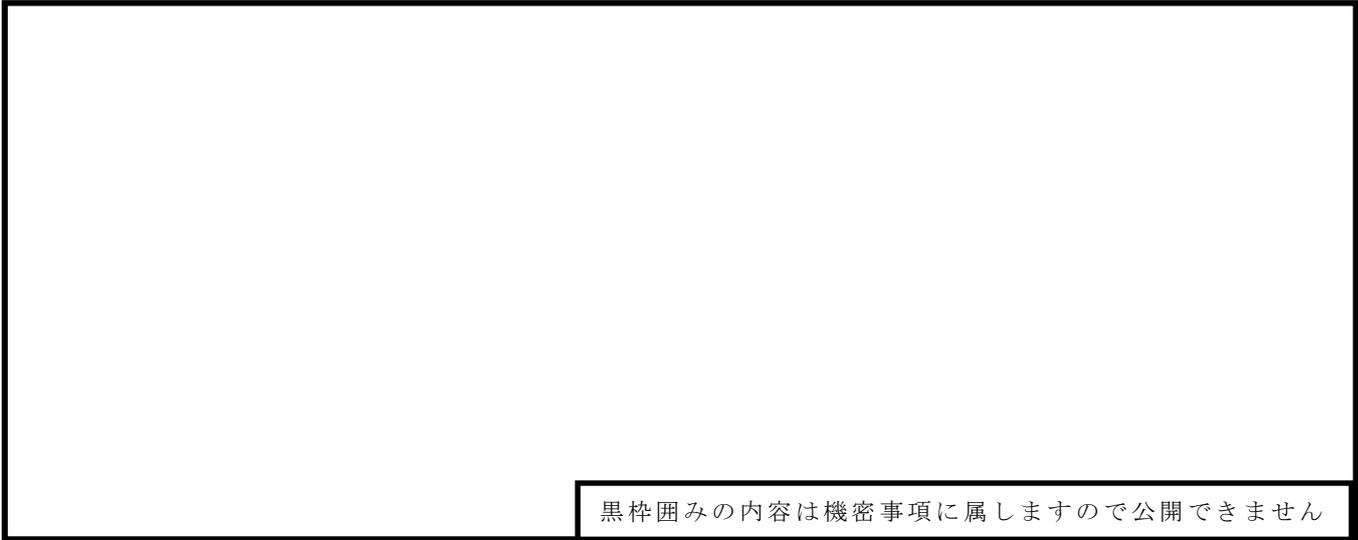


図 1 ( 1 ) 大湊側取水路配置平面図

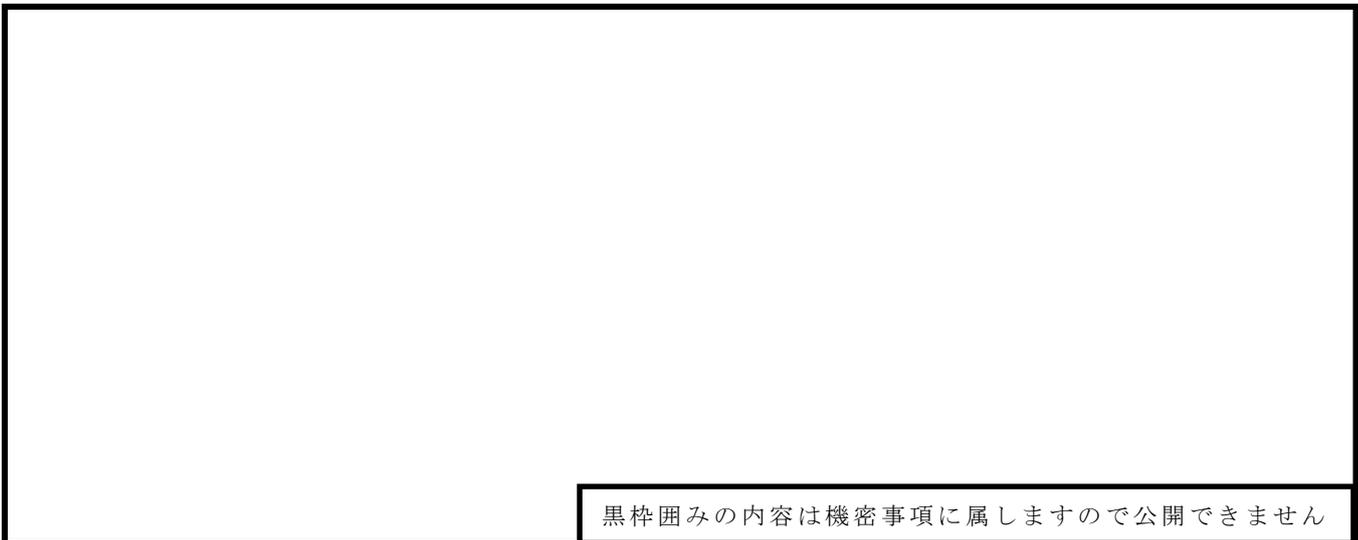
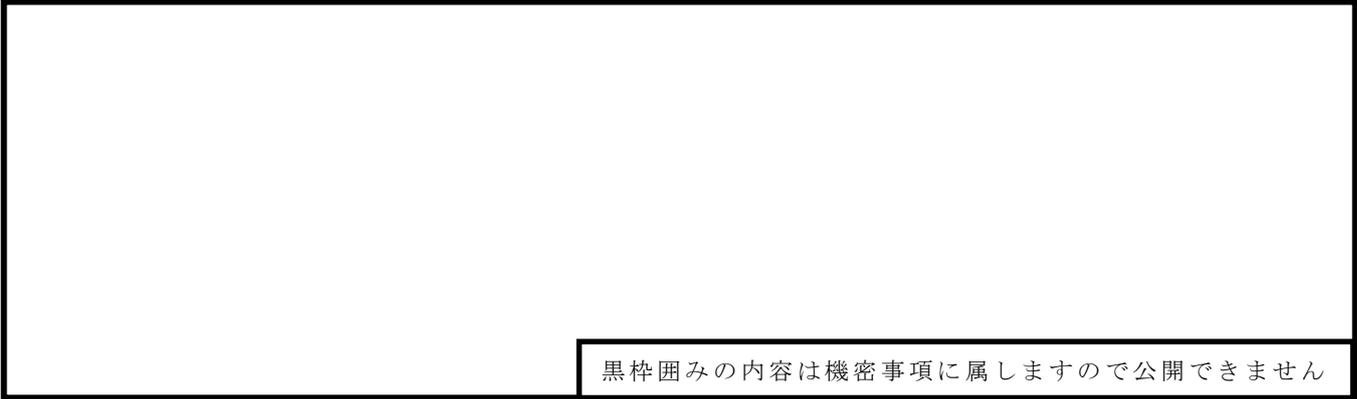


図 1 ( 2 ) 6 号炉 A-A 断面図

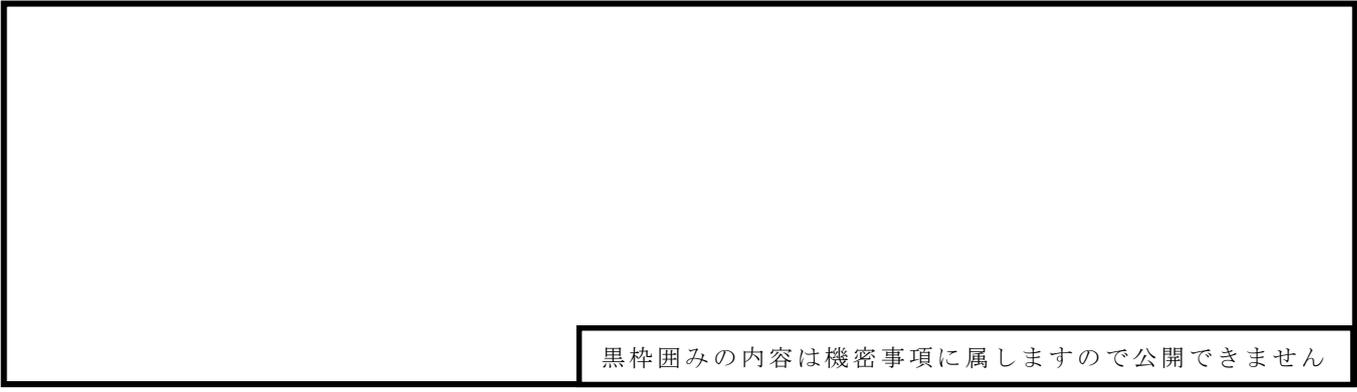


図 1 ( 3 ) 6 号炉 B-B 断面図



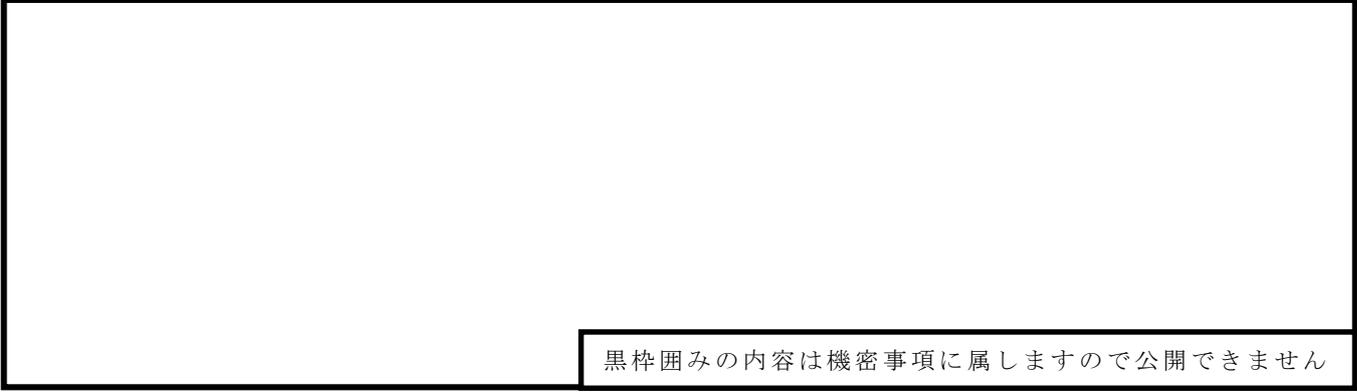
黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 1 ( 4 ) 7 号炉 C-C 断面図



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 1 ( 5 ) 7 号炉 D-D 断面図



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 1 ( 6 ) 5 号炉 取水路 E-E 断面図



図 1 ( 7 ) 5 号炉 取水路 F-F 断面図



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 2 ( 1 ) 大湊側放水路配置平面図



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 2 ( 2 ) 6 号炉 A-A 断面図



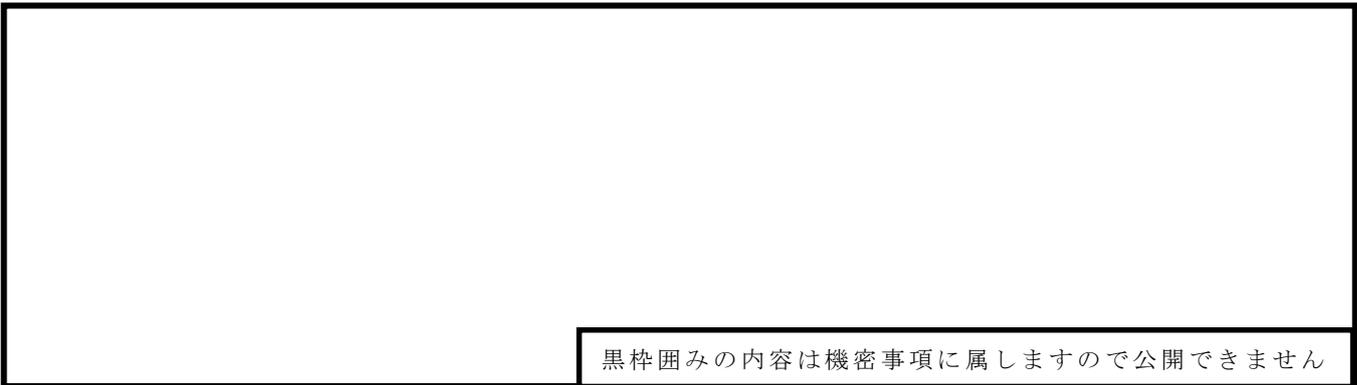
黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 2 ( 3 ) 6 号炉 ( 左 : B-B 断面図 , 右 : C-C 断面図 )



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 2 ( 4 ) 7 号炉 D-D 断面図



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 2 ( 5 ) 7 号炉 E-E 断面図



黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません

図 2 ( 6 ) 5 号炉 F-F 断面図



図 2 ( 7 ) 5 号炉 G-G 断面図

表 3 補機取水槽における最大ケース

	号炉	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
					取水口 前面	補機取水 槽 (A系)	補機取水 槽 (B系北)	補機取水 槽 (B系南) TSW	補機取水 槽 (B系南) RSW	補機取水 槽 (C系)
基準 津波 1	6号炉	なし	なし	なし	6.28	6.86	6.66	6.69	6.69	<u>6.91</u>
	7号炉	なし	あり	なし	6.25	<u>7.11</u>	6.57	6.68	6.68	7.04
	5号炉	あり	あり	なし	6.30	6.37	<u>6.37</u>			—
基準 津波 2	6号炉	なし	あり	あり	-3.50	-3.60	-3.64	-3.63	<u>-3.66</u>	-3.59
	7号炉	なし	あり	あり	-3.50	-3.62	<u>-3.66</u>	-3.65	-3.65	-3.62

※速報値

表 4 放水庭における最大ケース

	号炉	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				放水口 前面	補機放水 庭(南)	補機放水 庭(北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準 津波 3	6号炉	なし	なし	6.02	—	—	6.59	<u>6.76</u>	6.60
	7号炉	なし	あり	6.02	—	—	7.85	7.85	<u>7.88</u>
	5号炉	なし	あり	6.02	<u>8.98</u>		7.46	6.95	6.94

—：津波による水位変動の影響がないことを示す

※速報値

表 5 ( 1 ) 取水路管路解析における計算結果  
( 6 号炉 水位上昇側)

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				取水口 前面	補機取水 槽 (A系)	補機取水 槽 (B系北)	補機取水 槽 (B系南) TSW	補機取水 槽 (B系南) RSW	補機取水槽 (C系)
基準 津波 1	あり	あり	あり	6.28	6.45	6.40	6.44	6.41	6.72
			なし	6.28	6.73	6.51	6.63	6.63	6.76
		なし	あり	6.28	6.47	6.39	6.46	6.44	6.73
			なし	6.28	6.75	6.58	6.64	6.64	6.78
	なし	あり	あり	6.28	6.52	6.38	6.47	6.45	6.82
			なし	6.28	6.83	6.56	6.65	6.65	6.87
		なし	あり	6.28	6.55	6.40	6.51	6.48	6.84
			なし	6.28	6.86	6.66	6.69	6.69	<u>6.91</u>

表 5 ( 2 ) 取水路管路解析における計算結果  
( 6 号炉 水位下降側 )

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				取水口 前面	補機取水 槽 (A系)	補機取水 槽 (B系北)	補機取水 槽 (B系南) TSW	補機取水 槽 (B系南) RSW	補機取水 槽 (C系)
基準 津波 2	あり	あり	あり	-3.50	-3.60	-3.63	-3.63	-3.65	-3.60
			なし	-3.50	-3.59	-3.62	-3.62	-3.62	-3.60
		なし	あり	-3.50	-3.60	-3.63	-3.63	-3.65	-3.60
			なし	-3.50	-3.59	-3.62	-3.62	-3.62	-3.60
	なし	あり	あり	-3.50	-3.60	-3.64	-3.63	<u>-3.66</u>	-3.59
			なし	-3.50	-3.59	-3.64	-3.62	-3.62	-3.59
		なし	あり	-3.50	-3.60	-3.64	-3.63	-3.65	-3.59
			なし	-3.50	-3.59	-3.65	-3.63	-3.63	-3.59

表 5 ( 3 ) 取水路管路解析における計算結果  
( 7 号炉 水位上昇側)

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				取水口 前面	補機取水 槽 (A 系)	補機取水 槽 (B 系北)	補機取水 槽 (B 系南) TSW	補機取水 槽 (B 系南) RSW	補機取水 槽 (C 系)
基準 津波 1	あり	あり	あり	6.25	6.89	6.49	6.43	6.44	7.06
			なし	6.25	7.08	6.54	6.65	6.65	7.05
		なし	あり	6.25	6.49	6.47	6.48	6.48	6.64
			なし	6.25	6.66	6.53	6.59	6.59	6.64
	なし	あり	あり	6.25	6.91	6.52	6.47	6.48	7.06
			なし	6.25	<u>7.11</u>	6.57	6.68	6.68	7.04
		なし	あり	6.25	6.52	6.52	6.53	6.53	6.66
			なし	6.25	6.72	6.56	6.63	6.63	6.66

表 5 ( 4 ) 取水路管路解析における計算結果  
( 7 号炉 水位下降側)

	スクリー ーン	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				取水口 前面	補機取水 槽 (A系)	補機取水 槽 (B系北)	補機取水 槽 (B系南) TSW	補機取水 槽 (B系南) RSW	補機取水 槽 (C系)
基準 津波 2	あり	あり	あり	-3.50	-3.60	-3.64	-3.64	-3.64	-3.60
			なし	-3.50	-3.60	-3.62	-3.62	-3.62	-3.60
		なし	あり	-3.50	-3.60	-3.63	-3.63	-3.63	-3.60
			なし	-3.50	-3.59	-3.62	-3.62	-3.62	-3.60
	なし	あり	あり	-3.50	-3.62	<u>-3.66</u>	-3.65	-3.65	-3.62
			なし	-3.50	-3.61	-3.65	-3.64	-3.64	-3.62
		なし	あり	-3.50	-3.61	-3.63	-3.64	-3.64	-3.62
			なし	-3.50	-3.60	-3.63	-3.63	-3.63	-3.62

表 5 ( 5 ) 取水路管路解析における計算結果  
( 5 号炉 水位上昇側)

	スクリー ーン	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L.(m)		
				取水口 前面	補機取水槽 (A 系)	補機取水槽 (B 系)
基準 津波 1	あり	あり	あり	6.30	6.20	6.27
			なし	6.30	6.37	<u>6.37</u>
		なし	あり	6.30	6.20	6.27
			なし	6.30	6.37	6.37
	なし	あり	あり	6.30	6.20	6.27
			なし	6.30	6.37	6.37
		なし	あり	6.30	6.20	6.27
			なし	6.30	6.37	6.37

※速報値

表 5 ( 6 ) 取水路管路解析における計算結果  
( 5 号炉 水位下降側)

	スクリー ーン	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L.(m)		
				取水口 前面	補機取水槽 (A 系)	補機取水槽 (B 系)
基準 津波 2	あり	あり	あり	-3.00	<u>-3.24</u>	-3.21
			なし	-3.00	-3.16	-3.16
		なし	あり	-3.00	-3.24	-3.21
			なし	-3.00	-3.16	-3.16
	なし	あり	あり	-3.00	-3.24	-3.21
			なし	-3.00	-3.17	-3.17
		なし	あり	-3.00	-3.24	-3.21
			なし	-3.00	-3.17	-3.17

※速報値

表 6 ( 1 ) 放水路管路解析における計算結果 ( 6 号炉)

	地震	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				放水口 前面	補機放水庭 (南)	補機放水庭 (北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準津波 3	海域の活断層(5断層連動モデル) +LS-2	あり	あり	6.02	—	—	6.57	6.58	6.58
			なし	6.02	—	—	6.66	6.59	6.56
		なし	あり	6.02	—	—	6.63	6.65	6.64
			なし	6.02	—	—	6.59	<u>6.76</u>	6.60

— : 津波による水位変動の影響がないことを示す

表 6 ( 2 ) 放水路管路解析における計算結果 ( 7 号炉)

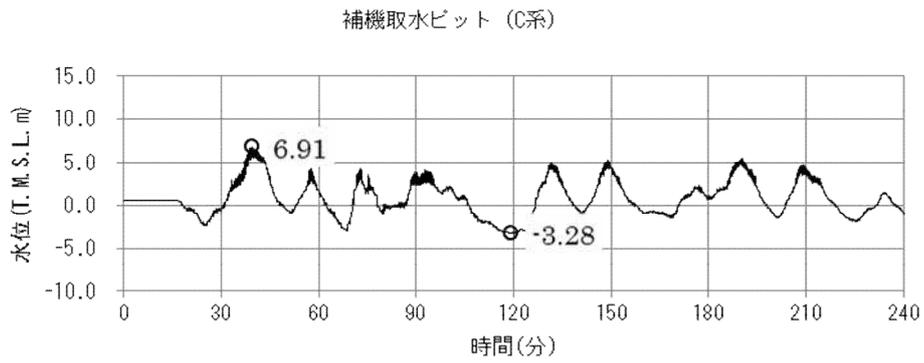
	地震	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
				放水口 前面	補機放水庭 (南)	補機放水庭 (北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準津波 3	海域の活断層(5断層連動モデル) +LS-2	あり	あり	6.02	—	—	7.85	7.85	7.86
			なし	6.02	—	—	7.86	7.86	7.85
		なし	あり	6.02	—	—	7.85	7.85	<u>7.88</u>
			なし	6.02	—	—	7.87	7.87	7.86

— : 津波による水位変動の影響がないことを示す

表 6 ( 3 ) 放水路管路解析における計算結果 ( 5 号炉 )

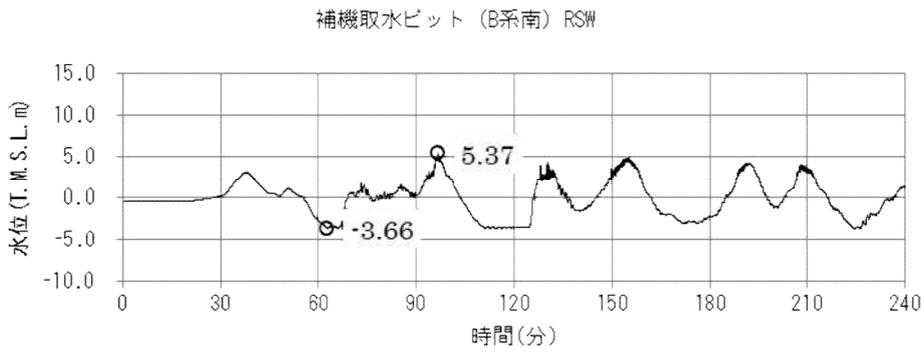
	地震	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)				
				放水口 前面	補機放 水庭	放水庭 (南)	放水庭 (中)	放水庭 (北)
基準 津波 3	+LS-2 海域の活断層(5断層連動モデル)	あり	あり	6.02	8.96	7.32	6.94	7.74
			なし	6.02	7.74	7.10	7.08	7.05
		なし	あり	6.02	<u>8.98</u>	7.46	6.95	6.94
			なし	6.02	7.75	7.99	7.14	7.89

※速報値



最大ケース：C系

図3 (1) 時刻歴波形 (6号炉 水位上昇側)



最小ケース：B系南

図3 (2) 時刻歴波形 (6号炉 水位下降側)

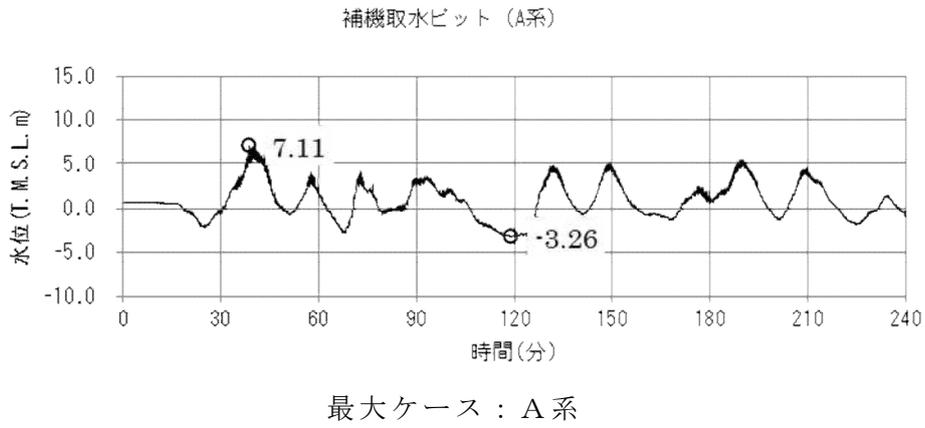


図 3 ( 3 ) 時刻歴波形 ( 7 号炉 水位上昇側 )

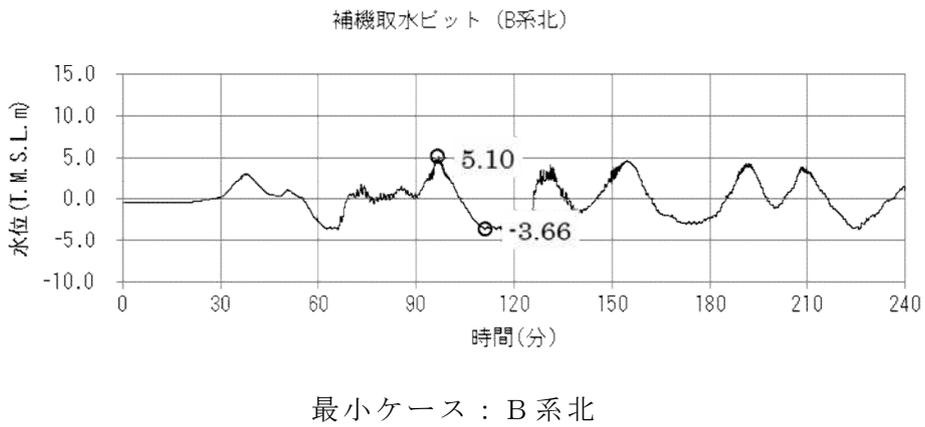
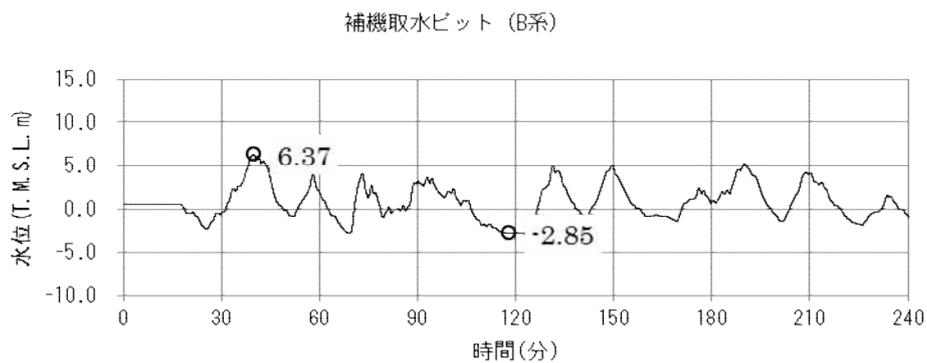


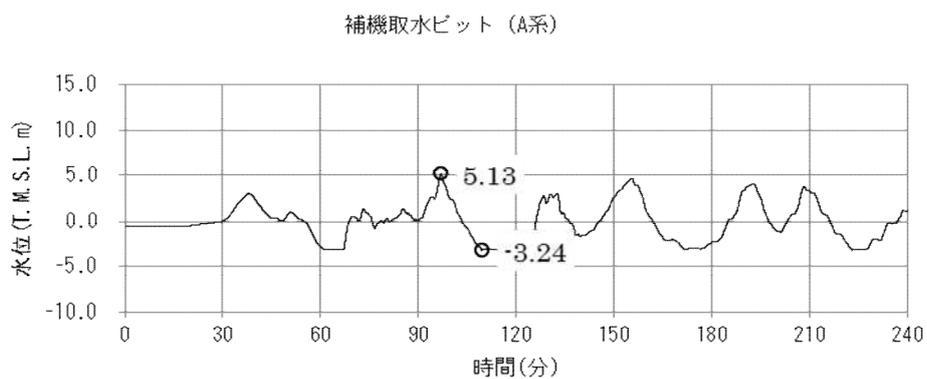
図 3 ( 4 ) 時刻歴波形 ( 7 号炉 水位下降側 )



最大ケース：B系

図3 (5) 時刻歴波形 (5号炉 水位上昇側)

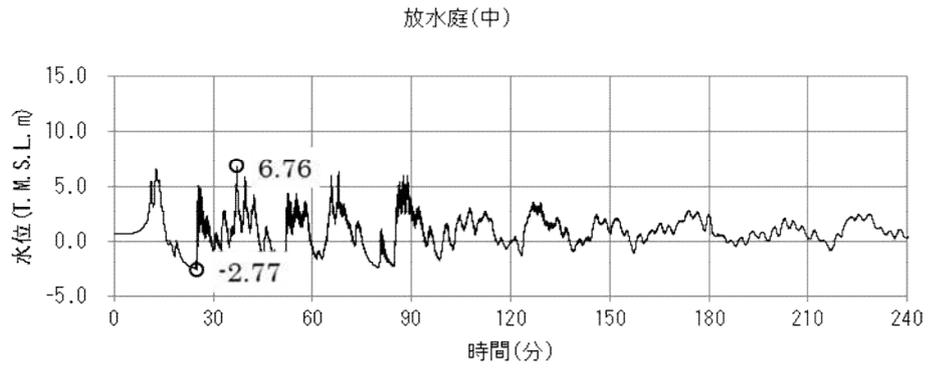
※速報値



最小ケース：A系

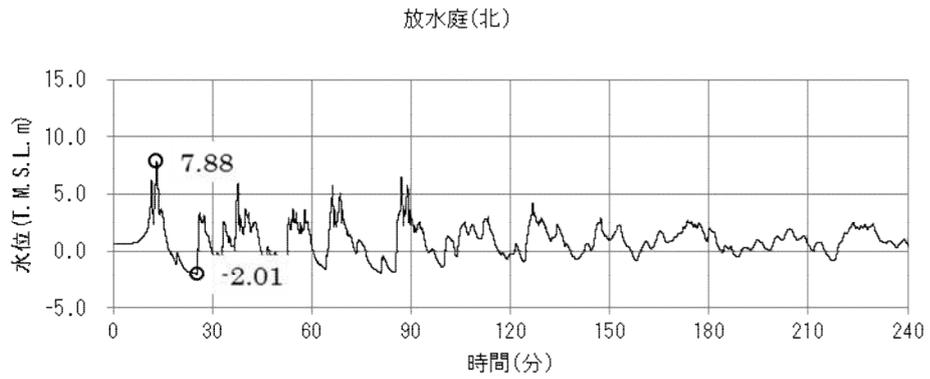
図3 (6) 時刻歴波形 (5号炉 水位下降側)

※速報値



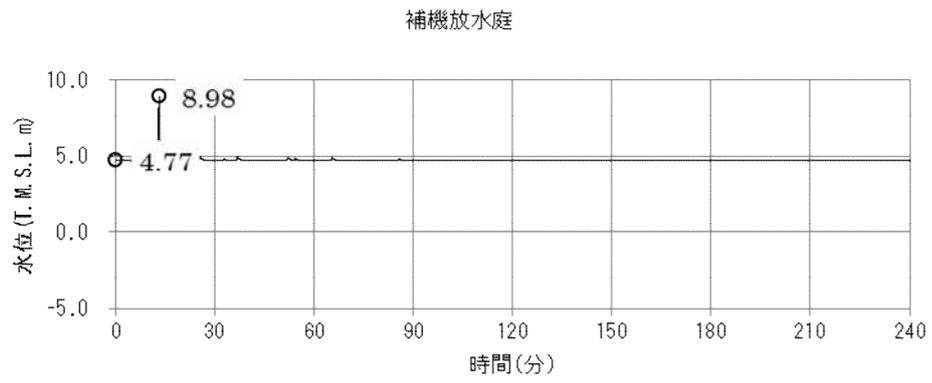
最大ケース：放水庭(中)

図4 (1) 放水路時刻歴波形 (6号炉)



最大ケース：放水庭(北)

図4 (2) 放水路時刻歴波形 (7号炉)



最大ケース：補機放水庭

図 4 ( 3 ) 放水路時刻歴波形 ( 5 号炉 )

※速報値

### 3. 管路解析の影響評価

管路解析に関わる影響評価として、防波堤が地震により損傷する場合を保守的に想定し、その際に生じる水位に対する外郭防護の成立性の確認を行った。

具体的には、各補機取水槽及び放水庭の入力津波に対し、防波堤がない(完全に消失した)条件における遡上解析により評価した取水口及び放水口前面の水位を入力波形として改めて管路解析を実施することにより、防波堤が損傷した場合を模擬した各所の水位を算定した。その上で、この水位と外郭防護における許容津波高さとの比較を行うことにより、外郭防護の成立性の確認を行った。取水路(補機取水槽)、放水路(放水庭)に対する確認結果をそれぞれ表7、表8に示す。また、各所における時刻歴波形を図5に示す。

以上より、防波堤が地震により損傷した場合においても、外郭防護の成立性に影響のないことを確認した。

表7 防波堤の損傷を考慮した管路解析の影響評価（取水路）

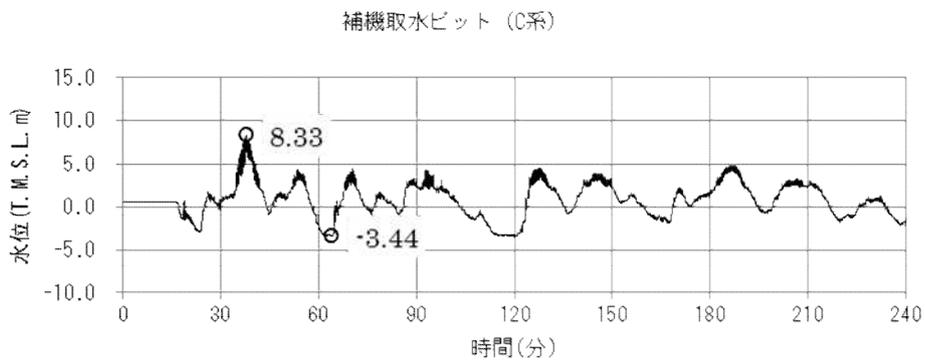
基準津波名称	策定対象とする入力津波の種類	防波堤有無	水位 T.M.S.L. (m)					
			5号炉		6号炉		7号炉	
			取水口前面	取水口前面	補機取水槽	取水口前面	補機取水槽	
基準津波1	取水路水位上昇量	有り	6.30	6.28	6.91	6.25	7.11	
		無し	7.35	7.44	8.33	7.22	8.29	
影響評価 ※外郭防護の詳細は本文 2.2 節を参照			5号炉取水路に関わる最低許容津波高さは T.M.S.L + 12.2m であり、この裕度の範囲内であることを確認	6号炉取水路に関わる最低許容津波高さは T.M.S.L + 12.2m でありこの裕度の範囲内であることを確認 ※補機取水槽点検口の許容津波高さは T.M.S.L + 3.5m であるが取水槽閉止板を設置しており建屋への流入はない	7号炉取水路に関わる最低許容津波高さは T.M.S.L + 12.2m でありこの裕度の範囲内 ※補機取水槽点検口の許容津波高さは T.M.S.L + 3.5m であるが取水槽閉止板を設置しており建屋への流入はない			

※ハッチング部：影響評価ケース

表8 防波堤の損傷を考慮した管路解析の影響評価（放水路）

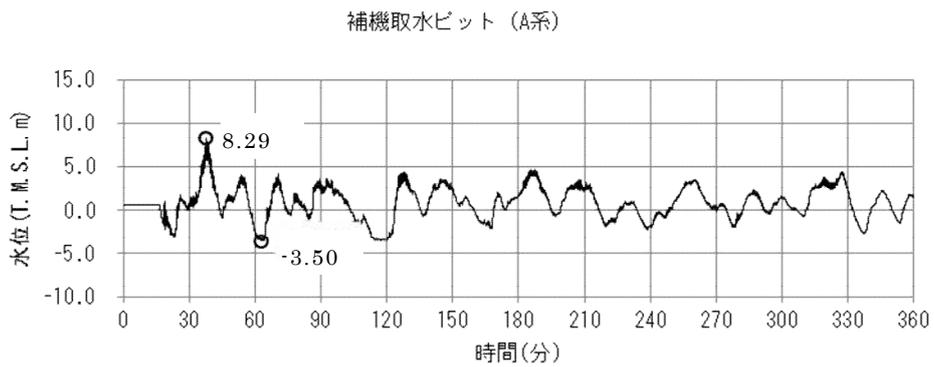
基準津波名称	策定対象とする入力津波の種類	防波堤有無	水位 T.M.S.L. (m)					
			5号炉		6号炉		7号炉	
			放水口前面	放水庭	放水口前面	放水庭	放水口前面	放水庭
基準津波3	防潮堤・遡上域（放水路含む）最高水位	有り	6.02	7.99	6.02	6.76	6.02	7.88
		無し	6.28	7.50	6.28	7.51	6.28	8.32
影響評価 ※外郭防護の詳細は本文 2.2 節を参照			5号炉放水路に関わる最低許容津波高さは T.M.S.L + 12.2m であり、この裕度の範囲内であることを確認	6号炉放水路に関わる最低許容津波高さは T.M.S.L + 12.2m であり、この裕度の範囲内であることを確認	7号炉放水路に関わる最低許容津波高さは T.M.S.L + 12.2m であり、この裕度の範囲内であることを確認			

※ハッチング部：影響評価ケース



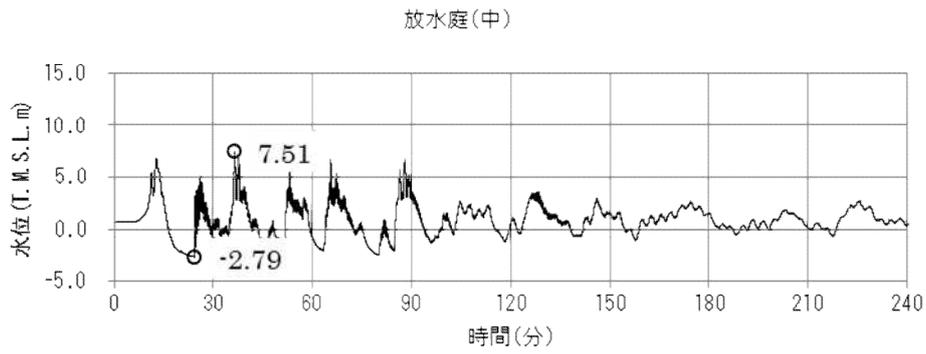
最大ケース：C系

図5 (1) 時刻歴波形 (6号炉 水位上昇側)



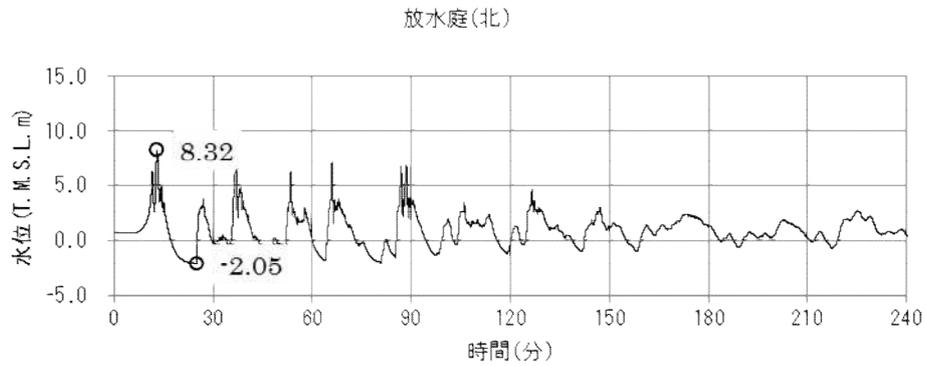
最大ケース：A系

図5 (2) 時刻歴波形 (7号炉 水位上昇側)



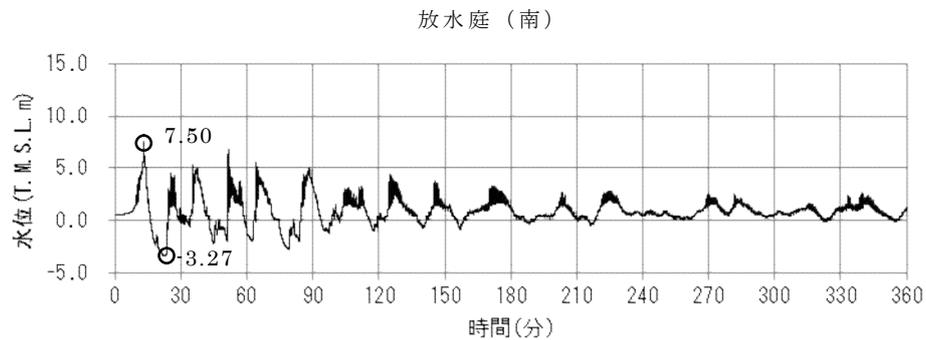
最大ケース：放水庭（中）

図 5（3） 放水路時刻歴波形（6号炉）



最大ケース：放水庭（北）

図 5（4） 放水路時刻歴波形（7号炉）



最大ケース：放水庭（南）

図 5（5） 放水路時刻歴波形（5号炉）

## 添付資料 19

津波シミュレーションに用いる  
数値計算モデルについて

## 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて

数値シミュレーションは平面二次元モデルを用いており、基礎方程式は、非線形長波（浅水理論）に基づく、津波シミュレーションを実施した。基礎方程式及び計算条件を図1に示す。

計算領域については、対馬海峡付近から間宮海峡付近までの日本海全域である。東西方向約1,100km、南北方向約2,100kmを設定した。

計算格子間隔については、敷地周辺における津波の挙動をより精度良く推計できるサイズとなるよう、敷地に近づくにしたがって最大1,440mから最小5.0mまで徐々に細かい格子サイズを設定した。

地形のモデル化に当たっては、最新の海底地形データを反映して、日本水路協会(2011)、日本水路協会(2008～2011)、国土地理院(2013)、National Oceanic and Atmospheric Administration (2006)による地形図及び深淺測量、防波堤標高測量等による敷地周辺及び専用港湾内の詳細な地形図を用いた。数値シミュレーションに用いた計算領域とその水深及び計算格子分割を図2に示し、津波水位評価地点の位置を図3に示す。

防波堤の越流および陸上の遡上を考慮し、防波堤については、水位がその天端を超える場合に本間公式(1940)を用いており、発電所の護岸を遡上する場合については、相田公式(1977)を用いている。各計算方法について、図4に示す。

津波伝播計算の初期条件となる海底面の鉛直変位については、Mansinha and Smylie(1971)の方法によって計算した。(参考参照)

津波数値シミュレーションへの適用に関するフローを図5に、地殻変動量の考慮について概念図を図6に示す。

■ 基礎方程式

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

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - K_h \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) + \gamma_b^2 \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{D^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - K_h \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + \gamma_b^2 \frac{N \sqrt{M^2 + N^2}}{D^2} = 0$$

$t$ : 時間  
 $x, y$ : 平面座標  
 $\eta$ : 静水面から鉛直上方にとった水位変動量  
 $M$ :  $x$ 方向の線流量  
 $N$ :  $y$ 方向の線流量  
 $h$ : 静水深  
 $D$ : 全水深 ( $D=h+\eta$ )  
 $g$ : 重力加速度  
 $K_h$ : 水平渦動粘性係数  
 $\gamma_b^2$ : 摩擦係数 ( $=gn^2/D^{1/3}$ ),  $n$ : マニングの粗度係数

■ 計算条件

項目	計算条件
計算時間間隔	C.F.L.条件を満たすように0.1秒に設定
潮位条件	T.M.S.L. +0.26 m (平均潮位)
基礎方程式及び数値計算スキーム	非線形長波理論 (浅水理論) に基づく後藤・小川(1982)の方法
沖側境界条件	後藤・小川(1982)の自由透過の条件
陸側境界条件	・敷地周辺: (計算格子間隔80m~5m)の領域は小谷ほか(1998)の陸上遡上境界条件 ・それ以外は完全反射条件
越流境界条件	越流を本間公式(1940)や相田公式(1977)で考慮
海底摩擦係数	マニングの粗度係数 ( $n = 0.03 \text{ m}^{1/3}\text{s}$ )
水平渦動粘性係数	考慮していない ( $K_h = 0$ )
初期条件	Mansinha and Smylie(1971)の方法により海底面の鉛直変位分布を求めて初期水位として与える
計算時間	4時間

図1 基本方程式及び計算条件

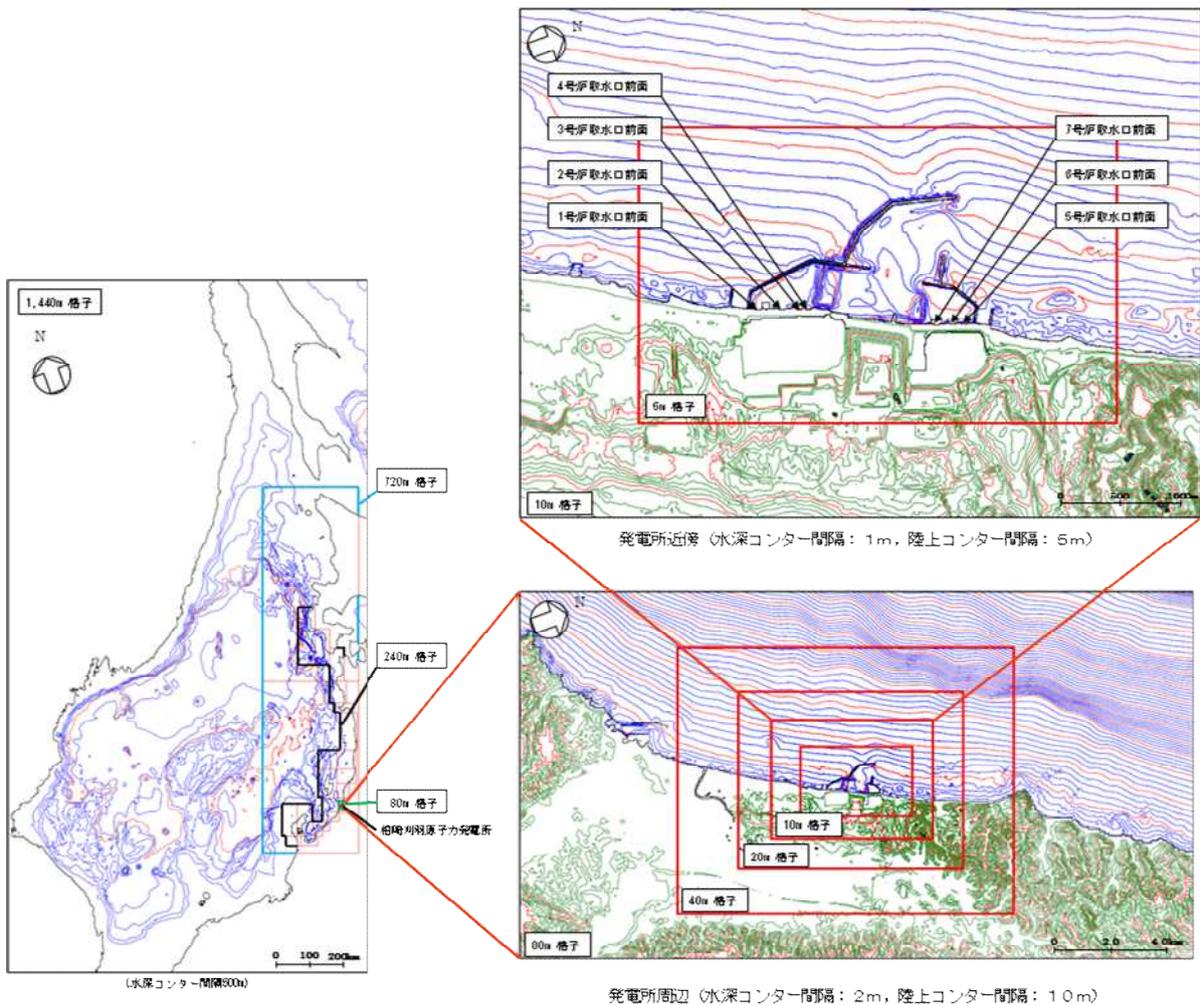


図2 水深と計算格子分割図

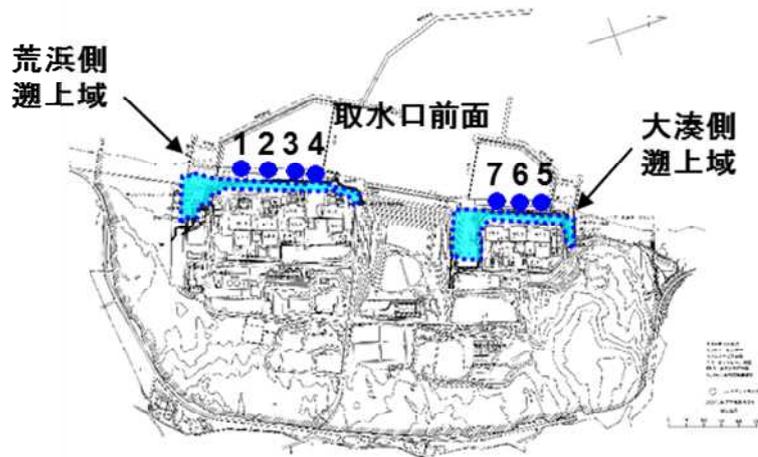


図3 津波水位評価地点

■本間公式（本間(1940)）

防波堤については、水位がその天端を超える場合に本間公式を用いて越流量を計算する。

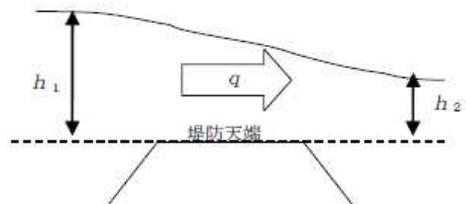
天端高を基準とした堤前後の水深を  $h_1$ ,  $h_2$  ( $h_1 > h_2$ ) としたとき、越流量  $q$  は下記のとおりである。

$$q = \mu h_1 \sqrt{2gh_1} \quad h_2 \leq \frac{2}{3} h_1$$

(潜り越流)

$$q = \mu' h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad h_2 > \frac{2}{3} h_1$$

ここに、 $\mu = 0.35$ ,  $\mu' = 2.6\mu$ , 重力加速度  $g$



■相田公式（相田(1977)）

発電所の護岸を遡上する場合については、相田公式を用いて越流量を計算する。

流量係数  $C_1$  を用いて、護岸内側への越流量  $q$  は下記のとおりである。

$$q = C_1 H_1 \sqrt{g\Delta H}$$

ここに、 $H_1$  : 護岸上面からの水位  
 $\Delta H$  : 不連続箇所での水位差  
 $C_1 = 0.6$

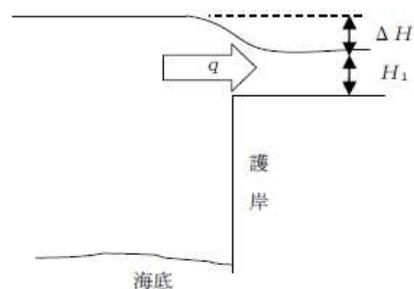


図4 本間公式及び相田公式

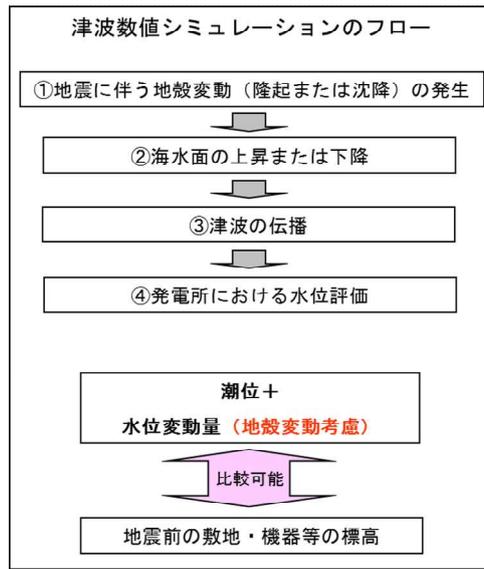


図5 津波数値シミュレーションのフロー図

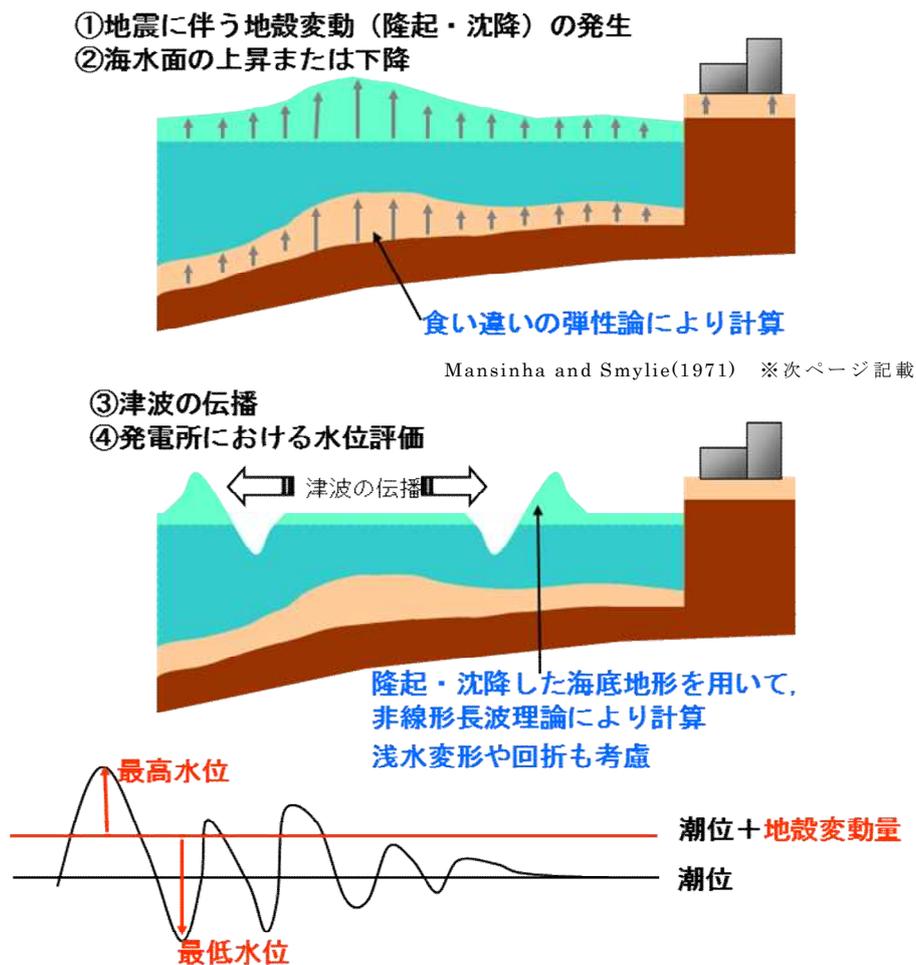


図6 地殻変動量の概念図

【参考】Mansinha and Smylie(1971)の方法

地震発生地盤が等方で均質な弾性体であると仮定して地震断層運動に伴う周辺地盤の変位分布を計算する Mansinha and Smylie(1971)の方法について下記に示す。

Strike slip (すべり量 :  $D_s$ ) による  $x_3$  方向の変位量を  $U_{3s}$ , Dip slip (すべり量 :  $D_d$ ) によるそれを  $U_{3d}$  とし、任意の点  $(x_1, x_2, x_3)$  における変位は次式の定積分で与えられる。ここで定積分の範囲は断層面  $\{(\xi_1, \xi) \mid -L \leq \xi_1 \leq L, h_1 \leq \xi \leq h_2\}$  である。

$$12\pi \frac{U_{3s}}{D_s} = \left[ \cos \delta \left\{ \ell n(R + r_3 - \xi) + (1 + 3 \tan^2 \delta) \ell n(Q + q_3 + \xi) - 3 \tan \delta \sec \delta \cdot \ell n(Q + x_3 + \xi_3) \right\} \right. \\ \left. + \frac{2r_2 \sin \delta}{R} + 2 \sin \delta \frac{(q_2 + x_2 \sin \delta)}{Q} - \frac{2r_2^2 \cos \delta}{R(R + r_3 - \xi)} \right. \\ \left. + \frac{4q_2 x_3 \sin^2 \delta - 2(q_2 + x_2 \sin \delta)(x_3 + q_3 \sin \delta)}{Q(Q + q_3 + \xi)} + 4q_2 x_3 \sin \delta \frac{\{(x_3 + \xi_3) - q_3 \cos \delta\}}{Q^3} \right. \\ \left. - 4q_2^2 q_3 x_3 \cos \delta \sin \delta \frac{2Q + q_3 + \xi}{Q^3(Q + q_3 + \xi)^2} \right] \Bigg\|$$

$$12\pi \frac{U_{3d}}{D_d} = \left[ \sin \delta \left[ (x_2 - \xi_2) \left\{ \frac{2(x_3 - \xi_3)}{R(R + x_1 - \xi_1)} + \frac{4(x_3 - \xi_3)}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} - 4\xi_3 x_3 (x_3 + \xi_3) \left( \frac{2Q + x_1 - \xi_1}{Q^3(Q + x_1 - \xi_1)^2} \right) \right\} \right. \right. \\ \left. - 6 \tan^{-1} \left\{ \frac{(x_1 - \xi_1)(x_2 - \xi_2)}{(h + x_3 + \xi_3)(Q + h)} \right\} + 3 \tan^{-1} \left\{ \frac{(x_1 - \xi_1)(r_3 - \xi)}{r_2 R} \right\} - 6 \tan^{-1} \left\{ \frac{(x_1 - \xi_1)(q_3 + \xi)}{q_2 Q} \right\} \right] \\ \left. + \cos \delta \left[ \ell n(R + x_1 - \xi_1) - \ell n(Q + x_1 - \xi_1) - \frac{2(x_3 - \xi_3)^2}{R(R + x_1 - \xi_1)} - \frac{4\{(x_3 + \xi_3)^2 - \xi_3 x_3\}}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} \right. \right. \\ \left. - 4\xi_3 x_3 (x_3 + \xi_3)^2 \left( \frac{2Q + x_1 - \xi_1}{Q^3(Q + x_1 - \xi_1)^2} \right) \right] \\ \left. + 6x_3 \left[ \cos \delta \sin \delta \left\{ \frac{2(q_3 + \xi)}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} + \frac{x_1 - \xi_1}{Q(Q + q_3 + \xi)} \right\} - q_2 \frac{(\sin^2 \delta - \cos^2 \delta)}{Q(Q + x_1 - \xi_1)} \right] \right] \Bigg\|$$

ここに、 $x_3$  方向の変位を  $u_3$  とすると次の関係がある。

$$u_3 = U_{3s} + U_{3d}$$

直交座標系  $(x_1, x_2, x_3)$  として，図のように断層面を延長し海底面と交わる直線（走向）に  $x_1$  軸，断層面の長軸方向中央を通り  $x_1$  軸と交わる点を原点  $(O)$  とし，水平面内に  $x_2$  軸，鉛直下方に  $x_3$  軸を取る。また，原点  $O$  と断層面の中央を通る直線に  $\xi$  軸を取り， $\xi$  軸上の点を座標系  $(x_1, x_2, x_3)$  で表わしたものを  $(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$  とする（ $\xi$  軸は  $x_2x_3$  平面内にある）。 $\xi$  軸と  $x_2$  軸との成す角を  $\delta$  とする。また，すべりの方向と断層のなす角を  $\lambda$ ，すべりの大きさを  $D$  とする。

ここで，次のように変数を定めている。

$$R = \sqrt{(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 + (x_3 - \xi_3)^2}$$

$$Q = \sqrt{(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2 + (x_3 + \xi_3)^2}$$

$$r_2 = x_2 \sin \delta - x_3 \cos \delta$$

$$r_3 = x_2 \cos \delta + x_3 \sin \delta$$

$$q_2 = x_2 \sin \delta + x_3 \cos \delta$$

$$q_3 = -x_2 \cos \delta + x_3 \sin \delta$$

$$h = \sqrt{q_2^2 + (q_3 + \xi)^2}$$

$$D_s = D \cdot \cos \lambda$$

$$D_d = D \cdot \sin \lambda$$

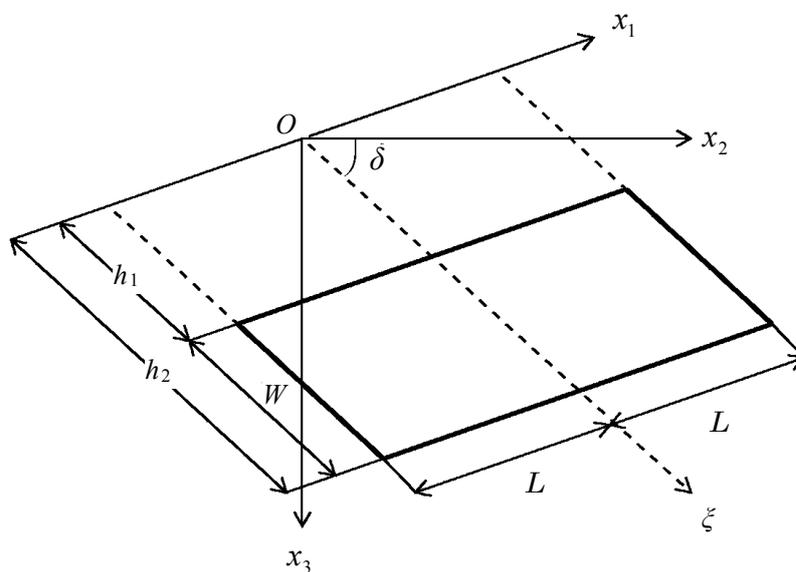


図 断層モデルの座標系

## 添付資料 2 3

入力津波に用いる潮位条件について

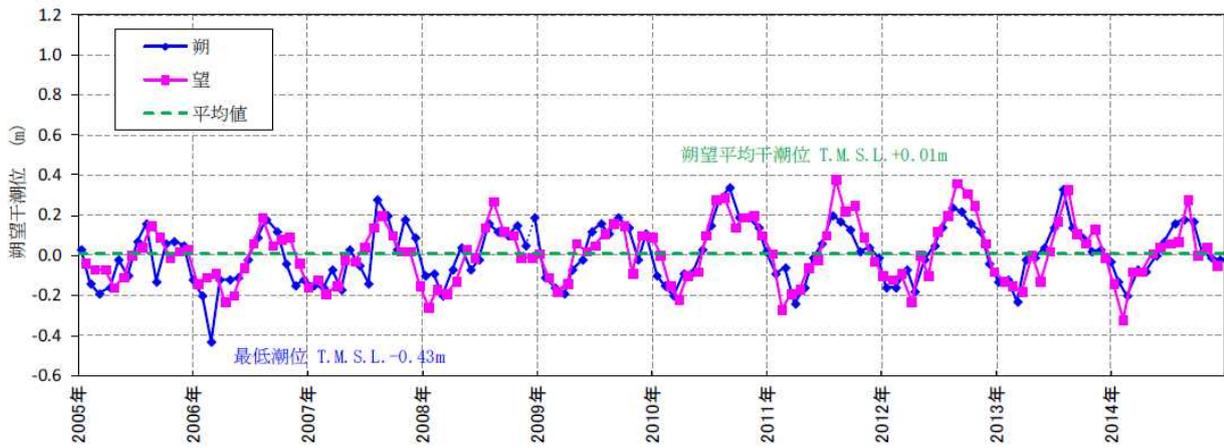
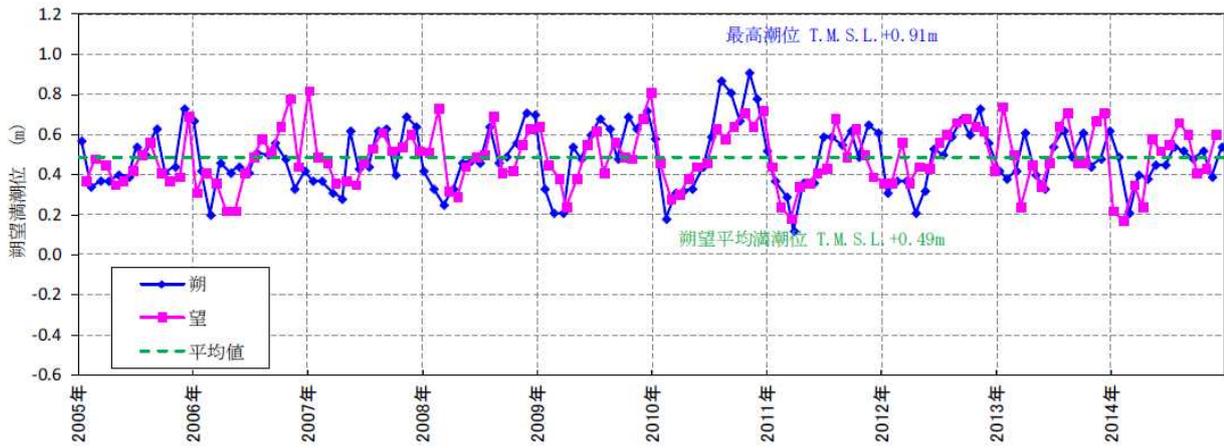
## 入力津波に用いる潮位条件について

入力津波による水位変動に用いている潮位条件は、平成 22 年 1 月から平成 26 年 12 月まで（2010 年 1 月～2014 年 12 月）の 5 ヶ年のデータを使用しているが、平成 17 年 1 月からの 10 ヶ年（2005 年 1 月～2014 年 12 月）の朔望潮位についても分析を行った。分析結果を表 1 に示す。

表 1 から 5 ヶ年及び 10 ヶ年の朔望満潮位及び朔望干潮位、標準偏差について、同程度の値であることを確認した。

表 1 朔望潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)		朔望干潮位 (m)	
	5 ヶ年	10 ヶ年	5 ヶ年	10 ヶ年
平均値	T. M. S. L. +0. 49	T. M. S. L. +0. 49	T. M. S. L. +0. 03	T. M. S. L. +0. 01
標準偏差	0. 16	0. 15	0. 15	0. 14



## 添付資料 2 4

基準津波に伴う砂移動評価について

## 基準津波に伴う砂移動評価について

### 1. はじめに

基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口への通水性に影響がないことを砂移動評価にて確認している。

ここでは、砂移動解析における粒径の違いによる堆積厚さへの影響及び防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響を検討した。

### 2. 粒径のパラメータスタディ

砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を確認するため、粒径のパラメータスタディを実施した。

検討は、平均粒径 ( $D_{50}$ ) に加えて、 $D_{10}$  及び  $D_{90}$  を粒径としたケースを追加した。検討ケースを表 1 に示す。粒径は、図 1 に示す粒径加積曲線より、 $D_{10}$  相当は 0.1mm、 $D_{90}$  相当は 1mm に設定した。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋ほか(1999)の方法を用いた。評価結果を表 2 に、堆積侵食分布図を図 2 に示す。

評価結果から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあるものの、いずれも取水口前面においては、基本ケースより最大堆積厚さが薄くなっていることから、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さい。

表 1 検討ケース

粒径	備考
0.27mm	$D_{50}$ , 基本ケース (既往ケース)
1mm	$D_{90}$ 相当
0.1mm	$D_{10}$ 相当

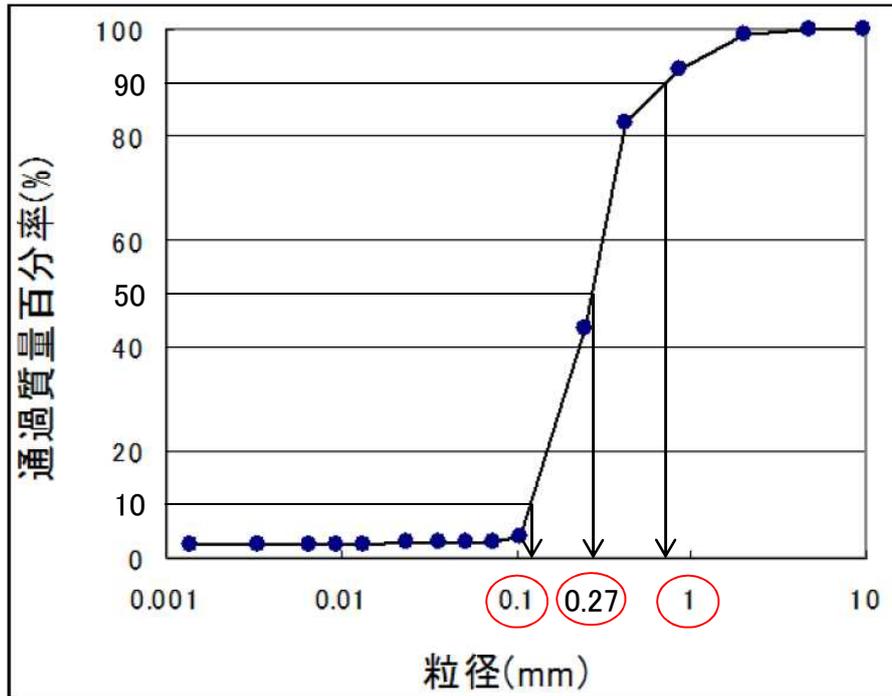


図1 粒径加積曲線

表2 取水口前面の堆積厚さ

	地震	粒径	取水口前面堆積厚さ (m)						
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉
上昇側	基準津波1 日本海東縁部(2領域モデル+LS-2)	D50相当 (0.27mm)	0.5	0.9	1.2	1.1	0.4	0.3	0.6
		D90相当 (1mm)	0.2	0.4	0.6	0.6	0.1	0.1	0.2
		D10相当 (0.1mm)	0.3	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.6
下降側	基準津波2 日本海東縁部(2領域モデル)	D50相当 (0.27mm)	0.2	0.7	1.0	0.8	0.2	0.2	0.4
		D90相当 (1mm)	0.2	0.4	0.7	0.5	0.1	0.1	0.2
		D10相当 (0.1mm)	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4

※取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

※高橋ほか(1999), 浮遊砂濃度の上限値1%

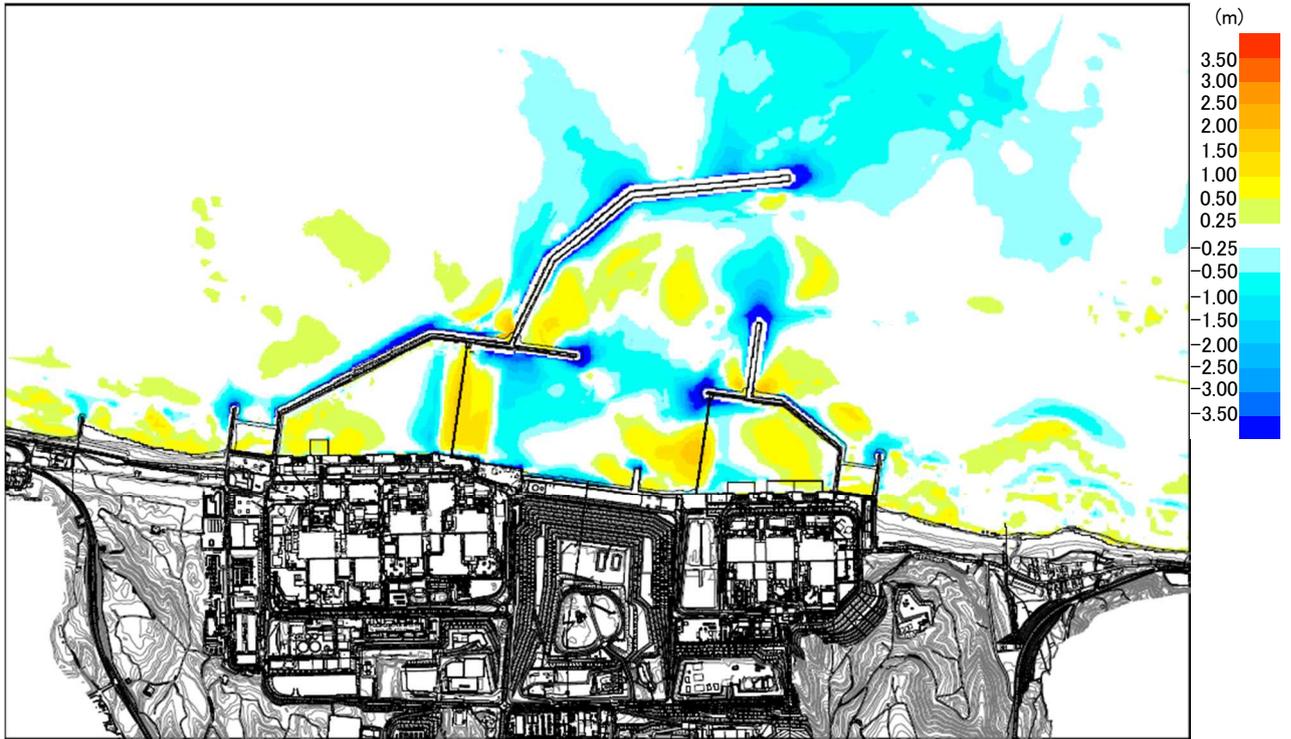


図 2 (1) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

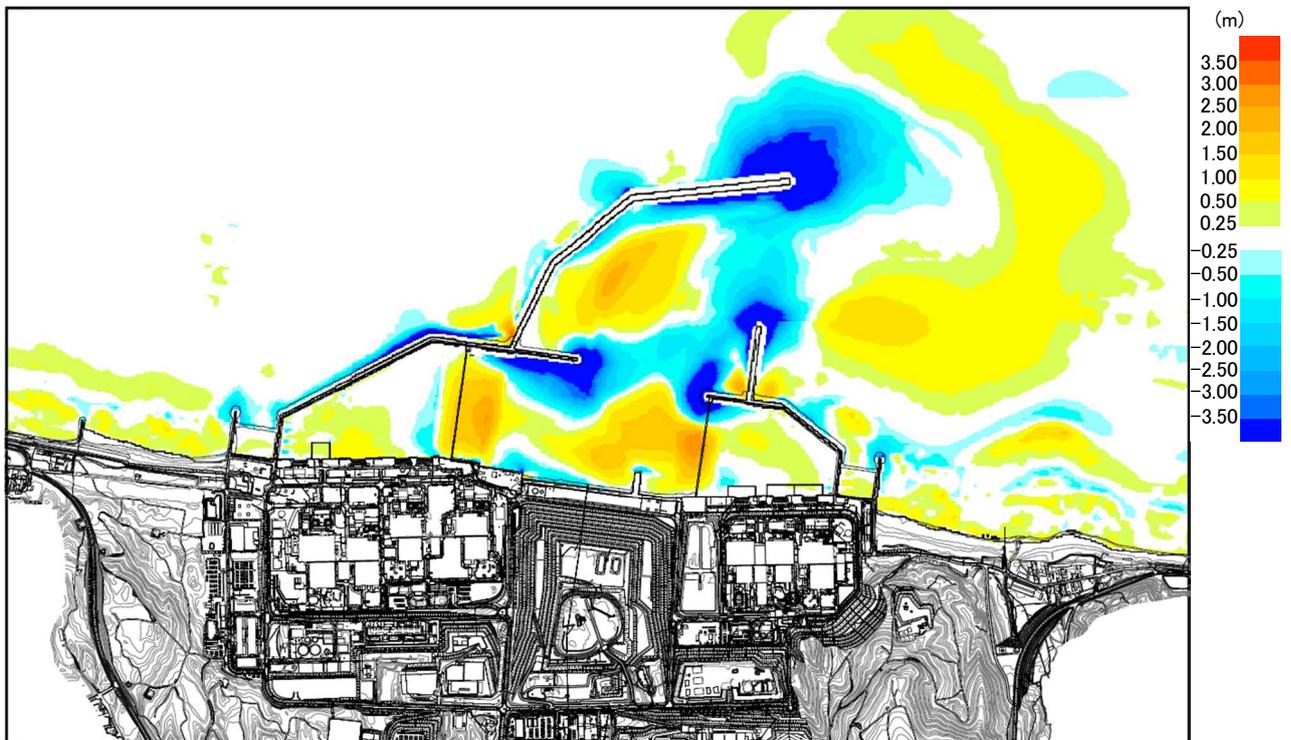


図 2 (2) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

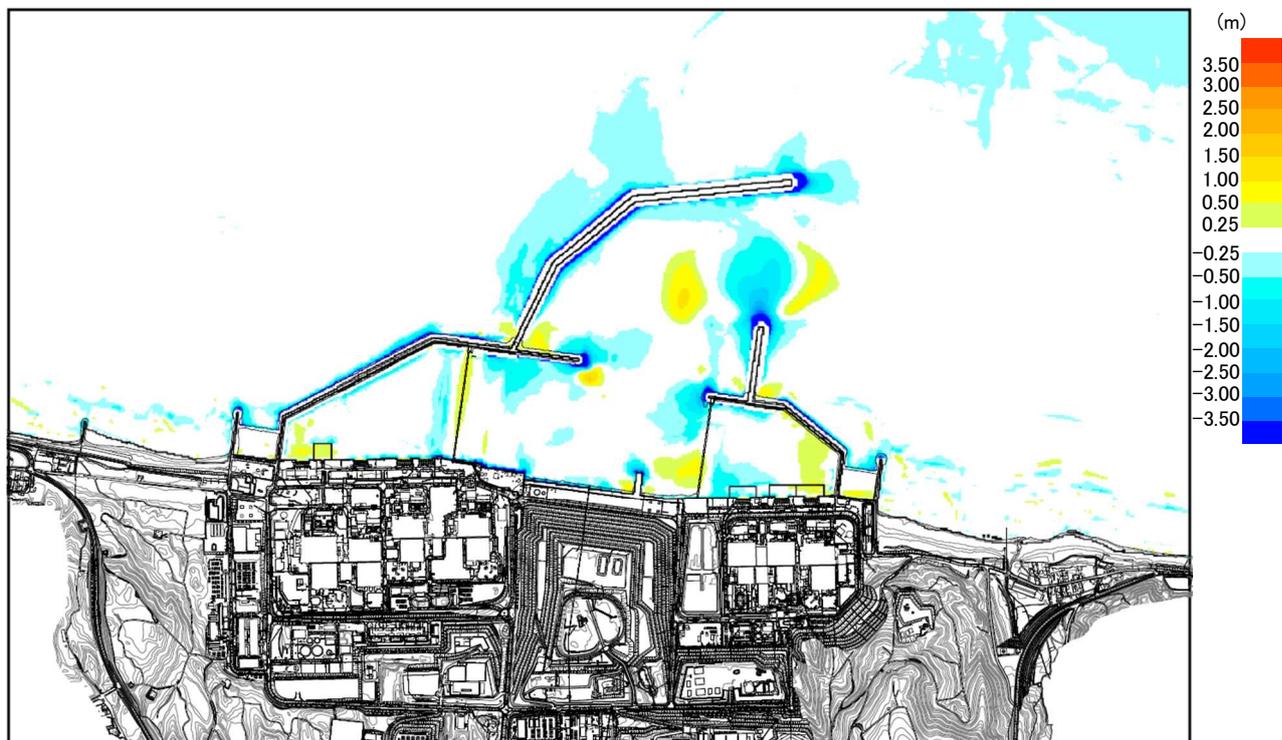


图 2 (3) 堆積侵食分布図 D10 相当 (0.1mm)

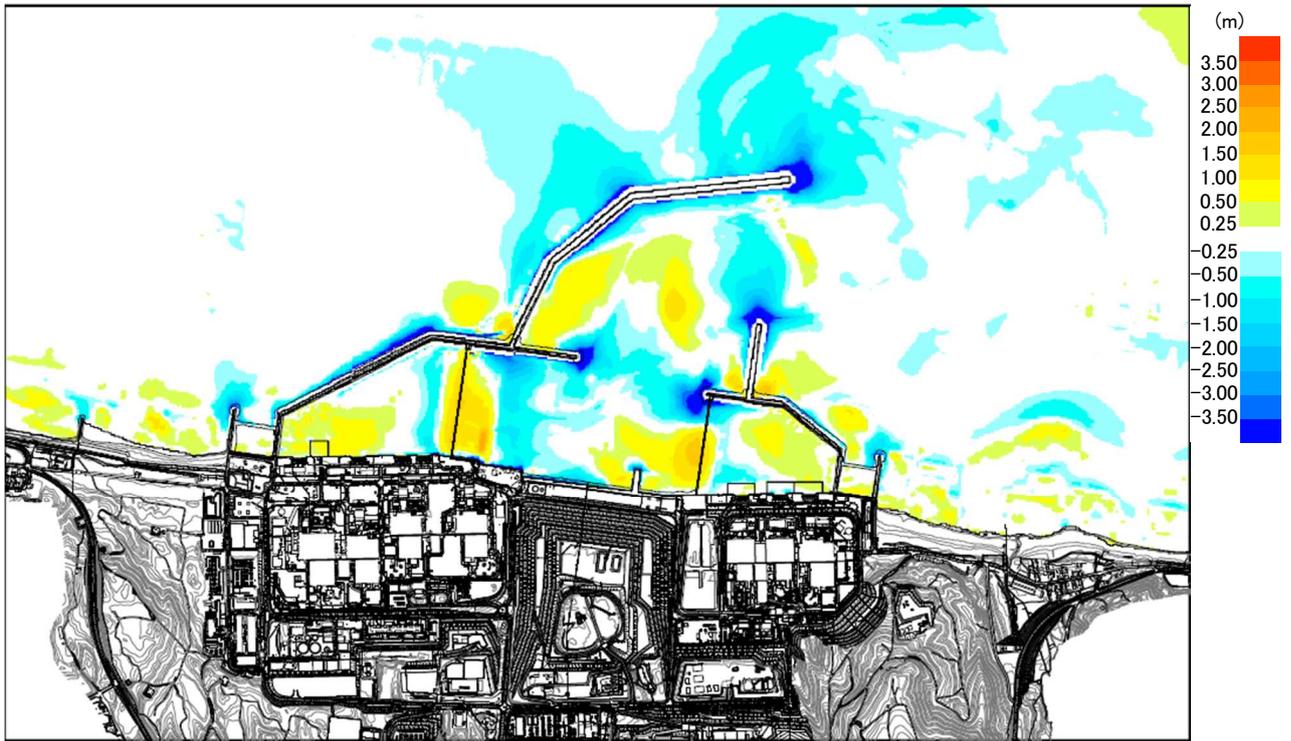


図 2 (4) 堆積侵食分布図 D50 相当 (0.27mm)

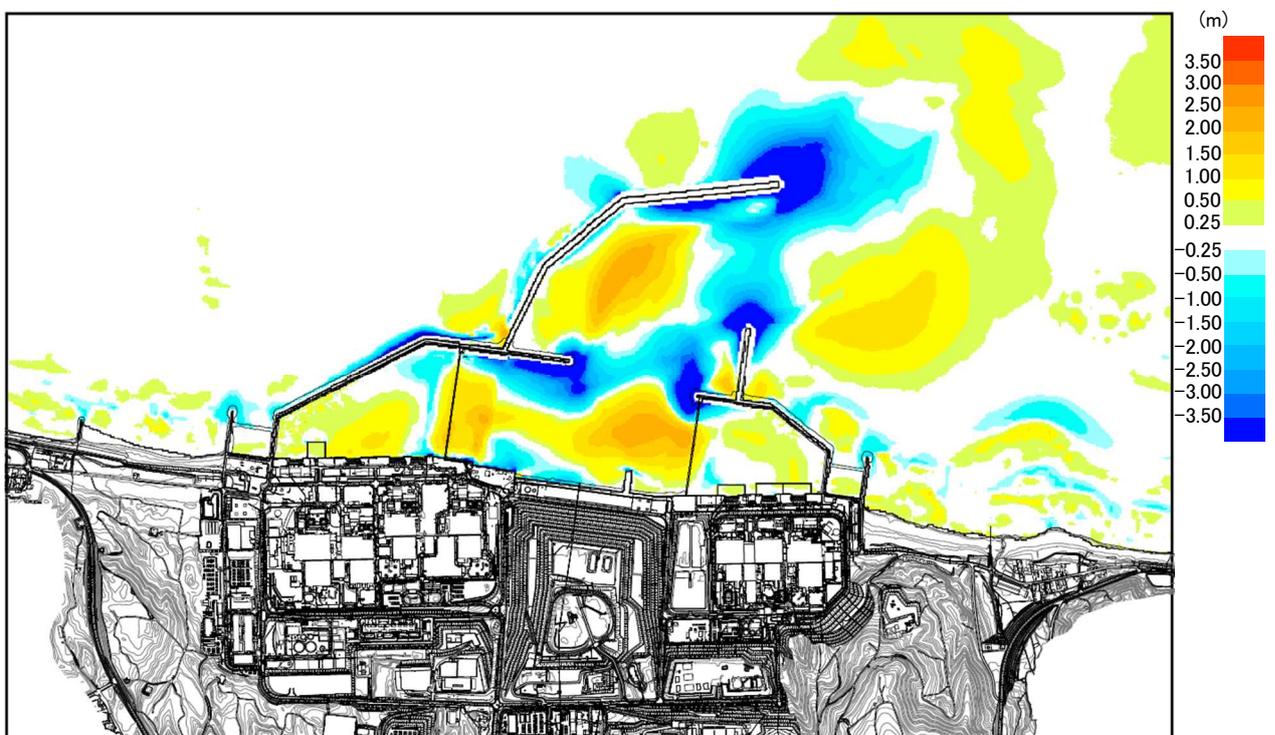


図 2 (5) 堆積侵食分布図 D90 相当 (1mm)

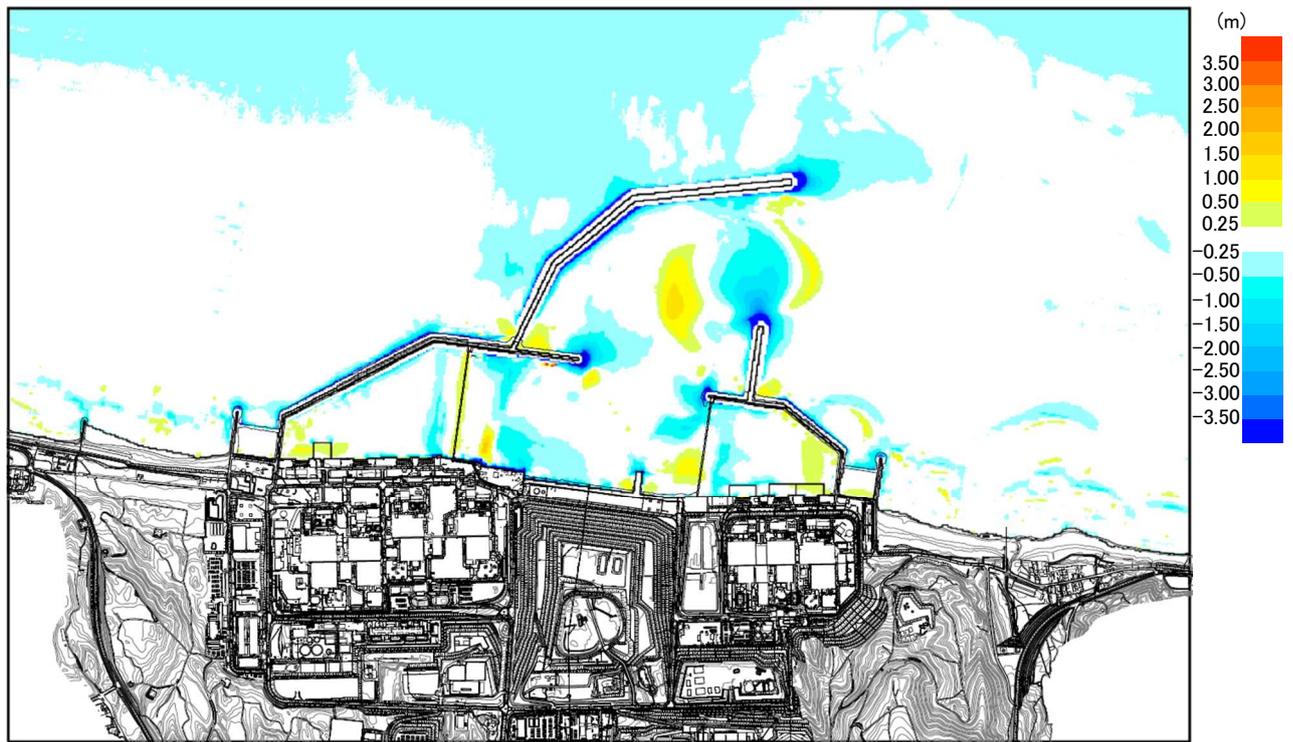


图 2 (6) 堆積侵食分布图 D10 相当 (0.1mm)

### 3. 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

砂移動評価においては、防波堤は健全な状態と仮定して解析を実施している。ここでは、影響評価として、地震時における防波堤の損傷を考慮して、保守的に防波堤をモデル化しない状態とした砂移動解析を実施し、堆積厚さへの影響を検討した。なお、解析条件は「1. 粒径のパラメータスタディ」と同様に、高橋ほか(1999)を参考に、平均粒径を用いて実施した。

評価結果を表3に示し、堆積侵食分布図を図3に示す。防波堤の有無による堆積厚さの変化は評価地点による違いが多少あるものの、最大堆積厚さについては変化がなく、防波堤の有無による影響は小さい。

表3 取水口前面の堆積厚さ

	地震	防波堤	取水口前面堆積厚さ (m)							
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	
上昇側	基準津波1	日本海東縁部 (2領域モデル+LS-2)	あり	0.5	0.9	1.2	1.1	0.4	0.3	0.6
		なし	0.7	0.7	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	
下降側	基準津波2	日本海東縁部 (2領域モデル)	あり	0.2	0.7	1.0	0.8	0.2	0.2	0.4
		なし	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	

※取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値とした

※高橋ほか(1999), 浮遊砂濃度の上限値1%

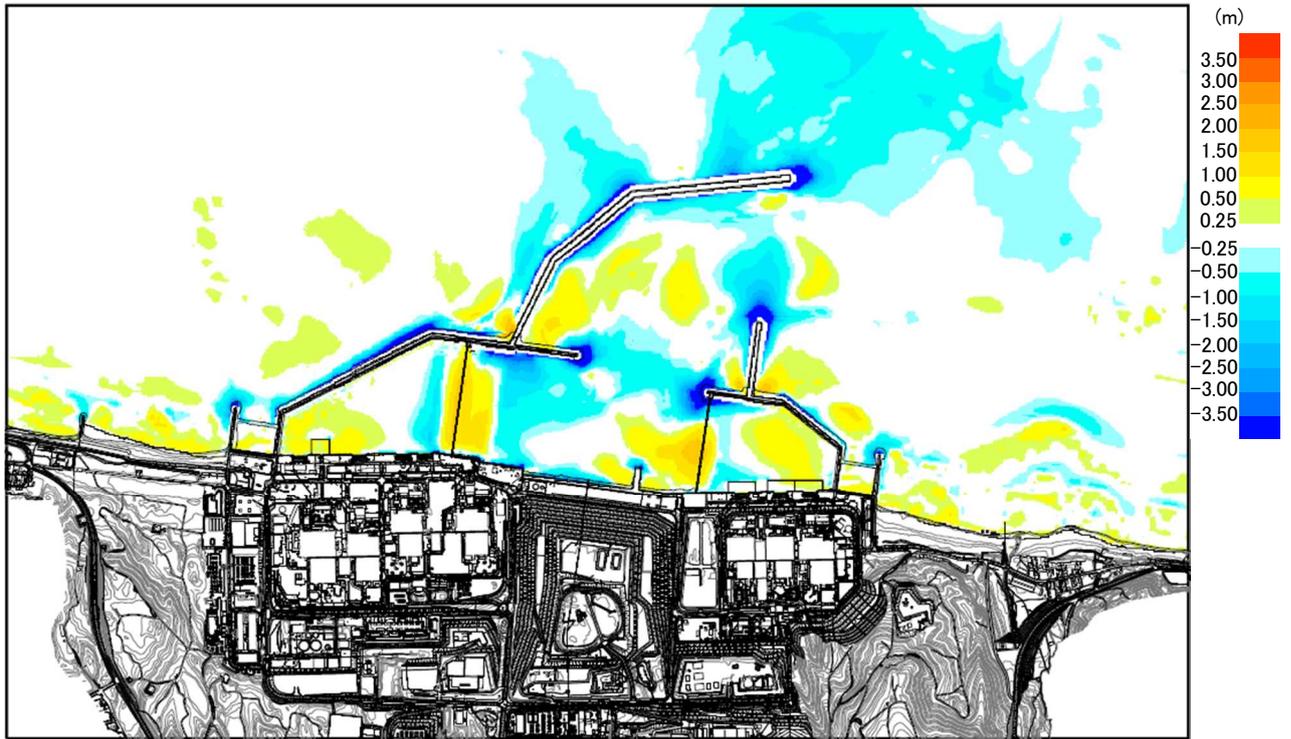


図3 (1) 防波堤あり

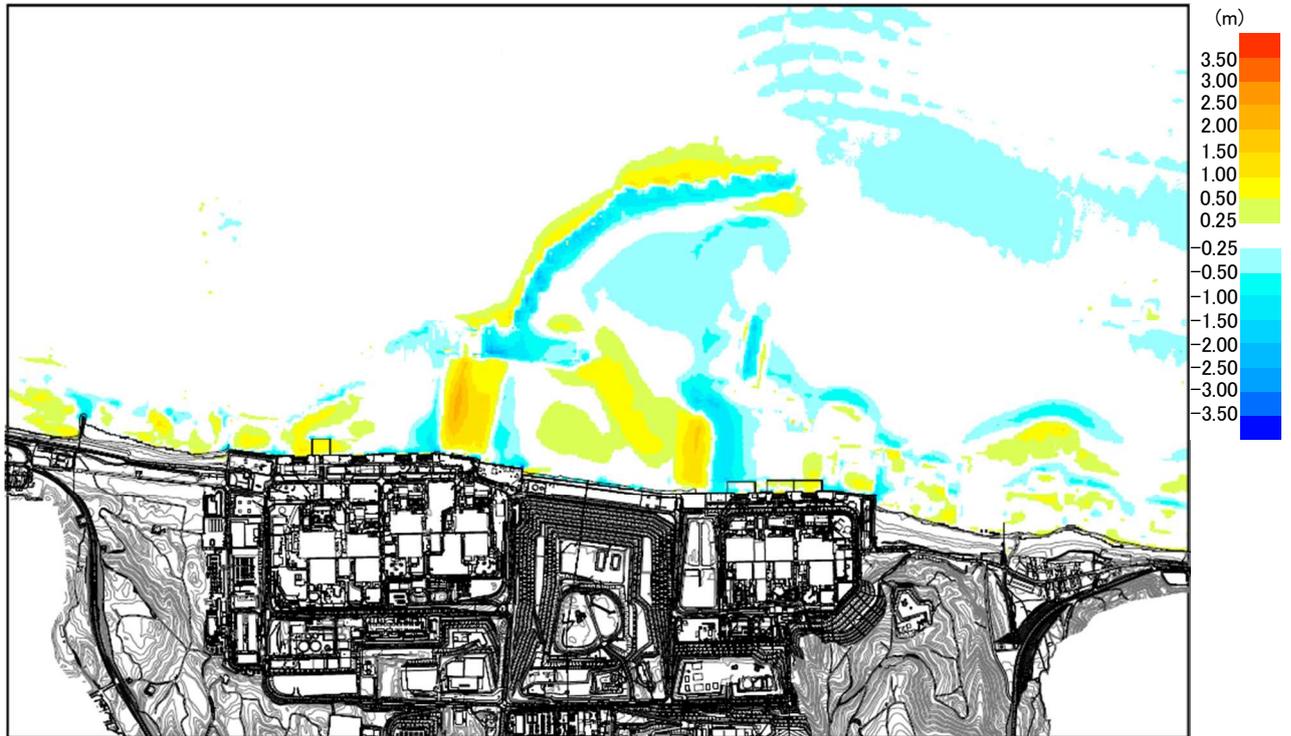


図3 (2) 防波堤なし

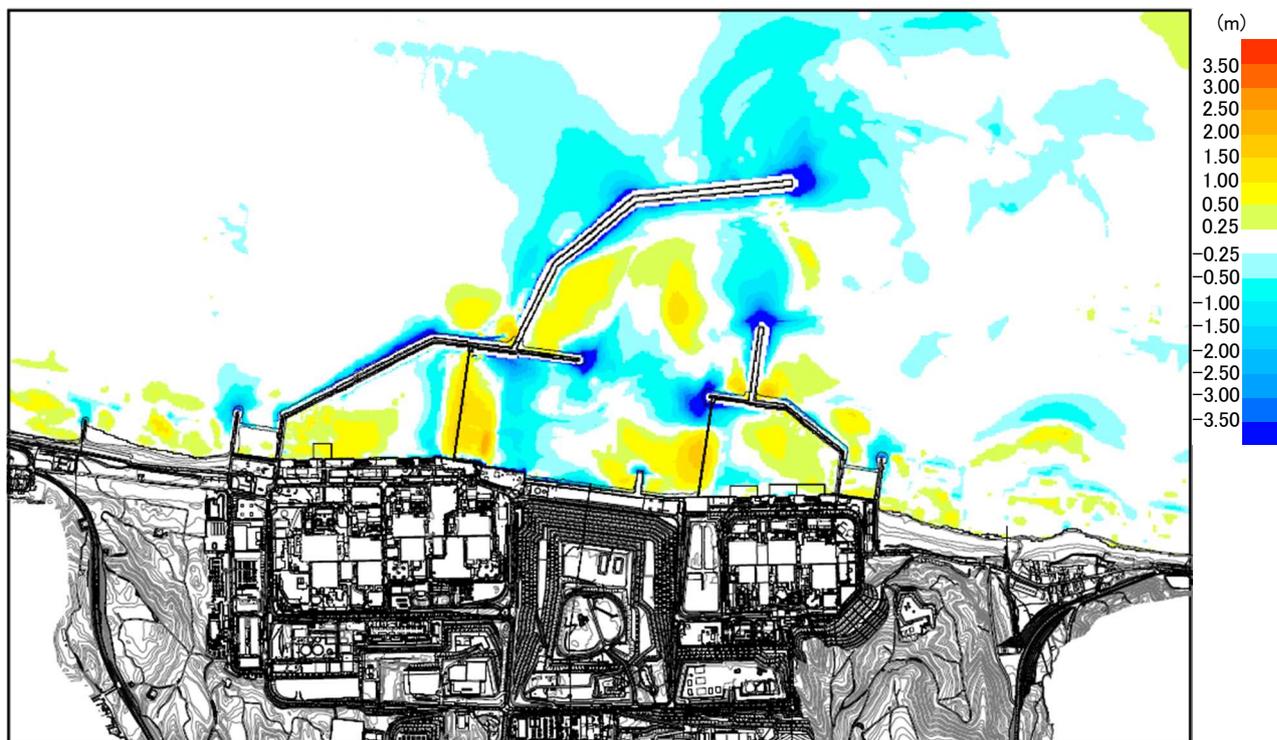


図3 (3) 防波堤あり

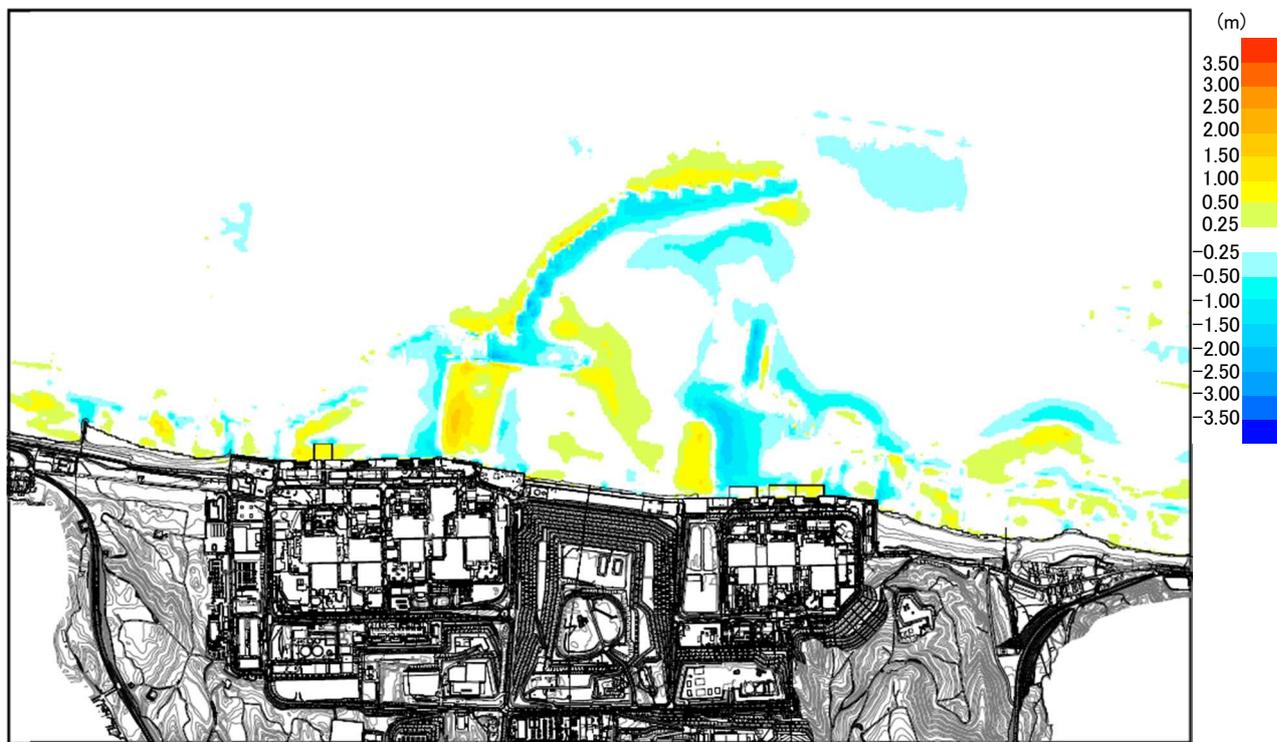


図3 (4) 防波堤なし