

新規制基準適合性審査申請 自然現象等 ＜(2)津波：耐津波設計方針＞

(No. 2,4,51,53,54,55,62 関連)

2019年8月2日

東北電力株式会社

目次

1. 規制要求
2. 基本方針
3. 施設毎の設計水位(入力津波)
4. 津波防護方針
 - 4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)
 - 4-2. 漏水による重要な安全機能の影響防止(外郭防護2)
 - 4-3. 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)
 - 4-4. 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
 - 4-5. 津波監視
5. 適合性審査状況
6. これまでのご意見に対する回答
7. 参考

【略語・用語（1／2）】

略語

略語	正式名称
設置許可基準規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

用語

用語	意義
安全機能	<p>「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、次に掲げるものをいう。</p> <p>イ その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化 又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能</p> <p>ロ 発電用原子炉施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の拡大を防止し、又は速やかにその事故を収束させることにより、公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止し、及び放射性物質が発電用原子炉を設置する工場又は事業所（以下「工場等」という。）外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能</p>
安全機能の重要度分類 クラス1 クラス2 クラス3	<p>発電用原子炉施設の安全性の確保のために必要な安全機能の重要性の程度をいい、以下のとおり分類される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ クラス1 合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持することが要求される構築物、系統及び機器（止める・冷やす・閉じ込める機能を有するもの） ・ クラス2 高度の信頼性を確保し、かつ、維持する構築物、系統及び機器 ・ クラス3 一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持する構築物、系統及び機器

【略語・用語（2／2）】

用語

用語	意義
耐震重要度分類 Sクラス Bクラス Cクラス	<p>「耐震重要度分類」とは、施設の耐震設計上の重要度を、地震により発生する可能性のある環境への放射線による影響の観点から、施設の種別に応じて、以下のとおり分類したものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Sクラス 地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設 ・ Bクラス 安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設 ・ Cクラス Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設
基準津波	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（発電所敷地に最も大きな影響を与える津波を検討するため、基準地震動の断層モデルとは同一ではない） ・ 敷地前面海域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少となるよう、施設から離れた沿岸域で定義する
入力津波	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基準津波を踏まえて、各施設の設計に用いるために設定する水位 ・ 入力津波は、基準津波を決めた波源からの数値計算により、各原子力施設・設備の設置位置までの局所的な水位上昇・下降を考慮して、時刻歴波形として算出される
O.P.	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ 平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震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、津波防護設計においては、1m沈降した地形を基準としている



1. 規制要求

1. 規制要求(1/2)

設置許可基準規則 第五条(津波による損傷の防止)とその解釈	備考	
<p>第五条 設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>解釈 「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、基準津波に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下(第一号から第七号)の方針によること。</p>	
	<p>一 Sクラスに属する施設(津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。下記第三号において同じ。)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こと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。(要求事項①)</p>	<p>外郭防護1 (4-1章)</p>
	<p>二 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すること。(要求事項②)</p>	<p>外郭防護2 (4-2章)</p>
<p>三 上記の前二号に規定するものの他、Sクラスに属する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。そのため、Sクラスに属する設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口(扉、開口部及び貫通口等)を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。(要求事項③)</p>	<p>内郭防護 (4-3章)</p>	

1. 規制要求(2/2)

設置許可基準規則 第五条(津波による損傷の防止) とその解釈	備考	
<p>第五条 設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>四 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すること。そのため、非常用海水冷却系については、基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計であること。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。(要求事項④)</p>	<p>非常用海水冷却系の取水性 (4-4章)</p>
	<p>五 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波(施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。)に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できること。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できること。(要求事項⑤)</p>	<p>津波監視設備の設置 (4-5章)</p>
	<p>六 地震による敷地の隆起・沈降、地震(本震及び余震)による影響、津波の繰り返しの襲来による影響及び津波による二次的な影響(洗掘、砂移動及び漂流物等)を考慮すること。(要求事項⑥)</p>	<p>津波の二次的な影響 (4-4章)</p>
	<p>七 津波防護施設及び浸水防止設備の設計並びに非常用海水冷却系の評価に当たっては、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こと。なお、その他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。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される、敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施すること。(要求事項⑦)</p>	<p>入力津波 (3章)</p>



2. 基本方針

2. 基本方針

意見 No.4,51 関連

➤ 原子炉施設の耐津波設計の基本方針

重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波（基準津波）に対して、その安全機能を損なわない設計であること

津波防護方針を策定

① 敷地への浸水防止（外郭防護1）

- ✓ 遡上波の地上部からの到達，流入の防止
- ✓ 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止

② 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

- ✓ 安全機能への影響確認
- ✓ 排水設備設置の検討

③ 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

- ✓ 浸水防護重点化範囲の設定
- ✓ 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

④ 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

- ✓ 非常用海水冷却系の取水性
- ✓ 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

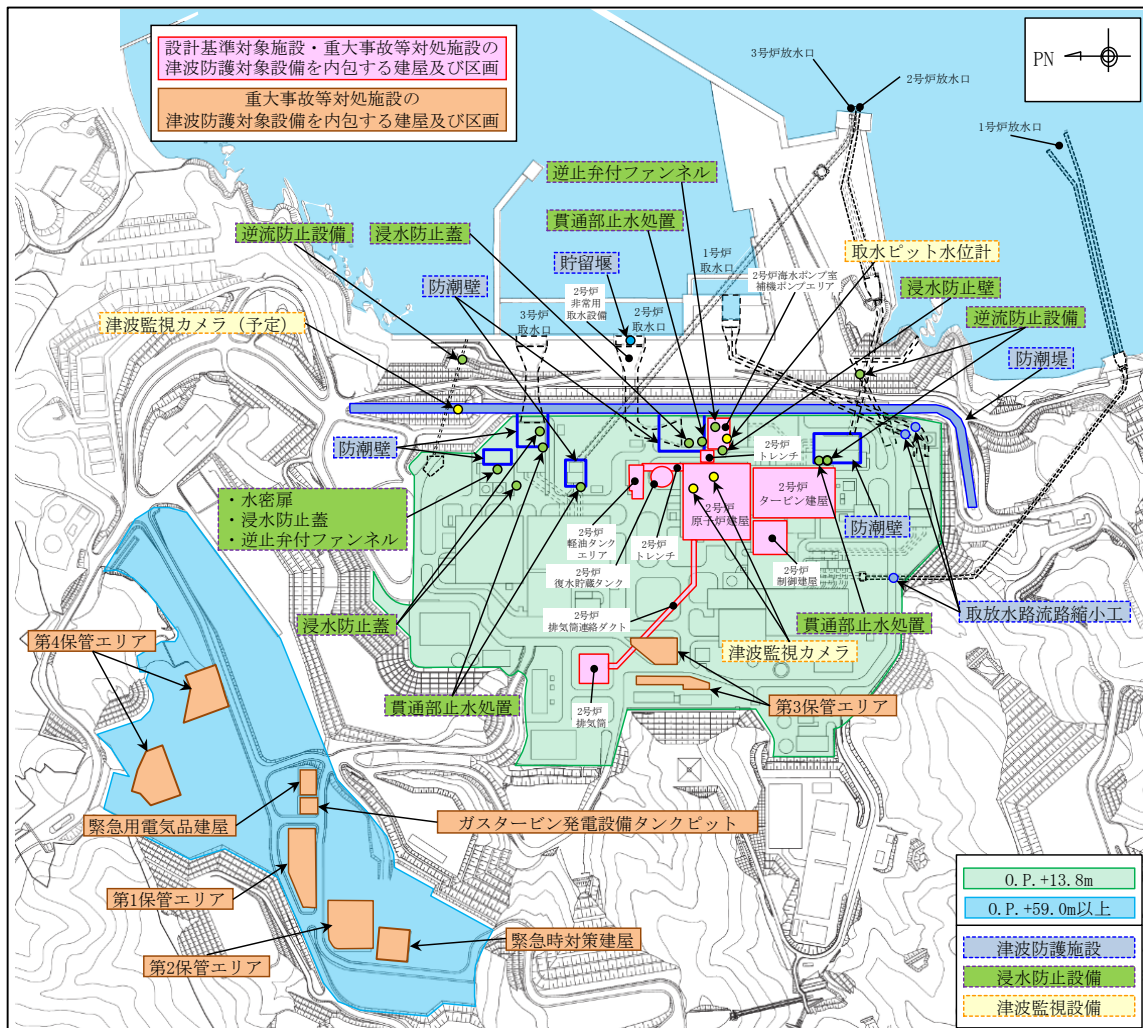
⑤ 津波監視設備の設置

P20~49
4章で説明

2.1 敷地の特性に応じた津波防護対策の概要

- 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	
貯留堰	引き波時に、補機冷却に必要なとなる海水を確保
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)】



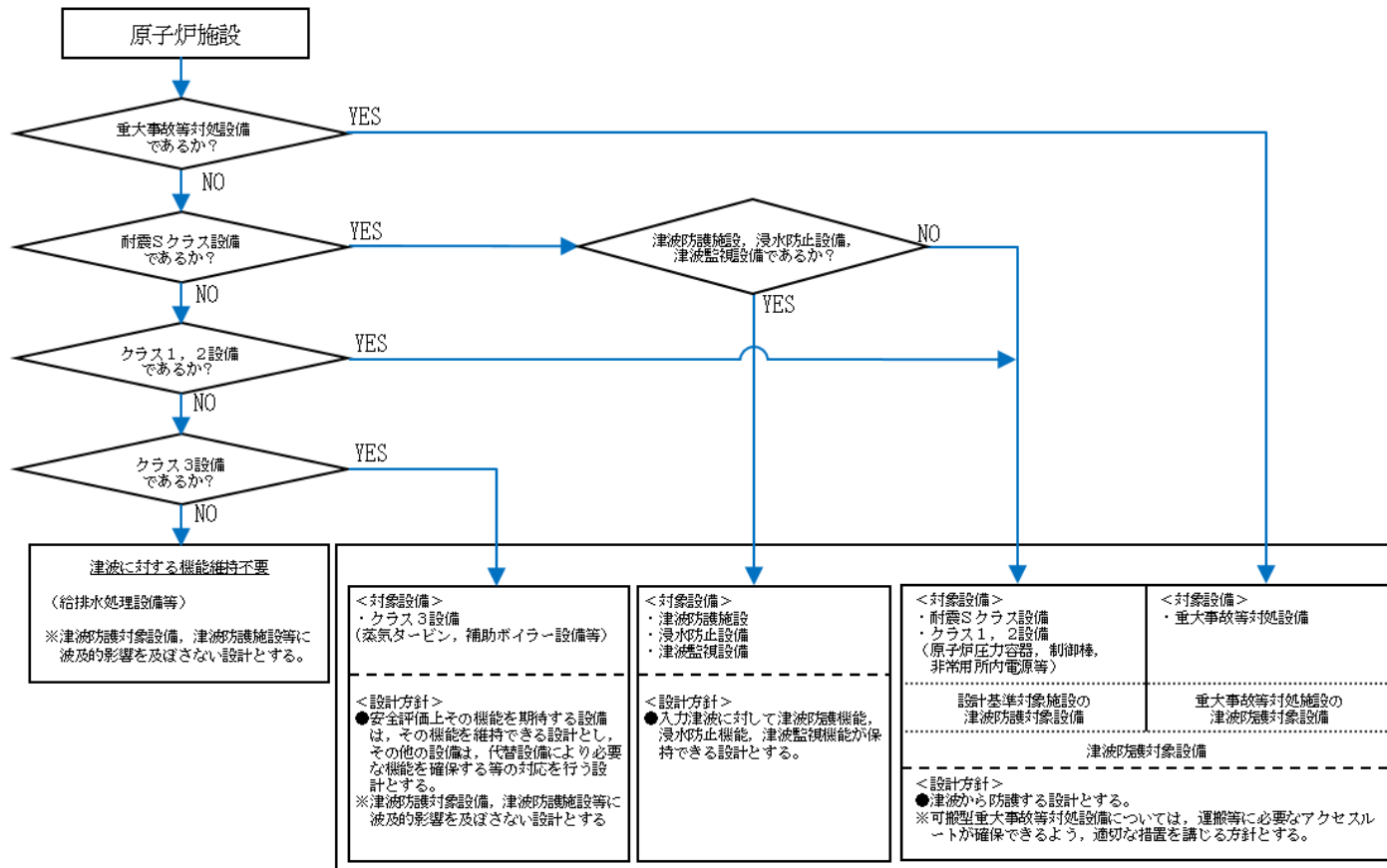
3. 施設毎の設計水位(入力津波)

要求事項⑦

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こと。なお、その他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。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される、敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施すること。

3. 1 津波防護対象施設の選定

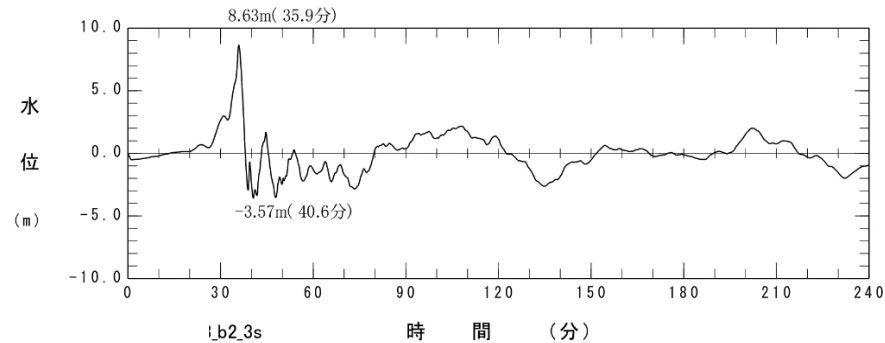
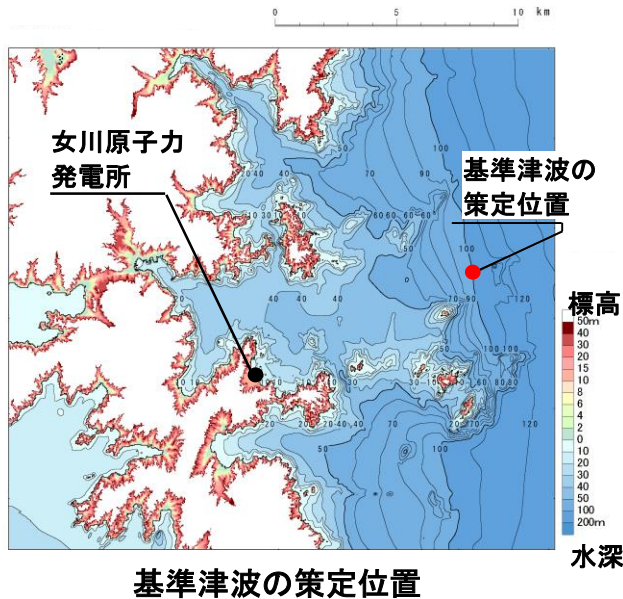
基準津波に対して機能を維持すべき設備は、安全機能を有する設備(クラス1, 2, 3設備), 耐震Sクラスに属する設備及び重大事故等対処設備とし、**安全機能を有する設備のうち重要な安全機能を有する設備(クラス1, 2設備), 耐震Sクラスに属する設備(津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)**及び**重大事故等対処設備は、基準津波から防護する設計とする。**また、安全機能を有する設備のうちクラス3設備については、安全評価上その機能を期待する設備は、その機能を維持できる設計とし、その他の設備は、基準津波に対して機能を維持するか、基準津波により損傷した場合を考慮して代替設備により必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】

3.2 基準津波の策定

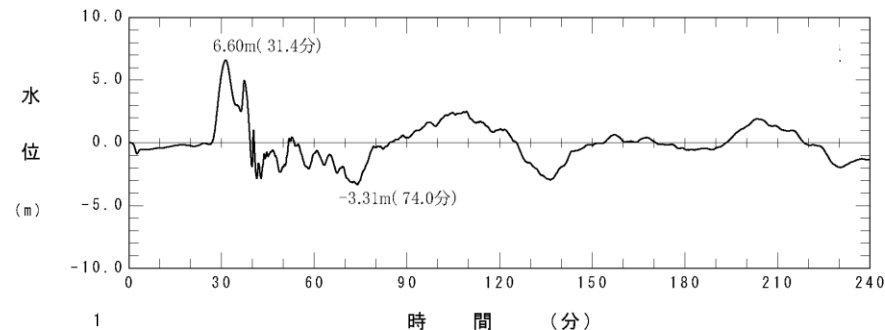
- 基準津波は、敷地前面の海底地形の特徴を踏まえ、施設からの反射波の影響が微小となるよう、敷地から沖合へ約10km離れた位置(水深100m)で策定。(第12回検討会にて説明済)



最高水位
(敷地前面)

O.P.+23.1m^{※1}

基準津波(水位上昇側)
(3.11型の地震, 基準断層モデル③)



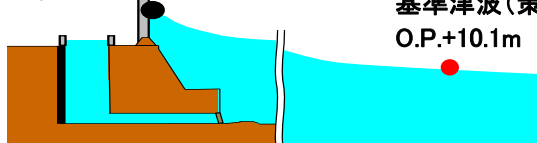
最低水位
(2号取水口前面)

O.P.-10.6m^{※2}

基準津波(水位下降側)
(3.11型の地震, 基準断層モデル②)

基準津波による最高水位(敷地前面)

O.P.+23.1m



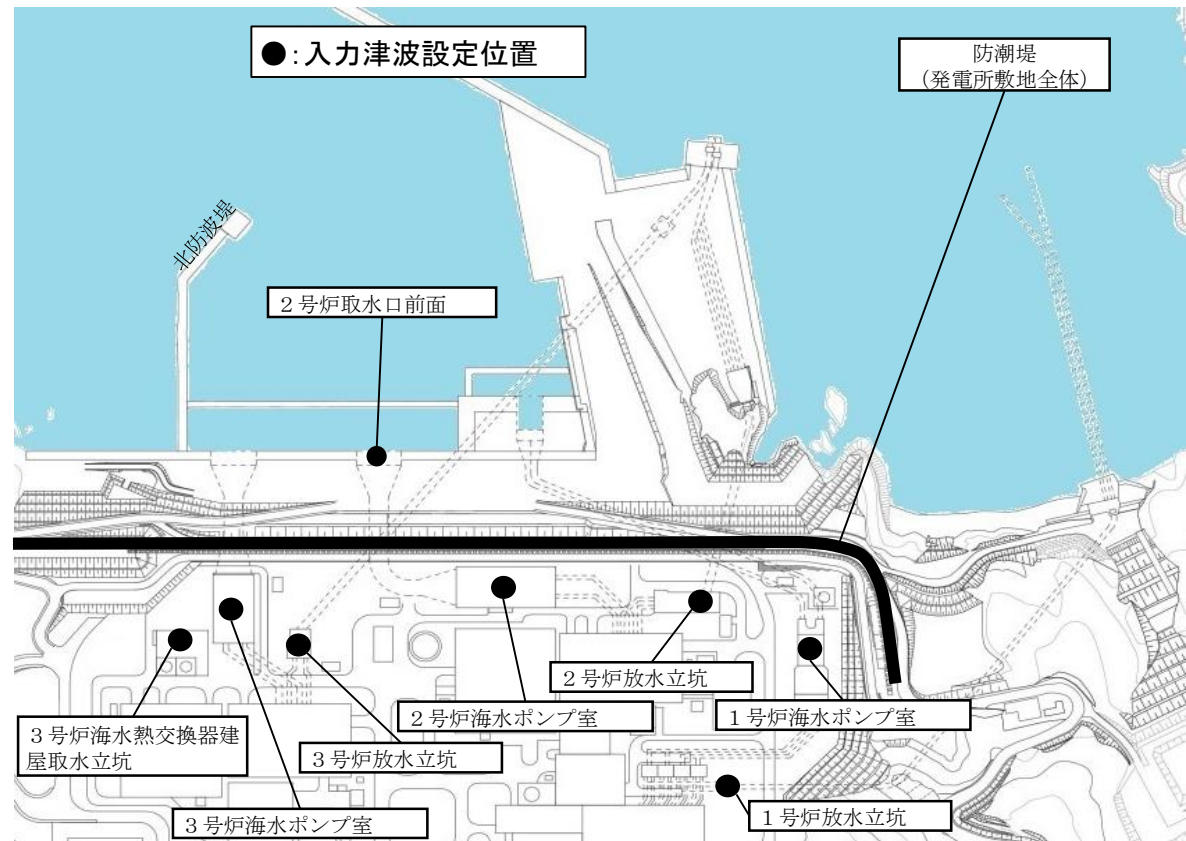
※1: 敷地前面での最大水位上昇量(+21.58m)に、満潮位(O.P.+1.43m)を加算し、保守的に0.1m単位に丸めた水位

基準津波策定位置では、8.63m+1.43m=10.06 ⇒ 10.1m

※2: 2号取水口前面での最大水位下降量(-10.38m)に、干潮位(O.P.-0.14m)を加算し、保守的に0.1m単位に丸めた水位

3.3 入力津波の設定の考え方

- 基準津波を踏まえ、施設の設計に用いるため施設ごとに設定する入力津波は、地震による地形変化等の不確かさを考慮して設定
- 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
- 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り設定



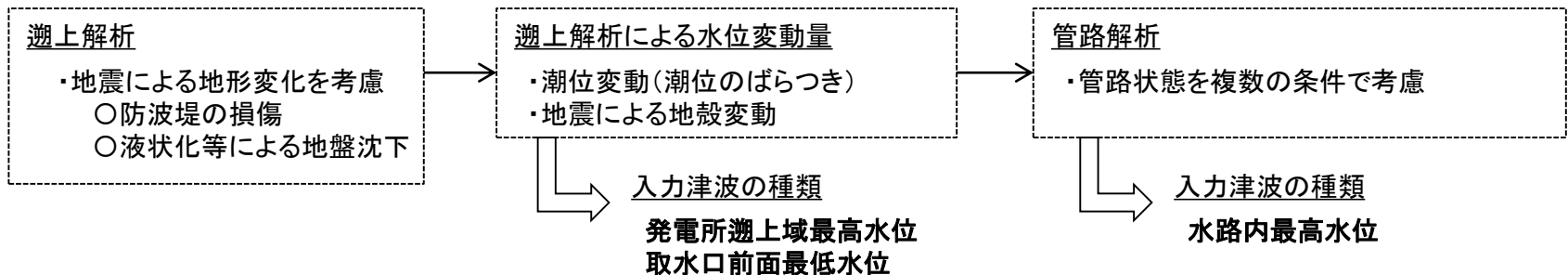
【入力津波設定位置】

3.4 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。

入力津波の種類	影響要因	概要
津波高さ	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。
	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。
	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。

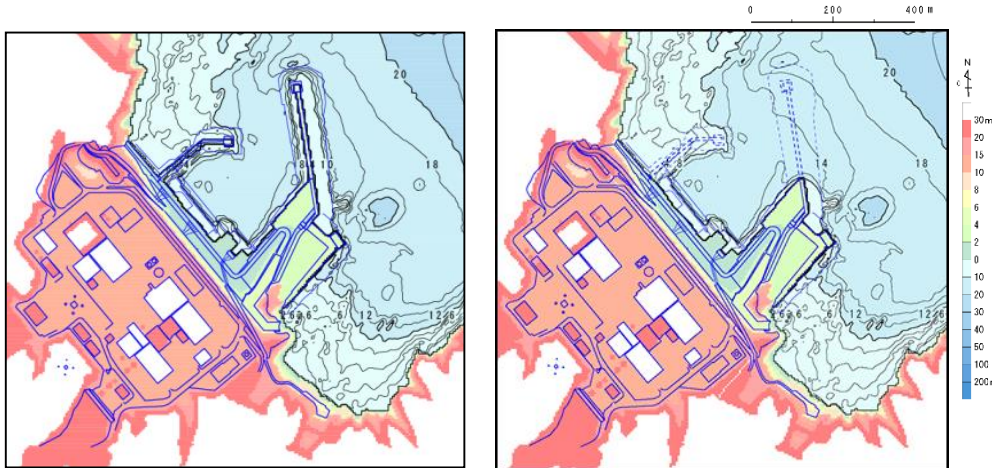
入力津波高さの算定における影響要因の考慮方法概要



3.5 地震による地形変化

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



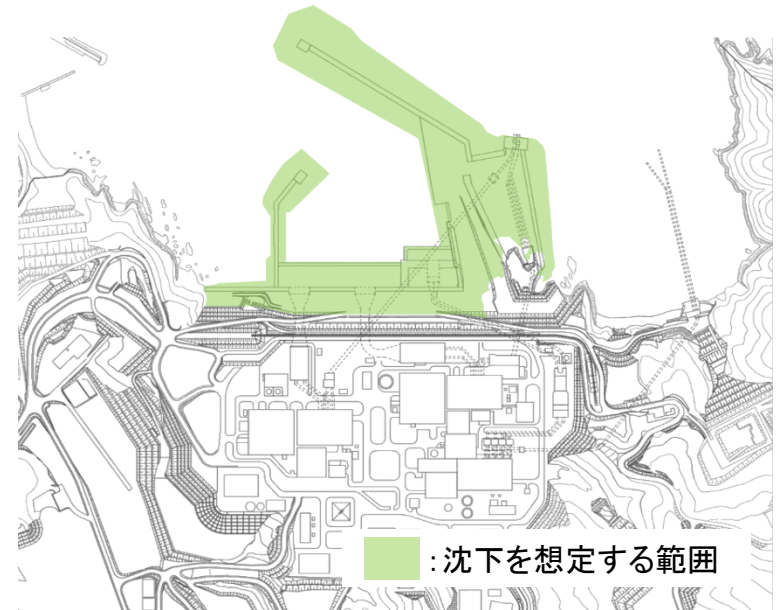
防波堤あり

防波堤なし

【防波堤の損傷の有無による地形の比較】

液状化等による地盤沈下

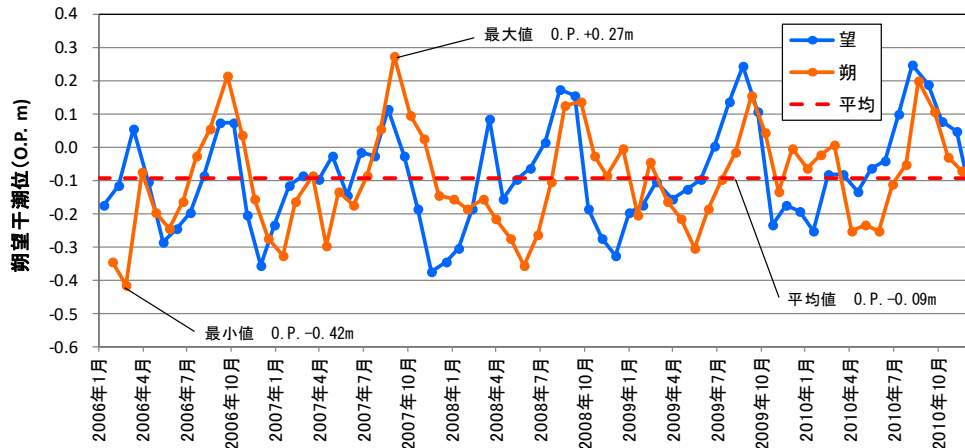
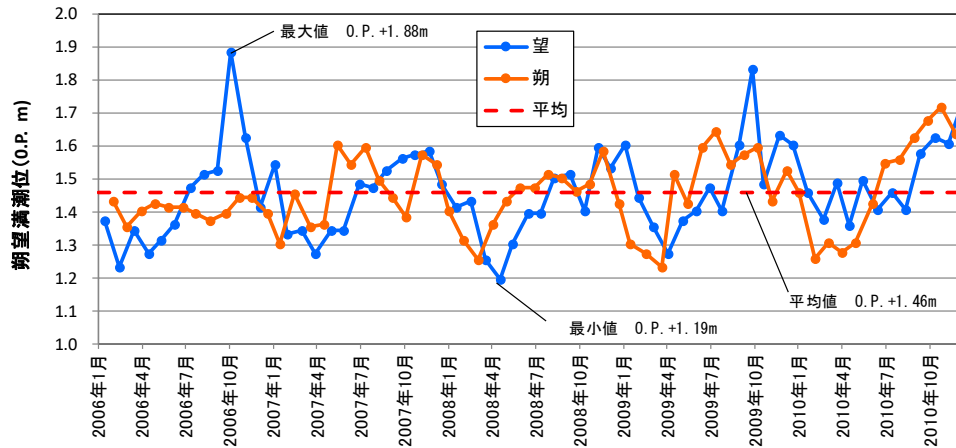
- 護岸付近の敷地について、基準地震動による沈下を想定し、保守的に設定した沈下量を反映した地形の影響を検討



【沈下を想定する範囲】

3.6 潮位変動の考慮

- 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

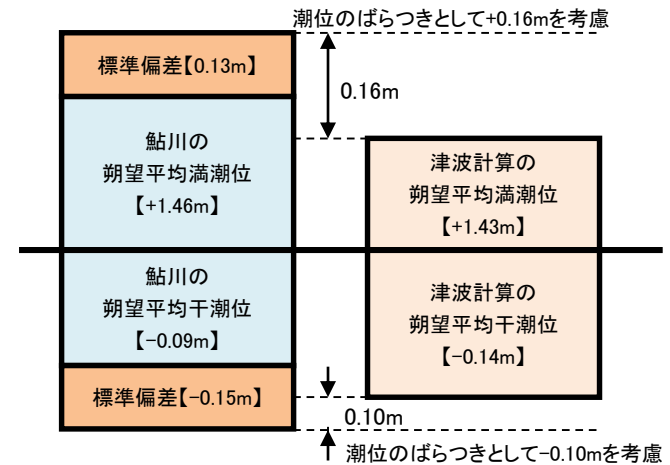


【各月の朔望平均潮位の水位(上:満潮位,下:干潮位)】

【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】

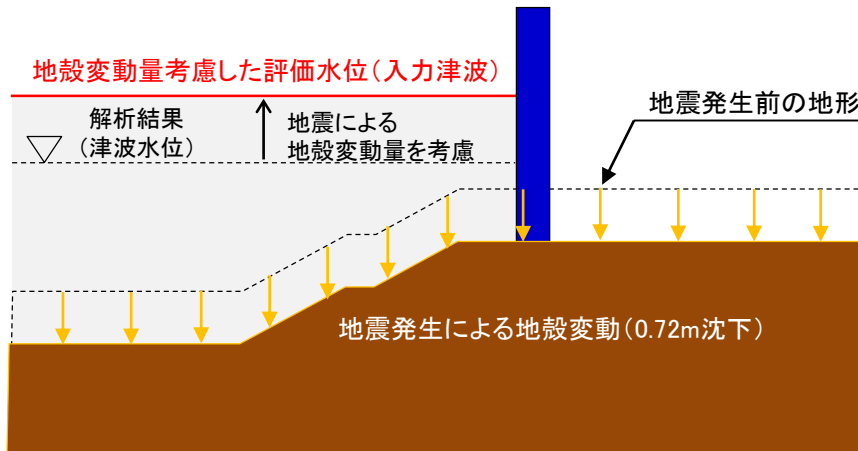
3.7 地震による地殻変動の考慮

【基準津波を発生させる地震に伴う地殻変動】

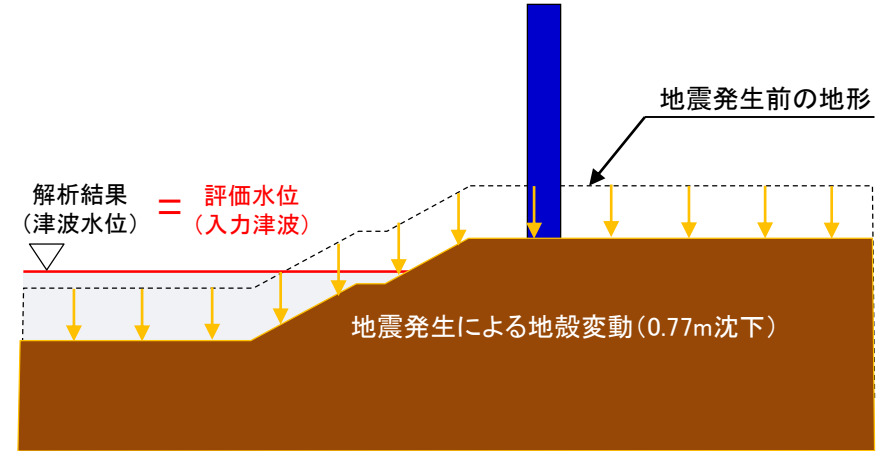
<p>基準津波を発生させる地震による地殻変動</p>	<p>基準津波を発生させる地震に伴う地殻変動による敷地の隆起又は沈降は、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水位上昇側の基準津波を発生させる地震 ・水位下降側の基準津波を発生させる地震 <p>のそれぞれで地殻変動解析に基づき設定する。</p>
----------------------------	--

評価に考慮する地殻変動量

基準津波を発生させる地震	地殻変動量	評価に考慮する変動量
水位上昇側	0.72m沈降	0.72mの沈降を考慮
水位下降側	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)】

3.8 入力津波の算定(1/2)

【防潮堤(発電所敷地全体)における入力津波水位の算定】

		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地震による地形変化	防波堤の損傷	防波堤あり
	液状化等による地盤地下	1m沈下を考慮(護岸付近)
③(①及び②を考慮した最大水位上昇量)		+22.03m
④朔望平均満潮位		O.P.+1.43m
⑤上昇側の潮位のばらつき		0.16m
⑥地震による地殻変動		0.72m
入力津波水位(水位上昇側)		O.P.+24.4m※

※ 基準津波による最高水位(敷地前面): ①+④ = 23.01m ≒ 23.1m

地震による地形変化
のばらつき考慮

潮位のばらつきを
考慮

入力津波水位(敷地前面): ③+④+⑤+⑥ = 24.34m ≒ 24.4m

3.8 入力津波の算定(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。

【入力津波水位一覧表(水位上昇側)】

評価位置	地震による地形変化の条件		入力津波※1
	防波堤の損傷	液状化等による地盤沈下	
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
1号放水立坑	防波堤あり	1m沈下	O.P.+11.8m
2号海水ポンプ室	防波堤なし	1m沈下	O.P.+18.1m
2号放水立坑	防波堤なし	1m沈下	O.P.+17.4m
3号海水ポンプ室	防波堤なし	1m沈下	O.P.+19.0m
3号放水立坑	防波堤なし	1m沈下	O.P.+17.5m
3号海水熱交換器建屋	防波堤なし	1m沈下	O.P.+19.0m

※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

【入力津波水位一覧表(水位下降側)】

評価位置	地震による地形変化の条件		入力津波※2
	防波堤の損傷	液状化等による地盤沈下	
2号取水口前面	防波堤なし	なし	O.P.-11.8m
2号海水ポンプ室	防波堤なし	なし	O.P. -6.4m

※2 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

4. 津波防護方針

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

要求事項①

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こと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

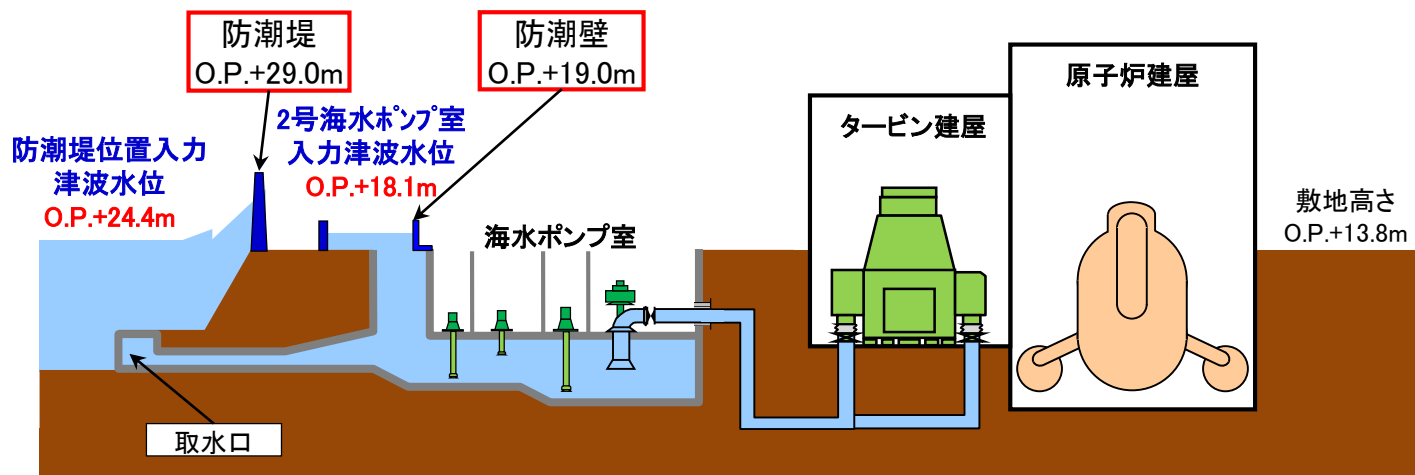
(1) 敷地の特性に応じた津波防護

【女川原子力発電所敷地の特徴】

- 敷地前面における入力津波水位(O.P.+24.4m)が、女川原子力発電所の敷地高さ(O.P.+13.8m)より高い。

【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防護する。(外郭防護1)
 - 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)】

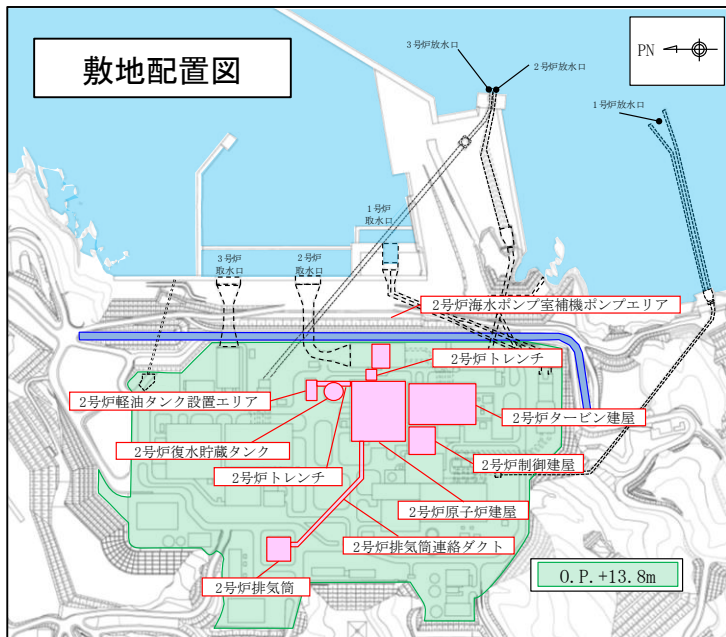
4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(2) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(1/5)

意見 No.53, 55 関連

- 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※1 (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※2	+29.0m※3	4.6m	○ 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(連絡ダクト含), トレンチ				



※1: この高さまでであれば, 敷地への流入が発生しない津波高さ。ここでは, 防潮堤の高さを指す。

※2: 地震による地形変化, 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。

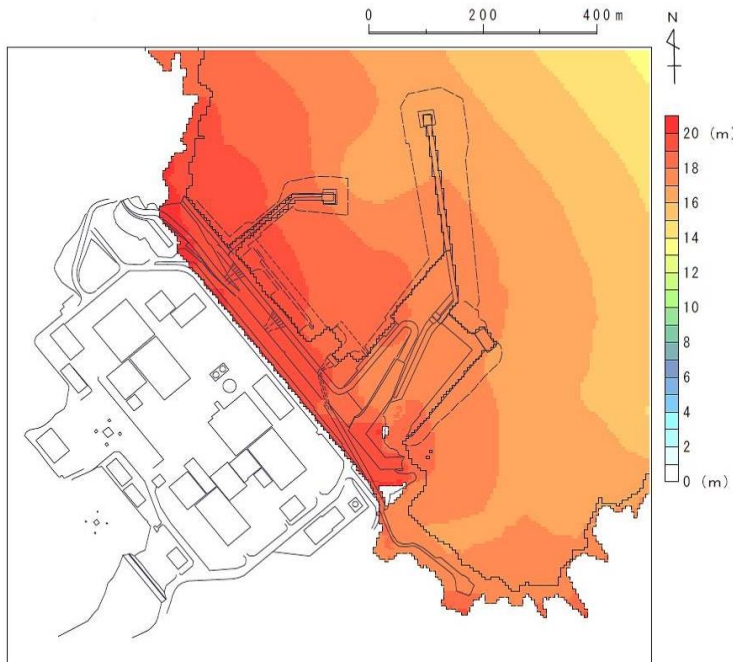
※3: 防潮堤の高さ: 入力津波高さに対して十分余裕を持った設計とすることとし, 可能な限り余裕をもった高さとした。

— : 防潮堤

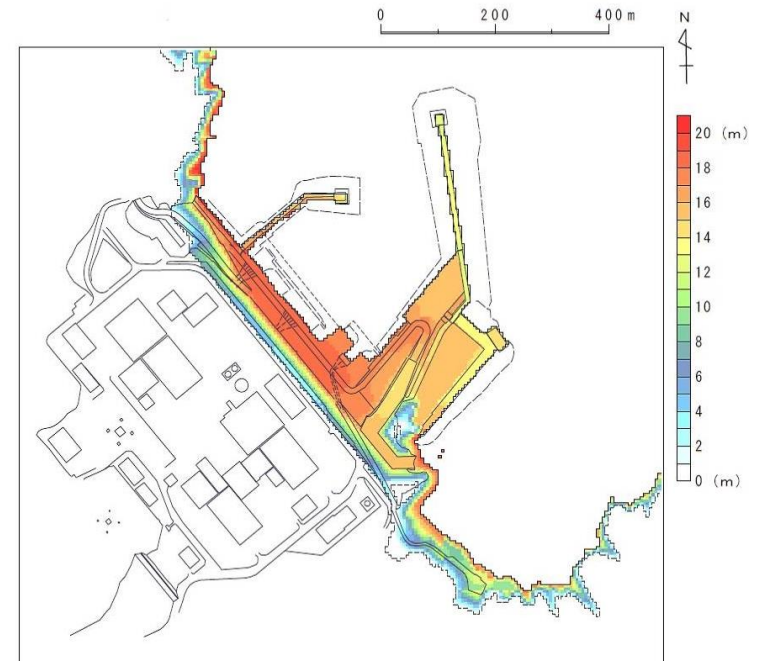
4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(2) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(2/5)

- 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。



(最大水位上昇量分布)



(最大浸水深分布)

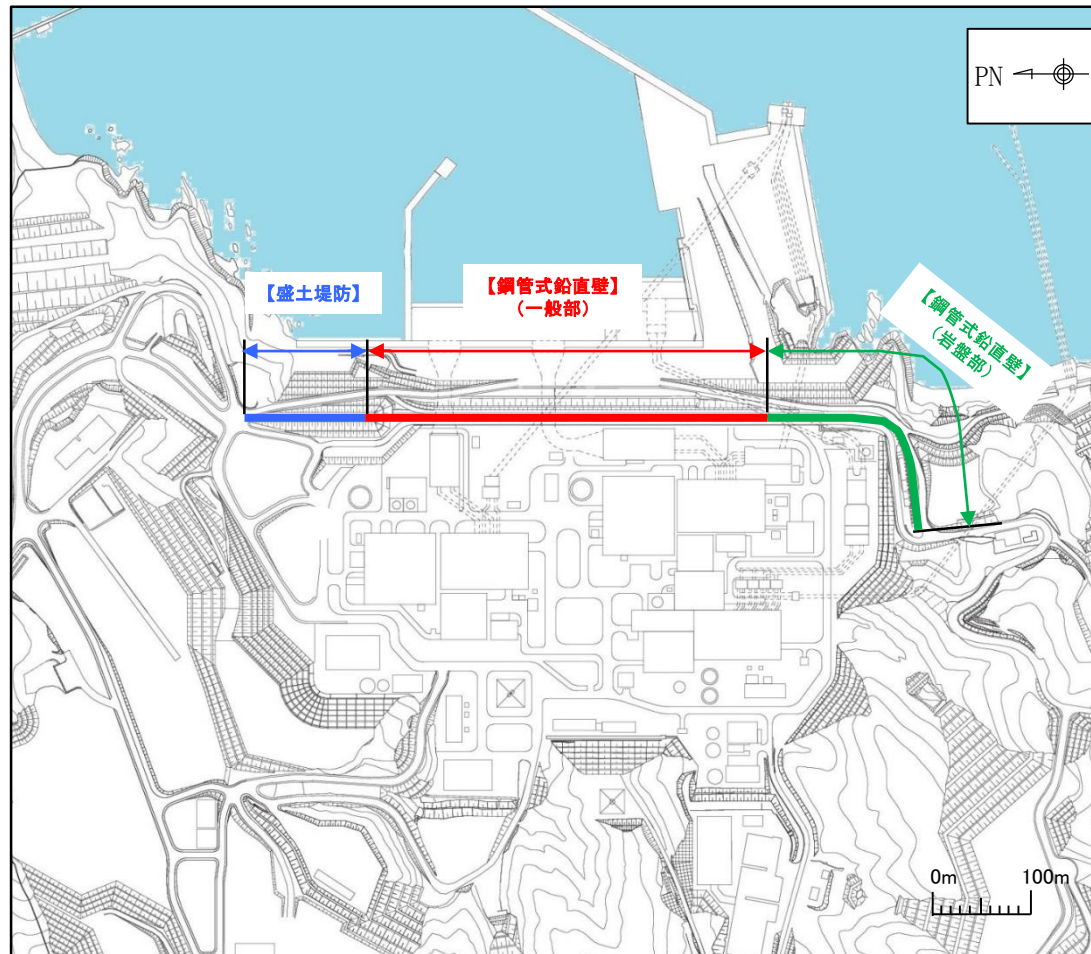
【基準津波による最大水位上昇量・最大浸水深分布】

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(2) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(3/5)

【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。



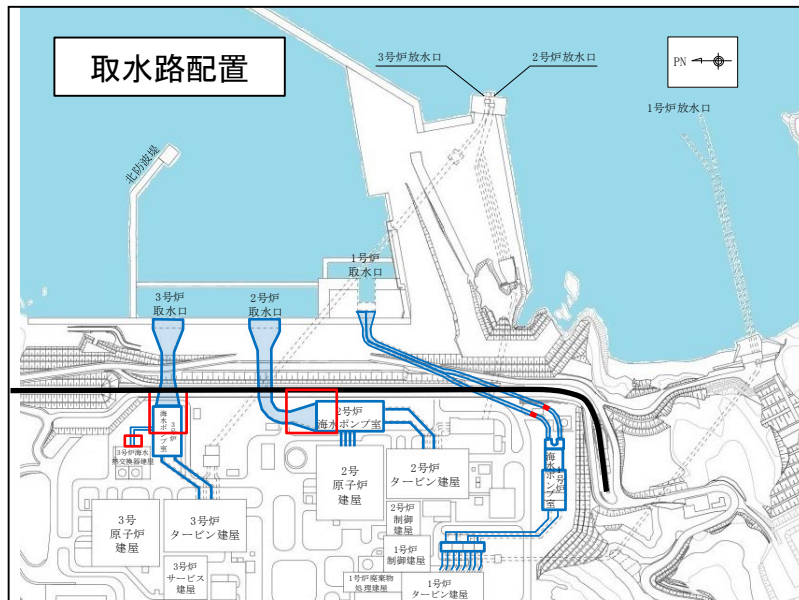
【防潮堤の配置】

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(2) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(4/5)

- 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※1 (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※2	0.9m	○ 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※2	0.9m	
	1号炉	循環水系	海水ポンプ室	+10.4m	+14.0m※3	3.6m	
		補機冷却海水系		+10.4m	+14.0m※3	3.6m	
	3号炉	循環水系	海水ポンプ室	+19.0m	+20.0m※4	1.0m	
		補機冷却海水系	海水ポンプ室	+19.0m	+20.0m※4	1.0m	
		海水熱交換器 建屋取水立坑	+19.0m	+20.0m※5	1.0m		



※1: この高さまでであれば, 敷地への流入が発生しない津波高さ。
ここでは, 防潮壁又は海水ポンプ室(1号炉)の高さを指す。

※2: 2号炉海水ポンプ室防潮壁の高さ

※3: 1号炉海水ポンプ室の高さ

※4: 3号炉海水ポンプ室防潮壁の高さ

※5: 3号炉海水熱交換器建屋取水立坑防潮壁の高さ

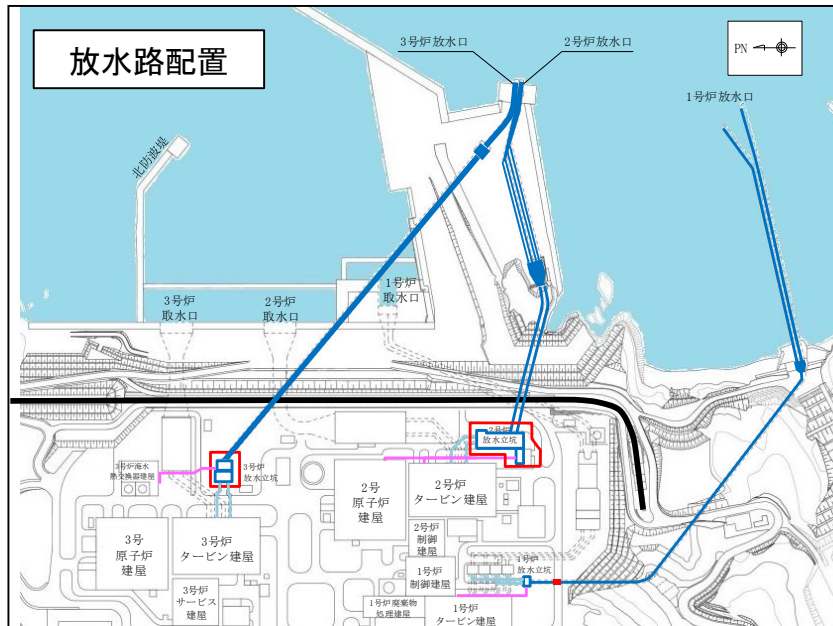
— : 取水路からの流入経路
— : 防潮壁及び流路縮小工

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(2) 遡上波の地上部からの到達, 流入の防止(5/5)

- 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※1 (O.P.)	②-① 裕度	評 価
放水路	2号炉	循環水系	+17.4m	+19.0m※2	1.6m	○ 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				
	1号炉	循環水系	+11.8m	+14.0m※3	2.2m	
		補機冷却海水系				
	3号炉	循環水系	+17.5m	+19.0m※4	1.5m	
		補機冷却海水系				



※1: この高さまでであれば, 敷地への流入が発生しない津波高さ。
ここでは, 防潮壁又は放水立坑(1号炉)の高さを指す。

※2: 2号炉放水立坑防潮壁の高さ

※3: 1号炉放水立坑高さ

※4: 3号炉放水立坑防潮壁の高さ

- : 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

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(3) 取水路, 放水路等の経路からの流入防止(1/3)

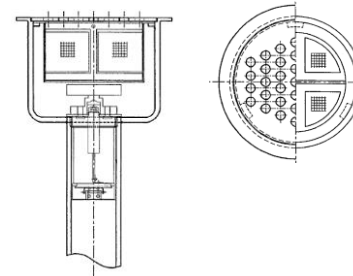
- 2号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として海水ポンプ室スクリーンエリアの開口部があり, この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- 建屋・区画への流入の可能性のある経路への浸水対策として, 海水ポンプ室床面開口へ逆止弁付ファンネル(概要図①)を設置する。また, 防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる揚水井戸等に浸水防止蓋を設置すると共に, 海水ポンプ室壁面貫通部へ貫通部止水処置(概要図②)を実施する。
(2号炉及び3号炉については, 同様の津波流入防止対策を実施するため, 2号炉を代表して記載)



(参考写真)



(参考写真)



(参考図)



(参考図)

【概要図①: 逆止弁付ファンネル】

【概要図②: 貫通部止水処置】

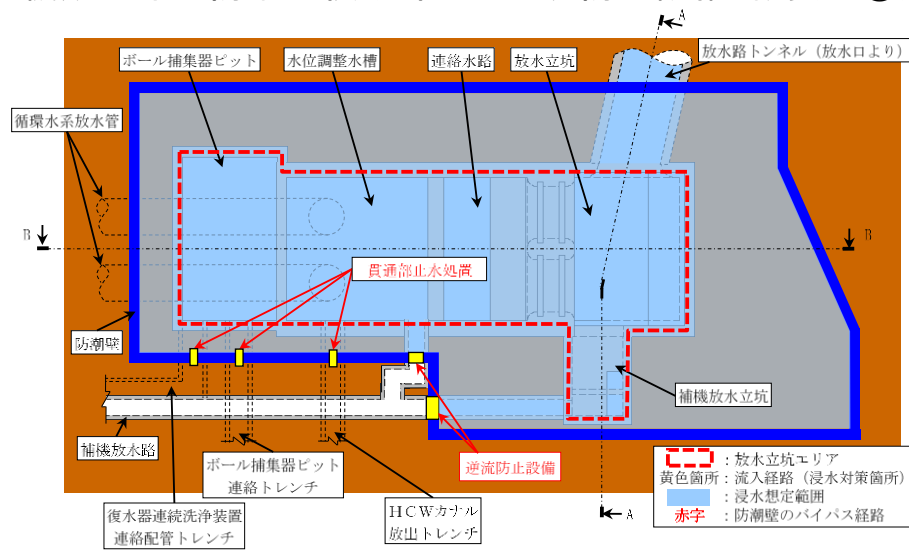
【2号炉海水ポンプ室浸水対策配置図 (平面図)】

【2号炉海水ポンプ室浸水対策配置図 (A-A断面図)】

4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(3) 取水路, 放水路等の経路からの流入防止(2/3)

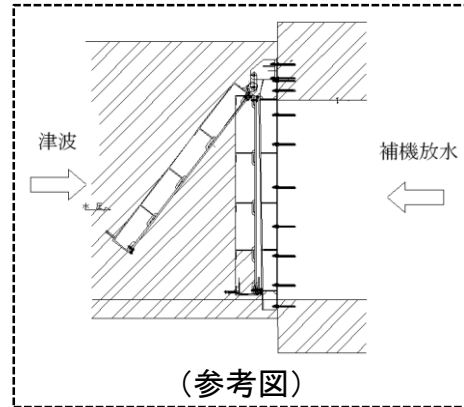
- 2号炉放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として放水立坑エリアの開口部があり, この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し, 敷地への津波の流入を防止する。
- 防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる放水立坑壁面貫通部へ貫通部止水処置を行う。
- 補機放水路の防潮壁横断部には逆流防止設備(概要図③)を設置する。



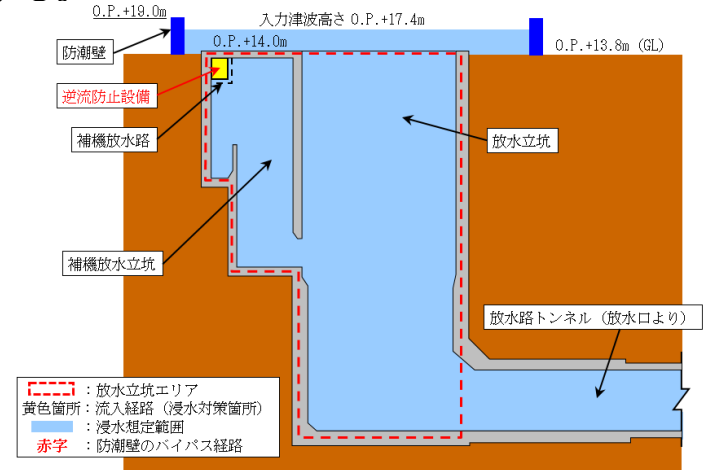
【2号炉放水立坑浸水対策配置図 (平面図)】

【配管貫通部止水性能】

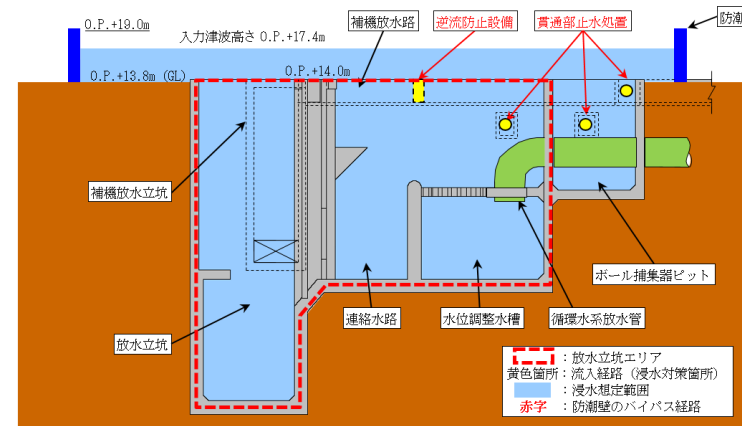
シール材厚さ	耐水圧性能
40mm	50m



【概要図③: 逆流防止設備】



【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)】

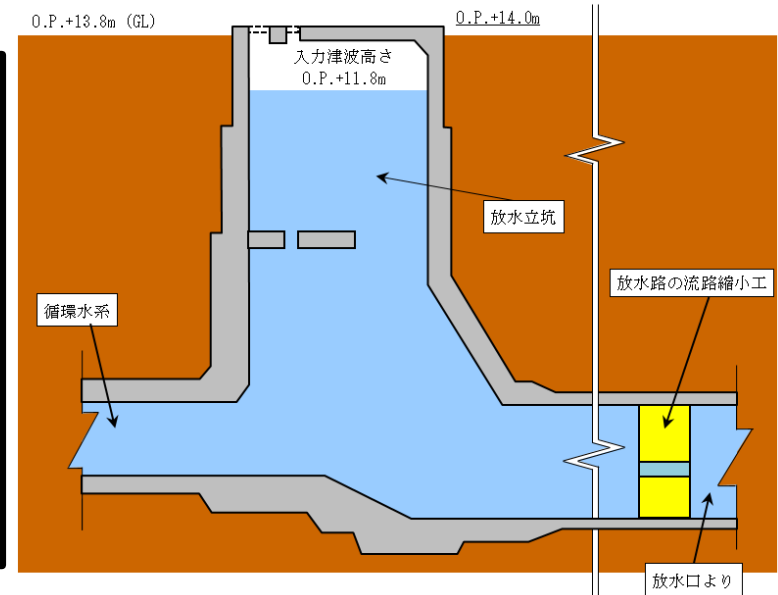
4-1. 敷地への浸水防止(外郭防護1)

(3) 取水路, 放水路等の経路からの流入防止(3/3)

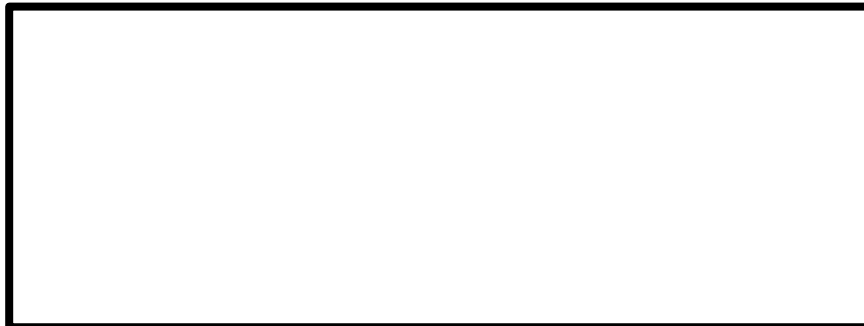
- 1号炉取水路及び放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として、海水ポンプ室スクリーンエリア及び放水立坑の開口部があるが、取水路及び放水路の流路を縮小することにより津波が敷地に到達することを防止する。



【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)】



【1号炉取水路 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

4. 津波防護方針

4-2. 漏水による重要な安全機能への影響防止(外郭防護2)

要求事項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すること。

4-2. 漏水による重要な安全機能への影響防止(外郭防護2)(1/2)

- 外郭防護1で示したとおり, 特定した取水路, 放水路等からの津波の流入経路に対しては, 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。
- ただし, 2号炉海水ポンプ室の床面高さが, O.P.+2.0mであり, 基準津波が流入する可能性があるため, 漏水が継続することによる浸水の範囲(以下, 「浸水想定範囲」という。)として設定する。
- 漏水の可能性が考えられる逆止弁付ファンネルについて, 浸水想定範囲の浸水量を確認し, 重要な安全機能を有する原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプへの影響を評価する。

<海水ポンプ室凡例>

- : 浸水想定範囲
- : 逆止弁付ファンネル

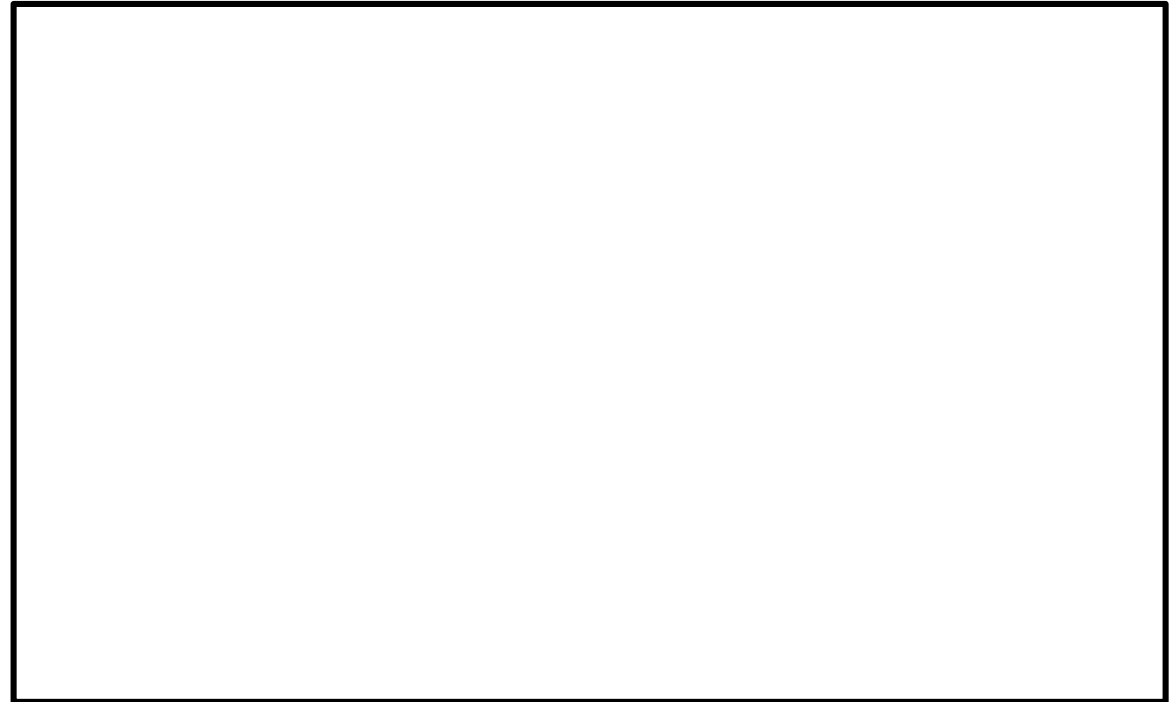
【2号炉海水ポンプ室浸水想定範囲】

4-2. 漏水による重要な安全機能への影響防止(外郭防護2)(2/2)

【安全機能への影響確認】

● 防水区画化範囲の設定

浸水想定範囲である2号炉海水ポンプ室には、重要な安全機能を有する屋外設備である、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプを設置しているため、これらの設置エリアを防水区画化範囲として設定し、津波襲来時における逆止弁付ファンネルからの浸水量による影響を評価する。



【2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアの防水区画化範囲】

● 安全機能への影響確認結果

海水ポンプ室の入力津波の時刻歴波形より、逆止弁付ファンネルからの漏水量及び各海水ポンプ室の浸水高さを算出した結果、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの機能喪失高さに比べ十分低く、安全機能への影響がないことを確認した。

- ①原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(C) 室 : 浸水高さ 0.01m(浸水量 0.3m³)
- ②原子炉補機冷却海水ポンプ(B)(D) 室 : 浸水高さ 0.01m(浸水量 0.3m³)
- ③高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ室 : 浸水高さ 0.02m(浸水量 0.2m³)

【排水設備設置の検討】

浸水想定範囲である海水ポンプ室への漏水量は、津波継続時間においてわずかな量であり、原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの機能喪失高さに至らないことから排水設備が不要であることを確認した。

4. 津波防護方針

4-3. 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)

要求事項③

浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口(扉、開口部及び貫通口等)を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

4-3. 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における浸水対策 (1/5)

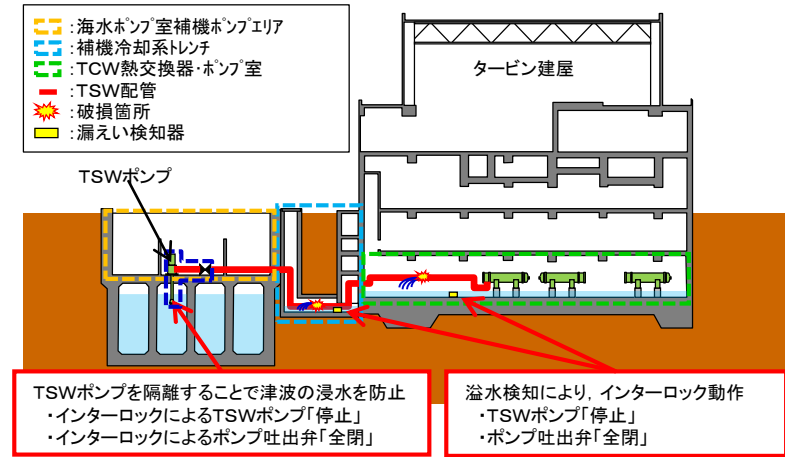
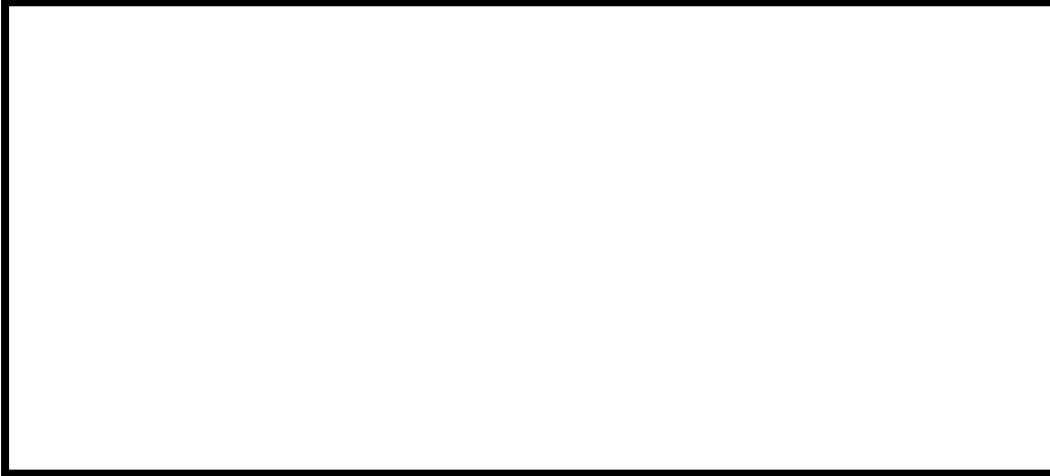
- 浸水防護重点化範囲に対する溢水として考慮する事象は以下のとおり。



【地震による溢水の概念図】

(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策 (2/5)

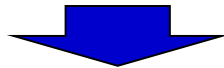
【屋内の溢水】



①-a 屋内の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系配管伸縮継手の破損により、津波が循環水系配管の損傷箇所を介してタービン建屋へ流入することを想定

【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

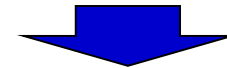


津波はタービン建屋内に流入しない

①-b 屋内の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へ流入することを想定

【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のタービン補機冷却海水ポンプを自動隔離



津波はタービン建屋内及びトレンチに流入しない

(2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策 (3/5)

【屋外の溢水】

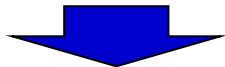


2号炉 海水ポンプ室

②-a 屋外の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系配管伸縮継手の破損により、津波が循環水系配管の損傷箇所を介して、海水ポンプ室循環水ポンプエリアへ流入することを想定

【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

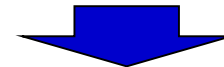


津波は循環水ポンプエリアに流入しない

②-b 屋外の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へ流入することを想定

【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



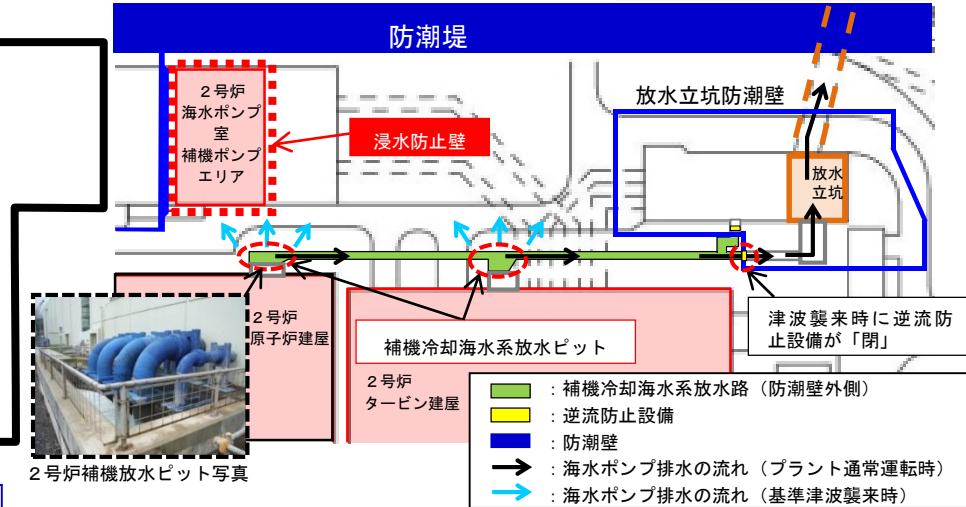
津波はタービン補機冷却海水ポンプ室に流入しない

4-3. 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における浸水対策 (4/5)

意見 No.62 関連

【屋外の溢水】



【2号炉補機放水路概略図】

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 制御建屋	0.33※1	17,540	652	18,192	115,000	0.16	○
タービン建屋	0.38※1						
海水ポンプ室 (補機ポンプエリア)	0.60※2						
復水貯蔵タンク	0.20※1						

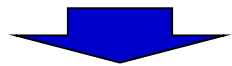
- ※1: 建屋外壁扉の下端レベルから敷地レベルO.P.+13.8mを引いた値
- ※2: 海水ポンプ室浸水防止壁上端から敷地レベルO.P.+13.8mを引いた値
- ※3: 敷地レベルO.P.+13.8mからの浸水深
- ※4: 屋外タンクの破損により生じる溢水
- ※5: 2号炉 補機冷却海水系放水路より生じる溢水

②-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、保有水が全て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する逆流防止設備が閉止することにより、補機放水路と補機放水立坑が隔離され、補機放水ピットからの排水が敷地に溢水することを想定

【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、屋外タンクの損傷による保有水流出により海水ポンプ室への浸水は無いが、補機放水路からの一時的な溢水を考慮し、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。



溢水は浸水防護重点化範囲に流入しない

4-3. 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の停止により生じる建屋周囲の地下水位の上昇を想定

【対策】 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する。

地下水が地表面まで上昇することを想定し、建屋外周部へ水密扉等の浸水対策を実施する。

なお、地下水位低下設備については、基準地震動による地震力に対して、耐震性を確保する設計とする。



浸水防護重点化範囲に影響なし

4. 津波防護方針

4-4. 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

要求事項④

非常用海水冷却系については、基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計であること。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。

要求事項⑥

津波による二次的な影響(洗掘、砂移動及び漂流物等)を考慮すること。

4-4. 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

(1) 非常用冷却海水系の取水性

- 2号炉の取水口に設置している貯留堰は、取水路及び海水ポンプ室底部より上部に位置し、貯留堰高さ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、貯留堰高さを下回る時間が、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>

- a. 取水路及び海水ポンプ室内に貯留される水量 : 約5,100 m³
- b. 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
- c. 非常用海水ポンプの取水に使用可能な水量(a-b) : 3,438 m³
- d. 非常用海水ポンプの取水容量 : 7,850 m³ /h
- e. 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)】

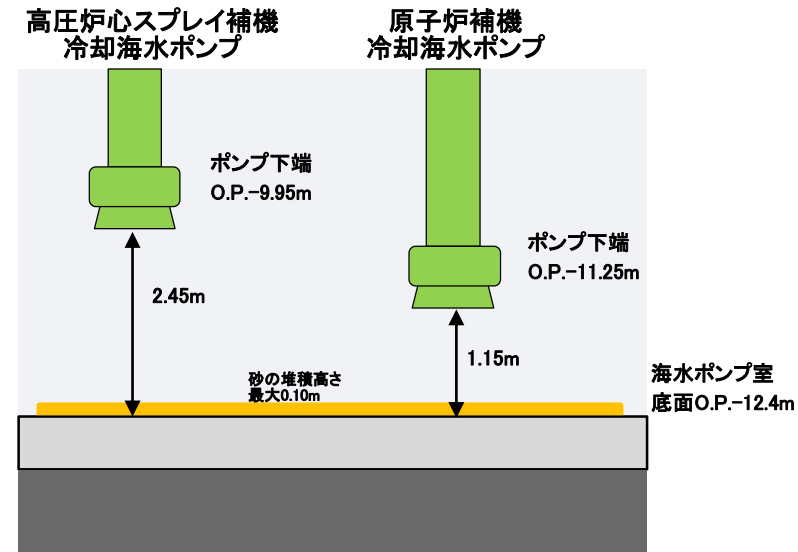
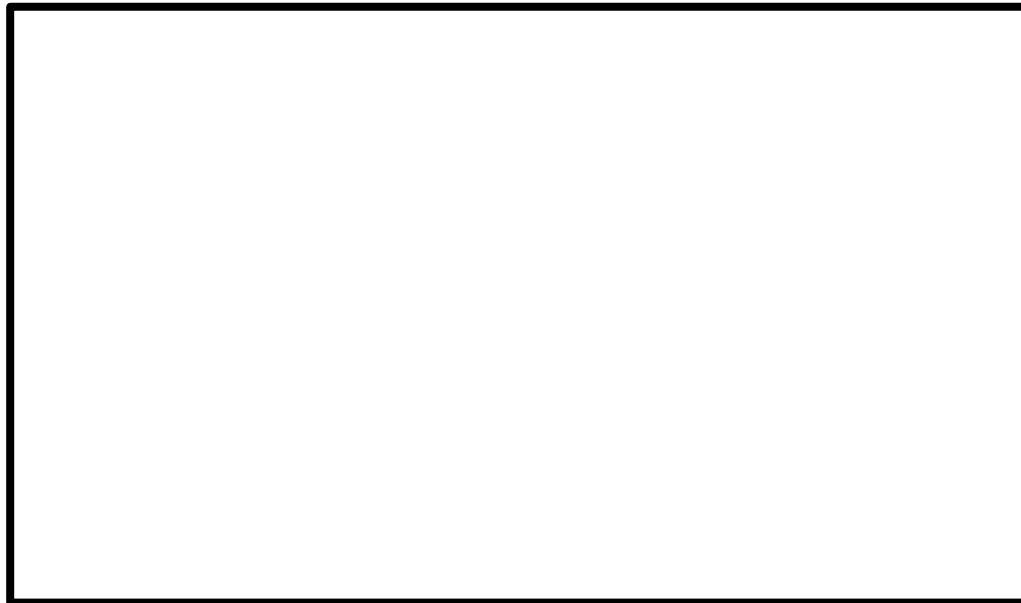
防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

4-4. 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影響評価 (1/5)

【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評価】

- 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。

※:東北電力株式会社(2019)



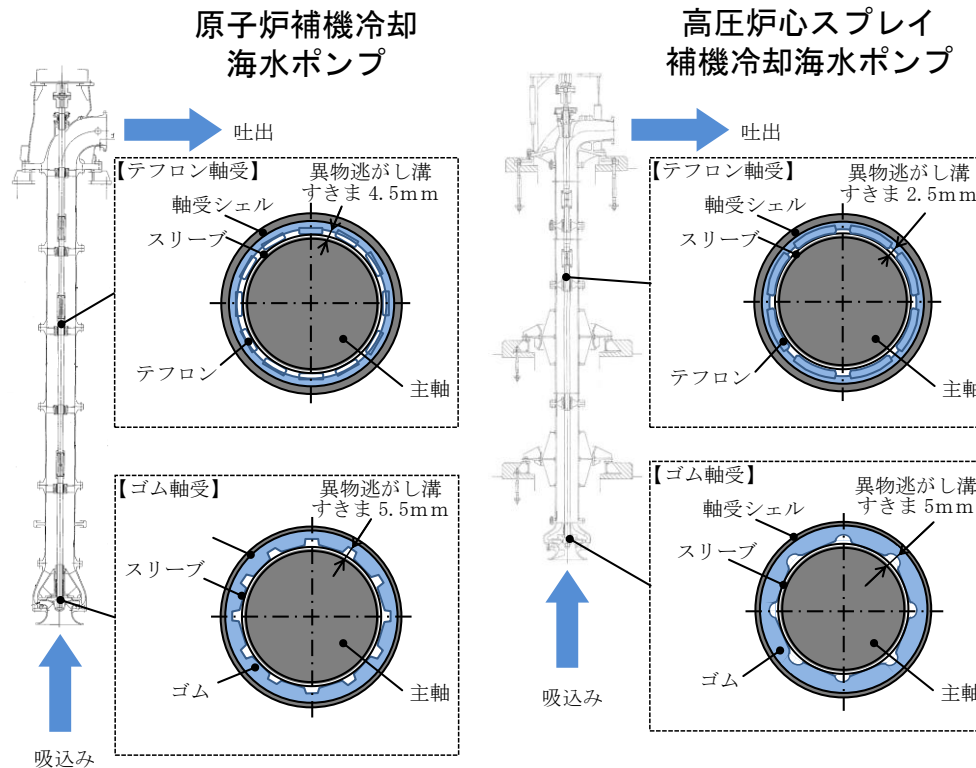
A部詳細

【海水ポンプ設置高さ・位置】

4-4. 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影響評価 (2/5)

【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:4.5mm, 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ:2.5mm)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。



【軸受部構造図】

4-4. 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影響評価 (3/5)

【検討対象施設・設備の抽出範囲の設定】

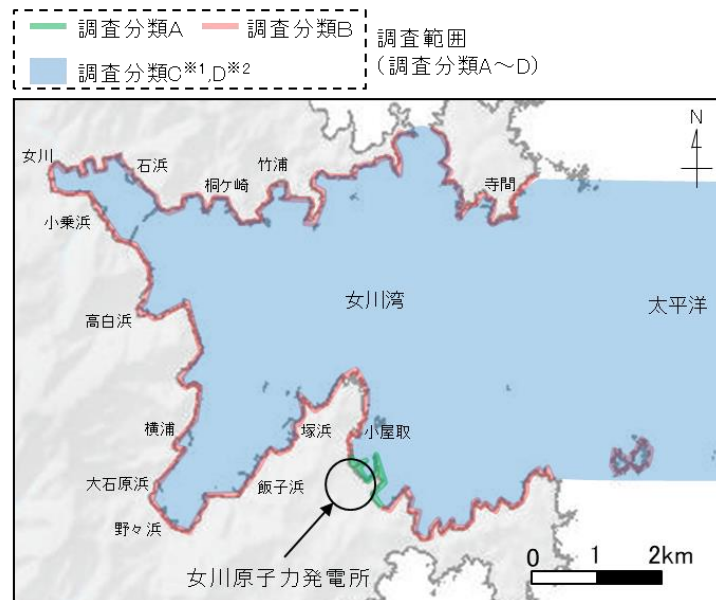
漂流物による非常用海水ポンプの取水性への影響確認にあたり、発電所周辺地形及び基準津波の流向・流速を確認し、以下の特徴を把握した。

【発電所周辺地形の把握】

- 発電所はリアス海岸の特徴を有する女川湾の湾口部に位置し、発電所よりも西側の湾の奥側には複数の漁港や女川町等の市街地が形成されている。

【基準津波の流向・流速の把握】

- 女川湾に襲来した津波は、引き波に転じた後、津波襲来方向と逆方向に流れており、東西方向の流れが支配的である。
- また、その逆方向の流れの一部は、周辺地形の影響を受けて女川原子力発電所へ向かう流れもある。



※1: 沖合側(東側)の範囲については海上設置物の設置状況を考慮して設定。
 ※2: 沖合側(東側)の範囲については定期航路船舶の航路を考慮して設定。

【漂流物調査範囲】

- これらの特徴を踏まえ、取水口前面に到着する可能性のある漂流物の検討対象施設・設備の抽出範囲については、発電所よりも西側の湾の奥側も含めた女川湾全体とする(右上図のとおり)。
- 抽出にあたっては、検討対象施設・設備の抽出範囲を敷地内と敷地外に分類した上で、敷地外については、漁港・集落・海岸線の人工構造物、海上設置物、船舶に分類した(右表のとおり)。

【調査分類表】

調査分類		調査方法	対象例	
敷地内 (陸域)	発電所敷地内における人工構造物	A	机上調査 現地調査	発電所港湾施設 建屋
	漁港・集落・海岸線の人工構造物	B	机上調査 現地調査	港湾施設 商・工業施設, 家屋
敷地外 (陸・海)	海上設置物	C	机上調査 聞き取り調査	係留漁船 養殖漁業施設
	船舶	D	机上調査 聞き取り調査	燃料等輸送船 定期航路船舶

4-4. 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影響評価 (4/5)

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握(敷地内)】

- 検討対象施設の抽出において、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績を反映する。

【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)	遡上域から駐車場を撤去
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】	重油タンクは撤去済み
木片・混合ごみ・流木	約370m ³	一部敷地内(O.P.+2.5m)	建屋壁材, 屋根材等
漁具	プラスチック等	不明	大型土嚢120袋分



岸壁の漂流物状況(平成23年3月22日撮影)



混合ゴミ



建屋壁材の剥がれ状況



廃プラ・漁具類(大型土嚢)



木片・流木

4-4. 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影響評価 (5/5)

非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物のまとめ

- 非常用海水ポンプの取水性では、取水口の開口部の標高が海水面よりも下方にあることを踏まえ、津波の水位によらず、遠方から時間をかけて発電所に漂流又は滑動する可能性のある施設・設備を抽出し、取水口の閉塞の可能性を検討した。
- その結果、発電所敷地内からは、車両、カーテンウォールPC板、キュービクル類、角落し、3号炉放水口モニタリング架台及びがれき(壁材等)が、発電所敷地外からは、車両、コンテナ・ユニットハウス、小型船舶、油槽所のタンク及びがれき(壁材、木片、廃プラスチック類等)が、2号炉取水口前面に到達する可能性があるかと判断したが、取水口の取水面積との比較や形状、水面を浮遊することから、**いずれも取水口を閉塞することはない**と判断した。
- さらに、これらの漂流物が設置されている場所は女川地区をはじめとする広範囲に分散しているため、**漂流物が同時に取水口前面に到達することはない**と考える。万が一、漂流物のすべてが取水口前面に集約された場合を想定しても、漂流物が隙間なく整列することは考えにくい。また、漂流物の形状から取水口に密着することは考えにくく、**取水口を完全に閉塞させることはない**と考えられるため、**非常用海水ポンプの取水は可能**である。
- なお、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の実績を踏まえ、津波襲来後には必要に応じて漂流物を撤去する方針であることから、非常用海水ポンプの取水は可能である。

取水口前面に到達する可能性のある小型船舶のうち最大である係留小型漁船(総トン数約19t)を考慮しても取水口を閉塞することはない。

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. 津波防護方針

4-5. 津波監視設備の設置

要求事項⑤

入力津波に対して津波監視機能が保持できること。

4-5. 津波監視設備の設置(1/2)

- 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(第17回検討会で説明済)

- 津波の影響を受けない、2号炉原子炉建屋屋上(O.P.+49.5m)及び防潮堤北側エリア(O.P.+29.0m)に設置する。
- 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。
- 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

- 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。
- 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】

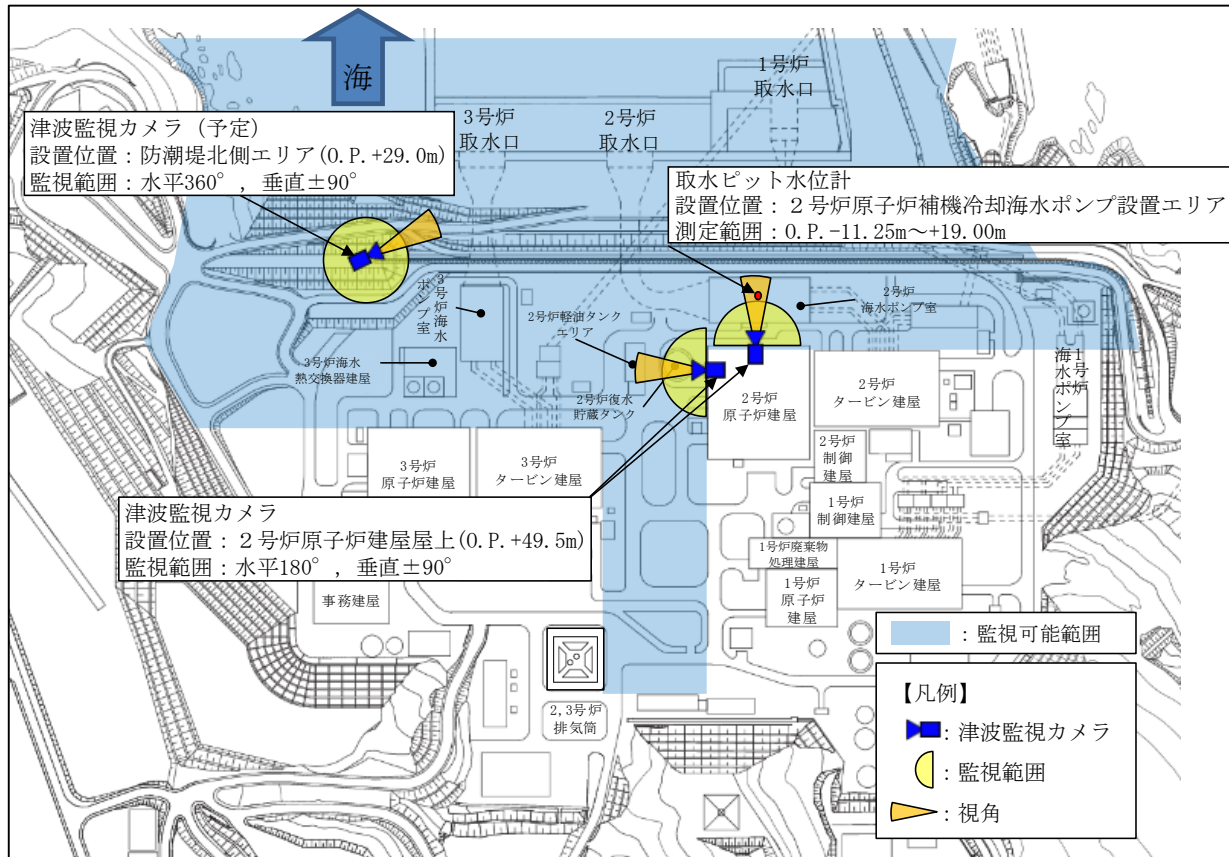
設置位置	仕様	監視範囲
2号炉原子炉建屋屋上 (O.P.+49.5m)	赤外線等 (旋回可能)	敷地前面の津波襲来状況 敷地内の状況
防潮堤北側エリア (O.P.+29.0m)		

【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	水位上昇側	O.P. +19.00m (O.P. +18.1m)
		水位下降側	O.P. -11.25m (O.P. -6.4m)

4-5. 津波監視設備の設置(2/2)

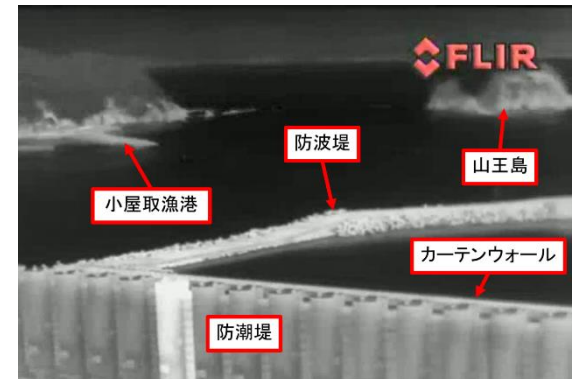
- 津波監視設備の配置図及び津波監視カメラ映像イメージを以下に示す。



【津波監視設備配置図】



(可視光カメラ監視イメージ)



(赤外線カメラ監視イメージ)

【津波監視カメラ映像イメージ】



5. 適合性審査の状況

5. 適合性審査の状況

- 耐津波設計方針，防潮堤の設計方針，杭基礎構造防潮壁の設計方針について，当社はこれまでに15回の審査会合で説明

主な質問，指摘事項

主な質問・指摘事項	回答状況
<p>【耐津波設計方針】 漂流物調査について，3.11の津波被害状況等を踏まえた抽出の考え方を説明すること。</p>	<p>✓ 女川町から離れた地域からの漂流物が到達する可能性も踏まえて，漂流物の調査範囲や評価フローを明確化し，漂流物による非常用海水ポンプの取水性への影響がないことを示した。</p>
<p>【防潮堤の設計方針】 防潮堤直下の盛土・旧表土が不等沈下した場合の影響も考慮して，防潮堤の一体性確保や津波防護機能保持の考え方を説明すること。</p>	<p>✓ 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良することで沈下しない構造とすること，防潮堤前面に置換コンクリートを設置することで基礎地盤のすべり安定性を向上させることとし，各部位の役割に応じた設計を行うことで津波防護機能が保持できることを示した。</p>
<p>【防潮堤の設計方針】 厳しい損傷モードや詳細設計段階での荷重増分要因を考慮しても，防潮堤の構造成立性が確保される見通しであることを説明すること。</p>	<p>✓ 構造の特殊性や設計の保守性の観点を踏まえて防潮堤の損傷モードの抽出を行い，現状の解析結果や入力津波高さに対する防潮堤高さの裕度から，防潮堤の構造成立性が確保できる見通しを示した。</p>
<p>【杭基礎構造防潮壁の設計方針】 PCパネル遮水壁の構造形式の特異性を踏まえ，防潮壁の設計の考え方を説明すること。</p>	<p>✓ 設計信頼性の向上を目的に，PCパネル遮水壁から鋼製遮水壁（鋼板）に変更することとし，地盤と構造物をモデル化した三次元フレーム解析等による設計方針を示した。</p>



6. これまでのご意見に対する回答

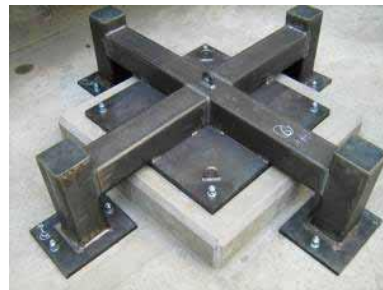
6. これまでのご意見に対する回答(1/2)

意見 No.2 関連

- 東北地方太平洋沖地震(3.11地震)に伴う津波により、女川2号炉海水ポンプ室に設置していた、水位計貫通部から津波が流入し、地下トレンチを通じて原子炉建屋内の一部が浸水している。
(現場確認の結果、原子炉建屋地下3階非管理区域への海水流入(深さ約2.5m)を確認)
- 当該部の浸水対策として、水位計貫通部に閉止板を取り付け、津波の流入防止を図っている。なお、閉止板は、津波高さO.P.+47.0mまで耐えられる構造としており、防潮堤高さ(O.P.+29.0m)と比較しても余裕がある設計である。
- 今後、閉止板を取り外し、コンクリートによる閉塞を行い、津波の流入を防止するものである。



旧水位計収納箱から海水が流入
(対策前)



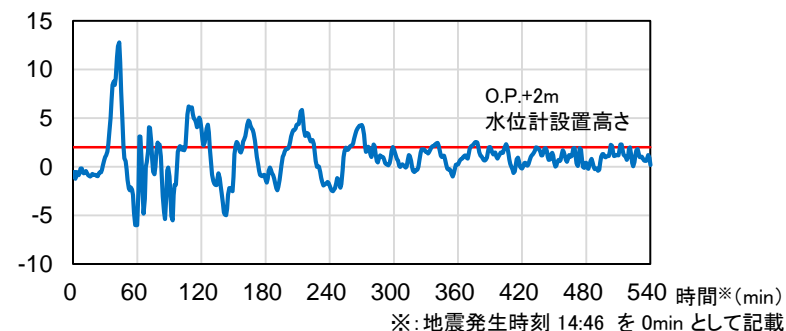
水位計収納箱を取り外し、
閉止板を取り付け(対策後)

【海水流入対策の実施状況(閉止板取付け状況)】

今後、閉止板を取り外し、コンクリートによる閉塞を実施(海水ポンプ室の鉄筋コンクリートと一体化することにより、津波に対して十分余裕をもった強度とする)

- 東北地方太平洋沖地震(3.11地震)に伴う津波の観測記録のとおり、地震発生後、約30分で津波が到達している。津波到達後、約30分(地震発生後、約60分)で、原子炉建屋の地下に設置している補機冷却系ポンプが海水の流入により停止したことから、建屋内への海水流入については、津波の第一波が支配的と推定している。

津波水位(O.P. m)



【東北地方太平洋沖地震(3.11地震)に伴う津波観測記録】

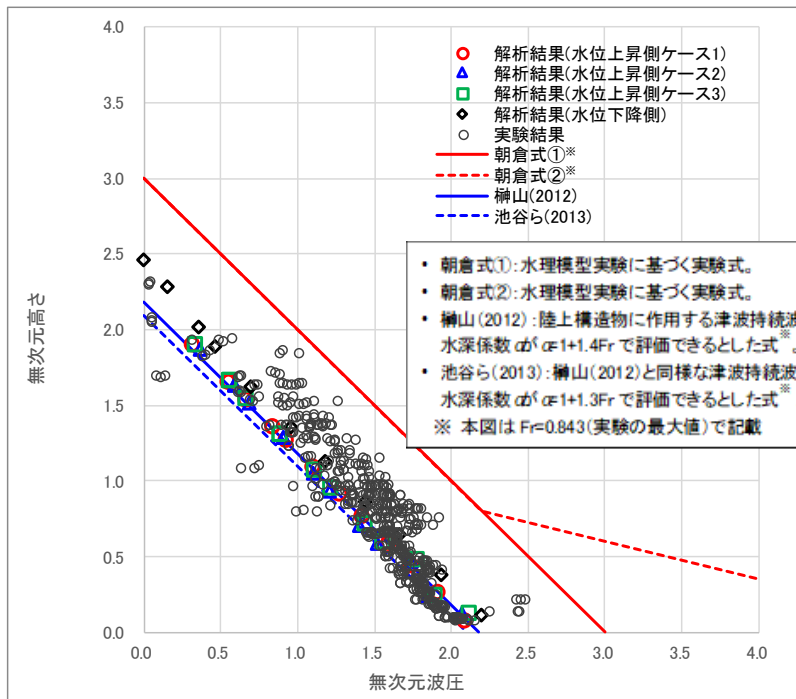
6. これまでのご意見に対する回答(2/2)

意見 No.54 関連

【津波荷重(波圧)の検討:津波波圧の保守性及び評価式の適用性】

- 女川防潮堤の設計で考慮する津波波圧について、3.11地震に伴う津波の状況や女川のサイト特性を踏まえた数値流体解析(断面二次元津波シミュレーション解析)及び水理模型実験(平面水槽実験)による検討を行った。
- 数値流体解析及び水理模型実験の結果を踏まえ、無次元最大津波波圧分布として整理した結果、全てのケースで既往の津波波圧算定式である朝倉式①※を下回ったことから、朝倉式①を設計用津波波圧として考慮することは保守的であることを確認した。

※:朝倉ら(2000):津波波圧の保守的な算定式として広く使用されており、『津波避難ビル等の構造上の要件の解説』(国土交通省)にも採用されている。



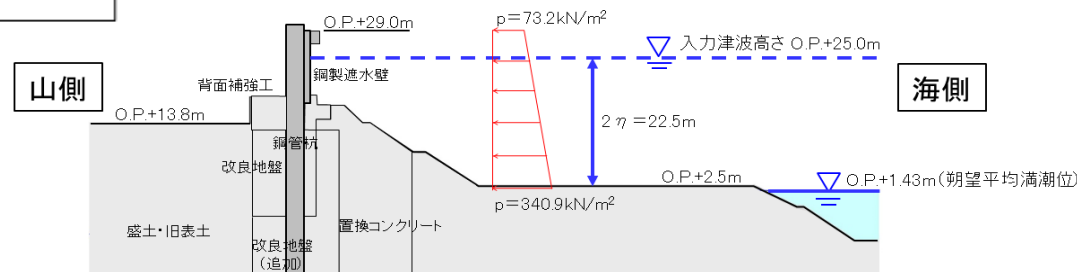
• 朝倉式①:水理模型実験に基づく実験式。
 • 朝倉式②:水理模型実験に基づく実験式。
 • 榊山(2012):陸上構造物に作用する津波持続波圧の算定式。水深係数 $\alpha^2 \propto 1+1.4Fr$ で評価できるとした式*。
 • 池谷ら(2013):榊山(2012)と同様な津波持続波圧の算定式。水深係数 $\alpha^2 \propto 1+1.3Fr$ で評価できるとした式*。
 ※ 本図は $Fr=0.843$ (実験の最大値)で記載

既往の津波波圧算定式との比較
(無次元最大津波波圧分布)

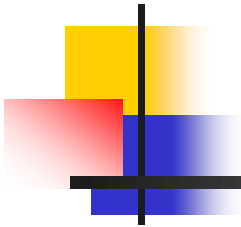
$$p = \rho \cdot g \cdot (\alpha \cdot \eta - z)$$

ここで、

- p : 津波波圧 (kN/m²)
- ρ : 海水の密度 (=1.03 t/m³)
- g : 重力加速度 (=9.80665 m/s²)
- α : 水深係数 (=3)
- η : 浸水深(通過波の浸水深=入力津波水深の1/2) (m)
- z : 陸上地面を基準とした上向の正の座標 (m)



朝倉式①※による津波波圧設定の考え方
(鋼管式鉛直式の断面図)



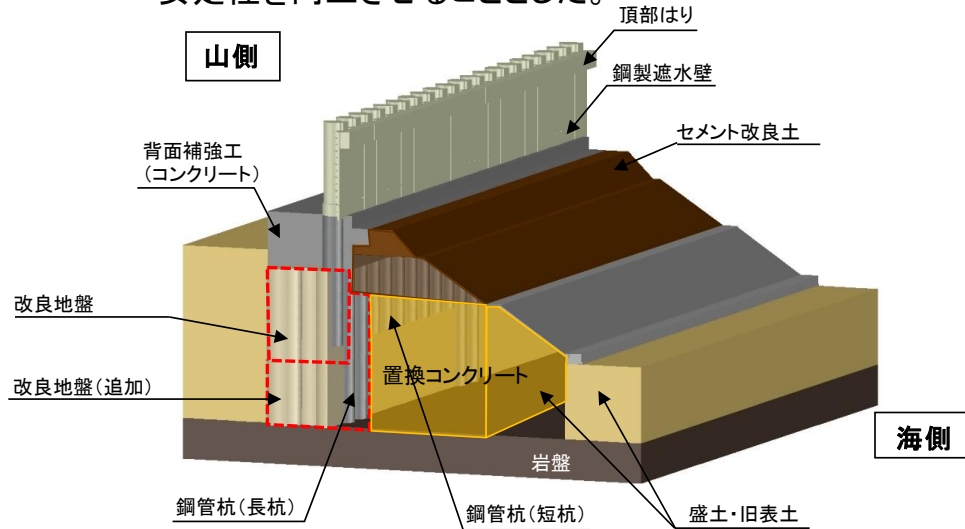
7. 参考



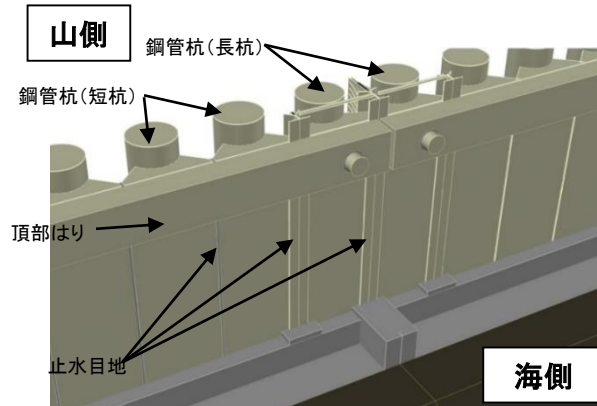
防潮堤の構造(1/2)

【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を示す。なお, 地震・津波に対する耐性を高めるため, 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良して沈下しない構造とするとともに, 前面に置換コンクリートを設置して基礎地盤のすべり安定性を向上させることとした。



鋼管式鉛直壁(一般部)概要図



鋼製遮水壁概要図

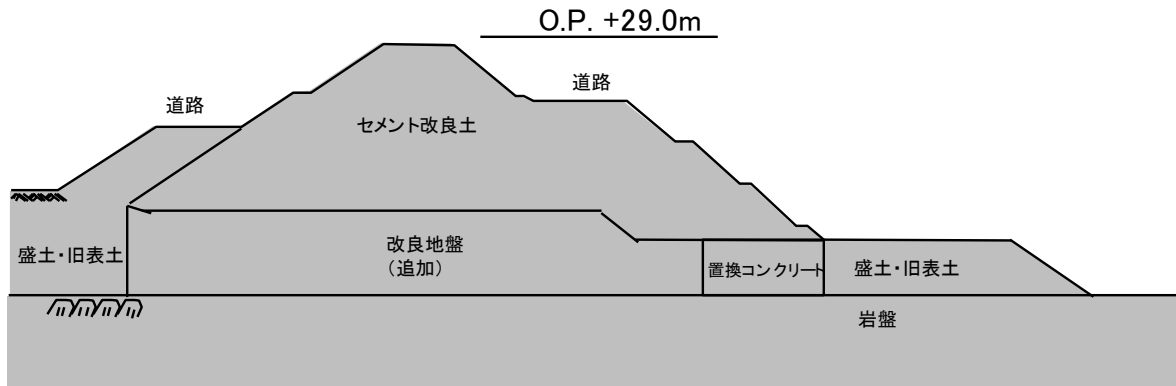
評価対象部位	主な役割	
【施設】		
鋼管杭	長杭	鋼製遮水壁及び頂部はりを支持
	短杭	鋼製遮水壁を支持
鋼製遮水壁	止水目地を支持, 遮水性の保持	
止水目地	鋼製遮水壁間の遮水性の保持	
背面補強工	遮水性の保持, 長杭・短杭の変形抑制	
置換コンクリート	基礎地盤のすべり安定性の確保, 長杭・短杭の変形抑制, 難透水性の保持	
頂部はり	—*	
【地盤】		
岩盤	長杭・短杭, 背面補強工及び置換コンクリートの鉛直支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与	
改良地盤	短杭及び背面補強工の鉛直支持(下方の岩盤に荷重を伝達), 基礎地盤のすべり安定性に寄与, 長杭・短杭の変形抑制, 難透水性の保持	
セメント改良土	長杭・短杭の変形抑制, 難透水性の保持, 津波荷重の伝達	
盛土・旧表土	—	

*: 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, 役割を期待しない。

防潮堤の構造(2/2)

【防潮堤:盛土堤防】

- 盛土堤防の構造, 評価対象部位と役割を以下に示す。なお, 地震・津波に対する耐性を高めるため, 防潮堤直下の盛土・旧表土を地盤改良して沈下しない構造とするとともに, 前面に置換コンクリートを設置して基礎地盤のすべり安定性を向上させることとした。



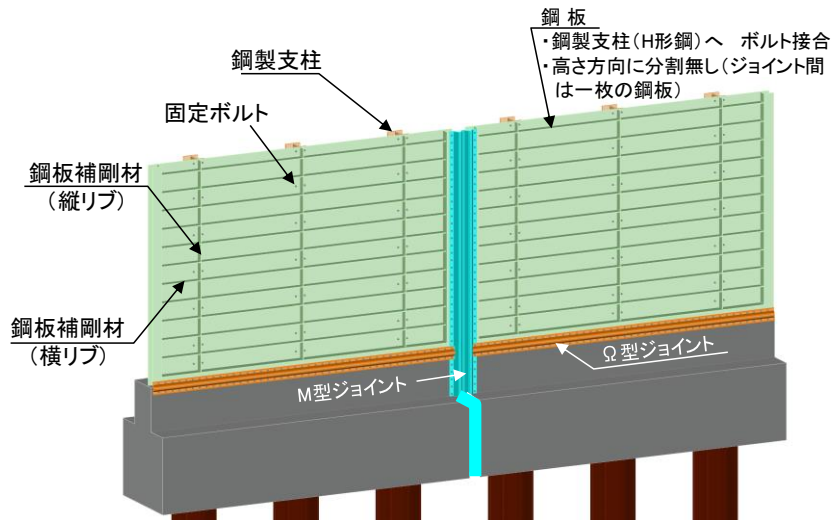
盛土堤防断面図

評価対象部位	主な役割
【施設】	
セメント改良土	堤体高さの維持 難透水性を有し, 堤体による止水性の維持
置換コンクリート	基礎地盤のすべり安定性の確保, 難透水性の保持
【地盤】	
岩盤	セメント改良土及び置換コンクリートの鉛直支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与
改良地盤	セメント改良土の鉛直支持(下方の岩盤に荷重を伝達), 基礎地盤のすべり安定性に寄与, 難透水性の保持
盛土・旧表土	セメント改良土及び置換コンクリートの鉛直支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与

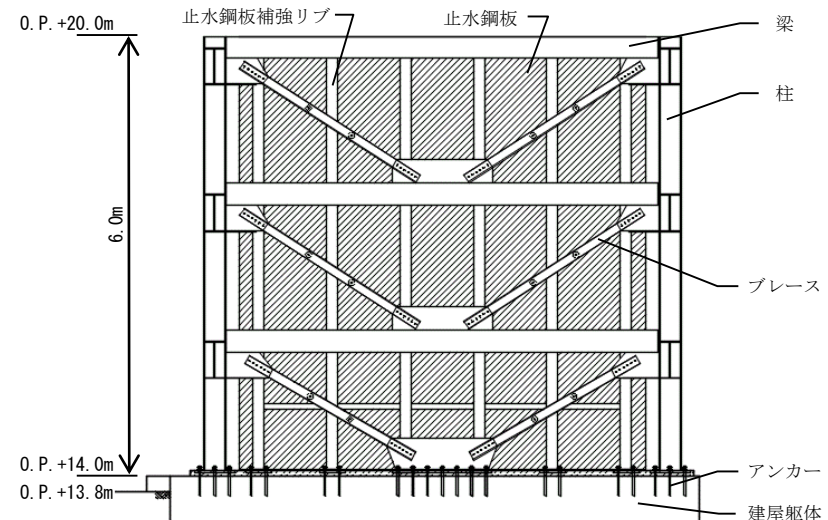
防潮壁の構造

【防潮壁】

- 防潮壁は、2号炉及び3号炉の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、設置箇所に応じて鋼製又はコンクリート製とする。



【 防潮壁 鳥観図
(2号炉海水ポンプ室: 鋼製遮水版) 】



【 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) 】

先行BWRプラントとの比較

- 女川2号炉と先行BWRプラントとの耐津波設計方針の比較

項目		津波防護方針		
		柏崎刈羽6・7	東海第二	女川2
基準津波高さ (敷地前面)		<u>敷地高さを超えない</u>	敷地高さを超える	敷地高さを超える
外郭防護 (遡上波の流入防止)		— (<u>自主対策として防潮堤設置</u>)	防潮堤(防潮扉含む)	防潮堤
外郭防護 (取・放水路からの 津波の流入防止)		取水槽閉止板	放水路ゲート, 浸水防止蓋, 貫通部止水等	防潮壁, 浸水防止蓋, 貫通部止水等
内郭防護の 浸水対策	屋内 設備	溢水後のインターロックにより 津波の流入を防止 (隔離弁による津波流入防止)	溢水後のインターロックにより 津波の流入を防止 (隔離弁による津波流入防止)	溢水後のインターロックにより 津波の流入を防止 (隔離弁による津波流入防止)
	屋外 設備	— (海水ポンプを建屋内に設置)		<u>屋外設備の耐震性を確保すること で溢水及び津波の流入を防止</u>
水位変動に対する 海水ポンプ取水性		貯留堰により水源確保 (新設)	貯留堰により水源確保 (新設)	貯留堰により水源確保 (<u>既設</u>)
津波監視		津波監視カメラ 海水ポンプ室水位計	津波監視カメラ 海水ポンプ室水位計	津波監視カメラ 海水ポンプ室水位計

参考文献

1. 東北電力株式会社(2019):第734回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料1-2-2 女川原子力発電所2号炉 設計基準対象施設について(5条 津波による損傷防止) pp. 215 - 219.
2. 朝倉良介・岩瀬浩二・池谷 毅・高尾 誠・金戸俊道・藤井直樹・大森政則(2000):護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第47 巻, pp. 911 - 915.
3. 榊山 勉(2012):陸上遡上津波の伝播と構造物に作用する津波波圧に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. 771 - 775.
4. 池谷毅・秋山義信・岩前伸幸(2013):陸上構造物に作用する津波持続波圧に関する水理学的考察, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.816 - 820.