

泊発電所3号機
耐津波設計方針について

平成26年1月14日
北海道電力株式会社

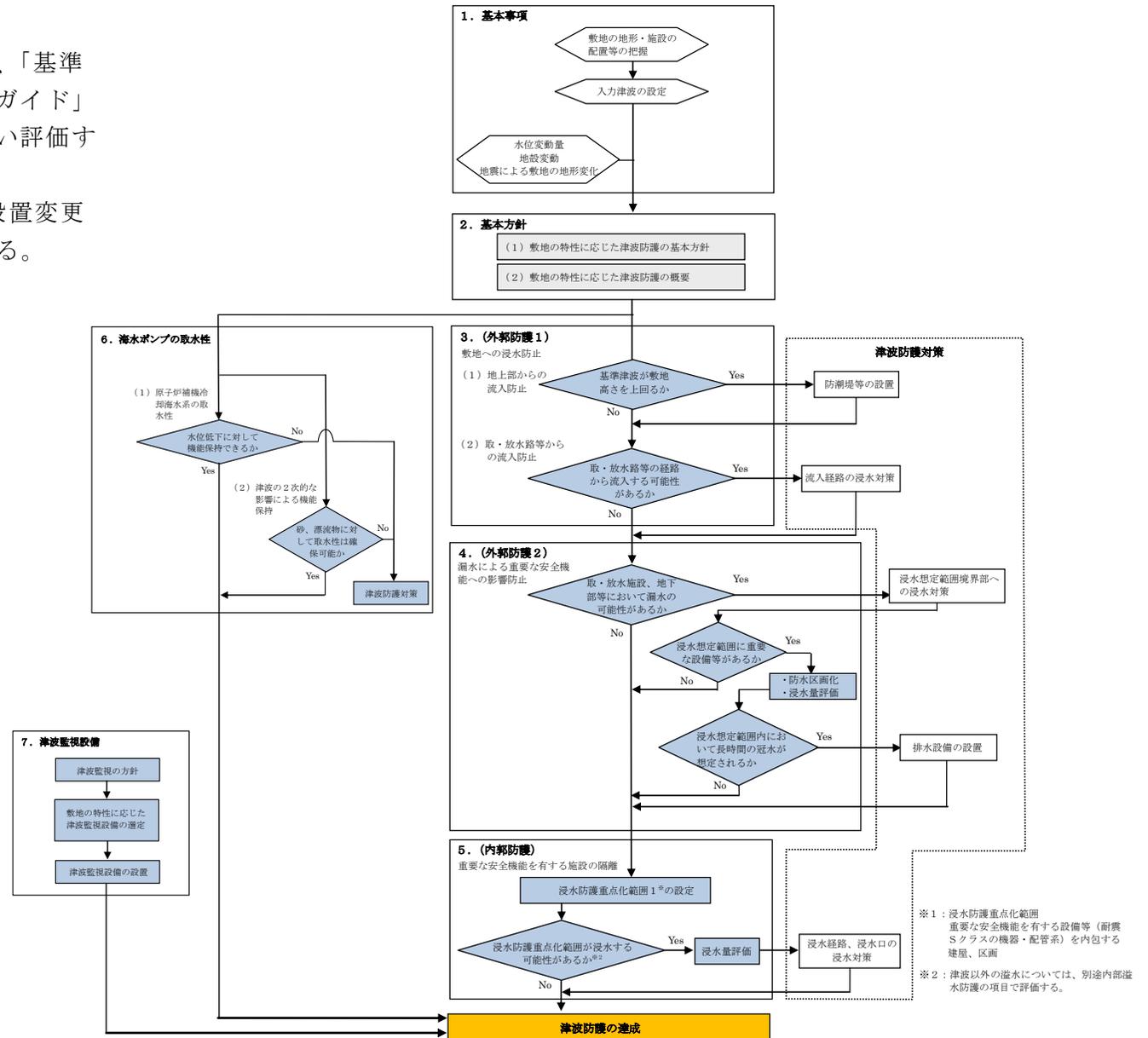
目次

- 0. 耐津波設計の基本フロー図
- 1. 基本事項
 - 1. 1 敷地および敷地周辺における地形および施設の配置等
 - 1. 2 入力津波の設定
 - 1. 3 津波防護にあたって考慮する事項
- 2. 基本方針
 - 2. 1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
 - 2. 2 敷地の特性に応じた津波防護の概要
- 3. 津波の敷地への流入防止（外郭防護1）
 - 3. 1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止
 - 3. 2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止
- 4. 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）
 - 4. 1 漏水対策
 - 4. 2 安全機能への影響確認
 - 4. 3 排水設備設置の検討
- 5. 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
 - 5. 1 浸水防護重点化範囲の設定
 - 5. 2 浸水防護重点化範囲隣接建屋における浸水量評価の方針
 - 5. 3 浸水防護重点化範囲における浸水対策
- 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
 - 6. 1 非常用海水冷却系の取水性
 - 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
- 7. 津波監視
- 8. 施設・設備の設計・評価方針
 - 8. 1 浸水防止設備
 - 8. 2 津波監視設備
 - 8. 3 津波影響軽減施設
- 9. 泊発電所の津波に対する更なる安全対策

0. 耐津波設計の基本フロー図

泊3号機の耐津波設計については、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」に基づき、右に示す基本フローに従い評価する。

なお、本評価は平成25年7月の設置変更許可申請時の基準津波に基づいている。



1. 基本事項

1. 1 敷地および敷地周辺における地形および施設の配置等

(1) 敷地および敷地周辺の地形、標高、河川の存在

泊発電所は、図-1-1～1-3 に示すとおり、北海道積丹半島西側基部の古宇郡泊村の海岸沿いに位置している。敷地の形状は、おおむね半円状であり、敷地西側は日本海に面し、背後は積丹半島中央部の山嶺に続く T.P. +40m～+130m の丘陵地である。また、発電所敷地内へ流入する河川はないが、敷地北側に茶津川、敷地東側に堀株川がある。



図-1-1 泊発電所の位置



図-1-2 泊発電所全景写真

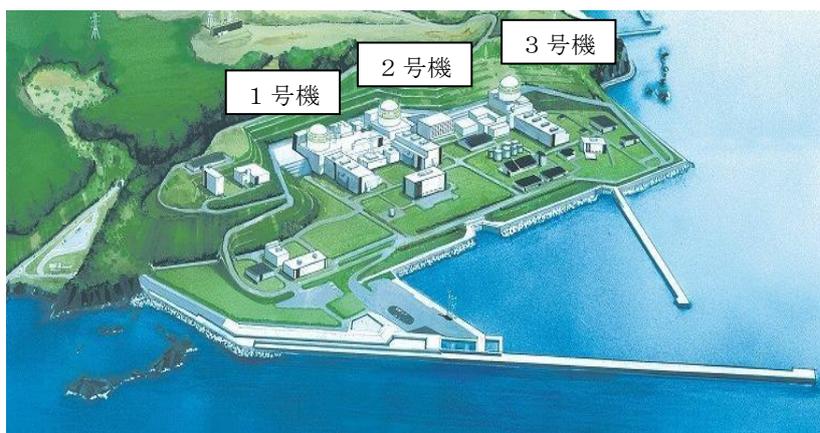


図-1-3 泊発電所全景

(2) 敷地における施設の位置、形状等

泊発電所の敷地図を図-1-4に示す。

泊3号機は、泊2号機の南側に位置しており、復水器冷却水原子炉補機冷却海水の取水口は敷地西側の専用港内、また、放水口は敷地西側の北防波堤基部に位置する。

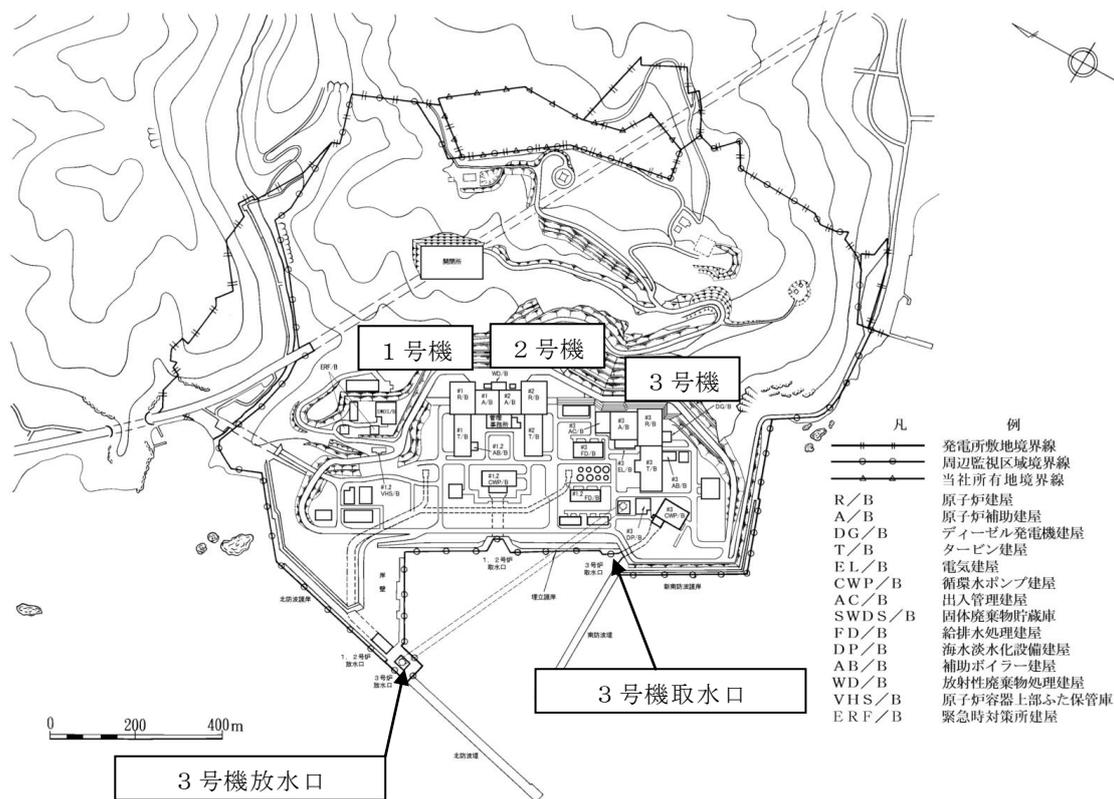


図-1-4 泊発電所の敷地図

泊発電所の主要な施設を設置している敷地高さは、図-1-5 に示すとおり主に T.P. +10.0m と T.P. +31m 以上に分かれている。また、T.P. +10.0m から T.P. +31.0m へのアクセス道路は、茶津側と堀株側の 2 ルート設置されている。敷地高さと泊 3 号機建屋断面との位置関係については、図-1-6 に示す。

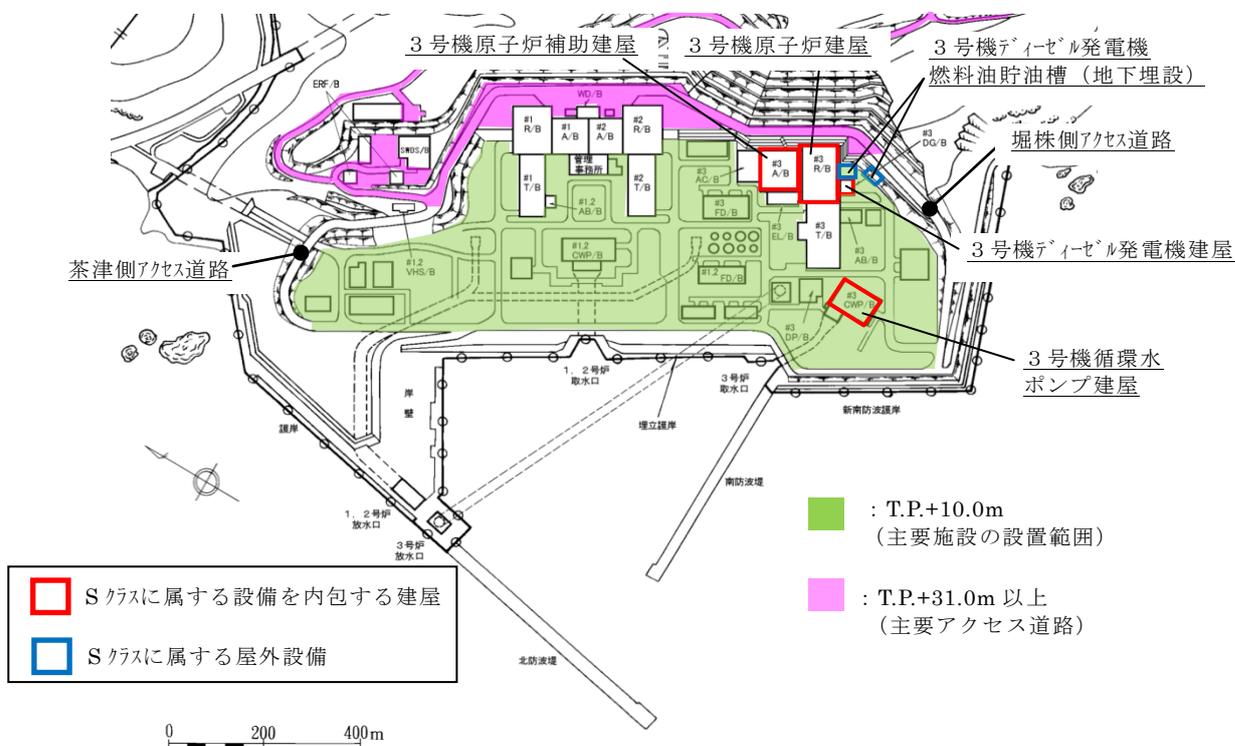


図-1-5 泊発電所全体配置図

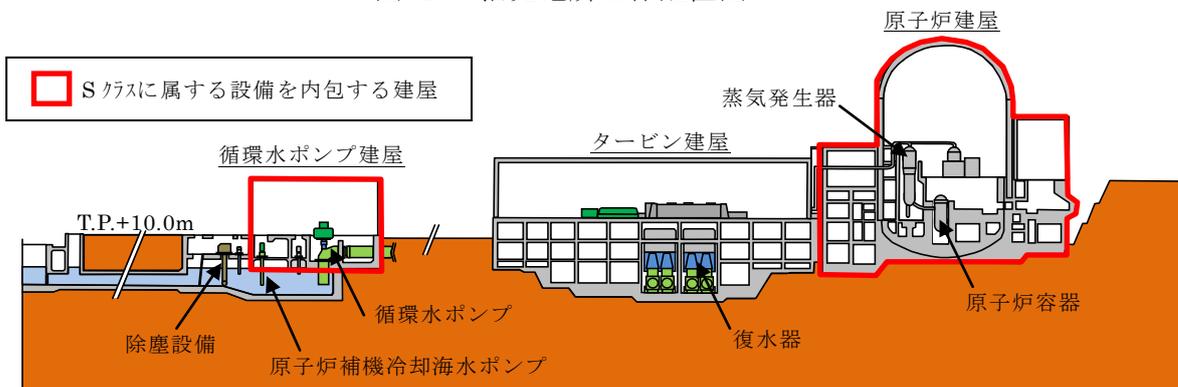


図-1-6 泊発電所 3 号機建屋断面図

原子炉施設のうち、Sクラスの設備を内包する建屋は、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、原子炉補機冷却海水ポンプ（以下、海水ポンプ）が設置された循環水ポンプ建屋であり、これらの建屋は T.P. +10.0m に設置されている。Sクラスの屋外設備である非常用ディーゼル発電燃料油貯油槽は T.P. +10.0m の地下に埋設されている。

重大事故等対処施設のうち可搬型大型送水ポンプ車等は、T.P. +31m 以上の高台に配備している。

(3) 敷地周辺の人口構造物の位置、形状等

泊発電所構内の港湾施設として、荷揚岸壁が3号機本体から西側約700mに位置しており、燃料等輸送船が不定期に停泊する。

フェリー等の定期便の航路は発電所近傍にはなく、遊覧船・観光船もない。

泊発電所がある泊村と泊発電所周辺の岩内町には漁港があり、小型の漁船が係留されている。また、発電所周辺地域の主要道路としては、国道229号、国道276号、国道5号がある。(図-1-7)

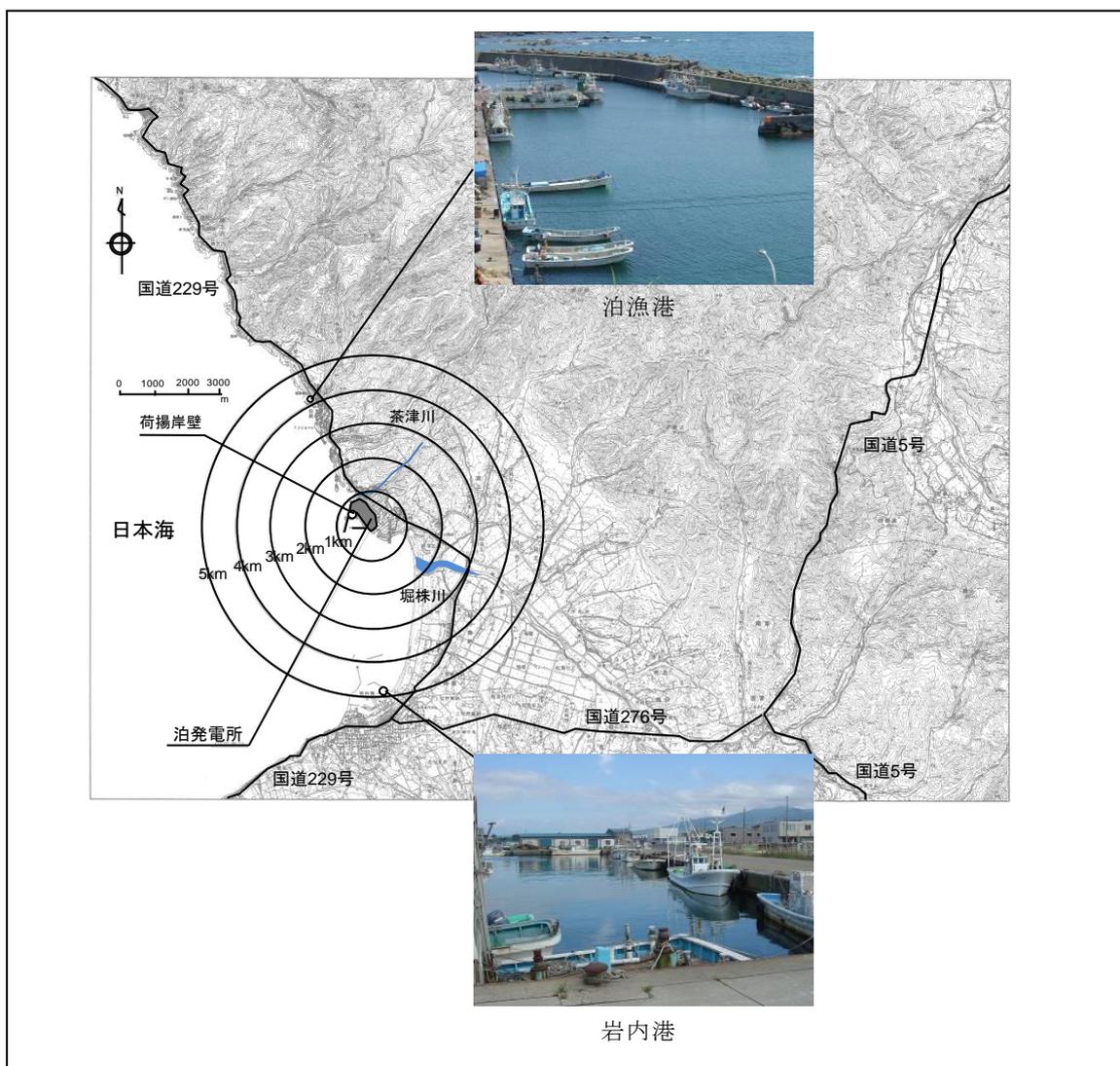


図-1-7 泊発電所の敷地付近図

1. 2 入力津波の設定

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置を考慮して算定される時刻歴波形として設定する。入力津波の設定位置は、表-1-1 に示すとおり、敷地前面、1, 2号機および3号機取水口、1, 2号機および3号機放水口とする。

表-1-1 入力津波高さ

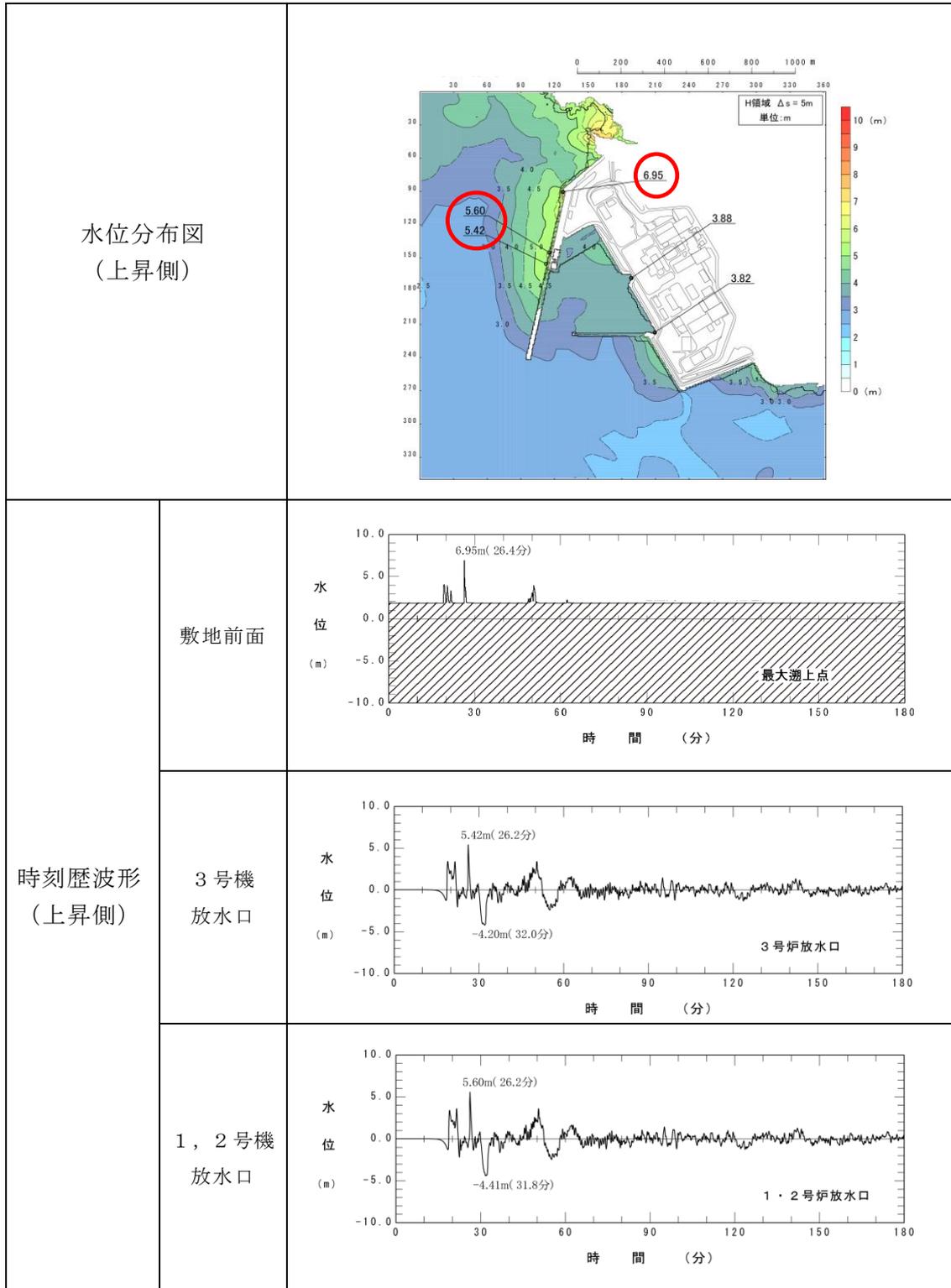
位 置	水位上昇側 ^{※1}	水位下降側 ^{※2}
敷地前面	T. P. +7. 3m	—
3号機取水口	T. P. +5. 2m	T. P. -6. 1m
1, 2号機取水口	T. P. +5. 0m	T. P. -6. 0m
3号機放水口	T. P. +5. 7m	—
1, 2号機放水口	T. P. +5. 9m	—

※1 水位上昇側の入力津波高さは、当該位置における水位上昇量に朔望平均満潮位（+0.26m）を考慮した値

※2 水位下降側の入力津波高さは、当該位置における水位下降量に朔望平均干潮位（-0.14m）を考慮した値

基準津波による各設置位置における最大水位上昇量および最大水位下降量は、表-1-2～表-1-4 に示すとおりであり、水位上昇側は、基準津波の波形に朔望平均満潮位（T. P. +0.26m）、水位下降側は、基準津波の波形に朔望平均干潮位（T. P. -0.14m）を考慮した波形である。

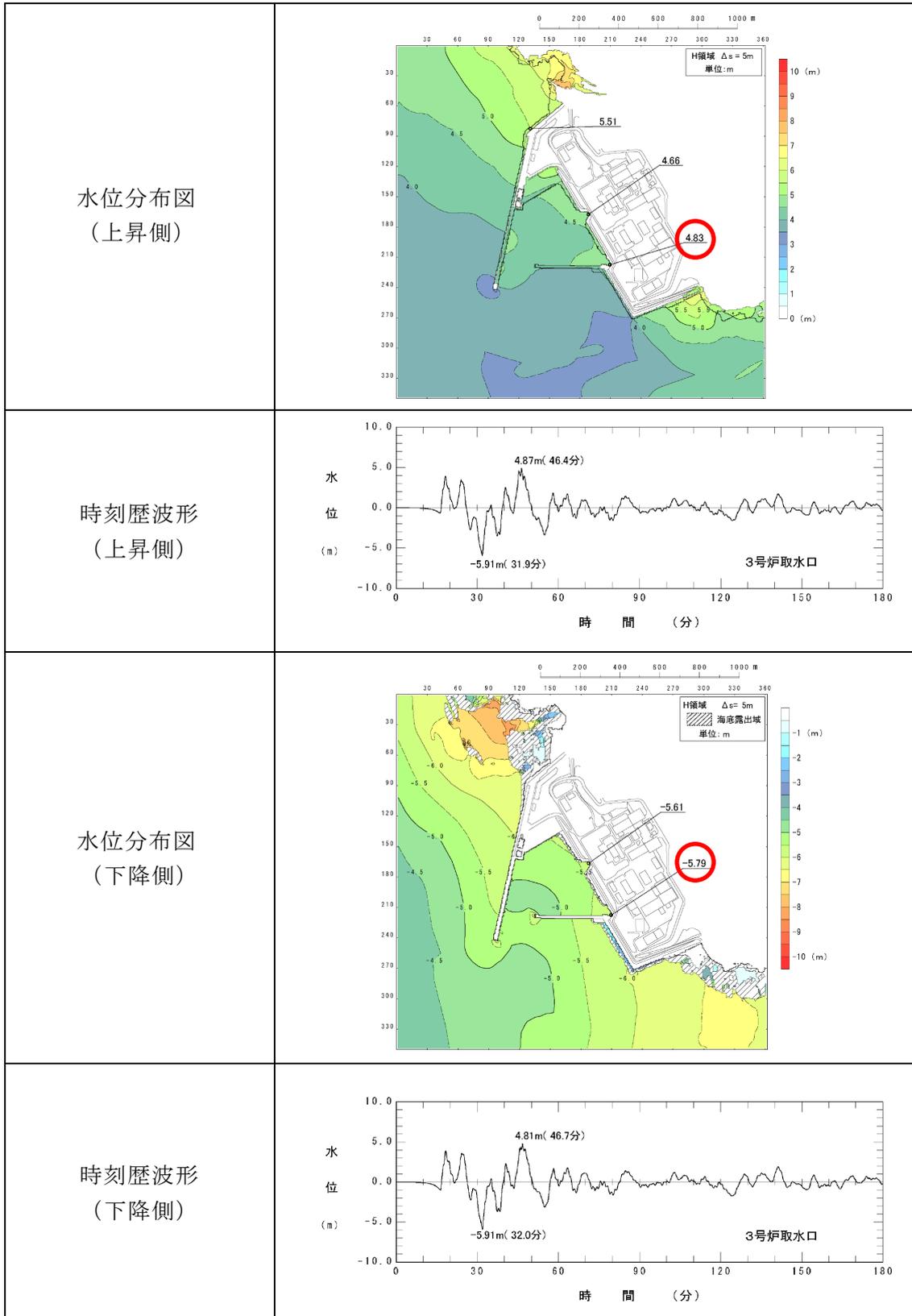
表-1-2 敷地前面、1, 2号機放水口、3号機放水口における水位分布と時刻歴波形



※1 水位変動量分布は、日本海東縁部単独波源による

※2 入力津波高さは、時刻歴波形に朔望平均満潮位(+0.26m)を考慮した値

表-1-3 3号機取水口における水位分布と時刻歴波形



※1 水位変動量分布は、日本海東縁部単独波源による

※2 入力津波高さは、時刻歴波形に朔望平均満潮位(+0.26m)、朔望平均干潮位(-0.14m)を考慮した値

表-1-4 1, 2号機取水口における水位分布と時刻歴波形

<p>水位分布図 (上昇側)</p>	
<p>時刻歴波形 (上昇側)</p>	
<p>水位分布図 (下降側)</p>	
<p>時刻歴波形 (下降側)</p>	

※1 水位変動量分布は、日本海東縁部単独波源による

※2 入力津波高さは、時刻歴波形に朔望平均満潮位(+0.26m)、朔望平均干潮位(-0.14m)を考慮した値

1. 3 津波防護にあたって考慮する事項

(1) 水位変動

a. 潮位

潮位は、泊発電所の南約 5km に位置し、敷地に対して最も近傍にある「岩内港」の潮位観測記録を使用する。(図-1-8)

耐津波設計において、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、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。使用する朔望平均潮位は、表-1-5 のとおりである。

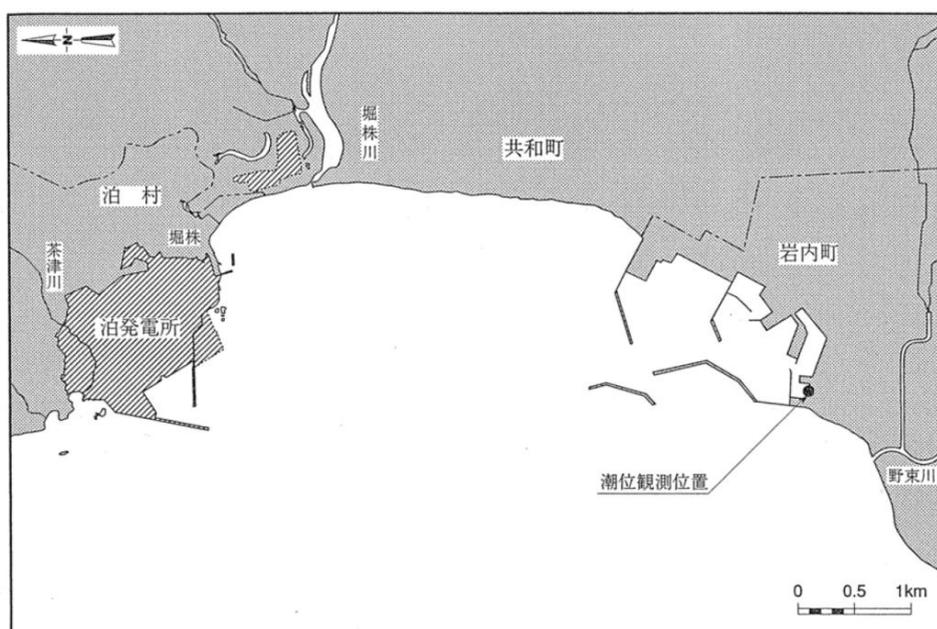


図-1-8 潮位観測点の位置図

表-1-5 考慮すべき水位変動

朔望平均満潮位	T. P. +0.26m
朔望平均干潮位	T. P. -0.14m

※朔望平均潮位

朔(新月)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、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、朔望平均干潮位という。

b. 潮位観測記録の評価

潮位で設定した朔望平均潮位のばらつきを把握するため、潮位観測記録を用いて、ばらつきの程度を確認した。

- ・ばらつきの確認は、「岩内港」における至近5ヶ年（2008年1月～2012年12月）のデータを用いた。
- ・データ分析の結果、表-1-6に示すとおり、標準偏差は満潮位で0.12m、干潮位で0.11mとなった。
- ・満潮位の標準偏差（0.12m）については、今後、外郭防護の余裕として考慮する方針とする。
- ・干潮位の標準偏差（0.11m）については、今後、非常用海水冷却系の取水性の余裕として考慮する方針とする。

表-1-6 朔望平均潮位に関するデータ分析

	満潮位	干潮位
最大値	T. P. +0.60m	T. P. +0.15m
平均値	T. P. +0.29m	T. P. -0.12m
最小値	T. P. +0.01m	T. P. -0.37m
標準偏差	0.12m	0.11m

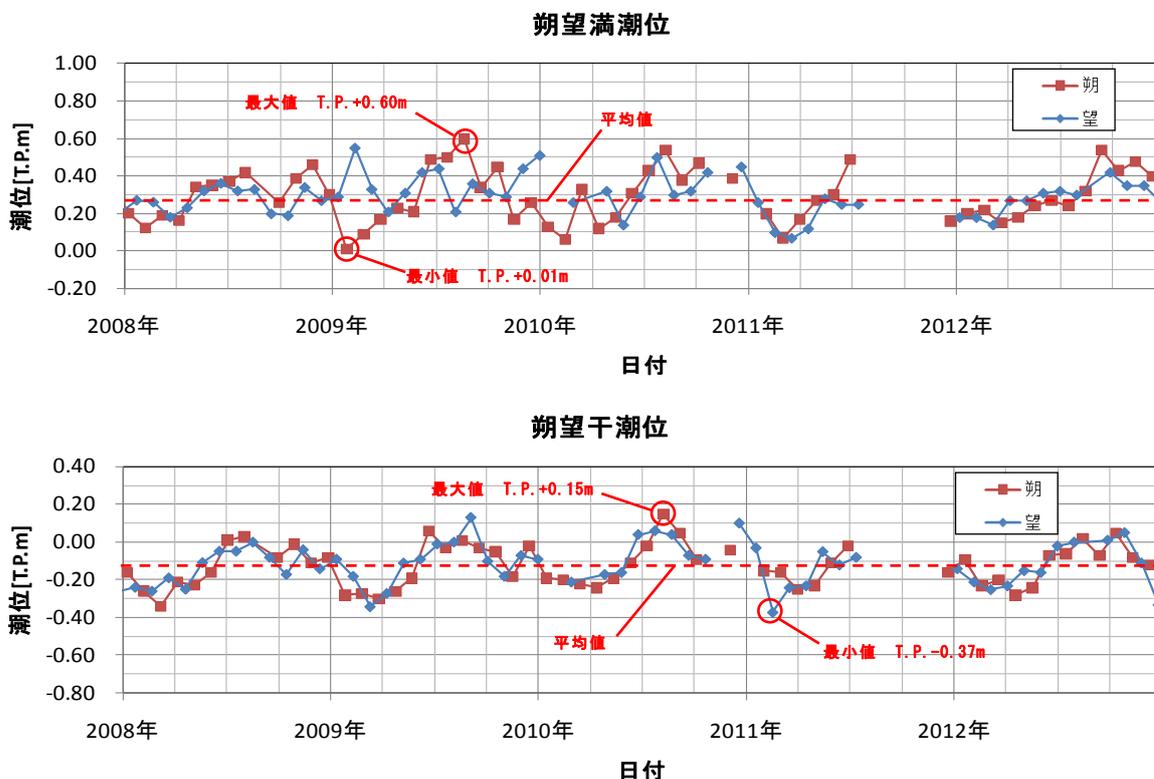


図-1-9 各月の朔望平均潮位の推移（岩内港）

c. 高潮の評価

潮汐以外の要因による潮位変動について、高潮発生状況について把握した上で、高潮の可能性とその程度について検討する。

- ・ 潮位観測点「岩内港」における至近 42 年（1971 年～2012 年）の年最高潮位を表-1-7 に示す。

表-1-7 岩内港における年最高潮位

年	最高潮位 発生月日	年最高潮位 (T. P. m)	(参考) 年最高潮位上位 10位	年	最高潮位 発生月日	年最高潮位 (T. P. m)	(参考) 年最高潮位上位 10位
1971	10月12日	0.570		1992	10月31日	0.710	
1972	9月18日	0.640		1993	1月29日	0.630	
1973	10月15日	0.660		1994	10月13日	0.810	3
1974	10月4日	0.590		1995	11月9日	0.760	7
1975	9月8日	0.470		1996	6月19日	0.580	
1976	9月15日	0.510		1997	8月5日	0.650	
1977	7月11日	0.360		1998	11月9日	0.730	
1978	8月4日	0.505		1999	10月3日	0.710	
1979	3月31日	0.575		2000	9月2日	0.750	9
1980	11月1日	0.515		2001	8月23日	0.660	
1981	11月4日	0.565		2002	10月23日	0.700	
1982	8月29日	0.485		2003	12月26日	0.770	5
1983	11月25日	0.640		2004	9月8日	0.960	2
1984	8月23日	0.770	5	2005	9月8日	0.610	
1985	10月8日	0.670		2006	9月20日	0.760	7
1986	9月22日	0.750	9	2007	9月8日	0.650	
1987	9月1日	1.000	1	2008	11月30日	0.458	
1988	12月15日	0.640		2009	8月21日	0.598	
1989	8月28日	0.700		2010	12月4日	0.628	
1990	8月23日	0.790	4	2011	7月4日	0.488	
1991	7月26日	0.620		2012	9月18日	0.538	

- 表から算定した潮位観測点「岩内港」における超過発生確率を図-1-10 に示す。
- 再現期間と期待値は、2年:T.P. +0.63m、5年:T.P. +0.74m、10年:T.P. +0.82m、50年:T.P. +0.98m、100年:T.P. +1.05mとなる。
- 高潮による潮位変動については、今後、外郭防護の余裕として考慮する方針とする。

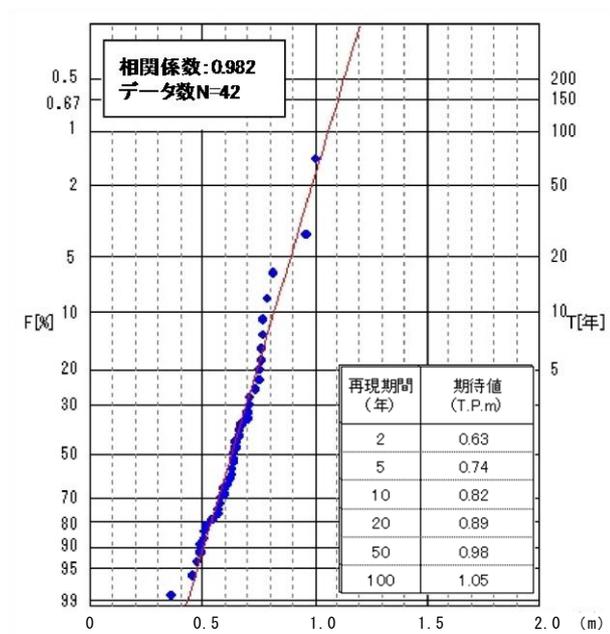


図-1-10 岩内港における最高潮位の超過発生確率

(2) 地殻変動

地震による地殻変動は、基準津波となる波源により、表-1-8のとおりである。

表-1-8 地盤変動量

場所	上昇側の検討	下降側の検討
3号機取水ピット	+0.00m	-0.01m ⇒ 0.00m [※]
1, 2号機取水ピット	-0.03m	+0.00m
敷地前面、放水ピット	+0.03m ⇒ 0.00m [※]	

※上表の「⇒0.00m」は、安全側の評価として、地殻変動量を0.00mに設定

(3) 地震による地形の変化に係る評価

泊発電所敷地地盤は、岩盤部と埋立部により構成されており、敷地前面は護岸により囲まれている。

泊発電所の主要な施設は T.P. +10.0m に設置されており、更なる安全対策として設置中の防潮堤の内側にある。

今回、地震による地形の変化に係る評価では、図-1-12 に示すとおり、入力津波として評価を行う 1, 2号機取水口および3号機の取水口間において、有効応力解析（変形量解析）を行い、T.P. +10.0m の法肩の変形量について評価を行った。

評価は、T.P. +10.0m の法肩への影響を考慮し、防潮堤が最も法肩に近接した断面（A-A 断面）を選定し、防潮堤が完成した形状により解析を行った。

A-A 断面における解析の結果、図-1-13 に示すとおり、T.P. +10.0m の法肩変位量は、ごく小さいことから、基準津波による津波高さに対して十分な裕度があり、地震による地形の変化が津波の遡上に及ぼす影響は小さいと考えられる。

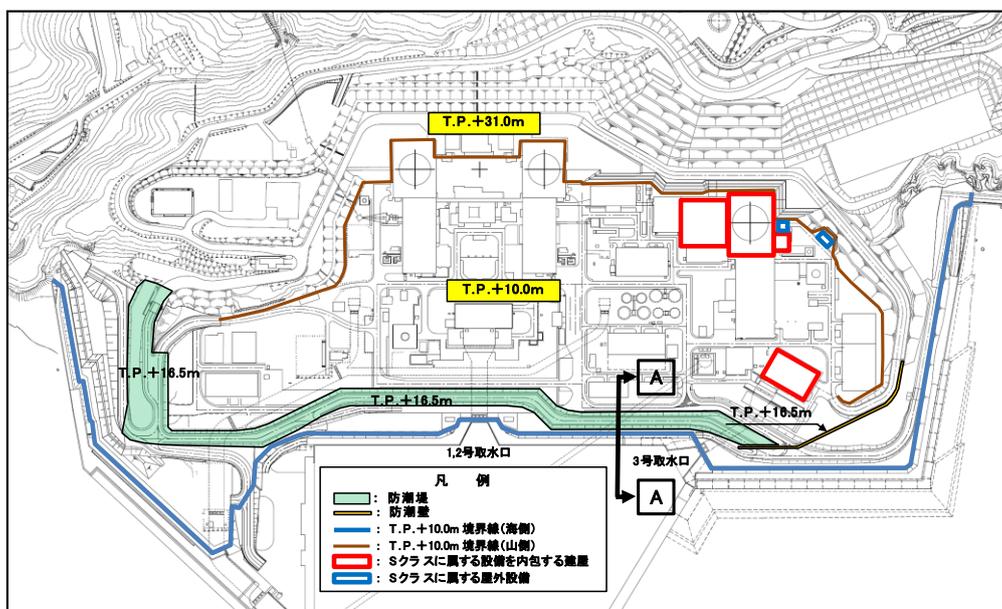


図-1-12 敷地平面図（平成 26 年度防潮堤完成時）

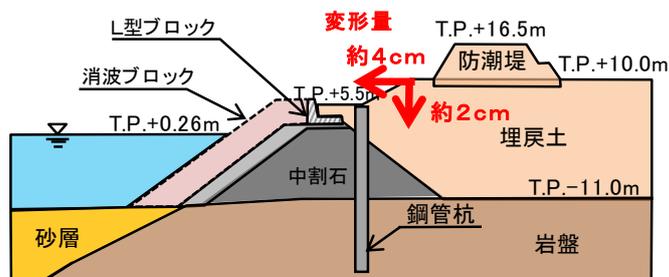


図-1-13 A-A 断面図

(参考) 港湾内護岸部等の補強

港湾内護岸部等においては、図-1-14 に示す範囲箇所で、A-A 断面における鋼管杭による補強と同様の補強を実施している。

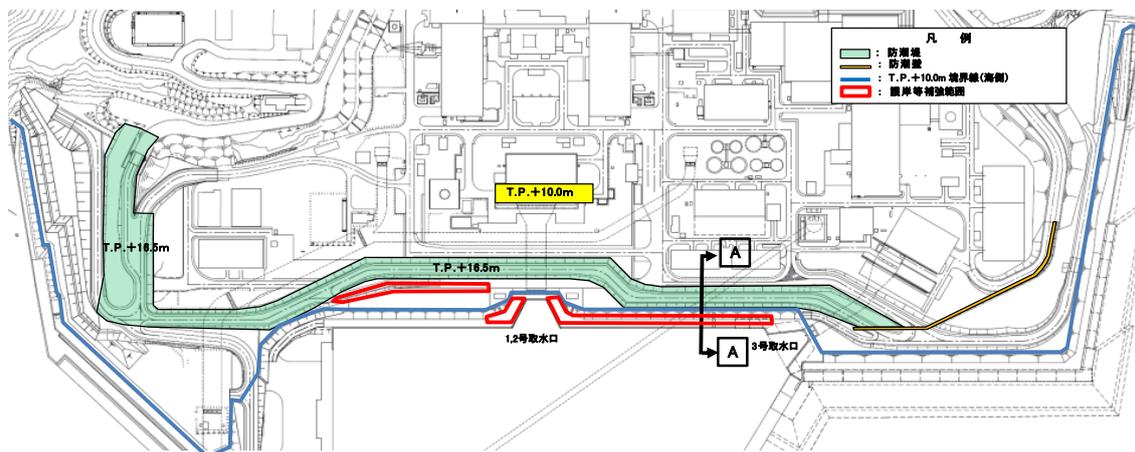


図-1-14 港湾内護岸等補強箇所位置図

2. 基本方針

2. 1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

敷地の特性に応じた津波防護方針は以下のとおりとする。

(1) 津波の敷地への流入防止（外郭防護1）

Sクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備および津波監視設備を除く）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、流入させない設計とする。また、取水路、放水路等の経路から流入させない設計とする。

(2) 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、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設計とする。

(3) 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

Sクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備および津波監視設備を除く）を内包する建屋区画については、浸水防護重点化範囲として明確化し、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路および浸水口（扉、開口部および貫通口等）に対して浸水対策を施す設計とする。

(4) 水位変動に伴う取水低下による重要な安全機能への影響防止

原子炉補機冷却海水設備については、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とする。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積および漂流物に対して取水口およ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とする。

(5) 津波監視

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設計とする。

なお、朔望平均潮位のばらつきと高潮による潮位変動について、外郭防護および非常用海水冷却系の余裕として考慮する。

2. 2 敷地の特性に応じた津波防護の概要

敷地の特性に応じた津波防護の概要（外郭防護の状況、浸水防止設備、津波監視設備の位置、浸水防護重点化範囲等）を示す。（図-2-1）

泊3号機の重要な安全機能を有す施設や区画は、津波高さに比べて高い位置（T.P. +10.0m以上の敷地）に設置されており外郭防護が形成されている。

浸水防止設備として、海水ポンプが設置された区画において、津波の侵入を防止するための排水溝逆止弁、マンホール蓋を設置する。

津波監視設備として、屋外監視カメラ、取水ピット水位計、潮位計を設置する。

津波影響軽減施設として敷地前面海域に防波堤がある。

なお、津波防護施設に該当する施設はない。

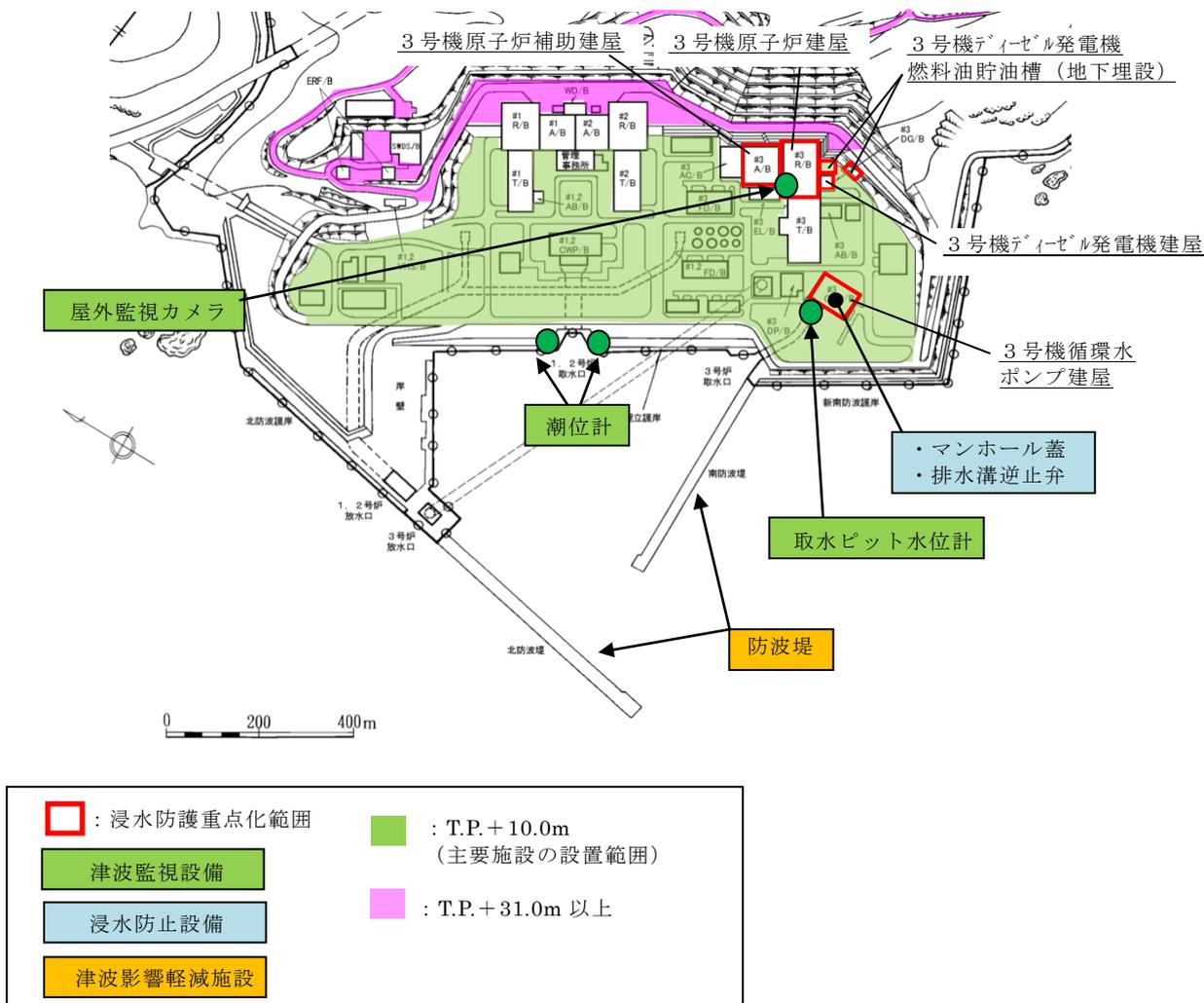


図-2-1 泊3号機 敷地の特性に応じた津波防護の概要

3. 津波の敷地への流入防止（外郭防護1）

3. 1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止

泊発電所の敷地の形状は、おおむね半円状であり、地上部からの津波流入経路としては、敷地前面部からとなる。

Sクラスの設備を内包する建屋Sクラスに属する屋外設備は、T.P. +10.0 m（地盤変動考慮後 T.P. +10.0m）の敷地に設置されており、敷地前面の入力津波高さの最高水位 T.P. +7.3m よりも高く、地上部から到達、流入しない。（図-3-1-1、表-3-1-1）

また、敷地北側のトンネル出口部（図-3-1-1）での最高水位は、T.P. +7.1m であり、Sクラスの設備を内包する建屋Sクラスに属する屋外設備が設置されている敷地 T.P. +10.0m（地盤変動考慮後 T.P. +10.0m）への流入はない。

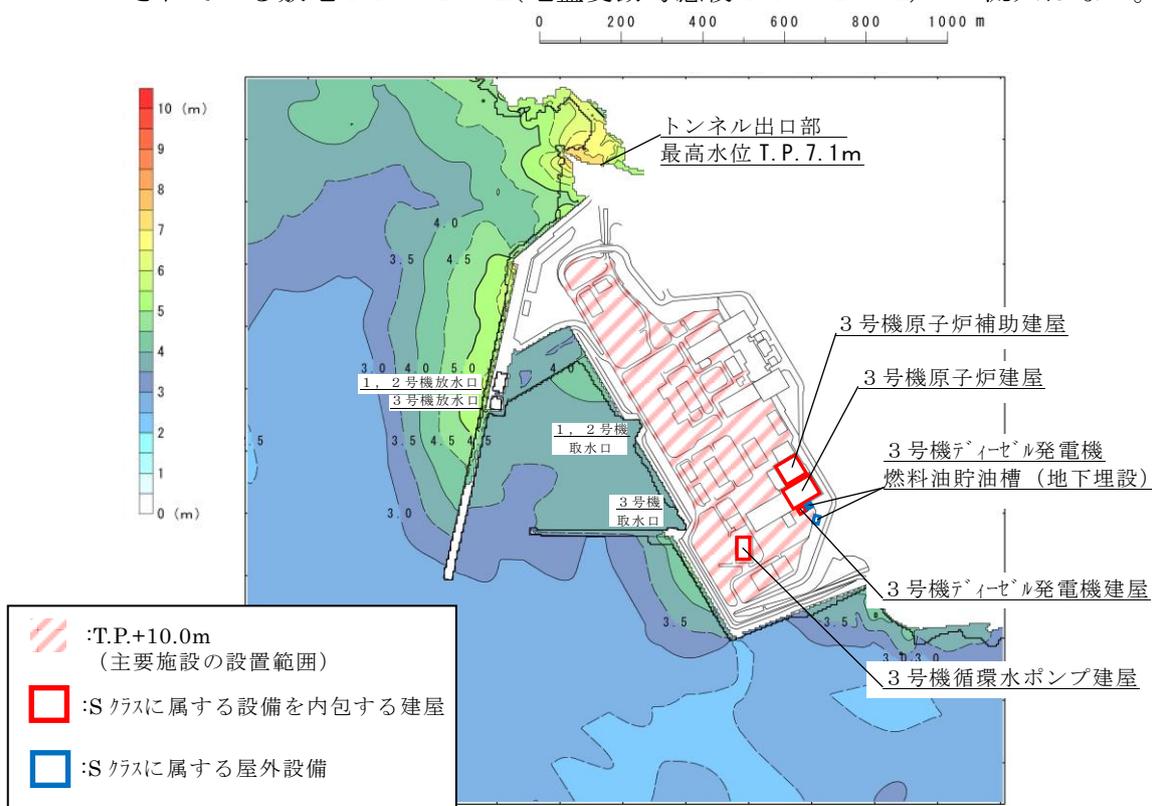


図-3-1-1 地上部からの流入経路および浸水範囲（敷地前面最高水位ケース）

表-3-1-1 地上部からの到達・流入評価結果

	状況	許容津波高さ (地盤変動考慮後)	入力津波高さ	評価
Sクラスの設備を内包する建屋 Sクラスに属する屋外設備	T.P. +10.0m 以上の敷地に設置されている。	T.P. +10.0m	T.P. +7.3m (敷地前面での最大水位)	到達、流入しない

3. 2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

(1) 取水路、放水路等の経路からの流入経路

海域に接続する水路から敷地への津波の流入の可能性のある経路としては、取水路として海水系・循環水系、放水路として海水系・循環水系、屋外排水路が挙げられる。(表-3-2-1)

表-3-2-1 流入経路特定結果

対象		流入経路	
取水路	3号機	海水系	海水管ダクト、循環水ポンプ建屋(取水ピットポンプ室、ストレーナ室)、スクリーン室、取水路
		循環水系	循環水管、循環水ポンプ建屋(取水ピットポンプ室)、スクリーン室、取水路
	1, 2号機	海水系	海水管ダクト、循環水ポンプ建屋(取水ピットポンプ室)、スクリーン室、取水路
		循環水系	循環水管、循環水ポンプ建屋(取水ピットポンプ室)、スクリーン室、取水路
放水路	3号機	海水系	原子炉補機冷却海水放水路、放水ピット、放水路トンネル、放水池、放水管
		循環水系	循環水管、放水ピット、放水路トンネル、放水池、放水管
	1, 2号機	海水系	原子炉補機冷却海水放水路、放水ピット、放水路、放水池、放水管
		循環水系	循環水管、放水ピット、放水路、放水池、放水管
屋外排水路		屋外排水路	

なお、地震後の津波による影響としては、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循環水管の損傷箇所を介して取水ピットまたは放水ピットからタービン建屋へ津波が流入することが考えられるが、本事項については、「5. 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)」にて別途評価する。

(2) 取水路

取水路系統は、1, 2号機および3号機とも、取水口から取水路を經由して循環水ポンプ建屋 (T.P. +10.0m) につながり、循環水ポンプ建屋内に設置された海水ポンプまたは循環水ポンプにて取水後、海水系は海水管ダクトに設置された海水管にて原子炉建屋内等設備に送水し、循環水系は地中に埋設された循環水管にてタービン建屋内設備に送水する。(図-3-2-1、3-2-2)

取水路系統のうち直接、敷地に津波が流入する恐れがある箇所としては、取水路およびスクリーン室の上端開口部がある。(図-3-2-3)

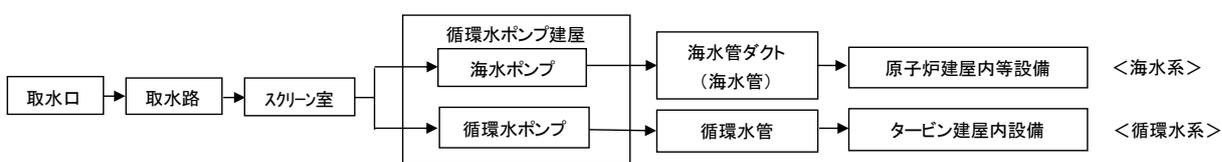


図-3-2-1 取水系統図

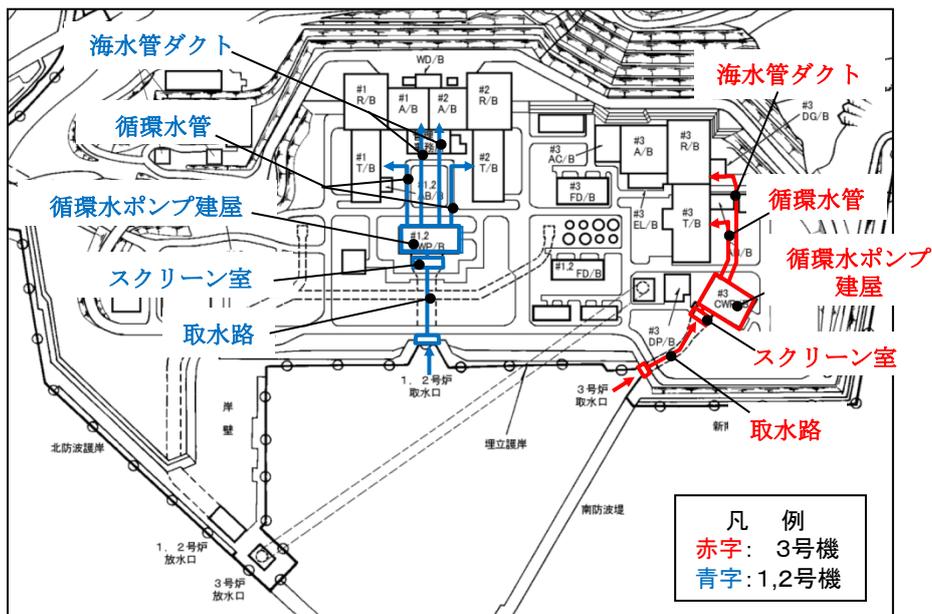


図-3-2-2 取水系統平面図

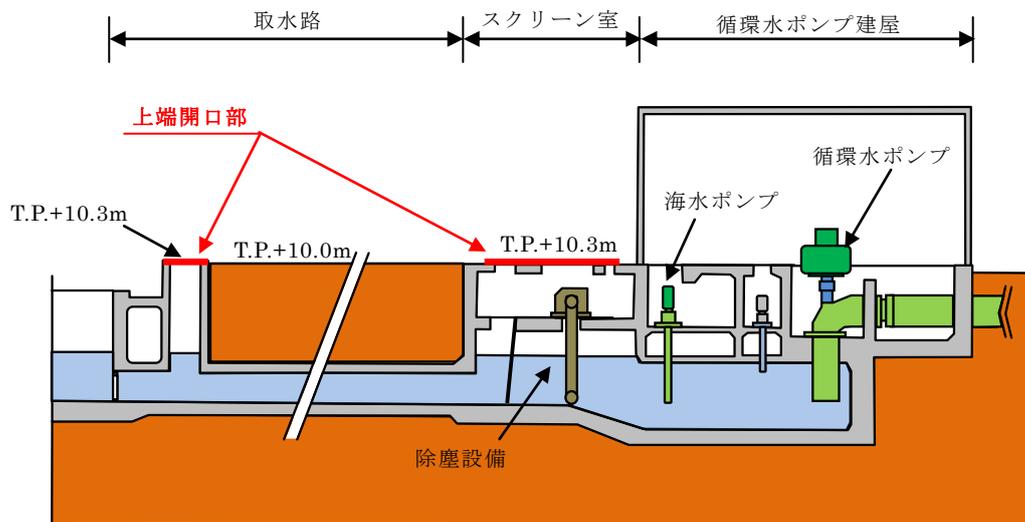


図-3-2-3 取水系統断面図（例：3号機）

a. 取水路サージ解析結果

取水路部の上端開口部は、T.P. +10.3m（1, 2号機；地盤変動考慮後 T.P. +10.27m、3号機；地盤変動考慮後 T.P. +10.3m）であり、取水口前面の最高水位（1, 2号機 T.P. +5.0m 3号機 T.P. +5.2m）よりも高いため、敷地への津波の流入はない。

また、スクリーン室の上端開口部は、T.P. +10.3m であり、サージ解析による取水ピット内の最高水位（1, 2号機; T.P. +8.23m、3号機; T.P. +5.59m）よりも高いことから、スクリーン室上端開口部から敷地への流入はない。（図-3-2-4、図-3-2-5）

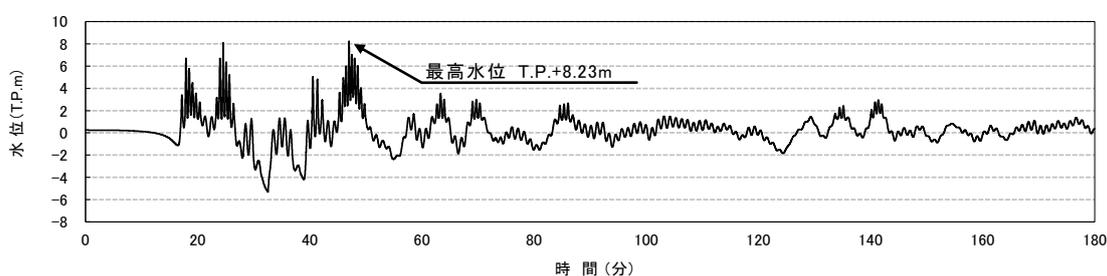


図-3-2-4 1, 2号機取水ピット内水位時刻歴波形

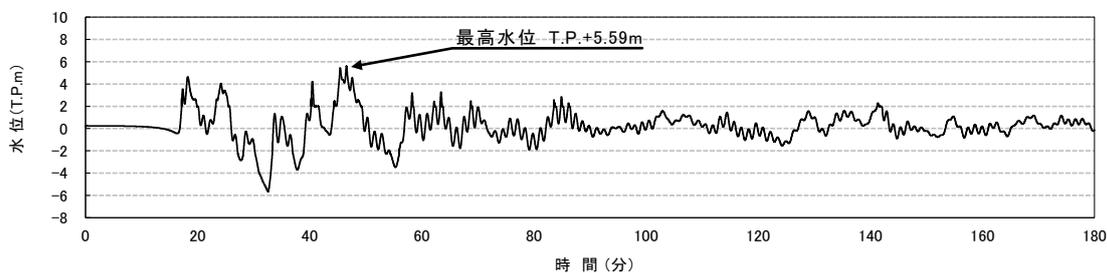


図-3-2-5 3号機取水ピット内水位時刻歴波形

なお、取水口～取水ピットまでのサージング解析は、管路と開水路が共存する流れを解く、スロットモデル（大谷ら（1998））により算出した。

サージング解析の計算条件は以下のとおりである。

表-3-2-2 サージング解析の計算条件

項 目	計 算 条 件
計算領域	取水口～取水路～取水ピットスクリーン室～ 取水ピットポンプ室
計算時間間隔 Δt	0.001 秒
基礎方程式	連続式および運動方程式
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	原子炉補機冷却海水ポンプの取水流量 1, 2号機 : 4.0m ³ /s (8台分) 3号機 : 2.0m ³ /s (4台分)
取水路の損失係数	貝の付着代 粗度係数 完成時 : 0.0m 0.012s/m ^{1/3}
想定する潮位条件	上昇側 : 朔望平均満潮位 T.P. +0.26m 下降側 : 朔望平均干潮位 T.P. -0.14m
計算時間	地震発生後 3 時間

※基礎方程式

$$\text{連続式} : \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\text{運動方程式} : \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{P}{\rho} + \frac{Q^2}{A} \right) = gA(i - i_f - i_s)$$

$$P = B \frac{\rho g h^2}{2}, \quad i_f = \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}}, \quad i_s = f_s \frac{Q |Q|}{2gA^2}$$

x : 水路方向の座標

t : 時間

A : 流積

Q : 流量

P : 圧力

ρ : 密度

i : 底面勾配

i_f : 摩擦勾配

i_s : 形状損失勾配

g : 重力加速度

h : 水深

n : マニングの粗度係数

R : 径深

B : 水路幅

f_s : 単位水路長さあたり の形状損失係数

(3) 放水路

放水路系統は、1, 2号機および3号機とも、海水系は原子炉建屋内等設備から原子炉補機冷却海水放水路にて放水ピットに放水、循環水系はタービン建屋内設備から循環水管にて放水ピットに放水し、放水路または放水路トンネル、および放水池を経由して放水口から外海に放水する。(図-3-2-6、図 3-2-7)

放水路系統のうち直接、敷地に津波が流入する恐れがある箇所としては、放水ピットの上端開口部(1号機~3号機)および放水路の立坑(1, 2号機)がある。

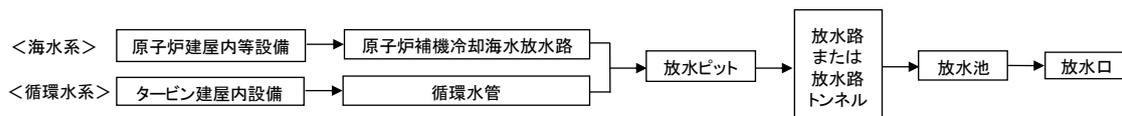


図-3-2-6 放水系統図

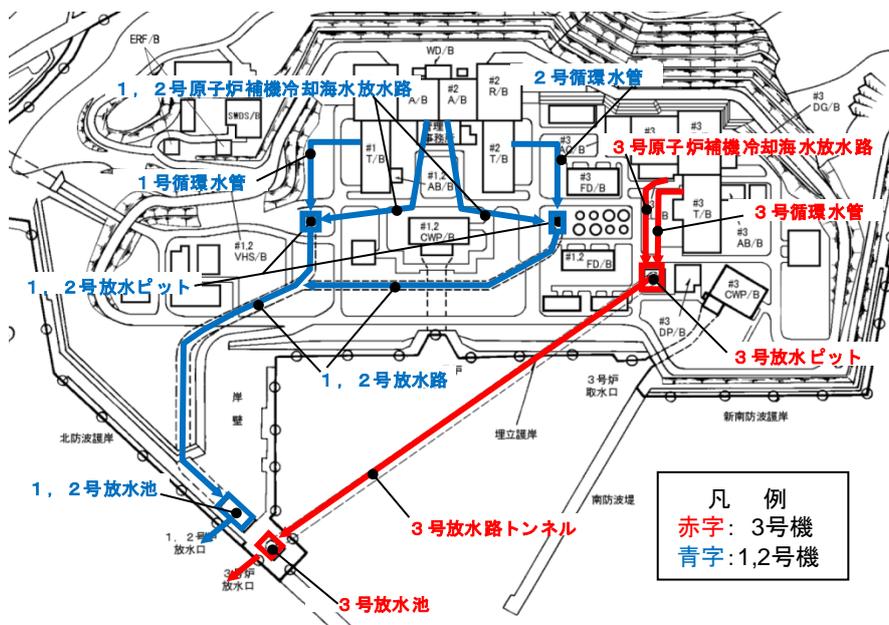


図-3-2-7 放水系統平面図

a. 放水路サージング解析結果

(a) 3号機放水路

3号機放水ピット部の上端開口部の高さはT.P. +11.0m(地盤変動考慮後 T.P. +11.00m) であり、サージング解析による放水ピット内の最高水位 (T.P. +5.12m) よりも高く、放水ピットから敷地への流入はない。(図-3-2-8～図-3-2-10)

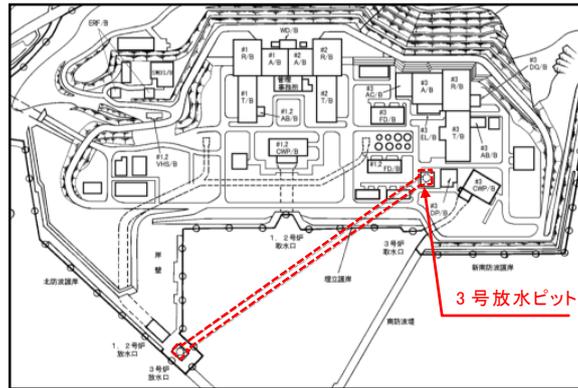


図-3-2-8 3号機放水路系統位置図

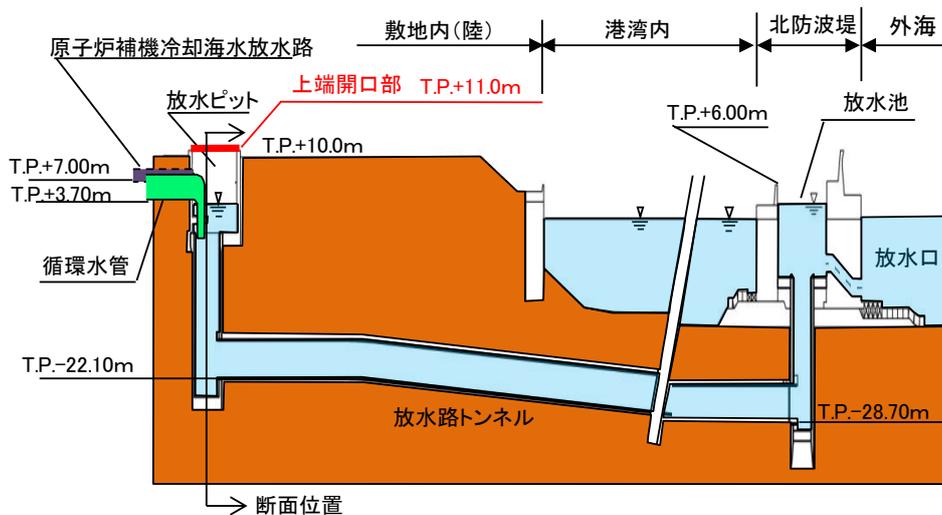


図-3-2-9 3号機放水路系統断面図

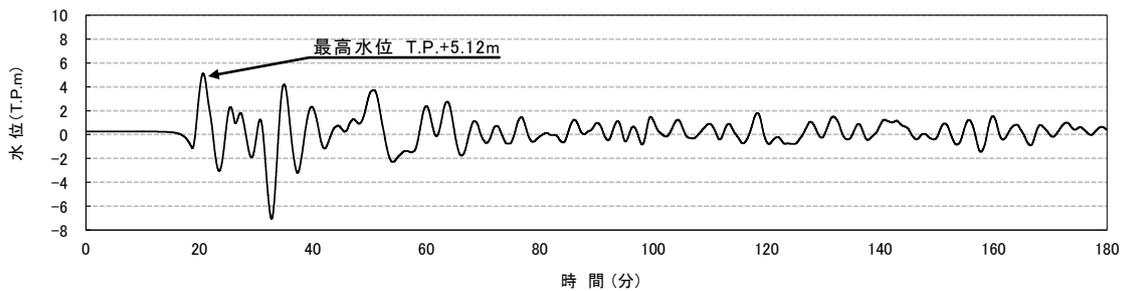


図-3-2-10 3号機放水ピット内水位時刻歴波形

また、3号機放水ピットに接続している原子炉補機冷却海水放水路の下端レベルは T.P. +7.00m (地盤変動考慮後 T.P. +7.00m) であることから、原子炉補機冷却海水放水路に津波は流入しない。(図-3-2-11)

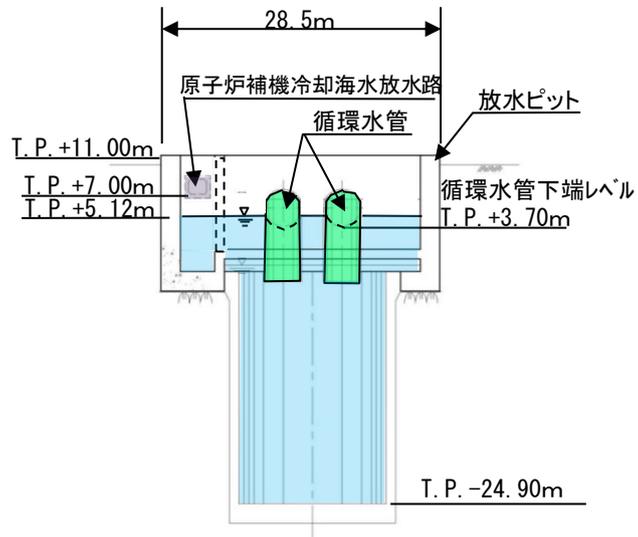


図-3-2-11 3号機放水ピット断面図

(b) 1号機放水路

1号機放水路の上端開口部（放水路立坑）の高さは T.P. +10.8m（地盤変動考慮後 T.P. +10.8m）であり、津波による放水ピット内の水位（T.P. +7.94m）よりも高く、放水路立坑から敷地への流入はない。（図-3-2-12～図-3-2-14）

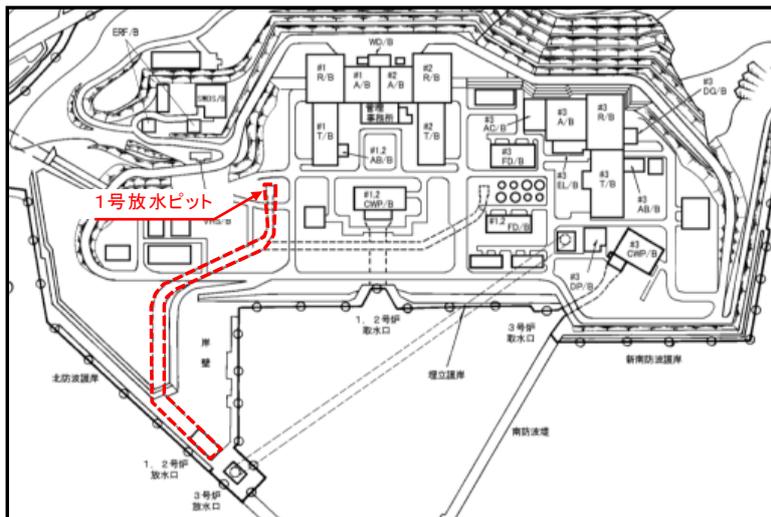


図-3-2-12 1号機放水路系統位置図

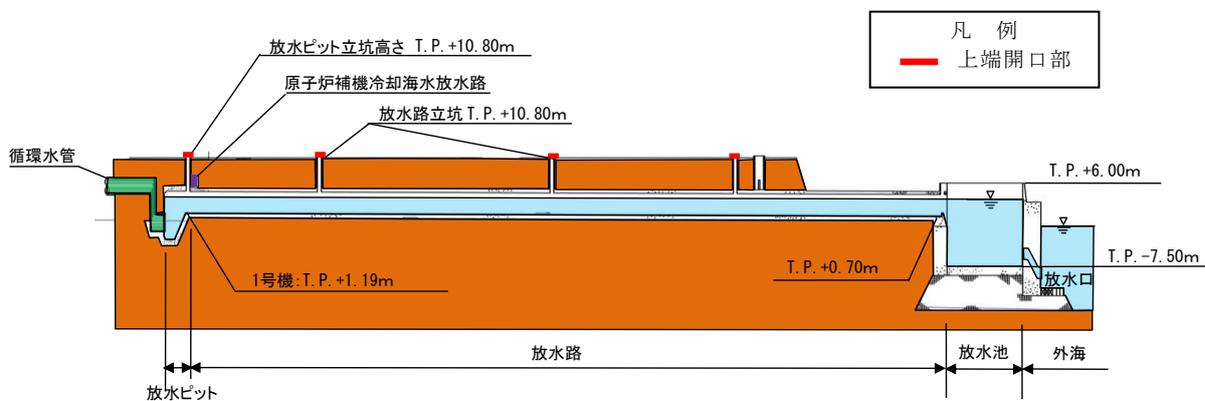


図-3-2-13 1号機放水路系統断面図

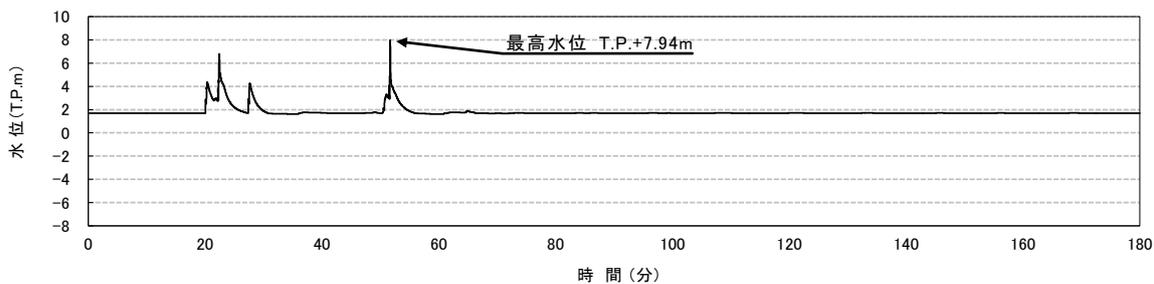


図-3-2-14 1号機放水ピット内水位時刻歴波形

また、1号機放水ピット立坑の高さはT.P. +10.8m（地盤変動考慮後 T.P. +10.8m）であり、津波による放水ピット内の水位（T.P. +7.94m）よりも高く、放水ピット立坑から敷地への流入はない。（図-3-2-15、図 3-2-16）

1号機放水ピット内の水位はT.P. +7.94mであり、接続されている原子炉補機冷却海水放水路に津波が流入するが、上流側であるB部開口部の高さは、T.P. +10.30m（地盤変動考慮後 T.P. 10.30m）であるため、開口部から敷地への流入はない。（図-3-2-17）

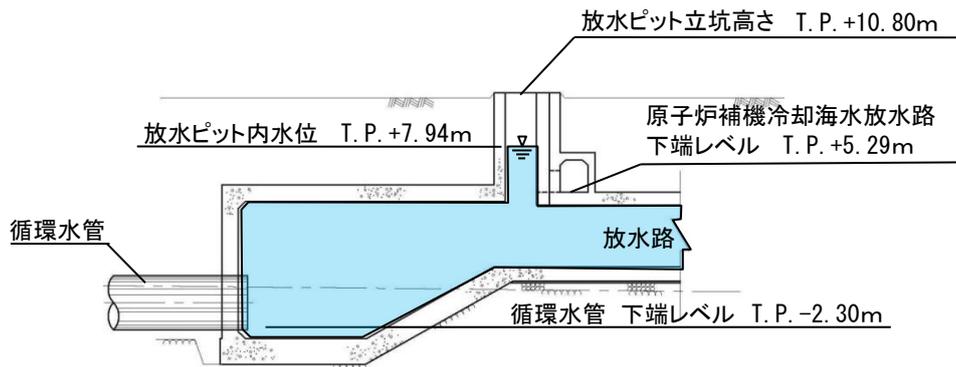


図-3-2-15 1号機放水ピット内水位時刻歴波形

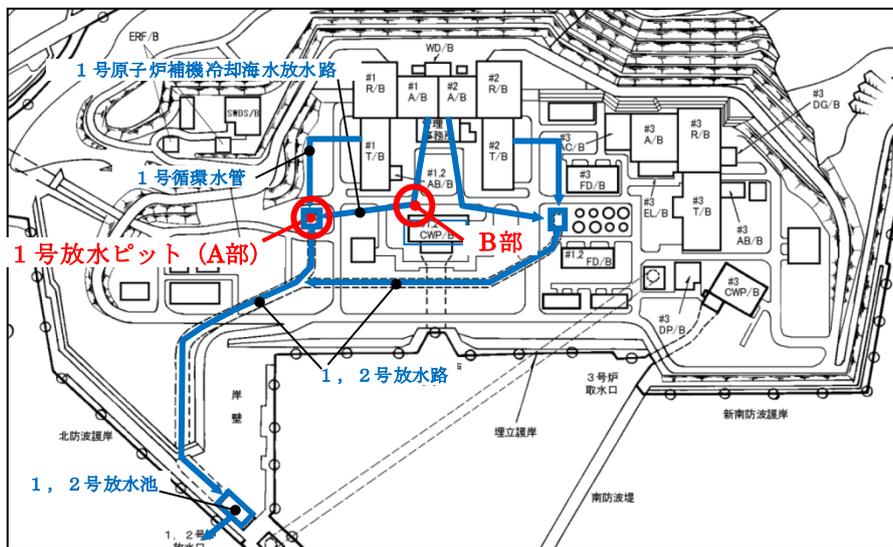


図-3-2-16 1号機放水ピット内位置図

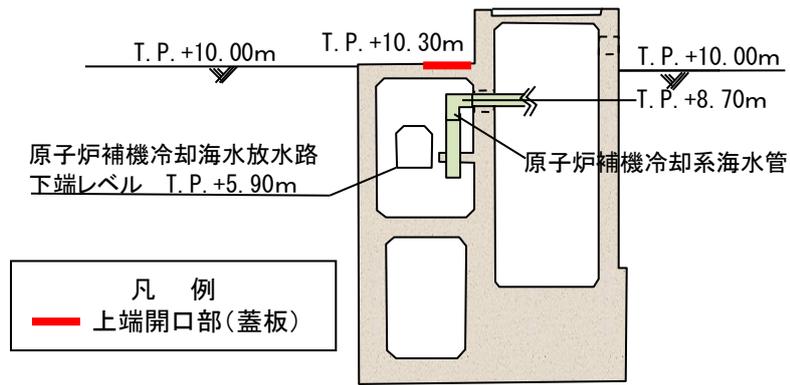


図-3-2-17 1号機 (B部) 断面図

(c) 2号機放水路

2号機放水路の上端開口部（放水路立坑）の高さは T.P. +10.8m（地盤変動後 T.P. +10.8m）であり、津波による放水ピット内の水位（T.P. +4.27m）よりも高く、放水路立坑から敷地への流入はない。（図-3-2-18～図-3-2-20）

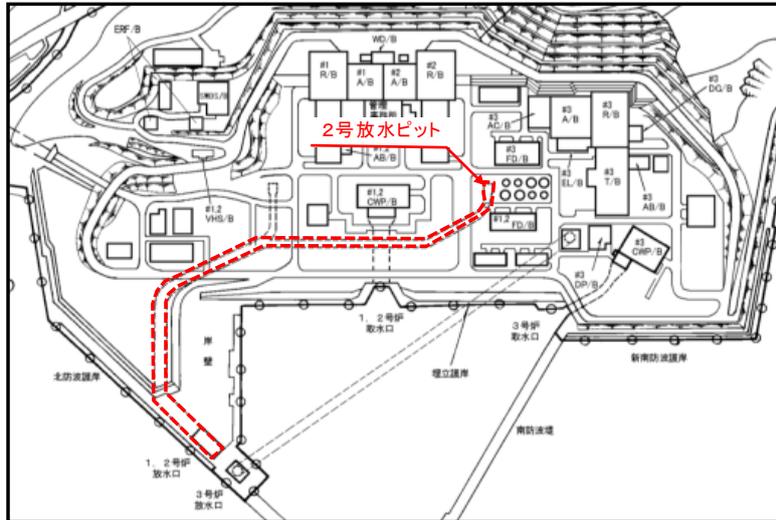


図-3-2-18 2号機放水路位置図

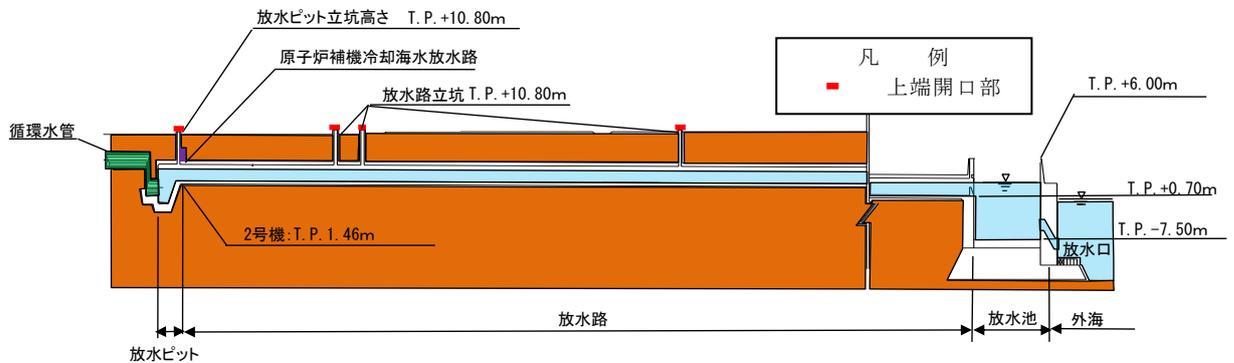


図-3-2-19 2号機放水路系統断面図

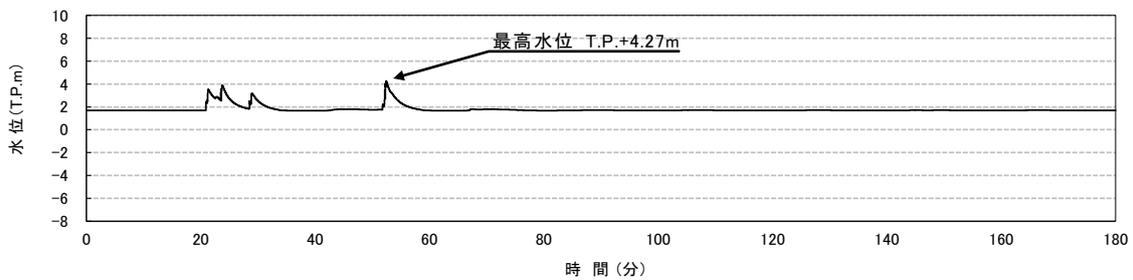


図-3-2-20 2号機放水ピット内水位時刻歴波形

また、2号機放水ピット立坑の高さはT.P. +10.8m（地盤変動考慮後 T.P. +10.8m）であり、津波による放水ピット内の水位（T.P. +4.27m）よりも高く、放水ピット立坑から敷地への流入はない。（図-3-2-21、図-3-2-22）

また、2号機放水ピット内の水位はT.P. +4.27mであり、接続されている原子炉補機冷却海水放水路（下端レベル;T.P. +5.56m（地盤変動考慮後 T.P. +5.56m））に津波は流入しない。（図-3-2-22）

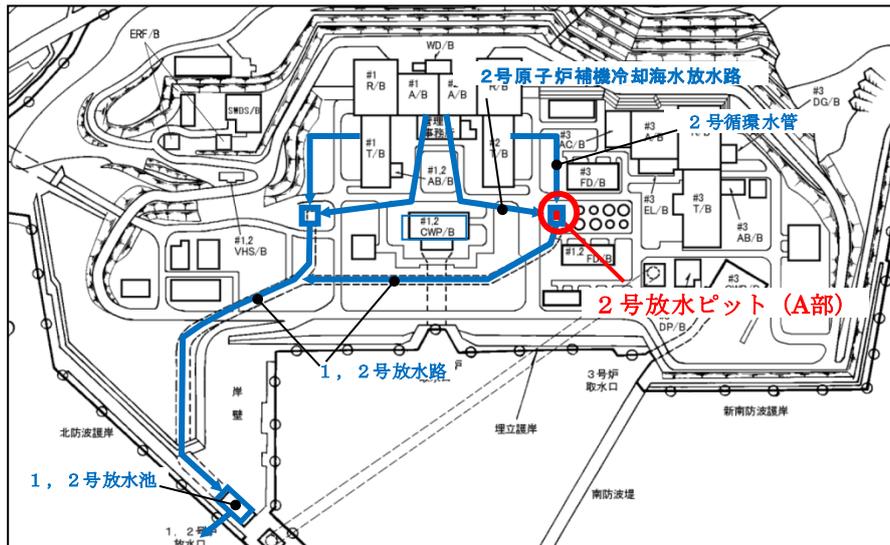


図-3-2-21 2号機放水ピット位置図

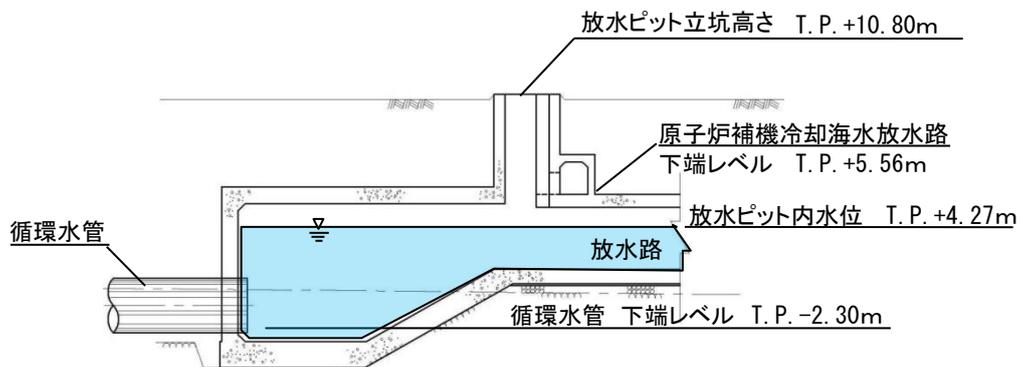


図-3-2-22 2号機放水ピット断面図

なお、放水路～放水ピットまでのサージ解析は、管路と開水路が共存する流れを解く、スロットモデル（大谷ら（1998））により算出した。

サージ解析の計算条件は以下のとおりである。

表-3-2-3 サージ解析の計算条件

項 目	計 算 条 件
計算領域	放水路～放水ピット
計算時間間隔 Δt	0.001 秒
基礎方程式	連続式および運動方程式
放水ピット側境界条件 (ポンプ放水量)	—
放水路の損失係数	貝の付着代 粗度係数 完成時： 0.0m 0.012s/m ^{1/3}
想定する潮位条件	朔望平均満潮位 T. P. +0.26m
計算時間	地震発生後 3 時間

※基礎方程式

$$\text{連続式} \quad : \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\text{運動方程式} : \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{P}{\rho} + \frac{Q^2}{A} \right) = gA(i - i_f - i_s)$$

$$P = B \frac{\rho g h^2}{2} \quad , \quad i_f = \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}} \quad , \quad i_s = f_s \frac{Q |Q|}{2gA^2}$$

x : 水路方向の座標

Q : 流量

i : 底面勾配

g : 重力加速度

R : 径深

t : 時間

P : 圧力

i_f : 摩擦勾配

h : 水深

B : 水路幅

A : 流積

ρ : 密度

i_s : 形状損失勾配

n : マニングの粗度係数

f_s : 単位水路長さあたりの形状損失係数

(4) 屋外排水路

重要な安全機能を有する設備を内包する建屋区画につながる屋外排水路（排水側溝、排水管）および集水枡は、敷地の雨水排水を集水し、各排水路流末へ導水し海域まで自然流下させる構造となっている。

津波による敷地前面での最高水位が T.P. +7.3m、港湾内である 1, 2号機取水口前で T.P. +5.0m および 3号機取水口前では T.P. +5.2m である。

一方、重要な安全機能を有する設備を内包する建屋区画の敷地高さが T.P. +10.0m（地盤変動考慮後、T.P. +10.0m）であり、集水枡等の開口部は T.P. +9.85～+10.0m であることから屋外排水路からの敷地への津波の流入はない。

図-3-2-23 に屋外排水路状況図、図-3-2-24 に屋外排水路断面図を示す。

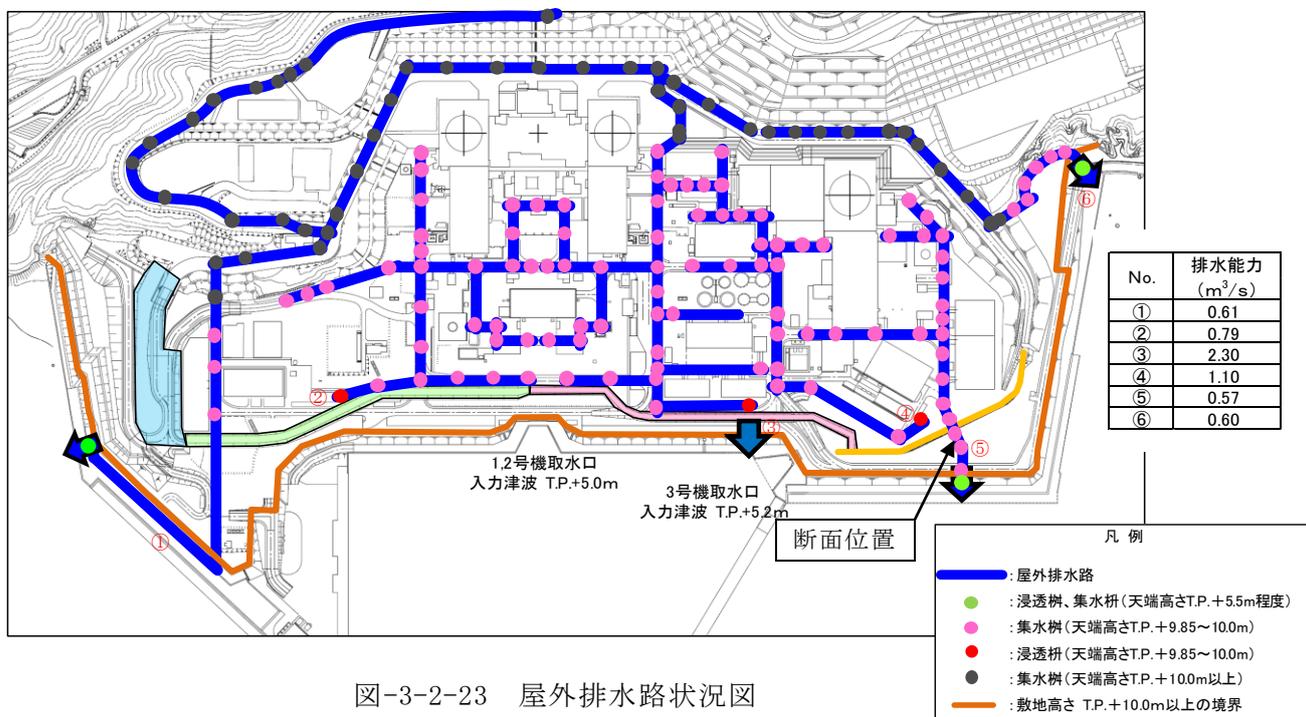


図-3-2-23 屋外排水路状況図

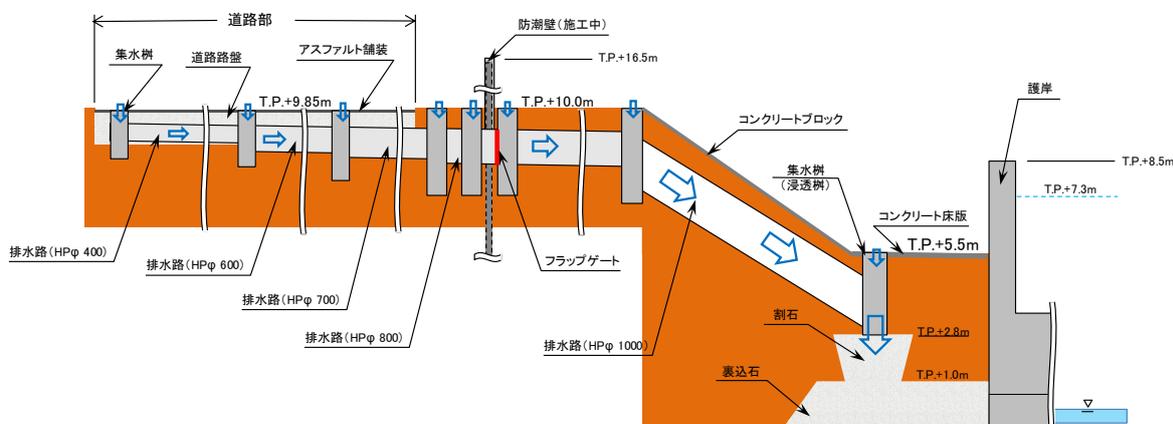


図-3-2-24 排水路断面図

4. 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

4. 1 漏水対策

海水取水設備である海水ポンプについては、外郭防護1で示したとおり、T.P. +10.0m（地盤変動後 T.P. +10.0m）の循環水ポンプ建屋内に設置されており、津波は地上部から到達、流入しない。

しかし、海水ポンプの据付エリアの床面高さが T.P. +2.5m（地盤変動考慮後 T.P. +2.5m）に対して、3号機取水ピットの津波による最高水位は T.P. +5.59m であるため、海水ポンプ設置エリアの床面開口部（中間ピットアクセス用開口部、排水溝）からの津波による浸水が想定される。（図-4-1-1、図4-1-2）

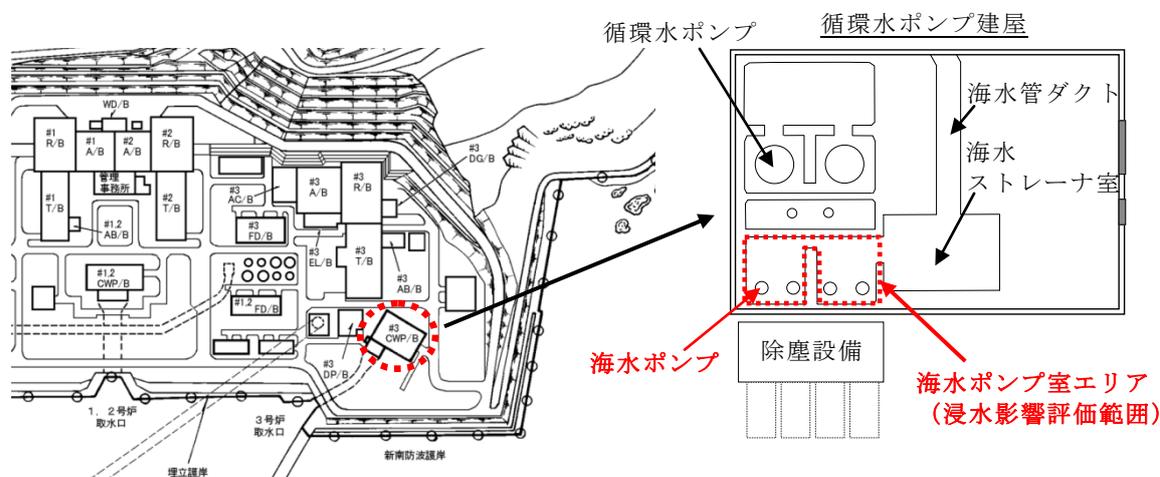


図-4-1-1 海水取水設備（平面図）

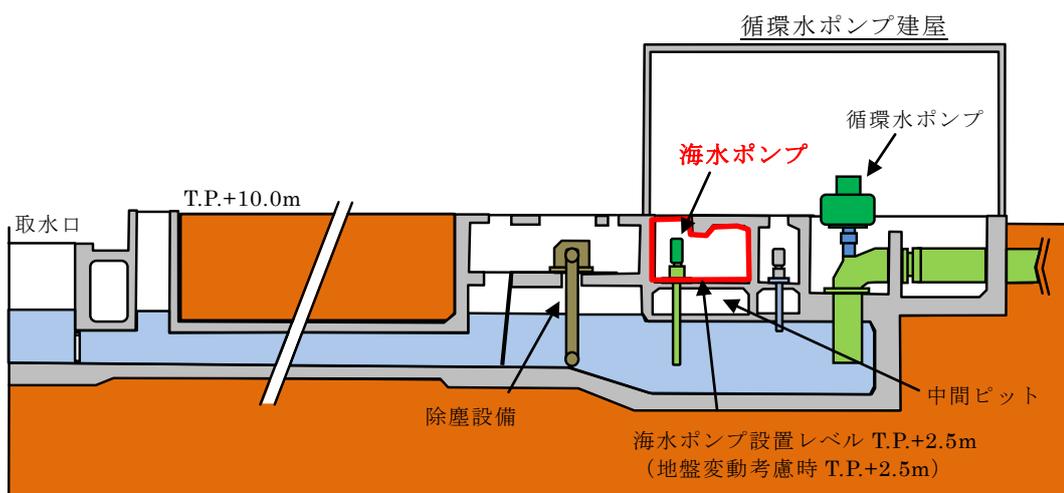


図-4-1-2 海水取水設備（断面図）

そのため、海水ポンプ室エリア T.P. +2.5m（地盤変動考慮後 T.P. +2.5m）に設置された海水ポンプ中間ピットアクセス用開口部には浸水防止用のマンホール蓋を設置するとともに、排水溝には逆止弁を設置し、津波による浸水を防止している。（図-4-1-3、図 4-1-4）

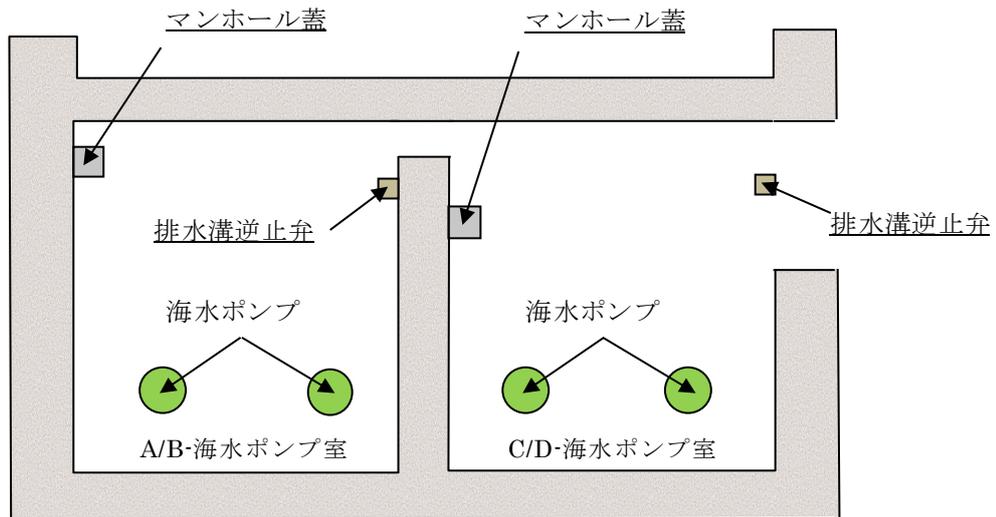
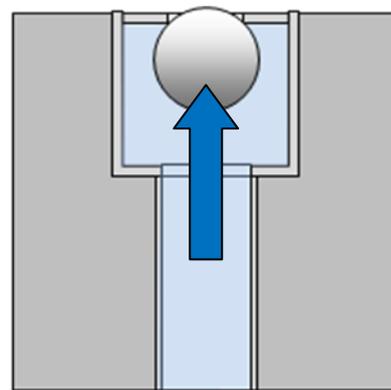


図-4-1-3 海水ポンプ室の浸水防止設備の位置図



マンホール蓋



排水溝逆止弁イメージ
(フロート式)

図-4-1-4 海水ポンプ室の浸水防止設備

ただし、海水ポンプのケーシング内に設置された海水ポンプ付属配管（ポンプグランドドレン配管、電動機ドレン配管、ポンプブロー配管）のポンプ下部貫通部については、潮位変動を考慮した際でもこれら付属配管からの排水性に影響がないよう配管の外面部に極僅かな隙間を残した構造としている。このため、当該隙間部からの津波による浸水が想定される。また、ポンプグランドドレン配管についてはポンプ側の端部が大気開放になっているため配管内部からの津波の浸水が想定される。（図-4-1-5）

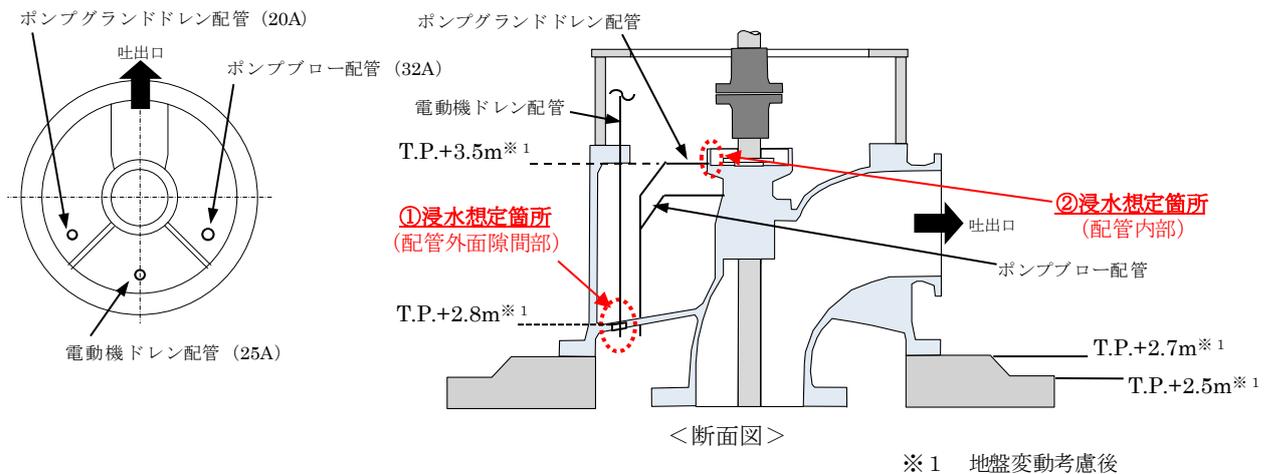


図-4-1-5 海水ポンプ浸水想定箇所

4. 2 安全機能への影響確認

(1) 評価対象区画と評価対象設備

海水ポンプが設置されたエリアには津波による浸水が想定されることから、当該区画について、津波による浸水量を算出し、浸水による海水ポンプへの影響について評価する。

評価対象区画と評価対象設備は表-4-2-1 のとおりである。

表-4-2-1 評価対象区画および評価対象設備

建屋	設置区画	評価対象設備	設置床高さ
循環水ポンプ建屋	A/B-海水ポンプ室	A/B-海水ポンプ	T.P.+2.5m (地盤変動考慮後)
	C/D-海水ポンプ室	C/D-海水ポンプ	

(2) 浸水量の算定方法

浸水量評価には、基準津波による3号機取水口で最大水位を与えるときの海水ポンプ位置での時刻歴波形を用いる。(図-4-2-1)

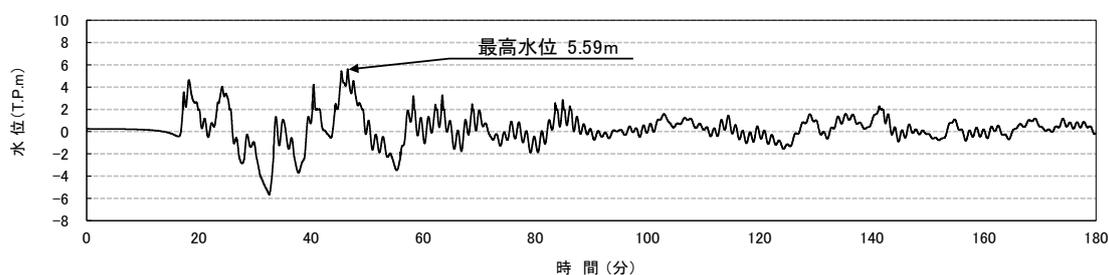


図-4-2-1 海水ポンプ位置における津波の時刻歴波形

また、浸水量は上記時刻歴水位をもとにベルヌーイの式を適用し、下式により算出する。

$$Q = \int (A \times \sqrt{2 \times g (H_A - H_B)}) dt$$

Q : 合計浸水量 (m³)

A : 各流入部の面積 (m²)

g : 重力加速度(m/s²)

H_A : 津波高さ(m)

H_B : 各流入部の高さ(m)

(3) 海水ポンプの機能維持水位

海水ポンプの機能維持水位の設定に際しては、モータ本体、電源ケーブル電源からの影響が考えられる。

電源ケーブルは端子台がモータ下端 (T.P. + 4.0m) より上部であるため、機能を維持できる水位としては、モータ下端高さの T.P. + 4.0m となる。

なお、電源については安全系であり常用電源回路と分離した設計としており、万が一浸水影響により常用電源回路で地絡が発生したとしても、その影響を回避できる系統となっている。(図-4-2-2、表-4-2-2)

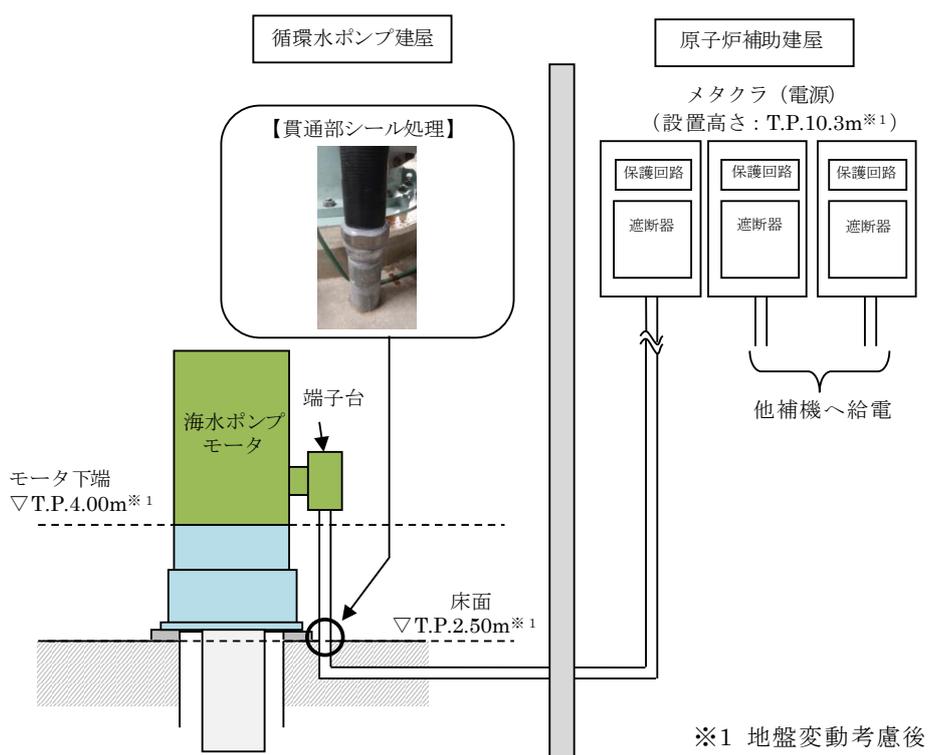


図-4-2-2 海水ポンプ関連設備の位置関係

表-4-2-2 海水ポンプの安全機能影響の評価結果

確認項目	結果	機能維持水位
モータ本体	モータ下端高さは T.P. + 4.00m (地盤変動考慮後)	T.P. + 4.0m (地盤変動考慮後) 【床上 150cm】
電源ケーブル	端子台はモータ下端より上部であり、ケーブルは中間接続なしで原子炉補助建屋まで布設	
電源	常用系電源回路は安全系(海水ポンプモータ)と分離した設計	

(4) 浸水量の評価結果

A/B-海水ポンプ室およびC/D-海水ポンプ室の浸水量評価の結果、浸水高さは海水ポンプの設置床高さ T.P. +2.50m (地盤変動考慮時) から約 5.3cm の高さであり、海水ポンプの機能維持水位 T.P. +4.00m (床上 150cm) より十分低く、海水ポンプの機能への影響はない。(表-4-2-3)

表-4-2-3 海水ポンプ室の浸水量評価結果

浸水想定箇所	箇所数※1	1箇所当りの流入部面積	浸水量	浸水量合計	区画面積※3	浸水高さ
ポンプグラントドレン配管 (内部)	2	$3.6 \times 10^{-4} \text{m}^2$	0.64m^3	約 4.4m^3	約 83m^2	床上 約 5.3cm
ポンプグラントドレン配管 (隙間部) ※2	2	$2.8 \times 10^{-4} \text{m}^2$	0.98m^3			
ポンプフロー配管 (隙間部) ※2	2	$4.3 \times 10^{-4} \text{m}^2$	1.50m^3			
電動機ドレン配管 (隙間部) ※2	2	$3.5 \times 10^{-4} \text{m}^2$	1.22m^3			

※1：ポンプ1台当たり各1箇所

※2：隙間は片側 3mm

※3：海水ポンプ室の浸水高さの算出に用いる区画面積は図-4-2-4 に示す。

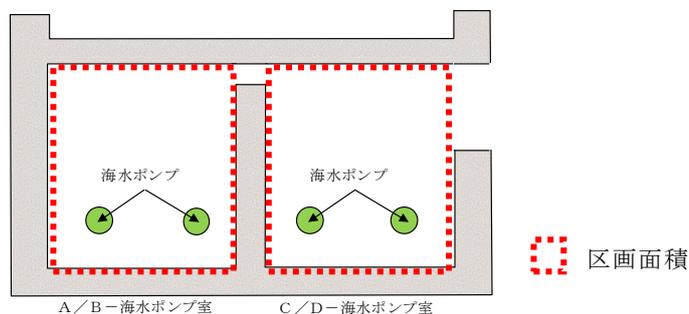


図-4-2-4 海水ポンプ室の区画面積

なお、循環水ポンプ建屋における内部溢水評価では、地震によって配管から生じる溢水を想定し、循環水ポンプ建屋に設置された海水ポンプの機能への影響がないことを確認していることから、地震時においては津波による浸水に加えて内部溢水による影響も考慮して海水ポンプの機能への影響を確認する必要がある。

そこで、地震時の内部溢水による影響も考慮した場合の海水ポンプ室の浸水高さの評価に際しては、保守的になるよう内部溢水による浸水高さと津波による浸水高さを個々に足し合わせて算出して評価する。

内部溢水評価を含めた海水ポンプ室の浸水量評価については、今後、上記方針に基づき実施し、海水ポンプの機能への影響を確認する。

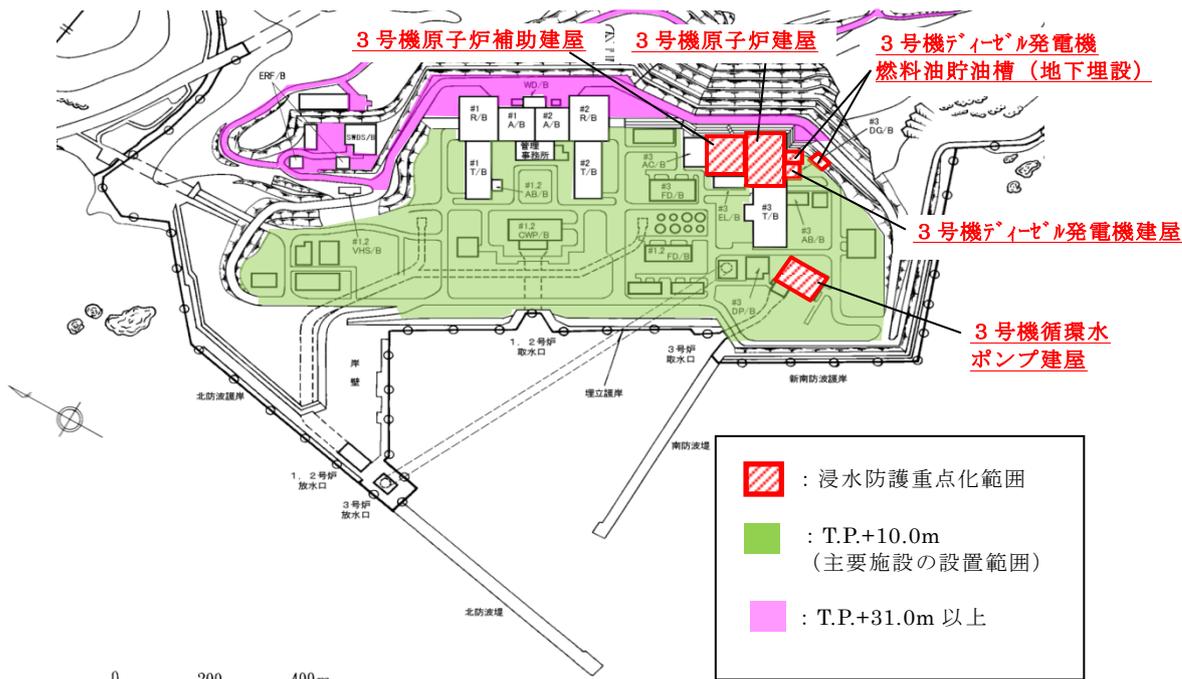
4. 3 排水設備設置の検討

海水ポンプ室の浸水量評価の結果、海水ポンプ室の浸水高さは床面高さから約 5.3cm（浸水量：約 4.4m³）となるが、津波が海水ポンプ室の床面高さを越える時間は、海水ポンプ位置における津波の時刻歴波形から約 7 分と短時間であり、また、浸水量も限定的であり、浸水した水は津波の水位低下とともに海水ポンプ室の排水系統から排水され、長時間滞留しないことから排水設備は不要である。

5. 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

5. 1 浸水防護重点化範囲の設定

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋区画は、T.P.+10.0mに設置された原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、海水ポンプが設置された循環水ポンプ建屋ならびにT.P.+10.0mの地下に埋設された非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽であり、これらを津波に対する浸水防護重点化範囲として設定している。（図-5-1-1～5-1-2）



Sクラス設備を内包する建屋区画	敷地高さ
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋 	T.P.+10.0m
Sクラスに属する屋外設備	敷地高さ
<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽 	T.P.+10.0m（地下埋設）

図-5-1-1 泊3号機 浸水防護重点化範囲

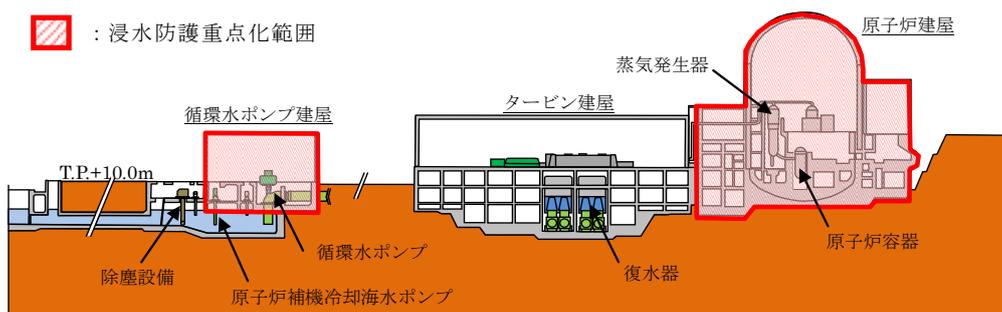


図-5-1-2 泊3号機 浸水防護重点化範囲（断面図）

5. 2 浸水防護重点化範囲隣接建屋における浸水量評価の方針

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋については、入力津波に対して T. P. +10.0m の敷地高さにより外郭防護が達成されており、津波単独事象によって当該範囲の境界に浸水が達することはない。

一方、地震後の津波による影響としては、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および耐震性の低い 2 次系機器等の損傷により保有水が溢水するとともに、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、タービン建屋内に流入することが考えられる。

そのため、タービン建屋内に流入した津波により、タービン建屋に隣接する浸水防護重点化範囲への影響を評価するため、津波、地震による溢水を想定した場合のタービン建屋内の浸水量の評価方針および評価条件を以下に示す。

(1) タービン建屋への津波流入量の評価方針

- a. タービン建屋における溢水については、循環水管の伸縮継手の全周（リング）状破損および地震に起因する 2 次系設備の破損を想定し、循環水ポンプを停止するまでの間に生じる溢水量と 2 次系設備の保有水による溢水量、循環水管の損傷箇所からの津波の流入量を合算した水量がタービン建屋空間部に滞留するものとしてタービン建屋の浸水水位を算出する。
- b. 循環水管の損傷箇所が、津波や 2 次系設備の保有水により水没した場合、サイフォン効果を考慮すると、取水ピットおよび放水ピット内の水位が循環水管の下端高さより低い場合でも、損傷箇所を介して継続して海水が流入してくる可能性がある。このため、最終的なタービン建屋の浸水量を算出する際は、サイフォン効果を考慮して評価する。

(2) 評価条件

- a. 循環水ポンプ停止中の浸水の流出圧力は、取水ピット水位または放水ピット水位とタービン建屋の浸水水位の水位差とする。なお、配管圧損については、海水が流入しやすくなるよう保守的に考慮しない。また、循環水ポンプ停止中は循環水ポンプ出口弁が閉となるが、地震の影響により弁が作動しない可能性も考慮し出口弁は開状態として評価する。
- b. タービン建屋の浸水水位は、津波の流入を考慮して、津波の流入の都度上昇するものとする。
- c. タービン建屋に流入した溢水や津波については、ピットの水位の方が低い場合、流入経路を逆流してタービン建屋外へ流出する可能性があるが、保守的に一度流入したものは流出しないものとする。
- d. 地震発生後の事象進展を考慮して以下の手順で評価する。
 - (a) 地震により循環水管の損傷および 2 次系設備の損傷が発生し、タービン建屋内に溢水が生じる。

- (b) 2次系設備の損傷による溢水は瞬時にタービン建屋に滞留し、循環水管損傷による溢水は、循環水ポンプ停止までの間生じる。
- (c) 以降については、ピットの水位とタービン建屋内の水位を比較し、ピットの水位が高い場合は、サイフォン効果によりタービン建屋へ津波が流入する。
- (d) 2次系設備のうち屋外タンクによる浸水については、津波襲来時にタービン建屋に海水流入しやすくするため、津波襲来後の評価結果に屋外タンクからの浸水量を加算する。

浸水防護重点化範囲隣接建屋における浸水量評価については、今後、上記方針に基づき実施し、浸水防護重点化範囲への影響を確認する。

5. 3 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲の境界の扉、貫通部等に対し、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋は T.P. +15.0m、海水ポンプが設置された循環水ポンプ建屋は T.P. +12.8m までの浸水対策を実施している。(補足説明資料—1 参照)

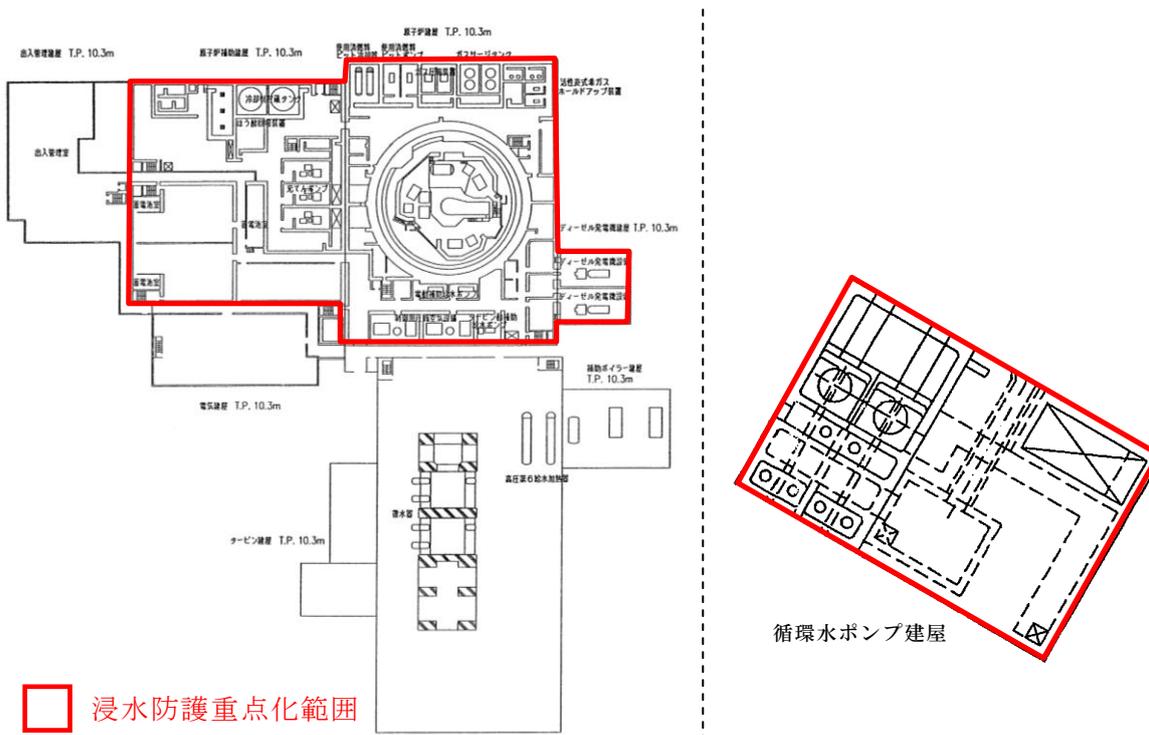


図-5-3-1 浸水防護重点化範囲 (T.P. +10.3m の例)



<水密扉>



<3号機循環水ポンプ建屋入口防潮扉>



<貫通部シール>

図-5-3-2 浸水防護重点化範囲における浸水対策の例

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

6. 1 非常用海水冷却系の取水性

基準津波による取水ピット内の海水ポンプ位置における最低水位は、朔望平均干潮位を考慮して T.P. -5.96m である。(図-6-1-1)

これに対して、海水ポンプの取水可能水位は T.P. -6.98m であり、水位低下による海水ポンプの機能への影響はない。

なお、泊3号機の取水路の形状を模擬した水槽を用いた水理試験を行っており、この結果、海水ポンプの取水可能限界水位は T.P. -7.58m であることを確認している。(補足説明資料-2 参照)

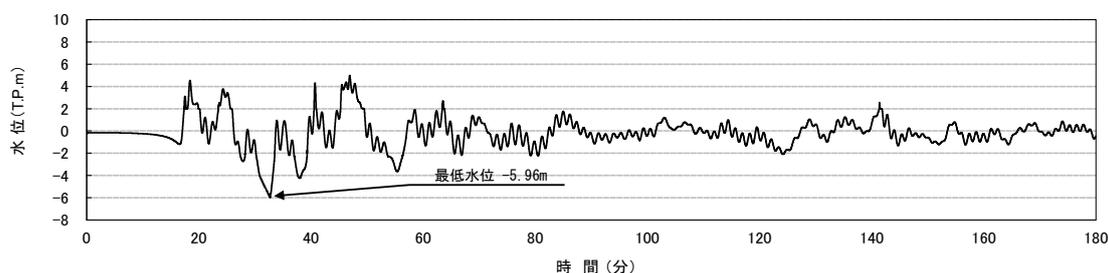
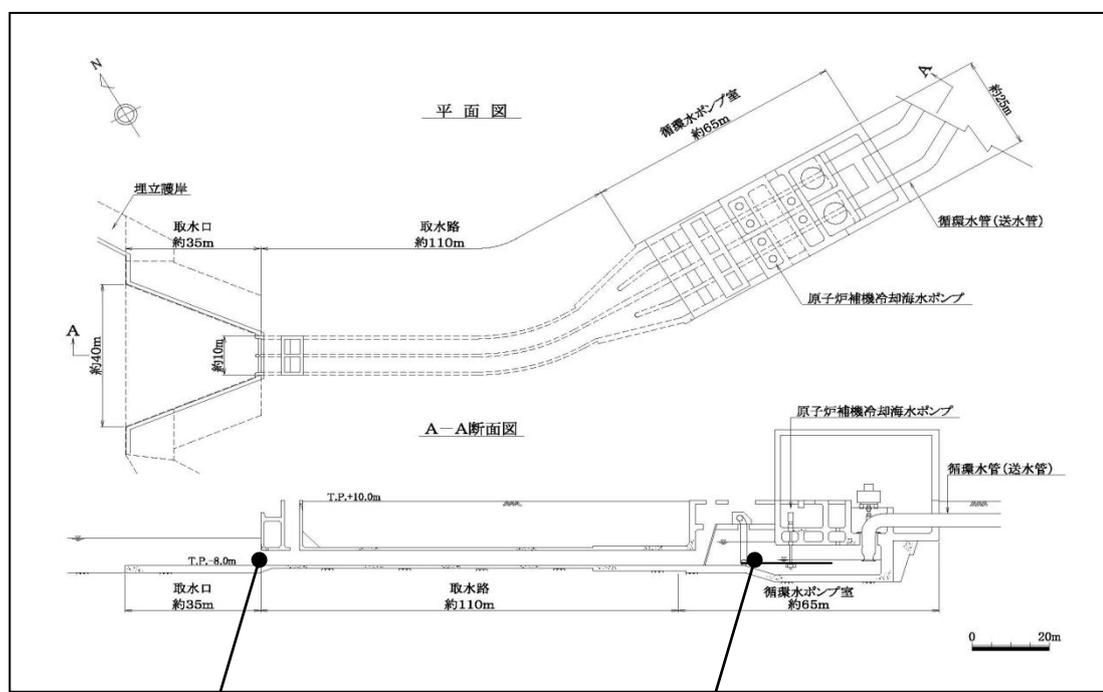


図-6-1-1 基準津波による取水ピット内水位 (下降側)



取水口敷高 (T.P. -8.0m)

海水ポンプ取水可能水位 (T.P. -6.98m)

(取水可能限界水位は T.P. -7.58m)

図-6-1-2 海水ポンプ取水可能水位

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

(1) 基準津波による砂移動に対する取水性確保

基準津波による砂移動に伴う砂堆積量は、3号機取水口付近において0.05m程度である。一方、取水口の開口部の高さは約4.2mであるため、砂移動によって、取水口は閉塞しない。

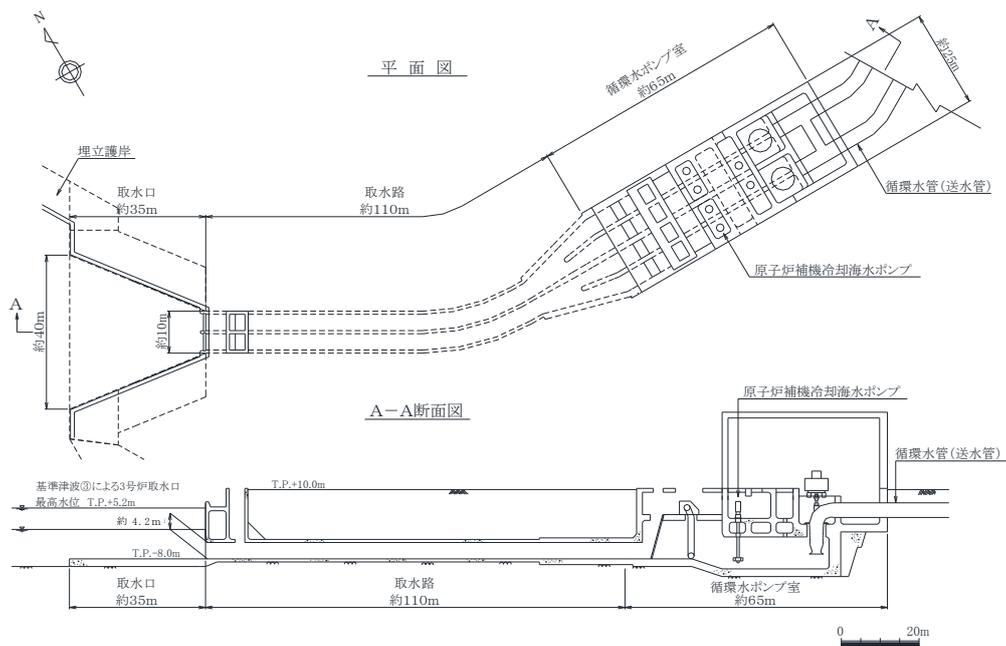


図-6-2-1 取水設備概要図

(2) 混入した浮遊砂に対する取水性確保

基準津波による浮遊砂については、海水ポンプ取水時にポンプ軸受に混入する可能性が考えられるが、仮に砂が混入した場合においても、海水ポンプの軸受に設けられた異物排出溝約 4.2mm から連続排出される構造となっている。(図-6-2-2)

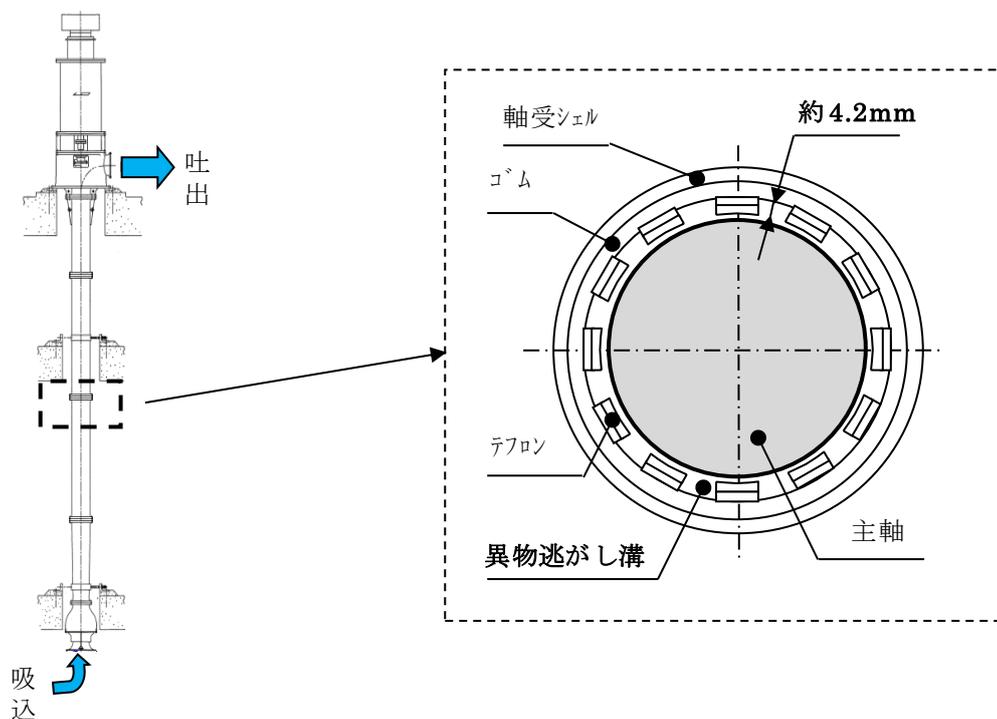


図-6-2-2 海水ポンプ軸受構造

これに対して、砂移動に伴う 3 号機取水口付近における砂の堆積は 0.05m 程度であることや、泊発電所港湾内および港湾近傍の砂の平均粒径は約 0.2mm で、数 mm 以上の粒子は少なく、また、粒径数 mm の砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂は殆ど混入しないと考えられる。

泊発電所の底質・地質調査結果を補足説明資料-3 に示す。

また、海水系統に混入した微小の浮遊砂は、海水ストレーナを通過し各熱交換器（原子炉補機冷却水冷却器、非常用ディーゼル発電機用各冷却器、空調用冷凍機）を経て放水ピットへ排出されるが、その間の最小流路幅（各冷却器の伝熱管内径または伝熱板間隙）は約 3.2mm から約 15.7mm であり、砂粒径に対し十分大きく、閉塞の可能性はないと考えられるため、海水ポンプの取水機能は維持できる。（図-6-2-3、表-6-2-1）

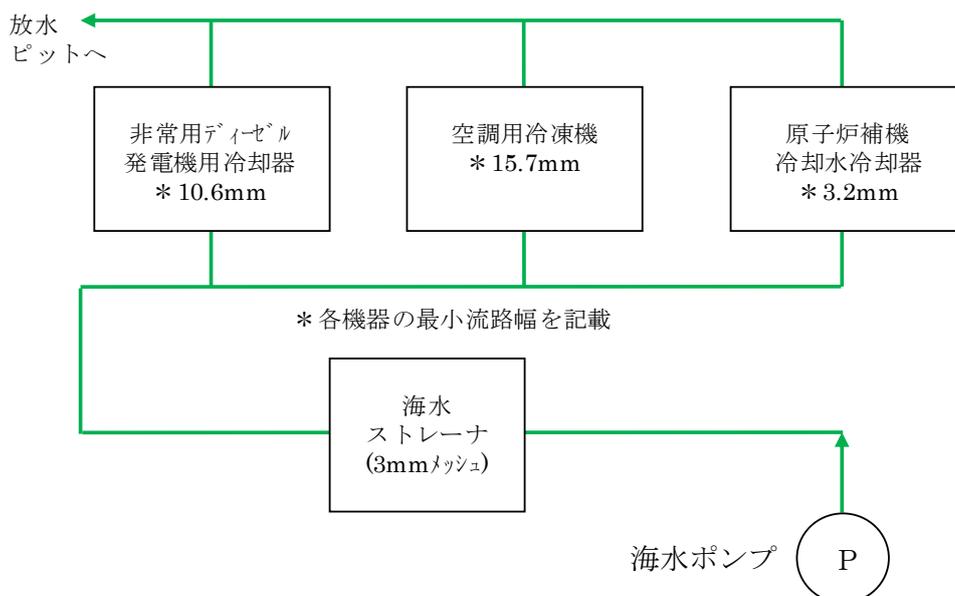


図-6-2-3 海水系統概略図

表-6-2-1 海水系統機器の最小流路幅

機器		最小流路幅※
非常用ディーゼル発電機	潤滑油冷却器	15.0mm（伝熱管内径）
	清水冷却器	15.0mm（伝熱管内径）
	空気冷却器	10.6mm（伝熱管内径）
空調用冷凍機		15.7mm（伝熱管内径）
原子炉補機冷却水冷却器		3.2mm（伝熱板間隙）

※砂による閉塞の可能性を評価するため、各機器の最小流路幅である伝熱管内径または伝熱板間隙を記載

(3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保

a. 敷地周辺および敷地内における漂流物の評価

泊発電所に対する基準津波は西方からの津波が主体であり、敷地前面で最高水位となる基準津波は、泊発電所近傍では最初に引き波が到達する。(図-6-3-1)

基準津波による押し波の第1波到達後の流向ベクトル図を図-6-3-2に、最高水位発生時の流向ベクトル図を図-6-3-3に示す。

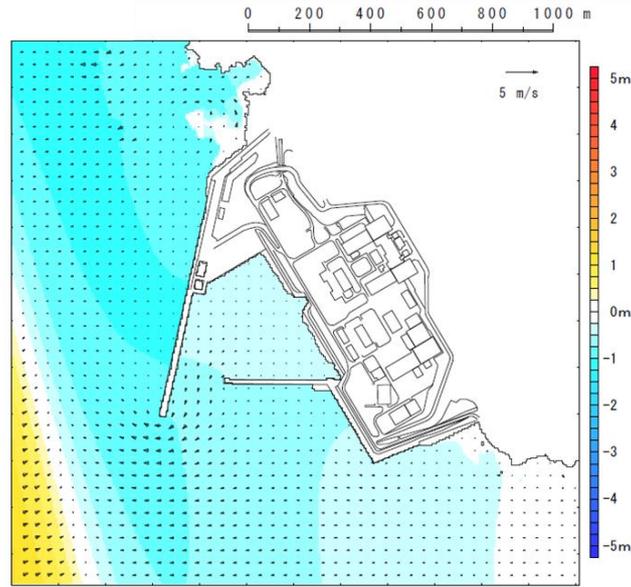


図-6-3-1 基準津波来襲方向 (流向ベクトル図)
(敷地前面最大水位上昇ケース、地震発生 18 分後、引き波時)

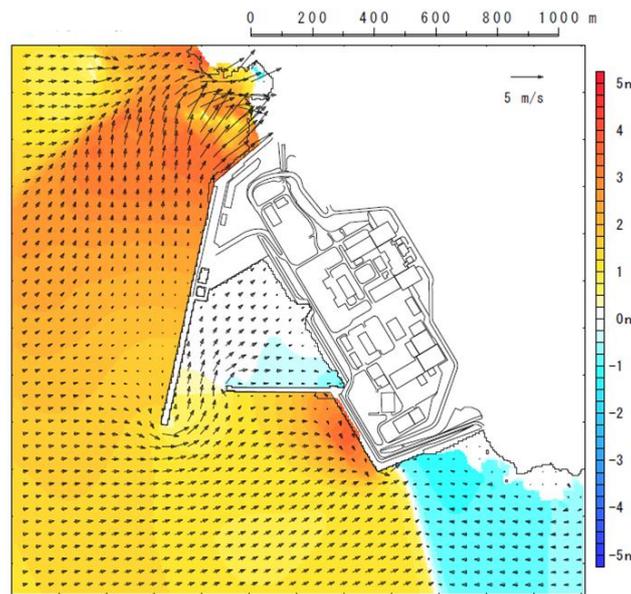


図-6-3-2 基準津波来襲方向 (流向ベクトル図)
(敷地前面最大水位上昇ケース、地震発生 19.5 分後、押し波の第 1 波到達後)

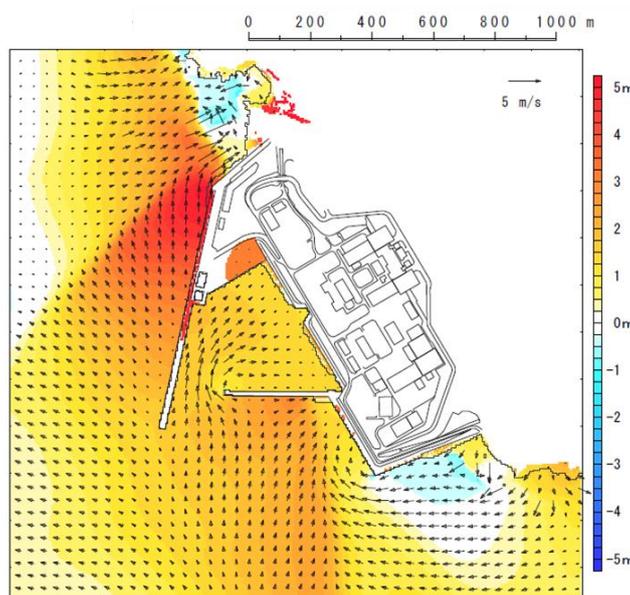


図-6-3-3 基準津波来襲方向（流向ベクトル図）
 (敷地前面最大水位上昇ケース、地震発生 26.5 分後、最高水位発生後)

泊発電所近傍には、フェリー等の定期便の航路がなく、遊覧船や観光船もない。また、大型の港湾もないことから、津波により漂流物となる可能性があるものとしては、発電所周辺の漁港に停泊する漁船、発電所の荷揚岸壁に停泊する燃料等輸送船が挙げられる。

泊発電所の敷地周辺地図を図-6-3-4に示す。敷地周辺の漁港に停泊する漁船については、岩内港に[]、泊漁港に[]あるが、泊発電所と停泊地の位置・距離、津波の流向を考慮すると発電所に対する漂流物となる可能性は低い。また、燃料等輸送船は、津波時には発電所港内から緊急退避（離岸）するため、漂流物となる可能性は低い。

したがって、原子炉補機冷却海水系の取水性に影響を及ぼす漂流物はないと考えるが、詳細については今後改めて整理する。

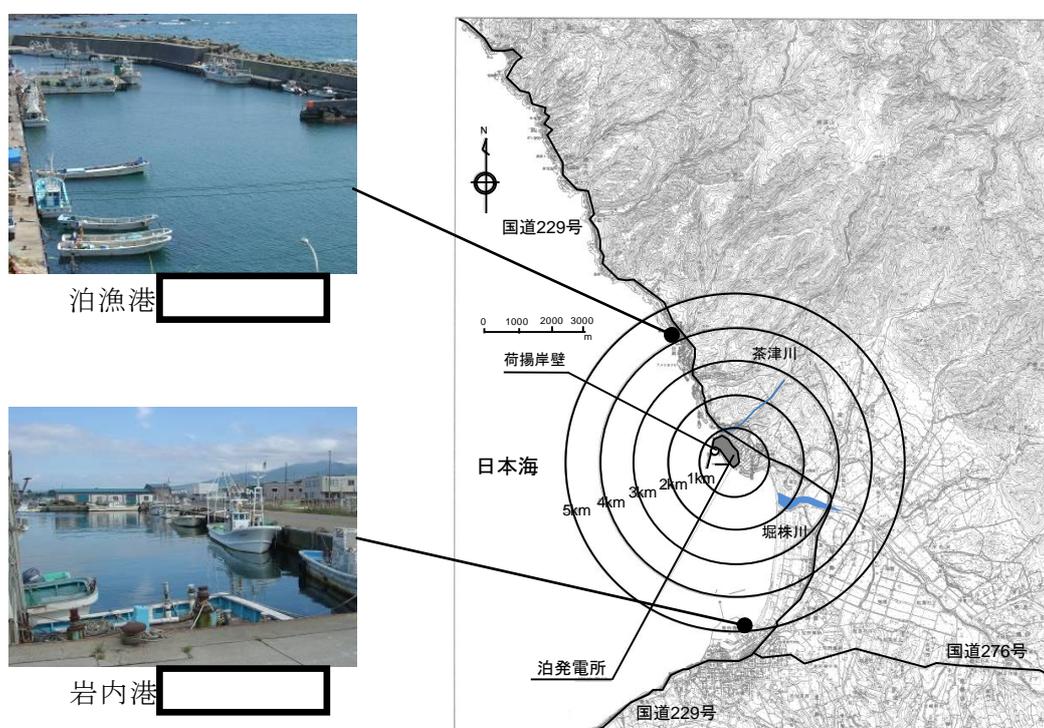


図-6-3-4 泊発電所敷地周辺地図

b. 燃料等輸送船の緊急退避について

発電所荷揚岸壁に停泊する燃料等輸送船は、津波注意報／津波警報等発令時は緊急退避（離岸）することとしており、震災以降、輸送に先立ち、図-6-3-5に示す緊急退避フローを取り込んだ緊急離岸マニュアルを整備している。

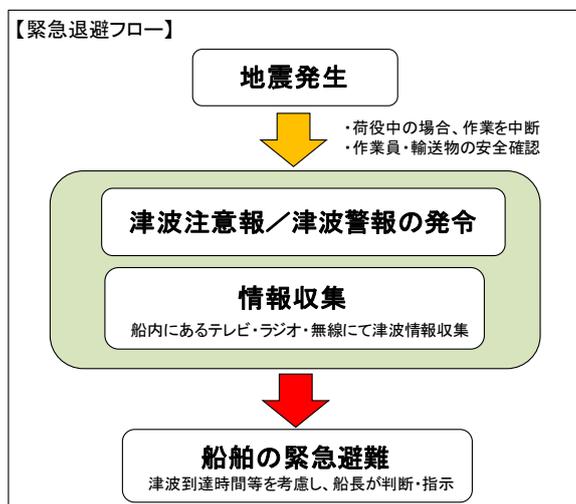


図-6-3-5 緊急退避フロー図

燃料等輸送船の主な輸送工程を図-6-3-6に示すが、輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の工程が、輸送工程の大部分を占めており、津波注意報／津波警報発令から数分で緊急退避が可能である。

輸送船と輸送物が干渉する「荷役」工程は、これよりも退避までに時間を要するが、輸送工程の中では短時間であること、クレーン操作による荷役時間短縮により10分程度で退避可能であることから、荷揚岸壁に接岸中の輸送船は、ほとんどの場合において短時間で緊急退避が可能である。

このため、基準津波の到達（押し波の第1波の到達は約19分。最大津波が到達する時間は敷地前面最大水位上昇ケースで約26.4分、取水口最大水位上昇ケースで約46.4分）前に輸送船は緊急退避が可能である。（図-6-3-7）

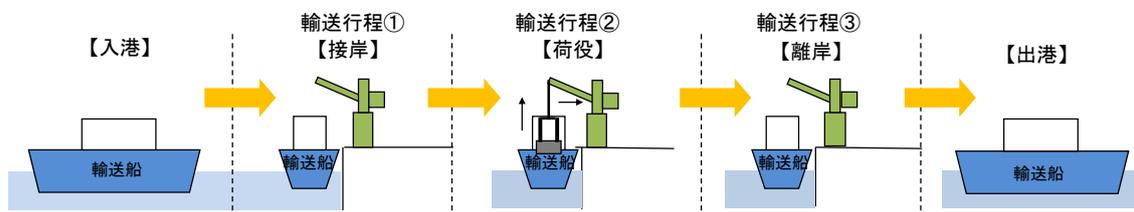


図-6-3-6 主な輸送工程

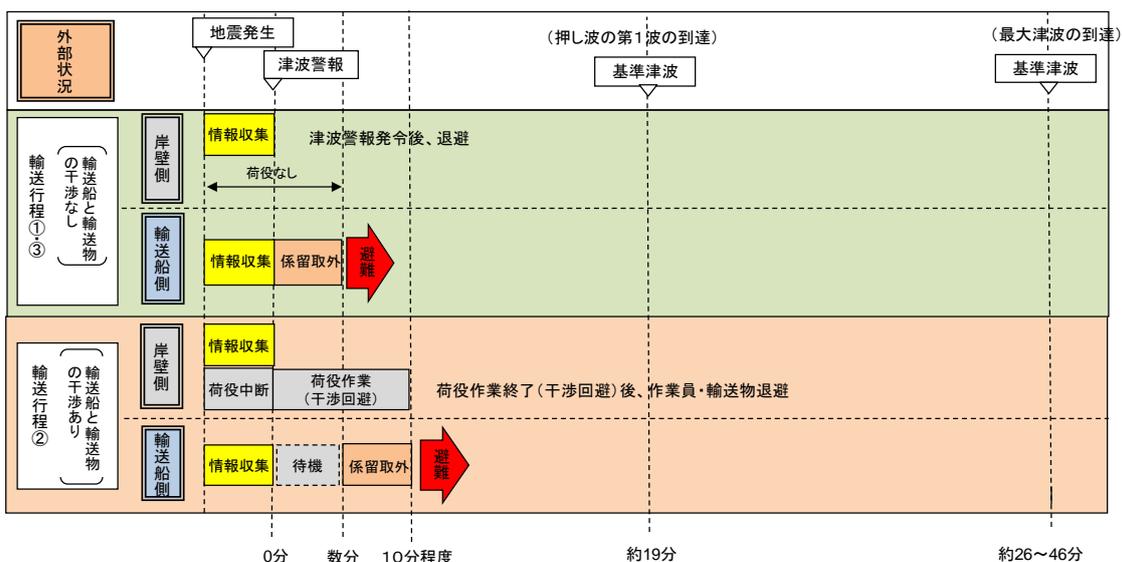


図-6-3-7 津波襲来と緊急退避時間

なお、数分で津波が襲来する場合、「荷役」工程では、離岸のための荷下ろし作業中となることもあるが、輸送船は岸壁に係留されていること、津波高さと同水位の関係から岸壁を越えず留まること、また、岸壁に接触しても防げん材を有しており、かつ法令（危険物船舶運送及び貯蔵規則）に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有することから輸送船が損傷することはなく、漂流物とはならない。

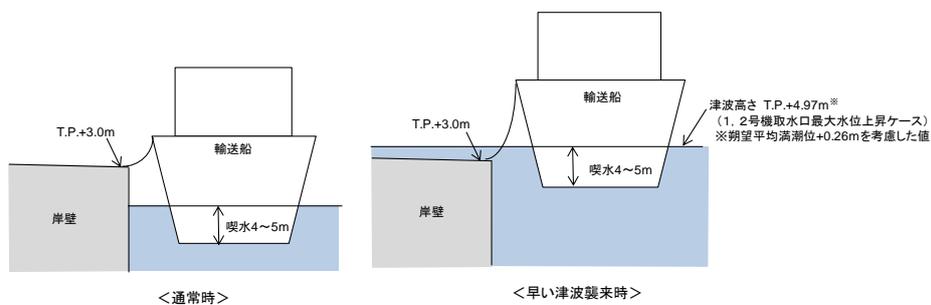


図-6-3-8 津波高さと喫水の関係

また、燃料等輸送船の緊急退避は船社が実施するため、当社は、輸送に係る契約にて、緊急退避の措置の状況を、監査や訓練結果報告書等にて確認している。

燃料等輸送船の緊急退避についての当社と船社の運用の関係性は図-6-3-8のとおりであり、これら一連の対応を行うため当社は、当社－船社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波の緊急時対応マニュアルを定め、緊急退避訓練を実施し、マニュアルの実行性を確認することとしている。また、電源喪失時も港湾クレーンを操作できるよう非常用電源を設置することとしている。

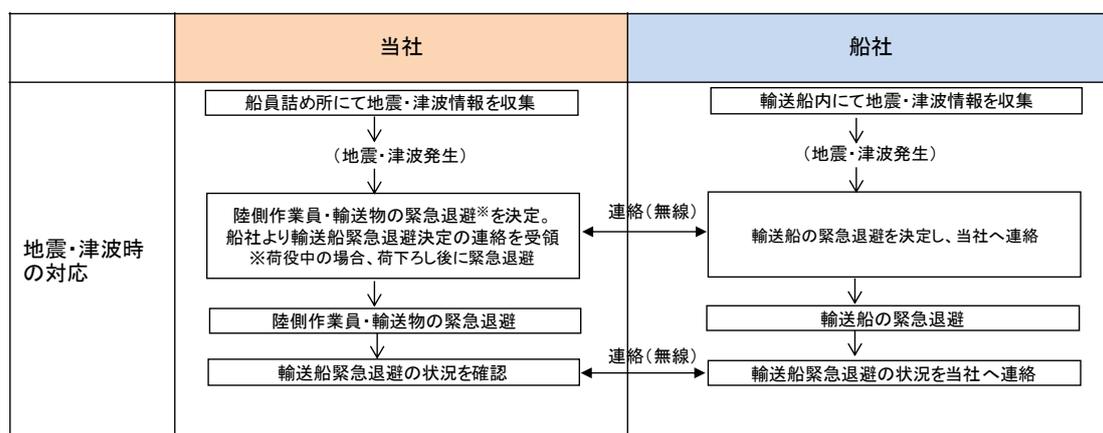


図-6-3-8 輸送船緊急退避時の当社と船社の運用の関係性

c. 海水中の海藻等除芥物を除去するための除塵設備について

海水中の海藻等除芥物を除去するために設置されている除塵設備のバースクリーンとトラベリングスクリーンについては、除塵回収部があるが、基準津波の津波流速に対し、各スクリーンの水位差は設計範囲にあり、漂流物とならず、取水性に影響を及ぼすものでない。(表-6-3-1)

【確認条件】

- ・対象設備：バースクリーン、トラベリングスクリーン
- ・流速条件：バースクリーン部 約 0.5～1.3m/s
トラベリングスクリーン部 約 0.5～1.2m/s
- ・確認方法：スクリーン前後の設計水位差（バースクリーン：1.0m、トラベリングスクリーン：1.5m）に対し、基準津波の津波流速で生じる水位差が設計水位差以下であることを確認する。



バースクリーン



トラベリングスクリーン

表-6-3-1 除塵設備の取水性影響確認結果

設備	部材	【水位差評価】 発生水位差／設計水位差	(参考) 設計水位差における評価値 発生値／許容値
バースクリーン	スクリーンバー	約 0.17 ≦ 1.0m	50.8kN／65.6kN (張力／破壊強度)
	受桁	約 0.17 ≦ 1.0m	68.8N/mm ² ／97.3N/mm ² (発生応力／許容応力)
トラベリングスクリーン	キャリングチェーン	約 0.47 ≦ 1.5m	132.6kN／490.3kN (張力／破壊強度)
	網枠	約 0.47 ≦ 1.5m	7.7kN/cm ² ／11.7kN/cm ² (発生応力／許容応力)

7. 津波監視

(1) 津波監視の方針

泊3号機の中央制御室には、テレビ、ラジオ、MICOS（気象情報提供システム）を設置しており、地震、津波等の気象状況を入手することが可能であるが、公的機関の情報に加えて敷地への津波の襲来を察知することを目的として津波監視設備を設置する。

(2) 津波監視設備

津波監視設備として、以下を設置する。

a. 屋外監視カメラ

津波襲来状況等の自然現象を監視するための屋外監視カメラを3号機原子炉建屋屋上（T.P. 43.6m）に設置し、3号機中央制御室にて監視できる設計とする。

b. 潮位計

敷地前面の取水口部に潮位計を設置し、3号機の中央制御室にて監視できる設計とする。

c. 取水ピット水位計

取水ピット水位計を設置し（既設の水位計を耐震化）、3号機の中央制御室にて監視できる設計とする。

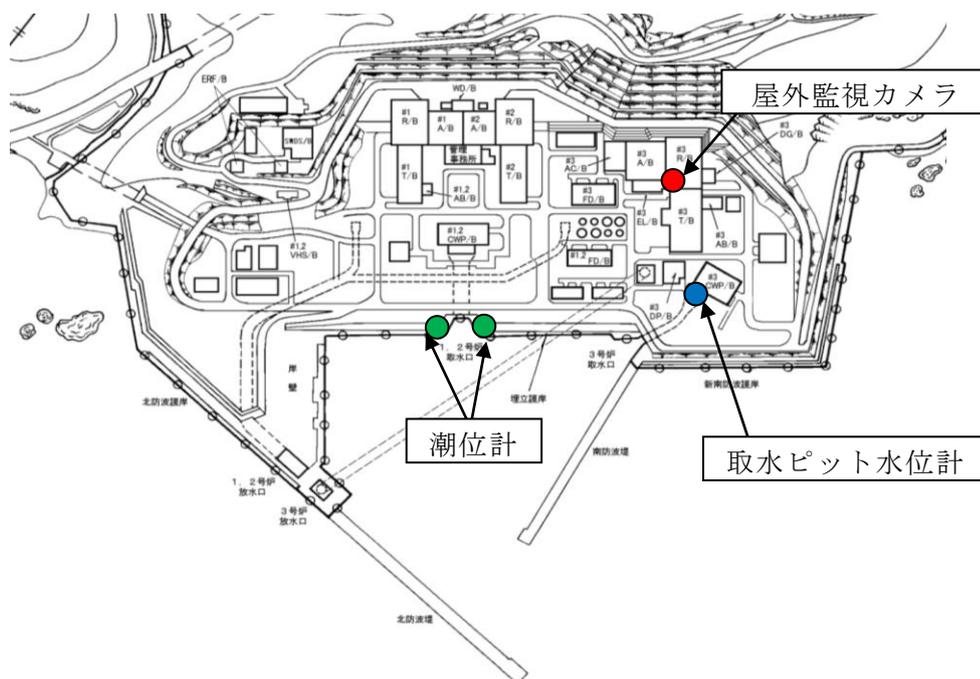


図-7-1 津波監視設備配置図

8. 施設・設備の設計・評価方針

8. 1 浸水防止設備

(1) 浸水防止設備の設計方針

3号機循環水ポンプ建屋の海水ポンプ室の床面部に対して、津波による浸水防止対策を実施する。浸水防止設備の設計に当たっては適切な荷重を用いた評価を行い、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。

(2) 浸水防止設備の種類、設置位置、仕様、構造及び強度

a. 種類

海水ポンプ室エリアへの浸水防止設備

b. 設置位置

(a) 排水溝逆止弁：2箇所（設置高さ:T.P. +2.3m）

(b) マンホール蓋：2箇所（設置高さ：T.P. +2.5m、開口部：900mm×800mm）

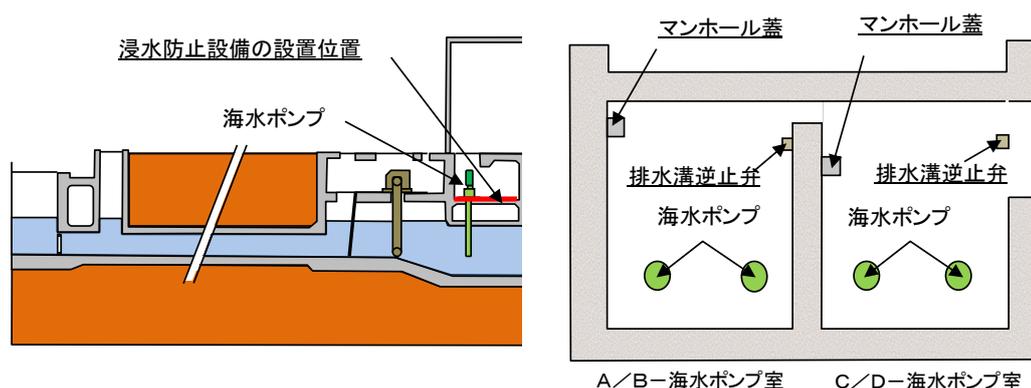


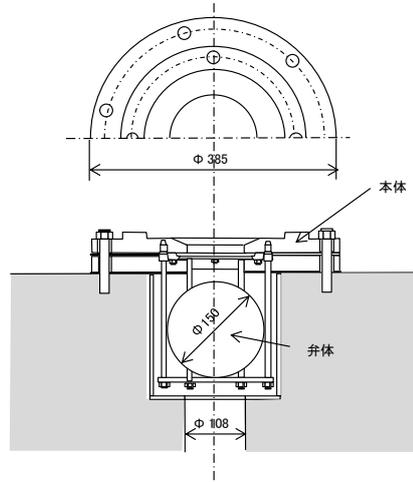
図-8-1-1 海水ポンプ室の浸水防止設備 配置図

c. 仕様・構造

逆止弁の構造を図-8-1-2、マンホール蓋の構造を図-8-1-3に示す。

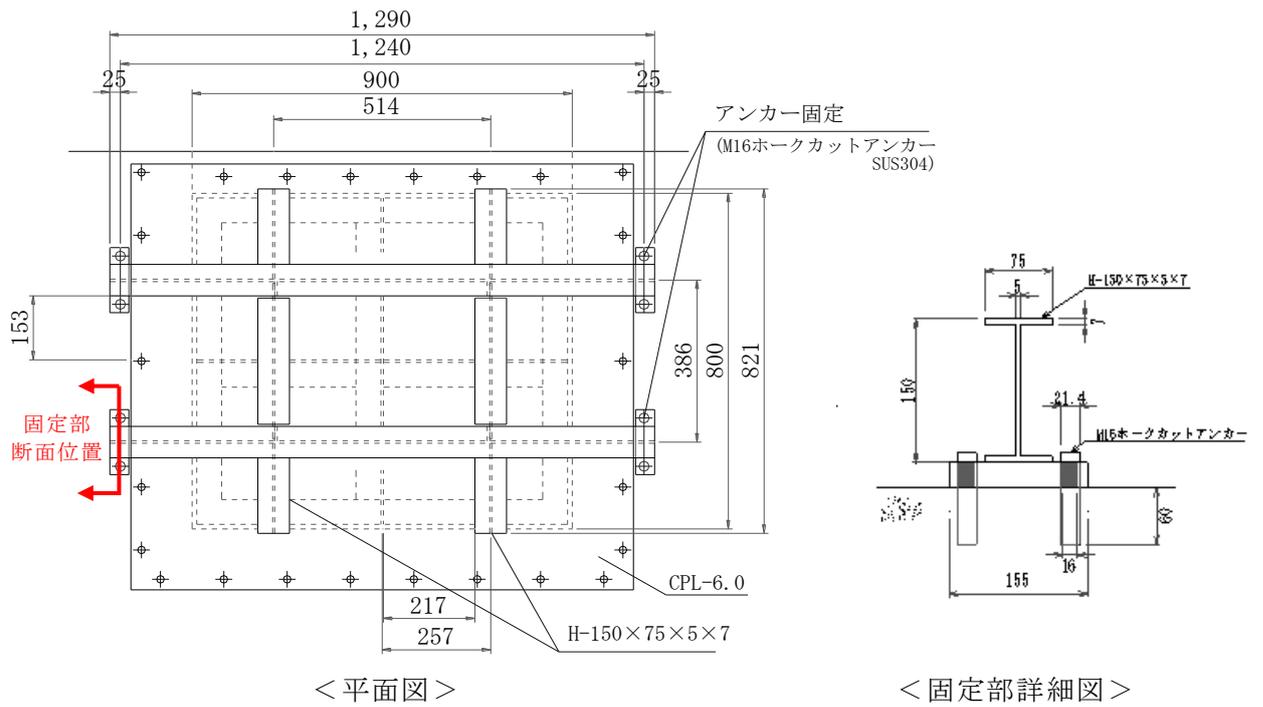
逆止弁は、津波による水位上昇時にフロートが上昇し、押さえ板とシートすることにより浸水を防止する。

マンホール蓋は、蓋と床面の間にゴムパッキンを挿入し、蓋と床面はボルトにて締め付け固定することで浸水を防止する。



種類：フロート式逆止弁
 材料：本体（SUS304）
 弁体(SUS316L)

図-8-1-2 逆止弁構造図



< 平面図 >

< 固定部詳細図 >

図-8-1-3 マンホール蓋構造

d. 構造・強度評価

(a) 適用基準

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補 - 1984)
- ・日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME SNC1 - 2005/2007)
- ・日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」(2010年)

(b) 評価荷重

イ. 固定荷重

自重を考慮する。

ロ. 風荷重

建屋内に設置されているため考慮しない。

ハ. 積雪荷重

建屋内に設置されているため考慮しない。

ニ. 津波荷重

津波による静水頭圧を考慮する。なお、波圧、衝撃力については、当該設備の設置位置、津波の流入方向を踏まえて考慮しない。

ホ. 地震荷重

基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

ヘ. 荷重の組み合わせ

固定荷重、津波荷重及び地震荷重を組み合わせた荷重条件で評価を行う。

< 組合せ荷重 >

- ・固定荷重 + 津波荷重 + 地震荷重

(c) 構造設計手法

自重による固定荷重、津波荷重基準地震動 S_s による地震荷重に対して機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、想定する評価荷重に基づき応力評価を行い、応力比 (= 発生応力 / 許容応力) が 1.0 以下であることを確認する。

8. 2 津波監視設備

(1) 津波監視設備の設計方針

津波監視設備は、津波の影響を受けない位置へ設置し、設計に当たっては適切な荷重を用いた評価を行い、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できる設計とする。

(2) 津波監視設備の種類、設置位置、仕様、構造及び強度

a. 屋外監視カメラ

(a) 設置位置

本設備は、地震発生後、日本海側で津波が発生した場合の津波の襲来を想定し、その状況を俯瞰的に把握できるよう、津波の影響を受けない位置として、3号機原子炉建屋屋上 T.P. +43.6m に設置する。

(b) 仕様・構造

屋外監視カメラ（直径 178mm×高さ 285mm）は、津波の襲来の状況等をリアルタイムかつ継続的に把握するため、取水口付近（防波堤含む）を監視できる視野角（360° 可動）とするとともに光学及び赤外線映像機能を有し、昼夜問わず監視可能な仕様のカメラを設置する。画像は3号機中央操作室に設置したモニタに表示し、継続的に監視できる。また、-25℃～55℃の環境において使用可能である。

なお、屋外監視カメラ本体の電源は、安全系の電源から受電しており、交流電源喪失時においても監視が可能である。

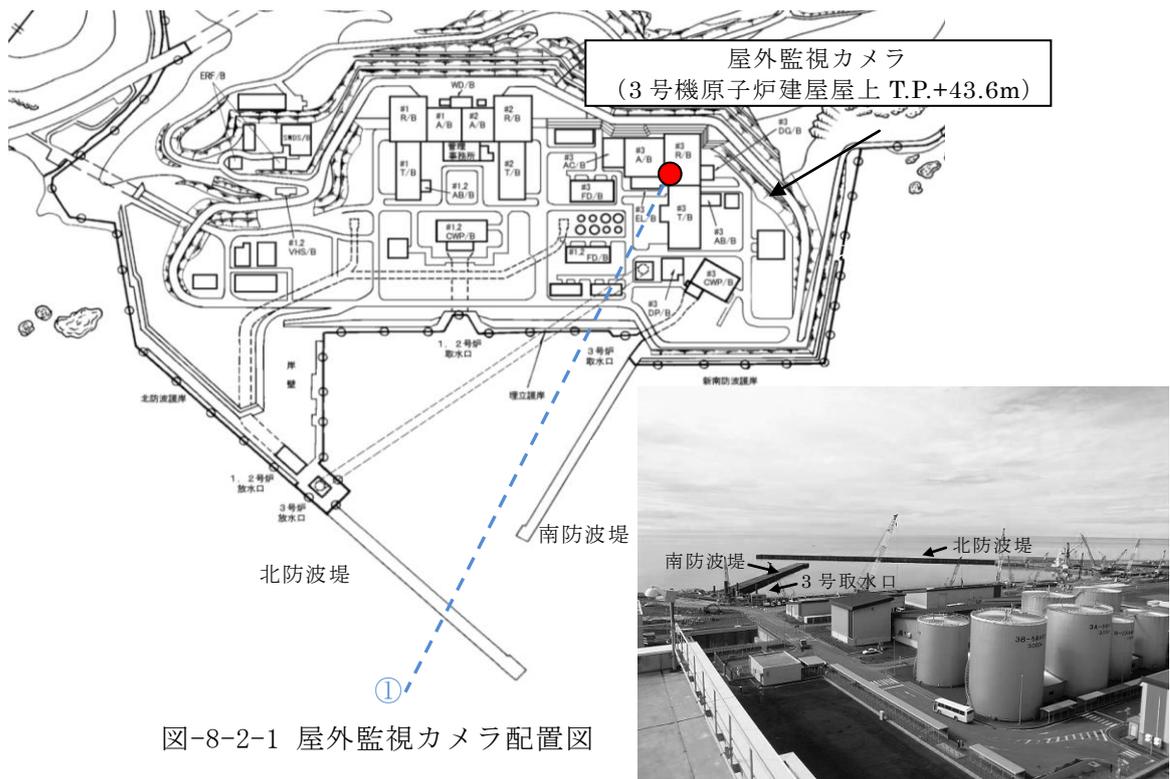


図-8-2-1 屋外監視カメラ配置図



<カメラからの視野イメージ (図①方向)>



<赤外線画像のサンプル>

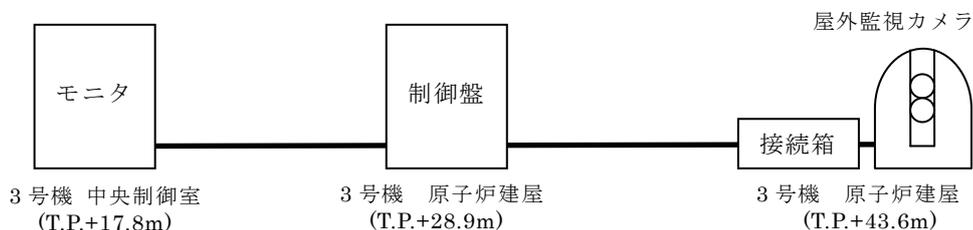
- ・敷地前面の港湾内を監視することにより津波の襲来状況を把握
- ・カメラの視野角を変えることにより遠海側の監視も可能

表-8-2-1 屋外監視カメラの仕様

屋外監視カメラ	仕様
	<ul style="list-style-type: none"> ・ズーム機能：デジタルズーム 4 倍 ・遠隔可動：上下左右可能 (上下 90° / 左右 360°) ・暗視機能：あり (赤外線カメラ)

(c) 構造・強度評価及び機能維持評価

イ. 設備概要



ロ. 構造・強度の評価対象

- (イ) 屋外監視カメラ架台
- (ロ) 制御盤
- (ハ) 電線管

ハ. 機能維持の評価対象

- (イ) 屋外監視カメラ
- (ロ) 接続箱

ニ. 適用基準

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補 - 1984)
- ・日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME SNC1 - 2005/2007)

ホ. 評価荷重

- (イ) 固定荷重
自重を考慮する。
- (ロ) 風荷重
屋外に設置しているカメラ用架台、電線管サポートについて風（竜巻風速）による荷重を考慮する。
- (ハ) 積雪荷重
屋外に設置しているカメラ用架台、電線管サポートについて積雪による荷重を考慮する。
- (ニ) 地震荷重
基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

(ホ) 降雨荷重

降雨に対して、防水性能は「IPX5」（あらゆる方向からの噴流水による有害な影響がない）以上の設計とする。

(ヘ) 荷重の組み合わせ

設備の重要度を鑑みて、保守的に固定荷重、風荷重、積雪荷重、地震荷重の全てを組み合わせた荷重条件で評価を行う。

< 組合せ荷重 >

- ・ 固定荷重 + 風荷重 + 積雪荷重 + 地震荷重

へ. 評価方法

(イ) 構造・強度の評価

屋外監視カメラ用架台、制御盤、電線管について、基準地震動 S_s に対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、屋外監視カメラ用架台及び制御盤については、地震時に想定される評価荷重に基づき応力評価を行い、応力比（=発生応力/許容応力）が 1.0 以下であることを確認する。電線管については、電線管布設においてもっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し、実際はこのモデルに包絡される条件で施工することで耐震性を確保する。

(ロ) 機能維持の評価

機能維持の評価対象について、振動試験結果に基づき評価し、地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、振動試験において、屋外監視カメラ、接続箱の電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度に対し、各取付箇所の最大応答加速度が下回っていることを確認する。

b. 取水ピット水位計

(a) 設置位置

本設備は、地震発生後、日本海側で津波が発生した場合の取水ピット内の水位変動を把握するため、3号機スクリーン室内に設置する。

なお、本設備は、既設の除塵設備トラベリングスクリーン下流側の水位計を耐震化し津波監視設備として整備するものである。

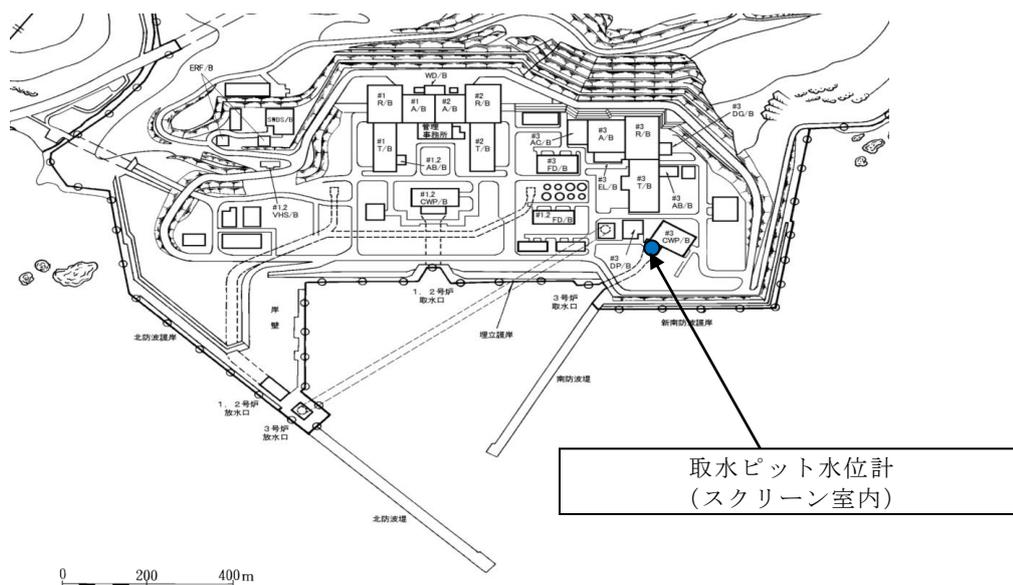


図-8-2-2 取水ピット水位計配置図

(b) 仕様・構造

基準津波による取水ピット内の津波高さは、上昇側で T.P. +5.59m、下降側は T.P. -5.96m と評価している。取水ピット水位計は、基準津波による取水ピット内の水位低下時の海水ポンプの取水への影響を確認することを主な目的とするため、計測範囲については、上昇側は既設と同じ T.P. +1.5m とし、下降側は取水ピット底部の T.P. -8.0m まで計測できる仕様とする。

取水ピット水位計は 1.0MPa の耐圧性能を有しており取水ピットからの津波による圧力に十分耐えられる仕様である。また、ゴムパッキンが取り付けられたマンホール蓋内に設置することにより外部から浸水しない構造としている。

取水ピットの水位データは、中央制御室に設置した監視盤の画面に表示し、継続的に監視することが可能である。

なお、取水ピット水位計の電源は、安全系の電源から受電しており、交流電源喪失時においても監視が可能である。

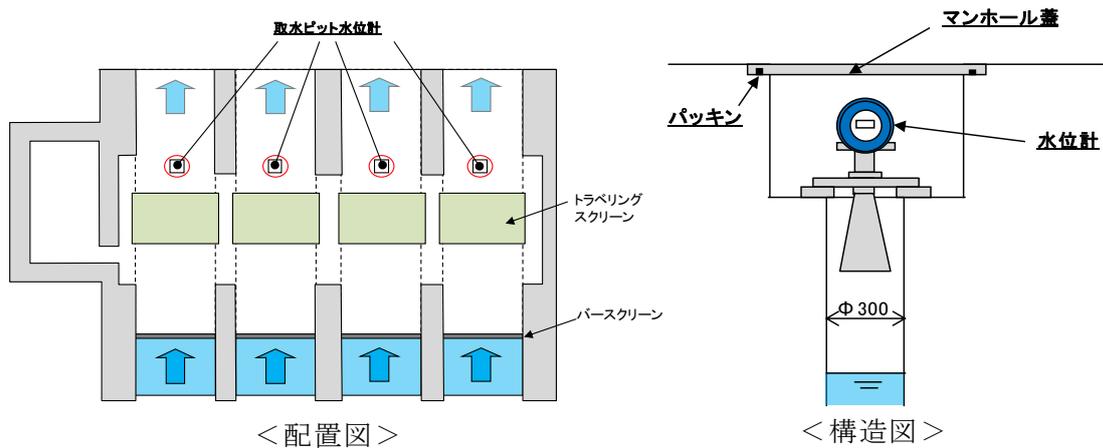
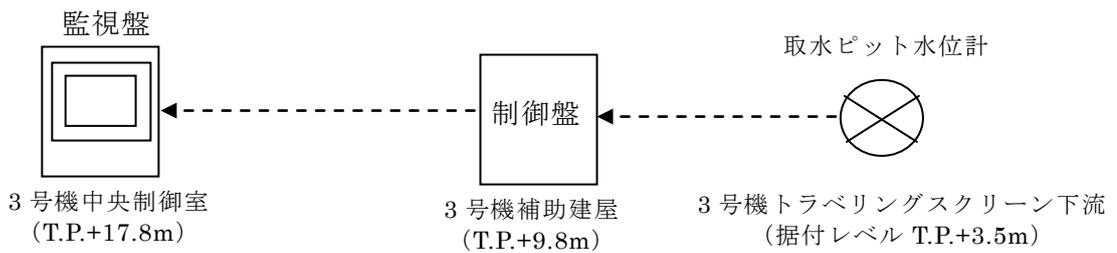


図-8-2-3 取水ピット水位計配置図及び構造図

(c) 構造・強度評価及び機能維持評価

イ. 設備概要



ロ. 構造・強度の評価対象

- (イ) 取水ピット水位計据付架台
- (ロ) 制御盤
- (ハ) 監視盤
- (ニ) 電線管

ハ. 機能維持の評価対象

- (イ) 取水ピット水位計

ニ. 適用基準

- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補 - 1984)
- ・ 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME SNC1 - 2005/2007)

ホ. 評価荷重

(イ) 固定荷重

自重を考慮する。

(ロ) 風荷重

マンホール蓋内に設置されているため考慮しない。

(ハ) 積雪荷重

マンホール蓋内に設置されているため考慮しない。

(ニ) 地震荷重

基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

(ホ) 降雨荷重

降雨に対して、防水性能は「IPX4」（波浪またはいかなる方向からの水の飛沫によっても有害な影響を受けない性能）以上の設計とする。

(ヘ) 荷重の組み合わせ

固定荷重、地震荷重を組み合わせた荷重条件で評価を行う。

<荷重の組合せ>

- ・固定荷重+地震荷重

へ. 評価方法

(イ) 構造・強度の評価

取水ピット水位計据付架台、制御盤、監視盤、電線管について、基準地震動 S_s に対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、取水ピット水位計据付架台、制御盤、監視盤については、地震時に想定される評価荷重に基づき応力評価を行い、応力比（=発生応力/許容応力）が 1.0 以下であることを確認する。電線管については、電線管布設においてもっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し、実際はこのモデルに包絡される条件で施工することで耐震性を確保する。

(ロ) 機能維持の評価

機能維持の評価対象について、振動試験結果に基づき、地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、振動試験において、取水ピット水位計の電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度に対し、取付箇所の最大応答加速度が下回っていることを確認する。

c. 潮位計

(a) 設置位置

本設備は、地震時の津波が襲来した場合の潮位変動を把握するために設置する。設置位置は、主要な施設の前面ある港湾内の中央部である1, 2号機取水口横の護岸の北側及び南側に各1台ずつ設置する。

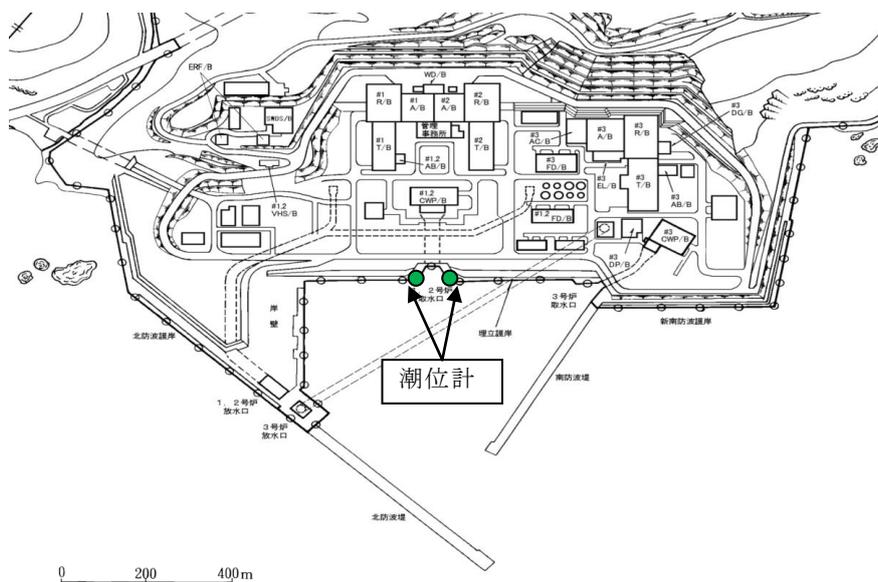


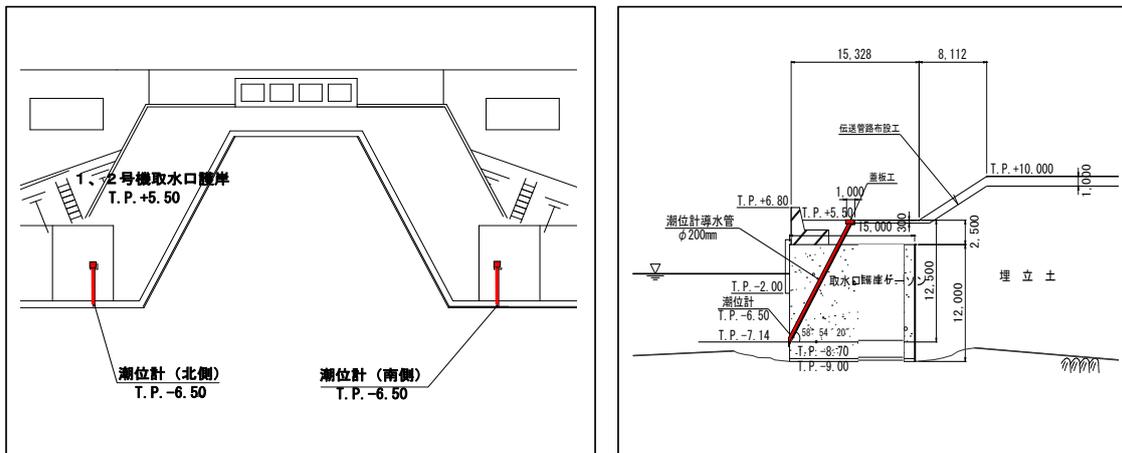
図-8-2-4 潮位計配置図

(b) 仕様・構造

潮位計は水圧式とし、計測範囲は、上昇側下降側の津波に対して計測が可能なT.P. -6.5m~T.P. +30.0mの仕様とし、取水口横の護岸部（コンクリート製ケーソン）に設置した導水管内に設置する。

潮位計の水位データは、3号機の中央制御室に設置したモニタに表示し、継続的に監視することが可能である。

なお、潮位計の電源は、安全系の電源から受電しており、交流電源喪失時においても監視が可能である。



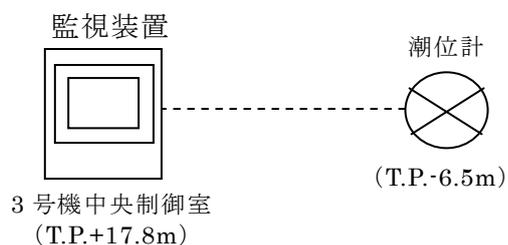
< 平面図 >

< 断面図 >

図-8-2-4 潮位計平面図及び断面図

(c) 構造・強度評価及び機能維持評価

イ. 設備概要



ロ. 構造・強度の評価対象

- (イ) 潮位計 (センサー固定部)
- (ロ) 監視装置 (ラック固定部)
- (ハ) 伝送路 (電線管)

ハ. 機能維持の評価対象

- (イ) 潮位計センサー、監視装置



< 潮位計センサー >

ニ. 適用基準

- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補 - 1984)
- ・ 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME SNC1 - 2005/2007)

ホ. 評価荷重

(イ) 固定荷重

自重を考慮する。

(ロ) 風荷重

屋外露出部がないため考慮しない。

(ハ) 積雪荷重

屋外露出部がないため考慮しない。

(ニ) 地震荷重

基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

(ホ) 荷重の組み合わせ

固定荷重、地震荷重を組み合わせた荷重条件で評価を行う。

< 荷重の組合せ >

- ・ 固定荷重 + 地震荷重

へ. 評価方法

(イ) 構造・強度の評価

潮位計センサー固定部、監視装置ラック固定部、電線管について、基準地震動 S_s に対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、潮位計センサー固定部、監視装置固定部については、地震時に想定される評価荷重に基づき応力評価を行い応力比 (=発生応力/許容応力) が 1.0 以下であることを確認する。電線管については、電線管敷設において、最も厳しい条件にあるモデルにて評価し、実際はこのモデルに包絡される条件で施工することで耐震性を確保する。

(ロ) 機能維持の評価

機能維持の評価対象について、振動試験結果に基づき、地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、振動試験において、潮位計監視装置の電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度に対し、潮位計センサー及び監視装置固定部の最大応答加速度が下回っていることを確認する。

8. 3 津波影響軽減施設

津波影響軽減施設である防波堤の設置位置、耐震性及び耐津波性について以下に記載する。

(1) 設置位置

泊発電所については、船舶の接岸復水器冷却用水等の安定した取水を確保するために静穏度を保つ目的で、発電所敷地前面海域に北防波堤、南防波堤を構築している。

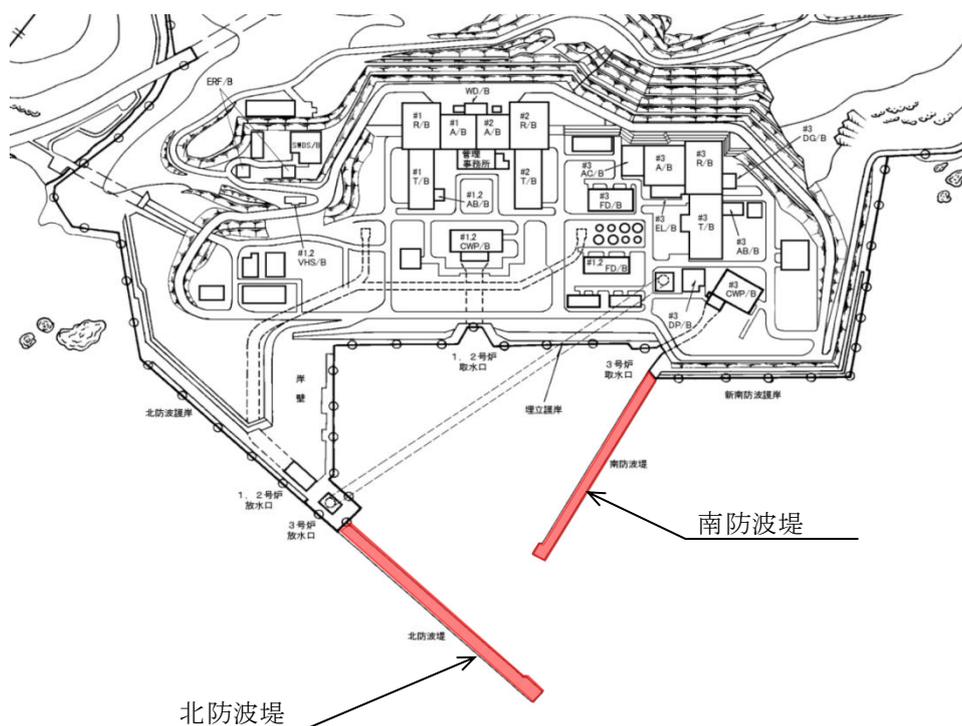


図-8-4-1 防波堤配置図

表-8-4-1 構造概要

	構造	ケーソン 天端高 (m)	延長 (m)
北防波堤	ケーソン式混成堤	T. P. +4.5	422
南防波堤	ケーソン式混成堤	T. P. +3.5	340

(2) 耐震性

泊発電所北防波堤南防波堤に関して、以下に示す規格・基準を参考に、基準地震動 S_s による地震力に対して、津波影響軽減施設として機能が損なわれないことを確認する。

耐震安定性の評価では、北防波堤及び南防波堤基礎地盤が、砂質土、砂礫、粘性土からなる沖積層が堆積していることから、基準地震動 S_s による基礎地盤の液状化の影響を考慮するため、有効応力解析を用いる。

検討断面位置図を図-8-4-2、検討断面図を図-8-4-3～8-4-4 に示す。

【規格・基準】

- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会, 2007 年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）
- ・建築基礎構造設計指針（日本建築学会, 2001 年）
- ・埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版）（沿岸開発技術研究センター, 1997 年）

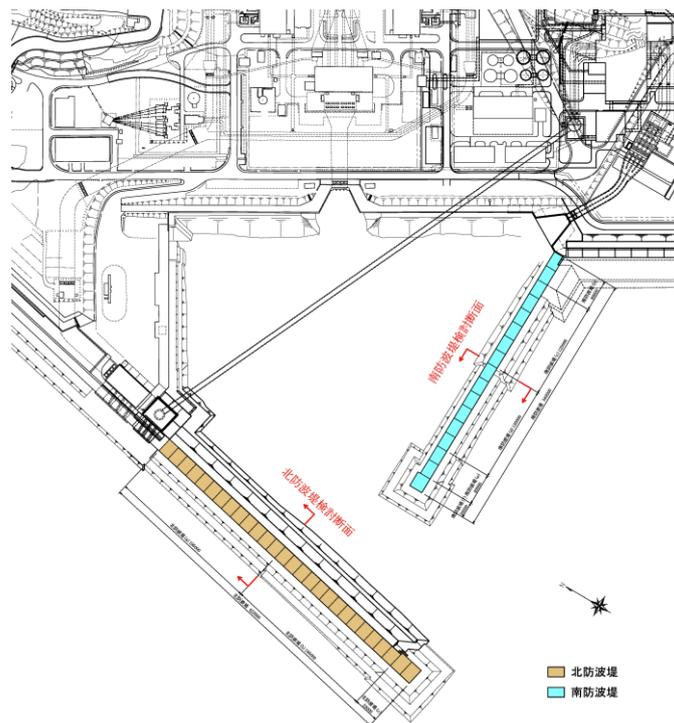


図-8-4-2 検討断面位置図

(3) 耐津波性

泊発電所の北防波堤及び南防波堤に関して、以下の基準を参考に、基準津波作用時における堤体の滑動・転倒、並びに基礎地盤の支持力について安定性を確認する。

また、基準津波作用時の防波堤の安定性については、地震後の防波堤の変位を考慮した評価を行うとともに、津波の防波堤越流による防波堤基礎地盤の洗掘に対する検討を行う。

なお、検討断面位置図については、耐震性検討と同一断面とした。

【参考基準】

- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会, 2007年）
- ・防波堤の耐津波設計ガイドライン（案）（国土交通省 港湾局, 2013）

9. 泊発電所の津波に対する更なる安全対策

泊発電所の津波に対する更なる安全対策として以下の取り組みを行うことにより、津波に対する安全余裕を確保する。

(1) 敷地への津波の流入防止に対する対策

基準津波による遡上波は地上部から到達、流入しないと評価しているが、津波に対する安全性及び信頼性向上の観点より、平成26年12月完了目途で敷地にT.P.+16.5mの防潮堤を設置する。(図-9-1-1)

また、基準津波による取水ピットスクリーン室、放水ピットの開口部からの敷地への流入はないと評価しているが、津波に対する信頼性向上の観点より、溢水防止壁を設置している。

平成25年12月時点の進捗状況を図-9-1-1、平成26年12月の時点の完成図を図-9-1-2に示す。

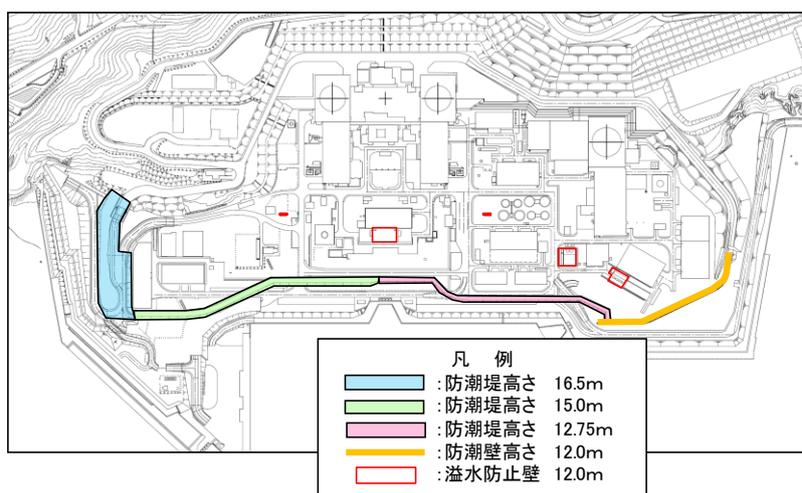


図-9-1-1 防潮堤及び溢水防止壁（平成25年12月の状況）

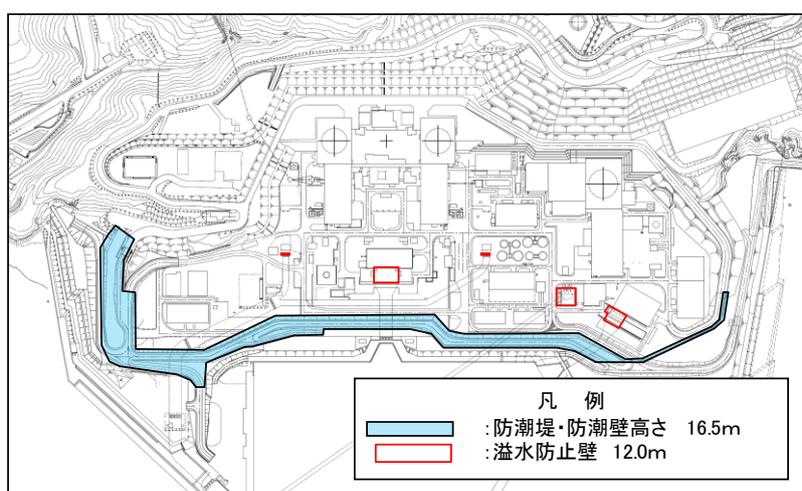


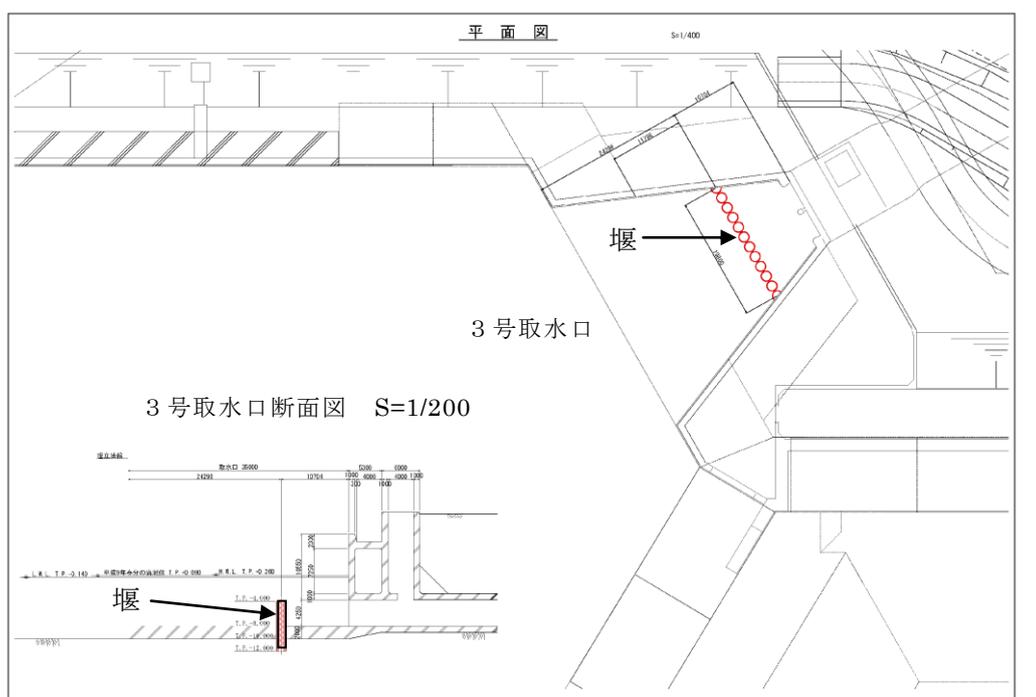
図-9-1-2 防潮堤及び溢水防止壁（平成26年12月の完成時）

(2) 海水ポンプの引き津波対策

基準津波による取水ピット内の海水ポンプ位置における最低水位は、海水ポンプの取水可能水位を上回ることから、水位低下による海水ポンプの機能への影響はないと評価しているが、海水ポンプの引き津波時の更なる安全対策として、3号機取水口部に堰を設置する。(平成25年11月完成済み)

また、取水ピット内には循環水ポンプが設置されていることから、循環水ポンプの運転により堰の貯水量が減少することを防止するため、地震加速度大信号または取水ピット水位低信号により循環水ポンプを自動停止させるインターロックを設置する。(平成26年1月完了予定)

これらの対策により引き津波時においても海水ポンプの取水を確実に確保することが可能である。



- ・堰の容積※: 約7,490m³
- ・海水ポンプ定格流量: 1,700m³/h
- ・海水ポンプ運転台数: 2台
- ・海水ポンプの運転継続可能時間: 130分以上

※海水ポンプの取水可能水位をT.P.-7.58mとして算出

図-9-2-1 3号機取水口堰設置図