

女川原子力発電所2号炉 耐津波設計方針について

平成30年7月17日
東北電力株式会社

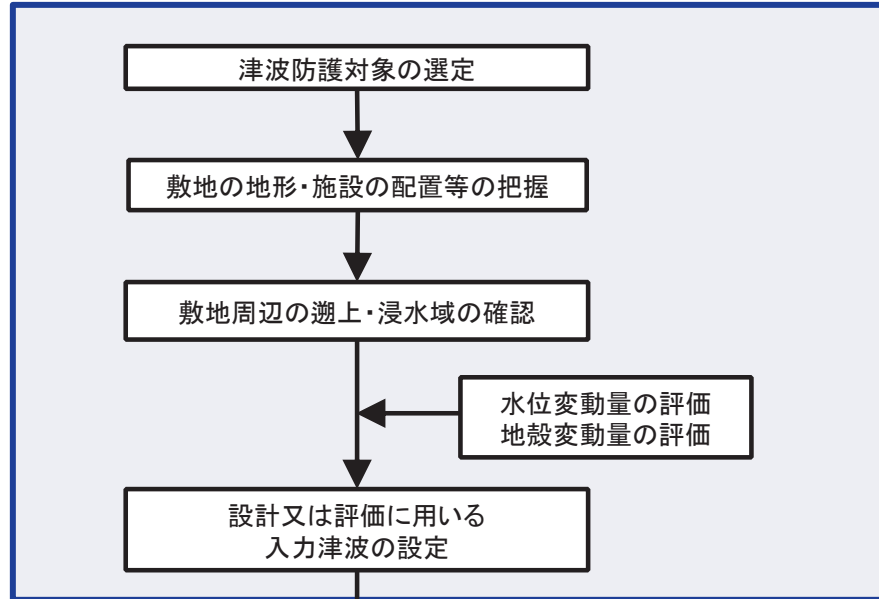
目次

【概要】	女川原子力発電所2号炉の耐津波設計方針	2
1.	基本事項	6
1.1	津波防護対象の選定	6
1.2	敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等	7
1.3	基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域	8
1.4	入力津波の設定	9
1.5	水位変動・地殻変動の考慮	14
1.6	設計又は評価に用いる入力津波	18
2.	設計基準対象施設の津波防護方針	20
2.1	敷地の特性に応じた津波防護の基本方針	20
2.2	敷地への浸水防止(外郭防護1)	23
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)	40
2.4	重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)	44
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	50
2.6	津波監視	74
3.	重大事故等対処施設の津波防護方針	77
4.	施設・設備の設計・評価の方針及び条件	79

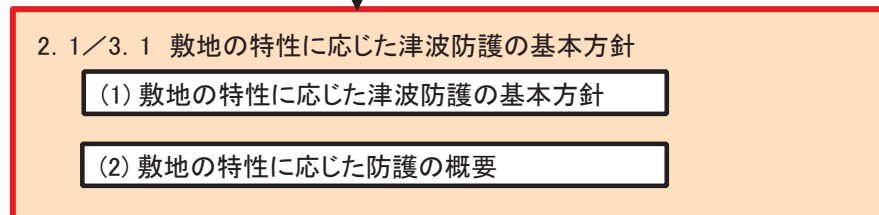
女川原子力発電所2号炉の耐津波設計方針(1/4)

●女川原子力発電所2号炉の設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の津波に対する防護の妥当性について、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」に基づいた以下のフローに沿って、津波による損傷防止が達成されることを確認する。

1. 基本事項



2. /3. 津波防護方針



<基本事項>

●津波防護対象の選定

P.6

1.1 津波防護対象の選定

●敷地の地形・施設の配置等

P.7

1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

●敷地周辺の遡上・浸水域

P.8

1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

●入力津波の設定

P.9~19

1.4 入力津波の設定

1.5 水位変動・地殻変動の考慮

1.6 設計又は評価に用いる入力津波

基準津波の策定：平成28年9月30日第404回審査会合にて説明済み

<津波防護方針>

●敷地の特性に応じた津波防護の基本方針の設定

- ・外郭防護1, 2, 内郭防護, 水位変動に伴う取水性低下の影響防止, 津波監視に関する方針を設定

●津波防護対策の概要

【津波防護施設】

- ・防潮堤, 防潮壁, 取放水路流路縮小工

【浸水防止設備】

- ・逆流防止設備, 水密扉, 浸水防止蓋, 浸水防止壁, 逆止弁付ファンネル, 貫通部止水処置

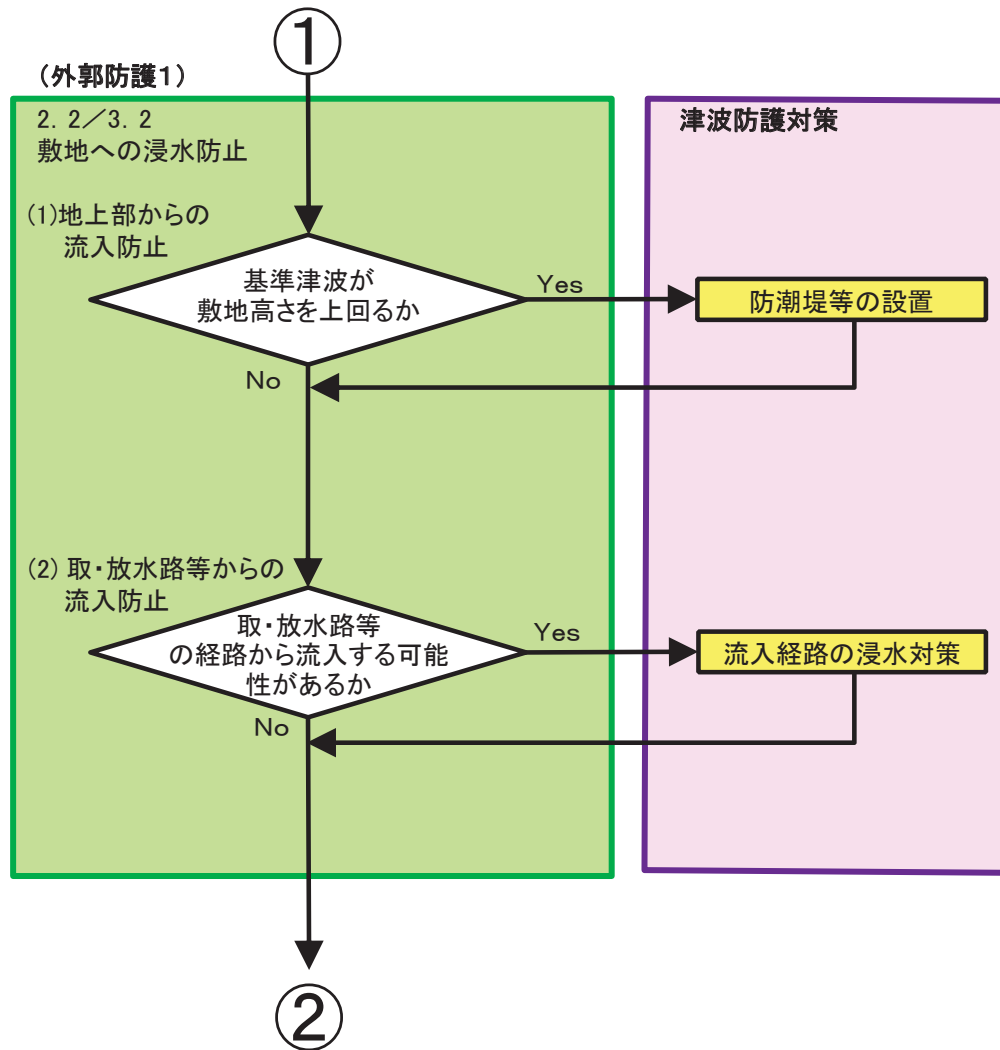
【津波監視設備】

- ・津波監視カメラ, 取水ピット水位計

P.20~22

2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

女川原子力発電所2号炉の耐津波設計方針(2/4)



＜外郭防護1＞

●基準津波による遡上波が地上部から到達又は流入しないこと、また、取水路及び放水路等の経路から流入しないことを確認する。

【津波防護対策】

- 防潮堤
- 防潮壁
 - ・2号炉及び3号炉海水ポンプ室スクリーンエリア
 - ・2号炉及び3号炉放水立坑
 - ・3号炉海水熱交換器建屋取水立坑
- 流路縮小工
 - ・1号炉取水路及び放水路
- 逆流防止設備
 - ・2号炉補機放水路及び屋外排水路
- 水密扉
 - ・3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室補機ポンプエリア
- 浸水防止蓋
 - ・3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室補機ポンプエリア
 - ・2号炉及び3号炉揚水井戸
 - ・2号炉補機冷却系トレンチ
 - ・3号炉補機冷却海水系放水ビット
- 逆止弁付ファンネル
 - ・2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリア床面
 - ・3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室補機ポンプエリア床面
- 貫通部止水処置

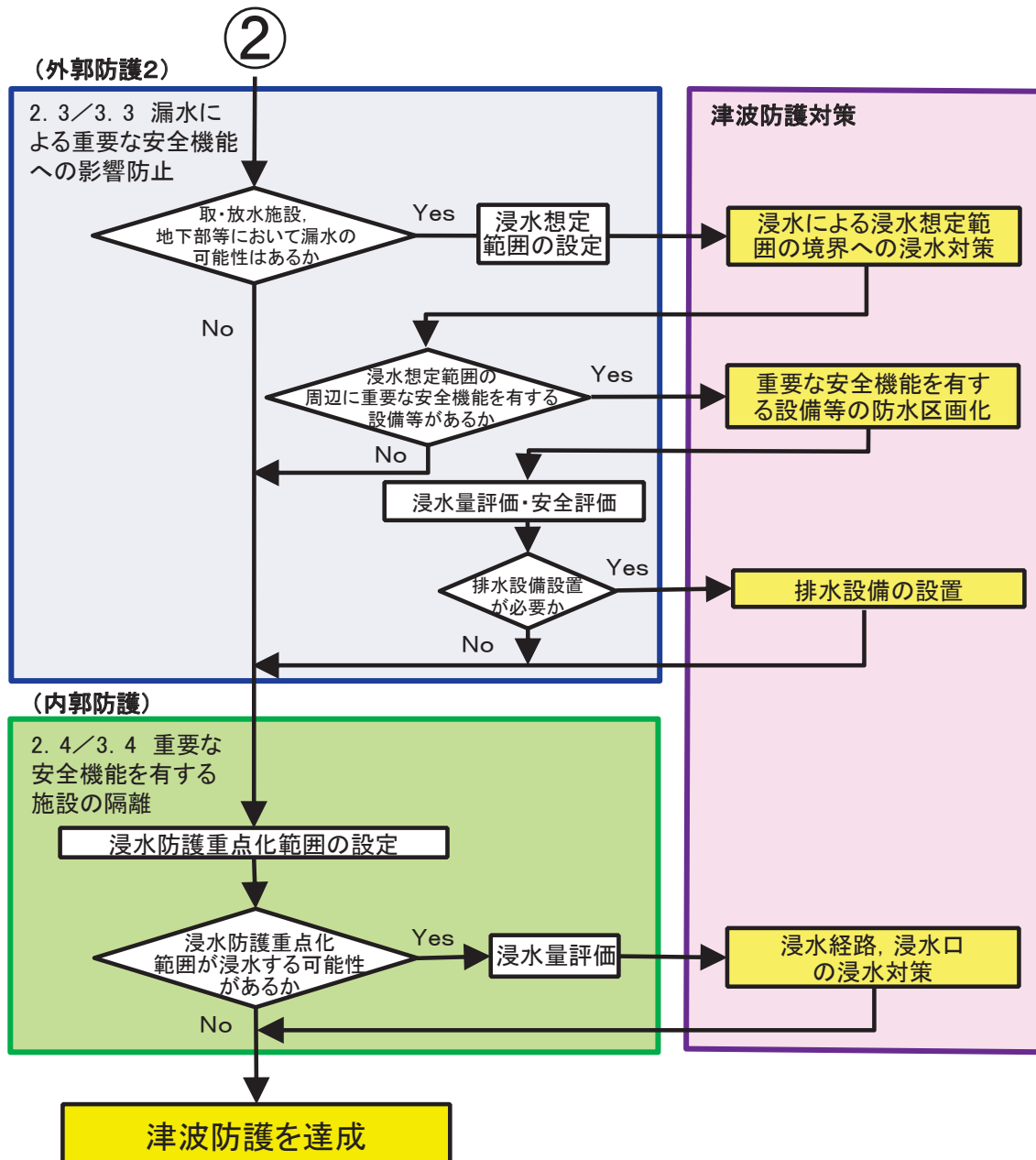
P.23~28

2. 2 敷地への浸水防止(外郭防護1)
(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止

P. 29~39

2. 2 敷地への浸水防止(外郭防護1)
(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止

女川原子力発電所2号炉の耐津波設計方針(3/4)



<外郭防護2>

●取・放水施設等の構造上の特徴等を踏まえ、津波による漏水が考えられる場合には、「浸水想定範囲」の設定と、その周辺に津波防護対象がある場合は、「防水区画化」とともに浸水量を評価して安全機能への影響を確認する。合わせて、排水設備設置の必要性を確認する。

【浸水対策】

- ・浸水範囲を限定する対策なし。
- ・排水設備の設置なし。

P.40~43

2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止

<内郭防護>

●浸水防護重点化範囲(津波防護対象設備を内包する建屋・区画)への浸水の可能性のある経路等を特定し、浸水対策を実施する。

●溢水事象として以下を設定し、浸水対策を実施

- ・タービン建屋内の復水器を設置するエリアにおける溢水
- ・補機冷却系トレンチ及びタービン建屋タービン補機冷却系熱交換器・ポンプ室内のタービン補機冷却水系を設置するエリアにおける溢水
- ・海水ポンプ室循環水ポンプエリアにおける溢水
- ・海水ポンプ室補機ポンプエリアにおける溢水
- ・屋外タンク等による屋外における溢水
- ・建屋外周地下部における地下水位の上昇

【津波防護対策】

- ・浸水防止壁(2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリア)
- ・漏洩検知器によるポンプ停止、隔離弁閉止インターロックの設置(循環水系、タービン補機冷却海水系)
- ・循環水系及びタービン補機冷却海水系機器の耐震性確保

P.44

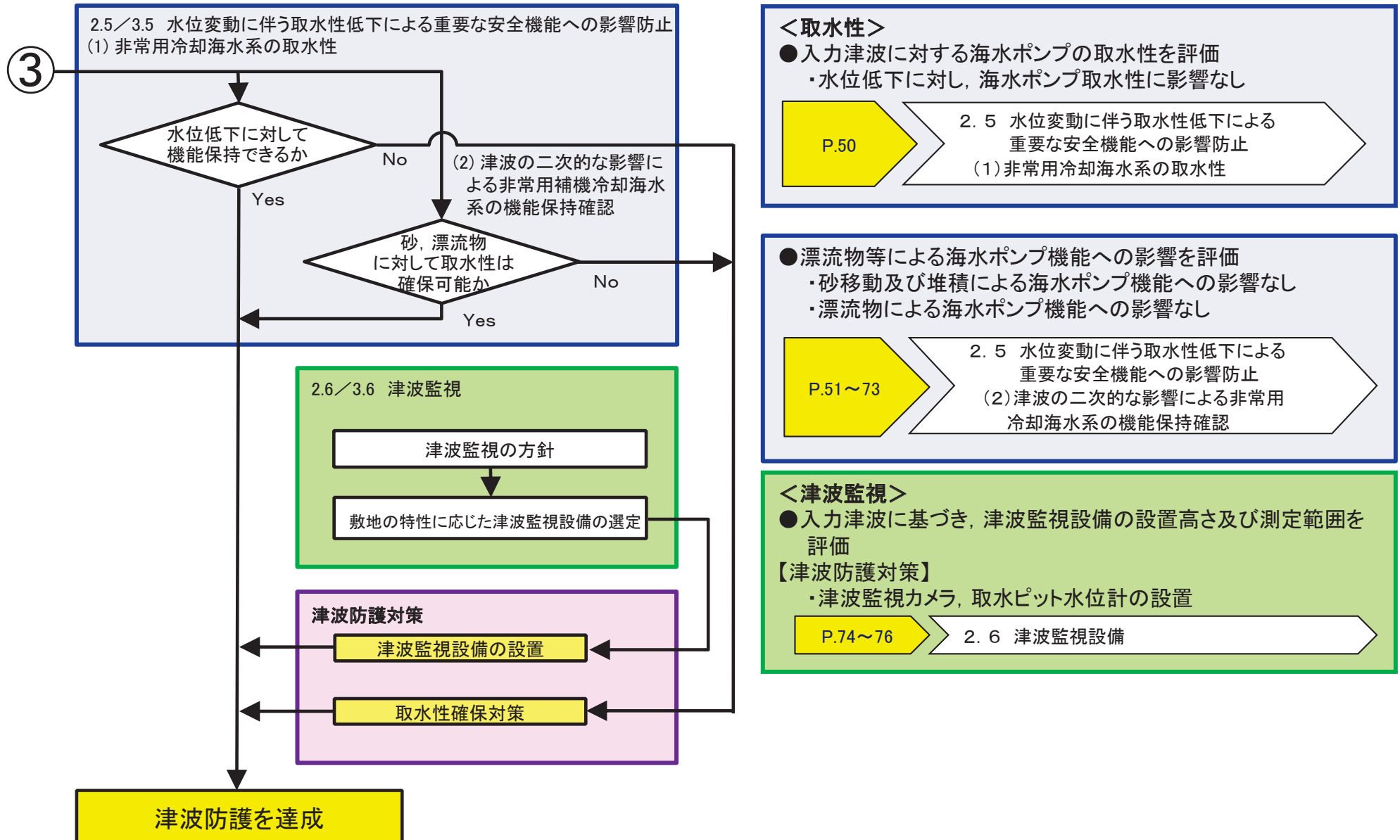
2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)
(1)浸水防護重点化範囲の設定

P.45~

P.49

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)
(2)浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

女川原子力発電所2号炉の耐津波設計方針(4/4)

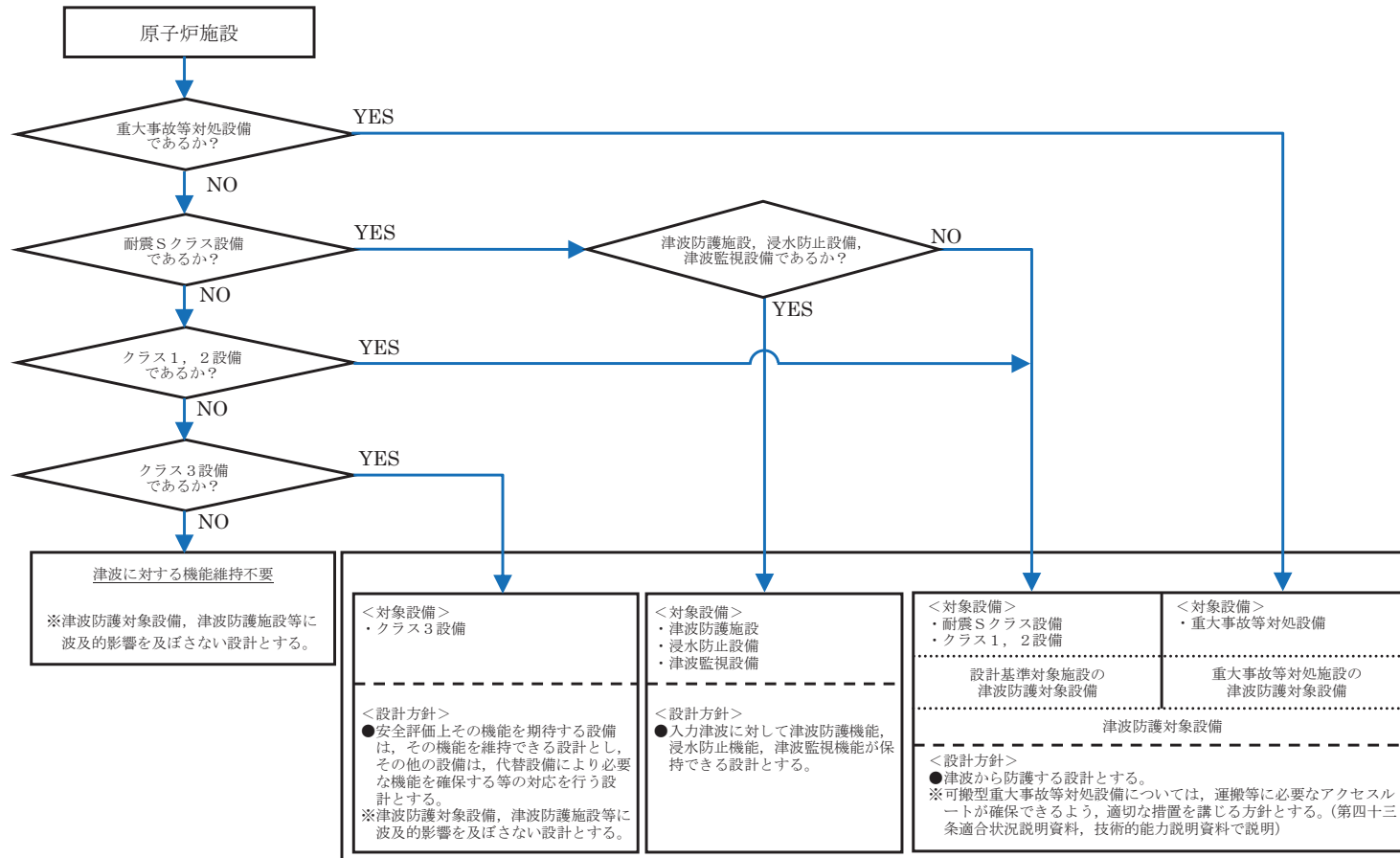


1. 基本事項

1.1 津波防護対象の選定

●新規制基準の要求事項を踏まえた対応方針

- 新規制基準(第5条及び別記3)では、安全機能を有する設備の安全機能を損なう恐れがないこと、また、耐震Sクラスに属する設備の防護が要求されている。
- 上記要求を踏まえ、基準津波に対して機能を維持すべき設備は、安全機能を有する設備(クラス1, 2, 3設備), 耐震Sクラスに属する設備及び重大事故等対処設備とし、安全機能を有する設備のうち重要な安全機能を有する設備(クラス1, 2設備), 耐震Sクラスに属する設備(津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)及び重大事故等対処設備は、基準津波から防護する設計とする。また、安全機能を有する設備のうちクラス3設備については、安全評価上その機能を期待する設備は、その機能を維持できる設計とし、その他の設備は、基準津波に対して機能を維持するか、基準津波により損傷した場合を考慮して代替設備により必要な機能を確保する等の対応を行う設計とする。



【津波防護対象設備選定フロー】

1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

- 女川原子力発電所の敷地は、牡鹿半島のほぼ中央東部に位置し、仙台市の東北東約57kmの地点で、宮城県牡鹿郡女川町及び石巻市にまたがっている。敷地の地形は、三方を山に囲まれ北東側は女川湾に面しており、海岸線に直径を持つほぼ半円状の形状となっている。
- 敷地付近の河川としては、近傍に一級河川の北上川があり、追波湾に流入している。敷地内には、流入する河川は存在せず、溪流もない。
- 2号炉原子炉建屋は1号炉原子炉建屋の北東側に位置し、高さO.P.+13.8mの敷地に配置されている。なお、O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)-0.74mである。



【女川原子力発電所の全景】



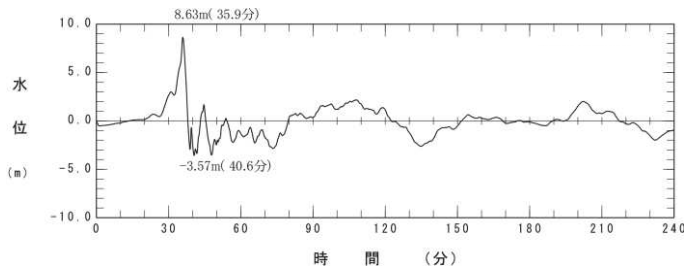
【女川原子力発電所の位置】

第5条:津波による損傷の防止

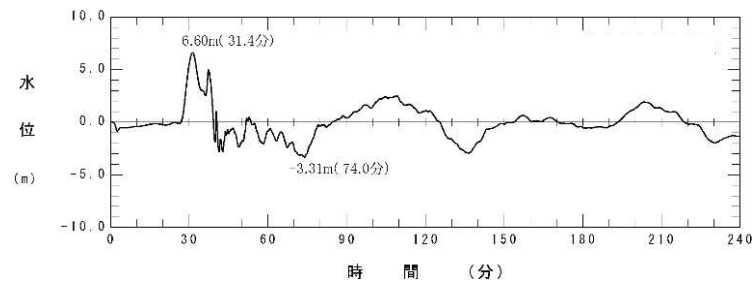
別添1 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

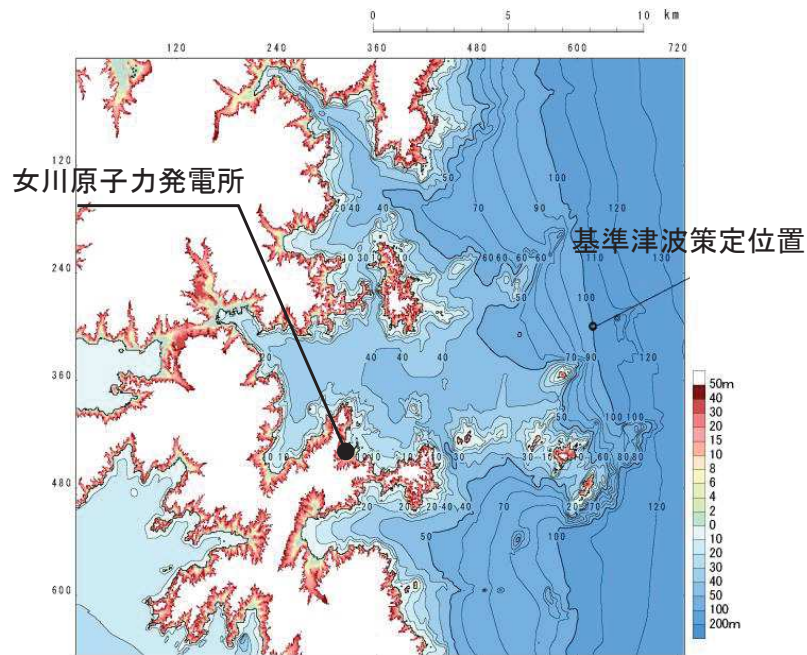
- 基準津波は、敷地前面の海底地形の特徴を踏まえ、施設からの反射波の影響が微小となるよう、敷地から沖合へ約10km離れた位置(水深100m)で策定した。



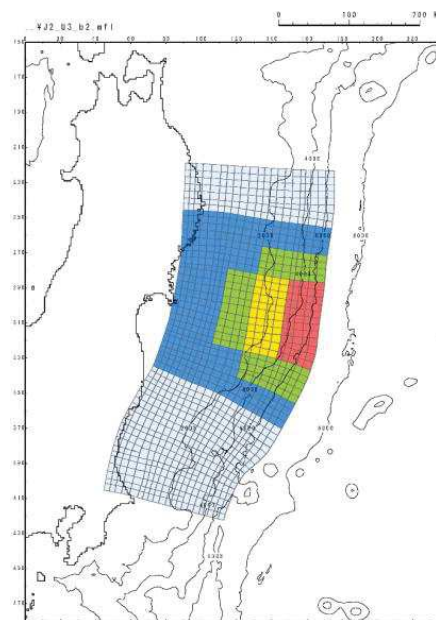
【基準津波策定位置における時刻歴波形】
(上昇側最大)



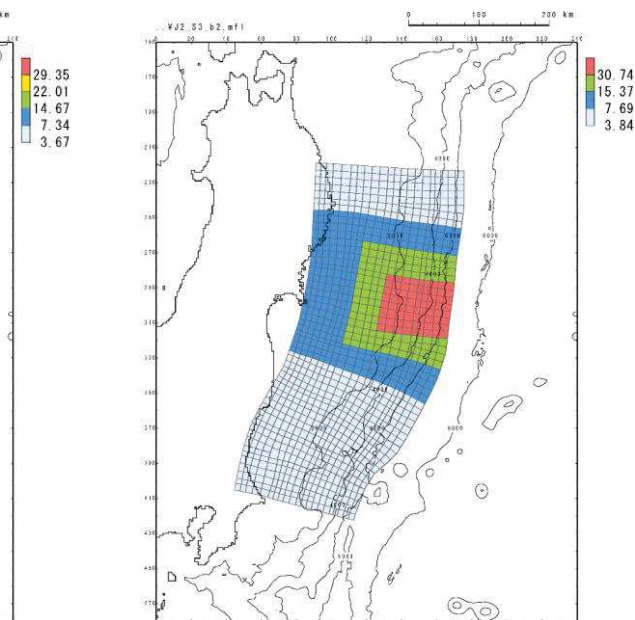
【基準津波策定位置における時刻歴波形】
(下降側最大)



【基準津波策定位置図】



(水位上昇側)



(水位下降側)

【基準津波の波源モデル】

1.4 入力津波の設定(1/5)

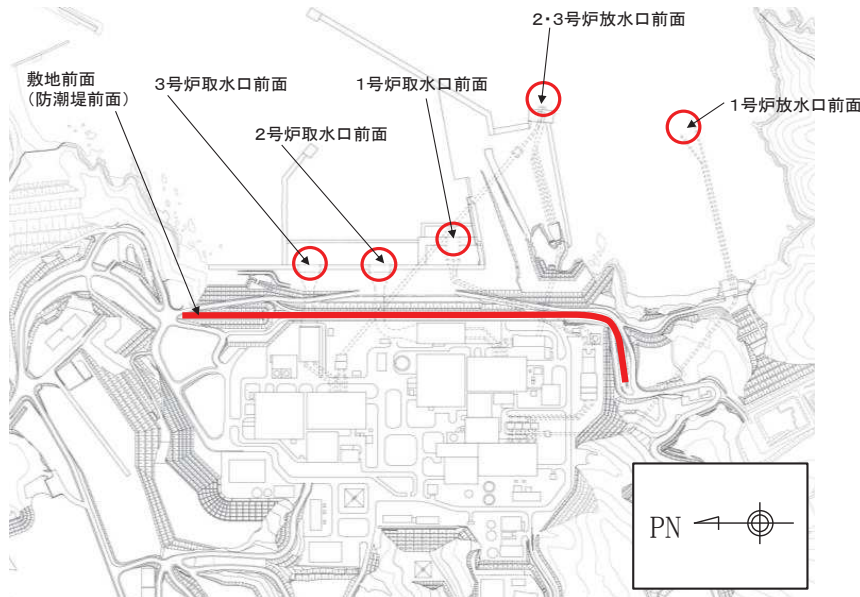
入力津波の設定の考え方(1/3)

- 基準津波は、地震による津波、海底地すべり等の地震以外の要因による津波の検討及びこれらの組合せの検討結果より、施設に最も大きな影響を及ぼすおそれのある津波として、設定している。
- 入力津波は、以下の基準津波を踏まえ設定した。

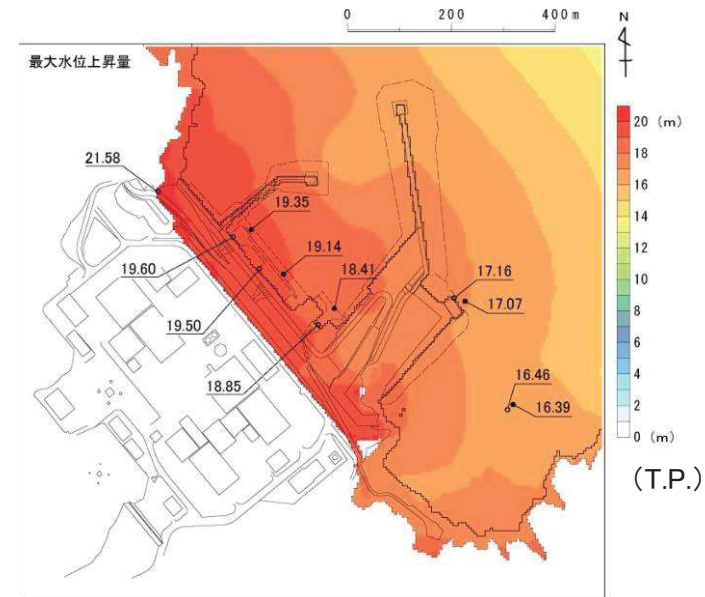
【女川原子力発電所の基準津波とその位置づけ】

策定目的	評価対象地点	地形モデル	基準津波名称	最大水位上昇量・下降量(m)※					
				敷地前面	取水口前面			放水口前面	
					1号炉	2号炉	3号炉	1号炉	2・3号炉
施設や敷地への影響を評価 (水位上昇)	敷地前面 (港湾内)	現地形 [防波堤あり]	基準津波 (水位上昇側)	21.58 (23.89)	18.85 (21.16)	19.50 (21.81)	19.60 (21.91)	16.46 (18.77)	17.16 (19.47)
非常用海水ポンプの取水性を評価 (水位下降)			基準津波 (水位下降側)	—	—	-10.38 (-10.62)	—	—	—

※: ()の数值は、上昇側は朔望平均満潮位(O.P.+1.43m)、上昇側の潮位のばらつき(0.16m)、地震による地殻変動量(0.72m)を考慮した値であり、下降側は朔望平均干潮位(O.P.-0.14m)、下降側の潮位のばらつき(0.10m)を考慮した値



【津波水位の評価位置】



【基準津波(水位上昇側)による遡上波の最高水位分布】

1.4 入力津波の設定(2/5)

入力津波の設定の考え方(2/3)

入力津波の種類・設定位置

- 津波防護の基本方針に基づき設計・評価項目を定め、2号炉の敷地の特徴を踏まえ、入力津波の種類、設定位置を選定する。

【設定する入力津波】

入力津波の種類		設定位置		主な用途	
津波高さ	水路内最高水位	取水路	海水ポンプ室(1~3号炉)	○取水路・放水路等の経路からの流入の防止に係る防潮壁等の設計・評価 ○防潮堤(防潮壁兼用部), 浸水防止設備(海水ポンプ室位置)の津波波力(上昇水位)に対する設計・評価	
			海水熱交換器建屋取水立坑(3号炉)		
		放水路	放水立坑(1~3号炉)		
	取水口前面最低水位	取水路	取水口前面(2号炉)		○水位低下に対する海水ポンプの機能保持, 海水貯留に係る設計・評価
	水路内最低水位	取水路	海水ポンプ室(2号炉)		○水位低下に対する津波監視設備の設計・評価
発電所遡上域最高水位	発電所敷地全体		○遡上波の敷地への地上部からの到達, 流入の防止に係る防潮堤の設計・評価		
津波高さ以外	流況(流向・流速)	港湾外, 港湾内		○漂流物の挙動の評価	
	漂流物衝突力(流速)	敷地前面海域		○防潮堤の漂流物衝突力に対する設計・評価	
	砂堆積高さ	取水口前面(2号炉), 海水ポンプ室(2号炉)		○取水路・取水口の通水性に関わる設計・評価 ○非常用海水ポンプの取水性に係る設計・評価	
	砂濃度	海水ポンプ室(2号炉)		○海水ポンプの浮遊砂による軸受け固着, 摩擦等に対する設計・評価	

1.4 入力津波の設定(3/5)

入力津波の設定の考え方(3/3)

- 入力津波設定位置は、津波の地上部からの到達・流入、取水路・放水路の経路からの流入及び非常用冷却海水系の取水性に関する設計・評価を目的に右図のとおり設定する。
- 海水ポンプ室及び放水立坑については、取水口前面及び放水口前面位置における津波伝播・遡上解析による水位変動量を参照し、水路部の水理特性を考慮した管路解析によって設定する。



【入力津波設定位置】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

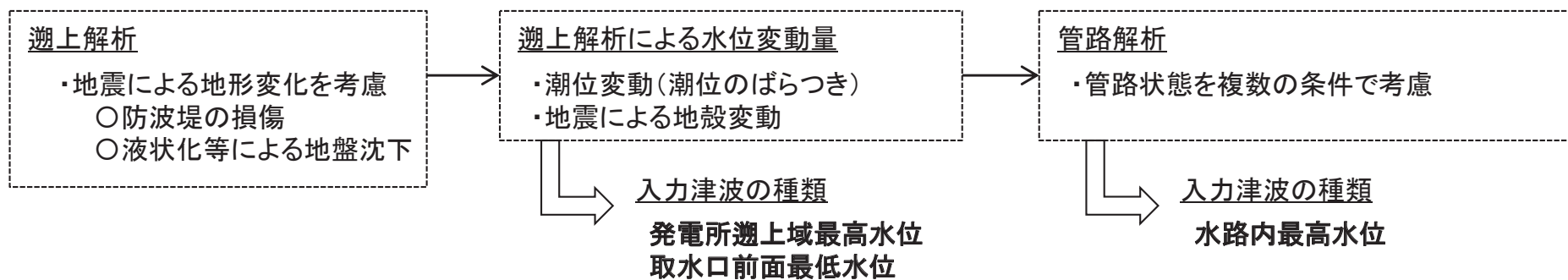
1.4 入力津波の設定(4/5)

入力津波に対する影響要因

- 入力津波に影響を与える可能性がある要因の取り扱いとしては、各施設・設備の設計・評価において着目すべき荷重因子ごとに、その効果が保守的となるケースを想定することを原則とする。

入力津波の種類	影響要因	概要
津波高さ	潮位変動	津波高さが保守的となる潮位のばらつきを考慮する。 また、高潮の評価を実施し、外郭防護の裕度評価に参照する。
	地震による地殻変動	保守的な評価となるよう地殻変動量を設定する。
	地震による地形変化	地震による地盤変状・防波堤損傷について、保守的な地形条件も含めて想定し得る複数の条件に対して遡上解析を実施する。なお、敷地周辺の斜面は、基準地震動Ssにより崩壊する可能性は小さいと考えられることから、遡上経波の敷地への到達に影響を及ぼす斜面はない。
	管路状態	保守的な評価となるよう貝付着状態・スクリーン状態について、複数の条件に対して管路解析を実施する。
津波高さ以外	潮位変動	津波高さ以外には有意な影響を与えないと考えられるため、潮位のばらつきは考慮しない。
	地震による地殻変動	各基準津波の原因となる地震に伴う地殻変動量を設定する。
	地震による地形変化	津波高さ以外には有意な影響を与えないと考えられるため、地震による地形変化は考慮しない。

入力津波高さの算定における影響要因の考慮方法概要



1.4 入力津波の設定(5/5)

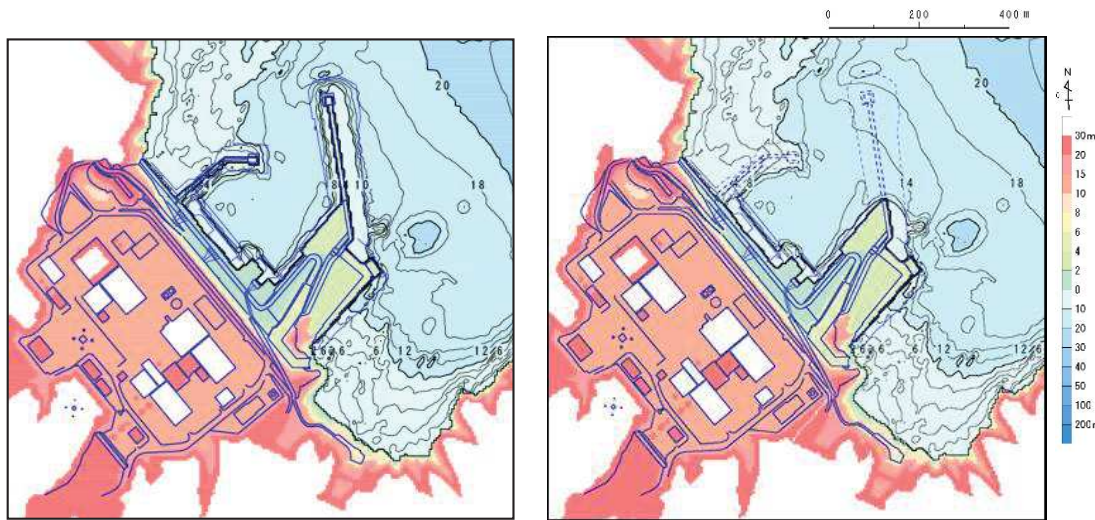
地震による地形等の変化

防波堤の損傷

- 基準地震動による健全性が確認された構造物ではない防波堤について、損傷を想定し、防波堤が無い状態の地形の影響を検討する。

護岸付近の敷地の沈下

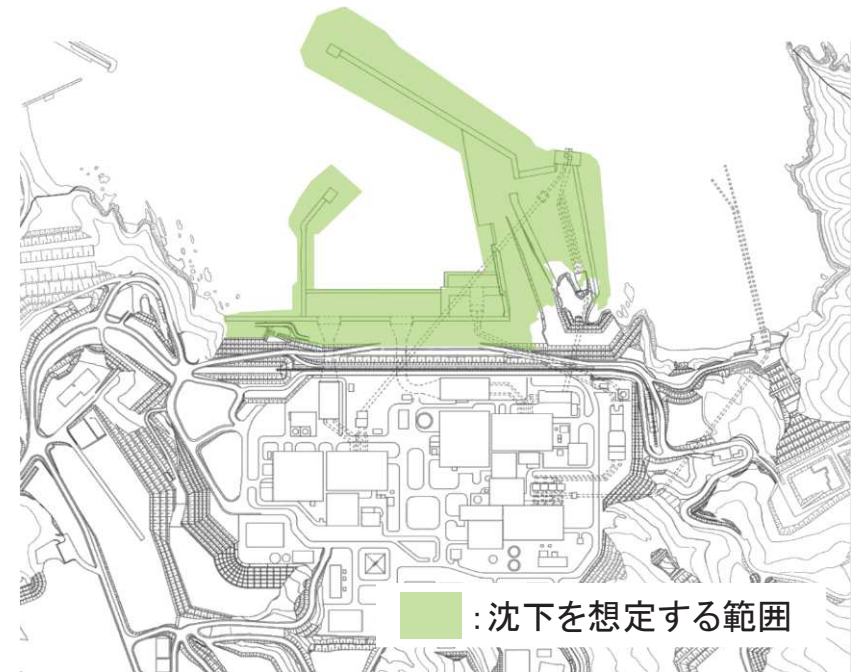
- 護岸付近の敷地について、基準地震動による沈下を想定し、保守的に設定した沈下量を反映した地形の影響を検討する。
- 沈下量の算定は、排水又はゆすり込みによる沈下と側方流動による沈下に分けて算定する。
- 排水又はゆすり込みによる沈下については、対象層の相対密度のばらつきを考慮した上で、Ishiharaほか(1992)の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から沈下率を算出し、保守的に盛土層1.4%、旧表土層2.8%と設定する。
- 側方流動による沈下については、保守的に設定した液状化強度特性を用いて有効応力解析を実施して算定する。



防波堤あり

防波堤なし

【防波堤の損傷の有無による地形の比較】



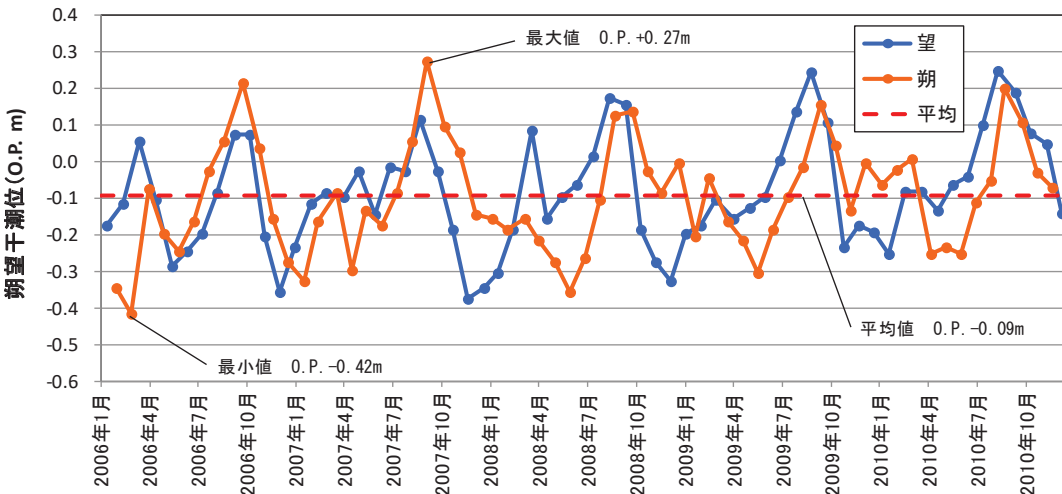
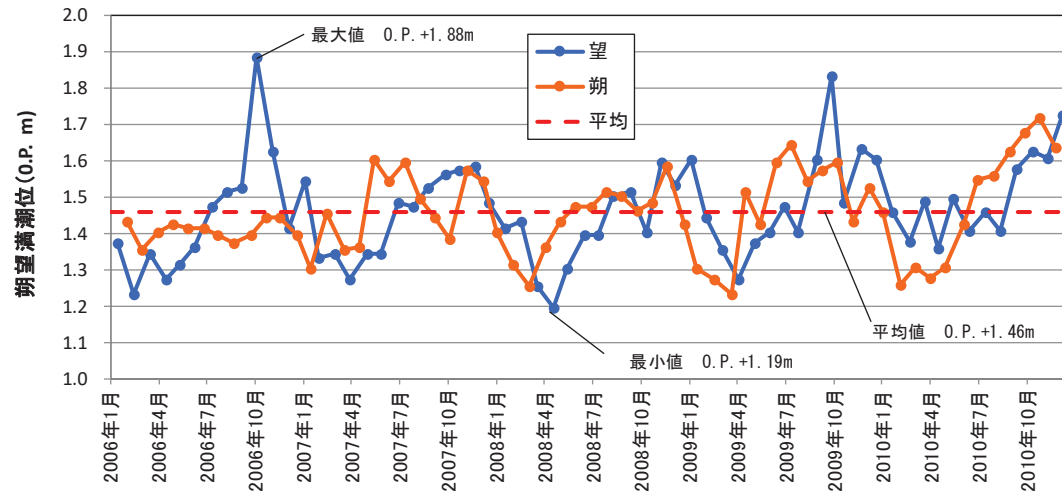
：沈下を想定する範囲

【沈下を想定する範囲】

1.5 水位変動・地殻変動の考慮(1/4)

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)においては、鮎川検潮所の潮位観測記録(1986年~1990年)を用いて朔望平均満潮位をO.P.+1.43mに設定
- 至近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を0.13mと評価
- また、至近の潮位観測記録データを用いた朔望平均満潮位と津波計算における朔望平均満潮位を比べると、最新の潮位観測記録データの方が0.03m高いため、この差分を考慮して上昇側の潮位のばらつきを+0.16mに設定
- 水位下降側についても同様に、潮位のばらつきを-0.10mに設定

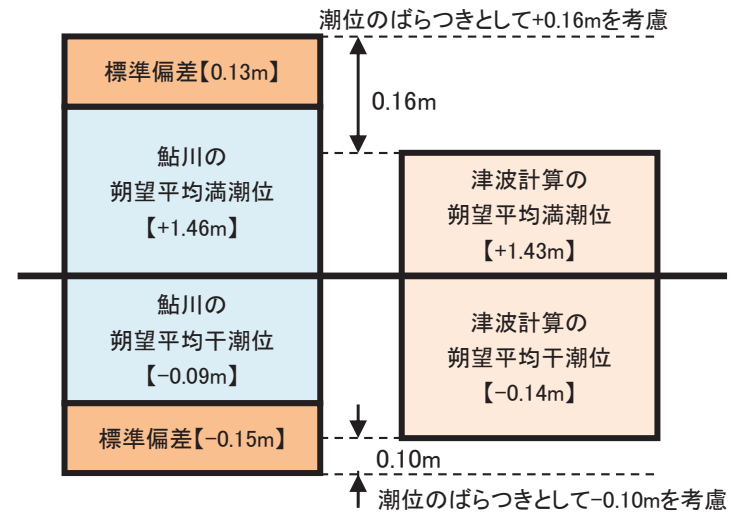


【各月の朔望平均潮位の水位(上:満潮位, 下:干潮位)】

【潮位のばらつきの設定(上:満潮位, 下:干潮位)】

	至近の観測記録(A)	津波計算時(B)	(A)-(B)
最大値	O.P.+1.88m		
平均値	O.P.+1.46m	O.P.+1.43m	+0.03m
最小値	O.P.+1.19m		
標準偏差	0.13m		

	至近の観測記録(A)	津波計算時(B)	(A)-(B)
最大値	O.P.+0.27m		
平均値	O.P.-0.09m	O.P.-0.14m	+0.05m
最小値	O.P.-0.42m		
標準偏差	-0.15m		



【潮位のばらつきに対する考慮方法】

第5条:津波による損傷の防止

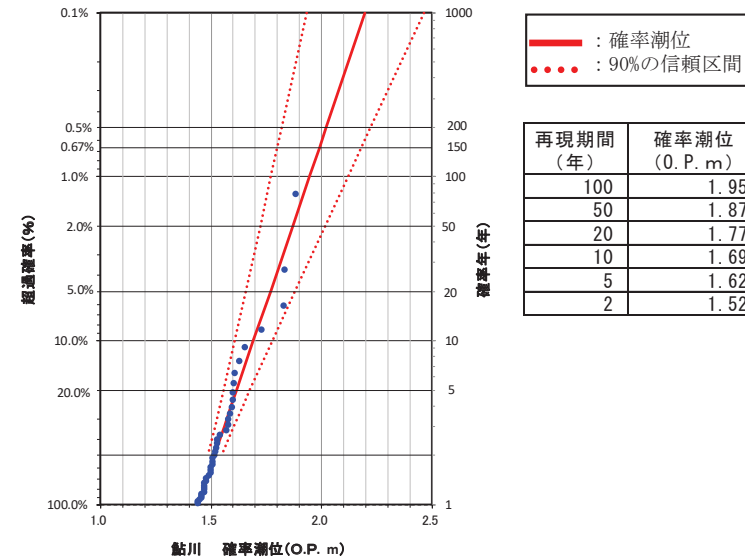
1.5 水位変動・地殻変動の考慮(2/4)

高潮ハザードの考慮

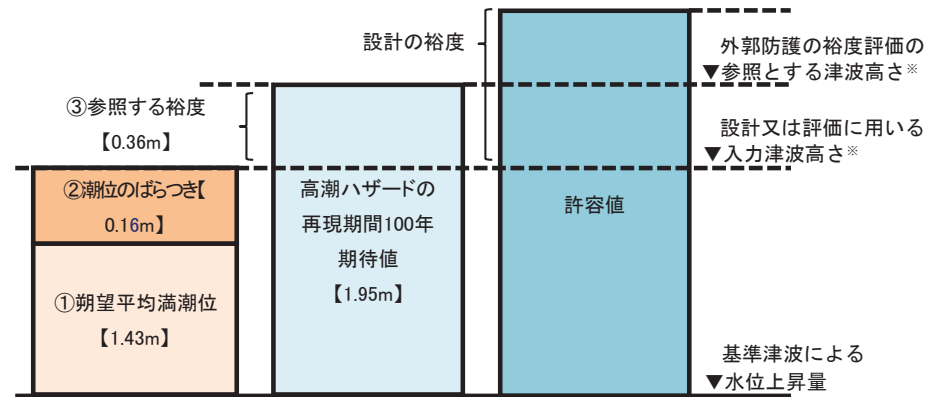
- 基準津波の年超過確率は水位上昇側で $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性は極めて低いと考えられるものの、保守的に高潮との重畳時を外郭防護の裕度評価に参照する。
- 具体的には、プラント運転期間を超える100年を再現期間とした場合の高潮ハザード期待値O.P.+1.95mと、入力津波で考慮した期望平均満潮位のO.P.+1.43mに、潮位のばらつきとして0.16m分を考慮したO.P.+1.59mとの差分0.36mを外郭防護の裕度評価において参照する。

【年最高潮位(鮎川検潮所)】

年	日付	時刻	年最高潮位(O.P.m)	順位	発生要因
1970	1月31日	8時00分	1.448		
1971	12月3日	15時00分	1.478		
1972	8月27日	5時00分	1.498		
1973	8月30日	4時00分	1.438		
1974	2月8日	16時00分	1.468		
1975	10月8日	17時00分	1.458		
1976	10月24日	16時00分	1.508		
1977	9月19日	19時00分	1.468		
1978	9月17日	3時00分	1.478		
1979	10月8日	5時00分	1.608	7	低気圧
1980	12月24日	16時00分	1.828	3	低気圧
1981	10月2日	17時00分	1.468		
1982	10月20日	17時00分	1.488		
1983	5月17日	5時00分	1.438		
1984	10月27日	16時00分	1.528		
1985	11月13日	15時00分	1.518		
1986	12月4日	16時00分	1.528		
1987	7月12日	3時00分	1.468		
1988	10月29日	17時00分	1.498		
1989	12月15日	16時00分	1.538		
1990	11月4日	15時00分	1.598	10	低気圧
1991	10月13日	17時00分	1.578		
1992	9月11日	15時00分	1.458		
1993	8月27日	23時00分	1.468		
1994	10月22日	16時00分	1.496		
1995	12月24日	16時00分	1.516		
1996	6月19日	4時00分	1.456		
1997	9月19日	17時00分	1.578		
1998	11月17日	14時00分	1.568		
1999	11月25日	16時00分	1.628	6	低気圧
2000	9月2日	18時00分	1.508		
2001	8月22日	5時00分	1.508		
2002	7月11日	3時00分	1.598	9	台風6号
2003	12月25日	15時00分	1.524		
2004	8月31日	4時00分	1.584		
2005	12月5日	17時00分	1.654	5	低気圧
2006	10月7日	15時00分	1.884	1	低気圧
2007	5月18日	3時00分	1.604	8	低気圧
2008	11月16日	16時00分	1.594		
2009	10月8日	16時00分	1.834	2	台風18号
2010	12月22日	15時00分	1.727	4	低気圧
最大値			1.884		
最小値			1.438		
最大最小差			0.446		
平均			1.549		
標準偏差			0.107		



【鮎川検潮所における最高潮位の超過確率】



※取水路、放水路等の経路から、津波が海水ポンプ室又は放水立坑に至る系については、水理特性を考慮した管路解析によって津波高さを算出

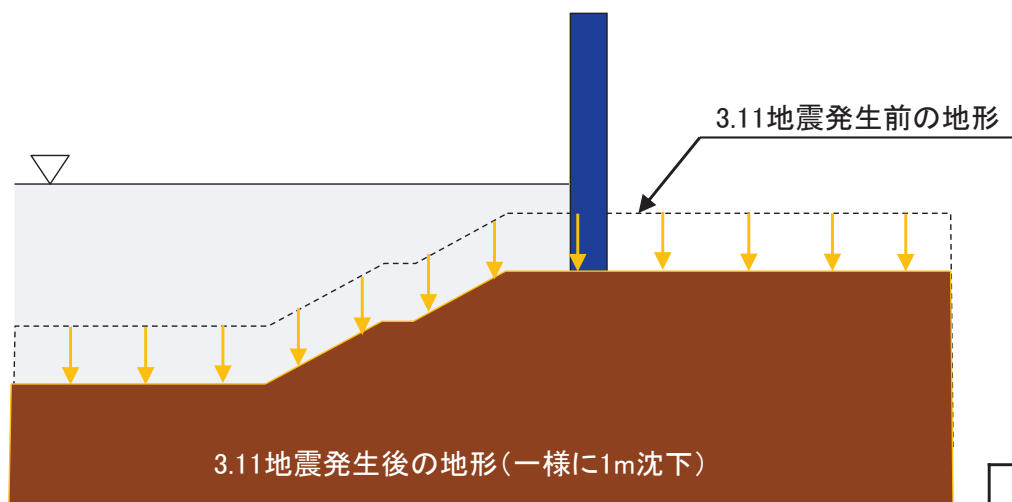
【潮位等の考慮イメージ】

1.5 水位変動・地殻変動の考慮(3/4)

地震による地殻変動(1/2)

【平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動の考慮】

3.11地震による地殻変動	津波防護設計においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(以下、3.11地震という。)による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの沈降が発生していることを考慮し、地殻変動後の地形を基準とする。
余効変動による地殻変動	2011年東北地方太平洋沖地震に伴う余効変動により隆起傾向にあるが、不確定要素を含むものであり保守的に考慮しないものとする*。 * 敷地が隆起することで津波が取水口敷高を下回る時間が長くなるため、影響の程度を確認する。



【3.11地震による地殻変動の概念図】



【水準測量実施位置図】

【構内水準点標高の経年変化】

測点	地震前(A) 平成23年2月	地震後(B) 平成23年11月	地震後(C) 平成29年4月	地盤変位量 (B-A)	地盤変位量 (C-B)
水準点 基点	O.P.58.226m (T.P.57.486m)	O.P.57.264m (T.P.56.524m)	O.P.57.572m (T.P.56.832m)	-0.962m	0.308m
水準点 No.1	O.P.27.223m (T.P.26.483m)	O.P.26.252m (T.P.25.512m)	O.P.26.559m (T.P.25.819m)	-0.971m	0.307m
水準点 No.3	O.P.16.088m (T.P.15.348m)	O.P.15.115m (T.P.14.375m)	O.P.15.424m (T.P.14.684m)	-0.973m	0.309m

地震後の測量から地震による約1mの沈降を確認
(至近の測量では前回から約0.3mの隆起を確認)

1.5 水位変動・地殻変動の考慮(4/4)

地震による地殻変動(2/2)

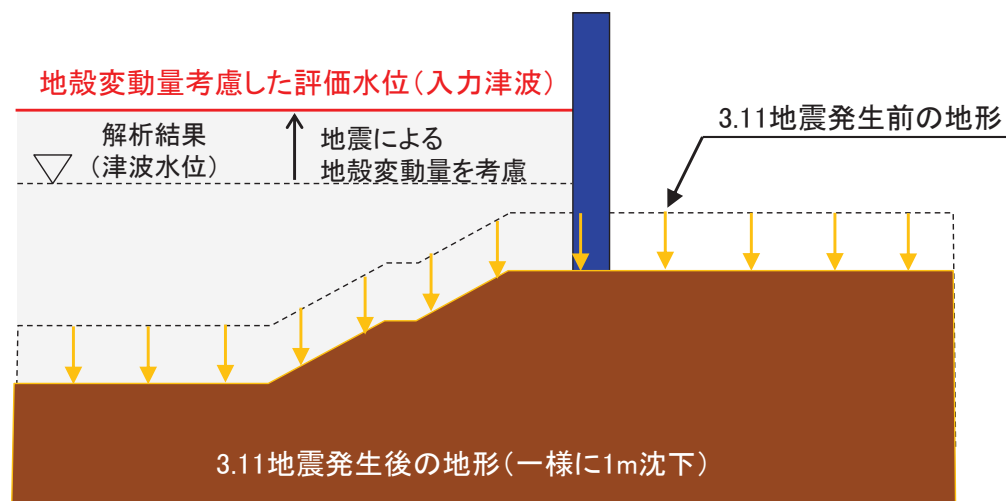
【基準津波を発生させる地震に伴う地殻変動】

基準津波を発生させる地震による地殻変動

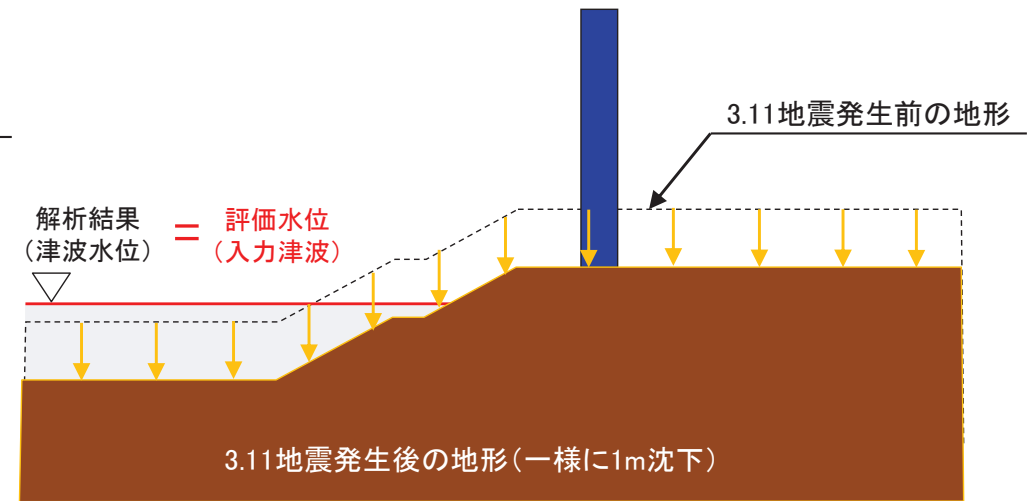
基準津波を発生させる地震に伴う地殻変動による敷地の隆起又は沈降は、水位上昇側の基準津波を発生させる地震、水位下降側の基準津波を発生させる地震のそれぞれで地殻変動解析に基づき設定する。基準津波の波源である東北地方太平洋沖に想定するプレート間地震(東北地方太平洋沖型の地震のうち宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル)による広域的な地殻変動に伴い、水位上昇側で敷地全体が0.72m沈降、水位下降側で敷地全体が0.77m沈降すると評価される。

【評価に考慮する地殻変動量】

	地殻変動量	評価に考慮する変動量
上昇側評価時	0.72m沈降	0.72mの沈降を考慮
下降側評価時	0.77m沈降	沈降を考慮しない



【地殻変動量の考慮方法の概念図(水位上昇側)】



【地殻変動量の考慮方法の概念図(水位下降側)】

1.6 設計又は評価に用いる入力津波(1/2)

- 入力津波水位の算定において考慮する要因は以下のとおりである。

【防潮堤(発電所敷地全体)における入力津波水位の算定において考慮する要因】

		防潮堤(発電所敷地全体)
①基準津波による最大水位上昇量		+21.58m
②地震による地形の変化	防波堤の損傷	防波堤あり
	護岸付近の敷地の損傷	1m沈下を考慮
②を考慮した最大水位上昇量		+22.03m
③朔望平均満潮位		O.P.+1.43m
④上昇側の潮位のばらつき		0.16m
⑤地殻変動量		0.72m
設定する入力津波水位(①~⑤)を考慮		O.P.+24.4m(O.P.24.34m)

1.6 設計又は評価に用いる入力津波(2/2)

- 入力津波に対する影響要因について検討し、評価が安全側となるよう入力津波高さを設定した。

【入力津波高さ一覧表(水位上昇側)】

評価位置	地震による地形変化の条件		設計又は評価に用いる入力津波※1
	防波堤の損傷	護岸付近の敷地の沈下	
防潮堤(発電所敷地全体)	防波堤あり	1m沈下	O.P.+24.4m
1号海水ポンプ室	防波堤あり	1m沈下	O.P.+10.4m※2
1号放水立坑	防波堤あり	1m沈下	O.P.+11.8m※2
2号海水ポンプ室	防波堤なし	1m沈下	O.P.+18.1m※2
2号放水立坑	防波堤なし	1m沈下	O.P.+17.4m※2
3号海水ポンプ室	防波堤なし	1m沈下	O.P.+19.0m※2
3号放水立坑	防波堤なし	1m沈下	O.P.+17.5m※2
3号海水熱交換器建屋	防波堤なし	1m沈下	O.P.+19.0m※2

※1 朔望平均満潮位(O.P.+1.43m)、潮位のばらつき(0.16m)及び地殻変動量(0.72m)を考慮した値

※2 貝代・スクリーン圧損に係るパラメータスタディを行い評価水位が保守的となる水位を採用

【入力津波高さ一覧表(水位下降側)】

評価位置	地震による地形変化の条件		設計又は評価に用いる入力津波※3
	防波堤の損傷	護岸付近の敷地の沈下	
2号取水口前面	防波堤なし	なし	O.P.-11.6m
2号海水ポンプ室	防波堤なし	なし	O.P. -6.4m

※3 朔望平均干潮位(O.P.-0.14m)、潮位のばらつき(0.10m)考慮した値

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(1/3)

敷地の特性(敷地の地形, 敷地周辺の津波の遡上, 浸水状況等)に応じた津波防護の基本方針は以下のとおり。

a. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

- 設計基準対象施設の津波防護対象設備(海水と接した状態で機能する非常用取水設備を除く。下記c.において同じ。)を内包する建屋及び区画の設置された敷地において, 基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。
- また, 取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。

b. 漏水による重要な安全機能への影響防止(外郭防護2)

- 取水・放水施設及び地下部等において, 漏水する可能性を考慮の上, 漏水による浸水範囲を限定して, 重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

c. 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)

- 上記2方針のほか, 設計基準対象施設については, 浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離可能な設計とする。

d. 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

- 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

e. 津波監視

- 敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し, その影響を俯瞰的に把握できる津波監視設備を設置する。

2. 1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針(2/3)

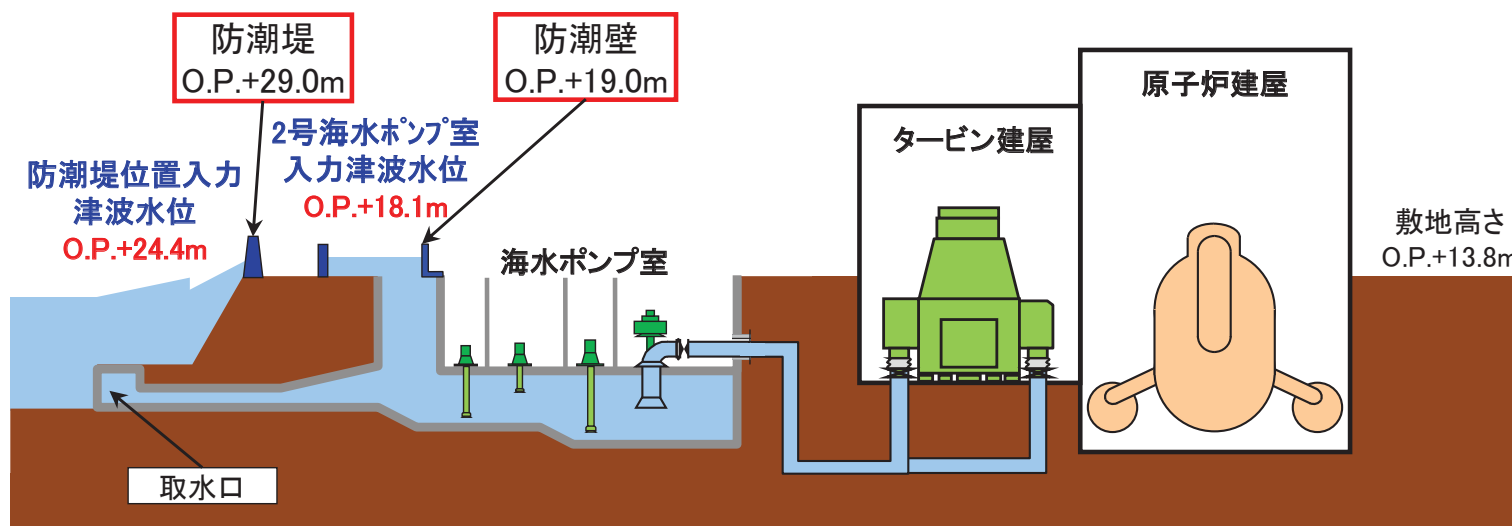
■女川原子力発電所敷地の特徴

- 女川原子力発電所の敷地高さ(O.P.+13.8m)は、敷地前面における入力津波水位(O.P.+24.4m)と比較して低い。

■耐津波設計上のポイント

- 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画は、津波防護施設を設置することにより外郭防護1を達成する。

- 防潮堤(O.P.+29.0m)を設置することにより、遡上波の地上部からの到達又は流入を防止する。
- 女川2号炉及び3号炉取水路、放水路から、敷地への津波の流入を防止するために、海と接続する開口である海水ポンプ室スクリーンエリア開口や放水立坑周りに、防潮壁等を設置することにより敷地への直接の流入を防止する。
- 女川1号炉の取水路及び放水路から、敷地への津波の流入を防止するために、流路を縮小することによって入力津波高さを敷地高さ(O.P.+13.8m)以下に制限し、敷地への直接の流入を防止する。



【取水路断面図(2号炉の例)】

2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針(3/3)

●津波防護対策と設置目的は以下のとおり。

津波防護対策	設置目的
防潮堤	津波による遡上波が地上部から敷地へ到達・流入することを防止
防潮壁	取水路及び放水路からの津波の流入を防止
取放水路 流路縮小工	
逆流防止設備	屋外排水路等からの津波の流入を防止
水密扉	取水立坑からの津波の流入を防止
浸水防止蓋	海水ポンプ室補機ポンプエリア床開口等からの津波の流入を防止
浸水防止壁	地震・津波による溢水に対して、浸水防護重点化範囲へ到達することを防止
逆止弁付 ファンネル	海水ポンプ室床からの津波の流入を防止
貫通部 止水処置	貫通部からの津波の流入を防止
津波監視 カメラ	敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、その影響を俯瞰的に把握
取水ピット 水位計	



【浸水を防止する敷地及び敷地に応じた津波防護の概要(敷地全体)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(1/17)

(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(1/6)

- 基準津波による遡上波が, 防潮堤により津波防護対象設備を内包する建屋, 区画を設置する敷地に地上部から到達, 流入しないことを確認

評価対象		①入力津波高さ (O.P.)	②許容津波高さ (O.P.)	②-① 裕度	評 価
設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋	原子炉建屋	+24.4m ^{※1}	+29.0m ^{※2}	4.6m ^{※3}	○ 許容津波高さが 入力津波高さを 上回っており, 基 準津波の遡上波 は敷地地上部か ら到達, 流入し ない
	タービン建屋				
	制御建屋				
屋外に設置する設計基準対象施設の津波防護対象設備を敷設する区画	軽油タンク設置エリア				
	海水ポンプ室補機ポンプエリア				
	復水貯蔵タンク				
	排気筒				

※1: 朔望平均潮位(O.P.+1.43m), 潮位のばらつき(0.16m), 地殻変動量(0.72m沈降)を考慮

※2: 防潮堤の高さ

※3: 参照する裕度(0.36m)を考慮しても余裕がある

— : 防潮堤

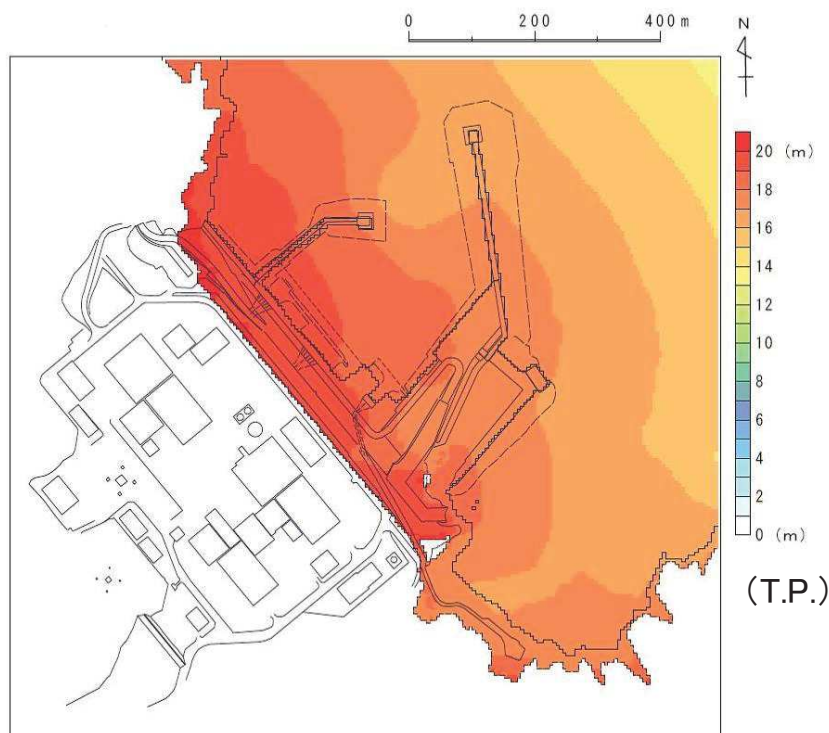
発電所全体の遡上域および最高水位(入力津波)については, 次頁に記載する。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

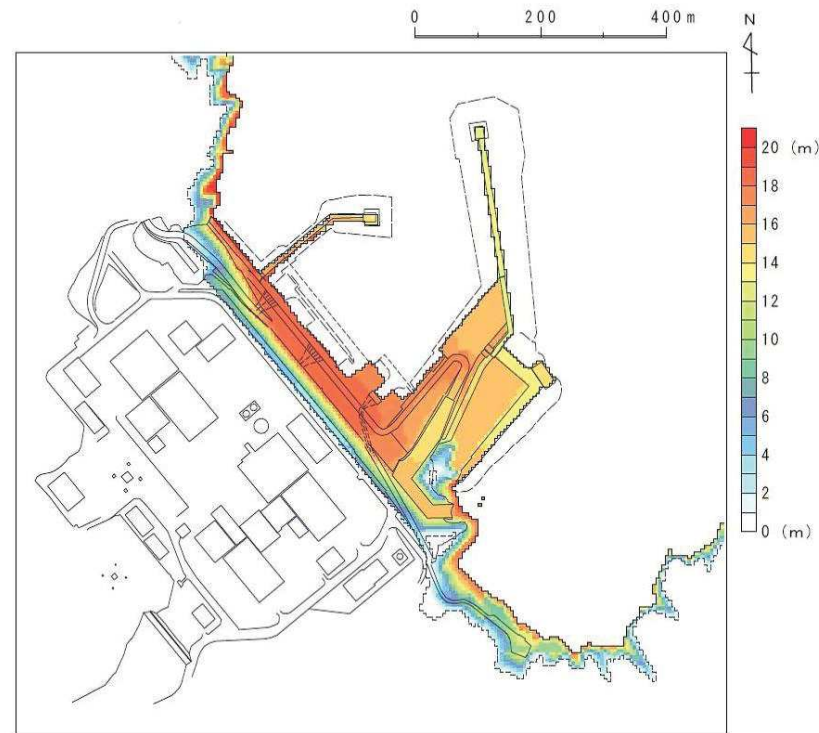
2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(2/17)

(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(2/6)

- 基準津波における, 発電所敷地及び敷地周辺の遡上の状況及び浸水深の分布は以下のとおり。



(最高水位上昇量分布)



(最大浸水深分布)

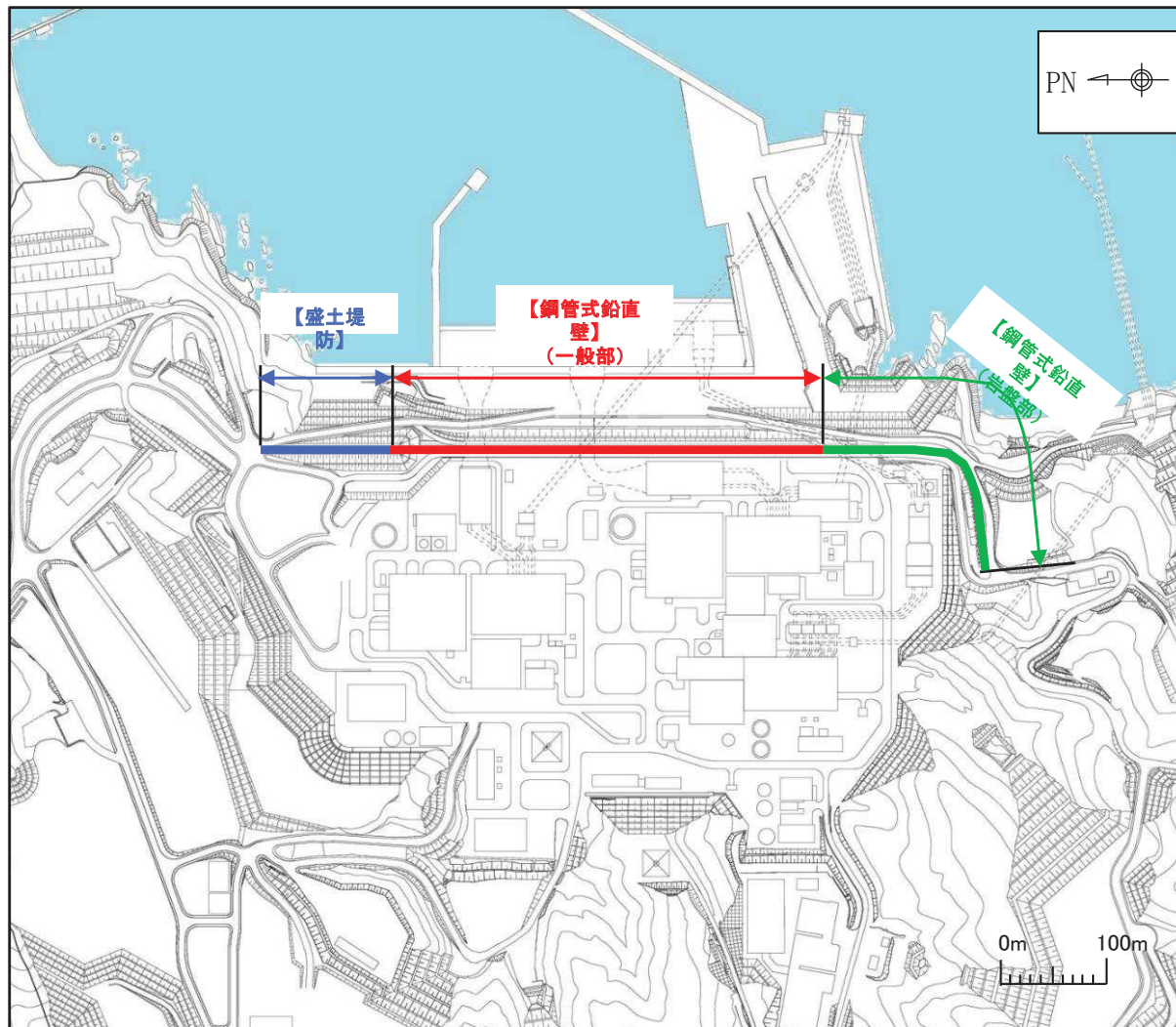
【基準津波による最高水位上昇量・最大浸水深分布】

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(3/17)

(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(3/6)

【防潮堤:全体】

- 防潮堤の構造形式は, 鋼管式鉛直壁と盛土堤防の2つに分類され, 鋼管式鉛直壁は, 更に一般部と岩盤部に分類される。



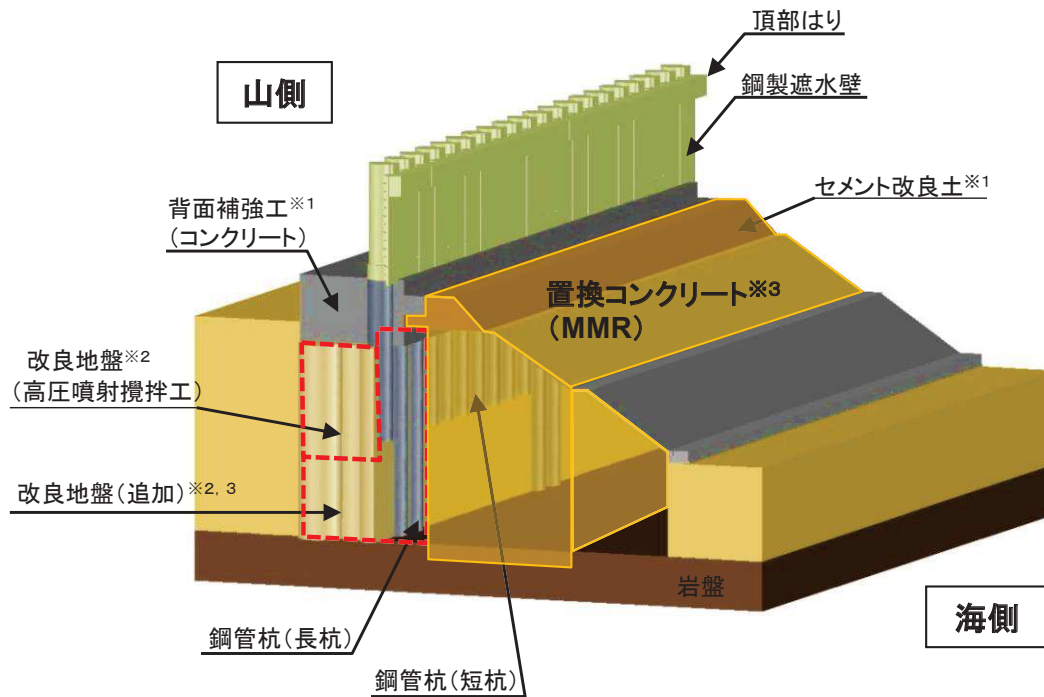
【防潮堤の配置】

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(4/17)

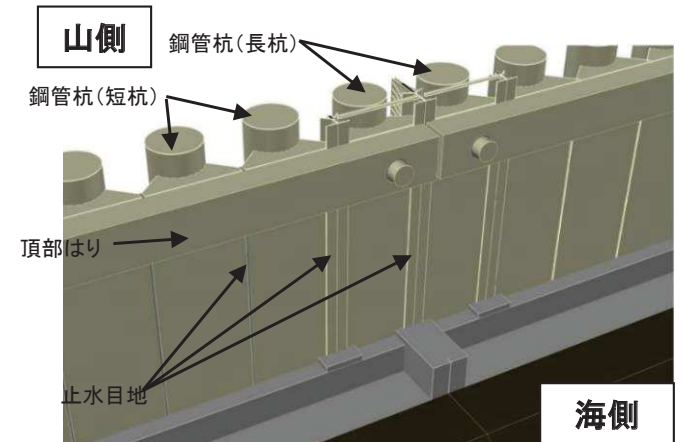
(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(4/6)

【防潮堤: 鋼管式鉛直壁(一般部)】

- 鋼管式鉛直壁(一般部)の構造, 評価対象部位と役割並びに施設の範囲を示す。



- ※1: 周辺地盤として考慮。
- ※2: 周辺地盤及び基礎地盤。
- ※3: 追加対策範囲はイメージであり, 追加対策の詳細は「防潮堤の構造成立性評価結果について」を参照。



施設の範囲

評価対象部位		役割
鋼管杭	長杭	鋼製遮水壁及び頂部はりを支持
	短杭	鋼製遮水壁を支持
鋼製遮水壁		止水機能の保持
止水目地		鋼製遮水壁間の止水機能の保持
頂部はり		—※4

【地盤】 ※4: 沈下時に機能を期待していたが, 沈下しない設計に変更したため, 役割を期待しな

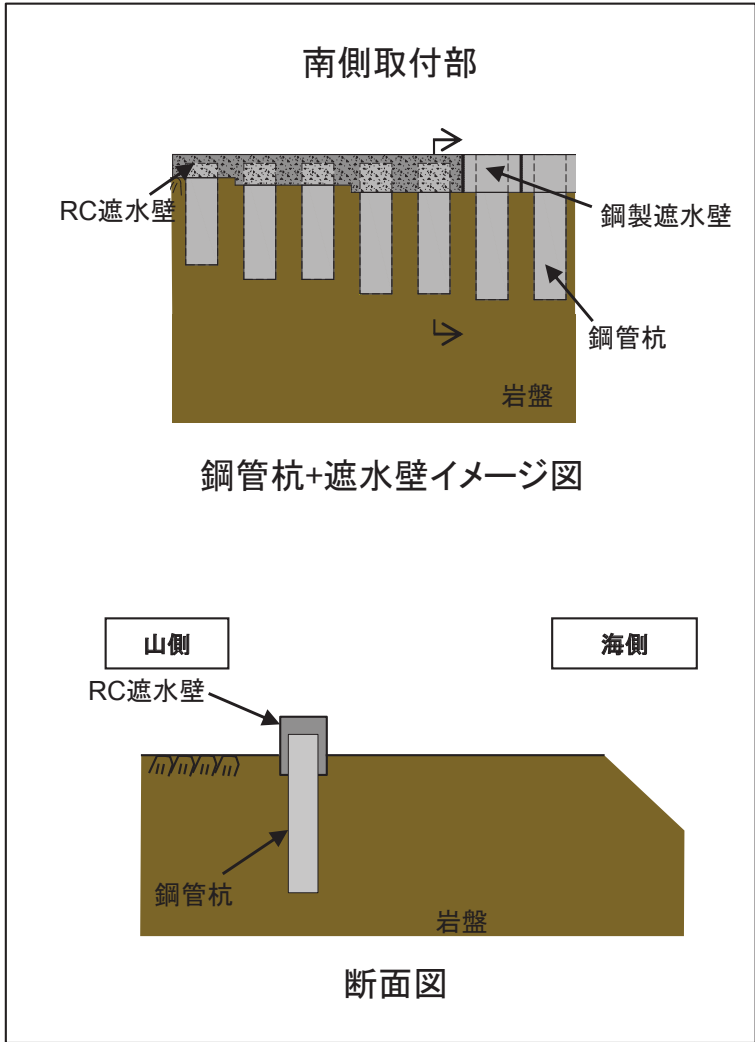
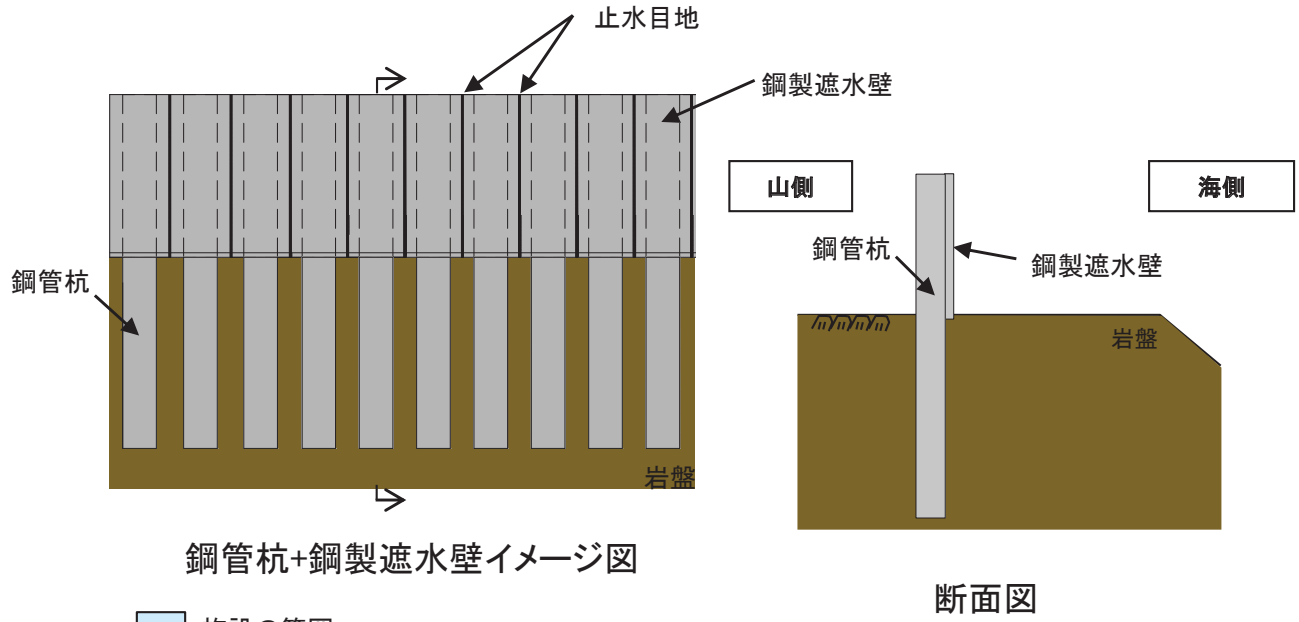
背面補強工	周辺地盤
改良地盤	周辺地盤(長杭及び短杭の側方), 基礎地盤(短杭の下方)
改良地盤(追加)	周辺地盤(長杭), 基礎地盤(短杭)
置換コンクリート(MMR)	周辺地盤
セメント改良土	周辺地盤
盛土・旧表土	
岩盤	基礎地盤(長杭)

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(5/17)

(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(5/6)

【防潮堤: 鋼管式鉛直壁(岩盤部)】

- 鋼管式鉛直壁(岩盤部)の構造, 評価対象部位と役割並びに施設の範囲を以下に示す。



■ 施設の範囲

評価対象部位	役割
鋼管杭	鋼製遮水壁を支持
鋼製遮水壁	止水機能の保持
RC遮水壁	
止水目地	鋼製遮水壁間の止水機能の保持

【地盤】

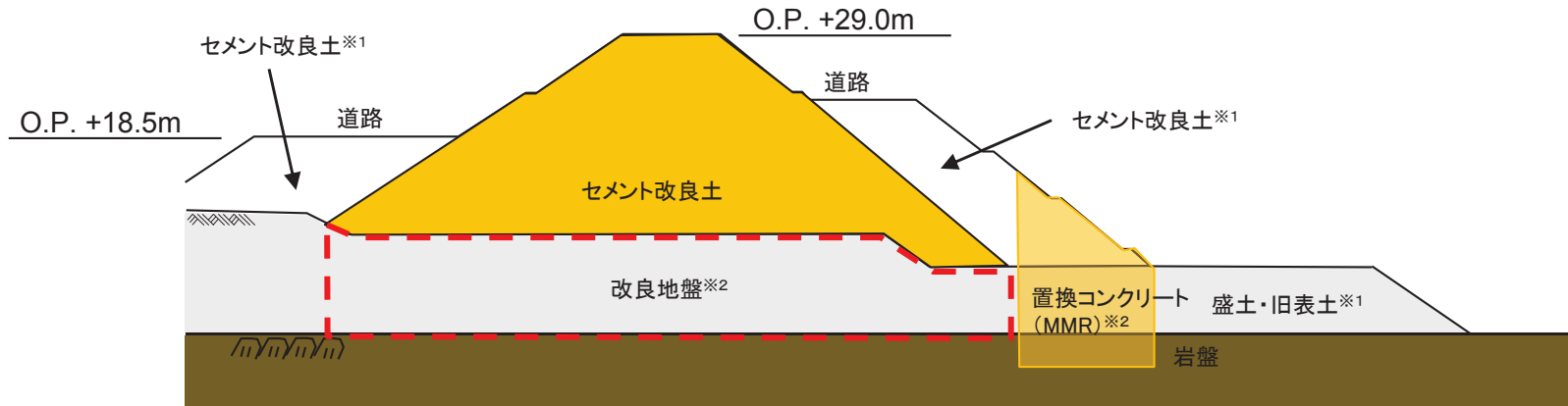
岩盤	基礎地盤
----	------

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(6/17)

(1) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(6/6)

【防潮堤: 盛土堤防】

- 盛土堤防の構造, 評価対象部位と役割並びに施設の範囲を以下に示す。



盛土堤防断面図

※1: 周辺地盤として考慮。

※2: 追加対策範囲はイメージであり, 追加対策の詳細は「防潮堤の構造成立性評価結果について」を参照。

■ 施設の範囲

評価対象部位	役割
盛土堤防(セメント改良土)	止水機能の保持 基礎地盤に津波時等の荷重を伝達

【地盤】

岩盤, 改良地盤	基礎地盤
置換コンクリート(MMR)	周辺地盤
セメント改良土, 盛土・旧表土	周辺地盤

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(7/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(1/11)

●防潮壁及び取水路流路縮小工により, 津波が取水路の経路から敷地に流入しないことを確認

流入経路				① 入力津波高さ (O.P.)	② 許容津波高さ (O.P.)	②-① 裕度	評 価
取水路	2号炉	循環水系	海水ポンプ室	+18.1m	+19.0m ^{※1}	0.9m ^{※5}	○ 許容津波高さが 入力津波高さを 上回っており, 敷 地に津波は流入 しない
		補機冷却海水系		+18.1m	+19.0m ^{※1}	0.9m ^{※5}	
	1号炉	循環水系	海水ポンプ室	+10.4m	+14.0m ^{※2}	3.6m ^{※5}	
		補機冷却海水系		+10.4m	+14.0m ^{※2}	3.6m ^{※5}	
	3号炉	循環水系	海水ポンプ室	+19.0m	+20.0m ^{※3}	1.0m ^{※5}	
		補機冷却海水系	海水ポンプ室	+19.0m	+20.0m ^{※3}	1.0m ^{※5}	
			海水熱交換器 建屋取水立坑	+19.0m	+20.0m ^{※4}	1.0m ^{※5}	

- ※1: 2号炉海水ポンプ室防潮壁の高さ
- ※2: 1号炉海水ポンプ室の高さ
- ※3: 3号炉海水ポンプ室防潮壁の高さ
- ※4: 3号炉海水熱交換器建屋取水立坑防潮壁の高さ
- ※5: 参照する裕度(0.36m)を考慮しても余裕がある

— : 取水路からの流入経路
— : 防潮壁及び流路縮小工

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(8/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(2/11)

●防潮壁及び放水路流路縮小工により, 津波が放水路の経路から敷地に流入しないことを確認

流入経路				① 入力津波高さ (O.P.)	② 許容津波高さ (O.P.)	②-① 裕度	評 価
放水路	2号炉	循環水系	放水立坑	+17.4m	+19.0m ^{※1}	1.6m ^{※4}	○ 許容津波高さが入力津波高さを上回っており, 敷地に津波は流入しない
		補機冷却海水系		+17.4m	+19.0m ^{※1}	1.6m ^{※4}	
	1号炉	循環水系	放水立坑	+11.8m	+14.0m ^{※2}	2.2m ^{※4}	
		補機冷却海水系		+11.8m	+14.0m ^{※2}	2.2m ^{※4}	
	3号炉	循環水系	放水立坑	+17.5m	+19.0m ^{※3}	1.5m ^{※4}	
		補機冷却海水系		+17.5m	+19.0m ^{※3}	1.5m ^{※4}	

※1: 2号炉放水立坑防潮壁の高さ

※2: 1号炉放水立坑高さ

※3: 3号炉放水立坑防潮壁の高さ

※4: 参照する裕度(0.36m)を考慮しても余裕がある

- : 放水路からの流入経路
- : 防潮壁及び流路縮小工
- : 循環水系放水管
- : 補機放水路

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

第5条: 津波による損傷の防止

別添1 2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(9/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(3/11)

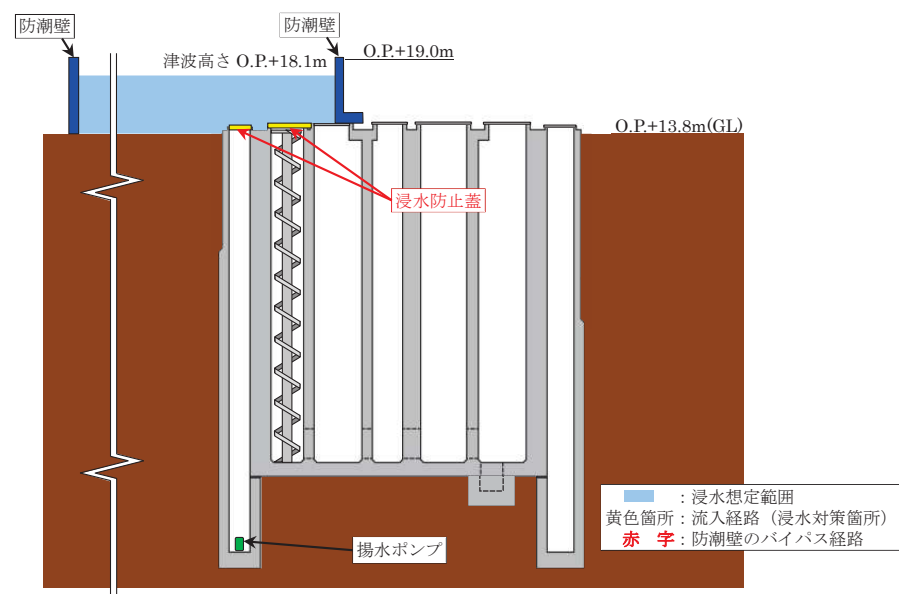
- 2号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として海水ポンプ室スクリーンエリアの開口部があり, この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- 建屋・区画への流入の可能性のある経路への流入防止対策として, 海水ポンプ室補機ポンプエリア床面開口へ逆止弁付ファンネルを設置する。
- 防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる揚水井戸及び補機冷却系トレンチに浸水防止蓋を設置すると共に, 海水ポンプ室スクリーンエリア壁面貫通部へ貫通部止水処置を実施する。



【2号炉海水ポンプ室浸水対策配置図 (平面図)】



【2号炉海水ポンプ室浸水対策配置図 (A-A断面図)】



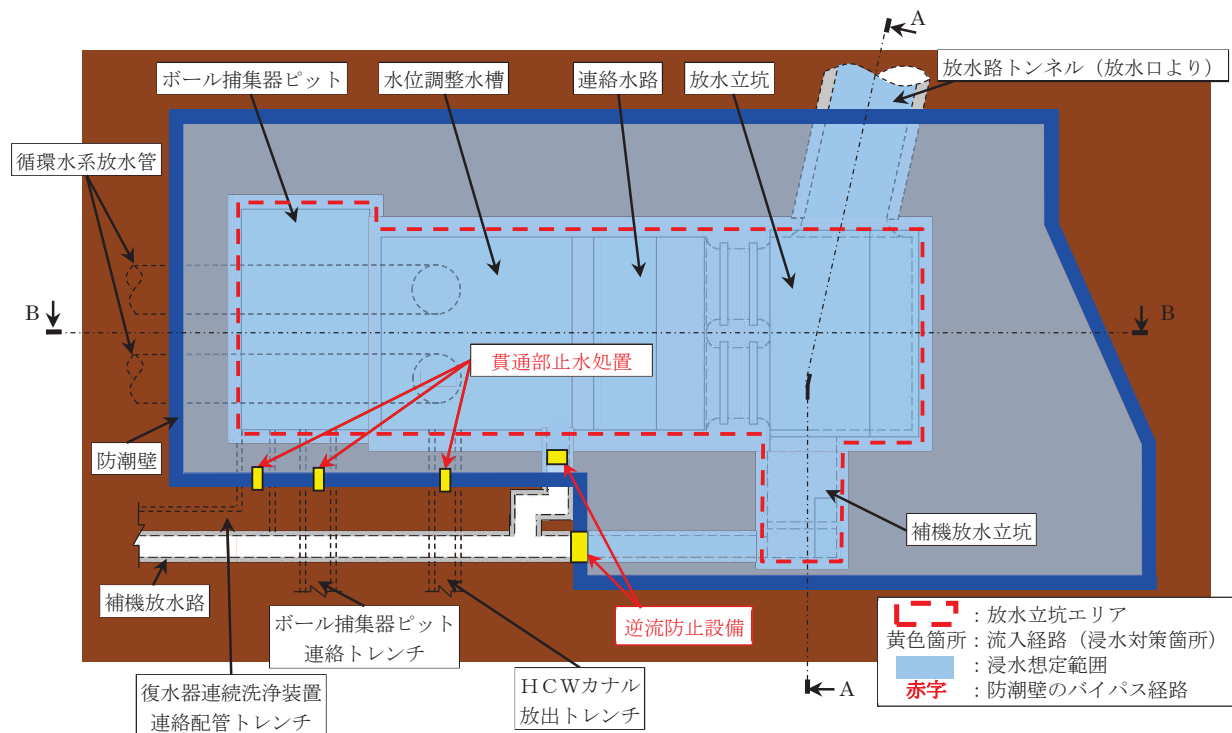
【2号炉海水ポンプ室浸水対策配置図 (B-B断面図)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、
公開できません

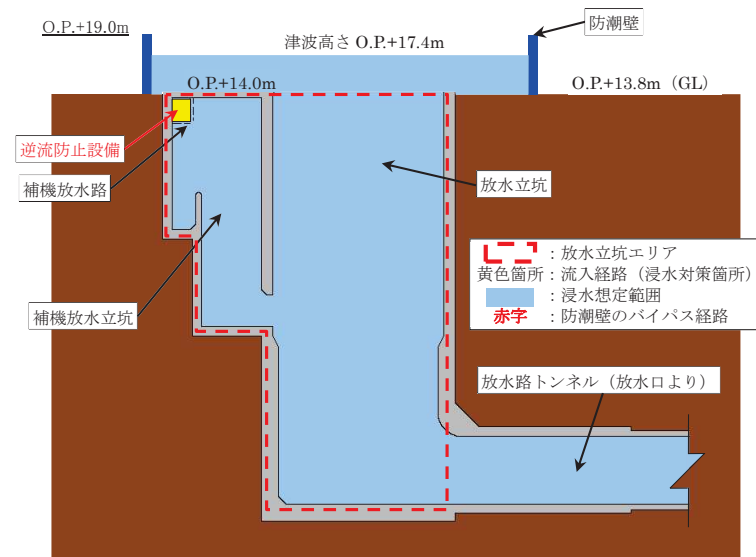
2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(10/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(4/11)

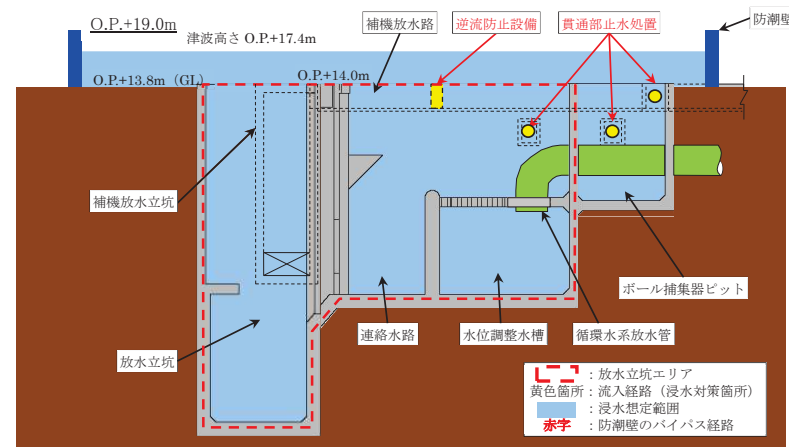
- 2号炉放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として放水立坑エリアの開口部があり, この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- 防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる放水立坑壁面貫通部へ貫通部止水処置を行う。
- 補機放水路の防潮壁横断部には逆流防止設備を設置する。



【2号炉放水立坑浸水対策配置図 (平面図)】



【2号炉放水立坑浸水対策配置図 (A-A断面図)】

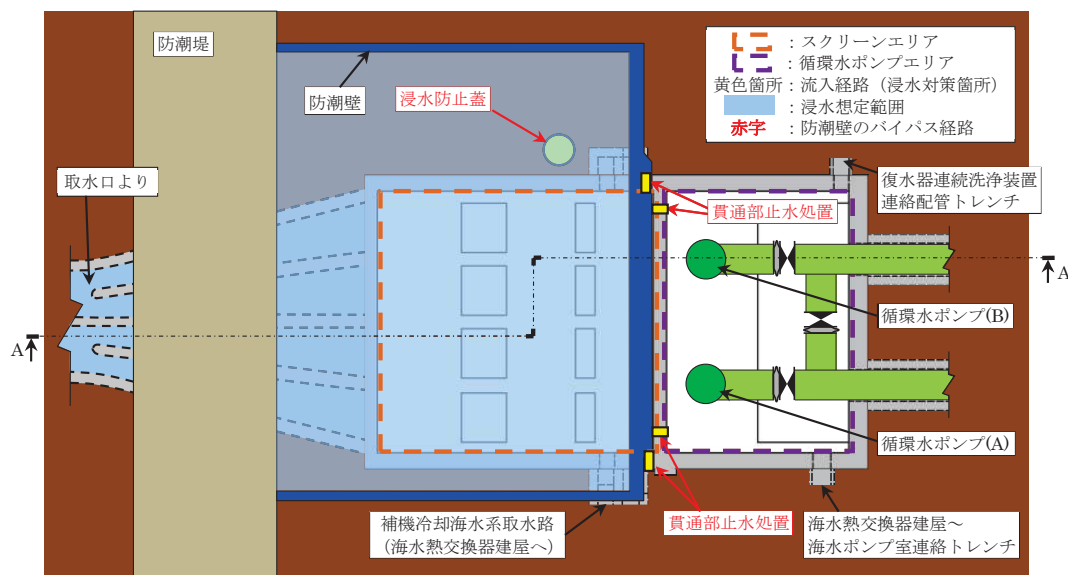


【2号炉放水立坑浸水対策配置図 (B-B断面図)】

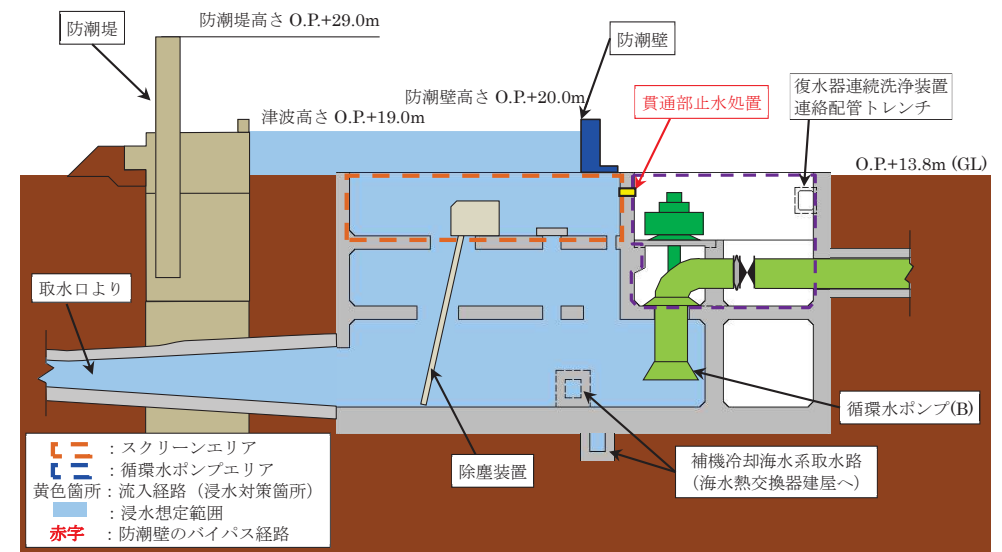
2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(11/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(5/17)

- 3号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として3号炉海水ポンプ室スクリーンエリアの開口部があるが, この周囲に高さO.P.+20.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- また, 防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる揚水井戸に浸水防止蓋を設置すると共に, 壁面貫通部へ貫通部止水処置を実施する。



【3号炉海水ポンプ室浸水対策配置図（平面図）】



【3号炉海水ポンプ室浸水対策配置図（A-A断面図）】

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(12/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(6/11)

- 3号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として, 3号炉海水ポンプ室を經由して3号炉海水熱交換器建屋取水立坑の開口部があるが, 周囲に高さO.P.+20.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- 建屋・区画への流入の可能性のある経路への流入防止対策として, 海水ポンプ室補機ポンプエリア床面へ逆止弁付ファンネル及び浸水防止蓋, 取水立坑へのアクセス用に水密扉を設置する。



【3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室
浸水対策配置図 (平面図)】



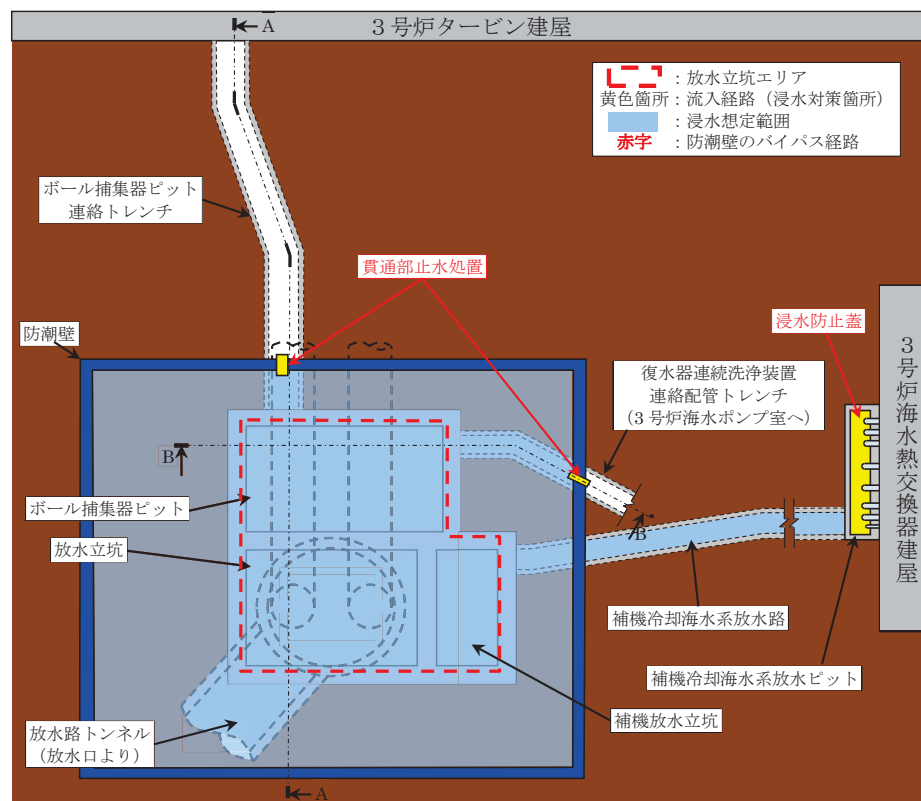
【3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室
浸水対策配置図 (左:A-A断面図 右: B-B断面図)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

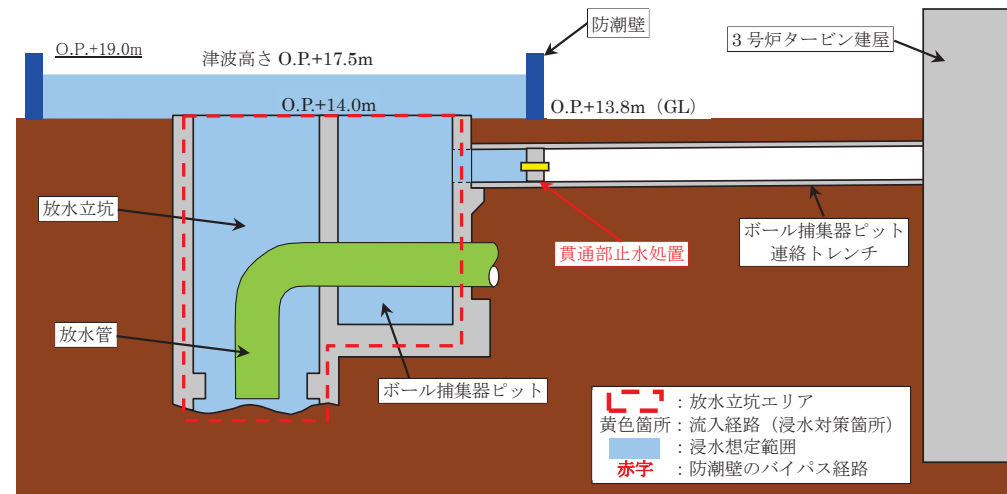
2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(13/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(7/11)

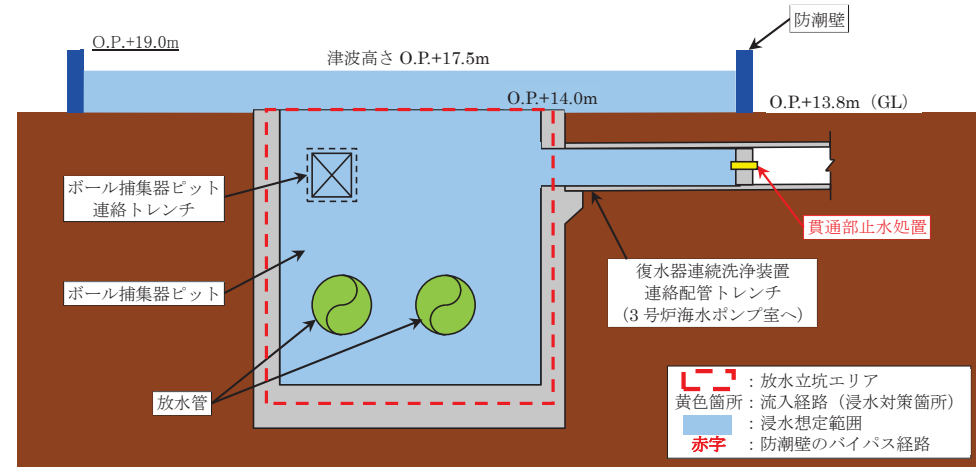
- 3号炉放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として放水立坑エリアの開口部があり, この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- 防潮壁の外側と内側をバイパスする経路への流入防止対策として, 放水立坑壁面貫通部へ貫通部止水処置を行う。
- 補機冷却海水系放水路については海水熱交換器建屋側の補機冷却海水系放水ピットの開口部へ浸水防止蓋を設置する。



【3号炉放水立坑浸水対策配置図 (平面図)】



【3号炉放水立坑浸水対策配置図 (A-A断面図)】



【3号炉放水立坑浸水対策配置図 (B-B断面図)】

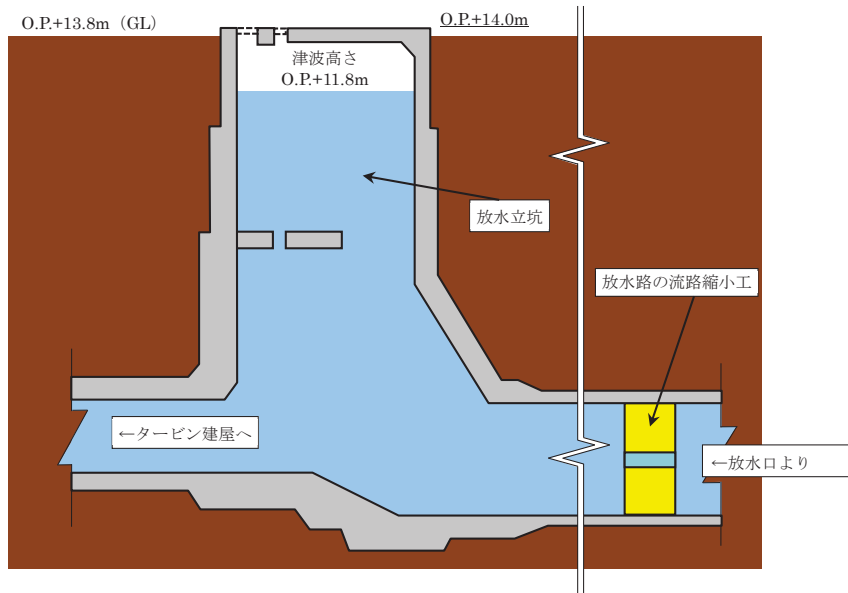
2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(14/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(8/11)

- 1号炉取水路及び放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として, 海水ポンプ室スクリーンエリア及び放水立坑の開口部があるが, 取水路及び放水路流路を縮小することにより津波が敷地に到達することを防止する。



【1号炉海水ポンプ室浸水対策配置図 (断面図)】



【1号炉放水立坑浸水対策配置図 (断面図)】

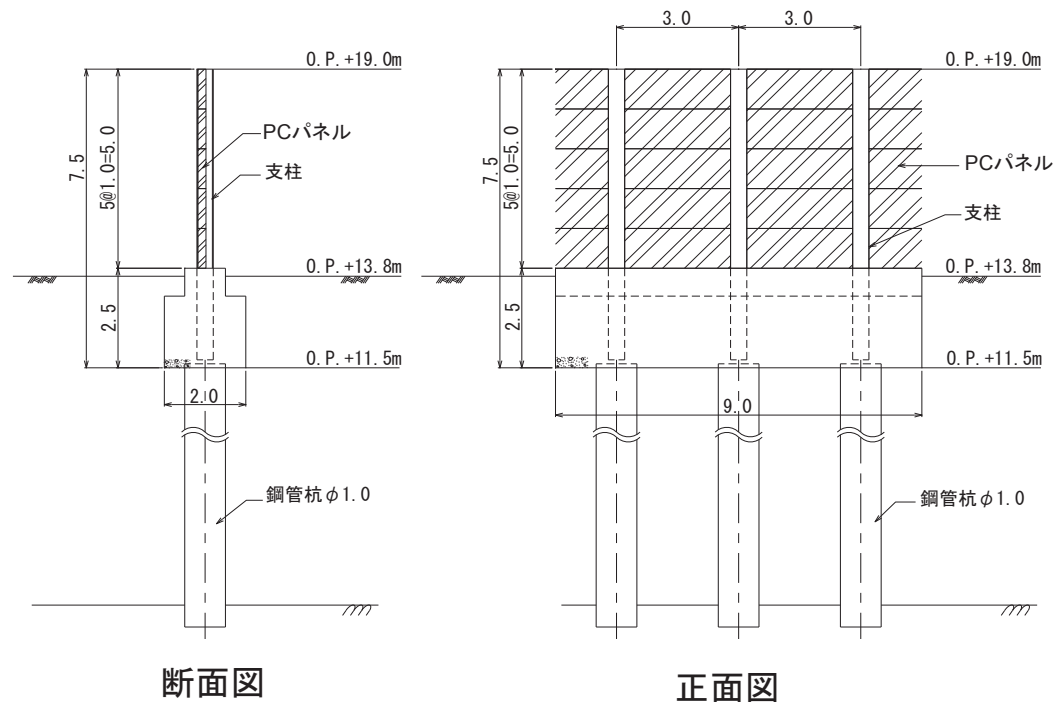
防護上の観点又は機密に係わる
事項を含む為、公開できません

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(15/17)

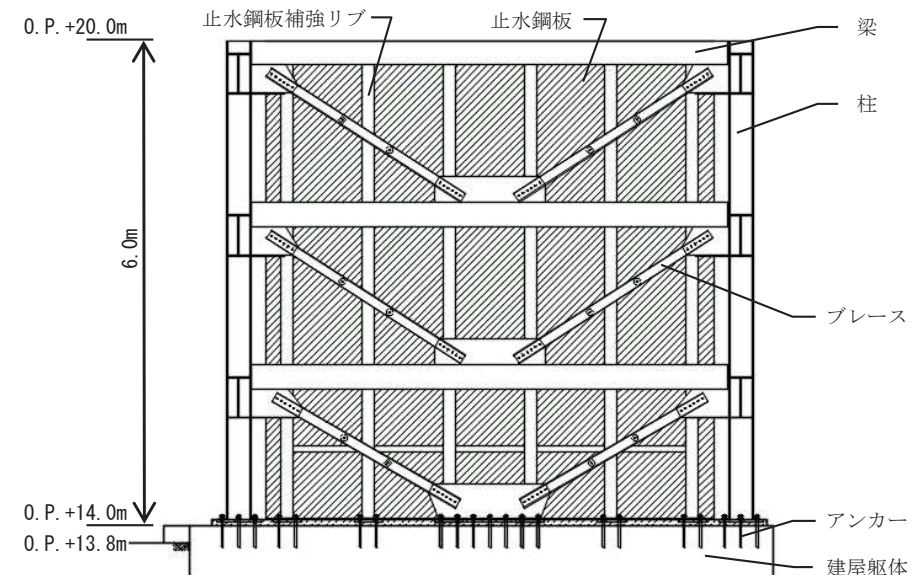
(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(9/11)

【防潮壁】

- 防潮壁は, 2号炉及び3号炉海水ポンプ室スクリーンエリア及び放水立坑, 3号炉海水熱交換器建屋取水立坑の開口部を囲んで設置する構造物である。
- 海水ポンプ室スクリーンエリア, 放水立坑の防潮壁は, 鋼管杭とフーチングによる基礎構造とし, 3号炉海水熱交換器建屋取水立坑の防潮壁は, 取水立坑上に設置する。上部構造は, 支柱, 支柱間に設置される遮水壁による構成とし, 遮水壁は, 設置箇所に応じてコンクリート製(PCパネル又はRC壁)と鋼製を用いる。



【 防潮壁 構造図 (PCパネルの例)
(海水ポンプ室スクリーンエリア, 放水立坑) 】



【 防潮壁 構造図 (鋼製遮水壁の例)
(3号炉海水熱交換器建屋取水立坑) 】

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(16/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(10/11)

【流路縮小工】

- 流路縮小工は, 1号炉取水路及び放水路内に設置する構造物であり, それぞれの流路をコンクリートにより縮小するものである。



【1号炉取水路 流路縮小工(構造図)】



【1号炉放水路 流路縮小工(構造図)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

2.2 敷地への浸水防止(外郭防護1)(17/17)

(2) 取水路, 放水路等の経路からの津波の流入防止(11/11)

- 屋外排水路は, 敷地内の雨水排水を海域まで自然流下させる排水路であり, 原子炉建屋等を設置するエリア(O.P.+13.8m)で2箇所集水して防潮堤を横断し, 排水する構造となっている。
- 屋外排水路の防潮堤横断部(海側法尻部)には逆流防止設備を設置することから, 屋外排水路の経路から敷地に津波が流入しないことを確認。
- なお, 緊急安全対策として設置した防潮堤(高さO.P.+17.0m)に設けた排水路は, 新たに容量の十分大きい屋外排水路を設けることから, 2号炉再稼働までに閉塞することとしている。

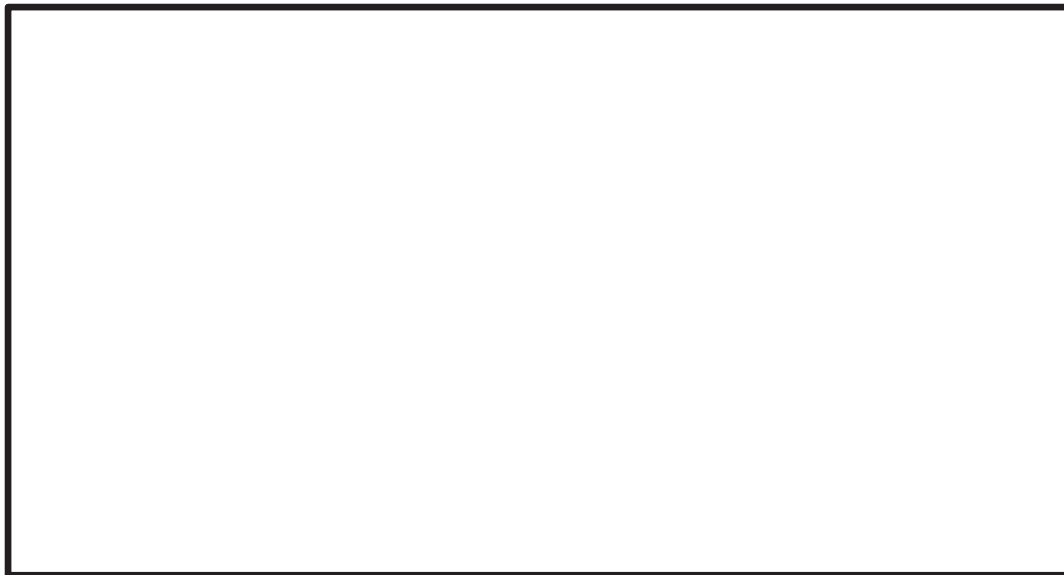


- : 屋外排水路
- : 排水ピット
- : 逆流防止設備
- : 既設排水路
(緊急安全対策として設置した防潮堤(高さO.P.+17.0m)に設けた排水路で, 2号炉再稼働までに閉塞予定)

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

(1)漏水対策(1/2)

- 外郭防護1で示したとおり, 特定した取水路, 放水路等の津波の流入の可能性のある経路に対し, 浸水対策を実施することから, 津波の流入防止は可能である。
- しかし, 重要な安全機能を有する非常用海水ポンプが設置されている海水ポンプ室には, 津波の流入が想定される逆止弁付ファンネルを設置することから, 漏水が継続することによる浸水想定範囲を設定する。



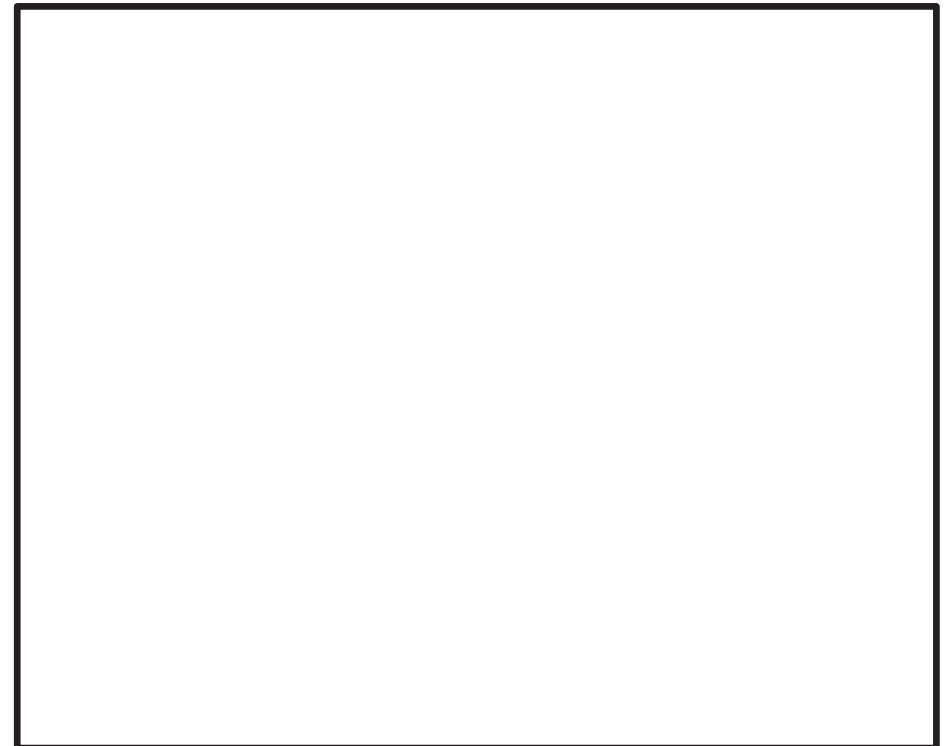
【2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアの浸水想定範囲】

<海水ポンプ室凡例>

■ : 浸水想定範囲

▲ : 海水ポンプグランドドレン排水先変更箇所

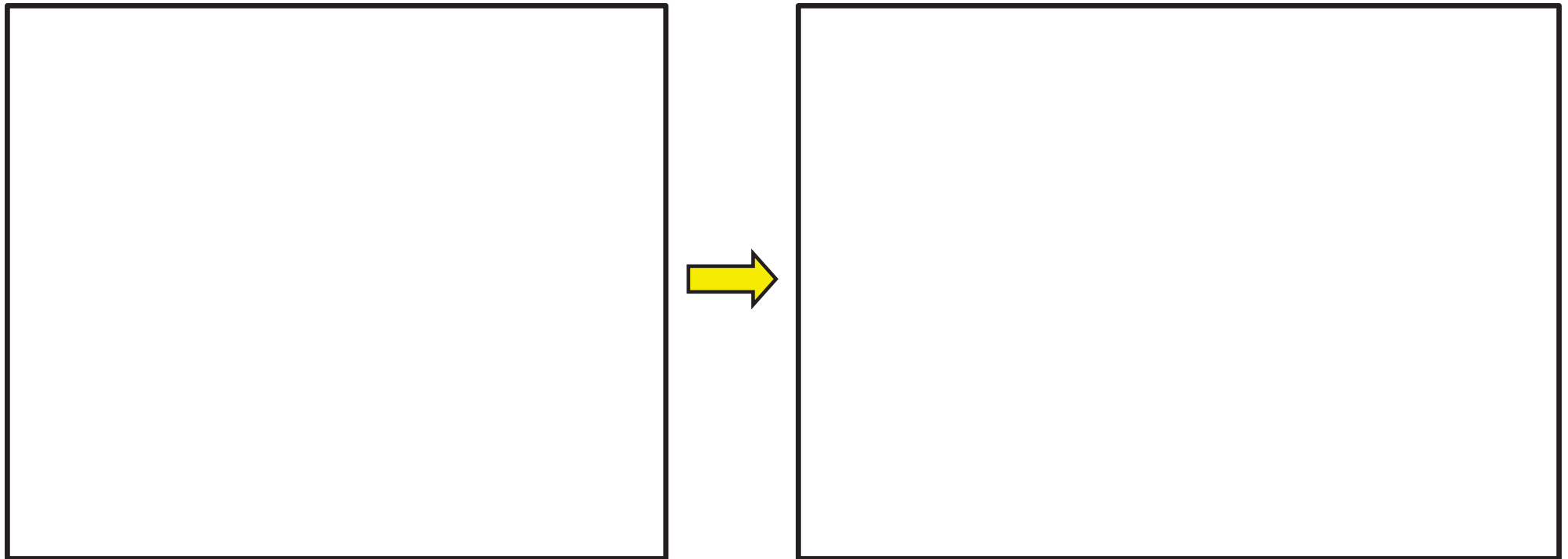
● : 逆止弁付ファンネル



【3号炉海水熱交換器建屋
補機ポンプエリアの浸水想定範囲】

(1)漏水対策(2/2)

- ▶ 女川2号炉及び3号炉原子炉補機冷却海水ポンプ, 3号タービン補機冷却海水ポンプのグランドドレンの排出先を取水ピットへの貫通配管による排水方式から, 海水ポンプ室床側溝へ変更し, 逆止弁付ファンネルを経由して排水することで, 津波による直接の浸水経路とならないよう浸水対策を実施。



< 変更前 >

< 変更後 >

【海水ポンプグランドドレン配管からの浸水防止対策概要(排出先変更)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為, 公開できません

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)(3/4)

(2) 安全機能への影響確認及び排水設備設置の検討(1/2)

▶ 浸水想定範囲の漏水による重要な安全機能を有する非常用海水ポンプへの影響を以下のとおり評価する。

【2号炉漏水量評価条件】

海水ポンプ室に設置している逆止弁付ファンネルからの漏水を想定した浸水量の評価条件は以下のとおり。

- ・逆止弁付ファンネル漏水量: 漏えい試験結果の値を保守的に設定※
- ・機能喪失高さ: ポンプコンクリート基礎高さとし保守的に設定
 原子炉補機冷却海水ポンプ : 0.275m
 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ : 0.065m

【3号炉漏水量評価条件】

海水ポンプ室に設置している逆止弁付ファンネルからの漏水を想定した浸水量の評価条件は以下のとおり。

- ・逆止弁付ファンネル漏水量: 漏えい試験結果の値を保守的に設定※
- ・機能喪失高さ: 12.0m

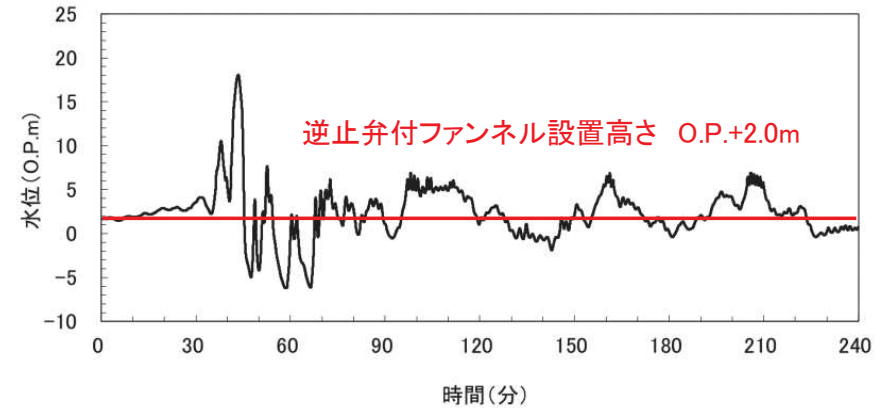
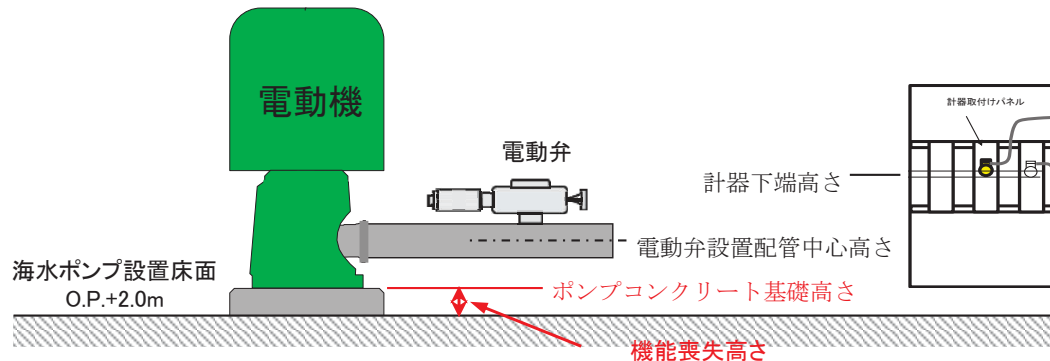
(2号炉非常用海水ポンプへの影響を考慮し、敷地までの高さを設定)

※ 漏えい試験の結果から試験圧力が高くなるほど漏えい量が減少することを確認しているが、津波水位によらず最大漏えい量を用いて浸水量を算出

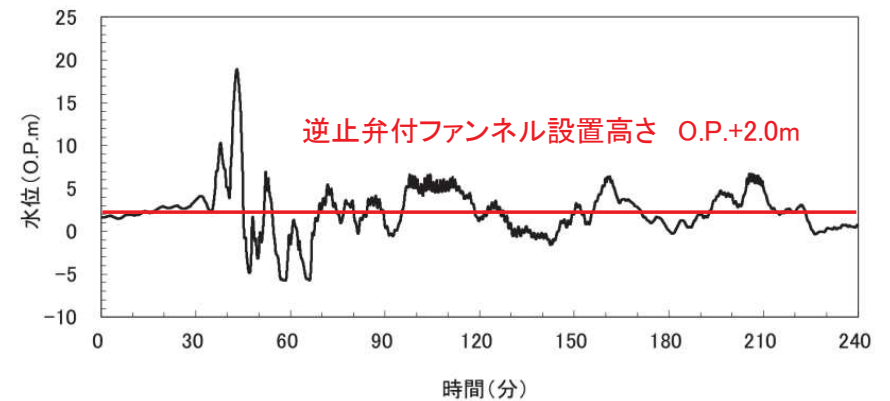
【評価方法】

海水ポンプ設置エリアにおける入力津波の時刻歴波形から、水位が逆止弁付ファンネル設置高さを上回る時間を設定したうえで、漏水量および浸水高さを算出し、機能喪失高さと比較する。

【機能喪失高さの考え方】



【2号炉海水ポンプ室水位と逆止弁付ファンネル設置高さ】



【3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室水位と逆止弁付ファンネル設置高さ】

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)(4/4)

(2) 安全機能への影響確認および排水設備設置の検討(2/2)

【防水区画化範囲の設定】

浸水想定範囲である2号炉タービン補機冷却海水ポンプ室には隣接する設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する区画として、2号炉原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室、2号炉原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室及び2号高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室があるため、これらの区画を防水区画化範囲と設定。

2号炉タービン補機冷却海水ポンプ室の浸水高さは、0.01mであり、防水区画化範囲への流入高さ0.13mより十分低いことから、防水区画化範囲が浸水することはなく、安全機能に影響が及ぶことはない。



【浸水想定範囲のうち2号炉タービン補機冷却海水ポンプ室に対する防水区画化範囲】

【2号炉評価結果】

海水ポンプ室内の浸水高さは、機能喪失高さに十分な余裕があることを確認した。

設置区画	漏水量(m ³)	区画有効面積(m ²)	浸水高さ(m)	機能喪失高さ(m)	評価結果
原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室	0.3	63.7	0.01	0.275	○
原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室	0.3	128.5	0.01	0.275	○
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室	0.2	17.2	0.02	0.065	○
タービン補機冷却海水ポンプ室	0.3	120.5	0.01	0.130*	○

【3号炉評価結果】

海水ポンプ室内の浸水高さは、2号炉への影響を考慮した機能喪失高さに十分な余裕があることを確認した。

設置区画	漏水量(m ³)	区画有効面積(m ²)	浸水高さ(m)	機能喪失高さ(m)	評価結果
原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C)室	0.2	63.4	0.01	12.0	○
原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D)室	0.2	58.3	0.01	12.0	○
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室	0.2	21.6	0.01	12.0	○
タービン補機冷却海水ポンプ室	0.3	77.0	0.01	12.0	○

※ 防水区画化範囲への流入高さ

【排水設備の必要性】

浸水想定範囲である海水ポンプ室への漏水は、津波継続時間においてわずかな量であり、重要な安全機能を有する設備である非常用海水ポンプの機能喪失高さのうち、最も低いポンプコンクリート基礎高さに至らないことから排水設備は不要である。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

第5条:津波による損傷の防止

別添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)(1/6)

(1) 浸水防護重点化範囲の設定

- 設計基準対象施設を内包する建屋及び区画と周辺敷地高さは以下のとおりであり、浸水防護重点化範囲として設定する。



【設計基準対象施設の浸水防護重点化範囲】

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護) (2/6)

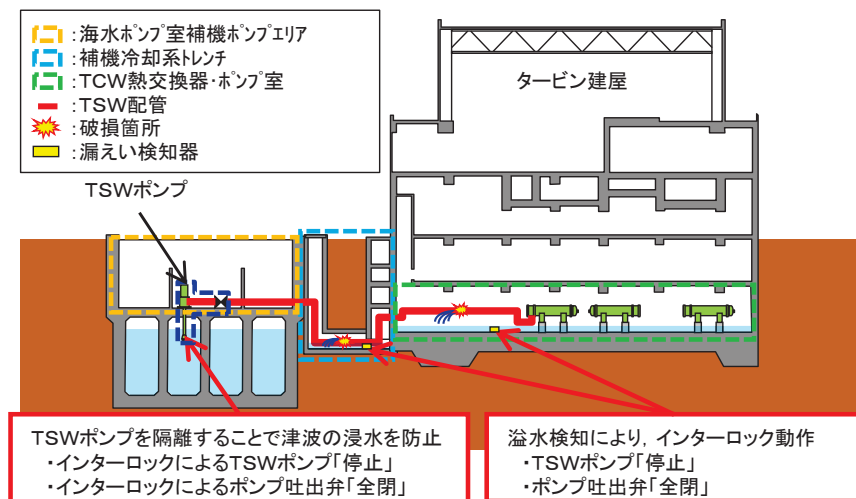
(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策(1/5)



地震・津波による溢水事象

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)(3/6)

(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策(2/5)



①-a 循環水配管の損傷に伴う海水流入

【事象】地震に起因するタービン建屋内の循環水管伸縮継手の破損により、津波が循環水管に流れ込み、循環水管の損傷箇所を介してタービン建屋内への流入を想定

【評価】タービン建屋内に流入した津波により、タービン建屋内に隣接する浸水防護重点化範囲(原子炉建屋, 制御建屋)への影響を評価

【対策】漏えい検知による循環水ポンプ「停止」、隔離弁「全閉」のインターロックを設けており、津波襲来前にタービン建屋内の復水器水室出入口弁を自動隔離



津波はタービン建屋内に流入しない
浸水防護重点化範囲に影響なし

①-b タービン補機冷却海水系配管の損傷に伴う海水流入

【事象】地震に起因するタービン建屋及びトレンチ内のタービン補機冷却海水系配管の破損により、津波がタービン補機冷却海水系配管の損傷箇所を介してタービン建屋及びトレンチ内への流入を想定

【評価】補機冷却系トレンチ及びタービン建屋内に流入した津波によりタービン建屋内に隣接する浸水防護重点化範囲(制御建屋, 海水ポンプ室補機ポンプエリア)への影響を評価

【対策】漏えい検知によるタービン補機冷却海水ポンプ「停止」、ポンプ吐出弁「全閉」のインターロックを設けており、津波襲来前に海水ポンプ室補機ポンプエリア内のタービン補機冷却海水ポンプを自動隔離



津波は補機冷却系トレンチ及びタービン建屋内に流入しない
浸水防護重点化範囲に影響なし

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)(4/6)

(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策(3/5)

2号炉 海水ポンプ室

②-a 循環水配管の損傷に伴う海水流入

【事象】地震に起因する海水ポンプ室循環水ポンプエリアの循環水管伸縮継手の破損により、津波が循環水管に流れ込み、循環水管伸縮継手の損傷箇所を介して、海水ポンプ室循環水ポンプエリア内への流入を想定

【評価】海水ポンプ室循環水ポンプエリアに流入した津波により、隣接する浸水防護重点化範囲(海水ポンプ室補機ポンプエリア)への影響を評価

【対策】屋外の循環水ポンプ及び配管について、基準地震動 S_s による地震力に対して機器及び配管の耐震性評価を実施し、バウンダリ機能を維持



津波は循環水ポンプエリアに流入しない
浸水防護重点化範囲に影響なし

②-b タービン補機冷却海水系の損傷に伴う海水流入

【事象】地震に起因する海水ポンプ室補機ポンプエリアのタービン補機冷却海水系の機器及び配管の破損により、津波が損傷箇所を介して海水ポンプ室補機ポンプエリアタービン補機冷却海水ポンプ室への流入を想定

【評価】タービン補機冷却海水ポンプ室に流入した津波により、隣接する浸水防護重点化範囲(海水ポンプ室補機ポンプエリアのうち、原子炉補機冷却海水ポンプ室及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室)への影響を評価

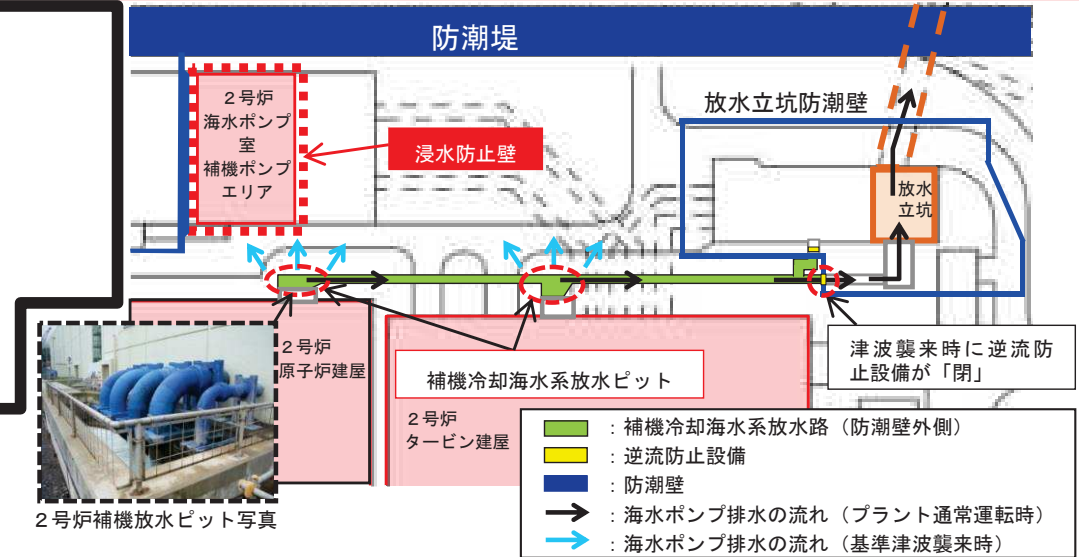
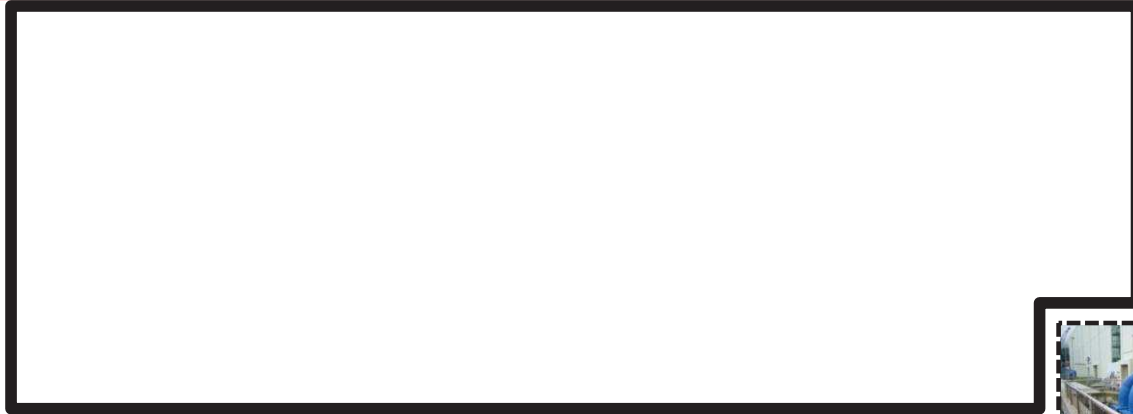
【対策】屋外のタービン補機冷却海水ポンプ及び配管について、基準地震動 S_s による地震力に対して機器及び配管の耐震性評価を実施し、バウンダリ機能を維持



津波はタービン補機冷却海水ポンプ室に流入しない
浸水防護重点化範囲に影響なし

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)(5/6)

(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策(4/5)



2号炉補機放水ピット写真

2号炉補機放水路概略図

②-c 屋外タンクの損傷に伴う保有水流出

【事象】地震に起因する敷地内の低耐震クラスである屋外タンクが損傷し、保有水が敷地内へ流出することを想定

また、津波襲来時に2号炉補機放水路に設置される逆流防止設備が閉動作し、補機放水路と補機放水立坑が隔離され、補機冷却系熱交換器からの排水が補機放水路から敷地に溢水することを想定

【評価】屋外タンクの破損により生じる溢水に加え、基準津波の襲来に伴う補機冷却海水系放水路からの溢水を考慮した場合において、浸水防護重点化範囲への影響を評価

【対策】海水ポンプ室のカーブ高さ0.20mに対して敷地浸水深が0.16mであるため、海水ポンプ室へ浸水することは無いが、2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリア周りに浸水防止壁を設置する。また、軽油タンクエリアについては、軽油タンクの地下化工事に伴い、燃料移送ポンプ及び燃料移送ポンプ室排風機ダクトの貫通部の止水処置を実施



溢水は浸水防護重点化範囲に流入しない
浸水防護重点化範囲に影響なし

2号屋外タンクの損傷に伴う溢水影響評価結果

	カーブ高さ (m)	溢水量 ①※4 (m³)	溢水量 ②※5 (m³)	溢水量 合計①+② (m³)	敷地面積 (m²)	敷地浸水深※3 (m)	評価
原子炉建屋	0.33※1	17,540	652	18,192	115,000	0.16	○
タービン建屋	0.38※1						
制御建屋	0.33※1						
海水ポンプ室 (補機ポンプエリア)	0.20※2						
復水貯蔵タンク	0.20※1						

※1 建屋外壁扉の下端レベルから敷地レベル0. P. +13. 8mを引いた値

※2 海水ポンプ室ピット上端から敷地レベル0. P. +13. 8mを引いた値

※3 敷地レベル0. P. +13. 8mからの浸水深

※4 屋外タンクの破損により生じる溢水

※5 2号炉 補機冷却海水系放水路より生じる溢水

2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)(6/6)

(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策(5/5)

【屋外の溢水】

②-d 揚水ポンプ停止に伴う地下水位上昇

【事象】地震に起因する揚水ポンプに停止により生じる建屋周囲の地下水位の上昇を想定

【評価】建屋地下外壁にはアスファルト防水を施しており、更に防水層の上に保護板を設置し、防水層が切れないように配慮

安全上重要な機器が設置されている原子炉建屋、制御建屋の地下外壁については、地震時に想定される残留ひび割れの評価結果から、「原子炉施設における建築物の維持管理指針・同解説(日本建築学会)」に示される、コンクリート構造物の使用性(水密)の観点から設定されたひび割れ幅の評価基準値【0.2mm未満】を満足することを確認

さらに揚水ポンプの損傷、機能喪失した場合を考慮し、代替ポンプ(投げ込み式)を準備するとともに、代替ポンプの運用を含めた手順書を整備し、地震時等における揚水ポンプ停止時にも地下水の排水が実施可能な体制を構築



浸水防護重点化範囲に影響なし

(1) 非常用冷却海水系の取水性

- 女川2号炉の取水口は、敷高が取水路及び海水ポンプ室底部より上部に位置し、取水口敷高を下回る引き波が発生した場合でも、冷却水が貯留され、非常用海水ポンプの取水性が確保出来る構造となっている。
- 基準津波による引き波発生時に、取水口敷高を下回る期間が、183秒間発生するが、貯留水により約26分間、非常用海水ポンプの運転継続が可能である。

<引き波時の非常用海水ポンプの取水性評価>

- 取水路及び海水ポンプ室内に貯留される水量 : 約5,100 m³
- 循環水ポンプが停止(遊転30秒)するまでに取水する水量 : 1,662 m³
- 非常用海水ポンプの取水に使用可能な水量 : 3,438 m³
- 非常用海水ポンプの取水容量 : 7,850 m³ /h
- 非常用海水ポンプ運転可能時間 : 26.2分
 $3,438 \text{ m}^3 \div 7,850 \text{ m}^3 / \text{h} \doteq 0.437 \text{ h} \Rightarrow 26.2 \text{ 分}$

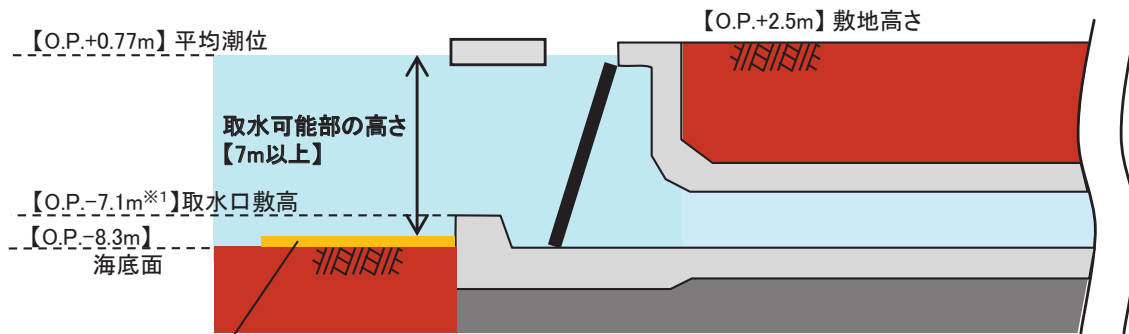
【取水設備構造概要(断面図)】

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(2/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(1/23)

【砂移動・堆積に対する通水性確保】

- 女川2号炉の取水口前面における砂堆積厚さは、防波堤ありの条件下、0.22m(高橋ほか(1999), 浮遊砂上限濃度1%)であり、取水路・取水口の通水性に影響のないことを確認した。

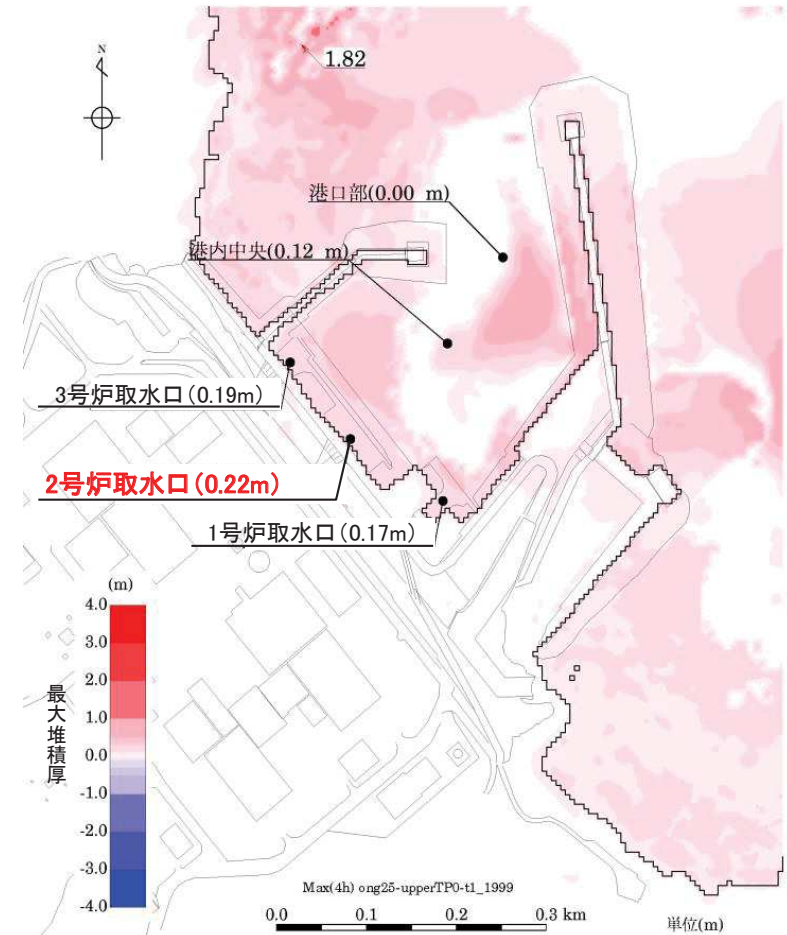


砂の堆積量
【約0.3m】

【取水口前面概要図】

【取水口前面堆積厚さ】

	波源モデル	防波堤	2号機取水口前面堆積厚さ(m)
基準津波 (水位上昇側)	海溝側強調 モデル	あり	0.22
		なし	0.14
基準津波 (水位下降側)	すべり量割増 モデル	あり	0.18
		なし	0.16



【砂移動シミュレーション結果】
基準津波(水位上昇側) 粒径D₅₀^{※2}

※1 基準津波による地盤沈下量0.72mを考慮した値

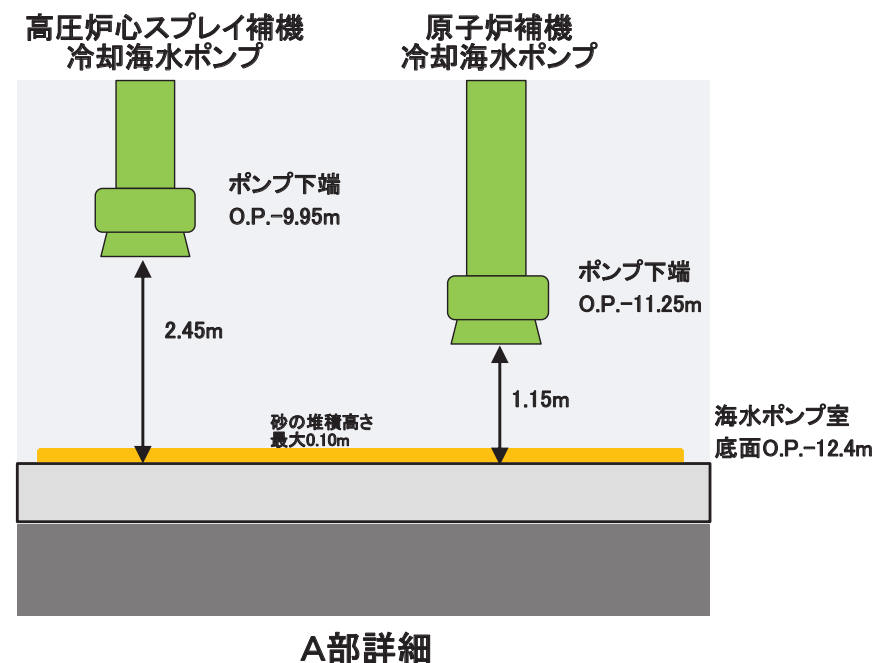
※2 砂粒径(0.215mm, 0.389mm, 0.146mm), 防波堤有無をパラメータとした評価も行い、いずれのケースの結果も結論に影響を与えるものではないことを確認

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(3/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(2/23)

【海水ポンプ室内における砂の堆積に対する非常用海水ポンプの取水性】

- 海水ポンプ室底面はO.P.-12.4mであり、非常用海水ポンプの下端は、原子炉補機冷却海水ポンプはO.P.-11.25m、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはO.P.-9.95mであることから、海水ポンプ室底面から1.15～2.45m高い位置に海水ポンプが設置されている。
- 海水ポンプ室への砂堆積による非常用海水ポンプの取水性への影響について評価した結果、数値シミュレーションにより得られた基準津波による砂移動に伴う海水ポンプ室における砂の堆積厚さは、水位上昇側で最大0.05m、水位下降側で最大0.10mであることから非常用海水ポンプの取水性に与える影響はない。



【海水ポンプ設置高さ・位置】

防護上の観点又は機密に係わる
事項を含む為、公開できません

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(4/24)

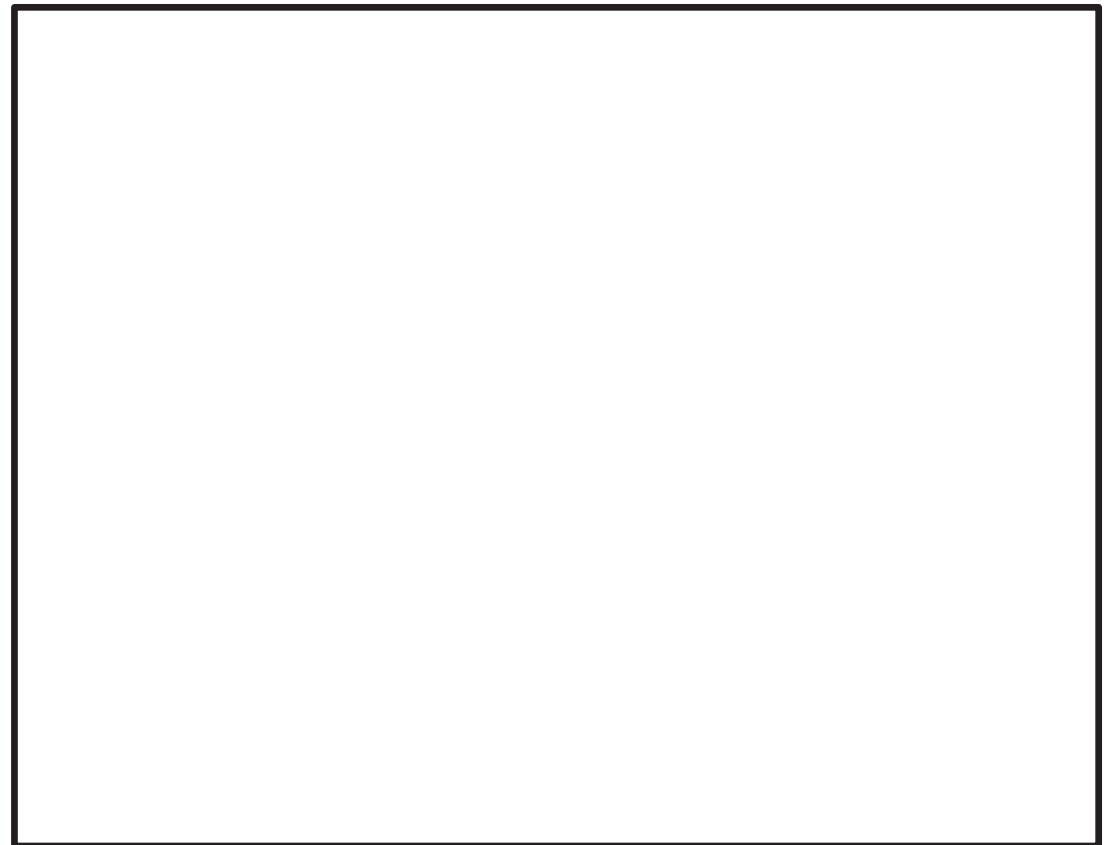
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(3/23)

【浮遊砂に対する非常用海水ポンプの機能確保】

➤ 発電所周辺における土砂粒径を調査した結果、砂の中央粒径は、0.215mmと微小であり、仮に非常用海水ポンプの軸受に混入した場合でも、異物逃がし溝(原子炉補機冷却海水ポンプ: , 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ:)から、連続排出されるため海水ポンプは機能保持できることを確認した。

調査年月	中央粒径: D ₅₀ (mm)
S55. 8	0. 190
S55. 11	0. 200
S56. 2	0. 163
S56. 5	0. 195
S56. 8	0. 223
S56. 11	0. 240
S57. 2	0. 170
S57. 5	0. 320
H3. 12	0. 179
H12. 2	0. 179
H12. 8	0. 156
H13. 2	0. 368
平均値	0. 215

【発電所周辺土砂粒径の調査結果】



【軸受部構造図】

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(5/24)

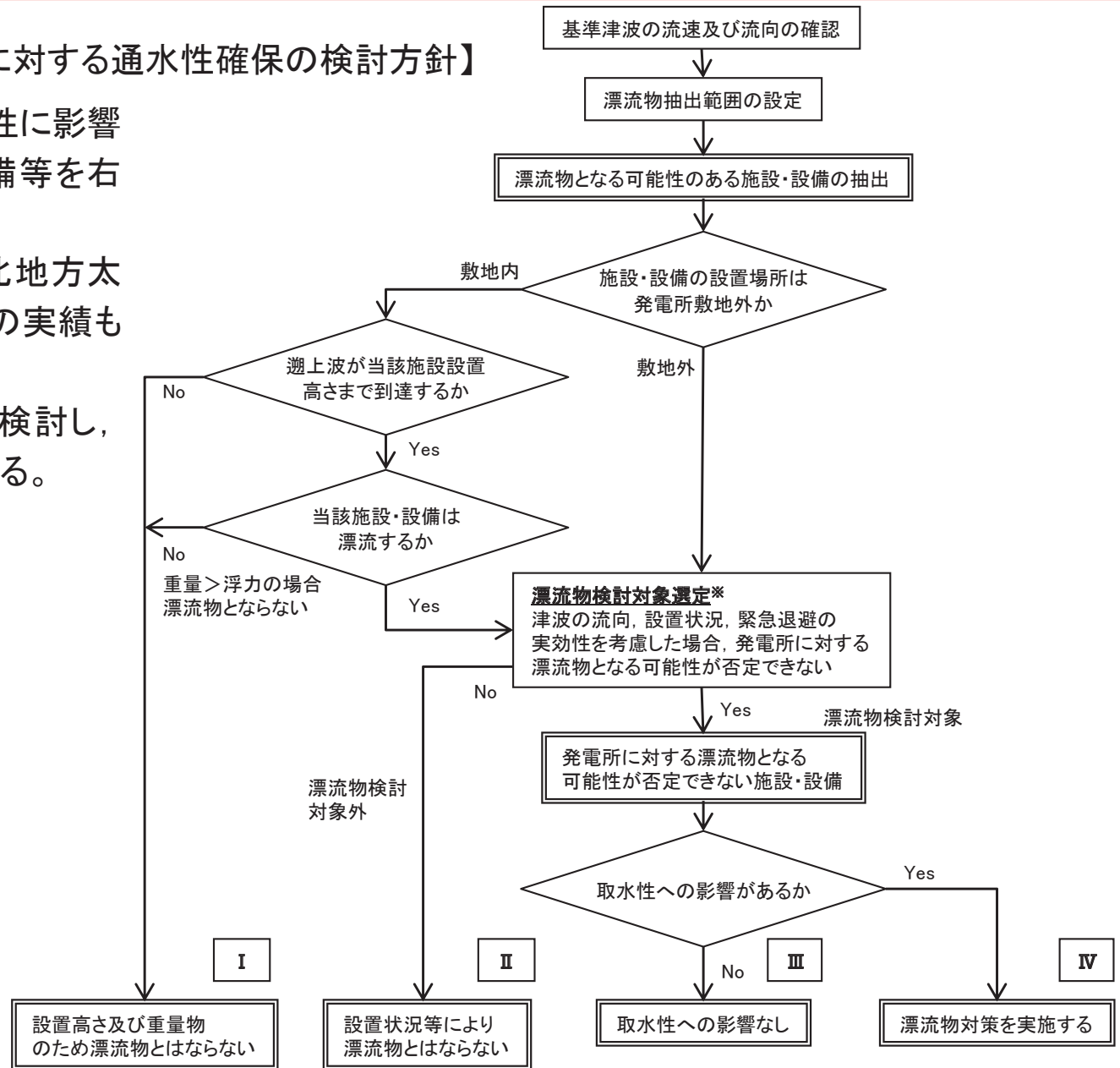
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(4/23)

【基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保の検討方針】

- 基準津波により漂流物となり取水性に影響を及ぼす可能性がある施設、設備等を右に示す評価フローにより抽出する。
- 漂流物の抽出に当たっては、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の実績も参照する。
- 抽出結果から取水性への影響を検討し、必要に応じて漂流物対策を実施する。

※：漂流物となる可能性がないとする判定基準

津波の流向及び地形	発電所へ漂流しない流向・地形である
設置状況	仮設備など運転再開までの撤去が予定されている
その他	緊急退避の実効性が確認されている

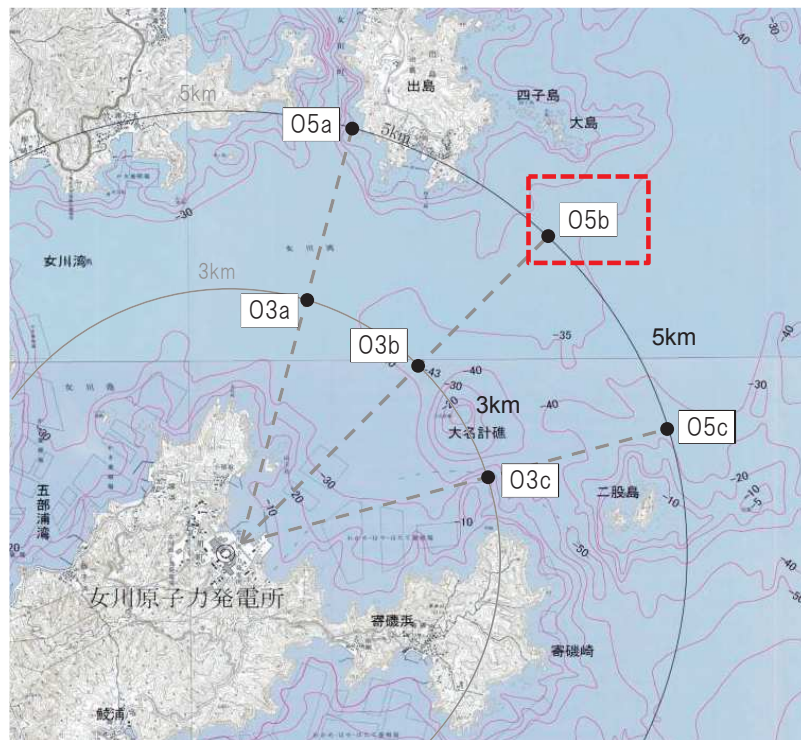


【漂流物評価フロー】

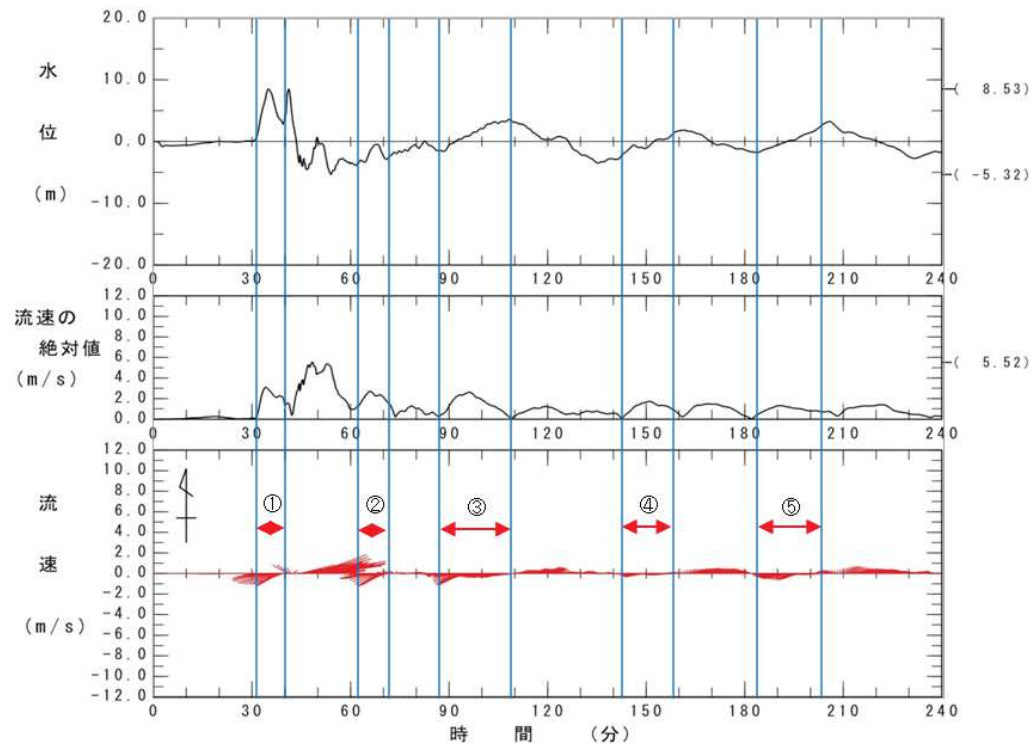
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(5/23)

【漂流物の抽出範囲の設定】

- 抽出地点における最大流速と流向が発電所方向となる継続時間の積を漂流物の移動量と考え、抽出範囲を検討した。
- その結果、移動量は05b地点で最大(約3.6km)となったことから、漂流物の調査範囲を5kmに設定した。



【水位, 流速, 流向の抽出地点】



【抽出地点(05b)における水位, 流速, 流向】

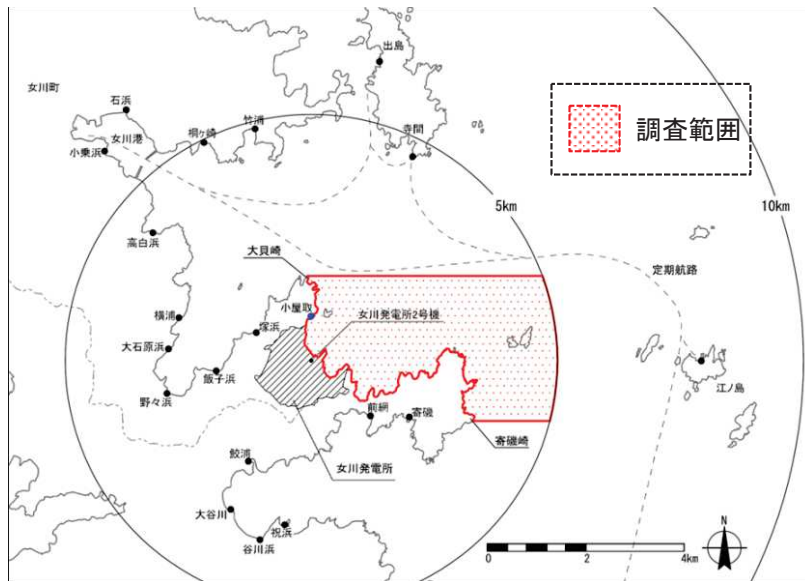
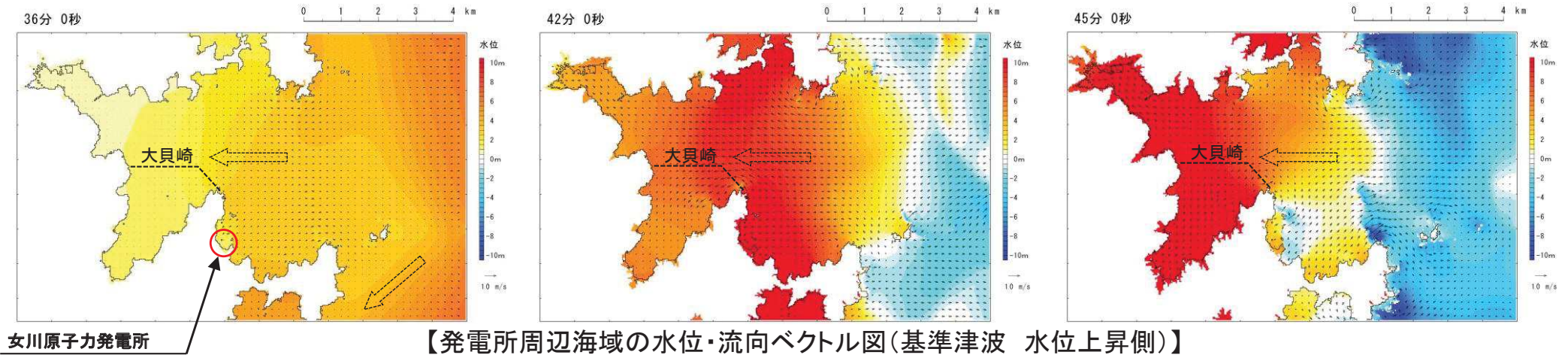
05b地点	①	②	③	④	⑤
継続時間(s)	530.0	580.0	1320.0	950.0	1200.0
流速(m/s)	3.1	2.7	2.7	1.8	1.4
移動量(m)	1643.0	1566.0	3564.0	1710.0	1680.0

【津波の押し引き毎にイベント区分した移動量】

➤ 継続時間中、最大流速*が続くものとして、移動量を算定
 ※: 施設設計に用いる流速は施設設置位置に応じて個別に設定。
 ➤ 移動量は下降側基準津波時にて決定(約3.6km)
 (上昇側基準津波の移動量は約2.9km)

(2)津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(6/23)

- 発電所周辺の流向ベクトルから漂流物抽出範囲を大貝崎よりも南側の海域に設定した。
- また、漂流物抽出範囲において、施設・設備の配置実態を踏まえ、調査分類を4つに区分し、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物(実績)も調査対象とした。
- 区分に基づき調査を実施し漂流物を抽出した。



【調査分類表】

調査分類		調査方法	対象例
A	発電所敷地内における人工構造物 (敷地内・陸域)	机上調査 現地調査	港湾施設 建屋 等
B	漁港・集落・海岸線の人工構造物 (敷地外・陸域)	机上調査 現地調査	港湾施設 家屋 等
C	海上設置物	聞き取り調査 机上調査	係留漁船 養殖漁業施設 発電所港湾施設 等
D	船舶		
東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物		現地調査	

第5条:津波による損傷の防止

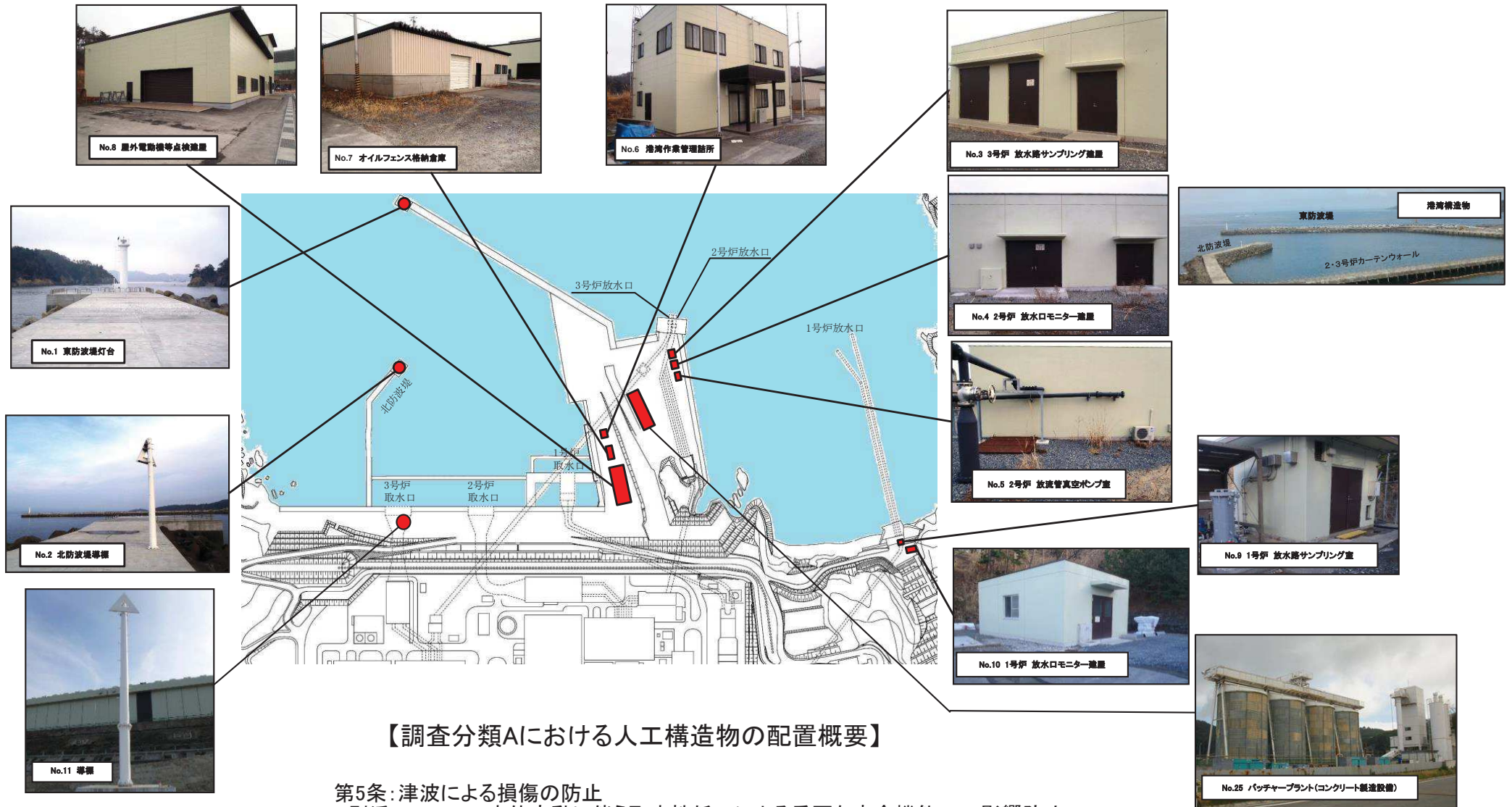
別添1 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.5 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(8/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(7/23)

【調査分類A（発電所敷地内における人工構造物）】

- ・ 防潮堤の区画外海側で津波の遡上域となるエリアについて調査を実施した。
- ・ 調査エリアの主な人工構造物は以下のとおり。



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(9/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(8/23)

【調査分類A・B（発電所敷地内における人工構造物，漁港・集落・海岸線の人工構造物）】

- ・ 防潮堤の区画外で津波の遡上域となるエリアの調査結果は以下(次頁含む)のとおり。
- ・ これら調査結果を踏まえて，鉄骨造建屋(No.6～8)の壁材等及び車両(No.13)の漂流可能性を評価する。
- ・ また，調査分類B(漁港・集落・海岸線の人工構造物)の調査対象としては，小屋取漁港が抽出範囲内に存在し，家屋等が抽出される。調査分類Aとの規模の比較から，調査分類Bは調査分類Aに包含されるものと評価した。

【調査分類A・Bにおける人工構造物の調査結果(1/2)】

No.	名称	設置レベル	形状※1	主材料	重量	数量	検討結果	評価結果※2
1	東防波堤灯台	O.P.+5.0m	11.69m × φ3m	鋼材・RC	約30t	1	RC, 鋼材を主材料とした重量物であり気密性がないため，漂流物とならない。	I
2	北防波堤導標	O.P.+5.0m	約5m × φ約0.5m	鋼材	約0.5t	1		
3	3号炉放水路サンプリング建屋	O.P.+4.0m	4.8m × 71.51m ² 平屋建RC造	RC (RC造)	—	1		
4	2号炉放水口モニター建屋	O.P.+2.5m	4.813m × 65.52m ² 平屋建RC造	RC (RC造)	—	1		
5	2号炉放流管真空ポンプ室	O.P.+2.5m	4.2m × 38.95m ² 平屋建RC造	RC (RC造)	—	1		
6	港湾作業管理詰所	O.P.+2.5m	7.75m × 142.38m ² 2階建鉄骨造	鋼材 (鉄骨造)	—	1	建屋の構造体自体は重量物であり気密性がないため漂流物とならないが，津波波力により構造体から分離した壁材等が漂流物となる可能性がある。	ⅢorⅣ
7	オイルフェンス格納倉庫	O.P.+2.5m	3.813m × 136.77m ² 平屋建鉄骨造	鋼材 (鉄骨造)	—	1		
8	屋外電動機等点検建屋	O.P.+2.5m	13.49m × 940.21m ² 平屋建鉄骨造	鋼材 (鉄骨造)	—	1		
9	1号炉放水路サンプリング室 (排水路試料採取室)	O.P.+7.0m	3.08m × 12m ² 平屋建RC造	RC (RC造)	—	1	RC, 鋼材を主材料とした重量物であり気密性がないため，漂流物とならない。	I
10	1号炉放水口モニター建屋	O.P.+7.0m	4.02m × 54m ² 平屋建RC造	RC (RC造)	—	1		
11	敷地側導標	O.P.+2.5m	約11m × φ約0.5m	鋼材	約0.2t	1		
12	配電柱	O.P.+2.5m以上	8m × φ0.32m	RC	390kg/本	多数		
13	車両(パトロール車)	O.P.+2.5m以上	4.4m × 1.5m × 1.7m	鋼材	約1.5t	—	漂流物となる可能性がある。	ⅢorⅣ

※1: 最大規模の形状を記載。 ※2: 評価結果 I: 設置高さ及び重量物のため漂流物とならない。 評価結果Ⅲ: 取水性への影響なし。
 評価結果Ⅱ: 設置状況等により漂流物とはならない。 評価結果Ⅳ: 漂流物対策を実施する。

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(10/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(9/23)

【調査分類A・B（発電所敷地内における人工構造物，漁港・集落・海岸線の人工構造物）】

【調査分類A・Bにおける人工構造物の調査結果(2/2)】

No.	名称	設置レベル	形状※1	主材料	重量	数量	検討結果	評価結果※2
14	防波堤・岸壁(ケーソン)	O.P.-12.5m ~O.P.+5.5m	15m×10m×9.5m	コンクリート	約3,000t	24	石, コンクリートを主材料とした重量物であり, 気密性がないため漂流物とならない。 なお, 津波の流況を踏まえた取水口到達の可能性を検討し, 到達しないと評価した(次頁以降)。	I
15	防波堤(上部コンクリート)		14.5m×3.0m	コンクリート	約100t/m	2		
16	防波堤(消波ブロック)		6~30t級	コンクリート	30t	多数		
17	防波堤(被覆石)		—	石	500kg/個以上	多数		
18	防波堤(捨石)		—	石	5~100kg/個	多数		
19	2号炉カーテンウォール(PC版)	O.P.-11.5m ~O.P.+3.5m	4.98m×2.25m×0.25m	コンクリート	約6t	30	コンクリート, 鋼材を主材料とした重量物であり, 気密性がないため, 漂流物とならない。 なお, 2号炉カーテンウォールは発電所運転再開までに撤去する。	I
20	2号炉カーテンウォール(H型鋼)		0.43m×0.41m×9m	鋼材	約2.5t	16		
21	2号炉カーテンウォール(上部コンクリート)		2m×2m×50m	コンクリート	約9t/m	1		
22	2・3号炉カーテンウォール(PC版)	O.P.-11.5m ~O.P.+3.5m	4.9m×2.33m×0.3m	コンクリート	約8t/m	124	コンクリート, 鋼材を主材料とした重量物であり気密性がないため, 漂流物とならない。	I
23	2・3号炉カーテンウォール(鋼製トラス)		Φ0.32~0.61m, H13.5m	鋼材	約40~60t	11		
24	2・3号炉カーテンウォール(上部コンクリート)		4.8m×1.5m×176m	コンクリート	約17t/m	1		
25	バッチャープラント(コンクリート製造設備)	O.P.+2.5m	—	RC, 鋼材	—	1	仮設備であり発電所運転再開までに撤去する。	II
26	工事用仮設建物	O.P.+2.5m	—	—	—	—	仮設備であり発電所運転再開までに撤去する。	II

※1: 最大規模の形状を記載。

※2: 評価結果 I: 設置高さ及び重量物のため漂流物とならない。 評価結果 III: 取水性への影響なし。
 評価結果 II: 設置状況等により漂流物とはならない。 評価結果 IV: 漂流物対策を実施する。

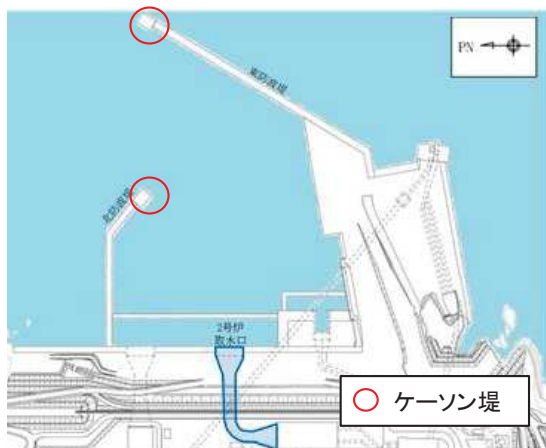
第5条: 津波による損傷の防止

別添1 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) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(10/23)

【防波堤の取水口到達可能性】

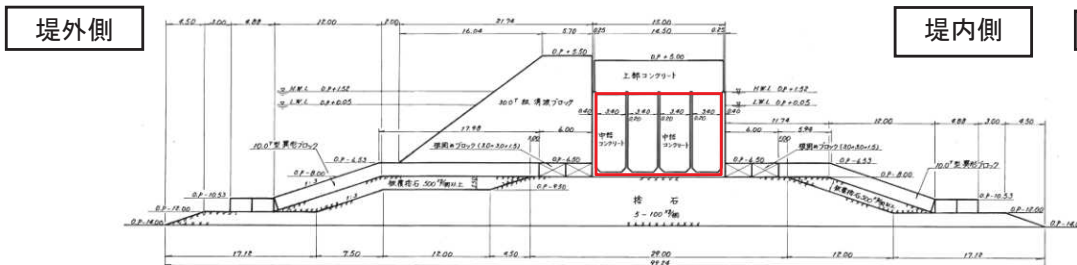
- 防波堤はケーソン堤, 消波ブロック被覆堤から構成されている。
- 防波堤を構築する材料は, コンクリート, 被覆石, 捨石などの重量物であり, 気密性がないことから沈降するため, 漂流物の可能性のある施設・設備としては抽出していない。
- 防波堤は津波影響軽減施設としての設計は行っていないため, 津波時の洗堀に起因する横転・滑動による「移動」や津波の流圧力に起因する滑動・転動による「漂流」の可能性について検討し, 取水口への到達可能性を評価する。



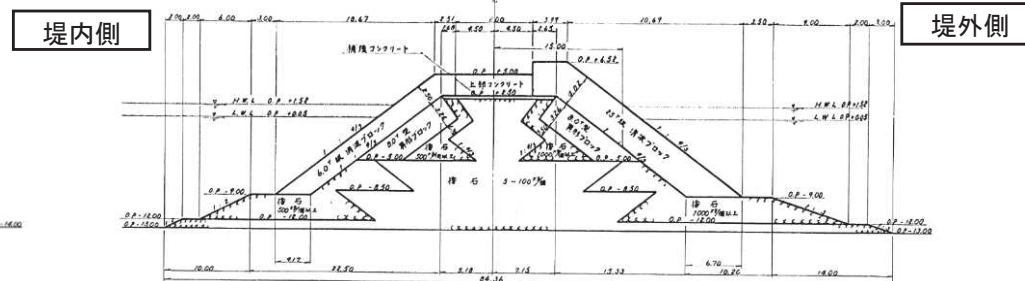
【防波堤と取水口の位置】

【堤防構造と重量】

構造物	仕様・重量
ケーソン (直立部)	北防波堤, 東防波堤各2函: 15m(B) × 10m(L) × 9.5m(H) : 3,000t以上/函
上部コンクリート	東防波堤: 9.0m(B) × 3.5m(H) : 約70t/m 北防波堤: 7.0m(B) × 3.0m(H) : 約40t/m
消波ブロック	堤内側: 6t(東防波堤), 4t, 6t, 8t(北防波堤)
被覆石	500kg/個以上
捨石 (基礎マウンド)	5~100kg/個



【ケーソン堤構造】



【消波ブロック被覆堤構造】

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(12/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(11/23)

【ケーソン堤の被災事例】

- 津波の波力による直立部の滑動，越流による港内側の基礎マウンドや海底地盤の洗掘による支持力の喪失，あるいはこれらの複合的な作用によるものとしている。※1

※1: 国土交通省港湾局: 防波堤の耐津波設計ガイドライン(平成27年12月) 一部改訂2015

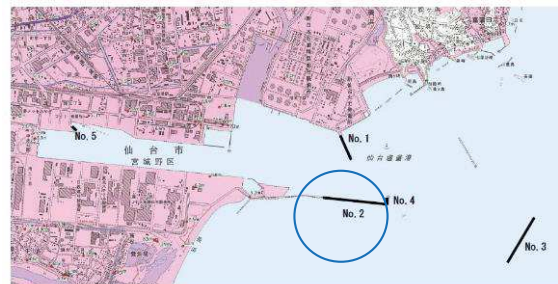
【ケーソン堤の津波波力による被災パターン※1】

分類	被災の概要	主な被災施設	被災状況
越流洗掘型	内外水位差等による津波力だけでは、ケーソンの安定性に影響を与えるに至らないが、津波の流れや越流に伴う渦等の影響でケーソン背面(港内側)のマウンドまたは地盤面が洗掘を受け、最終的に堤体の支持力不足によりケーソンが滑動、滑落したもの	八戸港八太郎防波堤(中央部)	
津波波力型	内外水位差等による直接的な津波力により、ケーソンが不安定となり滑動、転倒、支持力破壊が生じたもの	八戸港八太郎防波堤(ハネ部) 釜石港湾口防波堤(北) 大船渡港湾口防波堤 相馬港沖防波堤	
堤頭部洗掘型	堤頭部周辺の流れにより、基礎マウンドが洗掘を受け、ケーソンの滑落が生じたもの	宮古港竜神崎防波堤 宮古港藤原防波堤 八戸港中央防波堤 八戸港第二中央防波堤	
引波水位差型	第一波の押波時の津波力や越流に伴う洗掘だけでは、不安定までには至らないが、引波時における内外水位差により、ケーソンが不安定となり滑動、転倒、支持力破壊が生じたもの	女川港防波堤	

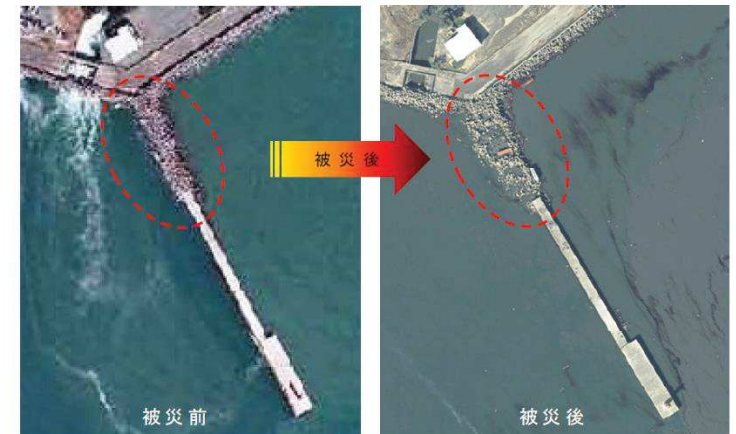
【消波ブロック被覆堤の被災事例】

- 上部コンクリート，消波ブロックの倒壊や飛散が見られたとしている。※2

※2: 港湾航空技術研究所; 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による港湾施設等被害報告, 港湾技術研究所資料, No.1291, 2015.



【消波ブロックの被災事例※2】



外港地区 北防波堤
(平成23年2月16日、3月12日撮影⑦)
消波ブロック 飛散(100m)

第5条: 津波による損傷の防止

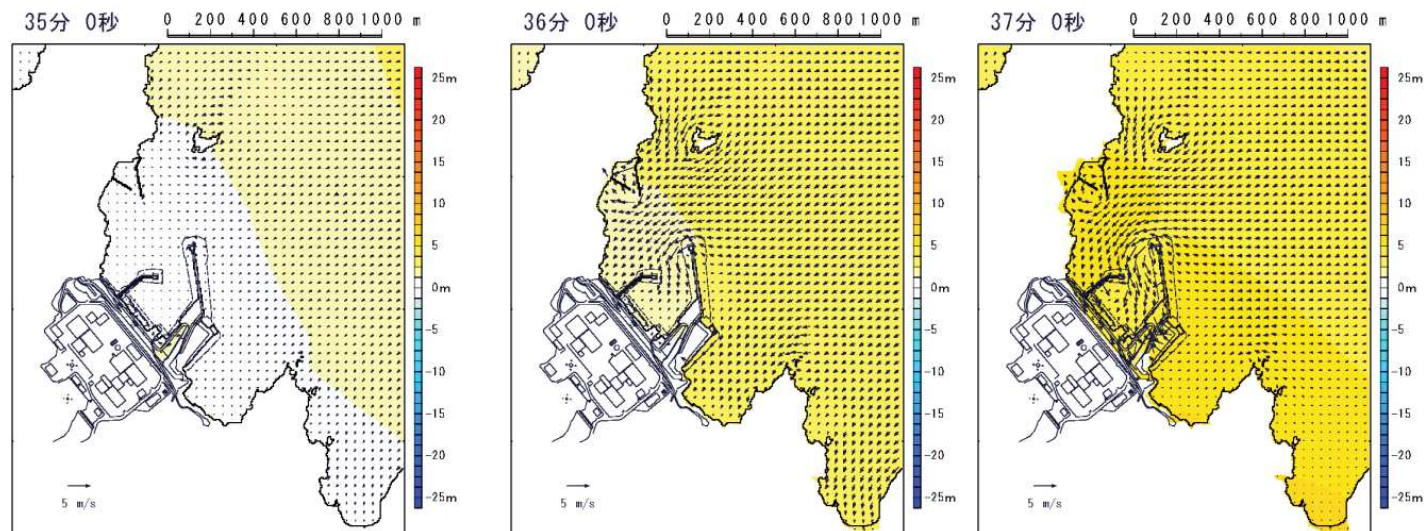
別添1 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.5 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(13/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(12/23)

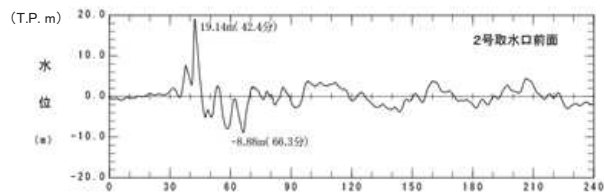
【津波による防波堤への影響】

- 基準津波は、外洋に面する東防波堤に対して直角方向に襲来するのではなく、港内に回り込みながら襲来することから、防波堤内外の水位差は小さく、かつ明瞭な水位差が発生する時間は地震発生後36分～37分の1分程度と短い。

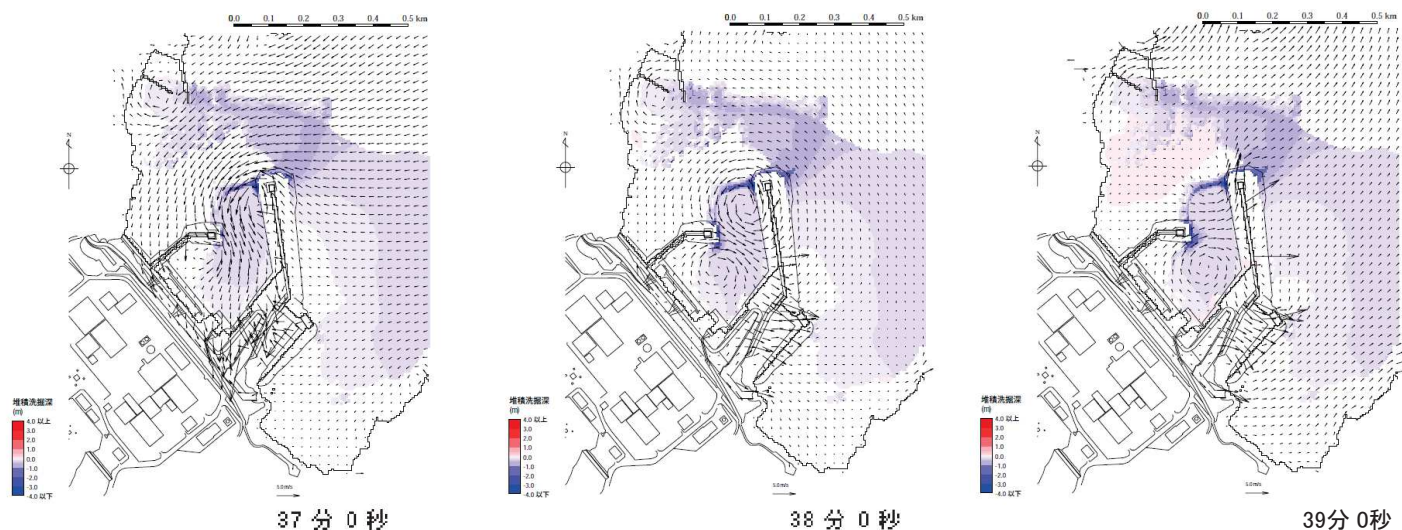


【基準津波(上昇側)による水位上昇時の水位・流速・流向】

- 基準津波が港内に防波堤堤頭部を回り込みながら進行する際に、防波堤堤頭部のケーソン堤付近の海底地盤が局所的に洗掘される。



【基準津波(上昇側)による2号取水口前面水位】



【基準津波(上昇側)による水位上昇時の海底地形変化】

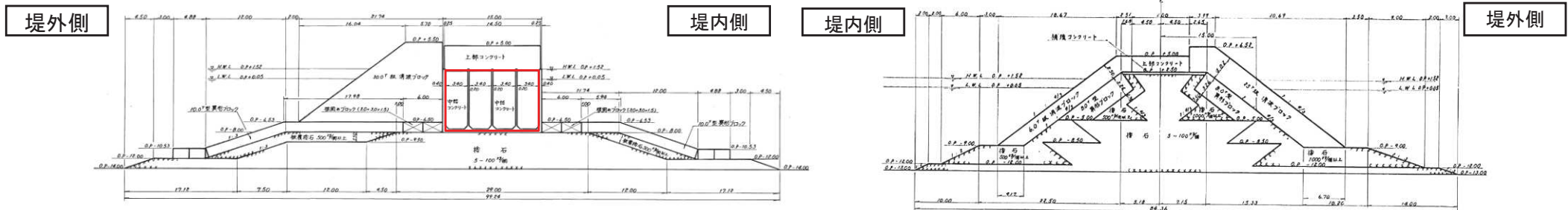
2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止(14/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(13/23)

【防波堤の被災形状の想定】

- 東北地方太平洋沖地震及び津波による被災状況等に関する知見，基準津波襲来時の流況及び防波堤の構造的特徴を踏まえた想定される被災形状を下表に示す。
- ケーソン堤構造は基礎マウンドからの転倒・滑落が想定される。
- 消波ブロック被覆堤及びケーソン堤の上部コンクリート，消波ブロック，被覆石，捨石については飛散が想定される。

構造物	仕様	想定される被災形状	根拠
ケーソン (直立部)	15m(B) × 10m(L) × 9.5m(H) : 約3,000t以上/函	基礎マウンドからの転倒・滑落(堤頭部洗掘型)	<ul style="list-style-type: none"> • 防波堤内外の水位差は小さく，優位な水位差が発生する時間は短い。 • 水位上昇時，防波堤堤頭部周辺の基礎マウンド部の洗掘が想定される。
上部コンクリート， 消波ブロック， 被覆石，捨石	5kg～8t 上部コンクリートは40～70t/m	飛散	<ul style="list-style-type: none"> • 東北地方太平洋沖地震及び津波で被災を受けた防波堤同様の被災が想定される。



【ケーソン堤構造】

【消波ブロック被覆堤構造】

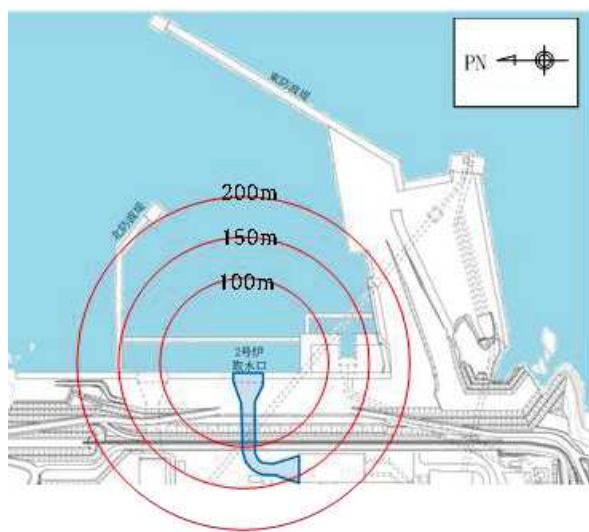
第5条：津波による損傷の防止

別添1 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

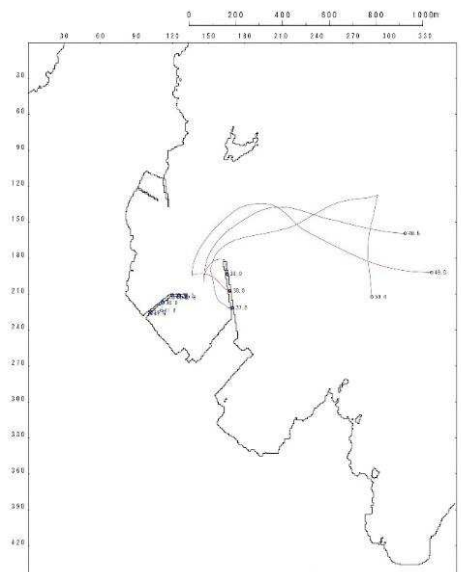
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(14/23)

【防波堤の損傷による取水口到達の可能性】

- 防波堤堤頭部と2号炉の取水口との間には約200mの離隔があることから、基礎マウンドから転倒・滑動することにより移動した防波堤ケーソンが取水口に到達することはない。
- 損傷した状態で津波による流圧力を受けることにより、滑動や転動による漂流が生じる可能性が考えられるが、防波堤堤頭部の津波流速に対するコンクリートの安定質量は約635tであり、これに対し防波堤堤頭部のケーソンは3,000t以上であることから漂流せず、損傷した防波堤のケーソンは2号炉の取水口に到達することはない。
- 上部コンクリート、消波ブロック、被覆石及び捨石のうち最も軽量の捨石は上部工、消波ブロック及び被覆石の背面や下部に設置されており漂流しにくいこと、砂を対象とした海底地形変化においても取水口は閉塞していないことから、砂よりも漂流しにくい捨石により取水口が閉塞することはない。
- 捨石の次に軽量の被覆石は流速3m/s以上で漂流する。漂流開始流速を3m/sとした軌跡解析により、被覆石及び被覆石よりも重い上部コンクリート、消波ブロックは防波堤近傍に留まるか沖側へ漂流することから、2号炉取水口を閉塞することはない。



【防波堤と取水口の離隔】



【軌跡解析】

第5条:津波による損傷の防止

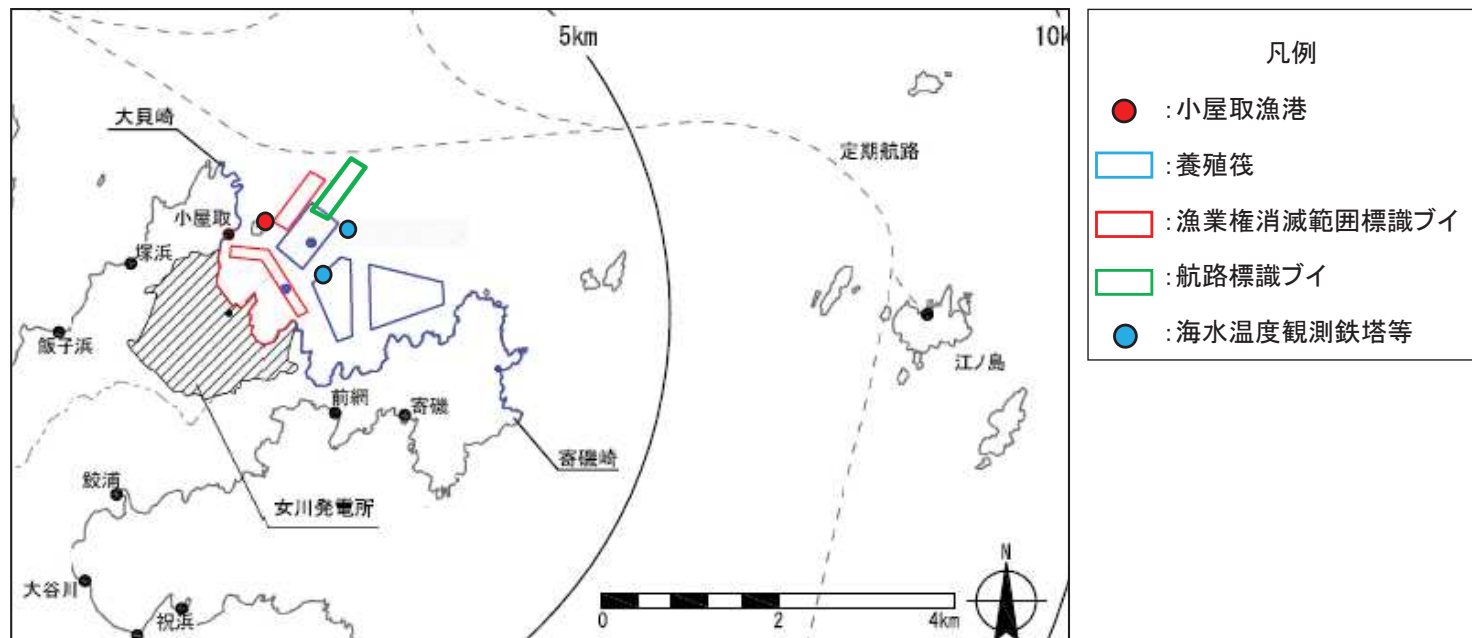
別添1 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

2.5 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(16/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(15/23)

【調査分類C】

- 海上に設置された人工構造物として漁船, 養殖漁業施設, 発電所港湾施設等を抽出。



【調査分類Cにおける海上設置物の配置概要】

【調査分類Cにおける海上設置物の調査結果】

分類	名称	形状※1	主材料	重量	数量	検討結果	評価結果※2
係留漁船	小型漁船(小屋取漁港の係留漁船)	—	FRP	5t未満 (総トン数)	18	係留索の破損等を考慮し, 漁船の漂流物化を考慮する	Ⅲ or Ⅳ
養殖漁業施設	養殖筏	—	フロートロープ・木材	1t未満	約100	アンカーとの破断を考慮し, 上部材の漂流物化を考慮する	Ⅲ or Ⅳ
その他 ・女川発電所港湾 関係施設	漁業権消滅範囲標識ブイ	φ0.76m(球体)	FRP	1t未満	5	アンカーとの破断を考慮し, 上部浮標部の漂流物化を考慮する	Ⅲ or Ⅳ
	航路標識ブイ	33.56m × φ0.914m	鋼材	5t未満	4		
	海水温度観測鉄塔	約22m × 11m × 11m	鋼材	—	1		
	海水温度観測用浮標	26.63m × φ0.914m	鋼材	5t未満	1		

※1: 最大規模の形状を記載。

※2: 評価結果Ⅰ: 設置高さ及び重量物のため漂流物とならない。

評価結果Ⅱ: 設置状況等により漂流物とはならない。

評価結果Ⅲ: 取水性への影響なし。

評価結果Ⅳ: 漂流物対策を実施する。

第5条: 津波による損傷の防止

別添1 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

2.5 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(17/24)

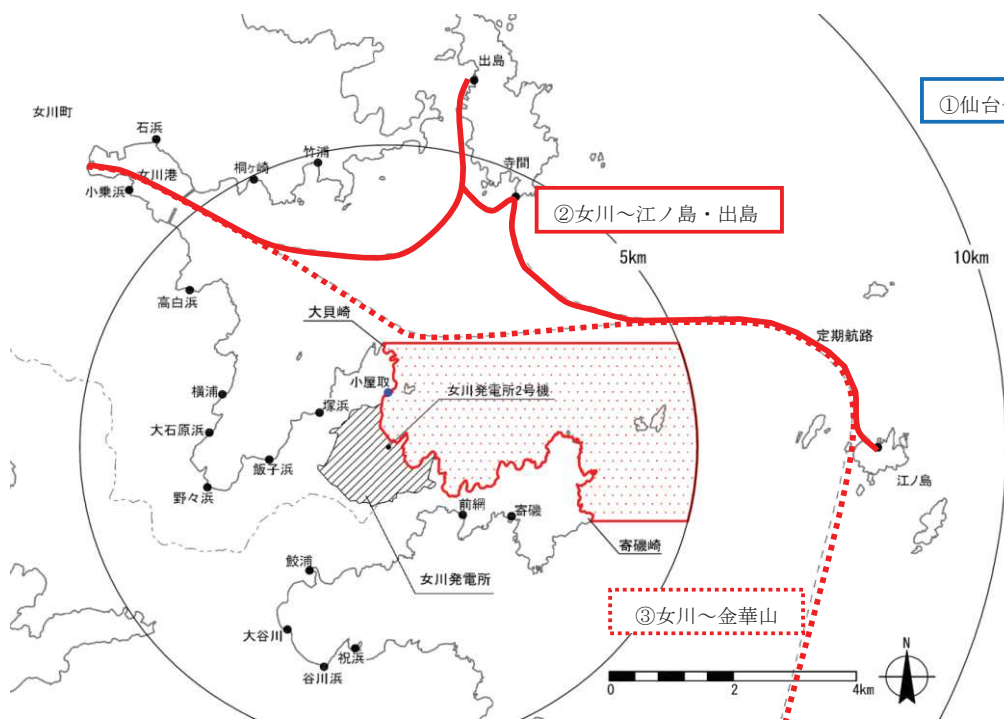
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(16/23)

【調査分類D】

- 設定した調査範囲内において定期航路船舶の運航航路は確認されなかった。

【参考】

- 発電所周辺5km圏内および沖合い約10kmでは定期航路船舶の運航航路が確認された。
- 各運行会社への聞き取り調査の結果、津波警報等発令時の退避措置が明確となっていることから、漂流物とならないものとして整理している。



【運航航路】

【定期航路船舶一覧】

	航路	所属船名	総トン数	運航会社
①	仙台～苫小牧	いしかり	16,000	太平洋フェリー
		きそ	16,000	
		きたかみ	13,973	
②	女川～江ノ島・出島	しまなぎ	62	シーパル女川汽船
③	女川～金華山	ベガ	19	潮プランニング
		アルティア	19	

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(17/23)

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- 震災直後の調査より、3.11津波による女川原子力発電所における漂流物として、木片等のがれきり類、小型船舶(船外機)、敷地内の構築物(重油タンク、建屋壁材・屋根材等)、漁具が確認された。



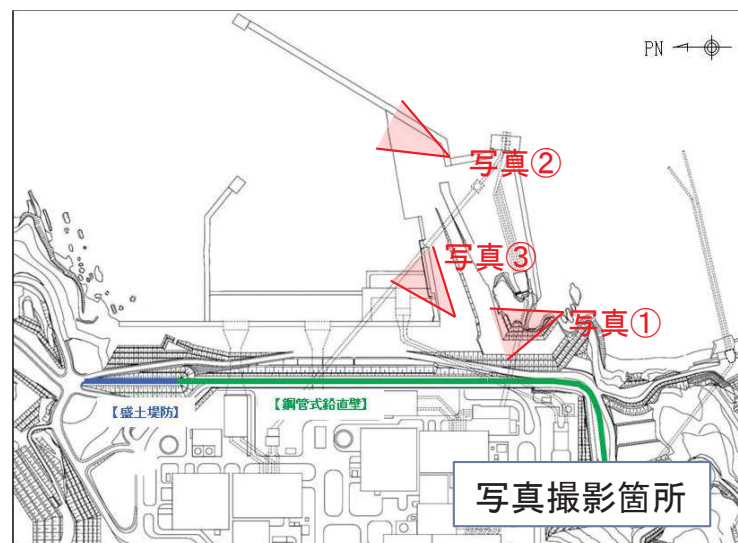
写真①: 岸壁全体の漂流物状況(平成23年3月18日撮影)



写真②: 東防波堤の漂流物状況(平成23年3月14日撮影)



写真③: 岸壁の漂流物状況(平成23年3月22日撮影)



※: 写真①～③は女川原子力発電所における平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果に係る報告書より抜粋。

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(19/24)

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(18/23)

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- 発電所の港湾内において木片等のがれき類, 漁具, 廃プラスチックが確認された。



写真①: 廃プラ・漁具類 大型土嚢120袋分



写真②: 木片・流木 約230m³



写真③: 混合ゴミ 約140m³

第5条: 津波による損傷の防止

別添1 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

2.5 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(20/24)

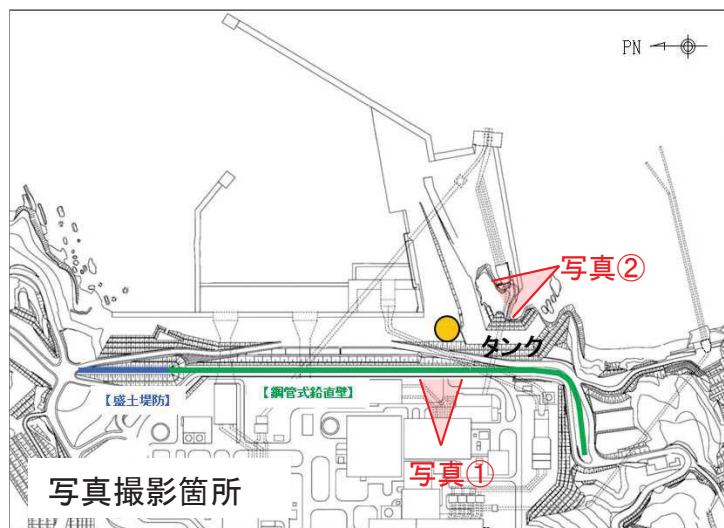
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(19/23)

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- O.P.+2.5mに設置されていた1号炉補助ボイラー用の重油貯蔵タンクが漂流した。
- 津波により浮き上がり漂流したものと推察されるが、設置位置付近に留まっている(移動距離:約20m)。



写真①



※: 写真①, ②は女川原子力発電所における平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果に係る報告書より抜粋。



写真②

第5条: 津波による損傷の防止

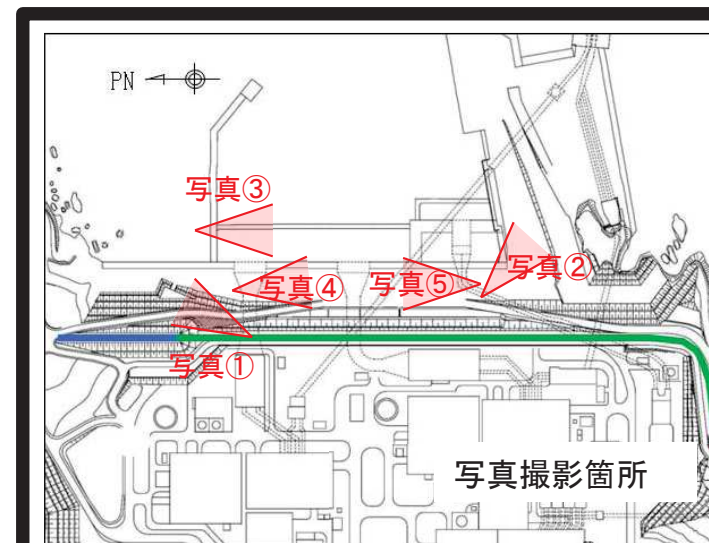
別添1 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(20/23)

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- O.P.+2.5m盤にみられる漂流物は、車両と漂流ごみであり、フェンスは漂流していない。
- 構内道路はアスファルト舗装の損傷程度であり大規模な不陸は見られない。
- 建屋の外壁の破損は一部に留まっている。
- 取水口前面には漂流物は見られない。

防護上の観点又は機密に係わる
観点から公開できません



(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(21/23)

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物 まとめ】

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

漂流物	記事	漂流元【移動距離】	備考
小型船舶	船外機	不明	津波の数日後に漂着
車両	約1~2t	敷地内(O.P.+6mの駐車場)	
水槽	約0.3t	敷地内(O.P.+10m)【約20m】	工事用の仮設備
タンク	重油タンク 重油残量約600kl	敷地内(O.P.+2.5m)【約20m】	重油タンクは廃止済み
木片・混合ごみ・流木	約370m ³	不明	
漁具	プラスチック等	不明	大型土嚢120袋分

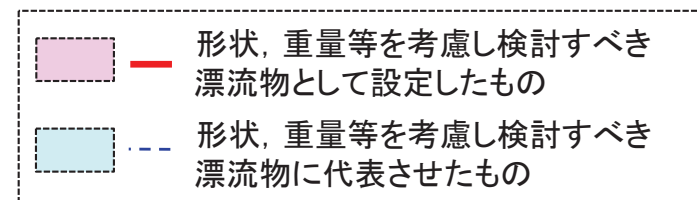
(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(22/23)

【漂流物の抽出結果まとめ】

- 漂流物評価フローにおける評価結果Ⅲ, Ⅳ(漂流物化の可能性有)及び東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物について再掲し, 検討すべき漂流物を設定した。
- 抽出結果を踏まえ, 漂流物による取水口閉塞可能性の評価を行う。

【漂流物の抽出結果まとめ】

抽出分類	漂流物	記事
漂流物評価フローにおける評価結果	建屋壁材	港湾作業管理詰所, オイルフェンス格納倉庫, 屋外電動機等点検建屋
	車両	約1.5t
	漁船	係留漁船(5t未満(総ト数))
	養殖筏(上部材)	養殖漁業施設
	浮標類(上部材)	女川発電所港湾関係施設(漁業権消滅範囲標識ブイ, 航路標識ブイ, 海水温度観測鉄塔, 海水温度観測用浮標)
東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物	小型船舶	船外機
	車両	約1~2t
	水槽	約0.3t
	タンク	重油タンク(重油残量約600kl)
	木片・混合ごみ・流木	約370m ³
	漁具	プラスチック等



【検討すべき漂流物】

漂流物	記事
漁船	5t未満(総ト数)
車両	約1~2t
水槽	約0.3t
タンク	重油タンク(重油残量約600kl)
木片・混合ごみ・流木	約370m ³
漁具	プラスチック等

(2) 津波の二次的な影響による非常用冷却海水系の機能保持確認(23/23)

【基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保】

- 漂流物となる可能性のあるものの整理結果を踏まえ、取水を阻害(閉塞)する可能性が最も高いと考えられる漁船(5t(総トン数))を対象に取水性の検討を行った。
- 取水口は、循環水ポンプの取水路を兼ねており、全体流量(約59m³/s)に対する補機冷却海水ポンプの流量(約1m³/s)から、漂流物の衝突により通水面積の約98%が閉塞されない限り、補機冷却海水ポンプへの通水機能が維持できる。
- 取水口の閉塞に最も影響が大きいと考えられる漁船は、喫水深約2m、船体長さ約11m、幅約3mであるのに対し、取水口における取水面積(7.8m×4.0m×6連)は十分に大きいことから、取水性に影響はない。
- 漁船を除く漂流物のうち車両については、漁船より小さいので取水性に影響はない。港湾部分の建屋外壁や内装材、養殖施設の構成材などの軽量物については、水面に浮遊することから高さ7.8mの取水口を閉塞することはない。
- コンクリート構造物については、重量物であり気密性がないため漂流物とならないが、特に規模が大きい防波堤については転倒、滑動によっても取水口に到達しないことを確認した。また、カーテンウォールについては破損したとしてもその形状から取水口を98%以上閉塞することはない。



【取水口前面の漂流物 概念図】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

2. 6 津波監視(1／3)

➤ 津波監視設備として、津波監視カメラ及び取水ピット水位計を設置する。いずれも耐震Sクラス設計とし、浸水防護重点化範囲に設定している非常用電源から給電可能な設計とする。

(1)津波監視カメラ

- a. 津波の影響を受けない、2号炉原子炉建屋屋上のO.P.+49.5mの位置に設置する。
- b. 敷地前面を監視することで、津波の襲来を把握することが可能な設計とする。
- c. 赤外線機能を有したカメラを設置することにより、昼夜を問わない継続的な監視を可能とする。

(2)取水ピット水位計

- a. 2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置。当該設置エリアは外郭防護と内郭防護により、浸水の防止を図っている。
- b. 上昇側及び下降側の入力津波高さを考慮して、測定範囲を設定する。

【津波監視カメラの主な仕様】

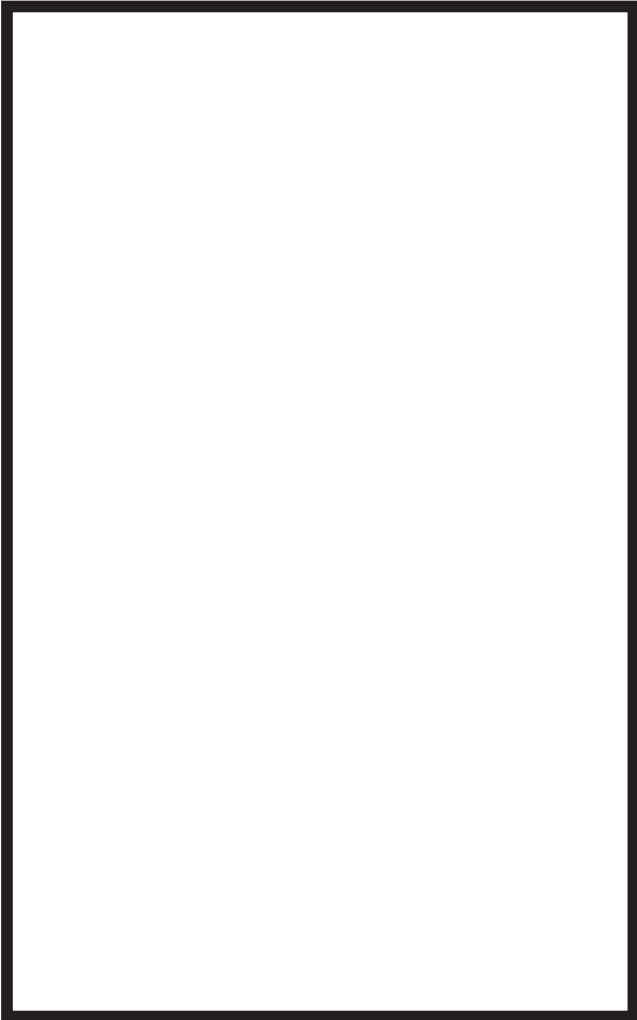
設置位置	仕様	監視範囲
2号炉原子炉建屋屋上 O.P.+49.5m	赤外線等 (旋回可能)	敷地前面の津波襲来状況 敷地内の状況

【取水ピット水位計の測定範囲】

設置位置	検出方式	水位計測定範囲(入力津波高さ)	
		2号炉海水ポンプ室 補機ポンプエリア	バブラ管式
		水位下降側	O.P.-11.25m (O.P.-6.4m)

2.6 津波監視(2/3)

➤ 津波監視設備の配置図及び津波監視カメラ映像イメージを以下に示す。



【津波監視カメラ映像イメージ】

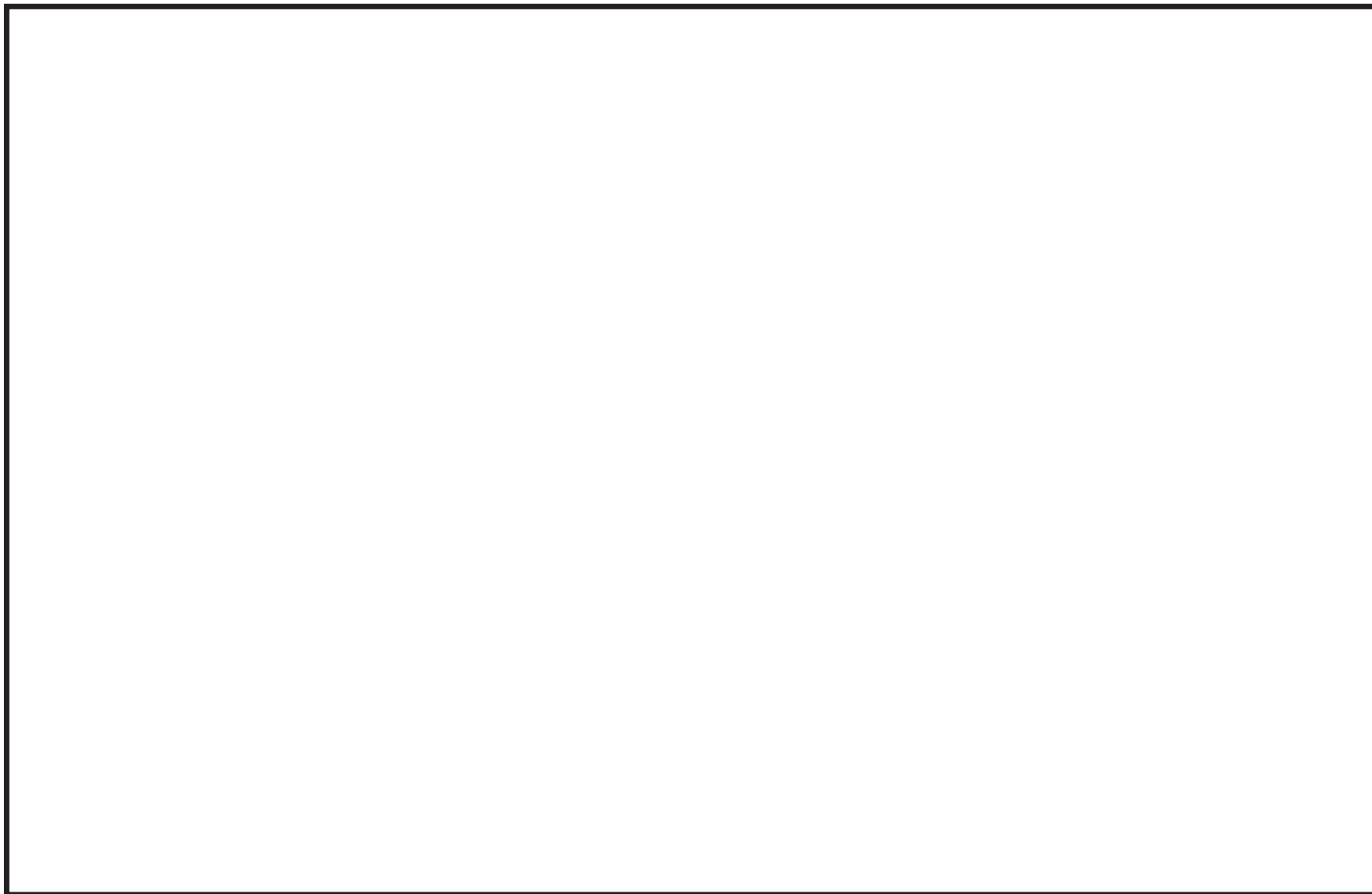


【津波監視設備配置図】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

2. 6 津波監視設備(3/3)

- 取水ピット水位計の設置位置を以下に示す。



【取水ピット水位計設置位置】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

3. 重大事故等対処施設の津波防護方針(1/2)

●重大事故等対処施設の津波防護方針については、前頁までに示した設計基準対処施設の津波防護方針と同様の方針により津波防護が達成可能である。概要は以下のとおり。

a. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

●重大事故等対処施設は、設計基準対象施設を内包する建屋及びエリアの敷地高さと同様の高さ、又は、それ以上の高所に設置することから、設計基準対処施設の津波防護方針と同様の方針により津波防護が達成可能である。

b. 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止(外郭防護2)

●重大事故等対処施設は、設計基準対象施設を内包する建屋及びエリアの敷地高さと同様の高さ、又は、それ以上の高所に設置することから、設計基準対処施設の津波防護方針と同様の方針により津波防護が達成可能である。

c. 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離(内郭防護)

●重大事故等対処施設は、設計基準対象施設を内包する建屋及びエリアの敷地高さと同様の高さ、又は、それ以上の高所に設置することから、設計基準対処施設の津波防護方針と同様の方針により津波防護が達成可能である。

d. 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止

●非常用海水ポンプ(原子炉補機冷却海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ)は、設計基準対処施設の津波防護方針と同様の方針により津波防護が達成可能である。

●大容量送水ポンプは、事象発生後24時間以降に使用する設備であることから、水位低下及び浮遊砂に対する取水性に影響はない。

e. 津波監視

●設計基準対処施設の津波防護方針と同様の方針により津波防護が達成可能である。

3. 重大事故等対処施設(2/2)

➤ 重大事故等対処施設を内包する建屋及び区画と周辺敷地高さは以下のとおり。



【重大事故等対処設備を内包する建屋及び区画】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件(1/5)

【各施設の設計方針】

●津波防護施設の設計

- 波力による侵食及び洗堀に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価する。
- 津波荷重や地震荷重等に対して、津波防護機能が十分保持できるように設計する。

●浸水防止設備の設計

- 基準地震動による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。
- 浸水時の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。

●津波監視設備の設計

- 津波の影響(波力・漂流物の衝突等)に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計する。

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件(2/5)

【考慮する荷重の組合せ】

- 荷重の組合せの設定にあたっては、施設・設備の設置状況を考慮し、以下の荷重から適切に組み合わせて設定する。
 - 常時荷重
 - 自重, 積載荷重及び静水頭圧等を考慮する。
 - 地震荷重(S_s)
 - 基準地震動 S_s による地震力を考慮する。
 - 余震荷重
 - 弾性設計用地震動 S_d-D2 による地震力を考慮する。
 - 津波荷重(静)
 - 静水頭圧による荷重を考慮する。
 - 津波荷重(動・波力)
 - 津波の波力による荷重を考慮する。
 - 津波荷重(動・突き上げ)
 - 経路からの津波が鉛直上向き方向に作用する場合の津波による荷重を考慮する。
 - 漂流物衝突荷重
 - 漂流物の衝突荷重を考慮する。漂流物衝突荷重の設定の考え方を次頁以降に示す。
 - 風荷重
 - 「第6条外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する設計基準風速に伴う荷重を考慮する。
 - その他自然現象に伴う荷重(積雪荷重, 降下火砕物荷重)
 - 「第6条外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する積雪荷重及び降下火砕物荷重を考慮する。

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件(3/5)

【漂流物衝突荷重の設定方針】

●漂流物の設定

- ・ 衝突荷重として考慮する漂流物を抽出する。
- ・ 以下に「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」で抽出した漂流物を再掲する。
- ・ この抽出結果及び発電所運転再開時の状況を踏まえ、衝突荷重として考慮する漂流物を設定する。

【抽出された漂流物】

漂流物	記事
漁船	5t未満(総トン数)※1
車両	約1～2t※2
水槽	約0.3t
タンク	重油タンク※3 (重油残量約600kl)
木片・混合ごみ・流木	約370m ³
漁具	プラスチック等

※1:5t(総トン数)は重量では15tと換算。

※2:社員の構内パトロール用自動車を想定。

※3:該当位置の重油タンクは廃止済み。

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件(4/5)

【漂流物衝突荷重の設定方針】

●評価に用いる流速の設定

- 衝突荷重の評価に用いる流速は、被衝突施設毎に前面海域における津波の流入状況等を踏まえ、保守的に設定する。

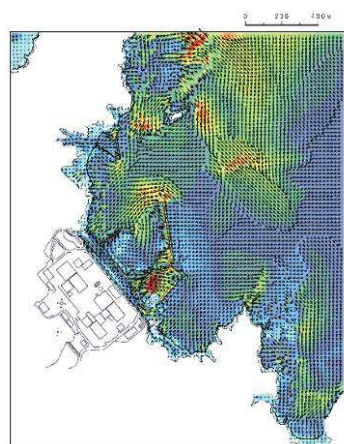


図-①
全水深における
最大流速分布

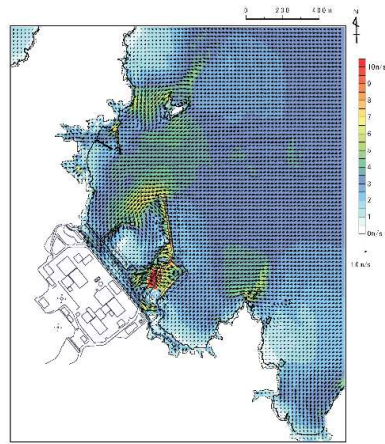


図-②
O.P.+5.0m以上の
水深における
最大流速分布

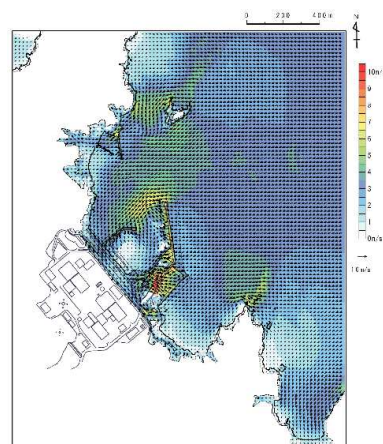


図-③
O.P.+10.0m以上の
水深における
最大流速分布

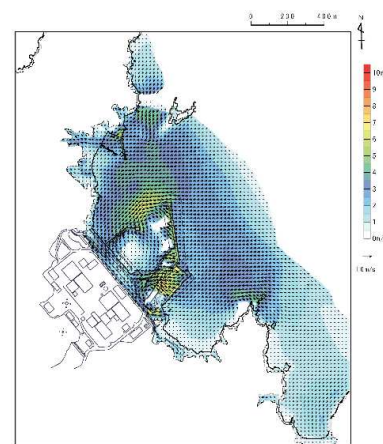


図-④
O.P.+13.5m以上の
水深における
最大流速分布

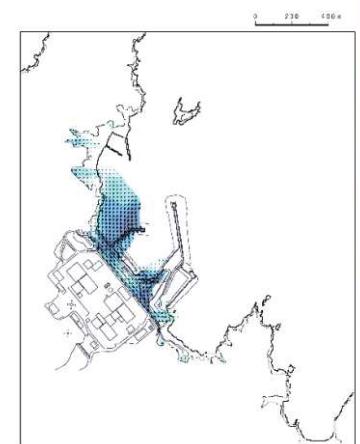
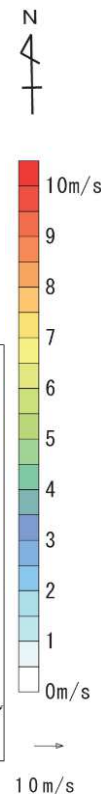


図-⑤
O.P.+18.5m以上の
水深における
最大流速分布



【基準津波(上昇側)最大流速分布】

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件(5/5)

【漂流物衝突荷重の設定方針】

●漂流物荷重の評価式

- 漂流物荷重の評価式として、以下に示すものが提案されている。女川原子力発電所における地形・津波等の特徴、流速や段波・砕波の発生状況、漂流物の性状等から式の適用性を判断した上で評価を実施する。

	出典	種類	概要	評価式の根拠(実験条件)
①	松富ほか (1999)	流木	津波による流木の衝突力を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において、流木(植生林ではない丸太)を被衝突体の前面(2.5m以内)に設置した状態で衝突させている。
②	池野・田中 (2003)	流木	円柱以外にも角柱、球の形状をした木材による衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験) 受圧板を陸上構造物と想定し、衝突体を受圧板前面80cm(現地換算80m)離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺(1/100)を考慮した場合、現地換算で直径2.6~8mの仮定となる。
③	道路橋示方書 (2012)	流木等	橋(橋脚)に自動車、流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突力を定めている。	漂流物が流下(漂流)してきた場合に、表面流速(津波流速)を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できる。
④	FEMA (2012)	流木・ コンテナ	漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら、一例として評価式を示している。	「運動方程式に基づく衝突力方程式」 非減衰系の振動方程式に基づいており、衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体としている。
⑤	水谷ほか (2005)	コンテナ	津波により漂流するコンテナの衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/75の模型実験) 使用コンテナ:長さを20ftと40ft, コンテナ重量:0.2N~1.3N程度 遡上流速:1.0m/s以下, 材質:アクリル
⑥	有川ほか (2007,2010)	流木・ コンテナ	コンクリート構造物に鋼製構造物(コンテナ等)が漂流衝突する際の衝突力を提案している。	「接触理論に基づく推定式」(縮尺1/5の模型実験) 使用コンテナ:長さ1.21m, 高さ0.52m, 幅0.49m 衝突速度:1.0~2.5m/s程度, 材質:鋼製
⑦	Haehnel and Daly(2004)	船舶・ 木材・ コンテナ	漂流物の衝突による力積が、衝突の前後における漂流物の運動量変化に等しいという考えに基づき最大衝突力を与える式として提案している。	「運動量理論に基づく衝突力推定式」

参考文献

1. 松富英雄(1999):流木衝突力の実用的な評価式と変化特性, 土木学会論文集, No.621, pp.111-127
2. 池野正明・田中寛好(2003):陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp.721-725
3. 水谷法美ら(2005):エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第52巻, pp.741-745
4. 有川太郎ら(2007):遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験, 海岸工学論文集, 第54巻, pp.846-850
5. 有川太郎ら(2010):津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験, 土木学会論文集B2, Vol.66, No.1, pp.781-785
6. FEMA(2012): Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis 2nd Edition, FEMA, P646